

ライリビツ地震（1990年7月16日）

国際緊急援助隊専門家チーム報告書

平成2年8月

国際協力事業団

医療協力部

国際協力事業団  
医療協力部  
1991.09

# フィリピン地震（1990年7月16日）

## 国際緊急援助隊専門家チーム報告書

JICA LIBRARY



1097010131

21879

平成2年8月

国際協力事業団

医療協力部



## 序 文

本報告書は、1990年7月16日に発生したフィリピン地震で、甚大な被害をこうむったルソン島北部の被災地における応急復旧・震後対策の指導・助言を行なうため、7月29日～8月7日の間派遣された国際緊急援助隊専門家チームの報告を取りまとめたものである。

専門家チームの報告書としては、国際緊急援助隊発足後これまでに1988年12月のソ連アルメニア共和国・スピタク地震等の報告書があるが、本報告書もフィリピン国の今後の本格的な復旧・復興計画の策定に貢献するのみならず、予防防災面で多くの地震多発国にも大いに参考になるとと思われる。

発災直後で交通・通信に困難を極める被災地で、今次地震に係る被害状況を詳細に調査し、わが国の経験に基づく応急対策、災害復旧に関する技術的助言及び防災対策に関する提言等を実施された、東京大学生産技術研究所 岡田恒男所長（団長）他の専門家チームの方々を初め、現地調査に当たり多大なる支援を頂いた在フィリピン日本大使館、JICA フィリピン事務所並びに現地関係者の方々に対して、ここに改めて深甚なる謝意を表する次第である。

平成2年（1990年）8月

国際協力事業団

理事 西野 世界



# 目 次

	ページ
1. まえがき	1
2. 目的	3
3. 行程	5
4. 団員構成／班構成	16
5. 被害の概要	18
5. 1 フィリピン国における地震環境	18
5. 1. 1 地震活動	18
5. 1. 2 防災体制	25
5. 1. 3 耐震設計	31
5. 2 被害概要	35
6. 現地調査に基づく提言	40
6. 1 緊急に措置することが望ましい項目	40
6. 2 速やかに措置することが望ましい項目	42
6. 3 長期的にみて措置の望ましい項目	43
7. 現地調査結果	44
7. 1 地震、地質、地盤	44
7. 1. 1 地震	44
7. 1. 2 地質	45
7. 1. 3 地盤	46
7. 1. 4 提言	47
7. 2 日比友好道路（道路－1班）	63
7. 2. 1 パンフィリピン・ハイエウェイ（日比友好道路）について	63
7. 2. 2 被害の概要	64
7. 2. 3 復旧の方策と今後への提言	66
7. 2. 4 被害写真	68
7. 3 マニラノース道路、バギオ3ルートおよび地盤液状化（道路－2班）	91
7. 3. 1 道路－2班の役割と現地調査の経路	91
7. 3. 2 現地調査結果	91
7. 3. 3 提言	103

7. 4	橋梁	141
7. 4. 1	橋梁の被害状況	141
7. 4. 2	橋梁の被害分析と被災判定	141
7. 4. 3	重大な被害を受けた橋梁の復旧対策に対する提言	142
7. 4. 4	今後の橋梁の維持管理・建設に関する提言（案）	145
7. 5	河川・ダム	182
7. 5. 1	被災状況	182
7. 5. 2	河川の被害状況	182
7. 5. 3	ダムの被災状況	183
7. 5. 4	復旧への提言	186
7. 6	建築物	218
7. 6. 1	ダグバン市の被害	218
7. 6. 2	バギオ市の被害状況	232
7. 6. 3	マニラ首都圏の被害	251
7. 6. 4	提言	263
8.	あとがき	265
付 録		
付-1	比側から入手した資料	267
付-2	比側に提供した資料	269
付-3	在比関連機関	271
付-4	ブリーフィングのメモ／暫定報告書（英文）	273

## 1. ま え が き

1990年7月16日午後4時26分頃（現地時間、日本時間も同じ）フィリピン共和国ルソン島に震源を持つM=7.7の地震が発生した。

この地震による被害の大きさに鑑み、日本政府は「国際緊急援助隊の派遣に関する法律（昭和62年9月16日公布、施行）」に基づき、直ちに7月17日、国際緊急援助隊・医療チーム（7月17日～7月24日の間派遣）、救助チーム（7月18日～7月26日の間派遣）を派遣することを決定した。これらの派遣に引き続き、日本政府はさらに専門家チームの派遣についてのフィリピン側からの要請（7月25日）に基づき、7月29日～8月7日の10日間にわたり8名の隊員からなる援助隊を派遣した。

専門家チームは、フィリピン国関係者よりの情報収集ならびに現地調査を行うと共に被災現場の復旧作業担当者との個別の協議も行った。また現地において地震および被害概況ならびに震災復旧に対する当面の提言についての暫定報告書（英文）を作成し、これに基づき帰国前日の8月6日に公共事業道路省長官を始めとする約60名のフィリピン側技術者に対する説明会を行った。

この報告書は暫定報告書を骨子として10日間の現地での活動により得られた調査結果を帰国後、再度とりまとめたものであるが、フィリピン政府当局よりできるだけ早く本報告書を提出して欲しいとの要請があったため、限られた資料を基に短時間の間にまとめたもので、今後の資料の蓄積によっては、修正追加を要する箇所もあり得ることを御了承いただきたい。

現地での活動に際しては、フィリピン政府から、現地調査に職員を同行させる他、空軍機による輸送手段の提供、既往調査結果の提供等、多大の便宜供与を受けた。直接関連するフィリピン側機関は、公共事業道路省、火山・地震研究所、国家灌漑庁、電力公社などであったが、各地の支局ならびに市役所などからも多くの情報をいただき、調査の便をはかっていただいた。

また、今回の緊急援助隊の専門家チームの活動に対して、在マニラ日本大使館、在マニラJICA事務所はもとより、JICAより派遣された在フィリピン長期専門家の方々に加えて現地滞在の日本企業各社から、現地駐在員の現地調査への同行、暫定報告資料の作成に当たっての協力などの支援があった。

この報告書は専門家チームとこれらの方々との共同活動によって初めて可能となったとも言えるものであり、専門家チームに寄せられた関連各機関からの協力に対して、ここに記して謝意を表する次第である。

わが国と同様地震国ではあるが、フィリピン共和国では、近代構造物の被害経験は少なく、被害調査の方法や復旧方法のマニュアルの整備は充分とは言えない。わが国の震災災



害の経験に基づく被災度評価方法の適用や被災建造物の緊急の手当、さらに今後の復旧方法についての提案が、貴い多数の人命と多くの資産を失ったフィリピン共和国に役立ち、一日も早い復興ができることを切に願う次第である。

1990年8月17日

国際緊急援助隊

専門家チーム団長

岡田 恒男

## 2. 目的

専門家チームの目的は

- 1) 地震の特性も含めた地震災害全般に関する情報収集
- 2) 建物、橋梁、斜面等の被災原因の調査
- 3) 残存施設の利用可能性の調査、すなわち
  - a) 建物について立入禁止措置の必要性
  - b) 橋脚、建物等の再利用の可能性
- 4) 被災箇所についての応急対策あるいは恒久対策の技術指導、すなわち
  - a) 短期的復旧計画の提示、箇所の抽出
  - b) 復旧計画の作成に役立つ技術情報の提供
  - c) 必要な機材（材料、重機）類の指示

などであった。

この目的を達成するため第4章に記すように6つの班を編成し、第3章に記した行程に沿って現地踏査を行なった。

以降の章の理解を助けるため、ルソン島内の主要地名、行政区界を示した地図を図2.1に掲げる。

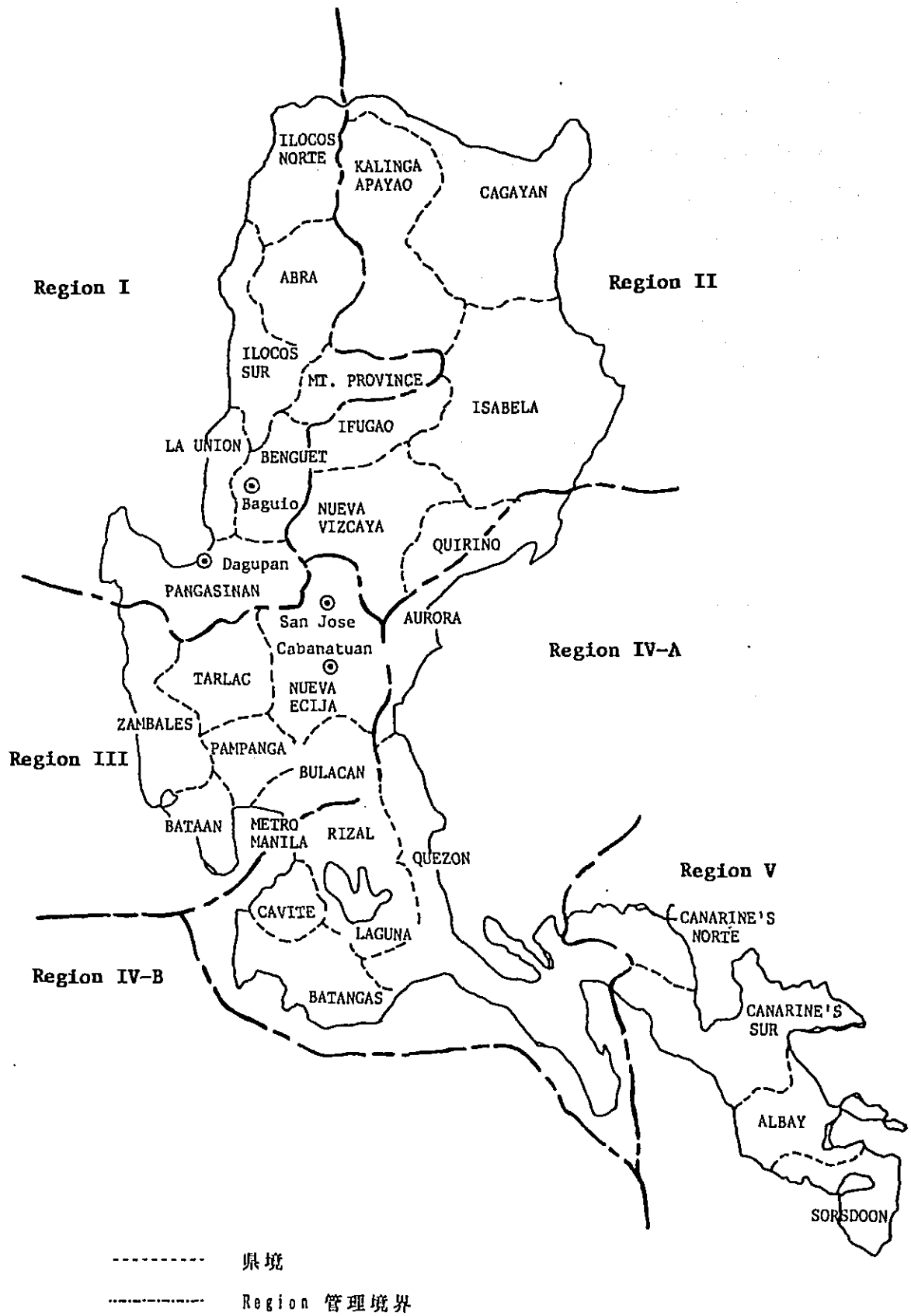


図 2. 1 ルソン島内の行政区界

### 3. 行 程

7月29日(日)

- 8:00 打合わせ 於 成田空港  
鈴木重之外務省経済協力局技術協力課企画官 他関係者同席
- 10:15 東京発 (PR-431)
- 14:30 マニラ着 池田書記官他出迎え
- 19:30 官本JICA所長主催 夕食会
- 22:30 団内打合わせ 於 ニッコーマニラガーデンホテル

7月30日(月)

- 8:30 打合せ 於 大使館
- 10:00 - 11:00 田中大使表敬
- 13:30 カウンターパートを含めた打合わせ 於 JICA事務所
- 14:30 各班毎の調査活動開始
- (総括班)
- 15:20 公共事業局表敬訪問  
エンカルナシオン次官他より被災状況についての説明をうける。
- 17:00 フィリピン火山・地震研究所表敬訪問  
ブノンバヤン所長, 広島大中田助教授より地震情報についての説明をうける。(ニッコーマニラガーデンホテル泊)
- (道路-1班)
- 15:00 マニラ出発
- 18:00 カバナツアン市内被災状況視察
- 19:00 カバナツアン (kms113) 着 (ヴィレッジイン泊)
- (道路-2班)
- 14:55 マニラ JICA 事務所 発  
ノース・スーパー・ハイウェイ, パンパンガ川高架橋調査  
キャバス, ターラック経由で北上
- 18:04 ~ 25 サン・イシドロ橋 (kpl49+511.2) 調査  
この地点から引返して, ターラック, リンガエン経由で  
ダグバンへ

20:40 ダグバン着 (ビクトリアホテル泊)  
(建築班)

14:30 協カスタッフへの被災度判定法伝達

17:30 各スタッフ役割分担確認

19:00 消耗品事前購入

(橋梁班)

15:00 マニラ 発

カンダバ高架橋、バンバン橋調査 ターラック経由

20:30 ダグバン着

21:00 夕食・班内ミーティング (ビクトリアホテル泊)

(河川・ダム班)

15:00 マニラ 発

15:30 N I A 本庁 (ケソン) のダム安全対策室にて打合せ (室長他)

19:00 N I A バンバンガ川上流灌漑事務所 (カバナツアン) にて打合せ (C. B. ピロネス所長他)

19:30 カバナツアン着 (ホテル・ラ・パリラ・イン泊)

7月31日 (月)

(総括班)

8:00 ビラモア空軍基地よりバギオへ向け出発

9:20 バギオの天候不順のため、サンフェルナンド空港へ着陸

11:20 公共事業局地方事務所 (サンフェルナンド) 訪問

バラヤノ所長より被害状況の説明を受けた後、車の提供を受けナギリアン道路経由でバギオ市に向かう。

15:00 バギオ市着

パークホテル、ネバダホテル、ハイアットテラスホテル他被災建物を視察

16:30 白雲山荘着、建築チームと合流

夕食後打合せ (白雲山荘泊)

(道路-1班)

7:45 カバナツアン 発

9:15 サンホセ 着

バンフィリピン・ハイウェイ (日比友好道路)

サンホセ (kms160) - ディグディグ (kms183) 間 被災状況  
調査 (4輪駆動車使用)

17:30 サンホセ着 (オリンピックドライブイン泊)  
班内ミーティング (1時間)

(道路 - 2班)

8:10 ダグバン 発  
シティ・エンジニア (Adolfo M. Oviedo氏) と会見, 市災害  
対策本部 (Task Force Rehabilitation Office) 訪問

9:45 マグサイサイ橋調査, 市内被災建物の写真撮影, ボーリング  
No.3地点調査

11:20 バランガイ・ブーゴ調査, 土質資料採取  
(シティ・エンジニア・オフィス以降ここまでDPWH, Region  
Iのプロジェクトマネージャー Alfredo G. Tangco氏が同行)  
市内 ウルダネータ経由 カルメン橋へ移動

15:38 ~ 17:25 カルメン橋調査, 応急橋架設地点現場事務所,  
土質試料採取

18:10 ダグバン着 (ヴィクトリアホテル泊)

(橋梁班)

7:50 ダグバン発  
カルボ橋・ヘクタメドゾーザ仮橋・シソン (カルメン) 橋  
調査  
途中道路不通で何度か引き返す。

15:30 DPWHエンジニア (ヴァレンセリナ地区次長, ニサー技師,  
ロセリオ技師) と討議 於 シソン橋の現場事務所  
サンイシドロ橋, コジュアンコ橋調査

20:15 ダグバン着

21:00 夕食, 班内ミーティング (ピクトリアホテル泊)

(河川・ダム班)

7:55 カバナツアン 発

8:00 NIA パンパンガ川上流灌漑事務所 (カバナツアン) にて打  
合せ (所長他)  
リサールにて断層調査  
パンパンガ川灌漑用水路第1分水路の被災調査

11:40 NIA パンタバンガンダム事務所にて打合せ (J. S. トレンチ  
ーノ所長他), パンタバンガンダム, アヤダム, マシワイ

ダム調査

カバナツアン経由

21:00 ターラック着 (ホテルジェクソン泊)

(建築班)

4:00 マニラガーデンホテル集合

8:15 ダグバン市内建物調査

15:50 バギオ市内建物調査

18:00 ホテル着

8月1日 (火)

(総括班)

8:00 白雲山荘発

9:00 公共事業局地方事務所 (トリニダード) 訪問

ブランカス所長より被災状況の説明をうける。

(アバロス州議同行)

10:00 バギオ市役所訪問

バグノス市長を表敬の後、ジュリアン技師よりバギオ市の被災状況の説明をうける。

11:00 ベンゲット地区技術者事務所 (Office of The District Engineers) を訪問

バタック所長よりベンゲット州の被災状況の説明をうける。

12:00 市内建物 (スカイワールド、バギオ大、FBRホテル他)

視察、マルコスハイウェイ復旧現場視察

14:00 白雲山荘にてベンゲット州知事バグノセン氏と面会

14:30 バギオ発

18:00 ダグバン着

(道路-1班)

7:00 サンホセ発

パンフィリピン・ハイウェイ (日比友好道路)

ディグディグ (Kms183) - アリタオ (Kms236) 間

被災状況調査 (4輪駆動車, 徒歩 (Kms192-Kms206), 現地借上車使用)

18:00 バヨンボン (Kms265) 着 (スポーツシティホテル泊)

班内ミーティング (30分)

(道路-2班)

- 8:00 ダグパン発  
パンタル川右岸地域踏査
- 9:00 マグサイサイ橋左岸アバット付近にて土質資料採取  
ダグパン-ボヌアン-サンファビアン道路経由で北上、この間リングエンゴルフ場横の路面沈下 (k p 2 1 7 + 5 0 0) 調査
- 9:40 マンガランガダイ橋調査
- 10:20 ロンガス橋調査
- 10:30 ロンガスジャンクション付近の盛土沈下地点調査
- 10:35 カヤンガ橋調査
- ~11:08
- 11:40 ロザリオ通過ケノン道路へ
- 12:20 ケノン道路調査 (S T A 2 2 4 + 5 0 0) のバス転落地点  
~15:40 まで、一部徒歩)
- 16:18 アゴ-市にて市庁舎、他の倒壊建物写真撮影
- 16:58 マルコス道路調査、(K M - 2 2 6 + 4 0 0) にてD P W  
~19:00 H現地事務所のジープに乗り換えてK M 2 7 3まで)
- 20:30 サンフェルナンド着 (クリスタルデルマールホテル泊)

(橋梁班)

- 7:15 ダグパン発  
ユヨン橋調査、ほとんど被害がないのでこの先行かずダグパン市へ戻る。  
ガヤマン橋、クイントス橋、マグサイサイ橋、ポロサン橋調査  
ダグパンからサンフェルナンドまでの橋梁調査、アングエラグナイ橋、エムバガデロ橋、アロガラット橋、パニノ-ス橋、クバン橋調査
- 17:30 サンフェルナンド着 (クリスタルデルマールホテル泊)
- 19:00 夕食、班内ミーティング

(河川・ダム班)

- 7:35 ターラック発  
パニキにてターラック川の堤防、護岸、水位観測所の被災調査
- 9:10 D P W Hアグノ川洪水防御事務所 (ロザレス) にて打ち合



わせ (J. N. リゴール 所長他)

蛇籠工場被災調査

ウルピットンド、バヤンバンのアグノ川堤防被災調査

16:10 Region 1 事務所 (ダグバン) にて打ち合わせ (所長他)

ダグバン市内河川調査

21:00 サンフェルナンド (パンパンガ県) 泊 (ホテル着)

(建築班)

6:15 バギオ市内建物調査

15:25 ダグバン市着

21:00 マニラガーデンホテル着

8月2日 (水)

(総括班)

7:00 ダグバン市の被害視察

9:00 ダグバン市長表敬訪問

レイナ市長、ロサリオ氏等より説明を受け、復旧について討議

12:00 カルボ橋、カルメン橋視察

14:30 地区技術者事務所訪問

バナーグ所長より被害状況の説明を受ける。

15:00 ロセリオ市発

ウミンガン市、サンホセ市を通過し、ダルトンパスに至る日比友好道路の被害を視察 (広大中田チームと会う)。

21:00 ターラック経由、サンホセ市着

(道路-1班)

7:00 バヨンボン発

パンフィリピン・ハイウェイ (日比友好道路)

アリタオ (Kms236) - サンホセ (Kms160) 間 被災状況調査 (現地借上車、徒歩、4輪駆動車)

16:00 サンホセ着

18:00 ターラック着 (グランドマーズホテル泊)

(道路-2班)

8:30 サンフェルナンド発

DPWH, Region-1 オフィスにて Alfredo. M. Parayno 氏 (Direct-

or IV) と会見。現地事務所の技術者 (Mr. Foronda氏) の同行を得てバギオへ。

ナギリアン道路調査

11:50 バギオ現地事務所訪問

13:30 マルコス道路調査 (kp277まで)

～14:15

14:50 ケノン道路調査 (ベンゲット鉱山、kp238+500付近まで)

～16:20 市内破損建物の写真撮影

19:20 サンフェルナンド着 (チャイナシーホテル着)

(橋梁班)

7:40 サンフェルナンド発

バガラガン橋、ルギット橋調査

ナギリアン道路調査

サンフェルナンド - アゴー間橋梁調査

パウアングII橋、パウアングI橋、カバ橋、アリンガイ橋、タボラ橋

アゴーバギオ道路調査

プリンシベ橋、ラボン橋調査

ケノン道路調査

17:30 サンフェルナンド着

19:00 夕食・班内ミーティング (クリスタルデルマールホテル泊)

(河川・ダム班)

6:55 サンフェルナンド発

7:40 DPWHパンパンガ川洪水防御事務所 (アパリット) にて打合わせ (E. B. ディゾン所長他)

フランシス水門、サバン・マラグル閘門調査

アパリット、アラヤットのパンパンガ川堤防被災調査

サンフェルナンド、アパリット経由

17:15 NAPOCORアンガットダム事務所にて打合わせ (所長他)

アンガットダム調査

サンホセデルモンテ経由

22:00 マニラ着 (ニッコーマニラガーデンホテル泊)

(建築班)

8:50 ホテル・ニッコーマニラガーデン発

9 : 4 0 マニラ市内建物調査  
2 0 : 0 0 夕食

8月3日(木)

(総括班)

7 : 0 0 サンホセ市発  
ダルトンパスに至る日比友好道路沿いのディグディグ断層  
を視察(ブンカン, ディグディグ)  
広大中田チームと会う  
1 6 : 0 0 リサール市にて断層調査  
1 7 : 0 0 カバナツアン市にてクリスチャンカレッジ調査  
2 2 : 3 0 マニラ着

(道路-1班)

6 : 4 5 ターラック発  
1 0 : 0 0 ダグバン市内被災状況視察  
1 2 : 0 0 ロザリオ周辺被災状況視察  
1 9 : 0 0 マニラ帰着

(道路-2班)

8 : 5 0 サンフェルナンド発  
9 : 0 0 D P W H, Region-1 オフィス訪問,  
パワン橋, サンタリタ橋調査, アゴー市経由でダグバンへ  
1 2 : 0 0 ダグバン市内、パンタル川右岸地域で地域住民に噴砂継続  
時間についてのインタビュー調査  
1 4 : 1 0 ダグバン市内、左岸の被害大の地域で同様のインタビュー  
調査  
ターラック経由  
2 0 : 3 0 マニラ着(ニッコーマニラガーデン)

(橋梁班)

7 : 1 0 サンフェルナンド発  
アゴー市内の建築物被害の写真撮影,  
ダグバン・ターラック・センタロサ・サンホセ経由  
日比友好道路の橋梁調査  
カヤンガ橋, マニクラ橋, タヤボ橋, シクシカン橋  
1 6 : 0 0 D P W H エンジニアと討議 於 地区エンジニアオフィス  
ルナ橋調査

- 20:10 マニラ着 (ニッコーマニラガーデン泊)  
 (河川・ダム班)
- 7:15 マニラ発
- 8:15 マニラPNOCHヘリポートよりヘリコプターで  
 ビンガダムへ
- 9:40 ビンガダム着  
 NAPOCORビンガ発電所  
 J. C. リコー所長と打合わせ  
 ビンガダム調査
- 11:05 アンブクラオダム着  
 NAPOCORアンブクラオダム発電所  
 A. L. アギラ監督官と打合わせ  
 アンブクラオダム調査  
 NAPOCORサンマニユエル支所経由
- 14:30 NAPOCOR本庁(ケソン)着  
 NAPOCOR水力発電技術部  
 P. C. ディノ部長と打合わせ
- 16:45 マニラ着 (マニラガーデンホテル泊)  
 (建築班)
- 9:05 マニラ建物被害調査
- 13:00 ケソン市内建物被害調査
- 17:00 マカティ市内建物調査
- (全体)
- 20:00 JICA専門家主催夕食会
- 23:30 団内打合わせ 於ニッコーマニラガーデン  
 ~3:00

8月4日(土)

(総括班)

8:00 ヘリコプターにてディグディグ断層の調査

(建築班)

8:10 マニラ市内建物被害調査

13:00 JICAフィリピン事務所で資料整理(中田、平井、加藤、  
 杉本)

平井専門家宅にて資料整理(平井、加藤、杉本)、英文報

- 告書作成準備（中田）
- 19:30 大使館主催夕食会（中田）
- 20:00 マカティ市内で食事（平井、加藤、杉本）
- （全体）
- 8:30 現地報告書の取りまとめ
- ～23:00
- 19:30 大使館主催夕食会（八木・池田書記官他）

8月5日（日）

（全体）

- 8:30 現地報告書の取りまとめ
- ～24:00

- 19:30 現地協力者主催夕食会

（道路Ⅰ・Ⅱ班）

- 8:23 マニラ発

ヘリコプターによるバギオ周辺道路およびパンフィリピン・ハイウェイ（日比友好道路）の調査

- 12:50 マニラ着

（建築班）

- 8:00 資料整理、英文報告書作成準備

- 12:00 フィリピン側カウンターパート（ウィルフレド、イストリス）

- ～14:00 及びフィリピン工科大マナラスタ教授と耐震コード、施工の実情について討議（中田）

8月6日（月）

- 午 前 現地調査報告書取りまとめ、資料の準備

於 JICA事務所

- 14:00 対DPWHブリーフィング 於DPWHエストアールDPWH長官、エルカルナシオン次官他、NIA（国家灌漑庁）、ナショナルパークオペレーション、地元建設業協会、コンサルタント協会、岡田団長他団員、池田書記官、JICA長期専門家など約60数名出席

- 19:30 国際緊急援助隊主催パーティー 於ニッコーマニラガーデン、エルカルナシオン次官、岡田団長、池田書記官他50

数名出席

8月7日(火)

7:00 マニラ発(NW-004)

12:30 東京着

13:00 打合わせ 於成田

鈴木外務省経済協力局技術協力課企画官他関係者出席

#### 4. 団員構成／班構成

##### 1) フィリピン国地震災害緊急援助隊 専門家チーム 団員構成

団 長	岡田 恒男	東京大学生産技術研究所所長・教授	総 括
団 員	山田 俊郎	国土庁防災局 震災対策課長	防災対策・震災全般
	嶋津 晃臣	建設省土木研究所 機械施工部長	道路・機械
	佐々木 康	建設省土木研究所 地震防災部長	地震防災
	岡原美知夫	建設省土木研究所 構造橋梁部基礎研究室長	橋梁
	中田 慎介	建設省建築研究所 国際地震工学部第一耐震工学室長	建築・耐震
	衣笠 善博	通商産業省工業技術院地質調査所 環境地質部地震地質課長	地震学・地盤災害
	米山 芳春	国際協力事業団 筑波インターナショナルセンター	業務調整

## 2) 各班の構成

(1) 総括班	岡田 恒男			
	衣笠 善博			
	米山 芳春			
	Crispin B. Banaag Jr.	(DPWH)		
(2) 道路Ⅰ班	嶋津 晃臣			
	Roger F. David	(DPWH)		
	Zosimo G. Alberto	( " )		
	中村 州章	(JICA長期専門家)		
(3) 道路Ⅱ班	佐々木 康			
	Simplicio Pestano	(DPWH)		
	武内 辰夫	(JICA長期専門家)		
(4) 橋梁班	岡原美知夫			
	Joel Surol	(DPWH)		
	Virginia Damaso	( " )		
	Armenio E. ayson	( " )		
	萩原 良二	(JICA長期専門家)		
(5) 河川・ダム班	山田 俊郎			
	Nelson Livara	(DPWH)		
	岩切 哲章	(JICA長期専門家)		
(6) 建築班	中田 慎介			
	Wilfredo Lopez	(DPWH)		
	Rogelio Isturis	( " )		
	平井幸一郎	(JICA長期専門家)		
(現地協力者)	梅田 典夫	(総括班)	水野 暁	(建築班)
	佐藤 伸	( " )	松島 正幸	( " )
	大西 淳	(道路Ⅰ班)	杉本 三千雄	( " )
	遠藤 峯夫	(道路Ⅱ班)	加藤 武彦	( " )
	中川 哲	( " )	水野 幸雄	( " )
	三谷 光正	(橋梁班)	福岡 元親	( " )
	元木 佳弘	(河川・ダム班)	木村 正己	( " )
			竹本 信次	( " )



## 5. 被害の概要

### 5. 1 フィリピン国における地震環境

#### 5. 1. 1 地震活動

フィリピンは、いわゆる環太平洋地震帯に属し、日本と同様に、地震活動は極めて活発であり、過去にも数多くの地震により多大な被害を被ってきた。

フィリピンの地震は、フィリピン海溝、東ルソン海溝、マニラ海溝等の海溝におけるプレート沈み込みにもともなう地震とフィリピン断層等の陸上活断層の活動による地震とに大別される。図5. 1. 1に、これらの海溝および主要活断層を示す。

図5. 1. 2には、1960年から1988年の間に震源が決定された全ての地震を示し、図5. 1. 3には、1599年から1988年の間に発生したマグニチュード6. 0を超える地震、あるいは震度階6を超える地震を示す（フィリピンではRossier Forel震度階（表7. 1. 1）に基づく震度階が使われている）。これらの地震のうち、最近の主要な被害地震を表5. 1. 1に示す。このうち、ミンダナオ地震による被害の多くは津波による被害である。

フィリピン断層に沿っては、20世紀に限っても、マグニチュード6. 8以上の大地震が繰返し発生している（図5. 1. 4）。1973年ルソン島南部のラガイ湾で発生した地震（マグニチュード7. 0）では、最大3. 2mの左横ずれ変位が出現した（Allen, 1975）。

図5. 1. 4に見られるように、フィリピン断層のうち、今回の地震の震源域となったルソン島中部では、19世紀後半には、顕著な地震は発生していない。また、図5. 1. 2に示されるように、最近の微小地震活動も低調であり、「地震活動の空白域」であったと言える。

このように、フィリピンは地震活動の極めて活発な国であり、過去にも繰返し地震被害を被ってきた。これにたいして、地震観測はフィリピン火山地震研究所（PHIVOLCS）によって行なわれている15点の観測のみであり、それさえも集中化されておらず、震源決定精度は十分でない。

また、耐震コードの整備や適切な耐震設計の観点から不可欠な強震観測網の整備も不十分である。今回の地震に関しても、設置されていた5台の強震計は、消耗品の不足から動作しておらず、強震記録は全く得られなかった。

文 献

Allen, C. R. (1975): Geological criteria for evaluating seismicity. Geol. Soc. Amer. Bull. vol. 86, p. 1041-1057.

平野信一・中田 高・寒川 旭 (1986): ルソン島中部におけるフィリピン断層の第四紀後期の断層運動. 地学雑誌, vol. 95, p. 1-23.

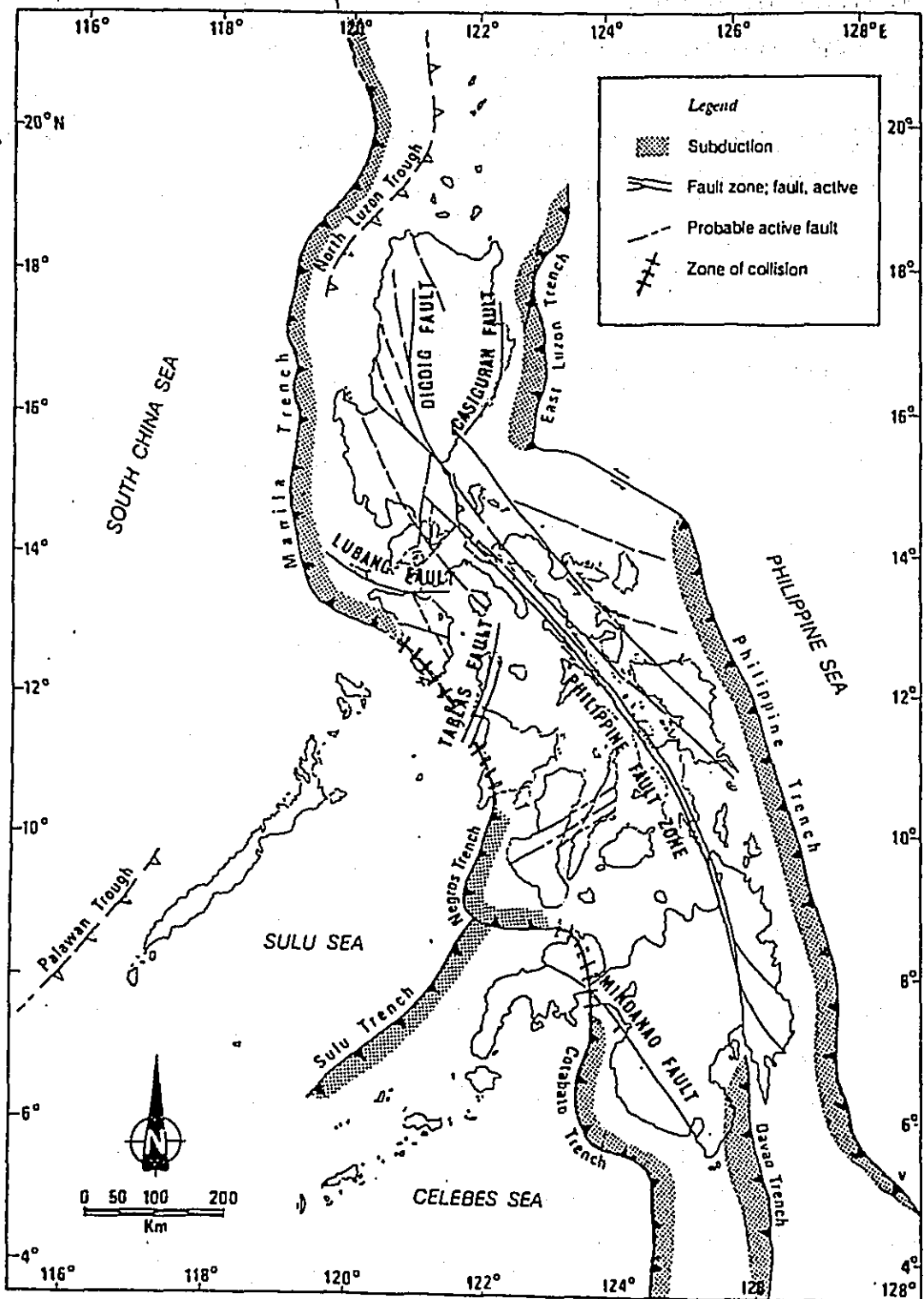


図5. 1. フィリピン及びその周辺の海溝と主要活断層

(PHIVOLCSパンフレット)

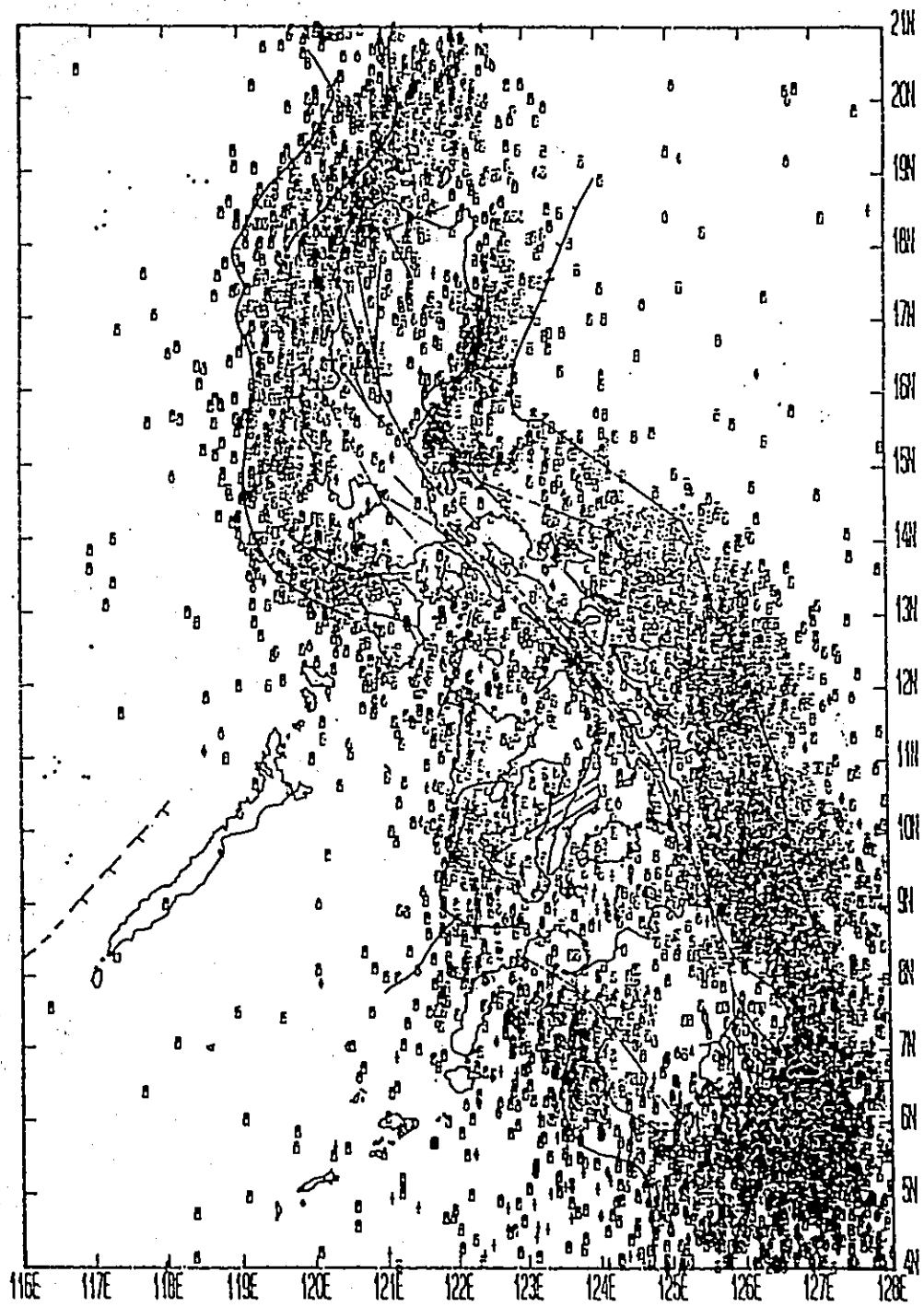


図5. 1. 2 フィリピン及びその周辺における震央分布 (1960-1988)

(PHIVOLCSパンフレット)

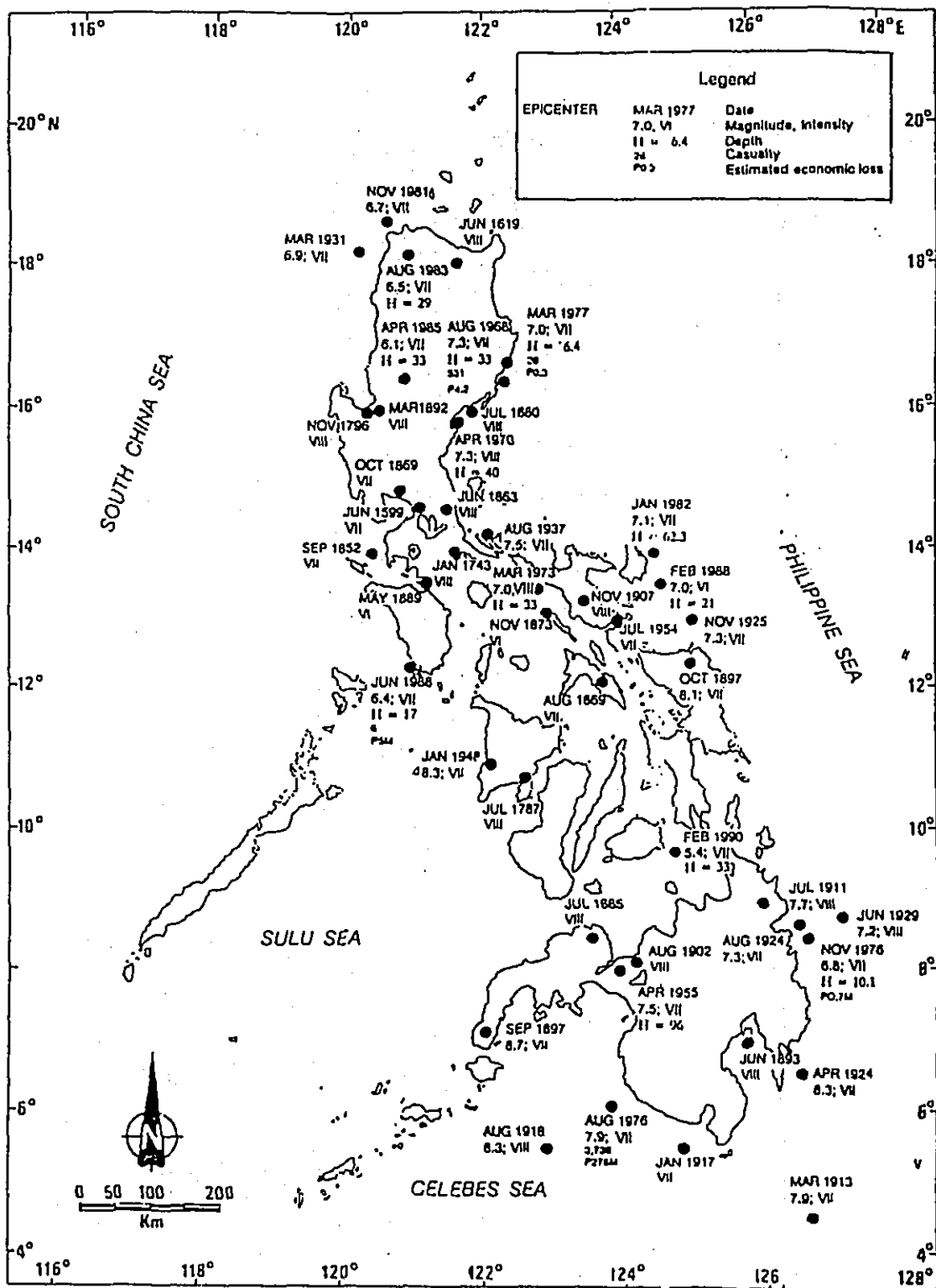


図 5. 1. 3 フィリピン及びその周辺で発生した主要地震  
( $M > 6.0$  and/or Intensity  $> VI$ , 1599-1988)

(PHIVOLCSパンフレット)

DATE	EPICENTER	INTENSITY	MAGNITUDE	CASUALTY/INJURED	
01 Jul. 1954	Bacon, Sorsogon	VII	8.3	13	101
01 Apr. 1955	Lanao, Mindanao	VII	7.5	291	713
02 Aug. 1968	Casiguran, Aurora	VII	7.3	270	600
07 Apr. 1970	Baler, Quezon	VII	7.3	15	200
17 Aug. 1976	Moro Gulf, Mindanao	VII	7.9	3,739	8,000

表 5. 1. 1 フィリピンにおける最近の被害地震

(PHIVOLCSパンフレット)

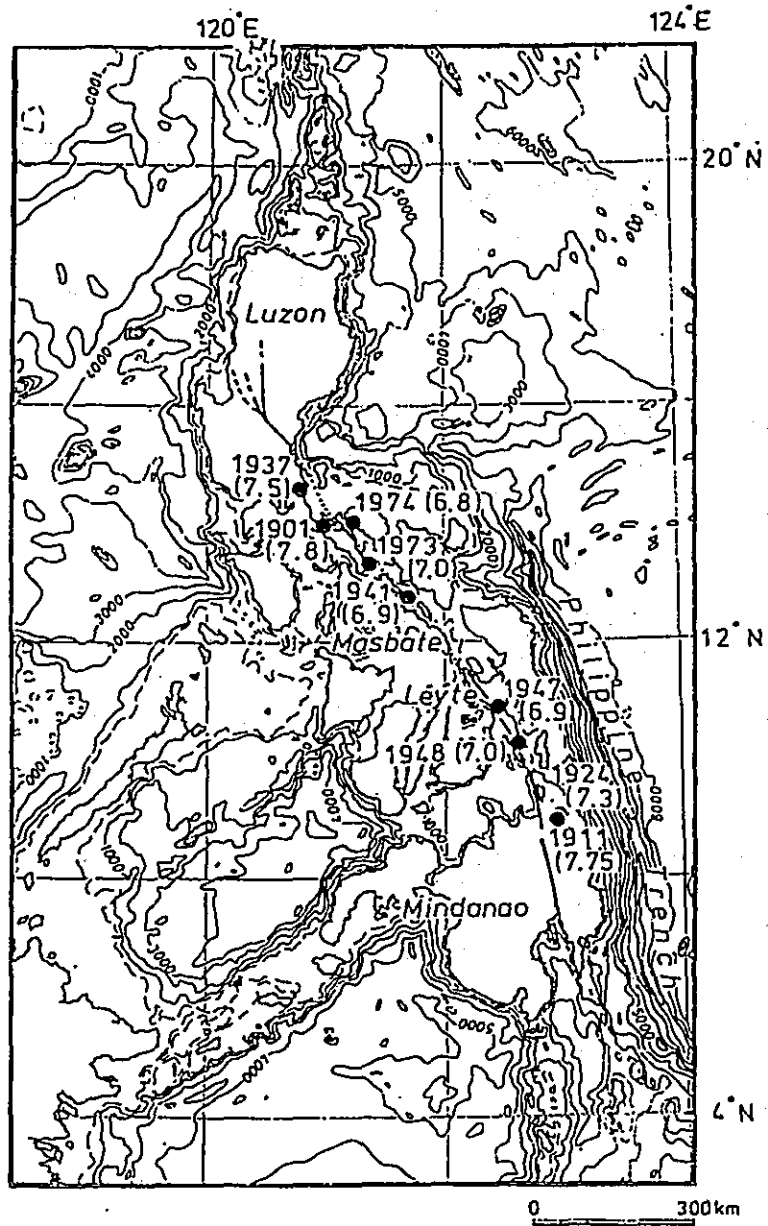


図5. 1. 4 フィリピン断層沿いの大地震の震央分布  
 (平野ほか, 1986 に今回の地震を追加)

5. 1. 2 防災体制

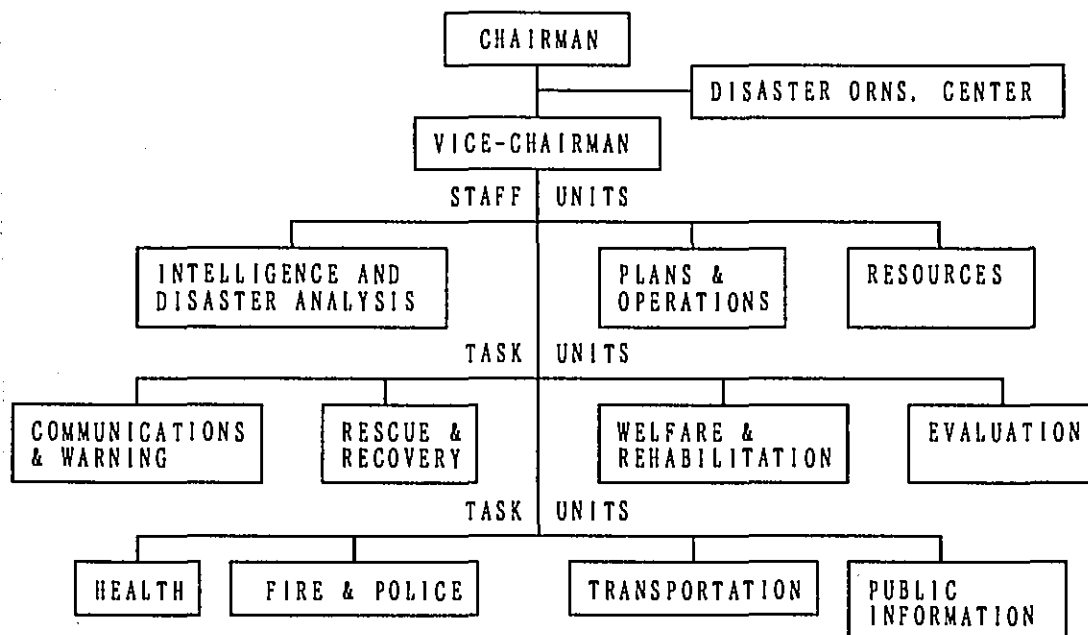
(1) 防災体制

国際建設技術協会が調べた資料によるとフィリピンにおける防災体制ならびに防災対策は以下のようになっている。

フィリピンは、台風、地震、火山噴火等による災害の起こりやすい地域であり、特に台風や洪水などの風水害による死者は、年間（1970～1986年の平均）で400人以上にのぼるなど、甚大な被害を蒙っている。また、歴史的にも多くの戦乱を経てきた国家であり、防災や災害復旧・救援のための組織、体制作りは古くから進められている。

フィリピンにおける防災体制は、1978年の大統領布告NO.1566に基き、政府各省庁の大臣、長官等で構成されたNDCC（National Disaster Coordinating Council）を頂点として、各地方、市町村別に階層化されたDCC（Disaster Coordinating Council）という災害対策組織、及びOCD（Office of Civil Defense）を中心に形成されている。OCDは、有事の際に各地方、市町村単位で警備、消防、救援等の役割を分担させる非常体制を統括する組織で、NDCCの立案によるDOCの組織作りは、このOCDによって進められた。

図-5.1.5にDCCの機能及び組織体制を、表-5.1.2に防災、災害復旧・救援の関連機関を示す。



出典：「防災技術セミナー報告 第8巻 'The Current System of Disaster Preparedness and Prevention in the Philippines」1984年12月

図-5.1.5 DCCの機能及び組織体制



表-5. 1. 2 主な防災, 災害復旧・救援関連機関

機 関 の 名 称	所 管
NDCC (National Disaster Coordinating Council) DCC (Disaster Coordinating Council)	防災・災害対策
OCD (Office of Civil Defense)	防災・災害対策 市民防衛
DPWH (Department of Public Works and Highways)	洪水対策
PAGASA (Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration)	災害監視, 予・警報 (洪水, 風水害)
PHIVOLCS (Philippine Institute of Volcanology and Seismology)	災害監視, 予・警報 (火山噴火, 地震, 土砂崩れ等)
Health Intelligence Service	災害監視, 予・警報 (伝染病)
Philippine Coast Guard	海岸汚染の監視 海難救助
CDRC (Civil Defense Regional Center)	災害・復旧・救援情報の伝達
COWS (Committee on Warning System) EBS (Emergency Broadcasting Systems)	災害警報の発令, 伝達
CDOC (Civil Defense Operation Center) DOC (Disaster Operation Center)* MIAA (Manila International Airport Authority) MRCC (Manila Rescue Coordinating Center) フィリピン国軍	救援・復旧
DSWD (Department of Social Welfare and Development) PNRC (Philippine Red Cross)	救援物資の配給

注\*: DCC内の救援機構である。

## 2) 防災対策

### 1) 予防

フィリピンにおける災害予防対策は、公共事業道路省の所管する洪水防御、道路防災、火山砂防事業等の国土保全事業と、OCDによる防災組織の強化及び育成、防災訓練、防災についての教育宣伝活動に大別され、予報・観測活動ではPAGASAとPHIVOLCSが主な役割を果たしている。

公共事業道路省では、全国の主要な河川における洪水防御と、主要な幹線道路における道路防災を進めている。

火山砂防事業では、マヨン火山砂防と関連事業を進めており、その他の火山災害対策及び地震対策については、フィリピン火山地震研究所(Philippine Institute of Volcanology and Seismology = PHIVOLCS)が火山・地震観測、ハザードマップの作成や予知技術の開発等を行っている。

フィリピン天文・大気・地球物理局(Philippine Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration = PAGASA)は、台風、洪水、高波、干魃、地滑り等の災害の観測、予・警報活動を行うとともに、自然災害の予防や軽減の研究も行っている。

防災組織の強化や防災訓練等については、OCDが中心的な役割を果たしており、防災事業に携わる人々の育成や定期的な防災訓練、防災に関するマニュアルやパンフレットの刊行、キャンペーン活動などを行っている。

また、防災に対する大衆の自覚を促すために、1989年7月より、毎年7月第1週を自然災害自覚週間(Natural Disaster Consciousness Week)とすることが大統領声明により、決定されている。

### 2) 応急対応

フィリピンにおける災害応急対応組織は、先に述べたNDCC及び各地方のDCCを中心に形成されており、OCDの24時間体制のオペレーションセンター(Civil Defence Operation Center)が、災害警報や災害情報の収集、救援・応急復旧事業の計画や関連機関への勧告を行うシステムとなっている。さらに、各地方、地域のDCCに設けられたDOC(Disaster Operation Center)が関連機関やフィリピン赤十字等の救援組織、軍などと共に救援、応急復旧活動の実施にあたる。

また、大災害が発生した場合(1週間以上の災害期間、人口30%以上の被災等の条件)は、大統領が災害宣言(Declaration of a State of Calamity)を發布して、救援活動にあたることになっている。

救援活動の実施にあたっては、NDCCがOCDを通じて救援活動や関連機関へのモニターを行い、必要な場合には、予算省が大統領府の認可を得て、資金援助を行うこととな

っている。

なお、救援物資の供給は、主に社会福祉事業省とフィリピン赤十字が受け持っている。

### 3) 復旧事業

復旧事業については、OCDの協力によりNDCCの施策部門 (action group) が事業の統合や評価、予算の優先順位の推挙を担っており、全ての復旧事業関連部局は、この施策部門の許可を受けることになっている。

復旧事業の優先順位は次の通りである。

- a. 地域に対する利益あるいは質的、量的なインパクト
- b. 国内関連機関の資金及び技術支援を迅速に行うことについての有用性
- c. 生産活動を直接に支えている施設の再建、復旧
- d. 地域にとって、早急に必要な公共施設、公共事業

施策部門は上記の基準により、復旧事業計画と事業予算案を策定し、NDCCの議長を通じて大統領の認可を受ける。そして、予算省が事業実施機関に対し、必要な予算措置を講ずることになっている。さらにNDCCはOCDを通じて、復旧事業の監査を行い、NDCCの議長を通じて大統領府に対し、報告書を提出することになっている。

#### (3) 防災関連法制度等

1978年の大統領布告NO.1566は、フィリピンの災害対策基本法といえるものである。その中には、予防、救援、復旧対策の活動内容が述べられている。表-5.1.3にその主な項目を示す。また、表-5.1.4にフィリピンにおける防災関連の主な法制度等を示す。

表-5. 1. 3 大統領布告No.1566\*の主な項目

段 階	主 な 活 動 内 容
予 防	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防災対策のプランニング</li> <li>・ 防災組織の設立と強化</li> <li>・ 防災活動に従事する人々の教育, 養成</li> <li>・ 防災活動のガイドラインの作成</li> <li>・ 防災訓練の実施</li> <li>・ 防災のPR</li> <li>・ 食料, 医薬品等の非常用物資の備蓄</li> <li>・ 災害監視・警報網の強化</li> </ul>
救 援	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 避難場所の確保, 避難誘導の専属チームの配置</li> <li>・ 負傷者の応急手当, 医療施設への移送</li> <li>・ 被災者への食料, 衣類等の救援物資の配給</li> <li>・ 行方不明者の捜索</li> <li>・ 応急工事</li> <li>・ 被害状況の調査</li> <li>・ 緊急輸送体制の確保</li> </ul>
復 旧	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 被害状況の再チェック</li> <li>・ 復旧に必要な人員・物資の救援要請及び充当</li> <li>・ 被災施設等の復旧工事等の復旧活動</li> </ul>

注) \*: "Presidential Decree No.1566 - Strengthening the Philippine Disaster Control, Capability and Establishing the National Programme on Community Disaster Preparedness" 1978年6月

表-5. 1. 4 防災関連の主な法制度等

項 目	名 称	目 的
基本法関係	大統領布告No.1556/1978	災害対策の基本法
予防関係	Philippine Building Code/1977	建築, 設計基準
	メトロマニラ地区に対する条例第81号	土地利用基準及び
	Town Planning Guidance and Standards	規則
マニュアル等	Calamities and Disaster Prevention Plan 1987	災害時(戦時を含む)のNDCC, DCC及び各省庁部署の任務を定める。
	災害宣言の発布に関する基準及び実施手続き (Establishing Procedures and Criteria for Recommending the Declaration of a State of Calamity in Disaster-stricken Areas)	大統領による災害宣言の発布についての基準及び救援事業の実施方法を定める。
	Draft Provincial/City/Municipal Disaster Preparedness Plan	地区, 市, 町のDC Cの防災計画, 洪水, 風水害, 疫病, 津波, 事・航空災害, 津波, 干魃のケースごとの対応策等
	A Manual of How to Assess Disaster Damage	災害被害調査マニュアル

#### (4) 今回の地震後の対応

今回の地震後のフィリピン国行政機関の対応を系統的に調べる時間の余裕を持つことができなかったが、現地踏査の合い間に断片的に知り得たことを記しておく。

※バギオにおけるDPWHの出先事務所には約50名の職員が勤務しているが、緊急事態に対応した体制に編成替えしたのは7月20日(金)からとのことであった。

※所長が出張中でバギオまでの道路が開通するまで体制がとれなかったようである。

※しかし一方、地震の翌日からは緊急の道路啓開の工事や被害調査が開始され、7月19日にはナギリアン道路が開通している。

※ダグパンの災害対策本部で得た資料によれば、7.3章、表7.3.3に示すように民生の安定を図るための各種の手段がとられた模様である。

※Region-1のオフィスで耳にした話では台風や雨災害に対しては慣れているが、地震後の対応には慣れていないので地震対応のマニュアルがあれば助かるとのことであった。

※DPWHから提供された暫定的被災箇所調査にもれた被害箇所もある模様である。特にここに記しておきたい点は、橋梁や盛土の被害調査に際して路面からの目視しかなされていない箇所があり、橋脚や橋台、あるいはその基礎の変状が報告されていない箇所が見受けられた。被害の調査法や報告の様式、残留耐力の評価手法などについて技術移転の必要を感じる。

### 5. 1. 3. 耐震設計

#### (1) 土木構造物

最新の“Design Guidelines Criteria and Standards by DPWH, 1988”（以下ガイドライン）によればダム、タンク、橋梁などの土木構造物は耐震設計を行うことになっているが、詳細な耐震設計の手順、設計法は示されていない。

橋梁については、“National Structural Code of the Philippines, Vol II. Bridges by Association of Structural Engineers of the Philippines, 1987”（以下コード）にかなり詳しく記述されていることもあり、ここでは橋梁の耐震設計について述べる。

#### 1) 耐震設計の経緯

1970年以前の橋梁の耐震設計については、よくわからない。

1970年から1988年まで、1970年に出されたガイドラインに基づき耐震設計が行われている。この時に用いる最小の震度として、死荷重の10%を考慮しなければならないことを規定している。

また実際の耐震設計は、1972年に出された“Earthquake Engineering for the ILZGAN-BUTUAN ROAD in the Island of Mindanao-Philippines by the Asian Development Bank”に基づき行うよう、ガイドライン（1972）に規定された。

1988年より、改訂された上記ガイドラインにおいて、設計地震力として10%（死荷重+1/2活荷重）を考慮することが規定されている。

また実際の耐震設計は、1987年に出された上記コードに基づいて行われている。

#### 2) 耐震設計法（1987年コードによる）

地震発生が予想される地点においては、対象となる地域の活断層との関係、地盤および橋の地震応答特性などを考慮して耐震設計を行わなければならないとしている。

計算方法としては、等価静的荷重法（震度法）と応答スペクトル法があり、前者については以下のとおり規定されている。

下部構造の剛性がほぼ一様な場合、設計地震力（EQ）は次式より算出する。

$$EQ = C \cdot F \cdot W$$

F：構造系別補正係数（1.0：一柱式橋脚、0.8：ラーメン橋脚）

W：死荷重

C：合成応答係数で0.1以上の値

Cの値は、基盤の最大加速度（A）、基盤までの沖積層の厚さ、および橋の固有周期（T）より得られる。

また、上記のデータ（基盤の最大加速度、基盤までの沖積層の厚さ等）が不明な場合は、次式よりEQを算出してもよい。

$$EQ = 0.10 (W + L / 2)$$

W：死荷重

L：活荷重

なお、複雑な構造物に対しては、応答スペクトル法を用いるべきであるとしている。

また、移動制限装置の設計に用いる荷重は、以下のとおりである。

$$EQ = 0.25 \times DL - (\text{地震荷重により柱に生じるせん断力})$$

DL：設計に考慮する上部工反力

注) 実際に設計・施工された橋梁に関し、どの程度上記耐震基準が適用されてきたかについては、ヒヤリングを行った関係者でかなりばらつきがあった。

## (2) 建築物

建築物の設計施工に関してフィリピン国では現在、次の2つの基準で構成されている。

1. 'The National Building Code of the Philippines.' (NBCP) 1990年版
2. 'National Structural Code of Philippines.' (NSCP) 1988年版

1. は建築物全般にわたる基準が盛り込まれており、その内容は建物の確認申請、管理、許可、検査及び防火、照明、換気、衛生、電気等の諸工事に関する規定である。この1.の建築基準には耐震設計は一切記述されておらず、2.の略称NSCPにその建築構造物の設計基準が耐震設計も含めて木構造、鋼構造、コンクリート構造、及び組積造に分けて規定されている。コンクリート構造に関しては、設計、コンクリート工事標準仕様書、耐震設計の解析及び設計法等が規定されている。その設計地震力に関しては米国のSEAOC (Structural Engineers Association of California; カリフォルニア構造技術者協会) から出版されている Recommended Later-al Force Requirements and Commentaryを参照しており、以下の歴史がある。

First Edition.....	1959
First Edition With Commentary.....	1960
First Edition Revised.....	1963
Second Edition Without Commentary.....	1966
Second Edition With Commentary.....	1967
Second Edition With Commentary and Addendum...	1968
Third Edition With Commentary.....	1973

Fourth Edition With Partial Commentary.....	1974
Commentary for Fourth Edition.....	1975
Fourth Edition Revised.....	1980

フィリピン国としての上記基準の採用の歴史は以下のごとくなる。

- 1959年 マニラ市耐震設計基準制定
- 1966年 フィリピン構造技術者協会によるSEAOC型規準採用の提唱
- 1972年 UBC, ACIをベースにした耐震設計基準の制定
- 1981年 改訂 (2nd edition)
- 1986年 改訂 (3rd edition)

1968年及び1970年にマニラで地震被害があり、1972年にSEAOC型の規準が公共事業道路省から発行された。その後米国では1973年以後に地震力係数CSの改訂の動きがあり、フィリピンの現在のコードはこの改訂案も取り入れている。IAEE発行のEARTHQUAKE RESISTANT REGULATIONS A WORLD LIST-1980のフィリピンの項には少なくともこの米国の改訂版が示されている。改訂前は設計ベースシア係数は0.07程度の小さい値であり、改訂後は最大で0.14まで引き上げられている。

鉄筋コンクリート建物の配筋規定としては、米国のACI基準そのものであるが、ACI 318-63に準拠したものである。米国でその後改訂されたACI 318-71はフィリピンのNSCP 1988年本文には盛り込まれておらず、付録として掲載されている。即ち、特別靱性骨組のためのAppendix A-Special Provisions for Seismic Designによる横補強筋の設計改訂が積極的に考慮されていないという事である。

今回バギオで大被害を受けた建物は1970年代に建てられた建物が多く、これらの被害建物は旧規準によるものが大半である。

1983年版 (6th edition) として 'Structural Design Data and Specifications,' というNSCPの解説書が市販されており、これには上記のACI 318-77が推奨されている。現在米国ではUniform Building Code 1988年版として建物のメカニズム時層間変形の制限も付加されている。今回のような大きな地震を対象としなければならないのであれば、既存の耐震規定をさらに強化する必要がある。

日本の基準で建てられた建物の場合、旧基準に準拠した建物でもベースシア係数はフレーム構造で0.25程度である。1981年以降の新基準の場合は0.30以上となる。米国の基準に準拠したフィリピンの耐震基準で建物が建てられた場合、フレーム構造でそのベースシア係数は日本の旧基準の場合の50%程度となる。



今回の建物被害とフィリピンの現行基準による設計を対比してみるとさらに施工のしやすさを考慮して、日本の基準に近づけた内容となる改訂が必要ではないかと考えられる。

## 5. 2 被害概要

今回の地震による被害の特徴として、広範な地域に、多様な被害を生じた事が挙げられる。

7月29日現在の集計では、死者1,641名、負傷者3,441名、行方不明969名、全壊家屋25,369棟、半壊家屋61,077棟に達する。表5.2.1に地域別被害集計を示す。また、表5.2.2には、DPWHに係わる施設の、修復に必要な金額(ペソ)で表した、地域別被害集計を示す。

最も多くの人的被害を生じたのは、バギオ市を中心とするベンゲット州であり、その多くは、ホテル等高層建築物の崩壊及び輸出加工区の縫製工場の倒壊と同時に発生した火災によるものである。また、ケノン道路で発生した山崩れにバスが巻き込まれ、多くの死者をだしたことも報じられている。

ラ・ウニオン州はベンゲット州の西隣に位置し、現地調査の限りでは、その南半の海岸沿いの集落の建造物に大きな被害が見受けられた。

ヌエバビスカヤ州はベンゲット州の東隣に位置し、急峻な山岳地域であり、無数と言える程の山崩れが見受けられたが、多数の死者を出した原因は把握していない。

カバナツアン市の死者の内、そのほとんどはクリスチャンカレッジの倒壊によるものとされている。同市ではこの他に公設市場の倒壊が報じられている。同市は震央直近にあったが、これらの他の被害は軽微であった。

ダグバン市を始めとするリングエン湾岸の都市では、液状化による大きな被害を被った。ダグバン市内では、地盤が広範囲に1~1.5m沈下し、多数のビルが沈下~傾斜した。

橋梁の被害も広範囲に発生し、調査した39橋の内、耐荷力の観点から、落橋:6橋(仮橋1を含む)、大破:6橋、中破:8橋、小破:8橋に及んだ。この他に、耐荷力には影響を及ぼさないものの、アプローチ部の損壊などの被害は多数観察された。

道路の被害、特にルソン島北部を縦断する幹線道路であるパン・フィリピン道路(日比友好道路)の被害及びバギオに通じるケノン道路、マルコス道路、ナギリアン道路の損壊は著しい。このうちナギリアン道路は、一方通行ながら交通は確保されているものの、他は調査時点では懸命の復旧作業にもかかわらず不通となっており、日常生活はもとより、救援・復旧活動にも大きな支障をきたしている。また、雨期にあたるため、これらの道路は復旧作業後においても、斜面崩壊などの二次災害の発生に悩まされている。

河川はアグノ川水系を主体にかなりの延長にわたって被害を受けており、堤防の沈下、亀裂、崩壊や、バラベットや護岸の破壊が見られた。パンパンガ川水系の被災箇所は多くないものの、アラヤット山の近くの堤防に著しい欠陥が見られた。

ダム被害も著しく、バギオの東に位置するアグノ水系のアンブクラオダムとピンガンダムや、ヌエバエシハ州サンホセの北東に位置するパンパンガ水系のパンタパンガンダムとその逆調ダムであるマシワイダム等では堤体天端の亀裂や、沈下、堤体法面の浅いすべ

り等が認められた。

これらの被害総額は、いまだ詳細には把握されていないものの、アキノ大統領は、最終的には100～150億ペソ（650～975億円）に達するであろうとの見通しを表明している。

現地調査にもとづく、今回の地震の被害分布の概要を図5. 2. 1に示す。地域としては大略、バギオ～ダグバン～サン・ホセに囲まれる、三角形の範囲に集中している。この地域は、前述の地震断層の北西側にあたり、断層破壊様式との関係で、注目される。

	DEAD	INJURED	MISSING	HOUSES TOTALLY	DAMAGED PARTIALLY
CAR	845	1,880	395	7,886	12,013
Benguet	312	496	20	4,001	3,445
Baguio City	385	1,101	235	3,668	8,205
Kalinga Apayao	5	5	0	16	20
Abra	5	75	1	33	139
Ifugao	8	203	0	166	192
Mt. Province	0	0	0	2	12
Unspecified Areas	130	0	139	0	0
Region I	345	695	336	7,359	21,906
La Union	100	200	25	3,409	6,954
Pangasinan	54	35	288	2,756	8,916
Dagupan	13	37	23	1,172	5,960
San Carlos City	2	2	0	11	62
Ilocos Sur	3	5	0	11	14
Unspecified Areas	173	416	0	0	0
Region II	211	322	194	2,561	5,078
Cagayan	2	5	0	0	5
Nueva Vizcaya	208	313	194	2,561	5,073
Quirino	1	4	0	0	0
Region III	230	489	44	7,563	22,080
Nueva Ecija	88	250	14	1,856	11,603
Cabanatuan	112	147	29	9	665
San Jose City	16	15	0	157	214
Palayan City	4	4	0	3	32
Tarlac	9	54	0	5,510	9,480
Pampanga	1	6	1	28	85
Angeles City	0	13	0	0	1
N C R	10	55	0	0	0
Quezon City	8	1	0	0	0
Pasay City	0	18	0	0	0
Manila	2	36	0	0	0
TOTAL	1,641	3,441	969	25,369	61,077

表 5. 2. 1 被害統計 (7月29日午後5時現在)

表 5. 2. 2 DPWHに係わる施設の被害統計

(DPWH資料)

Estimates of repair and rehabilitation works of infrastructure damaged by earthquake.

Department of Public Works and Highways  
Summary

As of Date/Time: July 26, 1990

Category	NCR	CAR	Region I	Region II	Region III	Regional IV-A	Total
Roads and Bridges	a. 4,000,000.00 b. 19,288,000.00	a. 98,750,000.00 b. 279,350,000.00	a. 9,700,000.00 b. 470,45,000.00	a. 14,135,000.00 b. 231,665,000.00	a. 55,767,000.00 b. 1,269,371,000.00	a. 1,360,000.00 b. 1,360,000.00	a. 182,352,000.00 b. 2,271,479,000.00
School Buildings	a. 5,300,000.00 b. 22,009,640.00	a. 40,000.00 b. 6,000,000.00	a. 68,200,000.00 b. 68,200,000.00	a. 9,125,000.00 b. 9,125,000.00	a. 1,118,000.00 b. 3,105.00	a. 1,118,000.00 b. 3,105.00	a. 6,818,400.00 b. 108,439,610.00
Hospital/ Public buildings	a. 2,385,000.00 b. 2,385,000.00	a. 300,000.00 b. 600,000.00	a. 11,510,000.00 b. 11,510,000.00	a. 7,810,000.00 b. 7,810,000.00	a. 300,000.00 b. 300,000.00	a. 300,000.00 b. 300,000.00	a. 300,000.00 b. 22,305,000.00
Flood control/ Shore protection	a. 300,000.00 b. 1,700,000.00	a. 300,000.00 b. 1,700,000.00	a. 800,000.00 b. 800,000.00	a. 5,803,000.00 b. 5,803,000.00	a. 300,000.00 b. 300,000.00	a. 300,000.00 b. 300,000.00	a. 300,000.00 b. 8,303,000.00
Water supply system	a. 86,350.00 b. 86,350.00	a. 40,000.00 b. 40,000.00	a. 15,000.00 b. 15,000.00	a. 40,000.00 b. 40,000.00	a. 265,000.00 b. 265,000.00	a. 265,000.00 b. 265,000.00	a. 265,000.00 b. 466,350.00
TOTAL	a. 93,000,000.00 b. 43,768,990.00	a. 99,750,000.00 b. 287,690,000.00	a. 9,700,000.00 b. 550,955,000.00	a. 14,135,000.00 b. 231,665,000.00	a. 56,017,000.00 b. 1,292,409,000.00	a. 1,133,000.00 b. 4,505,000.00	a. 190,350,000.00 b. 2,410,992,990.00
GRAND TOTAL	53,068,990.00	387,440,000.00	560,655,000.00	245,800,000.00	1,348,426,000.00	5,639,000.00	2,601,027,990.00

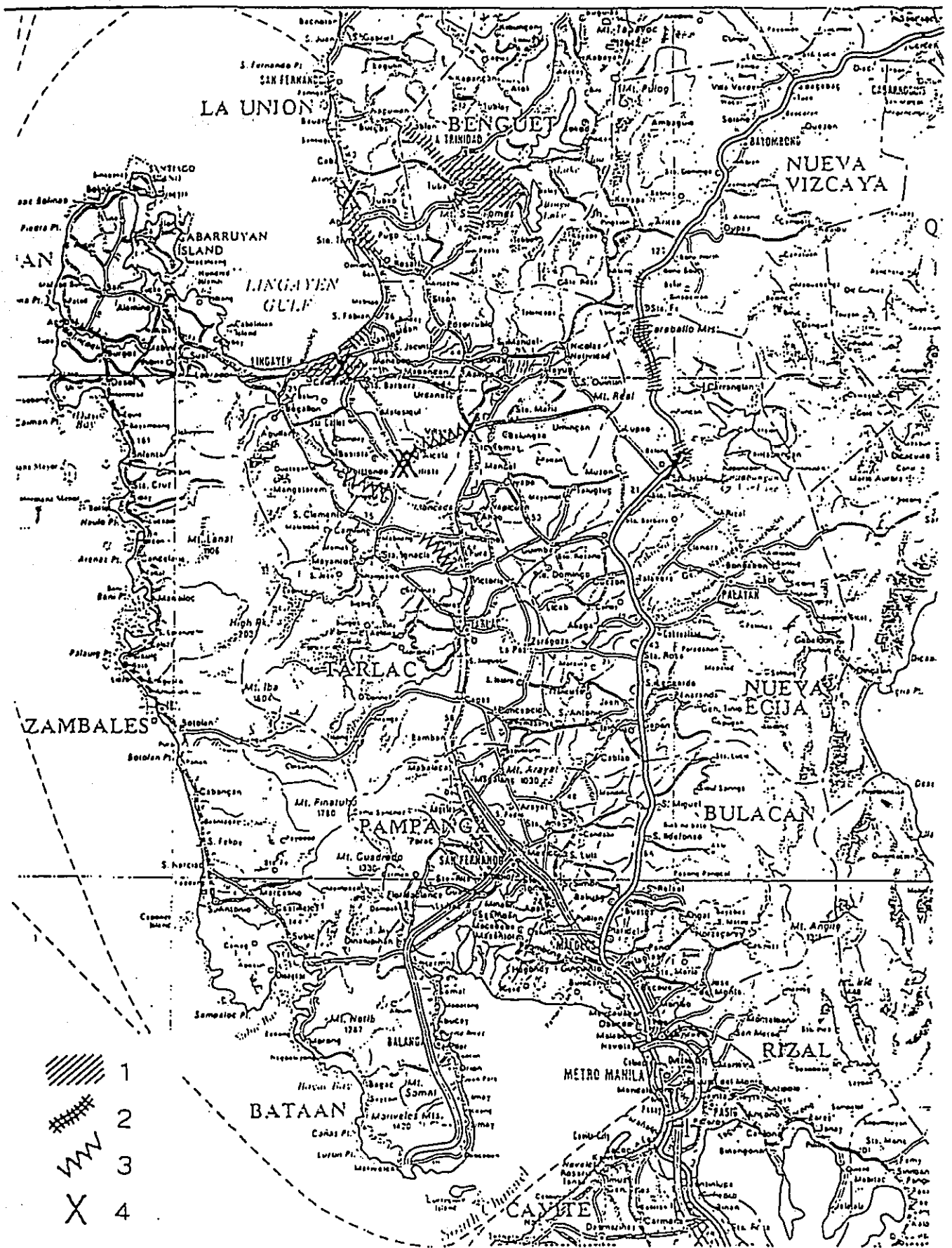


図5. 2. 1 主要被害の分布概要 (詳細は第7章参照)

- 1: 建物被害 (建物被害多発地域), 2: 道路被害 (不通等激甚被災区間)
- 3: 河川施設被害 (堤防損壊部分), 4: 橋梁被害 (落橋箇所)

## 6. 現地調査に基づく提言

先に第5章で述べたように、今回の地震被害は、1) 被害地域が広範囲に及んだこと、2) 被災のタイプが多岐にわたったこと、3) 水平約5mの横ずれ断層が約50kmにわたり地表に現われたことなどが特徴であった。主たる被災範囲は大まかに言って、バギオ-ダグバン-サンホセを結ぶ1辺約50~60kmの三角形にあり、カバナツアン市、日比友好道路沿いの集落などにも被害は点在していた。

被害のタイプは大きく分けて、1) 地盤災害と、2) 震動による建造物の破壊の2種で、1) 地盤災害には、a) 地盤の液状化による建物及び橋梁下部工の沈下・傾斜ならびに舗装の損傷と、b) 斜面崩壊を中心とした道路の被害があった。

短期間での調査の効率をあげるため、第4章に述べたように専門家チームを6班に分け現地調査におもむいた。また、専門家チームは、復旧に対する技術的な提言を行うことを主目的としていたため、各地において関係者と協議し適宜、復旧に対するコメントを行った。

これらの提言は構造別に暫定報告書にもまとめられており、8月6日の公共事業道路省における報告会においても説明を行ったが、以下にこれらを緊急度により分類して述べておく。なお、詳細については第7章を参照されたい。

### 6. 1 緊急に措置することが望ましい項目

#### 1) 被災建物の診断と補修・補強

先に述べたように、被災建物は大きく分けて、a) 震動により柱・梁・壁などが破壊あるいは亀裂を生じたもの（主としてバギオ市、アゴ市）と、b) 地盤の液状化により建物自体の損傷は少ないが、全体として沈下、傾斜あるいは浮上がったもの（主としてダグバン市）となる。

a) 振動被害をうけた建物のうち、倒壊あるいは崩壊したものは早急に取り壊す必要があるが、この際、後の被害原因の推定に役立たせるため、詳細な調査を行いながら取り壊すことが望まれる。倒壊あるいは崩壊は免れたが被害を生じたものについては、被災度の判定を行い、補修・補強で再使用が可能なものとそれ以外に分類し、早急に処置すべきである。この際の被災度の判定、補修・補強法については日本ですでに開発されている方法をフィリピンの建物の実状にあわせて適宜修正して用いることができよう。

b) 今回の地盤の液状化による被害は1964年に日本においても新潟市で経験したものと同様のものである。新潟市においては、地震後300棟を超える鉄筋コンクリート造建物のオイルジャッキによるたて起こし、基礎の補強などによる復旧が試みられ、現在でもなお用いられている。この際、開発・適用された方法は例えばダグバン市においても適

用が可能であると思われる。

## 2) 仮設住宅の建設

バギオ、ダグバン市などの激災地帯では一般住居建物の倒壊が著しく、住民の健康状態の維持等が困難となっている地域において、倒壊等によって、使用不能となった住宅の代わりとして用いる簡易住宅施設（プレハブ、1000世帯分）を建設し、住民の一次収容に供することが必要と考えられる。日本における地震災害と異なり、この種の対応が非常に遅いため、雨期を迎えた現地調査の時点でも未だにテント生活をしている状態であり、緊急に仮設住宅を建設することが必要と思われる。

## 3) 被災橋梁の診断と補修・補強

ルソン島北部とマニラを結ぶ主要道路は日比友好道路と、マニラノース道路の2つのルートである。このうち、日比友好道路は大量の崩壊土砂のために今もなお、不通区間が残っている。マニラノース道路についてはカルメン橋が落橋しているのでリングエンを経由する迂回路が設定されている。この迂回路ルートを含めルソン島北部とマニラを結ぶルートとして唯一残されたマニラノース道路および周辺道路では多くの橋梁が被災している。中には重車輛の通行によって被害が進行し、落橋に至る危険が懸念される橋梁もある。幹線道路としての重要性を考えると被災橋梁の被災度診断ならびに補修・補強が交通手段を早急に回復するために必要であることは言うまでもない。今回、39橋の現地調査を行った結果、落橋した6橋を含め被害度の大きい橋梁は12橋であった。そのうち10橋については、すでに暫定報告書にその当面の対策及び本格的復旧の方策について具体的な提案を行った。

時間的制約のため今回診断しなかった残りの被災橋梁についても診断を早急を実施すべきである。

本報告においても第7章にその後の検討結果も含めて詳細に述べている。

## 4) 緊急迂回路の設定と応急仮設橋の架設

前項の診断・補修・補強は緊急になさなければならない対策の一つであるが、その完了までにはかなりの時間が必要となろう。その間の対策として、緊急迂回路の設定と応急仮設橋の架設が必要である。これについては、すでに一部で施工されており、応急復旧の裏が上がっているように見受けられたが、なお、被災道路全域と、被災橋梁全橋についての処置が必要とされよう。

## 5) 流出土砂及び流木による橋梁等の流出を防ぐ方策

日比友好道路のプンカン第2橋においては、流出土砂及び流木により橋梁の流出の危険



性が見られた。また、落橋したカルメン橋、カルボ橋、マニクラ橋、マグサイサイ橋では落下した桁がそのまま放置されており、洪水時の流水の疎通の障害となる状況である。早急にそれらの除去の方策がとられる必要がある。

#### 6) バギオへの3ルートの道路の早期の啓開

バギオに至る主要3ルートのうちナギリアン道路だけが啓開されている。しかしこのルート沿いにも大規模な崩壊のため片側通行しかできない区間が相当延長残されており、また、今後の降雨による再度の災害も懸念される。

残り2ルートのうち比較的不通区間の短いマルコス道路の啓開を急ぎ、バギオに至る道路を最低2ルートは早急に確保すべきである。

このために崩壊土砂の除去のための重機をもっと投入すべきである。

また、啓開された道路については二次災害を未然に防止するための監視と通行規制を実施することが望まれる。

#### 7) 河川堤防とダムの応急復旧

被災堤防とダム損傷部の応急復旧は、現在雨期を迎えていることから早急を実施する必要があり、さらに雨期終了後には本復旧に取り組むことが必要である。

#### 8) 今後の復旧計画の基礎資料をえるための調査

上記の対策の際には、それが単に今回の災害復旧のためでなく、今後の対策の資料として充分生かされるように、その計画工程、実施方法などについての記録を残すべきである。

### 6. 2 速やかに措置することが望ましい項目

速やかに措置することが望ましい項目としては以下のものがあげられる。

- 1) 被害実態の集約と分析
- 2) 地震動の大きさを推定するための標準構造物の設定とその被害調査
- 3) 未被災建物のうち、重要建物の耐震診断と補強
- 4) 未被災橋梁の耐震診断と補強
- 5) 堤防の危険箇所の把握とその補強
- 6) 土砂流出量の推定と影響の予測
  - 航空写真の活用が有効 -
- 7) 斜面上に位置する居住区域、建物の降雨災害に対する危険度判定と監視
- 8) ダムの変状監視
- 9) 鉱さいダムの被害調査と必要な措置の検討

これらのうち、1)及び2)は被災構造物の取り壊しがなされる前に行う必要がある。特に、今回の地震に際して強震記録が皆無であったことが今後の構造物の耐震対策の著しい障害になっていることを考慮し、強震観測網の整備は後述するように長期的に対処するにしても、被害の実態より各地での地震動の大きさの定量的推定を行うべきである。このためには、例えば、道路沿いにあるバス停構造物の被害程度とその分布から地震動強度を推定することも考えられよう。

建物、橋梁等の構造物については、3)、4)項に示したように、今後の地震に備えて、地動のレベルが低かったと思われる地区についても、それらの耐震性の分析と重要度と必要度とに応じた補強対策が必要である。これらについては、日本においてすでに開発されている種々の方法が適用できよう。5)、6)項は、今後の対策として望まれるものであり、7)、8)項はやや長期の対策として望まれる。9)項は今回は調査が行われていない項目である。

### 6. 3 長期的にみて措置の望ましい項目

長期的な視点より措置が望まれる事項は以下の通りである。

- 1) 地震・強震観測
- 2) 断層活動の調査
- 3) 建物の耐震設計基準等の見直し
- 4) 橋梁の耐震設計基準の見直し
- 5) ダムの耐震設計基準の見直し
- 6) 日比友好道路の法面防災施設の補強及び部分的な線形の再検討
- 7) ケノン道路の線形についての再検討
- 8) マルコス道路、ナギリアン道路防災施設の補強
- 9) ダグバン市の沈下量の大きい地区の再開発計画の検討(移住)
- 10) 異常時の施設管理者行動マニュアルの策定と訓練
  - －防災計画のブレイクダウン－
    - 点検マニュアル、復旧マニュアルを含む
- 11) 災害復旧制度の確立

## 7. 現地調査結果

### 7. 1 地震, 地質, 地盤

#### 7. 1. 1 地震

##### (1) 本震

米国地質調査所 (USGS) の発表による、今回の地震の概要は以下のとおりであるが、いずれも暫定値であり、今後変更される可能性がある。

1) 発生日時: 1990年7月16日16時26分 (現地夏時、日本時と同じ)

2) 震源: 北緯15.42°、東経121.12°、深さは「浅い」

マニラの北北東約100km、カバナツアン付近

3) 規模: マグニチュード7.7

フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS) は、今回の地震は次の2つの地震からなる、マルチプルショックであるとしている。

1) 震源地 カバナツアン、M7.7、深さ60km

2) 震源地 バギオ、M7.6、深さ10km (前者の2分後)

##### (2) 震度分布

PHIVOLCSの作成した、本震の震度分布図を図7.1.1に示す。フィリピンでは、Rossi-Forel震度階をもとにした、9段階の震度階 (表7.1.1) が使われている。

調査団が現地での聞き取りおよび被害の状況から推定した震度分布 (Rossi-Forelの10段階の震度階) を図7.1.2に示す。調査地点が限られていること等の制約はあるものの、高い震度階はバギオ、ダグバンなど、震央の北西部に限られていることが示されている。

##### (3) 余震

現地調査時点でも、バギオでは有感地震を1日に数回感じるなど、活発な余震活動が続いた。以下に主要な余震を記す (いずれも暫定値)。

17日04時45分 M5.1、18日03時06分 M5.8

18日06時14分 M6.3、18日17時00分 M6.0

21日00時11分 M5.6

PHIVOLCSによって決定された、本震発生後2週間の余震分布を図7.1.3に示す。この図から、余震活動は本震の震央であるカバナツアン周辺に比べて、北西のバギ

オ周辺で活発であった事が読取れる。

#### (4) 前震、前兆現象

PHIVOLCSの観測網では前震は観測されておらず、また前兆現象に関するデータ、レポートも得られていない。長期的な前兆現象として、図5. 1. 2に示されるように、今回の地震の震源域は地震活動は低調であり、「地震活動の空白域」であった事が指摘できるかもしれない。

### 7. 1. 2 地質

#### (1) 地質の概要

図7. 1. 4にルソン島およびその周辺地域の地質図を示す。この図から明らかなように、ルソン島は、リングエン湾北部からディンガラン湾へかけて認められるフィリピン断層によって、ルソン島北部とルソン島中部に大別される。

ルソン島中部はさらに、その中央部のCentral Valleyとその東側のSouth Sierra Madre Mountains、西側のZambales Rangeに大別される。Central Valleyは鮮新統～更新統の堆積物よりなる。South Sierra Madre Mountains、Zambales RangeはOphioliteと呼ばれる火成岩、堆積岩および変成岩の複合岩体とそれを取巻くように分布する中新世以降の堆積岩からなる。

ルソン島北部は、東側のNorthern Sierra Madre Mountainsと西側のCordillera Central Rangeに大別される。さらに、ルソン島北部の北半では、この両者の間の盆地をCagayan Valley Basinと呼んで区別する事がある。Cordillera Central Rangeは中生代の変成岩とそれを貫く花崗岩類およびそれらを覆う新生代の堆積岩からなる。Cagayan Valley Basinには鮮新世以降の堆積岩が広く分布する。

#### (2) フィリピン断層

ルソン島北部と中部を分けるフィリピン断層は、延長1,200kmにおよぶ大断層であり、平均変位速度は千年あたり1.5～5mと推定されている(平野ほか, 1986)。その規模、活動度などからフィリピン断層は、米国西海岸のサンアンドレアス断層、ニュージーランドを縦断するアルパイン断層、南米チリのアタカマ断層、そして日本の中央構造線に匹敵するものとされている。

このフィリピン断層から発生する大地震の繰り返し周期について、平野ほか(1986)は、断層の平均変位速度と推定された最新の活動時の変位量から、1,500～5,300年という値を求めている。断層の平均変位速度と今回の地震の規模(マグニチュード7.7)からは、800～2,800年という値が求められるが、同断層の詳細な調査データにもとづく検討が望まれる。

ルソン島中部において、フィリピン断層は雁行する4つのセグメントに区分される(図7. 1. 5)。今回の地震に伴う変位が確認されたのは Rizalから Digdigに至る Digdig断層と呼ばれる部分である。他のセグメントについては、今回の地震に伴う変位があったとする情報が無かったこと及び時間の制約のため、現地調査は行なわなかった。

断層変位は、San Joseから北上する Pan Philippine High Wayに沿って所々で確認されたが、距離標KM183+600(Digdigの北約12km)から北で、断層線は道路から西に離れ、KM194から北は道路が不通となっていたため、現地調査は行なえなかった。また、San Joseから Rizalの間は、ヘリコプターからの観察では、顕著な断層変位、地割れ等は認められなかった。Rizalから南東、Bongabon周辺まではヘリコプターからの観察でも、水田を横切る顕著な断層変位が認められた。Bongabonからさらに南東は、ヘリコプターの飛行時間の制約等で、調査を行なわなかった(図7. 1. 6)。

図7. 1. 7に Pan Philippine High Wayに沿う断層変位確認地点を示す。この図の範囲では、いずれの地点でも、約5mの左横ずれ変位が認められ、縦ずれは最大1.3mの西側沈下が認められた。断層線が道路と交わる地点では、道路そのものが変位をすると同時に、幅2-5mの範囲で、舗装面の破壊が認められた。断層線と道路がほぼ平行するKM173周辺では、路肩の大規模な崩壊が認められた。

断層線が草地を通過する地点では、地割れが2-5mの幅で認められ、モグラの追い跡状の土塁が認められた。地割れは左横ずれを示す右雁行配列を示していた。

断層線が水田を通過する地点では、縦ずれ変位によって、沈下側の冠水が認められた。また、横ずれ変位は畦道の変形として認められた。また、一部では断層線の位置で、水または砂の噴出の痕跡と思われる地表面の変色が認められた。

### 7. 1. 3 地盤

前述のように、ルソン島中北部はいくつかの地質区に分けられ、地質区毎に地質・地盤の性状が異なる。ここでは、被害が最も顕著であったバギオ周辺とダグバン周辺の地盤について言及する。

#### (1) バギオ

図7. 1. 8にバギオ周辺の地質図を示す。この地域は、白亜紀の塩基性岩 complexを基盤とし、それを覆って始新世の玄武岩、礫岩等からなる Halway Creek Formationが分布し、さらに中新世の Zigzag Formationが分布する。この Zigzag Formation 中には Kennon Limestoneと呼ばれる石灰岩が挟在する。さらにこれらを覆って中新世後期の安山岩起源の碎屑物を主とする Klondyko Formationが分布する。

地震災害との関連で注目すべきは、この地域が鈎床地帯であることと、石灰が存在することである。

この地域の岩石のほとんどは、程度の差こそあれ、鉱化作用に伴う熱水変質を受けており、さらに地表での風化作用を受け、ラテライト化している。また、石灰岩も深層風化を受け、テラ・ロッサと化している。風化は数10メートルに及ぶ所もある。さらに、石灰岩分布地域における石灰岩窟地の存在を指摘しておくべきであろう。ラ・トリニダドの西には2.5km<sup>2</sup>にも達する石灰岩窟地が知られている（UNDP, 1987）。地震災害がバギオで極めて顕著であったことと、バギオ市内においても被害が偏在したことの説明には、このような地盤条件が考慮されるべきであろうが、調査時間の制約から、個別被害と地盤条件の関係を明らかにするまでには至らなかった。

## （2）ダグバン

ダグバンにおける被害のほとんどは地盤の液状化に起因する。ダグバンはルソン島中部の Central Valleyの北西端に位置し、アグノ川の河口のデルタ地帯に発達した都市である。

Central Valleyのうち、東部および北部は山地から供給される礫質の堆積物が分布し、地盤条件としては、比較的良好であると考えられる。一方ダグバン周辺は軟弱なデルタ性の堆積物が厚く堆積していると考えられる。その厚さは、最終氷期以降の堆積物に限っても、100m前後に及ぶものと予想される。このことから、ダグバンの地震災害は、単なる「液状化」としてかたづけるべきではなく、厚い軟弱地盤による地震動の増幅と、その結果として生じた液状化によるものと見るべきであろう。今後の詳細な調査が望まれる。

## 7. 1. 4 提言

以上の調査結果にもとづき、今回の地震災害の復旧及び今後の地震災害軽減のために、下記の提言を書きとどめておきたい。

### （1）地盤調査

上述のように、今回の地震による被害の多くは、地盤条件に左右されている。このことから、個々の被害の原因の解明、災害復旧及び今後の開発にあつたては、地盤条件に十分な考慮を払う必要がある。

### （2）断層調査

今回の地震はフィリピン断層の活動によって生じたものであり、被害も地震動によるものと、断層変位によるものに区別される。このため、個々の被害の原因の解明、災害復旧に当たっては、断層変位との関係に考慮を払うべきである。また、今後の地震予知、地震災害軽減対策及び開発計画策定のためには、今回活動したDigdig断層のみならず、フィリピンに分布する活断層の調査が必要とされる。

### (3) 地震観測

地震予知は未だ実用的な段階には至っていないが、科学的な調査・研究にもとづく、地震に伴う諸現象に関する知識の普及は、今後の地震災害軽減のための諸策の実行には不可欠である。このため、地震観測の一層の充実と地震に関する基礎的な研究の推進が望まれる。

### (4) 強震観測

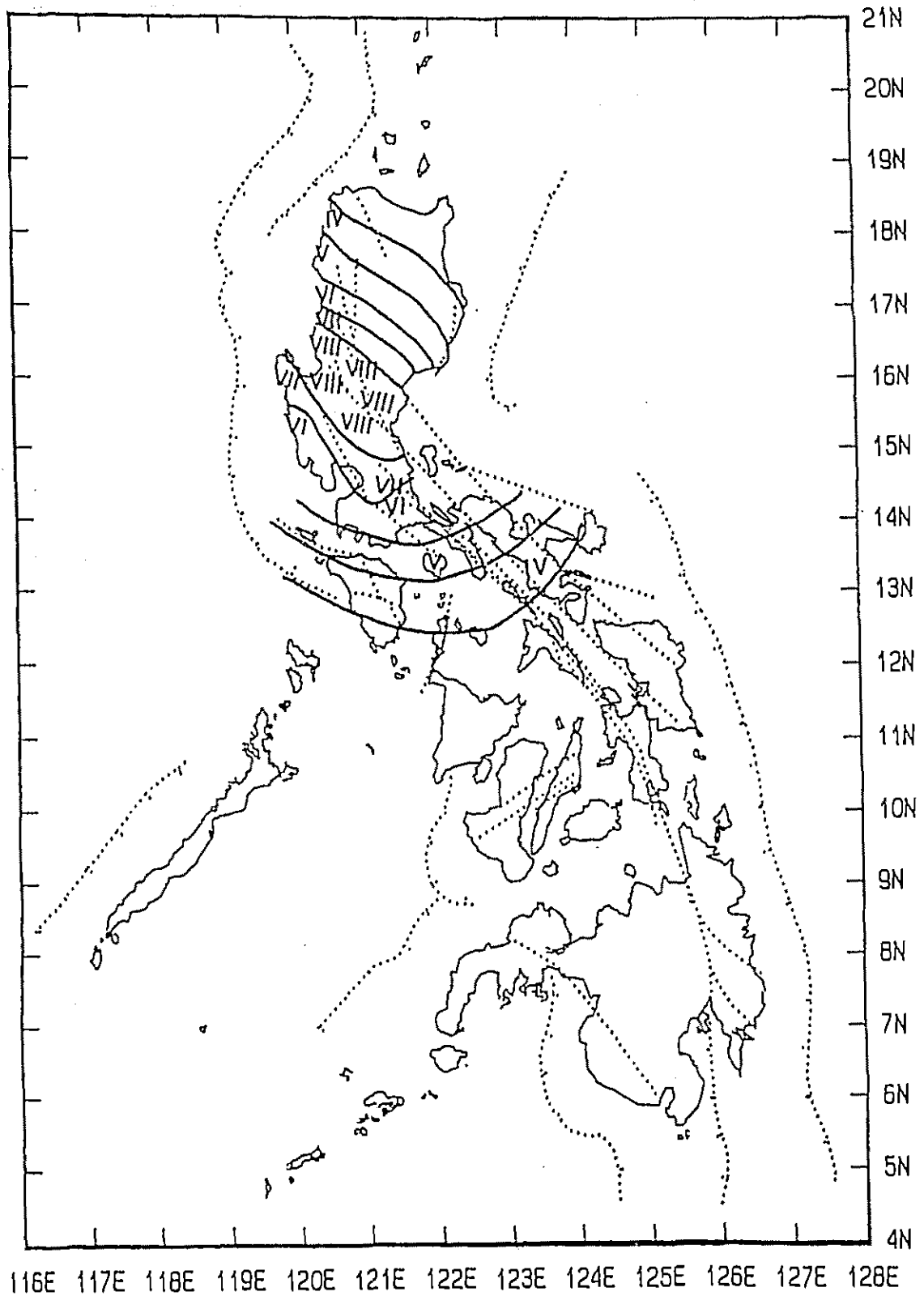
今回の地震に関する強震観測記録は全く得られていない。強震観測記録は、耐震設計基準の整備、耐震設計にあたっての入力地震動の決定等に不可欠であり、強震観測網の早急な展開が望まれる。

## 文 献

平野信一・中田 高・寒川 旭(1986):ルソン島中部におけるフィリピン断層の第四紀後期の断層運動. 地学雑誌, vol. 95, p. 1-23.

U. N. D. P. (1987): Geology and Mineralization in Baguio area, Northern Luzon. Technical Report, No. 5, DP/UN/PHI-85-001/5, 83p.

Bureau of Mines and Geo-Sciences (1982): Geology and Mineral Resources of the Philippines. vol. 1, Geology. Bureau of Mines and Geo-Sciences, 406p.



ISOSEISMAL MAP OF  
THE 16 JULY 1990 EARTHQUAKES

図 7. 1. 1 震度分布 (震度階は表 7. 1. 1 による)

(PHIVOLCS資料)



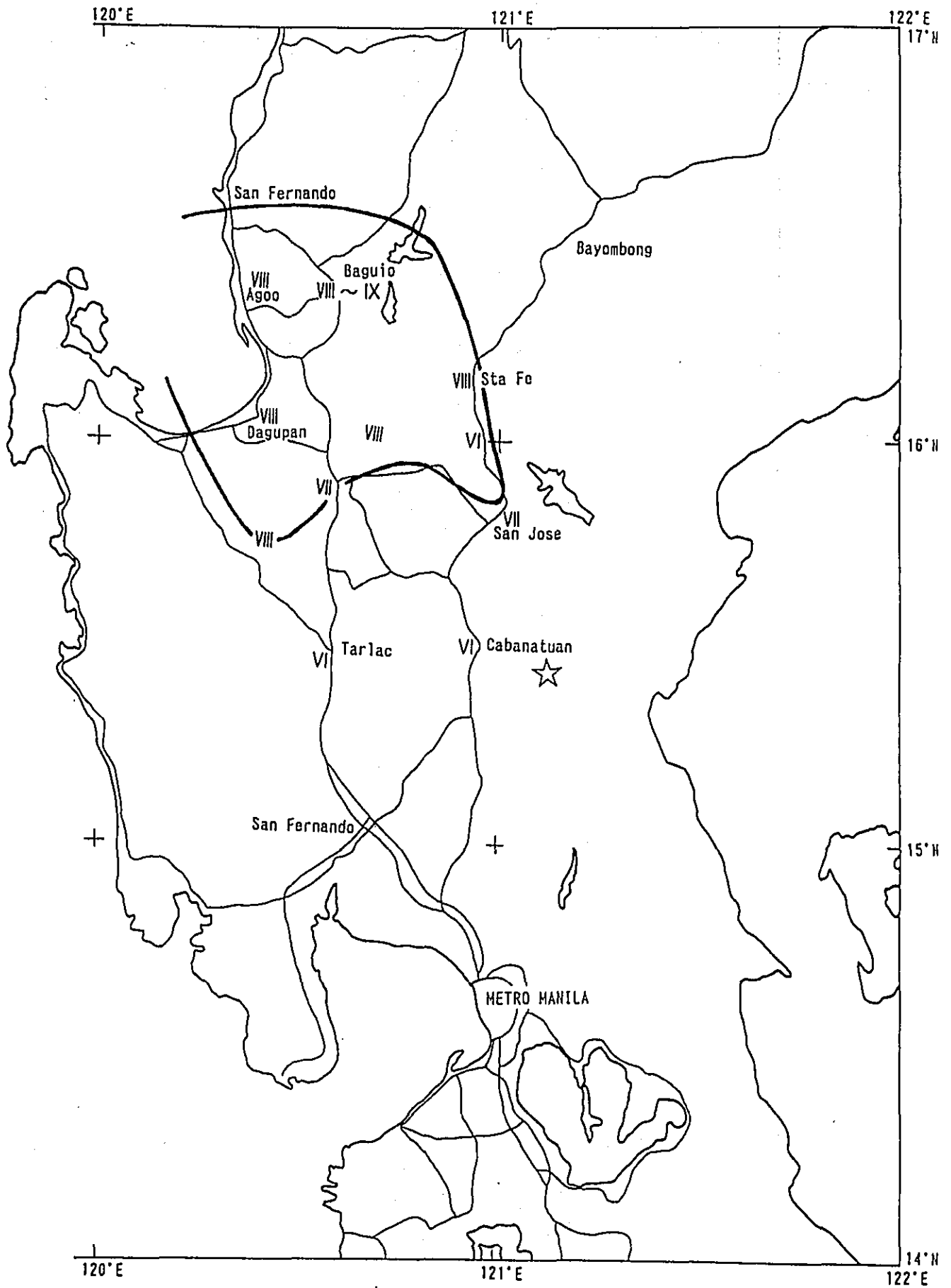
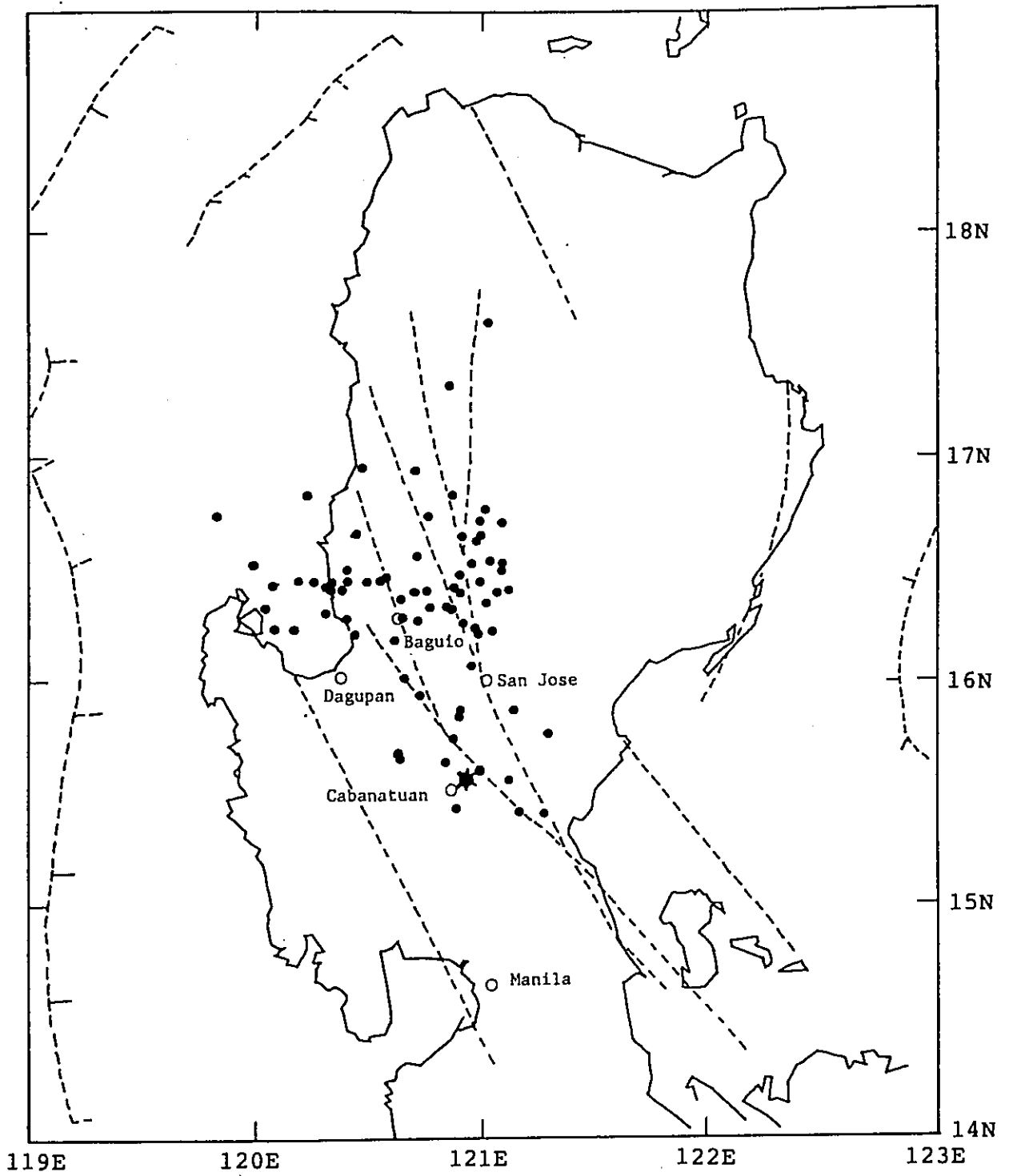


図7. 1. 2 調査団による震度分布(Rossi-Forel震度階. 星印は震央)



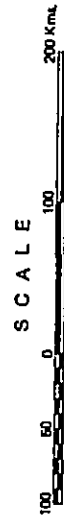
AFTERSHOCKS DISTRIBUTION OF  
THE 16 JULY 1990 EARTHQUAKES

図7. 1. 3 本震後2週間に発生した余震の震央分布図

(PHIVOLCS資料)



# GEOLOGICAL MAP OF THE PHILIPPINES



## LEGEND

### STRATIGRAPHY

#### STRATIFIED ROCKS:

- Quaternary alluvial, lacustrine, beach and residual deposits.
  - Pleistocene and Recent volcanic deposits; mostly andesite and basalt with associated tuffs and pyroclastics in their own; dike-pyroxene basalt constitutes largely the Laramide non-volcanic phase.
  - Pliocene to Pleistocene andesite and pyroclastic; includes extensive reef limestone and water-laid pyroclastics; also localized terraces and sand dunes.
  - Upper Miocene andesite and volcanic; largely marine clastics, reef limestone and anhydrite; includes pyroclastics and lava.
  - Lower Miocene to Middle Miocene andesite and volcanic; mainly marine sandstone, shale and reef limestone; some conglomerates, coal measures and marine andesite-basaltic pyroclastics and lava.
  - Pliocene to Oligocene andesite and volcanic; mainly marine sandstone, shale and limestone; dikes and andesite lava and pyroclastics in Cebu, Luzon, southern Sulu, Mindanao and western Palawan; mainly andesite and quartzite shale and sandstone in Mindanao and Palawan.
  - Undifferentiated Cretaceous to Paleogene strata; commonly regarded as metamorphic and metasediments consisting mainly of gabbro sheet, pelagic to hemipelagic sandstone and turbidite.
  - Cretaceous andesite and volcanic; in the Upper Cretaceous tuffaceous sandstone, shale and pelagic to hemipelagic sandstone, turbidite, limestone, sandstone and shale.
  - Lower Cretaceous constitutes the bulk of the Cretaceous in Cebu but has not been reported in other areas.
  - Middle to Upper Jurassic andesite, siltstone, sandstone and conglomerate in Mindanao (Maguinday Formation).
  - Carboniferous to Middle Permian; siltstone, shale, limestone and conglomerate; probably unconformable to granitic. In Mindanao, Luzon, Palawan, Cuyo (Marikina Island Group), northern Palawan and probably Zamboanga Peninsula.
- #### INTRUSIVE AND UNSTRATIFIED ROCKS:
- Intermediate to acid; mainly diorite, granite, quartz diorite and monzonite; tonalite, andesite, gabbro, syenite and granite; localized felsic.
  - Basic and ultrabasic; mainly peridotite, gabbro and layered gabbro; peridotite and diorite are generally unstratified; trachyte, rhyolite, quartz, trondhjemite.
- #### METAMORPHIC ROCKS:
- Schist, phyllite, gneiss, marble and quartzite; its range from the granulite to pyroxene facies. (Color follows age of original rock)

### STRUCTURAL SYMBOLS

- Highways; bar, arrow shows relative direction of strike-slip movement.
- Normal fault; hachures on downthrown side, dashed where inferred.
- Thrust fault; saw-tooth on overthrust side, dashed where inferred.
- Boundary of tectonic unit.
- Antiformal axis with plunge.
- Deformed anticline.
- Synclinal axis with plunge.
- Overturned syncline.
- Quaternary volcanic cone.

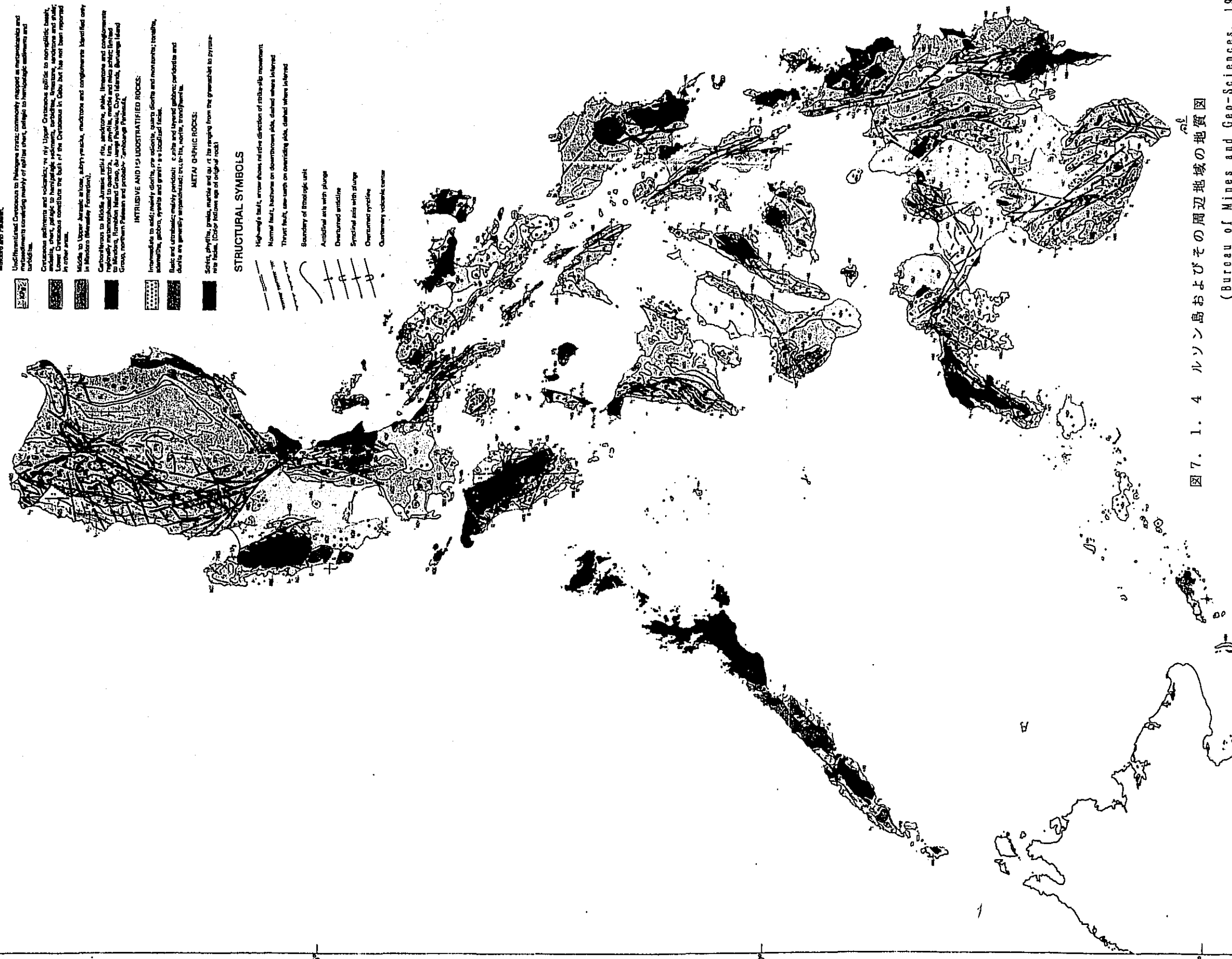


図 7. 1. 4 ルソン島およびその周辺地域の地質図

(Bureau of Mines and Geo-Sciences, 1982)

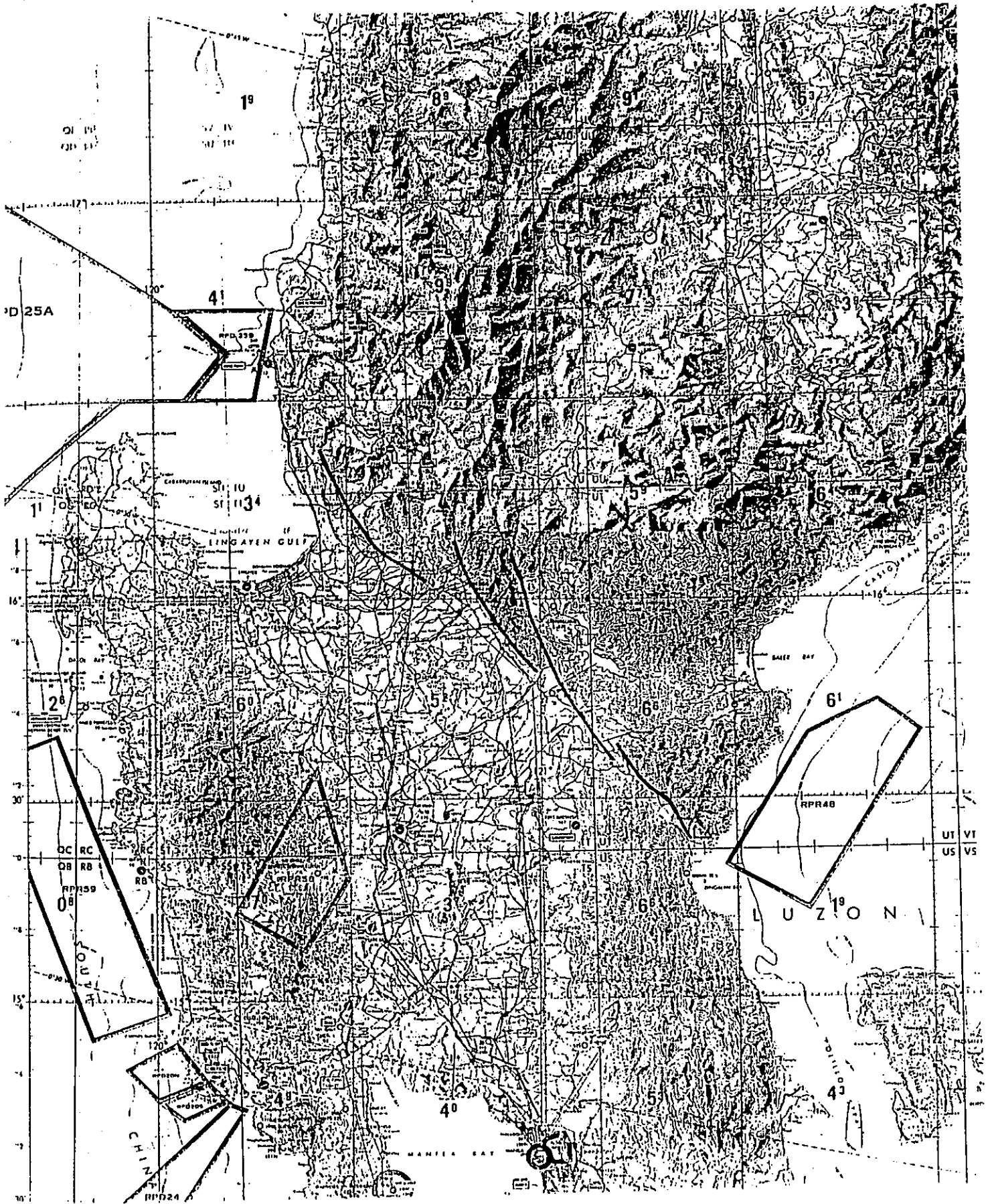


図7. 1. 5 ルソン島中部のフィリピン断層

(平野ほか, 1986をもとに作成)

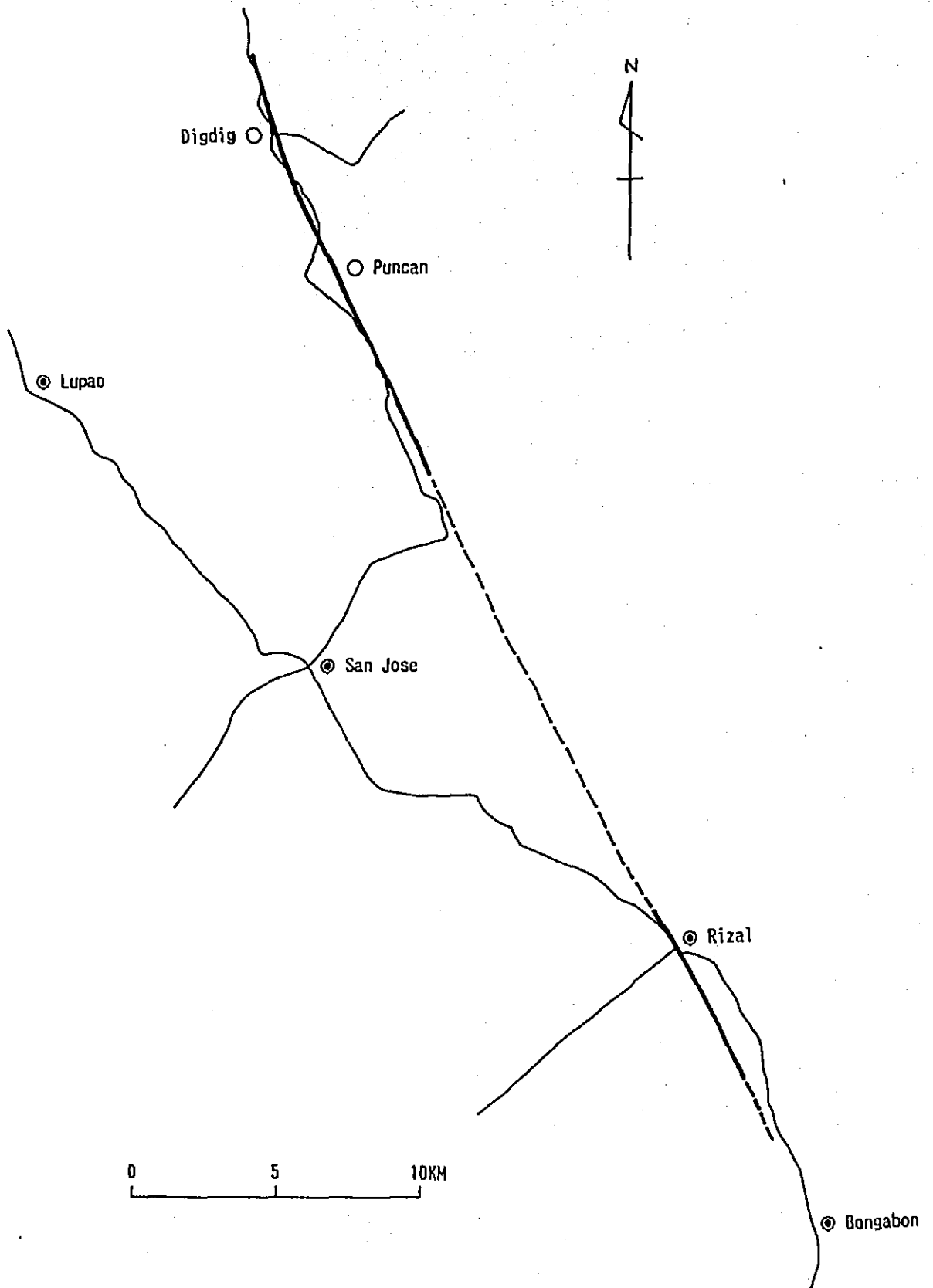
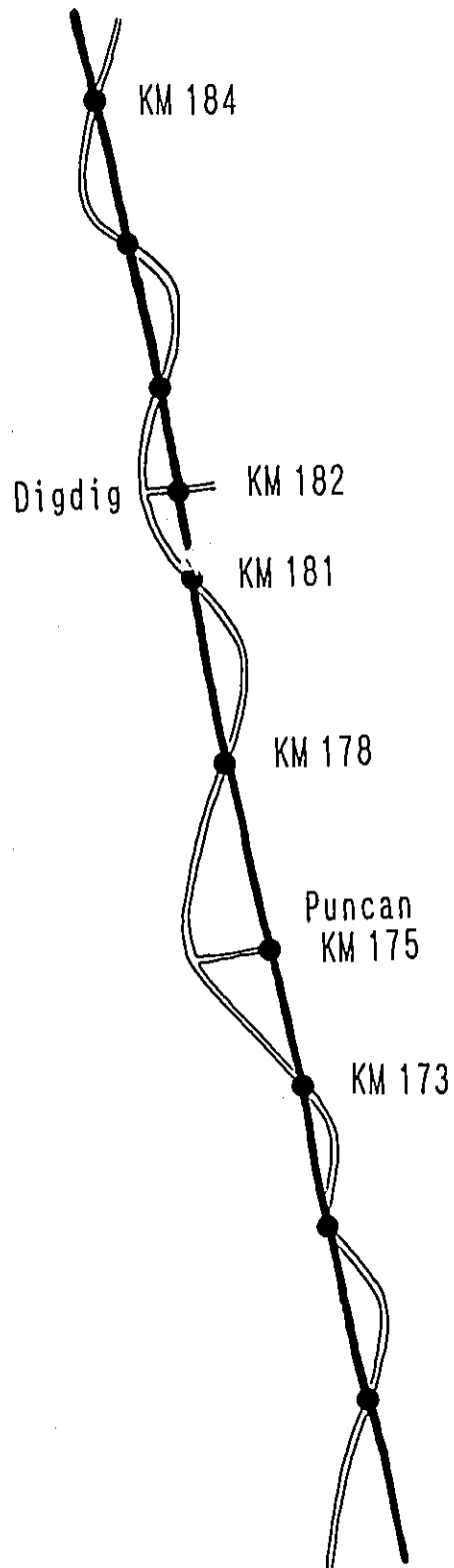


图 7. 1. 6 断層變位確認部分 (太実線部分)

To Dalton Pass



To San Jose

(not to scale)

図 7. 1. 7 Pan Philippine High Way 沿いの断層変位確認地点

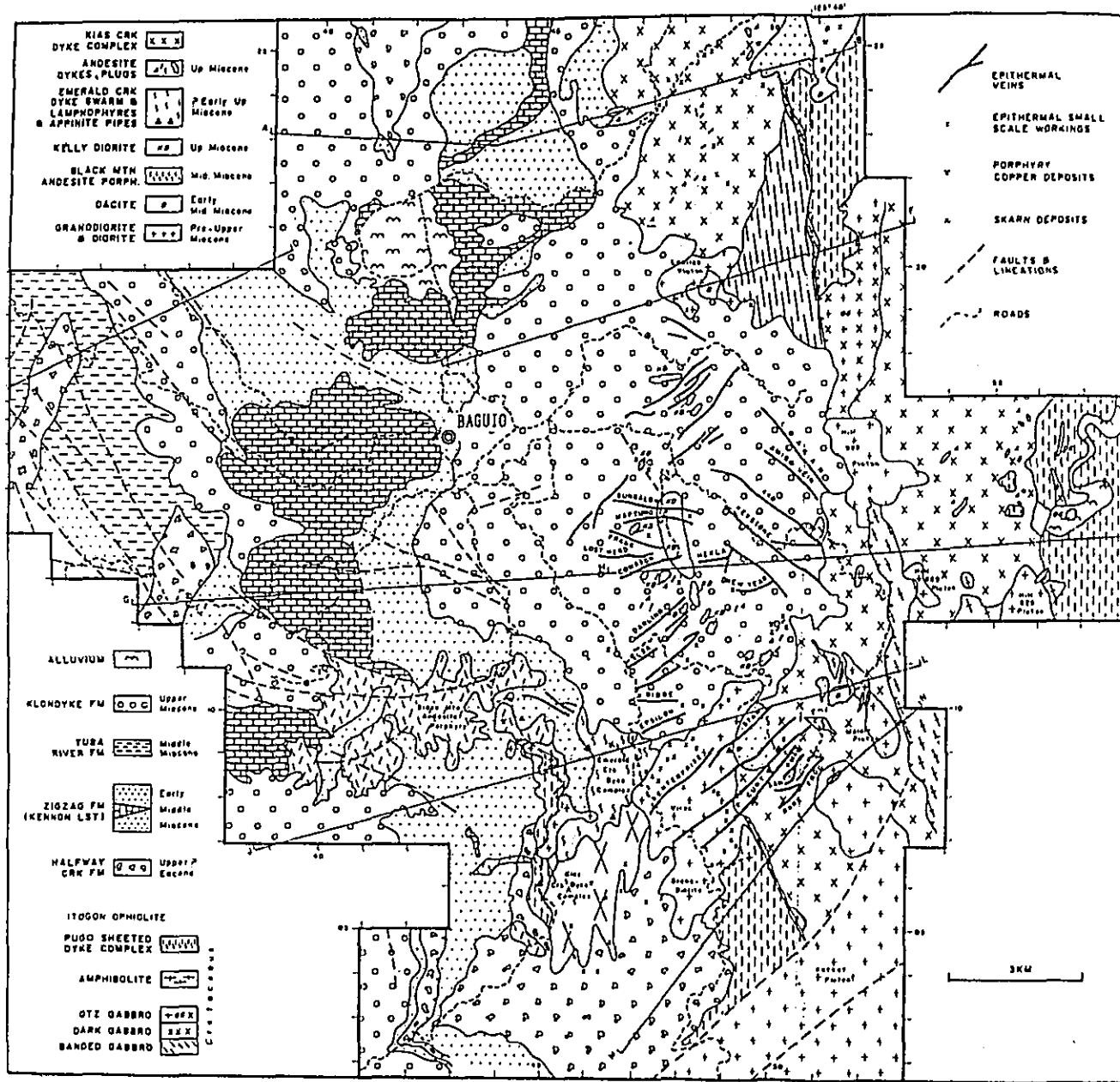


図 7. 1. 8 バギオ周辺の地質図

(UNDP, 1987)

Intensity scale	Description
I	Hardly Perceptible Shock. Felt under favorable conditions, only by an experienced observer or a person with high sensitivity.
II	Extremely Feeble Shock. Felt by some people at rest or in the upper floors of tall buildings.
III	Very Feeble Shock. Felt by several persons at rest. Duration and direction of ground vibrations may be perceptible. Dizziness or nausea may be experienced by a few.
IV	Feeble Shock. Felt generally by people indoors; by few people outdoors. Hanging objects swing slightly. Frames of houses creak.
V	Moderate Shock. Felt generally by everyone. Hanging objects swing freely. Tall vases and unstable objects are overturned. Light sleepers are awakened.
VI	Fairly Strong Shock. Generally wakens those who are asleep. Some people are frightened enough to rush out of buildings. Hanging objects like lamps and small potted plants oscillate. Very old or poorly-built houses and other man-made structures are slightly damaged.
VII	Strong Shock. Overturns moveable and unstable objects like bookshelves and drawers. Well built houses may be slightly damaged; old or poorly-built structures, considerably damaged. Some cracks may develop in fishpond dikes and road surfaces. Some landslides may occur in mountain slopes and along steep banks.
VIII	Very Strong Shock. Causes panic among people. Trees are shaken strongly. Some buildings may be partially or totally destroyed. The flow of springs and conditions of wells change (e.g., drying up of wells). Sand and mud are ejected from fissures in soft grounds to form "sand boils". Cracks form in concrete dikes of fishponds. Small landslides and rockfalls occur.
IX	Extremely Strong Shock. Causes widespread panic among people in the affected area. Many buildings are partially or totally destroyed. Ground fissures and sand boils form. Subsidence may occur in some sites, especially those on soft grounds. Major landslides and rock falls occur.

表 7. 1. 1 フィリピンで用いられている震度階

(PHIVOLCSA' シラレット)



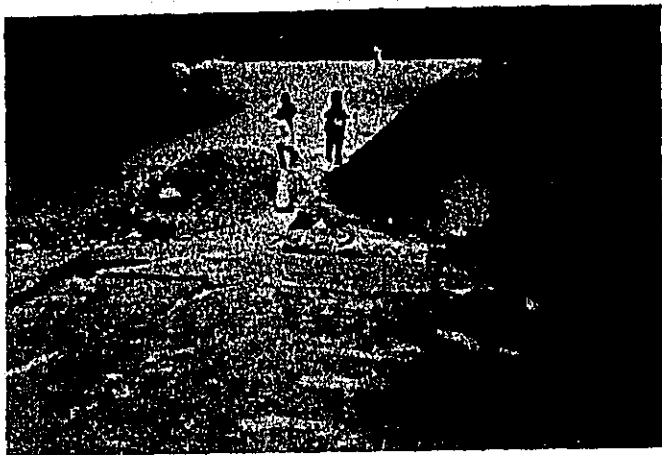


写真7. 1. 1: Digdig における地震断層。左横ずれ量は約 5 m.



写真7. 1. 2: Digdig における地震断層。東側隆起の縦ずれ量は約 1. 3 m.



写真7. 1. 3: Digdig における地震断層。ヘロコプターより撮影。断層は写真右隅から左中央を通る。

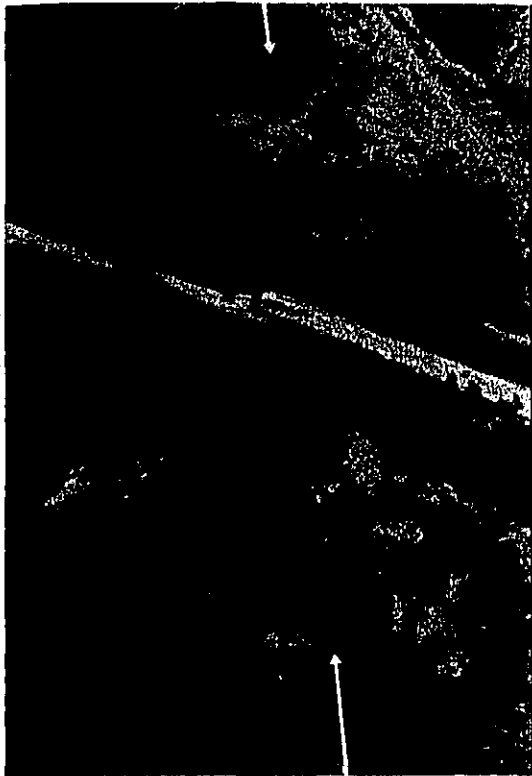


写真7. 1. 4: Pan Philippino High Way を KM181 で横断する地震断層 (矢印).



写真7. 1. 5: Pan Philippino High Way を KM181 で横断する地震断層. 道路脇の草地では雁行する亀裂群として認められる.



写真7. 1. 7: Pan Philippino High Way を KM181 で横断する地震断層. 道路の舗装版の破壊状況を示す.

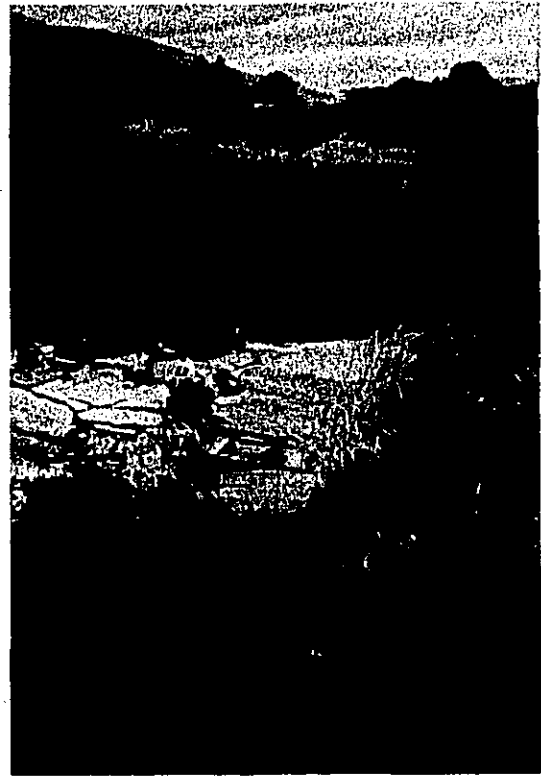


写真7. 1. 6: Pan Philippino High Way を KM181 で横断する地震断層. 亀裂群は道路を横切り, 左横ずれを示す.

写真7. 1. 8: Puncan 集落の南を通る地震断層 (矢印).

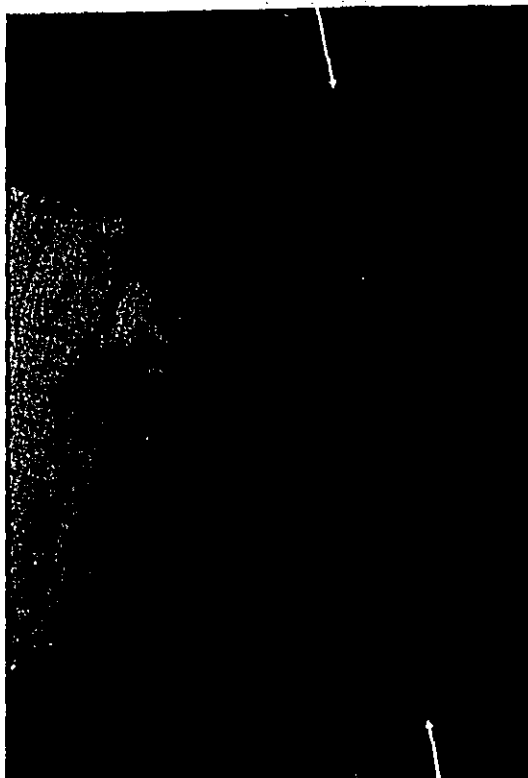


写真7. 1. 9: Puncan 集落の南を通る地震断層. もぐらの這い跡状地割れ群.

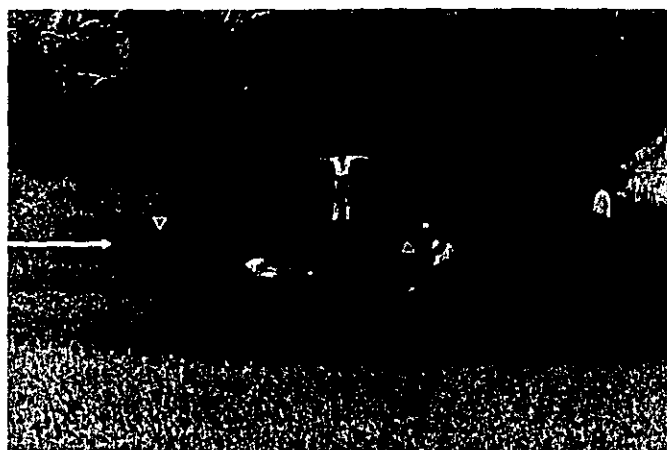


写真7. 1. 10: Puncan 集落の南を通る地震断層. 地震断層の横ずれ変位 (▽が△に変位).

写真7. 1. 11: Puncan 集落の南を通る地震断層. 地震断層 (写真中央の高度差は断層変位による) とニッパハウス. ニッパハウスは全く被害を受けていない.



写真7. 1. 13: Rizar を通る地震断層. 道路の左横ずれ変位.



写真7. 1. 12: Rizar を通る地震断層 (矢印).



写真7. 1. 14: Rizar を通る地震断層. 水田の縦ずれ変位. 隆起側は干上がり, 沈降側は水浸しとなった.



写真7. 1. 15: Rizar を通る地震断層. 道路の変位. 横ずれとともに, 縦ずれによって, 沈下部分が冠水した.

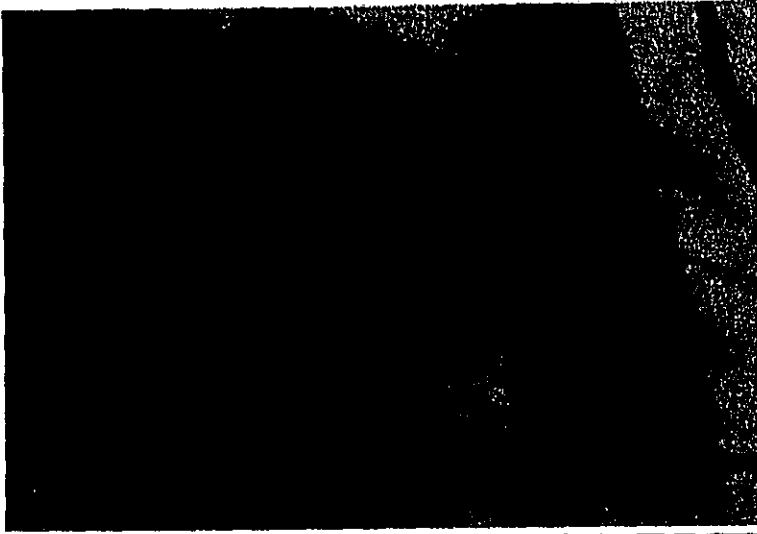


写真7. 1. 16: Rizar 南東水田地域を通る地震断層。断層による水田の畦の横ずれ変位が明瞭に認められる。



写真7. 1. 17: Rizar 南東の水田地域を通る地震断層。縦ずれによる水田の冠水。

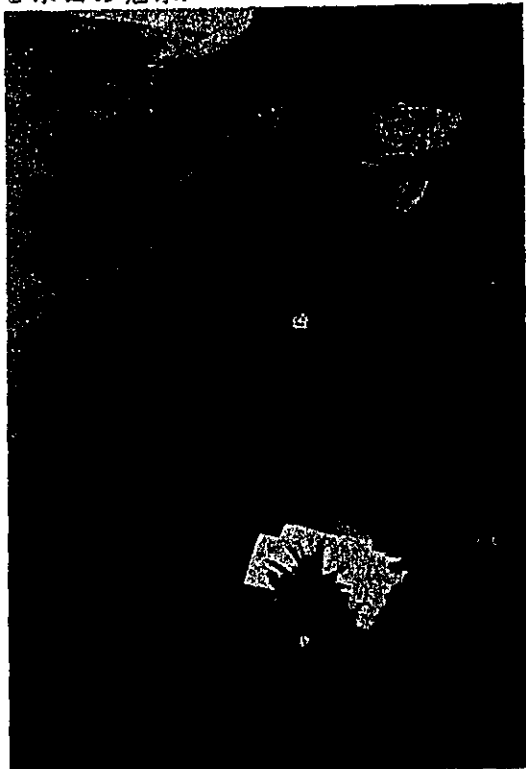


写真7. 1. 18: Rizar 南東の水田地域を通る地震断層。左横ずれ断層変位に特有の右雁行亀裂群が認められる。

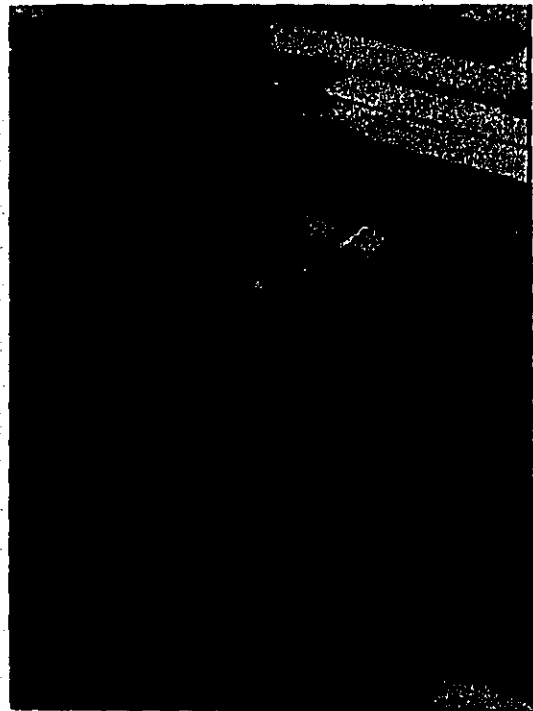


写真7. 1. 19: Rizar 南東の水田地域を通る地震断層。断層線に沿って泥水の噴出跡が分布する。

## 7. 2 日比友好道路（道路－1班）

### 7. 2. 1 パンフィリピン・ハイウェイ（日比友好道路）について

道路1班は主としてパンフィリピン・ハイウェイ（以下日比友好道路と称する）の地震被害状況を調査した。調査区間を図－7.2.1に示す。

日比友好道路はフィリピンを南北に縦断する幹線道路であり、ルソン島の北端アパリ（Aparri）を起点とし、首都マニラを経てサマル島およびレイテ島を通り、ミンダナオ島南部の都市ダバオ（Davao）に至る全長約2100kmの道路である。本道路建設事業の経緯について紹介すると、本事業は日本政府のフィリピン政府に対する経済協力の一環として、1969年2月に結ばれた円借款協定に基づくもので、貸与された円資金（108億円、対象区間1481km）を用いて道路建設に必要な建設機械類、橋梁資材等を日本から調達し、道路の設計施工そのものはフィリピン側で行うという形で実施された。さらに、事業の実施に必要な内貨にもフィリピン政府に対する数次にわたる商品援助の見返り資金の一部が当てられている。建設は1969年7月に開始され、その後ルソン－サマル間、およびレイテ－ミンダナオ間の自動車フェリー整備事業（円借款）も追加され、1980年には全線の概成をみた。概成後は日比友好道路は幹線道路として重要な役割を果たしており、交通量も増加の一途をたどってきた。1983年に入ると、北端のアパリから西部の都市ラオアグ（Laoag）までの約150kmの延伸が事業化（円借款）された。さらに、増加する交通に老朽化の著しいルソン島内の区間では、最近、日比友好道路のリハビリテーション事業（舗装、橋梁、法面保護）が事業化（円借款）され、実施設計が終了した段階であった。この時点で本地震に遭遇したものである。

日比友好道路は、日本の道路構造令からみると3種規格に相当し、設計基準は米国AASHTOに基づいている。2車線のセメントコンクリート舗装が標準となっている。標準断面を図－7.2.2に示す。厚さは23cmであるが、鉄網などの補強材が入っていないので、路盤材の質が悪い箇所では、重交通で舗装版の破損を早めている。また、山地や丘陵部においては切土・盛土構造が多くなる。この場合の標準土工勾配は表－7.2.1に示す通りであるが、実施工においてはこの標準勾配を適用すると土工量が莫大となり実状に即さないため、山地部ではもっぱら施工上の安定が得られる限界勾配で切土工が行われている。なお、排水工はのり尻に簡易な素堀側溝が設けられている。低い石積み擁壁は適宜用いられているが、切り開かれたのり面には特にこれを風雨から保護する植生や吹き付けなどののり面保護工が設けられていないため、表面の風化が進行し、雨期には土砂くずれが頻発し交通遮断がたびたび繰り返されてきているのが現状である。

国道を管理するDPWHの組織図を図－7.2.3に示す。DPWHは、国道、州道およびバランガイ道路（Barangay、集落を結ぶ道路）を管轄するが、その建設・維持管理には、フィリピン全国に設置されている14箇所の地方事務所（Regional Office）と94箇所の地区事務所（District Office）ならびに市／町事務所（City Engineering Office）、さらに地

区機械センター (Regional Equipment Depots) によって全土がカバーされている。建設は業者への請負、維持管理はDPWHによる直営の形態が多い。なお、国家プロジェクトのうち特に海外からの援助を受けているものについて、その設計・建設等の管理を行うために別個に事務所が設立されており、日比友好道路の建設にはPJHL (Philippino Japan Highway Loan) 事務所がその任に当たっている。

## 7. 2. 2 被害の概要

### (1) 概況

地震による日比友好道路の被害は、特にサンホセ (kms 160) ~ アリタオ (kms 236) 間の76km区間に顕著に生じている。図-7.2.4 に被害区間の概要を示す。アリタオ以北のパヨンボン (kms 265) 方面には僅かに路肩にクラックが生じている程度であるのに対して、サンホセ~アリタオ間では、道路のり面の崩壊により道路が寸断されて交通が全面的に遮断されている。大規模な断層がディグディグ (kms 183) 付近で道路沿いに発生しており、地震動の強い揺れがこの山地を中心に襲ったものと考えられる。ヘリコプターによる調査においても、日比友好道路沿いのり面崩壊ばかりでなく、周辺の山腹の斜面崩壊が広い範囲において見られ、バギオ周辺にまでおよんでいる。人工的に切り開かれた斜面のみならず、自然斜面も同様の規模で広範囲にわたるおびただしい連続的な斜面崩壊が発生しているのが、この道路沿いの地震被害の第一の特徴であろう。ただし、崩壊はほとんどすべて浅い表層すべりである。特に、熱帯地方での強い降雨や高温など風化を促進する環境下、また樹木が少なく裸地がちな山肌が多い地域特性やのり面においては保護工が施工されていない事情もあり、通常は雨水浸食などの静的な力に対してかろうじてバランスを保っていた風化表層が、強い振動で一挙にふるい落とされたと言える。ちなみに、ダルトンパス (kms 208、標高1000m) の北側サンタフェ (kms 215) と南側サンホセにおける1976~1984年の年間降雨量はサンタフェで1500~3400mm、サンホセで1700~3200mmを示しており、台風の通過に伴う集中豪雨に襲われることが多い。また、日比友好道路はフィリピン断層から分岐したNW-S E方向を有する断層地形が発達した中を走っており、地質もその影響を受けてかなり攪乱、変質している。地質は中生代白亜紀の花崗岩、閃緑岩、古第三紀~新第三紀に活動した輝緑岩、安山岩および新第三紀の砂岩、泥岩、石灰岩等を基盤岩とし、これをおおって発達する第四紀洪積世の段丘砂礫、第四紀沖積世の砂、礫、粘土を主体とした沖積層、崖錐堆積物、現河床砂礫から構成されている。基盤岩類は断層により攪乱され、粘土化している部分が多く、不安定な状態を示している。また、サンタフェ周辺に主として分布する花崗岩は全体にマサ化し、表層崩壊を誘発しやすい状況である。

一方、これらのり面、斜面の崩壊の中、硬岩から成るのり面、高さの低い(10m以下程度)のり面・自然斜面には崩壊がほとんど生じていない。また、のり面の下部を押さええている石積み擁壁やじゃかご (Gabion) などの構造物には、数多い斜面崩壊に比して被害が少な

い。基礎を地山にしっかりと置いた構造物には被害がほとんど見られないというのもまた一つの特徴である。

舗装の被害も散見される。盛土路肩の沈下によるクラックの発生、落石による損傷、地震による舗装版のせり上がりなどである。また、断層が道路を横切るところでは路面全体が横ずれ（2 m程度）を起こし、舗装版にも大きな損傷を生じている。ただし、これらの箇所では交通止めにまでは至っていない。

橋梁については、サンホセ～アリタオ間では24橋を数えるが、山地の地形に沿った道路線形であるため大部分が小さな沢を渡る10～40m程度の橋長のものであり、橋長の長いものでも、比較的平坦な箇所にある第2Puncan橋(kms 176.6)、Digdig橋(kms 181.5)およびKirang橋(kms 234.9)でそれぞれ78mガーダー橋、66mトラス橋および60mコンクリート橋である。いずれの橋梁も、サンホセ近辺平地のManicla橋(kms 164.5、l=15m、落橋によりベイリー橋で応急復旧されていた)を除いて、地震による被害は特段見あたらない。橋梁のアプローチ盛土がある箇所では盛土路肩部分に若干のクラックが散見された程度である。

道路の被害の他に、前述の斜面崩壊により、おびただしい量の土砂が流出しており、これによるこの地域の低地、特に河川への土砂流入や流木などの被害も大きい。

## (2) 復旧状況と二次災害の発生

地震後の復旧状況については、日比友好道路は北方に広大な背後地をかかえる幹線であり、相当数の重機（ブルドーザ、ショベル、グレーダ、ダンプトラックなど）がこの土砂崩壊区間の各箇所に集中的に配置されDPWH総力をあげて道路啓開作業がなされていた。現地調査の時期においても少なくとも延べ40台にのぼる重機（DPWH所属、民間所属）が作業中であり、オペレータは比軍からの応援がなされていた。そのため、本班が現地入りしたのは地震発生約二週間後であったが、大部分の不通区間は啓開作業が大幅に進捗しており、地震による土砂崩壊の不通区間は3～4箇所を残すのみ（最大の難所はダルトンバスの峠）となっていた。不幸中の幸いとして、崩壊が比較的浅い表層すべりであったため路面そのものが全面的に崩壊することを免れ、土砂の取り除きによりともかくも一車線の確保が可能であることである。しかしながら、この時期は雨期（6月から9月）にあるため、地震でゆるんだのり面・斜面のその後の崩壊、ゆるんだ沢からの泥流、河川における流木の発生とこれによる架橋地点での流木の滞留（プンカン第2橋において顕著であった）などが発生しており、これらによる道路不通箇所が新たに生じており、地震後の二次災害にも悩まされている。

## (3) 被害の分布

日比友好道路に沿った被害の種類と分布状況を、主に目視観察による箇所数として表7.2.2に、道路距離標に沿った分布として図7.2.5に示す。なお、被害のり面崩壊箇所



は表-7.2.3に一覧する通りである。切土ののり面崩壊箇所はおよそ200箇所以上、延べ12kmに達する。ほとんど道路延長方向に連続的に発生している。被害の種類については次の項で述べる。

#### (4) 被害の形態

調査された被害のタイプはおよそ図-7.2.6に示すように、のり面崩壊(切土・盛土)、舗装の被害、および二次災害に分けられる。

のり面崩壊は、切土における表層土砂崩壊が卓越しており、これには全面的に弱い土砂層が滑落する場合と上部の土塊が抜け落ちる崩壊がある。岩ののり面の場合は、風化層の滑落崩壊と、節理からの抜け落ちによる落石に分けられる。いずれも、崩壊は表層に限られているがのり面が高いので崩壊土量も多い。盛土のり面の崩壊では、比較的路面に対する影響の大きい路肩の沈下と路面への影響が大きく今後の復旧に十分意を用いなければならぬ切り盛り境(地山と盛土の境界面)のすべりに分けられる。

舗装の被害には大きく断層による舗装版のずれ、および地震動による舗装版のせり上がりが顕著な形態である。

二次災害としては、前述のように、引続き起こる土砂崩壊、上部渓谷からの泥流・土石流、および流木の問題がある。

#### (5) 断層の状況

日比友好道路沿いの路面に生じた横ずれ被害から、断層の位置が図-7.2.7のように示される。道路を横切る断層の方向はいずれもおよそN20°W程度であり、図面の精度等の条件もあるが、断層は同一線上に近く分布しているようである。なお、路面におけるずれは約1.5~2mの左横ずれで、上下方向のずれは顕著ではない。

### 7. 2. 3 復旧の方策と今後への提言

日比友好道路の地震被害で特筆すべきは、地震により今までよりもさらに数多くのあるいは面積の広がった新鮮な のり面 が出現したことである。 のり面 がそのまま風雨に暴露された状態では、この地帯の苛酷な気象環境により急速な風化が進み、表層がゆるみ、雨期を迎えるたびに土砂崩壊に悩まされる元凶となる。この路線では以前から土砂崩壊が頻発しており、最近日比友好道路のリハビリテーション事業(円借款)によりのり面保護工が導入される矢先であった。崩壊の危険度の高いのり面は増加したわけであるが、当面は一車線を確保し交通規制などで乗り切らざるを得ないとしても、日比友好道路の比国における役割の重要性から、早急にのり面保護工を導入し土砂崩壊に備えることや、のり面工では対処が困難な箇所では道路線形の見直しを含むグレードアップが必要である。

日比友好道路の当面の復旧や維持管理などを考慮した今後への提案として、つぎの3段階の方策が考えられる。

### (1) 緊急復旧のための方策

☆崩壊した土砂の除去に当たっては、残った切土面の安定を十分に確認することが必要である。切土面が不安定の場合、崩積土の除去は控え目にし道路幅は最小限に保つべきである。

☆のり面上部のオープクラックなどの検査を行い、二次崩壊の危険性を調べる。

☆盛土の部分の路面使用は避ける。

☆雨期においては必要に応じて、交通規制を実施する。

☆のり面の切り直し（リカッティング）やのり面上部の除去（ラウンディング）を実施する。

☆切土のり面の根元部分には構造物（キャッチウォール、石積み擁壁、コンクリート擁壁、ふとんかごなど）を設ける。

☆盛土ののり尻部分は洗掘防止の構造物（ふとんかごなど）を設ける。

☆盛土のクラック部分は再掘削の後に埋め戻す。

☆渓谷からの泥流・土石流阻止のための構造物（柵、H型鋼材柵、コンクリート壁など）を設ける。

### (2) 道路修復のための方策

☆のり面の状況調査（地質、測量等）の実施

☆のり面保護工の設計

☆のり面保護工の実施

例 軟岩のり面： コンクリート吹付け工

土砂のり面： 植生（種子吹付け工）、のり枠工、小段、排水工等

盛土のり面： 植生（種子吹付け工）、石張工、石積み工等

### (3) 中長期計画

☆道路線形の見直し

本路線は急峻な山地部に位置しており、現状では30～100m級の切土や谷を持ち、道路幅にもゆとりのない極めて苛酷な条件となっている。安定勾配の確保や通常ののり面工では経済的にも工法的にも対処できない箇所が散在する。また、実行しても維持管理に相当力を注がなければならない。難所であるダルトンパス（峠）はこのような箇所のひとつであるが、橋梁やトンネルを用いた道路線形の見直しも中長期的には背後地域の発展のためにも十分に経済的に成り立つものと考えられる。

☆砂防事業の適用性の検討

道路の守備範囲を少し越えることになるが、この地域の山地は地震の後の土砂流出が盛んで、平地部での河床上昇、流木、道路を横切る箇所にあっては泥流・土石流の被害を与えている。今後も引き続く雨期において山地からの土砂流出は平地部の生活を脅かすことになることが懸念される。流出土砂の実態調査および今後の流出

量の推定を行うとともに、土砂流出を防ぐことにより山河の良好な環境を守る砂防事業の適用性を検討する必要がある。

#### 7. 2. 4 被害写真

日比友好道路の調査区間サンホセ～アリタオ間における地震による道路の被害等の状況を具体的に写真により紹介する。

7. 2. 2 において既述した被害の形態に対応して事例を写真-7. 2. 1 から写真-7. 2. 34に示す。写真-7. 2. 1～写真-7. 2. 4 は切土のり面の崩壊状況である。ダルトンバスからサンタフェ間では写真-7. 2. 5 や写真-7. 2. 6 のような石灰岩系の落石も多い。道路の啓開作業が進んでおり、路面を塞いでいた土量もかなり減っている。写真-7. 2. 7 および写真-7. 2. 8 は啓開作業中の道路の上空（ヘリコプター）からの遠景である。苛酷な地形条件であることが一見できる。写真-7. 2. 9 および写真-7. 2. 10は、この道路で最大の難所ダルトンバスの空中写真である。写真-7. 2. 11は同地点の地上写真である。地震発生3週間経過後において啓開作業はその崩壊規模にもかかわらず順調に推移しており、暫定的な交通解放の時期もまもなくであろう。また、この周辺地域では道路沿いののり面ばかりでなく、自然斜面においても写真-7. 2. 12に示すように同様に大規模な崩壊が生じている。

写真-7. 2. 13～写真-7. 2. 14は、盛土の路肩沈下の例であり、切盛境ですべると写真-7. 2. 15～写真-7. 2. 16のように盛土崩壊の範囲はさらに広がる。

ところで、このような大きな崩壊が連続的に発生している中、ほとんど無被害の事例もある。写真-7. 2. 17はゆるい勾配の斜面からなる山腹、写真-7. 2. 18は植生の施されたのり面保護工、写真-7. 2. 19は切土の石積み擁壁、写真-7. 2. 20は盛土のわく工、写真-7. 2. 21は盛土のり尻の洗掘防止のふとんかご（ギャピオン）の事例である。このように、のり面保護工が設けられた箇所は本来の対象である風雨に対してのみならず、地震にも効果のあることが知られる。

つぎに、舗装の被害に入ると、写真-7. 2. 22はせり上がりによる舗装版の被害例である。断層が道路を横切った場合の例として、写真-7. 2. 23および写真-7. 2. 24がある。7. 2. 24の例では断層が写真-7. 2. 25に示すように道路から横方向の丘の上を走っていた。

つぎに、地震後の二次災害の事例を紹介する。写真-7. 2. 26はヘリコプターから視察したのり面上部のオープクラックであり、浅い崩壊の恐れのある事例である。このように、ヘリコプターの利用は災害の把握に欠かせない。写真-7. 2. 27や写真-7. 2. 28は降雨による新しい崩壊が生じつつある例である。写真-7. 2. 29や写真-7. 2. 30は降雨による土砂流出に伴う泥流が路面を覆った事例である。

この地域は地震後の山からの土砂流出に深刻な影響を受けている。上空からの広い範囲の写真-7. 2. 31によりその様子がよく把握される。写真-7. 2. 32も同様の状況である。また、土砂には樹木が混入しており河川には流木も多い。写真-7. 2. 33は河岸に打ち上げら

れた流木の例である。写真-7.2.34は流木が架橋地点（第2ブンカン橋）で滞留し橋に危険な状況をもたらしている。

地上調査は細部の観察を行うのに適しているが、被害の全体把握にはヘリコプターの活用が望ましい。この地域の土砂流出の規模の大きさは印象的であった。

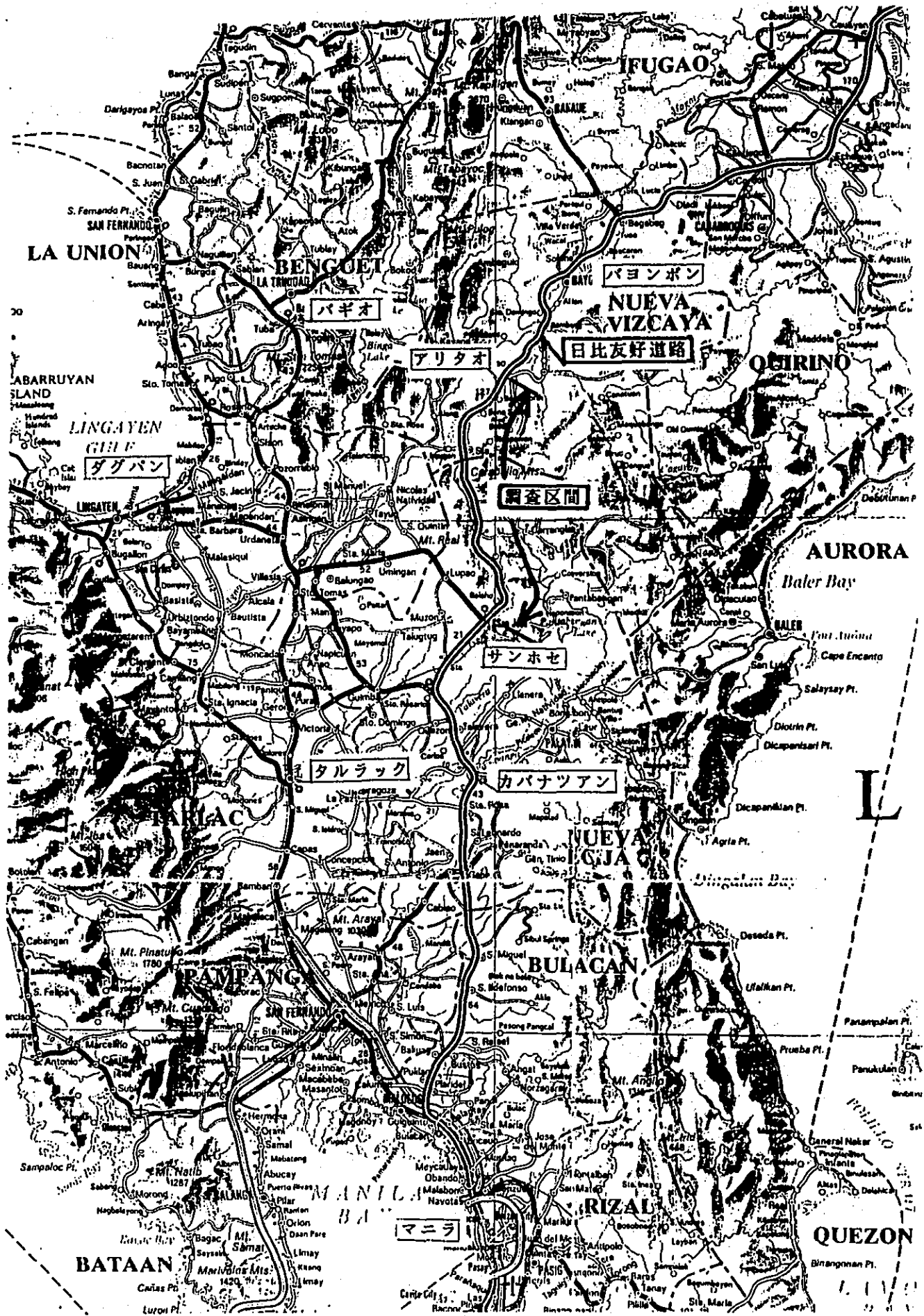
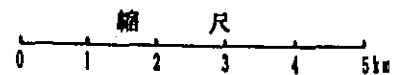


図 7. 2. 1 日比友好道路と調査区間



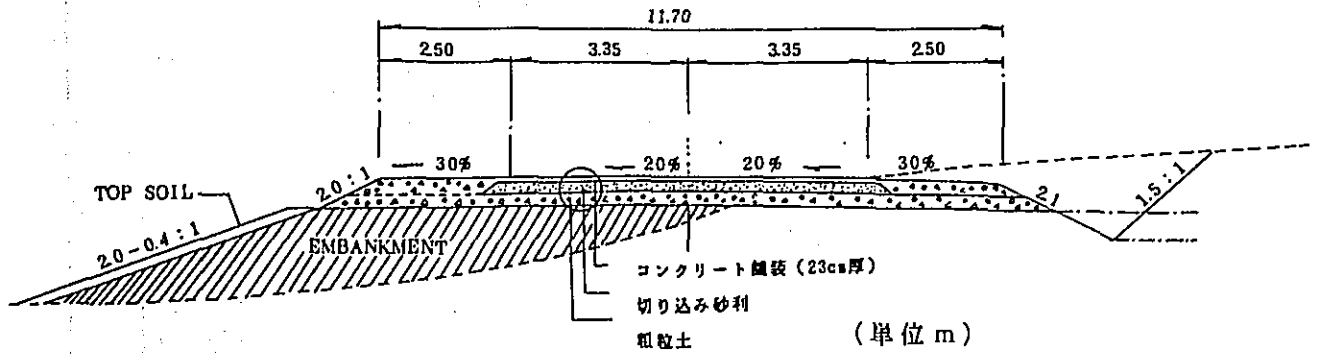


図-7.2.2 道路の標準断面

表-7.2.1 切土・盛土に対する標準のり面勾配 (のり面高 2 m 以上)

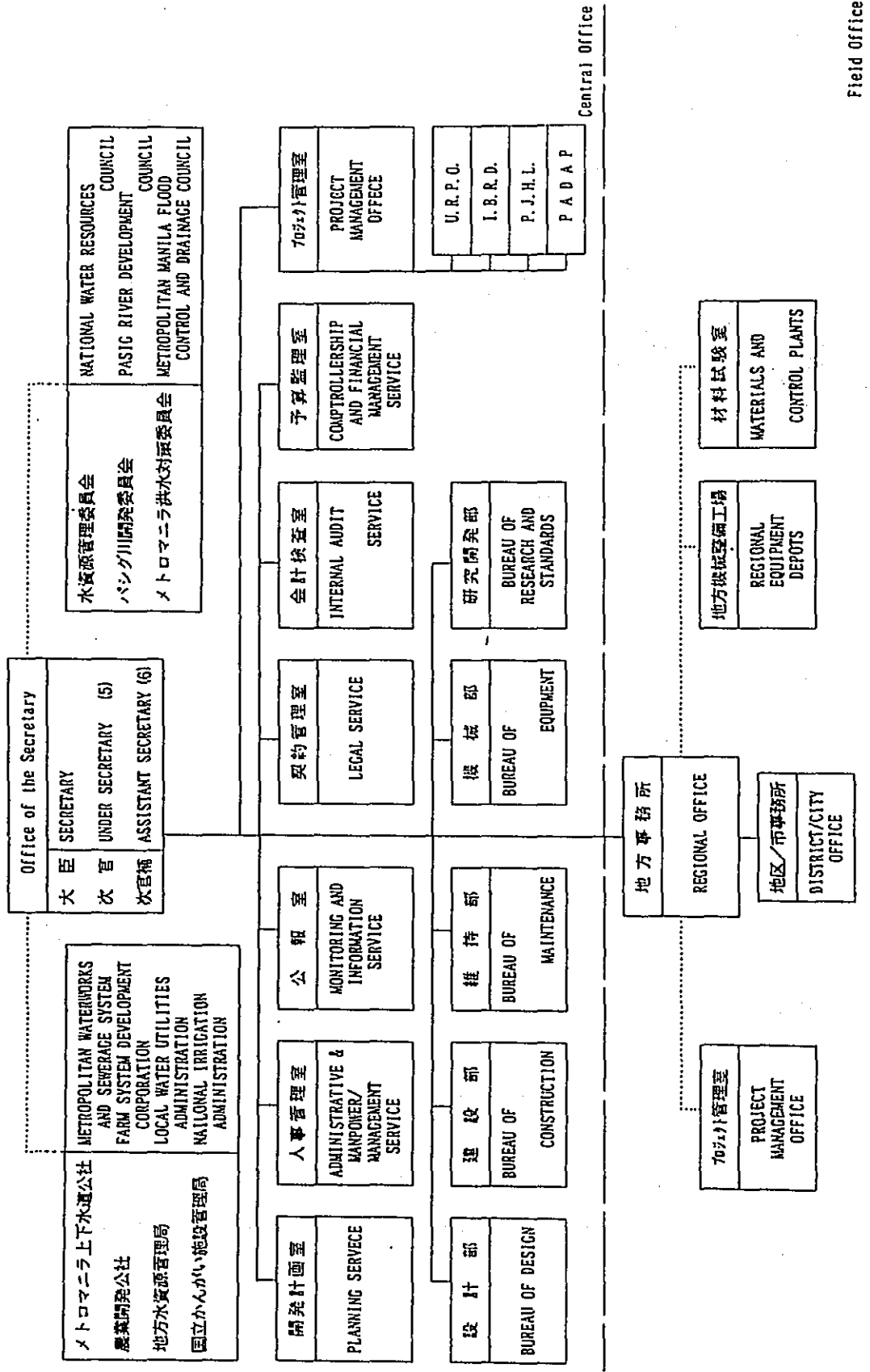
地山の土質	切土	盛土
土砂	1.5 : 1	1.5 : 1
軟岩	0.5 : 1 から 1 : 1	1.5 : 1
硬岩	自然勾配* (発破作業後) 目標値は 0.5 : 1	1.5 : 1 から 1.25 : 1

表中の数字はいずれも勾配 (水平: 鉛直) を表す。

小段は高さ 4 m 毎に設ける (小段幅は 1.5 m)

\* 発破作業後ゆるんだ土砂を取り除いた安定した切土面

図 7. 2. 3 DPWH の組織図



注 日本語訳は仮訳である。

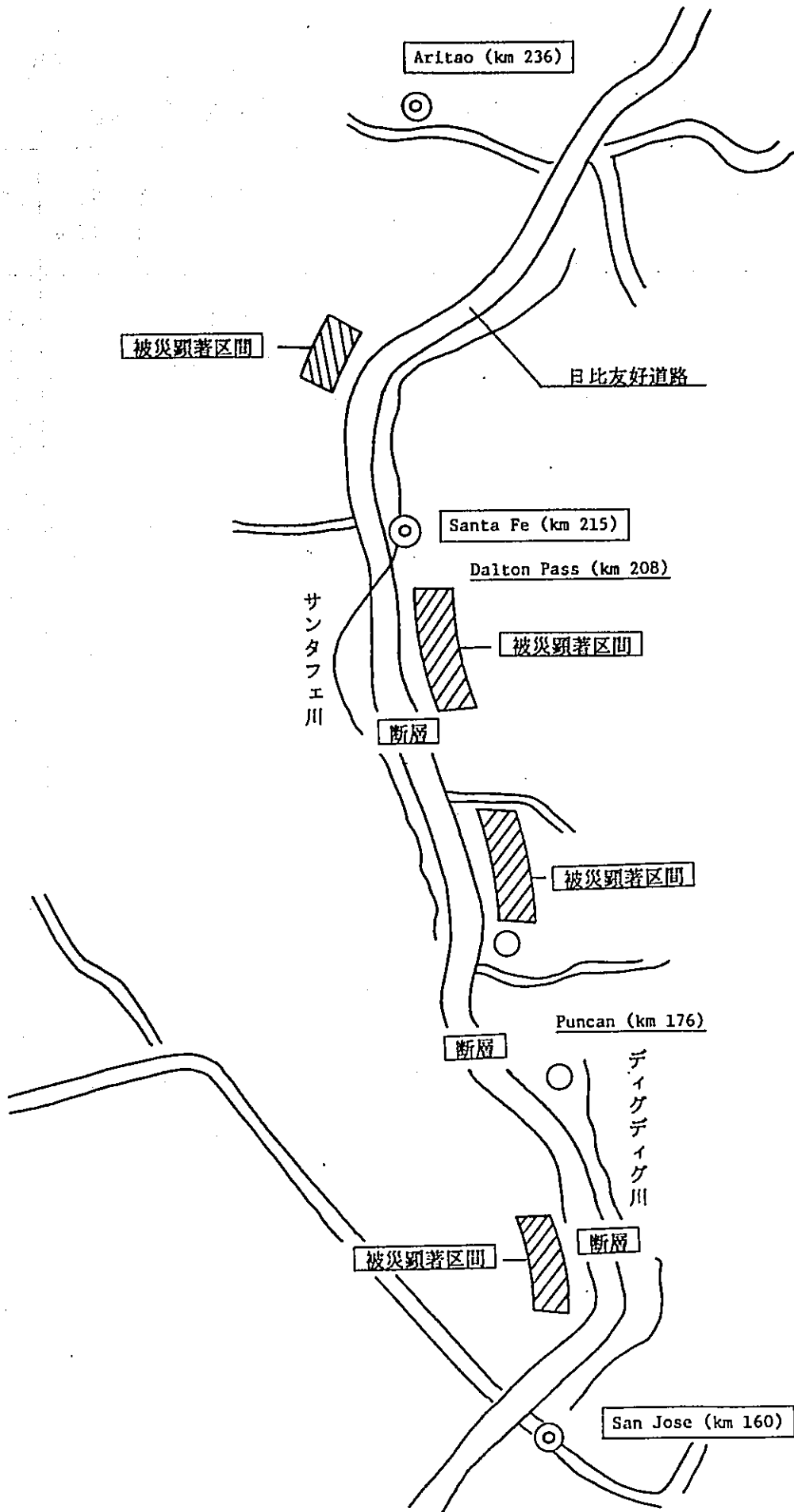


図 7. 2. 4 被害区間の概要



表-7.2.2 被害の概要 (箇所数)

区 間	切土のり面			盛土のり面		舗 装		その他
	大	中	小	大	小	せり上	断層	
Kms 160 (San Jose) ~ Kms 183 (Digdig)	36	10	10	3	6	12	9	泥流 流木滞留
Kms 183 (Digdig) ~ Kms 200	51	9	2	3	5	9	2	泥流 流木
Kms 200 ~ Kms 208 (Dalton)	30	34	15	5	21	3	2	
Kms 208 (Dalton) ~ Kms 215 (Sta. Fe)	18	7	37	3	6	2		
Kms 215 (Sta. Fe) ~ Kms 236 (Aritao)	11		11	1	12			
合 計	146	60	75	15	50	26	13	
		281ヶ所		65ヶ所				

注) 切土のり面 大: のり面高さ30m以上 中: 15~30m 小: 15m以下  
 盛土のり面 大: 切盛境からの崩壊 小: 路肩沈下

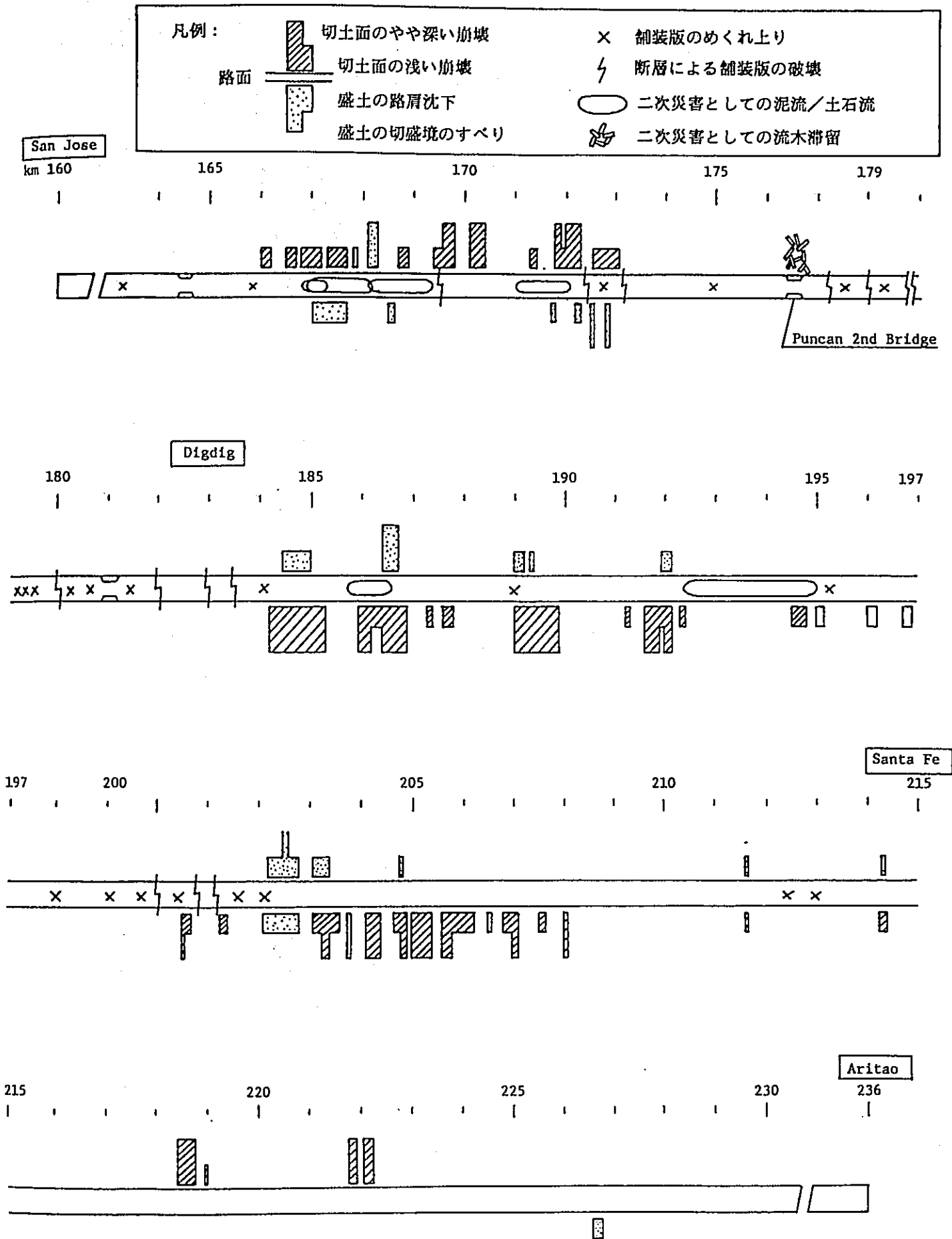


図 7. 2. 5 道路に沿った被害の分布

(1) のり面崩壊 (切土・盛土)

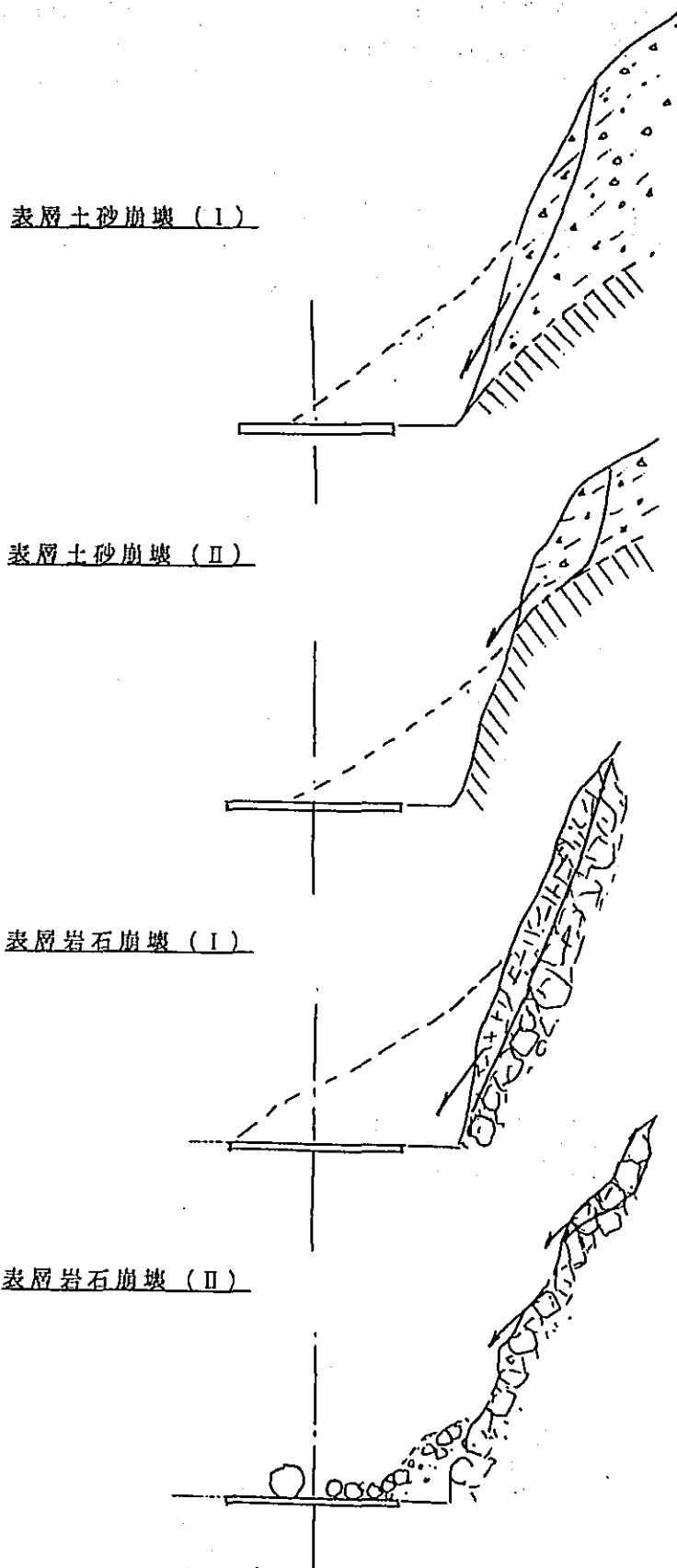
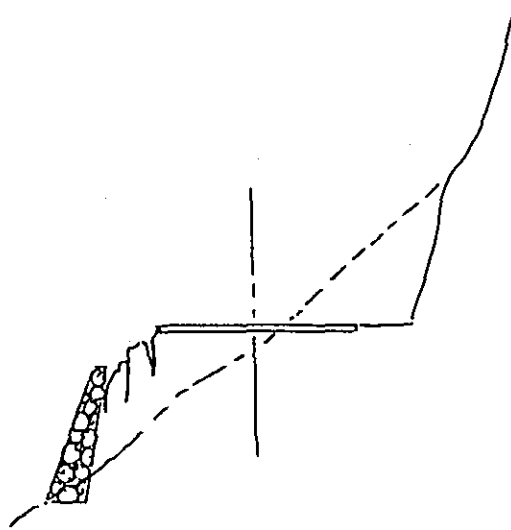
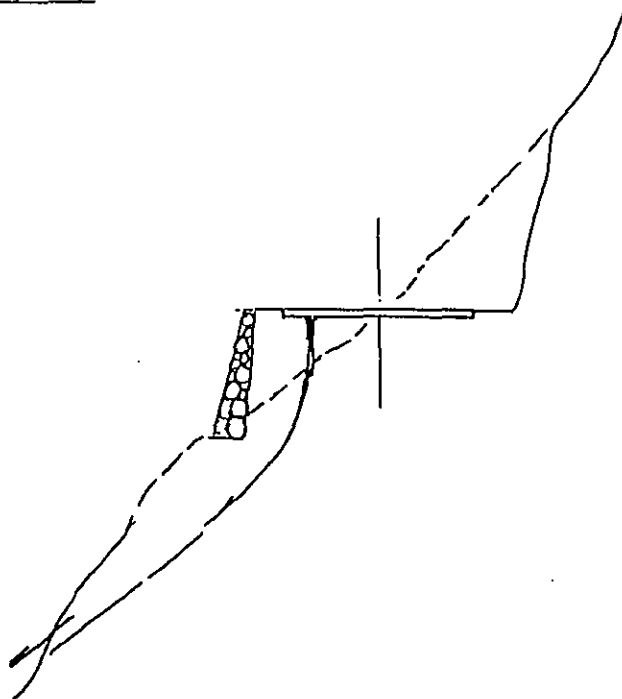


図 7. 2. 6 被害のタイプ

路肩沈下

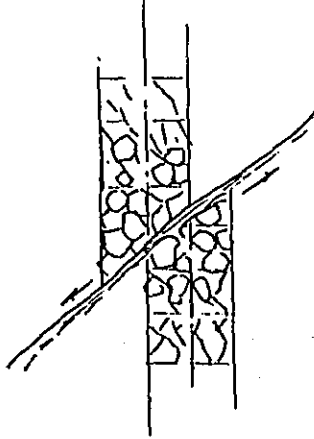


切盛境のすべり



(2) 舗装の被害

断層によるずれ

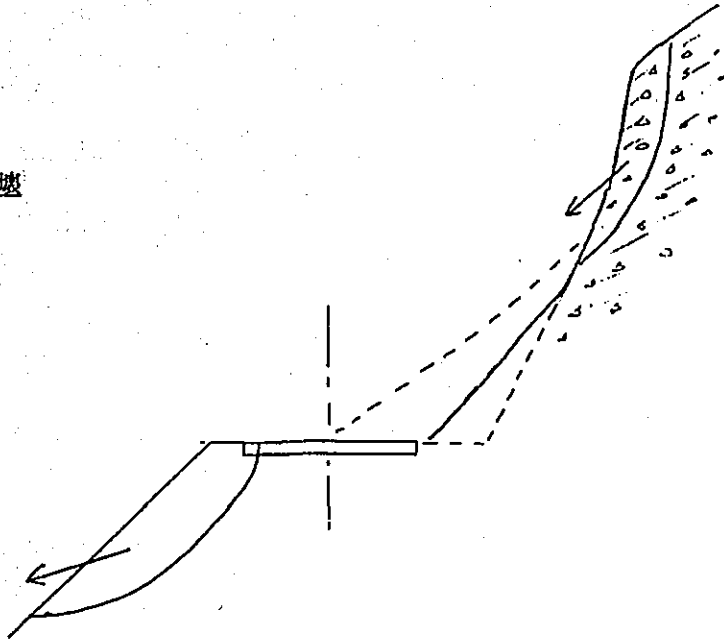


地震動による舗装版のせり上がり

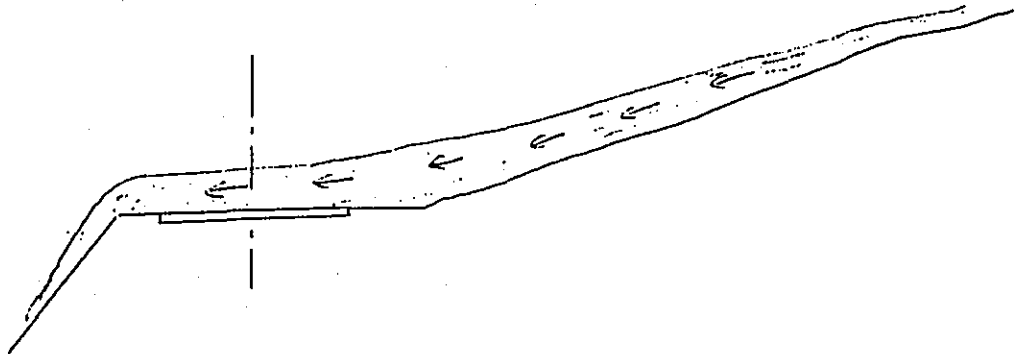


(3) 二次災害

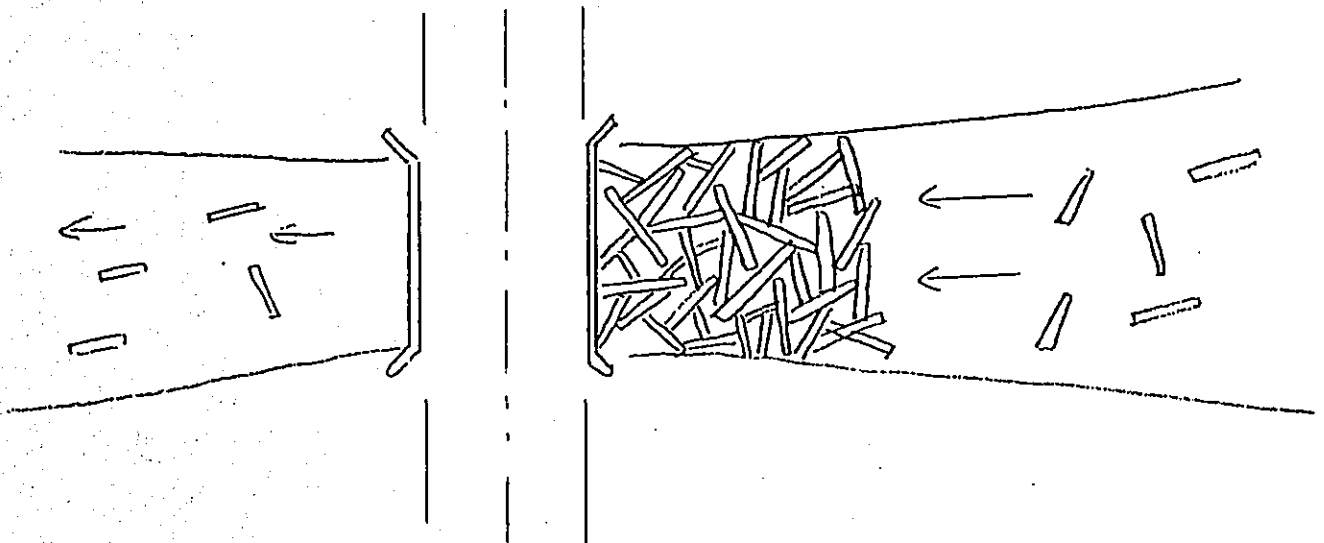
表層土砂崩壊



上部溪谷からの泥流／土石流



架橋地点における流木の滞留



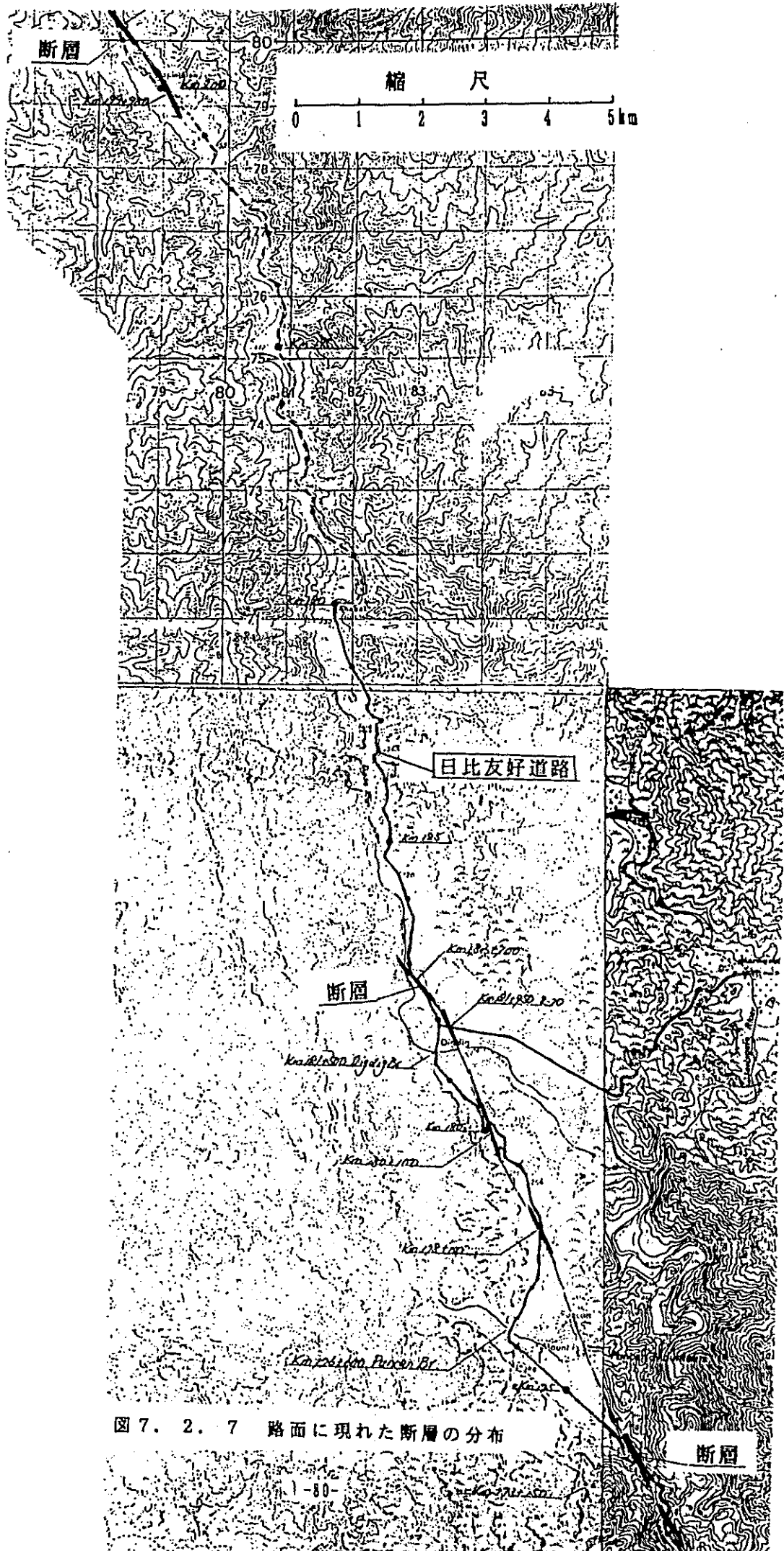


図 7. 2. 7 路面に現れた断層の分布

表-7.2.3 のり面崩壊箇所一覧表  
(San Jose - Aritao) (1 / 3)

キロ標 (Km)	切土のり面			盛土のり面			
	崩壊型	のり高 (m)	崩壊延長 (m)	土質	崩壊延長 (m)		
1		166.00 - 166.20	SF1	20	200	土砂 / 岩	
2		166.50 - 166.70	RF1	30	200	岩	
3		166.80 - 167.20	RF1	40	400	岩	
4		167.00 - 167.30					SS 300
5		167.30 - 167.50	SF1	30	200	土砂	SS 200
6		167.50 - 167.70	SF1	50	200	土砂	SS 200
7		167.80 - 167.90	SF1	50	100	土砂	
8		168.09 - 168.30	SF2	40	210	土砂	
9		168.50 - 168.60					SS 100
10		168.70 - 168.80	RF1	20	100	岩	
11		168.80 - 168.90	SF1	25	100	土砂	
12		169.40 - 169.50	RF1	20	100	岩	
13		169.50 - 169.60	RF1	30	100	岩	
14		168.60 - 169.80	SF2, RF1	30	200	土砂 / 岩	
15		170.10 - 170.15	SF1	30	50	土砂	
16		170.15 - 170.25	SF2	50	100	土砂	
17		170.30 - 170.40	RF2	50	100	岩	
18		171.30 - 171.35	RF1	30	50	岩	
19		171.40 - 171.45	SF1	30	50	土砂	
20		171.75 - 171.80					SS 50
21		171.80 - 171.90	SF2	40	100	土砂	
22		171.90 - 171.95	RF1	20	50	岩	
23		172.00 - 172.20	SF2	60	200	土砂	
24		172.20 - 172.30	RF2	60	100	岩	
25		172.20 - 172.30					SS 100
26		172.50 - 172.55					SF 50
27		172.55 - 172.60	RF1	20	50	岩	
28		172.80 - 172.90	RF1	40	100	岩	SF 100
29		173.05 - 173.10	RF1	30	50	岩	
30		184.20 - 184.25	RF1	30	50	岩	
31		184.30 - 184.45	SF1	30	150	土砂	
32		184.45 - 184.70	RF2	50	250	岩	SS 250
33		184.70 - 185.00	RF2	50	300	岩	SS 300
34		185.10 - 185.30	RF2	40	200	岩	
35		185.95 - 186.05	SF2	35	100	土砂	
36		186.15 - 186.20	RF2	30	50	岩	
37		186.30 - 186.40	SF1	25	100	土砂	
38		186.40 - 186.70	RF2	40	300	岩	SF 100
39							SS 200
40		186.70 - 186.90	RF2	40	200	岩	



表-7.2.3 のり面崩壊箇所一覧表  
(San Jose - Arifao) (2 / 3)

キ 口 標  (K m)	切土のり面				盛土のり面	
	崩壊型	のり高 (m)	崩壊延長 (m)	土質	崩壊型	崩壊延長 (m)
41	187.30 - 187.40	SF1		100	土砂	
42	187.60 - 187.70	SF1	30	100	土砂	
43	187.70 - 187.80	SF1	20	100	土砂	
44	189.00 - 189.20	RF2	40	200	岩	SS 200
45	189.20 - 189.30	RF2	50	100	岩	
46	189.30 - 189.40	RF2	50	100	岩	SS 100
47	189.40 - 189.50	RF2	50	100	岩	
48	189.50 - 189.60	SF2	40	100	土砂	
49	189.60 - 189.90	RF2	40	300	岩	
50	191.25 - 191.30	SF1	30	50	土砂	
51	191.60 - 191.80	RF2	40	200	岩	
52	191.80 - 191.90	RF2	40	100	岩	
53	191.95 - 192.00	SF1	30	50	土砂	SS 50
54	192.00 - 192.15	RF2	40	150	岩	SS 150
55	192.30 - 192.40	RF1	30	100	岩	
56	194.50 - 194.60	SF1	20	100	土砂	
57	194.60 - 194.65	SF1	20	50	土砂	
58	194.70 - 194.80	RF1	30	100	岩	
59	195.00 - 195.15	SF1	40	150	土砂	
60	196.00 - 196.15	SF1	20	150	土砂	
61	196.15 - 196.20	SF1	20	50	土砂	
62	196.70 - 196.75	SF1	30	50	土砂	
63	196.80 - 196.90	SF1	30	100	土砂	
64	200.50 - 200.55	RF2		50	岩	
65	200.55 - 200.65	SF1	20	100	土砂	
66	200.65 - 200.70	SF1	20	50	土砂	
67	201.25 - 201.30	SF1	15	50	土砂	
68	201.30 - 201.35	SF1	15	50	土砂	
69	201.35 - 201.40	SF1	10	50	土砂	
70	202.10 - 202.20	SF1	20	100	土砂	
71	202.20 - 202.30	SF1	20	100	土砂	SS 100
72	202.35 - 202.40	SF1	25	50	土砂	SS 50
73	202.40 - 202.50	SF1, RF1	25	100	土砂 / 岩	SS 100
74	202.50 - 202.60	SF1	40	100	土砂	SF 100
75	202.60 - 202.80	SF1	40	200	土砂	SS 200
76	203.05 - 203.20	SF1	20	150	土砂	SS 150
77	203.25 - 203.40	SF2	40	150	土砂	SS 150
78	203.40 - 203.45	SF1	30	50	土砂	
79	203.45 - 203.50	SF1	30	50	土砂	
80	203.50 - 203.60	SF1	40	100	土砂	

表-7.2.3 のり面崩壊箇所一覧表  
(San Jose - Aritao) (3 / 3)

キ 口 標  (K m)	切土のり面				盛土のり面	
	崩壊型	のり高 (m)	崩壊延長 (m)	土質	崩壊型	崩壊延長 (m)
81	203.75 - 203.80	SF2	40	50	土砂	
82	204.10 - 204.40	SF2, RF2	30	300	土砂 / 岩	
83	204.60 - 204.70	SF1	30	100	土砂	
84	204.75 - 204.80				土砂	SS 50
85	204.80 - 204.90	SF2	40	100	土砂	
86	205.00 - 205.20	SF2	40	200	土砂	
87	205.30 - 205.40	SF2	40	100	土砂	
88	205.60 - 205.80	SF2, RF2	80	200	土砂 / 岩	
89	205.90 - 205.95	SF1	30	50	土砂	
90	206.00 - 206.10	RF1	30	100	岩	
91	206.10 - 206.15	SF1	30	50	土砂	
92	206.15 - 206.20	SF1	30	50	土砂	
93	206.20 - 206.25	SF1	30	50	土砂	
94	206.50 - 206.60	SF1	30	100	土砂	
95	206.80 - 206.95	SF1	30	150	土砂	
96	207.00 - 207.10	RF2	20	100	岩	
97	207.50 - 207.55	RF1	20	50	岩	
98	207.60 - 207.65	RF1	10	50	岩	
99	208.00 - 208.10	RF2	20	100	岩	
100	211.60 - 211.65					SS 50
101	214.25 - 214.30	RF1	10	50	岩	
102	214.30 - 214.35	SF1, RF1	15	50	土砂 / 岩	SS 50
103	214.35 - 214.40	SF1, RF1	15	50	土砂 / 岩	
104	218.45 - 218.60	SF2	60	150	土砂	
105	218.60 - 218.80	SF2	60	200	土砂	
106	219.00 - 219.05	SF1	20	50	土砂	
107	221.80 - 221.95	SF2	60	150	土砂	
108	222.10 - 222.30	SF2	60	200	土砂	
109	226.60 - 226.65					SS 50
110	226.75 - 226.80					SS 50
Total			11,710 (101 Points)			3,550 (28 Points)

注) 記号の説明

切土:

SF1 : 表層土砂崩壊 (I)  
 SF2 : 表層土砂崩壊 (II)  
 RF1 : 表層岩石崩壊 (I)  
 RF2 : 表層岩石崩壊 (II)

盛土:

SS : 路肩沈下  
 SF : 切盛境のすべり



写真 7.2.1 表層土砂崩壊 (185km 地点)

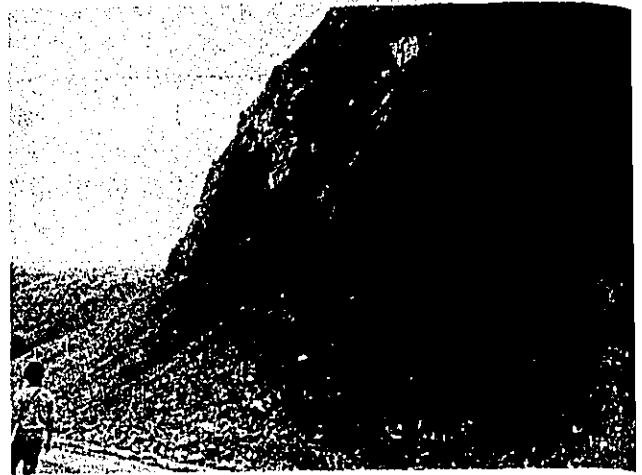


写真 7.2.2 表層土砂崩壊 (188km 地点)

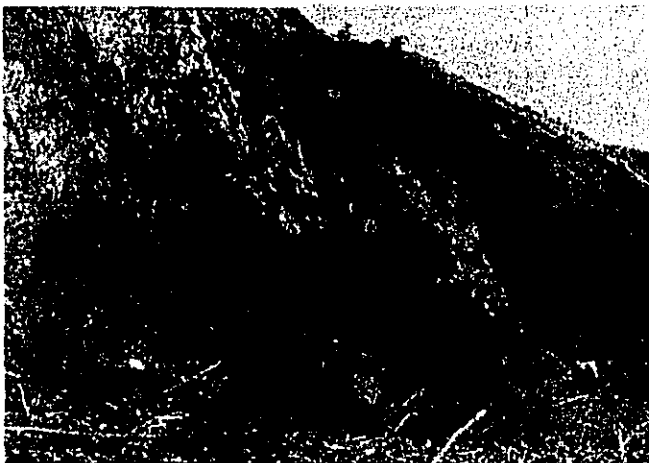


写真 7.2.3 道路啓開作業 (170km 地点)



写真 7.2.4 道路啓開作業 (207km 地点)

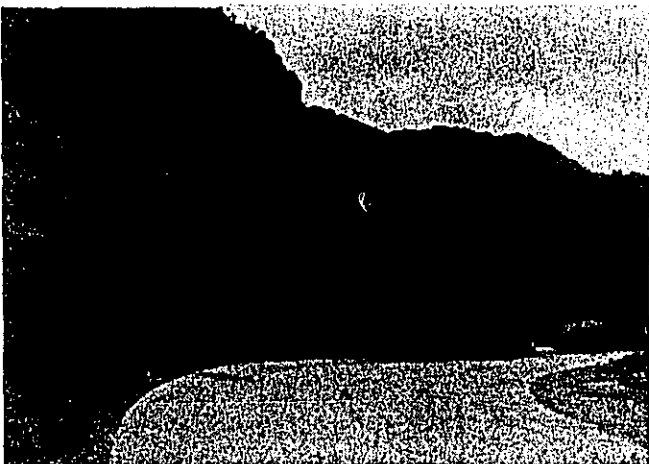


写真 7.2.5 一車線を塞いだまま放置されている巨大落石。のり面上方には落石予備郡がある。( )



写真 7.2.6 石灰岩の落石 (213km 地点)

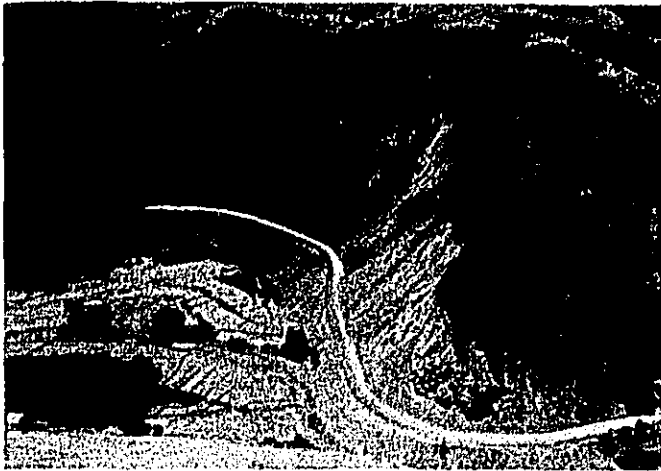


写真 7.2.7 大崩壊のあと啓開作業終了後の道路。降雨による二次崩壊の恐れあり。低地への土砂流入の跡がわかる。  
(203km 地点)



写真 7.2.8 巨大浮石のあるのり面と啓開作業中の重機。(185km 地点)



写真 7.2.9 難所ダルトンパス（峠）の大崩壊現場。切土面の高さ、谷の深さは共に 100m 級。左手前はピストン輸送で待機中の一般車（206km 地点）



写真 7.2.10 ダルトンパスで懸命の啓開作業にあたる重機。地震発生 3 週間後。  
(206km 地点)



写真 7.2.11 同地点

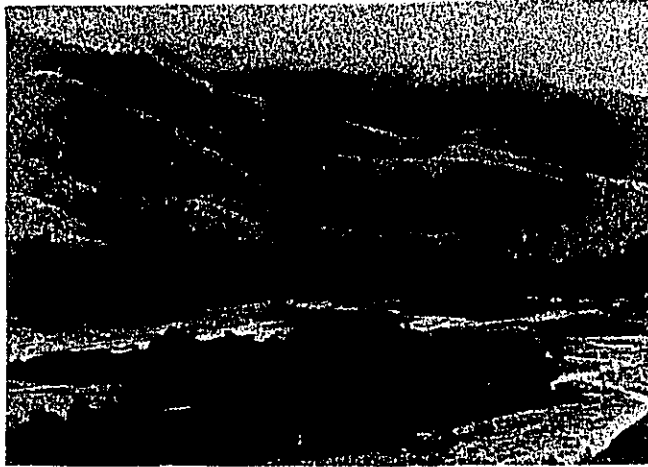


写真 7.2.12 大規模な山腹崩壊や流木等  
のある道路の周辺環境。(187km 地点)



写真 7.2.13 路肩の沈下。(193km 地点)



写真 7.2.14 路肩の崩壊。(193km 地点)



写真 7.2.15 盛土のすべりによる路肩  
開き。(203km 地点)



写真 7.2.16 盛土の崩壊。(173km 地点)



写真 7.2.17 なたらかな山には被害がない。(200km 地点)



写真 7.2.18 パイロット施行として植生(種子吹付け)を施したのり面には被害なし。(206km 地点)



写真 7.2.19 切土のり面下部防護の石積み擁壁(玉石による練積み)には被害小。(201km 地点)

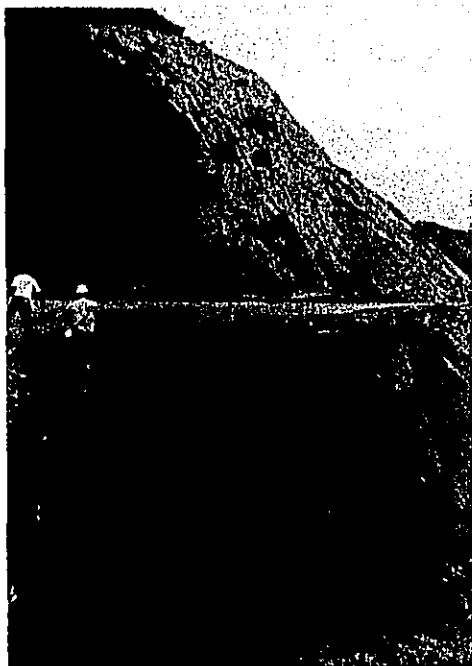


写真 7.2.21 盛土の洗堀防止用のギャピオン(ふとんかご、じゃ籠)も被害小。(251km 地点)

写真 7.2.20 盛土のり面を保護する砕式石張

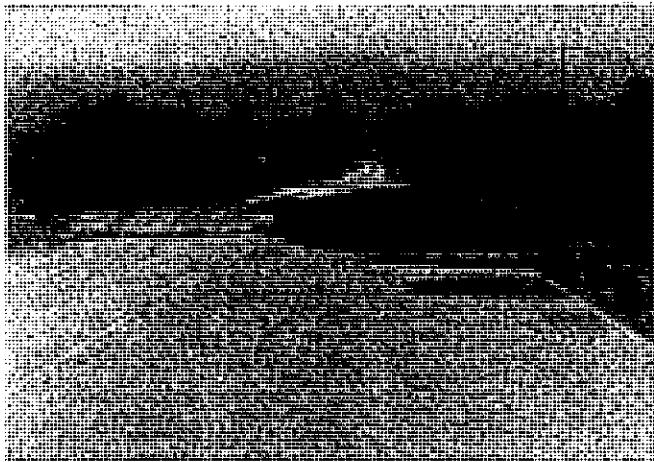


写真 7.2.22 低盛土区間における舗装版のせり上がり。(164km 地点)



写真 7.2.23 道路を横切る断層によって破壊された路面。(183km 地点)

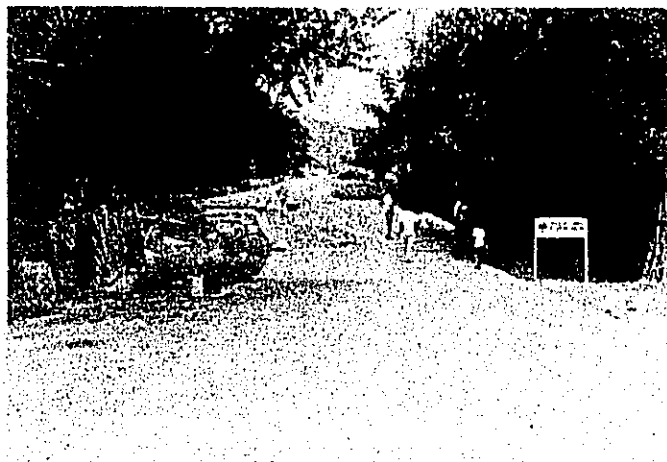


写真 7.2.24 道路を横切る断層によって破壊された路面。(180km 地点)

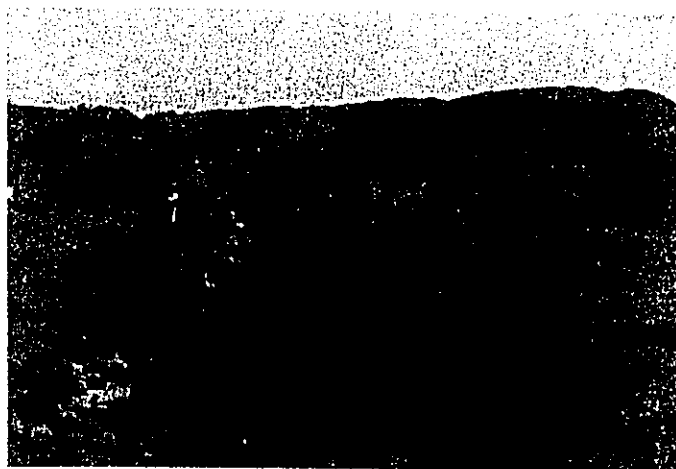


写真 7.2.25 道路を横切った断層がさらに丘の上を延々と走る。(180km 地点)



写真 7.2.26 斜面上部に二次崩壊の危険のあるオープンクラックが見える。



写真 7.2.27 降雨により斜面が不安定となっている。(205km 地点)



写真 7.2.28 降雨により斜面が不安定となっている。(195km 地点)

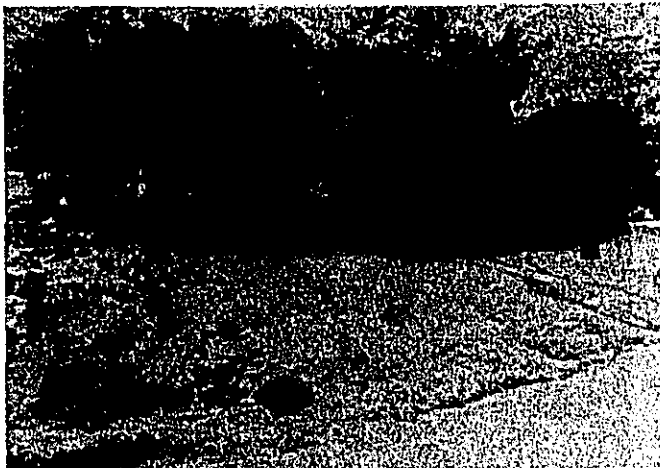


写真 7.2.29 降雨による沢からの泥土の流出(194km 地点)



写真 7.2.30 降雨による沢からの泥土の流出(194km 地点)



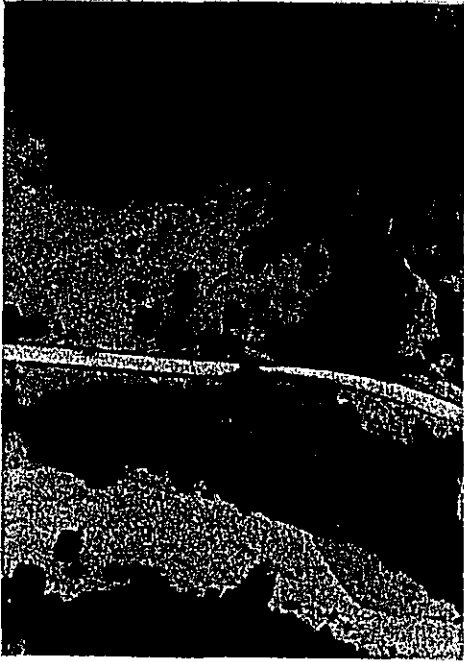


写真 7.2.31 土砂流出の状況  
(道路は啓開作業済み)を上  
空より見る。

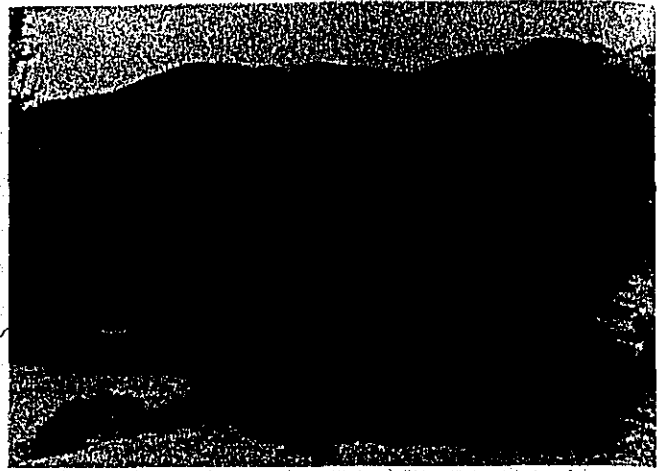


写真 7.2.32 河川における土砂流出の  
状況 (195km 地点)



写真 7.2.33 川岸に打ち上げられた流木  
(192km 地点)

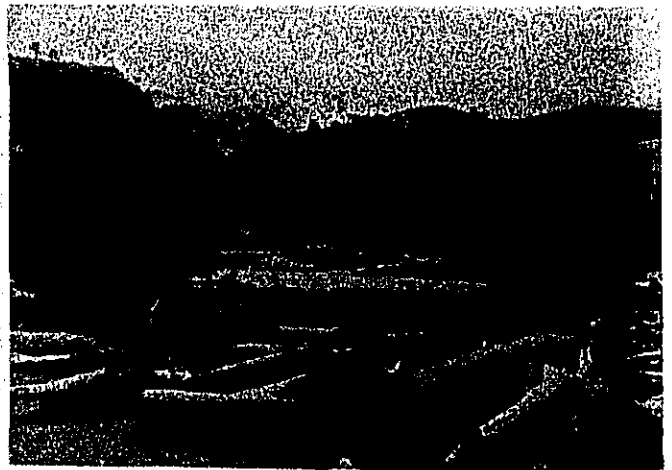


写真 7.2.34 第二ブンカン橋の地点にお  
ける流木の滞留状況 (176km 地点)

## 7. 3. マニラノース道路, バギオ3ルートおよび地盤液状化(道路-2班)

### 7. 3. 1. 道路-2班の役割と現地調査の経路

道路-2班の役割は、

- ①Tarlac(ターラック), ルソン島西海岸を經由して、ルソン島北端Aparri(アパリ)に至る3号線のうちS. Fernando(サンフェルナンド)まで、ターラックから分岐してLingayen(リンガエン)湾に至る13号線, ならびにBaguio(バギオ)市に至る主要3ルート(Naguilian Road(ナギリアン道路), Marcos Highway(マルコス道路), Kennon Road(ケノン道路))の震害状況の把握,
- ②Dagupan(ダグバン)市周辺を中心とする地盤液状化の状況の把握, ならびに
- ③これらの状況把握に基づいて復旧・復興に必要な技術的提言をまとめることである。

このため、当初、7月30日から8月3日までの間は、ダグバン2泊、サンフェルナンド1泊、バギオ1泊の4泊5日の行程で現地踏査を行う予定としていた。しかし、バギオ-マニラ間の比国空軍機による帰途の足の確保ができていないため、陸路をとる時間的制約からバギオ泊をサンフェルナンド泊に変更した。また、マルコス道路、ケノン道路の2ルートについては地上からアクセスできない区間が残ったためヘリコプターを用いた調査を8月5日にあらためて実施した。このため、現地調査期間は当初予定よりもさらに半日長い。この間の行程については、第3章に掲げたとおりである。調査経路を図7.3.1に示す。

### 7. 3. 2. 現地調査結果

#### (1) 調査経路に沿った震害の状況

##### 1) マニラからターラックまで(North Super Highway, 3号線)

この区間の道路であきらかに今回の地震によると思われる影響を観察したのは、Manila North Super HighwayのPanpanga(パンパンガ)河を渡河する高架橋(延長約5Km)の一部のみであった。この高架橋の下部工はパイルベント式橋脚、上部工は10径間連続PC桁橋である。この橋梁の連続桁間を結ぶ短径間(スパン約1.5m)の桁が約0.8m程度橋軸直角方向に(東側に)移動している。(写真7.3.1~3参照)。この変状は、下り線の方が大きいとのことである。なお、Capas(カパス)~ターラック間のKM10付近の低盛土区間で路肩のアスファルト舗装と走行車線のコンクリート舗装との接続部に道路延長方向に走る幅1~2cmの亀裂が連続している区間を見た。周辺は稲作を行っている田である。この亀裂が地震によるものであるかどうかははっきりしない。

##### 2) ターラックからサンイシドロ橋まで(3号線)

ターラック市内では、Vilmar Hotel(3階建て)の外壁のうち2階部分の壁に斜交する亀裂と3階の窓ガラスが破損しているのを観察した。(8月3日夕刻)。(写真7.3.4~5参照)。タ

ターラックから北方約10km～15kmに位置する区間を走行中に、アスファルト舗装のセンターライン付近に幅約10cm程度の開口亀裂と路肩部に亀裂を生じた区間があるのを観察した。その延長は正確ではないが、500m～1km程度もあったであろうか。(写真7.3.6参照)。舗装の変形状態から、道路下の地盤に液状化現象が生じたものと推定される。

San Isidro (サンイシドロ) 橋は、Pangasinan Province (パンガシナン県) の北端に近いKM149+511の地点にある7径間のPC単純桁橋である。橋台周辺の地盤に亀裂や噴砂は認められるものの橋梁そのものの損傷程度はそれほど大きくないものと観察された。(橋梁被害の詳細は7.4章参照)。この地点では橋梁の左岸取付部(3号線上では橋梁の南側)の盛土で約1.5～2m、右岸取付部でも相当量の沈下があり、特に左岸の取付部盛土の沈下のため2車線のうち片側車線のみ通行可能となっている。(写真7.3.7～7.3.10参照)。この付近の見取図を図7.3.2に示す。サンイシドロ橋取付部盛土の沈下は明らかに地盤の液状化によるものである。取付部盛土のみならず橋梁下流の左岸側では石積み護岸が一部水没するほど沈下している。また、その堤内地にあるとさつ場も付近一帯の地盤もろとも沈下して床上浸水の状況になってしまっている。

### 3) ターラックからダグバンまで(13号線)

ターラックからDugallon (ドゥガロン) までの区間では特に地震による被害と思われる変状は観察されなかった。Lingayen (リンガエン) に入る少し手前、KM200付近(古いキロポストで370)に重量制限10tと表示した橋梁があり、そのターラック寄りの低盛土区間で路面に陥没のある区間が見られた。その程度は軽微なものである。(写真7.3.11)。

リンガエン市内及びBinmaley (ビンマレイ) までは舗装の状態は極めて良好で何等の変状も認められないのが印象的であった。ダグバン近くになって養魚場を両側に見る高さ2～3mの盛土区間の一部に路肩の沈下が見られた。

### 4) ダグバン市内

ダグバン市は今回の地震によって生じた地盤の液状化のために、道路の沈下、建物の沈下、傾倒、破損、排水施設の機能喪失など様々な形態の大きな被害を被っている。市内に設けられた災害対策本部(Task Force Office of Rehabilitation)の資料によって、まず市の概略の生い立ち及びその被害の概要を記述しておこう。

ダグバン市はルソン島中央部では最も古くから開けた都市の一つで、パンガシナン県(主都はリンガエン)の2つの市の一つである。(もう一つの市はS. Carlos (サンカルロス))。1590年までに、Augustin伝導士団がこの地に入りBacnota (バクノタ) と命名した。1660年の暴動の後に再建されたこの町はNandrugupan (ナンドルグバン) と改名され、さらに1720年にこれを縮めてDagupan (ダグバン) と呼ぶに至った。ダグバンが市になったのは1947年7月20日制定されたRepublic Act 170に基づいている。

市域は北緯16°01'～16°07'，東経120°18'～120°23'に位置し、マニラから約210km、リンガエン湾に面したダグバン川の河口にあり、43.64km<sup>2</sup>（パンガシナンの0.81%）の面積と31のbarangay（バランガイ、集落の意）を有している。

市域のうち14.9%に相当する6.5km<sup>2</sup>は、住居、商業、工業、運輸などに供されている開発地域、27.1%の11.84km<sup>2</sup>は農耕地、残りの58%は湿地、塩田、養魚池、河川、海浜などである。市の人口は111,716人（1989年調べ）で、人口密度は2536.45人/km<sup>2</sup>、世帯数は17,323戸（パンガシナンの6%）となっている。主要産物は魚、塩、米、果実である。市の1988年9月の統計によると市内の登録企業は2,998社、うち55.7%にあたる1,670社が商業、39.46%にあたる1,183社が製造業ということになっている。市の年間予算は1988年の歳入で2678万ペソ（約1億8750万円）となっている。

ダグバン市の立地する地盤はダグバン川河口部の氾濫域に厚く堆積した軟弱な沖積地である。市内には7つの河川（Mangueragday（マンゲラグダイ）川、Anolid（アノリド）川、Bayaoas（バヤオス）川、Paogewen（パオゲウエン）川、Calmay（カラメイ）川、Dawel（ダウエル）and Tanap（タナップ）川、Pantal（パンタル）川）が流れている。市域の標高は海拔1mで概ね平坦（0～3%の勾配）な土地である。

市の主要なインフラ施設は次の通りである。

道路・橋梁；道路延長92.06km（うち国道22.30km，市道17.80km，バランガイ道路51.96km）  
道路密度2.475km/km<sup>2</sup>

自動車保有台数112台/1000人（登録台数12,226台-1987年）

港湾；Sual（スアル）漁港の衛星港，施設貧弱

通信施設；4電話局，1郵便局

発電；ダグバン電気会社が全世界帯数の91%に当たる16,391世帯に電力供給している。

（1987年12月）

上水；Dagupan City Water Districtにより深井戸から全人口の98%に当たる108,865人に給水している。（1987年末）

洪水防衛；17,070mのコンクリート護岸，石張り堤防，土堤及び排水溝と11,960mの排水ゲート

海岸護岸の延長は2,544m

公共建物；167棟の学校建物，小学校576教室

なお、1987年現在の課税対象不動産は、33,664区画、374,527.58ペソ、免税資産は1,066区画、58,127.04ペソと見積られている。

今回の地震による被害額は1990年7月28日現在、パンガシナン全域で42億8400万余ペソと見積られており、その大半はダグバン市内の私企業、民家等の20億2200万ペソである。パンガシナン全域での死者は81名（7月31日現在）、避難世帯は3,130家族（7月24日現在）、全壊家屋4,104棟、半壊15,836棟（7月24日現在）と報告されている。

ダグバン市内の公共施設の被害は表7.3.1に掲げたとおりで道路20箇所、橋梁8橋、建物25棟となっている。(7月26日17:00現在)。

ダグバン市中心部の被害と復旧必要額は表7.3.2のように見積られている。(7月27日現在)。

なお、この資料には提言も含まれているのでここに合わせて収録しておくこととする。地震発生後パンガシナンで執られた対応は、表7.3.3のとおりである。

次に、7月31日および8月3日に行った現地踏査の結果を記しておく。

ダグバン市の中心街を図7.3.3に示す。この図と表7.3.2に示したように中心街における被害はFernandez Blvd. (フェルナンデス通り)、Perez Blvd. (ペレス通り)、Rizal St. (リサル通り) およびUrdaneta Junction Dagupan Lingayen Rd. (ウルダネータジャンクションダグバンリンガエン道路) に囲まれた台形の部分に集中的に見られる。この地区内ではフェルナンデス通りが1.5~2mの沈下を生じ(沈下量については計測した訳ではない。DPWH現地技術者からの聞込みによる。)、路面冠水に至ったため、玉石まじりの土砂を入れて応急的に路面を嵩上げして通行の用に供している。また、ペレス通りはパンタル川を渡る部分でMagsaysay (マグサイサイ) 橋の落橋により通行不能となっているので、市街地内では反時計廻りの一方通行となっている。先に挙げた4街路に沿った建築物には傾倒、沈下、破損などの被害を生じているばかりでなく、地震後の地盤沈下によって床上浸水し、しかも付近一帯が沈下して路側の側溝も排水機能を失ってしまっているためにその排水も思うにまかせぬ状況となっている。また、通りに面したガソリンスタンドのいずれにも掘り出された地中タンクが置かれており、これらのタンクが浮き上がったことを示している。

地盤沈下を生じた地域は上述の中心街区にとどまらず市南部のBarangay Pugo (バランガイ・プーゴ) をはじめ図7.3.3にハッチで示した部分にも沈下の大きな地域が広がっている。その沈下量は、現地技術者の言によれば1.5~2mと云うことであるが具体的なデータは入手できていない。踏査中に水準測量を実施している様子を垣間みることもできたので、正確な沈下量はいずれフィリピン政府によって明らかにされることと思われる。

マグサイサイ橋の落橋や被害状況については7.4章に記述されることと思うのでここには、踏査時にスケッチした略図を示すにとどめる。(図7.3.4)。

ダグバン市における液状化被害は、主としてパンタル川の左岸部で大きな被害となっていて、右岸部ではこれにくらべて被害は軽微である。しかし右岸部でも噴砂は観察されており右岸の地域でも液状化現象が生じたことは明かである。にも拘らず、パンタル川をはさんだ両岸で被害程度が相当異なっている理由は、液状化層、液状化した層の深さが異なるものと考えられる。そこで、右岸地域、左岸地域のそれぞれの住民に対し、地震後の噴砂噴水がどのくらいの時間継続したと感じたかインタビュー調査を試みた。(8月3日実施)。インタビューを試みた地点を図7.3.3中に1-1~1-7の記号で示した。以下にその結果を示す。

1-1;フェルナンデス通りの時計修理工(32才, 男)。

3回の震動を感じた。2回目の震動のときに地面に割れ目ができて約1mの高さまで砂と水が噴出した。噴出の継続時間は約2時間。堆砂の厚さは50cm。

1-2;フェルナンデス通りのレストラン経営者(47才, 男)。

水と砂は地面にできた割れ目から50cmくらいの高さまで噴き出した。30~45分くらい続いたと思うが、周囲から集まった水の下になってしまっていて終わった時間は正確には判らない。地震後1時間たったときには店の中も前も水深1mくらいになった。

1-3;フェルナンデス通りの八百屋の経営者(35才, 女)。

震動を感じて20秒後くらいに地面に亀裂ができてそこから水が噴き出した。水と砂の噴出高さは約30cm。間もなく、噴出した砂と水によって周辺がおおわれてしまったので噴砂の継続時間を云うのは難しい。噴砂の堆積厚さは20cmくらいであった。

1-4;ベレス通り, マグサイサイ橋の橋詰めにある電気店の主人(52才, 男)。

噴砂の高さは40cmくらい。継続時間は30分くらいであったと思う。堆砂の厚さは約50cmであった。地震動は横揺れよりも上下動の方を激しく感じた。

1-5;右岸Nabla St. (ネーブル通り) 上で balan さんの職員(43才, 男)。

地震動を2回感じた。砂の噴出高さは1mもあったか。継続時間は約20秒であった。

1-6;Tabacalera St. (タバカレラ通り) 上で遊んでいた少年(7才, 男)。

噴砂は5分くらい続いた。

1-7;Liberation Rd. (リベレーション通り) のアイスクリームの店経営者(54才, 女)。

工場内のモルタル塗りの床に幅5cmくらいの亀裂を生じてそこから噴砂した。継続時間は10分くらいであった。堆砂した砂の厚さは7~10cmくらいである。

パンタル川の左岸域で行った1-1~4のインタビューは30分~2時間の噴砂継続時間があったことを示し、これに対して、右岸域で行った1-5~7のインタビューでは20秒~10分の噴砂継続時間と云うことになる。ランダムに選んだこれらの目視証言の信頼度は必ずしも高いものではないかも知れないし、目視した人々の居た場所の条件によっては周囲から流れ込む水や砂によって正確に継続時間を観察できない場合もあり得る。そのために両地域内の継続時間として証言してくれた値に相当の幅がある結果となっている。

しかし、明らかに、両地域内で噴砂の継続時間にはオーダー的な差が認められ、被害の大きかった左岸域で長い時間噴砂が続いたこと、すなわち、左岸域での液状化層厚が厚かったことを示している。

地震後ボーリング機械4台を投入して地盤調査のための標準貫入試験が実施されている。予定では、被害の大きかった地域から順次健全な地域へと調査地点を拡げていくとのことである。(City Engineer及びサンフェルナンドのRegion-1のDirector談)。

8月3日までには図7.3.3中に示したB-2~5の地点でのボーリングを実施中(30mの深さまで

実施予定)で最終目標深度までは達していないものの、中間的な貫入試験結果を入手できた。

噴砂の粒度分布及びB-3地点深さ16.5mの粒度分布を図7.3.5に示す。また、B-2~5の標準貫入試験結果を図7.3.6~7.3.7に示す。また、道路橋示方書の方法に従って地表加速度200gal, 250galと仮定した場合のF<sub>L</sub>値を合わせて図7.3.6~7に示す。

この図に示す液状化判定の結果は、地震後の地盤データを用いていること、地盤データは中間的に入手したN値のデータを補正なしに使っていること、日本の基準に従って強い地震動の繰返し回数は20回程度と考えていることなどに留意する必要がある。現地での観察によれば標準貫入試験の重錘落下高さのコントロールは必ずしも正確と云えず、エネルギー補正を加える必要のありそうなこと、適切な方法により、地震前の地盤の密度を推定する必要のあること、目視証言者の言にあるように大きな地震動の継続時間がこれまでの日本での経験よりももっと長かった可能性があることなどに配慮してさらに今後検討を加える必要のある暫定値である。

なお、ダグバン市内での被害状況を写真7.3.12~7.3.36に示す。

#### 5) ダグバンからウルダネータまで

ダグバンからGalasio (カラシアオ)に至るルートのうち、ダグバン市の南部、パンタ川と平行して走る区間の一部で、路側のガソリンスタンドの浮き上がり、路肩部の噴砂、被害軽微ではあるが家屋の傾いている状況を観察した。キロ程が不明なためこの区間の特定は現時点で困難である。

カラシアオから分岐してS. Barbara (サンタバーバラ)

に向かう途中のコンクリート舗装面に横断危裂と段差ならびに路肩部の沈下を観察した。(写真7.3.37~39参照)。低湿地を走るこの区間は高さ1~2mの低盛土区間であり、地盤の液状化による変状と見受けられる。

サンタバーバラからUrdaneta (ウルダネータ)までは道路には格別の変状は見られない。

ウルダネータから南下する3号線もCarmen (カルメン)橋までは特に変状は認められない。落橋したカルメン橋の被害については、7.4章において詳述されるので、ここでは液状化の証拠を示す何枚かの写真を示すにとどめる。(写真7.3.40~44参照)。

#### 6) ダグバンからサンファビアンまで(313号線)

ダグバンから3号線のSan Fabian (サンファビアン)に至る道路の1つに古い地形図には記されていないが、ダグバン市から北上してリングエン湾に沿って走るルートがある。ダグバンの市街地をはずれて間もなく、両側に養魚場を見る高さ3~4mの盛土区間が続く。このうちの一部区間に写真7.3.45に示すような被害が報告されている。(DPWH資料)。筆者らがこの地を経由したときはすでに応急的に土砂で充填されておりこの写真に見られるような状況ではなくなっていた。さらに北上してKM217+500付近のリングエン Golf場の横

を併走する区間の一部で路肩部および路側の亀裂を観察した。(写真7.3.46)。路面には特に変状はない。

Manguoragday (マンゲラグダイ) 橋(下路トラス2スパン)では取付部盛土が沈下するとともに両側の橋台が河心に向かって押しだしたようで、橋台の基礎である400mmφの鋼管杭8本のうち1本の杭頭に水平の亀裂を生じているものがあり、左岸橋台では支承が約10cm水平方向にずれて桁端が橋台コンクリートに衝突している。

Longas (ロングス) 橋(KM222+866, 橋長約25m, 1スパンのPC単純桁橋)でも両側の取付盛土が沈下しており、PC桁端部に斜めのヘアークラックが認められた。KM223付近でこのルートは3号線と合流するが、合流した後、Cayanga (カヤンガ) 橋に至る1~2kmの区間が高さ1~2mの盛土区間となっている。この盛土区間で写真7.3.47~7.3.49に示すような路肩の亀裂、段差ならびに舗装の一部破損が観察されている。

カヤンガ橋(9スパン連続, 全11スパンのコンクリート桁橋)は左岸側端支間のP1橋脚がゴム支承となっているが、桁と沓座は橋軸方向に約3cm, 橋軸直角方向に5cmのずれを起こしている。右岸側端支間のP10およびP5のコンクリート杭(八角形, 径50cm)の杭頭付近に水平の亀裂を生じている。両側橋台とも河心方向にややせり出しているように思われる。地震当日、川の中央部がもくもく盛り上がった様子を、左岸橋台付近に住む58才の男性が目撃している。

以上述べたこの区間の被害のいずれも地盤の液状化が原因と思われる。

#### 7) サンファビアンからサンフェルナンドまで(385号線および3号線)

KM228付近の橋長25m程度の橋梁(橋名不明)の右岸側取付部に沈下を生じ、路面に亀裂が生じている。La Union (ラウニオン) との県境付近KM235付近の道路の東側のゆるやかな斜面にある段々畑(田)のあぜが崩壊している。

Rabon (ラボン) (KM236付近)の単径間の橋梁でも橋台取付部が沈下しており詳細調査の必要が感じられた。KM239付近でも同様、詳細調査を要すると思われる橋長25m程度の橋梁が見られた。

Cupang (クパング) 橋右岸橋台の基礎杭が破損し、木杭による応急支保工を工事中(工事開始7月28日とのこと)である。KM230付近の路側にある民家(木造平屋建)に全壊しているものがあるが道路には損傷は見られない。

Ago (アゴ) 市に入ると市中心部のコンクリート造市庁舎の全壊をはじめ、コンクリート造の建物、2階建の木造家屋の損傷がはなはだしいのが目につく。

アゴ市の中心街の北のはずれには小河川が東西に流れている。この河川の左岸側の市街地ではガソリントankの浮き上がり、路側の噴砂跡、2階建民家の損傷など液状化による被害が見られている。

またアゴ市を中心に、この3号線の路側に建っているRC造のバス停の倒壊が目立つ。そ



の壊れ方には場所的な差があること、構造的には同一形式であることからその被害程度の分布を知ることが、地震動強度を推定するうえで有用かも知れない。アゴー市から約5kmばかり北、KM241付近(San Engenioか?)の精米工場が全壊している。

KM243付近のSta. Rita (サンタリタ) 橋では左岸橋台が前面にせり出し、桁端部の支承部は約10cmくらいの高さで欠け落ち、このため橋台より橋面が約10cm程度低い段差を生じている。(写真7.3.50)。

KM248付近(Caba町)の路側にある教会の壁が剥落しているのを観察した。この付近では、道路の路肩の一部に陥没があり、小橋梁の取付部でも沈下が生じている。

KM249付近では、ブロック積みのサイロが崩壊、KM253付近では路側の石積み擁壁(高さ2~3m)が崩壊、ナギリアン道路の分岐点近く(KM259)では8径間のトラス橋の北側で舗装に段差が見られるなど、アゴー市内よりは被害は相対的に軽微なものの、相当の地震動が作用したことがうかがわれる。

さらに、北上しKM264(?)付近のBauang (バウアング) - サンフェルナンド間でも路面中央線付近に段差が生じている。(写真7.3.51)。

## 8) ケノン道路

ケノン道路はBuedo (ブエド) 川に沿ってRosario (ロザリオ) の町はずれからバギオに至る道路に与えられた名称である。現地踏査の経路は、358号線との分岐点である西海岸のDamortis (ダモルテイス) から3号線を東行してロザリオを経由し、ケノン道路に入るルートであるので、ここではこの間の状況についても若干記述しておく。

KM222付近のAmalang (アムラング) の町はずれに路面陥没と舗装に生じた亀裂を観察した。高さ10m程度の切土法面と河岸にはさまれた区間である。河床までの路面からの高さは10~15m程度であろうか。近傍に地震前の豪雨で河岸側の片車線が流出した区間があり、この崩壊地点も地震によってその規模がやや拡大した模様である。

さて、1984年6月のJICAによるフィリピン国道路防災計画調査報告書によればケノン道路における過去の災害について次のように記述している。

「ケノン道路はマニラからバギオに至る最短路線であり、延長34km、6m巾のアスファルト舗装の2車線で、0.5~1.0mの路肩を有する。路線は曲がりくねったブエド川に沿って、また急な山岳地帯をぬうように走るために道路の線形はカーブが多く、また縦断勾配も急である。斜面は礫岩、安山岩、閃緑岩等により構成されている。1937年に完成して以来、47年間において、たくさんの道路災害が起こったであろうと想定される。しかしながら、1979年と1980年に長期にわたり交通途絶を引き起こした2つの災害以前の災害記録は入手できない。この2つの災害は道路の対岸の斜面が崩壊し、ブエド川を埋め立てたことにより発生した。この特別なケースは別として、他の箇所において年平均2回の災害が発生し、1週間から3週間にわたる交通途絶が引き起こされている。

ロザリオの市街地から約30km程まではブエド川に沿った山岳部であり、その後ヘアピン・カーブを伴って急坂を登りバギオ市に至る。

危険箇所46箇所のうち、31箇所が落石、9箇所が盛土斜面崩壊、5箇所が切土斜面崩壊となっており、地すべりも1箇所ある。

この区間の岩は主に、礫岩、石灰岩、安山岩および閃緑岩からなる。これらの岩は比較的硬いが、多くの割れ目があるので切土斜面において落石が多くなっている。

盛土斜面崩壊は、ブエド川の流れや路面及び切土斜面からの表面水流下の集中による洗掘が主たる原因となって発生する。大規模な盛土斜面崩壊は1983年の8月にKM227+500地点で発生したが、これは主に湧水が盛土へ浸水したことによって起こった。ケノン道路の終点、バギオ市の近くに大規模な地すべりが発生している。ここでは、道路路面が毎年10cm程沈下しているとのことである。」

今回の地震によって、道路沿いの切土斜面、片盛区間の路肩損傷のみならず、山腹の表層すべりによる崩壊土砂、岩塊によって多大の被害を生じている。現地踏査に入った8月1日～2日の時点でも、KM224+500～238付近までの約14km区間は陸路では到達できない状況になっている。

ケノン道路に沿った山腹斜面のみならず、バギオ市周辺の山腹は至る所で表層崩壊を起こし、崩壊した土砂は河谷に堆積して河床上昇をもたらし、また所によっては小規模ながら天然ダム状に川を埋塞している。(写真7.3.52～53)。

不通区間よりも下流における踏査時の状況は次のとおりである。

キャンプ1橋(KM216+150)からKM218付近までは道路沿いの斜面に大きな損傷はない。しかし路面には斜面から肌落ちした土砂が堆積している。グレーダーで除去しているようであるが、折から雨期でもあり、崩壊箇所ならびに沢から供給される土砂が後を絶たないようである。(KM218+800～219+100, 219+700～+950, 220+600～+900, 222+600～+850などの区間でも同様)。KM218+0～+200付近では谷川の路肩崩壊と山側の崩壊土砂が片側車線を埋め、片側通行のみ可能となっている。

KM221+200付近では10m幅×4.5m高さほどもある巨岩が道路中央に落下している。重機では片付けられない大きさであり、発破小割りの準備として小孔がすでにあけられているが、発破使用はひとつひとつ軍の許可が必要とのことでもまだ片付かないままである。

KM222+500付近では、沢水をブエド川に導く、道路横断排水としてのカルバートが閉塞したため路面を沢から流出した水が走っている。

ロザリオ側から到達できる最終端はKM224+500付近で、ここでは大型バスが谷底に転落したままになっている。この地点から不通区間の上流端(KM238)付近までの状況は写真7.3.52～53に示したとおりである。

バギオ側から到達できるKM238付近までの状況もほぼ上述の状況と同様である。これらの被害状況の例を写真7.3.54～7.3.59に示す。また、DPWHバギオ事務所がまとめた被害状況

図を図7.3.8に示す。被災土量等の定量的なデータはまだ得られていない。

#### 9) マルコス道路

アゴーとバギオを結ぶマルコス道路は延長49km、2車線の新しいコンクリート舗装(舗装幅員6.7m、路肩2~2.5m)の道路である。バギオ側は概して急な山岳区間であるがアゴー側は比較的なだらかな地形になっている。山岳区間の斜面は主として風化のはげしい泥岩、礫岩、凝灰岩等で構成されている。

マルコス道路においても現地踏査時点でKM272からKM277+500までの5.5km区間は道路幅員全部が崩落土砂に埋塞あるいは流出した区間が断続していて踏査不能である。陸上から踏査不可能な区間について、8月5日にヘリコプターで調査を試みたが雲が低くて調査未了のままとなっている。

アゴーの町からKM240付近までは橋梁取付部の沈下、路面の亀裂などが見られるもののさほど大きな被害ではない。KM240~262の間では谷側の片盛部分の路肩陥没が目立つほか、斜面からの崩落土砂が多い区間も散在する。しかしその地点数、量はケノン道路ほど深刻ではない。

なお、バギオに近い不通区間の斜面上部には貯水池があって損傷を受けているため、降雨に加えてそこからの流出水が復旧をさらに難しくしているとの情報があったが未確認のままである。写真7.3.60~65に被害の状況を、また図7.3.9に路線沿いの被災状況図を示す。表7.3.4に現地で入手した崩壊状況リストを示す。この表に示すように被災箇所は39箇所にのぼっている。不通区間はNo.32~38である。

#### 10) ナギリアン道路

ナギリアン道路は、マニラからバギオ市にアクセスする道路のうちで一番北に位置している。延長47km、6m巾の2車線で、いたみのはげしいアスファルト舗装であり路肩は狭い。道路はパウアンから約17kmは丘陵地を走り、その後急な山岳地を通過しながらバギオ市に続く。斜面は概して砂岩、頁岩、凝灰岩等である。

この道路はバギオに至る主要3ルートのうちでもっとも古くから供用されているもので、他の2ルートにくらべて路側の斜面が相対的に落ち着いた状態にある。地震発生の翌日から崩壊土砂の除去作業に入り、7月19日には開通している。開通したとはいえものの、崩壊土砂の多い箇所、片盛区間で片側車線が欠損した区間などが断続するので2車線のうち片側通行を余儀なくされる延長もかなり長い。このため、午前6時から正午まではバギオから降りる方向へ、正午から夕方まではバギオに昇る方向へと時間を限って片方向通行規制を行っている。写真7.3.66~71にこの道路の被災状況を示す。

表7.3.5および図7.3.10に現地事務所がまとめたこの道路沿いの被災状況を示す。

なおバギオ市内では高層建物の損壊ばかりでなく、斜面の崩壊や石積み擁壁の崩壊が多

くの地点で見られた。市内の斜面崩壊の状況を写真7.3.72～77に示す。

ナギリアン道路のバギオ側起点近くでの地すべり地でも沈下がさらに進んだ模様である。これらの斜面崩壊地点の近くには民家もあり、今後の雨期をひかえて二次的な崩壊による災害を防止するための監視が必要と考えられる。

## (2) 現地調査結果のまとめ

踏査経路の道路の被害形態は

- ① 橋梁被害
- ② 盛土および舗装の被害
- ③ 路側の斜面の崩壊

に集約される。このうち、①および②は主として軟弱な地盤で生じている。③はバギオに至る3つのルートで生じている。

前節までに記した被害箇所のうちマニラノース道路およびその周辺部の道路(踏査した区間のみ)の被災地点を地形図(1/5万)と照合してみると、表7.3.6に示すようにこれらは概ね河川横過地点、河川との併走区間または低湿地と思われる箇所で生じている。つまり、①と②の被害は軟弱な沖積地盤に集中して生じたとみることができる。

地震動の最大加速度と震央距離についてのこれまでの日本での経験から導かれた関係式を、 $M=7.7$ の場合に適用してみると図7.3.11のようになる。カルメン橋の位置で $180\sim 200g$ 程度、液状化被害の大きかったダグパンでは $100\sim 160g$ 程度の値ということになる。この程度の最大加速度で生じた被害としては大きなものであったと云わざるを得ない。この理由として現在考えられるのは、厚い軟弱な地盤での地震動の増幅と継続時間の長さが挙げられる。ことに①と②の被害の大部分は被害箇所周辺に噴砂の痕跡が明瞭に残されており、地盤の液状化がこれだけの被害をもたらしたものと考えられる。

地盤の液状化にとって、継続時間の長い地震動あるいは1つの地震動により上昇した地盤内の間隙水圧が消散しきらないうちに、次の地震動を受けるような状況は極めて過酷な状況である。この点について今後はさらに詳細な検討が必要である。

次に緊急援助という使命・観点からの現地踏査から得られた所見を1)マニラノース道路、2)バギオに至る3主要道路、3)ダグパンの被害に分けてそれぞれ次にまとめておく。

### 1) マニラノース道路

カルメン橋を始めとするいくつかの橋梁の落橋は、道路利用者に多大な不便を引き起こし、経済活動の減退をも引き起こすこととなる。

落橋から免れたとはいえ、いくつかの橋梁で深刻な被害を被っている。これらは基礎杭の折損、橋脚のクラック、橋台の損傷、沓の損傷など主に下部構造に被害を受けており、基礎地盤の液状化が多大な影響を及ぼしたものと推定される。

日比友好道路が開通しておらず、またカルメン橋の落橋のため、リングエンを迂回して北部ルソンに至るこの路線は、マニラから北部ルソンへ至る交通需要をさばく唯一の経路でありその重要性と上述の状況にある被災橋の被害の進展の可能性を考えれば、落橋を防ぐための仮支持工による緊急措置がこれらの橋には早急に必要とされる。

## 2) バギオに至る3主要道路

バギオ市に至る3主要路線のうちナギリアン道路は現在通行可能である。

ナギリアン道路は通行は可能であるが、いくつかの箇所では未だ片車線通行となっている。片車線通行は、道路沿いの斜面からの大量な崩落土砂及び盛土区間の路面の沈下が原因となっている。そのうち、KM267+700及びKM261+000の箇所では5千 $m^3$ 以上の崩落土砂及び岩石が残ったままとなっている。崩落土砂等の合計は現在のところ5万 $m^3$ を超えるものと推定されている。

大量の土砂及び岩石のみならず巨大な落石を除去するのが困難であるとともに、降雨が復旧作業活動を大きく妨げている。

マルコス道路は、KM272+000からKM277+500の間においてはまだ通行できない状態である。この5kmの区間は接近不可能なため、ヘリコプターによる調査を試みたが、雲が低く調査できなかった。被害は、ナギリアン道路とほぼ同じ特徴を有しているが、斜面崩壊の規模はナギリアン道路よりもはるかに大きい。接近が困難な区間を覆う障害物は、Region-1事務所によれば16.4万 $m^3$ を超えると推定されている。

ケノン道路は、バギオ市に至る3路線の1つであり、他の2路線と同様の被害を被ったが、その程度は最も激尽であった。

ケノン道路においては、道路沿いの斜面上部から巨大な落石を含む大量の土砂・岩塊が崩落してきた点がマルコス道路との違いと指摘される。

いずれの路線においても、路面の堆積土砂を除去しただけでは、折から雨季でもあり、降雨により運ばれる新たな土砂や、路肩の浸食の進行が道路機能を損なう恐れが多大であり、十分な排水処理の方策を考える必要がある。

さらに、プエド川の両側の山間部の斜面は地震による振動により崩壊し、プエド川の河床上昇をもたらすほど大量の土砂及び岩石を発生せしめた。ケノン道路の復旧計画を策定するに際し河床上昇による新たな水衝部になった河岸の傍にある区間をはじめとし、局部的に線形改良をしなければならないと思われる。

この路線もヘリコプターによる調査点検が必要とされた。今後の復旧検討に際しては航空写真が有用な情報を提供するであろう。

バギオ市では、建築物の被害のみならず多数の斜面崩壊を生じている。その規模はプエド川沿いの山間部ほど大規模ではなかったがすべったところは居住区内であったため、斜面の2次崩壊に備えて斜面の下方に住む住民が避難できるようにすべり部分の監視を行

うべきである。

### 3) ダグバンの被害

ダグバン市の被害は、地盤の液状化により引き起こされた典型的なものである。多数のビルが傾き、また、沈下し、液状化した土よりも軽い地下タンクは浮き上がるというものであった。1.5mから2m程度の高さの低い盛土でさえも基礎地盤の強度を失い、クラックや道路舗装の沈下を引き起こす被害が発生した。マグサイサイ橋は、地盤の液状化により右岸の橋台が河心方向に変位したことにより落橋した。

バランガイ・プーゴでは、地表面が1.5mから2m程度沈下し、排水が困難となっているといわれているが、定量的なデータはまだ得られていない。

この市に被害を引き起こした液状化現象による被害箇所のうち、大被害の多くは主に川の左岸側で発生し、右岸側では、噴砂の痕跡は認められるものの、相対的な被害は軽微である。

これは、緩い砂層からなる液状化層の厚さが両地区で異なっていたことによるものと考えられる。

事実、川岸の近くに住む住人に対する聞き取り調査によれば、右岸側では20秒から10分程度の噴砂現象を目視しているが、一方、左岸側では噴砂現象は約30分から2時間に及んで継続した模様である。

マグサイサイ橋の落橋のため市内の道路が一方通行規制されており、このための交通混雑でマニラノース道路の迂回路としての機能も大きな制約を受けている。

また、市内住民の健康を維持する上で、都市内の排水機能が損なわれてしまったことが大きな痛手を与えている。

これらの障害を早急に取り除くことが必要である。

## 7. 3. 3. 提言

7. 3. 2 (2) にまとめられた所見に基づき当面とるべき措置ならびに今後考慮すべき事項を踏査経路に沿った主要被害箇所ごとに示すと以下のようである。

### マニラノース道路

#### ・ 応急復旧

- (1) 各橋梁下部構造の残存機能の確認のための被害調査及び被災度の判定
- (2) 落橋してはいないが大被害を受けた橋梁で落橋のおそれのある橋梁の仮支持工の

#### 緊急措置

#### ・ 中期的復旧

- (1) 日本における過去の経験を取り入れ、フィリピンにおける橋梁の被害及び耐震性

## を評価するためのガイドラインの編集

### (2) 上記ガイドラインの結果に基づく橋梁の耐震補強

#### バギオに至る3主要道路

##### ・ 応急復旧

(1) 早急なマルコス道路の啓開

(2) 適切な間隔に設置した横断排水管渠による切土斜面からの溢水の排水。管渠は排水のために十分な容量を有していなければならない。

##### ・ 中期的復旧

(1) ケノン道路の線形を再調査することを推奨する。

(2) この再調査のためには、次の点を考慮することを推奨する。

1) 地震により崩壊した斜面は、降雨により簡単に浸食される。

2) 崩落土砂及び岩石によりブエド川の局所的な堰止めが何箇所かで引き起こされた。

3) 山間部の斜面の安定を評価するには航空測量が不可欠である。

4) 不安定ないくつかの斜面地区への橋梁の導入は避けられ得ない。

(3) 道路の上方の斜面上の不安定な土砂及び岩石の除去あるいは対策が不可欠である。

(4) バギオ市内の危険斜面の監視

#### ダグバン

##### ・ 応急復旧

(1) 被災地域及び被害を受けなかった地域の地盤調査のためのボーリング調査

(2) 排水設計を行うための測量の実施

##### ・ 中期的復旧

(1) 排水システムの設計

(2) いくつかの balan-gai の移転をも考慮したダグバン市の都市部の再開発

以上の方策をさらにまとめ、次の事項を実施するように提言する。

#### (1) 被災した構造物の被害程度を適切に評価するガイドラインの導入

1) この目的のためには日本の建設省がまとめた「震災復旧技術マニュアル」が参考になろう。特に土木構造物について「震災土木構造物の復旧技術マニュアル」が英訳され出版されている。(出版は米国国立地震工学センター)。(1冊はDPWH長官に寄贈)。

2) 「震災土木構造物の復旧技術マニュアル」に記述されている方法を用いて、被災した橋梁の被害度の判定が橋梁班で行われている。しかし、時間的制約とデータの不足のため、この判定は限られた数の橋であることに留意すべきである。

3) 同様の方法によって判定されていないマニラノース道路およびその迂回路の橋梁についても実施し、その結果に基づいて必要な応急仮支持工を実施することが必要である。

(2) 構造物の耐震診断法の導入と耐震補強の実施

1) この目的の参考として日本における「道路震災対策便覧」(日本道路協会発行)が参考になろう。

(3) ケノン道路の線形の再調査およびナギリアン道路、マルコス道路の防災対策の強化

1) ケノン道路においては現状の線形のまま復旧し得たとしても、降雨による土砂崩壊、落石等の自然災害に対して極めて脆弱な状況になっている。

2) 一度地震により崩壊した山腹斜面では、それに近接する斜面でも表層に亀裂等があつて降雨浸透、風化の促進により、しばらくの間は崩壊が引き続いて起こり易くなることに留意すべきである。

(4) 一部地区の移転を考慮したダグバン市の復旧方法の検討

1) 一部地区では地盤沈下がはなはだしく、排水不能となった地域が出ている。

2) 市内でもところによって被害の程度に大きな違いが見られる。これは地盤条件の差によるものと考えられるので、土質調査および沈下状況を正確に知るための水準測量を実施することが必要である。

3) 土質調査にあたっては、地盤液状化による被害の生じ易い土層が地表から20～30mまでの深さに存在するかどうかを正確に把握するためのサウンディングやボーリング、地震動の増幅に影響する軟弱な地盤の堆積状況を把握するためのもっと深いボーリングの2つの種類の土質調査のそれぞれの異なる目的を認識し、土質調査地点の配置についても被害箇所のみならず無被害箇所においても実施すること。

(5) バギオ市内の斜面崩壊箇所の監視

1) バギオ市内では住居地域内でも斜面崩壊が発生している。

2) 降雨による斜面崩壊の二次的な進行に対して住民避難の判断に役立てうる変状進行の有無を監視することが必要である。



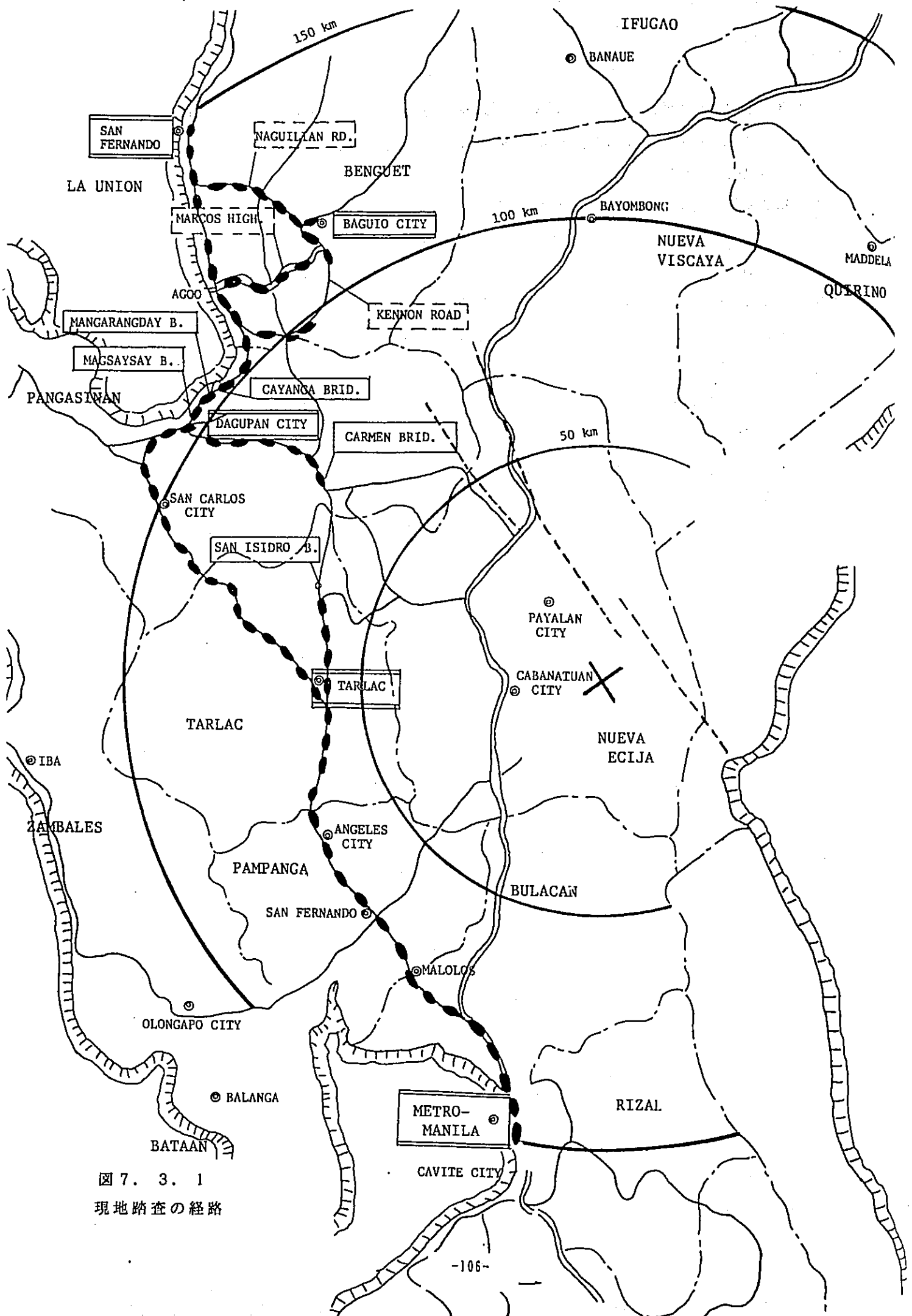


図 7. 3. 1  
現地踏査の経路

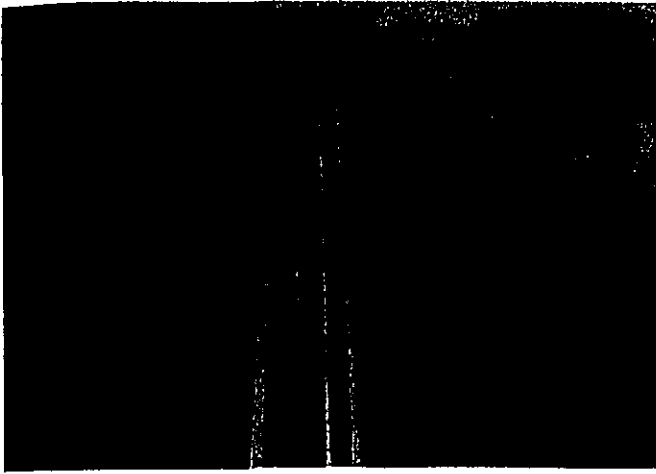


写真-7.3.1 North Super Highway 高架橋  
(床版の横ずれあり)

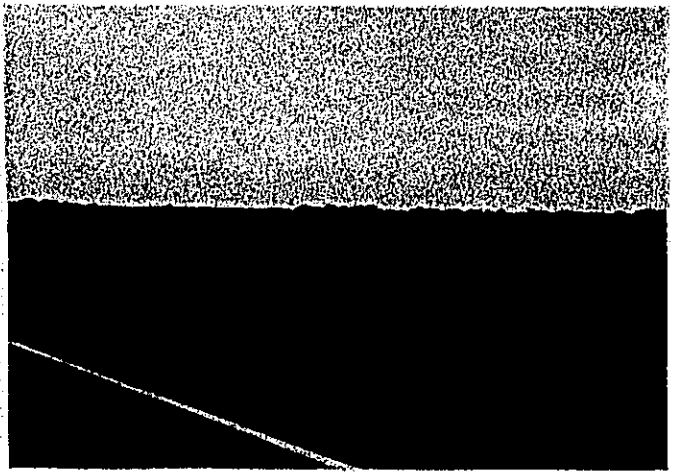


写真-7.3.2 North Super Highway 高架橋床版の  
横ずれ

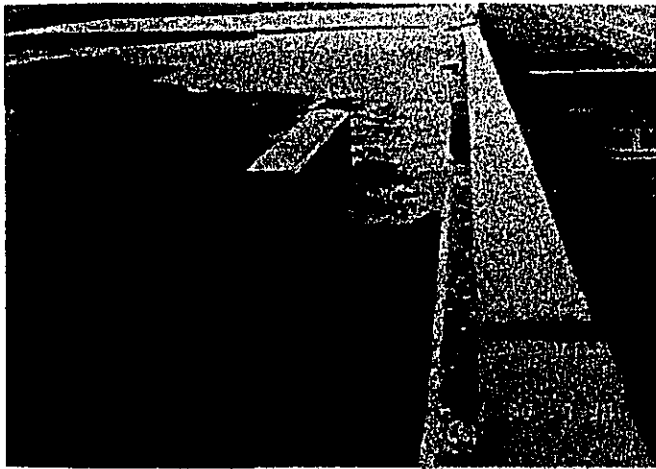


写真-7.3.3 North Super Highway 高架橋床版の  
横ずれ近景

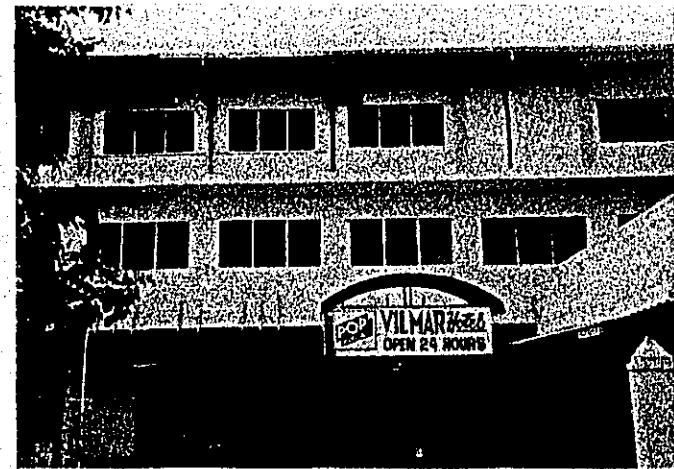


写真-7.3.4 Tarlac 市内の Vilmar Hotel  
(壁に亀裂)



写真-7.3.5 Vilmar Hotel の壁の亀裂



写真-7.3.6 3号線 KM135(?) 付近  
センターラインの亀裂



写真-7.3.7 S. Isidro 橋左岸取付部の沈下

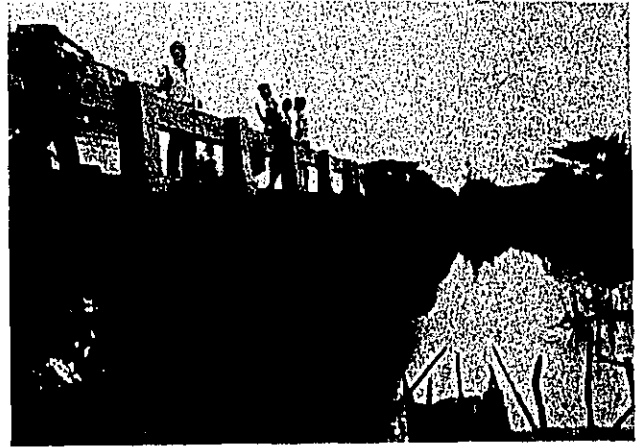


写真-7.3.8 S. Isidro 橋



写真-7.3.9 S. Isidro 橋と平行する鉄道橋  
取付部の崩壊



写真-7.3.10 S. Isidro 橋下流左岸の護岸、  
堤内地の沈下



写真-7.3.11 13 号線 200km 付近の路面陥没



写真-7.3.12 Dagupan 市内の災対本部

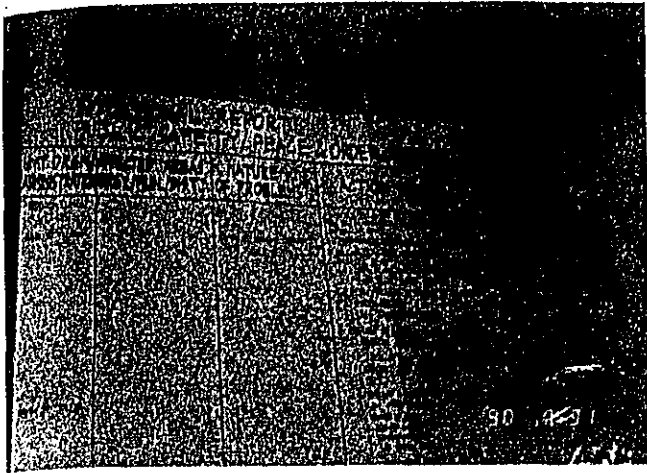


写真-7.3.13 災対本部内の掲示

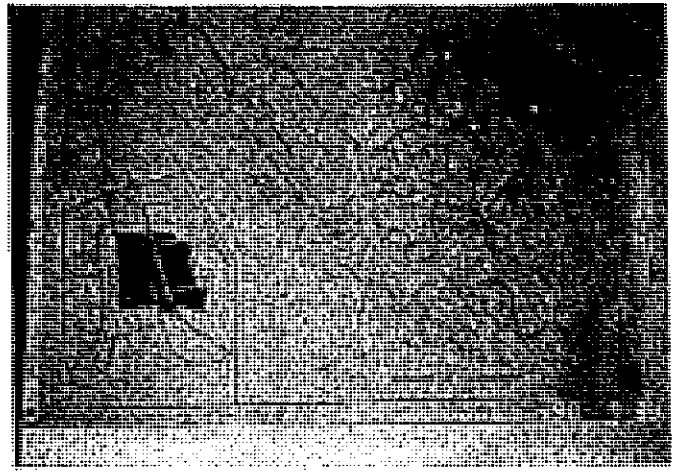


写真-7.3.14 災対本部内の掲示



写真-7.3.15 Magsaysay 橋（右岸より）



写真-7.3.16 Magsaysay 橋左岸取付部

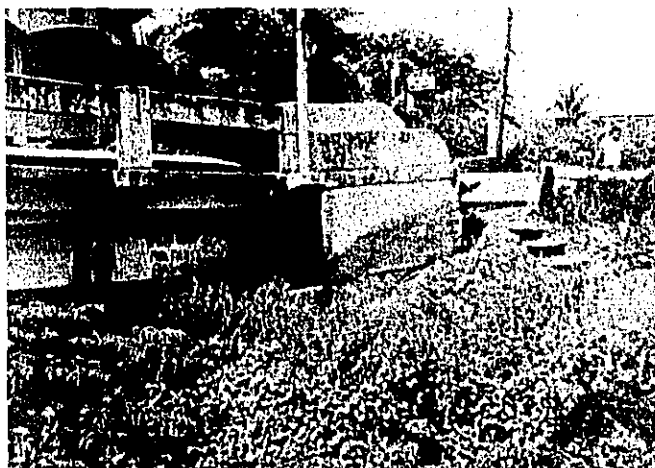


写真-7.3.17 Magsaysay 橋左岸橋台

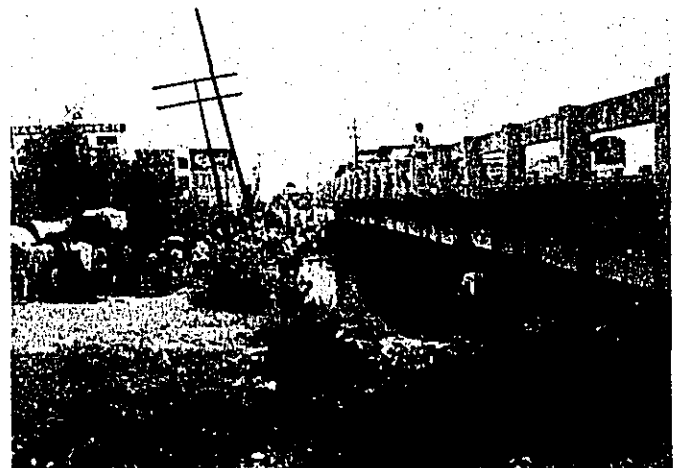


写真-7.3.18 Magsaysay 橋、金をとって船をならべた応急橋を渡らせている。



写真-7.3.19 Magsaysay 橋拡幅の下部工

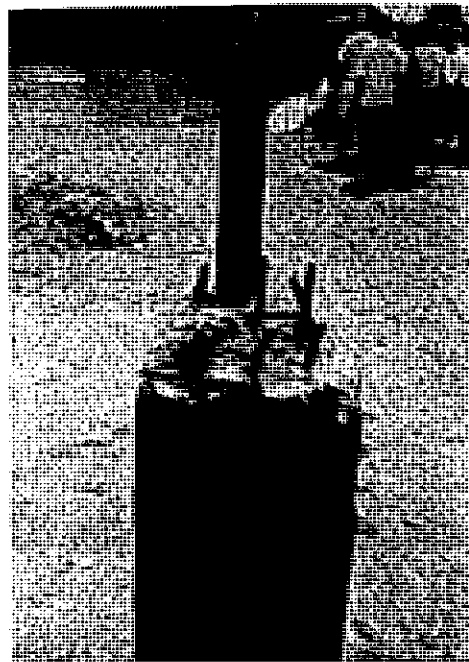


写真-7.3.20  
Magsaysay 橋  
拡幅の下部工、  
近景



写真-7.3.21 Magsaysay 橋右岸取付部の  
ビルの被害



写真-7.3.22  
Magsaysay 橋  
右岸取付部の  
ビルの被害、  
ビル屋内



写真-7.3.23 B-3 地点



写真-7.3.24  
B-2 地点



写真-7.3.25 Dagupan 市内のガソリンスタンド



写真-7.3.26 掘り出された地中タンク

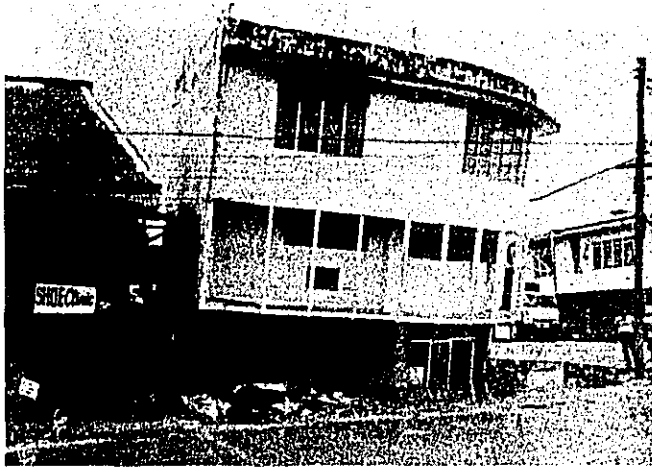


写真-7.3.27 Dagupan 市内にて



写真-7.3.28 Dagupan 市内  
(路面の玉石は応急嵩上げ資材)



写真-7.3.29 Dagupan 市内にて



写真-7.3.30 Dagupan 市内にて  
(水溜りの残った区間もある)



写真-7.3.31 Dagupan 市内

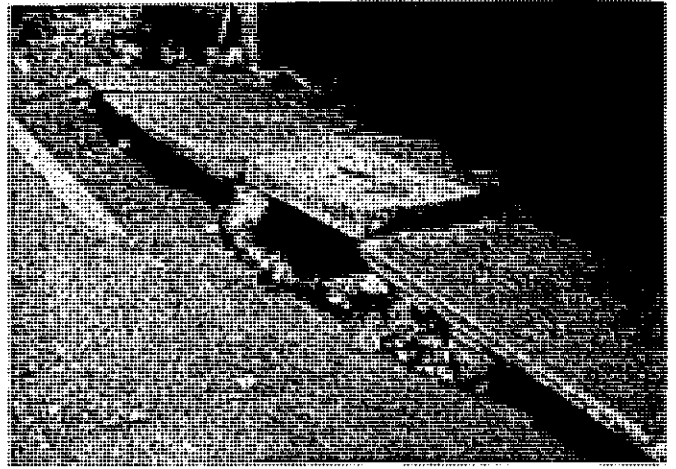


写真-7.3.32 Dagupan 市内の排水溝の被害

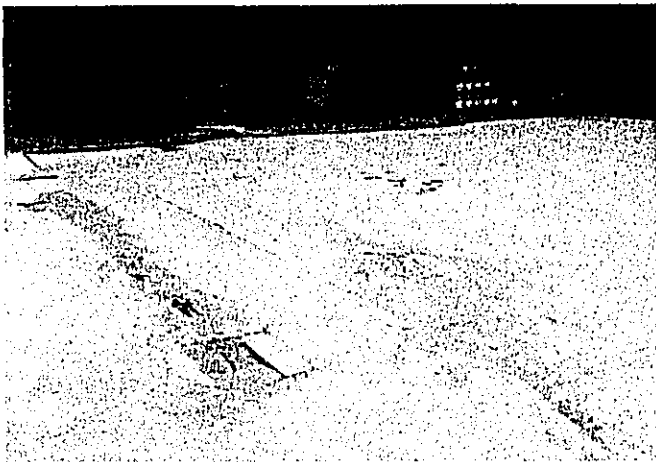


写真-7.3.33 Pantai 川右岸 (1-7 地点) の工場内の噴砂跡



写真-7.3.34 バランガイ Pugo 内の道路



写真-7.3.35 バランガイ Pugo 内の道路 (地盤沈下により川の水より低くなっている)

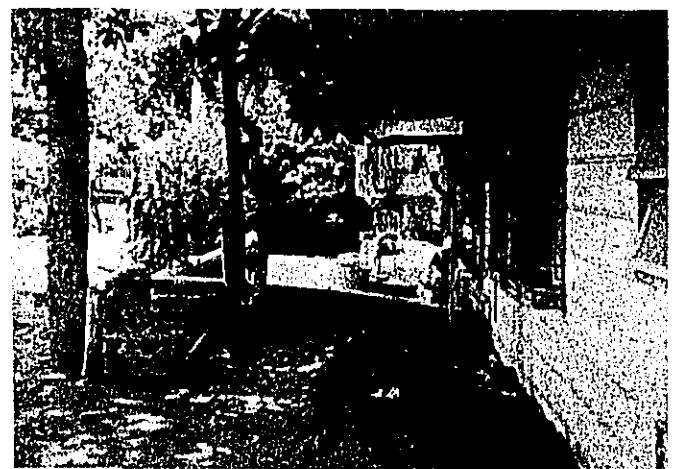


写真-7.3.36 バランガイ Pugo 内の被害民家

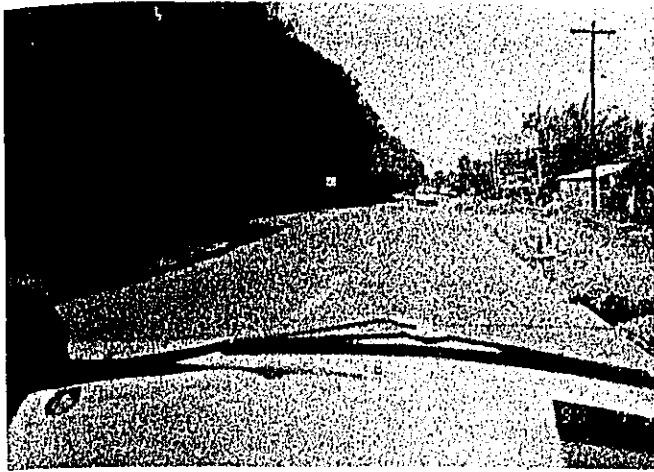


写真-7.3.37 Calasiao ~ S. Barbara 間の  
道路陥没



写真-7.3.38 Calasiao ~ S. Barbara 間の  
道路陥没、舗装の横断亀裂



写真-7.3.39 Calasiao ~ S. Barbara 間の  
道路陥没、路側部の沈下

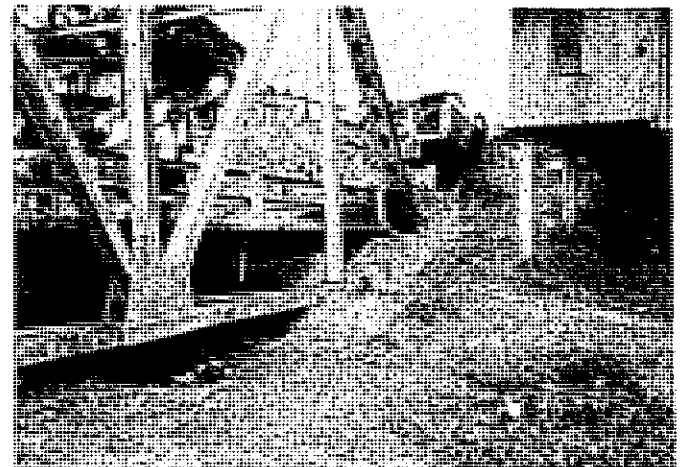


写真-7.3.40 Carmon 橋左岸橋台



写真-7.3.41 Carmon 橋左岸橋台、近景、  
側径間がせり出している。

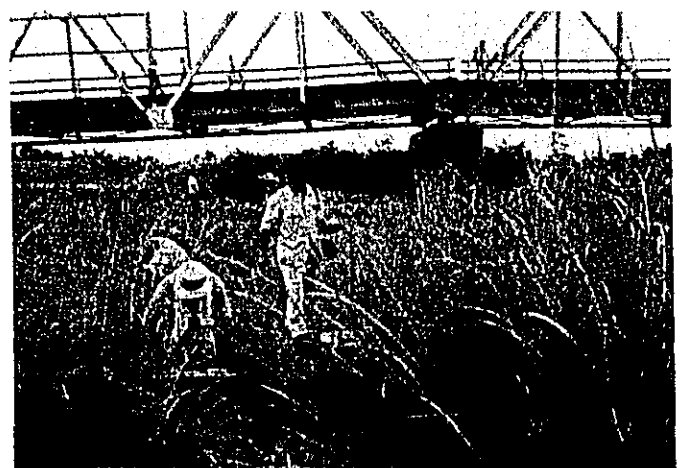


写真-7.3.42 左岸側高水敷に見られる幅 60cm  
の亀裂



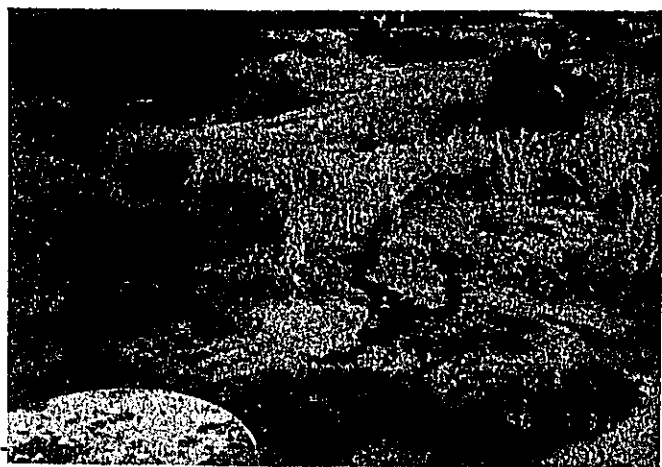


写真-7.3.43 右岸側高水敷に見られる亀裂



写真-7.3.44 左岸、下流側高水敷の亀裂



写真-7.3.45 313号線の盛土の亀裂 (DPWH 提供)



写真-7.3.46 313号線、Lingayen ゴルフ場横の亀裂

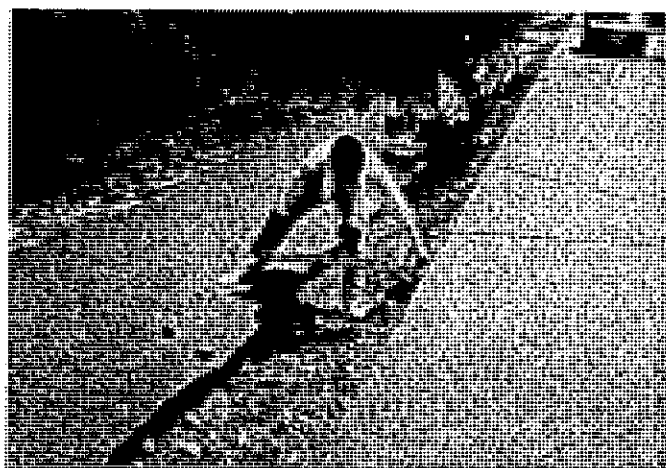


写真-7.3.47 Longas Junction の低盛土区間の被害



写真-7.3.48 Longas Junction の低盛土区間の被害



写真-7.3.49 Longas Junction の低盛土区間被害、路面のうねり

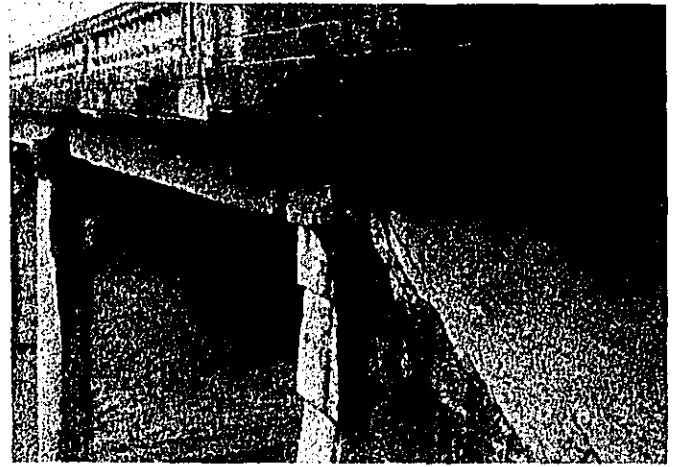


写真-7.3.50 S. Rita 橋左岸橋台の損傷



写真-7.3.51 Bauang ~ S. Fernando間の路面中央の段差



写真-7.3.52 Kennon 道路と周辺山腹の表層崩壊

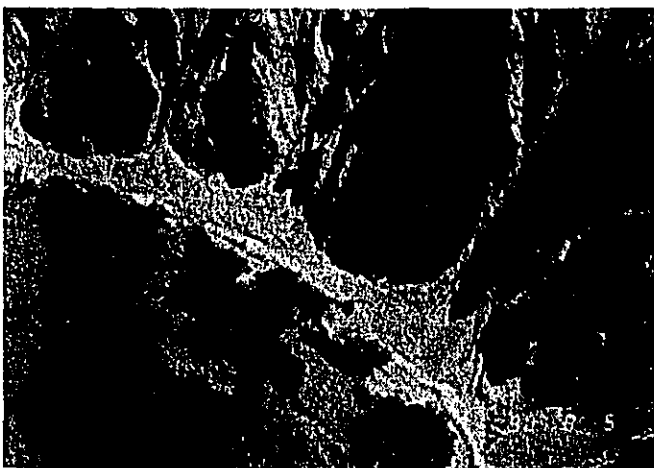


写真-7.3.53 Buedo 川に大量の崩落土砂が流出している。



写真-7.3.54 Kennon 道路 222 + 500km 付近

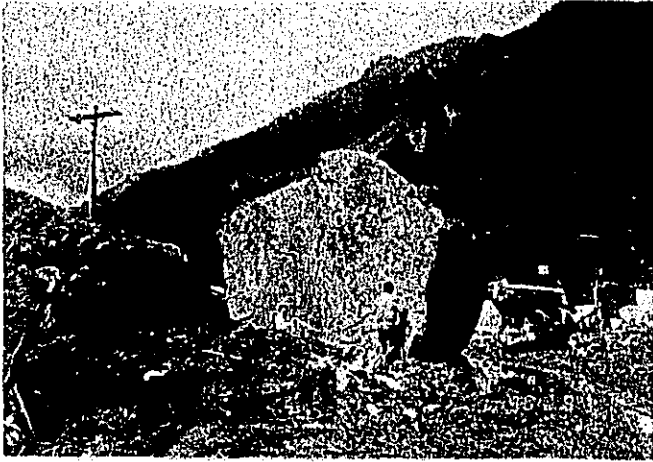


写真-7.3.55 Kennon 道路中央に落ちた巨大落石

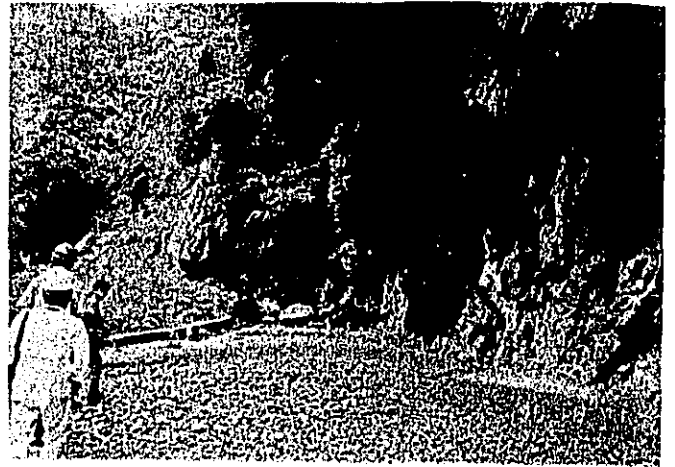


写真-7.3.56 Kennon 道路 224km 付近

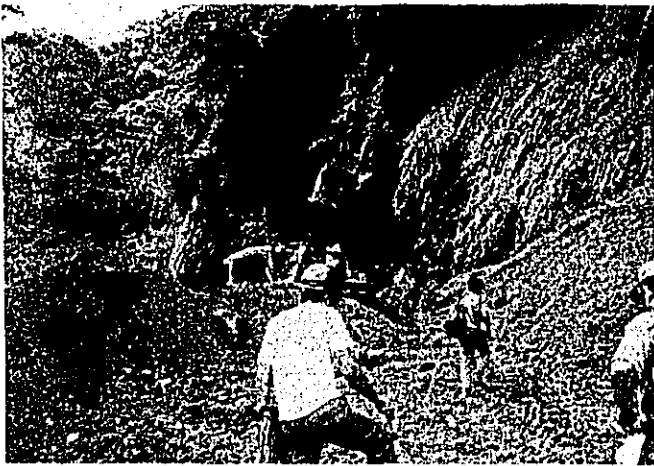


写真-7.3.57 Kennon 道路 224km 付近



写真-7.3.58 Kennon 道路 224km 付近、谷底に転落したバス



写真-7.3.59 Baguio 側の Kennon 道路の崩落岩塊

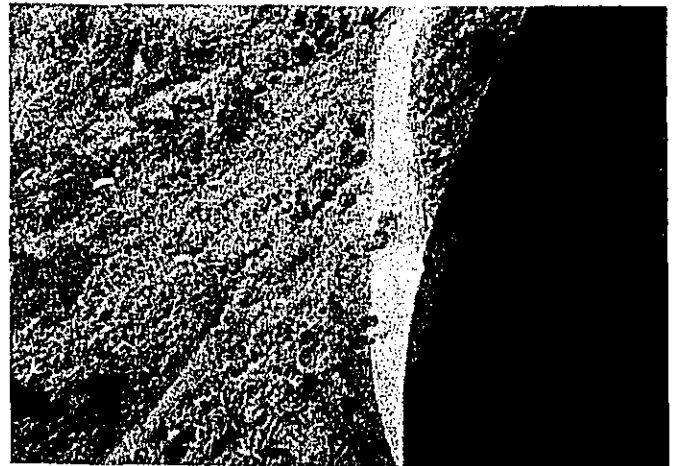


写真-7.3.60 Marcos 道路路面陥没



写真-7.3.61 Marcos 道路 265km 付近の崩壊

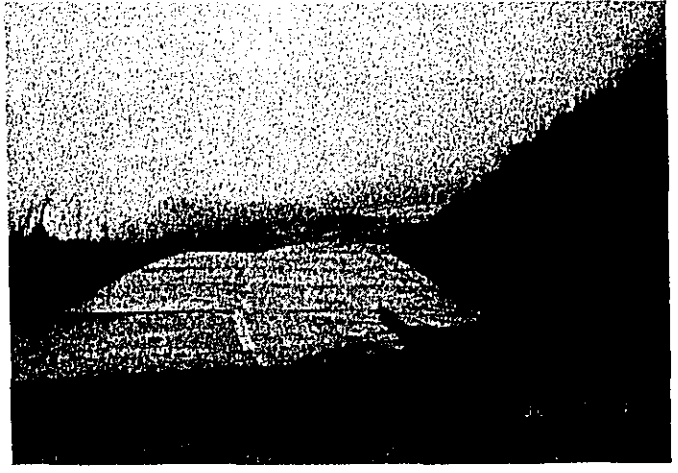


写真-7.3.62 Marcos 道路 265km 付近の崩壊

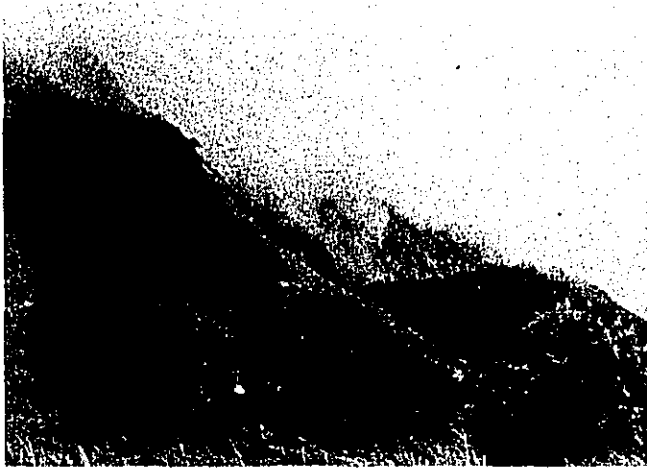


写真-7.3.63 Marcos 道路 265km 付近の崩壊  
277 + 500km 付近の崩壊 (遠景)

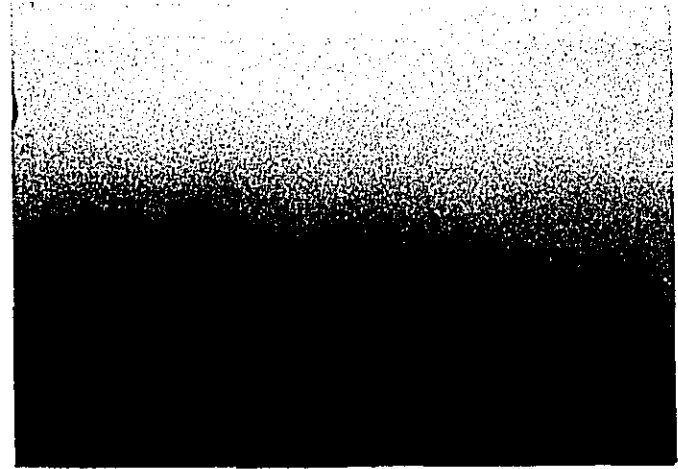


写真-7.3.64 Marcos 道路 265km 付近の崩壊  
272km 付近の崩壊と復旧作業

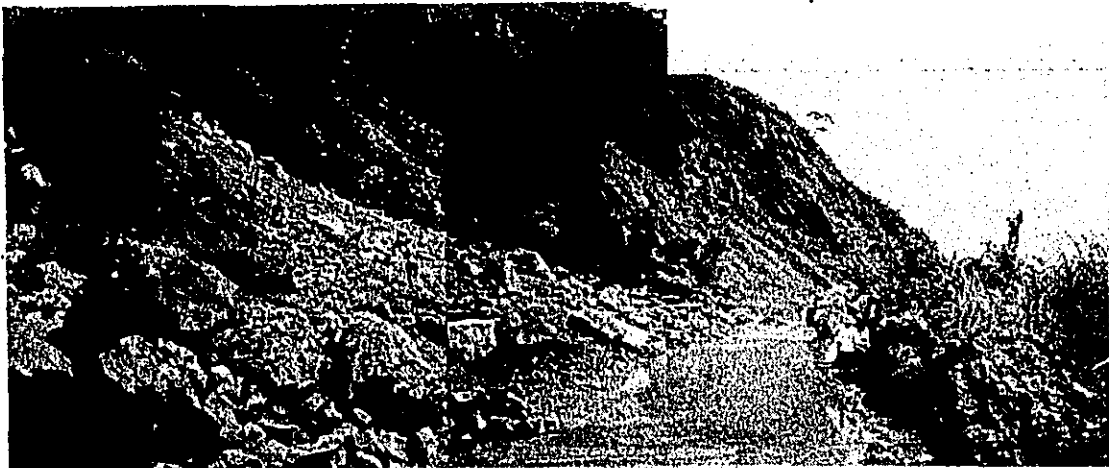


写真-7.3.65 Marcos 道路 265km 付近の崩壊  
277 + 500km 付近の崩壊 (近景)



写真-7.3.66 Naguilian 道路入口



写真-7.3.67 Naguilian 道路入口、時間待ちの車が行列している。



写真-7.3.68 Naguilian 道路入口、援助物資は逆行して走っている。



写真-7.3.69 Naguilian 道路入口、路肩の崩壊

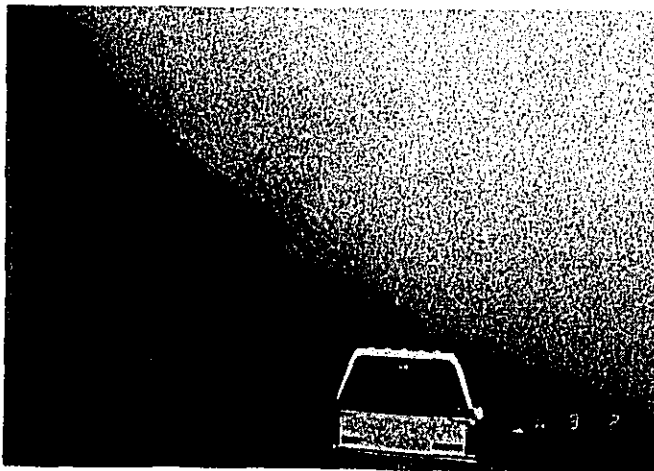


写真-7.3.70 Naguilian 道路入口、岩斜面の崩落

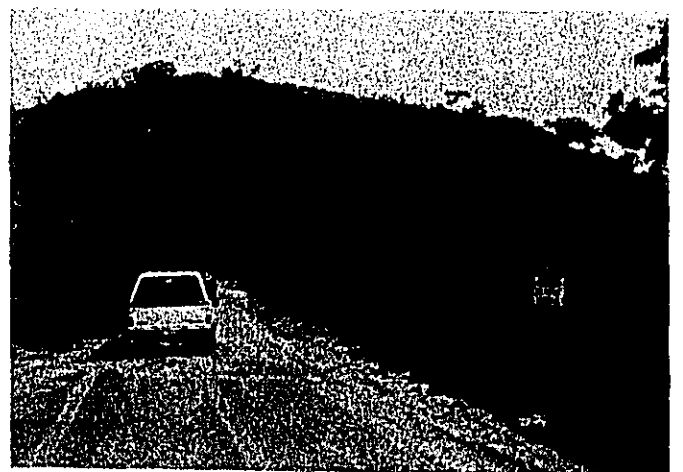


写真-7.3.71 Naguilian 道路入口、土砂斜面の崩落



写真-7.3.72 Baguio 市の集落



写真-7.3.73 Baguio 市の集落、小規模ながら斜面崩壊が目立つ。



写真-7.3.74 S. Mary 教会の敷地端の崩壊

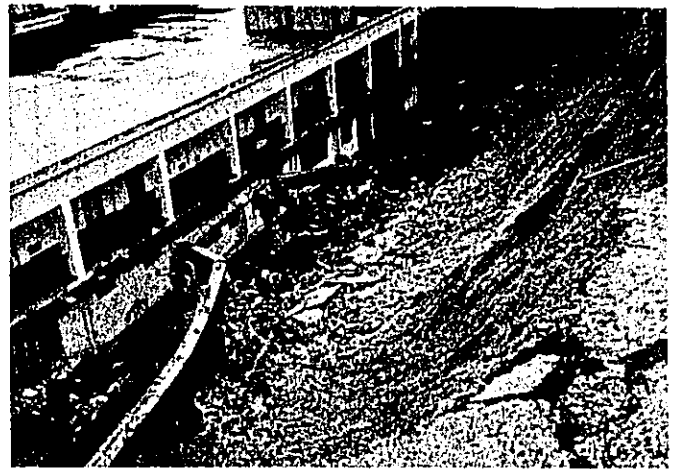


写真-7.3.75 S. Mary 教会の敷地端の崩壊、斜面下には RC アパート (?) がある。



写真-7.3.76 Baguio 市内ののり面崩壊



写真-7.3.77 Baguio 市内の道路陥没

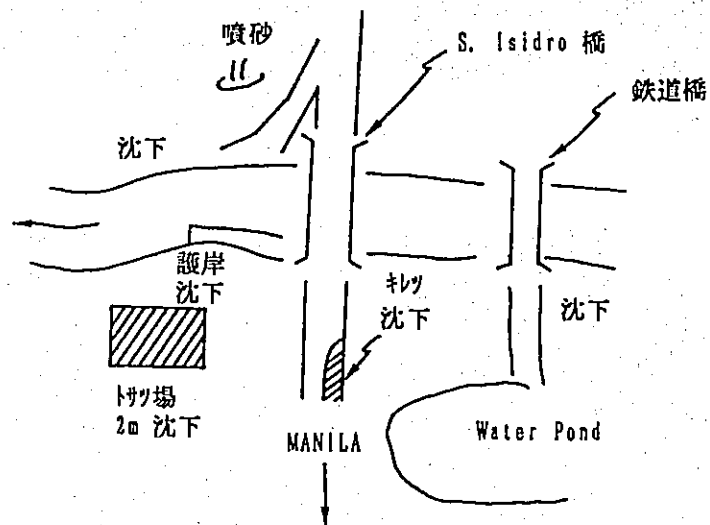


図 7. 3. 2 S. Isidro 橋付近の見取図

表 7.3.1 SUMMARY OF DAMASES/LOSSES TO PUBLIC INFRASTRUCTURE

As of July 26, 1990 (5:00 PM)

DAGUPAN CITY

<u>ROADS:</u>	<u>NUMBER</u>	<u>ESTIMATED COST</u>
National	4	28,450,000.00
City	16	52,750,000.00
Barangay	10	18,560,000.00
	Sub-Total	94,760,000.00
 <u>BRIDGES:</u>		
National	2	26,800,000.00
City	1	2,250,000.00
Barangay	5	2,950,000.00
	Sub-Total	33,000,000.00
 <u>PUBLIC BUILDINGS:</u>		
School Buildings	22	68,742,000.00
City Hall	1	50,000,000.00
Post Office/Telecom	1	7,000,000.00
Public Market	1	43,000,000.00
	Sub-Total	168,742,000.00
 <u>OTHER PUBLIC UTILITIES:</u>		
Banks	3	25,000,000.00
Hospital (Government)		66,050,000.00
Other Gov't. Offices		327,000,000.00
Water System		100,000,000.00
	Sub-Total	518,050,000.00
	<b>TOTAL</b>	<b>814,552,000.00</b> =====



表7. 3. 2 被災報告  
経済再建グループ、Dagupan市

1990年7月27日現在  
Pangasinan州

I. 社会・経済被害推定—Dagupan市商業地域

通り	被災地域		被災地域の合計 (ha)
	全体的 (ha)	部分的 (ha)	
1. A. B. Fernandez	7.2	1.8	9.0
2. Perez Boulevard	7.2	1.8	9.0
3. Fernandez Street	2.4	0.6	3.0
4. Rizal Street	2.4	0.6	3.0
5. Galvan/Gomez Street	1.4	0.4	1.8
6. Rivera Street	2.4	0.6	3.0
7. Others	1.0	0.2	1.2
Total	24.0	6.0	30.0

II. 被害推定額

通り	再建費 (Peso)	修復費 (Peso)	取壊費 (Peso)	合計 (Peso)
1. A. B. Fernandez	576 百万	72 百万	18 百万	666 百万
2. Perez Boulevard	576	72	18	666
3. Fernandez Street	192	24	6	222
4. Rizal Street	192	24	6	222
5. Galvan/Gomez Street	112	14	3.5	129.5
6. Rivera Street	192	24	6.5	222
7. Others	80	10	2.5	92.5
Total	1.92 十億	240 百万	60 百万	2.22 十億

脚注:

- 1) a. 商業地域面積 : 63.6ha  
b. 被災商業地域面積: 50ha  
c. 道路及びオープンスペース面積: 20ha
- 2) DPWH中央事務所、市技術者事務所、Dagupan市、被災地の安全と建築物の状況を決定するために私的機関に雇用されたコンサルタントからなる混合チームによりなされた目視調査及び事前点検に基づく。(DPWH: Department of Public Works and Highways)
- 3) a. 影響を受けた商企業: 650  
b. 経済的に影響を受けた商店・商業スペース保有者: 500
- 4) 地方税等の国庫歳入源の徴収において不足が推定される結果として間接的に経済的な混乱を被る政府職員: 600
- 5) 影響を受けた銀行: 8 (PNB, Associated Bank, Prudential Bank, BPI Bank, China Bank, FEBTC, Red Planters Bank, Inter Bank)
- 6) 約500の商企業において1企業当り平均20人の労働者が経済的混乱を被る
- 7) 2次・3次産業への影響は推定中

### Ⅲ. 商業セクターからの勧告

#### 勧 告

#### プログラム

- |  |   |
|--|---|
| 1. 建築技術者、土の専門家、地質学者の迅速な派遣                          | 土の専門家は7月24日到着、調査実施中<br>建物技術者は7月26日到着  |
| 2. 立ち退きを被った商売人、行商人のための仮の移転先の用意                     | McAdoreホテルは商売人と政府の事務所のための場所を提供することに同意<br>必要とされる修復評価を実施中<br><br>Public Plazaは行商人に場所を提供することに同意。建設工事は8月8日終了を目的に7月30日に着手（公的マーケットは非難される）<br><br>PNRの場所は行商人に場所を提供することに同意。点検終了。<br><br>Pantranko Wash Rack地は中大企業への提供を検討中 |
| 3. 低利子、長期返済期間、自由な担保要求の再建設ローンの迅速な利用                 | 検討中   |
| 4. Pantar Riverの迅速な護岸建設                            | これまで7000のザック袋が寄贈、Agno川Controlから1000。よりたくさんのザック袋を集めるためのPR実施中   |
| 5. 主要路線上の土砂及び障害物の除去                                | 軍設営部隊により完了  |
| 6. 主な通り及びQuitos橋の迅速な修復                             | 排水施設の修復実施中<br><br>道路と橋梁のためのアスファルト、検討中   |
| 7. 上水道施設の迅速な修復                                     | ポンプの修復用材料用意。分配供給施設の修復検討中  |
| 8. 小切手の銀行費用及び現在のローン支払いの猶予                          | 検討中<br>同意が明示  |
| 9. ERGに関する認定行商人により行われるべきPublic Plaza内の行商人の位置割及び区域割 | 同意  |

10. ERGにより行われるべきMcAdore Complex内の商企業の位置割及び区域割	同意
11. McAdore Complex内で立ち退きした商売人による保有期間の説明	検討中
12. A. B. Fernandez通りの街灯の迅速な設置	検討中
13. Dagupan市のERG長期都市計画の関係	同意、検討中
14. ERG内の統合及び調整のための異なる産業体の組織	Dagupan <sup>a</sup> Bangus <sup>a</sup> Jaycoesが同等の努力を行った。

- 注) ① PNR :  
 ② ERG :

表7. 3. 3 被害状況報告

民生の安全/平穏及び秩序の状況

1990年7月27日現在

Pangasinan州

部隊及び 行政組織	被災地域 BRGY/MPLTY/ DIST.	被害の 特性	対応措置	注 釈
Pangasinan州本部 PC/INP司令部	Pangasinan州	大地震	<p>IMPLAN・OPLAN 06/88 DAMAYAN の実行</p> <p>4つのPC/INP地区のAORから被災 範囲の報告を確保するために 4つの調査チームをPHQから派 遣</p> <p>被災者の避難のためにPC/INPの 全車両の動員・取り残された一 般人の移送</p> <p>全ての援助を被災者に向けるよ うに全COs/STN司令官に指示</p> <p>7月16日20:00 PC/PSは被災範 囲と対策計画を援助するために Dagupan市の災害調整評議会と 協議</p> <p>7月17日04:00 調査チームに より得られた被災地からの報告 をHQSに打電</p> <p>7月17日04:30 PS/PSはRafaol Colet知事と協議及び被災地の 目視調査の実施</p> <p>被災地にお ける民生の 安全</p> <p>7月17日08:30 PS/PSはRafaol Colet知事とともに被災状況に ついてラジオ放送による表明</p> <p>Dagupan市内の住民への携帯飲 料水を用意するため隣接する警 察署から17台の消防車が動員</p>	<p>災害対応のために 全PC/INP部隊の動 員</p> <p>HQSでは被災状況 の更新の継続</p> <p>多くの行政機関及 び他の部門の対応 の調整を行うため に機動部隊REHAB が組織</p> <p>地方の消防地区か ら17台の消防車と 52人、配属された 部隊から11台の消 防車と79人が動員</p>

Dagupan警察署	Dagupan市	震災被災者の救出	退去させられた被災者を西中央小学校へ避難・死傷者の病院への救出	
		VIPの安全	Aquino大統領、Ramos、Orbos、Leong長官ら、VIP Laurel、Shahani上院議員、被災地の調査にあたったComolcomに対する適切な安全の確保	
Val Task Rice 'Tulong' F	Dagupan市	被災施設の復旧	7月21日10:00 被災者への援助のためDagupan市へ到着及びACPの設立	
			<u>7月23日現在</u> Pogo Lasip Grando通り・Poroz大通り・Dagupan市・Rizal通り	道路上の障害物の除去／ならし／締め：100%
			A. B. Fernandes通り沿いのコンクリート排水パイプの復旧	20%
			Pogo-Chicoにおける運河内の障害物の除去／埋め戻し材の切り出し及び現場への運搬	85% 10%
			橋梁取付部の修復： Binloc Bridge Pogo-Chico Bridge Pogo-Lasip Bridge	30% 30% 85%
PC/INP司令部	Pangasinan州	交通	交通信号の用意・北からManila市への主要路線における自動車運転者の安全の確保	
Bantay	Dagupan市	安全	Philvocsチームに対する安全の確保	土の解析
Laisonチーム			LingayenとDagupan市において州災害調整センターと調整  PHQ調査隊とチームの機能についての調整・被災地域における最新の被災状況の収集  DSWD事務所との調整 a) 西Pangasinan州支局 b) 東Pangasinan州支局	

			c) Dagupan市支局 の現在の救助活動及び更新され た被災報告について	
			PHQ及びDSWD (東Pangasinan州 ) とBrgy Malico、San Nicolas 、Pangasinanにおけるヘリコプ ター隊の可能性について調整	ヘリコプター隊は 7月26日12:30に 組織
海軍機動部隊 Tulong	Dagupan市	被災施設の 復旧	7月25日現在の復旧報告: 1. 道路の埋め戻し/ならし a. Perez大通り (Burgos) から Maluodまで2.5km b. Perez大通り (Zamora) からP ogo Grandeまでの2.5km c. Burgos通りからLasip Gran deまでの2.0km 2. 橋梁取付部の埋め戻し/なら し a. Mariposa橋 20m b. Pogo Grande (かか'ト) 70m 3. セメント骨材の輸送: San Fa bianからDagupan市21km 450DPTS1350M 4. A. B. Fernandez通り沿いの下 水道管の復旧	5 % 27 % 10 % 90 % 13 % 5 % 18 %
Pangasinan州PC/I NP	主要道路ネッ トワーク	交通の迂回	機動部隊REFABの議長はPangasi nan州PC/INP部隊にDagupan市内 の交通渋滞を軽減するために交 通を別の道路網へ迂回させるよ う指示	命令に対する対応 は7月28日11:00 に即実施

- 注) ① PC/INP: Personal Carrier/Impersonal Carrier  
 ② IMPLAN・OPLAN 06/88 DAMAYAN: Implementation Plan/Operation Plan  
 ③ AOR:  
 ④ PHQ: Pangasinan Headquarters  
 ⑤ COs/STN: Commanding Officers Station  
 ⑥ PC/PS: Personal Carrier/Police Station  
 ⑦ PS/PS: Police Station  
 ⑧ REHAB: The name of Task Force for Rehabilitation  
 ⑨ VAL TASK RICE: Task Force to supply Foods  
 ⑩ ACP:  
 ⑪ Philvocs: Philippine Institute of Volcanology and Seismology  
 ⑫ DSWD: Department of Social Welfare and Development

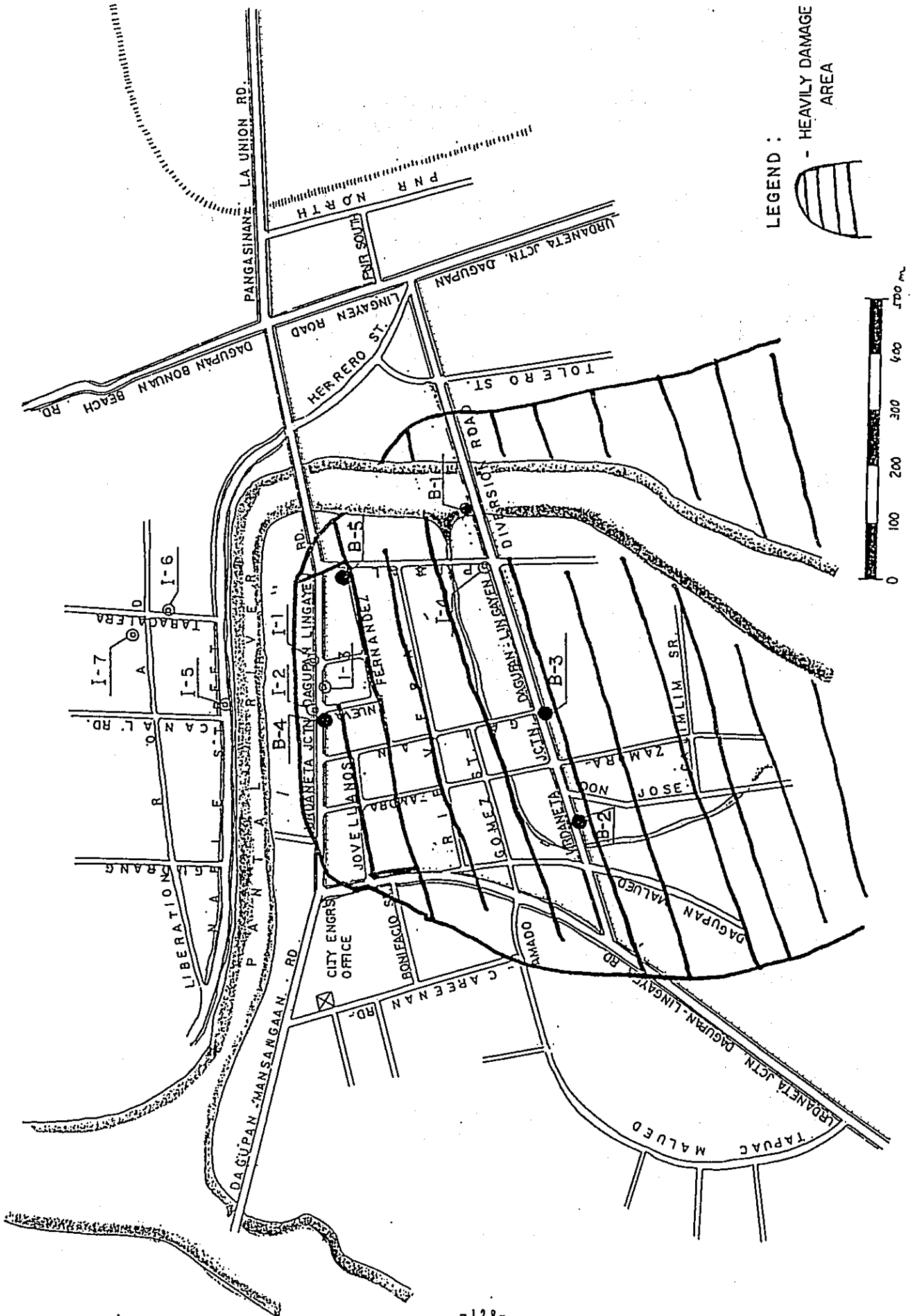
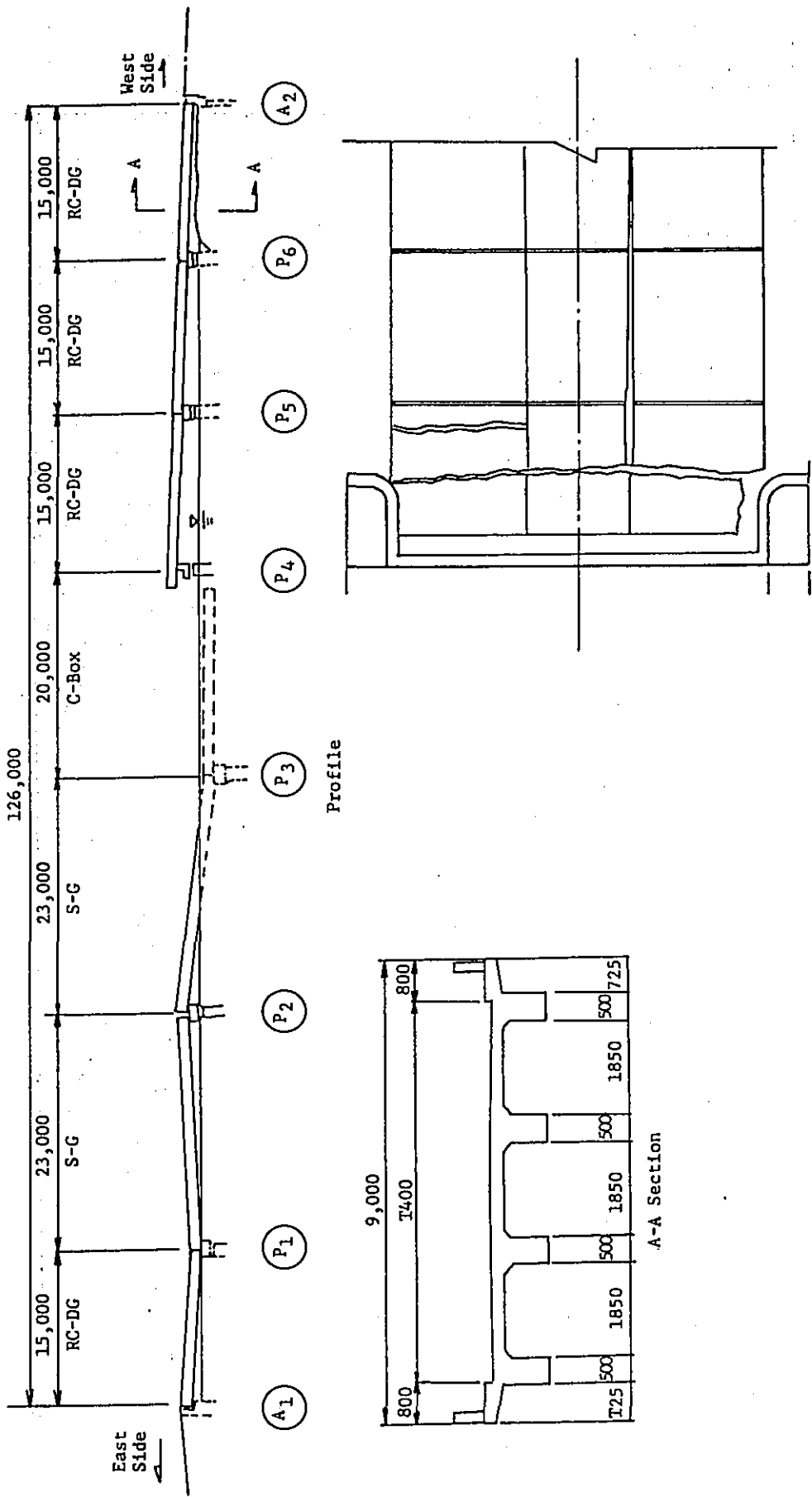


FIG 7. 3. 3 Dagupan TIC中心街



Crack Diagram at West Side Bridge Approach

图 7. 3. 4 MAGSAYSAY BRIDGE IN DAGUPAN CITY



試料名	Dagupa	Carmen Br. Left Bank	Magsaysay Br. Left Bank	Boring No. 3 16.5m
粒径(mm)	通過質量百分率(%)			
4.76	100.0	100.0	100.0	100.0
2.00	100.0	100.0	100.0	99.8
0.84	100.0	100.0	99.9	99.7
0.42	98.7	94.4	70.4	99.6
0.25	59.5	36.8	40.9	98.6
0.105	8.7	8.2	6.9	82.5
0.074	5.4	5.6	5.0	41.5

試料名	Dagupa	Carmen Br. Left Bank	Magsaysay Br. Left Bank	Boring No. 3 16.5m
粒径(mm)	通過質量百分率(%)			
0.056	—	—	—	36.6
0.034	—	—	—	32.1
0.023	—	—	—	25.5
0.013	—	—	—	17.7
0.0092	—	—	—	15.5
0.0071	—	—	—	12.2
0.0042	—	—	—	6.6

Note: More than 0.084; shalls

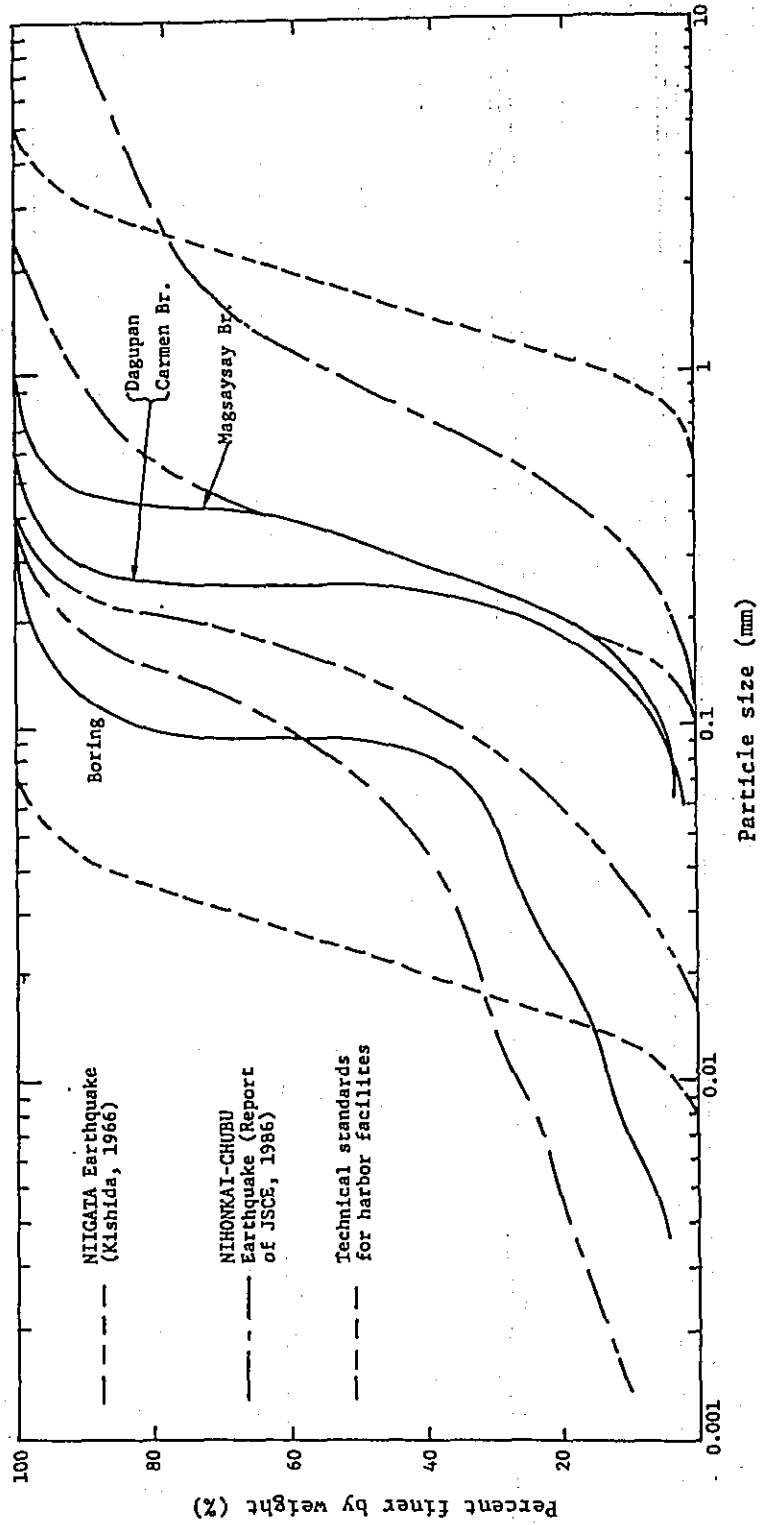


図 7. 3. 5 砂の粒度試験結果

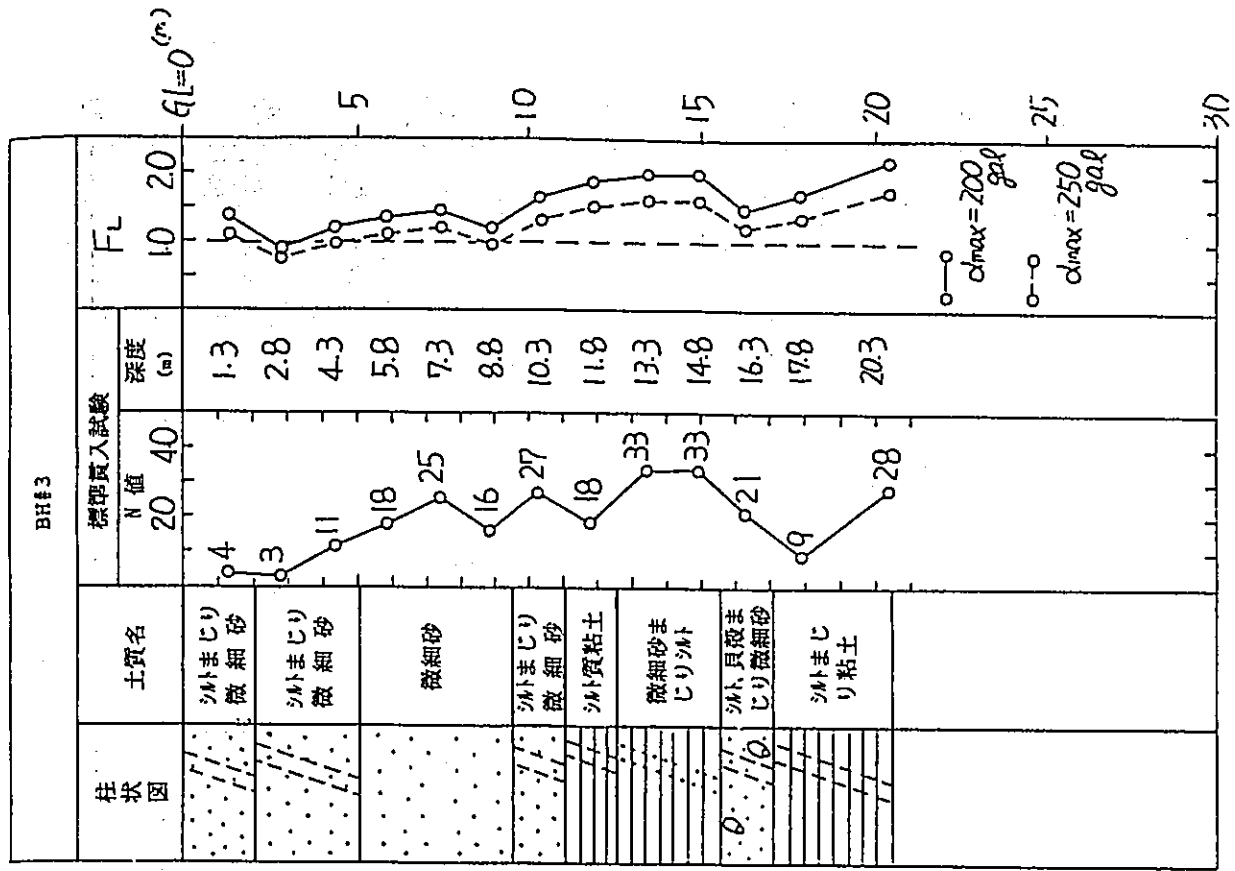
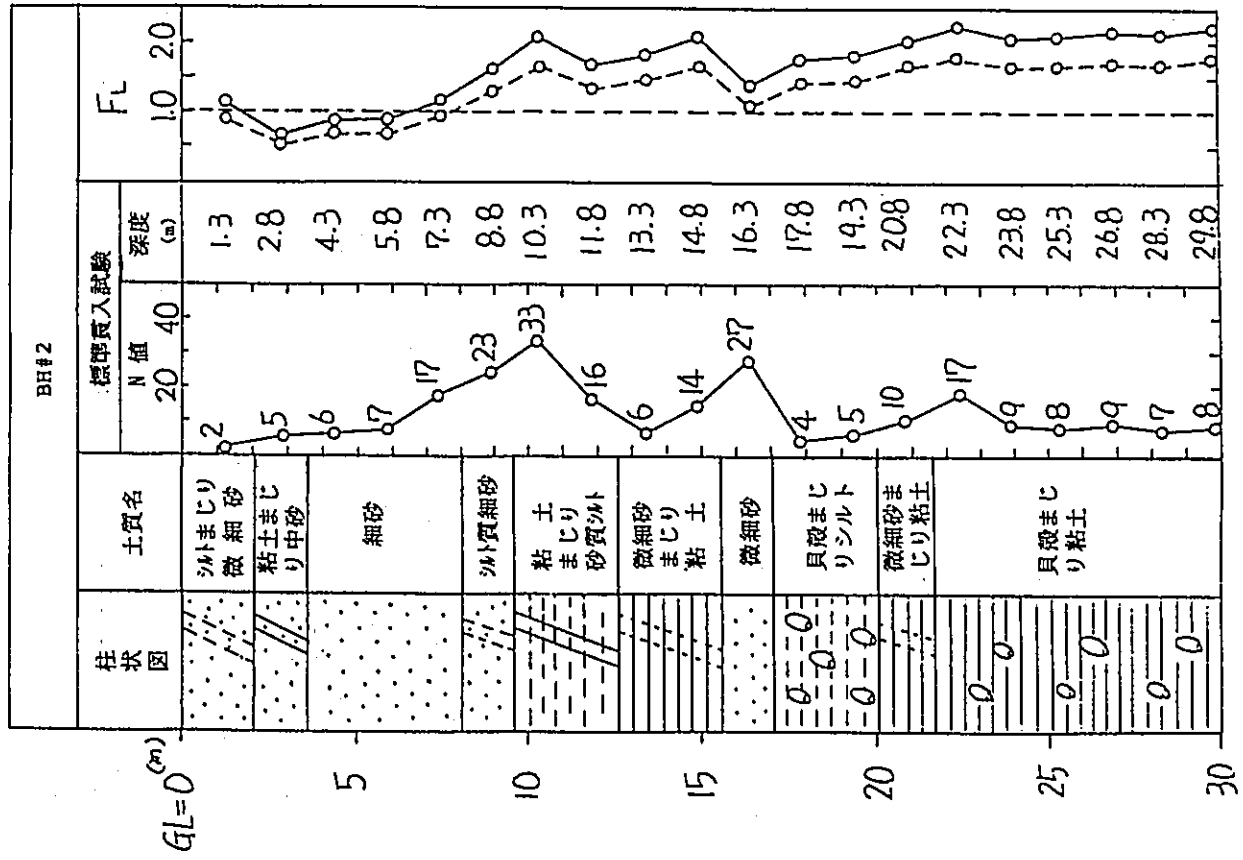


図 7. 3. 6 ボーリング柱状図

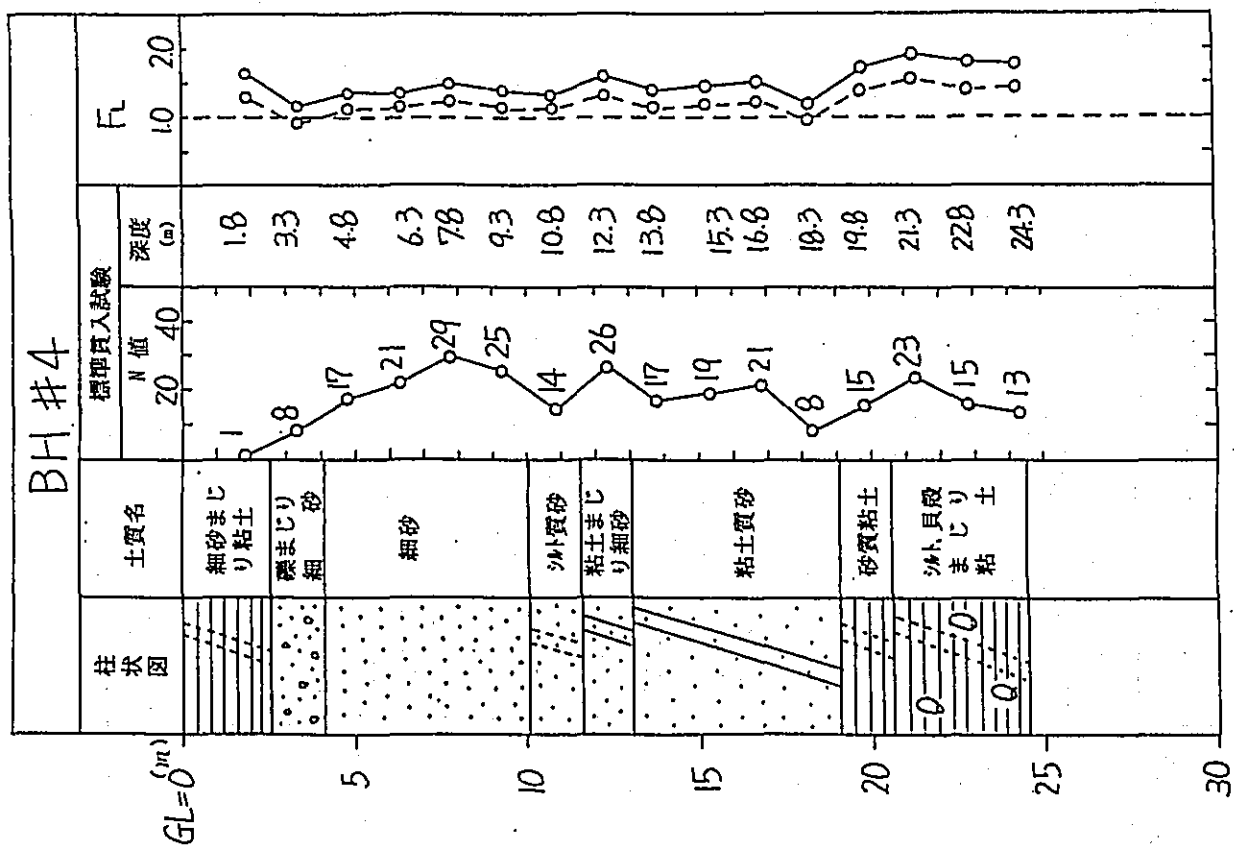
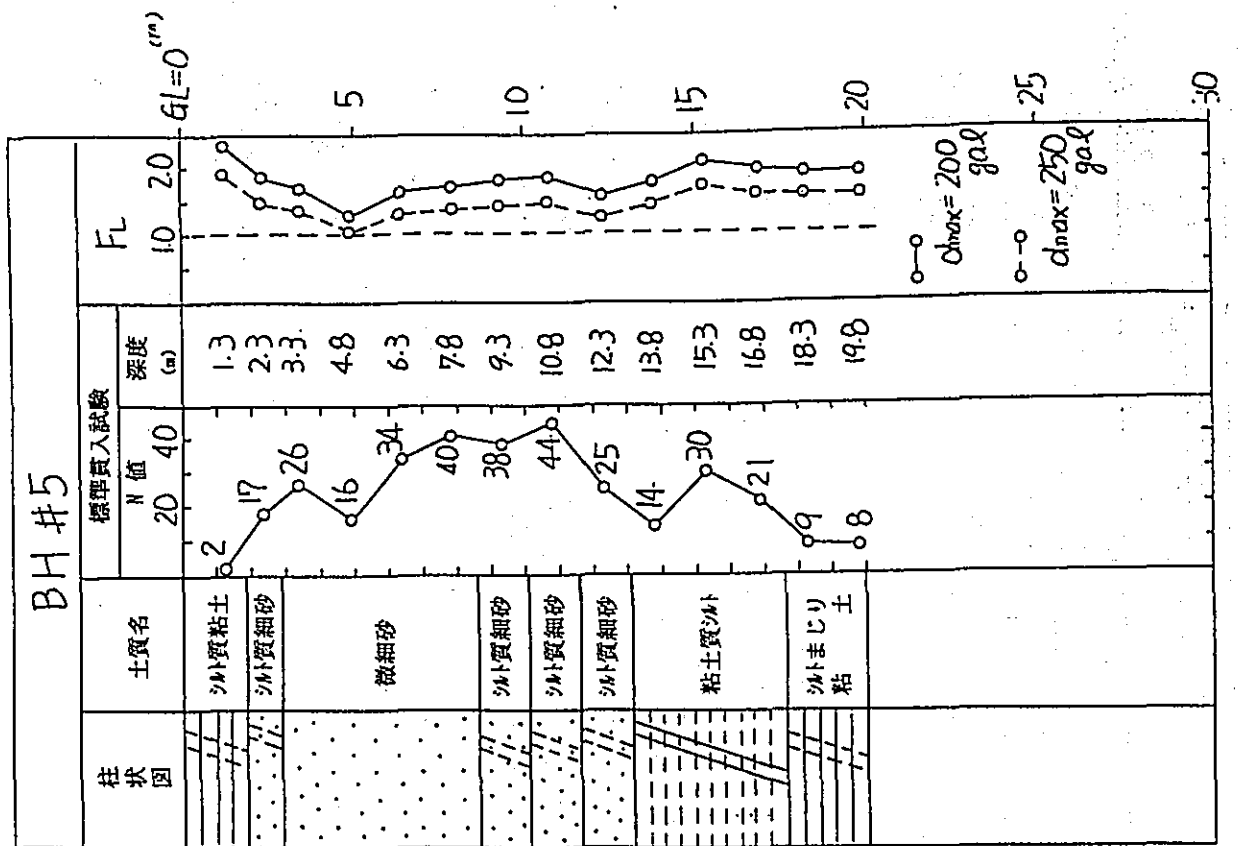
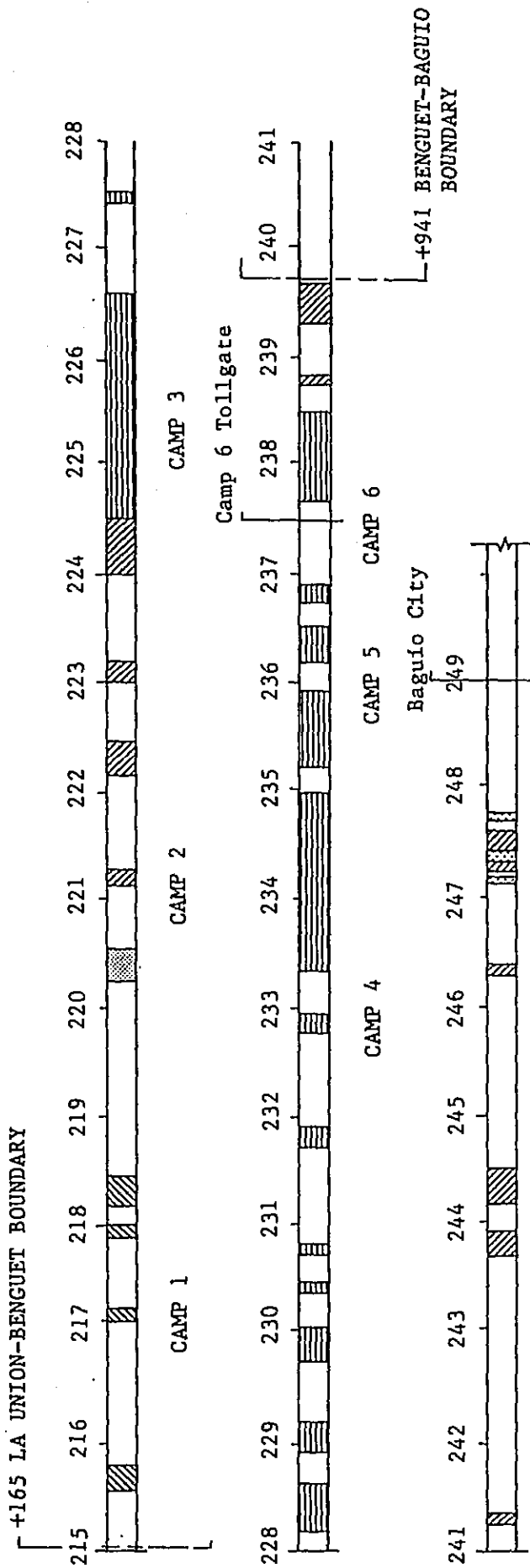


図 7. 3. 7 ポーリング柱状図

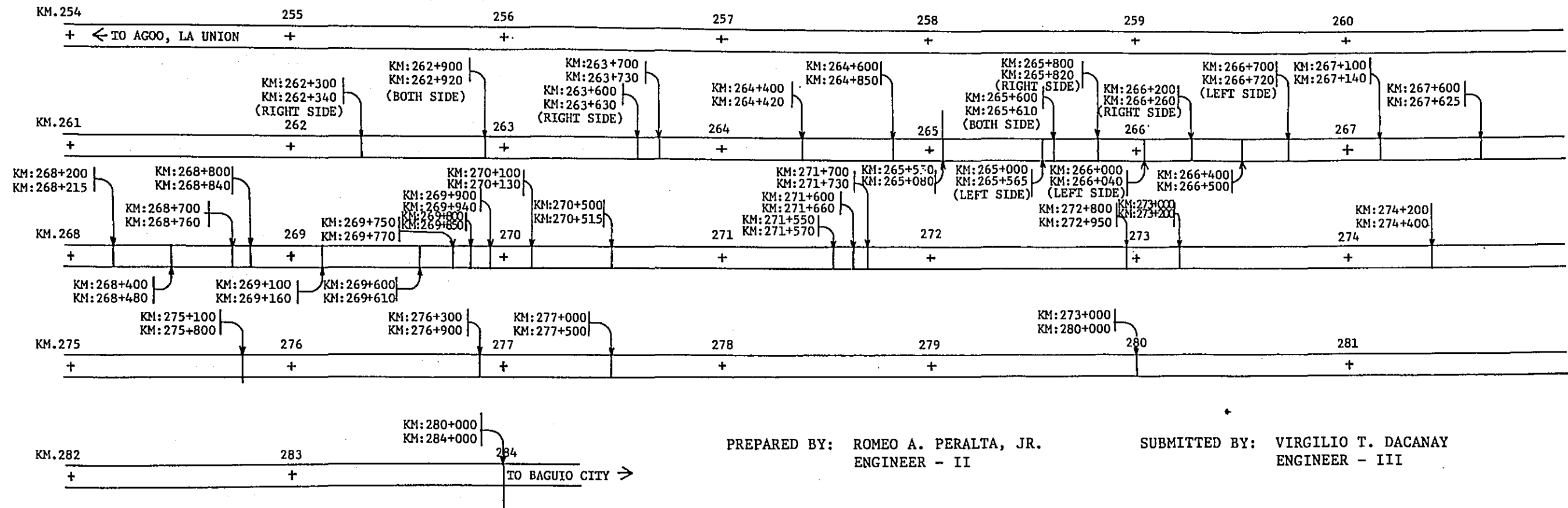
STRAIGHT LINE DIAGRAM ALONG KENNON ROAD  
AS OF JULY 31, 1990



Note: Camp 6 tollgate is accessible by travelling along Blyer Bank of Bued River and Via Loakan Road due to sinking portions at Camp 8.

図 7. 3. 8 Kennon 道路の被害

STRAIGHT LINE DIAGRAM ALONG  
 AGOO-BAGUIO CITY RD. (MARCOS HIGHWAY)  
 AFFECTED BY THE EARTHQUAKE



PREPARED BY: ROMEO A. PERALTA, JR.  
 ENGINEER - II

SUBMITTED BY: VIRGILIO T. DACANAY  
 ENGINEER - III

図 7. 3. 9 Marcos 道路の被害

表 7. 3. 4 AGOO-BAGUIO CITY ROAD  
(Marcos Highway)

LOCATIONS AFFECTED BY EARTHQUAKE

No	STATION	DESCRIPTION ON DAMAGE	VOLUME	REMARKS
1	km. 262+300—km. 262+340	Road cut @ right side	104= 240cu. m. 201= 56cu. m.	Passable
2	km. 262+900—km. 262+920	Sinking conc. pavement on both sides	201= 70cu. m. 311= 122sq. m.	-do-
3	km. 263+600—km. 263+630	Damaged conc. pavement @ right side	311= 105sq. m.	-do-
4	km. 263+700—km. 263+730	Eroded shoulders right side	104= 450cu. m. 201= 40cu. m.	-do-
5	km. 264+400—km. 264+420	Boulders to be blasted Loose rick slide	V = 36cu. m. VLR= 900cu. m.	-do-
6	km. 265+000—km. 265+050	Loose rick slide	VLR= 2,100cu. m.	-do-
7	km. 265+530—km. 265+565	Sinking conc. pavement @ left side	201= 30cu. m. 311= 55cu. m.	-do-
8	km. 265+600—km. 263+610	Sinking conc. pavement on both sides	201= 70cu. m. 311= 70cu. m.	-do-
9	km. 265+800—km. 265+820	Loose rock slide @ right side	VLR= 750cu. m.	-do-
10	km. 266+000—km. 266+049	Earthslide right side Road cut @ left side	VE = 3,000cu. m. 104= 800cu. m. 505= 1,200cu. m. 201= 50cu. m.	-do-
11	km. 266+200—km. 266+260	Earthslide	VE = 4,000cu. m.	-do-
12	km. 266+400—km. 266+500	Road cut conc. pavement damaged	201= 1,050cu. m. 311= 670sq. m. 505= 1,500cu. m. 104= 1,200cu. m.	-do-
13	km. 266+700—km. 266+720	Sinking pavement @ left side	201= 140cu. m. 311= 150sq. m.	-do-
14	km. 267+100—km. 267+140	Road cut	311= 270sq. m. 104= 800cu. m. 201= 70cu. m. 504= 600cu. m.	-do-
15	km. 267+600—km. 267+625	Damaged riprap	504= 150cu. m.	-do-
16	km. 268+200—km. 268+215	Loose rock slide	VLR= 360cu. m.	-do-
17	km. 268+400—km. 268+480	Solid rock with loose rock slide @ left side	VLR= 100cu. m. VLR= 2,000cu. m.	Unpassable
18	km. 268+700—km. 268+760	Loose rock slide	VLR= 650cu. m.	Passable

19	km. 268+800—km. 268+840	Sinking conc. pavement Loose rock slide	VLR= 670cu. m. 201= 380cu. m. 311= 268sq. m.	-do-
20	km. 268+900—km. 268+960	Loose rock slide	VLR= 1,200cu. m.	Unpassable
21	km. 269+100—km. 269+160	Loose rock slide	VLR= 2,700cu. m.	-do-
22	km. 269+800—km. 269+610	Loose rock slide	VLR= 188cu. m.	Passable
23	km. 269+950—km. 269+770	Sinking conc. pavement	201= 35cu. m. 301= 134sq. m.	-do-
24	km. 269+800—km. 269+850	Sinking conc. pavement	201= 525cu. m. 311= 335sq. m.	-do-
25	km. 269+900—km. 269+940	Sinking shoulder @ right side	104= 240cu. m.	-do-
26	km. 270+100—km. 270+130	Sinking pavement	201= 170cu. m. 311= 201sq. m.	-do-
27	km. 270+500—km. 270+515	Loose rock slide	VLR= 180cu. m.	-do-
28	km. 271+400—km. 271+430	Sinking pavement w/earthslide	201= 105cu. m. 311= 201sq. m. VE = 360cu. m.	-do-
29	km. 271+550—km. 271+570	Earthslide	VE = 90cu. m.	-do-
30	km. 271+600—km. 271+660	Sinking pavement	201= 201cu. m. 311= 402cu. m.	-do-
31	km. 271+700—km. 271+730	Sinking pavement	201= 100cu. m. 311= 201sq. m.	-do-
32	km. 272+000—km. 272+950	Loose rock & Solid rock	VLR= 9,600cu. m. VSR= 806cu. m.	Unpassable
33	km. 273+000—km. 273+200	Loose rock & Solid rock	VLR= 3,500cu. m. VSR= 2,500cu. m.	-do-
34	km. 274+200—km. 274+400	Series of slides	VSR= 3,000cu. m. VLR= 7,000cu. m.	-do-
35	km. 275+100—km. 275+600	Boulders	VLR=22,950cu. m. VSR= 9,840cu. m.	-do-
36	km. 276+300—km. 276+900	-do-	VLR=21,000cu. m. VSR= 9,000cu. m.	-do-
37	km. 277+000—km. 277+500	-do-	VLR=52,500cu. m. VSR=22,500cu. m.	-do-
38	km. 278+000—km. 280+000	-do-	VLR= 3,500cu. m. VSR= 1,500cu. m.	Cleared by private equipment July 23-25
39	km. 280+000—km. 284+000	Pavement failure, no slides		Passable, one lane.

LEGEND : VE : Volume of Earth  
VCR : Volume of Solid Rock  
VLR : Volume of Loose Rock

STRAIGHT LINE DIAGRAM ALONG  
BAUANG - BAGUIO ROAD (NAGUILIAN RD.)  
AFFECTED BY EARTHQUAKE

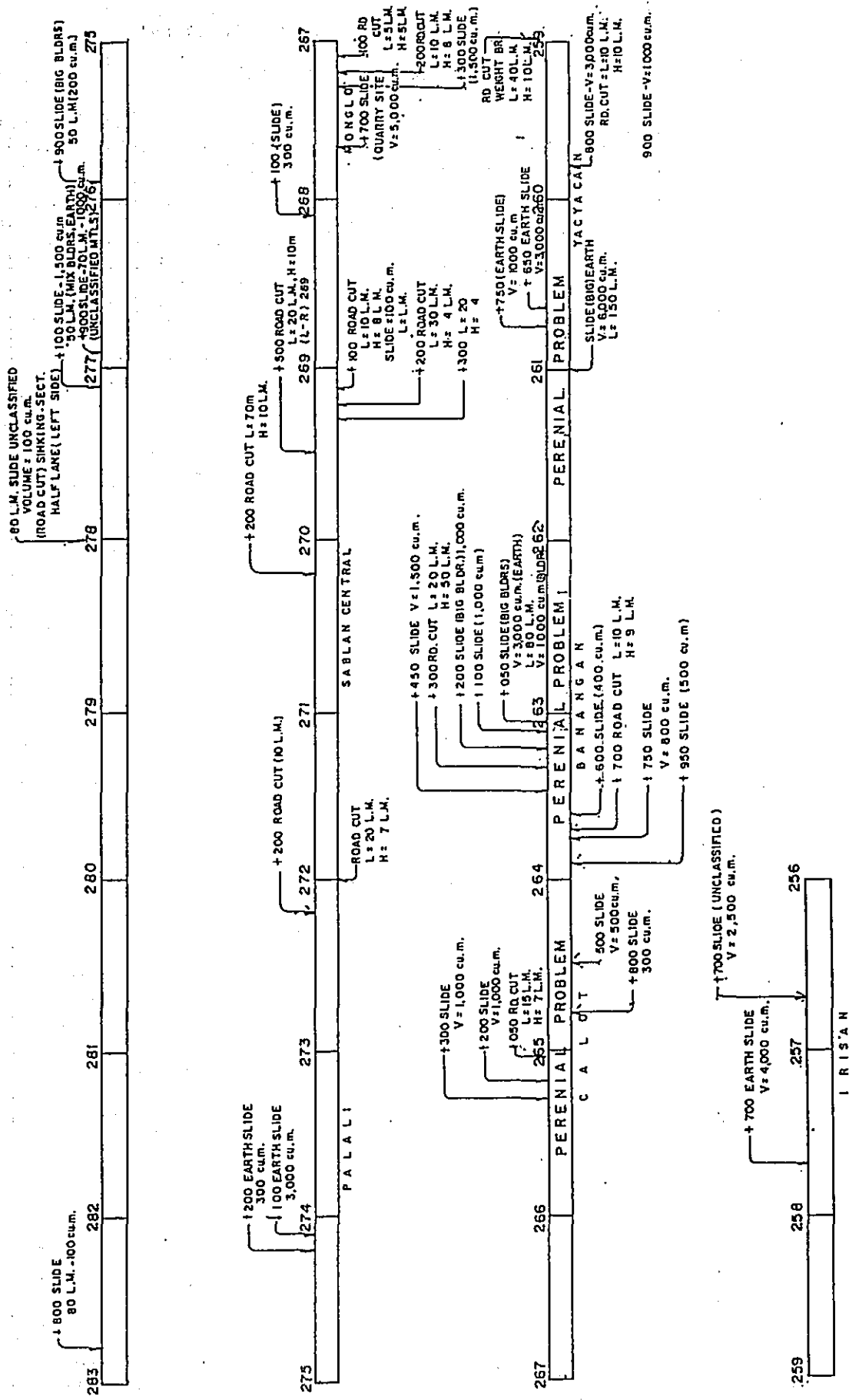


图 7. 3. 10 Naguilian 道路的被害



表 7. 3. 5 BAUANG-BAGUIO ROAD (NAGUILIAN RD)

## SUMMARY OF QUANTITIES (VOLUME)

STATION	EARTHSLIDE	LOOSE ROCK	SOLID (BIG) ROCK	REMARKS
KM. 282+800	100 cu. m.			
KM. 278+000	50 cu. m.	50 cu. m.		
KM. 277+100	900 cu. m.	100 cu. m.	500 cu. m.	
KM. 276+900	600 cu. m.	300 cu. m.	100 cu. m.	
+600	2,500 cu. m.			
KM. 275+900			200 cu. m.	
KM. 274+200	300 cu. m.			
+100	3,000 cu. m.			
KM. 269+100	100 cu. m.			
KM. 268+100	300 cu. m.			
KM. 267+900	2,000 cu. m.			
+700	5,000 cu. m.			
+300	1,500 cu. m.			
KM. 265+300	1,000 cu. m.			
+200	1,500 cu. m.			
KM. 264+800	300 cu. m.			
+500	500 cu. m.			
KM. 263+950	500 cu. m.			
+750	800 cu. m.			
+600	400 cu. m.			
+450	1,500 cu. m.			
+200			100 cu. m.	
+100	1,000 cu. m.			
+050	3,000 cu. m.		1,000 cu. m.	
KM. 261+500			2,000 cu. m.	
+000	5,000 cu. m.	1,000 cu. m.		
KM. 259+900	1,000 cu. m.			
+800	3,000 cu. m.			
+750	1,000 cu. m.			
+650	3,000 cu. m.			
KM. 257+700	4,000 cu. m.			
KM. 256+700	1,500 cu. m.	500 cu. m.	500 cu. m.	
Total	45,350 cu. m.	1,950 cu. m.	4,400 cu. m.	

表7.3.6 現地踏査した被害箇所の一覧

構造物種類	場所	距離標	被害内容	容
Panpanga河高架橋			桁移動	
Manila North Super Highway				
Wilmar Hotel	Tarlac市			
道路	Tarlac市北方10~15km		2階部分の壁に亀裂、窓ガラス破損	
Sao Isidro橋 (7径間連続PC単純桁橋)	Tarlac Prov. 北端	KM149+511	道路中央線に10cm程度の開口亀裂、路肩亀裂 (5~10)	
橋梁	Lingayen近く	KM200	橋台周辺地盤に亀裂、噴砂。	
盛土	Dagupan近く		左岸取付盛土1.5~2m沈下、右岸取付部でも相当量の沈下。	
Fernandez Blvd.	Dagupan市内		重量制限10t、低盛土区間で路面陥没 (軽微)	
Magassyey橋 (perez Blvd.)	Dagupan市内, Pental川		2~3mの盛土区間の一部で路肩沈下	
建物	Dagupan市内		1.5~2m沈下、路面冠水 [玉石まじりの土砂を入れて応急復旧]	
液状化被害	Dagupan市内, Pental川沿い		落橋	
踏被害	Dagupan市南部		転倒、沈下、破損、床上浸水	
道路	Calasiao, S. Barbara間		左岸部で大きな被害、右岸部では軽微。	
Carmen橋	Rosales	KM172+500	ガソリンスタンド浮き上がり、路肩部噴砂、家屋傾斜	
道路	Lingayen Golf場横	KM217+500	コンクリート舗装面に横断亀裂、段差。路肩部に沈下。	
Mangneregayday橋 (2スパン下路トラス橋)			落橋	
Longas橋 (橋長約25m1スパンPC単純桁橋)		KM222+866	路肩、路側亀裂	
道路	Dagupan市, Cayanga橋間		取付盛土沈下、橋台移動、橋台基礎の鋼管杭の杭頭に水平亀裂。	
Cayanga橋			左岸橋台で桁と橋台が衝突。	
(9スパン連続、全11スパンコンクリート桁橋)			取付盛土沈下、桁端部クラック	
橋梁 (橋長25m程度)			1~2m高さの盛土区間 (1~2km) で路肩亀裂、段差、舗装破損	
橋梁	Rabon	KM228付近	桁移動、コンクリート杭の杭頭に水平亀裂、橋台移動	
橋梁 (橋長25m程度)		KM236付近		
Cupang橋		KM239		
建物	Agoo市内		右岸橋台基礎杭破損	
踏被害	Agoo市内		市庁舎 (コンクリート造) 全壊、コンクリート建物、2階建木造家屋損傷	
RC造バス停	Agoo市中心に3号線沿線		ガソリンタンク浮き上がり、路側噴砂、2階建民家損傷	
精米工場			倒壊	
St. Rita橋		KM241付近	全壊	
踏被害	Caba町	KM243付近	左岸橋台移動、桁端部の支承部欠損、橋面段差	
ブロック積みサイロ		KM248	教会の壁剥落、道路路肩陥没、小橋梁取付部沈下	
石積み擁壁 (高さ2~3m)		KM249付近	崩壊	
道路		KM253付近	崩壊	
道路	Naguilian道路の分岐近く	KM258	舗装に段差	
道路	Banang-S. Fernando間	KM264付近	路面中央線付近に段差	

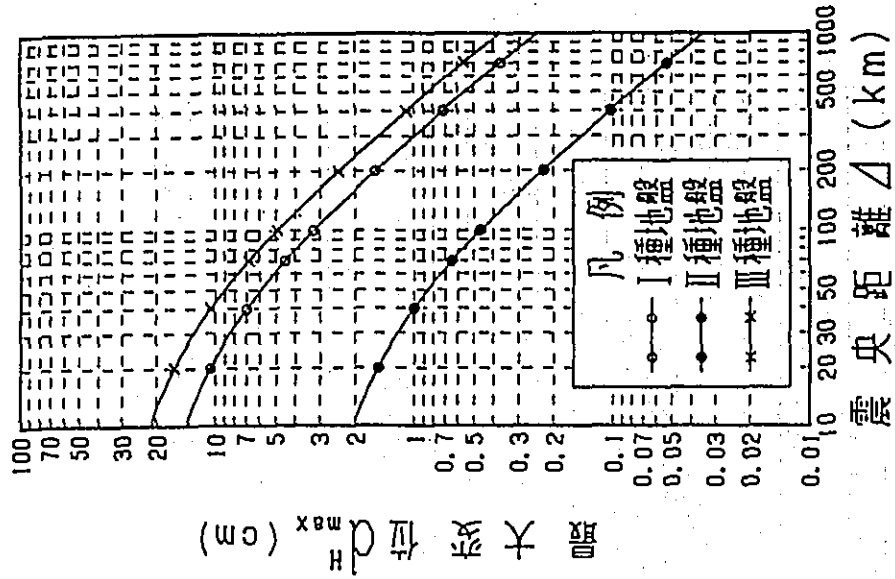
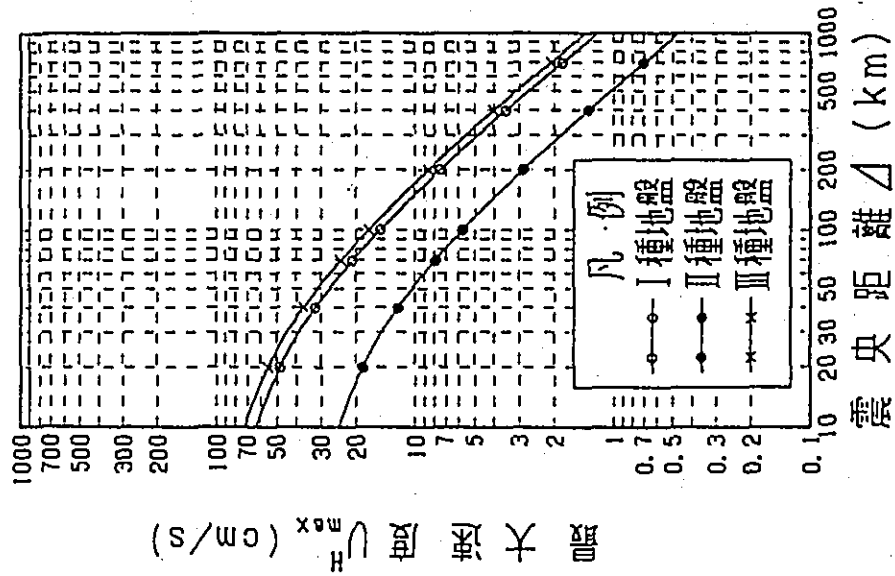
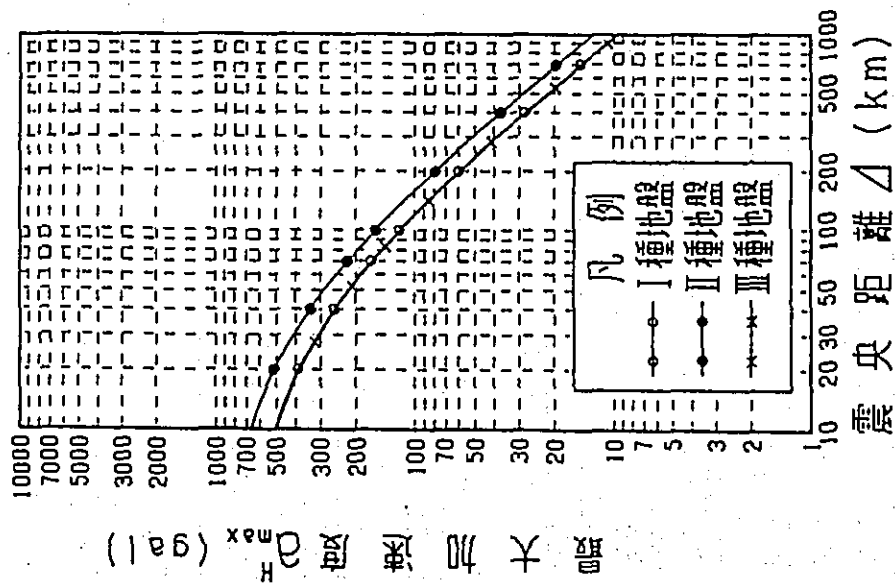


図7. 3. 1 1 道路橋示方書の経験式による  $M=7.1$  の地震の最大地震動

## 7. 4 橋梁

### 7. 4. 1 橋梁の被害状況

被害橋梁はマニラからルソン島北部の広い範囲に及んでおり、限られた調査日数では、とうていすべての現場を調査することは不可能である。このため調査の方針として、できるだけ多くの被害橋梁を調査すること、かつ、なるべく被害度の大きい橋梁を調査することとした。

実際に現場調査を行った橋梁は30橋である。さらに、日比友好道路の被害橋梁について、事前に現地協力者が調査し写真撮影を行っていたので、写真とヒヤリングにより、それらの橋梁の被害についても調査対象とした(9橋)。

DPWHの被害調査結果によれば、現時点で25橋について未調査となった。ただし、これらの橋梁については、落橋等の重大な被害が含まれていない模様である。図-7. 4. 1は被害橋梁の位置を示すが、その後の調査により判明した被害橋梁も含めている。

広い範囲に及んだ橋梁の被害の中で、とくにルソン島北部とマニラを結ぶ幹線道路として、日比友好道路とマニラノース道路があるが、それらの幹線に用いられている多数の橋梁が被害を受けている。

マニラからターラックを経てサンフェルナンドまでのマニラノース道路及びその周辺道路において、カルメン橋、カルボ橋、タボラ橋が落橋し、アリンガイ橋が重大な被害を受けている。

今回、液状化で大きな被害を受けたダグバン市及びその近郊では、マグサイサイ橋が落橋し、エムバルカデオ橋、ラボン橋が重大な被害を受けている。

一方、日比友好道路においてはマニクラ橋が落橋し、シクシカン橋が落橋の恐れがある。また、ブンカンII橋は、まだ本体部に異状が発見されていないが、大量の流木が押し寄せしており、今後、橋がダメージを受ける恐れがある。

写真-7. 4. 1~7. 4. 23において、各橋梁の被害実態を示す。

### 7. 4. 2 橋梁の被害分析と被災判定

今回、調査を行った橋梁は39橋であるが、それらの橋に関する諸元、被災状況、被災判定を示したのが表-7. 4. 1である。また、被災レベルに関する橋梁の総括表が表-7. 4. 2である。なお、その後の検討により表-7. 4. 1については、DPWHに提出した暫定報告書(Aug. 6, 1990)の一部を修正した(表-7. 4. 3についても同様)。

被災の特徴としては、地盤の液状化により橋脚が傾き、上部工が落橋したもの、慣性力により桁端、杓、橋座が損傷したもの、土圧と慣性力により橋台の杭体、フーチング及び桁端が損傷したもの、パイルベント橋脚の杭頭部が損傷したもの、橋脚が沈下したもの、アプローチ部が沈下したものなどがある。

この中で、被害レベルが大きかったもの、あるいは多かったものは液状化による被害とパイルベント型の橋台及び橋脚の被害及び沓、橋座の被害である。

被害を受けた橋梁の基礎は一般に根入れ深さが浅いこと（せいぜい10m程度と推定される）、単列の杭形式（橋軸直角方向に1列）が多いこと（パイルベント）、杭種は木杭又はRC杭であることなどから、一般に水平方向の耐力が小さいことがまずあげられる。沓については、比較的簡易な構造でアンカーボルトの本数は少ない。また、沓のある橋座も狭く、下部工の変位が大きいと落橋又は沓がはずれ易いといえる。また、橋脚天端の支承縁端及び桁端のせん断破壊が生じ易いといえる。

応急復旧を行うためには、被災度の判定を行う必要があるが、震災復旧技術マニュアル（案）（建設省、昭和61年3月）に基づき、個々の橋梁に対して被災判定を行った（表-7.4.1）。なお、耐荷力に関する被災度（被害の程度）を次の5ランクに判定する。

- A：被害なし・・・耐荷力に関して特に異状が認められない場合
- B：小被害・・・短期的には耐荷力の低下に影響のない場合
- C：中被害・・・耐荷力の低下に影響のある損傷であるが、余震、活荷重等による被害の進行がなければ、当面の利用が可能な場合
- D：大被害・・・耐荷力の低下に著しい影響のある損傷を生じており、落橋等致命的な被害の可能性がある場合
- E：落橋・・・落橋した場合

耐荷力に関する被災度の判定においては、落橋につながるか否かの判定が最も重要であるが、ここでは、活荷重、余震等により落橋の可能性のある橋梁についてはDランクとした。この場合、一般に全面通行止めとする必要がある。

#### 7.4.3 重大な被害を受けた橋梁の復旧対策に対する提言

ここで対象とする橋梁は、前節において被災判定でD及びEと判定された重大な被害を受けた橋梁（11橋）とブンカン第2橋とする（図-7.4.2に本12橋の位置を拡大して示す）。

また、参考資料の表-参7.4.1に、これら重大な被害を受けた橋梁（11橋）に関する概算の復旧費用（応急復旧費用；13百万ペソ、本格復旧費用；117百万ペソ）を示す。

表-7.4.3に各橋梁に対する応急復旧対策案及び本格復旧対策案を示す。

これらの橋梁の復旧については、いずれ劣らぬ緊急性を持つものであると考えられるが、道路ネットワーク上及び通行の安全性の観点から見た復旧の重要性及び復旧における留意点などについて以下に示す。

### (1) カルメン橋

橋長は65.5mで、6スパンが落橋し、6基の橋脚は液状化により大きく傾いている。また、1スパンが支承から脱落している。マニラノース道路の中の最大橋梁であり、道路交通面から見て最も復旧の緊急性が高いと考えられる。ただし、本格復旧を行うためには傾いた橋脚の再建設が必要で、相当長期の建設期間を必要とするため、応急橋の建設が不可欠と考えられる。現在200m程度上流部に木杭を用いた木橋の仮橋を建設中であるが、本格的な台風シーズンを迎えると通行不能あるいは流失ということも十分考えられるため、オールシーズン利用可能な応急橋の建設が必要であると考えられる。この場合、応急橋と使用可能な既設の橋梁部分を連結できるとすると経済的である。

### (2) カルボ橋

マニラノース道路の幹線からはずれるが、橋長200mの比較的大きな橋梁であるため、早急な復旧が必要と考えられる。液状化により大きく傾いた橋脚(1基)については再使用は不可能であると考えられるが、落橋した2スパンの上部工については補修を行えば再使用可能と考えられる。この場合、上部工の耐荷力チェックが必要である。また、少し傾いている別の橋脚(橋脚天端で水平方向に推定で20cm程度移動)の被害レベルについて、詳しく調査する必要がある。

### (3) マグサイサイ橋

ダグバン市内の主要街路の橋梁であるため、応急復旧は緊急を要する。上部工及び下部工いずれについても再使用は無理と考えられる。落橋した橋梁の横に応急橋を建設することが考えられる(応急橋の建設計画あり)。

### (4) エムバカデロ橋

橋台の杭体と橋脚天端の橋座に損傷を受けており、落橋の危険性がある。緊急の復旧対策として、落橋防止対策と通行規制が必要であると考えられる。本格復旧については、古い橋なので架け替えを含めて検討するべきであろう。

### (5) クバング橋

マニラノース道路の比較的小きな橋梁(橋長30m)である。片側の橋台の杭体が破壊しており、既に仮支柱が施され通行に供されている。

応急的な処置としては当面これでよいが、本格的復旧にあたっては橋台の再建設が必要である。この場合、パイルベントタイプの橋台は避けるべきであろう。

#### (6) タボラ橋

パイルベントの橋脚2基が破壊しており、応急対策として既に仮支柱が設置されている。本格復旧にあたってはパイルベントの橋脚の使用は避け、もっと剛性の高い下部構造とするべきであろう。

#### (7) アリンガイ橋

桁と橋台、桁と橋脚及び桁と桁が激しくぶつかった跡があり、橋台、桁端、下部工に大きな損傷が見られる。将来、落橋の可能性があるので、緊急に落橋防止対策が必要と考えられる。本格復旧については、古い橋なので架け替えを含めて検討するべきであろう。

#### (8) カバ橋

アリンガイ橋と同様な被害（桁と下部構造）が見られ、落橋防止対策が必要である。本格復旧については、古い橋なので架け替えを含めて検討するべきであろう。

#### (9) ラボン橋

パイルベント橋脚（4基）であり、地震時に杭が水平方向に大きく振動した痕跡が残っている（地盤面で±10cm程度と推定）。このため、上部工が橋台に激しくぶつかった跡があり、また、すべての杭の頭部のコンクリートが破損している。また、大型トラックが通行すると上部工の振動が大きいことを考慮すると、本格復旧においては下部工の耐力を増強する必要があると考えられる。

#### (10) マニクラ橋

日比友好道路の1スパンの小さな橋梁である。落橋した上部工の再使用は可能と考えられるが、橋台については造りなおす必要があるであろう。

#### (11) シクシカン橋

日比友好道路の主要橋梁の1つである。地震による上部工の部材の破壊等の損傷は見られなかったが、中央のスパンの沓がはずれ、桁がかろうじて橋脚天端の先端にひっかかっている状態である。また、この橋脚は少し傾いている。通行止めと緊急の落橋防止対策（桁連結など）が必要である。本格復旧においても、橋座の拡幅等が必要である。

(12) プンカン第2橋

日比友好道路の橋梁である。斜面崩壊等により多量の土砂と流木が本橋に押し寄せ  
てきている状況である。現時点では橋梁本体部に損傷はないが、大雨が降ればこれら  
の堆積物が動き出す恐れもあり、流木除去等の対策が急がれる。

7. 4. 4 今後の橋梁の維持管理・建設に関する提言(案)

今回の地震により多くの橋梁が被害を受けたが、地震被害を分析するといくつかの特徴  
がある(7. 4. 2)。

今後、地震による被害を軽減するため、既設橋梁の維持管理や新しく建設される橋梁の  
設計施工に対して、これらの特徴を考慮すると、いくつかの改善策が考えられるので、次  
に提案する。

- (1) 落橋の被害を避けるため、耐震補強として桁連結、移動制限装置、十分な支承  
縁端距離の確保などの落橋防止対策を行うのがよい。
- (2) 液状化の発生の恐れのある地域では、液状化対策のため十分な基礎の根入れ、  
剛性の確保を含めて基礎の耐荷力の増強を行うのがよい。
- (3) パイルベント橋脚及び橋台の被害が多いので、橋軸直角方向に複数列の杭を配  
置するなど耐力の大きい基礎形式を用いるのが望ましい。とくに軟弱地盤上の高  
盛土の橋台については、パイルベント型の基礎形式は避けるのがよい。
- (4) 橋梁の耐震性の向上をはかるため、耐震基準の見直しを行うのが望ましい。
- (5) 緊急の事態に備えて、応急橋を備蓄しておくのがよい。



表一七・四・一 地震による橋梁の被害状況 (1/8)

No	橋梁名	架橋位置	橋梁形式		被害状況	被害の程度	備考
			上部工	下部工			
P-1	ツン (カマン) 橋 (T. Sison (Carmen) Bridge)	ハ'ガ'シヤ D'ア'ス 172k +500	・13径間単純鋼トラス ・橋長 655m (径間50m)	・P1~P12 壁式橋脚 ・P11 ラーメン橋脚 (ハ'イ'ハ'ント)	・6 径間落橋 (ク'ラ'ク'側) ・6 橋脚傾斜転倒 ・支承脱落 (P11)	E	・迂回路を建設中 ・通行不能
P-2	カボ'橋 (Galvo Bridge)	ハ'ガ'シヤ ハ'ヤ'シヤ'	・4 径間単純鋼トラス ・橋長 200m (径間50m)	・A1, A2 ハ'イ'ハ'ント橋台 ・P3 壁式橋脚 ・P1 ハ'イ'ハ'ント基礎 ・P2 多径間	・2 径間崩落 ・1 橋脚傾斜 ・1 橋脚転倒	E	・軽車両は通行可 ・迂回路橋を旧橋の上 に建設した。
P-3	マ'グ'サイ'橋 (Magsaysay Bridge)	ダ'グ'ハ'ン市 ハ'ガ'シヤ'	・3 径間単純RC桁橋 (径間14m) ・3 径間単純鋼桁とR C桁の合成 (径間20m)	・A1, A2 ハ'イ'ハ'ント橋台 ・P1~P6 壁式橋脚	・4 径間崩落 ・2 橋脚崩壊 ・3 橋脚傾斜・転倒	E	・通行不能
P-4	ア'ラ'ガ'ト'橋 (Aloragat Bridge)	ハ'ガ'シヤ 第二地区 194k +591	・多径間単純RC桁橋	・A1, A2 ハ'イ'ハ'ント橋台 ・壁式橋脚	・P-12 橋脚が 30cm 程度沈下	C	・軽車両程度通行可能

表一七・四・I 地震による橋梁の被害状況 (2/8)

No	橋梁名	架橋位置	橋梁形式		被害状況	被害の程度	備考
			上部工	下部工			
P-5	エムガド橋 (Embaradero Bridge)	バンガシ マカマシ	<ul style="list-style-type: none"> <li>3径間単純鉄桁 (3×12.0m)</li> <li>3径間連続RC桁 (3×14.0m)</li> <li>6径間連続RC桁 (6×8.5m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A1, A2 パイルト橋台</li> <li>壁式橋脚</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋脚天端にせん断破壊</li> <li>橋台アプローチ部が50cm (A1), および1m (A2) 程度沈下</li> <li>橋台パイラルメントの鉄筋が露出</li> </ul>	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>落橋防止対策が必要</li> <li>軽車両程度通行可能</li> </ul>
P-6	マンガエラゲイ橋 (Mangger-egday Br.)	ダグバン市 ダグバンポ ンガツレ ン道 沿い	<ul style="list-style-type: none"> <li>2径間単純鋼トラス (径間50m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ラーメン式橋脚</li> <li>パイメント橋台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アプローチ部が0.5～1.0m程度沈下</li> <li>パイラルメントの鉄筋が露出及びフーチンチング部にクラック</li> </ul>	C	
P-7	ウヤグ橋 (Uyong Bridge)	バンガシ バンガシ ン道 沿い	<ul style="list-style-type: none"> <li>4径間単純RC桁 橋長80m (径間20m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A1, A2 パイルト橋台</li> <li>壁式橋脚 (3基)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害なし</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害なし</li> </ul>
P-8	ガヤン橋 (Gayaman Bridge)	バンガシ イ、 ダグバン ン道 沿い	<ul style="list-style-type: none"> <li>単径間鋼トラス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A1, A2 パイルト橋台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A2橋台側アプローチ部が沈下</li> </ul>	A	
P-9	ヘクタメント 仮設橋 (Hector Mendoze)	バンガシ マカマシ 道 沿い	<ul style="list-style-type: none"> <li>木橋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>木製</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4径間崩落</li> </ul>	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮橋である。</li> </ul>

表一七・四・一 地震による橋梁の被害状況 (3/8)

No	橋梁名	架橋位置	橋梁形式		被害状況	被害の程度	備考
			上部工	下部工			
P-10	クイントス橋 (Quintos Bridge)	ダグバン市 バグシアン			・A1橋台にわずかなクラック	A	
P-11	ボロサン橋 (Bolosan Bridge)		・単径間鋼鈹桁	・A1, A2 パイルパト	・A1, A2盛土部の沈下、及び盛土部石積みの破壊	B	
P-12	カヤガ橋 (Cayanga Bridge)		・RCラーメン桁	・パイルパト	・柱頭部の鉄筋が露出 ・杭の傾斜	C	・補修が必要である。
L-1	ルギット橋 (Luguit Bridge)	ラ・ユエタン バギリオン道路沿い	・2径間単純鋼鈹橋 (2×16.0m)		・アプローチ部の盛土崩壊 ・RCパイルベントの鉄筋が露出	C	・補修が必要である。
L-2	カパンガ橋 (Cupang Bridge)	ラ・ユエタン ト・マシ通り	・2径間単純鋼鈹桁 (2×15.0m)	・A1, A2 パイルパト橋台 ・壁式橋脚	・RCパイルベントの鉄筋が露出 ・アプローチ部の沈下 ・橋台の傾斜	D	・木材による支保で修理

表一7. 4. 1 地震による橋梁の被害状況 (4/8)

No	橋梁名	架橋位置	橋梁形式		被害状況	被害の程度	備考
			上部工	下部工			
L-3	タブラ橋 (Tabora bridge)	ラ・ユオン MNR沿い 240k +026	・片持式単純RC桁	・バイルベント橋脚	・RCバイルベントが破壊	E	・木材による支保で修理 ・軽車両程度通行可能
L-4	アリンガイ橋 (Aringay Bridge)	ラ・ユオン MNR沿い 244k +130	・多径間RC桁橋 ・23スパン、橋長253m	・A1, A2 壁式橋台 ・壁式橋脚	・桁端、橋脚天端、橋台躯体及び杭体に重大な被害 ・アプローチ部の沈下、及び高欄の損傷	D	・修復中 ・軽車両程度通行可能 ・落橋防止対策が必要
L-5	カバ橋 (Caba Bridge)	ラ・ユオン MNR沿い 248k +512	・RC桁橋 (8×12) (橋長 96m)	・A1, A2 壁式橋台 ・PI~PT 壁式橋脚	・桁端及び橋脚天端にせん断破壊が生じる。	D	・落橋防止対策が必要
L-6	バウアング橋 #1 (Bauang I Bridge)	ラ・ユオン MNR沿い 258k +912	・鋼トラス	・A1, A2 壁式橋台	・アプローチ部が長さ30cm (A1), 15cm (A2)程度沈下	A	
L-7	バウアング橋 #2 (Bauang II Bridge)	ラ・ユオン MNR沿い 259k +402	・鋼トラス	・A1, A2 壁式橋台	・A 2側アプローチ部が、長さ40mにわたって沈下	A	

表一 7. 4. 1 地震による橋梁の被害状況 (5/8)

No	橋梁名	架橋位置	橋梁形式		被害状況	被害の程度	備考
			上部工	下部工			
L-8	パダラガン橋 (Pagdalagan Bridge)	ラ・エオン MNR沿い 265k +373	・4径間RC桁橋 橋長52.8m (4×13.2)		・被害無し	A	
L-9	ベニノス橋 (Beni Nost Br.)	ラ・エオン 405k +351	・2径間単純RC桁橋	・A1, A2 パイルメント橋台 ・パイルメント橋脚	・A1 側アプローチ部の沈下 ・パイルメントにクラックが発生	B	・アプローチ部を木材 で修復中
L-10	プリンシパ橋 (Principe Bridge)	ラ・エオン 237k +360	・3径間単純RC桁橋	・A1, A2 パイルメント橋台 ・壁式橋脚	・すべてのパイルメントにおいて鉄筋が露 出 ・桁端にせん断クラックが発生 ・アプローチ部の沈下	C	・補修が必要である。
L-11	ラボン橋 (Rabon Bridge)	ラ・エオン パ・ガ・シン・ラ・エ オン地方道 233k +576	・5径間ラーメン式R Cスラブ橋	・パイルメント	・各々の抗頭は鉄筋が露出 ・杭柱の傾斜 ・A1 側アプローチ部が長さ10mにわたって 沈下	D	・下部構造の耐力が十 分ではない。
N-1	マニカ橋 (Manica Bridge)	ヌハエオン カンジョエズ北部		・パイルメント	・崩落した。 ・A1 橋台の傾斜	E	・軽車両程度通行可能 ・落橋上に仮設橋がす でに建設済み。

表-7.4.1 地震による橋梁の被害状況 (6/8)

No	橋梁名	架橋位置	橋梁形式		被害状況	被害の程度	備考
			上部工	下部工			
N-2	ツタン橋 (Sicsican Bridge)	ヌハエシカ	・全径間鋼製トラス	・A1, A2 壁式橋台	・スパン (No. 2) の桁端がずれて、支承緑端距離が20cmしかなく、落橋の可能性がある。	D	・落橋防止対策が必要
N-3	ジェネルナ橋 (Genera I Luna Br)	119k +100	・13径間PC桁橋 橋長611.0m (径間47m)	・A1, A2 壁式橋台	・伸縮装置 (ウイングポイント) が破壊 ・ウイング壁にクラックが発生	B	
N-4	ツタン橋 I (Tuntunin I Br.)	172k +400	・鋼鈹桁 橋長15.6m	・A1, A2 壁式橋台	・A2 側基礎砕石が崩壊 ・A1 側アプローチ部が沈下 ・伸縮装置が破壊	B	・写真による調査
N-5	ツタン橋 II (Tuntunin)	173k +500	・RC桁橋 橋長12.0m	・A1, A2 壁式橋台	・A1 側片持ちスラブが剥落ちる ・A1, A2 に対角線状にクラック	C	・写真による調査
N-6	プンカン橋 II (Puncan II Bridge)	176k +600	・5径間鋼RC桁橋 橋長78.0m (径間長15.6m)		・被害無し	A	・桁下クリアランスの不足で、流木と土砂がふさいでしまった。 ・即座に流木と土砂を片付けなければならぬ。 ・写真による調査

表一七・四・一 地震による橋梁の被害状況 (7/8)

No	橋梁名	架橋位置	橋梁形式		被害状況	被害の程度	備考
			上部工	下部工			
N-7	タタツク橋 (Tactac Bridge)	178k +600	・2 径間剛性構造 橋長12.0m	・	・部分的に基礎砕石が崩壊	B	・写真による調査
N-8	ハンケイ橋 (Bancay Bridge)	180k +510	・剛性構造 橋長7.2m	・A1, A2 パイパント橋台	・アプローチ部が僅かに沈下	A	・写真による調査
N-9	ジグジグ橋 (Digdig Bridge)	181k +500	・RCスラブ (8.0×2) ・鋼製トラス (50.0) 橋長56.0m	・A1, A2 パイパント橋台 ・P1, P2 壁式橋脚	・橋脚下側に水平方向のクラック	C	・写真による調査
N-10	ミニリ橋 (Minuli Bridge)	201k +500	・剛性構造 橋長7.5m	・A1, A2 パイパント橋台	・破片の流出により水流の大きな障害となる。	B	・地震による破片 ・写真による調査
N-11	コンセルロ橋 (Constelro Bridge)	216k +900	・RC桁 (15.0m) ・鋼製鉄桁 (9.5×2) 橋長 34.0m	・A1, A2 パイパント橋台	・踏掛板の傾斜	A	・写真による調査

表-7.4.1 地震による橋梁の被害状況 (8/8)

No	橋梁名	架橋位置	橋梁形式		被害状況	被害の程度	備考
			上部工	下部工			
N-12	バリニガ橋 (Balining Bridge)	219k +300	・RC桁橋 橋長39.2m (12.0×2+15.2)		・上流側の護岸は20mにわたって崩壊した。	A	・写真による調査
T-1	サンアイドロ橋 (San Isidro bridge)	ターラガク、パニグイ 149k +500	・7径間RC桁橋	・A1, A2 パイメント橋台 ・壁式橋脚	・A1 橋台の沈下 ・アプローチ部が250mにわたって20程度沈下 ・桁端にせん断クラックが発生	B	・落橋防止対策が必要
T-2	ゴジュンガコ橋 (J. Cojuengo Br.)	ターラガク、パニグイ	・6径間鋼鈹桁 (6×30.0m)	・A1, A2 パイメント橋台 ・PI~P5 壁式橋脚	・アプローチ部が沈下 ・桁板にクラックが生じた。 ・パイメントにクラックが生じた。	C	
T-3	バンバン橋 (Bamban Bridge)	ターラガク、バンバン	・鋼鈹桁		・被害無し	A	
Pan-1	カンダバ橋 (Candaba Viaduct)	マニラ北ハイウェイ バンバンジヤ	・RC桁橋	・A1, A2 壁式橋台 ・2柱式ラーメン橋脚	・伸縮装置が横断方向に約70cmスライドした。 ・伸縮装置が約20cm広がった。	B	



表一七． 4． 2 調査した被害橋梁の総括表

被災度	橋梁数
A：被害なし（耐荷力に関して）	11
B：小被害（ " ）	8
C：中被害（ " ）	8
D：大被害（落橋の可能性あり）	6
E：落橋	6 （仮橋1を含む）
総数	39

（注） 今回調査できなかったが、その他に被害橋梁が25橋ある（DPWHの調査結果より）。これらの橋梁の被災度については詳細不明であるが、落橋した橋梁はない模様。

表一 7. 4. 3

大被害及び落橋した橋梁等の復旧対策に対する提案

( 1 / 4 )

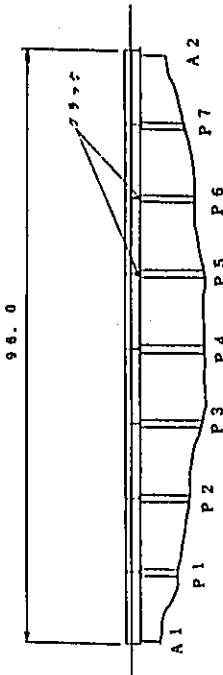
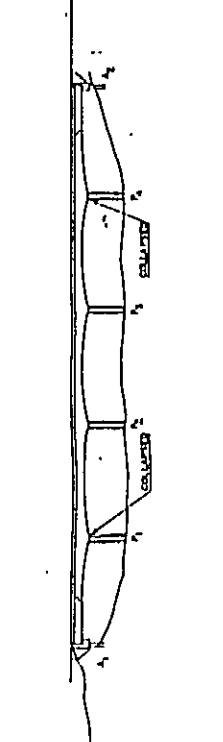
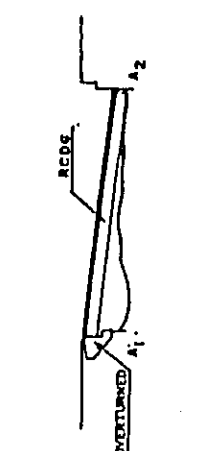
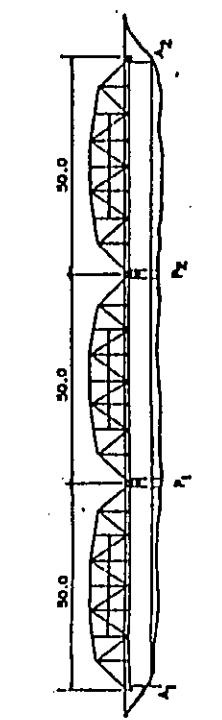
No	橋梁名	応急復旧	本格復旧	被災橋梁のスケッチ図	備考
P-1	シンン(加ガク)橋 (ハ'ガ'ガク)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上流側に仮設木橋建設中。</li> <li>・被災橋梁の横に応急橋を建設すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液状化により被災した橋脚(5基)の再建設をすること。</li> <li>・この場合、液状化対策が必要</li> <li>・落橋した上部工の再使用は困難。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・落橋した上部工の再使用を行う場合には耐荷力に関するチェック、照査が必要。</li> </ul>
P-2	カルボ橋 (ハ'ガ'ガク)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応急橋が落橋したスパンの上に設置されているが、仮支柱が必要。</li> <li>・上記応急橋では交通処理上不十分であるので、落橋した橋の横に仮橋を建設すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液状化により被災した橋脚の再建設をすること。</li> <li>・橋脚の液状化対策が必要</li> <li>・落橋した上部工の再使用は可</li> </ul>		同上
P-3	マグサイサイ橋 (ハ'ガ'ガク)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応急橋の建設をすること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新橋の建設を行うこと。この場合液状化対策が必要。</li> </ul>		

表一 7. 4. 3

大被害及び落橋した橋梁等の復旧対策に対する提案

(2/4)

No	橋梁名	応急復旧	本格復旧	被災橋梁のスケッチ図	備考
P-5	エムバガデロ橋 (ハガシカ)	緊急に落橋防止対策と通行規制が必要	・損傷を受けた部分、とくに橋台の補修が必要		
L-2	クバング橋 (フエカ)	・応急処置として仮支柱(1基)が設置されている。	・破壊した橋台の再建設が必要 この場合バイルベント型の基礎は避ける。		
L-3	タボラ橋 (フエカ)	・応急処置として仮支柱(2基)が設置されている。	・破壊した橋脚の再建設が必要 この場合バイルベント型の基礎は避ける。		
L-4	アリンガイ橋 (フエカ)	・緊急に落橋防止対策と通行規制が必要	・損傷を受けた部分の補修を行うこと。		・耐向力のチェック、照査が必要

No	橋梁名	応急復旧	本格復旧	被災橋梁のスケッチ図	備考
L-5	カバ橋 (7.エチ)	緊急に落橋防止対策が必要である。	・損傷を受けた部分の補修を行うこと。		・耐荷力のチェック、 照査が必要
L-11	ラボン橋 (7.エチ)	・交通規制が必要	・下部工の耐荷力増強を行うこと。		・耐荷力のチェック、 照査が必要
N-1	マニクラ橋 (11.9.エチ)	・応急橋が設置されている。	・橋台の再建設が必要。		
N-2	シクシカン橋 (11.9.エチ)	・緊急に落橋防止対策が必要	・恒久的な落橋防止対策が必要		

表一七. 4. 3 大被害及び落橋した橋梁等の復旧対策に対する提案

No	橋梁名	応急復旧	本格復旧	被災橋梁のスケッチ	予	図	備考
N-6	ブンカン第2橋 (江ノ島 川)	緊急に流木、土砂の除去が必要					

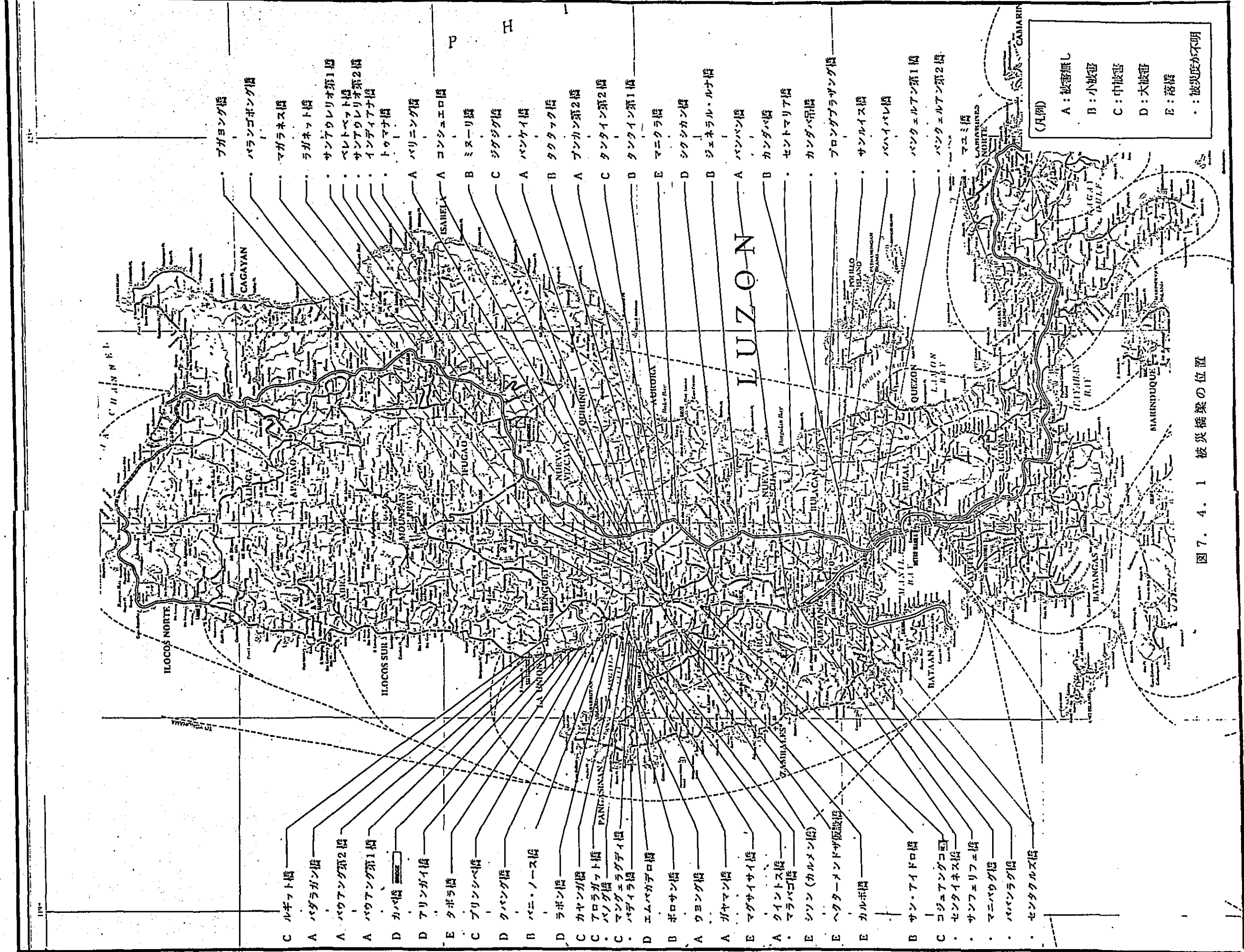


図 7. 4. 1 被災橋梁の位置

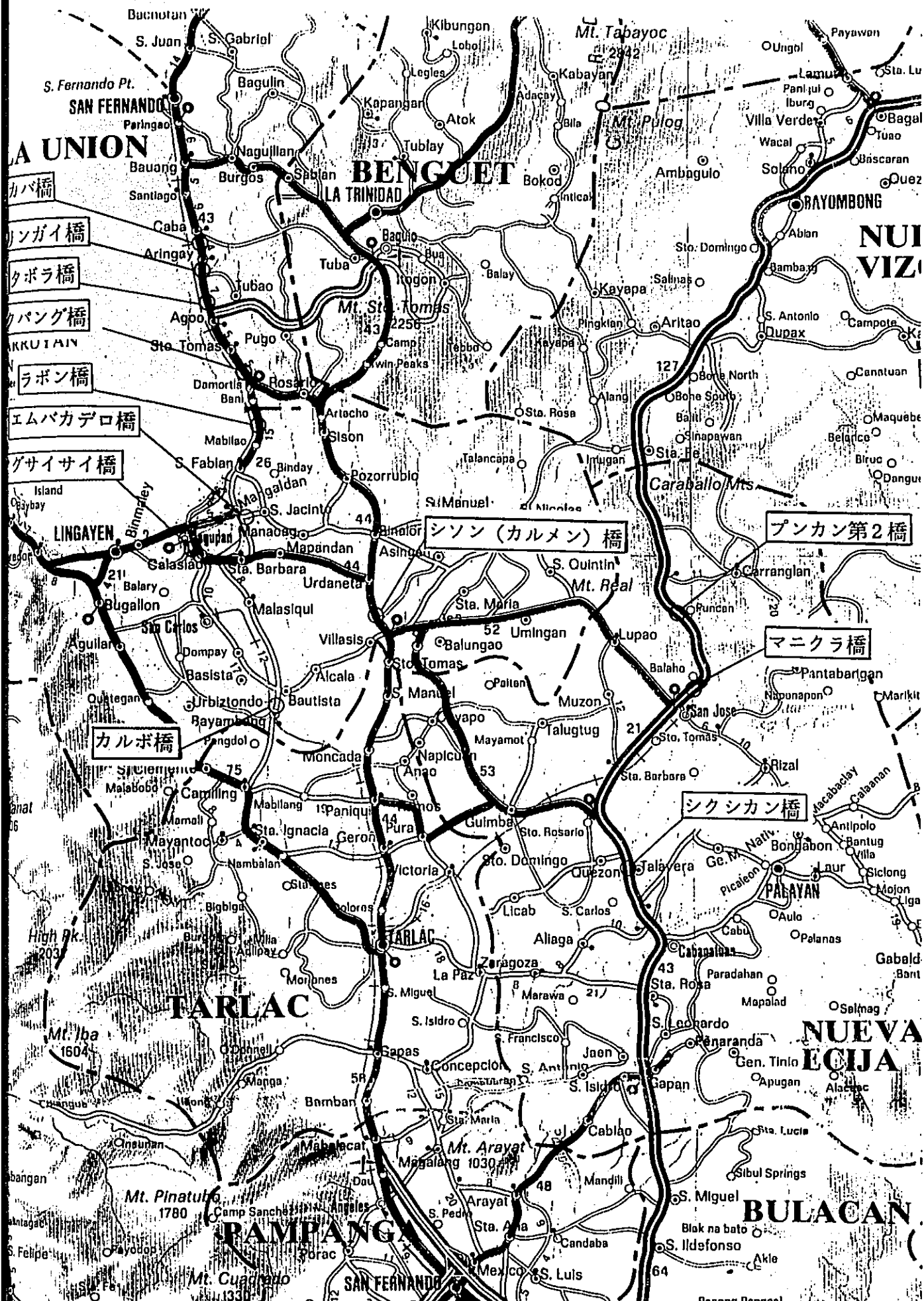
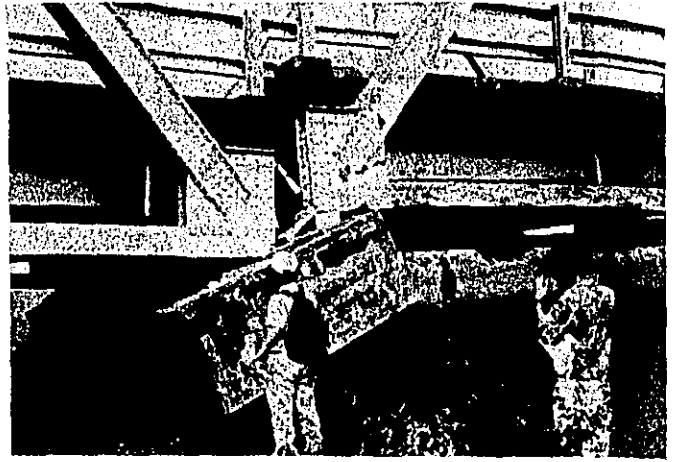


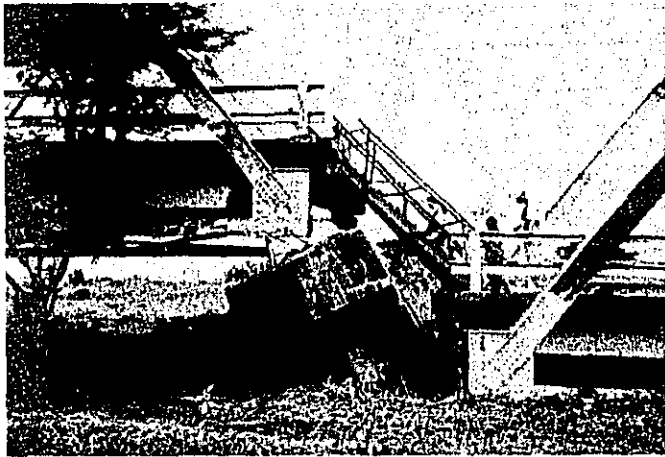
図 7. 4. 2 重大な被害を受けた橋梁の位置



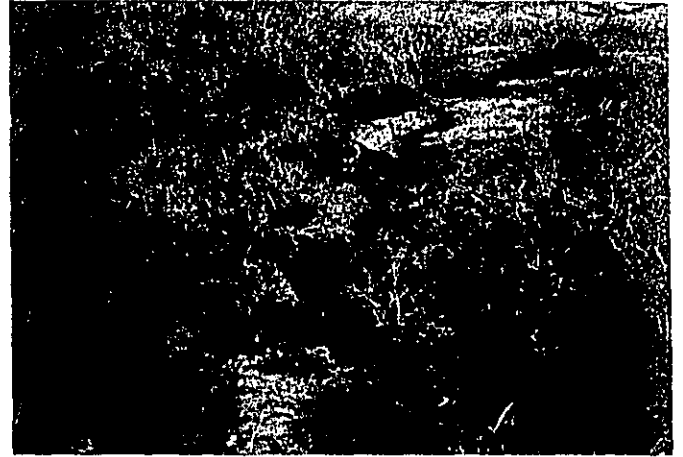
(1-a) 6 スパン落橋



(1-b) 液状化により傾いた橋脚



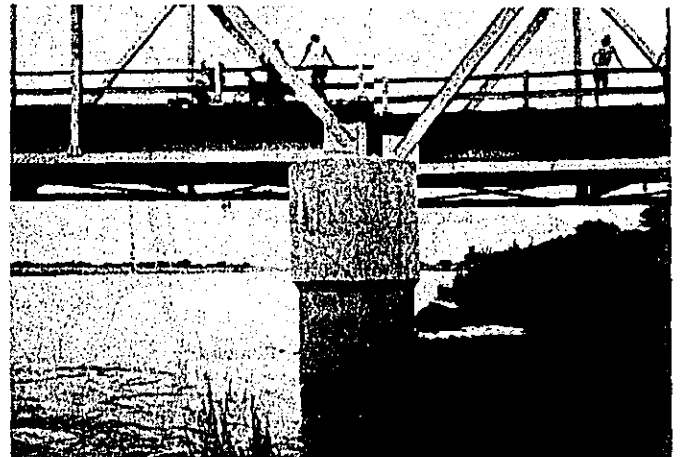
(1-c) 液状化により大きく傾いた橋脚



(1-d) 噴砂の穴



(1-e) 自動車交通が不通のため歩行者の客待ちをするために集まった車。



(1-f) 洗掘の被害により新設された橋脚 (P11)  
— 右側スパンが杓より落下

写真-7.4.1 落橋したカルメン橋 (P-1) (1/2)



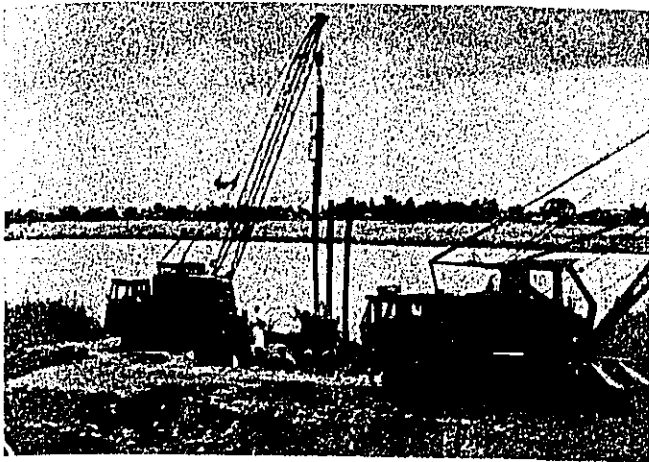
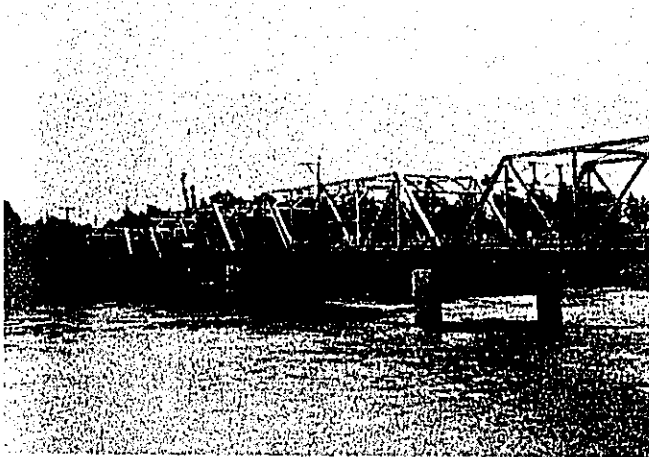
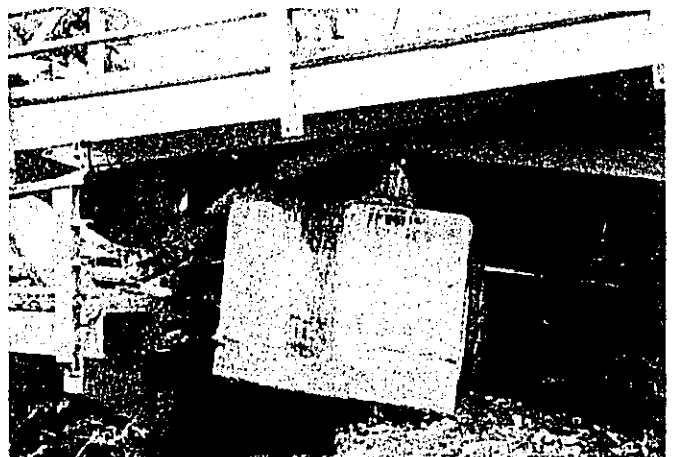


写真-7.4.1 (2/2)

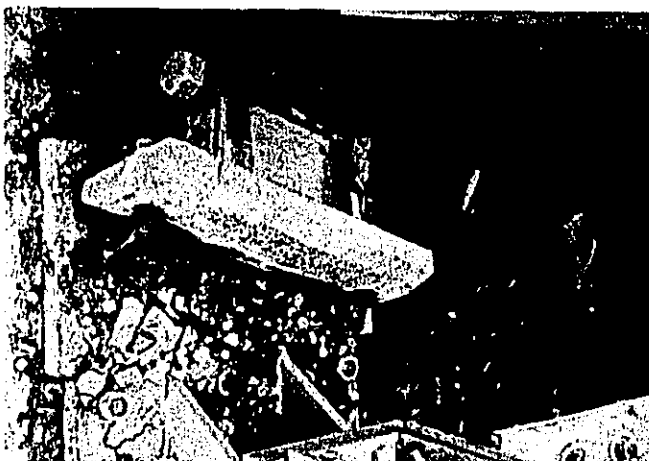
(1-g) 仮橋を建設中 (上流側約 200m の地点)



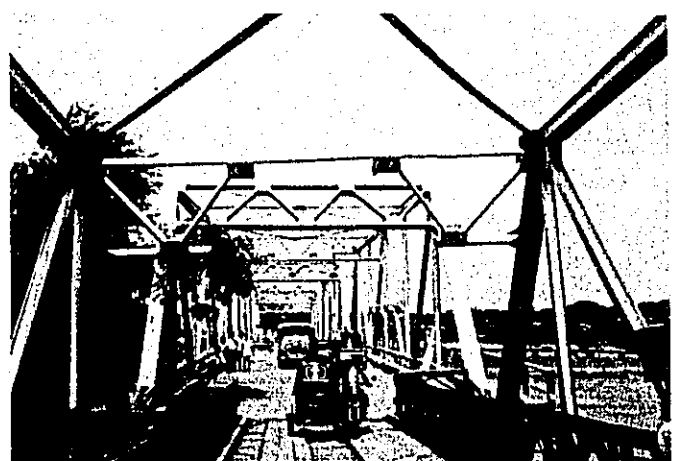
(2-a) 2 スパン崩落 (手前の橋脚は新設されたものであるが、少し傾いている)



(2-b) 液状化により傾いた橋脚

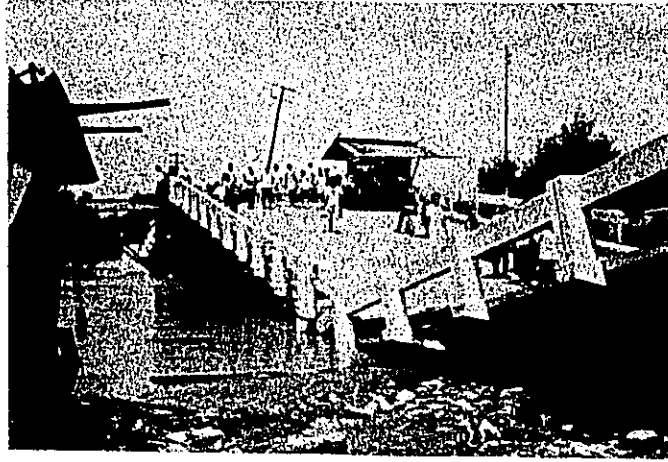


(2-c) 破壊された可動支承

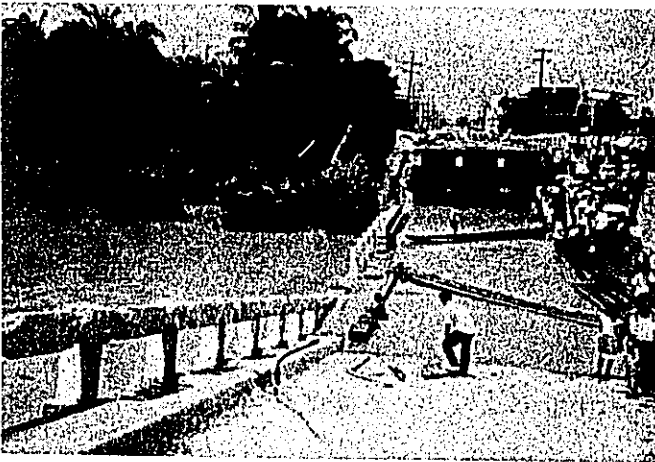


(2-d) 落橋したスパン上に設置された仮橋

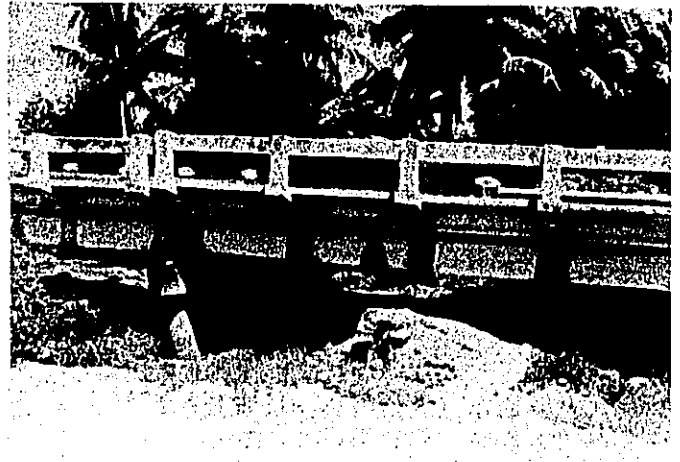
写真-7.4.2 落橋したカルボ橋 (P-2)



(3-a) 4 スパン崩落

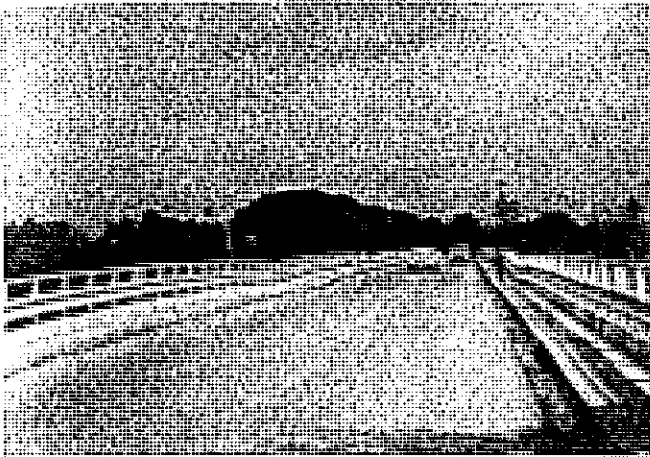


(3-b) 船をつなぎ合わせた応急橋

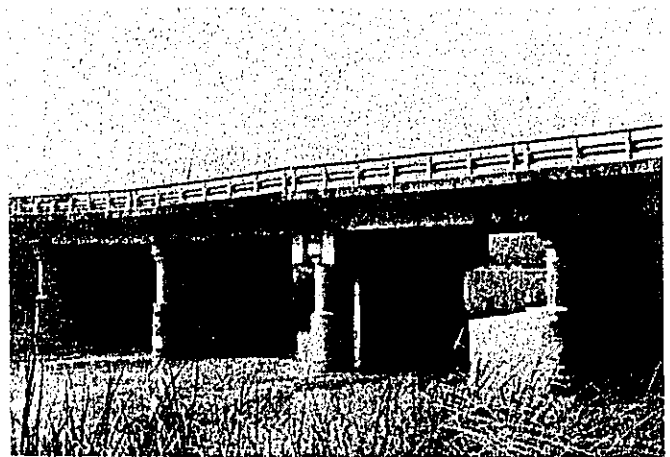


(3-c) 液状化により傾いた橋脚

写真-7.4.3 落橋したマグサイサイ橋 (P-3)



(4-a) 30cm 程度路面が沈下



(4-b) 沈下した橋脚（右側の橋脚は洗掘被害で以前に補強されたもの）

写真-7.4.4 アロラガット橋 (P-4)

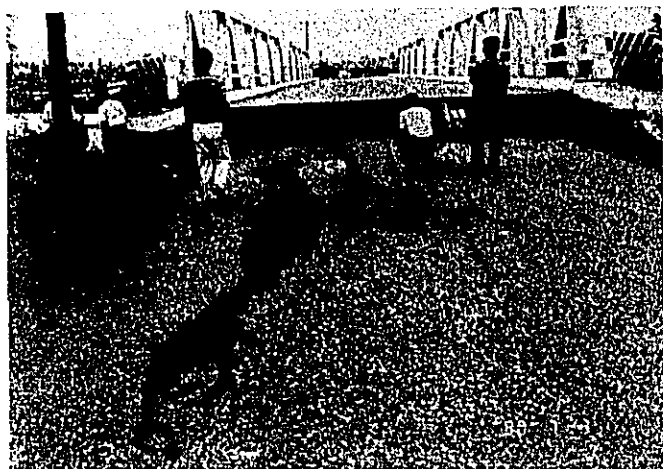


(5-a) 橋台の杭が曲げ破壊

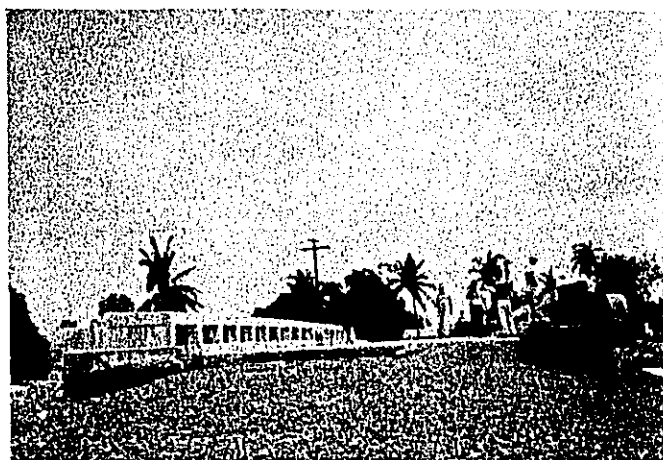


(5-b) 支承縁端部がせん断破壊

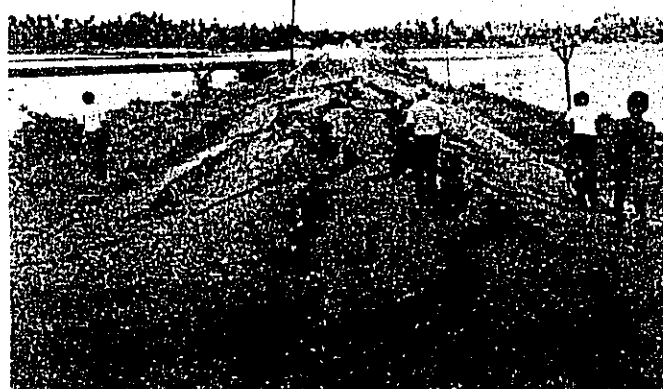
写真-7.4.5 落橋の恐れのあるエムバカデロ橋 (P-5)



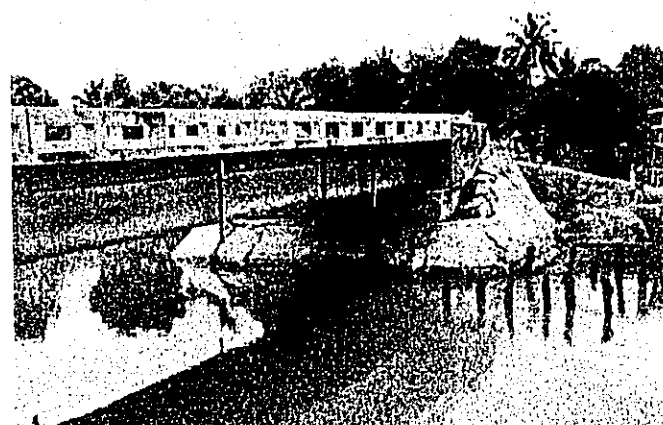
(6-a) アプローチ部が沈下



(7-a) アプローチ部が沈下



(6-b) アプローチ部の盛土部が沈下・側方へ移動



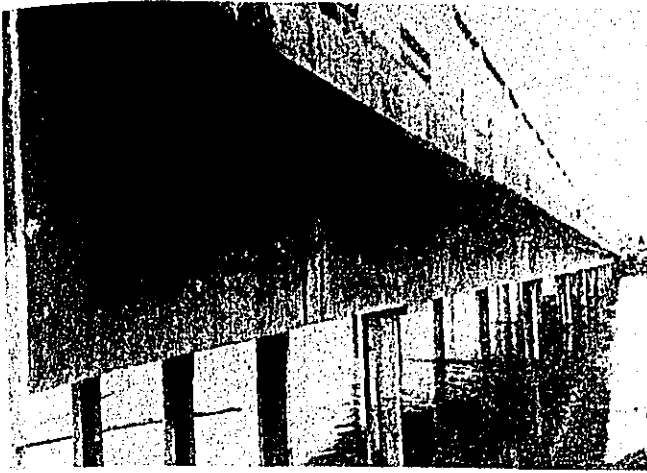
(7-b) 橋台盛土部が沈下



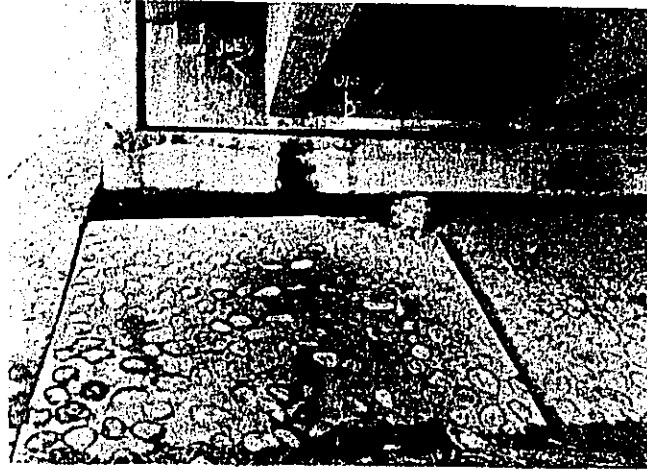
(6-c) 橋台のフーチング・杭体にクラック発生

写真-7.4.7 ポロサン橋 (本体部に損傷なし、P-11)

写真-7.4.6 マングェラグダイ橋 (P-6)



(8-a) パイルベント橋脚

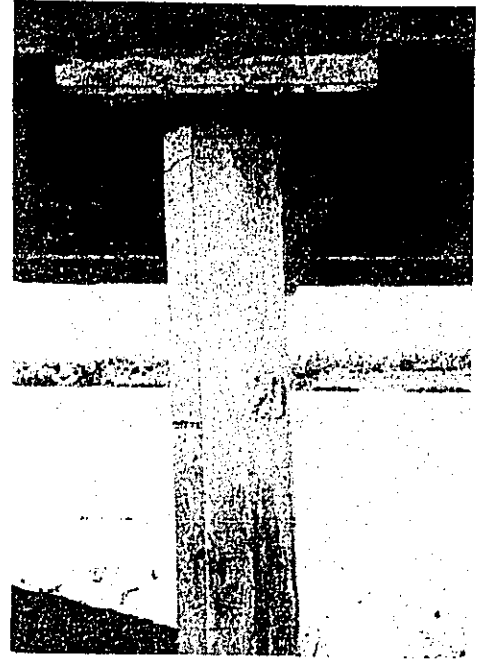


(8-b) 橋台の盛土部が沈下  
(アプローチ部沈下)



(9-a) 橋台の盛土部が崩壊

写真-7.4.9 ルギット橋 (L-1)

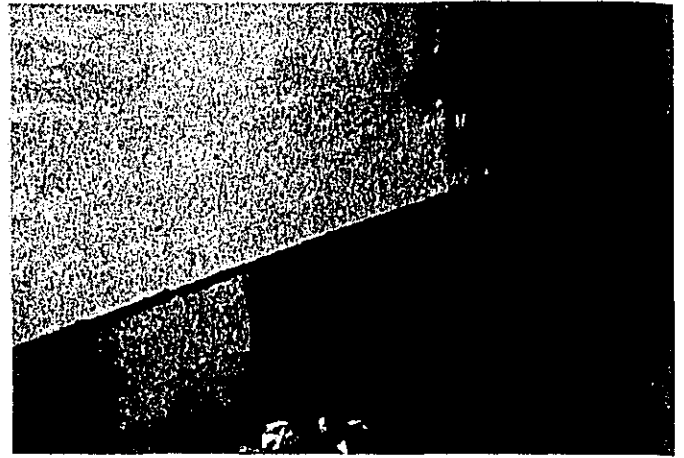
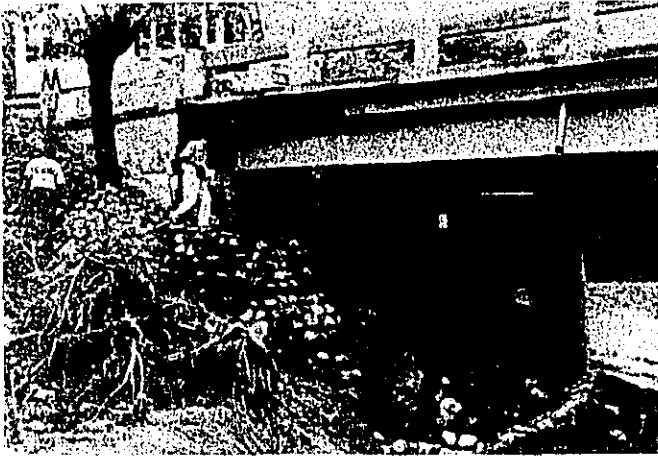


(8-c) 杭が傾斜し、杭頭部の鉄筋露出

写真-7.4.8 カヤンガ橋 (P-12)



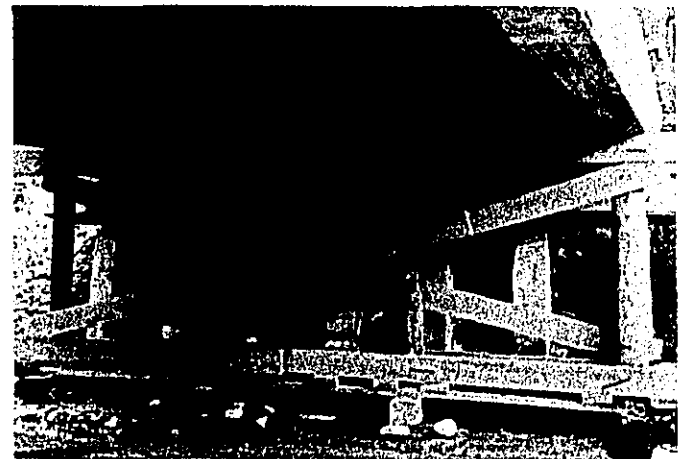
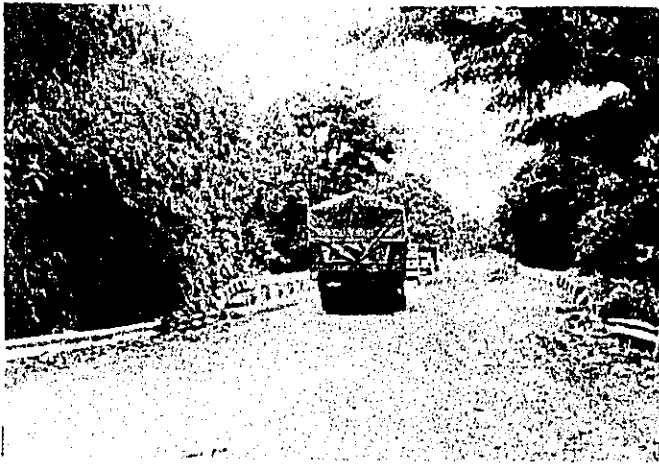
(9-b) 橋台の盛土部が崩壊



(10-a) 橋脚が前傾、仮支柱設置 (後の橋は旧橋)

(10-b) 杭体が破壊

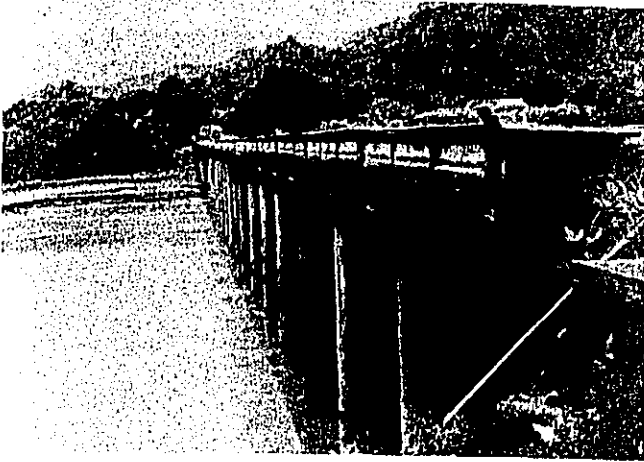
写真-7.4.10 クバング橋 (L-2)



(11-a) アプローチ部が沈下

(11-b) 橋台の杭が破壊、仮支柱の設置

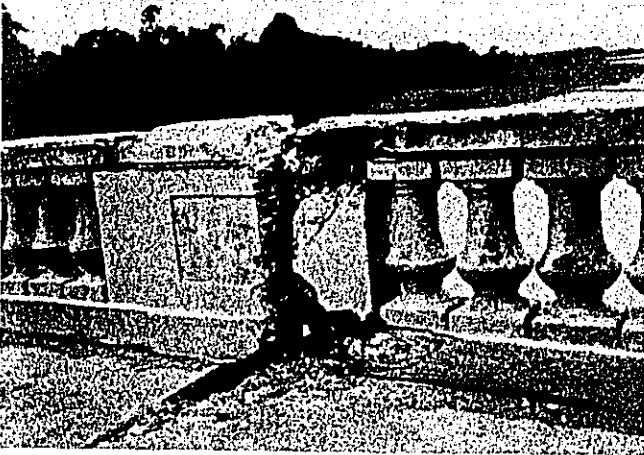
写真-7.4.11 タボラ橋 (L-3)



(12-a) 古い RC の桁橋である

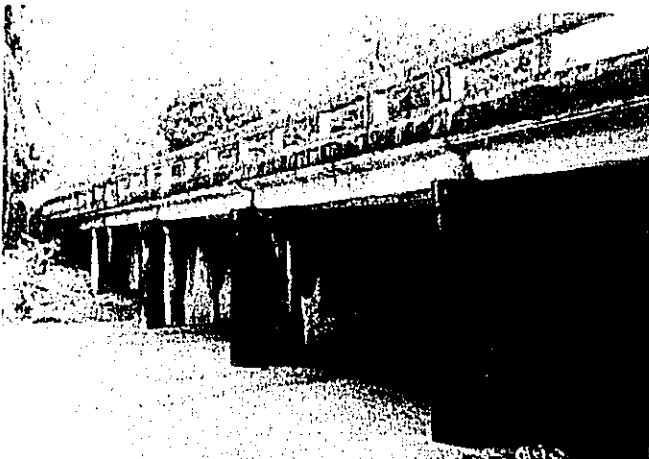


(12-c) 橋台躯体部が破壊

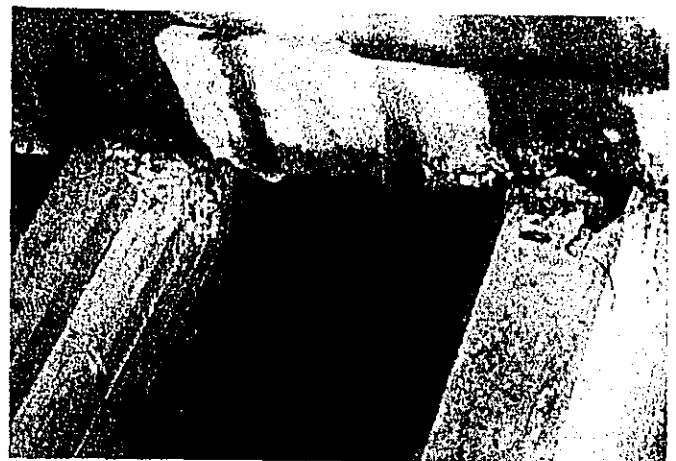


(12-b) 桁と桁が激しく衝突して高欄を損傷

写真-7.4.12 クリティカルな状況にある  
アリンガイ橋 (L-4)

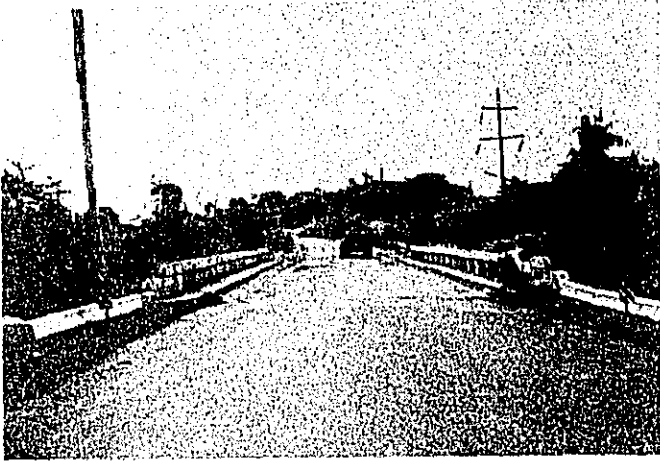


(13-a) 支承縁端部のコンクリートがかけ落ち



(13-b) 桁及び下部工の損傷大

写真-7.4.13 落橋の恐れのあるカバ橋 (L-5)

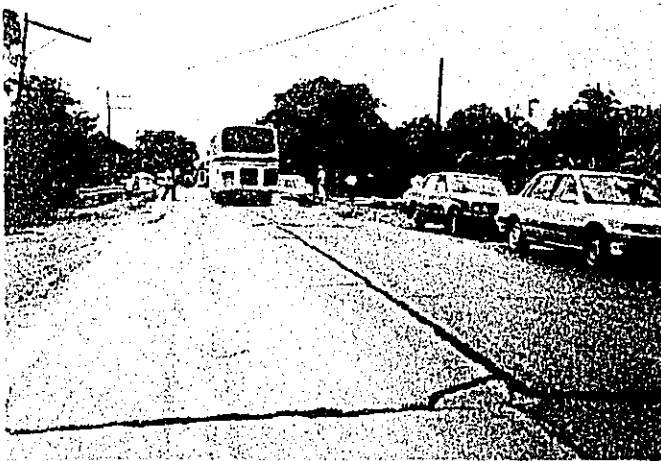


(14-a) アプローチ部が沈下

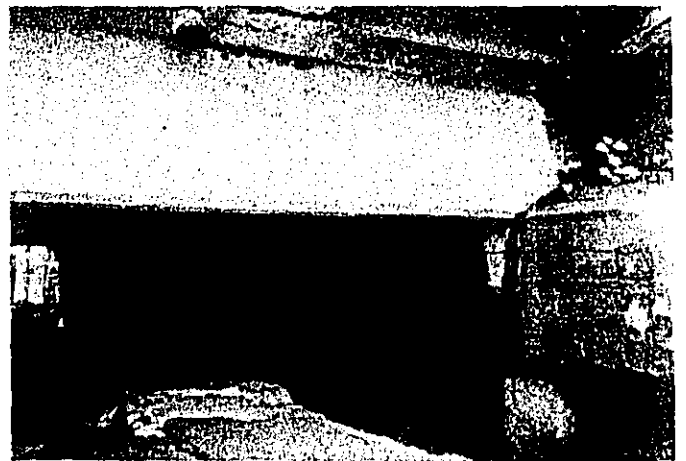


(14-b) 橋台の裏込めが崩落  
(応急復旧されている)

写真-7.4.14 パニノース橋 (L-9)



(15-a) アプローチ部が沈下



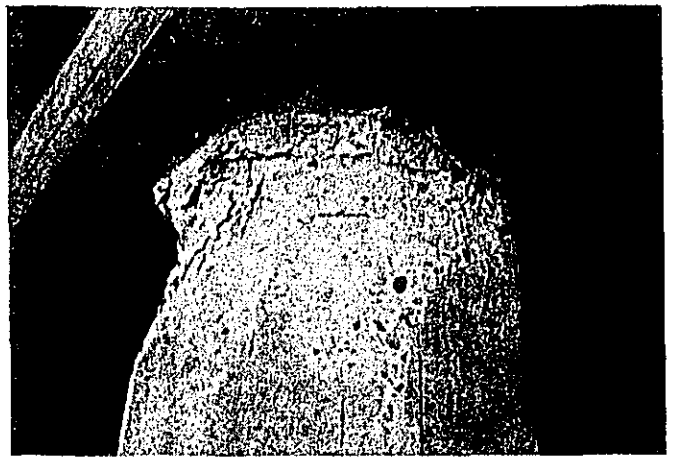
(15-b) 杭体が破損

写真-7.4.15 プリンシペ橋 (L-10)

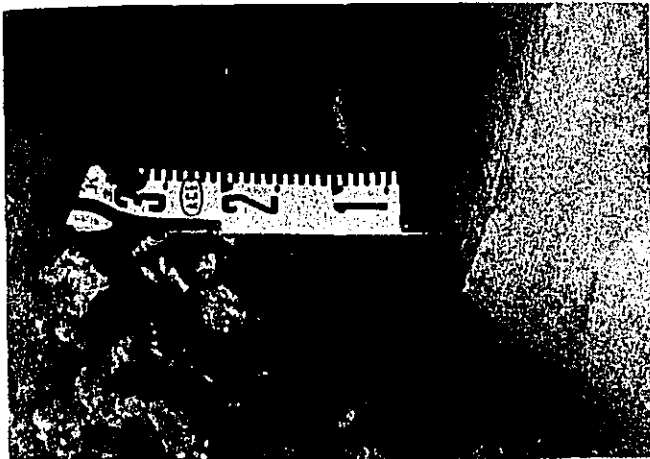




(16-a) パイルベント橋脚



(16-b) すべての杭頭部が損傷を受けている。

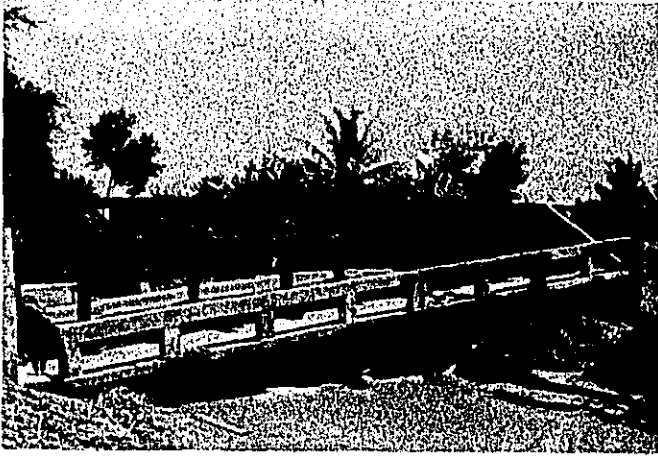


(16-c) 杭が水平方向に大きく振動

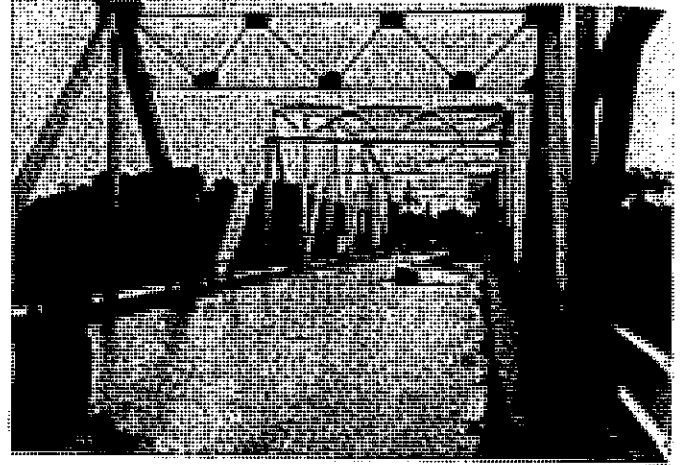


(16-d) 桁が橋台に衝突

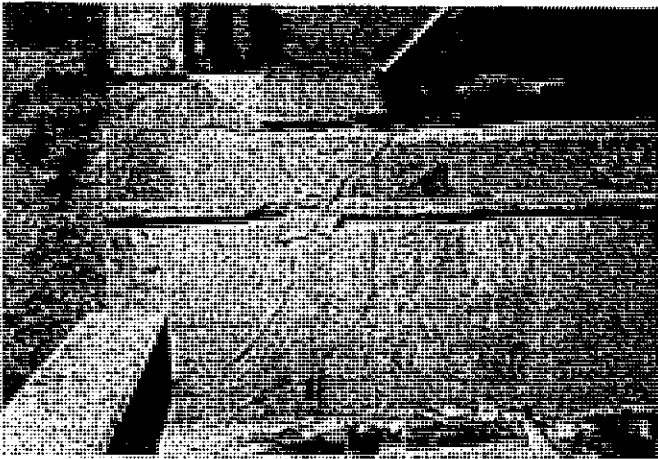
写真-7.4.16 ラボン橋 (L-11)



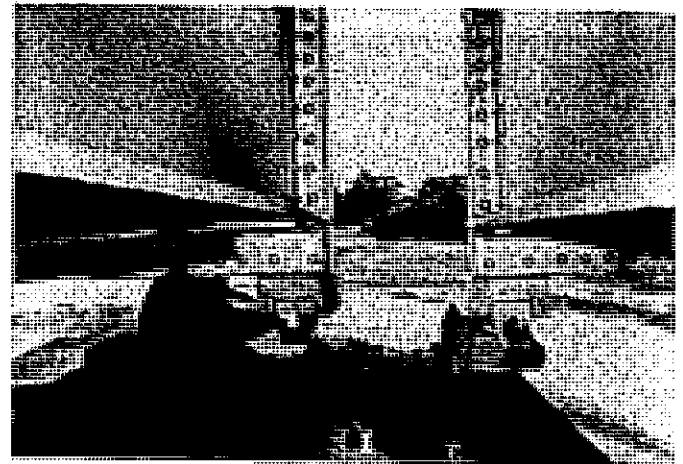
(17-a) 落橋したスパンの上に仮橋設置



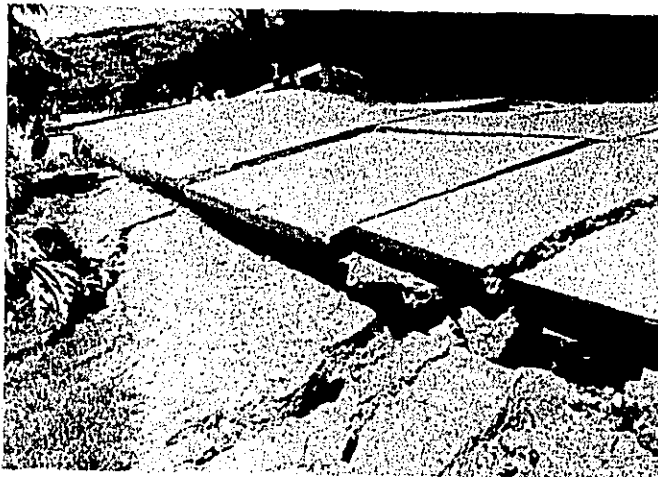
(18-a) 床版補修中



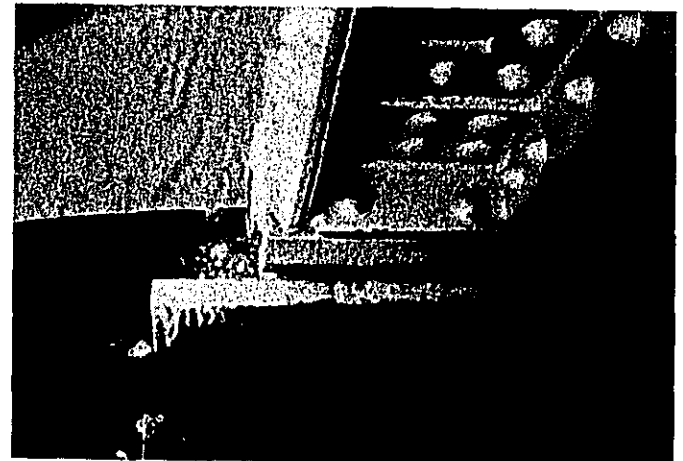
(17-b) 破壊した橋台躯体



(18-b) 可動柵がはずれて落橋寸前



(17-c) 破壊したアプローチ部の舗装



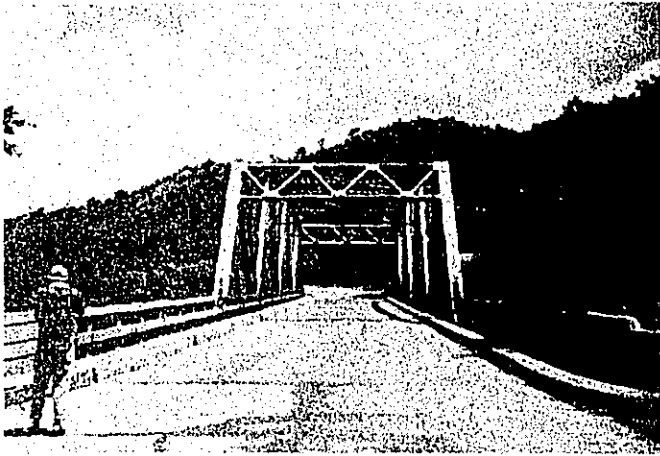
(18-c) 同じ可動柵

写真-7.4.17 落橋したマニクラ橋 (N-1)

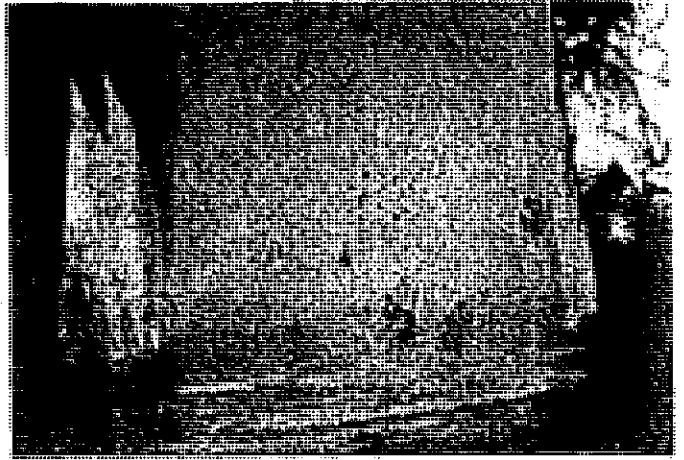
写真-7.4.18 落橋の恐れのあるシクシカン橋 (N-2)



写真-7.4.18 プンカン第2橋 - 大量の流木と土砂が押し寄せ (N-6)

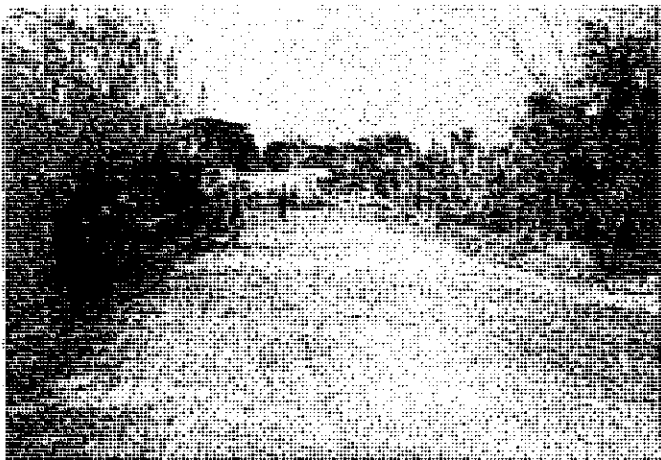


(20-a) 上部工にほとんど被害なし

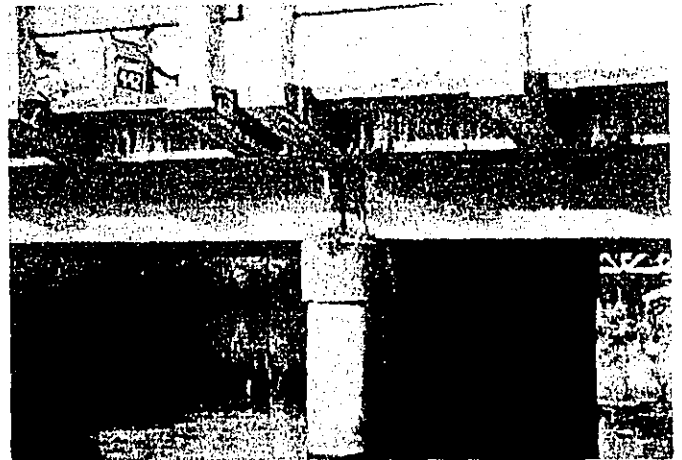


(20-b) 橋脚に大きなクラックが生じる

写真-7.4.20 ディグディグ橋 (N-9)



(21-a) アプローチ部が 20 程度沈下



(21-b) 桁端にせん断クラック発生



(21-c) 近くの建物が沈下

写真-7.4.21 サンインドロ橋 (T-1)



(22-a) 桁と桁との衝突により桁端に損傷あり。  
橋脚に被害はない模様

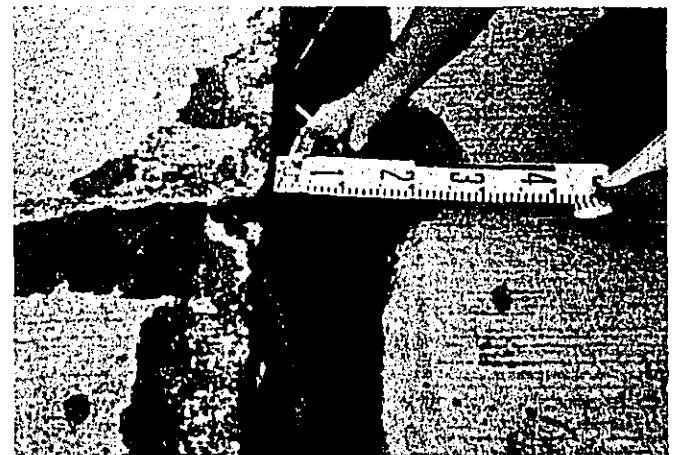


(22-b) アプローチの盛土部（両側）が崩壊

写真-7.4.22 コジュアンコ橋 (T-2)



(23-a) エクspansion・ジョイントが 90cm  
橋軸方向にずれる



(23-b) エクspansion・ジョイントが 20cm 開く

写真-7.4.23 ガンダバ高架橋 (PAN-1)

カルメン橋のP 1 1 橋脚の補修に関する設計概要

(DPWHの設計図書による)

A. 適用基準

1. AASHTO, 第12版, 1977.
2. アメリカ鋼構造協会INC (AISC), 1980.
3. 高速道路および橋梁に関する政府標準示方書, 改訂版, 1972.
4. アメリカ溶接協会 (AWS)

B. 設計荷重

1. 死荷重

- |           |                        |
|-----------|------------------------|
| a) コンクリート | 23.6 kN/m <sup>2</sup> |
| b) 構造用鋼材  | 77.0 kN/m <sup>2</sup> |
| c) 後死荷重   | 1.05 kPa               |

2. 活荷重

M18 (H20-44) (アメリカの自動車荷重を用いる)

3. 地震力

10% (死荷重+活荷重/2)

C. 材料および設計応力度

1. コンクリートの最小極限圧縮強度 (28日)

- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| a) フーチング, 躯体 (クラスA) | $f_c' = 20.70$ MPa         |
| b) スラブ, 側道 (クラスD)   | $f_c' = 27.58$ MPa         |
| c) PC杭              | $f_c' = 34.5$ MPa          |
|                     | プレストレス時 $f_c' = 27.58$ MPa |

2. 構造用鋼材 (ASTM A-36 または AASHTO-077 M183)

$f_y = 248.2$  MPa,  $f_t = 137.90$  MPa

3. 高力ボルト (ASTM A-325)

4. 鉄筋コンクリート用棒鋼 (ASTM A-61E グレード40)

$f_y = 275.8$  MPa,  $f_s = 137.90$  MPa

5. PCより線 (ASTM A-416,  $\phi 12.7$ mm, グレード270)

$f_y' = 1862$  MPa

6. 工場溶接 (電極 E70XX)

$f_u = 482.6$  MPa

D. 基礎

1. プレストレストコンクリート杭 400mm×400mm, 杭長16 m
2. 支持力 880kN (90t) (試験杭により確認)
3. 施工法 打ち込み (杭頭に鋼製キャップをつける)

E. 接合材

接合は高力ボルト (ASTM A-325) による。φ7/8inch

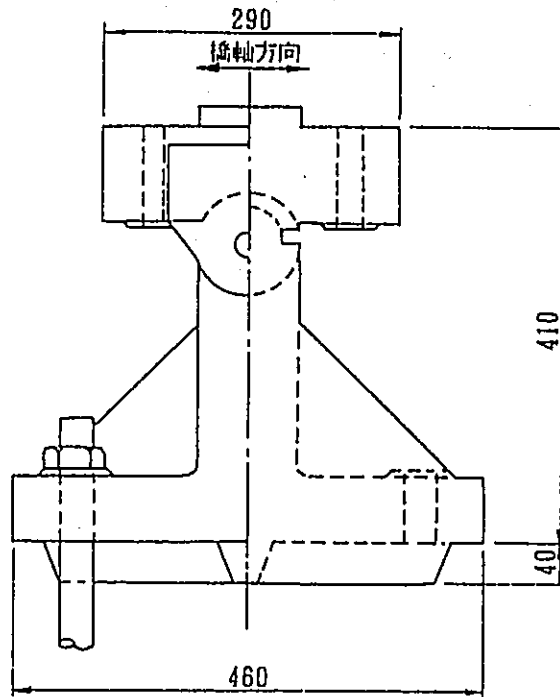
F. 塗装

a) 工場塗装: RED LEAD および TINTED RED LEAD

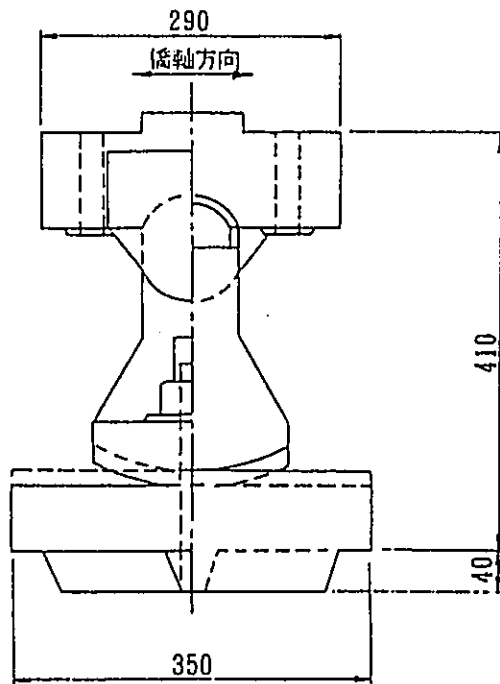
b) 現場塗装: アルミニウムおよび TINTED

ただし、鋼材が互いに接した部分およびコンクリートと接した部分は塗装しない。

G. 支承構造 (図一参 7. 4. 1)



固定沓 (アンカーボルト 4本)



可動沓 (アンカーボルト 2本)

支承構造 (図一参 7. 4. 1)



参考資料一 7.4.4.1 2  
表一 参 7.4.4.1 1

重大な被害橋梁の復旧に要する工事費の概算見積りの総括(案)

単位 (NP)百万ペソ

橋名	復旧工費	応急復旧	本格復旧	応急復旧+本格復旧	備考
P-1 シソン (カルメン) 橋		7.3	57.4	64.7	
P-2 カルポ橋		2.6	7.1	9.7	
P-3 マグサイサイ橋		1.4	23.8	25.2	
P-5 エンバカデロ橋		0.9	(25.3) 6.7	(26.2) 7.6	( )は橋梁全体を新設
L-2 クバング橋			1.7	1.7	
L-3 タボラ橋			4.9	4.9	
L-4 アリンガイ橋			(50.6) 7.7	(50.6) 7.7	( )は橋梁全体を新設
L-5 カバ橋		0.6	(14.2) 2.0	(14.8) 2.6	( )は橋梁全体を新設
L-11 ラボン橋			0.7	0.7	
N-1 マニクラ橋			2.2	2.2	
N-2 シクシカン橋		(2.8) 0.2	2.8	(5.6) 3.0	( )は仮橋を建設
合計		(15.6) 13.0	(190.7) 117.0	(206.3) 130.0	

注 1) 換算レート: 1 ペソ (P) = 6 円 (Aug. '90)

注 2) 本表の数字は、締切等の仮設費を含まないなど、かなりの誤差を含むことを前提に算出したものである。

表一 参 7 . 4 . 2 工事費の見積りの内訳

(1/3)

MP:百万ペソ

	応 急 復 旧	本 格 復 旧	備 考
P-1 シンソン橋 (カルメン)	仮橋 (l=200m) 200m×17,000 P/□ = 3.4 MP パイルベント 5基×180,000 P/基 = 0.9 " 上部ジャッキアップ 10脊×300,000 P/脊 = 3.0 " 7.3 MP	撤去工 (6径間 上部工, 下部工) 4.4 MP 上部工 (8径間 PC桁橋) 28.0 " 下部工 (橋台1基, 橋脚7基) 22.4 " 仮設工一式 2.6 " 57.4 MP	・場所打ちぐい (φ2.0) を使用 ・7径間は現橋のトラスを使用 ・8径間は新設のPC桁 (38.5m) を使用 ・応急橋は40×40のRCぐい
P-2 カルボ橋	仮橋 (l=150m) 150m×17,000 P/□ = 2.6 MP	橋脚2基の再建設 2基×2,800,000 P/基 = 5.6 MP 上部工のジャッキアップと仮支柱 5脊×300,000 P/脊 = 1.5 " 7.1 MP	・場所打ちぐい (φ2.0) を使用 ・橋脚はフーチング付きとする ・上部工 (トラス) は再使用
P-3 マグサイサイ橋	仮橋 (l=80m) 80m×17,000 P/□ = 1.4 MP	4030m = 120m のPC橋の建設 上部工 4Span×2,400,000 P/Span = 9.6 MP 下部工 橋台2基×2,900,000 P/基 = 5.8 " 橋脚3基×2,800,000 " = 8.4 " 23.8 MP	・場所打ちぐい (φ2.0) を使用 ・上部工はスパン30mのPC橋を使用 ・上, 下部工ともにかかけかえ

	応急復旧	本格復旧	備考
P-5 エンバカデロ橋	仮支柱 6カ所×150,000 P/カ所 = 0.9 MP	沓度の補強 1 基×94,000 P/基 = 1.0 MP 増ぐい 1320㎡×1,500 P/㎡ = 2.0 " フーチング 7 基×188,000 P/基 = 1.3 " 橋台 2 基×1,200,000 P/基 = 2.4 " 6.7 MP	・橋脚は、沓座、フーチングの補強 ・沓座、杭の補強、フーチングを新設 ・橋台は逆T式を新設 ・新設橋梁工事費 25.3 MP
L-2 クバング橋	既に応急処置として仮支柱が設置されている	橋台 (A1) の建設 1 基×1,400,000 P/基 = 1.4 MP 上部工のジャッキアップと仮支柱 = 0.3 " 1.7 MP	・橋台は逆T橋台で40×40のRCぐい使用し、全部新設とする ・上部工はジャッキアップをして現橋を使用する
L-3 タボラ橋	既に応急処置として仮支柱が設置されている	橋脚 P1, P2 の建設 2 基×925,000 P/基 = 1.9 MP 橋台 (A1, A2) の新設 2 基×1,200,000 P/基 = 2.4 " 上部工のジャッキアップと仮支柱 = 0.6 " 4.9 MP	・橋脚、橋台共に新設で40×40のRCぐいを使用 ・上部工はジャッキアップをして現橋を使用
L-4 アリンガイ橋	既にA1橋台側は応急処置として仮支柱の工事が施工中	沓度の補強 2 基×94,000 P/基 = 2.1 MP 増ぐい 2500㎡×1,500 P/㎡ = 3.8 " フーチング 2 基×188,000 P/基 = 0.4 " 橋台 (A1) の建設 1 基×1,400,000 P/基 = 1.4 " 7.7 MP	・23 Spans, 橋長 253.0m ・P-5 の備考と同様の補強 ・新設橋梁工事費 50.6 MP

	応急復旧	本格復旧	備考
L-5 カバ橋	仮支柱 4カ所×150,000 P/カ所 = 0.6 MP	沓座の補強 (4+1橋台) 基×94,000 P/基 = 0.5 MP 増ぐい 460㎡×1,500 P/㎡ = 0.7 " フーチング 4基×188,000 P/基 = 0.8 " 2.0 MP	・ P-5の備考と同様の補強 ・ 橋長71.0m ・ 新設橋梁工事費 14.2 MP
L-11 ラボン橋	交通規制のみ	脚柱頭部補強 2基×200,000 P/基 = 0.4 MP (仮支柱含む) 上部桁端部補強 2カ所×150,000 = 0.3 MP 0.7 MP	・ 柱頭部の補強
N-1 マニクラ橋	既に応急橋が設置されている	橋台 (A1) の撤去および新設 1基×1,900,000 P/基 = 1.9 MP 上部工のジャッキアップと仮支柱 = 0.3 " 2.2 MP	・ 上部工再使用可 ・ 橋台A1は撤去し、同じ位置に新設 (耐震構造)
N-2 シクシカン橋	仮支柱 1カ所×225,000 P/カ所 = 0.2 MP (仮橋 (1=150㎡) 150×17,000 P/㎡ = 2.6 ")	橋梁撤去工 1基 400,000 = 0.4 MP 橋梁新設工 1基 1,600,000 = 1.6 MP ジャッキアップ一式 300,000 = 0.3 MP トラス部材補強一式 500,000 = 0.5 MP 2.8 MP	・ 上部工を仮支柱で支持し、下部工の撤去および新設を行う ・ 上部工は一部修繕してよいため、補強後再使用

## 7. 5 河川・ダム

### 7. 5. 1 被災状況

今回の地震による河川・ダムの被害について、アグノ川水系とパンパンガ川水系の施設を主体に調査した。図7. 5. 1に調査ダム及び河川の被災範囲と主要調査地点を示す。

また、我々の現地調査と関係者からの聞き取り調査、及びDPWHのアグノ川洪水防御事務所、同じくパンパンガ川洪水防御事務所が別途行った被災調査結果から今回の地震による河川及びダムの被災状況を整理すると表7. 5. 1に示す通りである。

### 7. 5. 2 河川の被害状況

アグノ川水系においては広範に亘る河川施設の被災が見られた。土堤の天端亀裂、堤体の沈下及び滑りが顕著であり、著しいものは崩壊に至っていた。また、パラペット堤防や護岸にも亀裂や崩壊が見られた。

パンパンガ川水系は、それ程被災箇所はなかったが、アラヤット山付近の土堤に欠壊寸前の崩落が見られたのが目立った。

なお、水門等には目立った被害はなく、操作にも支障が出ていない。

以下に現地調査箇所毎の被災状況を記す。

#### (1) アグノ川支川ターラック川（パニキ地点、表7. 5. 1のIのNo.1及びNo.3）

堤高5～6mの土堤の天端に大きく亀裂が入り、滑り崩壊を起こしていた。堤体材料は主として細砂である。一部に土壌積みをして応急復旧をしている所があった。

パラペット護岸は、骨材に玉石を多く用いた無筋コンクリート製であり、基礎も地山にそのままのっている状態であった。破壊の程度は大きかったが、川側前面に捨石による根固め工を施した箇所の被害は軽微か無被害であった。

なお、河岸の第6号水位観測所が傾き、導水管が破壊された。（図7. 5. 2，写真7. 5. 1～7. 5. 5）

#### (2) アグノ川（ヴィラシス～バヤンバン地点、表7. 5. 1のIのNo.10）

堤高5～6mの土堤の天端に多くの亀裂が見られ、全体に約1m沈下しているものや、滑り崩壊しているものもあった。滑りの方向は堤内、堤外の地盤高の相対的に低い方へ滑っていた。堤体材料はシルトが主体のようである。

また、近くのカルボ橋は左岸側で落橋しており、右岸アバットも大きなせん断亀裂が生じ、これに連なるパラペット堤防にも亀裂や沈下の被災が見られた。（図7. 5. 3，写真7. 5. 6～7. 5. 8）。

(3) アグノ川 (バヤンバン～ウルピットノド地点、表7. 5. 1のIのNo.11)

堤高5 m位の土堤天端に斜めのクラックが幾条にも走り、滑りにより大きく崩落している箇所が見られた。

現地で崩れるのを見た主婦によると、激しい横揺れがあり、亀裂が開いてから滑ったと言う。

堤防の両側は共に湿地帯であり地盤条件の非常に悪い所である。(図7. 5. 4, 写真7. 5. 9～7. 5. 11)。

(4) ダグバン市内の河川 (表7. 5. 1のIのNo.24)

ダグバンは、液状化の激しかった所であり、市内河川のバラベツト護岸も大きく被害を受けた。中には水面以下に埋没する程沈下したものもあり(写真7. 5. 12の対岸側)、また法止め工に30フィートのコンクリートパイルによる基礎杭を施し、かつ控えのコンクリートブロックにアンカーを取っていたバラベツト護岸も液状化で被害を受けていた。(写真7. 5. 12, 7. 5. 13)。

(5) パンパンガ川 (アバリット～アラヤット地点、表7. 5. 1のIIのNo.4)

アバリット町内の水衝部にあたる部分に施工された鋼矢板護岸(矢板の長さ30フィート)が川側に倒れる被害を受けた。

(6) パンパンガ川 (アラヤット～ガピアオ地点、表7. 5. 1のIIのNo.5)

アラヤット山の麓でパンパンガ川の水衝部にあたる箇所で、土堤の亀裂崩壊があり、堤体の1/3程を残して欠壊寸前の状態にあった。被災箇所のすぐ上流側で水制の施工が緊急に行われており、被災箇所を含めて4基施工予定とのことであった。

土堤の堤高は約6 mであるが、川側は深掘れしており、相当の水深があると思えた。

なお、堤体材料はシルトである。(写真7. 5. 14～7. 5. 16)。

### 7. 5. 3 ダムの被災状況

ダムは、アグノ川水系のアンブクラオダムとピンガダム及びパンパンガ川水系のパンタバンガンダムコンプレックス(パンタバンガンダム, アヤダム, マシワイダムよりなる)とアンガットダムを調査した。

ダムの被害も著しく、アンブクラオダム, ピンガダム, マシワイダム等で堤体天端の亀裂や沈下, 堤体法面の浅い滑り等が認められた。

しかし、いずれのダムも老朽化しており維持管理が十分でない模様で、地震によらないと考えられる変状も多く見受けられた。

調査したダムの諸元一覧表を表7. 5. 2に示す。いずれのダムもフィルタイプダムで

あるが、逆調ダムであるマンワイダムを除くと全て100mを越すハイダムである。

以下にダム毎の被災状況を記す。(表7.5.2)。

(1) アンブクラオダム(図7.5.5, 7.5.6, 表7.5.1のⅢのNo.1~6)

- 1) 堤体の堤頂部に亀裂が発生したが、既にブルドーザーにより天端敷均しが行われていたため(写真7.5.17)、確認することはできなかった。
- 2) 堤体天端の沈下は約50cmであり、不等沈下のため天端が被打っているのが見られた。(写真7.5.18~7.5.19)
- 3) 堤体上流法面に数条の亀裂が見られ、浅い滑りを起こしていた。(写真7.5.20~7.5.22)
- 4) 堤体と余水吐の間にあるセパレートウォールの擁壁の一部に伸縮継目の開口が見られた。(写真7.5.23)
- 5) 堤体下流法面は安定しているように見えた。(写真7.5.24)
- 6) 余水吐にも被災は認められなかった。
- 7) 余水吐左岸側の切土面を始め、ダム周辺の斜面に多くの滑りが発生した。(写真7.5.25)
- 8) ダム直下の送電ヤードが背後斜面の滑り崩壊により被災した。(写真7.5.26)
- 9) 堤体からの漏れ量の変化についてはデータ解析中で把握できなかった。

(2) ビンガダム(図7.5.7~7.5.8, 表7.5.1のⅣのNo.1~5)

- 1) 堤体堤頂部に幅10~20cmに及ぶ多くの深い亀裂が発生した。特に天端の中央から左岸寄りにかけて、主として上流側に大きな亀裂が見られた他、天端の上下流法肩には全長にわたって亀裂が見られた。(写真7.5.27~7.5.29)
- 2) 堤体堤頂部の余水吐寄りに幅1~2cmの横亀裂が数条見られた。
- 3) 堤体沈下は見た目には分からなかった。
- 4) 堤体下流法面の工事用に使われた道路に法崩れが生じた他は下流法面に被害はない。(写真7.5.30)
- 5) 堤体上流法面のリップラップは安定しているように見えた。(写真7.5.31)
- 6) 余水吐は第2ゲートが操作不可になった他は被災はなかった。
- 7) 左右兩岸のアバット付近を主体に、貯水池周辺に多くの地すべりが見られた。

但し、余水吐左岸の切土面は地震の前の1988年に既に図7.5.9に

示すような崩壊を生じていた。(写真7. 5. 32, 7. 5. 33)

- 8) 堤体漏水は地震前後で異常と思われる変化は示していないとのことであった。
- 9) 発電施設関係にも被災はないとのことであった。
- 10) なお、地震前の1988年2月の堤体断面の測量結果を図7. 5. 10に示すが、既に相当の沈下等が見られる。

(3) パンタバンガンダム(図7. 5. 11~7. 5. 14、表7. 5. 1のVのNo.1~10)

- 1) パンタバンガンダム堤体の左岸側堤頂部に0.2~0.5mの沈下が見られた。(写真7. 5. 34)
- 2) パンタバンガンダム堤体の上下流法面は安定していた。(写真7. 5. 35, 7. 5. 36)
- 3) パンタバンガンダムへの道路に地すべりが発生し、ふとん籠により応急対策を講じていた。(写真7. 5. 37)
- 4) 取水塔からの圧力水が吸気管バルブと吸気管の継目のフランジ部分から激しく漏水しており、その量は毎分 $2\text{ m}^3$ 前後と推定された。(写真7. 5. 38, 7. 5. 39)
- 5) アヤダムについては余水吐も含め特に被災は見られなかった。(写真7. 5. 40)
- 6) マシワイダムはパンタバンガンダムの逆調ダムであるが、堤高が24mと低いにも関わらず、かなりの被害が発生した。
- 7) マシワイダム堤体天端に最大2.5mの深さの亀裂が発生し、坪堀をして観測を行っていた。(写真7. 5. 41, 7. 5. 42)
- 8) マシワイダム堤体天端は0.5~1m程沈下した。(写真7. 5. 43)
- 9) マシワイダム堤体の上下流法面には滑りが幾つか発生しており、はらみ出しも見られた。(写真7. 5. 44, 7. 5. 45)
- 10) マシワイダムの余水吐に被害はなかった。
- 11) 余水吐右岸側の河岸護岸に亀裂が見られた。(写真7. 5. 46)
- 12) マシワイダムにはゲート付コンクリート余水吐の他に、左岸側に天端高を5m低くしたヒューズ堤と呼ばれる土堤の余水吐が設けられており、このヒューズ堤の天端に亀裂と沈下が、またヒューズ堤の上流法面に滑りが見られた。(写真7. 5. 47)
- 13) パンタバンガンダムからの下流の農業用水路である第1号分水路(リサール付近)と、ここに架かっている橋梁及びその前後の舗装道路が大きな被



害を受けた。(図7. 5. 16, 写真7. 5. 48, 7. 5. 49)

- (4) アンガットダム(図7. 5. 17, 7. 5. 18, 表7. 5. 1のVIのNo.1~4)
- 1) 堤体天端には沈下, 亀裂共, 見られなかった。(写真7. 5. 50)
  - 2) 堤体の上下流法面にも被災はなかった。(写真7. 5. 51)
  - 3) 旧バッチャープラントへ行く途中の斜面に滑りが生じた。
  - 4) 時間の都合で現場を見るができなかったが, ペンストックからの漏水, 主ダムから東へ約3 Kmの所にある副ダム堤体からの漏水の増加, 副ダムへの道路に滑りが生じたと言うことである。
  - 5) アンガットダム堤体下部に設置されていた地震計は, 修理のため地震時には取外されていた。

#### 7. 5. 4 復旧への提言

##### (1) 河川施設の応急復旧

- 1) 堤防については, 亀裂や沈下, 滑り等の変状の程度を調べた後, 被災状況に応じて表7. 5. 3に示す応急復旧を施工する。  
いずれにしても, 応急復旧段階では土嚢積が有効であり, 速やかな対応が望まれる。
- 2) パラペット堤防についても被災部分に対する土嚢積が有効である。
- 3) 護岸や水衡部河岸の被災については土嚢積を施工する。洗堀が激しい場所には, 蛇籠の利用や流向を変えるために水制の施工を考える。

##### (2) 河川施設の本復旧

- 1) 堤防については, 被災状況に応じて表7. 5. 4に示す本復旧を施工する。  
なお必要に応じ, 護岸, 止水矢板による改良復旧を行うことが望ましい。
- 2) パラペット堤防については, 再施工または被災部分の補修・補強を行う。
- 3) 護岸や水衡部河岸については, 再施工または補強・補修を行うと共に, 前面への石あるいはコンクリートブロックの捨て込みによる根固め工を施工することが望ましい。

(3) ダムの応急復旧

- 1) 亀裂の生じた箇所については、雨水の浸透を防止するため、ビニールシートや土嚢積でその部分を覆うと共に、亀裂の位置、幅、深さを坪堀りにより確認する。  
この際、予め石灰水を亀裂に注入しておくこと調査に便利である。
- 2) 沈下に対しては、原形の高さを維持するため、土嚢積もしくは盛土を行う。
- 3) 堤体法面の崩壊に対しては、被災部分に土嚢積みを施工するほか、滑りが助長される恐れのある場合には押えの土嚢積や蛇籠の布設を行う。
- 4) リップラップの損壊については損壊部分に土嚢積を行う。
- 5) 漏水量の増大が認められる場合には、極力貯水位の低下に努める。

(4) ダムの本復旧

- 1) ダムは重要構造物であるので、本復旧にあたっては、被災状況を十分に把握しておくことが大切である。  
即ち、堤体形状の変化、堤体漏水量の変化等を目視だけでなく、測量、観測によって確認しておくことが重要である。
- 2) 亀裂に対しては河川堤防の場合と同様、変状の生じた部分の掘削を行い、再度盛土締固めを行う。  
亀裂がコアにまで及んでいる場合には、当該部分のコアの補修を行う必要がある。
- 3) 沈下に対しては、亀裂を補修した後、もとの高さまで盛土を行う。  
沈下がコアにも及んでいる場合には、コアについても元の高さまで復旧する必要がある。
- 4) 堤体法面の崩壊に対しては、本体との一体性に留意して原形に盛土して復旧させる。  
なおこの際、堤体材料の現状における内部摩擦角や粘着力等の試験を行い、地震力を勘案した滑りに対する堤体の安定性についても再度検討を行い、もし安定性に欠けるならば所要の勾配に改善することも必要であろう。
- 5) リップラップの損壊に対する補充を行う。なおリップラップ材はやや小さい嫌いがあり、波浪の浸食に耐えられないように見受けられたので、もっと大きな材料を使うことが必要ではないかと思われる。
- 6) 貯水池周辺の斜面、特に余水吐工事のために掘削された切土面に見られた崩落部分については、必要に応じコンクリート吹付を施工することが望ましい。

(5) その他

河川災害の応急復旧や本復旧、あるいは通常の河川工事において、蛇籠工は非常に有効な手段であるので、その活用がはかれることが望ましい。

また、ダムにおいては特に維持の良し悪しが被災の程度に影響を与えるので、その万全を期すべきものと思われる。

Table 7.5.1.1 Damage Inventory on River Structures and Dams (1/8)

Name of River/Dam	Location			Extent of Damage	Name of personnel accompanied/ interviewed	Authority in Charge	Remarks
	No.	City/Town	Province				
I. Agno river 1.1 Tarlac river	*1 ①	Ranga-ayan, Paniqui (Tarlac RCP)	Tarlac	III	Concrete revetment (depression of about 1.0 m, 1-500 m)	Mr. J. H. Rigor (Project Manager of AFCS)	*2 AFCS (DPWH)
	2	Gerona, Paniqui & Monoada (Tarlac RCP)	- do -	- do -	Earth dike (depression with large cracks, 1-21.8 km)		
	③	Gerona, Paniqui & Monoada (Tarlac RCP)	- do -	- do -	Earth dike (depression with large cracks, 1-25 km)	Mr. F.D. Ginez (Engineer IV)	
	4	Sina it (Tarlac RCP)	- do -	- do -	Concrete revetment (depression)	Mr. A. Cayabyab	
	5	Salapungan, Agase and Sta Cruz (Tarlac RCP)	- do -	- do -	Earth dike and revetment (depression of about 1.5 m & large cracks along the rip-rap, 1-5.2 km)		
	6	San Isidro (Tarlac RCP)	- do -	- do -	Side slope and headwall (large cracks)		
	1.2 Agno river	7	San Jose, Urdaneta (Mitura RCP)	Pangasinan	I	Concrete revetment (1-90 m)	
		8	Viray - Depalo earth dike, Tayug, Mutividad	- do -	- do -	Earth dike (depression of about 2 m with large cracks, left 1-9.77 km, right 1-9 km)	
		9	Viray - Depalo earth dike, Bantog, San Quintin	- do -	- do -	Earth dike (depression of about 2 m with large cracks, 1-5.2 km)	
		⑩	Villasis - Bayambang earth dike, Macayo Gua Isic, Caranglaan, Atayuan	- do -	- do -	Earth dike (large cracks & depression of about 1.5 m, 1-8.4 km)	

Remarks: \*1: ⑩ sites inspected by the Japanese Expert Team  
\*2: Agno River Flood Control System Office

Table 7.5.1 Damage Inventory on River Structures and Dams (2/8)

Name of River/Dam	Location			Extent of Damage	Name of personnel accompanied/interviewed	Authority in Charge	Remarks
	No.	City/Town	Province				
1.2 Agno river (Continued)	11	Bayambang - Urbiztondo earth dike, San Carlos City	Pangasinan	I	Earth dike (large cracks, 1-32 km with exceptions)		
	12	Anulid - Bautista earth dike, Bautista	- do -	- do -	Earth dike (depression of about 2 m with large cracks, 1-5.82 km)		
	13	Villasis - Bayambang earth dike, Puelay Villasis	- do -	- do -	Earth dike (large cracks & depression of about 1 m, 1-60 m)		
	14	Asingan - San Manuel earth dike, Asingan San Manuel	- do -	- do -	Earth dike (heavily damaged, 1-300 m)		
	15	Sta. Tomas	- do -	- do -	Earth dike and concrete revetment (1-7.6 km with exceptions)		
	16	Aicala	- do -	- do -	Earth dike and boulder dike (depression of about 1.5 m, 1-200 m)		
	17	Sta. Maria - Tayug earth dike	- do -	- do -	Earth dike (cracks & depression of about 1 m, 1-12.06 km with exceptions)		
	18	Villasis - Alingan earth dike	- do -	- do -	Earth dike (large cracks, 1-3.05 km)		
	19	Bayambang	- do -	- do -	Concrete revetment (1-60 m)		
	20	Umingan (Banila RCP)	- do -	- do -	Earth dike (large cracks & depression of 1 m, 1-8.82 km with exceptions)		
	21	Balungao (Banila RCP)	- do -	- do -	Earth dike (partially damaged)		

Table 7.5.1.1 Damage Inventory on River Structures and Dams (3/8)

Name of River/Dam	Location				Extent of Damage	Name of personnel accompanied/interviewed	Authority in Charge	Remarks
	No.	City/Town	Province	Region				
1.3 Allied rivers	22	Binalonan (Tagamusing RCP)	Pangasinan	I	Concrete revetment (large cracks)			
	23	San Fabian (Cavanga RCP)	- do -	- do -	Concrete revetment (heavily damaged, l=180 m)			
	24	Dagupan (Pantal RCP)	- do -	- do -	Concrete revetment (heavily damaged, l=113 m)			
	25	Banday, San Fabian (Bued RCP)	- do -	- do -	Concrete revetment (large cracks, l=256 m)			
	26	Alamines, Cabatuan, Balangobong (Cabatuan RCP)	- do -	- do -	Concrete revetment (partially damaged)			
	27	Calasiao (Marusay RCP)	- do -	- do -	Bank protection (partially damaged, depression of about 0.5 m)			
	28	Mangaldan (Angalacan RCP)	- do -	- do -	Boulder spur dikes (partially damaged, depression of about 0.5 m)			
	29	San Jacinto (Abeloleng & Angalacan RCP)	- do -	- do -	Boulder spur dikes (depression of about 2 m)			
	30	Nalsian, Calasiao (Marusay RCP)	- do -	- do -	Gravity wall (partially damaged, l=85 m)			
	31	Pias, Mampandan (Abeloleng RCP)	- do -	- do -	Boulder spur dikes (partially damaged)			
	32	Sta. Barbara (Sinocaran RCP)	- do -	- do -	Earth dike (partially damaged)			
	33	Banaoang, Tulcao Lus ip, Sta. Barbara (Marusay RCP)	- do -	- do -	Earth dike and spur dikes (partially damaged)			
	34	Sison (Bued RCP)	- do -	- do -	Concrete revetment (partially damaged)			
	35	Cabalitian, Asingan	- do -	- do -	Revetment (partially damaged)			

Table 7.5.1.1 Damage Inventory on River Structures and Dams (4/8)

Name of River/Dam	Location			Extent of Damage	Name of personnel accompanied/interviewed	Authority in Charge	Remarks
	No.	City/Town	Province				
II. Pampanga river	1	Zaragosa and Allaga	Nueva Ecija	III	Earth dike (settled down by about 2 m, l=100 m)	Mr. E.B. Dizon (Project Manager of PRCS)	*
	2	Jaen	- do -	- do -	Revetment (sagged by about 0.3 m, l=25 m)	Mr. R.D. Oroceo (Co-manager)	
	3	Cabiao - San Isidro	- do -	- do -	Spur dike (2 m of scoured)	Mr. N.D. Tolentino (Sr. Civil Engineer)	
	④	Apalit - Alayat set back levee	Pampanga	- do -	Revetment (eroded, l=30 m)		
	⑤	Alayat - Cabiao ring levee	- do -	- do -	River bank (eroded, l=200 m)		
	6	Concepcion	Tarlac	- do -	Dike (eroded, l=300 m)		
	7	Luar	Nueva Ecija	- do -	Dike (eroded)		
	8	Zaragosa	- do -	- do -	Dike (settled down by about 2 m, l=250 m)		

Remarks: \*: Pampanga River Control System

Table 7.5.1 Damage Inventory on River Structures and Dams (5/8)

Name of River/Dam	Location			Extent of Damage	Name of personnel accompanied/ interviewed	Authority in Charge	Remarks
	No.	City/Town	Province				
III. Ambuklao dam 3.1 Embankment  3.2 Retaining wall (sustaining embankment) 3.3 Reservoir  3.4 Switchyard	①	Aгно river	Benguet	I	- Cracks on the dam crest - Settlement of embankment (approximate depth 0.5 m) - Cracks on the upstream slope (H=10 cm, l=30 m near right abutment, under monitoring the movement of cracks by pitting) - Expansion joint (partially damaged) - Landslide (many landslides; occurred around the reservoir, especially at the cut slope of the left abutment) Note: (1) Seepage amount is not yet examined in detail based on the measured record. (2) Damage on hydroelectrical equipment in the power house is under checking. Generation is stopped temporarily from Aug. 2. - Relay equipments damaged due to landslide of the cut slope behind	NAPOCOR	
	②						
	③						
	④						
	⑤						
⑥							



Table 7.5.1 Damage Inventory on River Structures and Dams (6/8)

Name of River/Dam	Location			Extent of Damage	Name of personnel accompanied/ interviewed	Authority in Charge	Remarks	
	No.	City/Town	Province					
IV. Binga dam 4.1 Embankment	①	Agno river	Benguet	I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cracks on the dam crest (it lasts from edge to edge along the dam axis, w=10 cm, d=2 m)</li> <li>- Transverse cracks on the dam crest near the spillway (6 nos., w=2 cm, d=2 m)</li> <li>- Landslides along the road on the downstream slope</li> <li>- Gate No. 2 (radial gate) is not operational.</li> <li>- Landslide (many landslides occurred around the reservoir, especially at the both abutments.)</li> </ul>	<p>Mr. T.O. Delizo (Engineer, Hydro Eng'g Design Division, NAPOCOR)</p> <p>Mr. J.C. Rico (Manager of Binga Hydroelectric Plant)</p>	NAPOCOR	
	②							
	③							
	④							
	⑤							
4.2 Spillway								
4.3 Reservoir								

Table 7.5.1.1 Damage Inventory on River Structures and Dams (7/8)

Name of River/Dam	Location			Extent of Damage	Name of personnel accompanied/ interviewed	Authority in Charge	Remarks
	No.	City/Town	Province				
V. Pantabangan dam		Pampanga river	Nueva Ecija	III	Mr. Domingo (Engineer, NIA Head Office) Mr. J.S. Tolentino (Chief of Dam & Reservoir Division, UPRRIS*) Mr. C.C. Tenorio (Operator of Gates and Valves)	NIA	
5.1 Main dam	①						
5.1.1 Embankment							
5.1.2 Access Road to dam	②						
5.1.3 Diversion Tunnel	③						
5.2 Aya dam							
5.3 Masiway dam	④						
5.3.1 Embankment							
	⑤						
	⑥						
	⑦						
	⑧						
	⑨						
5.4 Irrigation canal	⑩						

Remarks: \* Upper Pampanga River Integrated Irrigation Systems

Table 7.5.1.1 Damage Inventory on River Structures and Dams (8/8)

Name of River/Dam	Location			Name of personnel accompanied/interviewed	Authority in Charge	Remarks
	No.	City/Town	Province			
VI. Augat dam 6.1 Main Dam	1	Augat river (Pampanga river system)	Bulacan	III	NAPOCOR	
6.2 Penstock	②					
6.3 Access road to batcher plant						
6.4 Access road to Dike	3					
6.5 Dike (about 3 km eastward from the main dam)	4					

Data source: (1) Damage survey result by Agno River Flood Control System Office and Pampanga River Control System Office

(2) Site Inspection and interview to the personnels in charge by the Japanese Expert Team

Table 7.5.2 Principal Feature of Existing Multipurpose Dam

NAME OF DAM	RIVER SYSTEM (Stream)	DAH			SPILLWAY			RESERVOIR					POWER		Operation in Charge			
		Crest Elev. (m)	Crest Length (m)	Height (m)	Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Discharge Capacity (m <sup>3</sup> /s)	Hos. of Gate	Gate Height (m)	Gate Width (m)	Drainage Area (km <sup>2</sup> )	Surface Area at NHML (km <sup>2</sup> )	DFWL (Elev) (EIm)	NHML (EIm)	LHL (EIm)		Total Storage (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Installed Capacity (MW)	Commissioning Year
Ambuk lao	Agno (Agno)	758.0	560	129.0	5.8	11,000	8	12.5	12.5	690	7.5	754.0	752.0	700.0	329	75.0	1956.57	NAPOCOR
Binga	Agno (Agno)	586.0	215	107.4	1.9	10,600	6	12.5	12.5	860	1.9	579.5	575.0	555.0	87	100.0	1960	NAPOCOR
Pantabangan	Pampanga (Pampanga)	232.0	1,615	107.0	12.9	4,200	3	10.0	8.0	916	63.1	230.0	221.0	171.5	2,996	100.0	1977	NIA
Hasiway	Pampanga (Pampanga)	135.0	500	24.0	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1977	NIA
Angat	Pampanga (Angat)	221.5	368	131.0	-	5,600	3	15.0	12.5	568	23.0	219.0	212.0	180.0	941	220.0	1967.59	NAPOCOR

REMARKS: DFWL : Design Flood Water Level  
 NHML : Normal High Water Level  
 LHL : Low Water Level

表7. 5. 3 河川堤防応急復旧工法



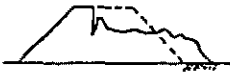
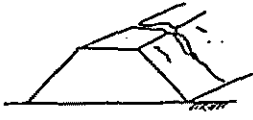
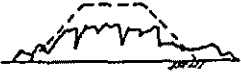

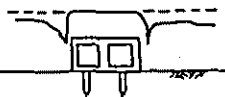

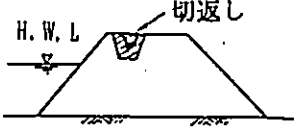

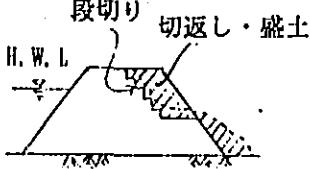
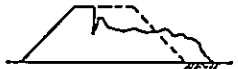
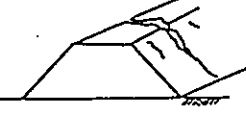

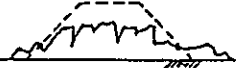
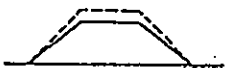
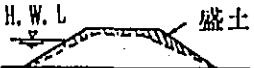
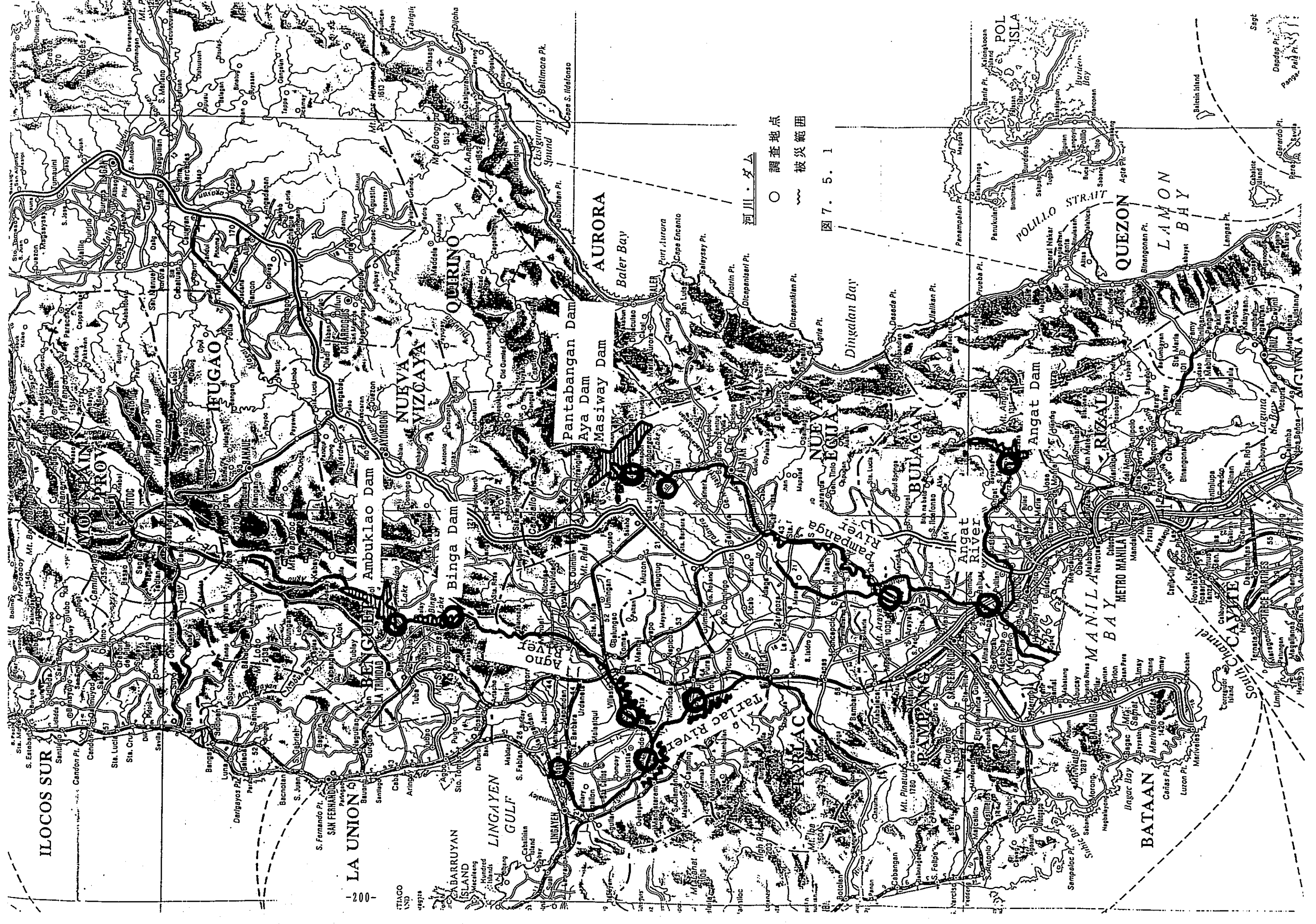
被災状況		応急復旧工法
被災模式図 (パターン)	被災形態	
	亀裂が堤体天端に限られるもの。	堤体への雨水浸透を防止するため、亀裂部分に土砂充填、土のう積を施工する。
	法面の流出、崩壊又は亀裂段差の発生が法肩に限られるもの。	堤体への雨水浸透防止、堤体漏水防止及び洗掘防止のため、崩壊部分に土のう積を施工する。場合によっては、崩壊部分をそのまま切返すか、崩壊土を用いて原形面に盛土し直す。
	堤体のすべり崩壊又は縦断亀裂・段差の発生が堤体天端中央部まで及ぶもの。	堤体への雨水浸透防止、堤体漏水防止、洗掘防止及び天端高確保のため、崩壊部分に土のう積を施工する。場合によっては、崩壊部分を切返すか、崩壊土を用いて原形に盛土し直す。
	堤体の横断亀裂・段差の発生したもの。	堤体への雨水浸透防止、堤体漏水防止、洗掘防止及び天端高の確保のため、土のう積、土砂充填、切返しを行う。
	破壊が基礎地盤に及び堤体形状が原形をとどめないもの。	堤体への雨水浸透防止、堤体漏水防止、洗掘防止、天端高確保及び堤体の安全確保のため、土のう積、切返し、盛土を施工する。場合によっては、地盤漏水防止のために表のり尻に止水矢板を打ち込む。
	堤体に一様な沈下に伴って堤体形状をある程度保ちつつ変形したもの。	天端高確保、堤体漏水防止のため、土のう積もしくは盛土を施工する。
	構造物の背面の堤体盛土が沈下及び亀裂を生じたもの	堤体への雨水浸透防止、天端高確保、堤体漏水防止のため、土のう積、もしくは盛土を施工する。

表 7. 5. 4 河川堤防本復旧工法

被災模式図 (パターン)	本 復 旧 工 法	代 表 例 図
	<p>変状を生じた部分の掘削、補充、締固めを行い、高水等に対する安定をはかる。</p>	
	<p>崩壊土を利用し、段切りを行った上で原形に盛土し直し、堤体の安定をはかる。</p>	
		
	<p>亀裂の生じた部分や弱化した堤体を掘削し、再び盛土を行い締固め、堤体の安定をはかる。必要に応じ、押え盛土や地盤改良を行う。</p>	
		
	<p>変状を生じた部分を土砂で補充し、高水等に対する安定をはかる。</p>	



○ 調査地点  
 ~ 被災範囲

河川・ダム

図 7. 5. 1

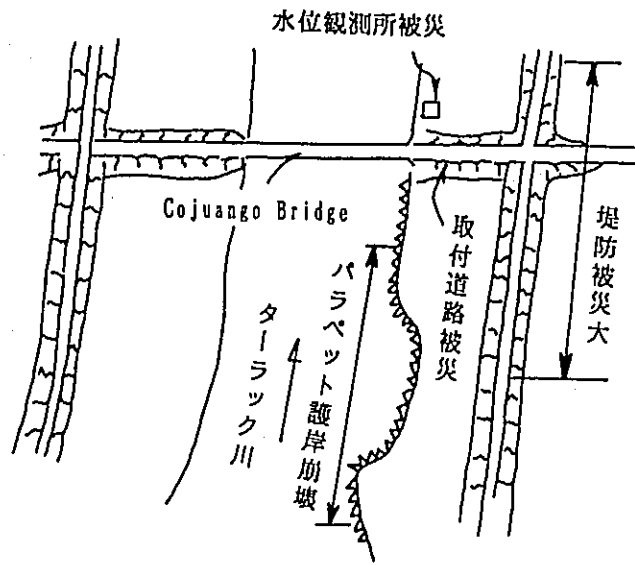


図 7. 5. 2

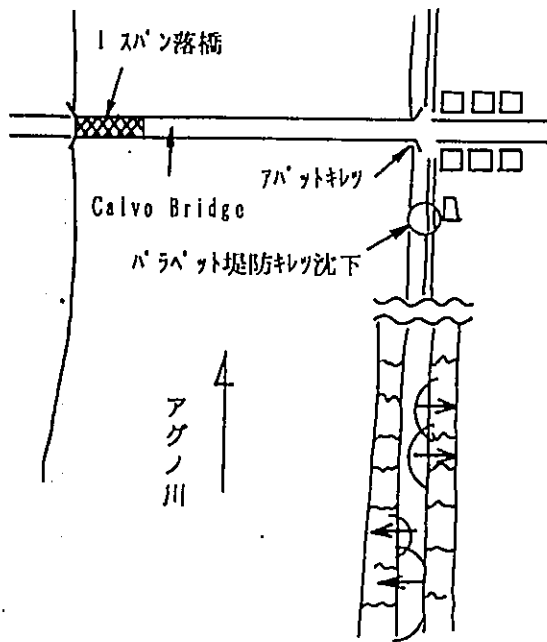


図 7. 5. 3

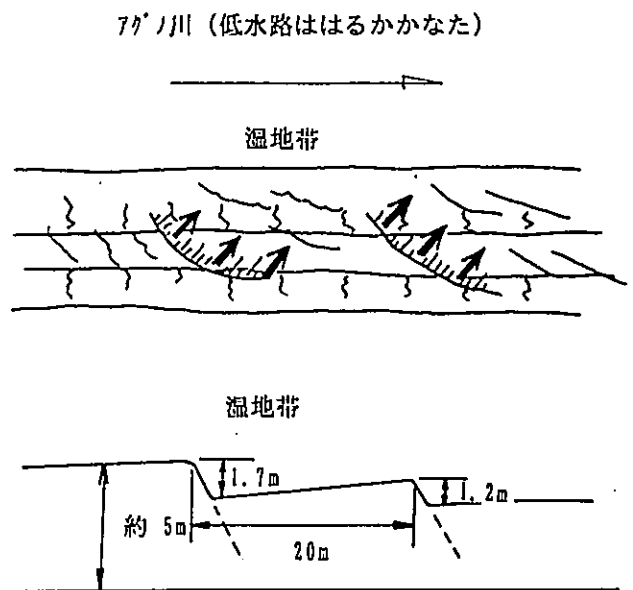


図 7. 5. 4



図 7. 5. 5 アンブクラオダム平面図

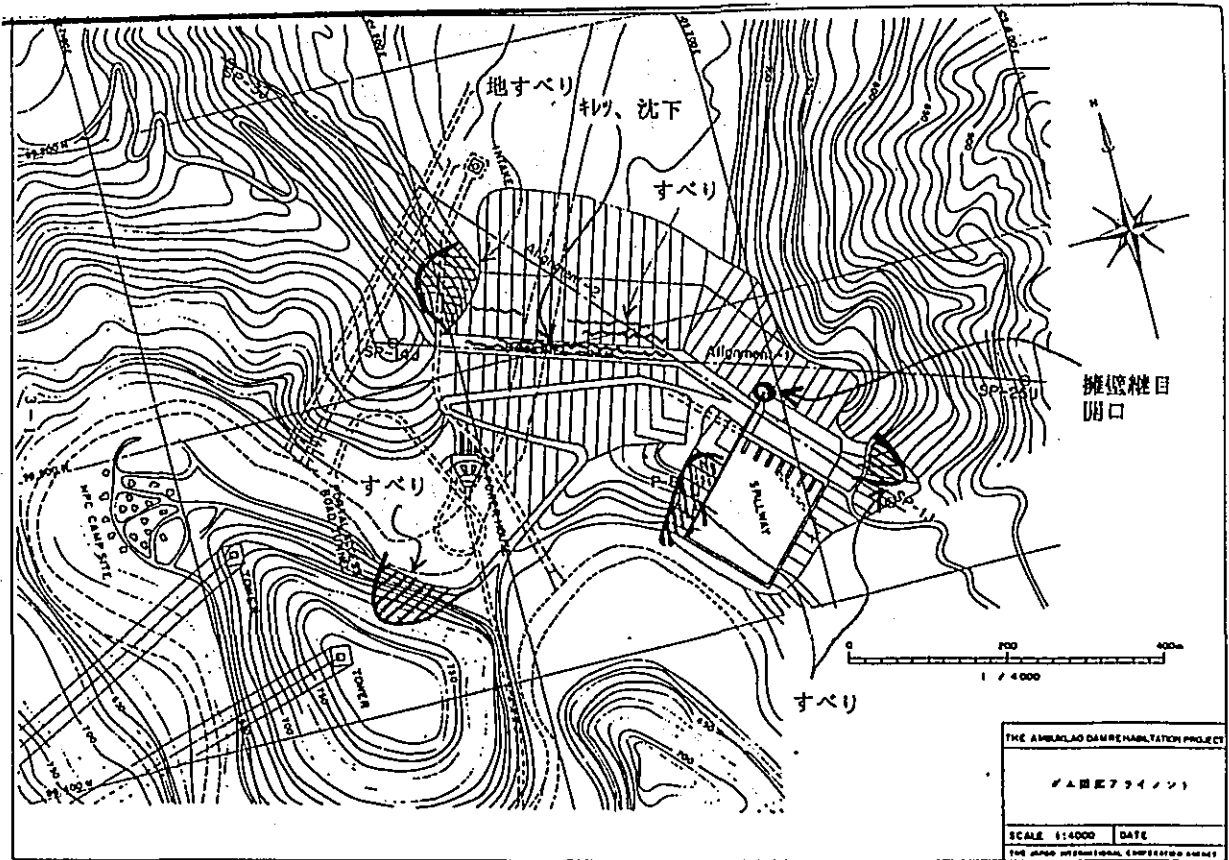
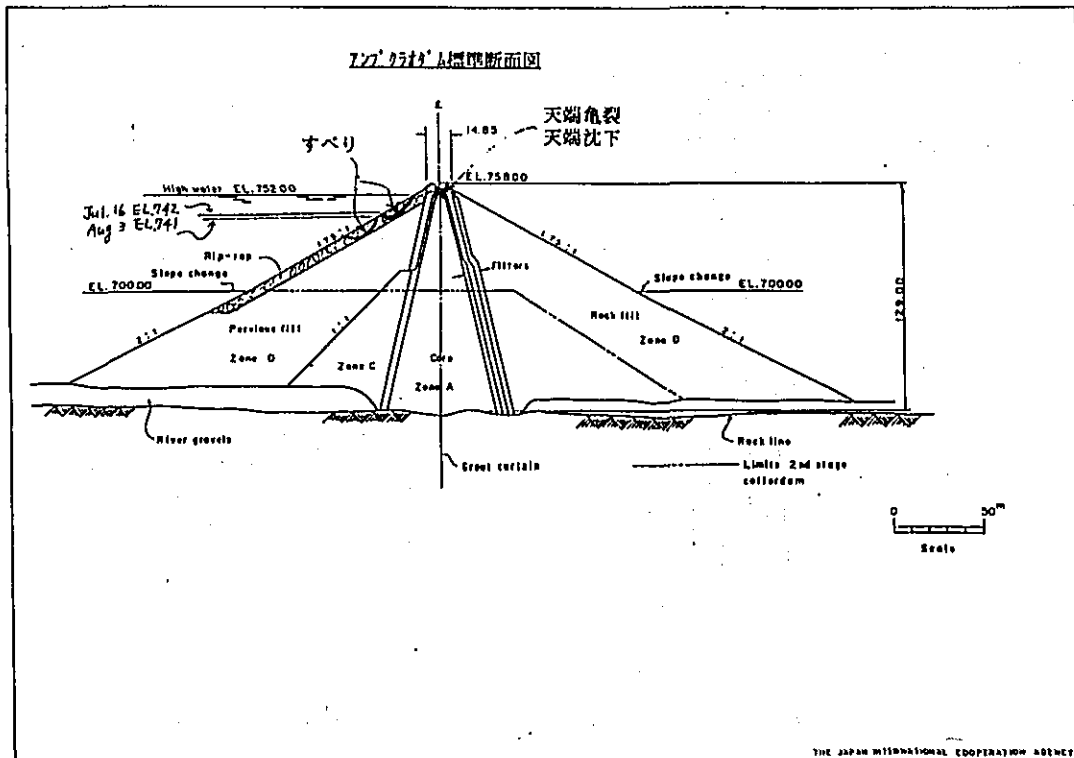


図 7. 5. 6 アンブクラオダム標準断面図



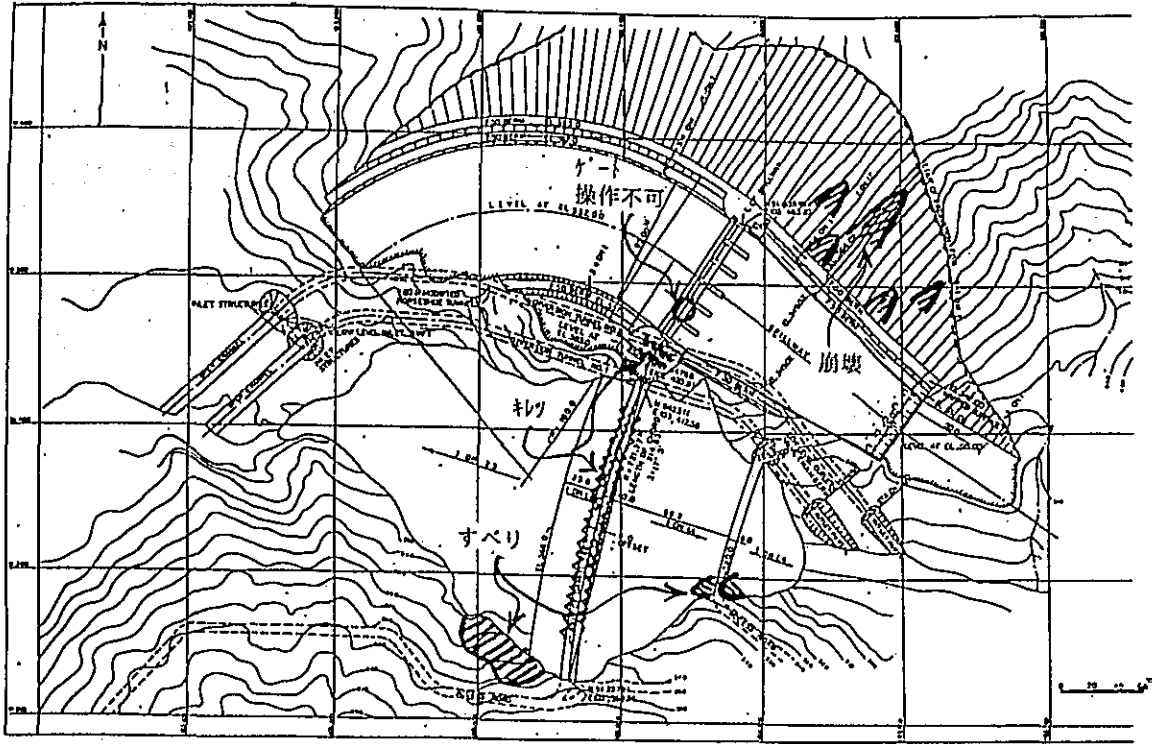
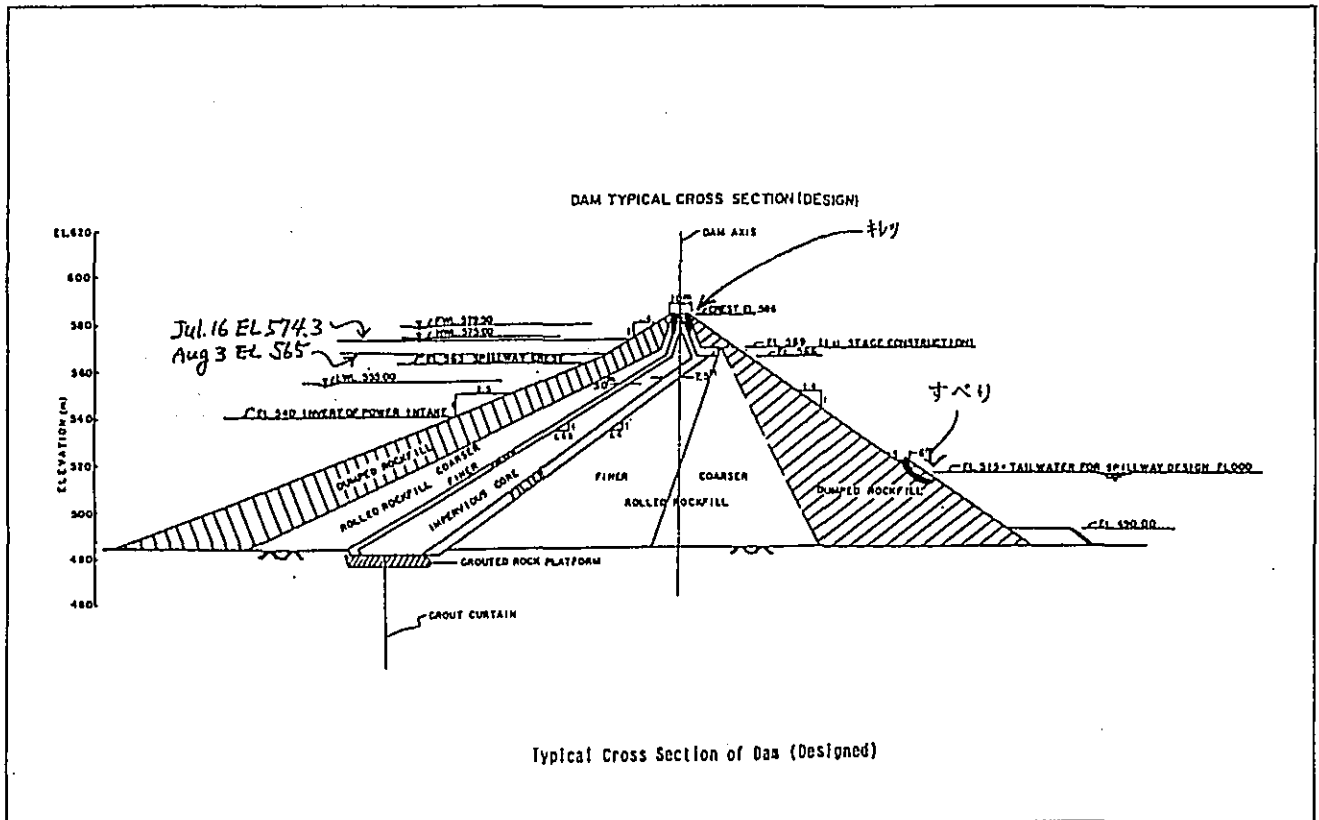


図 7. 5. 7 ビンガダム平面図

図 7. 5. 8 ビンガダム標準断面図



Typical Cross Section of Dam (Designed)

図 7. 5. 9 ピンガダム左岸切土面

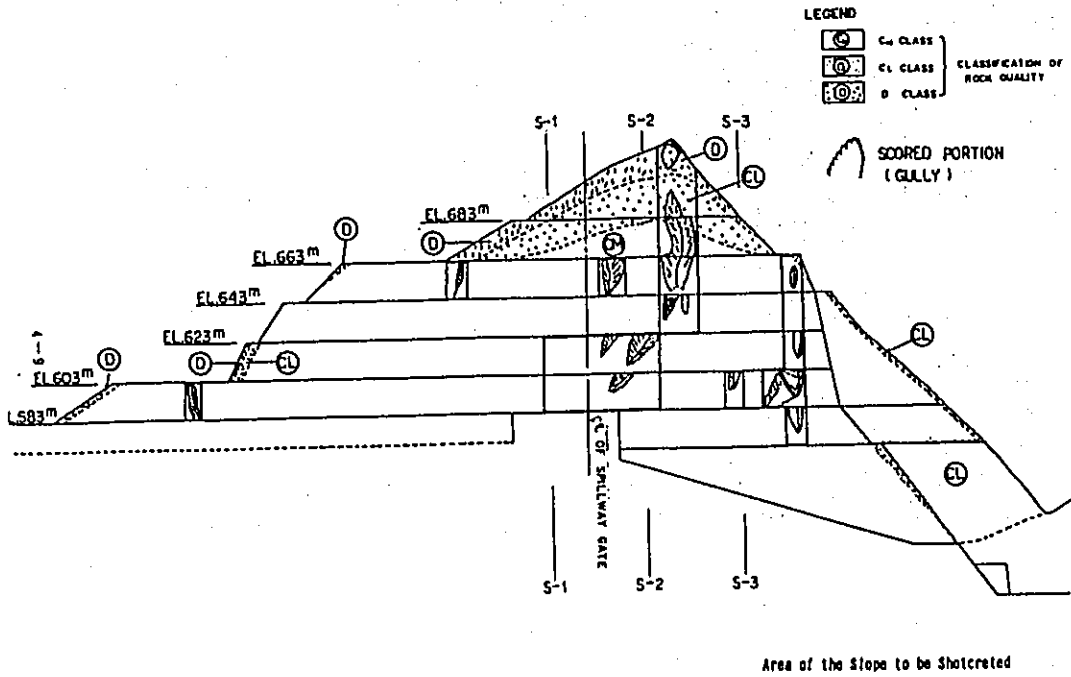


図 7. 5. 10 ピンガダムの形状

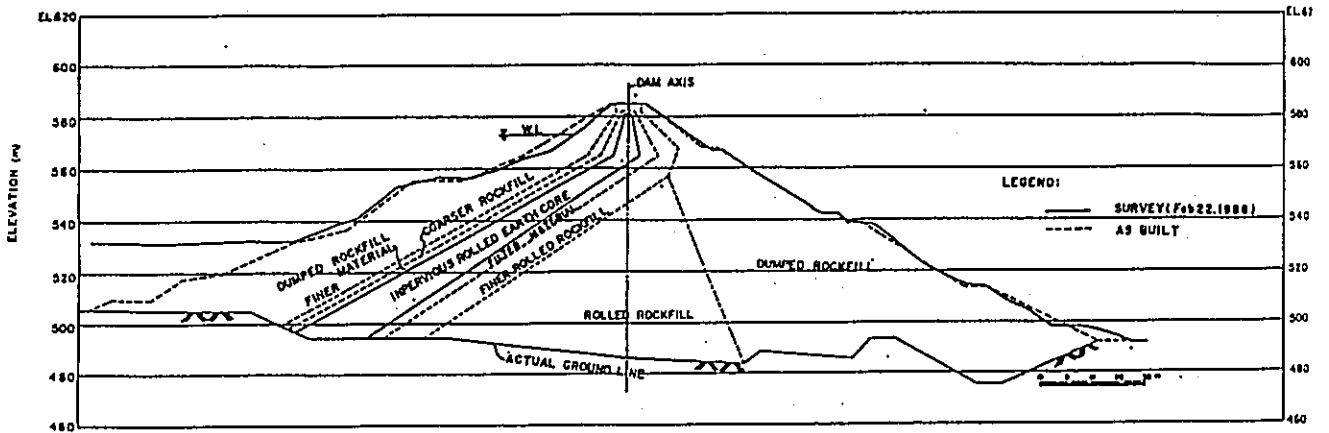


図 7. 5. 11 パンタバングダム及びアヤダム平面図

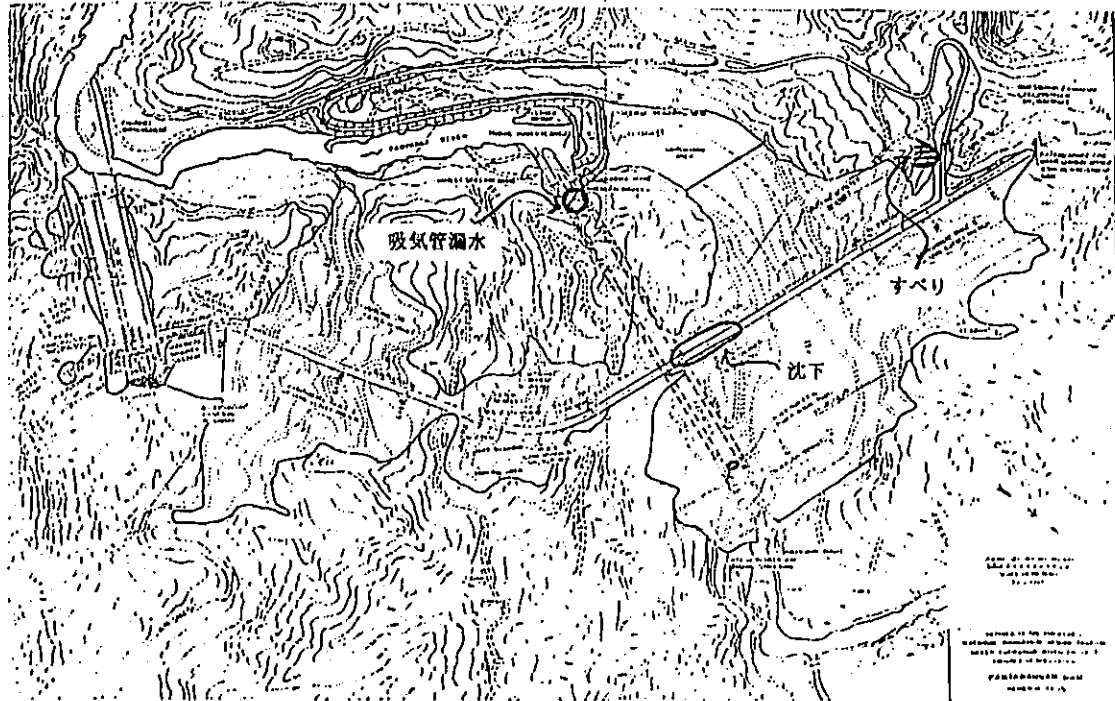


図 7. 5. 12 パンタバングダム及びアヤダム標準断面図

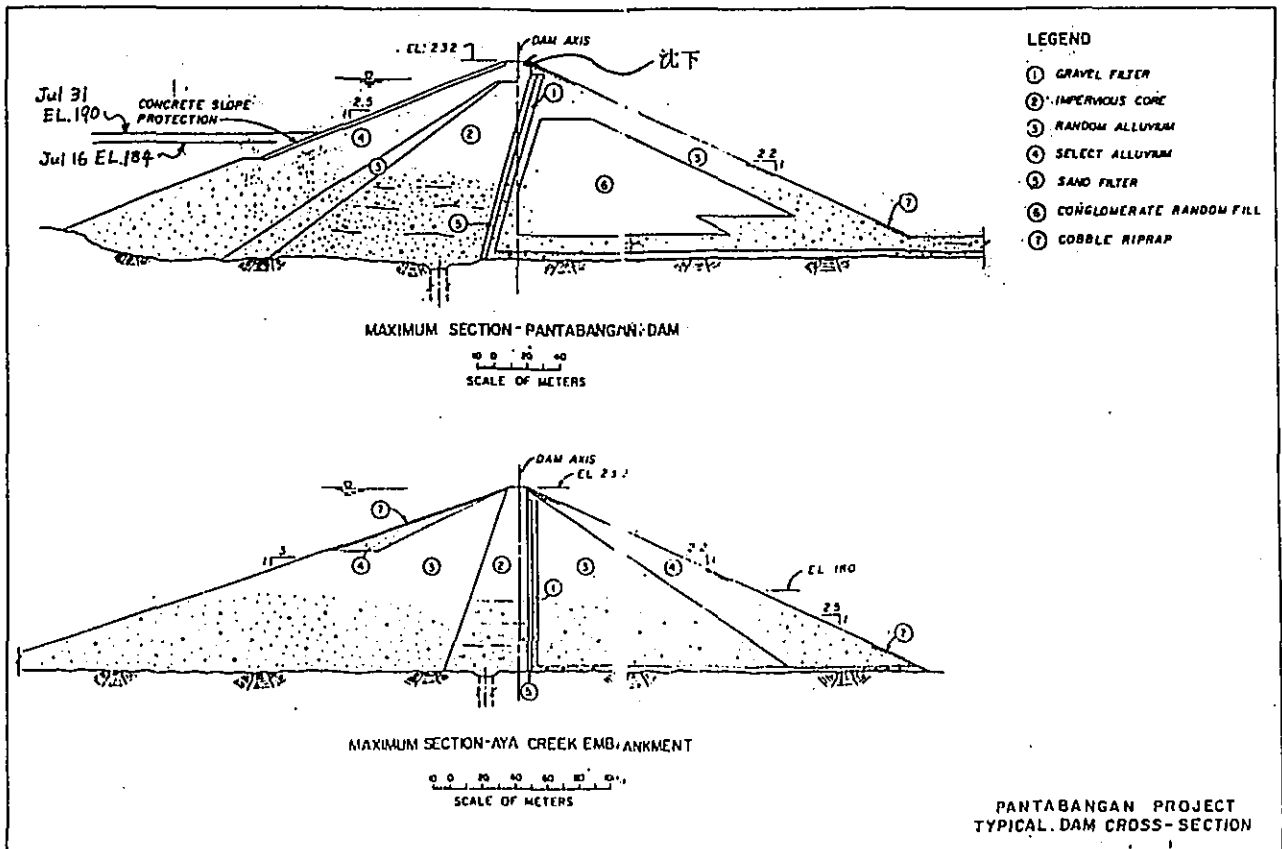


図 7. 5. 13 マシワイダム平面図

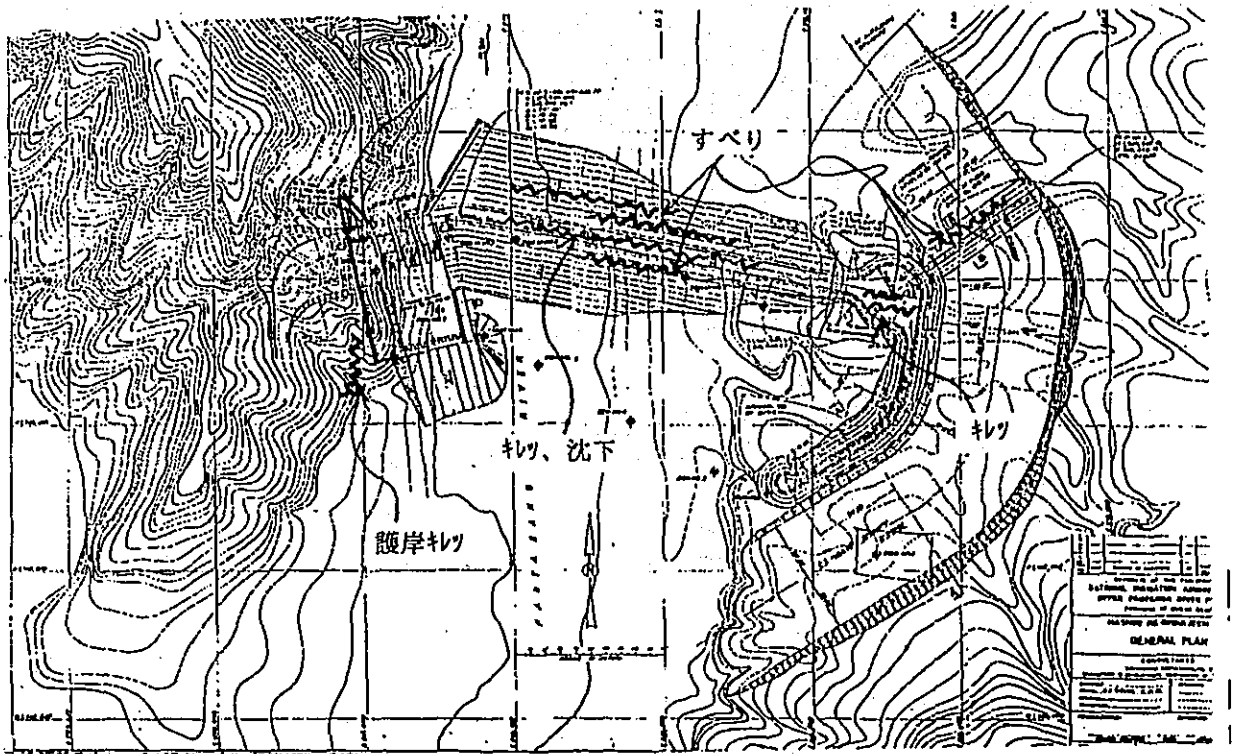


図 7. 5. 14 マシワイダム標準断面図

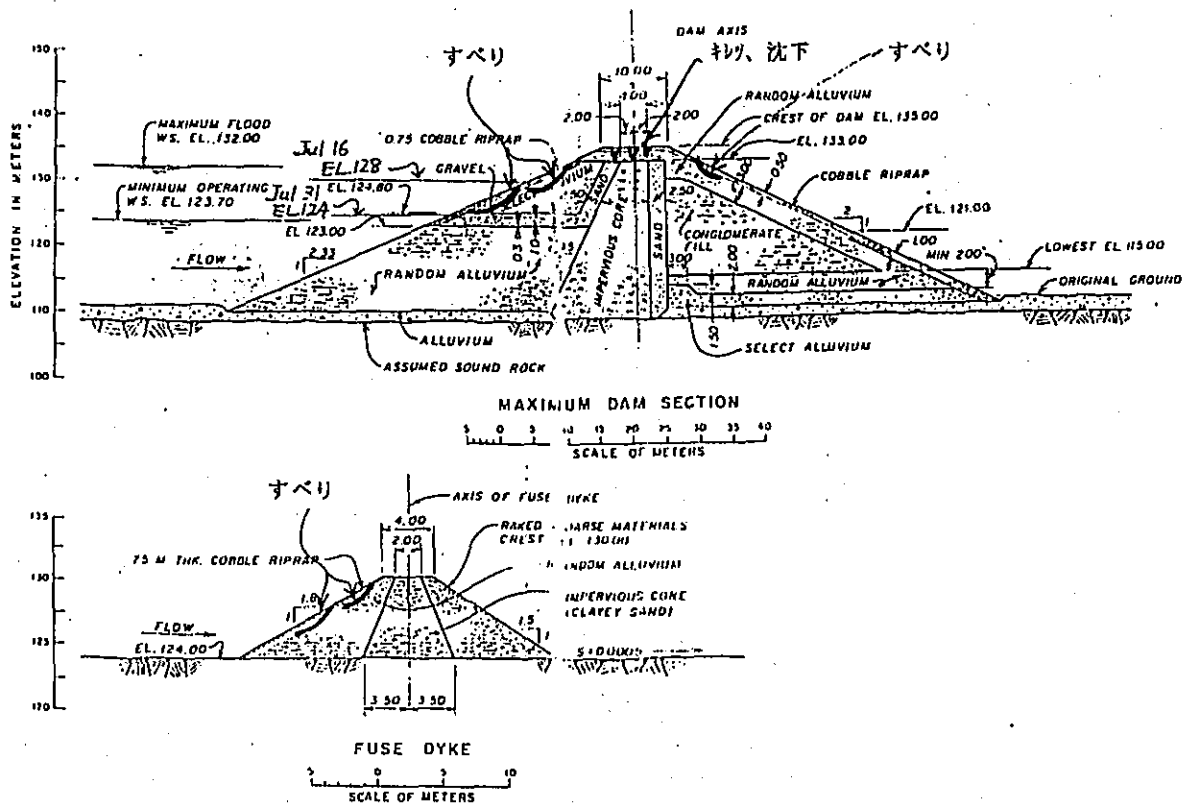


図 7. 5. 15 吸気管よりの漏水

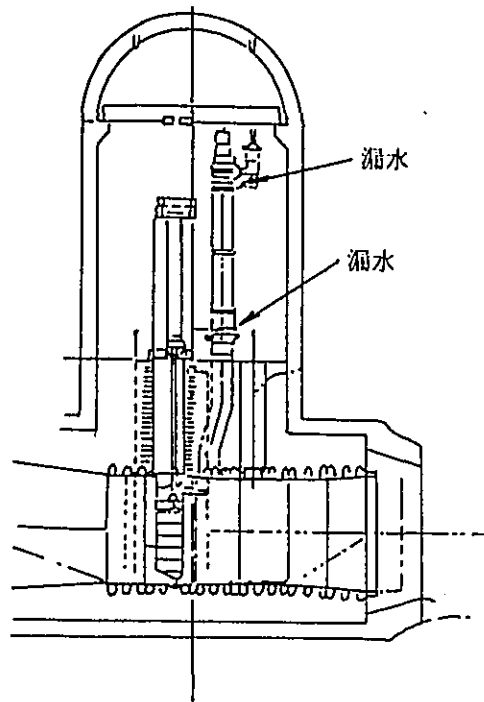


図 7. 5. 16 第 1 号分水路

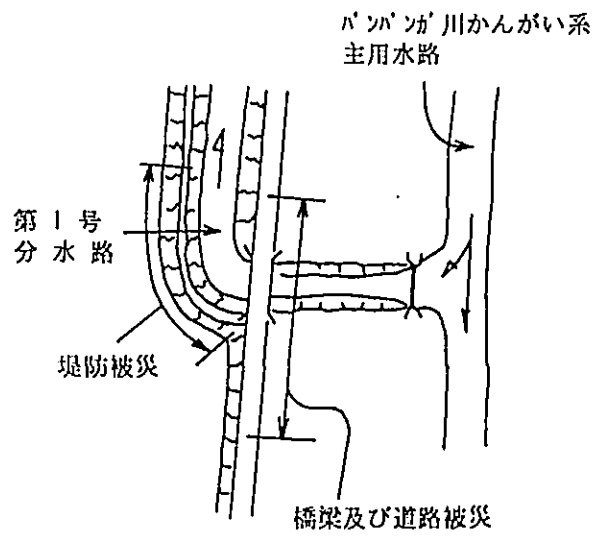
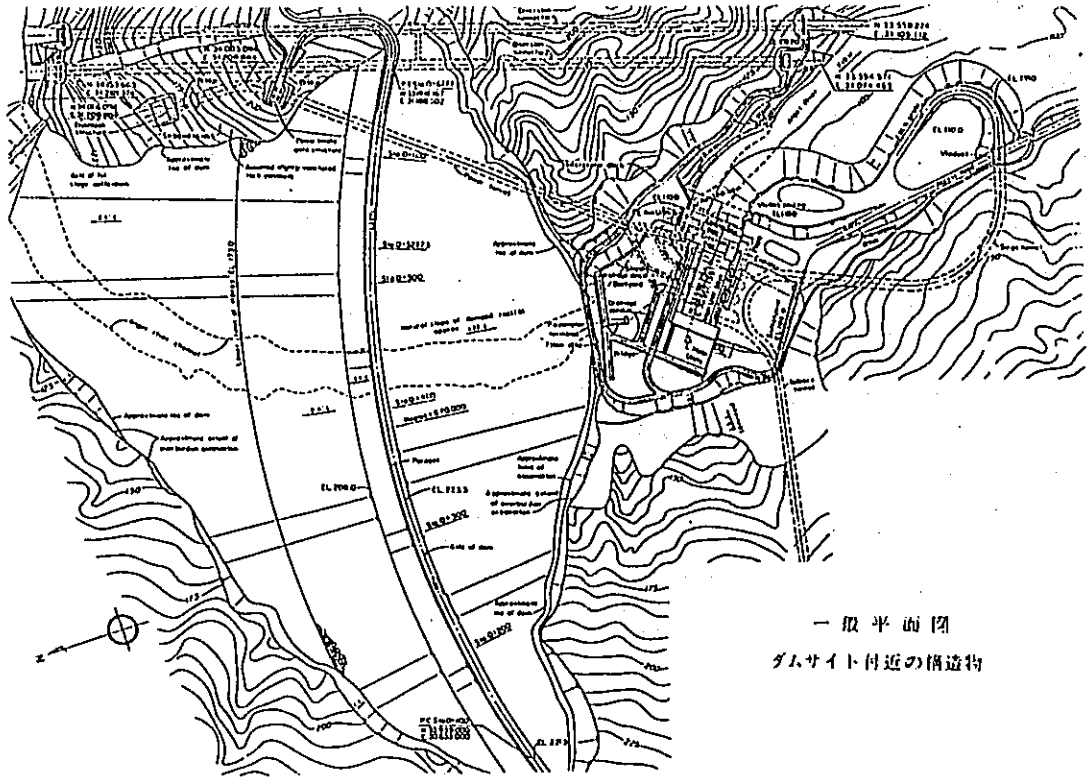


図 7. 5. 17 アンガットダム平面図



一般平面図  
ダムサイト付近の構造物

図 7. 5. 18 アンガットダム標準断面図

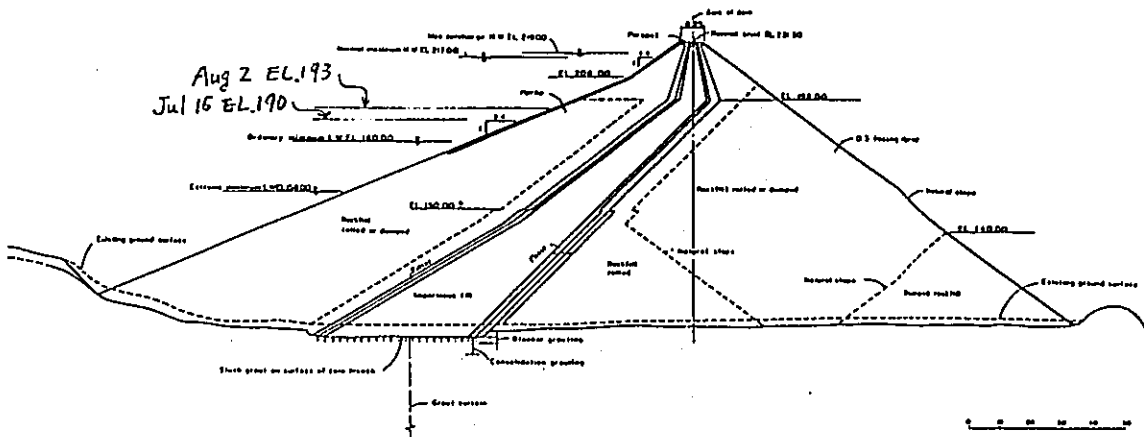




写真 7.5.1 ターラック川堤防被災

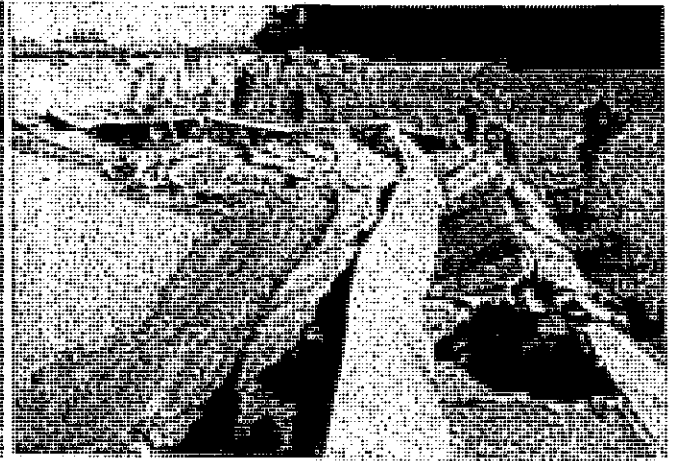


写真 7.5.2 ターラック川ハ'ラハ'ット護岸被災



写真 7.5.3 ターラック川ハ'ラハ'ット  
護岸被災



写真 7.5.4 根固め工のあるハ'ラハ'ット護岸

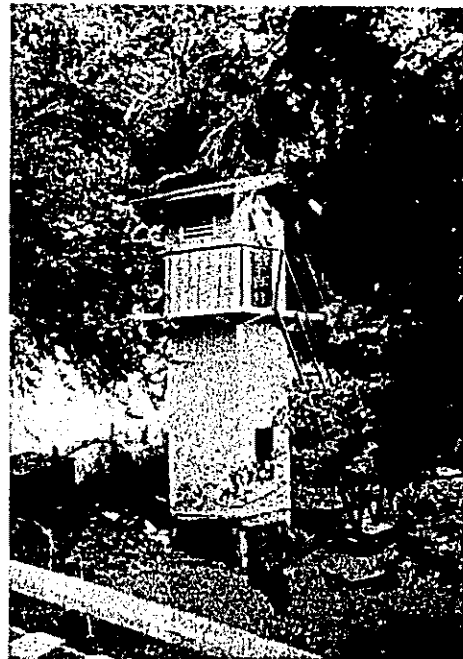


写真 7.5.5 第6号水位観測所の被災





写真 7.5.6 7カノ川堤防被災

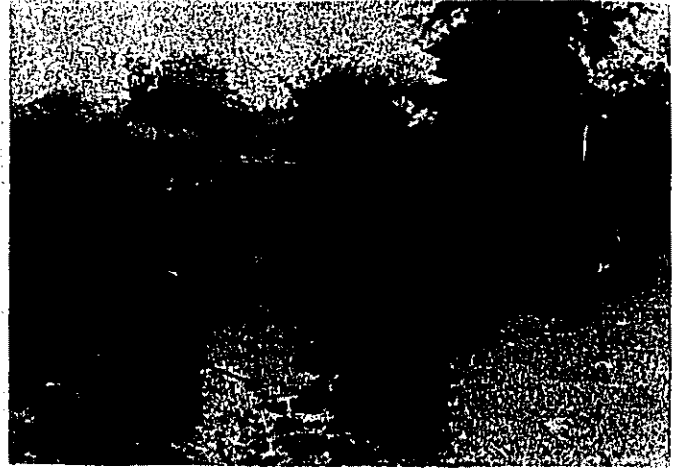


写真 7.5.7 7カノ川堤防被災



写真 7.5.8 7カノ川ハラヘツト堤防被災



写真 7.5.9 7カノ川堤防被災



写真 7.5.10 7カノ川堤防被災

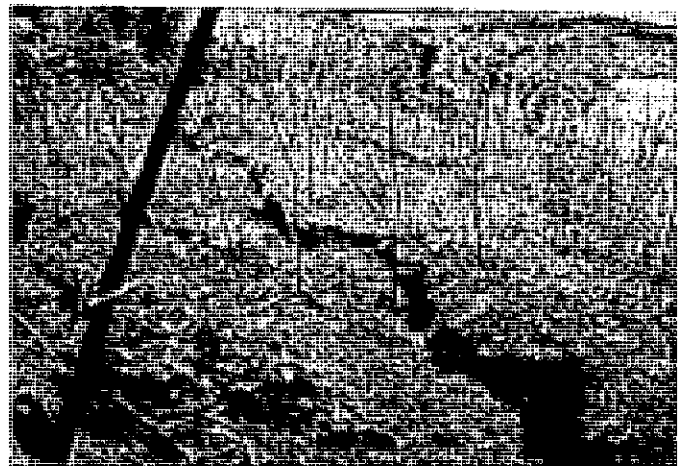


写真 7.5.11 7カノ川堤防法面の被災

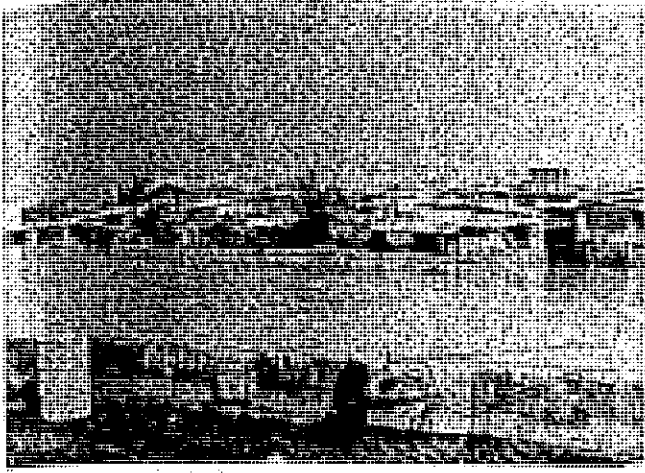


写真 7.5.12 タクバン市内ハラハト護岸被災（対岸）

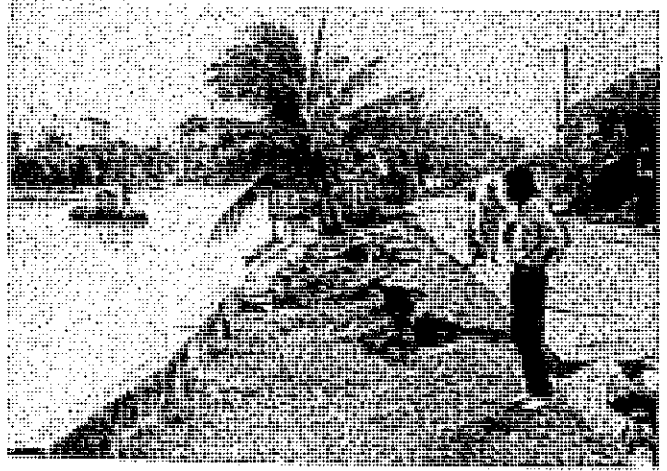


写真 7.5.13 タクバン市内ハラハト護岸被災



写真 7.5.14 ハンハツガ川堤防被災



写真 7.5.15 ハンハツガ川堤防被災



写真 7.5.16 ハンハツガ川水制工事（応急復旧）

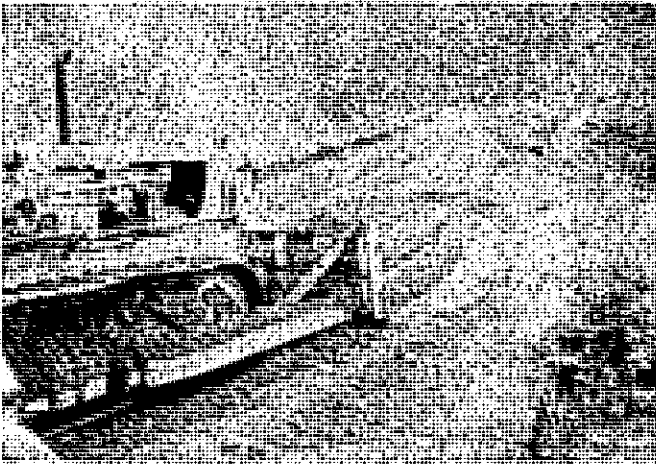


写真 7.5.17 アソククラダダム天端補修工事  
(応急復旧)



写真 7.5.18 アソククラダダム天端の沈下  
(余水吐との接続部)

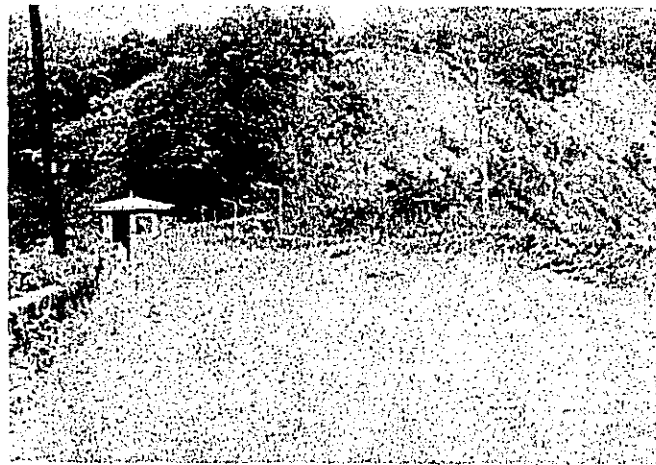


写真 7.5.19 アソククラダダム天端の不等沈下



写真 7.5.20 アソククラダダム上流法面の状況

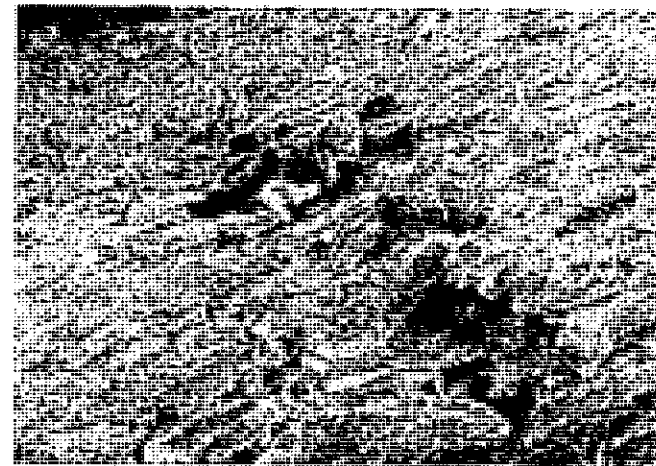


写真 7.5.21 アソククラダダム上流法面  
リップラップのすべり



写真 7.5.22 アソククラダダム上流法面のすべり



写真 7.5.23 アンパ'クラダ'ム擁壁の被災

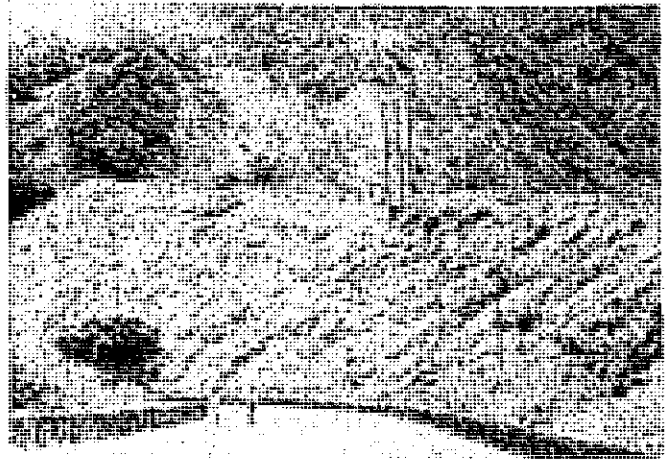


写真 7.5.24 アンパ'クラダ'ム下流法面の状況

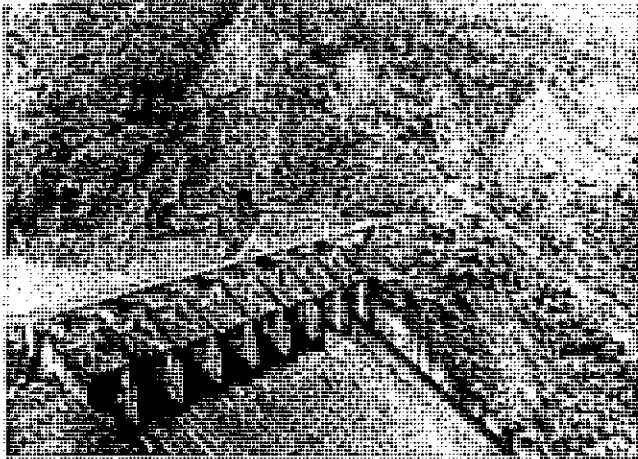


写真 7.5.25 アンパ'クラダ'ム余水吐切工面のすべり



写真 7.5.26 アンパ'クラダ'ム送電ヤード'付近のすべり



写真 7.5.27 ヒンガ'ダム'の全景

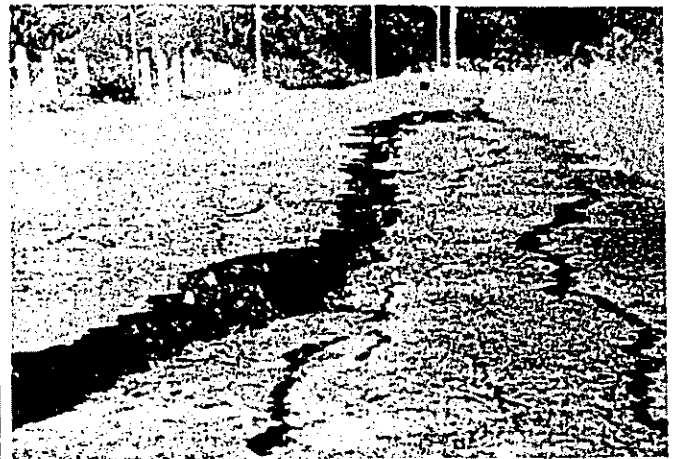


写真 7.5.28 ヒンガ'ダム'天端の亀裂



写真 7.5.29 ビンガダム天端方肩の亀裂



写真 7.5.30 ビンガダム下流法面の状況



写真 7.5.31 ビンガダム上流法面の状況

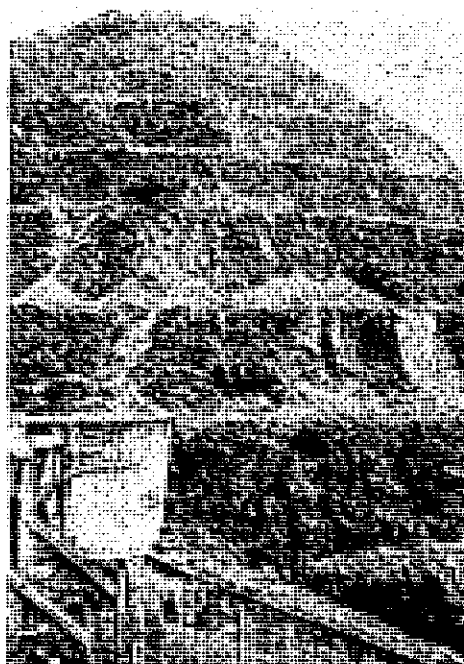


写真 7.5.32 ビンガダム余水吐切工面の崩壊



写真 7.5.33 ビンガダム右岸アットのすべり

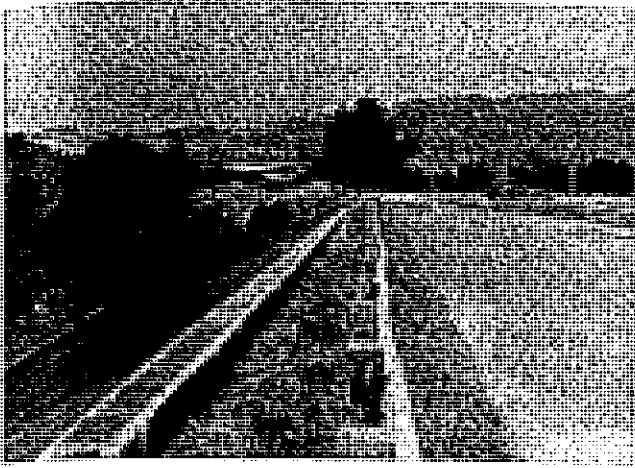


写真 7.5.34 バンタバングダム天端の沈下

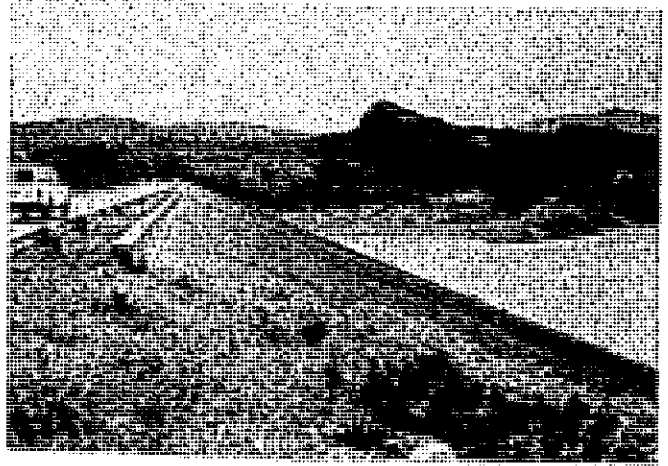


写真 7.5.35 バンタバングダム上流法面の状況

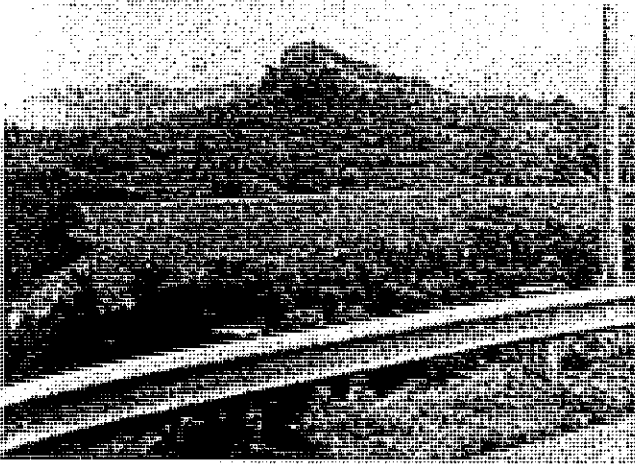


写真 7.5.36 バンタバングダム下流法面の状況



写真 7.5.37 道路地すべりの応急対策工事

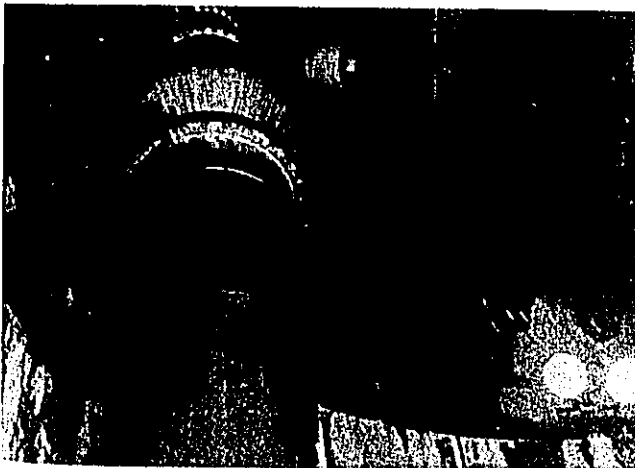


写真 7.5.38 吸気管バルブからの漏水



写真 7.5.39 吸気管継目フランジからの漏水

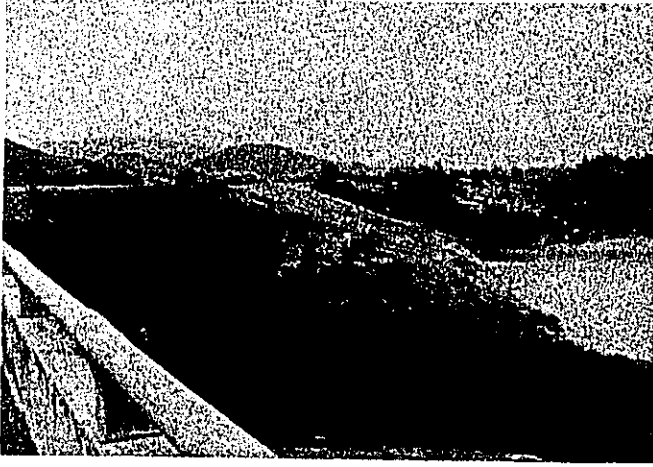


写真 7.5.40 マツウタム上流面の状況



写真 7.5.41 マツウタム天端の状況



写真 7.5.42 マツウタム天端の亀裂

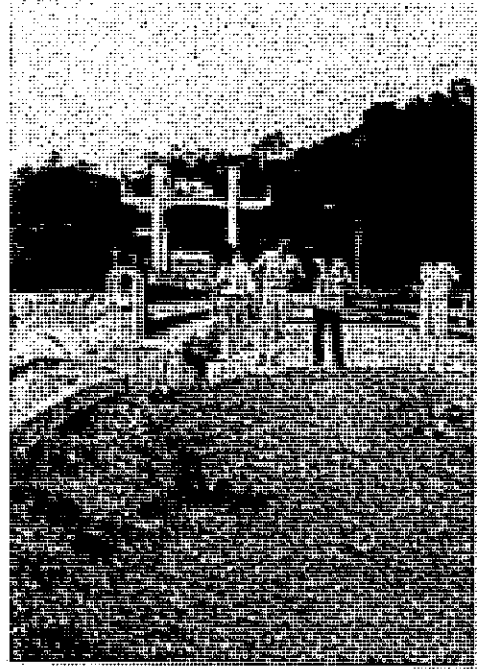


写真 7.5.43 マツウタム天端の沈下  
(余水吐との接続部)



写真 7.5.44 マツウタム上流法面のすべり

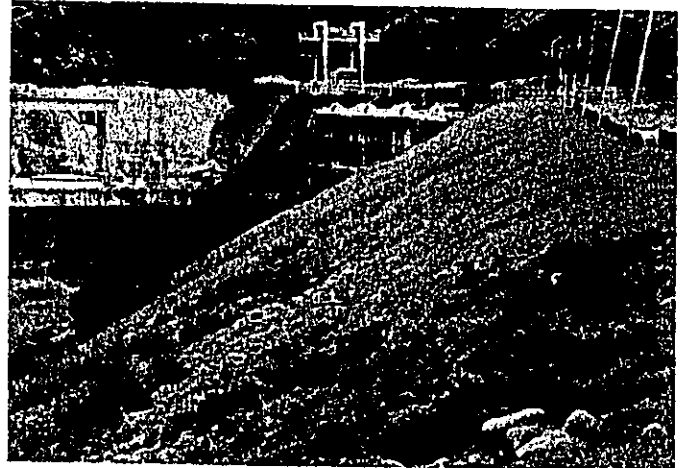


写真 7.5.45 マツウタム下流法面の状況

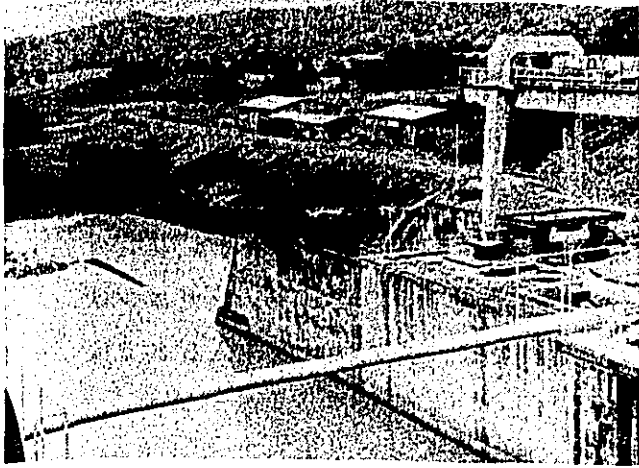


写真 7.5.46 マシワタム護岸の亀裂

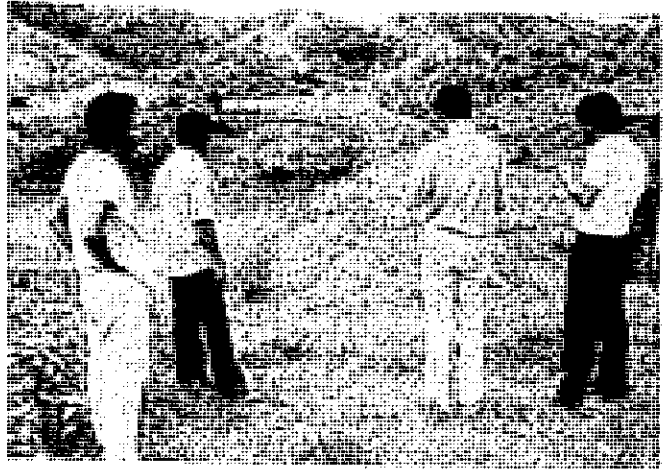


写真 7.5.47 マシワタムヒュース' 堤の被災

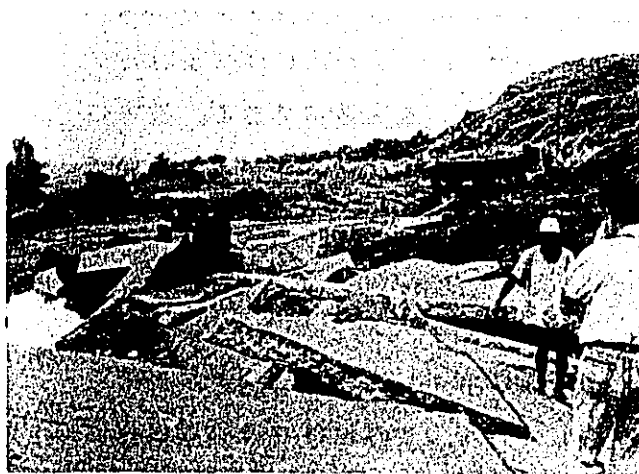


写真 7.5.48 第 1 号分水路の被災

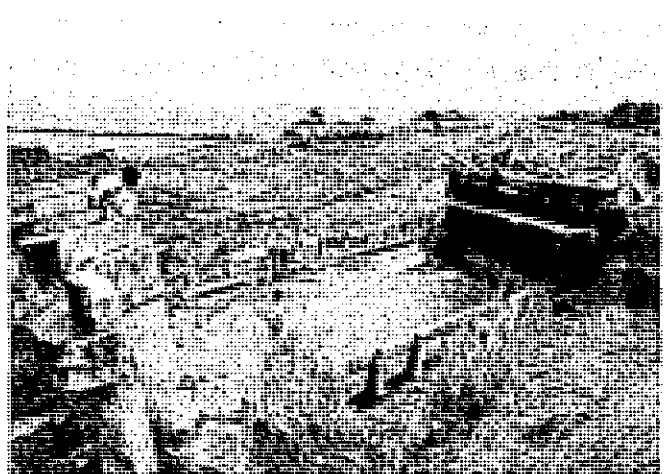


写真 7.5.49 第 1 号分水路の被災



写真 7.5.50 アンガ' ッタ' ム全景

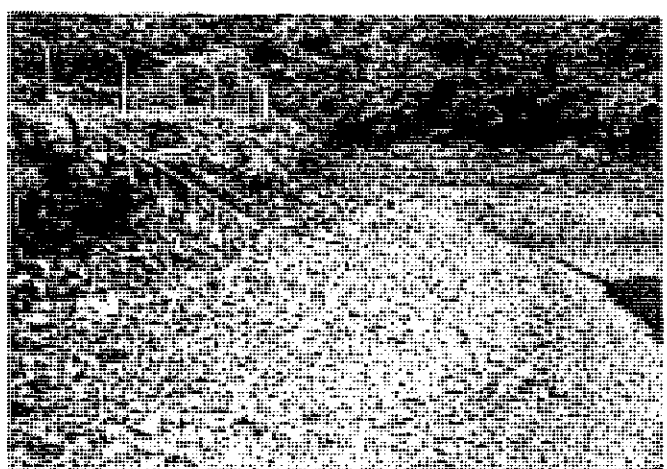


写真 7.5.51 アンガ' ッタ' ム上流法面の状況



## 7. 6 建築物

### 7. 6. 1 ダグパン市の被害

マニラ市から車でターラックを経由してリングエンに入りダグパンに到着した。リングエンに入ると周囲は湿地帯で、いたるところに魚の養殖池が点在していた。リングエンはダグパンの西10km程に位置している。車窓からの観察では、ダグパン市に入るまでは建物に地震の被害はほとんど見あたらなかった。

#### (1) ダグパン市について

ダグパン市はマニラの北北西約200km、北にリングエン湾を臨む人口13万人ほどの都市である。ダグパン市はリングエン湾に注ぐカルメイ川、パンタル川にはさまれたデルタ地帯に位置し、その周囲には多くの魚の養殖池が点在している湿地帯である。被害の集中したダグパン市の一部は30年前まではこのような養殖池であり、ここ20年の間に埋め立てられ多くの建物が建設されたとのことである。

#### (2) ダグパン市の被害状況について

図7.6.1にダグパン市の被災スケッチを示した。市のほぼ中央を流れるパンタル川の西側の東西約600mの幅にわたり建築物の被害が集中していた。この地帯で地盤液状化による建物の沈下及び傾斜が発生した建物は約300棟程と推察される。主に観察した道路はフェルナンデス通り、ベレス通り、ゴンザレス通りである。この3つの通り沿いの被災が最も大きく見受けられた。

限られた時間で特に表7.6.1に示す箇所の施設、建物に立ち寄り、観察およびヒアリングを行った。各地点の被害状況とその概要を写真7.6.1-7.6.14に示し、表7.6.2に市役所、市技術局でのヒアリング内容をまとめた。市としては被災建物の復旧は不可能で、早急に沈下した排水溝を修復し、下水の逆流を改修することに専念していたが、レベルの測量に関しては不安を感じる。

ダグパン市の調査を終了し、パンタル川を渡り、市の東に向かう道路沿いの建物にはほとんど被害はみられず、ダグパン市の被害は市内の一部に集中していることが分かる。ダグパン市からアゴーに至るまでは、殆ど建物の顕著な被害は車窓から見られなかった。しかし、アゴーに入りマルコスハイウェイの入り口、ドンマルコス大学入口前後で再び家屋やビルの崩壊の激しさが目立った。

#### (3) ダグパン市の液状化の被害程度と復旧について

ダグパン市の被害状況の調査の一部としてヒアリングによる震度階の調査を実施した。これによると落橋したマグサイサイ橋の川向こうに位置する技術大学で地震時に校庭にい

た女子学生は立つことができず地面に伏したとの事であり、また、シティーホールの2階にいた人はすぐに戸外に飛び出した事などから、気象庁震度階（1949年）で震度5の大きい方であり、200gal以上の加速度が発生したのではないかと推測される。

また、市の技術事務所で7月29日に実施した被災地5カ所でのボーリング調査結果を入手し、N値にもとづく地盤液状化の簡易判定を試みた。

### 1) ダグバン市の地盤

入手したボーリングデータは図7.6.1に示す5本のボーリング調査位置のうち、フェルナンデス通り沿いのNo.2、No.3ボーリングおよびベレス通り沿いのNo.4、No.5ボーリングである。図7.6.2にその地質図を示す。

非常にゆるい砂層（N値、5以下）とフィリピンで入手した地質図に記されている地質は、No.2ボーリング地点で深度3m程度であり、他のボーリング地点ではそれより浅く、また、N値15以上の中程度に密な砂層はNo.4ボーリング地点で深度5mであらわれている。

### 2) N値にもとづく液状化簡易判定

上記ボーリング図をもとに、深度GL-3m、N=5と深度GL-5m、N=15に対して地表面最大加速度を100gal、200gal、300galを想定してシードの簡易判定法による計算を行った。結果を図7.6.3に示す。なお、計算において水位および土の単位体積重量をそれぞれGL-2m、1.8t/m<sup>3</sup>と仮定した。

これより、

- ・No.2ボーリングに見られるようなGL-3mのN=5 Loose Sandは100gal程度でも液状化する可能性がある。
- ・No.3ボーリングに見られるようなGL-5mのN=15の中程度にしまっているGray Fine Sandは200galで液状化する可能性がある。

以上の2つの深度に対する簡易判定の結果から推定すると、No.4ボーリング地点でも深度5mまで液状化したものと判断され、震度階調査と対応して200gal程度の入力が入力作用したのではないかと考えられる。しかし液状化層厚、入力地震動については、さらに詳細な調査が必要である。

### 3) 液状化に伴う建物被害の分類と対応策

限られた数の調査結果であるがダグバン市の液状化に伴う建物被害の分類と対応表を表7.6.3に示す。被害分類a)の建物はすでに一部復旧工事が行われ、商店等は営業を行っているものもあり、今後、工学的な視点から検討が必要となるのはルソン大学のような被害程度の建物c)と考えられる。

これらの建物の復旧は、1964年新潟地震の沈下、傾斜建物の復旧実績や現在の日本の建築基礎工学のレベルから技術的な困難は小さいと思われる。しかしながら、建物の復旧には多大なコストがかかることが予想されることから復旧計画の立案にあたっては、建物の重要性、緊急性および上部構造の被害、構造等の詳細な調査を行い、被害状況に応じた最適な復旧工法を検討することが重要と考えられる。

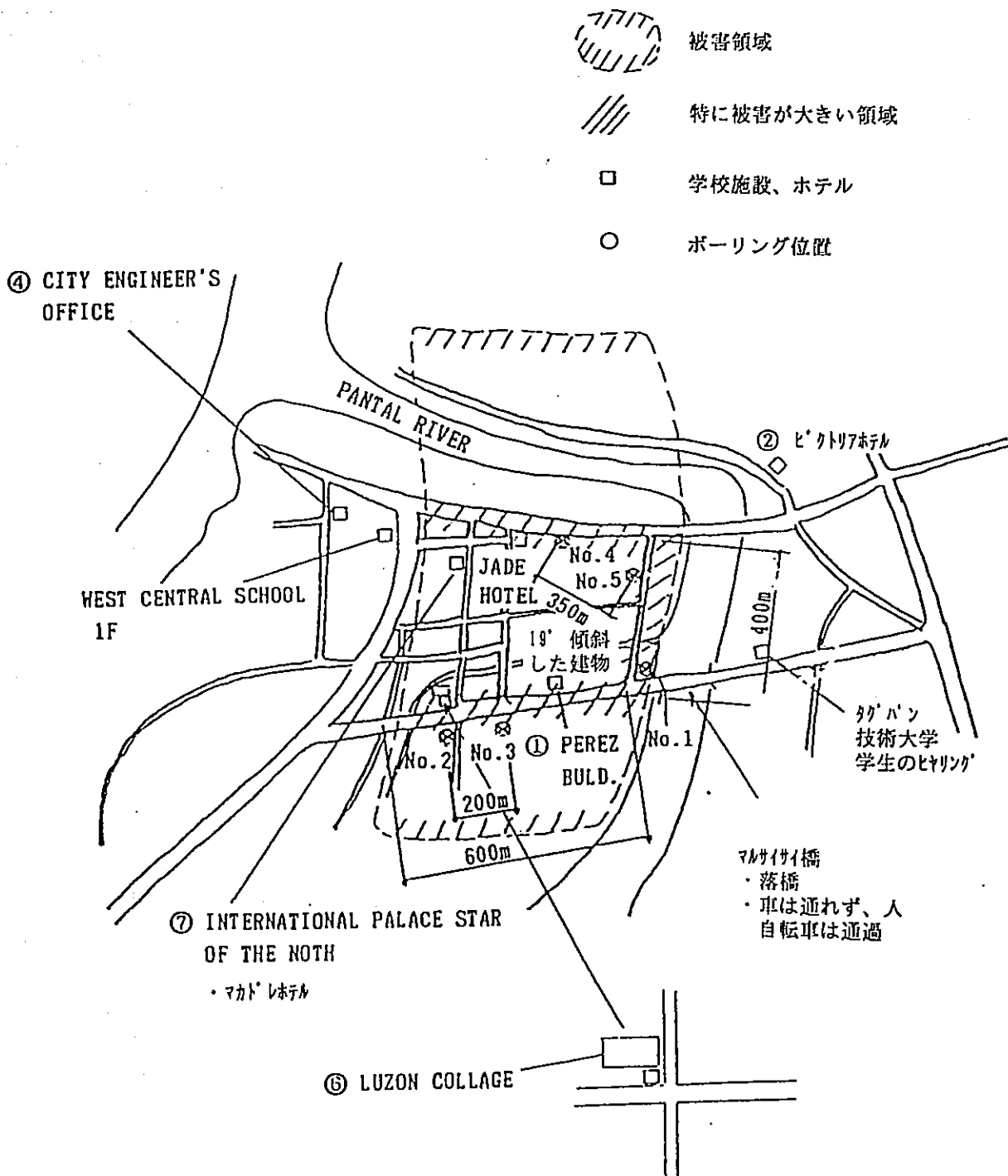


図 7. 6. 1 ダグパン市の被害状況図

表7. 6. 1 調査地域建物

	調査地点・建物	調査概要	備考
①	PEREZ, FERNADE通り	ダグバン市内で通りに面した建物の沈下、傾斜等の被害が著しい	写真1~8
②	ビクトリア・ホテル	パンタル川を渡ったビクトリア・ホテル周辺では殆ど建物、地盤被害は無い	
③	CITY HALL	ATTY. VIRGINTO CORPUZ氏より市の被害状況についてヒアリングを行う	表-2
④	CITY ENGINEER OFFICE	ADELFD M. DVIFD氏より復旧計画、地盤についてヒアリングを行う	表-2
⑤	TASK FORCE REHAB. COORDINATING CENTER	センター関係者よりPANGASINAN全体の被害状況のヒアリングを行う	
⑥	LOZON COLLEGES	RC5階、地表面から相対沈下600程度あり 梁間方向に約2°程度の傾斜	写真9~12
⑦	NACADORE HOTEL	外壁の一部に比割れ、しかし周辺地盤に沈下は見られず、また建物の不同沈下はない	写真13, 14
⑧	帰路(8/1)の市内の状況	道路、建物の一部復旧工事が始まり、いつものにぎわいを取り戻している様子である	表-2

表 7. 6. 2 CITY HALL、CITY ENGINEER OFFICEでのヒアリング結果

<p>CITY HALL</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市長は不在であり、ATTY VIRGINO CORPUZ 氏に被害状況を聞く。</li> <li>7月16日、地震時市庁舎は上下方向に45' ~ 1分間振動。</li> <li>・道路の舗装は持ち上がり、砂と水が1.5m位吹き上げた。</li> <li>・死者は7人であったが、パニックより人に押しつぶされた人が3人、病院で4人死亡。</li> <li>・74才になる市長はこのような被害は始めてであるとのこと。</li> <li>・人口13万人+4千人の学生。</li> </ul>	
<p>CITY ENGINEER OFFICE</p>	<p>エンジニア ADELFO M. DVIFDO 氏に被害状況、復旧計画、地盤について聞く。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・7/16~7/20まで停電、火事はなかった。砂まじりの泥水が2m程度噴出。</li> <li>・現在沈下した建物、道路は冠水しており、排水溝も埋まっている。この為、その水を河川に排水するための工事を第1に計画、実施。町の復旧についてはNo ideaとのこと。</li> <li>・ポーリングデータを入収（別資料）</li> </ul>	
<p>滞路 (8/1) の町の様子</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バギオからの滞路ダグバン市に立ち寄る。FERNADE通りは、いつもの賑わいを取り戻している様子で一切の建物は1F床をコンクリートで修復し、営業を開始しているようであった。</li> </ul>	



写真 7.6.1

PEREZ 通り町並み

- ・ RUSON 大学横の 3F 建物屋上から PEREZ 通りを望む。
- ・ 通りの両側には 2F～4F の建物が並び、比較的高い建物の沈下、傾斜が目だつ。



写真 7.6.2

被害建物(1) - 1

- ・ PEREZ 通り RC 3F 建物の沈下、傾斜被害。
- ・ 隣接する 1F、2F 建物は沈下、傾斜の被害は小さい。
- ・ 道路上の水は排水破損による。

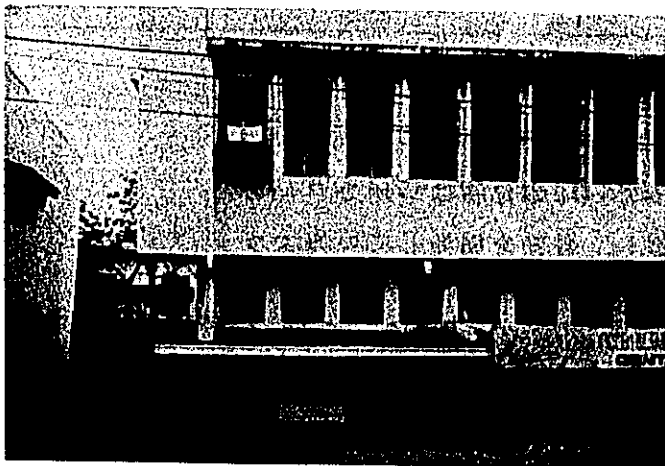


写真 7.6.3

被害建物(1) - 2

- ・ 沈下、傾斜建物のクローズアップ。
- ・ 上部構造の被害はほとんど見られない。
- ・ 1F 部分は道路面より 1m 程度沈下、道路側に傾斜している。



写真 7.6.4

被害建物(2) - 1

- ・ RC 3 F 建物の沈下、傾斜状況。
- ・ 上部構造に被害は見られず、道路側に大きく傾斜している。

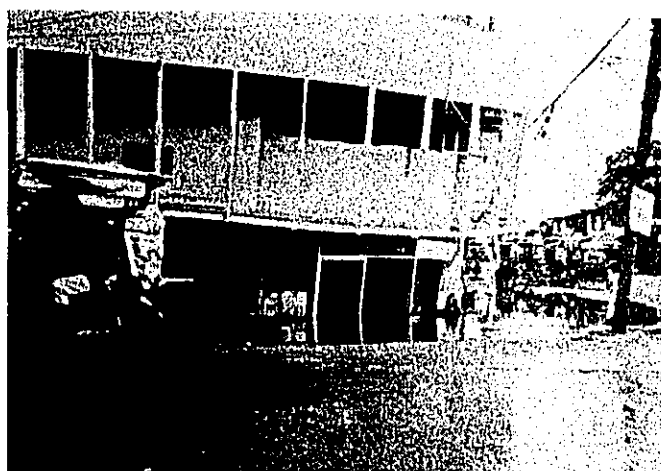


写真 7.6.5

被害建物(2) - 2

- ・ 1 F 部分は水没、周囲は噴出した砂が見られる。



写真 7.6.6

被害建物(3)

- ・ 大きく右側に約19度傾斜し、横の建物を破損させている。
- ・ 上部構造に破損は見られない。
- ・ 1 F 部分は道路面より1 m 程度沈下、道路側に傾斜している。





写真 7.6.7

PEREZ 通り道路状況

- ・道路面より建物側は相対的に約30cm沈下している。
- ・地震前には反対に建物側が30cm程度高かったとのことから相対的に60cm程度の沈下が生じている。

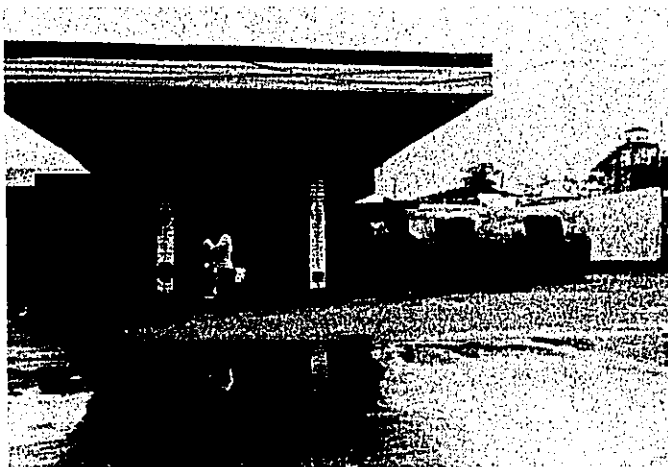


写真 7.6.8

ガソリンスタンドのタンク

- ・地震直後にタンクは浮き上がり、スラブを破損させた。
- ・現在、すでにタンクは路上に撤去されている。

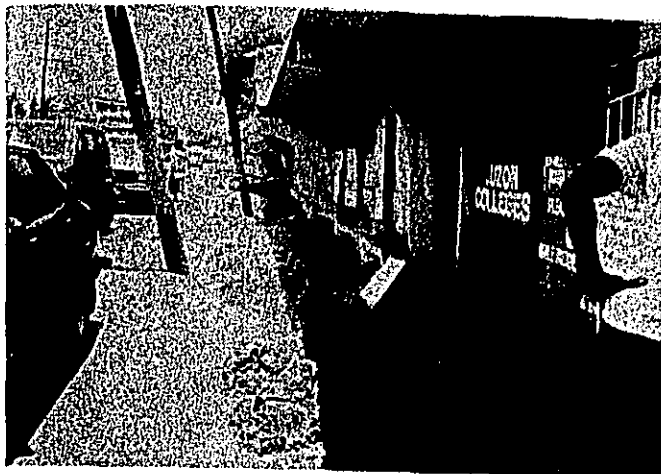


写真 7.6.9

LUZON大学 - 1

- ・ PEREZ 通りに面した建物の沈下。
- ・ 電柱は建物と反対側に大きく傾斜し、道路には噴出した砂が多く見られる。



写真 7.6.10

LUZON大学 - 2

- ・ RC 5F 建物の被害状況。
- ・ この建物は地表面から 60cm 以上の沈下が発生している。
- ・ 増築された 5F の妻側のブロック壁が破損し、すでに撤去が始まっている。

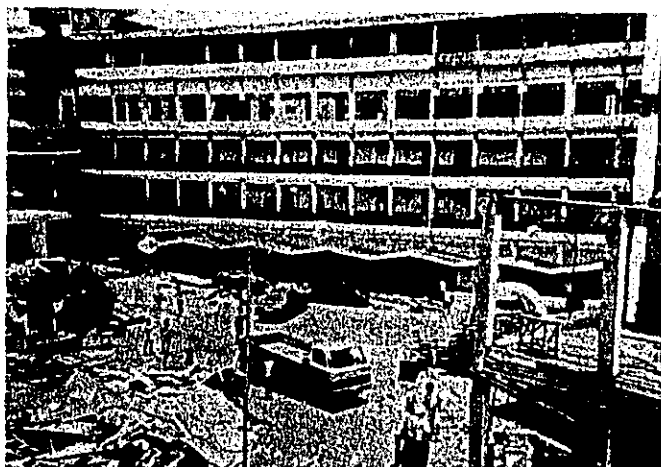


写真 7.6.11

LUZON大学 - 3

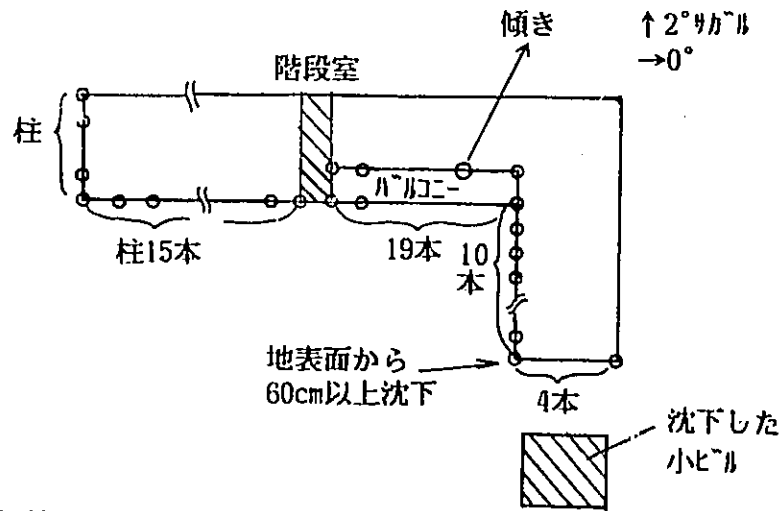
- ・ 建物全体にわたって沈下が見られるが、上部躯体には被害は見られない。
- ・ 桁方向の傾斜はなく、梁間方向に 2 度程度の傾斜が見られる。



写真 7.6.12

L U Z O N 大学 - 4

- ・建物全壊。
- ・低層の建物(木造?)の被害が著しく、すでに撤去作業が始まっている。



・ L U Z O N 大学

・ RC 5 階、塔屋 1 階

・ 1 部ビロティ

・ 20 年前に建設、5 階部はその後増築

・ 沈下した小ビル

オーナーからヒアリング

・ 30 年前はフィッシュポンド、20 年前から造成建設

・ 復旧は、基礎はそのまま、1F床を水平にし、  
2F以上を修復する予定。



写真 7.6.13

MODESTAR SABENIANO

BUILDING (映画館)

- ・建物被害は外壁にクラックが入った程度であり、周辺部に沈下は全く見られない。
- ・建物の被害でなく、パニックにより死傷者が発生。

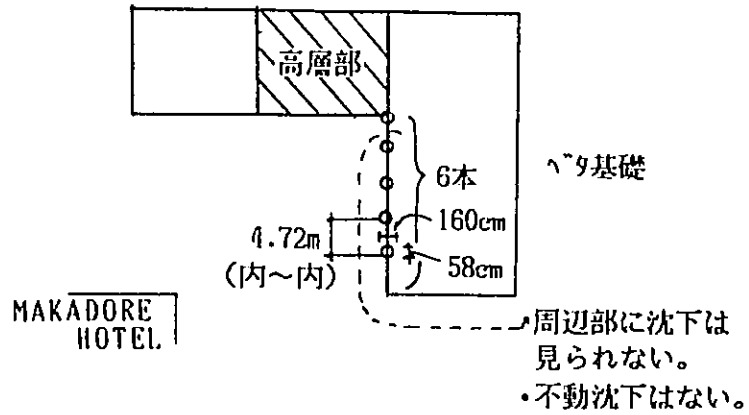
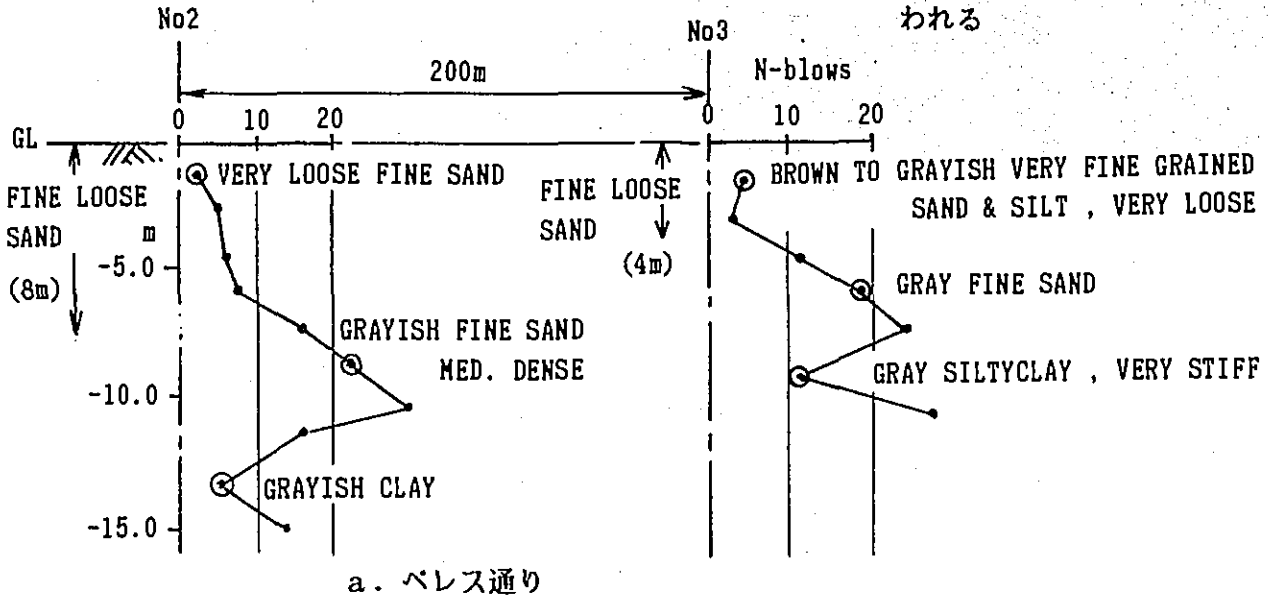


写真 7.6.14

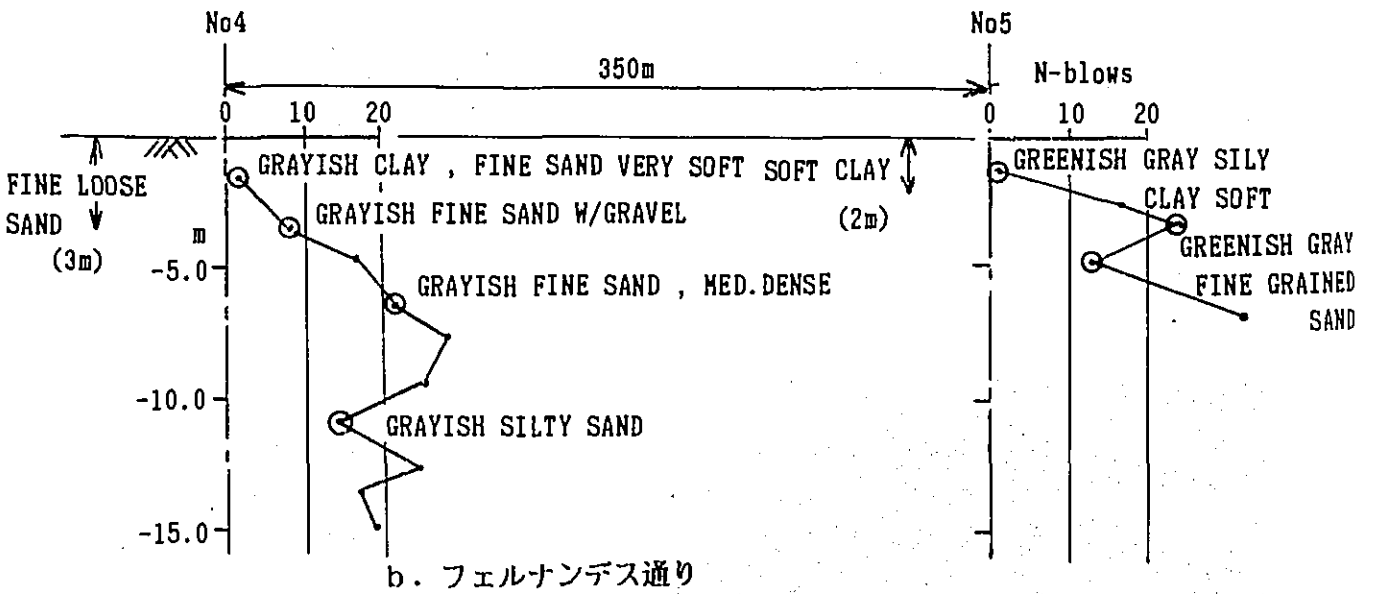
MAKADORE ホテル

- ・古いレンガ造りの塔屋部分が破損。

\*地下水位のデータは無い  
状況から非常に浅いと思  
われる



a. ベレス通り



b. フェルナンデス通り

図 7. 6. 2 ダグバン市の地盤

表 7. 6. 3 液状化に伴う建物被害の分類と対応表

被害分類	被害戸数・規模	対 策 案	問 題 点
a) 沈下50cm以下 傾斜1/100以下	・ PEREZ, FERNAEZ 通り沿いの1, 2 階の低層建物 (100戸以上)	・ 土間スラブの修復、 道路と段差をへの 対応等で使用可能	・ 1Fの給排水施設 の使用
b) 沈下50cm以上 傾斜1/100以下	・ PEREZ通り沿い の2, 3階程度の 建物 (30~50戸程度)	・ 1Fを倉庫等に改装 し、上部はそのまま 使用可能 ・ 建物全体のジャッキ アップ可能	・ 建物全体のジャッキ アップはコスト大
c) 沈下50cm以上 傾斜1/100以上	・ PEREZ通り沿い の3階以上の建 物 (ルソン大学等 10数戸)	・ 軽度の傾斜は基礎は そのまま上部のみ をジャッキアップ ・ 傾斜のひどいのは基 礎工事も含め、人か かりな復旧工事が必 要	・ 基礎工事も含め復旧 は大がかりでコスト 大

## 7. 6. 2 バギオ市の被害状況

### (1) バギオ市について

ダグバン市からバギオ市に入るための、ケノン道路、マルコス道路が分断され通行不能となっているので、リングエン湾沿いに位置しているアゴー、パウアンを経由し、ナギリアン道路を通過するのが唯一の方法であった。この道路を使って救援物資や人の往来が盛んにおこなわれているが、いたるところで路面や土砂崩壊がみられるため、午前バギオからの車両、午後バギオへ入る車両と一方通行規制が行われている。

バギオ市は、ダグバン市の北東約60kmに位置する海拔約1500mの高原リゾート都市である。その人口は20万人程度であり、平地部分がほとんどないため、建物のほとんどは傾斜地に建てられている。

市の機能上からの区分構成は、ほぼ市の中心を通過しているセッション通りとハリソン通りにはさまれた東西約1km、南北約500mの商業・業務地区を核として、文教地区、観光娯楽地区、住宅地区、工業地区が、図7.6.3のように配置されている。

主な産業は、3～5月の夏期間の観光やメトロマニラ等への野菜の供給等である。

### (2) 調査建物及び建物の特徴

調査期間が、約1日弱の限られた時間しか取れなかったため、市長およびエンジニアからのヒアリングを行い、崩壊、大破した建物を重点的に調査する個別調査と特定の被害地域における全数調査を行うことにした。崩壊および大破建物の個別調査位置を図7.6.4に、セッション通り沿いの建物の全数調査位置を図7.6.5に示す。また、この他に、住宅エリア内における被害状況調査も短時間ではあったが行った。バギオ市における中・高層建物は、ほとんどが鉄筋コンクリート造の純ラーメン構造である。壁は穴あきブロックを積み上げモルタル等で仕上げを施す2次壁である。中・高層建物の基礎は、ほとんどが布基礎、ベタ基礎で直接地盤に支持させている例が多い。ただ、一部の建物では、杭基礎を用いている例もみられた。

施工は、柱・梁スラブのコンクリート打設を別々に行う水平・垂直分離工法が一般的である。柱・梁のフレームを構築した後、穴あきブロックで壁を構築し、仕上げを行っている。

また、住宅の現況は、次の通りである。

住宅の種類は大まかに言って次の三種類に分類できる。

- ① 商業、業務地区等に位置する複合ビル上階のアパート、マンション。
- ② 市の北部及び南部に位置する低層が多くしめる住宅地。
- ③ 市の東北部に位置する別荘邸宅。

この内、市の南部に位置する低層住宅の特徴として次のようなことがあげられる。

- a, 地形的には急峻な傾斜地から谷間にかけて建てられている。
- b, 建て方は、壁はブロック積みでモルタル等で外部仕上げを施し、屋根材として波板鉄板などの軽量な材料を使用している。
- c, 傾斜地に位置しているため、基礎部は、清水の舞台のように、RC、ラーメンで組んでいる住宅も多くみられる。
- d, 住宅の規模は、50～80平方メートル程度と思われ、平屋も市区は2階建てで戸建てになっているものが多い。アパート風の建物もみられた。

### (3) 被害状況

今回の地震によるバギオ市の被害は、7月29日現在、死者385人、けが1101人、行方不明235人、全壊家屋3668件、半壊家屋8205件と公共事業道路省から報告されている。

調査建物の被害状況一覧を表7.6.4に示す。大破、倒壊した建物は、中・高層のホテル、集合住宅が多い。セッション通り沿いの調査結果は、同表の番号14から35であり、こ

これらの22棟を、日本の被災度判定基準に照らし合わせると、小破5棟、中破1棟、大破1棟、倒壊2棟および被害軽微あるいは無被害13棟となる。番号1から13までの大破以上の建物とくらべ、これら22棟の建物は、比較的low層の建物である。また、住宅地の被害率は、市でのヒアリングによると、当該南部地区は約30%、北部地区は約20%とのことであった。

次に、建物の被害形態を分類すると、

- ①地盤沈下・移動による被害。
- ②地震力に対する建物のせん断耐力低下、変形能不足による被害。
- ③施工上の欠陥による被害。
- ④2次壁の被害。

に集約される。①は、斜面に建つ低層の建物やよう壁などにその被害が多く見られた。

②は、今回最も犠牲者を多くだした中高層のホテルや集合住宅などの被害に多く見られた。ほとんどが柱の曲げ耐力不足及び柱・梁接合部のせん断破壊による崩壊あるいは大破と推測された。

被災した鉄筋コンクリート造建物から観察された耐震設計の方法に関する具体的事項をまとめると次のようになる。

- a, 構造は、純ラーメン構造が多い。壁はほとんどが穴あきブロックを用いた2次壁である。
- b, 梁断面に比べ柱断面が小さい。日本で採用される柱断面の半分程度である。
- c, 柱主筋に比較的太径の鉄筋が使用されている場合が多く、ほとんどが重ね継ぎ手である。
- d, 柱のコーナー部の主筋は、数本まとめて束ね鉄筋としているものが多い。
- e, 小さい断面に太径鉄筋を使用し束ね鉄筋とし、重ね継ぎ手を採用しているため、梁主筋のアンカーのおさまりがむずかしくなっている。
- f, 柱のせん断補強筋量が少ない。調査建物の多くが、せん断補強筋量0.15%以下であった。

③については、一般に、フィリピンでは建設作業における機械化はあまり進んでいない。そのため、施工の大部分は、人力で行われている。たとえば、中高層の鉄筋コンクリート造の建物におけるコンクリート工事を例にとれば、プラントで混練されたコンクリートは、ミキサー車で現場へ運搬されるが、そこから先はコンクリートポンプが普及していないため、打設場所までの運搬、打設作業などは、すべて手作業で行われるのが普通である。コンクリートの打ち継ぎ処理や強度管理など材料や施工面にわたる品質管理をどの様に行っているか、工事中の現場を見て疑問に思われた。

④は、ほとんどの建物には、壁材として穴あきブロックが使用されており、今回の地震では、この非構造壁にかなりの被害が発生した。被害は低層から高層建物まで全てにわたっている。高層の純ラーメン構造の場合には、地震による建物の層間変位が大きくなるので、今後は、構造体と2次壁の縁切り対策が必要と思われる。ただし、壁だけの被害の場合には、壁を補修すれば構造的には問題がないと思われる。



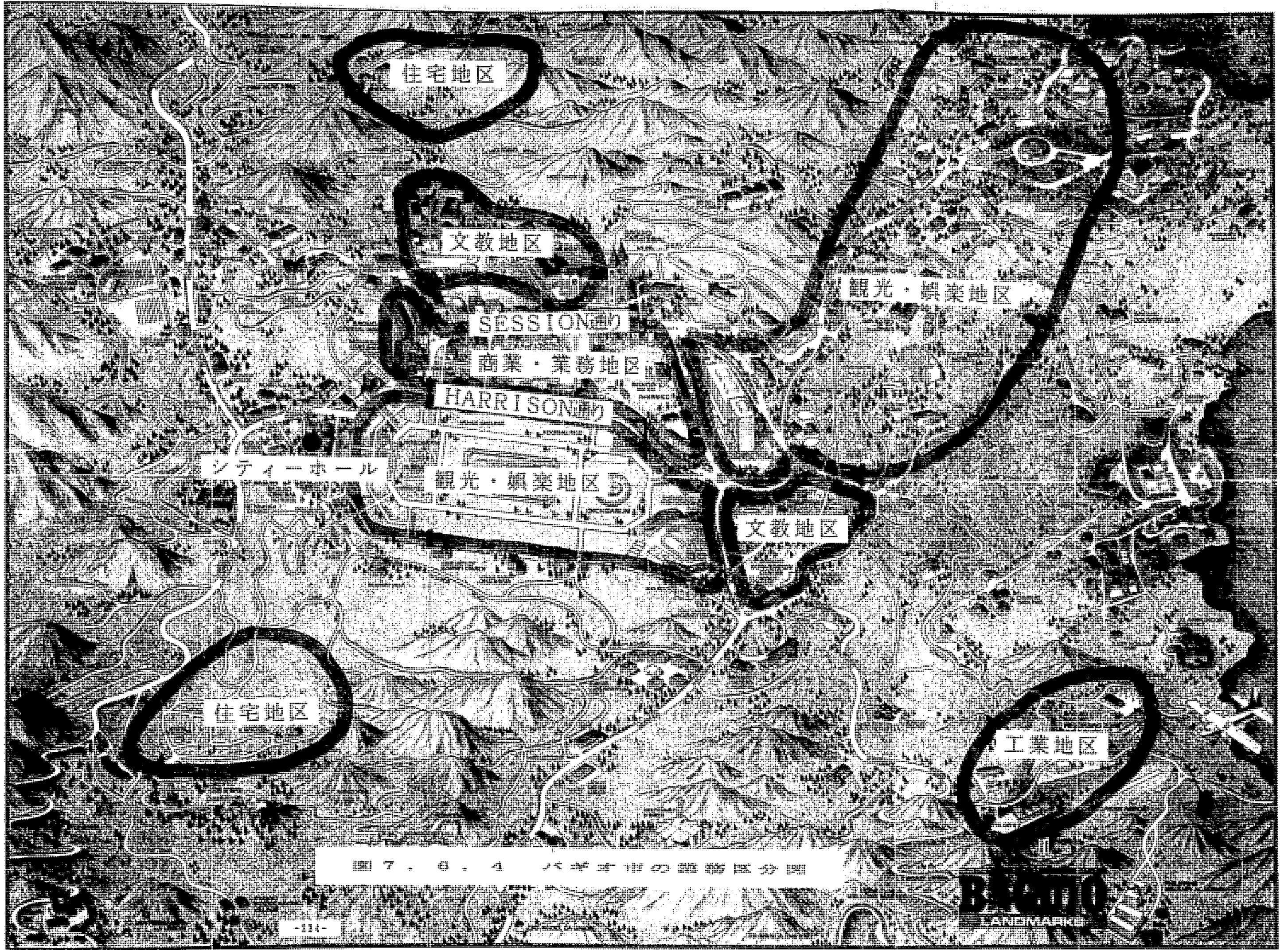


図 7 . 6 . 4 バギオ市の業務区分図

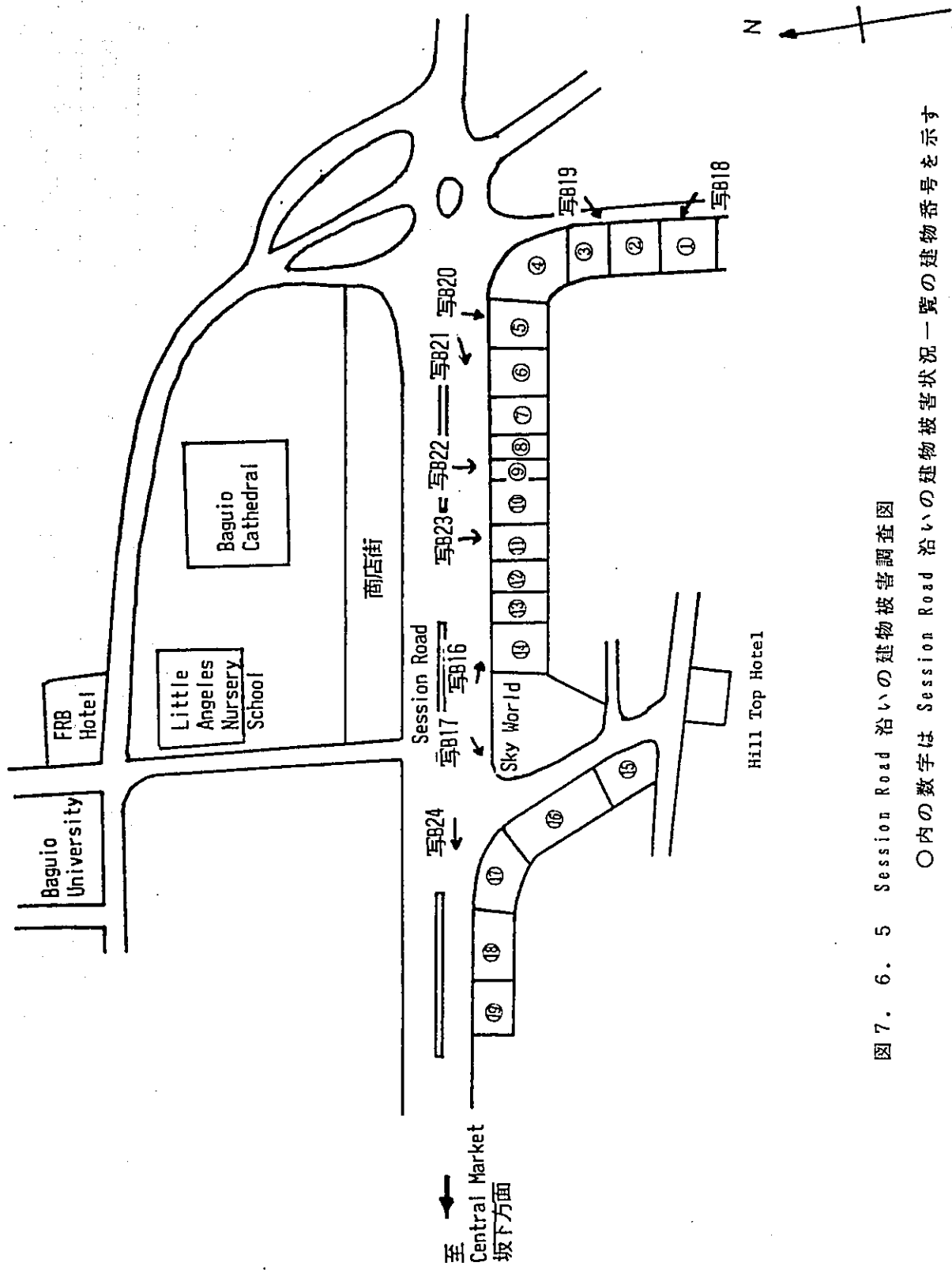


图 7. 6. 5 Session Road 沿いの建物被害調査図

○内の数字は Session Road 沿いの建物被害状況一覧の建物番号を示す

表 7.6.4 バギオ市の建物被害状況一覧

番号	建物名称	用途	構造形式	地上階数	被害状況	被災区分	写真番号
1	輸出加工区 (EPZ)	工場	RC	3	崩壊、被災後火災発生	倒壊	7.6.15~16
2	Nevade Hotel	ホテル	RC	4	1~2階部崩壊、4階建てが2階建てに	倒壊	7.6.17
3	Hyatt Terraces Hotel	ホテル	RC	7 11	テラス部、タワー一部崩壊、 テラス部1978年築、タワー一部1982年築	倒壊	7.6.18~20
4	Monte Pino Condominium	集合住宅	RC	10	1階柱、壁部に大被害、1966年築	大破	7.6.21~23
5	The Tower	集合住宅	RC、杭基礎	8	無被害	無被害	7.6.24
6	Baguio Park Hotel	ホテル	RC	8	崩壊	倒壊	7.6.25~26
7	Sky World	集合住宅	RC	9	1階柱、壁部に大被害、崩壊寸前	大破	7.6.27~29
8	Royal Inn	ホテル	RC	3	1階部崩壊、3階建てが2階建てに	倒壊	7.6.30
9	FRB Hotel	ホテル	RC	5	1、2階部崩壊	倒壊	7.6.31~32
10	Cowye Burl Bill	事務所	RC	5	1~2階の柱、壁に大被害	大破	7.6.33
11	Baguio University	学校	RC	7	3階以上崩壊、築40年	倒壊	7.6.34~35
12	Siesta Inn	ホテル	RC	4	1階部崩壊、4階建てが3階建てに	倒壊	7.6.36
13	レジデンスエリア内の建物	不明	RC	2	1階部崩壊、	倒壊	7.6.37
14	Baguio Cathedral	教会	RC	1	4本の柱にせん断ひび割れ	小破	7.6.38
15	Little Angeles Nursery School	学校	RC	5	一部柱、壁部に被害	小破	-
16	不明	ホテル	RC	4	崩壊	倒壊	7.6.39~40

パギオ市 SESSION ROAD 沿いの建物被害状況一覧

番号	建物名称	用途	構造形式	地上階数	被害状況	被災度区分	写真番号
17	Baden Powell	雑居	RC	2	無被害	無被害	7.6.43
18	Siesta Inn	ホテル	RC	4	パギオ市の建物被害状況一覧参照		7.6.44
19	Anapola	レストラン	RC	2	1階部に大被害	大破	7.6.44
20	Filitel	電話局	RC	2	無被害	無被害	-
21	BPI	銀行	RC	2	無被害	無被害	7.6.45
22	RCBC	雑居	RC	2	一部の柱、壁に被害	小破	-
23	RCPI	雑居	RC	3	無被害	無被害	-
24	不明	雑居	RC		無被害	無被害	-
25	City Trust	銀行	RC	6	外装レンガ剥離	軽微	7.6.47
26	AI-YAN	雑居	RC	3	無被害	無被害	-
27	Philem Life	雑居	RC	2	無被害	無被害	7.6.48
28	Manahan Bill	雑居	RC	3	無被害	無被害	-
29	Fill Indian	店舗	RC	4	無被害	無被害	-
30	Fighting Justice	雑居	RC		無被害	無被害	-
31	Llanas Pol	雑居	RC	2	壁に被害	軽微	-
32	Benguet Prime	ホテル	RC	6	3階壁に被害	軽微	7.6.42

番号	建物名称	用途	構造形式	地上階数	被害状況	被災度区分	写真番号
33	Handeansa Baguio	雑居	RC	2	仕上げの剥離	小破	7.6.49
34	不明	雑居	RC	3	柱に被害	中破	-
35	Baguio Goodwill	ホテル	RC	4	柱に被害	小破	-



写真 7.6.15

建物名称：輸出加工区

建物状況：崩壊

被災後火災発生屋根構造のみ鉄骨トラス構造

正面からの道路をはさんで同じ建物が2棟。向かって左側の建物が崩壊



写真 7.6.16

3階柱梁接合部柱 40cm 角

8-D35 はり断面に比べて柱断面が小さい。柱フープ筋間隔が大きい (D10@300) 桁方向柱間隔 5.5m



写真 7.6.17

建物名称： Nevada Hotel

被害状況：1階部崩壊

梁は幅 35cm、主筋 D16、スターラップ D10、柱 39cm 角 8-D19

(2本づつ束ね配筋)

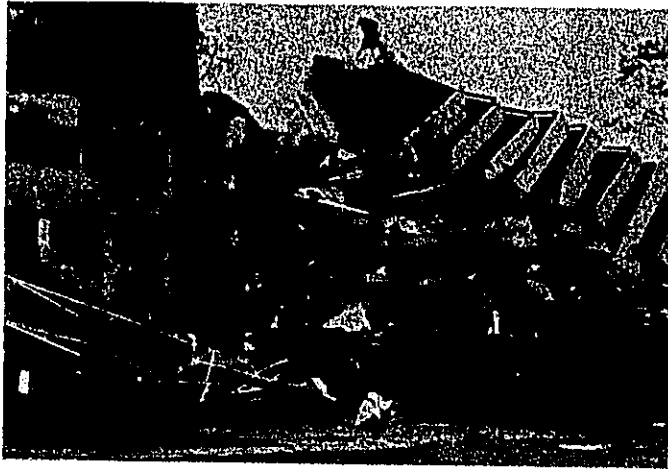
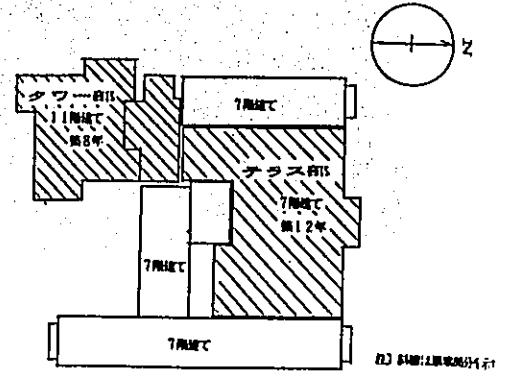


写真 7.6.18

建物名称：  
Hyatt Terrace Hotel  
建物状況：崩壊  
タワー部の破壊状況



平面図

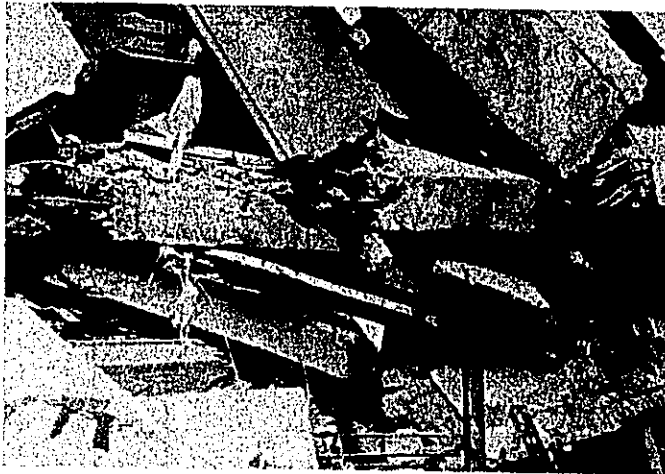


写真 7.6.19

柱梁接合部破壊  
水平に見えるのが柱梁に比べて柱寸法が小さい。  
1階柱断面  $60 \times 75 \text{ cm}$   
主筋 10-D38  
フープ筋 D16-200@  
柱間隔 4.0 m

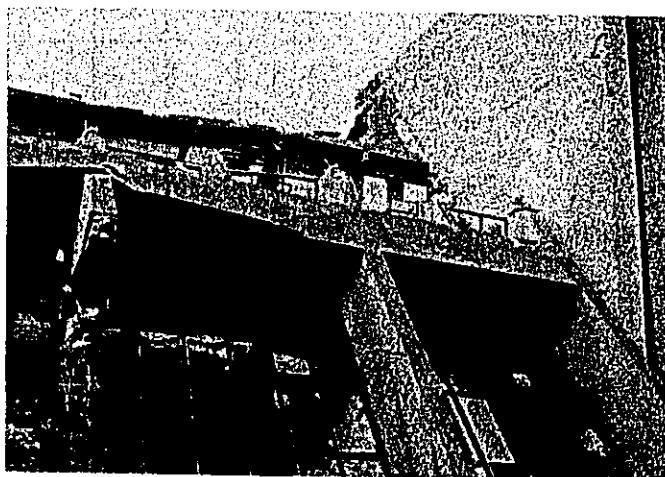
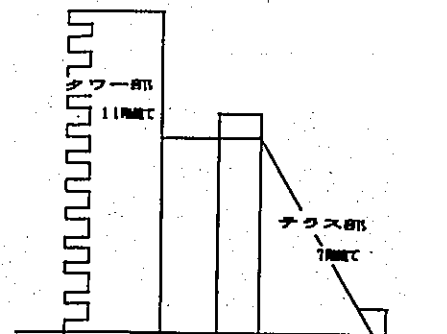


写真 7.6.20

テラス部入口側の破壊状況  
右側建物とは構造的接合はみられない。  
斜め柱断面  $850 \times 55 \text{ cm}$   
主筋 8-D32  
フープ筋 D10-300@



断面図

写真 7.6.21

建物名称:

Moulo Pino Condominium

建物状況:

柱、壁部に大被害

4階部分まで外壁剥離

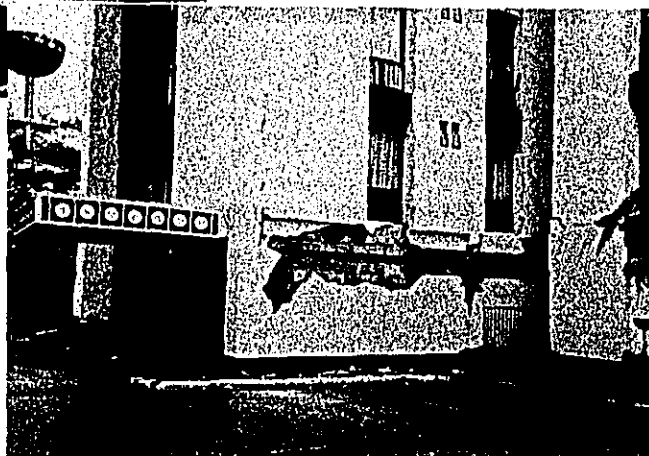
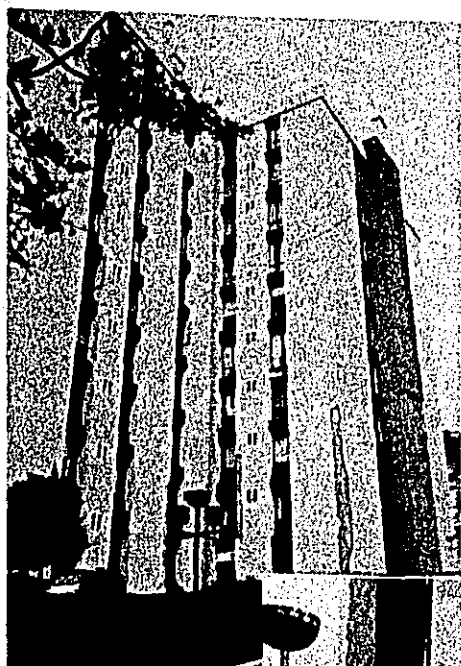


写真 7.6.22

北京東端

短柱部分大破

ブロック2次壁大破



写真 7.6.23

北面西側端部

1階柱壁部分大破(主筋座屈、  
2次壁崩壊)



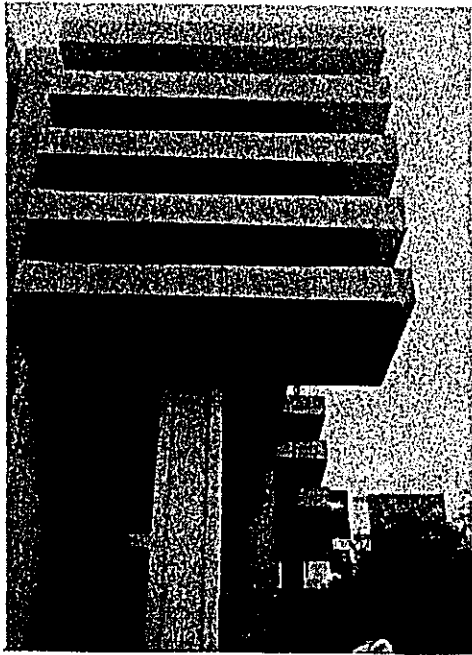


写真 7.6.24

建物名称: The Tower

建物状況: 無被害

他の建物に比べて壁量が多  
く柱断面の大きさが大きい。

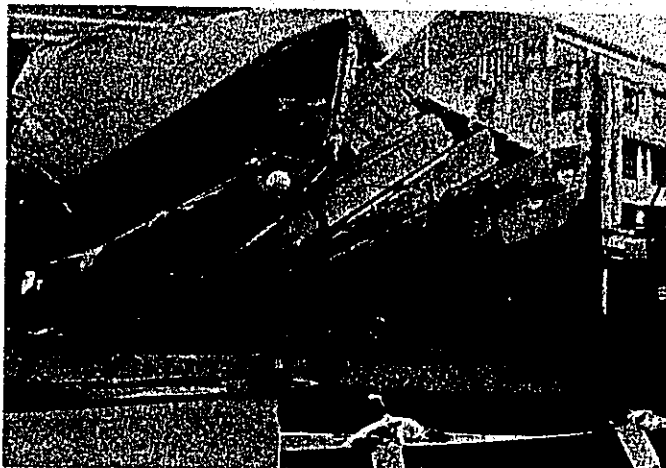


写真 7.6.25

建物名称:

Baguio Park Hotel

建物状況: 崩壊

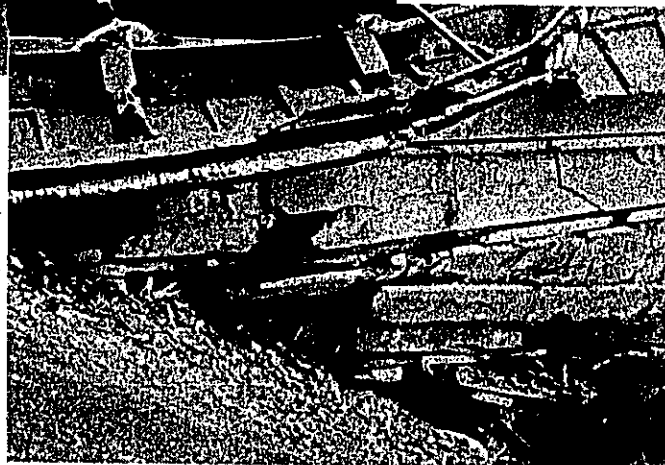


写真 7.6.26

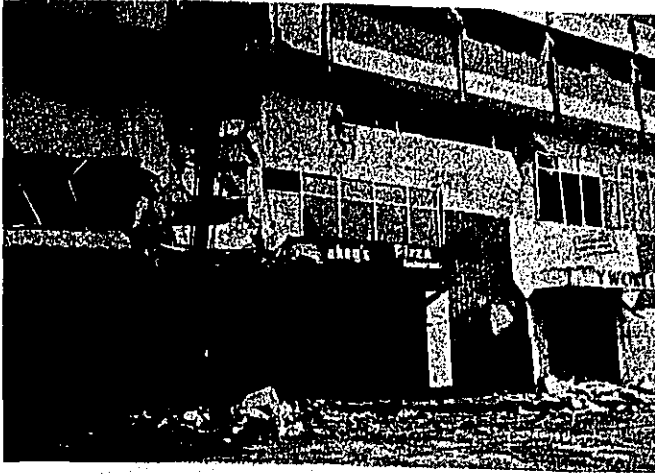


写真 7.6.27

建物名所: Sky World

建物状況:

壁、壁部に大被害

1階から5階部分まで短柱  
せん断破壊



写真 7.6.28

1階部分で30~50cm階高が低  
下している。



写真 7.6.29

短柱破壊状況

隅角部は主筋 (D29) が4本  
束ねてあり、フープ筋 (D10)  
量も少ない。

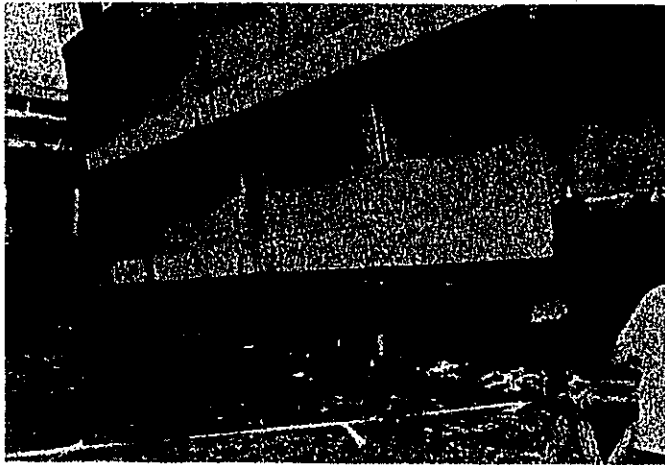


写真 7.6.30

建物名称: Royal Inn

建物状況: 1階部崩壊

梁材にポストテンション

PCケーブルが採用されて  
いる。

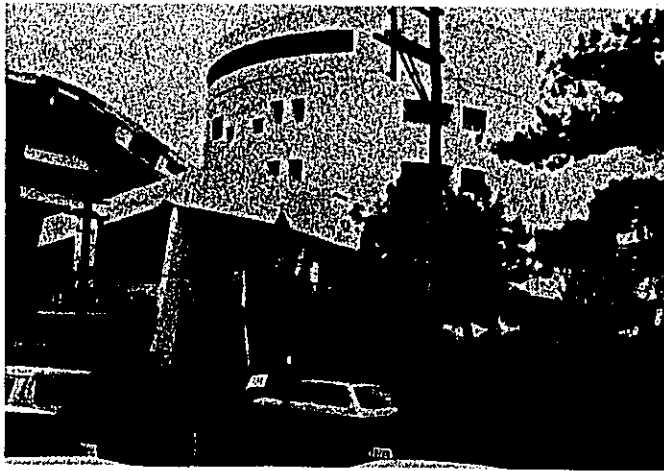


写真 7.6.31

建物名称: FRB Hotel

建物状況: 1、2階部崩壊

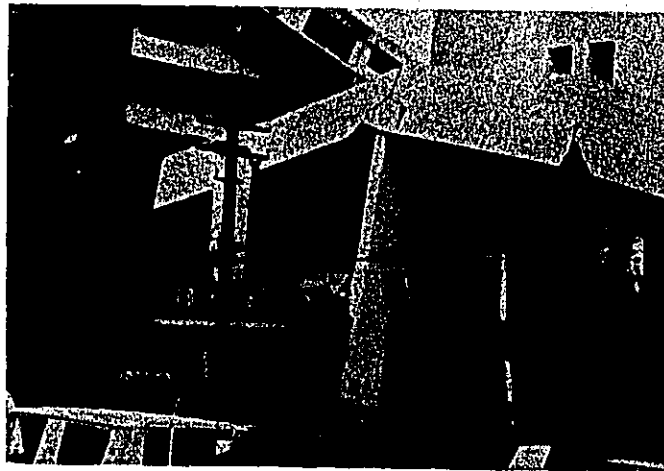


写真 7.6.32

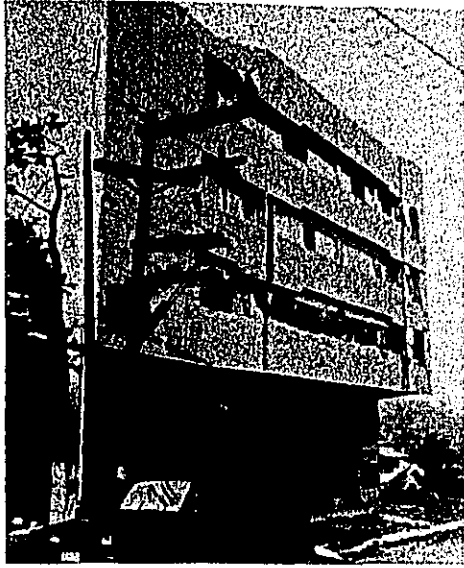


写真 7.6.33

建物名称:

Cowye Burl Bill

建物状況:

柱・壁に大被害

3～5階キャンティレバー

部柱破壊



写真 7.6.34

建物名称:

Baguio University

建物状況: 3階以上崩壊



写真 7.6.35

隣接建物内の柱・梁接合部

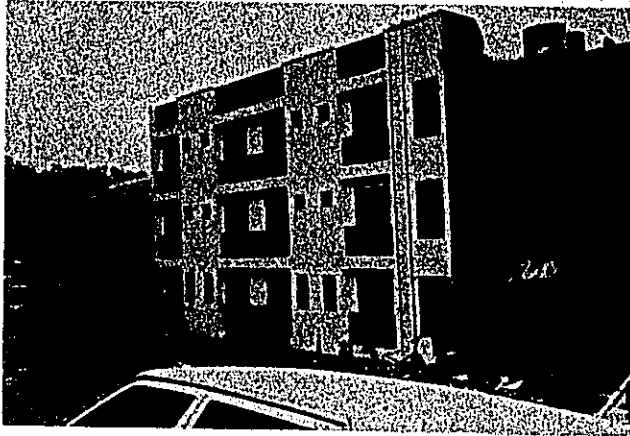


写真 7.6.36

建物名称: Siosla Inn

建物状況: 1階部崩壊

4階建てが完全に3階建て  
になっている反対側は谷側  
となっている



写真 7.6.37

建物名称: 複合住宅

建物状況: 1、2階部崩壊

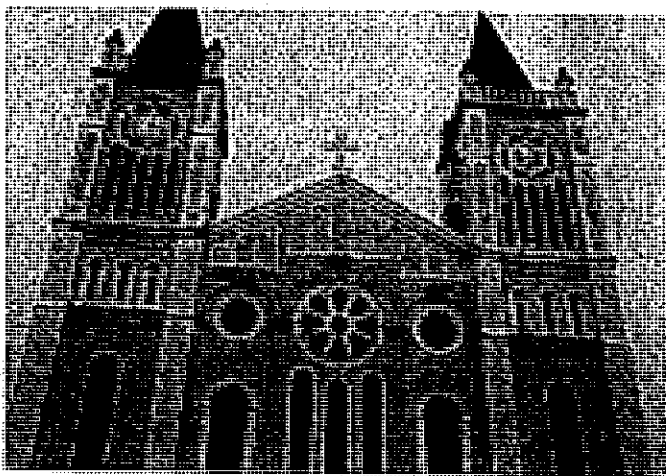


写真 7.6.38

建物名称:

Baguio Cathedral

建物状況:

一部の柱、壁に被害



写真 7.6.39  
建物名称：不明  
建物状況：崩壊



写真 7.6.40

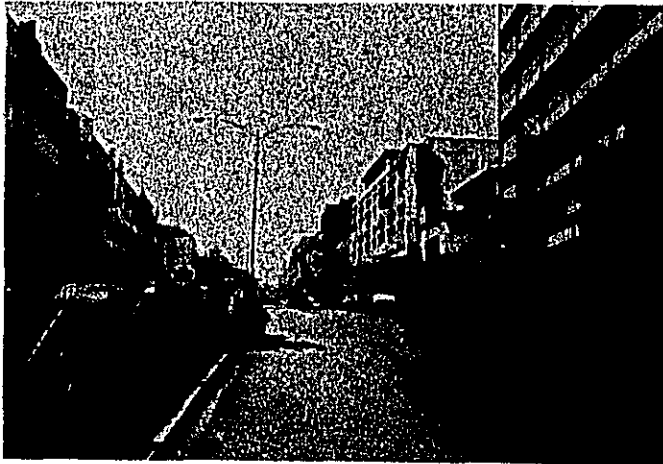


写真 7.6.41  
Sky Worldより坂の上を望む

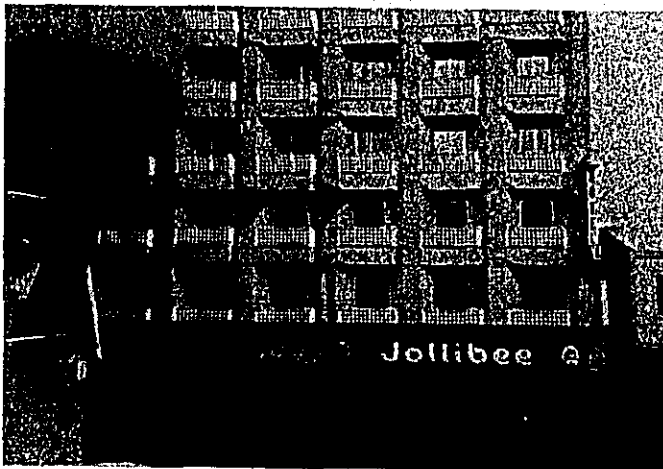


写真 7.6.42  
Sky Worldより  
Banguet Prime Hotelを望む

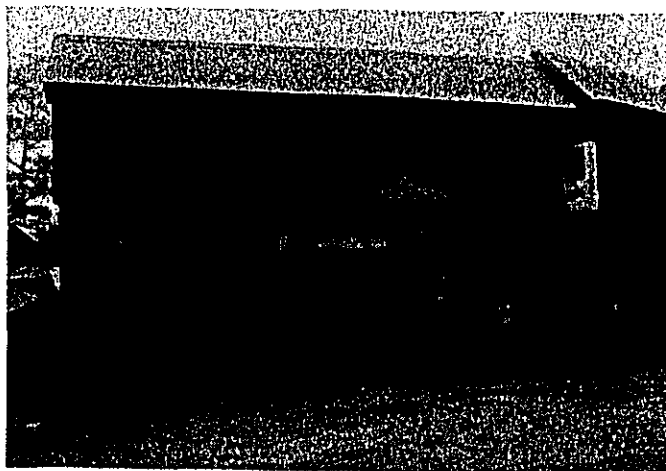


写真 7.6.43  
坂の上のBaden Powell Hill



写真 7.6.44  
手前側 Awapola  
向こう側 Siesta Inn



写真 7.6.45  
BPIビル



写真 7.6.46  
BPIビルより Sky World 方向  
を望む



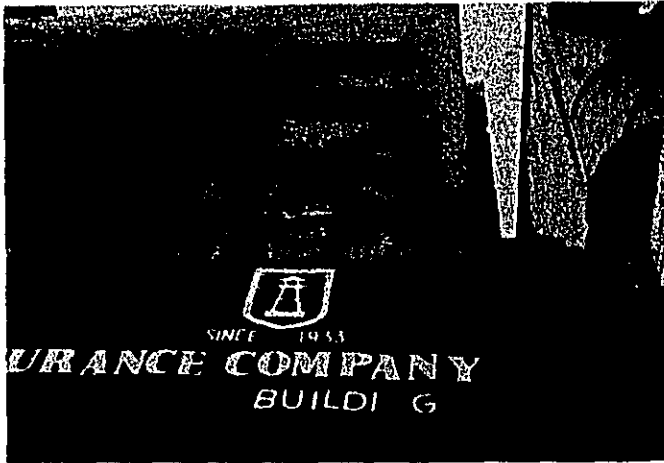


写真 7.6.47  
City Trust ビル



写真 7.6.48  
Philam Life ビル

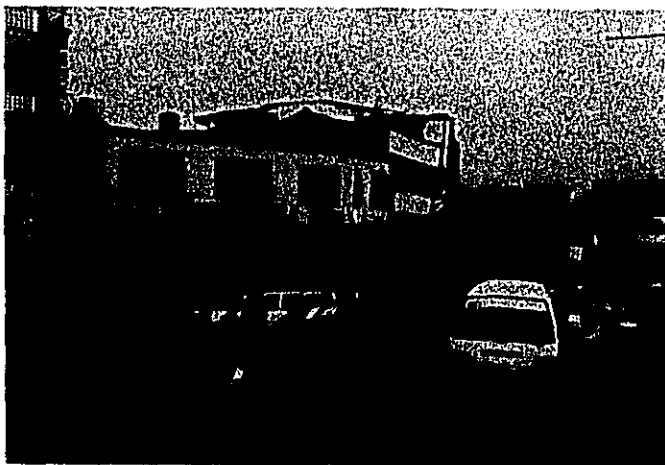


写真 7.6.49  
Sky World より坂の下側を望む

### 7. 6. 3 マニラ首都圏の被害

今回の地震によるマニラ地域の被害は軽微であった。しかしながら、DPWHの依頼により軽微な被害を受けたマニラ市、ケソン市、バサイ市の3市で合計12棟の建物を調査した。これにより上記建物の残存耐震性能及び存続使用可能性に関するアドバイスを行った。

図7.6.6はマニラ首都圏の中央部地図であり、同図に調査建物の位置をプロットした。西側のマニラ市の7棟は殆どがPassing River沿いの建物である。周辺調査及びヒアリングの結果では、この周辺での地盤液状化はなかった模様ある。

北西部のケソン市は副都心構想で開発された地域であり、官公庁建物も多い。南部にマカティ地区、バサイ市が位置する。

表7.6.5に調査建物12棟の被害調査結果をまとめた。

また写真7.6.50から7.6.68に調査建物の被害状況及びスケッチを一覧した。概ね被害軽微であった。しかし日本の場合に比べて構造躯体特に柱断面が小さく、スパンが大きく、これらのディメンションはバギオの被災建物と同様であった。



FIG. 7. 6. 6 LOCATION OF INSPECTED BUILDINGS IN MANILA

表 7.6.5 メトロ・マニラ建物被害状況一覧

番号	建物名称	用途	構造形式	地上階数	被害状況	被災区分	写真番号
1	Veterans Bank (Manila)	銀行	RC		南面端部柱、3階柱脚部バックリング壁にせん断ひび割れ、外観調査のみ	小破	7.6.50 ～51
2	B.F Condominium (Manila)	集合住宅	RC	7	1階のみ調査、柱の仕上げ、ブロック壁にひび割れ	軽微	7.6.52
3	P. P. A (Manila)	事務所	RC	5	4階柱頭部にせん断ひび割れ(1ヶ所)ブロック壁にひび割れ テストハンマーによるコンクリート強度(4階梁)約180kg/cm <sup>2</sup>	小破	7.6.53
4	National Library (Manila)	図書館	RC	7	内部ブロック壁にせん断ひび割れ 1階柱、中3階柱打継ぎ部に水平ひび割れ テストハンマーによるコンクリート強度(1階柱)約310～360kg/cm <sup>2</sup>	小破	7.6.54 ～55
5	Phil. General Hospital (Manila)	病院	RC	8	高層部、低層部のジョイント部の壁、床に被害(剛結合にしているため) 外側化粧柱に水平ひび割れ、モルタル剥離	軽微	7.6.56 ～58
6	Dr. Jose Fabella Memorial Hospital (Manila)	病院	RC	4	階段、窓サッシ外側へ変形 2～4階のブロック壁にひび割れ 床下コンクリート落下 1968地震後R階梁を鉄骨で補強 コンクリート強度206kg/cm <sup>2</sup> (1F柱)	軽微	7.6.59 ～60
7	Department of Agriculture (Quezon City)	事務所	RC	5	被害なし(2年前に最上階を増築) コンクリート強度206kg/cm <sup>2</sup> (1F柱)	無被害	7.6.61

番号	建物名称	用途	構造形式	地上階数	被害状況	被災区分	写真番号
8	Phil. Science High School (Quezon City)	学校	RC	4	最上階、ブロック壁にひび割れ コンクリート強度 $270\text{kg/cm}^2$ (IF壁)	軽微	7.6.62
9	State Accounting & Auditing Center (Quezon City)	事務所	RC	3	最上階、柱、梁の仕上げモルタル剥離 最上階柱に水平ひび割れ (コンクリートの悪い部分) ブロック壁に被害 (1階) コンクリート強度 $310\text{kg/cm}^2$ (最上階柱)	小破	7.6.63 ~64
10	Ministry of Energy (Makati)	事務所	RC	4	4階柱頭部にひび割れ 4階部分を増梁 (始めは3階建て) ブロック壁に被害	軽微	7.6.65
11	Passay City East High School (Pasay City)	学校	RC	2	1階ブロック壁に被害 外柱と手すりのジョイント部の仕上げモルタル剥離 1974年の地震の後、中柱2本に対しRC補強柱を付加 コンクリート強度 $206\text{kg/cm}^2$ (IF柱)	軽微	7.6.66 ~67
12	Post Office	事務所	RC	3	被害なし	無被害	7.6.68



写真 7.6.50

建物名称: Veleyans Bank

建物状況:

南面3階柱脚部のバックリング

壁のせん断ひび割れ

レンガの剥離

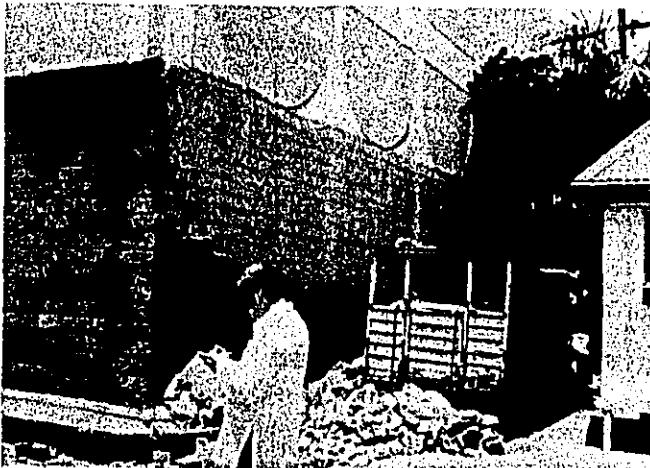
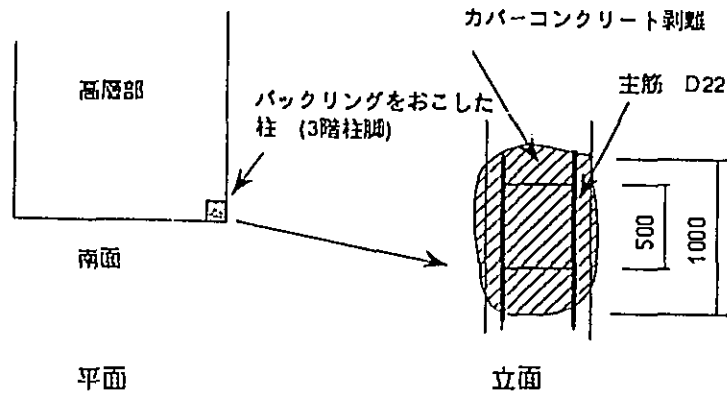


写真 7.6.51

1階仕上げ壁面の剥離

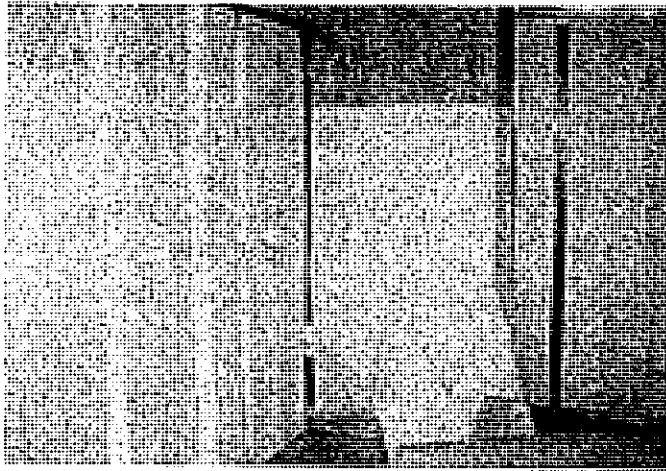


写真 7.6.52

建物名称: B.F Condominium

建物状況:

ブロック壁にひび割れ

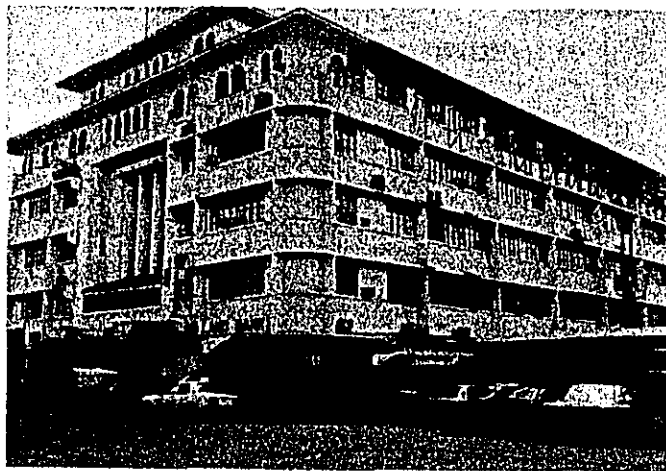
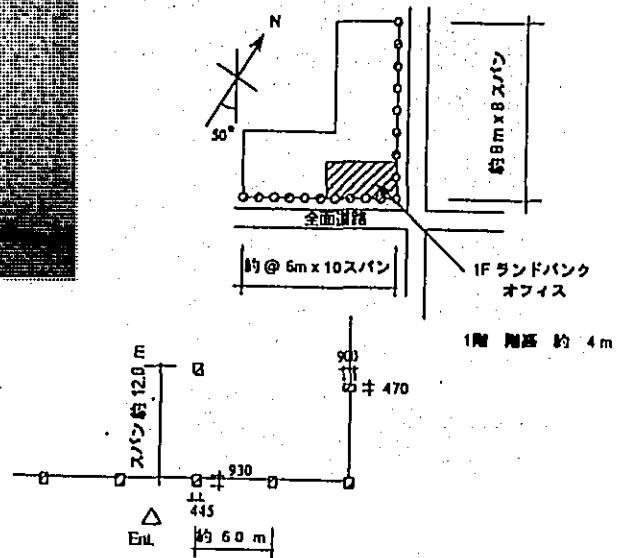


写真 7.6.53

建物名称: P.P.A

被害状況:

最上階のブロック壁柱頭部にひび割れ

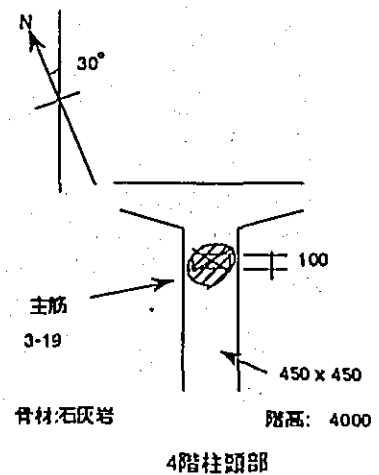




写真 7.6.54  
 建物名称:  
 National Library  
 建物状況:  
 耐震壁のひび割れ

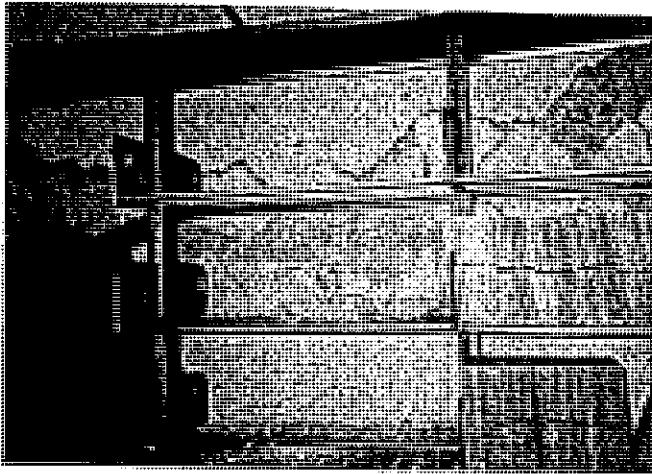
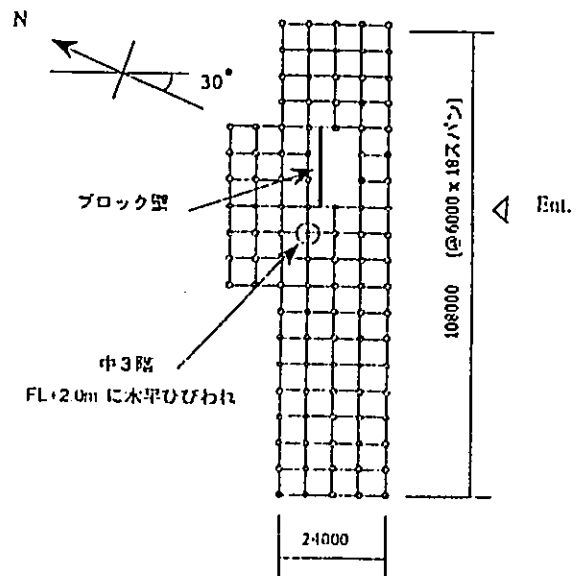


写真 7.6.55  
 過去の地震(1968, 1984)で  
 ブロック壁の補強、さらにブ  
 ロック壁をRC壁にしたが、  
 その部分にせん断ひび割れが  
 入っている。





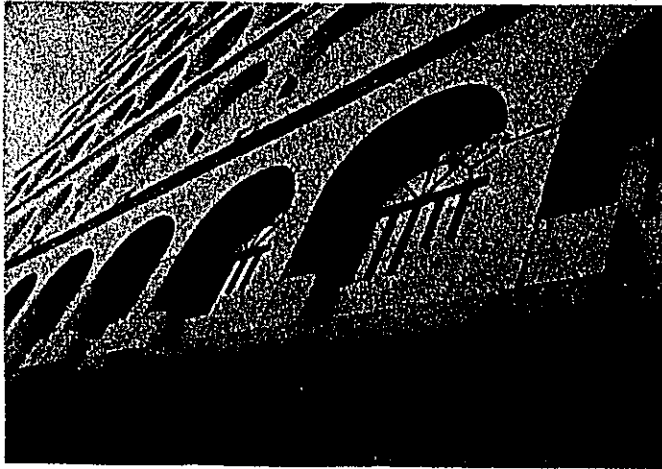


写真 7.6.56

建物名称：  
Philippines  
General Hospital

建物状況：  
低層部エキスジョイント部に被害化粧柱のモルタル剥離

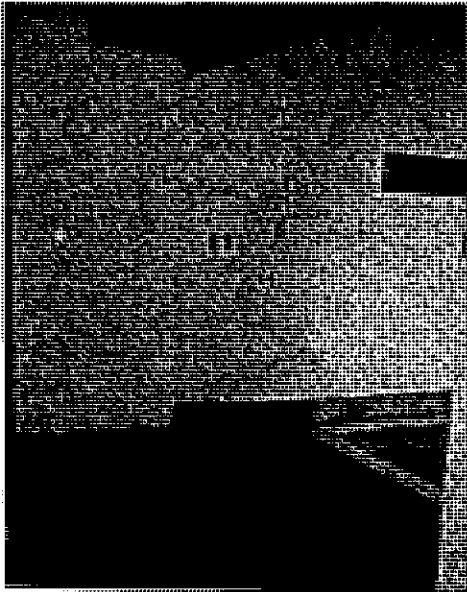


写真 7.6.57

簡易エキスパンションジョイント部のひび割れ

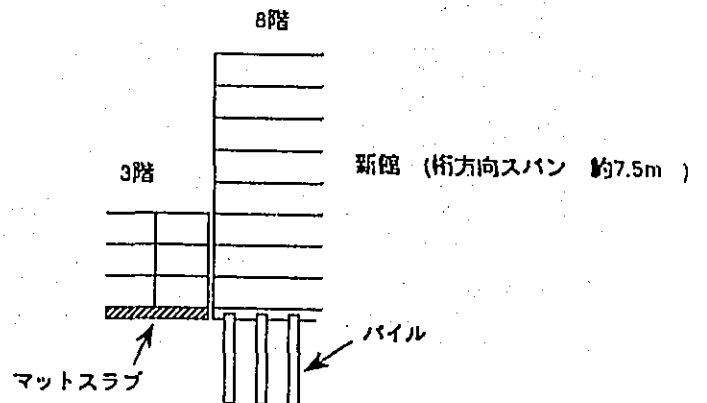


写真 7.6.58

エキスパンション領域の窓面の被害



写真 7.6.59

建物名称:

Dr. Jose Fabella  
Memorial Hospital  
Nurse Dormitory

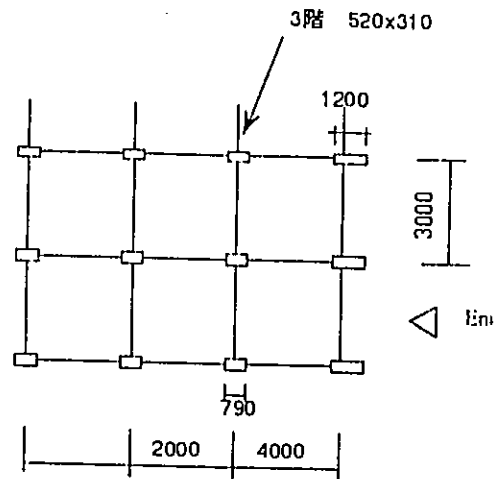
建物状況:

ブロック 2 次壁のひび割れ



写真 7.6.60

1968 年地震後 R 階等に鉄  
骨補強



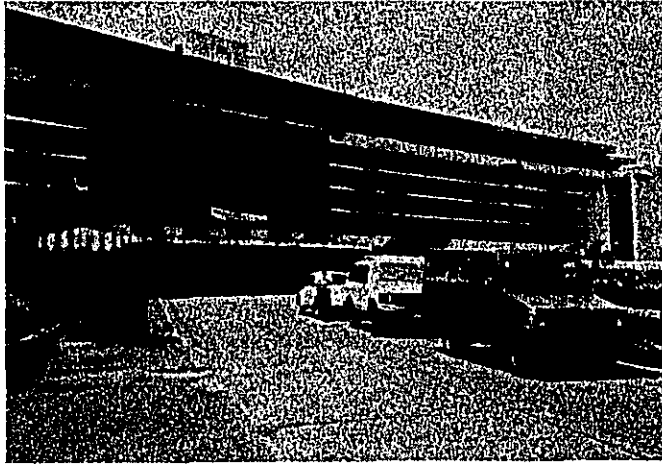


写真 7.6.61

建物名称:

Department of  
Agriculture

建物状況: 無被害

5階建ての建物完成後6階  
部増築

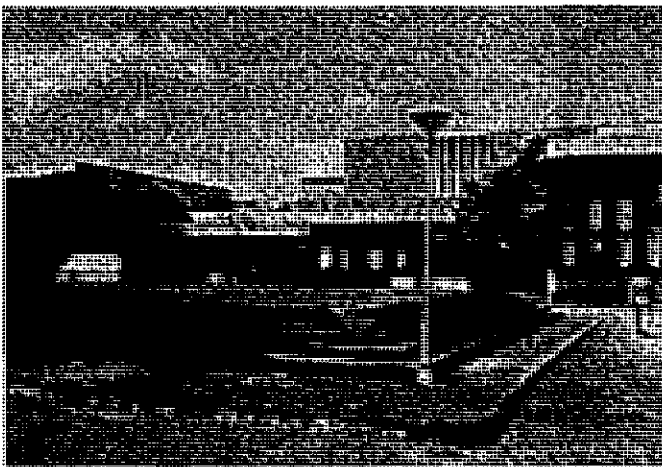
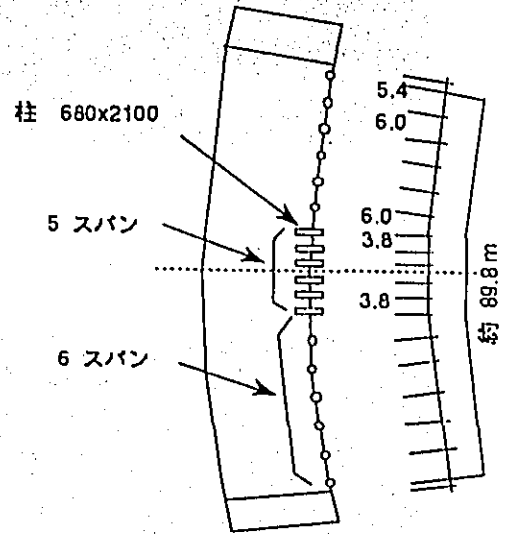


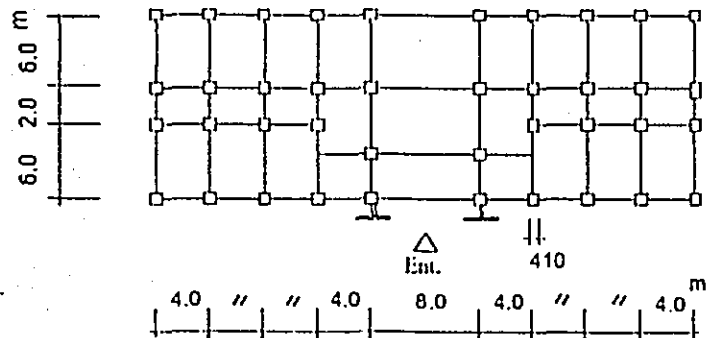
写真 7.6.62

建物名称:

Phil. Science High  
School

建物状況:

ブロック壁にひび割れ



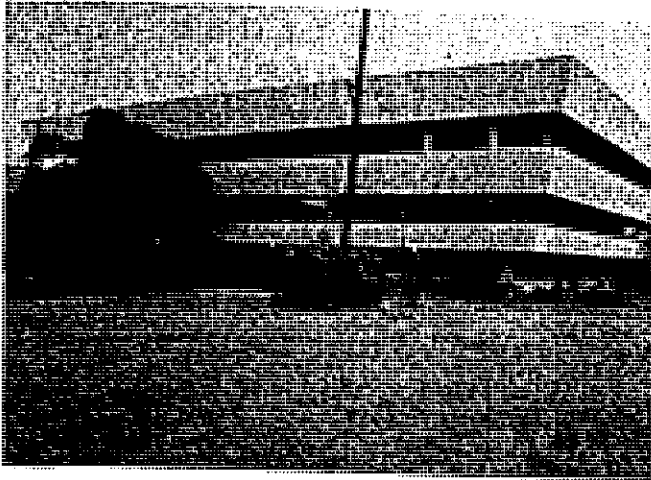


写真 7.6.63

建物名称：  
State Accounting &  
Auditing Center

建物状況：  
最上階柱・壁にひび割れ

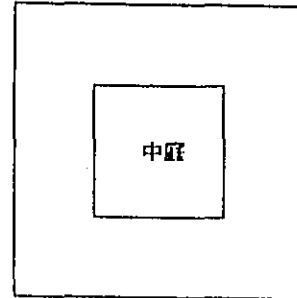


写真 7.6.64

2階柱頭に曲げひび割れ

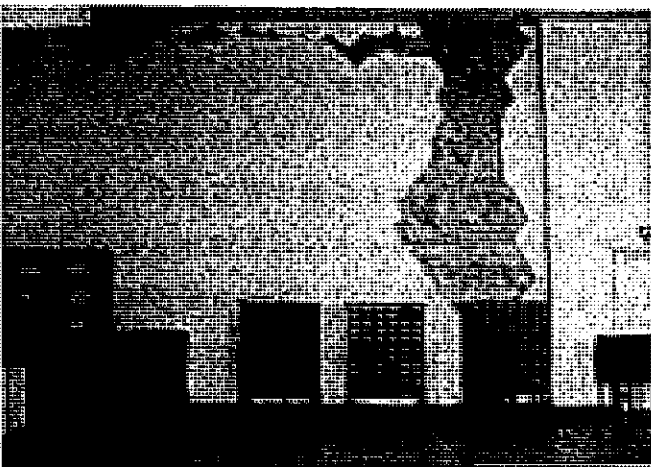


写真 7.6.65

建物名称：  
Ministry of Energy

建物状況：  
4階柱頭部ブロック壁にひび割れ

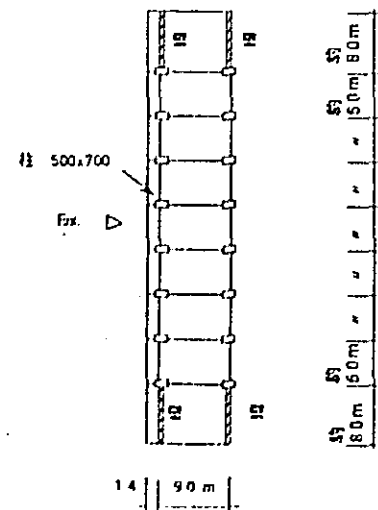




写真 7.6.66

建物名称:

Pasay City East High  
School

建物状況:

ブロック壁にひび割れ

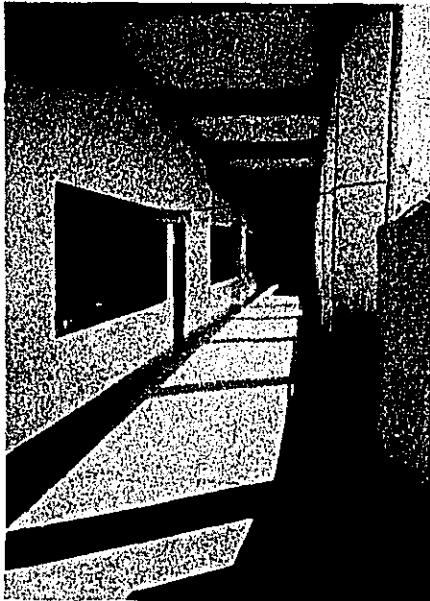


写真 7.6.67

1974年地震の後 RC 補強柱  
を付加した状態が壁面から突  
き出して見える。

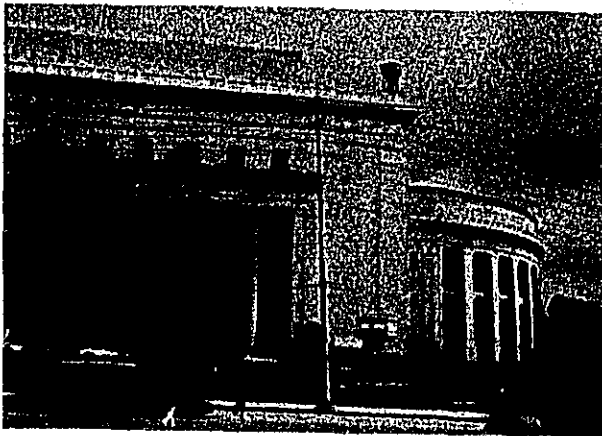


写真 7.6.68

建物名称:

Post Office

被害状況: 無被害

## 7. 6. 4 提言

### (1) 緊急に対応すべき事項

#### 1) ダグバン地区における地盤の液状化・沈下により被害を受けた建物の復旧

標記地区においては、地盤の液状化等により、建築物の著しい不同沈下やこれによる傾斜等が生じている。また、地盤の沈下により給排水等の支障が生じており、再度の余震等による二次災害の発生、衛生状態の悪化等が懸念される。

このため、この地区における被災建物の機能を回復させるため、早急に次の措置を講ずべきであると考えられる。

#### ① 主要な建築物について、ジャッキアップによる復元・補修を図る。

イ. 数棟の建築物について、最適の方法を検討しながらモデルとすべき復旧工事を実施する。

ロ. 上記モデル工事で得られた経験等を活かして全域での復旧を促進するため、イ. と並行して、「復旧指導技術者」の育成を図る。

a. モデル工事への参加による実習

b. モデル工事の経験を収集した「復旧計画・実施マニュアル」の作成

#### ② モデル復旧建物について、「耐震診断」を行い、必要な補修等を講ずることにより、復旧効果を向上させる。

#### 2) バギオ地区等における中破建物の補強・復旧

バギオを中心とした各地区においては、撤去されるべき大破建築物ではないが、構造上の被害を受けた建物が安全性の確認もないまま放置されており、そのまま使用することについては二次災害等が懸念されるため、被災度判定を実施し、補強復旧による再使用が合理的であると判断され得るものについては、早急にその実施を図る必要がある。

講ずべき措置として、次の事項を指適できる。

#### ① 中破建物についての耐震診断・被災度判定の実施・補強計画の策定

イ. 被災度判定実施要領の策定

ロ. モデル建物の判定実施による「判定指導技術者」の育成

ハ. モデル建物の補強計画の策定

#### ② 建物所有者への耐震補強の実施勧告・助成、及び、数棟に関するモデル補強工事の実施

#### 3) 仮設住宅の供与

バギオ、ダグバン地区等、居住建物の倒壊が著しく、住民の健康状態の維持等が困難と

なっている地区において、倒壊等によって使用不能となった住宅の代わりとして用いる簡易宿泊施設（プレハブ：一千世帯分）を建設し、住民の一次収容に供する。

(2) 中・長期的に対応すべき事項

1) . 中期的対応

- ① マニラの地盤液状化対策手法の確立。
- ② マニラ首都圏の既存建物耐震診断。
- ③ マニラ首都圏の既存建物耐震補強。
- ④ マニラ首都圏を対象とした強震動予測調査。
- ⑤ 強震観測ネットワークの設置と運営。

2) . 長期的対応

- ① 建築基準法の見直し改正。
- ② 耐震設計基準の見直し改正。
- ③ 構造設計例及び標準仕様書の見直し改正。

## 8. あとがき

フィリピン諸島は、日本列島と同様に大地震の発生しやすい環境下にあると言ってよい。このため、構造物の耐震性については日本と同程度のものが要求されてしかるべきである。この観点からみると、過去20年あまり、かなりの地震対策がなされているとは言え、地震観測網の整備、構造物、特に近代構造物の耐震性向上については残念ながら、未だ充分とは言えぬ状況にある。さらに被災後の構造物の被害度判定などの面においても震後対応の技術は充分でない。短い滞在期間ではあったが、今回の復旧技術協力を通じて上記の点を指摘せざるを得ない。

地震対策は、単に技術上の問題ばかりでなく、それぞれの国の経済的、社会的環境を考慮せざるを得ない面があるので、最終的には比国側で決断すべき事項が多いが、先にあげた今後の対策に関する提言を一刻も早く比国において取り上げられることを願うとともに、同じアジアにおける地震国であり、かつ、被害経験の多い日本においても、今後ともできる限りの技術協力と援助を惜しむべきではないと痛感している。

被災構造物の被害度判定や応急復旧の支援を行う二次隊を早急に派遣することが望まれる。これにより今回の災害からの速やかな復興と今後もしばらく続くであろう被害の社会経済活動への影響の軽減を図る上で大きな効果を挙げるものと確信している。

我々を暖かく迎え入れ万全の手配をしていただいた関係機関は言うに及ばず、各地において時には我々に「我が家で昼食を食べて行かないか」ときそって下さったり、あるいは自分の仕事をそっこのけで我々を断層の現場まで案内して下さった現地の方々の顔を思い浮かべる時、折しも「国際防災の10年」のスタートの年に生じた今回の災害を真の教訓とするためには、国境を超えて人類の知恵をしぼる時が来ているとつくづく感じるのである。



## 付 録

- 付－1 比側から入手した資料
- 付－2 比側に提供した資料
- 付－3 在比関連機関
- 付－4 ブリーフィングのメモ／暫定報告書（英文）

## 付 一 1 比 側 から 入 手 し た 資 料

- 1) Preliminary Estimates of Repair/Rehab of Infrastructure Damaged by 16 July 1990 Earthquake. (DPWH)
- 2) ベンゲット州の被害統計 (州知事より)
- 3) バギオの被害統計 (追加) (DPWH地区事務所より)
- 4) マニラ被害統計 (DPWH)
- 5) ダグバン市建物名称地図 (ダグバン市役所より)
- 6) 余震マップ (火山・地震研究所より)
- 7) 震度階マップ (火山・地震研究所より)
- 8) Distribution of Earthquake Generators in the Philippines. (火山・地震研究所より)
- 9) Distribution of Active and Inactive Volcanoes in The Philippines. (火山・地震研究所より)
- 10) マニラ放射10号線関係ボーリング図 (パシフィック・コンサルタントより)
- 11) Standard Specifications Vol. II, Highways, Bridges & Airports, 1988.
- 12) Design Guidelines Criteria and Standards Vol. I and II, DPWH.
- 13) National Structural code of the Philippines, Vol. II Bridges, Association of Structural Engineers of the Philippines, 1987.
- 14) J. P. Hollings: Earthquake Engineering for the ILLIGAN-BUTUAN ROAD in the Island of MINDANAO-PHILIPPINES, ADB, 1972.
- 15) A Course on Aseismic Design and Construction of Structures, Asian Disaster Preparedness Center AIT, 1987.
- 16) 設計資料 (カルメン橋、カルボ橋、アリンガイ橋、パウアング橋)
- 17) 地震発生後 (17~21 JULY) の写真集 (熊谷組マニラ事務所より)
- 18) 上記ビデオテープ (作製中)
- 19) 各地の地図 (ダグバン、バギオ、マニラ、フィリピン全土)
- 20) 地震発生時の計測値 (振り切れている)
- 21) 比国地層図 (フィリピン全土、バギオ、ダグバン、リンガエン、アギー、マニラ)
- 22) The Study on Flood Control and Drainage Project in Metro Manila (by JICA Report, Feb. 1990)
- 23) The NATIONAL BUILDING CODE of the Philippines and its implementing rules and regulations. The law to Enhance Mobility of Disabled Persons with implementing rule and regulations, Philippine Law Gazette.

- 24) National Structural Code of the Philippines Volume 1, Buildings, Towers and other Vertical Structures, 3rd Edition Sept, 1988 by Association of Structural Engineers of the Philippines.
- 25) Structural Design Data and Specifications by A. B. Corrillo. 6th edition, may 1983 (KEN Incorporated)
- 26) 地震発生後からの新聞の切り抜き
- 27) ダグバン市のボーリングデータ (4ヶ所)
- 28) Earthquake and tsunami. Philippine Institute of volcanology and Seismology
- 29) Preliminary Estimates of Repair / Rehab of Infrastructure Damaged by 19 July 1990 earthquake DPWH, as of 26 July 1990.
- 30) Situation Report (パンガシナン)
- 31) Socio-Economic Profile of Dagupan city
- 32) Estimate of Daily Losses and Assesment of Bank Institutions in Pangasinan.
- 33) ダグバンのボーリングデータ (ボーリングマップと柱状図)
- 34) 写真 Along "KENNON Road" July 16 1990.
- 35) ヘリコプターによるケノン道路写真
- 36) Marcos highway, Location Affected by Earthquake and Straight Line Diagram.
- 37) Straight Line Diagram
  - Along
    - Baguio-Bancay Road
    - Kennon Road
    - Marcos Highway
    - Baguio-Bontoc Road
- 38) Naguilian Road, Summary of Quantities (Slide Volume ect.) and straight line diagram.
- 39) Calamity Report by Embassy of Japan.

## 付一 2 比側に提供した資料

- 1) Earthquake Disaster Countermeasures in Japan (1988, National Land Agency)
- 2) Report (Outline) of The Japanese Technical Study Team for the Loma Prieta Earthquake (1990, The Japanese Technical Study Team for the Loma Prieta Earthquake)
- 3) A Seismic Design Code in Japan
- 4) Example of Repair & Strengthening of Damaged Building  
(by Hirose, IISEE lect. textbook)
- 5) Evaluation of the Result Obtained by the Japanese Missions to SSR of Armenia  
(by Okada, et al.)
- 6) A Seismic Evaluation of Existing Buildings Supporting Documentation  
(Fema: Federal Emergency Management Agency 1989, May)
- 7) Techniques for Seismically Rehabilitating Existing Buildings (preliminary)  
(Fema: 1989)
- 8) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazard; a handbook  
(July 1988)
- 9) Records of Restoration of Damaged Buildings Due to 1964 Niigata Earthquake  
by Architectural Institute of Japan (April 1966)
- 10) Standard for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Building  
1977, Association of Japan Building Disaster Prevention
- 11) Report from International Emergency Rescue Team on Spitak Earthquake in  
Armenia in USSR, June 1989, JICA
- 12) Earthquake Damage Evaluation for Reinforced Concrete Buildings by M. Murakami  
and T. Okada, symposium "Urban Disaster Mitigation" Tangshan, China, Sept. 19  
88
- 13) Recommendation on Damage Evaluation, Repair and Strengthening for Buildings  
Damaged by September 19-20, 1985 Mexico Earthquakes - Report submitted to the  
Department of Federal District of Mexico by the JICA Mission Dispatched to  
Mexico from October 19 to November 22, 1985 (The Japan International Coopera-  
tion Agency Mission)
- 14) Manual for Repair Methods of Civil Engineering Structures Damaged by Earth-  
quakes, PWRI, MOC/NCEER, SUNNY 1986

15) Soil Liquefaction Studies in Japan:state-of-the-art, by Tosio Iwasaki, Soil Dynamics and Earthquake Engineering Vol.5 No.1, 1986

付一三 在比関連機関

(1) フィリピン政府関係機関

- Department of Public Works and Highways (DPWH)  
(Secretary) Fiorello R. Estuar 47-31-80  
40-35-52  
Telex 2335 MHPHU  
(Under Secretary) Teodoro T. Encarnacion  
(Assistant Under Secretary) Manuel M. Bonoan  
40-15-51
  - Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHILVOLCS)  
(Director-General) Paymundo S. Punongbayan 712-4669  
FAX 711-30-77  
Telex 65587 IOVASPN
- 中田 高 (広島大学助教授)
- Department of Transportation and Communication (DOTC) 631-8666 to 86
  - National Housing Authority (NHA) 99-45-61
  - National Irrigation Authority (NIA) 96-15-20

(2) 市

ダグバン市役所

(市長) Hon. Liberapo Li Reyna Sr. 41-96  
42-52

バギオ市役所

(市長) Jaime Bugnosen

(3) 日本国大使館 (Embassy of Japan) 818-9011

(大使) 田中 常雄  
(担当) 池田 拓哉

(4) JICA事務所

電話 88-30-81

(所長) 宮本 守也

(担当) 松本 賢二

(5) 長期専門家

中村 州章	D P W H, Bureau of Research & Standards EDSA Dilimon, Queson City	96-28-31
岩切 哲章	D P W H, Planning Service	48-94-29
萩原 良二	D P W H, Planning Service	48-94-80
武内 辰夫	D O T C, Transportation Planning Service	631-8666 to 86 631-6229
平井 幸一郎	N H A, Estates Groupo	899-45-61

(6) 協力日本企業

片平エンジニアリング・インターナショナル (株)	818-3942
日本工営 (株)	818-5980
熊谷組	815-1197, 815-4660
飛島建設	818-3493
大成建設	819-5214
西松建設	818-5110
竹中工務店	

付一 4 ブリーフィングのメモ / 暫定報告書  
(英文)

ブリーフィングのメモ

場所：公共事業道路省

日時：1990年8月6日14:00-16:30

出席者：

(日本側) 在マニラ日本大使館 池田書記官

岡田団長以下専門家チーム全員

在マニラ長期専門家

緊急援助活動への在マニラ日本企業協力者

(比側) 公共事業道路省エストアール長官、エンカルナシオン次官、ボノアン次

官補ほか、PHILVOLCS、

国家灌漑庁(NIA)、電力公社(NPC)

USAID、CODA

建設業協会、コンサルタント協会

等

出席者合計 約60名

ブリーフィングの概要：

エンカルナシオン次官の司会で出席者の紹介があり、引き続いて岡田団長より現地踏査に基づく知見ならびに復旧についての総括的な報告を行った。これに続いて、各団員からスライド、OHPを用いてやや詳細な報告がなされた。

この間、比側からは随時報告について質問が寄せられた。エストアール長官は、特にバギオ市の被害原因、ダグパンの液状化被害について質問を發し、これらについて強い関心を持っていることを示した。

専門家チームの報告内容は、被災状況の把握やその学術的な観点からの分析に留まらず、残存施設の再利用可能性、被災構造物の補修・補強の方法等、具体的な応急措置、長期的対策の方向にまでたち至って提示した。このためエストアール長官は感謝の意を表すとともに、専門家チームの最終報告書をできるだけ早く完成させて欲しい旨表明した。



Preliminary Report

JULY 16, 1990 EARTHQUAKE

- Preliminary Investigation

and Recommendations -

by

Japanese Expert Team

as dispatched by the Japanese Government

through Japan International

Cooperation Agency (JICA)

August 6, 1990

## T A B L E O F C O N T E N T S

1. Introduction
  2. Itinerary and Members
  3. General Description of the Earthquake and Extent of Damage
  4. Activities
  5. Finding and Preliminary Recommendations
    - 1) Geology and Seismology
    - 2) Road - 1
    - 3) Road - 2
    - 4) Bridge
    - 5) River Structure and Dam
    - 6) Building
  6. Acknowledgements
- 
- Appendix I (Geology & Seismology)  
" II (Road 1)  
" III (Road 2)  
" IV (Bridge)  
" V (River Structure and Dam)  
" VI (Buildings)

## 1. Introduction

This report describes briefly the activities of the Japanese Expert Team dispatched by the Japanese Government thru Japan International Cooperation Agency (JICA) to cooperate with the Department of Public Works and Highway, Philippines in the rehabilitation of damaged structures brought about by the July 16, 1990 earthquake.

The report also includes preliminary recommendations for the rehabilitation of the damaged structures and the earthquake preparedness in future.

A final report will be prepared later based upon detail analysis of the data since the stay in Philippines is quite limited.

## 2. Itinerary and Members

7/29 (Sun.) Arrival Manila  
7/30 (Mon.) Preparation for Field Survey, Courtesy call  
7/31 (Tues) \* Field Survey on geological condition,  
8/01 (Wed.) \* soil condition, roads, bridges, dams, rivers,  
8/02 (Thur) \* buildings in earthquake affected area  
8/03 (Fri.) \* (Baguio, Dagupan, Tarlac, Agoo, Villasis,  
8/04 (Sat.) \* San Jose, Digdig, Bayombong, Rizal,  
\* Cabanatuan, Manila, Pantabangan, Tabbo)  
8/05 (Sun.) Preparation for the briefing  
8/06 (Mon.) Briefing at the DPWH  
8/07 (Tues) Leave Manila for Tokyo

\* Being taken at the same time

## MEMBERS

Team Leader: Tsuneo OKADA - Univ. of Tokyo  
Toshiro YAMADA - Disaster Prevention bureau  
National Land Agency.  
Akiomi SHIMAZU - Public Works Research  
Institute, Ministry of  
Constructions.  
Yasushi SASAKI - do -  
Michio OKAHARA - do -  
Shinsuke NAKATA - Building Research Institute,  
Ministry of Construction  
Yoshihiro KINUGASA - Geological Survey of Japan,  
Ministry of Trade and  
Industry.  
Yoshiharu YONEYAMA - JICA

### a) Philippine Counterparts

1. Engr. Crispin B. Banaag Jr. - Gen. Inspectorate Group
2. Engr. Roger F. David - Road I Group
3. Engr. Zosimo G. Alberto - Road I Group
4. Engr. Simplicio Pestano - Road II Group
5. Engr. Joel Surot - Bridge Group
6. Engr. Virginia Damaso - do -
7. Engr. Armenio E. Ayson - do -
8. Engr. Nelson Livara - River Structure and dam
9. Engr. Domingo - do -
10. Engr. Wilfredo Lopez - Building Group
11. Engr. Rogelio Isturis - do -

### b) Long Team JICA Expert

Mr. Kuniaki Nakamura (DPWH, BRS)  
Mr. Tatsuo Takeuchi (DOTC)  
Mr. Ryoji Hagiwara (DPWH, Planning Service)  
Mr. Tetsuaki Iwakiri (DOWH, Planning Service)  
Mr. Koichiro Hirai (NHA)

### 3. General Description of the Earthquake and Extent of Damage

The movement of the Digdig Fault, a part of the Philippine Fault System, was observed. This involved a left lateral dislocation of about 5 meters horizontally: 1 to 1.5 meter vertically: and extending about 40 km long from the south of the Municipality of Rizal up to the north of Digdig Carranglan, all in the Province of Nueva Ecija. Judging from the observation the fault dislocation, damage to structures ground failure and the information from Philvocs, the earthquake was caused by the movement of the Digdig Fault.

The earthquake affected area is spread very widely. However, the severely damaged area was basically limited within a triangular zone connecting Baguio, Dagupan and Carranglan, as well as the damage on the roads along Dalton Pass, Puncan down to Bongabong and the three major roads from Baguio to the west coast of Ilocos Region.

The earthquake intensity map based upon the data obtained by the Japanese Expert Team is show in Figure 1. The damage to the structures can be classified into the following types:

1. Collapsed of buildings due to ground shaking which was observed mostly in Baguio and Agoo including those in Cabanatuan and Umingan, Pangasinan.
2. Tilting, sinking and/or floating of buildings due to "soil liquefaction" observed mostly at Dagupan City.
3. Collapsed of dwelling houses due to land slip observed in Baguio City, and many towns along Naguilian Road, Dalton Pass etc.
4. Falling or failure of bridge decks due to the movement of bridge piers caused by "soil liquefaction" and many pile-bent type abutments on soft ground damaged due to earth pressure of high backfill and strong earthquake force.

5. Some surface slope failure, sinks and cracks on dams due to ground shaking were observed.
6. Extensive number of slope failure of roads due to strong earthquake motion was observed in mountainous terrain routes at Pan-Philippine Highway, roads to Baguio (Kennon, Marcos and Naguilian).
7. Secondary damages due to rainfall such as mud flow, timber piling up at some bridges were also observed along the mountainous roads.
8. Severe damage on river structures such as earth dike, revetment and parapet wall were observed especially along the Agno River and Pampanga River.

#### 4. Activities

In order to carry out the damage investigation of the disaster areas mentioned above and to execute the field survey efficiently with in a limited time, six sub-groups have been organized, to wit:

1. General Inspectorate Team (Okada, Kinugasa, Yoneyama)
2. Road Inspection Team 1 (Shimazu)
3. Road Inspection Team 2 (Sasaki)
4. Bridge Inspection Team (Okahara)
5. River and Dam Inspection Team (Yamada)
6. Building Inspection Team (Nakata)

Each subgroup was complimented with one or two engineers from DPWH and engineers from Japanese Construction corporations currently operating in the Philippines. Besides the damage investigation, each group has discussed with local authorities and engineers about the rehabilitation of damaged structures.

## 5. Findings and Preliminary Recommendations

Findings and preliminary recommendations of each subgroup are reported as follows:

### 1) Geology and Seismology (by General Inspectorate Team)

The General Inspectorate Team investigated overall damage, geological and seismological features. Since the overall damage is described in the previous section, the geological and seismological features are reported here including recommendations.

#### (1) Activities

7/29      Leave NARITA  
            Arrive MANILA

7/30      Visit to Japanese Embassy  
            Visit to JICA  
            Visit to DPWH  
            Visit to PHIVOLOS

7/31      Leave MANILA (Courtesy of Philippine Air Force)  
            Arrive SAN FERNANDO, LA UNION  
            Meeting with Director of DPWH Regional Office I  
                    Dir. Alfredo M. Parayno.  
            Leave SAN FERNANDO, LA UNION  
            Arrive BAGUIO CITY  
            Inspection of damage to buildings in Baguio  
            Courtesy call to the Mayor of Baguio City  
            Meeting with the CAR Regional Director of DPWH Dir.  
                    Alberto S. Blancas

8/01      Inspection of damage to buildings in BAGUIO  
            Meeting with the Governor Andres R. Bugnosen of the  
                    Province of Benguet  
            General observation of earthquake damages along the  
                    route from BAGUIO to DAGUPAN CITY

- 8/02 Observation of damages in the central part of  
DAGUPAN and POGO GRANDE district  
Courtesy call to the Mayor of Dagupan City, Hon.  
Liberato D. Redyna Sr.  
Inspection of CALVO Bridge and CARMEN Bridge  
Observation of damage at UMINGAN, PANGASINAN  
Observation of the earthquake surface fault along  
the route from SAN JOSE CITY TO DIG-DIG,  
CARRANGLAN
- 8/03 Observation of the earthquake fault, slope failures  
along the route from SAN JOSE CITY to km 194  
of Daang Maharlika  
Inspection of the upper Talavera River in SAN JOSE  
CITY  
Observation of the earthquake fault in RIZAL, NUEVA  
ECIJA  
Brief inspection of the Christian College in  
CABANATUAN CITY  
Arrive MANILA
- 8/04 Observation of the earthquake fault between DIG-DIG  
and BONGABON using helicopter (KINUGASA and  
YONEYAMA)  
Preparation for briefing.
- 8/05 Preparation for briefing
- 8/06 Briefing at DPWH
- 8/07 Leave MANILA for TOKYO

(2) Effects of Geology on Damages

It is evident that most of the damages were controlled by  
local geologic condition, such as:



- Geologic/Topographic conditions being a part of the cause of the building damage in Baguio City;
- Liquefaction at Dagupan City;
- Displacement of road and cracking due to faulting.

In this connection, geological condition should be taken into account for reconstruction and future development and also, in the stage of rehabilitation.

### (3) Earthquake Fault

Fault breaks and dislocation of various objects were observed along the trace of Digdig fault, one of the segment of the Philippine Fault System, from Digdig, Carranglan up to the Municipality of Rizal, all in the Province of Nueva Ecija. Fault trace further north is obscure due to massive slope failures. In the South, between Rizal and Bongabon, fault trace was observed from air by helicopter.

Left-lateral offset up to 5 m had been measured throughout the observed trace. The sense and amount of vertical offset are different from place to place. On the area where the road is paved, cracky zone of 2 to 5 m wide is quite observable.

Damages due to vertical displacement of the fault, such as displacement of the level of paddyfield and irrigation systems are also observed. Massive slope failure along the fault trace is evident.

Detailed survey on the location and the amount of the displacement of the fault is needed for rehabilitation and reconstruction, and hence recommended. Since active faults such as the Digdig Fault and many other fault segments of Philippine System are considered to be the earthquake generators in-depth studies are recommended.

(4) Research on Earthquake

Although earthquake prediction is still in the state of the art throughout of the world, public education and awareness on earthquake phenomena based on the scientific observation and research are very effective procedure to minimize the future earthquake damage. In this connection, intensification of monitoring the seismicity of the Philippines and basic research on earthquake are recommended.

(5) Installation of Observation Network for Strong Motion

Since no data is available on strong motion of earthquake in the Philippines, it is highly recommended that an observation network for strong motion be installed to established the seismic design for the country.

2) Road 1

(1) Activities (for Pan Philippine Highway)

July 30 (M) Leave Manila to Cabanatuan and stay there

July 31 (T) Leave Cabanatuan to San Jose  
Site Inspection from San Jose (km 160) to Digdig (km 181) by Inspection car, come back to San Jose and stay there

Aug. 01 (W) Leave San Jose to Digdig  
Site Inspection from Digdig (km 181) to Aritao (km 236) by Inspection car, by walk (from km 192 to km 206) and by chartered car. Proceed to Bayombong and stay there.

Aug. 02 (TH) Leave Bayombong to Aritao  
Site Inspection back from Aritao (km 236) to San Jose (km 160) by chartered car, by walk, and by Inspection car. Leave San Jose to Tarlac and stay there.

Aug. 03 (F) Leave Tarlac back to Manila via Dagupan.

- (2) Damages inspected along Pan-Philippine Highway (San Jose - Aritao).

On the route of Pan-Philippine Highway, gigantic disasters are concentrated in San Jose - Aritao section (76 kms long) which passes through mountaneous terrain. The road section has been closed for traffic mainly due to quite large number of slope failures (cuts and embankments). Above the failure along the road, large number of natural mountain slopes in these section area also suffered by same scale of failures. These failures occurred along the high and steep gradient slopes in slipping down manner (shallow types surface failure of loosen weathered part). On the other hand, failures have hardly found in the low and gentle base foundation (such as retaining walls).

The major damages are categorized as slope failures (Cut and Embankment), road shoulder settlement, pavement destruction and other (secondary disasters).

(a) Slope failures

Accumulated road length of approximate 12 km have been damaged. Total number of fallen cut slope is estimated to be more than 200. Inspected results are tabulated in Appendix 1 as summary of disaster spots.

(b) Pavement failures

Pavements are also damaged at the portion of settled embankment, rock fall, thrust up movement. Also pavement where fault crosses are heavily crushed.

(c) Other (Secondary disasters)

Due to following rainfall after the earthquake, mud flow which is produced from loosely collapsed sediment of natural

mountain valley over-flowed through load way to close traffic.

Along rivers, large number of timber have been washed away to pile up at bridge site causing another danger condition.

Typical type of disasters on the route is summarized in Appendix 2 as Surface failure (talus, rock). Rock fall, Embankment failure (Shoulder, shallow) and Pavement failure (thrust up, fault).

### (3) Recommendation

The earthquake has brought extensive number of newly exposed slope to be protected. The fresh slope surface will rapidly be weathered and loosen through severe atmosphere of heavy rainfall, and will become further difficult origin of continuous product of slope failure.

Quick introduction of slope protection work will strongly be recommended for securing safe and smooth traffic activity. Following three steps procedure will be recommended.

#### (a) Urgent Restoration Procedure for Road Recovery

- Secure stable slopes on removing loosen collapsed sediment. It is advisable not to force to open too wide.
- Avoid to use filling part for traffic lane.
- Inspect Secondary collapsed which might be brought by open cracks on the top part of slopes.
- Traffic control for coming heavy rainy season.
- Re-cut to stable slope gradient/Rounding upper slope shoulders.
- Protect foot of slope by structures such as catch wall (stone masonry wall, gabion, concrete gravity wall, etc.)
- Protect foot of embankment by structures (gabion etc.) against scoring.
- Fill open cracks on road shoulder.
- Set up obstacle structures on upper valley against mud flow.

(b) Improvement Procedure

- Carry out engineering survey (topographical, geological) for condition of stability of slopes.
- Proper Design for stable slope condition.
- Introduce slope protection works

for example:

for soft rock surface	:	concrete spraying
for talus surface	:	sodding, berm, drainage ditch, crib work
for embankment	:	sodding, stone pitch, stone masonry wall.

(c) Mid to Long Term Procedure

The section which has quite high and deep sloping topography not allowing room space on road way and has weak composite material will not be applied by common re-cut technique. And in such terrain condition, slope protection itself becomes costly and more takes much maintenance. In such section, like Dalton Pass, etc., realignment of roadway, introducing bridges or tunnel will be worth considering for future economic development.

Apart from problem caused by the earthquake to highway, applicability of Sabo works which reduce debris flow into the flat area might be worth to be checked for keeping sound terrain and river condition in these area.

3) Road 2

(1) Activities

The Road-2 Group visited the following sites.

7/30 Manila to Dagupan through Manila North

visited sites are; \* North Expressway Viaduct on  
Pampanga river  
\* San Isidro Bridge

7/31 in Dagupan City

visited sites are; \* City Engineer's Office  
\* Task Force Rehabilitation  
Office  
\* Magsisi Bridge  
\* Barangay Pugo  
\* Carmen Bridge

8/1 Dagupan - San Fernando through Longas, Amlang, Rosario  
and Agoo

visited sites are; \* Mangueragday Bridge  
\* Longas Bridge  
\* Cayanga Bridge  
\* Kennon Road up to STA 224  
\* Marcos Highway up to KM 273

8/2 San Fernando - Baguio - San Fernando

visited sites are; \* DPWH Regional Office I  
\* Naguilian Road  
\* Marcos Highway up to KM 277  
\* Kennon road up to Benguet  
Mining

8/3 San Fernando - Manila

8/5 Manila-Baguio-Manila by helicopter

visited sites are; \* Kennon Road  
\* Maharlika Highway

## (2) Damages Inspected

Main points obtained from the reconnaissance by this group  
are summarized as follows.

- (a) Damages to infrastructures were observed at fairly wide area along the surveyed routes.
- (b) Many sites were clearly affected by the soil liquefaction of the ground.
- (c) Damages seen on the road are categorized into (1) damages to bridges, (2) damage to embankments and pavement, and (3) the road side slope instability.
- (d) The road side slope instability caused the severe disaster to three (3) major roads leading to Baguio City from the west coast area. Likewise, some places in the City of Baguio were damaged by landslide.
- (e) Rainfall causes difficulty in the conduct of the rehabilitation work in these three (3) major routes as well as the enormous mass of fallen rocks and soil.

### (3) Recommendations

- (a) Introduction of guidelines to assess the damage to infrastructures.
  - For this purpose, the "Technical Manual for Repair Methods for Civil Engineering Structures Damages by Earthquake" (of Ministry of Construction Japanese Gov.) can be used with modifications to be applied to Philippine structures.
  - Some of the damaged bridges have been assessed by the Bridge Group of this team. However, it should be noted that this assessment has some limitation due to lack of data, and the shortage of time.
- (b) Introduction of guideline to assess the seismic susceptibility of infrastructure facilities and to strengthen the existing bridges based on this assessment.

(c) The alignment of Kennon Road is recommended to be re-examined.

- High possibility of landslides occurrence along the road alignment makes it impossible to be maintenance-free even if it were opened.
- Mountain slope tends to slide continuously during fairly long period of rainfall, loosening the top soil that caused the cracks due from shaking.

(d) Re-development is recommended to rehabilitate the damaged area of the Dagupan City.

- Some part of the City sank due to soil liquefaction causing the difficulty of repairing the drainage function.
- Surveying and boring test result will be the essential information to decide the recommended area to be relocated.
- The soil condition of the surface layer up to 20-30 m is essential for the vulnerability against liquefaction.

(e) The slid area inside the Baguio City should be monitored to avoid the secondary disaster.

- Those failed slopes in Baguio City are facing the residential area.
- Extension of the slope failure due to rainfall may cause the secondary disaster.

(f) Strengthening of disaster prevention measure of Naguilian Road and Marcos Highway will be needed, even though they are fully opened to traffic.



4) BRIDGE

- (1) Field inspection of 30 bridges (additionally photo inspection of 9 bridges) damaged by the earthquake was executed by Japan - Philippine Joint Team headed by M. Okahara, Japanese Expert, from July 30 to August 3, followed by the itinerary of Appendix-IV(1).
- (2) Judgement of calamity regarding bearing force of load for the damaged bridges have been classified in Appendix-IV(2).
- (3) Recommendations of temporary and permanent restoration have been proposed in Appendix-IV(3) for 7 seriously damaged bridges and 3 bridges which need emergency actions to secure mobility; Sison (Carmen) Bridge, Calvo Bridge, Magsaysay Bridge, Cupang Bridge, Tabora Bridge, Rabon Bridge, Manicla Bridge, Embarcadero Bridge, Aringay Bridge and Sicsican Bridge.
- (4) Recommendations for newly constructed or existing bridges have been proposed as follows:
  - (a) Bridge fall prevention methods such as installation of bracket to substructure, connection of two girders and the expansion of shoe seat to maintain distance enough from shoe to the end of substructure shall be adopted in order to prevent bridge from falling.
  - (b) The necessary penetration depth and rigidity of (pile) foundation shall be considered in its design to maintain the stability of the foundation constructed at potential area of soil liquefaction caused by earthquake.
  - (c) The foundation of abutment loaded by earth pressure of high backfill and constructed on soft ground shall not be a pile-bent type foundation.
  - (d) The specification shall be revised to improve earthquake resistance capacity of bridges.

- (e) Necessary number of emergency portable bridges shall be reserved for emergency actions.

5) River Structure and Dam

(1) Activities

Date	Destinations
July 30 (Mon)	- NIA Head Office, Q.C. - NIA UPRIS Office at Cabanatuan City
July 31 (Tue)	- NIA UPRIS Office, Dislocation site at Rizal, Nueva Ecija Diversion channel No. 1 of UPRIS - Pantabangan Dam (NIA) - Aya Dam (NIA) - Masiway Dam (NIA)
Aug. 01 (Wed)	- Paniqui (Tarlac river) - Agno River Flood Control system Office (DPWH) - Bayambang-Urbistondo earth dike (Agno River) - Villasis-Bayambang earth dike (Agno River) - Dagupan City
Aug. 02 (Thu)	- Pampanga Delta Flood Control System Project Office (DPWH) - Frances Flood Gate (Pampanga River) - Sapang-Maragul Flood Gate and Navigation Lock at Bebe-San Esteban C.O.C. Apalit-Arayat setback levee (Pampanga River) - Arayat-Cabiao ring levee (Pampanga River) - Angat Dam (NAPOCOR)
Aug. 03 (Fri)	- Binga Dam (NAPOCOR) - Ambuklao Dam (NAPOCOR)

(2) Damage Observed

2.1 River Structures

2.1.1 Earth dike

The earthquake brought various damage to the earth dike. Those are considered in the nature of the soil, conditions of the interior and riverside of the dike. The main features of the damage are cracking, sinking and sliding of the earth dike.

2.1.2 Revetment

The foot protections, wet masonry and access revetment to the bridges were destroyed.

2.1.3 Parapet wall

Parapet walls were damaged in many places.

2.1.4 Other river structures

Other river structures such as flood control gates, drainage gates and water gauge stations were damaged.

2.2 Dams

2.2.1 Ambuklao Dam

- (1) The crest sinks approximately 50 centimeters.
- (2) Many cracks and surface slides were observed on the upstream slope.
- (3) Cracks are also present at the crest. However, these are no longer visible because repair work was undertaken during the inspection and these cracks were already covered with filling material.
- (4) The downstream slope looks stable.

- (5) No severe damage in the spillway except for the opening of the expansion joint at the separate wall.
- (6) Landslides on the slope around the spillway occurred.

#### 2.2.2 Binga Dam

- (1) Sinking of the crest is not observed visually
- (2) Many longitudinal cracks are observed on the crest (mainly at the upstream side and both edges of the crest).
- (3) Lateral cracks are observed on the crest near the spillway.
- (4) Riprapping on the upstream slope is fairly stable.
- (5) No severe damages are observed on the downstream slope except for small landslides on the roads being used during the construction of the dam.
- (6) Landslides are observed at the right side abutment and left side cut slope adjacent to the spillway.
- (7) Gate No. 2 is not operational.

#### 2.2.3 Pantabangan Dam and Aya Dam

- (1) At least 50 centimeters sinking is observed on the right portion of the crest of Pantabangan Dam.
- (2) Slopes of the both dams look stable.
- (3) No damages in the spillway.
- (4) Large scale leakage is observed through the vacuum relief valves on the gate chamber.

#### 2.2.4 Masiway Dam

- (1) Sinking of about 1 meter is observed on the crest.

- (2) Several longitudinal cracks are observed on the crest (max. depth 2.5 meters)
- (3) Surface slope failures are observed on the upstream and downstream slopes.
- (4) Slope failure is also observed on the upstream slope of Fuse Dike.
- (5) No damages in the spillway.
- (6) Cracks are observed on the revetment at the right abutment.

#### 2.2.5 Angat Dam

- (1) No cracks are observed on the crest, the upstream and the downstream slope.
- (2) Riprapping on the upstream slope looks stable
- (3) No observed damage in the spillway.

### (3) Recommendations

#### 3.1 River Structures

- 3.1.1 In case of the dikes extremely damaged due to cracking, sinking and sliding, replace the damaged part of the dikes and reconstruct the embankment compactly. Seriously damaged dikes should be protected as soon as possible by the sandbags in order to prevent the flooding.
- 3.1.2 In case of the dikes damaged due to cracking only at the upper part, replace the damaged upper part and reconstruct it compactly.
- 3.1.3 In case of the dike sliding, replace the sliding part and afterward cutting the slope of the remaining dike like as stairs, build the embankment compactly.

3.1.4 In case of the dikes damaged by the direct attack of the river flow, construct the spur dike just upper stream of the damaged earth dike in order to change the direction of the river flow.

3.1.5 Materials for rehabilitation, especially the wire cylinder and gabion, are effective for tentative/urgent rehabilitation of the river structures.

## 3.2 Dams

### 3.2.1 Countermeasures against cracking

Stage 1: Cover the cracks with the vinyl sheets or sandbags in order to prevent the seepage of the rain.

Stage 2: After investigating the depth, width and location of the cracks, dig or excavate the necessary range (at least to the bottom of the cracks) and fill again with soil. The cracks already covered tentatively should be treated as above.

### 3.2.2 Countermeasures against sinking

Stage 1: Heap up the sandbags up to the original height.

Stage 2: Afterwards repair the crack on the crest, fill up again to the original height. If the height of the core is short, build the core up to the original height.

### 3.2.3 Countermeasures against slope failure

Stage 1: Heap up the sandbags at the failure site

Stage 2: Build the embankment as it was. However, if the safety factor against sliding of the dam is not enough, build the embankment with stable gradient. Build the riprap enough to cope with the erosion due to water wave action.

3.2.4 Countermeasures against cut slope failure

Implement the shotcrete, if necessary.

3.2.5 Others

Observe the seepage and survey the deformation of the dam in order to analyze the safety of the dam.

6) Building

(1) Activities

July 29th TOKYO - MANILA PR 431

30th Preparatory Meeting (Embassy of Japan and JICA)  
Courtesy call to Ambassador Tanaka  
Detailed Discussion on Survey Schedule

31st 4:15 AM Left Manila for Dagupan by car

8:15 AM Arrived at Dagupan  
Surveyed Damaged Buildings in Dagupan  
Visited; Dagupan City Hall, City  
Engineer's Office, Damage Counter  
Measure Center.

15:00 AM Arrived at Baguio  
Visited; Mayor of Baguio City, City  
Engineer  
Surveyed; Five (5) Collapsed Buildings  
(RC)

August 1st Surveyed; 16 Buildings and some of their  
Structural Drawings, Observation of  
Severely Damaged Housings

Travelled from Baguio to Manila by car

2nd Courtesy call to Bureau of Design, DPWH  
Rapid visual damage screening of 4 buildings in  
Manila

3rd Rapid visual damage screening of 7 buildings in  
Manila, Quezon City and Pasay City

4th Rapid visual damage screening of 2 buildings  
Arrangement of Data Sheet for each surveyed  
buildings

5th Preparation of the Report to DPWH,  
Arrangement of Data Sheet

6th Completion of the Report

(2) Observed Damage

DAGUPAN CITY

- Soil liquefaction was observed in the west side of Pantal River.
- Settlement and inclination of buildings were due to soil liquefaction.
- The damaged buildings were concentrated along Perez Blvd., Fernandez Avenue., (both E-W direction) and Lizarez Ave.
- The flood depth was about 0.5M - 1.5M. Therefore, causing inconvenience from the viewpoint of city's sanitation.

Buildings (including 5 story RC building) at some area between two city roads (E-W direction) were not damaged by soil liquefaction.



## BAGUIO CITY

Within a limited time schedule, the team surveyed nine (9) reinforced concrete collapsed buildings, two (2) severely damaged buildings, two (2) medium damaged buildings and twelve (12) non-damaged buildings.

The reasons why such extensive damaged occurred, will be held in abeyance because no data and materials until this time are available. As to the steps to be taken, given the present condition the following items should be carefully surveyed in detail.

1. Ground Motion
2. Horizontal load carrying capacity and ductility of buildings
3. Construction Workmanship
4. Soil condition in relation to earthquake

## METRO MANILA

For two days, the team conducted damage inspection of thirteen (13) reinforced concrete buildings.

Among those buildings we found one (1) with medium damage; two (2) with small damage; and thirteen (13) slightly damaged.

In 1968, (M=6.9)

In 1970, (M=6.8)

In 1984, (M=6.8)

Most of the above mentioned 13 buildings have withstood these quakes and some of these buildings were strengthened or renovated during these earthquake.

The team conducted rapid visual damage screening on these buildings using Japanese guidelines, and found on several buildings, destruction of expansion joint, exfoliate of finishing elements on column, beam and wall and cracks on

these elements, after the latest earthquake occurred on July 16th 1990. It seems these damages are all repairable and buildings are re-usable with the magnitude of the past experienced earthquakes.

However, one building which we were not able to inspect the interior, showed buckling of longitudinal reinforcement of column.

### (3) Recommendations

#### 3.1 Rehabilitation

##### DAGUPAN

According to our experience of Niigata earthquake in Japan way back 1964, settlement and inclination of these buildings seems can be solved by using several number of oiljacks (100 ton). However, a more careful attention should be taken in using the method.

##### BAGUIO

There is no other way but to demolish those collapsed or heavily damaged buildings.

Other buildings which suffered medium or slight damages are repairable. It is recommended that those who lost their residential houses be provided with temporary housings, deep well and adequate drainage facilities as soon as possible.

##### METRO MANILA

If the expected intensity of earthquake ground motion is as large as the past earthquakes, buildings which are conventionally repaired can be used safely. However, if such a ground motion as occurred in Baguio took place, it will be required that new strengthening work be adopted.

Technology developed in Japan can be used extensively for that purpose with some modification.

### 3.2 Research Needs

Considering the Philippines seismic activities, it is required that seismic design criteria be reviewed with respect to the damage caused by the earthquake especially in case of Metro Manila. Earthquake intensity should be investigated and discussed in the earliest stage. Furthermore, it is requested that the design method for permanent seismic strengthening of existing buildings should be developed in accordance with above mentioned scale of earthquake intensity.

#### Reference List Provided to DPWH

1. A Seismic Design Code in Japan (1981)
2. Examples of Repair & Strengthening of Damaged Building (by Hirosawa, IISEE lect. Textbook)
3. Evaluation of the Result Obtained by the Japanese Missions to SSR of Armenia (by Okada, et al)
4. A Seismic Evaluation of Existing Buildings Supporting Documentation (Fema: Federal Emergency Management Agency 1989, May)
5. Techniques for Seismically Rehabilitating Existing Buildings (preliminary) (Fema 1989)
6. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards; A Handbook (July 1988)
7. Records of Restoration of Damaged Buildings due to 1964 Niigata Earthquake by Architectural Institute of Japan (April 1966) (abstract)

8. Standard for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Building 1977, Association of Japan Building Disaster Prevention
9. Report from International Emergency Rescue Team on Spitak Earthquake in Armenia in USSR, June 1989, JICA
10. Earthquake Damage Evaluation for Reinforced Concrete Buildings by M. Murakami and T. Okada, Symposium "Urban Disaster Mitigation" Tangshan, China, Sept. 1988
11. Recommendation on Damage Evaluation, Repair and Strengthening for Buildings Damaged by September 19-20, 1985 Mexico Earthquakes  
- Report Submitted to the Department of Federal District of Mexico by the Japan International Cooperation Agency Mission Dispatched to Mexico from October 19 to November 22, 1985  
(The Japan International Cooperation Agency Mission)
12. Manual for Repair Methods of Civil Engineering Structures Damaged by Earthquakes, PWRI/NCEER 1986
13. Soil Liquefaction Studies in Japan: State-of-the-art, by Tosio Iwasaki, Soil Dynamics and Earthquake Engineering Vol.5 No.1, 1986

## 6. Acknowledgement

This work could not be completed successfully without the assistance and support provided by the DPWH, DOTC, NHA, Armed Forces of the Philippines, PHILVOCS, and local authorities of the Philippine Government.

Voluntary efforts exerted by the different Japanese consulting firms currently operating in the Philippines is also being acknowledged. These firms include Katahira Engineering Inc.,

Nippon Koei Co. Ltd., Tobishima Corp., Kumagai-Gumi Corp., Taisei Corp., Nishimatsu Construction Co. Ltd., Takenaka Komuten Co., Ltd.

The team would like to extend their heartfelt gratitude to those who worked hard in the attainment of the team's objectives.

JICA