

3.12 公共土木施設の被害

3.12.1 道路及び橋梁の被害

今回の地震では、道路の陥没が1箇所が生じた以外は、幸いにして道路及び橋梁には被害を受けなかった。運輸省の道路橋梁機関（General Authority for Roads and Bridges, Ministry of Transport）の協力を得て、カイロ周辺の4橋を中心に視察することができたので、この結果を紹介する。

(1) ザマレク(Zamalek)高架橋

カイロ市内のゲジーラ島にあり、ザマレク地区の繁華街7月26日通りを高架で横断するPC連続箱桁橋である。竣工は、1986年4月である。非常に多径間を連続させているのが特徴で、途中で1径間だけいれて、21径間連続（ $20 \times 25\text{m} + 23.5\text{m} = 523.5\text{m}$ ）と12径間連続（ $11 \times 25\text{m} + 23.5\text{m} = 298.5\text{m}$ ）からなっている。断面構成は図3.12.1に示すように、1ボックスで、ゴム支承を採用している。ただし、21径間部、12径間部ともに、それぞれ1箇所では固定支承を用いている。橋脚は、中を抜いた逆台形状であり、景観に配慮した形状となっている。地震力を考慮していないため、固定橋脚の断面は他の橋脚と変えていない。写真3.12.1、3.12.2は、高架橋の様子を示したものである。

建物に被害が多数生じたカイロ市内にあるが、被害を受けた建築物とは明らかに安定感が異なる。

(2) ファラソコル(Faraskour)橋

カイロから北のナイルデルタ地帯に入ると、ナイル川はロゼッタ（西側）とダミエッタ（東側）の2つに分かれる。ダミエッタ側のほぼ河口に近いファラソコル（カイロの北150km、震源から180km）に建設中の18スパンPC橋である。写真3.12.3～3.12.5に示すように、橋長は720m（ $40\text{m} \times 7 + 50\text{m} + 60\text{m} + 50\text{m} + 40\text{m} \times 8$ ）である。水深は4～6mで、地盤条件は、河底面から29m程度までは柔らかい粘土、その下にはさらに30m程度の厚さの砂層があり、さらにその下は岩盤となっている。基礎としては、径1.08mと0.88mの2種類のベント杭を用いている。いずれも側面の摩擦は無視し、支持杭として設計されている。

興味深いのは、ある程度以上の規模の橋では、くい基礎の施工に際して1橋当たり少なくとも2本の杭の載荷試験を行うことである。一般に、摩擦杭に対しては設計支持力の3倍まで、支持杭に対しては設計支持力の2倍までの荷重を作用させて、耐力を確認する。写真3.12.6は、この橋のために行われた試験杭（径1.08m）を示したものである。ここでは、設計支持力240tfの2倍の480tfまで鉛直荷重を作用させ、杭の降伏耐力を確認したという。この杭では、鉛直方向の先端支持応力度を 28kgf/cm^2 としている。これは、降伏応力度に対して、2～2.5の安全率を見込んだ値である。

また、杭の設計で興味深いのは、洗堀に対する配慮として、河底面から8mの範囲では地盤の鉛直支持力を無視することである。地震力は考慮されていないが、こうした配慮は河中にあるくい基礎に対してある程度の水平方向の剛性を確保する上で有効に機能していると考えられる。

(3) マンスーラ(Mansula)橋

カイロから140kmに位置するマンスーラ市において、ダミエッタ側のナイル河を横断する位置に架設中の24径間連続橋である。橋長は、約984mである。24径間連続というのはわが国でもなく、大胆な設計のように思われるが、この国では地震力を考慮しないため、連続にする方が上部構造が経済的となり、また、走行性や維持の観点からジョイントは少ない方がよいため、このような超多径間連続にしている。基礎は杭基礎で、径1.08mのペント杭を用いている。杭長は30～35mである。写真3.12.7～3.12.10は、マンスーラ橋を示したものである。

(4) ベニスエフ(Benisuef)橋

カイロから110km南で、ナイル川を横断する橋長1,086m、幅員21mのPC橋である。震源から80kmに位置している。写真3.12.11,3.12.12は、橋の全景を、写真3.12.13は支承部を示したものである。中央部は、ディビダグ工法で建設された中央径間80m、橋長174mのPC箱桁3径間連続橋である。下部は、径1.3mのペント杭である。

(5) その他の橋

この他にカイロ市内に見られる高架橋を写真3.12.14～3.12.21に示す。写真3.12.22,3.12.23は、カイロ市内で建設中の橋脚の配筋を示したものである。エジプトではこの2、3年前から製造できるようになったという異形鉄筋を用い、帯鉄筋もしっかり入れられている。写真3.12.24は、カイロ市内の横断歩道橋を示したものである。

ナイル川のDamietta側の支流沿いには、写真3.12.25に示すような回転橋が多数見られる。これは、川が運河の役目をしているためである。写真3.12.26は、回転橋の建設状況を示したものである。

3.12.2 ライフラインの被害

ライフライン施設としては、上水、下水、ガス、電気、通信・電話等多数のものがある。今回は、調査期間が限られていたため、これら全てについて調査することはできなかったが、調査の範囲で明らかとなったのは、以下の通りである。

(1) 上水

首都圏の上水は、住宅省の管轄にあるグレーターカイロ上水道庁によって運営されている。グレーターカイロ上水道庁の組織は、図3.12.2に示す通りである¹⁾。カイロ首都圏の上水は、11の浄水場と5箇所の井戸水から供給されている。図3.12.3は、浄水場の配置を示したものである。

現在の供給人口は2千万人、供給能力は約400万 m^3 /日である。この90%がナイル川からの取水で、残りの10%が井戸水である¹⁾。後述する漏水を考えなければ、1人当たり200リットルということになり、これはかなり良好な数字である。上水道庁の説明では、市の中心部では、3,001/人、郊外では1,501/人程度であるという。

現在の問題は老朽管が多く、漏水率が高いことである。行き止まり配管が多く、配管網としての形態を形成していないと言われている²⁾。新しいシステムでは漏水率は15%程度以下であるが、古いシステムでは漏水率が30~40%に達すると言われている。この理由は、現在日本では健康上の理由から使用されなくなっているアスベスト管が多く用いられていること、また、硬質塩化ビニール管も混用されており、その際に接続部がしっかりしていないことによる。

カイロ市内でも地区によっては、戸別に給水されていない地区があり、写真3.12.27に示すように共同で給水をうけているところが多い。写真3.12.28は、ファユーム地区の共同上水を示したものである。地方ではこのような共同使用が多い。また、井戸も利用されている。

今回の地震では、軽微な損傷はあるが、供給を中断するような大きな影響は受けなかった。

カイロ市内では、ほぼ戸別に給水されているという。写真3.12.29は、Rod El Farag浄水場である¹⁾。ここでは、新旧2種類の施設があり、合計75万 m^3 /日の給水をしている。ここでは、写真3.12.30に示すような沈砂池の排水ダクトからの漏水が地震後に増加したり、写真3.12.31及び写真3.12.32に示すような貯水槽の目地ズレ、写真3.12.33に示すポンプ室の非構造のれんが壁のクラック等が生じた。

また、写真3.12.34は、カイロ市東部に建設中のDerasa貯水槽である。鉄筋コンクリート製で、直径80m、高さ7mで、容量は3万 m^3 である。写真3.12.35は、ここから配水するための径1.2mmのダクティル管である。貯水池との取り付けは、写真3.12.36に示すように剛結となっている。日本では、地盤が軟弱な場合には、地震時に管路が貯水池と異なった振動をすると被害を生じやすい箇所であるため、可とう性継手を設ける場合が多い。ただし、構造はしっかりしており、例えば貯水池の中も設けられた柱と天井の固定部では、写真3.12.37に示すように柱からの鉄筋を折り曲げ、十分な帯鉄筋が入れられている。

(2) 下水

下水道については直接調査することができなかったが、聞き取りや文献²⁾で調査できた範囲を示すと以下の通りである。

カイロ首都圏の下水道は、上水と同様に住宅省に属するグレーターカイロ下水道庁が担当している。グレーターカイロ下水道庁の組織は、図3.12.4に示す通りである。

カイロ首都圏では、公共下水道が整備されていない地区が多数ある。このような地区では、数世帯が共同で汚水貯溜槽を設け、1週間に2回程度バキューム車によるくみ取りを行っている。

下水道管路は計画的に敷設されたものではなく、市街地の拡張にしたがってその都度敷設されたもので、狭い道路に2列敷設されている箇所もある。また、市が公的に敷設した管路と住民が個人的に敷設した管路があり、後者については多くの場合技術規準が守られていない。配水管が下水道管路の近くまで敷設されていても、地盤の高さがくるっているため、下水道管に配水できず、汚水貯溜槽に頼っている場合もある。

このような状況であるため、地震の影響がどの程度であったかははっきりしないが、少なくとも重大な影響は生じていない。

(3) 電話

電話については、全般的に施設の被害はほとんどなく、管理棟等にわずかな被害が生じた程度である。また、市内では大部分のケーブルは写真3.12.38に示すように地下に直接埋設されているが、ケーブルの切断等の被害は生じていないといわれている。地震発生直後から当日の夜にかけてカイロ全域で副そうが生じた。これは、自動的な電子交換機の発進規制が機能したためである。東カイロ局管内では、通常時の2～3倍の通話があったという。

優先加入電話等のシステムが検討されている段階であったが、今回の地震時には間に合わなかった。また、回線の多重化や機器の耐震化はまだ行われていない。

3.12.3 アスワン・ダム

アスワン・ハイ・ダムは、1960年から1971年にかけて建設された世界最大のロックフィルダムである。表3.12.1に主要な諸元を示すように、堤長3,830m、高さ111m、底部の幅980m、これにより形成されたナセル湖の長さが500kmという壮大な規模を誇る³⁾。写真3.12.39～写真3.12.46は、ダムの概要を示したものである。現在は、アスワンダムとともに公共事業、水資源省に属するハイダム及びアスワンダム・オーソリティにより管理されている。ここで、アスワンダムとは、1902年に完成したアスワン・ハイ・ダムの6km下流にある全長2km、高さ50mのダムである。

アスワンダムでは、ギャラリーに3台、天端に1台、小段に2台、計6台の強震計(SMA-1)が設置されている。また、ダムから約60km離れた地盤上にも1台の強震計が設置されている。写真3.12.47は、天端に設けられている観測小屋を、また、写真3.12.48は小屋の中の強震計を示したものである。これらの強震計は、今回の地震の震源から900km近く離れており、もちろん記録を得ることはできなかった。現在までにまだ1回も記録が得られていない。トリガーレベルは現在10galにセットされており、エジプトのように地震発生頻度の低い国で少しでも記録が得られれば貴重な資料になる。ノイズの少ない箇所に設置されていることを考慮すると、トリガーレベルをもっとぎりぎりに下げるのがよいと考えられる。強震記録の管理は、科学技術省の宇宙・地球物理学研究所が担当しているが、ここには強震計の操作に習熟した担当者が少ないように感じられた。熱意と知識を備えた担当者の要請も重要な課題と考えられる。

なお、アスワン・ハイ・ダムには地震被害は全く生じていない。

参 考 文 献

- 1) General Organization for Greater Cairo Water Supply: Rod El Farag Water Supply, and El Marc Wells Plant.
- 2) 国際協力事業団：ギザ州ギザ市西オムラニア地区上下水道整備計画基本設計調査報告書、昭和63年8月。
- 3) Aswan Dam and High Dam Authority: The High Dam, Ministry of Public Works and Water Resources.

表3.12.1 アスワン・ハイ・ダム の主要諸元

長さ		3830m
高さ		111m
幅	天端	40m
	底面	980m
カーテンウォールの深さ		170m
流量	冬期	90~100万 m^3 /日
	夏期	240万 m^3 /日
ナヤハ湖	貯水量	1620億 m^3
	貯水面積	6000 km^2
	長さ	約500km

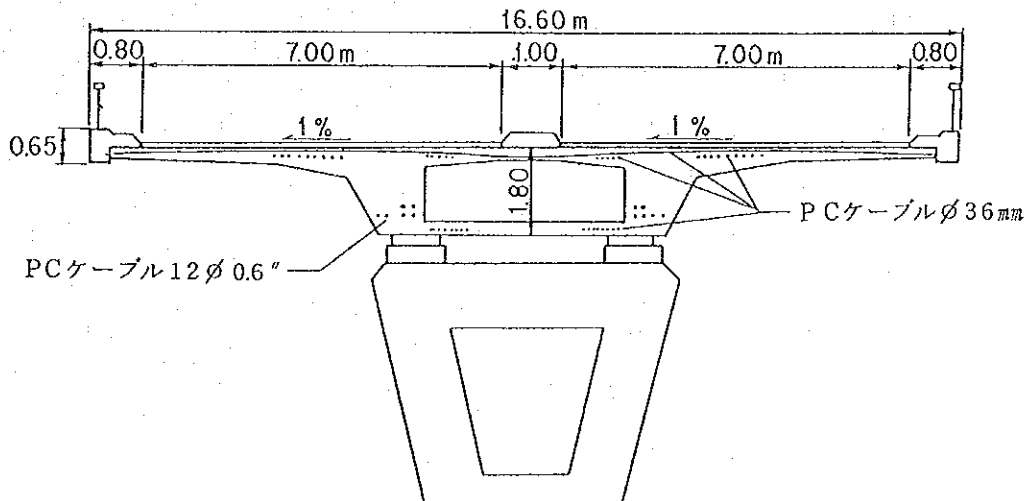


図3.12.1 ザマレク高架橋の断面

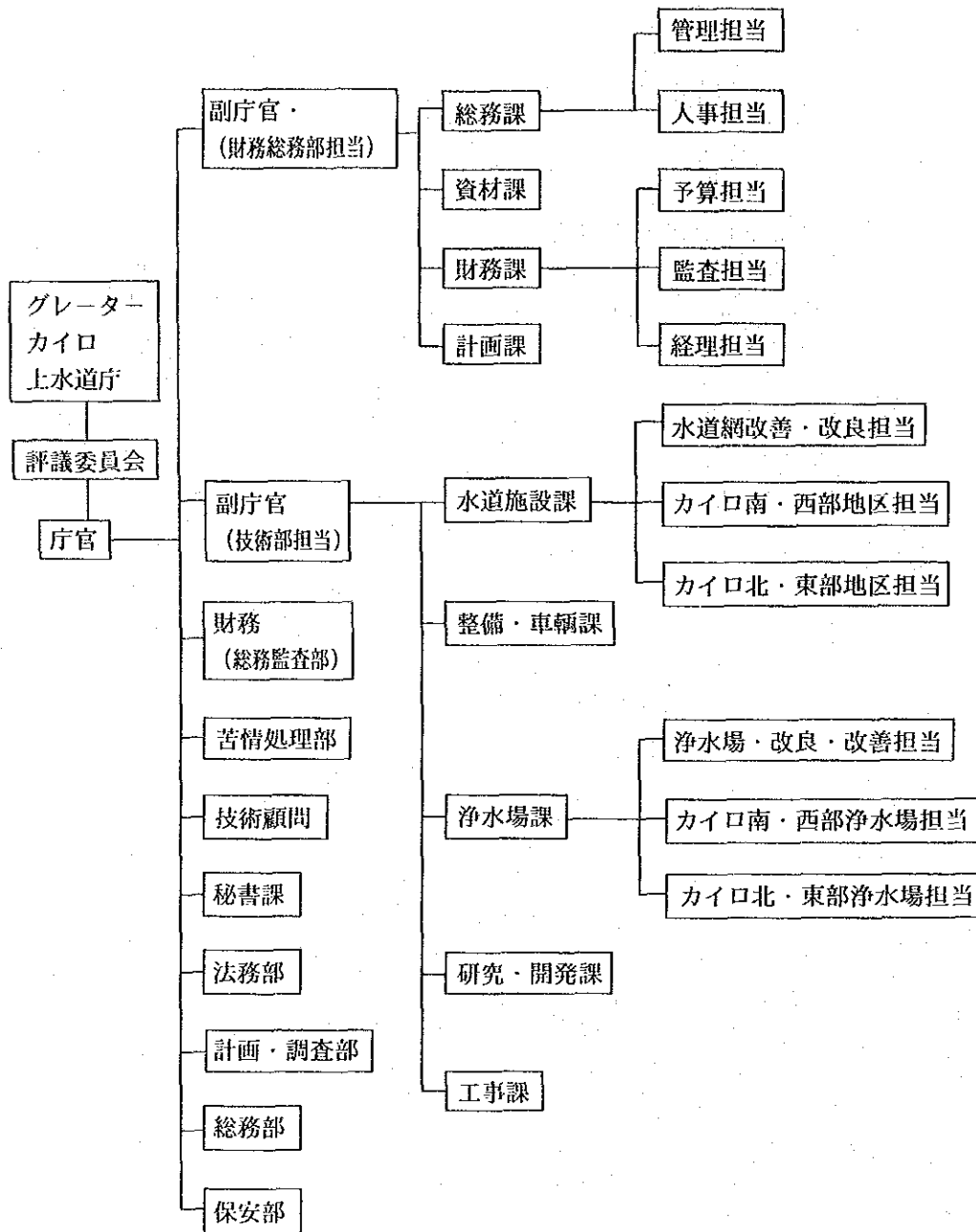


図3.12.2 グレーターカイロ上水道庁の組織

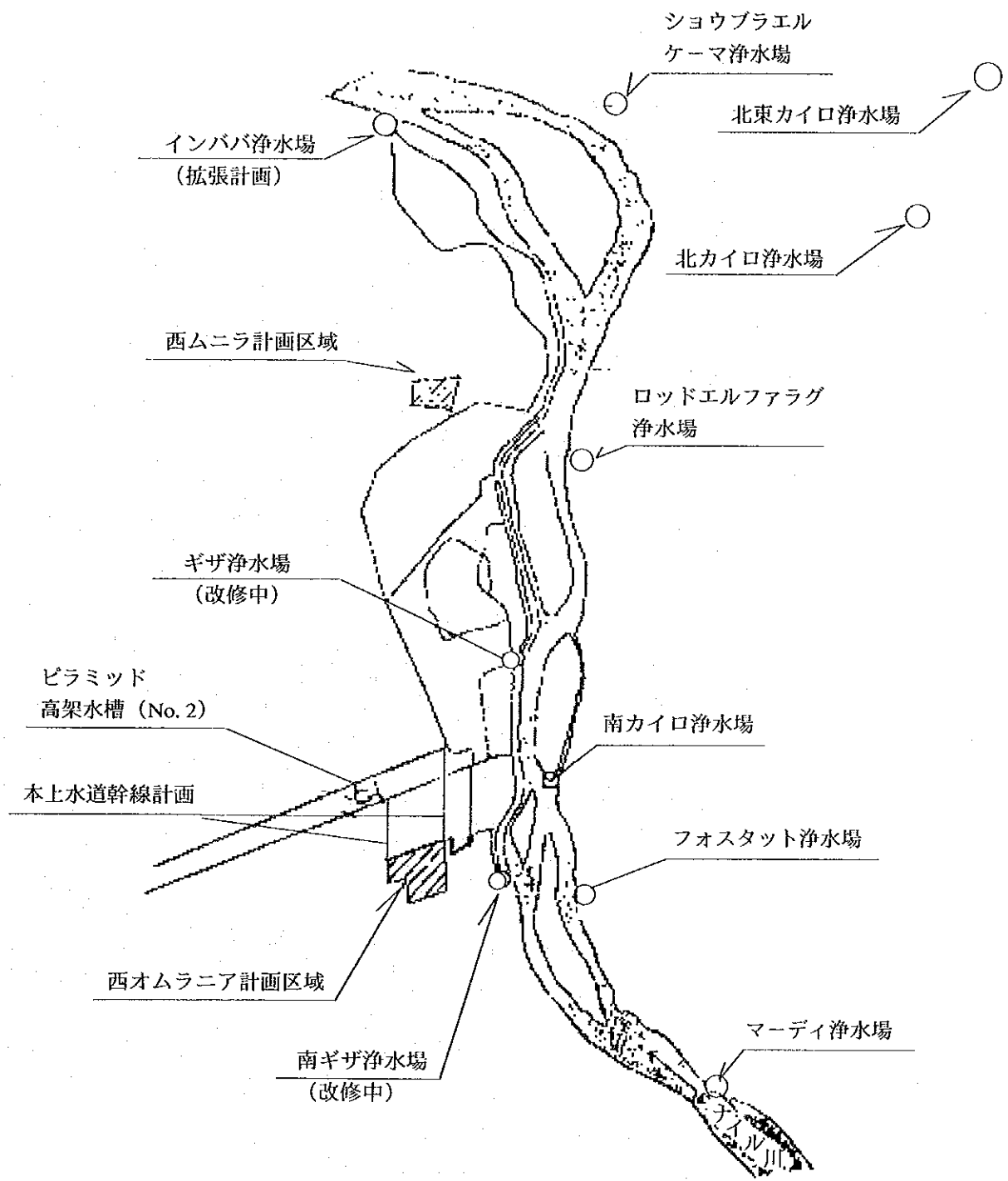


図3.12.3 浄水場の構成 (グレーターカイロ上水道庁)

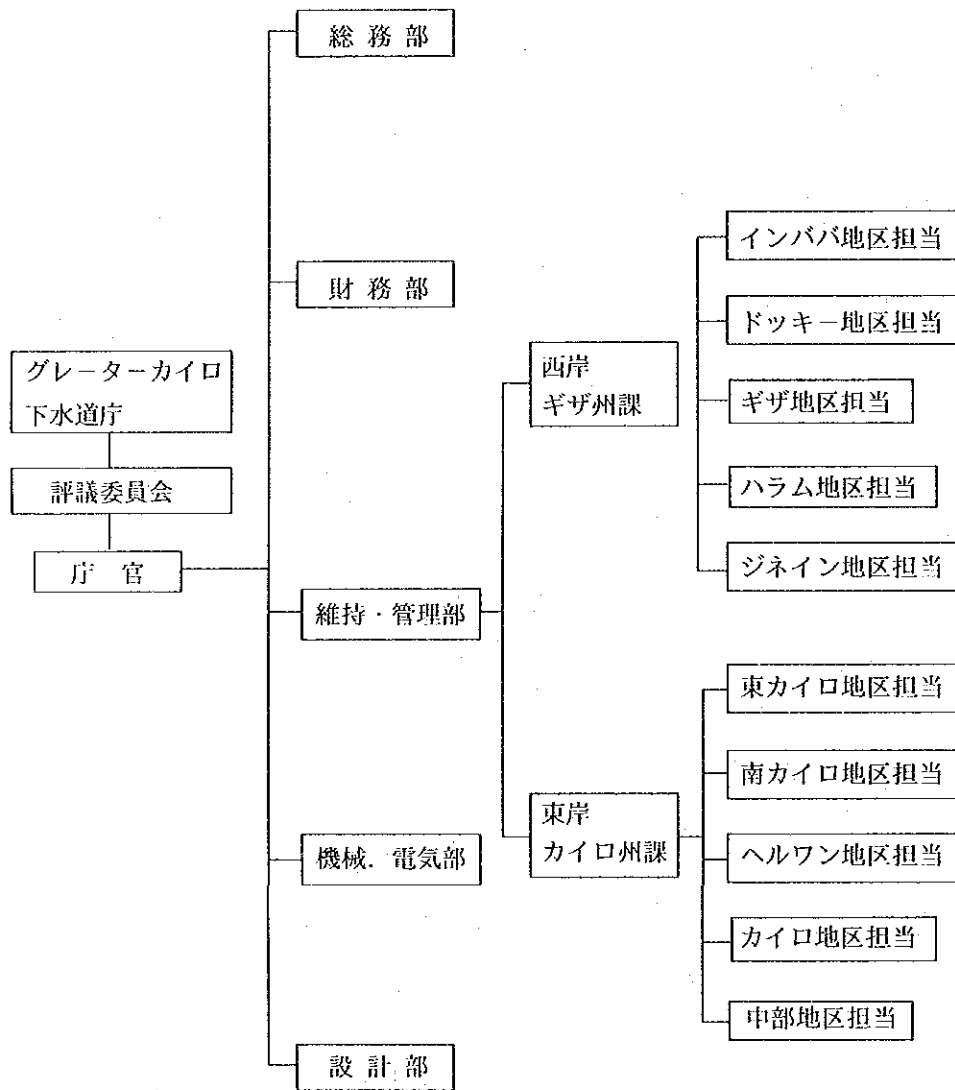


図3.12.4 グレーターカイロ下水道庁の組織

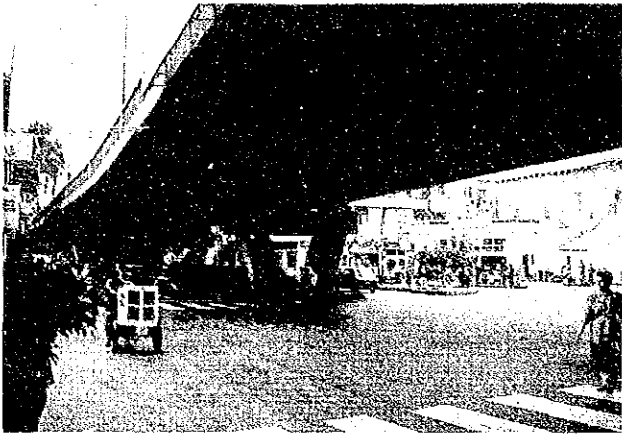


写真3.12.1 ザマレク高架橋



写真3.12.2 支承部

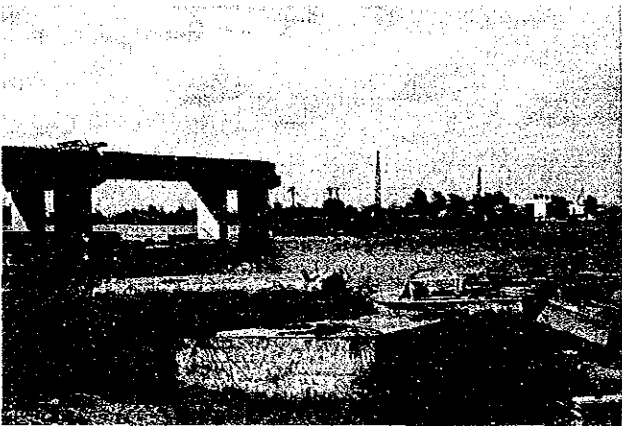


写真3.12.3 Faraskour橋（本川部の建設中）

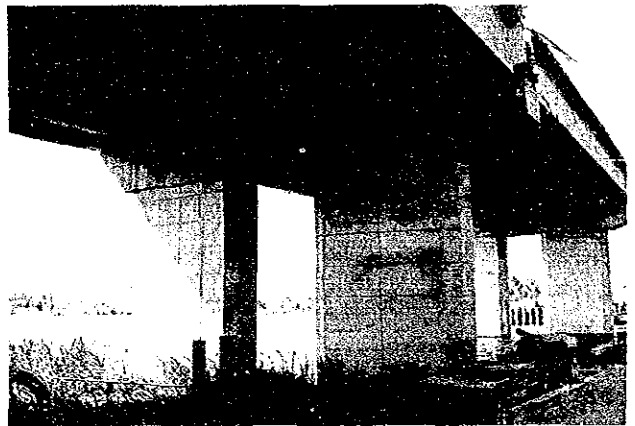


写真3.12.4 橋脚及び桁（上部構造は、PCプレテン桁）

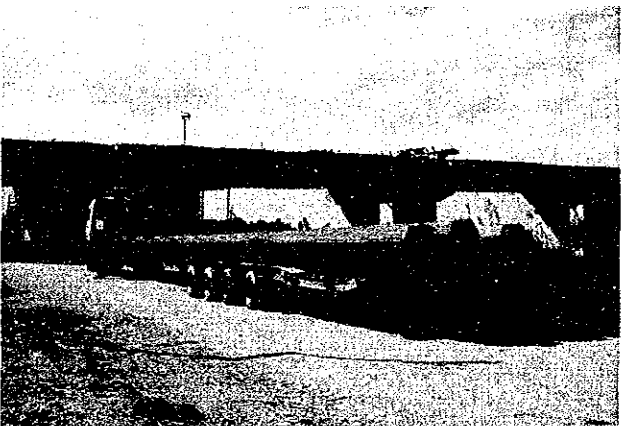


写真3.12.5 架設に用いる鋼矢板（長さ30m位）

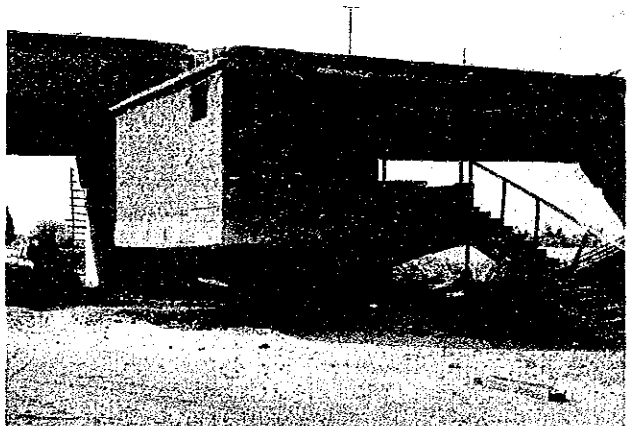


写真3.12.6 載荷試験を行った試験杭（設計荷重240tfの2倍の480tfまでの鉛直荷重を作用させた。試験後は、展望台として利用されている）



写真3.12.7 Mansula橋（建設中）

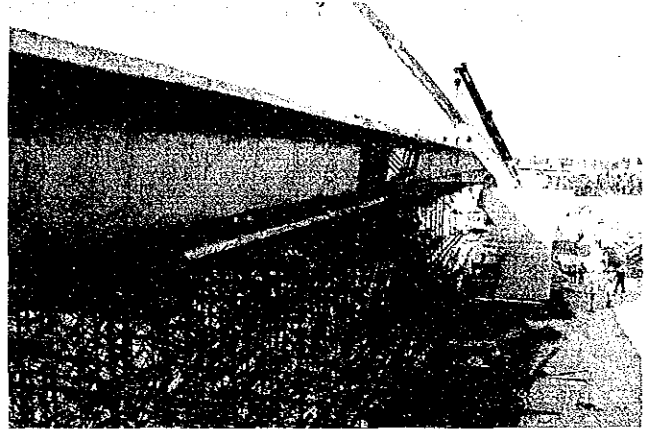


写真3.12.8 支承部Mansula橋（現場打ちのPC）



写真3.12.9 架設中の桁

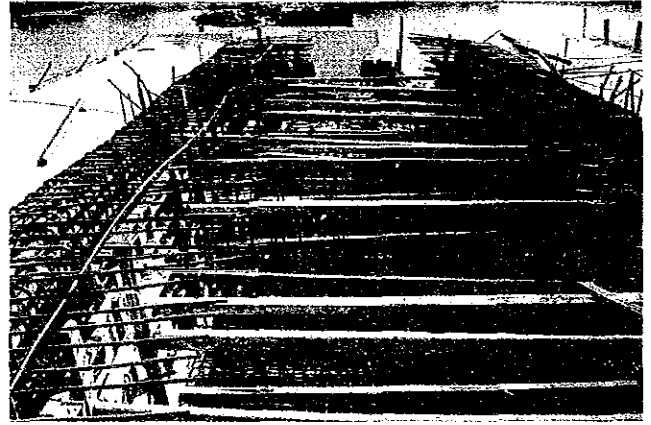


写真3.12.10 桁とPCケーブル



写真3.12.11 Benisuef橋（カイロの南約120kmのBenisuef市）



写真3.12.12 Benisuef橋

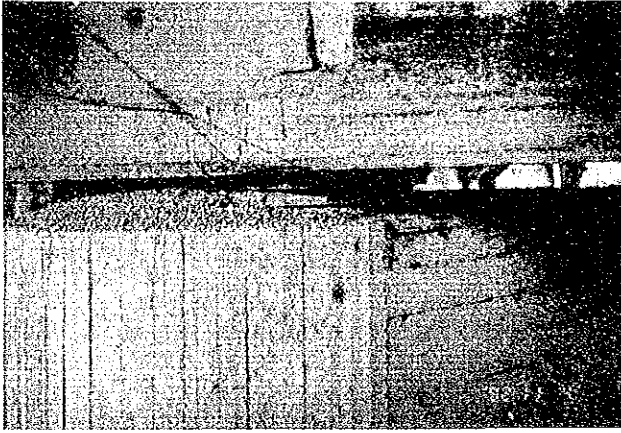


写真3.12.13 支承部

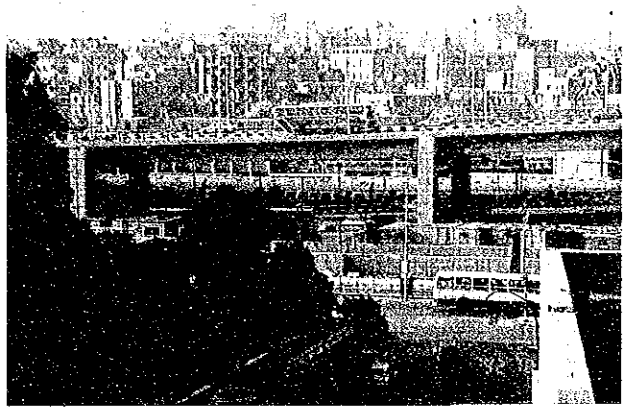


写真3.12.14 カイロ市内に高架橋（ラーメン橋脚）

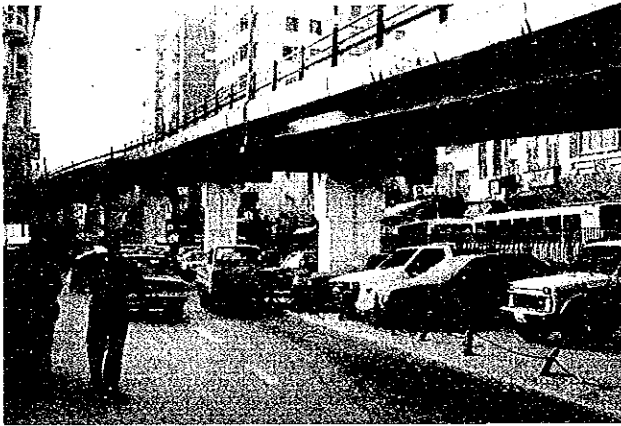


写真3.12.15 カイロ市内の高架橋（横梁はメタルを使用し、橋脚天端で固定されている）

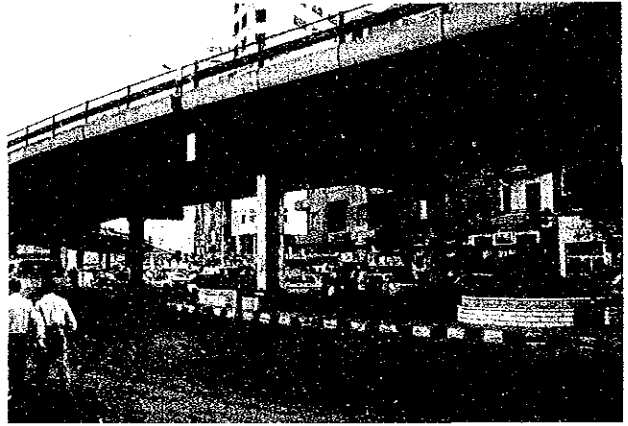


写真3.12.16 カイロ市内の高架橋（鋼製橋脚、固定橋脚部では、斜め部材により橋脚を補剛している）



写真3.12.17 カイロ市内の高架橋

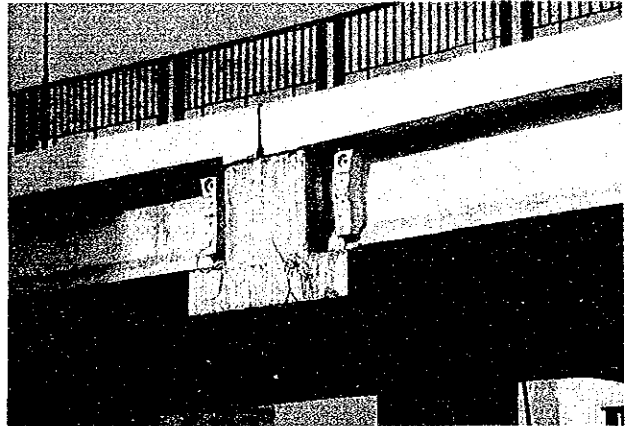


写真3.12.18 掛け違い部



写真3.12.19 カイロ市内の高架橋（RCラーメン橋橋脚。ただし、横梁がゲルバーヒンジになっている。この構造は、あまり耐震的ではない）

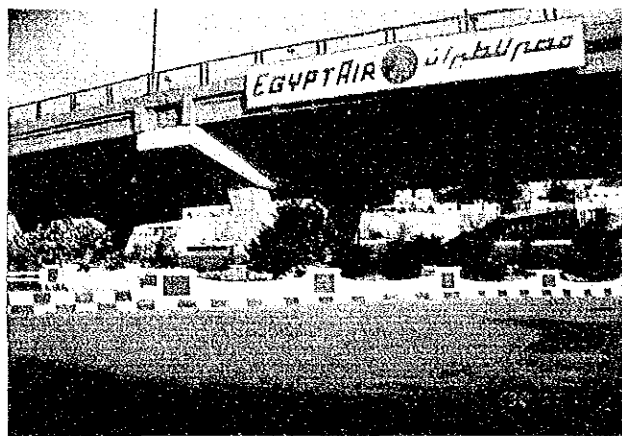


写真3.12.20 カイロ市内の高架橋（すっきりした外観のRCラーメン橋脚）

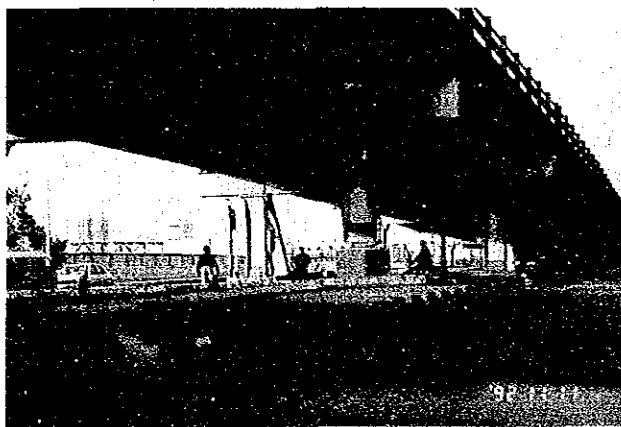


写真3.12.21 カイロ市内の高架橋（鋼製橋脚、固定橋脚と可動橋脚が区別できる）



写真3.12.22 建設中の橋脚（カイロ市内、7月26日橋の横）



写真3.12.23 配筋（異形鉄筋を用い、帯鉄筋がしっかり曲げ定着されている）

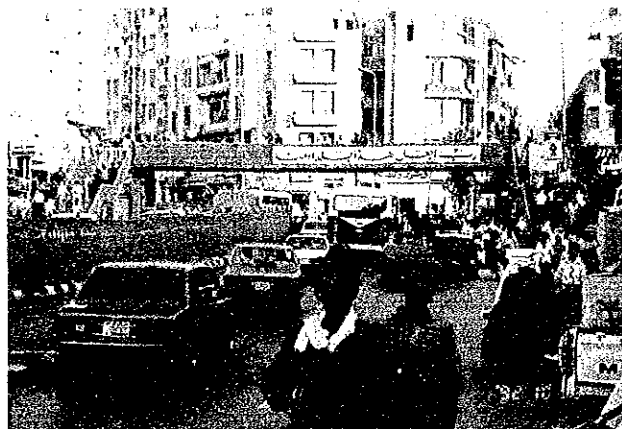


写真3.12.24 横断歩道橋（鋼製）

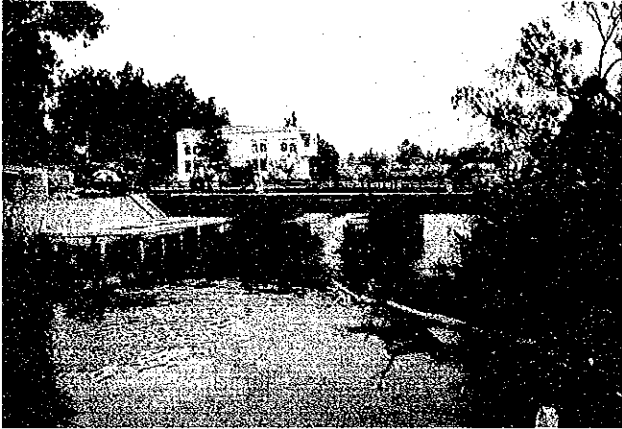


写真3.12.25 回転橋（ナイルデルタ、船舶の航行用に回転できるようにしている。このような橋が多数ある）

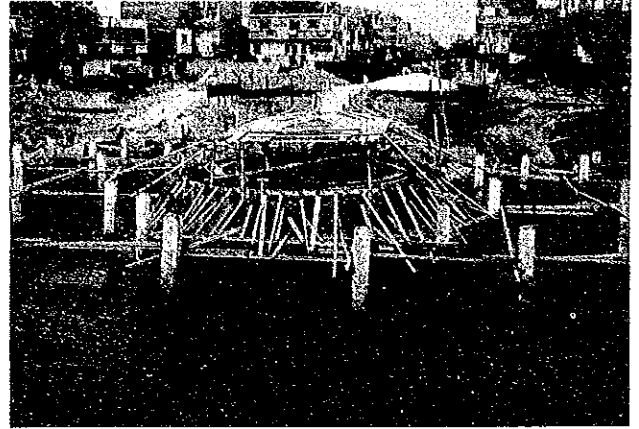


写真3.12.26 建設中の回転橋（回転部の建設中）



写真3.12.27 共同利用の上水（カイロ市内）

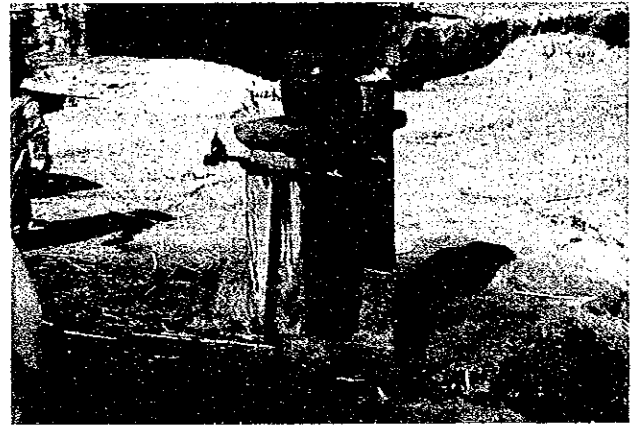


写真3.12.28 共同利用の上水（ファユーム地区）



写真3.12.29 Rod El Farag浄水場

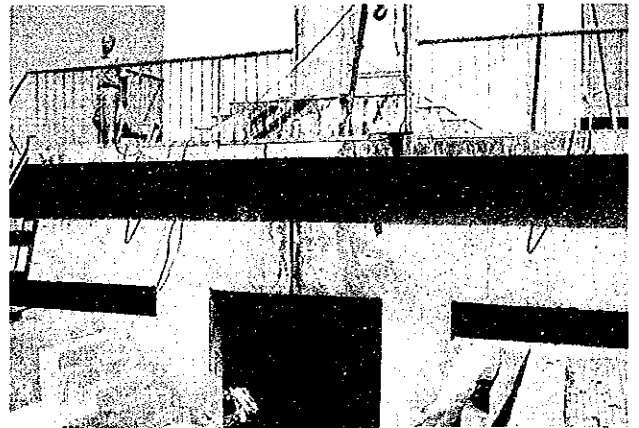


写真3.12.30 沈砂池の送水ダクトの漏水

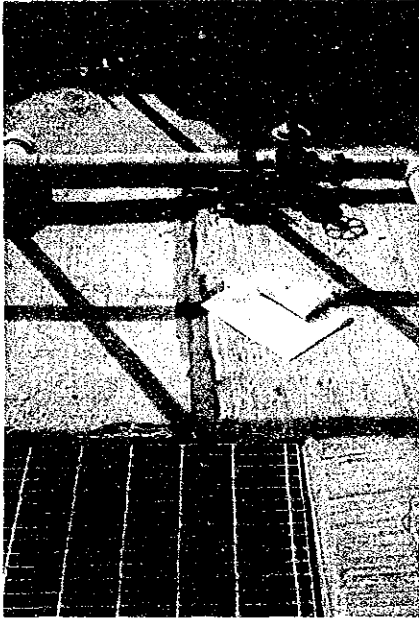


写真3.12.31 貯水槽の目地ズレ



写真3.12.32 貯水槽の目地ズレ

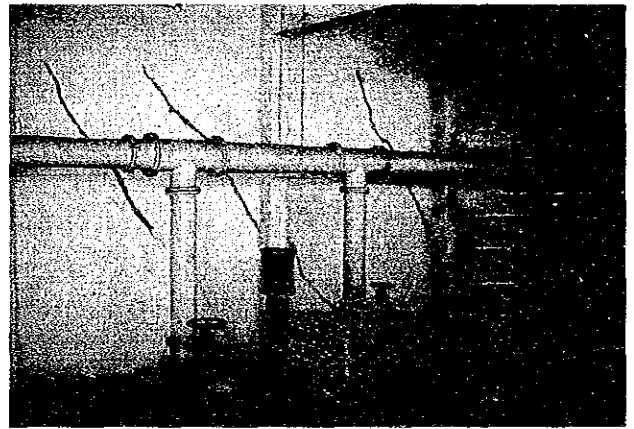


写真3.12.33 非構造れんが壁のクラック (ポンプ室)



写真3.12.34 Derasa貯水槽 (RC製、直径80m、高さ7m、容量3万 m^3 、ギザ市、建設中)



写真3.12.35 配水、注水に用いられるダクタイル管 (径1.2m)

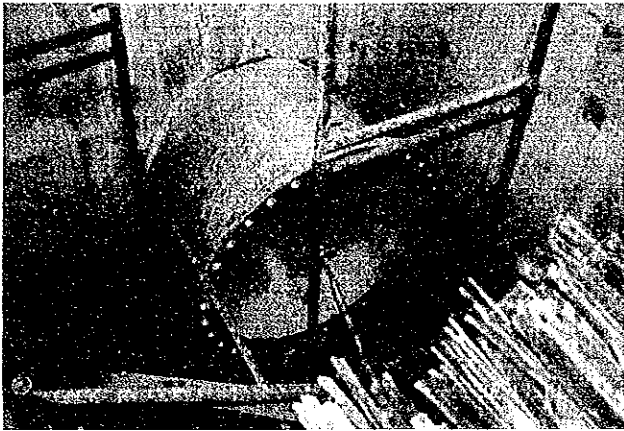


写真3.12.36 構造壁と剛結されている配水用のダクタイル管（径1.2m）



写真3.12.37 貯水池の中に設けられた柱と天井壁との固定部（異形鉄筋を使用し、柱からの主鉄筋は天井スラブで折り曲げている。柱にはきちんと帯鉄筋が入っている）



写真3.12.38 歩道部に直埋されているケーブル類

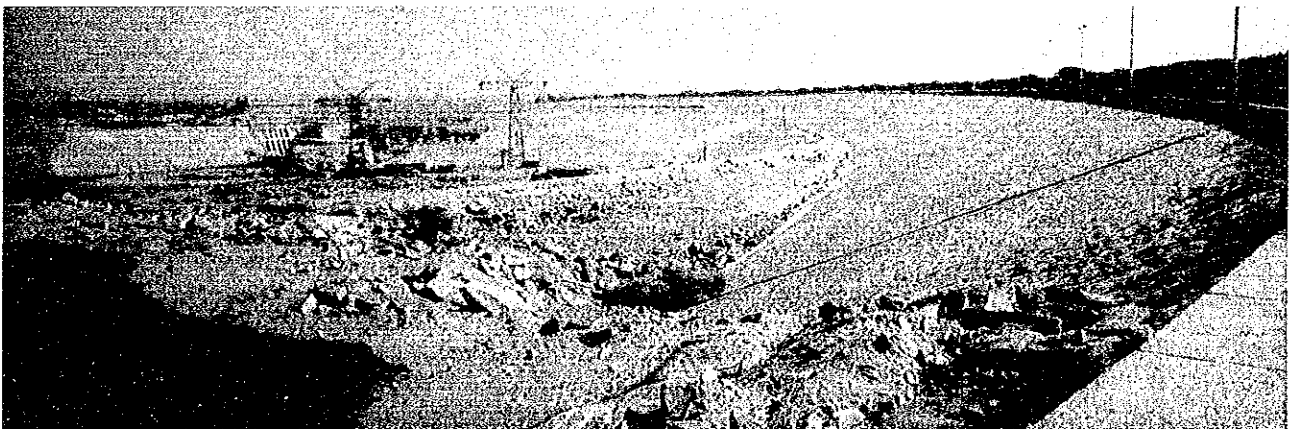


写真3.12.39 アスワン・ハイ・ダムの全景（下流側）

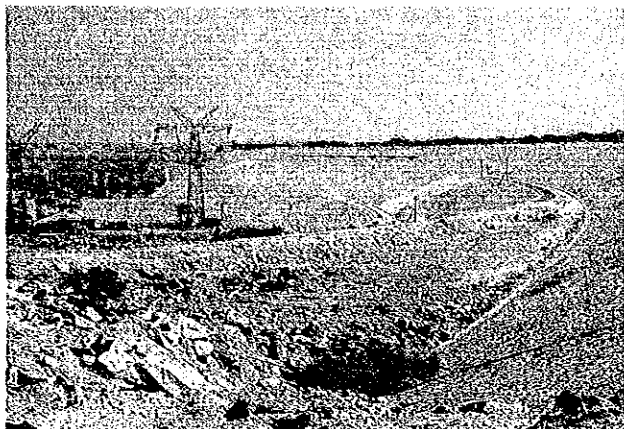


写真3.12.40 アスワン・ハイ・ダム全景（下流側）

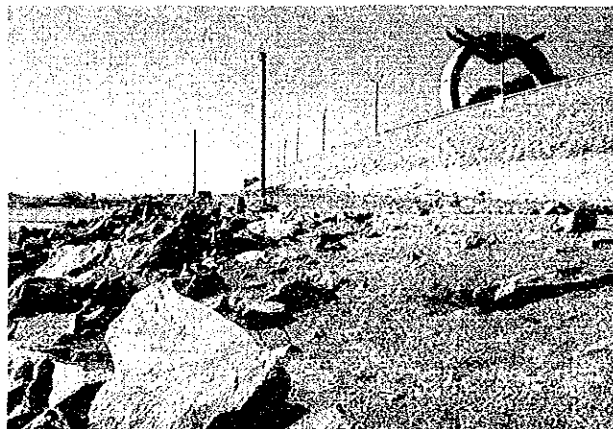


写真3.12.41 上流側



写真3.12.42 巨石が積み上げられたロック部分



写真3.12.43 ロック材の取り出し場の一部（下流左岸）



写真3.12.44 ナセル湖



写真3.12.45 下流側の放水

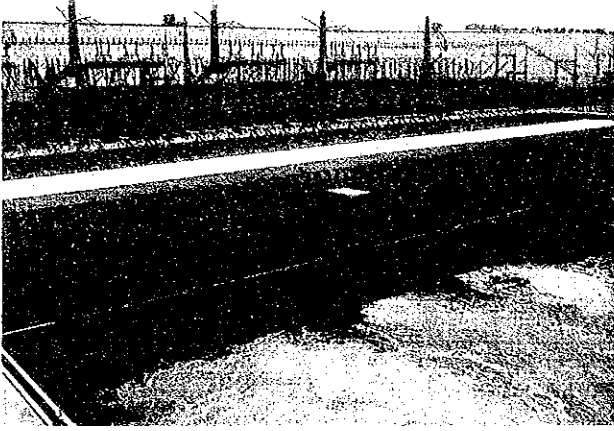


写真3.12.46 発電所 (2,100MWの発電能力を持つ)

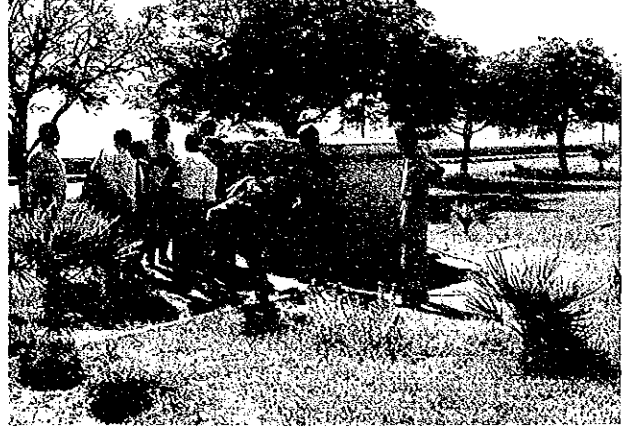


写真3.12.47 堤体中央に設置された強震計の設置用小屋

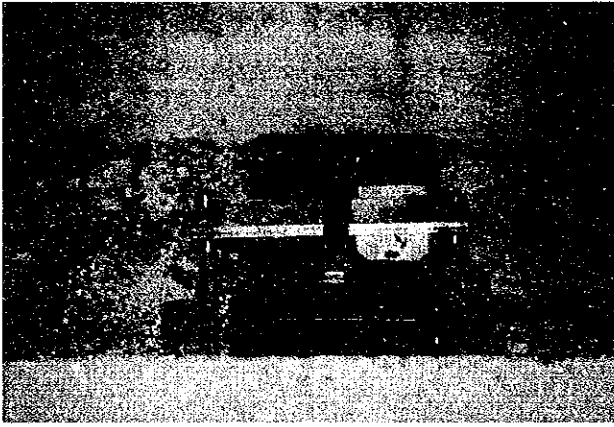


写真3.12.48 強震計 (SMA-1)

3.13 地盤の液状化

カイロ市は、ナイル川の河岸段丘の縁からナイル川にかけての軟弱な沖積低地に位置している。カイロ市内では、液状化の痕跡を見ることはできなかったが、ナイル川の中州に相当するゲジラ島で行われたボーリング柱状図を示すと、図3.13.1の通りである。地表面から13.7mまでは粘土、シルト質の地盤が堆積し、その下は、地表面下43.9mまでは非常に締まった砂、43.9mから54.4mまでは非常に締まった粘土～シルト、さらにその下は非常に締まった砂と、砂と粘土、シルトが互層になった構成となっている。地表面下13.7m以下の層は非常に締まっており、地震動の増幅に寄与するのは、地表面下から13.7mまでの層と考えられる。次に、図3.13.2は、ゲジラ島からナイル川をはさんで対岸のターリア地区までの地盤条件である。図3.13.1とはおおよその構成に矛盾はなく、この付近では、地表面下10m～15m以深ではよくしまった砂質地盤となっていることがわかる。

図3.13.3に示すように、震源から19km程度離れたナイル川沿いのBarnashtからEl Aiyatにかけての地域では、液状化が確認された。この他にも地盤条件からみてファユーム地区等ではかなり広範囲に液状化が生じたのではないかと考えられるが、地震発生から約1ヶ月後の調査であったため、液状化の痕跡を確認することはできなかった。Barnashtでは、写真3.13.1～3.13.4を示すように、畑の中に直径3～4mの大きな憤砂孔が6個見られた。穴の深さは、1～2m程度で、表面は粘性土が1m近く堆積し、その下に砂質土が堆積している。この付近の3箇所から採取した砂の粒径加積曲線を示すと、図3.13.4のようになる。平均粒径 D_{50} は、表3.13.1に示すように0.17～0.25mmで、よく粒の揃った細～中砂である。

信頼性が問題であるが付近の住人の話を総合すると、砂と水が地表から3m近く吹き上げ、これが約45分程度続いたという。このような大きな憤砂は、わが国でも写真10,11に示すように昭和58年の日本海中部地震の際に秋田県の車力村で見られている¹⁾。この際も、地表付近に粘性土があり、このため過剰間隙水圧によって被圧された水が砂とともに吹き上げた。

わが国の過去の地震で液状化が生じた範囲を調べると、以下のようになるといわれている²⁾。

$$\log R = 0.77M - 3.6 \quad (3.13.1)$$

ここで、

R : 液状化が発生する範囲 (km)

M : 地震のマグニチュード

図3.13.5は、この関係をプロットしたものである。今回の地震では $M=5.4$ であるから、式(3.13.1)から液状化の発生する範囲Rを求めるとわずかに4kmとなる。これに対して、Barnashtまでの震央距離は19kmであり、式(3.13.1)で予測されるよりも少し大きな範囲まで液状化が生じていることになる。もちろん、式(3.13.1)はおおよその範囲を与えるものであるから、その影響が大きいと考えられるが、Barnasht付近の砂層が非常に緩いことも原因の一つかもしれない。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：1983年日本海中部地震震度調査報告書、昭和61年
- 2) 栗林栄一、龍岡文夫、吉田精一：明治以降の本邦の地盤液状化履歴、土木研究所彙報、第30号、昭和49年12月

表3.13.1 液状化した噴砂の土質特性（3カ所の噴砂から採出した資料）

特性	資料-1	資料-2	資料-3
最大粒径 (mm)	0.85	2.0	2.0
土粒子の密度 (gf/cm ³)	2.76	2.72	2.71
50%粒径D ₅₀ (mm)	0.174	0.245	0.184

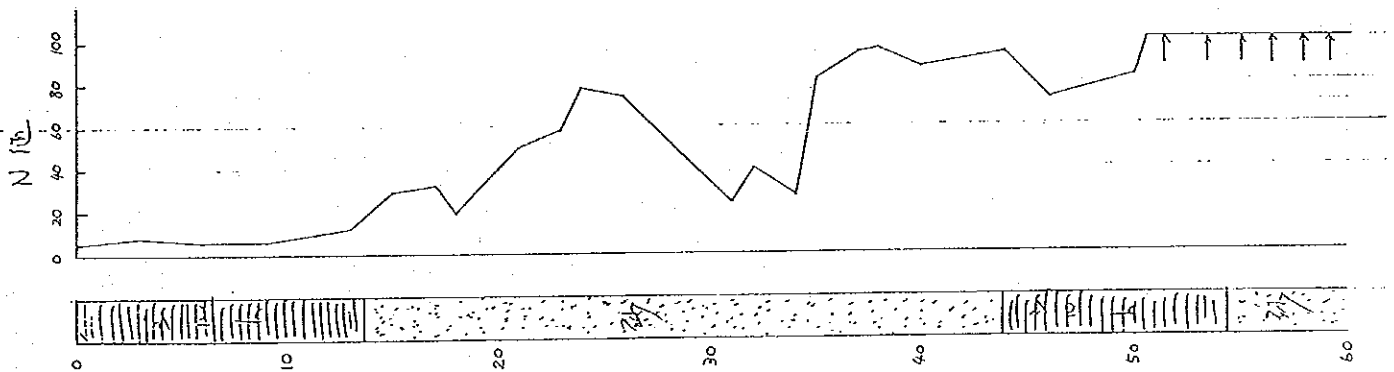


図3.13.1 ケジーラ島のボーリング柱状図

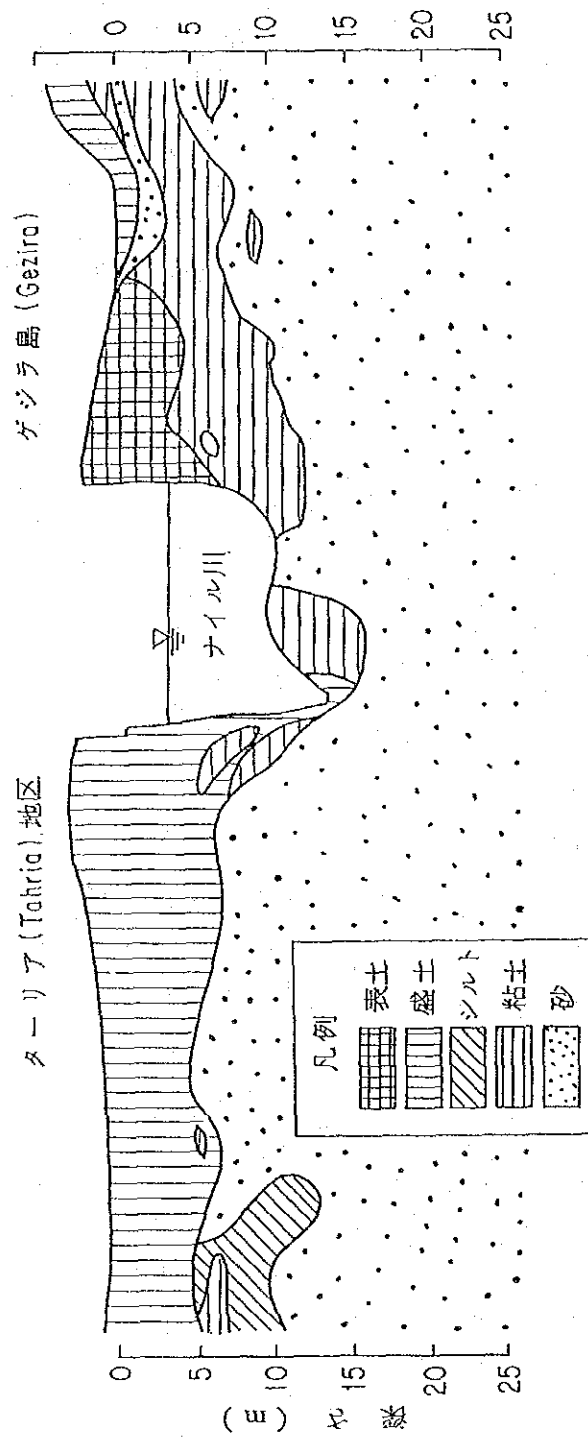


図313.2 ゲジラ島からターリア地区までの地盤縦断

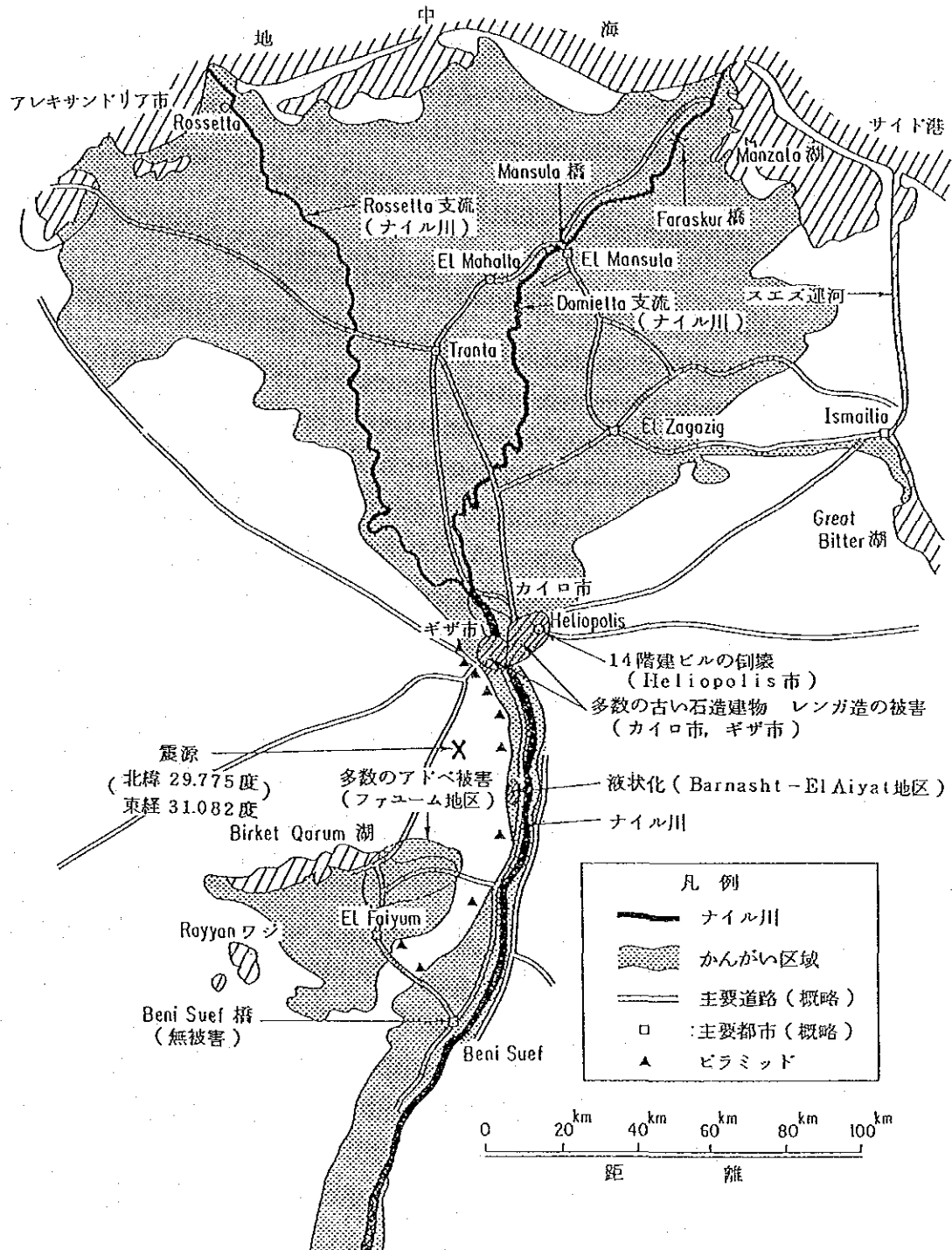


図3.13.3 液状化の発生地点とその他の被害地点

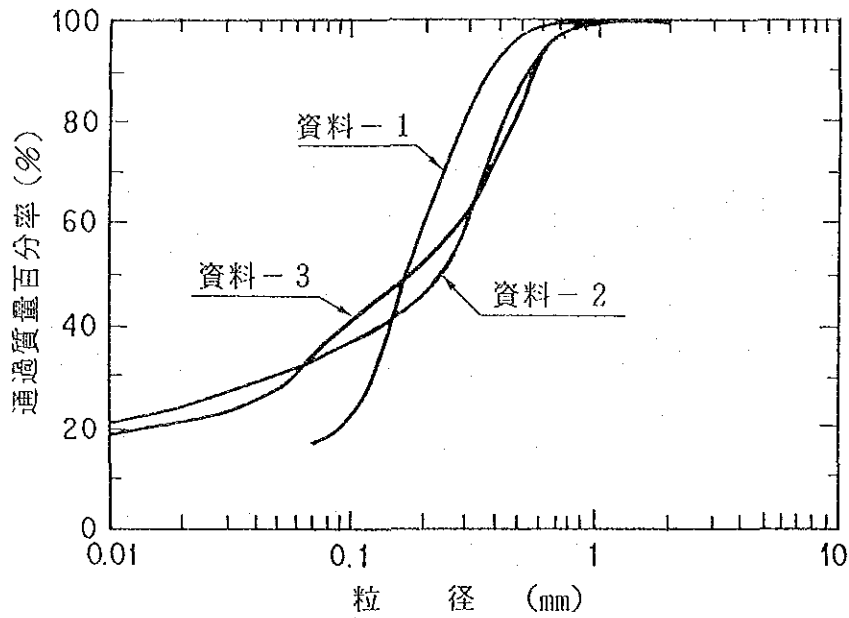


図3.13.4 液状化した砂の粒径加積曲線（3箇所の噴砂から採取した試料）

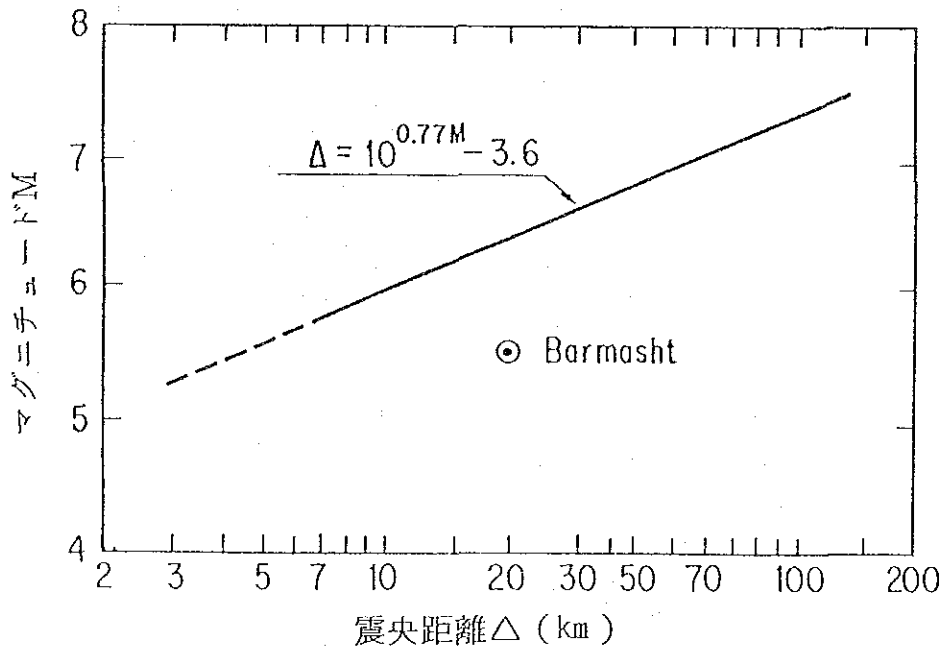


図3.13.5 液状化が発生する範囲



写真3.13.1 液状化によって生じた最も直径の大きい積砂孔（直径約4m、ここから高さ2～3mまで水と砂が噴き上げた、（Bamash地区）



写真3.13.2 写真3.13.1の積砂孔のクローズアップ（地表付近は粘性土に覆われている。砂層はこのシーンでは見えない）

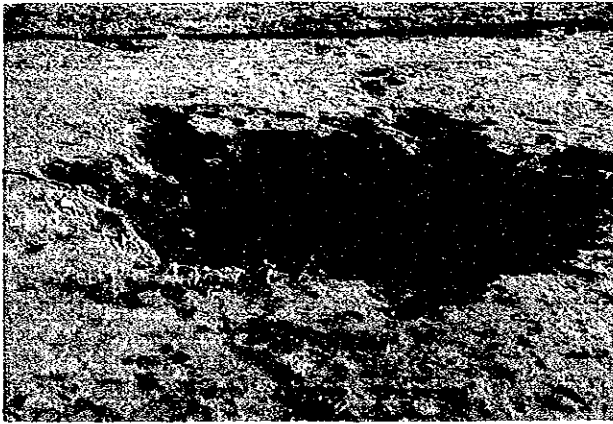


写真3.13.3 中程度の規模の積砂孔



写真3.13.4 噴出した砂を集めた後（このような跡が、多数あったことから、この付近ではかなり広範囲に、かつ、大規模に液状化したと考えられる。しかし、大部分はすでにかたづけられており、このようにはっきり液状化が確認できた地点は他にはなかった）

3.14 地震情報の伝達

150年ぶりに首都カイロを襲った10月12日の地震は、人的・物的損害もさることながら、多くのエジプト人に深刻な精神的ダメージを与えた。普段からの経験と訓練で何気なく地震の知識を身につけている日本人と大きく異なり、全く地震の経験のないエジプト人にとっては、ある種のパニックが生じたのも無理はない。

余震が起こるたびに、より大きい地震の発生や震源がカイロに近づいていると言う恐れが高まり、マスメディアもこうした不安感の増幅に大きな役割を果たしていた。

このような状況下、日本の地震専門家チームが現地に派遣され、被災地において科学技術大臣との記者会見及び地元マスコミによる連日の取材に応じる中で、エジプト市民に対し地震に関する科学的知識の啓蒙・教育の機会をもつことができ、住民の不安の解消に大いに役立った。

地震発生時には、迅速に正確な情報を公表することが、災害の復旧、二次災害の防止やデマ・流言によるパニックの防止等に最も重要である。この観点から、今回のカイロ地震発生直後の情報と余震の情報及び平常の地震活動に関する情報の伝達が、エジプトにおいてどのように行われているのか調査した結果を以下に示す。あわせて地震情報の公表に関する提案を行う。

3.14.1 本震の情報伝達

(1) NRIAGにおける本震の震源決定

エジプトにおける唯一の地震観測機関であるNRIAGは、地震直後に利用可能な地震観測データとして、ヘルワン地震観測所のWWSN地震計データに基づいて、本震の1～2時間後に本震の暫定震源を直ちに決定した。本震は1992年10月12日15時09分（現地時間）、ヘルワンのほぼ西20kmに発生した。NRIAGはその情報を科学技術省に伝えた。

(2) 本震直後の情報対応

本震直後に、多数のTV、ラジオ、新聞のインタビュアーが、ヘルワンのNRIAGに殺到した。研究所の職員にとっても、このような地震直後にマスメディアから地震に関する情報を即座に聞かれることは、全く経験のないことであり、研究所の職員の間には相当の混乱が生じた。

(3) 本震の公式発表

NRIAGは、ヘルワンやアスワンなど9点からなる国内地震観測網を有している。これらの観測点のデータは独立であるため、本震直後から逐次データはヘルワン観測所に集められた。その結果利用可能な数点の地震観測データが正確な震源パラメータの決定に用いられた。その結果は以下の通り。

発震時刻=13時09分56.2秒（GMT）北緯29.775度 東経131.082度 深さ30km

マグニチュードは、 $M_D=5.3$ であり、この M_D は、ヘルワン観測所がヘルワンのWWSN地震計記録とアスワンの地震計記録に基づいて、地震計記録の継続時間から算出しているマグニチュードである。これらの結果は、10月14日公式に発表された。

3.14.2 余震に関する地震情報

(1) NRIAGにおける余震情報の報告

NRIAGは、本震の発生直後の翌日から、順次、臨時の地震観測点を設置した。そして、ほぼ本震発生後10日以内に震源地付近を取り囲むように8点程度からなるローカル地震観測網が完成した。この地震観測網により、余震活動の推移を把握することができる。NRIAGは、1日あたりの余震数を1日2回（9時30分と15時30分）、ファクシミリで定期的に科学技術省に報告している。しかしながら、現状の地震観測がテレメータを用いた集中方式ではないため、①各観測点のアナログ記録紙の交換→②地震記録の読み取り→③震源、マグニチュードの計算→④余震分布図・余震回数グラフの作成などの各種作業に多大の労力と時間を要している。

(2) 地震情報の発表と報道対応

エジプトにおいては、地震情報を責任をもって発表する部局は、研究機関であるNRIAGにも、それを管轄する科学技術省にも存在しない。そのため、NRIAGの地震学者や研究者は、報道機関や国民からのさまざまな質問に応ぜざるを得なくなった。カイロ市民は余震におびえていて、マグニチュードが3程度以上の地震（カイロで有感となり、被害を受けたもろい建物が崩壊する）がおこる心配で、カイロ市民から多くの電話照会があった。ちなみに、10月27日にマグニチュード3.3が発生して以来、マグニチュード3以上の余震は発生していなかったが、今回の緊急援助隊がカイロに滞在中の11月5日夜に、マグニチュード4.0を含む余震が数回あった。また、11月10日の記者会見の開催中余震があった。揺れは弱い方であったが、取材中の80名近い地元報道関係者の中には一瞬立ち上がる人もいて、地震に対する不安を一層つのらせていた。この機会に、これは余震という現象であり、この程度の揺れの余震は今後もしばらく時々起こるのが普通である旨の地震の基礎的知識を啓蒙する絶好の機会となった。

(3) 余震の速報体制

マグニチュード3以上の余震が発生した場合は、ヘルワン研究所の担当官は、その情報を科学技術大臣に出来るだけすみやかに報告しなければならない。そのためNRIAGでは、毎日、2人が6時間ごとに当直し、発生した余震のマグニチュードが3以上かどうかを判断している。この措置は、緊急の措置の1つとして行われているものである。

3.14.3 通常の地震活動に関する地震情報

(1) エジプトにおける地震情報の発表のシステム

地震情報を公衆に発表する機関は、エジプト政府には存在しない。

(2) NRIAGでの研究成果とその活用

NRIAGは、その地震学者らによって調べられた歴史地震のデータや最新のデータを含む、多くの成果を有している。また、その地震学者は、地震情報を作る潜在能力をもっている。今回の緊急援助隊の派遣目的の1

つである、カイロ地震の評価—特に余震活動の推移—を行うことができたのは、本震及び余震のデータはもとより、エジプトにおける地震活動のバックグラウンドとしてのNRIAGでの研究成果を活用することが出来たからである。

現状のエジプトにおける地震観測とその処理の能力には一定の限界が存在する。従って、ひとたび今回のカイロ地震のような被害を生ずる地震が発生した場合には、国民から地震に関する情報の要望が急激に増大しても、適切に対応し難い。このような場合、研究観測のデータを応急的に処理して、地震活動の実況を簡略に示すノウハウが有効である。

3.14.4 提案

大地震が起こった時、迅速かつ正確な情報を行政機関のみならず公衆にも提供することは、地震被害を軽減するうえで極めて重要である。また、現状において予測困難な地震に対する、人々のおそれとその結果もたらされるデマなどの誤った情報を打ち消すためにも、このことはきわめて重要である。この目的のためには、以下に示されるようないくつかの措置が実行されることが必要不可欠である。

- (1) 震央位置を暫定的に決定する能力を高めること。
- (2) 時間と場所について地震活動の正確な変化を知るために、地震データの処理システムを構築すること。
- (3) 行政機関、報道機関及び地震情報を必要とされるその他の機関と公衆との間で、地震情報を迅速に伝達し、受信するシステムを確立すること。
- (4) 地震情報を一般に提供するために、科学技術省のような機関に専門家を配置するとか、そのために必要な部署を設けるとかの措置をとること。
- (5) 地震に関する知識のみならず、地震の時に何を行うべきかについて上述の地震専門家などによって国民を教育、訓練すること。今回のカイロ地震では、校舎から逃げようとして多数の生徒が圧死した。このようなパニックを避けるためには、地震に関し、普段から一般住民の教育と適当な手段による広報が重要である。

3.15 地震対策訓練及び教育

3.15.1 災害対策

エジプトにおける災害対策は、エジプト地震工学会のテキスト「地震工学に関する第四回講習会（1990年11月12～14日）」¹⁾に掲載されている内務省防災局ムハメッド・サミ・アミン氏の報告及び内務省防災局において直接見聞した内容を総合すれば、概略次のようである。但し、これらは地震を特定の念頭に置いたものではなく、全般的な災害対策についてのものである。

(1) 災害応急対策活動体制

- 1) エジプトには26の州があつて、これらの各州には消防防災部局が設置されており、カイロにある内務省防災局の管理下に置かれている。州の防災部局は、州内の所定の箇所にいくつかの出先の部署を置いている。
- 2) 本部及び州の出先の部署には、災害対策に必要な資機材を備えた消防・救助隊が編成されている。
- 3) 州間で相互応援体制が敷かれており、各州の25%に相当する人員・資機材が隣接州の応援のために準備されている。これらの人員・資機材は状況に応じて中央政府の防災局の指示により動員されることになっている。
- 4) 災害の規模によって、州間の相互応援だけでは不十分と判断された場合には、緊急援助部隊（レスキュー隊）が派遣されることになっている。これらの部隊は防災局に直属しており、国の所定の箇所に配置されている。これらの各部隊は近隣の州の応援に当たることになっている。
- 5) 災害の規模が極めて大きく、前述のあらゆる応急対策手段を持ってしても十分な災害対策を実施することが困難な場合には、防災当局は軍隊の派遣を要請することになる。
- 6) 中央防災指令室が防災局に置かれ、州の防災指令室と連絡されており、災害応急対策活動の執行の任に当たる。また、中央防災指令室は政府のすべての防災関係機関に連絡されており、災害時には関係省庁から担当者が派遣される。

(2) 支援体制

- 1) 関係省庁で構成する最高防災会議は、災害対策計画の策定、災害応急対策に必要な諸設備・資機材の整備に関し調整を行う。
- 2) 健康省は、救急医療用の医薬品・資機材の補充、装備の整った救急車の配備、被災地における医療救護所の設置、埋葬前に遺体の確認をするための公示所の配置、必要に応じ共同墓地の建設などを担当する。
- 3) 社会省は、避難・収容計画の立案、食料の確保等被災地域住民の支援措置、必要な補償措置等を担当する。
- 4) 住宅・再開発省は、地方行政庁と協力して、被災地建築物の補強・解体を含め、被災地域の復旧・再建計画を担当する。
- 5) 内務省に所属する機関は、救助や避難が円滑に行われるよう、輸送・交通の規制を担当することにより災害応急対策活動に参加することになる。また、被害状況の確認や死傷者の実態を登録するために必要な法的措置を講ずる。内務省はまた、被災地域の警戒及び安全の確保につとめるとともに、不審者の侵入を防止するために、必要に応じ非常警戒を行う責務を負う。
- 6) 防災局及び各州のそれぞれの出先の部署は、訓練・要請計画を作成し、災害応急対策活動における防災要員の能力向上に努めることとされている。また、防災局は必要な資機材の配備を行っている。

(3) 災害応急対策用資機材

配備されている最新鋭の災害応急対策用資機材は次のようなものである。

- 1) 超重量物を持ち上げるための水圧ジャッキ。
- 2) 電動巻上機と同様の牽引・懸垂用の設備
- 3) 特殊な救助活動に必要なエアークッション及びリフティングバッグ。
- 4) 倒壊物の下敷きになっている負傷者の捜索用の音響探知機。
- 5) 救出者の救護用のレスキュー設備。
- 6) 電動のこぎりやカッターなど木材や鋼材を切断するための器械。
- 7) 重い石やコンクリート塊を粉砕したり、動かすのを容易にするための水圧式ハンマー。
- 8) 救助活動を終日継続するための投光照明付可搬式発電機。
- 9) 金属製の障害物からの救出に使用する水圧スプレッター及び剪断用具。
- 10) 甚大な被害を受けた場合の遺体捜索に対する捜索犬の使用可能性については研究段階にある。

3.15.2 訓練及び教育

前述のように、内務省防災局は、地震等で倒壊した建物で被害にあった人々の救出や消防活動などを担当している。内務省においてレスキュー隊の訓練状況を見学することができたが、現在、防災局が保有している災害応急用の機器はいずれも極めて良好な状態で維持管理されている。また、隊員の士気も非常に高い。今回の地震でもこのレスキュー隊がヘリオポリスを始め各所でたいへん活躍したようである。レスキュー隊の訓練の様子を写真3.15.1, 3.15.2に示した。

また、訓練はこれらのレスキュー隊によるものだけでなく、住民向けの講習・訓練もおこなわれているということであった。訓練センター内の広報ルームでは大型スクリーンでビデオが見られるようになっており、ここで住民の教育も行われるようである。この他にも、この様な広報ルームがいくつか整備されているということであった。

このように、災害についての住民の教育や訓練は、10月12日の地震の前も重点を置いて実施されてはいたようである。

しかしながら、今回の地震時には、いくつかの学校において子供達がパニックになり、校舎から逃げようとして、多くの生徒が怪我をしたり、他の生徒に押し潰されてなくなってしまうという痛ましい事故につながってしまった。このようなパニックの発生を避けるためには、適切な方法による普段からの住民の教育や知識の普及が重要である。

地震の影響は広範囲に及び、市民生活に与える影響も多様であることから、地震に対する備えは、中央政府のみならず、地方行政庁や学校その他の関係機関においても積極的に実施される必要がある。

10月12日以来、エジプトの人々は長い間、余震による不安の中に置かれていた。また、我々がマスコミから受けた質問も余震に関することに集中していた。このような不安を和らげるためには、住民の教育と合わせて、時宜を得た適切な情報提供がなされることが必要である。即ち、教育が行き届いていない状態のところには情報が流されるとパニックになる恐れがある一方、これに反して、情報が閉ざされてしまうと、住民の間に必要以上の不安を引き起こすことになるということを十分念頭に置いておく必要がある。

3.15.3 地震時の心得

前述の「地震工学に関する第四回講習会」テキストの中で、カイロ大学工学部構造工学科ソバエ教授は、“一般住民のパニックや混乱は、普通の地震であってもそれを破滅的な状況に変えてしまうおそれがある。したがって、救助行動や地震の恐れがあることについての住民の訓練は、自主防災意識を向上させ、地震による影響を軽減させることにつながる。”と述べている。

エジプトと日本では地震の規模や頻度、建物の構造や生活様式などが異なるので日本の例をそのまま適用できるとは限らない。したがって、参考にするに当たっては、違いが十分に検討されることを前提にして、日本の地震時の対応についての住民教育の事例を東京都の例²⁾で以下に紹介する。

地震時の心得

—あなたは大地震の時の用意はできていますか—

(1) グラツときた時、あなたが家にいたら

- 1) わが身と家族の身の安全を！—テーブルなどの下に身を伏せよ—
大揺れの時間は、1～2分です。ここで一番大切なことは、自分の置かれている状況に応じて最も安全な場所へ移動することです。頭部の保護を一番に考えましょう。
- 2) すばやく火の始末！火が出たらすばやく消火！
—小さな地震でも火を消す習慣、声かけあって初期消火—
まず火を消す。発生した火災は小さなうちに消し止めることが大切です。
- 3) あわてて外に飛び出すな！一家の外は危険がいっぱい、脱出は機をみて—
あわてて動き回することは、思いがけない怪我のもとになります。
- 4) 戸を開けて出口の確保！—考えておきましょう非常の際の脱出方法—
高層のアパートでは、部屋に閉じ込められないように、戸を開けて出口を確保することも忘れてはなりません。

(2) グラツと来たときは、あなたは繁華街やビル街にいたら

- 戸外では頭を保護し、危険なものから身をさげよ！
—注意しよう、落下物やブロック塀—
繁華街やビル街では窓ガラスや看板などの落下物が最も危険です。

(3) グラッと来た時、あなたは百貨店や劇場、地下街にいたら

- 百貨店や劇場、地下街などでは係員の指示に従って行動を！

－パニックを起こすな、巻き込まれるな－

百貨店や劇場など人が大勢集まる所では、なによりも怖いのがパニックです。出口や階段に殺到することがないようにしましょう。まず、係員の指示に従って下さい。

(4) グラッと来た時、あなたはオフィスにいたら

- デスクの下に潜り込んで身の安全を！

－倒れてくる棚やロッカーが危ない－

大きな揺れを感じたら、すばやくデスクの下に潜り込むか、廊下に避難して下さい。

(5) グラッと来た時、あなたはエレベーターに乗っていたら

- 安全を確認して最寄りの階ですばやく避難！

－閉じ込められても冷静に救助を待て－

地震や火災の発生時には、決してエレベーターを使ってはいけません。

もしエレベーターに乗っている時に地震を感じたら、操作盤の行先階のボタンを全部押して下さい。

カゴが止ったら、すばやく降りて、安全を確認して避難しましょう。

(6) グラッと来た時、あなたは地下鉄に乗っていたら

- パニックに注意、まず身の安全を！

－ショックで倒れないように固定してあるものをつかめ－

突然強い衝撃となってくるので、荷物棚の横木や握り棒など、車体に固定してあるものをしっかりつかんで、倒れないようにして下さい。車内放送に従って行動して下さい。勝手な行動はパニックのもとです。

(7) グラッと来た時、あなたは自動車を運転していたら

- 自動車は左（日本では左側通行）に寄せて停車、規制区域では運転禁止！

－勝手な運転は混乱のもと、カーラジオの情報で正しい行動－

大地震が起きたら、パンクしたような状態になり、ハンドルを取られ、まず運転は困難になります。追突や衝突に注意しながら、ゆっくり止めます。その後道路の左側（日本の場合）に停車します。避難が必要な時は、窓を閉めて、エンジンキーをつけたまま、ドアロックはしないで車から離れて下さい。

(8) グラッと来た時、あなたはピクニックやハイキングをしていたら

- 山崩れ、崖崩れ、津波に注意！

－山崩れ、崖崩れ、津波の危険地帯ではすばやく避難－

(9) 避難は最後の手段

- 避難は徒歩で、持ち物は最小限に！

—避難勧告が出たら協力しあって避難しよう—

地震が発生したからと言って、何がなんでも避難すると言うのは間違っています。地震によって、大火災や津波、危険物の爆発などの恐れがあると判断した市町村長の避難勧告が出された時はじめて避難します。

(10) 正しい情報で正しい行動

- デマで動くな！

—トランジスターラジオや防災機関の情報で正しい行動を—

大地震時には、人々は心理的に動揺します。飛び交うデマや流言に踊らされることは、いたずらに混乱を引き起こすだけです。パニックを防ぐには、一人一人が正しい情報により、冷静に行動することが一番大切なことです。

参 考 文 献

- 1) Forth Egyptian Training Course on Earthquake Engineering 12-14 November, 1990, Edited by Dr. Mohamed Sobaih, Egyptian Society for Earthquake Engineering, Faculty of ENGG-Cairo University.
- 2) What to Do During Earthquake/Tokyo Metropolitan Government, March, 1992.

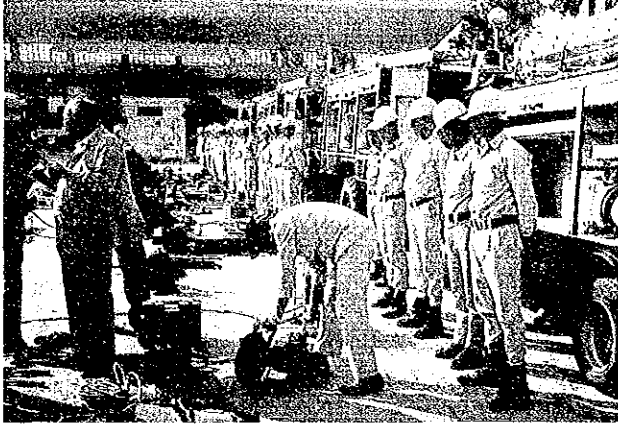


写真3.15.1 内務省での訓練（1）



写真3.15.2 内務省での訓練（2）

4. ま と め

4. ま と め

以上、今回のカイロ地震について調査結果及び今後の地震対策に関する提言を述べた。報告書のまとめとして、11月13日に現地でエジプト政府に提出した17項目の提言を11項目に整理して示す。また、11月5日に発表した余震活動に関する見解書も併せて示す。

提言のまとめ

- (1) 正確に震源を決定するためには、地震観測点が不足している（カイロ付近の地震計はヘルワンの1箇所のみ）。三成分地震計を設置した地震観測網を整備すべきである。また、リアルタイムにデータを処理するためにテレメータシステムが必要である。さらに、断層構造を把握するためには、広帯域地震計が必要である。
- (2) 地面の揺れの最大を計るための強震計を設置する必要がある（現在は1台もない）。
- (3) 10月12日地震及び震源域の地殻の構造について理解を深めるために、地質学的・地球物理学的研究の推進が望まれる。
- (4) 首都カイロ市の地震対策のために、市直下についても断層に関する地質学的な調査が必要である。
- (5) 表層地盤の分布や動的特性などについて詳細な研究を進めるべきである。
- (6) 鉄筋コンクリート建築物について、耐震設計のための規定の見直しが必要である。

また、他の構造様式の建築物及び土木構造物についても耐震設計基準を定める必要がある。

- (7) 既存建築物の耐震性及び被災建築物の被災度を判定するための手法を開発する必要がある。
- (8) 古いモスクは石造のものが多く、そのいくつかに大きな被害があった。恒久的な修復措置が必要であるが、クラックへのエポキシ樹脂の注入は効果的と考えられる。屋根やドームの様式は改良すべき点がある。
- (9) アドベ住宅については、今回の地震で生じた破壊形式を防止しうる手段を講じた上で、補修補強を実施すべきである。また、新しい住居に対しては、アドベ造よりもむしろ他の構造様式を採用することが望ましい。例えば、補強レンガ造は、建築費が比較的安く耐震性もあることから、十分に補強がなされるならば推奨される構造の一つである。

- (10) 地震被害を軽減するために、行政機関だけでなく、一般住民に対しても迅速かつ正確な地震情報を提供することが重要である。このため次のような対策が必要である。
- a) 行政機関、マスコミその他の機関及び一般住民に必要な地震情報を迅速に伝達し、受信するシステムの確立。
 - b) 地震情報を一般に提供するために、科学技術省のような機関に専門家を配置するとか、そのために必要な部署を設けるとかの措置をとること。
- (11) 地震時に校舎から逃げようとしてパニックになり、多数の生徒が圧死した。このようなパニックを避けるためには、地震に関して普段から一般住民の教育、適当な手段による広報が重要である。

余震活動に関する見解（11月5日）

国立宇宙・地球物理学研究所より提供された余震回数の減衰及び余震域に関する情報及び地震活動に関する日本における経験に基づけば、10月12日に生じた地震活動はほぼ収束しつつあるものと思われる。しかしながら、構造物には大損害を与えない程度の小規模の余震は今後も生じる可能性がある。

5. 謝 辭

5. 謝 辞

エジプト地震による被害の調査に際しては、エジプト政府科学技術省、国立天文・地球物理学研究所、住宅・新コミュニティ省、交通省道路・橋梁庁、グレーターカイロ上水道庁、地質調査所等及び地方機関、カイロ大学、リモート・センシング・センター等のご協力を得た。さらに、在エジプトの多数の日本人の皆様からは、各種の貴重な情報をいただいた。ここに記して、厚くお礼申し上げる次第である。

