

トルコ共和国における地震被害に対する 国際緊急援助隊・専門家チーム 活動報告書

2024 年 4 月

独立行政法人国際協力機構
国際緊急援助隊事務局

緊援
JR
24-002

トルコ共和国における地震被害に対する 国際緊急援助隊・専門家チーム 活動報告書

2024 年 4 月

独立行政法人国際協力機構
国際緊急援助隊事務局

序 文

2023年2月6日、トルコ共和国（以下、「トルコ」と記す）南東部で発生した地震は、トルコ及びシリア両国に甚大な被害をもたらしました。日本政府は、トルコ政府からの要請に基づき、2023年3月3日国際緊急援助隊専門家チームの派遣を決定し、独立行政法人国際協力機構は、2023年3月6日から16日まで専門家チーム11名を派遣しました。

同専門家チームは、被災地での現場踏査や先方政府・関係者との協議を経て、今後の復旧・復興に向けた提言を取りまとめ、トルコ側に示しました。また今後必要とされる支援について、検討を行いました。

本報告書は、その概要を帰国後、取りまとめたものです。

今次の国際緊急援助隊専門家チームの活動成果が、被災地の地震被害からのいち早い復旧、よりよい復興（Build Back Better）に貢献するとともに、災害に対して強靱な国、社会づくりに貢献することを期待します。

終わりに、今回の地震で犠牲となった方々のご冥福と、被災地域の一日も早い復旧・復興を心よりお祈りするとともに、今次国際緊急援助隊専門家チームの活動にご協力とご支援を頂いた関係者の皆様に対し、心から感謝の意を表します。

2024年4月

独立行政法人国際協力機構

国際緊急援助隊事務局事務局長 飯村 学

目 次

序 文	
目 次	
図表目次	
略語表	

第1章 専門家チーム概要	1
1－1 派遣の背景・経緯	1
1－2 派遣の目的	1
1－3 派遣の期間	1
1－4 活動日程	1
1－5 メンバー構成	3
第2章 調査概要	4
2－1 建築	4
2－1－1 建築構造	4
2－1－2 街区・都市	4
2－2 土木構造物	6
2－3 ユーティリティ	7
2－4 土質・地盤	8
2－5 社会包摂・物資	8
2－5－1 調査目的	8
2－5－2 調査対象地域	8
2－5－3 調査対象機関	8
2－5－4 調査の制限	8
第3章 調査結果	9
3－1 建築	9
3－1－1 建築構造物	9
3－1－2 街区・都市	26
3－2 土木構造物	30
3－2－1 道路	30
3－2－2 鉄道	43
3－2－3 ダム	46
3－3 ユーティリティ	47
3－3－1 上下水道設備	47
3－3－2 電気設備	54
3－3－3 ガス設備	55
3－3－4 通信設備	55

3-3-5	農業・灌漑施設	55
3-3-6	瓦礫・廃棄物処理	56
3-3-7	自治体連合による復旧・復興活動	56
3-3-8	コンテナ村整備状況	56
3-4	土質・地盤	58
3-4-1	山地	59
3-4-2	平野	61
3-5	社会包摂・物資	63
3-5-1	分野別の状況	63
3-5-2	社会的弱者の状況	66
第4章	今後の復旧・復興に向けた提言	69
4-1	建築	69
4-1-1	建築構造物	69
4-1-2	街区・都市	71
4-2	土木構造物	72
4-2-1	道路	72
4-2-2	鉄道	75
4-2-3	その他	75
4-3	ユーティリティ	75
4-3-1	短期	76
4-3-2	中長期	77
4-4	地質・地盤	77
4-4-1	山地における復旧・復興	77
4-4-2	平野における復旧・復興	78
4-4-3	今回の震災を踏まえた他地域での対応方法	79
4-5	社会包摂・物資	79
4-5-1	支援案に関する提言	79
4-5-2	今後の復旧・復興計画において取り入れるべき配慮事項	81
付 録		
1.	地震に関する情報	85
2.	トルコにおける被災判定システム	87
3.	国内の主要大学における保有実験施設	89
4.	主要面会リスト	91
5.	現地調査した道路構造物	95
6.	トルコ政府への提言	181

注：第3章、第4章は専門家チームの見解であり、付録6の提言は、外務省・国土交通省・JICAの確認・調整を踏まえて作成した。

図表目次

－図－

図 2－1	トルコでのこれまでの地震と今回地震	5
図 2－2	今回地震における各都市の被災状況	5
図 2－3	想定される調査検討フロー	6
図 2－4	現地調査を行った道路構造物の位置図	7
図 3－1	建築物 A 全景	10
図 3－2	建築物 B 全景	10
図 3－3	建築物 C 全景	11
図 3－4	建築物 C 被害状況	11
図 3－5	建築物 D 全景	12
図 3－6	建築物 D 被害状況	12
図 3－7	建築物 E 全景	13
図 3－8	建築物 E 被害状況	13
図 3－9	建築物 F 全景	14
図 3－10	建築物 F 被害状況	14
図 3－11	建築物 G 全景	15
図 3－12	建築物 G 被害状況	15
図 3－13	建築物 H 全景	16
図 3－14	建築物 H 被害状況	16
図 3－15	建築物 I 全景（東から撮影）	17
図 3－16	建築物 I 被害状況	17
図 3－17	建築物 J 全景	18
図 3－18	建築物 J 被害写真	18
図 3－19	建築物 K 全景	19
図 3－20	建築物 K 被害状況	20
図 3－21	建築物 L 全景	21
図 3－22	増設された耐力壁	21
図 3－23	建築物 M 全景	22
図 3－24	建築物 N 全景	23
図 3－25	建築物 N 免震装置	23
図 3－26	組積造の塀	24
図 3－27	プレキャストコンクリート造の工場	25
図 3－28	今回の調査都市	26
図 3－29	ギョルバシュ市中心部の被災状況	27
図 3－30	旧市街地における 街路閉塞の状況	27
図 3－31	主な街路の状況	27
図 3－32	アンタキヤ市街地（全体）	27
図 3－33	主な街路の状況	27

図 3-34	アンタキヤ市街地（都市部）における被災状況	28
図 3-35	市街地における建物崩壊	28
図 3-36	建物転倒事例は少ない	28
図 3-37	市街地（中心部）	28
図 3-38	細街路の閉塞	28
図 3-39	面的に崩壊した旧市街地（歴史地区）	28
図 3-40	カフラマンマラシュ市街地（中心部）	29
図 3-41	一般的な街路の状況	29
図 3-42	面的に崩壊した旧市街地	29
図 3-43	面的崩壊の状況	29
図 3-44	ヌルダー高架橋の供用や修繕の状況	31
図 3-45	かけ違い部橋脚の損傷（ヌルダー高架橋）	32
図 3-46	鋼桁端部の損傷（ヌルダー高架橋）	32
図 3-47	エルゲネクトンネルの供用状況	34
図 3-48	エルゲネクトンネルの損傷状態	35
図 3-49	アンタキヤ市 国道 D817 号の高架橋の外観	35
図 3-50	せん断キー及び桁端の損傷（アンタキヤ市国道 D817 号 高架橋）	36
図 3-51	せん断キー及び桁端の損傷（アンタキヤ市国道 D817 号 高架橋）	36
図 3-52	図 3-50 の写真右のクローズアップ（アンタキヤ市国道 D817 号 高架橋）	37
図 3-53	開通前の国道の道路橋の落橋（ヌルダー市郊外）	38
図 3-54	トーマ橋の外観	39
図 3-55	マラティア市街側の橋台周りで見られた損傷（トーマ橋）	40
図 3-56	桁どうしのずれ（トーマ橋）	40
図 3-57	周辺地盤で見られた地盤変状（トーマ橋）	41
図 3-58	橋の外観及び桁端と橋台をつなぐ緩衝材（トゥルグト・オザル高架橋）	42
図 3-59	地盤変状と被災の例	44
図 3-60	軌道・レールに生じた変形の例	44
図 3-61	落石による被災例	44
図 3-62	トンネルの被災例	45
図 3-63	鉄道橋の被災例	45
図 3-64	配水池被害状況（ハタイ県）	48
図 3-65	下水処理場被害状況（ハタイ県）	49
図 3-66	上下水道被害状況全般（ハタイ県）	49
図 3-67	下水処理場被害状況（アドゥヤマン県）	50
図 3-68	取水源の状況（カフラマンマラシュ県）	50
図 3-69	被災県の EUAS 管轄発電所位置図	54
図 3-70	移動基地局車	55
図 3-71	瓦礫処理状況	56
図 3-72	移動基地局車	57
図 3-73	現地調査実施位置図	58

図 3-74	現地調査実施位置図	58
図 3-75	山地における岩盤の露岩状況	59
図 3-76	山地における橋脚の状況	60
図 3-77	山地における切土部の被災状況	60
図 3-78	山地の建物の被災状況	60
図 3-79	平野のボーリング調査結果（アンタキヤ）	62
図 3-80	平野の建物等の被災状況	62
図 3-81	仮設テントを利用した 子ども向け心理社会ケアセンター	63
図 3-82	特別支援教育用テント	64
図 3-83	発災 7 日で整備されたコンテナ村及び運動場	65
図 3-84	テント村のシャワースペース	68
図 4-1	「街区の面的更新」のイメージ	71

—表—

表 3-1	被害状況の分類	9
表 3-2	調査結果のまとめ	9
表 3-3	調査都市における被災状況	26
表 3-4	DSI 飲料水復旧事業リスト	47
表 3-5	上下水道設備被害状況まとめ	52

略 語 表

略 語	正式名称	日本語
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı	内務省災害緊急事態対処庁
ASKIM	Adıyaman Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşleri Müdürlüğü	アドゥヤマン県上下水道局
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国全州道路交通運輸行政官協会
AYGM	Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü	運輸インフラ省インフラ投資総局
BBB	Build Back Better	よりよい復興
BOTAS	Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş.	トルコ国営パイプライン会社
CPT	Cone Penetration Test	コーン貫入試験
DSI	Devlet Su İşleri	農業森林省国家水利庁
EUAS	Elektrik Üretim A.Ş.	トルコ発電公社
HATSU	Hatay Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi	ハタイ県上下水道局
HDPE	High Density PolyEthylene	高密度ポリエチレン
ISKUR	Türkiye İş Kurumu	トルコ雇用庁
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KASKİ	Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü	カフラマンマラシュ県上下水道局
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü	運輸インフラ省道路総局
MSYD-ASRA	Mülteciler ve Sığınmacılarla Yardımlaşma Dayanışma ve Destekleme Derneği	難民及び亡命希望者に対する支援連帯及び支援協会（NGO）
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
PFA	Psychological First Aid	心理的緊急処置
PGA	Peak Ground Acceleration	表面最大加速度
PGV	Peak Ground Velocity	地動最大速度
RCC	Roller Compacted Concrete	超固練りコンクリートを用いた転圧コンクリート工法
TAMP	Türkiye Afet Müdahale Planı	災害時等の緊急対応計画
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları	トルコ国鉄
TEIAS	Türkiye Elektrik İletim A. Ş.	トルコの電力会社（公共事業者）
TERA	Turkey Earthquake Recovery and Reconstruction Assessment	トルコ政府による地震被害調査結果
TOKİ	Toplu Konut İdaresi Başkanlığı	トルコ住宅開発公社
TUBİTAK MAM	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi	トルコ科学技術センター
UMT	Union of Municipalities of Turkey	自治体連合
UNDAC	United Nations Disaster Assessment and Coordination	国連災害評価調整チーム

略 語	正式名称	日本語
UNHCR	United Nations High Commissioner for Refugees	国連高等難民弁務官事務所
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund	国際連合児童基金
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
UTC	Coordinated Universal Time	協定世界時

第1章 専門家チーム概要

1-1 派遣の背景・経緯

トルコ共和国（以下、「トルコ」と記す）では過去累次にわたってマグニチュード7.0を超える大地震が発生している。それらは中部から西部に横たわる地震帯が中心であり、今回発生した南東部の断層地帯とは異なる。先方政府は、これまで主に人口・経済の集積地域でもある西部に対して防災や耐震などの対応を進めてきており、日本・トルコ国側双方の協力もイスタンブールやブルサなど西部地域を中心に実施されてきた。

先方政府の施策のなかには全国を対象とするものは少なくないが、今回の被災地域ではそれらが十分に伝播・実施されていなかった可能性や、地震に対する官民の備え・リテラシーが十分でなかった可能性を前提に考える必要がある。一方、過去の政策や協力事業からは成果や教訓が蓄積されており、これらをアセットとして最大限活用した復旧・復興支援を考えることが有効と考えられる。

本専門家チーム派遣にあたっては、現地踏査から得られる被災の事実と、これまでのトルコ政府による政策・施策とのギャップについて、日本・トルコ間協力による成果・教訓を踏まえて考察し、更に今後解明される本断層地域の地震特性などを加味できる余地を残しながら、日本が今後取り組むべき課題を洗い出す役割が期待される。

1-2 派遣の目的

- (1) 今次の地震により被害を受けた建物、インフラの状況を確認し、復興・復旧に向けた技術的助言を行う。
- (2) 耐震基準の運用・適用に関する課題を中心に、トルコにおけるこれまでの施策、地震防災分野における日本・トルコ間協力の経緯・実績を踏まえ、今後取り組むべき具体的な課題について提言する。
- (3) これらを通じ、両国間の専門分野における人的協力関係を構築し、再強化する。

1-3 派遣の期間

2023年3月6日から16日まで（11日間）

1-4 活動日程

月	日	活動内容	担 当
3/6	月	結団式（成田空港） 成田発ドーハ経由	全員
3/7	火	アンカラ着 在トルコ日本国大使館 大使表敬、打合せ JICA 中東・欧州部、トルコ事務所との打合せ	全員
		ガジアンテップへ移動	小田原、向井、渡邊、 新階、横井、石飛、 細川

月	日	活動内容	担 当
3/8	水	視察：ハタイ県災害対応調整センター、アンタキヤ市被災現場、国立ハタイ病院、AFAD 地震観測点（#3124）	小田原、向井、渡邊、新階、横井、石飛、細川
		協議：イルラー銀行、世界銀行（GRADE Assessment チーム）、道路局、EUAS	白戸、宮野、杉田
3/9	木	視察：ギョルバシュ市災害対応調整センター、地盤沈下現場視察、TOKI 住宅、仮設住宅 協議：環境都市気候変動省	小田原、向井、渡邊、梶山、新階、横井、細川
		協議：DSI、BOTAS ガジアンテップへ移動	白戸、宮野、杉田
		視察：イスケンデルン市食糧配給センター、テント村、ユースセンター、NGO（MSYD-ASRA）、難民キャンプ	石飛
3/10	金	協議：環境都市気候変動省建設局長、クルクラルエリ県知事（イスケンデルン市長） 視察：ドルチョル国立病院	小田原、向井、渡邊、横井、細川
		視察：ヌルダー県落橋現場、ハタイ県配水場、貯水場、下水処理場、高架橋等 協議：イルラー銀行	白戸、梶山、新階、宮野、杉田
		協議：家族社会サービス省 視察：ガジアンテップ・ユースセンター、ヌルダー県コンテナ村、キャンプ村	石飛
3/11	土	協議：山田外務副大臣、環境都市気候変動省副大臣 視察：カフラマンマラシュ市内被災地、耐震施工済学校、ボーリング現場、TOKI 住宅建設予定地	小田原、向井、渡邊、新階、横井、細川
		視察：ヌルダー県周辺落橋現場	白戸、梶山
		協議：アドウヤマン市副市長、KGM アドウヤマン事務所、UNDAC 視察：下水処理場、コンテナハウス	宮野、杉田
		視察：アドウヤマン市テント村・コンテナ村、ユースセンター	石飛
3/12	日	視察：カフラマンマラシュ市内被災地、テント村、オーゼリ市民病院 協議：AFAD カフラマンマラシュ県事務所 イスタンブールへ移動	小田原、向井、渡邊、新階、横井、細川
		視察：マラティア県橋梁・ダム アンカラ/イスタンブールへ移動	白戸、梶山
		協議：KASKI 視察：取水場、配水場、建設中のコンテナ村 アンカラへ移動	宮野、杉田
		協議：カフラマンマラシュ県事務所長、難民支援 NGO（Hayata Destek） 視察：同県内テント村	石飛

月 日	活動内容	担 当
3/13	月	
	協議：TUBITAK MAM、イスタンブール工科大学（実験施設視察含む）、在イスタンブール日系企業	小田原、向井、渡邊、梶山、新階、横井、細川
	協議：トルコ国鉄(TCDD)、運輸省(AYGM)、自治体連合(UMT)	白戸、宮野、杉田
	協議：国際医療救援隊協会会長 アンカラへ移動	石飛
3/14	火	
	イスタンブールへ移動 協議：中東工科大学	小田原、向井、渡邊、梶山、新階、横井、細川
	協議：農業省 DSI、KGM、エネルギー省	白戸、宮野、杉田
	協議：青年スポーツ省、UNHCR、UNICEF	石飛
	在トルコ日本国大使館、JICA 事務所との打合せ	全員
3/15	水	
	在トルコ日本国大使館報告 アンカラ発（ドーハ経由）	全員
3/16	木	
	成田着 解団式（成田空港）	全員

1-5 メンバー構成

担当分野	氏 名	所 属
総括/震災復興	小田原 雄一	国土交通省 道路局道路交通管理課長
建築計画・構造 1	向井 智久	国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部評価システム室 室長
建築計画・構造 2	渡邊 秀和	独立行政法人建築研究所 構造研究グループ 主任研究員
土木構造物	白戸 真大	国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部橋梁研究室 室長
土質・地盤	梶山 敦司	国立研究開発法人土木研究所 地質・地盤研究グループ（地質）主任研究員
ユーティリティ	宮野 智希	オリエンタルコンサルタンツグローバル
都市計画	新階 寛恭	国土技術政策総合研究所 都市研究部都市施設研究室 室長
住宅	横井 俊明	JICA 地球環境部 国際協力専門員
社会包摂	石飛 愛	適材適所 LLC
プログラム形成/業務調整	細川 幸成	JICA 地球環境部 防災グループ 次長
援助計画/業務調整	杉田 樹彦	JICA 社会基盤部 都市・地域開発グループ 第 1 チーム課長

第2章 調査概要

2-1 建築

2-1-1 建築構造

今回の調査では、被災地で発生している鉄筋コンクリート造建築物の典型的な被害状況の把握を目的として、鉄筋コンクリート造建築物の、被災地域・建設年・用途・被害の種類や程度を広く調査できるよう被災建築物を選定した。調査においては、建築物の所有者または使用者へのヒアリングと現地での簡易な計測を行い、建築物の被害状況の把握を行った。調査対象エリアは、カフラマンマラシュ（Kahramanmaraş）県、ハタイ（Hatay）県、アドウヤマン（Adıyaman）県、ガジアンテップ（Gaziantep）県の鉄筋コンクリート造建築物である。本調査では、鉄筋コンクリート造建築物の被害状況ごとに分類を行い、1999年にトルコ西部で発生した地震の被害報告書¹に記載の建築物被害状況との比較を行った。

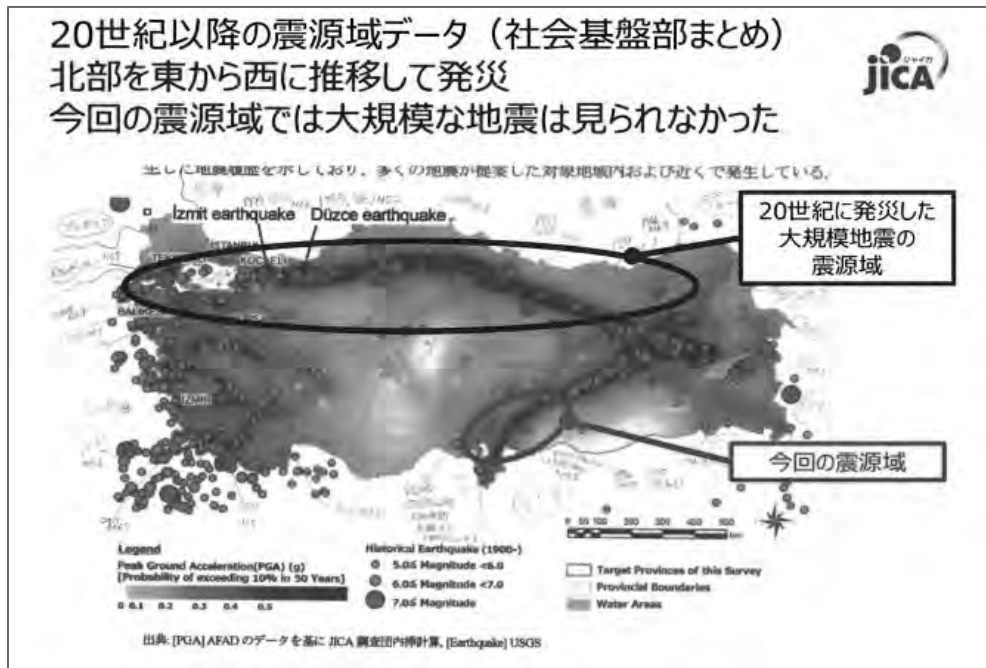
2-1-2 街区・都市

今回の地震では東西 300km 以上にわたって極めて広い範囲で多くの都市において被害が生じており（図2-1）、いずれの都市においても、旧市街地など比較的古い年代に建設された建物の多い地区を中心に面的に甚大な被害が生じている（図2-2）。トルコにおいて近い将来に起こると予測されている北西部地域での大規模な地震も踏まえると、今回被災地の復旧・復興と併せて都市の更なる強靱化を図っていくことは、国家存亡を左右するほどの重要な課題と認識される。

一方で、トルコにおいては、これまで着実に都市・住宅・インフラ等整備を行ってきた面もあり、一定の都市化された状況のなか、今回の地震においても政府による発災直後の迅速な道路啓開等に基づく比較的円滑な救助活動・緊急支援物資供給等の状況も報告されている。

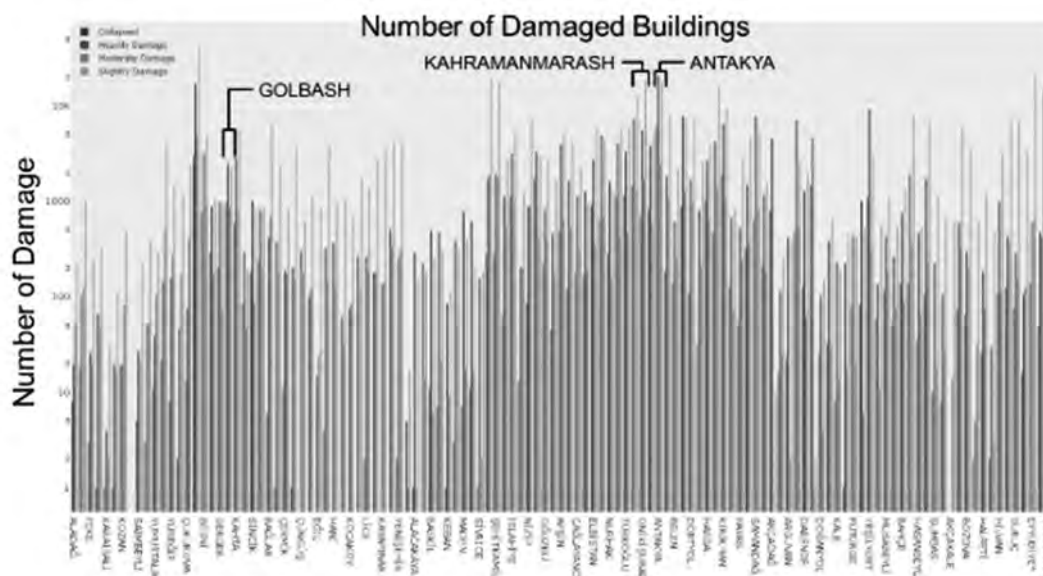
そこで、都市の観点からは、地震発災時の人命確保やその後の応急復旧活動の更なる充実、トルコの事情を踏まえたより良い復興まちづくりや都市の強靱化のための方向性を確認することを目的とし、今回は、具体的には主に①建物被災状況（崩壊・転倒等の発生密度、連担性、深刻度）、②それに伴う街路閉塞の状況（救助活動・緊急支援物資輸送等への影響）、③交通ネットワーク・土地利用計画上の改善点の把握、の観点から代表的な都市において現地踏査や地元ヒアリング等を行った。

¹ 国際協力事業団国際緊急援助隊事務局：トルコ国西部地震災害救済国際緊急援助隊専門家チーム（耐震診断）報告書、1999.11



出所：AFAD のデータを基に JICA 社会基盤部作成

図 2-1 トルコでのこれまでの地震と今回地震



出所：AFAD のデータを基に JICA 社会基盤部作成

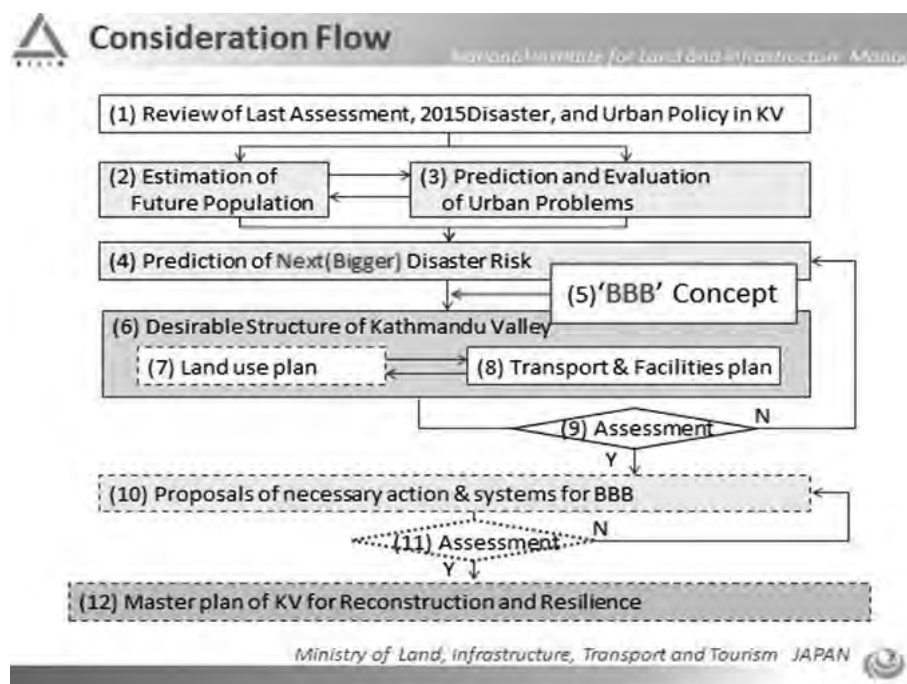
図 2-2 今回地震における各都市の被災状況

復興まちづくりや都市の強靱化のための調査検討フローは、全体としては例えば、

- (1) 今回被害・現在の政策のレビュー
- (2) 将来人口予測
- (3) 都市問題の予測
- (4) 将来地震予測

- (5) BBB (Build Back Better) 復興まちづくりコンセプトの検討
- (6) 望ましい都市構造の提案〔(7) 土地利用、(8) 都市交通・施設を含む〕
- (9) 計画案の評価
- (10) 必要な事業・制度の提案
- (11) 事業・制度の事前評価
- (12) マスタープランの取りまとめ

の流れで構成されることが考えられるが(図2-3)、今回このうち(1)の今回被害の概略調査、(5)のBBB復興まちづくりコンセプトの検討を行っている。



出所：調査団作成

図2-3 想定される調査検討フロー

2-2 土木構造物

緊急の救援、及び、復旧、復興に向けた資材、物資輸送の要となる道路を中心に調査を行った。加えて、鉄道、ダム、港湾については、政府関係機関へのヒアリングを行い、被災状況の把握や支援ニーズの把握に努めた。

道路については、まず、アンカラにてトルコ道路庁（Karayolları Genel Müdürlüğü : KGM）へ今回の地震での被災状況や耐震設計の課題認識一般についてヒアリングを行った。そして、被災地へ移動し、橋梁の現地調査を行った。現地調査は、図2-4に示すように、ガジアンテップ市を拠点に、本震、余震の震源に近いアンタキヤ（Antakya）市、ヌルダー（Nurdağı）市、マラティア（Malatya）市の3方面にて行った。調査は、橋についてはいずれも路面からの目視、トンネルについては走行する車内からの目視によるものであり、近接しての打音・触診はできていない。なお、アンタキヤ市方面の調査は、上下水道施設の調査の移動の途中に行ったものであり、橋や道路の調査は他の方面での調査に比べて更に概略にとどまっている。その後アンカラに戻り、KGMにて現地調査の速報を共有し、今後の協力について議論した。



出所：Google Maps より調査団作成

図 2－4 現地調査を行った道路構造物の位置図

鉄道については、トルコ国鉄（Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları：TCDD）にヒアリングを行い、被災状況の把握に努めた。また、今後のトルコ・日本間の協力や落石対策について意見交換を行った。なお、過去に JICA の本邦研修生だった者が担当者に含まれており円滑な情報交換が行われたことは特筆に値する。ダムについては、農業森林省国家水利庁（Devlet Su İşleri：DSI）にヒアリングを行い、被災状況の把握に努めた。また、ダムの耐震設計の課題について意見交換を行った。港湾については、運輸インフラ省インフラ投資総局（Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü：AYGM）にヒアリングを行ったが特筆すべき情報はなく、以下では報告を割愛する。

2－3 ユーティリティ

上下水道施設、電力・エネルギー（ガス）、通信を中心に地震による被害状況を確認し、復旧・復興に向けた技術的提言及び協力の可能性を検討した。情報収集した機関は以下のとおり。

中央レベル：

- ・エネルギー省
- ・農業省
- ・農業森林省国家水利庁（DSI）
- ・トルコ発電公社（Elektrik Üretim A.Ş.：EUAS）
- ・トルコ国営パイプライン会社（Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş.：BOTAS）
- ・自治体連合（Union of Municipalities of Turkey：UMT）
- ・イラー銀行
- ・世界銀行

県レベル：

- ・ハタイ県上下水道局（Hatay Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi：HATSU）
- ・アドゥヤマン県上下水道局（Adıyaman Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşleri Müdürlüğü：ASKIM）
- ・カフラマンマラシュ県上下水道局（Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü：KASKI）

- ・ イルラー銀行アダナ事務所
- ・ イルラー銀行ガジアンテップ事務所

2-4 土質・地盤

被災地域の地質・地盤の条件を把握し、復旧・復興に必要な対応方法を把握するために現地調査及びヒアリングを実施した。現地調査では、建物・インフラの被災状況を確認するとともに、被災地域の地形・地質・地盤条件を把握し、被害が生じた原因あるいは被害が大きくなった原因が地質・地盤に起因したものか評価した。ヒアリングでは、各種専門機関を訪問しトルコ国内で取り組まれている地質・地盤にかかわる調査や対策の実施状況を確認した。

2-5 社会包摂・物資

2-5-1 調査目的

本調査の目的は以下のとおり。

- ・ 被災地における社会的弱者の被災状況における特徴・課題の確認
- ・ 今後の復旧・復興計画において取り入れるべき配慮事項の検討
- ・ シリア難民に対する支援ニーズの確認

2-5-2 調査対象地域

被災地域（カフラマンマラシュ県、アドウヤマン県、ハタイ県、ガジアンテップ県）及びアンカラ県

2-5-3 調査対象機関

以下の機関から聞き取り調査を行った。

- ・ 青年スポーツ省（本省、県事務所、テント村・コンテナ村派遣職員、避難所として使用されているユースセンター及びユースキャンプのマネジャー）
- ・ 家族社会サービス省（県事務所、テント村・コンテナ村派遣職員）²
- ・ 保健省（テント村派遣職員）
- ・ 国民教育省（テント村派遣職員）
- ・ 難民支援を行っている非政府組織（NGO）3団体
- ・ 国際医療救援隊協会（保健省の国家医療救援隊員を支援する非政府組織）
- ・ 国際連合児童基金（UNICEF）、国連高等難民弁務官事務所（UNHCR）

2-5-4 調査の制限

調査サイトは主に県事務所や社会サービス施設のある都市部及び被災者の多いテント村・コンテナ村が中心であり、地方やテント村から遠く離れた被災地の現状については調査できていない。また被災地の現状は場所によって大きく異なり、状況は常に変動していることから、本調査の結果を被災地全体に当てはめることは適切ではない。

² 社会的弱者（障害者、高齢者、難民、孤児、妊婦等）の包摂に関しては、家族社会サービス省の管轄であり、関連データベースを有している。被災地では同省がアウトリーチ活動を行い、支援の必要な被災者を特定して関連サービス・施設の紹介やコンテナ村等の避難施設への入居を支援していた。

第3章 調査結果

3-1 建築

3-1-1 建築構造物

(1) 鉄筋コンクリート造建築物の調査結果のまとめと被害状況の分類

本調査における鉄筋コンクリート造建築物の被害について表3-1のように分類する。この分類は、1999年にトルコ西部で発生した地震の被害報告書³に記載されている建築物の被害状況の分類とほぼ同じであり、一部の文言を修正したのみである。調査を行った建築物について、調査結果のまとめを表3-2に示す。なお表中の「Hasar Tespit（損害査定）」というのは、トルコ国内で既に実施されていた、トルコにおける被災判定結果であり、詳細を付録2に示す。

表3-2に示すように、被害状況7以外の過去の地震で見られた被害が今回の地震の被害でも同様に発生したことが分かった。今回調査を行った建築物で、かつ2000年以降に建設されたものにおいては、パンケーキ状の崩壊による被害は見られなかったが、柱の曲げ破壊、柱梁接合部の破壊、間仕切り非耐力壁（Infill wall）のせん断破壊や構面外への落下、建築物の傾斜・沈下などによる被害が見られた。

表3-1 被害状況の分類

被害状況1：建築物の完全な崩壊で、パンケーキ状の崩壊である。
被害状況2：柱の曲げ破壊、コンクリートの圧壊、せん断破壊。
被害状況3：柱梁接合部の破壊。柱主筋は接合部内を継ぐことが多く、カバーコンクリートの剥落、接合部自体の破壊。柱梁接合部にせん断補強筋は配置されていない。
被害状況4：外壁、間仕切り非耐力壁（Infill wall）のせん断破壊、構面外への落下。これらは穴あき煉瓦をモルタルで積み重ねたもので、内部に転倒を防止するための鉄筋が挿入されていない。
被害状況5：柱、壁の仕上げ材の剥落。
被害状況6：軟弱地盤地域での建築物の傾斜、沈下。
被害状況7：断層近傍の建築物の倒壊。

表3-2 調査結果のまとめ

建築物名称	建設年	構造種別	構造形式	建築物規模	所在地	Hasar Tespit（損害査定）	被害状況分類
建築物A	不明	RC造	不明	不明	アドゥヤマン	不明	1
建築物B	不明	RC造	不明	不明	ハタイ	不明	1
建築物C	不明	RC造	ラーメン	9F	カフラマンマラシュ	不明	2、4、5
建築物D	不明	RC造	ラーメン	9F	ハタイ	大破	2、4、5
建築物E	2011	RC造	ラーメン	4F	ハタイ	大破	3、4、5
建築物F	2017	RC造	ラーメン	9F	カフラマンマラシュ	大破	2、3、4、5
建築物G	不明	RC造	ラーメン	9F	カフラマンマラシュ	不明	4、5、6
建築物H	2010	RC造	ラーメン	6F、地下1F	ハタイ	大破	2、6
建築物I	2011	RC造	ラーメン	5F	アドゥヤマン	不明	6

³ 国際協力事業団国際緊急援助隊事務局：トルコ国西部地震災害救済国際緊急援助隊専門家チーム（耐震診断）報告書、1999.11

建築物 名称	建設年	構造 種別	構造 形式	建築物 規模	所在地	Hasar Tespit (損害査定)	被害状況 分類
建築物 J	2022	RC 造	ラーメン	7F	アドゥヤマン	大破	6
建築物 K	2001～2007	RC 造	ラーメン	4F～5F	ガジアンテップ	小破	
建築物 L	2005	RC 造	ラーメン	2F、地下 1F	カフラマンマラシュ	不明	
建築物 M	2005、2011	RC 造	トンネル 型枠工法	5F	アドゥヤマン	小破	
建築物 N	2022	RC 造	ラーメン	3F～9F、地下 1F	ハタイ	無被害	

(2) 各鉄筋コンクリート造建築物の調査結果

1) 建築物 A

建築物 A は、アドゥヤマン県にある鉄筋コンクリート造建築物である。図 3－1 に示すように、建築物が完全に崩壊しており、柱が軸力を支えられず、床スラブのみがパンケーキ状に重なっていた。



出所：調査団撮影

図 3－1 建築物 A 全景

2) 建築物 B

建築物 B は、ハタイ県にある鉄筋コンクリート造建築物である。図 3－2 に示すように、下層階が完全に崩壊しており、また、前面も部分崩壊していた。



出所：調査団撮影

図 3－2 建築物 B 全景

3) 建築物 C

建築物 C は、カフラマンマラシュ県にある地上 9 階の鉄筋コンクリート造共同住宅である。構造形式は、ラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は不明であり、損害査定結果は不明である。建築物全景を図 3-3 に示す。図 3-4 (a) に示すように、1 階壁柱 (1,050×300、5-D19 の主筋、フープの間隔が 200mm) の脚部が圧壊し、主筋に座屈が見られ、その座屈長さは 800mm 程度であった。また、室内にある 2 階梁の下端主筋のかぶり厚さが小さく、梁下側が広範囲で剥落していた。



出所：調査団撮影

図 3-3 建築物 C 全景



(a) 壁脚部の圧壊

出所：調査団撮影

図 3-4 建築物 C 被害状況

4) 建築物 D

建築物 D は、ハタイ県にある地上 9 階の鉄筋コンクリート造共同住宅である。構造形式は、ラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は不明であり、損害査定結果は大破である。建築物全景を図 3－5 に示す。図 3－5 に示すように、Infill wall のせん断破壊や脱落が見られた。また、図 3－6 (a) に示すように、1 階柱脚が圧壊し、柱主筋にわずかな座屈が見られた。

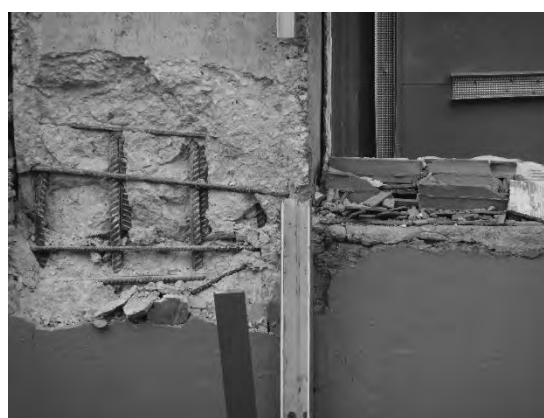


出所：調査団撮影

図 3－5 建築物 D 全景



(a) 1 階柱脚



(b) (a) の拡大図

出所：調査団撮影

図 3－6 建築物 D 被害状況

5) 建築物 E

建築物 E は、ハタイ県にある地上 4 階の鉄筋コンクリート造モスクである。構造形式は、ラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は 2011 年であり、損害査定結果は大破である。図 3-7 に示すように、Infill wall の脱落が見られた。また、図 3-8 に示すように柱梁接合部の破壊が見られ、接合部内にはせん断補強筋が配されていなかった。



出所：調査団撮影

図 3-7 建築物 E 全景



(a) 2 階柱梁接合部



(b) (a) の拡大図

出所：調査団撮影

図 3-8 建築物 E 被害状況

6) 建築物 F

建築物 F は、カフラマンマラシュ県にある地上 9 階の鉄筋コンクリート造共同住宅である。構造形式は、ラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は 2017 年であり、損害査定結果は大破である。建築物全景を図 3-9 に示す。Infill wall のせん断ひび割れや脱落が見られた。図 3-10 (a) に示すように、1 階隅角部の壁柱 (300mm×420mm、主筋 D22、フープ D9・90 度フック) の脚部が圧壊し主筋に座屈が見られた。またこの壁脚部で、主筋の重ね継手が見られ配筋が混み合っている状況であった。また、中柱 (主筋 D13) では、2 階の柱梁接合部 (接合部内にフープなし) に破壊が見られた。



出所：調査団撮影

図 3-9 建築物 F 全景



(a) 壁脚部の圧壊

出所：調査団撮影

図 3-10 建築物 F 被害状況

7) 建築物 G

建築物 G は、カフラマンマラシュ県にある地上 9 階の鉄筋コンクリート造ホテルである。構造形式は、ラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は不明であり、損害査定結果は不明である。建築物全景を図 3-11 に示す。図 3-12 (a) に示すように、Infill wall の脱落が見られた。また、図 3-12 (b) に示すように建築物の傾斜を計測したところ、南方向に $5/1000\text{rad}$ 傾いていた。



出所：調査団撮影

図 3-11 建築物 G 全景



(a) Infill wall



(b) 傾斜の計測

出所：調査団撮影

図 3-12 建築物 G 被害状況

8) 建築物 H

建築物 H は、ハタイ県にある地上 6 階地下 1 階の鉄筋コンクリート造病院である。建設年は 2010 年であり、損害査定結果は地盤の被害により大破と判定された。建築物は、4 棟がエキスパンションジョイントで接続されており、ヒアリング結果によると基礎は直接基礎とのことである。建築物全景を図 3-13 に示すが、上記エキスパンションジョイントに被害が見られた。また図 3-14 (a) に示すように建築物周辺の地盤が沈下している様子が見られた。一番南側の棟の 3 階にて、下げ振りをを用いて傾斜角を測定した結果、北側に $5/1000\text{rad}$ の傾斜が見られた。また、図 3-14 (b) に示すように 1 階柱 (700mm 角柱、主筋 D19、せん断補強筋 D10@100) の脚部に仕上げ及び被りコンクリートの剥落が見られているものの、柱主筋の座屈は見られなかった。



出所：調査団撮影

図 3-13 建築物 H 全景



(a) 周辺地盤



(b) 1 階柱脚

出所：調査団撮影

図 3-14 建築物 H 被害状況

9) 建築物 I

建築物 I は、アドゥヤマン県にある地上 5 階の鉄筋コンクリート造共同住宅である。構造形式は、ラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は 2011 年であり、損害査定結果は不明である。建築物は湖から 1km 程度の距離に位置しており、周辺地盤は大きく変状していた。建築物全景を図 3-15 に示す。現地でのヒアリングによると、建物建設時に地盤調査は実施しておらず、また建築物の基礎は直接基礎とのことである。

図 3-16 (a) に示すように、正面玄関前において建築物が周辺地盤に対して 200mm～300mm 程度沈下していた。建築物の 2 階南側において傾斜を計測した結果、東方向に 14/1000rad 傾斜していた。



出所：調査団撮影

図 3-15 建築物 I 全景（東から撮影）



(a) 正面玄関前の沈下

出所：調査団撮影

図 3-16 建築物 I 被害状況

10) 建築物 J

建築物 J は、アドゥヤマン県にある地上 7 階の鉄筋コンクリート造共同住宅である。構造形式は、ラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は 2022 年であり、損害査定結果は大破である。建築物は湖から 1km 程度の距離にあり、周辺地盤は大きく変状していた。建築物全景を図 3-17 に示す。現地でのヒアリングによると、建物建設時の地盤調査において、地下 10m 程度で支持地盤が確認されたとのことである。また建築物の基礎は直接基礎で、杭は場所打ち RC 杭 38 本（杭径 650mm、杭長 12m）である。当初は無筋コンクリート造杭とする予定だったが、施工時に 4～6 本の鉄筋を入れたとのことである。

図 3-18 (a) に示すように建築物の北側部分が地面にめり込んでいる。建築物の傾斜を測定したところ、北方向に 6/100rad 傾いていた。



出所：調査団撮影

図 3-17 建築物 J 全景



(a) 建物北側の沈下

出所：調査団撮影

図 3-18 建築物 J 被害写真

11) 建築物 K

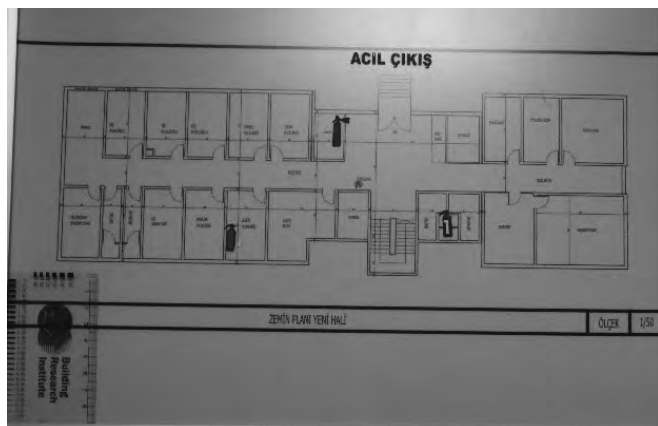
建築物 K は、ガジアンテップ県にある地上 5 階の鉄筋コンクリート造病院である。構造形式は、ラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は 2001～2007 年であり、損害査定結果は小破である。2020 年に耐震診断を実施したが耐震性が不足する判定結果となり、取り壊して新しく建設される予定であったが、その前に被災した。建築物全景を図 3－19 に示す。建築物は 3 棟に分かれており、中央の棟が地上 5 階建て、両端の棟が地上 4 階建てである。それぞれの棟間には緩衝材等が設けられていた。

図 3－20 (a) に建築物の平面図を示す。また、図 3－20 (a) (b) に示すように各階において、天井材の脱落が見られた。それぞれの棟が隣棟と衝突し、棟間部に被害が見られた〔図 3－20 (a) (c)〕。また、図 3－20 (a) (d) に示す両端の 4 層建築物の屋上に設置された木造小屋組に移動が見られたと使用者からのコメントがあった。



出所：調査団撮影

図 3－19 建築物 K 全景



(a) 建物平面図



(b) 天井材の脱落



(c) 棟間部の緩衝材



(d) 4層建築物屋上の木造小屋組

出所：調査団撮影

図3-20 建築物K被害状況

12) 建築物 L

建築物 L は、カフラマンマラシュ県にある地上 2 階地下 1 階の鉄筋コンクリート造の学校校舎（図 3－21）である。構造形式は、耐力壁付きラーメン構造で間仕切り壁としての穴あき煉瓦を用いた Infill wall が設置されている。建設年は 2005 年であり、損害査定結果は不明である。耐震診断を実施した結果、2007 年基準を満たしていないため、2021 年に耐震補強を実施した。この耐震補強は、両妻面に壁厚 300mm の連層耐力壁の増設（図 3－22）を実施しており、接合にはエポキシ樹脂接着剤によるあと施工アンカーを利用したとのことである。建物外部内部ともに被害は見られなかった。また現地のヒアリングにおいて、ここで実施された補強工法は基準で定められているものであるが、工事の実施期間中に建築物を使えなくなる時期があることから、将来的には建築物を使い続けながら耐震補強ができる工法（居ながら補強）に関するニーズがあることを確認した。



出所：調査団撮影

図 3－21 建築物 L 全景



出所：調査団撮影

図 3－22 増設された耐力壁

13) 建築物 M

建築物 M は、アドゥヤマン県にある地上 5 階の鉄筋コンクリート造共同住宅である。構造形式は、トルコで開発された型枠工法（名称：トンネル型枠工法）を用いて建設されている。建設年は 2005 年の住宅と 2011 年の住宅があり、損害査定結果は小破であった。建築物全景を図 3-23 に示す。現地でのヒアリングによると、トンネル型枠工法は、壁厚 250mm、スラブ厚 120mm を有する構造形式であり、いわゆる壁式構造と類似の構造であると推測される。構造部材に目立った被害はないため上記のとおり小破の判定となった。調査時点において、電気は復旧したが、水道とガスは市全体で止まっており、まだ完全には復旧していない状態であった。



出所：調査団撮影

図 3-23 建築物 M 全景

14) 建築物 N

建築物 N は、ハタイ県にある地上 9 階地下 1 階の鉄筋コンクリート造病院である。構造形式は、ラーメン構造である。建設年は 2022 年であり、損害査定結果は無被害と判定された。建築物は A～C 棟で構成されている。A 棟 B 棟は 3 階建、C 棟は 9 階建である。建築物は、地下 1 階にて柱頭免震が施されており、トルコ製の免震装置（TIS 社製）を 341 個使用している。免震装置はすべて転がり支承で、付加的なダンパーは確認されなかった。建築物全景を図 3-24 に示す。ほとんど被害もなく、地震後も継続使用できたとのことである。図 3-25 (a) に示すように、免震装置の許容軸力は 10300kN、摩擦係数 5%、水平移動可能距離 $\pm 400\text{mm}$ 、水平力 1100kN と記載されている。図 3-25 (b) に示すように、免震層の縦配管に変形を吸収できる機構は見られず、当該部分に損傷も確認されなかったことから、それほど免震装置が大きく変位していなかったものと推測される。



出所：調査団撮影

图 3-24 建筑物 N 全景



(a) 免震装置銘板



(b) 縦配管設置状況

出所：調査団撮影

图 3-25 建筑物 N 免震装置

(3) その他の建築物・構造物など

本調査における鉄筋コンクリート造建築物以外の被害などを下記のようにまとめる。

1) 組積造の塀

図3-26は、カフラマンマラシュ県にある組積造の塀である。高さ2.2m、幅200mmで、4.5mおきに400mm角の控え柱が設置されていた。組積体は軽量穴あきブロックで、鉄筋などの補強筋は見られなかった。基礎はなく組積体そのまま根入れされていた。

図3-26で見られるように、手前側の塀は、根入れされていた組積体ごと転倒していた。



出所：調査団撮影

図3-26 組積造の塀

2) プレキャストコンクリート造工場

図3-27は、カフラマンマラシュ県にあるプレキャストコンクリート造工場建築物である。被害調査を実施していないため、被害は把握できなかった。ヒアリングによると、工場建築物はプレキャストコンクリート造で作られる場合があるものの、共同住宅などにプレキャストコンクリート造が採用される例は少ないとのことであった。



出所：調査団撮影

図3-27 プレキャストコンクリート造の工場

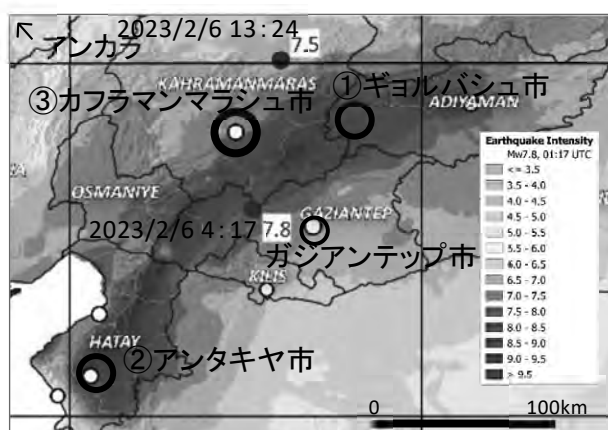
3-1-2 街区・都市

(1) 今回地震被害に関する現況調査

今回、被災エリアにおける代表的な下記3都市において2023/3/9～3/13に調査した（図3-28）。

- ① アドゥヤマン県ギョルバシュ（Gölbasi）市（人口約5万人） 3/9（木）
- ② ハタイ県アンタキヤ市（同20万人） 3/8（水）、10（金）
- ③ カフラマンマラシュ県同市（同130万人） 3/11（土）、12（日）

なお、各都市における被災状況は、表3-3のとおりである。



出所：JICA 資料

図3-28 今回の調査都市

表3-3 調査都市における被災状況

(2023/3/27 現在)

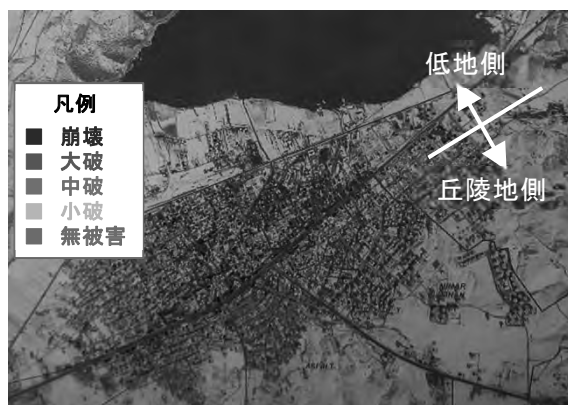
都市名	① ギョルバ シュ	② アンタ キヤ	③ カフラマ ンマラ シュ
人口(万人)	5	20	130
被災状況 (建物数)	■ 崩壊	965	6,164
	■ 大破	2,527	20,832
	■ 中破	877	2,502
	■ 小破	2,333	18,437
	計	6,702	47,935
人口1万人当り 被災建物数	1,340	2,400	380

出所：JICA 資料を基に算出

① ギョルバシュ市（アドゥヤマン県、人口約5万人）

市の中心部においては、湖に近い低地（軟弱地盤）側にある旧市街地において、崩壊や大破等の被害が集中していた（図3-29）。ただし、このうち一部の地区内道路において建物崩壊による道路閉塞が見られたが（図3-30）、その数は多くはなかった。

一方、幹線街路はおおむね広幅員であり、街路閉塞等の状況は見られなかった（図 3-31）。市街地は全体にわたり空間に比較的ゆとりがあり、災害時の防災拠点としてのオープンスペース等の確保に深刻な問題があるようには見えなかった。



出所：AFAD 資料

図 3-29 ギョルバシュ市中心部の被災状況



出所：調査団撮影

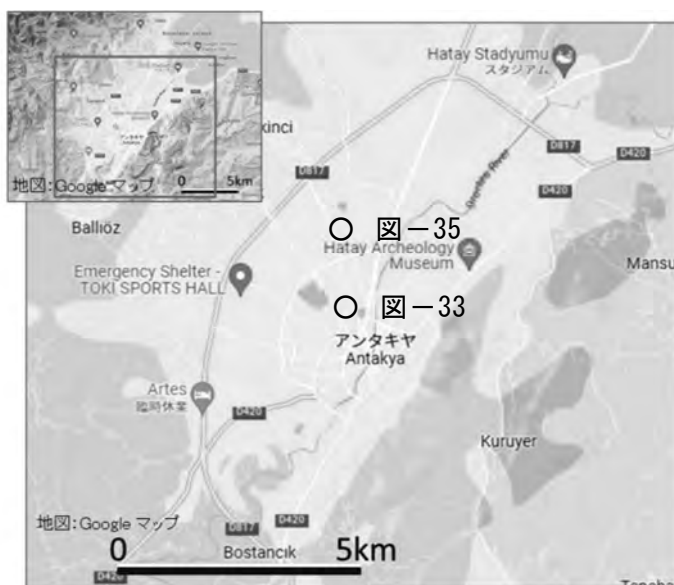
図 3-30 旧市街地における街路閉塞の状況



出所：調査団撮影

図 3-31 主な街路の状況

②アンタキヤ市（ハタイ県、人口約 20 万人）



出所：地図 Google マップ

図 3-32 アンタキヤ市街地（全体）



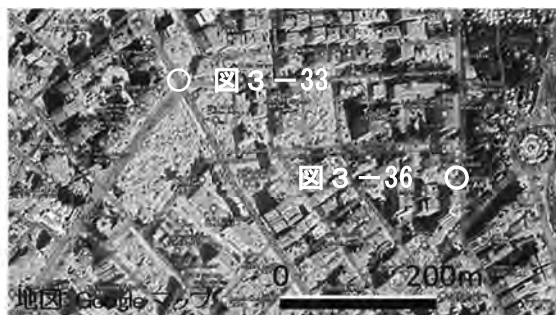
出所：Google ストリートビュー
（従前の状況）



出所：JICA（隊員撮影）

図 3-33 主な街路の状況

市街地全体（図 3-32）において、広幅員街路や環状道路はおおむね整備済みであり（図 3-33）、救助活動や緊急支援物資輸送等のための空間はおおむね確保されていた。また、土地利用上も、日本における木造密集市街地のような防災上危険な密集市街地も多いとはいえない状況であった。



出所：AFAD 資料に調査団加工

図 3-34 アンタキヤ市街地（都市部）における被災状況



出所：JICA（隊員撮影）

図 3-35 市街地における建物崩壊

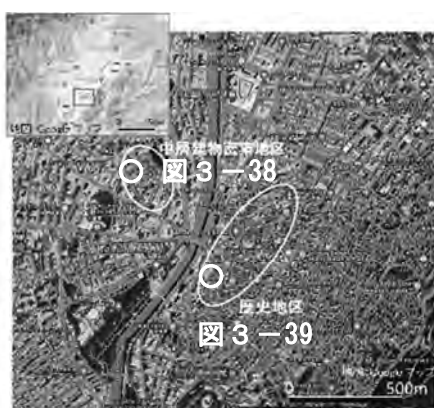


出所：JICA（隊員撮影）

図 3-36 建物転倒事例は少ない

都市部（図 3-34）においてパンケーキクラッシュ等の建物崩壊が多数生じていたが（図 3-35）、地盤液状化に伴う建物転倒（図 3-36）等による深刻な街路閉塞等は少なかった。

ただし、中層建物密集地区（図 3-37）において街区全体で細街路の閉塞（図 3-38）や、旧市街地で街区全体の建物崩壊が生じていた（図 3-39）。



出所：AFAD 資料に調査団加工

図 3-37 市街地（中心部）



出所：JICA（隊員撮影）

図 3-38 細街路の閉塞

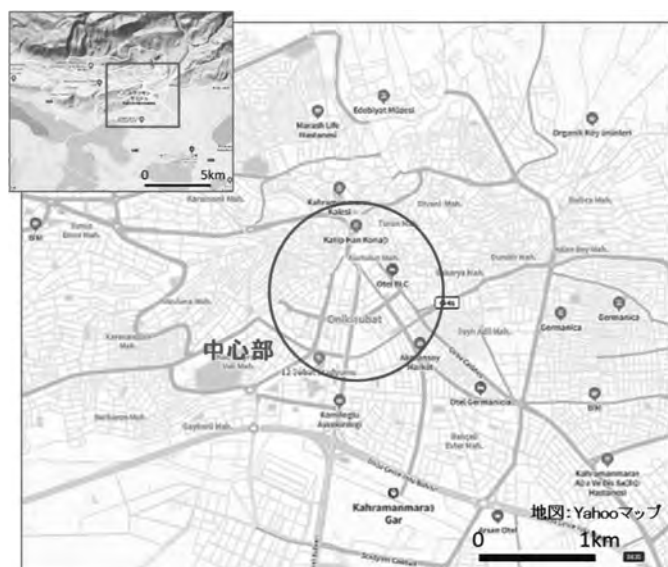


出所：JICA（隊員撮影）

図 3-39 面的に崩壊した旧市街地（歴史地区）

③カフラマンマラシュ市（カフラマンマラシュ県、人口約 130 万人）

市街地全体（図 3－40）において、広幅員街路がおおむね整備済み（図 3－41）であり、救助活動や緊急支援物資輸送等のための空間はおおむね確保されていた。また、防災上危険な密集市街地も多いとはいえない状況であった。



出所：地図 Yahoo マップ

図 3－40 カフラマンマラシュ市街地（中心部）



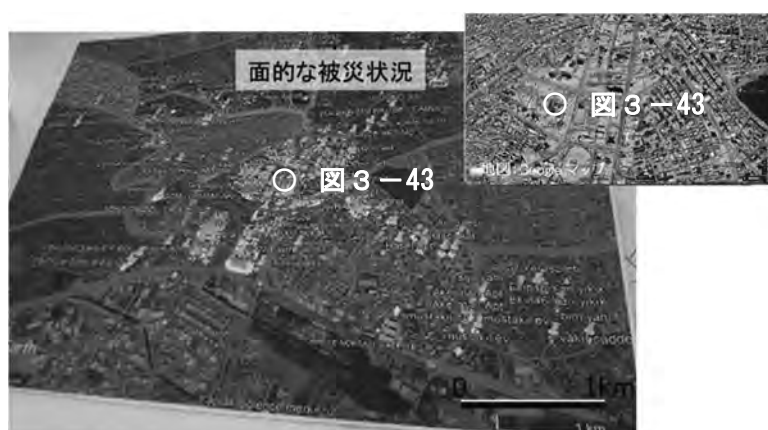
出所：Google ストリートビュー
（従前の一般的な街路）



出所：JICA（隊員撮影）

図 3－41 一般的な街路の状況

そのような中、都市部（図 3－42）においてパンケーキクラッシュ等の建物崩壊が多数生じていて、特に、都市部の一部区域（旧市街地等）で街区全体の建物崩壊（図 3－43）が生じていた。



出所：JICA（隊員撮影）

図 3－42 面的に崩壊した旧市街地



出所：Google ストリートビュー
〔従前の状況（反対側から）〕



出所：JICA（隊員撮影）

図 3－43 面的崩壊の状況

※外務副大臣視察箇所

(2) 調査結果（まとめ）

被災エリアにおける都市化の状況としては、市中心部においては、広幅員街路や環状道路はおおむね整備済み(救助活動や緊急支援物資輸送等のための空間はおおむね確保)であり、防災上危険な密集市街地も多いとはいえない状況であった。

都市部における今回被災の様相としては、都市部において、パンケーキクラッシュ等の建物崩壊が多数生じているものの、地盤の液状化による建物転倒等に伴う深刻な街路閉塞等は生じていなかった様子であった。このようなことから、今回調査した限りでは、緊急にマスタープラン見直しが必要とまではいえないように見られた。

一方、都市部の一部区域（旧市街地等）において街区全体で建物崩壊が生じている事例が多いことから、今回調査した限りでは、街区全体の包括的・面的な復旧・復興・BBBが必要ではないかと考えられる。

3-2 土木構造物

地震後点検の結果、被災状況の写真、設計図書等の提示や共有は、各機関とも上位機関や関係機関〔外務省、内務省災害緊急事態対処庁（Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı : AFAD）、環境都市省〕の許可が必要であるとの認識が示された。したがって、ヒアリング結果の多くは口頭での質疑応答に基づいていることに注意が必要である。

3-2-1 道路

(1) ヒアリング調査

KGM は高速道路（Motorway）と国道（Highway）を所管している機関である。ただし、国道の中には地方公共団体が管理するものもあるとのことである。

KGM は、地震後の対応マニュアルや初動体制を有しており、今回の地震でも点検チームを各地から派遣し、おおむね2〜3日で点検を終えたとの説明があった。また、確認された被害は、道路橋のジョイントの損傷や盛り土の変状など軽微なものがほとんどであり、高速道路については発災から80時間後には供用を開始したとのことであった。意見交換を行った3月8日時点では1区間で車線規制を行っており、本復旧のための詳細調査や地盤探査を終え、詳細設計を行っているとのことであった(注:調査団が3月11日に現地を走行したところ、ヌルダー高架橋、及び、その近辺の盛土区間では修繕工事のための規制が行われていた)。

また、従来、トルコにおける道路構造物の設計は、米国基準（AASHTO 基準）により行われているとの説明があった。ヌルダー市近傍の10kmの区間では、今回の地震では震源に近く、断層方向に直交するように道路が建設されていたものの伸縮装置の損傷が主であり落橋が生じていないことから、仮に断層変位が架橋位置で生じていたとしても現在の耐震設計は結果としては適切に機能したとの認識が示された。一方で、耐震補強、液状化対策、地震後の点検の迅速化について、トルコ政府として広くわが国の知見を得たいとの関心が示された。

ただし、以下に報告するように、現地調査では早急に応急復旧を行うことが必要な損傷も見受けられ、実態として、体系的な点検及び被災度の評価が十分でないことや、耐震設計の課題も顕著になっている。

(2) 現地調査

ここでは現地調査結果のうち、6つの構造物 1)～6) を例に、特徴的な被災形態や再発防止のための課題について整理する。1)～6) の構造物の位置を図2-4 (p.6) に示す。1)～6) の詳細な位置やここには示していない損傷並びに 1)～6) 以外の現地調査した構造物の調査結果は、付録5を参照されたい。

1) 高速道路 O52 号ヌルダー高架橋

ガジアンテップ県とオスマニエ (Osmaniye) 県の県境に位置する。今回の一連の地震の震源の1つに近接し、断層帯と目される地帯を横切るような位置に架橋されている高架橋である。図3-44に外観を示す。上部構造は、コンクリート桁の区間と連続の鋼箱桁の区間からなる。橋脚はいずれも鉄筋コンクリート柱であり、鋼箱桁とコンクリート桁のかけ違い部を有する。橋は、上下線に分かれており、山側の橋は通行止めにされ、伸縮装置の取り換えや橋面の補修が行われている。谷側の橋が対面通行にされ、交通が切り替えられている。橋面のコンクリートが損傷している様子がうかがえる。



出所：調査団撮影

図3-44 ヌルダー高架橋の供用や修繕の状況

通行止めにされている山側の橋では、コンクリート桁と鋼箱桁のかけ違い部の橋脚で、図3-45に示すように地盤面付近及び中間部で損傷が生じている。特に、中間部の損傷は、鉄筋内側のコンクリートが欠損しており、鉄筋もはみ出していることから、せん断耐力及び曲げ耐力のいずれも設計に比べて著しく不足していると考えられる。余震の規模によっては、橋脚の崩壊、落橋につながる可能性があるため、規制の継続と早急な対策が必要と考えられる。例えば、コンクリートをできるだけ鉄筋の内側にも充てんし、鋼板や炭素繊維などで巻き立て、断面を横拘束するなど、脆性的な破壊を可能な限り回避するための応急対策が必要であると考えられる。

なお、橋脚には過去の修復痕と思われる縦横のモルタルの痕跡が見られる。中間部の損傷部分を見ると、内側に鉄筋が配置された二段での過密な配筋のように見え、コンクリートの打ちこみは容易ではなかったと想像される。以上から、架設当初よりコンクリート断面に不具合があった可能性や、過去の地震の際に傷んでいた可能性もある。本復旧では詳

細に原因を確認し、考えられる原因によっては他の断面、及び他の橋脚の内部の状態も確認すべきと考えられる。



出所：調査団撮影

図 3－45 かけ違い部橋脚の損傷（ヌルダー高架橋）

供用されている谷側の橋では、鋼箱桁の橋台側桁端にて、支点上の下フランジに座屈が見られる。またカバーで囲まれていることから、内部の支承の状態を点検できていない可能性がある。カバーの内部にある支承の状態は分からないが、桁や支承カバーの変形の状態からは、支承が損傷している可能性がある。また、桁の脱落を抑止できるような橋軸方向の落橋防止構造が設置されている様子はない。以上を考えると、本橋は余震により落橋する恐れがあり、早急に、桁かかり長を拡大するか、落橋防止のための部材を設置することが必要と考えられる。例えば、桁かかりについては、縁端拡幅も兼ねたブラケットを設置することは、支承の点検や交換のためのジャッキアップにも有効であり、支承交換後もそのまま縁端拡幅として存置することも有効と考えられる。

なお、支点上の補剛材の配置については、日本では、震災の経験から、最近では支点上で鋼材が座屈しにくいディテールが導入されている。本橋ではそのような配慮はされていないようである。



出所：調査団撮影

図 3－46 鋼桁端部の損傷（ヌルダー高架橋）

また、これらの損傷からすると、橋全体の応答変位は大きかったとも考えられ、橋全体で、各支承部の点検をしておく必要があると考えられる。

以上からは下記の項目を復旧やトルコの震後点検、及び耐震設計の課題として指摘できる。

- ・ 発災から 1 カ月が経過するものの、余震等に対して落橋の危険性が高いまま供用されていることから、路面だけでなく橋全体の震災点検や被災度の評価を迅速かつ体系的に行うためのマニュアル、実施体制の確立が必要と考えられる。
- ・ また、応急復旧の方法の選定を迅速に行えるような仕組み、事例の蓄積なども必要と考えられる。
- ・ 結果的に落橋が生じていないが、規制を長期化させることのないような耐震設計の原則を導入すべきである。特に、かけ違い部は弱点になりやすいことや桁端は損傷を受けやすいことも踏まえたうえでの形式選定や設計の経緯を検証すべきである。また、今回の地震動の特性も踏まえて、遊間や桁かかりの設定方法について、改善点を検証すべきある。
- ・ 同じく、震後の点検や復旧を容易にする耐震ディテールについて洗いだすのがよいと考えられる。例えば、支点上の鋼桁の補剛材配置の工夫には改善の余地がある。また、支承にカバーがされていたり、支承周りを確認するための検査路がないことで支承の点検がしにくいことについても、改善の余地がある。これらは、本橋に限らず、トルコにおける新設橋の整備や既設橋の耐震補強において配慮すべき事項であると考えられる。
- ・ 断層近傍の橋であり、かつ、重要路線であることも考えると、フェールセーフ（例えば、日本でいうところの落橋防止システム）の設置も考えられる。また、本橋に限らず、トルコ政府として、新設橋、既設橋へのフェールセーフの設置方針を定めるのがよいと考えられる。

2) 国道 D850 号エルゲネク (Ergenek) トンネル

ガジアンテップ市からマラティア市に向かう国道 D850 号のトンネルである。図 3-47 に示すように、隣接する 2 本のトンネルがある。一方のトンネル（図中写真左）は通行止めがされており、もう一方のトンネル（図中写真右）が対面通行に切り替えられ、供用されていた。隣接するトンネルの管理事務所によれば、規制されている側は、トンネル内に落下したコンクリートの撤去作業が行われているということであった。



出所：調査団撮影

図 3－47 エルゲネクトンネルの供用状況

図 3－48 に、供用されているトンネルの損傷状態の例を示す。規制されている側の立ち入りは禁止されており、供用されている側を歩いて見ようとしたが、車道とトンネル覆工の離隔が狭く、交通安全の観点から歩くのは危険と判断し、通行する車内から状態を撮影した。言い換えると、メンテナンス用のスペースが足りないともいえ、今後のトンネルの計画・設計での取り扱いの検討が必要ともいえる。トンネル内部では、広範囲にわたって覆工コンクリートのひびわれやコンクリートブロックの落下が見られる。日本でも、例えば 2004 年の新潟県中越地震や 2016 年の熊本地震にて同様の被災が見られている。

少なくとも、覆工にはコンクリート塊が浮いている状態も見られ、余震ではもちろん、余震がなくても自然に落下する危険性が高い。落下したコンクリートの撤去だけでなく、既に浮いている部分の把握と除去を早急に行う必要がある。また、ジェットファンも車道上に設置されており、ジェットファンが定着されている覆工コンクリートやジェットファンの架台の状態も早急に点検が必要である。

また、覆工の損傷の位置や向きからすると、地山からトンネル内側に向かっての変形や路面の持ち上がりなどにより、覆工コンクリートは複雑な応力状態に置かれていることも懸念される。また、地山における弱層の存在などさまざまな要因が覆工コンクリートの損傷に関係している可能性もある。復旧に先立って、地山が崩落を起こさないように対策する必要性も考えられ、早急に、施工時の地山の記録の確認や地質調査に着手する必要がある。



出所：調査団撮影

図 3-48 エルゲネクトンネルの損傷状態

以上からは下記の項目をトルコの震後点検や耐震設計の課題として指摘できる。

- ・発災から 1 カ月が経過するものの、余震等に対して崩壊、または、コンクリート塊落下の危険性が高いまま供用されていることから、トンネルの震災点検や被災度の評価を迅速かつ体系的に行うためのマニュアル、実施体制の確立が必要であると考えられる。
- ・地図上は、隣接して並行して走るトンネルがある（旧道と思われる）。そのトンネルの点検、調査を行い、今回の被災の状態と比較することで、トルコにおける地質評価やルート選定の改善や既設トンネルの震災リスクの評価につながる教訓の有無を分析するのがよいと考えられる。

3) 国道 D817 号アンタキヤ市サライケント（Saraykent）近辺の高架橋

図 3-49 に示すように、コンクリート I 桁の橋である。本橋は上下線に分かれている。桁は連続化されていないものの、リンクスラブにより床版が連続化されていると考えられる。一方で、端横桁は見られなかった（後述の図 3-51 を参照のこと）。橋脚、橋台には、上部構造を挟み込むようなせん断キーと桁間のせん断キーが配置されている。同市内の他の高架橋も同じ構造であったり、他の都市でも同様の構造の橋が見られたりしたことから、本橋の構造が、トルコ国内における都市内高架橋の標準的なものの 1 つであると考えられる。本橋は特段の規制なく供用されていた。



出所：調査団撮影

図 3-49 アンタキヤ市 国道 D817 号の高架橋の外観

図3-50～図3-51に、本橋で観察された典型的な損傷の例を示す。橋台及びほとんどの橋脚においてせん断キーが破損している。また、コンクリート桁の桁端が大破している。異なる径間の床版をリンクスラブで連結し、かつ、橋軸方向には橋台パラペットや橋脚梁上の突起で、橋軸直角方向にはせん断キーで桁変位を拘束することで桁の脱落を防止しようとする構造になっていると見受けられる。一方で、橋台パラペットや橋脚梁上の突起と桁端との遊間が小さく、桁が衝突し、破損している。また、過去にはチリの地震被害においても同種の形式の橋で同種の損傷が見られ、端横桁がない橋では、桁ごとに逐次損傷を受けやすくなり、結果として桁の被害が甚大化する傾向があると指摘されている^{4,5}。また、せん断キーがあることで桁端部の点検もしにくくなっている。



出所：調査団撮影



図3-50 せん断キー及び桁端の損傷（アンタキヤ市国道 D817 号 高架橋）



出所：調査団撮影



図3-51 せん断キー及び桁端の損傷（アンタキヤ市国道 D817 号 高架橋）

⁴ 川島一彦、運上茂樹、星隈順一、幸左賢二：2010年チリ地震による橋梁の被害調査報告、チリ地震合同調査団調査報告書。
http://www.jsce.or.jp/library/eq_repo/Vol3/13/20100227chile_report3.pdf

⁵ 川島一彦、運上茂樹、星隈順一、幸左賢二：2010年チリ地震による橋梁の被害とその特徴、土木学会論文集 A1、Vol. 66、No. 1、pp. 386-396. <https://doi.org/10.2208/jscejseee.66.386>（以下、これらの報告書をまとめて、チリ地震調査報告という）

図 3-52 に、桁端の損傷状態を拡大した。鉄筋内側のコンクリートも損傷しており、縦方向に配置されているスターラップにも変形が見られる。桁端のせん断強度や支点上の鉛直力の作用に対する強度が著しく低下しているものと考えられる一方で、本橋では端横桁が見当たらず、端横桁で桁どうしが一体化されていないため損傷が比較的少ない桁への荷重分配にも劣る構造である。また、上部構造どうしを連結するような落橋防止構造も見られない。以上からは、上部構造としては、通行車両の規制や、損傷した桁の変形の増加に対する監視、上部構造の脱落を防ぐ構造の設置などが考えられる規模の損傷といえる。なお、支点からの荷重集中点にてウェブ断面内部まで損傷していることで、修繕も容易ではないかもしれない。



出所：調査団撮影

図 3-52 図 3-50 の写真右のクローズアップ
(アンタキヤ市国道 D817 号 高架橋)

車上から目視した範囲であるが、アンタキヤ市の同じ国道 D825 号にある他の高架橋も同様の構造であり、同様にせん断キーや桁端部の損傷が見られた。そこで、調査後、KGM と同種の橋の緊急点検の必要性について議論を行ったところ、KGM の管理している橋ではなく、本橋の損傷そのものを把握していないとのことであった。

以上からは下記の項目を今回の地震の復旧やトルコの震後点検・耐震設計の課題として指摘できる。

- ・発災から 1 カ月が経過するものの、余震や大型車の通行などにより落橋等が生じる危険性が高いままの状態でも供用されていることから、路面だけでなく橋全体の震災点検や被災度の評価を迅速かつ体系的に行うためのマニュアル、実施体制の確立が必要であると考えられる。
- ・同種の橋は被災地域に複数存在すると考えられることから、緊急点検が必要と考えられる。一方で、国管理以外の道路について、損傷の情報が集約されていない。また、必要に応じて緊急点検を道路管理者に迅速に要請できる体制の有無についても懸念される。上述の点検のためのマニュアルの整備に加えて、国管理の道路以外での震後点検の実施や情報の集約に関する制度設計が必要と考えられる。AFAD を中心に、地震時には中央政府の各機関や他県から点検や復旧のための人員を派遣する体制が既

に構築され、今回の震災でも迅速な復旧に貢献しているが、道路の震後点検や被災度の評価についての機能強化を行うことが1つの方法として考えられる。

- ・同種の形式の既設橋では、今後各地で生じる地震に対して、本橋と同様に桁端部で上部構造が甚大な損傷を受ける可能性が極めて高い。そこで、同種の形式の既設橋では落橋防止構造等のフェールセーフの設置を進める必要があると考えられる。
- ・本橋では結果的に落橋が生じていないが、桁端に甚大な損傷が生じていることからすれば、規制を長期化させることのないような損傷位置や形態になるように損傷を制御するという、復旧も考慮した耐震設計の原則を導入すべきである。本橋のような構造がトルコにおける標準の1つであると考えられるが、既にチリ地震調査報告にて指摘されているように、端横桁がないことで損傷が甚大化した可能性もある。また、せん断キーの設置は、その設置位置や形状によって地震後に支承の点検を行うことが難しくなる。したがって、端横桁の設置、支点受替えをあらかじめ考慮した桁や橋台のディテール、点検設備の設置の必要性を検討することを設計の標準とするなども考えられ、本橋の被災の教訓を整理し、必要に応じて設計実務に還元する取り組みを進めるべきである。

4) 開通前の国道の道路橋の落橋（ヌルダー市郊外）

図3-53に落橋した橋を示す。中央分離帯を有する4車線の国道をまたぐ単径間の橋である。前後の盛り土区間に車両防護柵が設置されていないことなどから、工事中の道路の橋であると考えられる。落下した桁については既に撤去され、橋台側方に残置されていた。



出所：調査団撮影

図3-53 開通前の国道の道路橋の落橋（ヌルダー市郊外）

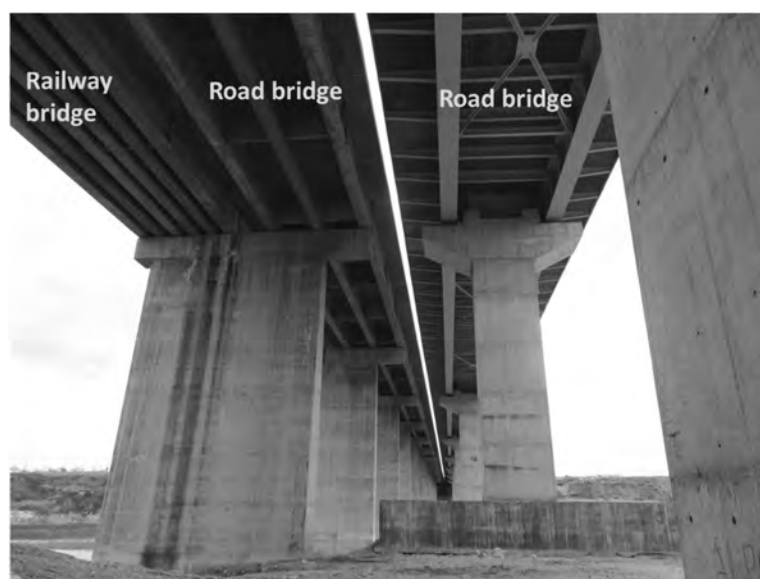
本橋は、およそ 50 度の斜角を有している。橋座両端のせん断キーのうち、一方は破壊し、一方は接触痕などもなく健全な状態のまま残っている。今回の地震では、地震動の強度が大きい地震が短期間のうちに複数回生じているが、本震、余震のいずれのときに落橋に至ったのかについては情報がない。結果として、支承やせん断キーの強度が不足していたこと、斜角を有することや桁かかりが十分でなかったことなどの条件が重なり落橋したといえる。上述のチリ地震調査報告でも、斜角を有する同形式の橋で、類似の形態、同じ原因と考えられる落橋事例が報告されている。わが国でも 1995 年の兵庫県南部地震において斜角を有する橋で落橋等の甚大な被害が生じ、耐震設計基準の改定にて対策が反映された。トルコにおいても、日本の知見を参考にできるものと考えられる。

以上からは下記の項目をトルコの震後点検や耐震設計の課題として指摘できる。

- ・ヌルダール高架橋の桁端の損傷や支承周りの損傷やアンタキヤの高架橋における桁端の損傷も、トルコにおける桁端や支承周りの設計の課題が現れたものと考えられるが、本橋では問題点が顕在化したものともいえる。本橋の落橋原因を分析し、設計の改善、耐震補強の必要性の検討につなげるのがよい。
- ・落橋が生じたことを考えれば、同種の形式の既設橋では落橋防止構造等のフェールセーフ対策を進める必要があると考えられる。
- ・なお、短期間のうちに規模の大きな地震動が複数回作用することを反映して斜角を有する橋のせん断キーの強度やじん性を設計する方法、桁かかり長を設定する方法については、日本でも研究すべき課題の 1 つと認識されている。今回の地震被害でトルコでも課題として認識されることから、トルコと日本の両国で共同して検討を行う価値があると考えられる。

5) 国道 D875 号トーマ (Tohma) 橋 (マラティア市郊外)

図 3-54 に示すように、2 車線を支える鋼橋 (新橋) と、道路 2 車線を支えるコンクリート桁及び鉄道軌道を支えるコンクリート桁からなる旧橋が並列している。



出所：調査団撮影

図 3-54 トーマ橋の外観

図3-55に示すように、マラティア市街地側の橋台では、パラペットに広い範囲で損傷が生じている。加えて、橋台上のせん断キーが破損し、一部の桁では、かぶりコンクリートの剥落が生じている。以上からは、橋に生じた振動が大きく、それによって桁とパラペット及び桁とせん断キーが衝突した可能性が考えられる。また、橋台背面側で舗装が盛られていることから、橋台が前面側に移動した可能性も考えられる。新橋（鋼橋）では、鋼製のダンパーが外れている。これも橋の振動が大きかったことや、橋台が前面側に移動したことなどの複合的な要因が考えられる。復旧にあたって、単にダンパーを元の設定位置に戻したりパラペットコンクリートを元に戻しても、地震の度に再び同じ損傷につながる可能性がある。Build Back Better の理念のもと、今回の損傷の原因を調査し、橋全体の動きを検討したうえで復旧の方法を決定するのがよい。



出所：調査団撮影

図3-55 マラティア市街側の橋台周りで見られた損傷（トーマ橋）

図3-56に示すように、複数の橋脚位置で、桁間の開き・詰まり、横ずれが生じていた。支承の損傷が疑われ、点検が必要であるが、容易に近接できるような構造になっていない。



出所：調査団撮影

図3-56 桁どうしのずれ（トーマ橋）

図3-57に、橋面から撮影した橋周辺の地盤の状態を示す。液状化の痕跡とも見える箇所もあった。本橋はダムを跨ぐ橋であり、写真の部分は湿地状であった。また、付録5に示すように、橋脚によっては、周りの地盤面にひびわれが生じたり、フーチング下面と地盤面の間に隙間が生じたりしていた。被災原因の検討や復旧設計にあたっては、液状化の影響についても考慮するのがよいと考えられる。



出所：調査団撮影

図3-57 周辺地盤で見られた地盤変状（トーマ橋）

以上からは下記の項目を復旧やトルコの震後点検や耐震設計の課題として指摘できる。

- ・ダンパーが脱落したことを考えても、橋の全体の挙動がどのようなものであったのか、当初設計で考慮された損傷の形態であるのかについて検証を行うべきである。そして、ダンパーを用いるときの耐震設計の実務、手順等について、必要な見直しをするのがよい。特に、本橋のように橋脚高が高かったり橋長が長い橋、また、吊橋や斜張橋などでは、変位も大きくなることからダンパー等を活用した耐震設計、耐震補強が有効であると考えられ、本橋を例にダンパーを活用した橋の耐震設計の実務の妥当性を検討しておくことは重要であると考えられる。
- ・コンクリート桁については、上部構造どうしに開きやずれも生じており、支承の損傷が疑われ、余震による更なる変位の拡大、落橋等の危険性が高まっている可能性が懸念される。復旧にあたっては、支承部の設計の改善や、落橋防止構造等のフェールセーフの設置の検討を行うことが望ましい。また、類似の構造を有する既設のコンクリート桁橋では、落橋防止構造の設置を進めることを検討するのがよいと考えられる。

6) 高速道路 O52 号トゥルグト・オザル (Turgut Özal) 高架橋

図3-58に橋の外観と特徴的な損傷を示す。谷部を渡る連続の鋼箱桁橋であり、橋脚の高さは設置位置により大きく異なる。支承に動いた痕跡はあまり見られないが、橋台と桁の緩衝材と思われる部材が損傷している。橋脚どうしの固有周期が異なることからすれば、橋脚の支承周りにも損傷がある可能性も考えられるが、調査できていない。一方で、支承が設計で意図するとおりに機能したうえで桁端と橋台をつなぐ部材が想定する損傷に至ったのかどうかは判然としない。「3-4 土質・地盤」に詳しいが、トルコでは山地では表層まで堅岩が分布する様態が見られる。本橋でも周辺に露頭している岩の状態からす

ると、堅固な地盤にあると考えられる。地盤が堅固であったことと橋脚がフレキシブルであったことが、本橋が結果的に甚大な被害を免れた要因の1つと考えられる。しかし、高さが高く、フレキシブルと思われる橋脚から比較的高さの低い橋脚を組み合わせ、それと、支承、緩衝材・変位制限をどのような耐震設計思想と方針で組み合わせたのか、また、本橋の損傷の発生箇所や程度は設計で意図したとおりの結果であったのか、意図するものではなかったが結果的に想定どおりの箇所が損傷したものなのか、あるいは意図・想定したものではなかったのかについて検証をしておくべきと考えられる。



出所：調査団撮影

図3-58 橋の外観及び桁端と橋台をつなぐ緩衝材（トゥルグト・オザル高架橋）

以上からは下記の項目を復旧やトルコの震後点検や耐震設計の課題として指摘できる。

- ・既設の長大構造物の耐震補強を考えたときに、本橋などを例に、規模の大きい橋に対して、橋の全体の挙動がどのようなものであったのか、当初設計で考慮された損傷の形態であるのか検証を行っておくべきである。

7) KGM への情報共有と意見交換

現地調査からアンカラに移動し、3月14日にKGMにて、以上の現地調査結果、被災写真を共有し、類似構造物での緊急点検の必要性についての議論、応急対策の必要性に関する議論や関連する日本の復旧事例や耐震補強事例の情報共有、並びに、今後の耐震補強や耐震設計にて改善が必要と考えられる事項に関する議論を行った。高速道路O52のヌルダー高架橋はKGMが管理しており、被災の情報も得ているとのことであった。しかし、ヌルダー高架橋の応急復旧がされないまま供用が続けられていることから、震後点検や被災程度の評価に課題がある可能性が高い。加えて、アンタキヤの高架橋、トーマ橋、エルゲネクトンネルは州政府の管理であり、KGMでは被災を把握していないとの説明があった。このことから、今後、しかるべき機関に働きかけ、地方が管理する橋の緊急点検や応急復旧を促すことや、迅速かつ適切な実施のための支援の必要性があると考えられる。また、KGMは、日本の復旧事例の説明に高い関心を示し、今回の被災実態を踏まえた長大橋や高架橋の適切な耐震補強方針・方法についての技術協力を歓迎する旨が述べられた。

8) 付言

今回の調査にあたり、過去のトルコの道路構造物の地震被災事例や類似する構造・被害が生じていた 2010 年チリ地震の被害について以下の文献から知見を得た。比較に際して参考になると思われるので記載しておく^{6,7,8,9,10}。

3-2-2 鉄道

トルコ国鉄 (TCDD) では、踏査及びドローン等の活用により被災調査を行っている。また、ドローンで取得した 2 次元画像から 3 次元イメージを作成し、被災状態の記録を行っている。以下の被災状況の説明があった。

- ・全路線長のおよそ 5% にあたる 570km の区間で地震の被害を受けている。特にマラティアで壊滅的ダメージを受けている。内陸のマラティアから沿岸のハタイ県イスケンデルン (İskenderun) 市までのルートは鉄鉱石の輸送など物流の重要なルートであるが、輸送が止まっている。なお、旅客鉄道はあまり走っていない。
- ・図 3-59 から図 3-63 に例を示すように、土木構造物では、橋、及び、トンネル (※説明を聞いている限りでは、おそらくトンネルの定義には、シェッドも含まれていると思料)、カルバート (※説明からするとおそらく石積みも含む、水路カルバートのことであると思料) で被害を受けている。トンネルは 2 カ所で構造的な被害が生じている。カルバートは 442 カ所で更新が必要。
- ・この他、駅舎、レール、架電・信号についても壊滅的な被害を受けている。
- ・被災要因は、強震動だけでなく、落石や地盤変形の影響が大きい。
- ・断層変位の影響を受けている地域を横切って鉄道が敷設されている区間では、おおよそ 100m ごとの規則的な間隔でレールの変形が生じている。
- ・過去にも地震被害はあり、1999 年の地震も被害が大きかったが、今回地震ほどの被害範囲ではなかった。

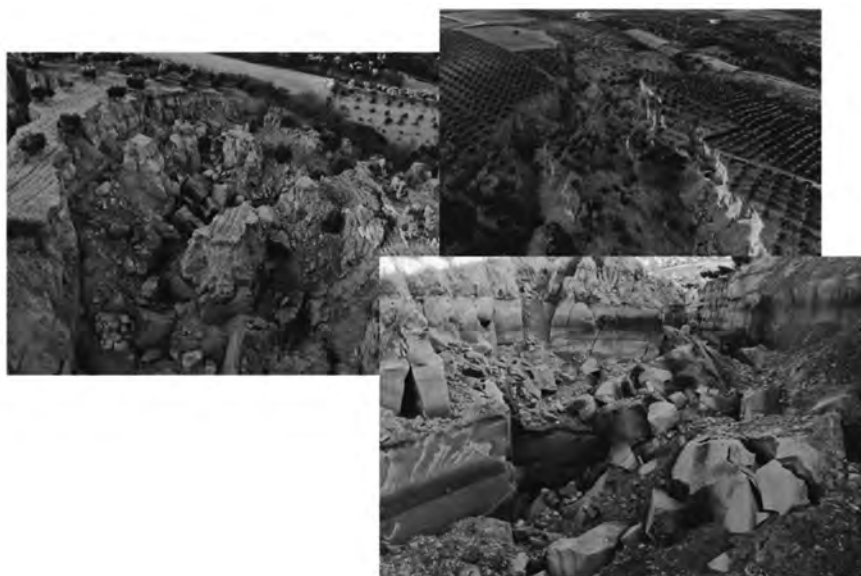
⁶ Kawashima, K. 2002. Damage of bridges resulting from fault rupture in the 1999 Kocaeli and Duzce, Turkey earthquakes and the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake. Structural Eng./Earthquake Eng., JSCE, Vol. 19, No. 2, 179s-197s.

⁷ Schaap, HS., Caner, A. 2022. Bridge collapse in Turkey : causes and remedies. Structure and Infrastructure Engineering, Vol. 18, No. 5, 694-709.

⁸ 川島一彦・鈴木猛康・橋本隆雄：トルコ・コジャエリ地震による交通施設の被害概要、第 3 回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム論文集、pp. 409-416、土木学会、1999。

⁹ 川島一彦、運上茂樹、星隈順一、幸左賢二：2010 年チリ地震による橋梁の被害調査報告、チリ地震合同調査団調査報告書、http://www.jsce.or.jp/library/eq_repo/Vol3/13/20100227chile_report3.pdf

¹⁰ 川島一彦、運上茂樹、星隈順一、幸左賢二：2010 年チリ地震による橋梁の被害とその特徴、土木学会論文集 A1、Vol. 66、No. 1、pp. 386-396。



出所：TCDD 提供資料

図 3－59 地盤変状と被災の例



出所：TCDD 提供資料

図 3－60 軌道・レールに生じた変形の例



出所：TCDD 提供資料

図 3－61 落石による被災例



出所：TCDD 提供資料

図 3－62 トンネルの被災例



出所：TCDD 提供資料

図 3－63 鉄道橋の被災例

被災状況の説明に対して、復旧に向けた課題について意見交換を行った。TCDD からは、まず、地震後の復旧設計、工法について、日本のやり方と比較して気づく点を指摘してもらうなど、日本の技術者から意見を得ることが有用であるとの見解が示された。例えば、議論の過程では、落石に対する対策では日本の知見が役立つ面も多いと感じられた。この点、今回の調査では時間的な問題から現地調査はできておらず、適切な助言等を行うためにもまずは被害実態やトルコの構造の特徴を確認する必要があると考えられる。図 3－62 のトンネルの被災例では、シェッドによる置き換えを検討しているとのことであった。鋼

製コルゲート板による工場製作のアーチ型のカルバートを設置し、擁壁と補強土を組み合わせてカルバートを覆う方法がトルコ国鉄では過去に採用実績もあり、今回の復旧では有力な案として考えられていた。日本では、落石の設計外力の設定が難しいなかで、設計外力に対して所要の強度を確保することに加えて、覆土等の緩衝材の設置や急激な破壊を回避できるような部材細部構造とすることの重要性が認識されている。一方で、トルコでは、シェッドの設計において緩衝材の設置は行われるとのことだが、急激な破壊を回避するための部材の細部構造への配慮の必要性はあまり認識されていないようであった。

また、TCDD からは、管理面において、デジタル技術を活用して現代化を進めることに強い意欲が示された。日本も災害の多い国であり、日本におけるデータを活用したリスクマネジメントの実装、デジタル技術を活用した Early Warning の実装、即時の情報収集のためのハード面の整備、地震後の対応についてのマニュアル類などソフト面の整備状況などの情報提供、並びに、日本とトルコとの災害後、及び日常のメンテナンスのプロセスや設備・システムを比較することなどを通じた管理実施体制の強化について、日本の実績に基づいた支援の要望があった。

3-2-3 ダム

ダムについては、DSI は、被災直後から技術者による調査チームを複数回送り、状態の把握や健全性の評価を行っているとのことであった。ダムの定義（寸法・構造など）や地域の定義は明らかではないが、今回の地震の影響が大きかった地域においては小規模なものまで含めて約 140 のダムがあり、フィルダム、RCC ダムの両者があるということであった。また、震源から 10km 以内に存在するダムもあるが、すべてで変状が生じたということではないとの説明があった。

22 のダムで損傷があり、DSI としては、うち 3 つのダム（2 つがフィルダム、1 つが RCC ダム）では比較的被災度が大きく、作り変えが必要と判断しているとの説明があった。漏水等が生じているわけではないが念のために周辺の住民は避難しているとのことであった。いずれも 50 年以上前に建設されたものであり、基礎地盤の液状化の影響を少なからず受けたとの見立てが示された。その他、16 のダムではひびわれ等の損傷が見られるものの、それらの損傷は掘削及び充てん等により修復できると考えており、3 つのダムは建設中のものであったとの説明であった。なお、被災したダムのリストの共有の依頼と、今回の調査期間中に被災したダムを共同で調査し現地にて被災原因を議論する提案も行い、先方に検討してもらったものの、いずれも実現には至らなかった。

また、今回の地震は、短期のうちに 2 回の大きな地震が発生したこと、積雪があったことで調査が遅れたことも課題であるとの認識が示された。

一方で、今後のダムの建設について、イスタンブール近傍でダムを建設する計画が複数あること、それらの計画では、地質評価、断層の評価、地震による液状化や地震動に対する損傷のリスクを評価が行われているということであった。また、大地震に対しては損傷を許容した設計が行われているという説明があった。ダムの耐震設計について、日本における建設地点のリスク評価の方法について関心が示された。

3-3 ユーティリティ

3-3-1 上下水道設備

(1) 概要

取水施設、浄水場、送水管が DSI の管轄となり、それ以降の配水網、下水網及び下水処理施設は地方自治体の管轄となる。地方自治体が管轄するインフラ設備について、人口 50,000 人以上の地方自治体は DSI が、それ以外はイルラー銀行が開発資金を融資している。地方自治体の復旧活動を支援するために DSI 及びイルラー銀行から職員が被災地に派遣されている。

DSI が管轄する範囲での飲料水復旧事業は表 3-4 のとおり合計で 2.4 billion TL と見積もられており、大統領府の Strategic and Budget Office に事業リストを提出している。同様にイルラー銀行も事業リストを提出しているがリストは入手できていない。

表 3-4 DSI 飲料水復旧事業リスト

	The name of the job	Cost (TL)	Duration of Work
1	Gaziantep Existing Hacibaba Treatment Plant Additional Units Construction	85.000.000	3 months
2	Şanlıurfa Existing Treatment Plant Earthquake Damage Repair	60.000.000	3 months
3	Iskenderun Treatment Plant Maintenance and Repair	25.000.000	3 months
4	Adıyaman Tut Medetsiz Drinking Water Transmission Line Renovation Transmission Line-2002 (L=51 km ≈ 500~350)	230.000.000	1 year
5	Kartalkaya-G.Antep Drinking Water Supply Phase I Project Renovation (Transmission Line DSI-1981) (L=53 577 m ≈ 1400-ÖGBAB)	1.347.000.000	1 year
6	Kahramanmaraş YAS Well Connection Line Construction	50.000.000	6 months
7	Kırıkhan Drinking Water Transmission Line Renovation	600.000.000	1 year
	TOTAL	2.397.000.000	

出所：DSI

トルコの 81 県のうち 30 県に広域指定都市自治体があり、県と広域指定都市自治体の境界は同一である。広域指定都市自治体では、HATSU、ASKIM 及び KASKI 等の水道局が上下水道設備を管轄しており、それ以外の自治体では県自体が上下水道設備を管轄している。

(2) 被害状況

1) ハタイ県：HATSU 管轄

ハタイ県アンタキヤ市の被害状況は以下のとおり。

- ・ 取水源：カラチャイ (Karagay) ダム：被害なし
- ・ 浄水場：一部漏水等の被害はあるが機能している。塩素消毒あり。
- ・ 送水管：1 系統：径 1、100mm、全長 24km。一部破損があったが応急修復済み。地中で交差している下水管の破損・漏水の影響による水質汚染が懸念される。保健省の水質検査では飲用には適さないとされている（震災前は飲用できた）。送水管の破損及び復旧状況は既に再埋設しているので現場で確認することはできなかった。

- ・配水用中継施設：5,000 m^3 及び10,000 m^3 の配水池が2カ所ある。もともと古い施設ではあった。うち、1カ所は漏水しているが仮設居住区への配水のために稼働している。もう1カ所は被害なし。中継施設でも塩素消毒を実施。恒久的な復旧が必要。



送水管から水が漏れている



送水管の亀裂

出所：JDR

図3-64 配水池被害状況（ハタイ県）

- ・配水網：アンタキヤ市内で全長 480km、地中埋設されている。被害状況の把握はまだできていない。市内のいたるところで断水している。破裂や漏水の被害が確認されている。排水管の素材は安価だった鉄管。ダグタイルパイプではない。配水網は円借款「地方自治体環境改善事業」で整備したもの。
- ・下水網：アンタキヤ市内で全長 500km。被害状況は未着手。イスタンブールから下水管内を検査する機材を 2 台受け入れ予定。1 度に 1km 程度検査できる有線接続の自立走行ロボット型カメラ、車両にモニター機材を積み込んだモバイルユニットがセットになったもの。他の市を含めると、かなりの作業量となる見込み。検査機材や迅速な検査ノウハウの日本からの支援があれば期待。作業人員は自前で確保できる。
- ・下水処理場：3 カ所のうち、1 カ所はメンブレン装置が破損し稼働停止中。クボタが施設整備に関与。下水の受け入れを止めているが、流入分は未処理のまま河川に放流。復旧に向けて業者選定（入札）を行う予定。郊外に小規模な下水処理施設も被害を受けており、復旧が必要。テント村の下水処理には、仮設トイレと浄化槽の設置を進めている。



メンブレン装置破損



下水をそのまま放流している

出所：JDR

図 3-65 下水処理場被害状況（ハタイ県）



出所：HATSU

図 3-66 上下水道被害状況全般（ハタイ県）

2) アドゥヤマン県：ASKIM 管轄

アドゥヤマン市内の被害状況は以下のとおり。

- ・ 取水源：湧水が 4 カ所、震災直後は水が濁っていたが現在は濁っていない。
- ・ 送水管：4 系統、鉄管。被害はあったが既に修復している。
- ・ 塩素消毒施設：4 カ所、1 カ所のみポンプに被害があったが既に修復済み。
- ・ 配水用中継施設：15,000 m^3 、6,000 m^3 、4,000 m^3 及び1,000 m^3 の配水池が4カ所あり、被害はない。20,000 m^3 及び10,000 m^3 の配水池を新設予定。
- ・ 配水網：市内で全長 700km。水漏れ探査機器で被害箇所を特定し、1 日 100 カ所のペースで一時的な修復を進めている。恒久的な修復事業も計画されている。
- ・ 下水網：全長 700km
- ・ 下水処理場：稼働停止中。下水は未処理のまま河川に放流。機械施設は ASKIM で修理可能だが、躯体部分のひび等は専門家に診断してもらう必要がある。



沈殿池側面のひび



右の沈殿池は被害状況確認のため放流

出所：JDR

図 3-67 下水処理場被害状況（アドウヤマン県）

3) カフラマンマラシュ県：KASKI 管轄

カフラマンマラシュ県の被害状況は以下のとおり。

- ・ 取水源：5 カ所
 - アイヴァリ（Ayvali）ダム：水量 $1\text{m}^3/\text{秒}$ 、干ばつのためダムの 10% 程度しか水がない。
 - ピナバシ（Pinabasi）湧水：地震後に水量が 400 リットル/秒から 650 リットル/秒に増加している。塩素消毒施設あり。
 - カラス（Karasu）湧水： $1.2\text{m}^3/\text{秒}$ 。塩素消毒施設あり。地震直後は水が濁っていたが、現在は正常に戻っている。
 - 地下水 2 カ所：地震直後は水が濁っていた。



湧水 震災後に水量が増加した



ポンプは老朽化が進んでいる

出所：JDR

図 3-68 取水源の状況（カフラマンマラシュ県）

- ・ 浄水場：1 カ所（ダムから取水）。屋根に被害あり、復旧費用は 10M TL と見積もられているが財源はまだ決まっていない。

- ・ 送水管：地震による被害はない。
- ・ 配水池：軽微な被害があり修復が必要。
- ・ 配水用中継施設：配水池に軽微な被害があり修復が必要。
- ・ 配水網：県中心部ドゥルカディロール (Dulkadiroglu) 及びオニキシュバット (Onikisubat) で全長 1,000~1,200km。
 - 震災前から漏水率は 55%程度あった。震災後は居住者がいないにもかかわらず水が流出しているため、漏水率は 90%近くに悪化していると思われる。震災前にイルラー銀行の融資で配水網補修事業が計画されていたが、実施されていない。
 - 石綿セメント管がまだ 300km 程度存在する。
 - KASKI は他県からの支援を受けて復旧活動を行っている。
 - 県中心部の配水網、下水網及び雨水管の復旧に 5B TL かかると見積もられている。復旧事業は既にイルラー銀行及び Strategy and Budget Office に提出済み、後日 JICA トルコ事務所に共有してもらう。
 - 漏水探知機があれば被害箇所特定に活用できる。
- ・ 下水網：全長 1,000km
 - 下水網の被害確認は被災者が戻ってきてから行う予定。
 - 自立走行ロボット型カメラがあれば被害箇所特定に活用できる。また KASKI の職員で運用できる。
- ・ 雨水管：全長 150km。雨水と下水を分離する基準があるが、トルコではあまり順守されていない。カフラマンマラシュは 2014 年に広域都市に指定され、基準に従うよう努めている。
- ・ 下水処理場：5 カ所
 - 県中心部：被害なし。
 - エルビスタン (Elbistan)：被害があり稼働停止中。イルラー銀行に提出した復旧事業リストには含まれていない。IPA の資金で 2022 年 9 月に竣工したばかり。2 年間の試運転期間のためコントラクターに修復する義務があるとのこと。
 - アスフィン (Afsin)、トルコグル (Turkoglu)、パザルチュク (Pazarcik)：小型下水処理場、被害なし。

4) 上下水道設備被害状況まとめ

上下水道設備被害状況を表 3－5 に取りまとめた。

表 3－5 上下水道設備被害状況まとめ

		ハタイ県	アドゥヤマン県	カブラマンマラシュ県	その他
上下水	取水地	カラチャイダム被害なし。	湧水が 4 カ所、震災直後は水が濁っていたが現在は濁っていない。	取水源：5 カ所 ・アイヴァリダム：水量 1 m ³ /秒、干ばつのためダムの 10% 程度しか水がない。 ・ピナバシ湧水：地震後に水量が 400 リットル/秒から 650 リットル/秒に増加している。塩素消毒施設あり。 ・カラス湧水：1.2 m ³ /秒。塩素消毒施設あり。地震直後は水が濁っていたが、現在は正常に戻っている。 ・地下水 2 カ所：地震直後は水が濁っていた。	マラティア県には取水源が 1 つしかなく、震災の取水量が 2,500 リットル/秒から 1,400 リットル/秒まで減少したが、現在は 2,200 リットル/秒まで回復している。
	送水管	1 系統：径 1,100mm、全長 24km。一部破損があったが応急修復済み。	4 系統、鉄管。被害はあったが既に修復している。	地震による被害はない。	ガジアンテップ県では管径 2,600mm の送水管が 1 カ所被害を受けている。送水管、ポンプ及び浄水場の復旧費用は USD 2M と見積もっている。
	配水池	5,000 m ³ 及び 10,000 m ³ の配水池が 2 カ所ある。もともと古い施設ではあった。うち、1 カ所は漏水しているが仮設居住区への配水のために稼働している。もう 1 カ所は被害なし。中継施設でも塩素消毒を実施。恒久的な復旧が必要。	15,000m ³ 、6,000m ³ 、4,000m ³ 及び 1,000 m ³ の配水池が 4 カ所あり、被害はない。20,000m ³ 及び 10,000m ³ の配水池を新設予定。	軽微な被害があり修復が必要。	
	浄水場	一部漏水等の被害はあるが機能している。塩素消毒あり。	4 カ所の塩素消毒施設のうち 1 カ所のみポンプに被害があったが既に修復済み。	1 カ所（ダムから取水）。屋根に被害あり、復旧費用は 10M TL と見積もられているが財源はまだ決まっていない。	

配水網	アンタキヤ市内で全長480km、地中埋設されている。被害状況の把握はまだできていない。市内のいたるところで断水している。破裂や漏水の被害が確認されている。排水管の素材は安価だった鉄管。ダグタイルパイプではない。配水網は円借款「地方自治体環境改善事業」で整備したもの。	市内で全長700km。水漏れ探査機器で被害箇所を特定し、1日100カ所のペースで一時的な修復を進めている。恒久的な修復事業も計画されている。	県中心部（ドゥルカディロール及びオニキシュバット）で全長1,000~1,200km。震災前から漏水率は55%程度あった。震災後は90%近くに悪化していると思われる。石綿セメント管がまだ300km程度存在する。県中心部の配水網、下水網及び雨水管の復旧に5B TL かかると見積もられている。	
下水網	アンタキヤ市内で全長500km。被害状況は未着手。イスタンブールから下水管内を検査する機材を2台受け入れ予定。1度に1km程度検査できる有線接続の自立走行ロボット型カメラ、車両にモニター機材を積み込んだモバイルユニットがセットになったもの。他の市を含めると、かなりの作業量となる見込み。検査機材や迅速な検査ノウハウの日本からの支援があれば期待。作業人員は自前で確保できる。	全長700km、被害は不明。	下水網：全長1,000km 下水網の被害確認は被災者が戻ってきから行う予定。 自立走行ロボット型カメラがあれば被害箇所特定に活用できる。またKASKIの職員で運用できる。	
処理場	3カ所のうち、1カ所はメンブレン装置が破損し稼働停止中。クボタが施設整備に関与。下水の受け入れを止めているが、流入分は未処理のまま河川に放流。復旧に向けて業者選定（入札）を行う予定。郊外の小規模な下水処理施設も被害を受けており、復旧が必要。テント村の下水処理には、仮設トイレと浄化槽の設置を進めている。	稼働停止中。下水は未処理のまま河川に放流。機械施設はASKIMで修理可能だが、躯体部分のひび等は専門家に診断してもらう必要がある。	5カ所 ・県中心部：被害なし。 ・エルビスタン：被害があり稼働停止中。IPAの資金で2022年9月に竣工したばかり。2年間の試運転期間のためコントラクターに修復する義務があるとのこと。 ・アフシン、トルコグル、パザルチュク：小型下水処理場、被害なし。	

出所：JDR

3-3-2 電気設備

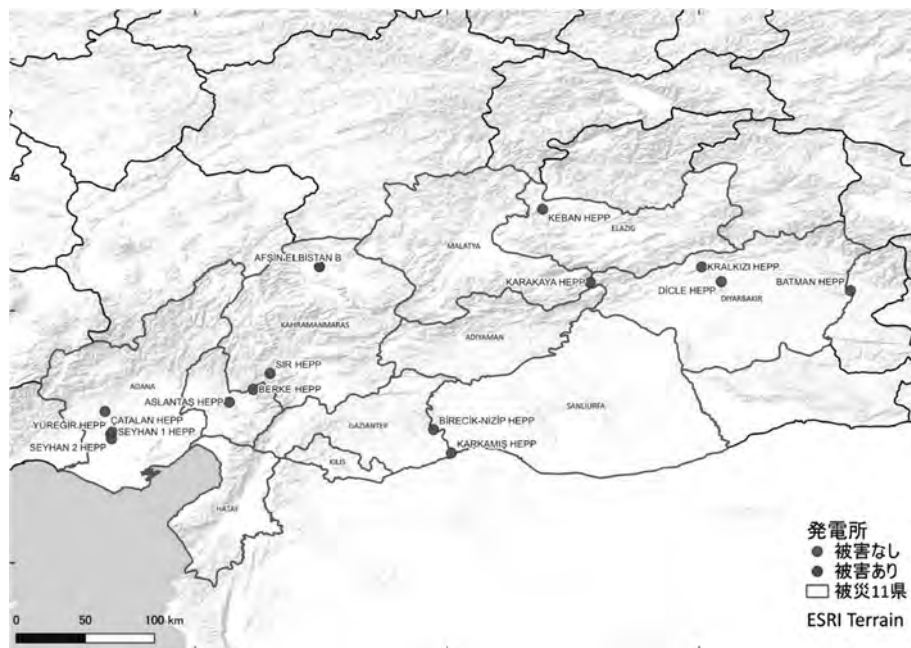
(1) 概要

トルコの電力市場は自由市場であり、発電に関しては 20%を公共事業者である EUAS が、80%を民間事業者が担っている。また、送電は公共事業者である TEIAS (Türkiye Elektrik İletim A. Ş.) が、配電は民間事業者が担っている。

(2) 被害状況

1) 発電設備：EUAS 及び民間事業者管轄

被災 11 県の公共の大型発電所は 10 カ所（EUAS の HP では 14 カ所）あり、そのうちカラマンマラシュ県のアフシン・エルビスタン B 石炭火力発電所（三菱重工建設）のみ被害により稼働停止している。水力発電に関しては、ダムや発電施設への被害はなかったが、管理事務所や宿舍の倒壊など被害が発生している。



出所：EUAS の HP を基に JDR が作成

図 3-69 被災県の EUAS 管轄発電所位置図

2) 送電設備：TEIAS 管轄

エネルギー省によると送電線については既に復旧済み。

3) 配電設備：民間事業者管轄

民間事業者が運営している配電網の被害は甚大である。ニーズがある地域の電力は復旧しているが、住民が避難した地域等は復旧していない。街の中心部では景観に配慮して電線の地中化が進んでおり停電が少なく、また電柱がないため電柱の倒壊による道路の閉鎖は見られなかったとのこと。

3-3-3 ガス設備

(1) 概要

BOTAS がメインガスパイプラインを管轄しており、その先のガス配管は民間事業者が管轄している。

(2) 被害状況

1) メインガスパイプライン：BOTAS 管轄

メインガスパイプラインは 27 カ所で被害があったが、現在すべて復旧している。被害はパイプ破裂と接合部のバンドの不具合。

2) ガス配管網：民間事業者管轄

民間事業者が運営しているガス配管網は深刻な被害を受けたまま。エネルギー省も被害の報告を待っている状況である。

3-3-4 通信設備

通信については震災後すぐに復旧しているとのこと。被災地では民間通信業者（Vodafone、Turkcell 等）の移動基地局車がいたるところに配備されていた。



ハタイ県に配備された移動基地局車

出所：JDR



車載アンテナ

図 3-70 移動基地局車

3-3-5 農業・灌漑施設

農業セクターへの被害評価はまもなく収集される予定。

震災によって、食の安全保障、持続可能な農業開発、家族農業に大きな影響が出ている。被災地から避難した農民に戻って来てもらうためのインセンティブやモチベーションについて考慮する必要がある。

被災 11 県には 190 の灌漑施設があり、うちいくつかの施設は被害を受けたが 2023 年中の復旧をめざしている。3 月末には灌漑施設への被害状況が特定される予定。しかし 5 月下旬の灌漑の時期にならないと被害が分からないところもある。

被災 11 県の灌漑施設プロジェクトは 3 billion TL の規模になることが見込まれる。また、被災県以外の灌漑施設プロジェクトは 1.65 trillion TL にのぼる。

DSIには建設機械のニーズもある。2022年490の建設機械を調達したが、75%トルコ製、25%は日本製だった。必要な建設機械のリストをDSIがJICAトルコ事務所に後日共有する。

3-3-6 瓦礫・廃棄物処理

アンタキヤ市内の2/3が瓦礫になったと見積もられている。瓦礫撤去は都市環境省が所管しており、市内各所で建物の取り壊し、現場での瓦礫の粉碎、トラックによる運び出しが行われていることを確認した。いったん一時的な瓦礫集積所に運び出し、そこでコンクリートと鉄筋を分別し、鉄筋のリサイクルを行う計画。瓦礫や廃棄物の処理は応急的な対応に限定されているようにうかがわれた。



カフラマンマラシュ県瓦礫処理状況



ハタイ県瓦礫処理用重機

出所：JDR

図3-71 瓦礫処理状況

3-3-7 自治体連合による復旧・復興活動

各省庁が震災復旧を推し進めているが、自治体も復旧に参加している。特に市内道路や上下水道整備は自治体の管轄となる。復興は以下のステージで進められる。

- ・第1段階：瓦礫処理
- ・第2段階：再建
- ・第3段階：社会経済開発
- ・第4段階：都市強靱化

自治体連合では自治体を以下の4つのグループに分類して緊急、短期及び中長期のニーズを収集しており、3月末にはニーズをパッケージ化し取りまとめる予定。

- A：行政サービスの提供が困難である自治体
- B：限定的な行政サービスを提供している自治体
- C：通常どおり行政サービスを提供している自治体
- D：被災地以外の自治体で被災者を受け入れている自治体

3-3-8 コンテナ村整備状況

カフラマンマラシュ県中心部では、10,000人を収容できる2,600のコンテナハウスからなる

コンテナ村が整備されていた。コンテナ村近くに井戸を掘削し、そこから HDPE 管で配水池（200m³）まで送水し、そこからコンテナ村に配水する。150 リットル/人日を想定しているとのこと。電気及び下水も既存網を利用する。カフランマラシュ県にはこのようなコンテナ村が 14 カ所整備されている。



コンテナ村用の井戸掘削



配水池までの HDPE 送水管



配水池（200m³）



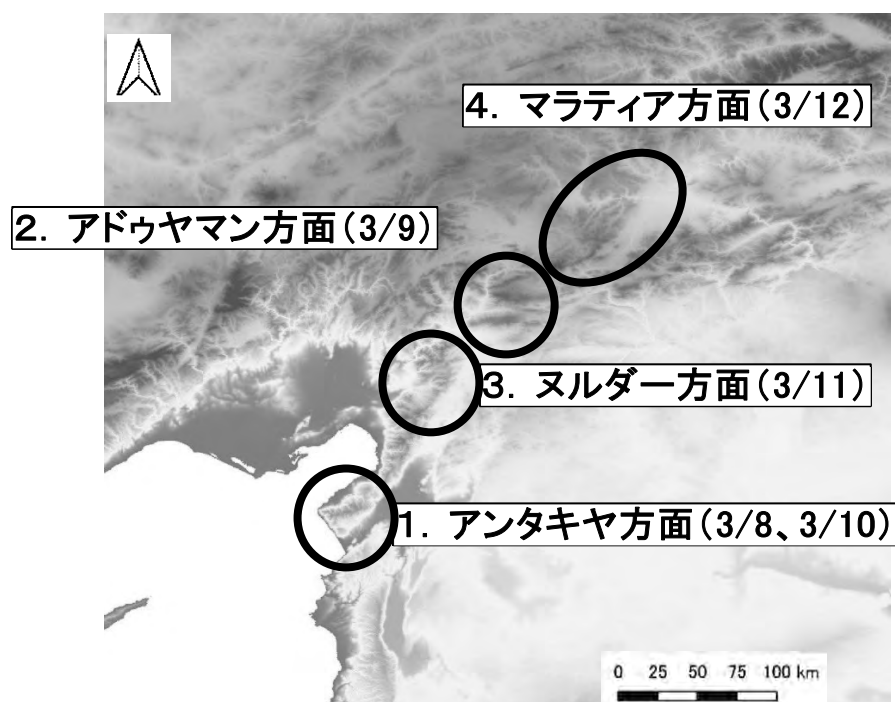
コンテナハウス用基礎、上下水道管

出所：JDR

図 3－72 移動基地局車

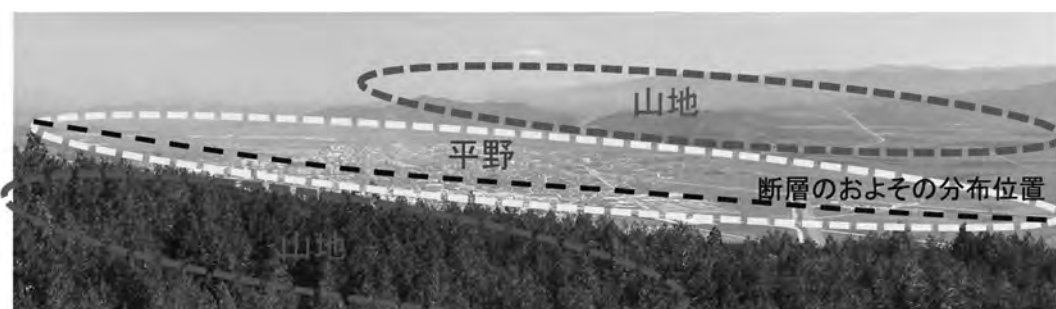
3-4 土質・地盤

現地調査（図3-73）及びヒアリング調査を実施した結果、被災地域周辺では山地では表層まで堅岩が分布すること、平野では粘性土が厚く堆積することが分かった（図3-74）。被災状況や地質・地盤条件が山地と平野で異なることから、山地と平野に分けて記載する。

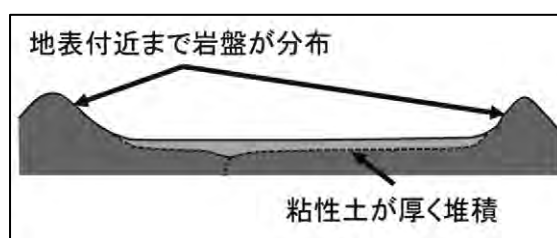


※ () 内は調査を実施した日付を表す。（基図は国土地理院の全球版標高を用いて作成）

図3-73 現地調査実施位置図



(a) 平野と山地と断層の分布イメージ（ヌルダー周辺）



(b) 断層と直行する方向の断面のイメージ

出所：調査団撮影

図3-74 現地調査実施位置図

3-4-1 山地

(1) 現地調査結果

山地の地盤は、砂岩・礫岩・石灰岩等からなる岩盤が地表付近まで確認された(図3-75)。堅硬な岩盤は割れ目が発達している。現地において確認した結果を以下に示す。

- ・ 割れ目の発達した堅硬な岩盤が露出している箇所〔図3-75 (a) (b)〕が多いが、断層周辺等では風化により土砂化が進んだところが認められた〔図3-75 (c) (d)〕。
- ・ 今回調査を実施した山地における橋梁の橋脚及び橋台はいずれも岩盤に着岩しているものと考えられる(図3-76)。
- ・ 堅硬な岩盤分布地域の道路の切土部はいずれも、のり面保護工などが実施されていないため、地震によって発生したと考えられる落石が点在していた〔図3-77 (a)〕。
- ・ 断層周辺等の強風化した岩盤における道路の切土部では、崩壊が発生していた〔図3-77 (b)〕。
- ・ 山地の建物等の被災の程度は、平野よりも小さい(図3-78)。

(2) ヒアリング結果

環境都市気候変動省及びトルコ科学技術センター (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi : TUBITAK MAM) において、意見交換を実施した際も「山地は平野よりも安全」という認識をもっていることを共有した。



(a) 堅硬な岩盤が表層に露出 (ヌルダー)



(b) 堅硬な岩盤が露出 (ヌルダー)



(c) 風化した岩盤が表層に露出 (アドウヤマン)



(d) 風化した岩盤が表層に露出 (アドウヤマン)

出所：調査団撮影

図3-75 山地における岩盤の露岩状況



(a) 橋脚の設置状況（ヌルダー）

出所：調査団撮影



(b) 橋脚の設置状況（ヌルダー）

図 3 - 76 山地における橋脚の状況



(a) 切土法面からの落石が点在

出所：調査団撮影



(b) 強風化部の崩壊

図 3 - 77 山地における切土部の被災状況



(a) 仮設住宅と損傷が小さい高層住宅

出所：調査団撮影



(b) 被災程度の小さい山地の集落

図 3 - 78 山地の建物の被災状況

(3) 山地における復旧・復興の課題点

現地調査結果及びヒアリング結果から、現地調査でも確認されたように表層まで堅硬な岩盤が分布することが多く、建築物や土木構造物の基礎に適しているものと考えられる。その一方で、切土法面では落石が認められ、断層周辺などでは強風化した岩盤による崩壊が認められた。

山地における建築物と土木構造物の復旧・復興の課題は、強風化部の取り扱いと落石対策が主な対応になると考えられる。

3-4-2 平野

(1) 現地調査結果

平野の地盤は、粘土・シルト・砂等の未固結な堆積物が厚く堆積することが確認された（図 3-79）。現地において確認した結果を以下に示す。

- ・液状化が発生したと考えられる噴砂が認められた〔図 3-80 (a)〕。
- ・地すべりによる地盤の変状による建物の被災が認められた〔図 3-80 (b)〕。
- ・地盤沈下の影響による建物の沈下が認められた〔図 3-80 (c)〕。図 3-80 (c) に示した周辺の建物はいずれも沈下しており、これらの建物ではボーリング調査も実施されて杭を入れていたにもかかわらず沈下を起こしている。
- ・建物の周り全体が沈下する現象が認められた〔図 3-80 (d)〕。（建物の沈下の有無は不明）
- ・ボーリング調査の品質が低い（図 3-79）。

(2) ヒアリング結果

環境都市気候変動省及び TUBITAK MAM において、意見交換を実施した。平野の状況に関する意見は以下のようなものであった。

- ・被災の多かった建築物は、平野の地盤が悪いため、山地に移転を考えている。
- ・建築物のほとんどがベタ基礎で杭は入っていない。
- ・軟弱な地盤の改良方法について技術的支援がほしい。
- ・ボーリング調査結果と物理探査結果を基にした基盤岩深度は把握している。
- ・表層地盤の物性を表す VS30 のマップを作成している。
- ・基盤岩よりも浅い位置の支持層となり得る層の把握状況については分からなかった。



出所：調査団撮影

図3-79 平野のボーリング調査結果（アンタキヤ）



(a) 液状化による噴砂の跡（アンタキヤ）



(b) 地すべりによる地盤の変状（アドウヤマン）



(c) 地盤沈下による建物の沈下（アドウヤマン）



(d) 建物周辺の地盤沈下（アンタキヤ）

出所：調査団撮影

図3-80 平野の建物等の被災状況

(3) 平野における復旧・復興の課題点

現地調査結果及びヒアリング結果から、平野には地盤沈下・液状化・地すべり等を起こす軟弱な地盤が分布していることが分かった。軟弱な地盤はアンタキヤにおいて 60m 程度の厚さをもつこと、浅い深度に支持層となり得る層の有無が分からなかった。

平野における復旧・復興の課題は、建築物が地盤沈下や液状化、地すべり等の地盤条件によって被災していたことが認められたことから、基盤岩分布深度よりも浅い位置に分布する支持層の深度を把握することが最も重要であると考えられる。また、粘性土が厚く分布することから、地震後に継続的に発生する圧密沈下の可能性がある。沈下によって建築物や土木構造物、特に下水道の自然流下に影響を与える可能性があるため、地盤沈下の状況を把握する必要があると考えられる。

3-5 社会包摂・物資

3-5-1 分野別の状況

(1) 保護分野：心理社会ケア（トラウマケア）の大きなニーズと孤児の増加

1) 【心理社会ケア】今回の震災で 4 万 5,000 人が亡くなっており、政府機関や支援団体からは、被災者及び被災者支援を行う専門家への心理社会ケア（トラウマケア）に関する支援要請が非常に大きかった。

2) 避難施設では政府機関や NGO 等が専用テントまたはコンテナを用意して心理社会ケアを提供しているが（図 3-81）、被災者の心理社会ケアのニーズが非常に大きいという。既に子ども、思春期の青年や女性のメンタルヘルスに大きな影響が出ている。震災で家族を全員失った青年の自死の例も報告された。支援機関は、被災者がサバイバルの時期を乗り越えて生活が落ち着けば、心理社会ケアのニーズはより大きくなると予想している。また UNHCR からは、既に戦争によるトラウマを抱える難民にとって、今回の震災は 2 度目の大きなトラウマを負う経験であるとの指摘があった。



出所：調査団撮影

図 3-81 仮設テントを利用した
子ども向け心理社会ケアセンター

3) 被災地で心理社会ケアを行う専門家や医療隊員など、被災者支援を行う専門家も支援を通じて既にトラウマを負っている、または精神的に非常に疲弊していることから、支援が必要との指摘が多かった。専門家の心理社会ケアに関しては一部機関¹¹には支援プログラムが存在するようだが実施状況は不明であり、持続的なプログラムが存在しない機関もある。

4) 心理社会ケアを行う機関間の調整は十分ではなく、避難施設における支援の重複や偏りが観察された。一方で、難民が集まって生活しているインフォーマルなテント村・コンテナ村では、NGO のアウトリーチ活動による支援はあるものの、心理社会ケアのニーズが大

¹¹ 家族社会サービス省や赤新月社等。

きいと予想される難民に対してどの程度政府の支援が届いているかは確認が必要である〔地域によっては、家族社会サービス省によるアウトリーチ活動（支援が必要な難民の特定）が終了していない可能性がある〕。

- 5) 【孤児】今回の震災による孤児が約 2,000 人と発表されているが、死者数(4 万 5,000 人)から考えて実際にはもっと多いと予想される。また現在孤児を保護している親族も生活が容易ではないと予想されるため、被災地の地方政府からは緊急に孤児の保護施設が必要との発言があった。

(2) 教育分野：コロナ禍と震災による教育の遅れ・中退の増加、被災地と非被災地間の教育格差拡大の可能性

- 1) 被災 10 県で学校施設 110 校が全壊、または大きく損壊している¹²。20 万人以上の生徒が非被災地域に転校しており、非被災地への影響も大きい。緊急事態により基礎教育は 3 月下旬¹³まで休校になっている。
- 2) 多くの避難施設では国民教育省による「基礎教育用テント」と「特別支援教育用テント(図 3-82)」が設置されていたが、調査時は休校期間のために学校教育は提供されていなかった。
- 3) 大学ではオンライン教育が実施されているが、被災者は震災でパソコンを喪失、またはテント村の電波の接続状況が悪いなどの理由から、十分な教育が受けられていないとの指摘があった。
- 4) 学校施設への被害により、今後予定どおり教育が再開できるか不明。また被災地では学校不足のみでなく、教員不足を懸念する声もあった。加えて、学校施設への被害がない場合でも、「子どもが怖がって建物に入ろうとしない」などの指摘もあった。
- 5) 震災前から、高校までの(特にティーンエイジャーの)高い中退率が問題になっており、またコロナ禍により教育に遅れが出ていたことから、今回の震災により中退率や教育の遅れが更に悪化するのではとの懸念の声が聞かれた。また教育インフラ(施設、教員)への甚大な被害から、今後、被災地と非被災地間の教育格差が大きくなる可能性が高い。



出所：調査団撮影

図 3-82 特別支援教育用テント

(3) 保健・水・衛生分野：テント村での感染症の発生、衛生用品の不足、身障者の増加予想

- 1) 保健施設も大きな影響を受けている。(部分的にでも)機能している家族保健センターは 1/7 に過ぎないとの報告もある¹⁴。大きなテント村では保健省のテントが設置され、モバイルチームが往診を行っていた。
- 2) 避難施設では、「共用のトイレ・シャワーは不衛生で十分な数がない、またプライバシー

¹² ドナーミーティング議事録(3月3日)内部資料

¹³ 地域により異なる。

¹⁴ UNOCHA (2023) Flash Appeal Türkiye:2023 Earthquake, February-April 2023

ーが確保されておらず、女性が使いにくい」との声が聞かれた。一部の避難施設では、下痢や腸炎などの感染症が発生しつつある。飲み水が不足しているとの指摘はなかった。

- 3) 保健省職員のいるテント村では、子どもが夜怯えて眠れなくなっているが、大人も精神状態から排泄に影響が出ていたり、また診断上は問題がないが、痛みを訴えるケースが多いという。
- 4) コンテナ村派遣職員や支援団体によると、消毒液や生理用品などの衛生用品の不足が喫緊の課題との指摘が複数あった。また清潔な下着も不足しているという。さらに、生活物資全般はあるものの、中長期的には不足が懸念されるとの指摘もあった。
- 5) 今回の震災で障害を負った人のなかには病院で治療中の人や他県へ移動した人もおり、正確なデータは保健省が集計中であつたが、障害者数は今後大きく増えると予想されている¹⁵。訪問した支援機関には、車椅子や補聴器などの支援要請が多く届いているという。また、あるテント村（750 世帯が生活）では障害者が 70 人生活しており、理学療法の支援が必要との発言があつた。保健省の緊急医療隊員にも障害を負った人が少なくなく、心のケアと併せて、次の災害が来るまでにリハビリテーションを終える必要があるという。一方で、保健省の専門家は不足しており、医師や看護師ですら十分な数がいけないとの指摘もあった。

(4) 住居分野：仮設住宅の不足

- 1) AFAD の発表によると、2023 年 3 月 2 日までに 332 カ所のテント村と 189 カ所のコンテナ村が設置され、被災地では 159 万人がテントまたはコンテナを与えられている。概して関係機関の初動は早く、訪問したコンテナ村では、発災 7 日でコンテナ村と運動場の整備を終えたという（図 3－83 参照）。政府は 1 年以内に被災者のための仮設住宅の建設を終えるとしているが、被災地では最低 2 年かかるのではないかとの見方がなされていた。仮設住宅の計画はあるものの、供給の目途がすべて立っているわけではないとの指摘もあった。



出所：調査団撮影

図 3－83 発災 7 日で整備されたコンテナ村及び運動場

¹⁵ 震災前は男性の 5.9%、女性の 7.9%に障害があつたが、震災後は世界平均の 15%に近づくのではないかと予想されている。
出所：UNOCHA（2023）

- 2) コンテナ村等の避難施設に優先的に入居できるのは、全壊かほぼ全壊した世帯、障害者、高齢者、妊婦である。自宅が半壊のために避難施設にまだ入居できず、1軒に7家族(25人以上)で生活している被災者もいた。また、UNHCRによると被災者の流入により非被災地域の家賃が高騰し、800%上昇した県も複数あるという。したがって、被災地域・非被災地域ともに住宅のニーズは大きい。
 - 3) 自宅が損壊していない被災者も、自宅から離れる不安から自宅のそばにテントを張って生活している被災者も少なくなかった。また、建物の中での就寝への不安から、夜だけテント村で睡眠をとる被災者もいるとのこと。
 - 4) シリア難民の流入時に設置され、震災前には閉鎖されていた難民の一時収容施設が再び解放され、被災者の避難所として使用されている。シリア難民だけでなく、トルコ市民の被災者も利用している。
 - 5) 難民が避難施設に入居できない、また追い出されたケースが複数箇所で指摘されていた。
- (5) 食糧・生計分野：食糧価格高騰及び失業率上昇の恐れ
- 1) 政府機関や支援団体による被災者への食糧配給が実施されている一方で、訪問した食糧配給センターでは既に外部支援が減ってきており、政府による配給量を増やしているとの発言があった。
 - 2) 農業・畜産業も震災によりダメージを受けており、震災前からコロナ禍・ウクライナ危機により高騰していた食品価格が更に高騰するとの見方がある¹⁶。
 - 3) 震災前から失業率(12%、2021年¹⁷)は高かったが、被災地域の産業への影響は甚大で、更に上昇する可能性がある。移動の自由なトルコ市民は、より雇用機会の多い非被災地域へ移動しており、非被災地域の失業率にも影響すると予想される。
 - 4) トルコ雇用庁(Türkiye İş Kurumu : ISKUR)が被災者の雇用プログラムを検討している、あるいは職を提供し始めているという声もあったが、詳細は不明(ウェブサイトに記載なし)。
 - 5) 建物の再建が始まっていることから、UNHCRは世界銀行を始めさまざまな機関に対してCash for Workとして難民の臨時雇用について協議中とのこと。

3-5-2 社会的弱者の状況

(1) 難民・少数民族

- 1) トルコ全国で約400万人の難民(このうち、シリア難民は約364万人¹⁸)が暮らしているが、震災前は被災11県に約175万人が暮らしており、難民の約半数が被災したと考えられる。また、被災したトルコ南東部はクルド人等の少数民族も多く暮らしている地域である。
- 2) 難民は震災前から社会的に脆弱な立場にあったが、震災で多くを失った。複数の支援団体が、今回の震災はシリア難民にとっては「シリア危機と同等かそれ以上の経験(家族/

¹⁶ UNOCHA (2023)

¹⁷ 世界銀行：<https://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.ZS?locations=TR>

¹⁸ 2023年2月時点

出所：UNHCR <https://www.unhcr.org/tr/wp-content/uploads/sites/14/2023/03/Bi-annual-fact-sheet-2023-02-Turkiye-.pdf>

親族・住居・財産・職の喪失、身体的・精神的ダメージ等)」と表現していた。難民は原則として他都市への移動が制限されており、トルコ市民のように雇用機会の多い非被災地域に自由に移動することが容易ではない。

- 3) UNHCR によると、難民のなかでも今回の震災で新しく稼ぎ手を失った世帯が最も脆弱であるという。シリア難民は男性のみが働いている世帯が少なくないが、支援団体からは難民女性がとりわけ脆弱で、「自殺のリスクが高い」「1 カ月シャワーが浴びられていない女性たちもいる」などの指摘があった。難民・少数民族を支援している団体によると、最も脆弱なグループはシリア難民、アフガニスタン難民及びヤジィーディー教徒（クルド人）という。
- 4) トルコ政府はトルコ市民とシリア難民を平等に扱うとしているが、震災後、トルコ市民の不満がシリア難民に向かうこともあり、被災地ではトルコ人の支援関係者複数から、「両者の衝突を避けるためにトルコ市民を優遇している」「難民世帯が仮設施設に入居できない追い出された」との指摘があった。難民に対する流言飛語やイメージの悪化も指摘されており、難民に対する差別が起きている可能性がある。一方で、トルコ市民とシリア難民の関係が良好な地域では、発災初日からシリア難民も救援活動にあたっており、避難施設でも衝突なく生活しているとの指摘も複数あった。

(2) 子ども

- 1) さまざまな支援機関から、子どもたちが最も震災の影響を受けており、「怯えて内向的になっている」「夜眠れない」「夜に家で眠るのを怖がる」など、心理社会ケアの支援ニーズが高いとの指摘があった。また特に子どものなかでも思春期の青年たちが話そうとも外出しようともせず、支援の必要性和支援の難しさを指摘する声も少なくなかった。UNICEF からは、思春期の青年は震災による将来への影響を考えることができるため、かえって低年齢の子どもたちより脆弱で、レジリエンスが弱いとの指摘があった。震災で家族を全員失った青年の自死の例も報告された。
- 2) 上述のとおり、今回の震災による孤児は 2,000 人以上と予想される。また現在孤児を保護している親戚も生活が容易ではないと予想されるため、被災地の地方政府からは緊急に孤児の保護施設が必要との発言があった。

(3) 女性

- 1) テント村などの避難施設では、シャワーやトイレで十分なプライバシーが保てず女性は利用しにくいとの声があった（図 3-84 参照）。また、男性支援職員に生理用品のニーズが言いだしにくいこともあり、少なくとも複数箇所で生理用品のニーズが満たされていなかった。
- 2) 子どもが 1 人以上いる、女性が世帯主である世帯は、被災 10 県において全世帯の約 8% にのぼると予想されている¹⁹。特に今回の震災で新たに稼ぎ手である男性を失った、女性が世帯主となった世帯への経済的・心理的支援が必要と考えられる。
- 3) また、テント・コンテナ内では大人数で暮らしているためプライバシーの確保が難しく、仕事などで外出機会の多い男性に比べて、女性は感情を吐きだせる場所がなく、心理社会

¹⁹ UNOCHA (2023)

ケアのニーズが高いという。



図 3-84 テント村のシャワースペース
(シャワースペースの外に服を着替える場所はない。)

(4) 障害者・高齢者

- 1) 被災地域では家族社会サービス省がアウトリーチ活動を行って障害者や高齢者等の支援が必要な被災者を特定し、避難施設の入居や関連公的サービスの紹介を行っている。発災後の障害者数は調査時点では不明だが、今回の震災により大幅に増加することが予想される。
- 2) 障害者は優先的に避難施設に入居できることから、訪問した 750 世帯が生活するコンテナ村では 70 人の障害者が生活しており、理学療法の実支援ニーズが高いという。また、保健省の緊急医療隊員にも障害を負った人が少なくなく、心のケアと併せて、次の災害が来るまでにリハビリテーションが必要との指摘があった。
- 3) 家族社会サービス省職員からは、特に高齢者に支援が必要との声は聞かれなかった。

第4章 今後の復旧・復興に向けた提言

4-1 建築

4-1-1 建築構造物

鉄筋コンクリート造建築物の現地調査結果等に基づき、今後の復旧・復興に向けた提言を行う。

(1) 人命被害防止の観点に基づく建築物の脆弱性に対する提言

1) 地盤や基礎の適切な設計（建築物 H・I・J）

地盤変状による複数の建築物の沈下、傾斜被害が確認されたことから、新築建築物を対象とした基礎構造の設計、地盤改良に関する技術支援が有効と考えられる。また建築物の基礎構造を決定するための地質調査法に関する手法の確認を行い、改善の余地があれば必要に応じて技術支援を実施することも有効と考えられる。例えば、日本における基準や実施事例の紹介を通じて技術の理解を深めることが有効で、短期間の研修等によって実施する方法が挙げられる。

2) 非構造部材の脱落防止（建築物 C・D・E・F・G）

地震の揺れによる非構造壁部材の脱落が多く、多くの建築物で確認されたことから、その脱落防止のための技術的な対策を実施するための技術支援が有効と考えられる。例えば、トルコ国内における施工慣習と調和できる対策の開発とその制度化に対する支援等が挙げられる。

3) 旧耐震基準建築物への耐震診断・補強の促進（建築物 A・B・L）

現地ヒアリング及び調査の結果、1998年以前に設計された旧基準建築物において、倒壊崩壊など耐震安全性が確保されない被害事例が目立っていることを踏まえ、これらの建築物に対する耐震診断と補強の段階的な実施を行うための技術支援が有効であると考えられる。トルコの現行基準において認められている補強工法では、その工事期間において建築物を使用できないことがボトルネックとなることも指摘されていることから、実際の建築物に適用できる工法の導入が必要である。例えば、旧基準で設計された学校など公共建築物の外付け耐震補強（建物を使用しながら耐震補強）やトルコ国内で開発されている炭素繊維補強技術の普及のための技術支援、資金協力等が挙げられる。なお外付け耐震補強技術はわが国で広く普及していることから、本邦技術の適用可能性の検討やトルコ国内で施工体制を確立できるか等、その普及支援も考えられる。

(2) 被災建築物や被災判定手法に対する提言

1) 被災建築物の補修補強技術計画の立案

今回の調査で、地盤変状に基づき被災している建築物で、上部構造物の被災程度が小破から中破と判定された建築物 H に対して、取り壊すことが計画されていたが、地盤や基礎構造を補強したうえで上部構造物を補修する計画の可能性についてトルコ側は高い関心を示した。今後の復旧復興時点において少しでも必要となる資金を抑制するためには、損傷を受けた上部構造物及び基礎構造に関する補修補強技術の確立が有効であると考えられる。例えば、被災程度が大きいと判定された公共建築物（建築物 H を含む）に対して、補修補強計画を立案するための被災判定（基礎、地盤を含む）を実施し、その被害状況を把握したうえで地盤改良や基礎構造の補強工事計画の立案に加え、現行基準に適合できる

よう上部構造物を免震改修する等の方法を本邦技術の活用も含めた技術支援、資金協力が挙げられる。

2) 被災建築物の補修補強を実施するための被災判定調査法の確立

今回の調査時のヒアリングにおいて、建築物の被災判定調査は訓練を受けた調査員が多く現地に投入され迅速に判定作業を実施しているものの、それらは一定のルールに基づくものではなく工学的判断によるところが大きいものであった。その手法は迅速に調査が実施できる反面、判定結果に大きなばらつきが生じ、特に補修補強して使い続けられる小破から中破の範囲にある被災建築物に対して適切に判定を行えることが望ましい。そこで被災建築物を補修補強して使っていくための調査方法の確立のため、今回の調査結果の検証を踏まえた被災判定法に関する技術支援が有効であると考えられる。例えば、今回実施された被災判定のなかでも、小破・中破判定された結果の妥当性の検証や非構造部材の損傷を考慮した評価方法の確立などが挙げられる。

(3) 現行の耐震基準や制度に対する提言

1) RC 造建築物における施工の合理化

今回の調査時において、比較的新しい基準で設計された RC 造建築物の 1 階壁脚部において重ね継手が見られ、当該部分で過密配筋の状態になっている（例えば建築物 F）ことが確認された。このような状態を解消するための合理的な配筋方法に関する技術支援が有効であると考えられる。例えば、日本で多く使用されている機械式継手工法やそれらの継手性能を保証する検証法に関する技術支援が挙げられる。

2) 免震部材の品質管理

今回の調査時のヒアリングにおいて、トルコにおいて製造している免震装置の品質の妥当性を検証できる品質管理手法として免震に関する実験装置を用いた検証の必要性が、環境都市気候変動省より述べられた。そこで例えば、日本の最新の実験装置を活用した大型免震装置（製品）の品質の妥当性を検証する実験法及び実験結果を用いた検証法に関する技術支援が挙げられる。

3) 巨大地震に対する高層建築物の保有耐震性能の明確化

今回観測された地表面の地震動が公開されているが、それらの応答スペクトルでは現行基準で規定されている地震力を超える入力として、長周期の卓越成分や短期間における連続的な大地震の発生があった。そのような過大入力に対する高層建築物等の保有耐震性能の検証と、必要に応じた設計手法の対応策に関する技術支援が有効であると考えられる。例えば、想定する過大入力に対して高層建築物が保有すべき耐震性能評価と性能が不足する場合にそれを補う対策に関する設計事例の作成などを短期間の研修等によって実施する方法が挙げられる。

(4) その他

1) 開発工法の構造性能検証技術の向上

「4-1-1」で示した脆弱性への対策を検証する方法として構造実験の実施があるが、それら実験を実施できる実験装置の更新に関する技術支援が有効と考えられる。今回イスタンブール及びアンカラにおいて調査した実験施設において、既設の実験施設の能力では

ある程度の軸力を要する基礎構造の実験等の実施は難しいことが分かっているため、現在の施設の改修によって既存の性能を向上させることで、「4－1－1」で示した今後必要とされる実験が実施できるような資金協力を含む技術支援や短期間の研修等によって実施する方法が挙げられる。

2) 人的ネットワークの活用

現在までに建築研究所で実施されている地震学や地震工学等に関する研修の受講生がトルコ国内で活躍している。例えば、今回調査において実施された環境住宅省副大臣との意見交換でも同席しており、これからの復旧復興において研修員の活躍が期待される。以上のことから、上記に示したそれぞれの課題解決に特化した研修の実施等が有効であると考えられる。

4－1－2 街区・都市

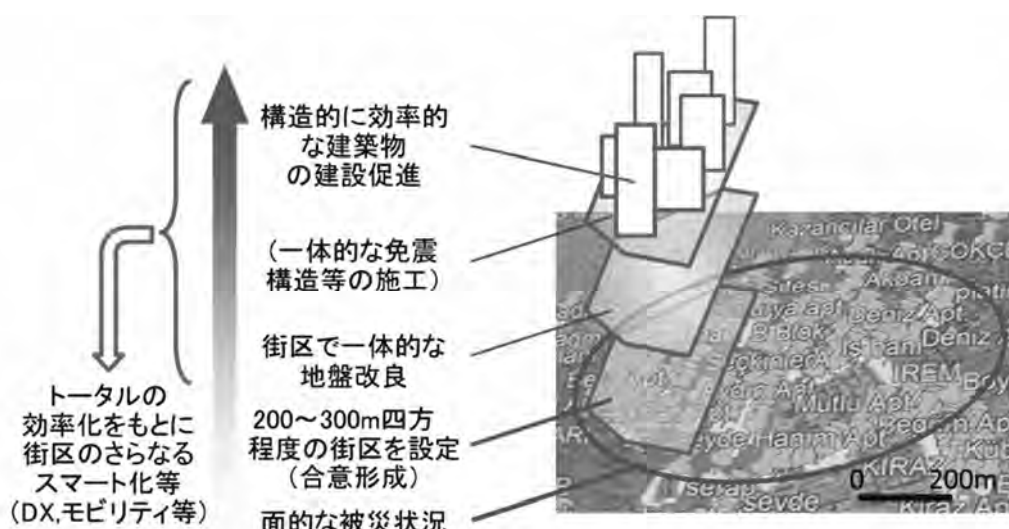
(1) 支援・協力の方向性（案）

トルコへの今後の支援・協力の方向性としては、街区の面的更新（街区全体での地盤・基礎の一体的整備による建物更新の効率化・高度化）への技術協力・資金協力といったことが考えられる（図4－1）。特に、モデル的な地区において公共施設を集約して集中的に技術支援、資金協力するなども考えられる。

(2) 今後に向けて

JICAにおいて今後技術協力等が遂行される際にはこれに協力しつつ、今回調査も含む成果について、トルコ政府への政策提案に反映させていくことが考えられる。

また、今回の調査成果は、わが国において将来起こり得る地震への対策のためにも参考になると思われる。



出所：写真、図ともに JICA

図4－1 「街区の面的更新」のイメージ

4-2 土木構造物

調査の結果、道路では桁や橋脚等の道路橋の被災や道路トンネルの被災が確認された。これらは今後の余震によって落橋等の被害が発生する可能性や、復興のための資機材の搬送など大型車交通量が増加することを考えれば損傷の進行も懸念される。特に幹線道路や市街地への資機材の搬入ルートについて早期に調査を実施し、応急復旧を急ぐべきである。

鉄道では、主要な貨物路線で施設、盛土、トンネル、橋、カルバート、トンネルに壊滅的な被害を受け、復旧には半年以上かかるとの見通しが示された。日本の復旧のノウハウを参考にしたいとの希望も述べられた。

日本としては道路や鉄道の橋やトンネル等の被災調査及び応急復旧の検討にかかる技術的助言を行う専門家の派遣や落橋防止システムなどの本邦技術供与や資金協力が考えられる。

また、大型土木構造物、例えば長大橋や多径間の連続橋など比較的周期が長く、たわみ性が高い構造物などでは、今回の損傷形態や長周期成分の強度が強いなどの地震動も考慮した耐震性の検討及び不足があれば耐震性の向上が必要である。長大橋など大型土木構造物の耐震設計や補強の現状などを把握する調査団の派遣を早急に行うのがよいと考えられる。そして、日本として、より実効性の高い耐震性の評価や耐震補強の技術支援や資金協力を行うことが考えられる。

今回の地震の経験に基づく耐震設計の信頼性の向上も重要である。現地調査からは、かけ違い部の橋脚で落橋につながりかねない損傷例や、桁かかり長の不足が落橋につながった例も見られた。また、衝撃を吸収する材料やダンパーを用いた橋など先進的な設計も見られたものの、ダンパー取り付け部が損傷したと考えられる損傷例もあった。今回の地震は、工学的には、長周期領域でも応答スペクトルの強度が低下しないことや、鉛直動の影響も大きかったこと、断層変位が地表面の変位としても現れているなどの特徴を有するとの分析結果も出始めている。以上から被災実態を踏まえた耐震設計実務の改善も必要と考えられる。大型土木構造物に限らず、産学を主体とした継続的な協力体制の構築を国としても支援していくことが重要である。

以下に技術的な論点をまとめる。

4-2-1 道路

(1) 短期

- 1) 盛り土の復旧や道路橋の伸縮装置の損傷に対する復旧など、路面レベルでの調査、復旧は非常に迅速に行われ、多くの道路が供用されていた。一方で、現地調査を行った結果から、余震に対する落橋の対策や大型車両の交通による損傷の進行の防止の観点から応急復旧や監視すべき損傷が放置されたまま供用が続けられていたことも確認できた。
- 2) したがって、国、地方管理の違いによらず、路面パトロールの実施にとどまらず、まずは構造の点検や被災度の評価を行うことが急務であると考えられる。震後点検、被災度の評価は、構造の特徴やそれを踏まえた地震被害の特徴を踏まえ、体系的に行われる必要がある。例えば日本では、「道路震災対策便覧（日本道路協会）」が実質上の標準として機能している。道路構造物の種別ごとに、技術基準の変遷やわが国固有の構造と被災の特徴を分析したうえで、点検の着目点や被災度の評価方法がまとめられており、体系的かつ早急・大量の点検と被災度の評価を可能にしている。特に、今回のように広域にわたって点検と被災度の評価を早急に進めるためには多くの技術者がかかわる必要があるが、被災形態についてある程度の知識と震後点検の技能や経験が重要である。そこで、トルコとして

技術者の違いによらずある程度体系的に点検と評価が行われるようにするため、付録 5 に示す今回の被災も踏まえたマニュアルの整備や技術者教育が必要であると考えられる。わが国では、2010 年のチリ地震においても地震被害調査を行い、トルコの道路橋と類似の構造、類似の被害の情報も有しており、トルコの構造や被災の実態に即したマニュアルの作成や、講習や合同点検などを通じた現地実習の実施などの技術協力が考えられる。

- 3) 関連して、緊急に落橋防止対策を行う必要がある橋も見られた。必要に応じて、落橋防止システムの設置、炭素繊維などを用いた桁や柱の補強など材料や設計などからなる本邦技術の供与や資金協力も考えられる。また、今回は損傷が顕著でない橋でも、今回甚大な被災を受けた橋と同種の形式の橋では同様の被害を受ける可能性が高く、落橋防止対策を早急に進めることで、余震等による新たな被害が復興の足かせとならないようにすることも考えられ、本邦技術の供与や資金協力も考えられる。
- 4) トルコにおいては従来よりも被災形態が多様である可能性も考えられ、これまで応急復旧を施した経験が少ない被災形態が生じていることも考えられる。また、被災形態を見ると、構造的な特徴から原形復旧では再度の被災が懸念される。Build Back Better となるよう、日本でも取り組みが進められている、震後に早期に調査、復旧のしやすい被災形態へ誘導する耐震設計の原則を復旧設計へ導入することが必要である。
- 5) 今回のヒアリングにおいても、専門家から、短期間のうちに大きな強度を有する地震が複数回生じた 2016 年の熊本地震の存在、被災並びに国土交通省の復旧の取り組み、経験について紹介したところ、非常に関心が高かった。日本の橋、トンネルの類似の被災、復旧経験など参考にできる情報を随時提供できる体制も重要であると考えられる。場合によっては、落橋防止構造等の材料等で本邦技術も活用した本邦企業による至急の対応が求められる。
- 6) 今回は被災した地域の道路の調査にとどまっており、トルコにおける長大土木構造物の耐震性については調査ができていない。(2) に示すように長大土木構造物の耐震設計や耐震補強に対する技術支援や資金協力も考えられることから、まずはトルコにおける長大土木構造物の耐震設計や耐震補強の実施状況についての調査が必要である。

(2) 中長期

- 1) 今回の地震動の特徴からは、特に長大構造物、例えば長大橋や多径間の連続橋などの比較的周期が長く、たわみ性も高い構造物では、耐震性の検討や不足があれば耐震性能の向上が必要である。長周期地震動に対する耐震性の評価や、例えばダンパーなどを用いた制震対策と組み合わせた有効性をもつ耐震補強の実施にあたっては、本邦技術も活用した技術及び資金協力が考えられる。
- 2) また、今回の地震の経験を体系的に分析し、トルコ、日本の道路橋の設計技術の高度化に結びつける取り組みが必要である。トルコの設計実務の実態も踏まえた分析が必要であることや、今後、各種の情報を収集しながらの取り組みが必要であること、日本の道路橋示方書の設計原則の理解や本邦技術の正当な評価のためには時間をかけた継続的な働きかけが必要であるという観点からは、産学を主体とした継続的な取り組みを国が後押ししていくことが有効と考えられる。例えば以下の観点での取り組みが考えられる。
- 3) 道路橋に関しては、米国基準に基づく設計が行われており、また、米国でも用いられる

ことが多いリンクスラブを用いた床版の連続化やせん断キーの設置がされていたことなどで、結果として落橋が少なかったことが考えられる。一方で、都市内高架橋の PC 桁では桁端の大破や、高速道路の鋼桁では支点部のフランジ等の変形が見られた。トルコの道路構造物は基本的に米国基準で設計されて、落橋の防止という点では一定の機能を果たしているとも見ることができる一方、日本の目で見たときには、損傷を制御するという観点から被災実態に即した設計の導入を促進すべきと考えられる。そこで、単に米国基準によるだけでなく、トルコとして、地震後に点検や復旧をしやすいように損傷を制御するという設計原則の導入や、耐震設計の思想の確立が望まれる。また、損傷制御のための具体の設計の留意点などを両国で分析することで、トルコと日本でそれぞれ今後の設計実務の改善が期待できる。

- 4) 今回の地震では、せん断キーの破壊に伴う落橋事例や、落橋寸前に至っていると思われる橋の事例があった。地震動の強度だけでなく、強度の大きな地震が複数回連続的に発生したことも関係している可能性もある。一方で、日本の道路橋に比べて、トルコの道路橋は、桁かかり長が短いことや、フェールセーフが設置されていないことが特徴として挙げられる。したがって、日本とトルコが共同で、落橋防止システムの有効性の評価やせん断キーの設計法の改善を検討することは、トルコ、日本のそれぞれで今後の設計実務の改善が見込まれる。一方で、これを待たず、別途、今回被害を受けた橋と同種の形式の既設橋に落橋防止システムの設置を進めることを検討すべきである。
- 5) 過去にも、チリにて同種の構造で同じ様態の被害が生じていることが指摘されており、コンクリート桁橋では、端横桁がないことで桁ごとに逐次損傷を受けやすくなり、結果として上部構造の被害が拡大した可能性が高い。コンクリート桁橋はトルコにおける道路橋の標準的な構造形式の 1 つと考えられ、今後の設計に向けて被害を軽減できるような標準的なディテールが検討されるべきである。
- 6) 今回、国道 D875 号トーマ橋では設置されていたダンパーの脱落が見られた。また、高速道路 O52 号トゥルグト・オザル高架橋では衝突緩衝材と見られる部材に損傷が見られた。これらの橋がどのような設計思想や構造解析等により設計されたものであったのか、設計で意図した損傷の結果であったのか分析を行うことが必要と考えられる。その結果は、トルコ、日本の両国において、ダンパーや免震支承を用いる耐震設計の信頼性向上やダンパーや支承の性能検証法の改善に結びつくものと高く期待される。
- 7) 今回の地震は、短期間のうちに複数回の大きな強度の地震動が連続的に発生したこと、断層変位の影響が地表面に表れたとされる箇所が報告されていること、また、地震動についても長周期成分の強度が大きかったり、鉛直動の強度が大きかったりなどの報告があるなど、耐震工学的にもいくつかの着目すべき特徴がある。一方で、例えばいわゆる断層線近傍の橋やトンネルについても、被害が顕著であったものと、軽微であったものが混在している。そこで、被災、無被災の要因を分析することで、両国の耐震設計の改善点が明らかになり、両国の設計実務の高度化につながるものと高く期待される。
- 8) 今後の耐震設計や耐震補強において液状化対策をどのように考慮し、実施し得るのかについてトルコ側の関心が示された。日本の技術基準について情報提供するということがも有益と考えられる一方で、トルコの実務者の理解を得ていくためには、まずは産学間で、調査、設計、さまざまな対応方策の一連にわたっての基本的な知見に始まり、どのような情

報の共有や協力が効果的となるのかを見定めるのがよいと考えられる。

4-2-2 鉄道

(1) 短期

鉄道では壊滅的な被害を受けたとの説明があった。トルコにおいてもこれまでの被災、復旧経験はあるものの、今回ほど広域で、一度に多数の構造物を復旧することについては未知の領域であるとの声も聞かれた。復旧設計を順次進めているものの、日本での設計法や新設・復旧事例についても参考にし、改善できる面があれば随時取り入れたいという要望が聞かれた。これらのヒアリング結果からは、トルコ国鉄からの要請を受け、①今回の被害要因の分析の支援、②復旧方針に係る助言などを行う技術支援体制を構築することが考えられる。地震後の復旧設計の経験が乏しいと原形復旧がとられる可能性が高いが、再発防止も備えた本復旧となるように支援していくことが必要である。必要に応じて本邦技術の供与や資金協力を行うことが考えられる。

いずれにしても、今回は現地調査ができていないことから、まずはトルコの構造の特徴や被災の実態の調査を早急に行う必要がある。ヒアリングでは既に復旧のための設計に着手しているとのことであり、早急な現地調査が望まれる。

(2) 中長期

日本の震災における被害診断や復旧ノウハウへの関心が高い。また日本の鉄道会社にて実績があるものを参考に、被災即時モニタリングシステムなどのデジタル技術の活用を導入したいとの意向がトルコ国鉄から示された。鉄道輸送・システムの強靱化に向けたわが国の関係機関等との連携による支援が挙げられる。

4-2-3 その他

ダム、港湾などについては、今回調査の範囲からは、特筆すべき協力、支援の内容については見出されなかった。ただし、トルコ、日本ともに地震国であり、技術情報の交換を適時行うことが両国にとって有益であることは建築分野や他の土木構造物分野と同様であることに変わりはなく、ダムや港湾などについても他分野との包括的な連携のなかで協力を検討することが考えられる。

4-3 ユーティリティ

ユーティリティに関する短期及び中長期支援案を以下に記す。

調査時点で大統領府戦略予算局（Strategy and Budget Office, Presidency）が各機関から提出された復旧・復興事業を取りまとめており、またトルコ政府は独自に被害調査結果（Turkey Earthquake Recovery and Reconstruction Assessment : TERA）を取りまとめている。戦略予算局復旧・復興事業及び被害調査結果は近日中に開催されるドナー会議で公表される予定なので、以下の事業案が戦略予算局復旧・復興事業及び被害調査結果に一致していることを確認する必要がある。

また、事業の実施機関として各省庁、イラー銀行、DSI、地方自治体、地方自治体連合等、多くの機関が存在するので、5月の選挙後の動向も含めてどの機関が実施機関として適切か見極める必要がある。

4-3-1 短期

(1) 上水道網復旧支援

地中配管の閉塞・破損状況を迅速に調査し、被災者の生活再建の支援を行う。例えば超音波検査機材とオンサイト復旧の技術支援及び資金協力。今回の調査対象地域は限定的なので、全体の被害状況把握のためには早急な調査が必要である。

留意事項

- ・音響漏水探査の技術移転は熟練した専門技術が必要で定性的な面もあることから、短期間では難しい。
- ・水素の供給ができれば、管内に水素を充填しその漏洩を機械で定量的に検知可能。
- ・一部新規管＋被害なし既設管接続案は、被害なしの信頼性が不明であるため適切ではなく、全路新規敷設が望ましい。新規の管種は、**HDPE 管**（高密度ポリエチレン管）が、運搬・敷設・価格で有効。**HDPE 管**の接合は熱接合法なので、機材が簡易で技術移転も容易。
- ・大口径の管路（300mm 以上）であれば、日本の市場価格ではダクトイル管の方が安価になるはずなので、トルコの事情で選定したらよい。

(2) 下水道網復旧支援

地中配管の閉塞・破損状況を迅速に調査し、被災者の生活再建の支援を行う。例えばロボット型下水道調査カメラなどの調達とオンサイト復旧の技術支援及び資金協力。今回の調査対象地域は限定的なので、全体の被害状況把握のためには早急な調査が必要である。

留意事項

- ・管内調査には、ロボット型下水道調査カメラの他に管内用ドローンが使用可能。
- ・管内ドローンだと比較的大口径のみの調査、小口径管は管内のカメラ調査になるものと想定する。ドローン及びカメラの調査は高額・長期間必要なので、極短期の復旧、被害状況確認を目的とするならば、鏡及び管口カメラを使用した目視調査を実施するのが有効であるが、技術支援等をするほどのものではない。
- ・応急復旧としては、仮設の汚水ポンプを中継して排水していく手段あり。
- ・一部新規管＋被害なし既設管接続案は、被害なしの信頼性が不明であるため適切ではなく、全路新規敷設が望ましい。新規の管種は、耐震性のダクトイル管が有効。
- ・既存管はそのまま埋め殺しして、新たな耐震管路を敷設するのが、長期的な観点から有効。
- ・下水管は、埋設深度があり開削工法となるので、まずは周辺の瓦礫撤去と道路路線の確定が優先。

(3) 自治体連合への資機材供与

自治体連合が3月末までに取りまとめる各自治体のニーズに基づき、資機材を供与する。

留意事項

- ・自治体連合が実施機関となり得るか位置づけを確認する。
- ・ある程度調達期間が必要なため、各自治体にタイムリーに資機材供与できるか確認する。

(4) 瓦礫処理支援

瓦礫や廃棄物の処理は応急的な対応に限定されているようにうかがわれたため、ニーズの把握等の更なる調査が望ましい。

4-3-2 中長期

(1) 上水道網復旧支援

ハタイ県アンタキヤ市の上下水道網整備（既存は上水道網 480km、下水道網 500km）は、鉄管で整備されている。

アドゥヤマン県の上下水道網整備（既存は上水道網 700km、下水道網 700km）及びカフラマンマラシュ県中心部の上下水道網整備（既存は上水道網 1,200km、下水道網 1,000km）は、現在 300km の石綿セメント管が上水道に整備されている。震災前から漏水率が 55% と高かったが、被災後は 90% を超えるとの推計がある。

留意事項

- ・既存の石綿セメント管は、散水しながらバックホーで潰してそのまま埋め殺しするしかないと思われる。
- ・新規管種は、トルコや周辺調達可能国で入手可能な管種を優先するものの、耐震性・耐久性・施工性・価格から、上水管では HDPE 管、下水管ではダクタイル管もしくはヒューム管がよいと思われる。
- ・水管橋など、管路付帯構造物の復旧・復興も必要と思われる。
- ・都市計画自体の変更もされるのかと想定。その場合、小規模な給水管等は復旧の方針が立たない。主要幹線の耐震化構造を備えた更新として対象を抽出するのも一案。
- ・既存管路延長が相当量あるので、地元業者でも簡単に復旧・新設できる施設ではなく主要な部分を先に実施するのが望ましい。

(2) 災害時緊急対応計画更新

AFAD が災害時等の緊急対応計画（Türkiye Afet Müdahale Planı : TAMP）を策定している。今回の震災の経験に加えて、日本の震災への対応も含めた緊急対応計画の更新支援を行う。

4-4 地質・地盤

地質・地盤の現地調査結果から、山地と平野において条件が異なるため、山地と平野に分けて復旧・復興に向けた提言を行う。また、今回の震災を受けて、トルコ国内の他の地域で対応した方がよい事項についても言及する。

4-4-1 山地における復旧・復興

山地は基本的に表層まで堅硬な岩盤が分布するが、場所によって風化帯が厚い部分や落石対策が必要な箇所が認められた。今後、山地において建築物や土木構造物の復旧・復興を進めていくためには、以下の検討を実施することが望ましい。

(1) 資料調査及び現地踏査の実施

地盤条件（堅岩の分布や風化帯の分布状況等）を効率的に把握するために、机上で資料調

査（地形判読や地質図の確認等）及び現地踏査を実施し、対象範囲の地層構成をある程度推定したうえで、地すべり地や断層付近の岩の風化の著しい地域は回避する、あるいはこれら地質・地盤リスクを踏まえた構造とするなどの対応を検討する。資料調査等で十分に把握できなかった地質・地盤リスク要因については、後段の地盤調査において確認することとし、地盤調査で確認すべき事項、その数量などを計画することが望ましい。

（2）地盤調査（CPT やボーリング調査等）の実施

（1）の整理結果を基に CPT やボーリング調査等の地盤調査を実施する。その際、資料調査等で確認できなかった地質・地盤リスクの確認のための調査と、構造物等の設計のために必要な物性値把握のための調査の違いを意図しつつ、効率的な調査を行うことが望ましい。

特に重要な建築物や土木構造物では、大きな地質・地盤リスク要因（地すべりや風化帯の存在等）が存在する可能性がある付近において、CPT やボーリング調査により確認を行うことが望ましい。

（3）対応が必要な岩盤の分布範囲の推定

（1）、（2）の調査結果を基に建築物や土木構造物を建設するにあたり、問題となる風化帯の分布や落石対策が必要な範囲を評価し、対策方法を検討することが望ましい。

4-4-2 平野における復旧・復興

平野では建築物の地盤沈下、地すべり及び液状化が認められた。平野において、復旧・復興をする場合には、地質・地盤特性を把握し、建築物や土木構造物の支持層を把握することが最も重要である。また、平野には粘性土が分布することから、地震後に継続して発生する可能性のある地盤沈下の有無を把握することも重要であると考えられる。今後、平野において建築物や土木構造物の復旧・復興を進めていくためには、以下の検討を実施することが望ましい。

（1）支持層の把握

1) 資料調査及び現地踏査の実施

地盤条件（地すべりや軟弱層の分布等）を効率的に把握するために、机上で資料調査（地形判読や地質図の確認等）及び現地踏査を実施し、対象範囲の地層構成をある程度推定したうえで、河川後背湿地や溺れ谷、沖積堆積層などの地域はできるだけ回避する、あるいはこれら地質・地盤リスクを踏まえた構造とするなどの対応を検討する。資料調査等で十分に把握できなかった地質・地盤リスク要因については、後段の地盤調査において確認することとし、地盤調査で確認すべき事項、その数量などを計画することが望ましい。

2) 地質・地盤調査資料の収集及び追加地質・地盤調査の実施

建築物や土木構造物の支持地盤となり得る支持層を確認するために、既往地質・地盤調査資料（CPT の実施結果やボーリング調査資料等）を収集する。既往調査資料が足りない場合は、追加で地質・地盤調査（CPT、ボーリング調査、土質試験など）を実施することが望ましい。

3) 対応が必要な地盤の分布範囲の推定

（1）、（2）の調査資料収集結果を基に、建築物や土木構造物を建設するにあたり対応が

必要となる「地すべり」、「圧密沈下を起こす土層」及び「液状化対策が必要な土層」等の把握に加え支持地盤となる支持層を評価し、対策方法を検討することが望ましい。

(2) 地震後の粘性土の圧密沈下への対応

粘性土が厚く堆積する場所では、地震後に圧密沈下が継続して発生することがある。沈下量が多い場合、建築物や土木構造物に影響を与える可能性が否定できないことから、圧密沈下の有無を把握するため平野において観測地点を複数設け、継続的に観測することが望ましい。

4-4-3 今回の震災を踏まえた他地域での対応方法

今後、トルコ国内の他の地域で今回発生したような地震が発生することが想定される。今回の震災では、現地調査及びヒアリング結果から、地質・地盤に起因する被災は平野において多かったことを踏まえ以下の整理を行うことが望ましい。

(1) 既存地質調査資料の収集

公共事業などで実施するボーリング調査やCPT等の調査結果を収集し、データベース化し共有できる状況にしておくことが望ましい。

(2) 基盤岩及び支持層の把握

(1)の収集資料を基に、既に作成されている基盤岩分布に加え、地域ごとの地盤の成り立ちを踏まえた支持層となる層の分布深度を整理しておくことが望ましい。

(3) 基盤岩及び支持層と構造物の関係を整理

(2)の把握結果と建築物や土木構造物の基礎の関係を整理し、必要に応じて対策を実施することが望ましい。

4-5 社会包摂・物資

4-5-1 支援案に関する提言

【短期的支援】

(1) 救援物資の提供

「3-5-1 (3) 保健・水・衛生分野」に記載のとおり、訪問サイトの複数箇所で衛生用品（消毒液や生理用品等）や衣料（下着）の不足が指摘されていた。また、生活物資全般はあるものの、中長期的には不足が懸念されるとの指摘もあった。訪問機関によると既に外部支援の減少が始まっていることから、AFADと連携した必要な救援物資の提供は有効と考えられる。

【中長期的支援】

(1) 心理社会ケアの支援

「3-5-1 (1) 保護分野」では、今回の震災で4万5,000人以上が亡くなっており、心理社会ケア（トラウマケア）に関するニーズが非常に大きいことが明らかになった。技術支援を通じて、被災者及び被災者支援にかかわる人材への心理社会ケアの提供能力強化を支援することが必要と考えられる。わが国には震災後のトラウマケアの知見や他国への心理社会

ケアの専門家育成支援に係る実績があり、これらの知見や経験を活かして貢献できる。具体的には、心理的緊急処置（Psychological First Aid : PFA）の提供能力の強化や心理社会ケアの専門家育成、支援者に対する心理ケアの整備やセルフケア（ストレスケア）の啓発等の技術支援が挙げられる。支援対象としては、特にリスクが高いと想定される思春期の青年や彼らと接する年配者（例えば保護者やユースセンター職員等）に加えて、持続的に心理社会ケアを提供するために政府機関で心理社会ケアを担う専門家（心理学者やソーシャルワーカー等）も対象とする必要がある。

また、どの分野であれ被災者への支援活動を行う際は、活動を通じて震災のトラウマを助長しないように配慮するだけでなく、支援そのものが心理社会ケアにつながるように取り組む必要がある（例えば災害に関する知識向上や雇用可能性向上によるレジリエンス強化や将来の展望獲得等）。

（2）教育支援

「3-5-1（2）教育分野」に記載のとおり、震災前からの中退率の高さやコロナ禍による教育の遅れは、今回の震災の影響により更に悪化する可能性が高い。また今後、被災地域における教育インフラへの甚大な被害から、被災地域と非被災地域間の教育格差が大きくなることが予想される。国民教育省の今後の戦略・政策・計画及びニーズについて確認し、適宜必要な支援を行うことが重要と考えられる。わが国の知見・技術を活かした貢献としては、例えば補完教育の提供、複式学級教育に関する技術協力や耐震性の高い、避難所機能をもつ学校建設などが考えられる。

また、トルコでは今後も地震の発生が予想されることから、教育支援の際は公教育・ノンフォーマル教育問わず、防災に関するコンポーネントを組み込み、災害に関する意識啓発・知識向上を行うことが重要である。

（3）障害者支援

「3-5-1（3）保健・水・衛生分野」において、今回の震災によりトルコの障害者数は、今後確実に増加すると予想されている。わが国はこれまでさまざまな国に対して幅広い障害者支援を行ってきており、保健省や家族社会サービス省の今後の障害者支援に係る戦略・政策・計画を確認したうえで、わが国の知見・経験を活かした貢献が可能である。例えば、わが国の技術や支援実績を活かした貢献としては、機能回復に係る能力強化支援（理学療法・作業療法・義肢装具に係る人材育成や、リハビリテーションセンターの建設等）等が考えられる。また、復旧・復興計画において施設建設が行われる場合は、ユニバーサルデザインを採用する必要がある²⁰。

（4）職業訓練・生計支援

「3-5-1（5）食糧・生計分野」に既述のとおり、震災前から失業率は高かったが、今回の震災により全国的に更なる上昇が予想されている。特に雇用機会の多い非被災地域へ移動できない難民など、職業訓練により被災地域でも生計を回復する技能を身につける必要

²⁰ バリアフリー化、ユニバーサルデザインの費用は総建設費の1%前後であるが、建設後に改修する場合は費用が数倍から数十倍になると言われている。出所：JICA（2015）「課題別指針「障害と開発」

がある。わが国はこれまでさまざまな国で職業訓練支援を実施してきたことから、国民教育省やトルコ労働庁の今後の戦略・政策・計画を確認し、支援の必要な領域については、わが国の知見・経験を活かして職業訓練による被災者の技能強化を支援できる。

また、わが国のトルコへの資金協力事業に建設事業が含まれる場合は、被災者、特に難民の臨時雇用を行うことで、生計支援に貢献可能と考えられる。

4-5-2 今後の復旧・復興計画において取り入れるべき配慮事項

(1) 難民・少数民族の包摂

被災地域は難民・少数民族の多い地域であり、彼らの多くが被災した。難民・少数民族はトルコ市民と比較して脆弱な立場にあり、震災により多くを失ったことで、更に困難な状況にあると予想される。一方で、難民・少数民族のなかでも、被災者数は非常に多いが、一時保護下にあり、一定の法的保護と権利が保障されているシリア難民と、その他の難民、例えばアラビア語を話さないアフガニスタン人等の難民や、被災したトルコ南東部に多いクルド人などの少数民族等では、置かれている状況が異なり、使用言語をはじめとして多様なニーズがあることに留意する必要がある。したがって、復旧・復興計画の立案の際は、まず難民・少数民族の置かれた状況や多様なニーズ、受け入れているトルコ市民の感情をよく確認する必要がある。そのうえで、トルコ市民と難民・少数民族の分断や対立を招かぬように分け隔てせず支援を行うのは当然のこととして、支援事業がより脆弱な立場に置かれている難民・少数民族にも十分に裨益し、誰一人取り残さないように工夫する必要がある。

(2) 女性の包摂

今回の調査では、避難施設でプライバシーが確保されておらずトイレやシャワーが使いにくい、生理用品のニーズが満たされていないなど、避難施設において被災女性のニーズが十分に反映されていないことが明らかになった。東日本大震災でも同様の指摘が多くあり、女性が避難施設運営にかかわる重要性が教訓として得られている。今後、復旧・復興計画においてコンテナ村等の避難施設を対象に活動する場合は、東日本大震災から得られた教訓を基に、女性専用スペースの確保や避難所運営への女性の参画等を促すことが重要である。

また、今回の震災により新たに稼ぎ手を失った女性が世帯主である世帯への支援が必要と考えられる。JICA はこれまで災害復興事業において、技術研修を通じた女性の生計向上（フィリピン、インドネシア）や女性石工の育成を通じた復旧支援（ネパール）²¹など、女性を単に支援の必要な社会的弱者としてとらえるのではなく、復旧・復興に携わる重要なプレーヤーと位置づけて支援してきた。活動内容に関してはトルコの文脈や情報技術の活用等時代に則した内容に更新する必要があるものの、これまでに積み重ねた知見を活かして復旧・復興事業を通じた女性のエンパワメントに貢献が可能と考えられる。

(3) 被災地域への影響、地域間格差

被災地域への影響は甚大であるが、非被災地域にも既に 197 万人以上が流入しており多方面に影響が出ると予想されることから、被災者を受け入れている地域への支援も必要である。

²¹ JICA（2023）「JICA 事業におけるジェンダー主流化のための手引き【防災】」

復旧・復興計画においては、非被災地域の状況も的確に把握したうえで計画を立案する必要がある。

また、「2-5-4 調査の制限」に既述のとおり、本調査の調査サイトは主に県事務所や社会サービス施設のある都市部及び被災者の多いテント村・コンテナ村が中心であり、地方やテント村から遠く離れた被災地の現状については調査できていない。地方は政府等支援機関の支援が十分に届いていない、または都市部とは状況が大きく異なる可能性があり、支援計画の立案前に十分な調査が必要である。

(4) 中長期的な社会変化の予想に基づく復旧・復興計画

カフラマンマラシュ県の調査では、地方の高齢化と震災による一層の人口減少による懸念が指摘された。また、とりわけ被害の大きかった地域では、移動可能なトルコ市民は非被災地域に移動し、発災前より難民の割合が非常に高くなっていると予想される地域もある。今後の長期的な人口移動とその影響については判断が容易ではないものの、震災前から続く人口動向及び震災による新たな影響が復旧・復興に大きな影響を及ぼすと予想されることから、計画立案の際は震災前の状態に戻すことをめざすのではなく、中長期的な社会変化をある程度予想したうえで復旧・復興計画を検討する必要がある。

付 録

1. 地震に関する情報
2. トルコにおける被災判定システム
3. 国内の主要大学における保有実験施設
4. 主要面会リスト
5. 現地調査した道路構造物
6. トルコ政府への提言

1. 地震に関する情報

本震及び最大余震（2023年3月27日現在）の情報を記載する。なお、これらの情報はUSGS^{1,2}による暫定的な情報であり今後変更になる可能性がある。この付録1では、両地震をそれぞれ本震及び最大余震と呼ぶ。

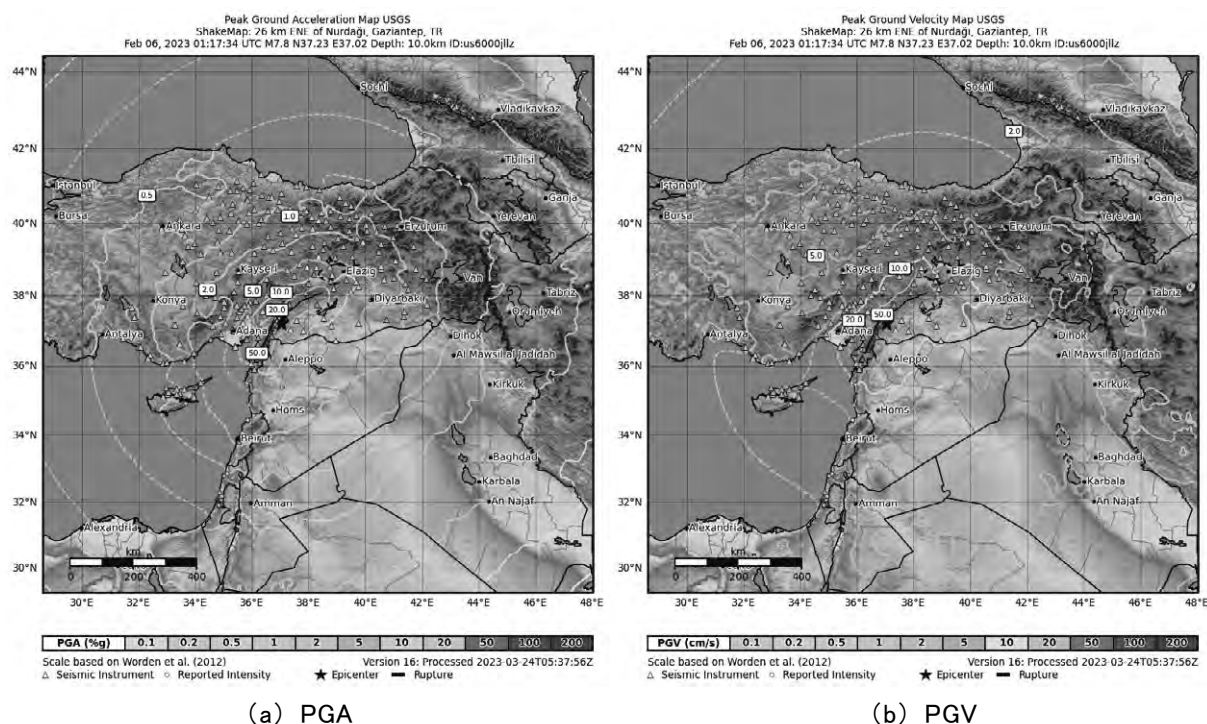
本震：

発生日時¹：2023年2月6日 04：17：35（トルコ時間） 01：17：35（UTC）

震源（震央）位置¹：北緯37.166度 東経37.042度

震源の深さ¹：17.9km

モーメントマグニチュード¹：Mw 7.8



出所：AFAD 資料

図1－1 本震の最大加速度、最大速度分布²

最大余震：

発生日時²：2023年2月6日 13：24：49（トルコ時間） 10：24：49（UTC）

震源（震央）位置²：北緯38.024度 東経37.203度

震源の深さ²：10.0km

モーメントマグニチュード²：Mw 7.5

¹ United States Geological Survey, USA

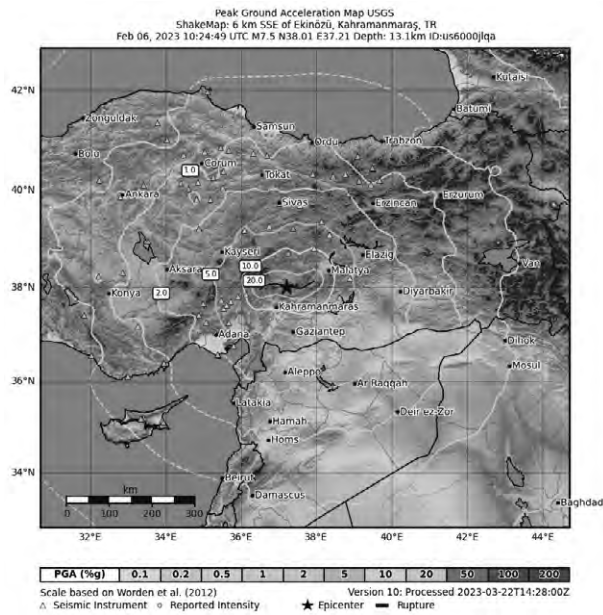
本震：<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/executive>（2023/3/27 閲覧）

最大余震：<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/executive>（2023/3/27 閲覧）

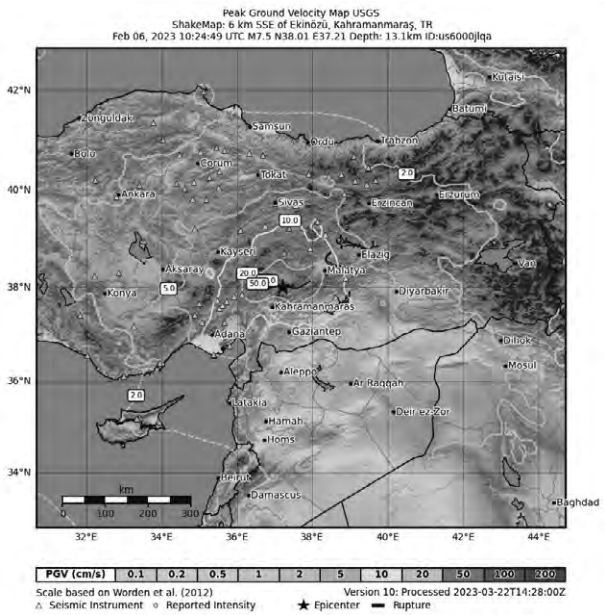
² United States Geological Survey, USA

本震：<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/shakemap/>（2023/3/27 閲覧）

最大余震：<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/shakemap/>（2023/3/27 閲覧）



(a) PGA



(b) PGV

出所：AFAD 資料

図 1－2 最大余震の最大加速度、最大速度分布²

2. トルコにおける被災判定システム

トルコにおける被災判定システムは、「Hasar Tespit (損害査定)」と呼ばれており、環境省が2011年のVan地震の後から開発し、運用しているものである。このシステムは、図2-1のようなタブレット端末を持った環境省の調査員が建築物を調査して損害査定を実施する。各端末は、インターネットを用いて建築物データベースのあるサーバと接続しているため、各調査員が端末に表示された地図〔図2-1 (a)〕から建築物を選択すると、登録されている建築物のデータ（建設年など）を読み込むことができる。調査員は、被害のあった建築物の調査を行い、登録されていないデータを補間入力や、損害査定結果（崩壊、大破、中破、小破、無被害）を入力する〔図2-1 (b)〕。損害査定では、非構造部材と構造部材の被害をそれぞれ判定する。調査員は原則として2人1組で実施し、少なくとも1人は建築士などの専門家である。これらの損害査定結果を、調査員がインターネットを用いてサーバにアップロードすることで、損害査定結果が自動で集計される仕組みとなっている（図2-2）。政府の運用する電子ポータルサイトにおいて該当建築物の住所を入力すると、その建築物の損害査定結果を確認することができる。損害査定決定後、一定期間の異議申し立て期間が与えられる。その期間の間に建築物の所有者は、異議申し立てを行うことで再調査を依頼することができる。



(a) 端末に表示された地図

(b) 入力画面

出所：調査団撮影

図2-1 損害査定のためのタブレット端末



出所：調査団撮影

上から、
総数、崩壊、大破、
中破、小破、無被害

左から、棟数、
所有者数、住宅戸数

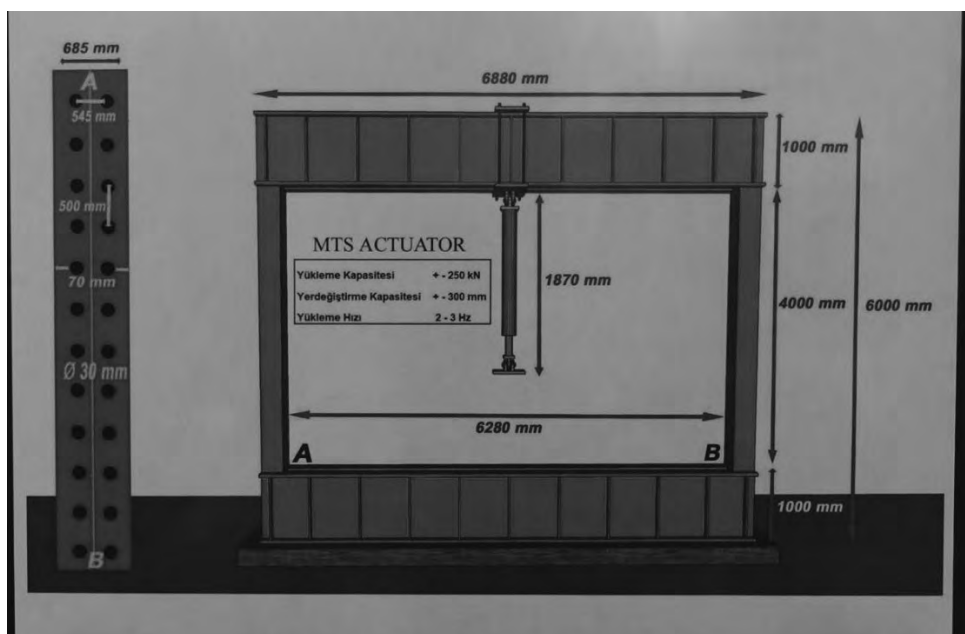
図 2－2 ギョルバシュ市の損害査定結果（3 月 9 日時点）

上記の調査は被害のあった 11 件のすべての建築物にて実施されるところであり、地震発災後 1 カ月後の時点で、被災地の建築物の約 90% 程度の判定が終わっており、地域によっては異議申し立て期間に移行しつつあるところもあった。通常地震被害であれば、建築物の所有者の依頼によって調査が実施される仕組みであったが、今回の地震は大規模だったため、被災地内のすべての建築物を悉皆的に調査されているところである。損害査定の結果は、その後の金銭的補助のための情報としても利用されるところである。

3. 国内の主要大学における保有実験施設

(1) イスタンブール工科大学 (İstanbul Teknik Üniversitesi)

イスタンブール工科大学が保有する構造実験施設を図3-1～図3-2に示す。図3-3のように、鉛直250kNアクチュエータを備えた自己釣り合いフレーム载荷装置を示す。また、図3-2のように、反力壁と反力床、水平500kN ジャッキを備えた载荷装置を示す。



出所：調査団撮影

図3-1 自己釣り合い载荷装置



出所：調査団撮影

図3-2 反力壁と反力床を用いた载荷装置

(2) 中東工科大学 (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

中東工科大学が保有する構造実験施設を図 3-3 に示す。図のように、反力壁と反力床、水平 1500kN ジャッキを備えた載荷装置を示す。



出所：調査団撮影

図 3-3 反力壁と反力床を用いた載荷装置

4. 主要面会リスト

- (1) 環境都市気候変動省
 - ・ Fatma VARANK, Deputy Minister
 - ・ Banu ASLAN, General Manager of Construction Affairs
 - ・ Murat AKINBINGOL, Deputy General Manager of Construction Affairs
 - ・ Ahmet BEKTAS, Deputy General Manager of Spatial Planning
 - ・ Irsade AYDOGDU GURBUZ, Head of Department
 - ・ Serkan GENC, City Planner
 - ・ Esra DEMIRAYAK, Civil Engineer
 - ・ Seda KOSE SARI, Geological Engineer
 - ・ Osman ARISAL, Kahramanmaras Provincial Director
- (2) イルラー銀行（アンタキヤ仮設事務所）
 - ・ Ms. Zeynep Meral GUL, Acting Director of Construction Applications
 - ・ Mr. M. Ferit YUKSEL, Regional Director, Regional Directorate of Istanbul
- (3) 運輸インフラ省道路総局（KGM）
 - ・ Tamer Demir, Director of Motorway
 - ・ Osman Secil, Maintenance and Operation Branch Manager, Department of Business Association
- (4) 運輸インフラ省インフラ投資総局（AYGM）
 - ・ Ismail Ayhan, Head of Department,
- (5) トルコ国鉄（TCDD）
 - ・ Fatih URESIN, Railway Maintenance Department
 - ・ Andrew Losos, Senior Sustainable Transport Specialist, World Bank
- (6) 農業森林省国家水利庁（DSI）
 - ・ Ahmet Volkan GUNGOREN, Deputy Director General, Directorate General for European Union and Foreign Relation
- (7) 産業科学省トルコ科学技術研究会議（TUBITAK Marmara Research Center : MAM）
 - ・ Dr. Erhan Ilkmen, Earth Sciences Research Group
 - ・ Assoc. Prof. Dr. Mehmet ERGIN, Earth Sciences Research Group
 - ・ Dr. Ahmet OKELER, Earth Sciences Research Group
 - ・ Tuba BUDAK DUHBAI, Circular Economy and Resource Efficiency
 - ・ Dr. Ozgur DOGAN, Circular Economy and Resource Efficiency
 - ・ Assoc. Prof. Dr. Ahmet BABAN, Water Management and Treatment Technologies Research Group
 - ・ Assoc. Prof. Dr. Selda MURAT HOCAOGLU, Water Management and Treatment Technologies Research Group
- (8) エネルギー天然資源省
- (9) トルコ国営パイプライン会社（BOTAS）
- (10) トルコ発電公社（EUAS）
- (11) 家族社会サービス省
 - ・ ムスタファ イルディリム ガジアンテップ県事務所代表
 - ・ ナシ イルマズ 社会サービスセンター長（ヌルダー）

- (12) 青年スポーツ省
 - ・ ハムディ シカク 大臣アドバイザー
 - ・ ヒリミ モログル (ヌルダー区) ユースセンター長
 - ・ セミル ボス カフラマンマラシュ県事務所代表
- (13) 自治体連合 (UMT)
 - ・ Kayhan Ozum, Deputy Secretary General
 - ・ Ramazan Ozcan Yildirim, Deputy Secretary General
- (14) イスタンブール工科大学
 - ・ Prof. Mikdat Kadioglu
 - ・ Asst. Prof. Fatih Sutcu
 - ・ Asst. Prof. Caglar Goksu Akkaya
 - ・ Dr. Gem Demir
- (15) 中東工科大学
- (16) アドゥヤマン市
 - ・ ラマダン 副市長
 - ・ アブドラ・ゴクス ソーシャルサービスセンター長
- (17) アドゥヤマン県水道局 (ASKIM)
 - ・ Mr. Abdullah Gazi FIRAT
- (18) アドゥヤマンユースセンター
 - ・ エイハン・テキン センター長
- (19) イスケンデルン市アルスーズ ユースキャンプ場
 - ・ Eyup Seker キャンプマネジャー
- (20) イスケンデルン市ユースセンター
 - ・ アハメット ケスキン ユースセンター長
- (21) カフラマンマラシュ水道公社 (KASKI)
 - ・ Mr. Mustafa Altunok, Deputy Director
- (22) カフラマンマラシュユースセンター
 - ・ バヤン タスデミル センター長
- (23) ガジアンテップ・ユースセンター
 - ・ アリ・グユル ユースセンター長
- (24) ギョルバシュ郡調整センター
 - ・ Numan HATIPOGLU, Coordination governor
- (25) Hayata Destek (難民支援 NGO。名称はトルコ語で Support Life の意味)
 - ・ アブドゥラハム・カヤ ソーシャルワーカー
 - ・ アブドゥラ・オストブラク ソーシャルワーカー
- (26) MSYD-ASRA ロジスティックセンター
 - ・ Veysel Ayhan ディレクター
- (27) 国際医療救援隊協会
 - ・ トウライ・アクグン 会長
- (28) 国連災害評価調整チーム (UNDAC)

- Jessica Jordan Davila, Team Leader
- (29) 国連難民高等弁務官事務所（UNHCR）アンカラ事務所
 - Ms. Yuka Hasegawa, Assistant Representative for Operations
 - Ms. Jana Mason, Senior External Relations Officer
- (30) 国連児童基金（UNICEF）アンカラ事務所
 - James Gray, Chief of Child Protection
- (31) 世界銀行アンカラオフィス
 - Alanna L. Simpson, Senior Disaster Risk Management Specialist
 - Tafadzwa I. Dube, Senior Disaster Risk Management Specialist
- (32) IHI Corporation Istanbul Representative Office
 - 西堀研 Chief Representative
- (33) 伊藤忠商事株式会社イスタンブール支店
 - 中西利博 所長
- (34) 日本工営株式会社 Istanbul Representative Office
 - 福岡秀一 Chief Regional Representative
- (35) 丸紅トルコ
 - 山口茂 代表
- (36) 三菱商事
 - 坂本恭典 トルコ総代表
- (37) トルコ住友商事会社
 - 天野寛教 社長
- (38) Hazama Ando corporation Turkiye Office
 - 森脇義則 General Manager
- (39) Kawakin Core-Tech Co., Ltd.
 - Tolga Onal Project Coordinator, International Department
- (40) Maeda Corporation
 - Taner ATICI
- (41) 外務省
 - 山田賢司 副大臣
 - 山本英昭 中東アフリカ局中東第一課 上席専門官
- (42) 在トルコ日本国大使館
 - 鈴木量博 特命全権大使
 - 渡辺信彦 参事官
 - 星野龍一郎 二等書記官
- (43) JICA トルコ事務所
 - 田中優子 所長
 - 山崎潤 次長
 - 高田有一郎 所員
 - 齋藤友理香 所員
 - 沢田佳子 企画調査員

- ・ 山口南 企画調査員
- ・ Emin Ozdamar 元ナショナルスタッフ

5. 現地調査した道路構造物

図5-1に示すように、現地調査箇所は3方面に分類できる。限られた時間であったため、本震、余震の震源に近い付近を選んだ。



出所：Google Maps より調査団作成

図5-1 現地調査を行った道路構造物の位置

付録 5-1 アンタキヤ市内及びハタイ空港道路

(1) D817 アンタキヤ市サライケント近辺の高架橋

①調査日 2023 年 3 月 10 日

②所在地 図 5 - 2 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5 - 2 位置

③全景

図 5 - 3 に示すように、上下線に分かれた構造になっている。コンクリート I 桁の橋であり、床版が連続化されている構造と考えられる。端横桁は設置されていない。



出所：調査団撮影

図 5 - 3 全景

④各部の状態

・南側橋台

図5-4に示すように、桁端が損傷している。桁が橋台に衝突し、損傷したものと考えられる。桁の鉄筋位置より内部のコアコンクリートも損傷している。また、せん断キーの損傷が見られ、一部は桁下に落下している。



出所：調査団撮影

図5-4 観察された損傷の例

・橋脚

目視した範囲ではすべての橋脚でせん断キー、リンクスラブ、桁端の損傷が見られる（図5－5）。見た範囲では橋脚柱に損傷は見られなかった（図5－6）。



出所：調査団撮影

図5－5 観察された損傷の例



出所：調査団撮影

図 5－6 観察された損傷の例

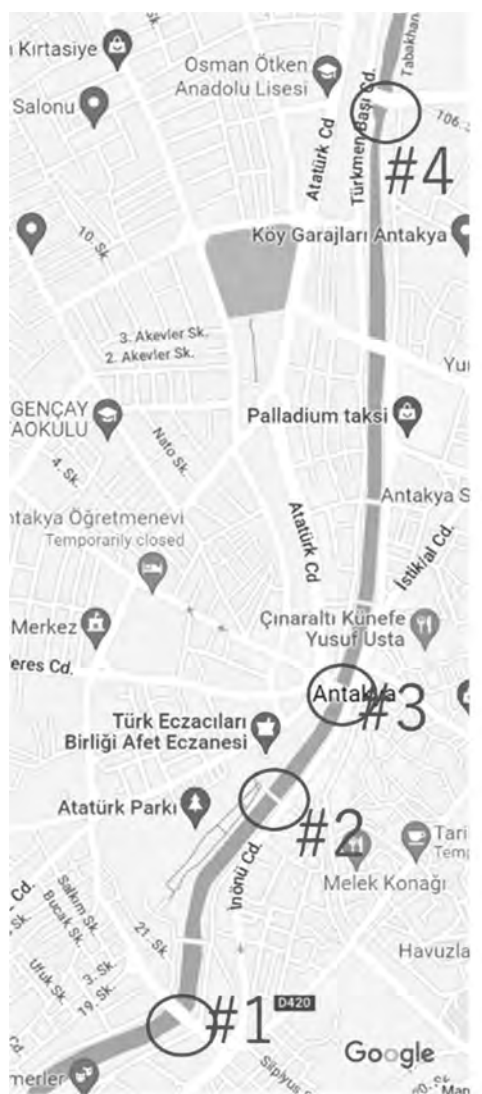
⑤備考

移動中の車内からの目視であるが、同市内の D817 の別の高架橋（同形式）においても、橋台上の桁端や橋脚せん断キーの損傷が観察された。

(2) その他市内の道路や橋

①調査日 2023 年 3 月 10 日

②所在地 図 5－7 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－7 位置

近接での調査はできていないので状態は定かではない。

・ 橋梁#1 メメット・イエログル (Mehmet Yeloğlu) 橋 (図 5 - 8)



出所：調査団撮影

図 5 - 8 橋梁#1

・ 橋梁#1 近傍の橋や道路 (図 5 - 9)



出所：調査団撮影

図 5 - 9 橋梁#1 近傍の橋や道路

・ 橋梁#2 (図 5 - 10)



出所：調査団撮影

図 5 - 10 橋梁#2

・橋梁#3 アタ（Ata）橋

連続の鋼桁のようにも見え、支間も短い。支承周りの状態は定かではない（図5-11）。



出所：調査団撮影

図5-11 橋梁#3

橋台背後の路面にひび割れが生じている（図5-12）。周辺の建物は崩れている。



出所：調査団撮影

図5-12 橋梁#3

掘込河川であり、河川沿いの道路の歩道は張り出し構造である（図5-13）。なお、コンクリート埋め込み部では点検が難しいなど、維持管理は必ずしも容易ではない構造と考えられる。



出所：調査団撮影

図5-13 橋梁#3

- ・ 橋梁#4 ベキール・カラバカク (Bekir Karabakak) 橋
コンクリート橋である。工事車両が多数通行していた (図 5-14)。



出所：調査団撮影

図 5-14 橋梁#4

図 5-15 に示すように、上流側 (写真左) でせん断キーに近接する部分の桁においてコンクリートのひび割れ・浮きが見られる。下流側 (写真右) では桁とせん断キーの間に隙間が生じている。地震で上部構造が横移動したことが考えられる。また、メナーゼヒンジ支承で橋脚と桁が接合されているとすれば、桁のコンクリートの浮き、ひび割れは、桁とせん断キーの接触によるだけでなく、メナーゼヒンジ鉄筋の伸びだしなどにより桁内部で損傷が広がっていることの現れである可能性も疑われる。多数通行している工事車両や余震の影響により損傷が進行する可能性もあることから、詳細な調査を行うべきと考えられる。



出所：調査団撮影

図 5-15 橋梁#4

橋台背後の地盤が前面に移動し、下がったことが疑われる（図5-16）。



出所：調査団撮影

図5-16 橋梁#4

橋面の植栽が倒れている。周辺の建物には崩壊したものも見られる（図5-17）。

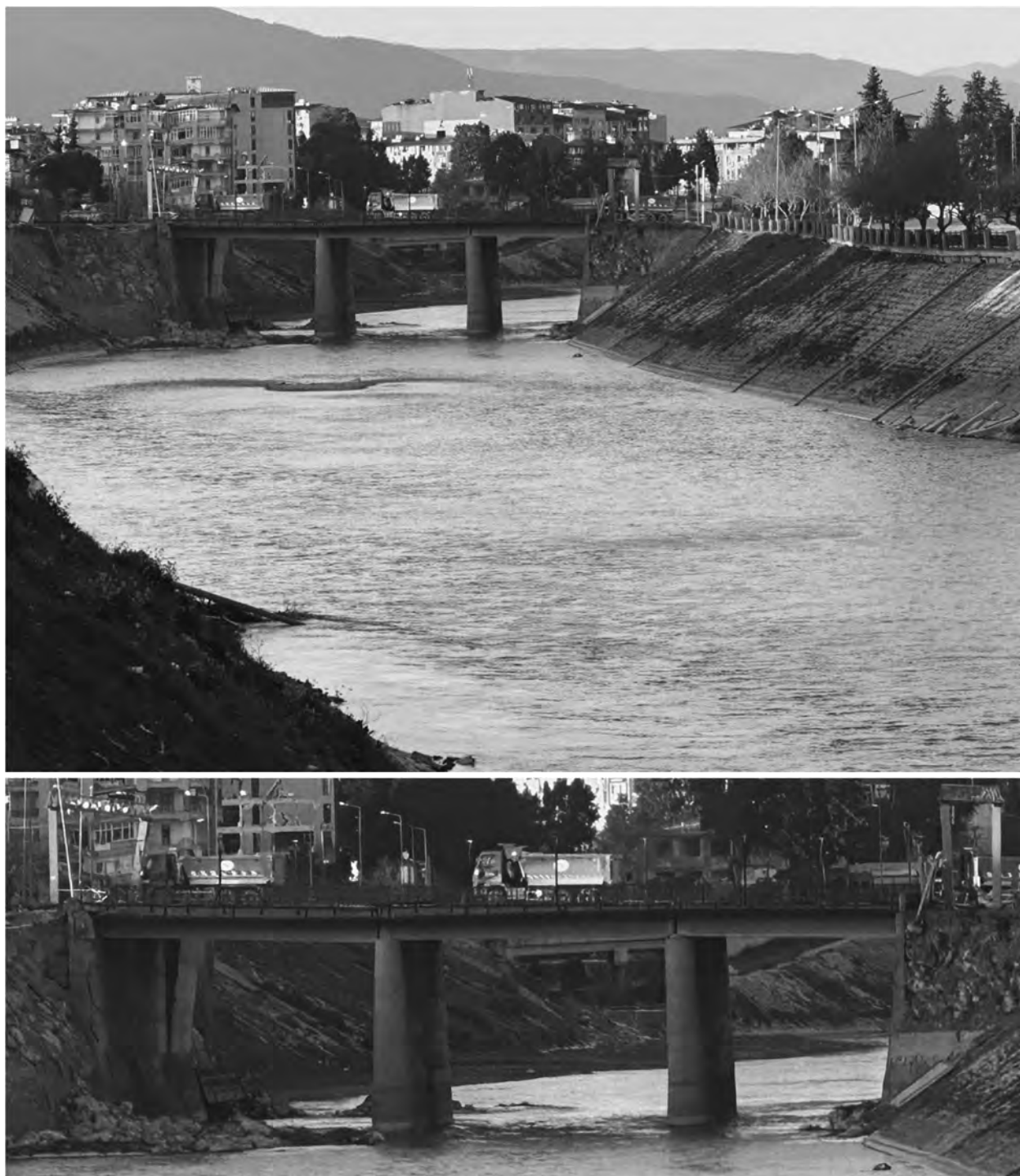


出所：調査団撮影

図5-17 橋梁#4

・ 橋梁#4 から撮影した別の橋（図 5－18）。

単純桁と考えられる。写真右側の橋台では、側面の盛り土が崩れているようにも見える。桁の線形、支承の損傷などが懸念されるが、時間・工程が理由で調査を行うことができなかった。がれき撤去のためと思われる工事車両が多数通行していた。



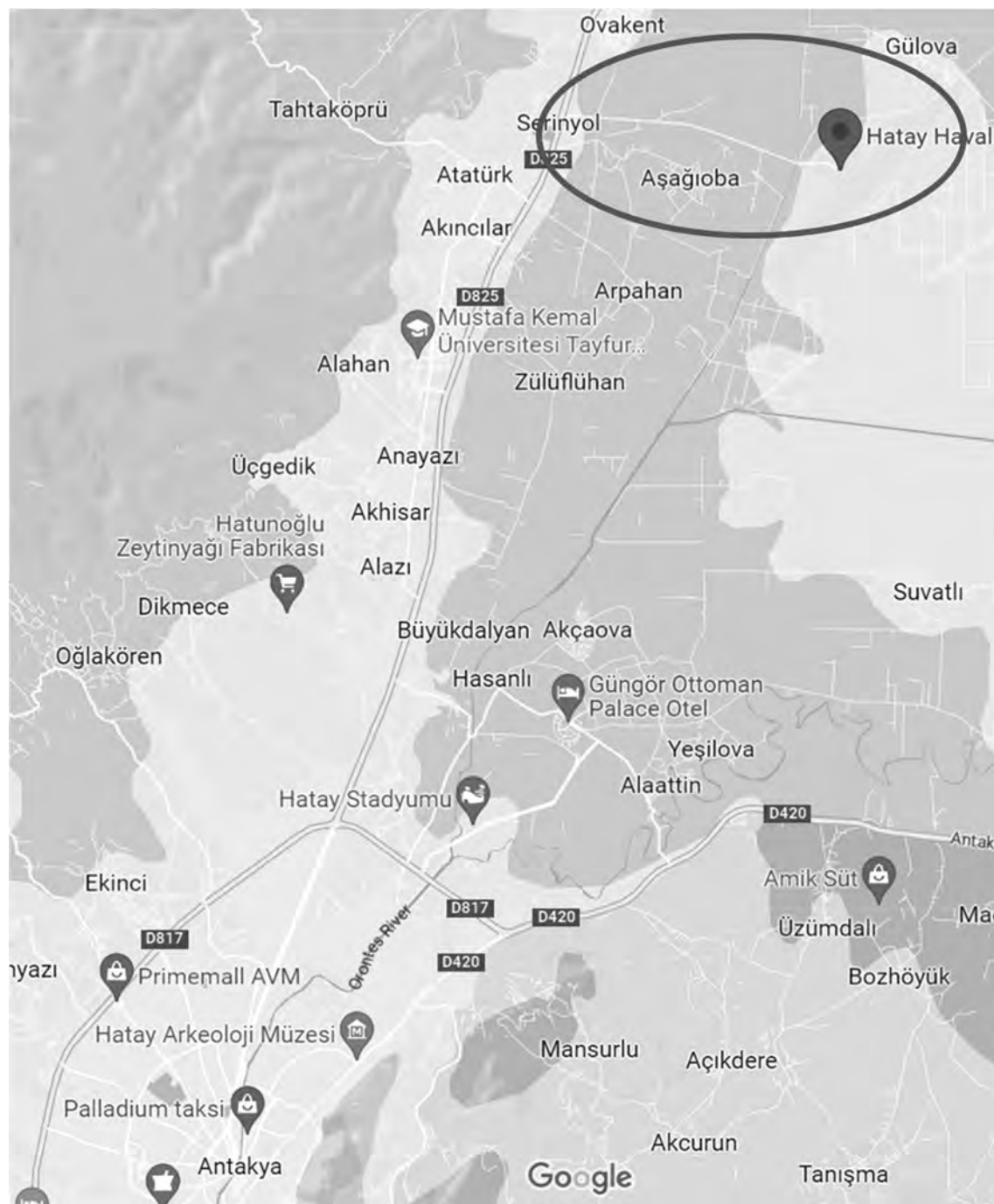
出所：調査団撮影

図 5－18 橋梁#4 から撮影した別の橋

(3) ハタイ空港及びハタイ空港道路

①調査日 2023 年 3 月 10 日

②所在地 図 5－19 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－19 位置

図5-20に示すように、複数個所で路面にひび割れが生じ、補修されている。横断する構造との関係も疑われ、周囲も確認したが、確認した範囲では水路等は見られなかった。路面に損傷が見られない区間もある。



出所：調査団撮影

図5-20 観察された損傷の例

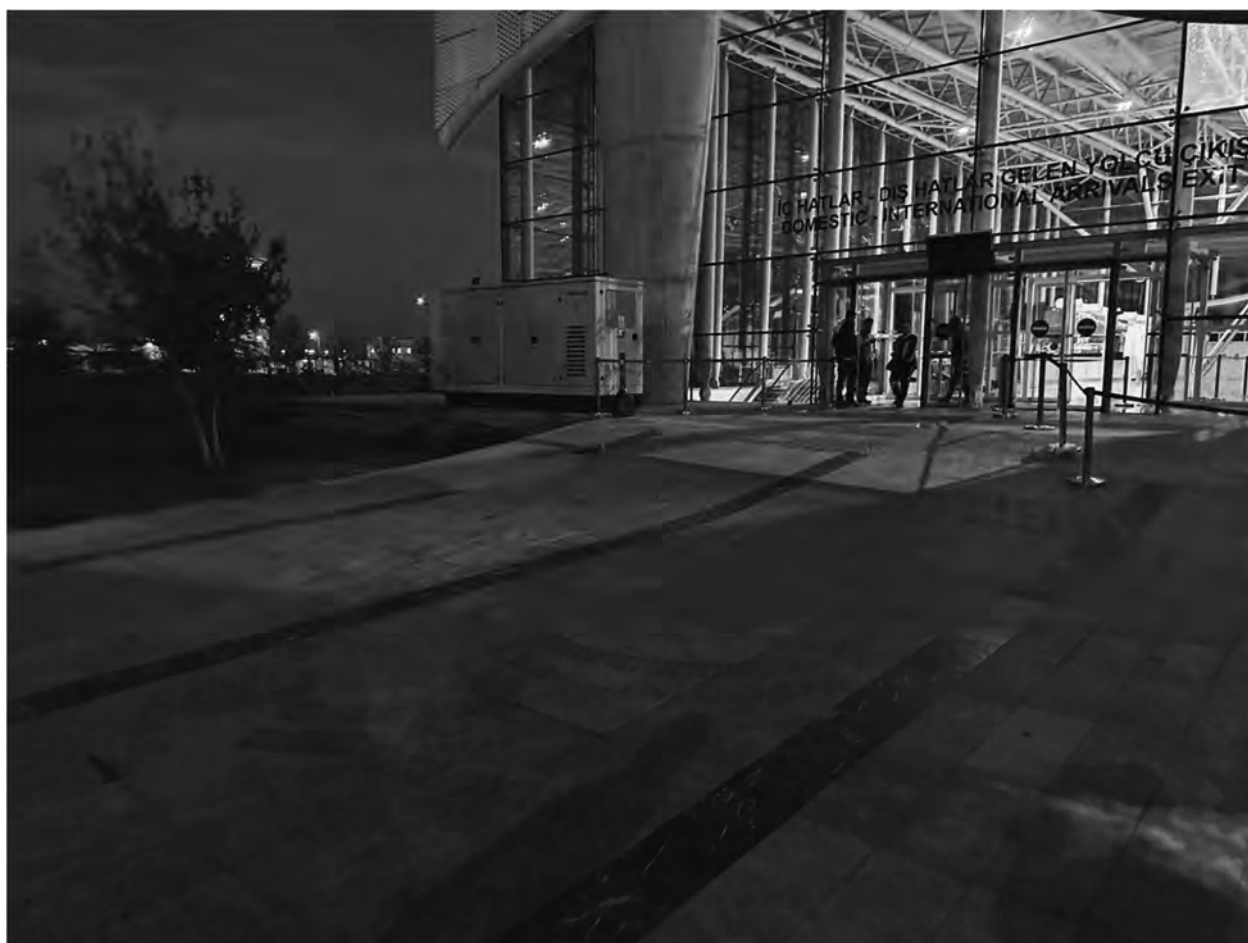
比較的広範囲に舗装が修復された箇所も見られた。また、復旧のためのボーリング調査が行われていた。粘性土層が堆積している様子が見られる（図5-21）。



出所：調査団撮影

図5-21 観察された損傷の例

ハタイ空港ターミナルでは、建物周辺の地盤が下がっていた（図 5－22）。



出所：調査団撮影

図 5－22 観察された地盤面の低下の例

付録 5-2 落橋事例（開通前の国道（ヌルダー市郊外））

①調査日 2023 年 3 月 10 日

②所在地 図 5 -23 参照のこと

ヌルダー市街からハタイ県アンタキヤ市方面に向かう D825 を跨ぐ歩道橋である。道路はまだ建設中のものと思われる。なお、写真右の N-S-E-W は、以後の説明のために便宜的に東西南北を入れたものである。



出所：Google Earth より調査団作成

図 5 -23 位置

③全景

4 車線の道路を跨ぐ橋である（図 5 -24）。落下した上部構造は既に撤去され、西側橋台の南側に置かれていた（図 5 -25）。斜角を有する単径間のコンクリート桁橋であったと思われる。



出所：調査団撮影

図 5 -24 全景



出所：調査団撮影

图 5 - 25 全景

④各部の状態

・東側橋台

向かって左側のせん断キーが破壊している一方で、向かって右側のせん断キーやパラペットには桁が接触した痕跡は見られない(図5-26)。鈍角側の桁脱落時に橋台に生じた擦過痕及びコンクリートの剥落が見られる。支承の一部として使われていたゴムパッドが見える。破壊してしまったせいなのか元からなかったのかは定かではないが、桁間のせん断キーは見えない。

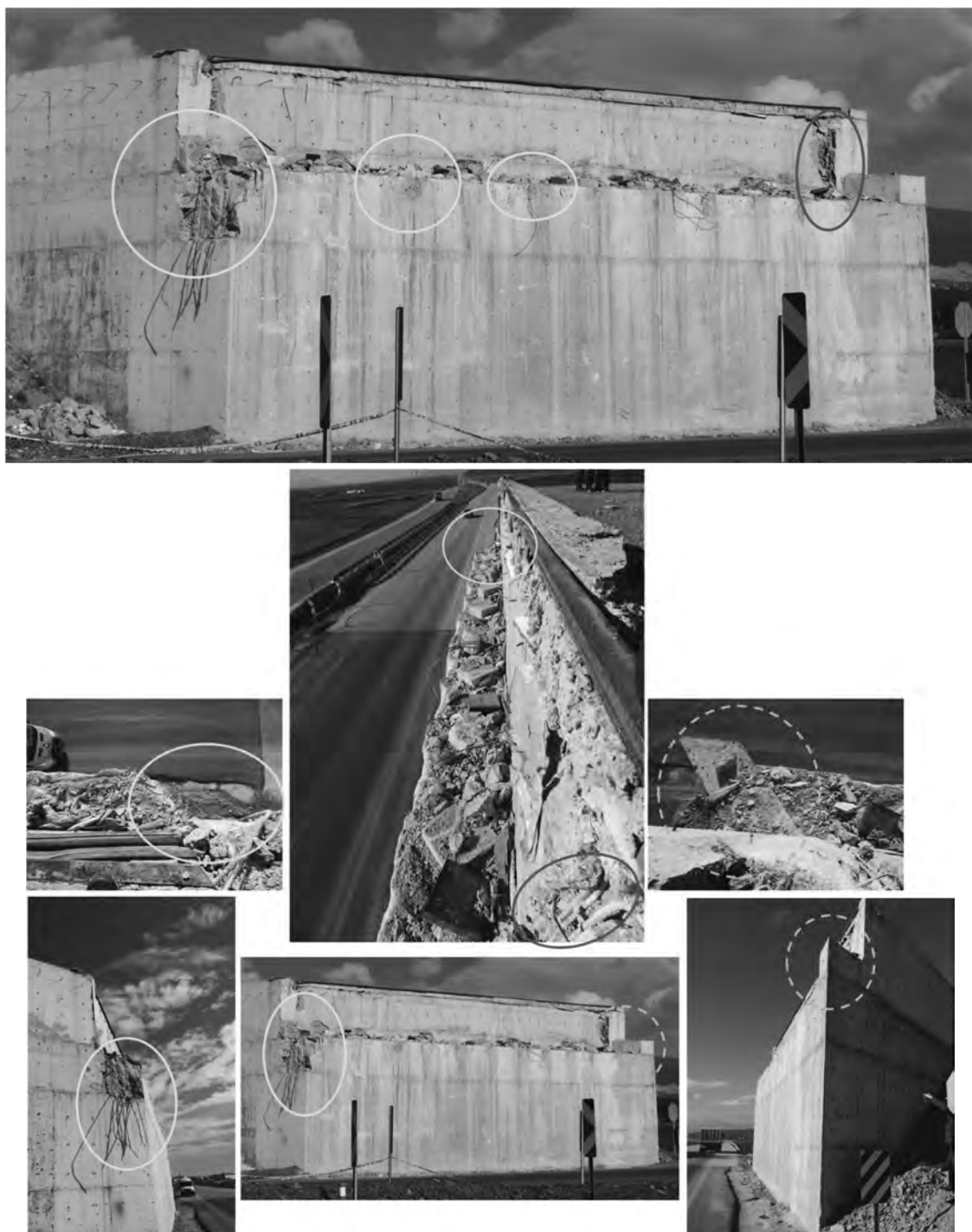


出所：調査団撮影

図5-26 観察された損傷の例

・西側橋台

向かって左側のせん断キーが破壊し、橋座前面側に桁脱落時のものと思われる擦過痕が見られる(図5-27)。向かって右側のせん断キーに桁が接触した様子は見られないが、パラペットに桁が接触したものと思われる、コンクリートの剥離と鉄筋の露出が見られる。橋座には支承台座またはせん断キーと思われるコンクリートブロックと支承の一部と思われるゴムのブロックが見られる。



出所：調査団撮影

図5-27 観察された損傷の例

・東西の橋台の橋座の状態の比較

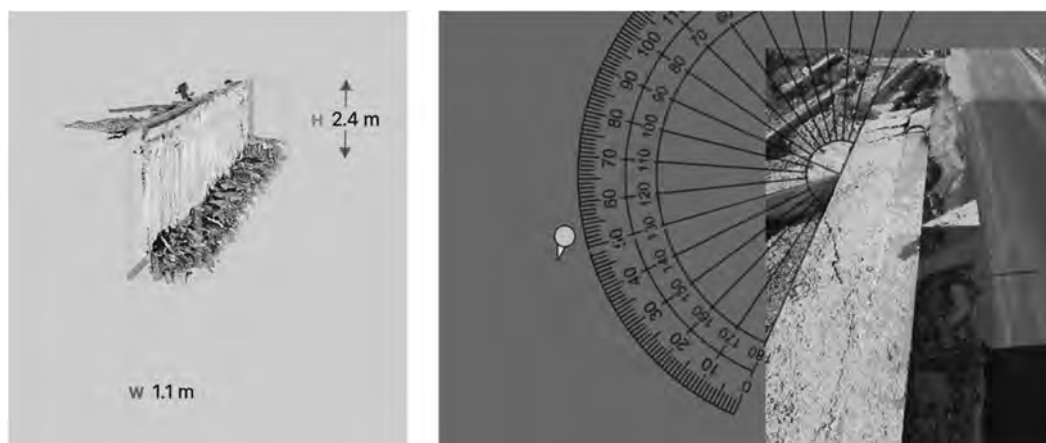
西側の方は台座またはせん断キーと見られるコンクリートブロックやゴムの塊が残っているように見えるが、桁撤去工事が行われたこともあるなど、被災直後の状態のままなのかは不明である（図5-28）。



出所：調査団撮影

図5-28 観察された損傷の例

西側の橋台については、写真からは、パラペットから橋座縁端までの長さはおおよそ 1.1m 程度と推定される（図5-29）。また、正対した写真ではないが、写真からは斜角は 50 度程度と推定される（図5-29）。



出所：調査団撮影

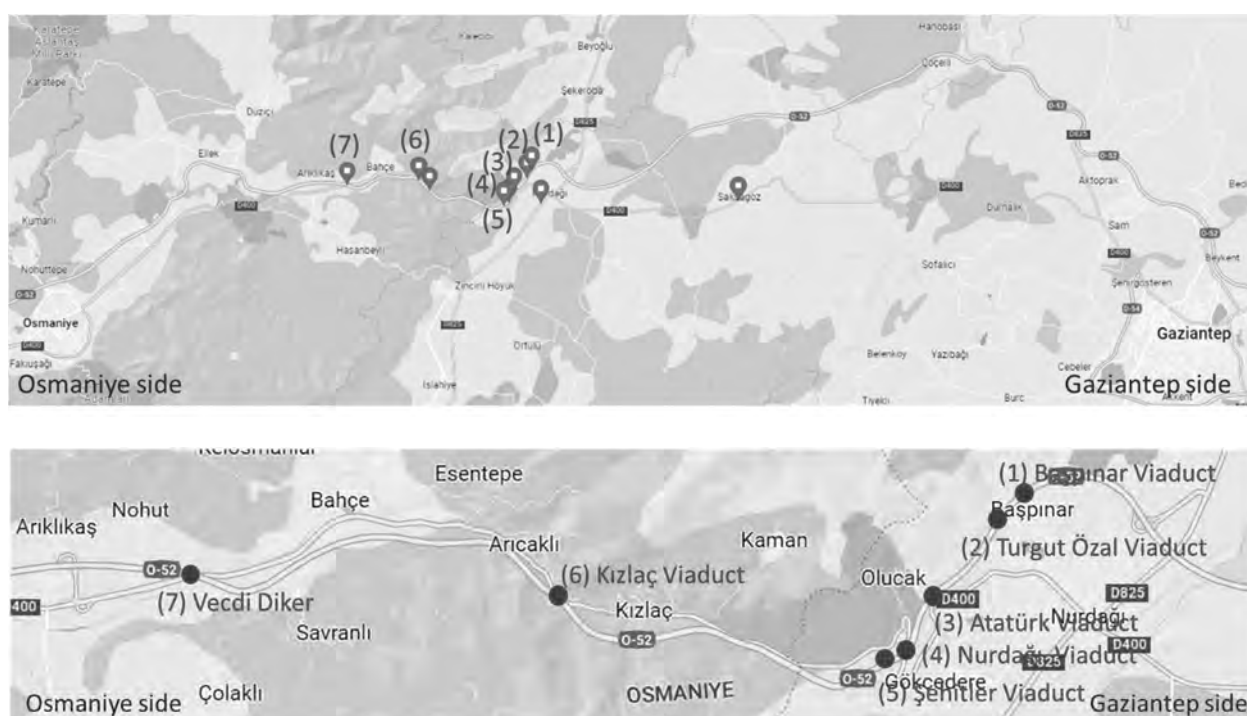
図5-29 計測結果

付録 5-3 タルスス-アダナ-ガジアンテップ（Tarsus-Adana-Gaziantep）高速道路（O52）パーチェ（Bahçe）料金所・コムラー（Kömürler）料金所間の高架橋

図 5-30 に調査を行った橋梁の位置を示す。高速道路 O52 上の橋梁を調査した。ヌルダー市から北上した方向にある（1）～（5）の橋がいわゆる断層帯状に位置する橋にあたる。（5）と（6）の間には山岳部・トンネルがある。（1）～（7）の橋梁名は以下のとおりである。

- （1）高速道路 O52 号 バスピナル（Başpınar）高架橋
- （2）高速道路 O52 号 トウルグト・オザル高架橋
- （3）高速道路 O52 号 アタテュルク（Atatürk）高架橋
- （4）高速道路 O52 号 ヌルダー高架橋
- （5）高速道路 O52 号 セイトラー（Şehitler）高架橋
- （6）高速道路 O52 号 キズラック（Kızlaç）高架橋
- （7）高速道路 O52 号 ベクディ・ディカー（Vecdi Diker）高架橋

橋面からの調査はしておらず、橋の下からの目視調査である。



出所：Google Maps より調査団作成

図 5-30 位置

(1) 高速道路 O52 号 バスピナル高架橋

①調査日 2023 年 3 月 11 日

調査日には速度規制が敷かれていた。

②所在地 図 5－31 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－31 位置

③全景

逆台形断面を有する PC 桁（Concrete Tub girder）からなる桁橋と思われる（図 5－32）。桁は連続していないが、リンクスラブにより床版は連続化されているものと考えられる。高さの異なる橋脚からなる多径間の橋である。調査は、谷部からガジアンテップ側にかけて行った。



出所：調査団撮影

図 5－32 全景

④各部の状態

リンクスラブの損傷が見られ、リンクスラブから落下してきたものと思われるコンクリート塊が地面に散見された（図5-33）。



出所：調査団撮影

図5-33 観察された損傷の例

比較的橋脚高の高い、谷部の橋脚の基部に、表面コンクリートの軽微な剥離が見られた（図5-34）。



出所：調査団撮影

図5-34 観察された損傷の例

ガジアンテップ側橋台と上部構造が衝突した形跡がある（図 5－35）。速度規制が敷かれている。



出所：調査団撮影

図 5－35 観察された損傷の例

(2) 高速道路 O52 号 トウルグト・オザル高架橋

①調査日 2023 年 3 月 11 日

調査日には速度規制が敷かれていた。

②所在地 図 5－36 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－36 位置

③全景

調査は谷部からガジアンテップ側にかけて行った。図 5－37 に示すように、鋼箱桁からなる連続橋と思われる。鋼材は耐候性鋼と思われる。



出所：調査団撮影

図 5－37 全景

④各部の状態

斜面上の橋脚の基部において、表面コンクリートの剥離が見られた（図5-38）。



出所：調査団撮影

図5-38 観察された損傷の例

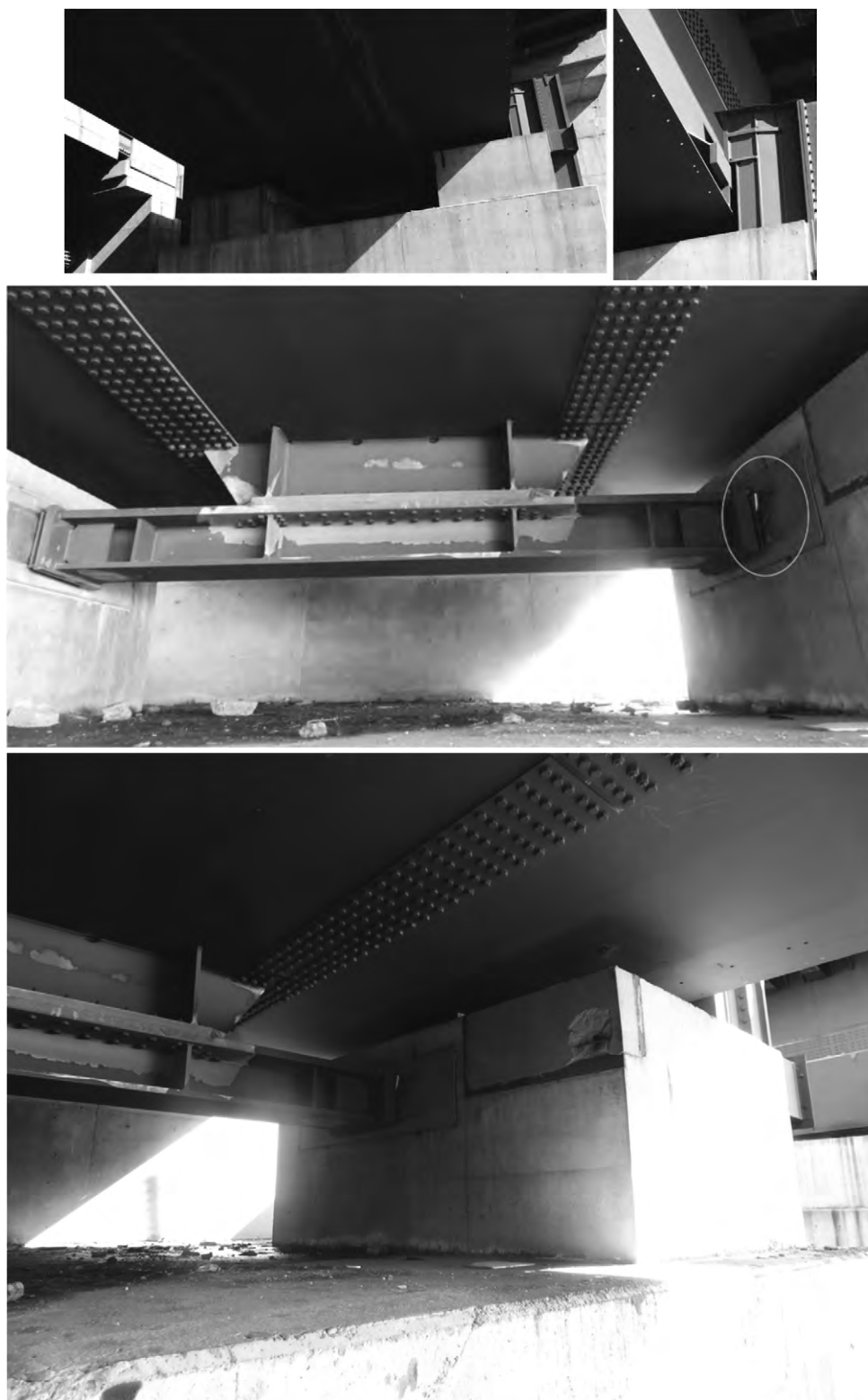
図 5－39 に示すように、ガジアンテップ側橋台の背面では舗装に亀裂が生じている。高欄の位置にずれが生じている。また、桁とパラペットの間には衝突防止のためと思われる円筒状の部材が設置されており、損傷が生じている。



出所：調査団撮影

図 5－39 観察された損傷の例

図5-40に示すように、橋台部のコンクリートブロックに、桁下面に設置された横梁部材が接触したと思われる接触痕が見られた。一方で、桁を外側から挟み込むように設置されている鋼製の突起と桁外側ウェブについては相互に接触した痕跡は見られなかった。



出所：調査団撮影

図5-40 橋台上の上下部接続部の構造

図 5－41 に橋台部の支承を示す。支承の形式は定かではない。目視の範囲では、地震のときに変位が生じた痕跡は定かではなかった。



出所：調査団撮影

図 5－41 支承

図 5－42 に示すように、橋脚上の支承周りの部材配置は、橋台部とは異なっている。コンクリートブロックがあるのは同じだが、円筒状の部材が桁下のコンクリートの間に配置されているように見える。加えて、桁を外側から挟み込むように変位制限の鋼材が下部構造に設置されている。橋軸直角方向の桁の移動に対して両者が共同して防ぐのか、いずれかが他方のバックアップであるのかなどは定かではない。



出所：調査団撮影

図 5－42 橋脚上の上下部接続部の構造

(3) 高速道路 052 号 アタテュルク高架橋

①調査日 2023 年 3 月 11 日

②所在地 図 5－43 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－43 位置

③全景

桁や橋台位置が高所であるため十分確認できなかったが、トゥルグト・オザル高架橋と同じ主桁、橋脚、支承周りの構造と考えられる（図 5－44）。



出所：調査団撮影

図 5－44 全景

④各部の状態

谷部の橋脚の基部のみ調査した。基部でのコンクリートの剥離が見られた（図 5－45）。トゥルグト・オザル高架橋と同じ構造であるとすれば、桁と橋台を結ぶ衝撃吸収のための部材や横変位を拘束する部材、また、高さの低い橋脚などにも損傷が生じている可能性があるが、アプローチすることができず、調査できていない。



出所：調査団撮影

図 5－45 観察された損傷の例

⑤備考

橋脚位置と並行して走る国道 D400 号では、路面の修復が行われていた（図 5－46）。



出所：調査団撮影

図 5－46 観察された損傷の例

(4) 高速道路 O52 号 ヌルダー高架橋

①調査日 2023 年 3 月 11 日

②所在地 図 5－47 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－47 位置

③全景

図 5－48 に示すように、上下線分離された橋である。オスマニエ方面に向かう側は通行止めされ、ジョイント交換作業が進められている。ガジアンテップ方面に向かう側は対面 2 車線に切り替えられ、供用されている。上部構造は、鋼箱桁区間と PC Tub 桁区間からなる。鋼箱桁は連続橋、コンクリート PC Tub 桁区間は、桁は連続されていないものの床版はリンクスラブを介して連続化されていると考えられる。



出所：調査団撮影

図 5－48 全景

④各部の状態

図5-49に示すように、規制された側の橋台ではジョイント交換が行われている。また、そこから1つ目の橋脚では、リンクスラブを支えるコンクリートブロックの基部のコンクリートが落ちて鉄筋が露出したり、ブロックと桁の間にコンクリートの塊が落下している様子が見える。



出所：調査団撮影

図5-49 観察された損傷の例

規制された側では、ガジアンテップ側橋台から2つ目の橋脚が鋼箱桁とコンクリート桁の掛け違いになっている(図5-50)。橋面にも変状があるように見え、写真をもとにKGMに確認したところ、リンクスラブの損傷とのことであった。また、同じ橋脚には中間部及び基部に損傷が生じている。特に中間部では、軸方向鉄筋に変形が見られる。内部にも鉄筋があり2段で配筋されているようにも見える。内部コンクリートが欠損しており、曲げ及びせん断耐力の両者が著しく低下している可能性がある。余震などによる橋の崩壊の防止のために、例えば、欠損しているコアコンクリート断面を補ったうえで、断面を拘束するための巻き立てなどを早急に行う必要があると考えられる。



出所：調査団撮影

図5-50 観察された損傷の例

図 5－51 に橋下から桁端部を見上げた写真を示す。類推ではあるが、供用されている側でも、ガジアンテップ側橋台のジョイント部では損傷が生じているものと考えられる。



出所：調査団撮影

図 5－51 観察された損傷の例

図 5－52 にオスマニエ側の橋台の状態を示す。写真左が供用側、写真右が規制側の桁である。規制側（写真右）とは異なり、供用側（写真左）では、桁下面と橋座面の間にコンクリートの残骸が堆積しているように見えることから、供用側ではジョイントが損傷していることが疑われる。



出所：調査団撮影

図 5－52 観察された損傷の例

図 5－53 に供用側の支承近辺の状態を示す。支承部直上で桁下フランジが変形している。また、支承のカバーに変形が生じており、支承の損傷が疑われる。余震等による落橋防止のために、例えば桁かかりを上げるための部材等の設置を早急に行う必要があると考えられる。



出所：調査団撮影

図 5－53 観察された損傷の例

(5) 高速道路 O52 号 セイトラー高架橋

①調査日 2023 年 3 月 11 日

②所在地 図 5－54 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－54 位置

③全景

外観からは基本的に（1）バスピナール高架橋と同じ構造と思われる。谷部中央径間では土工事が行われている（図5-55）。

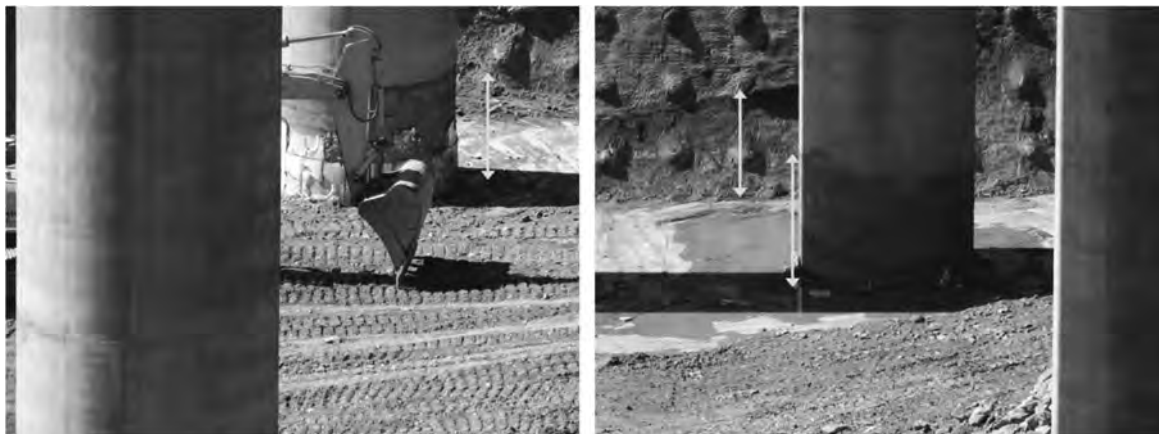


出所：調査団撮影

図5-55 全景

④各部の状態

周辺で工事が行われていたため谷部の橋脚には近接できなかった。しかし、見えた範囲からは、橋脚及び周辺の地盤位置が変化していることが疑われる（図5-56）。現在稼働している重機は、例えば、橋脚周辺の地盤に変状が生じたことに対して埋土しているものである可能性が考えられる。



出所：調査団撮影

図5-56 橋脚周辺の地盤

橋脚の一つについては基部に近接できた。軽微なひび割れがあった（図5-57）。



出所：調査団撮影

図5-57 観察された損傷の例

バスピナール高架橋と同様に上部構造が橋台に接触した様子うかがえる。また、リンクスラブの損傷が見られた（図5-58）。



出所：調査団撮影

図5-58 観察された損傷の例

(6) 高速道路 O52 号キズラック高架橋

①調査日 2023 年 3 月 11 日

②所在地 図 5－59 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－59 位置

③全景

図 5－60～図 5－61 に示すように、トンネルに隣接する高架橋である。鋼箱桁連続区間、及び、桁は連続化されていないが床版が連続化されていると考えられる PC Tub 桁区間を有する橋である。鋼箱桁には耐候性鋼が用いられていると考えられる。



出所：調査団撮影

図 5－60 全景



出所：調査団撮影

図 5 - 61 上下部接続部

④各部の状態

ガジアンテップ側橋台上部の橋面には特段の変状が見られなかった。桁下には横方向の変位制限の部材が配置されている。なお、南側の桁は地盤面からの距離が非常に近い（図5-62）。



出所：調査団撮影

図5-62 観察された損傷の例

地震被害とは関係ないが、桁端部や桁下面では、異常錆が耐候性鋼に生じている（図 5－63）。



出所：調査団撮影

図 5－63 観察された損傷の例

橋台から 1 つ目の橋脚はほぼスラブのような形状である。支承の周りにはケージが取り付けられている。桁からの変位拘束の部材と支承台座が接触した痕跡は見られなかった（図 5－64）。



出所：調査団撮影

図 5－64 観察された損傷の例

国道に面した桁も同様の構造である。地盤面と桁の距離があるためか桁に顕著な腐食は見られなかった（図 5－65）。



出所：調査団撮影

図 5－65 観察された損傷の例

トンネル側の橋台の背後の舗装が補修されている（図 5－66）。桁とせん断キーが接触している様子が見られたが、桁が左右のどちらかに偏ったというわけではなさそうである（図 5－67）。



出所：調査団撮影

図 5－66 観察された損傷の例



出所：調査団撮影

図 5－67 観察された損傷の例

一部の橋脚ではごく軽微な水平ひび割れが見られた（図 5－68）。



出所：調査団撮影

図 5－68 観察された損傷の例

⑤備考

周辺の建物にも損傷が見られなかった。ヌルダーからは山を越えており、地震動の規模がそれほど大きくなかった可能性も考えられる（図5－69）。



出所：調査団撮影



図5－69 周辺の状況

(7) 高速道路 O52 号 ベクディ・ディカー高架橋

①調査日 2023 年 3 月 11 日

②所在地 図 5－70 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－70 位置

③全景

水路、道路、鉄道を跨ぐ、連続の鋼箱桁橋である。ガジアンテップ側もオスマニエ側も、橋台から 1 つ目の橋脚位置で、桁と橋脚を結ぶダンパーが設置されている（図 5－71）。



出所：調査団撮影

図 5－71 全景

④各部の状態

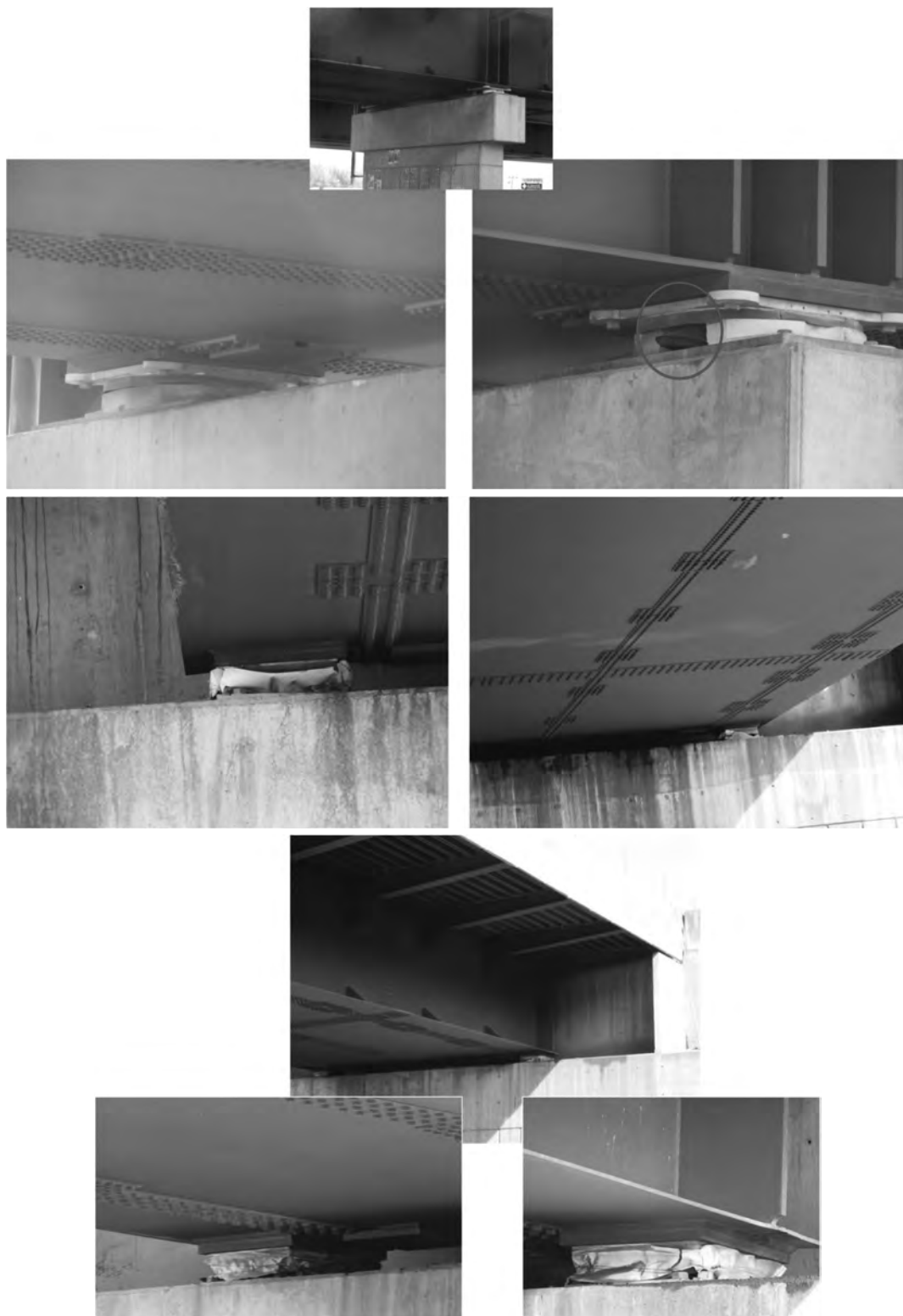
ダンパーについては、例えば伸縮部を保護する蛇腹部分も含めて、動いた形跡は見つけられなかった（図5-72）。支承は、黒色のシートによるカバーが設置されているが、一部の支承ではカバーが損失しているものも見られた。



出所：調査団撮影

図5-72 ダンパー

また、支承は黒色のカバーだけでなく、筒形の材料で防護されているようにも見える（図5-73）。筒形の材料が変形している支承も複数あり、一部では内部から何らかの物体が飛び出しているようにも見える。橋全体としての支承の状態の確認が必要であると考えられる。

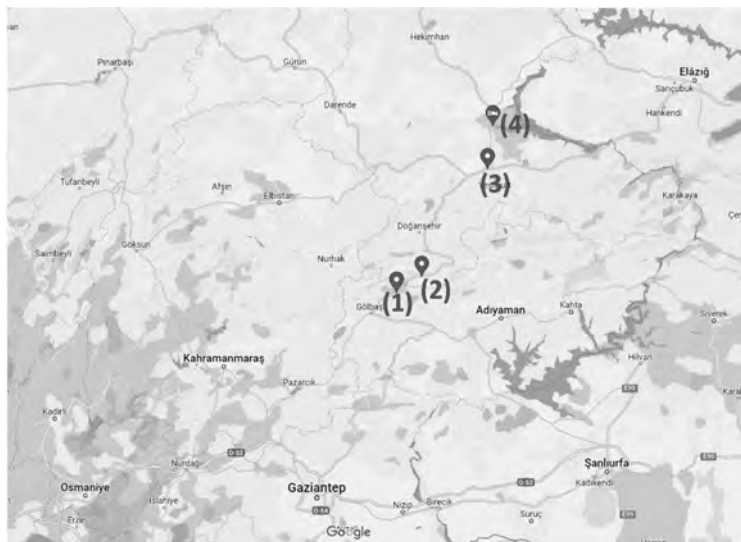


出所：調査団撮影

図5-73 観察された損傷の例

付録 5-4 ガジアンテップ-マラティア（Gaziantep-Malatya）間の国道の道路土工、トンネル、橋

調査を行った地点を図 5-74 参照のことと示す。(1) ～ (4) は以下のとおりである。



- (1) 国道 D850 マラティア・カフラマンマラシュ線 ゴクス（Göksu）川沿いの土工部の変状
- (2) 国道 D850 マラティア・カフラマンマラシュ線エルゲネクトンネルの変状
- (3) 国道 D850 マラティア・カフラマンマラシュ線ベイレルデレシ（Beylerderesi）・トゥルグト・オザル高架橋
- (4) 国道 D875 マラティア・ケバン（Malatya・Keban）線 トーマ橋

出所：Google Maps より調査団作成

図 5-74 位置

(1) 国道 D850 マラティア・カフラマンマラシュ線 ゴクス川沿いの土工部の変状

①調査日 2023 年 3 月 12 日

②所在地 図 5-75 を参照のこと

小規模なダムに沿って走る道路である。



出所：Google Earth より調査団撮影

図 5-75 位置

③各部の状態

4車線の道路である。山側2車線が修復されて供用されている（図5-76）。



出所：調査団撮影

図5-76 観察された損傷の例

山側には旧道らしき道路も見えるが、崩落している（図5-77）。



出所：調査団撮影

図5-77 観察された損傷の例

切土面及び擁壁が崩壊している（図５－78）。



出所：調査団撮影

図５－78 観察された損傷の例

(2) 国道 D850 マラティア・カフラマンマラシュ線 エルゲネクトンネルの変状

①調査日 2023 年 3 月 12 日

②所在地 図 5－79 参照のこと



出所：Google Earth より調査団撮影

図 5－79 位置

③全景

図5-80に示すように、北側トンネル（写真では左側のトンネル）については通行止めされており、南側トンネルを対面2車線として供用されている。トンネルの通行を管理する事務所が隣接されており、監視カメラの画像を用いた説明を受けた。



出所：調査団撮影



図5-80 全景

図5-81に北側トンネルの管理用カメラ映像の例を示す。北側のトンネルでは路面に縦断方向のひび割れが地震により生じたことから、安全のために規制されているとのことであった。また、北側のトンネルでは落下したコンクリート塊の撤去が行われていた。

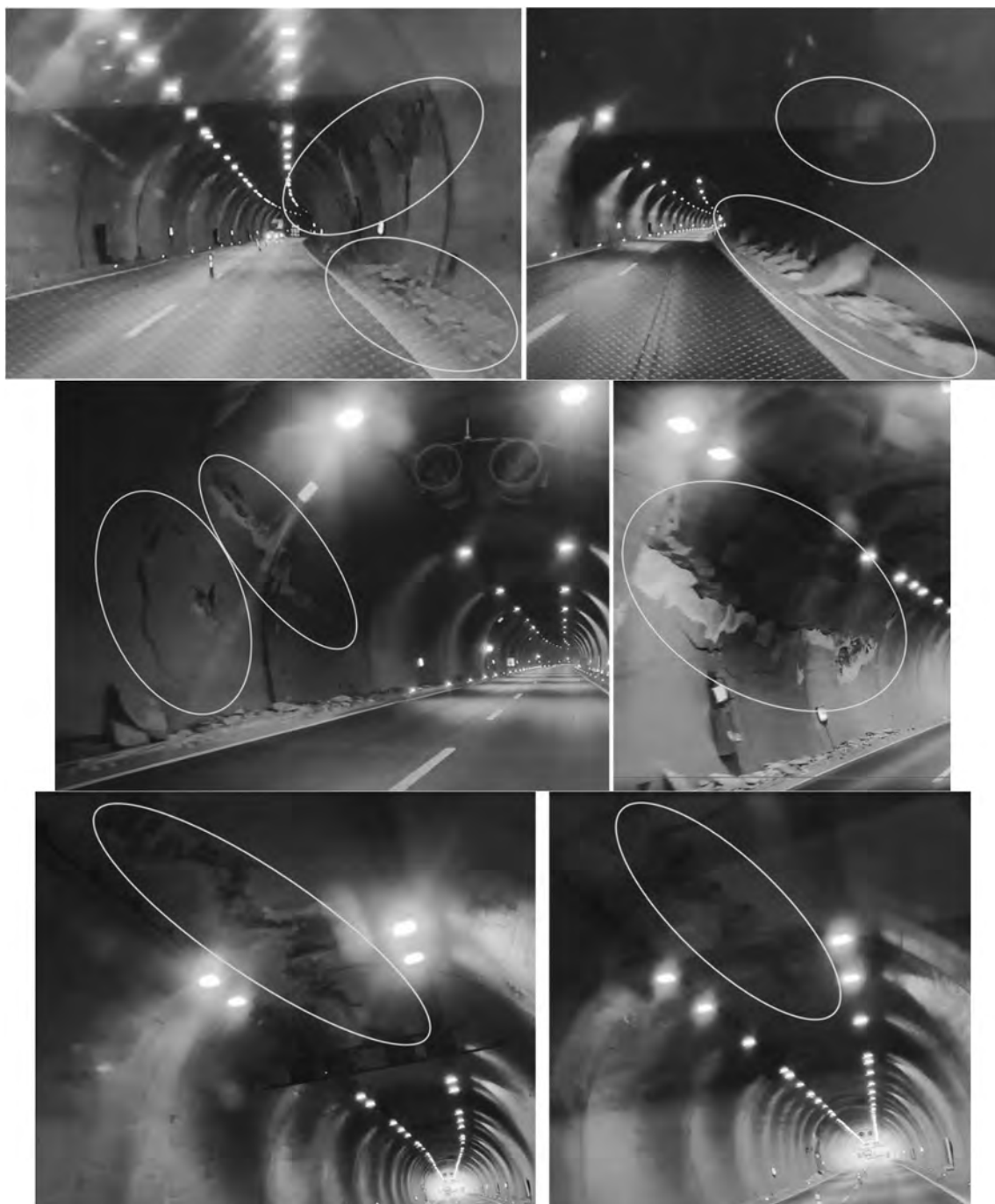


出所：調査団撮影

図5-81 管理用カメラの画像

④各部の状態

北側トンネル内部の調査は許可されなかった。トンネルには歩道がなく、また路肩も狭く、徒歩調査するには交通安全上も危険であることから、南側トンネルについても踏査を断念し、走行車内からできる範囲で観察した。図5-82にトンネル内部の状態を示す。覆工コンクリートは側面、頂部で大きく割れが生じており、コンクリート塊が崩落しそうな箇所も散見された。天頂部にはジェットファンや案内板が設置されていた。ジェットファンは覆工コンクリートに定着されていると考えられるが、定着部付近のコンクリートの状態は確認できなかった。



出所：調査団撮影

図5-82 観察された損傷の例

⑤備考

隣接してシェッドの区間がある。車内から走行しながら観察した範囲では、特段の損傷は見られなかった（図5－83）。



出所：調査団撮影

図5－83 エルゲネクトンネルに隣接するシェッド

(3) 国道 D850 マラティア・カフラマンマラシュ線 ベイレルデレシ・トゥルグト・オザル高架橋

①調査日 2023 年 3 月 12 日

②所在地 図 5－84 参照のこと



出所：Google Maps より調査団作成

図 5－84 位置

③全景

イエシバディ (Yeşilvadi) (ベイレルデレシ) ダム下流に位置するコンクリート箱桁橋である (図 5－85)。



出所：調査団撮影

図 5－85 全景

中央径間の中間部で桁が下がっている。外ケーブルでプレストレスが導入されている（図 5－86）。



出所：調査団撮影

図 5－86 全景

④各部の状態

・東側橋台

顕著な変状は見られない。支承を取り巻くようにゴムのカバーが設置されている。支承のカバーの位置からすれば桁が前方に移動しているとも考えられるが、定かではない（図5－87）。



出所：調査団撮影

図5－87 観察された損傷の例

・西側橋台

桁とパラペットが衝突した様子が見られる。地覆や歩道部の覆工板にも損傷が見られる（図5-88）。



出所：調査団撮影

図5-88 観察された損傷の例

桁から打ち下ろされたせん断キーの下のスタイロフォームが橋台下に落下し、せん断キー前面が橋台前面位置より前方に位置していることや、橋台側のせん断キーが損傷していることから、橋が橋軸方向、橋軸直角方向に振動したことがうかがえる（図5-89）。



出所：調査団撮影

図5-89 観察された損傷の例

支承を観察しようとしたが、ビニルカバーと金属製のカバーが設置されており、確認できなかった（図5-90）。



出所：調査団撮影

図5-90 支承部

・東側橋脚

東側橋脚の背後は斜面になっており、落石が橋脚にまで達している（図5-91）。一方で、橋脚には何らかのフレームが固定されているがフレームは形状を保っている。橋脚には特段の変状が見られなかった（図5-92）。



出所：調査団撮影

図5-91 橋脚周りへの落石



出所：調査団撮影

図 5－92 橋脚基部の状態

・西側橋脚

西側橋脚周辺には落石が見られるが比較的小さい石であり、フェンスの手前までしか到達していない（図5-93）。橋脚も観察した範囲では地震によるものと思われる損傷は見られなかった（図5-94）。



出所：調査団撮影

図5-93 橋脚周りへの落石



出所：調査団撮影

図 5 - 94 橋脚基部の状態

⑤備考

ダムに、ひびわれ、漏水等の変状は見られなかった（図 5 - 95）。



出所：調査団撮影

図 5 - 95 ダム及び周辺地盤

(4) 国道 D875 マラティア・ケバン線 トーマ橋

①調査日 2023 年 3 月 12 日

②所在地 図 5－96 参照のこと

Karakaya ダム上流部を渡る橋である。

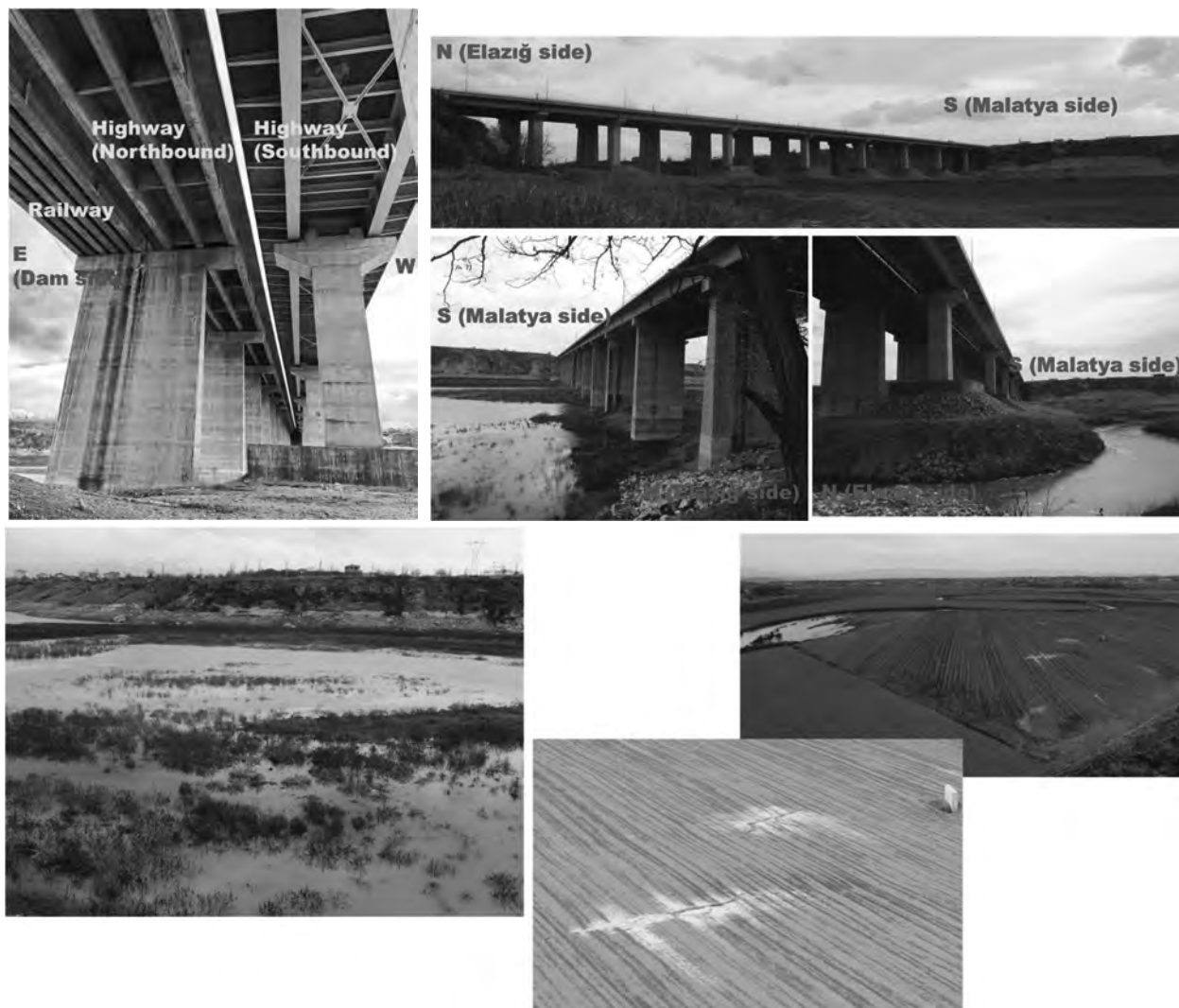


出所：Google Maps より調査団作成

図 5－96 位置

③全景

図5-97に示すように、鉄道橋と北行きの国道からなる旧橋と思しき橋と南行きの新橋とおぼしき橋からなる。以下便宜上それぞれ旧橋、新橋という。鉄道橋と北行きの国道はコンクリート桁橋、南行きが鋼橋である。調査日においては、橋周辺地盤は湿地状であった。調査中に列車が通過したが、徐行運転がされていた。



出所：調査団撮影

図5-97 全景

④各部の状態

・南側（マラティア側）橋台

旧橋南の背面では舗装が修繕されていた。新橋のジョイントは、詰まり・開きが生じている。旧橋では、桁とパラペットが接触し、また、橋軸直角方向に相互に位置ずれが生じている（図5-98）。



出所：調査団撮影

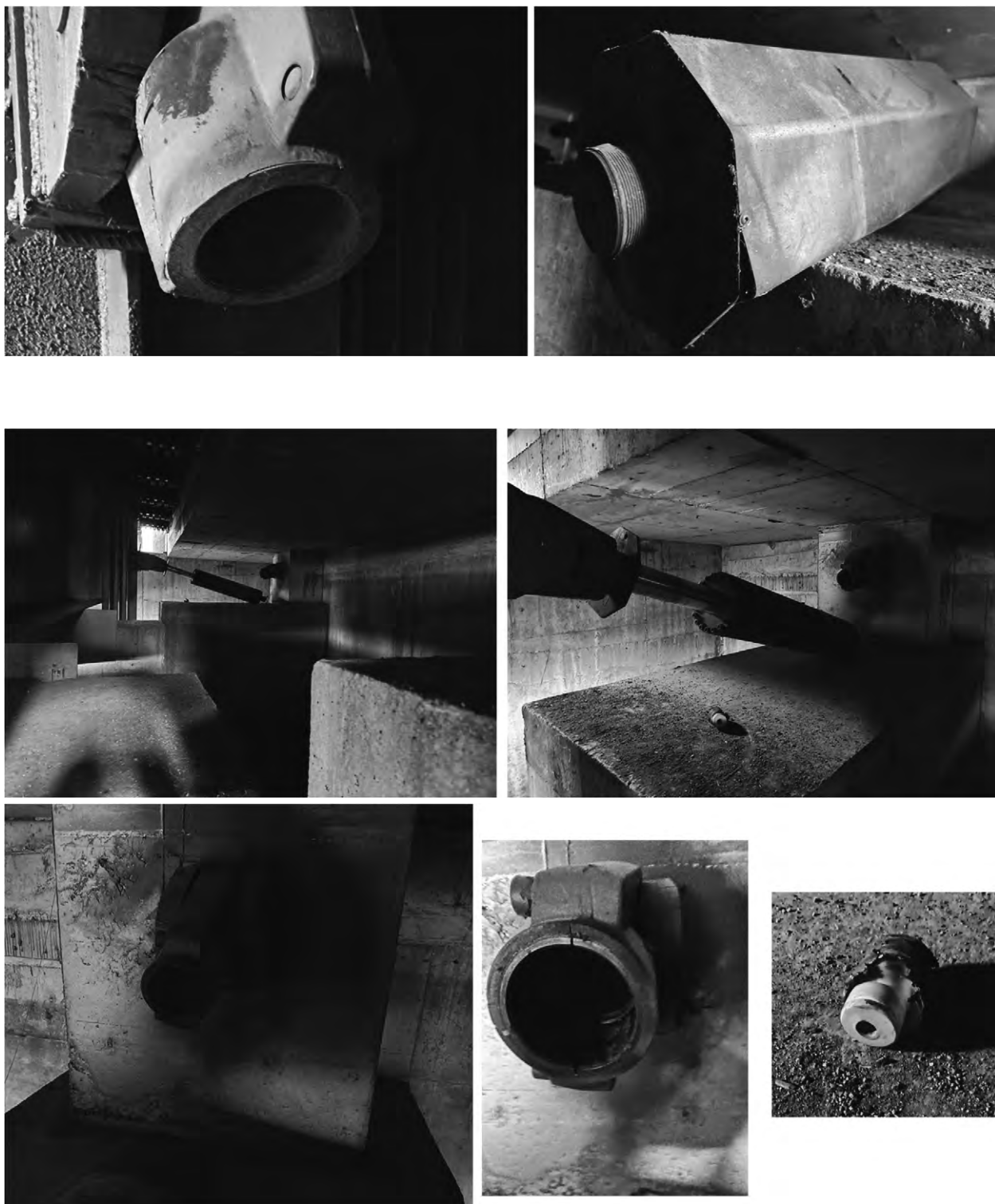
図5-98 観察された損傷の例

図 5－99～図 5－101 に示すように、新橋のそれぞれの鋼桁の背後にはダンパーが設置されていたが、脱落していた。ねじ構造によりダンパーと桁・橋台が接続される構造であるが、ねじ部が抜ける形で脱落していた。



出所：調査団撮影

図 5－99 観察された損傷の例



出所：調査団撮影

図 5 - 100 観察された損傷の例



出所：調査団撮影

図 5 - 101 ダンパーの接続ねじ部の状態

旧橋では、橋台パラペットに大きなひび割れが生じ、また、前面コンクリートが橋軸直角方向の広い範囲で脱落している。コンクリート桁がパラペットに衝突したことが原因と考えられる。また、橋台に設置されたせん断キーは、道路桁が衝突し、破壊している（図 5－102）。



出所：調査団撮影

図 5－102 観察された損傷の例

橋台から橋脚を見た写真である。旧橋の道路桁のせん断キーが損傷しており、上部構造は東側に移動している（図 5－103）。



出所：調査団撮影

図 5－103 観察された損傷の例

・橋面

新橋と旧橋の間を歩いて渡りながら橋面を観察した。橋脚位置で床版は連続化されておらず、ジョイントが設置されている。図5-104～図5-105に示すように、複数の箇所で、桁どうしが衝突したり、開いたり、また橋軸直角方向に相対変位が生じることで、橋面位置にずれが生じている箇所もある。場所によっては、橋脚周りで地盤の変状（ひびわれ）が見られた。



出所：調査団撮影

図5-104 観察された損傷の例



出所：調査団撮影

図 5 - 105 観察された損傷の例

・北側（エラズー（Elâzığ）側）橋台

旧橋の背後では舗装の修繕がされていた。また、新橋においては桁と橋台が衝突した様子が見られる。コンクリートのひび割れ、脱落も見られ、照明柱の基礎のアンカーボルトが露出している（図5－106）。



出所：調査団撮影

図5－106 観察された損傷の例

新橋においては、落橋防止構造を取り付けるためと思われる治具が桁、及び、橋台にそれぞれ設置されていたが、治具だけであり、治具どうしを結ぶ構造は設置されていなかった。橋台には特に損傷が見られなかった（図 5－107）。



出所：調査団撮影

図 5－107 北側橋台前面に設置された治具

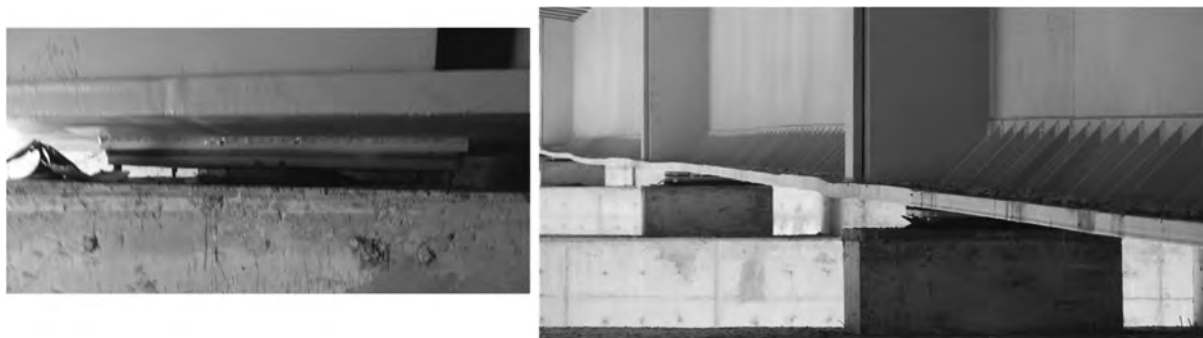
北側でも、それぞれの鋼桁と橋台の間にダンパーが設置されていた。また、支承も観察したが、地震時に動作したとおぼしき痕跡は見られなかった（図5-108）。



出所：調査団撮影

図5-108 北側橋台部のダンパーと支承

橋脚上の支承も橋台部の支承と同じ形式と思われる。桁下フランジに変形が生じているようにも見えるが、錯覚であるのか今回の地震が原因なのかは定かではない（図5-109）。



出所：調査団撮影

図5-109 橋脚上の支承

橋台から橋脚天端を撮影した写真である。桁とせん断キーが接触した様子は見られない。ただし、鉄道の下部構造では、せん断キーの損傷が見られる（図 5-110）。



出所：調査団撮影

図 5 - 110 観察された損傷の例

・橋脚

フーチング高さが高く、遠望からの観察しかできなかったため定かではないが、観察した範囲では顕著な損傷は見られない。一部の橋脚ではフーチングの周辺の地盤面が低下している様子が見られた（図5－111）。



出所：調査団撮影

図5－111 観察された地盤面の低下の例

⑤備考

床版には変色が見られ、必ずしも状態が良好でない可能性もある（図5－112）。



出所：調査団撮影

図5－112 観察された損傷の例

付録 5-5 その他道路の変状

(1) アンタキヤ市内の道路

電柱があまり見られない。また電線は塔により結ばれているようである。街灯の傾斜が見られる（図 5－113）。



出所：調査団撮影

図 5－113 観察された損傷の例

(2) アンタキヤ郊外の道路

落石が多数見られる区間もあった。4 車線道路であるためか、大きな落石でも路面閉塞には至っていない（図 5－114）。



出所：調査団撮影

図 5－114 観察された損傷の例

- (3) D400 ガジアンテップ-ヌルダー間のサクチャゴズ (Sakcagoz) 近傍
調査地点を図 5-115 に示す。



出所：Google Maps より調査団作成

図 5-115 位置

路肩が規制されている。擁壁が前面に動いた形跡が見られ、路面にひび割れが入っている (図 5-116)。



出所：調査団撮影

図 5-116 路面の変状

建物も多く壊れている。遠方で写真を撮るものは、建設中の道路と思われる (図 5-117)。



出所：調査団撮影

図 5-117 周辺の建物

切土の例を示す。表面の保護はされていない（図 5－118）。



出所：調査団撮影

図 5－118 周辺の切土

6. トルコ政府への提言³

(1) 被災概要（派遣期間：3月6日～16日）

現在の被災状況としては、震源周辺の11県で3万棟以上の建築物が倒壊するなど広範囲での被害が発生しているが、各地においては、行方不明者の捜索救助活動を完了し、瓦礫の除去や応急復旧が進んでいる。被災直後からトルコ側の官民がそれぞれのリソースを持ち寄り一丸となって努力をしていることに対し敬意を表する。

トルコにおいては、1998年、2007年、2018年に建築基準が改定されているとのことであり、今回の被災状況から新たな基準で建設された構造物の被災が少ないことが見てとれる。トルコ国内に存在する旧基準で建設された構造物のうち脆弱なものについては、着実な耐震補強を実施する等の対応が必要であろう。

1999年のイズミット地震など過去の震災の経験を踏まえた災害対応により、テントの設置は早急に行われ、既に仮設住宅（コンテナ）の設置も始まり、入居を開始した被災者もいるなど、対応は迅速に行われている。被災地における建築物の被災判定調査も環境都市気候変動省等により既に大半は行われており、その際には建築物のデータベースを基に実施されているなど評価すべき点である。

これらを踏まえて、以下、所感を取りまとめる。

(2) 緊急に対応すべき課題

1) 被災建築物の補修補強に資する被災判定調査など

迅速な調査完了に向け、7,000人以上の技術者による被災判定がなされているため、被災判定結果にバラツキが懸念される。最初のスクリーニングをする意味では迅速な調査実施は評価できるものであるが、特に、大規模な公共施設において、構造部材への被災は大きくなく外装材等が被災している状況にもかかわらず、トルコの基準においては大規模損傷と判定されているものがあつた。なお、被災判定の結果については、各所有者にて確認を行い、異議がある場合には、再調査を行うことで、判定の再確認をする手続きがとられている。

上部構造物が小規模な損傷であれば、地盤改良や適切な基礎活用など下部構造を補強して耐震性を高め、上部構造物の補修により、利用を続けることが可能となる。特に公共施設の補修補強に必要な被災判定調査を行い、既存建築物を活用することにより復興に必要な膨大な予算の削減が可能となり、また、今後、多数の住宅建設も含め復興に必要な資材の抑制にも貢献する。

日本としては、例えば国立ハタイ病院など大規模公共施設の補修補強の際に必要な被災判定の実施及び、下部及び上部構造の耐震性向上に係る技術支援を検討し得ると考えられる。

2) モデル地区を設定しての街区の面的更新など

被災地においては、都市部では環境都市気候変動省傘下のトルコ住宅開発公社（Toplu Konut İdaresi Başkanlığı：TOKİ）により、農村部では環境都市気候変動省建設局により、恒久住宅の建設が行われる予定と認識している。他方、今回被災した街区エリアにおいても復興まちづくりが行われる予定と聞いている。また、環境都市気候変動省においては地質

³ 本提言は、外務省、国土交通省、JICA間での確認・調整を踏まえて作成したものである。

調査や地盤改良、基礎の選定に不安があると見受けられた。

日本としては、地盤・基礎・建物の調査、設計、建設等に係る技術支援を検討し得ると考えられる。

3) 橋やトンネル等の被災調査など

調査の結果、桁や橋脚等の道路橋被災や道路トンネルの被災が確認された。これらは今後の余震によって落橋等の被害が発生する可能性が懸念される。早期に調査を実施し、応急復旧をするべきである。

日本としては、道路や鉄道の橋やトンネル等の被災調査及び応急復旧に係る支援を検討し得ると考えられる。

4) ライフラインの復旧など

上下水道などライフラインの応急復旧には着手されているが、被害が広範囲に及んでいる状況にある。

日本としては、これらの復旧に係る支援を検討し得ると考えられる。

5) 心理社会ケア支援など

今回の震災では5万人以上が亡くなっている。家族や友人を失った市民への心理社会ケア（トラウマケア）への対応は、復興後の社会をより良いものにするうえで、ニーズが非常に大きい。

日本としては、これまで経験した大規模震災後のトラウマケアの知見を活かした、心理社会ケアに係る技術支援が検討し得ると考えられる。

(3) 中長期的に対応すべき課題など

今回の被災地の復興はもとより、将来起こり得る地震への備えの両面の対応が必要である。今回の被災地における復興計画の策定等を通じた復興まちづくりへの支援、復興行政等に関する助言、被災地以外での旧耐震基準により建設された建築物の耐震補強の支援、道路等のインフラ施設も含めた今後の地震対策に資する地盤調査・改良等、耐震・免震に係る技術的支援、地震工学等研究機関の学術交流、今回の地震動を踏まえた耐震基準の検討支援等の必要性が見受けられた。また、道路に関しては長大橋が多く存在するため、今回の損傷形態や地震動も踏まえた耐震性の検討や不足があれば耐震性能の向上が必要である。

日本としては、これらに係る技術支援を検討し得ると考えられる。

以上、本チームとして、日本政府及び JICA にも報告済みであり、トルコ政府が上記に提示したニーズや課題（計6点）に積極的に取り組み、その取り組みにおいて日本の知見や経験を活用するうえでも、技術面及び資金面で協力を得られるよう、日本政府とよく相談することを期待する。

1. Hasar özeti (Heyetin Bölgeye Gönderilme Tarihi : 6-16 Mart 2023)

Yaşanan afetin ardından mevcut duruma bakıldığında, depremin merkez üssü çevresindeki 11 ildeki 30 binden fazla binanın yıkıldığı, çok geniş bir bölgede büyük zararlar meydana geldiğini görmekteyiz. Tüm bölgelerde kendisinden haber alınamayanların arama-kurtarma çalışmaları tamamlanmıştır. Enkaz kaldırma ve hayatı normale döndürme çalışmaları ise devam etmektedir. Felaketin hemen ardından kamu ve özel sektörünün tam bir bütünlük içerisinde göstermiş olduğu gayretlere büyük saygı duyduğumuzu belirtmek isteriz.

Yapı inşaat standartlarına ilişkin mevzuat (deprem yönetmeliği) 1998, 2007 ve 2018 yıllarında tadil edilmiştir. Bu sebeple son deprem felaketinde yeni standartlara uygun olarak inşa edilmiş yapılardaki kayıpların az olduğu anlaşılmaktadır. Eski standartlara göre inşa edilmiş olan binalardan mukavemetsiz olanlarının düzgün bir şekilde depremlere karşı güçlendirilmesi gereklidir.

Son deprem felaketinde, 1999 İzmit Depremi gibi daha önce yaşanan deprem felaketlerinde edinilen afetlere müdahale tecrübeleri devreye alınmış, ivedi bir şekilde çadırların kurulması, geçici konutların (konteyner) konuşlandırılarak içlerinde yaşanabilir hale getirilmesi gibi hızlı müdahaleler yapılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından afet bölgelerindeki binaların çoğunun hasar tespitlerinin tamamlanmış olması ve bu tespitlerin bina veri tabanına bağlı olarak gerçekleştirilmesi övgüyü hak etmektedir.

Bu bilgiler ışığında aşağıdaki fikirleri bir araya getirmiş bulunmaktayız.

2. İvedi bir şekilde ele alınması gereken hususlar

1) Hasar almış binaların onarımı ve güçlendirilmesine katkıda bulunacak afet hasar tespit araştırmaları

Hasar tespit çalışmalarının ivedi bir şekilde tamamlanmasını teminen yedi bin kişiden fazla teknik personel tarafından gerçekleştirilen hasar tespit çalışmaları neticelerinde varyasyon ve farklılıklar olmasından endişe edilmektedir. İlk safhada bir tarama gerçekleştirmek anlamında hızlı bir hasar tespit çalışması olarak değerlendirilmekle birlikte, bilhassa kamu kuruluşlarına ait büyük tesislerdeki yapı bileşenlerinde büyük hasarlar olmamasına rağmen Türk standartları uyarınca taşıyıcı olmayan yapı elamanlarında meydana gelmiş hasarlardan dolayı binanın ağır hasarlı olarak tespit ve kabul edilmesi gibi durumlar ile karşılaşmıştır. Diğer taraftan, mal sahipleri hasar tespit çalışmaları sonuçlarını kontrol edebilmekte, itirazları olması durumunda ise tekrar hasar tespit çalışmasının yapılmasını isteyebilmektedir.

Binanın ana yapısında (taşıyıcı sistemlerinde) küçük hasarlar mevcut olması halinde zemin iyileştirmesi ve uygun temel hazırlama gibi yöntemlerle ana yapının güçlendirilerek depremlere dayanıklılık artırılabilir. Buna ilaveten üst yapının onarımı ile de binanın kullanımına devam edilebilir. Bilhassa, kamu kuruluşlarına ait tesislerde tadilat ve güçlendirme için gerekli olan hasar tespit çalışmalarının gerçekleştirilmesiyle mevcuttaki binaların kullanımına devam edilebilir ve bu sayede yeniden inşa için gerekli olan büyük bütçelerin azaltılması mümkün hale gelebilir. Böylelikle ilerleyen dönemde çok sayıdaki konut inşaatı da dahil olmak üzere bölgenin yeniden inşa edilmesi için gerekli olacak yapı malzemesi ihtiyacının da kontrol altına alınmasına katkıda bulunulmuş olunur.

Japonya Hatay Devlet Hastanesi benzeri büyük ölçekli kamu binalarının onarımı ve güçlendirmesinde ihtiyaç duyulacak durum tespitini gerçekleştirebilir. Buna ilaveten binanın ana ve üst

yapılarının depremselliklerinin artırılmasında gerekli olacak teknik destek sağlaması da düşünülebilir.

2) Model bölgelerin tasarlanması ve şehir merkezlerinin yenilenmesi hakkında

Afet bölgesindeki kentsel alanlarda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ) tarafından, kırsal alanlarda ise Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından kalıcı konutların inşa edileceğini öğrenmiş bulunuyoruz. Öte taraftan depremde zarar gören şehir merkezlerinde de yeniden yapılaşmaya gidileceğinin planlandığını öğrendik. Bakanlık tarafından zemin etüdü, zemin iyileştirmesi ve temel seçimlerinde güvensizlik olduğunu ifade edilmiştir.

Japonya zemin, temel, bina etütleri, tasarım, inşaat vb. için gerekli teknik desteği sağlamayı değerlendirebilir.

3) Köprü ve Tünel gibi yapıların hasar tespitleri hakkında

Gerçekleştirilen incelemeler neticesinde karayollarındaki köprü tabya ve ayakları ile tünellerde hasarlar tespit edilmiştir. Bu hasarlı sanat yapılarının ilerleyen dönemde meydana gelebilecek artçı sarsıntılar neticesinde yıkılmasından endişe duyulmaktadır. İvedi bir şekilde incelemelerde bulunularak ve gerekli müdahaleler yapılarak eski hallerine döndürülmeleri gerekmektedir.

Japonya, karayolları ve demiryollarındaki köprü ve tünellerdeki hasar tespitleri ile sonrasındaki acil müdahale ve eski hallerine döndürme konularında gereksinim duyulacak teknik destekleri sağlamayı değerlendirebilir.

4) Altyapı (Elektrik, su, doğalgaz) eski haline dönüştürülmesi

Temiz-kirli su gibi altyapı sistemlerinin eski hallerine döndürülmesi ile ilgili çalışmalara seri bir şekilde başlandığını anlamış bulunduk ancak depremin sebep olduğu hasarlar ülkenin son derece geniş bir bölgesine yayılmış durumdadır.

Japonya, temiz-kirli su altyapılarındaki hasarın hızlı bir şekilde tespit edilmesi ve eski haline döndürülmesi konularında gereksinim duyulacak teknik destekleri sağlamayı değerlendirebilir.

5) Psiko-sosyal Destek

Depremlerde 50 binden fazla can kaybı meydana gelmiştir. Ailelerini ve yakınlarını kaybeden vatandaşlara yönelik psikolojik destek, yaraların sarılmasına müteakiben toplumun daha da iyiye doğru gitmesinde önem arz etmektedir. Japonya büyük deprem felaketlerinin ardından bugüne kadar elde ettiği travma bakım bilgileri ışığında psiko-sosyal destek vermeyi değerlendirebilir.

3. Orta ve Uzun Vadede ele alınması gereken hususlar hakkında

Hiç şüphesiz yaşanan bu deprem felaketinden etkilenen bölgelerin ayağa kaldırılmasına ilaveten gelecekte yaşanması muhtemel deprem felaketlerine hazırlıklı olacak şekilde hareket edilmesi elzemdir. Afet bölgesinin yeniden ayağa kaldırılmasına yönelik planlamalar yoluyla şehirleşmeye yönelik destekler, yeniden yapılanmanın idari tarafına ilişkin tavsiyeler, afet bölgesi dışında kalan bölgelerde eski yönetmeliğe bağlı kalınarak yapılmış binaların depremlere karşı güçlendirilmesine yönelik destekler,

karayolları gibi altyapıları da içerecek şekilde gelecekteki deprem tedbir ve politikalarına katkıda bulunacak ①zemin etüt ve iyileştirmeleri ②deprome karşı güçlendirmeler ③deprem izolasyonu ile ilgili teknik destekler, deprem mühendisliği gibi bölümler arasındaki bilimsel etkileşimler, yaşanan bu depremlerdeki ivme güçlerinin ele alınarak deprome karşı güçlendirme standartlarının değerlendirilmesine yönelik destekler gibi hususlardaki desteklere ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, karayolları ile alakalı olarak, çok sayıda uzun köprü olması sebebiyle bu köprülerdeki hasarın şekilleri ve deprem ivme kuvvetlerine bağlı olarak deprome karşı güçlendirmeye yönelik incelemeler ile şayet yeterli değilse deprome karşı mukavemetlerin artırılmasına yönelik incelemeler gerekli olabilir.

Japonya olarak bu hususlardaki teknik destek vermeyi değerlendirebilir.

Deprem ve inşaat ekibi olarak Japonya Hükümeti ve JICA yetkililerine de raporu sunmuş bulunmaktayız. Türk Hükümetinin yukarıda belirtilen ihtiyaçlar ve toplamda altı husustan oluşan konulara yoğunlaşarak Japonya'nın bilgi ve tecrübelerini bu noktada hayata geçirmek, teknik ve maddi işbirlikleri elde etmek için Japon Hükümeti ile irtibata geçmesini arzu ederiz.

