

イラン国
テヘラン市総合防災管理局 (TDMMO)

イラン国
テヘラン地震災害軽減プロジェクト
業務完了報告書

平成 28 年 1 月
(2016 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
OYOインターナショナル株式会社

環境
JR
16-004

イラン国
テヘラン市総合防災管理局 (TDMMO)

イラン国
テヘラン地震災害軽減プロジェクト
業務完了報告書

平成 28 年 1 月
(2016 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
OYOインターナショナル株式会社

活動写真集



2012年6月 第1回JCC



2012年12月 成果3 本邦研修(気象庁)



2013年2月 成果2 防災博物館関連セミナー



2013年2月 成果3 地震計観測候補地点踏査



2013年4月 成果1 緊急道路ネットワーク協議



2013年12月 成果2 防災教育ツール紹介



2014年1月 成果2 避難訓練



2014年2月 成果2 本邦研修(プラスアーツ)



2014年5月 成果1 橋梁調査



2014年6月 成果3 通信試験



2014年9月 成果1 指揮所訓練



第4回 JCC (2015年2月)

目 次

活動写真集

目次

図表リスト

略語集

1. プロジェクト概要	1
1.1 プロジェクト実施の背景	1
1.2 プロジェクトの概要	2
2. 活動内容	5
2.1 全体に関する活動	5
2.1.1 【1】 ワークプランの作成・協議.....	9
2.1.2 【27】 プロジェクト業務進捗報告書の作成	9
2.1.3 【28】 プロジェクト業務完了報告書の作成	10
2.1.4 【29】 本邦研修の実施.....	10
2.1.5 【30】 セミナー、ワークショップの開催.....	18
2.2 成果1に関する活動	20
2.2.1 【2】 テヘラン市の拡大や市内外の重要拠点の位置を考慮した緊急道路ネット ワークの改善（活動 1-1）	20
2.2.2 【3】 空輸、鉄道や地下鉄等の他の交通手段も考慮した緊急道路ネットワークの 多重・代替計画の策定（活動 1-2）	27
2.2.3 【4】 ライフラインである給水、ガス、電気、通信等の拠点やライン、及びそれ らとの相互影響を含む観点からの緊急道路ネットワークの脆弱性の評価（活動 1-3）	35
2.2.4 【5】 橋梁やトンネルを含む緊急道路ネットワークの脆弱性に対する耐震対策計 画の策定（活動 1-4）	68
2.2.5 【6】 震災後の道路障害物の除去、将来的な緊急道路ネットワークの改定や拡大 の手法を含む、緊急道路ネットワークの維持・管理計画の策定（活動 1-5）	80
2.2.6 【7】 都市開発計画に含まれるべき緊急道路ネットワークに接する構造物、ライ フラインや建築物の設計・建設・補強に際しての行政指導書（案）の作成（活動 1-6）	83
2.2.7 【8】 C/P や交通運輸局等の関係機関職員を対象にした緊急道路ネットワー クに関するセミナーやワークショップの開催（活動 1-7）	91

2.2.8	【9】 C/P や関係機関職員を対象にした緊急道路ネットワークの確保を考慮したシミュレーション（訓練）の開催（活動 1-8）	93
2.3	成果 2 に関する活動	110
2.3.1	【10】 地震災害に対する市民意識の現状調査（活動 2-1）	110
2.3.2	【11】 過去に実施してきた市民向け防災教育の内容と効果の検証（活動 2-2）	114
2.3.3	【12】 既存の市民防災教育マスタープランのレビュー、改善（短期（2～3年）アクションプランの追加を含む）（活動 2-3）	119
2.3.4	【13】 市民教育訓練のツールと教材の作成（活動 2-4）	122
2.3.5	【14】 防災博物館の基本概念、展示計画、展示シナリオ、配置計画、必要スペース、展示機器計画、展示設計図の作成、最終化（活動 2-5）	137
2.3.6	【15】 防災博物館で実施する市民教育計画とプログラムの作成（活動 2-6）	151
2.3.7	【16】 防災博物館の運営・管理計画の作成（活動 2-7）	156
2.3.8	【17】 C/P 職員を対象にしたコミュニティ防災に関するセミナーやワークショップの開催（活動 2-8）	163
2.3.9	【18】 選定されたマハレにおけるパイロットプロジェクトとしての緊急避難訓練の実施（活動 2-9）	167
2.4	成果 3 に関する活動	171
2.4.1	【19】 早期警報システム（QD&LE システムを含む）の改善計画の作成（活動 3-1）	171
2.4.2	【20】 緊急地震速報システム（EEWS）の将来の稼働を考慮した、テヘラン市内の地震計ネットワーク改良計画の作成（活動 3-2）	173
2.4.3	【21】 実験的地震早期警報システムの導入、及び将来の開発に向けたアクションプランの作成（給水、電気、ガス、石油パイプライン、消防・安全対策、地下鉄等の関係機関による必要な措置を含む）（活動 3-3）	188
2.4.4	【22】 通信システムの調査、適切なシステムの提案、バックアップ回線の構築による、既存 QD&LE システムの通信システムの強化（活動 3-4）	202
2.4.5	【23】 建物と人的被害推計以外の情報表示項目の QD&LE システムへの追加（活動 3-5）	210
2.4.6	【24】 緊急対応と市民啓発のための震度速報システムの導入（活動 3-6）	219
2.4.7	【25】 効果的な緊急対応活動のための、複数の伝達手段による既存の警報システムの改良（活動 3-7）	228
2.4.8	【26】 地震発生後の被害（二次被害）に関する情報収集・警報システム導入のための計画作成（活動 3-8）	235
3.	プロジェクト実施運営上の課題、工夫・教訓	239
3.1	全体	239

3.1.1	プロジェクト実施運営上の課題.....	239
3.1.2	課題に対する工夫.....	240
3.1.3	教訓.....	241
3.2	成果 1.....	241
3.2.1	プロジェクト実施運営上の課題.....	241
3.2.2	課題に対する工夫.....	243
3.2.3	教訓.....	243
3.3	成果 2.....	244
3.3.1	プロジェクト実施運営上の課題.....	244
3.3.2	課題に対する工夫.....	246
3.3.3	教訓.....	248
3.4	成果 3.....	249
3.4.1	プロジェクト実施運営上の課題.....	249
3.4.2	課題に対する工夫.....	250
3.4.3	教訓.....	251
3.5	各活動における今後の課題・イラン側が実施すべき事項、イラン側の関与と能力向上	252
4.	プロジェクト目標の達成度	267
4.1	プロジェクト目標.....	267
4.2	プロジェクト目標の達成度.....	267
4.2.1	終了時評価結果の概要（2014年9月実施）.....	267
4.2.2	プロジェクト期間の延長.....	268
4.2.3	プロジェクト終了時点の目標達成度.....	269
5.	上位目標の達成に向けての提言	271
5.1	マスタープラン調査での緊急優先プロジェクトと現在までの実施状況.....	271
5.2	上位目標達成に向けて.....	274

添付資料

1. PDM
2. 業務フローチャート
3. 詳細活動計画
4. 専門家派遣実績
5. 研修員受入れ実績
6. 供与機材・携行機材実績
7. JCC 議事録等
8. 収集資料リスト

技術協力成果品/技術協力成果資料 (DVD)

1. 緊急道路ネットワーク（多重・代替ルート含む）
2. 緊急道路ネットワーク（多重・代替ルート含む）の耐震対策計画
3. 緊急道路ネットワーク（多重・代替ルート含む）の維持管理計画
4. 建築物・ライフライン設計・建設・補強のための行政指導書（案）
5. 防災意識調査報告書
6. 市民防災教育マスタープラン（アクション・プランを含む）
7. 市民教育訓練ツール・教材
8. 防災博物館の展示計画図（インテリア・パースを含む）
9. 防災博物館の市民教育計画・プログラム
10. 早期警報システム（QD&LE システムを含む）改善計画
11. 実験的地震早期警報システムの仕様書
12. 実験的地震早期警報システムの実用化に向けたアクション・プラン
13. セミナー、ワークショップ教材
14. 本邦研修教材

図リスト

図 1.2.1	業務対象地域(大テヘラン圏)	4
図 2.1.1	作業フローチャート	7
図 2.1.2	第3回国連防災世界会議での発表の様子	19
図 2.2.1	成果1活動フロー図	20
図 2.2.2	マスタープラン調査時の緊急道路ネットワーク	21
図 2.2.3	緊急道路ネットワーク改善フロー	21
図 2.2.4	テヘラン市道路ネットワーク図	22
図 2.2.5	緊急道路ネットワーク 重要施設位置図	24
図 2.2.6	最短経路解析による結果(ネットワークの選定)	25
図 2.2.7	【2】で設定した緊急道路ネットワーク	27
図 2.2.8	仮想被害地点を考慮した最短経路解析の解析手法マニュアルの一例	28
図 2.2.9	仮想被害地点を考慮した最短経路解析の解析結果	29
図 2.2.10	道路網に関する多重・代替性を含む緊急道路ネットワーク図	30
図 2.2.11	BRT 路線図	31
図 2.2.12	地下鉄の路線図(2030年計画)	32
図 2.2.13	道路ネットワークと地下鉄網	33
図 2.2.14	緊急道路ネットワーク(多重・代替ルート含む)	34
図 2.2.15	区ごとの緊急道路ネットワーク延長	34
図 2.2.16	水道管布設と緊急道路ネットワークの概要	38
図 2.2.17	下水道管布設と緊急道路ネットワークの概要	40
図 2.2.18	家屋に取り付けられた圧力調整のためのレギュレータ	42
図 2.2.19	ガス管布設と緊急道路ネットワークの概要	43
図 2.2.20	電線布設と緊急道路ネットワークとの交差の概要	45
図 2.2.21	電信線布設と緊急道路ネットワークとの交差の概要	47
図 2.2.22	想定した3つの地震モデル(1999年)	63
図 2.2.23	建物倒壊等による道路の封鎖(イラン)	64
図 2.2.24	瓦礫幅の計算式	65
図 2.2.25	倒壊形式による瓦礫幅の算定	66
図 2.2.26	対象橋梁を桁下から撮影した写真	68
図 2.2.27	施工状況、アンカー設置状況、支承部補強状況	69
図 2.2.28	既に耐震補強対策が実施された橋梁	70
図 2.2.29	落橋防止装置、拡幅装置の設置状況	70
図 2.2.30	桁端部に粘性ダンパーが設置された橋梁	71

図 2.2.31	桁端部の粘性ダンパーの設置状況	71
図 2.2.32	テヘラン市の橋梁形式の割合	74
図 2.2.33	地震時保有水平耐力法による計算フロー図	77
図 2.2.34	耐震補強の優先順位の策定手順	80
図 2.2.35	緊急道路ネットワーク確保のフロー	82
図 2.2.36	成果 1 セミナーの様子	92
図 2.2.37	訓練と維持管理計画の関係	93
図 2.2.38	DIW の様子(上段：シナリオ、下段：様子)	94
図 2.2.39	TTX 説明資料	96
図 2.2.40	TTX の様子	96
図 2.2.41	TDMMO が独自に実施した TTX の様子	97
図 2.2.42	CPX 準備フロー	97
図 2.2.43	CPX 実施・フィードバックフロー	98
図 2.2.44	訓練組織図	99
図 2.2.45	CPX 災害・被害シナリオ	103
図 2.2.46	CPX 状況付与計画	105
図 2.2.47	CPX 会場配置図	107
図 2.2.48	CPX 準備風景	107
図 2.2.49	CPX の様子	108
図 2.3.1	理論モデル	111
図 2.3.2	防災意識調査 分析結果	113
図 2.3.3	既存の市民教育訓練教材 (左：ブックレット、右：双六) の例	122
図 2.3.4	ターゲットグループとキーグループの相関図例	125
図 2.3.5	防災博物館の機能、構成	139
図 2.3.6	展示項目別ターゲットグループの整理 (第一段階サンプル)	141
図 2.3.7	展示項目別シート 1 (展示内容のイメージとメッセージサンプル)	141
図 2.3.8	展示物・情報収集の流れ	142
図 2.3.9	当初の防災博物館予定地 Velayat Park 内敷地	143
図 2.3.10	博物館新敷地 傾斜地	143
図 2.3.11	防災博物館の展示構成と見学の流れ	144
図 2.3.12	動線計画	145
図 2.3.13	旧敷地でのコンセプトプラン	145
図 2.3.14	新敷地でのコンセプトプラン	146
図 2.3.15	展示イメージ (左：エントランスホールのイメージ、右：展示開始部のシアター)	146

図 2.3.16	イランの自然災害 展示イメージ	147
図 2.3.17	科学情報コーナー 展示イメージ	148
図 2.3.18	テヘラン市長に承認されたコンセプトデザイン案	148
図 2.3.19	日本コーナー 展示空間のイメージ	150
図 2.3.20	市民教育計画の方針	152
図 2.3.21	防災博物館計画の構成	156
図 2.3.22	防災博物館設立のための体制	158
図 2.3.23	防災博物館運営組織図（案）	158
図 2.3.24	防災博物館のための人材雇用・育成スケジュール	159
図 2.3.25	コミュニティ防災に関するセミナーの枠組み	165
図 2.3.26	第 1 回 Festival of Prepared City Hello Resilient Tehran	166
図 2.3.27	マハレ内での防災訓練実施体制	168
図 2.3.28	防災訓練の計画及び実施プロセス	169
図 2.4.1	成果 3 の活動項目とイラン側プロジェクト（Package A-D）との関係	172
図 2.4.2	テヘラン周辺の断層 (http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=240a)	173
図 2.4.3	地震計ネットワーク拡充計画 既設観測点と提案点配置図	178
図 2.4.4	地震計台座の設計図	179
図 2.4.5	Azad University 地震観測点の建設状況	180
図 2.4.6	テヘラン市地震計ネットワーク拡充 5 ヶ年計画の提案するためのテヘラン市内 30 点の地震観測点分布図	184
図 2.4.7	EEWS 用地震観測点配置計画図	186
図 2.4.8	実験的地震早期警報システム観測点と TDMMO の位置関係	190
図 2.4.9	地震早期警報システムの構成（4 地点の観測点、中継地、TDMMO）	190
図 2.4.10	ソフトウェアの構造	191
図 2.4.11	観測点側ソフトウェアのフローチャート	192
図 2.4.12	サーバー側ソフトウェアのフローチャート	192
図 2.4.13	観測点施設 EEW-1(Lar Dam Gate).....	193
図 2.4.14	中継点施設 Rep-1(Polour Residential Area).....	193
図 2.4.15	観測点施設 EEW-2(Imam Zadeh Mountain).....	194
図 2.4.16	観測点施設 EEW-3(Damavand TV tower).....	194
図 2.4.17	観測点施設 EEW-4(Rudehen Mammadagi Park).....	195
図 2.4.18	供与した地震観測機材	195
図 2.4.19	地震観測機材の納品検査の状況	196
図 2.4.20	通信ネットワークの構成	196
図 2.4.21	使用する通信機材	197

図 2.4.22	実用版地震早期警報システム開発のロードマップ (案)	199
図 2.4.23	5.8GHz 伝搬シミュレーション出力画面例	206
図 2.4.24	5.8GHz 帯長距離無線 LAN ネットワーク構成図(案)	207
図 2.4.25	D22 の近傍のビルでの試験の様子	208
図 2.4.26	砂塵嵐時の D22 の毎秒 PGA の受信状況	208
図 2.4.27	QD&LE 全体図	215
図 2.4.28	データの流れ (Guralp 社製 MAN-BSP-001 から引用)	217
図 2.4.29	震度速報システムの概念図	220
図 2.4.30	震度速報の情報の流れ図	220
図 2.4.31	気象庁震度階と MMI との対比	222
図 2.4.32	震度速報画面例	223
図 2.4.33	観測点 D04 での震度速報システム試験設置状況	224
図 2.4.34	東北地方太平洋沖地震で公表された観測点での計測震度と JICA 専門家作成のプログラムで計算した計測震度 (JMASI _{JET}) の関係	225
図 2.4.35	JICA 専門家作成のプログラムで計算した計測震度 (JMASI _{JET}) と EAM で計算された計測震度 (IJMA) の関係	225
図 2.4.36	震度速報で配信された Email の例	226
図 2.4.37	前プロジェクトの警報システム案	230
図 2.4.38	Earthquake Information Matrix の説明文書の表紙	231
図 2.4.39	Earthquake Information Matrix	232
図 5.1.1	マスタープランの構成	272
図 5.1.2	マスタープランの優先プロジェクトと技術協力プロジェクトとの関係	273

表リスト

表 2.1.1	活動番号と PDM における活動項目の対応表	5
表 2.1.2	プロジェクト業務進捗報告書 提出概要	9
表 2.1.3	本邦研修概要	11
表 2.1.4	成果 1 本邦研修日程	11
表 2.1.5	成果 2 本邦研修日程	13
表 2.1.6	成果 3 本邦研修日程	15
表 2.1.7	主要大都市 DMMO 本邦研修日程	17
表 2.1.8	合同セミナーの概要	19
表 2.2.1	テヘラン市道路ネットワーク 総延長	22
表 2.2.2	緊急道路ネットワーク 1次施設一覧	23
表 2.2.3	緊急道路ネットワーク 2次施設一覧	24

表 2.2.4	緊急道路ネットワーク区分	26
表 2.2.5	地下鉄の現在の状況と将来の拡張計画	32
表 2.2.6	緊急道路ネットワークの総延長	34
表 2.2.7	水道管路延長の区別用途別の現況	35
表 2.2.8	水道管路延長の区・管径・管種別幹線延長	36
表 2.2.9	水道管路と緊急道路ネットワークの区別交差箇所数	37
表 2.2.10	区別下水道管路延長	39
表 2.2.11	区別の緊急道路ネットワークとの交差	39
表 2.2.12	ガスパイプライン延長の区別現況 (250Psi) (管径空欄は不明)	41
表 2.2.13	ガスパイプライン延長の区別現況 (100Psi)	42
表 2.2.14	区別地中線および架空線延長と ERN の交差箇所数	44
表 2.2.15	通信線延長の区別現況と緊急道路ネットワークとの交差箇所数	46
表 2.2.16	被害想定手法の比較	49
表 2.2.17	被害想定手法の比較	50
表 2.2.18	水道管路の被害想定 (重力自然流下管)	52
表 2.2.19	水道管路の被害想定 (多目的管路)	52
表 2.2.20	水道管路の被害想定 (ポンプ圧送管)	52
表 2.2.21	水道管路の被害想定 (導水管等)	53
表 2.2.22	水道幹線管路の被害想定 (区別・管種別)	53
表 2.2.23	下水道管路の被害想定	54
表 2.2.24	水道管路の緊急道路ネットワークおよび断層との交差箇所数および想定被害箇所数	55
表 2.2.25	下水道管路の緊急道路ネットワークおよび断層との交差箇所数および想定被害箇所数	56
表 2.2.26	Psi100 ガス管の区別想定被害箇所数	57
表 2.2.27	Psi250 ガス管の区別想定被害箇所数 (管径で空欄は不明)	57
表 2.2.28	区別緊急道路ネットワークとの交差箇所、断層との交差数および想定被害箇所数	59
表 2.2.29	電線地中管の区別想定被害規模	60
表 2.2.30	電信管の区別想定被害箇所数	61
表 2.2.31	電信管の緊急道路ネットワークおよび断層との交差数、区別想定被害箇所数	62
表 2.2.32	3つの地震モデル(1999年)ごとの被害想定	64
表 2.2.33	構造タイプ・高さ・建築年に基づく β と median の決定	65
表 2.2.34	階数ごとの瓦礫幅の目安	67
表 2.2.35	落橋防止構造の一例	72
表 2.2.36	各橋梁形式における落橋の危険性	74

表 2.2.37	重要度の高い橋梁と耐震性能	75
表 2.2.38	橋梁形式別の脆弱性と代表橋梁	76
表 2.2.39	緊急道路ネットワークの維持・管理計画の構成（プロジェクト開始当初）	81
表 2.2.40	維持・管理計画目次案比較	81
表 2.2.41	提供情報	82
表 2.2.42	維持・管理計画目次	83
表 2.2.43	ライフライン、建物、橋梁に関するガイドライン一覧	84
表 2.2.44	耐震性評価と耐震補強に関するガイドライン構成の一例(1)	85
表 2.2.45	行政指導書（案）の構成例（水道）	88
表 2.2.46	建築物の設計・建設・補強に際しての行政指導書（案）の構成	89
表 2.2.47	緊急道路ネットワークに関するセミナーの開催概要	91
表 2.2.48	成果1 訓練概要	93
表 2.2.49	DIW の概要	94
表 2.2.50	TTX の概要	95
表 2.2.51	CPX の概要	98
表 2.2.52	演習部（プレーヤー） 参加者	100
表 2.2.53	指揮部（コントローラー） 参加者	100
表 2.2.54	CPX 地震諸元	101
表 2.2.55	CPX スケジュール	108
表 2.3.1	アンケート調査の概要	112
表 2.3.2	策定されたアクションプランの体系および内容	121
表 2.3.3	災害局面、主体別の教育内容の分析マトリックス	123
表 2.3.4	改善した教育内容	124
表 2.3.5	ターゲットグループ別市民防災教育訓練の目標	126
表 2.3.6	ターゲットグループ別教育目標	129
表 2.3.7	サブトピックスおよびその伝達方法等の整理（成人 A の場合）	131
表 2.3.8	テヘラン防災博物館のフレーム	138
表 2.3.9	4ゾーン構成による展示	140
表 2.3.10	防災博物館 実施スケジュール	149
表 2.3.11	日本コーナーの展示構成	150
表 2.3.12	ターゲットグループ毎の目標	153
表 2.3.13	ターゲットグループ別、実施内容	154
表 2.3.14	対象者別・テーマ別トレーニング内容	160
表 2.3.15	協力を得る予定の他機関	160
表 2.3.16	防災博物館全体工程(2014年12月時点)	162

表 2.3.17	セミナー・ワークショップの開催概要	165
表 2.3.18	ガイドラインの構成	170
表 2.4.1	地震計ネットワークに関する活動概要一覧	174
表 2.4.2	地震計ネットワーク拡充のための観測点設置候補地評価一覧	177
表 2.4.3	新規地震観測点に設置された地震計の仕様	181
表 2.4.4	新規観測点設置候補地の踏査結果	182
表 2.4.5	既設 10 点以外の観測点候補地一覧	183
表 2.4.6	実験的地震早期警報システムに関する活動記録	189
表 2.4.7	観測点および中継点一覧	198
表 2.4.8	RighTel 社の 3G サービスエリア調査結果	204
表 2.4.9	シミュレーションソフトウェアで使用了した主なパラメーター	205
表 2.4.10	シミュレーション結果	206
表 2.4.11	中継所案	207
表 2.4.12	優先開発項選定基準	212
表 2.4.13	評価結果	213
表 2.4.14	IJMA から MMI への換算表	222
表 2.4.15	震度速報ソフトウェアの概要	223
表 3.5.1	各活動における検討過程での課題及び課題解決に向けたプロセス、今後の課題、イ ラン側が実施すべき事項	253
表 3.5.2	成果 1 にかかるイラン側の関与と能力向上への寄与	261
表 3.5.3	成果 2 にかかるイラン側の関与と能力向上への寄与	263
表 3.5.4	成果 3 にかかるイラン側の関与と能力向上への寄与	265
表 4.2.1	評価項目と結果	267
表 4.2.2	策定された計画と主要な活用機関	269
表 5.1.1	2004 年マスタープラン調査での設定	271

略語集

略語	名称	和訳
ADSL	Asymmetric Digital Subscribe Line	非対称デジタル加入者線
BHRC	Building and Housing Research Center	建物・住宅研究所
BRT	Bus Rapid Transit	バス高速輸送システム
C/P	Counterpart	カウンターパート
CPX	Command Post Exercise	指揮所訓練
DAVAM	Neighborhood Emergency Response Volunteers	防災ボランティア
DES	Damage Estimation System (a subsystem of QD&LE System)	被害推計システム (QD&LE システムのサブシステム)
DIG	Disaster Imagination Game	災害図上訓練
DIW	Disaster Imagination Workshop	災害図上訓練
DMM	Disaster Management Museum	防災博物館
EEWS	Earthquake Early Warning System	緊急地震速報システム
ERCC	Emergency Response Commanding Centre	緊急対応指令センター
ERN	Emergency Road Network	緊急道路ネットワーク
FEMA	Federal Emergency Management Agency	アメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GNI	Gross National Income	国民総所得
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HAZUS	HAZards U.S	FEMA 災害被害推計モデル
HP	Home Page	ホームページ
ICS	Incident Command System	危機対応システム
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IGUT	Institute of Geophysics, University of Tehran	テヘラン大学地球物理学研究所
IIEES	International Institute of Earthquake Engineering and Seismology	イラン国際地震工学研究所
ISDN	Integrated Services Digital Network	サービス総合デジタル網
IUST	Iran University of Science and Technology	イラン科学技術大学
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JET	JICA Expert Team	JICA 専門家チーム
JICA	Japan International Cooperation Agency	(独) 国際協力機構
JMA	Japan Meteorological Agency	気象庁
LAN	Local Area Network	ローカルエリアネットワーク
M/M	Minutes of Meetings	協議議事録
MMI	Modified Mercalli Intensity scale	改正メルカリ震度階級
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	マルチプロトコルラベルスイッチング
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PGA	Peak Ground Acceleration	地表最大加速度
PO	Plan of Operation	プラン・オブ・オペレーション 詳細活動計画
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
QD&LE	Quick Damage and Loss Estimation	早期被害推計
OJT	On the Job Training	オン・ザ・ジョブ・トレーニング

略語	名称	和訳
RCS	Red Crescent Society of the Islamic Republic of Iran	赤新月社
R/D	Record of Discussion	会議記録
SMS	Short Message Service	ショートメッセージサービス
S/N	Signal to Noise ratio	
SOP	Standard Operation Procedure	標準活動計画
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	シャトル・レーダー・トポグラフィック・ミッション
TDMH	Tehran Disaster Management Headquarter	テヘラン緊急対応指令本部
TEDES	Tehran Earthquake Damage Estimation System	テヘラン地震被害推計システム
TOT	Training of Trainers	トレーナー研修
TTCC	Tehran Traffic Control Company	テヘラン市交通管制センター
TTX	Table Top Exercise	災害図上訓練
TDMMO	Tehran Disaster Mitigation and Management Organization, Tehran Municipality	テヘラン市総合防災管理局
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
WCDRR	World Conference on Disaster Risk Reduction	国連防災世界会議
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	無線通信技術規格

1. プロジェクト概要

1.1 プロジェクト実施の背景

イラン・イスラム共和国（以下、イラン国）（面積 165 万 km²、人口約 7,386 万人、一人当たり GNI 4,530 ドル(2010 年世銀)）の首都テヘラン市（人口 1,100 万人）は、世界で希有な地震多発地帯に位置しており、約 150 年周期で大地震に見舞われている。20 世紀以降、適切な防災システムの準備がなされないままに急激に都市化が進んでおり、ひとたび大きな地震が発生すれば未曾有の大惨事になることが予想されている。

このような背景の下、イラン国政府の要請を受けて、JICA は「大テヘラン圏地震マイクロゾーニング計画調査」(1998～2000 年、以下、「マイクロゾーニング調査」)を実施し、テヘラン市南部で想定される直下型地震の犠牲者は最大 38 万人にも及ぶと推定した。また「大テヘラン圏総合地震防災及び管理計画調査」(2002～2004 年、以下、「マスタープラン調査」)にてテヘラン市の地震ハザード・リスク評価を実施し、地震災害の予防、緊急対応、復旧・復興の 3 フェーズにおけるマスタープランのフレームワークの策定と必要なプロジェクトの提案を行なった。同調査期間中の 2003 年 12 月に起こったバム地震において、地震発生直後の緊急対応体制整備の必要性が強く認識されたため、イラン国政府の要請を受けて、JICA は「地震後 72 時間緊急対応計画構築プロジェクト」(2007～2010 年、以下、「地震後 72 時間プロジェクト」)を実施し、緊急対応計画の改善、地震計観測網の整備、早期被害推定 (QD&LE) システムの構築等を通じて、カウンターパート (C/P) 機関であるテヘラン市総合防災管理局 (TDMMO) 職員の能力開発を行なった。また、同プロジェクトの終了間際に、TDMMO 敷地内に QD&LE システムを導入した緊急対応指令本部(TDMH)が建設され、地震発生時の緊急対応体制の枠組みとその施設が準備された状態にある。

しかしながら、地震発生直後、テヘラン市は QD&LE システムからの地震情報により初動体制を整え、緊急援助物資の運搬、消防・緊急車両の運行のための緊急輸送路を確保しなければならないが、実際の災害を想定した具体的な道路管理マニュアルはなく、そのための訓練は行われていない。また、2002 年以降、緊急道路ネットワークは更新されておらず、人口密集地域や危険物貯蔵地域、防災関連機関や資源施設の位置、急速な高速道路網の整備状況、地震時の橋梁の被害による道路閉塞等の緊急時の道路状況を考慮したものとなっていないなど、実情に即していない。一方、テヘラン市民は、メディア等による地震情報によって災害の大きさを判断し、行政が災害対応するまでの間、各自で防災行動をとらなければならないが、救助・救援を含むコミュニティ防災活動への市民の参加が十分でなく、啓発活動があまり進んでいない。また、テヘラン市により、市民教育を効果的に実施するため防災博物館の建設が計画されているものの、防災展示とそれを利用した防災教育の経験が不足している。その上、行政及び市民が地震発生時に効果的な緊急対応をとるためには、早期に正確な地震情報を取得することが重要となるが、早期警報システムは QD&LE システムが導入されたのみであり、さらなる改善が必要である。

このような経緯から、イラン国政府は、テヘラン市を対象として、緊急時の道路網の構築とそのための対策立案、住民の意識啓発の向上、早期警報システム (QD&LE を含む) の改善の 3 分野に係る能力向上を目的に、TDMMO を C/P 機関とした「テヘラン地震災害軽減プロジェクト」(以下、本プロジェクト)を我が国政府に要請した。これを受けて、JICA は 2011 年 9 月～11 月に詳細計画策定調査実施し、協力内容や協力範囲の概要について先方関係機関と合意し、協議議事録 (M/M) を署名・交換した。また、討議議事録(R/D)を 2011 年 12 月 18 日に署名・交換した。

1.2 プロジェクトの概要

(1) プロジェクト名

イラン国テヘラン地震災害軽減プロジェクト

(2) 上位目標

テヘラン市の地震災害対応への統合的な備えが向上する。

(3) プロジェクト目標

道路防災、市民防災、早期警報の 3 分野において、テヘラン市の地震災害対応への備えが向上する。

(4) プロジェクトの成果

【成果 1】

道路防災関連計画の策定・運用・維持・管理に係る TDMMO の能力が向上する。

(活動)

1-1 テヘラン市の拡大や市内外の重要拠点の位置を考慮した緊急道路ネットワークの改善

1-2 空輸、鉄道や地下鉄等の他の交通手段も考慮した緊急道路ネットワークの多重・代替計画の策定

1-3 ライフラインである給水、ガス、電気、通信等の拠点やライン、及びそれらとの相互影響を含む観点からの緊急道路ネットワークの脆弱性の評価

1-4 橋梁やトンネルを含む緊急道路ネットワークの脆弱性に対する耐震対策計画の策定

1-5 震災後の道路障害物の除去、将来的な緊急道路ネットワークの改定や拡大の手法を含む、緊急道路ネットワークの維持・管理計画の策定

1-6 都市開発計画に含まれるべき緊急道路ネットワークに接する構造物、ライフラインや建築物の設計・建設・補強に際しての行政指導書(案)の作成

1-7 C/P や交通運輸局等の関係機関職員を対象にした緊急道路ネットワークに関するセミナーやワークショップの開催

1-8 C/P や関係機関職員を対象にした、緊急道路ネットワークの確保を考慮したシミュレーション(訓練)の開催

【成果 2】

コミュニティ防災関連計画の策定・運用・維持・管理に係る TDMMO の能力が向上する。

(活動)

2-1 地震災害に対する市民意識の現状調査

2-2 過去に実施してきた市民向け防災教育の内容と効果の検証

2-3 既存の市民防災教育マスタープランのレビュー、改善(短期(2~3 年)アクションプランの追加を含む)

- 2-4 市民教育訓練のツールと教材の作成
- 2-5 防災博物館の基本概念、展示計画、展示シナリオ、配置計画、必要スペース、展示機器計画、展示設計図の作成、最終化
- 2-6 防災博物館で実施する市民教育計画とプログラムの作成
- 2-7 防災博物館の運営・管理計画の作成
- 2-8 C/P 職員を対象にしたコミュニティ防災に関するセミナーやワークショップの開催
- 2-9 選定されたマハレにおけるパイロットプロジェクトとしての緊急避難訓練の実施

【成果 3】

先行プロジェクトにより導入された **QD&LE** システムを含む早期警報関連計画の策定及びシステムの運用・維持・管理に係る **TDMMO** の能力が向上する。

(活動)

- 3-1 早期警報システム(**QD&LE** システムを含む)の改善計画の作成
- 3-2 緊急地震速報システム(**EEWS**)の将来の稼働を考慮した、テヘラン市内の地震計ネットワーク改良計画の作成
- 3-3 実験的地震早期警報システムの導入、及び将来の開発に向けたアクションプランの作成(給水、電気、ガス、石油パイプライン、消防・安全対策、地下鉄等の関係機関による必要な措置を含む)
- 3-4 通信システムの調査、適切なシステムの提案、バックアップ回線の構築による、既存 **QD&LE** システムの通信システムの強化
- 3-5 建物と人的被害推計以外の情報表示項目の **QD&LE** システムへの追加
- 3-6 緊急対応と市民啓発のための震度速報システムの導入
- 3-7 効果的な緊急対応活動のための、複数の伝達手段による既存の警報システムの改良
- 3-8 地震発生後の被害(二次被害)に関する情報収集・警報システム導入のための計画作成

(5) 対象地域

テヘラン市 22 区及び周辺地域(大テヘラン圏/次ページ、図 1.2.1 に対象地域図を示す。)

(6) 関係官庁・機関

テヘラン市総合災害管理局 (Teheran Disaster Mitigation and Management Organization: **TDMMO**)

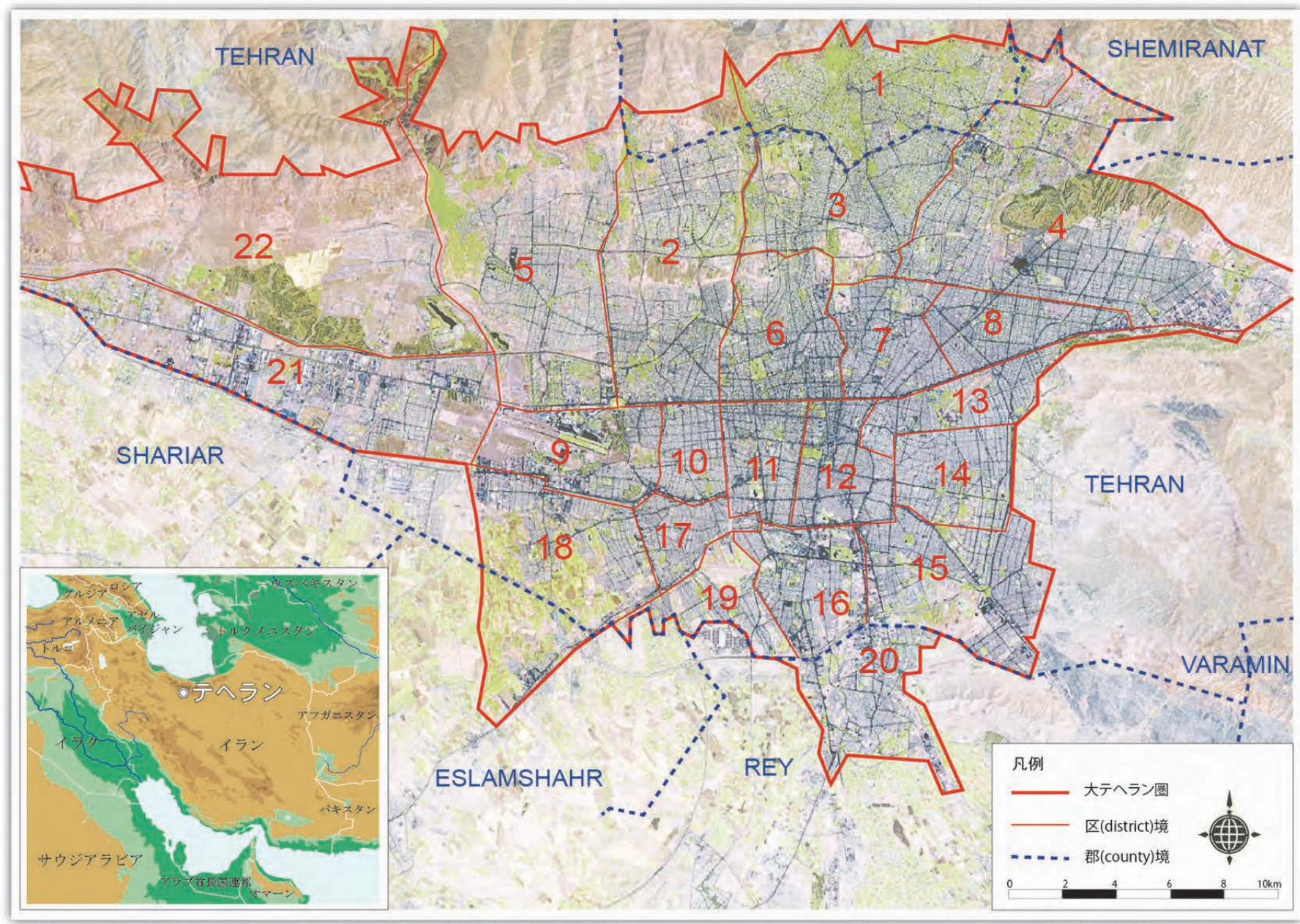


図 1.2.1 業務対象地域(大テヘラン圏)

2. 活動内容

2.1 全体に関する活動

活動番号（【】）とPDMにおける活動項目の対応は下表のとおりである。また、業務全体の工程を図2.1.1の作業フローチャートに示す。

表 2.1.1 活動番号とPDMにおける活動項目の対応表

No.	PDMにおける活動項目	活動内容
全体に関する活動		
【1】	-	ワークプランの作成・協議
【27】	-	プロジェクト業務進捗報告書の作成
【28】	-	プロジェクト業務完了報告書の作成
【29】	-	本邦研修の実施
【30】	-	セミナー、ワークショップの開催
成果1に関する活動		
【2】	1-1	テヘラン市の拡大や市内外の重要拠点の位置を考慮した緊急道路ネットワークの改善
【3】	1-2	空輸、鉄道や地下鉄等の他の交通手段も考慮した緊急道路ネットワークの多重・代替計画の策定
【4】	1-3	ライフラインである給水、ガス、電気、通信等の拠点やライン、及びそれらとの相互影響を含む観点からの緊急道路ネットワークの脆弱性の評価
【5】	1-4	橋梁やトンネルを含む緊急道路ネットワークの脆弱性に対する耐震対策計画の策定
【6】	1-5	震災後の道路障害物の除去、将来的な緊急道路ネットワークの改定や拡大の手法を含む、緊急道路ネットワークの維持・管理計画の策定
【7】	1-6	都市開発計画に含まれるべき緊急道路ネットワークに接する構造物、ライフラインや建築物の設計・建設・補強に際しての行政指導書（案）の作成
【8】	1-7	C/Pや交通運輸局等の関係機関職員を対象にした緊急道路ネットワークに関するセミナーやワークショップの開催
【9】	1-8	C/Pや関係機関職員を対象にした緊急道路ネットワークの確保を考慮したシミュレーション(訓練)の開催
成果2に関する活動		
【10】	2-1	地震災害に対する市民意識の現状調査
【11】	2-2	過去に実施してきた市民向け防災教育の内容と効果の検証
【12】	2-3	既存の市民防災教育マスタープランのレビュー、改善（短期（2～3年）アクションプランの追加を含む）
【13】	2-4	市民教育訓練のツールと教材の作成
【14】	2-5	防災博物館の基本概念、展示計画、展示シナリオ、配置計画、必要スペース、展示機器計画、展示設計図の作成、最終化
【15】	2-6	防災博物館で実施する市民教育計画とプログラムの作成

No.	PDM における活動項目	活動内容
【16】	2-7	防災博物館の運営・管理計画の作成
【17】	2-8	C/P 職員を対象にしたコミュニティ防災に関するセミナーやワークショップの開催
【18】	2-9	選定されたマハレにおけるパイロットプロジェクトとしての緊急避難訓練の実施
成果 3 に関する活動		
【19】	3-1	早期警報システム (QD&LE システムを含む) の改善計画の作成
【20】	3-2	緊急地震速報システム (EEWS) の将来の稼動を考慮した、テヘラン市内の地震計ネットワーク改良計画の作成
【21】	3-3	実験的地震早期警報システムの導入、及び将来の開発に向けたアクションプランの作成 (給水、電気、ガス、石油パイプライン、消防・安全対策、地下鉄等の関係機関による必要な措置を含む)
【22】	3-4	通信システムの調査、適切なシステムの提案、バックアップ回線の構築による、既存 QD&LE システムの通信システムの強化
【23】	3-5	建物と人的被害推計以外の情報表示項目の QD&LE システムへの追加
【24】	3-6	緊急対応と市民啓発のための震度速報システムの導入
【25】	3-7	効果的な緊急対応活動のための、複数の伝達手段による既存の警報システムの改良
【26】	3-8	地震発生後の被害 (二次被害) に関する情報収集・警報システム導入のための計画作成

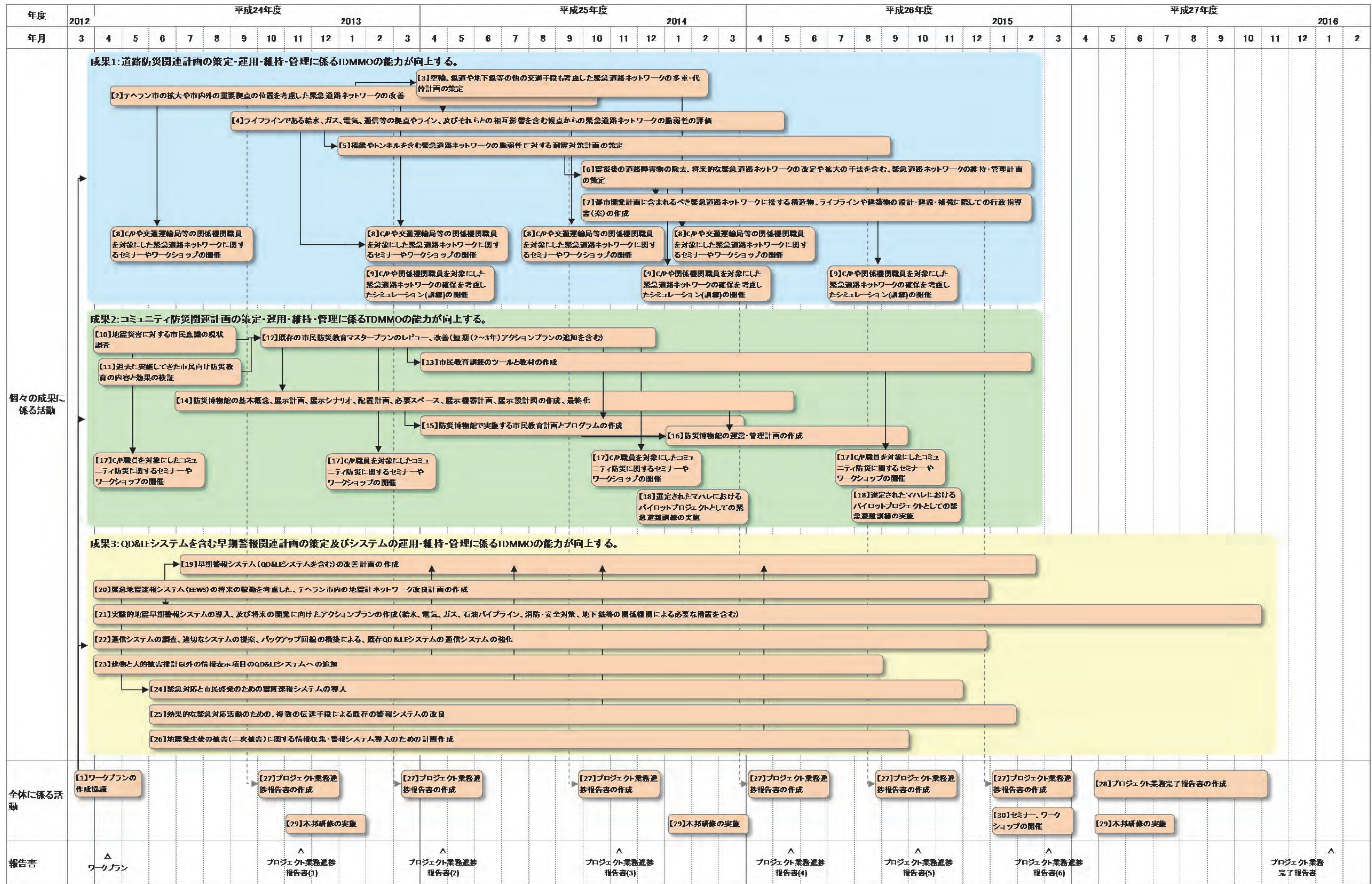


図 2.1.1 作業フローチャート

2.1.1 【1】 ワークプランの作成・協議

本プロジェクトに係る業務実施の基本方針と方法、業務工程計画等を作成し、これらをワークプラン（英文）にとりまとめた。同プラン（原案）を基にイラン側関係者と協議、意見交換し、プロジェクトの全体像を共有した。現地関係者との協議のため、ペルシャ語版（仮訳）を用意した。

上記の意見交換と各業務の作業を踏まえた上でその修正版を作成し、イラン側関係者と協議、意見交換した上でワークプランとして取りまとめ、2012年6月2日開催の第1回合同調整委員会(JCC)において合意、承認された。

添付7：JCC 議事録

2.1.2 【27】 プロジェクト業務進捗報告書の作成

プロジェクト期間中に当該時期までのプロジェクト活動内容をそれぞれプロジェクト業務進捗報告書（第1号～第6号）として取りまとめた。現地関係者との協議のため、ペルシャ語版（仮訳）を用意し、意見交換を踏まえた上でその修正版を作成し、各プロジェクト業務進捗報告書を取りまとめた。プロジェクト業務進捗報告書は、JICA 及び現地政府に下表のとおり提出した。

表 2.1.2 プロジェクト業務進捗報告書 提出概要

レポート名	対象期間	JICA 提出日	提出部数
プロジェクト業務進捗報告書 第1号	2012年4月 －9月	2012年 11月20日	和文 10部 英文 10部(うち、現地政府 5部) ペルシャ語 35部 (うち、現地政府 32部) CD-R (英文・ペルシャ語) 3枚(うち、現地政府 2枚)
プロジェクト業務進捗報告書 第2号	2012年10月 －2013年3月	2013年 4月30日	和文 10部 英文 10部(うち、現地政府 5部) ペルシャ語 35部 (うち、現地政府 32部) CD-R (英文・ペルシャ語) 3枚(うち、現地政府 2枚)
プロジェクト業務進捗報告書 第3号	2013年4月 －9月	2013年 11月8日	和文 10部 英文 10部(うち、現地政府 5部) ペルシャ語 35部 (うち、現地政府 32部) CD-R (英文・ペルシャ語) 3枚(うち、現地政府 2枚)
プロジェクト業務進捗報告書 第4号	2013年10月 －2014年3月	2014年 5月28日	和文 10部 英文 10部(うち、現地政府 5部) ペルシャ語 35部 (うち、現地政府 32部) CD-R (英文・ペルシャ語) 3枚(うち、現地政府 2枚)

レポート名	対象期間	JICA 提出日	提出部数
プロジェクト業務進捗報告書 第5号	2014年4月-9月	2014年10月8日	和文 10部 英文 10部(うち、現地政府 5部) ペルシャ語 35部 (うち、現地政府 32部) CD-R (英文・ペルシャ語) 3枚(うち、現地政府 2枚)
プロジェクト業務進捗報告書 第6号	2014年10月-2015年2月	2015年2月下旬	和文 10部 英文 10部(うち、現地政府 5部) ペルシャ語 35部 (うち、現地政府 32部) CD-R (英文・ペルシャ語) 3枚(うち、現地政府 2枚)

2.1.3 【28】 プロジェクト業務完了報告書の作成

プロジェクトの活動内容（契約上の業務内容のみならず、JICA が派遣する国内支援委員の活動等を含めたプロジェクト全体の活動内容）を本報告書に取りまとめた。現地関係者との協議のため、ペルシャ語版（仮訳）を用意した。

上記の意見交換を踏まえた上でその修正版を作成し、イラン側関係者と協議した上で本報告書を取りまとめ、2015年2月18日開催の第4回JCCで報告した。活動3-3部分に関しては、延長期間に実施した業務内容を加筆・修正し、最終的には2016年1月末に本報告書を取りまとめた。

2.1.4 【29】 本邦研修の実施

本邦研修は、約2週間の研修を3つの成果それぞれを対象に実施し、各成果から5名、合計15名の研修生を受入れ、研修を行った。研修は、それぞれの成果について日本の取り組みと必要な技術に係る理解を深め、その後のプロジェクト活動に活かすことを目的に実施した。具体的には、成果1については、日本における緊急輸送道路の策定・運用・維持・管理に関する知識の習得、道路啓開等の運営・維持、道路橋やライフラインの耐震性向上技術の視察等、成果2については、我が国の防災博物館における企画・運営の状況・展示の体験、市民啓発や防災教育の実施・工夫状況等、成果3については、早期警報、緊急地震速報の技術的詳細やメディアのあり方等に係る研修を実施した。

研修実施にあたっては、上記の目的に沿った研修工程計画表を作成し、JICAの承認を得た上で研修先、研修内容の調整を行い、講義だけでなく施設の見学や体験等を組み合わせたプログラムを作成した。研修員の人選については、JICA、TDMMOと調整した上で決定した。

また、各研修では、災害の悲惨さや教訓を学ぶ目的で、東日本大震災の被災地を訪問し、語り部による被災体験や被災地、仮設住宅等の視察を行った。

また、本プロジェクトでは、プロジェクトに対する助言を得るため、阪神淡路大震災を経験した兵庫県庁を中心とする国内支援委員会が組織された。本邦研修においても、兵庫県庁及び神戸市の人と防災未来センターにおける研修を積極的に実施した。

各研修の概要は表 2.1.3、詳細日程は表 2.1.4 から表 2.1.6 に示すとおりである。なお、成果 1 と 2 の研修は、同一の日程で実施し、一部合同での研修を実施した。

表 2.1.3 本邦研修概要

成果	研修コース名称	研修期間	研修員人数
成果 1	テヘラン地震災害軽減 PJ 本邦研修（道路防災）	2014年2月21日～3月7日（本邦部分2月22日～3月6日）	テヘラン市総合防災管理局 (TDMMO) 4名 テヘラン市交通管制局 1名
成果 2	テヘラン地震災害軽減 PJ 本邦研修（防災教育、博物館）	2014年2月21日～3月7日（本邦部分2月22日～3月6日）	テヘラン市総合防災管理局 (TDMMO) 3名、 テヘラン市第1区役所 1名、 テヘラン市役所 1名
成果 3	テヘラン地震災害軽減 PJ 本邦研修（早期警報）	2012年12月9日～12月22日（本邦部分12月10日～12月21日）	テヘラン市総合防災管理局 (TDMMO) 5名

表 2.1.4 成果 1 本邦研修日程

			活動	場所	目的	
1	2/21	Fri	AM			
			PM	イラン出発(テヘラン-ドバイ-大阪(関空))	-	
2	2/22	Sat	AM	↓	-	
			PM	来日(大阪(関空)着)、移動(関空-神戸)	-	
3	2/23	Sun				
3	2/24	Mon	9:30-12:00	ブリーフィング	JICA 関西	
			14:00-16:00	オリエンテーション(研修目的、期待される成果、成果発表会等)	JICA 関西	研修の日程と内容を理解し、この研修で何を学びたいのか各自整理する。
6	2/25	Tue	10:00-12:00	神戸市の防災対策	JICA 関西(神戸市)	市の緊急輸送の役割と各機関との連携についての理解を深める。
			14:00-16:00	兵庫県の防災対策	兵庫県庁(神戸市)	兵庫県の防災行政体系、防災計画等についての理解を深める。
5	2/26	Wed	10:00-11:30	兵庫耐震工学研究センター(E-ディフェンス)見学	兵庫耐震工学研究センター(兵庫県三木市)	大型実験装置等を見学し、耐震施設・設備についての理解を深める。
			14:00-16:00	兵庫県広域防災センター見学	三木総合防災公園(兵庫県三木市)	広域防災拠点ネットワーク構築による広域災害への備えについて理解を深める。
4	2/27	Thu	10:00-12:00	高速道路の震災対策/NEXCO 西日本管制センター見学	NEXCO 西日本吹田庁舎(吹田市)	高速道路の震災対策、道路啓開等について理解を深める
			13:30-16:00	ガスの震災対策、中央指令室見学/大阪ガスエンジニアリング	大阪ガス大阪ガスエンジニアリング(株)(大阪市)	ライフラインの災害対策に関する理解を深め、災害時のライフライン被害による影響を理解する。

			活動	場所	目的	
7	2/28	Fri	8:30-14:00	移動(神戸→伊丹 (ANA733/10:00-11:10)→仙台→石巻)		
			14:00-17:00	被災地視察、参加型復興計画、仮設住宅エリア視察	石巻市	災害の教訓を知る。 住民の意見を取り入れたり、参加型の仮設住宅建設プロセスの紹介
8	3/1	Sat	10:00-14:30	語り部、被災地視察、NewSee 視察	石巻市	
			16:00-20:00	移動(石巻→仙台→東京)		災害の教訓を知る。
9	3/2	Sun	AM	休日(資料整理)	JICA 東京	
			PM		JICA 東京	
10	3/3	Mon	9:30-12:00	研修中間報告	OC	
			14:00-16:00	東京都の道路防災対策	OC	現在までの総括と、今後の予定についての確認
11	3/4	Tue	9:00-11:00	耐震対策計画についての協議	JICA 東京	
			13:00-14:30	警察の震災対策	警察庁	首都圏の緊急輸送道路、道路啓開、耐震改修促進計画に関する理解を深める。
			15:00-16:00	交通管制センター見学	警視庁	耐震対策計画について、これまでの研修を踏まえて協議する。 緊急交通路、交通規制の方法等についての理解を深める。 交通管制センターを見学する。
12	3/5	Wed	9:30-11:00	隅田川水上バスクルーズ(東京水辺ライン)による橋梁視察 9:50 両国→10:45 お台場	東京都内	
			14:00-17:00	国道整備、耐震改修について、現場見学 /関東地方整備局 東京国道事務所	関東地方整備局 東京国道事務所	橋梁施設を見学し、プロジェクトへの参考とする。 首都圏の国道整備及び耐震改修に関する理解を深める。 耐震補強施設等を見学し、プロジェクトへの参考とする。
13	3/6	Thu	9:00-10:00	日本の防災対策、防災行政について/ 内閣府防災担当	JICA東京	
			10:00-12:00	発表準備	JICA東京	日本の防災対策、防災行政についての理解を深める。
			13:00-15:00	研修成果発表会、評価会	JICA東京	研修を総括し、学んだこと、疑問点など整理する。
			15:00-16:00	閉講式	JICA東京	評価から、本研修の成果を再認識し、今後に生かす。 研修の締めくくりとして、閉講式を行う。
14	3/7	Fi	AM	日本出発(成田-ドバイ-テヘラン)	-	
			PM	帰国(テヘラン着)	-	

成果 1,2 合同

表 2.1.5 成果 2 本邦研修日程

日時			研修内容	場所	目的	
1	2/21	Fri	AM			
			PM	トイラン出発(テヘラン-ドバイ-関空)	-	
2	2/22	Sat	AM	↓	-	
			PM	来日(関空着)、移動(関空-神戸)	-	
3	2/23	Sun	AM			
			13:30-14:30	仁川地すべり資料館見学	仁川地すべり資料館	地震による地すべりに関する展示と、地すべりに関する防災教育について知る。
4	2/24	Mon	9:30-12:00	ブリーフィング	JICA 関西	
			14:30-17:30	プログラムオリエンテーション(研修概要説明(研修目的、期待される成果等))	JICA 関西	研修の日程と内容を理解し、この研修で何を学びたいのか各自整理する。
5	2/25	Tue	9:30-12:00	防災博物館見学 実験道具解説、語り部の内容説明も体験	人と防災未来センター	防災博物館のあり方(企画・展示・運営・維持管理等)について学ぶ
			14:00-16:30	博物館の企画と準備、展示計画、運営計画・維持管理		
6	2/26	Wed	10:00-12:00	神戸市消防局による防災福祉コミュニティの事例紹介	JICA 関西	地域と学校が一体的に防災活動にかかわる事例を学ぶ 地震防災の構造物対策の意識向上、耐震化の取り組み事例を学ぶ
			14:00-17:00	プラスアーツによるイザ！カエルキャラバンの紹介	JICA 関西	子どもたちや若い親子を対象にした新しい防災訓練のシステムを知る
7	2/27	Thu	10:00-12:00	室崎名誉教授による防災ミュージアムの企画と実際に関する講義	JICA 関西	人と防災未来センター、そなエリアに見る防災ミュージアムの企画のねらいと実際を学ぶ
			14:00-16:00	北淡震災記念公園見学	北淡震災記念公園	野島断層保存館、メモリアルハウスを見学し、震災の実物保存・展示を学ぶ
8	2/28	Fri	AM	神戸-仙台-石巻(移動)		
			14:00-17:00	街なか創生協議会による参加型復興計画に関する講義、被災地視察、仮設住宅エリア視察と意見交換	石巻市	住民の意見を取り入れた、参加型の仮設住宅建設プロセスを紹介する
9	3/1	Sat	10:00-12:00	語り部、被災地視察、NEWSsee 視察	石巻市	復興語り部とともに被災地の視察と意見交換を行い、災害の教訓を知る
			PM	石巻-仙台-東京(移動)		
10	3/2	Sun	AM	休日	-	
			PM			
11	3/3	Mon	9:30-11:00	研修中間報告・討論	OC	これまでの研修で学んだこと、疑問点、テヘラン市への応用の形、課題等を整理し、中間の取りまとめを行う

		日時		研修内容	場所	目的
			13:00-16:30	本所防災館見学	本所防災館	消防庁の運営する防災館の施設の内容、企画、展示計画、運営計画について知る
12	3/4	Tue	10:00-12:00	名古屋大福和教授による、耐震化を促す防災教育コンテンツについての講義	JICA 東京	耐震化を促す動機づけのための防災教育について学ぶ
			13:00-15:00	レスキューナウによる BCP についての講義	JICA 東京	危機管理に対応する事前準備、効率的な組織化、災害情報の整理方法を学ぶ
			16:00-17:30	江戸東京博物館見学	江戸東京博物館	等身大、あるいはミニチュアの都市の再現展示、企画について学ぶ
13	3/5	Wed	9:30-10:30	そなエリア見学	東京臨海広域防災公園	防災拠点、防災公園の役割と平常時を利用した、災害・防災関連の展示の実態を知る
			14:30-17:00	納口博士による科学実験を通じた防災教育についての講義	防災科学技術研究所	防災教育の伝達方法に関する工夫を学ぶ
14	3/6	Thu	9:00-10:00	内閣府防災担当による、日本の防災対策、防災行政についての紹介	JICA 東京	日本の防災対策、防災行政についての理解を深める
			10:00-15:30	発表準備、報告会・評価会、閉講式	JICA 東京	研修を総括し、学んだこと、疑問点などを整理する。研修の締めくくりとして、評価会、閉講式を行う。
			PM	→日本出発(東京(成田)-ドバイ-テヘラン)		
15	3/7	Fri	AM	テヘラン着		
			PM			

成果 1、2 合同

表 2.1.6 成果 3 本邦研修日程

日時			研修内容	場所	目的	
1	12/9	Sun	AM			
			PM	✈イラン出発(テヘラン-ドバイ-成田)	-	
2	12/10	Mon	AM	↓	-	
			PM	来日(成田着)、移動(成田-東京)	-	
3	12/11	Tue	9:30-12:00	ブリーフィング	JICA 東京	
			13:00-16:00	プログラムオリエンテーション(研修概要説明(研修目的、期待される成果等))	JICA 東京	研修の日程と内容を理解し、この研修で何を学びたいのか各自整理する。
4	12/12	Wed	10:30-12:30	震度速報/緊急地震速報	気象庁	日本の緊急地震速報、震度速報の詳細、運用面についての理解を深める。
			14:30-17:30	地震観測網、緊急地震速報との関連(技術的内容)、新 AQUA システム震源速報	防災科学技術研究所(つくば)	緊急地震速報の開発に関わる技術的内容や、地震観測網についての理解を深める。
5	12/13	Thu	10:00-12:00	緊急地震速報の利活用	工学院大学	日本の緊急地震速報、震度速報の詳細、運用面についての理解を深める。
			13:30 - 14:30	研修前半のまとめ及び研修後半の狙い 東京-仙台(新幹線で移動)	OC	これまでの研修を振り返り、研修を踏まえてテヘランでの問題点を考える。
6	12/14	Fri	10:00-12:00	源栄教授による講義 東日本大震災時の早期地震警報の利活用 の実態と課題・教訓	東北大学	東日本大震災時における早期地震警報(緊急地震速報)の利活用の実態と課題・教訓についての理解を深める。
			PM	仙台-一関-気仙沼(移動) 気仙沼市視察 気仙沼-一関(移動)	-	
7	12/15	Sat	10:00-13:00	一関-気仙沼(移動) 東日本大震災の体験談講話、被災地視察	気仙沼市 (視察)	被災地を視察することにより、被害の実態、対策の必要性を再認識する。
			PM	気仙沼-一関-東京(移動)		
8	12/16	Sun	AM	休日	-	
			PM			
9	12/17	Mon	10:00-12:00	災害情報発信に関するメディアの役割と実例	NHK	メディアの立場からの災害情報発信に関する理解を深める。
			15:00-17:00	病院での緊急地震速報の利活用事例	国立災害医療センター(立川)	病院での利活用事例
10	12/18	Tue	10:00-12:30	緊急地震速報を活用した区での取り組み	港区	区の立場から緊急地震速報の活用事例と問題点
			13:30-15:30	携帯電話業者の緊急地震速報を活用した 広報	NTTドコモ	携帯電話事業者での活用事例
				東京-新神戸(移動)	-	
11	12/19	Wed	9:00-11:00	水道局の地震対策	神戸市水道局	水道局の地震対策について
			11:00-12:00	神戸市危機管理センター見学	神戸市危	神戸市の危機管理対策について

		日時		研修内容	場所	目的
					機管理センター	
			13:30-14:30	テヘラン市に導入する緊急地震速報とその活用案	JICA関西	研修の取り纏め
			14:30～	プレゼンテーションの準備		各自で準備
12	12/20	Thu	10:00-12:00	フェニックス防災システム	兵庫県	実際の地震の教訓を反映した被害予測システム等についての理解を深める。
			13:30-16:00	報告会・評価会、閉講式	JICA関西	研修を総括し、学んだこと、疑問点など整理する。 評価から、本研修の成果を再認識し、今後に生かす。
13	12/21	Fri	10:00-13:00	人と防災未来センター見学	人と防災未来センター	
			PM	→日本出発(大阪(関空)-ドバイ-テヘラン)		
14	12/22	Sat	AM	テヘラン着		
			PM			

また、TDMMO から、イラン国の主要大都市 DMMO（総合防災管理局）の職員向け研修の実施要請を受け、追加となる本邦研修を 2015 年 5 月に実施した。上記の本邦研修が好評であったことから、本研修の実現につながった。研修期間及び研修員は以下のとおりである。また、詳細日程は表 2.1.7 に示す。

- ・ 研修期間：2015 年 5 月 17 日（来日）～5 月 28 日（離日）
- ・ 研修員人数：11 名

テヘラン市総合防災管理局（TDMMO） 3 名

テヘラン市 2 名

主要大都市総合防災管理局等（タブリーズ市、ケルマン市、マシュハド市、キャラジ市、イスファハン市、シーラーズ市 各 1 名） 6 名

表 2.1.7 主要大都市 DMMO 本邦研修日程

			活動	場所	宿泊先	目的	
1	5/17	Sun	AM				
			PM	来日(大阪(関空)着)、移動(関空-神戸)	-	神戸	
2	5/18	Mon	10:00~12:00	ブリーフィング	JICA 関西	神戸	研修の日程と内容を理解し、この研修で何を学びたいのか各自整理する。
			14:00~17:00	オリエンテーション(研修目的、期待される成果、成果発表会等)	JICA 関西		
3	5/19	Tue	10:00-12:00	兵庫耐震工学研究センター(E-ディフェンス)見学	兵庫耐震工学研究センター	神戸	大型実験装置等を見学し、耐震施設・設備についての理解を深める。
			13:30-17:00	兵庫県広域防災センター見学	兵庫県広域防災センター		広域防災拠点ネットワーク構築による広域災害への備え、連携方法について理解を深める。
4	5/20	Wed	10:00-12:00	兵庫県(阪神淡路大震災の状況、県の防災行政システム)	兵庫県庁災害対策センター	仙台	阪神淡路大震災の被害状況や教訓、復興状況、兵庫県の防災行政システムを学ぶ
			14:00-16:00	人と防災未来センター(施設の見学・体験)	人と防災未来センター		阪神淡路大震災の実態を知る。防災博物館(企画・展示等)について学ぶ。
5	5/21	Thu	9:30-12:00	石巻市語り部、被災地視察	みらいサポート石巻、石巻市内	東京	災害の教訓、復興状況を知る。
			13:00-14:00	NEWSsee 視察	NEWSsee		災害の教訓、復興状況を知る。
			14:00-15:00	参加型復興計画	街なか創生協議会		災害の教訓、復興状況を知る。
			15:00-15:30	仮設住宅エリア視察	仮設大橋団地		災害の教訓、復興状況を知る。
6	5/22	Fri	10:00-12:00	内閣府(日本の災害対策、広域防災拠点の役割と機能)、そなエリア体験・見学	東京臨海広域防災公園	東京	国家レベルの災害対策、防災行政システム、日本の防災、防災計画の歴史、広域防災拠点の機能などを学ぶ。そなエリアの体験・見学
			14:00-16:00	東京都(首都行政による防災体制)	JICA 本部		首都行政レベルの防災体制、災害対策、東京防災プランの概要等を知る。
			16:00-17:00	JICA 表敬訪問	JICA 本部		
7	5/23	Sat	AM	資料整理	JICA 東京	東京	
			PM				
8	5/24	Sun	AM			東京	
			PM				

			活動	場所	宿泊先	目的	
9	5/25	Mon	9:30-12:00	墨田区(自治体の防災計画、地区街歩き)	墨田区役所 京島地区(街歩き)	東京	自治体レベルの防災計画、ハザードマップ、災害履歴の蓄積方法、防災訓練、コミュニティ防災等を学ぶ。
			14:30-16:20	本所防災館(施設の見学・体験)	本所防災館		日本の防災館の施設の内容、企画等について知る。
10	5/26	Tue	10:00-12:00	気象庁(気象予報・地震観測システム)	気象庁	東京	日本の気象庁の役割、気象災害の対策、気象予報・地震観測システムについて学ぶ。
			14:00-17:20	総務省消防庁、東京消防庁(地震時の緊急対応)	総務省消防庁		災害時の緊急対応対策、他機関との連携方法、広域応援等について学ぶ。
11	5/27	Wed	10:00-12:00	発表準備	JICA 東京	東京	研修を総括し、学んだこと、疑問点などを整理する。
			13:00-15:30	研修成果発表会、評価会、閉講式	JICA 東京		
12	5/28	Thu	AM	資料整理、帰国準備	JICA 東京	機内泊	
			PM	日本出発(成田-ドバイ-テヘラン)	-		
13	5/28	Fri	AM	帰国(テヘラン着)	-		
			PM				

添付 5 : 研修員受入れ実績

2.1.5 【30】 セミナー、ワークショップの開催

イラン側と協力の上、本プロジェクトの活動と成果を広く共有するためのセミナーやワークショップを開催した。成果 1 および 2 のセミナー／ワークショップでは、各成果の進捗状況の報告や、日本の知見・事例等を紹介した。詳細については、下記 2.2.7 【8】、2.3.8 【17】 に記す。

(1) 合同セミナーの実施

合同セミナーは、プロジェクトの当初の終了時に合わせて、本プロジェクト全成果の活動の発表と成果を広く共有することを目的に、2015年2月18日に開催した。TDMMO 職員のみならずプロジェクトに関係するテヘラン市関係部課、技術委員会、大学等を含めた多くの関係者を招聘し、約50名が参加した。合同セミナーでは、各成果の成果発表と、TDMMO からの要望により、日本における瓦礫処理の事例を紹介した。

合同セミナーの概要は、以下の表 2.1.8 に示す。

表 2.1.8 合同セミナーの概要

	合同セミナー
運営方法	セミナー
開催日	2015年2月18日
対象者	全成果関係者、関係機関
参加人数	約50名
内容	全成果の発表、情報共有、ディスカッション、日本の瓦礫処理の事例、今後の展開等

(2) 第3回国連防災世界会議での発表

2015年3月16日には、仙台市で開催された第3回国連防災世界会議のイグナイトステージにおいて、「Safe Emergency Evacuation Program in Tehran Neighborhood Units」と題し、専門家チームとC/Pが共同で発表を行った。

本ステージは、防災に関連する話題、事業について、15分間のプレゼンテーションができる場で、政府間会合等の議論の枠にととまらず、より多くの幅広い話題を発表する機会を提供できるものである。50名を超える各国の政府関係者等が傍聴し、本発表の前半では、TDMMO 総裁アドバイザー（当時）の Taghizadeh 氏が、TDMMO の紹介と JICA の支援の歴史について発表を行った。その後、専門家チームからは JICA のプロジェクトについて発表を行い、主に、2007年から2010年に実施した「地震後72時間緊急対応計画構築プロジェクト」に関連し、避難マップや避難訓練等の成果を紹介した。JICA の継続的なプロジェクトを通じて、TDMMO の人材育成・能力向上も進み、TDMMO 職員の持続的成長は、市民防災活動のテヘラン市内全体への水平展開につながっていることを強調し、発表の最後には、避難訓練の様子を映像で紹介し、非常に多くの方の興味・関心を引いた。Taghizadeh 氏は、本会議での出席を通じて、JICA 支援の成果を各国と共有することができ、また支援の効果を改めて実感することができたと思われる。



図 2.1.2 第3回国連防災世界会議での発表の様子

2.2 成果 1 に関する活動

成果 1 に関する活動のフローは、下図に示すとおりである。

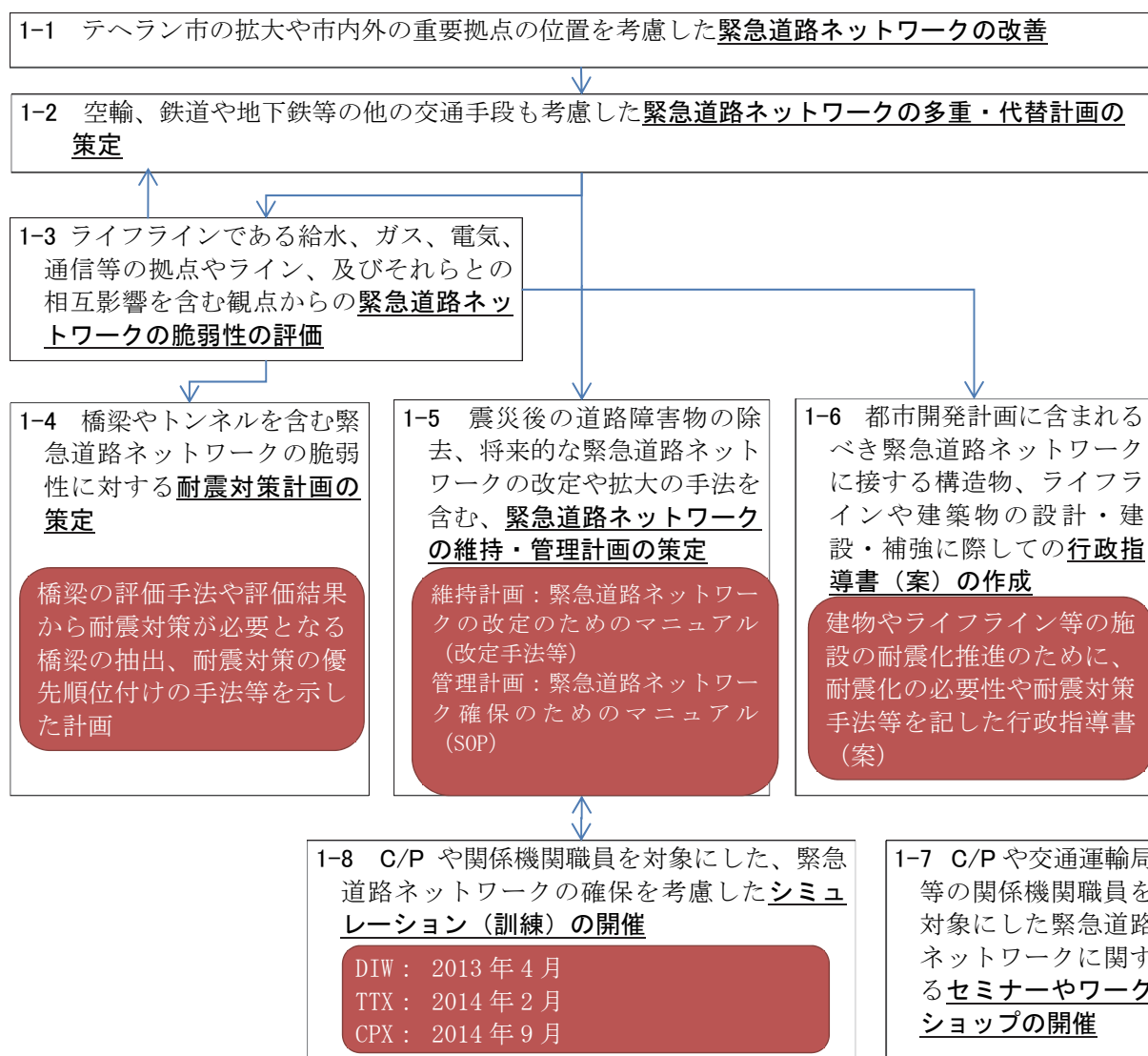


図 2.2.1 成果 1 活動フロー図

2.2.1 【2】 テヘラン市の拡大や市内外の重要拠点の位置を考慮した緊急道路ネットワークの改善 (活動 1-1)

災害発生時の緊急道路ネットワークは、地震後の初動期(発災から 72 時間程度)における応急対策の円滑な実施のために、一般車両の通行を制限・禁止し、緊急車両の通行専用とするため、及び、初動後の物資の搬送等のための車両等の通行や防災拠点を相互に連絡させるために、優先的に道路啓開するために指定されるものである。緊急道路ネットワークは上記の理由から、主要道路幹線網を中心に事前に指定される。

テヘラン市における災害発生時の緊急道路ネットワークは、2004 年に完了した「マスタープラン調査」時に提案された緊急道路ネットワークが採用され、現在も活用されている(図 2.2.2 参照)。しかし、ネットワークの設定時から約 8 年が経過し、道路ネットワークを始めとする都市構造の変化や、TDMMO を含めた応急対応関連施設等の重要拠点の位置を勘案した新たなデータを活用した緊急道路ネットワークの更新が必要となっている。

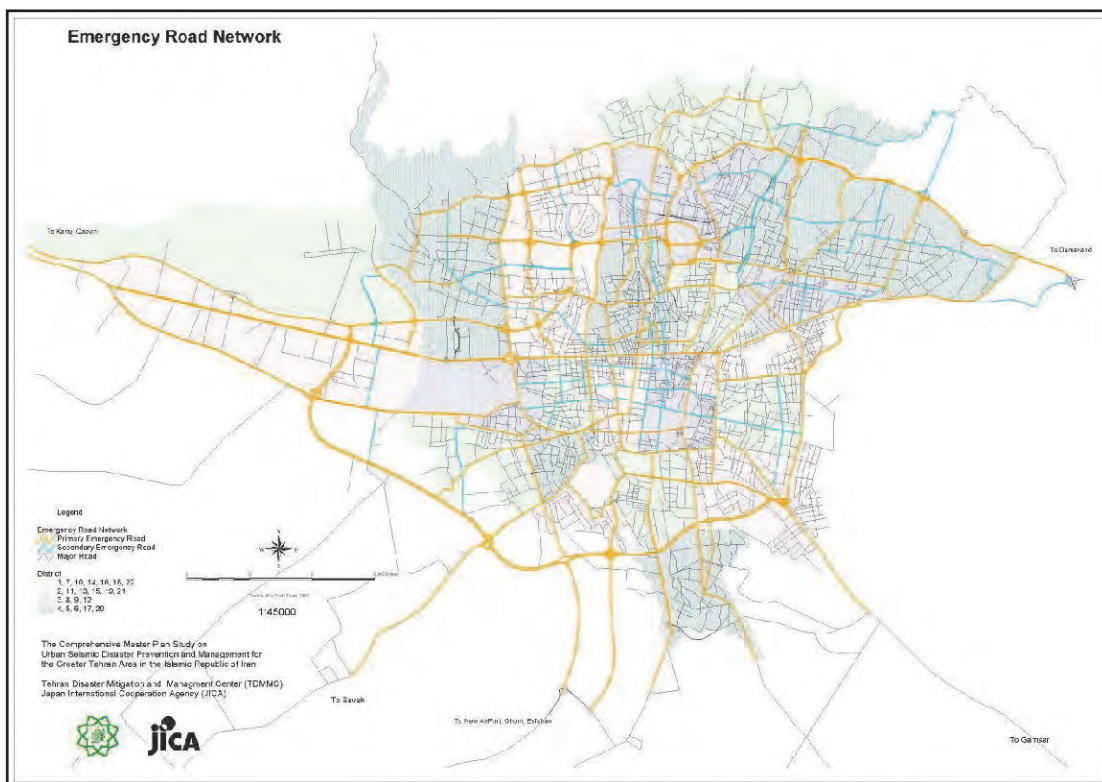


図 2.2.2 マスタープラン調査時の緊急道路ネットワーク
 出典：JICA「大テヘラン圏総合地震防災及び管理計画調査」報告書、2004

そこで、既存の緊急道路ネットワークを改善するための支援を実施した。詳細については、以下に示す。

(1) 改善フロー

緊急道路ネットワーク改善に向けたフローを図 2.2.3 に示す。

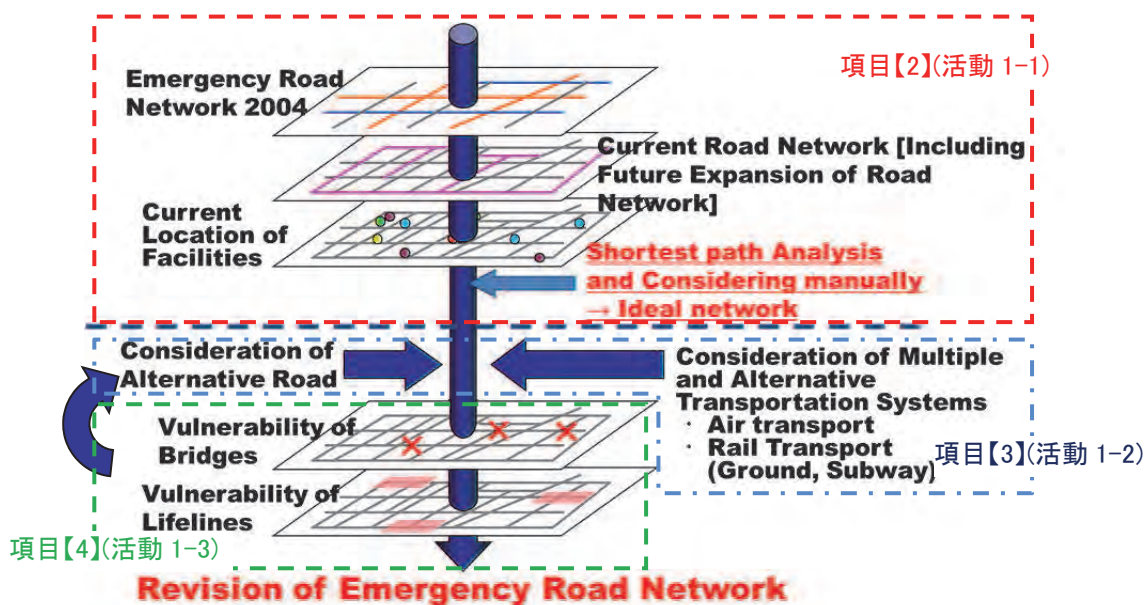


図 2.2.3 緊急道路ネットワーク改善フロー

(2) 道路ネットワークデータの更新

緊急道路ネットワークの改善に向けて、テヘラン市の道路ネットワークデータの更新、解析のためのデータセットアップを実施した。道路ネットワークデータは、TDMMO 保有の既存のものに加え関係機関から入手し、GIS で整備し今後の道路の拡張も考慮した。

テヘラン市の道路ネットワークの総延長は表 2.2.1 のとおりである。道路ネットワーク図は図 2.2.4 に示す。

表 2.2.1 テヘラン市道路ネットワーク 総延長

Passage type	Total (km)
Highway	1,521
Foot path	5
Main road	1,760
Branch road	2,501
Alley	5,699
Total of all passages	11,487



図 2.2.4 テヘラン市道路ネットワーク図

(3) 重要施設の選定

ここでは、緊急道路ネットワークとして結ぶ重要施設を検討した。選定に当たっては、日本の都道府県や市町村の事例を紹介し、議論しながら検討した。具体的には、日本の段階別の重要施設の事例を示し、テヘラン市への適用について議論した。テヘラン市はイラン国の首都であり、大規模な地震が発生すれば被害は甚大となるため、広域的な輸送や支援の受け入れ等が重要となる。そのため、最も重要となる施設として、広域的な交通の結節

点を含めることとした。双方の議論の結果、日本においては重要施設を1次～3次までの3段階に分けて設定していることが多いが、緊急道路ネットワークの本格的な運用が初めてとなるテヘラン市においては、よりシンプルな形とすることとし、重要施設は2段階に分けて設定し、以下のとおり定義した。

- 第一次重要施設：地震後、最も優先的に相互連絡すべき緊急対応の指揮命令及び広域連携に係る施設が入る。TDMMO や国、テヘラン市等の緊急対応の中核を担う拠点施設のみならず、他都市からの広域的な輸送や支援、ネットワーク多重化の観点から、テヘランと他都市とを結ぶポイントや鉄道、空港等、主要な交通結節点。これらを結ぶことで、緊急対応、指揮命令系統の連携が図れると共に、重要な交通拠点を連携し、緊急輸送等を円滑かつ迅速に実施することができる。
- 第二次重要施設：地震後、優先的に相互連絡すべき緊急対応活動の実施機関が入る。救急・消防・保全、緊急輸送、医療等のすべての活動拠点。これらを結ぶことで、捜索・救難・救護等の緊急対応活動を円滑かつ迅速に実施することができる。

表 2.2.2 に第一次施設、表 2.2.3 に第二次施設の一覧を示す。施設位置についても GIS で整備し、各拠点の位置図は、図 2.2.5 に示すとおりである。

表 2.2.2 緊急道路ネットワーク 1次施設一覧

Row	Number of centers	Name of Center
1	1	Presidential office
2	1	Ministry of Interior & Disaster management organization of the country (NDMO)
3	1	Governor general of Tehran
4	1	Municipality of Tehran
5	1	Deputy of traffic & transportation
6	1	TDMMO
7	1	IRIB
8	1	Civil & technical Deputy of Tehran municipality
9	4	Airport
10	12	Routes of entrance to the city of Tehran
11	3	Railway stations
12	4	Bases/headquarters of aiding provinces (supporting disaster management)
	31	

表 2.2.3 緊急道路ネットワーク 2次施設一覧

District	Telecom municati ons	Electric ity	Water & sewage	Water	Gas	Terminal s (Bus stations)	Red Crescent	Traffic control centers	Traffic police center	Police station	Multi-fun ction base	Special base	Blood transfer	Firefight ing	EMS	Clinic	Hospital
1	0	0	0	0	0	0	1	1	3	7	1	1	1	5	8	0	12
2	0	0	0	0	0	0	2	0	4	5	6	1	1	5	7	0	8
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	1	0	5	3	0	14
4	0	0	0	1	1	0	0	1	1	6	5	1	0	8	7	0	8
5	0	0	0	0	0	1	0	1	3	7	7	1	1	7	11	0	3
6	0	0	1	0	1	0	0	0	1	5	1	1	5	3	5	0	30
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	3	2	0	10
8	1	1	0	1	1	0	0	0	2	2	2	1	0	3	5	0	1
9	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	3	0	1
10	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	4	1	6
11	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	2	1	0	6	6	0	11
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	3	1	0	6	0	0	15
13	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	3	1	0	3	3	0	3
14	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	2	5	0	3
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	1	0	5	4	0	1
16	0	1	1	0	1	1	2	0	0	4	5	1	0	5	5	0	4
17	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	0	3	1	0	1
18	1	1	0	1	0	0	0	0	1	2	5	1	0	4	3	0	3
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	1	0	4	0	0	0
20	0	1	0	1	1	0	3	0	1	6	8	1	0	3	5	0	2
21	1	0	0	1	1	0	1	0	1	2	1	1	0	3	1	1	0
22	1	1	1	0	1	0	1	0	2	2	6	1	0	6	3	0	2
total	4	9	3	6	8	3	11	3	28	78	76	21	9	92	91	2	138

Total: 582 places

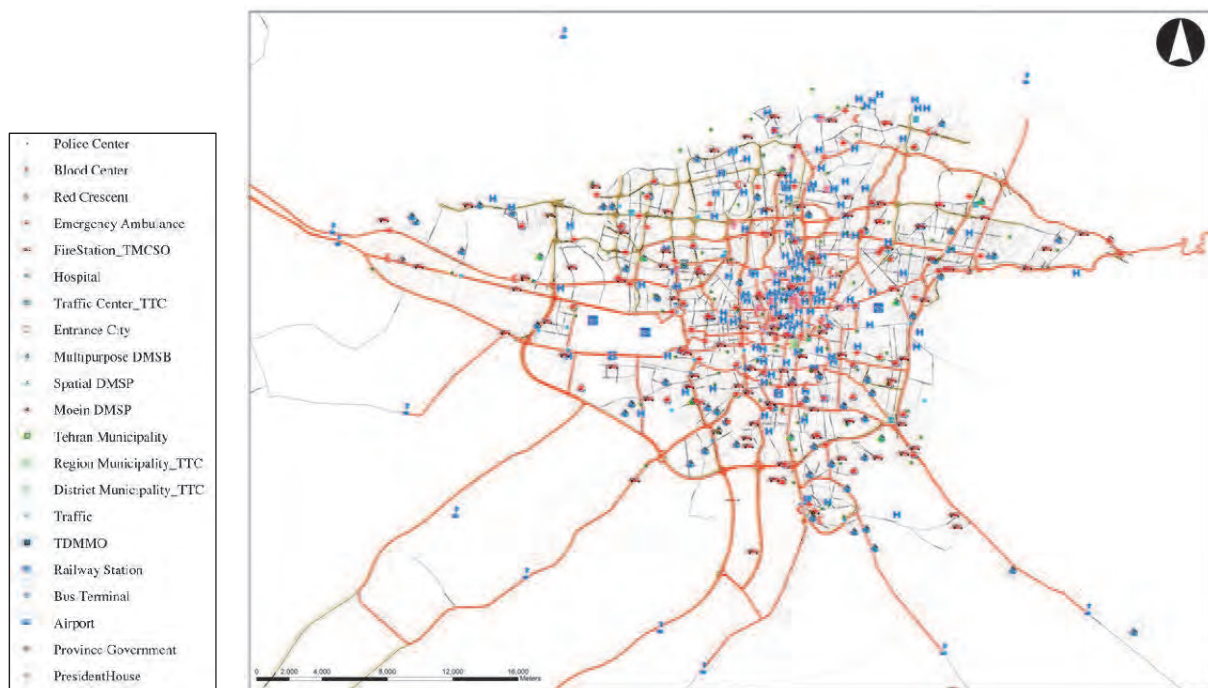


図 2.2.5 緊急道路ネットワーク 重要施設位置図

(道路網の色については、最短経路解析のトライアルを行ったもの)

(4) 最短経路解析の実施

(2)、(3)の道路ネットワークデータ及び施設データを基に、ネットワーク解析を行った。解析手法は、前回の2004年「マスタープラン調査」時と同様の最短経路解析を採用した。緊急道路ネットワークの設定手法については、確立した手法はなく、幹線道路を中心に手作業による設定がほとんどであるのが実情である。しかし、議論の中で、ネットワーク解析

手法である最短経路解析を実施した後、その結果を基に手作業による修正を行うことで、解析による定量的な評価と、定性的な評価の両方を行うことができるため、第 1 段階として、最短経路解析を実施した。最短経路解析は、2 施設間の移動時間が最短となる経路をネットワーク解析により抽出するものであり、ここでは、それを設定した全施設間で行う。最短経路解析を行うことにより、1)設定した重要施設間の接続性を確認できること、2)最短経路を解析するため、迅速に移動できる経路を抽出できること、3)各施設間の解析を行うことで、代替経路も併せて抽出できる。GIS での解析手法は、専門家がマニュアルを作成の上、講義を行い、C/P の GIS 担当に技術移転した。

最短経路解析の入力データとして、ネットワークデータは、整備した道路ネットワークとし、施設データは、選定した重要施設の内、第一次施設のみとした。これは、2 施設間の経路解析を施設数分を行うため、第二次施設間の解析を行うことには相当な時間がかかり現実的でないこと（約 600 点*600 点の 36 万ネットワーク解析が必要となる。）、及び重要施設の位置はある程度集中しており、第二次施設を含めても解析結果があまり変わらない、もしくは緊急道路ネットワークにはふさわしくない幅員の狭い道路等まで含まれてしまう可能性があるためである。道路ネットワークの入力データとしては、高速道路は時速 60km、主要道路は時速 30km として設定した。

最短経路解析の結果は図 2.2.6 に示すとおりである。抽出されたネットワークは、重要施設の位置関係から、テヘラン市全域を網羅していないネットワークとなっている。

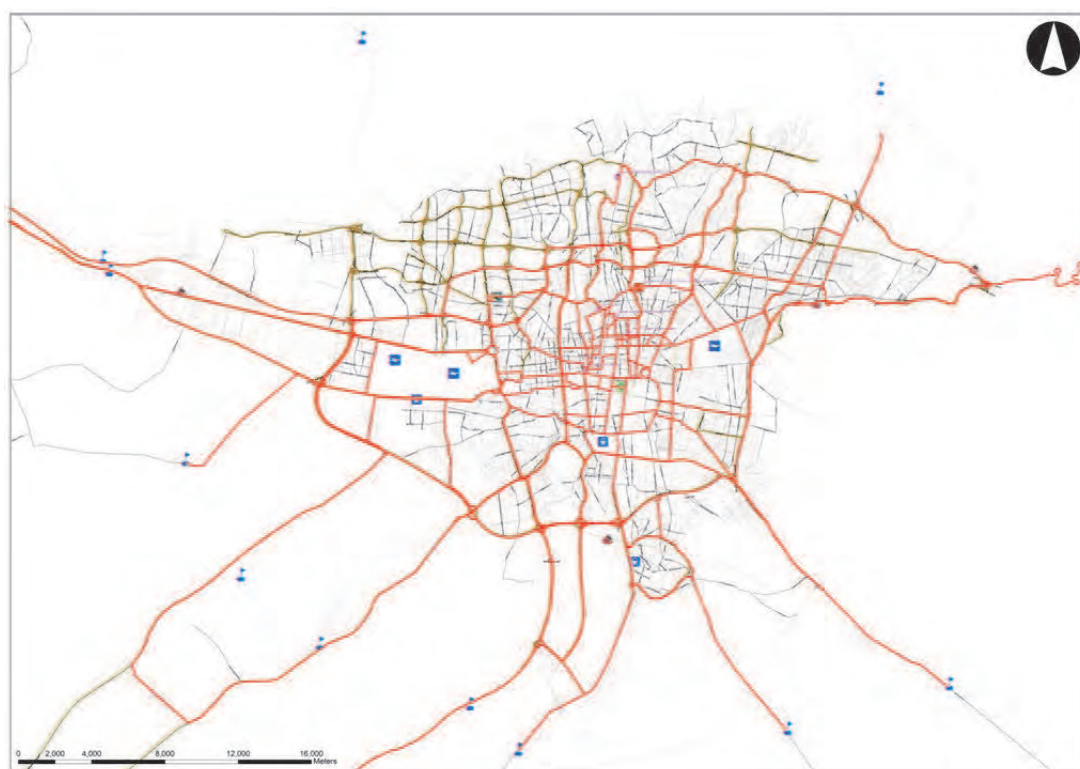






図 2.2.6 最短経路解析による結果(ネットワークの選定)

(5) 緊急道路ネットワーク区分の検討

日本における緊急輸送道路は、多重・代替性及び結ぶ施設の区分を考慮し、主に第 1 次～第 3 次まで設定されている地域が多い。テヘラン市における区分の検討に当たっては、日本における緊急交通路(交通規制道路)、緊急輸送道路の事例を示し、C/P と協議した。日本

においては、警察が指定する緊急交通路と、自治体が指定する緊急輸送道路の大きく 2 つに区分される。緊急交通路は交通規制を実施し、緊急輸送道路は緊急輸送を行うため、防災拠点間を連絡する道路とされている。緊急輸送道路は主に 3 段階に分かれることが多い。これらの違い等を専門家チームから示し、C/P と議論を行った。議論では、テヘラン市における緊急道路ネットワークの初めての本格運用であることから、第 1 次ネットワークとなる交通規制道路と、交通規制をしない第 2 次ネットワークとなる道路啓開優先道路の 2 区分に分け、以下のように設定した。

表 2.2.4 緊急道路ネットワーク区分

区分	内容
1 交通規制道路  Road with police control	災害時の重要施設を結ぶ最重要路線となり、災害応急対策の的確かつ円滑な実施のために、交通規制を行うことで、一般車両の通行を禁止、制限する道路
2 道路啓開優先道路（交通規制なし） Road with priority for reopening	災害時に緊急対応活動を迅速に実施するために、道路啓開を優先的に実施し、緊急車両の通行を確保する道路（交通規制なし）
 with special line	優先的に道路啓開し、BRT(Bus Rapid Transit, バス高速輸送システム)レーン等既存の特別車線を活用し、緊急車両の通行を確保する道路
 suggestion for creating special line (divided line)	優先的に道路啓開し、災害時にバリエード等により特別車線を設け、緊急車両の通行を確保する道路
 without special line (divided line)	特に特別車線等は設けず、一般車両の通行も可能であるが、優先的に道路啓開する道路

(6) 協議による緊急道路ネットワークの修正

(4)で示した解析結果に基づき、道路ネットワークの修正を実施した。協議では、以下の観点から C/P に助言、協議を行い、修正を行った。

- (3)で選定した第 2 次重要施設へのアクセスの確保（全ての第 2 次重要施設にアクセスが可能となるようにネットワークを追加）
- (5)で示した 2 区分への分割（道路幅員、それぞれのネットワークの独立性、交通規制の簡便性（交通規制箇所数を最低限に抑える）等を考慮し分割）
- テヘラン市内を俯瞰し、網羅的なネットワークとなること（ネットワークとしてあらゆる市内地域に到達できるかを各区分、市全域を視て検討）

協議結果を踏まえ、修正を行った緊急道路ネットワークは図 2.2.7 に示す。このネットワークを基に、2.2.2 において、多重・代替性を検討し、最終的な緊急道路ネットワークとした。

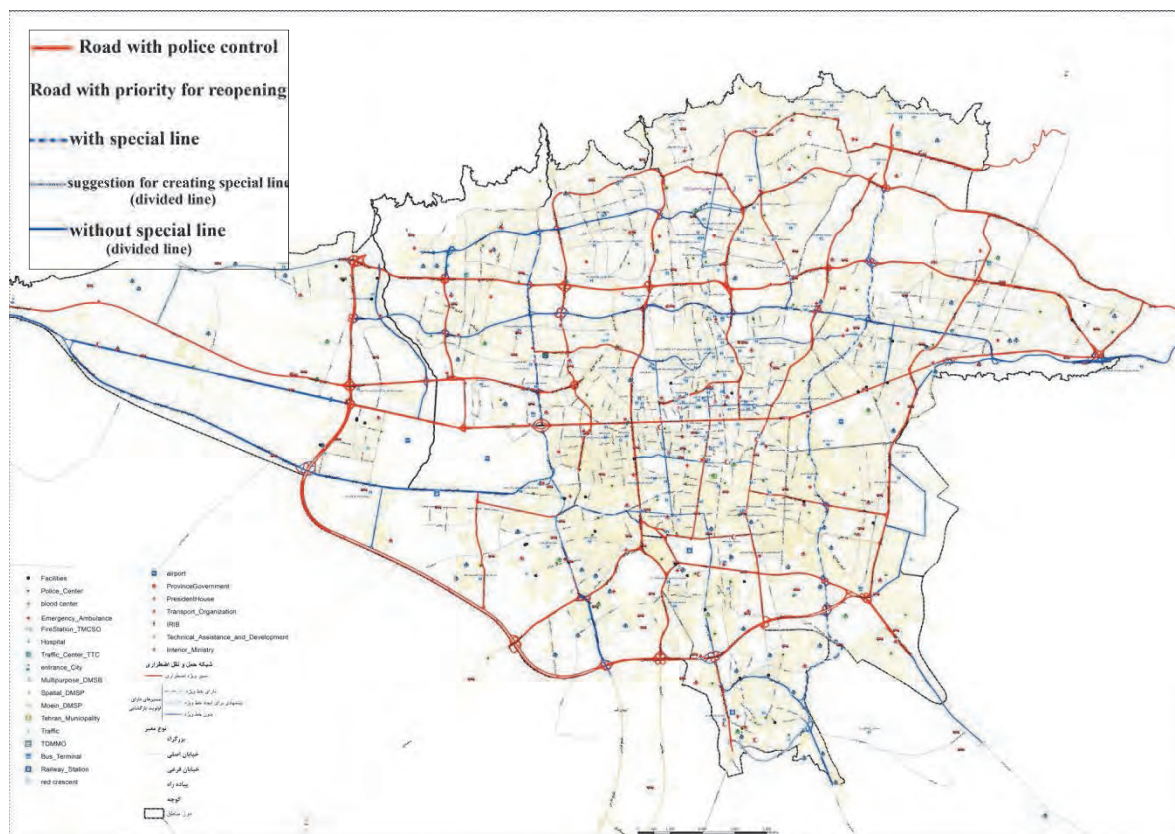


図 2.2.7 【2】で設定した緊急道路ネットワーク

2.2.2 【3】 空輸、鉄道や地下鉄等の他の交通手段も考慮した緊急道路ネットワークの多重・代替計画の策定（活動 1-2）

本項目では、2.2.1 で設定した緊急道路ネットワークの（1）多重・代替性の確認・修正と、（2）空輸、鉄道や地下鉄等の他の交通手段の検討を行った。以下に詳細を示す。

（1）緊急道路ネットワークの多重・代替性の確認・修正

緊急道路ネットワークの一部が被害を受けた場合でも応急対応、緊急輸送が可能となるように、緊急道路ネットワークにはリダンダンシーの確保が求められる。

テヘラン市では、高速道路、幹線道路等において、朝夜の通勤時間帯を中心に交通渋滞が慢性化し、ドライバーの運転マナーの悪さが原因となる渋滞も多発している。大規模な地震が発生した場合、避難しようとする住民が車を使用して渋滞を引き起こし、緊急対応活動の阻害要因になることは明白である。また、テヘラン市におけるインフラ・ライフラインは、住宅等の脆弱な建築構造物と比較すると耐震性は高いが、直下型の地震が発生すれば、橋梁の倒壊のみならず、ライフライン被害や道路沿いの脆弱な建築物や歩道橋の倒壊により道路閉塞が発生する危険性が非常に高く、多重・代替性を考慮した緊急道路ネットワークを計画する必要がある。

2.2.1 で設定した緊急道路ネットワークは、テヘラン市内の重要施設を網羅的に設定した上で最短経路解析を行い、さらに目視によるネットワークの確認を詳細に行っているため、多重・代替性を既に含んだものであると言える。そのため、ここでは、設定した緊急道路

ネットワークが多重・代替性を確保したネットワークであるかを確認・検証し、必要に応じてネットワークの追加検討を行った。多重・代替性の確認は、以下の手順で実施した。

緊急道路ネットワークの多重・代替性の確認には、1)ネットワーク上に仮想の被害地点を設定し、2)被害地点を考慮した最短経路解析を再実行し、3)解析結果を踏まえた上で必要に応じて代替ルート追加を行った。

1) ライフライン、橋梁等の脆弱性評価に基づく仮想被害地点の設定

仮想被害地点は、2.2.3 で示すライフライン、橋梁等の落橋可能性を示す脆弱性評価の暫定評価結果を基に設定した。ライフラインについては、各ライフラインの評価結果から 22 区それぞれの仮想被害地点数を決定し、ネットワーク形状も考慮した上で、仮想被害地点を設定した。専門家は C/P にパイプ等が道路を横断し道路閉塞を誘引する影響の高い箇所を選定する等の設定根拠を助言、講義した上で、C/P と協議し仮想被害地点を設定した。橋梁については、簡易評価結果から、脆弱性の高い橋梁を仮想被害地点に設定した。

2) GIS による最短経路解析の再実行

1)で設定した仮想被害地点を障害物として GIS 上で整備し、GIS による最短経路解析を再実行した。はじめに、仮想被害地点の設定方法及び仮想被害地点を考慮した最短経路解析の解析方法を、専門家から C/P に技術移転を行った。解析方法については、最短経路解析方法と同様、GIS のマニュアル形式で資料を作成し、今後も活用できるものとした。図 2.2.8 には、マニュアルの一部を示す。

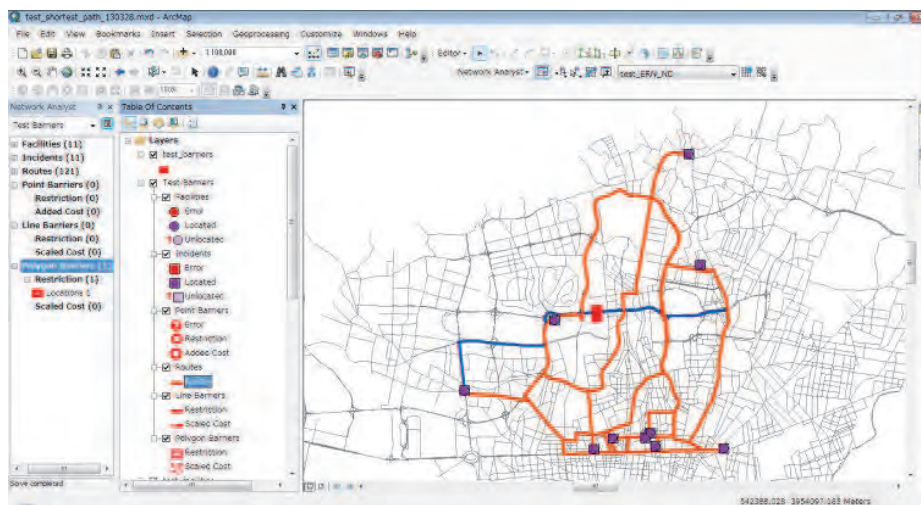


図 2.2.8 仮想被害地点を考慮した最短経路解析の解析手法マニュアルの一例

実際の解析は、作成したマニュアルに基づき、C/P が実行した。入力データについて、ネットワークデータは 2.2.1 で設定した緊急道路ネットワークとし、施設データは、第一次施設ではなく、テヘラン市内をより網羅できる施設を第一次、二次関係なく設定した。解析結果は、図 2.2.9 に示すとおりである。

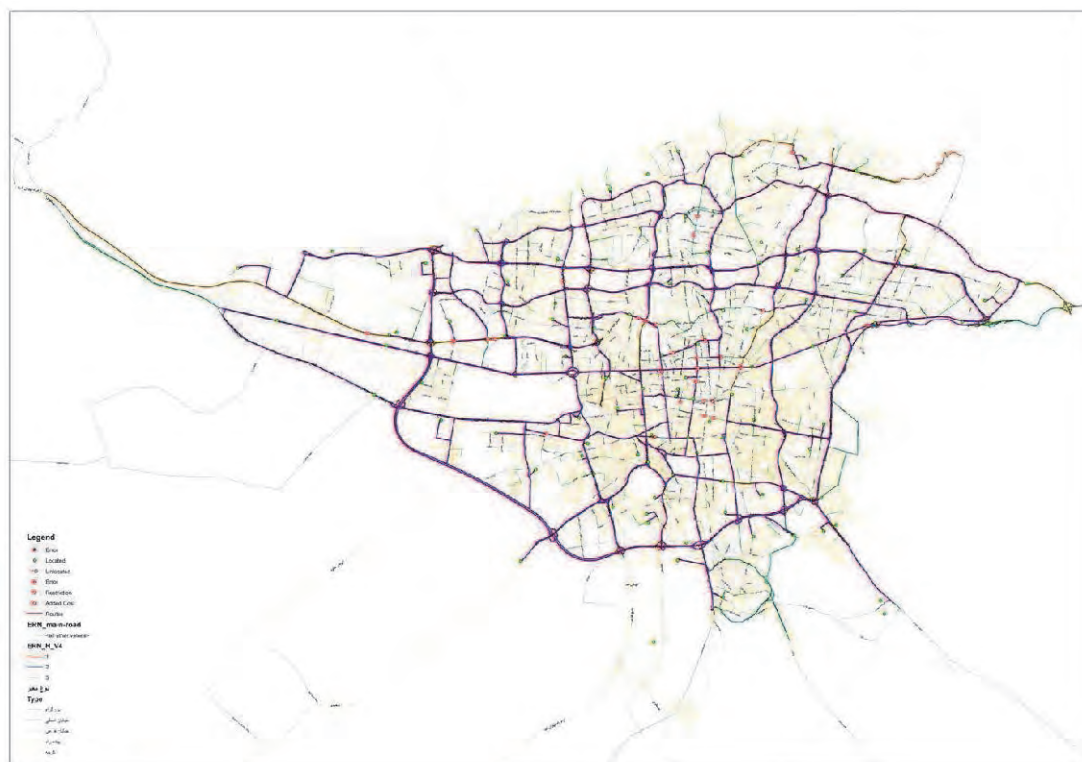


図 2.2.9 仮想被害地点を考慮した最短経路解析の解析結果

3) 解析結果の確認および代替ルートの追加

図 2.2.9 に示した解析結果を基に、以下の視点から緊急道路ネットワークの検証を C/P とともに実施した。

- 各施設に到達できるか否か（解析結果）
- 各施設への到達時間は仮想被害地点が無い場合と比較してどの程度増加しているか（解析結果）
- その他、リダンダンシーの観点から追加が多重・代替ルートが必要な地域、路線はないか（協議）

到達の成否及び到達時間の増加については解析結果から問題は無かったが、更なる多重・代替性を考慮し、緊急道路ネットワークの路線数が少ない地域について、協議の上、数路線を追加した。道路網について多重・代替性を考慮した緊急道路ネットワーク図は、図 2.2.10 に示す。

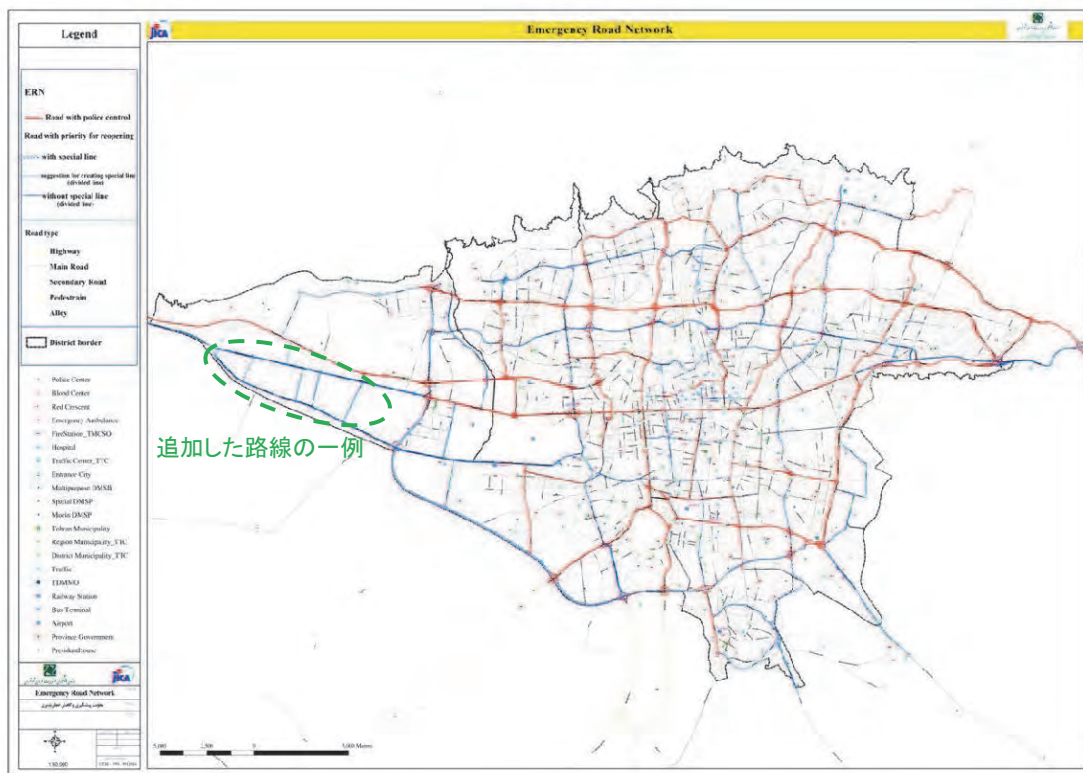


図 2.2.10 道路網に関する多重・代替性を含む緊急道路ネットワーク図

(2) 空輸、鉄道や地下鉄等の他の交通手段の検討

日本の緊急輸送道路は、道路ネットワークだけでなく、ヘリによる航空輸送や、地震に強い地下鉄の輸送力を活用した支援等、多様な交通手段を活用した多重・代替計画が策定されている。交通手段の特性は国により異なるが、日本の事例等も紹介しながら、テヘラン市における各交通手段の特性を考慮したネットワークの多重・代替ルートの設定に関し、イラン側に助言、検討・協議を行った。以下に詳細を記す。

1) 各交通手段の調査

a.BRT

BRT 路線図は図 2.2.11 に示す。BRT 専用路線は、2.2.1 で示したように緊急道路ネットワークの道路啓開優先道路として、有効に活用される。また、緊急対応後も、人・物の輸送に活用されることが期待されるため、緊急道路ネットワークと重ね合わせて把握することが重要である。

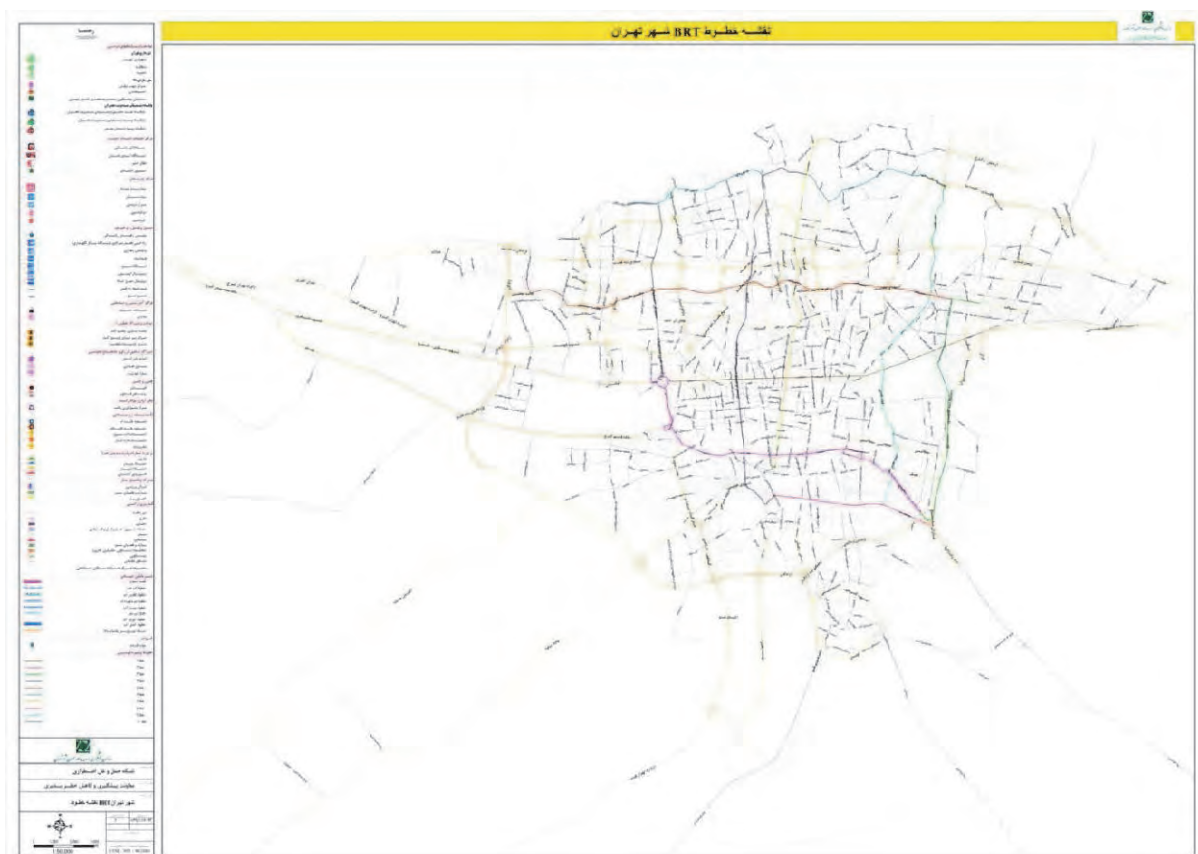


図 2.2.11 BRT 路線図

b.地下鉄(Metro)

地下鉄は、主に地下構造体で構成されているため、一般的に地震に強い耐震性の高い交通手段であると言える。検討に当たっては、日本の事例・経験として、阪神淡路大震災時の地下鉄の被害状況は限定的であったことや、東日本大震災時の東京の地下鉄の被害は発生せず早期再開できた状況等を紹介した上で、C/P と協議を行った。過去の地震の経験から得られる地下鉄の耐震性の高さを認識したうえで協議を行った結果、テヘラン市において、緊急道路ネットワークの代替、補完交通手段として、地下鉄は道路ネットワークを全て代替することはできないが、物資輸送等の補完的な役割として重要な役割を担うことが期待されるため、緊急道路ネットワークに含めることとした。表 2.2.5、図 2.2.12 には、地下鉄の現状と将来の計画を示す。テヘラン市の地下鉄は現在も主要な地域を通る路線網を形成しているが、将来にはさらなる路線網が形成されることが予定されている。また、図 2.2.13 には、テヘラン市の道路ネットワークと地下鉄網を重ね合せた図を示す。

表 2.2.5 地下鉄の現在の状況と将来の拡張計画

Line	Number of stations		Line length (km)	
	Expansion	Existing (Mehr 1391)	Expansion	Existing (Mehr 1391)
1	29	29	39	39
2	26	22	35	26
3	28	2	35	7
4	19	17	21	21
5	11	10	42	42
6	27	0	31	0
7	25	0	27	0
8		0	34	0
9		0	32	0
Total	165	80	296	135

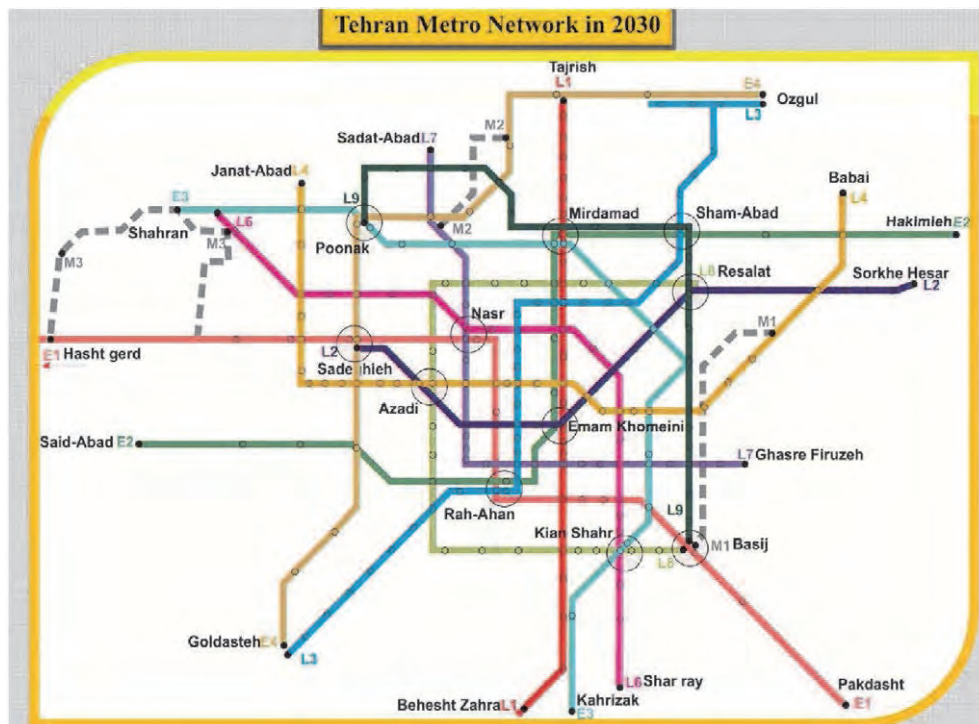


図 2.2.12 地下鉄の路線図(2030年計画)

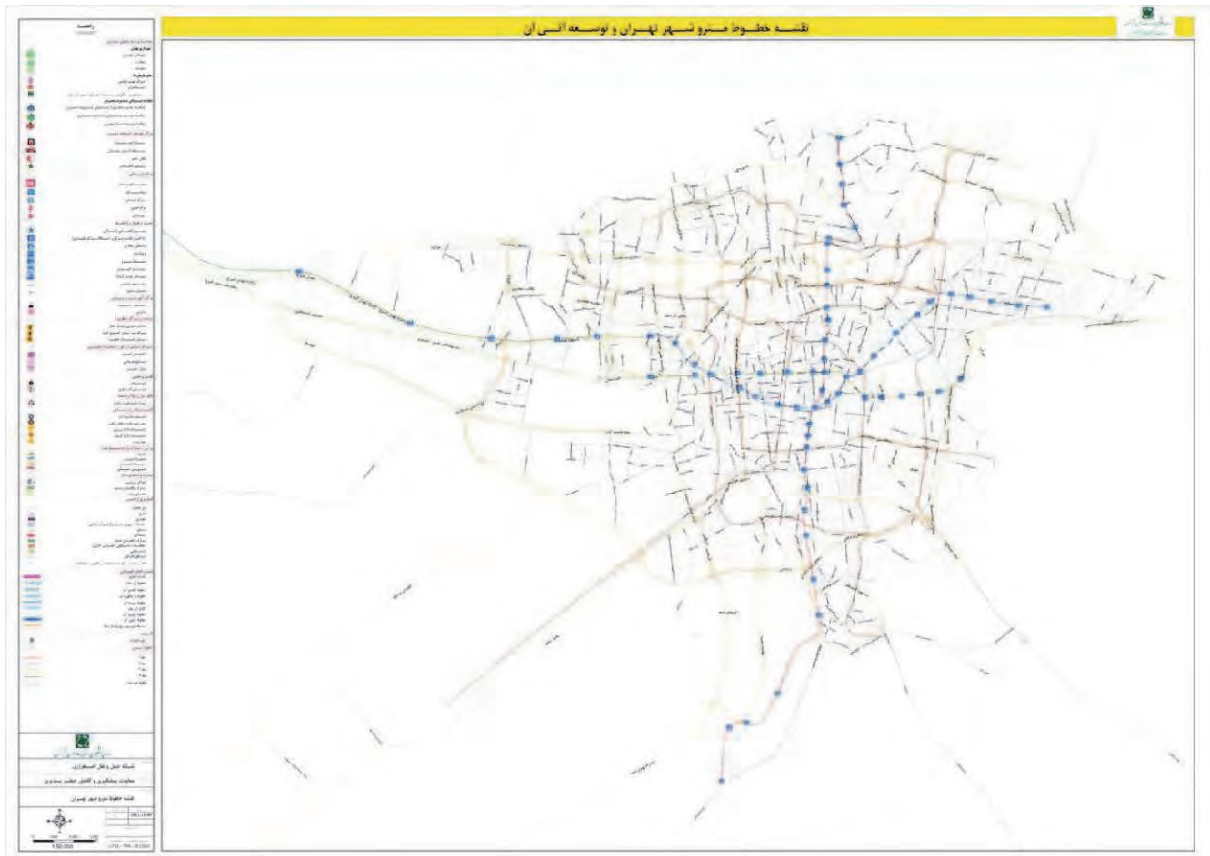


図 2.2.13 道路ネットワークと地下鉄網

c. 空港、鉄道

空港及び主要な鉄道駅は、広域輸送、支援の受け入れを行う上で、非常に重要な交通拠点である。そのため、これらの施設は、第一次重要施設に含めており、緊急道路ネットワークによって結ばれている。

2) 各交通手段の特性を考慮したネットワークの多重・代替ルートの設定

上記のとおり、各交通手段（BRT、地下鉄、空港、鉄道）は、設定した緊急道路ネットワークの多重、代替、補完するための手段として、災害発生時の応急対応活動を実施するうえで非常に有用であると言える。そのため、これらのネットワークや拠点位置は、緊急道路ネットワーク図に含めて記載し、地震時には迅速に連携できるようにすることとした。

(3) 緊急道路ネットワーク（多重・代替ルート含む）の改善

上記(1)、(2)の結果に基づき、多重・代替ルートを含む緊急道路ネットワークの改善（最終化）を行った。最終的に決定した緊急道路ネットワーク（多重・代替ルート含む）は、図 2.2.14 に示す。また、表 2.2.6 に緊急道路ネットワークの総延長、図 2.2.15 に区ごとの総延長を示す。

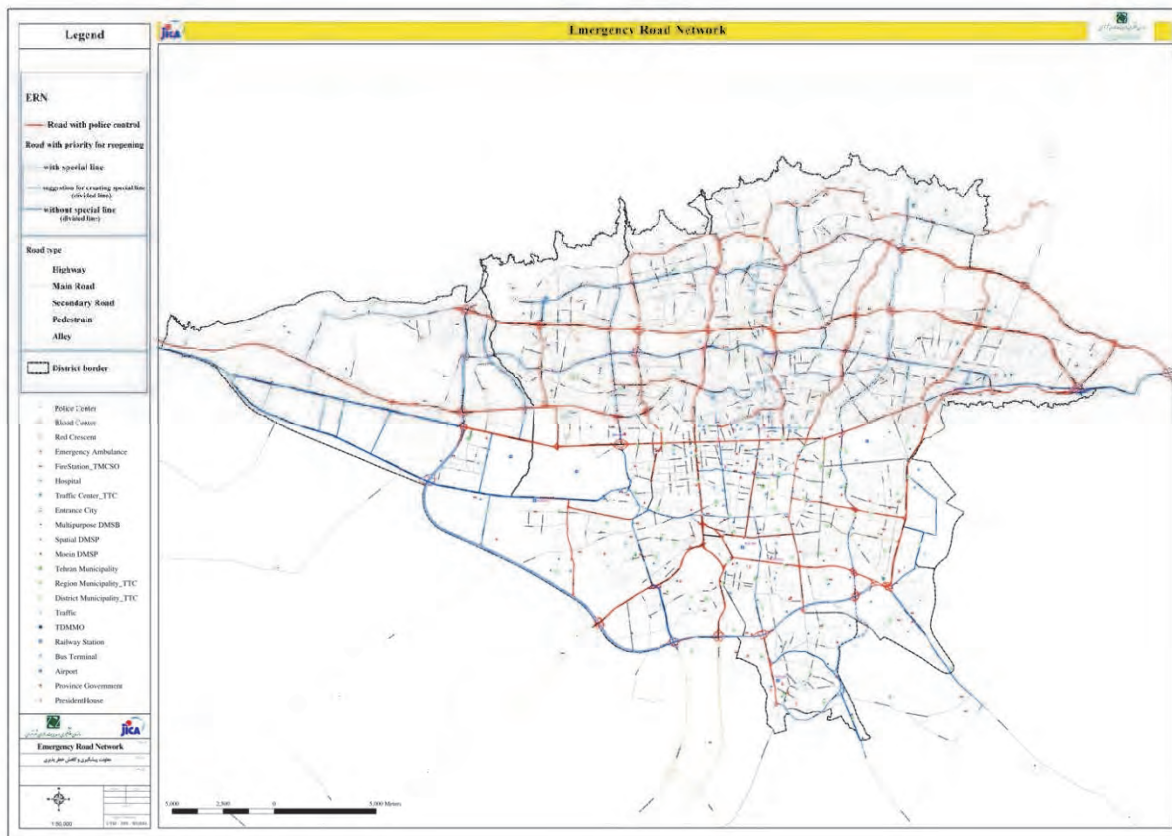


図 2.2.14 緊急道路ネットワーク(多重・代替ルート含む)

表 2.2.6 緊急道路ネットワークの総延長

区分		延長(km)	総延長(km)
1	交通規制道路	300.5	541.4
2	道路啓開優先道路 (交通規制なし)	240.9	

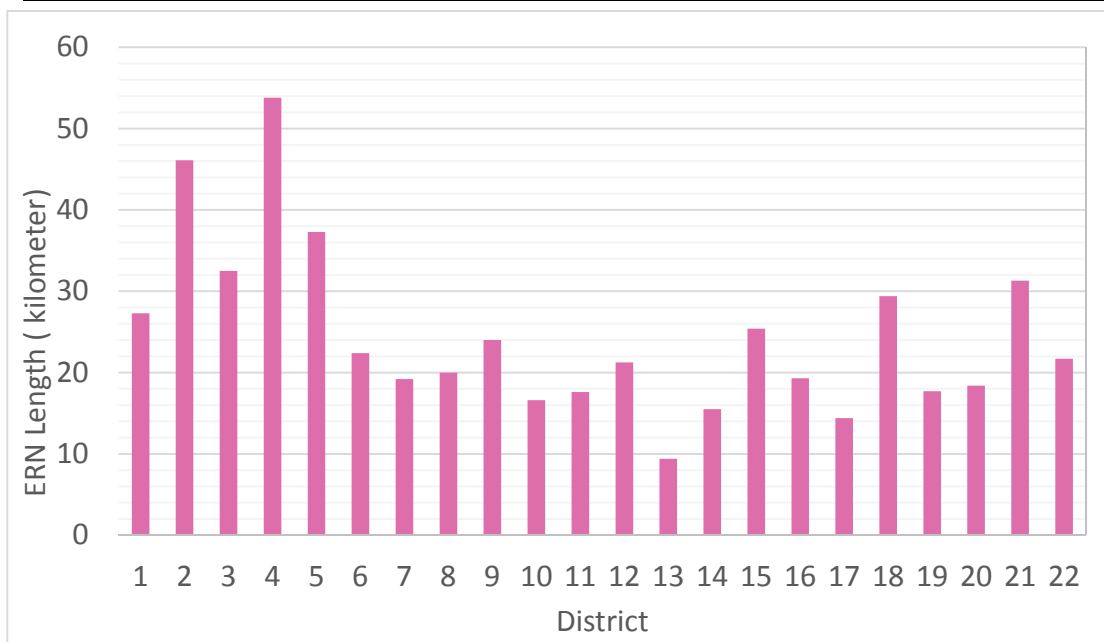


図 2.2.15 区ごとの緊急道路ネットワーク延長

今後は、住民への周知徹底を促進していくとともに、後述するように、緊急道路ネットワークに関わる橋梁、ライフライン、建物等の耐震化を進めていく。

2.2.3 【4】 ライフラインである給水、ガス、電気、通信等の拠点やライン、及びそれらとの相互影響を含む観点からの緊急道路ネットワークの脆弱性の評価（活動 1-3）

ライフライン施設は道路に近接、交差して設置されていることが多く、地震によるライフライン等の被害は、道路に影響を与え、地震発生後の交通機能に支障をきたすことが懸念される。そのため、ここでは、ライフライン等の脆弱性を評価し、緊急道路ネットワークへの影響を検討した。

(1) ライフライン（水道、ガス、電気、通信、石油パイプライン等）施設の現況調査

ライフラインは水道等を除いて政府直轄の公営企業体が、水道および下水道は、テヘラン州上下水道会社¹により管理されている。電気は大テヘラン電力供給会社²が担当、通信は電信会社³が、また石油パイプラインでは国営イラン石油会社⁴がある。これらライフラインはテヘラン都市圏でネットワークを形成しており緊急道路ネットワーク（ERN）と交差または縦断的に近接しているものもある。線状構造物等の他、貯水・貯蔵もしくは浄水・汚水処理、受変電設備など拠点として設置されているものも多く、地震によるライフライン被害が、地震発生後の緊急道路ネットワーク機能（交通機能）に支障をきたすことが懸念されることから、パイプラインや拠点施設の配置情報について図面等の入手を試みた。しかし、安全保障上の観点から管理主体（ライフライン企業等）から位置情報等の開示を得ることは困難であったため、既往調査で得られたテヘラン市の区ごとのパイプライン等線状物の延長データを以下に示す。

a.水道・下水道

表 2.2.7 に TDMMO を通じて上下水道会社から入手した水道管路の区ごとの現況を、表 2.2.8 に区別管径別幹線延長を、図 2.2.16 に水道管と緊急道路ネットワークの関係を示す。表 2.2.10 に区別下水道管路延長を、図 2.2.17 に下水道管と ERN の関係を示す。テヘラン都市圏における 2012 年時点での給水人口はイラン国全体の 20%に及ぶ約 14,000 千人に達する⁵。送水ポンプ能力は時間約 220 千 m³、配水管延長は約 15,000km である。

表 2.2.7 水道管路延長の区別用途別の現況

区	重力自然 流下(圧 力管)	多目的管 路	ポンプ圧 送管	取水導水 管	区	重力自然 流下(圧 力管)	多目的管 路	ポンプ圧 送管	取水導水 管
1	16,404	11,463	21,407	905	12	2,907	—	—	—
2	13,298	1,184	19,802	2,301	13	12,906	—	—	—
3	13,238	—	19,283	—	14	22,890	—	2,352	—
4	65,042	2,313	4,607	7,847	15	19,230	—	2,504	—

¹ Tehran Province Water and Wastewater Company <http://www.tpww.ir/en/inter>

² Great Tehran Electrical Distribution Co. ならびに Power Distribution Company of Tehran, Power distribution company areas (South and East) Tehran Province, West Power Distribution Company of Tehran <http://www.tbttb.co.ir/en/home>

³ Telecommunication Company of Iran <http://tci.ir/default.aspx?lang=En>

⁴ National Iranian Oil Company <http://en.nioc.ir/Portal/Home/>

⁵ Tehran Province Water and Wastewater Company <http://www.tpww.ir/en/aboutus>

区	重力自然 流下(圧 力管)	多目的管 路	ポンプ圧 送管	取水導水 管	区	重力自然 流下(圧 力管)	多目的管 路	ポンプ圧 送管	取水導水 管
5	15,264	—	30,897	5,371	16	7,652	—	—	—
6	21,868	—	10,945	4,152	17	7,559	—	7	—
7	16,413	—	3,084	—	18	753	—	5,355	—
8	9,777	—	—	—	19	9,618	—	188	—
9	6,812	—	9,426	—	20	6,488	—	—	—
10	2,775	—	—	—	21	—	—	—	30,576
11	539	—	—	—	22	—	—	—	36,861

出所) JET (TDMMO 調べ)

表 2.2.8 水道管路延長の区・管径・管種別幹線延長

区	管径 (mm)	延長(m)	管種	区	管径 (mm)	延長(m)	管種
1	700	4,841	Steel	7	800	199	Steel
1	800	377	Steel	7	900	1,198	Cast -iron
1	900	3,624	Steel	7	900	474	Steel
1	1000	593	Steel	7	1000	865	Steel
2	700	4,126	Steel	7	1125	2,087	Cast -iron
2	800	2,365	Steel	7	1200	940	Steel
2	900	1,501	Steel	8	700	312	Steel
2	1000	1,142	Steel	8	800	2,098	Steel
2	1200	3,761	Steel	9	700	2,527	Steel
2	1400	775	Steel	10	900	466	Steel
4	700	607	Steel	11	700	321	ductile
4	800	139	Steel	1	900	835	Steel
4	900	320	Steel	13	700	591	Steel
5	700	10,181	Steel	14	700	1,788	Steel
5	700	805	Ductile	14	800	640	Steel
5	800	792	Steel	15	700	217	Steel
5	800	530	ductile	15	800	968	Steel
5	900	3,188	Steel	15	900	2,020	Steel
5	1000	1,302	Steel	15	1000	416	Steel
6	700	928	Cast -iron	17	700	1,556	Steel
6	700	425	Steel	18	700	361	Steel
6	750	824	Cast -iron	18	700	416	ductile
6	900	148	Cast -iron	19	700	1,092	Steel
6	900	589	Steel	19	800	460	Steel
6	1000	1,102	Cast -iron	20	700	298	Steel
6	1000	1,603	Steel	20	900	210	Steel
7	700	644	Steel				

出所) JET (TDMMO 調べ)

水道管が緊急道路ネットワークおよび断層と交差する状況は緊急道路ネットワークの災害時の水漏れ等による閉塞の一因となる。調査の結果、それぞれ全体で 124、43 箇所あることが判明した。緊急道路ネットワークについては 6、7 区でそれぞれ 10 箇所と最多であるが 12 区では交差する箇所はない。断層と緊急道路ネットワークが交差する数は 1 区が 13 箇所突出している。

表 2.2.9 水道管路と緊急道路ネットワークの区別交差箇所数

区	ERNとの 交差	断層との 交差	区	ERNとの 交差	断層との 交差
1	8	13	12	0	0
2	9	4	13	3	1
3	15	4	14	4	0
4	8	4	15	9	1
5	8	5	16	4	0
6	10	1	17	3	0
7	10	4	18	3	0
8	7	0	19	6	0
9	5	0	20	5	4
10	1	0	21	2	0
11	2	0	22	2	2
合計				124	43

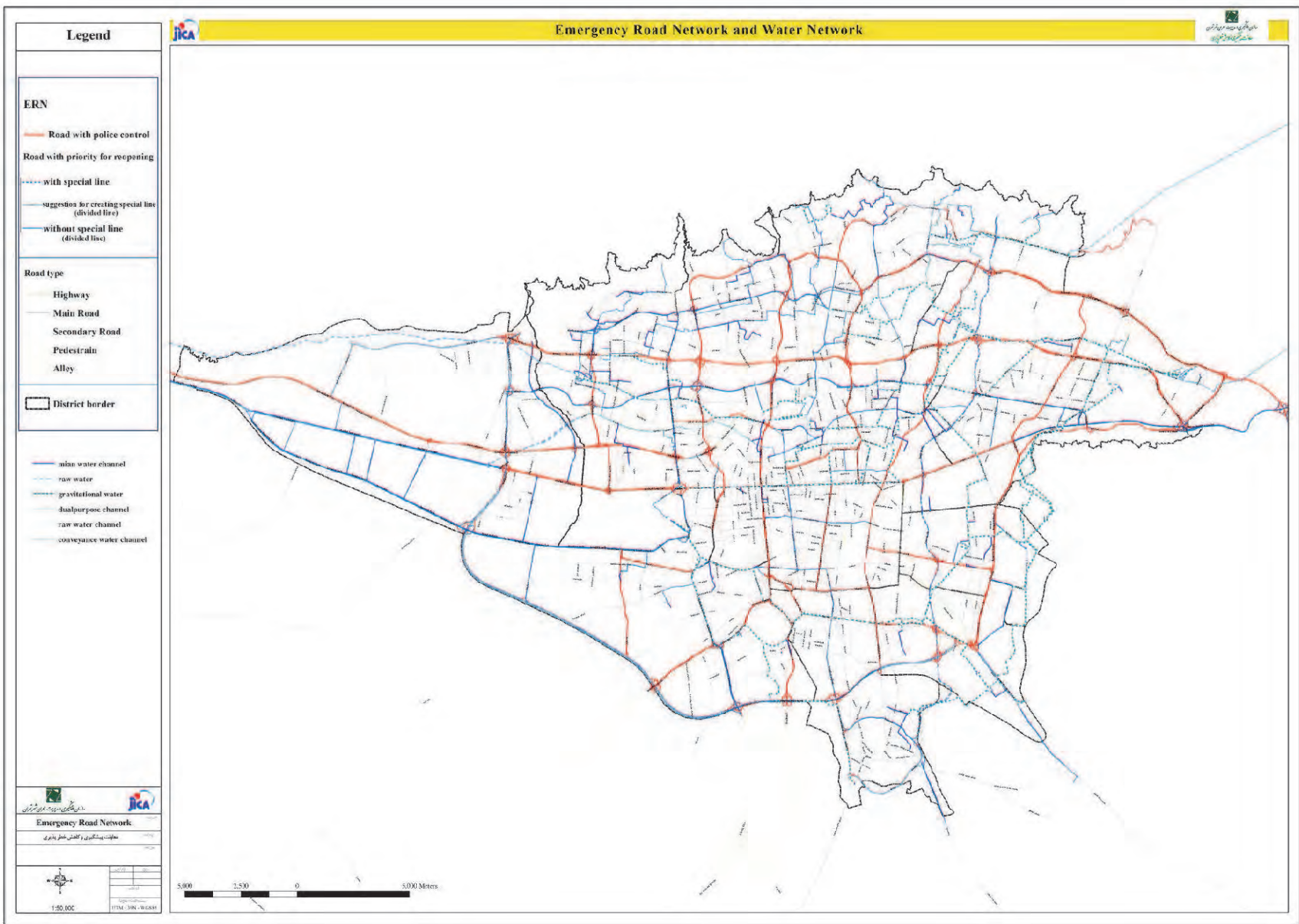


図 2.2.16 水道管布設と緊急道路ネットワークの概要

表 2.2.10 区別下水道管路延長

区	延長	区	延長
1	183,312	12	76,330
2	155,656	13	106,646
3	122,568	14	138,108
4	1,446	15	300,575
6	147,170	16	210,358
7	39,406	17	143,143
8	17,310	18	88,557
10	61,570	19	133,253
11	76,052	20	207,418

出所) JET (TDMMO 調べ)

下水道管路と緊急道路ネットワークとの交差は、表 2.2.11 のとおりで合計 48 箇所ある。区別では、15 区で 9 箇所と最も多く、4,7 区では交差する箇所はない。なお、5、9、21、22 区では下水道管路の敷設はない。

表 2.2.11 区別の緊急道路ネットワークとの交差

区	緊急道路ネットワークとの交差	区	緊急道路ネットワークとの交差
1	3	12	2
2	1	13	3
3	3	14	3
4	0	15	9
6	2	16	8
7	0	17	2
8	1	18	1
10	1	19	3
11	2	20	4

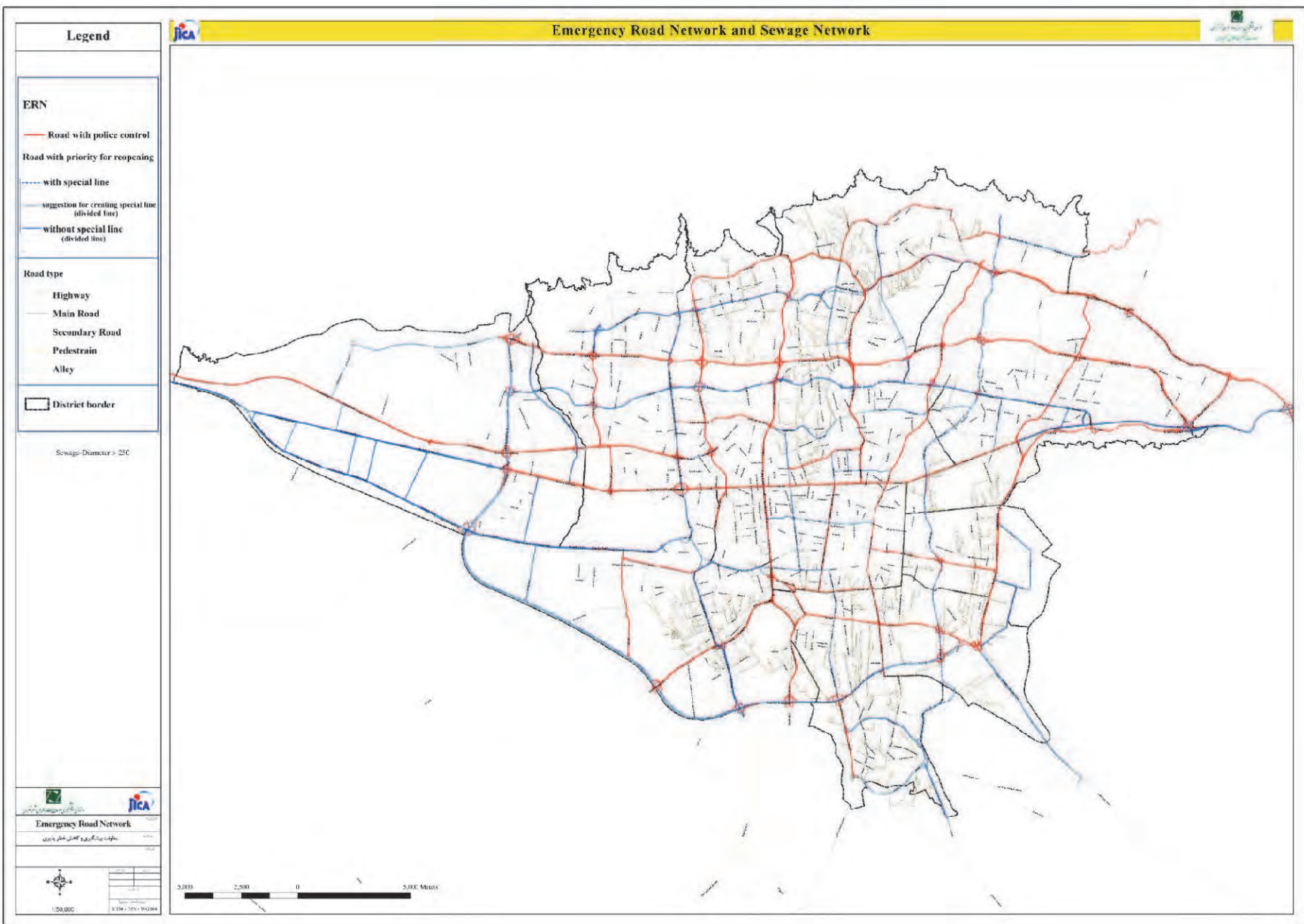


図 2.2.17 下水道管布設と緊急道路ネットワークの概要

b.ガス

表 2.2.12、表 2.2.13 に TDMMO を通じてガス会社から入手したガスパイプラインの区別管路延長を、図 2.2.19 にガス管路と緊急道路ネットワークの関係を示す。

表 2.2.12 ガスパイプライン延長の区別現況(250Psi)(管径空欄は不明)

区	管路延長	管径	区	管路延長	管径	区	管路延長	管径
1	1,920	8	11	8,868	12	20	429	16
1	7,867	10	11	2,120	16	20	5,351	20
1	4,917	12	11	7,049		20	149	22
1	6,915	16	12	10,518	12	20	2,287	30
1	2,459	24	12	3,127	16	20	27,132	
1	23,725		12	11,177		21	16,384	36
2	14,516	12	13	5,749	12	21	345	
2	130	22	13	3,763	16	22	31,828	30
2	16,994	24	13	4,025	24	22	2,292	36
2	1,439	30	13	10,173		22	1,463	
2	36,010		14	7,447	12			
3	13,745	12	14	3,875	22			
3	5,111	24	14	4,953	24			
3	21,764		14	10,935				
4	1,274	10	15	3,067	12			
4	20,023	12	15	4,096	16			
4	11,012	24	15	4,538	22			
4	32,622		15	8,117	24			
5	13,066	12	15	1,472	30			
5	12,545	24	15	20,873				
5	1,717	30	16	2,113	4			
5	4,257	36	16	334	12			
5	28,411		16	2,904	16			
6	18,346	12	16	1,389	20			
6	2,301	16	16	5,231	24			
6	897	24	16	12,515				
6	15,515		17	3,113	12			
7	15,036	12	17	79	22			
7	1,836	16	17	10,948				
7	145	24	18	334	8			
7	9,536		18	13,524	12			
8	1,942	12	18	2,233	22			
8	1,708	16	18	321	24			
8	4,431	24	18	13,809				
8	10,916		19	2,798	22			
9	3,708	12	19	10,620	24			
9	3,838	22	19	530	30			
9	5,200		19	6,799				
10	6,848	12	20	478	6			
10	5,900		20	4,671	12			

出所) JET (TDMMO 調べ)

表 2.2.13 ガスパイプライン延長の区別現況(100Psi)

区	管路延長	管径
5	4,264	12
9	5,160	24
18	2,995	12
20	202	12
20	2,831	4
21	18,620	12
21	2,298	16
21	14,010	18
21	4,077	24
21	3,599	30
22	734	30

出所) JET (TDMMO 調べ)

Tehran province Gas Company は約 220 万世帯の家庭にガスを供給している。緊急道路ネットワークとの交差および断層との交差はそれぞれ 100Psi で 20、0 箇所、250Psi は 385、113 箇所である。



図 2.2.18 家屋に取り付けられた圧力調整のためのレギュレータ

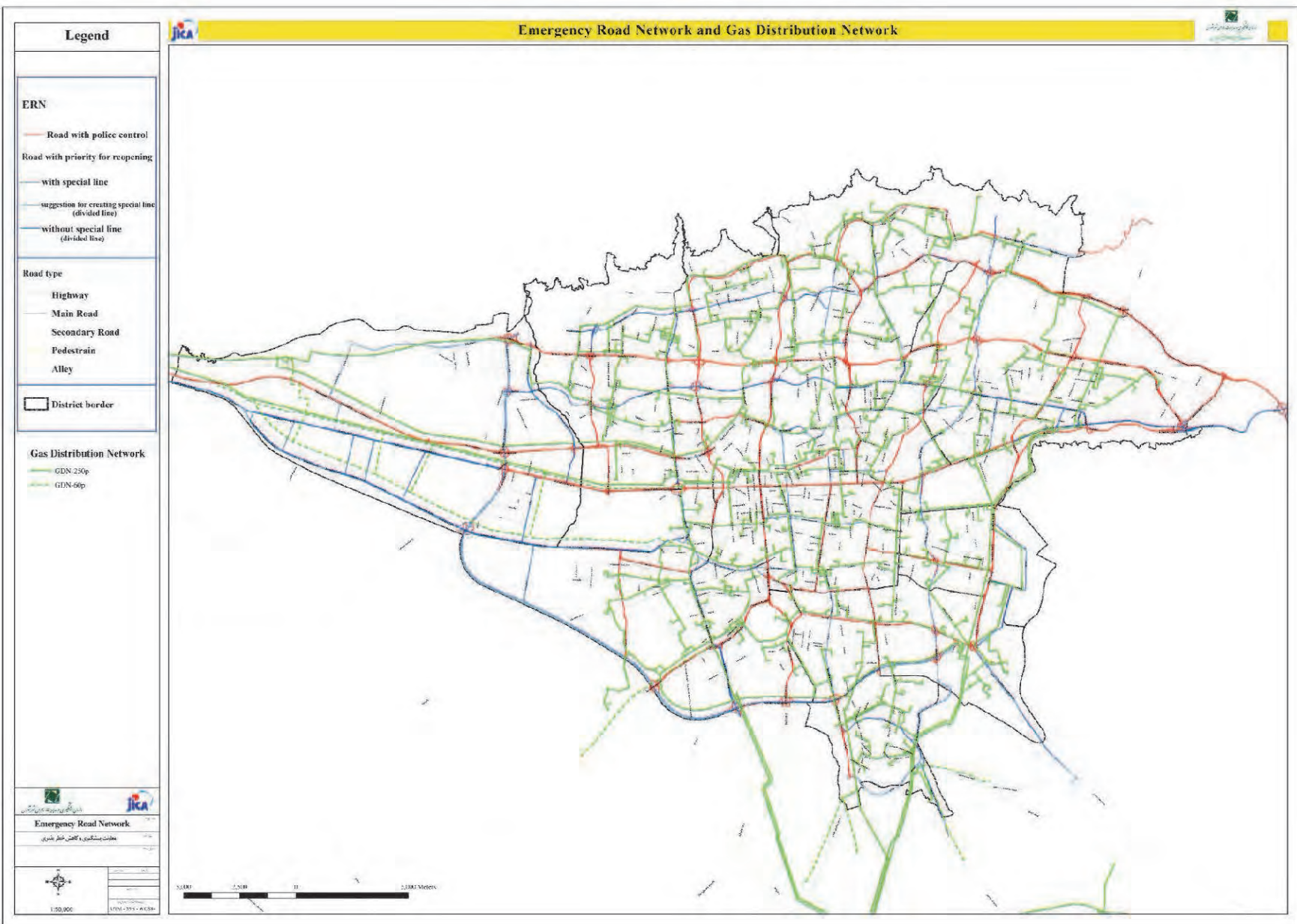


図 2.2.19 ガス管布設と緊急道路ネットワークの概要

c.電気

表 2.2.14 に TDMMO を通じて電力会社から入手した地中線および架空線の延長、地中線と ERN の交差箇所数を示す。

2008 年時点で大テヘラン圏電力供給会社は一般家庭、農業、鉱工業、商業等約 330 万契約口を抱えており、中圧電力で架空線 2,900km および地中線 4,400km、低圧電力で架空線 8,200km および地中線 9,500km を擁している。また電灯線は 7,000km、電柱は 196,000 に及ぶ。図 2.2.20 に電力線と緊急道路ネットワークの関係を示す。

表 2.2.14 区別地中線および架空線延長と ERN の交差箇所数

区	地中線延長 (m)	架空線延長 (m)	地中線の ERN との交 差箇所数
1	33,214	14,616	11
2	46,557	28,236	22
3	29,147	5,163	9
4	25,710	37,850	8
5	11,960	53,532	1
6	42,755	6,492	25
7	26,292	478	10
8	5,462	13,988	1
9	9,996	7,280	8
10	6,072	24,124	5
11	24,622	14,963	5
12	54,663	8,118	24
13	16,213	6,145	2
14	15,560	24,635	5
15	5,351	23,111	2
16	25,510	54,154	9
17	3,738	14,616	3
18	13,137	28,236	2
19	74	5,163	0
20	480	37,850	1
21	15,396	53,532	3
22	7,481	6,492	2

出所) JET (TDMMO 調べ)

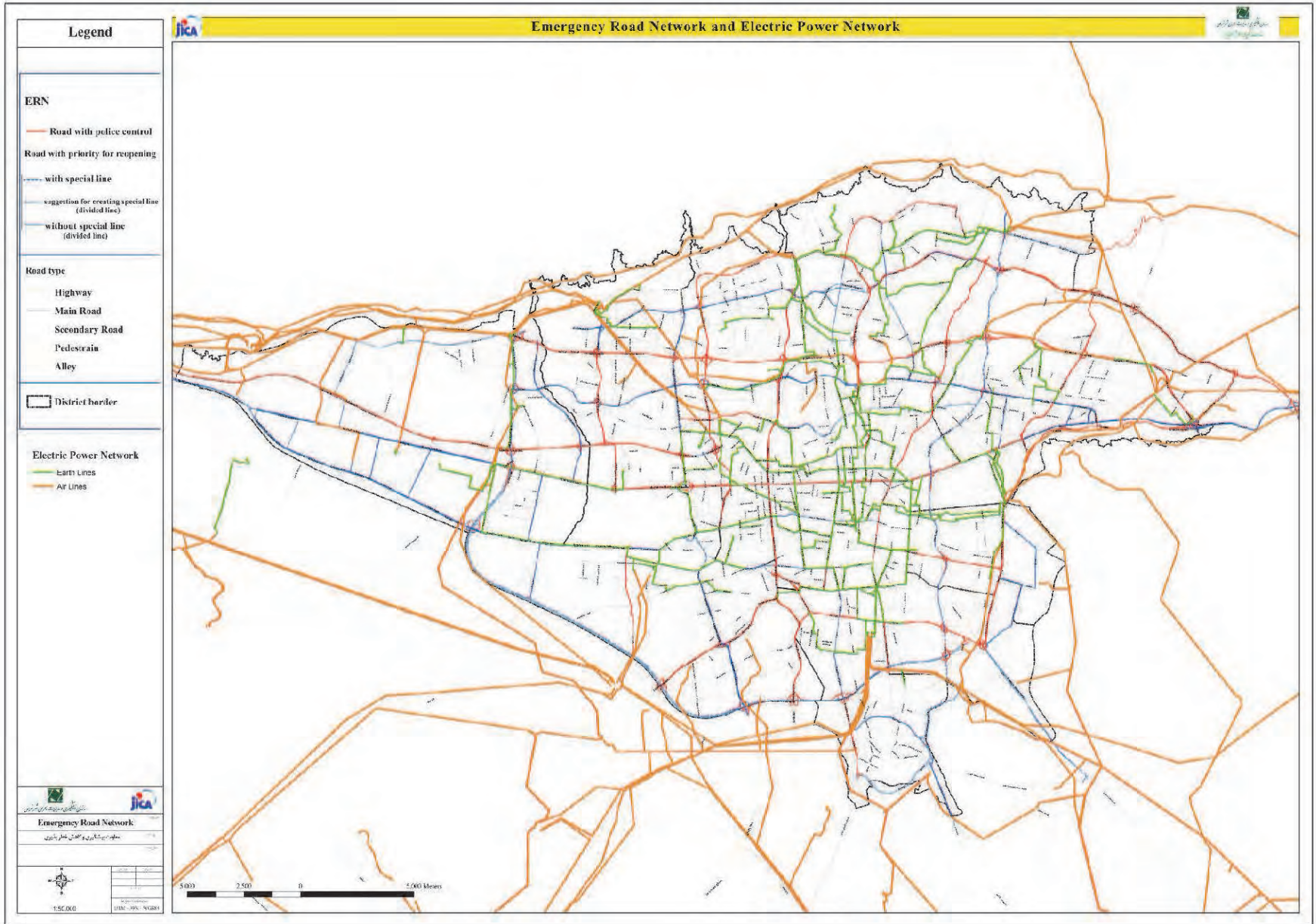


図 2.2.20 電線布設と緊急道路ネットワークとの交差の概要

d. 電信

表 2.2.15 に TDMMO を通じて通信会社から入手した通信線の区別現況を示す。電話器は約 770 万台設置され、光ファイバー線の延長は約 11,000km に達する。光ファイバー線の緊急道路ネットワークとの交差との交差箇所は全体で 150 箇所あり、6 区で 17 箇所と最も交差する箇所が多い。図 2.2.21 に電信線と緊急道路ネットワークの関係を示す。上水道では、断層のずれに水道間の破壊による水漏れによる道路への影響があるが、電話線では、道路閉塞等の影響は地上線のみ起因することから断層の影響は考慮していない。

表 2.2.15 通信線延長の区別現況と緊急道路ネットワークとの交差箇所数

区	延長(m)	緊急道路ネットワークとの交差	区	延長(m)	緊急道路ネットワークとの交差
1	26,023	13	12	23,766	10
2	28,600	13	13	11,921	3
3	29,608	12	14	9,785	4
4	30,680	6	15	16,910	5
5	36,308	8	16	9,511	3
6	28,597	17	17	5,762	4
7	23,054	14	18	18,369	3
8	11,525	7	19	4,430	2
9	11,229	1	20	17,461	5
10	10,623	7	21	26,895	4
11	17,455	9	22	6,140	1

出所) JET (TDMMO 調べ)

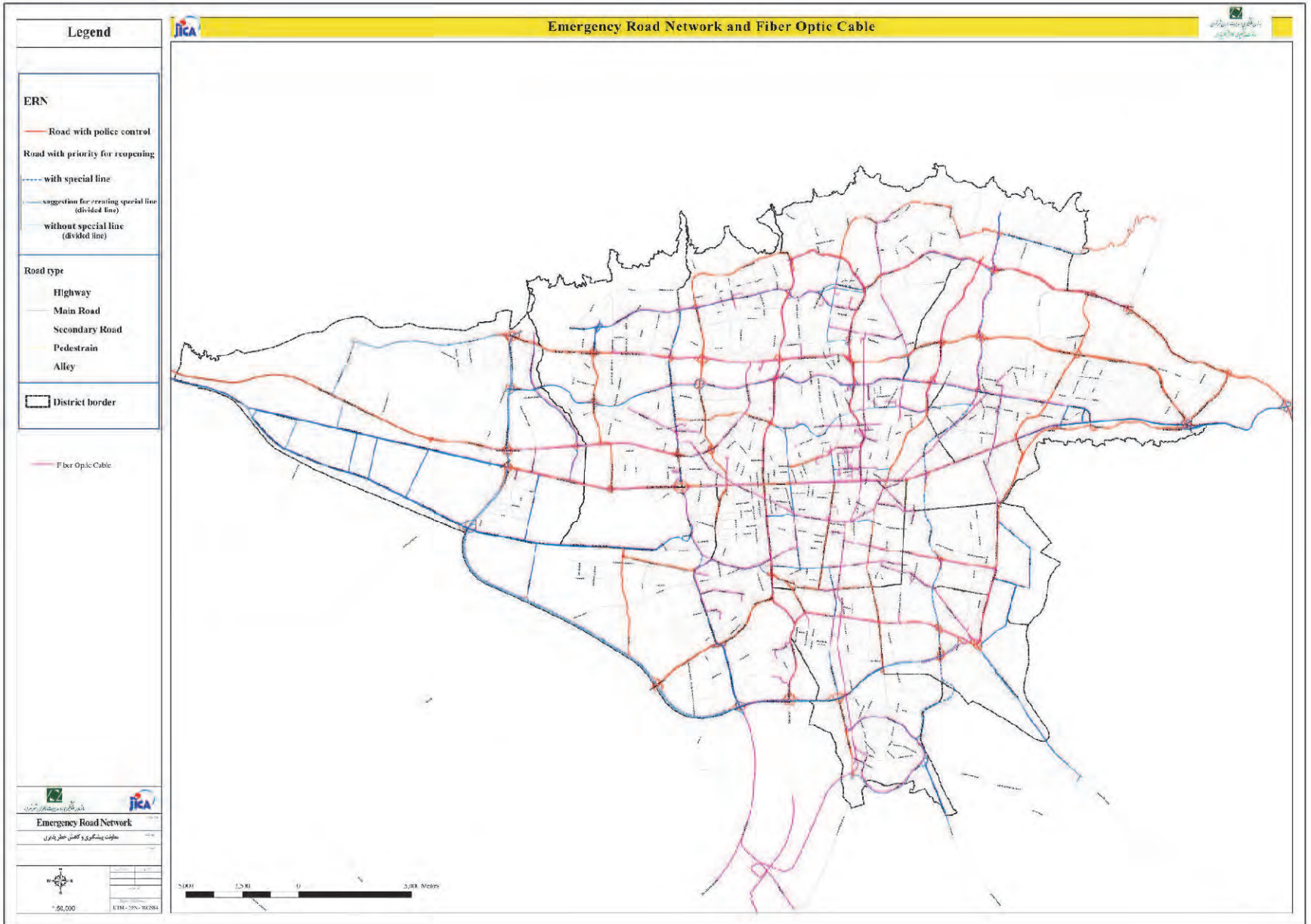


図 2.2.21 電信線布設と緊急道路ネットワークとの交差の概要

(2) ライフラインの耐震性の評価手法について

本プロジェクトにおいては、緊急輸送ネットワークへのライフライン被害による道路閉塞等の影響を検討する必要があることから、これらに絞って耐震性評価を実施した。

1) 本邦における被害想定手法の状況

専門家チームは、各ライフラインについて次に示すように、日本において国、自治体が設置した調査会や自治体、研究機関がとりまとめた最新の被害想定手法を中心にプレゼンテーションや C/P との会議を通じて情報提供した。

a.水道

近年公表された「地震による水道管路被害予測の手引き」⁶では、推定被害率（管路延長あたりの被害箇所数）は標準被害率および管種・継手、口径、布設されている地形や液状化の可能性を考慮したものとなっている。

$Rm(v) = C_g \times C_p \times C_d \times R(v)$ $R(v) = 9.92 \times 10^{-3} \times (v-15)^{1.14}$ (件 /km)
 v : 地震動の地表面最大速度 (cm/s) (ただし、 $15 \leq v < 120$)
 C_p は管種・継手ごとに 7.5~0.0 (離脱防止継手)、 C_d は 2.0(ϕ 50mm-80mm)~0.1(ϕ 500mm-900mm)、 C_g は 0.4(丘陵地等)~6.0(液状化)を設定。

なお、標準被害想定率は防災会議等の想定地震により以下の事例のとおり異なる。

【首都直下地震 東京の被害想定調査 (H18.3)】標準被害率= $2.24 \times 10^{-3} \times (v-20)^{1.51}$ (箇所 /km)

【東南海・南海地震等に関する専門調査会 (H20.5)】標準被害率= $3.11 \times 10^{-3} \times (v-15)^{1.30}$ (箇所 /km)

b.ガス

本邦における地震災害によるガスに関する被害想定は各事業者が主体となり調査・研究されている。本邦で国・都が実施する被害想定では、高圧ガス施設については、事業者により火災などの二次災害を防ぐガス供給停止などの十分な耐震対策が実施され、震度 6 (SI 値760cm/s) 以上となる地震ブロックがガス供給停止ブロックとして位置づけ、供給停止戸数を被害想定としている。

c.電気

首都直下地震 東京の被害想定調査 (H18.3) では、延焼、非延焼エリアに区分して停電軒数を算出している。

電柱被害本数=電柱被害本数×ゆれによる電柱折損率

電柱折損率は、震度 7:0.8%、震度 6 以上:0.056%、震度 5 以上:0.00005%

d.通信

首都直下地震 東京の被害想定調査 (H18.3) では、延焼、非延焼エリアに区分して不通回線数を算出している。電柱被害本数は電力と同様としている。

なお、参考として既往プロジェクトであるマイクロゾーニング調査、本邦における標準的な被害想定手法および HAZUS での評価手法の概要を表 2.2.16 および表 2.2.17 に示した。

⁶ 地震による水道管路被害予測の手引き (H23.3 財団法人 水道技術研究センター)

⁷ SI 値: スペクトル強度 (一般的な建物に及ぶ揺れによる被害程度を表す指標)

表 2.2.16 被害想定手法の比較

注) Micro zoning Final Report 4.4.2.Lifelines p226-p227

	Micro Zoning (2000)における被害想定手法と検討の概要 ^{注)}	本邦での標準的な被害想定手法	HAZUS®MH MR4 Technical Manual																								
上水道 (下水道)	<p>標準被害率に地盤、管路径、管種の各係数を乗じて管路延長あたりの被害箇所数を算出。 $R_{fm} = R_f \times C_g \times C_p \times C_d$ (points/km) ただし、詳細情報が得られないとして $C_g=0.5$、$C_p=C_d=1.0$ に固定しており、R_f に依存した被害想定となっている。 $R_f = 1.7 \times A^{6.1} \times 10^{-16}$ R_f は 2.0 を超えないとしている。</p>	<p>基本的に同左。調査検討で標準被害率、係数は異なる。 【地震による水道管路被害予測の手引き (H23.3 財団法人 水道技術研究センター)】 $R_m(v) = C_g \times C_p \times C_d \times R(v)$ $R(v) = 9.92 \times 10^{-3} \times (v-15)^{1.14}$ (件/km) v: 地震動の地表面最大速度(cm/s) (ただし、$15 \leq v < 120$) C_p は管種、継手ごとに 7.5~0.0 (離脱防止継手)、C_d は 2.0(ϕ 50-80)~0.1(ϕ 500-900)、C_g は 0.4(丘陵地等)~6.0(液状化)を設定。 【首都直下地震 東京の被害想定調査 (H18.3)】 配水管被害箇所数=標準被害率×液状化危険度ランク補正係数×管種・管径別の補正係数×延長 標準被害率=$2.24 \times 10^{-3} \times (v-20)^{1.51}$ (箇所/km) v: 地表面速度(cm/s)、PL 値ランク=1.0~3.0 【東南海・南海地震等に関する専門調査会 (H20.5)】 標準被害率=$3.11 \times 10^{-3} \times (v-15)^{1.30}$ (箇所/km)</p>	<p>8.1.6.2 Definition of Damage States for Pipelines For pipelines, two damage states are considered. These are leaks and breaks. Generally, when a pipe is damaged due to ground failure (PGD), the type of damage is likely to be a break, while when a pipe is damaged due to seismic wave propagation (PGV), the type of damage is likely to be joint pull-out or crushing at the bell. In the loss methodology, it is assumed that damage due to seismic waves will consist of 80% leaks and 20% breaks, while damage due to ground failure will consist of 20% leaks and 80% breaks. The user can override these default percentages.</p> <p>Repair Rate [Repairs/Km] $\cong 0.0001 \times (PGV)^{(2.25)}$ (With PGV expressed in cm/sec.)</p> <p>Repair Rate [Repairs/Km] $\cong Prob[liq] \times PGD^{(0.56)}$ (With PGD expressed in inches.)</p> <p style="text-align: center;">Table 8.10: Damage Algorithms for Water Pipelines</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">PGV Algorithm</th> <th colspan="2">PGD Algorithm</th> </tr> <tr> <th colspan="2">R. R. $\cong 0.0001 \times PGV^{(2.25)}$</th> <th colspan="2">R. R. $\cong Prob[liq] \times PGD^{(0.56)}$</th> </tr> <tr> <th>Pipe Type</th> <th>Multiplier</th> <th>Example of Pipe</th> <th>Multiplier</th> <th>Example of Pipe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Brittle Pipes (PWP1)</td> <td>1</td> <td>CI, AC, RCC</td> <td>1</td> <td>CI, AC, RCC</td> </tr> <tr> <td>Ductile Pipes (PWP2)</td> <td>0.3</td> <td>DI, S, PVC</td> <td>0.3</td> <td>DI, S, PVC</td> </tr> </tbody> </table>		PGV Algorithm		PGD Algorithm		R. R. $\cong 0.0001 \times PGV^{(2.25)}$		R. R. $\cong Prob[liq] \times PGD^{(0.56)}$		Pipe Type	Multiplier	Example of Pipe	Multiplier	Example of Pipe	Brittle Pipes (PWP1)	1	CI, AC, RCC	1	CI, AC, RCC	Ductile Pipes (PWP2)	0.3	DI, S, PVC	0.3	DI, S, PVC
	PGV Algorithm		PGD Algorithm																								
	R. R. $\cong 0.0001 \times PGV^{(2.25)}$		R. R. $\cong Prob[liq] \times PGD^{(0.56)}$																								
Pipe Type	Multiplier	Example of Pipe	Multiplier	Example of Pipe																							
Brittle Pipes (PWP1)	1	CI, AC, RCC	1	CI, AC, RCC																							
Ductile Pipes (PWP2)	0.3	DI, S, PVC	0.3	DI, S, PVC																							

表 2.2.17 被害想定手法の比較

	Micro Zoning (2000)における被害想定手法と検討の概要 ^{注)}	本邦での標準的な被害想定手法	HAZUS®MH MR4 Technical Manual																			
ガス	基本的に水道管に同じ。 地盤係数を $C_g=0.5$ で固定し、管種管径別に $C_p \times C_d$ を設定 (Steel pipes(250psi):0.1, Steel pipes(60psi):0.2, Polyethylene pipes:0.1)。 ※管継手は、敷設年代から機械式と想定(ねじ式継手は機械式の10倍脆弱)	【首都直下地震 東京の被害想定調査 (H18.3)】 供給支障として供給停止戸数を算出。 SI 値 60cm/s 以上となる地震ブロックを供給停止ブロックとし、そこに含まれる需要家数の合計を供給停止戸数として算出。	The same two damage algorithms proposed for potable water pipelines are assumed to apply for crude and refined oil pipelines. These are listed again in Table 8.21. Note that mild steel pipelines with submerged arc welded joints are classified as ductile pipes, while the older gas welded steel pipelines, if any, are classified as brittle pipes. In Table 8.21, R.R. stands for repair rates or number of repairs per kilometer, PGV stands for peak ground velocity in cm/sec, and PGD stands for permanent ground deformation in inches. Table 8.21: Damage Algorithms for Oil Pipelines <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pipe Type</th> <th colspan="2">PGV Algorithm</th> <th colspan="2">PGD Algorithm</th> </tr> <tr> <th>Multiplier</th> <th>Example of Pipe</th> <th>Multiplier</th> <th>Example of Pipe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Brittle Oil Pipelines (OIP1)</td> <td>1</td> <td>Steel Pipe w/ GasWJ</td> <td>1</td> <td>Steel Pipe w/ GasWJ</td> </tr> <tr> <td>Ductile Oil Pipelines (OIP2)</td> <td>0.5</td> <td>Steel Pipe w/ ArcWJ</td> <td>0.5</td> <td>Steel Pipe w/ ArcWJ</td> </tr> </tbody> </table> Same as Oil pipelines	Pipe Type	PGV Algorithm		PGD Algorithm		Multiplier	Example of Pipe	Multiplier	Example of Pipe	Brittle Oil Pipelines (OIP1)	1	Steel Pipe w/ GasWJ	1	Steel Pipe w/ GasWJ	Ductile Oil Pipelines (OIP2)	0.5	Steel Pipe w/ ArcWJ	0.5	Steel Pipe w/ ArcWJ
Pipe Type	PGV Algorithm		PGD Algorithm																			
	Multiplier	Example of Pipe	Multiplier	Example of Pipe																		
Brittle Oil Pipelines (OIP1)	1	Steel Pipe w/ GasWJ	1	Steel Pipe w/ GasWJ																		
Ductile Oil Pipelines (OIP2)	0.5	Steel Pipe w/ ArcWJ	0.5	Steel Pipe w/ ArcWJ																		
電力	架空線は、震度 8 (seismic intensity (MMI)) 以下で倒壊等はなし、震度 9 以上でその地区の0.55%が倒壊等の損傷としている。地中線は、震度 8 以下で損傷なし。震度 9 以上でその地区の0.3%が損傷。	【首都直下地震 東京の被害想定調査 (H18.3)】 延焼、非延焼エリアに区分して停電軒数を算出。 電柱被害本数=電柱被害本数×ゆれによる電柱折損率 電柱折損率は、震度 7:0.8%、震度 6 以上 :0.056 %、震度 5 以上:0.00005%	HAZUS evaluates the reduction of the power supply function. HAZUS does not suggest technique to assume loss, damage about the collapse in the occasion of a power line steel tower becoming the traffic hindrance of the urgent road network.																			
電話	地先の配電線以外の幹線系統は地中線であるため、地中線と同等の手法により想定するとしている。	【首都直下地震 東京の被害想定調査 (H18.3)】 延焼、非延焼エリアに区分して不通回線数を算出。 電柱被害本数は電力と同様。	HAZUS evaluates the reduction of the power supply function. HAZUS does not suggest technique to assume loss, damage about the collapse in the occasion of a telephone pole becoming the traffic hindrance of the urgent road network.																			

注) Micro zoning Final Report 4.4.2.Lifelines p226-p227

- (3) 緊急道路ネットワークに交差、もしくは近接する道路橋、歩道橋、トンネル、建物、ライフライン（水道、ガス、電気、通信、石油パイプライン等）施設、その他危険施設の耐震性の評価
- 1) ライフライン（水道、ガス、電気、通信、石油パイプライン等）施設

本プロジェクトにおいては、前述したとおり、緊急輸送ネットワークへのライフライン被害による道路閉塞等の影響を検討する必要があることから、これらに絞って耐震性評価を実施した。また、既往プロジェクトにおいてテヘラン大都市圏 22 区ごとに想定地震外力条件が設定されていること、ライフラインにおける線状構造物延長は区ごとのデータとして整理し、被害箇所数を評価したことから、区ごとに評価を実施した。

また、基本的に地盤条件や管種・継手など管路布設に係る詳細が開示されないこと、C/P はアメリカ国 HAZUS⁸に基づいて耐震性能評価全般で行っていることから、これによるものとした。

なお、補強の優先度の決定は、被害箇所数のみではなく、各地域の社会経済的な重要度を踏まえた行政判断により実施されるが、結果は後述する緊急道路ネットワークの確保を念頭に置いた行政指導書（案）に反映させ、ライフラインの耐震性向上によって緊急道路ネットワークが受ける二次被害を軽減させ、緊急道路ネットワークの確保に資するものとした。

なお、本プロジェクトで作成した行政指導書（案）は、TDMMO からライフライン供給公社等のテヘラン市の管轄外の組織に対し、設定した緊急道路ネットワークに影響を与える可能性のあるリスク軽減のための対策を促すこと目的として作成したものであり、法的拘束力を持つものではない。

a.水道および下水道

HAZUS (8.1.8 Development of Damage Functions)に示される被害関数による。前述のとおり開示されたデータによれば管路特性により下記の 5 つに区分される。各区の地表面最大速度（PGV）を用いて柔軟な管路特性を有するものとして以下の HAZUS 式によって管路延長あたりの被害箇所数（RR）を求めた（表 2.2.18～表 2.2.23）。

$$RR = 0.3 \times 0.0001 \times PGV^{(2.25)}$$

⁸ MH MR4 Technical Manual

http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1716-25045-6422/hazus_mr4_earthquake_tech_manual.pdf

表 2.2.18 水道管路の被害想定(重力自然流下管)

区	管路延長 (m)	地表面最大 加速度 (gal)	地表面最大 速度 (cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所 数
1	16,404	564	87.09	2.317	38
2	13,298	534	82.45	2.049	27
3	13,238	550	84.92	2.189	29
4	65,042	550	84.92	2.189	142
5	15,264	534	82.45	2.049	31
6	21,868	483	74.58	1.635	36
7	16,413	477	73.65	1.589	26
8	9,777	537	82.92	2.075	20
9	6,812	590	91.10	2.564	17
10	2,775	543	83.84	2.127	6
11	539	487	75.20	1.665	1
12	2,907	464	71.65	1.493	4
13	12,906	535	82.61	2.057	27
14	22,890	484	74.73	1.642	38
15	19,230	556	85.85	2.244	43
16	7,652	560	86.47	2.280	17
17	7,559	592	91.41	2.584	20
18	753	599	92.49	2.653	2
19	9,618	591	91.26	2.574	25
20	6,488	776	119.82	4.750	31

表 2.2.19 水道管路の被害想定(多目的管路)

区	管路延長 (m)	地表面最大 加速度 (gal)	地表面最大 速度 (cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所 数
1	11,463	564	87.09	2.317	27
3	1,184	550	84.92	2.189	3
4	2,313	550	84.92	2.189	5

表 2.2.20 水道管路の被害想定(ポンプ圧送管)

区	管路延長 (m)	地表面最大 加速度 (gal)	地表面最大 速度 (cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所 数
1	21,407	564	87.09	2.317	50
2	19,802	534	82.45	2.049	41
3	19,283	550	84.92	2.189	42
4	4,607	550	84.92	2.189	10
5	30,897	534	82.45	2.049	63
6	10,945	483	74.58	1.635	18
7	3,084	477	73.65	1.589	5
9	9,426	590	91.10	2.564	24
14	2,352	484	74.73	1.642	4
15	2,504	556	85.85	2.243	6
17	7	592	91.41	2.584	0
18	5,355	599	92.49	2.653	14
19	188	591	91.26	2.574	0

表 2.2.21 水道管路の被害想定(導水管等)

区	管路延長(m)	地表面最大加速度(gal)	地表面最大速度(cm/s)	被害割合(箇所/km)	被害箇所数
1	905	564	87.086	2.317	2
2	2,301	534	82.454	2.049	5
4	7,847	550	84.925	2.189	17
5	5,371	534	82.454	2.049	11
6	4,152	483	74.579	1.635	7
21	30,576	479	73.962	1.604	49
22	36,861	470	72.572	1.537	57

表 2.2.22 水道幹線管路の被害想定(区別・管種別)

区	管径	管路延長(m)	管種	地表面最大加速度(gal)	地表面最大速度(cm/s)	被害割合(箇所/km)	被害箇所数
1	700	4,841	鋼管	564	87.086	2.317	11
1	800	377	鋼管	564	87.086	2.317	1
1	900	3,624	鋼管	564	87.086	2.317	8
1	1000	593	鋼管	564	87.086	2.317	1
2	700	4,126	鋼管	534	82.454	2.049	8
2	800	2,365	鋼管	534	82.454	2.049	5
2	900	1,501	鋼管	534	82.454	2.049	3
2	1000	1,142	鋼管	534	82.454	2.049	2
2	1200	3,761	鋼管	534	82.454	2.049	8
2	1400	775	鋼管	534	82.454	2.049	2
4	700	607	鋼管	550	84.925	2.189	13
4	800	139	鋼管	550	84.925	2.189	0
4	900	320	鋼管	550	84.925	2.189	1
5	700	10,181	鋼管	534	82.454	2.049	21
5	700	805	ダクタイル管	534	82.454	2.049	2
5	800	792	鋼管	534	82.454	2.049	2
5	800	530	ダクタイル管	534	82.454	2.049	1
5	900	3,188	鋼管	534	82.454	2.049	7
5	1000	1,302	鋼管	534	82.454	2.049	3
6	700	928	鋳鉄管	483	74.579	1.635	2
6	700	425	鋼管	483	74.579	1.635	1
6	750	824	鋳鉄管	483	74.579	1.635	1
6	900	148	鋳鉄管	483	74.579	1.635	0
6	900	589	鋼管	483	74.579	1.635	1
6	1000	1,102	鋳鉄管	483	74.579	1.635	2
6	1000	1,603	鋼管	483	74.579	1.635	3
7	700	644	鋼管	477	73.653	1.589	1
7	800	199	鋼管	477	73.653	1.589	0
7	900	1,198	鋳鉄管	477	73.653	1.589	2
7	900	474	鋼管	477	73.653	1.589	1
7	1000	865	鋼管	477	73.653	1.589	1
7	1125	2,087	鋳鉄管	477	73.653	1.589	3
7	1200	940	鋼管	477	73.653	1.589	1
8	700	312	鋼管	537	82.917	2.075	1
8	800	2,098	鋼管	537	82.917	2.075	4
9	700	2,527	鋼管	590	91.101	2.564	6

区	管径	管路延長 (m)	管種	地表面最大 加速度(gal)	地表面最大 速度(cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所 数
10	900	466	鋼管	543	83.844	2.127	1
11	700	321	ダクタイル管	487	75.197	1.665	1
11	900	835	鋼管	487	75.197	1.665	1
13	700	591	鋼管	535	82.608	2.057	1
14	700	1,788	鋼管	484	74.734	1.642	3
14	800	640	鋼管	484	74.734	1.642	1
15	700	217	鋼管	556	85.851	2.244	0
15	800	968	鋼管	556	85.851	2.244	2
15	900	2,020	鋼管	556	85.851	2.244	5
15	1,000	416	鋼管	556	85.851	2.244	1
17	700	1,556	鋼管	592	91.41	2.584	4
18	700	361	鋼管	599	92.49	2.653	1
18	700	416	ダクタイル管	599	92.49	2.653	1
19	700	1,092	鋼管	591	91.255	2.574	3
19	800	460	鋼管	591	91.255	2.574	1
20	700	298	鋼管	776	119.821	4.750	14
20	900	210	鋼管	776	119.821	4.750	1

表 2.2.23 下水道管路の被害想定

区	管路延長 (m)	地表面最大 加速度 (gal)	地表面最大 速度 (cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所
1	183,312	564	87.086	2.317	425
2	155,656	534	82.454	2.049	319
3	122,568	550	84.925	2.189	268
4	1,446	550	84.925	2.189	3
6	147,170	483	74.579	1.635	241
7	39,406	477	73.653	1.589	63
8	17,310	537	82.917	2.075	36
10	61,570	488	75.351	1.673	103
11	76,052	440	67.940	1.325	101
12	76,330	421	65.006	1.200	92
13	106,646	535	82.608	2.057	219
14	138,108	404	62.381	1.094	151
15	300,575	368	56.822	0.886	266
16	210,358	346	53.425	0.772	162
17	143,143	395	60.991	1.040	149
18	88,557	415	64.079	1.162	103
19	133,253	384	59.293	0.976	130
20	207,418	286	44.161	0.503	104

以上の上水道の想定被害を区別にみると表 2.2.24 に示すとおりであり、単純に被害箇所数で評価すると 1 区から 5 区に集中していることが分かる。あわせて水道管路と緊急道路ネットワーク、断層との交差箇所数を勘案すると 1 区から 5 区での耐震補強などが急がれる。なお、水道管路を用途別に整理することで重要度に応じた被害想定を明らかとした。

表 2.2.24 水道管路の緊急道路ネットワークおよび断層との交差箇所数および想定被害箇所数

区	緊急道路ネットワークとの交差箇所	断層交差箇所	被害想定(被害箇所数)				
			重力自然流下管	多目的管路	圧送管	取水導水管	幹線管路
1	8	13	38	27	50	2	21
2	9	4	27	-	41	5	28
3	15	4	29	3	42	17	-
4	8	4	142	5	10	11	14
5	8	5	31	-	63	7	36
6	10	1	36	-	18	-	10
7	10	4	26	-	5	-	9
8	7	0	20	-	-	-	5
9	5	0	17	-	24	-	6
10	1	0	6	-	-	-	1
11	2	0	1	-	-	-	2
12	0	0	4	-	-	-	-
13	3	1	27	-	-	-	1
14	4	0	38	-	4	-	4
15	9	1	43	-	6	-	8
16	4	0	17	-	-	-	-
17	3	0	20	-	0	-	4
18	3	0	2	-	14	-	2
19	6	0	25	-	0	-	4
20	5	4	31	-	-	-	15
21	2	0	-	-	-	49	-
22	2	2	-	-	-	57	-
合計	124	43	580	35	277	148	170

一方、下水道は南部の 15 区、16 区で緊急道路ネットワークと交差する箇所が多い他、北部の 1 区、3 区においても比較的多い。

表 2.2.25 下水道管路の緊急道路ネットワークおよび断層との交差箇所数および想定被害箇所数

区	緊急道路ネットワークとの交差箇所	断層との交差箇所	被害箇所
1	3	7	425
2	1	3	319
3	3	4	268
4	0		3
5	-	-	-
6	2	3	241
7	0		63
8	1		36
9	-	-	-
10	1		103
11	2		101
12	2		92
13	3		219
14	3		151
15	9		266
16	8		162
17	2		149
18	1		103
19	3		130
20	4	6	104
21	-	-	-
22	-	-	-

b. ガス

HAZUS (8.2.8 Development of Damage Functions)に示される被害関数による。前述のとおり開示されたデータにより下記の 2 つのガス管について想定被害箇所を評価した。各区の地表面最大速度 (PGV) を用いて柔軟な管路特性を有するものとして以下の HAZUS 式によって管路延長あたりの被害箇所数 (RR) を求めた (表 2.2.26~表 2.2.28)。

$$RR = 0.3 \times 0.0001 \times PGV^{(2.25)}$$

表 2.2.26 Psi100 ガス管の区別想定被害箇所数

区	管径	管路延長 (m)	地表面最大 加速度(gal)	地表面最大 速度(cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所 数
5	12	4,264	534	82.454	0.615	3
9	24	5,160	590	78.594	0.552	3
18	12	2,995	599	64.079	0.349	1
20	12	202	776	44.161	0.151	0
20	4	2,831	776	44.161	0.151	0
21	12	18,620	479	73.962	0.481	9
21	16	2,298	479	73.962	0.481	1
21	18	14,010	479	73.962	0.481	7
21	24	4,077	479	73.962	0.481	2
21	30	3,599	479	73.962	0.481	2
22	30	734	470	72.572	0.461	0

表 2.2.27 Psi250 ガス管の区別想定被害箇所数(管径で空欄は不明)

区	管径	管路延長 (m)	地表面最大 加速度(gal)	地表面最大 速度(cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇 所数	被害箇所数 (区計)
1	8	1,920	564	87.086	0.695	1	
1	10	7,867	564	87.086	0.695	5	
1	12	4,917	564	87.086	0.695	3	
1	16	6,915	564	87.086	0.695	5	
1	24	2,459	564	87.086	0.695	2	
1		23,725	564	87.086	0.695	16	32
2	12	14,516	534	82.454	0.615	9	
2	22	130	534	82.454	0.615	0	
2	24	16,994	534	82.454	0.615	10	
2	30	1,439	534	82.454	0.615	1	
2		36,010	534	82.454	0.615	22	42
3	12	13,745	550	84.925	0.657	9	
3	24	5,111	550	84.925	0.657	3	
3		21,764	550	84.925	0.657	14	26
4	10	1,274	550	84.925	0.657	1	
4	12	20,023	550	84.925	0.657	13	
4	24	11,012	550	84.925	0.657	7	
4		32,622	550	84.925	0.657	21	42
5	12	13,066	534	82.454	0.615	8	
5	24	12,545	534	82.454	0.615	8	
5	30	1,717	534	82.454	0.615	1	
5	36	4,257	534	82.454	0.615	3	
5		28,411	534	82.454	0.615	17	37
6	12	18,346	483	74.579	0.490	9	

区	管径	管路延長 (m)	地表面最大 加速度(gal)	地表面最大 速度(cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所 数	被害箇所数 (区計)
6	16	2,301	483	74.579	0.490	1	
6	24	897	483	74.579	0.490	0	
6		15,515	483	74.579	0.490	8	18
7	12	15,036	477	73.653	0.477	7	
7	16	1,836	477	73.653	0.477	1	
7	24	145	477	73.653	0.477	0	
7		9,536	477	73.653	0.477	5	13
8	12	1,942	537	82.917	0.622	1	
8	16	1,708	537	82.917	0.622	1	
8	24	4,431	537	82.917	0.622	3	
8		10,916	537	82.917	0.622	7	12
9	12	3,708	590	91.101	0.769	3	
9	22	3,838	590	91.101	0.769	3	
9		5,200	590	91.101	0.769	4	10
10	12	6,848	543	83.844	0.638	4	
10		5,900	543	83.844	0.638	4	8
11	12	8,868	487	75.197	0.500	4	
11	16	2,120	487	75.197	0.500	1	
11		7,049	487	75.197	0.500	4	9
12	12	10,518	464	71.645	0.448	5	
12	16	3,127	464	71.645	0.448	1	
12		11,177	464	71.645	0.448	5	11
13	12	5,749	535	82.608	0.617	4	
13	16	3,763	535	82.608	0.617	2	
13	24	4,025	535	82.608	0.617	2	
13		10,173	535	82.608	0.617	6	14
14	12	7,447	484	74.734	0.493	4	
14	22	3,875	484	74.734	0.493	2	
14	24	4,953	484	74.734	0.493	2	
14		10,935	484	74.734	0.493	5	13
15	12	3,067	556	85.851	0.673	2	
15	16	4,096	556	85.851	0.673	3	
15	22	4,538	556	85.851	0.673	3	
15	24	8,117	556	85.851	0.673	5	
15	30	1,472	556	85.851	0.673	1	
15		20,873	556	85.851	0.673	14	28
16	4	2,113	560	86.469	0.684	1	
16	12	334	560	86.469	0.684	0	
16	16	2,904	560	86.469	0.684	2	
16	20	1,389	560	86.469	0.684	1	
16	24	5,231	560	86.469	0.684	4	
16		12,515	560	86.469	0.684	9	17
17	12	3,113	592	91.410	0.775	2	
17	22	79	592	91.410	0.775	0	
17		10,948	592	91.410	0.775	8	10
18	8	334	599	92.491	0.796	0	
18	12	13,524	599	92.491	0.796	11	
18	22	2,233	599	92.491	0.796	2	
18	24	321	599	92.491	0.796	0	

区	管径	管路延長 (m)	地表面最大 加速度(gal)	地表面最大 速度(cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇 所数	被害箇所数 (区計)
18		13,809	599	92.491	0.796	11	24
19	22	2,798	591	91.255	0.772	2	
19	24	10,620	591	91.255	0.772	8	
19	30	530	591	91.255	0.772	0	
19		6,799	591	91.255	0.772	5	15
20	6	478	776	119.821	1.425	1	
20	12	4,671	776	119.821	1.425	7	
20	16	429	776	119.821	1.425	1	
20	20	5,351	776	119.821	1.425	8	
20	22	149	776	119.821	1.425	0	
20	30	2,287	776	119.821	1.425	3	
20		27,132	776	119.821	1.425	39	59
21	36	16,384	479	73.962	0.481	8	
21		345	479	73.962	0.481	0	8
22	30	31,828	470	72.572	0.461	15	
22	36	2,292	470	72.572	0.461	1	
22		1,463	470	72.572	0.461	1	17

100psi、250psi 管路について緊急道路ネットワーク、断層との交差数および想定被害箇所数を整理すると表 2.2.28 のとおりとなり、250psi 管路では 1、2 区および 20 区で脆弱性が高いことが分かる。

表 2.2.28 区別緊急道路ネットワークとの交差箇所、断層との交差数および想定被害箇所数

区	100psi			250psi		
	緊急道路ネットワークとの交差箇所交差	断層交差数	想定被害数	緊急道路ネットワークとの交差箇所交差	断層交差数	想定被害数
1	—	—	—	30	26	32
2	—	—	—	28	16	42
3	—	—	—	21	20	26
4	—	—	—	17	6	42
5	4	0	3	14	9	37
6	—	—	—	28	10	18
7	—	—	—	21	1	13
8	—	—	—	16	0	12
9	0	0	3	16	0	10
10	—	—	—	12	0	8
11	—	—	—	18	0	9
12	—	—	—	19	0	11
13	—	—	—	17	4	14
14	—	—	—	11	0	13
15	—	—	—	24	2	28
16	—	—	—	20	0	17
17	—	—	—	12	0	10
18	4	0	1	10	0	24
19	—	—	—	18	0	15
20	2	0	0	28	14	59
21	9	0	21	1	0	8
22	1	0	0	4	5	17
	20	0	28	385	113	465

c.電気

HAZUS (8.2.8 Development of Damage Functions)に示される被害関数による。各区の地表面最大速度 (PGV) を用いて柔軟な管路特性を有するものとして以下の HAZUS 式によって管路延長あたりの被害箇所数 (RR) を求めた (表 2.2.29)。

$$RR = 0.3 \times 0.0001 \times PGV^{(2.25)}$$

表 2.2.29 電線地中管の区別想定被害規模

区	管路延長 (m)	地表面最大速度(cm/s)	地表面最大加速度(gal)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所数
1	33,214	87.086	564	0.695	23
2	46,557	82.454	534	0.615	29
3	29,147	84.925	550	0.657	19
4	25,710	84.925	550	0.657	17
5	11,960	82.454	534	0.615	7
6	42,755	74.579	483	0.490	21
7	26,292	73.653	477	0.477	13
8	5,462	82.917	537	0.622	3
9	9,996	91.101	590	0.769	8
10	6,072	83.844	543	0.638	4
11	24,622	75.197	487	0.500	12
12	54,663	71.645	464	0.448	24
13	16,213	82.608	535	0.617	10
14	15,560	74.734	484	0.493	8
15	5,351	85.851	556	0.673	4
16	25,510	86.469	560	0.684	17
17	3,738	91.410	592	0.775	3
18	13,137	92.491	599	0.796	10
19	74	91.255	591	0.772	0
20	480	119.821	776	1.425	1
21	15,396	73.962	479	0.481	7
22	7,481	72.572	470	0.461	3
合計					243

d. 電信

HAZUS に示されるパイプライン被害関数に準じて区ごとの想定被害箇所数を算定した(表 2.2.30)。

$$RR = 0.3 \times 0.0001 \times PGV^{(2.25)}$$

表 2.2.30 電信管の区別想定被害箇所数

区	延長(m)	地表面最大加速度 (gal)	地表面最大速度 (cm/s)	被害割合 (箇所/km)	被害箇所数
1	26,023	564	87.086	0.695	18
2	28,600	534	82.454	0.615	18
3	29,608	550	84.925	0.657	19
4	30,680	550	84.925	0.657	20
5	36,308	534	82.454	0.615	22
6	28,597	483	74.579	0.490	14
7	23,054	477	73.653	0.477	11
8	11,525	537	82.917	0.622	7
9	11,229	590	91.101	0.769	9
10	10,623	543	83.844	0.638	7
11	17,455	487	75.197	0.500	9
12	23,766	464	71.645	0.448	11
13	11,921	535	82.608	0.617	7
14	9,785	484	74.734	0.493	5
15	16,910	556	85.851	0.673	11
16	9,511	560	86.469	0.684	7
17	5,762	592	91.410	0.775	4
18	18,369	599	92.491	0.796	15
19	4,430	591	91.255	0.772	3
20	17,461	776	119.821	1.425	25
21	26,895	479	73.962	0.481	13
22	6,140	470	72.572	0.461	3
合計					258

区別にみると第 20 区で被害箇所が多い他、北部第 1 区から第 5 区での被害箇所数が多いことが分かる。また、1、2、6 区および 12 区では他の区より緊急道路ネットワーク交差数が多いことから耐震性補強については優先して取り組まれるべき区であることが分かる。

表 2.2.31 電信管の緊急道路ネットワークおよび断層との交差数、区別想定被害箇所数

区	緊急道路ネットワークとの 交差箇所交差(地中線)	断層交差 (地中線)	被害箇所数
1	11	10	18
2	22	3	18
3	9	9	19
4	8	2	20
5	1	1	22
6	25	5	14
7	10	1	11
8	1	0	7
9	8	0	9
10	5	0	7
11	5	0	9
12	24	0	11
13	2	0	7
14	5	0	5
15	2	0	11
16	9	0	7
17	3	0	4
18	2	0	15
19	0	0	3
20	1	0	25
21	3	0	13
22	2	2	3
合計	158	33	258

(4) 建物の脆弱性評価

地震時の建物被害が緊急道路ネットワークに与える影響としては、主に建物倒壊により瓦礫が散乱し、道路が閉塞することが挙げられる。

ここでは建物倒壊による被害事例を踏まえ、緊急道路ネットワーク沿いの建物が倒壊し、瓦礫が散乱することによる道路閉塞の可能性について評価を行った。

1) 建物倒壊による被害

建物倒壊が緊急道路ネットワークに与える影響の検討に先立ち、日本とイラン国の建物被害の状況について、既往地震を例に紹介した。

a. 日本における事例

建物の地震による被害については、専門家チーム側から日本の経験事例を紹介した。1995年阪神淡路大震災における死因要因の半数以上が窒息死、次に多いのが圧死である。建物が倒壊すると道路が閉塞され、救急車両、消防車両が被災現場に到着できず、火災の延焼等による被害の拡大や中・重症患者の症状悪化による死亡者の増加へとつながる。

b. イラン国の事例

1999年のJICA「地震マイクロゾーニング計画調査」においては、3つの異なる地震モデル(図 2.2.22)に基づき、テヘラン市の被害想定を表 2.2.32のように整理している。

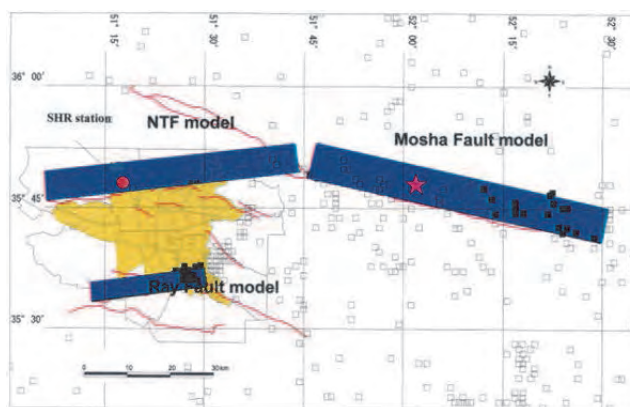


図 2.2.22 想定した3つの地震モデル(1999年)

表 2.2.32 3つの地震モデル(1999年)ごとの被害想定

	Ray Fault Model	NTF Model	Mosha Fault Model
Building Damage (Number)	483,000	313,000	113,000
Number of Death (Number)	383,000	126,000	20,000
Water Pipeline (Points)	3,864	776	13
Gas Pipeline (Km)	539	539	137
Electricity (Number)	18.7	2.65	0
Telecommunication (Km)	12.8	2.2	0

Ray Fault Model では、テヘラン市の全建物の 55%にあたる、483,000 棟が全壊もしくは倒壊すると想定されている。イランの主要な住宅建築の建物タイプは鉄骨や石積みであり、木造の多い日本の住宅建築よりも重いことが特徴である。壁は煉瓦で、枠組積造と日干し煉瓦造の両方が存在している。イラン、テヘランの建物は地震に対して脆弱であり、建物倒壊による道路閉塞のリスクも高いと言える。

2) 建物倒壊による道路閉塞の事例

上記を踏まえ、建物倒壊による道路閉塞の事例についても日本及びイラン国の既往地震の例を基に紹介した。阪神淡路大震災では、建物倒壊やインフラの倒壊、窓ガラスや看板の落下により、多くの道路が封鎖された。

イランにおいても、以下の写真のように、2002年 Qazvin 地震や 2003年 Bam 地震で建物倒壊による道路封鎖が見受けられる。



図 2.2.23 建物倒壊等による道路の封鎖(イラン)

3) 建物倒壊による瓦礫量（瓦礫幅）評価

建物が倒壊して前面の道を塞ぐ幅（瓦礫幅）を予測、評価することで、検討対象道路の危険の程度を推定することにつながる。また、震後復旧（啓開）に要する費用・労力が推定されるので防災・復旧計画に有用である。日本の瓦礫幅予測の研究例を調査し、C/P に紹介した。図 2.2.24 に示すとおりであり、これは阪神淡路大震災の際の事例を神戸全市にわたって航空写真から測定し、その結果を回帰式にまとめたものである。

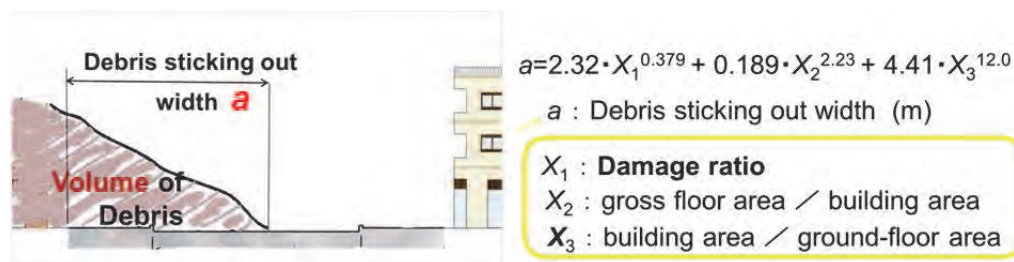


図 2.2.24 瓦礫幅の計算式

この回帰式の紹介により、C/P に瓦礫幅予測の重要性は理解された。C/P との協議の結果、今回の評価では、上記したような日本において適用されている回帰式ではなく、日本とイランの建物構造の違いを考慮し、イラン側の強い意向からテサロニケの震害論文を使いテヘランへの適用式を案出した方法を採用した。算出方法は、以下のとおりである。まず、以下の計算式により建物倒壊確率を決定する。次に、表 2.2.33 より、構造タイプ・建築年・建物高さより β と median を決定する。そして、図 2.2.25 のように、3種類の建物の倒壊形式ごとに瓦礫幅を計算する。階数ごとの瓦礫幅の目安は以下のように整理できる。

$$P = \text{NORMSDIST} \left(\frac{1}{\beta} \text{Ln} \frac{\text{PGA}}{\text{median}} \right)$$

表 2.2.33 構造タイプ・高さ・建築年に基づく β と median の決定

β	median	Building year	height	Construction Type	Row
0/64	0/36	Before 67	short	steel	1
0/64	0/45	After 67			2
0/64	0/43	Before 67	medium	steel	3
0/64	0/53	After 67			4
0/64	0/47	Before 67	high	steel	5
0/64	0/58	After 67			6
0/64	0/35	Before 67	short	concrete	7
0/64	0/44	After 67			8
0/64	0/41	Before 67	medium	concrete	9
0/64	0/54	After 67			10
0/64	0/35	Before 67	high	concrete	11
0/64	0/44	After 67			12
0/64	0/37	Before 67	short	masonry	13
0/64	0/38	Before 67	medium		14

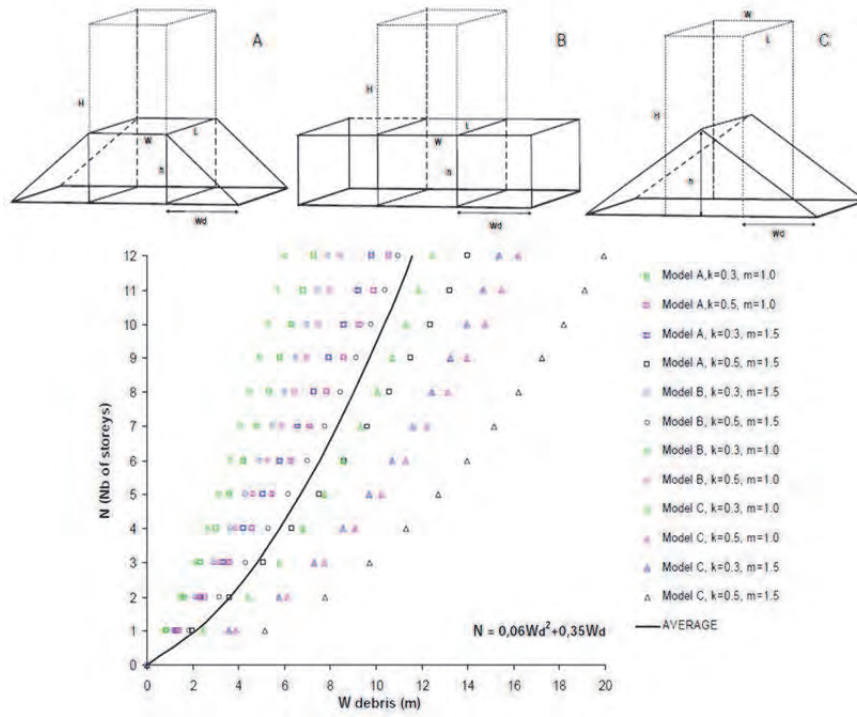


図 2.2.25 倒壊形式による瓦礫幅の算定

表 2.2.34 階数ごとの瓦礫幅の目安

blockage	Width of debris	number of Stories	row
SIDEWALK	2.1	1	1
SIDEWALK & 1 Line	3.6	2	2
	4.7	3	3
SIDEWALK & 2 Line	5.8	4	4
	6.7	5	5
	7.5	6	6
SIDEWALK & 3 Line	8.3	7	7
	9.0	8	8
	9.7	9	9
	10.3	10	10
SIDEWALK & 4 Line	10.9	11	11
	11.5	12	12
	12.1	13	13
	12.6	14	14
	13.2	15	15

blockage	Width of debris	number of Stories	row
SIDEWALK & 4 Line	13.7	16	16
	14.2	17	17
	14.6	18	18
	15.1	19	19
	15.6	20	20
	16.0	21	21
	16.5	22	22
	16.9	23	23
SIDEWALK & 5 Line	17.3	24	24
	17.7	25	25
	18.1	26	26
	18.5	27	27
	18.9	28	28
	19.3	29	29
	19.6	30	30

倒壊建物による瓦礫総量は、瓦礫幅に基づき以下式のように計算できる。

$$V=0.66 LW_d (W_d -2)$$

W_d =debris width from building collapse

L= Width of building

4) 建物倒壊による緊急道路ネットワークへの被害想定を踏まえた対策

上記の被害想定を踏まえ、専門家チームからは以下のような助言を行った。

a.被災後の迅速ながれき撤去

専門家チームは瓦礫の除去について、必要な重機を保有する建設業者と協定を結び、地震発生後に迅速な対応が可能にすることが有効であることを提案した。日本の事例として、自治体と建設業者の協定例、協定の種類等を紹介し、TDMMO側も理解した。今後は、冬季の除雪に関する慣例的取り扱いを参考に協定を整備していくことになる。

b. 代替交通の確保

2.2.2 で述べたように、イランは代替交通として地下鉄を挙げている。地下構造はそれ自体が自由振動することがないので比較的耐震的であり、地下鉄の震害例は非常に少ないが、1995年阪神淡路大震災の際の事例を第3回セミナーで紹介した。大開駅の完全倒壊のように一旦破壊が生じれば影響は大きい。地上構造に較べれば構造は比較的安全であり、代替交通として有効であると考えられる。一方で、万が一閉鎖された際の避難困難や水没の危険への備えは重要である。

c. 緊急道路ネットワーク沿道建物の耐震強化

事前の対策として、緊急道路ネットワーク沿道建物を優先的に耐震改修していくことが考えられる。詳細は、2.2.6 に記す。

2.2.4 【5】 橋梁やトンネルを含む緊急道路ネットワークの脆弱性に対する耐震対策計画の策定（活動1-4）

(1) イラン国の耐震基準、耐震対策計画の調査

イラン国の耐震基準である「Code463」を受領し調査を行った。

耐震対策については、テヘラン市役所の技術局（Technical deputy）にて老朽化の進む橋梁で順次予算の付いた橋梁から実施している。

(2) イラン国での実施済みの耐震対策を調査する。

1) 耐震補強工事現場の視察

2013年4月10日に Jalal Al Ahmad 橋における耐震補強工事現場を視察し、耐震補強対策の現状について把握した。橋台にアンカーを設置する工事であり、橋台前面から背面に向かってアンカーボルトを設置し、上部工と下部工を連結することで、地震時の上部工と下部工との間に発生する相対変位を抑制する工法と考えられる。



図 2.2.26 対象橋梁を桁下から撮影した写真



図 2.2.27 施工状況、アンカー設置状況、支承部補強状況

2) その他の橋梁における耐震補強の実施状況について

2013年10月24日には、既に耐震補強が終了した橋梁について把握した。



図 2.2.28 既に耐震補強対策が実施された橋梁

橋脚の頂部と地盤とを鋼棒で連結することにより、地震時の橋脚の変形を抑制するためのものと思われる。また、別の橋梁では、上部工の桁端部に落橋防止装置（PC ケーブルによる上部工と下部工の連結）が見られる他、支承部前面における桁かかり長の拡幅措置が施されていた。



図 2.2.29 落橋防止装置、拡幅装置の設置状況

一方、近年新設された大型橋梁においては、最初から桁端部に粘性ダンパーが設置されており、地震時の挙動に配慮した仕様となっていることが伺える。



図 2.2.30 桁端部に粘性ダンパーが設置された橋梁



図 2.2.31 桁端部の粘性ダンパーの設置状況

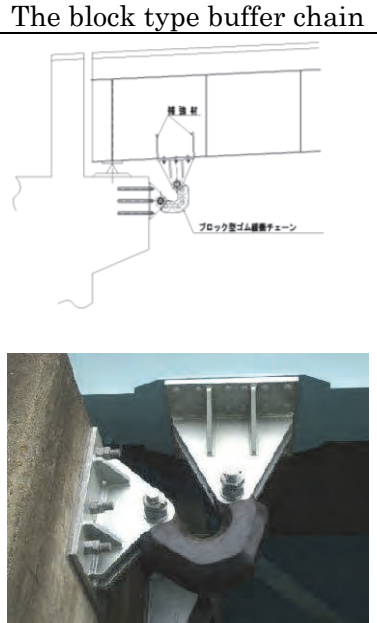
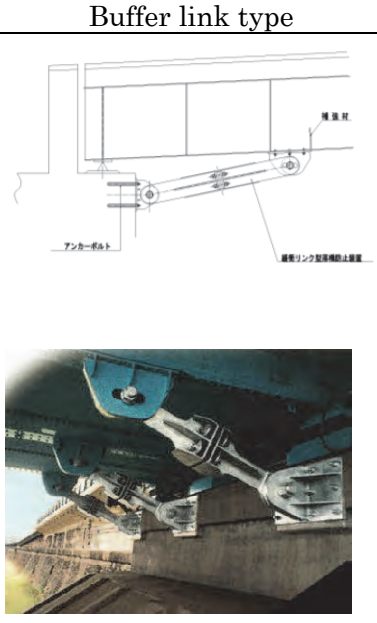
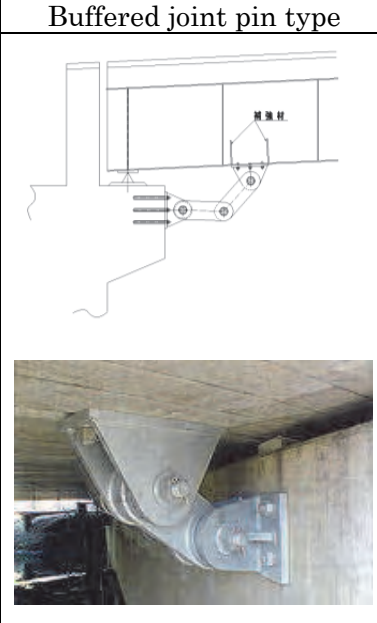
3) 総括

適用橋梁数はまだ少ないが、徐々に耐震補強を実施し始めている。日本で多用されている落橋防止措置が施されている（PC ケーブル、桁かかり長の拡張など）ことを確認した。下部工の耐震性能について、日本では橋脚の巻立て補強を多用することが多いが（コストが安価であるため）、テヘラン市内での補強工法は、上部工-下部工間の相対変位を抑制する工法が多用されていることが確認できた。

(3) イラン国で適用可能な耐震対策に関する検討

イラン国において、既に PC ケーブルを利用した落橋防止措置や桁かかり長の拡張などの上部工の落橋防止対策が実施されていることが確認できた。加えて、地震時の橋脚の変形を抑制する工法が多用されていた。これらの状況を勘案すると、日本で多用されている落橋防止措置（PC ケーブル等）は、イラン国の橋梁でもそのまま適用可能と考えられ、施工技術も十分満たしていると思われる。以下に、落橋防止措置の一覧を示すとともに、各工法の概要、概略コストについて示す。

表 2.2.35 落橋防止構造の一例

	The block type buffer chain	Buffer link type	Buffered joint pin type
Image	 <p>The diagram shows a cross-section of a bridge girder with a chain of blocks connecting it to a pier. The photo shows a close-up of the physical chain and blocks.</p>	 <p>The diagram shows a cross-section with a link between the girder and pier, labeled 'アンカーボルト' (Anchor bolt) and '緩衝リンク型落橋防止装置' (Buffer link type fall prevention device). The photo shows the link and anchor bolt in place.</p>	 <p>The diagram shows a cross-section with a pin at the joint between the girder and pier, labeled '緩衝ピン型落橋防止装置' (Buffered joint pin type fall prevention device). The photo shows the pin and joint assembly.</p>
Cost	4,500 千円	5,500 千円	6,500 千円

一方、橋脚の巻立て補強については、これまで確認できていない。イランで導入可能な工法について、工法概要、施工手順、概算コストについて説明した。

(4) 緊急道路ネットワーク（多重・代替ルートを含む）の耐震性評価

1) 概要

緊急道路ネットワーク上に架かる構造物の中で、トンネル構造は地震時に地盤と一緒に挙動するため耐震性が高いものと判断し、特に耐震性の脆弱性が懸念される橋梁について、耐震性評価を行った。

補強対象橋梁を選定するだけであれば簡単な手法を適用すれば良いのであるが、選んだ橋梁の各々について耐震補強工法を選定する必要があった。簡易評価方法だけでは、落橋の

可能性を判断できるかもしれないが、落橋に対する弱点は不明である。そのため、詳細評価を実施して落橋に対する弱点を明らかにし、適切な耐震補強対策を選定することとした。

実施にあたっては、耐震性の評価方法について、TDMMO と JICA 専門家で協議し、最初に簡易評価手法による 1 次スクリーニングを実施して脆弱性の高い橋梁を抽出し、脆弱性が高いと判断された橋梁について、詳細評価を実施する手順とした。1 次スクリーニングとして米国「HAZUS」と日本の「片山の方法」により、簡易評価を行った。HAZUS の適用は米国内の橋梁が前提となるため、過去のプロジェクトでテヘラン用に改良した片山の方法による評価を推奨したが、TDMMO の強い要望により、HAZUS による評価も合わせて実施した。詳細評価は、日本の道路橋の設計手法の一つである「地震時保有水平耐力法」に基づき実施した。詳細評価の実施にあたっては、テヘラン市に架かる橋梁を橋梁形式別にグルーピングし、1 次スクリーニングで脆弱性が高いと評価された橋梁グループの中から代表橋梁を抽出し、詳細評価を実施した。なお、米国「HAZUS」と日本の「片山の方法」の概要は、次のとおりである。

■米国「HAZUS」

HAZUS は、米国 FEMA で開発された災害時の被害想定システムである。地震被害に対しては、米国内の対象橋梁の仕様と位置情報などから、被害を想定することができる。

橋梁については、対象橋梁の諸元（耐震設計のタイプ、径間数、構造形式、支承形式など）と、対象橋梁の所在地（緯度、経度）、加速度スペクトルなどの情報に基づき、対象橋梁の地震被害について、4 タイプ（Minor Damage、Moderate Damage、Extensive Damage、Complete Damage）それぞれの発生確率を算出するものである。対象橋梁の耐震設計のタイプや構造形式は、米国の基準に基づいて判断しているため、他国の橋梁に適用する場合は、適用性を慎重に判断する必要がある。

■日本「片山の方法」

片山の方法は、片山恒夫によって提案された、地震時の橋梁の被害想定手法である。この方法は、東京都や他の自治体において地震時の被害想定に使用されている方法である。過去には、マイクロゾーニング調査でも使用し、テヘランの地震時被害想定を実施している。

片山の方法は、数量化理論第 I 類によって、実際の震害と橋の状態との関係を分析した結果を踏まえ、対象橋梁の構造諸元（桁形式、支承形式、下部工高さ等）や周辺環境（地盤種別、液状化の有無等）から、落橋の危険性を点数化する手法である。片山の方法は、日本国内の震災事例を踏まえて解析された手法であったため、マイクロゾーニング調査では、テヘランの橋梁形式や地震被害を想定し、テヘランの橋梁に適用できるように改修している。

2) 1 次スクリーニング

テヘラン市に架かるすべての橋梁について、HAZUS 及び片山の方法により、1 次スクリーニングを実施した。HAZUS については、TDMMO の C/P のみで実施し評価した。片山の方法の実施にあたっては、評価に必要な情報と評価手法の具体的内容について C/P 側に説明を行い、C/P 側で評価を行った。評価に際しては、テヘラン市の橋梁が 11 タイプに分類できることに着目し、各橋梁形式における脆弱性（落橋の危険性）について評価した。

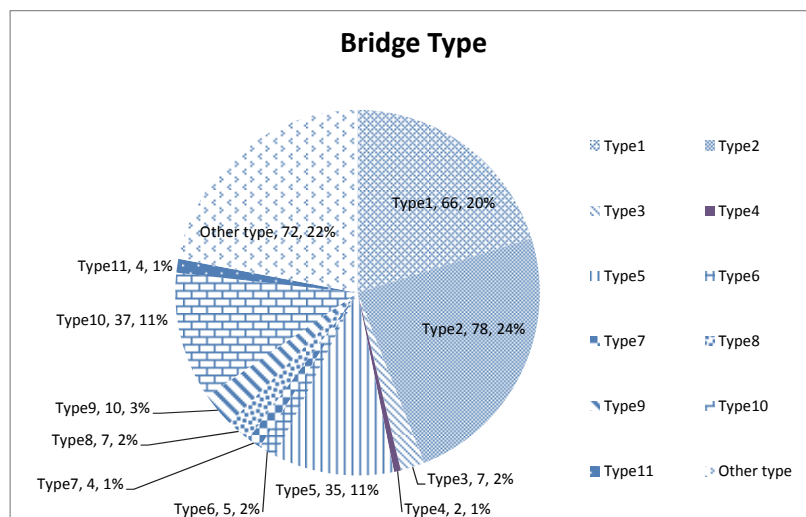


図 2.2.32 テヘラン市の橋梁形式の割合

表 2.2.36 各橋梁形式における落橋の危険性

No.	Superstructure	Substructure	Possibility of collapse	Comment
Type1	Concrete slab	Pile column bent	○	
Type2	T-section girder (concrete) or Plate girder (steel) with simple girder	Pile column bent	×	
Type3	Plate girder (steel) with continuous girder	Pile column bent	△	The seismic capacity is depended on the lateral strength of pier.
Type4	Plate girder (steel) with continuous girder	Thin steel pier	×	
Type5	Concrete slab	Thin RC pier	△	The seismic capacity is depended on the lateral strength of pier.
Type6	Rigid frame (steel)	Rigid frame (steel)	○	
Type7	Rigid frame (concrete)	Rigid frame (concrete)	○	
Type8	Plate girder (Temporary bridge)	Thin steel pier (Temporary)	×	
Type9	Box beam	RC pier	△	The seismic capacity is depended on the lateral strength of pier.
Type10	1 span bridge	Abutment	○	
Type11	Concrete slab with simple girder	Pile column bent	×	

Legend

- Possibility of collapse is low
- △ Possibility of collapse is middle
- × Possibility of collapse is high

1次スクリーニングの結果を下表に示す。緊急道路ネットワークに架かる2つの橋梁など特に重要度の高い18橋について評価を行った。

表 2.2.37 重要度の高い橋梁と耐震性能

Code	Bridge Name	Type	Superstructure	Substructure	Possibility of collapse
2-8	نیایش شرق به چمران جنوب	2	T-section girder (concrete) or Plate girder (steel) with simple girder	Pile column bent	×
2-9	(روی مسیل) همت - ضلع غربی چمران	1	Concrete slab	Pile column bent	○
2-22	شیخ فضل...-یادگار امام	1	Concrete slab	Pile column bent	○
2-38	(گیشا) چمران - جلال	8	Plate girder (Temporary bridge)	Thin steel pier (Temporary)	×
3-18	(پلهای فجر) همت - مدرس	1	Concrete slab	Pile column bent	○
4-26	(شهادی رسالت) شهادی شهرداری منطقه 4	7	Rigid frame (concrete)	Rigid frame (concrete)	○
5-11	اشرفی اصفهانی-همت	2	T-section girder (concrete) or Plate girder (steel) with simple girder	Pile column bent	×
5-14	نیایش شهید باکری	6	Rigid frame (steel)	Rigid frame (steel)	○
5-19	باکری - حکیم	6	Rigid frame (steel)	Rigid frame (steel)	○
6-8	(پل رسالت) مدرس-رسالت	2	T-section girder (concrete) or Plate girder (steel) with simple girder	Pile column bent	×
6-13	حافظ-طالقانی	8	Plate girder (Temporary bridge)	Thin steel pier (Temporary)	×
6-14	(حافظ-انقلاب) پل کالج	8	Plate girder (Temporary bridge)	Thin steel pier (Temporary)	×
11-1	نواب- امام خمینی	11	Concrete slab with simple girder	Pile column bent	×
11-2	نواب - هلال احمر	11	Concrete slab with simple girder	Pile column bent	×
12-3	پل چوبی (سپاه - انقلاب)	8	Plate girder (Temporary bridge)	Thin steel pier (Temporary)	×
18-8	آزادگان-سعیدی	2	T-section girder (concrete) or Plate girder (steel) with simple girder	Pile column bent	×
21-2	بزرگراه تهران-کرج-بلوار شیشه مینا (بلوار شرقی) استادیوم	2	T-section girder (concrete) or Plate girder (steel) with simple girder	Pile column bent	×

これら 18 橋を橋梁形式別に分類し、脆弱性の高い橋梁形式の中から代表橋梁を選定し、詳細評価の対象橋梁とした。

表 2.2.38 橋梁形式別の脆弱性と代表橋梁

	Superstructure	Substructure	Possibility of collapse	Target bridge
Type 1	Concrete slab	Pile column bent	○	2-9, 2-22, 3-18
Type 2	T-section girder (concrete) or Plate girder (steel) with simple girder	Pile column bent	×	2-8, 5-11 , 6-8, 18-8, 21-2 & Marzdaran
Type 6	Rigid frame (steel)	Rigid frame (steel)	○	5-14, 5-19
Type 7	Rigid frame (concrete)	Rigid frame (concrete)	○	4-26
Type 8	Plate girder (Temporary bridge)	Thin steel pier (Temporary)	×	2-38 , 6-13, 6-14, 12-3
Type 11	Concrete slab with simple girder	Pile column bent	×	11-1 , 11-2

※太字が詳細評価の対象橋梁の番号を示す。

3) 詳細評価

詳細評価は、日本の道路橋の設計手法の一つである「地震時保有水平耐力法」に基づき実施した。実施にあたっては、対象橋梁の配筋状況など詳細が分かる図面や使用材料を把握する必要があったが、C/P 側でも管理者である Technical Deputy からの入手が困難であったため、対象橋梁の架橋現場において寸法形状を実測して詳細評価の基礎資料とした。また、内部鉄筋の配筋状況については、テヘラン市の橋梁の標準図集から推定した。

詳細評価の方法である日本の「地震時保有水平耐力法」については、基本的な考え方から実際の計算手順まで細かく C/P 側に伝達した。実際の計算フロー図を次頁に示す。

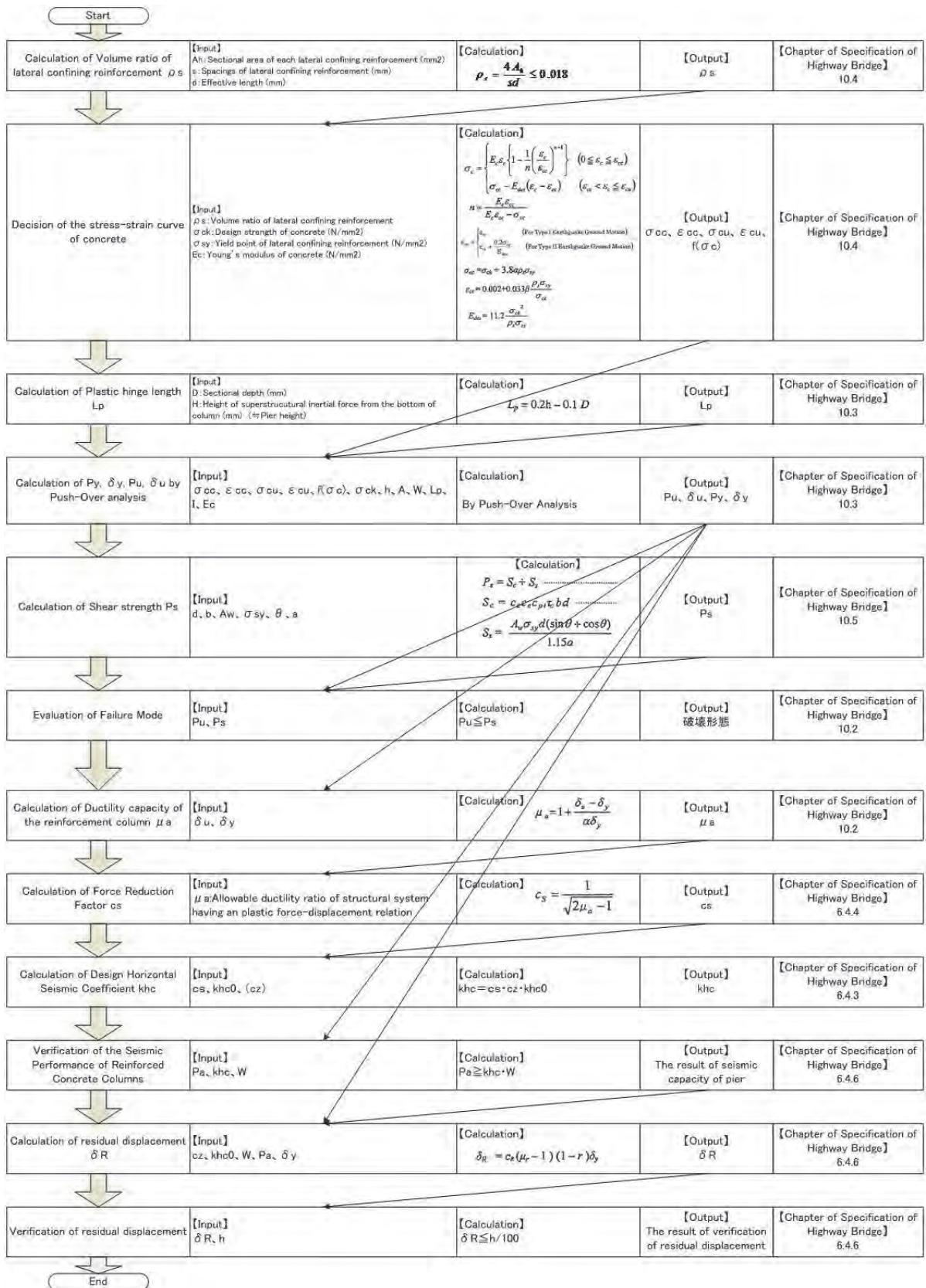


図 2.2.33 地震時保有水平耐力法による計算フロー図

詳細評価で用いた日本の「地震時保有水平耐力法」は、日本独自の計算手法のため、今後、イラン国内において使用できるようにする必要があった。そこで、日本の「地震時保有水平耐力法」をイラン国の Code463 に適用する方法について、C/P 側に説明を行った。

(5) 緊急道路ネットワーク（多重・代替ルートを含む）の耐震対策計画の作成

1) 概要

(4)の耐震性評価の結果を踏まえ、耐震対策計画を策定した。耐震対策計画の策定の目的は、緊急対応、災害復旧の要となる緊急道路ネットワークの耐震性を向上させ、緊急道路ネットワークの迅速な確保を可能にすることである。したがって、耐震補強の優先順位は、緊急道路ネットワークの優先度が最も高いとみなされ、さらに詳細評価の結果を基に決定することとした。

2) 耐震対策計画の策定の基本方針

耐震補強の優先順位は、基本的には橋梁の緊急道路ネットワークとの関連から決定することとした。

	Out of ERN	1 ERN	2 or more ERN
Low risk	4	3	2
High risk	3	2	1

ここで、Low risk と High risk の定義については、これまでの検討の結果得られた HAZUS の評価結果、片山の方法による評価結果及び日本の「地震時保有水平耐力法」による評価結果を踏まえ、決定した。具体的には、日本の「地震時保有水平耐力法」による評価結果を最優先とし、次に片山の方法による評価結果、最後に HAZUS による評価結果とした。これは、片山の方法は過去のプロジェクトにおいてイラン国の実情に合わせて各種パラメータの改修を行った上で評価しているのに対して、HAZUS は米国の基準のまま使用しており、得られた評価結果の信ぴょう性が低いものと判断したためである。

3) 詳細評価による優先順位の決定方法

地震時保有水平耐力法では、地震時における橋脚の水平耐力及び地震時の慣性力 $k_{hc}W$ を評価することができる。一方、 $k_{hc}W$ は橋脚の塑性ヒンジによるエネルギー吸収を考慮しているため、 $k_{hc}W$ は支承部に直接作用する慣性力と考えることができる。そこで、橋脚と支承部の耐震性能は、次のように評価することとした。

a) For piers

$$\text{Pier's performance} = Pa/k_{hc}W$$

$1 \geq$; The seismic performance is high, and the possibility of falling-off is low.

$1 <$; The seismic performance is low, and the possibility of falling-off is high.

Where,

Pa: The lateral strength of pier (kN)

$k_{hc}W$: The inertial force acting pier (kN)

b) For bearing part

$$\text{Bearing's performance} = \tau_a/\tau$$

$1 \geq$; The seismic performance is high, so the possibility of falling-off is low.

$1 <$; The seismic performance is low, so the possibility of falling-off is high.

Where,

τ_a : The shear strength of anchor bolt at bearing part (kN)

τ : The inertial force acting anchor bolt at bearing part ($= k_{hc}W$) (kN)

4) 耐震対策計画の策定方法

前節までの結果を踏まえ、耐震補強の優先順位は、具体的には次の手順で決定することとした。

- a) 緊急道路ネットワークの優先順
- b) 総合評価によるベアリング性能順
- c) 総合評価による橋脚性能順
- d) 片山の手法による評点順
- e) HAZUS の手法による評点順

耐震補強の優先順位は、緊急道路ネットワーク内のインフラを最優先とした。これは、災害発生時の迅速かつ効果的な応急対応活動を実施するうえで不可欠となる緊急道路ネットワークを早期に被害を最小限に抑えたうえで機能させるには緊急道路ネットワーク上のインフラ耐震性を向上させる必要があるためである。第2位の優先順位は支承部の耐震性能とした。支承部のアンカーボルトが脆弱で、橋座幅が狭いと、容易に落橋につながるためである。

上述した手順を可視化したフロー図を、次頁に示す。また、同手順に基づき耐震補強の優先順位を策定し、必要な耐震補強工法を決定して、耐震対策計画とした。

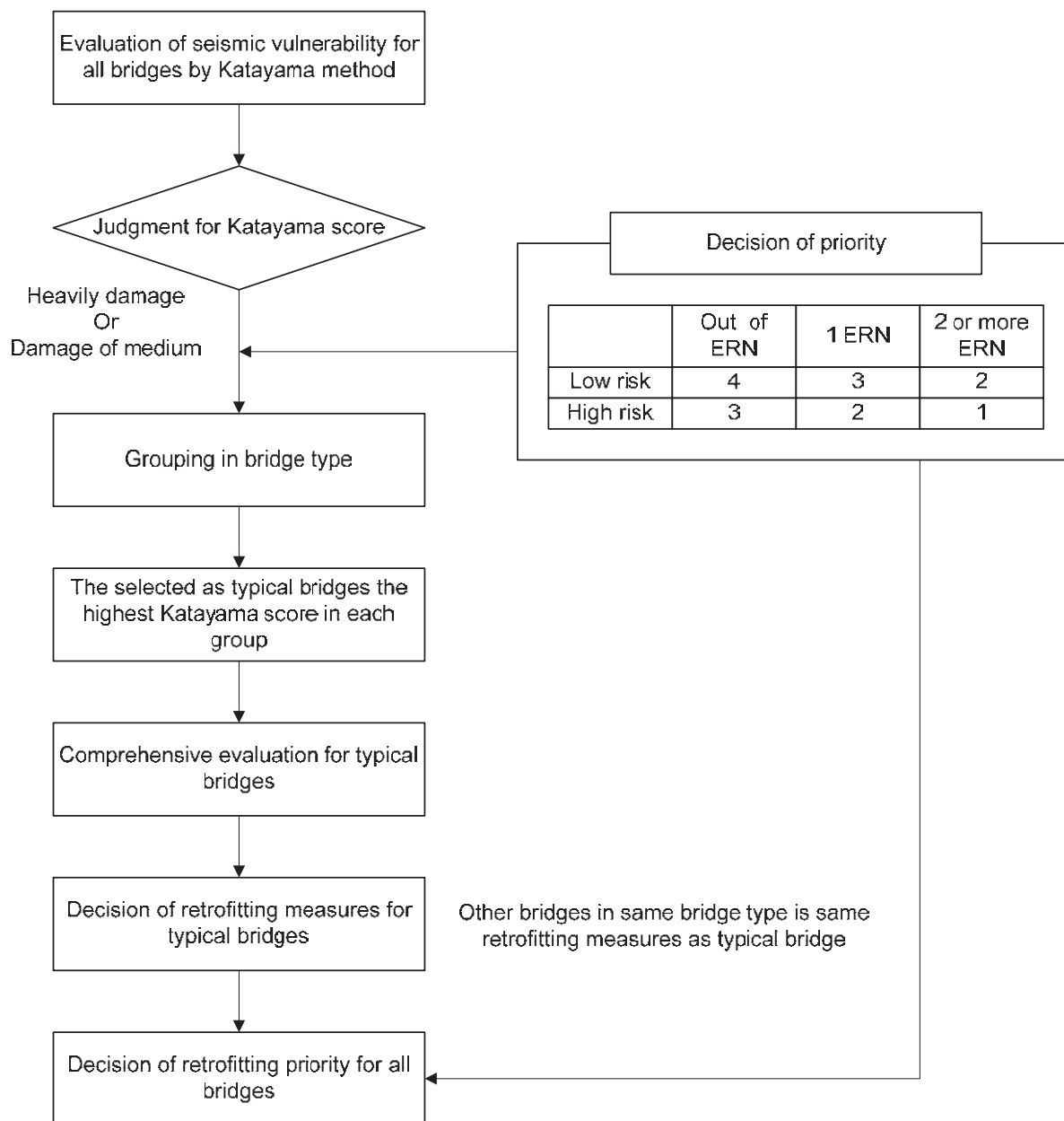


図 2.2.34 耐震補強の優先順位の策定手順

2.2.5 【6】 震災後の道路障害物の除去、将来的な緊急道路ネットワークの改定や拡大の手法を含む、緊急道路ネットワークの維持・管理計画の策定（活動 1-5）

本活動において策定する緊急道路ネットワークの維持・管理計画には、当初予定では以下表 2.2.39 に示すとおり、将来の道路ネットワークの拡張や接続施設の追加・変更等による変化に対応する為の「緊急道路ネットワーク改訂マニュアル」、及び震災後に道路啓開、交通規制等を実施したうえでの緊急道路ネットワークの確保実施手順をまとめた「緊急道路ネットワーク確保応急手順書（SOP）」の 2 部構成を考えていた。しかし、実際に計画を活用する C/P 側の強い意向により、本計画には「緊急道路ネットワーク確保応急手順書（SOP）」の部分のみを策定し、「緊急道路ネットワーク改訂マニュアル」部分については、緊急道路ネットワーク設定手法を整理した資料を作成し、技術移転を行った。

表 2.2.39 緊急道路ネットワークの維持・管理計画の構成(プロジェクト開始当初)

構成	内容
緊急道路ネットワーク改訂マニュアル	将来の道路ネットワークの拡充や拠点施設の変更・増加等に柔軟に対応できるよう、施設間の最短距離解析手法を整理した GIS オペレーション部分を含む緊急道路ネットワーク設定の手法について明確に記載。
緊急道路ネットワーク確保応急手順書 (SOP)	震災後に迅速に緊急道路ネットワークを確保するために必要な、関連機関の役割分担、道路啓開、交通統制等を含む実施活動内容、手順等を明確にまとめたマニュアル的な内容となる応急対応手順書。

成果 1 の活動では、日本を中心とした事例を元に議論及び検討を長い時間をかけて、テヘラン市に適用した緊急道路ネットワークを設定した。しかし、緊急道路ネットワークを実際の地震災害発生時に円滑に運用する為には、テヘラン市の交通警察、交通運輸局、交通運輸管理センターや TDMMO、TDMMO 内の部課間、区の関係部局等との連携が必要になってくることから、これら各関係機関との役割分担を明確にしたうえでの各種調整手順を含む、応急手順書の策定が必要となる。

維持・管理計画策定に伴い、日本側からは目次案を提示し、イラン側からも目次案を提示した上で議論を重ねて目次構成を検討した。計画には、関係機関の役割分担、手順等を中心に記載する必要がある、この点について日本側からインプットしながら内容を絞っていった。

表 2.2.40 維持・管理計画目次案比較

JICA Team Proposal	TDMMO Proposal
<p>Chapter 3: Plan (Manual) for Securing Emergency Road Network</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Introduction 3.1.1.Objective 3.1.2.Scope and Level Categorization of Emergency Road Network 3.1.3.Stakeholders 3.1.4.Flow of Securing Emergency Road Network 3.2 Instruction for each activities for securing ERN <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1.Collection and Reporting of Information on damage or obstacle to secure ERN 3.2.2.Traffic Control 3.2.3.Dissemination of Information 3.2.4.Road Clearance 3.2.5.Emergency Recovery Work 3.2.6.Debris Removal 3.2.7.Request and Acceptance of Assistance 3.2.8.Completion of Recovery Work and Opening of Road Network 3.2.9.Utilization of other transportation mode 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Goal 2. Overview 3. Responsibilities 4. The Implementation Method of the Operations <ul style="list-style-type: none"> 4-1 Collecting the passages information(condition and damages of the passages) 4-2 Emergency route finding 4-3 Clearing the road 4-4 Determining the emergency routes 4-5 Traffic Control 4-6 Resources (4-6-4 Requests of the municipalities of district) 4-7 Communications 5. Organizing 6. The emergency earthquake response by the traffic and transportation deputy of Tehran municipality 7. The emergency operations of traffic and transportation <ul style="list-style-type: none"> 7-1 The traffic disaster management headquarters of the district 7-3 Damage assessment helicopters 7-4 Non-military aerial patrol 8. Inspection levels 9. Logistics 10. The list of the people who participate in the emergency operations

※Red Color is almost same contents

また、具体的な内容に関しては、イラン側が円滑に計画の策定ができるよう、専門家側からは、日本において情報収集を実施し、C/P 側に情報提供を実施しながら計画策定を段階的に進めていった。提供した主な内容は以下のとおり。

表 2.2.41 提供情報

提供元	提供資料	内容
西日本高速道路株式会社	西日本高速道路株式会社 災害応急対応計画 ～地震・津波編～（一部抜粋）	想定災害に基づく、事前行動、震後行動及び平常時における取組をまとめた計画。
東京都	緊急道路障害物除去（啓開） 作業マニュアル（一部抜粋）	地震災害発生時に緊急道路を確保するための啓開作業マニュアル。 1) 初動体制 2) 緊急点検・措置及び緊急道路啓開 3) 啓開作業終了後の対処方法 4) 計画書の策定
その他自治体	輸送路確保マニュアル、瓦礫除去マニュアル等	その他自治体で策定している簡易なマニュアル

兵庫県が、本プロジェクトの国内支援委員であり、日本での事例としてイラン側に照会するためプロジェクト期間中必要に応じて国内支援員会の開催時及び個別の訪問により情報提供を依頼してきた。その結果、県には維持・管理計画策定に必要な該当資料が存在しないことから、【9】の訓練の情報収集と併せて「NEXCO 西日本」をご紹介頂き、個別に情報収集を実施した。また、東京都にも問い合わせ、「災害発生時の施設緊急点検マニュアル」等を入手し、C/P 側に必要なインプットを実施した。

これら情報を踏まえ緊急道路ネットワーク確保に必要なフローを提示し、これに基づき議論を重ねた。議論においては、日本における緊急道路ネットワーク確保のための各活動の課題について共有した。例えば、地震発生直後の混乱期の道路啓開時において、車両誘導地点の設置、道路閉鎖の情報伝達については、実経験の無い C/P 側と経験豊富な専門家側双方の認識も違うことから時間をかけて現実的な対応について協議し、項目ごとに合意形成を図った。計画の基本骨子はこのフローに基づいている。

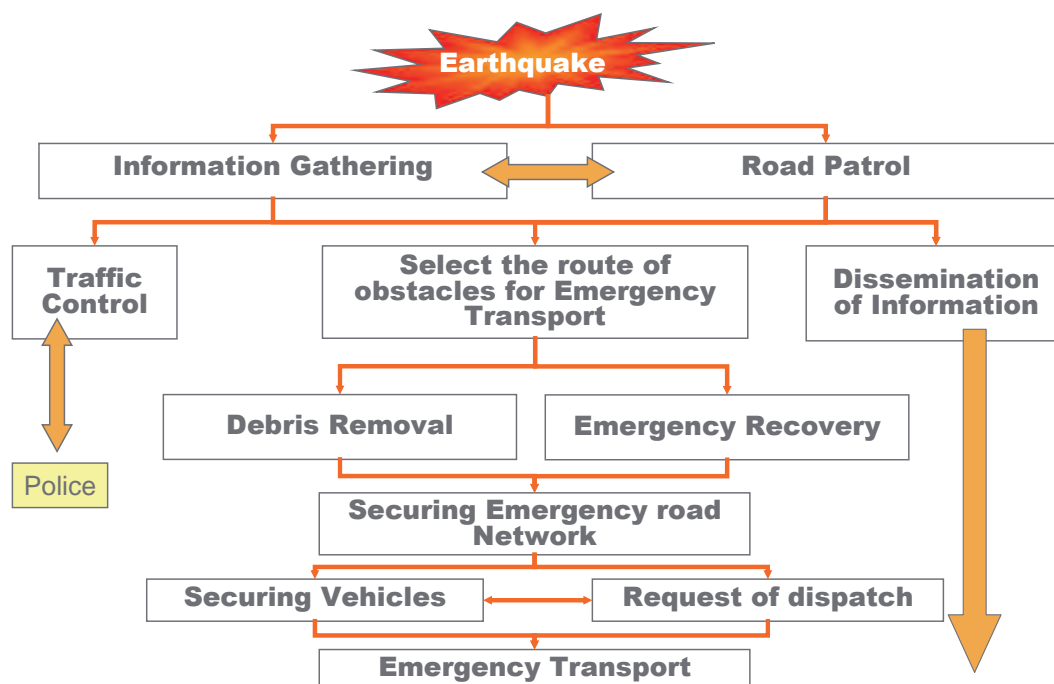


図 2.2.35 緊急道路ネットワーク確保のフロー

計画策定のプロセスは、日本の情報提供及び目次案を双方で提示して、摺合せを行いながら目次を確定させた。それを基に、イラン側 C/P が本文を作成し、そのドラフトに対して、日本側がコメントを繰り返しながら最終化に向けて策定作業をイラン側が中心となり実施した。その結果、以下の内容で計画が策定されている。

表 2.2.42 維持・管理計画目次

Table of Contents
1. Preface
2. Goal
3. Range
4. Legal and Technical Principles
5. Time of Effect
6. Implementation of the Program
7. Assumptions
8. Organizations which are member of Transportation Working Group, their titles and Duties
9. Emergency Transportation Structure and the related Disaster Headquarter/s of Transportation
10. Role of Traffic and Transportation Staff
11. Role of Major Centers
12. Operation Instruction (main part of the plan)
13. Information Flow (circulation)
14. Resources Management
15. Implementation Manner of Emergency Operation
16. List of People participating in Emergency Operation
17. Reports and Documents
18. Education
19. Military support of Emergency Transportation

なお、ドラフト作成後、後述の項目【9】の訓練の結果を踏まえ、維持・管理計画の役割分担に対する参加者からのインプット及び実施手順における問題点等を反映して更新を加えたうえで最終化している。今後は、テヘラン市としての正式な計画としての法制度化手続きを進めると共に関係機関へ配布説明を実施する予定となっている。

2.2.6 【7】 都市開発計画に含まれるべき緊急道路ネットワークに接する構造物、ライフラインや建築物の設計・建設・補強に際しての行政指導書（案）の作成（活動 1-6）

2.2.3 で示したように、緊急道路ネットワーク沿いの建物が倒壊し、瓦礫が散乱することによって道路が閉塞する可能性があるため、沿道建築物への対応が必要となる。そこで、緊急道路沿いの建物のそれぞれについてその地震時信頼性あるいは破壊可能性の程度を査定することが必要になる。そのための個々の建物を対象とした耐震診断も必要である。

専門家チームからは、日本における建物の耐震設計法に基づく耐震診断基準や、建物の耐震化を促進するための助成等を定めた耐震改修促進計画等を紹介した。査定した結果から耐震性が満足されず、道路閉塞の影響が大きい建物については建替えや耐震改修が必要と判断される。イランにおいても耐震診断の奨励あるいは義務付け、基準を満たさない建築物の建替えや耐震改修の勧告を行政指導として進めるべきであり、行政指導書（案）の作成支援を行った。

(1) 既存の都市開発計画、建築物やライフラインの設計、建設、補強に係る基準、指針の調査

1) ライフライン

ライフラインなどの耐震設計、耐震性評価と補強に関するガイドラインが公表⁹されている。耐震に関するガイドライン一覧を表 2.2.43 に示す。

表 2.2.43 ライフライン、建物、橋梁に関するガイドライン一覧

基準書番号	通達番号	公表時期	表題	備考
626	93/16539	2014	Guideline for Seismic Hazard Analysis	
0360_r1	92/131010	2013	Instruction for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings (First Revision)	
605	100/65456	2012	Guideline for Seismic Design of Sewage systems	英語版
604	100/65454	2012	Guideline for Seismic Design of Water supply systems	英語版
600	100/65447	2012	Loading and Seismic Analysis Guideline of Iran's Lifeline	英語版
603	100/65453	2012	Guideline for Seismic Design of telecommunication systems	英語版
609	100/65462	2012	Guideline for seismic evaluation and rehabilitation of water supply systems	英語版
607	100/65459	2012	Guideline for seismic evaluation and rehabilitation of power supply systems	英語版
610	100/65463	2012	Guideline for seismic evaluation and rehabilitation of sewage systems	英語版
601	100/65449	2012	Guideline for Seismic Design of Natural Gas systems	英語版
608	100/65461	2012	Guideline for seismic evaluation and rehabilitation of telecommunication systems	英語版
602	100/65452	2012	Guideline for Seismic Design of Power supply systems	英語版
606	100/65457	2012	Guideline for seismic evaluation and rehabilitation of gas supply systems	英語版
511	100/25144	2011	Guide Manual for the Seismic Vulnerability Assessment and Retrofit of Bridges	
524	100/106713	2010	Guideline and Details for Seismic Rehabilitation of Existent Building No. 524	
361	3936-100	2009	Commentary of Instruction for seismic Rehabilitation of Existing Buildings	
0363_3	-	2008	Applicable Instruction for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings Masonry Buildings	
0363_1	-	2008	Applicable Instruction for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings Steel Buildings	
0363_2	-	2008	Applicable Instruction for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings Concrete Buildings	
364	75693-100	2008	Rapid Seismic Evaluation of Existing Buildings	
360	177721- 100	2006	Instruction for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings	
211	54/3271-105/240 0	1997	List of Geophysical Services Electrical Methods (Resistivity) Seismic Methods (Refraction)	
171	54/153_102/223	1996	Application of Geophysical Methods in Ground Water Engineering, Standards for Seismic Methods (Refraction)	

⁹ Office of Deputy for Strategic Supervision Department of Technical Affairs

<http://tec.mporg.ir/Portal/View/Page.aspx?PageId=d70da618-b681-427f-9aec-e51f4d726bba&t=48>

ライフラインについては、耐震設計と耐震性評価および耐震補強に関するものに区分されている他、ライフライン全般について地震荷重、分析に関するガイドラインが刊行されている¹⁰。例として「耐震性評価と耐震補強（ガス供給）：Guideline for seismic evaluation and rehabilitation of gas supply systems」について内容を表 2.2.44 に示す。

表 2.2.44 耐震性評価と耐震補強に関するガイドライン構成の一例(1)

Title	
Chapter 1- General	第1章 概要
1-1-Generals	1-1 概要
1-2-Goals	1-2 目標
1-3-Scope of Work	1-3 目的
1-4-Target components	1-4 対象施設
1-5-Correlated Provisions and Standards	1-5 関連する規定、基準
1-6-Structure of the guideline	1-6 ガイドラインの構成
Chapter 2- Seismic Evaluation Procedure	第2章 耐震性能評価の手順
2-1-Seismic Performance Evaluation Approaches	2-1 耐震性能評価の取り組み
2-2-Pre Evaluation	2-2 事前評価
2-2-1-Effective Parameters in Performance Evaluation	2-2-1 評価に係るパラメータ
2-2-2-Seismic hazard identification	2-2-2 震害指数
2-2-3-Seismic Vulnerability identification	2-2-3 地震脆弱性
2-2-4-Seismic Performance	2-2-4 耐震性能
2-2-6-Planning for Evaluation Study	2-2-6 評価検討の計画
2-3-Seismic Evaluation Steps	2-3 耐震性能評価のステップ
2-3-1-Importance determination of element or System	2-3-1 システムまたは要素の重要性の決定
2-3-2-Seismic Hazard Levels	2-3-2 地震動レベル
2-3-3-Performance Level of System Elements	2-3-3 耐震性能要求度
Chapter 3- Vulnerability Evaluation Methods	第3章 脆弱性評価の手法
3-1-Target Components	3-1 対象施設
3-2-General Approach to Determine Vulnerability	3-2 脆弱性評価の一般的取り組み
3-3-Seismic Evaluation Methods of Components	3-3 コンポーネントごとの耐震評価
3-3-1- Seismic Evaluation of Buildings	3-3-1 建物の耐震性能評価
3-3-2-Seismic Evaluation of Non-Building Structures	3-3-2 非建築構造物耐震性能評価
3-3-3-Equipments' Seismic Evaluation	3-3-3 設備の耐震性能評価
3-3-4-Seismic Evaluation of Non-Structural Elements	3-3-4 非構造物耐震性能評価
3-3-5- Seismic Evaluation of Network and Pipelines	3-3-5 配管の耐震性能評価
3-4-Inspection and Filling Worksheets in Level One Qualitative Evaluation	3-4 レベル1評価における調査と帳票記入
3-5-Collection of Necessary Data for Evaluation in Level 2 and Level 3	3-5 レベル2、レベル3での評価に必要なデータ収集
3-5-1-Design and Operation Documents' Collection	3-5-1 設計、運用図書の収集
3-5-2-Visual Inspection and Extraction of Evident and Obvious Problems	3-5-2 目視調査及び明らかな問題点の抽出
3-5-3-Conducting Soil Mechanics and Material Test and Risk Analysis	3-5-3 地質構造、物性試験、危険度解析
3-6-Seismic Evaluation Using Modeling and Numerical Analysis	3-6 モデル及び数値計算を用いた耐震性評価
3-6-1-Equivalent Static Method	3-6-1 静的解析法
3-6-2- Spectral Method	3-6-2 スペクトラル法
3-6-3-Time History Method	3-6-3 時系列法
3-7-Seismic Interaction of Systems	3-7 地震によるシステムの相互作用
3-8-Acceptance Criteria	3-8 適用基準等
3-8-1-Load Combinations	3-8-1 荷重条件
3-8-2-Stability Controls	3-8-2 安定制御
3-8-3-Acceptance Criteria in Non Linear Dynamic Methods	3-8-3 非線形動的的手法における適用基準
Chapter 4- Seismic retrofitting methods and procedures	第4章 耐震補強方法と手順
4-1- Prioritizing retrofitting activities	4-1 耐震補強実施の優先順位
4-2- Seismic retrofitting procedure	4-2 耐震補強の手順
4-3-Retrofitting selection method approach	4-3 耐震補強手法選定の取り組み
4-4-Type of retrofitting method	4-4 耐震補強手法のタイプ
Chapter 5- Seismic Retrofitting Methods for Refineries	第5章 精製所における耐震補強方法
5-Refinery	5 精製所
5-1-Piping and pipe supporting rack	5-1 配管及び架台
5-1-1-Damage modes	5-1-1 被害モード
5-1-2-Seismic assessment	5-1-2 脆弱性評価
5-1-3-Retrofitting of pipeline and pipe supports	5-1-3 配管と支持架台の耐震補強
5-1-4-Execution safety and cost	5-1-4 安全性と費用
5-2-Horizontal vessel	5-2 水平タンク
5-2-1-Damage modes	5-2-1 被害モード
5-2-2-Seismic assessment flowchart	5-2-2 被害想定評価のフローチャート
5-2-3-vessel retrofitting	5-2-3 水平タンクの耐震補強
5-2-4-Retrofitting methods	5-2-4 耐震補強手法
5-2-4-other countermeasure	5-2-4 その他対策手法
5-3-Tower and vertical tank	5-3 塔及びタンク
5-3-1-Damage modes	5-3-1 被害モード
5-3-2-Seismic assessment	5-3-2 被害想定評価のフローチャート
5-3-3-Tower and vertical vessel retrofitting	5-3-3 垂直タンク・塔における耐震補強手法
5-3-4-Retrofitting methods	5-3-4 耐震補強方法
5-3-5-Determine retrofitting method from safety and cost stand point of view	5-3-5 安全性及び費用の視点での補強方法選定
5-4-Spherical tank	5-4 球形タンク
5-4-1-Damage modes	5-4-1 被害モード
5-4-2-seismic assessment procedure	5-4-2 被害想定評価のフローチャート
5-4-3-Retrofitting measures for spherical tanks	5-4-3 球形タンクの耐震補強
5-4-4-List of retrofitting methods	5-4-4 耐震補強方法一覧

¹⁰ Loading and Seismic Analysis Guideline of Iran's Lifeline (No. 600)

Title	
5-4-5-determining retrofitting method from safety, workability and cost point of view	5-4-5 安全性、作業性及び費用の視点での補強方法選定
5-5-Foundation	5-5 基礎
5-5-1-damage modes	5-5-1 被害モード
5-5-2-assessment procedure	5-5-2 評価手順
5-5-3- Foundation retrofitting	5-5-3 基礎の耐震補強
5-5-4-List of retrofitting methods	5-5-4 耐震補強方法の一覧
5-5-5-Determining retrofitting type based on safety, practicality and its cost	5-5-5 安全性、実用性及び費用の視点での補強方法選定
Chapter 6- Tanks retrofitting methods	第6章 タンクの耐震補強
6-1-Types of tank	6-1 タンクの種別
6-2-Retrofitting	6-2 耐震補強
6-3-1-Omission or replacement of shell plates	6-3-1 (タンク)外郭プレートの脱落または取替え
6-3-1-1-Minimum thickness for replacing plate of shell	6-3-1-1 外郭プレート取替えの最低厚さ
6-3-1-2-Minimum dimension of replaced shell plates	6-3-1-2 外郭プレート取替えの最低範囲
6-3-1-3-Welding connection design	6-3-1-3 溶接設計
6-3-1-4-Reinforcing shell plates	6-3-1-4 外郭プレートの増設補強
6-3-1-5-Dimension of added plate to side wall	6-3-1-5 側壁補強の範囲
6-3-1-6-Repairing the defects of shell plate material	6-3-1-6 外郭プレート材料欠損の補修
6-3-1-7-Replace of tank shells to change shell height	6-3-1-7 外郭高調整のための補修
6-3-1-8- Repair of shell inlets (manhole, nozzle, visit gate and etc.)	6-3-1-8 マンホール、ノズル等外郭内部の補修
6-3-2-Annular plates	6-3-2 環状プレート
6-3-2-1-Supporting plate	6-3-2-1 支持プレート
6-3-3-Floor plate	6-3-3 床版
6-3-3-1-Replacement of tank floor plates	6-3-3-1 タンク床版の取替え
6-3-3-2-Added weld plates	6-3-3-2 溶接版の追加
6-3-4-Foundation	6-3-4 基礎
6-3-4-1-Slabs	6-3-4-1 スラブ
6-3-4-2-Annular walls	6-3-4-2 環状壁
6-3-4-3-Piles	6-3-4-3 基礎杭
6-3-4-4-Drainage of rain water beneath the foundation	6-3-4-4 基礎部の雨水排水
6-3-4-5-Anchoring bolts	6-3-4-5 アンカーボルト
6-4-Attached equipments	6-4 付帯設備
6-5-Special repair methods	6-5 特殊な補修方法
6-6-Retrofitting method from cost, applicability and safety point of view	6-6 費用、適用性、安全性の視点からの耐震補強方法
6-7-Miscellaneous activities	6-7 多様な取り組み
6-7-1-Floors	6-7-1 床版
6-7-2-Shells	6-7-2 プレート
6-7-3-Roofs	6-7-3 屋根
Chapter 7 - Retrofitting of on ground pipelines	第7章 地上配管の耐震補強
7-1-Target components	7-1 対象施設
7-2-Damage modes due to earthquake	7-2 地震による被害
7-3-Seismic assessment procedure	7-3 地震被害想定手順
7-4-Retrofitting	7-4 耐震補強
7-4-1-Prioritizing of retrofitting	7-4-1 耐震補強の優先順位
7-4-2-List of possible methods	7-4-2 可能な方法の一覧
7-4-3-Determine retrofitting method from safety, applicability and cost point of view	7-4-3 安全性、適用性、費用の視点からの耐震補強方法決定
7-4-4-Other measures	7-4-4 その他の対策
Chapter 8- Retrofitting of buried pipeline	第8章 埋設管の耐震補強
8-1-Damage modes in earthquake	8-1 地震による被害
8-2-seismic assessment procedure	8-2 耐震性能評価手順
8-3-Retrofitting	8-3 耐震補強
8-3-1-Priority in components of retrofitting works	8-3-1 耐震補強実施の優先順位
8-3-2-List of Retrofitting Methods	8-3-2 耐震補強方法の一覧
Chapter 9 - Retrofitting methods for internal equipments	第9章 建屋内設備耐震補強方法
9-1-Target components	9-1 対象施設
9-2-Seismic damage modes	9-2 地震被害
9-3-Seismic assessment	9-3 耐震性能評価
9-4-Selection of Retrofitting Method as for Safety, Practicability and Cost	9-4 安全性、実用性、費用の視点からの耐震補強方法選定
Chapter 10 - Retrofitting methods for other non-building structures	第10章 非建築構造物における耐震補強
10-1-Target components	10-1 対象施設
10-2- Culvert	10-2 函渠
10-2-1- Seismic damages	10-2-1 地震による被害
10-2-2-Assessment	10-2-2 評価
10-2-3-Retrofitting	10-2-3 耐震補強
10-2-3-1-Notes	10-2-3-1 留意点
10-2-3-2-Determining retrofitting method from safety, practicability and cost point of view	10-2-3-2 安全性、実用性、費用面での耐震補強方法選定
10-2-3-3-Selection of retrofitting methods considering culvert material	10-2-3-3 函渠材質を考慮した耐震補強方法選定
10-2-3-4-Works other than Retrofitting	10-2-3-4 その他耐震補強
10-3-Wall and Dike	10-3 壁面及び堤防
10-3-1-Seismic assessment and retrofitting procedure	10-3-1 耐震性能評価と耐震補強手順
10-3-2-Retrofitting method	10-3-2 耐震補強方法

2) 新築建築物に対する耐震設計基準および既存建築の耐震診断基準

イランの耐震設計基準において、新築建物は Code 2800 (4th Edition)で規定されており、この Code は米国の ASCE を参考に行っている。Code 2800 (4th Edition)の規定を概観する限りは、既に弾塑性設計の概念によって組み立てられているように見えるが、構造のじん性による影響を反映する係数は比較的単純な表によって与えられており、日本の耐震設計とは異なる。日本の方法については、既往のプロジェクトの報告書や建築基準法施行令英訳版をもとに説明した。

耐震診断基準は既に建設された建物の耐震性を調べるものであり、新築建物とは異なるアプローチが必要である。イランの既存建物耐震診断規準は Code360 で規定されており、この Code は米国の FEMA356 を参考に行っている。結果として、TDMMO が作成した行政指導書では、耐震診断に関わるクライテリアが示されているが、米国の FEMA356 と一致している。また、実際の現場では ATC14 など米国のマニュアルも参照されている。行政指導書（案）では、これらの現行法規と今後の展望、推奨事項について整理した。

(2) 建築物やライフラインの設計、建設、補強に関して、今後の都市開発計画の更新において反映すべき内容

C/P との協議において、ライフラインの管理主体であるテヘラン州上下水道会社、大テヘラン電力供給会社、イラン電信会社等に対し TDMMO が直接指導する立場にはないが、防災の観点から地震によるライフライン被害が緊急道路ネットワークの確保に支障を及ぼすことを周知すること、また、影響を最小限とするための耐震性向上が優先的に実施させるための活動が必要となることを双方で確認した。これを推進するため、地震発生後に緊急道路ネットワークの確保を念頭に置いた、行政指導書（案）を通じて今後の都市開発計画の更新において反映する必要がある。反映すべき内容を次のとおり整理した。

- ・ 緊急道路ネットワークの位置づけ
- ・ テヘラン市総合防災管理局（TDMMO）の役割と関連機関・企業の責務
- ・ 現行耐震性評価、耐震補強の考え方
- ・ 建築物、ライフラインの脆弱性

(3) 今後の都市開発計画の更新時に反映すべき内容をまとめた行政指導書（案）

1) ライフライン（水道、下水道、ガス、電気、通信）施設

ライフラインの管理主体は独立した企業であり、直接的に TDMMO が指導する立場になることから、TDMMO 側とライフライン企業が協議しながら緊急道路ネットワークに交差する施設の耐震性向上について耐震化計画の策定と実施の働きかけを行うことが想定される。

地震発生後に緊急道路ネットワークを確保するため、道路構造物や橋梁と同じく、沿道や交差するライフラインの地震被害を予防することが重要である。このため、今後の都市開発計画の更新時に反映すべき内容としては前述の Office of Deputy for Strategic Supervision Department of Technical Affairs から発出された各種ガイドラインに準拠することが大切である。都市開発計画において、緊急道路ネットワークの確保はライフラインが関連する。（都市開発計画自体は面的であり緊急道路ネットワークと関係するのは供給・処理系のライフラインである）

このため、ライフラインについては設置・管理者が外部機関（政府直轄等の公営企業体）となっていることが基本であることから、行政指導書（案）は緊急道路ネットワークの位置づけとライフラインの現状を明らかとした上で、地震発生後の確保のために緊急道路ネットワークとの交差箇所や沿道に位置する危険施設の情報を共有し耐震化を促進させるものである。

行政指導書（案）は、水道、下水道、ガス、電気および通信のライフライン別に今後、TDMMOと関連する企業が協調、連携して地震発生時に緊急道路ネットワークの確保を向上させるための基礎資料として、更新・改定することを想定して個別に編集した。

緊急道路ネットワークの位置づけを明確にし、関係するライフライン企業等の耐震化推進の協力を得ることを念頭にして行政指導書（案）の基本的な構成は次のとおりとした。

表 2.2.45 行政指導書（案）の構成例（水道）

1.	はじめに
1.1.	背景と目的
1.2.	行政指導書（案）の構成
1.3.	水道漏水による過去の道路閉塞
1.4.	TDMMO の役割と緊急道路ネットワークにおける他の関係機関
1.5.	用語
1.5.1.	テヘラン市における第一重要地点
1.5.2.	第二重要地点
1.5.3.	主要な緊急道路ネットワーク
1.5.4.	支線（第二重要地点を連絡）
1.5.5.	優先度が低い輸送網
1.5.6.	緊急道路ネットワーク規定
1.6.	水道供給会社の責任と対策実施の一般
2.	緊急道路ネットワーク
2.1.	主要な緊急道路ネットワーク
2.2.	二次的優先度の緊急路
3.	緊急道路ネットワークにおける水道管網損傷の与える影響
3.1.	水道施設の現況
3.2.	水道管網の脆弱性評価
3.2.1.	テヘラン市における水道管網の脆弱性
3.2.2.	緊急道路ネットワークルート等検討における水道管網の脆弱性評価
3.3.	水道網損傷が与える ERN への影響
3.3.1.	管路損傷による緊急道路ネットワークへの直接的影響
3.3.2.	復旧活動による交通および輸送に対する影響
3.4.	耐震設計および耐震補強の向上に関する現行ガイドライン
3.4.1.	水道施設の耐震設計ガイドライン（604）
3.4.2.	水道施設の耐震脆弱性評価ガイドライン（609）
3.4.3.	結論
4.	展望と推奨事項
4.1.	予防対策
4.2.	重要な災害管理センターの位置の選定
4.3.	緊急道路ネットワークの検討
4.4.	対策/対応計画
4.5.	新設管路について

4.6.	既存管路の耐震補強について
4.7.	水道管網の改良に関する実施優先づけ
5.	結論
資料編	水道管網の現状
	被害想定検討結果
	水道管路と緊急道路ネットワーク、断層との交差状況
	耐震設計および耐震補強の向上に関する現行ガイドライン
	耐震脆弱性評価手順

2) 建築物

地震発生後に緊急道路ネットワークの確保のため、建築物の倒壊等による瓦礫の沿道への流出を最小限に抑えることは重要である。しかし、建築物はライフラインと異なり所有者や管理者は民間が多く、耐震化の促進にあたっては一律に進めることが難しいことや建築物の許認可や規制については防災管理部局とは別に設立されていることを考慮することが必要である。

このため、緊急道路ネットワークの位置づけと TDMMO の役割を明らかとした上で、建築物の緊急道路ネットワークに与える影響、倒壊した建築物から発生する瓦礫による道路閉塞のメカニズムを示すこととし、現行法規と今後の展望について整理するものとした。

行政指導書(案)には、緊急道路ネットワークの位置づけと、建築物が緊急道路ネットワークに与える影響、倒壊建物から発生する瓦礫による道路閉塞のメカニズム等、2.2.3 で整理した項目とともに、責任所在について専門家チーム側から助言し、検討・協議を行った。

イランにおける建築物の多くは、ライフラインのように或る一定のまとまりのある機関がその建設・維持に責任を負うものではなく、各個人が所有している。しかし、建設・維持に関する Code を規定するのは公的機関(建築指導を所管する部局)であり、建築の安全性に関する責任の所在は分散されている。そこで、耐震化の促進にあたっては、一律に進めることが難しく、責任の所在が異なるため、行政指導書(案)においては、TDMMO の役割を明確に記載した。

耐震診断、基準を満たさないものの建替えや耐震改修に関しては一定の条件を満たす場合には、テヘラン市から助成をすることを JICA 専門家チームは提案した。イランの経済的・法的仕組みに鑑みて検討することが今後必要である。

表 2.2.46 建築物の設計・建設・補強に際しての行政指導書(案)の構成

1	はじめに
1-1	背景と目的
1-2	行政指導書(案)の構成
1-3	緊急道路ネットワーク沿道の建築物の課題
1-3.1	既往の地震による建築物被害による道路閉塞事例
1-4	緊急道路ネットワークに近接する建築物に対する TDMMO の役割
1-4.1	テヘラン市緊急時対応計画
1-4.2	緊急時対応における輸送
2	緊急道路ネットワークなど
2-1	概要
2-1.1	アクセスルート

2-1.2	優先されるべき支線道路
2-2	市内の重要拠点
2-3	二次敵重要施設
2-4	緊急道路ネットワーク規定
2-5	主要緊急道路ネットワークの仕様
3	緊急道路ネットワークに与える建築物の影響
3-1	建築物が緊急道路ネットワークに与える影響の種類
3-1.1	建築物の倒壊と瓦礫による道路閉塞
3-2	沿道建築物への救助、瓦礫搬出に伴う交通支障
3-3	倒壊の危険性がある建築物に伴う交通止め
4	現行の法規制
5	展望と推奨事項
5-1	新築される建築物についての展望と期待
5-2	既存建築物の耐震補強について
5-2.1	外観調査による危険度の把握
5-2.2	緊急道路ネットワークのための建築物の脆弱性評価の優先度づけ
5-2.3	緊急道路ネットワーク沿道の脆弱な建築物の改善と評価
6	資料編

3) 今後の課題

地震発生後の緊急道路ネットワークの確保にあたり、ライフラインの被害想定は脆弱性を把握し交通障害となる箇所を特定するため重要である。本プロジェクトでは C/P の精力的な取り組みによってテヘラン市全域でのライフラインの脆弱性を区ごとに検討した。

行政指導書（案）については、ライフラインの管理主体に対して緊急道路ネットワークの位置づけと上記の被害想定の結果を提示することで、地震発生後の緊急道路ネットワークの確保にあたり重要なライフラインの耐震性向上の必要性を示した。

今後の課題は、ライフラインの管理主体と緊急道路ネットワークの管理主体が実務レベルでの協議と相互理解に努めることが必要であり、早期の実現が望まれる。特に緊急道路ネットワークと交差し隣接するライフラインの応急復旧にあたっては、緊急道路ネットワークの運用と密接に関係することから、ライフラインの耐震性向上は、他の施設の事業計画と調整を図り、総合的な防災力向上策として推進されることが必要となる。ライフラインは、被災時の早期復旧が求められることから、緊急道路ネットワークへの影響する箇所の耐震性のみならず、ライフライン供給システム全体としての耐震性の向上が求められる。これら供給システム全体の耐震性向上に加えて、緊急輸送ネットワーク沿いのライフライン設備被害による応急対応への影響を軽減させる対策の実施が必要であり、関連機関への指導的立場にある TDMMO は、条例の整備等により早期の耐震性向上対策の実施に向けた耐震性向上対策の実施を推進していくことが求められる。

本プロジェクトで作成した行政指導書（案）は、これらの推進活動に活用されるが、最終版ではなく緊急道路ネットワーク運用主体とライフラインの管理主体など関係者の協議と相互理解を促進するためのツールに過ぎず、今後更新されるべきものであり、周辺状況の変化や最新情報を反映させて見直しされる必要がある。

テヘランの近年建設されている中・高層建物の多くは S 造であり、鉄骨部材の周囲はコンクリート及び石材で覆われている。そのため、構造材の強度等を診断するためには、周囲部材を大幅に取り壊す必要がある。また、テヘランにおいては図面が残されていることは

少ない。図面が残されていない建物について耐震診断を行うには建物の表面をかなり大規模に取り壊しすることが必要になる。以上のことを考えると耐震診断には相当の困難が予想され、今後の課題として提示した。建物の耐震性向上は、地震災害リスクの軽減に直接的に影響することから、TDMMO は、耐震診断の推進と補助金制度の創設、耐震補強や建て替えの推進、建築確認申請の厳格化等の活動を具体的に進めることが求められる。

2.2.7 【8】 C/P や交通運輸局等の関係機関職員を対象にした緊急道路ネットワークに関するセミナーやワークショップの開催（活動 1-7）

プロジェクト開始時のワークプランでは、計 3 回のセミナー開催を計画していたが、その後の TDMMO 側からの要請により、本プロジェクト期間中、計 4 回のセミナーを開催した。TDMMO 側からは、計 5 回のセミナーを当初要請されたが、最終第 5 回については、内容が重複するため、TDMMO との協議によりキャンセルされた。セミナーは、TDMMO 職員のみならず、緊急道路ネットワークに関係するテヘラン市関係部課、技術委員会、大学等を含めた多くの関係者を招聘し開催した。各セミナーでは、本プロジェクトの活動進捗だけでなく、阪神淡路大震災、東日本大震災等の状況や経験に基づく教訓、日本の技術・事例等を専門家チームから発表した。

各セミナーの概要は下表のとおりである。

表 2.2.47 緊急道路ネットワークに関するセミナーの開催概要

	第 1 回セミナー	第 2 回セミナー	第 3 回セミナー	第 4 回セミナー (UNDP-JICA 合同 セミナー)
開催時期	2012 年 6 月 2 日	2013 年 4 月 22 日	2013 年 10 月 22 日	2014 年 1 月 26 日
参加者	成果 1 関係者	成果 1 関係者	成果 1 関係者	成果 1 関係者
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・成果 1 の概要、スケジュール ・東日本大震災の教訓 ・日本における橋梁の耐震補強対策、テヘラン市の橋梁の脆弱性 ・地震時のライフラインの脆弱性と改善 ・テヘラン市の緊急道路ネットワークの現状 	<ul style="list-style-type: none"> ・成果 1 の概要、進捗状況 ・東日本大震災の教訓 ・テヘラン市の緊急道路ネットワーク改善の方針 	<ul style="list-style-type: none"> ・成果 1 の進捗状況 ・地震時の地下鉄の状況 ・地震時の交通に与えるライフラインの影響 ・地震後の交通に関する日本の経験 ・橋梁の耐震設計、耐震診断、調査・維持管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・テヘラン市に対する地震防災支援の歴史 ・地震後の交通に関する日本の経験



図 2.2.36 成果1 セミナーの様子

2.2.8 【9】 C/P や関係機関職員を対象にした緊急道路ネットワークの確保を考慮したシミュレーション（訓練）の開催（活動 1-8）

当初の PDM 及びワークプランでは、プロジェクトで作成した計画等の実効性を確認するため、DIG(Disaster Imagination Game)方式の訓練を実施することを計画していた。しかし、TDMMO 側から、より実災害時のシミュレーションに近い形式での訓練を実施したいとの要望があったため、訓練のステップアップとして、初級編：DIG (DIW(Disaster Imagination Workshop))、中級編：図上訓練(TTX(Table Top Exercise))、上級編：指揮所訓練(CPX(Command Post Exercise))と段階的に実施し、高度化を図った。また、訓練スタイル別の内容や目的、準備方法、シナリオ作成等は、C/P に講義しながら進めていき、今後も同様の訓練を C/P 自らが実施できるように技術移転を行った。

各訓練の概要および訓練と維持管理計画の関係は表 2.2.48、図 2.2.37 のとおりである。以下に各訓練の詳細を記す。

表 2.2.48 成果 1 訓練概要

訓練形式	訓練開催日	概要	訓練結果の活用
DIW	2013年4月24日	被害様相をイメージさせ、非常参集の方法、参集途中にやるべき内容に関する討論	維持管理計画作成の際の前提条件、イメージづけ、情報収集方法の検討、各区職員へのDIWの展開
TTX	2014年2月3日	初動対応の整理、緊急道路ネットワークの確保方法、役割分担の検討訓練	維持管理計画作成の際の役割分担の検討、活動項目の検討・整理
CPX	2014年9月27日	地震時の実際の流れに沿った緊急対応（緊急道路ネットワークの確保に特化）の模擬訓練	維持管理計画への反映（各機関の役割分担の再検討、情報の流れ等）



図 2.2.37 訓練と維持管理計画の関係

(1) DIW(Disaster Imagination Workshop)の開催

DIG (Disaster Imagination Game) は、災害図上訓練の一種であり、地図を用いた簡易な初級編の訓練である。TDMMO 側より、DIG(Disaster Imagination Game)ではなく、内容はDIGと同じであるが、DIW(Disaster Imagination “Workshop”)と呼称したいとの提案があり合意した。これは、Gameではなく、訓練の一環としての実施を明確にしたいため

である。初回の DIW は当初 2013 年 10 月を予定していたが、C/P からの要望もあり、2013 年 4 月に実施した。概要は下表のとおりである。TDMMO 職員及び第 9 区の職員が参加し、休日の大規模地震発生を想定し、被害様相(マイクロゾーニング調査に基づく被害想定結果)をイメージさせ、非常参集の方法、参集途中にやるべき内容について DIW を実施した。

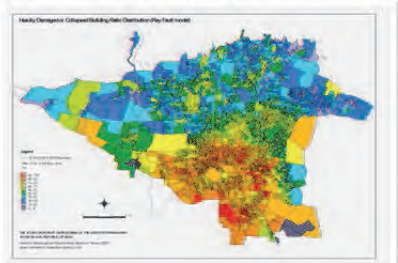
表 2.2.49 DIW の概要

実施の目的	地震のシナリオに基づき、地震が発生した際の被害様相をイメージし、非常参集の方法、参集途中にやるべき内容、情報収集方法について確認することを目的とする。また、DIW の進行方法を習得する。
実施方法	DIG 方式の災害図上訓練
実施日	2013 年 4 月 23 日
参加者	<ul style="list-style-type: none"> • TDMMO 職員 • 第 9 区防災担当官
対象範囲	震災発生後直後から非常参集までを対象とする。

DIW 中には、今後 C/P が独自に各区職員を対象とした DIW を実施できるように、地図を使ったやり方の説明など、C/P と進行方法を確認しながら実施した。本 DIW によって、災害時における参集の基準はなく、平常時と同様の時間で参集が可能と考えている点や、携帯電話が使えなくなることをイメージできていない点等の課題が挙げられた。

Scenario

Damage estimation tells about approximate number of building damages at 483,000 (55%)



What to do

As you are Disaster Management Official, you must mobilize to your office as soon as possible, please consider 1)how to go to your office, and 2)what do you do on the way to office.

After arriving at your office, following activities are needed to operate and please discuss and write down on the sheet, when, who, how to implement these activates, and paste it on the white board, and if there is uncertainty please also indicate.



図 2.2.38 DIW の様子(上段:シナリオ、下段:様子)

(2) TTX(Table Top Exercise)の開催

図上訓練(TTX(Table Top Exercise))は、作成中の維持管理計画における各機関の役割分担、活動項目等の内容の妥当性を確認する目的で、2014年2月に実施した。TDMMO及び関係機関から計40名程度が参加し、各機関からは2名ずつ参加してもらい、2グループに分けて実施した。TTXでは、2つのシナリオ、3つのタスクを与え、グループ毎に討論形式で実施した。TTXの実施中、参加者は積極的に協議し、考えながら実施していた。また、TTXの実施前には、C/Pをプレイヤーとしリハーサルを行い、TTXの進行方法等を確認した。TTXの概要は下表のとおりである。

表 2.2.50 TTX の概要

実施の目的	地震のシナリオに基づき、地震が発生した際の初動対応及び緊急道路ネットワークの確保方法、各関係機関の役割分担、連携方法の確認を目的とする。 また、TTXの進行方法を習得する。
実施方法	災害図上訓練(討論方式)
実施日	2014年2月3日
参加者	プレイヤー <ul style="list-style-type: none"> • TDMMO • Traffic Police • Police • Deputy for Technical & Civil Construction • Deputy for Traffic & Transportation • Deputy for Public Works • District 1 : Disaster Management Coordinator • District 1 : Technical & Civil Construction • District 1 : Public Works • District 1 : Traffic & Transportation • District 1 : Traffic Police • Metro company • Bus company オブザーバー <ul style="list-style-type: none"> • NDMO • Tehran Municipality • Committee of debris removal and re-opening of the passages • Research company of comprehensive studies of traffic and transportation (TCTTS)
対象範囲、タスク	タスク1,2: 震災発生後直後か72時間後までを3フェーズに分割し、時系列に沿った災害・被害状況の整理、各関係機関の活動手順の整理。 タスク3: 地震発生2時間後、建物倒壊等により道路閉塞された空間における緊急道路ネットワークの確保方法を検討。

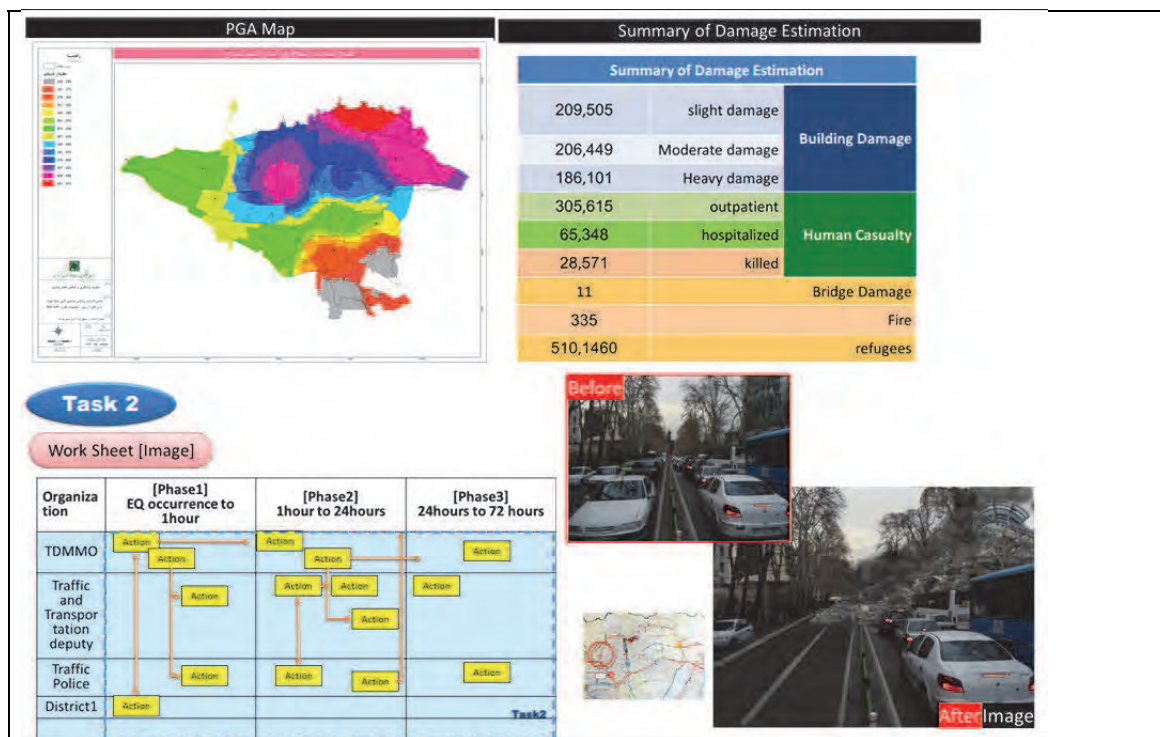


図 2.2.39 TTX 説明資料



図 2.2.40 TTX の様子

さらに、2014年5月21日には2月3日に実施したTTXと同様の資料を用いて、TTXの進行方法を習得したC/Pが主体となってTTXを実施した(専門家チームはオブザーバー参加)。2区、3区、6区を対象とし、2チームに分けて活発な訓練が実施された。



図 2.2.41 TDMMO が独自に実施した TTX の様子

(3) CPX(Command Post Exercise)の開催

指揮所訓練(CPX)は、以下のフローに従い準備、実施、フィードバックを行った。

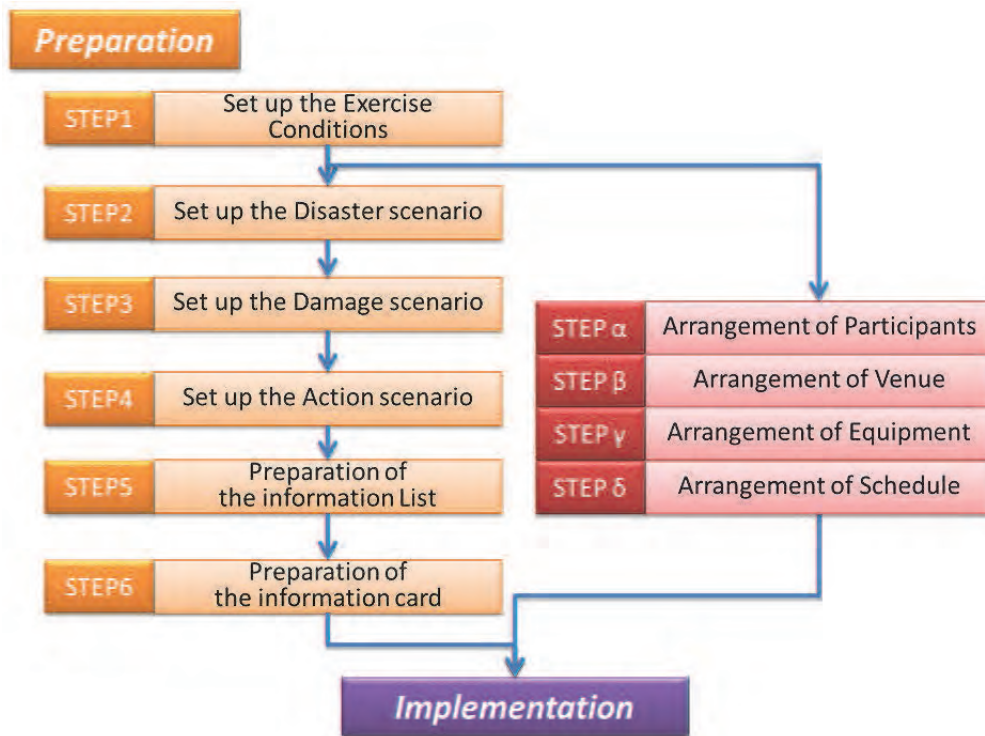


図 2.2.42 CPX 準備フロー

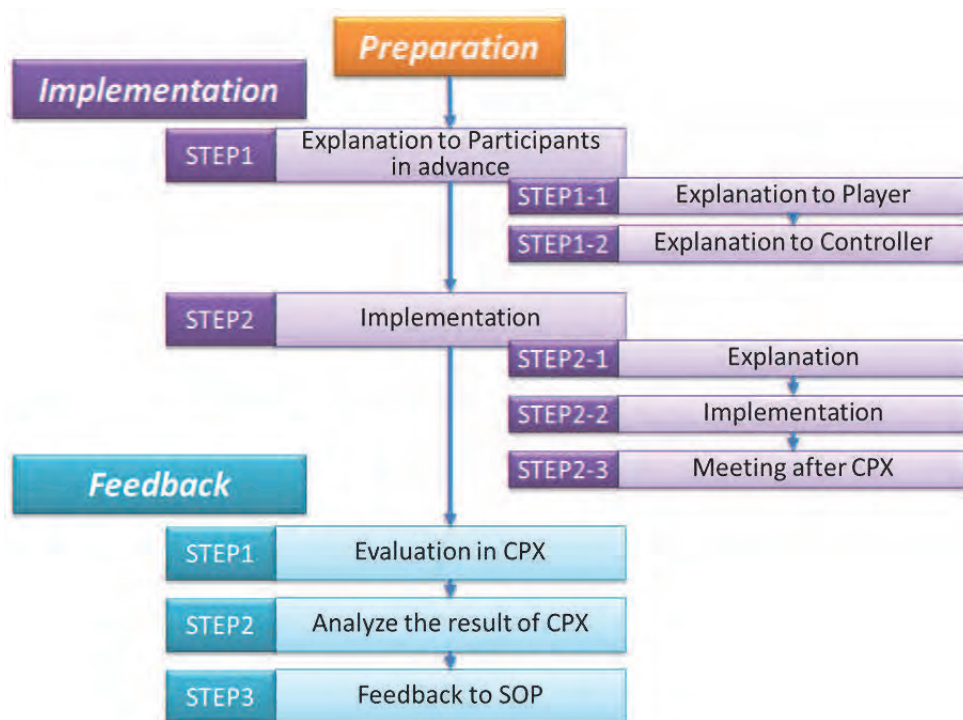


図 2.2.43 CPX 実施・フィードバックフロー

1) CPX の準備

CPX の前提条件やシナリオの設定等は、C/P と協議しながら作成した。詳細は以下のとおりである。

a.前提条件の設定

CPX の前提条件として訓練の目的、対象範囲等を協議の上、以下のとおり設定した。参加者は、情報の流れを把握した上で表 2.2.52、表 2.2.53 のとおり設定した。

表 2.2.51 CPX の概要

実施の目的	維持管理計画の手順の検証、課題抽出、緊急対応の能力強化を目的とする。 また、CPX 方式の訓練方法の習得。
実施方法	指揮所訓練 (CPX (ロールプレイング方式))
実施日	2014 年 9 月 27 日
参加者	下図
対象範囲、	訓練対象範囲：緊急道路ネットワークに関わる活動 訓練対象時間：地震発生後 2 時間～5 時間

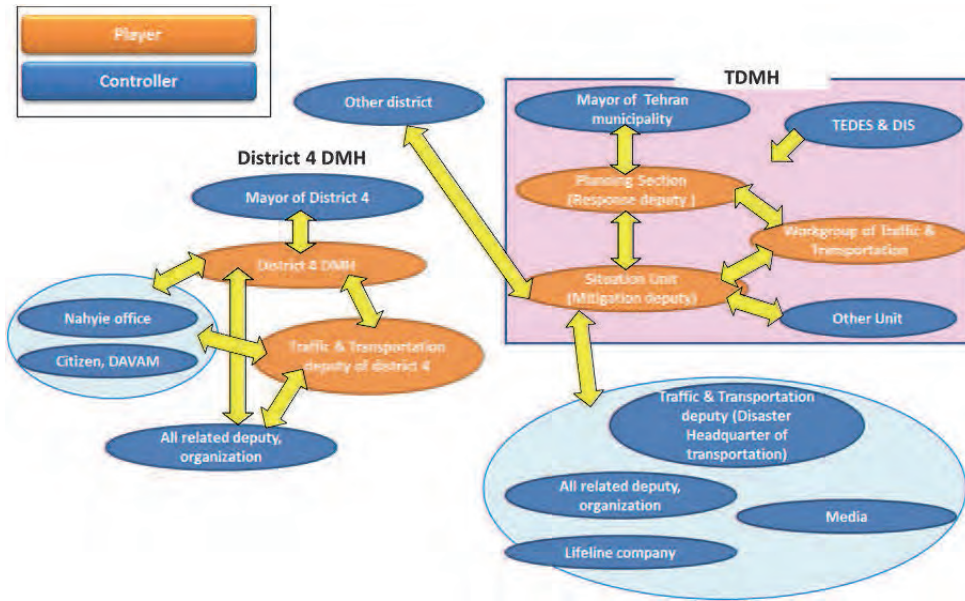


図 2.2.44 訓練組織図

表 2.2.52 演習部(プレーヤー) 参加者

Player		Role	Organization	Number	
TDMH		Planning Section	TDMMO	10	21
		Situation Unit	TDMMO		
		Workgroup of Traffic & Transportation	Traffic & Transportation deputy	1	
District4		District 4 disaster management headquarter	TDMMO District4	5	
		Traffic & Transportation deputy	Traffic & Transportation deputy District 4	5	

表 2.2.53 指揮部(コントローラー) 参加者

Controller		Role	Organization	Number	
Control Team			TDMMO	4	
			JICA Expert Team		
Information Team		Traffic & Transportation deputy ((Disaster Headquarter of transportation)	Traffic & Transportation deputy of Tehran municipality	2	16
		Traffic Control center	Traffic Control center	1	
		Technical & Civil construction deputy (municipal level and district4)	Technical & Civil construction deputy of Tehran municipality	1	
		Traffic Police (municipal level and district4)	Traffic Police of District 4	1	
		Urban Service deputy (municipal level and district4)	Urban Service deputy of Tehran municipality	1	
		Water company	Water company	1	
		Gas company	Gas company	1	
		Electricity company	Electricity company	1	
		Mayor of Tehran municipality			
		Mayor of District 4	TDMMO	1	
		TEDES & DIS	TDMMO	1	
		Other Unit in TDMH			
		Other district	TDMMO	1	
		Nahyie office of District4	TDMMO	1	
		Other deputy (municipal level and district4)	TDMMO	1	
	Citizen, DAVAM	District 4	1		
	Others	TDMMO	1		
Evaluation Team			TDMMO	3	

b.シナリオの設定

CPX のシナリオとしては、3 種類のシナリオ（災害シナリオ、被害シナリオ、活動シナリオ）を作成する必要がある。地震の諸元は、既存の想定に準じて以下のとおり設定し、これを基に災害シナリオ、被害シナリオ、活動シナリオの順に作成した。図 2.2.45 に作成した災害・被害シナリオを示す。

表 2.2.54 CPX 地震諸元

Situation of Main Earthquake		
EQ	Date & Time of occurrence	8:00, 27th September(Saturday), 2014
	Fault	North Tehran Fault (NTF)
	Magnitude (Mw)	7.2
	Depth	10 km
	MMI Scale (Maximum)	9

c.状況付与計画、状況付与カードの作成

上記の各シナリオを基に、状況付与計画を作成した。今回はほとんどの参加者が CPX を経験したことが無いため、それほど複雑な付与はせず、定時報告等を中心に配置した。さらに、付与計画を基に状況付与カード、カードに添付するためのマップ類等を C/P と協議、支援しながら作成した。図 2.2.46 に作成した状況付与計画を示す。

d.会場の設定、備品等の準備

CPX の会場は、プレーヤーとコントローラーの配置の関係から、TDMMO 内の TDMH (テヘラン市災害対策本部) 会議室を設定した。また、CPX 実施のための電話番号表やゼッケン、地図等を準備した。

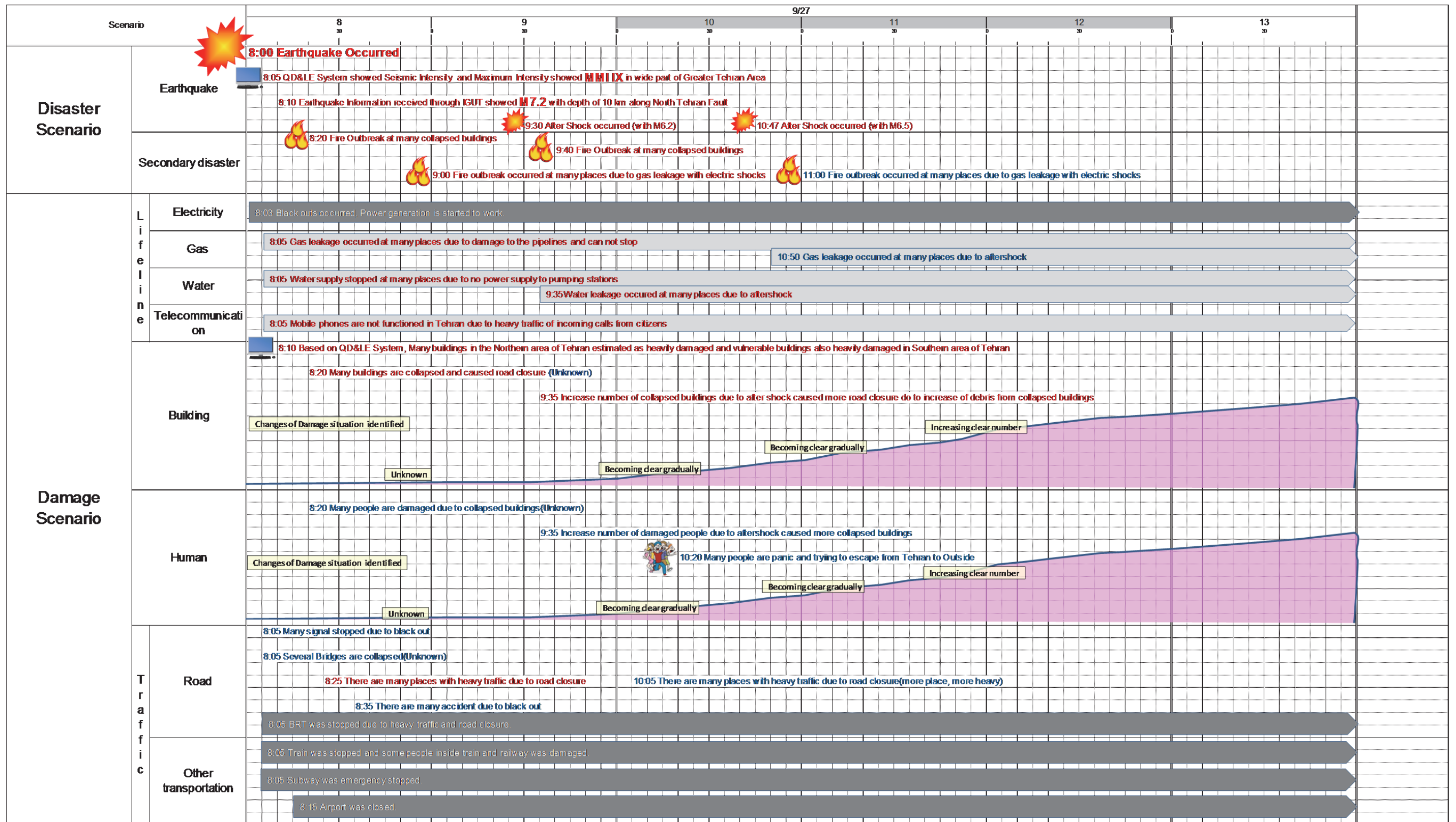


図 2.2.45 CPX 災害・被害シナリオ

Role	Destination	Information Sheet												
		10				11				12				
Mayor(1)	Mayor of Tehran Municipality	TDMH Planning section	10:00: Order (Information gathering, indentify the route damaged of ERN)				11:10: Confirmation of request to province, country, etc.				12:00: Order (Make a material of current condition for information dissemination)			
	Mayor of District4	D4 DMH	10:05: Order (Information gathering, Emergency recovery of ERN)								11:50: Order (Make a material of current condition for information dissemination)			
TDMH TEDES & DIS Other Unit in TDMH (1)		TDMH Situation Unit	10:15: Damage Information from DIS				11:15: Damage Information from DIS							
		D4 DMH	10:55: Showed Seismic Intensity and damage estimation								11:15: Damage Information from DIS			
Traffice and Transport deputy (Disaster Headquater of transportation) (2)		TDMH Situation Unit	10:00: Report to Road blockage to TDMH				11:00: Report to Road blockage to TDMH				12:00: Report to Road blockage to TDMH			
			10:30: Confirmation of ERN and priority											
			10:10: Report traffic condition (from Camera)				11:10: Report traffic condition (from Camera)				12:10: Report traffic condition (from Camera)			
		D4 Traffic deputy	10:05: Order to report to District traffic deputy											
Traffic control center (1)		D4 Traffic deputy	10:00: Report current condition to traffic deputy				11:00: Report current condition to traffic deputy				12:00: Report current condition to traffic deputy			
Traffic Police (1)	District 4	D4 Traffic deputy	10:30: Report current condition to traffic deputy				11:30: Report current condition to traffic deputy				12:30: Report current condition to traffic deputy			
Technical and Civil construction deputy (1)	Municipal level	TDMH Situation Unit	10:05: Report Bridge, etc condition, Confirmation of recovery priority				11:05: Report Bridge, etc condition				12:05: Report Bridge, etc condition			
	District 4	D4 DMH	10:00: Report Bridge, etc condition, Confirmation of recovery priority				11:00: Report Bridge, etc condition				12:00: Report Bridge, etc condition			
Urban service deputy (1)	Municipal level	TDMH Situation Unit	10:30: Report Tree condition				11:30: Report Tree condition							
	District 4	D4 DMH	10:15: Confirmation of debris removal priority				11:15: Report debris removal condition				12:15: Report debris removal condition			
Other deputy, organization in Tehran municipality (1)	Planning & Architecture deputy	Municipal level	10:25: Report Building condition				11:25: Report Building condition				12:25: Report Building condition			
		District 4	10:15: Report Building condition				11:15: Report Building condition				12:15: Report Building condition			
	Firefighting service	TDMH Situation Unit					11:05: Confirmation of Gas exposure							
Water Company (1)		TDMH Situation Unit	10:45: Report Water condition				11:45: Report Water condition				12:45: Report Water condition			
Gas Company (1)		TDMH Situation Unit	10:35: Report Gas condition				11:35: Report Gas condition				12:35: Report Gas condition			
Electricity Company (1)		TDMH Situation Unit	11:00: Report Gas exposure											
District 4 Nahyie office (1)		D4 Traffic deputy	10:50: Report Electricity condition				11:50: Report Electricity condition				12:50: Report Electricity condition			
Citizen, Davam group (1)		D4 DMH	10:50: Report to Road blockage to District4				11:50: Report to Road blockage to District4							
Other district (1)		D4 DMH	10:40: Confirmation of ERN				11:40: Confirmation of Evacuation							
Others (1)	Media	TDMH Situation Unit	10:10: Request information of ERN								11:50: Request current traffic condition			

図 2.2.46 CPX 状況付与計画

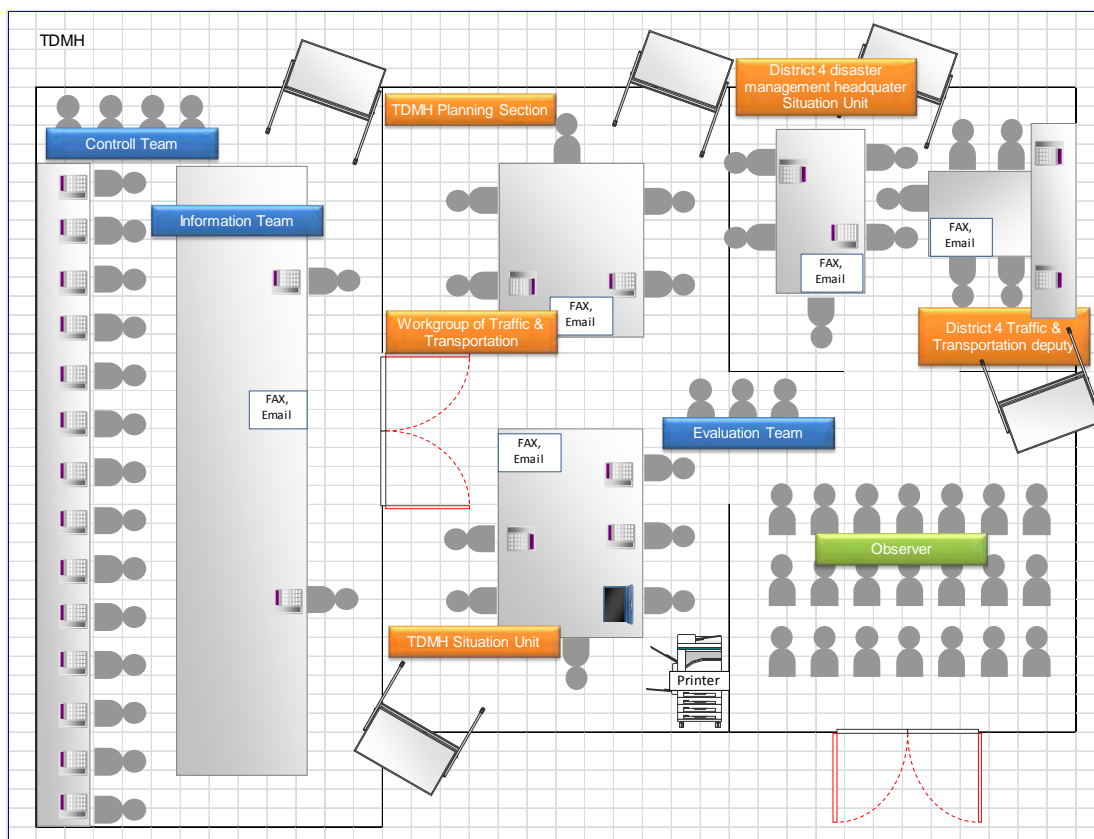


図 2.2.47 CPX 会場配置図



図 2.2.48 CPX 準備風景

2) CPX の実施

a. CPX 説明会の実施

CPX の実施に先立ち、2014 年 9 月 21 日に指揮部、演習部それぞれに分かれ説明会を実施し、CPX の方法や目的等を説明した。指揮部の説明会では、演習開始前から演習後までの想定シナリオ全てを提示し、演習部の説明会では、演習開始前までのシナリオを提示した。

b. CPX の実施

CPX は、2014 年 9 月 27 日に実施した。当日のスケジュールは以下のとおりであり、訓練時間と実時間を同期させて訓練を実施した。

表 2.2.55 CPX スケジュール

No.	Time	Agenda	
1	08:30 – 09:00	Registration	
2	09:00 – 09:05	Opening Ceremony	Organizer
3	09:05 – 09:10	Opening Speech	TDMMO
4	09:10 – 09:30	Explanation of CPX	JICA Expert Team
5	09:30 – 09:45	Tea Break	All
6	09:45 – 10:00	Preparation Time	All
7	10:00 – 13:00	CPX (3 hours)	All
8	13:00 – 14:00	Lunch	
9	14:00 – 15:30	Evaluation - Review by Evaluation Team - Presentation by Players - Comments from Participants	All
10	15:30 – 15:40	Closing Remarks	TDMMO

殆どの参加者が初めての経験であったことから、活動が途中停滞するような場面もあったが、徐々に慣れ自発的に情報の収集を行うなど、非常に積極性が伺え、災害時の状況を模擬体験できたと思われる。



図 2.2.49 CPXの様子

3) CPXのフィードバック

CPXの終了後には、評価会を開催した。評価会では、実際に災害時と同じ状況での情報のやり取りを確認することを通じて、多くのことを学んだとの意見等が出された。また、様々

な関係機関が集まったことで、情報交換や相互理解が進み、災害時の協力体制を構築できる良い機会となったとの意見が多く参加者から出された。

CPX を基に役割分担や活動項目の明確化、抽出された課題等を整理し、維持管理計画を修正した。具体的には、様々な情報をどの機関が収集するか不明確であった点や、地震時の停電等によって道路上に設置されているライブカメラ映像が確認できない可能性等の課題が挙げられた。情報収集については、維持管理計画内で情報項目別の役割分担を示し、ライブカメラ映像については、代替できるよう、被害調査チームの編成等が検討され、それに基づき維持管理計画を修正することとした。