

トルコ南東部を震源とする地震の被災地調査 報告書

武庫川女子大学 建築学部

教授・建築学部長	岡崎甚幸
教授・建築学科長	柳沢和彦
教授	鳥巢茂樹
教授	田川浩之

神戸市

建築住宅局建築指導部長	田中幸夫
危機管理室計画担当課長	能勢正義

2023年5月

序

武庫川女子大学建築学部長 岡崎甚幸

2023年2月6日、トルコ南東部とシリアにまたがる地域で大きな地震がありました。実は今回の被災地域のすぐ北側に隣接するヴァン湖の周辺でも2011年に激しい地震がありました。ヴァンの地震後、私と神戸市職員2名、元職員1名、Eディフェンスの構造研究者1名が、イスタンブール市にあるバフチェシヒル大学のAhmet Eyüce建築デザイン学部長(当時)やMurat Dündar教授達と被災状況の現地調査を行い、調査後、同市で公開のシンポジウムを開きました。武庫川女子大学はバフチェシヒル大学と2008年に交流協定を結び、両大学の建築学部はほぼ毎年短期交換留学を実施し、また共同でシルクロード国際会議を開催してきました。

今回も地震の直後からバフチェシヒル大学建築デザイン学部の現・学部長であるMurat Dündar教授と連絡を取り合い、歴史的・文化的建物や町並の地震前と地震後の比較写真、被災地全体の地形図などを提供して頂きました。その後、バフチェシヒル大学からの招待で神戸市と共に、被災地の調査を実施することが決まりました。

4月12日、武庫川女子大学建築学部・建築学科教授3名と神戸市建築住宅局建築指導部および危機管理室の2名は、トルコ南東部の地震災害調査のため、トルコに出発しました。出発の前日、11日に神戸市で記者会見を開きました。武庫川女子大学の3名は建築学科・学科長で建築計画が専門の柳沢教授、耐震工学の田川教授、構造設計の鳥巢教授、神戸市の2名は建築住宅局の田中部長、危機管理室の能勢課長でした。そして調査都市と日程を立案し、全行程を案内して頂いたのは、Murat Dündar教授でした。

バフチェシヒル大学の全面的なサポートのもと、イスタンブール到着の翌日早朝から一行は空路、被災地に向かい、被害の最も大きかったカフラマンマラシュやハタイ等で調査を行い、イスタンブールに帰った後、記者会見やバフチェシヒル大学の研究者や構造設計者との意見交換等を行いました。5名は20日に帰国し、5月1日武庫川女子大学甲子園会館西ホールでTV局や新聞社を招いて報告会を開催しました。

報告者は武庫川女子大学の3名と、神戸市の2名、そしてMurat Dündar教授がオンラインで参加しました。なおトルコでの調査の全費用はバフチェシヒル大学からの援助によります。また武庫川女子大学全員の渡航費は兵庫県の支援によります。

柳沢教授には、全体の被害状況、田川教授には、地震の大きさや特性と被害、鳥巢教授には構造設計の視点から、建築物の形態や隣接建物との関係などに起因する被害状況について、また神戸市の田中部長と能勢課長には地震による被害に対する建築行政の大切さや首長訪問等についてご報告いただきました。そしてMurat学部長には、トルコにおける建築設計や改修工事に対する検査体制の問題やバフチェシヒル大学の防災センターの開設計画などについて報告して頂きました。

目 次

1. 全体概要	3
1-1. メンバー	3
1-2. 派遣スケジュール	3
1-3. 調査概要	4
1-3-1. 4/14 (金) アダナ県およびカフラマンマラシュ県.....	5
1-3-2. 4/15 (土) ハタイ県アンタキヤ地区およびサマンダー地区	8
1-3-3. 4/16 (日) ハタイ県イスケンデルン地区およびバヤス地区	15
1-3-4. 4/17 (月) バフチェシヒル大学にてラウンドテーブル.....	18
2. 調査報告Ⅰ 地震の強さと被害の状況 ～耐震構造の視点から～.....	19
2-1. アダナ県	19
2-2. カフラマンマラシュ県	22
2-3. ハタイ県	27
2-4. 崩壊メカニズムとその阻止方法	33
3. 調査報告Ⅱ 建物の具体的形態と被害の状況 ～構造設計の視点から～	34
3-1. はじめに.....	34
3-2. 隣接建物間隔と震害の拡大について	34
3-3. 中高層建物低層部の商業利用と震害について	34
3-4. R C造建物の無筋(non-reinforced)組積造帳壁(filling wall)と震害について.....	35
3-5. トルコの構造設計者の資格制度と現行耐震規準について.....	36
3-6. その他.....	36
4. 調査報告Ⅲ 被災自治体首長訪問 および テントやコンテナ仮設住宅などの視察.....	37
4-1. 被災自治体首長ヒアリング結果	37
4-2. テントやコンテナ仮設住宅などの視察	38
4-2-1. イスタンブル・ベイオール地区提供の災害救援センター (カフラマンマラシュ県ドゥルカディロール地区)	38
4-2-2. イスケンデルン地区のテント村 (国や自治体、トルコ赤新月社等が提供)	38
4-2-3. バヤス地区のコンテナ仮設住宅など	39
5. 調査報告Ⅳ 歴史的建造物の被害の状況	41
5-1. カフラマンマラシュ県ドゥルカディロール地区のウルジャーミイ.....	41
5-2. その他の主な歴史的建造物	44
6. 調査報告に基づく各種提言	46
7. メディア掲載一覧.....	49
7-1. トルコ.....	49
7-2. 日本	50
謝辞	
【特別寄稿】	
Problems that increased the destruction caused by the Kahramanmaraş-centered earthquake	51
<i>Prof. Dr. Murat Dündar (Dean of Faculty of Architecture & Design, Bahçeşehir University)</i>	

1. 全体概要

2023年2月6日にトルコ南東部を震央とする地震が発生し、当該地域及びその周辺地域に甚大な被害が発生した。トルコ共和国のバフチェシヒル大学の要請を受け、バフチェシヒル大学と一般交流協定を締結している武庫川女子大学から建築構造や建築設計に詳しい教員を3人、阪神・淡路大震災を経験した神戸市から建築指導や危機管理を担当する職員2人を被災地に派遣し、復興に向けての現地調査を行った。

1-1. メンバー

日本側企画者

武庫川女子大学建築学部教授・建築学部長 岡崎 甚幸

派遣メンバー

武庫川女子大学建築学部教授・建築学科長 柳沢 和彦（建築設計計画学、建築設計）

武庫川女子大学建築学部教授 鳥巢 茂樹（建築構造設計学）

武庫川女子大学建築学部教授 田川 浩之（建築構造工学）

神戸市建築住宅局建築指導部長 田中 幸夫

神戸市危機管理室課長（計画担当） 能勢 正義

1-2. 派遣スケジュール

派遣期間：4月12日（水）～4月20日（木）

日付	内容	滞在場所
4/12（水）	日本発	
4/13（木）	バフチェシヒル大学訪問	イスタンブル
4/14（金）	・アダナ県チュクロワ区長訪問 ・カフラマンマラシュ県オニキシバト区長訪問 ・カフラマンマラシュ県オニキシバト地区およびドウルカディロール地区視察	イスケンデルン
4/15（土）	・ハタイ県アンタキヤ地区視察 ・ハタイ大都市自治体首長訪問 ・ハタイ県サマンダー地区視察	イスケンデルン
4/16（日）	・ハタイ県イスケンデルン地区視察 ・ハタイ県パヤス区長訪問 ・ハタイ県パヤス地区の仮設住宅等視察	イスタンブル
4/17（月）	・バフチェシヒル大学にてラウンドテーブル	イスタンブル
4/18（火）	・イスタンブル視察	イスタンブル
4/19（水）	イスタンブル発	
4/20（木）	日本着	

1-3. 調査概要

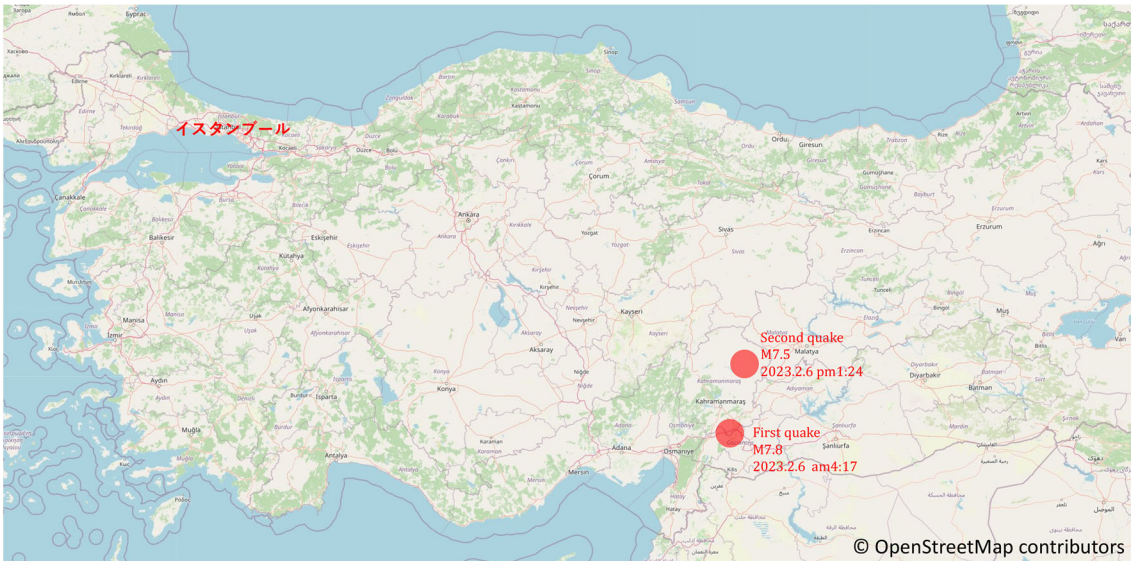


図 1-1 震源の位置

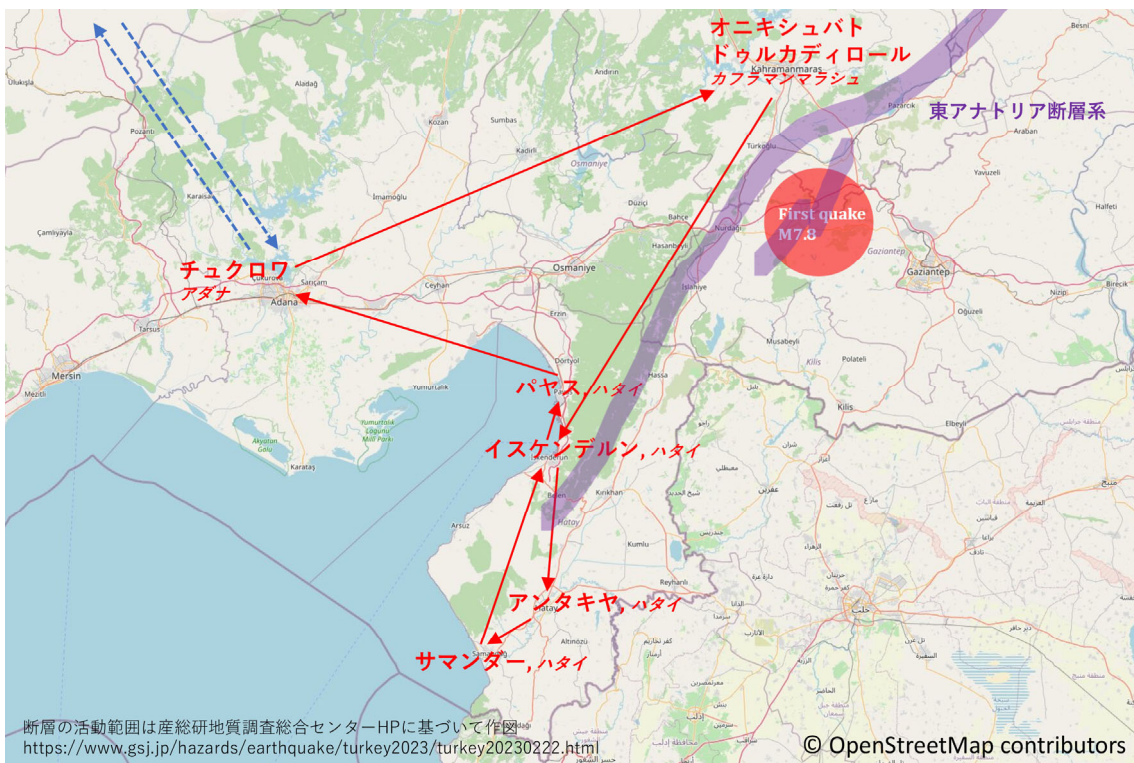


図 1-2 訪問先

4/14 (金) にイスタンブールからアダナに入り、アダナ県、カフラマンマラシュ県、ハタイ県を訪問した後、4/16 (日) にイスタンブールへ戻った。4/17 (月) にはバフチェシル大学にて、現地メディア同席で、日本における建築構造の歴史や取り組み、震災を経験した神戸市の取り組みについて情報提供するとともに、今回の地震について意見交換を行った。

1-3-1. 4/14 (金) アダナ県およびカフラマンマラシュ県



写真 1-1 アダナ県チュクロワ区長訪問



写真 1-2 カフラマンマラシュ県オニキシュバト区長訪問



写真 1-3 カフラマンマラシュ県オニキシュバト地区 コンテナ仮設住宅をドローンで撮影 正面の白い建物が区庁舎



写真 1-4 カフラマンマラシュ県オニキシュバト地区
集合住宅 外壁の剥落



写真 1-5 カフラマンマラシュ県オニキシュバト地区
写真 1-4 の集合住宅をドローンで撮影



写真 1-6 カフラマンマラシュ県オニキシュバト地区
10階建ての建物が3棟無くなった
瓦礫がすでに撤去されているところが多い



写真 1-7 カフラマンマラシュ県オニキシュバト地区
写真 1-6 の反対側
奥の集合住宅には人が住んでいる



写真 1-8 カフラマンマラシュ県オニキシュバト地区
HACI HUSEYIN KARA CAMARA CAMII
隣の建物が倒壊し、ジャーミイも損傷した



写真 1-9 カフラマンマラシュ県オニキシュバト地区
HACI HUSEYIN KARA CAMARA CAMII
ドローンで上空から撮影



写真 1-10 カフラマンマラシュ県オニキシュバト地区 Hz. Yunus Cami ミナレットの倒壊



写真 1-11 カフラマンマラシュ県ドゥルカディオール地区 Ulu Camii ドローンで撮影
 ミナレットが壊れて石が落下することで、建物が損傷していることがわかる



写真 1-12 カフラマンマラシュ県ドゥルカディオール地区
 外壁ブロックの落下



写真 1-13 カフラマンマラシュ県ドゥルカディオール地区
 奥に見えるのは庁舎 広範囲で建物が無くなっている



写真 1-14 カフラマンマラシュ県ドゥルカディオール地区
 建物解体現場



写真 1-15 カフラマンマラシュ県ドゥルカディオール地区
 イスタンブル・ベイオール地区提供の災害救援センター

1-3-2. 4/15 (土) ハタイ県アンタキヤ地区およびサマンダー地区



写真 1-16 ハタイ県アンタキヤ地区 町は壊滅状態で軍が管理をしていた。地元の人しか入れないところを特別に許可をもらって視察した。有名なハタイ考古学博物館は封鎖されて見る事ができなかった。



写真 1-17 ハタイ県アンタキヤ地区
ハタイ国時代の国会議事堂
Hatay Devleti döneminde meclis binası



写真 1-18 ハタイ県アンタキヤ地区
ハタイ大都市自治体 庁舎の跡



写真 1-19 ハタイ県アンタキヤ地区 町中の様子



写真 1-20 ハタイ県アンタキヤ地区 町中の様子



写真 1-21 ハタイ県アンタキヤ地区 Ulu Cami



写真 1-22 ハタイ県アンタキヤ地区
Ulu Cami の門前商店街



写真 1-23 ハタイ県アンタキヤ地区
Hürriyet 通り 瓦礫で埋もれている



写真 1-24 ハタイ県アンタキヤ地区
Hürriyet 通り



写真 1-25 ハタイ県アンタキヤ地区
Hatay City Museum を対岸から見る



写真 1-26 ハタイ県アンタキヤ地区
7階建ての町並みが無くなっている



写真 1-27 ハタイ県アンタキヤ地区
橋の仕上げ材の剥落



写真 1-28 ハタイ県アンタキヤ地区 町中の様子



写真 1-29 ハタイ県アンタキヤ地区 町中の様子



写真 1-30 ハタイ県アンタキヤ地区 町中の様子



写真 1-31 ハタイ県アンタキヤ地区
ギリシャ正教会の門前通り



写真 1-32 ハタイ県アンタキヤ地区
ギリシャ正教会の門前通り



写真 1-33 ハタイ県アンタキヤ地区
ギリシャ正教会の門前通り



写真 1-34 ハタイ県アンタキヤ地区 ギリシャ正教会



写真 1-35 ハタイ県アンタキヤ地区 ギリシャ正教会



写真 1-36 ハタイ県アンタキヤ地区
ANTİK BEYAZIT HOTEL
1903年の建物を修復したホテル



写真 1-37 ハタイ県アンタキヤ地区
Özel Antakya Ata Koleji 1908年の建物



写真 1-38 ハタイ県アンタキヤ地区
庁舎



写真 1-39 ハタイ県アンタキヤ地区
プロテスタント教会



写真 1-40 ハタイ県アンタキヤ地区
無傷のホテルもあった



写真 1-41 ハタイ県アンタキヤ地区 Kurtuluş 通り



写真 1-42 ハタイ県アンタキヤ地区
Kurtuluş 通りから入る路地



写真 1-43 ハタイ県アンタキヤ地区
Sarimiye Camii



写真 1-44 ハタイ県アンタキヤ地区 Habib-i Neccar Camii



写真 1-45 ハタイ県アンタキヤ地区
Hatay Sanayici ve İş İnsanları Derneği
ハタイ産業家・実業家協会 (HASiAD)



写真 1-46 ハタイ県アンタキヤ地区
Mahremiye Camii



写真 1-47 ハタイ県アンタキヤ地区
Uzun Çarşı ロングバザール



写真 1-48 ハタイ大都市自治体首長訪問



写真 1-49 ハタイ県サマンダー地区 多くの建物が倒壊、損傷している



写真 1-50 ハタイ県サマンダー地区
増築建築が倒壊した現場



写真 1-51 ハタイ県サマンダー地区
これは元々は6階建ての集合住宅
1階と2階が潰れている



写真 1-52 ハタイ県サマンダー地区 別角度から見た写真
元々は隣の建物と接していた



写真 1-53 ハタイ県サマンダー地区
層崩壊している建物

1-3-3. 4/16 (日) ハタイ県イスケンデルン地区およびパヤス地区



写真 1-54 ハタイ県イスケンデルン地区 ギリシャ正教会



写真 1-55 ハタイ県イスケンデルン地区 液状化



写真 1-56 ハタイ県イスケンデルン地区
軍の船で避難生活を送っている人もいる



写真 1-57 ハタイ県イスケンデルン地区
集合住宅の外壁の剥落



写真 1-58 ハタイ県イスケンデルン地区
奥には 12 階建て集合住宅が倒壊している



写真 1-59 ハタイ県イスケンデルン地区 12階建て集合住宅の倒壊現場



写真 1-60 ハタイ県イスケンデルン地区
解体予定の集合住宅



写真 1-61 ハタイ県イスケンデルン地区
地割れ



写真 1-62 ハタイ県イスケンデルン地区
9階建ての集合住宅が倒壊
4階建ては無事



写真 1-63 ハタイ県イスケンデルン地区
7階建ての集合住宅が倒壊
1階のレストラン 柱が邪魔で取り除いていた



写真 1-64 ハタイ県イスケンデルン地区 テント村



写真 1-65 ハタイ県イスケンデルン地区 テント村
居住用テント



写真 1-66 ハタイ県イスケンデルン地区
ISKENDERUN STATE HOSPITAL



写真 1-67 ハタイ県パヤス区長訪問



写真 1-68 ハタイ県パヤス地区
Sokullu Mehmet Paşa Külliyesi



写真 1-69 ハタイ県パヤス地区
整備中のコンテナ仮設住宅



写真 1-70 ハタイ県パヤス地区
現在使用中のコンテナ仮設住宅



写真 1-71 ハタイ県パヤス地区
カタール提供の野戦病院

1-3-4. 4/17（月）バフチェシヒル大学にてラウンドテーブル



写真 1-72 テレビ局からインタビューを受ける
バフチェシヒル大学ムラツ・ドゥンダル建築学部長



写真 1-73 テレビ局からインタビューを受ける
武庫川女子大学 柳沢和彦建築学科長



写真 1-74 テレビ局からインタビューを受ける
神戸市 田中幸夫建築指導部長



写真 1-75 メンバー全員 折鶴を手に持ち記念撮影



写真 1-76 バフチェシヒル大学にて、現地メディア同席でラウンドテーブルを行った。日本における建築構造の歴史や取り組み、震災を経験した神戸市の取り組みについて情報提供するとともに、今回の地震について意見交換を行った。またバフチェシヒル大学に新たに設置予定の防災センターの在り方についても議論した。

2. 調査報告 I 地震の強さと被害の状況 ～耐震構造の視点から～

建物の地震被害は、地震動の強さ（Demand）と建物の耐震性能（Capacity）の両方から決まる。本章では、調査を行った3県（Adana 県、Kahramanmaraş 県、Hatay 県）における地震動の強さと、地震被害の概要について述べる。Adana 県、Kahramanmaraş 県、Hatay 県の位置を図 2-1 に示す。同図中に、2023 年 2 月 6 日 4 時 17 分（現地時間）に発生した 1 回目の大地震の震源地、断層ラインが示されている。図中の△は、地震動の観測点を示し、最大地震加速度の範囲で区分して色付けされている。最大地震加速度が 300gal を超える、ピンク色の付いた△の観測点は、断層ラインに沿ってその近傍に位置している。

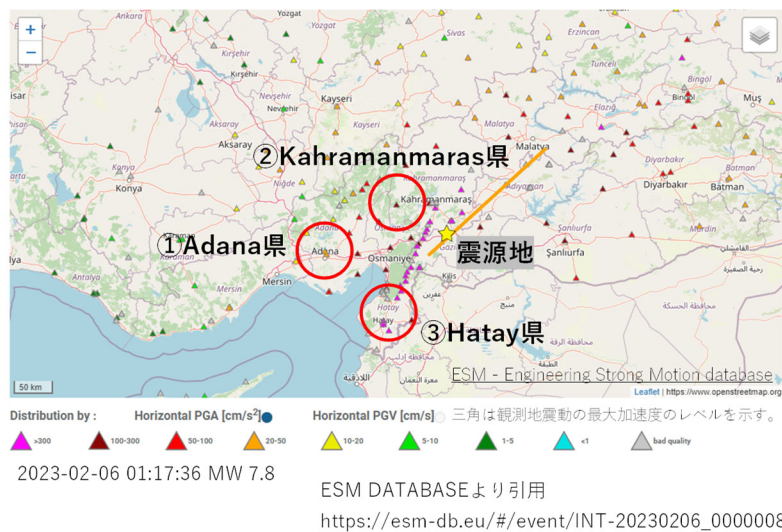


図 2-1 調査を行った 3 県の位置

2-1. アダナ県

Adana 県における、地震動の強さと被害の概要について述べる。Adana 市街地における地震動の観測地点を図 2-2 に示す。観測地点は 2 か所（TK0118、TK0123）あり、訪問したチュクロア区役所に近い観測地点 TK0118 の地震動を用いる。TK0118 の地震加速度（東西、南北、上下方向）の時刻歴を図 2-3 に示す。最大地動加速度は、東西方向で 38.2gal、南北方向で 49.7gal、上下方向で 23.3gal であった。断層近傍のパルス性地震動については、断層ラインに直交する Strike Normal (SN) 方向と、平行な Strike Parallel (SP) 方向に換算して表すことが妥当であるが、ここでは、東西、南北方向のデータで示す。日本の気象庁が定める計測震度を計算すると 4.0 となった。なお、TK0123 の計測震度は 3.7 である。

地震動が建物応答に及ぼす影響を表すのに、一般に応答スペクトルが用いられる。これは、様々な固有周期を有する、1 つずつの質点、バネ、ダッシュポットから構成される 1 自由度モデルに地震動を入力し、加速度、速度、変位の時刻歴応答の最大値を算出し、固有周期に対してプロットしたものである。0～3 秒までの固有周期をもつ 1 自由度モデルに、減衰率は 5% として、TK0118 の地震加速度を入力し、時刻歴応答の最大値を算出した。水平、

鉛直方向の加速度、速度、変位応答スペクトルを図 2-4 に示す。ここで、水平方向の応答スペクトル値は、東西、南北方向の各時刻の応答値の 2 乗和の平方根を取り、それらの最大値として算出した。同図中に、1995 年兵庫県南部地震で観測された JMA 神戸波の応答スペクトルを比較のため示す。なお、JMA 神戸波の計測震度は 6.4 である。TK0118 の加速度、速度、変位応答スペクトルは、JMA 神戸波と比較して、明らかに小さい。

変位応答スペクトル S_d を X 軸に、加速度応答スペクトル S_a を Y 軸に表した Demand response スペクトル (所謂、 S_a - S_d プロット) を図 2-5 に示す。ここでも減衰率を 5%としている。この S_a - S_d プロットに、建物を等価 1 自由度系に縮約したモデルの荷重-変位曲線 (Capacity スペクトル) を重ねてプロットすれば、地震動に対する建物の耐震性能が一目で分かる。この方法は、Capacity Spectrum Method (CSM) と呼ばれるが、日本においても、等価線形化法を用いた限界耐力計算法のもとになっている。なお、等価線形化法 (海外では、Substitute Structure Method) は、Gulkan & Sozen (1974) による論文¹⁾で提案され、著者である Polat Gulkan は、トルコの耐震工学の著名な研究者である。



図 2-2 Adana 市街地における観測地点

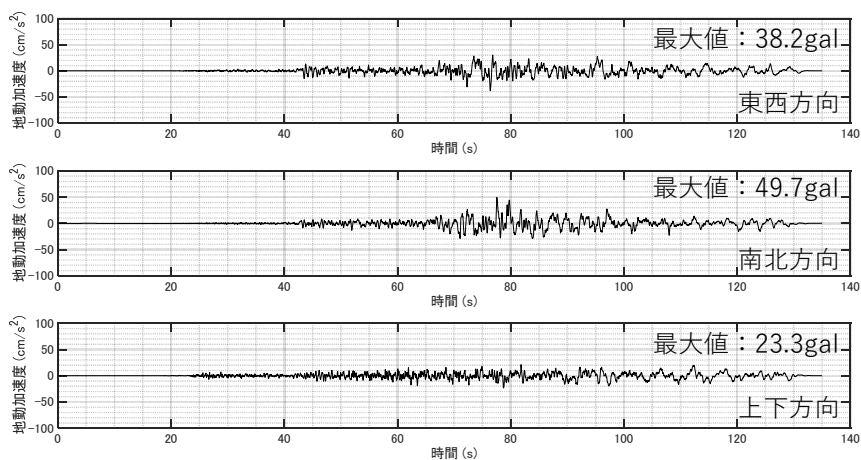


図 2-3 地震加速度の時刻歴 (TK0118)

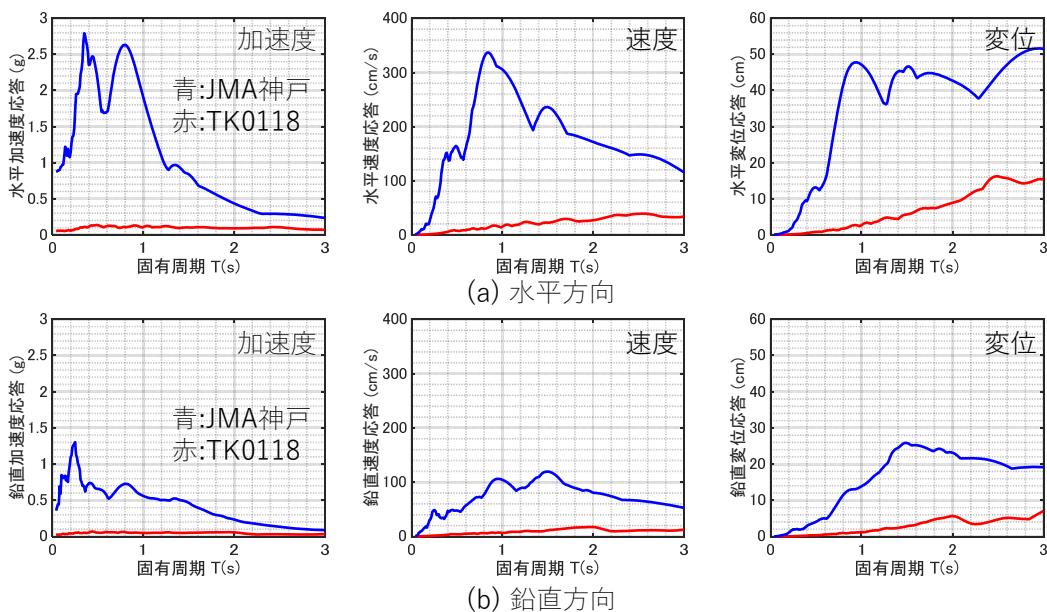


図 2-4 加速度、速度、変位スペクトル応答 (TK0118)

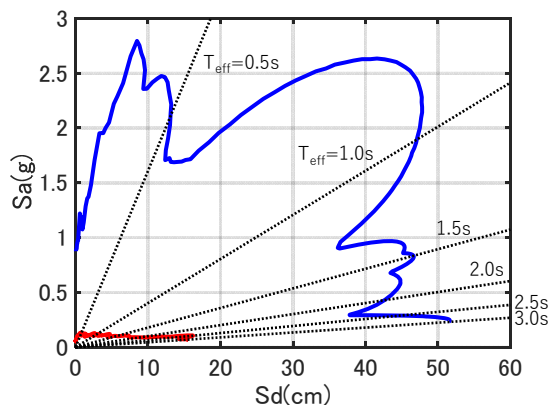


図 2-5 Demand Response スペクトル (TK0118)

Adana 市街地における地震被害状況を図 2-6 に示す。チュクロア区役所の近辺で撮影した写真である。鉄筋コンクリート (RC) 造の高層集合住宅が幹線道路沿いに並んで建っていたが、図 2-6 に示すように、多くの建物で外壁に大きなクラックが生じていた。これは非構造部材の損傷である。また、庇の一部が落下しているのも見受けられた。ただし、移動の車の中から市街地を見た限りでは、地震で崩壊した建物は見当たらなかった。

ところが、チュクロア区長の話や日本での報道によると、図 2-7 に示すように、14 階建ての集合住宅が完全に崩壊するなど、チュクロア区で 12 棟程度の高層集合住宅が崩壊したとのことであり、大きな問題となっている。崩壊した高層集合住宅の場所は特定できておらず、それらへの実際の入力地震動の大きさは正確には分からない。ところが、Adana 市街地の 2 つの観測地点 TK0118, TK0123 での計測震度が 3.7、4.0 であるから推測すると、それら程度の大きさであったと推測できる。この規模の大きさの地震動で、高層集合住宅が完全崩壊したというのは、重大な設計上の欠陥があったのではないかと推察される。

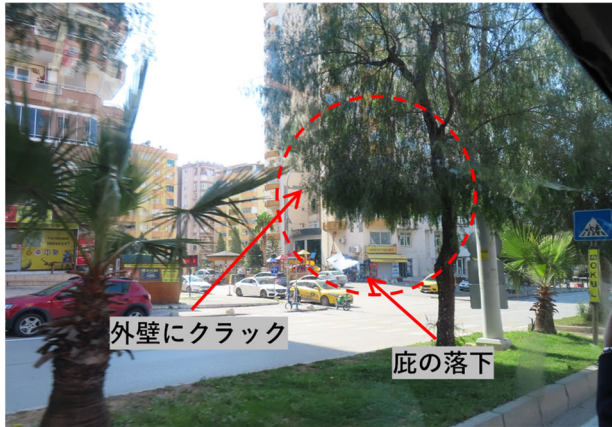


図 2-6 Adana の地震被害状況



図 2-7 14階建て集合住宅の崩壊

(図 2-7 引用 : <https://www.jiji.com/jc/article?k=2023020800195&g=int>)

2-2. カフラマンマラシュ県

震源地に最も近い Kahramanmaras 県における、地震動の強さと被害の概要について述べる。Kahramanmaras 市街地における地震動の観測地点を図 2-8 に示す。観測地点は 5 か所あり、そのうち 2 か所のデータは不良であった。残り 3 か所 (TK4617、TK4620、TK4624) のうち、地震被害調査で訪れた地点に近い TK4617 と TK4620 の地震動を用いる。TK4617 の地震加速度の時刻歴を図 2-9 に示す。最大地動加速度は、東西方向で 112.7gal、南北方向で 145.6gal、上下方向で 111.8gal であった。TK4617 の計測震度は 4.7 となった。TK4617 の水平、鉛直方向の加速度、速度、変位応答スペクトルを図 2-10、Demand response スペクトルを図 2-11 に示す。一方、TK4620 の地震加速度の時刻歴を図 2-12 に示す。最大地動加速度は、東西方向で 316.6gal、南北方向で 298.2gal、上下方向で 176.6gal であった。TK4620 の計測震度は 5.0 となった。水平、鉛直方向の加速度、速度、変位応答スペクトルを図 2-13、Demand response スペクトルを図 2-14 に示す。観測された地震動 TK4617 ならびに TK4620 の応答スペクトルは、JMA 神戸波と比較して、殆どの固有周期の領域にわたり小さい。

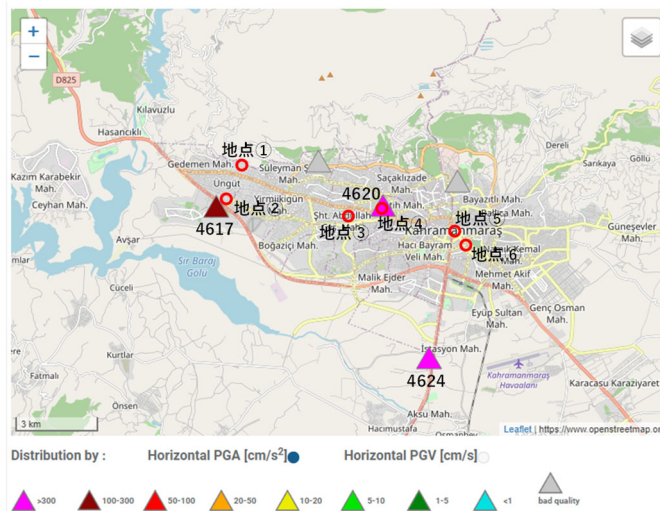


図 2-8 Kahramanmaras 市街地における観測地点

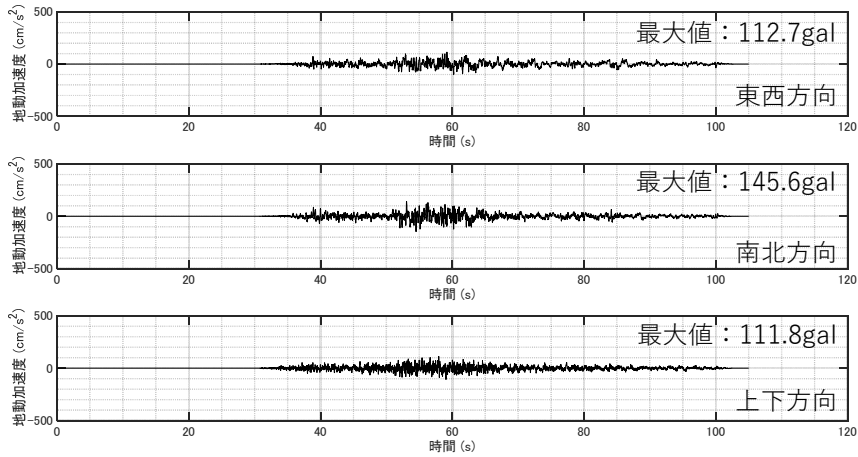


図 2-9 地震加速度の時刻歴 (TK4617)

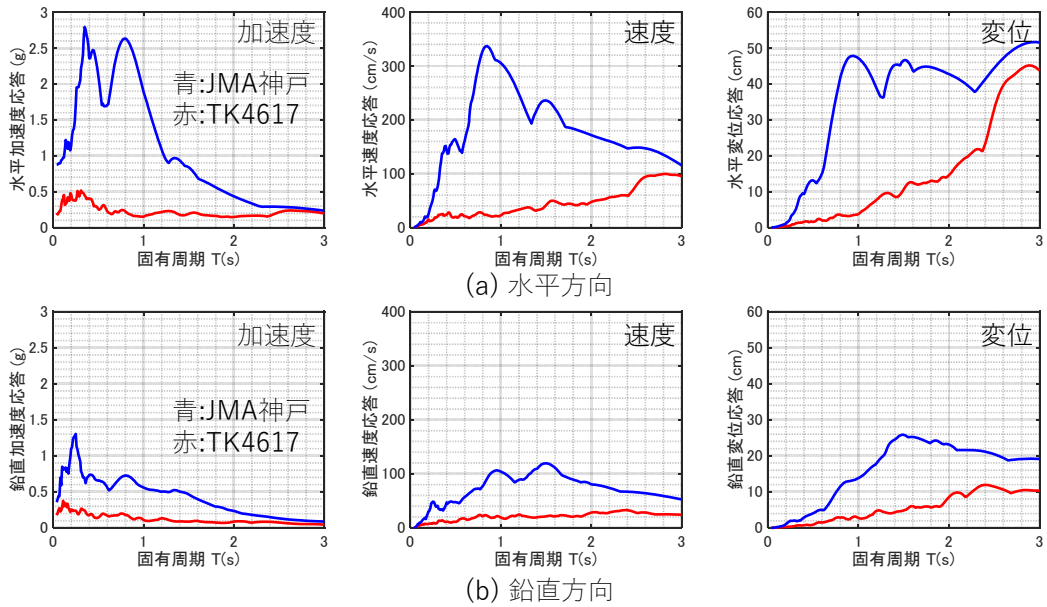


図 2-10 加速度、速度、変位スペクトル応答 (TK4617)

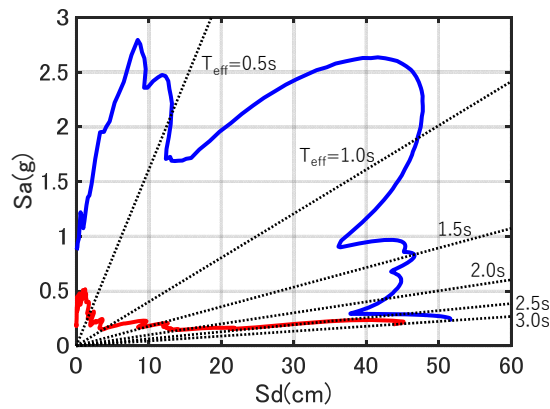


図 2-11 Demand Response スペクトル (TK4617)

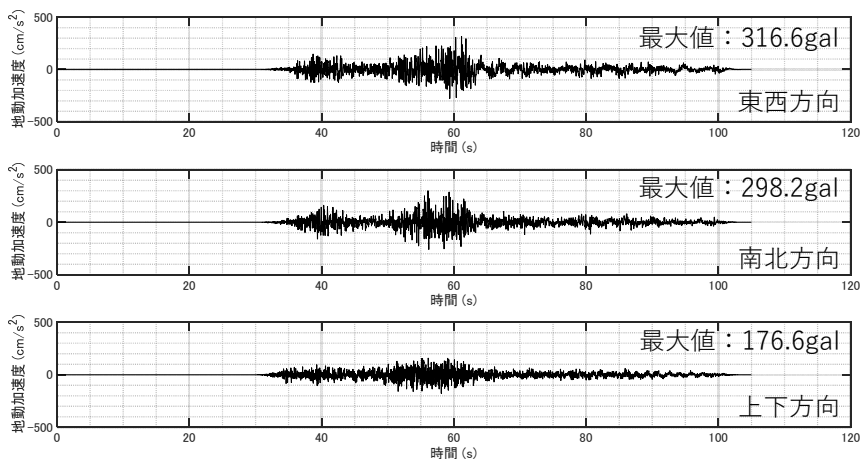


図 2-12 地震加速度の時刻歴 (TK4620)

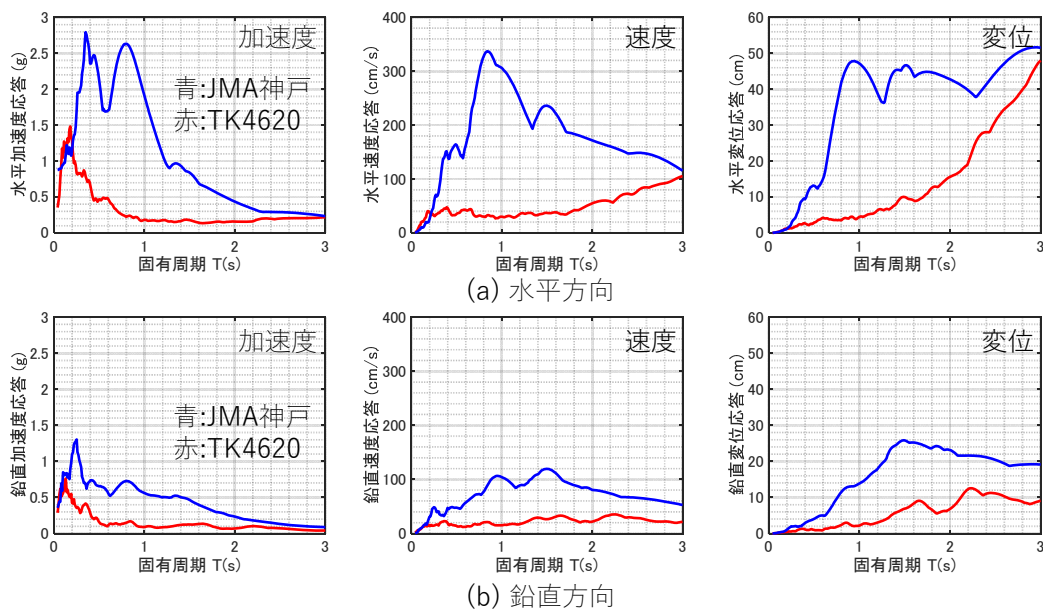


図 2-13 加速度、速度、変位スペクトル応答 (TK4620)

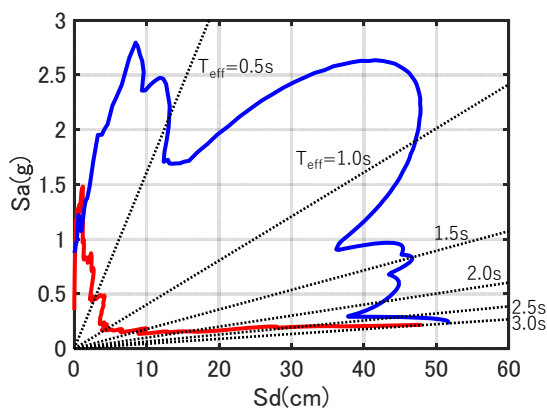


図 2-14 Demand Response スペクトル (TK4620)

Kahramanmaras 市街地における、地震被害調査で訪れた 6 つの地点①～⑥における地震被害状況を図 2-15～2-20 に示す。6 つの地点の位置を図 2-8 中に示す。

地点①、②の被害状況について述べる。地区①はオニキシュバト区役所がある。地点①、②は、観測地点 TK4617 に近く、計測震度 4.7 程度の地震動を受けたと推定される。図 2-15 左に示すように、オニキシュバト区役所である 4 階建て RC 造建物では、構造部材の損傷はなかったが、図 2-12 右に示すように、外塀の乾式パネルが一部剥離していた。オニキシュバト区役所の近くの地点②では、図 2-16 右に示すように、最近建てられた高層集合住宅が並んでいたが、無筋コンクリートブロックの外壁が構面外に剥落しており、場合によっては、図 2-16 左に示すように、建物のエントランスに落下しているところもあった。もし、落下時に通行人がいれば、重大な人的被害になっていたと想定される。概して、地点①、②では、構造部材も損傷を受けていたが、外塀や外壁など、非構造部材の損傷が顕著であった。



図 2-15 Kahramanmaras の地震被害状況(地点①)



図 2-16 Kahramanmaras の地震被害状況(地点②)

地点③、④は、観測地点 TK4620 に近く、計測震度 5.0 程度の大きさの地震動を受けたと推測される。地点③では、10 階建ての集合住宅 3 棟がパンケーキクラッシュで完全崩壊し、図 2-17 左に示すように、すでに瓦礫が撤去され、更地となっていた。そこに建物の崩壊原因や形式を探る手掛かりは殆ど残されていなかったが、地面からは太径の鉄筋が出て

おり、これらは最下層の柱主筋であったと推測される。異形鉄筋と丸鋼鉄筋の両方が見られた。丸鋼鉄筋の使用が建物の崩壊の 1 つの要因になったかについては確定できないが、日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (2018) ²⁾ の 13 条において、梁の「主筋は、D13 以上の異形鉄筋とする」、14 条において、柱の「主筋は、D13 以上の異形鉄筋を 4 本以上配置する」ことが明記されている。完全崩壊した建物があったのと同時に、図 2-17 左の背景に見られるように、外観からは構造上で目立った損傷が見られない、中高層集合住宅も多く散見された。地点④では、図 2-18 左に示すように、モスク (Yunus Cami) のミナレットの上部が崩壊し、その部分の組石が、図 2-18 右に示すように、地面やモスクの屋根に落下していた。なお、地点④は、地震動の観測地点 TK4620 にほぼ一致する。



図 2-17 Kahramanmaras の地震被害状況(地点③)



図 2-18 Kahramanmaras の地震被害状況(地点④)

地点⑤、⑥は、Kahramanmaras 市街地の中でも、特に甚大な地震被害を受け、図 2-19 左に示すように、街区全体が壊滅的であった。地点⑤、⑥は、観測地点 TK4620 に近いが、地点③、④の街区よりも明らかに地震被害は甚大であり、地盤条件により揺れが増幅されたことや、商業施設、集合住宅などの建物が密集していることが被害を増大させたことも考えられるが、定量的に実証するのは難しい。地点⑤では、図 2-19 右に示すように、せん断補強筋であるフープ筋の間隔が大きい柱があった。柱梁接合部周りではさらに密に配筋しな

けれども、梁の中央部と同じく大きな間隔で配筋されていた。地点⑥は、図 2-20 に示すように、商業施設や集合住宅が大通りに面して建ち並ぶ繁華街であったが、多くが倒壊していた。1 階が店舗、2 階以上が集合住宅の場合が多く、1 階の店舗は開口部が大きく、建物の高さ方向の剛性分布に偏りが見られる。平面的にも、バルコニーの張り出しや、柱や壁の配置に偏りがあり、偏心率が大きいと感じさせる。これら建物全体のバランスの欠如が崩壊を招いたことが想定され、日本の設計ルート 2、3 で確認される剛性率、偏心率の考慮や、そもそもルート計算という考え方そのものが、耐震設計に重要となる。



図 2-19 Kahramanmaras の地震被害状況(地点⑤)



図 2-20 Kahramanmaras の地震被害状況(地点⑥)

2-3. ハタイ県

Hatay 県における地震動の強さと被害の概要について述べる。Hatay 県では、Antakya、Samandag、Iskenderun の 3 つの都市を訪れた。Hatay 県における観測地点を図 2-21 に示す。Samandag の観測データは不良であり、Iskenderun のデータの多くは不良であり、1 つのデータが存在するが、市街地から少し離れている。したがって、Antakya 市街地における観測地震動を用いる。Antakya 市街地における観測地点を図 2-22 に示す。観測地点は 4 か

所あるが、被害調査した場所に近い観測地点 TK3123 と、航空写真で甚大な地震被害が見取れる街区にある TK3124 の地震動を用いる。TK3123 の地動加速度の時刻歴を図 2-23 に示す。最大地動加速度は、東西方向で 585.8gal、南北方向で 652.1gal、上下方向で 842.6gal である。計測震度は 6.3 である。水平、鉛直方向の加速度、速度、変位応答スペクトルを図 2-24、Demand response スペクトルを図 2-25 に示す。一方、TK3124 の地動加速度の時刻歴を図 2-26 に示す。最大地動加速度は、東西方向で 624.3gal、南北方向で 571.4gal、上下方向で 572.7gal であった。計測震度は同じく 6.3 である。水平、鉛直方向の加速度、速度、変位応答スペクトルを図 2-27、Demand response スペクトルを図 2-28 に示す。Antakya での地動加速度の強さは、TK3123、TK3124 とともに JMA 神戸波に匹敵していることが分かる。TK3123 と TK3124 の応答スペクトルの傾向は似通っており、水平方向については、固有周期が 1.0 秒程度を超えると、TK3123、TK3124 とともに、JMA 神戸波よりも、特に速度、加速度スペクトルが大きくなっている。鉛直方向については、短周期の領域において、TK3123、TK3124 とともに、JMA 神戸波よりも、大きな加速度応答となっている。

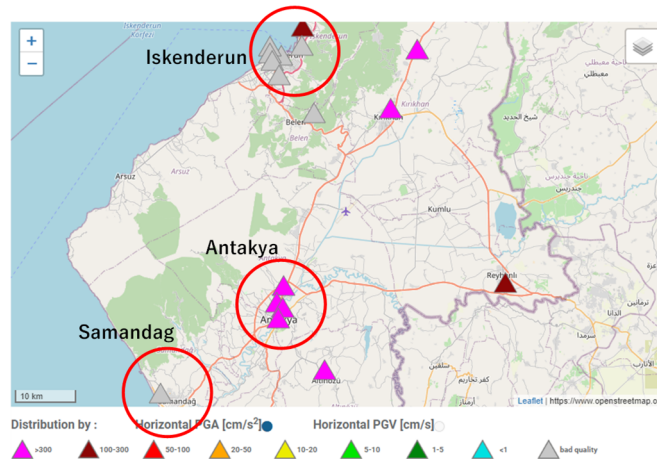


図 2-21 Hatay 県における観測地点

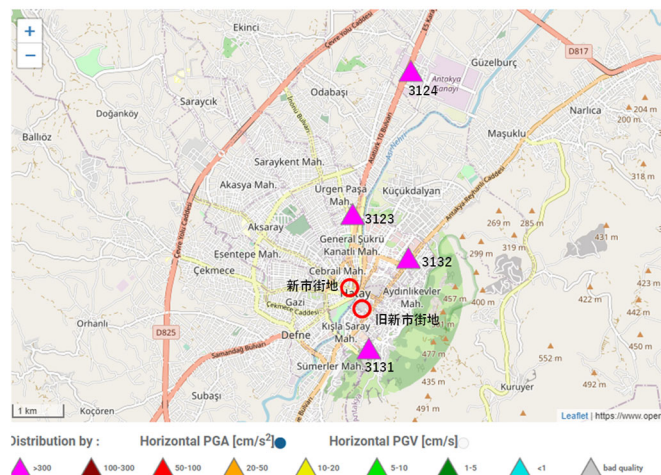


図 2-22 Antakya 市街地における観測地点

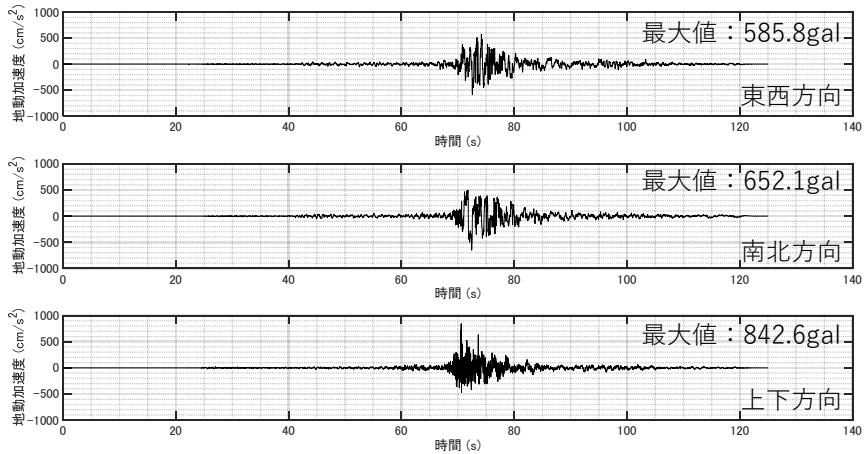


図 2-23 地震加速度の時刻歴 (TK3123)

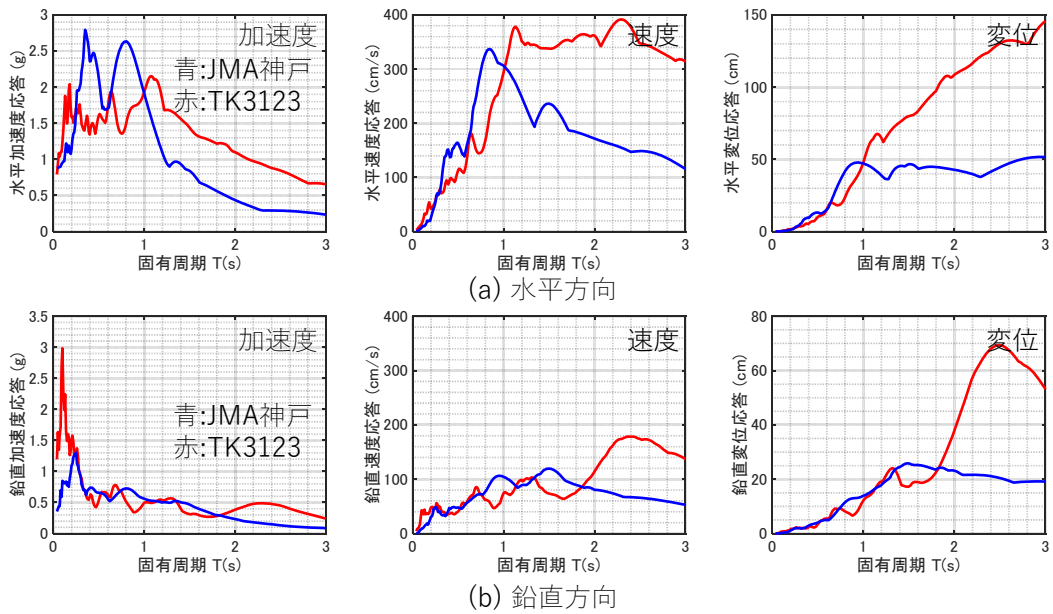


図 2-24 加速度、速度、変位スペクトル応答 (TK3123)

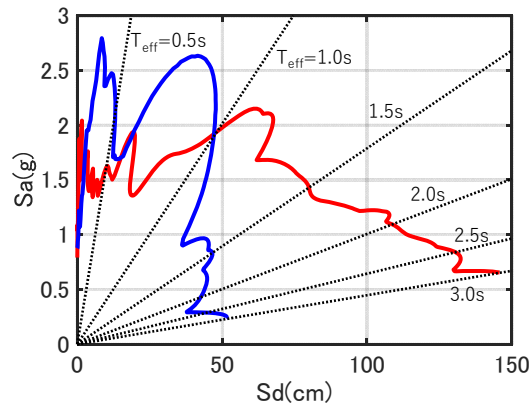


図 2-25 Demand Response スペクトル (TK3123)

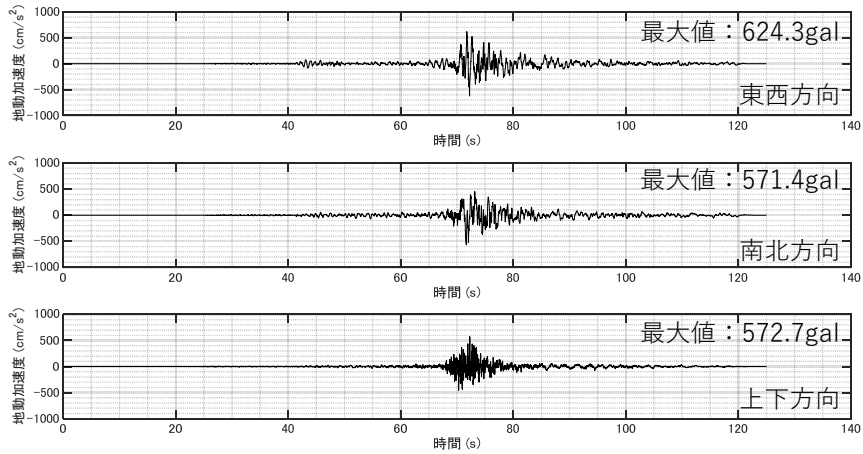


図 2-26 地震加速度の時刻歴 (TK3124)

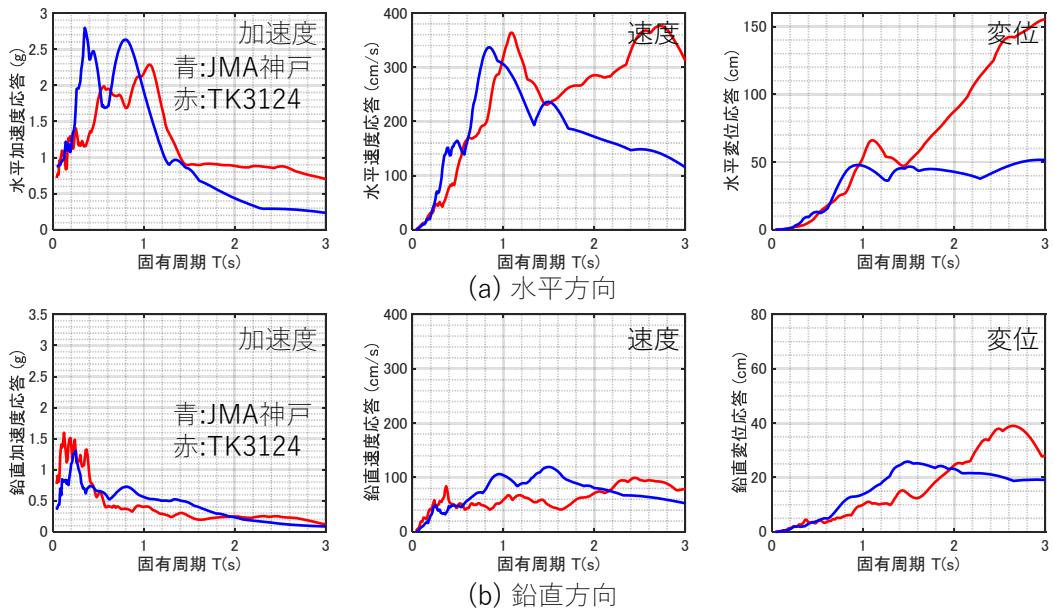


図 2-27 加速度、速度、変位スペクトル応答 (TK3124)

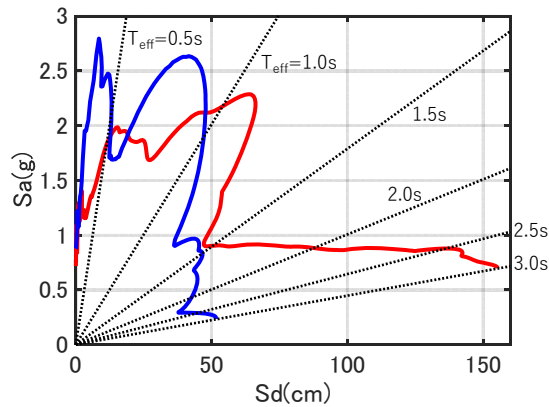


図 2-28 Demand Response スペクトル (TK3124)

Antakya の新市街地と旧市街地における地震被害状況を各々、図 2-29、2-30 に示す。被害調査で訪れた、新市街地と旧市街地の位置を図 2-22 中に示す。Antakya の新市街地では、図 2-29 左に示すように、多くの RC 造中高層建築が崩壊し、瓦礫が取り除かれ、更地になっていた。図 2-29 右に示すように、倒壊を免れている建物もあったが、煉瓦造の外壁は構面外に剥落し大破しており、廃墟の様相を呈していた。倒壊した建物と倒壊しなかった建物で構造上、どのような違いがあったのか不明である。倒壊していない建物は、図 2-29 左のように、ほぼ整形の形状で、柱、梁のラーメン骨組が目立つ印象があった。今後、倒壊した建物はどのように崩壊したのか解明していく必要がある。

一方、Antakya の旧市街地では、図 2-30 に示すように、石、煉瓦などの組積造の古い建物が多く崩壊していた。一部、木造の建物もあった。瓦礫は残っていたが、積み重ねた石や煉瓦が、地震力によりずれて、重力による転倒モーメント（所謂、P-Delta 効果）によって、積み重なったものがずれて、さらに安定性を失い、そのまま積み重なるように崩壊している印象を受ける。そのように考えると、組積造の建物には、特に高さ方向の一体性（Integrity）がとくに重要である。



図 2-29 Antakya の地震被害状況（新市街地）



図 2-30 Antakya の地震被害状況（旧市街地）

Samandag における地震被害状況を図 2-31 に示す。Samandag の住宅地では、3 階建ての集合住宅が層崩壊をしていた。2、3 階は殆ど無損傷であるのに対して、1 階部分が大きく傾いている。隣の建物との隙間を見れば、1 階部分で大きく傾いていることが分かる。これは、1 階部分に変形が集中しており、明快な層崩壊である。1 階部分の内部では、図 2-31 右に示すように、柱の柱頭部、柱脚部で塑性ヒンジが形成され、層崩壊メカニズムが形成されていた。一方、梁と床は殆ど無損傷である。柱梁耐力比を考慮して、梁降伏先行型の全体崩壊メカニズムとするか、連層耐震壁を配置して層崩壊メカニズムを阻止する必要がある。



図 2-31 Samandag の地震被害状況

Iskenderun 市街地では、図 2-32 左に示すように、高層集合住宅が完全崩壊していた。多くの高層マンションの壁にひび割れが入って大破しており、また、建物全体が少し傾斜しているように見えた。海岸沿いの敷地であり、液状化の影響も考えられる。パンケーキクラッシュした中高層の集合住宅が 3 棟ほどあり、図 2-32 右に示すように、すでに瓦礫は撤去され、更地になっていた。パンケーキクラッシュでは、地震の揺れによりある部材が壊れ、連鎖的に他の部材が壊れ、安定性を失う、進行性崩壊現象が起こる。それらに共通することは、冗長性 (Redundancy) の欠如である。地震を受けても壊れない部位を設置する、たとえば 1 個の部材が壊れても他の部材で耐えられるようにするなど、冗長性のある設計が望まれる。



図 2-32 Iskenderun の地震被害状況

2-4. 崩壊メカニズムとその阻止方法

日本建築学会の靱性保証型耐震設計指針では、図 2-33 に示すように、柱の柱頭部、柱脚部が、梁端部に先行して降伏する、柱降伏型のメカニズムを危険とし、梁端部を降伏させる、梁降伏型を推奨している。柱降伏型は層崩壊を起こす危険性があるのに対し、梁降伏型は、全体降伏機構を形成するためである。Samandag の被害状況で示した、図 2-31 に示した建物は、柱降伏型となっている。層崩壊メカニズムを阻止する方法として、耐震壁フレームを加える方法を推奨している。この連層耐震壁により、地震時における層間変形角がより均一になり、特定層への変形集中を軽減し、層崩壊メカニズムを阻止することができる。

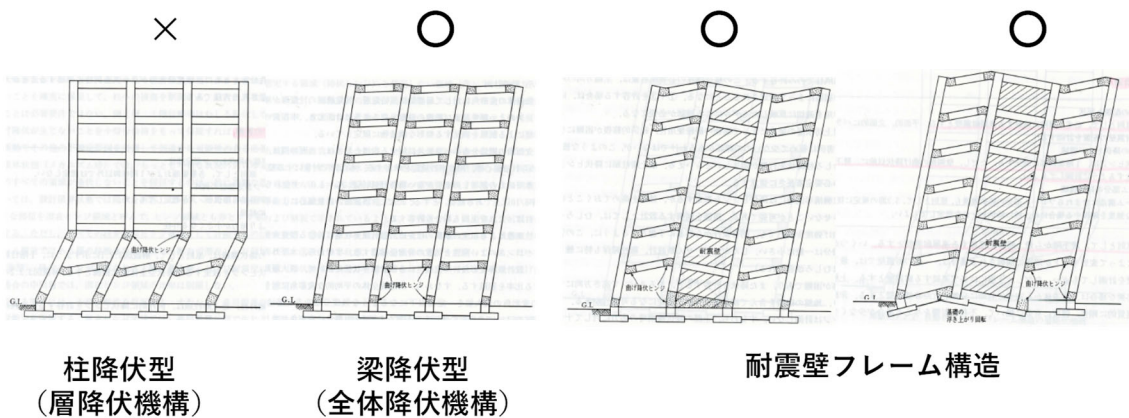


図 2-33 崩壊メカニズムとその阻止

今後、トルコにおける耐震補強、耐震改修を行う上で、様々な方法が検討されると思うが、図 2-34 に示すように、ロッキング連層耐震壁など心棒を用いた制震による方法、或いは、ある特定層(免震層)に変形を集中させる免震による方法なども候補として考えられる。

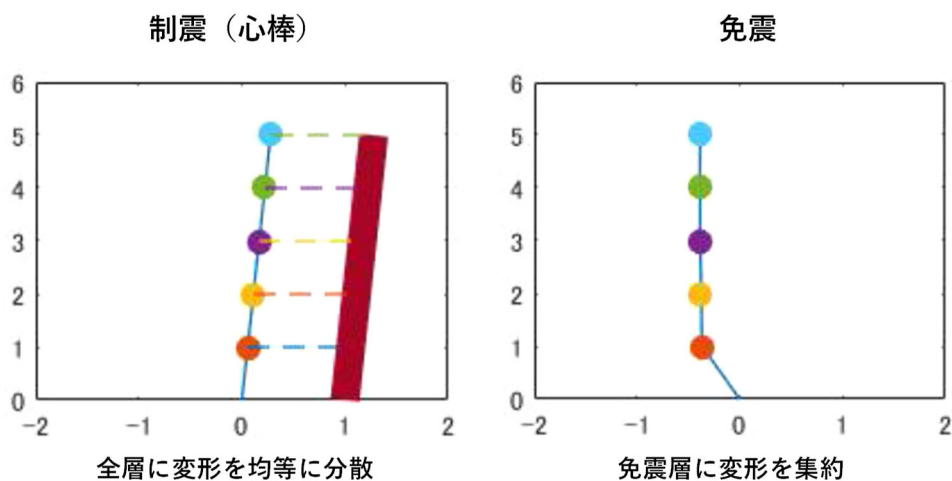


図 2-34 制震 (心棒) と免震

3. 調査報告Ⅱ 建物の具体的形態と被害の状況 ～構造設計の視点から～

3-1. はじめに

近代建築と言えども、その建築技術は歴史・風土・文化・慣習に根ざしている。日本の耐震技術が国際的な普遍性を有しているとは必ずしも言えないが、それ故にトルコの耐震技術とは異なる視点で、震災の状況を見ることも出来るものとする。

3-2. 隣接建物間隔と震害の拡大について

個々の建物に生じた地震力は、個々の建物が負担する前提で設計されている。しかし、トルコ市街地に於いては、建物壁面が敷地境界線上にあり隣接建物同士が密着しているため、地震水平動に対して、1街区の建物群が一体となって挙動したと考えられる。他方、個々の建物の建設時期も様々であり、現行耐震規準に鑑みて耐震性が不足する建物も存在していたものと推測される。そのため、一体となって挙動する建物群の地震水平力が、或る建物に集中して破壊を招き、更に次の建物に水平力が集中すると言うように、連鎖的に破壊が進行することで、被害が拡大したものと推察される。

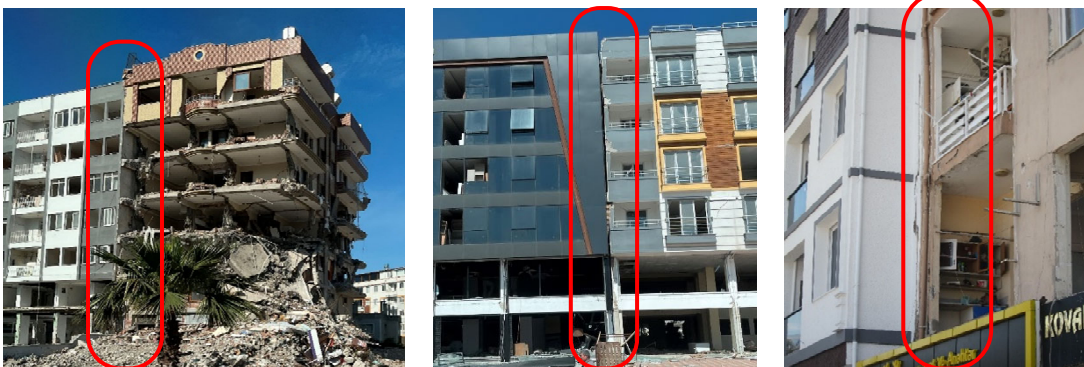


写真 3-1 密着して隣接する建物

因みに、日本に於いては、建物壁面線の敷地境界からの後退が（建築基準法制定以前に制定された）民法で規定されている。その結果、隣接建物が地震時に水平変位を生じて、相互に衝突しないことが担保されている。

3-3. 中高層建物低層部の商業利用と震害について

トルコ市街地に建つ中高層建物の低層部は、殆どが商業施設となっている。そのためか、低層部には壁がなく、中2階を設けるものもあり階高も高い。更に、街路に面した間口を開放するためか、間口方向の柱幅が狭い。そのため、街路に面した間口方向に対して、低層部の剛性率が小さくなり、地震エネルギーが低層部に集中し易い構造（所謂、ピロティ形式）になり、被害が生じたものと推察される。



写真 3-2 商業利用される建物低層部および中 2 階(mezzanine)のある建物

また、柱幅が奥行き方向には広いが、間口方向には狭い（梁幅と同じ）ため、間口方向に対して、層崩壊し易い柱曲げ降伏先行型の剛接架構となり、被害が生じたものと推察される。なお、トルコの現行耐震規準 TBEC-2018 には、不均一な水平剛性や中 2 階に対する配慮事項が盛り込まれている。



写真 3-3 間口方向に扁平化された柱

3-4. RC造建物の無筋(non-reinforced)組積造帳壁(filling wall)と震害について

トルコ市街地に震災を受けて残存する建物、倒壊した建物の瓦礫あるいは建設工事中の建物を見る限り、中高層 RC 造建物は RC 造剛接架構を構造体とし、外壁および内壁は無筋の断熱コンクリートブロックまたは煉瓦の組積造帳壁となっている。そのため、RC 造剛接架構の地震時層間変位に追随出来ず、躯体の倒壊以前に崩壊・脱落し、人的被害を拡大したものと推察される。



写真 3-4 被災した RC 造建物(左)と建設中の RC 造建物(中央・右)

因みに、日本では、関東大震災の発生したの翌年(1924 年)に改訂された市街地建築物法に於いて、組積造張壁は鋼材で補強し、躯体に緊結することが規定された。この規定により、帳壁も RC 造として剛接架構と一体化し、耐震壁付剛接架構とする日本独自の RC 構法が、誘導され普及に至ったと思われる。また、日本の保有耐力計算および許容応力度計算では、組積造帳壁は躯体架構の耐震性に影響しないと看做すが、建物の固有周期は安全側の評価

(実体より短い固有周期)を与える略算式を用いている。なお、トルコの現行耐震規準 TBEC-2018 には、帳壁の水平剛性への影響も盛り込まれている。

3-5. トルコの構造設計者の資格制度と現行耐震規準について

トルコでは土木工学 (Civil engineering) 学士号 (4 年制)取得者であれば、建築物の規模に関わらずその構造の実施設計が出来る。建築の構造設計者に対する資格免許制度および免許更新制度がなく、実務経験も不問であり、技術力の維持と向上を計る制度も存在しない。

一方、2018 年に改訂されたトルコの現行耐震規準 TBEC-2018 は、Eurocode-8 に準拠し、日本の新耐震基準 (保有耐力計算または限界耐力計算) と概ね同等である。それ故、耐震規準および耐震設計は高度化し、構造計算はコンピューターにより構造計算プログラムで行なわれるが、構造計算プログラムの適合性、架構のモデル化の正当性および入力と設計図書との整合性など、プログラムで出力された構造計算書の適合性を照査することは容易とは言えない。構造設計者の経験および技術力の不足あるいは職業倫理観の欠如、構造設計照査者の能力不足などから、構造設計に瑕疵が生じていた可能性も考えられる。

因みに、日本に於いて建築の構造設計を行なうには、建築士法で定められた国家資格が必要であり、有資格者の不正行為に対して罰則規定が存在する。具体的には、大学の建築学科を卒業し、2 年以上の設計実務経験を経て、一級建築士国家資格試験に合格する必要がある。大規模な建物の構造設計を行なうには、更に 5 年以上の構造設計実務経験を経て、国家が認定した講習の課程を修了し、構造設計一級建築士の国家資格を取得する必要がある。また、構造設計一級建築士は、3 年毎に一級建築士の定期講習および構造設計一級建築士の定期講習を受講しなければならない。

3-6. その他

トルコの現行耐震規準 TBEC-2018、米国建築規準 IBC-2018 あるいは日本の限界耐力計算など最新の耐震規準は、結果的に建築の架構を靱性指向型構造および柔構造に誘導する可能性がある。しかし、RC 造中低層建物に対する日本の耐震基準は、1924 年制定以来より現行建築基準法の許容応力度計算に至るまで、強度指向型構造および剛構造に誘導し、日本独自の (帳壁) 耐震壁付剛接構造が普及している。そのため、日本の RC 造建物の柱は欧米と比して明らかに太く、柱・耐震壁・袖壁など RC 造の鉛直部材断面積 (壁量) も大きい。壁量は架構の水平耐力を増すのみならず、鉛直支持能力も増す効果がある。このことは、地震被害調査に依っても、壁量の大きな建物ほど震害が小さいことで実証されている。

4. 調査報告Ⅲ 被災自治体首長訪問 および テントやコンテナ仮設住宅などの視察

4-1. 被災自治体首長ヒアリング結果

4/14(金)にアダナ県チュクロワ区長およびカフラマンマラシュ県オニキシバト区長、4/15(土)にハタイ大都市自治体首長、4/16(日)にハタイ県パヤス区長を訪問してヒアリングを行った。以下、得られた主なコメントを掲載する。

- ・区長として、今後被災した多くの建物を解体することを決めている。
- ・倒壊した建物の中には、所有者が柱を勝手に撤去したのもあった。
- ・日本の震災への復旧や復興の経験を我々に伝えてほしい。当区の技術者を派遣することも検討したい。
- ・当区の震災後のまちづくりの基準として、高層ビルを禁止し原則5階建て以下に制限すること、また、建物の基準として、①中2階をやめること②地下階を設けること③地盤の検査を強化し地盤改良を指導することを新たに決めた。

- ・被災した建物を単に再建することではなく、復興するまちづくりのプランからしっかりと考えていく。
- ・食料などの生活物資は足りている。被災者の仮設住宅や復興支援者への宿泊施設が足りない。
- ・水、電気、ガスなどのインフラは大丈夫。震災後1週間後程度で復旧した。
- ・震災前から地震予測はあったが、対策が間に合わなかった。

- ・これからの新しいまちづくりを大学や専門家と考えている。
- ・我々が考えていることは、①震災の現実を知ること。覚えておくこと。②震災の現実を元に具体的な計画を立てること。③震災に関する社会教育が必要であり多様な分野からのサポートが必要であること。④必要な資金計画を含め、立てた復興計画を着実に実行すること。
- ・ぜひ日本の震災復興の経験を教えてほしい。さらに、資金面を含めたサポートをお願いしたい。

- ・当区では、倒壊した建物は少なかったが、被害を受けた建物は1000棟以上ある。
- ・被害を受けた建物のチェックは1週間で完了した。
- ・当区では震災前に耐震性の低く危険な建物の撤去を始めていた。そのうち3棟は裁判になり撤去できなかったが、今回の震災で倒壊し400人以上が亡くなった。撤去し移転できた住民からは感謝された。地震が起こる前の準備が大切であることを改めて思った。
- ・日本には、災害を経験しながら、いつも発展している強いイメージがある。
- ・1999年のトルコ地震を受けて2000年に神戸市を訪問したことがある。街の様子や救助の様子を説明してくれた。

以上のコメントから、特に次の点が主な共通事項としてあげられる。

- ①単なる建物の再建ではなく、災害に強いまちづくりを行いたい。
- ②そのためには、震災復興の知識や経験の共有、耐震技術、資金など、日本にはさまざまな面の支援をお願いしたい。

4-2. テントやコンテナ仮設住宅などの視察

4/14 (金) にカフラマンマラシュ県ドゥルカディロール地区にあるイスタンブル・ベイオール地区提供の災害救援センター、4/16 (日) にハタイ県イスケンデルン地区のテント村、ハタイ県パヤス地区の 2 カ所のコンテナ仮設住宅、ハタイ県パヤス地区のカタール提供の野戦病院を視察した。

4-2-1. イスタンブル・ベイオール地区提供の災害救援センター (カフラマンマラシュ県ドゥルカディロール地区)



写真 4-1 サッカー場を災害救援センターに転用している



写真 4-2 服の提供

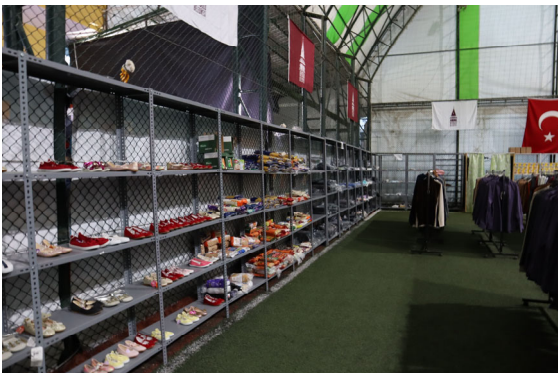


写真 4-3 靴の提供



写真 4-4 毎日 1 万 5 千人分の食事を提供

4-2-2. イスケンデルン地区のテント村 (国や自治体、トルコ赤新月社等が提供)



写真 4-5 最大で 2700 人収容可能。現在は 2050 人が 450 のテントで暮らしている。近くのコンテナ仮設住宅に少しずつ移動している。



写真 4-6 トルコ赤新月社 食事の提供



写真 4-7 イスタンブル・ユスキュダル地区提供の
ラマダン用食事テント



写真 4-8 同左 4000 人の食事を提供する



写真 4-9 子どもたちの心のケアのためのテント



写真 4-10 移動図書館（テントとバス）



写真 4-11 居住用テント 暑さが問題になってきた



写真 4-12 軍のテントによる学校

4-2-3. パヤス地区のコンテナ仮設住宅など



写真 4-13 コンテナ仮設住宅 335 戸 来週完成する
洗濯コンテナ、病院コンテナ、学校コンテナ等もある



写真 4-14 サッカー場や体育館もある 写真はサッカー場



写真 4-15 コンテナ外観



写真 4-16 コンテナ内部 21 m²
キッチンがつく



写真 4-17 コンテナ内部 トイレとシャワー、手洗い



写真 4-18 現在使用中のコンテナ仮設住宅も訪問した



写真 4-19 カタール提供の野戦病院



写真 4-20 カタール提供の野戦病院 内部

5. 調査報告Ⅳ 歴史的建造物の被害の状況

カフラマンマラシュ県ドゥルカディロール地区のウルジャーミイ（15C）の中庭に特別に入ることができたため、5-1 ではその被害状況の写真を掲載する。5-2 では、その他の主な歴史的建造物の被害状況の写真を掲載する。

5-1. カフラマンマラシュ県ドゥルカディロール地区のウルジャーミイ



写真 5-1 ミナレットが倒壊し足元に石が転がっている
エントランス付近が損傷している



写真 5-2 エントランス付近が損傷している



写真 5-3 損傷したポルティコ



写真 5-4 損傷したポルティコ



写真 5-5 ポルティコのアーチ部



写真 5-6 ポルティコのアーチ部



写真 5-7 ミナレットにひびが入っている



写真 5-8 倒壊したミナレットの石のほぞ穴



写真 5-9 倒壊したミナレットの石の鉄製つなぎ材



写真 5-10 ドローンで撮影



写真 5-11 ドローンで撮影



写真 5-12 ミナレットが倒壊して石が落下することで、建物が損傷していることがわかる

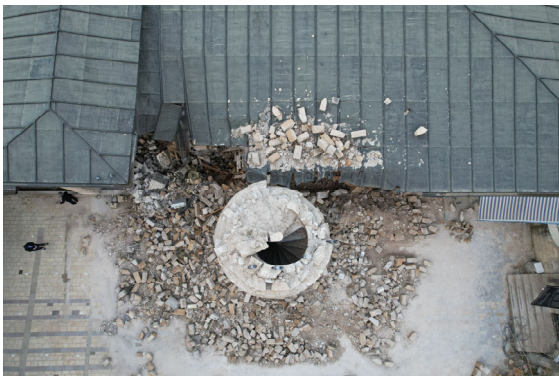


写真 5-13 ミナレット内部の階段



写真 5-14 周囲の回廊は無事



写真 5-15 外壁 ひびが入っている



写真 5-16 外壁 ひびが入っている

5-2. その他の主な歴史的建造物



写真 5-17 ハタイ県アンタキヤ地区 ウルジャーミイ
正面の樹木の傍にミナレットが建っていたが、建物とともに全壊している



写真 5-18 ハタイ県アンタキヤ地区
ハタイ国時代の国会議事堂



写真 5-19 ハタイ県アンタキヤ地区 ギリシャ正教会



写真 5-20 ハタイ県アンタキヤ地区
プロテスタント教会



写真 5-21 ハタイ県アンタキヤ地区
Sarimiye Camii ミナレットが倒壊している



写真 5-22 ハタイ県アンタキヤ地区 Habib-i Neccar Camii
 ミナレットやドームが倒壊している

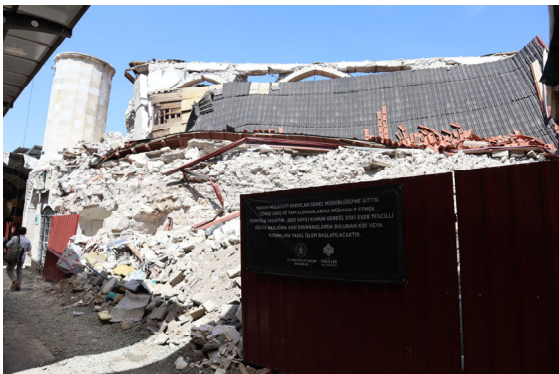


写真 5-23 ハタイ県アンタキヤ地区
 Mahremiye Camii ミナレットが倒壊している



写真 5-24 ハタイ県イスケンデルン地区
 ギリシャ正教会



写真 5-25 ハタイ県バヤス地区
 Sokullu Mehmet Paşa Külliyesi ミナレットが倒壊している

6. 調査報告に基づく各種提言

以上の調査報告を踏まえ、本報告書においては下記8つの提言を行う。

① 現行耐震規準 TBEC-2018 の妥当性の検証

建設中の建物であっても、大破はしていないものの無筋組積造の帳壁・腰壁が破損・落下しているものも見受けられた。まず、激震地に於いて、TBEC-2018 で設計された建物に震害あるいは問題がなかったかを検証する必要がある。

② 非構造部材（張壁・天井・建築設備 etc.）の耐震性確保

中小地震時（損傷限界）では損傷しないこと。大地震時（安全限界）でも倒壊・脱落・落下しないことが求められる。その他、家具・備品の転倒防止も重要である。

③ RC 造建物に於ける組積造帳壁(filling wall)の補強

地震時に破損しても落下しないよう鉄筋等による補強が必要である。更に、RC 耐震壁化または耐力壁(load bearing wall)化が望まれる。RC 造の帳壁は、建物の水平耐力のみならず、鉛直支持能力をも増大させ、倒壊の危険性を減じる効果もある。

④ 非構造部材の軽量化

組積造帳壁は、たとえ鉄筋補強したとしても耐震性は乏しく、構造解析上も不明瞭な部材となる。他方、組積造帳壁は重量が重く、地震力を増大させる。したがって、間仕切り壁等はボード張りの乾式壁として軽量化すべきである。耐震性に寄与しない外壁も、ALC 版などの軽量化材料が望まれる。耐震性の向上に最も簡単な方策は、建物の軽量化である。

⑤ 隣接建物との確実な絶縁または一体化

隣接建物が密着する状態では、振動性状あるいは耐震性の異なる建物が相互作用で連鎖的に崩壊する危険性が高い。したがって、地震水平力により水平変位を生じた場合に於いても、隣接建物同士が衝突しないように隣棟間隔を空ける必要がある。しかし、このためには建蔽率の低減が必要で、実現性が低い。建蔽率を維持しながら、この問題を解決する方策として、隣接建物群の一体化が考えられる。土地および建物に関する所有権および使用権の問題も生じるが、一体化することで、密着する2本の柱も1本の太い柱となり、密着する2枚の帳壁も、1枚の耐震壁にすることが可能で、耐震性の高い架構が実現可能である。その他、階段・EV等の共有も可能で合理的な計画となる。

⑥ 組積造ミナレットの耐震補強法の開発

今回視察ができた伝統的なジャーミイの全てでミナレットが倒壊していた。またカフラマンマラシュ県のウルジャーミイでは、ミナレットの倒壊が原因で、建物が損傷していることが確認された。文化財建造物を守るためには組積造の耐震補強法の開発は急務であるが、そ

の中でも特にミナレットの耐震化を進めることは、文化財建造物を守る上で非常に即効性があると思われる。

19 世紀末日本に雇われた外国人建築家が考案した煉瓦造の耐震化構法である帯鉄構法 (Hoop-Iron construction) (M. Horiuchi: "A Study on The Hoop-Iron Construction Adopted in The Old Building of The Ministry of Justice", J. Archit Plann. Environ. Eng., AIJ, No. 499, pp. 193–198, Sep., 1997. 図 2. Reinforced brick chimney by R. Seel および図 3. Construction method by J. Lescasse)、あるいは Sagrada Familia 教会の尖塔建設工事に於いて、Arup Group Limited が提案し採用された石材と鉄骨によるプレハブ工法 (<https://www.arup.com/projects/sagrada-familia>)などがヒントとなる。

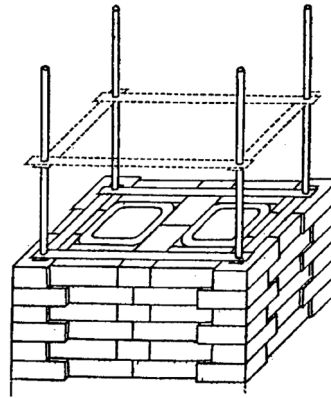


図 6-1 ゼールによる煉瓦造煙突の補強法 (M.Horiuchi, 1997)

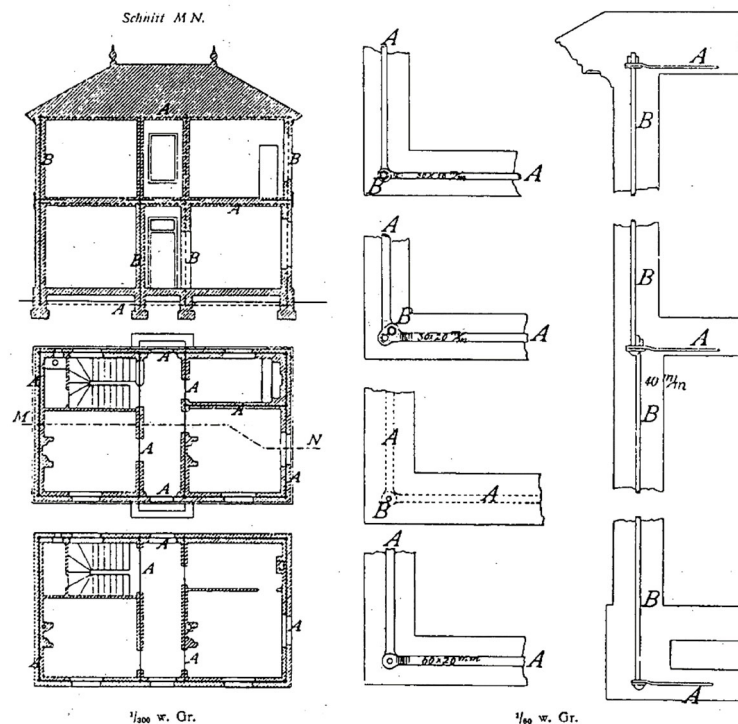


図 6-2 レスカスの構法の図解 (M.Horiuchi, 1997)

⑦ 被災自治体の経験を共有する国際的な仕組みの構築

被災自治体首長のヒアリングより、トルコと同じ地震国である日本と情報共有したい旨、複数コメントがあった。日本やトルコ等の被災自治体の様々な取り組みや経験を共有する国際的な仕組みの構築が求められる。

⑧ 震災に関する国民意識の醸成と向上

今回の大震災を受け、地震国であるトルコで、地震に対する国民の生命財産を守るための事前準備の必要性について、改めて政府や専門家だけでなく国民全体が認識し、行動を起こすことが必要である。そのためにはあらゆる年代に対する住まいに関する教育や啓発が最も重要である。例えばバフチェシヒル大学等の教育機関が政府や自治体と協力し、教育プログラムを進めていくことも考えられる。

7. メディア掲載一覧

7-1. トルコ

- https://twitter.com/sonercetin01/status/1646796971519221762?t=OErXPhdMo_66HolCPHtOwQ&s=19
- <https://www.instagram.com/p/CrAqP9Glaiu/?igshid=MDJmNzVkMjY=>
- <https://8gunhaber.com/Mobile.aspx?go=habergoster&hid=59544>
- <https://penceretv.com/belediyelerimiz/chpli-savas-hatayi-yapilandiracagiz-258549h>
- <https://www.yenimanset.com.tr/haber/japon-kobe-belediyesi-hataya-birikimini-aktaracak-356.html>
- <https://www.havadishaber.net/japon-belediye-hataya-birikimini-aktaracak/>
- <https://www.iha.com.tr/istanbul-haberleri/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-turk-depremzedelere-4287782/>
- <https://www.dha.com.tr/yerel-haberler/istanbul/merkez/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-2237584>
- <https://www.gercekgundem.com/guncel/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-turk-depremzedelere-419524>
- <https://www.bizimsamsun.net/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-turk-depremzedelere/>
- <https://www.gunestv.com/infinite-haber-devam-60254-haberi>
- <https://www.dha.com.tr/yerel-haberler/istanbul/merkez/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-2237584>
- <https://www.bursasondakika.com.tr/m/gundem/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-h153966.html>
- <https://haberton.com/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakodan-turna-kuslu-dilek/>
- <https://www.batiantalya.com.tr/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-turk-depremzedelere>
- <https://www.memleket.com.tr/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-turk-2211881h.htm>
- <https://beyazgazete.com/haber/2023/4/18/hirosima-magduru-japon-kiz-sadako-nun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-turk-depremzedelere-6777314.html>
- <https://www.medyaege.com.tr/sadakonun-origamisi-umut-olacak-217726h.htm>
- <https://www.bizimizmir.net/hirosima-magduru-sadako-nun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-turk-depremzedelere-54843>
- <https://www.ekoIQ.com/japon-heyeti-deprem-bolgesinin-toparlanmasi-icin-isbirligi-sart/?amp=1>
- <https://www.dha.com.tr/gundem/hirosima-magduru-japon-kiz-sadakonun-bin-turna-kuslu-origami-dilegi-turk-depremzedelere-2237588>
- <https://www.gayrimenkulhaber.com/guncel/prof-dr-murat-dundar-turkiyede-sadece-binalar-cokmemis-yapi-denetim-sistemi-de-cokmustur/>

- ・ <https://youtu.be/DrDGsWkvUGY>
- ・ <https://youtu.be/VRmDX67GNnc>

7 - 2 . 日本

- ・ <https://www3.nhk.or.jp/kansai-news/20230412/2000072752.html>
- ・ <https://sun-tv.co.jp/suntvnews/news/2023/04/11/66142/>
- ・ <https://www.youtube.com/watch?v=jtfl7IIKqJA>
- ・ <https://nordot.app/1018447022640136192>
- ・ <https://mainichi.jp/articles/20230413/ddl/k28/040/245000c>
- ・ <https://info.mukogawa-u.ac.jp/publicity/newsdetail?id=4348>
- ・ <https://www3.nhk.or.jp/kansai-news/20230502/2000073391.html>
- ・ <https://www3.nhk.or.jp/lnews/kobe/20230502/2020021764.html>
- ・ <https://www.yomiuri.co.jp/world/20230503-OYT1T50088/>
- ・ <https://www.tiktok.com/@ytvnews/video/7228156199231917314>
- ・ <https://www.kobe-np.co.jp/news/kobe/202305/0016337257.shtml>
- ・ <https://info.mukogawa-u.ac.jp/publicity/newsdetail?id=4365>
- ・ 読売新聞 2023年4月12日(水)
- ・ 朝日新聞 2023年4月12日(水)
- ・ 神戸新聞 2023年4月12日(水)
- ・ 産経新聞 2023年4月12日(水)
- ・ 読売新聞 2023年5月3日(水)
- ・ 神戸新聞 2023年5月11日(木)

謝辞

トルコ国内においては、バフチェシヒル大学に多大なるご支援・ご協力をいただきました。また本調査にあたり、現地自治体の多くの方々にご協力をいただきました。ここに感謝申し上げますとともに、被災地の1日も早い復旧・復興を心より祈念いたします。

なお、武庫川女子大学の3人の現地派遣につきましては、兵庫県の「トルコ地震復旧・復興応援プロジェクト」からご支援をいただきました。ここに感謝申し上げます。

Problems that increased the destruction caused by the Kahramanmaraş-centered earthquake

Prof.Dr. Murat Dünder
Dean of Faculty of Architecture & Design,
Bahçeşehir University

The earthquake occurred in the city of Kahramanmaraş in Turkey on February 6, 2023 and the subsequent earthquakes in the same region caused great destruction that would affect a total of 11 cities in the region, and many people lost their lives. As it is always said, it is not the earthquake itself that causes loss of life, but the instability of man-made structures.

When we look at the buildings that were heavily damaged or destroyed in the last earthquake, we can say that it is possible to make an assessment in 4 categories in general:

1. **Old Buildings/ Historical buildings:** Buildings over 25 years old, built according to the zoning regulations valid before 1998,
2. **New Buildings:** Relatively new buildings built according to updated zoning regulations after the 1999 earthquake (including the 2007 and 2018 updates),
3. **Illegally constructed buildings:** Buildings that were built illegally without being bound by any law, regulation or legislation, but were legalized through zoning amnesties generally applied by the state in the pre-election periods, and the project and production processes are completely disabled,
4. **Buildings with unauthorized structural changes:** Buildings with structural interventions such as column, beam cutting, etc. that the users perform in line with their needs without any technical support.

The first official Earthquake Regulation in Turkey was published in 1975 and has been updated 3 times in 1998, 2007 and 2018 based on the experiences gained in the following earthquakes.

The static calculation methods used in the construction sector in Turkey are generally similar to those used in European Union countries and the United

States. Eurocodes are widely used as a reference for static calculations in the construction sector in Turkey.

Some of the commonly used static calculation software programs in Turkey include SAP2000, ETABS, Sta4CAD, AxisVM, Robot Structural Analysis, and ProtaStructure. Each program has its unique features, advantages, and disadvantages, so the choice of which program to use may vary depending on the project's specifications and needs.

The journey of a construction process in Turkey from capital to building is summarized in the schematic description shared in Fig.1. The process starts with the application of the investor/property owner to the relevant municipality with a petition in order to learn about the construction rights of the land they intend to build.

The relevant unit of the municipality is obliged to provide the investor with the documents needed for the project in accordance with the provisions of the Master Zoning Plan and Implementation Development Plan in effect regarding the land. With the submission of the relevant documents to the project team, the project phase, which includes architects and engineers, begins.

After obtaining the preliminary consent from the municipality, in which the studies on the architectural project and the rights to build are confirmed, the architectural application project, ground survey, static, mechanical, electrical, etc. all other projects are completed with the coordinated work of the relevant professionals, and all projects are first approved by the Building Inspection Firm; and then the process continues by submitting it to the municipality's license unit for construction phase approval. The projects for which the license has been obtained are delivered to the contractor company, which will undertake the construction, as a package, and the construction process is started. At this stage, the construction process is taken under control by 3 different mechanisms: The first audit is the self-audit carried out by a professional assigned by the construction company; It is the inspection carried out at the construction site by the officials of the Building Inspection Firm, which was assigned as the second inspection center; the last one is the inspections for control purposes carried out at the construction site at regular inspection visits by the relevant department of the Municipality.

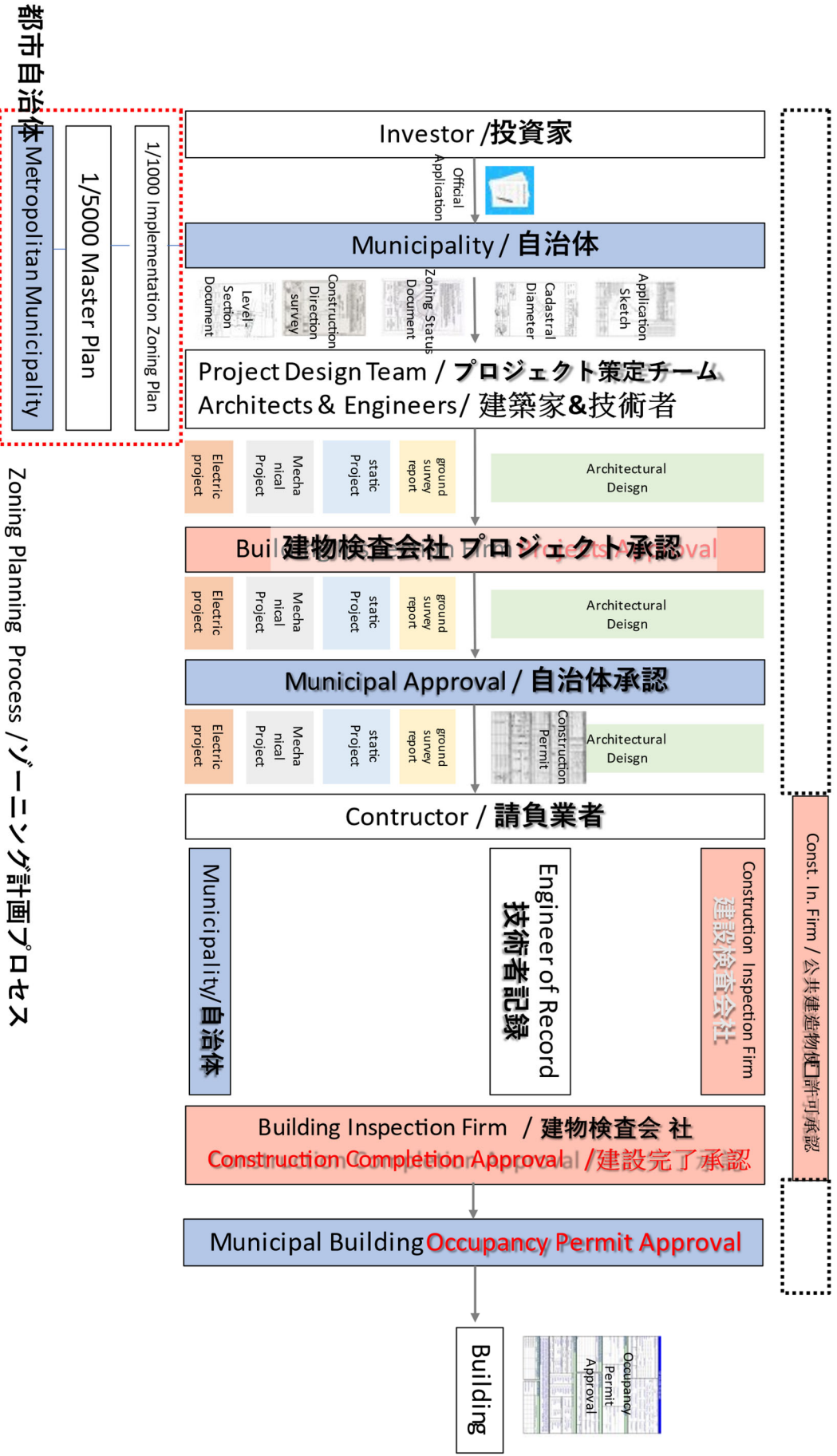


Figure 1: Construction permit phases and inspection mechanism officially implemented in Turkey

When the construction process is over, firstly, after the Building Inspection Firm gives its approval that the construction is completed, the construction control unit of the municipality makes the final visit to confirm that the construction has been carried out in accordance with the project, and the process is completed by giving the occupancy (building occupancy permit) to the property owner.

As it can be understood when the whole process is examined, the entire process is repeatedly audited in the system itself, which is currently in effect, and it can be continued by obtaining conformity approvals.

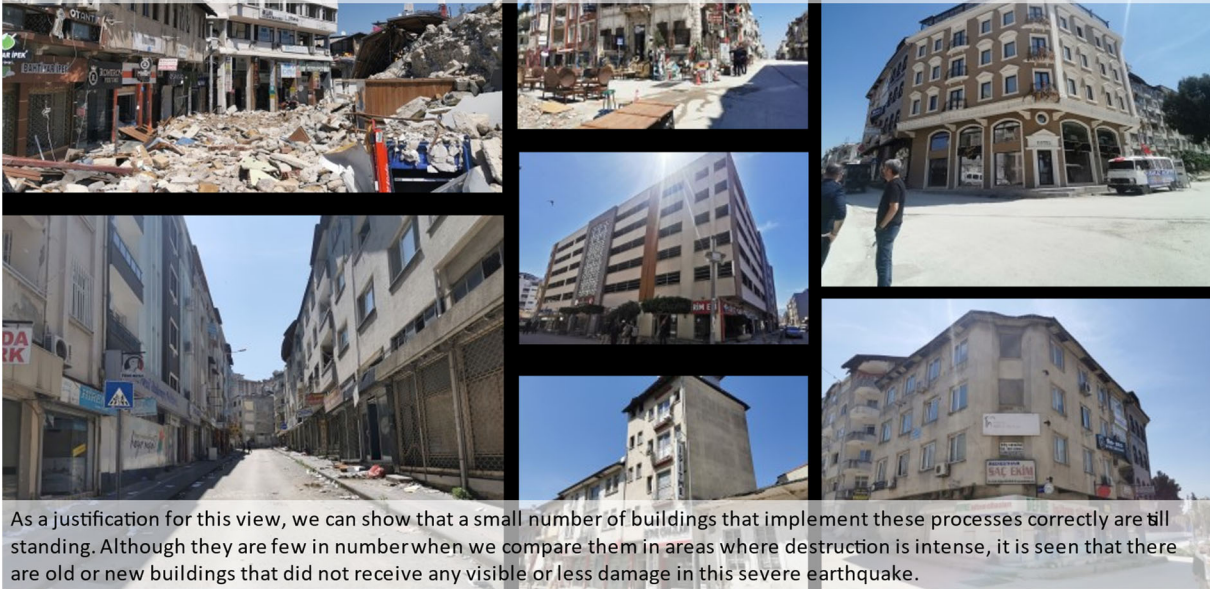
Within the scope of the observations and examinations made in the earthquake region, the main causes of structural damage in urban areas are similar to the earthquake damage experienced in the past which can be summarized as follows:

- In attached buildings, the floor and beam alignments are at different levels compared to the adjacent building, and the destructions due to the hammering effect that occurs during the earthquake.
- Possible negligence in the inspection of productions following the start of the construction process, (Inadequacy of technical staff and lack of supervision in the fields of professional expertise,)
- Damages caused by interventions made during the usage process,
- Zoning plans and plan amendments made without considering disaster data, and opening of agricultural lands and soils with low carrying capacity for construction,

There is no doubt that the problems experienced especially in new buildings would have been significantly reduced if the rules that have already been set in both the legal legislation and the project design and permitting processes were properly implemented and inspected.

As a justification for this view, we can show that a small number of buildings that implement these processes correctly are still standing. Although they are few in number when we compare them in areas where destruction is intense, it is seen that there are old and new buildings that did not receive any visible or less damage in this severe earthquake.

この考え方を正当化するものとして、私たちは、これらのプロセスが正しく実践された数少ない建物が、依然として建っていることを示すことができる。破壊が著しい地域で見ると、数は少ないが、この大地震で無傷もしくは損傷が小さい、古い建物、新しい建物も見ることができる。



As a justification for this view, we can show that a small number of buildings that implement these processes correctly are still standing. Although they are few in number when we compare them in areas where destruction is intense, it is seen that there are old or new buildings that did not receive any visible or less damage in this severe earthquake.

The most basic problem in the processes is not the laws, regulations or the projects created in accordance with them, but the lack of awareness of responsibility in the people who will implement them. In summary, the main factor in the growth of the disaster is that the awareness of the disaster spread throughout the society was not embraced as much as it should be by all the stakeholders of the process.

In this context, all institutions and organizations, especially universities, should make an intense and programmed effort in order to spread an approach in which the concept of creating disaster-resilient cities is handled sensitively, internalized and become a collective consciousness, in a way that covers the whole society.