

# トルコ南東部を震源とする地震被害に対する 国際緊急援助隊救助チームへ 構造評価専門家としての参加報告

Report on participation as a structural engineer in the Japan Disaster Relief Rescue Team in response to the damages caused by the earthquake in the Republic of Turkey

本報告をお借りして、トルコ南部の地震でお亡くなりになった方々に衷心よりお悔やみ申し上げますと共に、被災された人々の一日も早い復興をお祈りします。

## 地震の概要

- 発生日時：2023年2月6日 01:17 (UTC), 04:17 (現地時間), 10:17 (日本時間)  
震源座標：37.226°N 37.014°E  
トルコ南部のガズリアンテプ (Gaziantep) 北西  
震源の深さ：10.0km  
地震の規模：7.8 (Mw)
- 発生日時：2023年2月6日 01:28 (UTC), 04:28 (現地時間), 10:28 (日本時間)  
震源座標：37.189°N 36.893°E  
トルコ南部のガズリアンテプ北西  
震源の深さ：9.8 km  
地震の規模：6.7 (Mw)
- 発生日時：2023年2月6日 10:24 (UTC), 13:24 (現地時間), 19:24 (日本時間)  
震源座標：38.011°N 37.196°E  
M7.8の地震震央から北に約95km離れた地点  
震源の深さ：7.4km  
地震の規模：7.5 (Mw)

上記はすべて東アナトリア断層系で発生しており、数値はUSGSから引用している。



図1 3つの地震の震央  
地図データ ©2023 Google 37°10'26.4"N 37°01'55.2"E - Google マップをもとに作成

## 活動報告

JSCA から構造評価専門家 (SE) として第一陣 (2/6~15) に株式会社東急設計コンサルタントの長田亜弥、第二陣 (2/7~15) に有限会社構造設計舎の一條典が派遣された。現地での活動を以下に報告する。

### 1. 事前情報収集

発災直後から派遣に備えて情報収集に努めた。インターネットを通して、トルコ共和国の1998年改訂耐震基準が建物の動的な挙動を考慮したいわゆる新耐震基準に相当するものの、改訂以前の建物が脆弱傾向にあることを早々に理解した。構造種別は低層住宅が組構造、中高層はRC造フラットスラブ構造で耐震壁はなく、内外壁は中空煉瓦積みのモルタル仕上げであることもわかった。中空煉瓦壁は非常にもろく、建物の重量は支持できず、柱の破壊に対して冗長性がない。耐震化の動向、特に公共施設の耐震化が進められており、学校の避難所計画を知ることができた (写真1・2)。

さらにトルコ出身で日本の構造設計事務所に勤務する方と繋がり、下記情報を得られた。

- 東アナトリア断層のうちカフラマンマラシュ近傍の一定区間は1513年以降地震がなかったが、2022年7月26日カフラマンマラシュにてM4.4の地震発生後に37回の地震が継続しており、大きな地震を引き起こす可能性が指摘されていたこと。
- カフラマンマラシュの多くの地域では、地表沖積層にて液状化の危険性があるにもかかわらず、近年は直接基礎の中高層共同住宅が建てられていること。
- 共同住宅の多くは広くて長いバルコニーを有する形状であること。
- コンクリート強度が低いこと。平均10N/mm程度。
- 柱は長期荷重に対して設計するため断面が小さく、柱梁接合部に鉄筋量が不足しており、地震時には柱梁接合部で割れや倒壊を起こすこと。
- 柱は帯筋が日本のように閉鎖形状でないためせん断力に弱いこと (写真3)。
- 隣接建物間に隙間がないため、地震時挙動により建物同士がぶつかり合うこと (写真4)。

第一陣集合直前にM7.5の地震が発生したため余震の可能性は十分に注意した。なお飛行機内にてWi-Fiが通じたため情報検索しながら心を整えることができた。

国際委員会 国際緊急援助隊部会  
構造設計舎 一條 典  
Tsukasa Ichijo  
株式会社東急設計コンサルタント 長田 亜弥  
Aya Osada

### 2. 出発時の情報共有

羽田空港ならびに待機時間を利用して情報共有を行った。今回大きな地震が起きた理由、RCフラットスラブ構造と中空煉瓦壁の特徴、倒壊危険性を判断する具体的な着目点 (柱頭のひび割れ方等)、床の数はヨーロッパ式のGround Floor、1st Floor、2nd Floorで日本と異なること、外壁の煉瓦ブロックや太陽熱温水機貯水タンクなどの落下にも注意が必要なことを伝えた。加えて、地震や建物に関して判断に迷ったら助言を求めてほしい旨を伝えた。

### 3. 到着時の情報把握

空港から現地への移動中、バスの車窓から現地の建築物の構造を観察した。共同住宅に関してはおおむね情報通りであったため、同乗の隊員に対して建物の特徴を解説した。建設中の建物は構造形式や造り方を説明するのに役立った (写真5)。

### 4. BoO (Base of Operation) 予定地の評価

BoOに選定した水道局敷地 (建物外) は地震による影響はなく、隣接にガレキや川もなく危険は少なかった。水道局の建物も、構造体には大きな損傷もなかったが、余震で吊り天井が落



写真6・7 BoO



写真1 フラットスラブ構造+中空煉瓦壁



写真2 中空煉瓦



写真3 柱のせん断補強筋と抜け出した主筋



写真4 隙間が少ない隣接建物



写真5 建設中の建物

下する可能性があった。建物外部をBoOに使用することは問題ないと助言した (写真6・7)。

### 5. 活動サイトでの情報収集と被災判断、活動方針の共有

5-1. M700 (Work Site IDであり、USAR活動を円滑に遂行するためサイト識別用に付番されたもの。以下同)

RC造11階建て共同住宅で、崩壊形は倒壊の際に各階柱が崩れて床が斜めに重なりあったパンケーキクラッシュであった。9階建てとの事前情報であったが、現地に着いてみると隣接建物と同タイプの可能性が高いと考え、床数を数えると11階建てであった。階数表現はヨーロッパ式の認識はあったが、通訳を介した住民ヒアリングにて地下室があると聞き一瞬情報が錯綜した。混乱を避けるために我々としては日本式の階数表現に統一し、現場指揮所のスケッチならびに建物の床自体に「4階床」等と漢字を明記し共通認識を持った。

活動に際しては、パンケーキクラッシュで安定崩壊していたため上部からのアプローチを助言した。床が斜めに重なっているため空間はあったが、第一陣保有の資機材にて支持材を作成することは難しく、隊員が身体を入れる際は自分の目でも建物の動きを監視するように努め、兆候が何かあれば絶対に止めることと心に決めていた。後述する建物監視システムによるモニタリングも実施しており、実際の救助活動で同システムを活用した初めてのサイトであった。

サーチにて生体反応があった箇所の一つに横からアプローチ可能な大きな空間があった。空間の下には瓦礫があり、それを



写真8 被災建物と健全な隣接建物との対比

除去すれば要救助者がいる可能性があった。しかしその空間は建物の折れ点に近く、柱梁接合部が崩壊して梁の片端が家具で辛うじて支持されている箇所であったため、第一陣としてその場にいた全員で情報を共有し、危険性を認識したうえで活動を再開した。瓦礫を除去する覚悟を決めた隊員に心から敬意を表す。皆が見守る中で行われたバケツリレーの速さには感動したが要救助者は見えず、壁の向こうと思われた。再度全員で情報共有を行い、壁にサーチングホールを開けるための振動を与えた瞬間に梁にヒビが入ったためSEとしてストップをかけた。要救助者には辿り着けなかったが、隊員は無事であったため判断は正しかったと考えるのと同時に、資機材が届いていれば結果は違ったのかなど様々考える(写真8・9)。

### 5-2. D701

このサイトは当初、第一陣が救助活動を行い、第二陣の本隊到着後、本隊が引き継いだサイトである。傾斜地に建つRC造5階建て共同住宅で、パンケーキ状に倒壊し、屋根スラブが最下端まで滑り落ちていた。ただし、最下層の一部(山側の部屋)は、半壊状態で空間は残っていた。群衆の中、後述するASR2を実施し、道路が斜めかつ階段状で車の通行が不可であること、向かいにモスクとS造トラス構造の避難所があり群衆はそこから来ていることから、活動をするなら道路専有した方が良いのではないかと助言した。立地条件からその後を想像することも建築計画に携わっているSEができることであった。

活動に際しては上部からのアプローチを助言した。当該建物は安定崩壊とは言えず、バランスを崩すと床が滑り出す危険性が高かった。今後起きる崩壊は最下端の床が接する摩擦が切れた時、もしくは最上部の倉庫部分が落ちてきた時であると考え、繰り返し助



写真9 床に漢字を明記し共通認識をもつ

言した。論理的に出した結論はぶれないし、忘れにくい。建物監視システムによるモニタリングは3か所にて実施した。安全管理者が上部倉庫部分と地盤との間のひび割れが広がっていることを発見した。建物倒壊の危険があるとSEから中隊長へ助言し、活動を終えることとなったが、隊全体の命を守った発言、判断であったと考える。安全管理者の存在と情報共有の重要性を再認識した。活動小隊交代と同時にSEも交代した。要救助者が、最下層の空間の壁を隔てた階段にいる可能性があるとの情報を得ていた。壁は脆弱であることから、当初壁を破壊して要救助者にアプローチすることが可能と判断した。助言後、改めて建物を観察していくと、上部の床を支えている柱が鉄筋コンクリートと判断していたものが、中空コンクリートブロックの壁であることがわかり、判断を撤回し壁破壊ではなく、上部からアプローチするよう助言を変更した。優先すべきは隊員の命でありSEのメンツではない。一瞬の判断もしくはその変更はお互いの信頼関係があればこそであり、訓練の賜物である(写真10・11)。

### 5-3. B702

RC造10階建て共同住宅で、完全なパンケーキ状の倒壊であった。当初、現地の救助隊が活動していたサイトであり、途中で日本隊が引き継いだサイトである。現地救助隊は最下層から横方向にトンネル状に瓦礫を掘り起こしていた。引継ぎ後、そのトンネル状空間を利用するのは危険であったが、要救助者に接するにはその方法しかないため、ダブルTポストショアというJDR手技である支柱を2基作成し安定化することとし、そのショアでは10階建ての重量を支えることは不可能であること、万が一再倒壊の際にほんのわずかな時間稼働しかできないことも説明し、十分注意をするよう助言した。同時に建物監視システムを使用し、対象建物の変化をモニタリングした。しかし、瓦礫を撤去していく過程で、先方に梁が落下して、前進できないと判断した結果、重機によるがれき撤去の活動に移行した(写真12)。

### 5-4. E703

複数棟倒壊により対象が広範囲なことから重機により足元が均されてきたため、現着後サーチ箇所を特定する際に同行した。ガレ場上部にて複数棟の倒壊状況を判断し、空洞や安定箇所を



写真10 上部からコンクリートを斬ってアプローチする隊員



写真11 屋根スラブが最下段まで落下した様子

言した。論理的に出した結論はぶれないし、忘れにくい。建物監視システムによるモニタリングは3か所にて実施した。

安全管理者が上部倉庫部分と地盤との間のひび割れが広がっていることを発見した。建物倒壊の危険があるとSEから中隊長へ助言し、活動を終えることとなったが、隊全体の命を守った発言、判断であったと考える。安全管理者の存在と情報共有の重要性を再認識した。

活動小隊交代と同時にSEも交代した。要救助者が、最下層の空間の壁を隔てた階段にいる可能性があるとの情報を得ていた。壁は脆弱であることから、当初壁を破壊して要救助者にアプローチすることが可能と判断した。助言後、改めて建物を観察していくと、上部の床を支えている柱が鉄筋コンクリートと判断していたものが、中空コンクリートブロックの壁であることがわかり、判断を撤回し壁破壊ではなく、上部からアプローチするよう助言を変更した。優先すべきは隊員の命でありSEのメンツではない。一瞬の判断もしくはその変更はお互いの信頼関係があればこそであり、訓練の賜物である(写真10・11)。

その場で助言できたので、救助とSEの両方の視線を活用でき有効であった。さらに中隊長の要望によりスケッチをしながら廻ったため現場指揮所にて報告しやすく、記憶を呼び起こし易かった。SEの活用方法として好例と考える。一部形状が残る建物上部に現地救助隊は上っていたが、安定しているとは言えないため、救助活動に移行する際は注意が必要な旨を助言した(写真13)。

### 5-5. D704

RC造8階建ての建物であり、完全なパンケーキ状の倒壊であった。情報では5階に子供がいる可能性があるとのことだった。安定した倒壊状態だったため、SEが建物上部に乗り、現状を把握した。最上層の屋根部分は倒壊時に横滑りして最上部の床は7階の床と判断し、床2枚を突破すれば5階にアプローチできると助言した。隣の半倒壊の8階建ての集合住宅は本サイト側に傾斜しており、本サイト側に倒壊する可能性が高かったため、建物監視システムを用い、隣接建物をモニタリングした。このモニタリングは本サイトで必須のものであったが、レーザー距離計の電池の予備がなくなったため、レーザー距離計1基でモニタリングが途切れないようにした(写真14)。

### 5-6. その他

RC造地下1階地上7階建てのホテルであり、地上部分はパンケーキ状の倒壊であった。地上部分は解体が開始されていたが、地下部分はほぼ空間が残っており、地下部分のサーチを行った。現地で設計図が入手できたため、レンガ造の壁の位置を助言した。活動に際しては隣接建物を建物監視システムでモニタリングした(写真15・16)。

### 6. 中隊交代

第一陣と第二陣が交代した際、引継ぎを行った。まず全体共



写真12 ダブルTポストショア2基で空間を確保



写真13 重機で支持された建物内をサーチ

有の場合SEから建物の特徴と注意点を解説し、その後SE同士で詳細と建物監視システムの状況について共有した。JICAが年一回実施している総合訓練にて中隊交代の想定を導入していたおかげで、現場でもスムーズに引継ぎができたと考えている。

### 7. 医療班および医療チームとの連携

出国から帰国の派遣期間を通して、医療班2人とSEの3人でトリプルパディを形成したところ有効であった。自身の安全管理はもとより、お互いの所在を把握し任務を把握できると次の行動を予測しやすくなり、初動が多忙なSEと要救助者発見後に多忙な医療班とはギアを入れるタイミングもずれ、救助以外の専門家同士として親和性が高く協力し合えた。今後も良い関係性を継続していきたい。

派遣最終日に医療チームの拠点となるガズィアンテプにて応急危険度判定を行った。対象は外来診療を行う学校(S造2階建て)、BoO用地の屋内サッカー場(S造平屋)ならびにトイレ(ブロック造平屋)、ホテル3棟(RC造9~11階建て)の合計6棟であり、いずれも仕上げ材にひびがある程度で構造躯体に問題はなかった。医療チームへ判定調査表を渡し、建物は問題なく使用できること、非構造部材とはいえ天井材の落下は見られたため、ホテルの宴会場などを使用する際は注意が必要な旨を伝えた。

応急危険度判定は被災地における構造設計者の活動として一般的にイメージしやすいが、救助チームSEの任務ではない。



写真14 建物上部からサーチ



写真15 図面を確認



写真16 ひび割れをマーキングしてモニタリング



写真17・18 医療チーム拠点の応急危険度判定

しかし我々の力を発揮できる場面であるため、調査票を一般社団法人日本建築防災協会 HP から入手し複数枚持参して備えていた。今回の派遣では救助チーム撤収と医療チーム展開のタイミングが合ったこと、拠点が車で1時間半の距離という好条件が重なったが、今後もこのようなSEの活用ができると良い(写真17・18)。

## 評価・課題

メキシコ派遣後に導入した建物監視システムは機能した。建物監視システムとは複数のレーザー距離計を建物の崩壊ポイントに向けてセットし、BluetoothでPCと接続して数値をリアルタイムでグラフ化し、事前に設定した閾値を超えると音とランプで警告をするシステムである。五感を伴ったモニタリングも重要であるが、システムによる監視の存在は疲労したチームに安心感を与える。ただ、レーザー距離計に使用する乾電池は寒冷地で消耗が激しく、2～3時間で切れることもあったため、今後予備の乾電池は余裕をもって用意したい。

活動ハザードとしてのアスベストリスクを隊へ情報共有できなかった。隊員は防塵マスクをしていることと短時間の活動であるため問題ないと考えていたが、リスクとしての存在を丁寧に助言すべきであった。

ASR2 (Sector Assessment) という救助活動を行う可能性があるサイトを特定する活動を複数回実施し、街中を車で廻った。ASR2は国際ルールに則った他国を含むチームがSearch & Rescueに移行する前の活動であり、国際チームの一員として重要な任務である。これにより当該被災範囲内において優先

して活動する場所を特定し、各チームをランクに合わせて効率的に配置することができる。建築の専門家としては、街の様子を知ることができて有難かった(写真19・20)。

## 所感

派遣期間を通して対応できたこと、できなかったこと様々あるが、全員無事に帰国することができて安堵している。この経験はJSCAへ還元し、今後の活動に生かしていきたい。

現地では通訳やドライバーはもとより、被災した当事者の方々などトルコ国民の皆様には大変お世話になった。極寒の中で頂いた温かい差し入れにはこちらが救われた。帰路のイスタンブール空港でも温かく送り出して頂き感謝すると同時に、これは外交であると実感した(写真21)。帰国後、国際緊急援助隊による総理表敬が行われ、救助チームの代表にSEも加えて頂いた。身の引き締まる思いである(写真22)。

最後に、団長以下すべての隊員、JICA JDR事務局、JSCA事務局や国際委員会ははじめご支援頂いたすべての関係されるの方々、ならびに日常業務を離れることでご迷惑をおかけした方々に対し、深く御礼を申し上げる。

JSCAは、社会貢献の一環として国際緊急援助隊に協力している。救助チームの構造評価専門家は、国際委員会から推薦を行っており、国際緊急援助隊部会の委員としての活動も行っている。活動に興味のある方は、8月に実施する新規委員募集への応募をお待ちしている。

写真1～21/提供:JICA 写真22/提供:外務省



写真21 イスタンブール空港での集合写真



写真19 建物監視システム



写真20 ASR2



写真22 首相官邸訪問