

日本建築学会・日本地震工学会の協働による 2011年トルコ・ワン地震の被害調査報告

横浜国立大学都市イノベーション研究 楠浩一

横浜国立大学都市イノベーション研究 田才晃

東京工業大学セキュアマテリアル研究センター 日比野陽

広島大学 大学院工学研究科 建築学専攻 渡邊秀和

東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 沼田宗純

1. はじめに

2011年10月23日13時41分(現地時間)にトルコ東部で、震源の深さ16km、マグニチュード(Mw)7.1(USGS)の地震が発生した。震央は、Van(ワン)市から北北東16kmに位置する。この地震により、ワン市を中心として建物の倒壊等の甚大な被害が発生した。この地震から17日後の11月9日にもマグニチュード(Mw)5.6の余震が発生し、この余震でも甚大な被害が発生した。この一連の地震により Ercis-Tabanlı-Van 地域は広範囲に被害を受けた。死者は、644名であり、10月23日の地震により604名、11月9日の地震では40名が犠牲となった。また、重軽傷者は2,300名を数え、建物被害は14,618棟であった。現地では、多くの住民が住宅を失い、テント生活を余儀なくされた。

一連の地震の後、日本建築学会(以下、AIJ)および日本地震工学会(以下、JAEE)は、トルコ共和国の調

査チームと協働して、地震被害調査チームの派遣を決定した。調査団メンバーを表1に示す。

調査は、12月22日にワン市中心街(図1)から開始し、12月27日まで行われた。12月23日には、ワン市から北へ70kmほどの Ercis 地域の被害調査も実施した。Ercis 地域は、10月23日の地震で大きな被害を受けた地域である。調査ルートを図2に示す。本稿は、本調査の概要を示すものである。



図1 トルコ・ワン市の位置

表1 調査団メンバー

氏名	所属
楠 浩一	AIJ 調査団長 横浜国立大学
田才 晃	横浜国立大学 (AIJ)
日比野 陽	東京工業大学 (AIJ)
沼田 宗純	東京大学 (JAEE)
渡邊 秀和	広島大学 (AIJ)
Alper Ilki	Istanbul Technical University (ITU)
Cem Demir	Istanbul Technical University (ITU)
Mustafa Comert	Istanbul Technical University (ITU)
Mucip Tapan	Yuzuncu Yil University
Kutay Orakcal	Bogazici University (BU)
Mubin Uslu	Istanbul Technical University (ITU)
Hamdi Ates	Istanbul Technical University (ITU)
Ahmet Sahin	Istanbul Technical University (ITU)

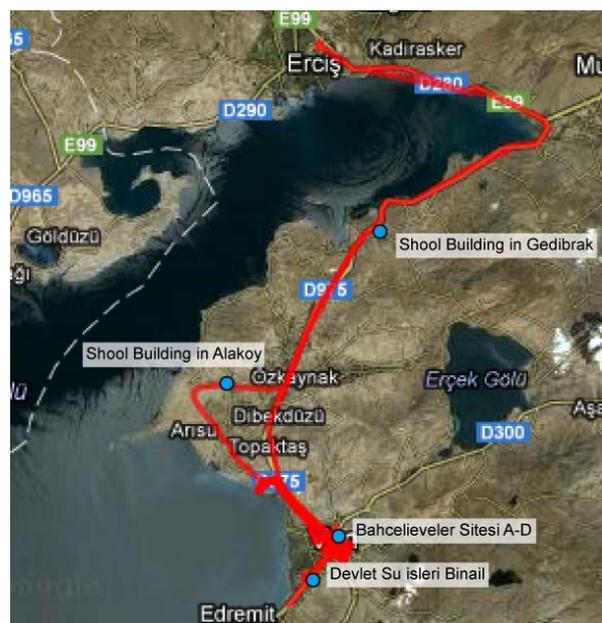


図2 調査ルート



写真1 建物全面

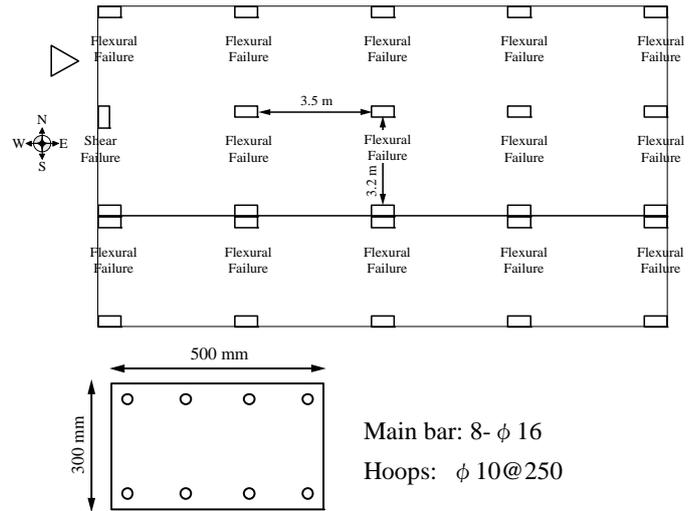


図3 2階平面図と柱の破壊形式



(a) 西側柱のせん断破壊



(b) 柱の曲げ破壊



(c) エクスパンションジョイントの被害

写真2 柱とエキスパンションジョイントの被害

調査を行った建物は次の通りである。集合住宅は19棟(内7棟は詳細調査)、学校建物は5棟、商業建物が5棟、組積造戸建て住宅は5棟、モスクは5棟、公共建物は4棟(全て詳細調査)、工場は4棟、橋梁は4、空港ターミナルは1棟、ノンエンジニアード戸建てRC住宅は1棟である。以下では主な調査結果について報告する。

2. 建物被害

本章では図2に示す2つの学校建物の調査結果を示す。

(1) 学校建物 (Alakoy 村)

学校建物は Alakoy 村にあり、構造的に分離した2つの建物からなっている(写真1)。3階建てと2階建ての建物が並列しており、1階と2階はエキスパンションジョイントにより繋がっている。いずれも鉄筋コ

ンクリートラーメン構造であり、壁は非構造ブロック壁で構成されている。

2階平面図と柱の破壊形式を図3に示す。図中の三角形印は建物の入口を表す。3階建て建物は桁行き方向4スパン(3.5m)、梁間方向に3スパン(3.2m)の長方形の平面形状をしている。柱は西側の入口隣にある柱以外は全て同じ方向に配置されていた。断面は500mm×300mmであり、φ16程度の丸鋼の主筋8本とφ10程度の丸鋼の補強筋が250mmピッチで配筋されていた。かぶりコンクリート厚さは約20mmであった。クリアスパン高さは約2.1mであった。

せん断破壊した西側の柱の破壊状況を写真2に示す。せん断破壊によりコンクリートが剥落し(写真2(a))、鉄筋が座屈しており、軸力が保持できない状態であった。この柱以外の柱は全て曲げ破壊しており(写真2(b))、地震時には南北方向の揺れが卓越したと推察される。写真2(c)に2階部分のエキスパンションジョイ

ントを示す。全てのジョイント部に亀裂が生じて、隙間が生じていた。2階高さ位置での隙間は約60mmであった。また、非構造壁にも大きな損傷が見られ、大きなひび割れが生じているものや面外に崩落しているもの（北側構面の壁）があった。

(2) Gedikbulak の学校建物

対象の学校建物は、10月23日に起こった本震の震央から2km離れた村にある3階建て鉄筋コンクリート造建物で、建設年代は1980年代である。写真3に示すように全ての階が地震により崩壊しているが、幸いにも本震発生当日が休日だったために、生徒および教員に死者は出なかった。建物の構造図面や施工状況などの情報が得られなかったため、そこから崩壊の原因を特定することは出来なかった。写真4(a)で示すように、多くの梁や柱が柱梁接合部から抜出し、分離している。これは、写真4(b)で示すように梁主筋の柱への定着長さが短いことや柱梁接合部の拘束効果が足りなかったことが原因と考えられる。また、写真4(b)を見ると梁下端筋の柱梁接合部への定着長さがほとんどないことから、長期荷重に対してのみ考慮し、地震力に対しては構造的に十分な設計がされていないと考えられる。これらのことを考慮すると、建物は地震時に柱梁接合部から次々と柱や梁が分離し、柱や梁が耐力を發揮することがないまま崩壊に至ったと考えられる。



写真3 校舎東側全景



(a) 柱と梁の分離



(b) 梁主筋の定着破壊

写真4 柱梁接合部の破壊状況詳細

3. その他の被害

本章では、橋梁、空港、鉄道、産業施設、そして住宅についての被害の概要を示す。橋梁と鉄道には甚大な被害は見られなかったが、空港は11月9日の余震後に通常運行が再開され、工場も一部の建物が完全崩壊し、アドベ住宅にも甚大な被害が見られた。

橋梁は、道路橋を中心に調査し、現地では主にRCの桁橋が多く見られた(写真5(a))。調査した橋梁の中には、ゴム支承が用いられているものもあり、免震効果と上部構造の温度変化による伸縮を期待した構造となっていた。鉄道については、イランまでを結ぶ国際貨物輸送線を調査した結果、大きな被害はなく輸送機能を停止することはなかった(写真5(b))。空港は、新旧のターミナルビルが隣接しており、旧ターミナルビルが非構造材の被害により利用が制限されていた。航空機の運航については、11月9日の余震の直後から、新ターミナルビルを利用して、通常運行が行われるようになった(写真5(c))。自動車関連の産業が集積する工場地帯の調査では、主な構造はRCラーメン+コンクリートブロック壁が一様に並んでおり、完全崩壊した工場建物が複数見られた(写真5(d))。そして、写真5(e)は、アドベ住宅の被害であり、建物内部の壁が面外方向に破壊されていた(写真5(f))。



(a) 道路橋の様子



(b) 国際貨物鉄道の写真



(c) 空港の被害の様子



(d) 完全崩壊した工場



(e) アドベ住宅の被害



(f) 面外方向の破壊

写真 5 社会基盤施設等の状況

4. 終わりに

2011年ワシントン地震による建物被害概要について述べた。ほとんどの被害建物は、丸鋼を主筋にし、手練りのコンクリートを用いた2000年以前の建物であった。被害建物および無被害建物からコンクリートコアを採取し、また建物図面を入手しているため、今後は、材料強度試験を実施するとともに、被害原因のさらなる検討を実施する予定である。

謝辞

本調査研究は、日本とトルコの合同調査団により実施した。Yuzuncu Yil 大学、イスタンブール工科大学、ワシントン市の皆様の協力にここに謝意を示します。イスタ

ンブール工科大学の技術職員、博士課程の学生、とりわけ Bogazici 大学の Kutay Orakcal 博士には甚大な協力を頂きました。イスタンブール工科大学および Yuzuncu Yil 大学の学長、Muhammed Sahin 教授および Peyami Battal 教授にも併せて謝意を示します。

参考文献

The Japan Building Disaster Prevention Association (2001). "The standard of damage evaluation and the guidance of repair technology for the buildings hit by earthquakes.", Tokyo, Japan. (in Japanese)