

2003年5月1日トルコ・ピンギョル地震被害調査速報

宮島昌克 Masakatsu MIYAJIMA

正会員 工博 金沢大学工学部

Resat ULUSAY

Ph.D Hacettepe University

Ömer AYDAN

正会員 工博 東海大学海洋学部

調査の概要

2003年5月1日午前3時27分頃、トルコの東アナトリア地域のピンギョル県でマグニチュード $M_w=6.4$ の地震が発生し、学校の寄宿舎が崩壊し、多くの生徒が生き埋めになるなどの被害が発生した。この地震による死者は176人、負傷者は520人である。被害の集中したピンギョル市では、このうちの70人の死者と371人の負傷者を数えている。土木学会・地震工学委員会（委員長：後藤洋三・（独）防災科学研究所地震防災フロンティア研究センター長）、および同・地震被害調査小委員会（委員長：宮島昌克・金沢大学）では直ちに被害調査団派遣に関する検討に入り、土木学会災害緊急対応部門と協議の上、トルコ・ピンギョル地震被害に関する調査団派遣を決定し、宮島昌克、Ömer AYDAN の2名を現地に派遣し、トルコ Hacettepe 大学の Prof. Resat ULUSAY と合同で調査が行われた。被災地における調査は、主に5月30日から6月4日まで実施された。ここでは、この地震における地震動の特徴および被害の概要を速報として報告する。

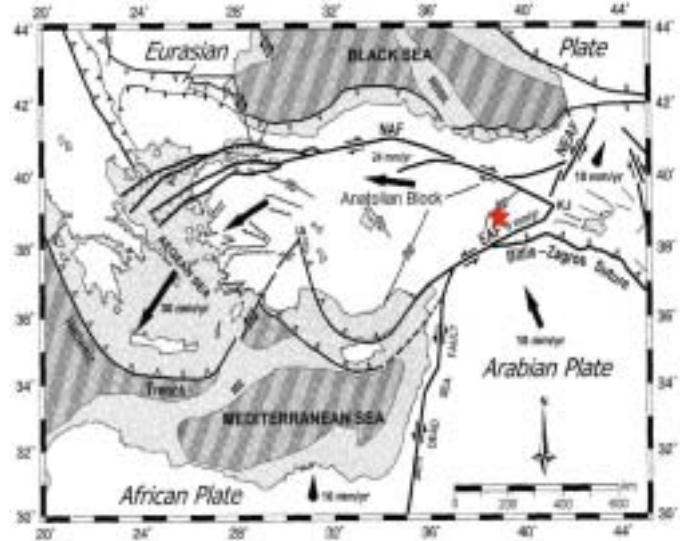


図-1 トルコにおける主な断層と震央位置 ()

地震および地震動

本震は2003年5月1日午前3時27分頃に発生した。トルコの様々な機関と他の国の機関によって地震の緒元が決定されたが、それぞれの機関が推定した震央位置はピンギョル市の北西部にばらついている。それらを表-1に示す。ピンギョル市はトルコの首都アンカラ市から約650km離れた東方に位置し、図-1に示すように、トルコを東西に走る北アナトリア断層と、東部に存在する東アナトリア断層の交点付近の、中小の活断層が集中する地点にある。図-2は、Hanocayiri の断層トレンチで計

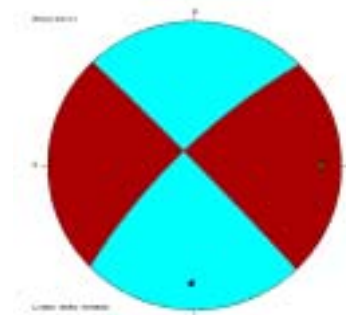


図-2 推定される地震発生機構

表-1 各機関が推定した地震の緒元

Institute	Latitude	Longitude	Depth(km)	Magnitude	Strike	Dip	Slip
KOERI	39.01	40.49	10	$M_s=6.4$	NP1 225 NP2 135	90 62	28 180
DAD	38.94	40.51	6	$M_d=6.1$			
USGS	38.99	40.46	10	$M_w=6.4$	NP1 64 NP2 154	88 90	0 -178
HARVARD	39.01	40.53	15	$M_w=6.3$	NP1 332 NP2 236	68 75	-164 -22
ORFEUS	38.74	40.60	24	$M_w=6.6$	NP1 335 NP2 65	68 90	180 22

測したデータに基づいて推測した地震発生機構である。

この地震はトルコの ERD(Earthquake Research Department)によって運営されている強震観測網で記録が取られており、震源域近くの Bingol(BNG)、Elazig(ELZ)、Tercan(TER)、Erzincan(ERC)などでも記録が得られた。これらの記録の最大加速度と震央距離を表-2に示す。最も大きな最大加速度が得られたのはピングョル市内の観測点であり、1階建ての建物の直接基礎の上に設置された GRS-16 タイプの加速度計で得られたものである。4階建ての建物が隣接しており、この記録にこれらの建物の振動の影響が含まれているかについては今後検討する必要がある。

図-3に3方向の加速度記録を示す。L方向はN21Eとなっており、NS方向に近い。同図によれば上下成分の加速度も大きく、主要動の継続時間が約10秒と短い。これらは震源近傍の加速度記録の特徴であると考えられる。図-4に、減衰定数5%の加速度応答スペクトルを示す。NS方向に近いL成分では約0.15秒に、EW方向に近いT成分では0.09秒あたりにピークがあり、卓越振動数の高いことを示している。また、上下成分も約0.07秒で卓越している。トルコの一般的な建物においては2、3階建ての建物の固有周期に近いので、これらの建物に大きな震動をもたらしたことが推測される。

地質・地盤条件と斜面の被害

被害を受けた地域は、主として火山岩などの火山堆積物で覆われている。被害の大きかったピングョル市は、北、北東、西を3,000m級の山に囲まれた平らな台地上に位置し、標高は1,125mである。台地は固い粘土質堆積層に様々な大きさの玉石が混ざっている地盤からなっている。また、地震後に行われたボーリング調査から、シルトと砂の互層の存在も確認されている。このボーリング調査は地下15mまで行われているが、ピングョル高校地

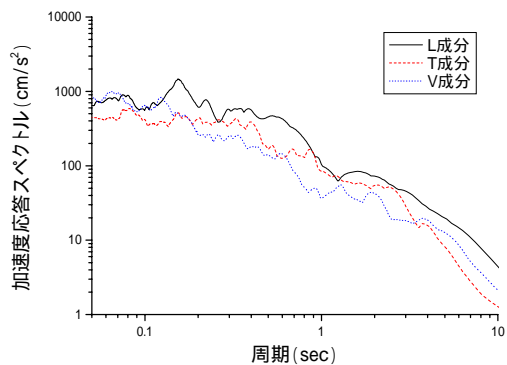


図-4 ピングョル市における加速度応答スペクトル

表-2 得られた最大加速度と震央距離

Station name	Acceleration (gal)			Distance to epicenter (km)
	N-S	E-W	UD	
BNG	545.53	276.82	472.26	14
ELZ	8.00	7.00	5.00	120
TER	5.10	10.30	4.30	86
ERC	8.34	7.50	4.11	112

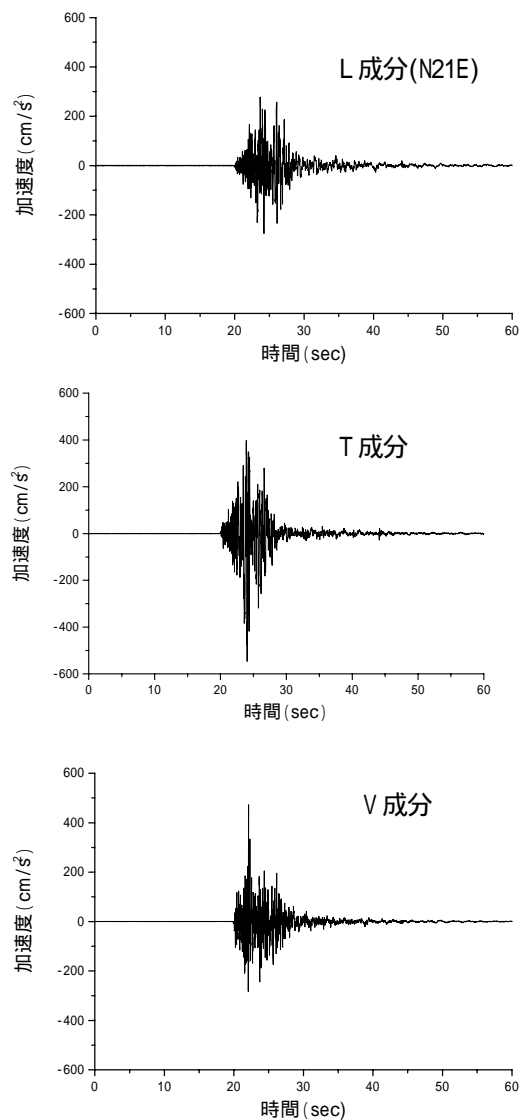


図-3 ピングョル市で得られた強震記録

点を除いて地下水位は確認されていない。周辺の井戸などから、地下水位は深さ 55m~60m と推測されている。ピングョル市から南、あるいは南東方向には礫、砂、シルト、粘土からなる沖積平野が広がっている。

丘陵地においては斜面崩壊や落石が見られた。ピングョル市近傍で見られたハイウェイにおける斜面崩壊を写真-1 に示す。風化の進んだ火山堆積物による斜面流動が主なものである。急傾斜な道路切り土斜面や山間部の村において落石が見られたが、それらによる人的被害は生じていない。

液状化被害

液状化は限られた地域にしか見られなかった。その 1 つは寄宿舍の倒壊が生じた Celtiksuyu 付近の Goynuk suyu 川の近くである。震源からは約 4.5km 離れている。畑の中に写真-2 に示す大きな噴砂が生じた。また、地表面断層と思われる小さな亀裂の見つかった場所の小川付近でも小さな噴砂が見つかったが、粘土質なシルトを含んだものであった。

Hanocayiri では、液状化に伴う側方流動が生じた。写真-3 に示すように緩い傾斜地が幅 35m、長さ約 600m に亘り流動変形していた。最上部は円弧滑りの様相を示しており（写真-4）、表層から 1.5m までには砂層が見られないが、流動した部分には砂が含まれていた。それらのサンプルを持ち帰っており、現在、分析を急いでいるところである。今後、ボーリング調査を行う予定であり、さらに詳細に検討を進める計画である。幸いなことにこの流動範囲には構造物はなく、この流動による構造物被害は生じていないが、アラスカ地震におけるターナゲンハイツの崩壊を連想させるような状況であった。

道路・橋梁・ダム被害

前述したような急傾斜の道路切り土斜面の崩落や落石によって一部の道路が一時的に不通になったが、すぐに土砂が取り除かれ、大きな影響はなかった。橋梁については、ピングョル市近くのハイウェイに架かる道路橋で若干の被害が生じたが、ほとんどが健全であった。地震被害地域にいくつかのダムがあったが、被害は報告されていない。

ライフライン被害

震源に最も近い発電所である Keban と Karakaya 水力発電所には被害が生じていない。この発電所は岩盤の内に建てられているが、加速度記録は得られていない。



写真-1 ハイウェイにおける斜面崩壊



写真-2 Goynuk suyu 川の近くの噴砂孔



写真-3 Hanocayiri の液状化に伴う側方流動



写真-4 側方流動の最上部

大きな地震が発生した場合には、建物の破壊に伴う電線のショートなどによる火災を防ぐために、変電所で自動的にシャットオフするようになっており、今回の地震でもその装置が働き、地震直後には停電となった。その後、順次チェックが行われ、通電が開始された。ピンギョル市では、地震発生当日の午後2時までには50%が回復し、約1日で全て回復した。

ピンギョル市の変電所では380kVから154kVに電圧を下げているが、ここでは、地震動により3つの変圧器において滑りやロッキングの形跡が見られたが、機能障害を含む被害は生じなかった。ピンギョル市や周辺の村の配電用電柱や鉄塔にも地震動による被害は見られず、鉄塔の上にある変圧器に若干のずれが認められた程度であった。

上水道システムは、地震直後の停電の影響で揚水用のポンプが止まり、断水した。管路はアスベストセメント管とダクタイル鋳鉄管からなっており、管径は100～300mmであるが、主にアスベストセメント管の管体部の割れおよび継手部の抜けが生じた。完全復旧までに2日間を要した

下水道管は主として100～400mmのコンクリート管である。建物との接合部で若干被害を生じたが、機能的には損傷がなかった。

地震による電話局の被害は軽微であり、中継タワーも被害を受けなかった。地震直後には家屋の倒壊の危険性から住民は屋外に避難するので、固定電話は使われなくなり、輻輳は全く生じなかった。携帯電話については、地震直後とテレビのニュースで地震被害が報じられた午前6時から多少混雑したが、回線制限を行うほどでは



写真-5 Eltiksuu 小学校の校舎の倒壊

なかった。

建築物の被害

わが国で報道された寄宿舍の崩壊以外にも学校の校舎の全壊がいくつも見られた。写真-5は倒壊した寄宿舍に併設されている校舎の被害状況を示している。校舎の被害は建設場所に関わらず、全てこの写真のように1階の柱の破壊に起因している。現在、全ての被災校舎の敷地でボーリング調査が実施されており、被災原因の究明が進められている。なお、これらのボーリングデータについては後日入手できる予定である。

被害の統計としては、ピンギョル市の総建物数12,743棟中、約10%が大破、約20%が中破、約38%が小破であった。また、周辺の村においては総数6,591棟中、約31%が大破、約10%が中破、約35%が小破であった。ピンギョル市においては台地の縁部に大破の建物集中しているように見られたので、地形と地震動、建物被害の関係について今後検討する必要がある。

謝辞

調査団派遣にあたり、土木学会災害緊急部門、地震工学委員会、地震被害調査小委員会の関係の皆様には大変ご尽力いただきました。ここに記して感謝申し上げます。また、トルコ地震財団会長Prof. Dr. Rifat YARARには現地調査で便宜を図っていただきました。Firat大学の学長はじめスタッフの皆様には、ゲストハウスを提供して頂くと共に、有益な情報を頂きました。厚く感謝申し上げます。