

1999年8月トルコ・コジャエリ地震による被害調査 —特に、地質(地盤)条件と被害状況との関係について—

守隨 治雄*¹・丸井 英明*²

Ground Failures Caused by Kocaeli Earthquake of August 18, 1999 in Turkey —Relationship between Ground Condition and Damages—

by

Haruo SHUZUI and Hideaki MARUI

(Abstract)

This article deals with results of field investigations about the damages caused by Kocaeli Earthquake with an emphasis of ground failures. The field investigations were carried out from 25 September to 1 October, 1999. At first, the geology, tectonics and seismotectonics of the target area are briefly outlined. Then evaluation of the findings from the field investigations is presented and discussed.

A big earthquake, registering magnitude 7.4 on the Richter scale, struck the northwestern area of Turkey at 03 : 02 on August 18, 1999. According to preliminary reports, the earthquake caused loss of more than 15,000 lives and injury of more than 24,000 people. The epicenter was 18km beneath and near to the town of Bahcecik which locates at the eastern end of Izmit gulf. The highest value of horizontal acceleration was measured to be 0.42G at Sakarya. The earthquake caused severe damages in Bahcecik, Derince, Gölcük, Sakarya (Adapazari) and Yalova. The most heavily damaged areas concentrated along the North Anatolian Fault. The North Anatolian Fault is one of the most active fault in the world, along which big earthquakes have occurred repeatedly and quite frequently.

The findings are summarized as follows:

- 1) Severe damages are observed just on the surface fault lines which were newly transformed by the Kocaeli Earthquake in the vicinity of the epicenter (inside of 20km distance).
- 2) Damages are apparently decreased in the areas a certain distance away from the surface fault lines.
- 3) Severe damages are observed in the area of alluvium and/or artificial embankment in spite of the distance from the surface fault lines and/or from the epicenter.
- 4) Possibility of the occurrence of big submarine landslide is to be referred in the vicinity of the epicenter especially in the area of delta and/or alluvial fan where groundwater level locates at high position.

*¹ 日本工営(株)中央研究所

*² 新潟大学積雪地域災害研究センター

5) The degree of damages is dependent not only on the distance from the epicenter and from the surface fault lines but also densely on the ground conditions (alluvium or artificial embankment).

Keywords : Turkey, Kocaeli Earthquake, North Anatolian Fault, active fault, surface fault, liquefaction, submarine landslide, ground classification, alluvium
 キーワード：トルコ、コジャエリ地震、北アナトリア断層、活断層、地表断層、液状化、海底地すべり、地盤種別、沖積層

I はじめに

8月17日にトルコ北西部で発生したM7.4の地震によって甚大な被害が発生した。筆者らは9月25日から10月1日にかけて現地調査を行い、とくに被害状況と地質（地盤）状況との関連について考察した。現地では、ハサン・ゲンチャ氏（日本工営、アンカラ事務所）が同行し、現場での聞き取り調査を行いながら調査した結果、短期間ながら多くの情報を入手できた。

トルコは北緯36°～42°、東経26°～45°に位置し、国土面積は78万km²で、6250万人の人口を有する。北の黒海沿岸から南の地中海沿岸にかけて、東西方向に平行して幾つかの山脈が連なっており、いずれも第三紀の造山運動に起源をもつ褶曲山脈であり、西から東に向かうにつれ、標高が高くなっている。国土の大半を占める小アジア半島の北部をアナトリア断層が東西に延びており、断層沿いに繰り返し規模の大きい地震が発生している。今回の地震の被害は図-1に示すように、小アジア半島の北西端のマルマラ海に沿った地域で発生している。

本報告は、現地調査した結果をもとに、地盤条件との関連を中心に、今回のトルコ地震の被害状況をとりまとめ、今後の被害予測について考察したものである。

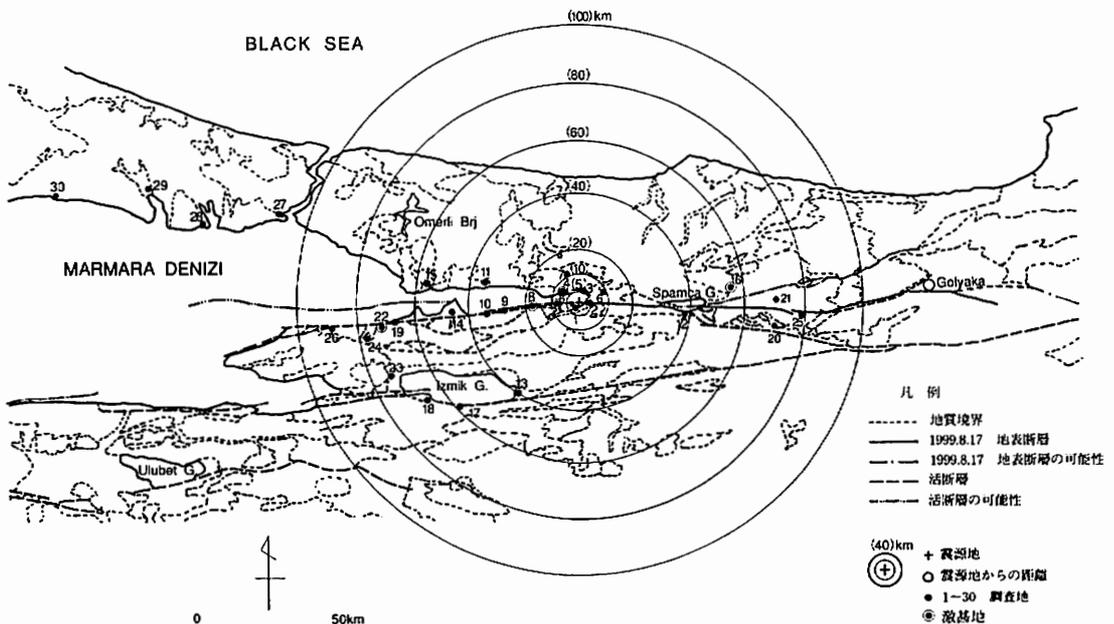


図-1 調査地域

Ⅱ 地震の概要

- 震源位置：北緯 40.74度，東経 29.89度，深度18kmのイズミット湾東端に1999年8月18日3時2分に発震
- 地震規模：マグニチュード7.4，東西走向の右横ずれ断層破壊。水平最大加速度の最大はSAKARYA (ADAPAZARI) の0.42 G
- 地表断層：MTAのホームページ¹⁾によると，地表で確認されている右横ずれ成分を持つ地表断層は，北アナトリア断層に沿って，GÖLCÜK西のKARAMURSELから，SAKARYAの南，AKYAZIを通り，GOLYAKAまでの延長約160kmで認められ，GÖLCÜKの西とSAPANCA湖では海面（湖面）に没している。

Ⅲ トルコの気候と地形・地質概要

トルコは，北側は黒海，西側にエーゲ海，南側を地中海と三方を海に囲まれており，その気候は地域によりかなり異なっている。図-2に北アナトリア断層付近の気候図を示し，東京の気候図と比較してみた。トルコは東京と緯度がほとんど同じで，北アナトリア断層付近の気候については東京と同様であるものの，降雨量は異なり，東京に比べてかなり少なく，1/2～1/3程度の降雨量である。

トルコの地形は，山地と高原に富み，南北端では東西方向に山脈（北は黒海山脈で最高峰が約4,000m，南はトロス山脈で最高峰が約3,800m）が発達している。両山脈間に位置する北アナトリア高原は南北方向には凹状に，東西方向には緩やかに東高西低に傾斜している。

トルコの地質は，アルプス・ヒマラヤ造山帯のほぼ中央部に位置する中生層，古生層よりなる砂岩，石灰岩，および火山性堆積岩類よりなり，東西方向の構造線に大きく支配され，現在もお隆起を続けている。古生代ジュラ紀後期から始まった造山運動にともない，地質構造弱線沿いに超塩基性溶岩類（オフィオライト）が集中して分布している傾向がある。

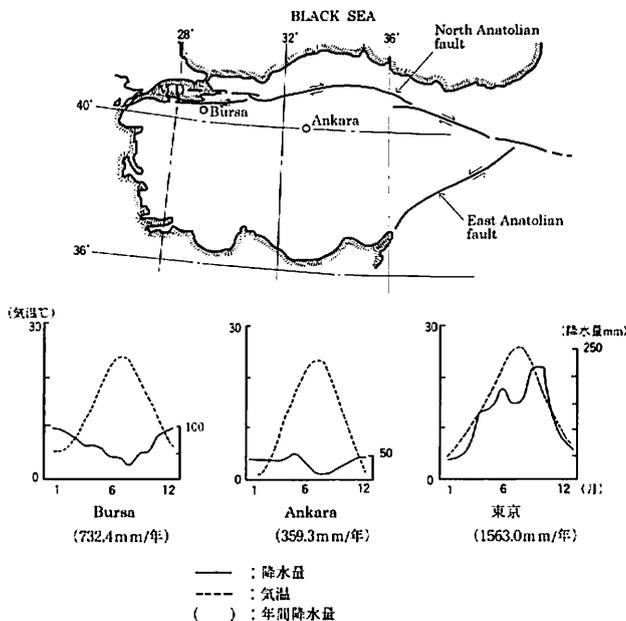


図-2 マルマラ海周辺 (Bursa)，アナトリア高原地域 (Ankara) と東京との気候比較図

IV 調査地域

今回調査した地域を図-1に示した。調査は以下の行程で実施した。

- 9月25日(土)：イスタンブールに入り、ハサン・ゲンチャ氏と明日からの行程打合せを行う。
- 9月26日(日)：イスタンブールの西では、唯一被害を受けたAVCILIAÇEKMECEを踏査し、さらに西のCEKMECE, SIRIVRIを調査。
- 9月27日(月)：GEBSEにあるMARMARA研究センターの地球科学部門を訪れ、情報収集を行う。その後、HEREKE, YCVACHIE, BAHCECLK, DEGIRMENDERE, ULASIT, KARAMURUSEL, ALTINOVA, NALISOY, YALOVA, CINARCIKといった、震源地西側の活断層付近の踏査を中心に行う。
- 9月28日(火)：SAPANCA, AKAYAZI, KARAPURCEK, SAKARYA (ADAPAZARI), IZMIT, DERINCEといった震源地東側の活断層付近の踏査を中心に行う。
- 9月29日(水)：AM3:00頃、M4.8の余震で目覚め、早朝より踏査。GÖLCÜKは、町の東側と中心部で被害状況が異なっており、かなりの時間を費し踏査した。その後、20~30km南方で地表断層に並行して東西に連続する活断層沿いの被害状況を調べに、IZNIK, NARLICA, SOLOZ, ORHANGAZIを踏査。
- 9月30日(木)：ISTANBUL市内の被害調査。
- 10月1日(金)：早朝空港に向い、空港にて調査結果について検討。
- なお、下線地域は、とくに詳細に調査した地域である。

V 調査地域の地質

当地域の地質は、中生代ジュラ紀の砂岩、石灰岩、頁岩が広く分布し、北アナトリア断層の北部、とくにイスタンブール付近には、石灰岩、砂岩、泥岩主体の古生層が広範囲に認められる。一方、北アナトリア断層南部には、二畳紀から三畳紀の砂岩、礫岩、シルト岩が東西に連続し、比較的広範囲に認められる。

それら基盤岩を侵食して、東西、あるいは南北に小沢が発達し、海岸、湖岸、小沢等の周囲には、中新世~鮮新世の強風化砂岩・泥岩や、洪積層、沖積層が分布している。とりわけ、北アナトリア断層、および並走する活断層沿いには、洪積層、沖積層が発達し、とくに、サカリア川の洪水による堆積物が分布するSAKARYA付近、イズミット湾沿岸のGÖLCÜK, IZMIT付近には、沖積層が広く分布している。また、イズミット湾沿岸域には、南北方向の小沢による扇状地堆積物や三角州、人工地盤(盛土)が局部的に認められる。

現地踏査の結果、同じ硬岩であっても、生成年代の違いによって岩盤状況に差異があり、中生代ジュラ紀の砂岩、石灰岩を主体とした地域、および古第三紀の石灰岩、砂岩を主体とした地域は、急崖斜面を形成している。一方、新第三紀の砂岩、泥岩は地表付近でかなり風化しており、いわゆる軟岩で、地形的にも角のとれた緩やかな丘陵斜面を形成している。以上の結果を考慮し、調査地域周辺の岩盤(地盤)状況を図-3のようにとりまとめた。図-3は、MTAによる地質図^{1), 2)}をもとに現地踏査を行い、著者らが岩盤(地盤)区分したものである。

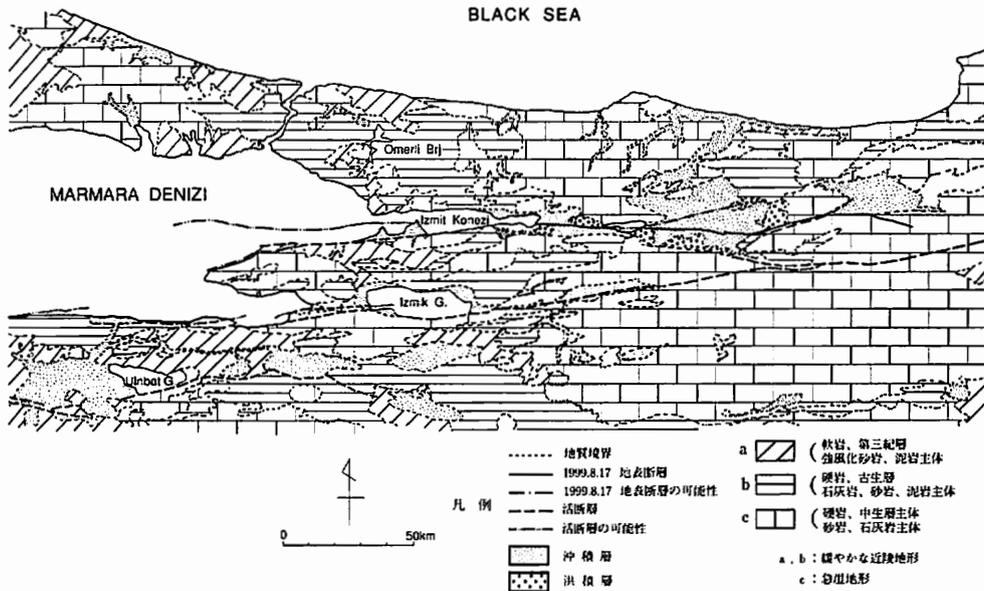


図-3 地質調査周辺岩盤（地盤）区分図（MT A地質図（1999）¹⁾を基に岩盤（地質）区分した）

VI 踏 査 結 果

表-1に調査地点の概要を示した。表-1は、震源地からの距離により、今回調査したNo. 1～30地点を並べたもので、図-1の地点に該当する。

ここで興味あるのは、被害の大・小がかならずしも、震源地からの距離や、断層との距離に依存していないことである。震源地からの距離が2 km以内に位置するBAHCECIK (No. 1地点)はもちろん被害が大きいですが、震源地からの距離が5 km以内の地点よりも、10kmに位置する DERINCE (No. 4地点)や、GÖLCÜK (No. 5地点)の方が被害が甚大である。同様に、DEGIRMENDERE (No. 8地点)、SAKARYA (ADAPAZARI) (No. 16地点)、YALOVA (No. 22地点)で被害が甚大である。また、震源地から100km以上離れた ISTANBUL (No. 27地点)では殆ど被害がないにもかかわらず、それより、震源地から離れたAVCILACEKMECE (No. 28地点)でかなりの被害が生じている。それらの原因について、図-3で作成した岩盤（地盤）区分図を参考にし、地質、断層との関係、人工地盤等の影響を基に考察する。

以下、被害が激甚であった調査地点を中心に踏査結果を詳述する。

A. GÖLCÜK (No. 5地点、表-1参照、以下同様)

A-1. 東側地域

図-4に水没範囲等を示した。幅約550m、奥行き最大150m程度が水没し、そのうち幅約300mは現在も約2m水没したままの状態である（写真-1）。海底地すべりによる沈下の可能性がある。また、図-4の西側（写真-2）では、奥行き約35m程で幾条かのクラックが100m程連続し、東側の海底地すべりによる沈下に伴い、小ブロック化し、横すべり（移動）した可能性がある。いず

れも盛土地盤を多く含む沖積層で、かつ、海水を盛土内に引き込み（写真－3）、盛土内の地下水位が高い状況にあったことが予想される。

表－1 調査地点の概要一覧表

No.*1	調査地点	被害状況*2	震源地からの距離	地質	断層との関係	備考
1	BAHCECIK	◎	5 km以内	沖積層	地表断層付近	震源地 2 km 以内
2	YCVACHIE	○		沖積層	地表断層付近	当地点から西でビル倒壊目立つ
3	IZMIT	○		沖積層	地表断層北側 5 km	沖積層が古生層にアバット
4	DERINCE	◎	5～10 km	沖積層	〃	谷埋め、切盛造成地
5	GOLCUK	◎		沖積層	地表断層直上	盛土、三角州、地下水位高い、海底地すべり
6	IZMIT 東 7 Km	○		沖積層	地表断層北側 5 km	石油タンク傾斜
7	IZMIT 北西 7 Km		10～20 km	古生層	地表断層北側 10 km	高層ビル切土で岩着
8	DEGIRMENDERE	◎		沖積層	地表断層直上	扇状地、盛土、地下水位高い、海底地すべり
9	ULASIT		20～40 km	中生層	活断層付近	旧期の岩盤すべり跡
10	KARAMURSEL	○		沖積層	〃	沖積層が中生層にアバット
11	HEREKE			中・古生層	活断層北側 10 km	急崖に人家多数
12	SAPANCA	○		沖積層	地表断層付近	液状化、洪積層に被害なし
13	IZNIK	△		沖積層	地表断層南方の活断層付近	液状化
14	ALTINOVA		40～60 km	沖積層	活断層付近	農村地帯
15	GEBZE	△		第三紀層～古生層	活断層北側 15 km	MARMARA 研究センター被害
16	SAKARYA (ADAPAZARI)	◎		沖積層	地表断層北側 10 km 推定活断層付近	SAKARYA 川の氾濫源、地下水位高い
17	NARLICA			中生層	地表断層南方の活断層直上	旧期の岩盤すべり跡
18	SOLOZ		60～80 km	沖積層	地表断層南方の活断層付近	沖積層が中生層にアバット
19	NALISOY	○		沖積層	活断層付近	沖積層が第三紀層にアバット
20	KARAPURCEK	△		沖積層	地表断層南方の活断層付近	洪積層との境界付近
21	KARAPURCEK 高速道路	△		沖積層	地表断層北側 5 km	橋脚基礎に変状
22	YALOVA	◎		沖積層	活断層直上	南北性の小沢多数有三角州
23	ORHANGAZI			沖積層	活断層に挟まれた地区	背後斜面の古生層砂岩は採石場
24	YALOVA 西			第三紀層	活断層付近	幅 40m、奥行 80m の地すべり
25	AKYAZI	○	沖積層	地表断層直上	旧泥岩付近、地下水位高い	
26	CINARCIK	○	80～100 km	沖積層	活断層付近	沖積層が第三紀層にアバット
27	ISTANBUL		100 km 以上	古生層	推定活断層北側 30 km	震源地から 110 km
28	AVCILACEKMECE	○		第三紀層	〃	沢に盛土、震源地から 140 km
29	CEKMECE			沖積層	—	沖積層が第三紀層にアバット
30	SILIVRI			古第三紀層	—	海岸沿いに沖積層

* 1 図・1 の番号に一致

* 2 ◎：激甚(死者500人以上)、○：大、△：小

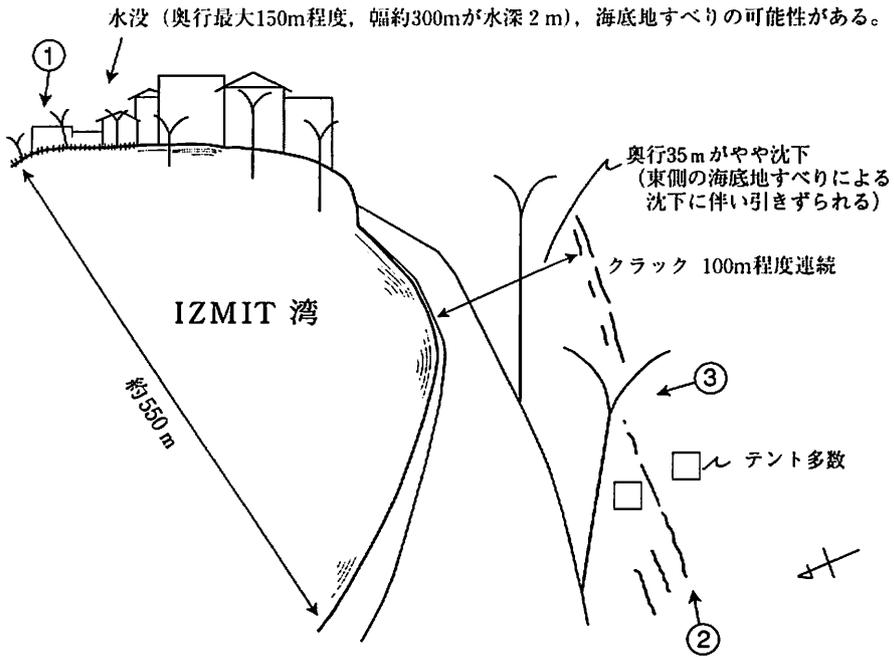


図-4 GÖLCÜK 東側地域水没範囲とクラックの連続性 (←③：写真番号)



写真-1 GÖLCÜK 東側地区 海底地すべり



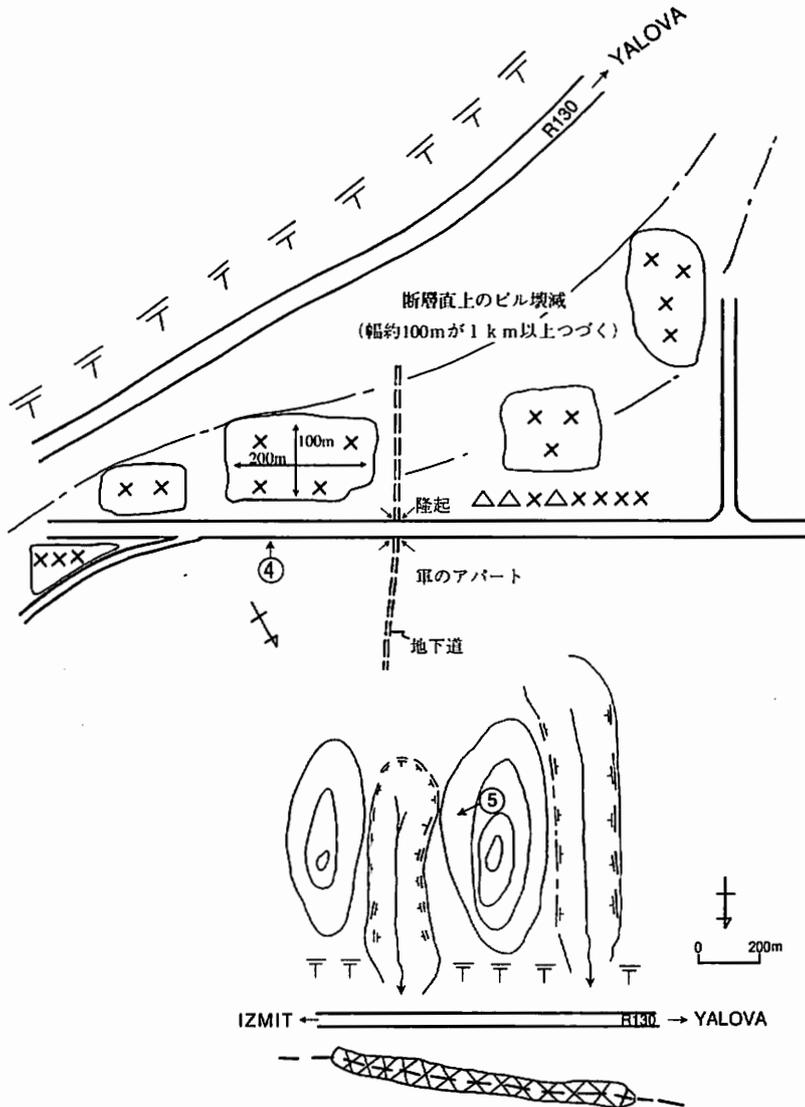
写真-2 GÖLCÜK 東側地区
クラック100m連続



写真-3 GÖLCÜK 東側地区 水路に海水が逆流

A-2. 西側地域

図-5に地表断層直上におけるビル壊滅状況等を示した。幅約100mで1km以上連続（東西～南東方向）し、ビルが倒壊している（写真-4）。地形的に沢の出口付近に沖積層が厚く堆積（写真-5）しているところで地表断層が発達し、被害が多く現れている。



山手からGÖLCÜK市外を望むと、沢の出口に三角州状に沖積層が堆積した付近でとくに地表断層が発達。幅約100mが1km以上連続しビル壊滅。

図-5 GÖLCÜK 西側地域，地表断層直上におけるビル壊滅

- : 地表断層
- ⊗ : ビル集中倒壊
- × : ビル倒壊
- △ : ビル被害
- ⑤ : 写真番号



写真-4 GÖLCÜK 西側地域
地表断層直上のビル壊滅状況

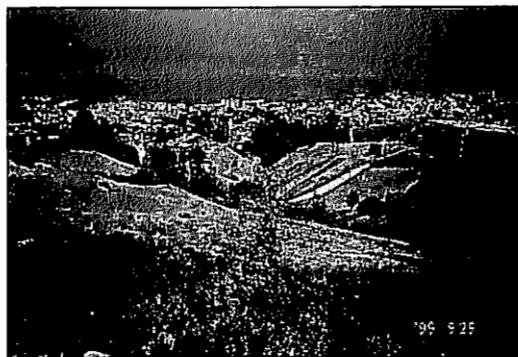


写真-5 GÖLCÜK 沢の出口に町並

B. SAKARYA (ADAPAZARI) (No. 16地点)

ADAPAZARIは、黒海に注ぐSAKARYA川の氾濫原堆積物で広く覆われており、地下水位は1～3mと浅い。当地点は、1967年のMudurnu地震(M7.1)で液状化被害を受けているが、今回は、それを示すような噴砂は確認できなかった。写真-6・7に示すように旧河道を想定させるような直線的な道路の両側のビルが、延長約500m以上にわたって壊滅している。ほとんどは直接基礎のようである。今回の建物被害で共通して言えることであるが、ほとんどのビルで1階部分が座屈している。また、局部的に道路が隆起している箇所も認められ、地表断層からは10km程離れてはいるものの、地震動がかなり強かった様子がうかがわれる。



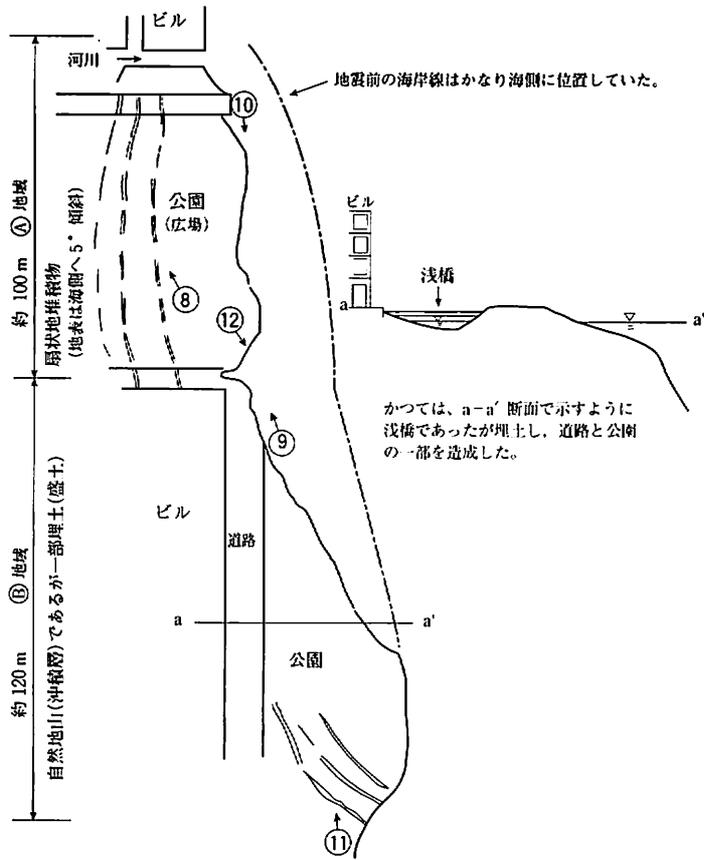
写真-6 SAKARYA (ADAPAZARI)
直接的な道路両側のビル壊滅



写真-7 SAKARYA (ADAPAZARI)
ビル壊滅状況

C. DEGIRMENDERE (No. 8地点)

図-6にクラックの連続性を示した。図中④地域は、扇状地堆積物が分布しており、テンションクラックが約100m連続し(写真-8)、50cm程度横すべり(地すべり)を生じた可能性がある(写真-9・10)。地震前の海岸線は、かなり海側に位置していたようである。図中⑤地域は、自然地山(沖積層)を主体とするが、図中の断面図(a-a')に示すように、かつて栈橋にしていた箇所を埋土(盛土)していたようである。④地域同様、クラックが連続しており(写真-11)、海岸側で一部沈下し、公園が消失している(写真-12)。海底地すべりの可能性がある。地表断層直上であること、および、地下水位が高く、地表付近まで達していることが被害を大きくしたものと考えられる。



㉓、㉔地域とも50cm程度の水平移動を伴う。海岸側で一部沈下し、公園が消失。海底地すべりの可能性がある。

図-6 DEGIRMENDERE地域におけるクラックの連続性



写真-8 DEGIRMENDERE
テニスコートクラックが約100m連続



写真-9 DEGIRMENDERE
㉔地域から㉓地域望む。木々が傾動



写真-10 DEGIRMENDERE
①地域末端部状況



写真-11 DEGIRMENDERE
クラックが連続



写真-12 DEGIRMENDERE
海底地すべり

D. DERINCE (No. 4 地点)

当地点は、IZMIT湾北側斜面で、沖積層の分布は少ないものの、古生層の丘陵地に入江状に小沢が入り込み、沖積層がアバットした地形・地質状況を示している。そのため住宅地は、谷埋めや、切盛を行い造成しており、谷地形部（写真-13）、切盛境界部の不整形地盤構造による地震動増幅特性等の箇所（写真-14）で被害が多い。



写真-13 DERINCE 谷地形部のビル倒壊

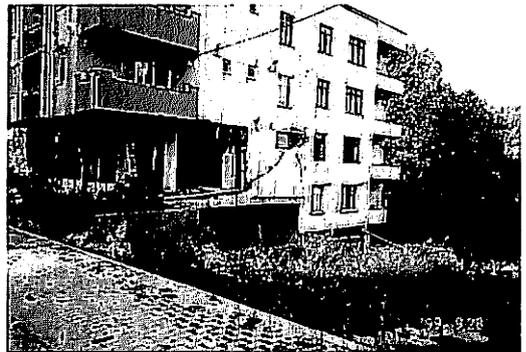


写真-14 切盛境のビル被害

E. BAHCECIK (No. 1地点)

当地点は、震源地に最も近接した町で、2 km以内に位置する。そのため、地表断層付近に位置し、沖積層が分布するところの建物は、かなりの被害を受けている (写真-15)。

F. YALOVA (No. 22地点)

当地点は地表断層を延長した活断層の直上に位置する。地形的には、南北線の小沢が発達しており、そこから供給された土砂等により、比較的広範囲に沖積層 (三角州) が堆積している。そのため、写真-16にみるように、数10m四方で、ビルが倒壊している箇所がいくつか認められ、被害が大きいようである。



写真-16 YALOVA 20m×30mの範囲でビル倒壊

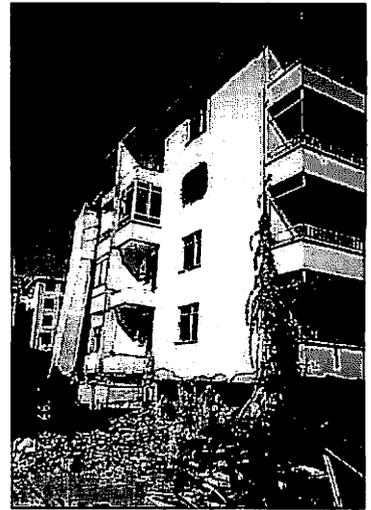


写真-15 BAHCECIK
震源地から2 km以内の町

G. AKYAZI (No. 25地点)

当地点は地表断層直上に位置する。旧河道付近は、沼地を呈し、地下水位も高い (地表付近)。そのため、そのような箇所の建物は写真-17にみるように、かなりはげしく倒壊している。当地点は、人口が少ないためこれまで説明してきたA～F地点にくらべると被害は少なくみえるが、他の地点同様、人口過密であれば、同様の被害を生じていたことが予想される。

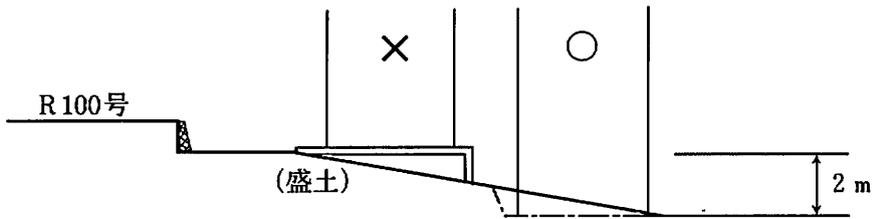


写真-17 AKYAZI
地下水位高い旧河道付近のビル倒壊

H. AVCILACEMLE (No. 28地点)

当地点は震源地から約140km離れており、しかも推定活断層北側30kmの位置にある。地質は、一部で沖積層のところもあるが、全体的には、第三紀層より構成されている。

写真-18に被害状況を示した。沢地形に盛土している箇所で、しかも、建物基礎が直接基礎で段違い構造を示している場所で被害が大きい (図-7)。また、そのような建物基礎の場合、地質が第三紀層であっても、地震の影響を受け、建物が倒壊している (写真-19)。同様の条件からなるものの、地質が古生層より構成されているISTANBULでは、被害はほとんど受けていない。



○ 被害ナシ
× ビル倒壊

図-7 AVCILAGEKMECE の盛土地盤に建物基礎が段違い構造で建設 (図中×印)



写真-18 AVCILACEMCE
沢地形部盛土箇所

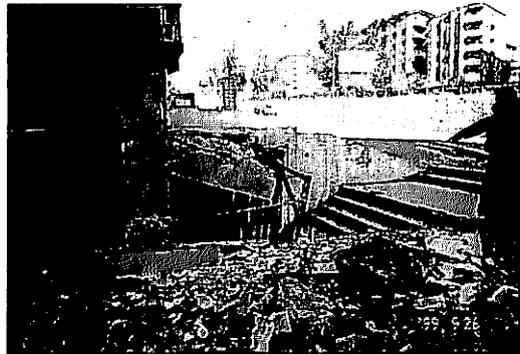


写真-19 AVCILACEMCE
直接基礎で段違い構造の建物

I. IZMIT, KARAMURSEL, NALISOY, CINARCIK (No. 3, No.10, No.19, No.26地点)

これらの地点は、沖積層が基礎(古生層、中生層、第三紀層)にアバットして推積している箇所で、かつ、IZMITを除く各地点は、地表断層の延長に位置する活断層付近に位置している。なお、IZMITの場合は、地表断層から5kmは離れているものの、震源地から5km以内に位置しており、他の3地点にくらべて、最も震源地に近い。これら地点は不整形地盤構造による地震動増幅特性等により、被害が出たものと考えられる。またCINARCIKは震源地から約90km離れている。震源地から100km程離れていても、活断層付近であれば、このような地質(地盤)構造には留意する必要があることがわかる。

J. ULASIT, NARLICA (No. 9, No.17地点)

これらの地点は、中生層の硬岩で急崖を呈している。いずれも活断層付近～直上に位置しており、今回の地震によるすべりは生じていないものの、過去の地震で岩盤すべりを生じており、活断層付近の中生層硬岩よりなる斜面には留意しておく必要がある。

Ⅶ 今後の被害予測について

図-8は図-3を基に軟質岩のみの分布を示したものである。処々に軟質な岩相（地盤）が認められる。図-9は、それに今回調査した地点をあてはめてみた。まとめでも示したように、図-9と表-1を比べることにより、トルコ地震の被害は地質（地盤）状況と密接に関係していることがわかり、今後の地質（地盤）状況調査が大切であることが理解できる。

図-10に北アナトリア断層で近年発生した地震（ $M_s \geq 6.5$ ）について示したが、1939年から10回以上の地震（ $M_s \geq 6.5$ ）が生じており、1967年に生じた地震の震源地の西100km以内の断層沿いで今回の地震が発生している。今回の地震の約100km西には、イスタンブールが位置している。イスタンブールは基盤の地質は硬質であるものの、丘陵地で谷地形部を埋土（盛土）し、高層ビルを建設している箇所もあるように見うけられた（昔に建設されたビルの基礎は、必ずしも杭基礎になっていない）。

トルコにおける地形図は、1/25000の地形図を陸軍が保有し、これより大縮尺の図面も陸軍の許可を得たあとに入手出来るが、国外への持出しは禁じられているようである。今回は、それら地形図が入手できなかったが、仮りに1/10000程度の地形図で、とくに新・旧の地形図（都市開発以前のものと、現状のもの）が入手できれば、それを比較して現地踏査することにより、地質（地盤）状況や地下水状況を考慮した、補強を含めた都市防災計画を企てることができ、将来的には、活断層周辺の災害予測モデル（ハザードマップ）の作成が可能と考える。情報公開、透明性がキーワードとなっている今日、国際間においても、同様な対応が望まれる。

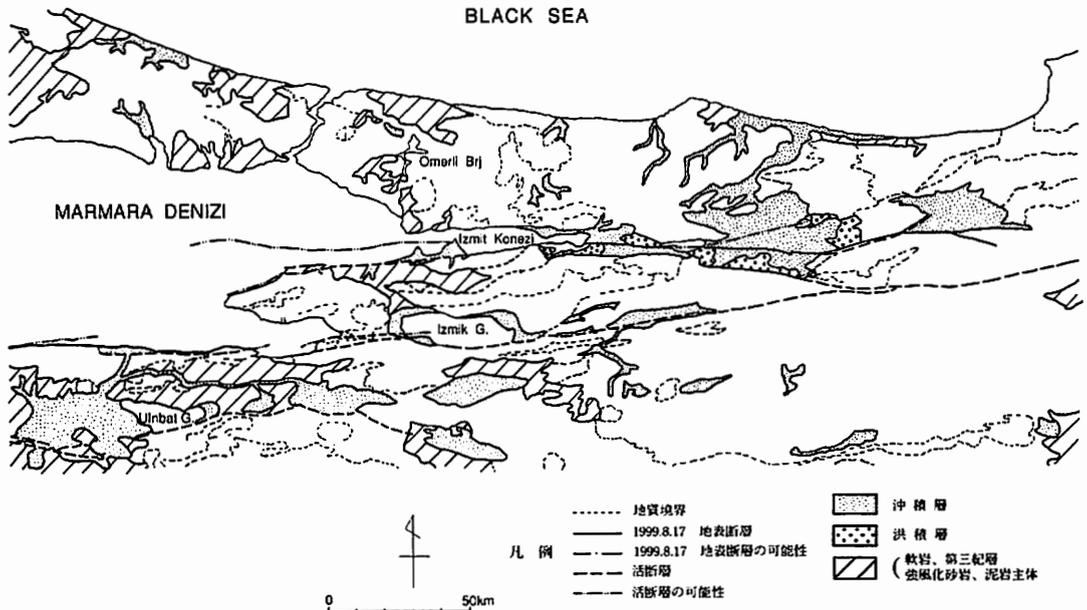


図-8 地質調査周辺の軟質岩盤（地盤）区分図
 (MTA地質図(1999)を基に岩盤(地質)区分した)

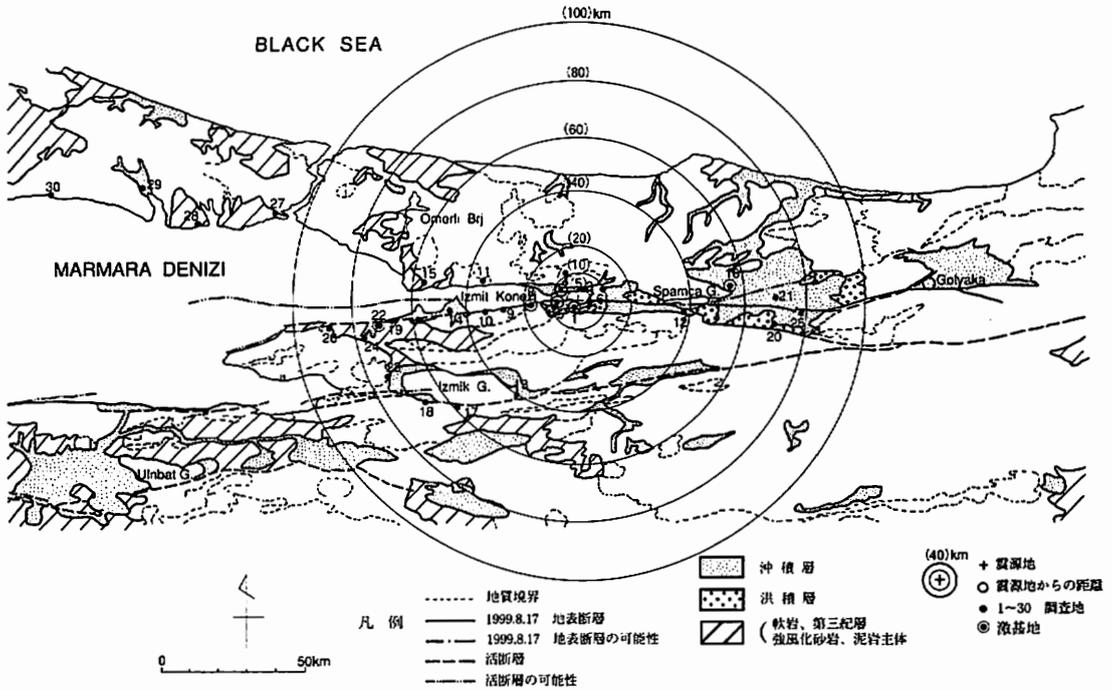


図-9 地質調査周辺の軟質岩盤（地盤）区分と調査地域との関係図
 (MTA地質図(1999) ¹⁾を基に岩盤(地質)区分した)

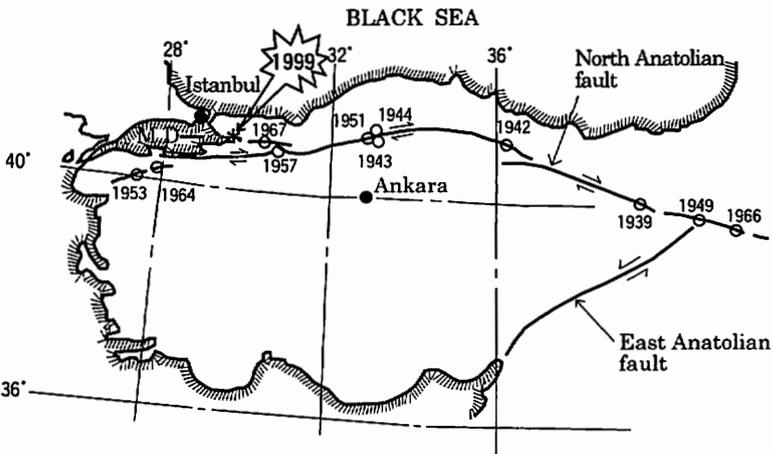


図-10 北アナトリア断層で近年発生した、 $M_s \geq 6.5$ を示す地震の震源地と発生年代との関係

Ⅶ ま と め

表-1 および、5章の踏査結果で示したように、被害の大小は地質（地盤）状況および地下水状況と密接に関係していることが判明した。

震源地から20km以内の、地表断層直上においては、被害が激甚であるものの、地表断層からやや離れると、震源地に近くても被害が軽減している。ただし、その場合でも、地盤が沖積の谷状地形に盛土していたりすると被害が大きい。また、三角州や扇状地堆積物、あるいは盛土が広範囲に分布して

いる地域は、地下水位が高く、そのため、震源地から20km以内のそのような地域では、大規模な海底地すべりを生じた可能性があることが判明した。

また、同様な地質（地盤）構成で、かつ地下水位が高い地域は、震源地から80km程離れていても、大きな被害を生じている（揺れによる被害）。今回、水平最大加速度の最大値を記録し、被害が激甚であったSAKARYA（ADAPAZARI）は、震源地からは約60kmも離れているものの、SAKARYA川の氾濫源堆積物が広範囲に堆積し、地下水位が高い地域であった。

一方、震源地から140km以上離れていても、基盤が第三紀層地域では、沢部を盛土している箇所、建物の基礎構造が平坦でなく段違いに建設している箇所等では、大きな被害を蒙っている。今回の地震で、それより震源地に近いISTANBUL周辺では大きな被害は認められなかったが、ISTANBULでは、基盤が古生層主体であるものの、谷地形部を埋土（盛土）し、ビルを建設している箇所がしばしば認められる。将来、直近で地震が発生した場合には被害発生の可能性もある。

北アナトリア断層は、世界でもっとも活発に活断している断層の一つである。今回調査した結果、被害の大小が地質（地盤）状況および、地下水位状況と密接に関係しており、都市開発のあり方に問題があることがわかってきた。したがって、地表踏査を行い、劣悪な地質（地盤）分布や、浅層地下水位の分布を調査し、地震時におけるハザードマップの作成が急務と考えられる。また、大規模な海底地すべりを生じた箇所においては、詳細な調査と、それに基づく早急な対応（対策工検討）が必要である。

参 考 文 献

- 1) MTA, GENEL MUDURLUGU, www. mta. gov. tr, 1999
- 2) MTA, Geological Map of Turkey, 1 : 2,000,000, 1989
- 3) 7. 4, Ichindekiler, Bilim ve Tekmik, vol. 32, no.382, pp.4-7, 1999