

トルコ・コジャエリ地震の震動距離減衰特性

熊谷組技術研究所 正会員 鈴木 猛康
東京大学生産技術研究所 正会員 小長井 一男

1 はじめに

1999年8月17日に発生したトルコ・コジャエリ (Kocaeli) 地震 ($M_w=7.4$) では、トルコ政府公共事業住宅省のEarthquake Research Center of Directorate of Disaster AffairsならびにBogazici大学によって、30地点以上の地震観測点で地震動記録が得られた。観測点は北アナトリア断層に沿って配置されたもの、ならびにIstanbul近郊がほとんどであり、地震動の距離減衰特性を与えるには十分とは言えないが、筆者らの現地踏査の結果を踏まえて、Marmara地域における地震動の距離減衰特性について考察を行ったので報告する。

2 観測記録に基づく地震動距離減衰特性

図 - 1 にKocaeli地震の震源域を中心としたMarmara地域を、地震動記録の得られた地震観測地点の位置とともに示す。図のように、観測点は断層に沿って配置されており、断層直交方向にはほとんど分布していない。図中 印は、地震動の水平/上下スペクトル比の低振動数領域に明瞭なピークが認められないため、地震動に表層地盤による増幅の影響が比較的少ないと判断された観測地点、 印はスペクトル比より多少は表層地盤による増幅の影響があると判断される観測地点、また 印は表層地盤による増幅の可能性が高い観測点を表している。なお、 印に分類される観測点はIstanbul周辺に多く分布するが、増幅の影響が加速度最大値に与える影響が小さいと判断される断層近くの加速度の大きな2地点のみをデータとして取り扱うこととし、その他の観測点は図には示さない。

これら観測点から得られた水平最大加速

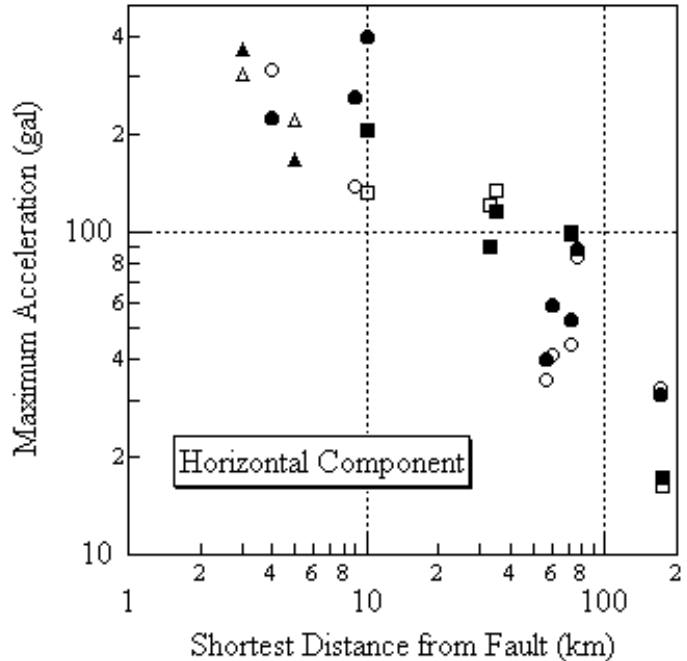


図 - 2 地震動の距離減衰特性

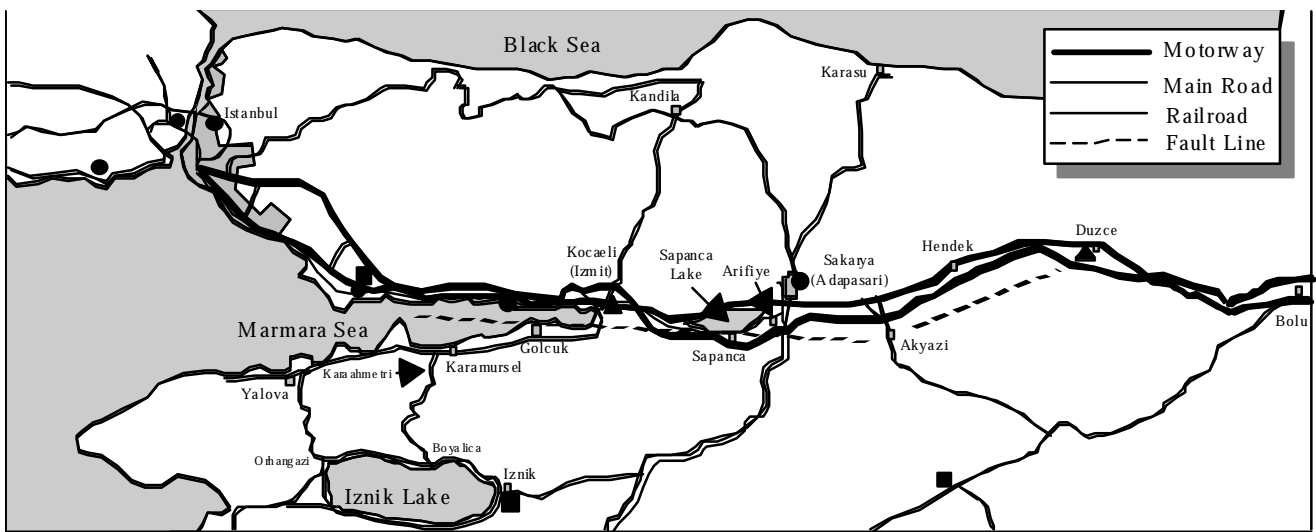


図 - 1 Kocaeli地震の震源域とMarmara地域の地震観測点の分布

度値を、図のように仮定した断層からの最短距離との関係で図 - 2 にまとめた。図中黒塗りの印はNS成分を、白抜きはEW成分を示す。ここでまとめられた観測点が、比較的硬質地盤における加速度距離減衰特性を示すと考えれば、断層より50kmで60gal、30kmでも100gal程度であり、マグニチュードには加速度が小さく、また加速度の減衰が顕著であることがわかる。

3．現地踏査による地震動距離減衰特性

現地踏査は、東はBolu、北はKarasu、Kandila、南は、Boyalica、Orhangaziまで広域に実施した。Sakarya北の分岐点よりKandilaまではほぼ小高い山岳あるいは丘陵地である。Sakaryaの分岐点より5kmまでは煉瓦あるいはアドベ造の民家に軽微な被害が認められるが、これよりKandilaまでほとんど被害は見られず、Kandilaでは住民がそれほど大きな揺れを感じていない。KandilaよりKocaeli(Izmit)に南下すると、Kocaeliの郊外に入って初めて煉瓦造のアパートに被害が現れる(写真 - 1)。

一方、Karamurselより南には急斜面があり、ここから小高い山岳地帯を経て、Iznik湖に至っている。Karamurselより10km南のKaraahmetliまでは、民家の壁にせん断クラックが入る程度の軽少な被害が認められるが(写真 - 2)、これより南ではまったく見られなくなる。

地震被害の境界に相当するSakarya分岐点の北、Kocaeliの北域、ならびにKaramurselの南のKaraahmetliは、断層最短距離約20kmに位置しており、丘陵地に位置しているため、地震動増幅の影響は比較的少ないと考えられ、これらの地点における最大加速度の目安値は、図 - 2 より150gal程度と想定できる。



写真 - 1 Kocaeli北部郊外の煉瓦造建物の被害

4．ローカルサイトエフェクト

Sakaryaからその北の分岐点、ならびにKarasuに至る約50kmの区間の道路は、河川の後背湿地と谷間を通過する路線であり、所々で民家に被害が発生している。とくに黒海に面した町Karasuでは、写真 - 3のようにアパートの倒壊が発生しており、聞き取り調査によれば住民も激しい地震動を体験している。一方、東では、断層破壊の端部とされているDuzceにおいて、多数の建物が崩壊した(写真 - 4)。Duzce郊外には、大きな河川が流れており、水害によっていくつもの橋梁が流された形跡がある。Duzceはこの河川によって供給された沖積地盤上に形成された町と考えられ、断層破壊が近くで発生したのみならず、地震動の増幅が大きかったことが推測される。



写真 - 2 Karaahmetliにおける民家の亀裂



写真 - 3 Karasuのアパート被害



写真 - 4 Duzceのアパート倒壊