

I-727

パサディナにおける常時微動測定結果とノースリッジ地震被害

(財)鉄道総合技術研究所 正員 富田健司

〃 正員 中村 豊

〃 正員 齋田 淳

1. はじめに

米国カリフォルニア州パサディナ市は、ロサンゼルス市の北東に隣接する都市である。1994年1月17日の未明に発生したノースリッジ地震による被害がパサディナ市内でも発生していた。われわれは、地震前の1993年5月に市内24か所の地盤上の常時微動を測定し、各測定点の地盤の地震動特性を把握していた。この結果から被害を予測し、地震後の1994年2月に現地の被害調査を行った。ここでは、常時微動に基づく地盤の地震動特性評価手法と地震被害評価手法を使った被害予測結果と、地震被害調査結果とを比較した結果を報告する。

2. ノースリッジ地震

ノースリッジ地震は、ロサンゼルス市西北部サンフェルナンド盆地内ノースリッジの南方で発生したM6.7 (CalTech) の地震である (図1)。震央付近を中心に家屋倒壊、地下埋設管切断、列車転覆、落橋、橋脚圧壊など数多くの被害が発生した。パサディナ市内にあるカリフォルニア工科大学クレスゲ研究所 (震央距離約30km) には、1993年9月にわれわれが設置したユレダス (UrEDAS) がある。その観測結果によれば、最大加速度は南北方向101Gal (=cm/s²)、東西方向48Gal、上下方向44Galであった。なお、この加速度は岩盤上で観測されたものである。

3. 常時微動測定解析

パサディナ市内の地盤の常時微動測定位置を図2に示す。常時微動の測定は、中村らが開発した高性能携帯型振動測定器 (PIC) を使用した。測定結果をFFT分析し、得られた水平方向スペクトルを上下方向スペクトルで除したスペクトル比 (疑似伝達関数、QTスペクトル) を各測定点ごとに算出した。地盤のQTスペクトルから求めた卓越振動数 F_P と増幅倍率 A_P から、次式で表される地盤の地震被害評価指標 K 値¹⁾を算出した。

$$K = A_P^2 / F_P$$

表層地盤の地震時のせん断歪 γ (μ) は、 K 値を用いて次のように推定できる。

$$\gamma = C \times K \times \alpha_B$$

ここに、 $C=1/(\pi^2 V_B)$ 、 α_B =基盤地震加速度 (Gal)、 V_B =基盤S波速度 (m/s)。

$V_B=600\text{m/s}$ と仮定すれば²⁾、 $\gamma \approx 1.67 \times K \times \alpha_B$ (μ) となる。

4. パサディナ市内の地震被害分析

常時微動測定点付近の地形地質状況は、PG1~PG3が花崗岩質の丘陵、PG4、PG7が急峻な崖で落ち込んだ沖積平野の底、PG6、PG5、PG8~PG24が

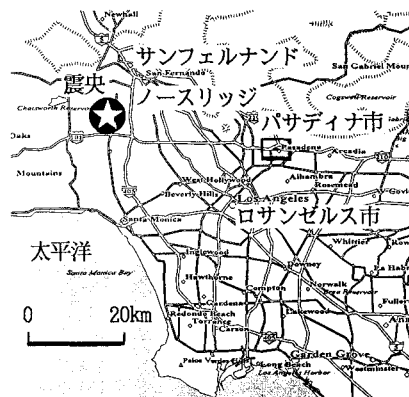


図1 ノースリッジ地震



図2 パサディナ市内常時微動測定点と被害状況

風化岩堆積物の台地である。測定点付近の被害状況を図2に併記する。

常時微動測定結果から得られた各測定点の卓越振動数 F_p をPG1からの距離にしたがって展開したものを図3に示す。岩でできている丘陵地の F_p が相対的に高くなっている。図4に増幅倍率 A_p の変化を示す。谷をわたるPG3からPG5にかけて A_p が大きく、とくに東西方向が顕著に大きくなっている。これは、谷が南北に走り、斜面が東西を向いているためと考えられる。図5にK値の変化を示す。測定点付近で被害が確認されたところは、PG8付近の立体駐車場被害以外はK値が相対的に高くなっていることが分かる。

バサディナ市内の基盤最大加速度は、中村・富田(1984)式によれば90Gal前後と推定される。基盤から表層地盤に入力した地震動は、増幅されて地表面に達する。図6は各測定点の推定基盤最大加速度とそれを A_p で増幅した地表面最大加速度を示す。測定点付近で最も大きな被害を受けたPG6付近では、東西方向に $0.6g$ (g は重力加速度)程度の最大加速度で震動したことが推測される。

地盤のせん断歪 γ が 1×10^{-3} を超えると地盤変状が生じ始めるとされている。基盤加速度が90Galの場合、K値が7程度より大きくなると γ はこの値を超える。したがって、今回の地震では、K値が7を超えるところについては、液状化、噴砂といったなんらかの地盤変状が発生した可能性が高い。このことは、被害調査結果からも裏付けられている。

ところで、PG8付近の立体駐車場は、上部構造の大きさに比べて細すぎると考えるコンクリート柱でそれを支える構造になっている。今回の地震で、ほとんどすべての柱の上部4角部が剥離・脱落するという被害が発生した。まわりの地盤に変状が発生していないことから、建物自体の震動被害によるものと推測される。

5. まとめ

常時微動に基づく地盤の地震動特性評価手法と地震被害評価手法を使って、今回の地震によるバサディナ市内の地盤変状が的確に予測できた。これまでに提案してきた手法によって、的確な被害発生予測が可能なが確認され、地震災害に対する有効な予防措置を講じるための有力な手段となりうるものと期待される。

参考文献

- 1) 中村 豊・滝沢太郎：常時微動を用いた地盤の液状化予測，第45回土木学会年次学術講演会講演概要集I，pp.1068～1069，1990年9月
- 2) 中村 豊・滝沢太郎：常時微動による表層層厚と基盤および表層地盤のS波速度の推定，鉄道総研報告，No.4，Vol.9，pp.29～35，1990年9月

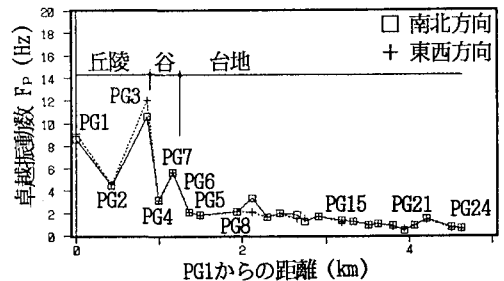


図3 地盤の卓越振動数 F_p の変化

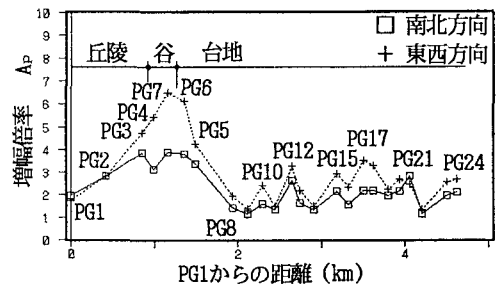


図4 地盤の増幅倍率 A_p の変化

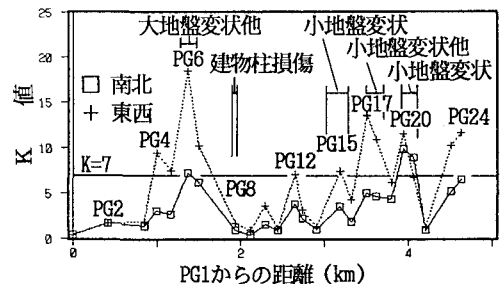


図5 地盤のK値の変化

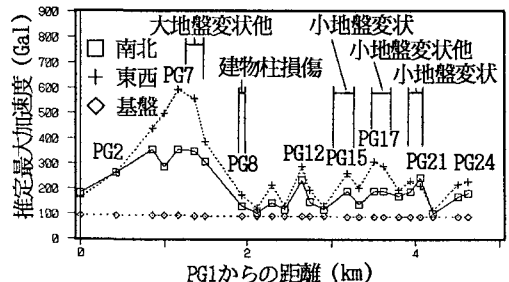


図6 地震動の推定最大加速度の変化