

I-691

ノースリッジ地震により脱線・転覆した鉄道周辺地盤の地震動特性

(財)鉄道総合技術研究所 正員 齋田 淳

(財)鉄道総合技術研究所 正員 中村 豊

1. はじめに

ノースリッジ地震は1994年1月17日4:30(PST)に米国・加州のロサンゼルス市郊外サンフェルナンド盆地で発生した。この地震により、震央付近を走行中の64両編成の長大貨物列車の一部が脱線・転覆した。

ここでは、脱線・転覆地域の常時微動を測定することにより地盤の地震動特性を調査した結果を報告する。

2. 常時微動測点と被害状況他

脱線・転覆した現場において線路に添った測点を設定し、常時微動の測定をおこなった。測定を行ったのは約800mの区間で、この中にもっとも激しく転覆した箇所が含まれている。測点およびそこにおける被害の状況を図1に示す。

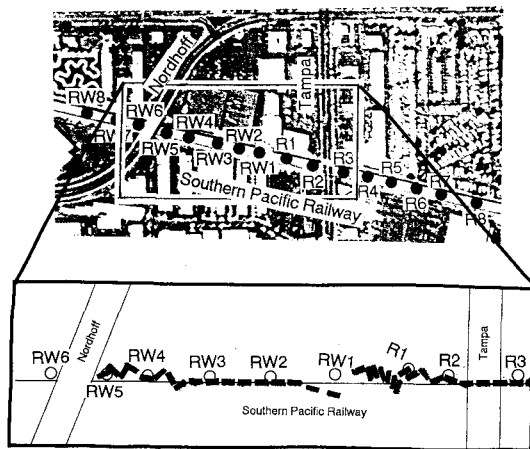
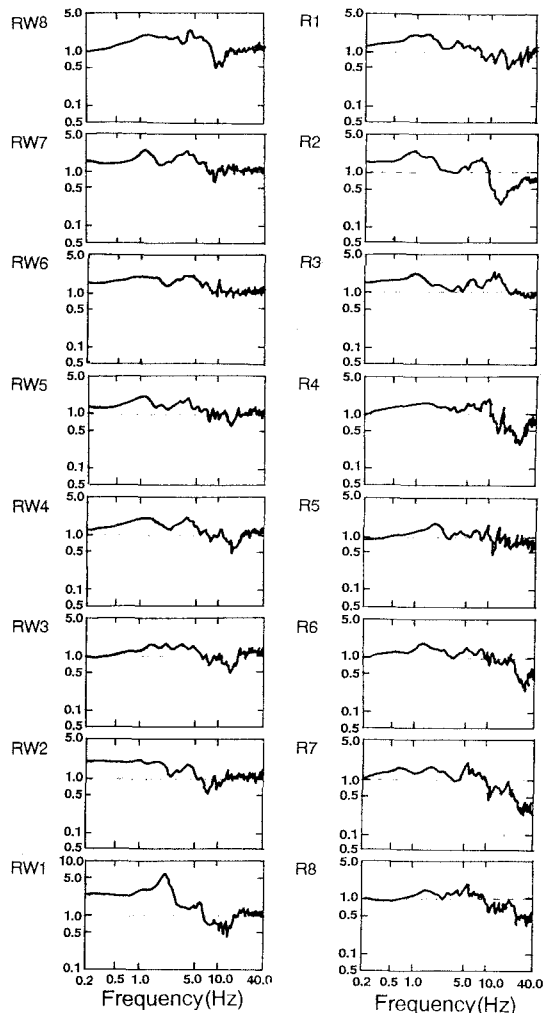


図1 測点と被害状況

この貨物列車のうち機関車は4両であったといわれているが、そのうちの1両はNorthhoff通りの高架橋の下に横転している。列車は西の方向に走行していたが、RW1付近で脱線した車両に遮られてここに多くの貨車(12両?)が折り重なるように脱線・転覆している。Northhoff通りの橋の付近で横転した機関車に遮られる形で、後続の貨車(8両?)が脱線・転覆している。

常時微動の測定に用いたのは(財)鉄道総合技術研究所の開発した携帯型振動測定器"PIC90"である。これは3方向成分のセンサを2組接続し、同時に計測することができる。1測点につき1/100秒サンプリングで約41秒(4096データ)の測定を3回繰り返した。



縦軸は増幅倍率

図2 QTスペクトル  
(線路直角方向)

### 3. 地震動特性

測定したデータを元にハニングウィンドウを80回(バンド幅約0.4Hz)掛けて平滑化して、フーリエスペクトルを算定した。各測点毎に水平スペクトルと上下スペクトルの比を求め、3回の測定について平均することによりQTスペクトル $F_p$ を求めた。QTスペクトルにより表層地盤の地震動特性を推定することができる。脱線・転覆現場におけるQTスペクトルを図2に示す。またQTスペクトルにより求めた卓越振動数 $F_p$ 、増幅倍率 $A_p$ を図3に示す。

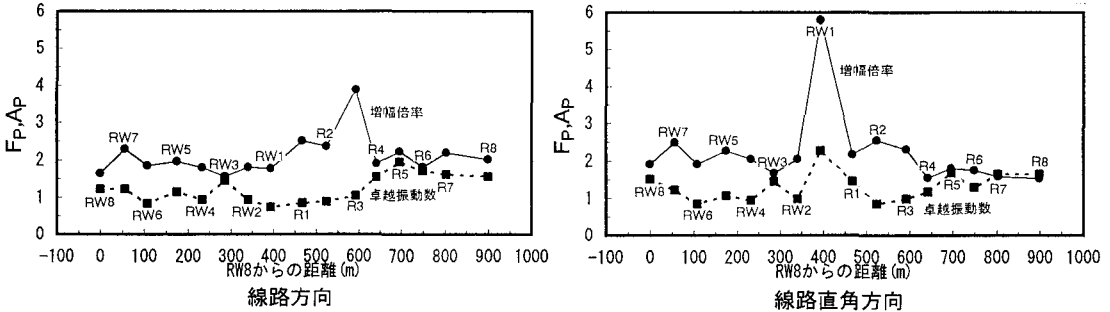


図3 卓越振動数 $F_p$ 、増幅倍率 $A_p$

これらの図によると卓越振動数はいずれの方向成分も1~2Hzであるが、増幅倍率は2倍前後であり、比較的良好な地盤であることが伺える。しかしRW1では線路直角方向の増幅倍率が6倍程度となり、R3では線路方向の増幅倍率が4倍程度となっている。列車にとって走行方向の振動はそれほど問題ではないが、線路直角方向の振動は走行安全上問題である。特にRW1付近は写真にも見られるように大きく脱線・転覆したところに位置しており、このように線路直角方向の増幅倍率が高いところと脱線・転覆発生が一致するのは興味深い。

QTスペクトルにより得られた卓越周波数 $F_p$ 、増幅倍率 $A_p$ を用いて、K値( $=A_p^2/F_p$ )により地盤により生じたひずみを推定する<sup>2)</sup>。脱線・転覆現場におけるK値を図4に示す。基盤のせん断波速度を600~1000m/sと仮定し、基盤加速度を周辺の地盤上の加速度記録や、基盤加速度の推定式である中村・富田式(1984年)<sup>3)</sup>により約300Galと見積もると、地震時のせん断ひずみ $\gamma$ は $\gamma=(3\sim5)\times 10^{-4}\times K$ となる。図4をみると、Tampa通り付近から西側の部分(RW1,R1,R2,R3)で大きなK値となっている。ここ以外では概ね $K\leq 4$ であり $(2\sim3)\times 10^{-3}$ 以下のひずみであったと推測される。これに対してRW1

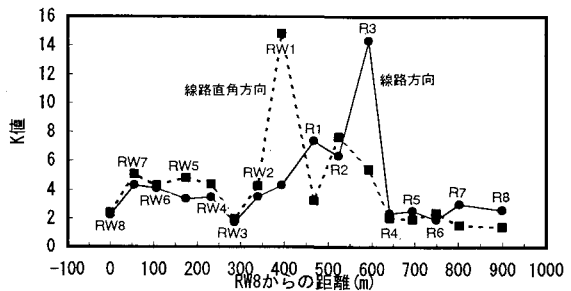


図4 K値

やR3では $K\approx 14$ と大きく $(4\sim7)\times 10^{-3}$ と大きなひずみが発生したものであると思われる。地表の継続時間は10秒程度であり、RW1やR3の周辺では液状化が生じたのかもしれない。被害状況の写真によると、この近辺では明らかに積荷の液もれと思われる変色とも、周辺の地盤の色調とも異なる、青灰色の地盤が広がっている。

### 4. おわりに

ノースリッジ地震により脱線・転覆した現場で常時微動測定を行い、この地盤の地震動特性を推定した。この結果、大きく脱線・転覆した地点では、地震動が大きく増幅されK値も大きくなっていることがわかった。

### 参考文献

- 1)中村他:常時微動による地盤変状予測の試み,鉄道総研報告,1993年10月
- 2)中村他:常時微動を用いた地震の液状化予測,第45回土木学会年次学術講演会講演概要集,1990年9月
- 3)中村他:最大加速度の推定式,第39回土木学会年次学術講演会講演概要集,1984年9月