

1989 年 Loma Prieta 地震による Parkfield 埋設管観測地点の地盤震動の解析

京都大学大学院 学生員 ○片岡建司
 京都大学工学部 正員 杉戸真太
 京都大学防災研究所 正員 亀田弘行
 Weidlinger Associates J. Isenberg

1. はじめに

1989年10月17日に米国 California州で発生した Loma Prieta 地震の Parkfield 埋設管観測地点での記録を用いた解析結果を報告する。本研究の主な目的は、強震記録から当地での地盤震動を明らかにすること、断層が存在するために地表面に破壊が生じる可能性のある箇所での地下埋設管の挙動を解析することである。

2. Parkfield の観測システムについて

米国の Weidlinger Associates と京都大学都市耐震センターは、California州 Parkfieldにおいて、強震観測及び埋設管の挙動観測を共同で行っている。溶接鋼管とダクタイル鋳鉄管の2種類の埋設管が設置されており、どちらも San Andreas 断層の予想断層線を横切るように配置されている。そのうち溶接鋼管は、図1のように、長さ 60m のものが2本、それぞれ圧縮、引張りを受けるように設置され、管のひずみを観測するために1本につき9箇所にひずみゲージが貼付けてある。

強震観測は、WWVB による絶対時刻受信システムを有する3台のデジタル強震計(SAMTAC-17E)を三角形の頂点に置いた平面アレー観測である。

3. 加速度記録を用いた解析

Loma Prieta 地震の際の Parkfield 観測点での震央距離は 175km であった。この地震により3台の強震計はいずれも起動し、約 120秒間の記録が得られた。

地震波の到達時刻と当地での P波の走時表を比較すると、得られた加速度記録は初動の約 3秒が記録もれになっていると考えられる。

この原加速度記録をフィルターをかけて補正し、それを積分して速度・変位の波形を求めた。結果の一例を図2に示す。記録開始後約 40sec から長周期成分が卓越するようになり、加速度振幅がごく小さくなった後も速度・変位の振幅はそれほど減衰しない。卓越周期は各成分とも 3~4sec であった。

次に、加速度記録から非定常パワースペクトルを求めた。震央直角方向及び鉛直方向のものを図3に示したが、表面波特有の

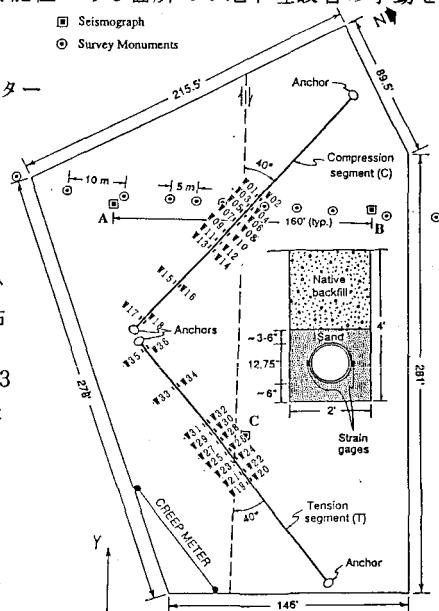


図1 Parkfield 観測システム

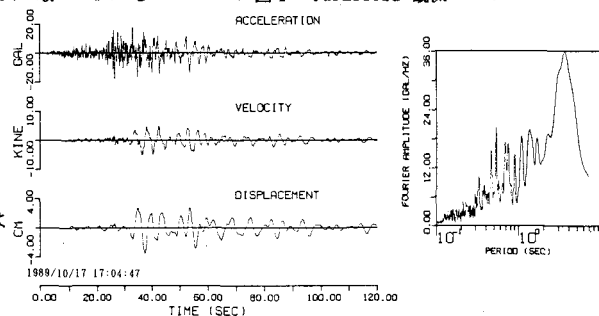


図2 補正加速度・速度・変位記録及びフーリエスペクトル
 (Station-A 震央直角方向)

Kenji KATAOKA, Masata SUGITO, Hiroyuki KAMEDA, and Jeremy ISENBERG

分散性が顕著に現れている。また、震央直角方向の非常スペクトルを見ると、40sec前後（卓越周期約4秒）と60sec前後（卓越周期約3秒）で2つの異なるモードの波が到達しているのが認められる。

1点の変位記録を用いて10秒毎の粒子軌跡を描くと、その中にRayleigh波やLove波の示す軌跡と合うものがあり、その軌跡が現れる時刻は、非常スペクトルにおいて分散性が現れる時刻とほぼ一致している。

以上の結果を総合してみると、観測された地震波には周期3～5secの表面波が存在し、その影響が地盤の速度・変位記録の波形に強く現れていると考えられる。

4. 地盤ひずみと地下埋設管のひずみ実測値との比較

観測点Cを原点ととり、局所座標系を設定して各点の変位を二次元有限要素である節点に作用させることによって、3節点を結んだ地盤の平均平面ひずみを算出した。震央方向の地盤の垂直ひずみと同方向の地盤の震動速度の波形を比較したのが図4である。ただし、速度波形は見かけの位相速度 c で除してひずみの単位に変換してある。波形は非常によく似ているが、位相が約1秒ずれている。両者の周波数特性はほぼ一致した。

埋設管ひずみは、曲げひずみがほとんど見られなかったため、軸方向ひずみのみを検討した。各点のひずみの最大値は約 50μ であり、地震後の残留ひずみも 30μ 程度見られる。ただ、この残留ひずみが何故生じたのかについては今後の検討結果を待たねばならない。

次に、地盤ひずみと埋設管の軸ひずみとの比較を行ったのが図5である。両者の波形の位相は余り合っていないが、両者は異なるトリガーで起動しているため、絶対時刻についてはなお検討を要する。両者の周波数特性はよく一致している。

5. まとめ

本観測システムは、近い将来 Parkfield で発生すると予測されている、 $M=6$ 程度の地震を捉えることを主目的としている。今回の地震によりその予備的な観測結果を得たことに加え、観測システムのチェックができたことの意義が大きいと考えている。

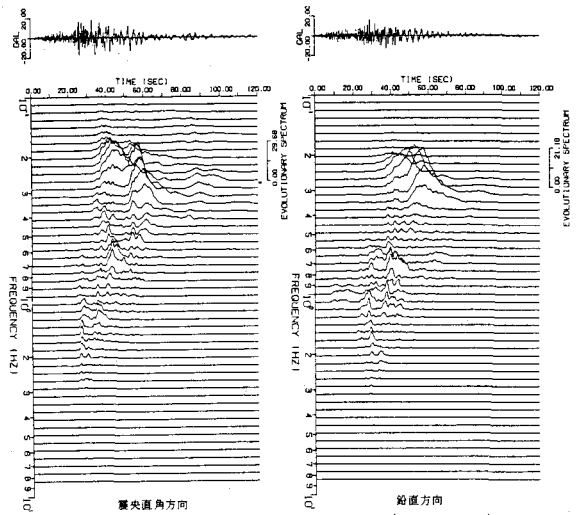


図3 非定常パワースペクトル (Station-A)

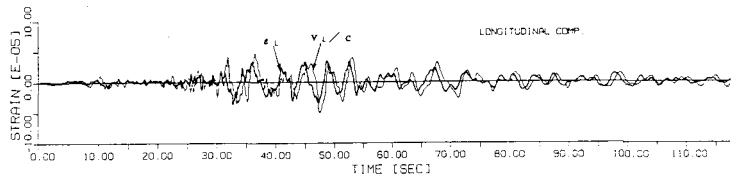


図4 地盤ひずみと地盤の震動速度の比較

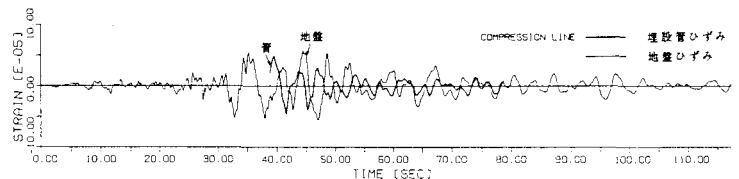


図5 地盤ひずみと埋設管ひずみの比較