

I - B150 地震動の経時特性に対する表層地盤と震源破壊過程の影響

東京電力(株) 建設部技術センター 正会員 野本高憲¹⁾
 東電設計(株) 技術開発本部 正会員 小鹿健平²⁾

1. まえがき レベル2地震時の耐震設計において非線形解析を用いることが一般的になりつつある。構造物の非線形応答は、線形応答に比べ地震動の周波数特性の変化や継続時間に強く依存することより、非線形解析では入力地震動の振幅と位相の経時変化を深く配慮することが必要となる。地震動の経時特性は地震波のフーリエ位相の周波数領域での傾き、すなわち群遅延時間の平均値と標準偏差により表現することができる。群遅延時間の平均値は時刻歴の包絡関数の重心の位置(地震波の到達時間)に対応し、標準偏差は包絡関数の広がり(継続時間)に対応するものである(和泉・勝倉, 1983)。

地震動の特性に影響を及ぼす因子は、震源の破壊過程、伝播経路および表層地盤に分離することができる。群遅延時間(tgr)に対しては、次の関係 $tgr_o(\omega) = tgr_s(\omega) + tgr_p(\omega) + tgr_H(\omega)$ が成り立つ。ここに下添字の O 、 S 、 P 、 H はそれぞれ観測、震源、伝播経路、表層地盤を表わす。本報告では、このうち表層地盤と震源に着目し、それぞれの群遅延時間を用いて地震動の経時特性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実地震動の経時特性 千葉県東方沖地震(1987年, $M=6.7$)は関東地方で近年発生した比較的強い地震であり、数多くの地震記録が得られている。本検討では、東京電力袖ヶ浦火力発電所構内の記録と東京大学千葉実験所の記録(Katayama *et al.*, 1990)を対象とした。検討に当たっては地震動の水平2成分を

Radial と Transverse 成分に変換し、伝播速度が明らかに違うP波部分を除外した。本報告では Transverse 成分の結果のみを示す。袖ヶ浦の地表の観測記録と群遅延時間の平均値と平均値±標準偏差を図-1に示す。群遅延時間の平均値は変動しているながらも長周期成分ほど地震動の後ろに位置する傾向が見られ、群遅延時間の分布の重心と時間範囲が周波数により変化していることがわかる。

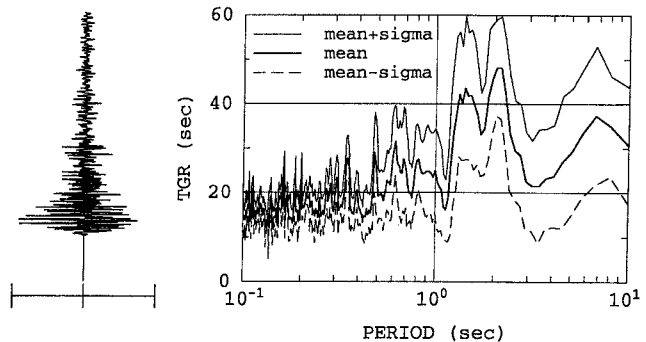


図-1 袖ヶ浦の地表記録の時刻歴と群遅延時間

3. 表層地盤の影響 表層地盤の影響は表層地盤の伝達関数により検討することができる。袖ヶ浦火力では地表(GL)と地中(GL-57.3m, GL-117.3m)に地震計が設置されている。地表と地中の記録の群遅延時間の平均値と標準偏差の比較をそれぞれ図-2と図-3に示す。地表と地下100m程度($v_p > 400m/s$)までの群遅延時間の平均値と標準偏差はかなりよく一致している。このことより、表層地盤が地震動の経時特性に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

4. 震源破壊過程の影響 東千葉実験所で観測された、千葉県東方沖地震の本震と当日発生した3つの強い余震($M=4.6, 4.4, 4.0$)の記録を用いて震源の破壊過程が地震動の経時特性に及ぼす影響について検討を行った。本震記録の群遅延時間の平均値と平均値±標準偏差を図-4に示す。図-1と同様に群遅延時間の分布の重心と時間範囲が周波数により変化していることが確認できる。本震と余震の観測記録の群遅延時間をそれぞれ

$tgr_o^{MS}(\omega) = tgr_s^{MS}(\omega) + tgr_p^{MS}(\omega) + tgr_H^{MS}(\omega)$ と $tgr_o^{AS}(\omega) = tgr_s^{AS}(\omega) + tgr_p^{AS}(\omega) + tgr_H^{AS}(\omega)$ と表現する。

ここに MS は Main Shock、AS は After Shock の略である。本震と余震はほぼ同じ場所で発生していたので、

キーワード: 経時特性、群遅延時間、伝達関数、震源破壊過程

連絡先: 1) 〒100-0011 東京都千代田区内幸町1-1-3 Tel: (03)4216-4281 Fax: (03)3596-8574

2) 〒110-0015 東京都台東区東上野3-3-3 Tel: (03)5818-7606 Fax: (03)5818-7608

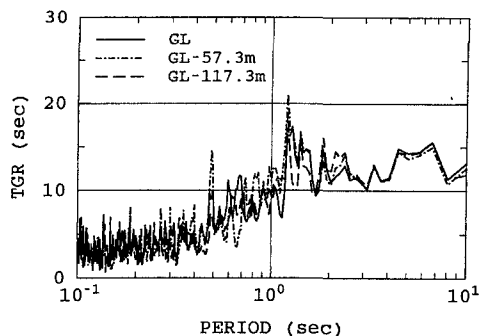
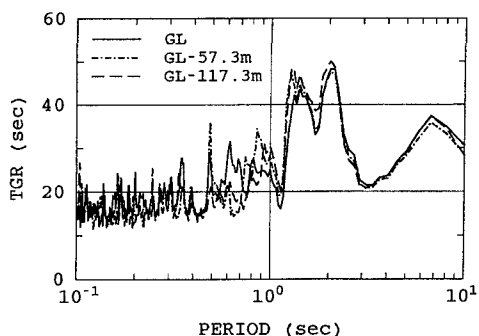


図-2 群遅延時間の平均値の比較(袖ヶ浦・地表と地中) 図-3 群遅延時間の標準偏差の比較(袖ヶ浦・地表と地中)

本震と余震に対して震源から観測点までの伝播経路は同じと仮定することができる。従って、 $tgr_o^{MS}(\omega) - tgr_o^{AS}(\omega) = tgr_s^{MS}(\omega) - tgr_s^{AS}(\omega)$ となり、本震と余震の観測記録の群遅延時間の差は本震と余震の震源の群遅延時間の差、つまり、震源破壊過程の群遅延時間を反映することになる。本震と余震の群遅延時間の平均値の差を図-5 に、標準偏差の差を図-6 に示す。ここでは平均値や標準偏差の差の値自身でなく、差の周波数に対する変化に意味がある。その観点から見た場合、全体的な傾向としては周波数に対する系統的な変化はほとんどない。このことより、震源の破壊過程が地震動の経時特性に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

5. あとがき 千葉県東方沖地震のときに観測された地震波の群遅延時間を対象として検討を行った結果、表層地盤と震源破壊過程が地震動の経時特性に及ぼす影響は比較的小さいものと考えられる。ただし、震源破壊過程の影響については M7 以上の大地震に対する検討は必要である。残った因子である伝播経路については、表層以深の地震基盤までの地盤の伝播特性や不整形地盤の影響を二次元解析等により明らかにする必要があると考えられる。

参考文献 和泉正哲・勝倉裕(1983). 地震動の位相情報に関する基礎的研究、日本建築学会構造系論文報告集、327、20-26; Katayama *et al.* (1990). A strong motion database for the Chiba seismometer array and its engineering analysis. *Earthq. Engrg. Struct. Dyn.* 19, 1089-1106.

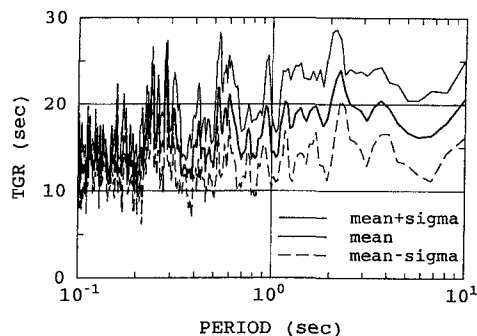


図-4 本震記録の群遅延時間(東大千葉実験所)

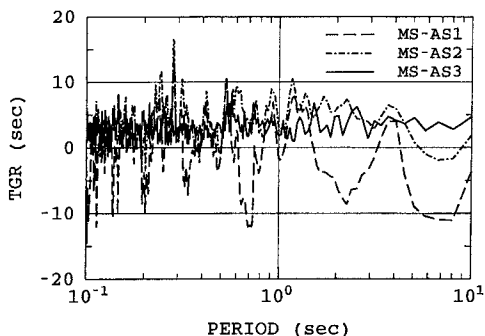


図-5 本震と余震の群遅延時間の平均値の差(東大千葉実験所)

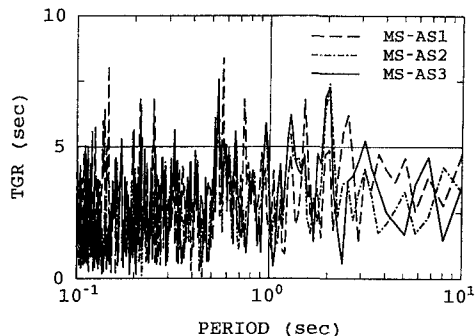


図-6 本震と余震の群遅延時間の標準偏差の差(東大千葉実験所)