

I - B 357

直下型設計地震波の作成に関する一考察

(財)鉄道総合技術研究所

正会員 羅 休

同 上

正会員 室野 剛隆

同 上

正会員 西村 昭彦

1 まえがき

耐震設計においては、入力地震動の特性は耐震設計に用いる時刻歴の地震波に反映されるため、合理的な設計用地震波を用いることが重要である。特に、兵庫県南部地震のようなレベル2の地震動は、一定地点に対して再現期間は約千年のオーダーで、経済性を考えると、構造物の耐震設計には限界状態設計法を導入せざるをえない。限界状態設計法では、構造物にある程度の損傷を許容したものであり、非線形動的解析による照査が主流になるため、地震動の位相特性が構造物の弾塑性応答に与える影響が重要であると考えられる。本報告は、地震波の位相特性を反映する群遅延時間に注目し、群遅延時間の平均と分散に基いた乱数発生により直下型の設計用適合波の作成を試みた。また、作成した適合波による構造物の弾塑性応答スペクトルと実観測波との比較を行うことによって、適合波を耐震設計上に用いる場合の安全率を検討した。

2 適合波の作成

本作成手法は、多くの実観測地震記録を用いて統計的な解析を行って、地震波の振幅特性を弾性応答スペクトルで表現し、位相特性を平均群遅延時間スペクトル $\mu_{gr}(\omega)$ と分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{gr}(\omega)$ で定め、それに基づいて乱数による群遅延時間 $t_{gr}(\omega)$ から位相角を定めるため、地震波のランダム性と位相非定常性の両方をも表現できるものである^[1]。ここでは、実観測波に基いた統計解析から、断層近傍での直下型地震による平均群遅延時間と分散群遅延時間の周期に対する変化が小さいため、工学的な観点から図-1のように $\mu_{gr}(\omega)$ と $\sigma_{gr}(\omega)$ を定数とした簡単なモデルを用い、正規乱数を発生させることにより群遅延時間 t_{gr} を定め、位相角を求めて適合波を作成するものとした。

作成にあたっては、振幅調整に用いる目標応答スペクトルは図-2の太線で表す弾性応答スペクトル $S_a(\omega)$ とした。この応答スペクトルは、兵庫県南部地震を含む22波の近年日本および海外で観測された断層近傍の工学地盤面の強震記録を用いて、距離減衰の補正をした上で求められた90%非超過率の応答値である^[2]。つまり、このスペクトル $S_a(\omega)$ は22波の補正された地震波に対する塑性率 $\mu=1$ 時の応答値の90%を包絡するラインである。したがって、もし作成された適合波の弾塑性応答値はこの90%非超過率のラインを包絡できれば、設計に用いる場合の安全性が満たされると考えられる。

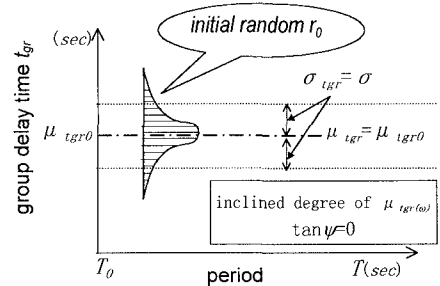
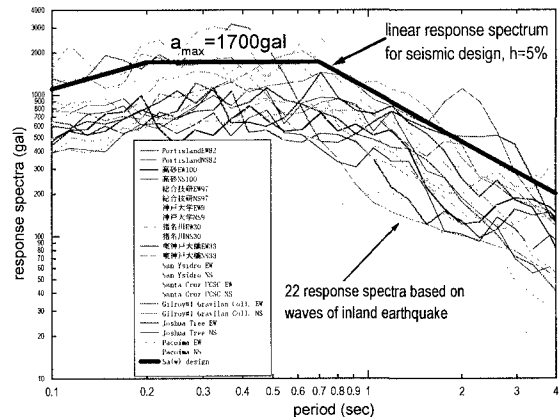


図-1 群遅延時間の簡便なモデル

図-2 等価震源距離 12km までに補正した $S_a(\omega)$ ^[2]

キーワード：直下型地震、適合波、群遅延時間、弾塑性応答

連絡先：〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel:042-573-7262

Fax:042-573-7248

3 適合波の妥当性検討

図- 1の群遅延時間スペクトルのモデルを定めた後、位相に影響を与える要素は初期乱数である。多くのパラメータスタディーから、異なる初期乱数の適合波による弾塑性応答の差異が大きいことが分かった。したがって、適合波を作成する際にこの影響を考慮した。まず、任意の 50 個の初期乱数を使って適合波を作成し、それぞれの降伏震度スペクトルを計算した(図- 3)。その中で、短、長周期両端の降伏震度ともに高い適合波を抽出し(図- 4、初期乱数 $r_0=1532$)、実観測波に基いた 90%非超過率の統計的な結果との比較を行い(図- 5)、適合波の妥当性を検討した。図- 5から、適合波の所要降伏震度は実観測波の 90%非超過率のラインを包絡していることが分かった。したがって、この波を設計に用いるのは可能と考えられる。

図- 5の計算結果においては、構造物の減衰は周期依存型の減衰係数 $h=0.2(T<0.2)$ 、 $0.04/T(0.2<T<0.8)$ 、 $0.05(T>0.8)$ 、復元力特性はBi-linear型のClough model、第2勾配は第1勾配の1%とした。

4 まとめ

直下型地震に対する構造物の耐震設計に用いる設計地震波を作成するために、地震波の位相非定常性を簡易な群遅延時間の平均と分散のモデルにより表現し、このモデルに基いた乱数を発生させることによって、適合波を作成した。また、作成した適合波による構造物の弾塑性応答と実観測波の統計的な結果との比較することによって、適合波を設計に用いる場合の安全率を検討した。

参考資料

- [1]羅休、室野剛隆、西村昭彦:群遅延時間を用いた適合波の作成とその非定常性が弾塑性応答へ及ぼす影響、第 10 回日本地震工学シンポジウム、投稿中、1998
- [2]王海波、西村昭彦:耐震設計入力地震動レベルに関する一考察、第 22 回地震工学研究発表会講演論文集、pp.213-216、1997

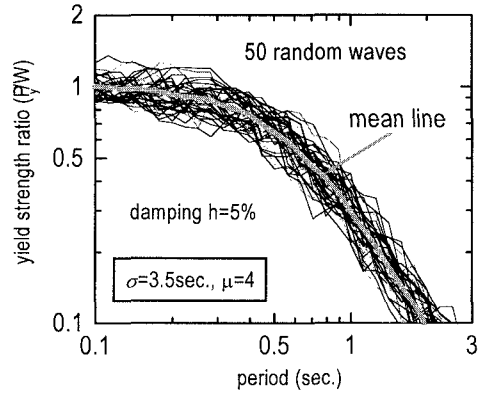


図- 3 50 波の適合波による所要降伏震度

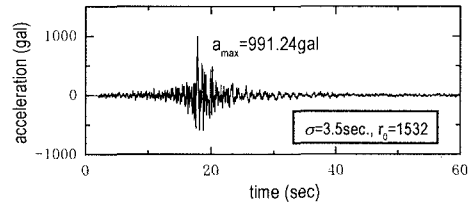
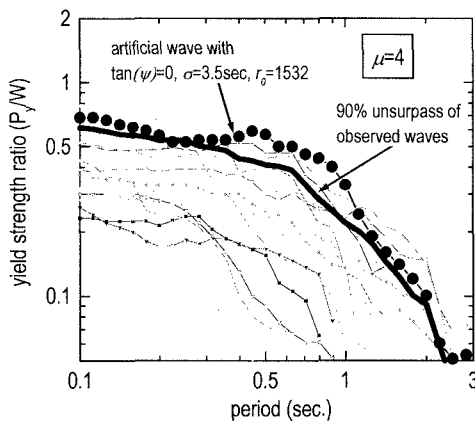
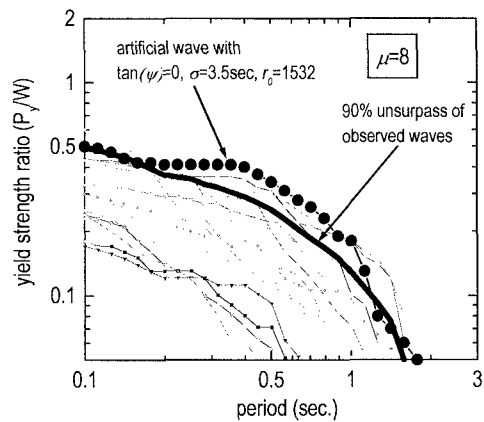


図- 4 抽出した適合波(初期乱数 $r_0=1532$)



(a) 塑性率 $\mu=4$



(b) 塑性率 $\mu=8$

図- 5 適合波と実観測波の所要降伏震度の比較