

模擬地震波の非定常性が鉄道構造物の弾塑性応答へ及ぼす影響

（その1：模擬波の作成と群遅延時間の調べ）

(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

鉄道構造物の耐震設計に用いる地震動波形は観測された実地震波のフーリエ振幅を、周波数領域で目標とする応答スペクトルに適合するように修正したものである。本報告では、このように作った適合波の位相の非定常性について他の作成手法による模擬地震波の非定常性と比較を行った(その1)。さらに、位相の非定常性による鉄道構造物の弾塑性応答の影響を調べた(その2)。

2 適合波の作成

これまでも幾つかの作成手法が提案されているが、主に振幅特性に重点が置かれており、位相特性のモデル化についてはまだ議論が不十分なように思われる。また、振幅特性と位相特性を別個に与えるために地震動としての因果性は満たされない問題点も残されている。その中でも代表的な例は次のように二種類 3 手法に分けられる。

I. 実観測波形に基く適合波：

(1)F 法：鉄道、道路などの分野の耐震設計に用いられている周波数領域での振幅調整手法

(2)T 法：要素波を振動系の応答のタイミングを考慮して原波形に重ね合せていき、時間領域で波形を調整する手法^[1]

II. 乱数発生による適合波：原子力発電所の耐震設計に用いられている位相差 ($0 \sim 2\pi$) を一様乱数とし、非定常位相波の包絡形と位相差分スペクトルの形が良く似ている特徴を利用して周波数領域で振幅調整する手法

適合波の位相特性を考察するために、以上の三つ手法を使って、兵庫県南部地震の神戸海洋気象台の強震記録(NSとEW)を元波にして、各々の模擬地震波を作成した。作成にあたって、振幅調整に使われる目標スペクトルは、鉄道構造物の耐震設計に用いられる応答速度スペクトルである。なお、乱数発生による適合波の波形包絡線は、実観測波形に基く対数正規分布とした。

3 群遅延時間の変化

L2レベルの設計のように構造物の弾塑性応答を対象とする場合には、特に地震動の非定常性が重要である。近年の様々な研究^[2]により位相特性が地震動波形の非定常性と密接に関連していることが明らかとなった。ここでは、位相特性のモデル化ということで、位相スペクトルの傾きである群遅延時間 ($t_{gr}(\omega) = d\phi(\omega)/d\omega$) に注目することにする。この時、振動数に依存する方法^[3]で、二組の実観測波とそれに対応している適合波の群遅延時間の平均値 $\mu_{igr}(\omega)$ と分散 $\sigma_{igr}(\omega)$ を算定して比較した(図-1 と図-2)。これによれば、F 法とT 法による適合波の群遅延時間の平均値 $\mu_{igr}(\omega)$ と分散 $\sigma_{igr}(\omega)$ は周期に対する変化がやや激しい、また実波の群遅延時間と似ていることが分かる。これは、実観測波に基く適合波を作成する際に、周波数領域または時間領域での振幅調整による元波の位相特性との差が思う程大きいものではないことを示している。つまり、数回の振幅調整をされても元波の位相の非定常性はまだ強く残っている。これに対して位相差が一様乱数で決められた適合波の群遅延時間の平均値と分散は周期に対する変化が小さく、実観測波に見られる非定常性が反映されていないことが分かる。また、図-1 と図-2 中の二つ乱数発生法による加速度波形(初期乱数 0.9 と 0.259)がお互いにかなり違うように見られるが、それぞれに対する群遅延時間はそれほど変わらないことから、位相差を一様乱数で与える手法では地震波の位相の非定常性を模擬するこ

キーワード：適合波、群遅延時間、非定常性、弾塑性応答

連絡先：〒185 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel:0425-73-7262

Fax:0425-73-7248

とが困難であることが分かった。

4 まとめ

模擬地震波の位相の非定常性を調べるために、三つ手法で作成された波の群遅延時間を計算、比較した。F法とT法による適合波は元波の非定常性を良く反映している。これに対して、位相差分散スペクトルの特徴だけを利用して、乱数発生による適合波の非定常性は実観測波との違いが大きいことが明らかとなった。

謝 辞 T法の適合波は(株)大成建設の志波由紀夫氏により提供頂いたものです。紙面を借りて御礼申し上げます。

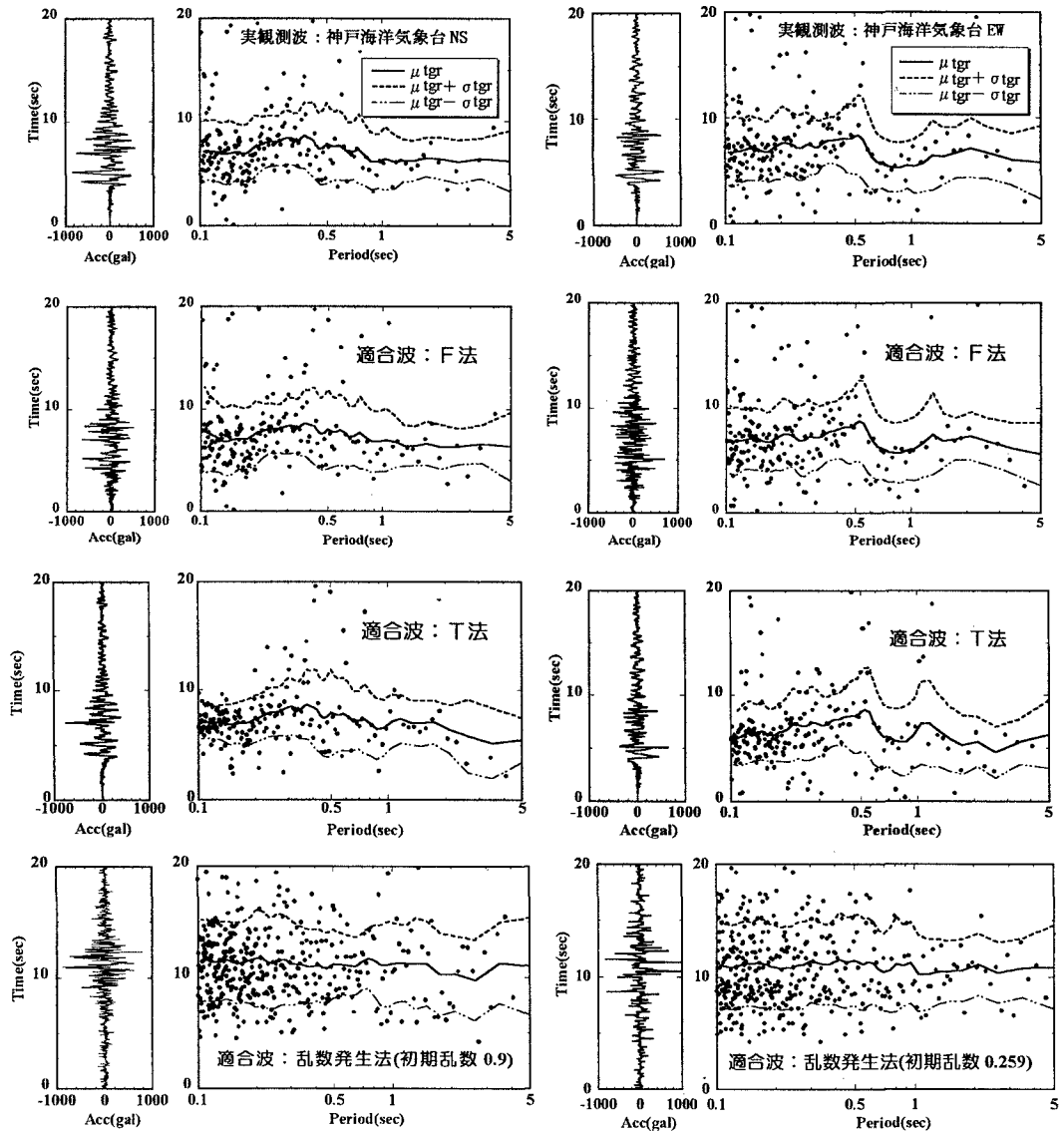


図-1 各加速度波形と対応する群遅延時間の変化
(元波形：神戸海洋気象台 NS 成分)

図-2 各加速度波形と対応する群遅延時間の変化
(元波形：神戸海洋気象台 EW 成分)

参考資料：[1]志波、岡本：設計応答スペクトルに適合する地震波形の作成法に関する検討、第 51 回土木学会年次学術講演会、1996。[2]例えば、佐藤忠信ら：地震動に含まれる位相特性のモデル化、京都大学防災研究所年報、第 32 号、平成元年 4 月。[3]澤田、盛川、土岐：群遅延時間の分散スペクトルによる位相のモデル化、(その 1)定式化と線形演算性について、地震学会春季大会予稿集、1996。