

正規化フーリエスペクトルによる応答特性の考察

武蔵工業大学 学生会員 近藤 由樹
武蔵工業大学 正会員 吉川 弘道

1. はじめに

等価線形化法や荷重低減係数法など、多くの簡易解析法が提案されているが、入力地震動と非線形応答特性の関係については未解明な部分が多く、どの簡易解析法においてもその部分に議論が集中している。そこで、本研究では1質点系を対象とし、入力加速度と応答加速度のフーリエ振幅スペクトルの比率をとったものであるフーリエ振幅応答倍率に着目することによって、非線形域での応答特性を検討した。

2. フーリエ振幅応答倍率

フーリエ振幅スペクトルは、時刻歴波形の振幅特性を周波数領域で表したもので、不規則波である地震動の振幅がどの振動数成分に寄与しているかを端的に表現できるものである。入力地震動のフーリエ振幅スペクトル (F_e) と、その地震動を入力した時の時刻歴応答加速度のフーリエ振幅スペクトル (F_{resp}) を周期成分 (T) ごとに比率をとることによって、どの周期成分が卓越するか分かる。これをフーリエ振幅応答倍率 ($R_{Fourier}$) という。

$$R_{Fourier} = \frac{F_{resp}}{F_e} \quad (1)$$

フーリエ振幅応答倍率が1以下では、入力加速度に対し応答加速度が低減され、1以上では増大されることを意味している。一般に線形応答では、構造物の固有周期と同等の周期成分が卓越し、非線形応答では構造物の固有周期よりも短周期側では低減され、長周期側では増大される。

3. 解析概要

解析対象はRC単柱橋脚とし、入力地震動は時刻歴応答解析用標準波形を用い、非線形動的応答解析を行った。また、入力地震動の最大地盤加速度を調節することで、構造物の塑性進行領域の調整を行った。また、各諸元、諸条件を表1に示す。

地震動のフーリエ振幅スペクトルは多峰性であるが、今回はピーク時の周期成分を特性周期としている。

図1の作成手順に従ってフーリエ振幅応答倍率を算出し、ピーク時の周期成分を整理することで、非線形域での応答特性を検討した。

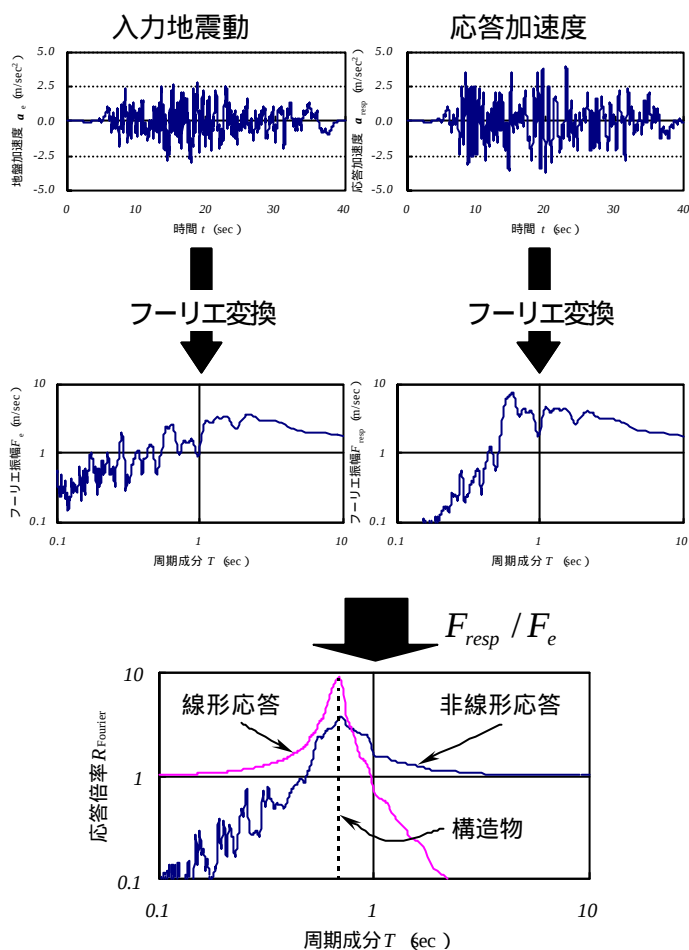


図1 正規化フーリエスペクトルの作成手順

表1 諸条件

解析モデル	1質点1要素系
骨格曲線	Tri-linear型
復元力特性	武田モデル
計算法	Newmark-β法 (β=1/4)
積分時間間隔	0.001 (sec)
入力地震波	時刻歴応答解析用標準波形
最大地盤加速度	200 ~ 1200 (Gal)
構造物の固有周期	$T_{eq}=0.67$ (sec)

Key Words: RC単柱橋脚, フーリエ振幅スペクトル, 卓越周期

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号 TEL: 03-3703-3111 (内線 3241) FAX: 03-5707-2125

4. 構造物の塑性化に伴う長周期化

図2に応答塑性率と、その時の卓越周期成分を示す。一般に塑性化に伴い構造物は次第に長周期化するとされているが、本論で提案する方法によっても確認できた。さらに塑性化が小さい時は構造物の周期に近似し、塑性化が進むにつれて地震動の特性周期に近似していく傾向が認められた。また、塑性化が進むにつれ、フーリエ振幅応答倍率も低減していくことが確認できた。これは、構造物が大きな力を受けたとき耐力によって耐えるのではなく、変形によってエネルギーを吸収していることを表している。

5. 地震動の違いが及ぼす影響

次に、6波形を用いて解析を行ったところ塑性化の進行と卓越周期成分の関係には、地震動による相違があるものの傾向は同様であることが確認できる。また、塑性化とフーリエ振幅応答倍率の関係は、地震動によらず塑性率に依存していることが確認できた。また、塑性化に伴いフーリエ振幅応答倍率はある一定値に漸近していく傾向がある。

卓越周期成分とフーリエ振幅応答倍率の関係においても、地震動によらずほぼ同様な傾向が見られた。

6. まとめ

- ・フーリエ振幅応答倍率を用い、卓越周期成分を算出することによって、塑性化に伴う長周期化を確認することができた。また、地震動による相違がみられるものの傾向は同様であることが分かった。
- ・卓越周期は、塑性化が進んでいないときは構造物の固有周期に近似し、塑性化が進むに伴い地震動の特性周期に近似していく傾向となった。
- ・フーリエ振幅応答倍率は、塑性化に伴い低減し、一定値に漸近していく。

【参考文献】

- ・日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1998.1
- ・吉田仁司，田村敬一，中尾吉宏：地震動特性に基づく非線形応答の推定方法に関する研究，第4回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，2000.12
- ・大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，1994.5

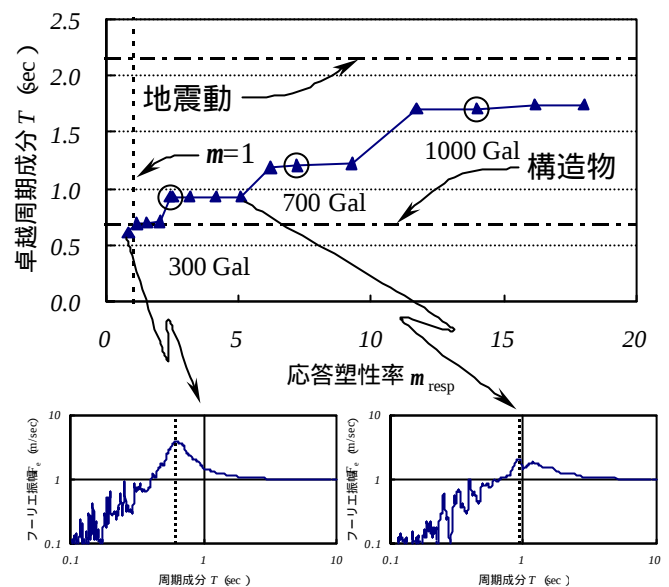


図2 卓越周期の長周期化

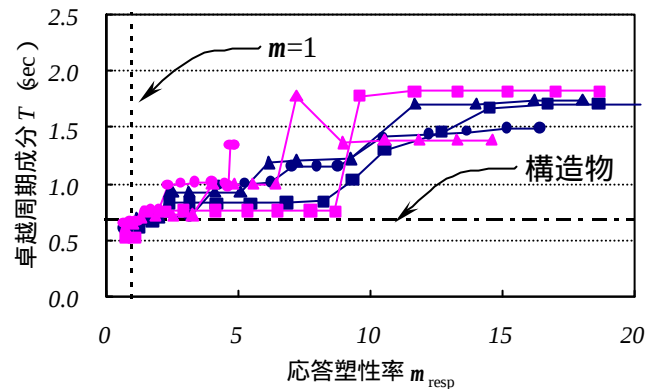


図3 応答塑性率と卓越周期

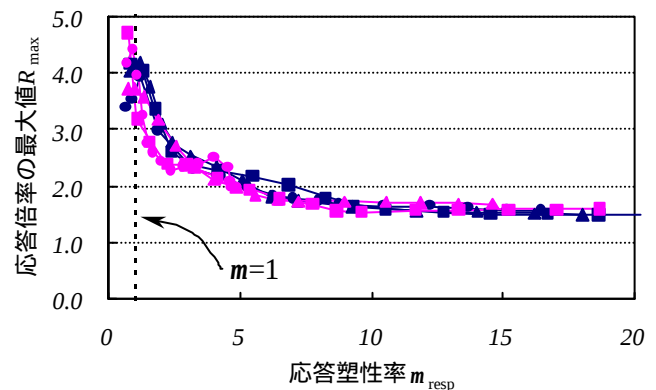


図4 応答塑性率と応答倍率

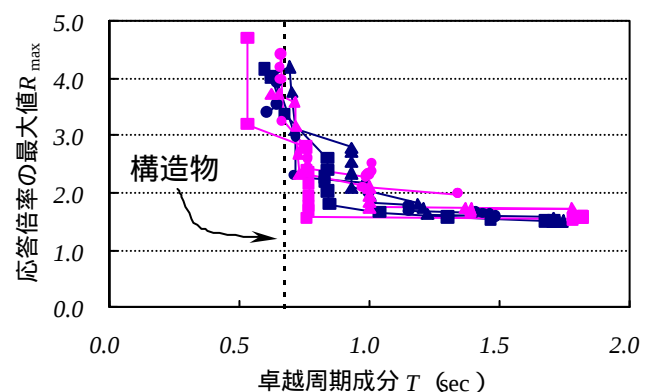


図5 卓越周期と応答倍率