

筑波大 学員 ○武島 唯志
 筑波大 正員 大野 友則
 筑波大 正員 西岡 隆

1 はじめに

構造物の地震応答は、入力する地震動の違いによってその応答結果に顕著な差異が生ずることが知られている。また、入力地震動特性の不規則性および同一地点で同様な地震動の非再現性を考えると、入力する地震動特性と構造物の応答特性の関係を明らかにした上で、より合理的な耐震設計を行なうことが必要と考える。本研究は、このような観点から、入力地震動の不規則性を振幅・周波数特性および位相の不規則な関り合いによって形成される波の連続性としてとらえ、これが構造物の応答に及ぼす影響について基本的に検討したものである。

2 解析方法と結果

2.1 解析にあたって、構造物を弾性および図1に示す Bi-linear復元力特性を有する1質点系モデルとした。入力波には、まず正弦波を用いて (a) 入力波のパワー・スペクトルが一定の場合の波数と振幅の影響：(b) 周波数・振幅および波数が異なる正弦波群の組合せ入力波による応答の相異：(c) (b) の波の位相に基いて作成したランダム位相波による応答と (b) の結果との比較、などについて基本的な検討を行なった。次に、実地震記録を用いた場合についても検討した。なお、本研究では変位応答の最大値を検討のための評価基準とし、変位応答スペクトルを求め、さらに時刻歴応答によって応答性状（応答周期・応答値・最大応答出現時刻など）を入力波の対応から検討した。

2.2 結果の検討 2.1(a) について—図2にパワー・スペクトルが一定で、波数および振幅の大きさが異なる入力波に対する変位応答スペクトルを示した。入力波の周波数と等しい周期のところで、入力波の波数が増加（振幅減少）するほど応答が顕著になっていて、6波以上では一定値に近ずき8波で最大値となっている。2.1(b) について—周波数の異なる3種の正弦波群の位置を変えて作成した入力波のパワー・スペクトルとそれに対する変位応答スペクトルを図3に示した。また、入力に対応する時刻歴応答の結果をみると、組合せ方によって時刻歴の応答性状はそれぞれ異なるが、最大応答値は等しいことからこの種の入力による応答への影響はほとんどないとみなせる。2.1(c) について—(b) で用いた入力波のパワー・スペクトルと同一で位相をランダムにして作成した入力波（図4）を用いて、変位応答スペクトルおよび時刻歴応答を求めた。図5に、(b) の結果と併せて示したが、ランダムな波による応答値が小さくその値は (b) のほぼ $1/2$ 程度である。

以上は、弾性系に対する応答結果であり、要約すれば次のようになる。1) 構造系の応答性状は、構造特性（固有周期、減衰定数など）によって規定される。とくに弾性系はその固有周期と等しい入力波の周波数を選択して応答を行なう。

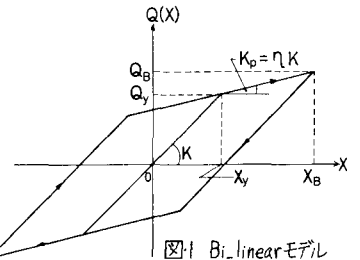


図1 Bi-linearモデル

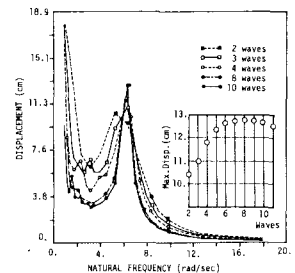


図2 変位応答スペクトル（パワー・スペクトル一定）

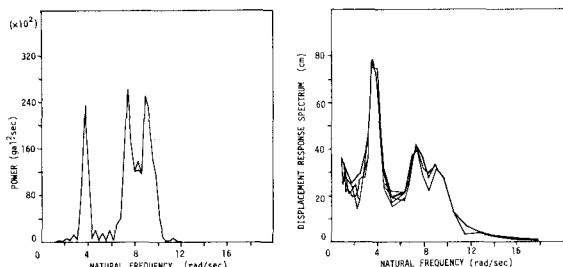


図3 組合せ正弦波入力のパワー・スペクトルと変位応答スペクトル

したがって、固有周期と異なる周波数特性の入力波に対しては、その振幅が大きくまた波数が多くとも応答に与える影響はほとんどない。

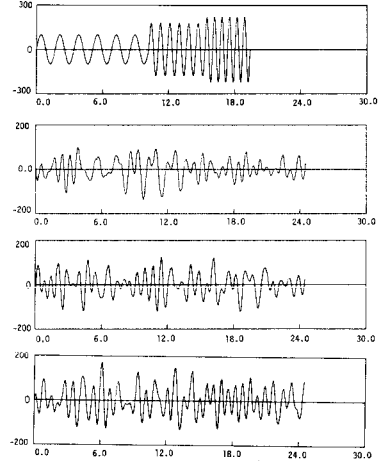
ii)位相・振幅および周波数がランダムな入力波に対する応答は、同一のパワースペクトルを有する規則的な波に比べて応答値は減少する。すなわち、構造系の固有周期と等しい周波数を有する波が定常的に連続して入力する場合が最も危険側の応答を与える。

2.3 実地震記録に対する検討 実地震記録を用いて入力波の不規則性について検討し、その取扱いについて考察を加えた。記録としては、地震動特性が代表的と考えられる次の3つの記録を用いた。

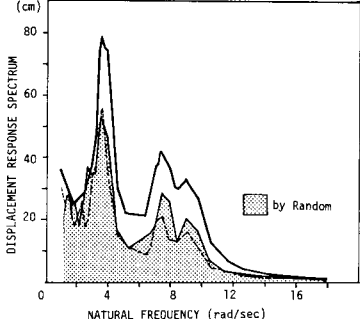
(1) El Centro, Imperial Valley Earthquake, 1940. (2) Pacoima Dam, San Fernando Earthquake, 1971. (3) 高知, 日向灘地震, 1968. これらの記録をまず 0-2 Hz, 0-4 Hz, 0-6 Hz, 0-8 Hz, 2-8 Hz のフィルターに入かし、次に、得られた各々の出力を入力波として弾塑性応答を求めた。図・6 (a), (b)は El Centro 記録をフィルターに入力して得られた波形とそれに対応する時刻歴の応答である。フィルターの帯域を狭めるほど加速度振幅の大きさは小さくなり、波形が滑らかになっているが原波形の全体的特徴は保存されている。一方、時刻歴応答では原入力に対する応答性状と、0-6 Hz以下のそれはほぼ同様である。表1には3つの記録に対する解析結果を示した。とくに、0-2 Hzの入力波は加速度振幅が原入力波に比し、かなり小さな値であるにもかかわらず、応答値は近い値を示している。すなわち、実地震波は数多くの低～高周波数成分の

波が足し合わさって形成された不規則波であるにもかかわらず、応答に影響を及ぼすのは6 Hz以下の低周波の波である。さらに、構造系の塑性域での剛性が小さくなるほど、より低周波数の入力波の影響が大きくなることが認められる。また、2.2の結果より、不規則性の大きな入力波ほど応答が小さくなることから、これと同一のパワースペクトルを有する規則的な波を作成することで、応答の上限値をおさえることができる。

なお、2.2では弾性系に対する結果についてのみ述べたが、弾塑性系に対する結果も実地震記録に対する解析の詳細については講演会当日に述べる。



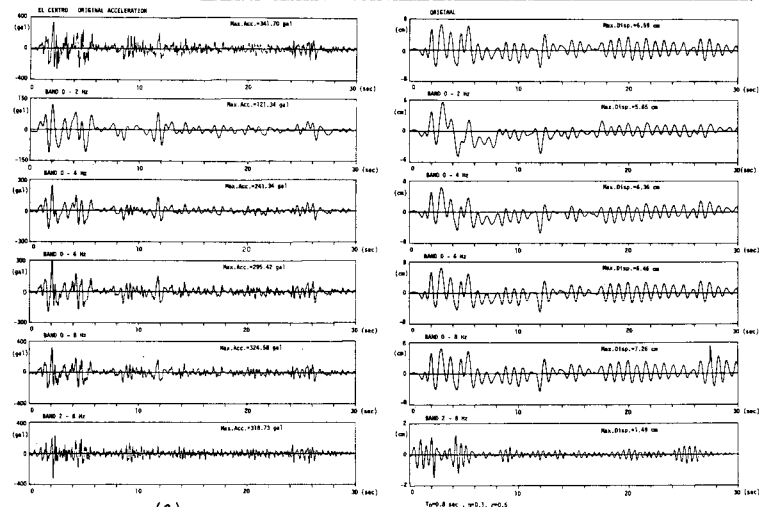
図・4 ランダム位相波



図・5 変位応答スペクトルの比較

表1 周波数帯域別の各記録に対する結果

	El Centro		Pacoima Dam		Hyuganada	
	Max. Acc. (gal)	Max. Disp. (cm)	Max. Acc. (gal)	Max. Disp. (cm)	Max. Acc. (gal)	Max. Disp. (cm)
0 - 2 Hz	121.34	5.65	347.02	24.34	65.11	4.51
0 - 4 Hz	241.34	6.36	418.69	25.98	87.79	4.73
0 - 6 Hz	295.42	6.46	542.79	24.80	91.80	4.77
0 - 8 Hz	324.58	7.26	685.08	27.78	94.09	0.38
2 - 8 Hz	318.73	1.49	844.32	3.60	54.72	0.00
Original	341.70	6.59	1148.10	18.47	96.74	4.72



図・6 El Centro記録の周波数帯域別入力波と時刻歴応答