

## 強震記録波形の特性に関する一考察

京都大学工学部 正員 後藤尚男  
 京都大学防災研究所 正員 土岐憲三  
 中央復建コンサルタンツ 正員 ○横山康夫

1. まえがき 構造物の動的耐震設計に際して実地震動に対する応答計算が最近広く行なわれている。地震動の特性は地震の規模、震央距離、地盤構成の状態などによって異なるので、構造物の応答計算にあたっていかなる入力波と採るか重要な問題であり、構造物の造られる地盤に見合った地震動の記録を用いる必要がある。本研究は松代群発地震の震動観測によって得た多数の強震記録の解析結果および従来の強震記録の解析結果と比較検討することにより、地震動の諸特性に関して若干の考察を加え、構造物の合理的な動的耐震設計に対して適切な入力地震波と与えるための一資料を提供しようとしたものである。

2. 松代群発地震の震動観測結果 松代群発地震の発生地域にある地盤および掘りようにおいて得た多数の自然地震の観測記録を解析した結果、硬さと構成の異なる地盤での強震の特性、地表近くの深さ方向の地震動の変化状況および地盤と構造物の連成振動などに関して次のような成果を得た<sup>1)</sup>。

(1) 起動器付の電磁式強震計などによって観測した強震記録波形のスペクトル解析の結果、地盤の構成の相違によって地震波の振動数特性が異なり、表層付近の地盤の軟かい場所ほど低振動数の震動が卓越しやすい傾向のあることが確認できた。

(2) 砂礫地盤および粘土地盤における深さ方向の地震記録のスペクトル解析の結果、20～30mの沖積層では深さにかかわらず地盤に特有の振動数特性があること、地盤による増幅作用は地表面近くの数mの部分で大きいことがわかった。

(3) 地盤の震動と構造物の応答との関連性を調べた結果、構造物に接する近傍の地盤は構造物の影響を受けて連成的に運動することが明らかになった。また構造物に入射する地震波は構造物のフィルター作用により高い振動数成分が減少し波形が周期化される傾向が認められ、構造物による震動の増幅作用も橋脚や堤防において顕著にみられた。

(4) 地震動のもつ特性と構造物の応答の面から検討した結果、松代群発地震のように短周期の波の成分が多く継続時間の短い近地震に対する線形1自由度系の速度応答スペクトル $S_v$ は、大地震による $S_v$ とは異なり長周期の構造物に対しては $S_v$ が小さくなる傾向がみられた。

3. 強震記録波形の解析および考察 観測した松代地震は $M \approx 4.5$ 程度の比較的規模の小さい局地地震であったが、地表面では100～300gal程度の最大加速度が観測された。すなわち、松代群発地震は最大加速度振幅のみに関しては構造物に被害を及ぼす、いわゆる大地震に匹敵するが、地震の継続時間、周期特性などに関しては異なった性格と持っている。そこでこのような地震波形の特性を明確にするために、SMAC強震計などで得られている強震記録波形について解析を行ない考察を加えた。図-1は強震記録波形の周期特性と解析するために計算した加速度波形のフーリエスペクトルである。スペクトルの値は加速

1) 後藤・土岐・横山地：松代群発地震地域における震動観測結果について、土木学会論文集，第145号，昭.42.4，pp.1～11。  
 2) SERAC Report No.2，1962.7。

度振幅の大きさによって変化するので、各地震波形の最大加速度振幅を100galに標準化して図示した。地震波動のうち短い周期成分が長い周期成分に比べて距離による減衰が大きいことはよく知られているが、おのおの地震のスペクトルを比較すると、震央距離が大となるにつれて高い振動数成分が減少し波形が周期化される傾向がみられる。

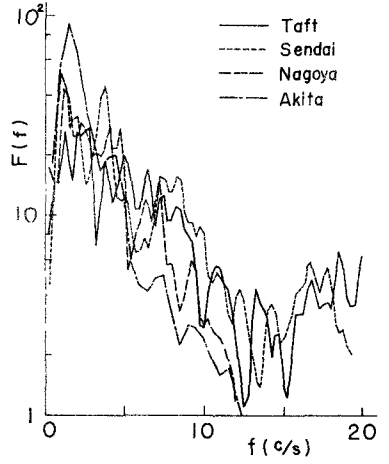


図-1 加速度スペクトル

次に各地震記録に対する1自由度系のせん断カスペクトル(入力加速度に対する構造物の最大応答加速度の倍率)を図-2に示した。長野の記録によるものは0.2sec付近のみに鋭いピークがみられるが、他の地震によるスペクトルは0.2~0.3secと0.7~1.0secとに二つのピークをもっている。これは地震の規模と震央距離がある程度以上になれば、短い周期の実体波と長い周期の表面波がそれぞれ卓越した部分が記録波形に含まれており、構造物の応答がそれに対応して大きくなるためと考えられる。松代群発地震によるせん断カスペクトルはほとんどが長野のそれと同様な形状を示しており、長い固有周期に対しては小さくなっているが、震央距離Dの増加とともに長周期の構造物に対して大きなせん断力が作用する傾向のあることが同図からよくわかる。

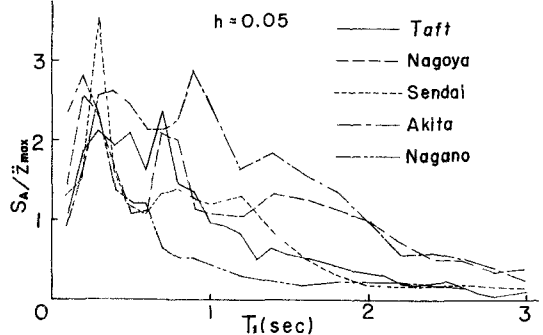


図-2 せん断カスペクトル

次に構造物の応答加速度 $\ddot{y}$ と地動の最大加速度 $\ddot{z}_{max}$ との比 $\gamma (= \ddot{y}/\ddot{z}_{max})$ に注目して、 $\gamma$ が一定の値を越える回数Nを計算した結果を図-3に示した<sup>2)</sup>。入力地震波には大きなEl Centro地震( $T \approx 30$ sec)と中程度の埼玉地震( $T \approx 12$ sec)をとり、構造物の減衰定数を5%としている。この図では構造物の固有周期には無関係に、大地震では中地震に比べて約2倍の回数Nが得られ顕著な相違がみられる。これは地震の継続時間Tより明らかにかなように構造物の応答が入力地震波の時間的強度によって大きく支配されることを示している。すなわち、構造物を破壊させるような入力地震波を考える場合には、地震の最大加速度、周期特性とともに継続時間に関して慎重な検討が必要であるといえる。

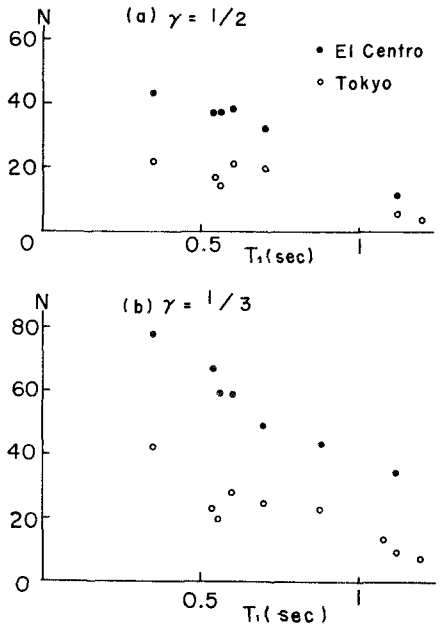


図-3 応答レベル超過回数

表 解析した地震の諸元

地震	年月日	M	D	C	T	Amax	地盤	地震	年月日	M	D	C	T	Amax	地盤
Taft	1952.7.21	60	NW	30	174		岩	Sendai	1962.4.30	64	60	EW	23	45	粘土、砂
El Centro	1940.5.18	50	NS	30	330		沖積層	Nagoya	1963.3.27	7.0	130	NS	17	10	砂
Tokyo	1956.2.14	20	NS	12	80		ローム	Akita	1964.6.16	7.7	190	NS	38	90	砂礫土
Nagano	1967.10.14	4.8		EW	10	45	砂礫								