

## II-4 地震応答解析およびハイブリッド実験用標準地震波

### 要 旨

兵庫県南部地震時に観測された、神戸海洋気象台記録、東神戸大橋記録、J R 鷹取駅記録の加速度波形およびそれらの弾性応答スペクトルが、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編に示される鉄筋コンクリート橋脚の保有水平耐力照査用加速度応答スペクトルに対応するレベル 2 地震波の特性と相互に比較して示されている。また、構造物の弾塑性耐震設計の観点から、神戸海洋気象台記録の必要降伏強度スペクトルが、過去の典型的な地震記録のものとともに示されている。

さらに、観測された地震記録に含まれる誤差の補正法の要点をまとめ、また、所要の周波数特性と振幅を有する人工地震波の作成方法の概要と作成された人工地震波の例が示されている。

### 4.1 はじめに

本章では、兵庫県南部地震時に神戸海洋気象台において記録された地震波、東神戸大橋において記録された地震波および J R 鷹取駅において警報地震計により記録された地震波<sup>1)</sup>のそれぞれの加速度波形および弾性応答スペクトルを示している。また、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編に示される鉄筋コンクリート橋脚の保有水平耐力照査用加速度応答スペクトルに対応するレベル 2 地震波<sup>2)</sup>の特性を示し、両者を相互に比較している。

次に、神戸海洋気象台記録の必要降伏強度スペクトルをロマプリータ地震のシルマー記録や過去に観測された有名な地震記録の必要降伏強度スペクトルと比較しながら、必要降伏強度スペクトルの意味と弾性応答スペクトルでは把握できない地震波の特性を述べている。

一方、これらの記録された地震波には、必ず測定する計測器の能力に依存した誤差が含まれることになるので、そのような誤差を適切に除去する方法の要点をまとめている。

また、観測された実地震記録とは別に、所要の周波数特性と振幅を有する人工地震波を作成して、実験あるいは解析に用いる場合もあるので、そのような人工地震波の作成方法の概要と作成された地震波の例を示している。

## 4.2 兵庫県南部地震の地震波形の特徴と他の地震波形の比較

### 4.2.1 地震波形

兵庫県南部地震時に観測された神戸海洋気象台記録，東神戸大橋記録，J R 鷹取駅記録の水平 2 方向と鉛直方向成分の地震波形を図-4.1～図-4.3に示す。各加速度記録とも主要動を含む 60 秒間について波形を示している。神戸海洋気象台記録および J R 鷹取駅記録の N-S，E-W 成分は，それぞれ南北および東西の水平 2 方向を，東神戸大橋記録の L-G，T-R 成分は，それぞれ橋軸と橋軸直角の水平 2 方向を表している。

いずれの地震波形においても加速度の絶対最大値を図中に示しているが，そのうちでは，神戸海洋気象台記録の N-S 成分において， $818\text{cm/s}^2$  の最大値が記録されている。また，鉛直方向成分においては， $396\text{cm/s}^2$  の最大値が東神戸大橋において記録されている。これに対して，東神戸大橋記録の N-S，E-W 成分では，記録された地震波形そのものに 10 秒付近から比較的明瞭なある周期の影響が見られ，この地震波形自体が一種の構造物の応答を示していると推測される。

一方，道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編に示される鉄筋コンクリート橋脚の保有水平耐力照査用加速度応答スペクトルに対応するレベル 2 地震波の地震波形を，地盤種別ごとに図-4.4に示す。この地震波形のデジタルデータは道路橋の免震設計法マニュアル（案）<sup>3)</sup>に示されている。これらの地震波形は，I 種，II 種，III 種地盤に対するもので，それぞれ 1978 年宮城県沖地震開北橋周辺地盤上，1968 年日向灘沖地震板島橋周辺地盤上および 1983 年日本海中部地震津軽大橋周辺地盤上において観測された加速度記録を基に，上記の加速度応答スペクトルに一致するように調整したものである。そのために，特に III 種地盤の地震波形では，時間の経過につれて加速度振幅が小さくなる傾向はあまり認められない。

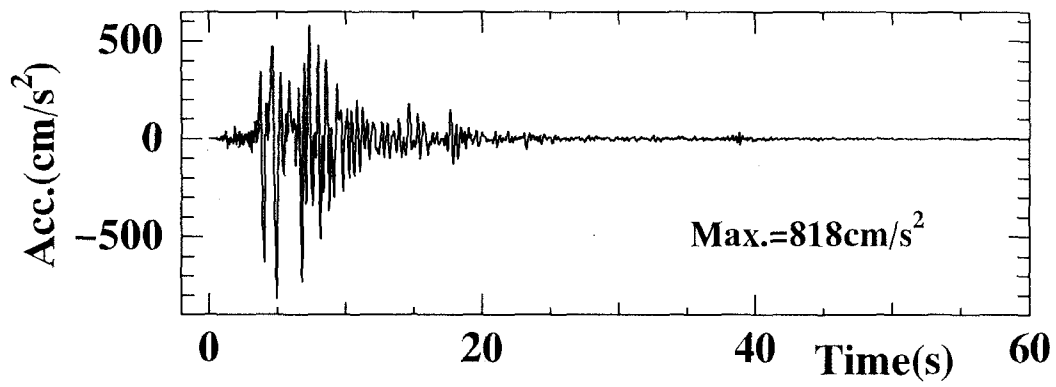


図-4.1-a N-S 成分

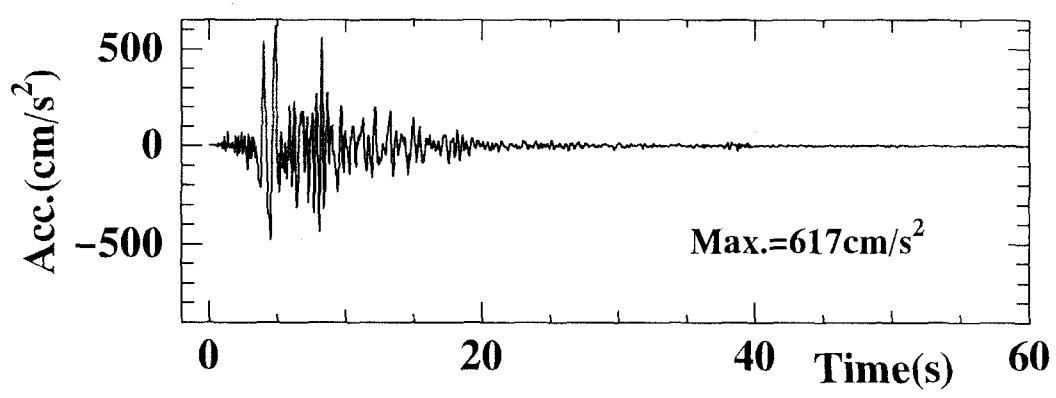


図-4.1-b E-W 成分

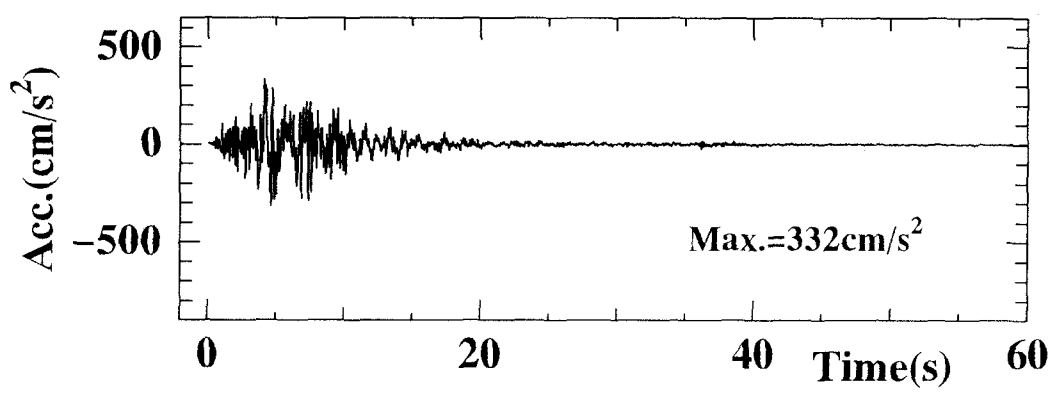


図-4.1-c U-D 成分

図-4.1 神戸海洋気象台記録

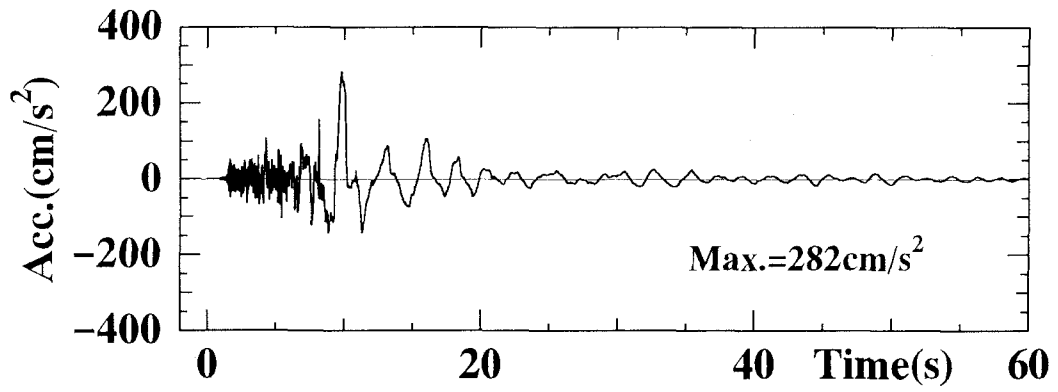


図-4.2-a L-G 成分

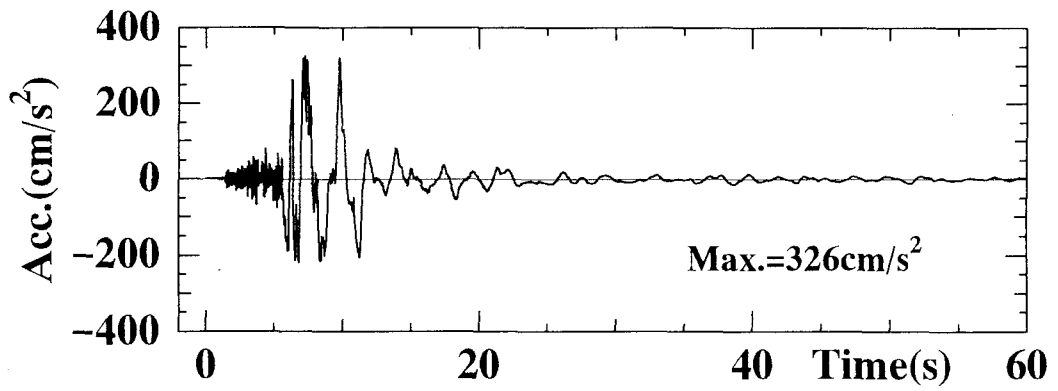


図-4.2-b T-R 成分

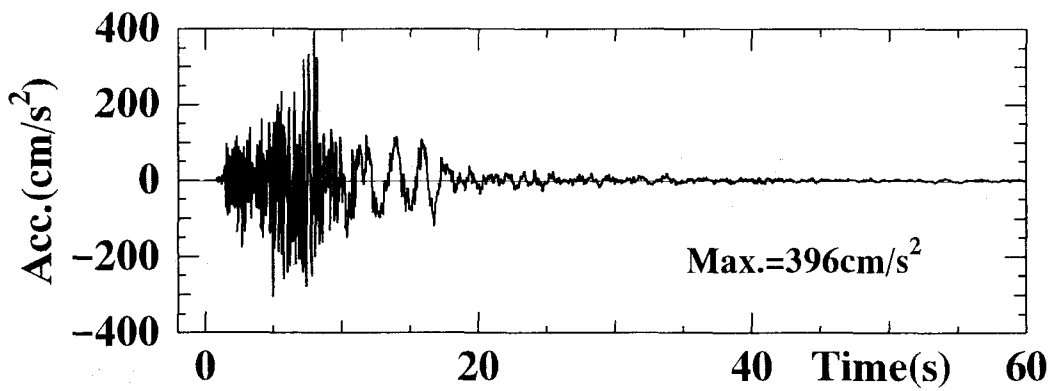


図-4.2-c U-D 成分

図-4.2 東神戸大橋記録

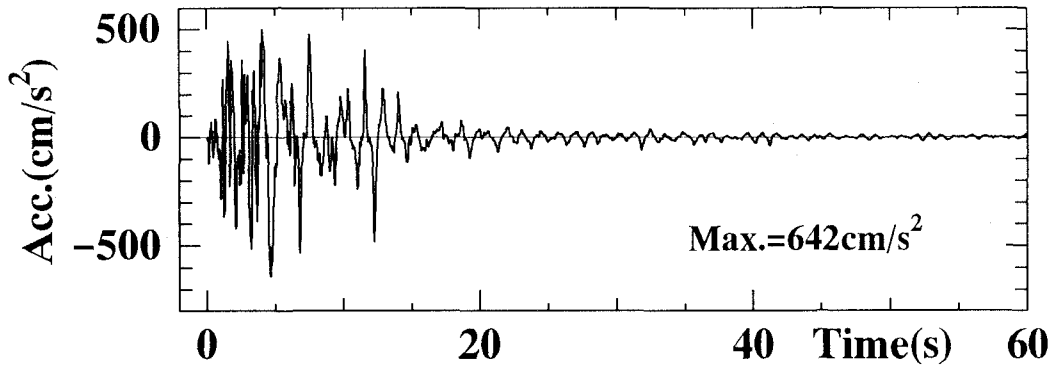


図-4.3-a N-S 成分

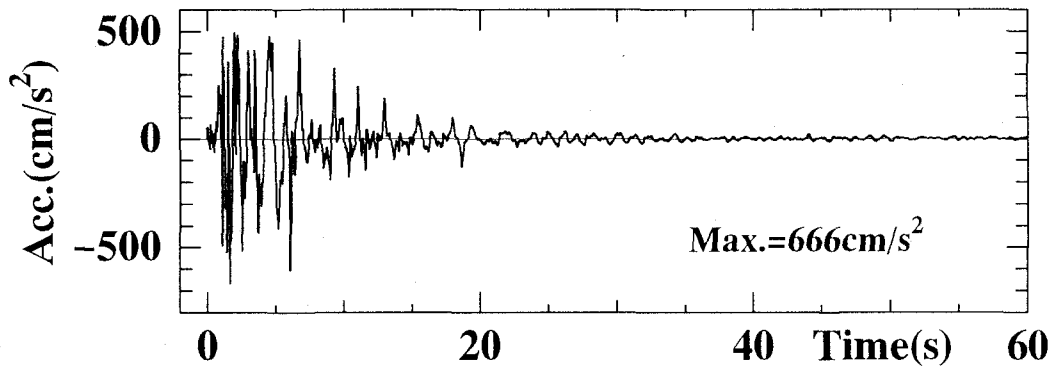


図-4.3-b E-W 成分

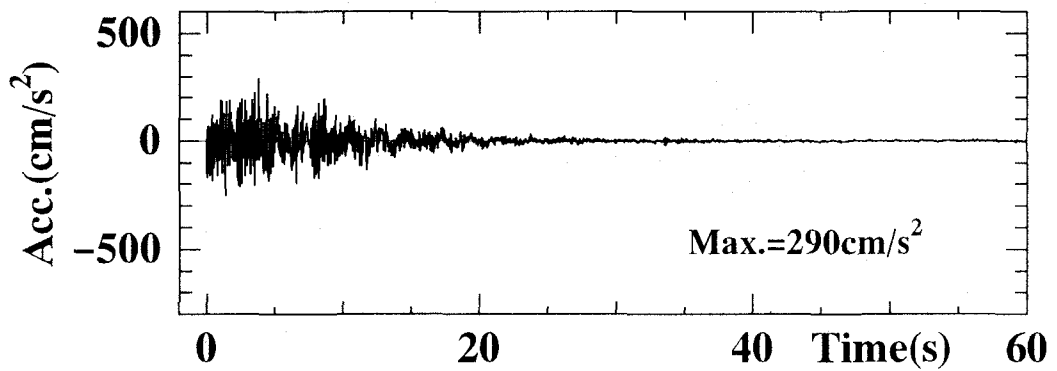


図-4.3-c U-D 成分

図-4.3 J R 鷹取駅記録

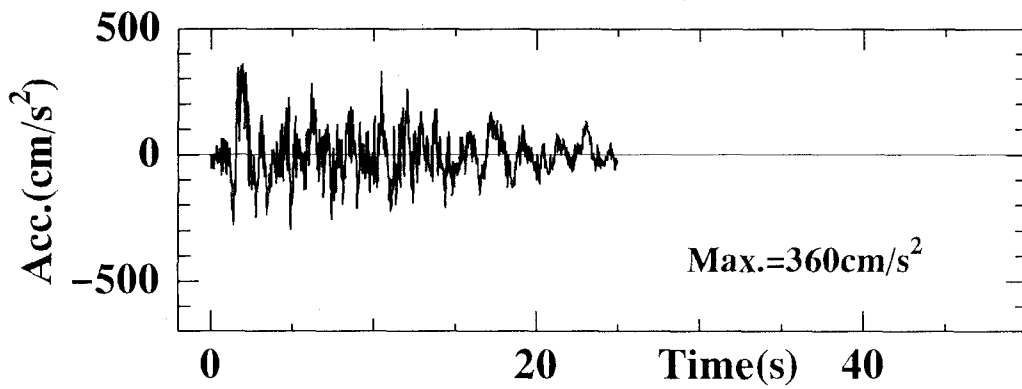


図-4.4-a I種地盤

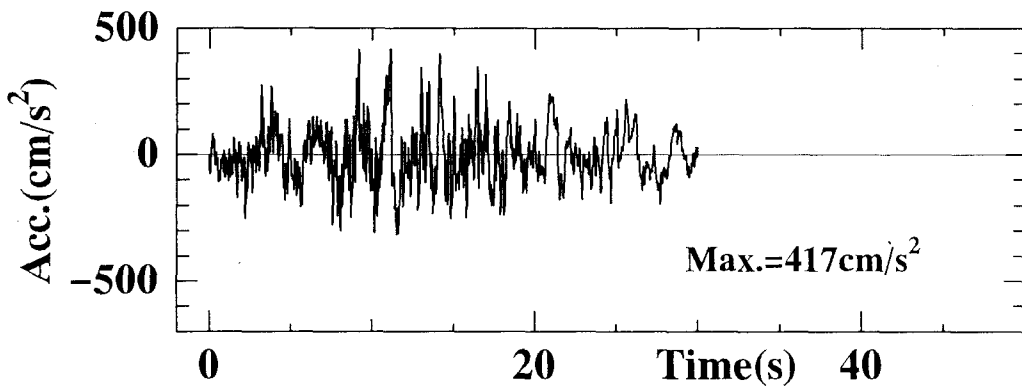


図-4.4-b II種地盤

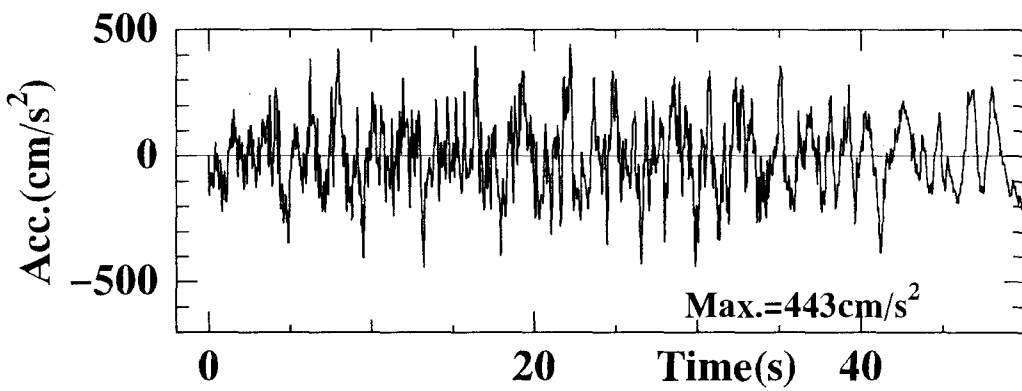


図-4.4-c III種地盤

図-4.4 保有水平耐力照査用レベル2地震波

#### 4.2.2 弾性応答スペクトル

前節においてその波形を示した兵庫県南部地震時の各加速度記録の弾性応答スペクトルを図-4.5～図-4.3に示す。いずれも、減衰定数は5%とし、横軸の固有周期は0.1～5秒の範囲を示した。

神戸海洋気象台記録、JR鷹取駅記録および東神戸大橋記録はそれぞれI、IIおよびIII種地盤における記録である。神戸海洋気象台記録のN-S、E-W成分の加速度応答スペクトルでは、0.5～0.8秒付近にピークがあり、最も大きい加速度応答スペクトル値が記録されている。これに対して、JR鷹取駅記録のN-S、E-W成分の加速度応答スペクトルでは、1秒を超える領域まで $1000\text{cm/s}^2$ 以上の加速度応答スペクトル値が生じている。ただし、鉛直方向成分の加速度応答スペクトル値は他の地震記録のスペクトル値より幾分か小さい。

速度応答スペクトルでは、水平方向成分のどの地震記録においても、1～3秒付近にピークが存在する類似の傾向が認められ、その最大値は $200\sim 300\text{cm/s}$ である。さらに、変位応答スペクトルにおいても、そのピークは1～3秒付近にあり、最大値は100cm程度となっている。

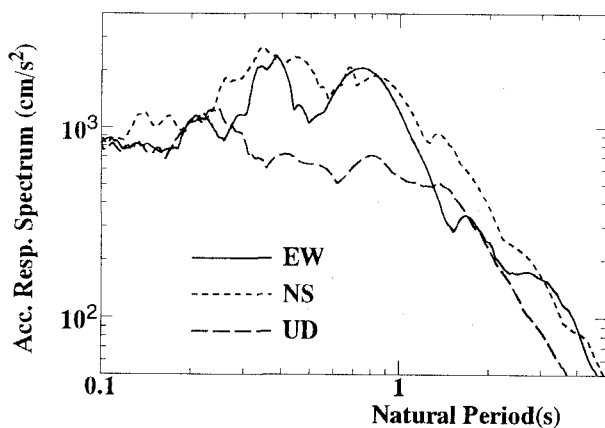


図-4.5-a 加速度応答スペクトル

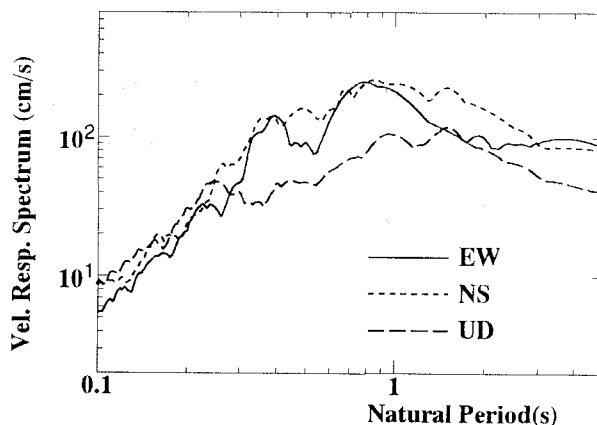


図-4.5-b 速度応答スペクトル

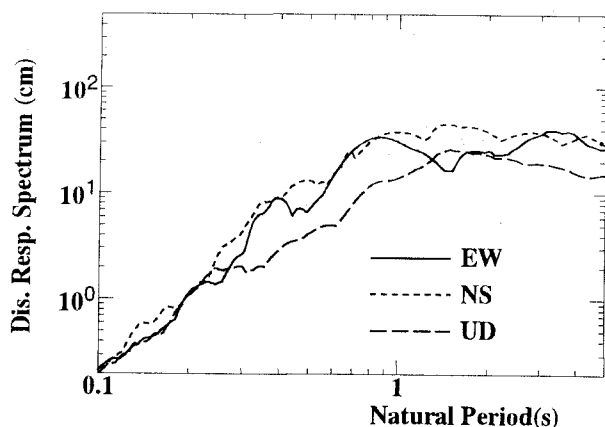


図-4.5-c 変位応答スペクトル

図-4.5 神戸海洋気象台記録弾性応答スペクトル

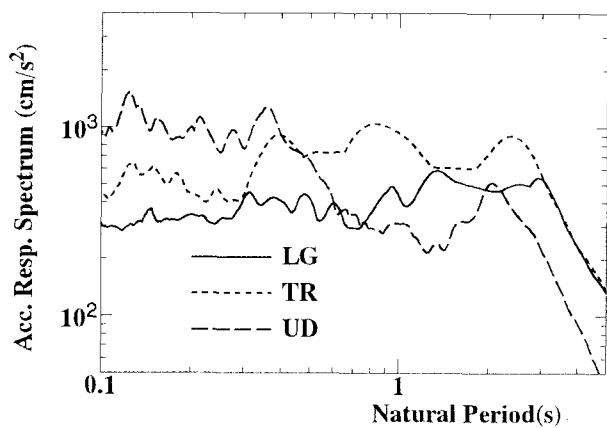


図-4.6-a 加速度応答スペクトル

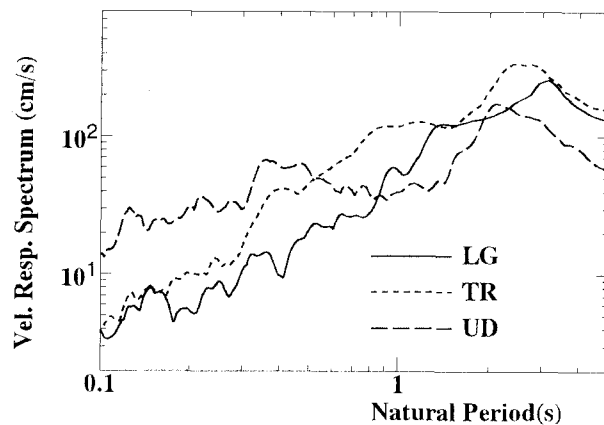


図-4.6-b 速度応答スペクトル

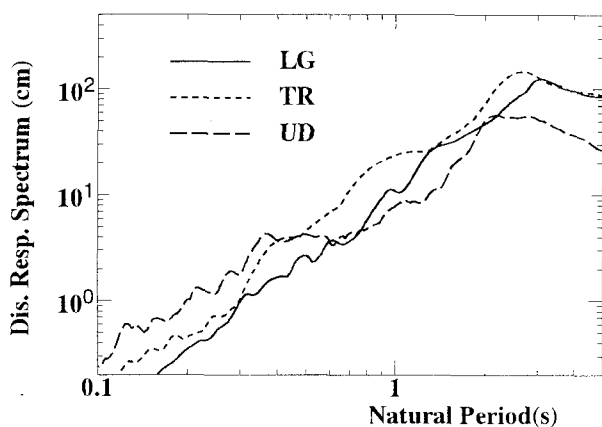


図-4.6-c 変位応答スペクトル

図-4.6 東神戸大橋記録弾性応答スペクトル

一方、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編に示される鉄筋コンクリート橋脚の保有水平耐力照査用加速度応答スペクトルに対応するレベル2地震波の弾性応答スペクトルを、図-4.8に示す。このレベル2地震の速度、変位応答スペクトルと兵庫県南部地震時に記録された各地震波の速度、変位応答スペクトルを比較すると、1秒以下の短周期域では、後者の地震記録のスペクトル値の方が大きい。しかし、1秒以上の長周期成分ではその傾向は逆転しており、道路橋示方書に示されるレベル2地震波は、長周期構造物に対してかなり厳しい地震動であるといえる。



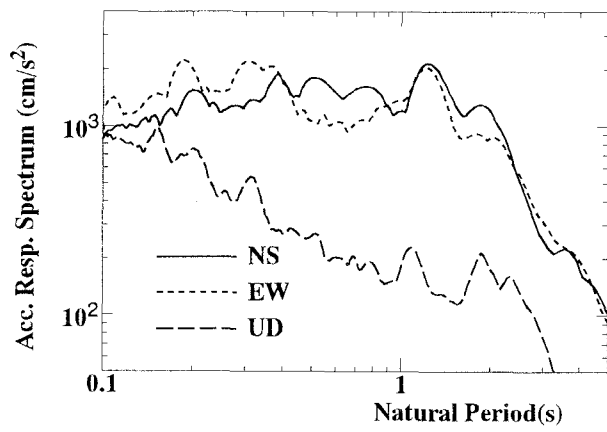


図-4.7-a 加速度応答スペクトル

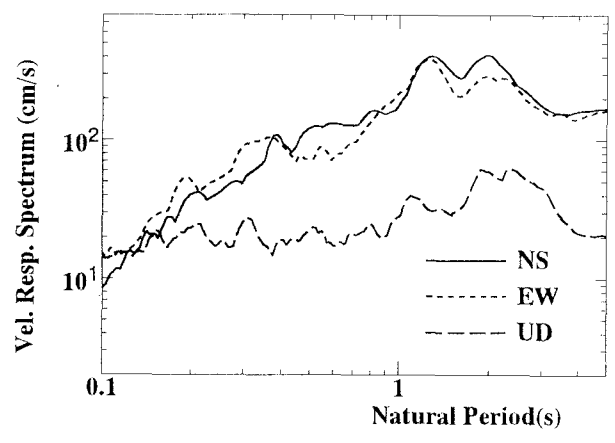


図-4.7-b 速度応答スペクトル

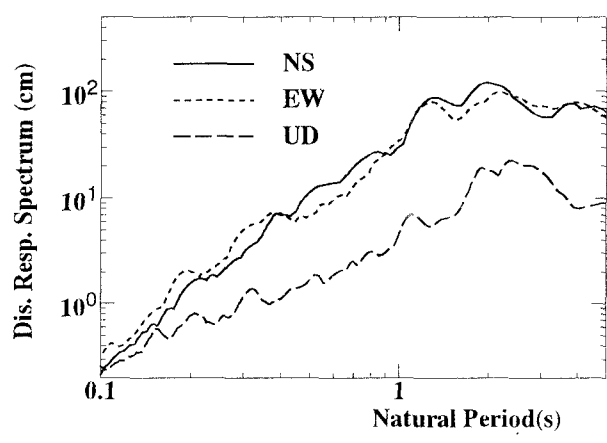


図-4.7-c 変位応答スペクトル

図-4.7 JR鷹取駅記録弾性応答スペクトル

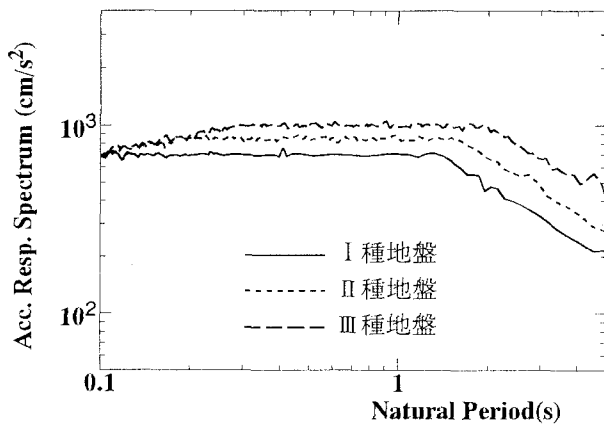


図-4.8-a 加速度応答スペクトル

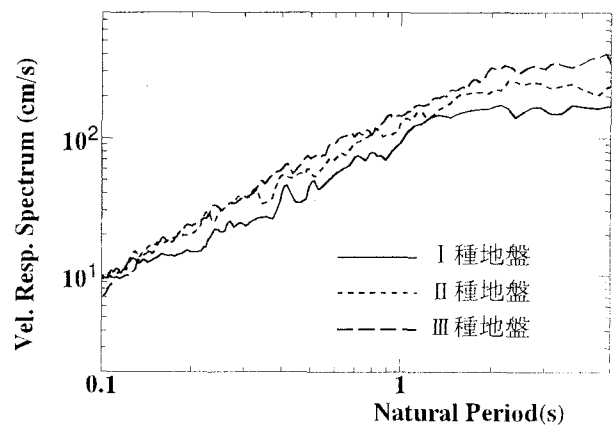


図-4.8-b 速度応答スペクトル

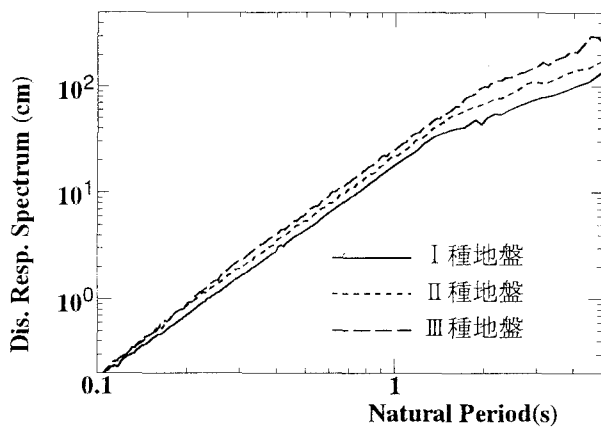


図-4.8-c 変位応答スペクトル

図-4.8 保有水平耐力照査用レベル2地震波弾性応答スペクトル

#### 4.2.3 必要弾性強度スペクトル

前述のように兵庫県南部地震時に記録された地震波の弾性応答スペクトルは非常に大きな値を示している。したがって、このような地震動に対して、構造物を弾性設計することはほとんど不可能である。そこで、構造物の一部は塑性化しても、ねばりを期待することによって構造物の破壊は起こらないようする弾塑性設計が一般的に考えられている。

このような観点から、構造物のねばりを塑性率（構造物の耐力が保証される変形 / 降伏時の変形）で表し、構造物の変位応答が定められた塑性率になる時の降伏強度（単位質量当たりでは降伏加速度）を構造物の弾性固有周期を横軸に示した必要弾性強度スペクトルを考えることができる<sup>4)</sup>。

構造物の履歴復元力特性を完全弾塑性型と仮定し、減衰定数を5%としたときの必要弾性強度スペクトルを、図-4.9に示している。塑性率 $\mu$ が1の場合は、弾性絶対加速度応答スペクトルそのものを示している。 $\mu$ をより大きく取れる場合には、必要降伏加速度（質量を掛ければ必要弾性強度）が

低下することがわかる。

過去に観測されたインペリアルバレー地震のエルセントロ記録や1968年十勝沖地震の八戸記録では、 $\mu = 5$ のねばりを有していれば、弾性強度レベルは0.2g (g: 重力加速度) でほぼ十分であるのに対し、神戸海洋気象台記録やロマプリータ地震のシルマー記録では、 $\mu = 10$ のねばりがあっても、0.4gレベルの弾性強度が必要となることがわかる。直下型の強い地震では、強度とねばりの両方とも今までのほぼ倍の値が要求されている。

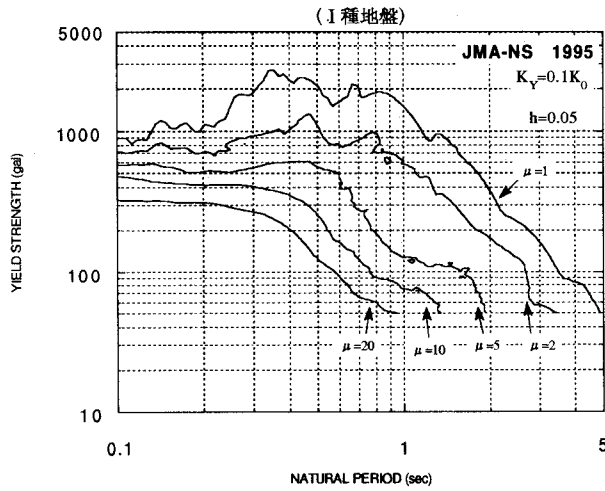


図-4.9-a 神戸海洋気象台記録

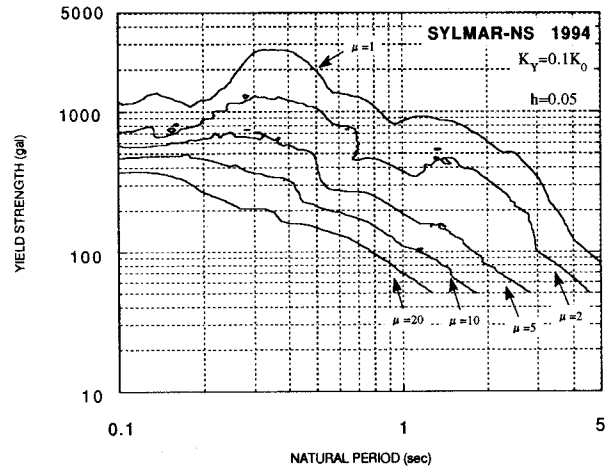


図-4.9-b シルマー記録

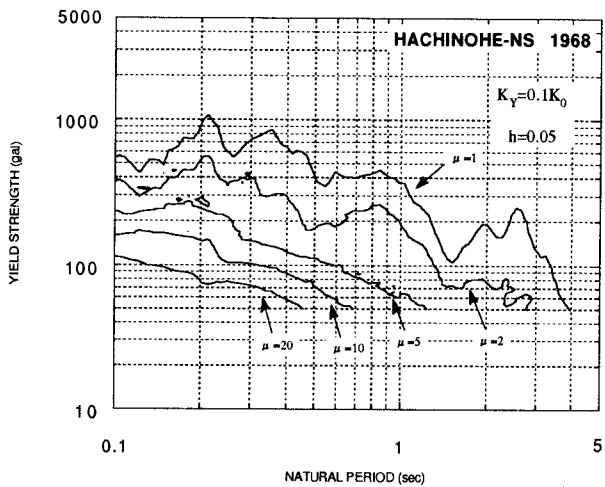


図-4.9-c 八戸記録

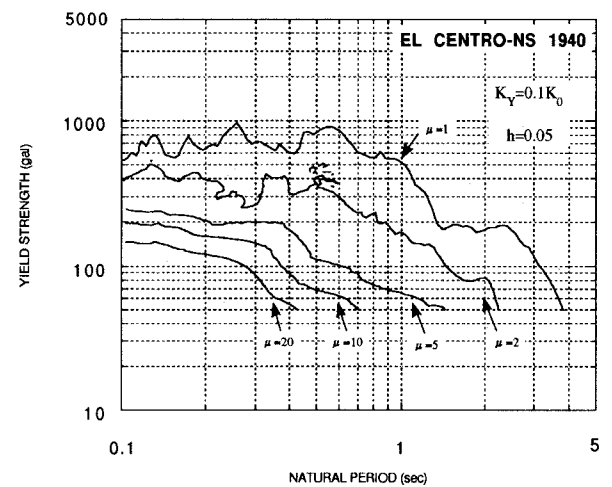


図-4.9-d エルセントロ記録

図-4.9 必要弾性強度スペクトル

### 4.3 地震記録データの補正方法

地震応答解析では入力する外力として、加速度の時刻歴波形が多く使われているが、加振実験用振動台の制御用入力、長周期構造物系あるいは多点入力を受ける構造物系の解析には、速度あるいは変位の時刻歴波形を入力として使うことも多い。現在の観測網では加速度計が多用されているため設計用入力に適した速度や変位記録が得られることはほとんどない。したがって、加速度の時刻歴波形を数値積分することによって、速度および変位の時刻歴波形を求めることとなる。しかし、強震計（加速度計）の基準線設定のずれ、測定器に固有な非線形性、記録紙の蛇行などの影響から、原波形にドリフトや直流成分が含まれてしまう可能性が非常に高い。

このような加速度の時刻歴波形を数値積分して速度および変位の時刻歴波形を求めると、図4-10に示すように速度および変位波形が時間とともに基準線から大きくずれてしまう。したがって、加速度波形から速度波形および変位波形を算出するには、何らかの補正を行う必要がある。ここでは、実時間空間での補正法である最小2乗法による基準線の補正法および周波数領域での高・低周波成分をフィルタカットして積分する方法について紹介する [6, 7, 8]。

#### 4.3.1 基準線補正による補正

観測した加速度  $a$  の時刻歴波形に図4-10に示すような基準線ずれおよびドリフトが存在すると仮定する。したがって、加速度  $a$  および補正無しの数値積分で得た速度  $v$  および変位  $d$  は、補正後の値 ( $a_1, v_1, d_1$ ) と次式のように表される。

$$\begin{aligned} a_1 &= a - (a_0 + c_0 t) \\ v_1 &= v - \left( a_0 t + \frac{1}{2} c_0 t^2 \right) \\ d_1 &= d - \left( \frac{1}{2} a_0 t^2 + \frac{1}{6} c_0 t^3 \right) \end{aligned} \quad (4-1)$$

地震後は、静止状態であるため加速度および速度は零とならなければならない。したがって、継続時間を  $T$  とすれば、式 (4-1) の速度の式より次の条件が得られる。

$$a_0 = \frac{v(T)}{T} - \frac{a_1 T}{2} \quad (4-2)$$

一方、変位においても残留変位が、不当に過大な値とならないように補正する必要があり、補正後変位と補正前変位の2乗誤差累積値を極小化することで、次式のように係数  $c_0$  を算出する（最小2乗法）。このように求めた  $c_0$  を式 (4-1) に代入することで係数  $a_0$  を求めることができる。

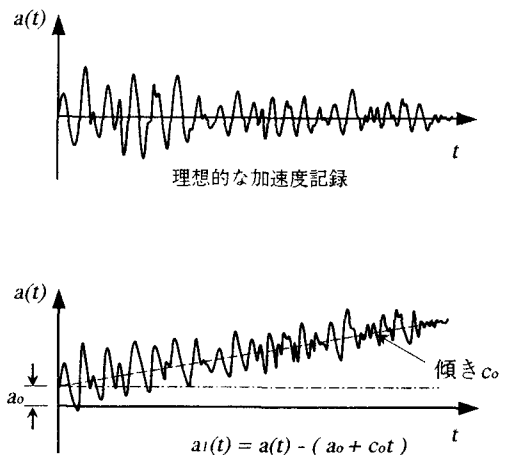


図4-10 加速度波形の基準線補正

$$c_0 = \frac{28}{13} \frac{1}{T^2} \left[ 2v(T) - \frac{15}{T^5} \int_0^T d(t)(3Tt^2 - 2t^3)dt \right] \quad (4-3)$$

#### 4.3.2 周波数領域によるフィルタリング

加速度波形に含まれるノイズおよびドリフトは、低周波および高周波成分として考えられる。また、ここの計測機器によって測定可能（保証可能）な範囲は異なるのが一般である。したがって、加速度波形の周波数特性を高速フーリエ変換などによりもとめ、計測機器の保証範囲内の周波数を対象に周波数領域で積分を行う。例えば、図4-11に示す重み関数をフーリエ振幅スペクトルに乗じて低周波数および高周波数の成分を取り除く作業を行う。その後、周波数領域での積分およびフーリエ逆変換により実時間空間での速度および変位の波形を求める方法である。

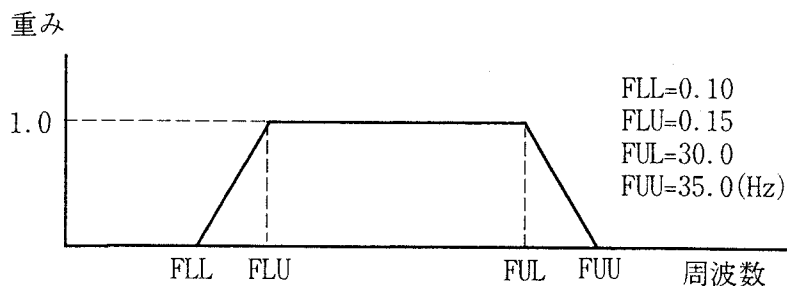


図4-11 周波数領域での積分に用いるフィルターの形状

#### 4.3.3 補正結果の比較

兵庫県南部地震において、阪神高速道路公団が東神戸大橋の塔周辺の地盤で記録した加速度波形を図4-12に示す。また、そのフーリエ振幅スペクトルを図4-13に示す。この加速度計測に用いた機器構成は以下のものである。

- ・サーボ型加速度計 : SA-355CT
- ・アンプ : PCS1025
- ・収録装置 : SAMTAC160(以上, (株)東京測振製)

この機器による測定可能な周波数域は0.1~35.0(HZ)で、0.03~1000(gal)までの加速度を計測可能である。この加速度波形のデジタルデータは0.01秒間隔の時系列データとして与えられている。

前述の方法により補正した速度波形および変位波形をそれぞれ図4-14および4-15に示す。なお、数値積分にはNewmarkのβ法を、高・低周波数フィルタには図4-11に示す台形フィルタを用いた。

基準線の補正によれば、地震後の速度は零に補正されているが、変位が大きく振動していることが分かる。一方、フィルタリングによる方法では、変位波形も原点を中心に振動しており、基準線のズレなどによる数値積分誤差は、完全に除去されている。しかし、地震動にともなう地盤変状により、永久変形つまり残

留変形は、実際に存在するので、地震動が終了した時点で変位も零に補正する必然性は無い。このように結果が異なることを考えると、波形処理は、個々の計測機器の性能を十分に反映させた手法により、正しく行う必要がある。

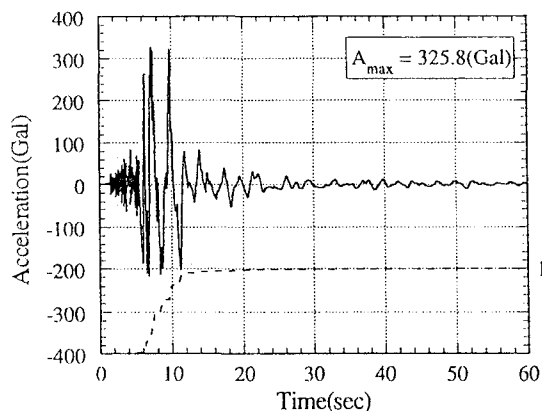


図4-12 加速度波形の一例

(兵庫県南部地震：東神戸大橋の地盤)

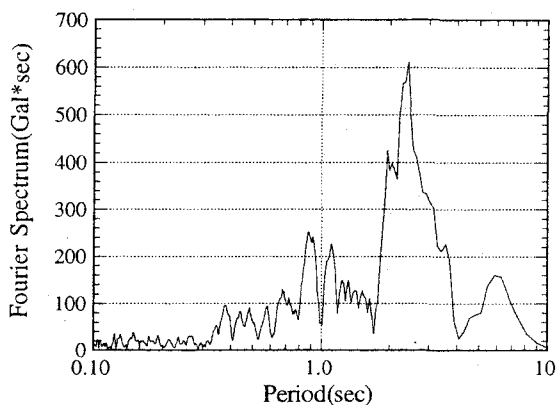
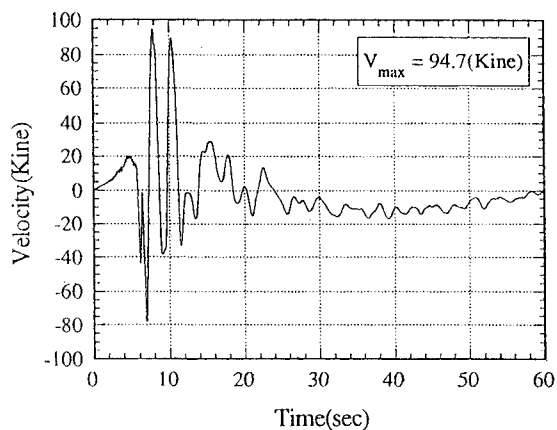
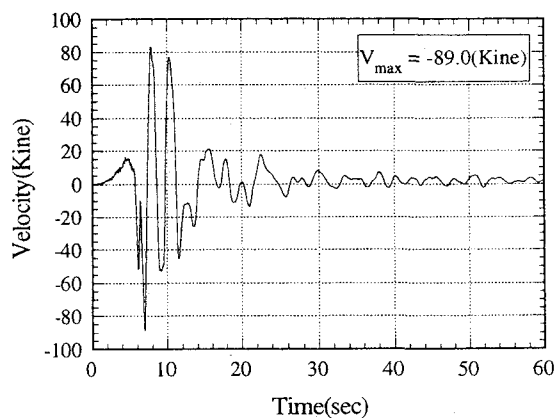


図4-13 フーリエ振幅スペクトル

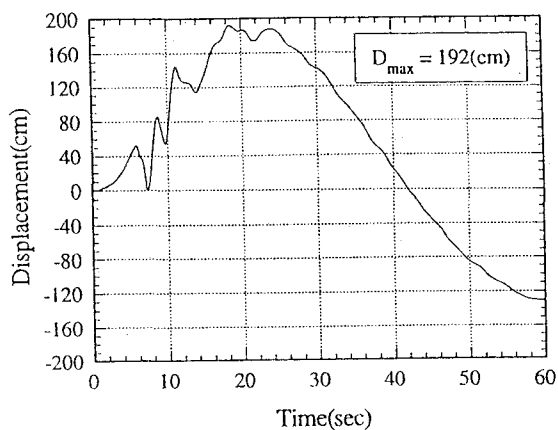


(a) 時間領域での積分  
(基準線補正による)

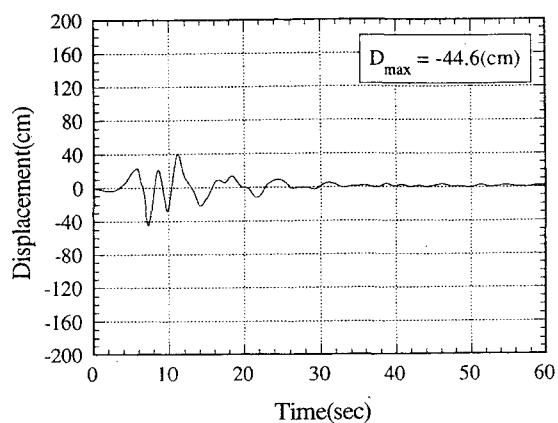


(b) 周波数領域での積分  
(フィルタによる成分カット)

図4-14 速度時刻歴波形



(a) 時間領域での積分：基準線補正  
(基準線補正による)



(b) 周波数領域での積分：フィルタ  
(フィルタによる成分カット)

## 4.4 模擬地震動と構造物の弾塑性応答

### 4.4.1 模擬波形発生手順

構造物の動的応答解析においては、何らかの形で入力地震動を設定する必要があるが、構造物の動的非線形解析を行う場合には、地震動を時刻歴波形として表す必要がある。このような時刻歴波形として観測波形を用いるのは一般的であるが、あらゆる条件が、着目地点の条件に合致した強震動を、入力地震動として設定することは充実したデータベースが必要不可欠である。このようなデータベースを基に、できるだけ普遍的で定量的な規則性を見いだして、つまり地震動の特性を計量化して[9]、着目地点の条件に適合した設計用の入力地震動（模擬地震動）を作成する方法が提案されてきた[6, 7, 10]。

模擬地震動を作るには、設計荷重として与えられる応答スペクトルに適合するような地震波形を作成する手法が主に用いられている。このように、与えられた応答スペクトルを満足するような模擬地震動の波形を作成する手法としては、正弦波合成法が代表的である。この正弦波合成法は、時刻歴波形のフーリエ変換を利用した方法であり、時間関数のフーリエ変換が振幅スペクトルと位相スペクトルに分解できることから、付与すべき地震動の特性を振幅スペクトルと位相スペクトルの形として表現し、三角関数の重ね合わせ、またはフーリエ逆変換により地震動の時刻歴波形を合成する方法である。このブロックチャートを図-4.16に示す。

ここで、主なパラメータは

目標応答スペクトル	: $S_{target}$
時刻歴波形の最大値	: $f_{max\_target}$
地震動の継続時間	: $T_d$ , および
振幅包絡曲線	: $E(t)$

であり、対象とする地震のマグニチュード、震源距離や地盤の性質などを含む危険度解析からもとまり、地震動の統計的性質や工学的経験に基づいたものである。したがって波形は以下の式で表される。

$$f(t) = E(t) \sum_{i=1}^N A(\omega_i) \cos(\omega_i t - \phi_i) d\omega \quad (4.1)$$

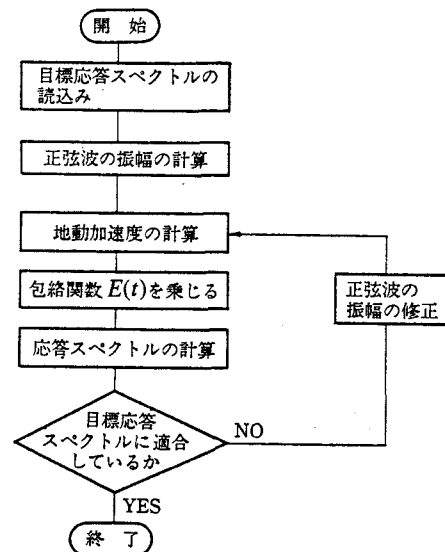


図4-16 正弦波合成法による  
模擬波形発生手順

ここに、 $E(t)$ 、 $A(\omega)$ 、 $t$ 、 $\omega$ 、 $\phi$ は包絡線関数、振幅、時間、周波数、位相差である。また、目標とする応答スペクトルとして、加速度・速度・変位のいずれも用いることができるが、設計時に地震荷重が震度ベースで設定されているため、加速度応答スペクトルを用いるのが一般的である。このように、加速度波形の振幅スペクトルは、応答スペクトルに含まれ評価されるが、位相スペクトルに関し

ては、何らかの仮定が必要で、これまで一様な分布が仮定されてきた。どのような地震動特性が構造物の応答性状に影響を及ぼすのか検討する必要があるが、弾塑性応答に及ぼす位相スペクトルの影響が最近指摘されつつあり、今後、より現実的な位相スペクトルを組み込み必要がある。特に、最近では、位相差分スペクトルが加速度波形の包絡曲線の形状に類似しているなどの報告もある。

#### 4.4.2 模擬波形入力に対する弾塑性応答のばらつき

ここでは、2段階耐震設計においては、構造物の塑性変形に期待して設計を行うため、弾塑性応答に及ぼす地震動特性に検討する必要がある。特に、保有水平耐力照査で用いる「エネルギー一定則」の適用性に関連して、模擬地震動と弾塑性応答のばらつきについて述べる。

模擬波形の作成に際して、目標とした応答スペクトルは、道路橋示方書・耐震設計編[2]に規定されている保有水平耐力照査に用いるレベル2の設計水平震度である。保有水平耐力照査用の設計水平震度（弾性加速度応答スペクトル）および作成した90個の模擬波形の包絡線関数

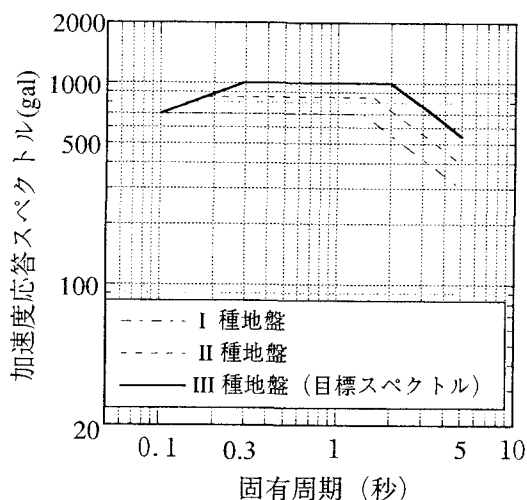
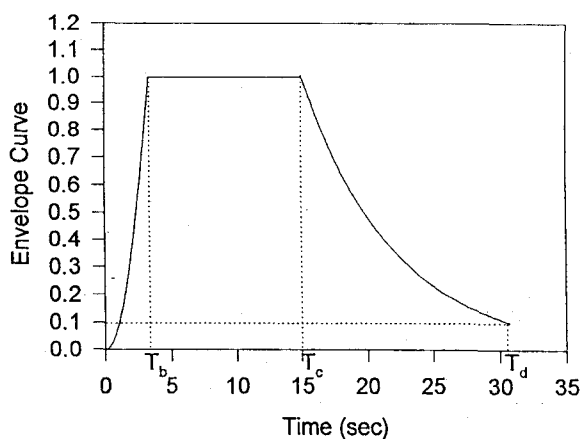
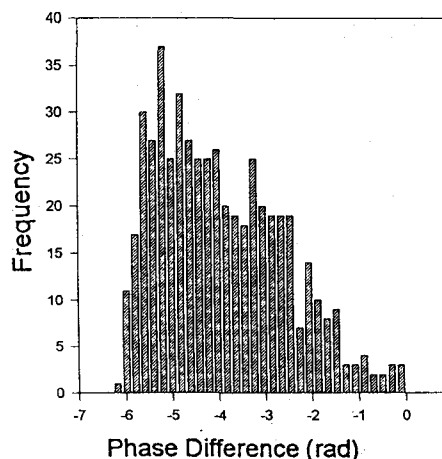


図4-17 目標加速度応答スペクトル

（位相差分布）および加速度・速度の頻度分布をそれぞれ図4-17、4-18、4-19(a)、4-19(b)に示す。正弦波の位相は、包絡線関数の形状を位相差の確率密度関数と仮定し、その累積確率を求め、波形の数だけ0~1までの乱数を発生させ、包絡線関数の形状に合致した位相差分布を有する位相のセットを求めている。応答スペクトルと目標値が十分な精度で一致するまで、正弦波の振幅調整を行うが、収束の判定基準として、2乗平均誤差を求め、ここでは、2%としてスペクトル適合波形を作り出した。



(a) 包絡線関数



(b) 位相差分分布

図4-18 包絡線関数と位相差分分布



ここで、加速度応答スペクトルは、目標に対する累積誤差の相対指標として許容値2%の範囲内で模擬波形を発生させているにも関わらず、加速度波形の最大振幅は440~660(ガル)、最大速度振幅は150~250(カイン)と分布し、かなりのばらつきを有することがわかる。このように、最大振幅のみでは、地震動の強さ、しいては構造物の応答(損傷)を推定するには不十分であることが伺える。

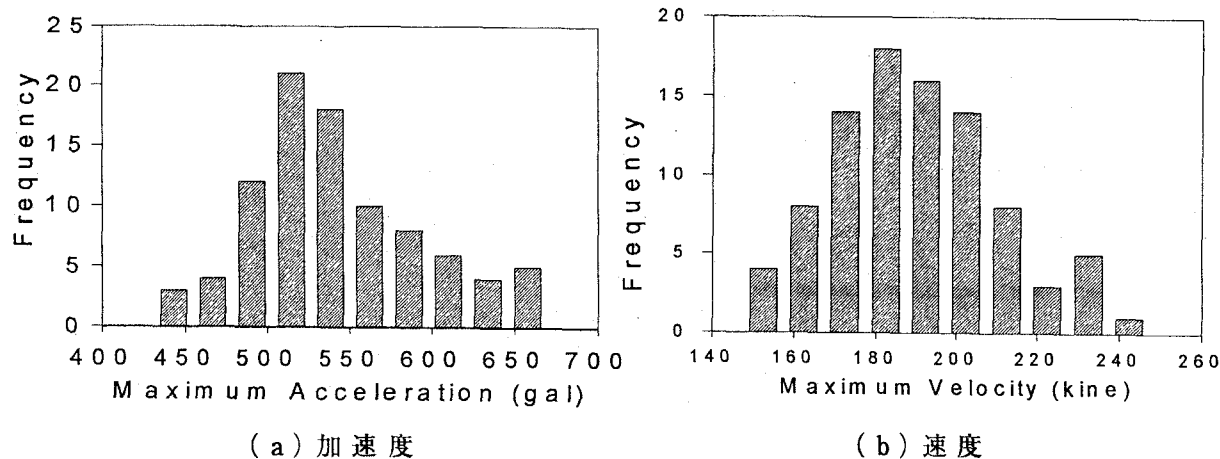


図4-19 最大振幅の頻度分布

弾塑性応答時の各応答のばらつきを弾性応答時のそれらと比較し、それぞれ図4-20, 4-21, 4-22に示す。ここでは、弾塑性系の降伏復元力のレベルは、弾性系の最大慣性力の2/3倍とし、塑性2次勾配係数は弾性のそれの0%として弾塑性応答を求めたケースを一例として示す。なお図中には、各応答の平均値と変動係数を示す。最大加速度応答に関しては、その弾性応答を目標としたことから、変動係数は最大2%と非常に小さくなっている。また、弾塑性応答に関しては、応答値が小さくなるにもかかわらず、変動係数は小さくなる傾向がある。これは、構造物の最大慣性力が構造物の降伏復元力で上限値となるためである。当然、構造物の降伏復元力にばらつきがある場合、加速度応答のばらつきは増すものと考えられる。一方、最大変位応答に関しては、弾性時においては加速度のそれと同じである。最大慣性力が、最大復元力と一致し、弾性範囲内では変位と復元力とは比例関係にあるためである。しかし、弾塑性時においては、変動係数の最大値は20%にも達し、加速度応答とは異なり、ばらつきは増大する。最大加速度応答が、一定値であるために、エネルギー吸収の自由度は変形のみであるため、ばらつきが増すものと考えられる。塑性2次勾配を変化させて、同様な計算を行ったところ、塑性勾配が大きくなるほど、最大加速度応答のばらつきは大きくなり、変位応答のばらつきは低減すること結果が得られた。これに反して、弾性時および弾塑性時の速度応答のばらつきには、その変動係数が10%レベルと比較的大きいが、復元力特性の違いによってはその分布性状にはそれほどの変化は見られない。ばらつきは大きいものの、構造物の復元力特性に影響されない点を考えれば、構造物の応答を評価する上では、望ましい特性値と思われる。今後、

より多くの数値シミュレーションにより弾塑性応答のばらつきに及ぼす波形特性を詳細に検討する必要がある。

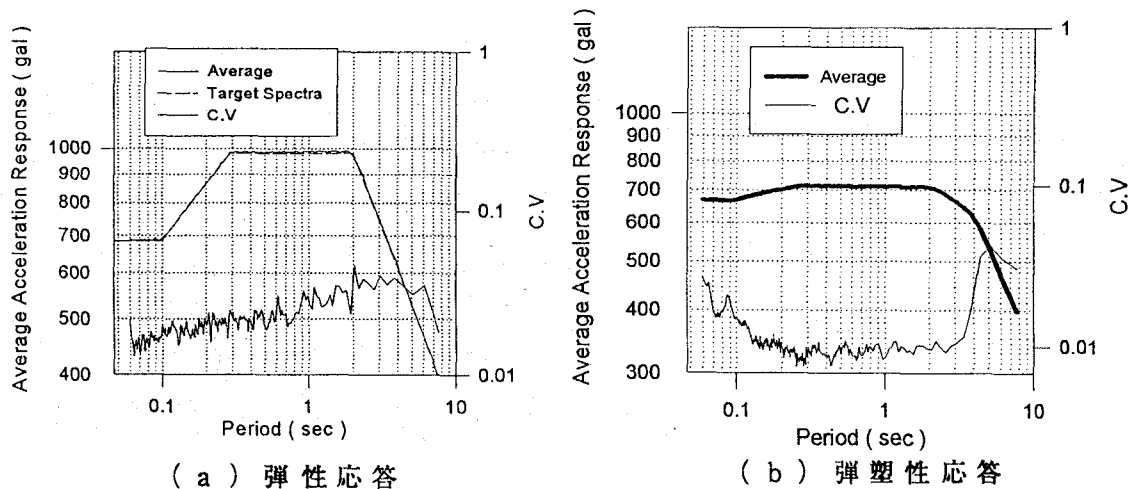


図4-20 加速度応答の平均値と変動係数

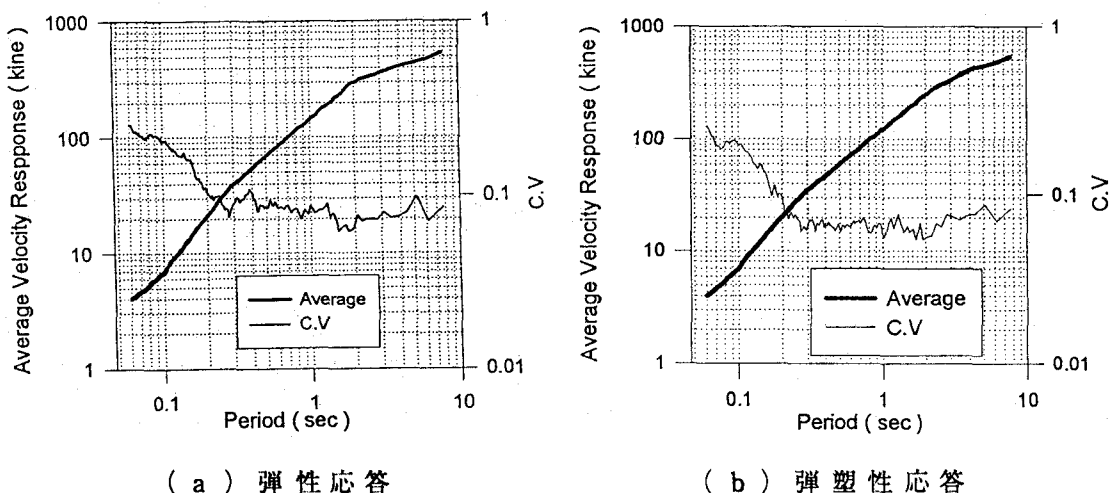


図4-21 速度応答の平均値と変動係数

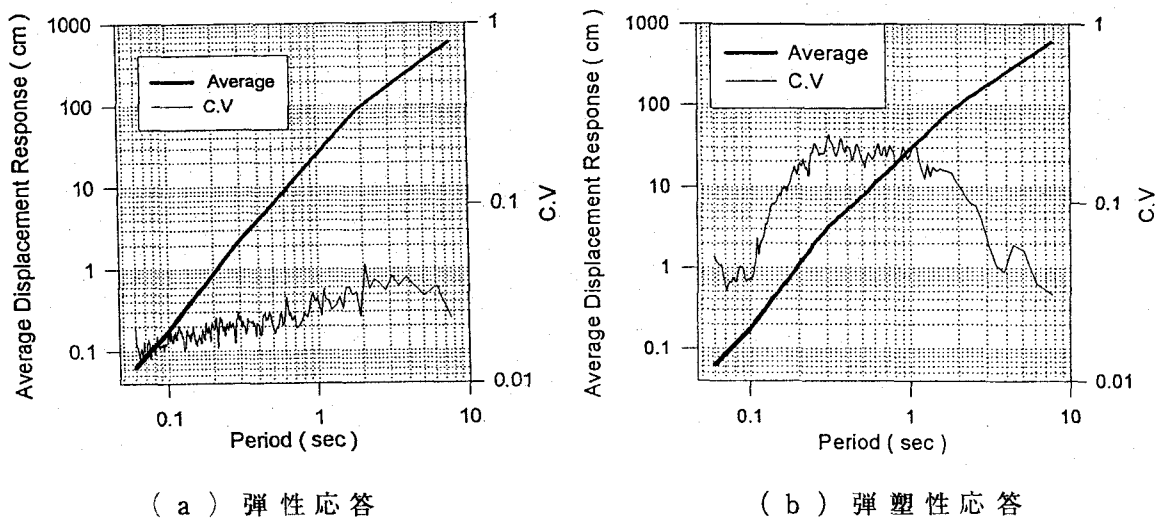


図4-22 変位応答の平均値と変動係数

## 4.5 おわりに

ここでは、兵庫県南部地震時に観測された、神戸海洋気象台記録、東神戸大橋記録、JR鷹取駅記録に加えて、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編に示される鉄筋コンクリート橋脚の保有水平耐力照査用加速度応答スペクトルに対応するレベル 2 地震の加速度波形およびそれらの弾性応答スペクトルを示した。また、構造物の弾塑性耐震設計の観点から、神戸海洋気象台記録の必要降伏強度スペクトルを、過去の有名な地震記録のものとともに示した。

地震波を観測する場合には、必ず測定する計測器の能力に依存した誤差が地震記録に含まれることになるので、そのような誤差を適切に除去する方法の要点をまとめ、さらに、観測された実地震記録とは別に、所要の周波数特性と振幅を有する人工地震波の作成方法の概要と作成された人工地震波の例を示した。

兵庫県南部地震時に観測された各地震記録は、同地点で同時刻に 3 方向成分の加速度波形が記録されており、ハイブリッド実験時あるいは 3 次元的な場合も含めて地震応答解析などにおいて種々利用されることになると予想されるが、そのためには各地震波の特徴を十分に把握しておく必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1) NAKAMURA, Yutaka : Waveform and its analysis of the 1995 Hyogo-Ken-Nanbu Earthquake, Railway technical Research Institute, JR Earthquake Information No.23c, 1995.2.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編, 丸善, 1990.2.
- 3) 土木研究センター：道路橋の免震設計法マニュアル(案), 丸善, 1992.12.
- 4) 土木学会：耐震基準等基本問題検討会議・報告書(家村浩和担当分), 1996(印刷準備中)。
- 5) 日本機械学会編：振動工学におけるコンピュータアナリシス、コロナ社、1987年7月。
- 6) 理論地震動研究会：地震動 その合成と波形処理、鹿島出版会、1994年2月。
- 7) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会、1994年5月。
- 8) 土木学会：動的解析と耐震設計 - 地震動・動的物性 (I 編) - 、技法堂出版、1989年2月。