

# 北海道の地域特性を考慮した設計入力地震動の検討

## (その2: サイト特性を用いた設計用標準加速度応答スペクトルの検討)

Study on design input motion in consideration of local site characteristics in Hokkaido, JAPAN  
(Part 2: Standard acceleration response spectra based on local site characteristics)

飛島建設(株)技術研究所 正員 池田隆明(Takaaki IKEDA)  
(独)北海道開発土木研究所 正員 佐藤 京(Takashi SATOH)  
(独)北海道開発土木研究所 正員 西 弘明(Hiroaki NISHI)  
飛島建設(株)札幌支店土木部 正員 大槻政文(Masafumi OTSUKI)

### 1. はじめに

筆者らは、北海道の地域特性を考慮した北海道の耐震設計法の検討を行っている。これまでに2003年十勝沖地震において観測された地震動記録を用いて、道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編の地域別補正係数がAの地域区分における標準加速度応答スペクトルの検討を行った<sup>1)</sup>。その結果、全てのスペクトルを包絡するようなスペクトルを設定すると、現行の標準応答スペクトルを部分的に上回ることがわかった。また、スペクトルに見られる周期特性を考慮すると、現行の標準応答スペクトルの最大値を超えないスペクトル特性を抽出することが出来た。それでもタイプⅠのスペクトルを上回ることがわかった。

観測されたスペクトルを詳細に検討すると、同じAの地域区分であっても、スペクトル強度にばらつきがあり、地域区分だけで一つのスペクトルに代表させることは妥当ではないと考えた。そこで、Aの地域区分の細区分を行い、標準加速度応答スペクトルの検討を行う。本報告において応答スペクトルとは、減衰定数5%の弾性加速度応答スペクトルを示す。

### 2. 震源からの距離による区分

地震による揺れの大きさは震源からの距離に依存することが知られている。ここでは、震源からの距離を指標とし、観測されたスペクトルとの対応を検討する。震源からの距離の指標としては、震源距離と断層面最短距離の2種類とする。

#### (1) 震源距離

図-1に震源距離のコンターを示す。震源は気象庁<sup>2)</sup>の発表値(41° 46.5' N, 144° 4.9' E, D=45km)を使用した。図中にWISEおよびK-NETの地震観測点をあわせて示す。■印がⅠ種地盤、●印がⅡ種地盤、▲印がⅢ種地盤の観測点である。図-2に震源距離が短い順に10地点の加速度応答スペクトルを示す。

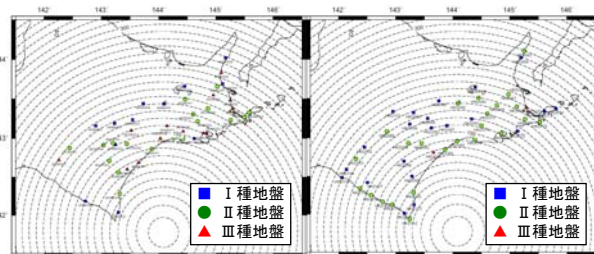
WISEおよびK-NETともに震源距離に近い観測点の記録の方が加速度応答スペクトルは大きい。震源距離が近くてもスペクトルが小さいものや、その反対に遠くてもスペクトルが大きいものがあり、震源距離とスペクトル強度との相関は高くない。

#### (2) 断層面最短距離

地震を引き起こす断層は広がりを持し、断層面の破壊

は一様ではないことから、近年では距離減衰式において震源距離や震央距離に変わり断層面最短距離が用いられている。そこで、断層面最短距離を指標に前節と同様の検討を行う。

断層面最短距離を計算する断層面は、国土地理院<sup>3)</sup>の



(a) WISE (b) K-NET  
図-1 震源距離のコンターと観測地点との関係

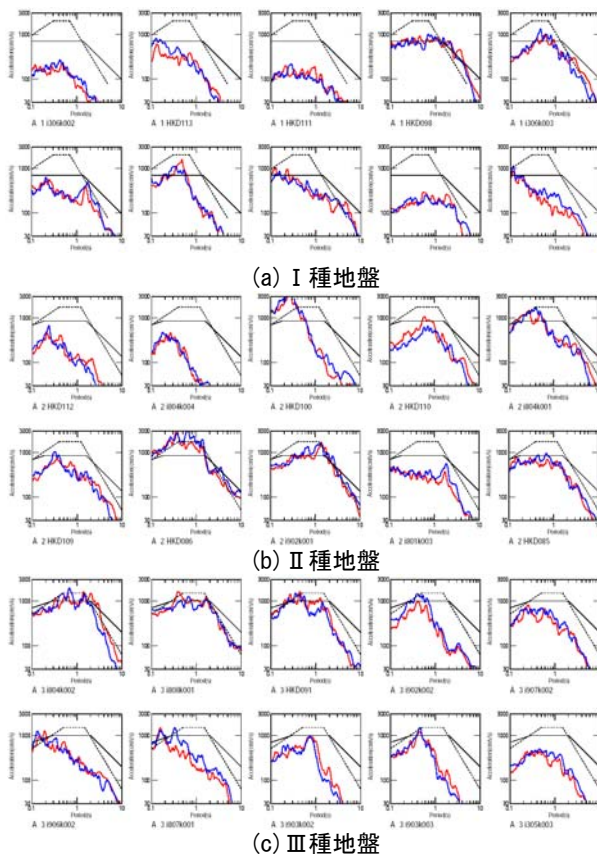
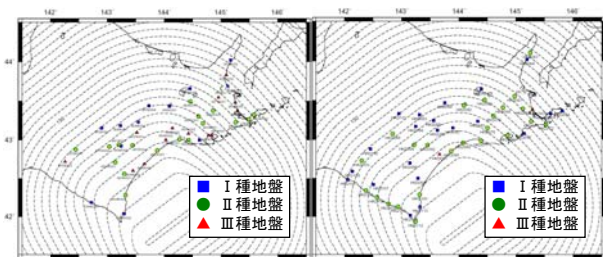


図-2 震源距離が短い順に10地点の加速度応答スペクトル

諸元を使用した。図-3に断層面最短距離のコンターを示す。図-1と図-3を比較すると、震源距離と断層面最短距離では、各観測点までの距離が異なることがわかる。

図-4に断層面最短距離が短い順に10地点の加速度応答スペクトルを示す。

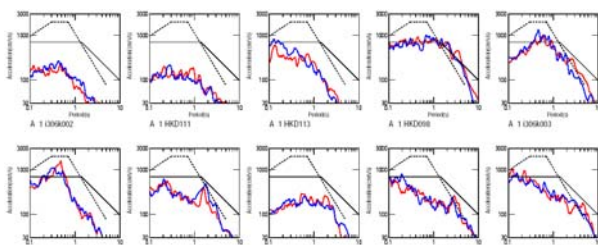
震源距離による分類と同様に、WISEおよびK-NETともに断層面最短距離に近い観測点の記録の方が加速度応答スペクトルは大きい。断層面最短距離が近くてもスペクトルが小さいものや、その反対に遠くてもスペクトルが大きいものがあり、相関は高くない。



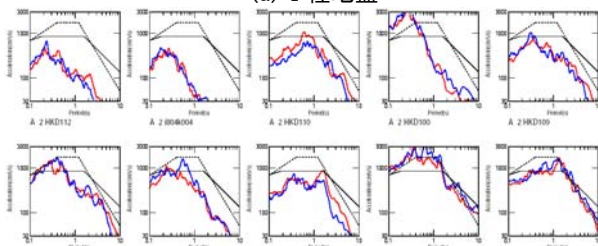
(a) WISE

(b) K-NET

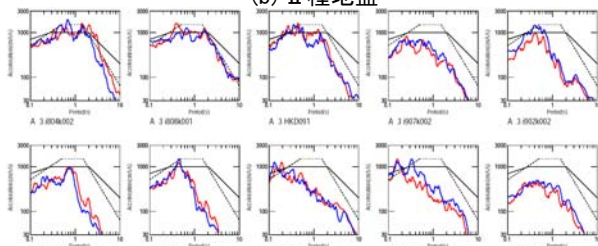
図-3 断層面最短距離のコンターと観測地点との関係



(a) I 種地盤



(b) II 種地盤



(c) III 種地盤

図-4 断層面最短距離が短い順に 10 地点の  
加速度応答スペクトル

### 3. スペクトルの形状による標準加速度応答スペクトルの設定

図-2および図-4からわかるように、応答スペクトルの形状には、地盤種別間に明確な違いは無いが、その形状の特性によって区分することが可能である。ここでは、応答スペクトルの形状に着目し、表-1に示す基準により分類分けを行う。

Aは現行の道路橋示方書・同解説V耐震設計編<sup>4)</sup>のスペ

クトルを上回る地点、Bは、現行のタイプⅡ（内陸直下型地震）と同程度の地点、Cは同様にタイプⅠ（海溝型地震）と同程度の地点である。A～Cは、現行のスペクトル以上の強度を有する地点と位置づけられる。

Dは0.5秒以下の短周期領域だけが現行のスペクトルを上回っている地点である。固有周期が長い構造物には影響は小さいが、短い構造物には影響を与えるスペクトルである。

Wは限られた狭い周期帯のみが現行の基準よりも上回っている地点であり、Xは2成分のスペクトルのうち、1成分だけが現行の基準を上回っている地点である。Yは現行の基準を2成分とも下回っている地点、Zは現行の基準の1/2以下の地点である。そのため、W～Zは条件付き、もしくは無条件で現行の基準よりも小さいと考えられる地点である。

表-1 加速度応答スペクトルの分類基準

| 分類 | 内 容                   | 強 度 |
|----|-----------------------|-----|
| A  | 現行の基準を上回る地点           | 高 い |
| B  | 現行の基準（タイプⅡ）と同程度の地点    |     |
| C  | 現行の基準（タイプⅠ）と同程度の地点    |     |
| D  | 0.5秒以下の周期帯だけが上回っている地点 |     |
| W  | 限られた周期帯だけが上回っている地点    | 低 い |
| X  | 現行の基準を1成分だけ上回っている地点   |     |
| Y  | 現行の基準を2成分とも上回っていない地点  |     |
| Z  | 現行の基準の1/2以下の地点        |     |

図-5、図-6にY～ZおよびW～Zに分類された観測地点を、松岡・翠川による最大速度の増幅度<sup>9)</sup>とあわせて示す。W～Zに分類された観測地点およびY～Zに分類された地点は、震源からの距離に関係なく位置していることがわかる。

加速度応答スペクトルが小さい観測地点は、最大速度の増幅度が小さい地点にあることがわかる。逆にみると、加速度応答スペクトルが大きい地点は最大速度の増幅度が大きい地盤に位置していることがわかる。

そこで、A～Cの地点は現行の標準加速度応答スペクトルと同程度もしくは上回る地域とし、この地域は現行の道路橋示方書・同解説V耐震設計編の規定に従う範囲とする。

X～Zの地点は、地域区分がAでありながら、現行の標準加速度応答スペクトルよりも小さい範囲とし、新たに標準加速度応答スペクトルを設定する（標準加速度応答スペクトルXZ）。

DとWの地点は以下のような取り扱いを行う。

Dの地点は、現行の加速度応答スペクトルを上回るが、その周期帯は0.5秒以下と固有周期が長い構造物には影響が少ないため、Dの地域だけの標準加速度応答スペクトルを設定する（標準加速度応答スペクトルD）。橋梁の固有周期を考えると、この上回った周期に相当する固有周期を有する橋梁は少ないことから、実質的にはこのスペクトルは現行の基準を下回るスペクトルと考えられる。

Wの地点は、現行の標準加速度応答スペクトルを上回るものの、構造物の固有周期よりも小さい周期帯のみに限定されているため、標準加速度応答スペクトルXZと同じスペクトルとする。

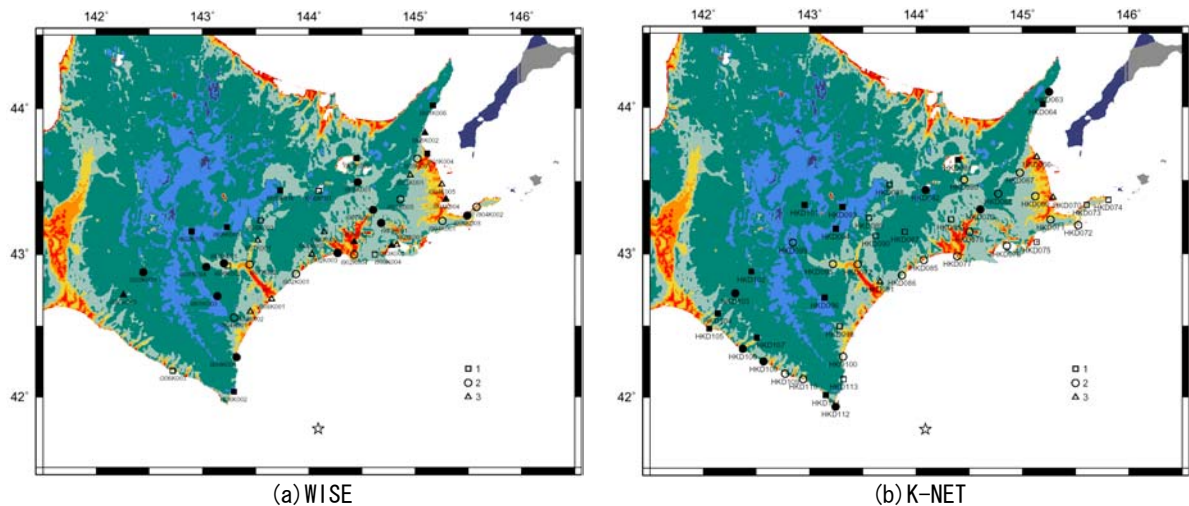


図-5 加速度応答スペクトルの分類がY~Zの観測地点

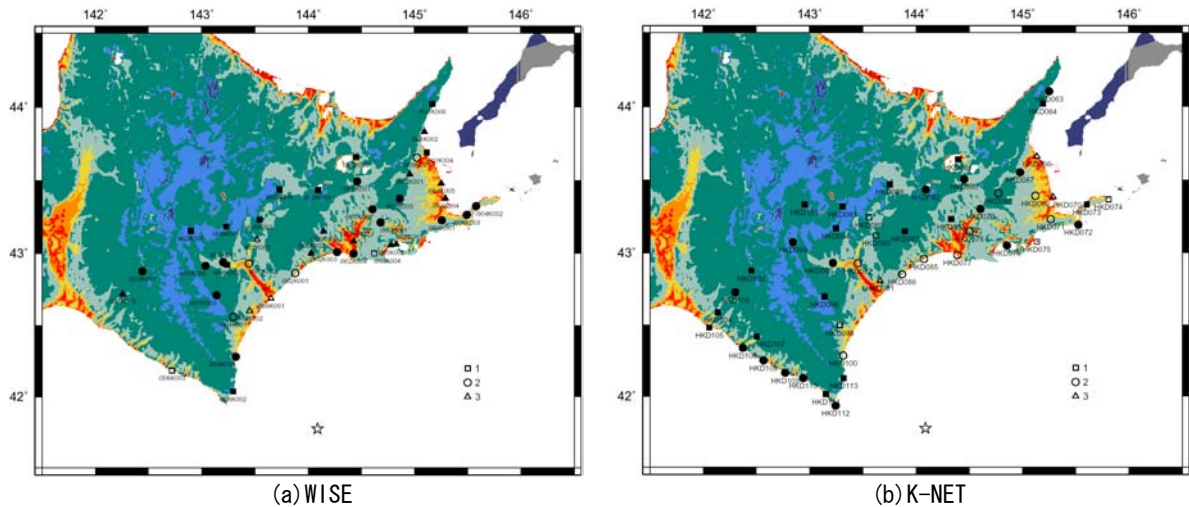


図-6 加速度応答スペクトルの分類がW~Zの観測地点

#### 4. 標準加速度応答スペクトルの設定

##### (1) 標準加速度応答スペクトルD

図-7に加速度応答スペクトルの大きさがDに分類された地点における加速度応答スペクトルを地盤種別毎に示す。この加速度応答スペクトルを包絡するような標準加速度応答スペクトルを設定する。設定した標準加速度応答スペクトルを図-7にあわせて示す。

##### (2) 標準加速度応答スペクトルXZ

図-8に加速度応答スペクトルの大きさがXZに分類された地点における加速度応答スペクトルを地盤種別毎に示す。この加速度応答スペクトルを包絡するような標準加速度応答スペクトルを設定する。設定した標準加速度応答スペクトルを図-8に示す。

加速度応答スペクトルXZに加え、限定的な周期帯だけが現行のスペクトルを上回る加速度応答スペクトルWを加えた応答スペクトルが観測された地点を図-6に示す。

このスペクトル特性を持つ地点は地盤の増幅特性（最大速度の増幅特性）との相関が高いことがわかる。多少のばらつきはあるものの、最大速度の増幅特性が1.6以下の地盤ではこのスペクトル特性を持つものが多いことがわかる。そのため、この最大速度の増幅度1.6を境に、それより増幅度が小さい地域では図-8に示す標準加速度応答スペクトルが適用できると考えられる。図-9に最大速

度の増幅度1.6を境とした分布図を示す。

#### 5. スペクトル適合波の作成

設定した標準加速度応答スペクトルに対してスペクトル適合波を作成する。位相はⅠ種地盤HKD098-EW（大樹）、Ⅱ種地盤はi807K002-EW（池田河川事業所）、Ⅲ種地盤はi804K002-EW（大樹町）を使用する。

図-10、図-11に標準加速度応答スペクトルDおよびXZに準拠した加速度時刻歴波形をそれぞれ示す。

#### 6. まとめ

2003年十勝沖地震における北海道の観測地震動記録を用いて、道路橋示方書・同解説V耐震設計編のAの地域区分における標準加速度応答スペクトルの検討を行った。

観測されたスペクトルを詳細に検討すると、同じAの地域区分であっても小さいスペクトルや大きいスペクトルがあり、地域区分だけで一つに代表させることは妥当ではないと考え、スペクトルの強度に応じた地域ごとの標準加速度応答スペクトルの設定を行った。

その結果、地域別補正係数区分がAの地域では、最大速度の増幅特性が1.6以下の地盤では、現行の標準加速度応答スペクトルよりも低いスペクトル特性を示すことが明らかになった。

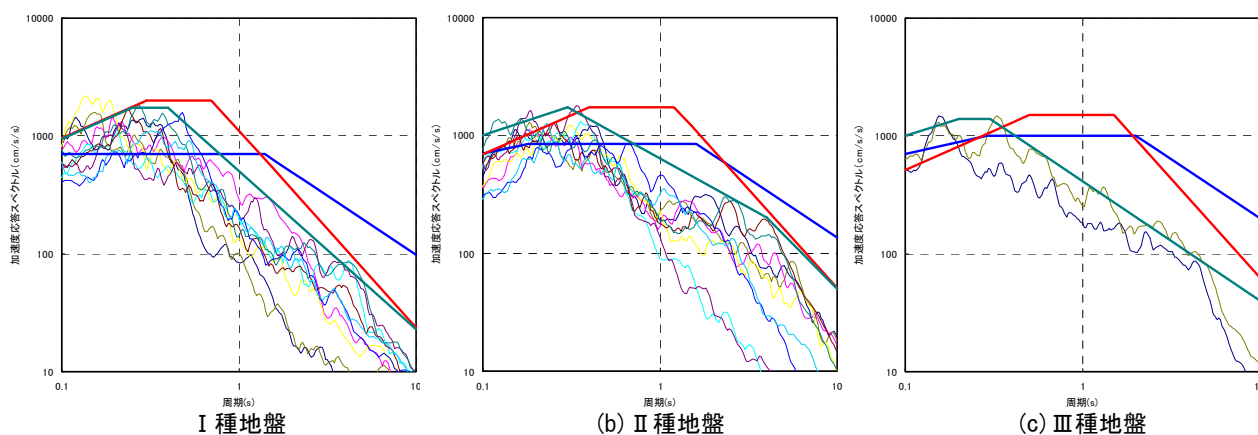


図-7 標準加速度応答スペクトル D

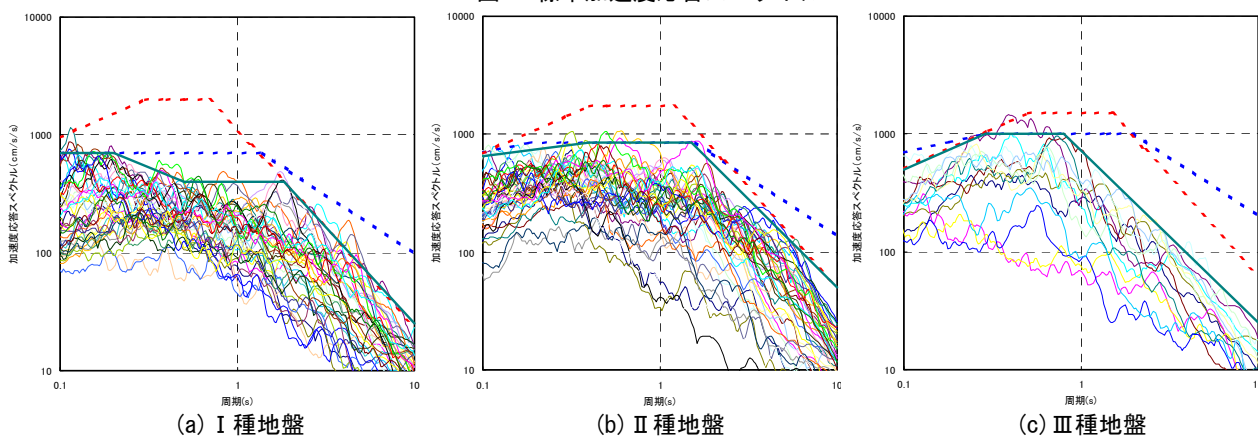


図-8 標準加速度応答スペクトル XZ

【謝辞】

K-NET の観測記録と地盤条件を使用させていただきました。

【参考文献】

- 1) 佐藤京他：北海道の地域特性を考慮した設計入力地震動の検討（その1：観測記録を用いた設計用標準加速度応答スペクトルの検討），土木学会北海道支部，平成17年度 年次技術研究発表会(投稿中)，2006。
- 2) 気象庁：震度データベース，  
[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo\\_db/shindo\\_index.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/shindo_index.html)
- 3) 国土地理院：9月26日4時50分頃の釧路沖の地震に伴う地殻変動から推定した震源断層モデルについて，  
<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2003/0926-2.htm>

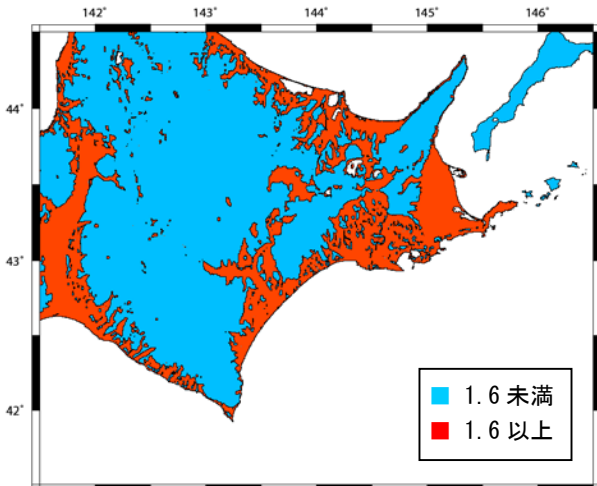


図-9 最大速度の増幅度が1.6の境界線

- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，2002。
- 5) 松岡昌志，翠川三郎：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング，第22回地盤震動シンポジウム資料集，23-34，1994

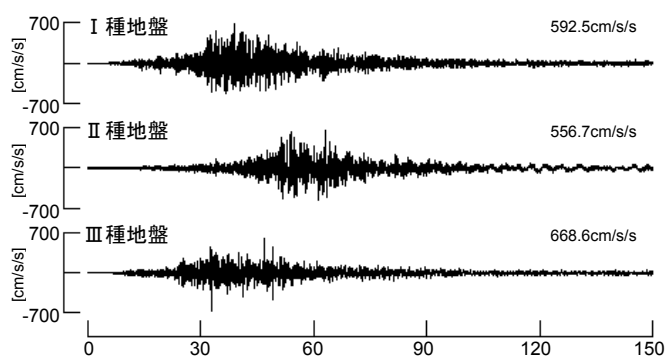


図-10 標準加速度応答スペクトル D に準拠した地震動

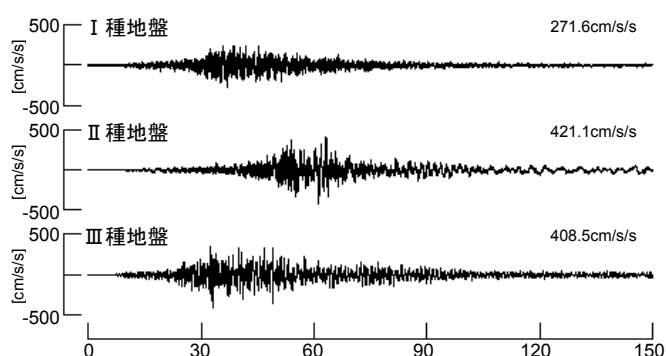


図-11 標準加速度応答スペクトル XZ に準拠した地震動