

鉛直方向設計用入力地震動に関する基礎的考察

九州大学工学部 学生員○吉村 茂 九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲
新日本製鐵(株) 正会員 豊永 臣悟 佐藤工業(株) 正会員 伊東 守

1. はじめに

多くの耐震設計に関する指針類において設計用入力地震動が規定されているが、それらは水平動を扱ったものがほとんどで、鉛直動について規定されたものは非常に少ない。その理由として、鉛直動の性質について不明な点が多いことや、これまで鉛直動による直接の被災事例が少ないこと、などが考えられる。しかしながら、兵庫県南部地震のような大規模な直下地震が発生した場合、大きな鉛直地震動が発生する可能性のあることは広く認識されるようになった。また数値計算によって、水平方向加震時と水平鉛直両方向加震時の構造物の応答を比較した場合、明らかに後者の方が構造物の損傷が増大することが示されており¹⁾、設計において鉛直地震動の考慮の必要性を示唆している。

本研究では、鉛直アレー観測記録の特性分析、及び既往の指針における鉛直方向設計用入力地震動²⁾の検討を行った。

2. 兵庫県南部地震における観測記録³⁾

本研究では、1995年兵庫県南部地震において得られた鉛直アレー観測記録、及び日本原子力研究所大洗研究所において観測された鉛直アレー観測記録を用いて鉛直動の特性の分析を行った。ここでは前者についてのみ示すことにする。

2-1. 最大加速度を用いた検討

図-1は観測された最大加速度の水平動と鉛直動の相関図を、図-2は水平動と鉛直動の最大加速度発生時刻の比を示す。図-1の最大加速度の比は平均で0.8であり、0.3~0.6とする既往の研究成果よりも大きな鉛直動であることがわかる。図-2より全ての観

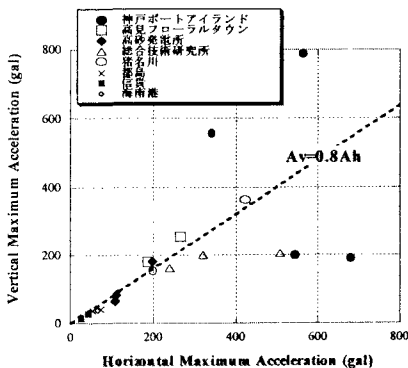


図-1 最大加速度比較(破線部は平均を示す)

測深度において最大加速度発生時刻の比が1を越える場合があり、鉛直動の主要動がS波により生成される可能性のあることがわかる。

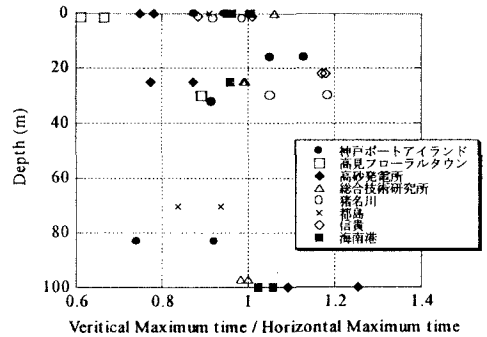


図-2 最大加速度発生時刻の比(鉛直/水平)

2-2. 周波数特性の検討

水平動と鉛直動の加速度応答スペクトルの増幅の違いを検討するため、各観測深度における加速度応答スペクトルの鉛直動/水平動比の例を図-3に示した。ここでの増幅は2種類あり、高砂発電所のように鉛直動が短周期側で卓越しているサイトと、猪名川のように鉛直動/水平動比が1倍前後であるサイトがあった。

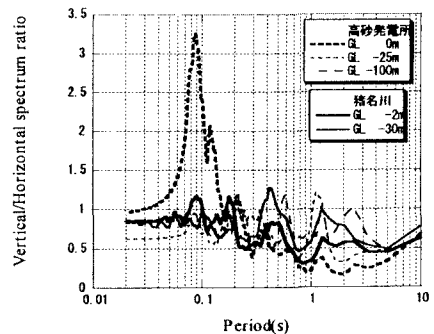


図-3 加速度応答スペクトルの鉛直動/水平動比

3. 建築研究所指針における鉛直地震動規定の検討

鉛直地震動に関する明確な規定のある建設省建築研究所の設計用入力地震動作成手法技術指針(案)²⁾(以下建研指針)に着目して検討を行った。

建研指針では、鉛直動の目標スペクトル(上下動設計用応答スペクトル)を(1)式により決定している。

$${}_vS(T) = {}_v\zeta \cdot {}_vB(T) \cdot {}_vL(T) \cdot {}_vG(T) \quad (1)$$

ただし、 ζ ：地震活動度係数、 $\sqrt{B(T)}$ ：上下動基準応答スペクトル、 $\sqrt{L(T)}$ ：上下動やや長周期補正係数、 $\sqrt{G(T)}$ ：上下動増幅特性係数である。

3-1. 全体的な検討— $\sqrt{S(T)}$

図-4では、(1)式から算出した上下動設計用応答スペクトル $\sqrt{S(T)}$ と、地表面における実観測波の擬似速度応答スペクトルとを比較している。検討を行った8つのサイトのうち、神戸PIの記録はレベル2の目標スペクトルを上回っていたが、他のサイトでは総合技術研究所の例のように建研指針で規定される目標応答スペクトルとほぼ一致していた。

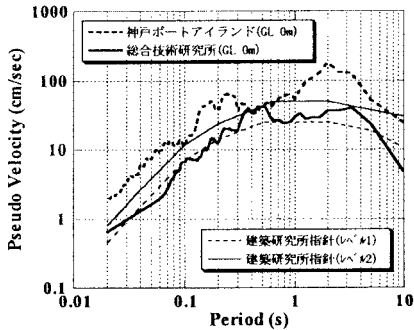


図-4 $\sqrt{S(T)}$ と観測波の比較

以上より、上下動設計用応答スペクトル $\sqrt{S(T)}$ が実観測波に比較的良好に一致していることが明らかとなったが、(1)式の算定方法が妥当であるかどうかはわからない。よって以下では、(1)式を構成する基準応答スペクトル、及び係数の検討を行った。

3-2. 上下動基準応答スペクトルの検討— $\sqrt{B(T)}$

図-5は各サイトの工学的基盤に対応する位置での観測波の速度応答スペクトルと、建研指針に定められた上下動基準応答スペクトル $\sqrt{B(T)}$ とを比較している。この図より、上下動基準応答スペクトル（レベル2）は観測波をほぼ包括しているが、短周期側で大きい

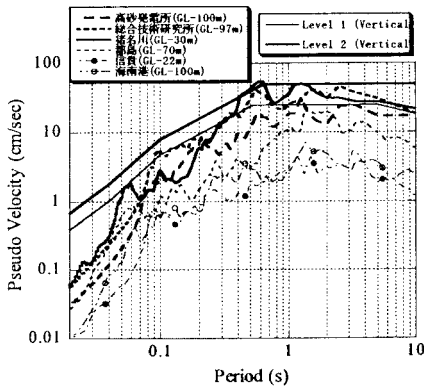


図-5 $\sqrt{B(T)}$ と観測波の比較

目の設定となっていることがわかる。

3-3. 係数の検討— $\sqrt{L(T)}$ 、 $\sqrt{G(T)}$

まず、上下動やや長周期補正係数 $\sqrt{L(T)}$ の検討について述べる。建研指針では $\sqrt{L(T)}$ の値を周期2秒以上から低減させている。図-4から、2秒以上の長周期側での速度応答スペクトルの減少の程度は建研指針を上回っており、よって上下動やや長周期補正係数は妥当と思われる。

次に上下動増幅特性係数 $\sqrt{G(T)}$ と観測波の鉛直動速度応答スペクトルの増幅を比較した図-6を見ると、上下動が卓越する周期帯域は建研指針で0.04～0.2秒であり、観測波もほぼその領域で増幅している。しかしながら増幅倍率は建研指針では最大で1.5倍であるのに対し、兵庫県南部地震観測波では最大で7倍の増幅が見られ、上下動増幅特性係数は鉛直地震動観測波の増幅特性を適切に表現しているとは言えない。これは、上下動増幅特性係数が表層地盤の影響を考慮せずに定められていることによるものと考えられ、適切な増幅特性の検討が必要と思われる。

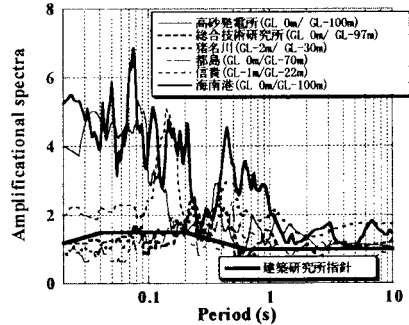


図-6 $\sqrt{G(T)}$ と観測波の比較

4. まとめ

建研指針で提示されている上下動設計用応答スペクトル $\sqrt{S(T)}$ は兵庫県南部地震における観測データと照らし合わせても全体として整合性のあるものとなっている。しかし、 $\sqrt{S(T)}$ の算定方法を詳しく検討すると、 $\sqrt{B(T)}$ は短周期側で大きい目の設定となっており、逆に $\sqrt{G(T)}$ は小さすぎるということがわかった。これらに関し、今後のデータの蓄積と係数の改善とが望まれよう。

参考文献

- 1) 伊東守, 大塚久哲, 豊永臣悟: 地下構造物の断面力に与える鉛直地震動の影響について, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1755 - 1762, 2000.3.
- 2) 建設省建築研究所, 財団法人日本建築センター: 設計用入力地震動作成手法技術指針(案), 平成4年3月
- 3) 財団法人震災予防協会: 強震動アレー観測 No.3, 1998
- 4) 大塚久哲, 伊東守, 豊永臣悟: 鉛直方向設計用入力地震動に関する基礎的考察, トンネル工学研究論文・報告集第10巻 2000年11月論文(10)