

釧路地域における強震記録と免震建物の応答

境 茂樹・伊藤嘉朗

2003年十勝沖地震では、釧路地域に建つ複数の免震建物で10cmを超える変位応答を観測した。本報告では、釧路市内で得られた強震記録を分析し、地震動の特性が免震建物の変位応答に及ぼす影響について検討した。また、釧路地域の $V_s=700\text{m/s}$ 程度の工学的基盤深さの地震動特性に及ぼす影響について検討を行った。その結果、釧路中心部より西側の観測点ほど工学的基盤（浦幌層群）は深くなり、浦幌層以浅の地盤構造モデルを仮定した等価線形解析により得られる各観測点の伝達関数および変位応答スペクトル（減衰20%）は、観測結果と調和的であった。

キーワード：2003年十勝沖地震，免震建物，やや長周期地震動，応答スペクトル，地盤構造

1. はじめに

2003年9月26日04時50分頃、釧路沖を震源とするマグニチュード8.0の地震が発生した。この地震により、釧路市内に建つ複数の免震建物において、免震層相対変位が10cmを超える応答結果が得られた¹⁾。

本報告では、釧路市内の強震記録を分析し、免震建物の応答に及ぼす地震動の特性と、釧路地域の地盤構造の関係について検討した。

2. 観測記録の特性と免震建物の応答

2.1 免震建物位置と強震観測点

応答結果を調査した免震建物は、文献¹⁾に報告された釧路市中心部から北西約6kmの範囲にある4つの免震建物で、その位置と免震層相対変位の観測結果(東西方向)および設計時の1次固有周期(レベル2)²⁾を図-1に示す。H-HSPは自社で地震観測を実施している3階建て免震病院、MBLは3階建て事務所ビル、KGCは釧路合同庁舎(9階建)、SBLは7階建て事務所ビルである。これら免震建物の免震層相対変位は、10~30cm程度の大きさとなり、建物によって応答に差が認められる。

また、検討に用いた強震記録は、H-HSP(基礎上)、およびデジタル値が公開されたK-NETのHKD077(K-NET)³⁾、釧路合同庁舎257GL(KGC)⁴⁾、釧路西港GL(KWHB)⁵⁾の記録(東西成分)であり、その観測点位置を免震建物と合わせて図-1に示す。

2.2 免震建物の応答に及ぼす地震動特性

入力地震動特性を把握するため、H-HSP、KWHB、K-NET、KGCにおける強震記録(東西成分)を分析した。

図-2は、4観測点のフーリエスペクトル(0.2HzのParzenウィンドウで処理)を示す。この図より、K-NET、KGCでは周期1.2秒に、H-HSPでは周期1.2秒と2.5秒程度に、KWHBでは周期1.8秒と、いずれもやや長周期帯域に優勢なピークが認められる。なお、H-HSPは免震基礎上の記録のため、周期1秒以下の短周期側では建物基礎の入力損失の影響で応答が小さくなっている。

また、入力地震動の免震建物応答への影響を検討するため、減衰20%の擬似速度応答スペクトル pSV および変位応答スペクトル SD を求めた。その結果を図-3、4に示す。また、図-4の変位応答スペクトルには、上記4つの免震建物の免震層相対変位の実測結果¹⁾を重ねてプロットする(マーク:△)。実測結果をプロットする際、横軸の周期は設計時1次固有周期(レベル2)とした。

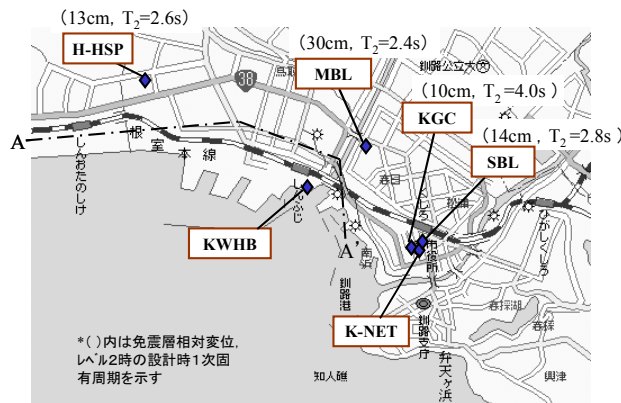


図-1 免震建物位置と強震観測点

* 技術研究所

図-3, 4の結果より, H-HSPおよびKWHBは, 釧路市中心部に位置するK-NET, KGCに比べて2秒以上の長周期域のスペクトルが2割以上大きく, 特に周期2~6秒にかけての応答が大きい。また, 図-4の変位応答スペクトルと免震層相対変位の実測値を比較すると, MBL以外の3つの免震建物の応答結果については応答スペクトル値とほぼ対応している。MBLの実測結果は, 周辺の観測記録から推定される値よりかなり大きめであり, この地点における入力地震動の周期2秒前後の特性は, KWHBやKGCに比べて局所的に大きかったと考えられる。

図-5は, 従来の設計で標準波として用いられているEL CENTRO NS, TAFT EW, HACHIHOHE EW (50cm/sに基準化)とBCJ-L2の変位応答スペクトル(減衰20%)と, 釧路市内で観測された地震動を代表し50cm/sに基準化したH-HSP50, K-NET50のスペクトルを重ねて示す。この図より, K-NET50は従来のレベルと同等であるが, H-HSP50は周期2~6秒にかけての応答変位は大きく, BCJ-L2と同等のレベルとなっている。

3. 釧路地域の地盤構造と強震動特性

3.1 S波速度構造モデルの設定

釧路地域の深い地盤構造と, H-HSP, KWHBおよび釧路中心部のKGCやK-NET観測点におけるやや長周期帯域の応答特性との関係を調べるため, 各観測点の工学的基盤以浅のS波速度構造モデルを作成し, 表層地盤の増幅特性を検討した。

釧路地域の東西地質断面は図-6に示す通り, 工学的基盤と考えられる浦幌層群は西側ほど深くなっている。

浦幌層群より表層のS波速度構造について, H-HSPはGL-83mまで, KWHBはGL-76mまでのP S検層結果⁵⁾が得られており, これ以深の層は $V_s=450\text{m/s}$ と仮定した。KGC, K-NET(これら2観測点は釧路中心部とする)の深い地盤構造については文献7)を参考とした。設定したH-HSP, KWHB, 釧路中心部の3箇所S波速度構造モデルを図-7に示す。

3.2 等価線形解析

次に, この地盤構造を基に1次元等価線形解析でKWHBの地中(GL-77.45m)の観測記録を用いて浦幌層に引き戻し, その引き戻し波を各地盤構造モデルで立上げ, 地表面応答波を算出した。

図-8に浦幌層露頭波, KWHBの地表面観測記録とおよび解析結果の加速度時刻歴波形を示す。この図より, 最大値付近の加速度波形は, 解析結果が観測結果に比べてやや小さい傾向を示すが, 全体の形状と最大値はほぼ

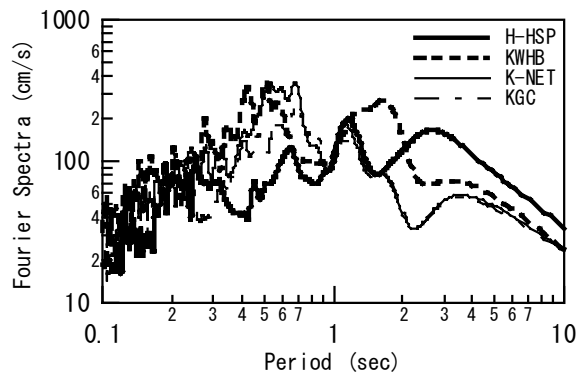


図-2 フーリエスペクトル

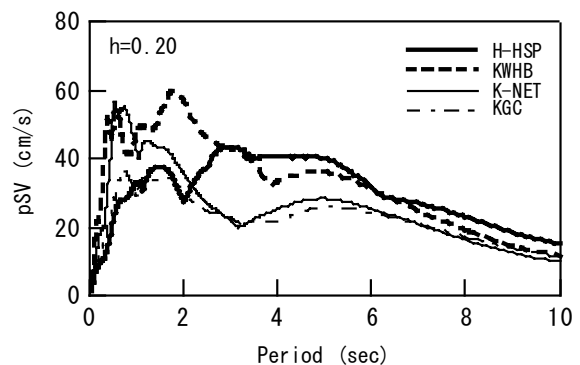


図-3 擬似速度応答スペクトル(減衰 20%)

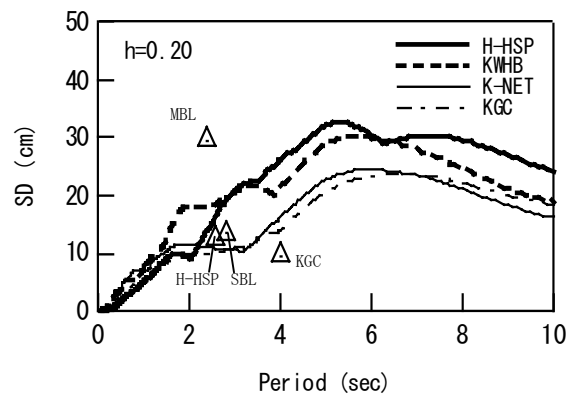


図-4 変位応答スペクトル(減衰 20%)

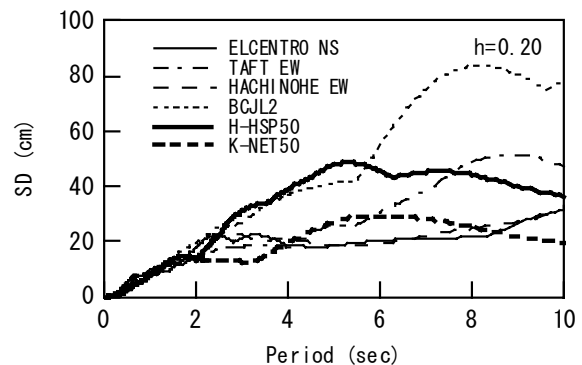


図-5 変位応答スペクトル(減衰 20%)

対応している。

次に、線形時および等価線形解析時の浦幌層群に対する各地点の地表面の伝達関数を図-9に示す。伝達関数のピーク周期は、線形の結果はH-HSPが周期2秒付近に、KWHBでは周期1秒付近にあり、釧路中心部に比べて長周期側であり、非線形時にこれらのピークは長周期側に移行している。これら長周期側のピークは、図-2のフーリエスペクトルのピークに対応し、各強震記録の特性には、浦幌層群が浅の地盤構造の影響が表れていると考えられる。

3.3 変位応答スペクトル

図-10には、各地点の観測記録と解析より得られる地表面応答波の減衰20%の変位応答スペクトルを示す。釧路中心部の観測結果は、K-NETの記録で代表させた。この図より、各地点の解析結果のスペクトル形状は、全体的に観測結果とよく対応している。ただし、KWHBについては両者の結果で周期2秒付近の特性が異なっており、また解析結果がやや過小評価となっている。これらの差については、地盤構造モデルの精度や不整形地盤の影響を検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

釧路地域で観測された2003年十勝沖地震の強震記録を分析した結果、地震動特性に免震建物応答に影響する周期1秒以上のやや長周期成分が優勢であった。また、浦幌層群を釧路地域の工学的基盤とみなし、これに浅の地盤構造モデルを設定し、一次元等価線形解析による各観測点の地表面応答波を算出し、変位応答スペクトル(減衰20%)を検討した。その結果、釧路市中心部から西側の地点は、釧路中心部に比べて工学的基盤が深く、周期2秒以上の変位応答スペクトルが大きくなる傾向を示した。

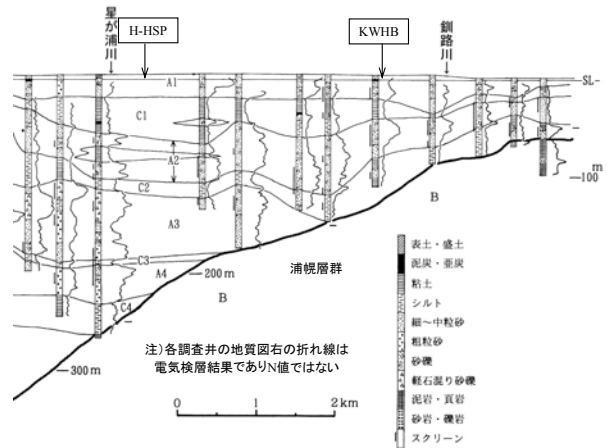


図-6 釧路地域の地盤構造 (A-A'断面) 6)

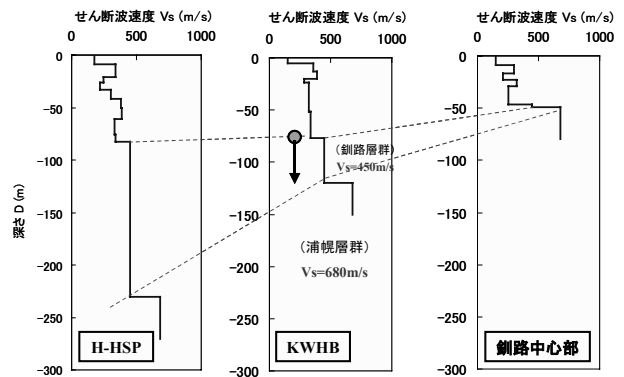


図-7 S波速度構造モデル

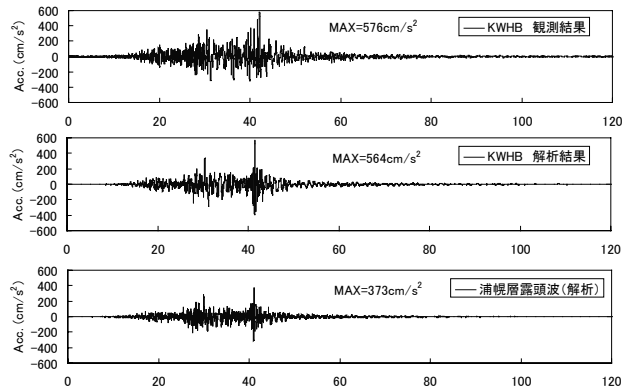


図-8 KWHBにおける加速度時刻歴波形

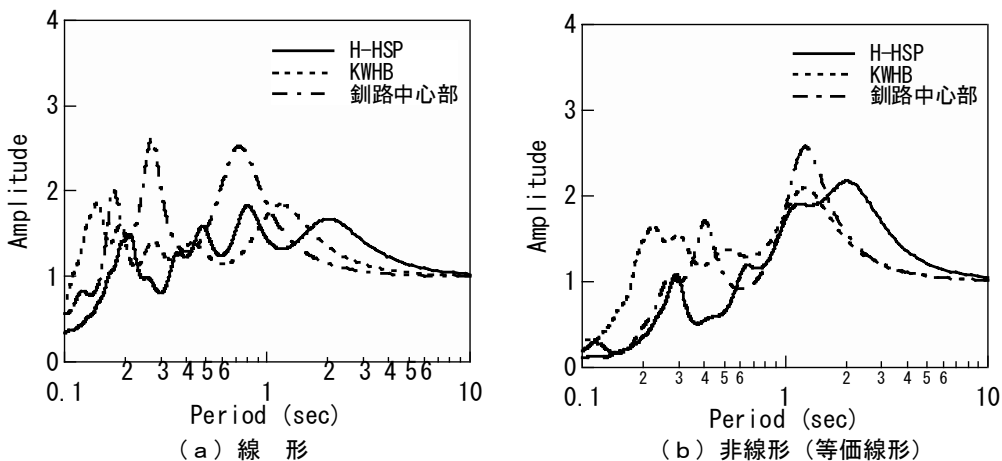


図-9 浦幌層群に対する伝達関数

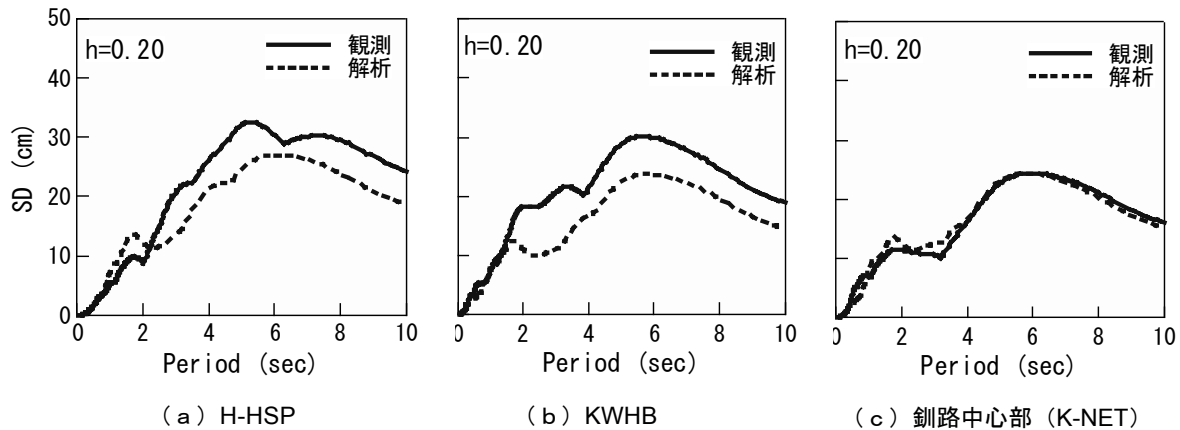


図-10 変位応答スペクトル (減衰 20%)

今後さらに、不整形地盤の影響を考慮した検討が必要と考えられる。

謝辞：免震病院の強震観測に対して、ご協力いただいている関係者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) (社) 日本免震構造協会：MENS H I N, NO.43, 2004.2
- 2) 日本建築センター：ビルディングレター ('95.11, '96.10, '97.3, '99.2)
- 3) (独) 防災科学技術研究所：<http://www.k-net.bosai.go.jp/>
- 4) (独) 建築研究所：<http://iisee.kenken.go.jp/>
- 5) (独) 港湾空港技術研究所：<http://www.eq.ysk.nilim.go.jp/>
- 6) 広田知保, 横山英二, 和田信彦, 深見浩司：北海道釧路地域における帯水層の塩水化：北海道立地質研究所調査研究報告第30号, 2000年3月
- 7) 片岡俊一, 笹谷努：E S G 釧路共同強震観測活動の報告—1994年北海道東方沖の記録を題材として—, 日本建築学会大会学術講演梗概集

Strong Motion Records and Response of Base Isolated Buildings in Kushiro Region

Shigeki SAKAI, Yoshio ITO

Strong motion records of the Tokachi-oki earthquake in 2003 were obtained at several base isolated buildings in Kushiro region. We investigated accelerations of the observed records and calculated displacement response spectra having a damping factor of 20%.

Based on the form of the geologic profile along a EW line at the region, Urahoro layer can be considered to be the engineering bedrock with the shear wave velocity of about 700 m/sec, and the level of bedrock becomes deeper as the distance to the west increases from the center of Kushiro-City.

Then the soil structure models at each site were assumed, and displacement response spectra having a damping factor of 20% were calculated using the equivalent linear method.

As a result, it was shown that the predominant period of spectra of each point corresponded to those of observed records at the engineering bedrock depth.