

サイト増幅特性に基づく新幹線建設地点の標準 L2 地震動の適用性の判定

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 朝長 光, 非会員 青柳 広樹
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 坂井 公俊, 神澤 拓, 小島 謙一

1. はじめに

現在、建設を進めている整備新幹線では、鉄道構造物等設計標準（耐震設計）平成 24 年 9 月¹⁾（以下、耐震標準）に基づき設計が進められている。耐震標準では、L2 地震動を「強震動予測手法に基づき地点依存の地震動として算定する」ことが原則とされているが、詳細な検討をしない場合は、簡易な手法による L2 地震動（スペクトル I, スペクトル II）を用いることもできる。詳細な検討の必要性を判定する条件として、(a) 近傍の震源域の有無、(b) 深部地盤による地震増幅特性（基盤サイト増幅特性）（図 1）の大小がある。このうち後者について、鉄道建設箇所では直接評価、判定した事例は限られている。そこで本検討では、常時微動観測（図 2）に基づいて基盤サイト増幅特性を評価した結果について報告する。

2. 基盤サイト増幅特性の評価方法

基盤サイト増幅特性の評価には、地震観測記録に基づいて直接評価する方法があるが、鉄道建設箇所では個別に実施することは現実的ではない。そこで耐震標準には、地震観測記録、常時微動観測記録を用いて、周辺のサイト増幅特性既知点²⁾の結果を補正する手法が提案されている。今回は、常時微動観測記録とボーリング調査結果を用いて、基盤サイト増幅特性の評価を行った。大まかな実施手順を以下に示す（図 3）。

- ① サイト増幅特性の既知点（基準点）と建設地点において、3 成分の常時微動観測（図 2）を実施する。各々の水平成分、鉛直成分それぞれの波形から比較的静穏な時間を切り出した後にフーリエ変換し、鉛直成分に対する水平成分のフーリエ振幅の比（以下、H/V スペクトル比）を算出する。
- ② この H/V スペクトル比が各地点のサイト増幅特性に類似しているという性質を利用して、両地点のサイト増幅特性の補正係数として 2 地点の H/V スペクトル比の比（建設地点／基準点）を算出する。
- ③ 上記②で得られたサイト増幅特性（地震基盤～地表面）の補正係数を基準点の地表面サイト増幅特性²⁾に乗じて、建設地点における地表面サイト増幅特性を算出する。
- ④ 上記②のサイト増幅特性から表層地盤の影響を取り除く。具体的には、地盤調査結果から得られるせん断弾性波速度、単位堆積重量を用いて、重複反射理論によって表層地盤の地震増幅特性を算定し、上記③のサイト増幅特性から除去することで、地震基盤～耐震設計上の基盤面のサイト増幅特性（基盤サイト増幅特性）を求める。

- ⑤ 上記④で得られた基盤サイト増幅特性と標準 L2 地震動で想定している基盤サイト増幅特性（全国の平均＋標準偏差）を比較することで、深部地盤における地震増幅の大小を判定する。

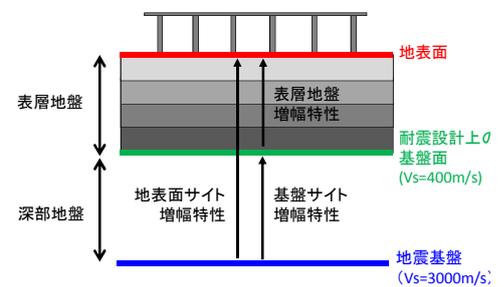


図1 地震動増幅特性



図2 常時微動観測

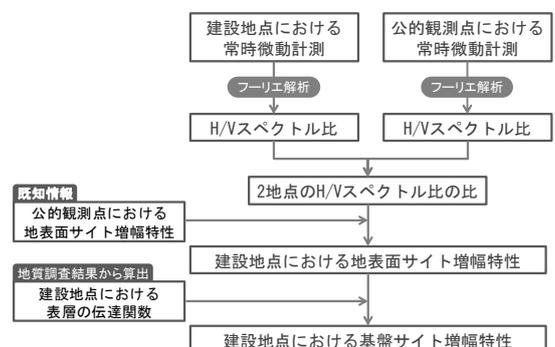


図3 基盤サイト増幅特性評価手順

キーワード 基盤サイト増幅特性、常時微動、新幹線

連絡先 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー・電話 045-222-9081・FAX: 045-222-9102

3. 基盤サイト増幅特性の評価

(1) 建設地点の地表面サイト増幅特性の算出

基盤サイト増幅特性は、深部地盤の影響であるため、表層地盤の特性と比較するとその空間変動は比較的小さいことが想定される。そこで本検討では、港湾の施設の技術上の基準・同解説³⁾を参考に、約4km 間隔の地点を抽出して常時微動観測を行った(図4)。なお、図中 α と β はサイト増幅特性の既知点(基準点)を示している。基準点としては、対象地点との距離の近いものを選択したが、その他にも各地点のH/Vスペクトル比の傾向や防災科学研究所J-SHISによる深部地盤の情報⁴⁾も参考に設定した。具体的には、比較的地震基盤の浅いNo.1~No.6は α を基準点とし(A地区)、比較的深度の深いNo.7~No.10までは β を基準点とした(B地区)。代表的な結果として、No.8地点と公的観測点 β におけるH/Vスペクトル比を図5(a)に示すが、両地点のH/Vスペクトル比は比較的類似していることが分かる。続いて、両地点のH/Vスペクトル比の比率を基準点のサイト増幅特性に乗じることで、建設地点における地表面サイト増幅特性を算出し横軸を周期としたものを図5(b)に示す。

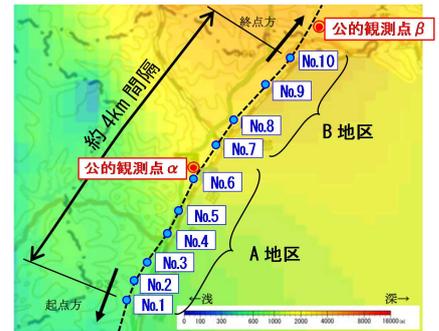
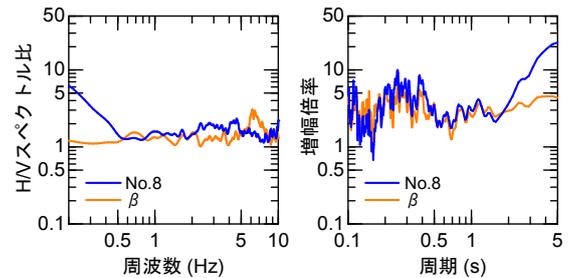


図4 地震基盤深度の分布と参照観測点 (J-SHIS map⁴⁾に加筆)



(a) H/Vスペクトル比 (b) 地表面サイト増幅特性

図5 地表面サイト増幅特性の評価 (No.8)

(2) 表層地盤の増幅特性の算定

建設地点の表層地盤の増幅特性を重複反射理論により算定した。表1にボーリング調査結果に基づいて設定したNo.8の表層地盤構造を図6にNo.8の表層地盤の増幅特性を示す。当該地点は比較的地盤が良好であるため、1次モードピークは周期0.2秒辺りに見られ、一般的な鉄道構造物の周期帯周辺での表層地盤の増幅は小さいことが確認できる。

層No	層厚 h(m)	せん断弾性波速度 Vs(m/s)	単位体積重量 $\rho(t/m^3)$
1	4	130	1.8
2	7	250	1.8
3	6	350	1.8
4	---	490	1.9

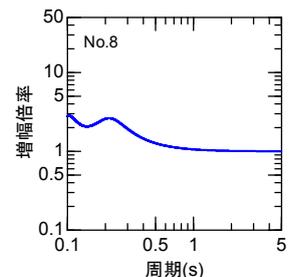


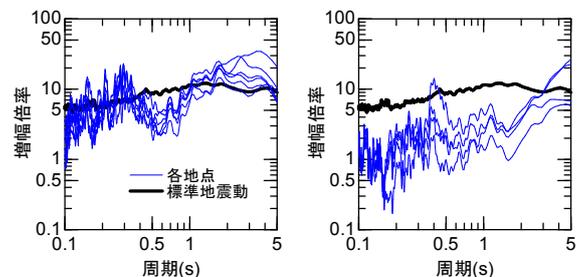
図6 表層地盤の増幅特性

(3) 基盤サイト増幅特性の評価, 考察

上述した手順を全地点に実施して得られた各エリアの基盤サイト増幅特性を図7に示す。なお、これらの図には、標準L2地震動で想定している基盤サイト増幅特性も示している。

A地区については、殆どの周期帯で標準地震動で想定している基盤サイト増幅特性よりも大きな増幅となることが想定され、L2地震動の算定には詳細な検討を要すると判定される。

一方で、B地区については、一部の周期帯で標準地震動を超える増幅特性が確認されるものの、一般的な鉄道構造物の周期帯においては標準地震動の基盤サイト増幅特性よりも小さく、地震増幅の観点から詳細な検討が必要な箇所には該当しないと判定される。



(a) A地区 (b) B地区

図7 建設地点の基盤サイト増幅特性

4. まとめ

本検討では、鉄道建設箇所においてサイト増幅特性を評価するとともに、標準L2地震動の適用性を判定した結果について報告を行った。今回、標準地震動が適用できないと判定された地点においては、今後詳細な検討に基づいて基盤設計地震動を評価するとともに、表層地盤の増幅特性についても非線形性も含めて適切に評価を行う。その上で、現地の地震、地盤特性、その他各種の影響も含めて合理的な構造形式を計画する予定である。

参考文献) 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，2012。2) 国土技術政策総合研究所：サイト増幅特性及び、強震観測地点情報。3) 社団法人 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007。4) 防災科学技術研究所 J-SHIS map。5) 坂井，室野，川野，土木学会論文集，Vol.70，No 4，pp.527-534，2014。