

線状鉄道路線を対象としたシナリオ地震を想定した表層地盤の地震動増幅特性

東急建設株式会社 正会員 ○岡田 久輝
 東京都市大学 正会員 吉川 弘道
 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 正会員 秋山 伸一

1. 目的

本研究は、線状鉄道路線の各構造物の地震損失推定を行うことを最終目的とし、表層地盤の地震動増幅特性の評価を行った。本研究のフローを図1に示す。

対象は首都圏の鉄道路線(震央から約50~80km)を対象とし、既存の地盤調査結果(ボーリング調査94本)から表層地盤のデータベース化を行った。また、シナリオ地震を強震動シミュレーション¹⁾で求められた工学的基盤面における地震動を用いて鉄道施設地点直下の一次元地震応答解析を行い、路線全体の地表面での時刻歴波形を算出し、表層地盤の地震動増幅特性を評価した。

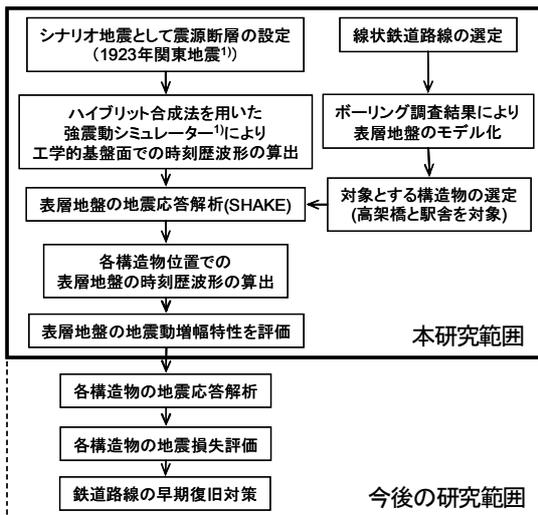


図1 本研究のフローチャート

2. 研究方法

(1) 強震動シミュレーション¹⁾の概要

本研究では、1923年関東地震を対象として実施した強震動シミュレーション結果¹⁾を用いる。シミュレーションの概要は次のとおりである。まず、関東地方の広域3次元地下構造モデルを用いて、ボクセル型有限要素法コード GeoWAVE による長周期地震動の計算および統計的 Green 関数法コード D-WAVE を用いた短周期地震動の計算を行っている。つぎに、工学的基盤面で両者をハイブリッド合成することにより、広帯

域の地震動を作成している。なお、図2に示すように、先に実施したシミュレーションで得られた地表面における震度分布図によれば、本研究で対象とする鉄道路線は概ね震度6弱~6強と推定される地域に重なる。

(2) 表層地盤のデータベース

表層地盤のデータベースとして、鉄道路線上の全ボーリング調査結果94本の地盤条件(土層構成、層厚、単位体積重量、N値、S波速度)を整理した。このデータベースは、図3に示す鉄道路線の地質縦断面図と連動して確認ができるよう整理されたものである。

(3) 解析対象地点

解析の対象とした鉄道路線は、首都圏に位置する路線を選定した。解析対象地点は駅舎部とラーメン高架橋部の約40箇所を選定した。鉄道路線の地質縦断面図と解析対象地点を図3に示す。同路線は都市域の地形を概ね網羅している。

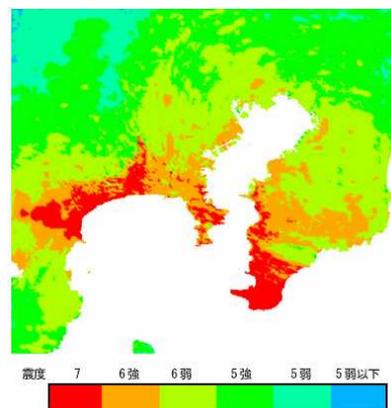


図2 1923年関東地震による震度分布の推定結果¹⁾

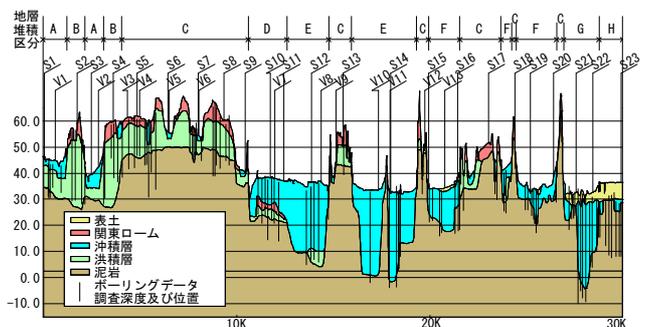


図3 鉄道路線の地質縦断面図と解析対象地点

キーワード 表層地盤のデータベース、線状鉄道路線、表層地盤の地震動増幅特性、1次元地震応答解析

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷1-16-14 東急建設(株) 岡田 久輝 TEL03-5466-5149

(4) 表層地盤の増幅率算定方法

表層地盤の増幅率の算定は、1次元重複反射理論による地震応答解析(SHAKE)を用いた。

3. 対象路線の表層地盤の増幅特性の評価

(1) 解析結果の一例

工学的基盤面と地表面の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルの一例を図4と図5にそれぞれ示す。

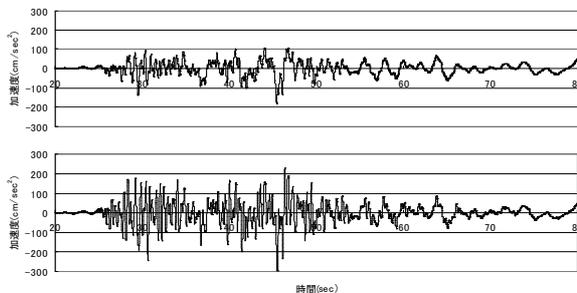


図4 S1地点の加速度時刻歴波形(上:基盤, 下:地表)

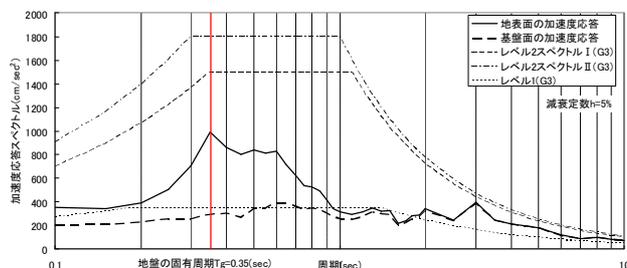


図5 S1地点における加速度応答スペクトル

工学的基盤の地震動は 3.0sec 付近で卓越していることが分かる。地表面の地震動の卓越周期は 0.35sec 付近で、これは地盤の固有周期と $T_g=0.35\text{sec}$ (鉄道標準²⁾の地盤種別でG3)に一致しており、共振増幅したと考えられる。同地点の最大加速度増幅率は約 1.6 倍程度で、最大速度増幅率が 1.2 倍程度であった。また、全地点の地盤の固有周期は 0.2sec~0.7sec 程度であり、地震動の卓越周期とは異なっており、共振増幅が大きな箇所は全体的に見られない傾向であった。なお、地表面の地震動の大きさは鉄道標準²⁾においてレベル1より大きく、レベル2スペクトルIより小さい大きさであった。

(2) 地層堆積区分と地震動増幅率の関係

地層堆積区分を図3に示したように、8つに分け評価した。地層堆積区分を表1に示す。また、地層堆積区分別の表層地盤の地震動増幅率の一覧を表2に示す。

地層堆積区分のBとCを比較すると、洪積層の層厚が厚いBの方が、地震動増幅率は大きい。また、同様にDとEを比較すると、沖積層厚の厚いEの方が地震動増幅率は小さくなり、BとCの比較と逆の傾向となっ

た。これは、地層堆積区分のEが河川部のN値=0~1の超軟弱粘性土地盤の沖積層であったため、非線形挙動を示したことが考えられる。

表1 地層堆積区分

地層堆積区分	堆積層厚(m)			
	洪積層	沖積層	ローム	表土(盛土)
A	5~10	~5	-	-
B	20程度	-	5~10	-
C	10程度	-	5程度	-
D	~5	10~15	-	-
E	~5	20~40	-	-
F	-	5~10	-	-
G	-	10~30	-	~5
H	-	~5	-	5~10

表2 地層堆積区分別の地震動増幅率³⁾

地層堆積区分	地震動増幅率		地盤の平均固有周期 $T_g(\text{sec})$	平均層厚(m)
	最大加速度	最大速度		
A	1.62	1.20	0.35	13.5
B	1.65	1.20	0.46	25.6
C	1.57	1.04	0.34	15.4
D	1.40	1.07	0.42	19.7
E	1.26	1.07	0.51	30.3
F	1.39	1.03	0.24	11.9
G	1.14	1.01	0.30	17.7
H	1.01	1.44	0.68	28.2

これらの傾向は、以下の2点のことを示していると考えられる。

- (1) 表層地盤が厚いほど地盤の固有周期が大きくなり、地震動の卓越している周期範囲に近づくことで地震動増幅率が大きくなった (AとB, BとC)。
- (2) 地盤が軟弱であるほど非線形挙動が強くなり、地盤の剛性低下と減衰の増加により、地震動増幅率が小さくなった (DとE, EとF, FとG)。

4. まとめ

本研究では、鉄道路線を対象に既存地盤調査のデータベース化を行った。この表層地盤のデータベースを使用し、シナリオ地震による表層地盤の地震動増幅特性を評価した。その結果、対象とした鉄道路線を地層堆積の構造で区分し、それぞれの表層地盤の地震動増幅特性を把握することができた。

今後は、ラーメン高架橋の地震応答解析を行い、地震損失評価を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 秋山伸一, 池上泰史, アフニマル, 瀧瀬一起: 大規模3次元地下構造のモデル化と強震動シミュレーション土木学会地震工学論文集, 2005年
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説一耐震設計, (財)鉄道総合技術研究所, 平成11年10月
- 3) 下村紘之: 線状施設地震損失推定のための表層地盤増幅特性評価, 武蔵工業大学, 2008年度卒業論文