

## 地表面地震動に与える地盤改良体幅の影響

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○井澤 淳 室野剛隆 西岡英俊

### 1. 目的

鉄道構造物の耐震設計における応答値の算定では、表層地盤の挙動および地盤と構造物の動的相互作用を表現できるモデルを用いて、基盤面に対して設定された設計地震動を入力して時刻歴動的解析を実施するのがよいとされている。ただし、直接基礎のような浅い基礎で慣性力の影響が卓越する場合は、当該地点の地盤種別を確認した上で、地盤種別毎に設定された地表面設計地震動を用いてよいこととなっている。しかしながら、改良地盤上の直接基礎の様な場合、地表面地震動は改良幅や改良深さに大きく影響を受けるため、地盤種別の判断が難しい。そこで本稿では、地表面地震動に与える地盤改良幅の影響を解析的に検討した。

### 2. 解析概要

解析は RO モデルを用いた FEM による 2 次元動的解析とした。対象とする自然地盤（未改良地盤）は N 値 10 および 20 の粘性土地盤とし、それぞれ基盤までの深さ  $H=5, 10, 15\text{m}$  の計 6 種類とした。改良地盤は N 値 30 の粘性土地盤と同等とし、基盤までの全層改良とした。検討した改良幅  $B$  は表 1 に示すように設定した。せん断波速度を  $V_s = 80N^{1/3}$  の関係式より求め、地盤の初期せん断剛性  $G_0$  を求めた。この  $G_0$  は深さ 7.5m でのせん断剛性  $G_{0,7.5\text{m}}$  とし、 $G_0 = G_{0,7.5\text{m}}(\sigma_v/\sigma_{v,7.5\text{m}})^{0.5}$  として深さ方向にせん断剛性を変化させた。ポアソン比は地下水以浅の沖積層を想定し 0.45 とした。減衰には Rayleigh 減衰を用い、福島・翠川 <sup>1)</sup> を参考に  $\alpha=0.948$ ,  $\beta=0.00186$  とした。解析対象幅は 100m とし、側方は水平ローラーとした。基盤は粘性境界とし、 $V_s=400\text{m/s}$  の基盤を設定した。各ケースで用いたパラメータと、地盤深さ  $H=10\text{m}$ 、改良幅  $B=30\text{m}$  のケースの FEM メッシュ図を表 2 と図 1 にそれぞれ示す。入力地震動には、図 2 に示す直下型地震を想定した地震動を用いた。表 3 に固有値解析から求めた未改良地盤ケースの固有周期と鉄道における耐震設計上の地盤種別を示すが、N 値 10 の  $H=10\text{m}, 15\text{m}$ 、N 値 20 の  $H=15\text{m}$  の 3 ケースで G3 地盤、それ以外では G2 地盤と判定されている。

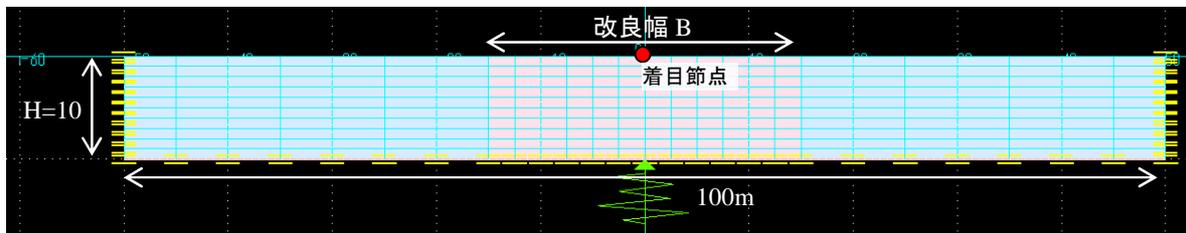


図 1 FEM 解析モデル例(表層地盤深さ  $H=10\text{m}$ 、改良幅  $B=30\text{m}$ )

表 1 解析ケース

H=5m	B (m)	0	5	10	15	25	100
	B/H	0	1	2	3	5	20
H=10m	B (m)	0	10	20	30	50	100
	B/H	0	1	2	3	5	10
H=15m	B (m)	0	15	30	50	80	100
	B/H	0	1	2	3.33	5.33	6.67

未改良地盤 ← ↑ 全面改良地盤 → ↑

表 3 未改良地盤の固有周期と地盤種別

	N 値	N 値		
		10	20	30
H=5m	$T_s(\text{sec})$	0.156	0.124	0.108
	地盤種別	G2	G2	G2
H=10m	$T_s(\text{sec})$	0.261	0.207	0.181
	地盤種別	G3	G2	G2
H=15m	$T_s(\text{sec})$	0.353	0.281	0.245
	地盤種別	G3	G3	G2

表 2 モデルパラメータ

	N 値	$V_s$ (m/s)	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$h_{\text{max}}$	$\gamma_r$	$G_{0,7.5\text{m}}$ ( $\text{kN/m}^2$ )
地盤 1	10	172.4	18	0.200	0.00050	54507
地盤 2	20	217.2	18	0.175	0.00075	86524
改良体	30	248.6	18	0.150	0.00100	113379

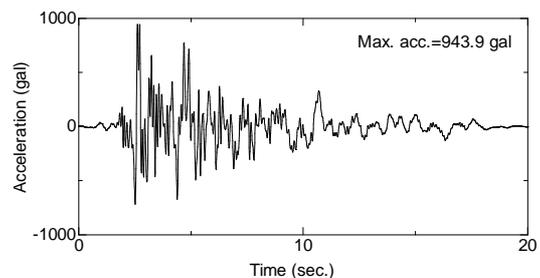


図 1 入力加速度時刻歴

キーワード 改良地盤, 地表面地震動

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 耐震構造研究室 TEL 042- 573-7394

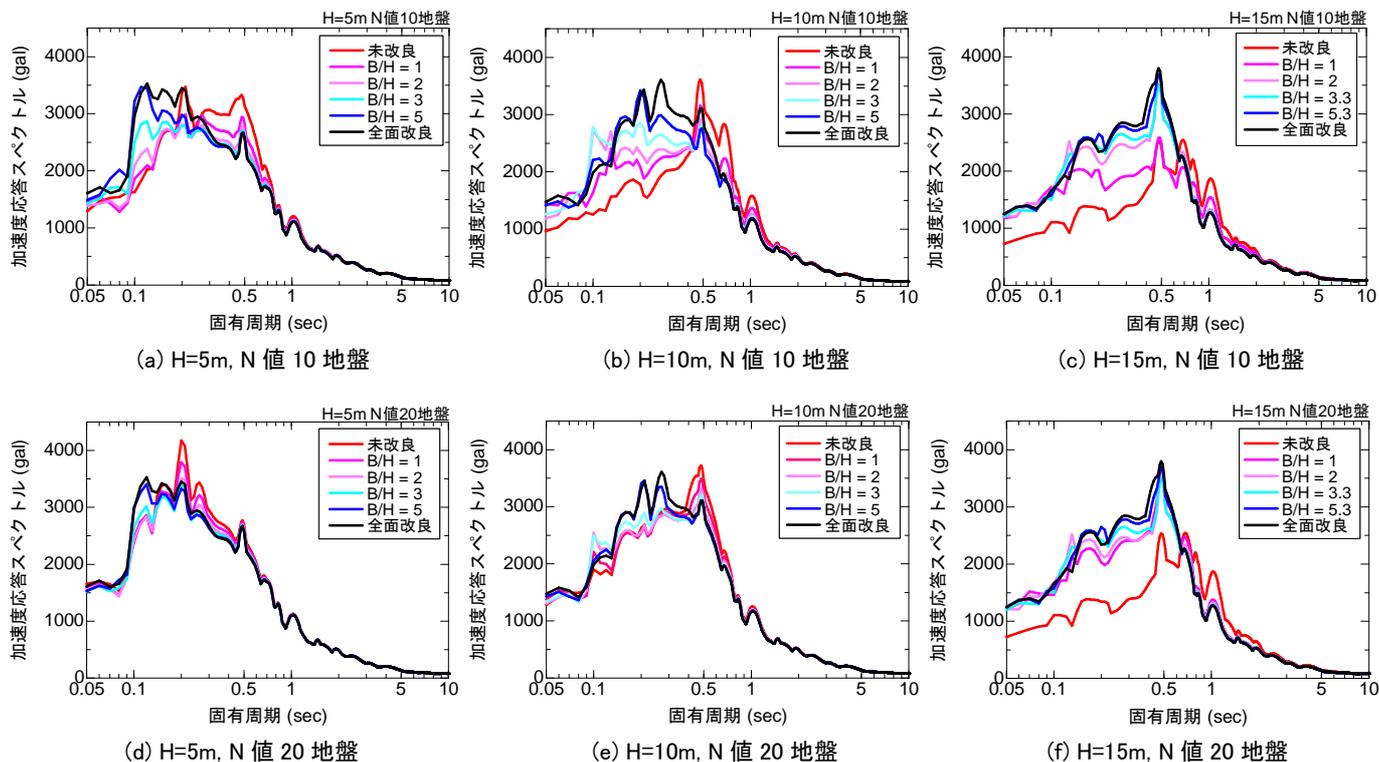


図3 加速度応答スペクトル

### 3. 結果および考察

一般的に、軟弱な地盤から硬質な地盤となるにしたがって地盤の卓越周期は短周期化するとともに地表面最大加速度(PGA)は大きくなり、地表面最大変位(PGD)は小さくなる傾向にある。そこで本稿では、地表面中央における加速度応答スペクトルと PGD について考察する。図3に全ケースの加速度応答スペクトル ( $h=5\%$ ) を示す。(b)に示す  $H=10\text{m}$ ,  $N$  値 10 のケースを見ると、未改良地盤では 0.5 秒付近に卓越周期があるが、改良域を広げるに従って短周期成分が増加するとともに 0.5 秒近傍の応答が減少し、全面改良地盤のスペクトル形状に近づいていく様子が分かる。その他のケースについても、 $H=5\text{m}$ ,  $10\text{m}$  のケースでは  $B/H=3\sim 5$  程度で全領域改良地盤の応答スペクトルに漸近して行く様子が分かる。 $H=15\text{m}$  の 2 ケースはそれよりも小規模な改良で全面改良地盤の応答スペクトルに漸近している。これは未改良地盤と全面改良地盤との剛性差が比較的小さいことと、解析幅が地盤深さに対して狭かったことが影響として考えられる。図4に PGD を全面改良地盤の地表面最大応答変位  $PGD_{N30}$  で正規化した値と改良幅比  $B/H$  の関係を示す。 $N$  値 20 のケースでは大きな応答変位は見られないが、 $N$  値 10 のケースでは未改良地盤で 2 倍以上の応答変位が生じることが分かる。しかしながら、改良幅の増加とともに応答変位は急激に減少し、 $B/H=5$  程度で収束するのが分かる。以上のように、2次元動的解析を行い加速度応答スペクトルと地表面最大変位を比較することで、地盤改良による地表面地震動の変化を考察することが出来る。

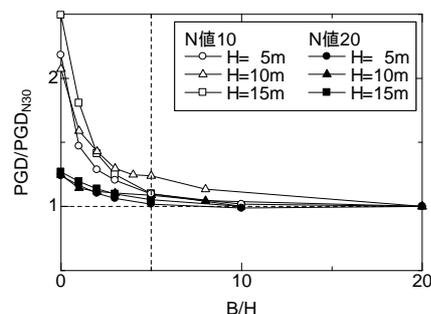


図4 PGD/PGD<sub>N30</sub> と地盤改良幅比の関係

### 4. まとめ

本稿では、2次元動的 FEM 解析から地表面地震動に与える地盤改良幅の影響を考察した。その結果、応答スペクトルと地表面最大変位から地盤改良による地表面地震動の変化を考察できることが分かった。ただし、2次元動的 FEM 解析においては、対象地盤の深さを考慮して解析幅を適切に設定する必要がある。

### 参考文献

1) 福島, 翠川: 周波数依存性を考慮した表層地盤の平均的な  $Q^{-1}$  値とそれに基づく地盤増幅率の評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 460 号, pp.37-46, 1994.