振動対策 WIB 工法の性能設計法 - 事例を引用して -

E&D テクノデザイン(株)　　フェロー会員　○竹宮　宏和

１．まえがき

本論文は、道路交通振動対策に WIB 工法を実施したときの設計過程の報告である。WIB 工法は地盤改良によって波動の伝播場を非伝播場へ移行させる応用技術であり、現況の振動調査に基づき要求減振量を設定する性能設計法である。従来工法の路盤直下の改良工法との比較シミュレーション設計を示し、本工法の性能評価を行った。

２．振動対策設計

最近に実施した道路交通振動対策事例を対象とした(**図-1**)[1)]。地盤調査からは、原地盤の伝播波速度は約 150m/s 程度と推定され、地盤共振振動数は約 11Hz 推定される。対策前の道路沿いの 80m 区間の地盤振動計測結果は、卓越振動数が 12～16Hz の範囲で平均的な振動レベルは L_{max} が 70dB、L_{10} が 64dB であった。したがって 12～16Hz を目標遮断周波数に減振量を 9dB 程度とする設計とし、改良工による地盤共振周波数の高振動数化をはかる。ここでは WIB 工法による路床の高剛性化を 3.0m 厚さのセル版状と脚付き構成とした。比較のため従来からの路盤直下の改良工 1.5m を取り上げた(改良地盤 A)**図－2 参照**。

上記の２つの改良構造を等価な多層地盤でモデル化した(**図-3**)。物性値は表-1 参照。薄層要素法を用いて波動分解析を実施した。結果の周波数と波数の関係の位相速度の**図-4** は対策前の地盤共振周波数に基づく無次元化をして表示している。対策前に上記卓越周波数の振動がシンボル位置であったとして、改良地盤 A の場合、それらの振動波モード特性線からの乖離は殆ど現われないが、改良地盤 B では大きく乖離が大きくあり、対策前に存した卓越振動数は振動の非伝播域に転換されている。改良地盤共振振動数に対する目標遮断周波数の比の変化を見ると、前者は 0.8～0.9 で対策仕様基準を満足せず、後者は 0.4～0.5 で対策仕様基準を満足する。

３．シミュレーション

上記の 3 地盤モデルの表面において加振周波数を伴った単位力の移動荷重を想定する。シミュレーション結果を**図-5** に振動源位置からの離隔距離における地表面応答で、そして各対策工の減振効果として**図－6** に描いた。無対策地盤の応答性状では共振周波数（遮断振動数）は約 7 Hz にあり、改良地盤 A では共振周波数が 10Hz にシフトして交通振動は地盤共振の影響が残り、同周波数に対しては減振量は殆ど見られない。改良地盤 B では共振振動数はさらに高周波数域へシフトしているので、目標周波数域で 10dB を超す大きな減振効果が発揮されている。

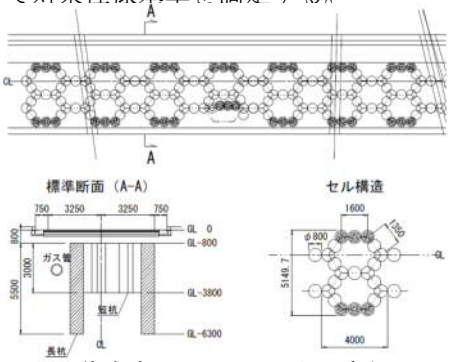
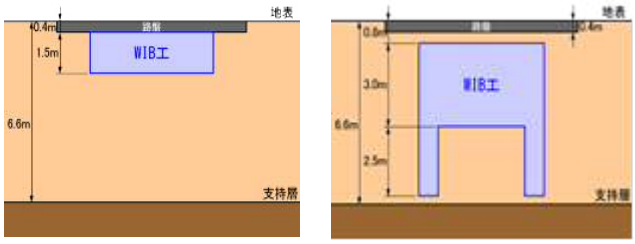


図-1 道路直下の WIB 工法の事例

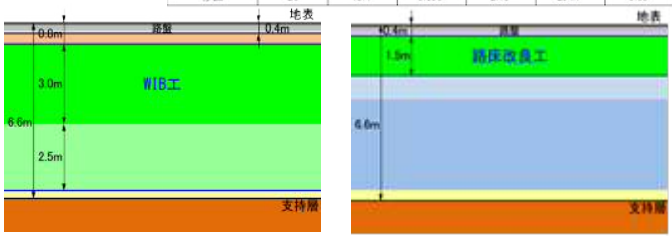
表- 1　地盤物性値

土質区分	深度(m)	層厚(m)	ポアソン比 ν	密度 ρ(t/m³)	弾性波速度 Vs(m/s)	減衰率 β
アスファルト舗装	0.1	0.1	0.350	2.30	973.1	0.05
上路盤	0.3	0.2	0.350	1.85	280.1	0.05
下路盤	0.4	0.1	0.350	2.22	264.2	0.05
表土・黒ボク	1.4	1.0	0.450	1.50	200.0	0.05
ローム	2.8	1.4	0.450	1.35	144.2	0.05
凝灰質粘土	3.8	1.0	0.400	1.50	100.0	0.05
	4.8	1.0	0.400	1.50	171.0	0.05
	6.2	1.4	0.400	1.50	126.0	0.05
細砂	6.6	0.4	0.350	1.80	166.4	0.05
砂礫	20	13.4	0.350	2.10	294.7	0.05



(a) 改良地盤 A(路盤直下改良)　(b)改良地盤 B(路床- 路体への改良)

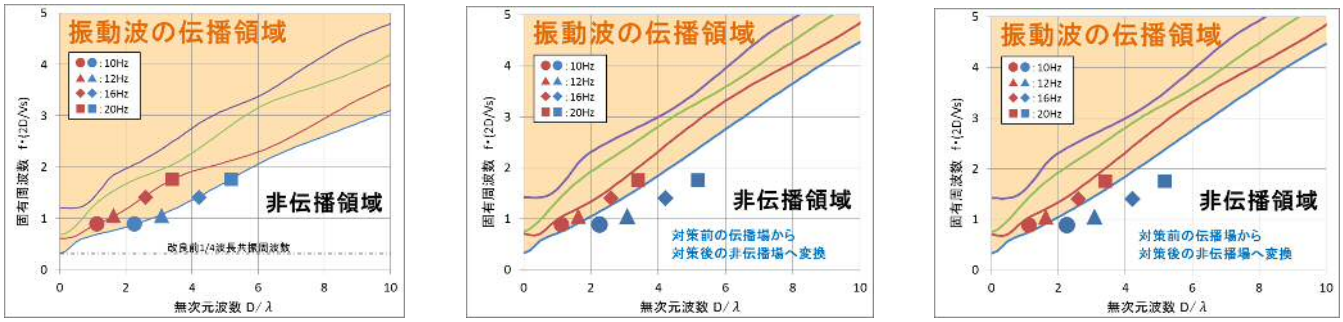
図－2　振動対策工の設計検討



(a) 改良地盤 A　(b) 改良地盤 B

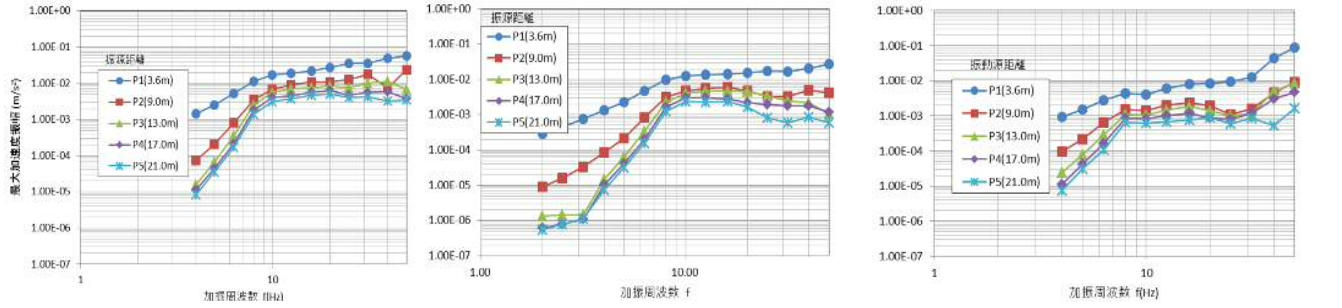
図－3 等価多層地盤のモデル化

キーワード　振動対策，シミュレーション、性能設計，WIB 工法，改良地盤
連絡先　〒701-1221　岡山市北区芳賀 5303、ORIC 109、　㈱E&D テクノデザイン　　ＴＥＬ086-286-8519



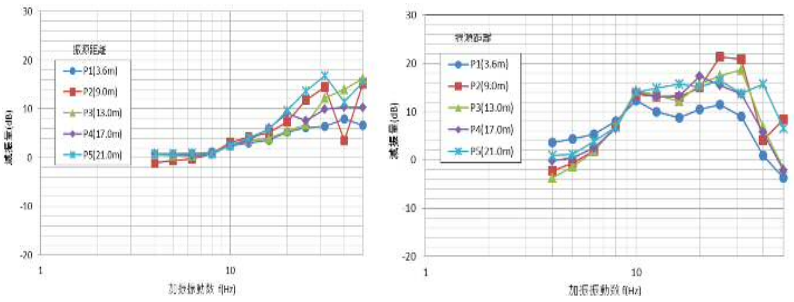
(a) 無対策地盤　　(b)改良地盤 A (路盤直下改良)　　(c)改良地盤改良地盤 B(路床～路体へ の WIB 工)

図-4　波動伝播の分散特性（D は地盤の解析層厚 6.6m、Vs は平均せん断波速度 150m/s、λは波長）



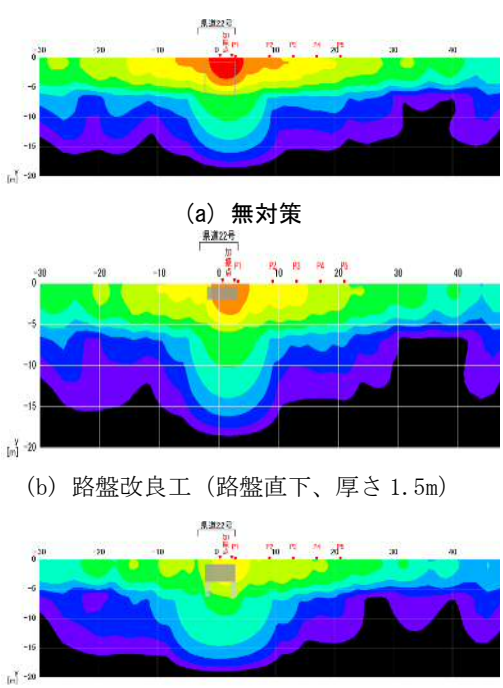
(a) 無対策地盤　　(b)改良地盤 A (路盤直下改良)　　(c)改良地盤改良地盤 B(路床～路体への WIB 工)

図-5　振動応答加速度(速度 50km/h の単位矩形分布荷重に対する薄層要素法による 3D 解析)



(a)改良地盤 A　　(b)改良地盤 B

図-6　改良層による減振性能



(a) 無対策

(b) 路盤改良工（路盤直下、厚さ 1.5m）

(c) WIB 工（3.0 m ハニカムセル版状　+ 5.5m 脚付き）

図－7 沿線地盤の振動伝播シミュレーション

図－7 は、**図-1** の横断面に対する 2.5D-FEM 解析による加速度振動レベルのコンター図である。各モデルにおいて、上載加振の振動波の伝播性状が明確に理解でき、振動波は表層の軟弱層内で水平方向に広がっていることが分かる。無対策時と各種の対策設計案に対する減振効果が明瞭に把握でき、WIB 工法は対象離隔位置で 9dB と評価できる。

実際設計のハニカムセルWIB工の割り付けは、図-1の平面図のパターンを基本にした。WIBの減振性能評価として、対策対象区間の目標振動レベルに対して、対策後の実現振動レベルの確認計測から、L_{max}評価は平均9dB（最大13dB)、L_{10} は7.5dBを確認した[1)]。

４．むすび

振動対策WIB工法の実際に施工された事例の性能設計法を示した。現況の卓越周波数を減振設計に取り込み、目標値を達成するための2.5次元シミュレーションに基づく改良地盤の詳細を決定した。性能確認にも言及した。

論文作成に当たり、弊社の黒柳慎二、小松弘明の両君には感謝の意を表します。

参考文献：　1)竹宮他、道路交通振動対策のWIB工法事例 － 調査・設計・施工－ 地盤工学研究発表会、2016.
2) 特許第5216655「改良地盤」、　　3) 特許「地盤振動防止構造体の構築方法」出願中