

道路交通振動対策の WIB 工法事例 –調査・設計・施工–

1. 概要

道路交通振動対策における WIB 工法の事例を報告する。WIB 工法は、地盤改良杭を連結してセル版状に構築し、振動遮断をするものである。対策前後の振動計測調査で、所定時間内の振動レベルの連続変化を捉え、1/3 オクターブバンド周波数分析による周波数成分の減振量を設定した。振動レベルで振動規制法の許容限度値、また 0-P 値で日本建築学会の居住性能評価指針と照合し、対策工法の性能確認評価とした。対策工の設計には、事前にシミュレーションを実施して設定した減振目標量をクリアする性能設計をした。

2. 現況と性能仕様

当該道路の対策域の歩道端である官民境界点に振動センサーを配置して（図1）、走行車両からの振動加速度計測を実施した。鉛直方向成分の4チャンネルの同期で、午前0時から翌朝8時までの加速度の連続時間データを収録した。周波数1Hz~100Hzの帯域を対象に計測するため、周波数サンプリングの最大値を200Hzとした。

計測結果を表1にまとめた。振動レベルの現状値は、 L_{max} の平均値で57~63dBであり、夜間の許容限度値に照らして最大8dBの減振量を要する。1/3 オクターブバンド周波数スペクトルでは、図6に示すように10Hz~16Hzの帯域に卓越周波数を呈している。

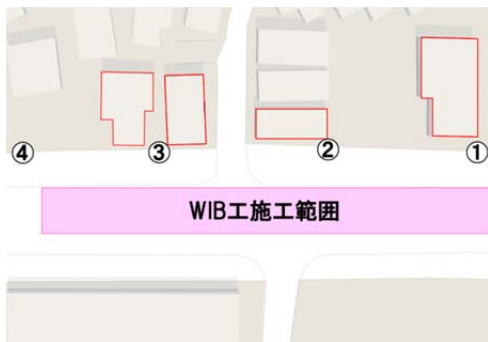


図1 振動計測の測点配置

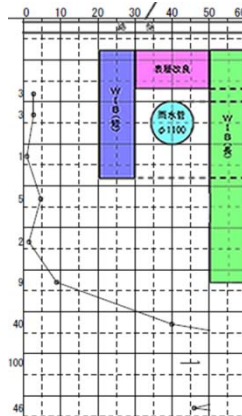


図2 地盤条件と WIB 工

表1 WIB 工の振動対策のための振動レベル

評価項目	測点①	測点②	測点③	測点④	
許容限度値	昼間	65			
	夜間	55			
現状値	最大値	62	61	70	66
	平均値	57	57	63	61
目標減振量 (昼間)	最大値	-	-	5	1
	平均値	-	-	-	-
目標減振量 (夜間)	最大値	7	6	15	11
	平均値	2	2	8	6
予測減振量	9				
予測減振値	最大値	53	52	61	57
	平均値	48	48	54	52

- 1) 現状値の最大値とは、0時~8時での L_{max} の最大値。
- 2) 現状値の平均値とは、各時間帯で10分間毎に求めた L_{max} の平均を取り、さらに各時間帯の L_{max} の平均を0時~8時で平均した値。
- 3) 目標減振量は、許容限度値を参照して設定。

3. シミュレーション設計

当該地の地盤調査、振動計測に基づいてハニカムセルを基本にした WIB 工の設計を行った。その諸元図を図3に示す。既設埋設管や架空線のため改良杭施工を回避した設計となった。本来の短杭ハニカムセルが設計できず、地盤改良杭の代替として碎石締固め法をとった。締固めは、CBR で60を要求仕様として同等の剛性を確保した。A-A 断面図は基本設計、B-B 断面図は修正設計となっている。

車両走行に伴う地盤振動を予測するため、2.5次元 FEM 解析を行った。対策前の道路構造断面と、WIB 工の対策後の同断面をモデル化して、上記の代表断面内の振動加速度レベルをカラーコンター図に描いた。無対策のときの振動源からの振動波は、表層内で周辺へ大きな振動を与えているが、WIB 工の構築により、道路直下の振動が大きく低減され、その下で振動波が特定波長で周辺へ伝播するのを低減している様相が見て取れる。

解析上では再現できない減振効果（セル構造による振動波の封じ込め）は、別途、2.5次元 FEM 解析で得た減振量に加算される。セルサイズと波長の比を基に、セル列数に応じて得られる。セル構造による減振効果を含めた予測減振量は9dBとなった。

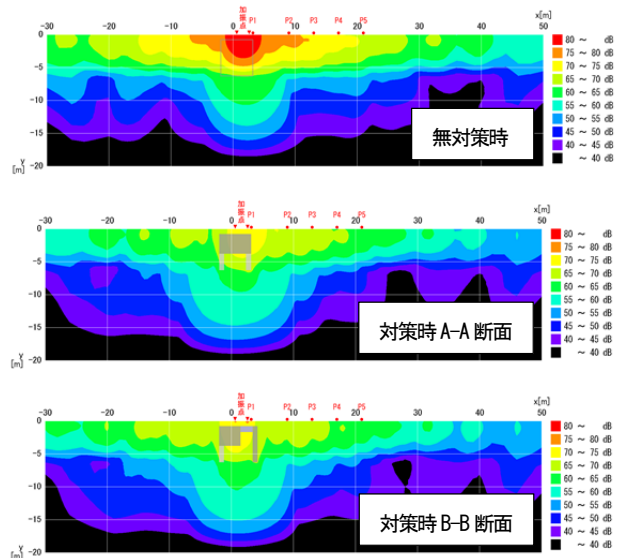


図3 シミュレーション結果（振動加速度レベル）

上段図：無対策 中段図：図4の断面A-A 下段図：同図断面B-B

4. 改良杭施工

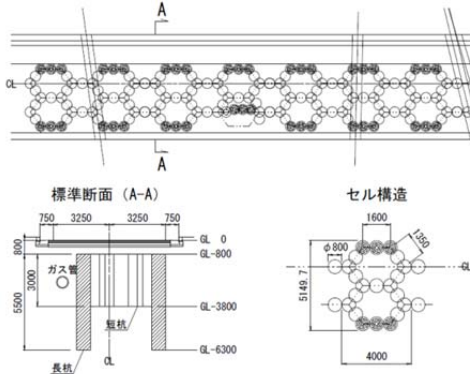


図 4 WIB 工の地盤改良杭配置



(a) 施工機械 (b) 地盤改良杭のセル出来形

写真 1 機械攪拌工法による地盤改良杭施工

WIB 工の各地盤改良杭をスラリー攪拌工法で施工した。WIB 工の施工範囲は、当初予定より制限され、図 1 に見られるように、対策域内の測点は、測点①、②、③である。測点④は対策域外となった。写真 1 に見るように、特定の基準位置 (BM) からの各杭芯出しをして、WIB 工の配置を路面に描き確認をする。舗装の剥ぎ取り後、施工基面を作成してスラリー攪拌工法で、径 $\phi 800$ の地盤改良杭を打設した。その際、免振層 (80cm) の空堀をして、長柱 (5.5m) と短柱 (3.0m) を WIB 工法の出来形基準に従って打設した。地盤改良杭のモールドサンプルによる圧縮強度試験結果は、平均で $6,419 \text{ kN/m}^2$ であった。

5. 性能確認計測

WIB 工の施工後、事前の道路交通振動計測と同様の要領で性能確認計測を実施した。図 5 は振動レベルの時系列、図 6 は 1/3 オクターブバンド周波数スペクトルで居住性能評価線と照合している。対策域外の測点④の振動計測結果では、対策前後の振動レベルにおいて、 L_{max} 、 L_{10} の最大値、平均値でほぼ同一値が得られており、道路交通振動源は対策前後で同一条件と見なすことができる。対策域内である測点③の対策前後の比較からは、対策効果が評価される。表 2 に示すように、対策前では振動レベル L_{max} の平均値が許容限度値を超えていたが、対策後は人体の振動感覚閾値である 55dB 以下に減振された。また対策域内の他の測点においても、同程度の振動環境を達成し、合理的な振動対策効果を得ることができた。

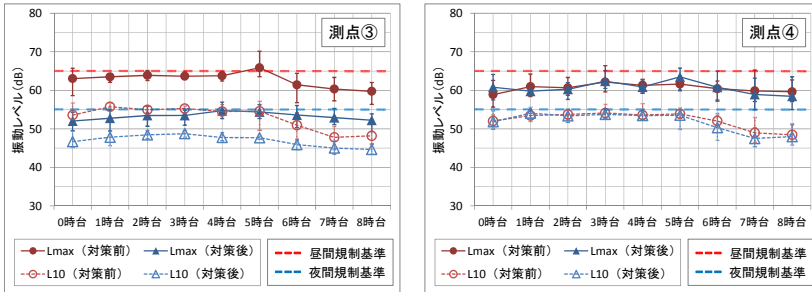


図 5 振動レベルの時系列

表 2 WIB 工の振動対策指標

測点		①	②	③	平均値	④	
		対策域内			(対策域内)	対策域外	
許容限度値	日間 (昼間)	55 (65)	55 (65)	55 (65)	55 (65)	55 (65)	
	夜間	55 (65)	55 (65)	55 (65)	55 (65)	55 (65)	
対策前	L_{max}	最大値	62	61	70	64	66
		平均値	57	57	63	59	61
	L_{10}	最大値	53	52	57	54	56
		平均値	50	48	53	50	52
対策後	L_{max}	最大値	56	56	57	56	66
		平均値	52	51	53	52	61
	L_{10}	最大値	49	47	50	49	57
		平均値	47	45	47	46	52
減振効果	ΔL_{max}	最大値	6	5	13	8	0
	平均値	5	6	10	7	0	

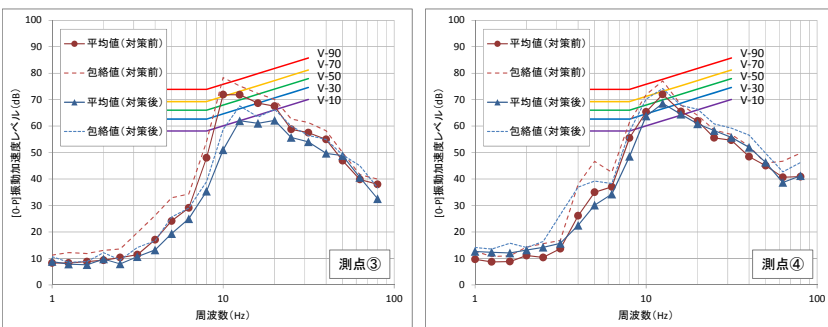


図 6 1/3 オクターブバンド周波数スペクトル、居住性能評価指針との照合

振動レベル評価において、 L_{max} と L_{10} の差は 6~10dB
減振効果は
 L_{max} で 5~13dB、平均 8dB
 L_{10} で 5~10dB、平均 7dB

6. むすび

WIB 工の施工前後での振動計測結果を比較し、対象とした対策域内では、振動レベル L_{max} を基準として最大 13dB の減振量が得られた。1/3 オクターブバンドスペクトルにおいて、減振効果は設計どおり卓越振動数域である 10Hz~12Hz の帯域で大きく達成されており、対策前後で振動加速度を比較すると、包絡値においては V-90 超から V-30 まで、平均値においては V-70 から V-10 未満まで低減された。対策域において整合ある振動レベル分布となり、合理的な WIB 工の設計・施工を行うことができた。WIB 工事に関して、神奈川県藤沢土木事務所 的末正英技師、現場主任を務められた東和工業(株)の府川司氏に感謝いたします。