

### 3 振動

#### 3-1 予測に用いた建設機械の基準点振動レベル

表 3-1-1(1) 建設機械振動原単位一覧

建設機械	規格	基準点 振動レベル (dB)	資料
クローラクレーン	4.9t	40	③
クローラクレーン	25t	40	③
クローラクレーン	50t	40	③
クローラクレーン	50~55t	40	③
クローラクレーン	60~65t	40	③
クローラクレーン	70t	40	③
クローラクレーン	80t	40	③
クローラクレーン	80~90t	40	③
クローラクレーン	90t	40	③
クローラクレーン	100t	40	③
クローラクレーン	150t	40	③
クローラクレーン	200t	40	③
クローラクレーン	250t	40	③
クローラクレーン	400t	40	③
クローラクレーン	450t	40	③
クローラクレーン	750t	40	③
ラフテレーンクレーン	5t	40	③
ラフテレーンクレーン	12t	40	③
ラフテレーンクレーン	16t	40	③
ラフテレーンクレーン	20t	40	③
ラフテレーンクレーン	25t	40	③
ラフテレーンクレーン、オールテレーンクレーン	25t、100t	40	③
ラフテレーンクレーン	35t	40	③
ラフテレーンクレーン	45t	40	③
ラフテレーンクレーン	50t	40	③
ラフテレーンクレーン	60t	40	③
ラフテレーンクレーン	100t	40	③
ラフテレーンクレーン	160t	40	③
トラッククレーン	15t	40	③
トラッククレーン	15~16t	40	③
トラッククレーン	35t	40	③
トラッククレーン	45t	40	③
トラッククレーン	100t	40	③
トラッククレーン	150t	40	③
ミニクレーン	4.9t	40	③
クレーン付トラック	3t	40	③
クレーン付トラック	4t	40	③
クレーン付トラック	7t	40	③
クレーン付トラック	10t	40	③
クレーン付トラック	15t	40	③
天井クレーン	20t吊り	40	③
門型クレーン		40	③
GW搬入（門型クレーン）		40	③
オールテレーンクレーン	150t	40	③
オールテレーンクレーン	220t	40	③
バックホウ	0.08m <sup>3</sup>	54	③
バックホウ	0.13m <sup>3</sup>	54	③
バックホウ	0.25m <sup>3</sup>	57	③
バックホウ	0.28m <sup>3</sup>	57	③
バックホウ	0.4m <sup>3</sup>	57	③
バックホウ	0.45m <sup>3</sup>	63	③
バックホウ	0.6m <sup>3</sup>	63	③
バックホウ	0.7m <sup>3</sup>	63	③
バックホウ	0.8m <sup>3</sup>	63	③
バックホウ	0.8~1.4m <sup>3</sup>	63	③

表 3-1-1(2) 建設機械振動原単位一覧

建設機械	規格	基準点 振動レベル (dB)	資料
バックホウ	1.4m <sup>3</sup>	63	③
バックホウ	1.6m <sup>3</sup>	63	③
バックホウ	山積0.13m <sup>3</sup>	54	③
バックホウ	山積0.35m <sup>3</sup>	57	③
バックホウ	山積0.45m <sup>3</sup>	63	③
バックホウ	山積0.8m <sup>3</sup>	63	③
バックホウ	山積1.0m <sup>3</sup>	63	③
潜函用ショベル	山積0.13m <sup>3</sup>	54	③
ブルドーザー	0.8~1.1t	66	③
ブルドーザー	3t級	66	③
ブルドーザー/油圧ショベル類	3t級	66	③
ブルドーザー	3t	66	③
ブルドーザー	6t	66	③
ブルドーザー	15t	66	③
ブルドーザー	20t	66	③
ブルドーザー	21t	66	③
ブルドーザー	25t	66	③
ブルドーザー	32t	66	③
ブルドーザー	32t(牽引用)	66	③
TBH	41kW	61	②
クローラー式アースオーガ	リーダー18m	61	②
MLT機、オーガー		61	②
掘削機	RT200、150	68	②
掘削機	ハイ・ロレス掘削機	68	②
全回転オールケーシング掘削機	φ2m級	68	②
掘削機		68	②
掘削機	BMX	68	②
アースオーガ併用圧入式杭打機	121kw	55	③
振動ローラ	ハンドガイド式0.8~1.1t	65	③
振動ローラ	3~4t	69	③
タイヤローラ	8~20t	48	③
ロードローラ	10~12t	59	①
ロードローラ	マカダム10~12t	59	①
モータグレーダ	3.1m	54	①
振動コンパクタ	50~60kg	52	③
ダンパ締固め	60~70kg	55	③
アスファルトフィニッシャー	2.4~6m	64	③
大型ブレーカ	90~110m <sup>3</sup> /h	70	①
大型ブレーカ	1300kg	70	①
コンクリートブレーカ		70	①
バックホウ圧砕機	0.45m <sup>3</sup>	55	②
油圧クラムシェル	テレスコ平積0.4m <sup>3</sup>	57	③
油圧クラムシェル	0.8m <sup>3</sup>	63	③
コンクリートポンプ車	8t	40	③
コンクリートポンプ車	ブーム式60m <sup>3</sup> /h	40	③
コンクリートポンプ車	90~110m <sup>3</sup> /h	40	③
コンクリートポンプ車	ブーム式90~110m <sup>3</sup> /h	40	③
クローラードリル	130ps	67	②
スクレーパー	17m <sup>3</sup> 平	66	③
スタビライザー 路床改良用		56	①
三重管専用マシン	11kw	56	①

### 3-2 環境振動現地調査結果

環境振動の現地調査結果を以下に示す。なお地盤の状況については、「道路環境影響評価の技術手法」に基づく予測に必要となる、地盤種別について調査を行った。

表 3-2-1 環境振動現地調査結果

調査地点：01（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	25	21	15	27
	13:00	26	22	18	28
	14:00	25	20	17	26
	15:00	26	23	17	27
	16:00	23	20	17	26
	17:00	24	20	17	27
18:00	24	20	15	26	
夜間	19:00	23	19	15	25
	20:00	21	16	13	26
	21:00	19	14	13	22
	22:00	18	13	11	22
	23:00	16	13	12	21
	0:00	16	13	11	23
	1:00	16	13	11	20
	2:00	16	12	10	20
	3:00	17	13	11	22
	4:00	20	16	13	22
	5:00	19	16	13	22
6:00	20	17	15	22	
7:00	22	20	18	23	
昼間	8:00	21	20	18	23
	9:00	23	21	19	23
	10:00	24	22	21	26
	11:00	24	22	18	25

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	24	21	17	26
夜間	19	15	13	22

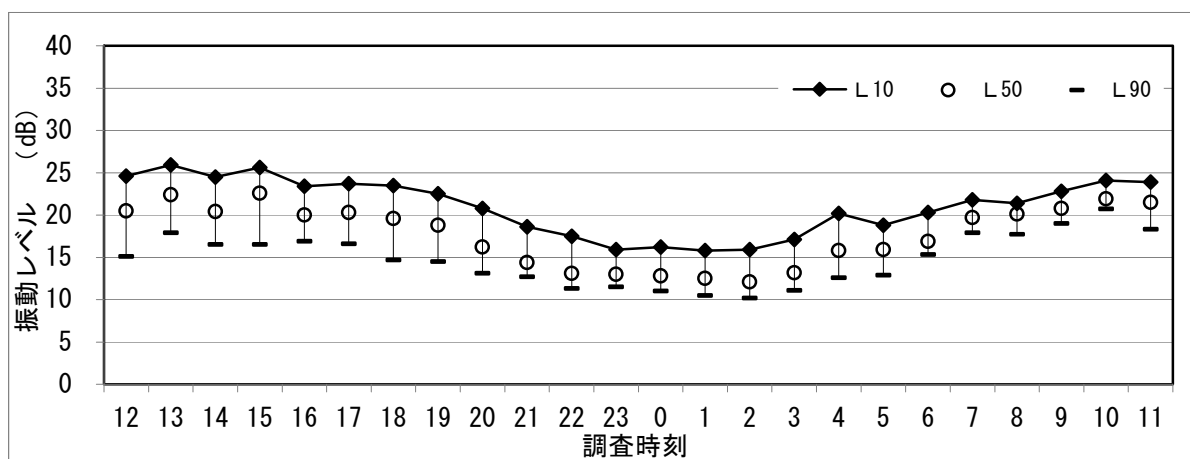




表 3-2-2 環境振動現地調査結果

調査地点：02（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	21	19	17	24
	13:00	21	19	17	24
	14:00	22	21	19	24
	15:00	23	20	18	25
	16:00	23	21	19	24
	17:00	22	20	18	25
	18:00	23	21	18	25
夜間	19:00	21	18	16	23
	20:00	22	18	15	25
	21:00	20	17	15	23
	22:00	20	17	14	22
	23:00	19	16	14	23
	0:00	19	15	13	23
	1:00	19	15	12	23
	2:00	20	15	12	24
	3:00	19	16	14	25
	4:00	20	16	14	25
	5:00	21	18	15	25
昼間	6:00	22	19	16	25
	7:00	22	20	17	25
	8:00	24	22	20	25
	9:00	24	21	19	25
	10:00	23	21	19	25
	11:00	23	21	19	24

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	22	20	18	24
夜間	20	17	14	24

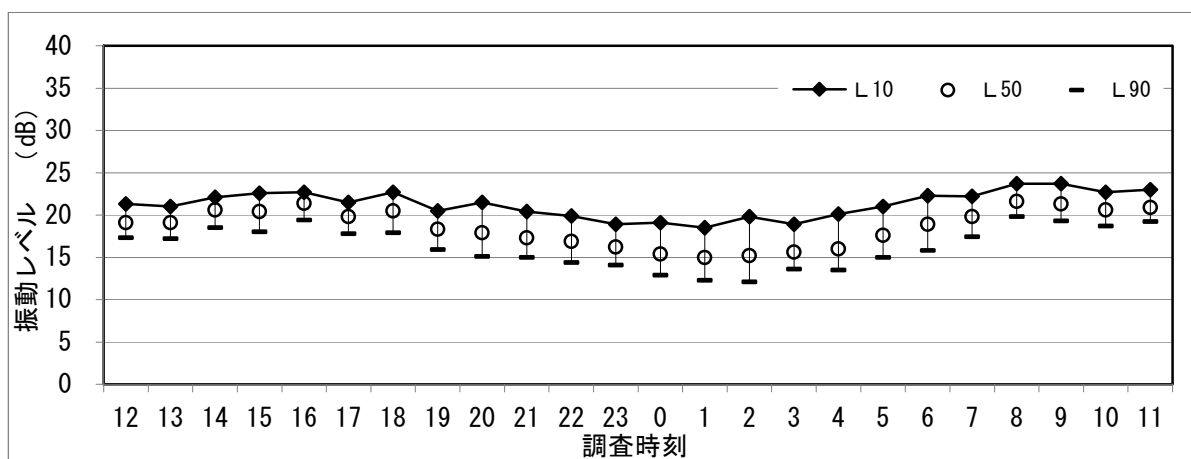


表 3-2-3 環境振動現地調査結果

調査地点：03（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	20	18	16	22
	13:00	21	19	17	23
	14:00	22	20	18	24
	15:00	21	19	18	23
	16:00	22	21	20	23
	17:00	21	19	17	22
18:00	20	18	15	21	
夜間	19:00	20	19	17	21
	20:00	21	19	17	22
	21:00	20	17	15	22
	22:00	19	17	16	21
	23:00	19	17	15	21
	0:00	20	17	15	22
	1:00	19	16	14	24
	2:00	19	16	14	25
	3:00	18	16	14	22
	4:00	20	17	14	23
	5:00	20	17	15	23
6:00	21	19	17	23	
7:00	22	20	18	24	
昼間	8:00	21	20	19	22
	9:00	22	20	18	24
	10:00	21	19	17	24
	11:00	21	20	18	23

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	21	19	17	23
夜間	20	17	15	23

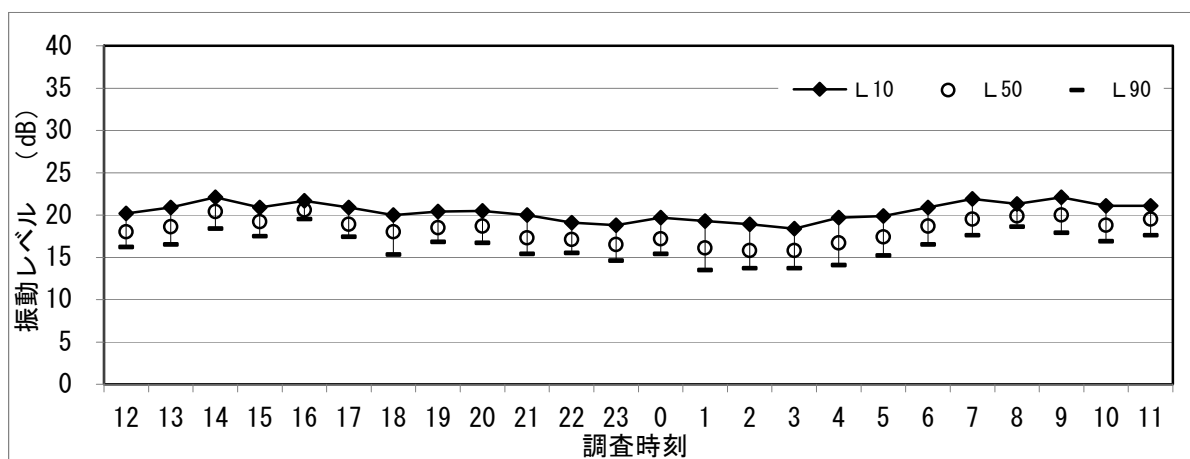


表 3-2-4 環境振動現地調査結果

調査地点：04（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	25	22	20	31
	13:00	24	22	21	30
	14:00	25	22	21	28
	15:00	24	22	20	27
	16:00	26	23	21	28
	17:00	25	22	20	27
	18:00	25	21	19	27
夜間	19:00	23	20	18	27
	20:00	24	20	18	28
	21:00	23	18	17	27
	22:00	22	18	16	27
	23:00	20	17	16	25
	0:00	19	16	15	22
	1:00	18	16	15	26
	2:00	17	15	14	23
	3:00	16	15	14	20
	4:00	17	15	14	21
	5:00	18	16	15	21
6:00	22	19	17	25	
7:00	24	21	18	27	
昼間	8:00	26	23	21	29
	9:00	25	23	21	31
	10:00	25	23	21	29
	11:00	24	22	20	30

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	25	22	20	29
夜間	20	17	16	25

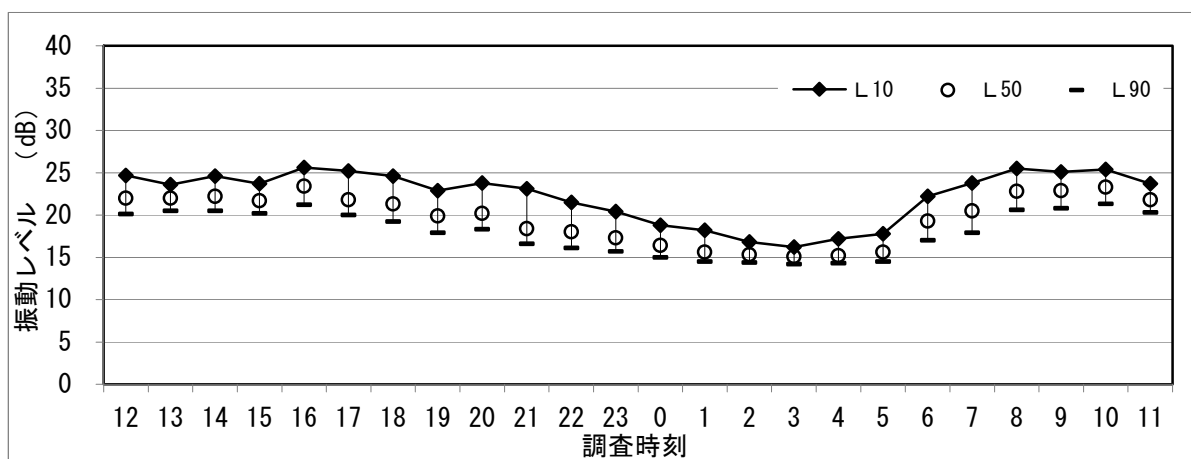


表 3-2-5 環境振動現地調査結果

調査地点：05（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻		振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	14	12	10	16
	13:00	15	13	11	19
	14:00	16	14	12	22
	15:00	16	13	11	20
	16:00	16	14	12	22
	17:00	13	12	10	19
	18:00	12	11	9	17
夜間	19:00	11	10	9	13
	20:00	12	10	9	19
	21:00	11	10	9	15
	22:00	12	10	9	15
	23:00	11	9	8	15
	0:00	11	9	8	13
	1:00	11	9	8	20
	2:00	10	9	7	16
	3:00	11	9	8	16
	4:00	12	10	8	17
	5:00	12	10	8	18
6:00	12	11	9	17	
7:00	12	11	9	17	
昼間	8:00	16	13	11	19
	9:00	17	15	13	21
	10:00	18	16	13	22
	11:00	15	13	11	18

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	15	13	11	19
夜間	11	10	8	16

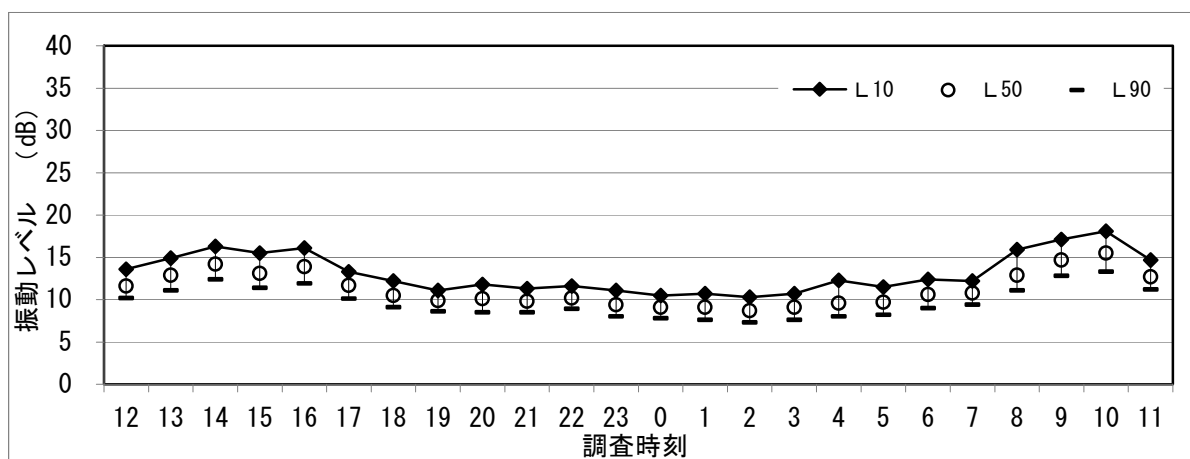


表 3-2-6 環境振動現地調査結果

調査地点：06（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	25	22	19	29
	13:00	24	22	20	25
	14:00	24	21	19	26
	15:00	22	20	19	24
	16:00	23	22	20	28
	17:00	24	22	20	26
	18:00	24	21	20	31
夜間	19:00	24	22	20	25
	20:00	24	21	19	28
	21:00	25	22	19	33
	22:00	23	20	18	28
	23:00	22	19	17	31
	0:00	20	18	17	23
	1:00	19	17	16	24
	2:00	23	22	21	26
	3:00	25	23	23	29
	4:00	26	25	24	27
	5:00	25	24	23	29
昼間	6:00	22	20	18	25
	7:00	25	22	20	29
	8:00	23	21	20	25
	9:00	24	21	19	30
	10:00	24	21	19	27
	11:00	24	22	19	28

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	24	21	19	27
夜間	23	21	20	27

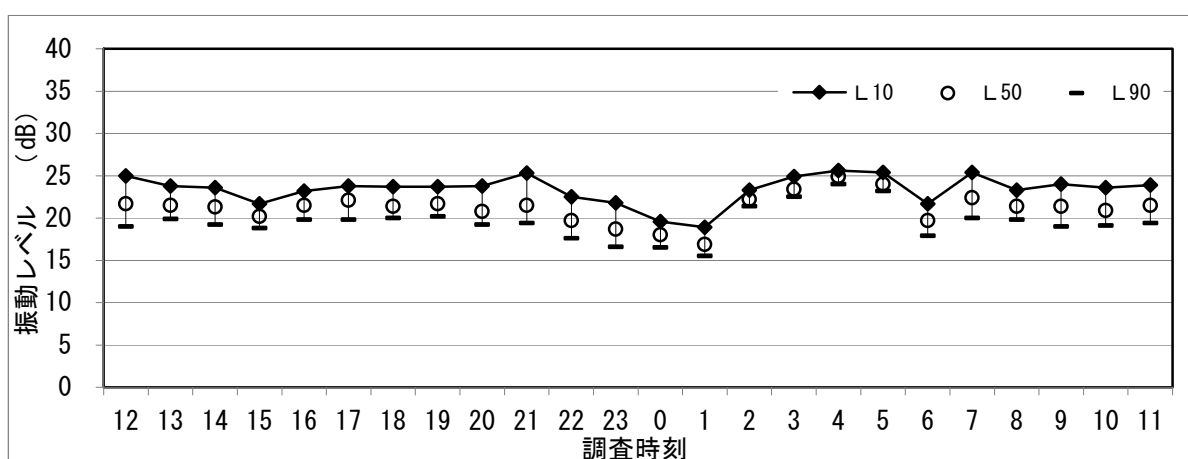


表 3-2-7 環境振動現地調査結果

調査地点：07（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	22	20	18	24
	13:00	22	20	19	25
	14:00	25	23	20	27
	15:00	26	23	21	33
	16:00	27	23	21	30
	17:00	24	21	19	28
18:00	23	21	19	26	
夜間	19:00	23	19	17	32
	20:00	20	18	16	23
	21:00	20	18	16	22
	22:00	20	18	16	24
	23:00	19	16	14	23
	0:00	18	16	14	23
	1:00	17	16	14	20
	2:00	17	15	13	25
	3:00	17	15	13	19
	4:00	18	16	14	20
	5:00	18	16	14	23
6:00	20	18	17	24	
7:00	23	19	18	25	
昼間	8:00	25	22	20	27
	9:00	25	22	20	30
	10:00	24	22	20	29
	11:00	24	22	21	30

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	24	22	20	28
夜間	19	17	15	23

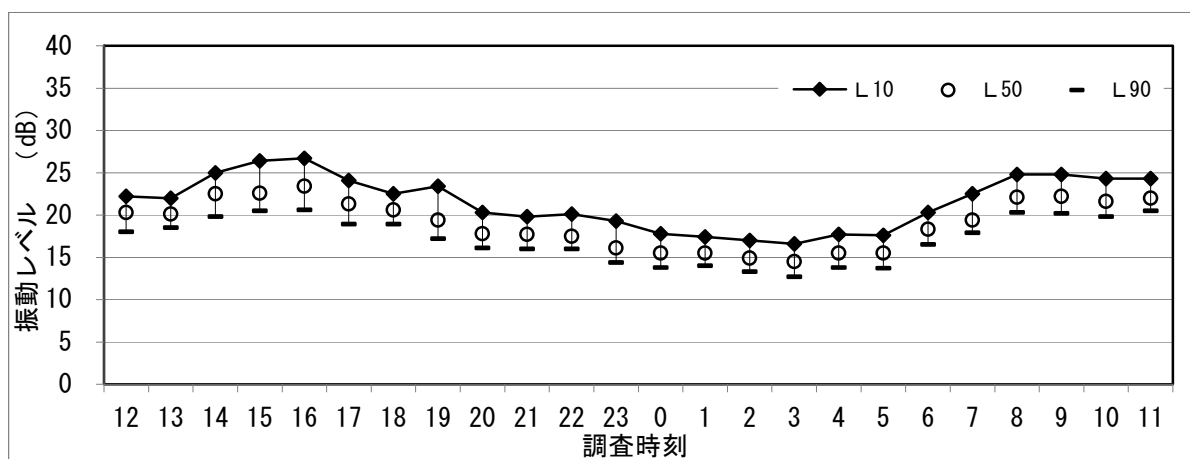


表 3-2-8 環境振動現地調査結果

調査地点：08（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	21	17	14	24
	13:00	20	16	14	27
	14:00	20	16	14	23
	15:00	21	16	14	25
	16:00	21	17	14	27
	17:00	15	13	12	17
	18:00	18	14	13	24
夜間	19:00	14	13	12	16
	20:00	14	13	12	19
	21:00	14	12	11	19
	22:00	13	12	11	18
	23:00	14	12	11	17
	0:00	12	11	11	15
	1:00	13	12	11	20
	2:00	13	11	10	17
	3:00	12	11	10	15
	4:00	13	11	10	21
	5:00	15	12	12	20
	6:00	19	13	12	25
	7:00	23	18	15	29
昼間	8:00	21	16	14	27
	9:00	20	16	14	25
	10:00	20	14	13	26
	11:00	20	17	14	26

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	20	16	14	24
夜間	14	12	11	19

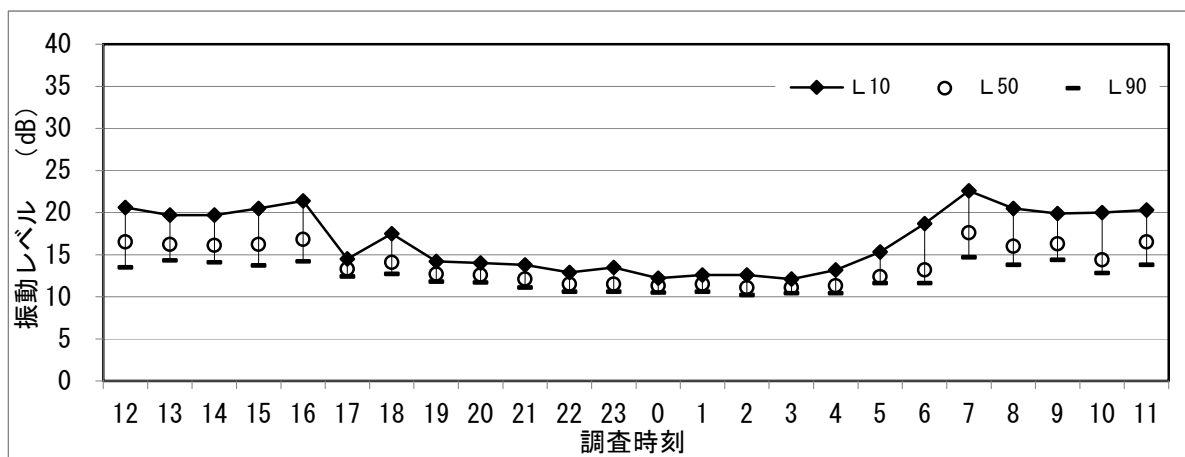


表 3-2-9 環境振動現地調査結果

調査地点：09（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻		振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	22	18	14	25
	13:00	21	17	14	28
	14:00	21	16	13	27
	15:00	20	15	13	34
	16:00	17	14	12	22
	17:00	17	14	11	22
夜間	18:00	20	15	12	26
	19:00	15	13	11	20
	20:00	15	12	10	21
	21:00	13	10	9	20
	22:00	20	16	13	24
	23:00	21	17	13	26
	0:00	18	14	10	23
	1:00	14	12	10	21
	2:00	16	12	10	22
	3:00	17	13	10	23
	4:00	14	11	9	21
	5:00	12	10	8	16
	6:00	14	10	9	19
7:00	17	12	9	27	
昼間	8:00	22	18	15	31
	9:00	22	17	14	30
	10:00	22	18	15	30
	11:00	22	18	13	30

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	21	17	13	28
夜間	16	12	10	22

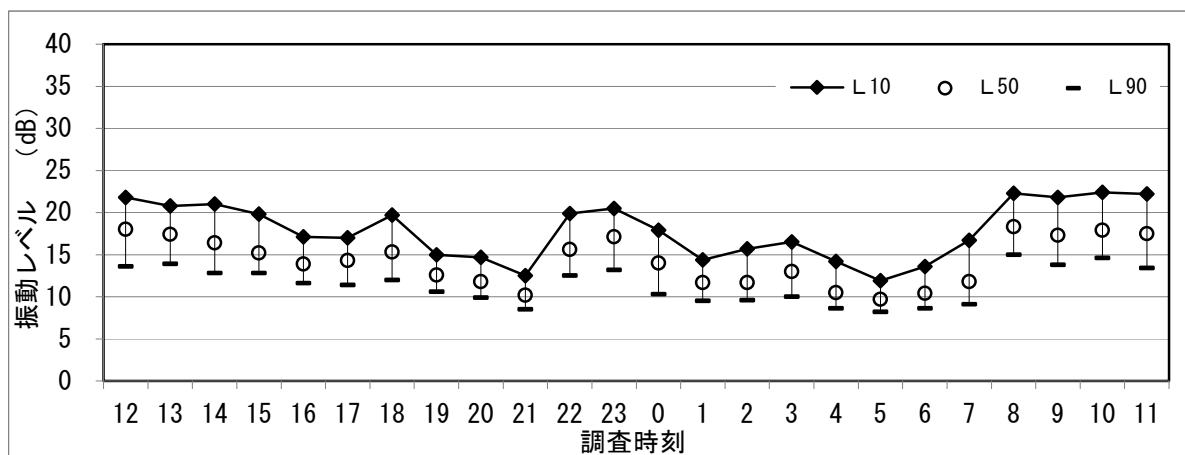




表 3-2-10 環境振動現地調査結果

調査地点：10（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	11	9	8	18
	13:00	11	9	8	15
	14:00	11	10	8	15
	15:00	11	10	8	18
	16:00	11	10	9	14
	17:00	11	9	8	15
18:00	10	9	8	11	
夜間	19:00	14	10	9	20
	20:00	10	9	8	16
	21:00	13	9	8	24
	22:00	10	9	8	13
	23:00	10	9	8	12
	0:00	11	9	8	13
	1:00	10	9	8	13
	2:00	12	9	8	17
	3:00	11	9	8	17
	4:00	11	9	8	22
	5:00	11	9	8	13
	6:00	11	9	8	15
7:00	10	9	8	17	
昼間	8:00	10	9	8	12
	9:00	11	10	8	19
	10:00	11	10	8	15
	11:00	11	10	8	17

時間帯別測定データ

単位：dB

時間帯	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	11	9	8	16
夜間	11	9	8	16

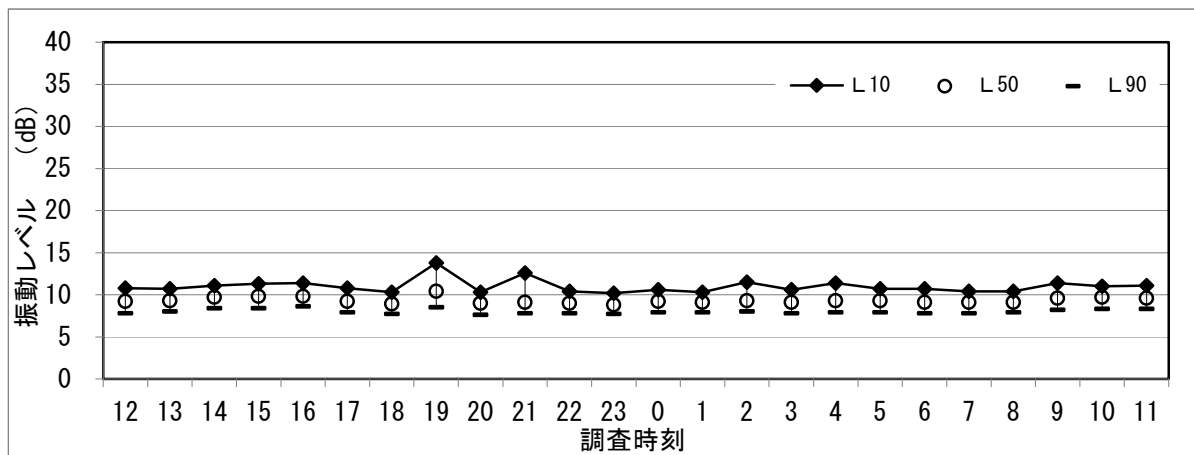


表 3-2-11 環境振動現地調査結果

調査地点：11（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻		振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	19	16	15	24
	13:00	20	17	15	27
	14:00	19	16	14	24
	15:00	20	16	14	30
	16:00	19	16	14	28
	17:00	19	16	14	25
	18:00	18	16	14	23
夜間	19:00	17	14	13	26
	20:00	17	14	12	21
	21:00	17	14	12	23
	22:00	16	13	11	24
	23:00	17	14	12	23
	0:00	17	14	11	24
	1:00	13	11	9	22
	2:00	12	11	9	18
	3:00	13	11	9	25
	4:00	13	11	10	22
	5:00	16	13	11	25
	6:00	18	15	12	26
	7:00	18	15	13	28
昼間	8:00	19	16	14	22
	9:00	19	16	14	29
	10:00	20	17	15	27
	11:00	20	17	15	30

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	19	16	14	26
夜間	16	13	11	24

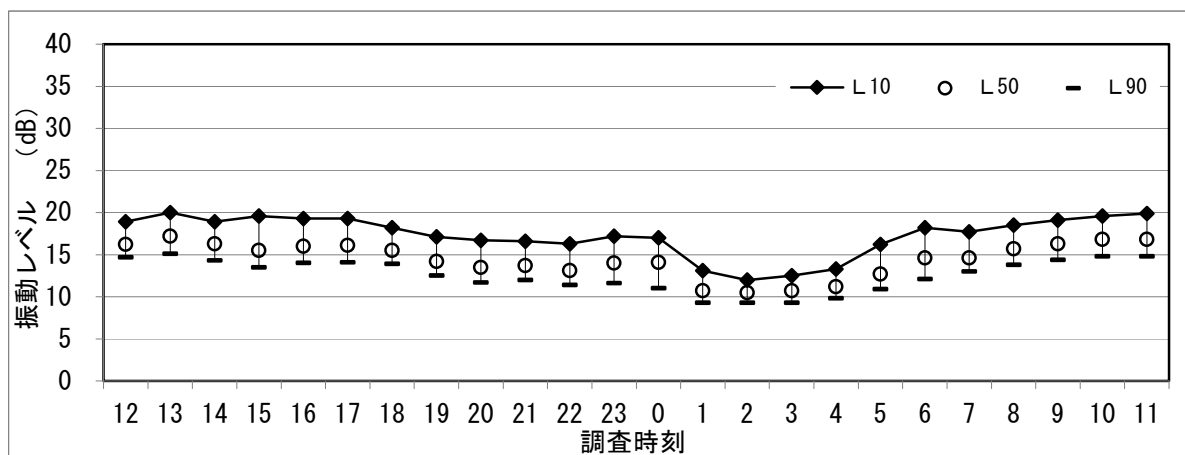


表 3-2-12 環境振動現地調査結果

調査地点：12（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	12	10	9	21
	13:00	12	10	9	19
	14:00	13	10	9	24
	15:00	13	11	9	20
	16:00	13	10	9	19
	17:00	14	11	9	20
18:00	14	11	10	19	
夜間	19:00	13	11	10	19
	20:00	12	11	10	17
	21:00	12	11	10	14
	22:00	13	11	10	16
	23:00	11	10	8	13
	0:00	11	10	8	13
	1:00	11	10	8	16
	2:00	11	9	8	13
	3:00	11	9	8	14
	4:00	11	9	8	13
	5:00	11	9	8	13
6:00	11	10	9	14	
7:00	13	11	10	17	
昼間	8:00	12	11	9	23
	9:00	12	10	9	16
	10:00	12	10	9	17
	11:00	12	10	9	18

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	13	10	9	20
夜間	11	10	9	15

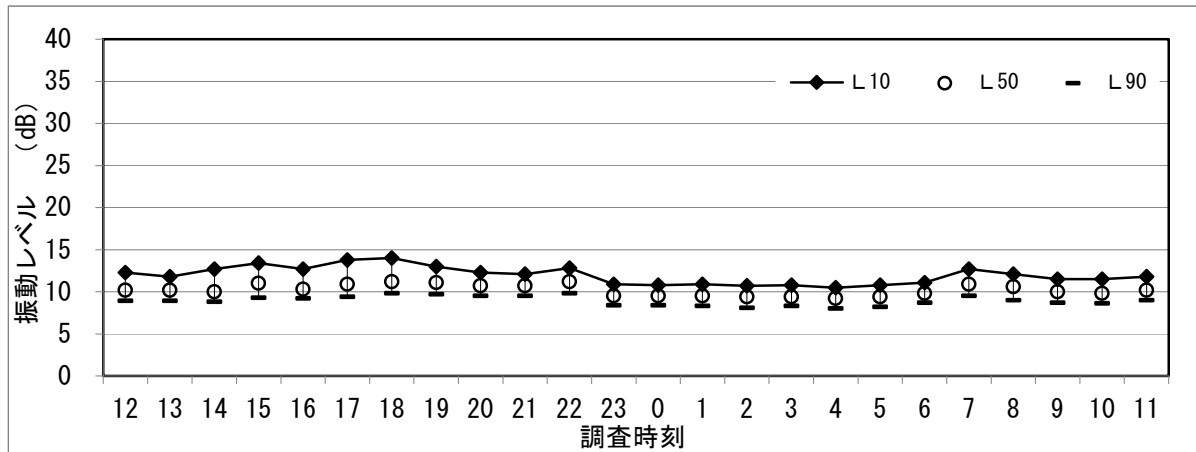


表 3-2-13 環境振動現地調査結果

調査地点：13（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻		振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	12	10	8	22
	13:00	14	11	9	19
	14:00	14	11	8	20
	15:00	14	10	8	21
	16:00	16	12	10	18
	17:00	12	9	8	19
	18:00	13	9	7	30
夜間	19:00	12	9	8	21
	20:00	11	9	7	17
	21:00	11	8	7	18
	22:00	9	8	6	15
	23:00	9	8	7	17
	0:00	9	8	6	15
	1:00	9	8	6	13
	2:00	9	8	7	16
	3:00	9	8	6	12
	4:00	11	8	7	17
	5:00	9	8	7	14
	6:00	13	10	8	18
	7:00	13	9	8	19
昼間	8:00	17	14	11	22
	9:00	13	9	7	20
	10:00	14	10	8	19
	11:00	15	10	8	21

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	14	11	8	21
夜間	10	8	7	16

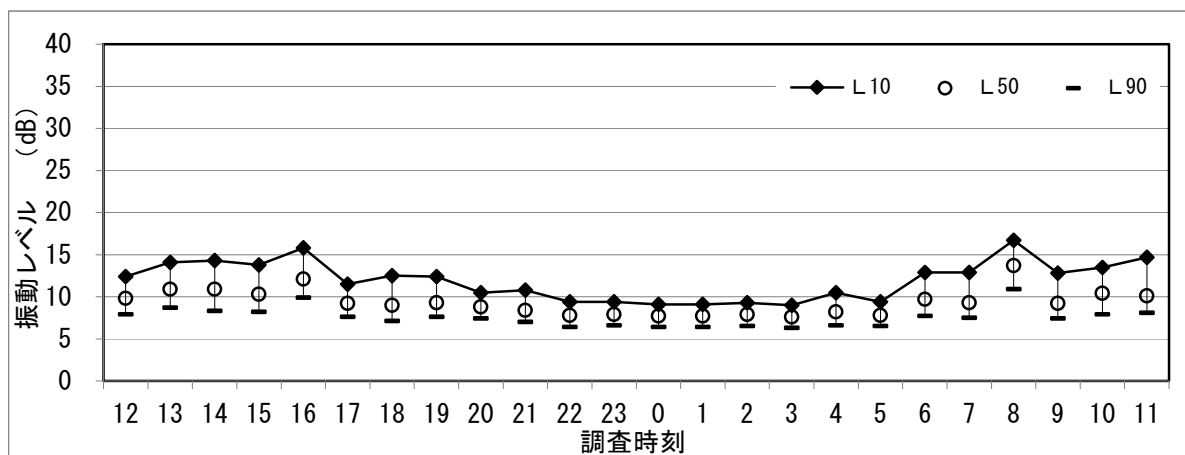


表 3-2-14 環境振動現地調査結果

調査地点：14（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	13	10	8	19
	13:00	11	9	8	18
	14:00	11	9	8	14
	15:00	12	10	8	18
	16:00	11	9	8	15
	17:00	12	9	8	18
18:00	13	10	8	17	
夜間	19:00	11	9	8	20
	20:00	11	9	8	20
	21:00	12	10	8	19
	22:00	12	9	8	18
	23:00	11	9	7	17
	0:00	12	9	7	18
	1:00	10	9	7	19
	2:00	10	8	7	15
	3:00	10	8	7	14
	4:00	10	9	7	15
	5:00	11	9	7	18
	6:00	11	9	8	21
7:00	12	9	8	22	
昼間	8:00	12	10	8	18
	9:00	12	10	8	20
	10:00	11	9	8	20
	11:00	11	9	8	18

時間帯別測定データ

単位：dB

時間帯	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12	9	8	18
夜間	11	9	7	18

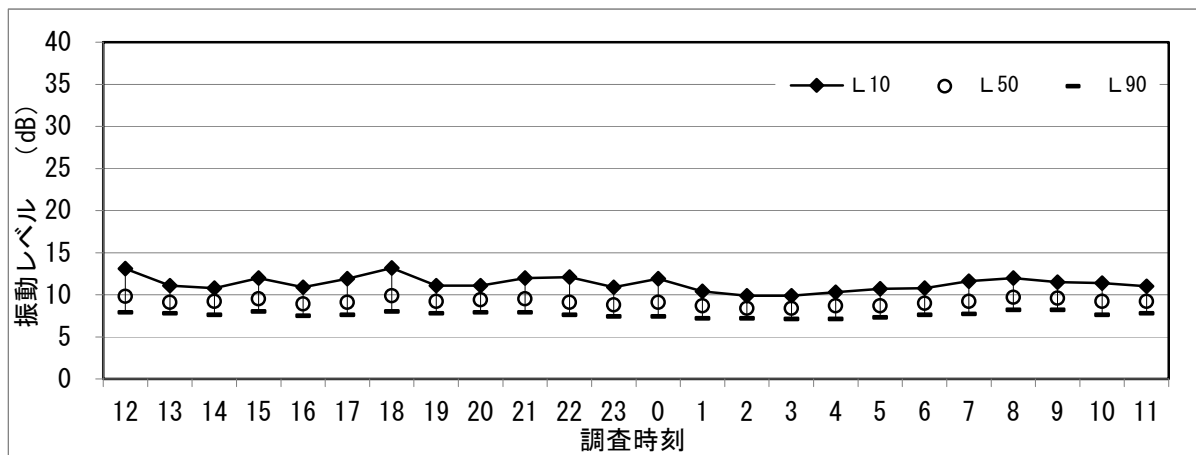


表 3-2-15 環境振動現地調査結果

調査地点：15（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻		振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	11	9	8	19
	13:00	10	9	7	14
	14:00	10	9	7	17
	15:00	10	9	7	12
	16:00	10	8	7	12
	17:00	12	9	7	23
	18:00	13	9	7	24
夜間	19:00	10	8	7	15
	20:00	10	8	7	14
	21:00	11	9	7	18
	22:00	10	8	7	14
	23:00	10	8	7	15
	0:00	10	8	7	13
	1:00	10	8	7	14
	2:00	10	8	7	14
	3:00	10	8	7	13
	4:00	10	8	7	14
	5:00	10	8	7	13
	6:00	10	8	7	15
	7:00	10	8	7	14
昼間	8:00	10	9	7	17
	9:00	13	12	10	20
	10:00	13	12	10	18
	11:00	11	9	8	13

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	11	9	8	17
夜間	10	8	7	14

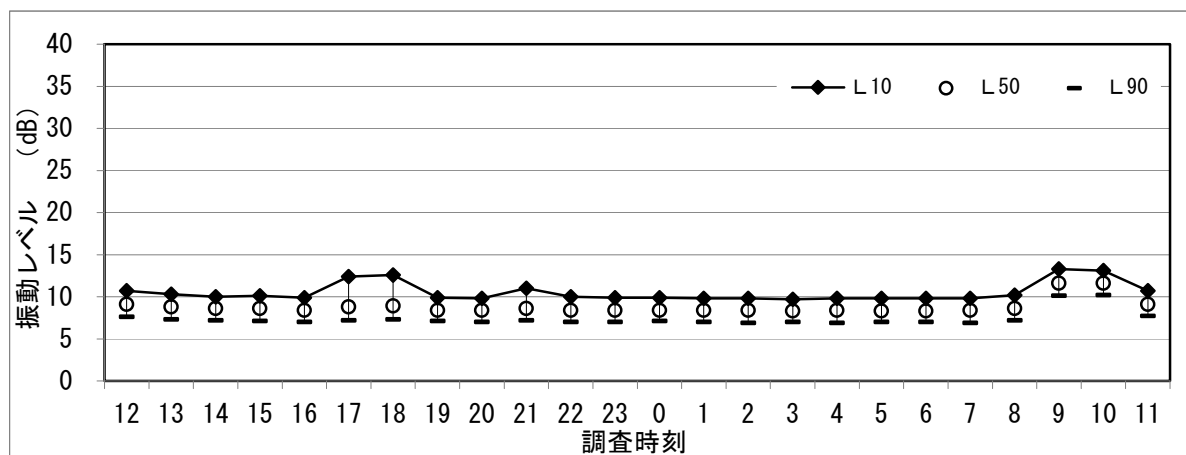


表 3-2-16 環境振動現地調査結果

調査地点：16（一般環境振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

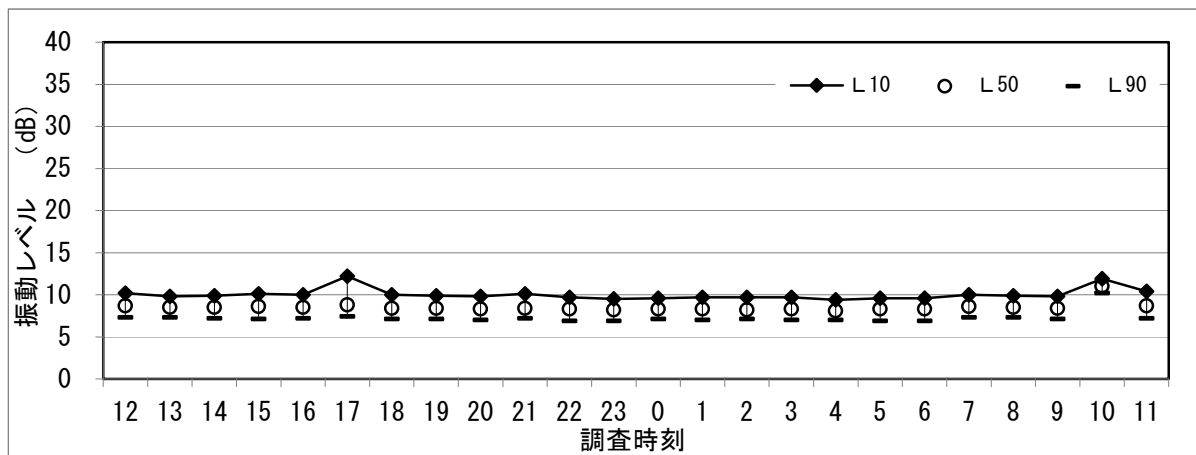
単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	10	9	7	14
	13:00	10	9	7	12
	14:00	10	9	7	12
	15:00	10	9	7	17
	16:00	10	9	7	13
	17:00	12	9	7	19
	18:00	10	8	7	19
夜間	19:00	10	8	7	13
	20:00	10	8	7	12
	21:00	10	8	7	15
	22:00	10	8	7	12
	23:00	10	8	7	12
	0:00	10	8	7	12
	1:00	10	8	7	11
	2:00	10	8	7	11
	3:00	10	8	7	12
	4:00	9	8	7	14
	5:00	10	8	7	12
	6:00	10	8	7	12
	7:00	10	9	7	12
昼間	8:00	10	9	7	13
	9:00	10	8	7	11
	10:00	12	11	10	16
	11:00	10	9	7	15

時間帯別測定データ

単位：dB

時間帯	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	10	9	7	14
夜間	10	8	7	12



### 3-3 道路交通振動現地調査結果

道路交通振動の現地調査結果を以下に示す。なお、調査地点の断面図は騒音と同様である。なお地盤の状況については、「道路環境影響評価の技術手法」に基づく予測に必要となる、地盤種別及び地盤卓越振動数について調査を行った。



表 3-3-1 道路交通振動現地調査結果

調査地点：01（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	55	44	29	66
	13:00	54	43	31	63
	14:00	53	42	28	62
	15:00	53	44	33	67
	16:00	52	42	30	62
	17:00	51	40	30	63
	18:00	49	39	29	66
夜間	19:00	49	37	20	63
	20:00	47	34	15	63
	21:00	47	33	16	62
	22:00	47	29	13	67
	23:00	48	28	12	64
	0:00	48	26	11	62
	1:00	49	25	11	64
	2:00	52	29	11	63
	3:00	53	32	13	63
	4:00	54	34	14	64
	5:00	55	40	21	62
昼間	6:00	54	43	32	63
	7:00	54	43	34	62
	8:00	53	43	33	63
	9:00	54	46	35	63
	10:00	54	44	33	64
	11:00	54	42	29	65

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	53	43	31	64
夜間	50	33	17	63

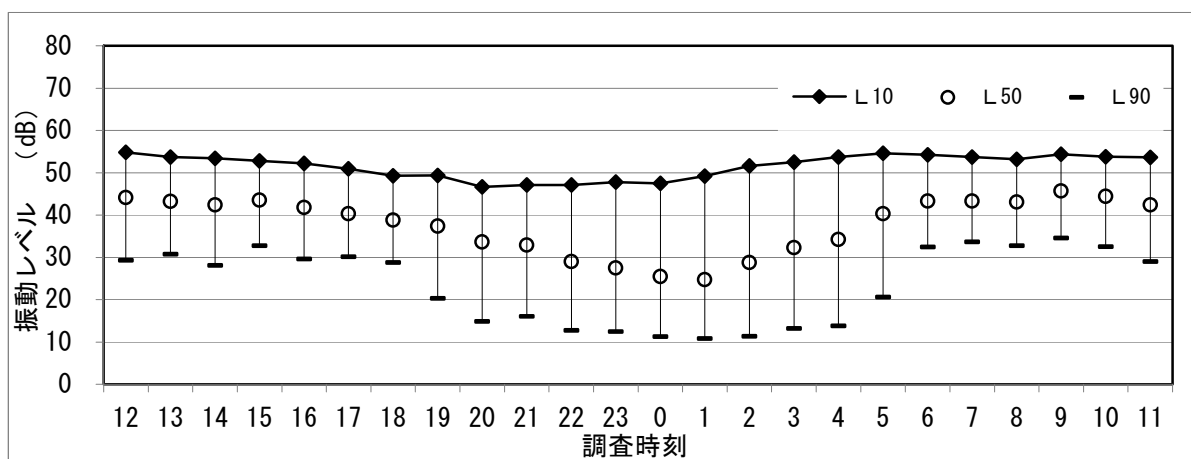


表 3-3-2 道路交通振動現地調査結果

調査地点：02（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻		振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	46	36	28	69
	13:00	47	37	28	70
	14:00	49	37	28	70
	15:00	47	36	28	67
	16:00	46	36	27	63
	17:00	46	35	27	70
	18:00	44	35	26	67
夜間	19:00	42	33	26	68
	20:00	40	31	25	66
	21:00	40	30	23	68
	22:00	40	29	21	60
	23:00	39	28	21	67
	0:00	40	27	20	63
	1:00	38	23	16	61
	2:00	40	24	17	64
	3:00	42	24	19	65
	4:00	44	26	19	68
	5:00	45	30	21	68
	6:00	46	36	25	69
	7:00	48	38	31	69
昼間	8:00	47	38	30	69
	9:00	48	38	28	67
	10:00	48	37	29	68
	11:00	49	38	29	65

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	47	36	28	68
夜間	42	29	22	66

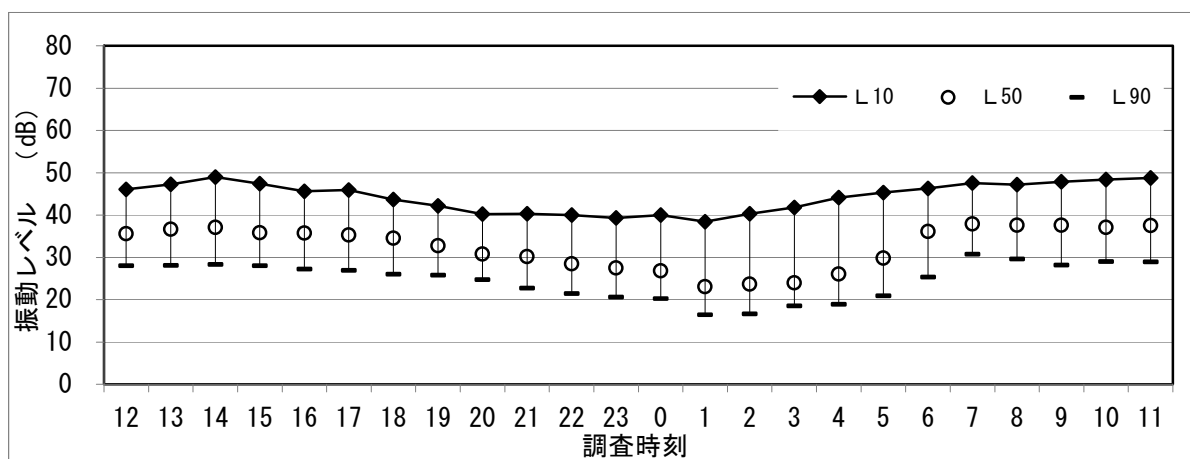


表 3-3-3 道路交通振動現地調査結果

調査地点：03（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	39	29	23	51
	13:00	39	29	22	54
	14:00	39	29	22	54
	15:00	39	31	25	55
	16:00	39	30	23	53
	17:00	39	30	22	56
	18:00	38	29	21	57
夜間	19:00	37	28	21	54
	20:00	36	26	19	52
	21:00	36	25	18	57
	22:00	36	25	18	53
	23:00	38	25	17	58
	0:00	37	22	15	56
	1:00	35	19	14	59
	2:00	36	20	14	56
	3:00	34	19	14	54
	4:00	36	21	15	56
	5:00	37	24	16	53
昼間	6:00	40	29	19	56
	7:00	41	31	21	57
	8:00	41	31	23	62
	9:00	41	31	22	57
	10:00	40	31	23	58
	11:00	41	35	30	56

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	39	30	23	56
夜間	37	24	17	55

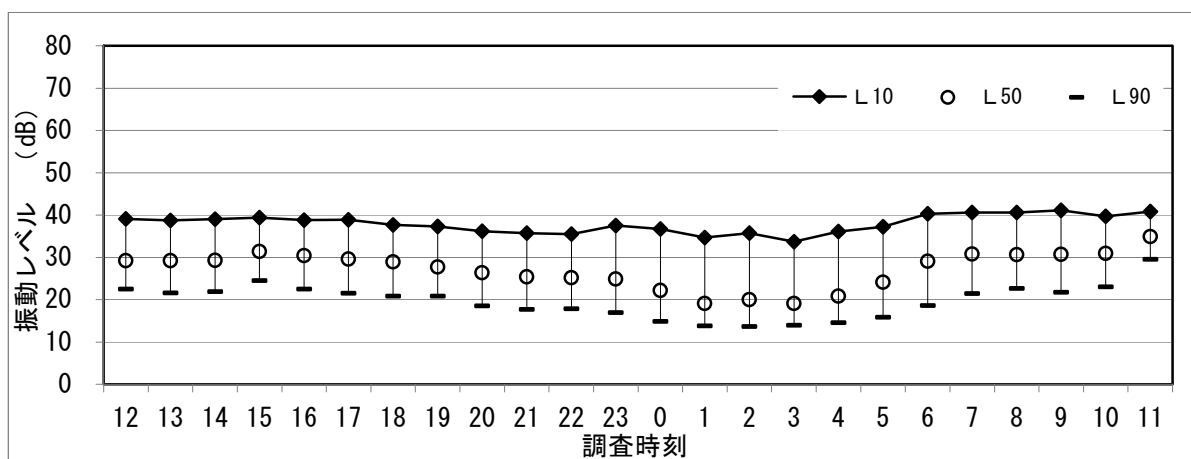


表 3-3-4 道路交通振動現地調査結果

調査地点：04（道路交通振動）  
 調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻		振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	32	22	16	52
	13:00	37	27	20	49
	14:00	37	28	22	50
	15:00	35	26	21	51
	16:00	35	25	20	50
	17:00	34	24	18	52
	18:00	34	22	17	51
夜間	19:00	32	21	16	50
	20:00	31	20	16	50
	21:00	29	18	14	49
	22:00	28	17	14	54
	23:00	23	16	13	51
	0:00	20	15	12	37
	1:00	18	14	12	35
	2:00	19	15	12	46
	3:00	18	14	12	53
	4:00	22	15	12	53
	5:00	29	17	14	52
6:00	36	23	17	51	
7:00	38	25	19	51	
昼間	8:00	37	26	20	52
	9:00	38	27	21	54
	10:00	38	28	23	50
	11:00	35	25	19	52

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	36	25	20	51
夜間	26	18	14	49

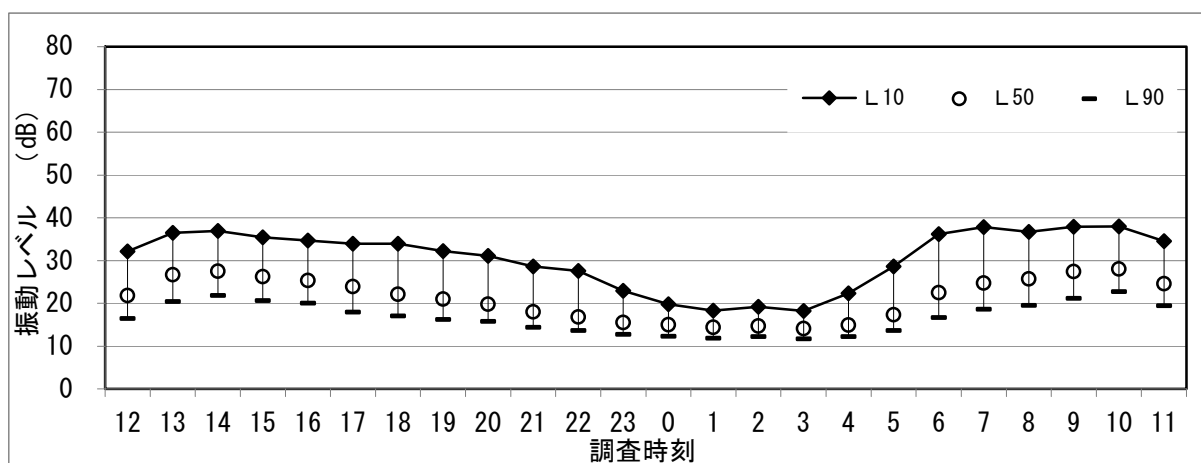


表 3-3-5 道路交通振動現地調査結果

調査地点：05（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	46	36	27	63
	13:00	46	36	26	63
	14:00	47	37	28	62
	15:00	46	37	28	62
	16:00	46	37	29	63
	17:00	46	37	28	65
18:00	45	37	27	64	
夜間	19:00	44	35	25	62
	20:00	43	33	23	64
	21:00	42	32	21	62
	22:00	41	30	18	64
	23:00	39	27	16	61
	0:00	40	26	16	59
	1:00	36	23	15	56
	2:00	36	20	15	57
	3:00	35	19	15	58
	4:00	38	23	15	61
	5:00	42	28	16	61
	6:00	47	35	25	64
7:00	47	38	27	62	
昼間	8:00	49	39	29	62
	9:00	48	38	28	63
	10:00	48	38	30	62
	11:00	47	37	29	64

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	47	37	28	63
夜間	41	28	19	61

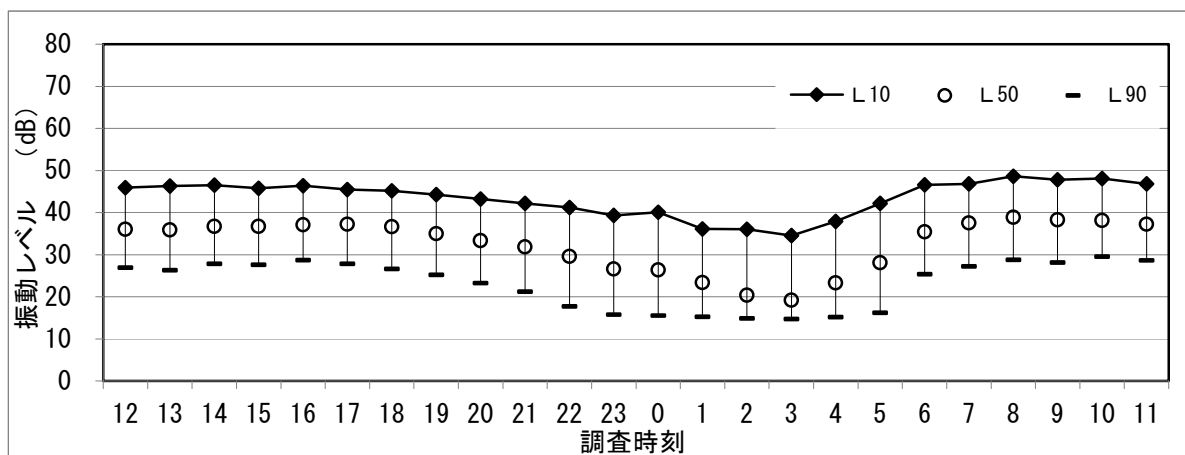


表 3-3-6 道路交通振動現地調査結果

調査地点：06（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻		振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	37	25	15	54
	13:00	37	25	16	56
	14:00	37	25	16	52
	15:00	36	24	15	52
	16:00	36	25	15	51
	17:00	34	24	14	52
	18:00	33	24	14	53
夜間	19:00	32	21	13	49
	20:00	29	18	12	45
	21:00	28	14	11	46
	22:00	28	14	10	50
	23:00	28	13	10	51
	0:00	27	12	9	49
	1:00	27	11	9	51
	2:00	24	11	9	50
	3:00	26	11	9	56
	4:00	29	12	9	55
	5:00	32	14	10	54
	6:00	38	23	13	55
	7:00	38	27	15	53
昼間	8:00	37	26	16	56
	9:00	39	25	18	58
	10:00	39	25	17	50
	11:00	38	26	17	52

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	37	25	16	53
夜間	30	15	11	51

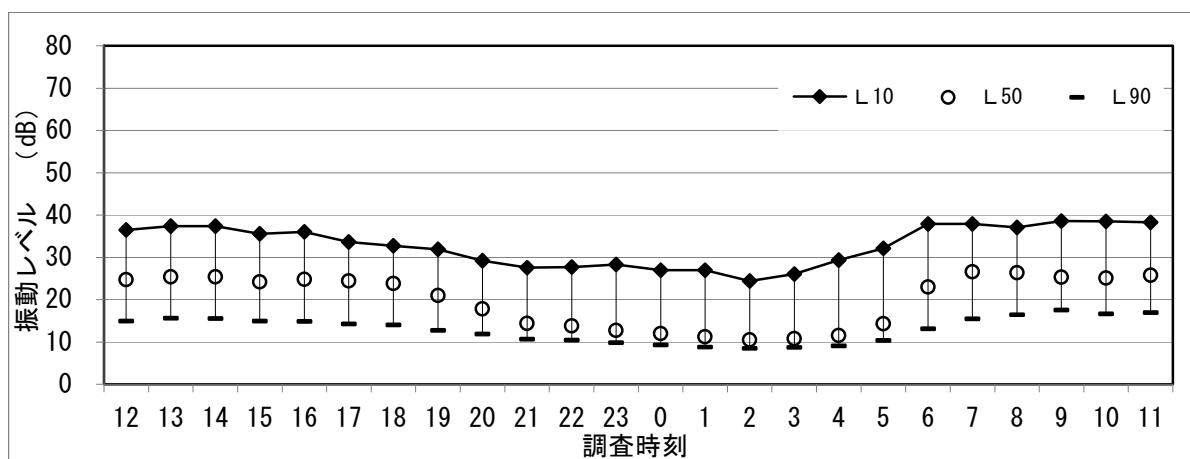


表 3-3-7 道路交通振動現地調査結果

調査地点：07（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	45	35	26	64
	13:00	45	35	26	66
	14:00	46	35	26	64
	15:00	47	36	26	65
	16:00	46	35	25	66
	17:00	45	37	27	65
	18:00	45	37	27	67
夜間	19:00	45	35	25	63
	20:00	45	34	24	65
	21:00	44	31	22	64
	22:00	42	29	21	57
	23:00	41	27	19	57
	0:00	40	24	18	61
	1:00	35	18	16	60
	2:00	33	18	16	62
	3:00	32	18	16	65
	4:00	27	18	16	62
	5:00	38	22	18	62
昼間	6:00	44	29	21	64
	7:00	46	35	24	64
	8:00	47	36	27	65
	9:00	46	34	25	65
	10:00	46	34	25	66
	11:00	45	35	25	63

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	46	35	26	65
夜間	39	26	20	62

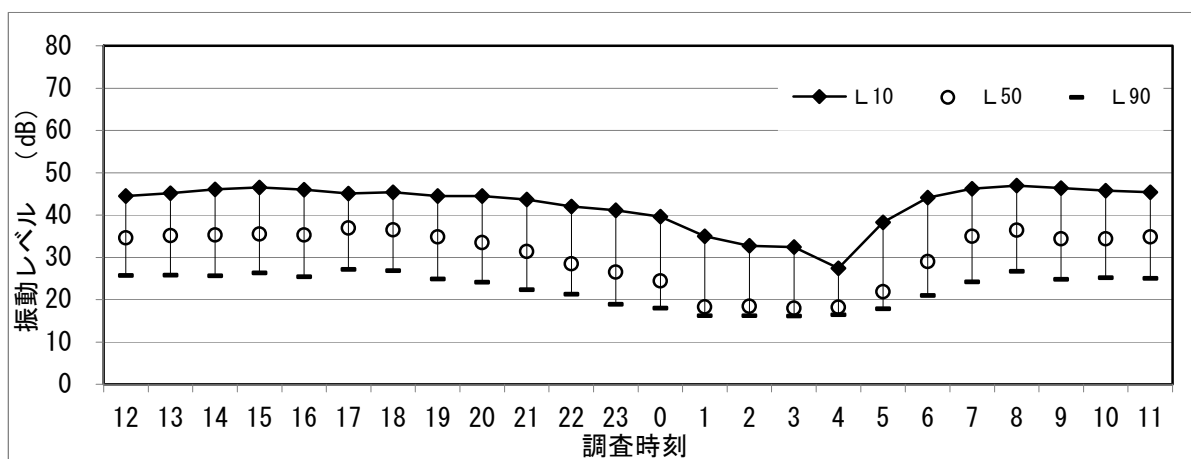


表 3-3-8 道路交通振動現地調査結果

調査地点：08（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	31	26	22	47
	13:00	30	26	23	45
	14:00	30	25	22	45
	15:00	31	26	22	47
	16:00	31	26	23	44
	17:00	30	25	22	45
18:00	30	25	21	44	
夜間	19:00	29	24	20	48
	20:00	29	23	20	45
	21:00	27	22	19	43
	22:00	28	22	18	46
	23:00	27	21	17	43
	0:00	25	18	16	45
	1:00	21	17	15	41
	2:00	21	17	15	44
	3:00	18	16	14	37
	4:00	19	16	15	57
	5:00	26	18	16	52
昼間	6:00	29	23	19	42
	7:00	32	26	22	45
	8:00	32	27	24	47
	9:00	31	27	24	47
	10:00	31	26	23	44
11:00	31	26	22	49	

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	31	26	22	46
夜間	25	20	17	45

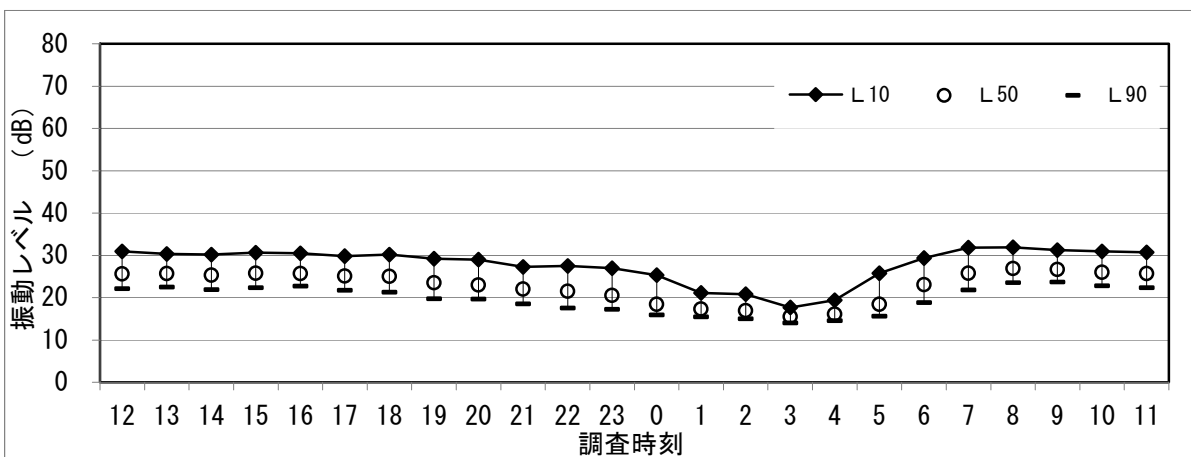




表 3-3-9 道路交通振動現地調査結果

調査地点：09（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	39	23	13	55
	13:00	39	24	15	54
	14:00	36	22	15	53
	15:00	37	23	15	55
	16:00	38	26	15	56
	17:00	37	25	14	53
	18:00	35	23	13	55
夜間	19:00	33	18	10	52
	20:00	30	14	9	49
	21:00	29	14	9	51
	22:00	29	14	10	51
	23:00	22	11	9	48
	0:00	26	12	9	51
	1:00	17	10	8	52
	2:00	19	10	8	51
	3:00	29	12	9	53
	4:00	29	12	9	55
	5:00	32	15	10	51
昼間	6:00	37	24	13	53
	7:00	38	29	17	53
	8:00	36	24	14	53
	9:00	38	23	13	53
	10:00	39	25	16	54
	11:00	40	24	14	55

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	38	24	14	54
夜間	28	15	10	52

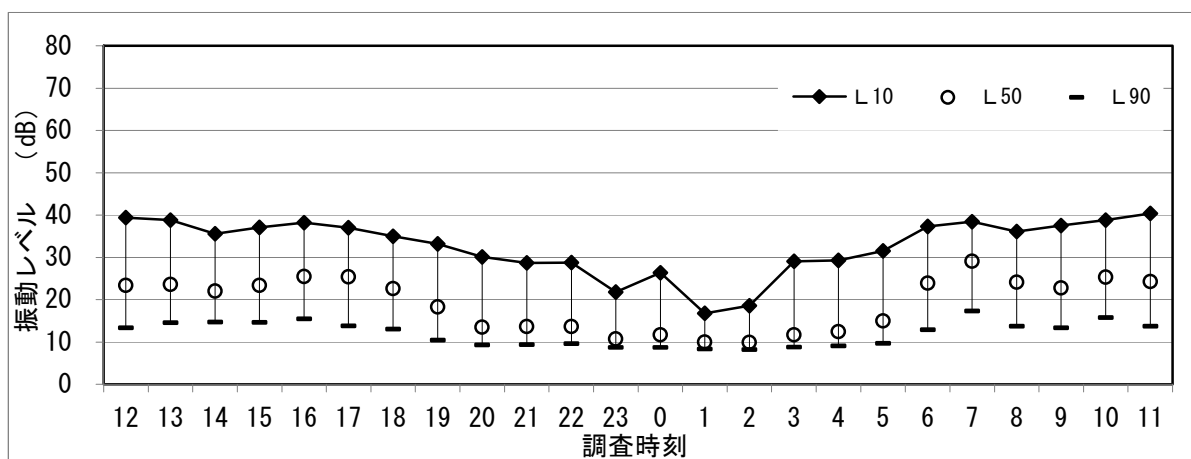


表 3-3-10 道路交通振動現地調査結果

調査地点：10（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	54	34	18	70
	13:00	56	36	20	71
	14:00	56	36	23	71
	15:00	55	36	21	69
	16:00	53	36	22	73
	17:00	49	35	20	68
18:00	46	33	15	68	
夜間	19:00	45	25	13	66
	20:00	41	18	12	67
	21:00	39	17	12	70
	22:00	40	16	12	66
	23:00	30	13	11	64
	0:00	28	13	11	67
	1:00	28	13	11	66
	2:00	20	13	11	66
	3:00	36	14	12	68
	4:00	37	18	12	67
	5:00	46	23	13	70
昼間	6:00	54	36	19	72
	7:00	54	39	20	70
	8:00	54	37	21	68
	9:00	56	37	21	69
	10:00	57	38	21	70
11:00	56	37	21	71	

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	54	36	20	70
夜間	38	20	13	68

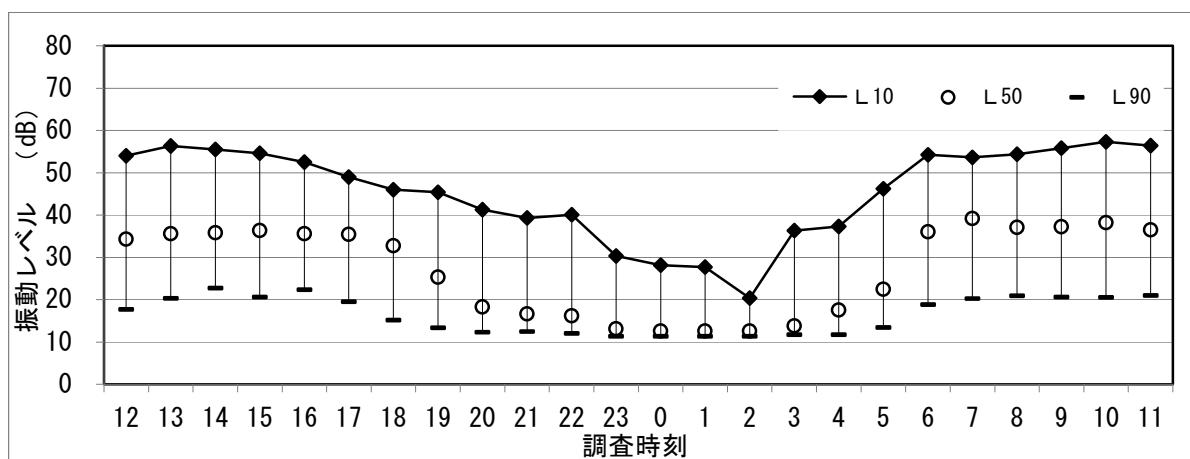


表 3-3-11 道路交通振動現地調査結果

調査地点：11（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	44	32	14	58
	13:00	48	35	20	59
	14:00	46	35	22	58
	15:00	45	34	19	59
	16:00	44	33	18	58
	17:00	41	32	22	56
	18:00	40	32	13	55
夜間	19:00	40	31	13	56
	20:00	37	25	10	56
	21:00	36	23	10	56
	22:00	35	19	10	55
	23:00	33	14	9	56
	0:00	30	11	9	58
	1:00	28	10	8	56
	2:00	25	11	9	55
	3:00	31	11	9	64
	4:00	31	11	9	58
	5:00	38	20	10	62
昼間	6:00	46	34	17	61
	7:00	41	34	27	54
	8:00	46	36	23	58
	9:00	46	35	20	59
10:00	48	36	21	59	
11:00	48	36	22	59	

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	45	34	19	58
夜間	35	20	11	57

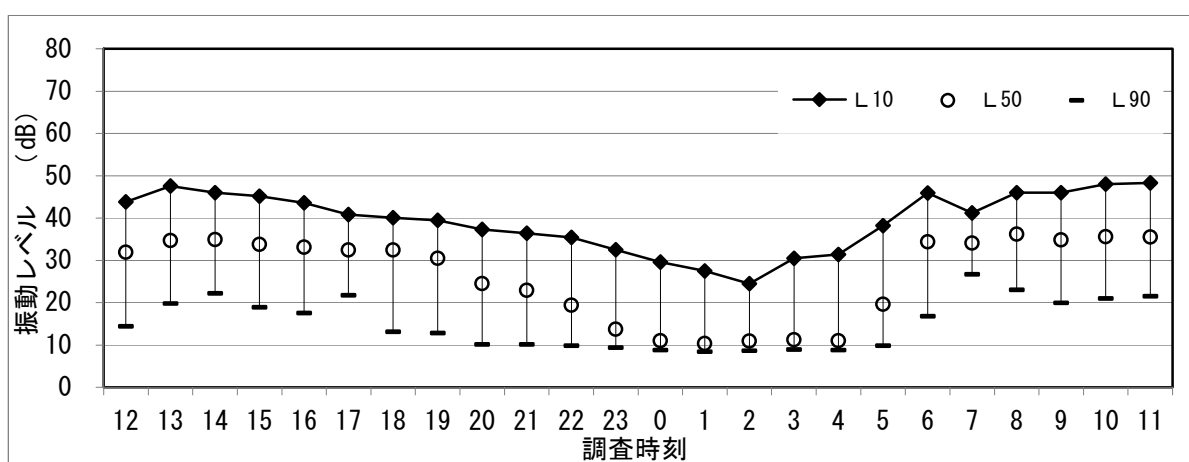


表 3-3-12 道路交通振動現地調査結果

調査地点：12（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	41	24	16	63
	13:00	41	24	16	60
	14:00	41	24	16	62
	15:00	41	25	16	61
	16:00	41	26	17	61
	17:00	42	27	17	61
18:00	42	24	13	63	
夜間	19:00	40	19	11	59
	20:00	37	17	10	62
	21:00	32	13	10	59
	22:00	29	14	11	62
	23:00	22	12	10	59
	0:00	19	11	10	58
	1:00	15	11	9	48
	2:00	18	10	9	59
	3:00	16	11	9	61
	4:00	18	11	9	58
	5:00	27	13	10	62
昼間	6:00	39	18	11	64
	7:00	43	25	14	70
	8:00	43	27	15	65
	9:00	43	26	15	68
10:00	40	25	16	61	
11:00	41	24	15	61	

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	41	25	16	62
夜間	27	14	10	60

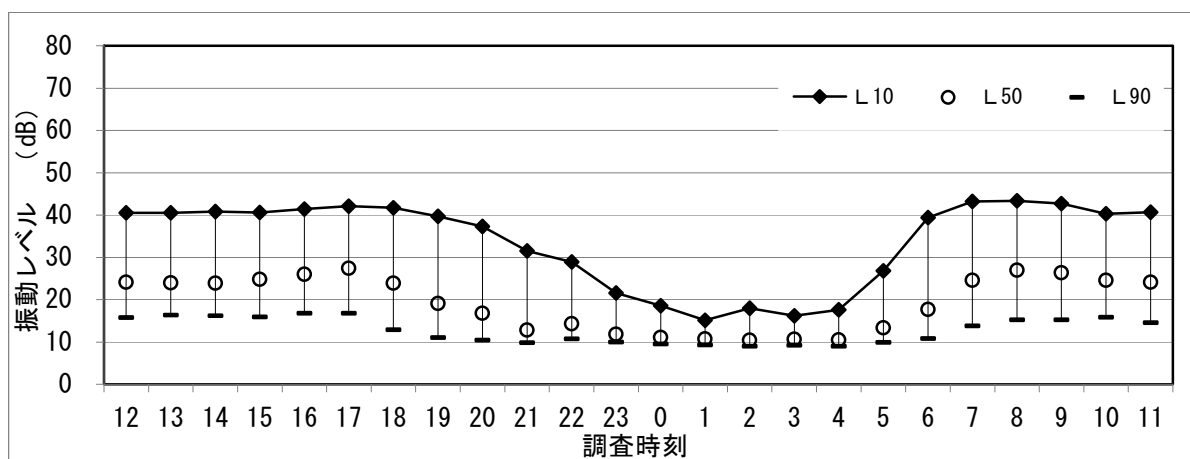


表 3-3-13 道路交通振動現地調査結果

調査地点：13（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	54	39	27	70
	13:00	56	40	28	71
	14:00	54	41	29	69
	15:00	50	39	30	69
	16:00	52	39	30	68
	17:00	49	40	32	68
	18:00	51	40	32	71
夜間	19:00	49	38	31	75
	20:00	47	35	31	76
	21:00	47	33	32	80
	22:00	44	32	32	67
	23:00	45	33	33	81
	0:00	44	33	33	82
	1:00	43	33	33	72
	2:00	39	33	33	72
	3:00	40	33	33	69
	4:00	47	33	33	69
	5:00	51	34	32	83
昼間	6:00	52	37	33	69
	7:00	53	40	32	77
	8:00	52	38	24	70
	9:00	54	41	28	70
	10:00	54	41	31	69
11:00	54	41	29	69	

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	53	40	29	70
夜間	46	34	32	75

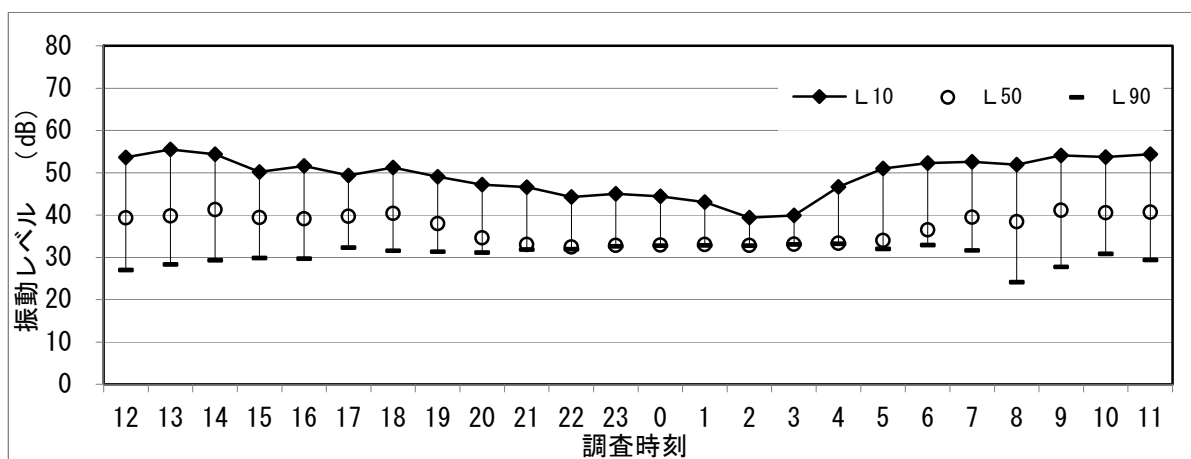


表 3-3-14 道路交通振動現地調査結果

調査地点：14（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	39	27	12	64
	13:00	40	28	13	59
	14:00	40	28	13	60
	15:00	39	29	13	59
	16:00	41	28	14	60
	17:00	38	29	13	56
18:00	37	27	11	58	
夜間	19:00	36	21	10	49
	20:00	35	16	9	62
	21:00	34	13	9	58
	22:00	32	12	9	58
	23:00	29	12	8	58
	0:00	27	11	8	61
	1:00	25	11	9	58
	2:00	21	11	8	58
	3:00	22	10	8	58
	4:00	24	15	9	54
	5:00	33	12	8	55
6:00	37	23	12	56	
7:00	40	29	13	60	
昼間	8:00	40	28	13	59
	9:00	40	30	13	61
	10:00	40	29	13	63
	11:00	41	28	14	60

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	40	28	13	60
夜間	30	15	9	57

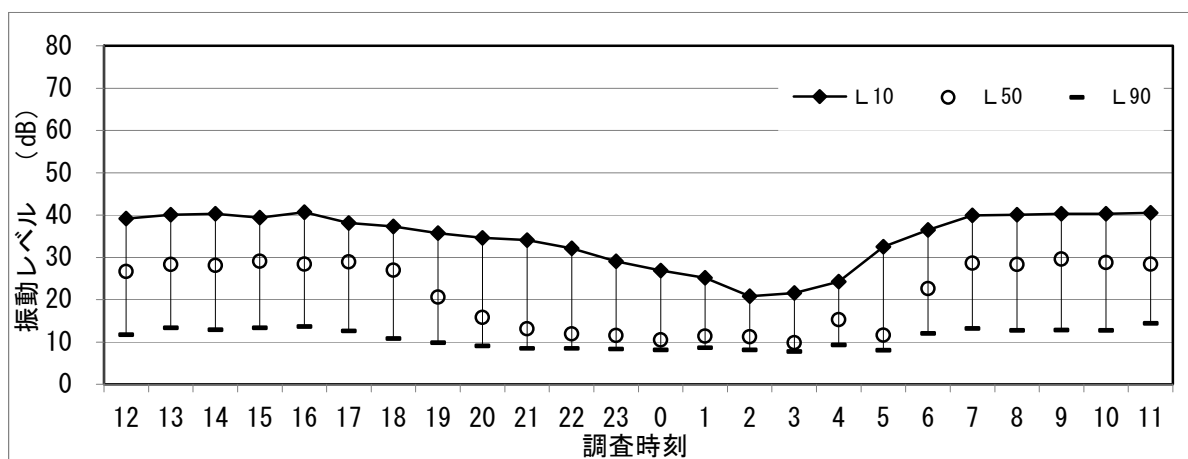


表 3-3-15 道路交通振動現地調査結果

調査地点：15（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	38	21	15	62
	13:00	39	22	17	63
	14:00	38	20	17	59
	15:00	39	22	17	61
	16:00	40	23	18	63
	17:00	40	25	18	66
	18:00	39	20	17	58
夜間	19:00	38	20	17	59
	20:00	33	19	16	63
	21:00	30	19	16	50
	22:00	28	18	16	60
	23:00	21	18	15	52
	0:00	21	18	15	51
	1:00	20	18	15	50
	2:00	20	17	15	61
	3:00	20	18	15	48
	4:00	22	18	15	54
	5:00	25	18	16	61
昼間	6:00	38	19	16	65
	7:00	40	21	17	60
	8:00	40	24	18	64
	9:00	40	24	18	66
	10:00	39	22	17	60
	11:00	39	22	17	60

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	39	22	17	62
夜間	27	18	16	56

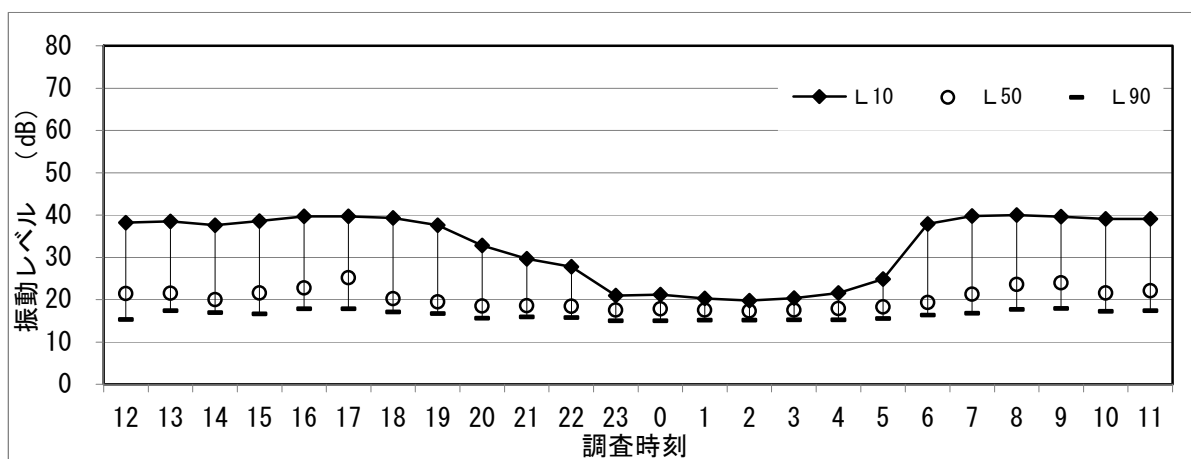


表 3-3-16 道路交通振動現地調査結果

調査地点：16（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	31	13	9	53
	13:00	32	12	9	55
	14:00	33	13	9	54
	15:00	34	14	9	54
	16:00	34	15	9	55
	17:00	35	13	9	52
18:00	33	11	8	56	
夜間	19:00	31	10	8	55
	20:00	25	10	8	51
	21:00	23	9	8	45
	22:00	18	9	7	52
	23:00	12	9	7	45
	0:00	13	9	7	44
	1:00	12	9	7	45
	2:00	11	9	7	50
	3:00	11	9	7	41
	4:00	12	9	7	48
	5:00	19	9	7	53
6:00	32	11	8	54	
7:00	35	14	9	52	
昼間	8:00	34	14	9	52
	9:00	34	12	8	57
	10:00	34	12	8	55
	11:00	34	14	9	53

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	33	13	9	54
夜間	19	10	8	49

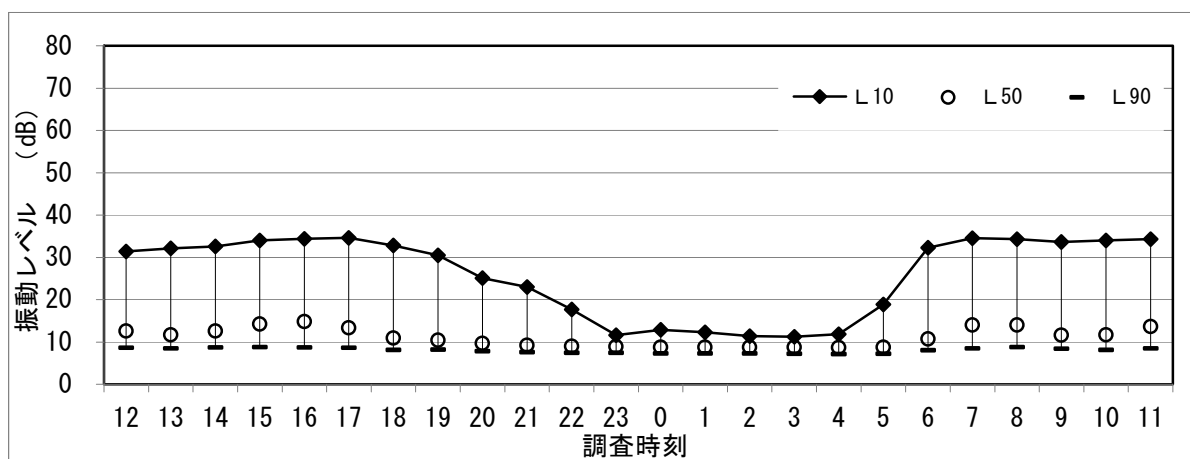




表 3-3-17 道路交通振動現地調査結果

調査地点：17（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

	時刻	振動レベル			
		L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	12:00	33	22	11	54
	13:00	33	22	11	51
	14:00	32	23	12	51
	15:00	32	23	10	49
	16:00	34	24	13	51
	17:00	32	23	13	49
	18:00	31	19	11	52
夜間	19:00	29	17	11	53
	20:00	27	15	11	56
	21:00	26	13	10	38
	22:00	24	11	9	40
	23:00	21	11	9	52
	0:00	19	10	8	53
	1:00	17	10	8	36
	2:00	14	9	8	42
	3:00	14	10	8	51
	4:00	21	10	8	49
	5:00	25	11	9	46
昼間	6:00	29	15	11	48
	7:00	32	22	12	49
	8:00	32	22	12	49
	9:00	32	23	12	52
	10:00	33	24	13	58
	11:00	33	22	12	51

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	32	23	12	52
夜間	23	12	9	47

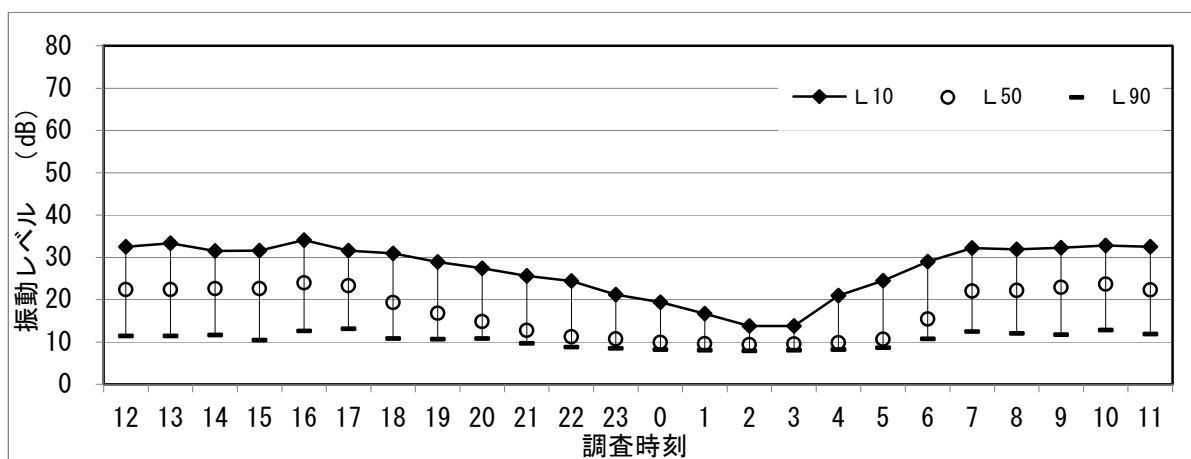


表 3-3-18 道路交通振動現地調査結果

調査地点：18（道路交通振動）

調査期間：平成24年11月15日（木）～11月16日（金）

時刻別測定データ

単位：dB

時刻	振動レベル				
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>	
昼間	12:00	20	11	9	45
	13:00	22	11	9	51
	14:00	22	11	9	46
	15:00	24	12	9	52
	16:00	22	10	8	50
	17:00	23	11	9	50
18:00	18	10	9	46	
夜間	19:00	18	10	9	40
	20:00	14	10	8	41
	21:00	12	10	8	35
	22:00	12	10	8	35
	23:00	13	10	8	36
	0:00	12	9	8	37
	1:00	12	9	8	34
	2:00	11	10	8	40
	3:00	11	9	8	31
	4:00	12	9	8	36
	5:00	12	10	8	35
昼間	6:00	18	10	9	45
	7:00	21	11	9	48
	8:00	21	11	9	46
	9:00	20	11	9	50
10:00	20	10	9	50	
11:00	22	11	8	49	

時間帯別測定データ

単位：dB

時間区分	振動レベル			
	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>max</sub>
昼間	21	11	9	49
夜間	14	10	8	38

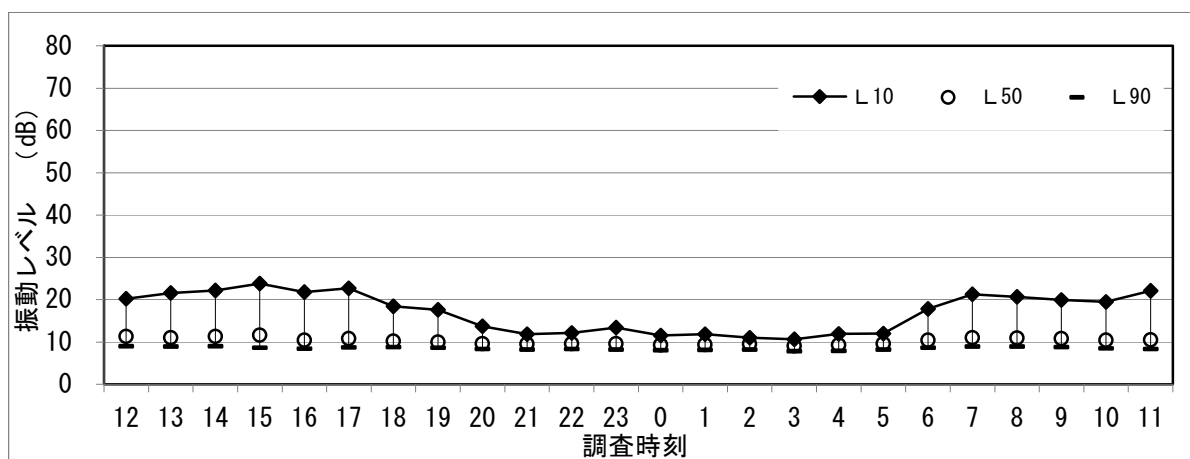




表 3-4-4 地盤卓越振動数現地調査結果

調査地点：04 ※「道路交通振動04」と同地点  
調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

単位：dB

Table with 23 columns: サンプルNo., AP, and 21 frequency bands (1.0 to 80 Hz), plus a final column for 卓越振動数 (Hz). It contains 10 rows of data and a summary row for 平均卓越振動数 (Hz).

表 3-4-5 地盤卓越振動数現地調査結果

調査地点：05 ※「道路交通振動05」と同地点  
調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

単位：dB

Table with 23 columns: サンプルNo., AP, and 21 frequency bands (1.0 to 80 Hz), plus a final column for 卓越振動数 (Hz). It contains 10 rows of data and a summary row for 平均卓越振動数 (Hz).

表 3-4-6 地盤卓越振動数現地調査結果

調査地点：06 ※「道路交通振動06」と同地点  
調査期間：平成24年11月8日（木）～11月9日（金）

単位：dB

Table with 23 columns: サンプルNo., AP, and 21 frequency bands (1.0 to 80 Hz), plus a final column for 卓越振動数 (Hz). It contains 10 rows of data and a summary row for 平均卓越振動数 (Hz).



表 3-4-10 地盤卓越振動数現地調査結果

調査地点：10 ※「道路交通振動10」と同地点
調査期間：平成24年11月15日(木)～11月16日(金)

単位：dB

Table with 10 rows (Sample No. 1-10) and 22 columns (Frequency bands from 1.0 Hz to 80 Hz). Includes a final column for '卓越振動数 (Hz)' and a row for '平均卓越振動数 (Hz)'.

表 3-4-11 地盤卓越振動数現地調査結果

調査地点：11 ※「道路交通振動11」と同地点
調査期間：平成24年11月15日(木)～11月16日(金)

単位：dB

Table with 10 rows (Sample No. 1-10) and 22 columns (Frequency bands from 1.0 Hz to 80 Hz). Includes a final column for '卓越振動数 (Hz)' and a row for '平均卓越振動数 (Hz)'.

表 3-4-12 地盤卓越振動数現地調査結果

調査地点：12 ※「道路交通振動12」と同地点
調査期間：平成24年11月15日(木)～11月16日(金)

単位：dB

Table with 10 rows (Sample No. 1-10) and 22 columns (Frequency bands from 1.0 Hz to 80 Hz). Includes a final column for '卓越振動数 (Hz)' and a row for '平均卓越振動数 (Hz)'.







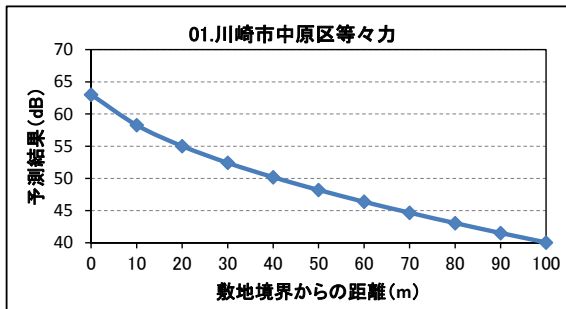
### 3-5 建設機械の稼働に係る等値線図

建設機械の稼働に係る振動の距離減衰の状況について、表 3-5-1 及び図 3-5-1 に示す。  
また、振動等値線図を図 3-5-2 に示す。

表 3-5-1 建設機械の稼働に係る  
振動の距離減衰の状況

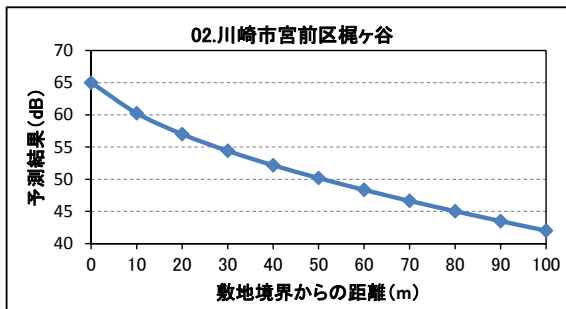
01.川崎市中原区等々力

敷地境界からの距離(m)	予測結果(dB)
0	63
10	58
20	55
30	52
40	50
50	48
60	46
70	45
80	43
90	42
100	40



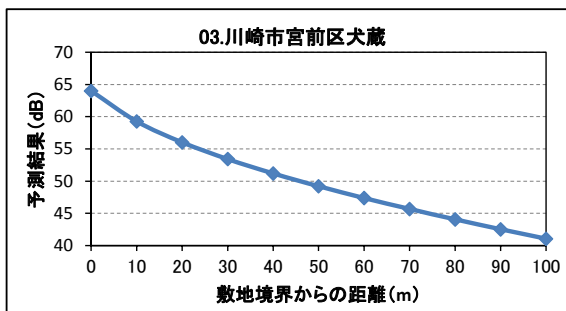
02.川崎市宮前区梶ヶ谷

敷地境界からの距離(m)	予測結果(dB)
0	65
10	60
20	57
30	54
40	52
50	50
60	48
70	47
80	45
90	44
100	42



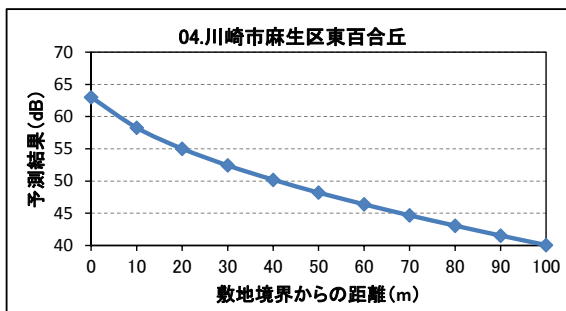
03.川崎市宮前区犬蔵

敷地境界からの距離(m)	予測結果(dB)
0	64
10	59
20	56
30	53
40	51
50	49
60	47
70	46
80	44
90	43
100	41



04.川崎市麻生区東百合丘

敷地境界からの距離(m)	予測結果(dB)
0	63
10	58
20	55
30	52
40	50
50	48
60	46
70	45
80	43
90	42
100	40



05.川崎市麻生区片平

敷地境界からの距離(m)	予測結果(dB)
0	63
10	58
20	55
30	52
40	50
50	48
60	46
70	45
80	43
90	42
100	40

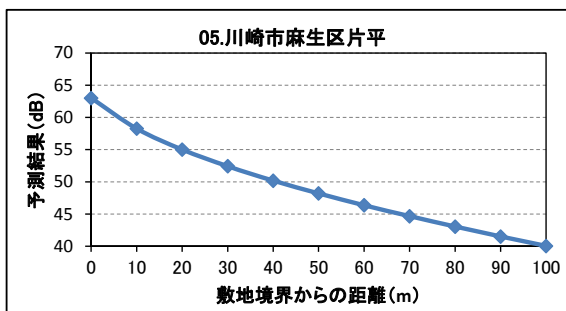
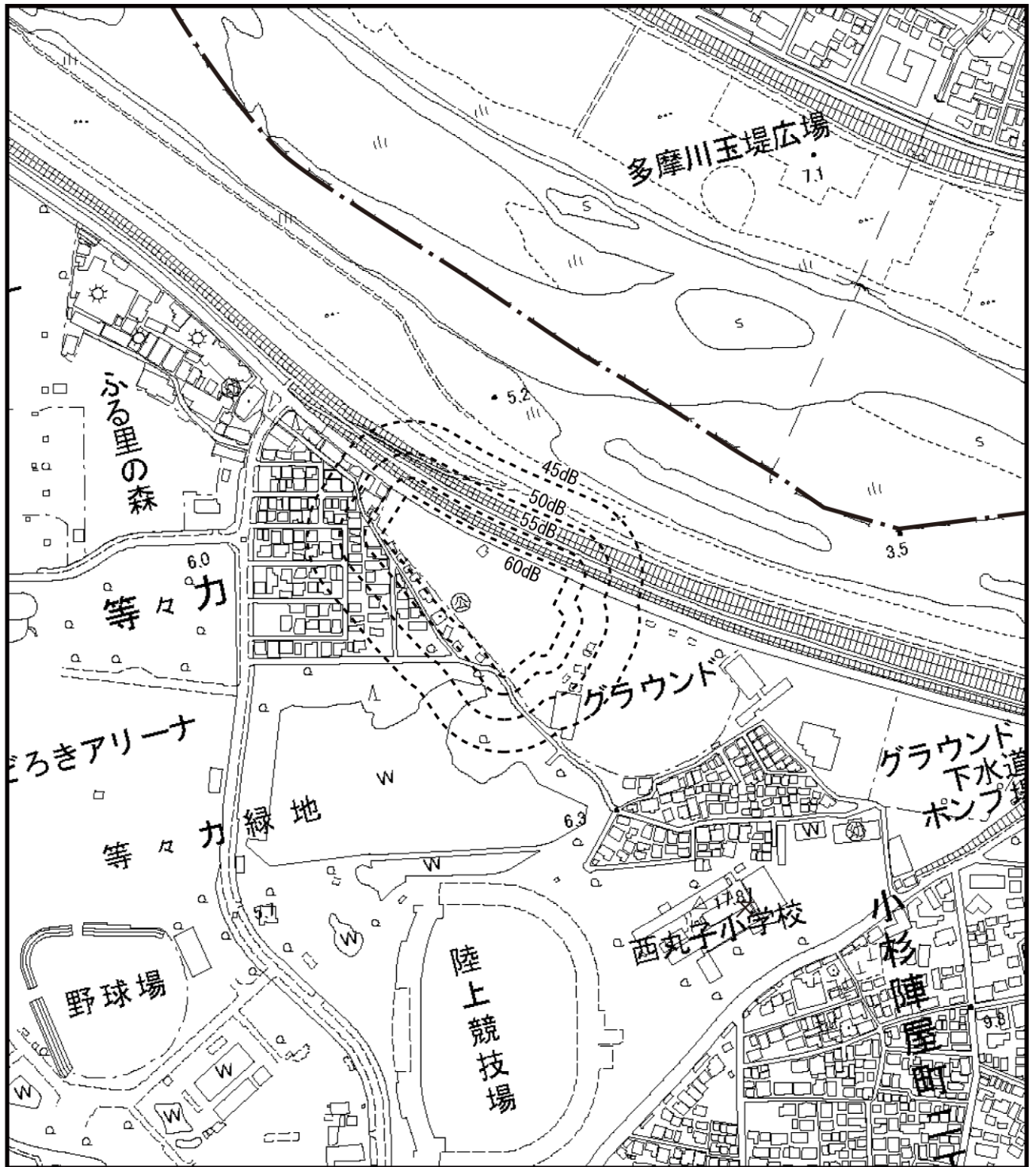


図 3-5-1 建設機械の稼働に係る  
振動の距離減衰の状況

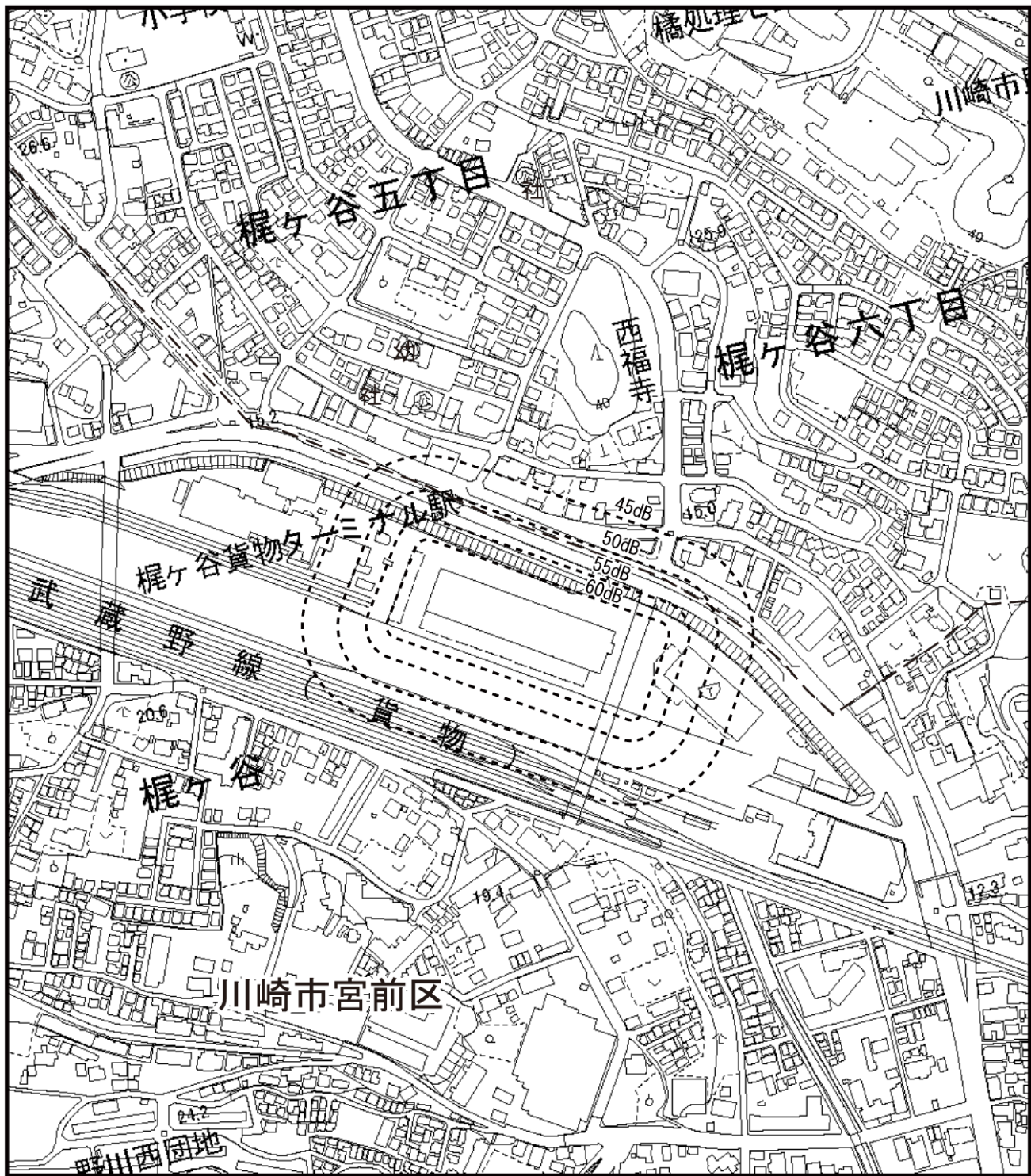


凡 例

- 注1. 等値線図については、図3-5-1に示す建設機械の稼働に係る振動の距離減衰の状況を非常口（都市部）の敷地境界から平面的に示したものである。
- 注2. 特定建設作業に係る振動の基準値は75dBである。
- 注3. 図に示す予測結果は、工事期間、ピークとなる最大値を示したものであり、工事期間中の限られた期間で発生するものである。

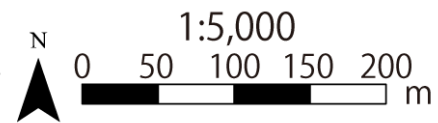
図3-5-2(1) 振動等値線図 (01. 川崎市中原区等々力)

(本図は1万分の1の縮尺の環境図を拡大して用いたものである)



**凡 例**

- 注1. 等値線図については、図3-5-1に示す建設機械の稼働に係る振動の距離減衰の状況を非常口（都市部）の敷地境界から平面的に示したものである。
- 注2. 特定建設作業に係る振動の基準値は75dBである。
- 注3. 図に示す予測結果は、工事期間、ピークとなる最大値を示したものであり、工事期間中の限られた期間で発生するものである。



**図3-5-2(2) 振動等値線図 (02. 川崎市宮前区梶ヶ谷)**

(本図は1万分の1の縮尺の環境図を拡大して用いたものである)





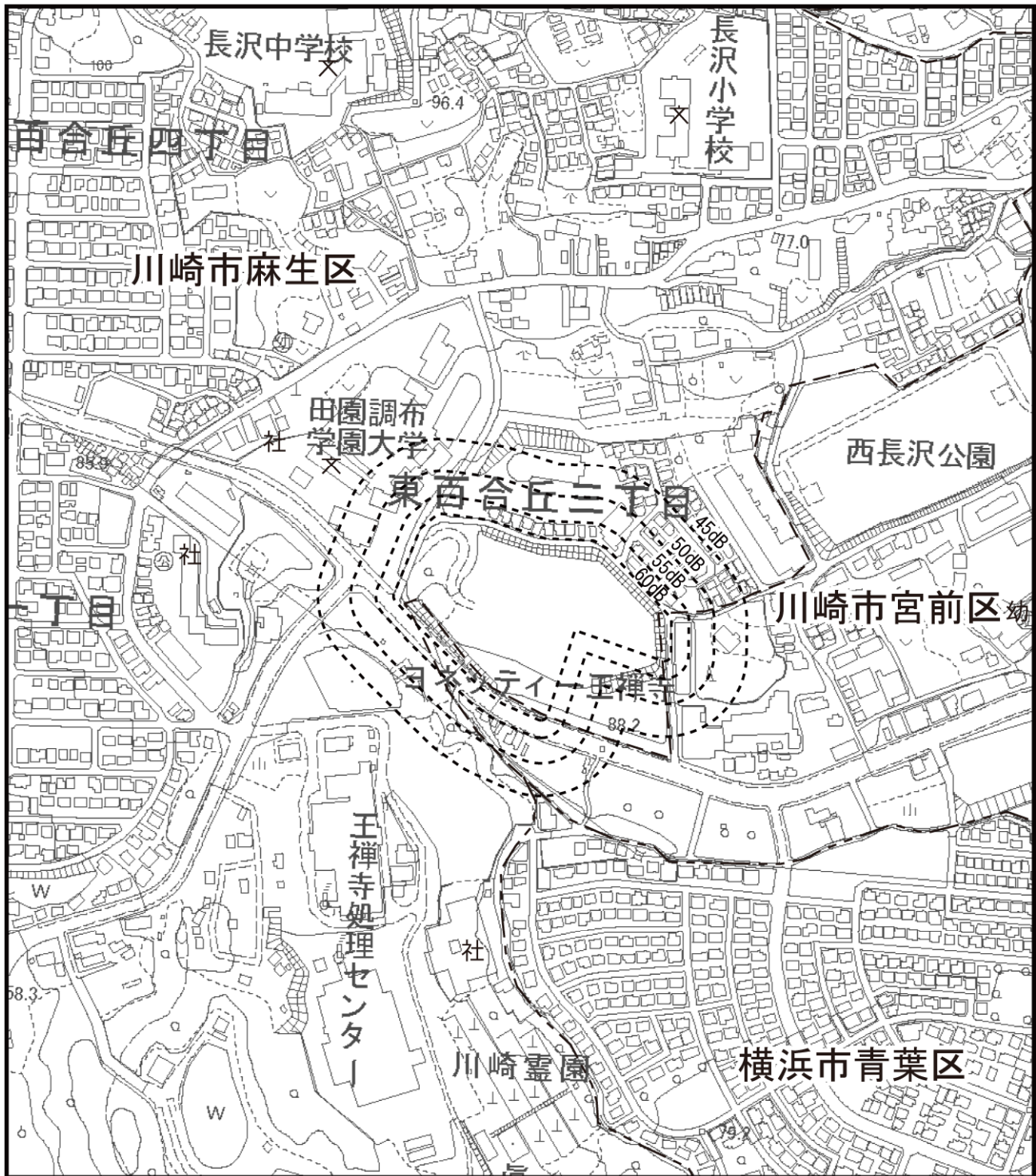
凡 例

- 注1. 等値線図については、図3-5-1に示す建設機械の稼働に係る振動の距離減衰の状況を非常口（都市部）の敷地境界から平面的に示したものである。
- 注2. 特定建設作業に係る振動の基準値は75dBである。
- 注3. 図に示す予測結果は、工事期間、ピークとなる最大値を示したものであり、工事期間中の限られた期間で発生するものである。



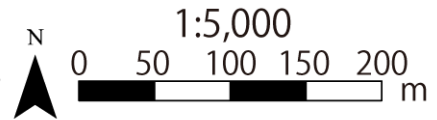
図3-5-2(3) 振動等値線図(03.川崎市宮前区犬蔵)

(本図は1万分の1の縮尺の環境図を拡大して用いたものである)



**凡 例**

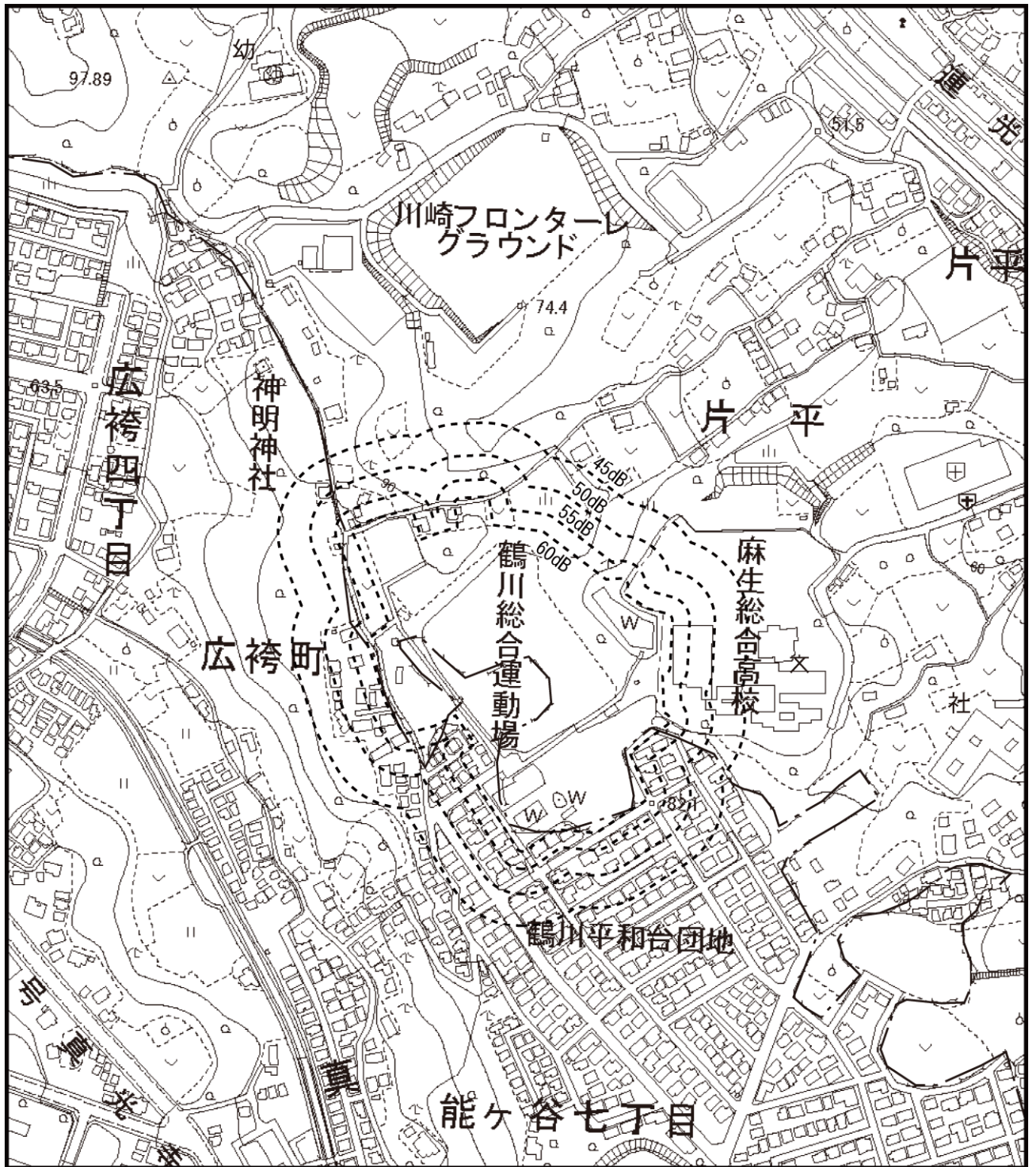
- 注1. 等値線図については、図3-5-1に示す建設機械の稼働に係る振動の距離減衰の状況を非常口（都市部）の敷地境界から平面的に示したものである。
- 注2. 特定建設作業に係る振動の基準値は75dBである。
- 注3. 図に示す予測結果は、工事期間、ピークとなる最大値を示したものであり、工事期間中の限られた期間で発生するものである。



**図3-5-2(4) 振動等値線図 (04. 川崎市麻生区東百合丘)**

(本図は1万分の1の縮尺の環境図を拡大して用いたものである)





凡 例

- 注1. 等値線図については、図3-5-1に示す建設機械の稼働に係る振動の距離減衰の状況を非常口（都市部）の敷地境界から平面的に示したものである。
- 注2. 特定建設作業に係る振動の基準値は75dBである。
- 注3. 図に示す予測結果は、工事期間、ピークとなる最大値を示したものであり、工事期間中の限られた期間で発生するものである。

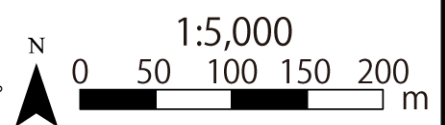


図3-5-2(5) 振動等値線図 (05. 川崎市麻生区片平)

(本図は1万分の1の縮尺の環境図を拡大して用いたものである)

### 3-6 振動の距離毎の予測値について

建設機械の稼働並びに資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に係る振動の程度の把握のため、各予測地点における距離毎の振動を予測した結果を図 3-6-1 及び図 3-6-2 に示す。

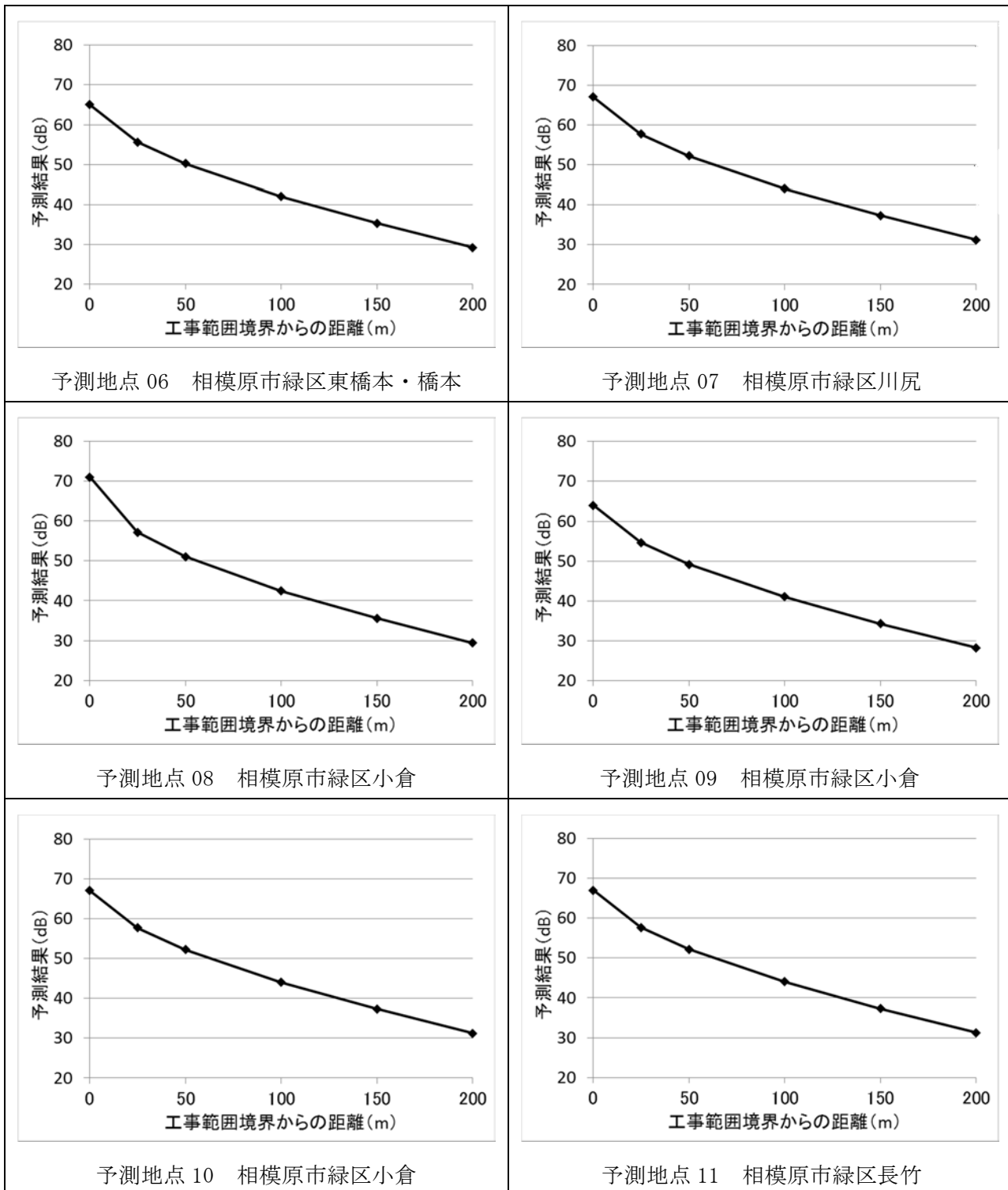


図 3-6-1 (1) 建設機械の稼働に係る振動の距離減衰の状況



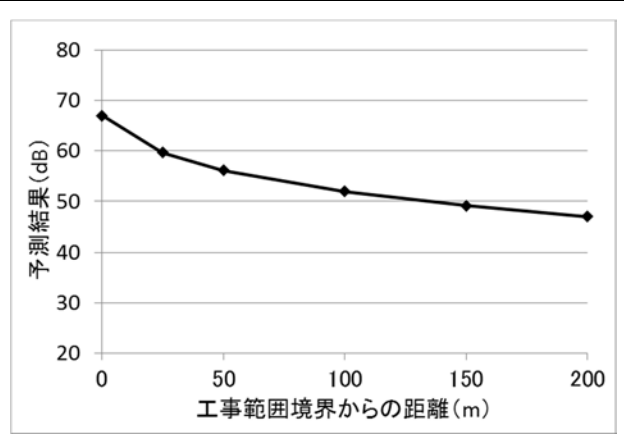
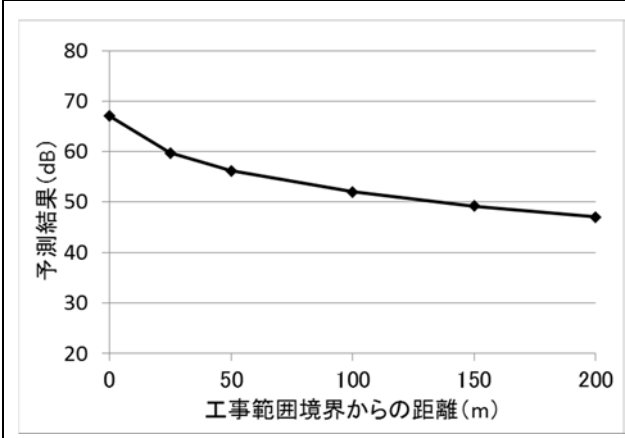
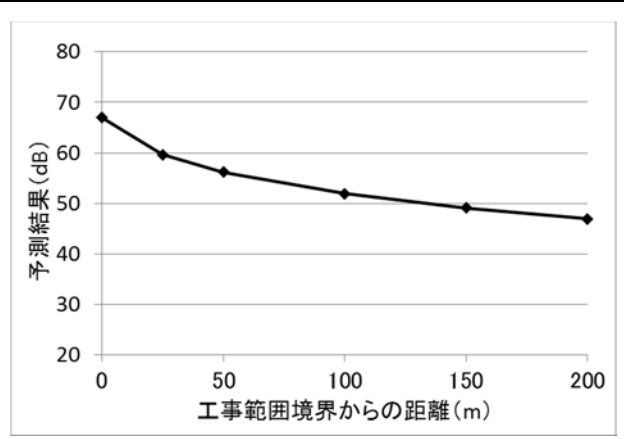
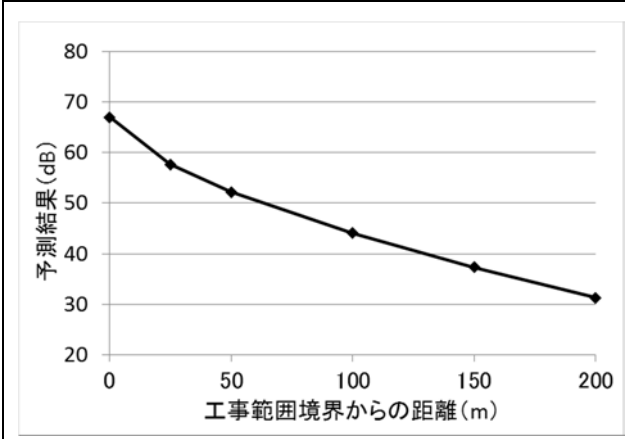
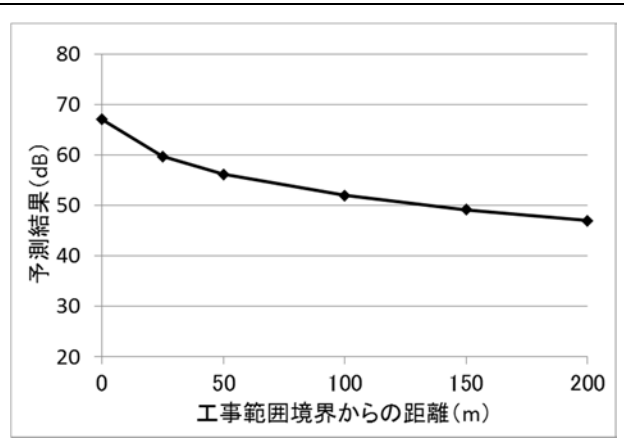
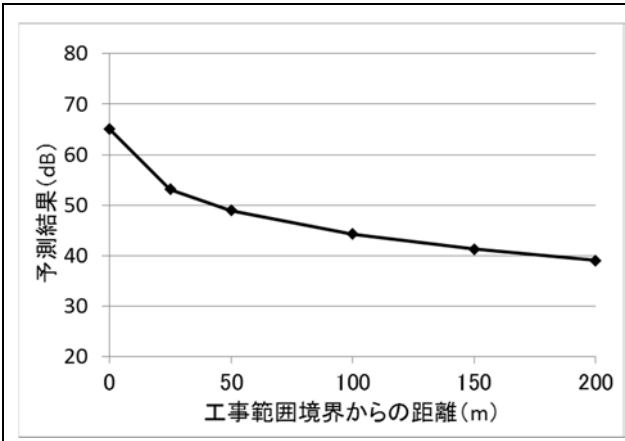


図 3-6-1(2) 建設機械の稼働に係る振動の距離減衰の状況

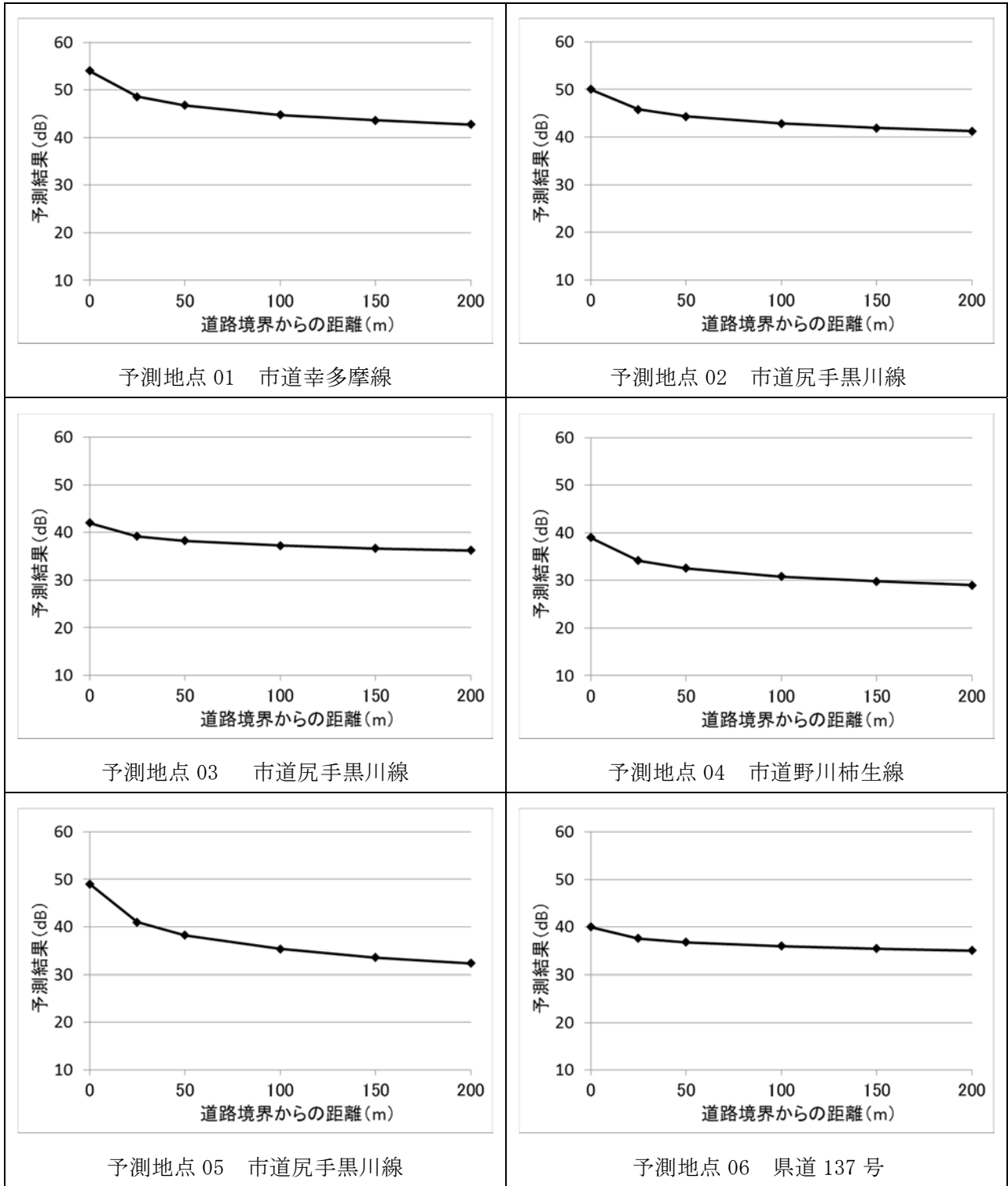


図 3-6-2(1) 資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に係る振動の距離減衰の状況

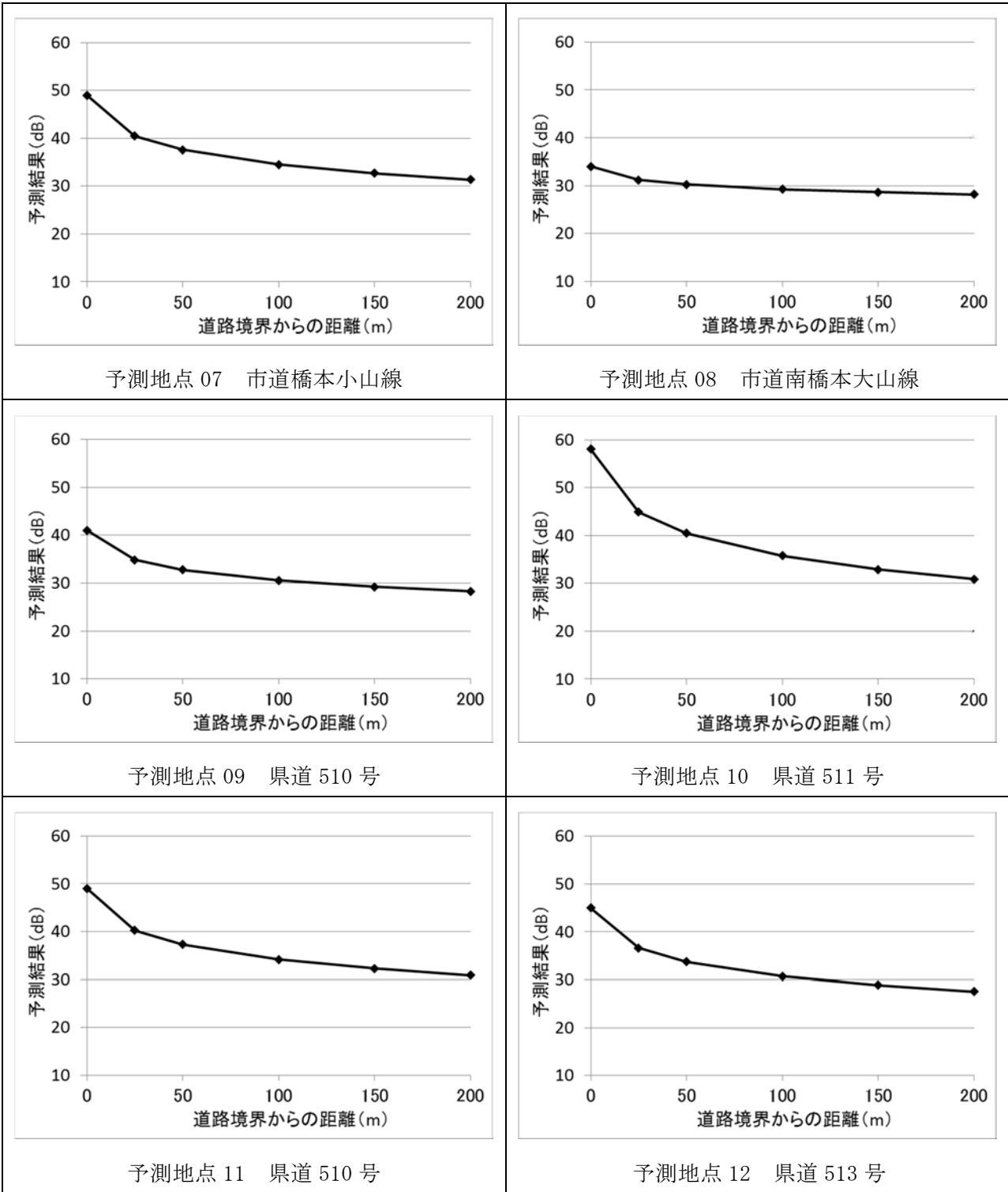


図 3-6-2 (2) 資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に係る振動の距離減衰の状況

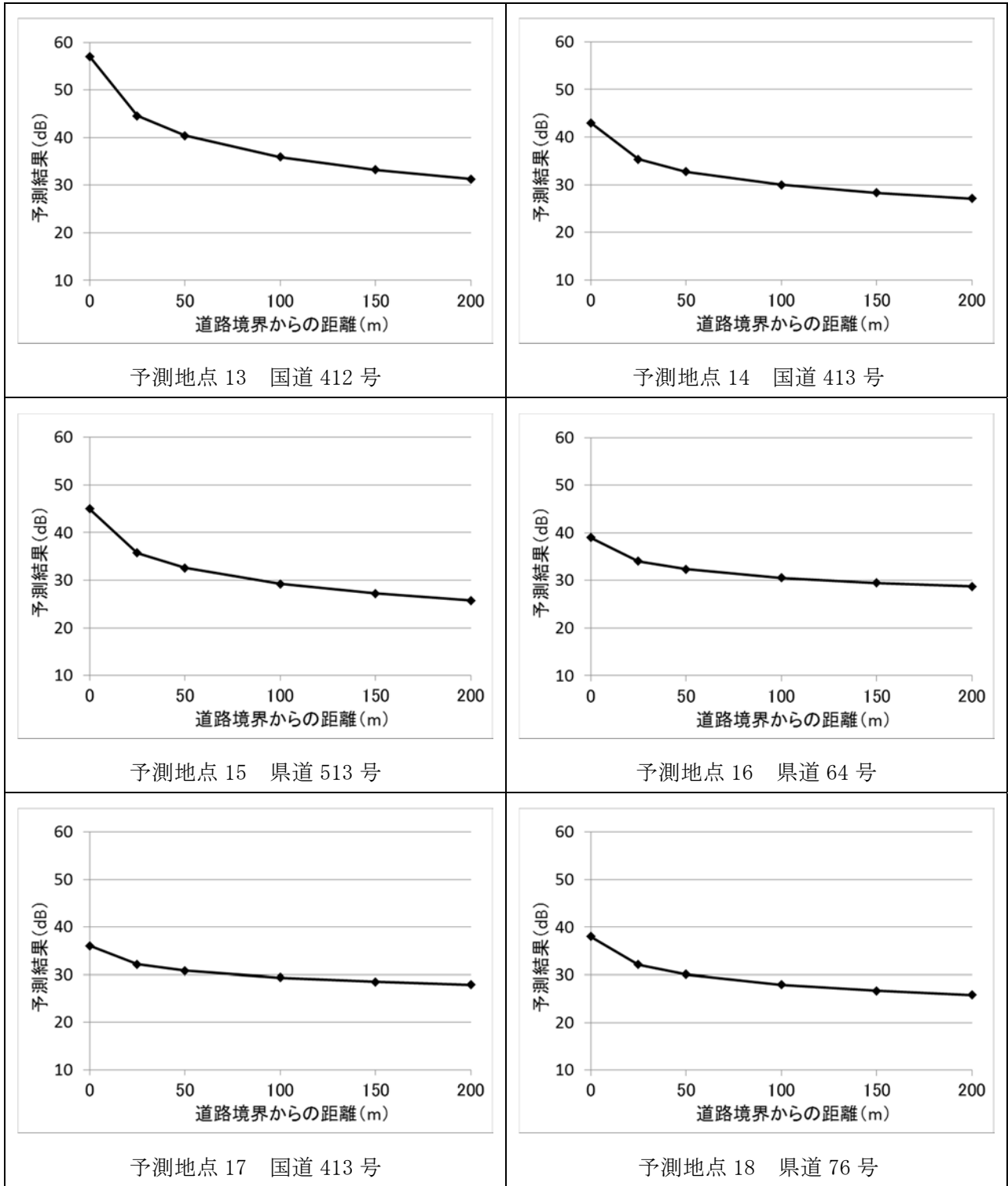


図 3-6-2(3) 資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に係る振動の距離減衰の状況

### 3-7 列車走行に係る振動基準について

地盤振動の基準については、評価委員会において、超電導リアの走行に伴い発生する地盤振動の基準値（案）として、新幹線での指針値である「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について（勧告）（表 3-7-1 参照）」を適用することとしている。

**表 3-7-1 新幹線鉄道振動に係る指針値**

（昭和 51 年環大特第 32 号）

指針
70dB を超える地域について、緊急に振動源及び障害防止対策を講ずること。

超電導リアの振動発生形態は新幹線と同等であることから、上記指針を適用することは妥当と判断した。

### 3-8 長大編成への換算方法について

山梨リニア実験線にて測定した4両の地盤振動加速度波形をもとに、16両相当分繰り返した場合の地盤振動加速度波形を作成した。その地盤振動加速度波形から振動の動特性を考慮して振動レベルに変換し4両と16両の相対レベル差を求め、編成両数の補正を行った(図 3-8-1)。

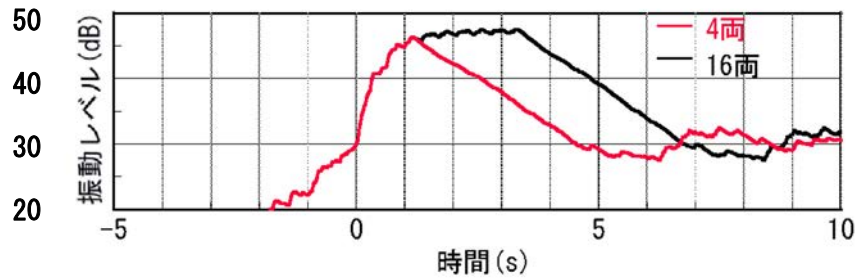


図 3-8-1 編成両数の相違

### 3-9 地下の走行に伴う固体音について

列車の地下走行に伴い発生した振動が地中から建物へと伝搬し、場合によっては居室などの床・壁・天井等を振動させて音として感知されることがある。この音を固体音（固体伝搬音）という。

超電導リアの列車重量は在来型新幹線に比べ軽いこと、土木構造物への荷重が分散することから、列車から地盤、建物に伝わる振動自体が小さく、固体音による影響はないと考えられ、実験線においても苦情は発生していない。

### 3-10 L0系車両の測定結果について

#### 3-10-1 列車の走行（地下を走行する場合を除く。）

L0系車両における70～500km/h走行時の振動測定結果を表3-10-1-1に示す。評価書に記載している測定結果（評価書 表8-1-3-38）と概ね同程度の振動レベルとなっている。

表 3-10-1-1 L0系車両の地盤測定結果（地下を走行する場合を除く。）（7両編成）

構造物名	高架橋高さ	予測地点 (ガイドウェイ中心 からの距離)	振動レベル (最大値)
大原高架橋	22.5m	6.6m	61dB (浮上走行)

#### 3-10-2 列車の走行（地下を走行する場合に限る。）

L0系車両における70～500km/h走行時の振動測定結果を表3-10-2-1に示す。評価書に記載している測定結果（評価書 表8-1-3-46）と概ね同程度かそれ以下の振動レベルとなっている。

表 3-10-2-1 L0系車両の地盤測定結果（地下を走行する場合に限る。）（7両編成）

構造物名	地質	土被り	測定地点 (トンネル直上か らの水平距離)	振動レベル (最大値)
高川 トンネル	有機質並びに 砂混じりシルト	7m	0m (直上)	38dB (浮上走行)
				35dB (車輪走行)
御坂笹子 トンネル	シルト混じり礫 並びに頁岩	44m	0m (直上)	24dB (浮上走行)
				28dB (車輪走行)



### 3-11 地盤等の条件の違いによる影響について

下記に示すとおり、地盤や構造物条件の違いによる影響について定量的検討が行われており、条件の異なる場合でも新幹線の勧告値を達成することが十分に可能であると確認されている。

土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol. 68, No. 1, 151-166, 2012.

## 超高速鉄道走行時の構造物及び地盤の振動に関する実測と予測

宇野 護<sup>1</sup>・永長隆昭<sup>2</sup>・藤野陽三<sup>3</sup>・芦谷公稔<sup>4</sup>・森川和彦<sup>5</sup>

<sup>1</sup>フェロー 東海旅客鉄道(株) 中央新幹線推進本部 (〒108-8204 東京都港区港南2-1-85)

<sup>2</sup>正会員 東海旅客鉄道(株) 中央新幹線推進本部 (〒108-8204 東京都港区港南2-1-85)

<sup>3</sup>フェロー 東京大学教授 工学系研究科社会基盤学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

<sup>4</sup>正会員 (公財)鉄道総合技術研究所 総務部 (〒108-8204 東京都国分寺市光町2-1-85)

<sup>5</sup>(株)大崎総合研究所 (〒100-0011 東京都千代田区内幸町2-2-2)

本論文は、超高速鉄道における沿線地盤振動の特性を振動の発生・伝達の観点から把握し、予測モデルを構築して、営業線で想定される条件における予測を行うものである。実験線での走行試験結果から、超高速鉄道では車両による周期的な加振の影響に加えて、高架橋の振動特性や地盤の特性が沿線地盤振動に大きく寄与していることを明らかにした。さらに、営業線で想定される地盤条件や、環境対策工を含めた構造物条件を再現可能な3次元シミュレーション解析モデルを構築して振動レベルの予測を行い、環境保全目標値である新幹線振動の勧告値が営業線においても十分に達成可能であることを確認した。

**Key Words** :high-speed railway, ground vibration, girder bridges, field vibration measurement, test line, 3-D analysis, voxel model

#### 1. はじめに

500km/hの超高速で走行する超電導磁気浮上式鉄道(以下、本論文においては「超高速鉄道」と略称:なお整備計画上の最高設計速度は505km/h)は我が国独自の技術を駆使した新たな輸送機関として開発が着実に進められ、2009年7月には技術開発全般に亘る総括的な技術評価が国の「超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会」により行われて、超高速大量輸送システムとして運用面も含めた実用化の技術の確立の見通しが得られているとの結論を得ている<sup>1)</sup>。一方、経済社会の大動脈である東海道新幹線は開業後47年を経過し、将来的な経年劣化や大規模災害に対する抜本的な備えを考えなければならぬ時期にきている。そのためこの役割を代替するバイパスとして全国新幹線鉄道整備法に基づく中央新幹線の整備計画が2011年5月に決定され、超高速鉄道を適用した新線の建設手続きに着手したところである。

こうした鉄道の新線建設にあたっては、想定される輸送需要を安全、確実かつ効率的に満たすことのできる路線の計画を行うのは勿論のこと、環境に与える影響を適切に評価した上で必要な対策を実施することが重要であり、特に沿線の騒音振動防止に対しては最大限の配慮が必要である。

超高速鉄道の環境対策のうち沿線地盤振動については、後藤ら<sup>2)</sup>により測定結果の報告が行われており、前述の技術評価の中でも「車両が軽量でかつ土木構造物への荷重が分散しているため小さいという特性を持っており、特段の対策をせずとも『環境保全上緊急を要する新幹線振動対策について(勧告)』<sup>3)</sup>に準拠して設定した基準値(案)が充分達成可能である」とされている<sup>1)</sup>。しかしながら、計画路線の影響予測を適切に行うためには、沿線における種々の構造物や地盤の条件に対応した地盤振動の予測を行って実測値を補完することが望ましく、そのための手法を振動の発生・伝播特性を反映して構築

することが必要である。

新幹線の沿線地盤振動については旧国鉄の時代から研究が進められてきており、振動の発生・伝達に関する特性が明らかにされている。例として吉岡<sup>9)</sup>によるJR民営化前後の膨大なデータの分析・考察や芦谷・吉岡<sup>7)</sup>及び横山ら<sup>8)</sup>による高速化時の特性把握の研究が挙げられる。また構造物の振動特性と沿線地盤振動との関連について、ラーメン高架橋を対象として、原ら<sup>7)</sup>による高架橋端部の付加的な振動とその低減策の研究や、吉田・関<sup>9)</sup>による鉄道振動の高架橋健全度評価への活用の研究が進められている。一方、超高速鉄道は図-1に示す通り、浮上する車両を既存鉄道の軌道に相当するガイドウェイ（側壁及び走行路により構成される。以下、本論文において「軌道部分」と呼ぶ）が支持・案内・推進しており、かつ高架橋の標準構造がこれまで新幹線であり研究の対象とされていない桁橋構造であるため、振動の発生・伝達機構が新幹線の場合とは異なり、沿線で観測される振動特性にも影響を与えている可能性がある。超高速鉄道の構造物振動の特性については、車両走行に伴う共振という観点から研究が進められた事例はある（例えば曾我部ら<sup>9)</sup>）が、沿線地盤振動との関連を論じた研究は過去に行われていない。

鉄道における振動レベルの予測に関しては、これまで実測データを引用する例が多かった<sup>10)</sup>が、近年では入力及び伝播系をモデル化して予測する解析的手法や、実測データと解析モデルを組合わせて予測する方法(例えば吉岡<sup>11)</sup>による等価起振力法)の研究が進んできている。超高速鉄道においても、土地利用や地盤特性の異なる種々の地域を通過することや環境対策工として明かりフードを設置する場合もあることを考慮し、振動の発生・伝達機構を適切に反映したモデルを構築して沿線地盤振動の予測・評価を進めていくことが望ましい。

そこで本論文は、実験線における測定結果に基づいて超高速鉄道における沿線地盤振動の特性を振動の発生・伝達の観点から解明する。その上で現象の再現を可能とする数値計算モデルを構築して、営業線で想定される様々な構造物及び地盤条件における予測を行い、前述の基準値(案)が十分に達成可能であることを検証する。

## 2. 測定結果に基づく沿線地盤振動現象

### (1) 測定条件

車両走行時の振動の発生特性及び軌道部分から構造物、沿線地盤にかけての伝達特性を把握するため、実験線の2箇所の高架橋・橋梁において測定を実施した。対象とした構造物の概要を図-2に示す。

A高架橋は実験線の標準形式である桁長37.8mのPRC箱桁で、施工基面までの高さは約23m、基礎は直接基礎と

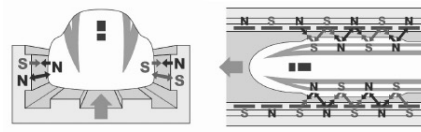


図-1 超高速鉄道の推進・浮上の原理

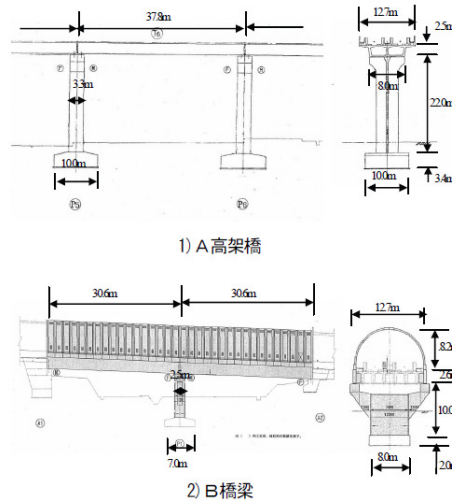


図-2 測定対象構造物の概要

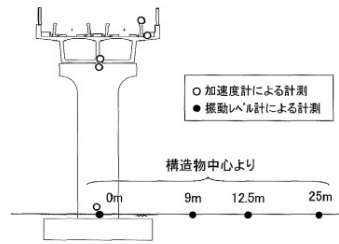


図-3 振動の測定位置

なっている。表層は厚さ3m、N値は4程度のローム層で測定箇所付近では概ね水平に分布している。B橋梁はトンネル間の短い谷地形の明り区間にある桁長30.6mのPCT桁で、環境対策工として明かりフードを設置しているのが特徴である。施工基面までの高さは約9m、基礎は直接基礎である。表層地盤はシルト及び砂礫が主体の互層で厚さは6m、N値は10程度である。それぞれの基礎地盤のN値は50以上である。

構造物・地盤における具体的な測定位置を図-3に示す。構造物内の振動伝達を計測するため、桁の支点付近の同一断面において、加速度計を側壁上部、側壁に接する高架橋・橋梁のスラブ面と裏面、および橋脚の上・下部に設置した。また周辺地盤の影響を把握するため、振動レ



ベル計を線路中心直下から距離を変えて配置した。

一方、車両は図-4に示す4両編成の試験車両であり、積車重量は先頭車両で約330kN、中間車両で約200~220kNである。台車は連接台車であり、1台車が両側の車体を支持している。低速走行時はゴムタイヤにて走行するが、1台車を2軸で支持するため、軸重は約110kNであり新幹線(約450kNを2台車4軸で支持している)と同程度である。今回、低速車輪走行時として70~200km/h、高速浮上走行時として200~500km/hの速度で測定を行った。測定は水平成分についても実施したが、水平成分に比べて鉛直成分が卓越する(新幹線においても同様の傾向がある<sup>4)</sup>)ことや、新幹線振動における測定・影響評価の対象が鉛直成分のみであることを考慮し、鉛直成分のみに着目して分析を進めることとした。さらに、本研究は沿線地盤における振動レベルの予測・評価を最終的な目的としており、周波数毎に定められた相対レスポンスに基づく感覚補正を行って振動レベル(オールパス(AP)振動レベル)が算出されることから、周波数毎の特性を把握することが研究を進める上で極めて重要である。そこで、本研究における計測結果は基本的に1/3オクターブバンドの振動レベルで分析・評価を実施することとした。

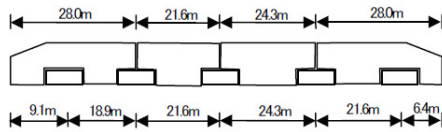


図-4 試験車両の概要

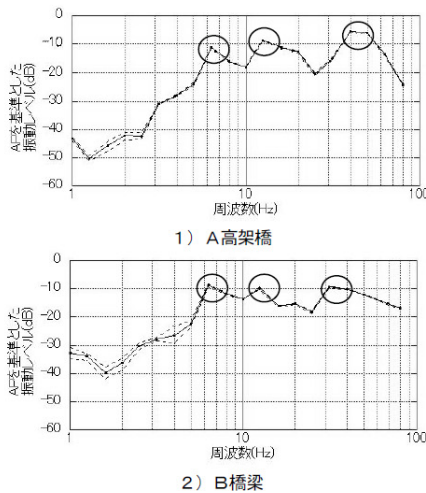


図-5 500km/h走行時の側壁上部における1/3オクターブバンド振動レベル

(2) 軌道部分における振動発生特性

最初に、軌道部分における振動の発生特性について整理する。図-5にA高架橋、B橋梁における500km/h走行時の側壁上部1/3オクターブバンド振動レベル分析結果を示す。なお本論文では、特に断りのない場合、各測定位置の1/3オクターブバンドの振動レベルについて、APの振動レベルを基準に正規化したうえで、表示している。グラフの点線は複数列車における測定値の最大と最小を表しており、実線は測定値の平均(新幹線振動の測定評価は算術平均で行うと規定されているため、ここでは算術平均としている：以下同様)を表している。どちらの場合も、6.3Hz、12.5Hzの成分にピークを有することが確認される。また高周波数領域においては、A高架橋で40~50Hz前後の成分が卓越している一方、B橋梁では上記

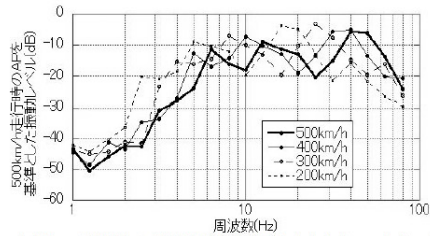


図-6 A高架橋の側壁上部における1/3オクターブバンド振動レベルの速度による変化

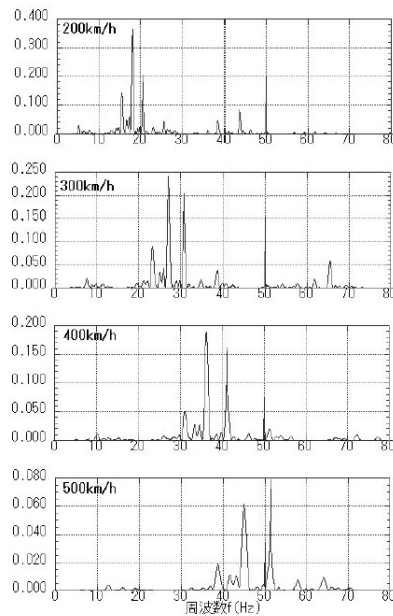


図-7 A高架橋の側壁上部における振動の正規化パワースペクトル

他に31.5Hz付近の周波数成分が含まれている。

次に、ピークとなる周波数の要因を探るため、A高架橋において1/3オクターブバンド振動レベルの速度による変化の状況を図-6に整理した。グラフは各速度における複数列車の平均値を表している。200km/hの場合に見られる2.5Hz, 5Hz, 16Hzのピークが速度が増すにつれて高い周波数側(500km/hで6.3Hz, 12.5Hz, 40Hz)に移動していることが確認され、これらは速度に依存する成分であることがわかる。B橋梁でも同様の傾向である。さらに側壁上部における振動のパワースペクトル(分散により正規化して表示:以下同様)を分析し、速度別に整理すると図-7の通りとなり、以下の特徴が確認される。

- 1) 個々の小さな波形のピークは、台車間隔(18.9m~24.3m)に起因する周波数の整数倍となっている。
- 2) 全体的に見た大きな波形のピークは2.7m前後の長さに起因する周波数となっている。

このうち2)について、走行速度とともにピーク周波数が移動するのは、車両から軌道部分へ走行速度に応じたある特定の区間の繰り返し荷重が作用しているためと考えられる。図-6の500km/hの場合の6.3Hzは台車間隔(試験車両における代表的間隔は21.6m)に依存していると考えられる。また、12.5Hzと40~50Hzは10.8mと2.7mの間隔に依存すると想定されるが、この間隔は超電導磁石の極間隔1.35mの整数倍となっている。同様の特性は新幹線においても観測されている。横山ら<sup>6)</sup>の研究によれば、新幹線車両が200~350km/h程度で走行する場合、超低域(2~4Hz)、低域(6.3~12.5Hz)、中域(20~40Hz)、高域(40~80Hz)にピークがあらわれ、そのうち明かり区間では超低域~中域が主体になるが、これらのピークは台車の車軸間隔2.5mとその整数倍の台車間隔17.5mや車両長25mに依存する車軸の繰り返し加振に起因すると考えられている。これらのことから、超高速鉄道の軌道部分における振動の発生特性は、新幹線と同様に車両の超電導磁石の極間隔や台車間隔等で繰り返される荷重の影響を受けるものと考えられる。ただし、A高架橋においては軌道部分の側壁の支持間隔も2.7mとなっているため、500km/h走行時の40~50Hzのピークは地上側設備が順次繰り返し加振される影響も考えられる。B橋梁においても同様の傾向が確認されるが、高周波域で確認された31.5Hzのピークについては、B橋梁で側壁の一部に6.3mとA高架橋に比べて長い支持間隔の箇所があり、この間を通過する際の規則的な加振の周波数が小さくなることによるものと推定され、実際他のピークと同様に速度が変化すれば周波数も変化することが確認されている。

### (3) 伝達過程における振動の変化

A高架橋及びB橋梁の橋脚下部における500km/h走行時の1/3オクターブバンド振動レベルを図-8に示す。グラフ

の点線は複数列車における測定値の最大と最小を表しており、実線は測定値の平均を表している。加振源に近い側壁上部においてはA高架橋、B橋梁とも一部を除いて同じ周波数にピークが現れていたが、橋脚下部におけるピーク周波数はA高架橋で4Hz, 12.5Hz, 40Hz付近、B橋梁で6.3Hz, 16~20Hz, 40Hz付近となっており、違いが見られる。このうち、軌道部分の振動(図-5参照)に見られなかった、A高架橋の4HzとB橋梁の16~20Hzは構造

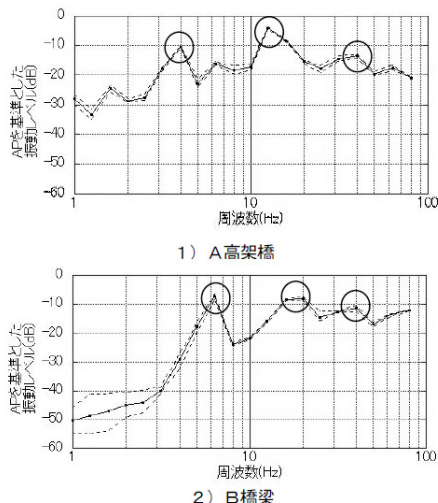
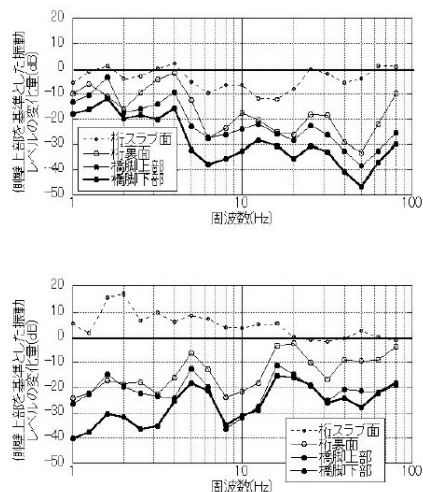


図-8 500km/h走行時の橋脚下部における1/3オクターブバンド振動レベル



### 2) B橋梁

図-9 500km/h走行時の1/3オクターブバンド振動レベルの構造物内伝達過程における変化



物固有の振動特性に起因することが想定される。

側壁上部の1/3オクターブバンド振動レベルを基準にして、構造物の各計測点における1/3オクターブバンド振動レベルを示したものが図-9である。側壁上部を基準にした桁スラブ面の振動は、A高架橋では5Hzから20Hzにかけて減衰している一方、B橋梁では低い周波数の振動が増加していることが確認されるが、特に側壁の振動は計測する部位(今回の計測では側壁の支持点付近)によって異なる可能性があり、更なる考察のためには詳細な計測を要する。桁スラブ面から桁裏面、橋脚上部、橋脚下部と伝播していくに従ってA高架橋、B橋梁とも振動は減衰してきており、このうち桁裏面から橋脚上部にかけての減衰は桁のゴムシューの減衰に相当すると思われる。周波数毎にみると、A高架橋では4Hz、10~16Hz、25Hzの各帯域において減衰の度合いが少ない一方で、B橋梁では5~6.3Hz、16~20Hzの帯域で減衰の度合いが少なく、傾向が異なっていることがわかる。

新幹線と比べた超高速鉄道の伝達特性を明らかにするため、吉岡が整理した新幹線構造物の測定結果と今回の測定結果を比較する。吉岡の測定結果はラーメン高架橋を中心に整理しており、直接的な相互比較はできないが、各路線の標準構造における違いをマクロな観点から把握することも重要と判断し、本論文においてはそのまま比較を行った。その結果、

- 1) スラブ面から橋脚下部にかけての減衰の大きさは、新幹線の高架橋では概ね10dB強程度である<sup>4)</sup>一方、超高速鉄道では図-9に示す通り、どちらの高架橋・橋梁においても概ね20dB以上減衰している。
- 2) 新幹線の高架橋では各周波数で比較的同じように減衰が見られる<sup>4)</sup>のに対し、超高速鉄道では図-9に示す通り、どちらの高架橋・橋梁においても特定の周波数で減衰の割合が少なくなる傾向がみられる。

1)の理由の1つとして浮上走行することによる影響が考えられるが、これについては次節で述べる。その他、桁構造の違いや、超高速鉄道の高架橋が新幹線に比べてマッシブ・リジッドなこと(超高速鉄道においては新幹線と比較して許容たわみ量を小さく抑えており<sup>12)</sup>、かつ特別な場合を除いてスパン長が長いこと、結果的に一般的な新幹線の高架橋と比較して桁・橋脚ともマッシブ・リジッドとなっている)、前述の桁のゴムシューによる減衰(APへの影響は5dB程度)の3点も理由として挙げられる。このうち2点目については吉岡の分析<sup>4,10)</sup>によれば桁橋区間において、1スパン当たりの上部工コンクリート重量や橋脚重量が大きいほど振動レベルが低い傾向があることが確認されている。

また2)の違いを生ずる原因としては超高速鉄道の各構造物が持つ振動特性の影響や、基礎地盤の特性による影響が考えられ、次章で考察を進めていく。

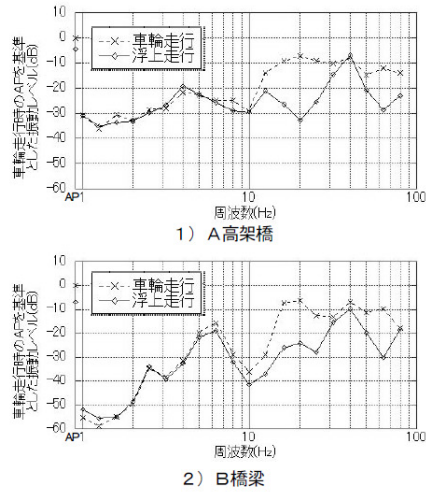


図-10 200km/h走行時の橋脚下部における1/3オクターブバンド振動レベル(車輪走行時と浮上走行時の比較)

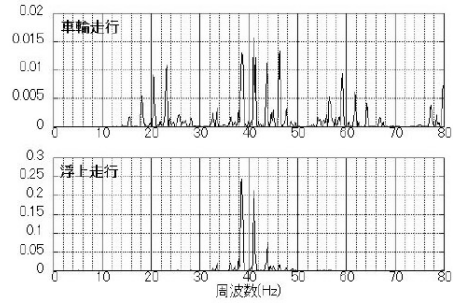


図-11 A高架橋200km/h走行時の橋脚下部における正規化スペクトル(車輪走行時と浮上走行時の比較)

#### (4) 走行形態が異なる場合の特性の違い

超高速鉄道は浮上走行する点が既存の鉄道と異なっており、この点が振動の発生・伝達に与える影響を検証するため、同じ200km/hで車両が車輪走行した場合と浮上走行した場合の比較を行う。なお通常は200km/hよりも低い速度で車輪走行から浮上走行への移行を行っており、今回の車輪走行は試験目的のために実施したものである。

橋脚下部における1/3オクターブバンド振動レベル(車輪走行時のAPの振動レベルが基準)を図-10に示す。10Hz以下の周波数では車輪走行時と浮上走行時の差が小さい一方、10Hzを超える周波数では40Hzを除き、浮上走行時のレベルが低くなっている。特に浮上走行では1.35mの長さ(車両に搭載する磁石の極間隔)に起因する40Hzの顕著なピークが確認される一方、車輪走行で

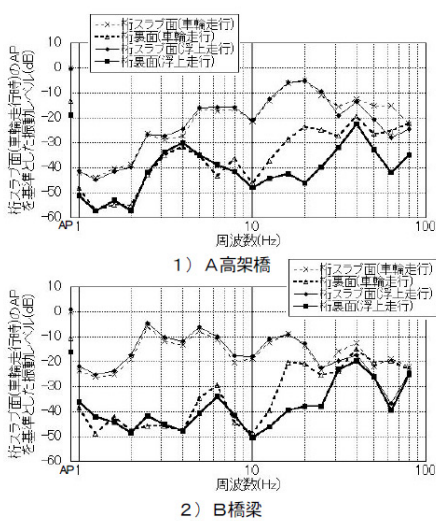


図-12 200km/h走行時の桁スラブ面、桁裏面における1/3オクターブバンド振動レベル(車輪走行時と浮上走行時の比較)

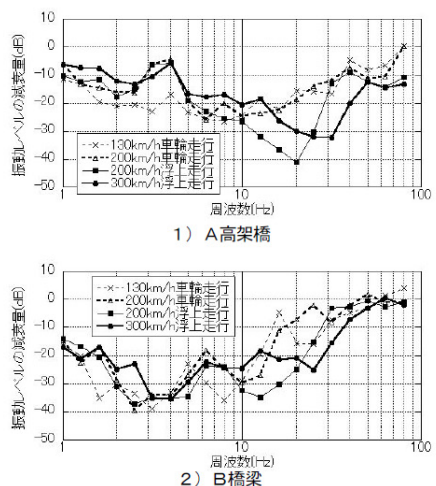


図-13 桁スラブ面から桁裏面にかけての1/3オクターブバンド振動レベルの減衰量

は車軸間隔の2.7mに起因する20Hzを含め、広範囲周波数が卓越している。結果として、APの振動レベル(各グラフの左端に示している)も浮上走行の方が5~7dB小さくなっている。図-11に示す振動のパワースペクトルと比較しても、車両走行時は比較的広い周波数にピークが見られるものの、浮上走行時はピークが40Hz付近(超電導磁石の極間隔に由来する周波数)に限定されている。

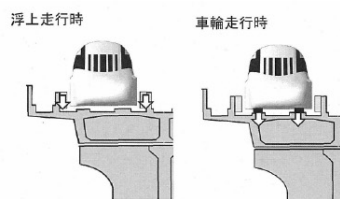


図-14 車輪走行時、浮上走行時の荷重伝達の違い

A高架橋及びB橋梁の桁スラブ面・桁裏面における1/3オクターブバンド振動レベルを車輪走行時、浮上走行時と比較した結果を図-12に示す。なお、車輪走行時の桁スラブ面におけるAPの振動レベルを基準として表示している。桁構造の違いに関わらず、どちらも桁スラブ面の振動レベルは車輪走行時と浮上走行時で概ね同一傾向であるが、桁裏面では10Hzを超える周波数で40Hz付近を除いて浮上走行時の振動がより減衰しており、橋脚下と同一の傾向である。さらにこの傾向が車輪走行と浮上走行の違いによるものであるかを確認するため、桁スラブ面から桁裏面にかけての振動レベルの減衰量を、車輪走行時(130km/h、200km/h)と浮上走行時(200km/h、300km/h)について整理した。その結果、どちらの高架橋・橋梁においても図-13のように浮上走行時には車軸間隔2.7mに起因する周波数を中心に、車輪走行時より減衰量が大きかった。

図-14に示すように、車輪走行時は車両を支えるゴムタイヤに掛かる荷重が桁と一体となった走行路に直接作用し、桁から橋脚、地盤と伝達される。一方で浮上走行時は走行する列車荷重の反力が複数の地上側のコイルに作用し、更にその荷重がコイルを取付ける側壁に分散して、桁、橋脚、地盤と伝達されるといった違いがある。詳細については今後さらに研究を進めていく必要はあるが、こうした伝達経路の違いが振動の伝達・減衰特性に影響を与え、浮上走行時の振動レベルが小さくなったものと考えられる。

(5) 地盤における伝達特性

地盤における振動の伝達特性を検証するため、構造物中心及び9m離れ、12.5m離れ、25m離れの地点における、A高架橋及びB橋梁の500km/h走行時1/3オクターブバンド振動レベルを、構造物中心におけるAPを基準として整理した結果を図-15に示す。A高架橋では10~25Hzの周波数帯域において遠い地点で振動の増幅が見られ、沿線地盤においては12.5Hzのピークが顕著となっている。一方B橋梁では周波数による減衰の違いはあまり見られず、結果として沿線地盤では6.3Hzの他、16~40Hzの広い周波数帯域にピークが見られることが確認される。なお、B橋梁の25m離れ地点は水路を挟んだ位置にあり、減衰



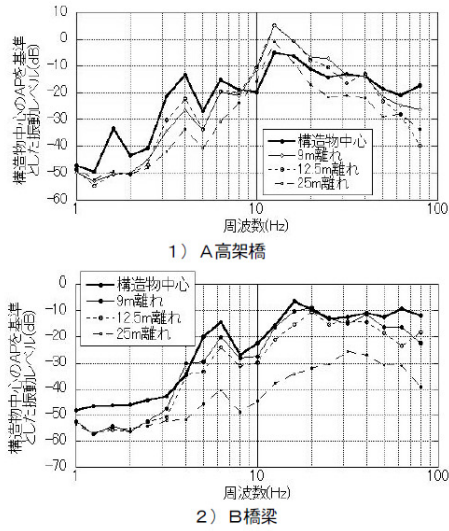


図-15 500km/h走行時の沿線地盤における1/3オクターブバンド振動レベル

特性に影響を与えている可能性がある。

地盤における振動の伝達特性を更に検証するため、A高架橋及びB橋梁において橋脚下部の振動に対する構造物中心から9m離れの地点における振動の比率（伝達関数）を整理したものを図-16に示す。新幹線鉄道建設時の環境影響評価に用いられてきた測定例は12.5m離れや25m離れの場合が多いが、超高速鉄道においてはこれまで技術評価<sup>1)</sup>に用いられている測定点を含め、9mないしは9.5m離れの地点で多く測定を行ってきたことから、本研究における分析・評価は9m離れの地点を中心に進めることとした。グラフは速度の変化による影響も含めて分析を行うため、500km/h走行時と300km/h走行時の結果を併せて示している。これによれば、A高架橋においては速度に関わらず10~30Hzの幅広い帯域で振動の増幅傾向が見られ、特に15Hz、21Hz、27Hz付近などは鋭いピークを形成している。12.5m離れの地点においても同様の傾向が確認される。その原因としては、表層と第二層（基礎地盤）のN値やS波伝達速度の違いが大きく、表層の厚さや伝播速度の関係から表層の固有振動数の影響を受けやすい状況にあるためと考えられるが、更に検討が必要である。一方B橋梁においては、特に増幅が見られる周波数帯域はない。

なお、軟弱地盤上を列車が高速走行した場合、表層の伝播速度と列車速度が合致し、沿線で大きな地盤振動が観測される例が報告されている（例えば竹宮ら<sup>13)</sup>）。A高架橋の沿線地盤における表層の伝播速度は経験式によれば160m/s程度となり、500km/h走行時の速度（139m/s）

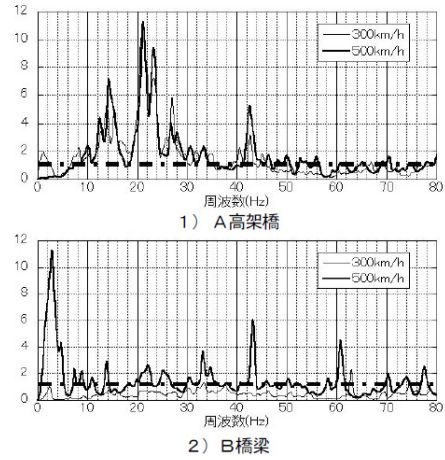


図-16 橋脚下部と9m離れの地点における振動の伝達関数

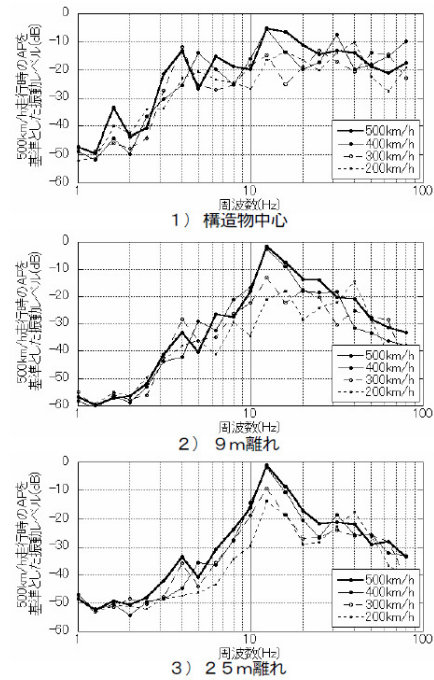


図-17 A高架橋の沿線各地点における1/3オクターブバンド振動レベルの速度による変化

に近接することから、同様の可能性について確認するため、図-17の通り、構造物中心、9m地点、25m地点における1/3オクターブバンド振動レベルの速度による変化の状況を整理し比較した。地盤による増幅傾向の大きい

10~20Hzにおいて300km/hと400km/hの場合のレベル差が大きくなっているが、400km/hと500km/hにおける差は小さい。またこれ以外には速度に伴うレベルの変化が大きい箇所はなく、かつ位置の違う各地点において傾向は共通している。そのためこれらを総合すると、今回測定したA高架橋においては、直近の橋脚からの振動に対して離れた他の橋脚からの振動が重畳し、振動レベルに影響を与えている可能性は低いと考えられるが、今後さらに多くの条件で計測を行い、考察を深めていく必要がある。なおB橋梁においては表層の伝播速度が列車速度よりも十分に速いと想定され、速度に伴うレベルの変化が大きい周波数はないことを測定結果からも確認している。

このように、超高速鉄道においても既存新幹線の高速度における事例<sup>3)</sup>と同様に、地盤特性の影響で特定の周波数の振動が増幅されることがあり、振動値の予測・評価にあたっては、この点を考慮することも必要である。

### 3. 構造物特性の振動への影響に関する考察

前章の検討で、超高速鉄道においては加振源における振動の特性に加え、構造物や地盤の特性が沿線地盤振動に大きく関係することが確認された。その中で、構造物の特性が沿線地盤振動に与える影響について、桁たわみ測定結果の分析と固有値モード解析により、さらに考察を進める。

#### (1) 桁の固有振動数と沿線地盤振動の関係

構造物の影響により卓越していると想定される周波数のうち、低い周波数については桁の固有振動数が影響していると想定し、桁を車両が通過した後の自由振動時におけるたわみ波形からフーリエ解析により桁の固有振動数を算定して、沿線地盤振動との比較を行った。前述のA高架橋、B橋りょうの他、スパン59.4mのPC箱桁及びスパン25.2mのPCT桁であるC橋梁（概要を図-18に示す）においても、構造物中心付近における地盤振動の1/3オクターブバンド振動レベル及び桁のたわみ波形のスペクトル（分散により正規化して表示）を測定し比較を行った。結果を図-19に示す。

それぞれの桁において、たわみ波形の分析結果から把握された固有振動数と1/3オクターブバンドで卓越している振動の周波数帯域が概ね一致することが確認される。これにより、A高架橋の地盤振動に見られる4HzのピークおよびB橋梁の6.3Hzのピークは構造物の固有振動が起因していると考えられる。またC橋梁においては、観測地点に近接する橋脚が支える二つの桁の固有振動数に係るピークがそれぞれ確認されている。特にスパン25.2mの桁の固有振動数7.1Hzは加振源でピークを現す6.3Hzの周波数帯域に近く、全体の振動レベルを支配している。

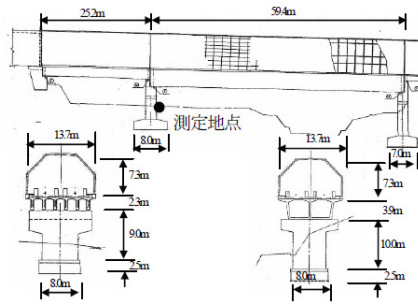


図-18 C橋梁の概要

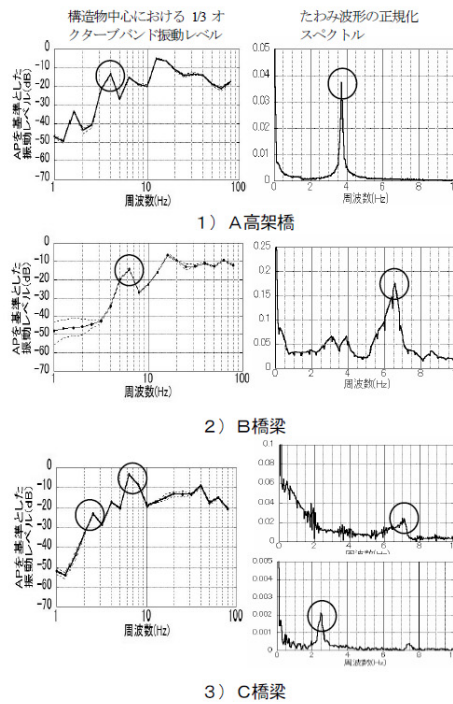


図-19 500km/h走行時の構造物中心における1/3オクターブバンド振動レベルと桁たわみの関連

#### (2) 高架橋全体の振動モードと沿線地盤振動の関係

前項の検討により、桁の固有振動数と沿線地盤振動で卓越している周波数に関連があることがわかったが、さらに高次の振動モードによる影響も考えられるため、A高架橋を対象に高架橋全体の振動モード解析を実施して、その結果と沿線地盤振動との比較を行うことを考えた。今回作成した解析モデルの概要を図-20に、設定した材料定数を表-1に示す。7連の単純桁から構成され、このうちP2及びP3は杭基礎、その他は直接基礎となっている。



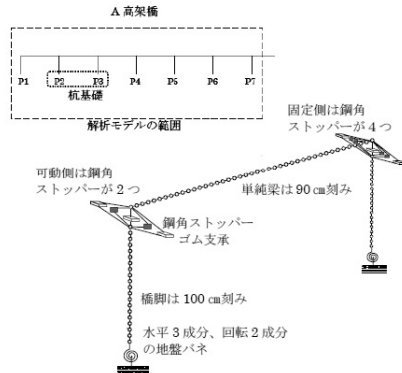


図-20 A高架橋固有値解析モデル

表-1 各部材の詳細条件

部材名	要素種類	条件
桁	梁要素	設計図に記載の断面 90cm刻み コンクリート強度39.2N/mm <sup>2</sup> 側壁(12.6mユニット)は死荷重として作用
ゴム支承	ばね要素	水平2方向と上下方向に設定
鋼角ストッパー	梁要素	固定側は全断面有効と算定 移動側は無視
橋脚	梁要素	設計図に記載の断面 100cm刻み コンクリート強度23.5N/mm <sup>2</sup>
地盤及び基礎杭	地盤ばね	杭基礎の場合は地盤定数と群杭の影響を考慮した3次元薄層法により複素ばねを設定 直接基礎の場合は地盤定数と動的地盤インピーダンスより基礎底面の地盤ばねを設定

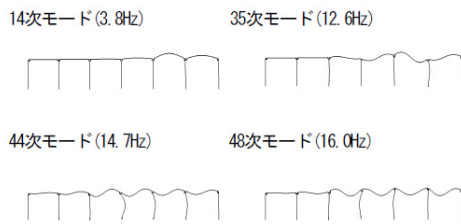


図-21 A高架橋の卓越振動モード(鉛直方向)

なお沿線地盤振動の測定箇所はP6付近である。

固有値解析の結果を図-21に示す。解析は水平2方向、鉛直方向の計3方向について行ったが、ここでは50次までのモードのうち、鉛直方向の成分が卓越しているモードを抽出している。このうち14次モードは桁の単純上下

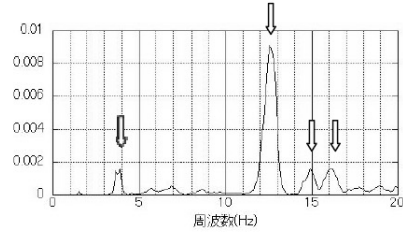


図-22 A高架橋500km/h走行時の橋脚下部正規化パワースペクトルと解析による固有振動数(矢印)の比較

振動モードであり、前項で桁たわみ波形から算定した固有振動数にほぼ一致している。また35次モードは桁の変形とともに橋脚が橋軸方向に変形するモードであり、橋軸方向と上下方向のそれぞれの振動が卓越する。この結果から、A高架橋の振動に見られていた12.5Hzのピークは、車両の繰り返し荷重効果のほか、構造物の固有振動数にも起因していると考えられる。

図-22は、A高架橋500km/h走行時の橋脚下における構造物振動を正規化パワースペクトルで表した図であり、これに図-21で卓越していた周波数を示すと矢印の通りとなり、構造物において卓越しているピークと一致することが確認できる。

上記のことから、超高速鉄道においては構造物の振動特性が沿線地盤振動に強い影響を及ぼしていることが、たわみ測定結果の分析と固有値モード解析の結果からも裏付けられたと言える。

以上述べてきた実験線の測定結果に基づく評価及び考察の結果、超高速鉄道における地盤振動の特徴として

- 1) 超高速鉄道の軌道部分で発生する振動は車両の台車間隔や超電導磁石の極間隔による規則的な加振の影響を強く受けており、新幹線と同様の傾向を持つ。
- 2) 超高速鉄道においては、浮上走行に伴って、10Hz以上の周波数成分が極間隔1.35mに起因する特定の周波数を除いて車輪走行時より桁において大きく減衰している。この傾向は桁構造の違う橋梁においても同様に確認されており、荷重伝達の違いが影響していると考えられる。
- 3) 超高速鉄道では2)に加え、高架橋における振動の減衰が新幹線に比べて全体的に大きく、さらには桁の固有振動数等、構造物特性の影響により特定の周波数において減衰量が少なくなる傾向がある。その結果、橋脚下部において軌道部分では顕著でなかった新たな周波数のピークが形成されている。
- 4) 新幹線と同様、超高速鉄道においても地盤の状況によっては、沿線地盤において振動が増幅される場合があり、振動の予測・評価にあたっては、地盤特性の影響を考慮する必要がある。

の4点が確認された。これらは、本研究により初めて明らかにされた事実であり、営業線における沿線地盤振動を的確に予測・評価するためには、新幹線で培われた知見に加え、これらの特徴を反映していくことが必要である。次章においては、実測結果を反映した数値解析モデルの構築により、超高速鉄道における沿線地盤振動を予測・評価した成果について論じる。

#### 4. 数値解析による沿線地盤振動の予測・評価

##### (1) 構造物と地盤のシミュレーション解析手法

本章では、前章までの検討において確認した構造物の振動特性や地盤の特性を反映した数値解析を実施し、超高速鉄道の営業線で想定される種々の条件における沿線地盤振動を予測・評価するためのモデルを構築することを考える。

##### a) モデル化の手法

従来、新幹線のラーメン高架橋においては柱、梁、スラブ等、高架橋を構成する各要素を線材要素やシェル要素でモデル化し、車両から受けるモデル化された加振力を移動しつつ载荷する方法などにより構造物振動の予測を行っており（例えば原ら<sup>7)</sup>）、前章で構築した高架橋のモデルに別途設定する超高速鉄道の荷重を作用させることで同様の予測を行うことは可能であるが、

- ・超高速鉄道では環境対策工として明かりフード等を設置する場合があります、特に線材要素におけるモデル化の難易度が高くなる
- ・種々の構造物や地盤条件の影響を考慮するため、構造物と地盤を一定の考え方で取扱うことのできるモデルが望ましい

ことから別のモデル化手法を検討し、その結果、人体や浸透流、広域な地震波伝播の解析等に用いられているボクセル有限要素法<sup>14), 15), 16), 17)</sup>に着目して解析を進めることとした。

通常のFEM解析における三次元メッシュ作成にはエンジニアの手作業に要する部分が多く、解析作業の面でも大部分を占めると言われている<sup>18)</sup>。一方、ボクセル有限要素法は三次元形状を等しい大きさの立方体要素（ボクセル）に分割して表現するものであり、

- 1) 形状が非常に複雑であっても、確実かつ高速にモデリングが行え、形状が変わる場合等にも容易に解析を追従させることができる
- 2) 要素形状が単一なので要素マトリックスを全て記憶する必要がなく、要素結合情報が少なく済むことなどから、大幅な記憶容量の削減が可能になり、通常のFEMより格段に細かいメッシュによる解析が可能になる

という利点がある。本研究は超高速鉄道の営業線におけ

る沿線地盤振動の予測モデル構築を目的とするものであることから、種々の構造物（側壁や明かりフードについても考慮する必要がある）や地盤条件に対応した解析を行い、その結果を相互に比較出来ることが望ましい。そこで前述の1)のメリットに着目し、この手法を用いることとした。

##### b) 高架橋と地盤のモデル

解析に用いた高架橋・橋梁及び地盤のモデル図を図-23に、設定した構造物モデルの材料定数を表-2に示す。計算の効率化を図るため、高架橋・橋梁モデルと地盤モデルを分離し、2段階で解析を実施した。

明かりフードは最小厚さが10cmであることから、形状の再現性を考慮して高架橋・橋梁については10cmメッシュのボクセル要素でモデル化した。実測結果から隣接する橋脚からの影響は小さいものと想定し、A高架橋、B橋梁とも2連の桁モデルで解析を行った。また、地盤については実測値で励起されている振動数とせん断波速度を考慮して30cmメッシュのボクセル要素で水平成層モデルを構築した（B橋梁においても、ボーリングデー

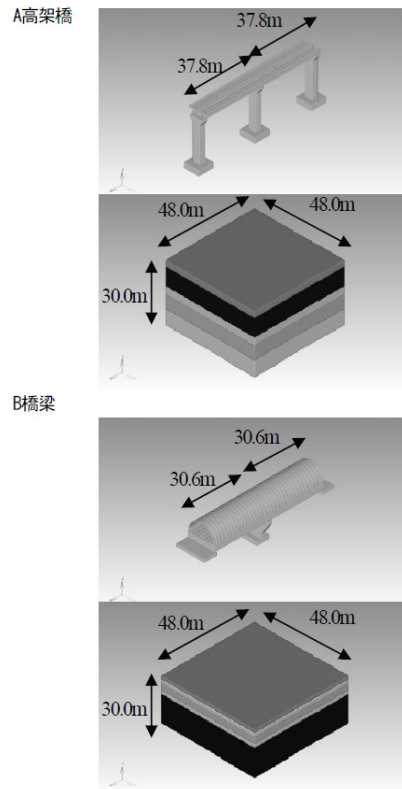


図-23 高架橋及び地盤のボクセルモデル



表2 高架橋構造モデルの材料定数

部位	ヤング率 (N/m <sup>2</sup> )	ポアソン比	単位体積 重量 (kg/m <sup>3</sup> )
側壁	3.2×10 <sup>10</sup>	0.2	2.5×10 <sup>3</sup>
フード	3.2×10 <sup>10</sup>	0.2	2.5×10 <sup>3</sup>
桁	3.2×10 <sup>10</sup>	0.2	2.5×10 <sup>3</sup>
ゴム支承	8.8×10 <sup>8</sup>	0.475	9.4×10 <sup>2</sup>
橋脚	2.7×10 <sup>10</sup>	0.2	2.5×10 <sup>3</sup>

タが限られていることから水平成層として予測した)。各モデルとも全要素で8点積分としている。なお、地盤モデルへの入力、高架橋モデルでの橋脚（フーチングをモデル化）における軸力とした。表-3に示すボーリングデータに基づいて地盤各層におけるせん断波速度を算出し、高架橋・橋梁モデルにおいては3次元薄層要素法により算出した地盤ばねを橋脚端部に設定している。地盤モデルにおいては、底面及び側面を粘性境界とした。

今回の予測にあたっては、計算の効率化を考慮して高架橋・橋梁モデル、地盤モデルともに質量比例型の減衰を設定した。パラメータスタディにより実測値との整合性を検証し、どちらのモデルにおいてもA高架橋では10Hzで1.5%、B橋梁では10Hzで3.0%となる減衰とした。

なお、解析の刻み時間はクーランの安定条件から設定し、高架橋・橋梁モデルでは約1/40,000秒、地盤モデルでは約1/10,000秒としている。

c) 加振力の設定

列車走行時の加振力については以下の通り設定した。まず、車両を浮上させる力が車両に搭載している磁石に働き、その反作用として側壁が荷重を受けることとなる。本研究においては、台車間隔や台車内の磁石の間隔等を考慮して、図-24の通りモデル化した。その後、1つのコイルがもたらす加振力のうち、最大加振力に達するまでの時間及び最大加振力の作用時間をパラメータとして、実測値との整合性が最も高い加振力を選定した。結果を図-25に示す。なお最大加振力については、各台車が支持する荷重の大きさから算定した。

(2) 測定結果と解析値の比較

前項までに設定した高架橋、地盤の3次元立体解析モデル及び加振力モデルを用いて、車両が走行する際の高架橋及び沿線地盤における振動応答を計算し、実測値との比較を行った。計算はA高架橋及びB橋梁の500km/h走行時の列車を対象に実施した他、加振源に起因する周波数成分と基礎地盤を含めた構造物特性に由来する周波数成分が解析上再現されていることを確認するため、A高架橋400km/h走行時についての計算も行った。

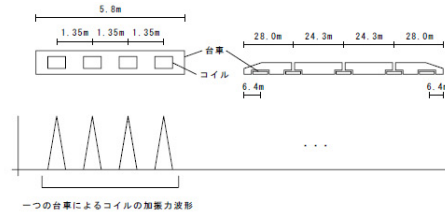
A高架橋における500km/h走行時と400km/h走行時の橋

表3 地盤モデルの基礎となるボーリングデータ

A高架橋			
層厚 (m)	深度 (m)	土質名	N値 (回)
0.3	0.3	表土	
2.8	3.1	ローム	4
9.0	12.1	砂礫	81
3.9	16.0	ローム	11
6.5	22.5	砂質シルト及び シルト質砂	12
6.5	29.0	強風化凝灰岩	197

B橋梁			
層厚 (m)	深度 (m)	土質名	N値 (回)
0.5	0.5	表土	
1.1	1.6	粘土混じり砂礫	24
0.8	2.4	砂質シルト	4
1.1	3.5	粘土混じり砂礫	14
2.6	6.1	礫混じり砂礫シルト	4
1.9	8.0	砂礫	34
13.0	21.0	安山岩	50以上



一つの台車によるコイルの加振力波形

図-24 列車荷重のモデル化概要

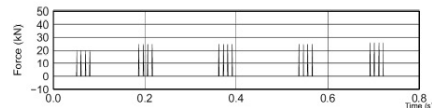


図-25 設定した加振力

脚下部の振動の予測値と実測値について、実測値のAPを基準とした1/3オクターブバンド振動レベルで比較した結果を図-26に示す。500km/h走行時には、予測値において台車間隔に由来する6.3Hz成分の減衰が少なく、実測値に比べてピークがやや目立っているものの、構造物特性に起因する4Hz付近のピークや加振力成分・構造物特性双方に起因すると考えられる12.5HzといったAPの振動レベルに影響の大きなピークが確認される。一方

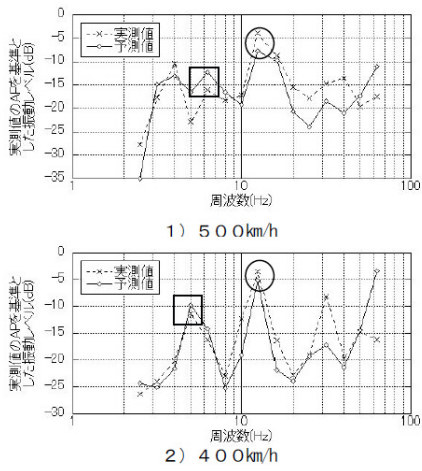


図-26 500km/hと400km/hの予測値・実測値比較 (A高架橋の橋脚下部)

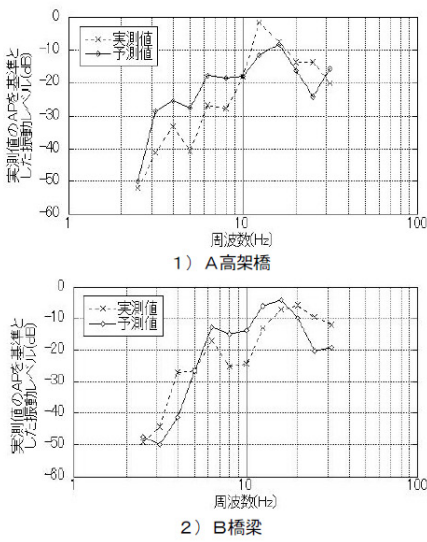


図-27 500km/h走行時の沿線地盤振動(9m離れ)に関する予測値・実測値比較

400km/h走行時においては、台車間隔に起因し実測値に見られる5Hzのピークが解析結果においても顕著にみられており、構造物特性に起因すると考えられる12.5Hzの成分にもピークが確認される。つまり、加振力成分に由来し速度依存性のある周波数成分と、構造物特性に由来し速度依存性のない周波数成分のそれぞれが、解析上も現われているといえる。

さらに、500km/h走行時の構造物中心から9m離れの地点において、実測値のAPを基準とした1/3オクターブバ

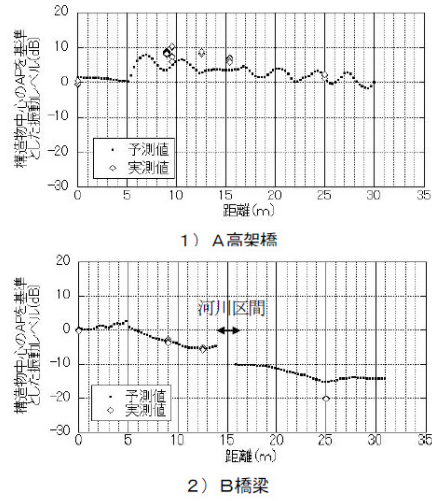


図-28 構造物中心からの離れ毎の予測値・実測値比較 (500km/h: 構造物中心のAP振動レベルを基準)

ンド振動レベルで実測値と予測値を比較した結果を図-27に示す。A高架橋の沿線地盤では、10Hz以下の低い周波数帯域において予測値が実測値より全体的に大きい等の相違点はあるものの、10~20Hzの帯域で振動が卓越する傾向を解析上も確認した。なお9m地点では12.5Hzのレベルが16Hzより小さく予測されているが、大半の距離においては実測値と同様、12.5Hzのレベルが最も高いと予測される。B橋梁についても同様に予測値においては、実測値ほど顕著ではないものの構造物特性に起因すると考えられる16Hzのピークが現れており、加振力成分・構造物特性双方に起因すると考えられる6.3Hzのピークとともに、実測値に見られる特徴をよく表している。また6.3~12.5Hzの低い周波数においては予測値のレベルが大きくなり、25Hz以上の高い周波数においては実測値のレベルが大きくなるという点は異なるものの、ピークを形成する周波数は概ね一致しており、特に全体のピークを構成する16~20Hzの振動レベルは概ね同程度となっている。

解析結果に基づき構造物中心からの離れ毎にAP振動レベルを予測し、実測値(同箇所において、本研究以外で実施した測定結果も含む)と比較した結果を図-28に示す。

A高架橋の沿線地盤においては、増加・減少を周期的に繰返しながら構造物中心からある一定の距離までは全体として振動レベルが増加し、更に離れると減少すると予測している。増加・減少の繰返しについては解析上特定の周波数の振動が卓越するために発生するものであり実際の状況とは異なると考えられるが、一定の距離まで



増加する点については、これまで実測値で確認された事象を解析に反映できたといえ、予測される振動レベルの最大値は実測値のばらつき範囲内にある。またB橋梁の沿線地盤においては、9m離れ、12.5m離れの地点では予測値が概ね実測値の平均程度となっており、全体的な減衰の傾向も実測値の特徴を捉えている。なお25m地点では予測値が実測値を大幅に上回った結果となっているが、これは現地の制約上、測定点が構造物に対して水路を挟んだ位置にあり、この影響で振動が大きく減衰しているためと考えられる。

(3) 営業線条件における予測

前項の検討の結果、数値解析モデルにより沿線地盤振動の最大値について実用上十分な精度で予測可能であることがわかった。本項では、営業線における様々な条件を想定して地盤振動レベルの予測を行い、新幹線の勧告値を十分に達成可能であることを示す。

a) 予測条件

予測は標準高架橋形式であるA高架橋および4両編成車両のモデルを基本とし、表-4に示す各条件において実施した。

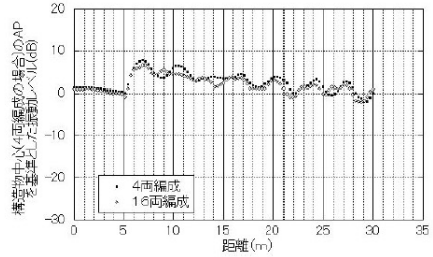
b) 予測結果

基本ケースの予測値と表-4の通り条件を変化させたケースの予測値について、離れ毎の振動レベル（構造物中心における500km/h走行時の実測値を基準として表示）変化と1/3オクターブバンド振動レベルの変化の2つの観点から比較を行う。なお後者については前章における実測結果と同様の理由から、500km/h走行時の構造物中心から9m離れの結果を示している。

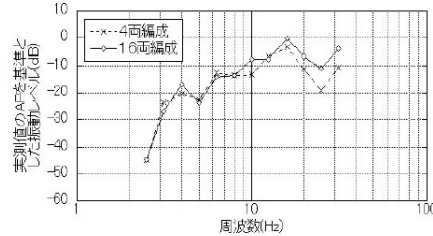
車両編成長が試験車両である4両編成の場合と、営業線を想定した16両編成の場合を比較した結果を図-29に示す。離れ毎に細かい周期で増加と減少を繰り返しているものの全体的なレベルはほとんど変わらず、1/3オクターブバンド振動レベルでも比較してもほとんど違いが

見られないことがわかる。なお実際の測定では振動レベル計の時定数の関係で4両編成と16両編成の指示値は約1dB異なることがわかっているが、この点については図において考慮されていない。

また、高架橋高さを実測の23mから10mに変化させた場合で比較した結果を図-30に示す。高架橋高さ10mの場合、どの地点においてもAP振動レベルは概ね2dB程度

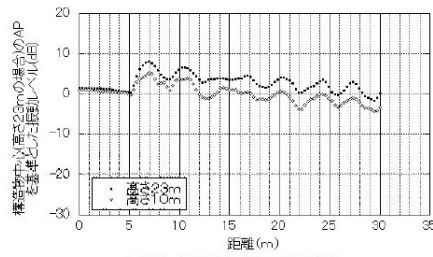


a) 離れ毎のAP振動レベル変化

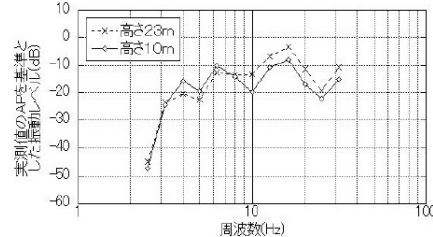


b) 1/3オクターブバンド振動レベル

図-29 4両編成車両と16両編成車両の予測値の比較



a) 離れ毎のAP振動レベル変化



b) 1/3オクターブバンド振動レベル

図-30 高架橋高さ23mと10mの予測値の比較

表-4 予測の実施ケース

番号	予測条件
1	基本ケース (4両編成車両, 高架橋高さ23m, 防音壁付き, A高架橋実地盤)
2	車両編成長変更ケース(4両→16両)
3	高架橋高さ変更ケース(23m→10m)
4	環境対策工変更ケース (防音壁→明かりフード)
5	地盤変更ケース (A高架橋実地盤の表層厚を3m→10mに変更: 基礎は直径1.5mの鉄筋コンクリート杭4本をモデル化)

低くなっている。またピークの位置等、周波数構成の変化はないものの、10Hz以上で全体的な振動レベルの低下が見られる。高架橋高さの変化により高架橋の鉛直振動モードが変化し、その影響を受けた可能性がある。

環境対策工として防音壁を設置した場合と明かりフードを設置した場合を比較すると図-31の通りとなる。全

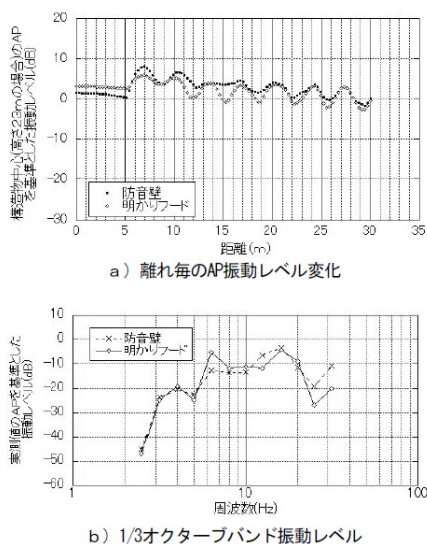


図-31 防音壁と明かりフードの予測値の比較

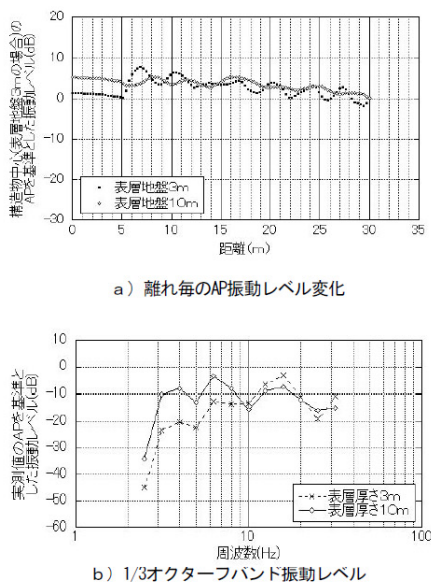


図-32 表層地盤の厚さが異なる場合の予測値の比較

体的に明かりフード設置時の方がやや小さいが、増加、減少を繰り返す中で山の部分に着目すると、構造物から12m以内の近い距離では明かりフード設置時が2dB程度小さい一方、15m以上の遠い距離ではほとんど差がない。周波数別では明かりフード設置時に加振源で卓越する6.3Hzのピークが目立つ一方、12.5Hzなど一部の周波数ではレベルが低くなっている。明かりフードの設置によって高架橋等の卓越振動モードが変化し、加振源で卓越する周波数との一致や相違の状況が異なってくることでレベル分布の状況が変化した可能性がある。

表層地盤の厚さを10mとした場合（基礎は実情を考慮し杭基礎としている）の比較結果を図-32に示す。構造物中心から15m以内では離れによって厚さ3mの予測値が大きい場合と厚さ10mの予測値が大きい場合の両方があるものの、離れが15m以上になるとほとんどの場合に厚さ10mの予測値が大きくなり、その差はAPで概ね2dB程度である。軟弱で厚い表層地盤の場合に低い周波数の振動レベルが増幅することは、横山ら<sup>9)</sup>による新幹線の実測結果においても確認されており、営業線における予測評価においては、考慮に入れるべき要素と考えられる。

c) 新幹線勧告値と予測結果の比較考察

前項において予測を行った各ケースの振動レベルについて、新幹線勧告値との比較をAPで行った結果を図-33に示す。A高架橋を対象としたのは、地盤の影響により振動が増幅する傾向があるため、振動レベルとしては安全側の検討となるためである。

実測値は最大値と最小値の幅を示している。また、予測値は図-29～32に示す通り、構造物からの離れに従って増加・減少を周期的に繰り返す中での最大値を示している。条件を様々なに変化させた場合で、最大3dB程度予測値に差が生じることが確認された。しかしながら、いずれのケースにおいても、予測される振動レベルが新幹線勧告値に対して十分に低い値となっており、営業線においてこれらの構造物や地盤条件が様々なに組合せられた場合を考えても、新幹線の勧告値を達成することは十分に可能であると考えられる。

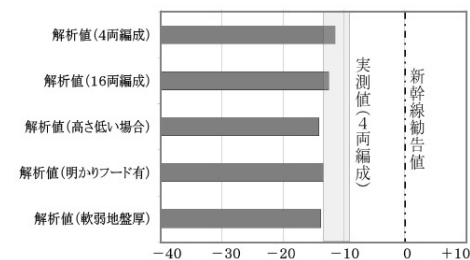


図-33 各ケースの予測結果と新幹線勧告値の比較



## 5. まとめ

本論は、超高速鉄道の500km/h走行による沿線の地盤振動現象を実験線の測定結果から解明し、解析モデルを構築して営業線の諸条件における予測を行い、営業線の環境保全目標値と想定される新幹線勧告値を十分に達成できることを確認したものである。得られた主な成果は以下の通りである。

- 1) 超高速鉄道について、軌道部分では新幹線と同様、台車間隔等の規則性に起因する周波数成分の振動が卓越しているが、高架橋・橋梁や沿線地盤を伝達する過程で大幅に振動が減衰する中、固有振動数等、構造物の振動特性に起因する成分が卓越して行くことが確認された。
- 2) 超高速鉄道においても、地盤の条件によって沿線地盤振動の伝達特性に違いがみられることがわかった。
- 3) ボクセルモデルによる3次元動的FEM解析により、超高速鉄道の構造物及び地盤の振動現象に見られる特徴を反映し、沿線で観測される振動レベルの最大値を実用上十分な精度で予測可能なことがわかった。
- 4) 営業線の種々の条件で振動レベルの予測を行った結果、いずれの場合も新幹線勧告値に対して十分に小さい値であり、勧告値の達成は十分可能であることが明確になった。

しかしながら、解析モデルについては全体的な振動特性を反映しているものの、1/3オクターブバンドの個々の周波数レベルでは実測値との間に乖離が見られる部分がある。そのため、減衰条件の設定を適正化するなど、精度向上に向けて更なる検討を進めていく必要がある。また必要な場合には、固有振動数が車両による加振振動数と一致しないような桁構造やスパン割りの選定等、更に積極的に振動を低減させるための設計・計画に対し、本論で構築した解析モデルを活用していくための研究を進めていくことも重要である。

## 参考文献

- 1) 超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会：超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価，2009。
- 2) 後藤康之，宮本雅章，上野真，曾我部正道：浮上式鉄道における地盤振動特性について，土木学会年次

- 講演会概要集第4部，55巻，pp.514-515，2000。
- 3) 環境庁長官：環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について（勧告），環大特第32号，1971。
  - 4) 吉岡修：新幹線鉄道振動の発生・伝播モデルとその防振対策法への応用，鉄道総研報告，特別No.30，268p.，1999。
  - 5) 芦谷公稔，吉岡修：高速走行時の地盤振動評価法，鉄道総研報告，8(6)，pp.37-42，1994。
  - 6) 横山秀史，芦谷公稔，岩田直泰：新幹線高速走行時の地盤振動特性と速度依存性評価，鉄道総研報告，20(1)，pp.23-28，2006。
  - 7) 原恒雄，吉岡修，神田仁，舟橋秀麿，根岸裕，藤野陽三，吉田一博：新幹線走行に伴う沿線地盤振動低減のための高架橋補強工の開発，土木学会論文集，No.766I-68，pp.325-338，2004。
  - 8) 吉田幸司，関雅樹：固有振動数に着目した鉄道高架橋の健全度評価に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.1，pp.1935-1940，2004。
  - 9) 曾我部正道，松本信之，藤野陽三，涌井一，金森真，宮本雅章：共振領域におけるコンクリート鉄道橋の動的設計法に関する研究，土木学会論文集，No.724I-62，pp.83-102，2003。
  - 10) 吉岡修：鉄道沿線の地盤振動，第9回鉄道総研講演会資料，pp.27-43，1996。
  - 11) 吉岡修：等価起振力法による地盤振動の予測解析：鉄道総研報告，10(2)，pp.41-46，1996。
  - 12) 富田健司，松浦章夫：浮上式鉄道構造物の設計に用いる許容変位，土木学会論文集，No.500IV-25，pp.51-58，1994。
  - 13) 竹宮宏和，前河隆太，児嶋基成：高速列車下の軌道-地盤系の2.5D-FEMによる振動予測と制振法の検討，土木学会論文集，No.710I-60，pp.247-255，2002。
  - 14) Hollister, S. J. and Kikuchi, N.: Homogenization Theory and Digital Imaging: A basis for studying the mechanics and design principles of bone tissue, *Biotechnologies and Bioengineering*, Vol.43, pp.586-596, 1994.
  - 15) 鈴木克幸：ボクセル解析とCAE：理研シンポジウム，ものづくり情報技術統合化研究プログラム，第2回，2002。
  - 16) 櫻井英行，白石知成：地下施設計画のための地下水浸透流ボクセル解析，土木学会論文集，No.687III-56，pp.155-168，2001。
  - 17) 秋山伸一，池上泰史，アフニマル，額綱一起：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，土木工学地震工学論文集，11巻，pp.487-492，2002。

(2011.7.18 受付)

FIELD MEASUREMENT RESULT AND FUTURE PREDICTION OF GROUND  
VIBRATION LEVELS ALONG THE ULTRA HIGH SPEED RAILWAY

Mamoru UNO, Takaaki NAGAOSA, Yozo FUJINO,  
Kimitoshi ASHIYA and Kazuhiko MORIKAWA

This paper attempts to evaluate the characteristics of the ground vibration induced by ultra high speed trains moving on the current test line and to predict ground vibration levels along the projected routes under various conditions. First, the field vibration measurement by the use of the test line was carried out. Through the test results, it was indicated that the structural properties of girder bridges and surrounding ground have a great influence on the ground vibration along the test line in addition to the effects of periodic exciting force by the train. Next, numerical analysis models were constructed to simulate the traffic induced vibration problems. The 3-dimensional finite element method using voxel elements was employed in this paper in order to analyze the vibration model having a large number of degrees of freedom. Through the comparisons with the test results, it was confirmed that the employed numerical models gave fairly good results. Finally, it was shown by the present simulation analyses that the ground vibration levels along the ultra high speed railway would be much below the criteria used in the SHINKANSEN under several conditions considered in the projected routes.



### 3-12 振動の大きさの目安について

「評価書 8-1-3 振動」において示した振動の予測値の大きさの目安について図 3-12-1 に示す。

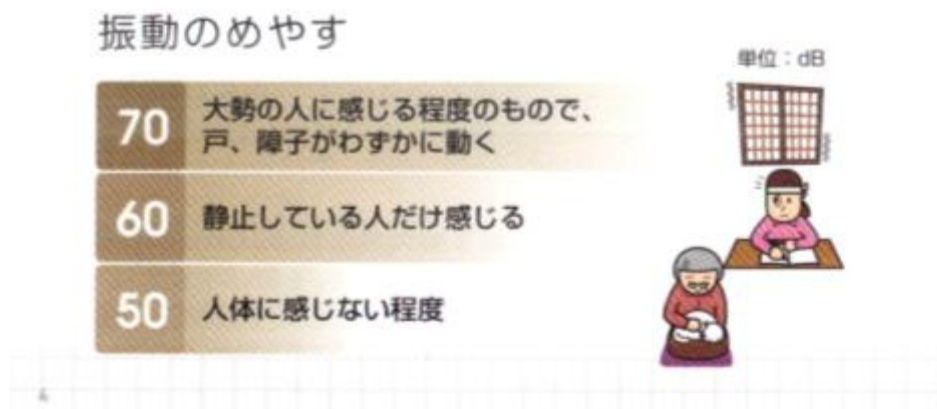


図 3-12-1 振動の目安のイメージ

(「西知多道路環境影響評価準備書のあらまし」より抜粋)