

地中防振壁による地盤振動のしや断

(一般道路での野外実験例)

東京都建設局 有山勇次郎 和田利男

横浜大林組技術研究所 木村 薫 ○小出忠男

概 要

防振壁の設置による振動しや断の方法に有効な防振壁材料の選定をはじめとして、しや断壁の形状(壁面の形状、巾および設置深さなど) 防振壁設置の施工方法ならびに経済性など検討すべき多くの問題がある。

本報告は、東京都建設局で、一般街路における施工性を考慮した防振壁を対象とし、関東ローム地盤、振動発生方法および壁設置深さなど特定の条件で野外実験を実施した防振効果に関する実験の機会を得たので、その結果の内、特に問題となる防振壁材料についてコンクリートならびに硬質発泡ウレタンの2種類を選定し、壁の層形状の相違についての効果の比較検討をのべる。

1. 実験方法

1.1 実験場所 主要地方道第14号線

新宿一府中線 三鷹附近 (図-1参照)

1.2 測定および試験 地中防振壁の配置及び構造を図-2に示す。4ヶ所の実験配置には、それぞれ図-3に示した構造の防振壁を設置した。壁の設置に当たっては実験場所の広さ、壁造成工事の施工性、走行車両の速度から2.5mの壁巾とした。

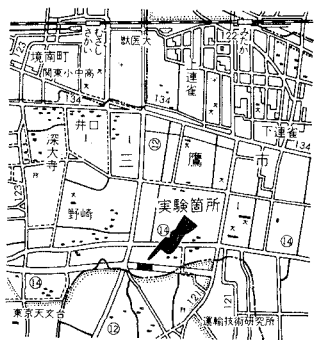


図-1 実験場所

1.3 測定点の配置 起振点からの測定点の距離を図-4に示す。振動測定は加速度計とし、加速度計は上下、水平3成分を起振点0m点①、2m点②、6.5m点③ならびに走行試験時における試験車の外輪から歩道側へ1.5m点①'に設置し、上下成分のみを10m点④、20m点⑤ならびに30m点⑥に設置した。また起振点から65m点以遠は畑地になり加速度計基礎を設けた。測定に用いた諸元を表-1に示す。

1.4 振動源 ①試験車走行による振動 路面に段差を図-5のごとく設けて試験車の通過時に生じる振動を測定するものとした。試験車は後輪一軸4輪、自重8tonに横載荷重を6tonとした。また試験時の走行速度は

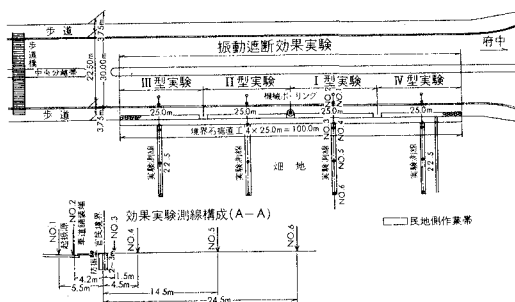


図-2 壁設置平面図

計器名称	仕 様	製品	台数
振 動 起 振 機	同軸式 BCS-A-200型 (絶縁A型) 可変サイクル0.2~20Hz(実15Hz)最大起振力(3t) 寸法1,640×2,050×1,350高 自重2t:相1200V20Amp 偏心寸法16mm 偏心質量:計4kg	伊藤精機 (K.K.)	1
振 動 源 試 験 車	自重8ton、ユニーク車、前輪2、後輪4(一輪) 荷重積載6t		1
振 動 測 定 加 速 度 変 換 器	予みゲージ変換器 120A-2J 容量2g 測定周波数範囲0~22Hz	共和産業 (K.K.)	12
ひずみ増幅器	動予み測定器(DT-6B)感度0.5mA/0.24V 応答周波数0~1000Hz電源DC12V(AC100V)	東京測器 (K.K.)	2
定 記 録 器	FR-102電磁シンクログラフ 時間信号1/100sec 記録周波数100cm/s 最大データ12成分	三栄測器 (K.K.)	2
常時 微 動 測 定 データレコーダ	R-250 FM方式 周波数DC~1250Hz トラック:7成分+1ボイス、入力レベル±1V~20V	TEAC (K.K.)	2
速度変換器	固有振動数1sec(水平)、2sec(上下)、速度型 増設数範囲1~30Hz 2~30Hz 動フィル型	国際振動	上下:1 水平:3
直流増幅器	SW-4212型、3成分増幅器 加速度、変位変換可 周波数範囲0.1~1KHz	同上	1

表-1 使用計器の諸元

50km/hの一定条件とした。c)起振機による振動
表-1の諸元C示す起振機を用いて、起振機2576kg
(振動数10Hz時)で偏心マス重量(4kg)一定で起
振させた。起振機の基礎は $\phi 2000 \times h 850$ mm、重量75
tonの鉄筋コンクリート製の円筒形台であり、設置面
がアスファルト路面上であり、路面上を平坦にモル
タルでした後基礎を石膏で固定した。

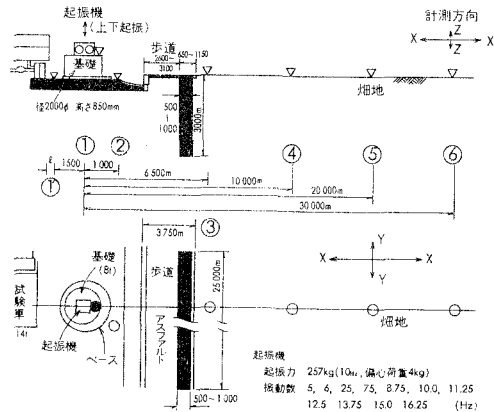


図-4 測定点配置図

h)防振壁設置 掘削はバックホウで行ない、壁
材料の掘削撤去の後同一のみぞに次の材料の設置を
繰返し実施した。防振壁材料の物性として硬質発泡
ウレタンはサンプル採集した供試体(高さ10cm、直
径5cm)を用いて実施したのを表-2に示す。弾性
波試験はパルス音波法により求めた。硬質発泡ウレ
タンの発泡は現場発泡とした。ただ、形式⑥の場合
は型枠により作成した壁を設置してコンクリートを
打設した。ジョイント部や既設のコンクリートのす
き間にはモルタルを填
充した。

1.5 地盤性状

起振機基礎ならびに試
験車の走行路面の舗装
断面、平坦性を図-6
に示す。地盤の調査を

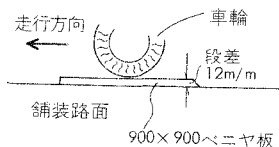


図-5 段差

使用形状	1PV2 2PV2	1PV5 2PV5	2PV6 1PV6	2PV6 3CP2	3CP2 4CP2
密度(g/cm ³)	0.032	0.037	0.034	0.037	0.029
圧縮強度(kg/cm ²)	2.6				
伝播速度(m/sec)	736.92	1022.45	829.37	653	592

表-2 発泡ウレタンの材料試験結果

図-7に示す。また常時微動の測定結果を図-8に示す。

図から地盤の周波数特性は上下方向で0.3~0.4secと0.1sec
付近に、水平方向で1.8secおよび0.8secに卓越周期が認めら
れた。

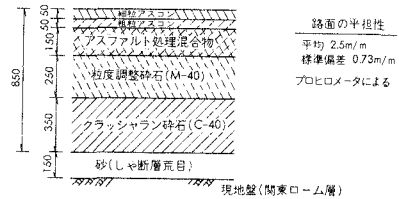


図-6 舗装断面

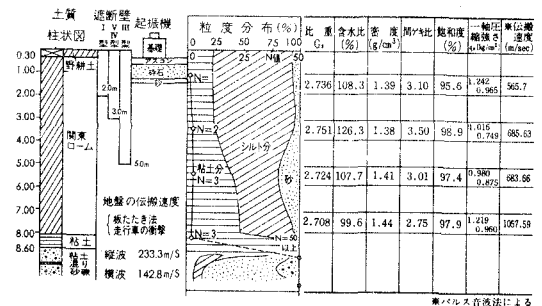


図-7 実験地盤の土質柱状

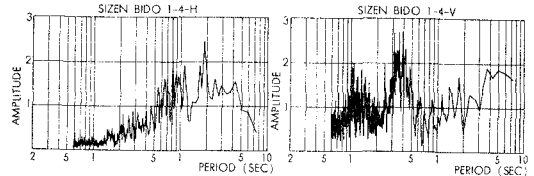


図-8 地盤の常時微動

2. 測定結果と考察

2.1 加速度測定結果

各種形状の防振壁に関する振動
実験の結果、起振機による振動は起振点で15Hzの場合
40gal前後であった。また試験車の走行時では80gal
前後(いずれも上下方向)の振動が近地点①であった。お
のおの加速度レベルは振動試験ごとに差があった。した
がって各防振壁相互の効果を比較するために測定点②の加
速度を基準とし以下の測定点の加速度の基準値に対する割
合として検討することとした。この割合を加速度比(K)とした。

2.1.1 振動の距離減衰 起振機による各防振壁の振動
試験の結果は空溝が3m(Ⅱ型)と浅く、10Hz以下では

起振力が小さく、かつ波長との関係から各壁形式の比較が明確に見ることが出来ない。よって10Hz以上の振動数で検討するものとする。図-9は加速度と周波数分布を壁の背後の測定点③について示す。

試験車の走行時の各防振壁試験の結果を図-10に加速度-距離の関係で示す。

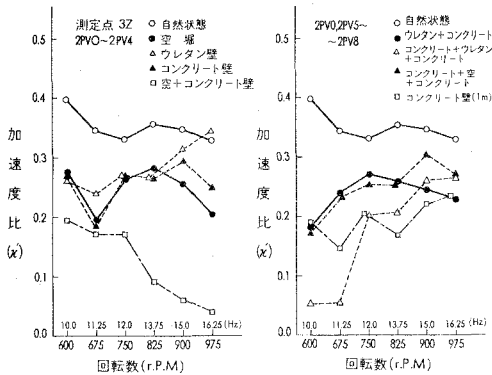


図-9 加速度-周波数分布の関係

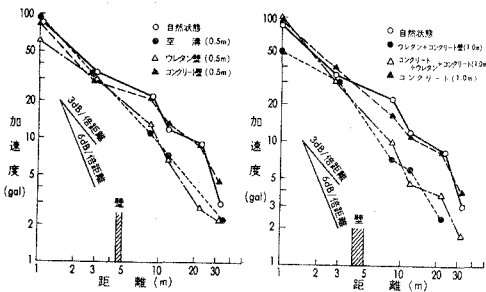


図-10 加速度距離の関係

2.1.2 空溝の防振効果の要因 起振機による振動よりも試験車の走行時の振動での防振効果が図-10から大きいことが知られる。これは、起振機による振動が起振機と舗装体の一体化された振動であり、舗装路面下約1m付近での振動が主として地盤に伝達される。試験車の走行時の振動は主としてアスファルト路面の波動現象であり、空溝の深さが起振機の振動の場合と見掛上異なる結果となり有効に作用する。また定常振動に比べて走行車の振動数が高く、減衰も大きくなることによる。また空溝単体形式1に比べ形式4の空溝+コンクリートのほうがよ

り防振効果が認められる。これは溝側壁の自由振動の制ぎょと、コンクリートの自重による振動制ぎょの両方が考えられる。空溝の深さと波長との関係は H/λ (H :溝深さ、 λ :波長)の低い範囲で溝深さのわずかな変化に対し回折率は著しく変化するのが知られる。このように防振壁背面の地盤に伝達される振動は防振壁を通過した振動と、空溝の場合の壁底面および側面からの回折する振動との相互作用による。したがって回折波の影響は防振壁の形状、材料等の防振効果を比較する場合を除いて検討する必要がある。回折波は自然状態と空溝設置後の振動伝ばの状況と比較することにより検討できる。よって空溝による防振効果の要因について検討する。回折波に関する要因として特に溝が深いほど防振効果があることは一般に知られている。しかし今また定性的、定量的にも不明の点が多くある。本実験の結果を波長との関係として図-11に示す。図-12に鈴木、石垣の実験例を示す。

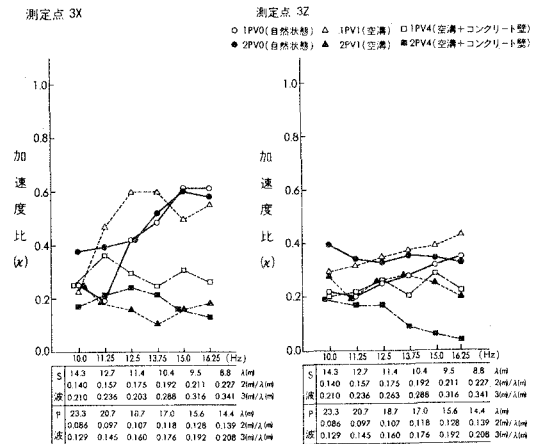


図-11 加速度比と波長との関係

また畠山らは波長(λ)=0.83mの模型地盤での重錘落下振動実験を行っているが、この結果についても図中にプロットした。図から H/λ が

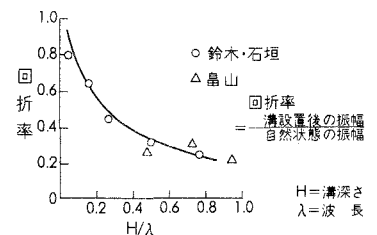


図-12 H/λ と回折率の関係

小さいと、回折率が著しく変化する様子がうかがえる。本実験結果もまた変化の著しい H/λ の値の所で実施した結

果、試験車の走行時の振動の場合ほぼ曲線上に一致していた。起振機による振動は回折率がやや高く、前述した振動発生条件によるものと考えられる。

また、その他回折波に関する要因として、溝の長さ、溝の振動源からの距離、波長との関係、振動発生条件などが考えられる本報告には論じないでおく。

2.2 防振材料の効果について

前述した回折とともに防振壁の透過に関する要因は壁に用いる材料の振動しゃ断効果に基づくことになる。本実験で得られた結果より、防振材料の効果の比較を理論的に推定する方法としてインピーダンス比がある。

2.2.1 インピーダンス比からみた効果 地盤と防振材料とのインピーダンス比(α)ならびに壁厚

さあるいは、波長との関係から理論的に推定する図-13のごとくである。

本実験は $\alpha \leq 1$ として硬質発泡ウレタン、 $\alpha \geq 1$ としてコンクリートを選んだ。

これら防振材料と地盤とのインピーダンス比(α)は表-3のごとくである。

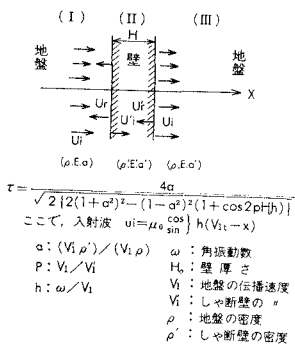


図-13 透過率算定

形 式	地 盤		防 振 壁		インピー ダンス比 (α)
	密度 ρ_1 [g/cm ³]	伝播速度 V_1 [m/sec]	密 度 ρ_2 [g/cm ³]	伝播速度 V_2 [m/sec]	壁厚さ H [m]
② ウレタン	1.40	600	0.03	600	0.5
③ コンクリート	1.40	600	2.40	2,500	0.5
⑤ ウレタン + コンクリート	1.40	600	0.03 0.40	600 2,500	0.5 0.5
⑥ コンクリート + ウレタン + コンクリート	1.40	600	2.40 0.03 2.40	2,500 600 2,500	0.35 0.15 0.50
⑧ コンクリート	1.40	600	2.40	2,500	1.0

未伝ば速度＝パルス音波法による。

$$\ast 1. \quad \alpha = \frac{7.14 \times 0.021}{0.021 + 7.14} \doteq 0.021$$

$$\ast 2. \quad \alpha = \frac{0.021 \times 7.14 \times 7.14}{0.021 + 7.14 + 7.14} \doteq 0.075$$

表-3 各種防振材料インピーダンス比(α)

表からインピーダンス比(α)の低い順番に列記すれば以下の如くである。

“ 壁厚さ0.5mについて、(1)形式2 (2)形式3

壁厚さ1.0mについて、(1)形式5 (2)形式6

(3)形式8

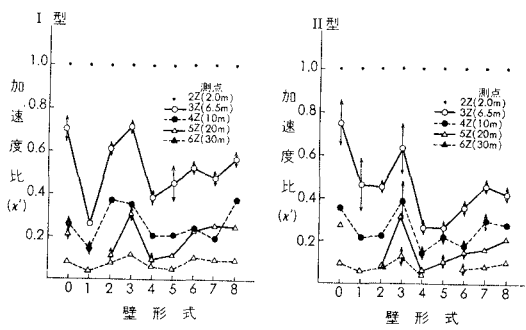
インピーダンス比と壁厚さとから透過率算定式による各形式の透過率の低い順番は

(1) 形式5 (2) 形式2 (3) 形式6

(4) 形式8 (5) 形式3 となる。

2.2.2 実験結果による比較 自然状態、空溝ならびに

各種防振壁材料の防振壁設置した場合の測点②～⑥における試験車の走行時における加速度分布を図-14に示す。壁材料としては、インピーダンス比の小さいウレタン壁が効果が大きいと考えられるが定常振動の場合、コンクリート壁に比べて前述の振動源の地盤への伝ばの相違より効果の差が余りなかった。しかし、走行試験の場合はこの差が明確に認められた。



定常振動および試験車の走行振動の結果から総合的に判断し、壁材料としての効果順を示せば、(1)形式5、(2)形式6、(3)形式8、(4)形式2、(5)形式3となる。

3. まとめ

3.1 防振壁材料

形式5のウレタン+コンクリート材料が最も効果が良い。この事は、他種材料との組合せによる多層構造の方が単体の壁材料に比べて、しゃ断効果にすぐれている。

3.2 防振壁厚さ

コンクリート壁と比較できるが本実験では壁設置深さ3mのものについて認められる。しかし厚さに対する防振効果は厚さの増加に比して効果の差が少ない。

参考文献 齊藤二郎・木村薫・小出忠男「地盤振動と対策について」(その3)・大林組技術研究所々報 第11 1975