

防振壁による地盤振動の遮断効果について (第3報)

佐々木 晴美* 能登 繁幸**
東海 林 邦夫*** 須 郷 亨***

1 まえがき

近年、建設工事の大型化、自動車交通量の増大および土地利用の高密化などに伴い、建設機械や自動車交通による地盤振動が問題となりつつある。地盤振動は七大公害のひとつにあげられており、昭和51年12月1日から振動規制法が施行されたが、振動の防止あるいは軽減対策となるといまだ不明な点が多く、実用的な対策工法は確立されていないのが現状である。

この報告は、地盤振動軽減対策工のひとつとして考えられる振動伝播経路の遮断、すなわち、地盤に溝や壁を設けた場合の振動軽減効果について現地試験を行って検証したものであり、第1報、第2報に引き続き、防振壁の種類、厚さ、埋設深さと振動軽減効果の関係について述べるものである。

2 試験個所の概要

試験個所は図-1に示すとおり、一般国道5号札幌市地下札幌新道の新設工事現場であり、試験個所の土層構成は図-2に示すとおり、深さ6m付近までは主に泥炭層で

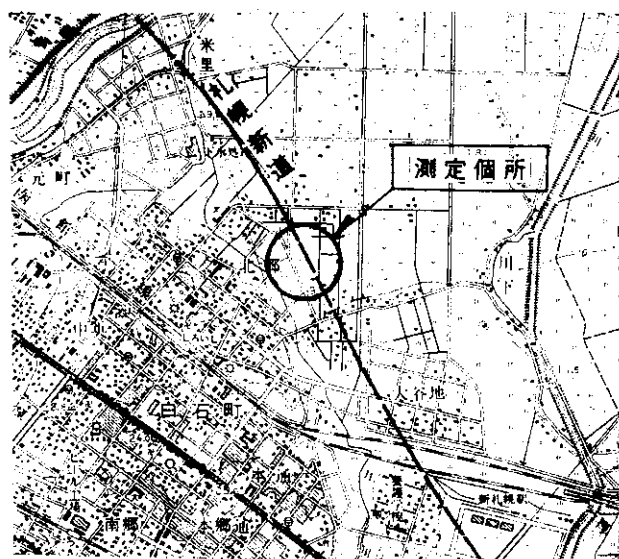
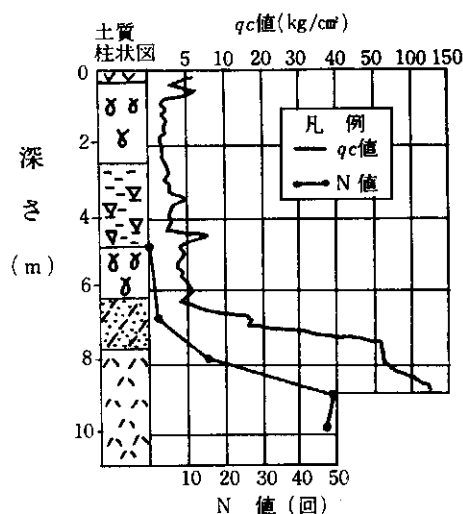


図-1 測定箇所図

*土質研究室長 **同副室長 ***同室員

あり、 $qc=2\sim7\text{ kg/cm}^2$ の軟弱土層である。土質常数は表-1に示すとおりである。



土質凡例

腐植土	シルト質砂
泥炭	火山灰
粘土	砂礫

図-2 地盤の性質

表-1 地盤の性質

深さ (m)	湿潤密度 $\gamma_t(\text{g/cm}^3)$	含水比 w(%)	比重 Gs
1～2	0.962	960.5	1.542
3～4	1.336	105.4	2.270
5～6	0.985	763.4	1.632

3 試験要領

これまでの第1報、第2報では、防振壁の軽減効果の変化という点から、材料として発泡スチロール、発泡ポリエチレン、硬質ポリウレタンフォーム、発泡ポリエステル、GRCフォーム、コンクリート中空板を用い、埋

設深さ 1.2 m, 2 m, 3 m, 厚さ 10 cm, 25 cm, 50 cm という寸法で試験し、その結果を検討してきた。

本試験では、さらに材料として発泡スチロール、パネ型防振壁、発泡スチロールと発泡ポリエチレンの合板の 3 種類を用いて、表-2 および図-3 に示すような 4 種類の防振壁の試験工区を設けて、材質、埋設深さ、厚さの変化による地盤振動軽減効果の変化をみる。したがって、本報告では従来の結果との比較をも加え、総合的な検討を行うこととした。

本試験で用いた防振壁の中で、発泡スチロールおよび発泡スチロールと発泡ポリエチレンの合板は、第 1 報、第 2 報で用いたものと同じ材質を使ってあり、パネ型防振壁は、10 Hz の振動に対して遮断効果ができるように作られたものである。これらの詳細については図-4 に示した。

防振壁の設置方法は溝を掘削して壁材を立て込み、土を埋戻すもので、第 1 報、第 2 報と同じ方法である。また、この経過から壁材埋設の前の溝については、空溝としての振動軽減効果を測定することとした。

測定位置は、振動源端からの距離が 2 m, 5 m, 7 m, 10 m, 15 m, 20 m の 6 点とし、空溝および防振壁は、図-5 に示すように振動源端からの距離が 6 m の位置とした。ただし、測定上、計器置面の状態の変化により、一部測定しなかった場合もある。

測定解析は公害用振動計で測定し、記録計、ローパスフィルタ、オシログラフを通して読取り演算を行ったものである。

測定単位については、第 1 報、第 2 報との関連上、振動速度 (mm/sec) とし、測定方向についても同様に上下動 (Z 方向) とし、抽出データは振動源通過付近のものとした。

振動源は、ブルドーザーを路盤が未完成な状態の路面で走行させたもので、その速度は 3 速 (約 10 km/h) である。なおブルドーザーの重量は 11 t である。

4 試験結果と考察

4-1 原地盤の振動の実態

空溝および防振壁による振動軽減効果の検討に際しては、原地盤の振動が比較対照の基準となる。今回測定した原地盤の振動は、各工区ともほぼ同じ程度の振動の大きさであるので、以後の軽減効果の比較検討を容易にするため、全工区の平均的な距離減衰式をレイレイ波の減衰式にあてはめて求めることとした。この場合、振動源となるブルドーザーの走行は必ずしも同じ条件であるとは限らないため、同一走行面であるとしても地盤振動の

表-2 防振壁試験工区内容

工区番号	防振壁材名	埋設深さ H(m)	厚さ D(cm)	延長 L(m)
1	発泡スチロール	2	25	20
2	発泡スチロール	3	50	20
3	パネ型防振壁	3	21.2	25
4	発泡スチロール + 発泡ポリエチレン	3	25	25

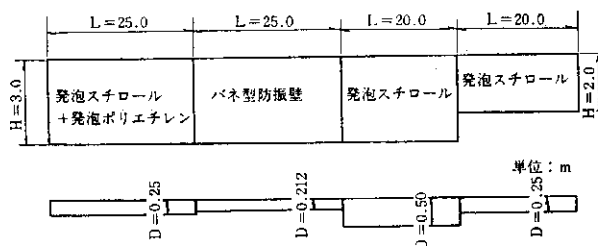


図-3 防振壁配置図

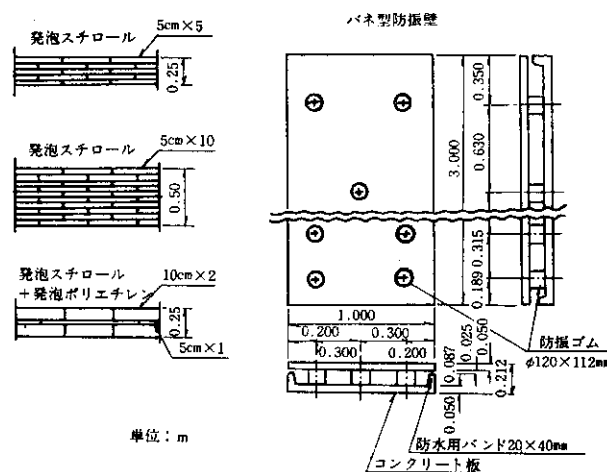


図-4 防振壁材詳細図

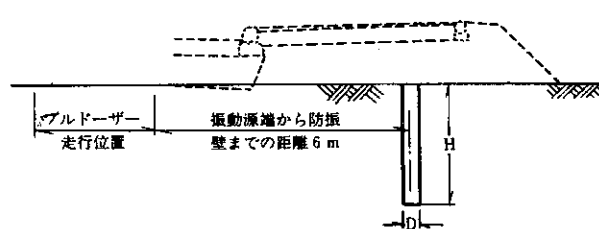


図-5 防振壁設置断面図

大きさは同一ではないので、振動源端から 2 m の位置での振動の大きさを基準にした各地点の振動の大きさを比率で求め、これを相対振動速度比率とし、その整理には最小自乗法を適用した。この結果、図-6 に示す振動の距離減衰曲線および減衰式が得られた。同式の指数部の α の係数は、泥炭の場合、通常 -0.09 程度の値となると

とが確かめられており、今回の場合もこれに一致している。以下この減衰曲線を基準として、溝および防振壁の軽減効果について述べる。

なお、ブルドーザー走行による地盤振動の大きさは、図-6の振動速度の表示にあてはめてわかるように、相対的な値を示している。

4-2 空溝による振動軽減効果

防振壁を設置する前の空溝の状態、空溝による振動軽減効果を検討した。空溝の背後の振動は、振動源と空溝の間でかつ振動源端から2mの地点の振動の大きさを基準にした相対振動速度比率で表わすと図-7のようになる。同図からわかるように、空溝による振動軽減効果は顕著であり、原地盤の振動に対して空溝直後の振動は、空溝の深さが2mでは約50%、空溝の深さが3mでは約40%となっている。

ここで、原地盤における振動速度に対する溝掘削後における振動速度比率を求め、これを振動速度比率として表わし、同比率をもって空溝による振動軽減効果の検討を行うことにする。

空溝による振動の軽減効果は、振動の波長と空溝の深さに大きく影響されることが知られている。図-8に現在まで得られたデータならびに今回のデータをもとにして(空溝の深さ/波長)と空溝背後20m以内の平均的な振動速度比率を求めた。さらにこれを分数関数式に代入して傾向線を求めると、次式が得られ、図中の実線のようになる。

$$y = \frac{1}{1 + 2.42 \frac{H}{\lambda}}$$

ここに H: 空溝の深さ (m)

λ : 波長 (m)

4-3 防振壁による振動軽減効果

地盤に溝を掘って振動を軽減できることは上述のとおり明らかであるが、2~3mの空溝を恒常的に設けることは維持・安全性からも実際上困難な場合が多い。そこで、空溝に代わって防振壁を埋設する方法が考えられる。防振壁材は土中応力に変形せず、防水性で長期間品質が変化しないもので、固有音響インピーダンス比の小さい合成樹脂系発泡材のようなもの、あるいは同インピーダンス比の高いコンクリートや鋼鉄材などが望ましい。発泡材については第1報に述べたように、空溝よりいくぶん軽減効果は低下するが、長期的な振動軽減対策として十分期待できることが確認された。また、コンクリート材を用いた場合は第2報に述べたように、地盤密度に近似した材質の場合はほとんど効果がないことが認められた。今回は既応の調査データを含め、壁の厚さおよび埋

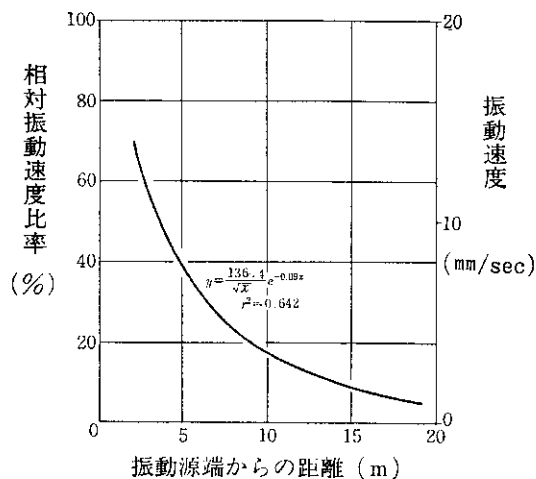


図-6 原地盤の振動の距離減衰

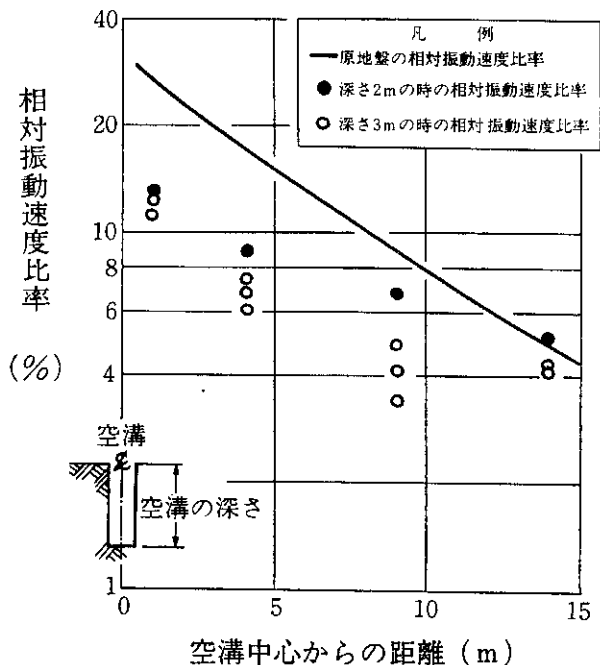


図-7 空溝の背後の距離減衰

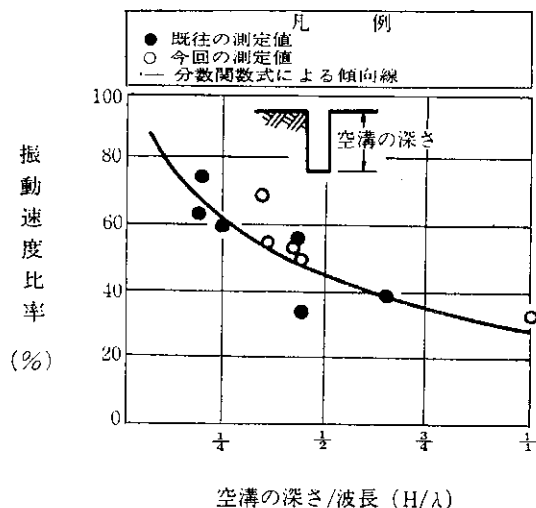


図-8 空溝の振動遮断効果

設深さならびに材質による軽減効果の変化について以下に検討を行う。比較検討に際しては、原地盤における振動速度に対する防振壁埋設後における振動速度の比率を求めて振動速度比率とし、同比率をデータとして用いた。

4-3-1 防振壁の厚さおよび埋設深さによる効果の変化

防振壁材に発泡スチロールを用い、深さが2 mで、厚さが10 cm, 25 cm, 50 cmと変えた場合の振動軽減効果は図-9に示すとおりであり、各厚さによって軽減効果の差は壁の直後で現われている。しかし、壁からの距離が大きくなるにつれて厚さによる差は不定となり、全体として効果は減少するように見受けられる。これは壁から離れるにつれて、振動の測定値そのものが距離減衰により小さくなっていくため、振動源となったブルドーザーの走行による振動に対して当該工事現場の重機などによる振動あるいは暗振動などの占める割合が大きくなり、防振壁による軽減効果を的確に抽出できなかったものと思われるが明らかではない。

図-10には、各壁の厚さと壁直後の原地盤に対する振動速度比率を示した。同図のうち深さ2 mの場合に注目すると、厚さと振動速度比率との関係は逆S字曲線で表わすことができそうであり、データ数は少ないが曲率が変わる点はほぼ厚さ25 cm前後であろうと推定されることから、経済的な厚さは約25 cmであると考えられる。

次に発泡スチロールを用い、厚さが25 cmで壁の埋設深さが変わった場合の原地盤に対する振動速度比率を各

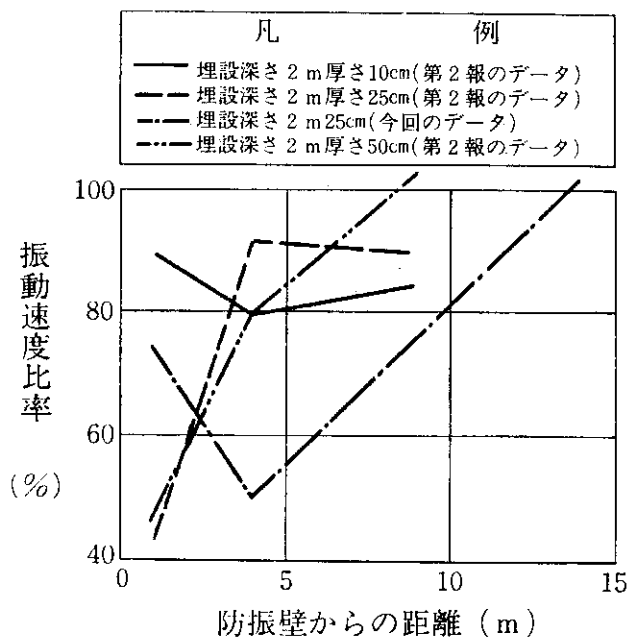


図-9 発泡スチロールを用いた防振壁の厚さ別の防振壁からの距離と振動速度比率の関係

距離に対して求めると図-11に示すとおりとなる。同図と他のデータから、各埋設深さと壁直後の原地盤に対する振動速度比率との関係を求めると図-12が得られる。同図において厚さ25 cmの場合に注目すると、埋設深さと振動速度比率との関係は厚さの場合といくぶん異なるが、一定の曲線で表わすことができそうである。すなわち、埋設深さが2 m前後では軽減効果が大きい、これ

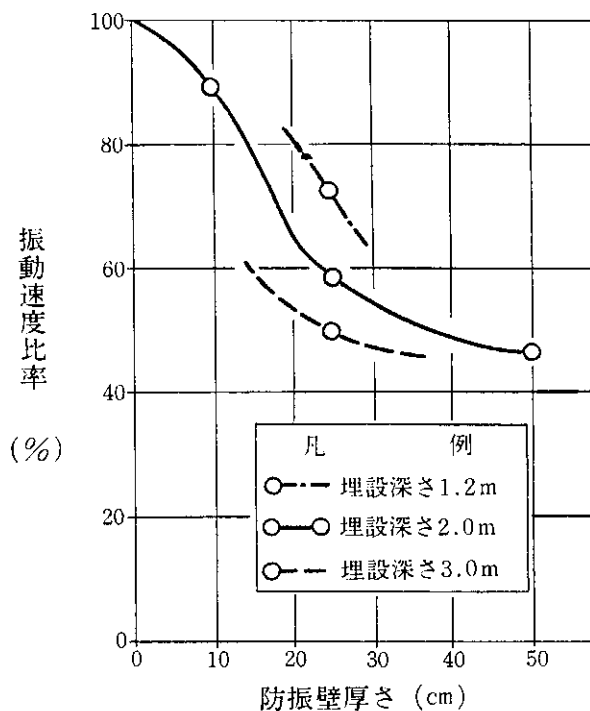


図-10 発泡スチロールを用いた防振壁の埋設深さ別の防振壁厚さと振動速度比率の関係

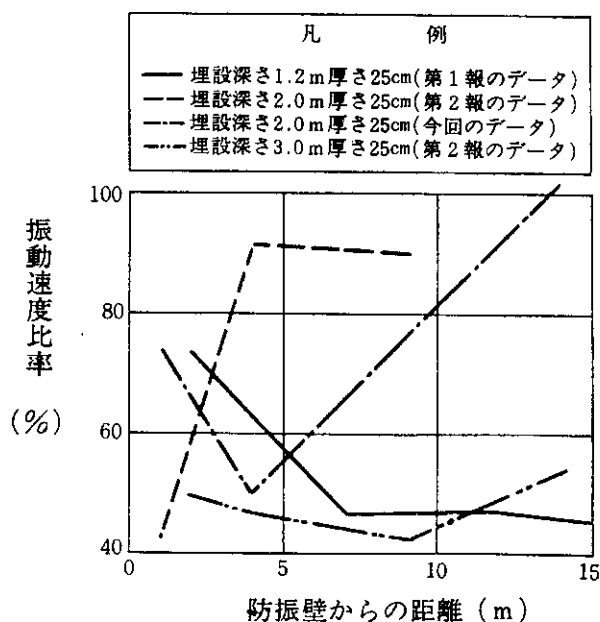


図-11 発泡スチロールを用いた防振壁の埋設深さ別の防振壁からの距離と振動速度比率の関係

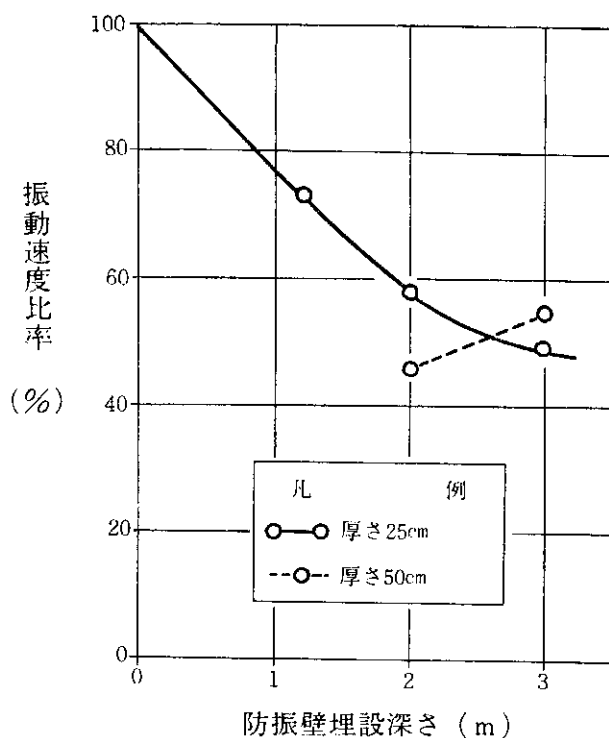


図-12 発泡スチロールを用いた防振壁の埋設深さと振動速度比率の関係

を3 mとしても効果の増加は少ないことが読みとれる。一方、同図のうち厚さ50 cmの壁の場合には、埋設深さ2 mよりも同3 mでむしろ効果がないようになっているが、その差は小さく測定誤差の範囲内であろうと考えるのが妥当であり、要するに厚さが50 cmの場合には、埋設深さ2 mも同3 mも効果は同程度であろうと考えられる。

図-12の成果を図-10にフィードバックすると、図中に示したとおり埋設深さ1.2 mと同3 mの場合の原地盤に対する振動速度比率を推定することができる。かくして、原地盤の振動の大きさに対応して低減すべき振動の大きさが決まったならば、その振動速度比率を得るための防振壁の寸法を決めることが可能である。

4-3-2 防振壁の材質による振動軽減効果の変化

種々の材料を用いた場合の振動軽減効果は、表-3に示すとおりである。同表によれば、密度の小さい発泡スチロールは比較的效果が大きい、GRCフォームおよびコンクリート中空板のように密度の比較的大きいものについては、ほとんど効果がないと考えてよいであろう。これらを密度との関係でみると図-13に示すとおりとなり、振動軽減効果が密度と密接な関係を有していることがわかる。なお、現地の地盤密度は約1.0 g/cm³であるから、図-13の横軸はそのまま地盤密度に対する防振壁材の密度の比と考えることができる。

一方、表-3によればバネ型防振壁は、発泡スチロールと同じ程度の振動軽減効果を有している。これは、今回用いた防振ゴムは入力振動数を10 Hzと仮定して設計されたものであるが、実際の地盤の卓越振動数が図-14に示すように、壁の前後で約10 Hzであったために、振動

表-3 防振壁の材質と振動軽減効果の関係

埋設深さ (m)	厚さ (cm)	防振壁材名	壁材の密度 (g/cm ³)	原地盤に対する防振壁背後10m以内の振動速度比率 (%)
1.2	25	発泡スチロール	0.029	60
		発泡ポリエチレン	0.035	62
		硬質ポリウレタンフォーム	0.044	44
		発泡ポリエステル	0.040	66
2	25	発泡スチロール	0.029	62
		GRCフォーム	0.132*	101
		コンクリート中空板	0.980*	111
3	25	発泡スチロール	0.029	46
		発泡スチロール+発泡ポリエチレン	0.034	53
		バネ壁防振壁	1.308*	57

* 密度=重量/見かけの体積

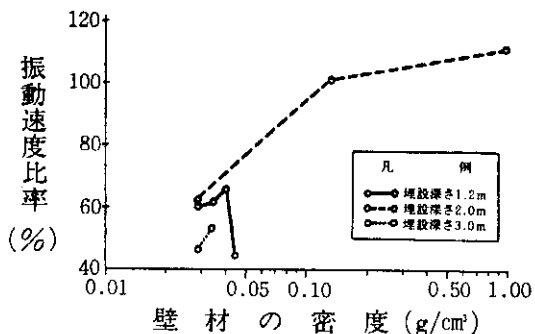


図-13 壁材の密度と振動速度比率の関係

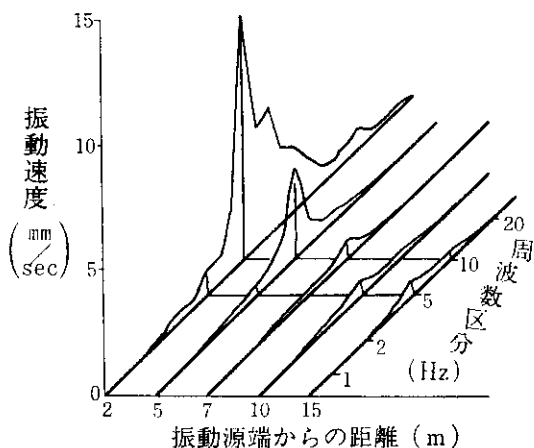


図-14 原地盤の振動の周波数分析の1例

軽減効果が大きく現われたものと思われる。

防振壁の材料としては、理論上すでに述べたように発泡材もしくはコンクリートなどが有効であるとされているが、重量の大きい壁の埋設は、軟弱地では沈下障害が考えられるほか、道路埋設物（例えば水道管、電気関係ケーブルなど）の施工に際してはきわめて困難をきたす恐れがある。したがって、防振壁としてはきわめて軽量の発泡材が望ましいと考えられる。ただし、今回用いたパネ型防振壁については、十分使用に値する効果を有しているので、地盤条件に応じて実用できるものと思われる。

5 ま と め

以上の考察をまとめると次のとおりである。

- ① 空溝による振動軽減効果は（溝の深さ/波長）と密接な相関を有しており、両者の関係式は分数関数式となる。
- ② 防振壁の厚さおよび深さと振動軽減効果は、一定の曲線で表わすことができ、効率的な防振壁の寸法は厚さ 25 cm、埋設深さ 2 m 程度であろう。
- ③ 防振壁の材料の密度によって振動軽減効果が変わり、密度の小さいものほど軽減効果が大きい。軟弱地盤では、沈下障害など勘案すると発泡スチロールのようにきわめて軽い防振壁を用いるのが望ましい。また、地盤条件に応じてパネ型防振壁を用いる

こともできよう。

6 あとがき

地盤振動の問題は今後ますます重要性を増すであろうが、これに関する法律の制定をみた現在、適切な対処が切望されている。この報文においては、振動軽減対策工のひとつとして考えられる空溝および各種防振壁について効果の検証を行ったが、これらの成果が振動問題の解決に有効な資料となることを確信している。今後は若干のデータの不足を補って、より精度の高い資料を得たいと考えている。

最後に本報告作成にあたり、現場測定その他多くの御協力をいただいた札幌開発建設部札幌新道建設事務所ならびに関係各位に対し謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 佐々木晴美，木元喬之，能登繁幸，東海林邦夫；「防振壁による地盤振動の遮断効果について」，土木試験所月報第 291 号，昭和 52 年 8 月。
- 2) 土木学会；「土木技術者のための振動便覧」
- 3) 佐々木晴美，木元喬之，能登繁幸；「自動車振動の要因と予測方法に関する一考察」，土木試験所月報第 291 号，昭和 52 年 8 月。
- 4) 鈴木，石垣；「衝撃波の最大振幅が色々の溝によって減少する割合について」，地震，Vol. 12, No. 3, 昭和 35 年。

当所刊行物の紹介

—— 調 査 報 告 書 題 名 一 覧 ——

(昭和 52 年度分)

河川研究室関係

河口閉塞に関する実験的研究
種々の差分法による不定流解析(Ⅱ)
水資源の新規開発の可能性について
北広島流出試験に関する研究(第 4 報)
小流域における流出について(Ⅱ)
クツウンベツ川床止め工水理模型実験
波に関する研究
豊平川扇状地における地下水挙動について(第 1 報)

港湾研究室関係

浦河港漂砂調査報告書
港内浄化対策調査報告書
小島漁港水理模型実験報告書
温根元漁港水理模型実験報告書
歯舞漁港水理模型実験報告書

応用理化学研究室関係

昭和 52 年度河川事業調査成果報告書

構造研究室関係

昭和 52 年度橋梁の耐荷力判定に関する試験調査報告書
昭和 52 年度新茂岩橋(SMA 58 材)の割れ感受性に関する試験報告書
昭和 52 年度既設橋の耐荷力調査・報告書

コンクリート研究室関係

浜益村注入コンクリート強度試験報告書
透水コンクリート凍結融解試験報告書
小樽管内橋梁調査報告書
鹿ノ子ダムコンクリート報告書
沙流川ダムコンクリート報告書
小樽内ダムコンクリート報告書
寒冷地におけるコンクリート構造物に関する試験調査報告書(第 21 号)

基礎工研究室関係

寒冷地における道路構造物基礎に関する試験調査報告