

遮断壁による振動低減効果の数値解析予測について

東海旅客鉄道（株） 正会員 ○ 阪本 泰士

東海旅客鉄道（株） 正会員 吉岡 修

東海旅客鉄道（株） 正会員 神田 仁

1. はじめに

交通による地盤振動を抑える方法として、「発生源対策」、「伝播経路対策」、「受信部対策」の3手段があるが、このうち「伝播経路対策」は他手段に比べ、既設構造物によって支障を受けることが少ないという利点がある。この「伝播経路対策」のうち最も代表的なものとして、「遮断壁」が挙げられる。

「遮断壁」の材料としては硬くて重い材料から軟らかくて軽い材料など地盤とのインピーダンス比の大小によりさまざま考えられる。既往の研究の多くは、一列の遮断壁のみの検討を行ってきたが、今回壁の種類の異なる複数の遮断壁を組み合わせたものについて考えてみることにした。この複数の遮断壁からなる遮断壁を「ハイブリッド遮断壁」と呼ぶこととする。本編はハイブリッドを含む「遮断壁」について数値解析を行い振動低減効果の予測を試み、その有用性を論じるとともに、より大きな効果を生み出す条件の提示を行うものである。

2. モデル化

今回の解析は壁の長手方向の形状が一様であると仮定し、2次元FEMで検討することとした。モデルは図1に示すような地盤で、平面ひずみ要素で表し、境界条件は側面、底面それぞれエネルギー伝達境界、粘性境界とした。地盤の層構成・物性値は東海道新幹線の現場のデータを用いた（表1）。

壁の寸法は幅50cm、深さ10mとし、打設位置は起振点より3m離れたとした。材料については、「硬」、「軟 α 」、「軟 β 」、「軟 γ 」の4種類を考えた。「硬」はコンクリートを想定、「軟 α 」、「軟 β 」、「軟 γ 」

はそれぞれ、遮断の効果を左右するインピーダンス比がそれぞれ、地盤の1/10（ V_s : 1/3, γ : 1/3）、1/100（ V_s : 1/10, γ : 1/10）、1/100（ V_s : 1, γ : 1/100）を満たす軟らかい材料とした。メッシュ幅は、壁部を10cmに、他の部分を50cmとした。壁部におけるメッシュ幅を小さくした理由は、最も V_s の小さくなる「軟 β 」が「 $V_s=15\text{m/s}$ 」であることと、「 $f=40\text{Hz}$ 」までの周波数応答解析を行うということからである。なおこれは $[(\text{メッシュ幅}) \cdot V_s / 5f]$ の経験式をほぼ満たしている。壁は「1列打ちの場合」と「2列打ちの場合（ハイブリッド）」の2ケースについて検討する。ただし、2列打ちは、壁同士間隔を空けず、起振点より3～4mの位置に打設することとする。

表1 地盤層構成 物性値、壁物性値

	上端 (m)	下端 (m)	V_s (m/s)	γ (tf/m ³)	ν	h	地盤に対する インピーダンス比 γ/V_s
1層 砂	0	-2	170	1.5	0.49	0.05	Vs150, γ 1.5 を標準とする
2層 粘土	-2	-5	110	1.5	0.49	0.05	
3層 粘土	-5	-10	175	1.5	0.49	0.05	
4層 粘土	-10	-11	130	1.5	0.49	0.05	
5層 粘土	-11	-15	170	1.5	0.49	0.05	
基礎 砂礫	-15	-16	300	2	0.49	0.03	
硬	0	-10	1878	2.3	0.20	0.02	20 (逆数0.05)
軟 α	0	-10	50 (1/3)	0.5 (1/3)	0.49	0.05	0.1
軟 β	0	-10	15 (1/10)	0.15 (1/10)	0.49	0.05	0.01
軟 γ	0	-10	150 (1)	0.015 (1/100)	0.49	0.05	0.01



図1 ハイブリッド遮断壁モデル化

3. 解析結果

0～40Hzまで0.5Hz刻みにて周波数応答解析を行った。起振力はいずれの周波数も「1」とした。未対策の場合の伝達関数結果を図2に示す。以下に、オーバーオール値での振動低減効果及び周波数領域での振動低減効果を

キーワード ハイブリッド遮断壁、FEM、インピーダンス比

連絡先 愛知県小牧市大山 1545-33 電話 0568-47-5370 FAX 0568-47-5364

示す。なお、一般には列車は、その軸距などの要因により、すべての周波数の起振力が等しいわけではなく、周波数特性が図2の伝達関数と異なるため、10Hz付近にピークがある場合を除き必ずしも以下の結果になるとは限らない。

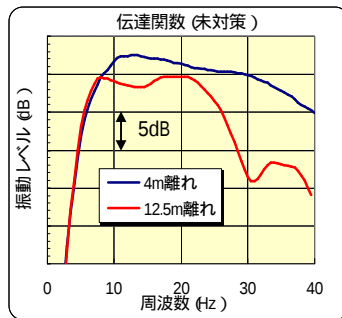


図2 伝達関数結果（未対策）

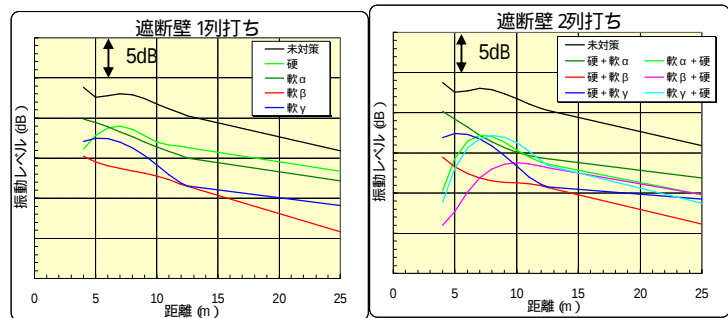


図3 オーバーオール値の振動低減効果

(1) オーバーオール値の振動低減効果（図3）

(a) 1列打ちの場合

硬軟どの材料も低減効果が見られたが、「軟材料」の方が壁から離れても一様に振動低減効果が期待できることが分かった。また、効果の大きかった「軟材料」ではインピーダンス比が小さい材料の方がより効果が大きかった。しかし、同じインピーダンス比でも効果が異なり、 V_s の小さい軟βの方が軟γよりも効果が大きいという点、硬のインピーダンス比の逆数は0.05であり軟αより小さいが、軟αより効果が小さいという点からインピーダンス比の大小が必ずしも効果の大小に反映していないことが分かった。

(b) 2列打ちの場合

1列打ちとほぼ同じ傾向が見られた。また並び順で効果に差があり、壁に近い側〔起振点より4m～7m（壁より3m以内）〕では、内側に「軟」、外側に「硬」、それより遠い場合〔起振点より7m以上（壁より3m以上）〕では、内側に「硬」、外側に「軟」の並び順が効果が大きくなった。

(2) 周波数応答結果（図4）

(a) 1列打ちの場合

効果は大きい方から軟β、軟γ、軟α、硬の順。また4m離れに比べ、12.5m離れでは10Hz付近で効果が大きくなっている。

(b) 2列打ちの場合

並び順は、壁直近の4mでは、「軟」、「硬」の順、壁から遠い12.5mでは、15Hzまでは「硬」、「軟」の順、15Hz以上では「軟」、「硬」の順で効果が大きくなる。

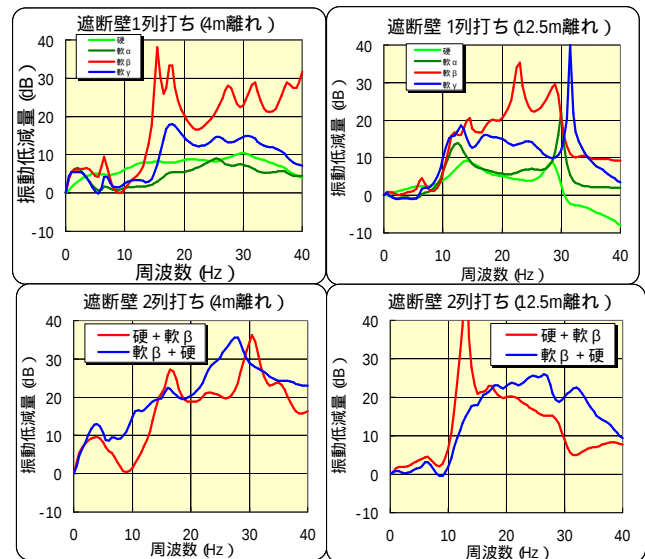


図4 周波数応答結果（上1列、下2列、左4m、右12.5m離れ）

4. 解釈及びまとめ

- (1) 遮断壁系の振動対策を考える場合、1次元波動透過反射理論で導かれる波動インピーダンスで効果を論じることが多いが、2次元的な性状の違いにも注意を払う必要がある。
- (2) ハイブリッド壁の組合せは、内側に「硬」、外側に「軟」の組合せが効果的であることが分かった。
- (3) 1列打ちの場合と2列打ち（ハイブリッド）の場合では、結果はほぼ同等であった。

5. 今後の課題

- (1) 列車の周波数特性を加振源とした解析
- (2) 他の地盤モデルでの検証
- (3) 施工性、安全性も含めた検討