

半雪覆型防音壁の高速列車通過時挙動の推定

鉄道総研	正〇曾我部正道	鉄道総研	正 徳永 宗正
鉄道総研	正 後藤 恵一	鉄道総研	正 浅沼 潔
鉄道・運輸機構	正 山東 徹生	鉄道・運輸機構	正 徳富 恭彦

1. 目的 半雪覆型防音壁は、積雪地帯において線路内への降・積雪を低減するために開発された防音壁構造の一つである。図-1に半雪覆型防音壁の概念図を示す。本形式は、場所打ち RC 高欄に傾斜部を含む H 型鋼支柱を埋め込み、この支柱に空洞 PC パネルを落とし込んだ構造となっている。防音壁のレールレベルからの高さは一般に、線路周辺環境等の類型区分に応じて設定されるが、本形式では従来よりも 1m 程度高い、高さ 3.5m の構造も提案された。このため、防音壁の剛性低下に対する検討が必要であると考えられた。以上のような背景から、本研究では、高速列車通過時の列車風圧による防音壁の挙動について数値解析により検討した。

2. 解析方法 検討には、車両と構造物との動的相互作用解析プログラム DIASTARS III を用いた。

図-2にラーメン高架橋、地覆及び防音壁の解析モデルの概念図を示す。ここで、地覆、張出スラブ、路盤コンクリート一体型縦梁、中間スラブはそれぞれシェル要素でモデル化した。横梁、柱は梁要素でモデル化した。メッシュスケールは 0.5m 前後を基本とした。縦梁は、軌道スラブの影響は無視し、軌道重量のみを考慮した。防音壁の支柱は梁要素でモデル化した。落とし込み PC パネルは梁要素による格子構造でモデル化した。PC パネルは単純支持とした。解析モデルにおける総節点数は 2768、総要素数は 3300 となった。減衰定数は、全モードに対して 2% を適用した。構造物の柱下端は固定とした。

図-3に車両の解析モデルを示す。車両の解析モデルは、車体、台車、輪軸を剛体と仮定し、これらを、ばねとダンパーで結合して構成した。列車は 12 両編成とした。車輪とレール間の接触モデルは、鉛直方向については Hertz の接触ばねを、水平方向については、車輪とレール未接触時はクリープ力を、接触時はレールの小返りばねを考慮した。

図-4に列車風圧モデルを示す。列車風圧は、列車の先頭と後尾の圧力変動により生じる。列車風圧は、既往の測定結果に基づき荷重列でモデル化した¹⁾²⁾。風圧のピーク値は列車速度の 2 乗に比例と仮定した。防音壁高さ方向への分布については、高さ 0.5m と 3.2m での風圧測定結果から直線補間で近似した。

3. 解析結果 図-5に固有値解析結果を示す。高架橋全体の 1 次の固有振動数は 2.8Hz であった。また、地覆と防音壁倒れの 1 次モードは 4.0Hz であった。本構造形式に関して、建設直後の高架橋においてインパルスハンマ加振により 1 次固有振動数を測定したところ、固有振動数は 3.8Hz であった。よって本解析モデルは概ね妥当であると考えられる。ちなみにレールレベルからの高さが 2.5m 前後の防音壁の場合、地覆と防音壁の倒れ 1 次

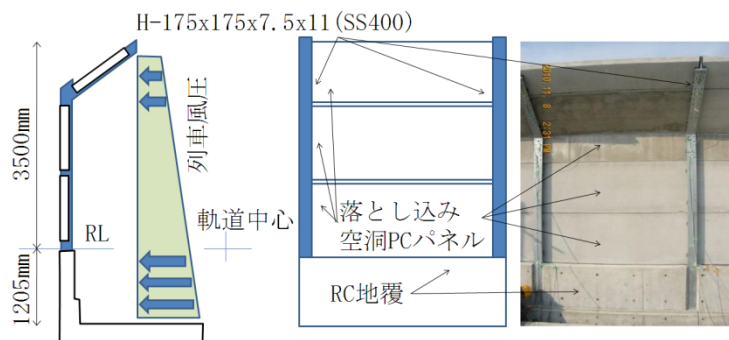


図-1 半雪覆型防音壁の概念図

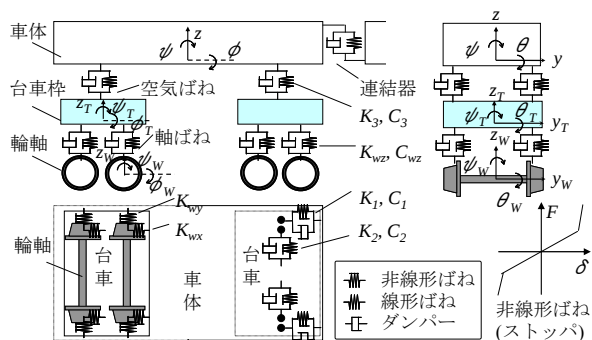
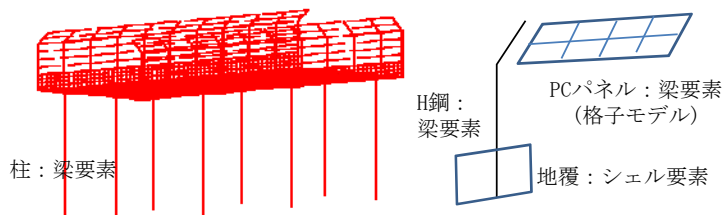


図-3 車両の解析モデル



張出スラブ、中間スラブ、縦梁、横梁: シェル要素

図-2 ラーメン高架橋と半雪覆型防音壁の解析モデル

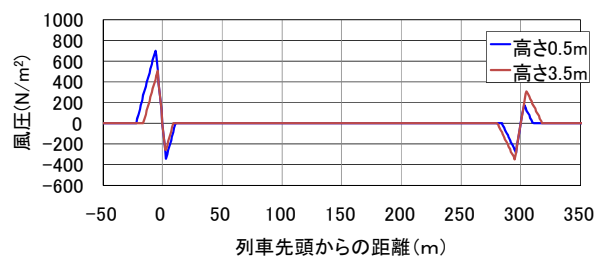


図-4 列車風圧モデル(12両編成, 260km/h)

キーワード 防音壁, 列車風圧, 動的相互作用解析, 共振

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 公益財団法人 鉄道総合技術研究所 構造力学

TEL 042-573-7290

モードは、解析、実測とも8~10Hz程度となる。

図-6 に時刻歴波形の例(列車速度 260km/h)を示す。図-6(a)の高架橋載荷側軌道中心のスパン中央の水平変位では、高架橋の水平動に共振増幅挙動がみられる。その振動数は図-5(a)に相当する2.9Hzである。列車速度 72.2m/s と車両長 25m から加振周波数は2.9Hzと求まり、1次共振であると考えられる³⁾。図-6(b)の第5支柱付近の水平変位から、H鋼において変位量が急増していることが分かる。また、列車風圧の影響、図-5(b)のモードの影響も波形に現れている。図-6(c)の第5上側パネルの水平変位から、列車進入時のPCパネルの純たわみは0.2mm程度に留まっていることが分かる。図-6(d)の第5支柱の曲げモーメントからは、列車進入時、退出時に設定した列車風圧に伴う応答が生じ、それぞれのピーク直後に4Hzの自由振動が生じていることが分かる。

図-7 に列車速度と防音壁の応答の関係を示す。水平変位、支柱曲げモーメントともに速度依存性が強い結果となっており、H鋼下端の曲げモーメントは列車速度の3.1乗で推移する結果となった。図-7(b)の■H鋼下端(静的)は、比較のため各列車速度の列車風圧荷重と列車を静的な移動荷重として解析した検討結果であり、□と■の差が防音壁と構造物の動的な寄与分に相当する。これより発生モーメントの増加の主因は列車速度の増加に伴う風圧の増加であることが分かる。発生モーメントは設計列車速度である260km/hにおいて4.7kN・mであった。これは設計荷重である風圧3kN/m²(風速50m/s)による発生モーメント55kN・mよりも小さな値である。別途実施した静的非線形解析によれば、支柱下端のコンクリートへの埋め込み部における、コンクリートのひび割れ発生モーメントは10.3kN・m、H鋼、地覆を含めた全体系の降伏時における支柱下端の発生モーメントは105kN・mであった。よって本構造形式の振動性状は安定的であると判断される。

4. まとめ ①高さ3.5mの半雪覆型防音壁の1次固有振動数は数値解析で4Hz、実測で3.8Hzであった。②H鋼支柱の曲げモーメントは、列車進入時、退出時に列車風圧に伴うピークが生じ、ピーク直後に4Hzの自由振動が続く。③H鋼下端の曲げモーメントは列車速度の3.1乗で推移する結果となっており、その主因は列車速度の増加に伴う風圧の増加であると考えられる。今後、検討パラメータを増やし検討の深度化を図る。

参考文献 1) 長谷川敦史, 曾我部正道, 杉本一郎, 鳥取誠一: 高速列車走行に対する高架橋上防音壁支柱の安全性評価, 鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2005), S7-1-8, pp.121-124, 2005, 2) 菊池勝浩, 内田一男, 中谷浩二, 吉田康夫, 前田達夫, 柳澤三憲: 三次元境界要素法による列車通過時の圧力変動解析, 鉄道総研報告, Vol.10, No.2, pp.47-52, 1996, 3) 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.724/I-62, pp.83-102, 2003

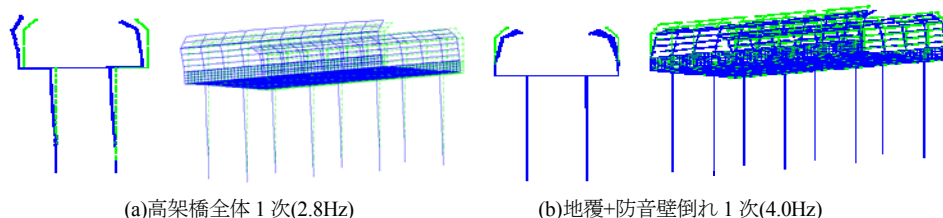


図-5 固有値解析結果

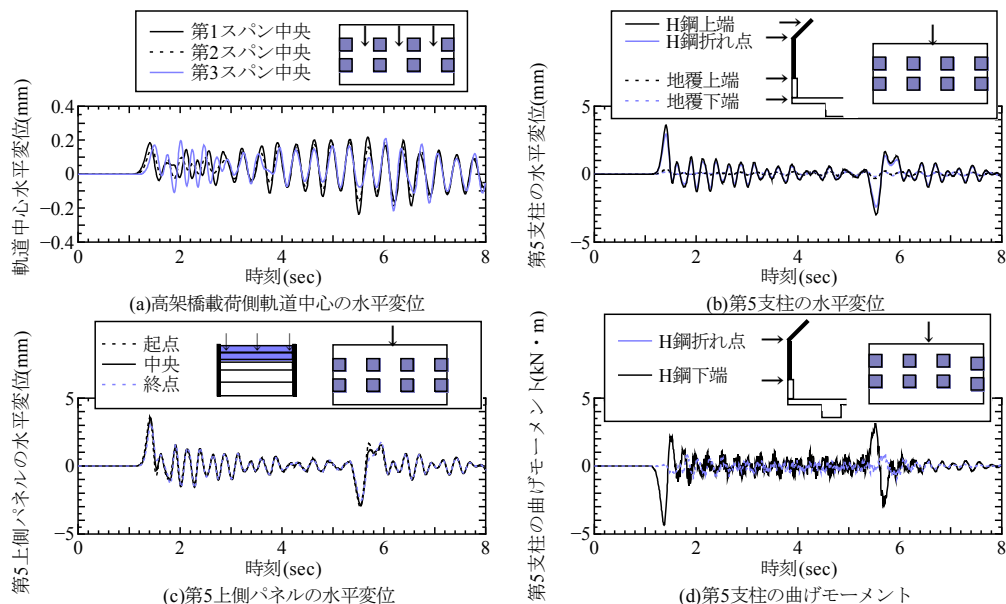


図-6 時刻歴波形の例(列車速度 260km/h)

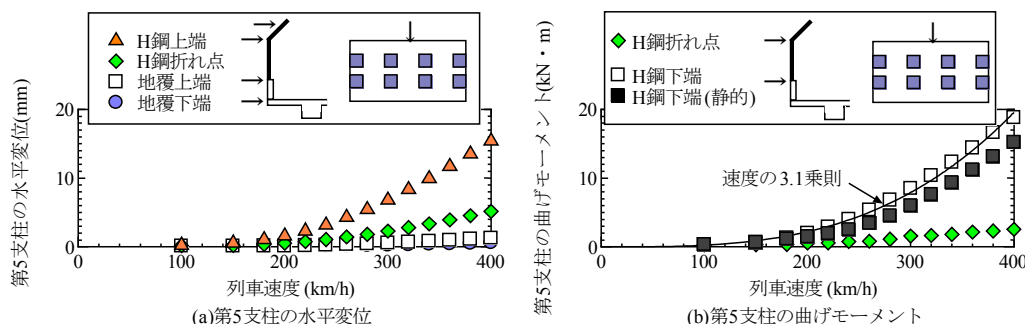


図-7 列車速度と防音壁の応答の関係