

隣接建物を有する鉄道高架橋の有効入力動に関する基礎的検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○和田 一範, 室野 剛隆

1. はじめに

大都市圏内では、大型建物が鉄道高架橋に隣接して建設される場合があるが、大型建物は質量が鉄道高架橋の数倍～数十倍あるため、地震時の建物振動が周辺地盤を介して、鉄道高架橋に与える影響は無視できない可能性がある。しかし、大型建物が土木構造物へ与える影響については、検討事例が皆無である。そこで、大型の隣接建物が鉄道高架橋に与える影響の有無を把握するための基礎検討として、RC 橋脚式の鉄道高架橋を対象に、大型建物と鉄道高架橋の連成系の 3 次元 FEM モデルを構築し、周波数応答解析によって、建物諸元や地盤条件の違いと鉄道高架橋の有効入力動の大小関係を分析した。

2. 解析概要

図 1 に構築した 3 次元 FEM モデルの概要を示す。10 階建ての建物と RC 橋脚式の鉄道高架橋が離隔 15m で位置するモデルを設定した。構造物は梁要素、地盤はソリッド要素でモデル化した。なお、本稿は基本的な挙動把握が目的のため、全要素を線形でモデル化し、地盤と構造物は剛な梁要素で接続し、地盤の剥離は考慮していない。鉄道高架橋の剛性、寸法等の諸元は、文献 1) を基に設定しつつ、有効入力動に着目するため、質量は零とし地上部分はモデル化していない。一方で、建物の質量、寸法、剛性等の諸元は、文献 2) を基に設定した。また、地盤は一層地盤とし、せん断弾性波速度 $V_s=50\text{m/s}$, 100m/s , 200m/s の場合を検討した。解析ケースを表 1 に示すが、本稿では建物の質量および地上部の剛性を文献 2) の設定値から係数 α_m , α_k を乗じることで変化させた。なお、隣接建物が存在しないケースも比較対象とするため、Case0 を設定している。各ケースについて周波数応答解析を実施し、自由地盤地表面位置に対する高架橋フーチング位置の応答倍率（有効入力動）を比較した。

3. 解析結果および考察

(1) 建物基礎の剛性による効果

図 2 に Case0, 1 の高架橋フーチング位置での応答倍率を示す。建物が無い Case0 は、自由地盤の 2 次モード以降で高架橋基礎の入力損失効果のみが現れる。一方で、無質量の建物が有る Case1 は、建物基礎の剛性の効果で、地盤変形が拘束されることで、振動数 2~5Hz あたりの自由地盤の 2~4 次モードでは高架橋フーチング位置での応答がより低減する。このことから、建物基礎の剛性による高架橋への有効入力動の低減効果が確認された。

(2) 建物の質量による効果

図 3 に Case1~4 の高架橋フーチング位置での応答倍率を示す。その結果、Case2 は建物の 1 次モード（振動数約 0.5Hz）も含め、無質量の Case1 とほぼ違いがないことがわかる。一方で、建物の質量のみが大きい Case3 では地盤の 2 次モード（振動数約 2Hz）の応答が減少し、建物の質量と剛性が大きい Case4 では、地盤の 2 次モードでの応答減少に加え、建物の 1 次モード（振

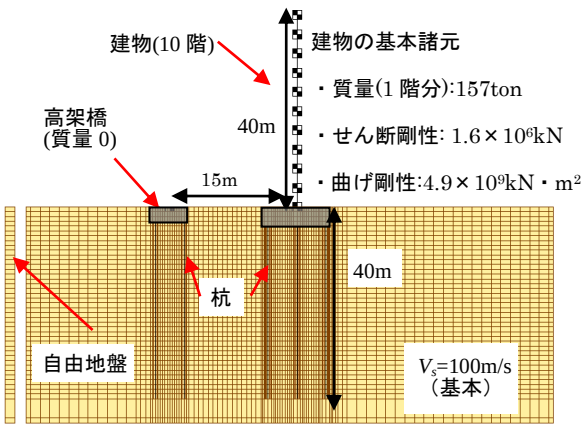


図 1 解析モデルの概要

表 1 解析ケース

ケース	α_m	α_k	$V_s(\text{m/s})$	備考
Case0	0	0	100	建物無
Case1	0	1	100	無質量
Case2	1	1	100	文献 4) 諸元
Case3	10	1	100	
Case4	10	10	100	
Case5	10	10	50	
Case6	10	10	200	

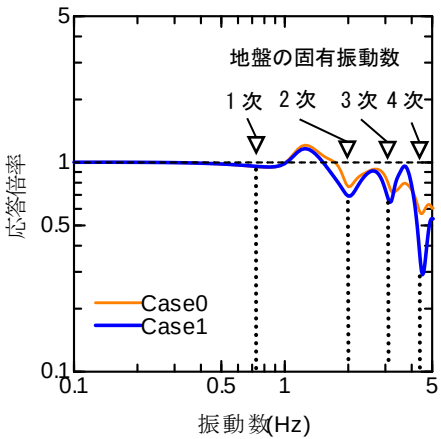


図 2 建物基礎の剛性による高架橋への有効入力動の違い

キーワード 隣接建物, 有効入力動, 鉄道高架橋

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター

動数約 0.18Hz) で応答が増大している. Case2, 4 の建物の 1 次モードでの傾向を分析するため, 図 4 に Case2, 4 それぞれの建物の 1 次固有振動数でのモード形状を示す. Case2 では建物のせん断変形モードが卓越し (図 4(a)), 周辺地盤へ振動が伝わりにくいため, 高架橋へ与える影響が小さいと考えられる. 一方, Case4 では, 建物のスウェイ・ロッキングモードが卓越し (図 4(b)), 周辺地盤へ建物振動が伝わるため, それが高架橋への付加的な入力動となり応答を増加させると考えられる. また, Case3, 4 の地盤の 2 次モードでの応答の減少傾向は, 3. (1) で述べた建物基礎の剛性による地盤変形の拘束効果の影響と, Case3 については, 建物の 2 次モードも同程度の振動数帯で発現されることから, 建物自体が周辺地盤の振動に対して, マスダンパのような働きをする効果も付加されていると考えられる.

(3) 地盤の剛性による効果

地盤の剛性による高架橋の有効入力動への影響を見るために図 5 に Case4, 5, 6 での高架橋フーチング位置での応答倍率を示す. その結果, 3. (1), (2) で述べた建物の影響が, $V_s=50\text{m/s}$, 100m/s では顕著に現れているが, $V_s=200\text{m/s}$ では明瞭には現れていないことがわかる. このことから, 地盤の剛性が小さいほど, 建物の存在によって高架橋の有効入力動が影響を受けやすいことがわかる.

4. まとめ

隣接建物が鉄道高架橋に与える影響の有無を把握するため, 建物諸元や地盤条件の違いと鉄道高架橋の有効入力動の大小関係を周波数応答解析により分析した結果, 以下 4 点の知見を得た. ①建物が存在することで, 建物基礎の剛性によって, 高架橋への有効入力動が低減する. ②建物の振動モードと地盤の振動モードが近い場合, 建物自体が周辺地盤の振動に対してマスダンパのような働きをすることで, 高架橋への有効入力動が低減する. ③建物の剛性や質量が小さい場合, また, 地盤の剛性が大きい場合, 建物の揺すり戻しが伝わりにくく, 慣性の相互作用の影響が小さいため, 高架橋の有効入力動への影響は小さい (図 6(a)). ④建物の剛性や質量が大きい場合, また, 地盤の剛性が小さい場合, 建物の揺すり戻しが伝わりやすく, 慣性の相互作用の影響が大きい場合, 建物の固有振動数帯について高架橋の有効入力動が増大する (図 6(b)).

【参考文献】 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 設計計算例 鉄筋コンクリート橋脚（杭基礎），2001. 2) 日本建築学会関東支部編：建築構造物の動的性状と解析，2014.

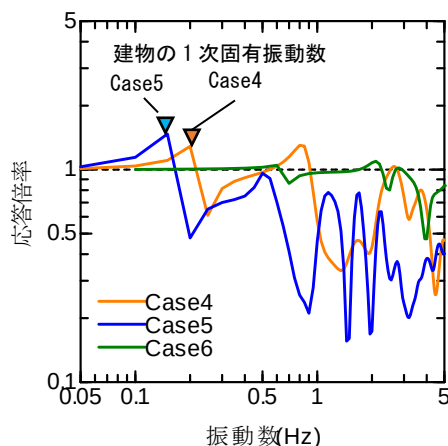


図 5 地盤剛性による高架橋への有効入力動の違い

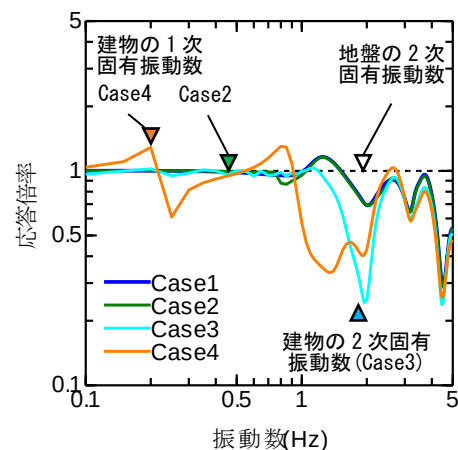


図 3 建物の質量による高架橋への有効入力動の違い

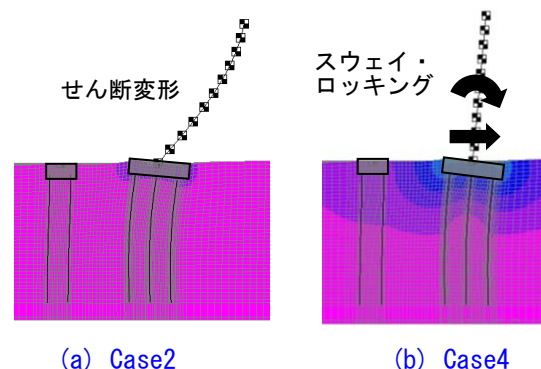


図 4 建物の 1 次固有振動数における振動モード

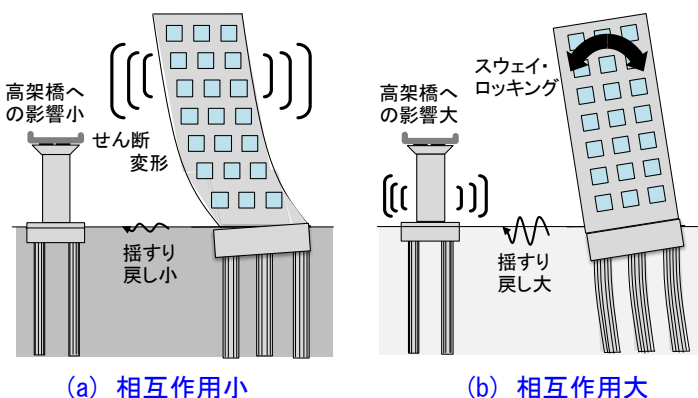


図 6 慣性相互作用による高架橋への影響のメカニズム