

常時微動観測に基づく建物 - 連絡橋間の相互作用に関する基礎検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 和田 一範, 寶地 雄大, 小野寺 周, 室野 剛隆

埼玉大学 正会員 齊藤正人, (株) テス 正会員 ○赤坂 大介

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、隣接建物の影響に関しては、建物同士の動的相互作用の問題として、解析的検討^{例え ば 1)}や実測に基づく検討^{例え ば 2)}などが行われているものの、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。

著者らの一部は、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に数値解析的検討³⁾を実施し、(1)建物基礎の剛性による地盤変形の拘束効果で鉄道高架橋への有効入力動がより低減されることや、(2)建物がスウェー・ロッキング挙動を示す場合、その振動が周辺地盤を介して、鉄道高架橋へ入力されることを明らかにしている。本稿では、鉄道高架橋に類する建物間を繋ぐ連絡橋と建物について常時微動観測を実施し、上述したような相互作用を実測の側面から把握した内容を報告する。

2. 常時微動観測概要

微動計(高感度の速度計)の設置位置を図1に示す。埼玉大学構内に存在する2階位置から建物間を接続している一連の連絡橋において、①隣接建物の無い条件、②片側に隣接建物が有る条件、③両側に隣接建物が有る条件のそれぞれで応答を評価するため、連絡橋天端($C_{U1} \sim C_{U3}$)、柱下端($C_{L1} \sim C_{L3}$)に設置した。また、隣接建物の応答特性を把握するために、各建物の最上階($B_1 \sim B_3$)と直近地盤($G_{B1} \sim G_{B3}$)に設置した。また、各センサから十分な離隔をとった自由地盤(G_1)も併せて計測した。

観測・整理方法を以下に示す。サンプリング周波数 200Hz で 30 分計測した。計測結果の時刻歴データを 20.48 秒(4096 個)のデータごとに分割し、それぞれのフーリエ振幅スペクトルを算出した。その際、人の通行などのノイズ成分を除いて、スペクトルを算出している。また、得られたスペクトル群の平均値を用いて 3. で示す各種応答倍率を算出した。

3. 観測結果および考察

(1) キネマティック相互作用の影響

図2に自由地盤 G_1 に対する連絡橋柱下端の水平方向(図1(a)の y 方向)の応答倍率を示す。隣接建物がない地点 C_{L1} は、応答倍率がほぼ 1 であることがわかる。このことから、連絡橋そのものの入力損失効果は小さいと考えられる。一方、建物 B_1 が隣接している地点 C_{L2} 、建物 B_2 、 B_3 が隣接している地点 C_{L3} では、2Hz～7Hz あたりで応答倍率がより低下している。

これは、隣接建物による地盤変形の拘束効果が現れていると考えられる。また、 C_{L3}/G_1 の方が C_{L2}/G_1 に比べて、より応答倍率が低下している。このことから、隣接建物が多いほど、応答倍率低減の影響が現れていると考えられる。

キーワード 隣接建物, キネマティック相互作用, 慣性相互作用

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

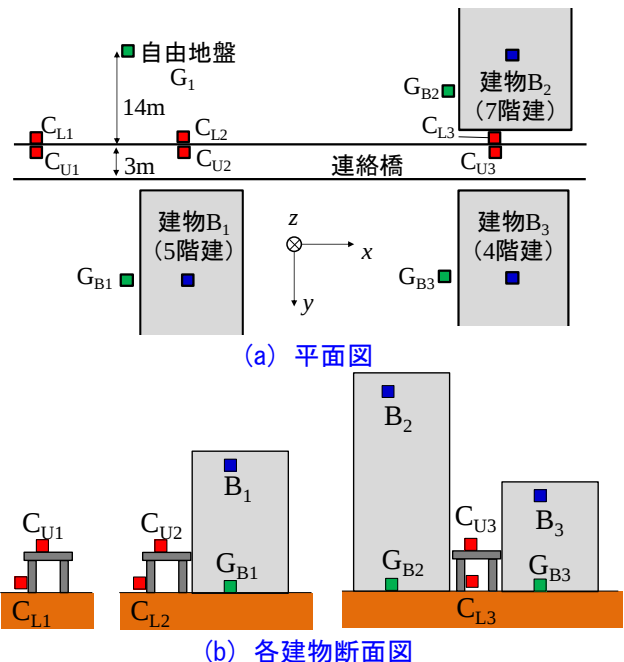


図1 微動計の設置位置

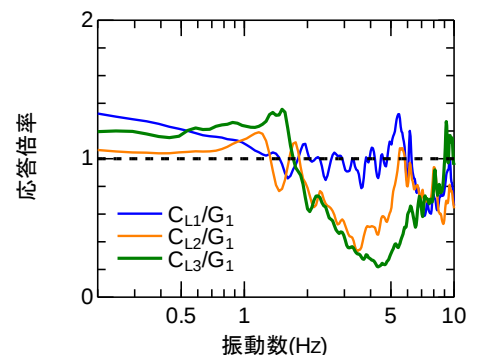


図2 自由地盤に対する連絡橋柱下端の応答倍率(水平成分)

(2) 慣性相互作用の影響

図3に自由地盤 G_1 に対する連絡橋天端の水平方向 (図1(a)の y 方向) の応答倍率を示す。隣接建物が無い地点 C_{U1} と建物 B_1 が有る地点 C_{U2} はほぼ同様の挙動を示し、建物 B_1 による入力損失効果があるものの、天端の応答への影響は小さい。また、両者の卓越振動数は約 5.5Hz であり、これが連絡橋の橋軸直角方向の1次固有振動数と考えられる。それに対して、建物 B_2 、 B_3 と隣接する地点 C_{U3} は、地点 C_{U1} 、 C_{U2} と異なる傾向を示すことがわかる。具体的には、①地点 C_{U1} 、 C_{U2} で見られた 5.5Hz あたりのピークが見られない一方で、②約 1.7Hz で応答倍率の増加が見られる。①は図2で示したように地点 C_{L3} での

入力損失効果が 5Hz 付近で特に大きいことから、連絡橋の主要な振動成分の入力動が小さいためと考えられる。続いて、②の傾向を分析するため、各建物直近地盤 ($G_{B1} \sim G_{B3}$) からの各建物 ($B_1 \sim B_3$) の水平方向 (図1(a)の y 方向) の応答倍率を図4に示すが、約 1.7Hz は建物 B_2 の1次固有振動数に対応することがわかる。また、自由地盤 G_1 に対する各建物 ($B_1 \sim B_3$) の鉛直方向 (図1(a)の z 方向) の応答倍率を図5、図6に示すが、建物 B_2 の約 1.7Hz の成分は鉛直成分にも含まれていることが分かる。一方で、建物 B_1 、 B_3 の水平方向の固有振動数 ($4\text{Hz} \sim 5\text{Hz}$ 程度) の成分は、鉛直成分には確認できない。これらの結果から、建物 B_2 はロッキング挙動を示すことで、連絡橋の振動へ影響を及ぼしていると考えられる。これは、著者らの一部が解析的検討³⁾から得た建物のスウェイ・ロッキング挙動と鉄道高架橋への影響 (図7) と整合する傾向であると言える。

4. おわりに

隣接建物の存在が鉄道高架橋へ与える影響を実測の側面から把握することを目的として、高架橋に類する連絡橋と建物、周辺地盤等で常時微動観測を実施した。その結果、(1)建物基礎の剛性による地盤変形の拘束効果で連絡橋への入力動がより低減されることや、(2)建物がロッキング挙動を示す場合、その振動が周辺地盤を介して、連絡橋へ入力され、天端の応答へ影響することが実測結果として得られた。また、これらの傾向は解析的検討³⁾とも整合する。今後は、建物諸元や地盤条件から鉄道高架橋の応答の増減を評価する手法の開発を目指す。

【参考文献】1) Guillermo M.A., Lusi A.P., Juan J.A., Orlando M.: Structure-soil-structure interaction effects on the dynamic response of piled structures under obliquely incident seismic shear waves, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.78, pp.142-153, 2015., 2) 松山智恵, 福和伸夫, 飛田潤: 強震観測・強制振動実験・常時微動計測に基づく隣接する中低層建物の振動特性, 日本建築学会構造系論文集, 第545号, pp.87-94, 2001. 3) 和田一範, 室野剛隆: 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, 第72回年次学術講演会, 2017. (投稿中)

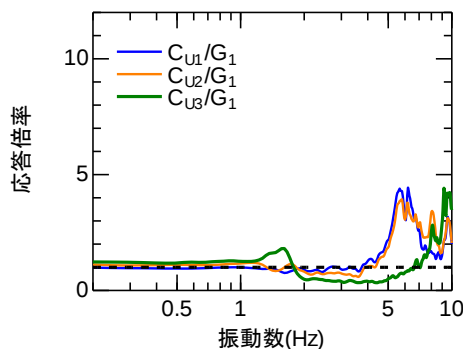


図3 自由地盤に対する連絡橋天端の応答倍率 (水平成分)

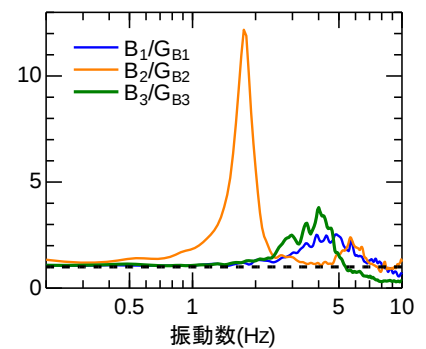


図4 各建物直近地盤に対する各建物最上階の応答倍率 (水平成分)

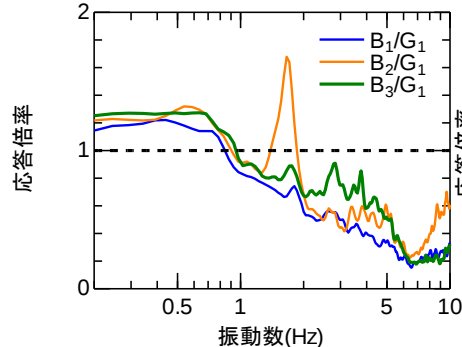


図5 自由地盤に対する各建物の最上階の応答倍率 (鉛直成分)

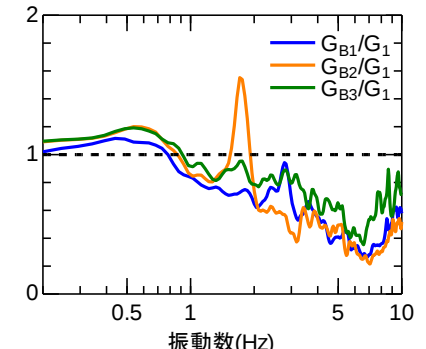


図6 自由地盤に対する各建物直近地盤の応答倍率 (鉛直成分)

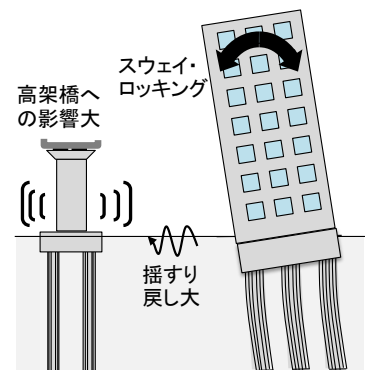


図7 建物のスウェイ・ロッキング挙動による鉄道高架橋への影響³⁾