

敷設物が橋脚の地震応答に与える影響についての解析的検討

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○ 本山 紘希
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 西村 隆義
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆

1. はじめに

敷設コンクリートや敷設アスファルトを有する橋脚の地震応答特性について、著者らはこれまで検討を行ってきた。例えば、橋脚と敷設物に対して3次元FEMを用いたプッシュオーバー解析を行った場合、降伏震度が向上するという意味で、敷設物が耐震性能の向上に寄与することが確認されている¹⁾。しかし、地震荷重による動的な相互作用や、橋脚に押し上げられた敷設物の浮き上がりの影響など、未解明な部分も多く、一概に敷設物の存在が耐震性能の向上につながるとは言えない。これらの影響を検討するため、梁・ばね系で対象をモデル化し、解析的なアプローチを試みた。

2. 解析対象

解析対象とモデル化について図1に示す。橋脚は鉄道高架橋に用いられる直接基礎の橋脚(高さ10m、橋脚断面寸法1.5m(幅)×4.0m(奥行き)、フーチング高さ1.75m)とする。敷設物の長さは隣接する橋脚との中間までを考えると、橋脚間隔を30mと想定することで、片側15mの計30mとした。また、敷設物は厚さ30cmのコンクリートとする。

橋脚は、柱部を非線形な梁(図1の①)、フーチングを剛な梁(図1の②)とし、直接基礎の支持力は分布ばねモデル²⁾を用いてモデル化する(図1の③)。この橋脚モデルに敷設物の影響を付加する形で全体のモデルを作成する。まず、敷設物は、奥行きがフーチングの奥行き程度(7.7m)の線形な梁としてモデル化する(図1の④)。敷設物は地盤により鉛直方向に支持されると同時に、摩擦により水平方向にも支持されている。これらの支持力は敷設物の浮き上がりにより失われるため、ジョイントばねでモデル化する(図1の⑤)。次に、敷設物の橋脚に対する拘束効果と考えられる、躯体のロッキングに対する抵抗及び躯体前面の水平抵抗を考える。躯体のロッキングに対する抵抗は、敷設物の重量と剛性によりフーチングの浮き上がりを抑制する抵抗であり、この抵抗は敷設物の浮き上がりにより失われる性質があると考えられる。そのため、この抵抗は、敷設物とフーチングの間にジョイントばねを設定することでモデル化できる(図1の⑥)。躯体前面の水平抵抗は、敷設物が地盤との摩擦により受ける水平支持力を躯体の前面で受けることによる抵抗である。これは、敷設物と橋脚柱部をモデル化する2つの梁の接触部が、水平方向のみ支持するピン結合であるとしてモデル化できる(図1の⑦)。

図2にジョイントばね(図1の⑤⑥)の支持力・上限値の設定の際に考慮する有効な敷設物の範囲を示す。鉛直方向に関して有効な敷設物の範囲はフーチングの奥行き程度(7.7m)を考える。水平方向の支持力・上限値は「鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物」を参考に、橋脚から45度の角度で両側に敷設物の厚さの2倍(60cm)

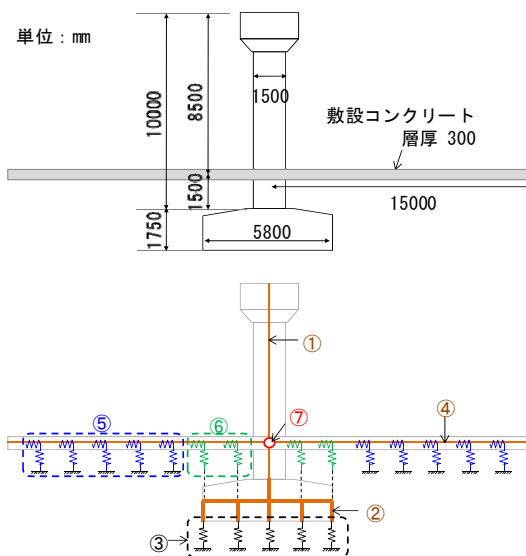


図1. 解析対象とモデル化

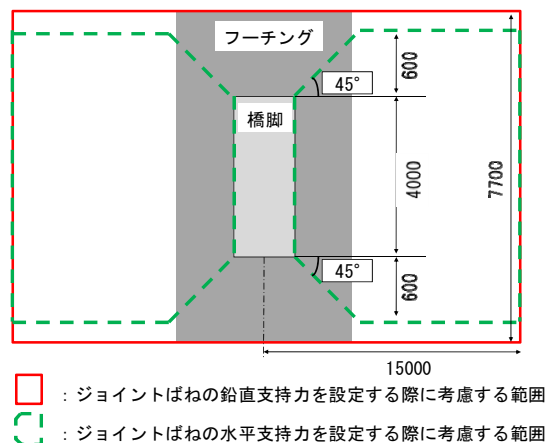


図2. ジョイント設定で考慮する敷設物の奥行き

キーワード 敷設物, 動的相互作用, 破壊形態

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7394

広がる範囲を考慮する。

3. 解析ケース

解析ケースは、敷設物の影響の評価、プッシュオーバー解析と動的解析の比較を考え表 1 のように設定した。橋脚の質量を 0 とする解析は、橋脚の慣性力を除くことで、橋脚の断面力に対する敷設物の影響のみを取り出すことを考えている。動的解析では、「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計」で規定された L2 地震動スペクトルⅡを用いることにした。

4. 解析結果

プッシュオーバー解析の結果として、橋脚上端の荷重－変位関係を図 3 に示す。p1 の結果に比べて p2 の結果で降伏震度の向上が見られる。参考文献 1) と類似の傾向が、敷設物の橋脚に対する拘束効果を梁・ばね系でモデル化することにより確認された。

動的解析の結果として、橋脚上端の変位－加速度関係を図 4 に示す。d2 において d1 よりも応答加速度の上昇が見られる。これは、橋脚と敷設物が動的に相互作用する状況においても、敷設物に橋脚を拘束する効果があるためだと考えられる。

ここで懸念されるのが、応答加速度の上昇や地震動を受ける敷設物が橋脚に作用することにより、橋脚の断面力、特にせん断力が増加することである。これを確認するため、動的解析により得られた橋脚の最大断面力を図 5 に示す。d1 に対して d2 では、せん断力の増加が見られる。また、橋脚の慣性力の影響を除いた d3 の解析結果より、敷設物が橋脚に荷重として作用する効果があることも確認できる。d2 の結果で見られる橋脚基部でのせん断力の増加もこの影響によると考えられる。

表 2 には支持降伏及び橋脚基部の降伏が起こった時間をまとめる。d1 では支持降伏が先行していたが、d2 では、橋脚基部の降伏がわずかに先行する結果となった。敷設物の影響を受ける構造物では、想定すべき降伏箇所が変化する可能性も考える必要がある。

5. まとめ

敷設物の橋脚に対する拘束効果を梁・ばね系でモデル化し動的解析を行った。その結果、応答加速度の増加や敷設物が橋脚に作用することによる、橋脚のせん断力の増加が見られた。これは、敷設物が存在することで、橋脚の破壊モードが曲げ破壊モードからせん断破壊モードに移行してしまう可能性を示唆する。また、支持降伏及び橋脚基部の降伏が起こる時間を調べることで、想定すべき降伏箇所が変わる可能性も示された。今後、敷設物を挟んで振動特性が異なる構造物が存在する場合などに関して、検討の必要が考えられる。

参考文献

1) 室野剛隆, 今村年成, 樋口美紀恵: 地表面の敷設物が地震時の基礎の支持力に与える影響評価, 第 9 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2006 年 2 月. 2) 西村隆義, 西村昭彦, 西岡英俊, 神田政幸: 直接基礎の分布ばねモデルによる振動実験のシミュレーション, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2007.

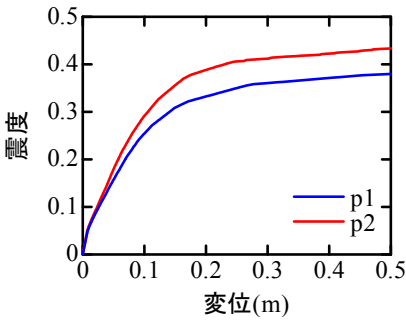


図 3. プッシュオーバー解析による荷重－変位関係

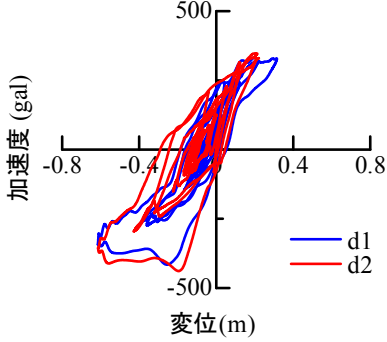


図 4. 動的解析による加速度－変位関係

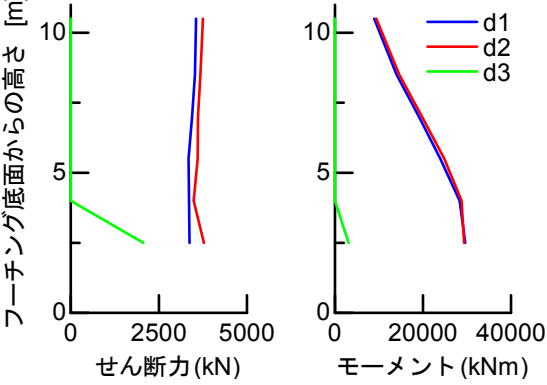


図 5. 橋脚柱部の最大断面力

表 1. 解析ケース

	敷設物なし	敷設物あり	敷設物あり (橋脚質量0)
プッシュオーバー	p1	p2	–
動的解析	d1	d2	d3

表 2. 降伏した時間 (単位: sec)

	d1	d2
支持降伏	2.534	2.548
橋脚基部の降伏	2.960	2.526