

液状化地盤に建設される橋脚基礎に対する有効応力解析を用いた検討

オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○久木留 貴裕
 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 大竹 省吾
 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 梅林 福太郎
 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 津崎 博美

1. はじめに

水際線からの離隔が小さく、液状化における流動力が懸念される橋脚基礎に対する流動力の照査方法は道路橋示方書¹⁾に規定されている。しかし、流動化のメカニズムや構造物に与える影響は研究途上な部分が多く、地盤条件が複雑な場合等は、液状化時の詳細な検討が必要と考えられる。

著者らは液状化する沖積砂層が厚く（15m程度）、その上層は盛土地盤である地点に建設される橋脚基礎に対し、地盤と橋脚および基礎を一体モデルとした二次元有効応力解析を実施した。これにより、液状化地盤からの流動力を橋脚基礎に直接作用させることで、側方流動の評価を行い、道路橋示方書による設計の妥当性を確認した。

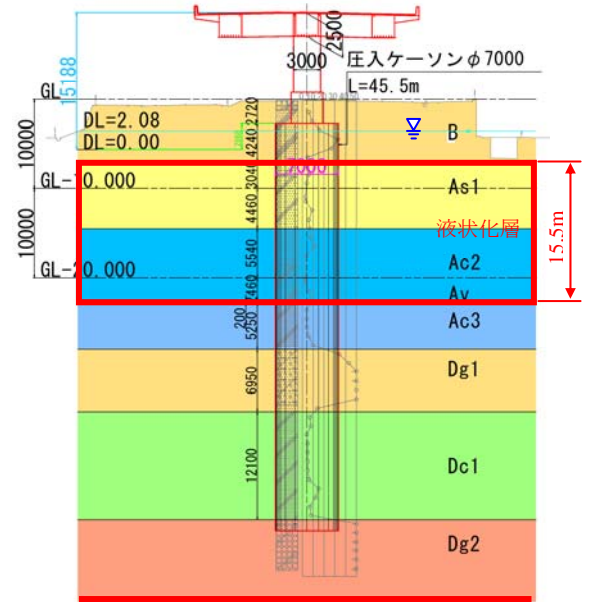
2. 検討対象

検討対象橋梁は、上部工形式が5径間連続ラーメン鋼床版箱桁橋である。液状化検討は、水際線からの離隔が25mと小さく、流動力による影響が顕著となる橋脚の橋軸直角方向を対象として実施した。図-1に対象橋脚基礎の断面を示す。橋脚は鋼製橋脚、基礎はケーソン基礎である。地下水位はD.L.2.08mであり、液状化層はAs1層(7.5m)とAc2層(8.0m)となる。また、液状化層上層は、盛土層(7.0m)である。

3. 検討方法

図-2に解析モデルを示す。解析は、二次元有効応力解析プログラムLIQCAを使用した。地盤は、検討断面の耐震設計上の基盤面より上の表層地盤を平面ひずみ要素、橋脚および基礎を非線形はり要素でモデル化した。地盤と基礎の境界には、ジョイント要素を設け、回転に対する鉛直方向の抵抗を考慮するために、ケーソンの基礎幅分は剛な線形はり要素(ダミー要素)でモデル化した。上部工は、質量として考慮した。入力地震動は、道示V¹⁾のレベル2地震動のI種地盤の波形(タイプI, タイプII)を耐震設計上の基盤面より入力した。

表-1にレベル2地震動に対する照査項目と制限値を示す。照査項目と制限値は道示¹²⁾に準拠するものとし、基礎の耐力



耐震設計上の基盤面

図-1 対象橋脚基礎の断面

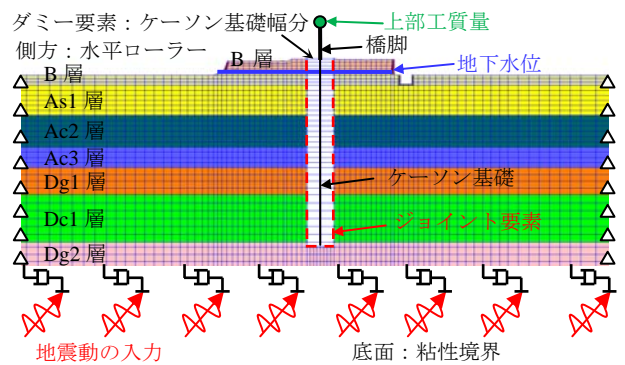


図-2 解析モデル

表-1 照査項目と制限値

対象	照査項目	制限値
橋脚	曲げ照査	応答曲率 ≤ 許容曲率
	残留変位の照査	設計残留変位 ≤ 許容残留変位
基礎	基礎の耐力照査	<ul style="list-style-type: none"> ■ 基礎の降伏 ① 応答曲率 ≤ 降伏曲率 ② 基礎前面の塑性領域率 ≤ 60% ③ 基礎底面の浮上り率 ≤ 60% ■ 基礎のせん断力 応答せん断力 ≤ せん断耐力
	基礎の応答塑性率と変位の照査	<ul style="list-style-type: none"> ■ 基礎の許容塑性率 応答曲率 ≤ 許容曲率 ■ 基礎のせん断力 応答せん断力 ≤ せん断耐力 ■ 基礎の過大な回転角 残留回転角 ≤ 許容回転角(0.02rad)

キーワード ケーソン基礎, 鋼製橋脚, 耐震設計, 液状化, 流動力, 有効応力解析

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 株式会社オリエンタルコンサルタンツ TEL.03-6311-7860

照査で耐力が制限値を超過する場合には、塑性化を許容するものとし、基礎の応答塑性率と変位の照査を実施することとした。

応答値の算出は、橋脚については、道示に準拠し応答曲率と設計残留変位を算出した。一方、基礎については、地盤を FEM でモデル化しているため、以下のように算出した。応答曲率、応答せん断力については、はり要素の応答値とした。基礎前面地盤の塑性領域率については、ケーソン基礎の側面の地盤要素に発生するせん断応力度がせん断強度を超過している区間を塑性化範囲とし、塑性化範囲の有効根入れ長に対する割合を算出した。基礎底面の浮上り率については、ケーソン基礎底面のジョイント要素に引張が生じた場合を浮上りとし、底面の浮上り面積率を算出した。また、残留回転角については、解析結果の最終時刻における基礎天端の水平変位より算出した。なお、応答値はタイプ I、タイプ II の 3 波形の最大値の平均値として照査した。

4. 検討結果

橋脚については、タイプ I、タイプ II ともに曲げは基部で塑性化するものの許容曲率以内であった (図-3)。また、残留変位については、許容残留変位以内であることを確認した (表-2)。一方、基礎については、タイプ I、タイプ II ともにケーソン本体は降伏せず (図-4)、基礎前面の塑性領域率において制限値を満足した (図-6)。しかし、基礎底面の浮上り率が制限値を超過するため (図-7)、基礎は降伏するという判定となった。このため、基礎の応答塑性率と変位の照査を実施したところ、基礎のせん断 (図-5) および残留回転角 (表-3) は、制限値以内であることを確認した。

5. まとめ

地盤と橋脚および基礎を一体モデルとした二次元有効応力解析により、流動化に対する詳細な検討を実施した。

この結果、橋脚については、基部の塑性化、基礎については、底面の浮上りにより降伏するものの、制限値を満足することを確認した。

参考文献

- 1)道路橋示方書・同解説 V耐震設計編：(社)日本道路協会，平成24年3月。
- 2)道路橋示方書・同解説 IV下部構造編：(社)日本道路協会，平成24年3月。

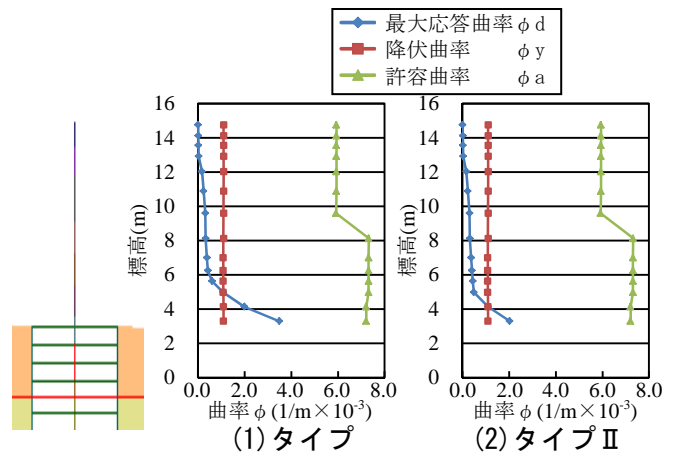


図-3 橋脚の曲げに対する照査

表-2 橋脚の残留変位に対する照査

	設計残留変位	許容残留変位	判定
タイプ I	4.0cm	12.2cm	OK
タイプ II	2.1cm	12.2cm	OK

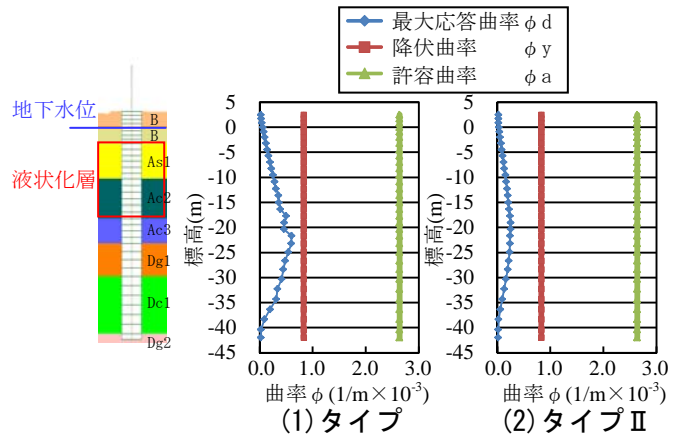


図-4 基礎の曲げに対する照査

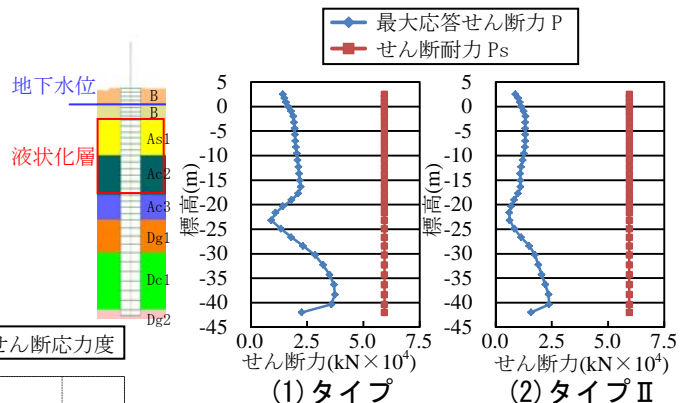


図-5 基礎のせん断に対する照査

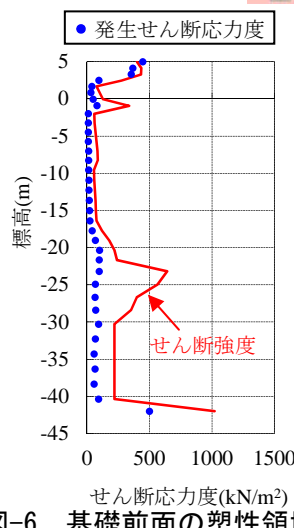


図-6 基礎前面の塑性領域率

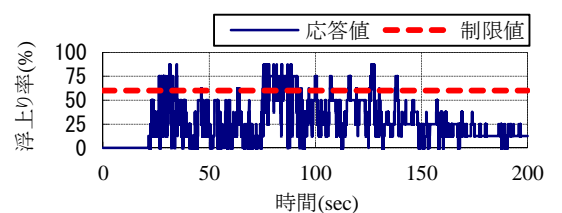


図-7 基礎底面の浮上り率

表-3 基礎の過大な回転角の照査

	残留回転角	許容回転角	判定
タイプ I	0.0020rad	0.0200rad	OK
タイプ II	0.0003rad	0.0200rad	OK