

2000 年鳥取県西部地震において橋台基礎に作用した流動力に関する検討

国土交通省土木研究所 正会員 佐々木哲也 松尾 修 小林 寛
鳥取県土木部 渡辺 哲二, 前田 達美

1. はじめに

2000 年鳥取県西部地震では高松川を挟む埋立地（竹内工業団地）および対岸の陸側で広範囲に液状化が発生した。これにより、陸側の護岸はコンクリートブロック積み護岸であったため、最大水平変位が 1m を超える地盤流動が発生した¹⁾。また、高松川に架かる橋梁の橋台はこれら地盤変位の影響を受け、前方（川側）へ変位したが、幸いにも単純鋼桁が突っかい棒（ストラット）の効果を発揮したため、橋台が橋桁にぶつかり橋台が若干傾斜する程度の被害にとどまった。本研究では、橋台の変状から橋台基礎に作用した流動力を逆算し、道路橋示方書²⁾で規定されている流動力と比較した。

2. 被害の概要

検討対象とした橋の平面図、断面図を図-1, 2 に示す。検討対象とした橋は、境港市竹内団地内の埋立地と陸との間の運河にかかるスパン 18.4m の単純桁橋である。陸側の護岸はコンクリートブロック積み護岸であり、地盤の側方流動により全面に膨みだし、一部の区間では崩壊していた。護岸の水平変位量は最大で約 1m 以上あった（写真-1 参照）。橋梁付近では水平変位が押

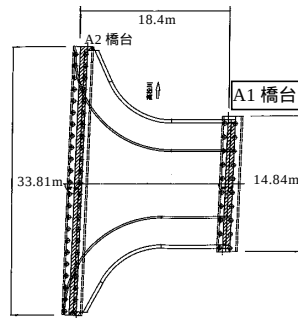


図-1 平面図

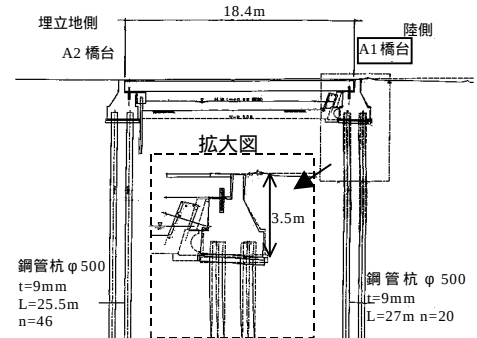


図-2 断面図

さえられるため路面が圧縮され、路面亀裂および縁石の圧縮破壊が生じていた（写真-2 参照）。側方流動により橋台が前面に押し出されるように流動力が作用したと考えられるが、橋台が橋桁にぶつかり、橋台が若干傾斜した程度の被害であった。地震後の測定の結果、橋台の傾斜角は 3°、桁と橋台の間



写真-1 流動による護岸の変状



写真-2 流動による路面の変状

隔は当初 3cm であったものが上端で 6cm となっていた（図 2 参照）。

3. 検討方法

陸側の A1 橋台を検討対象とした。図-3 および表-1 に、A1 橋台直近の地盤柱状図（No.1 孔）および土質データの一覧を示す。これらの土質データをもとに、道路

記号	時代	地層	層厚(m)	平均N値 (回)	単位質量 (t/m ²)	細粒分含 有率(%)	平均粒径 (mm)
R	埋立	表土	0.3	-	-	-	-
Um-1	沖積	礫混じり砂	2.7	13	1.9	0	2.00
Um-2		粘土質砂1	5	8.4	1.6	42.2	0.15
Us		粘土質砂2	14	6.3	1.6	87 or 30	0.10
LS-1	洪積	砂層	5.7	21	1.75	15.5	0.19
LS-2		粘土混じり砂	-	23.7	1.75	33	0.14

橋示方書 耐震設計編にもとづき液状化の判定を行った。なお、Us 層の細粒分含有率 FC は No.1 孔のデータでは 87% であったが、近接のボーリングデータでは 30% 程度であったため、両者の場合について検討を行った。また、塑性指数 I_p に関するデータがないため、ここでは細粒分含有率 FC が 35% 以上の土質も液状化判定の対象とした。地震動は動的せん断強度比 R の算出においてタイプ の地震動とし、設計水平震度 k_{hco} は当該地点周辺において地震時に記録された地表面最大加速度の分布を勘案して 0.3 とした。

解析モデルの概念図を図-4 に示す。橋台は十分剛な梁でモデル化し、鋼管杭基礎は弾性梁でモデル化した。A1 橋台の支承は可動支承であり、地震前の桁と橋台の間隔は 3cm であったことから、橋台の支承部の水平変位 -3cm までは自由端とし、-3cm となった時点で水平方向に拘束とする支点バネで橋台支承部を拘束した

キーワード：液状化，地震，側方流動，橋台，杭

連絡先：〒305-0804 つくば市旭 1, Tel 0298-79-6771, Fax 0298-79-6735

(図-5 参照)。液状化層以深では杭をバネ支持とし、地盤反力係数は N 値をもとに道路橋示方書 下部構造編にもとづき算出した。

道路橋示方書にもとづき非液状化層の流動力 q_{NL} および液状化層の流動力 q_L を以下の式で算出した。

$$q_{NL}=c_s c_{NL} K_P \gamma_{NL} x$$

$$q_L=c_s c_L \{ \gamma_{NL} H_{NL} + \gamma_L (x-H_{NL}) \}$$

ここに、 c_s :水際線からの距離による補正係数(ここでは=1.0 とした)、 c_{NL} :非液状化層中の流動力の補正係数(PL により与える) K_P :受働土圧係数(常時) γ_{NL} :非液状化層の平均単位体積重量、 c_L :液状化層中の流動力の補正係数、 H_{NL} :非液状化層厚、 γ_L :液状化層の平均単位体積重量、 H_L :液状化層厚、 x :地表面からの深さ。道路橋示方書では、 c_{NL} は PL により与えられ、 c_L は当面 0.3 とされているが、ここでは、それぞれパラメトリックに変化させた場合についても検討した。

4. 検討結果

図-3 に地表面水平震度 0.3 による液状化判定結果を示す。Us FC 層の 87%のケースでは、GL-6m から GL-8m までは液状化層となり、Us 層にも所々 $FL<1$ となった。FC が 30%のケースでは GL-6m から道路橋示方書で規定されている液状化対象範囲の下限 GL-20m までは $FL<1$ となった。なお、Us 層の FC が 87%のケースでは I_p は 15 以上であると考えられることから、Us 層は液状化しないものとして以後の計算を実施した。

図-6 に Us 層の FC が 30%および 87%のケースの液状化層厚と解析による橋台頂部の目地の開き量の関係を示す。これより、Us 層の FC が 30%のケースでは道路橋示方書に基づく液状化判定の結果得られた液状化層厚および液状化層の流動力の補正係数 $c_L(=0.3)$ を用いたケースでは、水平変位は実測値よりも上回っている。一方、Us 層の FC が 87%のケースでは、液状化判定の結果 PL は 5.5、その結果、道示により求められる c_{NL} は 0.033 となり、この場合道示にもとづく結果は実測値を下回った。いずれにしても、解析結果による橋台の変位は液状化したと見なす層厚に大きく依存しており、評価の精度を向上させるためには、各層の液状化強度特性、特に細粒分の影響、および水平震度の推定値等を再検討し液状化範囲を詳細に求める必要がある。

5. まとめ

橋台の変状から橋台基礎に作用した流動力の逆算を試みたが、地盤の土質特性を特定できなかったため明確な結論が得られなかった。各層の液状化強度特性、および水平震度の推定値等を再検討し液状化範囲を詳細に求める必要がある。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：平成 12 年(2000 年)鳥取県西部地震緊急調査報告書,土木研究所資料第 3769 号，2000。
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書 耐震設計編，1996。

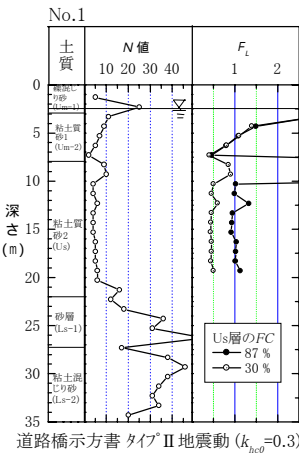


図-3 地盤柱状図

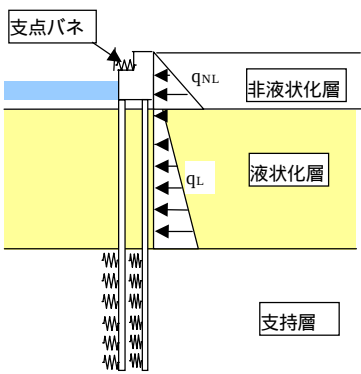


図-4 解析モデルの概念図

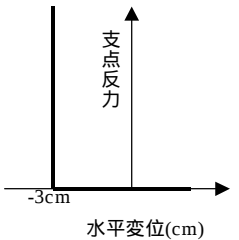
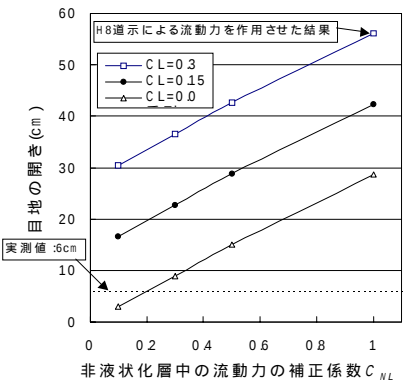
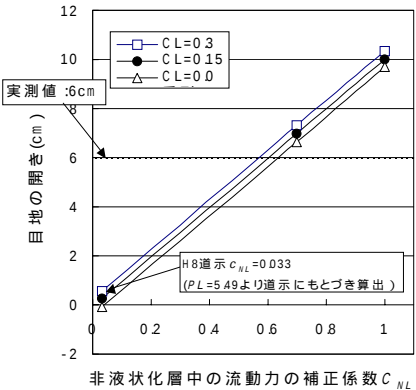


図-5 支点バネ



(1)FC=30%



(2)FC=87%

図-6 液状化層厚と橋台水平変位の関係