

柱列状地盤改良体を用いた液状化対策の解析的検討

鉄建建設(株) 正会員○山内真也, 複合技術研究所 正会員 三平伸吾
東日本旅客鉄道(株) フェロー会員 中村 宏, 正会員 米川裕幸
ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) 正会員 田中祐二

1. はじめに

盛土耐震補強の液状化対策は、鋼矢板による液状化層の締切りを基本としている(図-1 参照)。但し P_L 値が比較的小さく ($5 < P_L \leq 15$)、盛土のり尻に既設高架橋や土留め擁壁の杭基礎がある場合等に、柱列地盤改良を実施して、液状化層を締切る(図-2 参照)。柱列地盤改良は、盛土直下の砂層が盛土外へ流出するのを防ぐ目的としているが、確立された設計法は無い。

そこで私達は、梁ばねモデルによる静的解析、および2次元 FEM 有効応力解析を用いて、既設杭と地盤改良体の損傷評価を実施した。

2. 静的非線形による検討

柱列地盤改良による液状化対策を実施した箇所の既設土留め擁壁杭基礎の諸元を表-1 に示す。

既設基礎杭の検討では、地盤改良体を設置した場合、地震時の地盤の側方流動的な挙動は生じにくくなると考え、L2 地震時における非液状化状態で検討した。土留め擁壁及び杭を梁ばねモデル化し、土留め擁壁に背面盛土の L2 地震時土圧を作用させ、棒状補強材(タイ材)設置箇所および杭には各々補強材ばね、地盤ばねを設定し、杭材の曲げ・せん断を照査した。

その結果、液状化程度の最も大きいD箇所では非液状化時のせん断耐力が NG となった。

3. 詳細検討(D箇所)

詳細な検討を行うD箇所の検討断面を図-3に示す。当箇所の起点方の液状化対策は、図-1に示す通りである。終点方は、盛土右側が既設土留め擁壁(杭基礎)となっていることから、この既設土留め擁壁を本体構造とし、左側の鋼矢板とタイワイヤーで結ぶ対策としている。

右側土留め擁壁下部の地盤改良体は、液状化層の上下に0.5m程度長く造成し、改良厚さを液状化層厚の1/2程度(2000mm)とし液状化層を締切る形状とした。

4. 2次元 FEM 有効応力解析を用いた検討

静的解析では、液状化時の検討は行っていない。そ

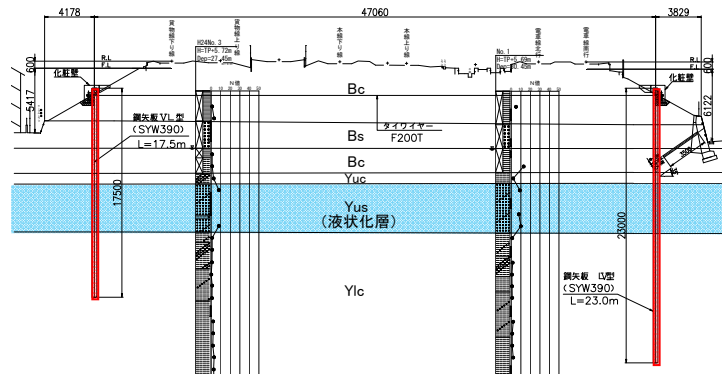


図-1 液状化対策(鋼矢板締切対策)

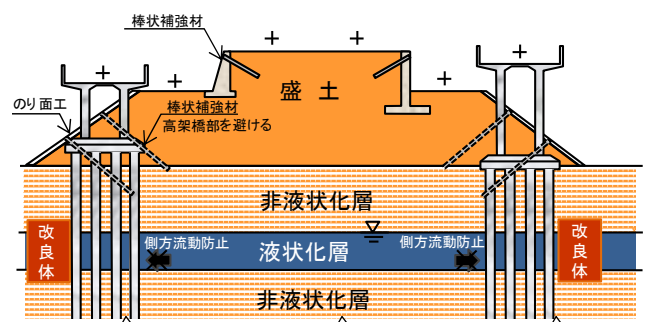


図-2 液状化対策(地盤改良体締切対策)

表-1 既設基礎杭の検討結果(棒状補強材と地盤改良有り)

検討箇所	液状化層厚	液状化指数 PL値	盛土高	擁壁部補強材	土留め擁壁基礎杭諸元				杭部材照査 (L2地震 非液状化時)		
					形式	径 (m)	杭長 (m)	線路直交方向	線路方向間隔	曲げ	せん断
A	3.1m	9.5	8m程度	φ115 L≒11.0m 3段	RC杭	1.27	8.0	2列	4.0m	OK	OK
B	3.75m	7.9	6m程度	φ115 L≒8.0m 3段	RC杭	0.4	15.0	4列	1.0m	OK	OK
C	2.5m	9.6	5m程度	φ90 L≒8.0m 3段	RC杭	0.4	13.0	4列	1.4m	OK	OK
D	4.2m	14.0	6m程度	タイワイヤー 1段	RC杭	0.3	15.0	4列	1.0m	OK	NG

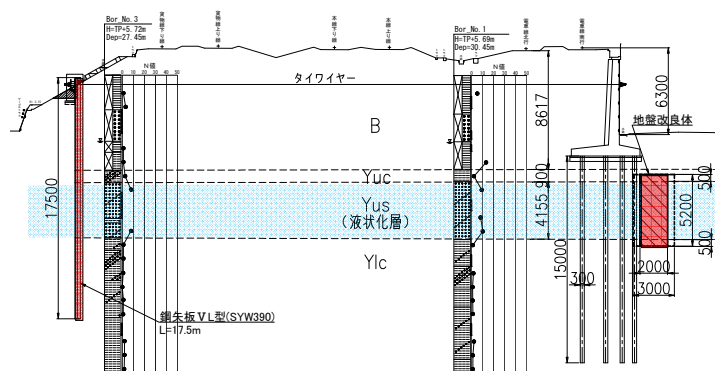


図-3 対策断面図

キーワード：盛土、液状化、地盤改良

連絡先：〒101-836 東京都千代田区三崎町二丁目5番3号

TEL03-3221-2293

鉄建建設株式会社 土木本部 地下・基礎技術部 基礎・地盤・土工グループ

こで L2 地震時の液状化時の挙動を評価するために、動的有効応力解析 (FLIP) を実施した。なお D 箇所では、有効応力解析の土質定数や液状化強度評価の詳細な検討を行っており、解析については文献 1)～4) を参照されたい。図-4 に有効応力解析モデルを、図-5 に液状化時の鉛直沈下量コンター、図-6 に改良体に作用するせん断応力コンターを示す。対策後の液状化時の沈下量は最大 330mm で (圧密終了後)、改良体のせん断耐力照査結果 310.9kN/m² となり、改良体許容値 (500kN/m²) 内に収まっていた。

また、図-7 に既設杭に作用する曲げモーメントを、図-8 にせん断力のコンターを示す。土留め擁壁の杭部材については曲げ、せん断力ともに、液状化時に最大耐力以下となった (壁部材についても同様の結果となった)。

これより、D 箇所において L2 液状化時に構造系が崩壊するような挙動が発生する可能性は小さいと考えた。

5. 考察およびまとめ

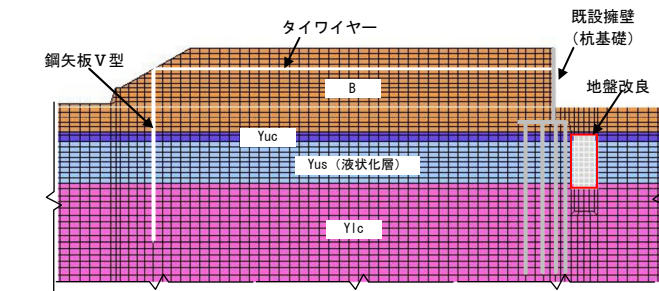
① 柱列地盤改良による液状化対策時の検討を実施した。静的解析では非液状化時 (液状化時も確実に) で杭部材が損傷する評価となるが、地盤挙動を詳細に調査して動的有効応力解析で評価すると、杭部材は最大耐力以下に収まった。D 箇所は、非液状化時の静的解析で、既設杭に対して最も厳しい結果が与えられた箇所である。D 箇所での検討結果から、今回検討した 4 箇所では、液状化時ににおいて、杭も締切地盤改良体も、大きな損傷が生じる可能性は比較的小さいと判断した。

② 改良幅は液状化層厚の 1/2 程度としたいが⁵⁾、施工条件が狭隘である等により、やむを得ず改良幅が取れない場合は、杭基礎と改良体を接するように施工し、杭と改良体両方で締め切るように、設計施工する場合も考えられる。

③ 本ケースのような設計法の確立が今後の課題と思われる (但し、現場で施工できる方法で)。

参考文献

- 1) 中村 宏, 他: 地盤の微小ひずみレベルの剛性を考慮した液状化強度の評価に関する考察, 第49回地盤工学研究発表会, 2014. 7
- 2) 山内 真也, 他: 有効応力解析法による盛土の液状化対策工の有効性検証, 第49回地盤工学研究発表会, 2014. 7
- 3) 中村 宏, 他: 鋼矢板締切による支持地盤対策を併用した盛土耐震補強工事, 基礎工 Vol143 No. 4, 2015. 4
- 4) 山内 真也, 他: 盛土耐震補強における斜面崩壊対策および液状化対策の設計施工事例, 東日本旅客鉄道 (株), SED, 第45号, 2015. 5
- 5) 陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版, 財団法人土木研究センター, 2004. 3
- 6) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 鉄道総合技術研究所, 2012. 9



※鋼矢板, 抗土圧擁壁躯体, 杭基礎部, タイワイヤーは梁要素でモデル化し, 弾性体で評価。改良体は地盤要素でモデル化。

図-4 解析モデル図 (FLIP)

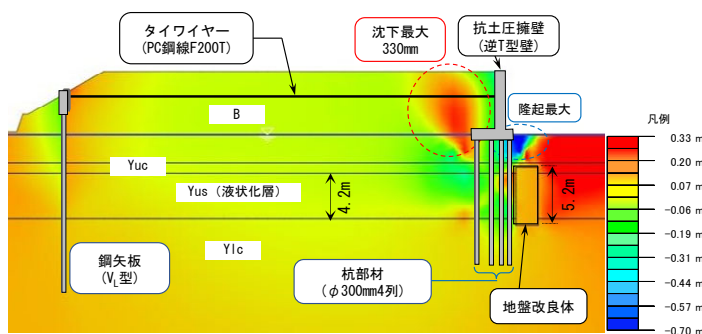


図-5 鉛直変位コンター図 (液状化時)

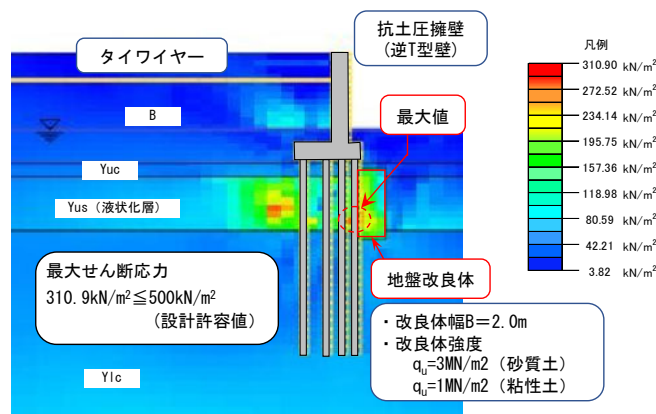


図-6 改良体に作用するせん断応力コンター図 (液状化時)

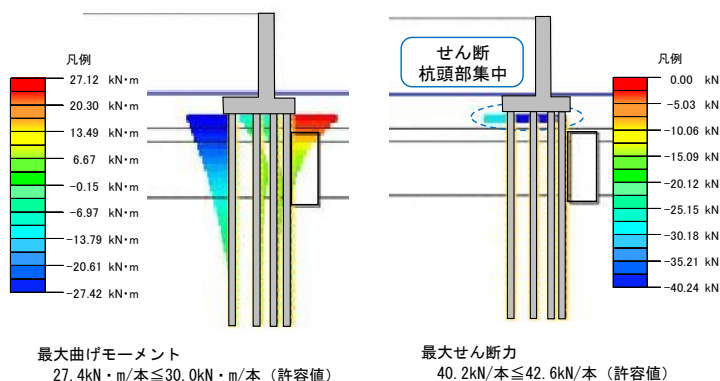


図-7 杭に作用する曲げモーメントコンター図 (液状化時)

図-8 杭に作用するせん断力コンター図 (液状化時)