

## 地盤改良による既設構造物の液状化対策

正会員 ○中根 淳 正会員 沼田 佳久

## 1. はじめに

筆者らは、鉛直方向からの噴射攪拌技術をもとに、水平方向へ同様の地盤改良が行える高圧噴射攪拌工法を開発した。これにより本工法の特徴を生かして、既設構造物の真下に様々な改良体の配置を提案することが可能となった。本論では、既設高架橋を対象とした液状化対策について、改良体の配置パターンと液状化による構造物の変状抑制効果について数値解析により検証した（図-1）。

## 2. 対象構造物および地盤

図-2は、既設高架橋の断面図と土質柱状図を示したものである。検討対象とした構造物は、鉄道高架橋として一般的に採用されている径間長15mの一柱一杭形式のラーメン構造物である。基礎杭は、杭径 $\phi 1000$ の場所打ち杭であり、杭頭部は地中梁で連結されている。また、地盤は、G.L.-14mまでがN値 $\leq 30$ の河成砂層で液状化の可能性があると判断されており、それ以深はN値 $\geq 50$ の海成砂層からなる支持地盤である。

## 3. 改良形式と検討方法

杭基礎に支持された構造物に対し、改良体の構築により液状化対策を行う方法には、杭基礎周辺の地盤を全面的に改良する方法の他、地盤を改良体で囲うことにより地震時における地盤のせん断変形を抑制する方法等がある。この方法は、全面改良に比べて改良率を低減する上で有利である。ここでは構造物の真下の改良に着目し、改良域を出来るだけ低減できる改良体の配置を検討した。検討ケースは図-3に示すように、液状化対策工を施さない場合(Case1)、全面改良(Case2)、構造物両側に壁を構築するタイプ(Case3)、および門型の改良域を構築するタイプ(Case4)の4タイプとした。なお、鉛直方向の改良範囲の決定に際しては、構造物のみのフレーム解析を行い、液状化現象発生後を想定した地盤反力ゼロの状態から、地盤反力を杭先端部から地表方向に順次復元させながら、安定するまでの高さを改良範囲(H)とし、この範囲を全面改良したタイプがCase2となる（図-4）。次に、構造物の変状抑制効果の検討方法は、各ケースについて地盤-構造物連成モデルによる二次元FEM有効応力解析を実施し、杭基礎に発生する変位、部材

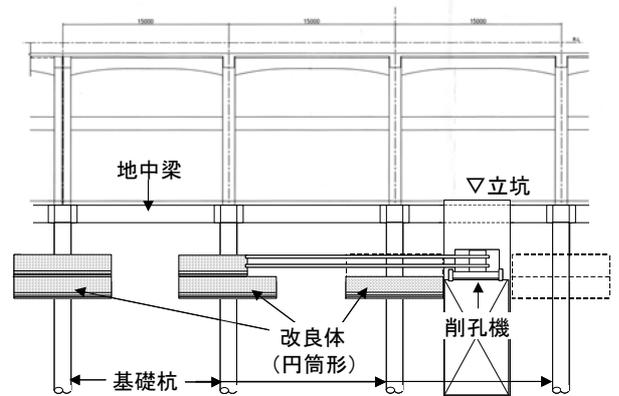


図-1 施工状況イメージ図

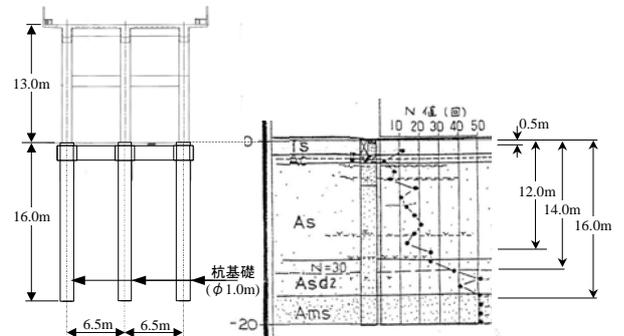


図-2 高架橋断面図および土質柱状図

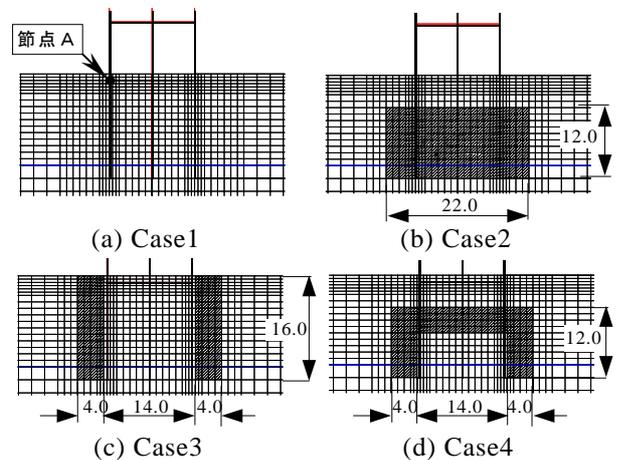


図-3 改良体配置図

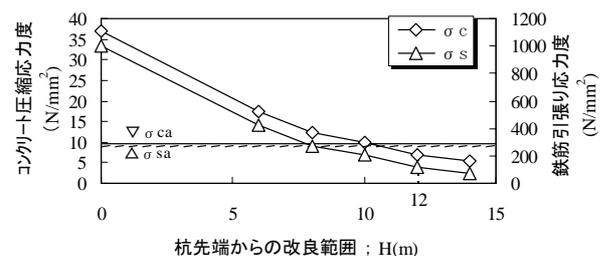


図-4 改良範囲検討結果

キーワード：地盤改良，液状化対策，数値解析

連絡先：鉄建建設（株）技術センター 〒286-0825 千葉県成田市新泉9-1 TEL 0476-36-2334

断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を比較することとした．なお，解析には，液状化モジュールとして東畑一井合モデルを組み込んだ有効応力 FEM 解析プログラム'DIANA'を用いた．地盤モデルの条件は，側面境界条件を周期境界，底面境界条件を固定，地下水位を地表面とした．入力波形は，1995年兵庫県南部地震のポートアイランド鉛直アレーサイトにおける G.L.-79m の観測記録の NS 成分を用い，最大加速度を 250(gal)に振幅調整して基盤面より入力した<sup>1)</sup>（図-5）．

4. 有効応力解析による変状抑制効果の検証

地盤の応答解析により得られた応答加速度および過剰間隙水圧比の時刻歴図を図-6に示す．応答加速度は，地表面付近において，過剰間隙水圧が上昇した後に振幅が小さくなり長周期化するという傾向を示した．次に，図-3に示した杭頭部(節点A)における変位および部材断面力の変化量の時刻歴を図-7に，その最大値を表-1に示す．全面改良した Case2 では，杭の変形量，部材断面力はともに大きく低減しており，杭の健全性は確保され，変状抑制の効果が十分に発揮されている．一方，Case3 では，変位，部材断面力とも若干の抑制効果を認められるが，杭の健全性を確保できないため，さらに改良幅を外側へと拡幅する必要があり改良対象域は増大する．これに対して，Case4 では Case2 に次ぐ効果が発揮され，液状化対策工としての機能を果たしている．これは，改良断面形状を門型とすることで地震時の水平力に対し，改良体に囲われた地盤は一体となって杭基礎を補強し，改良域のせん断変形を抑制する効果を発揮したものである<sup>2)</sup>．また，各ケースの改良率（Case2 に対する改良断面積の比）と改良効果の関係を表-1にまとめた．これより，Case4 は，全面改良の約 58%の改良率で全面改良と同等の変状抑制効果が得られることになる．

5. まとめ

水平方向への地盤改良技術を用いた既設構造物の液状化対策について，数値解析によりその効果を検討した．その結果，以下のことがわかった．

- ①改良体を既設構造物の真下に配置することにより，地震時における構造物の変状を抑制することができる．
- ②門型に配置された改良体は，地震動に対して囲われた地盤と一体となってせん断変形に抵抗する．

【参考文献】

- 1) (財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，1999．
- 2) (社) 土質工学会：液状化対策の調査・設計から施工まで，1993．

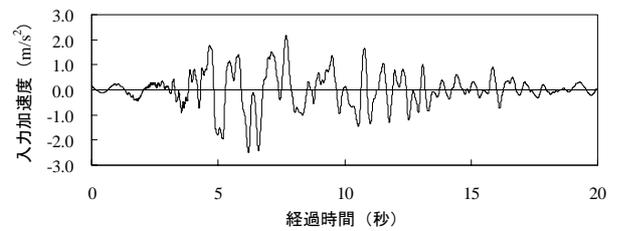


図-5 入力波形

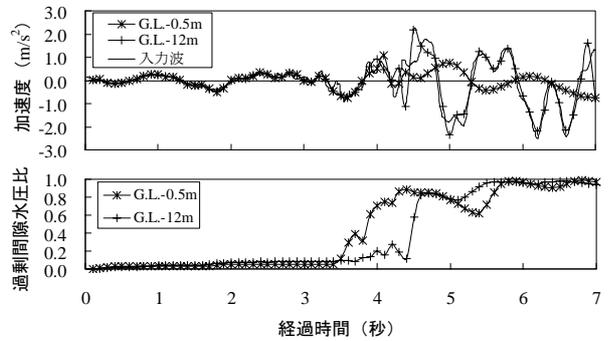


図-6 加速度および過剰間隙水圧比の時刻歴

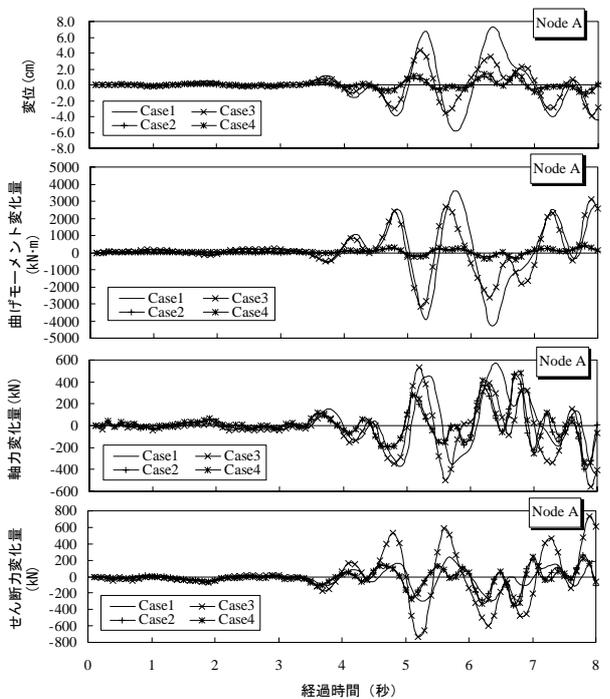


図-7 変位量および各断面力変化量の時刻歴

表-1 試験結果一覧

ケース番号	改良面積 [m <sup>2</sup> ]	改良率 [%]	変位 [cm]	曲げモーメント [kN・m]	断面照査
Case1	0	0	7.203	4166.75	×
Case2	264	100	1.104	344.79	○
Case3	128	48	4.358	3166.78	×
Case4	152	58	1.551	434.51	○