

深さ方向の液状化強度変化を考慮した液状化対策の設計事例

東日本旅客鉄道(株) 正会員 山内真也, 正会員 中村 宏
シエール東日本コンサルタンツ(株) 正会員 中塚 博元
(株)複合技術研究所 正会員 三平伸吾, (株)クリアテック 稲場 友也

1. はじめに

JR 東日本における液状化対策は, PL 値 5 となる箇所, 主に鋼矢板とタイ材による締切対策を実施しており, 斜面の崩壊対策を併用した盛土補強を実施している. 本稿では, 液状化層が 10m 程度と比較的厚い箇所において, 深さ方向の液状化強度変化を考慮した液状化対策の設計を行ったので報告する.

2. 液状化試験を用いた液状化判定

検討箇所の平面図を図 1 に示す. 先行地盤調査位置 KB-2, 4 において, N 値・粒度からの液状化診断¹⁾を行い, PL 値 > 5 となった. そこで, KB-2', 4' で追加調査を行い, 液状化試験を実施すると, 1k440m 付近 (KB-2') では PL 値 18.2, 1k540m 付近 (KB-4') では PL 値 1.6 となった. そこで, 前述の 4 本の地盤調査結果から, ほぼ中間位置の 1k500m 断面を仮定した. KB-2', 4' の液状化試験から診断して, PL 値 > 5 であったので, 地震応答解析を併用して診断したところ (G3 地盤), PL 値 < 5 となった (表 1).

この結果より, 1k500m から終点方は PL 値 < 5 と評価し, 液状化対策不要と整理した.

3. 液状化対策の考え方

当箇所における盛土補強断面図を図 2 に示す.

A エリア (1k420m ~ 1k440m) の対策概要

既設橋台が近接して鋼矢板が打設できない箇所の液状化対策は, のり尻地盤改良による液状化層の締切対策とした (図 2 断面). 締切りの鉛直範囲は, As2 層上部の N 値 30 の範囲とした.

B エリア (1k440m ~ 1k500m) の対策概要

鋼矢板とタイワイヤーによる締切対策とした. 設計の詳細は後述する.

C エリア (1k500m ~ 1k560m) の対策概要

液状化対策は不要な範囲となった. 盛土の斜面内崩壊対策とした.

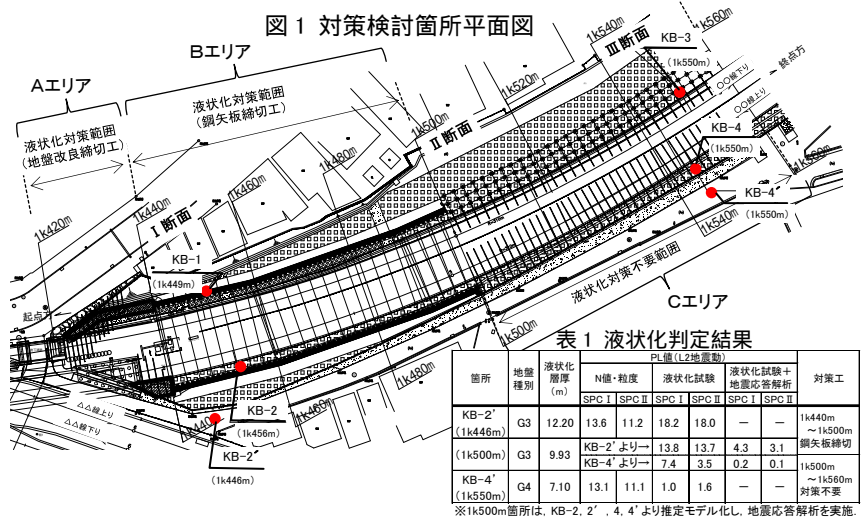


表 1 液状化判定結果

箇所	地盤種別	液状化層厚 (m)	PL 値 (L2 地震動)						液状化試験土 地震応答解析	対策工
			N 値・粒度		液状化試験		液状化試験土 地震応答解析			
			SPC I	SPC II	SPC I	SPC II	SPC I	SPC II		
KB-2' (1k446m)	G3	12.20	13.6	11.2	18.2	18.0	—	—	1k440m ~ 1k500m 鋼矢板締切	
(1k500m)	G3	9.93	KB-2' より	—	13.8	13.7	4.3	3.1	1k500m ~ 1k560m 対策不要	
KB-4' (1k550m)	G4	7.10	13.1	11.1	1.0	1.6	—	—	対策不要	

※1k500m 箇所は, KB-2', 4' より推定モデル化し, 地震応答解析を実施.

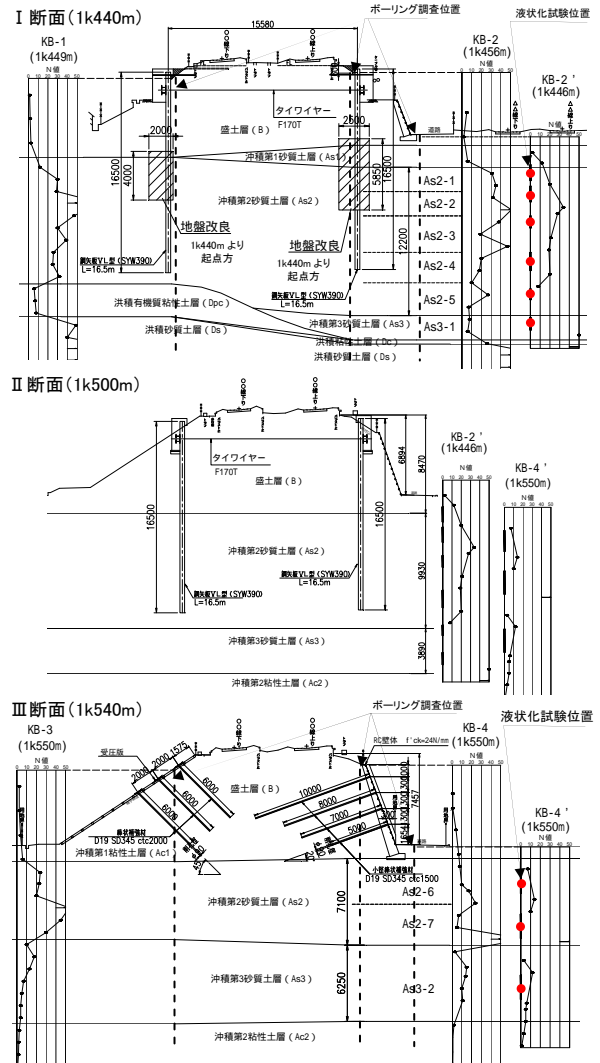


図 2 検討箇所断面図

キーワード: 盛土, 液状化強度, 有効応力解析
連絡先: 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 JR 新宿ビル4階 TEL03-6276-1251
東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 耐震土構造物プロジェクトグループ

4. 深さ方向の液状化強度変化を考慮した鋼矢板締切対策

Bエリアの鋼矢板締切対策設計について述べる。KB-2', 4'におけるAs2, As3層の各深さ位置の液状化強度を図3に示す。

KB-2'の深さ位置における液状化強度から、As2-4層以深は、液状化強度0.346~0.398(DA5%RL20)の比較的大きな値となっていることが確認された。そこで鋼矢板締切位置について、液状化層を全て締切ったケースAと、As2-3層までを締切ったケースBの2ケースでFEM有効応力解析を用いて比較検討を実施した。

5. FEM動的解析の考え方

液状化時の検討については、有効応力解析ソフト「FLIP」を用いた。解析に用いたパラメータを表2に、解析モデル(1k440m付近)を図4に示す。表2に関して、せん断弾性係数(G₀)については、PS検層を実施していないため、N値からの算定値としている。また解析モデルについては、KB-2'の地盤調査結果を基に作成した。

6. 解析結果

図5に対策時(ケースA)、図6に対策時(ケースB)の解析結果を鉛直変位のコンターでそれぞれ示す。軌道中央部の鉛直変位(圧密後)を比較すると、ケースAで369mm、ケースBで442mmとなり、ケースAの沈下量が小さい結果となった。また、鋼矢板の応力度およびワイヤーの引張り応力度を照査した結果、ケースAでは、鋼矢板曲げ耐力でNGの結果となった。これは、ケースAは鋼矢板を支持層まで定着することで、鋼矢板下部の拘束が大きくなるため、側方流動や沈下は抑制されるが、局所的に鋼矢板の降伏耐力より大きな曲げ応力が発生する結果になったものと考えられる。

7. 設計

本解析ではせん断弾性係数(G₀)をN値ベースで設定していることから、変形量が比較的大きく算出されていると考えられる。そこで、実務設計は、As2層下層とAs3層の液状化強度が比較的大きいこと、また万一地震作用を受けた後も締切対策の供用を継続させることを考慮すると、鋼矢板部材が壊れない(降伏しない)ことが重要と考えられるため、ケースBの解析結果により設計することとした。

8. 終わりに

文献2), 3)では、せん断弾性係数(G₀)をPS検層のV_sから求めている。本件は、深さ方向に液状化試験を数多く実施して設計したが、追加してPS検層も実施すれば、より合理的な設計ができた可能性があることを付記する。

[参考資料]

- 1) 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
- 2) 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年
- 3) 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年
- 4) 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 2015.4

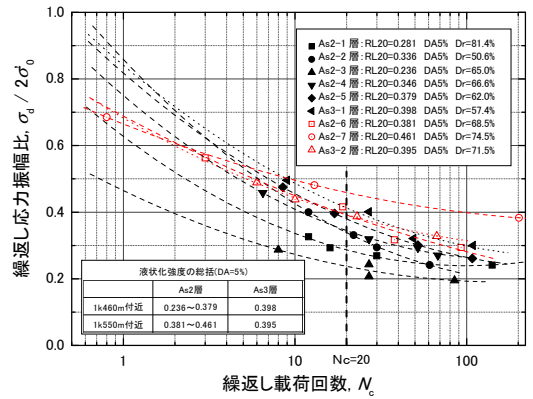


図3 深さ位置の液状化強度曲線 (KB-2', 4')

表2 地盤の解析パラメータ

地層区分	平均N値	F _c (%)	単位体積重量γ (kN/m ³)	地質調査結果 (標準貫入試験・液状化試験)			
				せん断弾性係数 G ₀ (kN/m ²)	体積弾性係数 K _{ma} (kN/m ²)	液状化応力比 DA5%RL(20)	
盛土層	B層	3.5	26.7~52.2	15.7	36000	93000	—
沖積第1砂質土層 (液状化対象層)	As1層	6	23.4~47.0	17.6	59000	153000	0.353
	As2-1層	33	10.4	18.8	126000	328000	0.281
	As2-2層	42	6.3	18.6	146000	380000	0.336
	As2-3層	35	10.3	18.9	131000	341000	0.236
	As2-4層	19	15.2	18.6	86000	224000	0.346
沖積第2砂質土層 (液状化対象層)	As2-5層	14.6	22.0	18.6	72000	187000	0.379
	As3-1層	7	74.0	16.9	63000	164000	0.398
沖積第3砂質土層	Dc層	26	—	16.0	143000	372000	—
洪積砂質土層	Ds層	50	32.5	20.0	177000	461000	—

※As1層以外はKB-2'の物理・強度試験結果より設定。
As1層は1k280m付近のデータを準用(表記なし)。

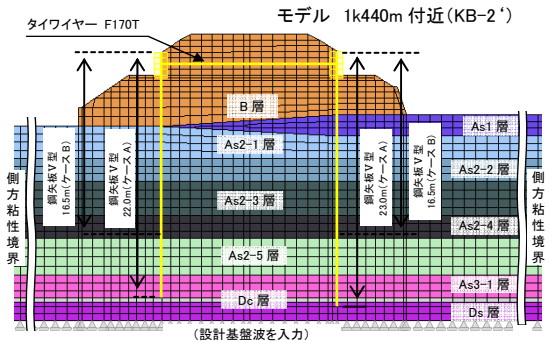


図4 解析モデル図 (ケースA, B)

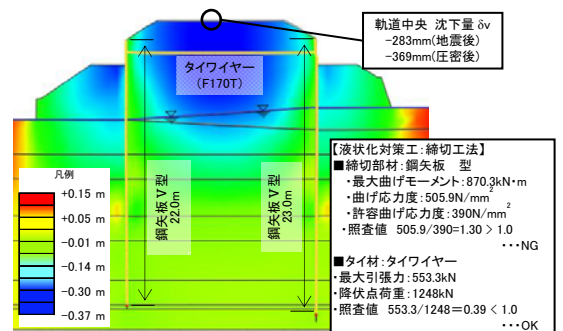


図5 対策時の動的解析結果 (ケースA)

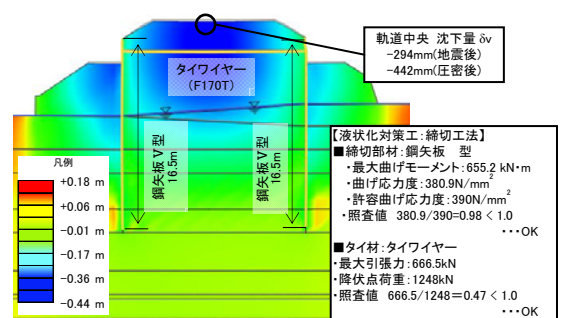


図6 対策時の動的解析結果 (ケースB)