

# 土粒子密度の大きな鉍さい地盤の液状化検討

JR 東日本コンサルタンツ (株)  
 東日本旅客鉄道 (株)  
 東日本旅客鉄道 (株)

正会員 ○笠井 悟  
 フェロー会員 中村 宏  
 非会員 蓮見 亮

非会員 柏木 司  
 正会員 油谷 彬博

## 1. はじめに

JR 東日本では、首都直下地震に備えた盛土の耐震補強を順次進めており、支持地盤に液状化層が存在する場合は液状化判定を行い、その結果を踏まえ適宜対策を行っている。本稿で述べる対策対象箇所の地質縦断面図を図-1 に示す。Bs3 層に土粒子密度 ( $\rho_s$ ) が大きい鉍さいが分布していた。本稿では、鉍さいを有する地盤の液状化判定を行いその結果を用いて液状化対策を行った事例を紹介する。

## 2. 鉍さいについて

鉍さいは、鉍石から鉍物を取り出す際に残ったものや高炉を用いた製鉄工程で除去された残がいを指すが、人工地盤の一種で液状化しやすいとされる<sup>1) 2)</sup>。また、当地域は、自治体が公開している液状化マップ<sup>3)</sup>によると液状化しやすい地域に属する。

## 3. 検討概要

当箇所は、高さ 6~7m の盛土であるが、支持地盤の Bs3 (鉍さい) と As1 (沖積砂質土) を液状化検討対象層とした。検討断面は Bs3 層と As1 層が厚い 7k650m 断面および 7k950m 断面とした。また液状化判定は、液状化対象層ごとに液状化抵抗率  $F_L$  を求め、支持地盤の液状化指数  $P_L$  値を算出して評価した。



図-2 採取試料サンプル

表-1 土質試験結果

項目	Bs3		As1	
	7k650m		7k950m	
湿潤密度	$\rho_t$	g/cm <sup>3</sup>	2.044	1.839
土粒子密度	$\rho_s$	g/cm <sup>3</sup>	4.314	2.798
自然含水比	ws	%	33.5	25.9
間隙比	e		1.823	0.916
粘土分	Pc	%	3.3	2.3
細粒分含有率	Fc	%	10.4	5.5
平均粒径	D50	mm	0.377	0.198

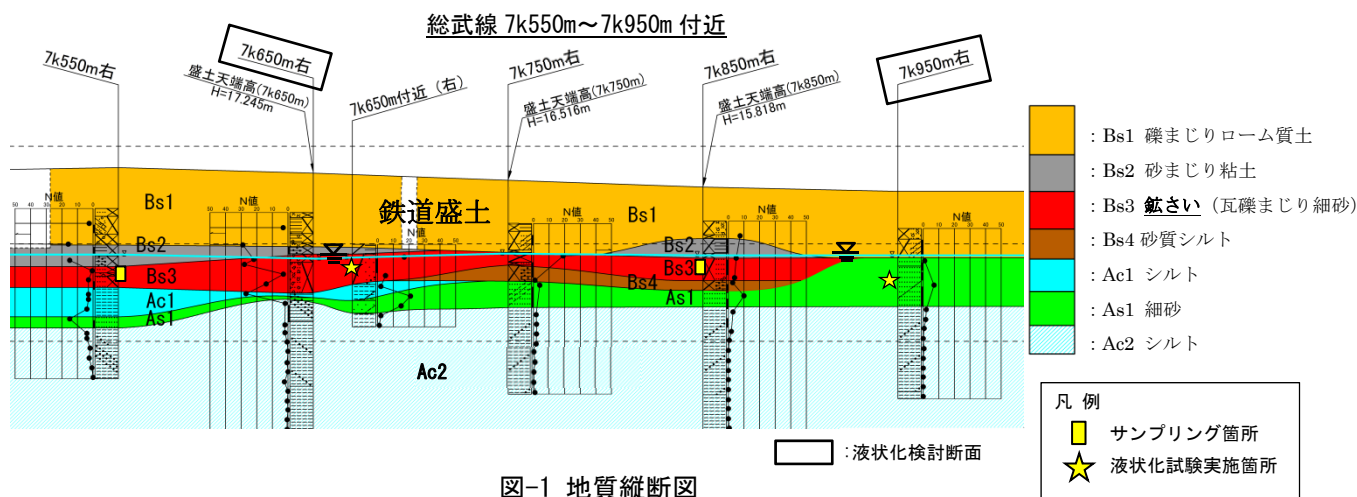


図-1 地質縦断面図

## 4. 地質調査結果

### (1) 地質概要

鉄道盛土の下は、層厚 1~3m 程度の埋土 (Bs2~Bs4) で、粘土、鉍さい、シルトであり、鉍さい層を中心に江戸時代~戦後 (1960 年頃) にかけて埋め立てられた人工地盤が卓越すると考えられる。また、当該箇所付近には鉄鋼系の工場 (跡地) などが存在し、過去に大規模な河川工事および鉄道の建設工事が行われており、その工事に際し、盛土支持層が軟弱地盤であるため、埋土として鉍さいを用いた可能性がある。なお、検討断面の 7k650m Bs3 層 (鉍さい) の N 値は 3~28、7k950m As1 層の N 値は 1~7 である。

### (2) 鉍さいの土粒子密度

Bs3 層 (7k550m 右, 7k650m 右, 7k850m 右) については、 $\rho_s=3.869, 4.314, 4.385$  (g/cm<sup>3</sup>) と大きな値

キーワード 鉍さい, 土粒子密度, 液状化

であった。図-2 に示すように、全体的に酸化を示す赤褐色を呈している。この資料に磁石を近づけてみると付着したため、鉄分を多く含み、このため土粒子密度が大きい。

### (3) 鉱さいの粒度

図-3 に Bs3 層 (7k550m 右, 7k650m 右, 7k850m 右) の粒度加積曲線を示す。液状化可能性範囲<sup>5)</sup>を併記するが、鉱さい層の粒度は液状化する可能性が高い範囲にある。

### (4) 鉱さいの湿潤密度

土粒子密度の影響で 1.933~2.056 (g/cm<sup>3</sup>) と大きい。

### (5) 地下水位

地下水位は盛土のり尻直下にあり、水位が高い。

### (6) 繰返し非排水三軸試験 (液状化試験)

Bs3 層 (7k650m) および As 層 (7k950m) を対象とし、軸ひずみ DA=1%,2%,5%,10%の液状化強度曲線、繰返し回数が 20 回 (Nc20) 時の DA=5%, DA=10%の液状化強度比を図-4 に示す。液状化強度比は Bs3 層に比べて As1 層の値が大きい結果となった。

## 5. 液状化判定

L2 液状化判定について述べる。当箇所では、「土構造物耐震補強設計マニュアル」<sup>3)</sup>により、液状化判定を行ったところ  $P_L$  値 > 5 と評価され、液状化対策を実施することとした。表-2 に今回の液状化判定結果の  $P_L$  値を示す。7k650m よりも液状化層が厚い 7k950m の  $P_L$  値が大きい値となった。また、7k650m, 7k950m 共に N 値と粒度試験結果に比べて液状化試験結果を用いた方の  $P_L$  値が小さくなった。 $P_L$  値のばらつきは 1.13~17.37 である。

## 6. 耐震対策

液状化対策を実施することとして図-5 にその補強図を示す。補強方法は、左側の高架橋の杭基礎区間を柱列地盤改良とし、右側を鋼矢板+拡張アンカー工法で液状化層を締切る、液状化発生を許容する対策とした。

## 7. まとめ

本稿では、一般の砂質土と比べて、土粒子密度の大きな鉱さい地盤の液状化判定をした。その結果、 $P_L$  値 > 5.0 となったため液状化対策を実施した。今後も同様の地層が確認された場合は、地質調査を行い液状化判定を実施することが重要と考える。本稿が類似ケースの参考になれば幸いである。

### 参考文献

文献 1)安田 進：液状化の調査から対策工まで、1993,12 文献 2)石原 研而：地盤の液状化 発生原理と予測・影響・対策、2017,4 文献 3)東日本旅客鉄道株式会社：土構造物耐震補強設計マニュアル (2013. 5) 文献 4)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 (平成 24 年 9 月) 文献 5)日本港湾協会：港湾の技術上の基準・同解説 (2018.5) 文献 6)埼玉大学 谷健二 (人文地理学研究室)：今昔マップ 文献 7)東京都 土木技術センター：東京の液状化予測図 平成 24 年度改訂版

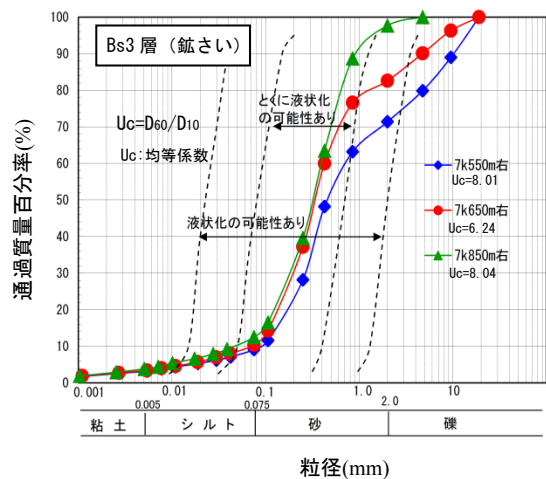


図-3 粒度加積曲線 (Bs3 層)

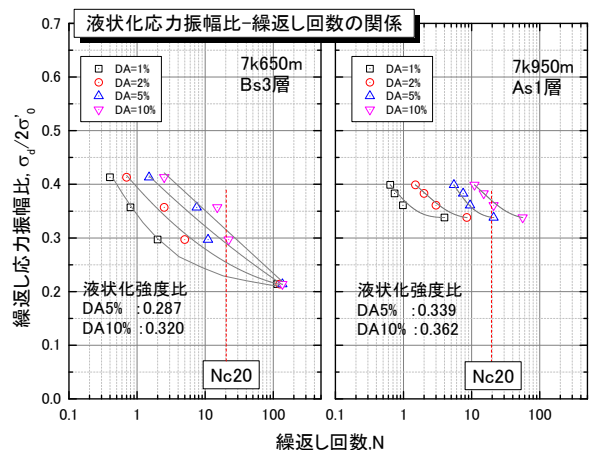


図-4 液状化強度特性曲線

表-2 液状化判定結果

検討ケース	7k650m		7k950m	
	右	左	右	左
液状化指数	L1		3.00	3.11
(N値・粒度試験)	SP I		5.47	13.32
	SP II		6.29	17.37
$P_L$	L2		1.65	1.13
	SP I		5.84	9.79

注) SP I:L2 スペクトル I 赤字  $P_L=5.0$  以上  
SP II:L2 スペクトル II

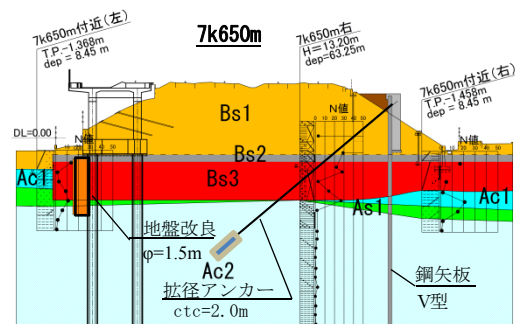


図-5 耐震補強断面図