

地下鉄千代田線北千住坑口における液状化検討と対策工

帝都高速度交通営団 正会員 横田三則
 正会員 吉村 正
 ○正会員 平野 隆

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震では多数の構造物が地盤の液状化により被害を受けた。本稿は、営団地下鉄千代田線北千住駅付近の坑口における地盤液状化の判定と対策工の検討結果について述べるものである。

2. 坑口付近の状況

対象となる坑口は、千代田線北千住～綾瀬駅間の地下トンネルと地上高架橋とを結ぶ地点にあり、構造形式は、箱型トンネル及びU型擁壁の2種類の構造となっている。当該地は、「東京低地部」に代表される沖積低地部に分類され、地質は七号地層及び上下部有楽町層からなる沖積層で構成され、地下水位はGL - 2.5mである。

(図 - 1)

液状化検討の対象となる上部有楽町砂質土層は、平均N値14、均等係数4.3、細粒分含有率23%である。

3. 検討方法

液状化検討のフローを図 - 2 に示す。
 検討で用いる地盤内せん断応力は、

図 - 1 に示す No.3 の地点をモデルに、次元等価応答線形解析「SHAKE」を用いて求めた。入力波形はポートアイランド波である。

液状化の検討は、以下の3方法によった

- 1) 「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編(平成8年12月)」による方法
- 2) 「港湾施設の技術上の基準・同解説(1989)」による方法
- 3) 累積損傷度法「液状化検討マニュアル(運輸省)」による方法

4. 検討結果

- 1) 「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編(平成8年12月)」による方法

同示方書の規定により液状化判定を要する「沖積層の飽和砂質土層」のYus層を対象に検討を実施した。

地震時せん断応力比Lと地盤内における動的せん断応力比Rから求められる液状化抵抗率 F_L は、No.1～No.4の全ての地点で $F_L < 1.0$ であり液状化の危険性が指摘された。判定結果は表 - 1 の通りである。

表 - 1 道路橋示方書に基づく検討結果

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
最小 F_L	0.267	0.402	0.172	0.766
液状化の可能性のある地層	Yus層下部	Yus層全般	Yus層中間部	Yus層中間部

- 2) 「港湾施設の技術上の基準・同解説(1989)」による方法

同基準の規定により判定対象となる「ゆるく詰まった飽和砂質土」であるYus層について検討した。No.1～No.4の層別平均N値、細粒分含有率、粒度分布のデータと地震応答解析結果から算出される等価加速度と

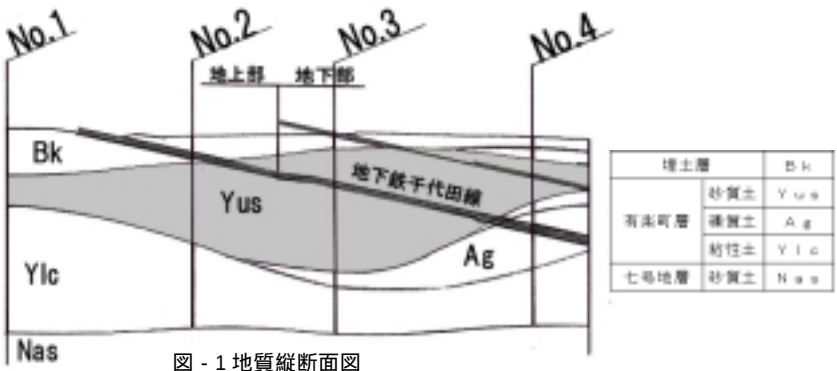


図 - 1 地質縦断面図

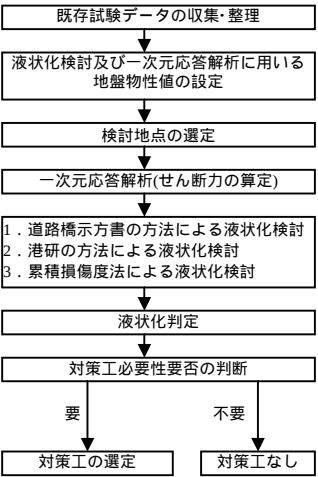


図 - 2 検討フロー

等価N値をもとに図 - 3 の手順にしたがって検討した結果、全ての地点のY u s 層で液状化に対する危険性があることが確認された。判定結果は表 - 2 の通りである。

3) 累積損傷度法「液状化検討マニュアル(運輸省)」による方法

地震応答解析結果及び繰返し三軸試験結果を用いて、両者から得られる地震時の地中せん断応力と地盤の液状化強度を比較し、液状化の有無を判定した。対象は地震応答解析を行った No.3 の地点とし、他の三地点については、No.3 で求めた動的せん断応力比と各地点のN値から求めた繰返し三軸強度比の比を道路橋示方書による検討で求めた繰返し三軸強度比に乗じて、当該地点の累積損傷度法の評価に代えた。判定結果は表 - 3 の通りであり、各地点とも $F_L < 1.0$ であり液状化の可能性が高いという結果を得た。

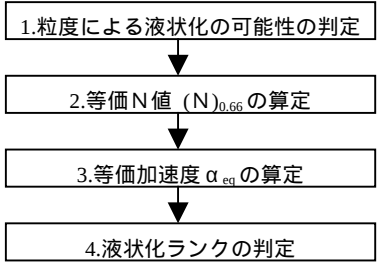


図 - 3 港湾施設基準による液状化判定フロー

表 - 2 港湾施設基準に基づく検討結果

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
液状化の可能性のある地層	Y u s 層下部	Y u s 層のうちN値の低い層	Y u s 層のうち礫の混入がなくN値の低い層	Y u s 層中間部
液状化ランク判定結果	液状化する	液状化する	液状化する	液状化の可能性が大

表 - 3 累積損傷度法による検討結果

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
最小 F_L	0.215	0.237	0.260	0.411

4) 総合評価

以上の3方法の判定からいずれもY u s 層においては液状化が発生するという結果を得た。その分布状況を示したものが図 - 4 である。よって、本坑口付近には液状化に対する何らかの対策工が必要であるとの結論が得られた。

5. 対策工と効果の照査

液状化は、地震の繰返しせん断により間隙水圧が上昇して有効応力が減少することで発生する。このため、構造物下部の液状化層を拘束、併合して繰返しせん断による変形を抑制すると共に、周辺の液状化した地盤の構造物下部へ回り込みを阻止することを目的として、図 - 5 のように高圧噴射攪拌工法で格子状に壁体を築造することとした。

対策工施工後の効果を照査するため、施工後の状況をモデル化し、二次元F E Mでポートアイランド波を入力して地盤応答解析を行ったものが図 - 6 である。解析結果から、対策工により構造物下部の液状化が抑制され、地盤変位等による被害を抑制できることが確認された。

6. おわりに

現在、この千代田線北千住坑口は工事の施工中であり、まだ完成には時間を要するが、完成後には地震時における坑口の安全性向上に大いに寄与するとともに、今後も施工される坑口の液状化対策に、適用可能な好事例であると考えている。

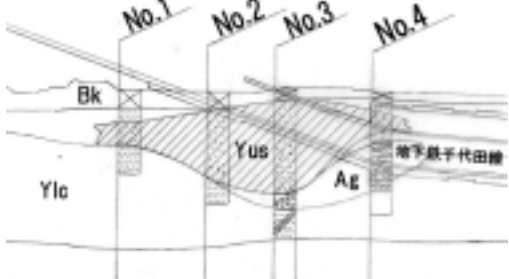


図 - 4 液状化層の分布状況

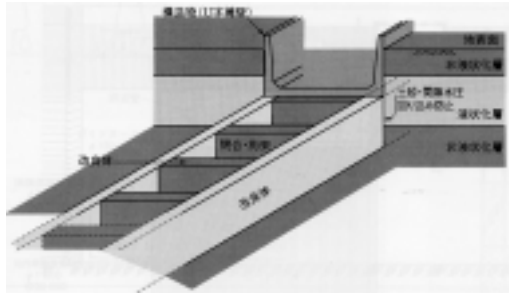


図 - 5 液状化対策工イメージ

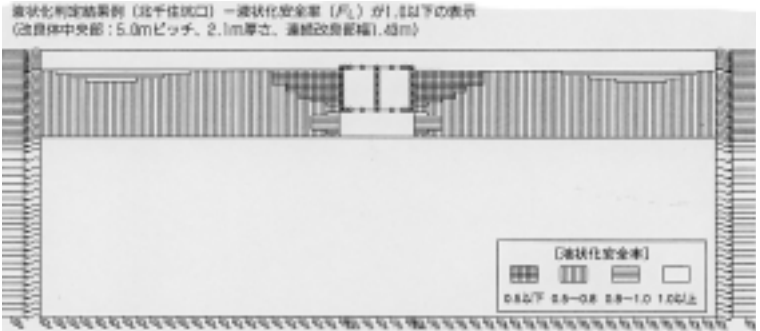


図 - 6 液状化対策施工後の判定結果