

孔壁崩壊試験による場所打ち杭の孔壁挙動解析手法の検証

東日本旅客鉄道(株)	正会員	○太田 正彦
同上	正会員	渡邊 康夫
鉄 建 建 設 (株)		山本 淳

1. はじめに

昨今、駅施設改良や事業開発等のための線路上空への構造物等の建設ニーズが高まっている。このような場合の多くは線路内・近傍への杭基礎施工を必要とするが、杭孔の掘削（削孔）時の列車走行安全性評価手法が未確立であることから一般に線路閉鎖間合いでなければ作業をすることができない。そのため工期が極めて長大化して事業の全体工期・費用の増大を招くことが多く、杭施工時の安全性評価を可能として作業時間を線路閉鎖間合い以外の時間帯へ拡大することが喫緊の課題となっている。

この問題の解決のために杭基礎施工時の安全性の定量的な評価を行うことを目的として、削孔時の孔の側壁（孔壁）の挙動について「せん断強度低減法」を組み込んだ三次元弾塑性FEM解析(SSR-FEM)プログラムを用いた検討を行っている。このプログラムは今回検討実施にあたり整備したものであるので実現現象の再現性検証が必要となる。

そこで実地盤に対する孔壁崩壊試験を実施して孔壁の挙動観測を行い、プログラム解析結果と突合せ照合を行うこととした。以下にこの再現性検証試験の概要と考察について記す。

2. 孔壁崩壊試験の概要

この試験は実際の場所打ち杭と同様にして直径1000～2500mmの杭孔を削孔し、完了後に孔内安定液の水位を徐々に低下させて孔壁崩壊を惹起する方法で実施した。試験ケースの内訳を表1に、試験フローを図1に示す。

現場の地盤条件は、表層部が人工改良体と思われる盛土、GL-1.5～3.5m程度が腐食土層を含む軟弱なシルト質粘土、GL-3.5m以深が緩いまたは中程度の細砂層となっている。また地下水位はGL-0.81mであった。

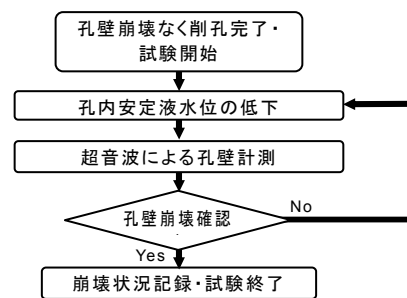


図1 孔壁崩壊試験フロー

3. 事前解析

孔壁崩壊試験における崩壊発生水位を予測するため、試験で適用する諸条件を用いて安定液水位をパラメータとして事前解析を実施し、求められた全体安全率の値をグラフ化（図2）して崩壊が発生する安定液水位を推定した。

その結果、概ね杭径との比例関係をもちながら地下水位+0.2～0.4m程度で全体安全率が1を下回ることが判り、崩壊試験時にはこの付近で孔壁崩壊の発生が予想された。

4. 孔壁崩壊試験結果

孔内安定液を低下させていったところ、杭径に拘らず全ケースとも安定液水位が地下水面高-0.6～0.7m程度となった時点で粘性土層下部の細砂層が崩壊した。崩壊形状は三角形ないし楔状で、水平方向の崩壊幅は概ね300～400mm程度と推定される。試験状況・崩壊発生状況の概念図を図3に、削孔ケースごとの孔壁崩壊時安定液水位を表1に、超音波測定記録の一例（直径2500mm）を図4に示す。

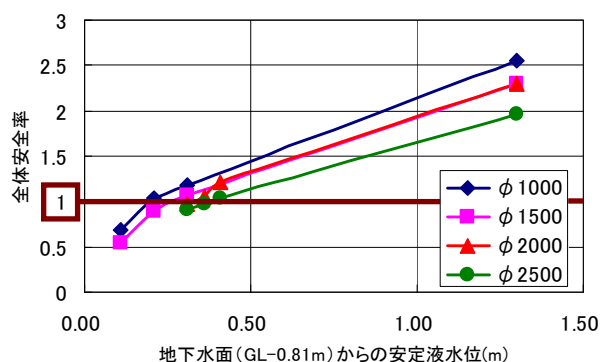


図2 事前解析による全体安全率分布状況

キーワード：場所打ち杭 安全率 有限要素法

連絡先：〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2-479 JR東日本研究開発センター 電話048-651-2552

事前解析結果との比較では崩壊発生位置は概ね一致したものの、崩壊観測時の安定液水位は解析結果より0.5~1.0m程度低い結果となった。

なお試験実施時には地下水位が事前解析時のGL-0.81mに対してGL-0.5~0.6m程度まで上昇していることが確認された。そのため試験結果の考察ではこれを反映した再解析結果を用いている。

5. 結果の考察

杭孔内の安定液水位は、解析計算で全体安全率1となる水位と実験時の崩壊発生水位とで最大0.75m相違する結果となった(表1:「(a)ー(b)」の項)。主な要因として、解析計算では全体安全率1の時点で直ちに顕著な大崩壊に至るとは限らないこと、実現象での超音波測定の解像度が低く一定程度以下の変状が捕捉出来ない精度的な限界があること、の2点が考えられる。すなわちこの「比較」では崩壊プロセスにおける同一時点の比較検証となっていない可能性がある。

そこで測定記録から小規模崩壊またはその兆候の読み取りを試みたところ、最終崩壊深さ手前で安定液の濁りまたは遊離砂分の存在が示唆されるものが複数ケースで見られた(図4(2): φ2500mmの例)。このときの安定液水位は最終崩壊時より0.2~0.7m程度高く、全体安全率1時の解析水位との差は0.05m~0.35m程度となる(表1:

「(a)ー(c)」の項)。これは地盤の不均一性を考慮すると、概ね近い値であると考えることができる。

一方で解析上の崩壊発生箇所は上記の通り粘性土層直下の砂質土層付近(図5)となつて実際の崩壊発生位置(図3・図4)とほぼ一致した。従つて解析結果が十分な再現性を持つといえる。

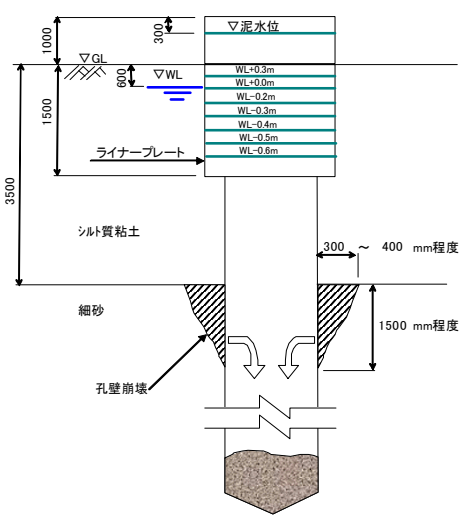


図3 孔壁崩壊発生状況(概念図)

表1 孔壁崩壊試験ケースおよび結果

(水位はGL高さを基準)		No.1	No.2	No.3	No.4
孔径(mm)		φ 1000	φ 1500	φ 2000	φ 2500
地下水位(m)		-0.50	-0.60	-0.60	-0.60
安定液水位(m)	(a)【解析】 Fs≧1.0時	-0.55	-0.60	-0.55	-0.50
	(b)【実験】 崩壊発生時	-1.10	-1.20	-1.30	-1.20
	(c)【実験】 崩壊予兆(推定)時	-0.90	-0.80	-0.60	-0.80
	(a)ー(b)	0.55	0.60	0.75	0.70
	(a)ー(c)	0.35	0.20	0.05	0.30

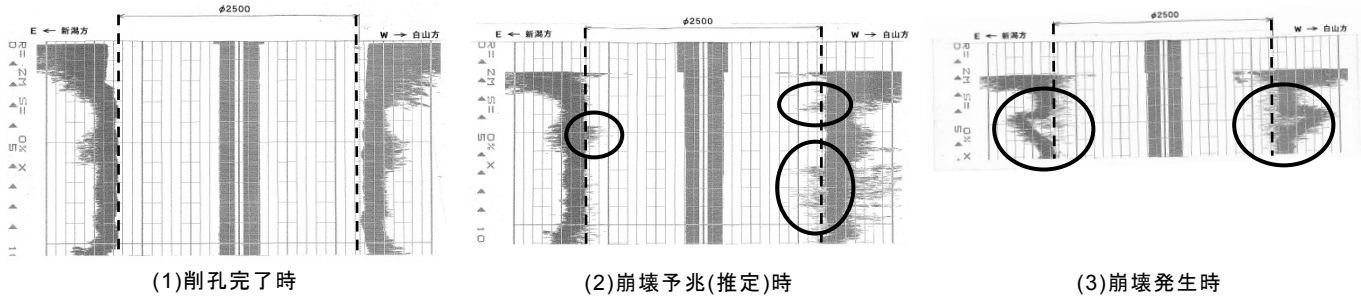


図4 超音波測定結果(杭No.4)

これらの内容を勘案すると、本プログラムの解析結果は実現象を比較的よく再現し、かつ安全側の結果を与えているものと考えられる。

5. 今後の展開

上記試験により、今回製作したSSR-FEMプログラムの再現性および信頼性の確認ができたものと考えられる。今後は地盤条件・安定液比重等の条件を変化させたパラメータスタディを行つて、線路閉鎖を伴わない場所打ち杭施工の条件を策定するとともに本プログラムの使用条件・環境を整備し、当社内における安全性検討手法として制度化を図る予定である。

参考文献

「せん断強度低減法」を用いた場所打ち杭の孔壁挙動に関する解析的検討, 第45回地盤工学研究発表会, (社)地盤工学会, 2010

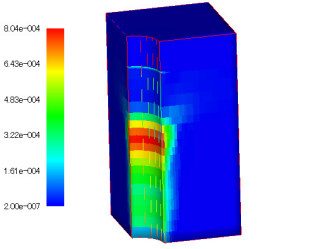


図5 解析結果例
(φ2500・8面体せん断ひずみ)