

VI-306

地盤のリバウンドが懸念される土留め工事の一管理手法（その2）

徳倉建設鋭技術研究室 正会員 ○三ツ井 達也

（社）日建経中央技術研究所 正会員 岩瀬 常太郎

徳倉建設鋭技術研究室

若松 雅佳

1. はじめに

過去に土留め掘削を行った際、掘削底面がリバウンドし中間杭上の覆工板に大きな段差が生じた現場周辺で、新たに大規模な土留め工事が計画された。地盤は砂質地盤で、予定床付底面下の砂層の中に薄い粘土層が堆積しその下部面に被圧水があると推定されている。したがって、過去の経験も踏まえて掘削による自重の軽減と被圧水により、地盤のリバウンドを事前に定量的に把握して施工管理に反映させる必要が生じた。そこで土留めの安定検討の他、掘削時の地盤の体積変化及び除荷時の床付面の変位、被圧水の影響を総合的に評価するため有限要素法による解析をおこない掘削段階毎の地盤変位を予想し、施工時に変位を計測しながら管理することにした。

解析は土の構成モデルを双曲線近似でおこなう DUNCAN & CLOUGH により開発された土留め解析プログラム SOIL-STRUCT¹⁾ を基本にして実行した。

今回の報告は、現場での計測管理の結果を中心に報告する。

2. 施工概要及び解析手法

計画された山留め工事の概要を図-1に示す。掘削平面は約100 x 45 m、深さ13 m、土量57,000 m³となる。土留め設計は弾塑性法を用い、柱列杭式、4段掘削、3段切バリを計画した。この計画を施工過程も含めて忠実に解析で再現して地盤の挙動を求めた。

土の構成モデルは、応力-ひずみ関係式及び応力-体積ひずみ関係式を双曲線で近似した。除荷時の応力-ひずみ関係式は拘束応力レベルをパラメータとした直線近似式で対応した。また施工過程のモデル図を図-2に示す。解析に伴う地盤と施工の取扱い、土留め壁と地盤との間にジョイント要素を設け、破壊時と非破壊時の摩擦境界剛性（せん断剛性を含む）と被圧水の影響を考慮して一連の掘削過程を再現した。

3. 解析結果及び考察

圧密排水条件下で三軸試験をおこない、解析パラメータを求めた結果を表-1に示す。土留め壁面と背面地盤との壁面境界剛性に関する定数は、文献¹⁾を参考にして仮定した。パラメータの精度を検証するため、三軸試験を解析的に再現して比較した結果を図-3に示す。載荷/除荷を含めて応力-変位曲線は良い近似が得られた。一方、応力-体積変化の関係は、比較的ひずみレベルの圧縮過程では良い近似が得られるが、グレイタンスーにはモデルの性格上対応出来ない。

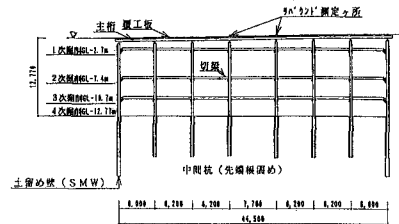


図-1 土留め掘削工事概要図

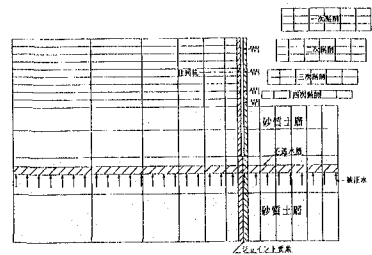


図-2 施工過程のモデル図

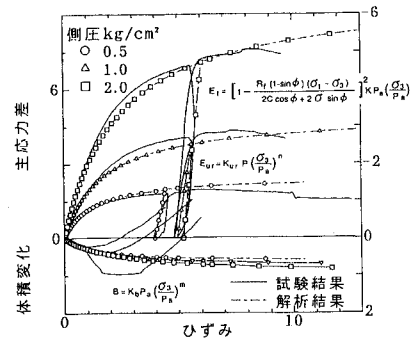


図-3 3軸試験結果と解析値の比較

次に、図-4に示すようにリバウンド量については、掘削平面中央において最終掘削段階で被圧水がある場合は8cm程度と予想された。この値は現場で状況を観測しながら対処できる範囲ではない、との判断からディープウェルによる揚水を行い地下水位を低下させる事にした。その結果、掘削平面の中央で生じる予想最大リバウンド量は、最終掘削段階で約6cm程度となった。この各掘削段階の一連の値をリバウンド管理の最大危険量とした。また施工管理の安全率をために、解析パラメータを30%程度増加させ解析を行った結果と、最大危険量との間を現場における準危険域とし計測をしながら施工を行った。

計測は1次掘削終了時より開始したため、解析値の初期値を1次掘削終了時としてリバウンド管理図表を作成し管理を行った結果を図-5に示す。各施工段階においてのリバウンド値はいずれも管理範囲内に収まっていた。

一方、土留めの設計時に決定したプレロード力をFEM解析に導入し切梁の軸力を各施工段階ごとに算出した解析結果と計測値の比較を図-6示す。1段切りバリの軸力は解析値を上回っているものの施工段階において解析値と実測値はよい一致を示し、工事を予定どおり継続した。

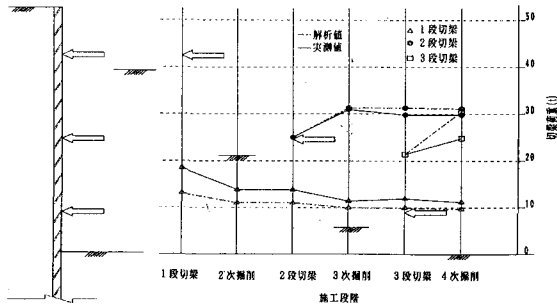


図-6 施工段階毎の切梁軸力

4. おわりに

有限要素法による地盤のリバウンド解析モデルにはいくつかの提案なされているが、曲線近似法により載荷／除荷一変位一体積変化が三軸圧縮試験をもとに簡潔にモデル化されている点を評価して前述のプログラムを導入した。今回リバウンド管理の1手法としてリバウンド量を事前に定量的に把握して施工管理範囲を定めて計測施工を行った。

事前にリバウンド量を予測したことで、安全性を確認しながら掘削工事を終了することが出来た。今後、同種の工事に適応し、施工の確実性を高めていきたいと思っている。

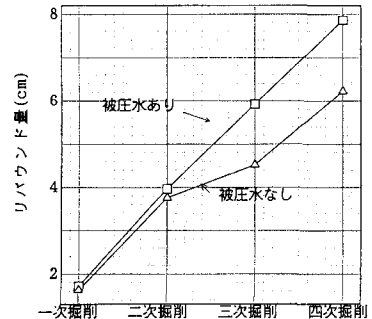
（参考文献）

- 1) STRENGTH, STRESS-STRAIN AND BULK MODULUS PARAMETERS FOR FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRESS AND MOVEMENTS IN SOIL MASSES, J. M. DUNCAN, P. BYRNE, K. S. WONG, AND G. W. CLOUGH, REPORT NO. UCB/GT/80-1, AUG., 1980, UCBK.

表-1 解析パラメータ一覧

砂質土	粘性土	空気	砂質土	粘性土	空気
γ (t/m ³)	1.65	1.8	0	0.81	0.7
c (t/m ²)	0	20	0	10000	2400
ϕ (°)	41.8	0	0	0.7	0.2
TENS	0	0	0	Kb	285
K _v	0.5	1.0	0	Ef (t/m ²)	1000
n	0.5	0.011	0	V	200
K _w	300	150	0	α	0
K _{ar}	600	300	0		0

柱列土-砂質土	柱列土-粘性土	粘性土-粘性土	粘性土-空気
c (t/m ²)	0	3.8	2.0
ϕ (°)	2.0	0	0
TENS	0	0	0
K _v	4.0	4.0	4.0
K _w	4.0	4.0	4.0
K _{in}	16.0	16.0	16.0
K _{fn}	16.0	16.0	16.0
Rf	0	0	0



施工段階毎の解析結果

図-4 施工段階毎のリバウンド量

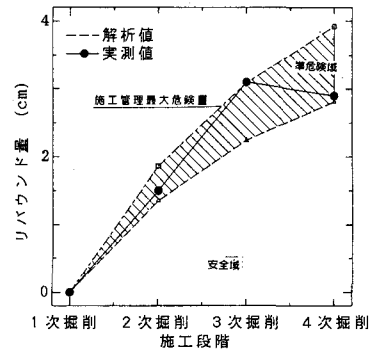


図-5 リバウンド量管理図