

III-231 軟弱地盤における大深度掘削の挙動と解析（その2 有限要素法による挙動解析）

（株）錢 高 組 正員 木村芳正 坂本佳一 吉田弘明

1. まえがき

ポンプ室新設に伴う掘削工事での計測結果¹⁾を、有限要素法による解析結果と比較検討した。

解析では、実用的手段という意味から弾性モデルを用いている。その際、掘削時の地盤特性（応力～ひずみ～時間）を弾性モデルで表現するために“残留応力の概念”を導入している²⁾。また、地盤と構造物（土留め壁）の不連続性を取り入れる目的で、地盤の挙動に重点をおき、土留め壁の掘削底面までの軸方向剛性を小さくし、曲げ剛性だけを評価することとした。

本報告は、短手方向断面（掘削による地盤の挙動が純粋に捕らえられる状況にある）の検討結果¹⁾にもとづき、隣接構造物（護岸）の存在している長手方向断面について検討したものである。

2. 解析条件

図-1に検討断面を示す。地盤および土留め架構の定数は一般的な推定式（N値あるいは q_u 値）により算出している。

掘削の際の解放応力となる地盤の初期応力は、短手方向断面における初期側圧の実測値（静止側圧）より逆算したポアソン比を用いて、自重解析を行った。このとき、地表面には、 1 tf/m^2 の分布荷重を過去の応力履歴として、また、海水の影響は静水圧荷重として考慮している。

3. 残留応力係数の推定

図-2に示すように、従来の掘削問題では除荷応力がすべて解放応力と考え、載荷過程の変形係数（ E ）と除荷過程の変形係数（ E_{ur} ）を別個のものとして考慮していた。しかし、ここでは掘削地盤の応力に着目し、解放ひずみ（除荷によって生じるひずみ）に相当する応力のみが解放され、それ以外の除荷応力は“残留応力”として残るものとする。これは、土被り圧減少による側圧変化現象のみを対象としている。

一方、土留め壁面で測定される掘削前面側側圧には、土被り圧減少による影響の他に壁の変形による影響が含まれており、壁の変形に抵抗として生じる側圧を含むものとなっている。現段階では、これを分離することは難しいため、解析に用いる残留応力係数（ α ）には、壁の変形による影響を含んだものを用いている。これは、残留応力係数のとり得る最大値となる。

図-3には、土留め壁面の各側点における実測値を、各掘削段階毎に整理し、推定した残留応力係数を示す。これによると掘削に伴う影響範囲は、概ね掘削底面より5～15m下部までとなっている。

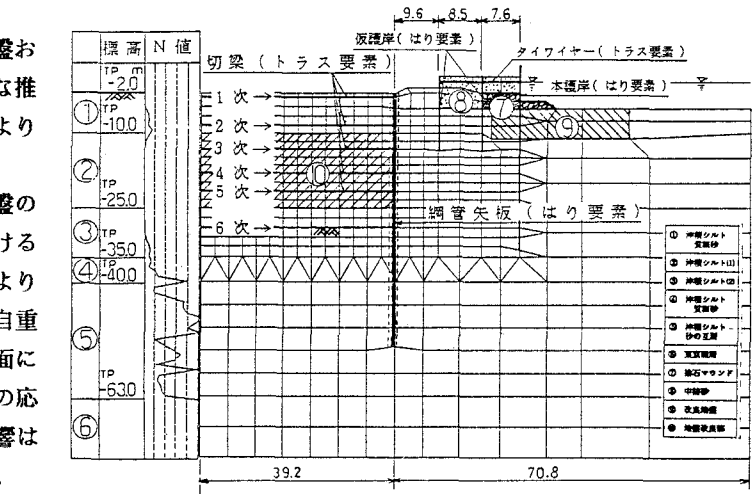


図-1 検討断面

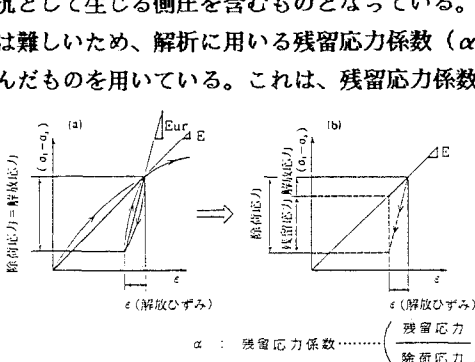


図-2 残留応力の概念

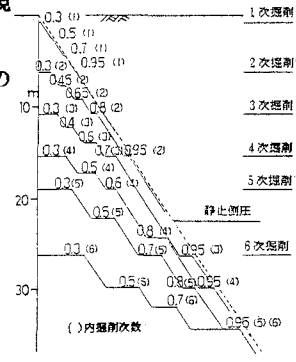


図-3 推定残留応力係数

4. 実測値と解析結果

最終掘削時における変位ベクトルを図-4に示す。図中、破線は掘削底面を起点とする主働崩壊すべり線である。地中変位はこのラインを境に、上部地盤では沈下が卓越する傾向にある。地表面での変位を、矢印で示す各位置で比較（実測値と解析値）すると、表-1のようになる。解析では、地盤の挙動に着目しているため、鋼管矢板頭部（土留め壁頭部）での沈下は実測値に比べ過大となっている。その他のポイントでは概ね良好な対応を示している。本護岸矢板頭部での実測沈下量が比較的少ないのは、護岸頭部の笠コンクリートの三次元的効果のためである。

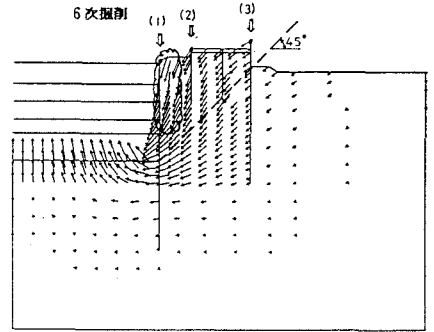


図-4 変位ベクトル

表-1 周辺構造物の変位

		(1) 鋼管矢板頭部		(3) 本護岸矢板頭部		(2) 板護岸矢板頭部	
		水平	沈下	水平	沈下	水平	沈下
実測値		2.3	0.4	3.0	1.0	2.5	9.3
解析値		(1.2)	(13.3)	5.1	3.0	4.9	7.5

図-5示す土留め壁の変位および曲げモーメントのそれぞれの比較によると、実測値と解析値は傾向的には良く一致している。解析値の方が幾分小さな値を示しているが、これは残留応力の推定方法にあり、壁の変形に抵抗として生じている側圧分が除かれているためである。

図-6に示す掘削背面側側圧と前面側側圧の推移は、実測値と解析値に若干の差がある。これは、解析を全応力で行っているため水圧の減少を評価することができないとに起因している。しかし、傾向的には、背面側側圧の減少および前面側側圧の増減を良く現している。掘削底面付近の背面側側圧が突出した形となっているのは、土留め壁と地盤の不連続性を考慮する目的で仮定した軸方向剛性を小さく（通常の1/100）する手法の影響である。

上記仮定を検証するためにジョイント要素を用いた解析を実施した。それによると、土留め壁近傍の沈下量（図-4参）と、掘削背面側側圧の突出（図-6参）の2点で異なるものの、その他の土留め架構の応力・変形値ではほとんど違いがみられなかった。

5. まとめ

実用的解析手法を目指すうえで、2つの大きな仮定（残留応力の概念・土留め壁軸方向剛性の低下）を設け、実測値との比較検討を行った。その結果、周辺構造物の変形状態に対してもほぼ妥当と思われる値が得られた。しかし、“残留応力係数の推定”・“軸方向剛性の低下程度”の問題がまだ残っている。

今後、さらに検討を加え、事前解析として利用可能な安定した手法を目指したい。

〔参考文献〕

- 1) 堀谷谷・佐野ら：軟弱地盤における大深度掘削の挙動と解析—その1～4—、第23回土質工学研究発表会、1988、2) 坂本：有限要素法による土留め解析（その1）—残留応力の概念の導入—、第19回土質工学研究発表会、1984

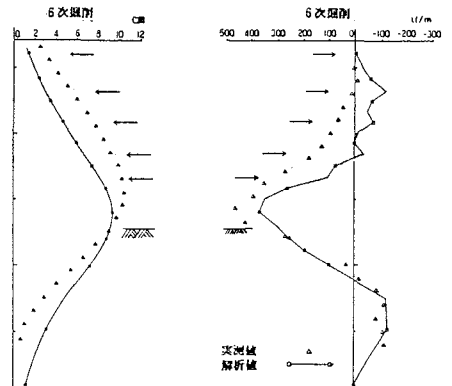


図-5 土留め壁の変位・曲げモーメント

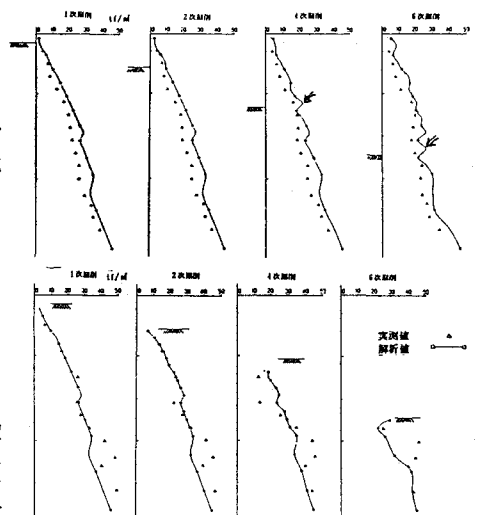


図-6 土留め壁の側圧