

東京都交通局 正員 宮崎 恒
 恢复エンジニアリング 正員 大谷 徳司
 恢复エンジニアリング ○正員 後 藤 孝

1. まえがき

最近わが国の地下鉄の建設は急ピッチで進められている。それに伴い施工法も従来の開削工法主体とされていたものが、路面使用の制限、土砂の増大、民地、民家下通過等のため新式シールド工法に切り替えられつつあり、最近シールド工法は一般の道部における標準工法にならんとしている。

今回シールドが既設構造物に接近して通過する場合と、構造物の下を通過する場合、の2例について建物防護工法の設計施工の資料とする為、有限要素法を適用し検討を行なったのでその結果について述べることにする。

2. 解析上の基本条件

- (1). 地盤を有限な境界をもつ弾性体として取扱う。
- (2). 二次圧密速度（レオロジー特性）あるいわ脱氷により生じる二次圧密を考慮しない。
- (3). トンネル方向に同じ断面が無限に続くものとし、平面の2次元すなわち平面歪み状態と考える。
- (4). 解析に必要な土質条件は土質調査資料により定め又は仮定し、図-1、図-2、に示す。防護工としての連続柱列壁や薬液注入などについても土質条件などと同様に仮定した。
- (5). セグメント、裏込め注入の剛性及び拘束などは考慮しないものとする。

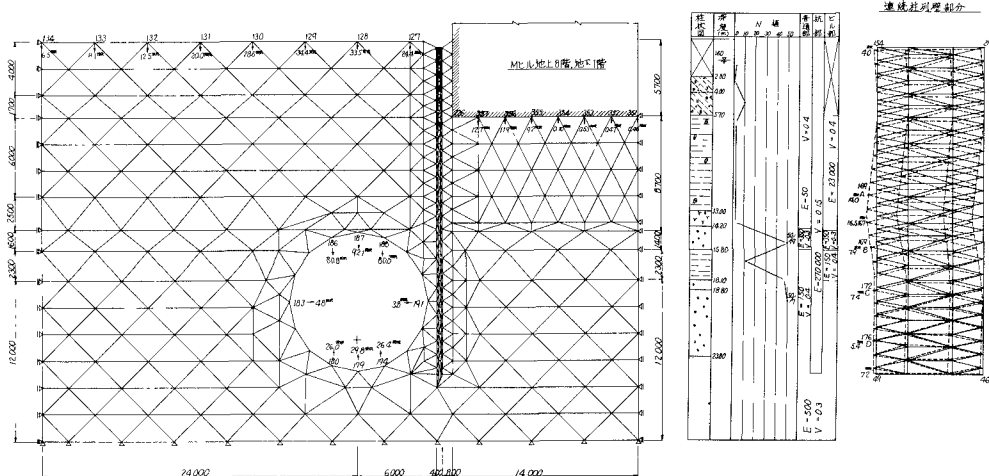
3. シールドが既設構造物に接近して通過する場合の例。

この解析例は複線シールドが図-1に示す通り既設構造物に約1.80mまで接近して通過した時、その構造物の保全対策として連続柱列壁（RIP杭） $\phi=400\text{mm}$ 、 $l=23.00\text{m}$ が施工された場合の連続柱列壁の防護工としての効果を解析する為である。連続柱列壁の施工の目的は

- (1) シールド通過による地盤のゆるみに柱列壁が曲げ剛性により抵抗し既設構造物の変位を防止する。
- (2) 柱列壁の止水性により圧密による既設構造物の沈下を防止する。

である。

図-1



解析

図-1にシールドが通過した時の地盤及び連続柱列壁の変位図を示す。図に示す通り既設構造物の下部での弾性沈下量は $\delta = 12.7 \sim 4.6 \text{ mm}$ であり、不等沈下量は 8.1 mm 、基礎の傾斜の傾斜角は $\theta = 1/1730$ になる。この値は十分許容値以内であると思われる。柱列壁の水平変位量は上部で 4.0 mm 下部で 6.7 mm 最大変位はシールド上部付近でおこり変位量は $\delta = 16.5 \text{ mm}$ となった。柱列壁の応力度を計算すると最大 $\sigma_s = 682 \text{ kg/cm}^2$ となりこの解析値は実測値と比常に良く適合している実測値と解析値の比較は表-1に示す。

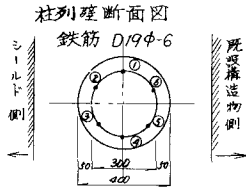


表-1. 実測値と解析値との比較

測点	A	B	C	D
地表よりの深さ(m)	11.10	15.10	19.10	23.10
実測応力度 kg/cm^2	② or ③ 560	—	—	380
	⑤ or ⑥ —	180	120	—
解析変位量 mm	a or b 14.0	7.9	2.4	5.9
解析応力度 kg/cm^2	γ_s 682	296	103	732

4. シールドが既設構造物の下を通過する場合の例

この解析例は単列シールドが既設構造物(地上7階地下2階ベタ基礎)の直下7mを通過する場合で、構造物の防護対策として種々の工法が考えられるが、沈下の傾向を止めるために(1)防護工無し。(2)薬液注入による防護工強制係数 E を 400 kg/cm^2 , 600 kg/cm^2 , 800 kg/cm^2 , 1000 kg/cm^2 の4ケース。(3)水平押込み鋼管及び薬液注入による防護工の3種類6ケースについて解析した。

図-2

解析

図-2に示す様な解析断面で有限要素法により地盤内応力及び変位量を求める。

表-2に示す通り防護工を行なわないとすると既設構造物の基礎下面で弾性沈下量は最大 66 mm となり不等沈下は $(66 \text{ mm} - 30 \text{ mm}) = 36 \text{ mm}$ 、その傾斜部傾角は $\theta = 1/70$ となるので構造物にかなりの防護工を行なわなければ危険であり問題がある。

薬液注入の強度によって差があるが沈下量を減少させることが今回の様なケースでは期待出来るので薬液注入による防護工が効果的と思われる。

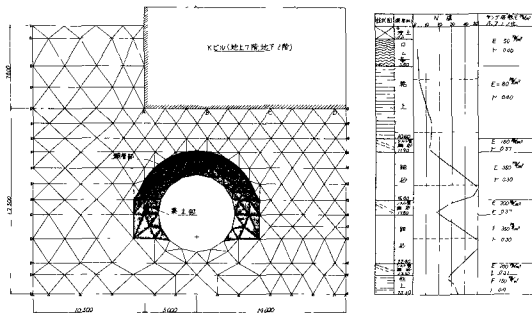


表-2. 沈下量(mm)と傾斜部傾角 θ

測点	A	B	C	D	不等沈下量	傾斜部傾角
防護工無し	30	66	54	30	36	$1/70$
薬液防護	$E = 400 \text{ kg/cm}^2$	20	40	24	20	$1/300$
	$E = 600 \text{ kg/cm}^2$	11	20	16	9	$1/670$
	$E = 800 \text{ kg/cm}^2$	5	10	7	5	$1/1200$
	$E = 1000 \text{ kg/cm}^2$	-1	2	-3	2	$1/3000$
鋼管及び薬液注入	-1	-8	-3	+1	—	—

5. おさひ

以上2例について検討を行ったが、現在非線形有限要素解析を荷重増進法を用い解析する作業を進めている。しかし地盤沈下の現象は複雑であり、この段階で地盤沈下と高精度に解析することは不可能に近い。したがってあくまで検討資料であり、実際の施工にあたっては十分な考慮が必要である。他の方法でも検討された上で安全な施工が行われなければならない。本解析が今後の設計施工に際してすこしでも参考になれば幸である。

終りにこれらの解析にあたりご指導をいただいた東京都交通局長、三好課長以下課員各位に厚く感謝いたします。