

N T T東京支社	正会員	奥村	賢志
N T T東京支社	正会員	阿部	英次
N T T東京支社		後藤	哲雄
N T T東京支社		山中	紀雄

近年都市部のシールドトンネル工事、あるいはこれに付随する立坑工事は、道路部における重要施設構造物と近接して行われるケースが増加する傾向にある。このため工事にあたっては、近接構造物の変形、応力を予測し、地盤改良等補助工法を検討するとともに実地計測等による施工管理が大切になってくる。本報告は、ニューマチックケーソン工法による立坑工事に伴う近接構造物の変形、応力の予測と計測結果について報告するものである。

本工事は、江戸川と葛西を結ぶシールドトンネルルート約3.3 k mの中間に立坑を築造する工事であり、近傍には下水道シールドトンネル（φ4350）が存在する。

この立坑はニューマチックケーソン工法で築造し、路下室の床付は地表面より12.7mであり、ケーソンは床付面より更に約26m沈設する。また、下水道シールドトンネルの変位の抑制を図るため柱列式土留杭を配置した（図-1参照）。

概ね、路下室は上部有楽町層(シルト、細砂N=0～15)を掘削し、ケーソンは下部有楽町層(シルト、粘土N=0～10)～七号地層に沈設することになる。軟弱地盤における施工のため近接構造物へ影響を及ぼさない施工管理が重要となってくる。

路下室掘削及びケーソン沈設に伴い発生する周辺地盤の変形から既設構造物の変形を推定し、応力度を照査した。

解析は、土留杭の変形を弾塑性法により求め、これを有限要素法モデルに強制変位として与えることにより実施した。図-2に解析のフローと方法を示す。ここで、フローに示す②～④の段階で、補助工法の有る場合、無い場合の2 ケースを計算した。

変形解析に用いる条件を以下のように定めた。

(圖-3 参照)。

- a) 地盤は、完全弾性体として扱う。
- b) 立坑横断面に対する二次元解析とする。
- c) ケーソン床付面において圧気圧を考慮する。
- d) ケーソン沈設時、地山の側方変位はケーソン本体壁により抑制されるから、フリクションカット (50mm) 以内の変位に止める。

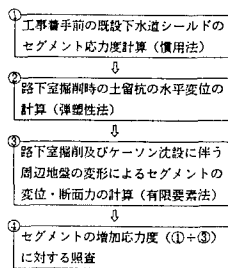


図-2 解析のフロー

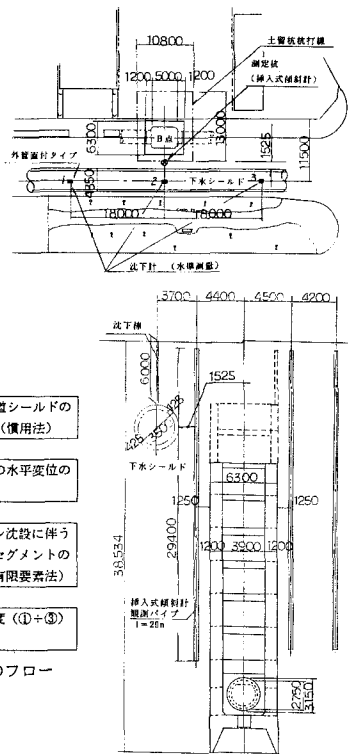


图-1 工事概要図

a)表-1は、路下掘削時、補助工法（底盤改良）の有無で下水

道シールドトンネルに発生する最大変位を比較したものである。底盤改良を実施すると、実施しない場合に比べ水平方向で約1/2、鉛直方向で約1/6の変位となり、底盤改良が有効な施工手段となることがわかった。

- b) 路下室底部の底盤改良とフリクションカットの抑制を考慮し、最終ケーソン沈設時の下水道シールドに発生する断面力、応力度を算定した結果を表-2に示す。

ここで、ケーソン沈設時に応力が小さくなるのは、路下掘削時に水平方向に変形していたセグメントがケーソン沈設時に鉛直方向の沈下と変形が顕著となり、真円に復帰するような挙動を示したためと考える。

5. 計測管理

実際、工事は柱列式土留(鋼杭の千鳥配列)と底盤改良(改良厚さ2.0m)の組合せで行い、施工管理は土留杭の変形測定と下水道シールド頂部のレベル測量により実施した。

(1) 計測方法

土留杭の変形測定は、土留杭にあらかじめ設置した測定用パイプに挿入式傾斜計を挿入し行った。また、下水道シールド自体の沈下測定はシールド頂部まで沈下棒(鉄棒)を建て込み、この頂部をレベル測量した。なお、傾斜計、沈下棒は図-1に示すように配置した。

(2) 測定頻度

路下掘削時は掘削段階毎、ケーソン沈設時は各ロット沈設毎に合計18回の測定を行った。

(3) 沈下管理値

下水道シールドトンネルの沈下管理値は、10mmとした。

(4) 計測結果

図-4は、ケーソン沈設完了時の土留杭変形の測定結果であり、これに基づき下水道シールドの沈下量を算定すると6.2mmとなる。また、図-5は沈下棒のレベル測量によって求めた沈下量の経日変化を表したグラフである。最終沈下量は6mm程度で管理値を満足している。

6. まとめ

本工事は、下水道シールドへ近接し、しかも軟弱地盤中での施工という技術的に困難の多い工事であったが事前解析、適切な補助工法の採用、そして入念な施工管理のもとで無事完了した。

近接工事における既設構造物の変状予測は、画一的に理論づける事は難しいが、同様の工事例には今回の変状解析及び計測管理を参考にいただければ幸いである。

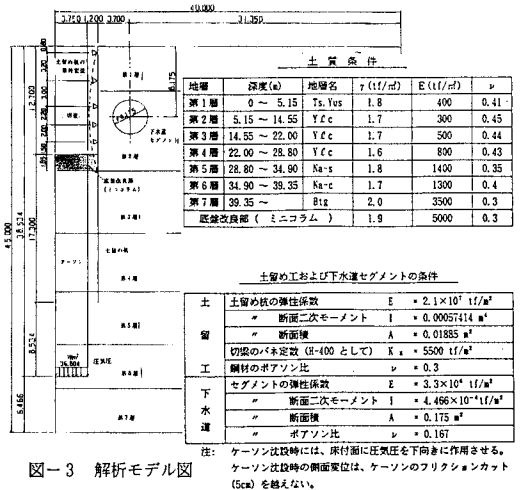


図-3 解析モデル図

底盤改良の有無	水平変位(Hmax)	鉛直変位(Vmax)
無	51.4mm	36.7mm
有	25.0mm	5.6mm

表-1 下水道シールドの最大変位

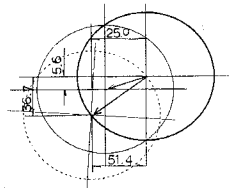


表-2 下水道シールドセグメントに発生する断面力と応力度

	発生断面力(曲げモーメント、軸力)	応力度(σ max)	許容応力度(σ sg)
掘削前(床付)	$\theta = 0^\circ$ N = 23.396 t	1316 kgf/cm ²	1400 kgf/cm ²
最終ケーソン沈設時	$\theta = 60^\circ$ N = 23.396 t	49 kgf/cm ²	

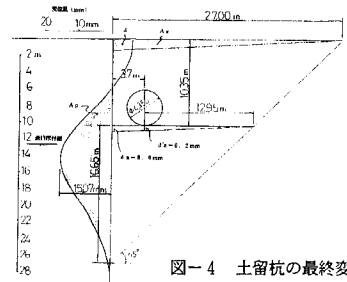


図-4 土留杭の最終変位

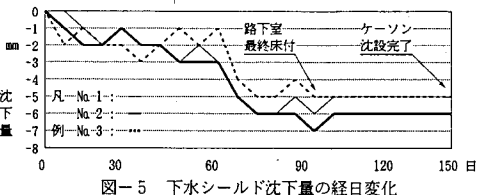


図-5 下水シールド沈下量の経日変化