

III-31 泥水シールド掘削に伴う重要施設の変状予測解析と計測管理

営団地下鉄正会員 小野重則○横田三則

泉 洋明

メトロ開発(株)正会員 中村信義

1. はじめに

営団地下鉄では、泥水シールド施工に伴う周辺地盤の地中変位について、現地における地中計測を行い、予測解析手法の研究を行ってきた。(参考文献参照) 今回、営団地下鉄南北線の王子付近の建設において、東北新幹線橋脚との近接施工が生じ、橋脚の安全度検討に上記手法による予測解析を行い、現地では計測管理を行った結果、安全な工事が確保出来、加えて、予測解析手法の検証を行ったので報告するものである。

2. 工事概要

東北新幹線は、この部分では40～60mのけた式(単純合成けた)高架橋であり、脚柱はSRC構造、基礎は連壁剛体基礎となっている。一方地下鉄トンネルは、この橋脚を挟んで両側にシールドトンネルで施工した。(図-1) 橋脚との離れは、最小で3.4m、反対側は4.1mである。シールドの深さは、道路面より約12mの土被りを有しており、橋脚基礎底面よりは高い位置にある。シールドの施工法は単線シールドで、セグメント外径は6.6mであり、セグメントは、ダクトイル鑄鉄コルゲート型セグメント、厚さ28cmで二次巻で補強を行っている。シールドの施工は、泥水加圧式を採用し、泥水圧は約 $1.7\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 2.7\text{kg}/\text{cm}^2$ で計画した。又、当地の地質は、上部から埋土が厚4.5m、その下に東京層の砂、礫が厚さ約8.0m、その下に東京層のシルト質細砂が約1.0mの薄い層を挟み、その下は江戸川層の硬質砂礫層となっている。シールドは、東京砂層と江戸川層上部を掘進した。

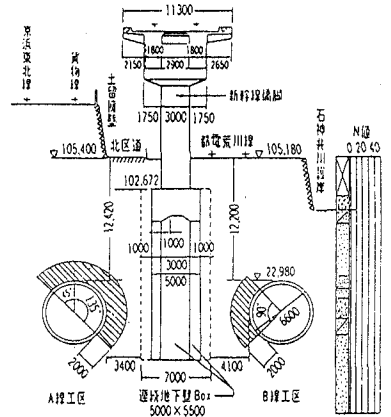


図-1 新幹線橋脚近接部横断面図

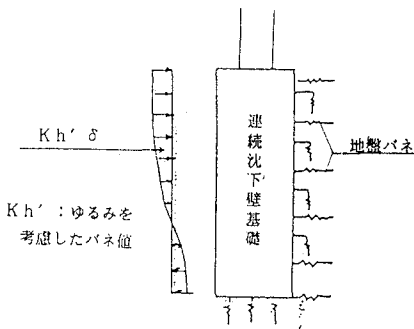


図-2 応力モデル

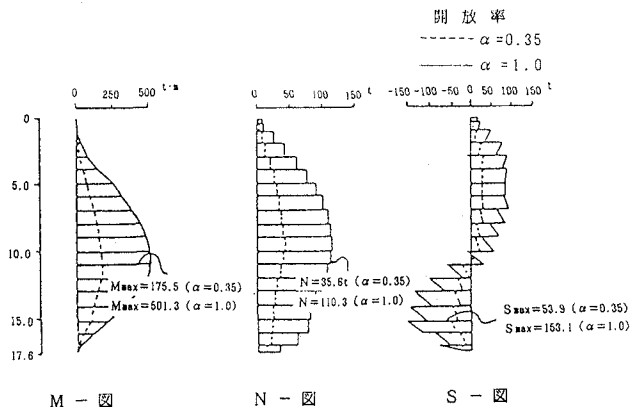


図-3 橋脚に発生する増加応力

3. 予測解析および予測値

予測解析の順序は、シールド掘進に伴う地中変位を、二次元の有限要素法により計算し、図-2の如く、地中変位に伴う水平応力を計算し、その応力を橋脚基礎に作用させて、基礎の安定を予測する手法とした。有限要素法の解析には、東北新幹線基礎の要素を加味した。又、シールド掘進に伴う応力開放は、地中圧と泥水圧の差とし、泥水圧は 2.5 kg/cm^2 とした。又、開放率は0.35を採用したが、安全のため1.0についても検討した。地中変位に伴い橋脚に作用する水平力は地中変位と地盤バネの積で算出し、地盤バネは、各地層ごとにゆるみを考慮したバネ値を設定した。橋脚基礎に発生する応力を図-3に示す。又、この応力の最大値による断面の増加応力度は、 $\delta_c = 3.7 \text{ kg/cm}^2 \cdot \delta_s = 108.2 \text{ kg/cm}^2$ となり、安全度は充分確保されている結果を得た。

一方、連壁基礎の変位の検討結果を表-1に示す。

検討は、先行シールドが進んだ場合、両シールドが進んだ場合、および開放率を0.35と1.0の場合についても行い、安全を確認した。この結果より変位量は、基礎頂部で鉛直方向最大2.4mm、水平方向1.0mm、軌道面での水平方向4.2mmと変位量は小さい結果となった。

4. 計測方法および計測結果

変位の測定は、橋脚頂部において、計器による測定を水準2点、傾斜を1点測定した。測定の位置を図-4に示す測定結果および事前予測との比較を、表-2に示す。この測定結果によれば、変位量は微小であり、又、予測値ともほぼ同程度の変位である事が理解出来る。なお変位量は、管理規程値（5mm）内にあり、列車進行に何ら支障なく施工することが出来た。

5. おわりに

重要都市施設である東北新幹線基礎に近接するシールド工事において、営団が研究している解析手法にもとづき、予測解析を行い、加えて計測管理を行った結果、予測値を満足する計測結果を得、予測手法の妥当性を検証することが出来た。今回の現地地質は硬質地盤であり、施工に当たっては防護注入を行い、入念な工法を採用した事も幸いしたと考えられる。営団では、今後の交差、近接工事においても本解析手法により検証、検討を進めたいと考えている。

表-1 線路直角方向の変位量

開放率(α)		鉛直変位量※ (mm)	水平変位量※ (mm)	回転変位量※ ($1/1000$)	軌道面の水平 変位量 (mm)
$\alpha = 0.35$	単線時	0.628	0.259	6.479×10^{-5}	$6.479 \times 10^{-5} \times 17120 + 0.359 = 1.468$
	複線時	0.824	0.140	2.185×10^{-5}	$2.185 \times 10^{-5} \times 17120 + 0.140 = 0.514$
$\alpha = 1.0$	単線時	1.508	1.025	1.851×10^{-4}	$1.851 \times 10^{-4} \times 17120 + 1.025 = 4.194$
	複線時	2.354	0.400	6.335×10^{-5}	$6.335 \times 10^{-5} \times 17120 + 0.400 = 1.485$

※ 基礎頂部

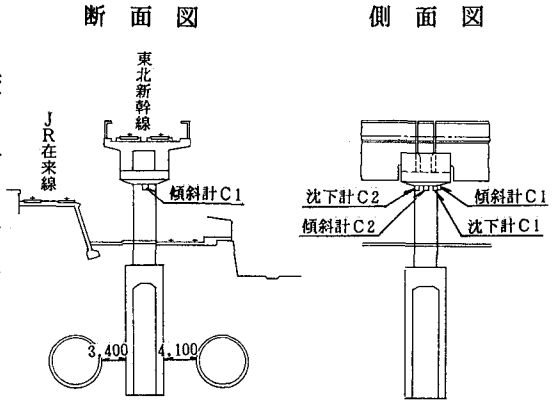


図-4 計測位置図

新幹線P6橋脚の変位の比較

		測定値		事前予測計算値
		シールド施工直後	最終測定値	
先行シールド 施工後	鉛直変位 (mm)	0 ~ 1.0 (H.1.11.13)		-0.53 (-1.51)
	傾斜 (mm)	上野方面へ 0.8 山側へ 0.2		先行側へ 0.68 (1.85)
	軌道面の水平 変位量 (mm)	上野方面へ 2.1 山側へ 0.5		先行側へ 0.22 (4.19)
後行シールド 施工後	鉛直変位 (mm)	0.5 ~ 1.0 (H.1.11.25)	0.5 ~ 1.0 (H.1.11.25)	-0.82 (-2.35)
	傾斜 (mm)	上野方面へ 0.3 山側へ 0.1	上野方面へ 1.2 山側へ 0.7	先行側へ 0.22 (0.63)
	軌道面の水平 変位量 (mm)	上野方面へ 0.8 山側へ 0.3	上野方面へ 3.1 山側へ 1.8	先行側へ 0.51 (1.49)
備 考		1) 軌道面の水平変位量は、傾斜の回転中心をケーソンの中央深さにとった場合の推定値 2) ①内は、 $\alpha = 1.0$ の場合		

6. 参考文献 1) 中山、中村、中島：泥水式シールド掘進に伴う硬質地盤の変形解析について。

土木学会論文集 397号 1988年9月

2) 小野、横田：営団地下鉄7号線、飛鳥山AB線工区・トンネルと地下 1990年5月