

1. まえがき

本工事は、博多電話局と住吉到達立坑を結ぶロードヘッダー搭載シールド工法(延長1100m, セグメント外径 $\phi 3550$)による tunnel 工事である。この区間には、国鉄博多駅の西架道橋(在来線, 新幹線)下越があり、当該架道橋のうち新幹線高架は深礎工法による場所打杭基礎で岩着しているため問題ないものと思われたが、在来線高架については図1のとおり打込既製杭基礎で摩擦支持杭となっており、高架構造もラーメン型式であるので十分な検討が必要となった。ここではシールド掘進に伴う在来線高架構造物の影響解析について報告する。なお、在来線高架構造、シールド位置及び土質については図1に示す。

2. 在来線高架構造物に対する影響の検討

(1) 有限要素法による影響解析

この解析はトンネル開成状態における土層の各点変位量、主応力を算定したものである。

ア. 設計条件

主な条件をあげると次のとおりである。

- 地盤の物理定数を表1に示す。
- 地盤を完全弾性体とする。
- シールド横断面に対する二次元問題とする。
- シールドにはテールボイドを考慮し、仕上り外径 $\phi = 3555\text{m}$ に対して $\phi = 3700\text{m}$ の素掘りトンネルとする。
- 橋台及びRC杭の入力条件は、長方形要素と線部材として入力する。

イ. 解析結果

FEM解析結果、周辺地盤の各変位量及び主応力は、表2に示すとおりである。

(2) 地下水位低下による影響

シールド掘進時の湧水面積と同じ集水面積をもつ井戸を仮想し、透水係数は現場揚水試験及び湧水圧試験結果より砂層部 $K_1 = 5.09 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$, 岩盤部 $K_2 = 4.40 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ として仮想井戸から揚水した場合のシールド直上及び周辺の自然水位の降下量を算出したところ、シールド直上部において圧気圧 $0 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ で 1.1 m , $0.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ で 0.8 m , $1.0 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ で 0.5 m となった。さらに水位降下分の増加鉛直応力に対

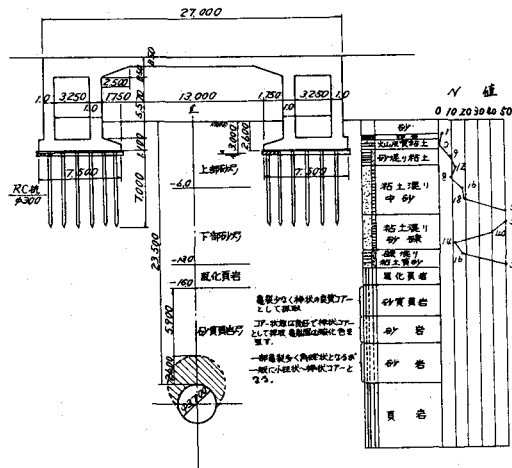


図-1 在来線高架構造及び土質柱状図

表1. 各地層の地盤定数

土層区分	深 度	土の単重	変形係数	ポアソン比
上部砂層	0~6m	$1.7 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$	$30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	0.4
下部砂層	6~13m	1.8 "	90 "	0.35
風化頁岩	13~15m	1.9 "	240 "	0.30
砂質頁岩	15~34m	2.3 "	1280 "	0.25

表2. 主要点の変位量及び主応力の最大値

箇 所	変位量(mm)		主 応 力 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)		
	水平	鉛直	σ_1	σ_2	せん断(τ)
地 表 面	0.2	0.6	0.001	0.001	0.001
7-チング付近	0.2	0.7	0.003	0.005	0.002
基礎杭付近	—	—	σ_1 0.060	—	—
基礎杭先端	0.2	0.9	0.003	0.003	0.003
シールド周辺	0.4	2.9	0.389	1.041	0.404

する地盤沈下量を求めると、シールドに最も近い前面杭において圧気圧 $0.5 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$ で沈下量が $0.2 \sim 0.9 \text{ cm}$ という結果になった。(図2参照)

3. 施工状況

(1) 計測結果について

施工中は、軌道下付近においては幸い連続した頁岩層で、湧水も当初の予想に反し、少量であったため国鉄関係者の了解を得て無圧気で施工し、無事通過することができた。

なお、施工に先だって架道橋の変状を管理するため、橋台上部に計測器(沈下計、傾斜計等)を取付け、自動計測を行った。その結果は図3に示すとおり沈下量、傾斜角度とも僅かであった。

(2) 岩の強度について

本地盤は頁岩と砂岩の互層であり、一軸圧縮強度は頁岩で $20 \sim 90 \text{ kg/cm}^2$ 、砂岩で $100 \sim 500 \text{ kg/cm}^2$ であったが、一部 1500 kg/cm^2 程度のノジュール(珪質砂岩の結核)が見られ、ロードヘッドSB125型でも掘削に難航することもあった。しかし、全般的には予定どおりに竣工することができた。掘削に当っては岩の強度によって切削ビットを変化させたが、岩の強度の判定にはシュミットハンマーを使用した。シュミットハンマーの測定結果と後で行った一軸圧縮強度試験の結果を比較すると図4のとおりであり、施工時に一応の目安になるものと思われる。

(3) 風化頁岩層の影響について

設計時に行った土質調査の結果によると、本地盤におけるシールド通過点の間隙水圧は静水圧の $40 \sim 90\%$ 程度であった。また立坑掘削時(逆巻工法にて施工)においても 200 l/min 以上の湧水があったため、シールド掘進時においても相当の湧水があるものと予想されたが、実際は $0 \sim 20 \text{ l/min}$ 程度であった。これは岩盤層の上に堆積している風化頁岩層が半不透水層的に作用しているものと思われ、上部の砂層中の地下水と下部の岩盤中の地下水の動きは短期的に据えると、全く縁が切れており岩盤掘削中に上部の砂層の水が流れ込まなかったためと思われる。したがって、上部砂層の圧密沈下も全く生じなかった。

4. あとがき

(1) 今回は、架道橋の変状の計算をFEMと地下水低下による影響の計算を行ったが、実際の施工に当っては 90 m を約2週間という短期間で掘進したため地下水低下は見られず、FEMの計算結果程度以下の沈下量しか生じなかった。今後の沈下計算に当っては半不透水層の存在及び掘進速度を考慮した手法について、さらに検討していく必要がある。

(2) シュミットハンマーによる岩強度の即時判定法については、岩強度が $100 \sim 500 \text{ kg/cm}^2$ 程度では相関性が高いが、 1000 kg/cm^2 程度になると、やや小さめに出る傾向にある。

最後に、施工に当って協力いただいた国鉄をはじめとする関係者各位に謝意を表する次第である。

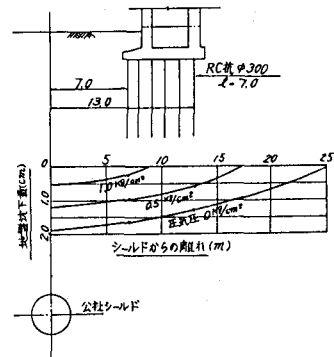


図2 シールド周辺の地盤沈下量

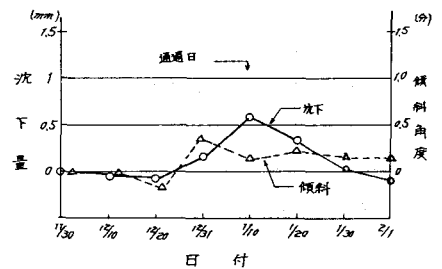


図3 橋脚の変状の経時変化

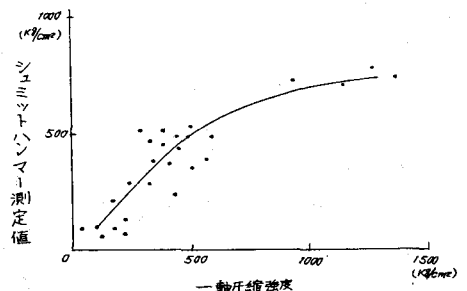


図4 シュミットハンマー測定結果