

極く近接したシールド掘進の併設シールドトンネルに およぼす影響について

大阪市交通局 正員 道田淳一
同 上 〇正員 春名富生
佐藤工業 正員 竹内 修

1 まえがき

大阪市地下鉄堺筋線のシールド区間は少 6.80 の単線型の 2 本のトンネルを併設することになったが、道路巾が 22m とせまいので、シールドの純間隔が 3.10 と、非常に接近した施工となった。このため併設トンネル間に掘さくによる相互干渉が懸念されることと、この区間の土質が比較的 N 値の高い砂および砂礫の厚い層を含むので、シールドの推進反力によるセグメントの破壊が予想されたため、セグメントおよび 2 次覆工には特別な措置がとられた。

その基本的な考え方は

- ① シールド推進時の反力に十分耐えるため、RC 平板型セグメントを 1 次覆工として用いる。
- ② セグメント間の継手に鋼構造物の継手を挿入し、シールドの推進時にセグメントの変形をゆるして、曲げモーメントの減少をはかる。(図-2)
- ③ その後、2 次覆工によって、この継手の剛度を高め、ほぼ一様な剛性のリングとする。

というものであるが、このセグメントが実際の施工中にどのような応力を受けるか、特に先進シールド覆工(南行シールド)が後進シールド(北行シールド)掘進によって、どのような影響を受けるかを調査のため 2, 3 の測定を実施した。

2. 測定場所

測定場所はセグメント全数 441 Ring のうちの 353 Ring 目に土圧計、354 Ring 目に間隙水圧計、355 Ring 目に鉄筋計、コンクリート歪計、継手ボルト張力計を取付けた(1 Ring の長さは 90m である)。またこの付近は土被約 8m、地下水位は当初第 1 滞水層 GL - 1.60、第 2 滞水層 GL - 6.20 で、シールド断面の上部は約 1.5 の粘土層、中央部約 4.0

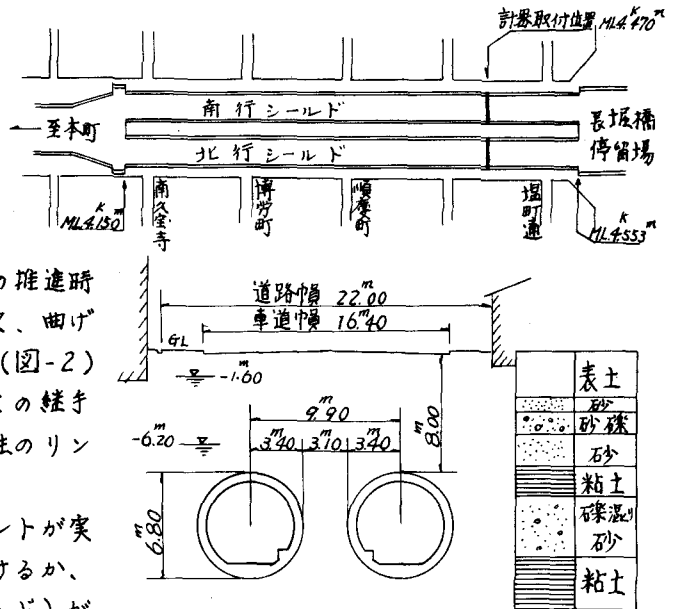


図-1

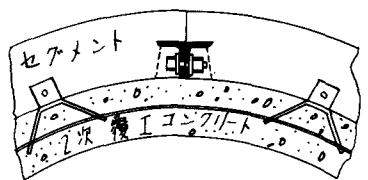


図-2 継手構造図

は疎混り砂質層で、 N 値は50以上あり、その下部は粘土層になっている。図-1

3. 測定項目および測定器具

測定項目、測定器具は表-1に示し、取付位置は図-3のとおりである。

4. 計器取付方法

a) 土圧計

土圧計の設置は図-4(a)に示すようにセグメント組立、裏込コンクリート注入完了後、あらかじめセグメント製作時に取付用の穴を開けておいた位置の裏込コンクリートを取り除き、地山と土圧計の接触面は砂を用いて平滑に仕上げ、土圧計が2~3 kg/cm^2 を示すように押え込んだ状態で取付けた。

よく内は2次覆工に設置

b) 間隙水圧計
土圧計と同様に図-4(b)に示すように取付けた。この際、フィルター部分に砂を填充した。この砂の粒径は $d_{15} < D_{15} \leq (4 \sim 5) d_{85}$ (d は自然土の粒径)を満足するものを使用した。

c) 鉄筋計

鉄筋計の取付けは、鉄筋の一部を切断してその間に鉄筋計を取付けた。

d) コンクリート歪計

セグメントの円周方向に配筋された鉄筋に、バインド線およびビニールテープで固定した。また2次覆工コンクリート内に設置するものは組立筋により所定の位置に固定した。

e) ボールト歪計

セグメント組立ボルトの頭部にφ6mmの穴を開け、その内面にストレングージを貼り付けた。

5. 測定方法

測定器はカールソン型万能指示器(CN-4F)を使用、多変切替スイッチボックスはNS-22Fを使用した。測定間隔は大体設置から1ヶ月間は毎日1回、その後3ヶ月は3日おき、それ以後は1週間に1回測定を行った。(昭和43年3月17日~昭和44年4月24日)

6. 測定結果

測定結果は図-5、6のとおりである。

表-1

測定項目	測定器具	計器	数量
土圧	土圧計	CE-4R	10
間隙水圧	間隙水圧計	CP-2N	4
セグメント応力	鉄筋計	RF-16C	(5)
		RF-19C	10
		RF-22C	10
	コンクリート歪計	SC-10F	20(15)
継手ボルト張力	ボルト歪計	ボリイースチルワイヤーストレングージ	5(5)
地下水位変化量	観測井による		12
覆工の変形量	特殊ゲージによる		0

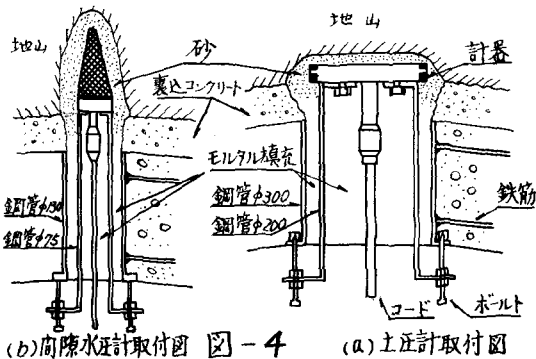
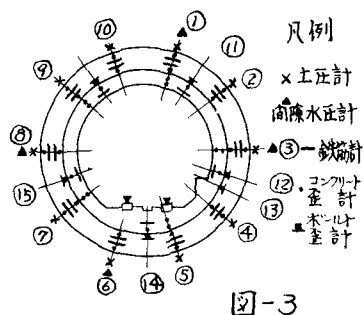


図-5は横軸に日数もとり、各測定値および工程と比較したものである。図-6は北行シールド接近時とその後における各種の測定値と設計値と比較したものである。

7. 考察

①土圧について

(1)計器設置より4日目(24R₂ng推進までの間)まで、右側中央部の③が急激に増加し、25 $\times$ m²の値を示した。これはシールド推進時のシールドジャッキの片寄った使用によるものと思われる。

(2)その後この値は次第に減少し、南行シールド推進完了して約1ヶ月目に20 $\times$ m²におちついた。

(3)北行シールドの接近約10日前より土圧は上昇気味で、接近直前に北行シールドに近い側の土圧が急増し、42 $\times$ m²を示し、約1ヶ月後、多少の変動はあったが38 $\times$ m²におちついている。

即ち、後進シールドの影響によって90%増加したことになる。

② 間隙水圧について

4測定のうち⑧は断気後1 $\times$ m²を示し、その後徐々に増加して4 $\times$ m²を示し、その後14 $\times$ m²におちついたが、北行シールドの推進による影響は認められなかった。その他の計器は測定不能となった。

③鉄筋応力

(1)設置と共に次第に増加し、南行シールド推進完了1ヶ月後よりほぼ一定値となり、③-外、⑩-内は引張を示し、③-内、⑩-外は圧縮となって、外側筋の応力図は図-6(B)のような形を示し、内側筋の応力図は90°回転させたような形で、図-6(C)となった。そして③-外で引張応力148 $\times$ m²、③-内で圧縮応力254 $\times$ m²となり、引張応力の最大値は⑩-内におこり469 $\times$ m²となった。

(2)シールドの接近によって、土圧の変化と同時期に③-外は372 $\times$ m²、③-内は282 $\times$ m²

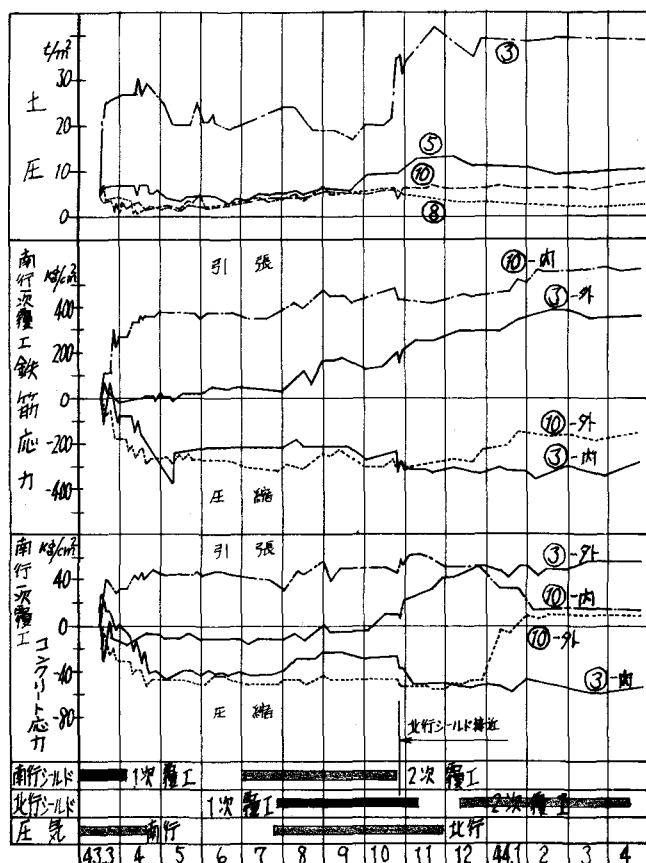


図-5 至日変化図

に増加した。引張の最大値は⑩-内におこり 575 kg/cm^2 を示した。なお、もっとも著しい影響を受けたのは、③-外であって、その増加率は約145%であった。

④コンクリートの応力

(1)鉄筋応力と同じように設置と共に次第に増加し、南行シールド掘り込みが完了して1ヶ月後、ほぼ一定値となり、⑩の内は引張、⑩の外、③-内は圧縮を示し、③-外も圧縮を示していたが、その後5ヶ月で引張に変わった。その値は③-外で引張応力 10 kg/cm^2 、③-内で圧縮応力 30 kg/cm^2 となった。

(2)北行シールドの接近によって③-外は $+56 \text{ kg/cm}^2$ (460%)、③-内は 54 kg/cm^2 (80%)に増加した。なお、圧縮応力の最大値は底部外側附近におこり

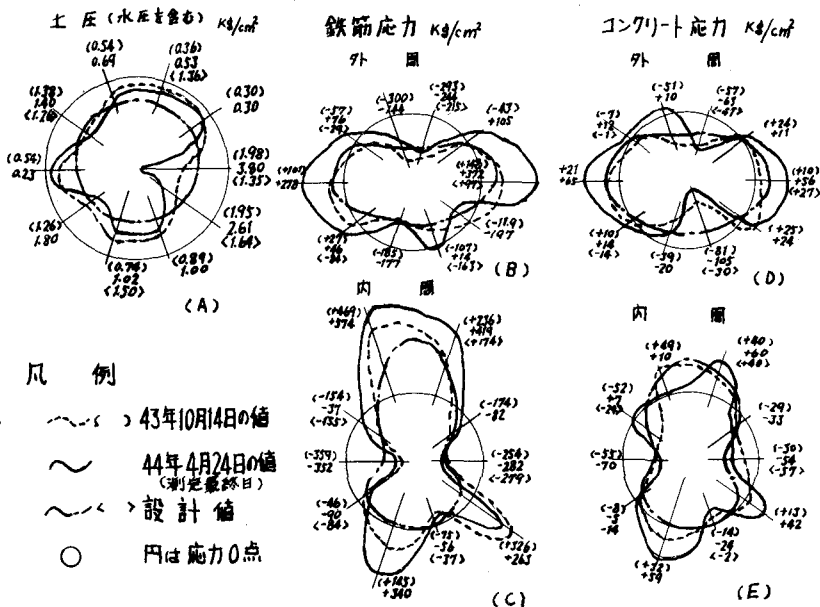


図 - 6

その値は 105 kg/cm^2 を示した。

⑤ボルトの張力

ボルトの張力は締付け後は徐々に減少する傾向を示すが、北行シールドの接近があるから約30 Ringを推進する間、約10%の増減が明瞭に認められた。図-7

⑥セグメントの変形

セグメントの変形は大体組立と同時に約 10 mm 下がり、テールより出た時 25 mm 位となり、その後徐々に下がり3ヶ月後で $60 \sim 70 \text{ mm}$ となり、左右は $55 \sim 66 \text{ mm}$ となった。

⑦北行シールド覆工の鉄筋応力、コンクリート応力

接近の影響を受けた南行シールドと比較すると、最終値で鉄筋の応力は引張で最大 320 kg/cm^2 で45%の少くなっている。コンクリートの応力は圧縮で最大 68 kg/cm^2 で35%少なくなっている。

なお、当初の予定では南行シールドが1次覆工の状態では北行シールドが接近することになっていたが、工期の関係で2次覆工完了後約3週間目に北行のシールドの接近があった。

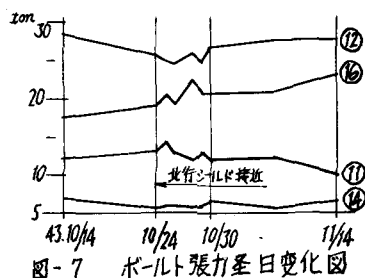


図-7 ボルト張力逐日変化図