

III-321 積層導坑トンネルの導坑間接触圧について

清水建設㈱
同 上
東京工業大学

技術研究所
技術開発本部

正会員 堀田洋之、正会員 尾上篤生
正会員 風間広志
正会員 竹村次朗

1. はじめに

現在、各機関で直径20m以上の大断面トンネルの様々な施工法が検討されている。大断面トンネルの実施例として、“Stacked-drift工法”で水平小断面トンネルをリング状に積み上げ、内径19.4mの道路トンネルを建設したアメリカ・シアトルのMt. Baker Ridge トンネルがある。この工法は経済的であるとともにライニングの後に内部掘削を行うので地表面の沈下を少なくできると言われている¹⁾。日本の都市部における未固結・帯水地山での大断面トンネルの施工にこの方法を応用するために行ってきた検討のうち、本報告では、トンネル施工法の概念と、小トンネル（導坑）間の接触圧に関する遠心模型実験結果について述べるものである。

2. トンネル施工法の概念

図1に施工法の手順を示した。導坑トンネルの施工には裏込めコンクリートが厚く打設できるようなシールド機を使用する。これにより先行トンネルを1本おきに、かつその間隔をシールド径より小さく構築する。その後これら先行導坑の裏込めコンクリート間をシールドで切削しながら後行導坑を構築する。後行導坑の裏込めコンクリートによって先行・後行のトンネルを重合・一体化させる。これを大断面トンネルの覆工構造体とし、その内部を掘削する。小口径導坑を重合させる本工法では、その重合方法を変化させることにより、分岐・合流が可能になる特徴を持っている。図2はこの方法により2車線と3車線のトンネルを合流させ5車線の道路トンネルを構築した場合の例を示している。

3. 実験方法

実験に用いた模型地盤を図3に示した。φ2cm、長さ15cm弱のアルミロッドで断面が円形のものと同側を切り欠いたもの各10本を交互に配置し、内径10cm、外径14cmの積層導坑トンネル模型を土槽内で組み立てた。その周囲に乾燥豊浦標準砂（ $\gamma_d=1.6\text{gf/cm}^3$ ）を撒いて深さ30cmの模型地盤を作製した。さらに地盤表面に鉛散弾を5cm敷いてサーチャージ（砂換算厚さ22cm）とした。拡大図に示すように、ロッド間の接触部分にはφ6mm、厚さ3.5mmの超小型ロードセルを1本につき2個ずつ埋め込み、受圧梁を介して接触荷重を計測し、接触面積で除して平均圧力に換算した。実験は遠心荷重装置により、遠心加速度100Gまで2～4回載荷・除荷を繰り返した。

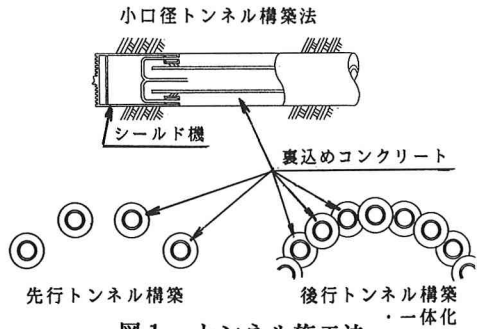


図1 トンネル施工法

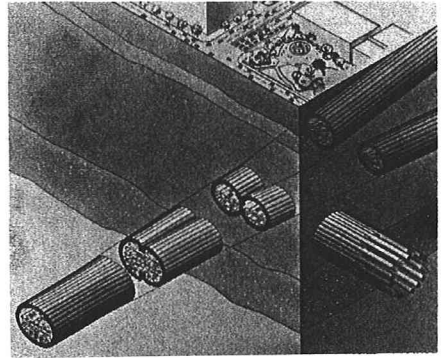


図2 分岐・合流概念図

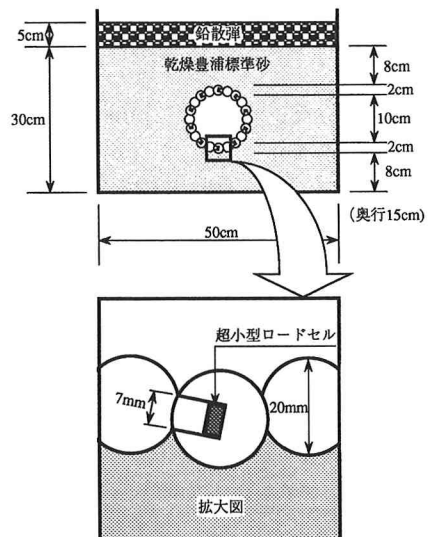


図3 模型地盤とセンサー

4. 実験結果

既報^{2), 3)}ではクラウン、スプリングライン、インバートにおける導坑間接触圧の測定値と解析値を報告したが、ここでは円周に沿う多数の部位で測定した遠心加速度100G時点の導坑間接触圧分布を図4に示す。それぞれの実験ケースについて、1回目の100G到達時点での接触圧を左側に、2回目以降の接触圧の平均値を右側にプロットしてある。1回目の遠心加速度を除荷してもいくらかの接触圧が残留するために、その残留値からの増分を2回目以降の圧力とすれば、2回目以降の平均圧力は1回目の圧力に比べて小さい。载荷1回目の値によれば、スプリングラインを中心として上下45°の間の接触圧はほぼ均一で20kgf/cm²強であり、実大換算で奥行き1mあたり140tf強の導坑間力に相当する。その上下ではクラウンとインバートに向かって圧力は急減している。

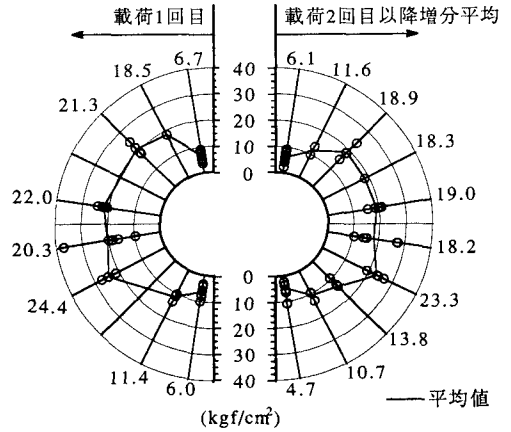


図4 導坑間接触圧分布図

5. 実験結果とMt. Baker Ridge トンネルでの実測値との比較

図5はMt. Baker Ridge トンネル現場での導坑間力の実測値¹⁾で、測定地点の土被り圧力は約65tf/m²である。実験の土被り圧は、40tf/m²である。模型実験結果と現場実測結果とは、土質、土被り圧および土被り比などが異なるので絶対値の比較は困難であるが、スプリングラインでの導坑間力 (F_s) に対するクラウンとインバートにおけるそれらの比 (R_F) を表1で比較した。クラウンにおける実測値は計器の不調で小さ目である¹⁾ことを考慮すると、実験結果にみるクラウンでの R_F ($= F_c / F_s$) = 34%は実測に近い値と言えよう。一方インバートでの R_F ($= F_i / F_s$) は、実験ではクラウン同様小さいが、実測では $F_c \approx F_s$ と全く異なっている。実験では遠心加速度の増加に伴ってトンネル内空変位が生じる²⁾が、現場では内部土砂の掘削に伴ってほとんどトンネルの変位がなかった¹⁾。この変形量の違いが、実験、実測両結果の違いに影響していると考えられる。

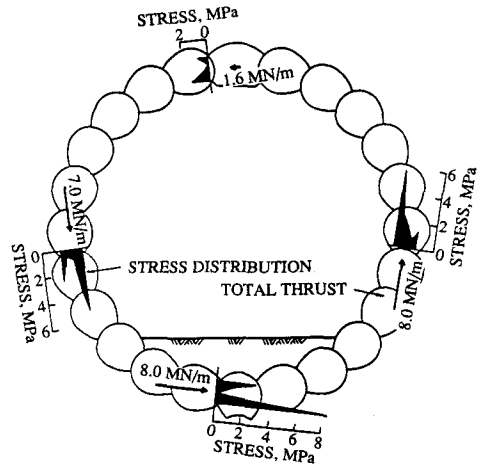


図5 導坑間力実測値 (Mt. Baker Ridge トンネル、文献1)一部改)

表1 現場実測導坑間力と実験値

	測定値 (tf/m)		
	クラウン F_c	スプリングライン F_s	インバート F_i
本実験結果	47 (0.34)	140 (1)	42 (0.30)
Mt. Baker Ridge トンネル実測値	160 (0.21)	770 (1)	820 (1.10)

() 内の数値はスプリングラインに対する比率, R_F %

7. おわりに

今後、所定の遠心加速度に達してからライニング内部土砂を掘削するような、実施工を模擬した実験を行うなど、実験的・解析的検討を進める予定である。

[参考文献]

- 1) R.A. Robinson, et.al.: "GROUND AND LINER BEHAVIOR DURING CONSTRUCTION OF THE MT. BEKER RIDGE TUNNEL", Proc. 1987 Rapid Excavation and Tunneling Conference, Vol.1, pp.309~328, 1987.
- 2) 尾上、他: 「導坑積み重ねタイプトンネルの部材力と安定性について (その1)」、土質工学研究発表会講演概要集、1992年、投稿中
- 3) 新宅、他: 「導坑積み重ねタイプトンネルの部材力と安定性について (その2)」、土質工学研究発表会講演概要集、1992年、投稿中