

III-25

近接する水平併設シールドの遠心模型実験

鶴岡池組技術研究所 中澤重一・宮辺啓輔・吉村 洋
大阪市立大学工学部 高田直俊・東田 淳

まえがき 道路や鉄道用の大断面同径シールドトンネル2本を空間的かつ時間的に近接して構築する場合の相互作用問題を遠心模型実験によって調べる研究を始めた。今回は、外径9.75mのシールドトンネルが20mの土被り高で砂地盤中に先行構築された後、同径の後行シールドが掘削土量過少の条件で、先行トンネルの真横を近接掘進する状況を想定した実験を行った。先行トンネルに生じる断面力の変化を調べた。

装置と実験方法 図-1は縮尺1/150の模型で、外径Dが65mmの先行トンネル模型（硬質アルミ製のパイプ、長さ334mm×厚さ2.5mm）を乾燥砂中におき、150G場で後行シールド模型（硬質アルミ製、D65mm）を油圧ジャッキで押し引きする。両模型の離隔は0.05D（3mm）、または0.5D（32.5mm）である。先行トンネル模型は断面方向の曲げ剛性が厚さ50cmの原型RCセグメントと相似で、この模型の④～⑥断面（図-2）で断面方向・軸方向の曲げひずみ・軸ひずみを測定する。後行シールド模型（図-3）は遠心力場で生じる模型地盤の沈下に追従できる構造とし、2本のロードセルを用いて面板土圧 p_a および面板土圧とマシン周面摩擦力の和 p_b を測定する。

実験は、先行トンネル・後行シールド模型をセットした容器に、乾燥状態の瀬戸珪砂（表-1）を1mの高さからバケット（幅37cm、隙間5mm）を用いて模型の鉛直軸方向に落下させ、 $\rho_d=1.52\text{t/m}^3$ （Dr=80%）の密な模型地盤を作成した後、模型を遠心加速度150G場に置き、地盤に後行シールド模型を1分当たり $p_b=2.5\text{kgf/cm}^2$ （離隔0.05Dの時）あるいは $p_b=5.3\text{kgf/cm}^2$ （離隔0.5Dの時）の応力制御で押し込み、 p_a 、 p_b 、マシン押し込み量 δ 、および先行トンネルのひずみを測定した。

実験結果 ここでは、超近接（離隔0.05D）の場合の実験結果を例として示す。図-4に δ と p_a 、 p_b の関係を示す。マシン押し込み前の p_a 値は 0.96kgf/cm^2 で、土圧係数は0.32である。マシンを押し込むと、 δ がほとんどゼロのまま p_b 値は 7kgf/cm^2 付近まで増え、その後 δ の増大とともに p_b 値も増大する。図-5は、先行トンネルに生じた断面方向の曲げモーメントMの分布を内側引張を正として極座標表示したもので、各図の右側が後行シールド側である。○、△、□印は $p_b=0.46\text{kgf/cm}^2$ （後行シールド押し込み前）、 $p_b=13.0\text{kgf/cm}^2$ （泥水式シールドにおける最大推力の実績値¹⁾）、 $p_b=29.4\text{kgf/cm}^2$ （極端に強く押し込んだ時）の時点それぞれを表わす。押し込み前（○）に比べると、 $p_b=13.0\text{kgf/cm}^2$ 時点（△）では④～⑥の4断面でわずかな変化が見られる。参考として示した□印の時点

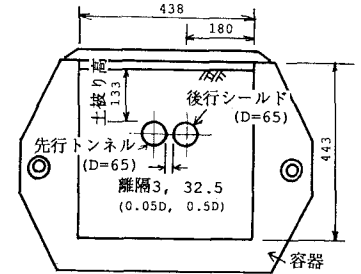


図-1 模型 (unit:mm)

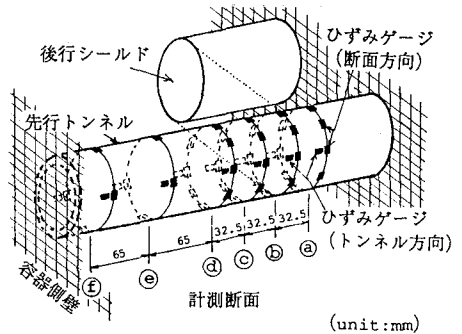


図-2 先行トンネルのひずみ計測位置

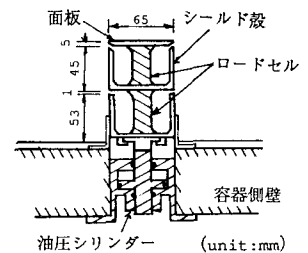


図-3 後行シールド模型装置

表-1 砂の1次性質

G_s	Grain Size	U_c	ρ_{dmax}	ρ_{dmin}
2.65	0.24-1.4mm	1.75	1.58t/m^3	1.32t/m^3

では、断面⑥～⑩の先行トンネル横部中央（以下スプリング部と呼ぶ）の右側（後行シールド側）で減少が著しい。図-6は、後行シールド押し込み過程で先行トンネルのスプリング部右側に生じた断面方向曲げモーメントの変化量 ΔM を p_b の増分 $\Delta p_b (=p_b - 0.46 \text{ kgf/cm}^2)$ に対してプロットしたものである。 $\Delta p_b = 10 \text{ kgf/cm}^2$ までは断面⑩（切羽後方 $0.5D$ の位置）、断面⑥（切羽の位置）で ΔM は増加するが、他の断面では減る。断面⑩の最大 ΔM は後行シールド押し込み前の M 値の約20%に及ぶが、一般的な施工管理値に相当する $\Delta p_b = 0 \sim 6 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲では10%以内である。

上述の傾向は離隔 $0.5D$ の場合も同様であったが、①後行シールド押し込みによる M の変化量は離隔 $0.05D$ の場合よりも小さく、② $p_b = 29.4 \text{ kgf/cm}^2$ の時点の先行シールドのスプリング部右側における ΔM の減少量は断面⑩よりも断面④の方が大きい、という2点に違いが見られた。

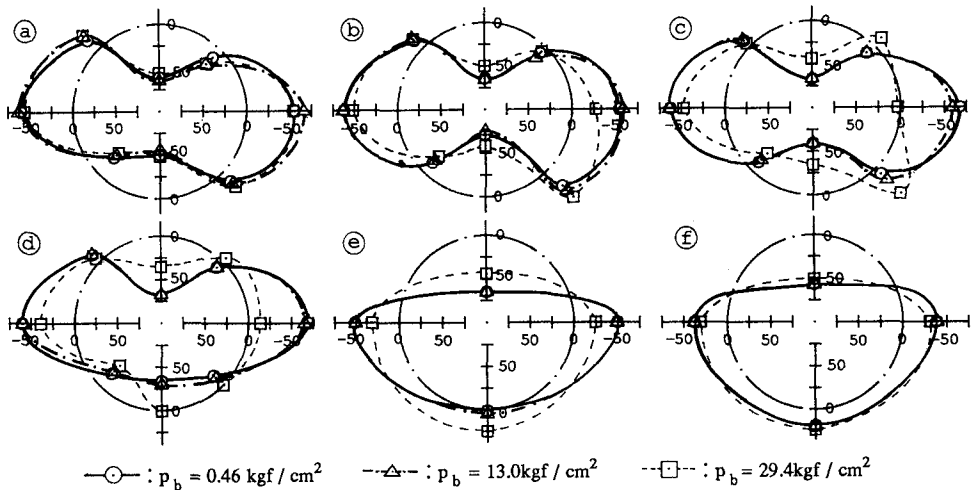


図-5 先行トンネルの曲げモーメント M の分布 (unit: $\text{tf} \cdot \text{m/m}$)

先行トンネルの軸方向に生じた曲げモーメントは後行シールド側が圧縮で、分布形は断面⑩（離隔 $0.05D$ の場合）あるいは断面④（離隔 $0.5D$ の場合）を最大とする凸形であった。

あとがき 今回の実験では、超近接施工の場合でも先行トンネルの断面力はあまり増大しない結果となったが、実際施工では後行シールドの後方でテールボイドに起因する地盤のゆるみによって先行トンネルの断面力が増大すると思われる。今後、このテールボイドの影響および裏込注入圧の影響を掘削土量過大の場合を含めた水平および上下の併設パターンで調べていきたい。

参考文献：1) 「トンネル標準示方書（シールド編）・同解説」、土木学会、1983年6月

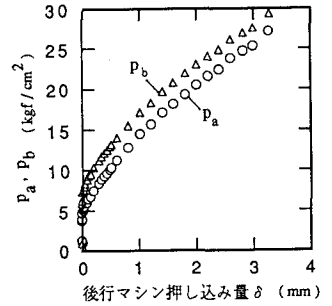


図-4 後行シールド押し込み時の δ と p_a, p_b の関係 (p_a : 面板土圧、 p_b : p_a とマシン周面摩擦力の和)

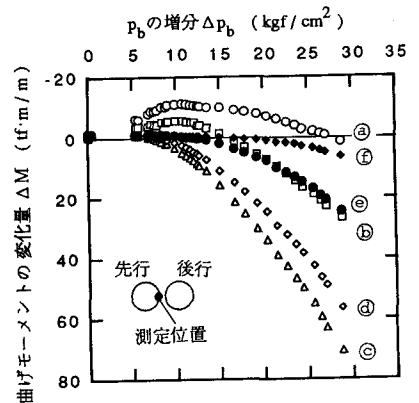


図-6 後行シールド押し込み時の Δp_b と ΔM の関係