

III-17 粘性地盤におけるシールドトンネルの作用荷重に関する実験的研究

建設省高山国道工事事務所 ○正会員 真下 英人

建設省土木研究所 正会員 井手 統一, 水谷 敏則

1. はじめに

大口径シールドトンネルの合理的な設計・施工を行うに当っては、シールドトンネルに作用する荷重の評価方法が非常に重要となる。本研究では、海底下の土被りが小さい粘性地盤に建設されるシールドトンネルに作用する荷重を把握することを目的とした遠心力载荷模型実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験方法

実験で用いた試料は、東京湾海底から採取した粘性土(Ac層)であり、その物理特性を表-1に示す。また、図-1に実験に用いた装置の概要を示す。

実験は、まず、スラリー状の試料(含水比 $W=140\%$)を試験容器に投入し、予備圧密($P=0.11\text{kgf/cm}^2$)を行った後、遠心力場で自重圧密させて粘性地盤を作製した。

次に、試験容器を遠心力载荷装置から取り出して直径が93mmのトンネルを掘削し、厚さ1mm、外径93mmの剛なトンネルカバー(スキンプレートに相当)におおわれた外径91mmのトンネル模型(覆工に相当)をトンネル内に設置した。その後、試験容器に再び遠心加速度を与えた後、油圧ジャッキを作動させてトンネルカバーを引き抜くことによりカバーの厚みの分だけのゆるみ(テールボイドに相当)を与え、その際にトンネル模型に作用するトンネル法線方向の荷重をトンネル模型に取り付けられた20個のロードセルにより計測した。

実験条件は、トンネルクラウンから水面までの距離を一定にして土被り H とトンネル外径 D との比 H/D を0.65から1.44まで変化させた。なお、今回の実験はすべて80Gの遠心場で行っており、トンネル外径 D およびテールボイド t をそれぞれ原型に換算すると、 $D=7.3\text{m}$ 、 $t=8\text{cm}$ となる。

比重 G_s		2. 6 6 2
液性限界 w_L		1 0 1 %
塑性指数 I_p		4 5 %
粒 度 特 性	砂分	1 %
	シルト分	3 8 %
	粘土分	2 2 %
	コイト分	3 9 %

表-1 試料の物理特性

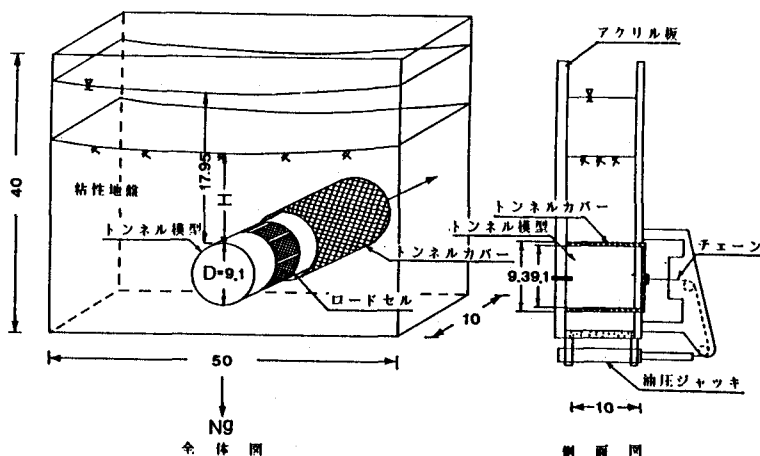


図-1 実験装置概要図

unit:cm

3. 実験結果および考察

図-2は $H/D=1.13$ の場合のトンネル模型に作用する荷重の断面分布を示したものである。また、図-3はトンネルクラウンに作用する荷重と土被り比 H/D との関係を示したものであり、図中には計算から求まる全応力 P_v （鉛直土圧+水圧、但し $\gamma_t=1.46 \text{ gf/cm}^2$ ）の大きさも示した。図からもわかるように、今回実験の対象とした土被り比の範囲では、トンネルクラウンにはほぼ全応力が作用しており、表-1に示す軟弱な地盤では少なくとも土被り比が1.5に満たない場合には、設計荷重として全応力を考慮する必要があるものと考えられる。

表-2には、トンネル側壁に作用する荷重 P_h （測定値）と側壁の位置における全応力 P_v （計算値）との比を各ケース毎に示したものである。表からもわかるように P_h と P_v との比（側圧係数）は、0.83～0.97の範囲で変動している。土木学会・トンネル標準示方書（シールド編）では、側圧係数として $N<2$ の非常に軟らかい粘性土に対して0.65～0.75を与えており、相当安全側の設計となるので、断面設計の合理化のためには実験結果等をふまえてこの側圧係数の見直しが必要である。

H/D	P_h (測定値)	P_h (計算値)	P_h/P_v
0.65	2.07	2.19	0.95
	2.00		0.91
0.65	2.09	2.19	0.95
	1.97		0.90
1.08	2.07	2.33	0.89
	2.03		0.87
1.13	2.20	2.35	0.94
	2.14		0.91
1.44	2.06	2.45	0.84
	2.05		0.84

表-2 トンネル側壁における側圧係数

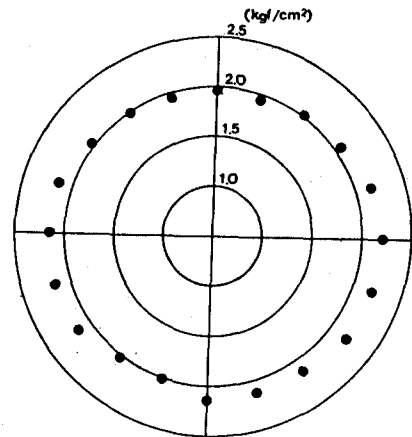


図-2 荷重分布図 ($H/D=1.13$)

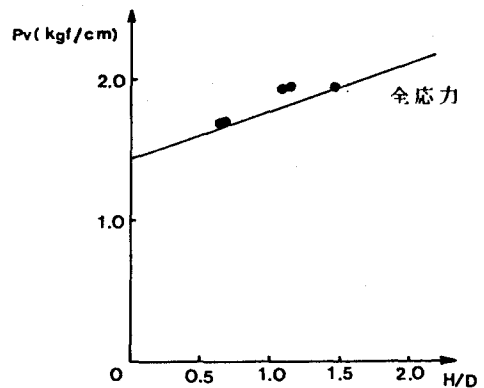


図-3 トンネルクラウンにおける荷重と土被り比の関係