

III-232

鉄筋支保工を用いた吹付けトンネル覆工のモデル実験について

(株) 神戸製鋼所スラグ建材部 正会員 ○大西 三郎

(株) 神戸製鋼所スラグ建材部 下村 弥

東急建設 (株) 土木技術部 正会員 清水 憲吾

1. はじめに

NATMにおける鋼製支保工は吹付けコンクリートおよびロックボルトとの協調支保であるとの考え方が一般的になりつつあるが、従来のH形鋼製支保工においては吹付けコンクリートとの一体性に問題があると言われている。これらの問題を解決するものとして、欧州では鉄筋支保工が用いられているが我国ではその適用は緒についたばかりで耐荷力などを算定する資料なども乏しい状態である。著者らはアーチモデル実験により鉄筋支保工を用いた吹付けコンクリート覆工の耐荷力、破壊性状を検討することを目的として載荷実験を行ったものである。

2. 実験の概要

実験は鋼製支保工および吹付けコンクリートに作用する荷重を覆工の脚部で支持するような軸力モデルを模型化した。図1に実験装置の概要を示す。実際の道路トンネルの3/5程度に縮尺した直径3m、奥行き1mのトンネルアーチ部に鋼製支保工をセットした後、湿式吹付けによって厚さ10cmの吹付けコンクリート覆工を作成し、3日間養生後載荷した。実験装置は反力フレーム、載荷板および油圧ジャッキから成り、載荷板を介して載荷するものである。図2に実験に用いた鋼製支保工の種類を示す。鉄筋支保工は矩形断面の隅角部に鉄筋を配置しH形鋼の短片で相互を溶接固定した4本組みタイプである。表1に吹付けコンクリートの示方配合を示す。吹付け面となる載荷板の表面にはゴム板、発泡スチロール板を張付け吹付けコンクリートの付着力の影響がないようにした。表2に実験ケースを示す。載荷方法は地山荷重の分布が明確ではないことから静水圧荷重、垂直圧が側圧に比べ卓越した荷重(側圧係数0.7程度)および頂部荷重の3種類とした。

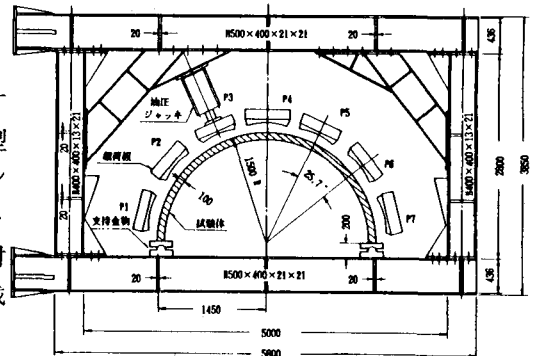


図1 実験装置

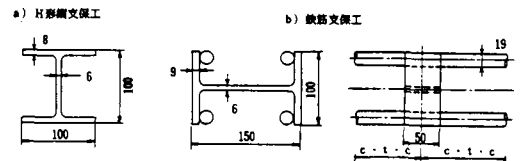


図2 鋼製支保工の種類

表1 吹付けコンクリートの示方配合

S d (cm)	G Flax (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
				W	C	S	G	A d	Q ⁺	Cx 3%
2~5	13	50	70	200	400	1181	515	0.3		

*1 ポリスQP 500L

3. 実験結果と考察

表3に実験結果を示す。ケースA-F, A-Hでは鉄筋およびH形鋼のフランジに沿って微小なクラックが認められたもののコンクリート強度が高くなったため破壊に至らなかった。これらの供試体はCシリーズとして再載荷し、破壊した。Cシリーズは載荷重1

表2 実験ケース

実験ケース	供 試 体	ジャッキ荷重 (比率)			
		P1, P7	P2, P6	P3, P5	P4
ケース A-F	吹付けコンクリート+鉄筋支保工	0.93	1.00	1.00	0.98
ケース A-H	吹付けコンクリート+H鋼支保工				
ケース B-F	吹付けコンクリート+鉄筋支保工	0.71	0.71	1.00	1.00
ケース B-H	吹付けコンクリート+H鋼支保工				
ケース C-F	吹付けコンクリート+鉄筋支保工	*	*	*	1.00
ケース C-H	吹付けコンクリート+H鋼支保工	*	*	*	

*油圧ジャッキに受動反力を作用させた

表3 実験結果と解析結果の比較

	上段: 実験値, 下段: 計算値					
	ケース A-F	ケース A-H	ケース B-F	ケース B-H	ケース C-F	ケース C-H
破壊時ジャッキ 荷重 P_4 (tf)	≥85.6	≥85.6	80.0	82.7	67.4	80.0
破壊モード	破壊せず	破壊せず	圧縮破壊	圧縮破壊	圧縮破壊	圧縮破壊
	内側圧縮	内側圧縮	内側圧縮	内側圧縮	鉄筋降伏	鉄筋降伏
破壊位置 () 内実験値						

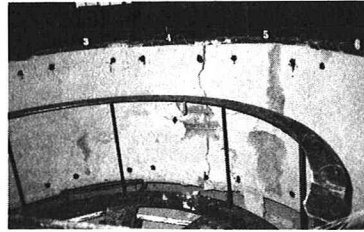


写真1 ケースC-Fの最終破壊状況

0 tf付近で頂部載荷板中央内側コンクリートに引張りクラックが発生したが、最終的には60°および120°付近の内側コンクリートが曲げ圧縮破壊した。その状況を写真1に示す。内側の鉄筋はほとんどかぶりのない状態で施工されるが、吹付けコンクリートとの付着力は十分に載荷により内側に突出するような破壊はみられなかった。

1). 計算断面力と実験値の比較

供試体の断面力を線形弾性計算によって算出した計算値と実験から得られた鋼製支保工と吹付けコンクリートのひずみをもとに断面力を別々に求めて、それらを合計した実験値を比較した。ひずみ分布の測定例を図3に示す。脚部を除き、鉄筋支保工と吹付けコンクリートのひずみの傾向はよく一致している。脚部についてはコンクリートは支承がピンローラー状態であるのに対し、鉄筋支保工はピン状態になったために一体して挙動できなかったものと考えられる。そこで、脚部の回転に抵抗するような方向のモーメントを与えて補正した結果を図4に示す。このような補正を行うことにより断面力は計算値と実験値はほぼ一致することが判った。

2). 破壊荷重の算定

破壊荷重の算定は道路橋示方書・同解説2・4・4に記述されている方法に準じて行った。算定に用いる材料の応力-ひずみ関係は材料試験結果をもとに図5、図6に示す曲線を定めた。このような応力-ひずみ関係を用いて算定した破壊荷重と破壊モードを表3に示す。破壊荷重は計算値に比べ10~20%大きい。これは供試体を作成する際に、やや余吹きしたコンクリートを人力で削り取る作業を行っており、若干計画より厚めになる傾向があったことが考えられるが、吹付けコンクリートという比較的バラツキの多い材料を用いた実験であることを考えれば計算値と実験値はよく一致していると評価できる。

4. むすび

今回の実験により、鉄筋支保工を用いた場合の吹付けコンクリート覆工の耐荷力は本報告書で用いた方法で算定できることが示された。また、計算によって求めた耐荷力は実験値に比べ安全側にある。今後は実際のトンネルに鉄筋支保工を適用する場合について検討を進める予定である。

(謝辞)

本研究を進めるにあたり、終始適切な指導を頂いた神戸大学桜井春輔教授に深く感謝致します。

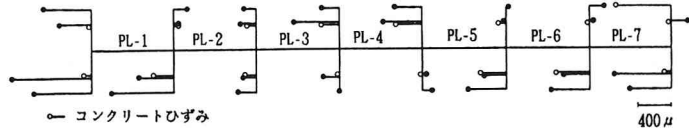
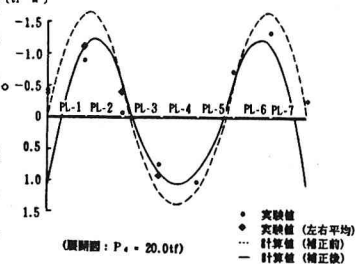
図3 Case B-F ひずみ分布図 (展開図: $P_4 = 20.0$ tf)

図4 Case B-F 曲げモーメント分布図

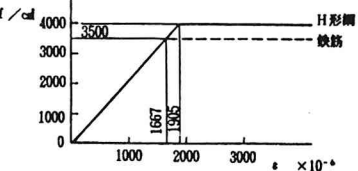


図5 H形鋼・鉄筋の応力-ひずみ関係

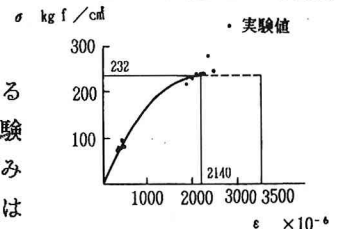


図6 コンクリートの応力-ひずみ関係