

VI-81

スライド式圧着覆工工法の開発(SPL工法) - 圧着覆工工法の材料特性 -

フジタ工業（株）技術研究所 正員○岡野幹雄 正員 細川芳夫
正員 古賀重利 正員 藤原亮太

1. はじめに

本報告は、材料のはね返りや粉塵が発生しないトンネルの一次覆工を可能としたスライド式圧着覆工工法(SPL工法)の開発における覆工コンクリートの特性について述べる。

この覆工工法は、圧着型枠内にコンクリートを打ち込み後、岩盤面にコンクリートを圧着しその硬化をみながら型枠をスライドして連続的にトンネルの一次覆工を行なうものである。

使用するコンクリートは、型枠内への充填が容易で圧着力によって締め固め効果が得られること、および岩盤に対して付着性が良く構造的に十分な強度が得られることが要求される。

実験は、予備実験によるコンクリートの若材令時の圧縮強度、および岩盤との付着強度の検討、模擬岩盤トンネル、地山トンネル掘削岩盤での覆工実験から、コンクリートの覆工速度とコア採取による圧着コンクリートの強度特性について検討をおこなった。

2. 予備実験

(1) コンクリートの基本配合条件

圧着覆工実験に使用するコンクリートの基本条件は、打設初期の流動性および急硬性を要することから、次のとおりとした。

単位セメント量	$C = 380 \text{ kgf/m}^3$
水セメント比	$W/C = 47\%$
細骨材比	$S/a = 52\%$
最大骨材寸法	$MS = 15 \text{ mm}$
スランプ	$15 \pm 2.5 \text{ cm}$
圧着硬化剤	急結剤 $C \times 6\%$
	硬化抑制剤 $C \times 0.1 \sim 0.25\%$

細骨材の粗粒率 2.80 程度

(2) コンクリートの脱枠可能時間と硬化度

圧着型枠の脱枠時間を判断する方法は、貫入抵抗試験によるコンクリートの硬化度とした。試験の結果、脱枠可能時間は約5分であり、そのときの貫入抵抗値は250psi程度であった(図-1)。

(3) コンクリートの若材令時の強度特性

若材令としては、15分、30分、60分とし、その時の圧縮強度と純引張り試験による付着強度を求めた。付着試験の供試体作成は、図-2に示す方法とし、コンクリートへの圧着力は 0.06 kgf/cm^2 の荷重を載荷した。岩盤の種類は砂岩および花こう岩である(表-1)。

3. 覆工実験結果

(1) 模擬岩盤トンネルにおける実験結果

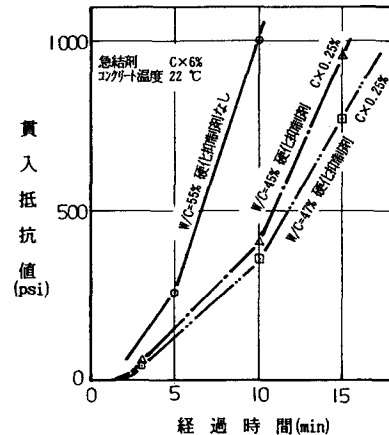


図-1 貫入抵抗試験結果

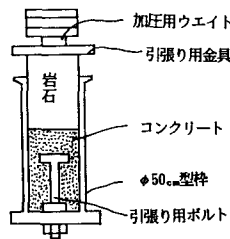


図-2 付着試験供試体作成方法

表-1 若材令時のコンクリート圧縮強度と付着強度

岩 種	項 目	材令(分)		
		15	30	60
花こう岩	付着強度 σ_r (kgf/cm^2)	0.16	0.21	0.26
	圧縮強度 σ_c (kgf/cm^2)	1.66	2.09	2.20
	σ_r / σ_c	1/10.4	1/10.0	1/8.5
砂 岩	付着強度 σ_r (kgf/cm^2)	0.18	0.21	0.27
	圧縮強度 σ_c (kgf/cm^2)	2.23	2.31	2.53
	σ_r / σ_c	1/12.4	1/11.0	1/9.4

① 実験規模

覆工断面：上部半断面（半径 $R=4.1\text{m}$ ）

模擬岩盤：花こう岩、砂岩

支保工、金網：なし

覆工寸法：巻厚 20cm、覆工幅 1m

② コンクリートの配合（基本配合に準ずる）

③ 実験内容、および結果

実験は、コンクリートの打設に対して型枠圧着部の1ステップ（幅1m、長さ0.4m）あたりに要する時間、コア採取によるコンクリートの強度特性、および単位体積重量から圧着の締め固め効果を判断した。

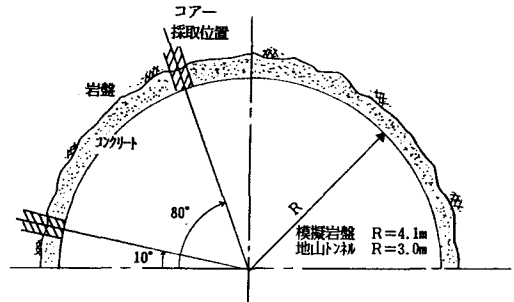


図-3 コア採取位置

コア採取位置は図-3に示すとおりであり、コンクリートの圧縮強度、岩盤との付着強度および単位体積重量の測定結果は表-2に示すとおりである。実験の結果、1覆工ステップ当たりの覆工速度は平均5分であり、半断面1スパンの覆工作業は3時間であった。圧縮強度は、材令28日で側壁部 $238\sim 259\text{kgf/cm}^2$ 、天端部 190kgf/cm^2 が得られた。また、付着強度は $5\text{kgf/cm}^2\sim 9\text{kgf/cm}^2$ が得られた。コンクリートの単位体積重量は、側壁部 2.23kgf/l 、天端部 2.18kgf/l が得られた。

(2) 地山トンネルにおける実験結果

表-2 覆工コンクリートより採取した
コンクリート特性

① 実験規模

覆工断面：上部半断面（半径 $R=3.0\text{m}$ ）

地山岩盤：花こう岩

支保工、金網：なし

覆工寸法：設計巻厚 5cm、覆工幅 1.0m

② コンクリート配合（基本配合に準ずる）

③ 実験内容および結果

実験は、地山岩盤での覆工コンクリートの圧着性、地山掘削面の余掘り（20～45cm）による打設厚さに対して、コア採取して覆工コンクリートの圧縮強度、および岩盤との付着性を調べ、さらに覆工24時間後の地山（切羽）発破掘削の衝撃と剥落の有無を調べた。コンクリートのコア採取位置は図-3に示し、単位体積重量および強度特性を表-2に示した。この結果から、コンクリート強度特性においては模擬トンネルでの実験と同等の値が得られた。

覆工速度については、1覆工ステップ当たり7～9分であり、やや覆工時間を長く要した。これは余掘りによるコンクリート打設量の増加と覆工コンクリートの自重による剥落の危険性を考慮して幾分余裕を持たせたことにある。覆工コンクリートの岩盤への付着は、覆工コンクリート厚さによる自重と掘削発破の衝撃に対して剥落しないことを確認した。

4. おわりに

以上の覆工実験から、前述の材料配合によった場合に、コンクリート打設時の流動性は十分に得られ、若材令時の岩盤との付着に伴うスライド型枠の早期脱枠が可能となり、また地山トンネルでの発破掘削による余掘り20～45cmの岩盤凹凸に対して覆工が可能となったことなど圧着覆工コンクリートとしての施工性が確認できた。

今後は更に材料実験および圧着覆工機械の改造を重ね、覆工コンクリートとしての品質の向上および覆工速度の改善を行なって、圧着覆工工法としての実用化を目指して行くつもりである。

実験の種類	採取場所	28日		
		単位体積重量 (kgf/l)	圧縮強度 (kgf/cm^2)	付着強度 (kgf/cm^2)
模擬岩盤	10° 付近	2.24	259	5.4
	80° 付近	2.25	238	9.7
地山トンネル岩盤	10° 付近	2.15	205	コア採取不能
	80° 付近	2.11	200	5.2

（各3本の平均値）