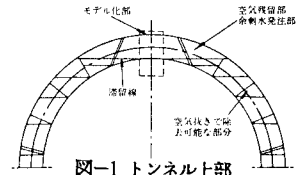


III-444 シールド二次覆工コンクリート模型実験（その2）

熊谷組 正員 ○山本 征彦
熊谷組 正員 野口 利雄
熊谷組 木全 一雄

1. まえがき

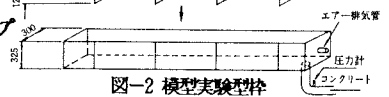
シールドトンネル二次覆工コンクリートに発生するひびわれは、漏水や外観を損ねる原因となり、トンネル機能の障害や耐久性の低下を招くので、その防止が望まれている。ひびわれ発生原因の一因としてトンネル上部の空隙の発生とブリージング水などの余剰水によるコンクリートの品質劣化がある。この発生要因の防止を計るため、トンネル頂部をモデル化した型枠を用いて、空隙とブリージング水および余剰水を減少させる対策を行うことにより、コンクリートの品質が向上し、ひびわれ発生に対する抵抗性が増すことが判明したのでここに報告する。



2. 実験方法

実験装置は、模型実験型枠、コンクリートポンプ、枝付き有孔パイプ（パイプD）、バキューム装置で構成する。

トンネル頂部をモデル化した模型実験型枠は、図-2 に示すように、仕切り板の高さとコンクリートの巻厚は、実大のトンネルと同じ寸法でそれぞれ12.5cmと32.5cmとした。型枠の全長は295 cm、仕切り板の間隔は75cm、幅は30cmとした。コンクリートの打設は、スクイズ式のコンクリートポンプを用い、吹き上げ方式で打設した。



空隙と余剰水およびブリージング水の除去対策は、写真-1 に示す枝管の内径φ1.3 cm、有孔パイプの内径φ5.0 cm、有孔面積、率35% のパイプを使用した。バキュームの使用時間は40分、真空圧力30～60mmHgで行った。打設するコンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 コンクリート配合

セメントの種類	呼び強度 (kgf/cm ²)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランパの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
						水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
早強ポルトランドセメント	210	20	20±1.5	4±1	47.3	191	330	816	938	0.330

測定項目は、以下の3点である。

- (1) 排出水量；パイプDから排出してきた余剰水をメスシリンダにて計測した。
- (2) 一軸圧縮強度；模型実験型枠から図-3 に示す位置より打設後4日目にコアードリルで採取し、材令7日で試験をした。
- (3) 長さ変化率、逸散水分率；図-3 に示す位置より10×10×40cmの供試体を打設後4日目に切り出し恒温恒湿室で養生し計測した。

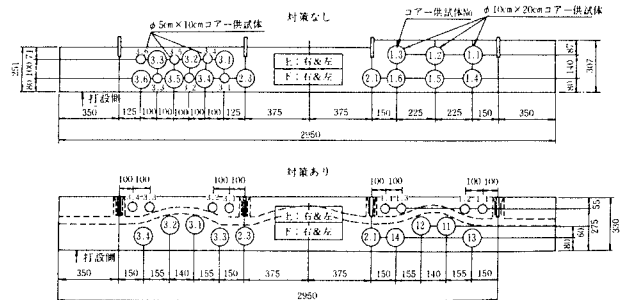


図-3 コアードリル採取位置

表-2 打設条件と測定結果

試験体条件	打設条件	測定結果	
		対策なし	パイプDとバキューム併用
打ち止め圧力 (kgf/cm ²)	0.1		
打設速度 (m/h)	2		
コンクリート温度 (℃)	31	31	32
コンクリート充填率 (%)	89	100	100
パイプ排水量 (cc)	—	4,532	8,073
排水率 (%)	—	8.3	14.7

3. 実験結果

実験の結果を表-2に示す。

対策として枝付き有孔パイプを使用するとコンクリートが100%填充される。

一軸圧縮強度の位置別強度増加率を図-4に示す。対策を行わない場合の一番強度の低い（ $\sigma = 188 \text{ kgf/cm}^2$ ）位置を基準とし、それに対する強度上昇率を各々の位置に示す。パイプDを使用した場合、パイプ周辺の強度は、17~22% 上昇する。バキュームを併用した場合には、30~35% 程上昇する。ただし、コンクリートの下部では、対策を行わない場合と同じである。対策を行わない場合には打設口に近いほど強度が高いが、対策を行った場合には打設口の位置に対する強度変化は表れない。

長さ変化率を図-5に、逸散水分率を図-6に示す。モールドの供試体に対する比は、対策を行った場合は、対策を行わない場合に比べて、長さ変化率については6~10%、逸散水分率については8~15%の減少がある。

4. 考察

対策間、打設方向および上下方向の強度比較を平均値の差の検定で解析し、その結果の一覧を表-3に示す。

対策間を比較するとパイプDのみの場合は対策の無い場合より5.1%高く、バキュームを併用した場合にはさらに6.5%高くなっている。このときパイプ排水率はそれぞれ8.3%と14.7%であり排水率の高い対策ほど水セメント比が低くなり圧縮強度が上昇した。打設方向の比較では、対策のない場合に打設口側と流出口側の強度差は有意となり、打設口側が4.8%大きくなる結果を得た。対策を施した場合にはこのような差は認められなかった。また、上下方向の比較では、対策のない場合は下部ほど、対策を施した場合は上部ほど強度が高く、逆転現象が生ずる。これは、対策のない場合にコンクリート上層部ほどブリージングによる余剰水が多量に残存し、水セメント比が上昇するが、対策を施した場合にはこの余剰水を積極的に排出したことによって水セメント比が低下し強度上昇に結びついたと考えられる。

5. あとがき

(1) 枝付き有孔パイプを使用することにより二次覆工の頂部に充分コンクリートが填充されるので、ひびわれ発生に対する抵抗性が向上する。

(2) 枝付き有孔パイプを使用することにより余剰水、ブリージング水が排除され、コンクリートの水セメント比が低下し、圧縮強度が向上するのでひびわれ発生に対する抵抗性が向上する。

(3) 長さ変化率、逸散水分率は、対策を行った場合の方が各々減少しており、乾燥収縮によるひびわれ発生の低減に寄与すると考えられる。

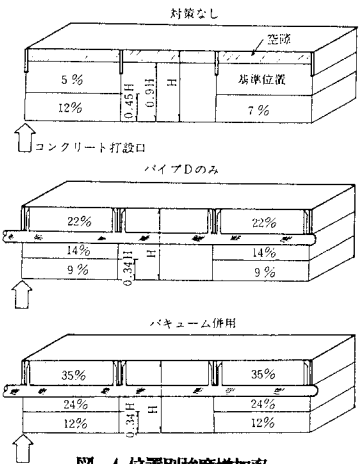


図-4 位置別強度増加率

表-3 強度比検定結果

比較対象	強度の高い方	平均値の差の点検定値	平均値の差の区間検定(95%信頼率)値
対策間	対策なし パイプDのみ パイプDのみとバキューム併用	キューハイパイプのみ バキューム併用*	5.1 6.5
打設方向	対策なしの場合 打設側と反対側 パイプDのみの場合 打設側と反対側 バキューム併用の場合 打設側と反対側	打設口側* 有意差なし 有意差なし	4.8 — —
上下方向	対策なしの場合 上部と下部 パイプDのみの場合 上部と下部 バキューム併用の場合 上部と下部	下部* 上部* 上部*	7.3 5.4 12.3
	コンクリート	流出口	1.1~9.2 0.5~12.5 1.9~7.8 — — 3.1~11.5 2.2~8.6 8.3~16.3

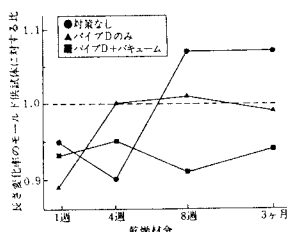
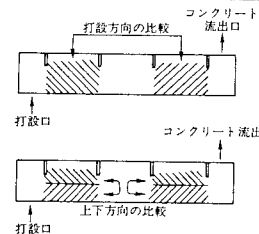


図-5 長さ変化率

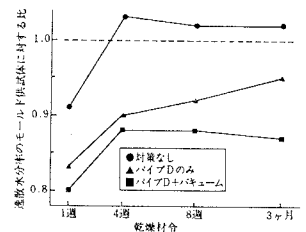


図-6 逸散水分率