

V-350 高流動コンクリートで施工したシールド二次覆工のひずみ測定結果

東京電力 正会員 藤井 綱男
 同 上 岩崎 正夫
 前田建設工業 正会員 中島 良光
 同 上 北村 昌文
 同 上 正会員 渡部 正

1. はじめに

シールド二次覆工コンクリートには、セメント水和熱による温度応力や乾燥収縮による応力によりひび割れが発生する場合が多い。これは、二次覆工の体積変化に対する一次覆工の拘束が大きいことと、トンネル貫通後の通風によって急激な温度低下や乾燥収縮が生ずるからであるとされている[1]。

本報告では、シールドトンネルの二次覆工に高流動コンクリートを使用した場合の温度、ひずみを測定し、普通コンクリートとのひび割れ発生状況の違いについて検討を行ったものである。

2. 計測方法

高流動コンクリートで施工した二次覆工は急曲線部であり、仕上がり内径3,250mm、覆工厚247mmである。一次覆工は長さ300mmのスチールセグメントである。二次覆工の打設スパンは6mであり、中央の円周方向には、深さ20mmのひび割れ誘発目地が設置されている。高流動コンクリートは2スパンにのみ使用し、他のスパンは普通コンクリートにて施工した。

コンクリートの配合は、表-1に示すとおりである。高流動コンクリートは粉体系のものとし、発熱量を抑制するため[2]フライアッシュを使用し、その置き換え率は60%(Vol.%)とした。普通コンクリートではフライアッシュセメントB種を用いた。計測項目およびその方法は、表-2に示すとおりとし、二次覆工の温度、ひずみ、およびトンネル坑内に放置した供試体ひずみ等とした。

3. 計測結果および考察

トンネル坑内の温度、湿度の測定結果は図-1に示すとおりであり、経過日数125日頃に湿度が急激に低下したのは、坑内に通風を開始したことによる影響である。

二次覆工コンクリートの温度測定結果は図-2に示すとおりであった。温度上昇量は、高流動コンクリートが12.5℃、普通コンクリートが10.9℃であり、高流動コンクリートの方が1.6℃高かったものの、それほど大きな差ではなく、フライアッ

表-1 コンクリートの配合

コンクリートの種類	スパン70-SF (cm)	空気量 Air (%)	水結合材比 W/C (%)	混和材置換率 Fa/p (vol.%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³)					
						水 W	セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S1	粗骨材 G	高性能 AE 減水剤 SP
高流動コンクリート	60.0 ±5.0	6.0% 以下	34.3	60.0	53.6	162	228	244	862	779	6.61
普通コンクリート	SL=15 ±2.5	4.5% ±1.5	55.0	—	40.3	162	295	—	723	1114	AE 減水剤 0.738

注) 普通コンクリートに用いたセメントはフライアッシュB種(比重2.81)

高流動コンクリートに用いたセメントは普通ポルトランドセメント(比重3.16)

フライアッシュは1火力産(比重2.26、比表面積3340cm²/g)

細骨材は栃木産砕砂(比重2.66)と千葉産細砂(比重2.55)の混合(吸水率1.57、粗粒率2.72)

粗骨材は山口産砕石(比重2.71、吸水率0.36%、実線率63.3%、粗粒率6.53)

高性能 AE 減水剤はポリカルボン酸系

表-2 計測項目およびその方法

計測項目	計測位置	計測方法
二次覆工の温度	二次覆工クラウン部	クラウン部に熱電対を埋設して測定
二次覆工円周方向ひずみ	〃	クラウン部に埋込型ひずみ計を埋設して測定
二次覆工軸方向ひずみ	〃	〃
坑内放置供試体ひずみ	トンネル坑内	10×10×40cm の供試体に埋込型ひずみ計を埋設し、トンネル内に放置して測定
坑内温湿度	トンネル坑内	トンネル坑内で自記記録計により測定
乾燥収縮	恒温室	JIS A 1129 の方法により測定

シュの置き換え率を60%と大きくしたことによる効果が認められた。

二次覆工のひずみ測定結果を図-3に示した（初期値は材齢6時間）。高流動コンクリートの場合には、経過日数30日、60日頃にひずみが圧縮方向へ若干ではあるが急激に減少しており、ひび割れが発生した可能性があることを示している。普通コンクリートでは、引張ひずみがピークに達した後に徐々に減少し、通風を開始した125日頃に一旦引張ひずみが増大しその後圧縮ひずみへと反転しており、ひずみゲージ近傍にひび割れが発生したことを示している。

坑内に放置した供試体のひずみ測定結果（初期値は材齢6時間とした）と乾燥収縮試験（JIS A 1129）の試験結果を図-4に示した。乾燥収縮試験結果では、30日までの日数では高流動コンクリートの方がひずみが大きく、120日以降では普通コンクリートの方が大きい。このような傾向は、坑内に放置した供試体でも認められ、通風を開始して温度、湿度が低下した後においては、普通コンクリートの方の収縮ひずみが大きい結果を示している。

ひび割れ発生状況を観察した結果によれば、材齢90日以内では、高流動コンクリートで施工した箇所の方にひび割れが発生し、通風後は、普通コンクリートの打設箇所にもひび割れが発生した。最終的にはいずれのコンクリートにおいても同程度のひび割れが発生したが、二次覆工の品質、機能に支障を及ぼすようなものではなかった。

5. まとめ

- (1) フライアッシュの置き換え率を大きくすることにより、高流動コンクリートの温度上昇量を抑制できることが確認できた。
- (2) 今回使用した高流動コンクリートは、普通コンクリートに比べて初期材齢での乾燥収縮は大きいのが、材齢が経過すると逆に小さくなった。この傾向は、坑内に放置した供試体の場合に顕著であり、通風後の乾燥収縮は普通コンクリートの方が大きくなった。
- (3) 高流動コンクリートと普通コンクリートとでは、ひび割れ発生時期が異なるものの、最終的なひび割れ発生状況は同程度であった。

参考文献

- [1] 石嶋、新津、青柳、大沼：地中線シールド洞道二次覆工コンクリートに関する技術的検討について、電力土木、No. 177、昭和57年3月
- [2] 山下、渡部、舟橋、中島：高流動コンクリートの発熱特性に関する研究、第2回超流動コンクリートに関するシンポジウム論文報告集、日本コンクリート工学協会、1994年5月17日

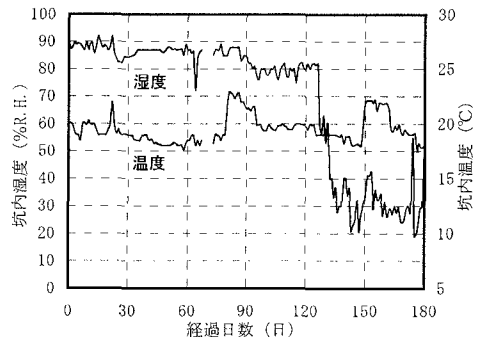


図-1 坑内の温度、湿度

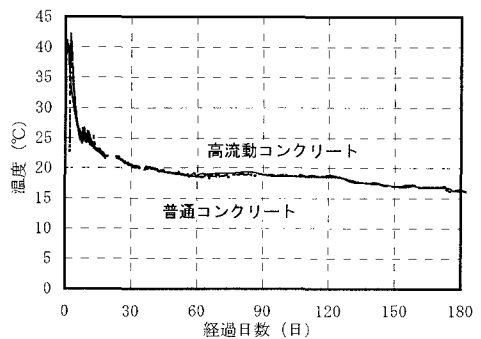


図-2 覆工の温度履歴

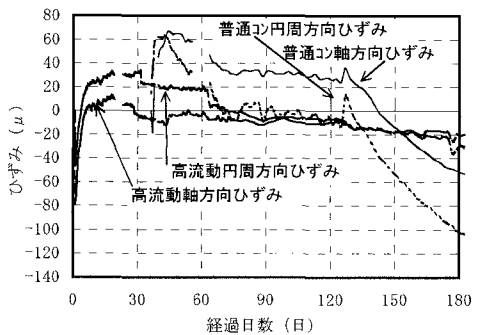


図-3 覆工のひずみ履歴

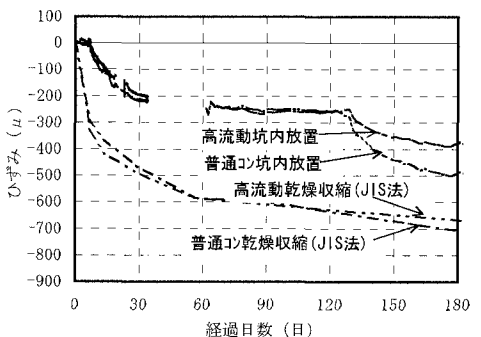


図-4 供試体のひずみ履歴