

過大な乾燥収縮を生じる砂岩碎石を用いた覆工コンクリートの
乾燥収縮率低減対策に関する試験考察

西松建設(株) 技術研究所 正会員 ○椎名 貴快
西松建設(株) 技術研究所 フェロー会員 佐藤 幸三

1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートは、(乾燥)収縮により、天端付近縦断方向や側壁部横断方向等に特徴的なひび割れが発生する(写真-1、図-1)。同ひび割れの発生には様々な要因が関係しているが、その1つに粗骨材の岩種による影響が挙げられる。過去の調査試験データ(粗骨材岩種別の乾燥収縮率)¹⁾によると、石灰岩を用いたコンクリートの乾燥収縮率は比較的小さいが、砂岩や安山岩ではやや大きい傾向があり、ある特定の地域では粗骨材岩種の影響が深刻な乾燥収縮問題を引き起こしている。

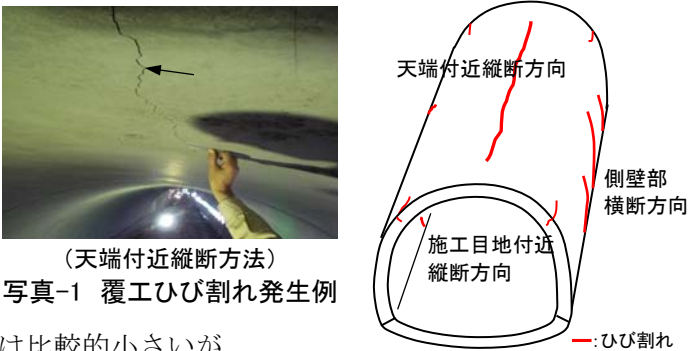


写真-1 覆工ひび割れ発生例

図-1 乾燥収縮ひび割れ発生位置

本稿では、過大な乾燥収縮率を生じる砂岩碎石に着目し、本材を用いた覆工コンクリートの乾燥収縮率を低減する各種方法(配合、使用材料による)の効果を比較検討した。また JASS5 の乾燥収縮率早期判定式²⁾の係数 α_i と、砂岩や安山岩、石灰岩を用いた覆工配合の乾燥収縮率から求めた係数を比較し適正を検討した。

2. 試験概要

2. 1 試験ケース

乾燥収縮率の低減には種々の方法があるが、本試験では、①単位水量(W)の低減(ペースト率の低減)、②石灰碎石(粗骨材)の使用、③収縮低減剤の使用、の3案に着目し、試験はNo.1~6の全6ケース(表-1)とした。

2. 2 使用材料とコンクリート配合

表-2 及び表-3 に使用材料及び各試験ケースのコンクリート配合を示す。コンクリートは21-18-20Nで、W/Cは59%一定、フライアッシュ(JIS II 種品)(FA)を30kg/m³混和し、基準配合では粗骨材に乾燥収縮率の大きい砂岩碎石を使用した。スランプは運搬時のロスを考慮して18cm、粗骨材の最大寸法(G_{max})は施工充填性を考慮して20mmとし、空気量は4.5%である。なお収縮低減剤は外割添加とした。

2. 3 試験方法

試験はJIS A 1129:「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」に準拠し、温度20℃湿度60%RH環境での長さ変化率(乾燥収縮率)($\times 10^{-6}$)を求めた。

表-1 試験ケース

ケース No.	試験概要	W/C (%)	対策方法		
			① W量低減 (kg/m ³)	② 石灰碎石 (混合率)	③ 収縮低減剤 (kg/m ³)
1	基準配合(W過多を再現)	59 一定	(182)	—	—
2	単位水量低減(ペースト率減)		175	—	—
3	石灰碎石 50%			50%	—
4	石灰碎石 100%			100%	—
5	収縮低減剤			—	4.0
6	石灰碎石 100%,収縮低減剤			100%	4.0

備考) 全ての配合でフライアッシュ II 種を 30kg/m³ 使用
基準配合では粗骨材に乾燥収縮率の大きい砂岩碎石を使用
単位水量の低減には、混和剤に高性能 AE 減水剤を使用

表-2 使用材料

種類	記号	仕様
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.16g/cm ³
水	W	地下水・上澄水
混和材	FA	フライアッシュ II 種, 密度 2.25g/cm ³
細骨材	S	砕砂・細砂混合, 表乾密度 2.57g/cm ³
粗骨材	G1	砂岩碎石 2005, 表乾密度 2.63g/cm ³
	G2	石灰碎石 2005, 表乾密度 2.68g/cm ³
化学混和剤 (Ad)	AE	AE 減水剤(高機能型)[標準形 I 種]
	SP	高性能 AE 減水剤[標準形 I 種]
	SRA	収縮低減剤(炭化水素系化合物とグリコールエーテル系誘導体)外割添加

表-3 コンクリート配合 21-18-20N (FA30)

試験 ケース	W/C (%)	s/a (%)	ペース ト率 (%)	単位量(kg/m ³)								
				W	C	FA	S	G		Ad		
								G1	G2	AE	SP	SRA
1	59	50.4	29.3	182	308	30	858	865	—	3.70	—	—
2			863	—			4.46	—				
3			432	440			3.86	—				
4		51.2	28.2	175	297		887	—	879	—	3.27	—
5			863	—			4.46	4.0				
6			—	879			3.27	4.0				

キーワード 覆工コンクリート, 長さ変化試験, 乾燥収縮率, 砂岩, 石灰岩, 収縮低減剤

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋六丁目 17 番 21 号 西松建設(株)技術研究所 TEL 03-3502-0249

3. 試験結果

3. 1 乾燥収縮率

図-2 に乾燥収縮率と乾燥期間の関係を示す。No.1 (基準配合) は、乾燥収縮率(26 週目)の値が $-1,260 \times 10^{-6}$ で、一般的な乾燥収縮率の上限規定(土木学会の標準示方書[施工編]³⁾: $-1,000 \times 10^{-6}$)を大幅に超える値であった。但し、単位水量が 182kg/m^3 で、一般のRC基準($G_{\max}=20,25\text{mm}$ の時、 $W \leq 175$)に比しても過大量であるため、No.2 では高性能AE減水剤(SP)を用いて単位水量を 175kg/m^3 まで低減した(ペースト率 1.1%減)。しかし、乾燥収縮率は $-1,272 \times 10^{-6}$ で、No.1 とほとんど変化がなかった。

次に、砂岩碎石に代わりに石灰碎石を 50%または 100%用いた No.3 及び No.4 では、乾燥収縮率(26 週目)が No.1 に比べて 10~22%減少し、乾燥収縮率の低減に極めて有効であった。収縮低減剤を用いた No.5 も乾燥収縮率が 12%減少し、石灰碎石 50%用いた No.3 と同程度であった。最後に、No.5 は石灰碎石 100%に収縮低減剤を併用した場合であるが、乾燥収縮率は -752×10^{-6} で No.1 よりも 40%小さく、大幅な収縮低減効果を得られた。

3. 2 早期判定係数 α_i

JASS5 の乾燥収縮率早期判定式²⁾ (式(1)) は、乾燥期間 4, 8, 13 週での乾燥収縮率の値に係数 α_i を乗じることで 26 週の乾燥収縮率を早期に推定することができる。

$$\varepsilon_{sh}^{est} = \alpha_i \times \varepsilon_{sh}^i \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで、 ε_{sh}^{est} : 乾燥収縮率(26 週)、 ε_{sh}^i : 乾燥期間 i 週で

の乾燥収縮率($i=4,8,13$)、 α_i : i 週での早期判定係数

そこで、乾燥収縮率が大きく、産地の異なる砂岩・安山岩、さらに乾燥収縮率の小さい石灰岩を対象に、それぞれを粗骨材の一部もしくは全量用いた全 17 種類の覆工配合にも同式による早期推定が可能か試験で検討した。図-3 に、長さ変化試験(JIS A 1129)より得られた、各測定材齢での乾燥収縮率の値を 26 週目の値で除して無次元化した値の逆数 (=早期判定係数 α_i) の結果を示す。また表-4 に JASS5 との比較結果を示す。同図表より、本試験で求めた係数 α_i はデータ母数が少ないものの、乾燥期間 8 週、13 週では JASS5 の係数と概ね等しい値のため、JASS5 の早期判定式で覆工配合の乾燥収縮率(26 週)を早期推定できる可能性がある。なお 4 週以前のデータはばらつきが大きいので、早期判定への使用には不向きである。

4. まとめ

過大な乾燥収縮率を有する砂岩碎石を用いたコンクリート配合では、粗骨材の一部もしくは全量を石灰碎石に変更することは乾燥収縮低減に極めて有効であり、さらに収縮低減剤を併用することで大幅な収縮低減効果を得られた。一方で、W/C 一定条件下で単位水量(ペースト率)を減じても大きな効果は得られなかった。なお、石灰岩の中には内部空隙率が大きく、低品質の石灰岩も存在するため、全ての石灰石骨材で同様の効果を得られるわけではないので注意が必要である。

参考文献) 1)日本コンクリート工学会:コンクリートの収縮問題検討委員会報告書, 2010.3, 2)日本建築学会:建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事, 2015, 3)土木学会:2012 年制定コンクリート標準示方書[施工編]

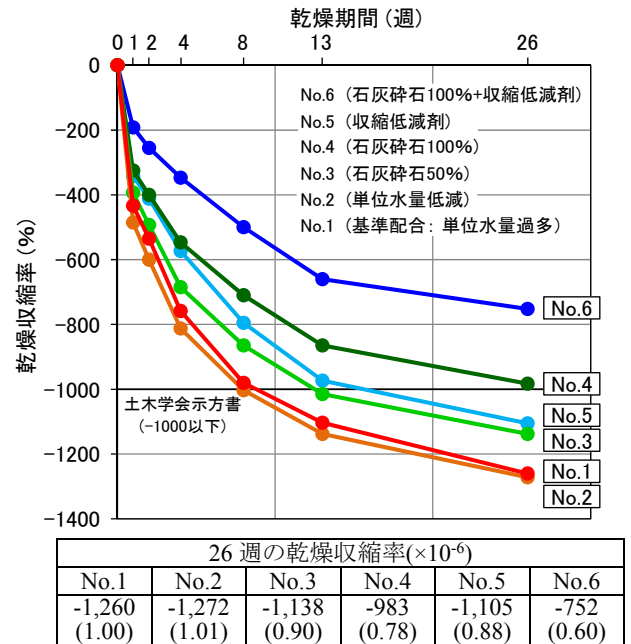


図-2 長さ変化試験結果

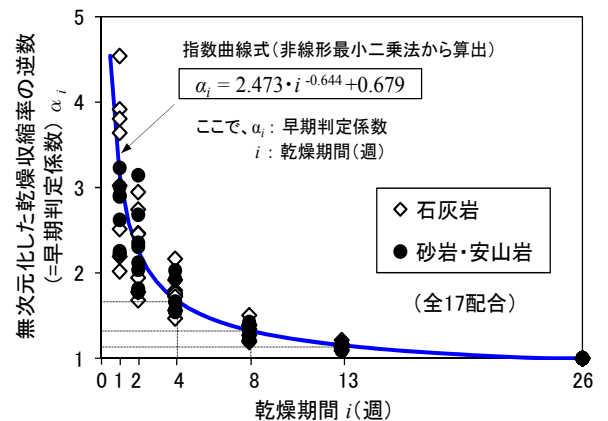


図-3 無次元化した乾燥収縮率から求めた係数 α_i

表-4 早期判定係数 α_i の比較

項目	早期判定係数 α_i		
	4 週目	8 週目	13 週目
本試験	1.66	1.33	1.15
JASS5	1.76	1.31	1.13