

尿素を用いたコンクリートのトンネル二次覆工コンクリートへの適用

清水建設株式会社 正会員 ○野村 朋宏
 清水建設株式会社 正会員 石井 孝広
 清水建設株式会社 正会員 田中 博一

1. はじめに

尿素を用いたコンクリート（以下、尿素コンクリート）は、温度ひび割れおよび乾燥収縮ひび割れの両方に効果が期待でき¹⁾、これまでに RC ラーメン高架橋に適用され、尿素コンクリートによるひび割れ低減効果が実証されている²⁾。今回、尿素コンクリートの適用拡大を目的としてトンネルの二次覆工コンクリートに適用した。適用するにあたり、室内配合選定試験を実施し、現場においてひずみを測定してその効果を確認した。

2. 工事概要

尿素コンクリートを適用したトンネルの工事概要を表-1 に示す。本工事は一般国道 42 号熊野尾鷲道路事業の最南端に位置する道路工事である。トンネルは、本坑トンネルと避難坑トンネルの 2 種類があるが、尿素コンクリートは、避難坑トンネル（内空断面積 14.5m²、二次覆工厚さ 20cm）のうち、1 スパン（L=5.0m、約 14m³）の二次覆工に適用した。

表-1 工事概要

工事名称	平成20年度熊野尾鷲道路大吹トンネル大泊工区工事
工事場所	三重県熊野市大泊町
工期	2009/3/11~2012/8/31
発注者	国土交通省
構造概要	工事延長 L=1991m
	本坑トンネル L=1892m, 内空断面積66.6m ²
	避難坑トンネル L=1919m, 内空断面積14.5m ²

3. 室内配合試験

二次覆工コンクリートは早期脱型するため若材齢時の圧縮強度を確認する必要がある。そこで、室内配合試験を実施し、フレッシュ性状および若材齢時の圧縮強度を確認した。二次覆工コンクリートの原配合（21-15-40BB, U0）および尿素コンクリート（U20）の配合を表-2 に示す。尿素的混入量は実構造物においてひび割れ低減効果が確認されている 20kg/m³とした。尿素コンクリートについては、同一スランプを得るために原配合に対し、尿素が水に溶解して液体となることから尿素的容積分だけ単位水量を減少させた。

表-2 尿素コンクリートの配合

名称	セメント種類	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C %	w+u/c 容積比	s/a %	液体容積 (ℓ/m ³)	単用量 (kg/m ³)					混和剤 (C×%)
								W	C	U	S	G	
U0	高炉B種	15±2.5	4.5±1.5	54.7	1.66	40.4	152	152	278	0	734	1090	0.25
U20				49.3	1.66			137	278	20	734	1090	0.25

配合試験の結果を表-3 に、試験結果をもとに算出した積算温度と尿素コンクリートの若材齢時圧縮強度との関係を図-1 に示す。二次覆工コンクリートの脱型時に必要な強度は 1.6N/mm² であり、尿素コンクリートの場合、養生温度 20℃では所要の強度を満足する材齢が、普通コンクリートと比較して 6 時間の遅延が認められた。しかしながら、本避難坑工事においては、十分に対応できる範囲内であり、特に問題はなかった。

表-3 室内配合試験結果

フレッシュ性状は良好で、表-2 に示す配合を採用する事とした。

名称	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)					
				18hr	21hr	24hr	27hr	7日	28日
U0	15.5	5.0	19.0	1.7	-	-	-	13.9	26.8
U20	16.5	6.0	19.0	0.9	1.4	1.9	2.4	12.9	26.2

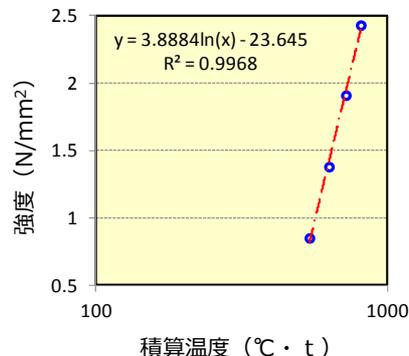


図-1 積算温度と尿素コンクリートの若材齢圧縮強度との関係

キーワード 尿素, トンネル, 二次覆工コンクリート, 若材齢, 圧縮強度, 乾燥収縮

連絡先 〒460-8580 愛知県名古屋市中区錦 1-3-7 清水建設(株)名古屋支店 土木技術部 TEL 052-201-7623

4. 実施工の概要

尿素コンクリートを使用した二次覆工の概要を図-2に示す。尿素コンクリートを適用した二次覆工の位置は坑口から2ブロック目の1スパン(L=5.0m)で、側部と天端の二次覆工コンクリートの中央部において埋込み型ひずみ計を用いてコンクリートの温度とひずみを計測した。比較のため、普通コンクリートを適用した坑内側に隣接する3ブロック目でも同様の計測を行った。施工数量は約14m³で、普通コンクリートと同様にポンプ車により打ち込み、棒状バイブレータにより締め固めを行った。材齢28日における二次覆工コンクリートの外観を写真-1、写真-2に示す。施工性、脱型後の外観ともに尿素コンクリートは普通コンクリートと同等であった。

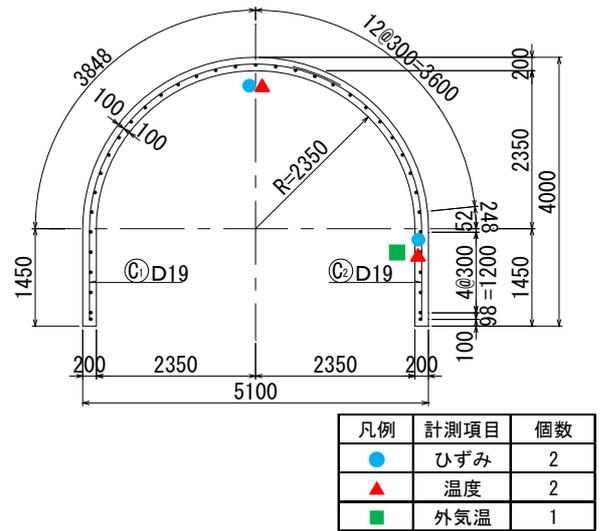


図-2 覆工概要と計測位置

5. 計測結果

圧縮強度試験結果を表-4に示す。材齢48時間までの圧縮強度試験はトンネル坑内(雰囲気温度約17℃)で養生した結果であり、図-1に示した積算温度と強度との関係式から推定される強度とほぼ一致している。標準水中養生を実施した材齢7日、28日の圧縮強度は普通コンクリートと同等以上であることが確認された。

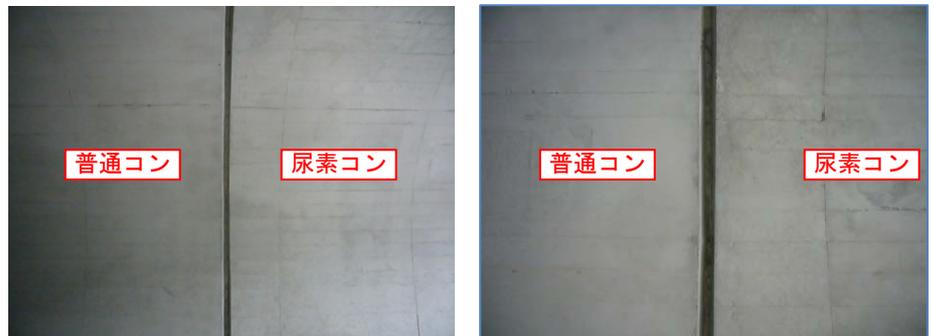


写真-1 覆工側部外観

写真-2 覆工天端外観

表-4 圧縮強度試験結果と回帰式による推定強度

材齢	圧縮強度(N/mm ²)		
	試験結果	回帰式による推定強度	普通コン試験結果
24h	1.57	1.53	—
48h	4.43	4.22	—
7日	20.1	—	14.8
28日	29.1	—	29.4

乾燥期間28日までの二次覆工コンクリートの実ひずみの計測結果を図-3に示す。実ひずみは、セントル脱型時を起点とし、温度ひずみを差し引いたものであり、主に乾燥収縮ひずみと自己収縮ひずみを足し合わせたひずみを評価しているものと考えられる。実ひずみは、測定位置によらず、普通コンクリートと比較して尿素コンクリートの方が小さくなっており、尿素による乾燥収縮ひずみの低減効果が確認できた。

6. おわりに

尿素コンクリートはセントル脱型に必要な材齢が約6時間遅くなったものの、実ひずみの計測結果から乾燥収縮ひずみ低減効果が確認された。今回得られた知見を基に今後さらに尿素コンクリートの適用を拡大していきたいと考えている。

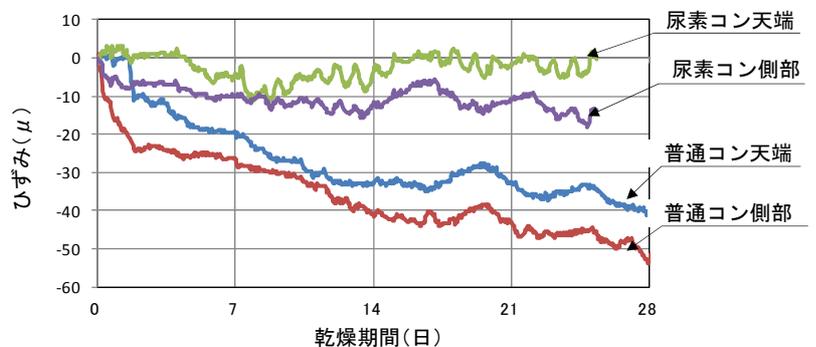


図-3 覆工の実ひずみ計測結果

参考文献

- 1) 田中, 根本, 橋田, 河井, 綾野: 尿素を用いたひび割れ低減コンクリートの開発, セメント・コンクリート, No. 775, pp. 18-23, 2011. 09
- 2) 田中, 河井, 野田, 綾野: 尿素を用いた低収縮コンクリートの実構造物への適用, コンクリート工学年次論文集, Vol. 33, No. 1, pp491-pp496 2011