

トンネルに使用した鋼繊維補強コンクリートの長期強度

愛媛県建設研究所 正会員 柿本 昇
愛媛県建設研究所 正会員 岡田 泰一

1. まえがき

トンネル掘削中に地山の押出し現象が生じた場合には覆工コンクリートの引張強度を改善することが必要になる。

この報告は、愛媛県西宇和郡保内町喜木津において平成2年10月から5年9月の間に施工した延長615mの二車線道路トンネルでの計測事例である。このトンネルでは八幡浜方坑口から60~135m（延長75m）で、上半掘削後アーチ肩部等に押出しが見られたので鋼繊維補強コンクリートで覆工した区間である。今回、1700日材齢の切取りコアが得られたので、試験を行い長期材齢にともなう強度変化について考察を行う。

2. 鋼繊維補強コンクリートの試料及び試験方法

2. 1 鋼繊維補強コンクリートの試料

トンネル覆工のコンクリート指定強度は270Kg f / cm²（26.5MPa）とした。その示方配合は表-1のとおりである。なお、鋼繊維（S.F）は0.1mm×2.5mm×30mmのカットファイバーを用いた。試験した試料は、覆工完了

後約1500~1700日を経過した側壁10箇所から採取した直径約118mmのコアである。

表-1 使用した鋼繊維補強コンクリートの示方配合

粗骨最大寸法 (mm)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	粗骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					混和剤 (AE減水剤) g
					セメント C*	水 W	細骨材 S**	粗骨材 G	鋼繊維 SF	
20	15±2.5	4.5±1.0	50	50	426	213	812	915	80	1,065

*B種高炉セメント **洗浄海砂と砕砂をそれぞれ565kgと247kg混合使用

2. 2 試験方法

採取したコアを表-2に示す寸法に切断し、1000KNの万能試験機を用いてJIS A1108、1113に従って圧縮強度試験及び引張強度試験を実施した。

3. 試験結果

圧縮強度試験結果及び引張強度試験結果を表-2に示す。

4. 考察

試験結果は圧縮強度、引張強度、ぜい度係数（圧縮強度と引張強度との比）に分けて考察する。

4. 1 圧縮強度

材齢と圧縮強度の関係を図-1に示す。

表-2 コアの圧縮・引張強度試験結果及びぜい度係数

			圧 縮 強 度				引 張 強 度				
コア番号	材 齢 (日)	平均直径 (mm)	平均高さ (cm)	圧縮強度 (MPa) ①		以前の測定値	平均長さ (mm)	引張強度② (MPa)	以前の測定値	ぜい度係数 ①/②	
				コア強度	平均						
68L	1708	117.3	22.02	32.8							
84L	1703	117.5	23.68	43.6							
86R	1703	118.5	24.00	41.2			79.80	6.47		6.37	
94L	1701	118.0	23.70	40.6							
104L	1492	118.2	23.88	47.1							
108R	1492	117.8	23.30	38.6		(983B) 42.5 (32B) 32.5	73.80	5.93	(983B) 4.25 (32B) 5.04	6.51	
112L	1490	117.8	23.72	49.6		(981B) 42.3 (981B) 48.4 (979B)	96.60	3.80		13.05	
118R	1490	117.2	23.72	54.0			121.80	5.78		9.34	
128L	1488	117.5	22.58	53.5			83.10	3.76		14.23	
128R1	1488	118.0	19.40	49.7	50.9 49.6	(979B) 47.7 (30B) 34.1	91.60	4.02		12.34	
128R2	1488	118.2	19.62	49.5							
平均			(T6鋼) 49.2	45.5 平均49.2		45.2 33.3		4.96	4.65	10.31	

このうち、初期材齢から強度の発現を追跡できる108Rでは材齢32日目に32.5MPa、983日で42.5MPa、今回の1492日目では、38.6MPaとなり、約4週強度の1.2倍の伸びとなっている。一方、128Rでは同様に30日目34.1MPa、979日目47.7MPa、今回の1488日では50.9MPaとなり、4週強度の1.5倍となっている。全体の平均値を求めると33.3→45.2→45.5となるが、前回の圧縮強度とも関連づけができる6データで全体の傾向をまとめると4週33.3MPa、1000日45.2MPa、1500日49.2MPaの伸びを示している（1.5倍の伸び）。

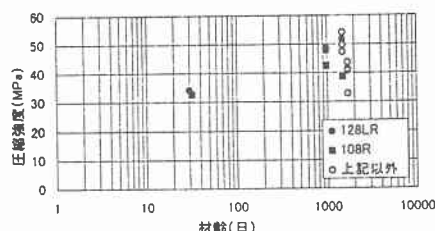


図-1 圧縮強度試験の結果

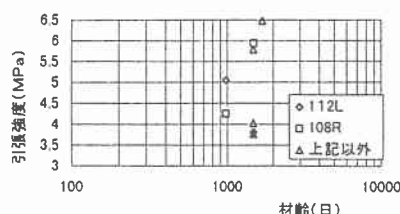


図-2 引張試験の結果

4.2 引張強度

引張強度試験で初期材齢の試験値と対応して考えられるのは、108Rと112Lである（図-2）。108Rは材齢983日で4.25MPa、今回5.93MPaと1.4倍の伸びを示しているものの112Rでは逆に5.04MPa、3.80MPaと減少している。しかし、全測定値から考察すると1000日約4.7MPa、1500日約5.0MPaが期待できる。

4.3 ぜい度係数とスチールファイバー

圧縮強度と引張強度の比（ぜい度係数）の計算値を表-2に示す。

コア供試体により引張強度試験を行った結果、円周面の仕上げ不備が作用して6.37から14.23までばらついている。しかし6個の試験値の平均を求めると10.31となり、通常のコンクリートの下限値のぜい度係数に近くなる。従って、圧縮強度は高い値となっているにもかかわらず、ぜい度係数は低い値（高い引張強度）であることから覆工コンクリートの大幅な強度、じん性改良が行われていると考えられる。又、破壊した供試体を解体してみると鋼繊維は構造体の水平方向に多く分布し粗骨材がある場合に水平からはずれて斜め又は鉛直方向に向かっていることが判明した。

5. まとめ

トンネルの覆工に用いた鋼繊維補強コンクリートから切り取ったコアの圧縮強度試験、引張強度試験、ぜい度係数計算の結果をとりまとめると次のことが明らかになる。

- ①鋼繊維補強コンクリートコアは材齢約1500日になると材齢30日の1.5倍に増進を示した。又、この値は指定強度の1.86倍となった。
- ②引張強度はばらつきが多いものの約5MPaで指定強度を満足している。なお、1000日材齢と比較して余り伸びていない。
- ③鋼繊維を混入することにより、ぜい度係数は約10.3でもろさが改善された粘り強いコンクリートになっている。
- ④鋼繊維はモルタルの多いところでは水平方向、粗骨材があるところでは斜め又は鉛直方向に配列する。なお、供試体直径は文献1)では8cm今回は11.8cmを使用したことを付記します。

参考文献

- 1) 柿本昇 トンネルに使用した鋼繊維補強コンクリートの強度などの経時変化に対する検討
平成7年9月 土木学会第50回年次学術講演会