

実構造物における曲げじん性の確認試験に関する考察

(株) 高速道路総合技術研究所※1 正会員 伊藤 哲男
(株) 高速道路総合技術研究所※1 正会員 海瀬 忍
(株) 高速道路総合技術研究所※1 正会員 ○前川 和彦
(株) 八洋コンサルタント 高橋 幸一

1. はじめに

NEXCO が施工するトンネルの覆工において、平成 11 年より覆工コンクリートの小片のはく落対策を目的として、地質の悪い D 等級の覆工に繊維補強コンクリートが採用されている。

採用初期は鋼繊維を採用していたが、鋼繊維の発錆の問題が発生し、平成 15 年より非鋼繊維（ビニロン、ポリプロピレン）が導入され、平成 20 年には鋼繊維の使用が廃止された。

NEXCO では施工管理要領¹⁾により、図-1 のような材齢 28 日における曲げじん性の品質管理基準を設けている。

非鋼繊維は鋼繊維に比べ、品質管理用の供試体の材齢 28 日における曲げじん性の値が低く出ることがあり、品質管理基準値を下回る場合がある。そのような場合、直ちに工事目的物を取壊し再施工することは合理的ではなく、実構造物の曲げじん性を確認することが合理的ではあるが、実構造物の曲げじん性を確認する簡易な試験方法がなく、試験法を確立する必要があった。

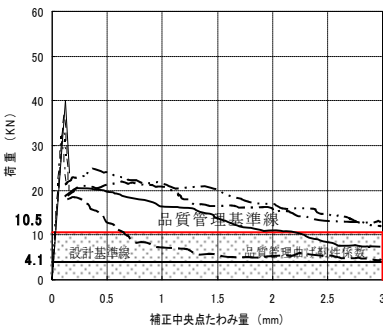


図-1 曲げじん性係数の品質管理基準¹⁾

2. 試験方法の立案

品質管理試験においては、JIS A 1114 : 2011「コンクリートからの角柱供試体の採取方法および強度試験方法」により、角柱供試体 150×150×530mm を作成し、JSCE-G 552-2010「鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法（案）」により試験が実施することができる。しかし、実構造物である覆工コンクリートより、150×150×530mm の曲げ供試体を切り出すための費用や時間および補修などを考えた場合、現実的な方法とはいえない。

既往の研究²⁾で角柱供試体と円柱供試体の曲げ強度には、一定の関係性があるとされており、実構造物から供試体を得る方法としてコア削孔にて円柱供試体を採取し、曲げじん性を確認する試験を立案することとした。

3. 予備試験の結果

一般的な NATM トンネルの覆工厚さは $t=300\text{mm}$ となっており、覆工の地山側には防水工が施工されている。よって、コア削孔にて防水工を貫通させない長さである $\phi 100 \times 200\text{mm}$ と比較の為の $\phi 100 \times 400\text{mm}$ にて予備試験を実施した。実施結果を表-1 に示す。

予備試験の結果、長さ 200mm の供試体では繊維混入率により曲げじん性係数比のバラツキが大きくなり、長さ 400mm では繊維混入率によるバラツキが少ない結果と

表-1 曲げじん性係数予備試験結果

供試体 種別	大きさ (cm)	スパン (mm)	載荷方法	繊維混入率 (%)	No.	曲げ強度 (N/mm ²)		曲げじん性係数 (N/mm ²)		曲げ 強度比	曲げじん 性係数比
						各値	平均	各値	平均		
角柱供 試体	15×15×53cm	450	三等分点	0.4	1	3.23		1.48		100	100
					2	2.94		1.49			
					3	3.06		1.80			
					4	2.95	3.05	1.44			
				1.0	1	3.10		2.16		100	100
					2	3.13		2.28			
					3	3.04		2.46			
					4	2.97	3.06	2.94	2.46		
円柱供 試体	$\phi 10 \times 40\text{cm}$	300	三等分点	0.4	1	3.29		1.29		126	66
					2	3.87		0.96			
					3	4.36		0.81			
					4	4.65	3.84	0.96	1.02		
	$\phi 10 \times 20\text{cm}$	180	中央集中	1.0	1	3.20		2.27		118	64
					2	3.20		0.95			
					3	3.02		1.49			
					4	3.02	3.62	1.49	1.57		
				0.4	1	5.23		2.23		177	152
					2	5.33		2.13			
				1.0	3	5.47		2.23		154	87
					4	5.58		2.88			
					1	4.58		2.02			
					2	4.75		1.71			
				0.4	3	4.45		2.36			
					4	5.12	4.73	2.43	2.13		

キーワード 繊維補強コンクリート、曲げじん性、実構造物での確認試験、円柱供試体、試験方法
連絡先 ※1 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1629

なった。このことは載荷法方法（三等分点，中央集中）の違いと考えられたため，図-2のような治具を円柱供試体に装着することで，角柱供試体と同様に JSCE-G 552-2010 に準拠した三等分点載荷した試験ができるような試験方法とした。

4. 実構造物による試験の妥当性確認

実構造物よりコア削孔を行い採取した円柱供試体と品質管理用の角柱供試体の結果を表-2 に，円柱供試体と角柱供試体の関係をグラフ化したものを図-3 に示す。

その結果，式-1 のような相関であり，その相関係数は 0.718 と一定の相関があることが確認された。

$$\text{角柱供試体曲げじん性係数} = 1.503 \times \text{円柱供試体曲げじん性係数} \quad \cdots \text{式-1}$$

また，コアの採取方向による違いについても確認を行った（表-3 および図-4）。表-2 および図-3 と同様に，採取した円柱供試体と品質管理用の角柱供試体の相関係数は 0.732 と一定の相関があることが確認された。

5. まとめ

コンクリートの曲げじん性係数を従来の $150 \times 150 \times 530 \text{mm}$ の角柱供試体と新たな試験方法との比較検討を行い，その試験方法の妥当性を確認した。

予備試験や実構造物にて実施した試験の結果，繊維混入率を変化させた場合や型枠を用いて作成した供試体，コア削孔にて採取した供試体ともに円柱供試体が角柱供試体に比べ，小さい曲げじん性係数を示し，その相関については式-1 が得られ，今回提案する試験方法にて，実構造物における曲げじん性の確認が可能であると確認できた。今後データ数を増やし，角柱供試体と円柱供試体の曲げじん性係数の相関について分析を進めていく。

表-2 実構造物での曲げじん性試験結果

本試験結果 【円柱供試体】				品質管理試験結果 【角柱供試体】			
曲げ強度 (N/mm ²)		曲げじん性係数 (N/mm ²)		曲げじん性係数 (N/mm ²)		曲げじん性係数 (N/mm ²)	
各値	平均	各値	平均	各値	平均	各値	平均
6.54	5.29	1.34	1.31	1.77	1.80		
4.98		1.35		2.01			
4.20		0.83		1.71			
5.42		1.70		1.70			
5.31	5.30	1.42	1.71	1.69	1.89		
5.01		1.56		2.20			
4.71		1.60		1.80			
6.16		2.27		1.88			
4.79	4.46	2.23	1.40	2.08	2.32		
4.90		1.07		2.84			
4.25		1.33		2.27			
3.89		0.96		2.10			
5.26	4.83	1.74	1.36	1.90	2.02		
4.94		1.51		2.11			
4.22		0.99		2.33			
4.88		1.19		1.75			
4.42	4.61	1.14	1.15	2.09	1.87		
4.91		1.33		2.09			
4.74		1.15		1.46			
4.37		0.98		1.82			

表-3 実構造物での曲げじん性試験結果（採取方向別）

採取方向	本試験結果 【円柱供試体】				品質管理試験結果 【角柱供試体】			
	曲げ強度 (N/mm ²)		曲げじん性係数 (N/mm ²)		曲げじん性係数 (N/mm ²)		曲げじん性係数 (N/mm ²)	
	各値	平均	各値	平均	各値	平均	各値	平均
上抜き	5.48	6.01	0.91	1.21	1.77	1.80		
	6.70		1.31		2.01			
	5.31		0.89		1.71			
	6.53		1.74		1.70			
横抜き 1	4.36	3.86	1.35	1.21	1.77	1.80		
	3.83		1.29		2.01			
	3.58		1.03		1.71			
	3.67		1.17		1.70			
横抜き 2	4.28	4.60	1.27	1.43	1.77	1.80		
	4.18		1.17		2.01			
	4.90		1.70		1.71			
	5.03		1.59		1.70			

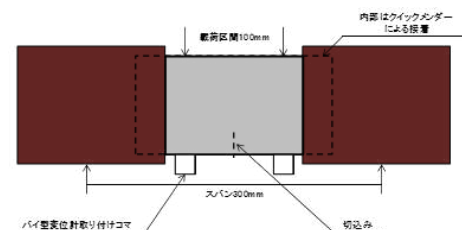


図-2 試験装置

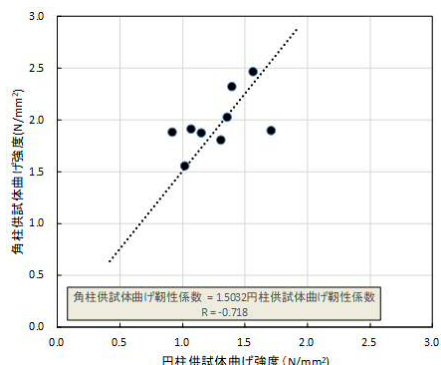


図-3 円柱供試体と角柱供試体の曲げじん性係数の関係

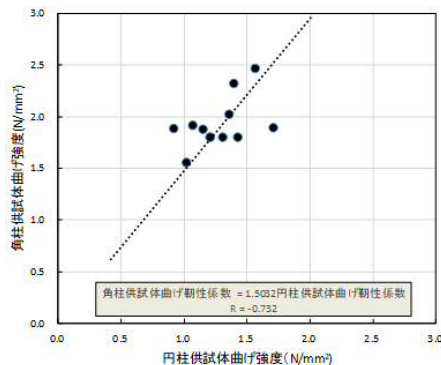


図-4 円柱供試体と角柱供試体の曲げじん性係数の関係（採取方向別）

参考文献

- 1) 東，中，西日本高速道路株式会社：トンネル施工管理要領 繊維補強覆工コンクリート編，pp.4，2017
- 2) 森野奎二，西野昭：コンクリートの円柱供試体による曲げ強度試験方法について，愛知工業大学研究報告 B, 専門関係論文集 14，pp.243-253，1979