

## コンクリート系セグメントの表面補強材としての繊維シートの適用(2)

### - コンクリートの圧壊に対する抵抗性能 -

金沢工業大学 学生員 玉井 攻太<sup>\*1</sup>

金沢工業大学 正会員 木村 定雄<sup>\*1</sup>

日本コンクリート工業(株) 正会員 菊 弘樹<sup>\*2</sup>

石川島建材工業(株) 正会員 松浪 康行<sup>\*3</sup>

カネボウ(株) 栗原 陽一<sup>\*4</sup>

#### 1. はじめに

筆者らは、シールドトンネルにおいて、二次覆工の省略に適したコンクリート系セグメントとして、CSFS (Covered Segment with Fiber Sheet)を開発している<sup>1)</sup>。CSFSは供用中のトンネル内でのコンクリート片のはく落を抑制する性能を有するが、その一方で、施工時の過大なジャッキ推力やエレクターの操作荷重などによってセグメントの隅角部や稜線部などの局部に生じるコンクリートの欠け落ちなどを抑制する効果も期待できる。そこで、局部コンクリートの圧壊に対する繊維シートの効果を圧縮実験により確認することを試みた。

本報告はその結果について述べたものである。

#### 2. 実験概要

本実験で用いた繊維シートの素材は、耐アルカリガラスを基本とした。表1は繊維シートの諸元を示したものである。繊維シートの種類はA～Dの4種類であり、それぞれ、格子サイズ、繊維の織密度および単位面積あたりの質量が異なる。供試体の作製に用いたコンクリートは表2に示すセグメント用コンクリートの

配合を基本とした。圧縮実験に用いた供試体の形状寸法は直径100mm、高さ200mmの円柱供試体であり、供試体の作製に用いたモールドの内側面に沿って繊維シートを布設した。写真1はその状況の一例を示したものである。また、供試体側面の周方向での繊維シートの接続は行わず、シートを約10mm重ね合わせた。供試体数はA～Dの繊維シートを布設したケースおよび繊維シートを布設しないケースで各々3体づつとした。繊維シートの効果を確認するために、写真2に示すように4枚のひずみゲージを供試体の側面に貼付し、0.02 N/mm<sup>2</sup>/secの応力制御で載荷した。なお、圧縮実験の材齢は45日～54日である。

#### 3. 実験結果およびその考察

各ケースの供試体の圧縮強度および静弾性係数の実験結果を表3に示す。表3中の結果は、すべてのケースの実験結果をあわせて整理したものである。圧縮強度についてみると、その標準偏差が2.3 N/mm<sup>2</sup>であり、また変動係数が4.1%であることから、繊維シートの種

表1 繊維シートの諸元

シートの種類	格子サイズ (mm)	引張強度(N/25mm)		織密度(本/25mm)		単位質量 (g/m <sup>2</sup> )	厚さ (mm)
		タテ	ヨコ	タテ	ヨコ		
A	1.0×1.0	333	588	16×2	16	93	0.2
B	7.0×5.0	1750	1500	2.7×17	33	420	0.85
C	5.0×5.0	300	300	5.0×2	5.0	60	0.2
D	5.0×5.0	550	550	5.0×2	5.0	130	0.35

表2 示方配合

G <sub>max</sub> (mm)	W/C (%)	空気量 (%)	S/a (%)	スランプ (cm)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
					W	C	S	G	混和剤
20	35	2.4	48	7.5	160	457	830	967	3.2



写真1 繊維シートの布設状況の一例

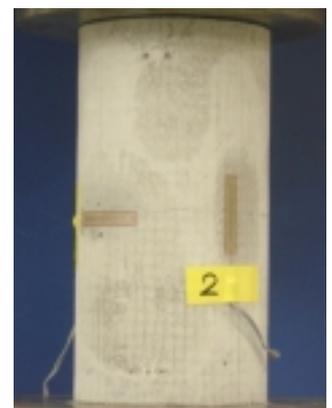


写真2 供試体の状況

キーワード：シールドトンネル，セグメント，二次覆工，耐久性，繊維シート，ガラス繊維

連絡先 \*1：〒921-8501 石川県 石川郡野々市町扇が丘 7-1 TEL：076-248-8426 FAX：076-294-6713

\*2：〒108-0075 東京都 港区港南 1-8-27 TEL：03-5462-1037 FAX：03-5462-1040

\*3：〒100-0006 東京都 千代田区有楽町 1-12-1 TEL：03-5221-7240 FAX：03-5221-7298

\*4：〒108-8080 東京都 港区海岸 3-20-20 TEL：03-5446-3577 FAX：03-5446-3588

類やその存在が圧縮強度の大きさに対してほとんど影響していない。また、静弾性係数についても、その標準偏差が  $2.3 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$  であり、変動係数が 6.5% であることから、圧縮強度と同様に繊維シートの種類やその存在が静弾性係数の大きさにほとんど影響していない。

写真3は載荷終了時の供試体の破壊状況を示したものである。すべての供試体の破壊モードは、上下の載荷面での拘束の影響を受け、せん断破壊に近いものとなっている。繊維シートを布設しないケースでは、コンクリートの破壊に伴って供試体の一部が欠け落ちた。一方、繊維シート A~D を布設したケースでは、コンクリートにひび割れが生じてはいるものの、供試体側部のコンクリートの欠け落ちは見られない。実験に用いたコンクリートは高強度であり、その破壊が急激に起きたことをあわせ考えると、繊維シートを布設することで、コンクリートの欠け落ちの抑制効果が相当に期待できる。

次に、コンクリートに生じるひずみについて考察する。図1はすべてのケースの圧縮応力と縦ひずみ、横ひずみおよび体積ひずみとの関係を示したものである。一般にコンクリートの弾性範囲(最大圧縮応力の1/3程度)と考えられる約  $20 \text{ N/mm}^2$  を超えて  $40 \text{ N/mm}^2$  の圧縮応力段階まで、すべてのケースの縦ひずみはほぼ同程度である。一方、横ひずみをみると、 $20 \text{ N/mm}^2$  の圧縮応力段階まではすべてのケースがほぼ同じ挙動を示しているが、 $20 \text{ N/mm}^2$  を超えた段階からシート B のケースの横ひずみが大きくなる傾向にある。また、縦ひずみと横ひずみから求めた体積ひずみをみても、シート B のケースのみが他のケースよりも小さくなっている。そこで、この傾向を定量的に把握するために、各ケースごとに圧縮応力 ( $10, 20, 30, 40 \text{ N/mm}^2$ ) 段階における平均ひずみを求め、基準となる繊維シートを布設していないケースの平均ひずみに対する他のケースの平均ひずみの比を求めた。表4はその結果である。シート B のケースでは、シートの存在が縦ひずみには影響していないものの、圧縮応力が小さい段階から横ひずみが約 20%程度大きくなる傾向がある。これは、他の繊維シートと比べてその厚さが  $0.85 \text{ mm}$  と厚いシート B を布設した供試体側面の薄いコンクリート層が、コアとなる内部コンクリートと異なる引張挙動をしたためと考えられる。

表3 圧縮強度および静弾性係数

諸元	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数(N/mm <sup>2</sup> )
材齢(日)	45~54	45~54
データ数(個)	15	15
平均値m	56.8	$3.51 \times 10^4$
標準偏差σ	2.3	$2.3 \times 10^3$
変動係数(%)	4.1	6.5

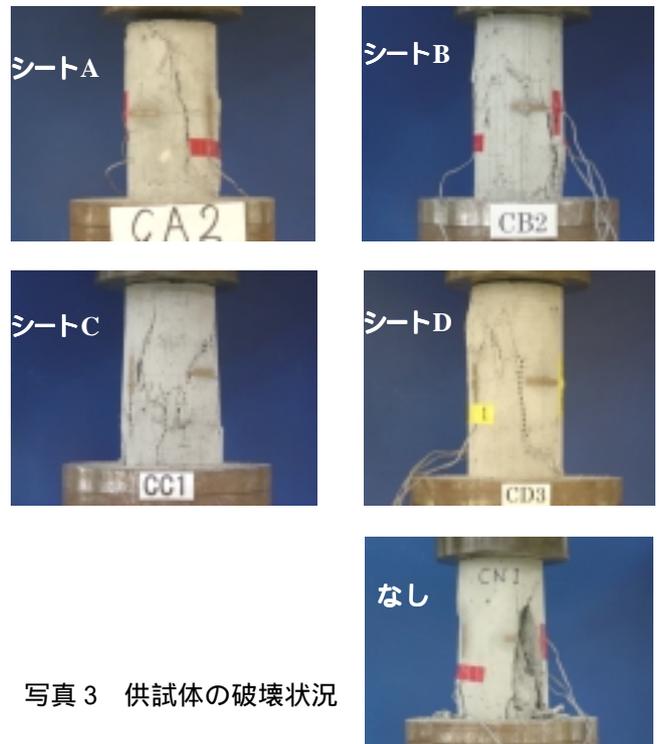


写真3 供試体の破壊状況

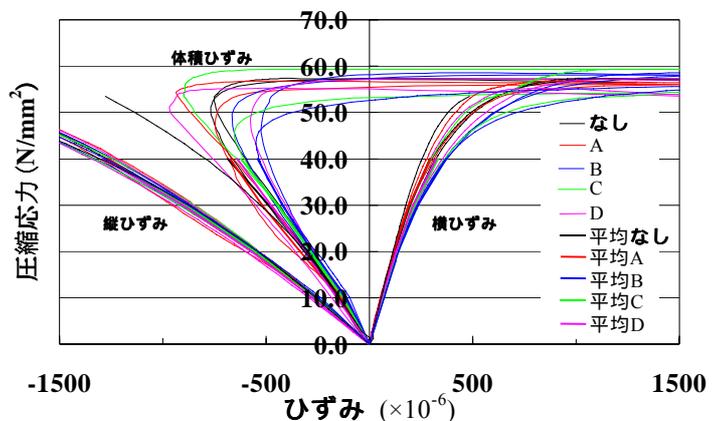


図1 圧縮応力とひずみの関係

表4 圧縮応力段階ごとの平均ひずみ比

圧縮応力(N/mm <sup>2</sup> )	10.0	20.0	30.0	40.0	
縦ひずみ比	A	0.99	1.04	1.03	0.99
	B	0.98	1.02	1.02	1.01
	C	1.01	1.02	1.01	1.01
	D	1.07	1.05	1.03	1.01
横ひずみ比	A	0.99	0.96	0.99	1.01
	B	1.22	1.14	1.20	1.27
	C	1.13	1.09	1.12	1.13
	D	1.04	1.06	1.08	1.11
体積ひずみ比	A	1.00	1.12	1.07	0.98
	B	0.78	0.92	0.87	0.79
	C	0.89	0.94	0.91	0.91
	D	1.10	1.04	0.98	0.93

[参考文献]引間,木村,橋本,倉木,水上:コンクリート系セグメントの表面補強材としての繊維シートの適用(1),土木学会第59回年次学術講演会,部門2004.9.