論文 複合繊維を使用したコンクリートの力学特性に関する実験的研究

三桶 達夫*1・福浦 尚之*2・丸屋 剛*3・堀口 賢一*4

要旨: 鋼繊維を混入したコンクリートの力学特性に関しては多くの研究がなされており,近年では鋼繊維 補強コンクリートを用いて,内部の配筋を簡素化したセグメントも開発され実用化されている。今回,鋼繊 維と有機繊維を混入した複合繊維コンクリートの曲げタフネス及び引張軟化特性について試験を行った。そ の結果,鋼繊維と有機繊維を組み合わせることで,要求性能に応じた適切な引張軟化曲線を得ることが出来 る可能性が示された。また,繊維の複合効果については,引張軟化曲線において単体の特性を足し合せた結 果と比較して,有機繊維の種類及び混入量を選定すれば同等程度の性状を示すことが確認された。 キーワード:繊維補強コンクリート,鋼繊維,有機繊維,複合繊維,曲げじん性,引張軟化特性

1. はじめに

高強度コンクリートは強度が強い反面, 脆性的な破壊 を起こすという弱点をもつ。それに対して, 繊維補強が 考えられ, 靭性を高めることができる。

鉄筋コンクリート製セグメントにおいては,設計基準 強度が 42N/mm²~60N/mm²の高強度コンクリートが用いら れており,鋼繊維を混入した高強度鋼繊維補強コンクリ ートを用い,内部の配筋を簡素化したセグメントが開発 されており,実用化されている¹⁾。

一方,現在よく使われている鋼繊維は強度が強い反面, 防錆性,耐候性の面で問題がある²⁾。そこで,鋼繊維に 代わる材料として,防錆性,耐薬品性,経済性などの面 で優れた性能をもつビニロン繊維等の有機繊維の使用が 有効であると考えられており,最近ではヤング係数や引 張強度を向上させたものが開発されている。ビニロン繊 維については,軽量で耐アルカリ性に優れた点が注目さ れており,ビニロン繊維と鋼繊維を混成した複合繊維補 強コンクリートの強度の発現過程における曲げ特性につ いての研究がなされている³⁾。

有機繊維単体の混入では鋼繊維を混入した場合に比 べて曲げじん性係数の改善についてその効果は低いが, 鋼繊維と混入することで有機繊維の特徴を生かした,ブ リーディングの低減,プラスティック収縮ひび割れの抑 制やコンクリートの剥落を抑止する効果について検討が なされている⁴。

そこで本研究では,施工性の改善を目的とした高流動 コンクリートを使用し,鋼繊維の一部を有機繊維に置換 し, 複合繊維とした場合の複合繊維補強高流動コンクリートについて, 圧縮強度, 曲げ強度, 曲げタフネス, 引 張軟化曲線について評価を行った。

2.コンクリートの配合および練り混ぜ

2.1 コンクリートの配合

表-1 にコンクリートの配合,表-2 に使用材料を示 す。今回,繊維混入によるスランプロスを考慮し,配合 は高流動仕様とした。

ベースコンクリートとする高流動コンクリートの基本配合は,設計基準強度 60N/mm²として定めたものである。鋼繊維及び有機繊維は外割で混入し,混入量は体積 混入率とした。

2.2 試験ケース

表-1 コンクリートの配合

	,		単位量(kg/m ³)			ART 644 616					
W/P (%)	s/a (%)	水 W	セメント C	混和材 B	細骨材 S	粗骨材 G	增粘材 BP	混和剤 SP	消泡剤 AD	jm和Kritt SF	有 磯 繊維 PP
26.5	60	167	315	315	964	647	0.25	1.15%	10T*	外	割

 $\times 1T = (C+B) \times 0.002\%$

使用材料 種類 規格・主成分 製造者・産地 セメント:C 普通ボルトランドセメント 密度3.16g/cm ³ T社製 混和材:B 高炉スラグ微粉末 密度2.90g/cm ³ T社製 過砂 密度2.58g/cm ³ 千葉県市原市産 細骨材:S 砕砂 密度2.65g/cm ³ 年葉県市原市産 御砂 密度2.65g/cm ³ 東京都青梅市産 単ない 密度2.65g/cm ³ 東京都青梅市産 増粘材:B 多糖類ポリマー - 混和利:SP 高性能減水剤 ボリカルボン酸系 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアハキレングリコール誘導体	表一2 コンクリートの使用材料					
セメント:C 普通ボルトランドセメント 密度3.16g/cm ³ T社製 混和材:B 高炉スラグ微粉末 密度2.90g/cm ³ T社製 過砂 密度2.58g/cm ³ 千葉県市原市産 細骨材:S 碎砂 密度2.64g/cm ³ 東京都青梅市産 一 一 密度2.66g/cm ³ 東京都青梅市産 増粘材:BP 多糖類ボリマー - 混和剤:SP 高性能減水剤 ボリフルボン酸系 B社製 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアルキレングリコール誘導体	使用材料	種類	規格・主成分	製造者・産地		
混和材:B 高炉スラグ微粉末 密度2.90g/cm ³ T社製 細骨材:S 山砂 密度2.58g/cm ³ 千葉県市原市産 細骨材:S 砕砂 密度2.64g/cm ³ 東京都青梅市産 一 一 密砂 密度2.65g/cm ³ 東京都青梅市産 1 一 密砂 密度2.65g/cm ³ 東京都青梅市産 1 1 小砂 密度2.65g/cm ³ 東京都青梅市産 1 1 日 小砂 密度2.65g/cm ³ 東京都青梅市産 1 1 日 小 - - 1 日和村:SP 高性能減水剤 ボリカルボン酸系 B社製 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアハキレングリコール誘導体 -	セメント:C	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm ³	T社製		
山砂 密度2.58g/cm ³ 千葉県市原市産 細骨材:S 砕砂 密度2.64g/cm ³ 東京都青梅市産 砕砂 密度2.65g/cm ³ 埼玉県横瀬町産 租骨材:G 砕石 密度2.66g/cm ³ 埼玉県横瀬町産 増粘材:BP 多糖類ボリマー - 混和剤:SP 高性能減水剤 ポリフルボン酸系 B社製 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアルキレングリコール誘導体 -	混和材:B	高炉スラグ微粉末	密度2.90g/cm ³	T社製		
細骨材:S 砕砂 密度2.64g/cm ³ 東京都青梅市産 砕砂 密度2.65g/cm ³ 埼玉県横瀬町産 粗骨材:G 砕石 密度2.66g/cm ³ 東京都青梅市産 増粘材:BP 多糖類ポリマー - - 混和剤:SP 高性能減水剤 ポリフルボン酸系 B社製 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアルキレングリコール誘導体 -		山砂	密度2.58g/cm ³	千葉県市原市産		
砕砂 密度2.65g/cm ³ 埼玉県横瀬町産 粗骨材:G 砕石 密度2.66g/cm ³ 東京都青梅市産 増粘材:BP 多糖類ボリマー - - 混和剤:SP 高性能減水剤 ボリカルボン酸系 B社製 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアルキレングリコール誘導体 -	細骨材:S	砕砂	密度2.64g/cm ³	東京都青梅市産		
相骨材:G 碎石 密度2.66g/cm ³ 東京都青梅市産 増粘材:BP 多糖類ボリマー - - 混和剤:SP 高性能減水剤 ボリカルボン酸系 B社製 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアルキレングリコール誘導体 -		砕砂	密度2.65g/cm ³	埼玉県横瀬町産		
増粘材:BP 多糖類ボリマー - 混和剤:SP 高性能減水剤 ポリカルボン酸系 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアルキレングリコール誘導体	粗骨材:G	砕石	密度2.66g/cm ³	東京都青梅市産		
混和剤:SP 高性能減水剤 ポリカルボン酸系 B社製 消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアルキレングリコール誘導体	増粘材:BP	多糖類ポリマー	-			
消泡剤:AD 空気量調整剤 ポリアルキレングリコール誘導体	混和剤:SP	高性能減水剤	ポリカルボン酸系	B社製		
	消泡剤:AD	空気量調整剤	ポリアルキレングリコール誘導体			

*1 大	て成建設(株)	技術センター土木技術研究所土木構工法研究室土木構造チーム	工修	(正会員)
------	---------	------------------------------	----	-------

*2 大成建設(株) 技術センター土木技術研究所土木構工法研究室土木構造チーム 博(工) (正会員)

*3 大成建設(株) 技術センター土木技術研究所土木構工法研究室土木材エチーム 工博 (正会員)

*4 大成建設(株) 技術センター土木技術研究所土木構工法研究室土木材エチーム 工修 (正会員)

今回選定した繊維は、鋼繊維 (SF) 1 種類, 有機繊維 はポリプロピレン (PP) 3 種類, ポリエチレン (PE) 1 種類, ポリビニルアルコール (PVA) 1 種類とした。鋼 繊維及び有機繊維を図-1 に, 試験ケースを表-3 に示 す。

2.3 コンクリートの練混ぜおよび供試体の作製

コンクリートは容量 50L の強制 2 軸ミキサーにより 1 バッチ 40L を練り混ぜた。コンクリートの打込み方法は 「JSCE-F552 繊維補強コンクリートの強度及びタフネ ス試験用供試体の作り方」に準拠し、型枠に一層に又は

二層に打設し,詰め木づちもしくはテーブルバイブレー タを用いて締め固めるものとした。

2.4 試験の種類と測定項目

表-4 に練混ぜ時の測定項目を示す。コンシステンシ ーは、スランプフローもしくはスランプとして測定した が、繊維混入により目標値の範囲(スランプフローの場 合 650±50mm)に入らない場合でも配合の調整は行わず、 ワーカビリティーの確認のみを目視で行った。ただし、 空気量は実製作時の蒸気養生時への影響を考慮し、目標 値の範囲 0~2.5%(1.0+1.5、-1.0%)になるように調整を 行った。また、表-5 に強度試験の測定項目および供試 体数量を示す。

曲げタフネス試験方法を図-2 に示す。本試験は載荷 スパンを 300mm とし、アムスラー試験機で荷重制御で 実施した。載荷装置は両支点下にローラーを配置し、水 平方向に可動な構造とした。計測項目は載荷荷重、載荷 点の鉛直変位とした。また、切り欠き曲げ試験方法を図 -3に示す。載荷方法は曲げタフネス試験と同様とした。 計測項目は載荷荷重,切り欠き部の開口変位(CMOD) および載荷点の鉛直変位とした。



図-1 鋼繊維および有機繊維

繊維材料	試験ケース	種別、形状(太さ,長さ)及び組合せ	記号	繊維混入率
	1	スチール Ø0.6×30 フック有り	SF0.5	0.50%
鋼繊維	2	スチール Ø0.6×30 フック有り	SF0.75	0.75%
	3	スチール Ø0.6×30 フック有り	SF1.0	1.00%
	4	ポリプロピレン① <i>φ</i> 18μm×L=10mm	PP①0.5	0.50%
	5	ポリプロピレン② 0.5×0.9×L=48mm	PP(2)0.5	0.50%
	6	ポリプロピレン② 0.5×0.9×L=48mm	PP20.75	0.75%
有機繊維	7	ポリプロピレン② 0.5×0.9×L=48mm	PP(2)1.0	1.00%
	8	ポリプロピレン③ <i>φ</i> 1.0 _m m×L=30mm	PP30.5	0.50%
	9	ポリエチレン ϕ 12 $_{\mu}$ m×L=6mm	PE0.5	0.50%
	10	ポリビニルアルコール φ660μm×30mm	PVA0.5	0.50%
	11	1+4	SF0.5+PP①0.5	0.5%+0.5%
	12	1+5	SF0.5+PP(2)0.5	0.5% + 0.5%
指入继维	13	1+6	SF0.5+PP(2)0.75	0.5% + 0.75%
个发 口 利以不臣	14	1+8	SF0.5+PP(3)0.5	0.5%+1.0%
	15	1+9	SF0.5+PE0.5	0.5%+0.5%
	16	1+10	SF0.5+PVA0.5	0.5%+0.5%

表-3 試験ケース

表一4 測定項目

测空适日	测空士法	目標値
侧足項日	側足力伝	高流動コンクリート
スランフ゜(cm) スランフ゜フロー (mm)	JIS A 1101 JIS A 1150	650 ± 50
空気量(%)	JIS A 1128	1.0+1.5,-1.0
コンクリート温度(℃)	JIS A 1156	—
外気温 (℃)	温度計	

表-5 強度試験項目および供試体数量

測定項目	試験方法	供試体の形状・寸法	数量	目標値
圧縮強度	JSCE-G 551 JIS A 1108	<i>φ</i> 15×30cm	3体	60N/mm ²
曲げタフネス	JSCE-G 552	□10×10×40cm	4体	_
破壊エネルギー	JCI-S-002-2003	□15×15×53cm	4体	_

3. 試験結果

3.1 強度試験結果

各ケースにおける4週材令時の圧縮強度の試験結果を 表-6及び図-4,曲げ強度の試験結果を表-7及び図-5に示す。圧縮強度については,80N/mm²以上と高い強 度を示していた。鋼繊維のみを混入したコンクリートの 圧縮強度は,混入量を増加させてもほとんど変化しなか った。有機繊維を混入した PP①0.5%, PE0.5%,および

F 7	128	++ #4	圧縮強度(N/mm ²)						
<i>7</i> -×	記方	竹名画印	1	2	3	平均			
1	SF05	4週	98.4	95.2	94.7	96.1			
3	SF075	4週	94.0	90.1	88.9	91.0			
2	SF10	4週	98.0	97.3	97.3	97.5			
4	PP①05	4週	86.3	82.6	85.3	84.7			
5	PP(2)05	4週	91.6	92.9	84.9	89.8			
6	PP(2)075	4週	92.0	91.0	93.0	92.0			
7	PP(2)10	4週	91.4	86.1	88.2	88.6			
8	PP(3)05	4週	93.1	93.1	91.3	92.5			
9	PE05	4週	77.9	86.6	81.0	81.8			
10	PVA05	4週	91.5	90.1	91.5	91.0			
11	SF05+PP①05	4週	83.5	82.4	85.8	83.9			
12	SF05+PP(2)05	4週	90.2	88.8	90.0	89.7			
13	SF05+PP2075	4週	85.7	88.7	91.7	88.7			
14	SF05+PP(3)05	4週	91.3	91.2	91.5	91.3			
15	SF05+PE05	4週	86.1	79.7	78.9	81.6			
16	SF05+PVA05	4週	94.1	97.7	95.4	95.7			

表一6 圧縮強度試験結果

表-7 曲げ強度の試験結果

4 7	하므	_{힌무} 방송		曲げ強度(N/mm ²)						
<i>7</i> -×	記方	12 图7	1	2	3	4	平均			
1	SF05	4週	10.0	11.8	11.8	11.0	11.1			
2	SF075	4週	13.2	11.3	12.1	9.3	11.4			
3	SF10	4週	11.6	12.9	13.5	10.2	12.1			
4	PP①05	4週	10.3	10.6	10.6	9.9	10.3			
5	PP(2)05	4週	9.3	8.8	9.1	10.2	9.4			
6	PP(2)075	4週	9.0	9.5	10.5	10.0	9.8			
7	PP(2)10	4週	9.7	9.7	9.2	10.2	9.7			
8	PP(3)05	4週	10.3	11.2	11.0	11.2	10.9			
9	PE05	4週	11.1	10.1	10.2	9.8	10.3			
10	PVA05	4週	10.0	10.6	11.9	11.5	11.0			
11	SF05+PP①05	4週	9.1	11.9	10.2	11.1	10.6			
12	SF05+PP(2)05	4週	9.5	12.1	10.5	11.7	10.9			
13	SF05+PP(2)075	4週	13.3	11.7	12.2	10.5	11.9			
14	SF05+PP(3)05	4週	12.1	9.9	10.6	10.5	10.8			
15	SF05+PE05	4週	10.5	11.4	10.6	11.6	11.0			
16	SF05+PVA05	4週	12.5	13.2	13.4	9.1	12.0			



SF0.5%+PP①0.5%, SF0.5%+ PE0.5%のケースは鋼繊維の みを混入したコンクリートと比較して圧縮強度は若干低 下する傾向にあった。その他のケースについては有意な 差は確認されなかった。曲げ強度について鋼繊維単体の みを混入した場合を比較すると, 混入量の増加とともに 曲げ強度も上がる傾向が確認された。曲げ強度は全体で 10~12N/mm²の範囲であり有意な差は確認されなかった。 曲げ強度の試験結果について, 同一の圧縮強度とした



場合の無筋コンクリートの曲げ強度を以下に示す内田ら の曲げ強度の推定式⁵で計算し比較を行った。

$$f_b/f_t = 1 + 1/0.85 + 4.5(d/l_{ch})$$
(1)
; $(d/l_{ch}) \ge 0.1$

ここで, d:部材高さ(m), l_{ch}:特性長さ(m)=G_F·Ec/f²_{tk},

G_F:破壊エネルギー, **Ec**: ヤング係数, f_{**k**}: 引張強度の特 性値である。

試験結果と計算結果の比較を図-6 に示す。試験結果 は若干高めにはなっているものの計算結果とほぼ同程度 となっているので、今回の仕様の範囲では繊維混入量が 低いので曲げ強度に対する寄与は小さかった。

3.2 曲げタフネス

曲げタフネス試験結果について,荷重-鉛直変位関係







図-7 荷重-鉛直変位関係①

衣_0	囲り	しん注除致
		II - Xi

中ににくたるも

5-7	위무	七十曲公	曲りしん注係数(11/1111)					
<i>ŋ</i> = ∧	記方	作生用印	1	2	3	4	平均	
1	SF05	4週	5.6	7.6	7.1	6.6	6.7	
2	SF075	4週	10.1	8.5	8.6	5.9	8.3	
3	SF10	4週	8.2	10.6	10.0	7.4	9.0	
4	PP①05	4週	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
5	PP205	4週	5.8	5.5	5.0	6.5	5.7	
6	PP2075	4週	5.3	7.5	8.3	7.8	7.2	
7	PP2210	4週	8.6	6.7	7.2	8.0	7.6	
8	PP305	4週	3.4	3.8	3.3	3.9	3.6	
9	PE05	4週	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	
10	PVA05	4週	3.6	3.2	4.0	3.7	3.6	
11	SF05+PP①05	4週	4.0	8.2	6.7	6.9	6.4	
12	SF05+PP205	4週	8.3	9.6	8.8	10.0	9.2	
13	SF05+PP(2)075	4週	12.1	10.4	10.7	9.2	10.6	
14	SF05+PP305	4週	7.4	5.5	6.3	6.8	6.5	
15	SF05+PE05	4週	6.1	8.0	7.8	9.4	7.8	
16	SF05+PVA05	4週	9.1	9.9	8.5	6.6	8.6	

を図-7 及び図-8 に示す。試験結果は荷重-鉛直変位 関係の4本の試験結果の平均曲線で示す。

ここで, PP①0.5%および PE0.5%については最大荷重 時に脆性的な破壊をしていたのでグラフは省略した。

鋼繊維単体で混入量を増加させていくと荷重も増加し ていた。有機繊維単体で PP②については混入量を 0.5% から 0.75%に増加させると荷重一鉛直変位関係の上昇が 見られたが, 0.75%と 1.0%を比較するとほとんど変化が 見られなかったが, 個々の供試体のバラツキの影響も考 えられた。また, PP②の曲線は第2ピークを有していた。 荷重一鉛直変位関係から算出した曲げじん性係数を表-8及び図-9に示す。

ここで,曲げじん性係数は,載荷点のたわみがスパン Lの1/150 (2.0mm)となるまでの荷重-たわみ曲線下の 面積 (Tb)を計測し,次式で計算した

 $\overline{f_b} = (T_b/\delta_{tb}) \cdot (l/bh^2) \quad (2)$

ここに,	$\frac{\overline{f_b}}{T_b}$:曲げじん性係数 (N/mm ²) :荷重-たわみ曲線下の面積 (N·mm)
	δ_{tb}	: スパンの 1/150 のたわみ (mm)
	l	: スパン (mm)
	l	: スパン (mm)
	b	:破壊断面の幅(mm)
	h	:破壊断面の高さ(mm)





図-9より鋼繊維と有機繊維を混入した場合,繊維混 入総量が 1.0%のケースについて SF1.0%と比較すると, 曲げじん性係数は, SF0.5%+PP①0.5%, SF0.5%+PP③0.5%, と低下するケースもあったが, SF0.5%+PP②0.5%, SF0.5%+PVA0.5%は同等であった。

3.3 切欠き曲げ試験

切欠き曲げ試験結果について,荷重-開口変位関係を 図-10に示す。試験結果は荷重-開口変位関係の4本の 試験結果の平均曲線で示す。

図-10より SF1.0%が一番良好な結果を示していた。 改善効果は SF0.5%から SF0.75%と SF0.75%から SF1.0% とほぼ同等であった。SF0.5%+PP②0.5%と SF0.5%+PP② 0.75%を混入した荷重一開口変位曲線は、繊維混入率の 増加にも関わらず改善効果はわずかであった。ただし、 曲げじん性係数を比較すると一定の改善効果が見られる ことから、試験結果のバラツキの影響の可能性も考えら れる。鋼繊維と有機繊維を混入する場合には最適な有機 繊維の混入率が存在する可能性も考えられる。

3.4 引張軟化特性

切り欠き曲げ試験より得られた荷重-開口変位曲線を, 供試体中央に仮想ひび割れモデルを組み込んだ多直線近 似解析法により逆解析し,繊維補強コンクリートの引張 軟化曲線を求めた。なお,逆解析にあたっては,JCI に て公開されているプログラムを使用した。

各ケースごとに個々に得られた引張軟化曲線4本を平 均して求めた平均軟化曲線を図-11 および図-12 に示 す。ここで, PP③0.5%単体の結果については,荷重-開 口変位曲線が最大荷重で脆性的に低下していたため,逆 解析結果が正確に得ることができなかったので結果は省 略する。

図-11 より,鋼繊維単独の場合は,開口幅が 1.0mm 以下の小さい範囲で繊維の架橋効果が大きい傾向である のに対して,有機繊維単独の場合はひび割れ発生直後に は応力の低下が急激に生じるものの,開口幅が 1.0mm 以



上の比較的大きな範囲で架橋効果により応力が回復し, 持続している。

図-12 は繊維を複合した結果であり、SF0.5%+PP② 0.5%,SF0.5%+PP②0.75%の繊維を複合したケースでは SF0.75%程度の性能が確保されることが確認できた。ま た,合計量が同じ SF1.0%と比較して、開口幅が 1.0mm 以下の小さい範囲では鋼繊維よりも下回る傾向であるの に対して、開口幅が 1.0mm 以上の範囲では SF1.0%の性 能を上回っている。このように、個々の繊維の特性を生 かすよう合理的に組み合わせることで要求性能に応じた 適切な引張軟化曲線を得ることができる可能性が示され た。

3.5 繊維の複合効果

既往の研究^のでは、モルタルに鋼繊維およびポリエチ レン繊維を単体で 1.5%、鋼繊維とポリエチレン繊維を 1.5% ずつ混入した複合繊維を用いた切り欠き曲げ試験 を行っている。そして、荷重-開口変位曲線について、 各繊維単体のケースの結果をそれぞれ足し合わせた荷重 -開口変位曲線と、両繊維を複合した場合の結果の比較 より、繊維を複合した方が高いじん性を示すことが示め







図-12 引張軟化曲線②



図-13 繊維の複合効果:引張軟化曲線

されている。

そこで,SF0.5%+PP②0.5%,SF0.5%+PP②0.75%および SF0.5%+PVA0.5%のケースを対象に,切り欠き曲げ試験 結果の逆解析より算定した引張軟化曲線について,繊維 の複合効果の検討を行った結果を図-13に示す。

足し合せた場合の平均曲線の算定は,まず各繊維単体 のケースについて引張軟化曲線を単純に足し合わせた平 均曲線を求め,その結果からコンクリート単体の引張軟 化曲線を取り除くことにより行った。

図-13より,多少の増減は見られるものの,複合繊維 の引張軟化曲線は、単体の結果を足し合わせた曲線と同 等の性状を示していた。

これより,繊維を複合したケースについては,単体の 結果を足し算した結果と比較して顕著な繊維の複合効果 は確認されなかったが,有機繊維の種類及び混入量を選 定すれば同等程度の性状を示すことが確認された。

4.まとめ

本研究により得られた知見を以下にまとめる。 1) 圧縮強度は有機繊維の混入により若干の低下するケー スもあった。曲げ強度については、全体で10~12N/mm² の範囲であり有意な差は確認されなかった。

2)曲げ強度について、内田らの無筋コンクリートの曲げ 強度の推定式と比較をおこなったところ、試験結果は若 干高めにはなっているものの計算結果とほぼ同程度とな っており、今回の仕様の範囲(繊維混入量の合計が0.5% ~1.25%)では繊維混入量が低いので曲げ強度に対する 寄与は小さいものと考えられた。

3)鋼繊維混入量の増加により曲げじん性係数は増加する 傾向にあった。有機繊維と混合した場合,有機繊維の種 類と混入量を選定すれば,混入量を同じとした鋼繊維単 体と同程度まで曲げじん性係数が増大することが確認さ れた。 4)鋼繊維と有機繊維の引張軟化特性は異なるが、個々の 繊維の特性を生かすよう合理的に組み合わせることで、 要求性能に応じた適切な引張軟化曲線を得ることが出来 る可能性が示された。

5) 引張軟化曲線の繊維の複合効果については,単体の特 性を足し合せた結果と比較して顕著な繊維の複合効果は 確認されなかったが,有機繊維の種類及び混入量を選定 すれば同等程度の性状を示すことが確認された。

参考文献

- 三桶 達夫,丸屋 剛,村田 裕志,西田 与志雄:鋼繊 維補強コンクリートを用いた実大セグメントの構造 実験および解析,コンクリート工学年次論文報告集, Vol.31, No.2, pp.1261-1266, 2009.
- 2) 田村和也,大沼博志,出雲健司,勝俣真:ビニロン繊 維補強高強度コンクリートの曲げ特性について,土木 学会第57回年次学術講演概要集,pp.1013-1014,2002.9
- 3) 下橋英明,田中斉,岩城圭介,斉藤信幸,矢島哲司: 異種繊維を混成した繊維補強吹付けコンクリートに 関する基礎実験,土木学会第53回年次学術講演概要 集,pp.930-931,1998.9
- 4) 王 欣,小野定,鮎田耕一,石川達朗:ポリプロピレン短繊維を使用したコンクリートの基礎性情に関する検討,土木学会第 57 回年次学術講演概要集, pp.781-782, 2002.9
- 内田裕市, 六郷恵哲, 小柳洽, コンクリートの曲げ強度の寸法効果に関する破壊力学的特性, 土木学会論文集, No.422, V-16, pp.101-107, 1992.
- 6) Atsushi Kawamata,Hirozo Mihashi and Hiroshi Fukuyama; Properties of Hybrid Fiber Reinforced Cement-based Composites, Advanced Concrete Technology, JCI, Vol.1, No.3, pp.283-290, 2003