

繊維補強コンクリートの裏面剥離特性に及ぼす混入繊維の影響

正会員 ○ 金 弘燮*¹ 正会員 金 圭庸*²
正会員 南 正樹*³ 正会員 篠原 保二*⁴
正会員 李 侑暻*¹ 会員外 韓 相侏*¹
会員外 金 正鉉*¹ 正会員 金 武漢*²

非晶質鋼繊維 フック型鋼繊維 ポリアミド繊維
引抜特性 曲げ特性 裏面剥離特性

1. はじめに

高速飛翔体の衝突を受けるコンクリートは圧縮ひずみによる表面の破壊に比べて曲げ引張ひずみによる裏面剥離の損傷が大きくなる。最近、コンクリートの裏面剥離を抑制するために、曲げ引張性能を向上させた繊維補強コンクリートの耐衝撃性能に対する研究が報告されている¹⁾。また、著者らは、曲げ引張性能と共に繊維の同一体積混入率での混入本数の増加による繊維とマトリックスの付着比表面積の増加がコンクリートの耐衝撃性能に及ぼす影響について検討した²⁾。コンクリートの耐衝撃性能は混入繊維の種類、混入本数、繊維補強コンクリートの力学特性と共に、繊維とマトリックスの付着効率の検討が必要となる。そこで、本研究では繊維の形状及び物性が異なるコンクリート補強用の非晶質鋼繊維、フック型鋼繊維及びポリアミド繊維を用いて、繊維補強コンクリートの曲げ特性、引抜特性及び混入本数が繊維補強コンクリートの裏面剥離特性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

図-1と表-1に繊維の形状と物理的性質を示す。繊維



図-1 繊維の形状

表-1 繊維の物理的性質

繊維種類	長さ (mm)	直径 (mm)	幅 (mm)	厚さ (um)	密度 (g/cm ³)	引張強度 (MPa)
AF	30	-	1.6	29	7.20	1,400
SF	30	0.5	-	-	7.80	1,140
PA	30	0.5	-	-	1.14	594

表-2 使用材料の物理的性質

種類	物理的性質
セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度:3.15g/cm ³ , 粉末度:3,200cm ² /g
フライアッシュ(FA)	Ⅱ種, 密度:2.20g/cm ³ , 粉末度:3,000cm ² /g
細骨材(S)	(江砂)密度:2.61g/cm ³ , 吸水率:0.81%
粗骨材(G)	(碎石)最大寸法:20mm, 密度:2.63g/cm ³ 吸水率:0.76%

補強コンクリートの裏面剥離特性に及ぼす混入繊維の影響を検討するために、繊維の形状及び物性が異なる 3 種類の繊維を用いた。また、表-2 及び表-3 に使用材料の物理的性質とコンクリートの調合を示す。W/B は 0.4 とし、繊維混入率は 0.5 及び 0.75vol.%と設定した。なお、全ての試験体はスランプ 150±30mm を目標に調合し、材齢 28 日まで 20±3℃で水中養生した後、曲げ特性、引抜特性及び裏面剥離特性を評価した。

繊維の引抜試験はモルタルベースに繊維を 15mm 埋めて、繊維がモルタルから引抜される応力と変位を測定した。また、曲げ試験は KS F 2408「コンクリート曲げ強度試験方法」に準じて□100×100×400mm 寸法の試験体を用いて 4 点載荷を行なった。一方、高速衝撃試験の場合は□100×100×30mm 寸法の試験体に直径 10mm(質量 4.07g)の鋼球を約 350m/s で高速衝突させた。図-2 にガス圧力式の高速飛翔体衝撃試験装置の模式図を示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 繊維引抜特性と繊維補強コンクリートの曲げ特性

図-3 に繊維の引抜試験結果を示す。フック型鋼繊維や

表-3 コンクリートの調合

調合名	繊維種類	繊維混入率 (vol.%)	W/B (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	FA	S	G
Plain	無し	0.00	40	180	405	45	888	758
AF0.50	AF	0.50		180	405	45	888	758
AF0.75		0.75		180	405	45	888	758
SF0.50	SF	0.50		180	405	45	888	758
SF0.75		0.75		180	405	45	888	758
PA0.50	PA	0.50		163	326	82	749	938
PA0.75		0.75		188	376	94	865	733

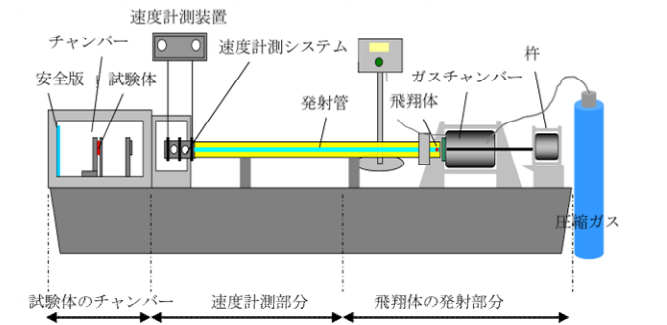


図-2 高速衝撃試験装置の模式図

Influence of reinforcing fiber on the rear side scabbing of fiber reinforced concrete KIM Hong-Seop, KIM Gyu-Yong, NAM Jeong-Soo
SHINOHARA Yasuji, LEE Bo-Kyeong, HAN Sang-Hyu
KIM Jung-Hyun, KIM Moo-Han

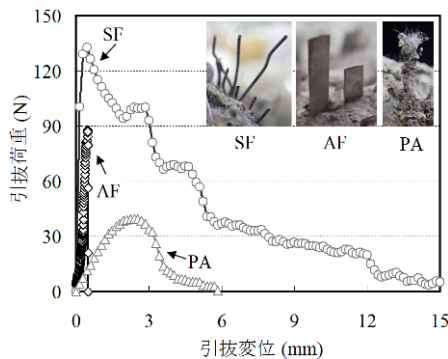


図-3 繊維の引抜特性

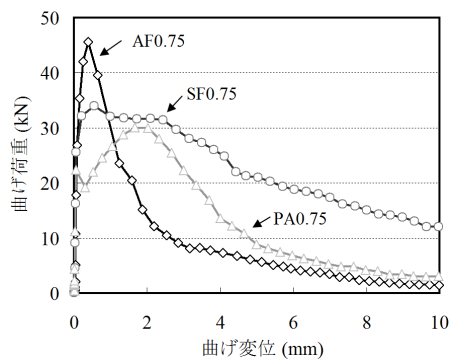


図-4 曲げ荷重－変位関係

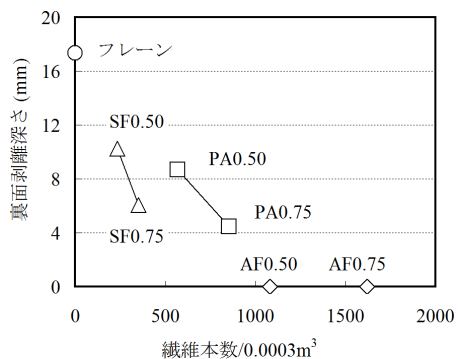


図-6 繊維本数による裏面剥離深さ

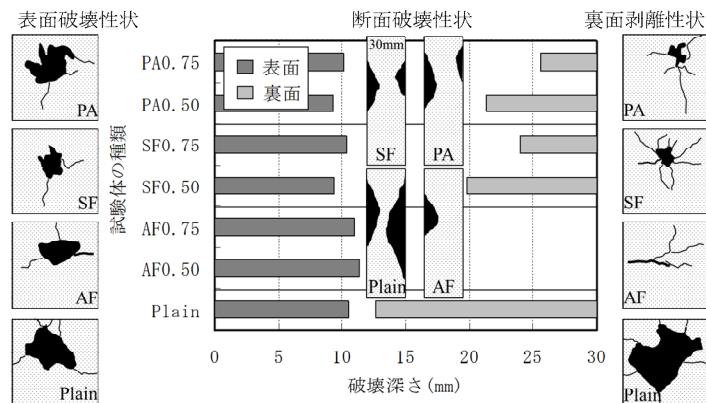


図-5 高速飛翔体の衝突による試験体の破壊性状

非晶質鋼繊維の場合、約 0.5mm の変位で最大引抜荷重が示した。フック型鋼繊維の場合、最大荷重後、引抜荷重は段階的に低下し、繊維がマトリックスから引抜される現象が観察された。

非晶質鋼繊維はマトリックスから抜けなかったが、薄板型の形状であり繊維がせん断破壊される傾向が見られた。また、ポリアミド繊維の場合は引抜荷重が鋼繊維より小さく、最大引抜荷重までの変位は約 2.5mm を示した。繊維はマトリックスから抜けず切断された。これらの結果から、繊維の種類と形状はマトリックスとの付着に影響を及ぼすと考えられる。

図-4 に曲げ荷重－変位関係を示す。非晶質鋼繊維補強コンクリートは曲げ強度は最も大きい、最大荷重後、急激に応力が低下する傾向が見られた。また、フック型鋼繊維補強コンクリート及びポリアミド繊維補強コンクリートの場合は、非晶質鋼繊維補強コンクリートより最大曲げ荷重が約 10kN 程度小さかったが、最大荷重後の応力低下は緩やかであった。

3.2 裏面剥離特性

図-5 に高速飛翔体の衝突による試験体の破壊性状を示す。繊維無補強コンクリート(Plain)は大きく裏面剥離が発生したが、繊維補強コンクリートの場合は裏面剥離深さと面積が大幅に小さくなった。これらは、混入繊維によ

るコンクリート試験体の曲げ強度の向上が裏面剥離特性に影響を及ぼすと考えられる。なお、繊維補強コンクリート試験体の裏面剥離特性において、ポリアミド繊維補強コンクリート及びフック型鋼繊維補強コンクリートは約 8~10mm の裏面剥離深さが見られたが、非晶質鋼繊維補強コンクリートの場合は、裏面剥離が発生しなかった。図-6 に混入繊維本数と裏面剥離深さの相関性を示す。同じ体積混入率の場合は混入繊維本数が多いほど、裏面剥離深さが低減されることが分かった。特に、非晶質鋼繊維補強コンクリートは混入繊維本数が多くなると共に、引抜特性において繊維とコンクリートマトリックスの付着効率も高くなるため、裏面剥離の抑制に最も有効であると考えられる。本研究によって繊維補強コンクリートの裏面剥離特性に及ぼす混入繊維の引抜性状及び本数の影響が明らかになった。

4. まとめ

- 1) 繊維補強コンクリートの高い曲げ性能及び混入繊維の本数の増加は、高速衝突による裏面剥離の抑制に有効であることを確認した。
- 2) 高速衝突によるコンクリートの表面から伝達される衝撃波の抑制効果は、混入繊維の形状及び物性に依存すると判断される。

謝辞

本研究は韓国国土交通省建設技術研究事業(防護・防爆用高性能繊維補強セメント複合材料及び性能評価技術開発)の研究費支援によって遂行した。

参考文献

- 1) Tarek H. Almusallam, Nadeem A. Siddiqui, Rizwan A. Iqbal, Husain Abbas, "Response of hybrid-fiber reinforced concrete slabs to hard projectile Impact", International Journal of Impact Engineering, vol.58, 2013, pp.17~30
- 2) 南正樹, 金圭庸, 金弘燮, 田重圭, 俞在哲, 宮内博之, 金武漢, 濱幸雄, "ポリアミド繊維補強コンクリートの力学特性及び耐衝撃性", 日本建築学会大会術講演梗概集, 2013, pp. 687~688

*1 大韓民国 忠南大学校 建築工学科 大学院生

*2 大韓民国 忠南大学校 建築学部 教授・工博

*3 東京工業大学 建築物理研究センター 研究員・工博

*4 東京工業大学 建築物理研究センター准教授・工博

*1 Graduate Student, Dept. of Archi. Eng., Chungnam National Univ., Korea

*2 Prof., Dept. of Archi. Eng., Chungnam National Univ., Korea

*3 Researcher, Tokyo Institute of Technology

*4 Associate Prof., SERC., Tokyo Institute of Technology