

高流動鋼繊維補強コンクリートの配合設計に関する研究

名古屋工業大学 正会員 上原 匠 学生員 堀田新之介
 正会員 糸山 豊 正会員 平原 英樹
 正会員 梅原 秀哲

1. はじめに

繊維補強コンクリートは、普通コンクリートに比べ施工性が劣るため、一般には利用しにくい構造材料である。その改善策として高流動化が試みられているが、合理的な配合設計手法は確立されていないのが現状である。そこで本研究では、高流動コンクリートの粗骨材の一部を鋼繊維で置換することによる高流動鋼繊維補強コンクリートの配合設計手法を提案するとともに、その有効性について実験を基に検討した。

2. 配合設計手法

繊維の混入により、流動性に寄与すべきモルタルが繊維に付着するため、所定のコンシステンシーの確保が困難となる。そこで、高流動コンクリート(ベースコンクリート)を基本配合に、粗骨材の一部を鋼繊維で置換することにより所定のコンシステンシーを有する高流動鋼繊維補強コンクリートの製造を試みた。すなわち、粗骨材に付着するモルタル量と鋼繊維に付着するモルタル量とが等しくなるように配合を算定する。図-1に配合設計手法の概念を示す。鋼繊維の混入容積 V_F と粗骨材の置換容積 V_G との関係は、鋼繊維を円柱形(半径 r_F)、粗骨材を球形(半径 r_G)としてモデル化することで、以下の関係式(1)で表される。

$$V_G = \frac{2r_G}{3r_F} V_F \quad (1)$$

粗骨材の置換容積は鋼繊維の混入容積に比べ絶対的に大きいので、置換後の全体の容積は 1 m^3 を下回る。そこで、全体の容積を 1 m^3 に修正するために、置換後の各材料を等比増量する必要がある。しかしその結果、単位水量がベースコンクリートの値より増大してしまう。単位水量の増加は構造物の耐久性の観点から望ましくなく、また配合条件を満たしていないことにもなる。そこで本研究では、修正手段として細骨材の増量で対応する簡易的な配合設計手法を採用した。以上の過程から得られた粗骨材ならびに細骨材の単位量を基に、高性能AE減水剤(以下SPと略)の添加率を決定することで、所定のコンシステンシーを有する高流動鋼繊維補強コンクリートの配合が算定される。今回提案する配合設計手法では、単位粗骨材容積がベースコンクリートに比べて約 $0.10\text{ m}^3/\text{m}^3$ 程度減少することとなる。

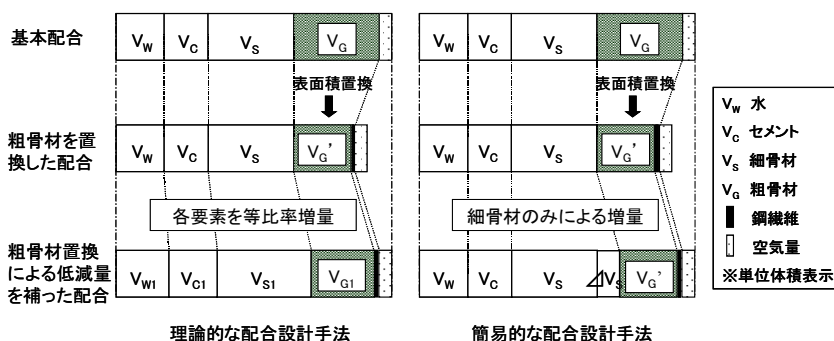


図-1 配合設計手法の概念

表-1 使用材料

材料	種類(主成分等)
鋼繊維	両端フック付き結束型
セメント	早強ポルトランドセメント(密度: 3.13 g/cm^3)
細骨材	山砂(密度: 2.56 g/cm^3)
粗骨材	碎石(密度: 2.69 g/cm^3 、最大寸法15mm)
混和剤	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)
	AE助剤(樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤)

キーワード 鋼繊維, 配合設計, 高流動コンクリート

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 TEL 052-735-5493 FAX 052-735-5503

3. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。鋼繊維は両端フック付結束型、繊維長 30mm、換算直径 0.6mm を使用した。実験 1 では配合設計手法の妥当性の確認を目的に、ベースコンクリート、理論的

配合、簡易的配合を対象に実験を行い検討した。鋼繊維の混入率は 1 % とし、理論的配合でも等比増量の結果が 1 % となるように配合を決定した。配合を表-2 に示す。式(1)から得られた鋼繊維混入率 1 % に対する粗骨材の置換率は約 36% である。所定のコンシステンシーを得るための目標スランプフローは 650mm に設定した。なお、ベースコンクリートの示方配合は、単位水量 175kg/m³、水セメント比 35%、単位粗骨材容積 0.31m³/m³ である。実験 2 では鋼繊維の混入率に着目し、鋼繊維混入率 1.25、1.5% に対して、簡易的配合の有効性について同様に実験を行った。

表－2 配合表

		鋼繊維混入率 (%)	単位粗骨材容積 (m ³ /m ³)	高性能AE減水剤SP (C×%)	単位量 (kg/m ³)				
					SF	W	C	S	G
実験 1	BASE	0	0.310	1.4	0	175	500	794	834
	理論的	1.00	0.230		78	193	551	874	619
	簡易的(1)	1.00	0.199	2.1		175	500	1078	535
実験 2	簡易的(2)	1.25	0.171	4.0	98	175	500	1150	460
	簡易的(3)	1.50	0.143	3.5	118	175	500	1221	386

表－3 実験結果

		スランプフロー (mm)	500mm フロー (s)	最終フロー (s)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
実験 1	BASE	675×670	9	63	5.5	63.1	3.45×10 ⁴
	理論的	620×570	11	48	5.8	70.2	3.63×10 ⁴
	簡易的(1)	680×660	9	75	7.6	64.2	3.44×10 ⁴
実験 2	簡易的(2)	635×600	28	158	6.0	65.4	3.28×10 ⁴
	簡易的(3)	525×510	60	145	6.6	67.5	3.69×10 ⁴

4. 実験結果および考察

(1) 配合設計手法 (実験 1)

表-3 に実験結果を示す。理論的配合では BASE と比べスランプフローは低い値を示した。この原因としては、表面に付着するモルタル量が粗骨材と鋼繊維の寸法に影響を受けることが挙げられる。しかし、理論的な配合でのフレッシュコンクリートの性状は、十分満足できるものと判断される。簡易的な手法では、BASE に比べ単位粗骨材量が約 300kg/m³ 減、単位細骨材量が約 200kg/m³ 増となることから、混和剤による調整を行った。その結果、1 % の混入量に対してはコンクリートのフレッシュ性状はベースと同等のものが得られ、混和剤による調整により、簡易的な手法の有効性が明らかとなった。硬化コンクリートに関しては、圧縮強度および弾性係数に差が見られるが、これは単位セメント量の影響のためと考えられ、単位粗骨材量の減少と強度特性との間に有意な関係は見られなかった。

(2) 鋼繊維混入率 (実験 2)

表-3 に実験結果を示す。実験 2 では、繊維混入率 1.25% ではスランプフロー 615mm、1.5% では 520mm 程度であり、どちらも目標スランプフローには達しなかった。繊維混入率が増大するほど SP 添加率の調整によるコンシステンシーの改善は困難になると考えられる。したがって、鋼繊維の混入が多くなる場合には、フライアッシュ等混和材料の利用による流動性の向上が必要と言えよう。

5. まとめ

本研究では、粗骨材の一部を鋼繊維で置換する観点から、鋼繊維の表面積に着目した理論的な配合設計手法を提案するとともに、実用可能である簡易的な配合設計手法を提示した。簡易的な配合設計手法の有効性を実験を基に検討した結果を以下に示す。

- (1) 繊維混入率 1 % においては、簡易的な配合設計手法は有効であった。
- (2) 繊維混入率 1.25 および 1.5% の配合に対しては、所定のコンシステンシーの確保は困難であった。この解決には、混和材の併用が挙げられる。
- (3) 粗骨材量の低減が強度特性に与える影響は見られなかった。