

V-458

高い鋼繊維混入率を有するモルタルの基礎的性状

清水建設技術研究所 正会員 塩屋俊幸
 清水建設技術研究所 正会員 栗田守朗
 清水建設技術研究所 正会員 林 秀彦

1. はじめに

本報告は、鋼繊維の混入率を高めた鋼繊維補強モルタルの基本的特性を把握するために実施した実験の結果をまとめたものである。なお、鋼繊維の混入率を高めたモルタルをプレキャストコンクリートの継手部に適用し、その耐久実験も実施している [1]。

2. 実験概要

2.1 試験の種類

試験は、鋼繊維混入率を3、6、9%の3水準、細骨材の種類をデンマーク産と日本産の2水準とし、鋼繊維混入率6%の配合のみ日本産の細骨材を使用した。試験の組合せを表-1に示す。

2.2 使用材料

結合材は、粒径が0.5~100 μm の範囲の白色セメント（比重：3.15）と50 $\text{\AA}$ ~0.5 μm の超微粒子であるマイクロシリカ（比重：2.25）から構成されており、マイクロシリカは結合材量の20~25%（重量比）を占めている。また、セメント粒子の分散性を高めるために粉体の高性能減水剤（ナフタリン系）がブレミックスされている。この結合材を使用することにより、非常に緻密なセメント硬化体となるため、130~400N/mm²の超高強度のモルタルを製造することができる [2]。デンマーク産細骨材（DSと呼ぶ）は石英質の細骨材であり、粒度の異なる3種類の細骨材を所定の割合で混ぜて使用した。粒度は、0~0.25mm（Sand 1：比重2.64、吸水率0.21）、0.25mm~1mm（Sand 2：比重2.64、吸水率0.23）、1mm~4mm（Sand 3：比重2.62、吸水率0.71）の範囲にそれぞれある。日本産の細骨材は浜岡産の陸砂（比重：2.59、吸水率：1.63%、粗粒率：2.80）である。使用した鋼繊維は直径0.4mmで長さ12mmの真直ぐな鋼繊維（引張強さ1350N/mm²）である。練混ぜ水は水道水を用いた。

表-1 試験の組合せ

鋼繊維 混入率 (%)	細骨材の種類	
	デンマーク産	日本産
3	○	
6	○	○
9	○	

2.3 練混ぜ方法

パン型の強制練りミキサ（50L）を用い、約25Lのモルタルを製造した。練混ぜ方法は、結合材および細骨材を投入し90秒間練り混ぜ（空練り）、水を投入後5分間練り混ぜ、鋼繊維を30秒間で投入し、その後2分間練り混ぜを行った。練混ぜ時間は合計9分間である。

2.4 試験方法

スランブ試験はJIS A 1101により行なった。圧縮強度試験は直径100mm、長さ200mmの円柱供試体によりJIS A 1108に準じて試験を行なった。曲げ引張強度・曲げじん性試験は100×100×400mmの角柱供試体によりJSCE-G 552に準じて実施した。

2.5 配合

試験に供した配合（約25L）を表-2に示す。なお、配合の記号は・DS 3：デンマーク産細骨材使用、鋼繊維混入率3%・DS 6：デンマーク産細骨材使用、鋼繊維混入率6%・DS 9：デンマーク産細骨材使用、鋼繊維混入率9%・JS 6：技研細骨材使用、鋼繊維混入率6%である。また、W/B：水結合材比、S/B：砂結合材比を示す。

3. 鋼繊維混入率がモルタルの性状に及ぼす影響

3.1 フレッシュな性状

鋼繊維混入率とスランブの関係を図-1に示す。鋼繊維混入率が増加するに従いスランブは小さくなり、混入率が3%の場合は、スランブが24cmで

表-2 配合

	Mix proportions (kg/25L)			
	DS-3	DS-6	DS-9	JS-6
W/B	0.152	0.16	0.168	0.16
S/B	1.376	1.288	1.2	1.288
Binder	25	25	25	25
Sand 1 (0-0.25mm)	4.5	4.5	4.5	-
Sand 2	9.2	9.2	9.2	-
Sand 3	20.7	18.5	16.3	-
(Sand)	[34.4]	[32.2]	[30.0]	[32.2]
Water	3.8	4.0	4.2	4
Fibers	6.4	12.95	19.35	12.95

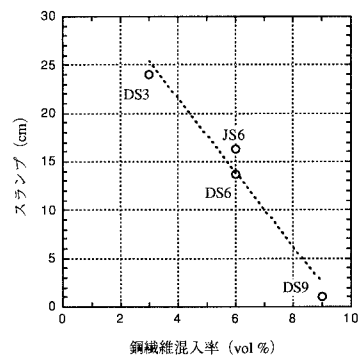


図-1 鋼繊維混入率とスランブの関係

材料分離がなく流動性に優れた性状を有していた。一方、混入率9%ではほとんどスランプしない結果となった。鋼繊維の混入率が高くなるにしたがい、鋼繊維に拘束されるペースト量が多くなり、流動性に寄与するペーストが少なくなるによりスランプが小さくなるものと考えられる。すなわち、鋼繊維混入率の増加がコンシステンシーに大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。目視観察の印象ではあるが、施工性に適した鋼繊維混入率は6%以下が適当であろうと考えられる。なお、全ての配合においてブリーディングは認められなかった。細骨材として日本産細骨材を用いた配合（JS6）のスランプは16.3cmであり、デンマーク産細骨材を用いた配合（DS6）より若干スランプが大きくなった。

3.2 硬化後の性状

鋼繊維混入率と圧縮強度との関係を図-2に示す。鋼繊維混入率の増加は圧縮強度に顕著な影響は及ぼしていないと考えられる。材齢7日で約100N/mm²、材齢28日で約130N/mm²の圧縮強度が得られた。材齢7日から28日の強度増加は約30%であった。図-3に鋼繊維混入率とヤング係数（材齢28日）の関係を示す。ヤング係数は4.6~5.0N/mm²である。細骨材として日本産細骨材を用いた配合（JS6）の圧縮強度は125N/mm²であり、デンマーク産細骨材を用いた配合（DS6）とほぼ同じであった。しかし、ヤング係数は若干小さいようであった。

鋼繊維混入率と材齢28日のモルタル供試体の単位容積質量の関係を図-4に示す。鋼繊維混入率が増加するにしたがい単位容積質量は増加し、鋼繊維混入率3%で約2.6t/m³、6%で約2.75t/m³、9%で約2.9t/m³であった。

曲げ特性を図-5に示す。鋼繊維混入率の増加に伴い曲げ特性は向上する傾向が認められる。曲げ引張強度は鋼繊維混入率3%で約18N/mm²、6%および9%で20N/mm²以上得られている。一般に使用されている1%程度の鋼繊維混入率のSFRCの曲げ引張強度は、5~8N/mm²であり、本実験の結果は既往の実績の3倍以上の曲げ引張強度を有していることが分かる。一方、曲げじん性係数も鋼繊維混入率の増加にともない増加し、鋼繊維混入率3%で約12N/mm²、9%で約17N/mm²であった。細骨材として日本産細骨材を用いた配合（JS6）の曲げ引張強度は22.3N/mm²であり、デンマーク産細骨材を用いた配合（DS6）とほぼ同じであった。

4. まとめ

鋼繊維の混入率が高い鋼繊維補強高強度モルタルを製造し、その基本的な特性を把握する試験を実施した。その結果をまとめると以下のようである。（1）フレッシュなモルタルのコンシステンシーは鋼繊維混入率に大きく影響を受け、鋼繊維混入率3%のスランプは24cmであるが、鋼繊維混入率9%ではスランプがほぼゼロとなった。また、いずれの配合においてもブリーディングは認められなかった。なお、施工性を考慮すると、鋼繊維混入率は6%以下が適当であると考えられる。（2）圧縮強度は、材齢7日で約100N/mm²、材齢28日で約130N/mm²であった。また、鋼繊維混入率の増加は圧縮強度に顕著な影響を及ぼしていないと考えられる。（3）曲げ特性（曲げ引張強度、曲げじん性係数）は鋼繊維混入率の増加にともない改善される。材齢28日の曲げ強度は15~22N/mm²であり、従来の鋼繊維補強コンクリート（鋼繊維混入率1%程度）の曲げ強度を大きく上回っている。

【参考文献】

- [1] 塩屋、栗田、別所、辻：鋼繊維補強高強度モルタル，H形鋼を用いたプレキャストコンクリート継手、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 19、No.2、pp.1305-1310、1997
- [2] Beche, H.H. : Densified Cement/Ultrafine Particle-Based Materials, Presented at Second International Conference on Superplasticizers in Concrete, June 1981, Ottawa, Canada

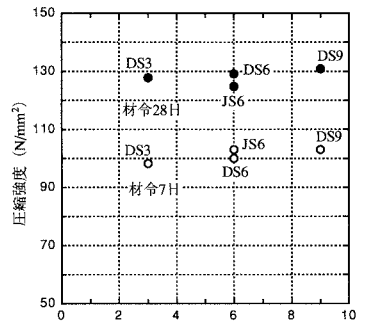


図-2 鋼繊維混入率と圧縮強度の関係

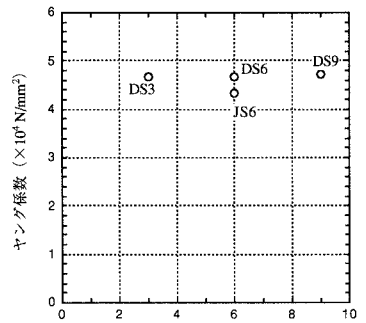


図-3 鋼繊維混入率とヤング係数の関係

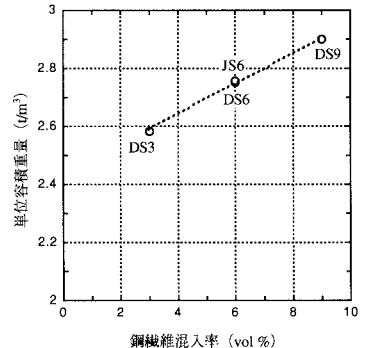


図-4 鋼繊維混入率と単位容積質量の関係

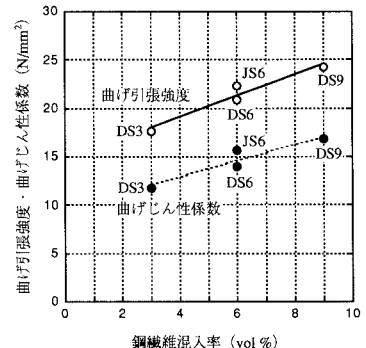


図-5 鋼繊維混入率と曲げ特性の関係