

鋼繊維補強吹付けコンクリートの最適配合選定方法について

(株)エヌエムビー 中央研究所 正会員 清水 哲史
 東急建設(株) 技術研究所 正会員 伊藤 正憲
 飛鳥建設(株) 技術研究所 正会員 田中 斉

東京大学 国際・産学共同研究センター 正会員 魚本 健人

1. はじめに

トンネル断面の大型化やシングルシェル構造化に対応するため、吹付けコンクリートの高性能化が望まれており、その一つとして、補強繊維を用いた鋼繊維補強吹付けコンクリートが使用されている。このコンクリートに求められるフレッシュ性能として、材料の均一性、ポンプ圧送性、吹付け施工時のリバウンドの低減等が挙げられるが、これら諸性能を経済的且つ安定的に得るための配合設計方法が確立されているとは言えない。本研究は、室内においてコンクリートの状態評価を含めた配合選定試験を行い、得られた配合の適性を吹付け実験で検証したものである。

2. 試験概要

2.1 コンクリートの配合および使用材料

試験に供したコンクリートは水セメント比 44.4%、目標スランプ 21cm で、鋼繊維を 0,1.0 および 1.5% 使用したものである。表-1 に使用材料を示した。

表-1 使用材料

材料	名称	密度 (g/cm ³)	諸元、主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	3.15	比表面積3260cm ² /g
細骨材	千葉県君津市産山砂	2.62	吸水率1.64%、
粗骨材	東京都八王子産6号碎石	2.69	吸水率0.97%、
混和剤	高性能AE減水剤	1.05	主成分 ポリグリコールエステル誘導体
鋼繊維	両端フック付結束型	7.85	鋼線切断法による鋼繊維

2.2 試験概要

(1) 室内試験

室内試験において、鋼繊維の使用量と単位水量ならびに最適細骨材率の関係を求めた。また、近年吹付けコンクリートに使用されるようになった高性能減水剤（以下SP剤と略す）の実用範囲を判定する方法（単位水量の設定とSP剤の適正使用量の関係）について

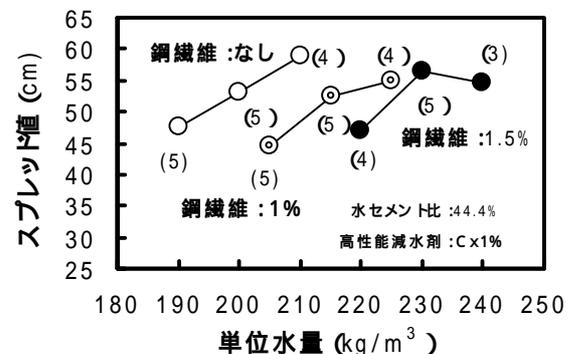
表-2 状態の評価基準

評価点	評価	コンクリートの状態
5	良好	繊維とコンクリートの分離が無く繊維が均等に分散している、適度な粘性を持ちスランプ試験ならびにスプレッド試験による変形状が良好である
4	ほぼ良好	繊維とコンクリートの分離が無く均等に分散しているが、コンクリートの粘性が適当でなく、タンピング時の変形状にやや改善を要する
3	可	スランプ試験時の変形状はほぼ良好であるが、タンピング時の変形状に改善を要し、タンピング後は軽微な分離が認められる
2	要改善	スランプ試験時の変形状が良好でなく、タンピングにより繊維とコンクリートが分離する傾向が認められる
1	不可	スランプ試験時に繊維が鳥の巣状に絡み合う状態で、タンピングにより繊維とコンクリートが分離する

検討した。なお、配合選定試験では、一般に行われているフレッシュコンクリートの試験の加え、外力に対する変形特性（分離抵抗性）を把握する目的で、スプレッド試験を行い、配合を選定する上で特に重要なファクターと考えられるコンクリートの状態を評価し、最適配合を選定した。表-2 に状態評価の基準を示す。

(2) 吹付け実験

室内試験によって求められたコンクリートの配合が、ポンプ圧送性および施工性の面で最良値を示すか否を、模擬トンネルを用いた吹付け実験におけるコンクリート圧送時の管内圧力の変動係数、吹付け時のコンクリートならびに鋼繊維のリバウンド率の大小から検証した。



3. 試験結果

3.1 室内試験結果

(1) 単位水量と細骨材率の選定結果

SP剤をC×1.0%使用した条件における単位水量とスプレッ

図-1 単位水量とスプレッド値の関係

キーワード：吹付けコンクリート，鋼繊維補強，配合選定，スプレッド試験，状態評価

連絡先：〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 Tel. 0467-87-8080 Fax. 0467-82-6299

ド値の関係を図-1 に示した．図に示したとおり，単位水量とスプレッド値の関係は，鋼繊維を使用しないコンクリートでは単位水量とほぼ直線的な関係が得られたが，鋼繊維を 1.0% 使用した場合，単位水量を増加してもスプレッド値の増加は少なく，鋼繊維を 1.5% 使用した場合のスプレッド値は逆に低下した．この原因として，図中の () 内に示したコンクリートの状態が影響していると考えられた．鋼繊維を 1.5% 使用したコンクリートの状態ランクは(3)に低下し，この結果スプレッド値が小さくなったものと思われる．図-2 に細骨材率とスランプの関係を示した．この結果から，それぞれの鋼繊維量における最適細骨材率が選定されたが，スランプフローならびにスプレッド値ではこの傾向が明確にならなかった．

(2) SP 剤の使用量の選定

S P 剤を $C_x1\%$ 使用した時に所要のスランプが得られる単位水量を基準とし，S P 剤の使用量でコンシステンシーを回復する方法の適用範囲を知る目的で，単位水量を 10 あるいは 20kg/m^3 減じたコンクリートの性状について検討した．図-3 はスプレッド試験の結果および () にコンクリートの状態評価を示した．鋼繊維を使用しないコンクリートのスプレッド値は S P 剤の使用量を変化させても大きな変化は見られず，コンクリートの状態も良好であった．これに対して鋼繊維を使用したコンクリートは，S P 剤の使用量を多くするとスプレッド値は小さくなり，コンクリートの状態は悪化した．この傾向は鋼繊維を 1.5% 使用した場合により顕著であった．

3.2 吹付け実験

室内試験で選定された配合 (単位水量 205kg/m^3 ，細骨材率 63.8%) の有効性について，模擬トンネルを用いた吹付け実験を行い検証した．試験結果を図-4, 5 に示す．室内試験で選定された最適細骨材率 (63.8%) において，管内圧力の変動係数ならびにリバウンド率は最良値を示しており，最適細骨材の有効性が検証された．一方，単位水量を低減した場合，ポンプ圧送性は若干低下する傾向を示したが，リバウンド率の低減効果が認められた．これは，コンクリートの分離抵抗性に起因する特性と考えられた．

4. まとめ

鋼繊維補強吹付けコンクリートの配合選定時に，スプレッド試験等を併用して，外力が作用した場合の変形性状の良否を確認することで，良好なフレッシュ性能を有するコンクリートが選定できることが確認された．

謝辞：本研究は，東京大学国際・産学共同研究センターにおける「高品質吹付けコンクリートの開発」を目的とした共同研究の成果であり，共同研究各社，協力会社ならびに関係各位に深い感謝の意を表します．

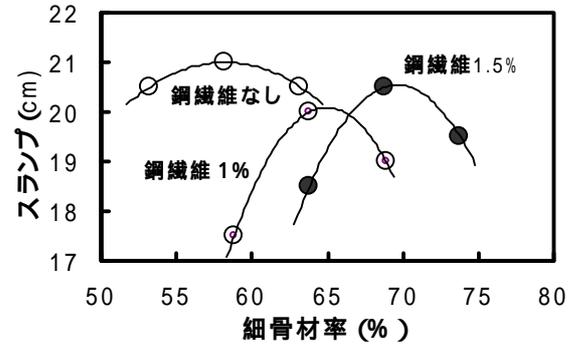


図-2 細骨材率とスランプの関係

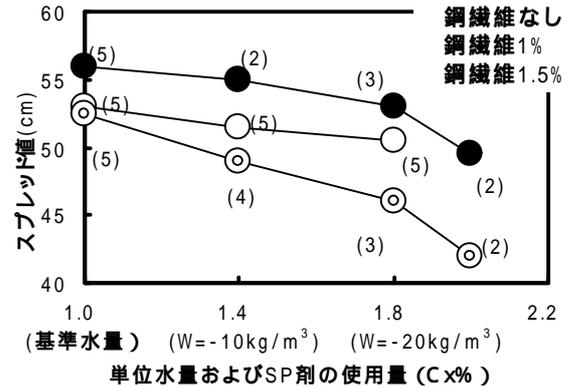


図-3 S P 剤の使用量とスプレッド値の関係

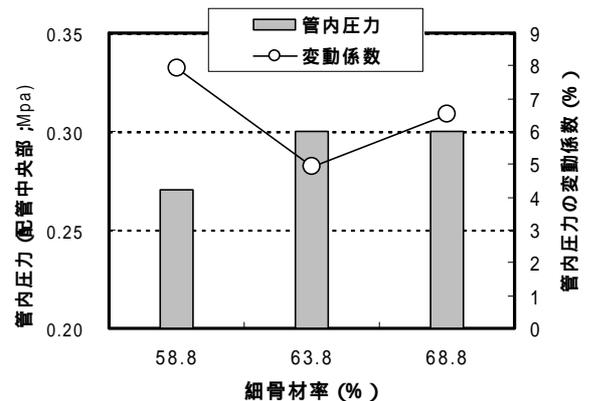


図-4 細骨材率と管内圧力の関係

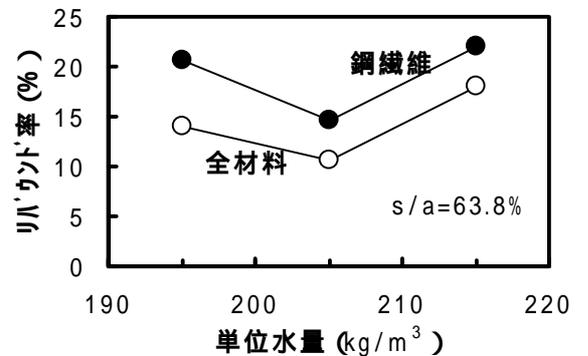


図-5 単位水量とリバウンド率の関係