

鋼繊維補強舗装用転圧コンクリートの配合と基礎物性の検討

加賀谷誠¹・鈴木徹²・國分修一³・徳田弘⁴

¹正会員 工博 秋田大学教授 工学資源学部土木環境工学科 (〒010-8502 秋田市手形学園町1-1)

²正会員 工修 大林道路株式会社 技術研究所 (〒336-0027 浦和市沼影2-12-36)

³正会員 工博 開発コンサルタント株式会社 交通・環境部 (〒170-0005 豊島区南大塚3-20-6)

⁴正会員 工博 秋田大学長 (〒010-8502 秋田市手形学園町1-1)

インデント加工した鋼繊維および両端フック付きの鋼繊維を舗装用転圧コンクリートに混入したときの所要の修正VC値を得るための単位水量、細骨材率および鋼繊維混入率を明らかにし、高性能AE減水剤による減水程度および適切な添加率を明らかにした。また、材料分離程度が無混入の場合より小さくなること、配向角が転圧により水平に近づくため補強効果が増加すること、曲げ強度および曲げ靱性係数が向上すること、ならびに摩耗アスファルト舗装版上へのオーバーレイを想定した材齢7日の付着強度は無混入の場合と同程度であることを明らかにした。最後に、凍結融解抵抗性が改善されること、単位水量は増加するが、乾燥収縮は無混入の場合と同程度となることを明らかにした。

Key Words : mix proportion, segregation degree, fiber angle, flexural strength, flexural ductility, frost resistance, drying shrinkage

1. 序論

転圧コンクリート舗装では、振動ローラで強力な締固めを行うため、鋼棒の使用が困難であり、収縮や温度応力に伴うひび割れが発生する場合があること、目地間隔を延長できないこと、などの問題点が指摘されている。一方、鋼繊維補強コンクリートは、通常のコンクリートに比べ、曲げ強度やひび割れ抵抗性に優れた材料であることから、トンネルのライニングや床版増厚工事に用いられており、複合材料としての長所が見なおされる向きもある。このような観点から、鋼繊維補強コンクリートの有する特長を舗装用転圧コンクリートに取り入れ、これまでの施工実績から得られた施工速度が早いこと、早期交通開放が可能であることなどの利点を生かして、重交通舗装への適用など新たな展開を図るための基礎データを集積することは意義あることと考える。

Ficherouille¹⁾は、コーンタイプの鋼繊維(長さ30mm)を混入した舗装用転圧コンクリートの施工が無混入の場合と同様に可能であること、アスファルトの薄層オーバーレイにより表面の肌理細さを確保し、目地がなく騒音の少ない重交通舗装として十分供用できることを追跡調査の結果から述べているが、この報告において配合や力学的性質および物理的性質の詳細は示されていない。Nanni and Johari²⁾

は、ストレートタイプとフック付きの2種類の鋼繊維(長さ約30mm)を0.6%混入した舗装用転圧コンクリートの試験施工を行い、十分施工可能であることを示し、また、曲げ強度や靱性の改善効果があることを示し、鋼繊維混入率を変化させた場合などの実験結果の蓄積がさらに必要であることを指摘している。国内においては、鋼繊維を混入した舗装用転圧コンクリートに関する研究成果はなく、舗装への適用のための配合、フレッシュコンクリートの性質、力学的性質および物理的性質などの研究結果の蓄積が必要であると考えられる。

本研究では、鋼繊維として補強効果の観点からインデント加工したものと両端フック付きの2種類の形状を選定し、それぞれ長さの異なるもの2種類計4種類を使用した。まず、配合の検討として単位水量と修正VC値の関係を求め、所要のコンシステンシーが得られる単位水量および細骨材率を選定した。そして、鋼繊維混入率を変化させて、ワーカビリティおよび強度の観点から、適切な鋼繊維混入率を選定した。また、高性能AE減水剤の添加に伴う単位水量の低減効果ならびにこれに伴う曲げ強度変化と適切な添加率について検討を行った。次に、フレッシュコンクリートの落下による粗骨材および鋼繊維の材料分離程度を明らかにした。そして表面振動機による締固め後の鋼繊維の配向角を測定し、内部振動

表-1 鋼繊維の比重, 寸法, アスペクト比

鋼繊維種別の記号	比重	寸法(mm)		アスペクト比	形状
		直径	長さ		
I-1	7.85	0.7	50.0	71	インデント加工
I-2		0.6	30.0	50	
F-1		0.8	60.0	75	両端フック付き
F-2		0.6	30.0	50	

表-2 コンクリートの理論配合

No	修正VC値(秒)	空隙率(%)	空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	鋼繊維量(%)	単位量(kg/m ³)						鋼繊維種別
							水	セメント	細骨材	粗骨材	鋼繊維	混和剤*	
1	38~82	0.1~2.7	2.3~3.6	37.0~41.2	41.8	—	107~119	289	845~858	1236~1255	—	0.72	—
2	21~60	0.3~3.3	1.7~3.4	39.8~46.7	42.0	1.0	116~135	289	821~842	1191~1222	79	0.72	F-2
3	50~273	0.8~8.4	0.8~8.1	39.8	30~60	1.0	115	289	597~1203	843~1476	79	0.72	F-1, 2
4	21~285	0.3~8.1	2.6~3.9	39.8	40.0	0~1.5	115	289	791~808	1256~1281	0~118	0.72	F-1, 2
5	53	0.1	2.3	37.0	40.0	—	107	289	811	1294	—	0.72	—
6	46	0.5	2.1	42.6	40.0	1.0	123	289	785	1252	79	0.72	I-1
7	51	0.6	2.7	40.5	40.0	1.0	117	289	791	1261	79	0.72	I-2
8	55	1.0	2.1	41.2	40.0	1.0	119	289	789	1258	79	0.72	F-1
9	47	0.3	2.8	39.4	40.0	1.0	114	289	794	1266	79	0.72	F-2
10	49~53	2.1~3.4	2.4~3.4	34.3~36.0	40.0	1.0	99~104	289	817~822	1298~1308	79	1.46~4.34	—
11	45~51	0.6~2.3	1.8~3.1	39.8~41.9	40.0	1.0	116~121	289	790~799	1256~1266	79	1.46~4.34	I-1
12	46~54	2.0~3.0	2.0~3.6	38.8~39.8	40.0	1.0	112~115	289	796~802	1266~1270	79	1.46~4.34	I-2
13	45~49	2.4~3.8	3.0~4.3	38.1~40.1	40.0	1.0	110~116	289	795~804	1263~1273	79	1.46~4.34	F-1
14	45~55	2.4~3.4	3.0~4.5	36.0~38.4	40.0	1.0	104~111	289	800~810	1271~1282	79	1.46~4.34	F-2
15	53	0.1	3.0	36.3	40.0	—	105	289	816	1298	79	0.72 0.029	—
16	46	0.2	3.5	40.8	40.0	1.0	118	289	793	1280	79	0.72 0.029	I-1
17	48	0.2	4.0	39.8	40.0	1.0	115	289	796	1266	79	0.72 0.029	I-2
18	48	0.3	3.6	40.5	40.0	1.0	117	289	794	1261	79	0.72 0.029	F-1
19	52	0.2	3.7	38.8	40.0	1.0	112	289	799	1270	79	0.72 0.029	F-2
20	8**	—	4.2	40.0	45.5	1.0	185	463	703	892	79	0.14	F-2

*1~9: AE減水剤使用, 10~14: 高性能AE減水剤使用, 15~19: AE減水剤(上段)補助AE剤(下段)使用, 20: AE剤使用

** スランプ8cmの鋼繊維コンクリート

機を用いて締固める場合との違いを明らかにした。さらに、力学的性質の検討として、曲げ強度および曲げ靱性係数を求めて鋼繊維種別による違いを明らかにした。また、数年間供用して摩耗したアスファルト舗装面へのオーバーレイを想定して、実際に供用されたアスファルト舗装面との境界面での付着強度を求めた。最後に、物理的性質の検討として、補助AE剤の有無による凍結融解抵抗性の検討を行うとともに乾燥収縮ひずみの測定を行い、鋼繊維無混入の場合との違いを明らかにした。これらの検討結果から、いくつかの有用な知見が得られた。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

普通ポルトランドセメント(比重 3.16)を使用した。細骨材として比重 2.54, 吸水率 3.46%, 粗粒率 2.74%の川砂を、また、粗骨材として、最大寸法 20mm, 比重 2.67, 吸水率 1.48%, 粗粒率 6.60%の碎石を使用した。混和剤として、リグニンスルホン酸塩を主成分とする遅延形AE減水剤を使用した。実験の一部に

においてポリカルボン酸系化合物とリグニンスルホン酸塩を主成分とする高性能AE減水剤と、天然樹脂酸塩を主成分とするAE剤を使用した。また、コンクリートへの空気連行を目的として、変性アルキルカルボン酸化合物を主成分とする補助AE剤を使用した。混和剤は水溶液または原液でこれを使用し、単位水量の一部とした。

コンクリート補強用鋼繊維の長さは、その補強効果から骨材最大寸法より大きくし、繊維の直径と長さの比(アスペクト比)を50以上とするのが一般的であるが、100を超えるものは絡まりが生じやすいので用いられない。本研究では、鋼繊維の表面にインデント加工したものと、鋼繊維の両端にフックを付けたものの2種類について、それぞれ寸法の異なる計4種類の鋼繊維を用いた。使用した鋼繊維の比重、寸法、アスペクト比を表-1に示す。

表-2にコンクリートの理論配合を示す。配合No1~4および10~14は、3. 配合特性の検討に用いたものであり、配合No 5~9および15~20は、4. 材料分離および鋼繊維の配向の検討、5. 力学的特性、6. 凍結融解抵抗性および乾燥収縮の検討に用いたものである。

(2) コンクリートの製造

鋼繊維混入コンクリートでは、粗骨材、細骨材、セメント、水+混和剤の順に容量50ℓのパン型強制練りミキサに投入して60秒間練混ぜた後、ミキサを止めずに鋼繊維がコンクリート全体に分散するように手で少量ずつ投入し、さらに210秒間練混ぜた。したがって、合計練混ぜ時間は、4分30秒であった。鋼繊維無混入のコンクリートでは、粗骨材、細骨材、セメント、水+混和剤の順にミキサに投入し、90秒間練混ぜた。コンクリート製造後、代表的試料を採取し、コンシステンシーをVC振動締固め試験方法を用いて修正VC値により測定した。また、振動時間60秒における容器内試料の締固め率を求めた。さらに、修正VC値確認時における空気量をJIS A 1116「重量方法」により求めた。また、JIS A 1128「空気室圧力方法」に準じてワシントン型エアメーターによる空気量の測定を行った。この方法では、コンクリート練混ぜ後、代表的試料を採取し、これを専用円筒容器に3層に分けて詰め、各層とも全面にわたり突き棒で25回均等に突き固めを行った。その後、パイプレーティングタンパで表面にモルタルが浮いてくるまで締固めを行い、容器にふたを取り付け試料に圧力を加えてメーターに示された値を読みとり、これを空気量とした。

供試体の寸法は10×10×40cmであって、供試体体積の1/2となるコンクリート試料を2個計量した。1層目のコンクリートを型枠に打ち込み、均一な厚さとなるように表面をならした後、突き棒により、25回突き固めた後、コンクリート表面に寸法9.5×39.5cm、厚さ5.6mmの鋼板を設置した。その後、パイプレーティングタンパ(50Hz、15kg)を鋼板上に置き、鋼板と型枠せき板の隙間からモルタルの浮上が観察されるまで十分に締固めを行った。2層目を打ち込む前に各層が一体となるように1層目のコンクリート表面を鋼棒を用いてかきほぐし、2層目も1層目と同様に打ち込み、締固めを行った。最後に、金ゴテを用いて供試体の表面仕上げを行った。なお、供試体作製時の試料計量値は、締固め率が96%となるようにこれを定めた。

(3) 材料分離程度および鋼繊維配向角の測定方法

a) 材料分離程度測定方法

舗装用転圧コンクリートの材料分離は、主としてミキサあるいはホッパーからダンプトラックへコンクリートを落下排出するときや、施工現場においてダンプトラックからフィニッシャーへコンクリートを荷下ろしするときに発生することが指摘されており、この状態を実験室で再現するために、材料分離程度測定装置を試作した³⁾。これは、高さ80cmの鉛直シ

ュートおよび長さ80cm、斜度45°の斜めシュート(木製)によって構成されており、これを通過したコンクリート試料の材料分離程度を評価した。なお、斜めシュートの内側に平滑化をはかるため、ビニールシート(厚さ0.2mm)を貼り付けた。材料分離程度測定に際し、JIS A 1115「まだ固まらないコンクリートの試料採取方法」に準じて試料を10kg採取して、床から高さ160cmの投入口よりシュートを通して一度に落下させた。受け皿に吐出された試料を吐出方向に対して直角に2分割し、吐出口側から約5kg、これと反対側から約5kgを分取した。それぞれの試料中に含まれる粗骨材量を5mmふるいを用いて洗い分析により抽出した。鋼繊維については、洗い分析により粗骨材を取り除いたものの中から磁石を用いて抽出した。これらの粗骨材量および鋼繊維量をJIS A 1112「まだ固まらないコンクリートの洗い分析試験方法」に準じて求め、材料分離程度を次式で評価した。

$$\text{材料分離程度 } S_g(\%) = \frac{(CA_2 - CA_1)}{CA_0} \times 100$$

ここで、

CA₀: 示方配合における単位粗骨材量あるいは単位鋼繊維量とコンクリートの単位容積質量との比
CA₁: 排出口に近いコンクリート試料の粗骨材量あるいは鋼繊維量と試料質量との比

CA₂: 排出口より離れたコンクリート試料の粗骨材量あるいは鋼繊維量と試料質量との比

b) 配向角の測定方法

配向角の測定を行ったのは、表面振動機による打ち込み面からの加圧がある場合と内部振動機で締固める有スランブのコンクリートの場合とで、鋼繊維の向きが異なるであろうと判断したことによる。

鋼繊維を混入した舗装用転圧コンクリートについて、タンパーによる締固めおよび表面仕上げ終了後、4~5時間経過したとき、型枠側板を外し、霧吹きにより側面のセメントペースト分を洗い出し、鋼繊維を露出させた。これを24時間実験室内に放置後、洗い出した面を10×10cmの3ブロックに分け、それぞれの面に付着している鋼繊維の配向角を分度器により測定した。

スランブを有する鋼繊維補強コンクリートについては、側板内壁に超遅延剤を塗布した型枠に打ち込み、5~6時間経過後、側板を外し、洗い出し仕上げを行い、24時間実験室内に放置後、鋼繊維の配向角を測定した。測定に用いた供試体本数を2本とした。なお、配向角は、鋼繊維が水平線となす角θ(≤90°)であって、対頂角となる2箇所測定可能である。測定に際し、供試体1個の側面を3ブロックに分けたが、1ブロックあたりの鋼繊維の本数はお

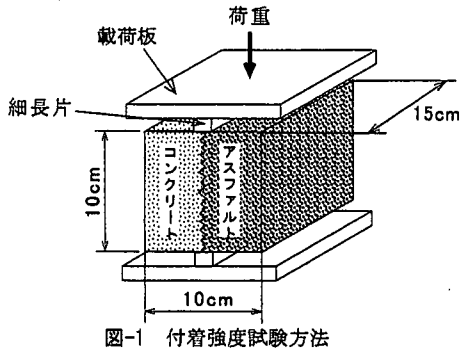


図-1 付着強度試験方法

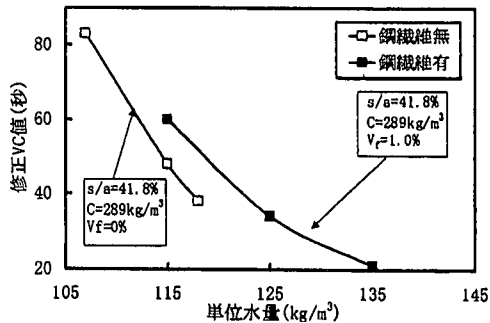


図-2 単位水量と修正VC値の関係

よそ20~30本であった。

(4) 力学的性質の測定方法

a) 曲げ強度および曲げタフネス試験方法

コンクリートの曲げ強度および曲げタフネスは、土木学会基準 JSCE-G552-1983に準じてこれを行った。試験材齢を28日とし、それまで標準水中養生を行った。曲げタフネスは曲げ靱性係数で表し、同一条件での供試体個数を3~4個とした。

b) 付着強度試験方法

供用後数年経過した、国道16号線のアスファルト舗装平板から、10×40cm、厚さ5cmの平板を切り出し、室温20℃、湿度60%の恒温恒湿室内に2日間放置した。寸法10×10×40cmの角柱型枠内に、密粒アスファルト混合物の平板を車輦走行面が上面となるように設置し、その上に締固め後の厚さが5cmとなるように鋼繊維混入コンクリートを直接打ち継いだ供試体を作製した。24時間経過後、脱型し、材齢1、3および7日まで供試体が乾燥しないように湿布をかけて実験室内に放置した。養生の終了した供試体から長さ15cmの試験片を2個切り出し、図-1に示す細長片を用いる割裂引張強度試験により付着強度を求めた⁹⁾。なお、荷重面の凹凸をコンクリートカッターおよび研磨により平滑に仕上げ、試験を行った。同一条件での試験片個数を6個とした。

(5) 凍結融解試験および乾燥収縮ひずみの測定方法

a) 凍結融解試験方法

凍結融解試験は、土木学会規準 JSCE-G501-1986に準じてこれを行った。同時に、所定の凍結融解繰り返し回数終了時に超音波伝播速度の測定を行った。

b) 乾燥収縮ひずみの測定方法

コンクリートの乾燥収縮ひずみをJIS A 1129「コンクリートの長さ変化試験方法」のコンタクトゲージ法に準じて測定した。測定に際し、供

試体を材齢7日まで標準水中養生し、その後、室温20℃、湿度60%の恒温恒湿室内に設置し、材齢190日まで測定を継続した。質量減少率も同時に求めた。

3. 配合特性の検討

鋼繊維補強舗装用転圧コンクリートの配合設計に関する報告は現在見あたらないが、基本となるところは施工性、所要の強度、耐久性やひび割れ抵抗性に見合った単位水量および細骨材率を定めることから始まると考えられる。

本章の目的は、これまで行われてきた舗装用転圧コンクリートの配合設計方法に基づき、これに鋼繊維を混入したときの配合の変化を把握することである。このため、コンシステンシーをVC振動締固め試験方法により測定し、適切な単位水量、細骨材率および鋼繊維混入率を求めた。また、高性能AE減水剤の添加に伴う単位水量の低減効果を評価した。用いた配合は、表-2配合No1~4、10~14である。

(1) 単位水量および細骨材率

図-2にF-2を用いた場合の単位水量と修正VC値の関係を示す。図中には単位水量を107~119kg/m³に変化させた鋼繊維無混入の場合についても示した。修正VC値は、単位水量の増加に伴って減少傾向を示すが、単位水量が115kg/m³以上における修正VC値の変化は、混入および無混入の場合で、単位水量1kg/m³の変化に対してそれぞれ3および4秒であり、大きく異なることがわかる。単位水量の変化に伴う修正VC値の変化程度は、鋼繊維の断面寸法や形状が大きく異なる場合等しいことから、これを用いて単位水量の選定が可能である。このことは、有スランブの鋼繊維コンクリートにおける単位水量の変化とスランブの変化程度の関係に等しい。

図-3に、前図に示したコンクリートの水セメン

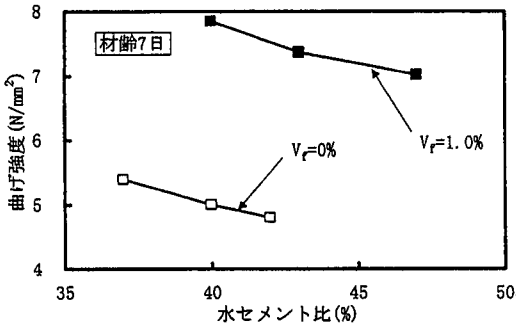


図-3 水セメント比と曲げ強度の関係

ト比と、材齢7日における曲げ強度の関係を示す。前図に示したように、単位セメント量を一定として単位量を増加することによって修正VC値は減少するが、水セメント比は増加するので、曲げ強度は低下する傾向が認められる。鋼繊維を混入した場合および無混入の場合の水セメント比の変化は、それぞれ40~47%および37~42%であり、このときの曲げ強度の差は、それぞれ0.7および0.5 N/mm²程度であった。また、鋼繊維の混入による曲げ強度の向上は顕著であり、同一水セメント比で無混入の場合と比較すると約1.5倍であり、鋼繊維による補強効果が認められた。鋼繊維混入により修正VC値を一定に保つため単位水量が増加し、水セメント比は大きくなるが、補強効果により、材齢7日の曲げ強度は無混入の場合よりかなり大きく、鋼繊維を混入した方が交通の早期開放の観点からもより有利であると判断される。

一般に、コンクリートの単位水量は、所要のコンシステンシーが得られる範囲内でできるだけ少なくなるように試験によって定められる。したがって、修正VC値50±10秒の範囲で最小となる単位水量を115kg/m³として、細骨材率の検討を行うこととした。

図-4に細骨材率と修正VC値、締固め率およびワシントン型エアメーターによる空気量の関係を示す。ワシントン型エアメーターにより空気量を測定したのは、細骨材率を変化させた場合、表面振動機により十分締固めを行ったときの残存空隙量がどの程度であるか検討するためである。図より、修正VC値は、細骨材率の増加に伴って減少した後、増加傾向に転じ、修正VC値が最小となる細骨材率が存在することがわかる。締固め率は、細骨材率の増加に伴って増加した後、減少傾向に転じ、修正VC値が最小の細骨材率で最大となることがわかる。このときの細骨材率は鋼繊維の種類によらず40%程度となった。この傾向は、転圧コンクリートの場合と同じであって文献⁹⁾によれば、締固めが

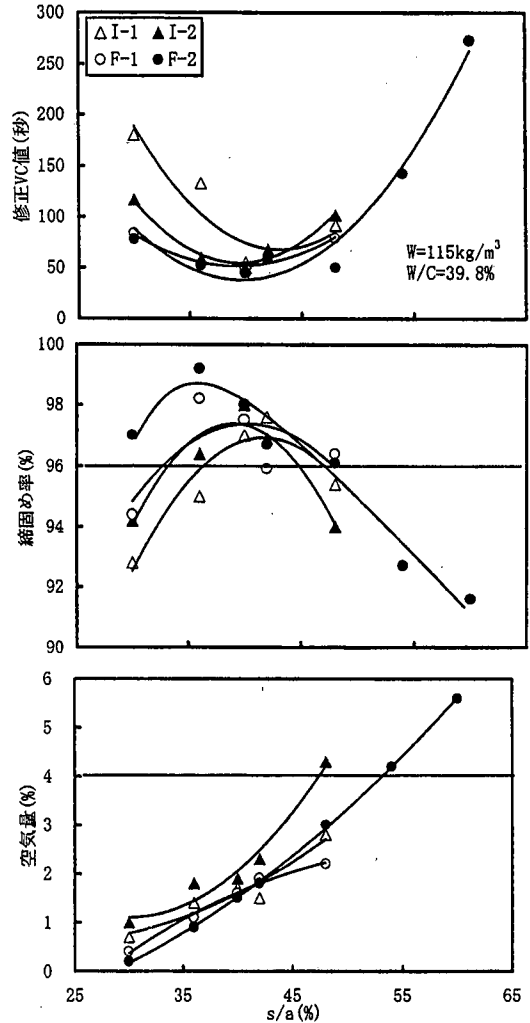


図-4 細骨材率と修正VC値、締固め率および空気量の関係

十分に行われたと判断される締固め率の目標値が96%以上であることから、修正VC値が50±10秒の範囲内で締固め率が96%以上となる細骨材率40%を鋼繊維を混入した場合の最適値として用いることとした。また、空気量は、細骨材率の増加に伴って直線的に増加することがわかる。これは、単位水量一定で、単位細骨材量が増加した場合、細骨材粒子間の空隙を充填するセメントペースト量が不足するため空隙が増加することによると思われる。なお、細骨材率が48%以上の場合、寸法の長いI-1では、鋼繊維が十分に分散せず、局部的に集中すること、鋼繊維Fでは、水溶性接着剤で鋼繊維が結束されているため、練混ぜに際し、鋼繊維Iより分散させてミキサに投入しやすいものの、接着剤が溶解しないまま残っている状況が観察された。

図-5に、前図で用いたコンクリートの細骨材率

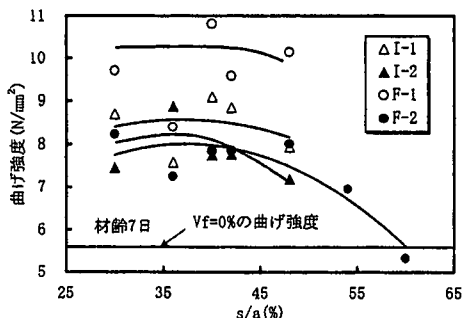


図-5 細骨材率と曲げ強度および圧縮強度の関係 (材齢7日)

と材齢7日における曲げ強度の関係を示す。図中の横太線は、鋼繊維無混入の場合を示す。図より、曲げ強度は、細骨材率が48%まではほとんど変化せず、無混入の場合と比較すると1.3~1.8倍程度の補強効果が見られた。また、F-2の場合、細骨材率が48%を超えると曲げ強度は急激に減少し、細骨材率60%では無混入の場合に近い値となった。これは、細骨材率を48%より大きくした場合、鋼繊維の分散が不十分となることや空気量の測定結果で述べたように十分な締固めを行った場合であっても、セメントペーストの不足による空隙の残存に起因すると考えられるのであって、有スランプの鋼繊維補強コンクリートの場合のように細骨材率を50%以上とした場合、単位水量をさらに増加する必要があると思われる。

(2) 鋼繊維混入率

図-6に鋼繊維混入率と修正VC値、締固め率および空気量の関係を示す。図より、鋼繊維混入率の増加に伴って修正VC値は増加すること、締固め率は減少すること、これらの傾向は、おおよそ鋼繊維FよりIの方が、また、長さが長くなるほど顕著となることからわかるが、混入率1.0%までは鋼繊維種別による差が比較的小さくなっている。なお、鋼繊維混入率1.5%のときI-1を用いた場合、鋼繊維が偏在して網状の絡みが生じること、Fを用いた場合、水溶性接着剤が溶解しない束状のものが多く残存することなど、分散状態が不十分となることが観察された。したがって鋼繊維混入率を1.5%まで増加させると、修正VC値が増加して締固め率が低下し、締固めにくいコンクリートとなるため単位水量の増加に配慮する必要がある。空気量は、I-1やF-1を用いた場合、鋼繊維混入率の増加に伴う増加傾向が認められたが、十分締固めを行うことによって1.5±0.5%の範囲内となった。

図-7に、鋼繊維混入率と曲げ強度の関係を示す。図に示したコンクリートは、前図におけるものと

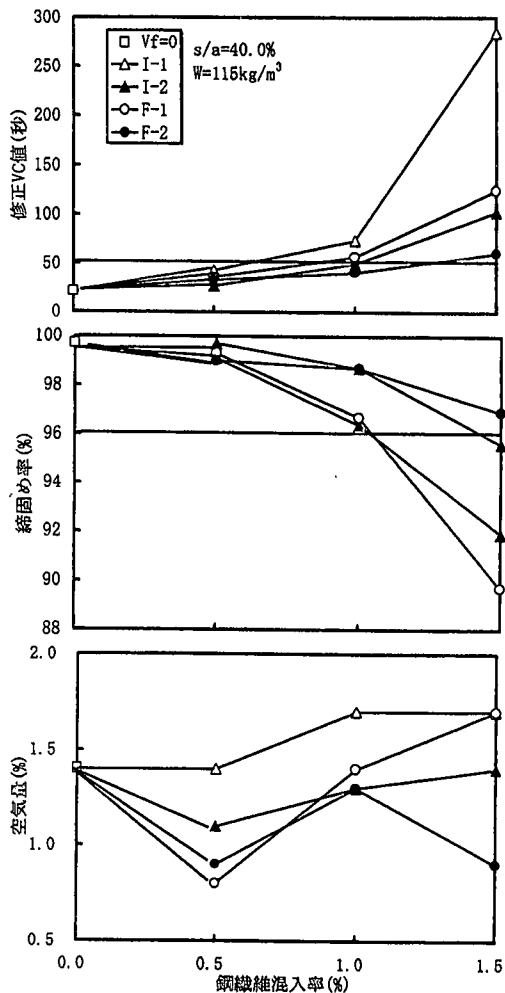


図-6 鋼繊維混入率と修正VC値、締固め率および空気量の関係

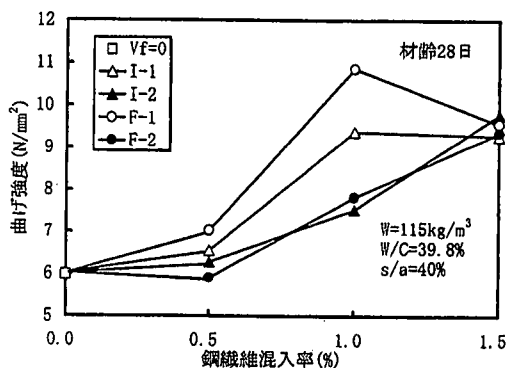


図-7 鋼繊維混入率と曲げ強度の関係

同じである。図より、曲げ強度は、I-1およびF-1を用いた場合、混入率1.0%で最大値を示した。これは、混入率を1.5%まで増加させると、前述の通り鋼繊維の分散が不十分となることや、空気量の増加に示されるようにモルタルあるいはセメン

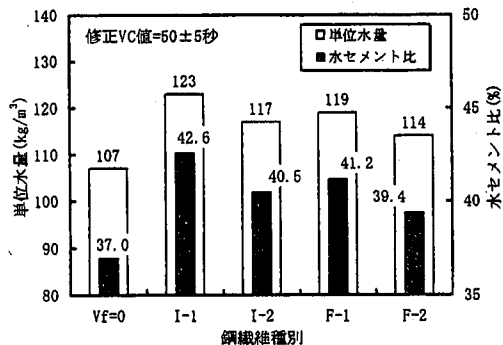


図-8 鋼繊維種別ごとの単位水量と水セメント比

トペーストによって充填されない空隙が残存し、強度低下が生じたと考えられる。一方、I-2およびF-2を用いた場合、曲げ強度は、混入率の増加に伴って増加する傾向が認められるが、修正VC値の増加が認められたように、締めめに長時間を要した。これらの結果より適切な鋼繊維混入率は1.0%と判断された。

以上の結果より、単位セメント量は 289kg/m^3 の一定とし、細骨材率40.0%、鋼繊維混入率1.0%として、修正VC値が 50 ± 5 秒となる単位水量を試験により求めた。図-8に鋼繊維種別ごとの単位水量および水セメント比を示す。鋼繊維を用いない場合の単位水量が 107kg/m^3 と最も小さく、I-1が 123kg/m^3 と最も大きくなった。水セメント比は単位水量の変化に対応して37.0~42.6%となった。以後の各検討事項においては、これらの配合を基本とすることとした。

(3) 高性能AE減水剤の添加による単位水量の低減

図-9に高性能AE減水剤を0.5~1.5%添加したときの単位水量、水セメント比、空気量および曲げ強度を示す。図より、高性能AE減水剤の添加率を0.5%増加することにより単位水量を3~4 kg/m^3 低減でき、添加率1.5%では無添加の場合より5~10 kg/m^3 低減できること、水セメント比は単位水量の低減に対応して1.7~3.4%低下することがわかる。このとき、空気量は、添加率を1.5%まで増すと無添加のときと同程度もしくは大きくなる傾向が認められる。曲げ強度は、無混入の場合、添加率の増加に伴って増加する傾向を示すが、鋼繊維を混入した場合、添加率1.0%までは増加するものの添加率1.5%では1.0%のときと同等かあるいは低下する傾向が認められる。この原因として、水セメント比は添加率の増加に伴って小さくなるが、空気量測定結果で示されたように、単位水量の低減に伴ってペースト量が減少するため、十分に締めめを行っても骨材粒子と鋼繊維で形成される空隙にペーストが充

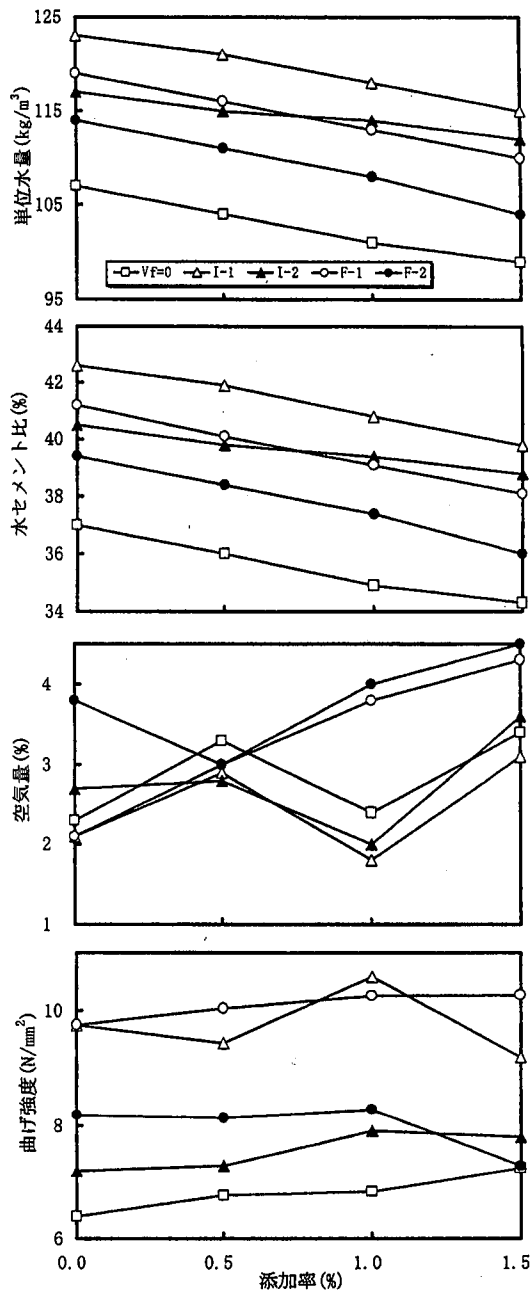


図-9 高性能AE減水剤の添加率と単位水量、水セメント比、空気量および曲げ強度の関係

填されず、これが空隙としてコンクリート中に残るために発生した現象であると推察される。このように鋼繊維を混入したとき高性能AE減水剤を使用して単位水量を低減する場合、添加率を増加して過度に単位水量を低減することは、空隙の増大により強度上問題となる場合があるので、適切な添加率を選定しなければならない。本研究の範囲では、添加率1.0%が適切であると判断される。

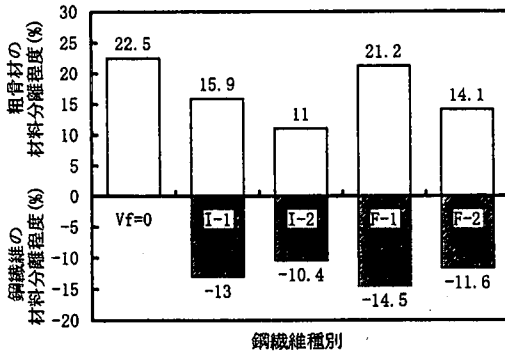


図-10 鋼繊維種別による材料分離程度の比較

4. 材料分離および鋼繊維の配向の検討

通常の舗装用転圧コンクリートの施工においては、モルタル成分と粗骨材の間で材料分離が生じないように配慮しなければならないことが指摘されている⁶⁾。配筋が困難とされている舗装用転圧コンクリートに鋼繊維を混入することによって曲げ強度が向上することは予想されが、このコンクリートの材料分離程度や締固め方法の違い、すなわち表面振動機を用いる場合と内部振動機を用いる場合における鋼繊維の配向状況の違いが明らかでない。

本章では、修正VC値 50 ± 5 秒で、形状および寸法の異なる4種類の鋼繊維を混入した舗装用転圧コンクリート(表-2, 配合No. 5~9および20)を用いて粗骨材および鋼繊維の材料分離程度を測定し、無混入の場合と比較した。さらに、締固め後のコンクリート中における鋼繊維の配向角を測定し、内部振動機を用いて締固める場合と比較し、この違いが曲げ強度に及ぼす影響を明らかにした。

(1) 材料分離程度

図-10に使用した鋼繊維種別ごとの粗骨材および鋼繊維の材料分離程度を比較した結果を示す。図より鋼繊維を混入しない場合(Vf=0)と比較すると、各種鋼繊維の混入によって粗骨材の材料分離程度が1.3~11.5%減少していることがわかる。また、鋼繊維の種別ごとに比較するとIがFより少ないことがわかる。これは、単位水量は、鋼繊維を混入した方が多く、Iの単位水量がFより多いため、モルタル成分に粘性があること、表面が平滑なFと比較して、Iでは表面に凹凸が存在することなどの要因が粗骨材の分離を抑制したと推察される。一方、寸法が長いほど材料分離程度が大きくなったのは、鋼繊維の材料分離とも関係があるように思われる。

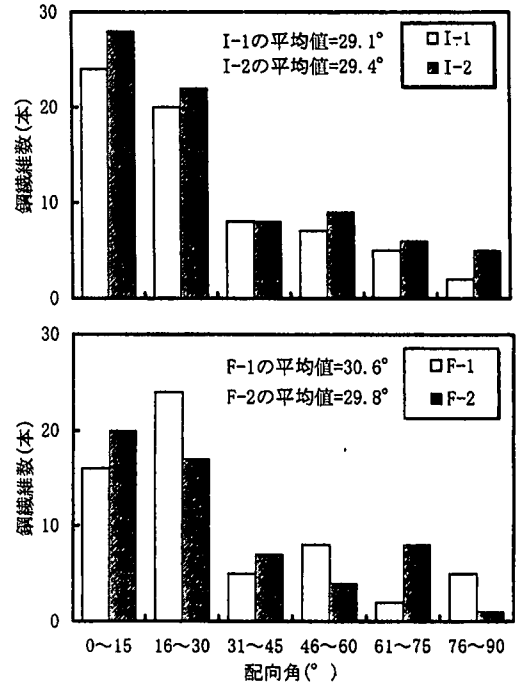


図-11 鋼繊維種別ごとの配向角の分布

すなわち、鋼繊維の材料分離程度は、粗骨材のそれが正值であるのに対して、負値であり、絶対値は長いものほど大きくなっている。これは、長いものほど斜めシュートの吐出口付近に多く、粗骨材は、吐出口と反対側に多くなることを示している。したがって、寸法の長いものほど斜めシュート上での摩擦などにより落下速度が小さくなるため粗骨材の材料分離を抑制できないことによるものと推察される。しかしながら、鋼繊維の材料分離程度は、粗骨材のそれより小さく、その混入は、粗骨材の材料分離の発生を幾分低減することから、舗装版の品質に関しては有利になると考えられる。

(2) 配向特性

図-11に鋼繊維種別ごとの配向角の分布状況を示す。なお、配向角測定時の鋼繊維本数は、供試体一個あたり60~90本の範囲であった。図より、4種類すべての鋼繊維の配向角は、0~15°の範囲のものが多く、全体の27~36%がこの範囲に分布していることがわかる。また、45°を境界として90°までの鋼繊維の個数は減少し、76~90°には、全体の2~8%しか分布していないことがわかる。配向角の平均値は、I-1, I-2, F-1およびF-2において、それぞれ29.1°, 29.4°, 30.6°および29.8°であって、鋼繊維種別ごとの違いはほとんど認められなかった。この結果より、F-2について内部振動機により締固める有スランブの鋼繊維コンクリー

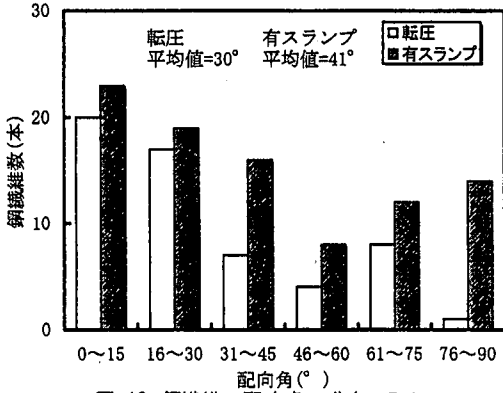


図-12 鋼繊維の配向角の分布：F-2

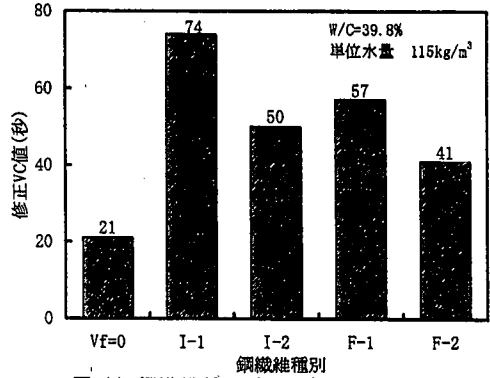


図-14 鋼繊維種別ごとの修正VC値の変化

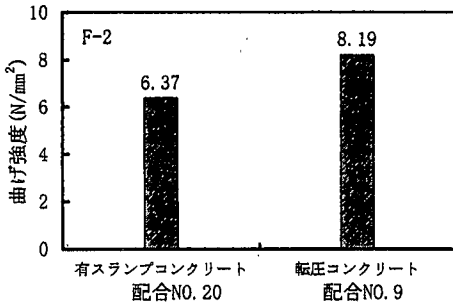


図-13 曲げ強度試験結果(材齢28日)

トと表面振動機により締固める鋼繊維補強舗装用転圧コンクリートの配向角を比較した。図-12にこれら2種類のコンクリートの鋼繊維の配向角の分布を示す。両コンクリートとも0~30°の配向角の分布に大きな違いは見られないが、有スランプコンクリートにおいては、31°以上、特に76~90°の範囲に多くの分布が認められ、その度数は転圧コンクリートと比較してかなり多く、平均配向角は約41°であり、転圧コンクリートのそれと比較して11°大きいことがわかる。転圧コンクリートでは、打ち込み面から表面振動機により鉛直下方に締固めるために、加圧により鋼繊維が水平になりやすいが、有スランプコンクリートでは、内部振動機により締固めるとき、遠心力により水平方向の回転力が加わり、モルタル成分の流動によって鋼繊維の配向角が転圧コンクリートより大きくなったと判断される。

図-13に前図に示したコンクリートの材齢28日における曲げ強度試験結果を示す。図より、曲げ強度は、転圧コンクリートの方が有スランプコンクリートより約30%大きくなることわかる。両コンクリートの水セメント比はほぼ等しく、単位セメント量は、有スランプコンクリートの方が多いにも関わらず、転圧コンクリートの曲げ強度が大きくなったのは加圧の影響も考えられるが、転圧コ

ンクリートの鋼繊維の配向角が、前図に示すように打ち込み面に対して水平に近いものが多いため、作用曲げ応力に対して抵抗力がより高まったことが一因であると考えられる。

5. 力学的特性の検討

本章では、曲げ強度および曲げ靱性係数ならびに摩耗したアスファルト舗装面上へのオーバーレイを想定しての境界面での付着強度について検討を加えた。実際に供用されたアスファルト舗装面上での付着強度について検討を加えたのは、舗装版の修繕工法として薄層コンクリートオーバーレイに関する研究の必要性が指摘されており⁷⁾、新たな展開のための基礎データになり得ると判断したことによる。

配合一定および修正VC値一定のコンクリート(表-2、配合No. 2および5~9)を用いて曲げ強度を無混入の場合と比較した。次に、修正VC値一定の配合を用いて曲げ強度試験における荷重-たわみ曲線を求め、これを用いて曲げ靱性係数を求め、鋼繊維種別による変形特性の違いを明らかにした。また、密粒アスファスト混合物からなる実際に供用された舗装版切片上に打ち込んだ鋼繊維補強舗装用転圧コンクリートの付着強度を明らかにした。

(1) 配合一定および修正VC値一定のときの曲げ強度

図-14に配合を一定としたときの鋼繊維種別ごとの修正VC値を示す。図より、鋼繊維無混入のときの修正VC値がもっとも小さく、鋼繊維の混入によって大きくなることわかる。鋼繊維種別ごとに同じ長さではIがFより大きく、形状を同じくすると長い方が大きくなることわかる。これは、インデント加工したものや寸法の長いものでは鋼繊維の表面積が大きく、これを被覆するため

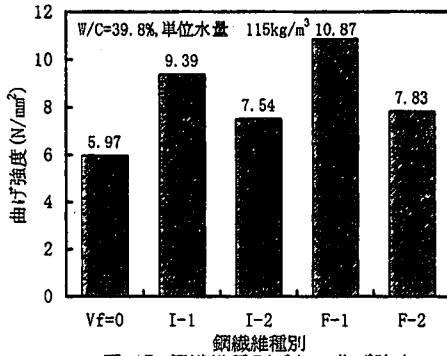


図-15 鋼繊維種別ごとの曲げ強度

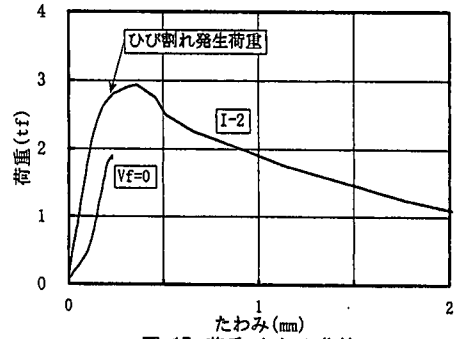


図-17 荷重-たわみ曲線

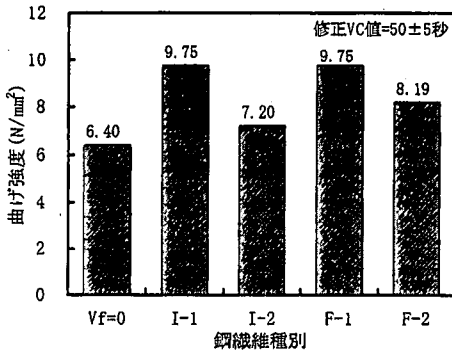


図-16 鋼繊維種別ごとの曲げ強度

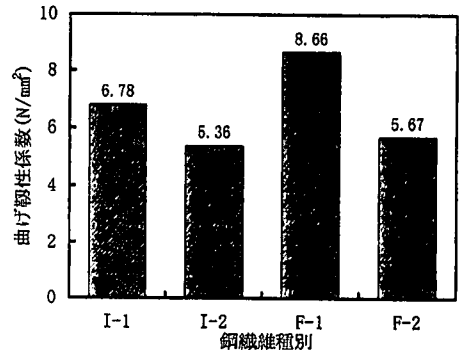


図-18 鋼繊維種別ごとの曲げ靱性係数

に要するセメントペーストを多く必要とし、振動により流動したセメントペーストが空隙を充填するのに時間を要することによると考えられる。図-15に配合を一定としたときの鋼繊維種別ごとの曲げ強度を示す。強度試験前に測定した供試体の締固め率は98.5%~99.8%であった。鋼繊維を混入したときの曲げ強度は無混入の場合と比較して26.3~82.1%増加しており、これらのコンクリート配合が一定であることを考えると、鋼繊維による補強効果が顕著に示されていることがわかる。図-16に修正VC値を一定としたときの鋼繊維種別ごとの曲げ強度を示す。鋼繊維の有無あるいは、形状・寸法の違いによる曲げ強度の大小関係は、配合一定の場合の結果とほぼ等しく、鋼繊維を混入した場合、無混入の場合より12.5~52.3%増加した。修正VC値を一定とするため単位水量を増減することによって水セメント比が変化したため、曲げ強度の増加率は低下したが補強効果は十分認められる。なお、曲げ強度の測定値における最大値と最小値の差を平均値で除して求めた相対誤差は、鋼繊維無混入の場合7.9%鋼繊維混入の場合で1.1~8.8%であった。鋼繊維混入の場合、Iを用いた場合、Fよりばらつきが少なく、鋼繊維無混入の場合よりこれが小さくなった。原因として考えられるのは、図-10に示したように材料分離程度が小

さくなったことと関連があると思われる。

(2) 荷重-たわみ曲線および曲げ靱性係数

修正VC値一定のコンクリートを用いて測定した荷重-たわみ曲線の一例を図-17に示す。図より、無混入の場合、たわみは荷重の増加に伴ってほぼ直線的に増大し、最大荷重に到達するとひび割れが発生して急激に破断する。これに対し、鋼繊維を混入した場合、直線的にたわみが増加し、無混入の場合より大きな荷重でひび割れが発生し、折線となるが、その後もなお荷重を支持し続けながら最大荷重点に達し、最大荷重を超えてからは、徐々にひび割れ幅を増大させながら変形が大きくなり、破断する。このように、ひび割れ発生後の荷重支持能力は、鋼繊維がコンクリート断面から徐々に引き抜けていく過程に関係していると考えられる。図-18に鋼繊維種別ごとのコンクリートの曲げ靱性係数を示す。図より、曲げ靱性係数は、鋼繊維の形状と寸法の違いに影響を受け、鋼繊維寸法をおよそ一定とすると、Fの方がIより0.31~1.88N/mm²大きく、形状を一定とすると、長いものが短いものより1.42~2.99N/mm²大きくなるのがわかる。図-19に、曲げ強度と曲げ靱性係数の関係を示す。図より、曲げ靱性係数は曲げ強度が大きいほど大きくなり、通常の鋼繊維コンクリートの場合⁸⁾と同じ傾向が得られた。

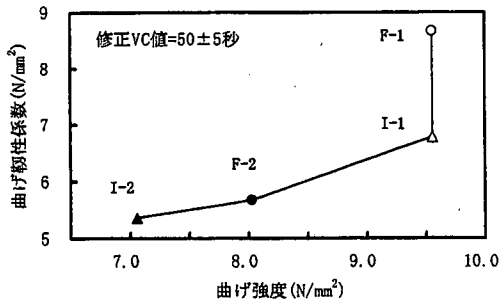


図-19 曲げ強度と曲げ靱性係数の関係

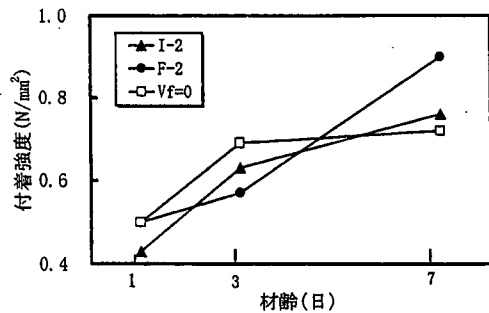


図-21 材齢による付着強度の変化

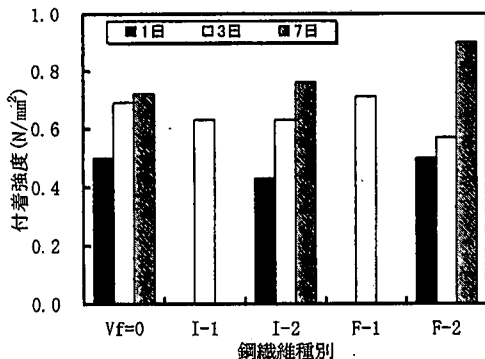


図-20 鋼繊維種別ごとの付着強度試験結果

このように、靱性に関するこれらの性質は使用する鋼繊維の形状・寸法によって大きく影響され、例えば、本研究で用いたインデント加工された鋼繊維や両端フックをつけた鋼繊維では、後の方がコンクリートとの付着が良好で、引き抜き作用に対して両端部で抵抗することから、靱性改善効果が増大したと考えられる。なお、鋼繊維混入コンクリートの曲げ靱性係数の測定値における相対誤差は、5.6~16.7%であって、IよりFを用いた方が小さくなった。

(3) アスファルト舗装面との付着

図-20に鋼繊維種別ごとの付着強度試験の結果を示す。図より、無混入の場合も含めた各鋼繊維を用いたコンクリートの付着強度は、材齢1, 3および7日において0.43~0.50, 0.57~0.71および0.72~0.90N/mm²の範囲にあった。すなわち、無混入の場合も含めて、各材齢における付着強度の最大と最小の差は0.07, 0.14および0.18N/mm²であり、鋼繊維の形状や寸法の違いによる規則的な差は認められない。既往の研究によると、アスファルト混合物平板供試体を下地とした場合の有スランプ鋼繊維補強コンクリートの付着強度が、材齢7日で0.4N/mm²であり、鋼繊維混入の有無による付着強度の差は認められないことが明らかになっている⁹⁾。したがって転圧コンクリートにおいても鋼

繊維混入の有無が、アスファルト混合物面での付着強度に影響を及ぼさないものと考えられる。付着強度試験後の破断供試体の境界面を目視観察した結果、コンクリートの境界面には若干のアスファルトモルタルが付着しており、破壊は、アスファルト混合物から起こっていることが明らかであった。また、鋼繊維種別、材齢が同一であっても、各試験片の付着強度に若干の差が見られたが、これは試験に用いたアスファルト舗装版は、走行車輛による表面の摩耗による凹凸の差が大きいものほど付着面積が増大するため付着強度が大きくなったことによると考えられる。

図-21に、材齢と付着強度の関係を示す。図より、付着強度は材齢の増加に伴って鋼繊維の有無あるいは種別によらずほぼ増加する傾向が認められる。本研究で得られた材齢7日での付着強度は0.7~0.9N/mm²であって、前述の既往の研究で得られた0.4N/mm²よりかなり大きい値となった。これは、既往の研究においては建研式引張試験機を用いていること、打継いだ鋼繊維コンクリートが有スランプコンクリートであること、さらに、基層に用いたアスファルト平板の付着面は実験用に製造されたため平滑であることなどの違いによるものと思われる。今回の実験結果から、既設アスファルト舗装を下地とした鋼繊維補強転圧コンクリートオーバーレイの付着強度は0.7N/mm²程度期待できるものと思われる。なお、材齢3日の付着強度の測定値における相対誤差は、鋼繊維無混入の場合26.2%、鋼繊維混入の場合23.7~38.5%であった。

6. 凍結融解抵抗性および乾燥収縮の検討

通常の舗装用転圧コンクリートの凍結融解抵抗性は、十分な締固めと適切なエントレインドエアの連行によって確保され、乾燥収縮は幾分小さくなるのが特長の一つとして挙げられている。一方、鋼繊維コンクリートの耐凍害性は、通常のコ

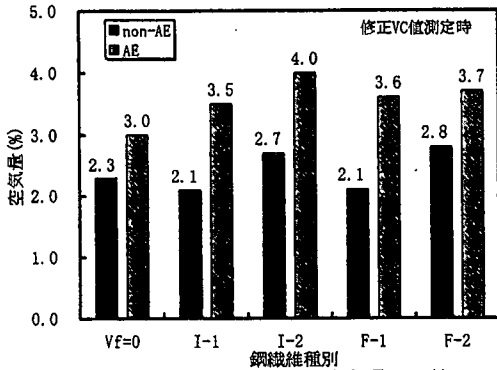


図-22 鋼繊維種別による空気量の比較

ンクリートより向上し、乾燥収縮ひずみは低減することが指摘されている。

本章では、このような特性が鋼繊維補強転圧コンクリートにおいても得られるか否か検討した。まず、補助AE剤を添加しない場合とこれを添加した場合のコンクリート(表-2, 配合No. 5~9および15~19)を用いて凍結融解抵抗性を検討した。また、コンクリート(表-2, 配合No. 5~9)の乾燥収縮ひずみについて検討し、無混入の場合と比較し、鋼繊維混入による効果を明らかにした。

(1) 凍結融解抵抗性

図-22に鋼繊維種別ごとの空気量の比較を示す。ここで、空気量は修正VC値測定時に重量法により求めたものである。図より、空気量は、補助AE剤を添加することによって、これを添加しない場合より大きくなっており、その増加程度は0.7~1.5%となった。また単位水量は、表-2に示されているように補助AE剤の添加によって2~5kg/m³低減された。図-23に補助AE剤の有無による鋼繊維種別ごとの凍結融解抵抗性の比較を示す。相対動弾性係数は、補助AE剤を添加した場合の300サイクル終了時において、無混入のとき61%, I-1, I-2, F-1およびF-2をそれぞれ混入したとき81.9, 83.0, 68.2および80.5となった。補助AE剤を添加しない場合、無混入のとき74サイクル, I-1, I-2, F-1およびF-2をそれぞれ混入したとき74~170サイクルで相対動弾性係数が60%以下となった。したがって、鋼繊維の混入により凍結融解抵抗性の向上が図られ、補助AE剤の添加によりこれが確保できると考えられる。補助AE剤の添加の有無による超音波伝播速度の測定結果によると、超音波伝播速度の低下傾向も、相対動弾性係数と対応した変化傾向を示すことがわかる。質量減少率は、補助AE剤を添加した場合、増加傾向を示し、供試体質量の減少傾向が認められる。補助AE剤を使用しない場合、最も劣

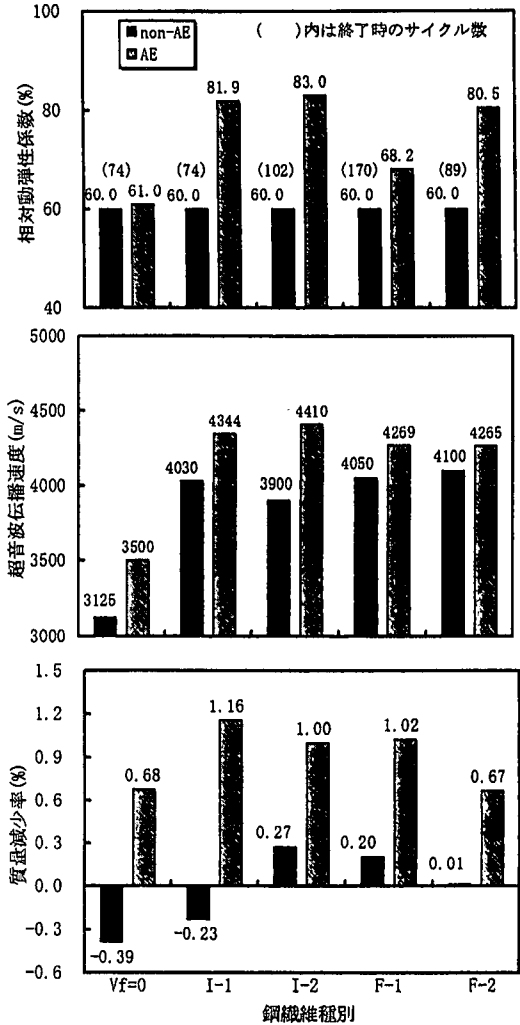


図-23 鋼繊維種別ごとの試験終了時における凍結融解抵抗性

化の早かった無混入およびI-1で減少傾向を示し、供試体質量は増加すること、その他は増加傾向にあり、質量の減少が認められた。超硬練りコンクリートの凍結融解抵抗性は、締固めが十分行われなかった場合、きわめて低下することが指摘されている^{10), 11)}。本実験に用いられた供試体の締固め率は、98~99%であり、その影響は少ないと判断される。試験終了後の供試体の外観観察によれば、いずれの供試体においても表面のセメントペースト部分のはげ落ちはあるものの、ひび割れなどの著しい劣化現象は認められなかった。

図-24に補助AE剤を添加した場合の耐久性指数と曲げ強度比の関係を示す。曲げ強度比は、凍結融解試験を終了した供試体と試験を行わない供試体の曲げ強度の比を示す。図より、耐久性指数の増加に伴って曲げ強度比は増加する傾向にあり、無

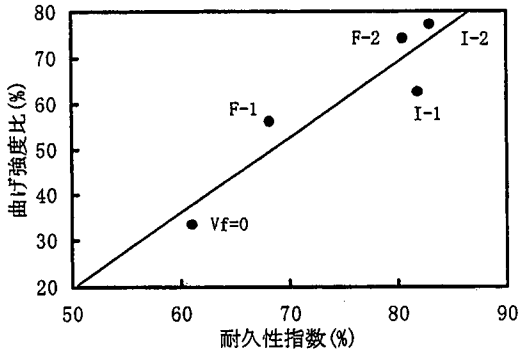


図-24 耐久性指数と曲げ強度比の関係

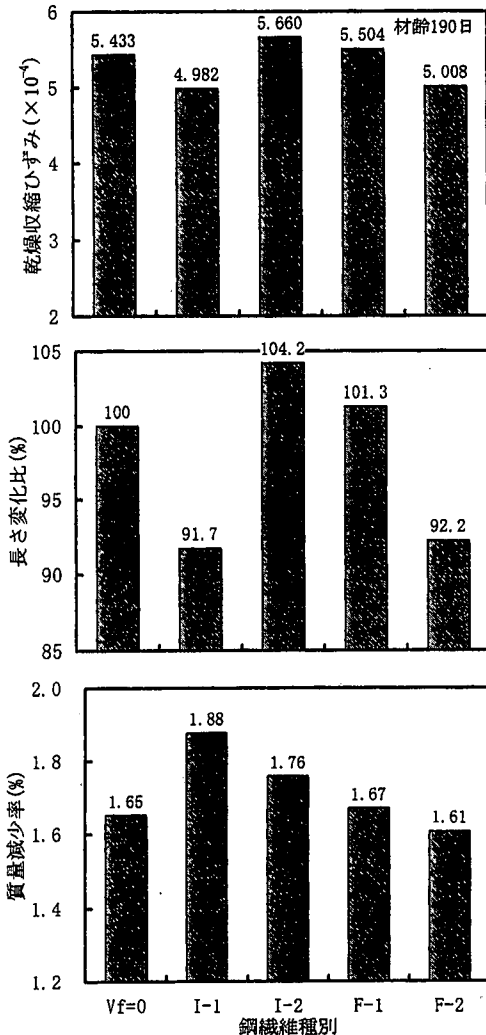


図-25 鋼繊維種別ごとの乾燥収縮ひずみ、長さ変化比および質量減少率

混入の場合より、混入した場合の方が曲げ強度比は大きく耐久性指数は大きくなる傾向が認められる。このことは、鋼繊維の混入によりひび割れ抵抗性が増し、耐凍害性が向上したことを示すと考

えられる。

(2) 乾燥収縮特性

図-25に材齢190日における鋼繊維種別ごとの乾燥収縮ひずみ、長さ変化比および質量減少率を示す。材齢190日での乾燥収縮ひずみは、無混入、I-1、I-2、F-1およびF-2でそれぞれ5.4、5.0、5.7、5.5および 5.0×10^{-4} であった。無混入の場合を基準として長さ変化比を求めると、I-1とF-2をそれぞれ使用した場合、91.7および92.2%、I-2とF-1の場合で104.2および101.3%となった。鋼繊維の混入による乾燥収縮ひずみの増減範囲は、 $-8.3 \sim +4.2\%$ であり、無混入の場合と同程度となるようである。質量減少率は、鋼繊維の混入により増加する傾向が認められた。

通常、乾燥収縮ひずみは、単位水量の増加、すなわちセメントペースト中の水量の増加に伴って増加する傾向を示すことが知られている。修正VC値一定において、鋼繊維を混入した場合の単位水量は、これを混入しない場合より $7 \sim 16 \text{ kg/m}^3$ 増加し、これに伴って質量減少率も増加する。しかし、乾燥収縮ひずみは無混入の場合とおおよそ同等となった。これは、鋼繊維がコンクリートの乾燥に伴う収縮応力を拘束していることによると考えられるのであって、単位水量の増加に伴う乾燥収縮ひずみへの悪影響は少ないと判断される。

7. 結論

鋼繊維としてインデント加工したものIと両端フック付きのものFを舗装用転圧コンクリートに混入したときの配合設計手順は通常の舗装用転圧コンクリートと同様に行えるが、ワーカビリティの観点から細骨材率および鋼繊維混入率の選定が重要であること、また、適切に選定された配合であれば、曲げ強度など硬化コンクリートの基礎物性値は鋼繊維無混入の場合より改善されることを明らかにした。配合、フレッシュコンクリートの性質、力学的性質および物理的性質について得られた結論は以下の通りである。

(1) 鋼繊維を混入したときの修正VC値は、無混入の場合より大きくなり、単位水量が 1 kg/m^3 変化するのに伴う変化程度は鋼繊維の有無によらず3~4秒程度であった。また、単位水量を一定として細骨材率を変化させたとき、修正VC値が最小で締固め率が最大となる細骨材率が存在し、その値は鋼繊維種別によらず40%程度であり、このときの修正VC

値は、鋼繊維Iや寸法の長いものを用いた場合幾分か大きくなった。

(2) 鋼繊維混入率は、単位水量、締固め性、分散状態および曲げ強度を考慮すると、種別寸法によらず1.0%が適切であると判断された。このコンクリートの修正VC値50秒における単位水量は、無混入の場合107kg/m³であるのに対し、鋼繊維Iの寸法の長いものおよび短いものを用いた場合で123および117kg/m³、鋼繊維Fの場合で119および114kg/m³であった。

(3) 高性能AE減水剤の添加率を0.3%増加するのに伴って単位水量を3~4kg/m³低減できるが、添加率を1.5%とすると空隙の増加による曲げ強度の低下を引き起こす場合があり、本研究の範囲での適切な添加率は1.0%程度と判断された。

(4) 粗骨材の材料分離程度は、鋼繊維無混入の場合より小さく、鋼繊維Iや寸法の短いものを用いた場合、より小さくなった。

(5) 表面振動機によって締固めたときの鋼繊維の配向角は、その種別によらずほぼ一定で、平均値は29.1~30.6°であった。同一水セメント比でスランプ8cmの鋼繊維コンクリートを内部振動機によって締固めた場合と比較した結果、転圧コンクリートの方が約10°水平に近い状態で配向しており、曲げ強度は約30%大きくなった。

(6) 修正VC値を一定としたときの曲げ強度は、無混入のものより12.5~52.3%大きくなった。また、曲げ靱性係数は、寸法を一定とすると鋼繊維Fを用いた場合Iを用いるより0.31~1.88N/mm²大きく、形状を一定とすると長いものが短いものより1.42~2.99N/mm²大きくなった。

(7) 摩耗アスファルト舗装面上のオーバーレイを想定して打設した時の付着強度は、鋼繊維の有無や種別による差は少なく、材齢7日で0.7N/mm²程度で

あった。

(8) 凍結融解抵抗性は、鋼繊維種別によらず無混入のものより優れており、AE剤の添加により試験終了時の相対動弾性係数は68.2~83.0%となった。

(9) 乾燥収縮ひずみは、無混入の場合より単位水量が大きくなるものの鋼繊維種別によらず無混入のものとはほぼ同程度であった。

参考文献

- 1) Benoit Ficherouille: Fiber-Reinforced Roller-Compacted Cement Concrete(Rollfiber) for Continious Cement Pavements, 8th Int'l Symposium on Concrete Roads, Theme II, Progress in Concrete Road Materials and in the Construction Process, pp.319-323, 1998.
- 2) Antonio Nanni and Aziz Johari:RCC Pavement Reinforced with Steel Fibers, *Concrete International*, pp.64-69, 1989, March.
- 3) 加賀谷 誠, 藤田 仁, 因幡 芳樹: 高性能AE減水剤と増粘剤の添加による舗装用転圧コンクリートの性状改善に関する基礎実験, コンクリート工学論文集, Vol.10, No.1, pp.101-108, 1999.
- 4) 國分 正胤編: 土木材料実験, pp.118-122, 1998.
- 5) (社)日本道路協会: 転圧コンクリート舗装技術指針(案), 1990.
- 6) (社)日本コンクリート工学協会: 超硬練りコンクリート研究委員会報告, pp.10-14, 1998.
- 7) 野田 悦郎, 孔 永健, 笠原 好則: 付着型薄層ホワイトトッピング工法に関する基礎的研究, 第2回舗装工学講演会講演論文集, pp.45-52, 1997.
- 8) 土木学会: 鋼繊維補強コンクリート設計施工指針(案), pp.72-73, 1983.
- 9) 國分 修一: 鋼繊維補強および転圧コンクリートの基礎物性と舗装への適用に関する実験的研究, 秋田大学学位論文, pp.55-56, 1997.
- 10) 小林 茂敏, 森濱 和正, 西川 正夫: 転圧コンクリートの強度特性, 耐凍結融解抵抗性に関する実験的検討, 土木技術資料, 33-7, pp.29-34, 1991.
- 11) 葛 拓造, 原 純二, 國府 勝郎: 転圧コンクリートの耐凍結融解抵抗性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12-1, pp.697-702, 1990.

(2000. 5. 25受付)

A STUDY ON MIX PROPORTIONS AND PROPERTIES OF STEEL FIBER REINFORCED ROLLER COMPACTED CONCRETE FOR PAVEMENTS

Makoto KAGAYA, Toru SUZUKI, Shuichi KOKUBUN and Hiroshi TOKUDA

The indented type and hooked type steel fibers were selected for roller compacted concrete for pavements. The appropriate unit water content, sand percentage, reinforcement amount were found out, and water reduction degree by incorporating superplasticizer and its appropriate adding percentage by cement content were chosen for a given consistency which was evaluated by the vibrating compaction value measured by a Swedish-type Vebe apparatus. The segregation degree was reduced by using steel fiber, and the fiber angle in the concrete tended to approach the horizontal angle by compaction used surface vibrator. The flexural strength, ductility and frost resistance were improved, and bond strength between the concrete and abraded asphalt pavement surface was evaluated at the age of 7 days. The drying shrinkage was almost the same as the non-fiber roller compacted concrete regardless of increase in the unit water content for a given consistency.