

論文 再生骨材を使用した繊維補強AAMsコンクリート

王 ハクブン^{*1}・渡部 憲^{*2}

要旨：本研究では、骨材として再生骨材(R)を使用した繊維補強AAMsコンクリート(以下、R-FRAMCと略記)の1軸圧縮試験および3等分点曲げ試験を行い、水結合材比、水ガラス体積混入率、繊維体積混合比および材齢の相違が、R-FRAMCの力学特性に及ぼす影響について検討を行った。その結果、R-FRAMCのスランブフローは、水結合材比を60%とした場合を除き、目標50cmを概ね達成し、硬化後は十分なひび割れ分散性および優れた曲げ靱性を有している等の知見が得られた。

キーワード：再生骨材, 繊維, AAMs

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の主材料であるコンクリートは、圧縮強度(F_c)と比較して引張強度が低く、打込み後の硬化過程における発熱や収縮の影響でひび割れが生じる。このような欠点を改善する一手法として、短繊維をコンクリートに混入した繊維補強コンクリートの開発が行われてきた。その中で、既存の繊維補強コンクリートをはるかに上回る性能を有する高靱性セメント複合材料(以下、DFRCCと略記)が開発された¹⁾。筆者らの1人らも、これまでに、DFRCC普及のため、再生骨材(R)を使用した高流動高靱性コンクリートについて検討を行ってきた(例えば、²⁾。

ところで現在、地球環境問題に対する取り組みは重要な課題であり、コンクリートの分野においても、セメント製造時に発生するCO₂排出量の削減を目的に、ジオポリマー(GP)を含むアルカリ活性材料(以下、AAMsと略記)への関心が高まっている。AAMsとは、シリカ、アルミニウム、カルシウム成分を多く含む粉体(活性フィラー)と、水ガラス(WG)などのアルカリシリカ溶液の縮重合反応による固化体である³⁾。これをセメント代替材料とすることで、CO₂排出量の大幅削減⁴⁾、高炉スラグ微粉末やフライアッシュ等の産業副産物や未利用資源の有効活用等が期待できる。

AAMs普及のため、セメント代替材料としての性能検証に関する研究は、近年、精力的に実施されているが、セメントと比較してAAMsの歴史は浅く、品質管理手法、品質管理を含む生産体制、コスト、法的背景等の今後解決すべき課題は少なくない。筆者らのこれまでの知見を踏まえ、DFRCCの性能を有するAAMsが実現できれば、普及のための大きな一助になると思われる。将来的には、鉄筋コンクリート建築物の耐震性や耐久性向上のため、このような材料を主要構造部等に適用することを目指している。

そこで、本研究では、AAMsコンクリートを繊維補強

した繊維補強AAMsコンクリート(以下、FRAMCと略記)に、再生骨材を使用したFRAMC(以下、R-FRAMCと略記)の各種材料試験を行い、水結合材比(W/B)、水ガラス体積混入率(V_{WG})、PVA繊維(V)と鋼繊維(S)の繊維体積混合比(V:S)および材齢の相違が、R-FRAMCの各種材料特性に及ぼす影響について検討を行った。また、比較用として天然骨材(N)を使用したN-FRAMCおよび再生骨材を使用した繊維無混入AAMsコンクリートについても併せて検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配(調)合概略

(1) 使用材料

再生骨材の物性一覧を、表-1に示す。再生粗骨材の品質はM相当のものを使用し、再生細骨材の中目はH相当、細目はM相当のものを使用した。また、再生細骨材の中目と細目の質量混合比は、材料分離を生じることなく目標とするスランブフローを達成するため、試し練り

表-1 骨材の物性一覧

骨材種類	最大寸法 (mm)	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率
再生粗骨材	10	2.53	2.43	3.95	5.82
再生細骨材	中目	2.5	2.50	3.19	2.69
	細目	0.6	2.57	2.48	3.65

表-2 配(調)合の概略

試験体名	骨材種類	水結合材比	細骨材率	細骨材結合材比	水ガラス体積混入率	繊維体積混入率	繊維体積混合比	材齢 (日)
		W/B (%)	s/a (vol.%)	S/B (%)	V_{WG} (vol.%)	V_f	(V:S)	
R-FRAMC40-VWG10-V7S3	R	40	85	80	10	3	7:3	28
R-FRAMC50-VWG5-V7S3		5		7				
R-FRAMC50-VWG10-V7S3		170		10	28			
R-FRAMC50-VWG15-V7S3		70		15	91			
R-FRAMC60-VWG10-V7S3		60		210	28			
R-FRAMC50-VWG10-V10S0		50		170	10:0			
R-AMC50-VWG10		R		50	85			170
N-FRAMC50-VWG10-V7S3	N	50	85	160	10	3	7:3	28

*1 東海大学大学院 工学研究科建築土木工学専攻 (学生会員)

*2 東海大学 建築都市学部建築学科教授 博士(工学) (正会員)

により決定し、W/B=40%で5:5、W/B=50%で3:7、W/B=60%で1:9とした(ただし、W/B=50%で、 $V_{WG}=15\%$ とした場合は7:3とした)。結合材は、フライアッシュ(II種、密度: 2.37g/cm^3)および高炉スラグ微粉末(4000、密度: 2.89g/cm^3)を質量混合比3:7として使用した。練混ぜ水は、NaOH水溶液(質量分率:30.6%)を水道水で希釈し、水溶液中のNaOHモル濃度を 2mol/L としたものを使用した。なお、アルカリシリカ溶液として、水ガラス(2号、密度: 1.46g/cm^3)も併せて使用した。繊維はPVA繊維(径:0.2mm、長さ:18mm、弾性係数: 27kN/mm^2 、引張強度: 975N/mm^2)および鋼繊維(径:0.55mm、長さ:30mm、弾性係数: 210kN/mm^2 、引張強度: 1262N/mm^2)を使用した。また、分離低減剤および高性能AE減水剤も適宜使用した。

(2) 配(調)合の概略

表-2に、R-FRAMCの配(調)合概略を示す。R-FRAMCは、W/B=40、50および60%、細骨材率(s/a)を85%、 $V_{WG}=10\%$ 、繊維体積混入率(V_f)=3%およびV:S=7:3とした。W/B=50%では、 $V_{WG}=5$ および15%とした場合、 $V_f=0\%$ (繊維無混入)とした場合、V:S=10:0とした場合および天然骨材を使用した場合についても検討を行った。天然骨材は、粗骨材として砕石(表乾密度: 2.73g/cm^3 、吸水率:0.90%、粗粒率: 5.86g/cm^3)を使用し、細骨材として砕砂と山砂を質量混合比1:9(混合砂の表乾密度: 2.56g/cm^3 、吸水率:2.75%、粗粒率: 1.61g/cm^3)としたものを使用した。

本研究における目標スランブフローは、 $50\pm 7.5\text{cm}$ とした。なお、繊維無混入とした場合については、スランブフローの調整は行わないこととした。

2.2 練混ぜ方法

練混ぜには、50Lパン型ミキサを用いた。練混ぜ時間は、6.5分(ミキサに細骨材、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を投入して0.5分空練り。その後、あらかじめ混合しておいた練混ぜ水および水ガラスを投入し、1分練混ぜ。続いて4分練混ぜの間、2分経過後にミキサが作動している状態で繊維を残りの2分間で投入。全ての繊維を投入後、0.5分練混ぜ。最後に、粗骨材を投入し、0.5分練り混ぜて終了)とした。なお、W/B=50%とし、 $V_{WG}=15\%$ とした場合は、8.5分(前述の練混ぜ方法における、「最後に0.5分練り混ぜて終了」の部分を変更)とした。

2.3 試験項目

本研究では、フレッシュ試験、1軸圧縮試験および3等分点曲げ試験を行った。フレッシュ試験は、モルタルフロー試験、スランブフロー試験および空気量試験を行った。1軸圧縮試験および3等分点曲げ試験用試験体は、W/B=50%とした場合、打込み後5日(湿布養生)で脱型

し、試験時(材齢28日。ただし、R-FRAMC50-VWG10-V7S3のみ材齢7、28および91日)まで標準養生とした。W/B=40%とした場合は打込み後4日(湿布養生)で脱型、W/B=60%とした場合は打込み後6日(湿布養生)で脱型、それぞれ試験時(材齢28日)まで標準養生とした。

(1) 1軸圧縮試験

1軸圧縮試験の概要を図-1に示す。1軸圧縮試験は、試験方法を文献⁵⁾に準じ、荷重は、2000kN耐圧試験機を使用して行った。試験体は $100\phi\times 200\text{mm}$ の円柱試験体とし、各水準6体作製した。計測項目は、荷重、コンプレッソメーターによる試験体中央部の縦・横ひずみおよび荷重盤間変位とした。なお、圧縮破壊エネルギー(G_{Fc})は、文献^{5,6)}に示す手法により算出した(文献^{5,6)}中の塑性変形3.0mmまでの値)。各データはデータロガーを使用して取り込んだ。

(2) 3等分点曲げ試験

3等分点曲げ試験の概要を図-2に示す。3等分点曲げ試験は、文献⁷⁾に準じて行った。荷重は、100kN AUTOGRAPH型精密万能試験機を使用して行い、クロスヘッド速度を 0.2mm/min に制御した。試験体は $100\times 100\times 400\text{mm}$ の角柱試験体とし、各水準6体作製した。計測項目は、荷重、高感度変位計によるスパン中央部のたわみ(δ_b)およびパイ型変位計による曲率とし、各データはデータロガーを使用して取り込んだ。また、試験後に、純曲げ区間内に発生した独立したひび割れ本数を目視により計測し、本研究ではこれをひび割れ本数とした。

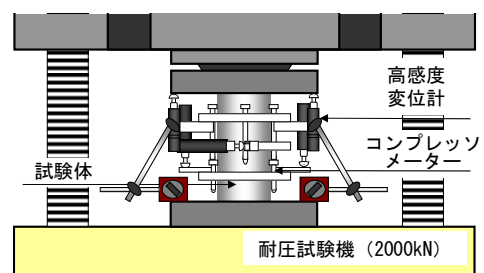


図-1 1軸圧縮試験

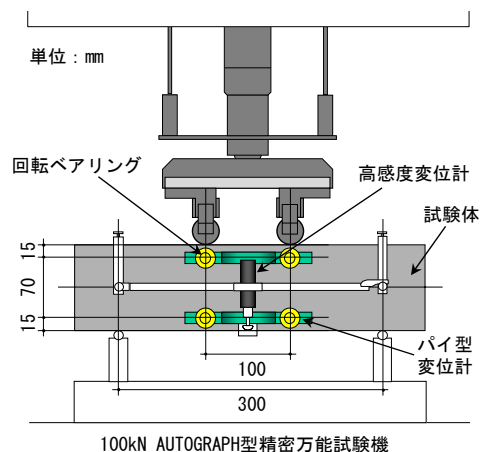


図-2 3等分点曲げ試験

曲げ靱性は、繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法⁸⁾を参考にして評価した。

まず、曲げ強度は以下の式により求めた。

$$f1_b = \frac{P \cdot \ell}{b \cdot h^2} \quad (1)$$

ここに、 $f1_b$:曲げ強度(N/mm²)、P:荷重(N)、 ℓ :スパン(mm)、 b :破壊断面の幅(mm)、 h :破壊断面の高さ(mm)である。

次に、曲げタフネスは曲げ靱性係数で表され、以下の式により求めた。

$$f2_b = \frac{T_b}{\delta_{tb}} \times \frac{\ell}{b \cdot h^2} \quad (2)$$

ここに、 $f2_b$:曲げ靱性係数(N/mm²)、 T_b :原点から δ_{tb} までの曲線下の面積(N・mm)、 δ_{tb} :スパン中央部のたわみ(mm)、 ℓ :スパン(mm)、 b :破壊断面の幅(mm)、 h :破壊断面の高さ(mm)である。なお、本研究では、荷重(P)- δ_{tb} 関係の軟化部分も含めた $f2_b$ を評価するため、 $f2_b$ を δ_{tb} が7.5mmとなる時点での値とした。

3. 結果と考察

3.1 フレッシュ試験結果

表-3に、実験により得られたR-FRAMCの各種材料特性一覧を示す。また、写真-1に、R-FRAMCのスランブフロー試験結果の一例を示す。

表-3によれば、R-FRAMCのスランブフローは、W/B=60%とした場合(59.0cm)を除き、45.0~54.5cmとなっており、材料分離を生じることなく、目標スランブフローを概ね達成できた(天然骨材を使用した場合も同

様)。なお、繊維無混入とした場合のスランブフローは、75.5cmであった。

3.2 1軸圧縮試験結果

(1) 圧縮強度および圧縮破壊エネルギー

図-3(a)~(d)に、1軸圧縮試験により得られたR-FRAMCの F_c および G_{Fc} -W/B、 V_{WG} 、V:Sおよび材齢関係を示す。

まず、図-3(a)によれば、W/Bの相違に係わらず、R-FRAMCの F_c および G_{Fc} は、概ね同程度の値(F_c は38.4~39.8N/mm²、 G_{Fc} は52.5~55.0N/mm)となっている。文献⁹⁾によれば、「GPモルタルは、普通ポルトランドセメントを用いたモルタルと比べると、W/Cの上昇に伴う F_c の低下率は小さい。」とされている。そこに空気量の影響(一般的にコンクリートの F_c は、空気量の増加に伴い低下することが知られており、空気量は、W/B=40%で1.2%、W/B=50%で1.0%、W/B=60%で0.4%)が加わった。また、文献¹⁰⁾によれば、「GPモルタルにおいて、再生細骨材を用いた場合に高い強度発現性を示したのは、骨材に付着した硬化セメントペーストに含まれるアルカリ成分が粉体の反応を促進したためと考えられる。」とされている。本配(調)合では、目標スランブフローを達成するため、W/Bの低下に伴いS/Bを下げた(S/Bは、W/B=60%で220%、W/B=50%で170%、W/B=40%で80%)ことにより細骨材量も同時に少なくなっており、W/Bの低下に伴い文献¹⁰⁾に示される再生細骨材を用いた場合の強度への寄与度合が低下した。以上の理由等により、このような結果になったものと思われるが、今後詳細な検討を要する。

表-3 材料特性一覧

試験体名	フレッシュ時		硬化時							
	スランブフロー (cm)	空気量 (%)	材齢 (日)	密度 (g/cm ³)	ヤング係数 (E) (kN/mm ²)	圧縮強度 (F_c) (N/mm ²)	圧縮破壊エネルギー (G_{Fc}) (N/mm)	曲げ強度 ($f1_b$) (N/mm ²)	曲げ靱性係数 ($f2_b$) (N/mm ²)	ひび割れ本数 (本)
R-FRAMC40-VWG10-V7S3	52.0	1.2	28	2.07	15.8	38.4	53.2	6.66	3.82	12
R-FRAMC50-VWG5-V7S3	45.0	2.5	7	2.16	18.4	24.7	46.6	6.67	4.20	8
R-FRAMC50-VWG10-V7S3	50.5	1.0	7	2.12	14.6	29.1	47.5	6.40	3.61	9
			28	2.13	18.6	39.8	55.0	6.70	3.85	9
R-FRAMC50-VWG15-V7S3	54.5	0.8	7	2.13	20.3	50.7	65.7	7.35	4.01	7
			28	1.95	12.8	43.1	59.8	5.13	2.92	16
R-FRAMC60-VWG10-V7S3	59.0	0.4	28	2.11	17.9	39.2	52.5	6.77	3.82	12
R-FRAMC50-VWG10-V10S0	46.0	1.1	7	2.06	18.5	42.8	47.1	7.91	4.57	18
R-AMC50-VWG10	75.5	0.4	28	2.11	18.6	42.5	-	3.41	-	1
N-FRAMC50-VWG10-V7S3	51.5	0.7	28	2.14	19.9	40.0	54.2	7.37	4.33	10



写真-1 スランブフロー試験結果の一例(R-FRAMC50-VWG10-V7S3)

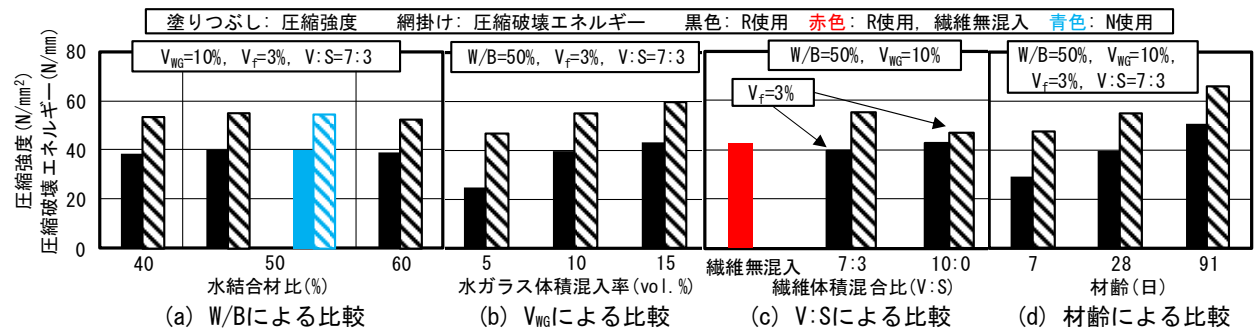


図-3 圧縮強度および圧縮破壊エネルギー-W/B、 V_{WG} 、V:Sおよび材齢関係

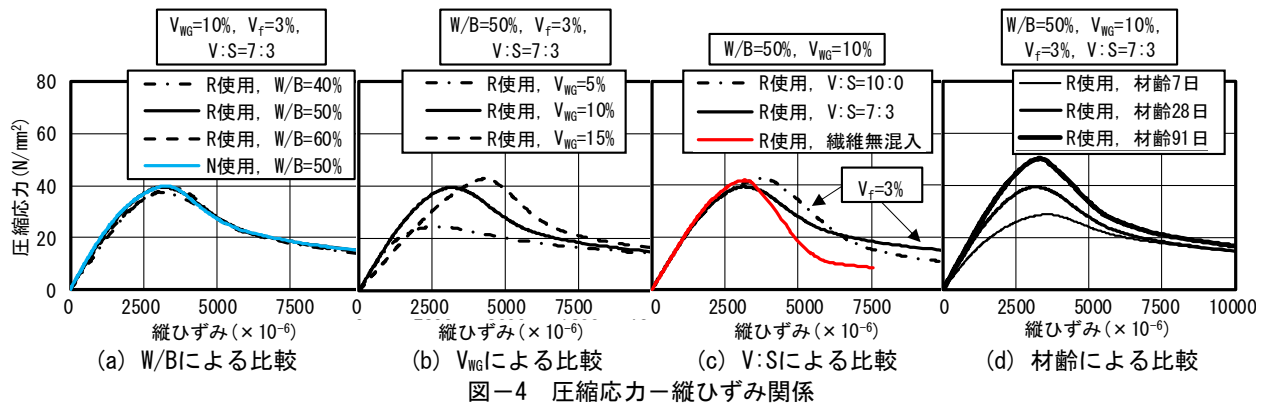


図-4 圧縮応力-縦ひずみ関係

骨材種類の影響については、W/B=50%で再生骨材を使用した場合(R-FRAMC50-VWG10-V7S3)の F_c および G_{Fc} は、天然骨材を使用した場合(N-FRAMC50-VWG10-V7S3)と比較して、ほぼ同値となっている。前述の通り、文献¹⁰⁾には再生細骨材を使用した場合の強度への寄与について述べられている。しかし、本研究では空気量の影響(空気量は、再生骨材を使用した場合で1.0%、天然骨材を使用した場合で0.7%)や粗骨材品質の影響(一般的にW/Bが同じであれば、砕石を使用したコンクリートの F_c と比較して、密度や吸水率の劣る再生粗骨材を使用したコンクリートの F_c は低下する傾向にある)等により、このような結果になったものと思われるが、今後詳細な検討を要する。

次に、図-3(b)によれば、R-FRAMCの F_c および G_{Fc} は、 V_{WG} の増加に伴い増大(F_c は24.7~43.1N/mm²、 F_c と V_{WG} の関係を直線近似すると、 $F_c=1.84V_{WG}+17.5$ となった)している。これは、 V_{WG} の増加に伴い、硬化に必要なケイ酸イオンが増加したことによるものと考えられる。

続いて、図-3(c)によれば、V:S=7:3とした場合のR-FRAMCの F_c は、V:S=10:0とした場合と比較して低下しているものの、 G_{Fc} は向上しており、鋼繊維の使用に伴う G_{Fc} の改善効果が確認できた。なお、繊維無混入とした場合は、やや脆性的に破壊し、塑性変形3.0mmまでの G_{Fc} は計測不能であったが、R-FRAMCでは繊維混入に伴う G_{Fc} の改善効果が確認できた。

さらに、図-3(d)によれば、R-FRAMCの F_c および G_{Fc} は、材齢の経過に伴い増大しており、セメントを使用した高流動高靱性コンクリート¹¹⁾と同様の傾向を示すことがわかった。

以上より、R-FRAMCにおいて、所要の F_c を得ようとする場合、 V_{WG} による調整が効果的であることがわかった。

(2) 圧縮応力-縦ひずみ関係

図-4(a)~(d)に、1軸圧縮試験により得られたR-FRAMCの圧縮応力(σ_c)-縦ひずみ(ϵ_c)関係を示す。

まず、図-4(a)によれば、R-FRAMCの σ_c - ϵ_c 関係における、 F_c 以降、急激に σ_c が低下する際の負勾配(以下、 F_c 以降の負勾配と略記)は、W/Bの相違に係わらず、同程度となっている。これは、前掲図-3(a)の傾向(W/Bの相違に係わらず、 F_c および G_{Fc} が概ね同程度である)による。

骨材種類の影響については、W/B=50%で天然骨材を使用した場合の F_c 以降の負勾配は、再生骨材を使用した場合と比較して、同程度となっている。これは、前掲図-3(a)の通り、天然骨材を使用した場合の F_c および G_{Fc} は、再生骨材を使用した場合と比較して大差ないことによる。

次に、図-4(b)によれば、R-FRAMCの σ_c - ϵ_c 関係における F_c 以降の負勾配は、 V_{WG} の増加に伴い F_c が増大することにより急となっている。これは、 F_c の増大に伴い F_c 以降の負勾配が急となる、セメントを使用した高流動高靱性コンクリートの傾向¹²⁾と同様である。なお、 $V_{WG}=15\%$ とした場合の σ_c - ϵ_c 関係における初期勾配は、 F_c が最も高いにも係わらず、他の V_{WG} と比較して小さくなっている(前掲表-3中のヤング係数も併せて参照)。これは、 $V_{WG}=15\%$ とした場合、目標スランプフローを達成するため、他の V_{WG} と比較してS/Bを下げたことにより細骨材量や粗骨材量が少なくなったことが一因として考えられる。

続いて、図-4(c)によれば、V:S=7:3とした場合のR-FRAMCの σ_c - ϵ_c 関係における F_c 以降の負勾配は、V:S=10:0とした場合と比較して、緩やかとなっている。また、V:S=7:3とした場合の $\epsilon_c=10000\mu$ における残留 σ_c は、V:S=10:0とした場合と比較して、高くなっている。これは、前掲図-3(c)の傾向(V:S=7:3とした場合の G_{Fc} は、V:S=10:0の場合と比較して向上すること)による。なお、繊維無混入とした場合の σ_c - ϵ_c 関係は、 $\epsilon_c=7500\mu$ 以降計測不能であった。

さらに、図-4(d)によれば、R-FRAMCの σ_c - ϵ_c 関係における F_c 以降の負勾配は、材齢の経過に伴い F_c が増大することにより急となっている。これについても、 F_c の増

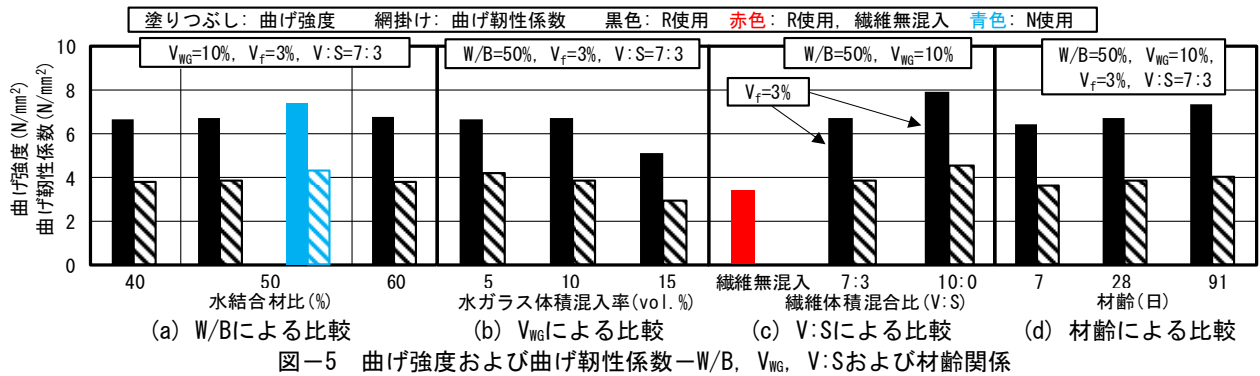


図-5 曲げ強度および曲げ靱性係数-W/B, V_{WG} , V:Sおよび材齢関係

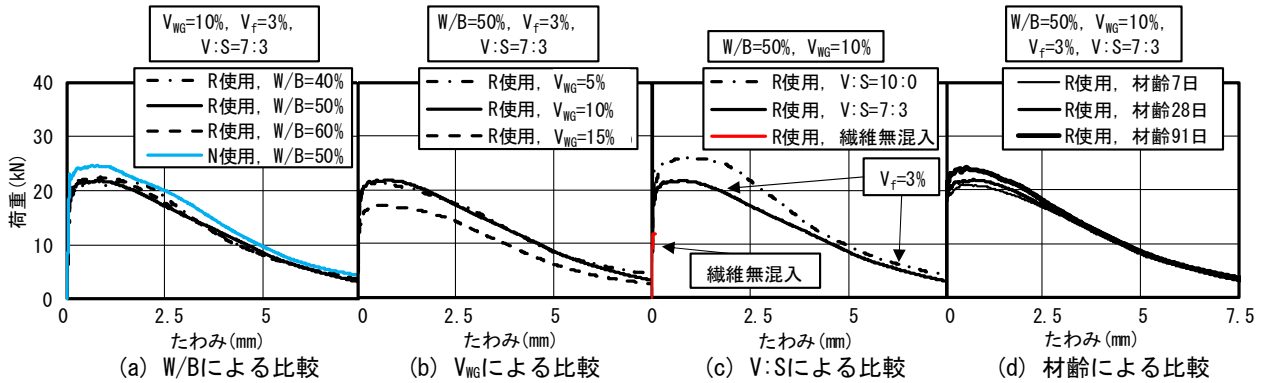


図-6 荷重-たわみ関係

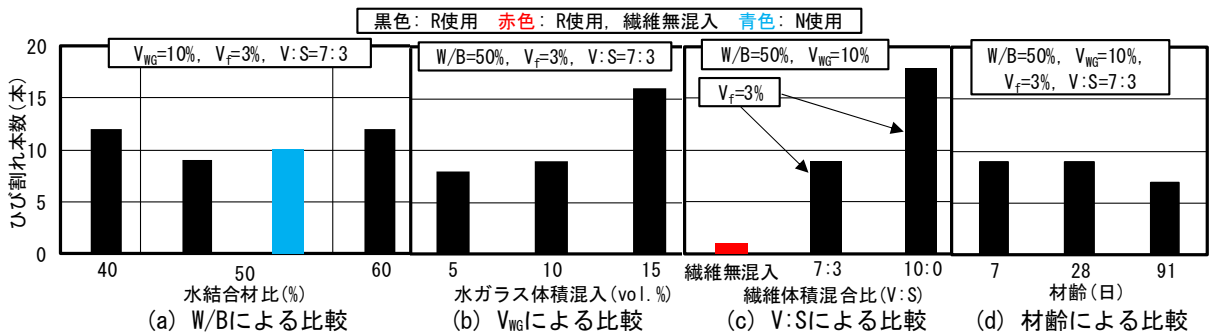


図-7 ひび割れ本数-W/B, V_{WG} , V:Sおよび材齢関係

大に伴い F_c 以降の負勾配が急となる、セメントを使用した高流動高靱性コンクリートの傾向¹²⁾と同様である。

3.3 3等分点曲げ試験結果

(1) 曲げ強度および曲げ靱性係数

図-5(a)~(d)に、3等分点曲げ試験により得られたR-FRAMCの f_{1b} および f_{2b} -W/B, V_{WG} , V:Sおよび材齢関係を示す。

まず、図-5(a)によれば、W/Bの相違に係わらず、R-FRAMCの f_{1b} および f_{2b} は、概ね同程度の値(f_{1b} は6.66~6.77N/mm², f_{2b} は3.82~3.85N/mm²)となっている。一方、骨材種類の影響については、W/B=50%で再生骨材を使用した場合(R-FRAMC50-VWG10-V7S3)の f_{1b} および f_{2b} は、天然骨材を使用した場合(N-FRAMC50-VWG10-V7S3)と比較して低下している。次に、図-5(b)によれば、R-FRAMCの f_{1b} および f_{2b} は、 V_{WG} =5および10%では同程度であるが、 V_{WG} =15%では、低下している。続いて、図-5(c)によれば、V:S=7:3とした場合のR-FRAMC

の f_{1b} および f_{2b} は、V:S=10:0とした場合と比較して低下している。これは、使用した鋼繊維のアスペクト比がPVA繊維と比較して小さいため、繊維とマトリックスの付着性能が低下(繊維種類の影響も含めて)したことに起因するものと思われる。なお、繊維無混入の場合では脆性破壊したため、 f_{2b} は計測不能であったが、R-FRAMCでは、繊維混入に伴う f_{1b} および f_{2b} の改善効果が確認できた。さらに、図-5(d)によれば、R-FRAMCの f_{1b} および f_{2b} は、材齢の経過に伴い増大する傾向を示している。

以上、図-5の傾向は、W/B, V_{WG} , V:Sおよび材齢の相違が、 f_{1b} および f_{2b} を決定付ける繊維の架橋性能に影響を及ぼしたものと考えているが、今後詳細な検討を要する。

(2) 荷重-たわみ関係

図-6(a)~(d)に、3等分点曲げ試験により得られたR-FRAMCのP- δ_b 関係を示す。

図-6によれば、R-FRAMCの $P-\delta_{tb}$ 関係は、 W/B 、 V_{WG} 、 $V:S$ および材齢の影響を受けていることが確認できるが、前述の通り、これらの要因が繊維の架橋性能に影響を及ぼしていることによるものと考えており、今後詳細な検討を要する。一方で、R-FRAMCの $P-\delta_{tb}$ 関係は、 W/B 、 V_{WG} 、 $V:S$ および材齢の相違に係わらず、初期ひび割れ発生後、高い荷重レベルを保った状態で、ひび割れ分散を繰り返しながら最大荷重を迎えており、優れた曲げ靱性を有していることがわかる。なお、繊維無混入とした場合{図-6(c)中}は、初期ひび割れ発生直後に脆性破壊している。

ここで、図-7のひび割れ本数を確認すると、R-FRAMCのひび割れ本数は、 W/B 、 V_{WG} 、 $V:S$ および材齢の相違に係わらず、7本以上となっている。文献⁷⁾によれば「曲げ応力下で独立した複数ひび割れの発生とは、最大荷重に達する以前に供試体の純曲げ区間内に、目視で確認できる2本以上の独立したひび割れが発生する場合を指す。」とされている。

本研究では、試験後に、純曲げ区間内に発生した独立したひび割れ本数を目視により計測し、ひび割れ本数としているが、最大荷重に達する以前に複数のひび割れを確認しており、R-FRAMCは W/B 、 V_{WG} 、 $V:S$ および材齢の相違に係わらず、十分なひび割れ分散性を有していることがわかる。

即ち、本研究の範囲において、R-FRAMCは、十分なひび割れ分散性および優れた曲げ靱性を有していること(高靱性AAMsコンクリートが実現可能)がわかった。

4. まとめ

本研究の範囲において、得られた知見を以下に示す。

- 1) R-FRAMCのスランプフローは、 $W/B=60\%$ とした場合を除き、材料分離を生じることなく、目標スランプフロー50cmを概ね達成できた。
- 2) R-FRAMCの F_c および G_{Fc} は、 V_{WG} の増加に伴い増大しており、所要の F_c を得ようとする場合、 V_{WG} の調整が効果的である。
- 3) PVA繊維および鋼繊維を混合使用した場合のR-FRAMCの G_{Fc} は、PVA繊維を単独使用した場合と比較して向上するものの、 F_c 、 f_{1b} および f_{2b} は低下する。
- 4) R-FRAMCは、 W/B 、 V_{WG} 、 $V:S$ および材齢の相違に係わらず、十分なひび割れ分散性および優れた曲げ靱性を有していることがわかった。

今後は、R-FRAMCを鉄筋コンクリート部材に適用した場合の補強効果について、検討を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS科研費(課題番号:23K04126, 代表者:渡部憲)の助成を受けて行われたものである。

参考文献

- 1) 高靱性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会：高靱性セメント複合材料を知る・作る・使う、高靱性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、pp.128, 2002.1
- 2) 安西拓巳, 渡部憲：再生骨材を使用した高流動高靱性コンクリートの収縮ひずみ低減, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, pp.173-178, 2020.7
- 3) 新しいアルカリ活性材料を用いた低炭素社会におけるインフラ構築に関する研究小委員会(233委員会)：新しいアルカリ活性材料を用いた低炭素社会におけるインフラ構築に関する研究報告書, 土木学会コンクリート委員会, pp.1-5, 2022.3
- 4) 原田耕司, 一宮一夫, 津郷俊二, 池田攻：ジオポリマーの諸性状に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1894-1899, 2012.7
- 5) 渡部憲, 大岡督尚, 白都滋, 加藤雄介：再生細骨材を使用した高靱性セメント複合材料の圧縮破壊挙動, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.485-490, 2006.7
- 6) 渡部憲, 大岡督尚, 白井伸明, 森泉和人：各種コンクリートの圧縮軟化挙動, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.2, pp.493-498, 2000.6
- 7) JCI規準：繊維補強セメント複合材料の曲げモーメント-曲率曲線試験方法(JCI-S-003-2007), コンクリート工学協会, pp.1-8, 2007
- 8) 土木学会：コンクリート標準示方書[規準編]平成11年度版, JSCE-G552 繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法, pp.217-219, 1999.11
- 9) 一宮一夫, 津郷俊二, 原田耕司, 池田攻：ジオポリマーモルタルの配合ならびに製造法に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.575-580, 2011.7
- 10) 池尾陽作：ジオポリマーの強度発現におよぼす再生細骨材および再生微粉末の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.723-724, 2017.9
- 11) 丸山裕生, 渡部憲：再生骨材を使用した高流動高靱性コンクリートの強度発現, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.303-308, 2018.7
- 12) 渡辺健, 渡部憲：再生骨材を使用した高流動繊維補強コンクリートの力学特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.357-362, 2017.7