再生細骨材を用いた 繊維補強セメント複合材料の材料特性

渡部 憲^{*1}・大岡 督尚^{*2}・白都 滋^{*3}

概要 最近、既存の繊維補強コンクリートをはるかに上回るひび割れ分散性や破壊靱性を有する「高靱性セメント複合材料」が注目を集めており、構造物のエネルギー吸収デバイスとして適用しようという試みも報告されている。高靱性セメント複合材料を鉄筋コンクリート構造物に積極的に適用していくことは、RC構造物の耐震性のみでなく、耐久性の向上にも大きく寄与すると考えられる。本研究では、再生細骨材を使用した繊維補強モルタルの圧縮、割裂および切欠き梁3点曲げ実験を実施したので、その結果について報告する。また、高靱性セメント複合材料の適用の可能性を模索するため既製杭を対象とした有限要素法による解析も実施したので、併せて報告する。

キーワード：繊維補強コンクリート、高靱性セメント複合材料、再生細骨材、既製杭、有限要素法

1. はじめに

最近、既存の繊維補強コンクリートをはるかに上回るひび割れ分散性や破壊靱性を有する「高靱性セメント複合材料（以下、DFRCC（Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composite）と略記）」が注目を集めており^{1)~3)}、構造物のエネルギー吸収デバイスとして適用しようという試みも報告されている³⁾。DFRCCを鉄筋コンクリート（以下、RC）構造物に積極的に適用していくことは、RC構造物の耐震性のみでなく、耐久性の向上にも大きく寄与すると考えられる。

筆者らも、これまでに細骨材種類、水セメント比、ビニロン繊維寸法、繊維体積混入率を変動因子としたビニ

図-1 耐震壁試験体

図-2 耐震壁試験体の荷重方法

(a) RC耐震壁

(b) DFRCC耐震壁

図-3 耐震壁試験体の水平荷重実験で得られた
水平力-層間変形角関係

*1 わたなべ・けん／東海大学 工学部 建築学科 講師（正会員）

*2 おおおか・とく／東急建設(株) 技術研究所（正会員）

*3 はくと・しげる／東急建設(株) 技術研究所（正会員）

写真-1 RC 耐震壁試験体の破壊状況
(層間変形角=1/200 (rad.))

写真-2 DFRCC 耐震壁試験体の破壊状況
(層間変形角=1/200 (rad.))

ロン繊維補強モルタルの切欠き梁 3 点曲げ実験を行い、DFRCC の優れたひび割れ分散性および破壊靱性を確認した⁴⁾。また、図-1 および 図-2 に示す、DFRCC 耐震壁の 1/3 スケールモデル試験体の水平載荷実験を行い、図-3 および写真-1、写真-2 に示すように DFRCC 耐震壁の優れた補強効果を確認した⁵⁾。

ところで、現在、生産活動を実施するにあたり地球環境問題に対応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、解体コンクリート塊から取り出した再生骨材を使用して再びコンクリートを製造する、再生骨材コンクリートの研究が活発に実施されており、研究成果および施工事例も報告されている^{6)~8)}。今後、コンクリートのリサイクルを更に積極的に推し進めるためにも、再生骨材の新たな有効利用技術を開発しておく必要がある。

そこで、本研究では骨材として吸水率 3% および 4% 程度の再生細骨材を使用した繊維補強モルタルの材料特性について検討を行った。また、DFRCC の適用性を模索するため、既製杭先端部の根固め部を対象とした有限要素解析（以下、FEM と略記）を実施した。

2. 実験方法

2.1 実験概要

モルタル試験体の一覧を表-1 に示す。モルタルの種

類は、吸水率 3% 程度の再生細骨材 H を使用した再生細骨材 H モルタル (HRM)、吸水率 4% 程度の再生細骨材 M を使用した再生細骨材 M モルタル (MRM) および砕砂と山砂を質量比 7:3 で混合使用した天然細骨材モルタル (NM) の 3 種類で、水セメント比 (W/C) は、HRM では 35, 40, 50 および 60%, MRM および NM では 40, 50 および 60% とした。繊維体積混入率 (V_f) は、HRM では 0, 2 および 3%, MRM および NM では 0 および 3%, 使用した繊維はビニロン繊維および鋼繊維で、ビニロン繊維は径 0.20 mm、長さ 24 mm、鋼繊維は径 0.60 mm、長さ 30 mm である。一部の試験体については、ビニロン繊維と鋼繊維を混合使用している。細骨材セメント比は、試し練りによって決定した。

載荷は、圧縮、割裂および切欠き梁 3 点曲げの 3 種類とした。試験体寸法は、圧縮および割裂実験では $\phi 100 \times 200$ mm、切欠き梁 3 点曲げ実験では $100 \times 100 \times 400$ mm で、各 3 体製作した。試験体は、モルタル打設後 1 日で脱型し、試験時（材齢 28 日）まで標準水中養生を行った。

2.2 切欠き梁 3 点曲げ載荷および計測方法

切欠き梁 3 点曲げ載荷の概要を図-4 に示す。切欠きは、載荷直前に、ダイヤモンドカッターを使用して試験体中央に深さ 50 mm となるように施工した。支点間の

Material Properties of Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composite Using Recycled Fine Aggregate

By K. Watanabe, T. Ohoka and S. Hakuto

Concrete Journal, Vol.44, No.3, pp.11~18, Mar. 2006

Synopsis Recently, research and development of the ductile fiber reinforced cementitious composites (DFRCC) superior to the existing ones have been actively conducted. DFRCC is a cementitious composite material reinforced with fibers, and it represents crack dispersing properties under tensile, flexural or compressive stress. The use of DFRCC as an energy absorption device will be one of the applications to reduce seismic response of structure. Using DFRCC instead of concrete will also enhance the durability of RC structures. In this study, fiber reinforced mortar specimens using recycled fine aggregate were tested under compressive, split tensile and 3-point flexural loading. To investigate applicability of DFRCC to Precast Piles, the finite element analyses of Precast Piles were also conducted.

Keywords : fiber reinforced concrete, ductile fiber reinforced cementitious composite, recycled fine aggregate, precast pile, finite element method

表-1 試験体一覧

試験体名	モルタル種類	細骨材種類	水セメント比 (wt. %)	細骨材セメント比 (wt. %)	繊維体積混入率 (Vol. %)	繊維混合割合 (割)
HRM35-VF0	HRM	再生H	35	50	0	—
HRM35-VF3-V10					3	V(10)
HRM35-VF3-V7-S3						V(7)+S(3)
HRM35-VF3-V5-S5						V(5)+S(5)
HRM40-VF0			40	60	0	—
HRM40-VF2-V10					2	V(10)
HRM40-VF2-V7-S3						V(7)+S(3)
HRM50-VF0					0	—
HRM50-VF2-V10			50	80	2	V(10)
HRM50-VF2-V7-S3					3	V(7)+S(3)
HRM50-VF3-V10						V(10)
HRM50-VF3-V7-S3						V(7)+S(3)
HRM50-VF3-V5-S5						V(5)+S(5)
HRM60-VF0			60	100	0	—
HRM60-VF2-V10					2	V(10)
HRM60-VF2-V7-S3						V(7)+S(3)
HRM60-VF3-V10						V(10)
HRM60-VF3-V7-S3					3	V(7)+S(3)
MRM40-VF0	MRM	再生M	40	60	0	—
MRM40-VF3-V10					3	V(10)
MRM40-VF3-V7-S3						V(7)+S(3)
MRM50-VF0			50	80	0	—
MRM50-VF3-V10					3	V(10)
MRM60-VF0			60	100	0	—
MRM60-VF3-V10					3	V(10)
NM40-VF0	NM	天然	40	60	0	—
NM40-VF3-V10					3	V(10)
NM50-VF0			50	80	0	—
NM50-VF3-V10					3	V(10)
NM60-VF0			60	100	0	—
NM60-VF3-V10					3	V(10)

細骨材 再生H：再生細骨材（吸水率：3.25%，最大寸法：2.5 mm）
 再生M：再生細骨材（吸水率：4.32%，最大寸法：5.0 mm）
 天然：砕砂（吸水率：1.36%，最大寸法：5.0 mm），山砂（吸水率：2.55%，最大寸法：2.5 mm）
 砕砂と山砂を質量比で7：3で混合使用

セメント 普通ポルトランドセメント

繊維 V：ビニロン繊維（径：0.20 mm，長さ：24 mm，弾性係数：29 kN/mm²，引張強度：975 N/mm²）
 S：鋼繊維（径：0.60 mm，長さ：30 mm，弾性係数：210 kN/mm²，引張強度：1 000 N/mm²）

図-4 切欠き梁 3点曲げ載荷

スパンは300 mmである。載荷は、100 kNのAUTOGRAPH型精密万能試験機を用いて行い、クロスヘッド速度を制御した。クロスヘッド速度は、繊維補強モルタルでは0.2 mm/minの載荷速度としたが、プレーン

モルタルでは最大荷重後の急激な荷重低下を防ぐため、0.01 mm/minの載荷速度とした。荷重は100 kNロードセルで計測し、スパン中央部のたわみは図-4に示す変位計測治具を試験体に取り付け、10 mm高感度変位計で計測した。切欠き口の開口変位は5 mmクリップゲージで計測した。各計測データは、データロガーを使用して取り込んだ。

2.3 曲げ靱性の評価方法

曲げ靱性の評価方法は、文献⁹⁾を参考に、以下の手法で評価した。

まず、曲げ強度は以下の式より求めた。

$$f1_b = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \times \frac{3}{2}$$

ここに、 $f1_b$ ：曲げ強度（N/mm²）， P ：最大荷重（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、以下の式によって求めた。

$$f2_b = \frac{T_b}{\delta_{tb}} \times \frac{L}{b \cdot h^2} \times \frac{3}{2}$$

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。

3. 結果と考察

3.1 各種材料特性

表-2 に、実験により得られたプレーンおよび繊維補強モルタルの各種材料特性一覧を示す。

(1) ヤング係数、圧縮および割裂強度

図-5 および図-6 に、骨材種類の異なるプレーンおよび繊維補強モルタル ($V_f=3\%$ 、ビニロン繊維のみ) のヤング係数、圧縮および割裂強度と W/C の関係を示す。なお、図-6 中には、繊維を混合使用した場合の結果 (ビニロン繊維を 7 割、鋼繊維を 3 割 (V7-S3)) も併記してある。これらの図によれば、骨材種類の相違による

各強度値への影響は小さい。このことから、本研究の範囲では、再生細骨材の吸水率がプレーンモルタルおよび繊維補強モルタルの各強度値に与える影響は小さいと言える。

なお、プレーンモルタルと比較して繊維補強モルタルでは、ヤング係数および圧縮強度が低 W/C において低下する傾向にある。ただし、図-6 (a) に示すとおり、鋼繊維を混合使用することにより、この傾向は改善する。

(2) 曲げ強度、ひび割れ本数および曲げ靱性係数

図-7 に、骨材種類の異なる繊維補強モルタル ($V_f=3\%$ 、ビニロン繊維のみ) の曲げ強度、ひび割れ本数およびたわみ 7.5 mm 時の曲げ靱性係数と W/C の関係を示す。なお、図-7 中には、繊維を混合使用した場合の結果 (ビニロン繊維を 7 割、鋼繊維を 3 割 (V7-S3)) も併記してある。図-7 (a) によれば、骨材として再生細骨材 M を使用した場合の $W/C=40\%$ の結果を除き、曲げ強度は W/C の増加とともに減少する傾向にある。一方、ひび割れ本数 (：切欠き先端に生じたひび割れ本

表-2 実験結果一覧

試験体名	フレッシュ時			硬化時								
	フロー値 (mm)	空気量 (%)	モルタル温度 (°C)	単位容積質量 (g/cm ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	割裂強度*1 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	ひび割れ本数*2 (本)	ひび割れ領域*2 (mm)	曲げ靱性係数*3	
											たわみ 7.5 mm 時 (N/mm ²)	たわみ 15 mm 時 (N/mm ²)
HRM35-VF0	239	0.0	27.0	2.19	23.7	64.8	4.04	4.62	1.0	—	2.39	—
HRM35-VF3-V10	174	0.4	27.0	2.12	20.2	50.2	3.74	13.6	4.3	12.4	7.75	—
HRM35-VF3-V7-S3	183	0.6	27.0	2.18	22.3	57.1	3.96	14.2	15	17.3	12.0	8.97
HRM35-VF3-V5-S5	213	0.3	27.0	2.22	25.4	57.3	3.40	14.5	16	20.8	11.9	8.72
HRM40-VF0	247	0.0	26.0	2.14	19.5	54.7	2.79	3.98	1.0	—	2.78	—
HRM40-VF2-V10	196	0.0	25.5	2.10	18.5	54.0	2.90	7.48	2.2	6.33	3.77	—
HRM40-VF2-V7-S3	150	0.7	24.5	2.16	19.2	53.0	3.37	11.3	5.3	13.9	8.05	5.45
HRM50-VF0	234	0.2	24.0	2.08	16.7	39.9	2.50	3.45	1.0	—	1.86	—
HRM50-VF2-V10	201	0.2	25.0	2.05	15.2	38.4	3.08	6.52	1.8	8.81	4.18	2.62
HRM50-VF2-V7-S3	227	1.0	25.0	2.11	17.0	40.4	2.56	7.94	5.0	18.3	6.40	4.48
HRM50-VF3-V10	163	0.8	25.0	2.03	15.2	37.4	2.37	10.4	8.7	21.6	8.29	6.41
HRM50-VF3-V7-S3	194	0.9	25.0	2.10	17.4	37.6	3.02	9.36	6.2	19.2	8.05	6.11
HRM50-VF3-V5-S5	201	0.3	22.5	2.16	19.3	39.4	3.28	9.81	6.8	26.0	7.95	5.59
HRM60-VF0	219	0.6	22.5	2.04	13.0	26.7	1.96	2.70	1.0	—	1.63	—
HRM60-VF2-V10	165	1.6	23.5	2.00	12.2	28.5	2.81	8.32	4.2	19.7	5.83	—
HRM60-VF2-V7-S3	205	1.2	24.0	2.05	13.2	28.7	2.52	7.44	6.5	26.5	6.09	4.30
HRM60-VF3-V10	138	1.1	23.0	1.98	12.1	27.6	2.65	8.62	5.3	10.6	6.53	5.00
HRM60-VF3-V7-S3	157	1.0	23.0	2.05	13.2	29.6	2.66	8.65	6.8	19.6	7.33	5.47
MRM40-VF0	243	0.6	23.0	2.15	21.1	58.3	3.95	4.07	1.0	—	2.20	—
MRM40-VF3-V10	188	2.0	24.0	2.08	17.5	52.0	3.58	11.3	4.5	22.2	6.80	4.30
MRM40-VF3-V7-S3	195	2.0	24.5	2.14	19.1	52.2	3.82	15.3	11	41.7	11.7	7.90
MRM50-VF0	247	1.0	24.0	2.06	15.8	38.1	2.73	3.25	1.0	—	1.89	—
MRM50-VF3-V10	183	1.3	22.0	2.01	14.6	37.3	3.13	11.7	6.0	43.8	8.63	6.81
MRM60-VF0	242	0.4	22.0	2.01	12.5	27.5	2.38	2.79	1.0	—	1.61	—
MRM60-VF3-V10	177	2.7	24.0	1.96	11.7	26.6	2.61	10.5	7.3	47.2	9.11	7.24
NM40-VF0	248	0.7	20.0	2.16	19.5	59.2	3.30	4.42	1.0	—	2.59	—
NM40-VF3-V10	175	1.8	20.0	2.10	17.0	50.1	3.16	12.2	2.0	7.84	6.01	3.42
NM50-VF0	245	0.9	19.0	2.11	16.2	40.0	3.05	3.39	1.0	—	1.93	—
NM50-VF3-V10	180	2.4	19.5	2.06	13.9	38.9	2.73	10.0	4.5	27.6	6.39	4.13
NM60-VF0	239	0.9	19.0	2.05	12.9	29.0	2.26	2.74	1.0	—	1.77	—
NM60-VF3-V10	174	2.0	19.0	2.01	12.0	29.5	2.35	9.82	6.0	28.5	7.62	5.35

*1：繊維補強モルタルについては、初期ひび割れ発生時の値。

*2：切欠き先端に生じたひび割れ本数およびその発生領域を、曲げ試験終了後に計測。

*3：HRM35-VF3-V10、HRM40-VF2-V10 および HRM60-VF2-V10 については、たわみ 15 mm まで計測出来ていない。

プレーンモルタルについては、最大荷重までの値。

図-5 プレーンモルタルのヤング係数、圧縮および割裂強度

図-6 繊維補強モルタル ($V_f=3\%$, ビニロン繊維のみ: VF3-V10) のヤング係数、圧縮および割裂強度

図-7 繊維補強モルタル ($V_f=3\%$, ビニロン繊維のみ: VF3-V10) の曲げ強度、ひび割れ本数および曲げじん性係数

数を、実験後に観察、図-7 (b)) およびたわみ 7.5 mm 時の曲げ靱性係数 (図-7 (c)) は、骨材として再生細骨材 H を使用した場合の $W/C=60\%$ の結果を除き W/C の増加とともに増加する傾向にある。そして、いずれの骨材を使用した場合でも、 $W/C=50\%$ 以上においてひび割れ本数が 5 本程度以上となっており、再生細骨材を使用した場合でも、十分なひび割れ分散性および曲げ靱性を有すること (DFRCC が実現可能) が分かった。なお、同一 W/C における、骨材種類の相違による各値への影響は小さい。また、鋼繊維を混合使用することにより $W/C=35\%$ では各値は改善傾向にあるが、 $W/C=50$ および 60% ではその効果は確認できない。これは、 $W/C=35\%$ のような比較的高強度の領域では、ビニロン

繊維のみでは十分な補強効果が得られず、剛性の高い鋼繊維を混合使用することにより、十分な補強効果が得られ、 $W/C=50$ および 60% のような強度領域では、ビニロン繊維のみで十分な補強効果が得られるため、鋼繊維を混合使用した効果が現れ難かったものと考えられる。

3.2 荷重-たわみ関係

図-8 および図-9 に、 W/C の異なるプレーンおよび繊維補強モルタル ($V_f=3\%$, ビニロン繊維のみ) の切欠き梁 3 点曲げ実験により得られた荷重-たわみ関係を骨材種類別に示す。

まず、プレーンモルタルの結果 (図-8) に注目すると、骨材種類にかかわらず、 W/C の低下とともに破壊性状が脆性的になる傾向が確認できる。この傾向は、繊維補

(a) 再生細骨材 H

(b) 再生細骨材 M

(c) 天然細骨材

図-8 荷重-たわみ関係 (プレーンモルタル)

強モルタルの結果 (図-9) でも同様である。なお、繊維補強モルタルの場合、 $W/C=50\%$ 以上となると破壊靱性が著しく改善されている。これは、本研究で使用したビニロン繊維の場合、 $W/C=50\%$ 以上のモルタルにおいて、補強効果が大きくなるものと考えられる。

図-10 および図-11 に、再生細骨材 H を使用した繊維混合比の異なる繊維補強モルタル ($V_f=2$ および 3% 、ビニロン繊維のみ (VF10)、ビニロン繊維を 7 割、鋼繊維を 3 割 (V7-S3) およびビニロン繊維を 5 割、鋼繊維を 5 割 (V5-S5) の切欠き梁 3 点曲げ実験により得られた荷重-たわみ関係を W/C 別に示す。これらの図によれば、 V_f にかかわらず $W/C=40\%$ 以下においては鋼繊維を混合使用することによる靱性改善効果が確認できるが、 W/C が大きくなるに従い、その効果が小さくなる。

すなわち、 $W/C=50, 60\%$ の領域では、ビニロン繊維の単独使用で十分な靱性改善が可能であるが、 $W/C=35, 40\%$ の領域ではビニロン繊維と鋼繊維の混合使用

(a) 再生細骨材 H

(b) 再生細骨材 M

(c) 天然細骨材

図-9 荷重-たわみ関係 ($V_f=3\%$, ビニロン繊維のみ: VF3-V10)

が有効であると言える。

なお、ビニロン繊維と鋼繊維の混合使用割合については、本研究の範囲では $7:3$ で良いと思われる。

4. 杭先端根固め部への適用の可能性

4.1 FEM 解析の概要

DFRCC の適用性を模索するため、既製杭先端の根固め部 (杭径=350 mm, 根固め径=700 mm, 根固め高さ=525 mm) を対象とした非線形 FEM¹⁰⁾ を実施した。

図-12 に、杭先端根固め部の要素分割を示す。各要素は 4 節点アイソパラメトリック軸対称ソリッドリング要素を用いてモデル化した。杭体は弾性体とし、ヤング係数を 40.0 kN/mm^2 、ポアソン比を 0.18 と設定した。根固め部は、筆者らが過去に実施した実験⁹⁾ により得られたコンクリートおよび DFRCC の材料定数を与えた。まず、圧縮強度までを、2 直線でモデル化 (圧縮強度の $1/3$ を折れ点とした) し、コンクリートについてはヤン

(a) $W/C=40\%$

(b) $W/C=50\%$

(c) $W/C=60\%$

図-10 荷重-たわみ関係 ($V_f=2\%$, 再生細骨材 H 使用)

(a) $W/C=35\%$

(b) $W/C=50\%$

(c) $W/C=60\%$

図-11 荷重-たわみ関係 ($V_f=3\%$, 再生細骨材 H 使用)

図-12 杭先端根固め部のモデル化

(a) 引張軟化挙動

(b) 圧縮軟化挙動

図-13 コンクリートおよび DFRCC の軟化挙動

グ係数を 21.9 kN/mm²、ポアソン比を 0.16、圧縮強度を 28.6 N/mm²、DFRCC については、ヤング係数を 14.1 kN/mm²、ポアソン比を 0.19、圧縮強度を 26.2 N/mm² とした。次に、圧縮強度以降は、図-13 に示すコンクリートおよび DFRCC の圧縮軟化挙動および引張軟化挙動を導入した。なお、コンクリートおよび DFRCC の各軟化挙動の変形は、要素面積を 2 倍した値の平方根で除して、ひずみに変換して用いた。

塑性基準は、コンクリートおよび DFRCC の圧縮側を drucker-prager 基準（膨張角および摩擦角を 30° とした）、コンクリートおよび DFRCC の引張側をテンションカットオフとした。コンクリートおよび DFRCC のひび割れは分布ひび割れモデルとした。

解析では、鉛直方向の等変位増分を各載荷節点に負荷する変位制御型の単調漸増載荷を行った。非線形解析の求解法は、Newton-Raphson 法を用いた。

4.2 結果と考察

FEM 解析により得られた、荷重-載荷点変位関係を図-14 に示す。なお、図中には、以下に示す六車・岡本の式から導き出した、支圧面積と支承面積が異なる場合の荷重値も併記してある。

$$\frac{F_B}{F} = \left(\frac{Ak}{A_2} \right)^{0.43}$$

ここに、 F_B ：支圧強度 (N/mm²)、 F ：円柱供試体の圧縮強度 (N/mm²)、 Ak ：支承面積 (mm²)、 A_2 ：支圧面積 (mm²) である。

図中の根固め部にコンクリートの物性を導入した FEM 解析結果と六車・岡本の式から導き出した、支圧面積と支承面積が異なる場合の荷重値を比較すると、本解析対象のように、支圧面積（杭体面積）と支承面積（根固め部面積）が異なる場合の荷重上昇を、FEM 解析により、多少低めではあるがある程度再現できている。なお、コンクリートの圧縮強度から支圧面積を使用して算出される荷重は 2752 kN である。

次に、根固め部に DFRCC の物性を導入した FEM 解析結果と六車・岡本の式から導き出した、支圧面積と支承面積が異なる場合の荷重値を比較すると、解析結果は

図-14 荷重-載荷点変位関係 (FEM 解析)

六車・岡本の式から導き出した値を上回っている。

以上より、既製杭先端の根固め部に DFRCC を使用することにより、既製杭先端支持力の増大効果が得られる可能性が高いことがわかる。

5. ま と め

本研究で得られた結果を要約すると、およそ次のようにまとめられる。

- 1) 切欠き梁 3 点曲げ実験結果より、再生細骨材を使用した繊維補強モルタルにおいて、十分なひび割れ分散性および曲げじん性を確認した。
- 2) 切欠き梁 3 点曲げ実験結果より、水セメント比 50 および 60% の領域では、ビニロン繊維の単独使用で十分なじん性改善が可能であるが、水セメント比 35 および 40% の領域ではビニロン繊維と鋼繊維の混合使用が有効であることがわかった。
- 3) 既製杭を対象とした有限要素解析より、既製杭先端の根固め部に高靱性セメント複合材料を使用することにより、既製杭先端支持力の増大効果が得られる可能性が高いことがわかった。

謝 辞 試験体製作に際し材料を提供して頂いた、(株)ポゾリス物産、(株)ブリヂストン、武蔵野土木工業(株)に謝意を表します。

なお、本研究の一部は科学研究費補助金（若手研究 (B) 課題番号：17760462、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) 財団法人建築センター：日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」平成 11 年度報告書、2000.3
- 2) 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、128 p., 日本コンクリート工学協会、2002.1
- 3) 丸田 誠・関田徹志・永井 寛・山本幸正：プレキャスト ECC 連結梁を用いた高層 RC 新架構、コンクリート工学、Vol. 43, No. 11, pp. 18~26, 2005.11
- 4) 渡部 憲・白井伸明・大岡督尚・白都 滋：各種繊維補強モルタル試験体の曲げ変形挙動、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 23, No. 2, pp. 355~360, 2001.7
- 5) 渡部 憲・白井伸明・大岡督尚・白都 滋・藤田 敬：高靱性ビニロン繊維補強モルタル耐震壁の弾塑性挙動に関する基礎的研究、日本建築学科構造系論文集、No. 559, pp. 211~218, 2002.9
- 6) コンクリート再生材高度利用研究会：コンクリートリサイクルシステムの普及に向けての提言（コンクリート再生材高度利用研究会活動報告書）、204 p., 2005.9
- 7) 再生骨材標準化委員会：コンクリート再生骨材の普及促進に関するシンポジウム、170 p., 日本コンクリート工学協会、2005.9
- 8) 大岡督尚・渡部 憲・川原 聡・八城泰衛：再生粗骨材コンクリートの場所打ち鉄筋コンクリート杭への活用、基礎工、Vol. 32, No. 7, pp. 27~30, 2004.7
- 9) 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及び曲げタフネス試験方法、pp. 217~219
- 10) DIANA Foundation Expertise Center for Computational Mechanics (DIANA version-8): DIANA Finite Element Analysis Users Manual, TNO Building and Construction Research.