

再生細骨材を使用した高靱性セメント複合材料の 圧縮破壊領域長さに関する基礎的研究

高橋 龍市*¹ 渡部 憲*² 松木 雄一郎*³ 田中 直樹*⁴

Fundamental Study on Compressive Fracture Zone Length of Ductile Fiber-Reinforced Cementitious Composite Using Recycled Fine Aggregate

by

Ryuichi TAKAHASHI*¹, Ken WATANABE*², Yuichiro MATSUKI*³ and Naoki TANAKA*⁴

(Received on Sep. 30, 2013 and accepted on Nov. 14, 2013)

Abstract

Recently, ductile fiber-reinforced cementitious composites (DFRCCs) have been developed which show performance largely superior to those of current fiber-reinforced concretes. DFRCCs are composites of cementitious material reinforced with fibers, which have multiple cracking characteristics and much improved toughness during bending, tension, and compression fractures. In the present study, we have carried out uniaxial compression tests on DFRCCs using recycled fine aggregate to investigate the compressive fracture zone length. This paper presents the conclusion that the equations have been presented to estimate the compressive fracture zone length from the compressive strength for DFRCCs using recycled fine aggregate.

Keywords: DFRCC, Recycled fine aggregate, Compression test, Compressive fracture zone length, Internal strain

1. はじめに

圧縮応力下にあるコンクリートの破壊は、特定の領域に集中して進行し、その他の領域では除荷現象が起きていることが知られている。このような現象が、鉄筋コンクリート(以下、RCと略記)構造物全体の破壊挙動にも影響を及ぼすため、これまでも数多くの研究が実施されている。例えば、中村ら^{1,2)}の研究では、異形加工したアクリル製角棒にひずみゲージを貼り付けたもの(以下、アクリルバーと略記)を試験体内部に埋設し、圧縮応力下にあるコンクリート試験体内部の局所的なひずみを測定することにより、圧縮破壊領域長さ(以下、 L_p と略記)の評価を試みている(以下、アクリルバー法と略記)。また、伊藤ら³⁾は、短繊維補強コンクリートの L_p の評価を試みている。

ところで、近年、コンクリート分野では、天然骨材採取に伴う環境破壊や天然骨材資源の枯渇問題から、再生骨材コンクリートの研究が活発に実施されている。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り、筆者らの一人らもこれまでに、高靱性セメント複合材料⁴⁾(以下、DFRCCと略記)への再生細骨材の適用性を検討してきた⁵⁾。DFRCCとは、セメント系材料

を繊維で補強した複合材料であり、曲げ応力下において複数ひび割れ特性を示し、曲げ、引張、圧縮破壊時の靱性が大幅に向上した材料である⁴⁾。

このような材料をRC構造物に適用しようとする場合、圧縮応力下にあるDFRCCについても、前述のような現象を解明しておくことは有用である。既報⁶⁾では、アクリルバー法を用いて、圧縮応力下にある、天然細骨材を使用したDFRCC(以下、NDFRCCと略記)の L_p に関する研究を実施した。

そこで本研究では、アクリルバー法を用いて、再生細骨材を使用したDFRCC(以下、RDFRCCと略記)の1軸圧縮試験を行い、 L_p に与える水セメント比(W/C)、試験体寸法および骨材種類の影響について検討を行った。具体的には、まず、既報⁶⁾に示されたDFRCCの L_p を評価する手法により、圧縮強度(F_c)の相違するRDFRCCの L_p を明らかにする。次に、RDFRCCの L_p-F_c 関係を近似式とともに示す。最後に、NDFRCCとRDFRCCの L_p-F_c 関係を比較し、DFRCCの L_p に与える骨材種類の影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験概要

本研究では、Table 1に示すRDFRCCの1軸圧縮試験を行った。細骨材は、再生細骨材(表乾密度:2.62g/cm³, 吸水率:2.28%, 最大寸法:5.0mm, JIS A 5021⁷⁾に規定され

*1 工学研究科建築学専攻修士課程

*2 工学部建築学科教授 博士(工学)

*3 株式会社 安藤・間 修士(工学)

*4 工学部建築学科 学部生

Table 1 Outline of specimen

Specimen	Water-cement ratio (W/C)	Sand-cement ratio (S/C)	Diameter of specimen (mm)	Height of specimen (mm)	Fiber volume fraction (V_f) (%)
	(%)	(%)			
R-D40-200-T	40	40	100	200	3.0
R-D40-400-T				400	
R-D50-200-T	50	65		200	
R-D50-400-T				400	
R-D60-200-T	60	90	200		
R-D60-400-T			400		

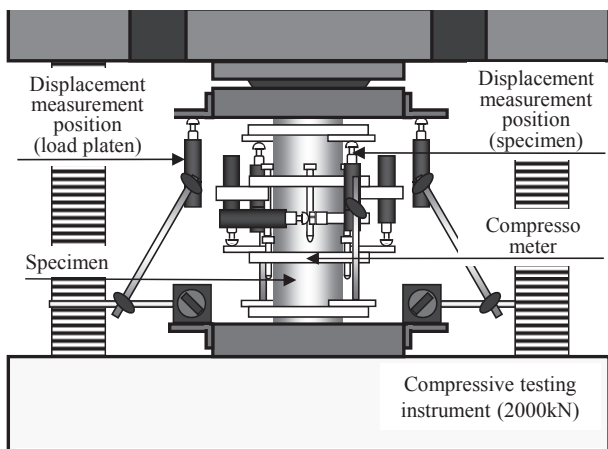


Fig.1 Compressive loading system

ている再生細骨材 H 相当の品質)を使用した。セメントは、普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)を用いた。使用繊維は PVA 繊維(径:0.2mm, 長さ:18mm, 弾性係数:27kN/mm², 引張強度:975N/mm²)とし、繊維体積混入率(V_f)を 3.0%とした。W/C は、40, 50 および 60%とした。試験体寸法は、直径を 100mm, 高さ h を 200 および 400mm とした。アクリルバーを埋設した試験体(以下、アクリルバー有り試験体と略記)を W/C=40 および 60%では $h=400$ mm に各 1 体, W/C=50%では $h=200$ および 400mm に各 1 体用意した。アクリルバーを埋設していない試験体(以下、アクリルバー無し試験体と略記)を各要因 3 体用意した。荷重は、2000kN 耐圧試験機を使用し、2 枚のテフロンシート(厚さ 0.1mm)の間にシリコンオイルを塗布したものを鋼製荷重盤と試験体上下間に挿入して行った。この理由は、以前から指摘されている 1 軸圧縮試験時の荷重盤の拘束による影響(例えば, 8)を軽減させるためである。1 軸圧縮荷重の概要を Fig.1 に示す。測定項目は、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、試験体間変位、荷重盤間変位およびアクリルバーによる試験体内部の縦ひずみとした。荷重速度は、 h の相違に係わらず、応力上昇域では JIS A 1108⁹⁾に準じて応力増分を毎秒 0.2N/mm², 応力下降域では荷重盤間変位増分を毎分 0.4mm となるように手動で制御した。なお、応力下降域の荷重速度は、 h の相違に係わらず安定した荷重が可能となる速度について事前に検討を行い、その

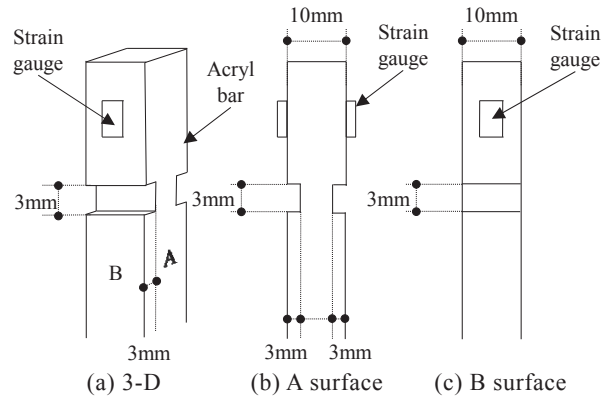


Fig.2 Shape of acryl bar

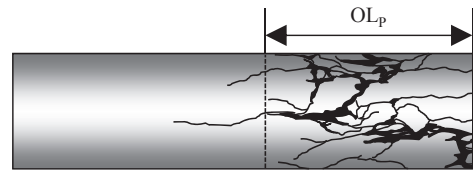


Fig.3 Compressive fracture zone length measurement method (OL_p)

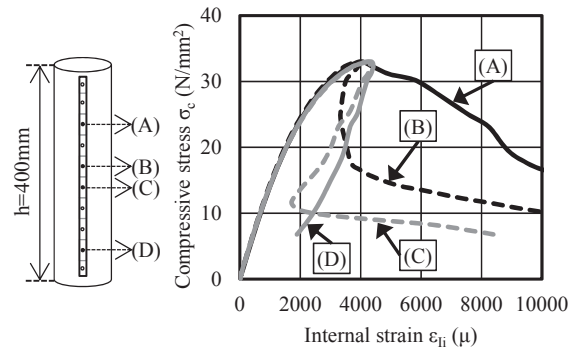


Fig.4 Compressive stress - internal strain relationship

結果を踏まえて決定した。各計測データは、データロガーを使用して取り込んだ。アクリルバーは、長さを $h=200$ mm 用では 180mm, $h=400$ mm 用では 380mm とし、Fig.2 に示す溝を設けることにより、 $h=200$ mm 用では長さ方向に 6 分割, $h=400$ mm 用では 10 分割した。そして、各分割区間にひずみゲージを貼り付け、防水処理後、上下端面から 10mm の隙間を設け、試験体中央部にアクリルバーを設置し、試験体高さ方向各部位の内部ひずみを測定できるようにした。試験体は打設後 2 日で脱型、試験時(材齢 28 日)まで標準養生した。

2.2 圧縮破壊領域長さの評価方法

本研究では、既報⁶⁾に示された以下のような 2 種類の手法により、RDFRCC の L_p を評価した。
 (1) 圧縮試験後に試験体外部に発生した、巨視的なひび割れ領域の長さを OL_p とした(試験体全周を確認し、試験体の高さ方向に、ひび割れが 5~6 本以上入っている領域の長さを計測)。一例として、Fig.3 に破壊状況のスケッチ($h=400$ mm)を示す。全ての試験体(NDFRCC⁶⁾および RDFRCC)において、破壊は Fig.3 と同様に、試験体上部(DFRCC 打込み時の打込み面側)または下部(DFRCC 打込

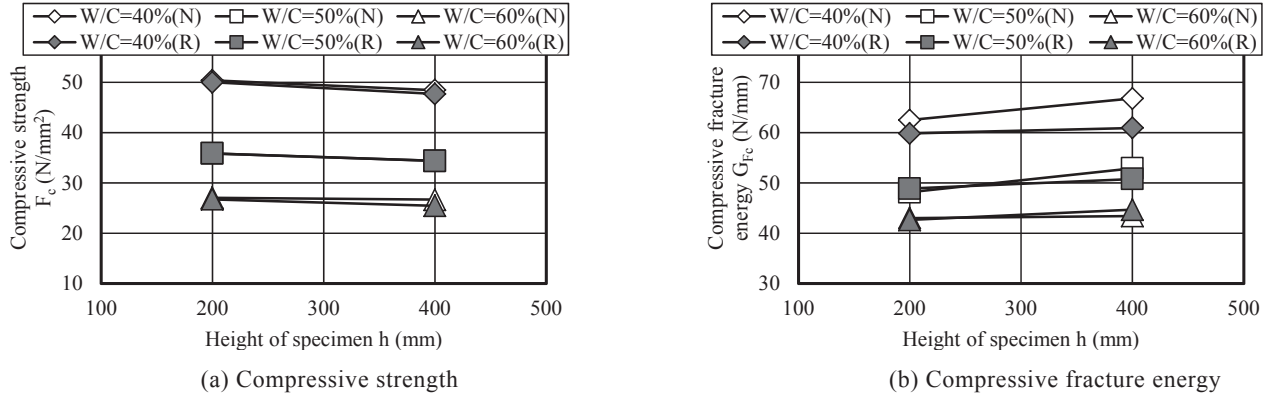


Fig.5 Compressive strength and compressive fracture energy—height of specimen relationship⁶⁾

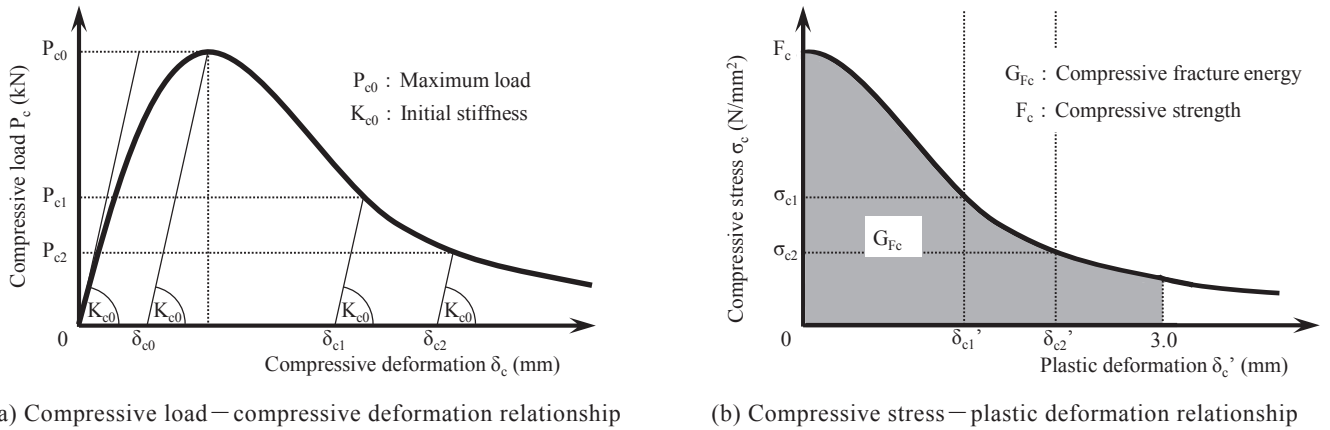


Fig.6 Estimation procedure of compressive fracture energy

み時の底面側)から進展していた. なお, $h=200\text{mm}$ 試験体において試験体上部から破壊が進展した試験体は, 全試験体の 73%であった. また, $h=400\text{mm}$ 試験体において試験体上部から破壊が進展した試験体は, 全試験体の 71%であった. 以上より, h に係わらず, ブリーディング等に起因する試験体上下間の強度差等が, 破壊の進展に影響を与えている可能性も考えられる. ただし, $h=400\text{mm}$ 試験体において, 試験体上部から破壊が進展した試験体の OL_p 平均値と試験体下部から破壊が進展した試験体の OL_p 平均値の差は, 1mm 程度であった.

(2) 中村らの手法²⁾をベースとし, 以下の手順で L_p を評価した(NIL_p). 1)実験より得られた各部位の圧縮応力(σ_c)—内部ひずみ(ε_{ii})関係を, 局所化領域と除荷領域の $\sigma_c - \varepsilon_{ii}$ 関係に区別する. F_c 以降, ひずみが増加する場合は局所化領域(Fig.4 中の(A)), ひずみが減少する場合は除荷領域(Fig.4 中の(D))の $\sigma_c - \varepsilon_{ii}$ 関係である. なお筆者らは, Fig.4 中の(B)および(C)のような場合, F_c 以降, F_c の 30%時の ε_{ii} が, F_c 時の ε_{ii} より大きいもの(Fig.4 中の(B))を局所化領域, 小さいもの(Fig.4 中の(C))を除荷領域の $\sigma_c - \varepsilon_{ii}$ 関係とした. 2)局所化領域と除荷領域に区別された $\sigma_c - \varepsilon_{ii}$ 関係を, それぞれ平均し, 文献²⁾に示されている式(1)および(2)を用いて, NIL_p を算出した.

$$\varepsilon_{av} = f \cdot \varepsilon + (1 - f) \varepsilon_u \quad (1)$$

$$NIL_p = h \cdot f \quad (2)$$

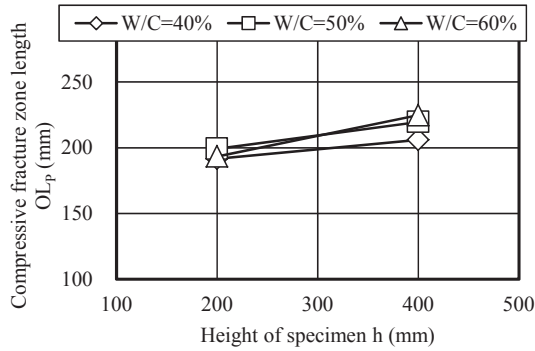
ここに, ε_{av} :平均ひずみ(試験体全長の平均縦ひずみ), ε :局所化領域のひずみ, ε_u :除荷領域のひずみ, f :局所化領域の試験体全体に対する容積比(断面一定の場合, NIL_p/h)であり, 一定の値に収束するとされている.

3. 結果と考察

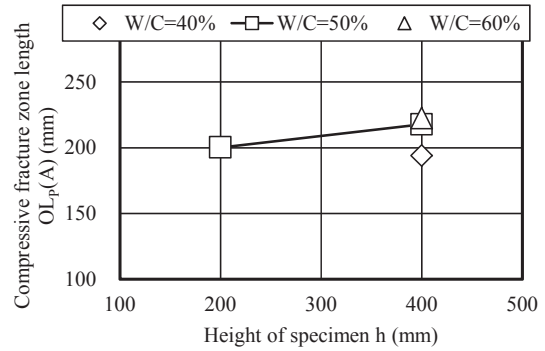
3.1 各種材料特性

Fig.5に, 骨材種類および W/C の異なる DFRCC 試験体より得られた, F_c および圧縮破壊エネルギー(以下, G_{Fc} と略記)— h 関係を示す(Fig.5 中の(N)は既報⁶⁾の NDFRCC 試験体の結果, (R)は RDFRCC 試験体の結果である). Fig.5 中の F_c および G_{Fc} は, アクリルバー無し試験体より得られた値(試験体 3 体の平均値)を示している.

G_{Fc} については, 文献¹⁰⁾に示す手法により評価した. Fig.6に G_{Fc} の評価方法を示す. まず, 実験により得られた圧縮荷重(P_c)—載荷盤間変位(δ_c)関係(Fig.6(a))を σ_c —塑性変形(δ_c')関係(Fig.6(b))に変換する. このとき, $P_c - \delta_c$ 関係の最大荷重(P_{c0})時から初期剛性(K_{c0})を基に荷重 0kN までおろした点 δ_{c0} を求め, その点を $\delta_c' = 0\text{mm}$ とする. σ_c は F_c となり, $\sigma_c - \delta_c'$ 関係の第 1 点が定まる. 以降, 圧縮荷重 P_{c1} 時では, K_{c0} を基に荷重 0kN までおろした点 δ_{c1} を求め, $\delta_{c1}' = \delta_{c1} - \delta_{c0}$, $\sigma_{c1} = P_{c1}/$ 試験体断面積となり, 結果として $\sigma_c - \delta_c'$ 関係が得られる. 次に, $\sigma_c - \delta_c'$ 関係から δ_c' が 3.0mm までの面積(Fig.6(b)の網掛け部分)を求める. こ

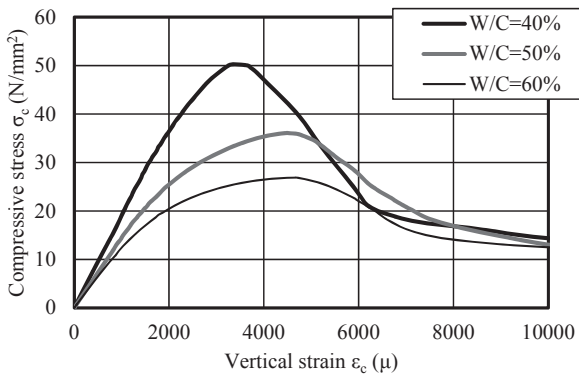


(a) Compressive fracture zone length OL_p

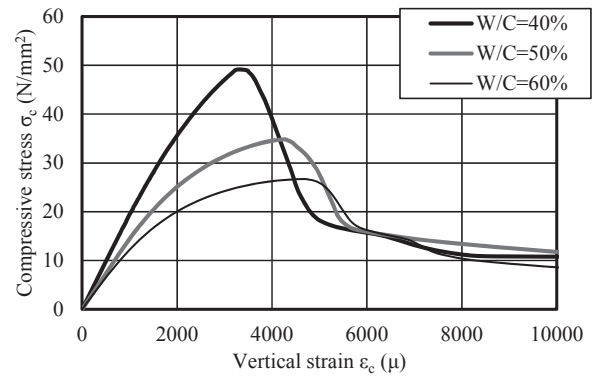


(b) Compressive fracture zone length OL_p(A)

Fig.7 Compressive fracture zone length (OL_p, OL_p(A))–height of specimen relationship (RDFRCC)

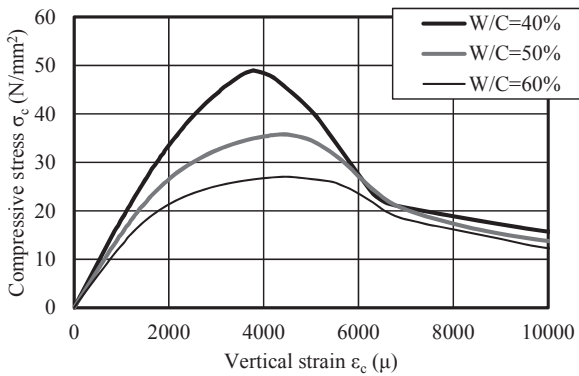


(a) h=200mm

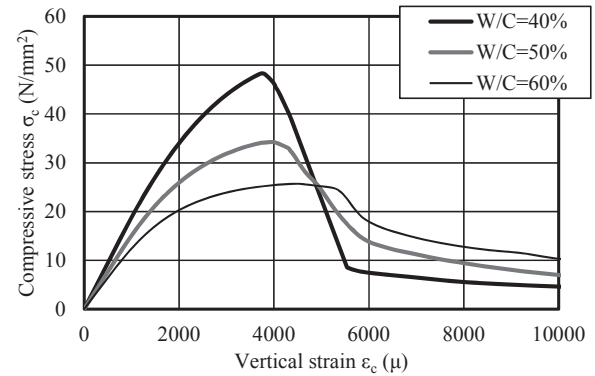


(b) h=400mm

Fig.8 Compressive stress–vertical strain relationship (NDFRCC)⁶⁾



(a) h=200mm



(b) h=400mm

Fig.9 Compressive stress–vertical strain relationship (RDFRCC)

の面積が G_{Fc} である。

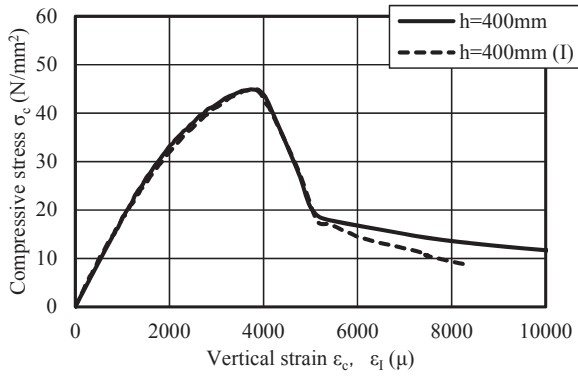
まず, Fig.5(a)によれば, 同一 W/C の場合, 骨材種類の相違に係わらず, h の増加に伴い, F_c は若干低下している。また, いずれの W/C においても, 同一 h の場合, RDFRCC の F_c は, NDFRCC の F_c とほぼ同値となった。これは, 本研究で使用した再生細骨材が, 前述の通り, 高品質であるためと考えられる。

次に, Fig.5(b)によれば, 同一 W/C の場合, 骨材種類の相違に係わらず, h の増加に伴い, G_{Fc} は若干増加している。なお, W/C=40%では, h の相違に係わらず, RDFRCC の G_{Fc} が, NDFRCC の G_{Fc} と比較して若干低い値を示し

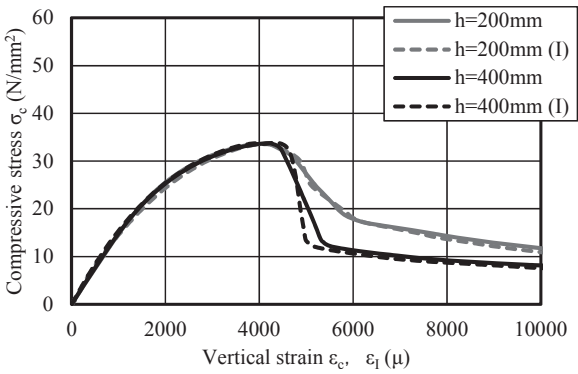
ている。しかし, W/C=50 および 60%では, このような傾向が, 不明瞭であった。

Fig.7 に, W/C の異なる RDFRCC 試験体より得られた OL_p-h 関係を示す。なお, OL_p はアクリルバー無し試験体より得られた値(試験体 3 体の平均値)を, $OL_p(A)$ はアクリルバー有り試験体より得られた値を示している。

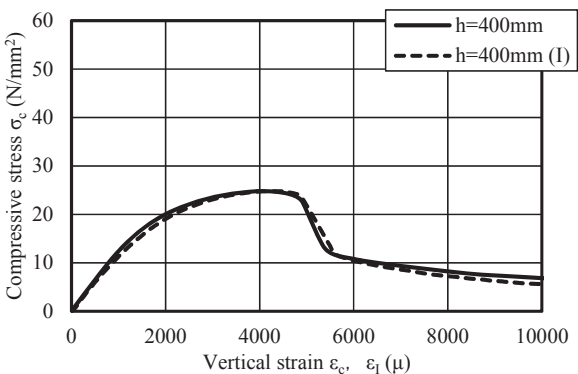
まず, Fig.7(a)によれば, 同一 W/C の場合, h の増加に伴い, OL_p は若干増加している。 $h=200$ mm の結果に注目すると, W/C の相違に係わらず, ほぼ全ての試験体において試験体全長が破壊していた。そのため, OL_p は, 各試験体の実測 $h=200$ mm となっている。しかし, $h=400$ mm



(a) W/C=40%



(b) W/C=50%



(c) W/C=60%

Fig.10 Compressive stress – vertical strain relationship (RDFRCC)

では、W/C の増加に伴い、 OL_p は若干増加している (W/C=40%では $OL_p \approx 205\text{mm}$ 、W/C=50%では $OL_p \approx 220\text{mm}$ 、W/C=60%では $OL_p \approx 225\text{mm}$ である)。

次に、Fig.7(b)によれば、W/C=50%において、 h の増加に伴い、 $OL_p(A)$ は若干増加している。W/C=50%のみの結果ではあるが $h=200\text{mm}$ の結果に注目すると、試験体全長が破壊していたため、 $OL_p(A)$ は試験体の実測 $h \approx 200\text{mm}$ となっている。しかし、 $h=400\text{mm}$ では、W/C の増加に伴い、 $OL_p(A)$ は若干増加している (W/C=40%では $OL_p(A) \approx 195\text{mm}$ 、W/C=50%では $OL_p(A) \approx 220\text{mm}$ 、W/C=60%では $OL_p(A) \approx 225\text{mm}$)。

以上より、2.2 節(1)の手法より得られた L_p に及ぼす W/C の影響は、アクリルバーの有・無に係わらず、同様

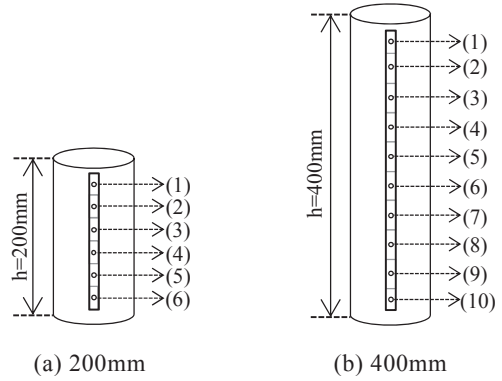
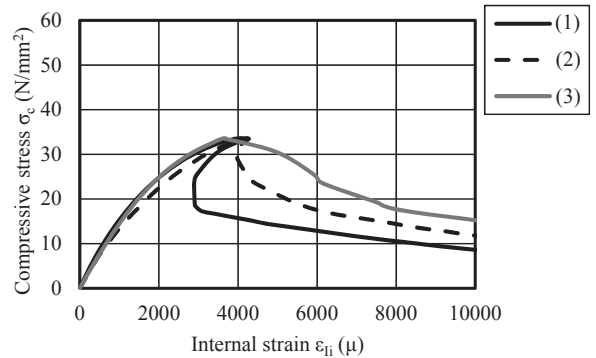
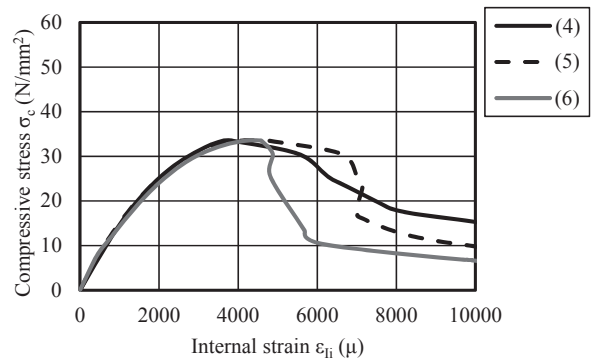


Fig.11 Measurement position of internal strain



(a) (1)~(3)



(b) (4)~(6)

Fig.12 Compressive stress – internal strain relationship (R-D50-200-T-A)

の傾向を示す。なお、 OL_p と $OL_p(A)$ を比較すると、前述の通り、W/C=50 および 60%ではほぼ同値となった。しかし、W/C=40%では、若干の差が生じた。

3.2 圧縮応力－縦ひずみ関係

Fig.8 および 9 に、W/C の異なる DFRCC 試験体(アクリルバー無し)より得られた σ_c －縦ひずみ(ϵ_c)関係を、骨材種類および h 別に示す (Fig.8 は既報⁶⁾の NDFRCC 試験体の結果、Fig.9 は RDFRCC 試験体の結果である)。なお、 ϵ_c は試験体両脇に設置した変位計より得られた縦ひずみである。また、各 σ_c － ϵ_c 関係は、試験体 3 体中の代表的な値である。Fig.8 および 9 によれば、 $h=200\text{mm}$ の結果では、骨材種類の相違に係わらず、 F_c 以降、急激に σ_c

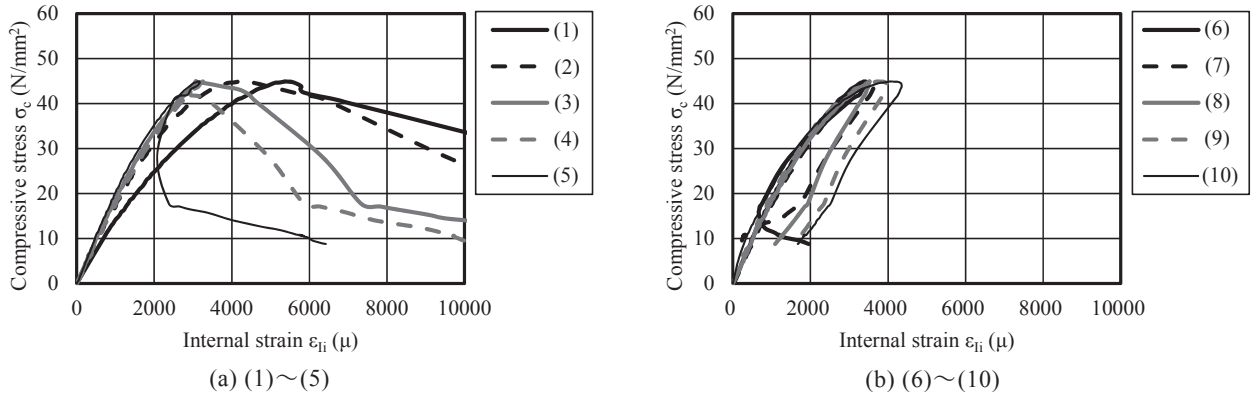


Fig.13 Compressive stress – internal strain relationship (R-D40-400-T-A)

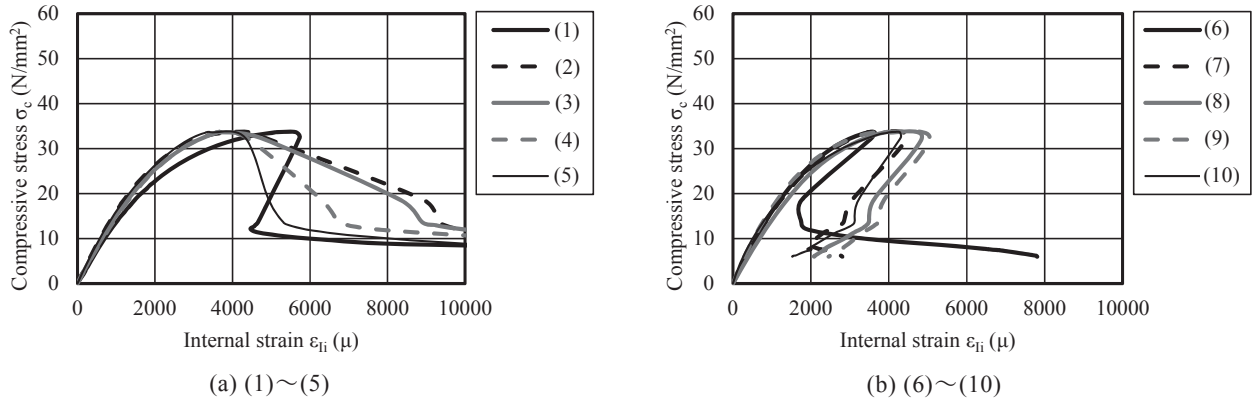


Fig.14 Compressive stress – internal strain relationship (R-D50-400-T-A)

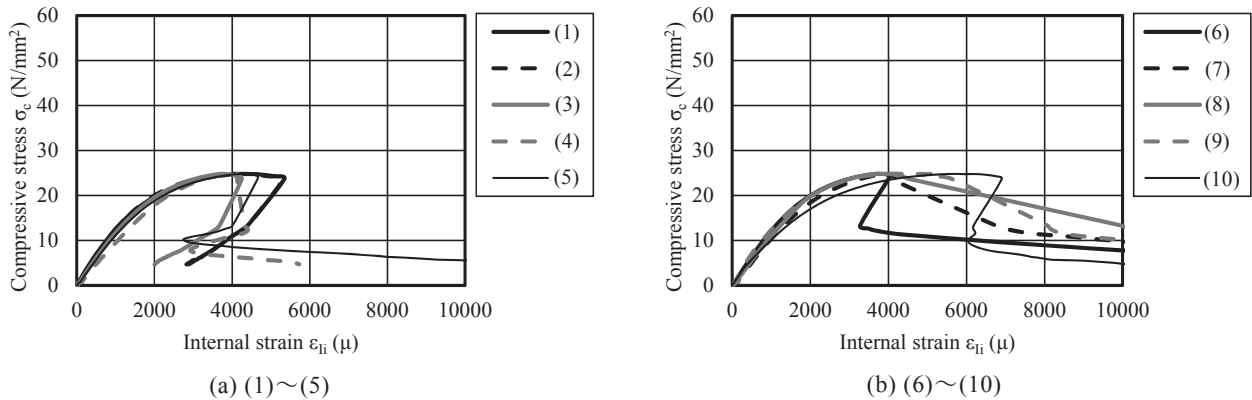


Fig.15 Compressive stress – internal strain relationship (R-D60-400-T-A)

が低下する際の負勾配は、W/Cの増加に伴い、緩やかとなる傾向にある。しかし、 $h=400mm$ の結果では、このような傾向が、多少、不明瞭となる。また、同一W/Cの場合、骨材種類の相違に係わらず、 F_c 以降、急激に σ_c が低下する際の負勾配は、 $h=200mm$ の結果と比較して、 $h=400mm$ の結果が急勾配となっている。これは、試験体直径に対する h の比率の影響^{例えば、11)}と思われる。

Fig.10に、アクリルバー有りRDFRCC試験体より得られた $\sigma_c - \epsilon_c$ 関係および $\sigma_c - \epsilon_l$ 関係をW/C別に示す。 ϵ_l は、アクリルバーより得られた各部位の ϵ_{ii} から算出した、試験体全長の縦ひずみである。なお、Fig.10中の実線で示したものが $\sigma_c - \epsilon_c$ 関係、破線で示したものが $\sigma_c - \epsilon_l$ 関係である。Fig.10によれば、W/Cの相違に係わらず、同一試験体から得られた $\sigma_c - \epsilon_c$ 関係と $\sigma_c - \epsilon_l$ 関係は、概ね一

致している。

3.3 圧縮応力-内部ひずみ関係

Fig.11に、 ϵ_{ii} の測定位置を、 h 別に示す。また、Fig.12に、W/C=50%の $h=200mm$ アクリルバー有りRDFRCC試験体より得られた $\sigma_c - \epsilon_{ii}$ 関係を ϵ_{ii} の測定位置別に示す。なお、Fig.12中の凡例番号は、Fig.11(a)の測定位置番号と対応している。

Fig.12によれば、測定位置(3)~(6)より得られた $\sigma_c - \epsilon_{ii}$ 関係では、 F_c 以降、ひずみが増加しているため、2.2節(2)の手法で区別すると、いずれの $\sigma_c - \epsilon_{ii}$ 関係も、局所化領域の $\sigma_c - \epsilon_{ii}$ 関係に区別される。また、測定位置(1)および(2)より得られた $\sigma_c - \epsilon_{ii}$ 関係では、 F_c 以降、一旦ひずみが減少し、その後、増加に転じている。これらを、2.2節(2)

の手法で区別すると、どちらも局所化領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。以上のことは、 $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係から判断される定性的な傾向として、試験体全長が破壊したことを意味しており、前述の $OL_p(A) \approx 200\text{mm}$ と概ね合致している。

Fig.13, 14 および 15 に、 $h=400\text{mm}$ アクリルバー有り RDFRCC 試験体より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係を、W/C および ε_{li} の測定位置別に示す(Fig.13 は W/C=40%, Fig.14 は W/C=50%, Fig.15 は W/C=60%の結果である)。なお、Fig.13, 14 および 15 中の凡例番号は、Fig.11(b)の測定位置番号と対応している。

まず、Fig.13 によれば、測定位置(1)~(4)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、ひずみが増加しているため、2.2 節(2)の手法で区別すると、いずれの $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係も、局所化領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。また、測定位置(7)~(10)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、ひずみが減少しているため、2.2 節(2)の手法で区別すると、いずれの $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係も、除荷領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。さらに、測定位置(5)および(6)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、一旦ひずみが減少し、その後、増加に転じている。これらを、2.2 節(2)の手法で区別すると、測定位置(5)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係は局所化領域、測定位置(6)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係は除荷領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。以上のことは、 $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係から判断される定性的な傾向として、試験体高さ方向の半分程度(200mm 程度)が破壊したことを意味しており、前述の $OL_p(A) \approx 195\text{mm}$ と概ね合致している。

次に、Fig.14 によれば、測定位置(2)~(5)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、ひずみが増加しているため、2.2 節(2)の手法で区別すると、いずれの $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係も、局所化領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。また、測定位置(8)~(10)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、ひずみが減少しているため、2.2 節(2)の手法で区別すると、いずれの $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係も、除荷領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。さらに、測定位置(1), (6)および(7)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、一旦ひずみが減少し、その後、増加に転じている。これらを、2.2 節(2)の手法で区別すると、測定位置(1)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係は局所化領域、測定位置(6)および(7)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係は除荷領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。以上のことは、 $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係から判断される定性的な傾向として、試験体高さ方向の半分程度(200mm 程度)が破壊したことを意味しており、前述の $OL_p(A) \approx 220\text{mm}$ と比較して、20mm 程度の差があるものの、切欠き間隔(40mm)を踏まえると、概ね合致していると言える。

最後に、Fig.15 によれば、測定位置(7)~(9)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、ひずみが増加しているため、2.2 節(2)の手法で区別すると、いずれの $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係も、局所化領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。また、測定位置(1)~(3)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、ひずみが減少しているため、2.2 節(2)の手法で区別すると、いずれの $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係も、除荷領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別される。さらに、測定位置(4), (5), (6)および(10)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係では、 F_c 以降、一旦ひずみが減少し、その

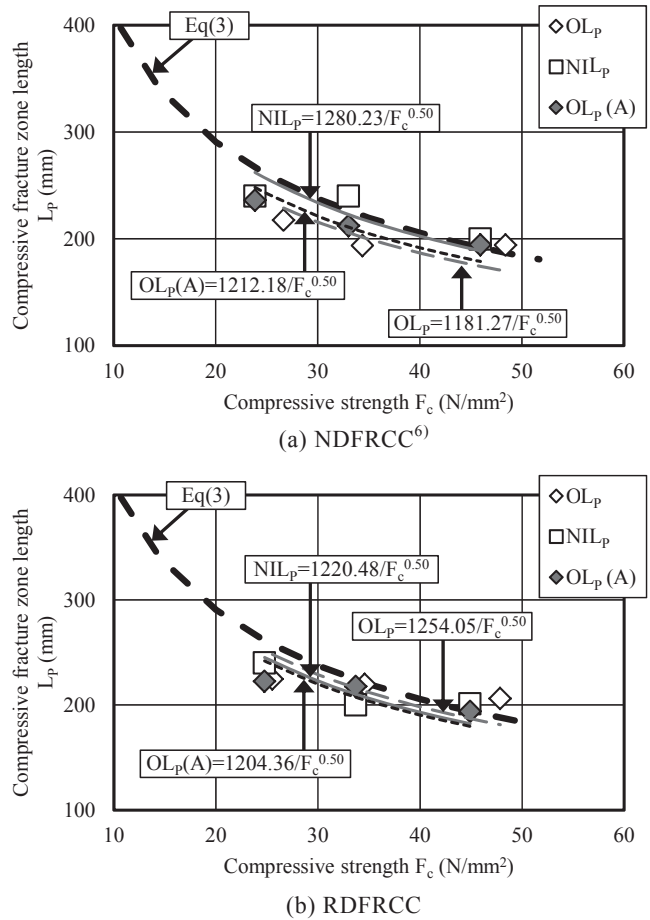


Fig.16 Compressive fracture zone length - compressive strength relationship

後、増加に転じている。これらを、2.2 節(2)の手法で区別すると、測定位置(5), (6)および(10)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係は局所化領域、測定位置(4)より得られた $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係は除荷領域の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係に区別された。以上のことは、 $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係から判断される定性的な傾向として、試験体高さ方向の 6 割程度(240mm 程度)が破壊したことを意味しており、前述の $OL_p(A) \approx 225\text{mm}$ と比較して、15mm 程度の差があるものの、切欠き間隔(40mm)を踏まえると、概ね合致していると言える。

即ち、アクリルバー有り RDFRCC 試験体の $\sigma_c - \varepsilon_{li}$ 関係から判断される定性的な L_p は、 $OL_p(A)$ と概ね合致する。

3.4 圧縮破壊領域長さ

骨材種類の異なる DFRCC 試験体より得られた $L_p - F_c$ 関係($h=400\text{mm}$)を、Fig.16 に示す。なお、Fig.16(a)は、既報⁶⁾の NDFRCC 試験体の結果である。また、Fig.16 中には、各評価方法より得られた $L_p - F_c$ 関係に対して、累乗近似した結果も示してある。さらに、Fig.16 中の太曲破線は、中村らの文献⁷⁾で提案されている式(3)(コンクリートに対して提案された式)を用いて算出した $L_p - F_c$ 関係である。式(3)を以下に示す。

$$L_p = \frac{1300}{\sqrt{F_c}} \quad (3)$$

ここに、 L_p ：破壊領域長さ(mm)、 F_c ：圧縮強度(N/mm²)である。

Fig.16によれば、同一骨材種類およびW/Cの NIL_p は、 OL_p および $OL_p(A)$ と概ね同程度の値となった。また、いずれの評価方法より得られた L_p も、式(3)の曲線に近似している。さらに、各評価方法より得られた、RDFRCCと既報⁶⁾のNDFRCCの L_p-F_c 関係に関する近似式の係数を比較(RDFRCC/NDFRCCを算出)すると、 OL_p では1.06161、 $OL_p(A)$ では0.993552、 NIL_p では0.953330となり、同一評価方法においては、同程度の値となった。

4. まとめ

本研究で得られた知見を、以下にまとめる。

- 1) W/Cの相違に係わらず、アクリルバー有りRDFRCC試験体の $\sigma_c-\epsilon_{ti}$ 関係から判断される定性的な L_p は、 $OL_p(A)$ と概ね合致する。
- 2) 本研究の範囲において、各評価方法より得られたRDFRCCの L_p-F_c 関係に関する近似式が得られた。
- 3) 各評価方法より得られた、RDFRCCと既報⁶⁾のNDFRCCの L_p-F_c 関係に関する近似式の係数は、同一評価方法において、同程度の値となった。

今後、低品質再生細骨材を使用したDFRCCの L_p について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) Nakamura,H.,Higai,T. : Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, Seminar on Post-Peak Behavior of RC Structures Subjected to Seismic Loads, pp.259-272, 1999.10
- 2) 平井圭, 中村光, 檜貝勇 : コンクリートの圧縮破壊領域の推定に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.2, pp.339-344, 1995
- 3) 伊藤始, 岩波光保, 横田弘, 岸添拓, 石川靖晃, 久保全弘 : 短繊維補強コンクリートの圧縮破壊性状に関する実験的研究, 土木学会論文集 E, Vol.62, No.2, pp.341-355, 2006.5
- 4) 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
- 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, 2006
- 6) 松木雄一郎, 渡部憲, 高橋龍市, 田口皓也 : 高靱性セメント複合材料の圧縮破壊領域長さ, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.349-354, 2013
- 7) JIS A 5021 : コンクリート用再生骨材 H, JIS ハンドブック, pp.173-191, 2008
- 8) RILEM TC 148-SSC : Report of the Round Robin Test carried out by RILEM TC 148-SSC, Materials and Structures/ Materiaux et Constructions, Vol.30, May 1997, pp.195-209
- 9) JIS A 1108 : コンクリートの圧縮強度試験方法, JIS ハンドブック, pp.523-531, 2008
- 10) 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
- 11) 金子佳生, 三橋博三, 桐越一紀, 下川博之 : 繊維補強セメント系材料の圧縮軟化特性—繊維混入率と試験体寸法をパラメータとした圧縮試験と数値解析—, 日本建築学会構造系論文集, 第 592 号, pp.19-26, 2005.6