

論文 再生骨材を使用した高流動高靱性コンクリートの圧縮軟化挙動に及ぼす単位膨張材量の影響

孫 キン^{*1}・渡部 憲^{*2}

要旨：本研究では、膨張材および再生骨材を使用した高流動高靱性コンクリートの1軸圧縮試験を行った。同時に、1軸圧縮試験時の載荷盤の拘束による影響についても検討を行った。そして、試験により得られた圧縮軟化挙動を2直線で近似し、その際に必要となる材料定数の定式化を試みた。その結果、単位膨張材量を 80kg/m^3 または 160kg/m^3 とし、水結合材比が相違した場合においても、再生骨材を使用した高流動高靱性コンクリートの圧縮強度を与えることにより、2直線近似軟化挙動を定めることができる等の知見が得られた。

キーワード：膨張材, 再生骨材, 高靱性コンクリート, 高流動, 圧縮軟化挙動

1. はじめに

近年、地球環境問題に対する社会的関心の高まりから、コンクリートの分野においても、再生骨材コンクリートの研究が活発に実施されている^{例えば, 1)}。今後、コンクリートのリサイクルをさら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、その一例として、高靱性セメント複合材料²⁾(以下、DFRCCと略記)への再生細骨材の適用性に関する研究も報告されている³⁾。しかし、実際にDFRCCを使用した施工例は報告されているものの⁴⁾、その数は少なく、理由として、施工性、材料コスト、水和熱や乾燥収縮等の問題が挙げられる。

以上のような背景から、筆者らの一人らは、DFRCCの流動性の改善、収縮ひずみの低減および再生骨材の用途拡大を目的に、混和材としてフライアッシュおよび膨張材、骨材として再生骨材を使用した高流動高靱性コンクリート(以下、R-HFDFRCと略記)の力学特性について検討を行っている⁵⁾。

このような材料を鉄筋コンクリート(以下、RCと略記)構造物に適用した場合の補強効果を確認する手法として、有限要素法(以下、FEMと略記)が挙げられるが、RC構造物の崩壊に至る非線形挙動の解析を行う場合、R-HFDFRCの破壊挙動を明確にしておく必要がある。その際、R-HFDFRCの応力-ひずみ関係の形状等に関する特徴を概ね表現できる範囲内で構成則を単純化してFEMに使用することにより、比較的安定した解を得やすい。昨年度までに、筆者らは、膨張材不使用のR-HFDFRCの1軸圧縮試験を行い、試験により得られたR-HFDFRCの圧縮応力-塑性変形関係(以下、圧縮軟化挙動と略記)を2直線で単純化し、その際に必要となる材料定数の定式化を行った⁶⁾。

そこで本研究では、単位膨張材量を80および 160kg/m^3

としたR-HFDFRCの1軸圧縮試験を行い、膨張材の使用がR-HFDFRCの圧縮軟化挙動に及ぼす影響について検討を行った。同時に、以前から指摘されている1軸圧縮試験時の載荷盤の拘束による影響^{例えば, 7)}についても検討を行った。そして、試験により得られたR-HFDFRCの圧縮軟化挙動を2直線で近似し、その際に必要となる材料定数の定式化を試みた。

なお、既報⁸⁾によれば、水結合材比を50%としたR-HFDFRCの乾燥材齢6か月における乾燥収縮ひずみは、単位膨張材量を 80kg/m^3 とし、収縮低減剤を使用した場合で、 17×10^{-4} 程度となることが示されている。JASS 5によれば、一般的なコンクリート(計画供用期間の級が長期および超長期)の乾燥収縮ひずみは、乾燥材齢6か月において 8×10^{-4} 以下とされており⁹⁾、R-HFDFRCの乾燥収縮ひずみは、JASS 5で示される値の2倍以上となっている。また、既報⁵⁾によれば、膨張材を使用したR-HFDFRC(水結合材比は40, 50および60%、試験材齢は28および91日、打込み後2~3日で脱型し試験時まで標準養生)の圧縮強度は、膨張材不使用の場合と比較して、単位膨張材量を 80kg/m^3 とした場合で97.7~105%、単位膨張材量 160kg/m^3 とした場合で88.2~104%となっている。以上より、ある程度の圧縮強度低下を許容し、乾燥収縮ひずみをさらに低減できる可能性のある膨張材量として、本研究における単位膨張材量の上限を 160kg/m^3 とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配(調)合概略

(1) R-HFDFRCの使用材料

表-1に、再生骨材(R)の物性一覧を示す。なお、表中のR1は、比較対象として取り上げる既報⁶⁾で使用した再生骨材である。再生細骨材は、中目(S1)と細目(S2)の質量混合比を4:6とした。セメントは普通ポルトランドセメント(密度: 3.16g/cm^3)を使用し、繊維はPVA繊維(V、

*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)

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 | |
|------------------|-------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------|------|-------|
| R1 ⁶⁾ | 再生粗骨材 | 10 | 2.53 | 2.43 | 3.95 | 5.82 | |
| | 再生細骨材 | 中目S1 | 2.5 | 2.58 | 2.50 | 3.19 | 2.69 |
| | | 細目S2 | 0.6 | 5.57 | 2.48 | 3.65 | 0.820 |
| R2 | 再生粗骨材 | 10 | 2.53 | 2.43 | 3.98 | 5.92 | |
| | 再生細骨材 | 中目S1 | 2.5 | 2.51 | 2.40 | 4.60 | 2.62 |
| | | 細目S2 | 0.6 | 2.50 | 2.38 | 5.06 | 0.982 |

表-2 試験体概要

| 試験体名 | 使用骨材 | 水結合材比 W/B (%) | 細骨材結合材比 S/B (%) | 細骨材率 s/a (vol.%) | 繊維体積混入率 V _f (%) | 繊維体積混合比 (V:S) | フライアッシュ置換率 (%) | 単位膨張材量 (kg/m ³) |
|-------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|
| RHC40-EX0* | R1 ⁶⁾ | 40 | 40 | 85 | 3 | 7:3 | 20 | 0 |
| RHC50-EX0* | | 50 | 65 | | | | | |
| RHC60-EX0* | | 60 | 90 | | | | | |
| RHC40-EX80 | R2 | 40 | 40 | 85 | 3 | 7:3 | 20 | 80 |
| RHC50-EX80 | | 50 | 65 | | | | | |
| RHC60-EX80 | | 60 | 90 | | | | | |
| RHC40-EX160 | R2 | 40 | 40 | 85 | 3 | 7:3 | 20 | 160 |
| RHC50-EX160 | | 50 | 65 | | | | | |
| RHC60-EX160 | | 60 | 90 | | | | | |

表-3 EXを使用したR-HFDFRCの配(調)合

| 配(調)合名 | 使用骨材 | 単位量(kg/m ³) | | | | | | | | | | 高性能AE減水剤 分離低減剤 (Cwt.%) | |
|-------------|------|-------------------------|-----|-------|------------|--------|-----|-----|-----|--------|------|------------------------------|-----|
| | | 水* | | 結合材 B | | 膨張材 EX | 粗骨材 | | 細骨材 | | 繊維 | | |
| | | W | C | セメント | フライアッシュ FA | | G | S1 | S2 | PVA 繊維 | 鋼 繊維 | | V |
| RHC40-EX80 | R2 | 404 | 727 | 202 | 80 | 72.0 | 162 | 242 | | | | | 1.3 |
| RHC50-EX80 | | 407 | 572 | 163 | 80 | 94.0 | 212 | 317 | | | | | 2.3 |
| RHC60-EX80 | | 410 | 467 | 137 | 110 | 246 | 369 | | | 27.3 | 70.7 | | 3.0 |
| RHC40-EX160 | R2 | 403 | 648 | 202 | 160 | 72.0 | 161 | 242 | | | | | 1.3 |
| RHC50-EX160 | | 407 | 492 | 163 | 160 | 94.0 | 212 | 318 | | | | | 2.6 |
| RHC60-EX160 | | 410 | 387 | 137 | 110 | 246 | 360 | | | 27.3 | 70.7 | | 3.6 |

*1: 高性能AE減水剤は単位水量に含める。

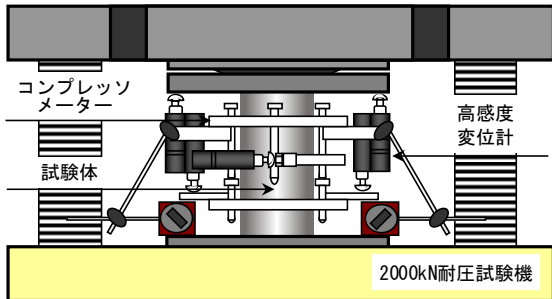
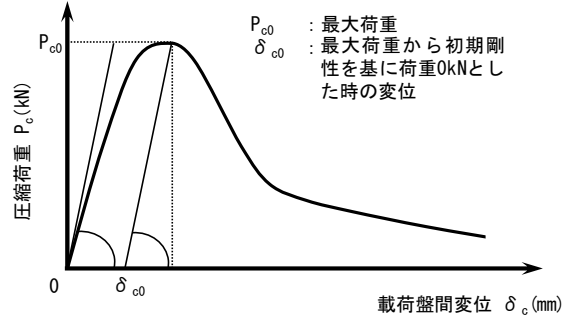


図-1 1軸圧縮載荷

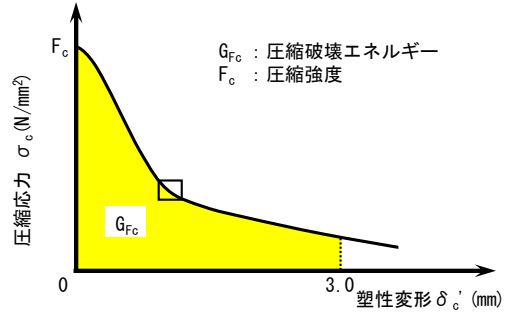
径: 0.2mm, 長さ: 18mm, 弾性係数: 27kN/mm², 引張強度: 975N/mm²および鋼繊維(S, 径: 0.55mm, 長さ: 30mm, 弾性係数: 210kN/mm², 引張強度: 1262N/mm²)を使用した。混和材料は高性能AE減水剤, 分離低減剤, フライアッシュ II 種(密度: 2.37g/cm³)および膨張材(EX, 密度: 3.14g/cm³)を使用した。

(2) R-HFDFRCの配(調)合の概略

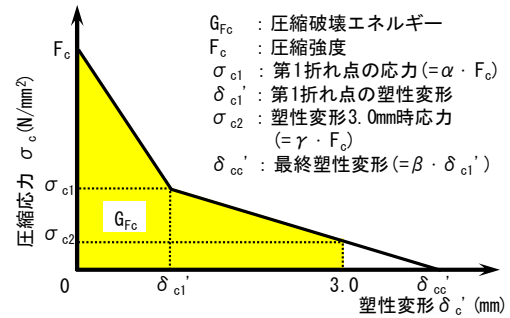
試験体概要を表-2に, EXを使用したR-HFDFRCの配(調)合を表-3に示す。なお, 表-2中の*印の試験体は比較対象であり, 本研究と同様の試験体寸法および載荷条件とした, EX不使用(EX0)のR-HFDFRC試験体⁶⁾である。R-HFDFRCは, 水結合材比(W/B)=40, 50および60%, 細骨材率(s/a)=85%, 目標スランブフローを65cmとした。繊維



(a) 圧縮荷重-載荷盤間変位関係



(b) 圧縮軟化挙動



(c) 2直線近似圧縮軟化挙動

図-2 圧縮軟化挙動の評価方法

はVとSを混合使用し, 繊維体積混入率(V_f)=3%, 繊維体積混合比(V:S)=7:3とした。フライアッシュのセメント(EX量もセメントに加える)置換率は20%とした。EXは単位量で使用し, 収縮ひずみを十分に低減させるため単位EX量を80および160kg/m³(EX80およびEX160)とした。

2.2 1軸圧縮試験

図-1に, 1軸圧縮試験の概要を示す。試験体は, 100φ×200mmの円柱試験体とし, 各水準6体製作した。計測項目は, 荷重, コンプレッションメータによる試験体中央部の縦・横ひずみおよび高感度変位計による載荷盤間変位とした。載荷速度は, 応力上昇域では応力増分を毎秒0.2N/mm²(ただし, 試験体が急激な変形を始めた時点で, 載荷速度の調整を停止), 応力下降域では載荷盤間変位増分を毎分0.4mmとなるように制御した。なお, 本試験対象の試験体は, VおよびSを混入して高靱性化しているため, 最大荷重以降も安定した載荷が可能であった。載荷盤拘束条件は, 鋼製載荷盤で試験体を直接載荷したもの(テフロン無)および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、鋼製載荷盤と試験体の上下間に挿入したもの(テフロン有)の2種類とした。試験体は、W/B=40および50%とした場合は打込み後2日(湿布養生)、W/B=60%とした場合は打込み後3日(湿布養生)で脱型し、試験時(材齢28日)まで標準養生とした。

図-2に、圧縮軟化挙動の評価方法を示す^{10, 11)}。まず、図-2(a)に示すように、試験により得られたR-HFDFRCの圧縮荷重(P_c)—載荷盤間変位(δ_c)関係を、図-2(b)に示す圧縮軟化挙動に変換する。次に、圧縮破壊エネルギー(G_{Fc})は、文献^{10, 11)}に示す手法により、塑性変形(δ_c')=3.0mmまでの値を算出した。なお、 δ_c' =3.0mmと定めた理由は、圧縮軟化挙動において、十分 σ_c が低下する領域までを含む値として G_{Fc} を定義するためである。最後に、試験で得られた圧縮軟化挙動は、図-2(c)に示すように2直線で近似できると仮定し、式(1)の係数であり、R-HFDFRCの材料定数と位置付ける α 、 β 、 γ および δ_{c1}' を定める。なお、 γ は α 、 β および δ_{c1}' を使用することにより、式(2)で表される。

$$G_{Fc} = 0.5(1.0 + \alpha \cdot \beta - \beta \cdot \gamma) F_c \cdot \delta_{c1}' + 0.5 \delta_c' \cdot \gamma \cdot F_c \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{\alpha(\beta \cdot \delta_{c1}' - \delta_c')}{(\beta - 1.0)\delta_{c1}'} \quad (2)$$

近似手順の詳細は、まず、試験で得られた圧縮軟化挙動の σ_c の低下勾配が大きく変化する箇所A(図-2(b)中の

四角印)を境に、試験データを2分割する。この際、低下勾配の変化割合を確認すると、Aはある程度の幅を持つため、その中間点をAの変形とする。次に、 δ_c' =0.0mm~Aの変形までの試験データおよび δ_c' =Aの変形~3.0mmまでの試験データをそれぞれ直線近似する(以下、直線1、直線2と略記)。なお、直線1の切片は圧縮強度(F_c)とする。続いて、直線1と直線2の交点および直線2と δ_c' 軸との交点を求め、各材料定数の初期値を算出する。最後に、試験で得られた圧縮軟化挙動と2直線で近似した圧縮軟化挙動(以下、2直線近似圧縮軟化挙動と略記)の G_{Fc} が一致するように、非線形最小二乗法(マルカート法、 σ_{c1} 、 δ_{c1}' および δ_{cc}' を変化)を用いて、各材料定数を決定する。

3. 結果と考察

3.1 材料特性

1軸圧縮試験により得られたR-HFDFRCの材料特性一覧を表-4に、ヤング係数(E)— F_c 関係を図-3に、 G_{Fc} — F_c 関係を図-4に、それぞれ示す。なお、表-4、図-3および4中には、既報⁶⁾の結果(材齢28日のEX不使用の結果:EX0)も示している(後掲、図-5および8も同様)。また、図-3および4中の累乗近似式は、縦・横軸の対数を取り試験結果を直線近似した後に累乗近似式に変換したものであり、 R^2 は直線近似した際の決定係数である(後掲、図-8(c)も同様)。さらに、各近似式中の F_c には、1N/mm²で除した値を代入して、算出結果には所要の単位を付す。

まず、図-3によれば、いずれの単位EX量および載荷盤拘束条件においても、R-HFDFRCの E — F_c 関係は、RC規準式¹²⁾($\gamma_{RC}=15\sim 20$ kN/m³、本試験結果が包含されるように γ_{RC} を設定)の範囲内である。各単位EX量におけるW/Bの相違によるR-HFDFRCの E の変化は、 F_c の変化で説明できるものとして、載荷盤拘束条件別に累乗近似すると、図-3中に示す近似式が得られる。

次に、図-4によれば、R-HFDFRCの G_{Fc} は、図-4中

表-4 R-HFDFRCの材料特性一覧

| 試験体名 | 単位容積質量 (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) | |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------|--|------|--|------|
| | | テフロンシートの有・無 | | | | | |
| | | 有 | 無 | 有 | 無 | 有 | 無 |
| RHC40EX0 ⁶⁾ | 2.10 | 18.7 | 18.6 | 42.4 | 45.4 | 55.0 | 56.8 |
| RHC50EX0 ⁶⁾ | 2.08 | 14.9 | 14.8 | 30.6 | 31.3 | 41.1 | 45.7 |
| RHC60EX0 ⁶⁾ | 2.05 | 12.5 | 12.6 | 21.8 | 22.0 | 36.6 | 36.9 |
| RHC40EX80 | 2.07 | 18.9 | 18.8 | 45.1 | 46.1 | 53.9 | 58.1 |
| RHC50EX80 | 2.05 | 15.5 | 15.2 | 29.1 | 29.2 | 38.7 | 39.3 |
| RHC60EX80 | 2.02 | 13.5 | 12.7 | 21.6 | 21.8 | 32.4 | 35.1 |
| RHC40EX160 | 2.08 | 17.9 | 18.3 | 43.6 | 46.4 | 52.8 | 58.5 |
| RHC50EX160 | 2.02 | 12.5 | 13.6 | 23.3 | 24.5 | 36.3 | 37.9 |
| RHC60EX160 | 1.98 | 9.21 | 9.69 | 14.3 | 14.7 | 23.1 | 25.3 |

青:W/B=40% 赤:W/B=50% 緑:W/B=60% 四角:EX0⁶⁾ 丸:EX80 三角:EX160

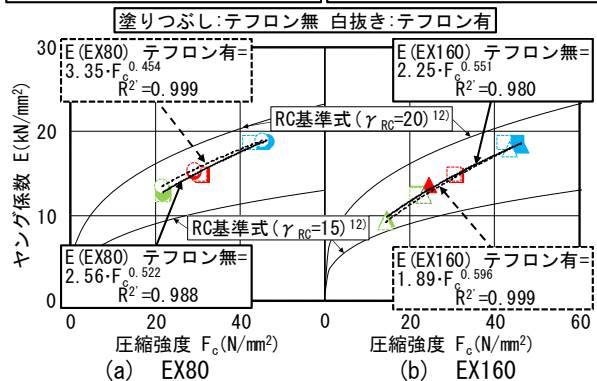


図-3 ヤング係数—圧縮強度関係

青:W/B=40% 赤:W/B=50% 緑:W/B=60% 四角:EX0⁶⁾ 丸:EX80 三角:EX160

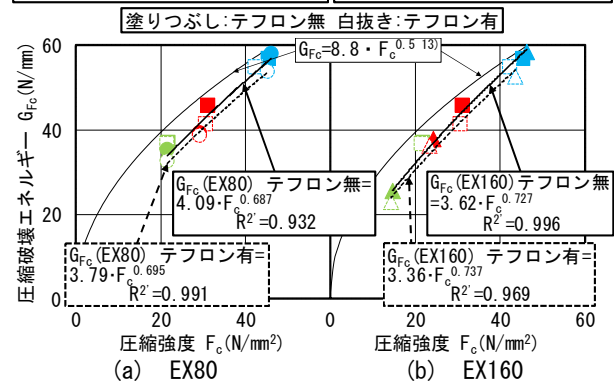


図-4 圧縮破壊エネルギー—圧縮強度関係

に示す中村らの提案式(繊維無混入で粗骨材の最大寸法を20mmとしたコンクリートに対して提案された式)¹³⁾から得られた G_{Fc} と比較して、同一 F_c レベルであれば低くなる傾向にある。各単位EX量におけるW/Bの相違によるR-HFDFRCの G_{Fc} の変化は、 F_c の変化で説明できるものとして、拘束条件別に累乗近似すると、図-4中に示す近似式が得られる。

なお、図-3および4に示すように、EX0の結果は、EXを使用した場合の近似曲線上付近にある。

図-5に、R-HFDFRCのE、 F_c および G_{Fc} に及ぼす荷重盤拘束条件による影響を示す。なお、図-5中の R^2 は、試験結果を直線近似した際の決定係数である(後掲、図-8(a)および(b)も同様)。

まず、図-5(a)によれば、EX80の場合、テフロン有のEはテフロン無の1.02倍となっており、Eに及ぼす荷重盤拘束条件による影響は小さい。しかし、EX160の場合、テフロン有のEはテフロン無の0.956倍となっている。

次に、図-5(b)によれば、EX80の場合、テフロン有の F_c はテフロン無の0.985倍となっている。また、EX160の場合、テフロン有の F_c はテフロン無の0.946倍となっている。既報⁶⁾の結果(EX0では0.944倍:材齢7, 28および91日の結果に対する近似結果)と同様、テフロンシートを挿入することにより、 F_c は低下している。

さらに、図-5(c)によれば、EX80の場合、テフロン有の G_{Fc} はテフロン無の0.942倍となっている。また、

EX160の場合、テフロン有の G_{Fc} はテフロン無の0.918倍となっている。既報⁶⁾の結果(EX0では0.955倍:材齢7, 28および91日の結果に対する近似結果)と同様、テフロンシートを挿入することにより、 G_{Fc} は低下している。

以上より、EX80の場合、R-HFDFRCの F_c および G_{Fc} は、テフロンシートを挿入し荷重盤の拘束による影響が軽減されることにより低下するものの、 F_c が低下してもEへの影響が小さいことがわかった。一方、EX160の場合、 F_c および G_{Fc} のみでなくEについても、テフロンシートを挿入し荷重盤の拘束による影響が軽減されることにより低下することがわかった。

3.2 圧縮応力-縦ひずみ関係、圧縮軟化挙動および2直線近似圧縮軟化挙動

図-6および7に、R-HFDFRCの圧縮応力(σ_c)-縦ひずみ(ϵ_c)関係、圧縮軟化挙動および2直線近似圧縮軟化挙動を、それぞれ単位EX量別に示す。

まず、図-6(a)および7(a)によれば、R-HFDFRCの σ_c - ϵ_c 関係は、単位EX量、W/Bおよび荷重盤拘束条件に係わらず、 F_c 以降急激に σ_c が低下し、 $\epsilon_c=6000\sim 8000\mu$ 程度以降は緩やかに σ_c が低下する傾向にある。また、 σ_c の低下勾配は、W/Bの増加に伴い緩やかとなる傾向にある。なお、EX80でW/Bを40および60%とした場合を除き、テフロン有の F_c 以降急激に σ_c が低下する際の低下勾配は、テフロン無と比較して多少緩やかとなる一方、 $\epsilon_c=6000\sim 8000\mu$ 程度以降の σ_c が低下する際の低下勾配は

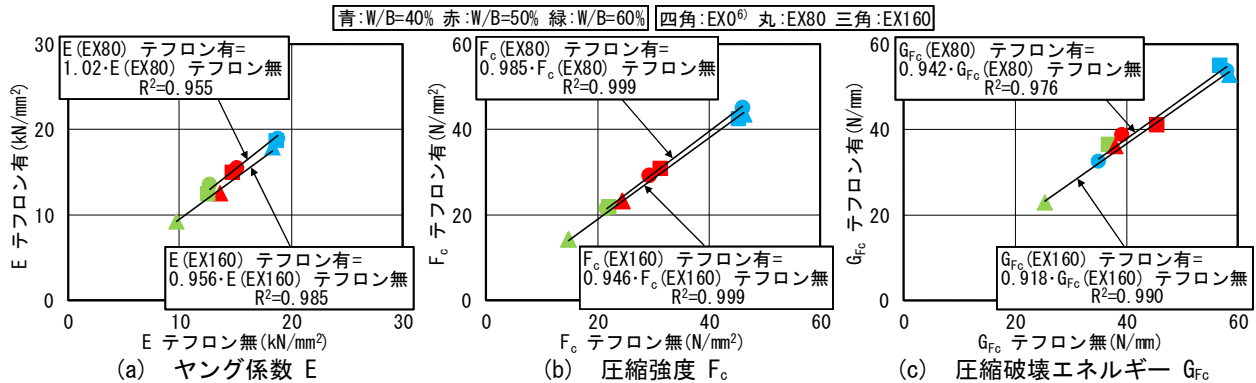


図-5 各種力学特性に及ぼす荷重盤の拘束による影響

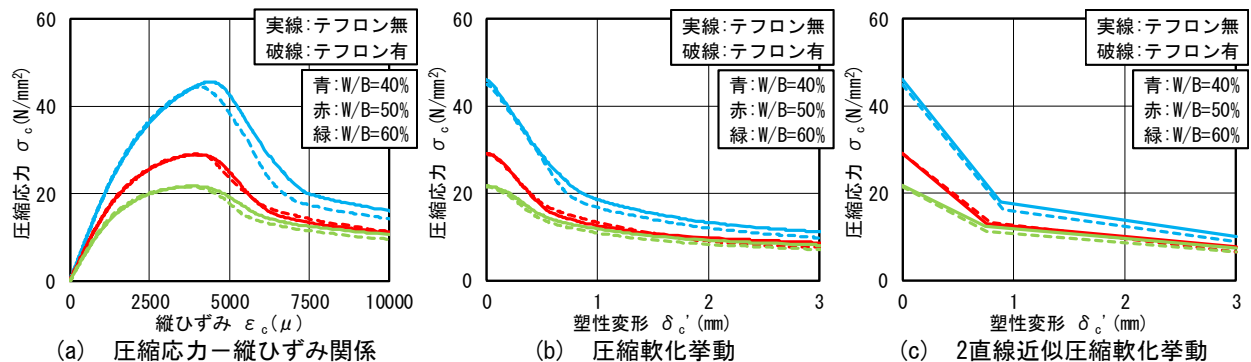


図-6 圧縮応力-縦ひずみ関係、圧縮軟化挙動、2直線近似圧縮軟化挙動 (EX80)

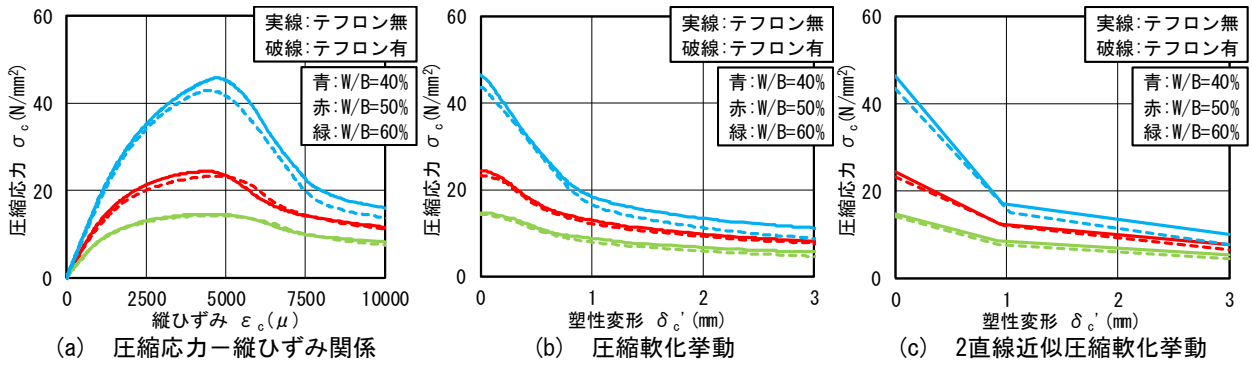


図-7 圧縮応力-縦ひずみ関係, 圧縮軟化挙動, 2直線近似圧縮軟化挙動 (EX160)

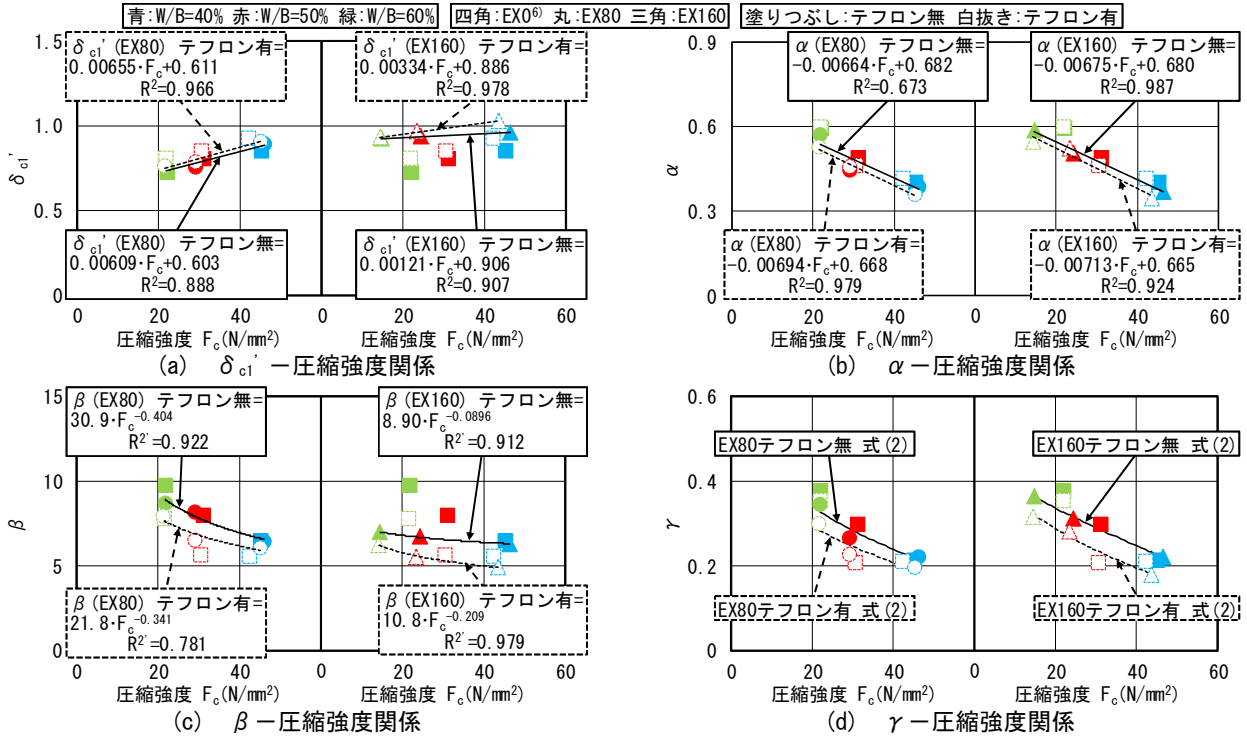


図-8 2直線近似圧縮軟化挙動の各材料定数-圧縮強度関係

多少急となっている。

以上の傾向は、図-6 (b) および 7 (b) の圧縮軟化挙動、図-6 (c) および 7 (c) の2直線近似圧縮軟化挙動においても確認できる。これは、EX80 および EX160 とした場合においても、2直線近似圧縮軟化挙動により、R-HFDFRC の $\sigma_c - \varepsilon_c$ 関係の傾向を模擬できることを示している。

3.3 2直線近似圧縮軟化挙動の各材料定数

図-8 に、R-HFDFRC の2直線近似圧縮軟化挙動の各材料定数- F_c 関係を示す。

まず、図-8 (a) によれば、 δ_{c1}' は F_c の増加に伴い直線的に増大している。次に、図-8 (b) によれば、 α は F_c の増加に伴い直線的に減少している。さらに、図-8 (c) によれば、 β は F_c の増加に伴い減少しているものの、その減少勾配は F_c の増加に伴い緩やかとなっている。

以上より、単位EX量およびW/Bの相違による2直線近似圧縮軟化挙動の各材料定数の変化は、 F_c の変化で説明できるものと思われる。単位EX量および載荷盤拘束条

件別に δ_{c1}' および α を直線近似、 β を累乗近似すると、図-8 (a) ~ (c) 中に示す近似式が得られる。なお、各近似式中の F_c には、 1N/mm^2 で除した値を代入し、算出結果には所要の単位を付す。

図-8 (d) には、図-8 (a) ~ (c) に示す近似式に R-HFDFRC の F_c を代入して各材料定数 (δ_{c1}' , α , β) を求め、それらを用いて式(2)により得られた $\gamma - F_c$ 関係も示している。図-8 (d) によれば、いずれの単位EX量および載荷盤拘束条件においても γ は F_c の増加に伴い減少する傾向にあり、概ね前述の手法で得られる γ 曲線と近似している。

以上より、EX80 および EX160 とした場合の R-HFDFRC の F_c から、2直線近似圧縮軟化挙動の各材料定数を推定するための式が明らかとなった。

表-5 に、EX80 および EX160 とした R-HFDFRC の2直線近似圧縮軟化挙動の各材料定数を推定するための式をまとめておく。

これまでの結果を踏まえて、表-5 に示す推定式に、

表-5 各材料定数の推定式

| 各材料定数 | 単位EX量 | テフロンシートの有・無 | 推定式 |
|----------------|-------|-------------|--------------------------------|
| δ_{e1}' | EX80 | 有 | $=0.00655 \times F_c + 0.611$ |
| | | 無 | $=0.00609 \times F_c + 0.603$ |
| | EX160 | 有 | $=0.00334 \times F_c + 0.886$ |
| | | 無 | $=0.00121 \times F_c + 0.906$ |
| α | EX80 | 有 | $=-0.00694 \times F_c + 0.668$ |
| | | 無 | $=-0.00664 \times F_c + 0.682$ |
| | EX160 | 有 | $=-0.00713 \times F_c + 0.665$ |
| | | 無 | $=-0.00675 \times F_c + 0.680$ |
| β | EX80 | 有 | $=21.8 \times F_c^{-0.341}$ |
| | | 無 | $=30.9 \times F_c^{-0.404}$ |
| | EX160 | 有 | $=10.8 \times F_c^{-0.209}$ |
| | | 無 | $=8.90 \times F_c^{-0.0896}$ |

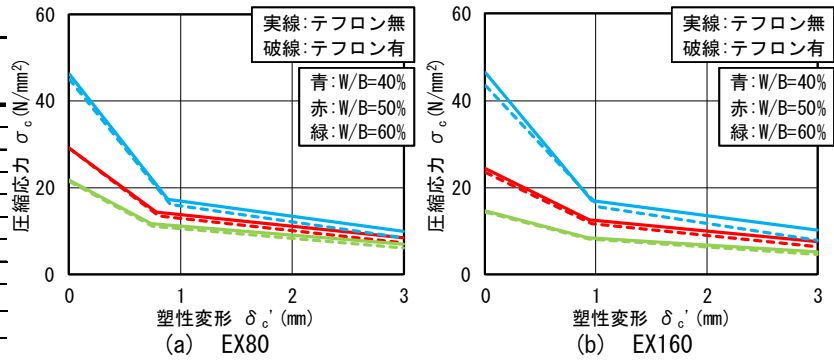


図-9 推定2直線近似圧縮軟化挙動

EX80およびEX160としたR-HFDFRCの F_c を代入して各材料定数を求めることにより得られた推定2直線近似圧縮軟化挙動を図-9に示す。

図-9および前掲の図-6(c)および7(c)によれば、推定された2直線近似圧縮軟化挙動は、単位EX量に係わらず、1軸圧縮試験により得られたR-HFDFRCの2直線近似圧縮軟化挙動を概ね再現できている。

即ち、本研究の範囲において、EX80またはEX160とし、W/Bが相違した場合においても、 F_c を与えることにより、R-HFDFRCの2直線近似圧縮軟化挙動を定めることができる。

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。

- EX80の場合、R-HFDFRCの F_c および G_{F_c} は、テフロンシートを挿入し載荷盤の拘束による影響が軽減されることにより低下するものの、 F_c が低下してもEへの影響が小さい。一方、EX160の場合、 F_c および G_{F_c} のみでなくEについても、テフロンシートを挿入し載荷盤の拘束による影響が軽減されることにより低下する。
- EX80およびEX160とした場合のR-HFDFRCの F_c から、2直線近似圧縮軟化挙動の各材料定数を推定するための式が明らかとなった。
- EX80またはEX160とし、W/Bが相違した場合においても、 F_c を与えることにより、R-HFDFRCの2直線近似圧縮軟化挙動を定めることができる。

参考文献

- 日本建築学会：再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案), 211pp., 2014.10
- 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.1-10, 37-42, 2002.1

- 渡部憲, 大岡督尚, 白都滋：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, コンクリート工学, Vol.44, No.1, pp.11-18, 2006.3
- 高強度・高靱性コンクリート利用研究委員会：高強度・高靱性コンクリート利用研究委員会報告書, 日本コンクリート工学協会, pp.74-85, 2009.3
- 佐藤英和, 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に及ぼす水結合材比および単位膨張材量の影響, コンクリート年次論文集, Vol.44, No.1, pp.904-909, 2022.7
- 孫キン, 渡部憲, 中出敬大：再生骨材を使用した高流動高靱性コンクリートの圧縮軟化挙動に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演概論集(関東), 材料施工, pp.323-324, 2024.8
- 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, pp. 195-209, May.1997
- 安西拓巳, 渡部憲：収縮ひずみ低減対策が再生骨材を使用した高流動高靱性コンクリート製RC梁のせん断耐力に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.185-190, 2021.7
- 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事, p.13, 2022
- 渡部憲, 佐藤史康, 中村允哉, 加藤浩文：高靱性セメント複合材料の圧縮軟化挙動, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.323-328, 2011.6
- 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
- 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造設計規準・同解説2010, p.6, 2010.2
- H. Nakamura, T. Higai：Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, Seminar on post-Peak Behavior of RC Structures subjected to Seismic Loads, pp. 259-272, Oct.1999