

再生コンクリートにおける引張軟化曲線の推定に関する基礎的研究

東北工業大学大学院 学生会員 ○古仲 勇作

東北工業大学 正会員 秋田 宏

東北工業大学 正会員 小出 英夫

1. まえがき

一般にはコンクリートの直接引張試験の実施は困難なため、引張軟化曲線(引張降伏後の応力とひび割れ開口変位の関係)の取得には間接的な手法が用いられる。しかしながら、著者らが提案する手法¹⁾を用いることで、偏心や2次曲げを消去した状態での直接引張試験から、直接的に引張軟化曲線が取得可能である。そこで本研究では、粗骨材として再生粗骨材 M を 100%用いた再生コンクリートを対象に、各種配合における引張軟化曲線を取得するとともに、それら曲線を用いて任意の配合の再生コンクリートの引張軟化曲線を推定することを前提とした各種考察を行った。

2. 実験概要

再生コンクリートの製造には、普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)、細骨材は鶴巣大平産山砂(表乾密度 2.55g/cm³、吸水率 2.49%)を用いた。再生粗骨材は、コンクリート用再生粗骨材 M2005(表乾密度 2.51g/cm³、吸水率 4.79%、(株)迫開発工業製)を分級し、5~10mm(表乾密度 2.51g/cm³、吸水率 4.99%)と 10~15mm(表乾密度 2.55g/cm³、吸水率 3.53%)を絶乾質量で 50%ずつ混合し、最大寸法 15mm として用いた。これは、今後、最大寸法 20mm、25mm に対しても同様の実験を行う予定としているためである。

再生コンクリートは、表-1 に示す 5 配合を用いた。全ての配合において、骨材絶対容積とセメントペースト容積はそれぞれ同一とし、空気量 5±1%、スランプ 12±1cm を満たすように混和剤で調整した。直接引張試験用供試体は角柱(100×100×400mm)、打設翌日に脱型し、材齢約 80 日(載荷装置の不具合により材齢 28 日で試験不可能だったため)まで水中養生した後、各配合につき供試体 5 本に対して直接引張試験を実施した。なお、実験に用いた各再生コンクリートの材齢 28 日と約 80 日での円柱供試体による圧縮強度を表-2 に示す。

直接引張試験を行う前に、各供試体には、複数ひび割れを防ぐために供試体中央部に幅 3mm、深さ 10mm の切欠きを 4 面すべてに設けた。また、供試体両端部に炭素繊維シートを接着した後、引張補助具で供試体端部 4 面を挟みつけ、ユニバーサルジョイントを介してクローズドループ型ひずみ制御式載荷装置に取り付けた。さらに、2 次曲げを消去して一様な引張状態にするためのコンピュータ制御式曲げ付加装置¹⁾を用いて直接引張試験を実施し、引張降伏後の切欠き部の変位(ひずみ)と荷重値から引張軟化曲線を導いた。

3. 結果と考察

直接引張試験より得られた各再生コンクリートの引張強度 f_t を、比較のため、ほぼ同一配合の普通コンクリートの結果²⁾とともに図-1 に示す。 f_t は、W/C の増加に伴い低下し、再生コンクリートの方が低下が大き

表-1 実験に用いた各種再生コンクリートの配合

配合名	W/C [%]	s/a [%]	単位量(kg/m ³)				AE剤 [C×%]	高性能減水剤 [C×%]
			W	C	S	再生粗骨材		
B1	40	35	150	375	608	1120	0.0195	0.95
B2	60	35	176	293	608	1120	0.0250	0.24
B3	40	45	150	375	782	948	0.0170	1.20
B4	60	45	176	293	782	948	0.0205	0.25
C2	50	40	165	330	694	1033	0.0190	0.85

キーワード 再生コンクリート, 引張軟化曲線, 直接引張試験, 再生骨材 M

連絡先 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学工学部都市マネジメント学科 Tel 022-305-3506

い傾向が見られた。図-2、3には結果の一例として、配合 B1 の 5 本の供試体の引張軟化曲線と正規化引張軟化曲線を示す。各図中には比較のためほぼ同一配合の普通コンクリートの結果も示した。ここで、正規化引張軟化曲線とは、引張強度等の異なるコンクリートの引張軟化曲線の形状を定式化する目的で、縦軸を各供試体の f_t で除した σ_N 、横軸を測定された限界ひび割れ開口変位で除した w_N として表した曲線である。さらに、正規化引張軟化曲線を式-1 で定式化²⁾し、各配合ごと、正規化引張軟化曲線を用いて式-1 中の各定数 A~E を最小二乗法より導いた。式-1 は配合により定数 A~E が変化するが、配合に関らず統一的に使えるものと仮定している。

$$\sigma_N = E + \frac{C}{w_N + D} - \exp(-(\frac{B}{w_N})^A) \quad \cdots \text{式-1}$$

図-4 に結果の一例として、導かれた定数 A と W/C、s/a の関係をそれぞれ示す。また、図-5 に比較のため、普通コンクリートにおける結果を示す。再生コンクリートにおいて定数 A は、普通コンクリートほど

W/C や s/a の変化による値の変化に規則的な傾向が現れず、バラつきが見られた。得られたデータ数が少ないため実験誤差が拡大された可能性も考えられる。

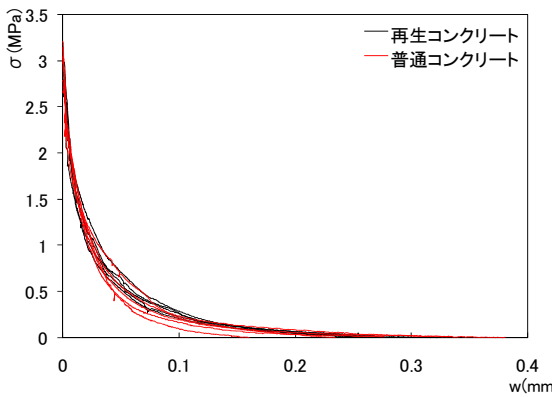


図-2 配合 B1 の引張軟化曲線

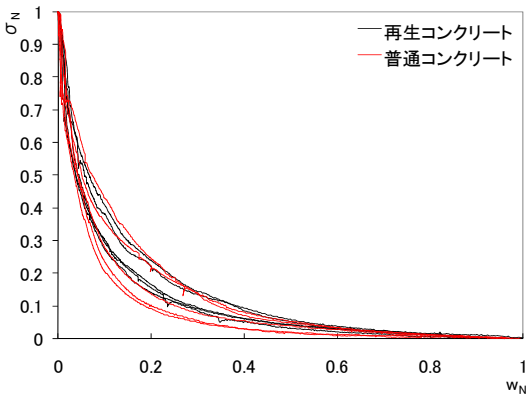


図-3 配合 B1 の正規化引張軟化曲線

4. まとめ

粗骨材として再生粗骨材 M を 100%用いた再生コンクリートに対して、著者らが提案する直接引張試験を適用し、引張軟化曲線を取得できることが確認できた。また、それら曲線を用いて、任意の配合の再生コンクリートの引張軟化曲線推定式内の定数の導きを試みた。しかしながら、今回の直接引張試験で初めて採用した引張補助具の挟み込む方式に起因した失敗も多く、結果として試験データが少なくなり、各配合間の関係において大きなバラつきが生じた。失敗の原因はつかめたので今後の実験に生かし、任意の配合に対する式-1 中の各定数 A~E の推定方法を確立したい。

参考文献

1) 秋田宏・小出英夫・三橋博三：コンクリートの直接引張試験における 4つの誤解、コンクリート工学論文集 Vol.16、No.1、p.77-86、2005.1. 2) 秋田宏・及川幸志・外門正直・小出英夫：任意配合コンクリート引張軟化曲線を推定するデータベース、セメント・コンクリート研究討論会論文報告集 Vol.35、p.81-86、2008.10.

表-2 各コンクリートの圧縮強度

配合名	圧縮強度 (材齢28日) (N/mm ²)	圧縮強度 (材齢約80日) (N/mm ²)
B1	40.8	42.6
B2	21.2	24.6
B3	41.5	41.4
B4	25.3	27.9
C2	30.8	34.4

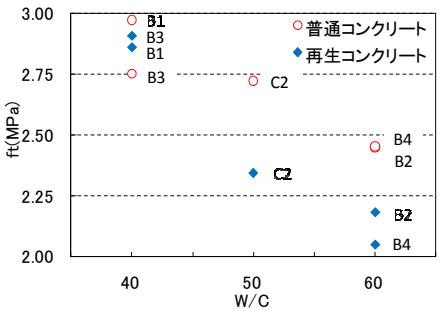


図-1 引張強度 f_t の変化

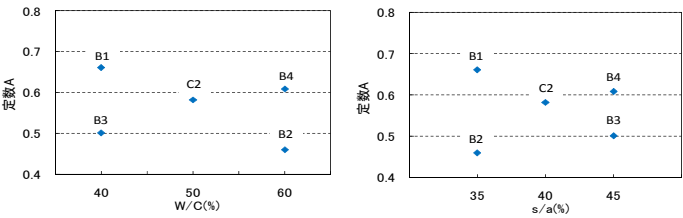


図-4 定数 A と W/C、s/a の関係(再生コンクリート)

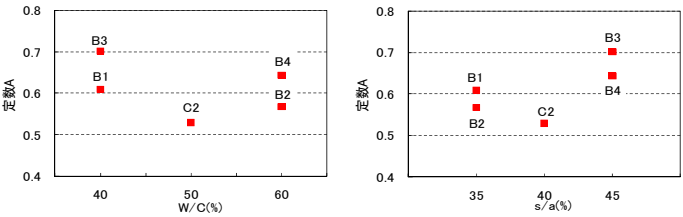


図-5 定数 A と W/C、s/a の関係(普通コンクリート)