

再生骨材コンクリート M の引張軟化曲線

1014109 大場 亮

1014218 菅井 一洸

1. はじめに

再生骨材コンクリート M は、一般に同一配合の普通コンクリートと比較し強度や耐久性が低くなる欠点があり、普通コンクリートの代わりとしてはまだ広く有効に活用できていない状況にある。その原因の一つには、再生骨材コンクリート M の特性について明らかでない点があるからだと考えられる。そこで本研究ではその一助とするため、再生骨材コンクリート M の引張軟化曲線等の引張特性を得ることを目的に、同一配合の普通コンクリートと再生骨材コンクリート M に直接引張試験を実施し、引張軟化曲線等の比較を行った。

2. 実験に用いたコンクリート

本研究で用いた普通コンクリートと再生骨材コンクリート M は、 $W/C=50\%$ 、 $W=165\text{kg/m}^3$ 、 $s/a=40\%$ 、粗骨材の最大寸法は 20mm で同一配合とし、セメントには普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）、細骨材には鶴巣大平産山砂（表乾密度 2.55g/cm^3 ）を両コンクリートとも 100%用いた。普通コンクリートの粗骨材には高館産碎石の 5～20mm（表乾密度 2.83g/cm^3 ）を、再生骨材コンクリート M の粗骨材にはコンクリート用再生粗骨材 M2005 の 5～20mm（（株）追開発工業社製、表乾密度 2.53g/cm^3 、吸水率 4.79%）を使用し、それぞれ分級後、絶対容積比で 5～10mm が 30%、10～15mm が 45%、15～20mm が 25%で両粗骨材とも同一の粒度になるよう調整した。各コンクリートの配合を表-1 に示す。両コンクリートとも、混和剤として AE 剤（I 種）と高性能減水剤（I 種）を用い、スランプと空気量が $10\pm 2\text{cm}$ 、 $5\pm 1\%$ を満たすよう調節した。各コンクリートは製造後、直接引張試験用の $100\times 100\times 400\text{mm}$ 角柱供試体と、圧縮強度試験及び割裂引張強度試験用に $\phi 100\times 200\text{mm}$ 円柱供試体を作製し、28 日間 20°C 水中養生した。

3. 直接引張試験

引張軟化曲線を得る目的で両コンクリートに対して直接引張試験を行った。コンクリートは引張強度に達した後に引張軟化が起き、無数の微細なひび割れにより引張力に抵抗する力が低下し始める。引張軟化曲線とは、コンクリートの引張軟化域での応力と変形の関係を示すものであり、近年コンピューター等の発達により高度な数値解析が可能になったことにより、コンクリートのひび割れの発生や進展の解析に用いられている。一般の直接引張試験では、供試体軸方向垂直断面内で一様なひずみが生じるようにコンクリートを引張ったとしても、供試体各面のひび割れに差が生じ、くの字に折れ曲がった変形となる現象が生じることにより、正確な引張軟化曲線を導くことができない。

そこで本研究では、図-1 に示すように供試体の中央部 4 面に π 型変位計を取り付け、そこから得るひずみ値を用いて制御することで一様に引張ることが可能となる直接引張試験装置を用いて直接引張試験を行った。

表-1 再生骨材コンクリート M と普通コンクリートの配合

配合名	粗骨材の 最大寸法	スランプ の範囲	空気量 の範囲	水セメ ント比	細骨材率	単位量(kg/m^3)					
	(mm)	(cm)	(%)	W/C (%)		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	
					s/a (%)					AE 剤 (g)	高性能減水剤 (g)
再生	20	10 ± 2.0	5 ± 1.0	50	40	165	330	694	1033	66	396
普通									1156		495

キーワード：再生骨材、再生骨材コンクリート、直接引張試験、引張軟化曲線

載荷は、載荷開始後、表-2 に示す 6 段階で制御し、ひずみ制御はクローズドループ型のひずみ制御とした。角柱供試体（100×100×400mm）の中央部には、試験時の複数ひび割れの発生防止とひずみ制御に用いるひずみ測定範囲を特定する目的で幅 3mm、深さ 10mm の切欠きを 4 面全てにいった。また、供試体両端は、炭素繊維シートを用いてユニバーサルジョイント（引張治具）を取り付ける部分を補強した。なお、供試体はこれら作業中に乾燥しないよう常に湿潤状態を保つよう注意を払った。

切欠き部分をまたぐπ型変位形と荷重のデータ等より、引張軟化曲線を求めることができる。

4. 試験結果

各コンクリートの圧縮強度、割裂引張強度、直接引張試験から得た引張強度を表-3 に示す。表-3 から再生骨材コンクリート M は同一配合の普通コンクリートに比べ圧縮強度は約 25%低下したが、直接引張試験における最大引張荷重より導いた引張強度においては大きな差はない結果となった。

図-2、図-3 に、両コンクリートに対する直接引張試験から得た引張軟化曲線をそれぞれ示す。図-2、図-3 の比較より、直接引張試験より得た引張強度と同様、大きな違いはない結果となった。これらのことから、引張強度到達以降の引張特性は、両コンクリートでほぼ同じであることがわかった。

5. まとめ

再生粗骨材 M（最大寸法 20mm）を粗骨材として 100% 用いた再生骨材コンクリート M の引張軟化曲線等の引張特性は、同一配合の普通コンクリートとほぼ同じとなった。これは、既往の研究における粗骨材の最大寸法が 15mm の両コンクリートの引張特性の比較結果と同じであった。一般には、再生骨材コンクリートは普通コンクリートと比較し、再生骨材に付着する旧モルタルと新たなモルタルとの境界部分が弱点となることに起因し、すべての力学的特性が劣ると考えられているが、上記の引張特性に関しては、異なる結果となった。

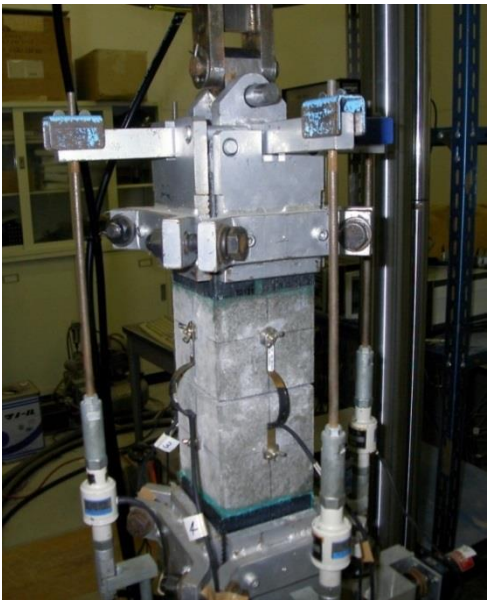


図-1 直接引張試験の様子

表-2 載荷装置の制御

区間	制御モード	範囲	速度
1	荷重制御	0～14kN前後	50N/sec
2	ひずみ制御	+150×10 ⁻⁶	0.1×10 ⁻⁶ /sec
3	ひずみ制御	+200×10 ⁻⁶	0.2×10 ⁻⁶ /sec
4	ひずみ制御	+200×10 ⁻⁶	0.4×10 ⁻⁶ /sec
5	ひずみ制御	+400×10 ⁻⁶	0.8×10 ⁻⁶ /sec
6	ひずみ制御	～最後	1.5×10 ⁻⁶ /sec

表-3 圧縮強度等の各種物性値

配合名	圧縮強度 [N/mm ²]	割裂引張強度 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]
再生	28.0	—	2.61
普通	38.4	3.00	2.64

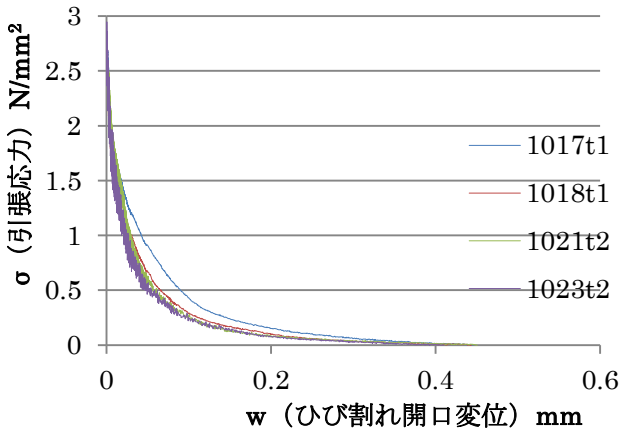


図-2 普通コンクリートの引張軟化曲線

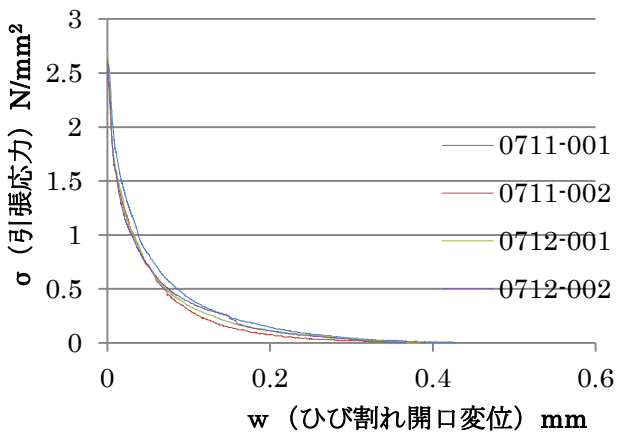


図-3 再生骨材コンクリート M の引張軟化曲線