

各種試験方法によるコンクリートの引張強度に関する研究

1114112 佐々木 淳

1. はじめに

コンクリートの引張強度は一般に圧縮強度の約 1/10 程度と小さく、鉄筋コンクリート(RC)構造物の断面耐力の計算等においては通常無視される。その一方で、RC 構造物の長寿命化と関連する耐久性能に大きく関係するコンクリートのひび割れ発生は、コンクリートの引張応力がその小さな引張強度を超えることにより生じる現象である。そのため、コンクリートの耐久性能を適切に評価し、その結果としてその性能を向上させるためには、コンクリートの引張特性を把握することが重要であると考えられる。しかしながらコンクリートの引張特性を実験によって正確に導くことは大変困難であり、いまだ明らかでない点も多い。

そこで本研究では、同一配合の普通コンクリート供試体を製作し、供試体の乾燥状態や試験の載荷速度を変化させ引張試験を行い、導かれる引張強度の比較を行った。引張試験方法は、割裂引張強度試験と独自の直接引張試験とし、試験方法の違いによる影響も考察する。なお、予定に従って実施できなかった試験もあったため、配合の異なる昨年度製作済みの供試体(再生骨材コンクリート M 相当品)も一部の試験に用いた。

2. 実験で用いたコンクリート

本研究で製造した普通コンクリートの配合を表-1に示す。W/C=50%、W=170kg、粗骨材の最大寸法 20mm、s/a=42%とし、セメントには普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)、細骨材には鶴巣大平産山砂(表乾密度 2.55g/cm³)、粗骨材には高館産碎石(表乾密度 2.82g/cm³)を使用した。AE 剤(I 種)を用い、スランブと空気量がそれぞれ 10±2cm、5±1%を満たすように調節した。コンクリートは 90L 製造し、直接引張試験用(一部、曲げ試験にも利用)の 100×100×400mm 角柱供試体を 14 本、圧縮強度及び割裂引張強度試験用に φ100×200mm 円柱供試体を 17 本製作し、翌日に脱型後 20℃水中養生した。

また、一部の試験に用いた前年度製作済みの円柱供試体(試験直前まで水中養生を継続)に用いられた再生骨材コンクリート M 相当品の配合を表-2に示す。20℃水中養生による材齢 28 日での圧縮強度は、普通コンクリートで 33.9N/mm²(表-3)、再生骨材コンクリート M で 28.0N/mm²であった。なお、普通コンクリートは材齢 28 日で養生槽から取り出し、以後、室内乾燥状態に放置した。

表-1 実験に用いた普通コンクリートの配合表

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材料 AE 剤 (g)
20	10 ±2.0	5 ±1.0	50	42	170	340	720	1100	102

表-2 実験に用いた再生骨材コンクリート M 相当品の配合表

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

表-3 圧縮強度試験の結果

供試体番号	最大圧縮荷重(kN)	圧縮強度(N/mm ²)	平均圧縮強度(N/mm ²)	質量減少率(%)	
28日間水中養生終了後(表乾状態)					
1	263.826	33.60	平均 33.9	0	
2	265.674	33.84		0	
3	282.094	35.94		0	
5	253.255	32.26		0	
28日間水中養生+8日間乾燥(気乾状態)					
9	286.659	36.52	平均 35.2	0.58	平均 0.49
10	275.519	35.10		0.50	
17	267.759	34.10		0.39	

キーワード：引張強度、引張特性、割裂引張強度試験、直接引張試験

NO. 2-16(小出研究室)

3. 各種引張試験と試験結果

(1) 供試体の乾燥状態の影響

普通コンクリートを用いた割裂引張強度試験の結果を表-4 に示す。割裂引張強度試験は、JIS A 1113 に準拠し、28 日間水中養生終了後の表面乾燥状態の供試体、28 日間水中養生後から 8 日間、22 日間室内乾燥させた供試体を用いた。表中の質量減少率は、28 日間水中養生終了後の表乾状態時の質量に対する試験時の質量の減少率を示す。表-4 の結果から表-3 に示す圧縮強度の傾向とは異なり、供試体が乾燥するにつれて引張強度が低下した。

(2) 載荷速度による影響

表-4、5 に各コンクリートを用いて、異なる載荷速度で行った割裂引張強度試験の結果を示す。JIS に準拠した載荷速度 1.8kN/s と、(3)の直接引張試験におけるピーク荷重到達までの時間(約 15 分)とほぼ同じ載荷時間となる 0.08kN/s で行った。28 日間水中養生後に 22 日間乾燥させた普通コンクリートではデータ数が不足しているものの、載荷速度と引張強度の大小関係が、表乾状態の再生骨材コンクリート M とは異なる結果となった。

(3) 試験方法による影響

割裂引張強度試験による引張強度と比較する目的で、写真-1 に示す独自の方法の直接引張試験を普通コンクリート角柱供試体に対して行った。角柱供試体の 4 面の中央部にそれぞれ π 型変位計を軸方向に取り付け、リアルタイムで得られるひずみデータに従って作動する装置によって供試体軸方向垂直断面内のひずみを常時一様にした状態を保ちつつひずみ制御で供試体を引張った。しかしながら、すべての試験において供試体中央を引張破壊させることができず、表-4 に示す結果と比較することができなかった。原因としては、供試体端部の補強用炭素繊維シートと供試体が十分に接着していなかった(写真-2)ことと、引張治具の締め付けが弱かったことが考えられる。

4. まとめ

乾燥状態の異なる供試体の割裂引張強度試験は、普通コンクリートに対して、圧縮強度の傾向とは逆に乾燥するほど低下した。また、割裂引張強度試験の載荷速度の影響は、配合の異なるコンクリートにおいて異なる傾向の結果となり、今後、より詳細な実験が必要と考えられる。なお、直接引張試験では引張強度を得ることができず、割裂引張強度との比較ができなかったが、割裂引張強度試験とは破断面における応力状態が異なるため、その強度の違いの把握は今後重要と思われる。

表-4 割裂引張強度試験の結果(普通コンクリート)

供試体番号	最大圧縮荷重(kN)	引張強度(N/mm ²)	平均引張強度(N/mm ²)	質量減少率(%)	
28日間水中養生終了後(表乾状態)					
4	99.214	3.172	平均 3.11	0	
6	97.206	3.122		0	
7	94.457	3.068		0	
8	96.629	3.090		0	
28日間水中養生+8日間乾燥(気乾状態)					
11	89.964	2.868	平均 2.95	0.58	平均 0.53
14	102.269	3.276		0.50	
16	84.729	2.716		0.39	
28日間水中養生+22日間乾燥(気乾状態) 通常の載荷速度1.8kN/s					
12	78.290	2.501	平均 2.49	1.39	平均 1.34
13	77.983	2.487		1.28	
28日間水中養生+22日間乾燥(気乾状態) 遅い載荷速度0.08kN/s					
15	82.806	2.641	2.64	1.34	

表-5 割裂引張強度試験の結果(再生骨材コンクリート M)

供試体番号	最大圧縮荷重(kN)	引張強度(N/mm ²)	平均引張強度(N/mm ²)	表乾密度(g/cm ³)
表乾状態 通常の載荷速度1.8kN/s				
R1	67.728	2.184	平均 2.75	2.30
R2	94.602	3.016		2.30
R3	79.892	2.564		2.29
R4	102.131	3.256		2.30
表乾状態 遅い載荷速度0.08kN/s				
R5	77.162	2.465	平均 2.44	2.30
R6	86.351	2.770		2.30
R7	70.213	2.251		2.28
R8	70.970	2.269		2.29



写真-1 直接引張試験の様子



写真-2 炭素繊維シートと治具の滑り