

廃棄ガラスを用いた収縮抑制コンクリートに関する検討

徳島大学 学生会員 ○上田真由美 徳島大学 正会員 上田隆雄
 徳島大学 正会員 塚越雅幸 フジタ建設コンサルタント 正会員 郡 政人

1. はじめに

近年、良質な天然骨材の枯渇が深刻化する中で、人工砕石や再生骨材などの利用が進み、そのためにコンクリートの乾燥収縮が大きくなる傾向にある。乾燥収縮によって、コンクリートにひび割れが発生すると、ひび割れ部分から種々の劣化因子が侵入して、構造物としての耐久性が著しく低下してしまう恐れがある。このような乾燥収縮を抑制するために、収縮低減剤や膨張材などの混和材の添加が検討されてきたが、添加量が増加するとコストが高くなることや、収縮低減効果のコントロールが困難であることなど、様々な課題が生じてくる。一方で、社会的に廃ガラスびんのリサイクルへの関心が高まっており、廃ガラスびんを粉末状にしたものを、細骨材代替や混和材として用いるなど、コンクリート用材料としての再利用が注目されている。しかし、廃ガラスを骨材として用いた場合におけるアルカリ骨材反応によるコンクリートの膨張が課題となっている。そこで本研究では、膨張材の代替材として廃ガラス微粉末を添加したコンクリートの乾燥収縮挙動を、保管する温度および湿度条件をパラメーターとして検討することとした。

2. 実験概要

本研究で用いた供試体は、φ100×200mm の円柱コンクリート、100×100×400mm の角柱コンクリートと、φ50×100mm の円柱モルタルとした。コンクリートの配合は表-1 に示すように、細骨材体積代替で廃ガラス置換率を 0, 10, 30% の 3 水準とし、W/C=55%, アルカリは Na₂O 等量で 1.2% となるように NaOH で調整した。廃ガラスの密度は 2.50g/cm³, 標準粒径は 0.070mm であった。角柱コンクリート供試体は、材齢 7 日まで封緘養生した後、湿度条件 95%R.H. または 60±5%R.H. として、20,30,40°C の恒温室中で保管しながら、定期的に長さ変化量を測定した。95%R.H. 保管供試体のみ、超音波による動弾性係数試験も併せて行った。また、測定前日には測定に用いる供試体をすべて 20°C の恒温室に移動させた。円柱コンクリート供試体は、30°C の封緘養生で保管し、材齢 28 日および 91 日の時点で、圧縮強度試験および静弾性係数試験を行った。

円柱モルタル供試体は、角柱供試体の保管と同じ恒温室で、ガラス置換率 10, 30% の供試体を材齢 91 日まで封緘養生した後、高圧抽出で細孔溶液を採取して各種イオン濃度を測定するとともに、水銀圧入法による細孔径分布測定を行った。この際、水銀の圧入と排出を繰り返すことで、連続空隙とインクボトル空隙を区別して測定した。

3. 長さ変化率

60%および 95%R.H. 環境に保管したコンクリート供試体の長さ変化率を図-1 に示す。凡例の記号 N はガラス無混入、G はガラス混入を示し、G の後の数字はガラス混入率を表している。60%R.H. 環境では、ガラ

表-1 コンクリートの配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	Gmax (mm)	単位量(kg/m ³)							
				C	W	S1	S2(廃ガラス微粉末)	G	WRA	AEA	NaOH
N	55	48	15	324	178	823	—	888	0.777	0.019	2.673
G10				324	178	740	80.25	888	0.777	0.019	2.673
G30				324	178	575	240.75	888	0.777	0.019	2.673

ス無混入の N に対してガラス混入供試体 G は、試験開始時の収縮は大きいですが、30℃あるいは40℃で保管した場合には、徐々に収縮速度が小さくなり、開始後40日および140日以降はNよりも小さな収縮を示している。これは、保管温度が高い場合には、徐々に廃ガラスの ASR が活性化し、収縮を補う膨張が発生するためと考えられる。これより、本実験では、一般的な収縮低減剤や膨張材と同程度である約100~200 μ の収縮抑制効果が得られた。

95%R.H.環境では、60%R.H.環境よりも水分の供給が多いことから、ASRによる膨張の影響が大きくなる。20℃あるいは30℃の場合には、80 μ 以下の膨張であるが、40℃で保管した場合には、G30で120 μ 、G10で160 μ 程度の膨張が得られている。この値は、60%R.H.環境で得られた収縮抑制量とほぼ整合している。なお、いずれの温度環境においても、G30がG10よりコンクリートの膨張率が小さくなっている。今回採用した廃ガラスは、0.070mmの平均粒径を持つ微粒であることから、G30では、フィラー効果によって緻密な細孔構造が形成され、ASRによる膨張が若干抑制された可能性がある。

4. 細孔構造と圧縮強度

圧縮強度および静弾性係数の測定結果を図-2に示す。これによると、ガラス無混入のNに対して、ガラスを混入したG10およびG30は強度や静弾性係数が向上しており、特にG30は長期材齢で大幅な向上が見られる。これより、ガラスのASR膨張による内部ひび割れなどの悪影響は見られず、むしろ細孔組織が緻密化しているものと考えられる。本研究では、ガラスの微粉末を用いたため、ASRによる膨張効果に加えて、ポズラン反応による強度増進効果が発揮された可能性もある。

ガラスを混入したモルタルの細孔径分布測定結果を図-3に示す。図より、保管温度が20℃から40℃に上昇した時に、全空隙量の変化は小さいが、全空隙量に対するインクボトル空隙量の割合が増加していることが分かる。図-1に示したように、40℃で保管した場合には、ASR膨張により乾燥収縮が抑制されているが、その一因として、水分の移動経路とならないインクボトル空隙の形成が寄与しているものと考えられる。

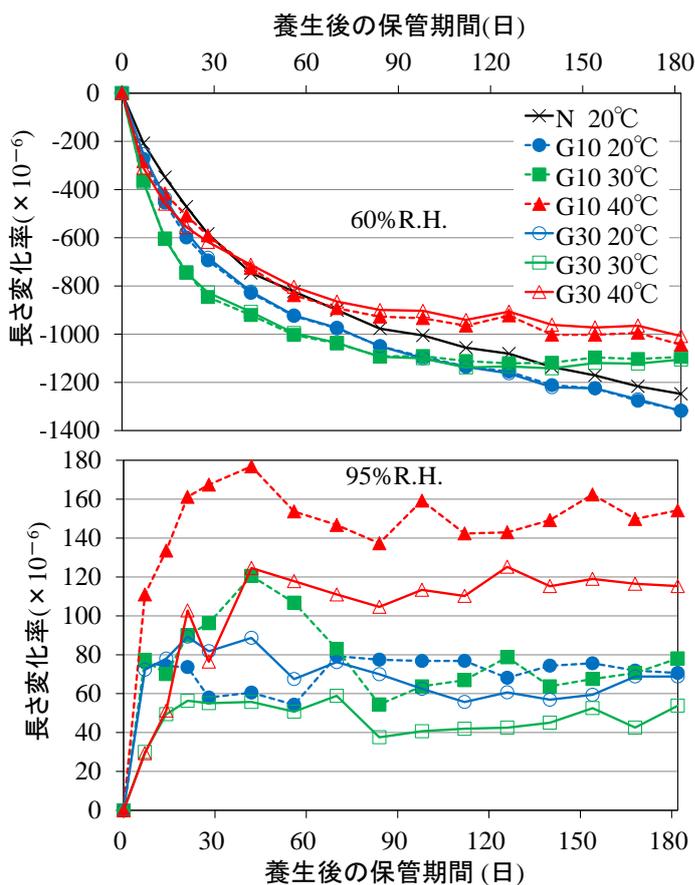


図-1 長さ変化率の経時変化

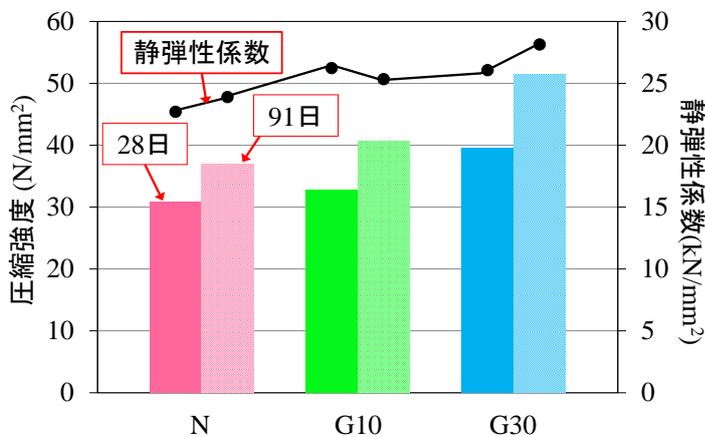


図-2 圧縮強度および静弾性係数

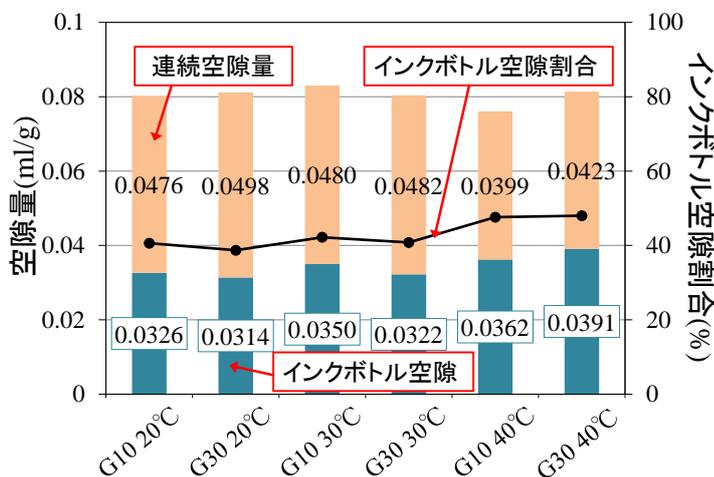


図-3 インクボトル空隙量の比較