

水結合材比の小さい膨張コンクリートの膨張特性

電気化学工業株式会社 正会員 ○栖原健太郎

電気化学工業株式会社 吉野亮悦

電気化学工業株式会社 正会員 庄司慎

電気化学工業株式会社 正会員 平井吉彦

1. はじめに

コンクリート用の膨張材は、水結合材比が 30%以上のコンクリートに適用する場合が多い。一方、コンクリートの高耐久化・高強度化に伴い、単位セメント量が多く水結合材比が小さい高強度コンクリートの自己収縮の低減を目的として膨張材を混和するケースが増加している。このようなコンクリートに膨張材を混和した場合、膨張材の水和に必要な水が不足して膨張材が未水和のまま残存することがあり、条件によってはその後の継続的な膨張（以降、持続膨張）によって圧縮強度の低下を引き起こすことが指摘されている¹⁾。

水結合材比が 20～30%で膨張材を混和した高強度コンクリートの膨張特性について実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験概要

膨張材の水和には十分な水が必要である。水結合材比が小さくても単位水量が多い場合には、膨張材の水和に必要な水が豊富に存在する。逆に水結合材比が高くても単位水量が少ない場合には水が不足する。そのため、実験には表－1 に示す単位水量と水結合材比を要因としたコンクリートを用いた。

膨張材にはブレン値を 6000～6500cm²/g に調整したエトリンガイト系のものを用いた。セメントには C₃S の含有量が多い早強セメントを用いた。若材齢において膨張材の水和に必要な水を早強セメントの C₃S に奪わせ、膨張材にとって水分供給の少ない状態を再現するためである。

養生方法は表－2 に示す 2 条件とした。材齢 1 日で型枠を取り外してから、条件Ⅰでは材齢 2 ヶ月までを水中養生、以降気乾養生とした。逆に条件Ⅱでは材齢 2 ヶ月まで外部からの水分供給を断つ気乾養生、以降水中養生とし、水中養生時の水分供給に伴う持続膨張を評価した。なお、評価は JIS A 6202 附属書 2 の B 法一軸拘束膨張試験とした。なお、いずれの配合のコンクリートも材齢 28 日の水中養生で、80N/mm² 以上の圧縮強度を示した。

表－1 コンクリートの配合および実験水準

配合	W/C+Ex (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)		
			W	C	Ex
A	29.6	41.0	163	550	0
	29.6	41.0	163	520	30
B	29.9	52.0	137	459	0
	30.2	52.0	138	428	30
C	25.1	37.0	165	657	0
	25.1	37.0	165	627	30
D	25.9	50.0	141	544	0
	25.9	50.0	141	514	30
E	21.6	50.0	201	929	0
	22.8	50.0	209	886	29
F	22.1	50.0	170	769	0
	22.0	50.0	168	737	29
G	22.2	54.0	142	640	0
	22.8	54.0	145	608	29

表－2 養生方法

養生条件	一次養生 (～56 日)	二次養生 (56 日～)
Ⅰ	水中養生	気乾養生
Ⅱ	気乾養生	水中養生

3. 実験結果

代表例として配合 A の長さ変化率を図－1 に示す。

水中養生を施した普通コンクリートは、自己収縮によって-200×10⁻⁶ の収縮を示した。この収縮ひずみは、単

キーワード：高強度コンクリート，膨張材，低水結合材比，長さ変化率，持続膨張

連絡先：〒949-0393 新潟県糸魚川市青海 2209 電気化学工業（株） 無機材料研究部 TEL：025-562-6303

位結合材量が大きくなるに従って増加する傾向であった。一方、膨張コンクリートでは、普通コンクリートの長さ変化率に対して $100 \sim 200 \times 10^{-6}$ の膨張側で推移した。

型枠の取り外し後に気乾養生を施した養生条件Ⅱの供試体は、材齢2ヶ月にかけて収縮し、その後の水中養生によって膨張を示している。

図-2は、養生条件Ⅱにおいて、水中養生の開始時点を経験した長さ変化率を整理した代表例である。この長さ変化率は、普通コンクリートでは水分供給による膨潤である。一方、膨張コンクリートではこの膨潤と未水和の膨張材による持続膨張とが組み合わさった膨張である。

さらに、図-2において、普通コンクリートと膨張コンクリートの差をすべての配合について整理したものが図-3である。すなわち、図-3は膨潤の影響を排除した膨張材による持続膨張を評価したものである。

水結合材比を30%とした配合AおよびBは、単位水量が 140 kg/m^3 であっても持続膨張は認められない。単位水量が $137 \sim 145 \text{ kg/m}^3$ で水結合材比を30, 25, 22%とした配合B, DおよびGは、水結合材比を22%とした配合Gのみが材齢約6ヶ月で 250×10^{-6} の持続膨張を示している。一方、単位水量を $163 \sim 170 \text{ kg/m}^3$ として水結合材比を30, 25, 22%とした配合A, CおよびFは、配合Cのみ持続膨張を示している。そして、水結合材比が22%で、単位水量を205, 170, 145 kg/m^3 とした配合E, FおよびGでは、配合EとGにおいて持続膨張を示している。配合Eは、単位水量が 205 kg/m^3 と水分が豊富に存在するが単位結合材量が 900 kg/m^3 以上であり、膨張材が未水和で残存した可能性がある。

これらの結果から、水結合材比が30%以上では 140 kg/m^3 以上の単位水量を確保することで持続膨張の可能性を小さくすることができる。一方、水結合材比が25%程度より小さい場合には、単位水量を確保したとしても配合C, EおよびGのように、条件によっては持続膨張を示す可能性がある。

4. まとめ

水結合材比が小さく単位水量の少ないコンクリートに膨張材を混和した結果、その後の水分供給により一部の供試体に 250×10^{-6} 程度の持続膨張が確認された。膨張材にとって水分供給の極端に少ない条件で実験を実施したが、現段階で供試体にひび割れなどの異常は認められていない。継続して評価する。

参考文献

- 1) 郭度連他：膨張材による超高強度コンクリートの収縮低減，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.1，pp.471-476，2008

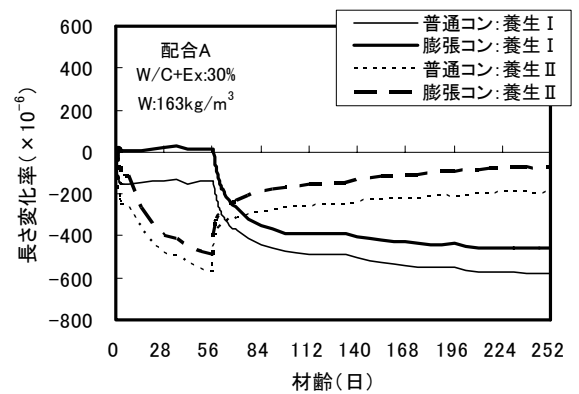


図-1 長さ変化率の代表例（配合A）

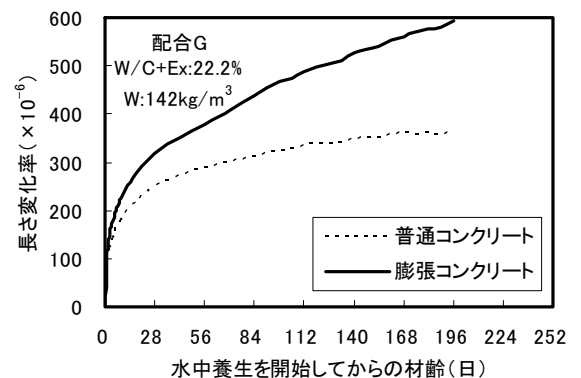


図-2 水中養生開始を基点とした長さ変化率（配合G）

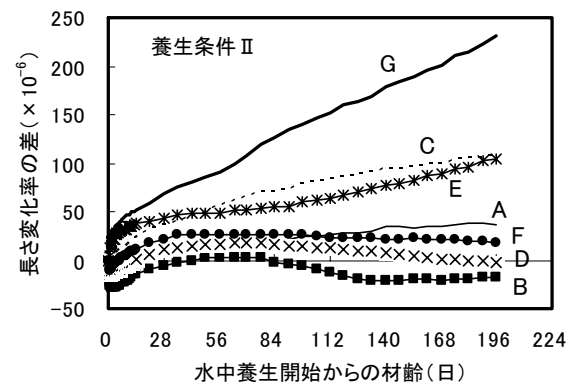


図-3 持続膨張