

収縮低減剤を用いたコンクリートの乾燥収縮およびクリープ特性

ハ工業大学 ○ 正員

庄谷征美

〃

杉田修一

〃

磯島康雄

1. まえがき

コンクリートの乾燥収縮ひびわれを防止する方策として、昨今開発された収縮低減剤の活用は、その顕著な乾燥収縮低減作用から判断して従来にはない強力な手段になりうると思える。本研究は、この低減剤の基本的な効果ならびに利用法を知る目的で実施したもので、乾燥収縮のみならずクリープ特性に及ぼす影響を捉えることにより、それらの生成機構についても2.3の新知見を得たので、ここに概要を報告する。

2. 実験の概要

試料はAE及びAE減水コンクリートとし、セメントは2社の普通ポルトランドセメントと使用した。骨材は川砂利(比重2.57及び2.66, 量寸法25mm), 及び陸砂(比重2.54, 吸水率2.98%及び比重2.62, 吸水率1.10%)を用いた。本研究に用いた収縮低減剤は低級アルコールのアルキレンオキシド付加物で、A・B2種類を使用した。本研究での配合ならびに低減剤添加量などの概略を表-1に示す。低減剤は水の一部として計算し、試験線に実施して配合を定めたが、この際目標のスランパ8cm, air量 $\pm 1\%$ とした。乾燥収縮及びクリープ試験体は10×10×40(mm)角形とし、後者は外径 $\phi 20$ mm塩ビ管をシースとして用いた。載荷はセンターホール式の油圧ジャッキを用い、 $\phi 20$ PC鋼棒を所定枚数でひき直して持続荷重を与えた。乾燥条件は50%～55%, 21 $\pm$ 2℃条件で行い、逸散水量の測定も実施した。試験は100日を目標とし、クリープ試験では一部水中クリープならびに遅れ弾性変形も測定した。なおクリープは全ひずみから乾燥収縮を差し引いたものと定義した。測長はコンタクトゲージ(1/1000mm)により、標長200mmとして実施した。

表-1 試験の条件

	W/C (%)	応力強度比	低減剤種類、添加量 (kg/m ³)	試験材寸 (H)
シリーズ I	40	0.2	A-0.15.5	7
	55		A-0.5, 5.11.3, 22.6 (一部膨張材使用)	2, 7, 28
AEコン	70	0.35	A-0.8, 8	7
	55		A-0.12	7
シリーズ II AE減水	55	1/3	B-0.3, 7.5, 11.25 (一部膨張材使用)	7

表-2 乾燥収縮、クリープの整理結果

	W/C (%)	低減剤別量 (kg/m ³)	材 寸 (H)	乾燥収縮			クリープ		
				ϵ_{sh} (H)	ϵ_{sh} (H)	ϵ_{sh} (H)	ϵ_{cp} (H)	ϵ_{cp} (H)	ϵ_{cp} (H)
AEコンクリート	55	0	7	87.9	21.7	4.39	63.1	28.9	
		A- 5.6	7	70.3	28.4	4.27	63.7	30.1	
		11.3	7	68.6	34.3	3.93	33.7	10.1	
		22.6	7	64.6	58.6	3.75	32.3	20.4	
		0	2	76.1	17.9	4.28	—	—	
		A- 16.8	2	53.7	42.3	3.87	—	—	
		0	28	91.8	35.3	4.39	—	—	
		A- 16.8	28	66.9	69.0	4.36	—	—	
		膨- 0	7	96.7	48.2	3.84	101.2	14.5	
		膨A- 5.6	7	81.0	64.8	3.47	44.1	16.2	
AE減水コンクリート	55	0	7	73.6	23.5	—	93.4	30.0	
		B- 3.75	7	52.3	25.4	—	40.4	14.6	
		7.5	7	45.0	25.6	—	52.8	19.8	
		11.25	7	33.8	26.4	—	33.4	12.5	
		A- 12	7	44.8	21.7	—	37.1	9.1	
		膨- 0	7	46.2	11.5	—	59.8	9.3	
	70	A- 12	7	21.6	10.7	—	46.6	4.6	
		B- 7.5	7	32.6	21.6	—	46.6	8.5	

3. 結果及び考察

乾燥収縮及びクリープ試験の結果を表-2に整理した。同表にはRass式により評価された終局値 ϵ_{sh0} , ϵ_{c00} , $\epsilon_{sh0}/2$ 及び $\epsilon_{c00}/2$ に達する時間 N_b , N_c が示されているが全般に乾燥収縮ばかりでなくクリープにも低減剤添加の影響が認められる。乾燥収縮は中高湿度領域では毛細管張力説により説明されるといわれる。乾燥の平衡時における揮発性残留水の容積比 w_b とし、毛細管張力を ΔP とすると、内部応力 G_b は、

$$G_b = \Delta P \cdot w_b \quad (1), \quad \Delta P = -\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) \cdot \gamma \quad (2)$$

上式で r_1 , r_2 は毛細管両端の水面の主曲率半径, γ は液の表面張力である。富田らの測定では低減剤添加によりモルタルの75～7500Å全細孔量は変化していないことが示されており、佐藤らはセメントペーストでの測定から

液の表面張力の低下を考慮したケルビン半径と揮発性水分 w_v の関係から、細孔径分布には添加の影響は少ないと考えることを基に、毛細管張力による内部応力 σ_c が表面張力 σ_s に比例し、その結果 σ_c の低下割合だけ乾燥収縮は低下すると述べている。本実験のコンクリート供試体では佐藤⁵のセメントペーストでの結果と逆に、重量変化率は低減剤添加により最大0.5%程減少しており、また図-1にみられるように添加量の増加にみあう収縮低減(10¹⁰kg/m³添加当り20~30%減)と、使用量に応じた表面張力減少割合とは必ずしも一致する傾向にないことから、コンクリートでは毛細管張力説で必ずしも十分説明できない面が存在するようである。力学的性質、特に強度は低減剤A添加で減少、Bで増加傾向にあり、このことは水相および細孔径分布にも変化をきたしている可能性がある。図-1の収縮 ϵ_{sh} と重量変化率 W/C の関係から、第1直線部(Hobbsのいう毛管期に対応)および第2直線部(拡散期)の勾配、すなわち重量変化率の増加に伴う収縮増加割合が低減剤添加により減少し、この2つの異なる段階の遷移時の重量変化率も多少減少する傾向にあることが示されている。勾配の減少は乾燥により発揮される毛細管張力が小さくなることを間接的に表わっている。以上から低減剤による収縮低減機構についてはマクロ的には毛細管張力の低下で説明ができそうであるが、さらに詳細な検討を要する。クリープは収縮と同様低減剤添加に伴ない減少する。クリープ係数は図-4のように水セメント比

40~70%で2~4程度であるが、低減剤添加では1~2程度と減少している。クリープの進行は図-5に示されているが、遅れ弾性変形とフロ-成分は低減剤添加により変化する様相にある。図-6は除荷後20日における遅れ弾性変形が低減剤の増加とともに減少(除荷後直ちに起る弾性変形の40%~12%程度)することを示している。図-7には乾燥下のクリープから水中クリープを引いた乾燥クリープが低減剤添加により極端に減ることが示されている。このことは乾燥クリープが主に乾燥により発揮される毛細管張力によるクリープ変形によって生じられると考えると他説と比べて旨く説明されるように思われる。

最後に研究に御手伝いを頂いた本年4年式井、高橋の両君に謝意を表します。

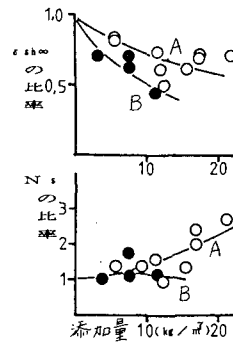


図-1 Ross式定数(乾燥収縮)と低減剤量の関係

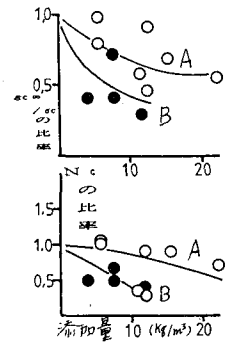


図-2 Ross式定数(クリープ)と低減剤量の関係

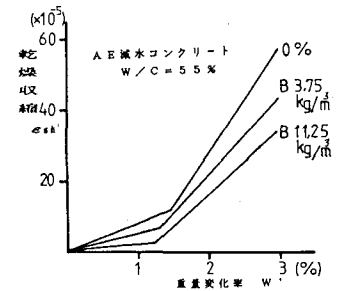


図-3 乾燥収縮と重量変化率の関係

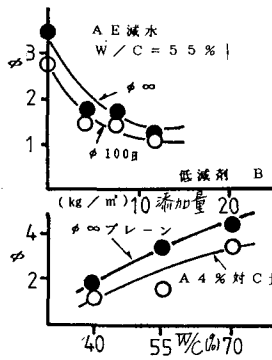


図-4 クリープ係数の変化傾向

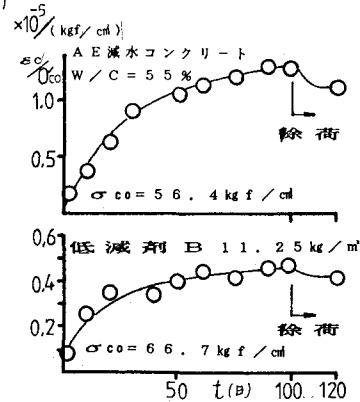


図-5 単位クリープと時間の関係

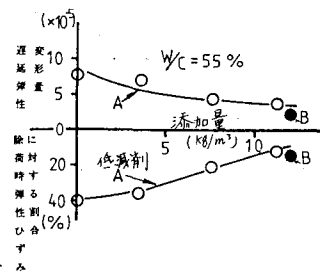


図-6 遅れ弾性変形量と低減剤量の関係

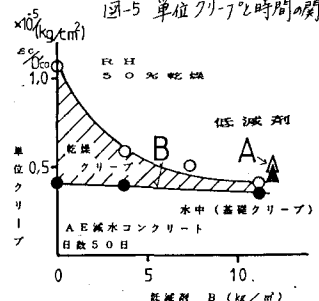


図-7 乾燥クリープと添加量の関係