

和歌山工業高等専門学校 正会員 中 本 純 次
同 上 同 上 戸 川 一 夫

1. まえがき： 本研究は石灰系の膨張材を用いた膨張コンクリートの膨張、収縮ならびにクリープ特性をペーストの内部組成と関連づけて考察しようとするものである。

2. 実験概要： セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂、粗骨材は硬質砂岩碎石を使用した。膨張材は石灰系のエクスパン（小野田セメントKK製）を用い、単位膨張材量を55 kg/m^3 とした。コンクリートの配合および供試体の形状寸法の概略をそれぞれ表-1および図-1に示す。軸方向拘束は $\phi 13\text{mm}$ のPC鋼棒で行ない、三軸拘束密封供試体については $\phi 6\text{mm}$ のステンレススチール円筒を用いている。コンクリートの打設は一軸拘束供試体についてはプラスチック型枠（内径10cm）を用いて横打ちし、三軸拘束供試体については縦打ちとし、打設後拘束板を上置してナットで締めつけた。供試体の長さ変化はコンタクトゲージにより測定した。クリープ試験は材令4日で開始し、単位クリープひずみは20、40および80 kg/cm^2 の3段階の載荷応力をかける供試体を用意して各段階の変形量を求めて、応力-変形量関係の勾配から求めた。コンクリートの圧縮強度用供試体は各々のク

表-1. コンクリートの配合

C+E (kg/m ³)	W (kg/m ³)	W/C+E (%)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)
400	180	45	738	1002

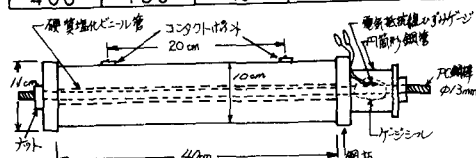


図-1 供試体形状

表-2 強度等試験結果

コンクリート種類	拘束条件	クリープ試験前の含水率 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)	E ₀ (kg/cm ²)	4日までの変形量 (mm)
A	エクスパンコンクリート 一軸	気中	305	3.81×10^5	220×10^{-6}
B	エクスパンコンクリート 一軸	水中	324	4.67×10^5	520×10^{-6}
C	エクスパンコンクリート 三軸密封	密封	324	4.67×10^5	190×10^{-6}
D	普通コンクリート 一軸	気中	287	3.89×10^5	—
E	普通コンクリート 一軸	水中	350	4.54×10^5	—

3. 実験結果の考察： 1) 強度特性 クリープ載荷材令における各供試体の圧縮強度、弾性係数および載荷時までの膨張量を表-2に示す。圧縮強度および弾性係数について膨張コンクリートおよび普通コンクリートともに同一養生条件では大して差は見られないが、養生方法について比較

すると水中養生したものは気中養生したものより圧縮強度、弾性係数ともに大きな値を示している。

2). 膨張特性 水中養生を行なった一軸拘束膨張コンクリートの膨張ひずみについて、材令4日で 520×10^{-6} 生じており18.9 kg/cm^2 程度のケミカルプレストレスがえられている。また三軸拘束密封コンクリートについて16.3 kg/cm^2 （膨張ひずみ 190×10^{-6} ）のケミカルプレストレスがえられている。空隙量測定結果から、一軸拘束コンクリートについて同一養生条件の場合全空隙量は膨張コンクリートのほうが普通コンクリートよりも材令をこわす多い。大きな径の空隙（ここでは300Å以上）は膨張コンクリートのほうが多く、細かい空隙（300Å以下）については普通コンクリートのほうが多いことがわめられた。膨張コンクリートは膨張すると300Å以上の粗い空隙が

表-3 ペーストのX線回折、示差熱分析、空隙量測定結果

供試体種類	材令(日)	X線回折 (nm)		IP-シグナル	細 孔 量 (vol. %)			
		シリカ	Ca(OH) ₂	強度 (%)	66~118Å	166~200Å	300Å以上	total
A	14	10	170	5.8	3.5	8.1	42.4	50.5
	142	0	178	3.8	0	0.5	41.5	42.0
B	14	27	165	5.8	4.3	9.9	52.2	62.1
	142	0	175	3.7	1.6	5.1	28.0	33.1
C	14	15	170	6.0	3.6	8.3	40.0	48.3
	142	0	176	3.7	4.9	9.5	26.0	35.5
D	14	0	175	0	4.2	9.6	37.0	46.6
	142	0	182	0	0	4.2	15.7	19.9
E	14	0	165	0	5.1	15.5	22.5	38.0
	142	0	180	0	3.0	10.6	9.0	19.6

いて同一養生条件の場合全空隙量は膨張コンクリートのほうが普通コンクリートよりも材令をこわす多い。大きな径の空隙（ここでは300Å以上）は膨張コンクリートのほうが多く、細かい空隙（300Å以下）については普通コンクリートのほうが多いことがわめられた。膨張コンクリートは膨張すると300Å以上の粗い空隙が

くなることが特徴である。3). クリープ特性 供試体中に埋め込んだ同配合ペーストのX線回折、エトリンガイトの示差熱重量分析および空隙量測定結果を表-3に、材令14日で載荷した各種気中クリープ供試体の載荷後材令96日時点でのクリープ試験結果を図-2、図-3および図-4に示す。一軸拘束供試体について同一養生条件の場合、単位クリープひずみは普通コンクリートに比して膨張コンクリートのほうが大きく、クリープ試験前に水中養生したものと気中養生したものとを比較すると膨張、普通コンクリートともに気中養生したもののほうが単位クリープひずみは大きな値を示している。膨張コンクリートの単位クリープひずみが普通コンクリートのそれよりも大きい理由として図-5に示しているように、膨張コンクリートのクリープ載荷以後の単位応力あたりの重量減少割合が膨張コンクリートのほうが普通コンクリートより大きく、したがって膨張コンクリートは普通コンクリートより加圧乾燥条件下において脱水しやすく、すなわちシーベージ効果が大いと考えられる。これは表-2に見られるようにX線回折により検出される結晶エトリンガイトは圧力下あるいは乾燥条件下で容易に非結晶化すること、さらに示差熱分析により検出されるエトリンガイトも材令14日において残存するがかなり減少することに起因していると考えられる。三軸密封コンクリートについて、単位クリープひずみは小さく一軸拘束コンクリートの50%程度である。図-4は載荷応力が40MPaの場合の実効クリープひずみを示している。膨張コンクリートの実効クリープひずみは養生条件が同じ供試体については普通コンクリートよりも大きい場合があることがわかった。潜在変形量は膨張コンクリートのほうがかなり小さく、普通コンクリートの50~70%程度である。普通コンクリートと比べて膨張コンクリートの実効クリープが小さいのは潜在変形量が小さいためである。膨張コンクリートの潜在変形量(収縮)が普通コンクリートのそれと比べて小さくなることは次のように説明できよう。すなわち、同一養生条件の膨張コンクリートと普通コンクリートについて、クリープ試験開始後の載荷応力一重量減少割合から求めた0応力状態での推定重量減少量は膨張コンクリートのほうが普通コンクリートより5~10%ほど小さく、また細かい空隙から水分が蒸散すると収縮力はより大きくなると考えられるが、膨張コンクリートの空隙は普通コンクリートより粗いものが多いため膨張コンクリートの収縮力はより小さくなり、潜在変形量が小さくなると考えられる。なお、三軸拘束密封供試体について図-5で40MPa程度の潜在変形量が示されているが、これはスチール円筒と拘束板とのすきまから水分がわずかに蒸散したためと考えられる。

4. まとめ: 本実験結果から次のことがいえる。1). 膨張コンクリートの単位クリープひずみは普通コンクリートのそれに比べて大きい。これは圧力乾燥下において膨張コンクリートのシーベージが大いためであると考えられる。2). 膨張コンクリートは普通コンクリートに比べて潜在変形量が小さい。これは膨張コンクリートは普通コンクリートより重量減少量が少なく、さらに空隙が粗いために膨張コンクリートは普通コンクリートより収縮が小さくなるためと考えられる。

図-2 単位クリープひずみ

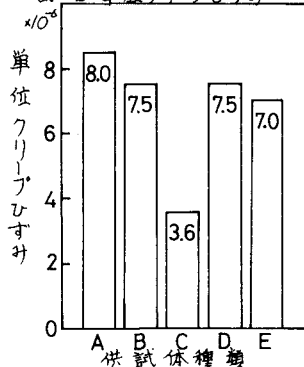


図-3 実効クリープひずみおよび潜在変形量

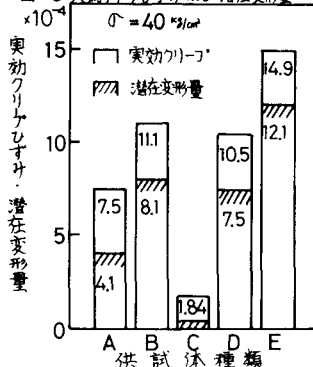


図-4 クリープ係数

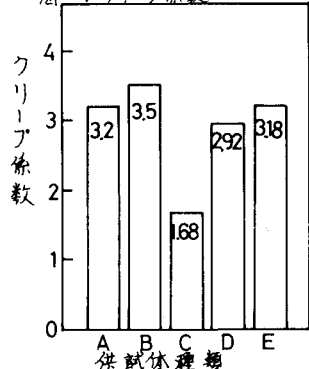


図-5 クリープ試験中の供試体重量減少量(材令12日)

