

[2] 膨張コンクリートの強度および膨張性状に及ぼす養生温度の影響

正会員 辻 幸 和 (群馬大学工学部)

正会員 横 田 紀 男 (住友セメント株式会社)

正会員 ○鈴木 康 範 (住友セメント株式会社)

森 本 宏 (東京理科大学)

1. はじめに

膨張コンクリートの膨張性状に及ぼす養生温度の影響に関しては既に多くの報告がなされているが¹⁾、養生中に温度を変化させた場合の影響については比較的少ない。また、強度特性に及ぼす養生温度の影響に関してもほとんど公表されていない。特に、膨張性状との関連について検討されたものは皆無といえる。

本研究は、マスコンクリート、暑中コンクリートあるいは寒中コンクリートに膨張コンクリートを適用した場合の基礎資料を得るために、膨張材の種類および単位膨張材量を変化させた膨張コンクリートの一軸拘束膨張率と圧縮強度に及ぼす養生温度の影響を、温度変化させた場合も含めて実験的に検討したものである。

2. 実験の概要

実験は表1に示すように3シリーズに分けて行った。シリーズ1は、打込み温度および養生温度をそれぞれ一定に保ったものである。シリーズ2は、打込み温度を5℃とし、材令1日以降の養生温度を5℃、20℃および35℃に保った場合の、シリーズ3は、打込み温度を35℃とし、材令1日以降の養生温度を5℃、20℃および35℃に保った場合の、それぞれの圧縮強度および膨張率に及ぼす影響を求めたものである。なお、圧縮強度には、比較のため膨張材を用いない普通コンクリート供試体も作製した。

膨張材は、市販のエトリンナイト系の膨張材Aと石灰系の膨張材Bを用いた。セメントは、住友セメント(株)製の普通ポルトランドセメントを用いた。それぞれの化学成分を表2に示す。骨材は、細骨材、粗骨材とも鬼怒川産の良質な川砂、川砂利で、比重は両者とも2.60、粗粒率はそれぞれ2.67および6.85(最大寸法25mm)、吸水率はそれぞれ2.06%および1.98%であった。

コンクリートの配合は、単位水量 160 kg/m^3 、単位結合材量を 320 kg/m^3 、水結合材比を50%と一定にし、単位膨張材量Eを30、40および 50 kg/m^3 の3種類に変化させた。AE剤は市販のVinsolを用いた。なお、スランプの目標値は、打込み温度20℃において

表 1 実験の概要

シリーズ	膨 張 材	単位膨張材量 (kg/m^3)	打 込 み 温度(℃)	養生温度 (℃)
1	A	0	5	5
		30	20	20
	B	40	35	35
		50		
2	A	0	5	5
		30		20
	B	40		35
		50		
3	A	0	35	5
		30		20
	B	40		35
		50		

表 2 膨張材およびセメントの化学成分・比重・比表面積

種 別	比 重	比表面積 (cm^2/g)	化 学 成 分 (%)							
			ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	合 計
膨 張 材 A	3.00	2500	0.8	4.0	10.0	1.0	51.2	0.6	31.9	99.5
膨 張 材 B	3.11	4120	0.6	3.9	1.8	2.4	63.6	1.6	25.6	99.5
普通ポルトランドセメント	3.16	3270	0.5	22.0	5.7	3.0	64.4	1.4	2.0	99.1

8 ± 2 cm とした。

膨張率の測定には、JIS A 6202 の A 法に準じた一軸拘束器具を用いた。基長は打込みに先立って行い、測定は、恒温恒湿室（室温が所定の温度 ± 2℃、湿度 80% 以上）内にそれぞれ設置したダイヤルゲージを用いて行った。なお、圧縮試験には $\phi 10 \times 20$ cm のシリンダーを用いた。

所定の打込み温度が得られるように、各材料を打込みの 2 日前に恒温恒湿室内に運び入れた後、コンクリートの打込みを行った。打込み温度と養生温度が同一の場合には、一軸拘束供試体は材令 1 日以降、また圧縮強度供試体は材令 1 日でキャッピングを行った後、材令 2 日以降水中養生を行った。打込み温度と養生温度が異なる場合には、両供試体とも材令 1 日で各養生温度の恒温恒湿室内に運び入れ、一軸拘束供試体は脱型後直ちに、また圧縮強度供試体はキャッピングを行った後、材令 2 日以降水中養生を行った。

3. 膨張性状

打込み温度およびその後の養生温度を 5℃、20℃および 35℃ に保った場合の膨張率と材令との関係を示した一例が図 1 である。この図から、養生温度が高くなると膨張の速度は大となり、膨張の終了も早くなることが認められた。膨張率に及ぼす養生温度の影響は単位膨張材量によっても異なる。図 2 は膨張材 A を用いた場合を示したもので、収縮補償を主目的として用いる程度の単位膨張材量 30 kg/m^3 の場合には、養生温度の影響は小さく、特に 5℃ でも膨張率の増加がなくなった材令 28 日の膨張率はその影響をほとんど受けない。しかしながら、単位膨張材量が多くなるに従って、養生温度の影響は著しくなっている。そして、材令 28 日における膨張

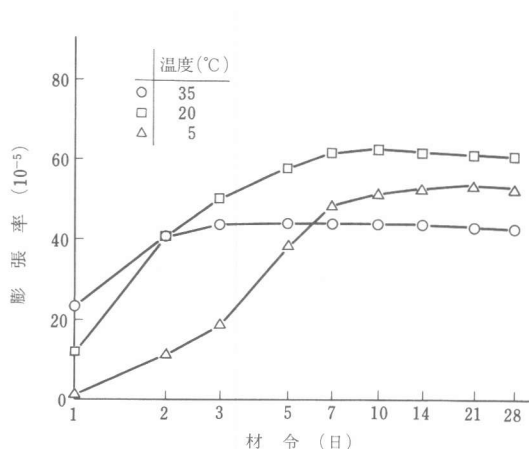


図 1 打込み時からの養生温度が膨張率と材令の関係に及ぼす影響（膨張材 B, $E = 50 \text{ kg/m}^3$ ）

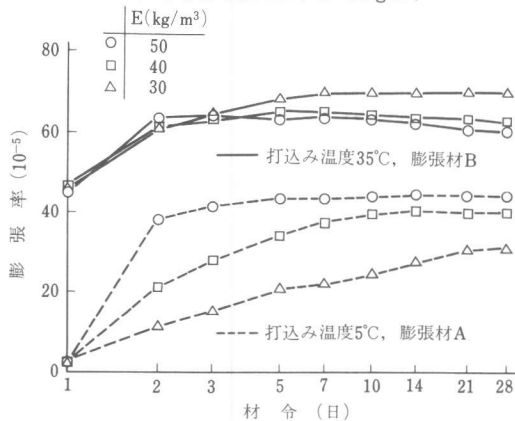


図 3 材令 1 日以降の養生温度が膨張率と材令の関係に及ぼす影響

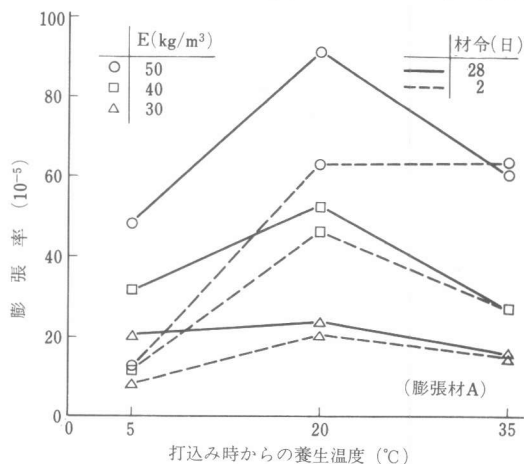


図 2 打込み時からの養生温度が膨張率に及ぼす影響

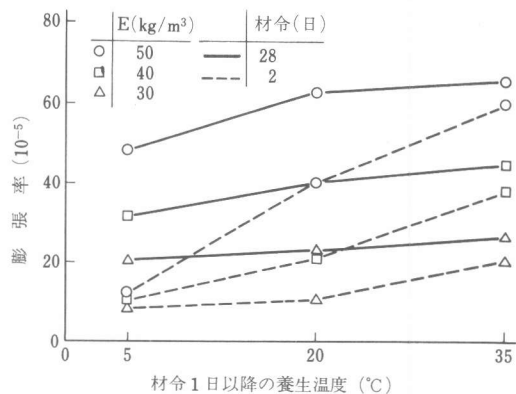


図 4 材令 1 日以降の養生温度が膨張率に及ぼす影響（材令 1 日までの温度 5℃、膨張材 A）

率は、一般に20℃の時に最大となった。この傾向は膨張材Bを用いた場合も同様であるが、養生温度の影響の程度は膨張材Aに比べて小さくなった。

材令1日までの養生温度を5℃と35℃に保ち、それ以降の養生温度をそれぞれ5℃、20℃および35℃に変化させた場合の膨張率と材令の関係を示した例が図3である。材令1日までの養生温度が5℃の場合には、温度が変化した直後から膨張速度が急変し、高温になるほど膨張速度が大となり、膨張の終了も早まる傾向が認められる。しかも、材令1日以降の養生温度が高くなるほど各材令における膨張率は大きくなる。この傾向は単位膨張材量が多くなるに従って顕著であり、特に材令初期において著しい(図4参照)。それに反して、材令1日までの温度が35℃の場合には、それ以降の養生温度の影響は比較的小さいが、一般に養生温度が高くなるほど、材令が経過した時の膨張率は小さくなる。そして、この場合の影響は、膨張材の使用量が変化しても小さい(図5参照)。以上のように、材令1日までの養生温度がその後の膨張率に及ぼす影響が大きく、養生温度によっては相反する結果となる。

4. 強度特性

打込み時からの養生温度を5℃と35℃それぞれ一定にして、水中養生を行ったコンクリートの圧縮強度と材令との関係の一例を図6に示す。単位膨張材量が多くなると、膨張作用による強度低下が生ずるが、この強度低下は材令の経過とともに回復する。回復の程度は単位膨張材量によっても異なるが、養生温度の影響が大きいことがこの図より明らかである。例えば、養生温度が5℃の場合には、材令7日の強度低下はやや大きいものの、材令の経過に伴う強度増進は普通コンクリートとほぼ同等以上であって、特に、単位膨張材量を50kg/m³用い

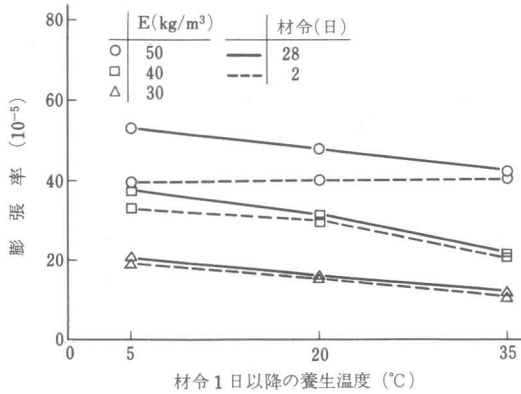


図5 材令1日以降の養生温度が膨張率に及ぼす影響(材令1日までの温度35℃, 膨張材B)

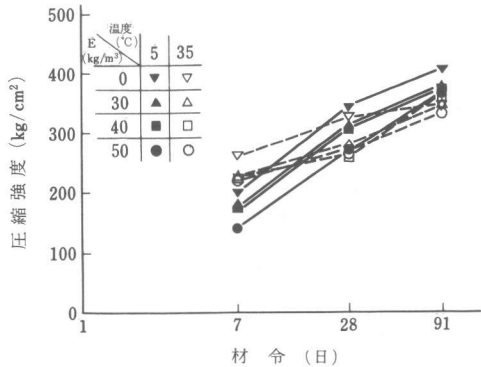


図6 打込み時からの養生温度が圧縮強度と材令の関係に及ぼす影響(膨張材A)

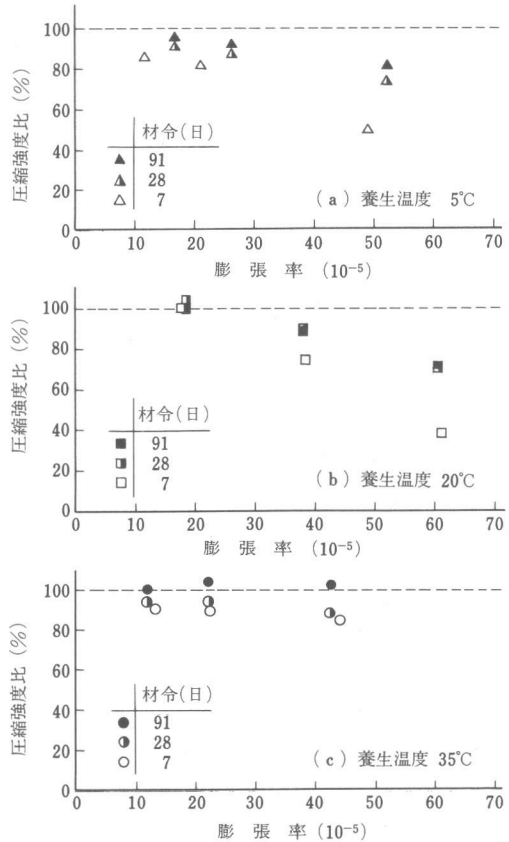


図7 打込み時からの養生温度が膨張率と強度比との関係に及ぼす影響

た膨張コンクリートでは、材令28日以降の強度増進が大きい。また、養生温度が35℃の場合には、材令28日から91日にかけての強度増進は、普通コンクリートに比べて大きく、単位膨張材量を50 kg/m³用いた膨張コンクリートでも、材令91日では普通コンクリートと同等の強度を示している。

膨張コンクリートでは膨張率の増加とともに一般に強度低下が生ずる。この関係を示したのが図7である。この図は、縦軸に普通コンクリートとの圧縮強度の比率を、また横軸には一軸拘束膨張率をとっている。同じ膨張率でも強度低下の割合は養生温度が高い方が小さいことが認められる。例えば、材令28日における一軸拘束膨張率が 4.0×10^{-5} 膨張したコンクリートでも、養生温度が5℃の場合には約60%、20℃の場合には約70%に対して、養生温度が35℃の場合には約90%となっている。また、膨張作用による強度低下は材令の経過とともに軽減されることは各養生温度において認められる。例えば、図6でも示したように、養生温度35℃において一軸拘束膨張率で 4.5×10^{-5} の膨張を生じた膨張コンクリートの圧縮強度は材令91日で普通コンクリートと等しい値を示している。

図8は、材令1日までの養生温度が膨張率と強度比の関係に及ぼす影響を示した例である。多少のバラツキはみられるが、材令1日以降の養生温度が5℃および35℃の場合とも、同一の膨張率に対する強度比は、材令1日までの養生温度が5℃に比べて35℃の方が大きな値を示し、膨張作用による強度低下が軽減されている。

5. あとがき

膨張コンクリートの一軸拘束膨張率および圧縮強度に及ぼす養生温度の影響について、膨張材の種類および単位膨張材量を要因として取り上げて実験を行った結果から、本実験の範囲では次のことがいえる。

- (1) 打込み時からの養生温度が膨張率に及ぼす影響は、単位膨張材量が多い場合に顕著となるが、その程度は膨張材の種類によって若干異なる。本実験では、養生温度が20℃の場合に最も大きな膨張率が得られた。
- (2) 材令1日において、養生温度を5℃から上昇させると、材令1日以降の養生温度が高くなる程、各材令における膨張率は大きくなる。それに反して、養生温度を35℃から降下させると、材令1日以降の養生温度が低くなるほど、材令が経過した時の膨張率は大きくなる。すなわち、材令1日までの養生温度によっては、その後の膨張率に及ぼす影響は相反する結果となる。
- (3) 膨張コンクリートの材令の経過に伴う強度増進は、膨張材の種類や単位膨張材量により異なるが、養生温度の及ぼす影響も大きい。それは一般に普通コンクリートと同等あるいはそれ以上となる。
- (4) 膨張コンクリートは膨張率の増加とともに一般に強度低下が生ずるが、この強度低下は材令の経過とともに、養生温度が高いほど軽減される。

参考文献

- 1) 例えば、中原・万木・中矢：膨張性混和材のマッシュなコンクリート構造物への利用に関する基礎研究，土木学会第28回年次学術講演会講演概要集第5部，1973年
- 土岐・岡田・相沢・塚山・中野・養：膨張材を混入したマスコンクリートの初期材令における膨張ひずみに関する実験，セメント技術年報，1976年
- 岡村・古沢・辻：膨張コンクリートの膨張性状に及ぼす温度の影響，第1回コンクリート工学年次講演会講演論文集，1979年

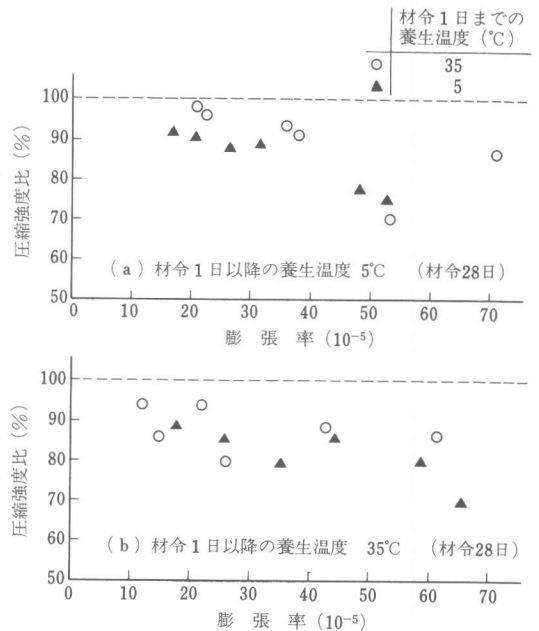


図8 材令1日までの養生温度が膨張率と強度比との関係に及ぼす影響