

V-4

温度によるコンクリートの強度の変化に関する実験

九州大学 正員 石川 達夫
福岡大学 森岡 隆則
“ “ 井上 恵弘

1. まえがき

コンクリートが硬化した後にコンクリートに熱が加わった場合、そのコンクリートの力学的性質がどのように変化するかということについては、セメント、骨材などの種類、量の違いによって変わるため一概に言えないであろうが少数の資料しか今のところ無いようである。コンクリートがコークス炉などの基礎工事に用いられる場合、そのコンクリートが受ける温度は数百度になると考えられるし、また厳寒期における戸外のコンクリートの受ける温度は零下十数度にもなると思われる。

本実験は、或期間標準養生したコンクリートがその後高温または低温に曝されたときコンクリートの力学的性質がどのように変化するかということを実験した環境試験であり、コンクリートとしては普通コンクリート、人工軽量骨材コンクリートおよびアルミナセメントコンクリートの3種類を使用した。

2. 使用材料

セメント：普通ポルトランドセメント 比重 3.16； アルミナセメント 比重 3.02。

細骨材：山砂、川砂混合 比重 2.47，吸水量 1.40，粗粒率 2.06。

粗骨材：碎石(角閃岩) 比重 2.94，吸水量 0.97； 人工軽量骨材(膨脹頁岩) 比重 1.41，吸水量 6.55。最大粒径はいずれも 20mm である。

3. 実験方法

この実験に用いたコンクリートの示方配合を表-1に示す。配合Ⅰ、Ⅱのセメントは普通ポルトランドセメント、配合Ⅲはアルミナセメントを用い配合Ⅰ、Ⅱ、Ⅲは共通して細骨材は山砂、川砂混合、粗骨材は配合Ⅰ、Ⅲに碎石、配合Ⅱに人工軽量骨材を用いた。

これらの配合で打ちこんだ $10 \times 20 \text{ cm}$ のコンクリート供試体を7日間および28日間 19°C の水中に浸けて標準養生をし、その後そのまま引き続き標準養生を続行するもの、 200°C の電気炉に入れるもの、-5℃の冷蔵庫に入れるものの3つの環境条件下にコンクリート供試体を置いた。

配合	粗骨材の最大寸法 (mm)	スラングの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					備考
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	
Ⅰ	20	21±1	3±1	45	40	180	400	714	1,129	ボクリス No.5 標準量	普通ポルトランドセメント使用
Ⅱ	20	21±1	3±1	40	40	160	400	703	743	〃	人工軽量骨材使用
Ⅲ	20	21±1	1±1	70	40	182	260	677	1,217	〃	アルミナセメント使用

表-1 使用したコンクリートの示方配合

4. 実験結果

コンクリート供試体 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ は電気炉または冷蔵庫より取り出して、1, 2 時間放置して試験をした。一部の供試体については、圧縮試験前ハウルトランスコープを用いて超音波の伝播速度より動弾性係数の測定を行ない、その後 100 ton 万能試験機により圧縮破壊試験を行なう際供試体の周囲 3 等分長に 3 枚のワイヤストレインゲージを貼ってひずみ測定を行ない破壊荷重の寸長における割断係数を求めこれを静弾性係数とした。

実験結果を表-2 および図-1, 2, 3 に示す。試験値は 3 ~ 9 個の供試体の平均値である。

5. 結果考察

これらの実験結果をまず-5℃の低温度についてみてみるとコンクリートの硬化時に凍結することは有害であるが 7 日間でも標準養生した後 -5℃程度の寒気に曝し続けても 3 種類のコンクリートともあまり影響はみられないようで、アルミナセメントを用いた場合にはむしろ長期的には標準養生より強度が優る傾向がみられる。打ちこみ時の発熱をも考えるとアルミナセメントコンクリートは、寒中コンク

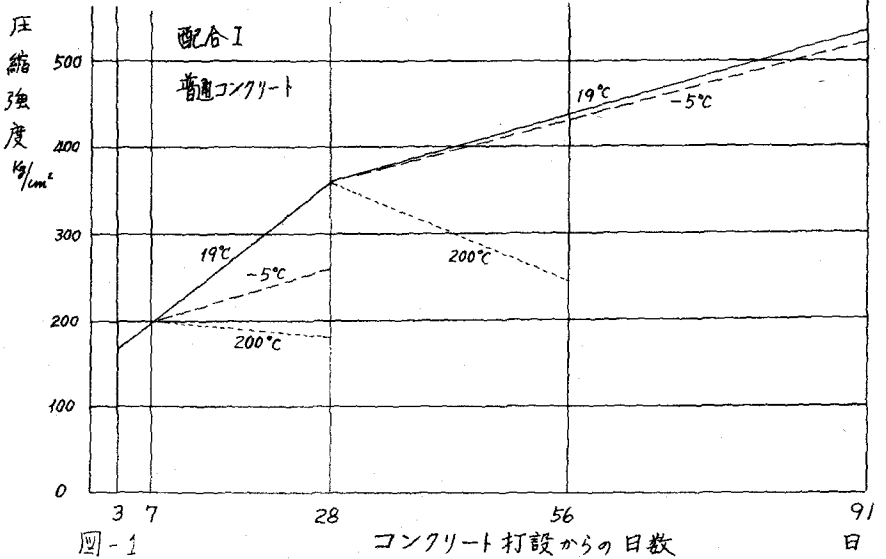
配合Ⅰ 普通 コンクリート $\phi 10 \times 20$ 供試体 平均重量 3.8 kg	コンクリート打設の日数	3 日	7 日	28 日	56 日	91 日	備 考
	圧縮強度 kg/cm^2	166	196	358	436	534	標準養生
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	3.78	4.12	
	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	3.94	5.63	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	上と同じ	249	—	28 日間標準養生後 200℃電気炉内に置く。
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	1.48	—	
配合Ⅱ 人工 軽骨材 コンクリート $\phi 10 \times 20$ 供試体 平均重量 2.7 kg	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	1.45	—	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	上と同じ	431	524	28 日間標準養生後 -5℃冷蔵庫内に置く。
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	3.23	3.28	
	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	3.37	5.47	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	184	—	—	7 日間標準養生後 200℃電気炉内に置く。
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	262	—	—	7 日間標準養生後 -5℃冷蔵庫内に置く。

配合Ⅲ アルミナセメント コンクリート $\phi 10 \times 20$ 供試体 平均重量 2.7 kg	コンクリート打設の日数	3 日	7 日	28 日	56 日	91 日	備 考
	圧縮強度 kg/cm^2	102	177	281	362	402	標準養生
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	2.30	2.37	
	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	—	2.58	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	上と同じ	61	—	28 日間標準養生後 200℃電気炉内に置く。
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	0.22	—	
配合Ⅳ アルミナセメント コンクリート $\phi 10 \times 20$ 供試体 平均重量 2.7 kg	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	—	—	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	上と同じ	332	334	28 日間標準養生後 -5℃冷蔵庫内に置く。
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	2.01	2.65	
	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	—	2.57	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	189	—	—	7 日間標準養生後 200℃電気炉内に置く。
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	233	—	—	7 日間標準養生後 -5℃冷蔵庫内に置く。

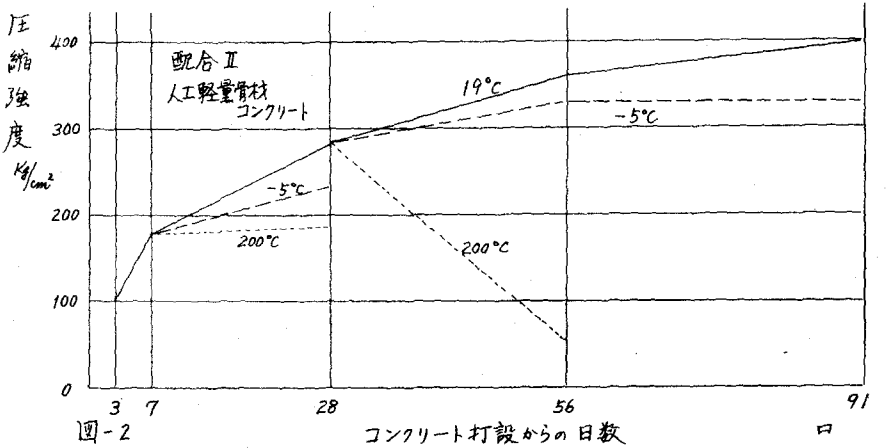
配合Ⅴ アルミナセメント コンクリート $\phi 10 \times 20$ 供試体 平均重量 3.9 kg	コンクリート打設の日数	1 日	3 日	7 日	28 日	56 日	備 考
	圧縮強度 kg/cm^2	245	292	330	377	414	標準養生
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	3.28	5.00	
	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	5.30	6.56	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	上と同じ	52	38	7 日間標準養生後 200℃電気炉内に置く。
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	0.27	—	
配合Ⅵ アルミナセメント コンクリート $\phi 10 \times 20$ 供試体 平均重量 3.9 kg	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	0.33	—	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	上と同じ	414	439	7 日間標準養生後 -5℃冷蔵庫内に置く。
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	3.57	3.52	
	動弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	5.72	6.25	
	圧縮強度 kg/cm^2	上と同じ	上と同じ	上と同じ	414	439	7 日間標準養生後 -5℃冷蔵庫内に置く。
	静弾性係数 $\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$	—	—	—	3.57	3.52	

表-2. 各配合コンクリートの実験結果

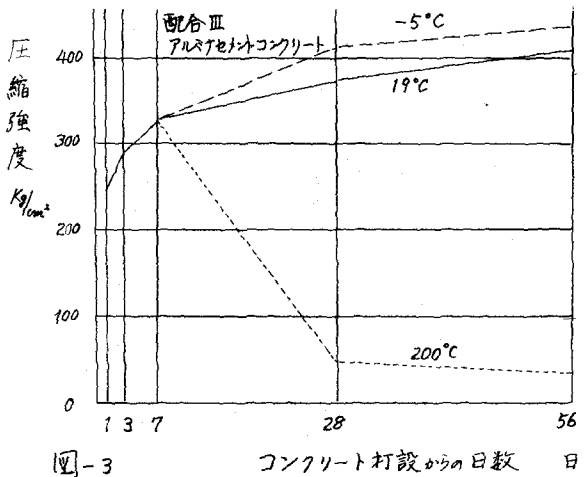
リートとしての利用が有効であろう。当然考えられることであるが標準養生期間が長い方が低温度による温度の影響は少ないようである。



次に200°Cの高温の影響についてみる。コンクリートは高温加熱によりコンクリート組織にゆがみが生じ中性化進行速度が大となる



り熱膨張に基づく熱応力によって変形、ひびわれ、はく落などが起こり強度が低下することが知られているが、初期に200°Cの高温とうけてもあまり強度低下はなく、28日後に200°Cの高温とうけた方が強度低下が大きい。現在では人工軽量骨材も構造用、断熱用などの用途別に多方面にわたって開発され、低熱導性、すぐれた耐火熱性などの熱的性質により人工軽量骨材コンクリートは耐火性のうえで普通コンクリートと



同等かそれ以上期待できる¹⁾と考えられているが、本実験に関しては僅かながら普通コンクリートより劣ることを示した。しかし本実験の条件は高温度が長時間続行したことを考えており、火災など高温度が短時間で終る場合はまた別の結果が生じるかもしれない。また一度高温度とウケて強度、弾性係数が低下したコンクリートを空中に放置すると回復するようであるが^{1), 2)}この真実に関しては実験は行っていない。アルミナセメントを用いたコンクリートは強度、弾性の低下は著しくその残存比率は普通ポルトランドセメントを使用したものの半分以下となっている。アルミナセメントコンクリートは養生温度35°C程度で水和物の結晶の転位によって強度が著しく低下することが知られているが、7日標準養生したものでも駄目と外観もひび割れ、はく落みみられた。

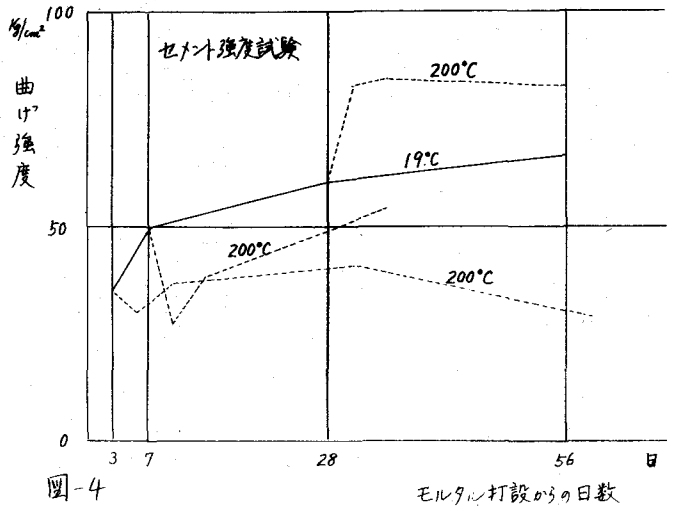


図-4

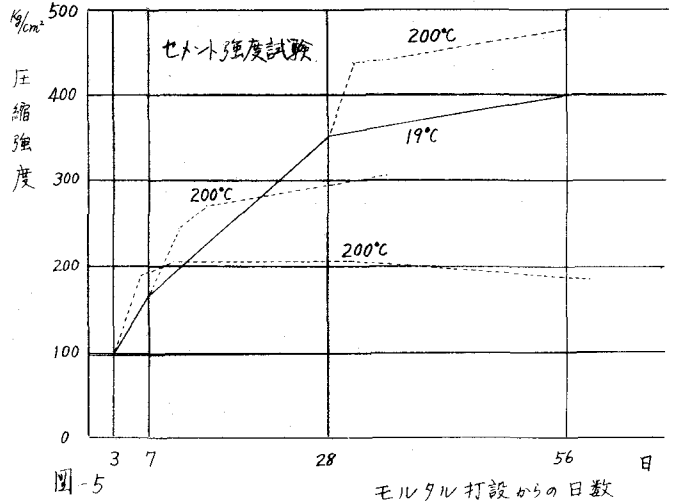


図-5

高温に対する強度低下が著しかったので、普通ポルトランドセメントの物理試験の強度試験供試体を3日、7日、28日、56日標準養生後200°C電気炉に入れ3日、7日、28日、56日経過後に強度試験を行なってみた。この結果を図-4、5に示す。初期の曲げ試験と厚みでは200°Cの温度により一時的にでも強度が増加しているようで、富配合のコンクリートが高温度に対して強いことを示唆していると考えられる。初期の曲げ試験値が小さいのは、供試体が未だ熱いうちに試験をしたためかと思われる。

6. あとがき

本実験にあたり業設備KK新谷樹男氏、三池コンクリートKK田中英樹氏、宮崎県庁高木政幸氏、港上工業KK政本義道氏の方をゆずりおしした。記にお礼申し上げます。

1) 原田 有：高温と受けたコンクリートの強度と弾性の変化，日本建築学会論文集，第47, 48, 56号

2) 木村 恵雄：加熱されたコンクリートの各種強度、弾性係数の低下および回復について，セメント技術年報，昭和35年

3) MALHOTRA, H.L.: The Effect of Temperature on the Compressive Strength of Concrete. Magazine of Concrete Research, Aug. 1956

4) 岸谷孝一：人工軽量骨材を用いたコンクリートの耐火性、耐火性。セメントコンクリート，1968. 9.