

1. - 17

かた練りコンクリートの蒸気養生に関する研究

徳島大学工学部 正会員 工博 荒木謙一

河野 清

徳島大学大学院 学生員 ○林 岑生

1. まえがき

近年、工事期間の短縮のため、土木構造物にも工場製品が用いられるようになってきたが、このような製品では早期に強度を発現し、型わくの回転を早めるため蒸気養生を行なっている。蒸気養生についての研究は多いが、スランブ1cm以下のごくかた練りや人工軽量骨材を用いたコンクリートについての資料はまだ少ない。したがって、川砂・川砂利、2種の人工軽量骨材を用いたかた練りコンクリートを振動台で締固め成形し、最高温度70℃で2時間、全養生期間は20時間の常圧蒸気養生を行ない、材令1日、7日および28日で圧縮強度と動弾性係数を測定し、標準養生と比較して蒸気養生効果を検討したものである。

表-1 骨材の物理試験結果

試験	骨材	川砂・川砂利 (N骨材)		造粒型人工軽量 (LR骨材)		非造粒型人工軽量 (LS骨材)	
		細骨材	粗骨材	細骨材	粗骨材	細骨材	粗骨材
最大寸法 (mm)		—	20	—	15	—	20
表觀比重		2.62	2.62	1.92	1.37	1.90	1.24
単位容重 (kg)		1680	1660	1179	873	1013	718
吸水量 (%)		1.01	1.13	4.30	2.02	18.70	9.63
含水量 (%)		0.26	—	—	—	—	—
空隙率 (%)		35.9	36.6	35.9	34.9	36.7	36.5
粗率 (mm)		2.72	6.71	2.65	6.44	2.86	6.59

2. 使用材料とコンクリートの配合

(1) セメント：普通ポルトランドセメント（比重 3.15，28日モルタル強度 40.6 kg/cm^2 ）を用いた。

(2) 骨材：普通骨材（N骨材と記す）として吉野川産の川砂と川砂利を用い、人工軽量骨材と

して造粒型および非造粒型の膨張骨粒（それぞれ LR 骨材，LS 骨材と記す）を使用した。本実験に使用した骨材の物理試験結果を表-1に示す。

(3) 混和剤：A E 剤としてジメチルシリコンを使用した。

(4) コンクリートの配合：一般の振動締固め製品および PC 製品を対象とし、単位セメント量を 330 kg 及び 430 kg とし、目標スランブを 1 cm および 6 cm とし、かた練りコンクリートを使用した。

また、軽量コンクリートでは材料の分離を防ぎ、耐久性をよすために A・E コンクリートとするのがよいとされているので、目標空隙量を 5% とした A E コンクリートの配合も加えた。

本実験に用いた川砂・川砂利および軽量コンクリートの配合を表-2に示す。

表-2 コンクリートの配合

骨材の種類 配合の種類	川砂・川砂利 (N)						造粒型人工軽量骨材 (LR)						非造粒型人工軽量骨材 (LS)					
	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	LR-1	LR-2	LR-3	LR-4	LR-5	LR-6	LS-1	LS-2	LS-3	LS-4	LS-5	LS-6
スランブ (cm)	0.5	6.9	0.6	7.8	1.1	6.2	0.6	5.2	0.6	5.6	1.7	5.0	1.8	7.3	1.5	6.2	1.3	5.9
空隙量 (%)	—	—	—	—	4.7	5.4	—	—	—	4.3	4.4	—	—	—	—	—	5.8	5.4
単位セメント量 (kg)	330	330	430	430	330	330	330	430	430	330	330	330	330	430	430	330	330	330
単位水量 (kg)	148	162	147	158	132	140	155	170	155	168	141	151	145	156	142	153	129	135
水セメント比 (%)	45	49	34	37	40	42	47	52	36	39	43	46	44	47	33	36	39	41
細骨材率 (%)	46	42	41	37	43	39	48	44	43	39	45	41	48	44	43	39	45	41
細骨材量 (kg)	878	784	741	578	804	220	655	588	561	499	599	538	657	593	564	504	604	545
粗骨材量 (kg)	1030	1062	1077	1132	1064	1107	505	533	520	557	522	553	464	492	489	515	481	513

3. 供試体の作成

練りまぜには容量 50 l の強制練りミキサーを使用した。ミキサーから排出したコンクリートを $\phi 10 \times 20$ cm の鉄製円柱型わくに 1 層ずつめたのち、一度に 6 個の型わくを振動台に取付け、振動締固めを行なった。振動締固め条件は、振動数 4000 v.p.m. ，全振幅 1.0 mm で振動時間はそれぞれ 20 秒とした。

締固め後、表面に浮き出た粗骨材は押え込むようにして表面をならした。

4. 蒸気養生条件

蒸気養生条件は、1日1サクルの型わくの回転を考慮し、前養生期間：20℃で3時間、温度上昇期間：20℃/hrの上昇速度で25時間、最高温度期間：70℃で2時間、徐冷期間：3～5℃/hrの冷却速度で125時間、全養生期間：20時間とし、後養生は水中養生とした。なお、蒸気養生中は室温、水温の測定のほか、一部の供試体について供試体中心部の温度測定も行なった。

5. 動弾性係数と圧縮強度の試験

所定材令に達した供試体は、まず、ヤング率測定器を用いて一次共振周波数を測定し、この値と供試体重量より動弾性係数を算出し、その後圧縮試験を行なった。試験材令は蒸気養生コンクリートが1日、7日および28日、標準養生コンクリートは7日および28日とし、供試体数は各13本とした。

5. 試験結果とその考察

1) 養生室および供試体の温度

蒸気養生中の室温、水温および供試体中心部の温度履歴の一例を図-1に示す。この図にみられるように、温度上昇中は、供試体中心部の温度は室温より遅れる。最高温度に近づくとその温度差は小さくなり、等温養生期間の初期に室温にあいつく。これからのち供試体中心部の温度が高くなり、徐冷に移るとこの差は大きくなるが、蒸気養生終了時には差がなくなった。本実験では、脱型時に供試体側面を観察したがひびわれ発生は認められなかった。

2) コンクリートの圧縮強度について

蒸気養生および標準養生を行なった各種コンクリートの圧縮強度試験結果を図-2に示す。

図-1 蒸気養生室と供試体の温度測定結果の一例

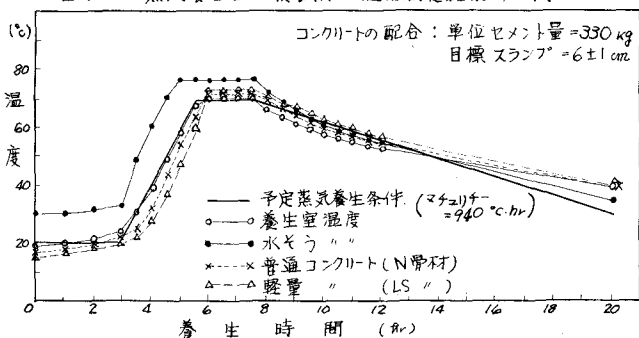
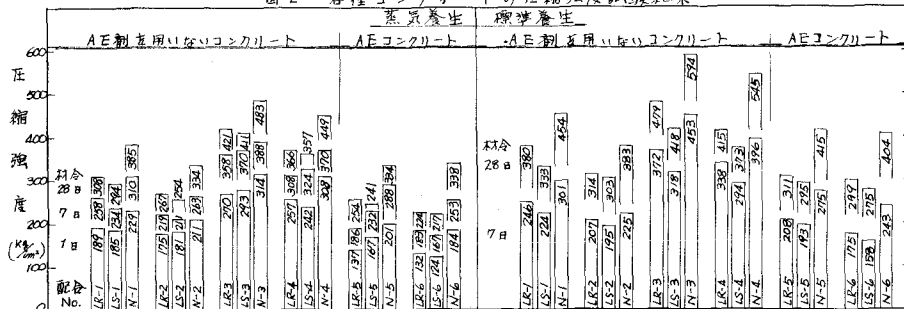


図-2 各種コンクリートの圧縮強度試験結果



(i) 蒸気養生コンクリートの強度発現

蒸気養生は早期に強度を発現するのにきわめて効果的である。本実験で得られた蒸気養生による強度発現を標準養生と比較するため、各種コンクリートについて、標準養生28日強度に対する各材令の蒸気養生の強度比すなわち相対強度で表わすと図-3のようになる。この図にみられるように、帯材、セメント量、コンクリート、AE剤の有無などにより相対強度はかなり異なるが、材令1日では

44~70%, 材令28日では75~98%であった。

(ii) 骨材の影響：図-2,3にみられるように、単位セメント量330 kgの配合では、N骨材コンクリートの場合、1日で圧縮強度211と229 kg/cm^2 (相対強度50と55%)、LR骨材コンクリートで175と189 kg/cm^2 (50と55%)、LS骨材コンクリートで181と185 kg/cm^2 (55と60%)であった。LS骨材の相対強度がやや大きいのは熱保持の効果が大きいためと思われる。

材令28日において富配合のLS骨材コンクリートの相対強度がより大きいのは、標準養生したコンクリートの長期強度が伸びたやむためと思われる。

(iii) コンシステンスの影響：スランプを5~6 cm小さくすることにより、単位水量は11~15 kg (水セメント比で3~5%) 減少でき、圧縮強度は材令28日で約50 kg/cm^2 の増加と行った。

(iv) 単位セメント量の影響：単位セメント量を330 kgから430 kgへ増やすことにより、材令1日での圧縮強度は平均86 kg/cm^2 増加し、相対強度は約6%高くなった。強度増加は長期材令に近づく程大となる傾向があり、材令28日では約100 kg/cm^2 の増加と行った。

(v) AE割の影響：AEコンクリートはAE割を用いないコンクリートに比べて相対強度は弱かった。

6. コンクリートの動弾性係数と圧縮強度との関係

動弾性係数は骨材の種類によってかなり異なり、N骨材に対してLR骨材は55~61%、LS骨材は42~48%であった。動弾性係数と圧縮強度との関係は図4のように、同じ骨材のコンクリートでは蒸気養生、標準養生とも同一線上にプロットされる。そこで、両者の関係を直線関係とみなし一次式を求めた。なお、広範囲の強度を考慮すると曲線状になるので、これらの関係も指数式で求めた。

7. まとめ

(1) 蒸気養生を行なったコンクリートの強度発現は、コンクリートの種類によって異なるが、材令1日で標準養生28日強度の44~70%、材令28日では75~98%の値がえられる。

(2) 人工軽量骨材を用いたコンクリートを蒸気養生した場合、川砂・川砂利コンクリートと同程度の養生効果がえられる。

(3) 蒸気養生を行なったコンクリートの強度と動弾性係数との関係は、標準養生と同じ式で与えられ、広範囲の強度を考慮すると指数式となるが、常用の強度範囲では直線式で表わすことができる。

図-3 各種コンクリートの標準養生28日強度に対する蒸気養生1日コンクリートの各材令の強度比

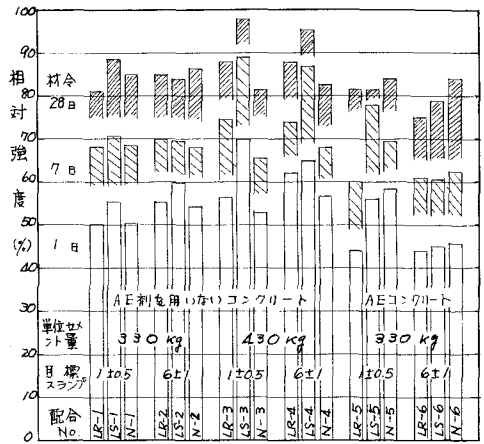


図-4 動弾性係数と圧縮強度との関係

