

高強度コンクリート ($F_c=60\text{N/mm}^2$) の実用化に関する研究

Study on Practical Application of High-Strength Concrete ($F_c=60\text{N/mm}^2$)

宮下 剛士*
Takeshi Miyashita

西浦 範昭*
Noriaki Nishiura

笠松 照親*
Teruchika Kasamatsu

西山 直洋**
Naohiro Nishiyama

要 約

超高層RC集合住宅の50階クラスの建設には、設計基準強度 (F_c) 60N/mm^2 クラスの高強度コンクリートが必要となるが、施工実績はほとんどないのが現状である。本報告では、 $F_c=60\text{N/mm}^2$ クラスの高強度コンクリートの性状把握を目的とした、普通ポルトランドセメントを用いた3期(標準期、冬期、夏期)にわたる実大柱試験体の打設実験および夏期における高ビーライト系低熱セメントを加えたポンプ圧送実験について述べる。実験により、構造体強度の管理には従来の現場水中養生供試体より部材温度追従養生や断熱養生を行った供試体が適切であること、高ビーライト系低熱セメントは温度抑制や強度発現の面から高強度コンクリートへの利用に有効であること等の結果が得られた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 実験概要
- § 3. 実験結果および考察
- § 4. まとめ
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

超高層RC集合住宅の50階クラスの建設を実現するためには、設計基準強度 (F_c) 60N/mm^2 クラスの高強度コンクリートが必要となってくる。しかし、そのような高強度コンクリートを使用する場合の問題点として、セメ

ント量が多くなり、初期に構造体が高温度履歴を受けるために、長期の強度増進の低下およびひび割れ発生懸念があることや、粘性の増大による施工性の低下が言われている。建設省総プロNewRC報告書¹⁾では、構造体コンクリート強度(以後、構造体強度)を材令91日コア強度と定義し、強度管理材令を28日とする場合の調合強度の算定には、従来のコンクリートの温度補正值に代えて、標準養生供試体の材令28日強度(以後、標準養生28日強度)と部材コア材令91日強度(以後、コア91日強度)との差(S 値)を設計基準強度に加えるとしている。また、強度管理は標準養生のほか、あらかじめ実験等で確認された構造体強度を合理的に推定できる養生方法で行うとしており、構造体強度をよく表す養生方法として、部材温度履歴を模擬した温度追従養生や断熱養生が有効であるとしている。一方、部材内部温度上昇の対策としては、近年、高ビーライト系低発熱セメントが開発されてきている。

* 技術研究所原子力課

** 技術研究所建築技術課

以上の背景を踏まえて、設計基準強度60N/mm²クラスの高強度コンクリートの実用化を図るため、市中の生コン工場で3期（標準期、冬期、夏期）にわたり高強度コンクリートを製造して各種の試験を行い、その性状の確認を行った。本報告では、その内の夏期施工実験におけるフレッシュコンクリートの性状とポンプ圧送性、3期における実大柱供試体の内部温度とコア強度発現性状ならびに各種養生条件に対する円柱供試体の強度発現性状について報告する。

§ 2. 実験概要

2-1 高強度コンクリート

(1) 使用材料

セメントには、普通ポルトランドセメントおよび高ビークライト系低発熱セメントを用いた。以後、それぞれのコンクリートをNC、LCと記す。粗骨材としては、生コン工場で通常使用している硬質砂岩碎石を使用し、高性能AE減水剤としては、ポリカルボン酸系のものを使用した。使用材料の品質を表-1に示す。

(2) 調合

コンクリートの調合は、W/C=30%，単位水量165kg/m³一定とし、スランプ23±1.5cm（スランプフロー50±10cm）、空気量3%を目標値として室内試験および実機練り試験により決定した。

コンクリートの調合を表-2に示す。

(3) コンクリートの製造

コンクリートの製造は、デュアルミキサー（最大練り混ぜ量3m³）を用い、生コン車1台4.5m³を3バッチ練

表-1 使用材料の品質

使用材料	種 類	物性および成分	メーカー/産地
セメント	普通ポルトランド	比重=3.16 比表面積=3250cm ² /g	秩父小野田
	低発熱ポルトランド	比重=3.22 比表面積=3350cm ² /g	
細骨材	砕砂	表乾比重=2.60 絶対比重=2.54 吸水率=2.24% 粗粒率=3.10	海老名市 (相模川水系)
粗骨材	硬質砂岩碎石	最大寸法=20mm 表乾比重=2.64 絶対比重=2.61 吸水率=1.18% 粗粒率=6.57	八王子市 小津町1
混和剤	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系複合体	ボソリス物産

表-2 コンクリートの調合

コンクリート 種別	使用セメント	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	水灰 比	細骨 材率 (%)	単位 水量 (kg/m ³)	重 量 (kg/m ³)			
							セメ ント	細骨 材	粗骨 材	混和剤 (*)
NC	普通 (N)	23	3.0	30	41.5	165	550	681	974	10.175
LC	低発熱 (L)				40.5			668	995	10.175

(*) C×1.85%

り (1.5m³/バッチ) とした。

2-2 実大柱試験体

実大柱試験体を図-1に示す。

試験体は、実構造物の柱部材を想定した断面寸法900×900mmで高さ2,100mmの無筋柱とし、型枠脱型は3期とも打設3日後に行い、以後は気中放置とした。

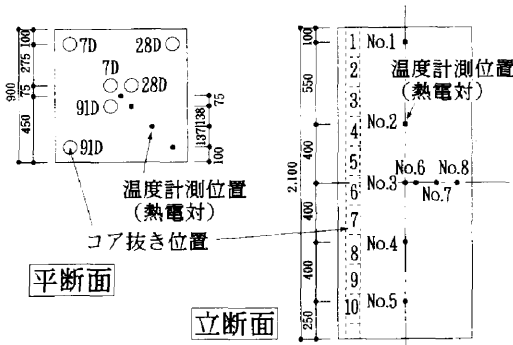


図-1 実大柱試験体

2-3 試験項目および方法

試験項目を表-3に示す。

(1) フレッシュコンクリートの性状

夏期施工実験では、NCおよびLCそれぞれについて、それぞれ生コン車4台づつ出荷し（NC1～4、LC1～4）、工場出荷、現場荷卸および一部についてポンプ筒先におけるフレッシュ試験を行った。また、現場到着後90分間の経時変化の試験を行った。スランプ値が23cmを越えるようなコンクリートの場合、スランプフロー値の方がフレッシュの性状をより表すことから、試験項目としてスランプのほかにスランプフローを加えた。

(2) ポンプ圧送性

表-3 試験項目

	試 験 項 目
フレッシュコンクリート	・スランプ・スランプフロー ・空気量・コンクリート温度
ポンプ圧送性	・ポンプ主油圧 ・管内圧力
硬化コンクリート	・円柱供試体圧縮強度、引張強度、弾性係数 ・コア供試体圧縮強度 ・部材内部温度

NC3、4およびLC1、3について、設定圧送速度を20、35、50m³/hと変化させ、ポンプ主油圧および管内圧力の測定を行った。また、比較用として呼び強度24N/mm²、スランプ18cm（以後、Fc24）のコンクリートも圧送し、同様の測定を行った。圧送ポンプ車は、IPG115B-8E26（最大吐出量115m³/h：石川島建機）を使用した。

配管形状および圧力計測位置を図-2に示す。

(3) 硬化コンクリートの性状

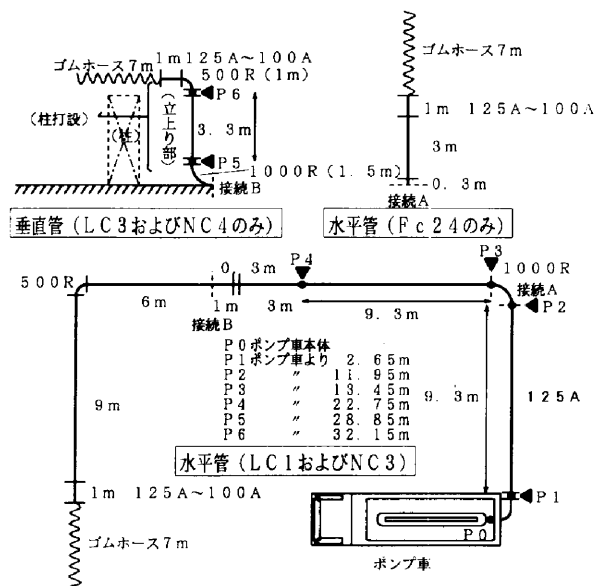


図-2 配管形状および圧力計測位置

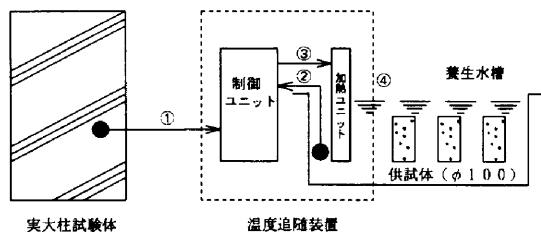
①実大柱試験体

図-1に示す位置で、内部温度の測定およびコア供試体の採取を行った。温度測定には熱電対を用い、期間は91日とした。強度試験材令は7, 28, 91日とした。

②円柱供試体

試験は全て荷卸地点の供試体を用い、各種養生供試体の圧縮強度および標準養生供試体の引張強度と静弾性係数の計測とした。試験材令は7, 28, 91日（一部、1, 3日）とし、供試体の養生方法は、標準、現場水中、現場封緘のほか実大柱試験体の中心部（図-1, Na3）の温度履歴に追従した温度追従養生および断熱材（スタイロフォーム）を内張りした箱を用いた簡易断熱養生とした。温度追従および簡易断熱養生は、7日間所定の養生を行った後は気中封緘養生とした。

温度追従養生の概念を図-3、簡易断熱養生箱を図-4に示す。



実大柱試験体

温度追従装置

- ①実大柱試験体の部材温度は、熱電対より常に制御ユニットに伝えられる。
- ②養生水槽の水温は、熱電対により常に制御ユニットに伝えられる。
- ③制御ユニットは、①、②の温度差を常にゼロとするように加熱ユニット指示を送る。
- ④制御ユニットの指示に従い、ヒーターにより加熱する。加熱ユニットには攪拌機が内蔵され、養生水を常に攪拌する。

図-3 温度追従養生の概念

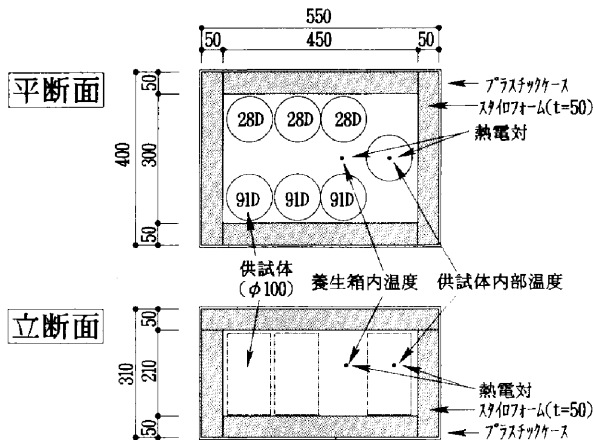


図-4 簡易断熱養生箱

§ 3. 実験結果および考察

3-1 フレッシュコンクリートの性状

試験結果を表-4に示す。

(1) 練り上がり性状

NC, LCとも同量の高性能AE減水剤を添加したことから、全体的にスランプおよびスランプリューは、NCが小さめ（やや硬め）となり、LCが大きめ（軟らかめ）となった。LCの場合、スランプリューが目標値を上回るものもあったが、分離現象はみられなかった。同じスランプリューを得るためには、LCはNCより高性能AE減水剤の添加量を低減できることがわかった。

空気量については、調整はAE助剤により行ったが、NC, LCとも全体的に目標値の3%を下回り、夏期においては特に空気連行が難しいことがわかった。

(2) 運搬および圧送に伴う性状変化

出荷から荷卸においては、スランプがやや増大する傾向がみられたが、ポンプ圧送後は特にスランプリューで10cm程度も減少する傾向がみられた。出荷から荷卸については、経過時間が約30分であり、ちょうど高性能AE減水剤の効果が発現し始めたものと考えられる。また、簡先での減少は、圧送に伴う圧密と配管の表面温度が高いことにより水分が奪われたことが大きな要因と考えられる。この傾向はNCより軟練りのLCの方が顕著であった。空気量は、出荷、荷卸、簡先となるに従って漸増する傾向がみられた。これは、コンクリートの粘性が高いため、エントレインドエアが抜けにくいこと、アジテートに伴ってエンラップドエアがやや巻き込まれた可能性があることおよび圧送に伴ってコンクリートが膨張、収縮を繰り返すために空気泡の形態が変化すること等の要因が考えられる。

表-4 フレッシュコンクリート試験結果

コンクリート 種 別	出 荷					卸					筒 先				
	スランブ (cm)	スランブフロー (cm×cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)	外気温 (℃)	スランブ (cm)	スランブフロー (cm×cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)	外気温 (℃)	スランブ (cm)	スランブフロー (cm×cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)	外気温 (℃)
NC 1	22.5	49.0×48.5	1.1	33.0	25.0	23.0	46.0×44.0	1.5	35.5	31.0	----	----	--	----	----
2	22.0	46.0×45.0	2.1	33.5	28.0	23.5	42.5×41.5	2.5	37.0	32.0	----	----	--	----	----
3	22.5	48.0×47.0	2.1	35.0	29.0	23.0	45.0×42.0	2.5	36.0	31.0	20.5	35.0×33.0	3.5	38.0	31.5
4	23.5	52.5×52.0	1.6	33.5	29.0	24.5	52.0×50.0	2.2	36.5	32.5	24.0	43.0×40.0	2.9	36.0	32.5
LC 1	23.5	62.0×60.0	1.2	31.0	26.0	25.5	57.0×55.0	1.6	35.0	31.0	22.5	43.0×43.0	2.5	36.0	31.5
2	24.0	64.0×64.0	1.2	31.0	26.0	----	67.0×64.0	1.3	35.0	31.5	----	----	--	----	----
3	24.0	58.0×56.0	1.2	32.0	26.0	----	58.0×56.0	1.6	34.0	32.0	23.5	43.0×35.0	2.3	35.0	32.5
4	24.0	57.5×55.0	1.5	32.5	28.0	24.5	61.0×58.5	1.9	34.0	30.0	----	----	--	----	----

(3) 経時変化

生コン車をアジテートさせながら待機させ、15分間隔で試験を行った結果、スランブおよびスランブフローについては、NCは90分後も大きな変化はみられなかった。LCの場合は、出荷時にスランブフローが目標値を越えており、30分～60分はさらにスランブフローが増大していった。それ以降はスランブフローが低下する傾向がみられた。これは、試験に用いたLCが軟練り傾向にあったためと考えられる。ただし、60分後も目標値を満足し良好な性状であった。空気量は、NC、LCとも時間の経過に伴って漸増する傾向がみられた。これは、前記と同様の要因によると考えられる。

スランブフローおよび空気量について性状変化を図-5に示す。

3-2 ポンプ圧送性

管内圧力測定結果を表-5、実際のピストンストローク数から算出した理論吐出量と圧力損失の関係を表-6および図-6、7に示す。

理論吐出量と圧力損失との関係は、水平管の場合、LCではポンプ車に近い部分(P1～P2)と遠い部分(P3～P4)で値にばらつきがみられ、前者の方が大きな圧力損失となる傾向がみられた。NCおよびLCの内のポンプ車に近い部分(P3～P4)においてはほぼ同様な値となり、同時に試験した普通コンクリート(F_c24)と比較すると、吐出量が少ない場合はほとんど差がみられなかった。しかしながら、吐出量が多くなるとともに圧力損失に差が生じ、圧損勾配が大きくなる傾向がみられた。また、建築学会ポンプ指針²⁾における普通強度コンクリート(配管径125A、スランブ18cm)のおよそ2倍の圧力損失であった。

垂直管の場合は、立ち上がり部分が3.3mと短い範囲ではあったが、水平管の約2.5倍程度であった。

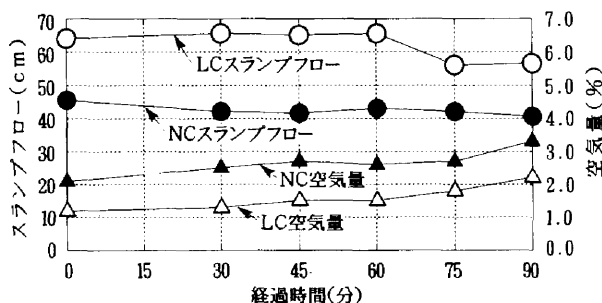


図-5 スランブフローおよび空気量の経時変化

表-5 管内圧力測定結果

コンクリート 種別	測定点 設定 吐出量 (m³/h)	測定点							理論 吐出量 (m³/h)
		P0 主 油圧	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
NC 3	20	79	11.7	10.2	9.2	7.8	—	—	33
	35	102	14.7	12.8	11.8	10.0	—	—	44
	50	117	17.0	14.8	13.8	11.6	—	—	49
NC 4	20	67	8.7	7.4	6.8	5.5	4.3	2.7	31
	35	80	10.6	8.9	8.3	6.6	5.4	3.7	42
	50	115	16.4	13.4	12.7	10.4	8.3	6.3	56
LC 1	20	75	11.0	8.7	8.3	6.8	—	—	33
	35	97	14.8	11.8	11.4	9.5	—	—	42
	50	133	21.5	17.3	16.7	14.0	—	—	58
LC 3	20	72	10.2	7.8	7.2	5.9	4.5	3.4	29
	35	116	19.1	15.0	14.2	12.2	9.4	7.7	42
F c 24	20	33	2.7	1.4	—	—	—	—	33
	35	36	3.0	1.5	—	—	—	—	44

単位: kgf/cm²

表-6 理論吐出量と圧力損失の関係

コンクリート 種別	測定区間 設定 吐出量 (m³/h)	P1～P2 水平管 直管部	P2～P3 水平管 曲管部	P3～P4 水平管 直管部	P4～P5 垂直管 直管部	P5～P6 垂直管 曲管部	理論 吐出量 (m³/h)
NC 3	20	0.16	1.0	0.15	—	—	33
	35	0.20	1.0	0.19	—	—	44
	50	0.24	1.0	0.24	—	—	49
NC 4	20	0.14	0.6	0.14	1.2	0.48	31
	35	0.18	0.6	0.18	1.2	0.52	42
	50	0.32	0.7	0.25	2.1	0.61	56
LC 1	20	0.25	0.4	0.16	—	—	33
	35	0.32	0.4	0.20	—	—	42
	50	0.45	0.6	0.29	—	—	58
LC 3	20	0.26	0.6	0.14	1.4	0.33	29
	35	0.44	0.8	0.22	2.8	0.52	42
F c 24	20	0.14	—	—	—	—	33
	35	0.16	—	—	—	—	44

単位: kgf/cm²・m

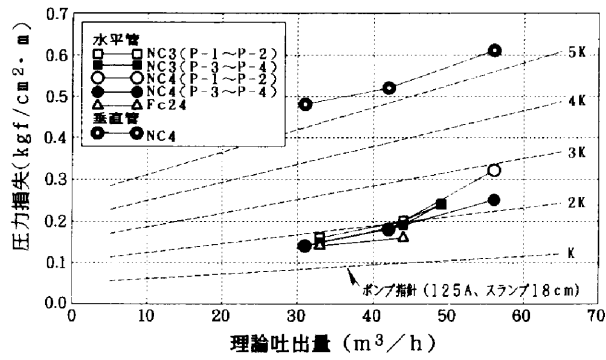


図-6 理論吐出量と圧力損失の関係（NC）

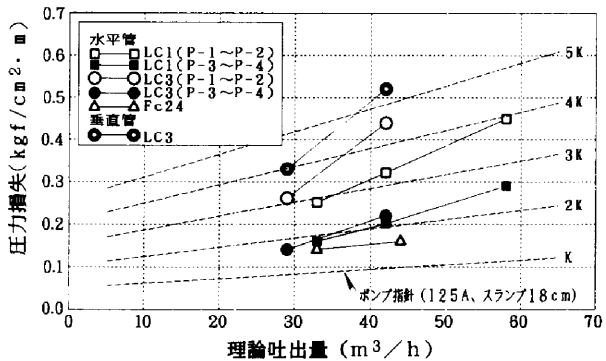


図-7 理論吐出量と圧力損失の関係（LC）

表-7 部材内部温度測定結果

打設 時期	コンクリート 種別	測定点 記号	打設時外 気温(℃)	コン クリ ート 温度(℃)	最高温度		温度上昇量	
					(℃)	到達時 間 (H)	(℃)	℃/ポイント 10kg
標準期	NC	Na 1	21.0	25.0	70.2	14.5	45.2	0.882
		3			78.0	21.5	53.0	0.964
		5			62.2	20.0	37.2	0.676
		7			67.6	19.5	42.6	0.775
		8			53.0	15.0	28.0	0.509
冬 期	NC	Na 1	9.4	15.0	32.2	28.5	17.2	0.313
		3			53.8	34.0	38.8	0.705
		5			41.2	34.5	26.2	0.476
		7			49.3	31.5	34.3	0.642
		8			39.0	29.5	24.0	0.436
夏 期	NC	Na 1	33.0	36.5	78.8	15.0	42.3	0.769
		3			91.2	17.5	54.7	0.995
		5			77.2	16.0	40.7	0.740
		7			83.9	18.5	47.4	0.862
		8			73.0	17.5	36.5	0.664
夏 期	LC	Na 1	33.0	34.0	63.6	16.5	29.6	0.538
		3			70.9	19.5	36.9	0.671
		5			59.9	14.0	25.9	0.471
		7			65.1	18.5	31.1	0.565
		8			56.7	22.5	22.7	0.423

3-3 部材内部温度測定

部材内部温度測定の結果を表-7，温度履歴を図-8～11に示す。
部材中心部（Na3）で最高温度となり，標準期で78.0℃（到達時間21.5時間）に対して，夏期で91.2℃（同，17.5時間），冬期で53.8℃（同，34.0時間）となった。

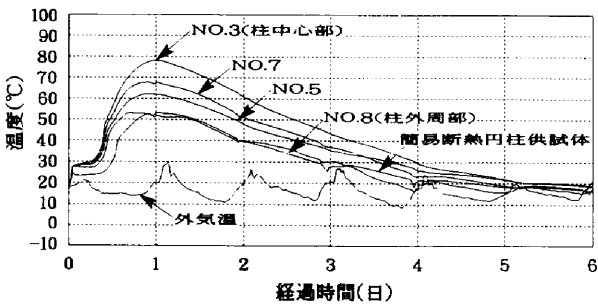


図-8 温度履歴（標準期NC）

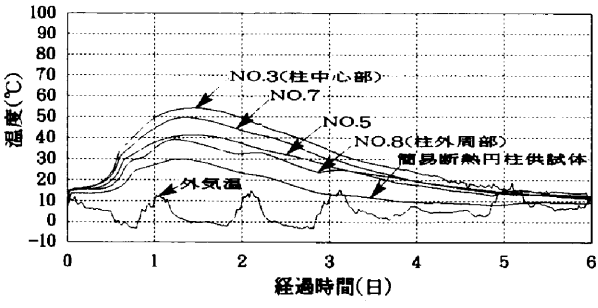


図-9 温度履歴（冬期NC）

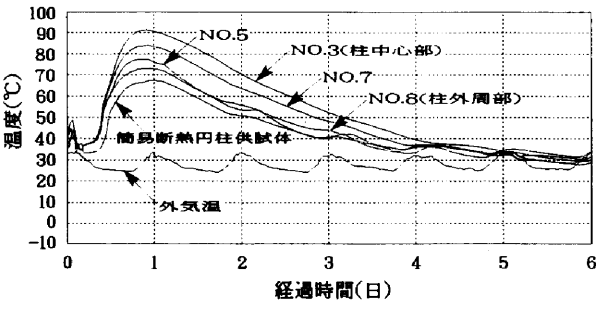


図-10 温度履歴（夏期NC）

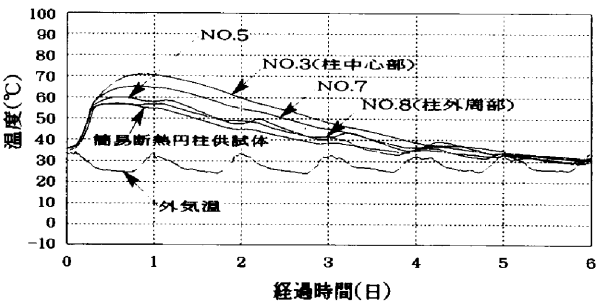


図-11 温度履歴（夏期LC）

部材の内外温度差（Na3とNa8の差）をみると，他が20℃以下であるのに対して，標準期では最大で25.0℃と大きくなった。中心部の最高温度到達時間は，冬期は夏期の約2倍となり，コンクリートの凝結性状に大きな差があることがわかった。
夏期実験においてLCとNCとを比較すると，中心部最

高温度で 20.3°C 、温度上昇量で 17.8°C 、LCの方が低い値となり、部材内部温度の上昇抑制にLCは効果が大きいことがわかった。中心部の最高温度到達時間は、LCが2時間程度遅くなった。

3-4 硬化コンクリートの性状

硬化コンクリートの試験結果を表-8、各種養生供試体の強度発現性状を図-12~15に示す。

(1) NCの打設時期の相違による圧縮強度の比較

①強度発現性状

全般的に標準期が一番強度が高く、夏期が最も低く、普通強度コンクリートと同様の傾向となった。標準期と夏期とでは約 10N/mm^2 の強度差が生じた。

②各種養生供試体強度とコア強度の関係

標準、現場水中および現場封緘養生供試体の強度発現は打設時期によって大きな相違をみせ、材令28、91日においては全般的にコア強度より高い傾向を示した。一方、温度追従養生ではほぼコア強度と同等の値を示し、また、簡易断熱養生でも現場水中養生等に比べるとコア強度に近い値を示しており、両養生方法とも安全側の値となった。

(2) 夏期実験におけるNCとLCの圧縮強度の比較

①強度発現性状

LCの場合、初期強度は低かったが、材令28日ではほぼ両者の強度は同様となり、材令91日においてはLCの強度増進が大きくなった。特に標準および現場水中養生の強度

増進がみられた。水分の供給が長期の強度増進に影響するものと考えられる。所要の圧縮強度を得るためにはLCの方がNCより大きな水セメント比でよいことがわかった。

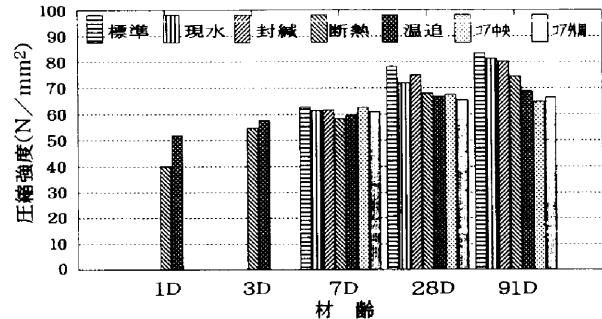


図-12 強度発現性状（標準期NC）

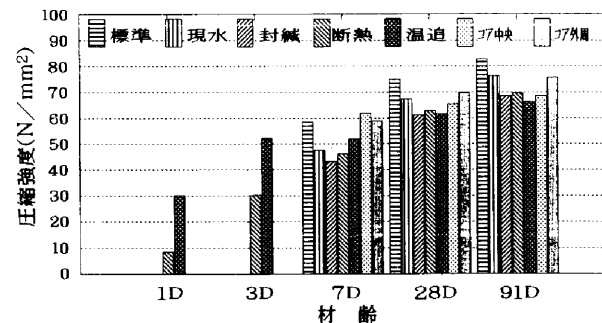


図-13 強度発現性状（冬期NC）

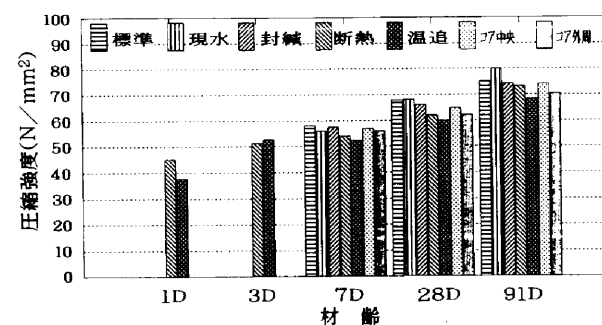


図-14 強度発現性状（夏期NC）

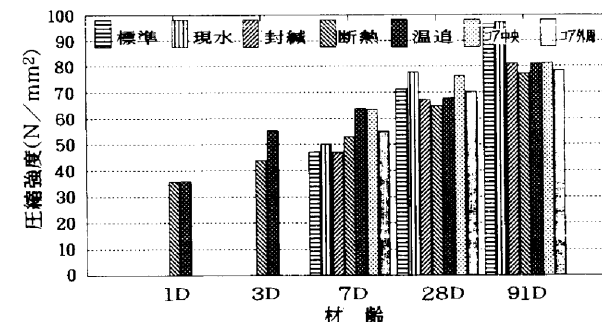


図-15 強度発現性状（夏期LC）

表-8 硬化コンクリート試験結果

打設時期	コンクリート種別	養生方法	材 令						備 考
			1	3	7	28	91		
標準期	NC	標準水中	—	—	62.5	78.0	83.2		
		—	—	—	4.4	3.6	5.8	引張強度	
		—	—	—	2.86	3.15	3.49	静弾性係数	
		現場水中	—	—	61.3	71.5	81.1		
		現場封緘	—	—	61.3	74.8	80.1		
		温度追従	51.7	57.4	59.3	66.4	68.5		
		簡易断熱	39.9	54.5	58.0	67.6	74.4		
		27中心部	—	—	62.3	67.2	64.6		
		27外周部	—	—	60.7	65.3	66.2		
		標準水中	—	—	58.2	74.7	82.5		
冬 期	NC	標準水中	—	—	3.1	4.6	5.8	引張強度	
		—	—	—	2.77	3.05	3.32	静弾性係数	
		現場水中	—	—	47.3	67.1	76.0		
		現場封緘	—	—	42.9	61.0	68.3		
		温度追従	30.0	52.0	51.9	61.3	66.1		
		簡易断熱	8.4	29.9	46.1	62.7	69.4		
		27中心部	—	—	61.7	65.3	68.3		
		27外周部	—	—	58.7	69.6	75.5		
		標準水中	—	—	57.8	67.8	75.0		
		—	—	—	3.4	—	4.5	引張強度	
夏 期	NC	標準水中	—	—	2.79	3.07	3.40	静弾性係数	
		現場水中	—	—	55.8	68.0	79.8		
		現場封緘	—	—	57.3	65.9	74.0		
		温度追従	37.6	52.5	52.0	59.7	68.1		
		簡易断熱	44.9	51.1	53.7	61.8	73.0		
		27中心部	—	—	56.5	64.6	73.8		
		27外周部	—	—	55.8	61.9	70.3		
		標準水中	—	—	47.0	71.0	95.9		
		—	—	—	3.0	4.8	5.9	引張強度	
		—	—	—	2.61	2.98	3.71	静弾性係数	
夏 期	LC	現場水中	—	—	49.8	77.6	96.9		
		現場封緘	—	—	46.7	66.8	80.9		
		温度追従	35.7	55.2	63.7	67.4	80.9		
		簡易断熱	35.5	43.8	52.7	64.7	77.0		
		27中心部	—	—	63.1	76.1	81.1		
		27外周部	—	—	54.8	70.1	78.1		

単位： N/mm^2 （静弾性係数は $\times 10^{-3}$ ）

②各種養生供試体強度とコア強度の関係

LCの場合は、コア強度は標準および現場水中養生に比べ、初期材令においては高い強度を示すが、材令28日では概ね同様の強度を示し、材令91日では 15N/mm^2 以上低い強度となった。ただし、これはコア強度自体は増進傾向にあるが、それ以上に標準および現場水中養生の強度増進が大きいためである。NCの場合も温度追従および簡易断熱養生は他の養生に比べるとコア強度を安全側に評価することができると考えられる。

(3) 標準養生28日強度とコア強度の関係

標準養生28日強度とコア強度の差を図-16に示す。NCの場合、材令28日では3期とも標準養生の方が強度が高いが、材令91日では打設時期によって相違がみられ、夏期においてはコア強度は標準養生28日強度を上回った。今回の実験結果では標準養生28日強度とコア91日強度では最大で約 15N/mm^2 の差があった。

LCの場合は、材令28日において、コア強度は標準養生28日強度を上回り、材令91日においては約 10N/mm^2 の差となった。

(4) コア強度の分布

コア強度の分布を図-17~20に示す。

高さ方向の分布については、冬期NCおよび夏期LCにおいて上部でやや強度が低くなる部分がみられた。これはやや軟練りであったことが影響しているものと考えられるが、全般的には上下の有意差はみられなかった。

水平方向（中心部と外周部）の分布については、今回の実験では、冬期で外周部、夏期で中心部の方が概ね高い強度を示し、標準期は強度差が小さく、打設時期によって相違することがわかった。

(5) 圧縮強度と引張強度の関係

圧縮強度と引張強度の関係を図-21に示す。

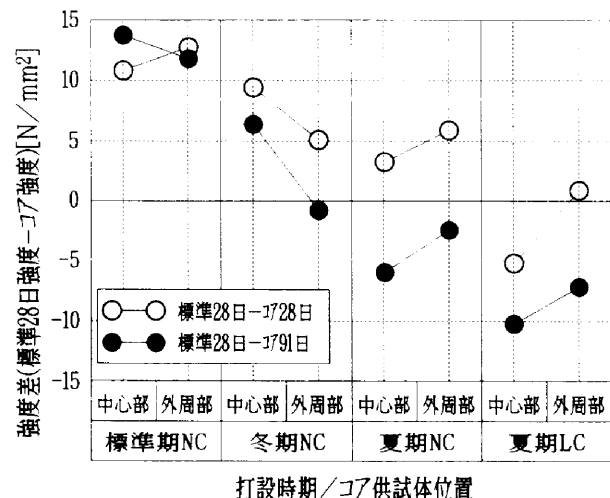


図-16 標準養生28日強度とコア強度の差

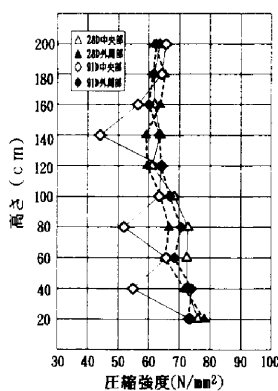
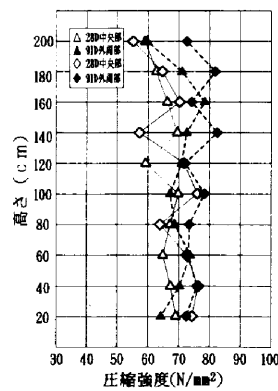
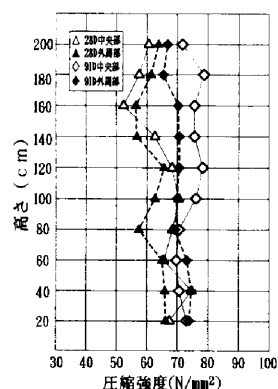
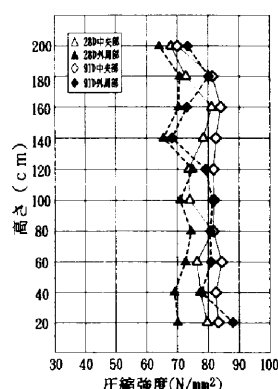
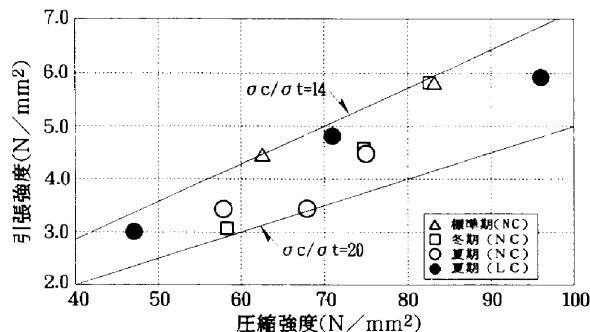
図-17 コア強度の分布
(標準期NC)図-18 コア強度の分布
(冬期NC)図-19 コア強度の分布
(夏期NC)図-20 コア強度の分布
(夏期LC)

図-21 圧縮強度と引張強度の関係

引張強度は、ややばらつきがあるものの圧縮強度の約 $1/14 \sim 1/20$ の範囲にあり、普通強度コンクリートの場合と比べて小さくなった。NCとLCの相違は特にみられなかった。

(6) 静弾性係数と圧縮強度の関係

静弾性係数と圧縮強度の関係を図-22に示す。静弾性係数はこれまで報告されているのと同様に建築学会RC規準の式より大きく下回り、また、NewRCの提案式¹⁾に対しても全般に下回る結果となった。粗骨材強度が影響し

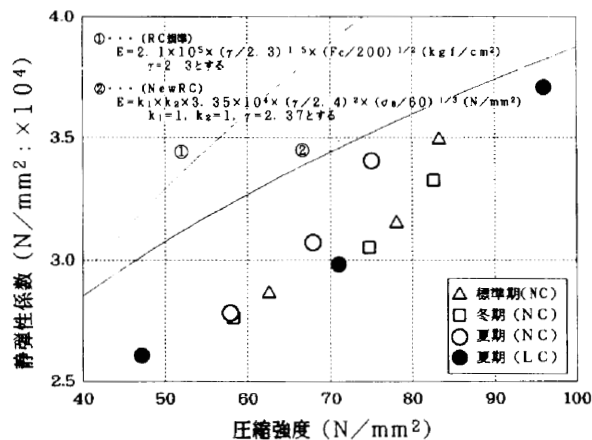


図-22 圧縮強度と静弾性係数の関係

ているものと考えられる。なお、材令が進むとともに接近する傾向がみられた。

§ 4. まとめ

3期にわたるNCおよびLCの打設実験の結果をまとめると以下ようになる。

- ①夏期打設においても、スランプおよびスランプフローの経時変化は小さいが、圧送によってロスは大きくなる。空気量は運搬、圧送に伴って漸増する傾向がある。
- ②構造体強度の管理用供試体としては、従来の現場水中養生等ではコア強度より高めに出る傾向があり、打設時期によるばらつきも大きくなることから、温度追従養生がコア強度をよく表すものとして有効と考えられる。また、今回の実験で用いた簡易断熱養生方法でも

安全側の強度を示し、有効と考えられる。

- ③調合強度を定めるためのS値は、今回の実験においては、NCの場合15N/mm²程度見込む必要がある。一方、LCの場合、高温履歴を受けた場合も強度発現性状が優れていることからS値=0としてよいことがわかった。
- ④静弾性係数はNewRC提案式より下回る値となったことから、粗骨材の選定には十分考慮が必要である。
- ⑤高ピーライト系低熱セメントは構造体内部温度を抑制する効果が大きく、また、高温養生下でも良好な強度発現性状を示すことから高強度コンクリートへの利用は非常に有効である。

§ 5. おわりに

今後の課題として構造体強度の管理方法の確立が必要である。今日、温度追従養生が有効であることがわかったが、現場施工では設備費用やスペースの問題もあるため、簡易な断熱養生方法で管理が可能となるように、装置の改善やデータ収集を今後とも行っていきたい。また、高強度コンクリートには高ピーライト系低熱セメントが有効と考えられるので、さらに、データの蓄積を行っていく予定である。

参考文献

- 1) (財) 国土開発技術研究センター：建設省総プロ，鉄筋コンクリート造建築物の軽量化・超高層化技術の開発，工法分科会報告書，1993。
- 2) (社) 日本建築学会：コンクリートポンプ工法施工指針・同解説，1994。