

# 打込み時期および養生方法の違いが 高強度コンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

ものつくり大学 内海範一 中田善久 日大理工(院) 大塚秀三  
 ものつくり大学(院) 鈴木大介 (前)足利工業大学 毛見虎雄  
 飛坂技術士事務所 飛坂基夫 小山レミコン(株) 栗原潤一 中村豊

## 1. はじめに

近年、我が国の都市部においては人口が過密化しており、住居に利用できる土地が減少している。このため、コンクリート構造物は高層化する傾向にあり、これに伴い、RC 構造物に用いられるコンクリートは高強度化している。

構造体コンクリートの圧縮強度は、レディミクストコンクリート(以下、生コンと称する)の管理に用いられている標準養生供試体の圧縮強度と異なることが知られており、現状では、打込む季節ごとにこれらの関係を明らかにし、高強度コンクリートの圧縮強度を管理する方法がとられている。

一方、高強度コンクリートに使用されるポルトランドセメントは、普通ポルトランドセメント(以下、N と称する)、中庸熱ポルトランドセメント(以下、M と称する)および低熱ポルトランドセメント(以下、L と称する)が代表的であり、N およびM を用いた高強度コンクリートについては、打込み季節や養生方法が異なる場合の圧縮強度に関する文献が数多く見られる<sup>1), 2), 3)</sup>。しかし、現状ではL を用いた高強度コンクリートに関する文献は少なく、打込み季節や養生方法が異なる場合の圧縮強度について不明な点が多い。

そこで、本研究は、L を含む3種類のセメントを用いた高強度コンクリートについて打込み季節および養生方法を変化させ、圧縮強度を調べたものである。

## 2. フレッシュコンクリートの性状

### 2.1 実験概要

ここでは、各種セメントを用いた設計基準強度40 ~ 60N/mm<sup>2</sup>の高強度コンクリートを夏期、標準期(秋)および冬期に生コン工場のミキサにより練り混ぜ、所定の時間に荷卸し、フレッシュコンクリートの諸性状について各試験を行った。

#### (1) 使用材料

使用材料を表1に示す。

#### (2) 実験の要因および水準

打込み時期を夏期、標準期および冬期、セメ

ントをN, M およびLと変化させ、N およびM では水セメント比を47, 37 および27%, L では45, 35 および25%とした。

#### (3) コンクリートの調査

コンクリートの調査条件を表2に、コンク

表1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント(N) 密度3.16g/cm <sup>3</sup>
	中庸熱ポルトランドセメント(M) 密度3.21g/cm <sup>3</sup>
	低熱ポルトランドセメント(L) 密度3.22g/cm <sup>3</sup>
練混ぜ水	地下水
細骨材	栃木県栃木市尻内町産 陸砂 表乾密度2.61g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	栃木県安蘇郡葛生町産 砕石2005 表乾密度2.70g/cm <sup>3</sup>
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系化合物

表2 コンクリートの調査条件

配合区分	目標値		空気量 (%)
	スランブ (cm)	スランブフロー (cm)	
N-47	21.0±2.0	-	4.5 +1.0 -1.5
N-37	-	50.0±7.5	
N-27	-	60.0±10.0	
M-47	21.0±2.0	-	
M-37	-	50.0±7.5	
M-27	-	60.0±10.0	
L-45	21.0±2.0	-	
L-35	-	50.0±7.5	
L-25	-	60.0±10.0	

表3 コンクリートの調査表

セメントの種類	記号	W/C (%)	S/a (%)	粗骨材かさ容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				化学混和剤 (C x %)		
					W	C	S	G	夏期	標準期	冬期
N	N-47	47.0	50.6	0.545	175	373	874	883	1.15	1.05	0.95
	N-37	37.0	50.7	0.525	170	460	846	851	1.40	1.30	1.20
	N-27	27.0	46.2	0.525	170	630	707	851	1.50	1.40	1.20
M	M-47	47.0	50.8	0.545	175	373	880	883	1.25	1.15	0.95
	M-37	37.0	50.9	0.525	170	460	853	851	1.40	1.35	1.15
	M-27	27.0	46.5	0.525	170	630	715	851	1.50	1.40	1.20
L	L-45	45.0	51.0	0.545	170	378	890	883	1.15	1.05	0.90
	L-35	35.0	51.0	0.525	165	472	856	851	1.25	1.15	1.10
	L-25	25.0	46.2	0.525	165	660	705	851	1.25	1.15	1.10

表4 試験項目および方法

フレッシュコンクリート	試験項目	試験方法	備考
	スランブ	JIS A 1101	
	スランブフロー	JIS A 1150	
	50cmフロー到達時間		
	フローの流動停止時間		
空気量	JIS A 1128		
コンクリート温度	ガラス製棒状温度計		

表5 試料採取時のコンクリート温度

セメントの種類	N			M			L		
	47	37	27	47	37	27	45	35	25
水セメント比(%)	47	37	27	47	37	27	45	35	25
夏期( )	29.0	29.0	31.0	28.0	29.0	31.0	28.0	29.0	30.0
標準期( )	22.0	22.5	24.0	21.5	22.5	23.5	21.0	22.0	23.5
冬期( )	12.0	13.0	14.0	10.0	11.0	13.0	11.0	12.0	15.0

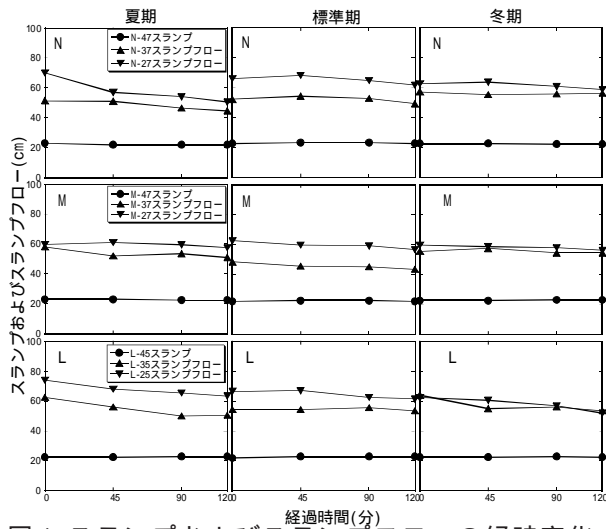


図1 スランプおよびスランプフローの経時変化

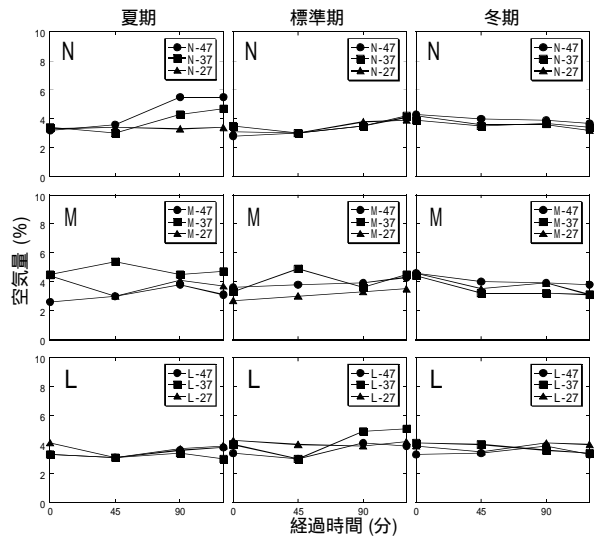


図3 空気量の経時変化

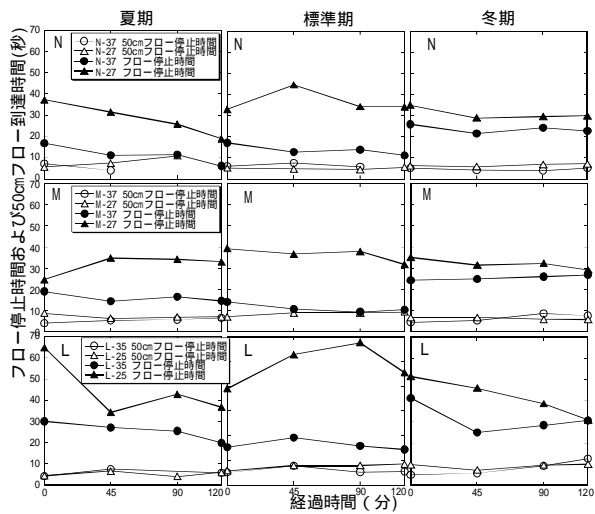


図2 フロー停止時間および50cmフロー停止時間

リートの調合を表3に示す。また、コンクリートの調合条件を満足させるために化学混和剤の使用量を調整した。

### (3) 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表4に示す。フレッシュコンクリートの試験は練混ぜから0, 45, 90および120分の4回行った。

### 2.2 試験結果および考察

#### (1) スランプおよびスランプフローの経時変化

スランプおよびスランプフローの経時変化を図1に示す。いずれのセメントも、各打込み時期におけるスランプの経時変化は小さかった。スランプフローは、経時により低下する傾向を示した。また、この低下は、夏期、標準期および冬期の順に大きくなった。これは、表5が示す試料採取時のコンクリート温度が各時期により異なることが原因と考えられる。また、セメント別に見ると、夏期においてNおよびLではスランプフローの経時変化は大きかったが、M

では比較的小さかった。

#### (2) フロー停止時間および50cmフロー到達時間

フロー停止時間および50cmフロー到達時間を図2に示す。夏期Nのフロー停止時間は、経時により早くなる傾向を示したが、標準期および冬期では変化にばらつきがあり、一定の傾向を示さなかった。これには、前述したスランプフローから分かるように、試料採取時のコンクリート温度が影響していると考えられる。また、MおよびLにおけるフロー停止時間は、ばらつきが大きく時間経過による一定の傾向は見られなかった。50cmフロー到達時間は、配合区分によるばらつきはあるが、全体的には経時変化は小さかった。

#### (3) 空気量の経時変化

空気量の経時変化を図3に示す。空気量は、夏期および標準期では増加する傾向を示したが、冬期では、やや減少する傾向を示した。また、セメント別にみると、夏期Nは、経時45分まで比較的空気量の経時変化が小さかったが、それ以降は水セメント比が高いほど空気量が増加する傾向を示した。これは、スランプフローが低下したことにより、トラックアジテータにより空気が巻き込まれたことが影響していると考えられる。しかし、標準期および冬期ではこの傾向は見られなかった。さらに、夏期における経時変化は、NおよびMでやや大きい、Lでは小さかった。これは、LはNおよびMに比べ、一般にコンクリートの粘性が低いことが影響していると考えられる。

### 3. 高強度コンクリートの圧縮強度

#### 3.1 実験概要

ここでは、前述のコンクリートを練混ぜから90分後に柱模擬試験体、簡易断熱養生供試体に

打込み、所要材齢を経過したのちにそれぞれの圧縮強度試験を行った。

(1) 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表6に示す。

(2) 養生方法

養生方法は、柱模擬試験体、簡易断熱供試体および標準養生供試体とした。

(2) 柱模擬試験体

柱模擬試験体の形状およびコア採取位置を図4に示す。柱模擬試験体は、屋外で打込み、上下を厚さ20cmの発泡スチロールで断熱し、2日後に脱型した。コアは試験材齢の前日に中心と端部から採取し、これより高さ20cmの供試体を3本切り出し圧縮強度用供試体とした。

(3) 簡易断熱養生供試体

簡易断熱養生供試体の概要を図5に示す。簡易断熱養生供試体は、10×20cmの軽量型枠にコンクリートを詰めてポリエチレンフィルムとビニールテープで封かんした後、所定の厚さのポリスチレンフォームの容器に設置し、その際生じた隙間には発泡スチロールビーズを充填した。その後容器内で14日間養生し、以降は試験材齢まで現場封かん養生とした。

3.2 試験結果および考察

(1) 温度履歴

柱模擬試験体および簡易断熱養生供試体の温度履歴の一部を図6に、最高温度および温度上昇量を表7に示す。簡易断熱養生供試体は最高温度が柱模擬試験体中心よりも低く、温度降下速度は遅くなる傾向を示した。柱模擬試験体の最高温度および温度上昇量は、夏期、標準期および冬期の順に高かった。また、打込み温度が

高いほど最高温度到達時間も早かった。

(2) 圧縮強度

各セメント別の圧縮強度を図7に示す(図中には、夏期は夏、標準期は標、冬期は冬とした)。圧縮強度の増進は、材齢7日から28日にかけてセメントごとの違いが大きく、L、M、Nの順に大

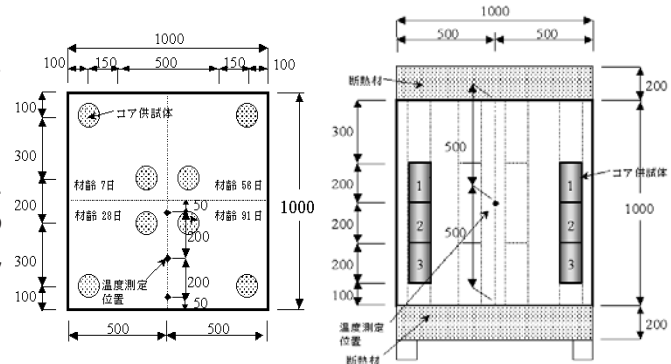


図4 柱模擬試験体の形状とコア採取位置 (mm)

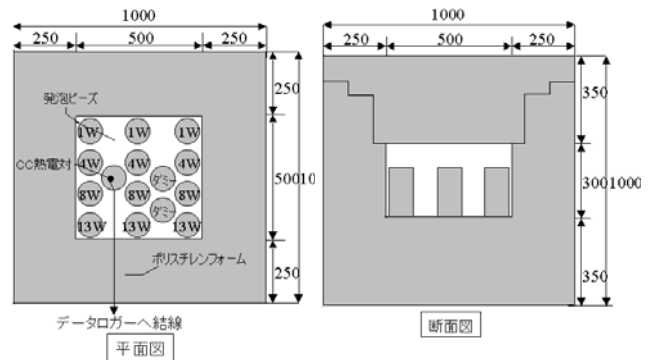


図5 簡易断熱養生供試体の概要

表6 試験項目および試験方法

試験項目		試験方法	備考
強度	標準養生強度	JIS A 1108	試験材齢 7, 28, 56, 91日
	柱模擬試験体 コア強度	JIS A 1107	
	簡易断熱養生強度	-	試験材齢7日まで簡易断熱養生、 以降材齢まで封かん養生試験材齢 7, 28, 56, 91日
温度	温度履歴測定	-	熱電対により7日間測定

表7 最高温度および温度上昇量

配合区分	夏期		標準期		冬期	
	最高温度 (°C)	温度上昇量 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量 (°C)
N-47	59.0	28.1	59.4	38.0	42.9	31.2
N-37	77.3	46.6	68.4	46.4	52.5	40.0
N-27	94.1	63.1	82.0	61.8	67.8	53.8
M-47	60.8	32.5	46.9	25.8	30.9	21.2
M-37	67.4	38.0	56.7	34.4	39.7	28.6
M-27	82.9	51.5	70.9	48.2	58.3	45.2
L-45	50.8	21.8	40.3	19.2	27.7	15.5
L-35	57.3	27.1	46.0	24.4	33.0	20.6
L-25	69.4	39.0	58.8	35.4	48.2	32.8

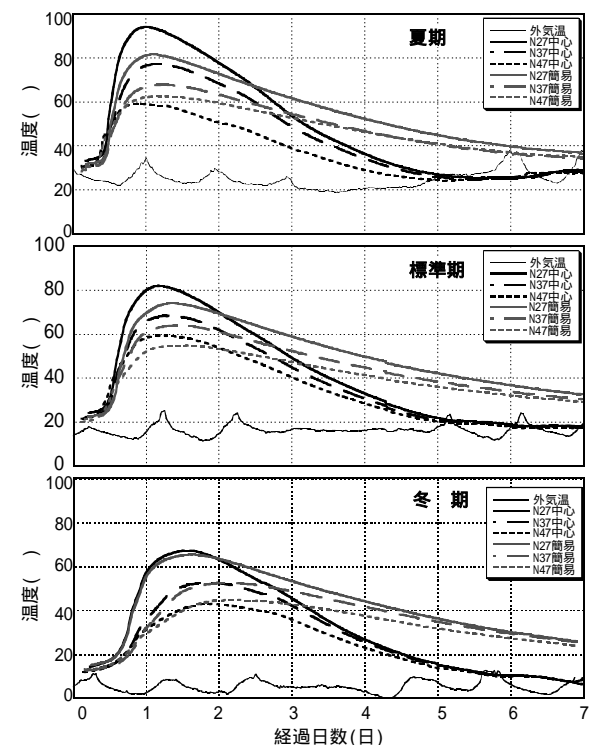


図6 温度履歴

きくなる傾向を示した。これは、各セメントの鉱物組成の違いによる特徴が顕著に表れているものであり、JIS R 5210「ポルトランドセメント」に示されているように、セメント種類ごとに珪酸カルシウム化合物の種類と量が異なるためと考えられる。

また、Lを用いた場合、材齢7日における圧縮強度は、標準養生供試体よりも柱模擬試験体および簡易断熱養生供試体で大きくなった。これは、柱模擬試験体および簡易断熱養生供試体において初期の温度が高く、セメントの水和反応が促進したことが影響していると考えられる。さらに、MおよびLを用いた場合、材齢7日における圧縮強度は、一部を除き簡易断熱養生供試体で最も高くなる傾向を示した。この傾向は、Lを用いた場合に顕著であった。これは、前述したように、簡易断熱養生供試体における温度の降下速度は、柱模擬試験体よりも遅く、材齢7日までの積算温度が大きくなったためと考えられる。

以上のことより、材齢7日の圧縮強度が初期の温度履歴から受ける影響は、L、M、Nの順に大きいと考えられる。さらに、MやLを用いた高強度コンクリートの圧縮強度の管理に簡易断熱養生供試体を用いる場合、精度を高めるためには、材齢7日程度までの積算温度が柱模擬試験体と同等となるように簡易断熱容器の厚さや供試体の数を調整すればよいと思われる。

#### 4. まとめ

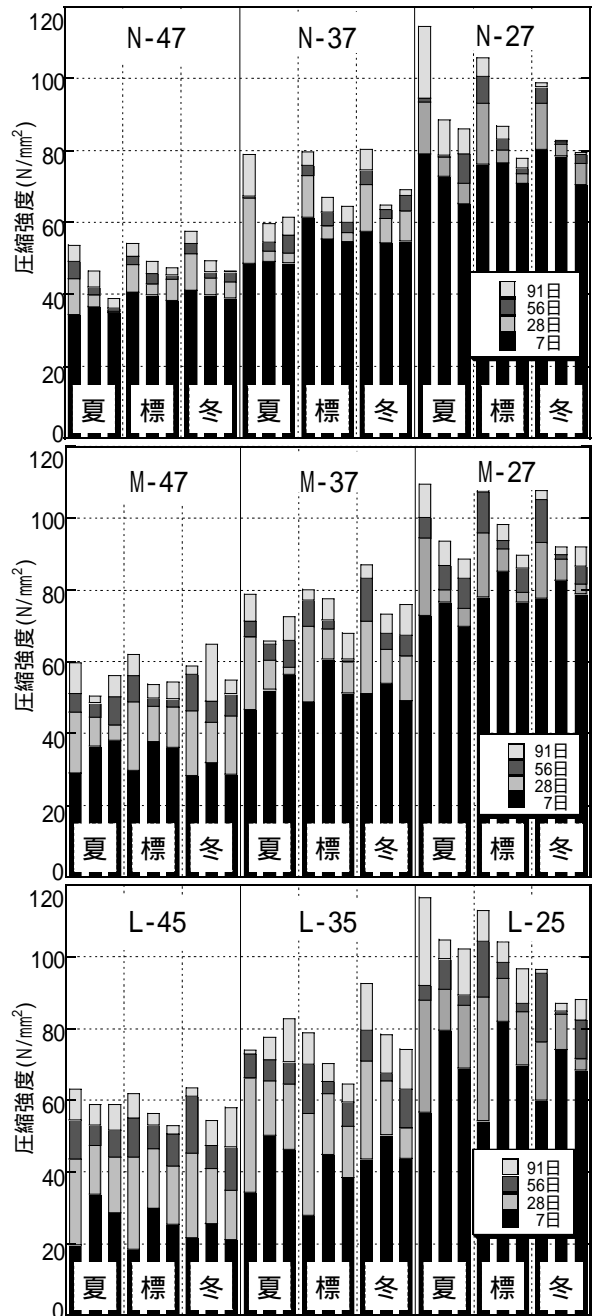
- (1) 簡易断熱養生供試体は、セメントの種類に関わりなく柱模擬試験体よりも最高温度が低く、温度の降下速度が遅くなった。また、全体に、打込み温度が高いほど、最高温度到達時間が早かった。
- (2) MおよびLを用いた高強度コンクリートの材齢7日における圧縮強度は、最高温度ならびに積算温度の影響を受けていた。
- (3) 材齢7日における圧縮強度が初期の温度履歴から受ける影響は、L、M、Nの順に大きい。

#### 【謝辞】

本実験を行うにあたり、小山レミコ(株)、太平洋セメント(株)、山宗化学(株)、三友エンジニアリング(株)、フジミ工研、(株)内山アドバンス女屋英明課長、斉藤文士係長ならびに中田研究室の学生より多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝致します。

#### 【参考文献】

- 1) 榎田佳寛ほか：高強度コンクリートの構造体中での第537, pp.13-20, 2000.11
- 2) 榎田ほか：普通ポルトランドセメントを用いた高強度コンクリートの構造体における圧縮強度とセメント水比の関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.



棒グラフは、左から標準養生、簡易断熱養生、柱模擬供試体

図7 各セメント別の圧縮強度

1063-1064, 2002.08

- 3) 秋里紅路ほか：中庸熱ポルトランドセメントを用いた高強度コンクリートの諸性状および構造体強度と水セメント比の関係, コンクリート工学論文集, 第16巻第2号, pp.71-80, 2005.5
- 4) 佐々木真宏ほか：各種セメントを用いた高強度コンクリートの強度発現性に関する研究, ものつくり大学卒業論文, 2005.03
- 5) 竹内良ほか：低熱ポルトランドセメントの暑中コンクリートへの適用, コンクリート工学年次論文集, vol.20, No2, pp553-558, 1998.6
- 6) 坂本健ほか：低熱ポルトランドセメントを用いた高強度コンクリートの低温時におけるフレッシュおよび強度発現に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1071-1072, 2002.8