

# 論文 中庸熱ポルトランドセメントを用いた壁部材におけるコンクリートの強度発現に及ぼす湿潤養生期間の影響

吉岡 昌洋\*1・榎田 佳寛\*2

**要旨:** 中庸熱ポルトランドセメントを使用したコンクリートについては、JASS5 (2003 年版) にて、湿潤養生期間が 7 日間以上必要であるとされているものの、養生環境によっては必ずしも 7 日間を必要としない可能性がある。そこで、7 日以下の範囲にて湿潤養生期間を変えた場合のコンクリート壁部材のコア強度とコア供試体を模擬したテストピースの圧縮強度を測定し、実験検討を行った。その結果、湿潤養生期間が 7 日間以下であっても、圧縮強度が一定値 (10N/mm<sup>2</sup> 程度) 以上得られるまで湿潤養生を行うことで、7 日間湿潤養生を実施した場合と同等の圧縮強度が得られることが確認された。

**キーワード:** 中庸熱ポルトランドセメント, 湿潤養生, 圧縮強度, 積算温度

## 1. はじめに

コンクリートの品質が養生条件の影響を強く受け、コンクリートの強度発現等の確保には湿潤養生が重要であることは広く知られている。JASS5 (2003 年版)<sup>1)</sup>における規定では、湿潤養生期間は計画供用期間の級が一般および標準の場合に普通ポルトランドセメントで 5 日間、その他のセメントでは 7 日間以上を必要としている。しかしながら、硬化後のコンクリートの性能を担保するために必要な湿潤養生期間は養生温度等の環境により異なると考えられ、必ずしも一律の養生期間を必要とすることは適当ではないことが考えられる。

和泉ら<sup>2)</sup>は、普通ポルトランドセメントについて、構造体コンクリートの強度発現の視点から、一定値以上の圧縮強度が得られた時点で湿潤養生を打ち切れば、その後の強度発現や耐久性に及ぼす影響が少ないと報告している。現行 JASS5 ではその結果を受けて、改定時に普通ポルトランドセメント、および早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートについて湿潤養生を打ち切ることのできる圧縮強度を 10N/mm<sup>2</sup>としている。

一方、中庸熱ポルトランドセメント (以下、Mセメント) は、コンクリートのひび割れ抑制や高強度コンクリートへの対応を目的として近年の使用事例が増加しており、湿潤養生期間についてもいくつかの研究<sup>3),4)</sup>がなされてはいるものの、JASS5 では、その他のセメントとして一律に 7 日間以上の湿潤養生を必要としている。そのため、Mセメントでも、より合理的で実用的な初期湿潤養生方法の検討が望まれている。

そこで本報では、Mセメントを用いたコンクリートについて、部材が薄く水和発熱による初期強度発現効果が

得られにくい上に、比較的乾燥の影響を受け易い壁部材において、湿潤養生期間が構造体強度発現性状にどのような影響を与えるかを実験的に検討した。

## 2. 積算温度と強度発現の関係による養生期間の検討

図-1 にコンクリートの湿潤養生期間の積算温度とその後の乾燥進行に伴う強度発現関係の概念図を示す。一般的に積算温度と圧縮強度は対数の関係にあるとされており、実線で示した曲線が現場封かん養生にて湿潤養生した場合の強度発現履歴であるとする。その場合に、現場封かん養生での材齢  $n$  日における積算温度を  $M_n$ 、その時の圧縮強度を  $F_n$  とすると、基準となる湿潤養生期間 7 日の積算温度を  $M_7$  とした時、 $M_a < M_b < M_7$  となるような 3 材齢の比較により湿潤養生期間と湿潤養生時打切り強度およびその後の強度発現を評価することとした。そこで、材齢  $n$  日で湿潤養生を打切った場合の、管理強度材齢  $m$  日の積算温度  $M_m$  における圧縮強度を  ${}_nF_m$  と標記し、 ${}_7F_m$  を強度発現における基準値とした。

また、積算温度の極めて小さい材齢で乾燥を受け始めた場合、コンクリート表面の緻密性が低下して水分の逸散が生じ易くなると考えられる。その結果、長期的に水和反応に使用されるべき自由水量が不足して、破線で示す曲線のように乾燥開始後の勾配が小さくなり、強度発現が低下することが推測される。ただし、積算温度や圧縮強度が一定値以上得られるまで湿潤養生を継続することで、長期強度の低下が抑制される可能性も考えられる。そこで本報では、現場封かん養生における圧縮強度が構造体コンクリート強度発現のポテンシャルであると捉え、湿潤養生期間と長期強度発現の関係を検討した。

\*1 (株)長谷工コーポレーション技術研究所 工修 (正会員)

\*2 宇都宮大学工学部建設学科 教授 工博 (正会員)

### 3. 実験概要

本実験は、Mセメントを用いたコンクリートの圧縮強度に及ぼす湿潤養生の影響評価を目的とし、2種類の水セメント比のコンクリートについて、湿潤養生打ち切り材齢毎に各種供試体にて圧縮強度試験を実施した。構造体コンクリート強度の管理・評価において、壁状部材では現場水中および現場封かん養生による強度がその特性をよく示すとされている。しかし、厚さが薄いため、乾燥の影響から生じる表層部の強度低下による、構造体強度への影響が比較的大きいと考えられる。よって、強度発現をより有効に推定するために、コア供試体の乾燥条件と履歴を再現したφ10×h20cmの上下開放円柱供試体<sup>3)</sup>を用いた場合の妥当性も含めて実験検証した。

#### 3.1 試験体概要

実験に用いた2調合のコンクリートについて、表-1に使用材料をおよび表-2に調合を示す。全水準にて粗骨材量を一定とし、スランブ18cmのコンクリート調合計画とした。実験は標準期(5/23打設, 日平均気温21.9℃)および冬期(12/12打設, 日平均気温3.9℃)に実施しており、全て実機プラントによるレディーミクストコンクリートを使用した。スランブ調整等により標準期および冬期で調合は若干異なる。

次に、圧縮強度試験に用いた円柱供試体およびコア供試体試験の要因と水準を表-3に示す。コア供試体は、構造体圧縮強度の評価を目的とした幅90cm×高さ90cm、厚さ20cmの実大壁模擬試験体(以下、壁試験体)より、壁面に垂直にφ10×h20cmのコアを採取した供試体である。試験時期別にM55では湿潤養生期間を全3水準、M45では1水準の実施とし、壁試験体を計8体作製した。また円柱供試体については、以下の5種類作製した。壁試験体の乾燥状態をφ10×h20cm円柱供試体で再現するため、円筒状のモールドの側面部を残し、供試体上下面のみを開放<sup>2),3)</sup>した上下開放円柱供試体(以下、上下TPと略す)、その他、通常の圧縮強度用φ10×h20cm円柱供試体として標準養生供試体(以下、標準TP)、現場封かん養生供試体(以下、現封TP)、現場水中養生供試体(以下、現水TP)および設定材齢にて全面を脱型して乾燥を開始した供試体(以下、気乾TP)である。

#### 3.2 実験要因と水準

実験の主要因である湿潤養生期間は、材齢7日を基準とし、それ以前の材齢を2点設定し、標準期では2日、4日および7日、冬期では3日、5日および7日の3水準とした。なお、湿潤養生の打ち切りは、壁試験体ではせき板の取り外し、円柱供試体では打設面と底面の2面のみ脱枠して行った。なお、上下TPでは収縮により生じるモールドとの隙間からの過度な乾燥の進行を防止するために、モールドとの境界をシールして塞いだ。

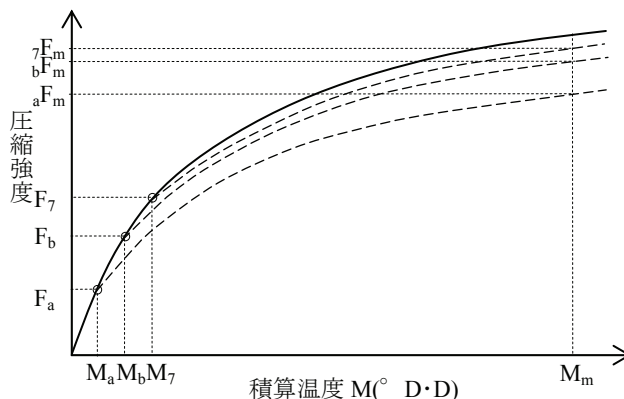


図-1 湿潤養生期間の積算温度と強度発現の関係概念図

表-1 使用材料

記号	使用材料	物性
M	中庸熟ポルトランドセメント	密度3.21g/cm <sup>3</sup>
S1	鹿島産砂	表乾密度2.59g/cm <sup>3</sup> , 吸水率2.35%
S2	鹿沼産砕砂	表乾密度2.62g/cm <sup>3</sup> , 吸水率1.98%
G	鹿沼産碎石	表乾密度2.64g/cm <sup>3</sup> , 吸水率0.96%
Ad	AE減水剤	密度1.08g/cm <sup>3</sup>

表-2 コンクリートの調合

調合記号	試験時期	W/C (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
						W	C	S	G	Ad	
M55	標準期(S)	55.0	18.0	4.5		47.6	175	318	845	946	3.18
	冬期(W)					48.0	171	311	861		3.11
M45	標準期(S)	45.0				44.6	184	409	749		4.09
	冬期(W)					45.1	180	400	764		4.00

表-3 圧縮強度測定用供試体の要因と水準

調合記号	供試体記号	標準TP	現水TP	現封TP	コア供試体	上下TP	気乾TP
	湿潤養生条件	水中	水中	封かん	所定の湿潤養生期間でせき板を取り外し	所定の湿潤養生期間上下面のみを開放	所定の湿潤養生期間で脱型
	温度条件	20℃		券囲気温度			
M55	標準期(S)	○	○	○	○(2d)	○(2d)	-
					○(4d)	○(4d)	-
					○(7d)	○(7d)	-
	冬期(W)	○	-	○	○(3d)	○(3d)	○(3d)
					○(5d)	○(5d)	○(5d)
					○(7d)	○(7d)	○(7d)
M45	標準期(S)	○	○	○	○(1d)	○(2d)	-
					-	○(4d)	-
					-	○(7d)	-
	冬期(W)	○	-	○	-	○(3d)	○(3d)
					○(4d)	○(5d)	○(5d)
					-	○(7d)	○(7d)

※:( )内は湿潤養生期間を表す

表-4 フレッシュコンクリート

調合記号	試験時期	フレッシュコンクリート試験		
		スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
M55	標準期(S)	18.5	4.7	22.0
	冬期(W)	17.5	5.1	12.0
M45	標準期(S)	19.5	3.7	23.0
	冬期(W)	19.0	4.1	13.0

試験環境は両供試体とも同一とし、気温が外気温度と同等で風雨の影響を受けない実験棟内での屋内放置とした。なお、壁試験体は内部温度、供試体は雰囲気の外気温度を測定し供試体温度とした。

圧縮強度試験材齢は28日、56日および91日の3水準とし、その他、現封 TP における湿潤養生打ち切り材齢時の圧縮強度を各湿潤養生打ち切り材齢にて測定した。

### 3.3 圧縮強度試験

各種供試体において設定材齢にてアンボンドキャッピングにより JIS A 1108 に準拠し、アムスラー型 100kN 万能試験機にて3体ずつ圧縮強度試験を実施した。

## 4. 試験結果

### 4.1 フレッシュコンクリート試験結果

表-4 にフレッシュコンクリート性状を示す。スランブ、空気量ともほぼ調合計画通りであり、コンクリート温度の標準期と冬期の差異は約 10℃であった。

### 4.2 圧縮強度試験結果

表-5 にコア供試体を採取した壁模擬試験体内部および外気温度の積算温度を示す。なお、積算温度については、式(1)で計算される積算温度 M を用いて示した。

$$M = \sum_{z=1}^n (\theta_z + 10) \quad (1)$$

ここで、M は積算温度 (°D・D)、z は材齢 (日)、 $\theta_z$  は材齢 z 日における日平均コンクリート温度または日平均温度 (°C) を各々示す。

湿潤養生継続期間の積算温度は 42 (°D・D) ~ 247 (°D・D) の範囲にあり、材齢 7 日での積算温度は標準期で 220 ~ 247 (°D・D)、冬期で 104 ~ 128 (°D・D) であった。また、壁試験体の発熱温度上昇は小さく、材齢 2 日ではほぼ外気温度と同等まで低下した。そのため、調合および試験時期に因らず、材齢 2 日以降の両者の積算温度差はほぼ一定で 20 (°D・D) 程度であり、積算温度差異による長期的な強度発現への影響は無視できる範囲と考えられる。

表-6 に湿潤養生打ち切り時の封かん供試体の圧縮強度結果を示す。湿潤養生打ち切り時現封 TP 強度は、初期材齢における現封 TP 強度であり、上下 TP を脱型した時点での発現強度に相当する。

表-7 に各供試体の材齢 28 日、56 日および 91 日における圧縮強度を示す。いずれの調合においても、材齢 56 日および 91 日時点の圧縮強度は標準 TP が最高で、次いで現封 TP が高い傾向であった。乾燥を受けた供試体の圧縮強度は、コア供試体が最高で、次いで上下 TP となり、気乾 TP が最も低い。やはり全表面積にて乾燥が生じる気乾 TP はコア供試体と比べて大幅な圧縮強度の低下が生じており、特に湿潤養生期間が短いと顕著である。それに対し、上下 TP はコア供試体に近い値が得られて

表-5 各材齢における積算温度

調合記号	試験時期	温度測定対象	湿潤養生期間	各材齢の積算温度(°D・D)								
				2d	3d	4d	5d	7d	28d	56d	91d	
M55	標準期(S)	壁試験体	2d	80	—	139	—	233	913	1931	3327	
			4d	80	—	147	—	247	923	1941	3337	
			7d	81	—	148	—	247	923	1941	3337	
	冬期(W)	壁試験体	3d	—	60	—	90	126	433	873	1511	
			5d	—	60	—	93	125	431	872	1509	
			7d	—	59	—	91	128	435	875	1513	
		外気	—	—	42	—	69	104	410	851	1488	
M45	標準期(S)	壁試験体	2d	83	—	145	—	240	921	1944	3334	
			外気	—	62	—	124	—	220	912	1936	3326
			冬期(W)	壁試験体	5d	—	61	—	93	127	434	875
	外気	—	—		42	—	70	104	410	851	1489	

表-6 現封 TP における湿潤養生打ち切り時強度

調合記号	試験時期	湿潤養生打ち切り時現封 TP 強度 (N/mm <sup>2</sup> )				
		2d	3d	4d	5d	7d
M55	標準期(S)	6.53	—	11.6	—	14.0
	冬期(W)	—	2.72	—	5.29	8.64
M45	標準期(S)	10.9	—	16.8	—	22.3
	冬期(W)	—	5.16	—	10.0	16.4

表-7 強度試験結果

調合	供試体記号	湿潤養生打ち切り材齢	打設時期					
			標準期(S)			冬期(W)		
			各材齢の圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )					
			28d	56d	91d	28d	56d	91d
M55	標準TP	-	25.4	35.1	38.1	22.5	31.1	35.0
	現水TP	-	27.4	—	—	—	—	—
	現封TP	-	27.7	33.7	36.3	19.9	27.8	33.6
	上下TP	2d	24.0	28.4	29.8	—	—	—
		3d	—	—	—	18.3	23.2	26.8
		4d	25.1	29.2	31.5	—	—	—
		5d	—	—	—	19.6	23.4	28.1
		7d	26.0	30.4	31.7	19.6	23.1	29.8
	コア供試体	2d	25.2	29.1	33.7	—	—	—
		3d	—	—	—	19.6	23.1	27.9
		4d	26.2	32.4	34.0	—	—	—
		5d	—	—	—	20.0	26.0	30.6
	気乾TP	7d	29.0	32.6	33.9	19.5	25.6	31.5
		3d	—	—	—	14.6	—	—
		5d	—	—	—	16.5	—	—
M45	標準TP	-	40.2	49.5	54.0	40.4	49.2	52.8
	現水TP	-	42.8	—	—	—	—	—
	現封TP	-	37.9	44.9	47.3	31.9	39.2	46.3
	上下TP	2d	33.2	38.8	42.4	—	—	—
		3d	—	—	—	28.3	34.4	37.7
		4d	35.2	40.7	43.5	—	—	—
		5d	—	—	—	29.7	35.9	40.7
		7d	36.1	40.3	43.1	31.3	36.5	40.0
	コア供試体	2d	36.6	44.6	46.7	—	—	—
		5d	—	—	—	31.0	37.6	42.6
	気乾TP	3d	—	—	—	21.0	—	—
		5d	—	—	—	26.4	—	—
		7d	—	—	—	29.2	—	—

いる。そこで図-2に上下TPとコア供試体の強度発現の関係を示す。直線により回帰すると水セメント比に因らずコア供試体強度が一定の率だけ高い傾向が見られ、その割合は7.38%程であった。コア供試体は上下TPよりも湿潤養生打ち切り材齢までの積算温度が20(°D・D)程度高いものの、材齢28d以降における強度影響は非常に小さくなるため、強度差発生の主な要因は上下TPではより疎となりやすい打設面が乾燥を受けるために、コア供試体よりも乾燥の影響を強く受けたことによる可能性が高いと考えられる。しかし、上下TPはコア供試体の湿潤養生期間の違いにより生じる強度発現傾向にある程度再現し、かつ安全側の評価を可能としており、構造体強度管理用供試体として有効と考えられる。

### 5. 積算温度による検討および考察

対象とするコンクリートの積算温度と圧縮強度の関係を(2)式に示す。

$$F = \alpha \cdot \text{Log}_{10}(M) + \beta \quad (2)$$

ここで、Fは圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)、Mは積算温度(°D・D)、 $\alpha$ および $\beta$ は実験定数を各々示す。

#### 5.1 積算温度とコンクリートの強度発現の概念

強度発現の概念図を図-3に示す。コンクリートの強度発現は式(1)で計算された積算温度に対してS字状に増加するロジスティック曲線で示される<sup>4)</sup>。そして、現封TPにおける封かん圧縮強度が図中の曲線に示した強度発現となる場合に、点線で示した3本の折れ線で近似が可能となる<sup>5)</sup>。同様に上下TPおよびコア供試体の強度もM<sub>n</sub>までは現封TP近似式で示され、M<sub>n</sub>以降の強度発現は第2折線とM<sub>n</sub>で交差する第2'折線にて示すことができる。さらに、最終到達強度に到る長期強度発現は第3折線上での評価となるが、その勾配は小さく、且つ、ばらつきも大きいため、予測精度の点から実用的ではない。そこで、本研究においては、第2'折線上の範囲で湿潤養生打ち切り時から中長期における強度発現を評価するものとする。図中にはM<sub>2</sub>、M<sub>4</sub>およびM<sub>7</sub>まで湿潤養生した場合の第2'折線の例を示した。この第2'折線の勾配変動を捉えることにより湿潤養生期間が異なる場合の強度発現傾向の評価が可能と考えられる。

#### 5.2 封かん強度と積算温度の関係

積算温度と圧縮強度発現による考察検討の実施に伴い、図-4に現封TP強度と積算温度の関係を示す。標準期(S)と冬期(W)で若干傾向が異なるため、試験時期毎に式(2)にて回帰し、標準期(S)を太線、冬期(W)を細線で示した。表-8には回帰式の実験定数 $\alpha$ 、 $\beta$ および相関係数rを示す。本実験での標準期(S)の材齢91日にあたる約3300(°D・D)まで、全ての点を(2)式にて回帰して得た第2折線のみで高い相関が得られた。そこで、

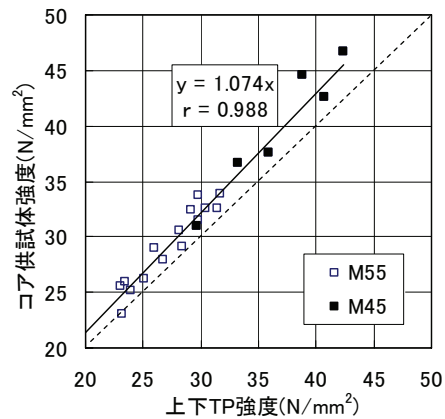


図-2 上下TPとコア供試体の強度発現の関係

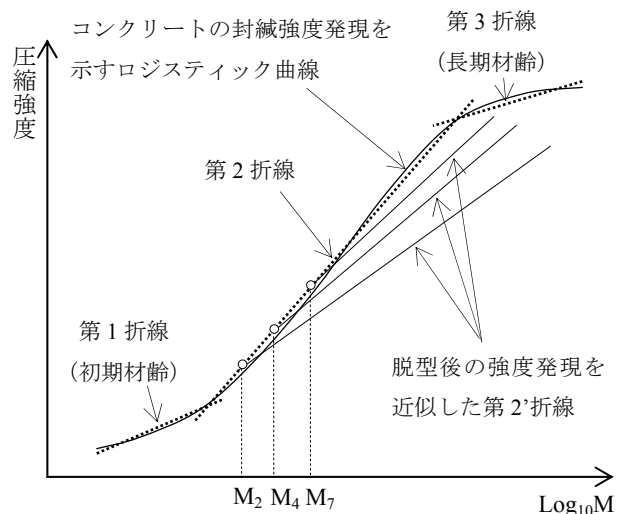


図-3 コンクリートの強度発現回帰線概念

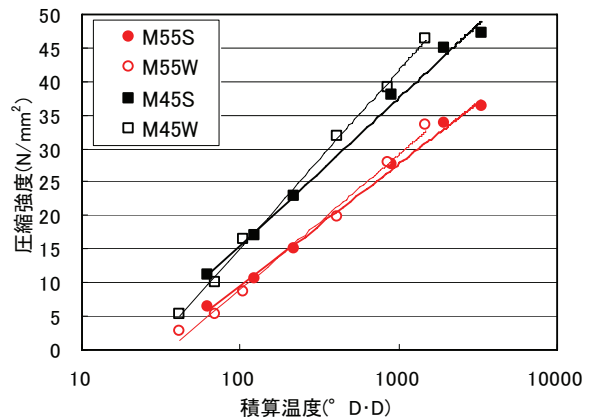


図-4 積算温度と現封TP強度

表-8 現場封かん圧縮強度回帰式の実験定数と相関係数

記号	試験時期	$\alpha$	$\beta$	r
M55S	標準期	18.2	-26.8	0.996
M55W	冬期	20.1	-31.3	0.993
M45S	標準期	21.9	-28.3	0.995
M45W	冬期	26.5	-37.9	0.998

潤養生打ち切り後についても、約40(°D・D)から約3300(°D・D)の範囲であれば、第2'折線のみでの評価が可能であるものとして、検討を実施した。



### 5.3 湿潤養生期間毎の圧縮強度と積算温度の関係

図-5に上下TP圧縮強度と積算温度の関係を示す。図-6にコア供試体の圧縮強度と積算温度の関係を示す。図中の太線が図-4にて示した現封TP強度による封かん養生の回帰線であり、図-6のコア供試体についても所定の湿潤養生での強度発現は現封TPと同一であると仮定して現封TPでの回帰線を示した。湿潤養生打ち切り材齢時点の強度は、測定による誤差の影響を除くために、表-8で示した実験定数の回帰式から算出した回帰値を用いた。その回帰値を含む湿潤養生打ち切り後の強度を、式(2)にて回帰した線を細線で示した。表-9に湿潤養生打ち切り後の強度発現回帰式の実験定数および相関係数を示す。ここで示した各条件下における $\alpha$ が湿潤養生打ち切り後の強度発現特性の指標となると考えられ、回帰線の勾配 $\alpha$ が上下TPと比較してコア供試体の方が大きくなる結果が得られており、総じてコア供試体よりも上下TPが乾燥の影響を強く受けている傾向が見られた。

また、M55の冬期(W)では湿潤養生を早期に打ち切るほど $\alpha$ が小さくなる傾向が認められた。しかし、M45およびM55の標準期(S)ではそのような傾向はなく、湿潤養生期間が長い場合に $\alpha$ が低下する傾向が見られた。これらは、単純に湿潤養生期間の影響のみではなく、湿潤養生打ち切り時の圧縮強度発現の影響を受けていると考えられる。そこで、湿潤養生n日の場合の勾配を $\alpha_n$ 、湿潤養生7日の勾配 $\alpha_7$ に対する勾配比( $\alpha_n/\alpha_7$ )をKとして、図-7に勾配比Kと湿潤養生打ち切り時現封TP強度の関係を示す。養生温度が低く、湿潤養生期間7日時点の圧縮強度が約10N/mm<sup>2</sup>以下となる場合には湿潤養生期間の増加に伴いKが増加しているのに対し、約10N/mm<sup>2</sup>以上の場合には、より強度が高い範囲で湿潤養生を打切った場合にもKは一般的な増加をしない傾向が見られる。これによりある程度以上の圧縮強度で湿潤養生を打ち切れば、それ以上の強度では勾配 $\alpha$ が低下し、最終到達強度に大きな差は生じないと考えられる。

また、本実験での湿潤養生7日の外気温度による積算温度は、冬期の104(°D・D)～標準期の約220(°D・D)の範囲となる。材齢7日の積算温度が104(°D・D)で、封かんTP圧縮強度が10N/mm<sup>2</sup>以下であったM55Wについては、湿潤養生期間を7日間以上とすればよい。そこで、M55W以外の3条件について回帰式を利用し、以下に上下TPの材齢91日推定圧縮強度の比較を行った。

湿潤養生期間7日の場合の材齢91日強度 $_{10N}F_{91}$ は、表-9の実験定数より推定される。一方、圧縮強度10N/mm<sup>2</sup>まで湿潤養生した場合の材齢91日強度を $_{10N}F_{91}$ とすると、 $_{10N}F_{91}$ は式(3)により示される。

$$_{10N}F_{91} = 10 + \alpha_{7,10N} K \cdot \text{Log}_{10} \frac{M_{91}}{_{10N}M} \quad (3)$$

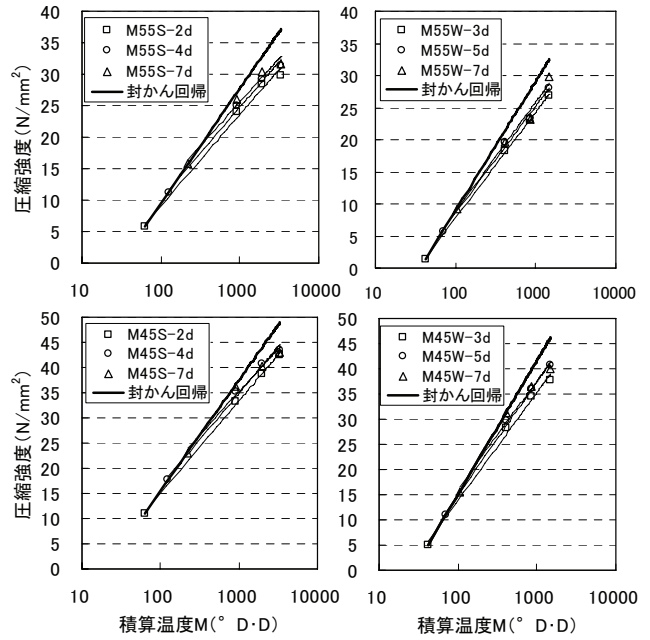


図-5 積算温度と上下TP圧縮強度の関係

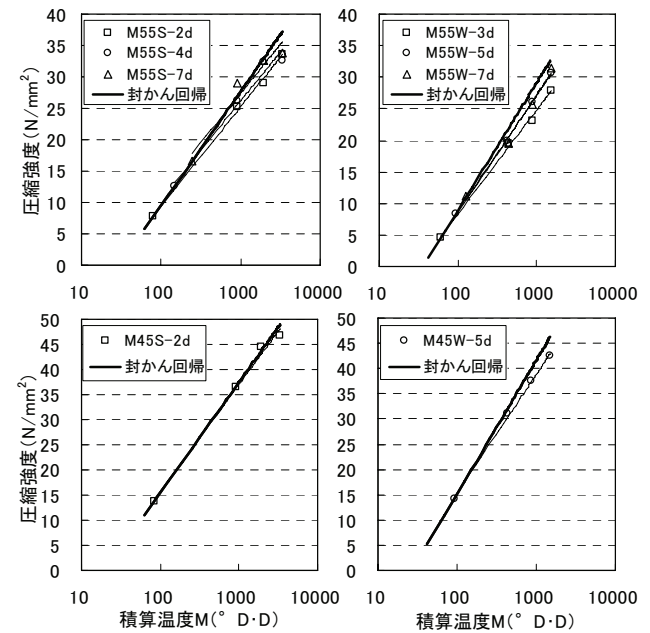


図-6 積算温度とコア供試体圧縮強度の関係

表-9 湿潤養生打ち切り後強度発現回帰式実験定数

供試体記号	試験時期	湿潤養生期間	M55			M45		
			$\alpha$	$\beta$	r	$\alpha$	$\beta$	r
上下TP	標準期(S)	2d	14.4	-19.6	0.996	18.3	-21.6	0.999
		4d	14.5	-18.7	0.996	18.5	-20.6	0.996
		7d	14.0	-16.4	0.987	17.1	-16.2	0.990
	冬期(W)	3d	16.5	-25.3	1.000	21.5	-29.2	0.997
		5d	16.6	-24.5	0.998	22.5	-30.1	0.998
		7d	17.0	-25.1	0.993	21.4	-26.5	0.992
コア供試体	標準期(S)	2d	15.8	-22.3	0.999	21.2	-26.1	0.997
		4d	15.7	-20.9	0.987	—	—	—
		7d	15.6	-19.6	0.974	—	—	—
	冬期(W)	3d	16.5	-24.6	0.998	—	—	—
		5d	18.4	-28.0	1.000	23.5	-31.6	0.998
		7d	18.7	-29.0	0.995	—	—	—

ここで、 $_{10N}F_{91}$ は圧縮強度が約10N/mm<sup>2</sup>に達するまで、湿潤養生した場合の材齢91日圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)、 $\alpha_7$ は

湿潤養生7日での実験定数  $\alpha$ ,  $_{10N}K$  は湿潤養生7日に対する圧縮強度  $10N/mm^2$  時の実験定数比  $\alpha/\alpha_7$ ,  $M_{91}$  は材齢91日の積算温度 ( $^{\circ}D \cdot D$ ),  $_{10N}M$  は圧縮強度  $10N/mm^2$  時の積算温度 ( $^{\circ}D \cdot D$ ) を各々示す。なお,  $\alpha_7 \cdot K$  は  $\alpha$  となるが, 本報では湿潤養生期間7日を基準として検討しており, 図-7にて示したように勾配比  $K$  が評価における重要な要素となるため,  $K$  を用いた表記とした。

表-10に材齢91日圧縮強度の推定強度比較を示す。式(2)により  $_{7}F_{91}$  を, 式(3)により  $_{10N}F_{91}$  を推定しており,  $_{10N}K$  の値は, 図-7の結果より推定した。 $_{7}F_{91}$  と  $_{10N}F_{91}$  との差はいずれの条件においても  $2N/mm^2$  以下となり, 同程度の強度が確保されると考えられる。

ここで, 上下 TP およびコア供試体について湿潤養生期間と圧縮強度の関係に着目すると, 材齢28日程度では湿潤養生期間の減少に伴い圧縮強度が低下する傾向があるのに対し, 材齢91日では湿潤養生期間の減少に伴って必ずしも圧縮強度が低下はしていない。そこで,  $_{7}F_m$  を基準とした圧縮強度比  $_{n}F_m/_{7}F_m$  を指標とし, 表-6の強度結果より, 図-8に材齢91日時の湿潤養生期間7日に対する圧縮強度比  $_{n}F_{91}/_{7}F_{91}$  と湿潤養生打ち切り材齢時現封 TP 強度との関係を示す。現封 TP 強度が  $8N/mm^2$  程度より低い場合, 強度比  $_{n}F_{91}/_{7}F_{91}$  が明らかに低下する傾向があるが,  $10N/mm^2$  程度以上であれば, 概ね 1.0 に収束している。つまり, 湿潤養生7日以下でも, 湿潤養生打ち切り材齢時現封 TP 強度を一定値以上とすることで, 7日間湿潤養生した場合と同等の圧縮強度が得られると考えられ, 必要強度は  $10N/mm^2$  程度と考えられる。

## 6.まとめ

厚さ 20cm の壁試験体から切り取ったコア供試体およびコア供試体の乾燥状況を模した上下開放円柱供試体で, 中庸熟ポルトランドセメントを用いた場合の構造体コンクリートの強度発現に及ぼす湿潤養生期間の影響を実験的に検討した結果, 以下の知見を得た。

- (1) コア供試体の乾燥状況を模した上下開放円柱供試体は, 構造体コンクリートの強度管理用供試体として有効である。
- (2) 現場封かん養生円柱供試体で湿潤養生期間7日以内に圧縮強度が  $10N/mm^2$  程度以上となる場合は, 湿潤養生打ち切り材齢時の圧縮強度を  $10N/mm^2$  とすることにより, その後の強度発現は7日間湿潤養生した場合と同程度となる事が期待出来る。

なお, 乾燥の影響を受けやすい壁部材の構造体コンクリートは, 最終到達強度がポテンシャル強度としての現場封かん養生供試体の強度より低くなる事が考えられるが, その定量的評価には, 強度発現に伴う内部自由水量の変化等, より詳細な検討が必要と考えられる。

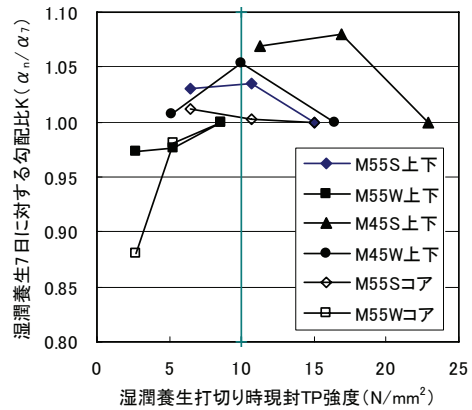


図-7 湿潤養生打ち切り時現封 TP と強度勾配比  $K$  の関係

表-10 材齢91日圧縮強度の推定強度比較

供試体記号	$\alpha_7$	$_{10N}K$	材齢91日積算温度 $M_{91}$ ( $^{\circ}D \cdot D$ )	現封TP強度 $10N/mm^2$ 時積算温度 $_{10N}M$ ( $^{\circ}D \cdot D$ )	$_{7}F_{91}$ ( $N/mm^2$ )	$_{10N}F_{91}$ ( $N/mm^2$ )	$_{7}F_{91} - _{10N}F_{91}$ ( $N/mm^2$ )
M55S	14.0	1.03	3326	107	32.9	31.5	1.38
M45S	17.1	1.06	3326	56	44.1	42.2	1.89
M45W	21.4	1.05	1488	65	41.3	40.5	0.79

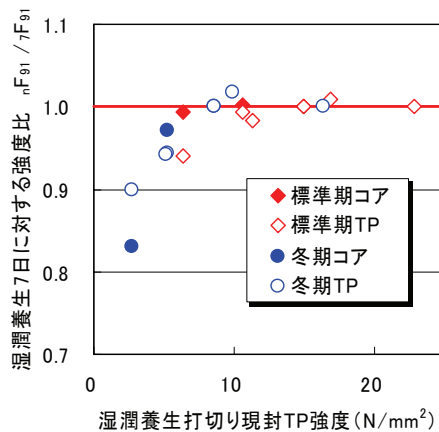


図-8 湿潤養生打ち切り時現封 TP 強度と圧縮強度比  $_{n}F_{91}/_{7}F_{91}$  の関係

## 参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2003
- 2) 和泉意登志, ほか7名：せき板の存置期間および初期養生が構造体コンクリートの品質に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集 No.449, 1993.7
- 3) 大倉真人, ほか18名：各種セメントを用いたコンクリートの合理的な湿潤養生期間に関する実験 (その1~その8), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp325~pp340 2006年9月
- 4) 洪悦朗, 鎌田英治, 田畑雅幸, 洪幸雄：ロジスティック曲線を応用したコンクリート強度推定式の提案—普通ポルトランドセメントの場合—, 日本建築学会構造系論文報告集 第367号, pp.1-7, 1869.9
- 5) 梶田佳寛, 佐藤幸恵, 中村成春, 嵩英雄：低発熱形セメントを用いたコンクリートの平均養生温度による強度補正值, 日本建築学会構造系論文報告集 第535号, pp.7-12, 2000.9