

プレキャスト部材のコンクリート強度に影響する要因の実験的検討

その3 加熱養生を行ったプレキャストコンクリート部材の初期材齢における内部温度履歴

正会員	○柳田 淳一 *1*2	正会員	堀池 一男 *1*5
〃	石川 伸介 *1*3	〃	鹿毛 忠継 *6
〃	大野 吉昭 *4	〃	栴田 佳寛 *7

プレキャストコンクリート 加熱養生 初期材齢
プレキャスト部材同一養生 温度履歴

1. はじめに

その3では、年間に亘って製造する板状および柱状のプレキャストコンクリート部材（以下、PC部材と呼ぶ）を模擬し、標準期、冬期および夏期に実施した製造実験において測定した温度を用いて、特に初期材齢におけるPC部材内部の温度履歴を検討した。併せてこの内容をもとに、初期材齢における強度管理についても一考察した。

2. 測定したPC部材の温度

温度を測定したPC部材は、その1に示すように厚さを200mmおよび300mmとした一辺2000mmの正方形板状部材と、一辺1000mmの立方体柱状部材である。コンクリートは、水セメント比55.0%,42.5%および30.0%の3種類とし、各PC部材はコンクリート種類ごとに製造した。

温度は、PC部材厚さ方向の上、中、下の3点、水平断面方向では中央と端部に熱電対を設け、10分間隔で測定した。これは、各実験実施時期ともに共通である。

3. 加熱養生方法とPC部材温度の傾向

実験は、加熱養生設備の異なるA工場およびB工場の2工場のうち、標準期はA工場とB工場、冬期および夏期はA工場で実施した。A工場は型枠定盤面の下部に蒸気を導入し、B工場は養生シート内に直接蒸気を導入して加熱する方式であり、PC部材の温度は参考文献1からA工場では定盤に接するPC部材下部が、B工場ではPC部材上部が上昇する傾向にある。なお、加熱養生は、両工場とも同じパターンで実施し、その2による。

4. 実験時期とPC部材内部の温度履歴

各実験時期の気温を図1に示し、その2をもとに各PC部材の水セメント比および厚さごとにまとめた各実験時期の温度履歴の一例を、図2から図5に示す。

これより初期材齢の温度は、実験時期に関わらず端部は中央より加熱養生の影響を敏感に受け、温度上昇や最高温度も加熱養生パターンに従った履歴となった。一方、中央は端部より敏感ではないものの、実験時期、PC部材厚さおよび水セメント比の要因と、さらに前述した加熱養生方法による傾向が加わった履歴となった。

なお、加熱養生と徐冷がほぼ終了した材齢2日目以降は、端部より中央の変動が小さいものの、気温による影響を受けている。

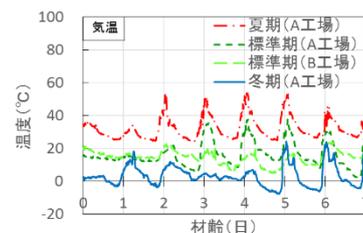


図1 実験時期と気温

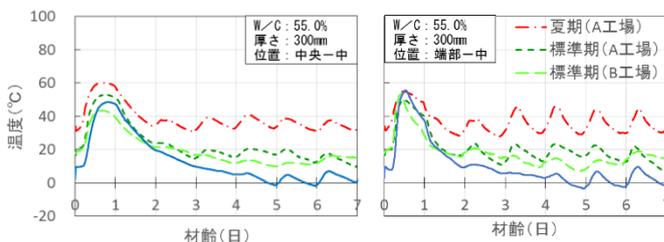


図2 PC部材の温度と実験時期 (W/C55.0%,厚さ300mm)

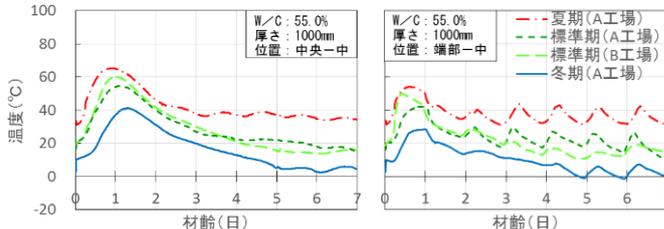


図3 PC部材の温度と実験時期 (W/C55.0%,厚さ1000mm)

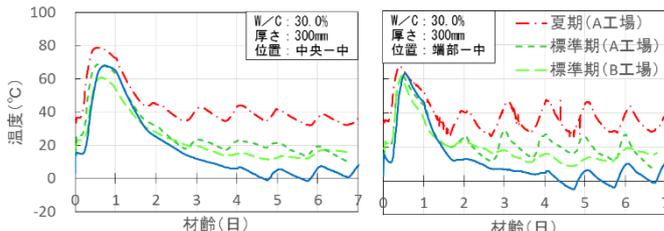


図4 PC部材の温度と実験時期 (W/C30.0%,厚さ300mm)

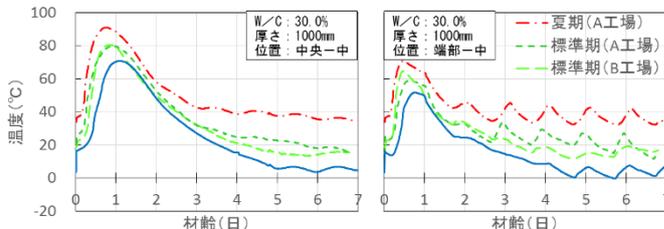


図5 PC部材の温度と実験時期 (W/C30.0%,厚さ1000mm)

Experimental Study on Compressive Strength of Concrete for Precast Concrete Members.

Part3. Temperature History in Early Age of Precast Concrete Members with in The Heating Curing.

YANAGIDA Junichi, ISHIKAWA Shinsuke, OHNO Yoshiaki, HORIIKE Kazuo, KAGE Tadatsugu

and MASUDA Yoshihiro

5. PC 部材の内部中心と端部の温度履歴の関係

加熱養生を行う PC 部材の中央と端部の初期材齢の温度は、前述のとおり加熱養生に他の要因が加わった履歴となる。このため、材齢によっては中央と端部の温度の高低が逆転する場合も生じる。そこで、式 1 に示す PC 部材同一水平断面の中央と端部の温度の差 ($\Delta T_{(c-e)}$) を求めたときの材齢 1 日までの関係の一例を図 6 と図 7 に、また、比較として加熱養生を行わない場合の関係の一例を図 8 に示す。

$$\Delta T_{(c-e)} = \text{中央温度} - \text{端部温度} \quad \dots \quad \text{式 1}$$

さらに、表 1 には $\Delta T_{(c-e)}$ が負から正に転換する材齢の一覧を示す。このうち、コンクリートの水セメント比ごとに転換が最も遅延するのは、冬期における PC 部材厚さ 1000mm の場合に共通し、W/C55.0% では 18.3 時間、W/C42.5% では 14.8 時間、そして W/C30.0% では 14.1 時間となり、水セメント比が大きいくほど遅延する傾向であった。 $\Delta T_{(c-e)}$ は加熱養生を行わない場合には常に正であるところ、このように加熱養生を行った場合には、最も遅い場合で材齢約 18 時間までには負となる状態が生じる。この間は PC 部材中央より端部の温度が高い状況となる。

6. 初期材齢における強度管理への一考察

脱型時強度などの初期材齢における圧縮強度管理には、一般的に $\phi 100 \times 200 \text{mm}$ の PC 部材同一養生供試体が用いられ、PC 部材端部とほぼ同等の温度履歴を受けるよう養生されている。PC 部材厚さが 200mm または 300mm の場合には、供試体の高さに近いために $\Delta T_{(c-e)}$ が負になる部分もこれによる評価に含まれると考えられるが、一方で 1000mm の場合には、材齢約 18 時間までは中央より端部温度が上回る状態になる場合があるため、この間は強度管理への配慮が必要となる。従って、表 1 に示した水セメント比ごとの最も遅い材齢以降に、PC 部材と PC 部材同一養生供試体の温度と圧縮強度との関係をみて脱型時期を定めれば、脱型時強度の割増し管理などの特別な配慮は、必ずしも要しない可能性がある。

7. まとめ

- 1) 加熱養生を行う PC 部材の中央と端部は、加熱養生に他の要因が加わった温度になる
- 2) 加熱養生を行わない場合には、 $\Delta T_{(c-e)}$ は常に正になる
- 3) 加熱養生を行う PC 部材の $\Delta T_{(c-e)}$ は、最も遅い場合で材

齢 14.1~18.3 時間以降に負から正になる

- 4) 加熱養生を行う厚さ 1000mm の PC 部材の初期材齢では、PC 部材と管理用供試体の温度と圧縮強度の関係をみて脱型時期などを定めれば、より合理的に管理できる可能性がある

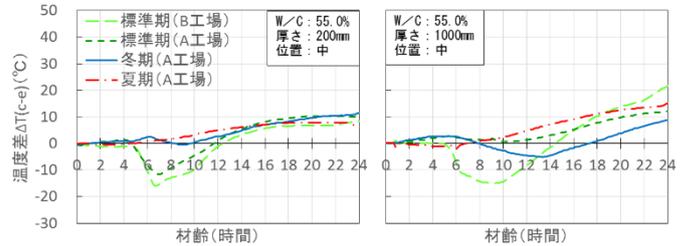


図 6 PC 部材中央と端部の温度差 $\Delta T_{(c-e)}$ (W/C55.0%)

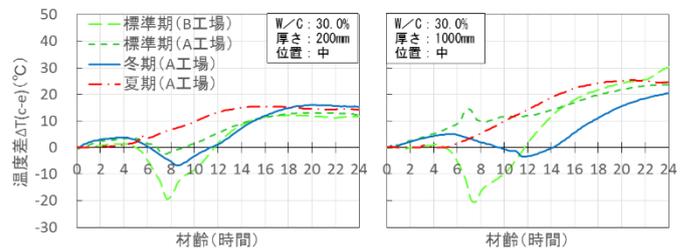


図 7 PC 部材中央と端部の温度差 $\Delta T_{(c-e)}$ (W/C30.0%)

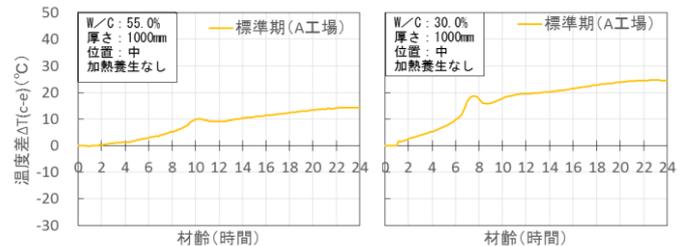


図 8 PC 部材中央と端部の温度差 $\Delta T_{(c-e)}$ (加熱養生なし)

表 1 $\Delta T_{(c-e)}$ が負から正に転換する材齢 (時間)

実施時期	標準期 (A工場)	標準期 (B工場)			冬期			夏期					
		200	300	1000	200	300	1000	200	300	1000			
55.0 %	上	11.8	13.5	-	12.3	14.2	13.4	11.1	17.4	【18.3】	9.1	8.6	7.2
	中	11.7	12.1	-	12.4	14.0	14.5	9.7	17.0	17.3	4.7	5.3	6.8
	下	10.3	9.3	-	13.0	14.0	14.8	-	14.5	-	3.6	4.4	3.3
42.5 %	上	11.1	-	-	11.5	11.7	14.1	12.0	13.5	14.3	7.6	6.0	6.5
	中	10.3	-	-	11.4	11.8	14.1	12.0	13.1	【14.8】	3.8	3.8	-
	下	10.1	-	-	11.4	11.3	11.1	10.6	-	-	-	3.0	-
30.0 %	上	9.0	8.8	-	11.7	12.4	12.1	12.0	13.1	13.7	3.1	5.8	5.8
	中	9.0	-	-	11.7	12.5	11.7	11.4	13.4	【14.1】	-	5.6	4.9
	下	-	-	8.1	11.7	12.4	11.5	-	-	-	-	-	-

【 】: 最も遅い材齢を示す “-”: 常に正を示す

【参考文献】

- 1) 柳田ほか: プレキャストコンクリートの部材強度と管理方法に関する実験 (その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2015年9月
- 2) 堀池ほか: プレキャスト部材のコンクリート強度に影響する要因の実験的検証 (その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 2016年8月

*1 プレハブ建築協会

*2 大木建設

*3 安藤ハザマ

*4 ベターリビング

*5 川田建設

*6 国土技術政策総合研究所

*7 日本大学

*1 Japan Prefabricated Construction Suppliers and Manufacturers Association

*2 OHKI Corporation

*3 HAZAMA ANDO Corporation

*4 Center for Better Living

*5 Kawada Construction

*6 National Institute for Land and Infrastructure Management

*7 Nihon University