

高強度プレキャスト部材の脱型時強度、出荷時強度及び構造体強度補正值に関する考察

正会員 ○大野吉昭^{1*} 正会員 鹿毛忠継^{4*}
 // 石川伸介^{2*3*}

プレキャスト部材 脱型時強度 出荷時強度
 構造体強度補正值 調合

1. はじめに

近年、環境性の向上を目的とし、セメントの使用量の削減、スラグ系混和材によるセメント置換など、環境配慮型のコンクリートが求められている。プレキャスト部材も多くセメントを使用していることから、社会的需要に合わせた製品を供給していく必要がある。

建築工事標準仕様書・同解説 JASS10 プレキャスト鉄筋コンクリート工事(2013)¹⁾ (以下、JASS10 とする) における調合強度 F および調合管理強度 F_m は、設計基準強度 F_c が 36N/mm^2 を超える場合、脱型時所要強度 F_A 、出荷時所要強度 F_B 、品質基準強度 F_q 、脱型時の温度補正係数 T_A 、出荷時の温度補正係数 T_B 、修正係数 α 、 β および強度補正係数 S から求める。

プレキャスト部材製造工場では、翌日脱型により製造の効率化が図られている。そのため、脱型後の PC 部材の移動を考慮し、部材が損傷しない程度の強度が必要であり、一般に F_A は、 $10\sim 15\text{N/mm}^2$ で管理されている。また、PC 部材は、保証材齢より前に出荷される場合があり、最短の出荷日を材齢 7 日としていることが多い。このとき保証材齢で F_q を満たすために、出荷時の強度を $0.7\sim 1.0\times F_c$ で管理している場合がある。

プレキャスト部材は、製造・施工上の条件に応じて、脱型時強度や出荷時強度に余裕をもたせる調合としており、セメント量が大きくなりやすい。しかし、環境性の面からは、セメント量の削減した合理的な調合としていく必要がある。ここでは、特にセメント量が多い、高強度 PC 部材を対象として、脱型時や出荷時の合理的な調合設計について考察を行う。

2. 集計方法

実験の集計対象とした工場は、(一社)プレハブ建築協会の認定工場のうち高強度 PC 部材品質認定 (H 認定) に関わる工場、実験は夏期・冬期・標準期に実施したものである。試験体は、柱状模擬部材(縦 $1.0\text{m}\times$ 横 $1.0\text{m}\times$ 高さ 1.0m)から採取したコア供試体および圧縮強度管理用の円柱供試体を対象とした。

集計対象の条件を表 1 に示す。セメントは中庸熟ポルトランドセメントを用いたもので、柱状模擬部材は加熱養生を行っていないものである。集計は、脱型時(18~24 時間)および出荷時(材齢 7 日)における部材同一養生の圧縮強度、

表 1 集計対象の条件

項目	詳細
工場数	18 工場
セメント	中庸熟ポルトランドセメント(MPC)
試験材齢	18~24 時間(脱型時)、7 日(出荷時)、28 日、91 日
圧縮強度	60~150N/mm ² (標準養生 28 日)
水セメント比	17~40%
養生方法	柱状模擬部材：加熱養生なし 円柱供試体：部材同一養生、標準養生

材齢 28 日における標準養生供試体の圧縮強度、材齢 91 日における柱状模擬部材のコア供試体の圧縮強度 σ_B について行った。なお、標準養生供試体(材齢 28 日)の圧縮強度は、 $60\sim 150\text{N/mm}^2$ 、実験の水セメント比は、 $17\sim 40\%$ の範囲であった。

3. 脱型時強度とコア強度、水セメント比の関係

脱型時の部材同一養生供試体と材齢 91 日コア供試体の圧縮強度の関係を図 1 に示す。材齢 91 日のコアの圧縮強度が $60\sim 150\text{N/mm}^2$ の範囲では、脱型時の圧縮強度は、概ね 15N/mm^2 を上回った。全体に脱型時の圧縮強度は、夏期、標準期、冬期の順に大きい。高強度コンクリートを用いる場合、脱型時強度が大きくなる。

また、脱型時の供試体の圧縮強度と水セメント比 W/C の関係を図 2 に示す。W/C が大きいほど、脱型時強度が小さく、同様に外気温が低い時期ほど、脱型時強度が小さい。また、本報告の範囲において W/C が 30%以下では、脱型時強度 15N/mm^2 以下はなかった。

標準期や夏期は気温が比較的高く、若材齢でも脱型時でも水和反応が速いが、冬期は水和反応が遅くなり、脱型時強度が標準期や夏期より小さい。 80N/mm^2 を超えるコア強度の場合、W/C は $15\sim 30\%$ 程度であり、脱型時所要強度 15N/mm^2 は概ね確保されていると考えられる。

4. 出荷日強度とコア強度、水セメント比の関係

出荷日の部材同一養生供試体と材齢 91 日コア供試体の圧縮強度の関係を図 3 に示す。材齢 7 日における出荷日の圧縮強度は、材齢 91 日のコア供試体の約 0.74 倍であり、ばらつきを考慮しても F_B は、 $2/3 F_c \sim 0.7 F_c$ 程度と考えられる。また、出荷日強度とコア強度に圧縮強度に大き

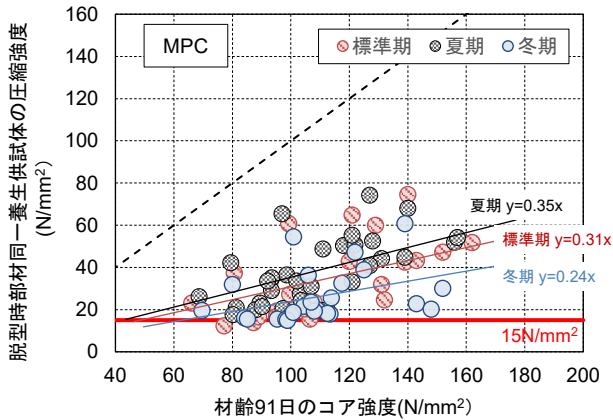


図1 脱型時強度と材齢91日のコア強度の関係

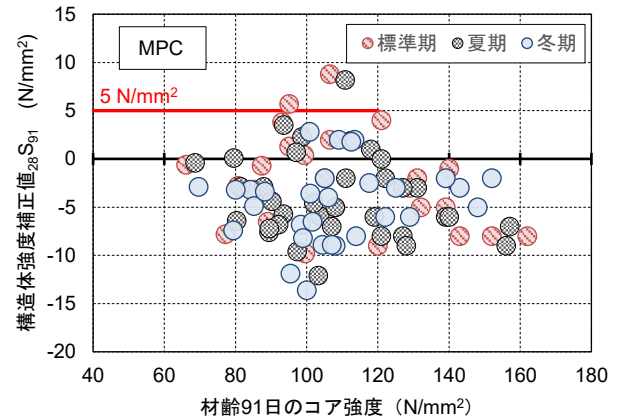


図4 $_{28}S_{91}$ と材齢91日のコア強度の関係

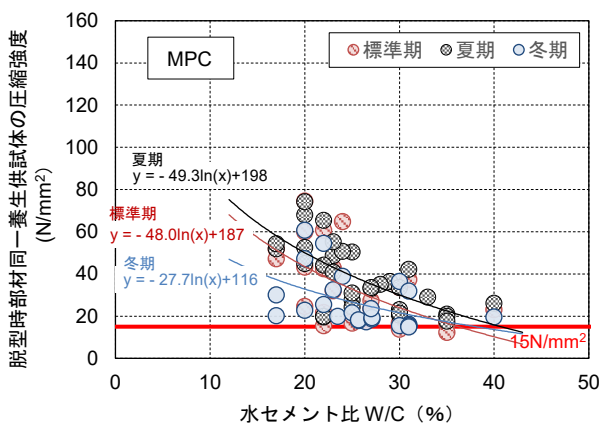


図2 脱型時強度と水セメント比の関係

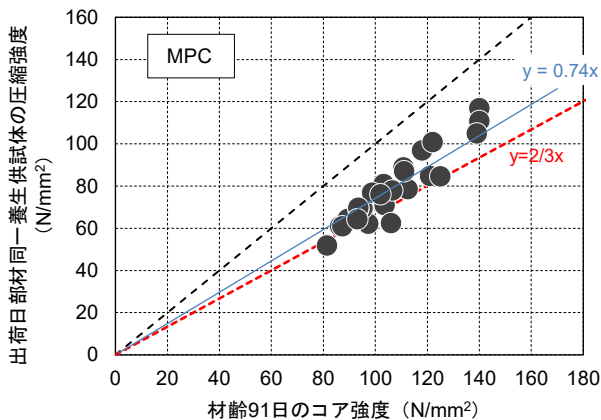


図3 出荷日強度と材齢91日のコア強度の関係

なばらつきがなく、 $F_B = 2/3 F_c \sim 0.7 F_c$ が確保されれば概ね構造体コンクリート強度が推定できる。また、材齢7日の出荷時では、ある程度水和反応が進むため製造時期による差は小さい。

このため、材齢7日における出荷時所要強度 F_B は、

$2/3 F_c \sim 0.7 F_c$ 程度で調合を定めることが合理的と考えられる。なお、本報告の集計データは、標準期・夏期・冬期を全て含んだ結果である。

5. 構造体強度補正值とコア強度の関係

構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$ とコア供試体の圧縮強度の関係を図4に示す。材齢91日におけるコア強度が 120 N/mm^2 以下の範囲では、 $_{28}S_{91}$ は 5 N/mm^2 程度であり、建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事(2022)²⁾ の値と同じであった。

6. まとめ

中庸熟ポルトランドセメントを用いた高強度 PC 部材のコンクリートについて、単位セメント量を定めるための、調合の要因について検討した結果、次の知見が得られた。

- (1) コア強度 80 N/mm^2 以上、かつ、W/C が 30% 以下の範囲では、脱型時強度所要強度 F_A は 15 N/mm^2 以上が概ね確保されており、合理的な調合を行う場合、温度補正係数 T_A を省略できると考えられる。
- (2) 材齢7日の出荷日所要強度 F_B を $2/3 F_c \sim 0.7 F_c$ に設定して調合を定めることが合理的と考えられる。
- (3) 構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$ は、コア強度 120 N/mm^2 以下の範囲で概ね 5 N/mm^2 以下であった。一方、コア強度が 120 N/mm^2 を超える範囲の $_{28}S_{91}$ は、 0 N/mm^2 以下であった。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 プレキャスト鉄筋コンクリート工事 JASS 10 (2013)
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 鉄筋コンクリート工事 JASS 5 (2022)

【謝辞】本報告をまとめるに際して、実験データのご提供を頂いた、(一社)プレハブ建築協会、関連工場の方々に深謝いたします。

*1 (一財)ベターリビング
*2 (一社)プレハブ建築協会
*3 (株)安藤・間 技術研究所
*4 (国研)建築研究所

*1 Center for Better Living
*2 Japan Prefabricated Construction Suppliers and Manufacturers Association
*3 HAZAMA ANDO CORPORATION
*4 Building Research Institute