

銅スラグ細骨材のプレキャスト PC 造建築物への適用

技術本部	技術研究所	中瀬博一
建築本部	PC 建築部	川本浩一
大阪支店	PC 建築部	小野原英一
ピー・エス・コンクリート(株)	久留米工場	浦辺真一

1. はじめに

近年、良質な天然骨材の減少、環境保全、資源の有効利用などの観点から銅スラグ細骨材の利用が注目されている。従来の銅スラグ細骨材は、単位水量やブリーディングの増加によりコンクリートの品質が低下する傾向にあったが、粒度分布と粒形が改善された銅スラグ細骨材が入手可能となった。そこで、将来的な骨材不足への対応、環境負荷低減などを目的とし、建築用プレキャスト部材に銅スラグ細骨材の適用を検討した。本報告では銅スラグ細骨材の適用に際して実施した検討結果とプレキャスト部材に適用した事例を紹介する。

表-1 使用材料

使用材料	種類	記号	仕様
セメント	早強セメント	HC	密度 3.14g/cm ³
細骨材	砕砂	S1	表乾密度:2.70g/cm ³
	山砂	S2	表乾密度:2.55g/cm ³
	銅スラグ細骨材	CUS	表乾密度 3.48g/cm ³ , 吸水率 0.13%, FM2.69
粗骨材	碎石	G	表乾密度:2.74g/cm ³
混和剤	高性能減水剤	SP	ポリカルボン酸系

2. 実験概要

2.1 実験目的

実験は、銅スラグ細骨材を使用したコンクリート（以降、銅スラグコンクリートと略称）のフレッシュ性状および圧縮強度発現などの基礎データの取得を目的として実施した。

2.2 使用材料

コンクリートの使用材料を表-1 に示す。銅スラグ細骨材は JIS A 5011-3 に規定される CUS2.5 に適合するものとして銅製錬工場で新たに JIS 認証を取得したものを使用し、その他の材料はプレキャスト工場の常用品を用いた。

2.3 調合、練混ぜおよび養生方法

コンクリートの調合、スランブ（スランブフロー）および空気量の目標値を表-2 に示す。銅スラグ細骨材の混入率は、設計上のコンクリートの単位容積質量の上限値である 2500kg/m³ 以下およびリサイクルを想定した場合の環境基準値である単位質量あたりの鉛（Pb）含有量の上限値の 150mg/kg 以下を満足するよう細骨材容積に対し 30%とした。練混ぜは水平 2 軸型強制練り実機ミキサで行い、コンクリート打設後は、蒸気による加熱養生を最高温度 40℃で実施した。

2.4 模擬部材の形状

構造体強度補正值（S 値）を決定するため、模擬部材（高さ 1m の柱、厚さ 200mm の版）を製作し、抜き取ったコア供試体により部材コンクリートの強度を確認した。模擬部材

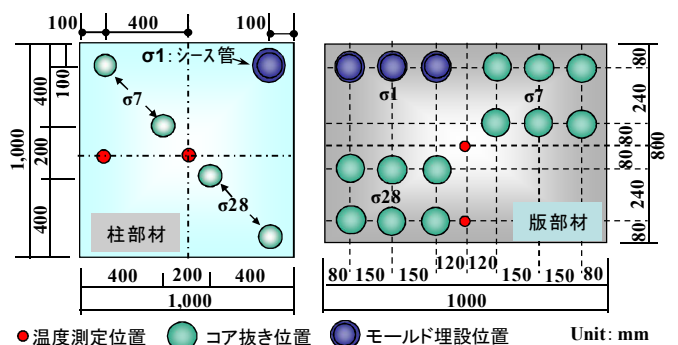


図-1 模擬部材の平面形状

の平面形状、コア抜き位置および温度測定位置を図-1 に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリート

フレッシュコンクリートはいずれも目標値を満足した良好な性状であった。また、ブリーディングは、いずれの調合でも発生しなかった。これは、CUS2.5 の粒度分布が、一般の細骨材と大きな差異がないことが理由として考えられる。フレッシュコンクリートの試験状況を写真-1 に示す。



写真-1 フレッシュコンクリートの試験状況

表-2 コンクリートの調合

調合名	W/C (%)	s/a (%)	スランブ (スランブフロー) (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)						単位容積質量 (kg/m ³)	Pb 含有量 (mg/kg)
					W	HC	S1	S2	CUS	G		
CUS-29	29.0	47.9	(50)	3.0	165	569	283	267	312	891	2486	126
CUS-36	36.0	49.5	18	3.0	165	458	308	291	341	912	2474	138
CUS-47	47.0	50.6	12	3.0	165	351	332	314	365	937	2464	148

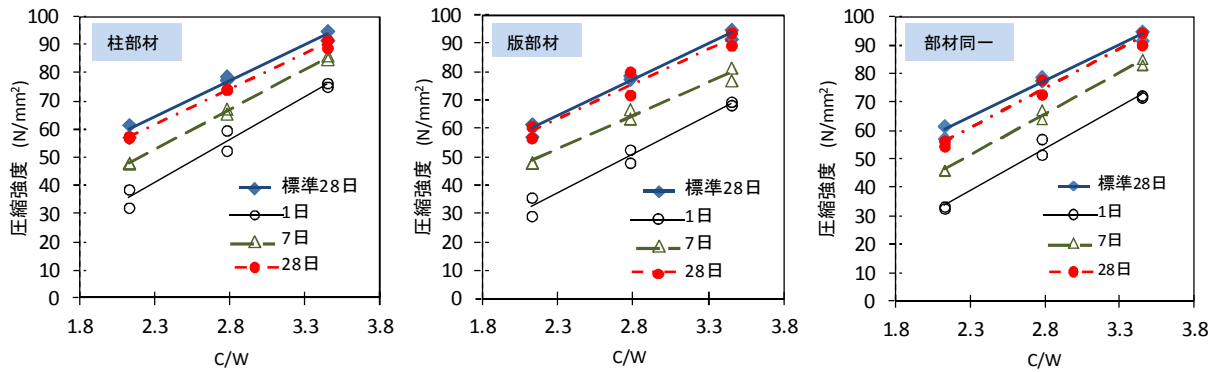


図-2 圧縮強度試験結果

3.2 圧縮強度, 静弾性係数

圧縮強度試験結果を図-2に示す。柱部材, 版部材および部材同一養生供試体の圧縮強度はセメント水比 (C/W) の増加とともに直線的に大きくなり, 銅スラグ細骨材を30%混入した場合でも, 60N/mm²を超える高強度域における強度発現の鈍化は認められなかった。また, 柱部材および版部材における材齢28日のコア強度は, 標準養生供試体の材齢28日強度に比べ, 若干小さい値を示したが, その差として定義される構造体強度補正值 ($_{28}S_{28}$) は, いずれも5N/mm²以下であった。

銅スラグコンクリートと一般骨材のみを使用したコンクリートの強度比較を図-3に示す。銅スラグコンクリートの材齢28日の標準養生供試体強度は, プレキャスト製品工場で常用している一般骨材のみを使用した場合と同等の強度発現となった。このことから強度発現の観点からは, 銅スラグ細骨材はプレキャスト部材に問題なく使用できることを確認した。

静弾性係数の試験結果を図-4に示す。銅スラグコンクリートの静弾性係数は, いずれの強度レベルにおいても日本建築学会のNEW RC式に対し90%以上の値を示し, 建築部材への適用に際して規定されている80%以上を十分に満足した。

4. 適用事例

銅スラグコンクリートを設計基準強度50N/mm²のPC構造建築物のプレキャスト部材(柱, 梁, ハーフ床版)に適用した。部材に用いたコンクリートの調合はJASS10(2013)に準拠して定めた。構造体強度補正值 $_{28}S_{28}$ は5.0N/mm²とし, 水セメント比は36.0%とした。銅スラグコンクリートのフレッシュ性状は良好であり, 柱, 梁およびハーフ床版へ通常の方法で打込み可能であった。また, 強度発現も良好で, 部材表面の美観(色合い)も一般骨材と大きな差異はなく, 要求性能を満足する高品質なプレキャスト部材の製造が可能であった。銅スラグコンクリートを使用したプレキャスト部材の外観の一例を, 写真-2および写真-3に示す。

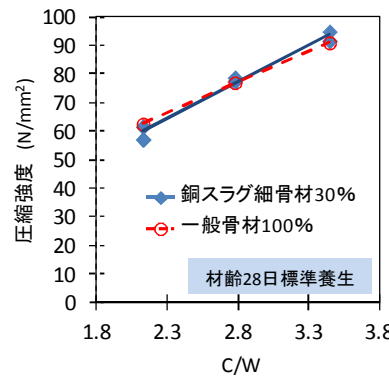


図-3 一般骨材との強度比較

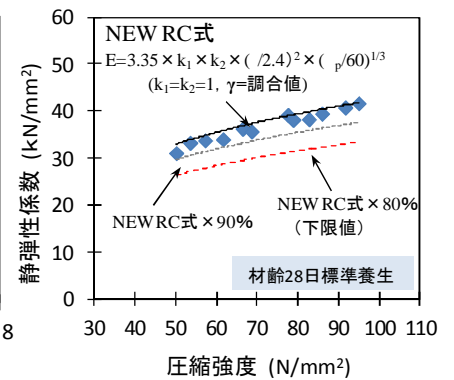


図-4 静弾性係数試験結果



写真-2 柱部材外観



写真-3 床版部材外観

5. まとめ

本報告は, 銅スラグ細骨材を使用したコンクリートの建築用プレキャスト部材への適用に向けて実施した各種実験結果と適用事例を示した。銅スラグコンクリートは, 密度が大きいことや鉛含有量に規定があるため, 調合に若干の制約を受けるものの, 施工性および強度発現においては一般骨材と同様に扱える材料であることが確認された。銅スラグ細骨材は工業製品であり, 供給量および品質の両面で安定した材料であるため, 良質な天然骨材の安定供給が不安視される今後に向けての一つの準備が整ったものと考えられる。

Key Words: 銅スラグ細骨材, プレキャスト, PC建築物, 環境負荷低減



中瀬博一



川本浩一



小野原英一



浦辺真一