

ごみ溶融スラグを用いたプレストレストコンクリートに関する基礎的研究

(株) 安部工業所 正会員 ○石井 豪
 同上 正会員 小林 猛
 同上 正会員 後藤 理博
 宮城県農業短期大学 北辻 政文

1. はじめに

ごみ溶融スラグ (以下スラグ) 細骨材は、2002年標準情報 (TR A 0016) が制定され、コンクリート材料として認知された。しかし、その適用範囲は設計基準強度が24MPa以下のプレキャスト無筋コンクリート製品を前提としている。これは、高強度コンクリートへスラグ細骨材を利用した研究が少なく、規格化するまでのデータが不足していることによる。また、粗骨材については、その製造量が少ないこともあり、規格化されていない。そこで、本研究では、スラグが高強度コンクリートへ適用するための基礎的データを得ることを目的として、細骨材および粗骨材として用いた高強度コンクリートの強度、耐凍害性能を検証した。さらにプレストレストコンクリート (以下PC) 板を作製し、構造性能およびPC特性が普通コンクリートと同等となることを検証した。

また、北辻¹⁾はごみ溶融スラグの中には、高炉スラグ微粉末と同様に潜在水硬性を有し、混和材として利用できるものがあることを明らかにしており、スラグ微粉末を混入した供試体も作製した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用したスラグはコークスベッド方式により製造されたものである。表-1にスラグの物理試験結果を示す。その他の材料は、セメント：早強ポルトランドセメント (密度3.13 g/cm³)、スラグ微粉末 (比表面積約4000cm²/g, 密度2.79 g/cm³, ガラス化率98.2%, 塩基度1.61%), 細骨材：岐阜県揖斐川産川砂 (密度2.61 g/cm³, F.M.2.90), 粗骨材：岐阜県揖斐川産川砂利 (密度2.64 g/cm³, F.M. 6.71), 混和剤：ポリカルボン酸系高性能AE減水剤, 補助AE剤である。

表-1 ごみ溶融スラグの物理試験結果

試験項目	スラグ粗骨材	スラグ細骨材
ふるい分け (粗粒率)	6.59	2.44
絶乾密度 (g/cm ³)	2.77	2.69
吸水率 (%)	0.58	0.85
単位容積質量 (kg/m ³)	1,654	1,680
実績率 (%)	57.5	60.0
微粒分量 (%)	0.1	2.0
軟石量 (%)	0.0	0.0
安定性 (%)	0.8	0.4
アルカリ・シリカ反応	無害	無害

表-2 示方配合

配合名	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							リサイクル率 (%)	
				W	粉体量		細骨材 S		粗骨材 G			高性能 AE 減水剤
					C	F	川砂	スラグ	砂利	スラグ		
BC	20	35	41.4	142	406	0	739	0	1,056	0	2.639	0
S50G50							375	375	541	541		38.5
S50G100							375	375	0	1,109		61.7
F30	31	37.7	146	330	141	326	326	0	1,127	2.591	66.5	

F：ごみ溶融スラグ微粉末を示す

2. 2 示方配合

示方配合を表-2 に示す。配合はスラグ細骨材の置換率を50%として、粗骨材の置換率を50および100%とし、さらに、置換率が細骨材50%、粗骨材置換率100%においてはごみ熔融スラグ微粉末を混和材として用い、セメントの30%置換した。以下順にS50G50, S50G100, F30および普通コンクリートをBCと記す。目標スランブ $10 \pm 2.5\text{cm}$ 、目標空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ に統一した。試験項目は、圧縮強度試験、静弾性係数試験、凍結融解試験である。また、BCおよびS50G100のコンクリートについては、PC板(450×10×2700mm)を作製し、荷重試験により構造性能を比較した。なお、図-1にPC板の形状および荷重試験時のゲージ貼付け位置を示す。なお養生は、PC板および圧縮強度のテストピースの半分は常圧蒸気養生を行った後空中養生とし、その他については標準養生とした。

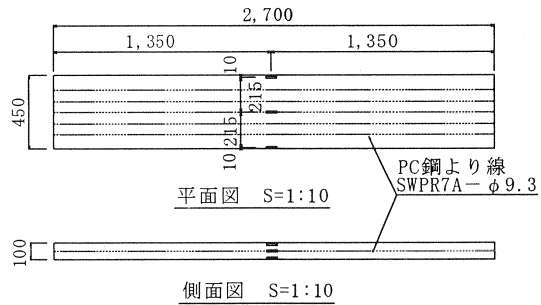


図-1 PC板およびゲージ貼付け位置図

3. 試験結果および考察

3. 1 コンクリートの圧縮強度および静弾性係数

圧縮強度試験結果を図-2 に示す。初期強度は、材齢1および3日において、30MPaを超えており、コンクリート標準示方書²⁾のプレストレス導入強度を満たしている。材齢28日の強度は、養生条件、配合にかかわらず、いずれも50MPa以上であった。材齢56日ではスラグを用いたコンクリートの強度は、BCと比べて若干低い値を示しているが、総じて、いずれのコンクリートの強度も同等であると判断される。なお、ごみ熔融スラグ微粉末を用いた場合、圧縮強度が大きくなっている。これは、W/Cがやや小さいこと、および潜在水硬性の影響である。

次に、圧縮強度と静弾性係数の関係を図-3 示す。ごみ熔融スラグを用いた場合、静弾性係数はBCに比べやや大きい、いずれのコンクリートも土木学会基準値³⁾と同等であると考えられる。このことから、普通骨材をごみ熔融スラグに置換して用いても圧縮強度や静弾性係数への影響はないと考えられる。

3. 2 凍結融解試験結果

耐久性の検討として凍結融解試験を実施した。図-4は凍結融解試験結果を示したものである。30サイクルの時点で、若干のばらつきは見られるが、300サイ

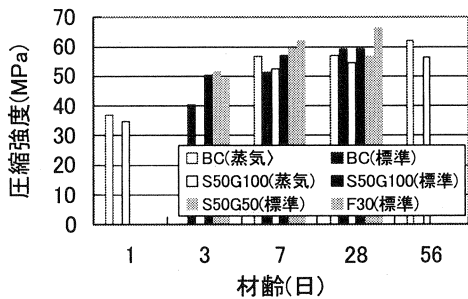


図-2 圧縮強度

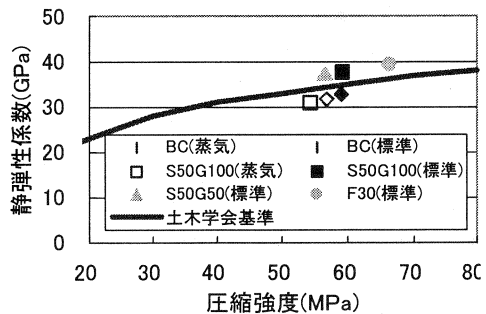


図-3 圧縮強度と静弾性係数

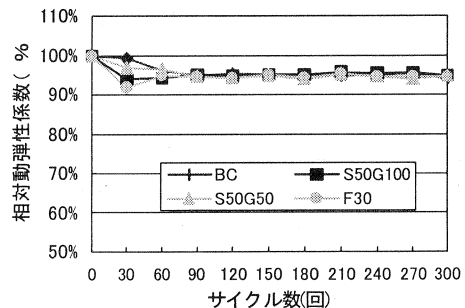


図-4 凍結融解試験結果

クル終了時点では、いずれの配合においても相対動弾性係数は90%以上と高い値を示し、配合による差も見られなかった。高い相対動弾性係数となったのは水セメント比が小さいことによる影響が大きいと考えられるが、ごみ溶融スラグを用いても普通骨材を用いた場合と同程度の相対動弾性係数となっていることから、ごみ溶融スラグを用いても高い耐凍害性を有すると考える。また、ごみ溶融スラグ微粉末を用いた場合でも十分な耐凍害性能を有していた。

3.3 定着長さ

プレテンション PC への適用を検討するために、BC と S50G100 を用いて PC 板を製作した。PC 鋼材は、SWPR7A-φ9.3 を使用した。この PC 板に埋め込みゲージを 100 mm 間隔で配置し、コンクリートの収縮ひずみを計測することにより、プレテンション部材の定着長さの比較検討を行った。その結果、定着長さは、端部からの距離が約 600mm となり、普通骨材を用いた場合と同程度であった(図-5)。これは、コンクリート標準示方書⁴⁾の定着長さ 65φ と同等の値であった。

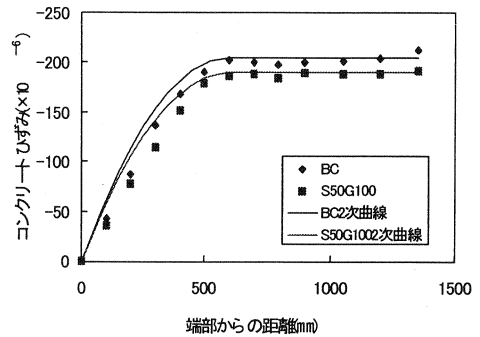


図-5 定着長さ

3.4 収縮ひずみおよびプレストレス量の減少量

PC 板を用いてプレストレス導入後からの収縮ひずみを計測した。また、PC 板の経年変化に伴う収縮ひずみ量からプレストレスの減少量を算出した。

その結果、PC 板の収縮ひずみは、普通骨材を用いた場合よりも小さな値を示しており(図-6)、これは、乾燥収縮およびクリープによる収縮量が小さいことが考えられる。よって、プレストレスの減少量も同等以下になると考えられるので、PC に適用することが可能であるといえる。

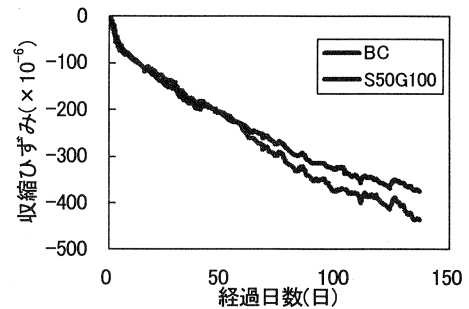


図-6 PC 板の収縮ひずみ

3.5 載荷試験

材齢 56 日の時点で、BC および S50G100 について静的 2 点載荷試験を行った。写真-1 に載荷試験状況を図-7 に荷重-変位曲線を、図-8 にひび割れ図を示す。ひび割れ状況および荷重に対する変位曲線は極めて類似しており、骨材の違いにかかわらず同等の傾向を示した。このことからごみ溶融スラグを用いても普通骨材と同様の構造性能を有すると考えられる。

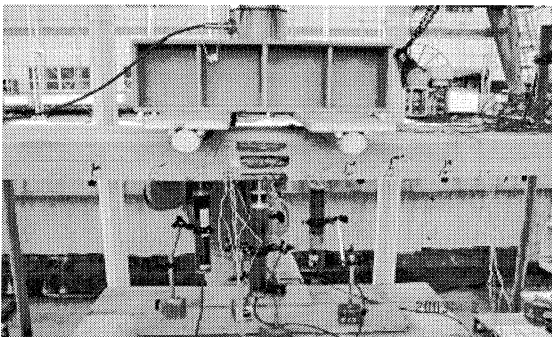


写真-1 PC 板載荷試験状況

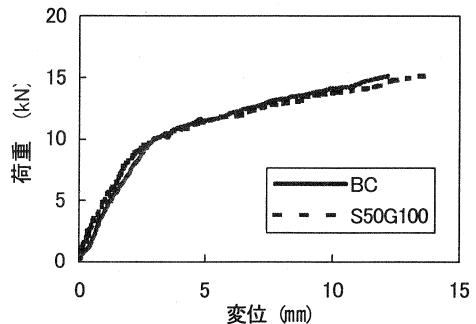


図-7 荷重-変位曲線

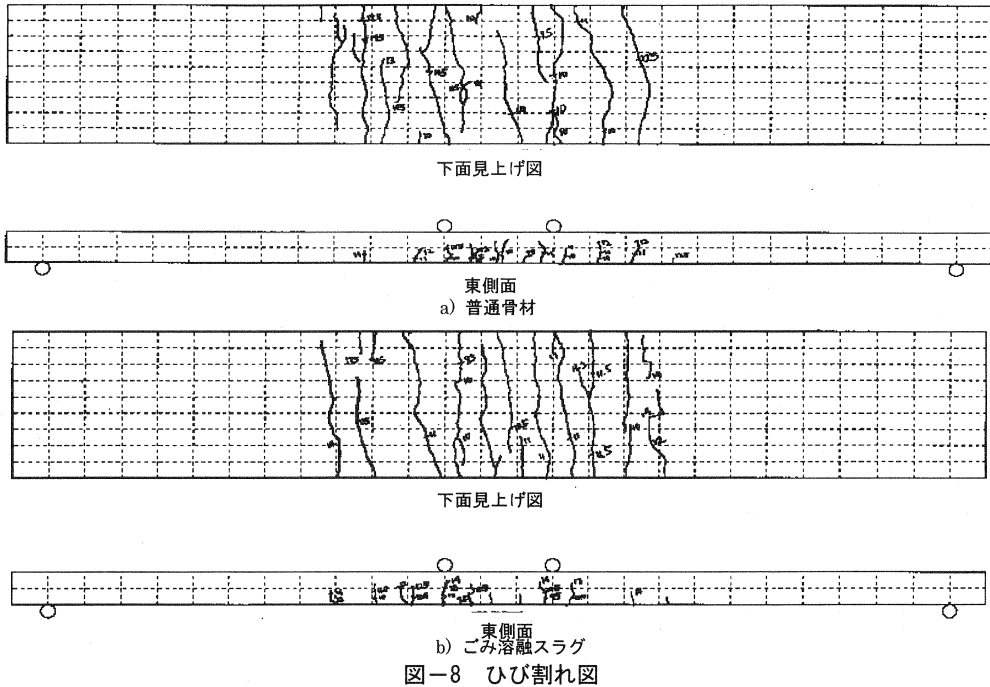


図-8 ひび割れ図

4. まとめ

以上の結果から以下の結論が得られた。

- (1) 初期強度に関して、材齢 1日および3日において、30MPaを超えており、コンクリート標準示方書のプレストレス導入強度を満たしている。
- (2) ごみ溶融スラグを用いた場合においても材齢28日強度の目標強度である50MPa以上であり、普通骨材と比較しても同程度の強度レベルであった。
- (3) ごみ溶融スラグを用いても、30サイクルで相対動弾性係数は90%であり、高い耐凍害性を有する。
- (4) 静弾性係数はBCに比べやや大きい、いずれのコンクリートも土木学会基準値と同等である。
- (5) 定着長さは、端部からの距離が約600mmとなり、普通骨材を用いた場合と同程度であった。
- (6) 収縮ひずみは、普通骨材を用いた場合より、ごみ溶融スラグを用いた場合のほうが小さかった。このことから、プレストレスの減少量は、ごみ溶融スラグを用いた場合も同等以下になると考えられる。
- (7) ごみ溶融スラグを用いても普通骨材を用いた場合と荷重に対する変位-曲線は極めて類似しており、普通骨材を用いた場合と同程度の構造性能を有する。

参考・引用文献

- 1) 北辻政文, ごみ溶融スラグ微粉末のコンクリート混和材への適関する実験的検討, 農業土木学会論文集, No. 208号, pp. 93-100, 2000. 6
- 2) (社) 土木学会: [2002年制定]コンクリート標準示方書[施工編], pp.192, 2002
- 3) (社) 土木学会: [2002年制定]コンクリート標準示方書[構造性能照査編], pp.28, 2002
- 4) (社) 土木学会: [2002年制定]コンクリート標準示方書[構造性能照査編], pp.159, 2002