

プレストレストコンクリート部材への高炉スラグ微粉末の適用性検討 (中性化抵抗性)

川田建設 (株) 技術部 ○鈴木 聡 , 北野 勇一
 川田建設 (株) 東日本統括支店北関東事業所那須工場 堀池 一男
 川田建設 (株) 西日本統括支店大分事業所九州工場 安藤 功
 (株) デイ・シイ セメント事業本部営業部 久家 立

1. 目的: プレストレストコンクリート (以下, PC) に用いるコンクリートは初期強度の確保が重要であり, 施工にあたっては一般に早強ポルトランドセメントを使用して強度発現を早める. 一方, 環境に配慮するには高炉スラグ微粉末の利用が合理的となるが, コンクリートの強度増進及び耐久性確保の観点よりできるだけ長く湿潤状態を保つのがよい¹⁾, と考えられる. このことは, 特にPC部材を工場製作する際に蒸気養生を行うことでその後の湿潤養生の期間を短縮するかこれを省略することと相反する. 本研究では高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートをPC部材に適用するための課題の一つとして中性化抵抗性に着目し, 各種検討を行った.

2. 高炉スラグ微粉末混和の影響 (実験A): 本実験に用いたコンクリート配合を表1に示す. プレバーム合成桁の工場製作を想定し, 封緘養生にて材齢5日で圧縮強度 45N/mm²を確保するよう事前に試験練りを行い, 強度回帰式を求めた上で配合を決定した. この内, 高炉スラグ微粉末を混和しない配合Hでは道路橋示方書²⁾にて設計上の目標期間を100年とする際に想定している水セメント比を優先した. また, スラグ種別と置換率 (高置換を想定) を変化させた配合と, 比較として普通ポルトランドセメントを用いた配合Nを含めた8配合に対し, 図1に示す蒸気養生と封緘養生の2パターンの養生 (ともに湿潤養生は実施しない) を実施した. 養生方法以外はJIS A 1153に従い促進中性化試験を行った. なお, スランプ18cm, 空気量4.5%を目標としたが, 配合B4-HとB6-Hについてはスランプ管理が困難となった (写真1).

図2は促進期間13週における中性化深さの測定結果を養生パターン別に示したものである. 図より, 封緘養生では, スラグ種別によらず, スラグ置換率の増加に伴い中性化深さの平均値が増大した. 一方, 蒸気養生ではこのようなスラグ置換率の影響は小さく, 置換率0%の配合Hと同程度になった. また, 配合Nの促進期間13週

表1 コンクリート配合 (実験A)

配合	セメント種別	水結合材比 (%)	スラグ		材齢5日強度 (N/mm ²)	
			種別	置換率 (%)		
H		36.0	—	0	56.7	
B4-L	早強	31.9	BS40	40	49.7	
B6-L		32.5	BS60		49.7	
B4-M		30.3	BS40	50	48.6	
B6-M		30.5	BS60		49.0	
B4-H		29.4	BS40	60	50.2	
B6-H		29.0	BS60		48.0	
N		普通	34.7	—	0	48.4

普通: 比重 3.15, 粉末度 3330cm²/g の普通ポルトランドセメント. 早強: 比重 3.13, 粉末度 4630cm²/g の早強ポルトランドセメント. BS40: 比重 2.89, 粉末度 4570cm²/g の高炉スラグ微粉末 4000. BS60: 比重 2.91, 粉末度 6190cm²/g の高炉スラグ微粉末 6000. 単位水量は各配合とも 165kg/m³とした.

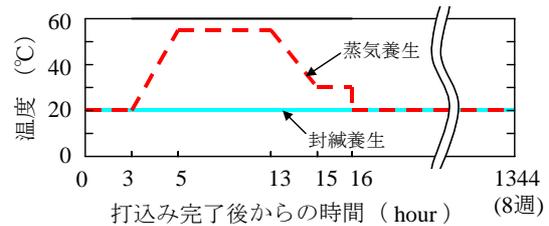


図1 養生パターン

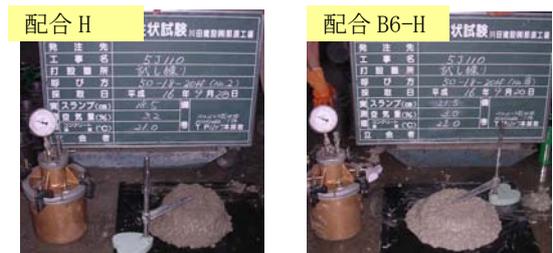


写真1 フレッシュコンクリート性状 (実験A)

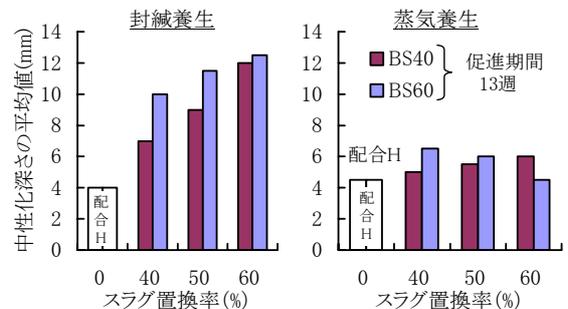


図2 中性化深さ測定結果 (実験A)

キーワード プレストレストコンクリート, 高炉スラグ微粉末, 中性化抵抗性, 蒸気養生

連絡先 〒114-8505 東京都北区滝野川6-3-1 川田建設 (株) 技術部技術課 TEL03-3915-5384

における中性化深さの平均値は封緘養生 9.0mm, 蒸気養生 8.0mm であった. 配合 H は前者 4.0mm, 後 4.5mm であり (図 2 参照), 本実験条件における中性化のしやすさは普通 > 早強となった. また, 高炉スラグ微粉末を混和しない配合 N と配合 H の中性化抵抗性への養生パターンの影響は混和した場合のような差異が現れなかった.

図 3 は BS60 に着目し, 促進期間 4 週, 8 週, 13 週それぞれの中性化速度係数を求めて整理したものである. 図より, 中性化速度係数は封緘養生では同程度で推移するのに対し, 蒸気養生ではスラグ置換率 50% と 60% のもので促進期間 8 週を越えてから急増した. これは, 前掲図 2 に示したように促進期間 13 週の中性化深さの平均値は蒸気養生を行ったもので各配合とも同程度になったものの, その進行度はスラグ混入の有無や置換率に応じて異なることを示唆する. また図示していないが, BS40 の中性化速度係数の推移は BS60 の結果と同様な傾向を示した.

3. 蒸気養生後の養生改善策 (実験 B): 本実験に用いたコンクリート配合を表 2 に示す. プレテンション方式 PC 部材の工場製作を想定し, 蒸気養生にて材齢 1 日で圧縮強度 35N/mm² を確保するよう事前に試験練りを行い, 強度回帰式を求めた上で配合を決定した. スラグ置換率は 50% に固定し, スランプ 12cm, 空気量 4.5% を目標とした (写真 2) が, 決定配合の水結合材比はスラグの種別により大きく異なる結果となった.

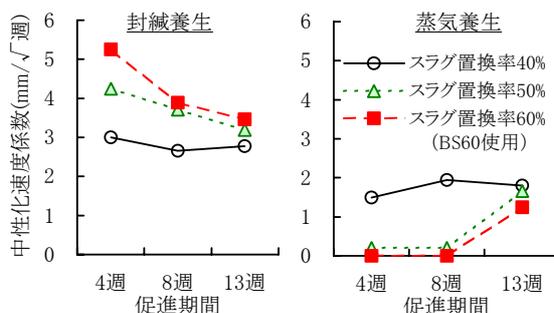
供試体として前掲図 1 に示した蒸気養生を行ったもの (蒸気養生のみ) と, 蒸気養生後に散水養生を 3 日間行ったもの (蒸気養生 + 散水 3 日), 蒸気養生後にケイ酸塩系の改質材をメーカー使用量塗布したもの (蒸気養生 + 改質材) を作製した. これらの供試体に対し JIS A 1153 に従い促進中性化試験を行った.

図 4 は促進期間 13 週における中性化深さの測定結果を示したものである. 図より, 配合 H と配合 B4-M (BS40 を用いたもの) は中性化深さの平均値が 0.0mm であった. 一方, BS60 を用いた配合 B6-M に着目すると, 中性化深さの平均値は蒸気養生 + 改質材 > 蒸気養生のみ > 蒸気養生 + 散水 3 日の順となった.

4. まとめ: PC 部材の工場製作を想定し, 高炉スラグ微粉末の種別や置換率を変化させたコンクリートを用い促進中性化試験を実施した. その結果, 高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートの促進期間 13 週における中性化深さの平均値は, 未混和のものとは比べ蒸気養生を行えば同程度となること (実験 A), 蒸気養生後に湿潤養生を 3 日間行うことで蒸気養生のみの場合より小さくなること (実験 B) 等が確認された.

また, 両実験の結果からすると, 高炉スラグ微粉末の種別や置換率はコンクリートに要求される強度, 耐久性あるいは養生方法等の組み合わせにより大いに異なる可能性がある.

参考文献 1) 土木学会: 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針, 1996. 2) 日本道路協会: 道路橋示方書, 2002.



注) 蒸気養生を行ったスラグ置換率 50% の 4 週, 8 週の中性化深さは 0.0mm であったが, 便宜上 0.2mm/√週とした.

図 3 中性化速度係数の推移 (実験 A)

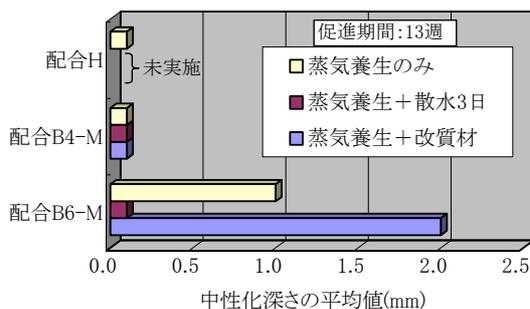
表 2 コンクリート配合 (実験 B)

配合	セメント種別	水結合材比 (%)	スラグ		材齢 1 日強度 (N/mm ²)
			種別	置換率 (%)	
H		36.5	—	0	39.8
B4-M	早強	29.0	BS40	50	43.7
B6-M		38.0	BS60		40.2

早強: 比重 3.14, 粉末度 4550cm²/g の早強ポルトランドセメント. BS40: 比重 2.91, 粉末度 3920cm²/g の高炉スラグ微粉末 4000. BS60: 比重 2.91, 粉末度 5910cm²/g の高炉スラグ微粉末 6000. 単位水量は各配合とも 160kg/m³ とした.



写真 2 フレッシュコンクリート性状 (実験 B)



注) 中性化深さが 0.0mm であった供試体は便宜上 0.1mm とした.

図 4 養生方法の改善効果 (実験 B)