

比表面積 6000cm²/g の高炉スラグ微粉末を用いた コンクリートのポンプ圧送に関する検討

大阪支店 土木工事事部 浦山 智徳
大阪支店 土木工事事部 大谷 嘉生
大阪支店 土木工事事部 上田 和朋
九州支店 土木営業部 平安山良和

1. はじめに

産業副産物である高炉スラグ微粉末（以下、BFSと示す）がコンクリートの耐久性向上に有効であることはすでに知られており、その活用は環境負荷低減に寄与することから利用拡大が望まれている。しかしながら、現場打ちのプレストレストコンクリート（以下、PCと示す）上部構造での採用は極めて少ない。これは、現場における環境条件や施工条件下での性状が明らかにされていないことが挙げられる。既往の研究では、養生条件に関する研究はいくつか報告されているが、施工性能に関する報告は極めて少ない。そこで、本研究では比表面積 6000cm²/g の BFS（以下、BFS6000と示す）を用いたコンクリートの施工性能のうちポンプ圧送性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

コンクリートの配合とフレッシュ性状の目標値を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、混和材はプレキャストPC上部構造で使用実績の多いBFS6000を使用した。呼び強度は 36N/mm²とし、水結合材比を 43%とした。BFSの置換率は、強度発現性および塩害に対する抵抗性を考慮して 50%とした。スランブの目標値は、実構造物での採用が想定される 12cm と 15cm の 2水準とした。また、ポンプ圧送性の評価は、普通ポルトランドセメント単味でスランブ目標 15cm としたコンクリートと比較することにより行った。

2.2 ポンプ圧送条件

コンクリートの製造は、生コン工場の強制 2 軸ミキサを使用し、1 バッチ当たり 1.5m³ を練り混ぜ、アジテータ車 1 台に 2 バッチ分の 3m³ のコンクリートを積載し、生コン工場から約 30 分か、現地まで運搬した。

実験では、最大吐出量 100m³/h を有するポンプ車を使用した。圧送管は、管径 5B (125A) を標準とし、図-1 に示すように配管した。管内圧力は、長さ 50cm の圧送管にフラッシュダイヤフラム型圧力計を取り付けて測定した。圧送方法は、設定吐出量を 15m³/h、30m³/h、45m³/h とし、ストローク数を 5 ストロークとした。その他、圧送前と圧送後のフレッシュ性状ならびに加圧脱水量を測定し評価した。

3. 試験結果および考察

3.1 フレッシュ性状

図-2 は、スランブと空気量の練り上がりからの経時変化を示したものであり、圧送開始は練り上がりから 30 分経過後である。白抜きマークは圧送後の値を示す。スランブの経時変化は、ポンプ圧送しない場合には 3 水準とも同様な傾きを示した。一方、圧送前後のスランブの低下は、N15 の 1cm に対し BFS12 で 5cm、BFS15 で 3cm となり、BFS を混和したコンクリートでは著しい変化が認められた。また、ハンドスコップを用いた練り返しでは、BFS12、BFS15、N15 の順に粘性が高く重たい感触が得られ、配合決定においては、ワーカビリティに配慮する必要がある。空気量の経時変化は、圧送しない場合は、30 分以後落ち着いているが、圧送前後では、BFS12 と N15 は増加し、BFS15 は減少した。

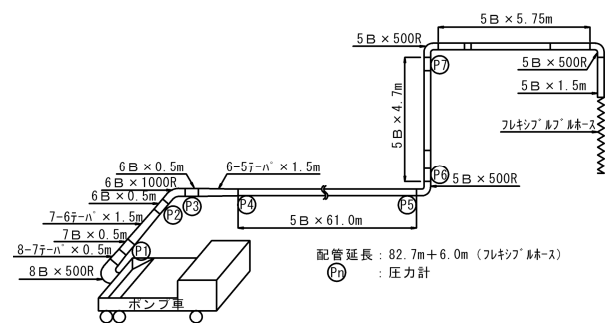


図-1 配管図

表-1 コンクリートの配合とフレッシュ性状の目標値

配合 記号	呼び強度 (N/mm ²)	スランブ [°] (cm)	水結合材比 (N/mm ³)	セメント の種類	最大寸法 (mm)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
							セメント	混和材 ^{※1}	水	細骨材	粗骨材	混和剤 ^{※2}
BFS12	36	12	43.0	N	20	45.3	180	180	155	821	996	2.16
BFS15	36	15	43.0	N	20	45.3	180	180	155	821	996	2.25
N15	36	15	43.0	N	20	46.2	360	0	155	834	996	2.52

※1: 高炉スラグ微粉末 (6000cm²/g)

※2: 高性能AE減水剤 (ポリカルボン酸系)

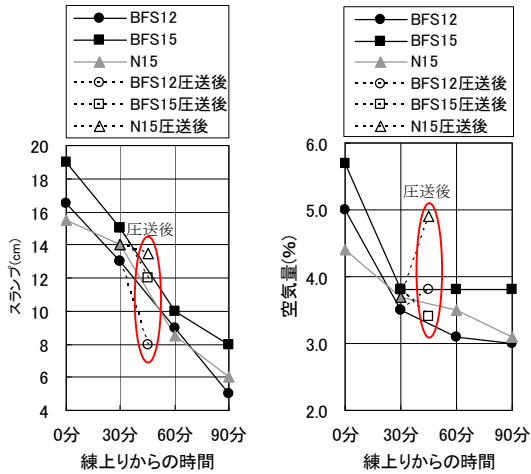


図-2 コンクリートのフレッシュ性状

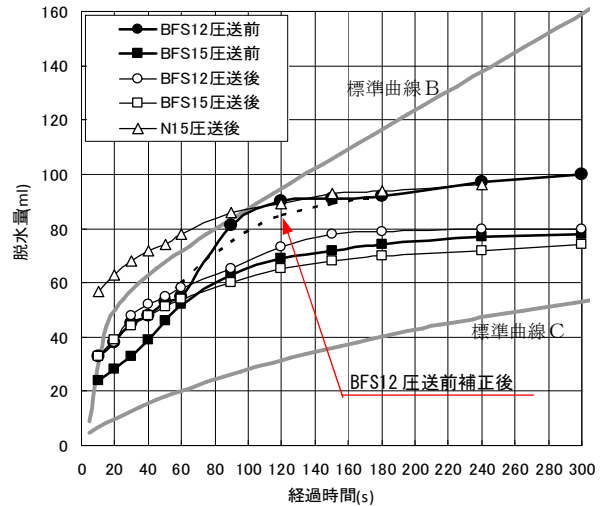


図-3 加圧脱水性状

3.2 加圧脱水性状

図-3は、加圧ブリーディング試験の結果である。BFS12 圧送前の曲線は、試験途中で脱水路が閉塞したため補正した曲線を破線で示した。N15 圧送後の初期において圧送性が良好とされる標準曲線を若干外れているが、BFS12 および BFS15 では圧送前後とも標準曲線内に収まった。BFS12 の圧送前後では、著しく脱水量が減少しており、前述の圧送後のスランプ低下と相関性が認められた。

3.3 水平管の管内圧力と圧力損失

図-4は、実吐出量とポンプ主油圧および水平管 (P4~P5) 1m 当たりの圧力損失との関係を示す。破線は土木学会の値を示す。ポンプ主油圧は、BFS12, BFS15, N15 の順に大きく、BFS を混和したコンクリートのほうがポンプへの負荷が大きいことが認められた。圧力損失は、ポンプ主油圧と同様に BFS12, BFS15, N15 の順に大きく、図-2 に示す圧送前後のスランプの低下と相関が認められた。また BFS12 の値が N15 に比べ約 1.5 倍の高い値を示し、BFS15 は、その中間値を示した。これらのことから BFS12 は、N15 に比べ粘性がかなり高く、ポンプ圧送性に劣ることが認められた。また、BFS15 は、スランプが同程度の N15 に比べ圧送試験性が劣る結果となり、加圧ブリーディング試験による判定と異なった。

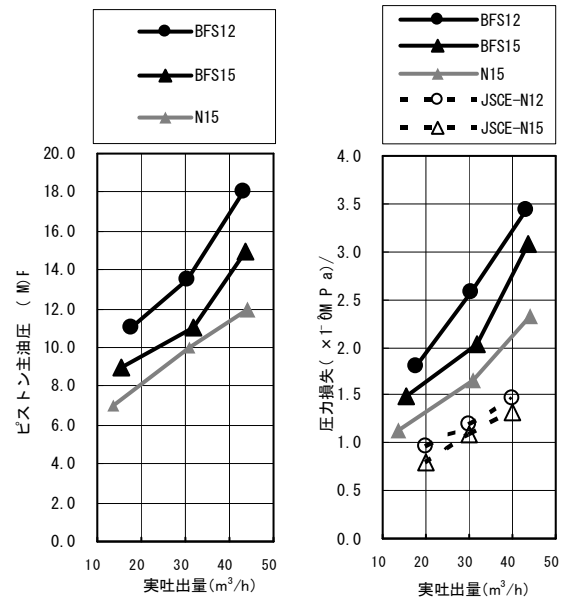


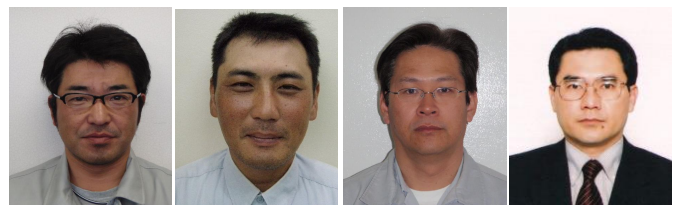
図-4 ピストン主油圧および圧力損失

Key Words : 高炉スラグ微粉末 6000, ポンプ圧送性

4. まとめ

- (1) BFS を混和したコンクリートでは、ポンプ圧送前後のスランプの低下が著しく、ワーカビリティに配慮した配合とする必要がある。
- (2) ポンプ圧送前後のスランプの低下と加圧脱水量の減少には相関性が認められた。
- (3) 試験圧送では、BFS15 はスランプが同じ N15 に比べ圧送性が劣る結果となり、加圧ブリーディング試験による結果と異なった。

今後の展開として、良好なポンプ圧送性のためには、いくつかの指標から判断する必要があり、指標のひとつに塑性粘度による検討を加えたい。



浦山 智徳 大谷 嘉生 上田 和朋 平安山 良和