

石粉、高炉スラグ微粉末を混入した高流動性コンクリートの諸性状

京都大学工学部 正員○石田 敦志 村本建設(株)技術部 正員 久米 生泰
京都大学工学部 正員 井上 晋 正員 宮川 豊章 正員 藤井 学

1. はじめに コンクリート構造物の早期劣化、耐久性の低下の原因としては不良材料の使用、締固め不足等の不適切な施工が考えられる。材料としてのコンクリートの品質管理はJIS等により規定されているが、実施コンクリートの品質管理は現在のコンクリート標準示方書では評価できない現状にある。このような状況下において、熟練労働者でなくても十分な品質の実施コンクリートが施工されるような、締固め不足等に品質を左右されないコンクリートの開発が望まれている。また高性能AE減水剤(SP)の添加によりコンクリートの流動性は飛躍的に向上するが、使用量の増加にともない材料分離が著しくなるため材料分離抵抗性(粘性)を上げるために増粘剤の使用、微粉末の添加が行われている。本研究では、締固め不要コンクリートの実現性を検討するための基礎資料を得ることを目的とし、石粉、高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートにSPを添加することにより高流動性を持たせ、その充填性等の各種性状を調査したものである。

2. 実験概要 配合は粉体(セメント、石粉、高炉スラグ)の総量を500kg/m³(セメントのみの場合は450kg/m³)、目標空気量を4.5±0.5%とし、表. 1 に示すような3つの配合を用いた。粉体として、普通ポルトランドセメント、石灰石微粉末(比重2.73 粉末度5010cm²/g)、高炉スラグ微粉末(比重2.89 粉末度6020cm²/g)を使用した。

①フレッシュコンクリートの性状：

表. 1 コンクリートの示方配合

コンクリート練り上がり時にスランプフロー値、スランプフロー速度(試験開始時から15秒間の平均速度)、空気量を測定した。

配合の種類 (セメント-石粉-スラグ)	水微粉末比 C+Sg+Spw (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 重 量 (kg/m ³)							
			水 W	セメント C	スラグ Sg	石粉 Spw	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤 SP	AE剤 AE
50-50-0	34	50	170	250	0	250	780	826	9.0 (1.8%)	3.25 (0.65%)
50-0-50	34	50	170	250	250	0	796	811	12.0 (2.4%)	3.5 (0.7%)
100-0-0	36.7	44	165	450	0	0	730	985	5.4 (1.2%)	3.38 (0.75%)

SP剤、AE剤の比率は全粉体量に対する重量%

②型枠充填性：図. 1 に示すア

クリル製のL型型枠を用い、その充填時間と型枠内の3つの測点における粗骨材率により流動性と材料分離抵抗性を評価した。型枠充填試験では実際の施工を念頭におき、ホッパーに入れたコンクリートを、型枠内のコンクリート打設高さが常に一定になるように調整しながら投入した。

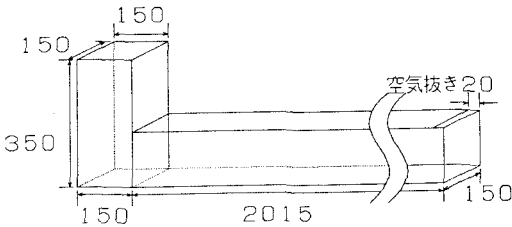


図. 1 充填性試験用L型型枠

③打ち継ぎ部の評価：100×100×400(mm)

の縦型型枠に1時間の時差で打設した供試体

打ち継ぎ部において、図. 2 に示す装置を用いて初期吸水量を測定した。

④硬化コンクリートの性状：各種強度試験を行い、強度、静弾性係数、ポアソン比を求めた。

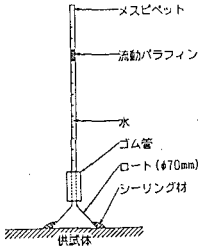


図. 2 初期吸水量試験装置

3. 実験の結果および考察

①スランプフロー値、フロー速度と充填時間の関係 スランプフロー

値（フロー値）と充填時間の関係および平均スランブフロー速度（フロー速度）と充填時間の関係を図. 3, 4に示す。フロー値と充填時間には明瞭な関係はないが、フロー速度と充填時間にはある程度の相関性が見受けられる。同じフロー値のコンクリートでも材料分離の有無により充填時間に差が出ていることから、今後充填性の評価の1つとしてフロー速度が有効であると考えられる。

②スランブフロー値と粗骨材率の関係 型枠充填性試験において各測定位置ごとの粗骨材率の差を図. 5に示す。図よりフロー値と粗骨材率の関係にはフロー値が65cmあたりに極値が存在するように見えるが、65cmを超えるコンクリートはホッパー内ですでに材料分離が発生しており、充填性試験を行ったときには骨材が先行して流れ、粗骨材率の測定において見かけ上分離が少ないようになるためである。これより、スランブフロー値は全ての高流動性コンクリートの材料分離を直接評価することは困難ではあるが、多くのデータを収集することにより、ある程度の目安になるものと思われる。

③打ち継ぎ部の初期吸水量 打ち継ぎ部の評価として行った初期吸水量試験の結果を図. 6に示す。石粉を用いたコンクリートは、石粉自体に強度発現がほとんど期待できないために空隙も多く、吸水量も多くなると考えられるが、打ち継ぎなしの場合に対する打ち継ぎ部を含む吸水量の増加が高炉スラグやセメントのみ用いた場合に比べて大きいことがわかる。これより、石粉を用いたコンクリートの打ち継ぎ部は、水密性という点から耐久性能が劣る可能性があるといえる。

④硬化コンクリートの性質 強度試験の結果、圧縮強度に対する引張強度は石粉、スラグを用いた場合でも従来のコンクリートの場合と大差なかったが、曲げ強度が従来のコンクリートに比べ、若干低めであった（圧縮強度の約1/9～1/14）。これより設計時の曲げ強度への考慮が必要になるものと考えられる。静弾性係数は、従来の一般的なコンクリートに比べると高めている。これは微粉末が結晶構造の隙間に入り密実な構造となるマイクロファイラー効果のためであると考えられる。また、ボアソン比については0.16～0.19となり、一般的なコンクリートと大きな差異はないものといえる。

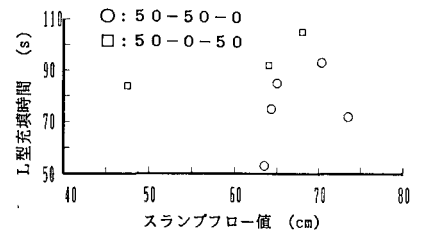


図. 3 フロー値と充填時間の関係

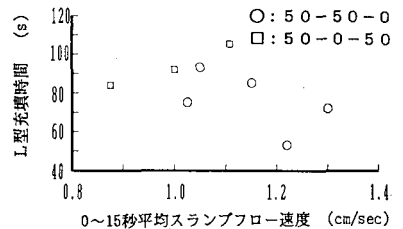


図. 4 フロー速度（0～15秒）と充填時間の関係

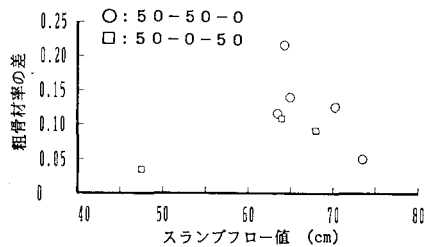


図. 5 フロー値と粗骨材率差の関係

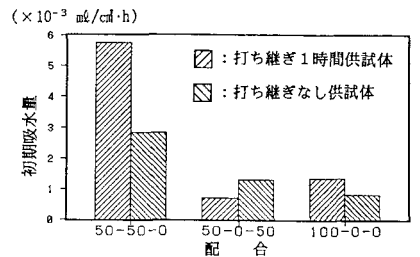


図. 6 初期吸水量試験結果

4. 結論 今回行なった実験の範囲内で、本研究から以下のような結論が得られた。

- (1) 型枠充填性においてスランブフロー値のみでコンクリートの流動性を評価することは困難であるが、スランブフロー速度を測定することにより評価が可能になる。
- (2) 粗骨材率とスランブフロー値の関係から材料分離を起こすフロー値の推定が可能である。
- (3) 石粉を用いたコンクリートの打ち継ぎ部は、水密性上、耐久性に影響を与える可能性がある。

謝辞：本研究を行うにあたりお世話になりました、新日鉄化学(株)、大阪セメント(株)、(株)NMB、住友電工(株)の皆様にご心よりお礼申し上げます。