

V-120

フレッシュコンクリートの挙動に及ぼす粉体の凝集・分散構造の影響

東京大学大学院 学生員 ○高田 和法
大 成 建 設 株式会社 正会員 T. Somnuk
東 京 大 学 正会員 小沢 一雅
東 京 大 学 正会員 前川 宏一

1. はじめに

フレッシュコンクリートは配合が同一であっても、時間によってスランプロスを起こしたり、混和剤の添加や練り混ぜ方法の違い等によってその挙動が変化する。これらは、フレッシュコンクリート中の砂利や砂に変化が起こっているためとは考えにくく、粉体・水の系に何等かの変化が生じたためと考えられる。そこで、本研究ではフレッシュコンクリート中の粉体の役割を究明するために、準静的状況である加圧脱水試験を取り上げ、粉体の凝集・分散構造に影響を及ぼすと考えられる種々の条件を与えて、脱水状況の変化を調べた。また、この実験結果をSomnukの加圧脱水モデルでシミュレートすることを試み、モデル中の粉体に関するパラメータがどの様に变化するかを調べた。またこの結果に基づいて、実際にフレッシュコンクリート中の粉体にどのような変化が生じているのかを考察した。

2. 実験の概要

表1に示すような細骨材、普通ポルトランドセメントまたは高炉スラグ微粉末、及び水を小型のモルタルミキサーで混練したものを実験試料とし、

図1に示すような底部にポーラス・ストーンを取り付けたシリンダーに試料となるモルタルを詰め、200tアムスラーを用いて所

表1 使用材料

材料名	表乾比重	吸水率(%)	比表面積(cm^2/g)	粗粒率
細骨材	2.62	1.63	27.3	2.59
普通セメント	3.15	—	3360	—
高炉スラグ微粉末	2.90	—	3300	—

定の荷重を加えた。ポーラス・ストーンと試料の間には、セメントの流出を防ぐためにろ紙をはさみ、ポーラス・ストーンを通して押し出された水を容器に受けその重量を記録した。加圧力は $2 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ から始めて、30秒当りの脱水量が3ccを超えなくなったところで順次 $5 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 、 $10 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ と上げていった。その際荷重の移行時間は約30秒とり、手動によるハンドル操作でコントロールした。

また、表2に示す基本配合のモルタルに次の3つの比較条件を加味した。①練り置き時間の違い：練り上がり後15分、90分、180分経過したもの。②高性能減水剤の添加：セメント重量の1%の高性能減水剤を添加したもの。③粉体の違い：セメントの代わりに同体積の高炉スラグ微粉末を用いたもの。

3. 加圧脱水モデル

Somnukの加圧脱水モデルでは(1)式のようなつりあい方程式が成り立っている。ここで、固体間応力 σ は間隙率 e との関係係数から求

められ、この曲線は実験によって求められる粗骨材、細骨材、粉体のそれぞれ単体での応力-間隙率曲線を配合にしたがって合成して求める。この(1)式より液体の間隙圧 U が算定され、(2)式によって微小時間当りの脱水量 Dw が計算される。また、このときの係数 k は試料中の自由水量と試料 1m^3 当りの固体総表面積の関数で表されるものである。ここでいう自由水とは試料中の全水量から固体が拘束する水を差し引いたもので、(3)式によって求められる。これらのことから、粉体に関するパラメータの中で、脱水量に影響を及ぼすのは、粉体の応力-間隙率曲線 $\sigma_p - e_p$ と粉体の保水率 β_p の2つと考えられる。

$$P = \sigma + U + f \text{-----(1)} \quad P: \text{加圧力} \quad \sigma: \text{固体間応力} \quad U: \text{液体の間隙圧}$$

$$Dw = k \cdot U / H \cdot A \cdot dt \text{-----(2)} \quad f: \text{壁面との摩擦応力} \quad H: \text{試料高さ} \quad A: \text{試料断面積}$$

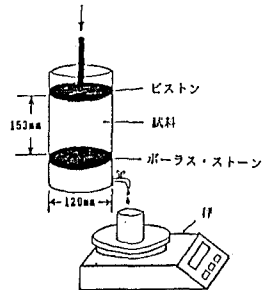


図1 実験装置

表2 基本配合

細骨材 (kg/m^3)	セメント (kg/m^3)	水 (kg/m^3)
1260	757	279

$$V_{wfr} = V_w - (\beta_s \cdot W_s + \beta_p \cdot W_p) \quad \text{----- (3)} \quad \begin{array}{l} dt : \text{微小時間} \quad \beta_s(p) : \text{細骨材（粉体）の保水率} \\ W_s(p) : \text{細骨材（粉体）の重量} \quad V_w : \text{全水量} \end{array}$$

4. 実験・解析結果及び考察

実験結果をモデル解析する際に、前節で述べた2つのパラメータがどの様に変化したかを図2～7に示す。これを見てわかるように、どの場合も保水率と応力関数の傾きは同時に変化している。ただし、応力関数の傾きの変化は(4)式の指数部 b_p を変化させることにより対応した。

$$\sigma_p = a_p \cdot (e_{pa} - e_p)^{b_p} \quad \text{----- (4)}$$

e_{pa} : 粉体に応力の発生する最大間隙率

以上から、条件により粉体に及ぼされる影響はモデルの中では保水率と応力-間隙率曲線の変化として捉えられることが明らかになったが、これが実際のフレッシュコンクリート中の粉体の状態とどの様に関連しているのかを考えた場合、凝集・分散構造の変化と考えると説明できる。つまり、セメント粒子が凝集を起こすとその中に水が取り込まれ保水率が增大する。また、分散が良いときより凝集が起こっているときの方が、少ない間隙減少で応力が発生するため、応力曲線の傾きが增大することになる。また、その変化はセメントに比べ短時間で完了するものの、高炉スラグ微粉末でも時間の影響によって2つのパラメータが変化することがわかった。これにより、時間による粉体の凝集構造の変化は化学的な結合よりも、物理的な力の作用によるものが大きいことがわかり、その際には初期水和水が凝集の進行具合に二次的な影響を及ぼしているものと考えられる。

5. まとめ

種々の条件の基でフレッシュコンクリート中の粉体の凝集・分散構造に変化が起これと、粉体の保水率の変化にともない自由水量が変化し、また粉体の応力伝達能力の変化によって、固体間応力にも変化が生じる。その結果、フレッシュコンクリートの挙動が変化し、時間によるスランプロスや減水剤の添加による流動化などが起こると考えられる。また、粉体の凝集・分散は物理的な力の作用によるところが大きく、その際初期水和水が二次的な影響を及ぼしているものと考えられる。

<参考文献>

T.somnuk, "フレッシュコンクリートの準静的挙動に関するモデル化" 東京大学博士論文 (1989)

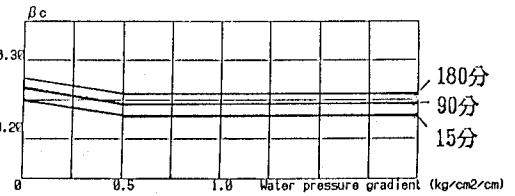


図2 時間によるセメントの保水率の変化

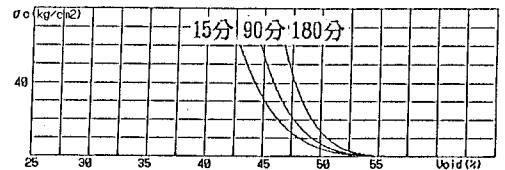


図3 時間による $\sigma_c - e_c$ 曲線の変化

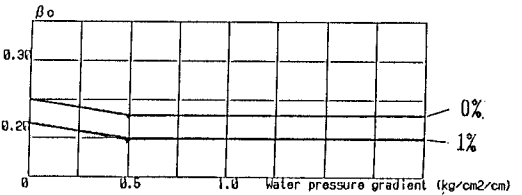


図4 高性能減水剤の添加によるセメントの保水率の変化

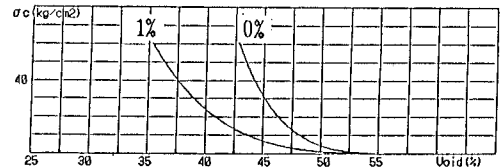


図5 高性能減水剤の添加による $\sigma_c - e_c$ 曲線の変化

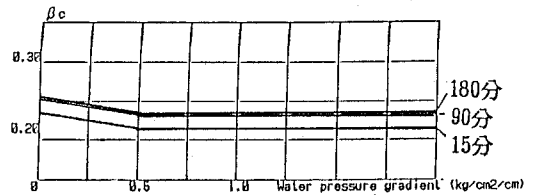


図6 時間による高炉スラグ微粉末の保水率の変化

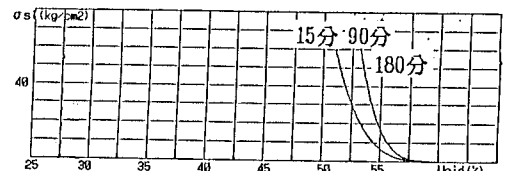


図7 時間による $\sigma_{sl} - e_{sl}$ 曲線の変化