

## シリカヒュームを混入したコンクリートの特性について

立命館大学 正員 明石外世樹  
立命館大学 正員 ○高木宣章

## 1. まえがき

シリカヒュームは、平均粒径が約 $0.1\mu\text{m}$ と非常に小さいため、高性能減水剤と同時使用することにより、コンクリート中の微細な空隙を十分に充填することができる。また、比表面積が約 $205000\text{cm}^2/\text{g}$ と非常に大きいために、ポズラン作用が期待できる。本研究は、普通強度および高強度コンクリートに、国内産のシリカヒュームを混入した場合の諸強度、反発硬度、超音波伝播速度、動弾性係数および、応力～ひずみ曲線について、実験検討したものである。

## 2. 実験概要

実験要因、コンクリートの示方配合および使用材料の性質を各々、表-1、2、3に示す。Aシリーズは、普通強度、Bシリーズは、高強度を対象とした。シリカヒュームは、国内産のものを使用し、混入率は、セメント重量に対して内割と外割と共に20%、30%とした。養生は、標準水中養生とオートクレーブ養生を行なった。オートクレーブ養生供試体は、材令3～7日まで標準水中養生を行なった後、昇温2時間、10気圧・最高温度 $185^\circ\text{C}$ 保持3時間および降圧3時間の工程で養生を行なった。A・Bシリーズ共に、目標スランプは $25\pm 1\text{cm}$ 、シリカヒュームの混入によるスランプ低下は、高性能減水剤を調整した。反発硬度は、シュミットハンマーN/R-10で測定した。コンクリート中の超音波伝播速度は、受信波の波頭の波形観察により測定した。振動子周波数は、 $54\text{kc}$ である。

3. 実験結果および考察

圧縮強度は、シリカヒューム混入率の増加につれて、各シリーズ共に増加する。Bシリ

表-1 実験要因

| 強度         | 普通強度 (Aシリーズ)                     | 高強度 (Bシリーズ) |
|------------|----------------------------------|-------------|
| 養生方法       | 標準水中養生                           | オートクレーブ養生   |
| シリカヒューム混入率 | 0%, 内割 (20%, 30%), 外割 (20%, 30%) |             |

表-2 コンクリートの示方配合

| シリ - ズ名          |       | W/(C+S <sub>1</sub> )<br>(%) | S/A<br>(%) | 単位量 (KG/M <sup>3</sup> ) |     |                |     | A E<br>減水剤 助剤 | 高性能減水剤               | SL   | AIR                  |       |     |     |
|------------------|-------|------------------------------|------------|--------------------------|-----|----------------|-----|---------------|----------------------|------|----------------------|-------|-----|-----|
|                  |       |                              |            | W                        | C   | S <sub>1</sub> | S   | G             | (CC/M <sup>3</sup> ) | (%)  | (CC/M <sup>3</sup> ) | (CM)  | (%) |     |
| K<br>A<br>U<br>U | A-0   | 50                           | 42         | 170                      | 340 | 0              | 731 | 1060          | 3400                 | 3400 | —                    | —     | 7.3 | 4.1 |
|                  | AI-20 | 50                           | 42         | 170                      | 272 | 68             | 721 | 1046          | 3400                 | 3400 | 1.25                 | 4250  | 8.4 | 3.8 |
|                  | AI-30 | 50                           | 42         | 170                      | 238 | 102            | 717 | 1040          | 3400                 | 3400 | 1.75                 | 5950  | 8.1 | 4.1 |
|                  | AO-20 | 41.7                         | 40         | 170                      | 340 | 68             | 664 | 1047          | 4080                 | 4080 | 1.25                 | 5100  | 7.7 | 3.6 |
| K<br>B<br>U<br>U | AO-30 | 38.5                         | 40         | 170                      | 340 | 102            | 649 | 1022          | 4420                 | 4420 | 1.50                 | 6630  | 7.9 | 3.7 |
|                  | B-0   | 27.5                         | 33         | 165                      | 600 | 0              | 534 | 1140          | —                    | —    | 2.00                 | 12000 | 7.5 | 1.5 |
|                  | BI-20 | 27.5                         | 33         | 165                      | 480 | 180            | 521 | 1111          | —                    | —    | 2.25                 | 13500 | 7.7 | 1.4 |
|                  | BI-30 | 27.5                         | 33         | 165                      | 420 | 180            | 514 | 1096          | —                    | —    | 2.75                 | 16500 | 7.7 | 1.6 |
|                  | BO-20 | 22.9                         | 30         | 165                      | 600 | 120            | 444 | 1089          | —                    | —    | 2.71                 | 19512 | 9.1 | 1.6 |
|                  | BO-30 | 21.2                         | 30         | 165                      | 600 | 180            | 423 | 1038          | —                    | —    | 3.25                 | 25350 | 7.9 | 1.8 |

(注) S<sub>1</sub>はシリカヒュームの単位量、AE減水剤は(C+S<sub>1</sub>)重量あたり10cc使用  
AE助剤は1%溶液

表-3 使用材料の性質

|         |                                                                       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------|
| シリカヒューム | 比重 2.22, 比表面積 $207000\text{cm}^2/\text{g}$ , $\text{SiO}_2 = 85.36\%$ |
| セメント    | 普通ポルトランドセメント, 比重 3.16, 比表面積 $3150\text{cm}^2/\text{g}$                |
| 粗骨材     | 野洲川産川砂, 比重 2.56, 吸水率 1.96%, F.M. = 2.66                               |
| 細骨材     | 高純度硬質砂岩砕石, 比重 2.69, 吸水率 0.70%, M.S. = 2.0mm                           |
| AE減水剤   | リグニンスルホン酸カルシウム塩, 2.5%溶液                                               |
| 高性能減水剤  | 8-ナフタリンスルホン酸ホルマリン縮合物のナトリウム塩, 4.2%溶液                                   |

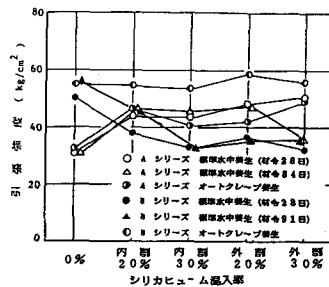


図-2 圧縮強度とシリカヒューム混入率の関係

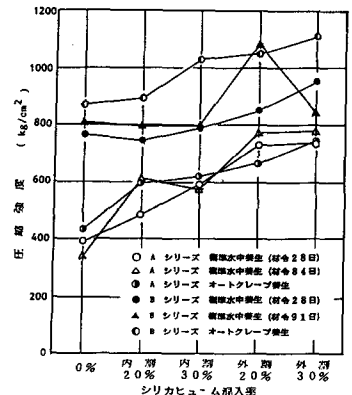


図-3 圧縮強度とシリカヒューム混入率の関係

ーズのオートクレーブ養生・外割30%までの圧縮強度は1110 kg/cm<sup>2</sup>であった。シリカヒュームの混入による強度増加率は、BシリーズよりAシリーズが大きい。また、各シリーズとも内割より外割の強度増加率が大きい。供試体破断面の観察より、モルタル母材強度に

比較して、骨材強度が低いことが予想される。また、シリカヒュームの混入により、圧縮強度の変動係数がかなり大きくなった。これは、シリカヒュームを粉体のまま練り混ぜた

ため、コンクリート中へのシリカヒュームの分散が不十分であったためと考えられる。故に、シリカヒュームは、スラリーとして使用することが望ましい。(図-1)

引張強度と曲げ強度は、Aシリーズの場合、シリカヒュームの混入により増加するが、Bシリーズ・標準水中養生の場合、却って減少した。(図-2, 3)

反発硬度は、Aシリーズの場合、シリカヒュームの混入により増加した。Bシリーズの場合、無混入時と同程度か幾分減少した。両シリーズ共、圧縮強度との対応関係はなかった。(図-4)

超音波伝播速度と静・動弾性係数は、Aシリーズの場合、シリカヒューム混入率の増加につれて増加するが、Bシリーズの場合、却って減少した。(図-5, 6)

圧縮応力～ひずみ曲線を図-7, 8に示す。シリカヒュームの混入により、靱性がかなり大きくなる。この傾向は、Bシリーズより、Aシリーズにおいて著しい。また、各シリカヒューム混入率間での応力～ひずみ曲線の形状変化は、Aシリーズにおいて著しい。

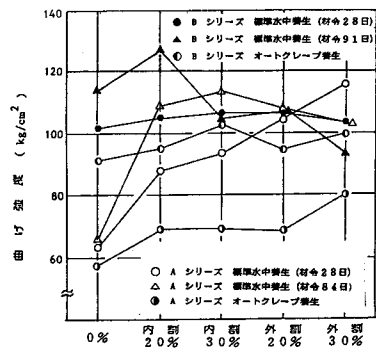


図-3 曲げ強度とシリカヒューム混入率の関係

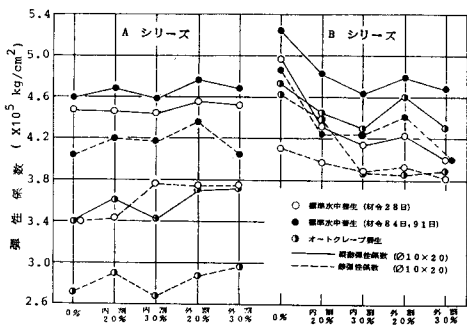


図-6 弾性係数とシリカヒューム混入率の関係

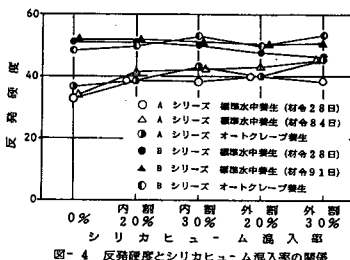


図-4 反発硬度とシリカヒューム混入率の関係

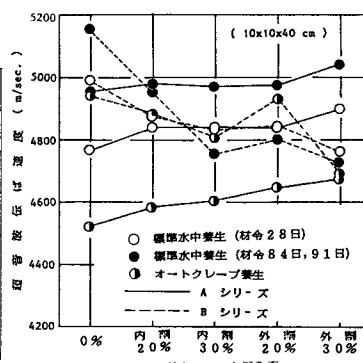


図-5 超音波伝播速度とシリカヒューム混入率の関係

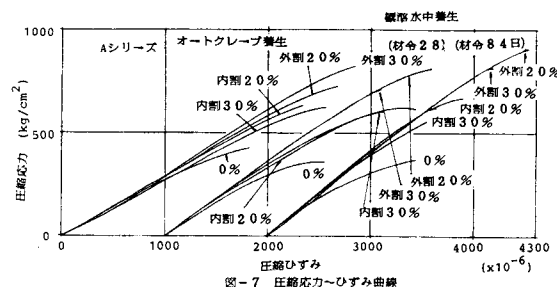


図-7 圧縮応力～ひずみ曲線

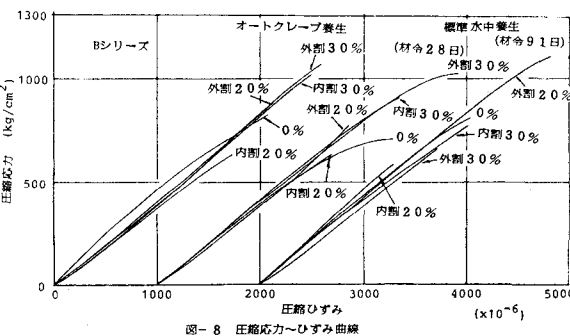


図-8 圧縮応力～ひずみ曲線