

# 硬質水砕のコンクリート用細骨材としての利用に関する研究

岡山大学工学部 正 員 阪田 憲次  
岡山大学工学部 学生員 〇 廣野 隆司  
瀬戸内鉄工 正 員 居 郷 修

## 1. まえがき

近年、環境保全の面からコンクリート用細骨材としての良質の川砂が資源的に私産し、その代替品として山砂海砂が多用されている。しかし、山砂・海砂などの細骨材は、泥分・有機不純物・塩分などを含んでいるため品質上種々の問題があり、コンクリートの性能に大きな影響を及ぼしている。それに加え、省資源・省エネルギーの見地からも産業副産物である硬質水砕をコンクリート用細骨材として利用することが着目されている。

そこで、本研究では、硬質水砕の骨材試験および硬質水砕を用いたコンクリートの性能実験を行うことにより、硬質水砕の品質、このフレッシュコンクリートのワーカビリティおよび硬化コンクリートの強度特性について論じるとともに、硬質水砕をコンクリート用細骨材として使用することの適用性について検討する。

## 2. 硬質水砕の品質

本実験に用いた硬質水砕は、川崎製鉄水島製鉄所製でその化学成分を表-1に示す。表-1からわかるようにこの硬質水砕は、JIS基準案を満足しており、化学成分上問題はなく化学的に安定である。

図-1に硬質水砕の粒度曲線を示す。図-1からわかるように本硬質水砕は、土木学会の標準粒度を完全に満足しており、海砂より細粒分が多く、軟質水砕と較べて粒度改善が十分になされており、粒度による問題はないと思われる。

表-2に硬質水砕および海砂の骨材試験結果を示すとともに、硬質水砕の試験結果とJIS品質基準案との照合を行い、加えて、軟質水砕との比較も行う。表-2からわかるように、硬質水砕の骨材試験結果はすべてJIS基準案を満足しており、粒形が多少角ばっているため単位水量が若干増加するものの、海砂と較べて決して見劣りするものではなく、かえって塩化物・安定性など優れに面もみられる。また、軟質水砕に較べてはるかに優れており、品質上問題はないと思われる。

## 3. 硬質水砕使用のコンクリートの性能実験

本実験に用いたセメントは、住友セメント社製普通ポルトランドセメントで比重3.15である。細骨材は、上述の硬質水砕および海砂で、その骨材試験結果を表-2に示す。粗骨材は、山砕石でその骨材試験結果を表-3に示す。また、混和剤としては、遅延型減水剤・ポリスNo.8を使用した。

表-4に示す配合表により硬質水砕使用のコンクリートの性能を判定し、その特性を明らかにするために以下の実行を行う。

- (1)フレッシュコンクリートの性質に関する実験  
a)スランプ b)空気量 c)ブリージング d)凝結時間

表-1 硬質水砕の化学成分

| 項目   | 測定値(%) | 全酸当量(%) | JIS基準案(%) |
|------|--------|---------|-----------|
| CaO  | 39.4   | 40.91   | ≤ 45.0    |
| S    | 1.06   | 0.95    | ≤ 2.0     |
| SO   | -      | 0.05    | ≤ 0.5     |
| FeO  | 0.21   | 0.51    | ≤ 3.0     |
| ガラス量 | -      | 91.8    | -         |

表-2 細骨材の骨材試験結果

| 試験項目                                   | 硬質水砕               | 品質基準案(JIS) | 海砂   | 軟質水砕(採加水砕) |
|----------------------------------------|--------------------|------------|------|------------|
| 比重                                     | 表乾 2.71<br>絶乾 2.66 | —          | 2.54 | 2.05       |
| 吸水率(%)                                 | 1.66               | ≤ 3.5      | 2.14 | 14.5       |
| 単位容積量(kg/m <sup>3</sup> )              | 1541               | ≥ 1450     | 1581 | 967        |
| 実積率(%)                                 | 57.8               | —          | 62.2 | —          |
| 洗い試験で<br>なされる量(%)                      | 3.20               | ≤ 7        | 0.53 | —          |
| NaCl <sub>2</sub> ×10 <sup>4</sup> (%) | 0.22               | —          | 0.35 | —          |
| 比重1.95の<br>海砂に劣るもの(%)                  | 0.33               | —          | 0.96 | —          |
| 安定性(%)                                 | 4.98               | —          | 7.23 | —          |
| 粗粒率(%)                                 | 2.55               | ± 0.15     | 2.60 | 2.96       |

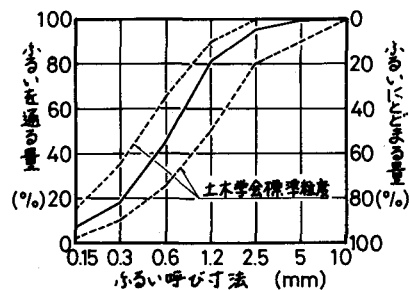


図-1 硬質水砕の粒度曲線

(2)硬化コンクリートの性質に関する実験

a)圧縮強度および静弾性係数 b)引張強度

4. 実験結果および考察

(1)フレッシュコンクリートの性質(表-5参照)

a)単位水量 図-2に単位セメント量が400 kg/m<sup>3</sup>のときの単位水量とスランパの関係を示す。図-2および同じ硬質水砕を用いた別の試験結果を総合すると、水砕置換率の増加に伴い単位水量の増加がみられる。これは、硬質水砕の粒形が天然砂に較べやや角ばっているためである。また、硬質水砕単味で使用する場合、減水剤使用コンクリートで天然砂に較べ2%程度単位水量が増加する。

b)ブリー징 ブリー징量と時間の関係を図-3に示す。表-5および図-3より、ブリー징量は単位水量と水セメント比の増加に伴い多くなっている。また、水砕100%置換のアレーンコンクリートの場合スランパ18 cmの軟練りではブリー징量がかなり大きくなっている。しかし、減水剤を使用することによってブリー징量は40~60%減少しており、ブリー징は減水剤により十分対応が可能であることが確認された。

c)凝結時間 硬質水砕100%置換の減水剤使用およびアレーンコンクリートの凝結時間の試験結果より、水セメント比およびスランパの大きい配合ほど硬化速度は遅くなる傾向がみられるが、天然砂使用のコンクリートと同程度であると思われる。

(2)硬化コンクリートの性質(表-6参照)

硬質水砕使用のコンクリートの圧縮強度は、水砕置換率によらずほぼ一定で、天然砂使用のコンクリートより若干強度増となっている。また、軟質水砕と較べ大幅な強度増となっており、硬質水砕の品質が非常に改善されたことを示している。また、硬質水砕使用のコンクリートは、長期強度発現性も大きく強度的な問題はないと思われる。

5. あとがき

以上の実験結果より、硬質水砕の品質は天然砂と較べても見劣りするものではなく、硬質水砕使用のコンクリートは、天然砂使用のコンクリートとほぼ同程度の性状を示した。したがって、本実験に使用した硬質水砕は、コンクリート用細骨材として十分に適用性があると思われる。

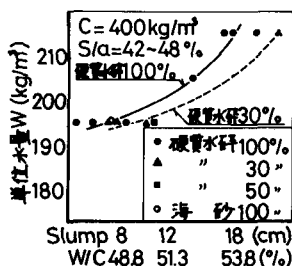


図-2 単位水量とスランパの関係

表-3 粗骨材の骨材試験結果

| 比重   | 吸水率<br>(%) | 細骨材<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 変換率<br>(%) | 粗粒率<br>F.M. |
|------|------------|-----------------------------|------------|-------------|
| 2.62 | 0.50       | 1527                        | 58.3       | 6.58        |

表-4 示方配合表

| 配合名  | 計画値<br>スランパ<br>Sl.<br>(cm) | 水セメント比<br>W/C<br>(%) | S/a<br>(%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |        |             |          |     | ポリリス<br>No.8<br>(cc) |      |
|------|----------------------------|----------------------|------------|----------------------------|--------|-------------|----------|-----|----------------------|------|
|      |                            |                      |            | セメント<br>C                  | 水<br>W | 細骨材 S<br>海砂 | 粗骨材<br>G |     |                      |      |
| 100A | 8                          | 5                    | 54.3       | 42                         | 350    | 190         | 740      | 986 | 3500                 |      |
| 100C | 18                         |                      | 60.0       | 45                         |        | 210         | 767      | 906 |                      |      |
| 100D | 8                          |                      | 48.8       | 42                         | 400    | 195         | 715      | 954 | 4000                 |      |
| 100F | 18                         |                      | 53.8       | 44                         |        | 215         | 726      | 890 |                      |      |
| 30C  | 18                         |                      | 60.0       | 43                         | 350    | 210         | 220      | 480 | 940                  | 3500 |
| 30D  | 8                          |                      | 48.8       | 42                         | 400    | 195         | 214      | 470 | 954                  | 4000 |

表-5 フレッシュコンクリートの性質

| 配合名   | S/a<br>(%) | Slump<br>(cm) | Air<br>(%) | ブリージング                                       |                | 凝結時間       |            |
|-------|------------|---------------|------------|----------------------------------------------|----------------|------------|------------|
|       |            |               |            | ブリージング量<br>(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) | ブリージング率<br>(%) | 始発<br>(hr) | 終結<br>(hr) |
| 減水剤使用 |            |               |            |                                              |                |            |            |
| 100A  | 42         | 8.8           | 4.1        | 0.099                                        | 2.02           | 4.7        | 7.0        |
| 100C  | 45         | 17.7          | 3.6        | 0.172                                        | 3.17           | 5.7        | 8.2        |
| 100D  | 42         | 8.2           | 1.9        | 0.051                                        | 1.01           | 4.4        | 6.6        |
| 100F  | 44         | 17.9          | 4.1        | 0.158                                        | 2.88           | 5.3        | 7.5        |
| 30C   | 43         | 18.7          | 2.9        | 0.245                                        | 4.60           | —          | —          |
| 30D   | 42         | 8.3           | 1.8        | 0.072                                        | 1.42           | —          | —          |
| アレーン  |            |               |            |                                              |                |            |            |
| 100A' | 42         | 3.9           | 1.9        | —                                            | —              | 3.6        | 5.4        |
| 100C' | 45         | 17.9          | 1.3        | 0.302                                        | 5.35           | 3.9        | 6.0        |
| 100D' | 42         | 7.1           | 0.9        | 0.130                                        | 2.53           | 3.0        | 4.7        |
| 100F' | 44         | 16.8          | 1.1        | —                                            | —              | 3.7        | 5.6        |

表-6 硬化コンクリートの性質

| 配合名  | S/a<br>(%) | 圧縮強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 弾性係数<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) × 10 <sup>3</sup> | 引張強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------|------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|
| 100A | 42         | 404                           | 3.4                                             | 32.5                          |
| 100C | 45         | 345                           | 3.3                                             | 30.6                          |
| 100D | 42         | 440                           | 3.7                                             | 32.0                          |
| 100F | 44         | 362                           | 3.4                                             | 32.3                          |
| 30C  | 43         | 353                           | 3.2                                             | 30.7                          |
| 30D  | 42         | 477                           | 3.4                                             | 36.3                          |

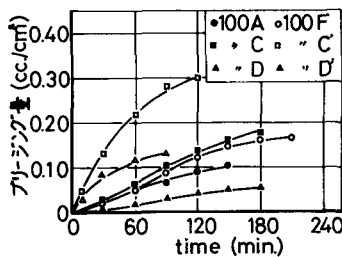


図-3 ブリージング量と時間の関係