

# V-30 砕砂を使用したコンクリートの改善に関する基礎検討

## — 銅スラグ細骨材の混合による効果 —

住友金属鉱山(株) 正会員 ○川西政雄 竹谷正造 青野貞二  
別鉱開発工事(株) 山下英信

### 1. 目的

西日本は陸地に良質な骨材の産地が少なく、粗骨材は碎石、細骨材には海砂と砕砂の混合砂の使用がほとんどである。しかし、この海砂は環境の配慮から採取を禁止する自治体が増えてきており、海砂に変わる細骨材が求められている。

一方、銅スラグ細骨材はコンクリートに使用できる新たな細骨材として、1997年8月にJIS A 5011-3「コンクリート用スラグ骨材-第3部：銅スラグ骨材」に規定され、コンクリート用細骨材としても利用が進んでいる。この銅スラグは天然骨材と異なり、微粒分にコロイダルなもの、有機質的なものなどのコンクリートに悪影響を与えるものが含まれていないため、微粒分がある程度多い方がブリーディング性状の改善、施工性の改良、さらには強度増加が認められている。銅スラグ細骨材にはCUS5、CUS2.5、CUS1.2と最大粒度によって分類されており、今回、海砂の代わりに微粒分が多いCUS1.2相当品を中心に砕砂と混合し、単位水量の変化、ブリーディング量の影響について検討したものである。

### 2. 試験方法

#### 2.1 試験に使用した材料

試験には表-1のような物性値を示す細骨材を使用した。海砂は今治大三島沖で採取、また、表-2には細骨材の粒度分布を示す。CUS1.2相当品についてはふるい目0.15mmを通過する微粒分が16%、20%、27%に製造した3種類の銅スラグ細骨材を用いて試験した。使用したセメントは普通ポルトランドセメントであり、粗骨材には碎石(西日本碎石 碎石2005、絶乾比重:2.57、吸水率1.14%、粗粒率6.72)を、混和剤はセリノ No.70、マイクシア202を用いた。

#### 2.2 コンクリートの配合と評価方法

表-1に示す細骨材を用いて、銅スラグが砕砂を用いたフレッシュコンクリートの品質に及ぼす影響に関して試験した。銅スラグの混合率及びW/C(47、55及び65%の3水準)を変化させ、目標スランブになるようなコンクリートの配合を試験により求め、各配合の単位水量を比較した。また、同時に空気量、ブリーディング量の測定も行った。表-3に実験から得られた主な基本配合を示す。

表-1 細骨材の物性

|         | 乾燥密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率<br>(%) | 粗粒率  | 実績率<br>(%) |
|---------|------------------------------|------------|------|------------|
| 砕砂      | 2.51                         | 1.76       | 3.05 | -          |
| 海砂      | 2.51                         | 1.69       | 2.56 | -          |
| CUS2.5  | 3.50                         | 0.28       | 2.53 | 61.8       |
| CUS1.2a | 3.50                         | 0.33       | 2.00 | 71.8       |
| CUS1.2b | 3.50                         | 0.33       | 1.84 | 72.1       |
| CUS1.2c | 3.50                         | 0.33       | 1.49 | 72.5       |

表-2 細骨材の粒度分布

|          | 砕砂  | 海砂  | CUS2.5 | CUS1.2a | CUS1.2b | CUS1.2c |
|----------|-----|-----|--------|---------|---------|---------|
| 2.5-5.0  | 14  | 5   | 0      | 0       | 0       | 0       |
| 1.2-2.5  | 29  | 17  | 12     | 3       | 1       | 0       |
| 0.6-1.2  | 23  | 29  | 49     | 39      | 36      | 22      |
| 0.3-0.6  | 20  | 30  | 25     | 29      | 29      | 32      |
| 0.15-0.3 | 10  | 16  | 8      | 13      | 14      | 19      |
| 0.15以下   | 4   | 3   | 6      | 16      | 20      | 27      |
| 計        | 100 | 100 | 100    | 100     | 100     | 100     |

表-3 実験から得られた基本配合

| 試験<br>番号 | 細骨材           | 0.15mm 以下<br>(CUS+砂) | CUS 混合<br>率 (%) | W/C<br>(%) | 細骨材<br>率 (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |      |      |     |     |     | スラブ <sup>o</sup><br>(cm) | 空気量<br>(%) |
|----------|---------------|----------------------|-----------------|------------|--------------|--------------------------|------|------|-----|-----|-----|--------------------------|------------|
|          |               |                      |                 |            |              | 水                        | セメント | 粗骨材  | 砕砂  | 海砂  | CUS |                          |            |
| S-05     | 砕砂 100%       | 4                    | 0               | 55         | 45.5         | 170                      | 309  | 972  | 798 | -   | -   | 9.0                      | 4.3        |
| S-02     | 砕砂 40%+海砂 60% | 3                    | 0               | 55         | 44.5         | 174                      | 315  | 985  | 309 | 464 | -   | 9.0                      | 5.2        |
| C-21     | 砕砂+CUS2.5     | 5                    | 30              | 55         | 44.8         | 167                      | 304  | 993  | 553 | -   | 326 | 9.0                      | 4.4        |
| C-03     | 砕砂+CUS1.2a    | 8                    | 30              | 55         | 44.0         | 164                      | 298  | 1014 | 548 | -   | 323 | 9.0                      | 4.5        |
| C-01     | 砕砂+CUS1.2b    | 9                    | 30              | 55         | 44.0         | 164                      | 298  | 1014 | 548 | -   | 323 | 8.5                      | 4.7        |
| C-02     | 砕砂+CUS1.2c    | 11                   | 30              | 55         | 44.0         | 164                      | 298  | 1014 | 548 | -   | 323 | 8.5                      | 4.8        |
| C-04     | 砕砂+CUS1.2b    | 12                   | 50              | 55         | 44.0         | 163                      | 296  | 1009 | 398 | -   | 544 | 8.0                      | 4.2        |
| C-24     | 砕砂+CUS2.5     | 5                    | 30              | 55         | 48.0         | 192                      | 349  | 884  | 558 | -   | 330 | 18.0                     | 4.8        |
| C-10     | 砕砂+CUS1.2a    | 8                    | 30              | 55         | 47.0         | 189                      | 344  | 904  | 551 | -   | 326 | 18.0                     | 4.4        |
| C-08     | 砕砂+CUS1.2b    | 9                    | 30              | 55         | 47.0         | 189                      | 344  | 904  | 551 | -   | 326 | 19.0                     | 4.3        |
| C-09     | 砕砂+CUS1.2c    | 11                   | 30              | 55         | 47.0         | 189                      | 344  | 904  | 551 | -   | 326 | 18.0                     | 4.3        |

3. 実験結果

3.1 細骨材種類による単位水量の変化

銅スラグ混合率 30%においては、硬練り、軟練りとも微粒分を含む量が多くなればなるほど単位水量が減少する傾向にある。「砕砂 40%+海砂 60%」を用いたコンクリートに比べ CUS2.5 においては約 4%減少し、更に CUS1.2b を混合したコンクリートの場合は約 6%減少している。(図-1)

3.2 水セメント比 (W/C) の違いによる単位水量の影響

W/C に係わらず、銅スラグを混合した場合、「砕砂 40%+海砂 60%」を用いたコンクリートに比べ、単位水量が減少する傾向にある。(図-2)

3.3 ブリーディング量の測定結果

微粒分を含む量が多くなればブリーディング量が減少する傾向にある。銅スラグ微粒分(0.15mm 以下)が銅スラグ中 27%を含む「砕砂+銅スラグ」のコンクリートは「砕砂+海砂」の場合と同程度のブリーディング量となる。また、軟練りにおいても、微粒分が多い銅スラグコンクリートはブリーディングの抑制に効果的である。さらに、銅スラグの混合率を増やしていくとブリーディング量は増加する傾向にあるが、微粒分を増加することによりそれを抑制する効果がある。(図-3,4,5)

3.4 微粒分量とフレッシュコンクリートの性状

図-6 は銅スラグを 30%に混合した場合の微粒分量 (0.15mm ふるいを通過する量) がスランプ、空気量及びブリーディング性状に及ぼす影響について示したものである。微粒分が増加しても空気量、スランプに大きな変化は見られない。しかし、ブリーディング量については微粒分量の増加に伴い減少している。

4. まとめ

- ①銅スラグを混合したコンクリートは「砕砂+海砂」の場合と比較して単位水量は減少し、特に、微粒分を多く含む CUS1.2 相当品の場合、単位水量の低減効果は 6%程度効果がある。これは W/C に係わらず同様の傾向にある。
- ②銅スラグの微粒分は砕砂との混合において、効果的にブリーディングを押さえる効果がある。微粒分を多く含む銅スラグで「砕砂 70%+銅スラグ 30%」のコンクリートは「砕砂 60%+海砂 40%」のコンクリートと同程度のブリーディング量である。
- ③日本鉱業協会の長期耐久性試験結果によると、銅スラグ細骨材を用いたコンクリートは普通細骨材を用いたコンクリートよりも長期強度、中性化、耐遮塩性等についても優位性が示されており、今回のフレッシュ試験結果より、銅スラグは砕砂の品質改良の混合砂として、十分に海砂と同等の効果ある材料の一つとして有効であることが確認された。

参考文献：銅スラグ細骨材を用いた長期暴露コンクリートの調査報告書（日本鉱業協会：2001.12）、銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針（土木学会）

