

# 碎石・細砂を使用したコンクリートの諸性質 に関する研究(第2報)

金沢大学工学部 正員 柳場 重正  
 “ “ 川村 満紀  
 金沢工業大学 “ 斎藤 満  
 金沢大学工学部 学生員 〇林 正平

## 1. 概説

河川より骨材として採取できる掃流土砂の減少や過去数十年にわたる川砂、川砂利の使用により、近年骨材の不足やそれにとまなう採取の規制あるいは禁止が伝えられ、我国建設業界における重大な問題となっている。これに対する解決策の一つとして、粗骨材としては次第に碎石の使用が盛んになっている。細骨材としては、膨大な量の海岸砂丘砂がコンクリート用細骨材として使用できるならば非常に有利と思われる。過去数十年にわたる数多くの実験研究により、碎石コンクリートの難点は次第に除去され技術的には碎石の使用は問題となるところではないと思われる。しかし、これに細骨材として海岸砂丘砂を使用する場合、一般に問題となる点は砂が含有する塩分を含み、時として軟弱な貝殻類および有機不純物の混在する恐れのあることである。石川県内灘地方の砂丘砂については、貝殻類の混在をほとんど認めず、有機不純物についてもほとんど考慮する必要がない。また塩分についても汀線より300m程度離れると、許容値である0.01%よりはるかに小さく、ただ砂粒子が含有する細粒子である点が問題となる。これらのコンクリートの性状は過去における一連の実験研究により発表されておりますが、本報告はさらに実験を進め、一般的性状を知り、また減水剤を使用することにより、いかなる効果があるかを知らうとするものである。

表-1 セメント試験結果

| 項目<br>種別       | 比重         | 水分<br>%<br>100℃<br>乾燥 | 凝 結       |          |            |            |            | 安定度<br>(沸湯法) |           |
|----------------|------------|-----------------------|-----------|----------|------------|------------|------------|--------------|-----------|
|                |            |                       | 初凝時間<br>分 | 水温度<br>℃ | 凝結時間<br>分  | 水温度<br>℃   | 終結時間<br>分  | 初結時間<br>分    | 終結時間<br>分 |
| 日本規格<br>R 5210 | 3.05<br>以上 | 10.0<br>以下            | 20±3      | 20±3     | 80.0<br>以上 | 1時間<br>以内  | 10時間<br>以内 |              |           |
| 試験日<br>7月      | 3.15       |                       | 200       | 200      | 85.0       | 2時間<br>46分 | 4時間<br>12分 | 安定           |           |
| 試験日<br>10月     |            | 4.2                   | 200       | 200      | 85.0       | 2時間<br>55分 | 4時間<br>6分  | 安定           |           |
| 試験日<br>2月      | 3.15       |                       | 200       | 200      | 85.0       | 3時間<br>5分  | 4時間<br>30分 | 安定           |           |

| 項目<br>種別       | 寸法<br>mm | 引張強度<br>%<br>3日 |          |          | 圧縮強度<br>%<br>3日 |           |      | 養生水温度<br>℃<br>3日 |      |     |
|----------------|----------|-----------------|----------|----------|-----------------|-----------|------|------------------|------|-----|
|                |          | 3日              | 7日       | 28日      | 3日              | 7日        | 28日  | 3日               | 7日   | 28日 |
| 日本規格<br>R 5210 | 15       | 25<br>以上        | 40<br>以上 | 55<br>以上 | 110<br>以上       | 220<br>以上 | 20±3 | 20±3             | 20±3 |     |
| 試験日<br>7月      | 209      | 28.7            | 40.6     | 62.4     | 109.4           | 166.9     | 20.0 | 20.0             | 20.0 |     |
| 試験日<br>10月     | 233      | 26.7            | 41.5     | 63.3     | 96.0            | 209.3     | 20.0 | 20.0             | 20.0 |     |
| 試験日<br>2月      | 223      | 23.9            | 42.3     | 77.1     | 77.9            | 176.7     | 20.0 | 20.0             | 20.0 |     |

## 2. 使用材料

使用セメント：普通ポルトランドセメント

セメントの物理的性質および強度試験結果を表-1に示す。

粗骨材：石川県手取川産の至碓（比重2.63，吸水量0.5%）

細骨材：石川県内灘砂丘砂（比重2.59，吸水量1.0%，全量0.6mmフルイ通過）

減水剤：ポリリス N05L，使用セメント重量の0.25%をプレーンコンクリートにおける配合のまま混合しプレーンコンクリートとの比較検討を行った。

### 3. 実験方法

先の実験研究においては単位セメント量  $300 \text{ kg/m}^3$  としているので、本実験では単位セメント量  $250 \text{ kg/m}^3$ 、 $350 \text{ kg/m}^3$  の2種類を追加した。また粗骨材の最大寸法は  $20 \text{ mm}$ 、 $25 \text{ mm}$ 、 $40 \text{ mm}$  の3種類を採用し、粒度分布はコンクリート標準示方書の示す範囲の中間粒度としたものである。細骨材の粒度は表-2に示すとおりで、粗粒率(F.M.)としては1.49、1.66、1.74の3種類を採用した。またS/Aの範囲は、先の実験研究の結果より、コンクリートがワーカブルとなる範囲30～33%である。以上の組合せに対して、まだ固まらないコンクリートの試験および強度試験を行った。強度試験用供試体は成型後、水温  $20^\circ\text{C}$  の水中で28日間養生されたものである。

表-2 細骨材の粒度

| Class<br>Sieve. | A    | B    | C    |
|-----------------|------|------|------|
| 0.6mm           | 0    | 0    | 0    |
| 0.3mm           | 50   | 67   | 75   |
| 0.15mm          | 99   | 99   | 99   |
| F. M.           | 1.49 | 1.66 | 1.74 |

### 4. 実験結果と考察

#### a. 細骨材率と単位水量

細骨材率(S/A)と単位水量の関係を示すと表-3のとおりである。一般に普通コンクリート(川砂利、川砂使用コンクリート)の配合においては、S/Aを1%だけ増加して同一のスランプのコンクリートを得ようとする場合には、単位水量を1%増加すればよいと言われている。このことより比較すれば、最大骨材寸法が小さくなる程S/A 1%の増加にともなう必要水量の増加率は小さくなり、最大骨材寸法が  $20 \text{ mm}$  の場合には普通コンクリートの増加の傾向に類似すると考えられる。

表-3 S/A 1%の増加に  
対する単位水量の増加率(%)

| Max<br>Size | C<br>Sl. | 250<br>kg | 300<br>kg | 350<br>kg |
|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 20          | 2.5      | 1.1       | 1.0       | 0.9       |
|             | 7.5      | 1.1       | 1.2       | 1.0       |
| 25          | 2.5      | 1.3       | 1.3       | 1.2       |
|             | 7.5      | 1.3       | 1.3       | 1.2       |
| 40          | 2.5      | 1.4       | 1.5       | 1.4       |
|             | 7.5      | 1.6       | 1.5       | 1.6       |

#### b. 砂の粗粒率(F.M.)と単位水量

砂のF.M.と単位水量の関係を示すと表-4の様である。これによれば、最大骨材寸法が大きくなるにしたがってまた単位セメント量が大きくなるにつれて単位水量の減少割合が大きくなる傾向にあることがわかる。

表-4 F.M. 0.1増加にともなう  
単位水量の減少率(%)

| Max<br>Size | C<br>Sl. | 250<br>kg | 300<br>kg | 350<br>kg |
|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 20          | 2.5      | 1.0       | 1.6       |           |
|             | 7.5      | 1.0       | 1.6       |           |
| 25          | 2.5      | 1.4       | 2.2       | 2.8       |
|             | 7.5      | 1.0       | 1.6       | 1.6       |
| 40          | 2.5      | 2.2       | 2.9       |           |
|             | 7.5      | 1.7       | 2.0       |           |

#### c. 砂のF.M.と細骨材率の関係

コンクリートの配合設計においては、F.M.の変化は細骨材率で調整するのが普通であるから、a. b.の結果からF.M.と細骨材率の関係を示すと表-5の様である。普通コンクリートがF.M. 0.1増加するとき、同一コンシステンシーを得るためにはS/Aを0.5%増加することと比較すれば、これらの値は非常に大きく、約10%から20%程度となる。

#### d. スランプと単位水量

同スランプを得るために必要な単位水量は単位セメン

表-5 F.M 0.1 増加に対する  
S/A (%) の増加

| Max Size | C Sl. | 250 kg | 300 kg | 350 kg |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| 20       | 2.5   | 0.91   | 1.6    |        |
|          | 7.5   | 0.91   | 1.3    |        |
| 25       | 2.5   | 1.1    | 1.7    | 2.2    |
|          | 7.5   | 0.77   | 1.2    | 1.2    |
| 40       | 2.5   | 1.6    | 1.9    |        |
|          | 7.5   | 1.1    | 1.3    |        |

表-6 スランプ 1cm 増加にともなう単位水量の増加(%)

| Max Size (mm) | Cem. (kg/m³) | S / A (%) |      |      |      |
|---------------|--------------|-----------|------|------|------|
|               |              | 36        | 33   | 30   | Ave. |
| 20            | 250          | 1.57      | 1.72 | 1.61 | 1.63 |
|               | 300          | 1.75      | 1.64 | 1.28 | 1.56 |
|               | 350          | 1.81      | 1.92 | 1.82 | 1.85 |
| 25            | 250          | 1.78      | 1.83 | 1.77 | 1.79 |
|               | 300          | 1.94      | 1.69 | 1.73 | 1.79 |
|               | 350          | 1.89      | 1.88 | 1.86 | 1.88 |
| 40            | 250          | 1.79      | 1.44 | 1.80 | 1.68 |
|               | 300          | 1.85      | 1.61 | 1.39 | 1.67 |
|               | 350          | 0.96      | 0.99 | 0.96 | 0.97 |

ト量に關係なく、ほぼ一定であるという一定単位水量の法則が、碎石、細砂コンクリートにおいても成立することがみとめられた。またスランプ 1cm 増加に必要な単位水量の増加百分率は表-6 の様である。普通コンクリートにおいては、スランプが 1cm 増加に対して 1.2% の単位水量増加であることを考えると、碎石、細砂コンクリートにおいては約 1.6~1.8% となり、普通コンクリートの 1.5 倍程度の増加割合である。ただし、最大骨材寸法 40mm、単位セメント量 300kg/m³ のコンクリートに対しては、1.0% 程度となっている。

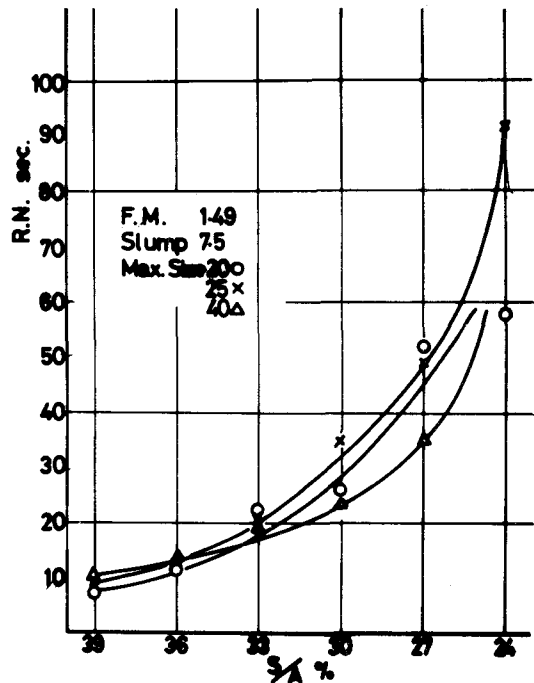
### e. 振動リモルジング試験

図-1 は振動リモルジング値と S/A の關係を示す代表例である。これによれば同一スランプつまり同一コンシステンシーを持つコンクリートにおいても、S/A の変化により振動リモルジングによるワーカビリティーは著しく異なり、S/A の増加にともなう、

ワーカビリティーは大きくなる傾向がある。しかし、S/A が 27% 以下になるとモルタル部分だけが先にフローし、はなはだしく分離がおこるのが見られた。

### f. $c_w$ と $\sigma_{c28}$

図-1 振動リモルジング値と S/A の關係



セメント水比  $\%w$  と4週圧縮強度  $\sigma_{c28}$  との関係は図-2に示すとおりである。41年度のセメント技術協会が与えた式とほとんど一致し、良好な結果であると思われる。この関係式は  $\sigma_c = -189 + 293\%w$  である。

8. 引張強度について  
引張強度と圧縮強度の関係は図-3に示すとおりで、碎石細砂を使用した、赤沢氏、Narayanan氏の結果より良好な値を示し、その関係式は  $\sigma_t = 1.40\sigma_c^{0.62}$  で示される。

9. 静弾性係数  
静弾性係数と圧縮強度の関係は図-4に示す。P.C設計指針によれば、圧縮強度  $300\text{ kg/cm}^2$ 、 $400\text{ kg/cm}^2$  では弾性係数は各々  $30\text{ 万 kg/cm}^2$ 、 $35\text{ 万 kg/cm}^2$  としていることと比較すれば、相当小さな値を示し、注意しなければならない点である。また単位セメント量  $200\text{ kg/m}^3$  のコンクリートはバラツキが大きく、施工管理の点でも問題があると思われる。

10. 減水剤による空気量  
減水剤(ボツリス N05L)を使用セメント量の0.25%使用することにより、連行する空気量は  $\pm 1\%$  の範囲に含まれ、最大骨材寸法による空気量、スランパの変化ほとんど見られない。

11. 減水剤による空気量と F.M  
 $0.3\sim 0.6\text{ mm}$  の砂量増加は空気量の増加を及ぼすといわれるが、この傾向が明らかに見られた。

図-2  $\%w$  と  $\sigma_{c28}$  の関係

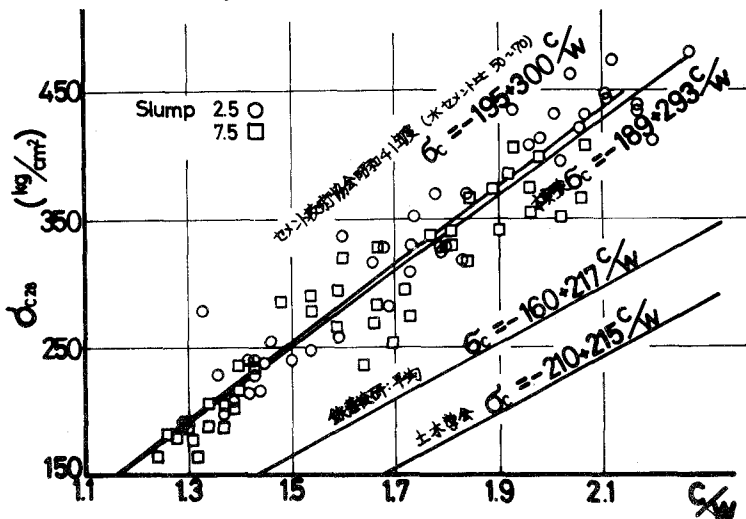


図-3 引張強度と  $\sigma_{c28}$  の関係

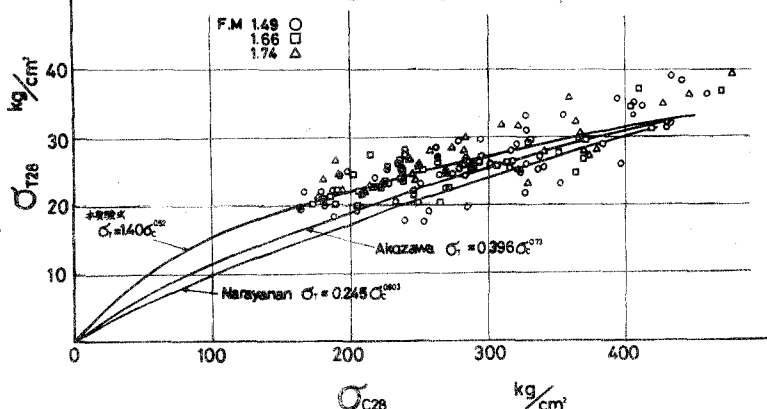


図-4 静弾性係数と  $\sigma_{c28}$  の関係

