

各種骨材を用いた高配合硬練りコンクリートの諸性質について

広島大学工学部 正員 船越 稔  
 広島大学大学院 学生員 〇青 景平 昌

1. まえがき

本研究は、川砂利、碎石、高炉スラッグおよび人工軽量骨材の4種の骨材を用い、高配合硬練りコンクリートを製造し、各骨材の性質がこの種のコンクリートのワーカビリティおよび強度に及ぼす影響を調べた基礎研究で、川砂利を用いたコンクリートとの比較実験に基づいて論じたものである。

2. 使用材料および試験方法

使用セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。使用粗骨材は、川砂利、碎石、高炉スラッグおよび非造粒型膨脹貝殻の人工軽量骨材の4種で、使用細骨材は、軽量粗骨材の場合には軽量粗骨材を用い、他の3種の粗骨材の場合には川砂を用いた。

碎石および川砂利は、5~10mm、15~25mmの2群にふるい分け、それぞれ50%ずつ混合して用いた。高炉スラッグは、5~10mm、10~25mmの2群にふるい分け、碎石および川砂利と粒度ができれば同一となるようそれぞれ20%と80%の割合で混合して用いた。これら3種の粗骨材の最大寸法は25mmである。又軽量粗骨材は容積百分率で5~10mmを50%、10~15mmを45%、15~20mmを5%の割合で混合して使用した。軽量粗骨材の最大寸法は20mmである。これらの骨材の試験結果を表-1に示した。表中、高炉スラッグと人工軽量骨材はその粒度によって比重および吸水量が変化するため、各粒度についてそれらの値を示した。

表-1 各骨材試験結果

| 骨材種類 | 比重     | 吸水量     | 粗粒率  |      |      |
|------|--------|---------|------|------|------|
| 粗骨材  | 川砂利    | 2.64    | 1.01 | 7.11 |      |
|      | 碎石     | 2.71    | 1.02 | 7.07 |      |
|      | 5-10mm | 2.87    | 2.32 | 7.08 |      |
|      |        | 2.69    | 2.21 |      |      |
|      | 軽量粗骨材  | 5-10mm  | 1.57 | 20.2 | 6.48 |
|      |        | 10-15mm | 1.44 | 19.2 |      |
|      |        | 15-25mm | 1.33 | 18.8 |      |
| 細骨材  | 川砂     | 2.60    | 1.83 | 3.11 |      |
|      | 軽量細骨材  | 1.95    | 14.6 | 2.61 |      |

| 骨材種類    | 川砂利 | 碎石 | 高炉スラッグ |
|---------|-----|----|--------|
| スリット減量% | 16  | 15 | 36     |

本研究では、予め、各骨材を用いたコンクリートについて、どの程度まで水セメント比を小さくし得るかを調べた。この結果、どの骨材を用いたコンクリートの場合も、水セメント比をほぼ27%程度まで小さくできることが認められた。ただし、この値は、使用するセメントの種類、ミキサー、バイブレーターなどによって異なるものであると認められる。配合において、水セメント比は27%、31%、37%、45%の4種とした。

練り混ぜは強制練りミキサーを用い3分間行った。スラングは、0.5~1.0cmとなるよう試的に単位水量と細骨材率を定めた。供試体は圧縮と引張強度試験に対して15cm×30cm、曲げ強度試験に対して10cm×10cm×40cmの型枠を使用し、内部振動機を用い十分に練り固めを製した。供試体は脱型後、検査28日まで標準養生を行い、500mmおよび200mmの油圧式破砕試験機を用いて各強度試験およびヤング係数の測定を行った。ヤング係数は、破壊強度の1/3点におけるヒモント係数をとった。

3. 試験の結果および考察

表-2に、各骨材を用いたコンクリートの配合、スラング、空気量、単位容積重量および強度試験

の結果を示した。

# (1) 富配合コンクリートのコンシステンシー

図-1は、コンクリートのスランピング0.5~1.0cmにおけるセメント水比(C/W)と単位水量の関係を示したものである。

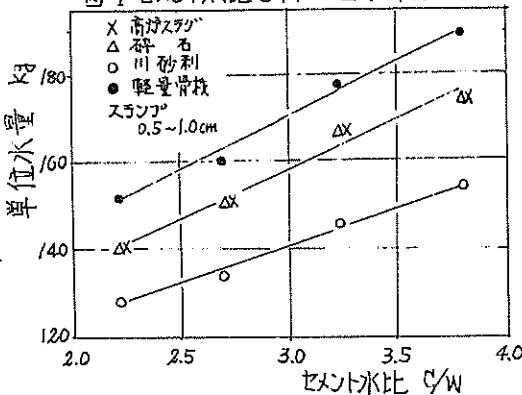
C/W=2.22~3.70 (W/C=0.27~0.45)の範囲内において、同一スランピングを得るに必要な単位水量とC/Wとの関係は、どの骨材の場合もほぼ直線的であることが認められる。各骨材について見ると、砕石コンクリートと高炉スラグコンクリートは、同一C/Wにおいて同一スランピングを得るに必要な単位水量は大体同程度であることが認められる。これは、実験に用いた砕石と高炉スラグの表面形状が両者とも角ばっており、類似しているためと思われる。砕石および高炉スラグコンクリートの同一スランピングを得るに必要な単位水量は、川砂利の場合よりも15~20kg増大した。これは主として、砕石および高炉スラグの場合、粗骨材の表面形状が川砂利よりも角ばって表面が粗いためであると思われる。すなわち、富配合でない場合のコンクリートと同様に、富配合においても粗骨材の表面形状がコンクリートのコンシステンシーにおよぼす影響は大であると思われる。又軽量コンクリートの場合、同一スランピングを得るに必要な単位水量は砕石コンクリートの場合よりも約10kg程度大となった。これは、細骨材として用いた軽量細骨材の粗粒率が川砂よりも小さいこと、そして軽量コンクリートの自重が小さいことによると思われる。

富配合でない普通のコンクリートにおいては、一般に、W/Cが変化する場合、同一スランピングを得るに必要な単位水量は細骨材率(S/A)を適当に変化させることによりほぼ一定とすることができよう。しかし、富配合コンクリートにおいては、S/Aによるスランピングの変動は小さく、主として単位水量によってスランピングを調整しなければならない。これは、富配合コンクリートにおいては、多量のセメントペーストが細骨材を十分に被ってしまい、細骨材の増減がコンクリートの流動性におよぼす影響が顕著に現れられないためと思われる。

表-2. コンクリートの配合および強度試験結果

| 粗骨材の種類 | セメント水比(C/W) | 単位水量 (kg) | スランピング (cm) | 単位重量 (kg/m³) | 圧縮強度 (kg/cm²) | 引張強度 (kg/cm²) | 弾性係数 (kg/cm²) | 単位重量 (kg/m³) |
|--------|-------------|-----------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 川砂利    | 2.7         | 31        | 154         | 0.5          | 1.2           | 1427          | 562           | 37.0         |
|        | 3.1         | 33        | 146         | 0.7          | 1.4           | 1431          | 483           | 36.5         |
|        | 3.7         | 35        | 134         | 0.4          | 1.5           | 1419          | 463           | 34.7         |
|        | 4.5         | 37        | 128         | 0.3          | 2.3           | 1420          | 413           | 31.4         |
| 砕石     | 2.7         | 34        | 174         | 0.4          | 1.4           | 1441          | 552           | 40.7         |
|        | 3.1         | 36        | 167         | 1.0          | 1.3           | 1433          | 534           | 40.3         |
|        | 3.7         | 38        | 151         | 0.5          | 1.8           | 1433          | 504           | 34.1         |
|        | 4.5         | 40        | 141         | 0.4          | 2.7           | 1418          | 422           | 33.2         |
| 高炉スラグ  | 2.7         | 34        | 174         | 0.4          | 2.0           | 1440          | 653           | 43.7         |
|        | 3.1         | 36        | 167         | 1.3          | 1.8           | 1435          | 632           | 43.3         |
|        | 3.7         | 38        | 151         | 0.7          | 1.7           | 1438          | 572           | 34.2         |
|        | 4.5         | 40        | 141         | 0.5          | 2.3           | 1421          | 481           | 33.1         |
| 軽量骨材   | 2.7         | 33        | 188         | 0.7          | 1.7           | 1832          | 468           | 26.4         |
|        | 3.1         | 35        | 178         | 1.7          | 1.5           | 1773          | 456           | 24.4         |
|        | 3.7         | 37        | 162         | 2.1          | 1.7           | 1722          | 420           | 23.7         |
|        | 4.5         | 39        | 152         | 1.2          | 2.5           | 1688          | 339           | 21.5         |

図-1 セメント水比と単位水量の関係



(2). 各骨材を用いた富配合硬練りコンクリートの強度について。

図-2は、標準養生を行った試料28日における各骨材コンクリートの圧縮強度( $f_c$ )とセメント水比( $C/W$ )との関係を示したものである。

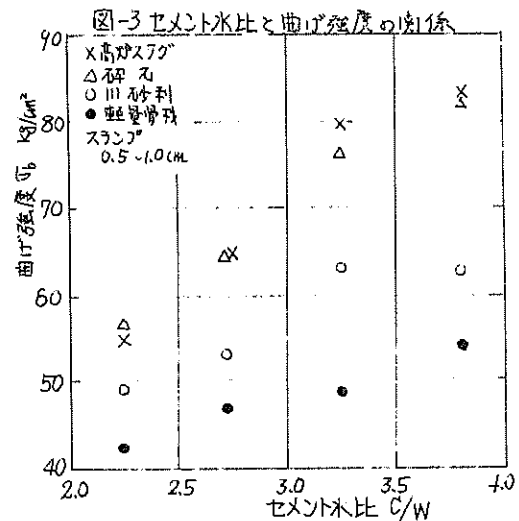
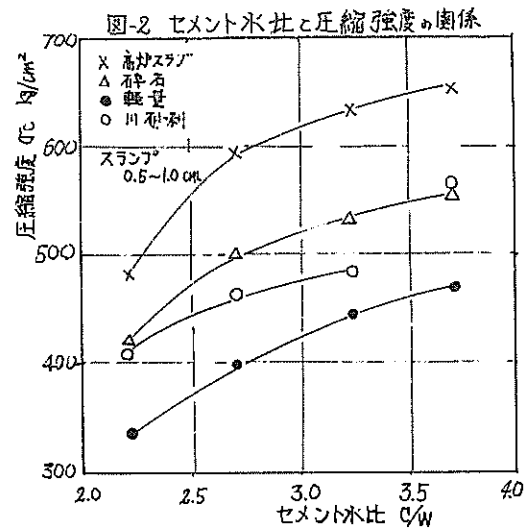
同一セメント水比における各骨材コンクリートの圧縮強度は、高炉スラグコンクリートの場合が最も大きくなり、碎石、川砂利、軽量コンクリートの順になっている。すなわち、高炉スラグコンクリートと碎石コンクリートの圧縮強度は、川砂利の場合よりもそれぞれ20~30%、20~30%大きくなっており、軽量コンクリートの場合は川砂利の場合より10~20%小さくなっている。

一般に、セメントペーストの強度が一定で、骨材がセメントペーストの強度よりも小さい時には、コンクリート強度は骨材自体の強度の影響を受ける。同一 $C/W$ において、軽量コンクリートが川砂利コンクリートより強度が小さくなるのは、軽量骨材自体の強度が川砂利よりも小さく、セメントペーストの強度が十分に発揮される前に骨材自体が破壊するためと思われる。

高炉スラグコンクリートの圧縮強度は、表面形状が比較的に似ている碎石を用いたコンクリートの場合よりも100 $kg/cm^2$ 程度大きくなっている。ところが、高炉スラグの場合のロスアンゼルス試験機によるすりへり減量および吸水量は碎石の場合より大きく、高炉スラグ自体の強度は川砂利および碎石に比べて弱いと思われる。それなのに、高炉スラグコンクリートの圧縮強度は、同一セメント水比において、碎石の場合より大きくなっている。この原因としては、骨材とセメントペーストの付着が良いことその他に、高炉スラグの成分が強度に影響を及ぼしていることが推定される。高炉スラグにも水濡と同様に潜在水硬性があり、これが高炉スラグコンクリートの圧縮強度を大きくしていることも推定される。

富配合でない通常のコンクリートの場合の $C/W$ と圧縮強度の関係は直線的であるが、富配合になると $C/W$ の増加に伴い圧縮強度の増加の割合は小さくなり、 $C/W$ と圧縮強度の関係は直線的でなくなる。

図-3と図-4は、それぞれ $C/W$ と曲げ強度( $f_b$ )および $C/W$ と引張強度( $f_t$ )の関係を示したものである。図によると、同一 $C/W$ における各骨材コンクリートの $f_b$ および $f_t$ は、高炉スラグと碎石の場合がほぼ同程度で最も大きく、川砂利、軽量



ンクリートの順になっている。高炉スラグコンクリートと碎石コンクリートの圧縮強度の間には、圧縮強度の場合にみられた程の差はみられず、ほぼ同程度の強さを示した。従って、高炉スラグを用いた高配合硬練りコンクリートは、碎石の場合より、圧縮強度は強いが、引張および曲げ強度はそれ程強くないと思われる。これは軽量コンクリートの場合と同様に、高炉スラグ自体がボラスであり、吸水量も碎石と比べて大きくなっているためであり、又高炉スラグが軽量コンクリートの場合は引張および曲げ強度試験を行った時ほとんどすべて骨材で直線的に破断しており、骨材自体の強度が小さいためと思われる。

#### 4. 結 論

高炉スラグ、碎石、川砂利および軽量骨材の4種の骨材を用いた高配合硬練りコンクリートの性質について、本研究の範囲内から、次の事が考えられる。

- (1) 高配合硬練りコンクリートにおいては、高配合でない通常のコンクリートの設計方法は適用できないと思われる。通常のコンクリートでは、一般に、水セメント比の変化に対して同一スランプを得るためには、単位水量を一定として細骨材率(%)を適当に変化させればよいが、高配合の場合はその変化によるスランプの変動は小さく、スランプは主として単位水量によって変化することが認められた。従って、対象とする粗骨材について試的に配合を定めなければならない。
- (2) 同一セメント水比における圧縮強度は高炉スラグコンクリートの場合が最も大きく、碎石、川砂利、軽量コンクリートの順になった。しかし、高炉スラグは碎石および川砂利よりロスアンゼルス試験機によるすりへり減量および吸水量が大きく、高炉スラグ自体の強度は弱いと思われる。高炉スラグコンクリートの場合が最も大きくなった原因は、高炉スラグの形状が角張っており、気泡が存在するため表面が粗く、モルタルと粗骨材の付着が良いことその他、高炉スラグの成分がコンクリートの強度に及ぼす影響が考えられる。急冷スラグ(水渾)には潜在水硬性があるが、徐冷スラグである高炉スラグにもある程度の潜在水硬性があることが推定される。
- (3) 同一セメント水比における曲げ強度と引張強度は、高炉スラグと碎石コンクリートの場合がほぼ同程度で最も大きく、川砂利、軽量骨材の順になった。碎石コンクリートと高炉スラグコンクリートの曲げ強度および引張強度は、圧縮強度にみられた程の差はみられなかった。これは、軽量骨材の場合と同様に、高炉スラグ自体がボラスであり、吸水量も碎石と比べて大きくなっており、また骨材自体の強度も小さいためと思われる。

#### 5. あとがき

本研究にあたり、広島大学工学部44年度卒論生、塗本香君の協力を得た。ここに御礼申し上げる。

◀ 以上 ▶

