

## 各種人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートのフレッシュ性状に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○土居 航  
 福岡大学工学部 本田 悟  
 福岡大学工学部 正会員 江本 幸雄

## 1. はじめに

近年、橋梁の大スパン化、多層高架道路橋、ビルの高層化などに見られるようにコンクリート構造物は大規模化している傾向にあるのに対して、建設業界を取り巻く環境は年々厳しくなっており、より一層の省力化が強く望まれている。この対策として軽量かつ高流動コンクリートの使用が考えられている。

そこで本研究では、3種類の非造粒および造粒された人工軽量骨材を高流動コンクリートの粗骨材として用いたときのコンクリートのフレッシュ性状に及ぼす影響について検討を行った。

## 2. 実験概要

## 2.1 使用材料および配合

結合材として普通ポルトランドセメント、混和材としてフライアッシュ、細骨材として海砂、粗骨材として碎石および人工軽量骨材を使用した。混和剤として高性能AE減水剤、空気量調整剤を使用した。表-1に使用材料の種類および性質を示す。また、人工軽量骨材は骨材A、骨材B、骨材Cの非造粒および造粒された3種類を用いた。表-2に人工軽量骨材の物理的性質を示す。コンクリートの配合は、水粉体比35%、単位粗骨材かさ容積 $0.500\text{m}^3/\text{m}^3$ とし、スランプフロー $650 \pm 50\text{mm}$ 、空気量 $4.5 \pm 1.0\%$ （碎石の場合）、 $5.5 \pm 1.0\%$ （人工軽量骨材の場合）を目標とした。なお、人工軽量骨材は3日間吸水後に1日間空気乾燥させたものを表乾状態として使用した。表-3にコンクリートの配合を示す。

## 2.2 練混ぜ方法および供試体作製

練混ぜには、強制練りミキサ（容量：50ℓ）を使用した。練混ぜ方法はセメント、フライアッシュ、細骨材および粗骨材（人工軽量骨材の場合は除く）をミキサに投入し空練り後、混和剤を溶解した練混ぜ水を投入して練混ぜた。また、人工軽量骨材は練混ぜ水を投入し練混ぜ、最後に骨材を投入して練混ぜた。

供試体の作製として、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体は、2層に分けて詰め、各層5回突くものとした。 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体は、1層で上面まで静かに流し込んだ後、5回突くものとした。

## 2.3 試験項目および方法

表-4に試験項目および方法を示す。フレッシュ性状5項目、硬化性状2項目を試験項目とした。フレッシュ性状において、高流動コンクリート指針<sup>1)</sup>に準じて試験を行った。また、人工軽量骨材の点載荷強度は岩の調査と試験<sup>2)</sup>の点載荷圧裂試験を用いて16, 9.5, 4.75mmの3つの粒度に骨材を分け、載荷試験を行い、その結果より算出した。

表-1 使用材料の種類および性質

| 材料  | 種類           | 密度<br>( $\text{g}/\text{cm}^3$ )   | 吸水率<br>(%) | 粗粒率<br>(F.M.) | 略語 |  |
|-----|--------------|------------------------------------|------------|---------------|----|--|
| 結合材 | 普通ポルトランドセメント | 3.16                               | —          | —             | C  |  |
| 混和材 | フライアッシュ      | 2.31                               | —          | —             | F  |  |
| 細骨材 | 海砂           | 2.54                               | 1.81       | 2.55          | S  |  |
| 粗骨材 | 碎石           | 2.78                               | 0.51       | 6.96          | G  |  |
|     | 人工軽骨材A       | 表-2に示す                             |            |               |    |  |
|     | 骨材B          |                                    |            |               |    |  |
|     | 骨材C          |                                    |            |               |    |  |
| 混和剤 | 高性能AE減水剤     | ポリカルボン酸系                           |            |               | SP |  |
|     | AE剤          | 高アルキルカルボン酸系陰イオン界面活性剤と非イオン界面活性剤の複合体 |            |               | AE |  |

表-2 人工軽量骨材の物理的性質

| 人工軽量骨材種類                         | 骨材A   | 骨材B  | 骨材C   |
|----------------------------------|-------|------|-------|
| 骨材の形状                            | 非造粒型  | 造粒型  | 造粒型   |
| 粗粒率 (F.M.)                       | 6.33  | 6.35 | 6.39  |
| 絶乾密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )  | 1.30  | 1.25 | 1.39  |
| 表乾密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )  | 1.44  | 1.32 | 1.57  |
| 24時間吸水率 (%)                      | 10.11 | 5.71 | 13.20 |
| 単位容積質量 ( $\text{kg}/\text{L}$ )  | 0.83  | 0.82 | 0.87  |
| 実積率 (%)                          | 63.3  | 65.3 | 62.6  |
| 安定性 (%)                          | 2.70  | 0.80 | 1.80  |
| 浮粒率 (%)                          | 0.65  | 0.00 | 0.00  |
| 強熱減量 (%)                         | 0.00  | 0.00 | 0.72  |
| 40t破砕値 (%)                       | 32.7  | 27.5 | 43.0  |
| 10t破砕荷重 (tf)                     | 9.7   | 11.9 | 7.6   |
| 点載荷強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 2.4   | 2.5  | 2.3   |

表-3 コンクリートの配合

| 粗骨材の種類 | W/B <sup>※1)</sup><br>(%) | 単位量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |     |     |     | SP<br>(B×%) | AE<br>(cc) |
|--------|---------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-------------|------------|
|        |                           | W                              | C   | F   | G   |             |            |
| 碎石     | 35                        | 170                            | 327 | 159 | 812 | 815         | 1.00       |
| 骨材A    |                           |                                |     |     | 727 | 532         | 0.60       |
| 骨材B    |                           |                                |     |     | 702 | 441         | 0.60       |
| 骨材C    |                           |                                |     |     | 736 | 504         | 0.60       |

※1) B=C+F

### 3. 実験結果および考察

表-5にコンクリートのフレッシュ性状、図-1、2にコンクリートの圧縮強度、曲げ強度をそれぞれ示す。

#### 3.1 コンクリートのフレッシュ性状

##### (1) 流動性

スランブフローにおいて、人工軽量骨材は同じ添加量の高性能AE減水剤を使用しているが、造粒された骨材Bのみ碎石と同等の値を示した。また、L形フローにおいても同様の結果を示した。これは、骨材Bは他の2種類の人工軽量骨材よりも骨材の表面が平滑であるためと考えられる。

##### (2) 自己充てん性

U形充てん高さが300mm以上の場合、良好な自己充てん性を有しているとされている。U形自己充てん高さの結果から人工軽量骨材において、造粒型 (B, C) の骨材においては、良好な自己充てん性を有しているのに対して、非造粒型 (A) の骨材は充てん性を有していないことがわかる。また、V漏斗による流下時間、流下速度においても、非造粒型 (A) である人工軽量骨材が最も遅い値を示した。これは、骨材の形状が影響していると考えられる。

#### 3.2 コンクリートの硬化性状

人工軽量骨材において、圧縮強度は碎石の79～84%であり、材齢7, 28日ともに骨材Bが最も大きく、次に骨材A、骨材Cとなっている。曲げ強度でも同様の結果を示した。この要因として、表-2より点載荷強度、40t破砕値および10%破砕荷重に示したように、骨材自身にそれぞれの強度差があるためと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究により得られた結果を以下にまとめた。

- 1) 造粒型の骨材Bは、表面が平滑であり、流動性に優れているため、高流動コンクリート用の粗骨材として使用できると考えられる。
- 2) 人工軽量骨材において、造粒型の骨材は良好な自己充てん性を有しているが、非造粒型の骨材は流動性はあるが、自己充てん性を有していないことが確認できた。
- 3) コンクリートの強度は、人工軽量骨材自身の強度の影響を受ける傾向にある。

#### 5. あとがき

今後の課題として、コンクリートの硬化後の耐久性能について検討していく必要がある。

#### 〈参考文献〉

- 1) 土木学会:高流動コンクリート施工指針, コンクリートライブラリー NO. 93
- 2) 土質工学会: 岩と調査と試験, pp. 293-298

表-4 試験項目および方法

| 対象      | 試験項目      | 試験方法と関連規格                           |
|---------|-----------|-------------------------------------|
| 物理的性状   | 密度及び吸水率試験 | JIS A 1135に準じた試験                    |
|         | 単位容積質量試験  | JIS A 1104に準じた試験(ジギング法による)          |
|         | 実積率試験     |                                     |
|         | 安定性試験     | JIS A 1143に準じた試験                    |
|         | 破砕試験      | BS規格に準じた試験                          |
| フレッシュ性状 | 空気量試験     | JSCE-F 513に準じた試験                    |
|         | スランブフロー試験 | JIS A 1150Iに準じた試験                   |
|         | L形フロー試験   | JSCE-F 514に準じた試験                    |
|         | 間隙通過性試験   | U形充填装置を用いて、JSCE-F 511に準じた試験         |
|         | 流下試験      | V6.5漏斗を用いて、JSCE-F 512に準じた試験         |
| 硬化性状    | 圧縮強度試験    | φ10×20cmの供試体を用いて、JIS A 1108に準じた試験   |
|         | 曲げ強度試験    | 10×10×40cmの供試体を用いて、JIS A 1106に準じた試験 |

表-5 コンクリートのフレッシュ性状

| 試験項目     | 単位      | 粗骨材の種類 |      |      |      |      |
|----------|---------|--------|------|------|------|------|
|          |         | 砕石     | 骨材A  | 骨材B  | 骨材C  |      |
| コンクリート温度 | (°C)    | 20.5   | 20.8 | 21.1 | 21.4 |      |
| 空気量      | (%)     | 5.2    | 2.5  | 2.8  | 2.2  |      |
| スランブ     | フロー     | (mm)   | 665  | 635  | 665  | 610  |
|          | 500mm到達 | (s)    | 5.8  | 5.2  | 4.7  | 5.0  |
|          | 静止時間    | (s)    | 34.8 | 32.7 | 30.3 | 28.0 |
| L形       | フロー     | (mm)   | 815  | 695  | 805  | 575  |
|          | 沈下量     | (mm)   | 355  | 340  | 340  | 325  |
|          | 流動速度    | (m/s)  | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.05 |
|          | 300mm到達 | (s)    | 4.5  | 5.1  | 4.0  | 5.5  |
|          | 静止時間    | (s)    | 81.5 | 54.0 | 60.0 | 44.5 |
|          | 充てん高さ   | (mm)   | 326  | 285  | 320  | 305  |
| U形       | 充てん時間   | (s)    | 53.3 | 67.5 | 29.7 | 37.5 |
|          | 流下時間    | (s)    | 20.8 | 25.4 | 17.5 | 24.1 |
| V漏斗      | 流下速度    | (m/s)  | 0.10 | 0.08 | 0.12 | 0.09 |

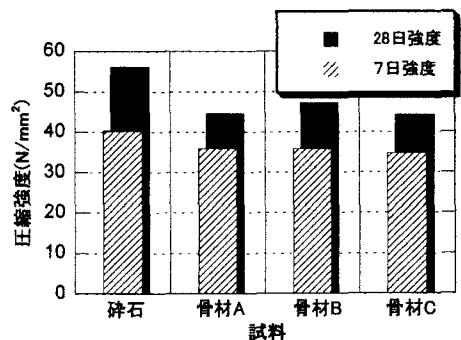


図-1 コンクリートの圧縮強度

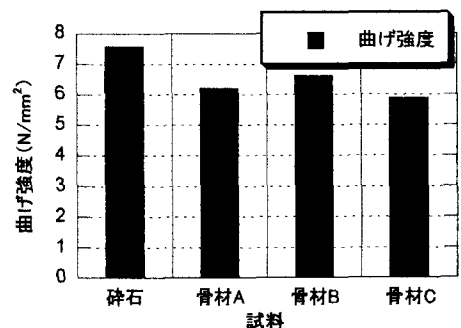


図-2 コンクリートの曲げ強度 (材齢: 28日)