

# 粘土系軽量骨材を用いた軽量モルタルの耐久性に関する実験的検討

九州産業大学工学部 学生会員 ○岡部修二郎  
九州産業大学工学部 正会員 松尾 栄治

## 1. はじめに

筆者らはインドネシアの良質な地質を活用して作製された粘土系軽量骨材（Clay Lightweight，以下 CLW と称す。）に着目しており，容易な破碎作業によって骨材の脆弱部を除去できれば，より比強度的に有利な骨材が得られると期待している。本研究では，CLW 粗骨材を破碎して製造した CLW 細骨材を使用した軽量モルタルを対象に，強度性状や耐久性に関する基礎物性を明らかにすることを目的とした。すなわち，密度と各種強度の関係や，懸念される耐久性としての乾燥収縮特性，凍結融解抵抗性，暴露における抵抗性などを実験的に明らかにした。

## 2. 実験方法

### (1) 使用材料

CLW 粗骨材は膨張粘土骨材の一種であり，製造元は在インドネシアの中国系メーカーである。一般的に膨張粘土骨材を用いた軽量コンクリートは他の軽量骨材で作られたものよりも強度が高いといわれている。本研究では CLW 粗骨材を最大粒径が 5mm 以下になるまで圧縮試験機を用いて繰り返し破碎し，粒度調整して CLW 細骨材を製造した。母材である CLW 粗骨材の物理的性質は，表乾密度  $1.40\text{g/cm}^3$ ，絶乾密度  $1.19\text{g/cm}^3$ ，吸水率 18.3%，粗粒率 6.18，最大寸法は 20mm であり，吸水率が極めて大きいという欠点を有する。これを破碎して作製した CLW 細骨材の物性は，表乾密度  $1.60\text{g/cm}^3$ ，絶乾密度  $1.33\text{g/cm}^3$ ，吸水率 20.5%，粗粒率 3.03，単位容積質量  $0.79\text{kg/L}$ ，実積率 59.6%となった。吸水率は母材と同様に極めて大きく，破碎することによりさらに吸水率が微増した。なお，セメントは普通ポルトランドセメント，練混ぜ水は上水道水を用いた。

### (2) 供試体作製方法および測定方法

表-1 に配合を示す。CLW 細骨材の比較用としては JIS 標準砂を用いた。すなわちセメントの強さ試験の配合を基準（配合 No.1）とし，JIS 標準砂を CLW 細骨材に体積置換（置換率 30，60，100%）した。配合 No.5 は，置換率 100%である配合 No.4 をベースに，収縮低減剤を標準使用量だけ混入したものであり，配合 No.6 は収縮低減剤を標準使用量の 2 倍混入したものである。

凍結融解抵抗性試験は簡易的に供試体間の相対評価を行う目的で独自の方法を採用した。すなわち，市販の冷凍庫を用いて円柱供試体（ $\phi 7.5 \times 15\text{cm}$ ）に凍結融解作用を与え，たわみ振動の一次共鳴振動数を測定し，算出した相対動弾性係数にて評価した。

暴露試験は配合 No.1～4 にて  $\phi 10 \times 20\text{cm}$  の円柱を作製し，材齢 28 日まで標準養生を施した後に，福岡市内の屋外に暴露させた。暴露場所は日当たりの良い場所を選定し，供試体は地面から数 cm 浮かせた状態で設置した。供試体の上下方向は打設時と同じ方向とした。

表-1 配合表

| 配合 No. | CLW 置換率 (%) | W/C (%) | 混和剤 ※ | 単位量 ( $\text{kg/m}^3$ ) |     |      |     |     | 理論密度 $\text{kg/L}$ |
|--------|-------------|---------|-------|-------------------------|-----|------|-----|-----|--------------------|
|        |             |         |       | W                       | C   | JIS砂 | CLW | 混和剤 |                    |
| 1      | 0           | 50      | -     | 256                     | 512 | 1543 | -   | -   | 2.31               |
| 2      | 30          | 50      | -     | 256                     | 512 | 1080 | 279 | -   | 2.13               |
| 3      | 60          | 50      | -     | 256                     | 512 | 617  | 558 | -   | 1.94               |
| 4      | 100         | 50      | -     | 256                     | 512 | -    | 929 | -   | 1.70               |
| 5      | 100         | 50      | 1     | 256                     | 512 | -    | 929 | 10  | 1.71               |
| 6      | 100         | 50      | 2     | 256                     | 512 | -    | 929 | 20  | 1.72               |

表-2 強度試験結果一覧

| CLW 置換率 (%) | 材齢 (日) | 角柱供試体                  |         | 強度 ( $\text{N/mm}^2$ ) |      |       |      |      |       |  |
|-------------|--------|------------------------|---------|------------------------|------|-------|------|------|-------|--|
|             |        | 密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) | 吸水率 (%) | 曲げ                     | 角柱圧縮 | 2面せん断 | 円柱圧縮 | 割裂引張 | ヤング係数 |  |
| 0           | 7      | 2.24                   | 1.75    | 7.71                   | 35.2 | 7.24  | 20.7 | 3.28 | 27322 |  |
|             | 28     | 2.28                   | 1.98    | 8.79                   | 49.3 | 10.13 | 32.7 | 3.85 | 32098 |  |
|             | 91     | 2.26                   | 2.37    | 8.18                   | 39.1 | 11.68 | 41.2 | 4.92 | 32559 |  |
| 30          | 7      | 2.13                   | 2.33    | 7.22                   | 42.1 | 6.36  | 29   | 3.44 | 23214 |  |
|             | 28     | 2.08                   | 3.01    | 8.44                   | 50   | 9.52  | 33.9 | 4.01 | 24178 |  |
|             | 91     | 2.15                   | 3.49    | 8.57                   | 49.6 | 13.91 | 41.1 | 4.37 | 27133 |  |
| 60          | 7      | 1.9                    | 3.41    | 6.97                   | 40.8 | 7.63  | 24.4 | 3.84 | 16775 |  |
|             | 28     | 1.92                   | 3.99    | 8.13                   | 50.1 | 8.69  | 30   | 3.87 | 21231 |  |
|             | 91     | 1.98                   | 4.82    | 8.78                   | 42.1 | 13.6  | 54.1 | 5.11 | 22398 |  |
| 100         | 7      | 1.63                   | 4.65    | 6.4                    | 34.8 | 6.85  | 28.9 | 3.01 | 12679 |  |
|             | 28     | 1.66                   | 5.89    | 8.03                   | 45.3 | 7.86  | 35.4 | 4.25 | 15284 |  |
|             | 91     | 1.67                   | 7.21    | 6.51                   | 46.9 | 8.89  | 48.8 | 4.73 | 15406 |  |

所定の暴露期間においてリバウンドハンマーによる表面硬度により劣化を評価した。測定は円柱の上下面で行った。

### 3. 実験結果

#### (1) 強度性状

表-2 に強度試験結果の一覧を示す。供試体の密度変化から求めた吸水率は予想通りに大きく、最大で 7.2% まで達した。図-1 に CLW 置換率と圧縮強度の関係を示す。置換率が大きくなっても、すなわち軽量化が促進されても圧縮強度の低下はなく、逆に増加傾向も確認できる。このことは供試体密度と圧縮強度の関係を示した図-2 から確認できる。原因としては骨材の硬度や形状などの影響が推察され、本骨材は構造用軽量骨材として強度的に有利なことが確認できる。圧縮強度以外の強度も同様の傾向であったが、ヤング係数については密度に伴う低下傾向がみられた。

#### (2) 耐久性試験結果

相対動弾性係数の変化を図-3 に示す。凍結融解 90 サイクル終了時では、まだサイクル数が小さい初期段階であるため、相対動弾性係数の低下傾向は確認できない。逆に動弾性係数が増進する傾向が見られるケースが多く、これは水和反応による強度増進が含まれるものと推察される。ただし、90 サイクル終了時における CLW 置換率 100% の供試体の表面にはスケーリングが生じ始めていることから、動弾性係数の低下も今後生じることが予想される。

暴露試験における推定圧縮強度の変化を図-4 に示す。推定圧縮強度は軽量コンクリート用のリバウンドハンマーを用いて測定した。現状では暴露期間が 4 ヶ月とまだ短いことから、いずれの配合でも劣化の兆候は確認されていない。逆に強度の増加傾向が顕著であり、これは雨水による養生効果のためと推察される。また、供試体上面（打設面）よりも下面の強度が高い傾向が確認できる。目視観察でも劣化の兆候は全くみられない状況である。

### 4. まとめ

本研究で得られた主な結論は下記の通りである。

- (1) CLW モルタルは軽量化しても強度低下を伴わないため、構造材として有利な材料である。
- (2) CLW 置換率が大きくなると、凍結融解抵抗性が小さくなる可能性がある。また、市販の冷凍庫による簡易的な試験でも相対比較による評価は可能と思われる。
- (3) 暴露試験において、現段階での劣化は確認できない。

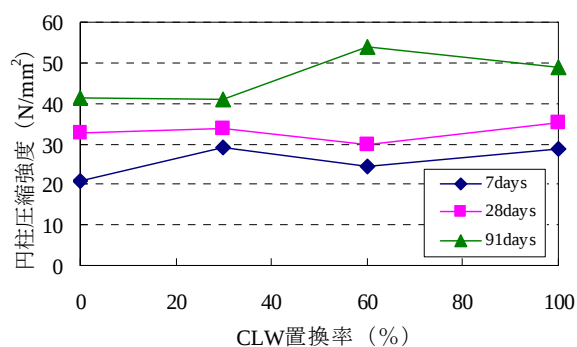


図-1 CLW 置換率と円柱圧縮強度の関係

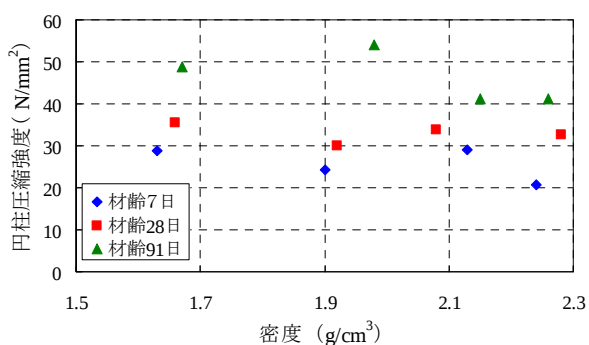


図-2 密度と円柱圧縮強度の関係

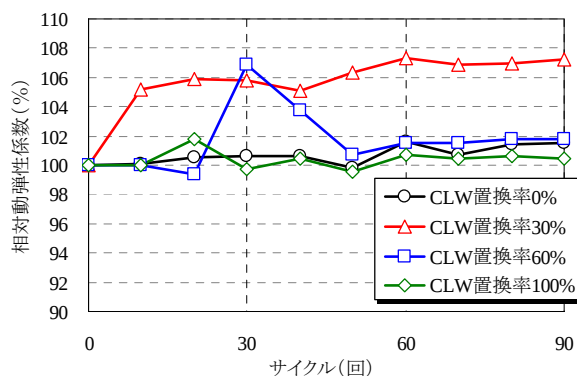


図-3 相対動弾性係数の変化

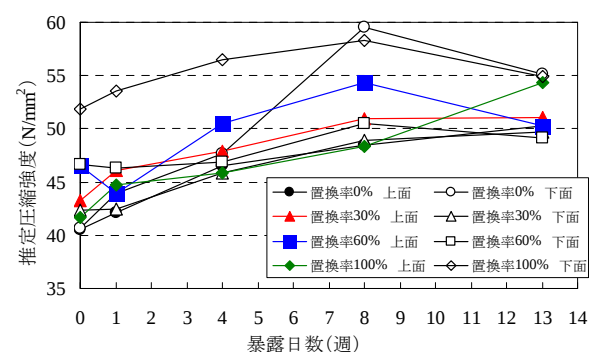


図-4 推定圧縮強度の変化