

## 低含水比の浚渫土から作製した固化処理土の強度特性

五洋建設(株) 正会員 ○新舎 博  
 五洋建設(株) 正会員 上野 一彦  
 五洋建設(株) 正会員 熊谷 隆宏

### 1. はじめに

環境上の制約などにより、浚渫土の処分場が不足している。また、一方で、護岸の造成などを行う際には捨石などに使う自然石が不足している。そこで、浚渫土から自然石に相当する高強度の固化処理土(準硬石に相当：9.81~49.03 MN/m<sup>2</sup>)を作製することを目的として、処理土の配合試験を実施した。配合は含水比  $w$  を 50~100%，水固化材比  $W/C$  を 1.2 とした。配合試験の結果、高強度の固化処理土を得るための基本配合を把握することができた。本文では、既往の配合試験の結果とともに、実験結果を述べる。

### 2. 固化処理土の配合

配合試験では、原料土として、表-1 に示す名古屋港浚渫粘土を使用した。粒度組成は、粘土分が 39%，シルト分が 38%，砂分が 23%であり、液性限界  $w_L$  が 84.3%，塑性限界  $w_p$  が 24.4%，収縮限界  $w_s$  が 22.7%である。

#### (1) 既往の配合試験結果<sup>1)</sup>

この粘土を使用した際の既往の主な配合試験結果を表-2 に示す。なお、この配合は空気量を零として表示している。表-2 に示した配合試験の結果から、一軸圧縮強さ  $q_{u28}$  と  $W/C$  の関係を求めると、図-1 と式(1)が得られた。

$$q_{u28} = 23.148 \times (W/C)^{-1.236} \quad (1)$$

また、図-1 によると、 $w$  が 50%で、 $W/C$  が 1.0 より小さくなると、実験での  $q_{u28}$  は式(1)の推定強度を大きく下回るようになった。混練直後の処理土は流動性が失われ、水和反応に必要な水が固化材に十分に行き渡らなかったためと考えられた。

#### (2) 今回実施した配合試験

今回実施した試験の配合を表-3 に示す。処理土の配合は  $W/C$  と含水比  $w$  を設定すると、式(2)で求めることができる。

$$\begin{aligned} W_w/\rho_w + W_s/\rho_s + W_c/\rho_c + V_a/100 = V_{total} \\ W_w/W_c = W/C = A \quad W_w/W_s = w = B \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 $W=W_w$ 、 $C=W_c$ 、式(2)の  $W$  は質量、 $\rho$  は密度、添え字の  $w$  は水、 $s$  は土粒子、 $c$  は固化材、 $V_a$  は空気量(%),  $V_{total}$  は 1m<sup>3</sup>、 $A$  と  $B$  は配合を決定づける設定値である。なお、表-3 は  $V_a$  が零の場合であり、処理土の湿潤密度  $\rho_t$  が測定されると、 $V_a$  は式(3)で求めることができる。

$$V_a = (\rho_{sat} - \rho_t) \times 100 / \rho_{sat} \quad (3)$$

一軸圧縮試験の供試体は「安定処理土の静的締固めによる供試体作製方法(JGS 0812-2009)」に準じて、次のように作製した。a) 乾燥(室内)によって含水比を約 50%に調整した粘土を作製し、実験条件の  $w$  が 50%以上の場合は、加水して含水比を調整した。

b) 含水比調整粘土にセメントを粉体で添加して 1 分間攪拌し(100rpm)、その後切り返してもう 1 分間(300rpm)攪拌した。

表-1 名古屋港粘土の物理特性

| 土粒子密度                         | 粒度組成(%) |     |    | 液性限界      | 塑性限界      | 収縮限界      |
|-------------------------------|---------|-----|----|-----------|-----------|-----------|
| $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 粘土      | シルト | 砂  | $w_L$ (%) | $w_p$ (%) | $w_s$ (%) |
| 2.668                         | 39      | 38  | 23 | 84.3      | 24.4      | 22.7      |

表-2 処理土の配合表(主な既往結果)

| $W_w/W_c$ | $w$ % | $W_c$ kg | $W_w$ kg | $W_s$ kg | $\rho_{sat}$ t/m <sup>3</sup> | $q_{u28}$ MN/m <sup>2</sup> |
|-----------|-------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------------------------|
| 4         | 150   | 192      | 767      | 512      | 1.471                         | 3.156                       |
| 4         | 110   | 179      | 717      | 652      | 1.548                         | 4.350                       |
| 4         | 80    | 164      | 657      | 821      | 1.642                         | 5.001                       |
| 4         | 50    | 139      | 555      | 1109     | 1.803                         | 3.812                       |
| 2         | 150   | 361      | 722      | 481      | 1.564                         | 7.884                       |
| 2         | 110   | 340      | 677      | 616      | 1.633                         | 11.186                      |
| 2         | 80    | 313      | 623      | 779      | 1.715                         | 11.937                      |
| 2         | 50    | 265      | 531      | 1060     | 1.857                         | 8.222                       |
| 1.5       | 80    | 402      | 603      | 754      | 1.758                         | 9.555                       |
| 1.5       | 80    | 402      | 603      | 754      | 1.758                         | 12.799                      |
| 1         | 50    | 488      | 488      | 976      | 1.952                         | 4.707                       |
| 0.5       | 50    | 841      | 420      | 841      | 2.102                         | 4.861                       |

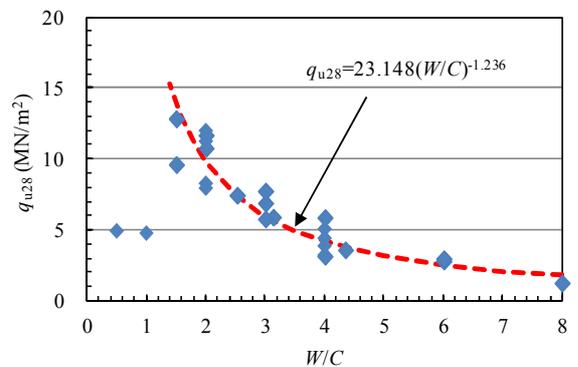


図-1 処理土の  $q_{u28}$  と  $W/C$  の関係

表-3 試験を実施した配合表

| $W_w/W_c$ | $w$ % | $W_c$ kg | $W_w$ kg | $W_s$ kg | $\rho_{sat}$ t/m <sup>3</sup> | $q_{u28}$ MN/m <sup>2</sup> |
|-----------|-------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1.2       | 100   | 514      | 617      | 617      | 1.748                         | 13.100                      |
| 1.2       | 80    | 486      | 584      | 729      | 1.799                         | 17.675                      |
| 1.2       | 60    | 446      | 535      | 891      | 1.872                         | 13.125                      |
| 1.2       | 50    | 419      | 503      | 1005     | 1.927                         | 8.250                       |

キーワード：高強度固化処理土，低含水比，浚渫土，配合試験，

連絡先：〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 TEL : 0287-39-2116

c)セメント混合土を直径 5 cm×高さ 10 cm のモールドに、できるだけ空気が入らないように人力で詰めた。d)材例 28 日で一軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮強さが約 5 MN/m<sup>2</sup> 未満の場合は、土の一軸圧縮試験方法「JIS A 1216:2009」に準じて強度を測定し、約 5 MN/m<sup>2</sup> 以上ではモルタルの圧縮強度試験方法(案)「JSCE-G 505-2013」に準じて強度を測定した。

3. 配合試験結果

水固化材比 W/C が 1.2, 2(既往), 4(既往)の試験結果を述べる。

(1) 湿潤密度

処理土の湿潤密度  $\rho_t$  の結果を図-2 に示す。 $\rho_t$  は計算上の飽和条件よりも幾分小さく、表-3 に示した飽和密度  $\rho_{sat}$  と同様、W/C が小さいほど、および w が減少するほど増加した。本配合試験における  $\rho_t$  の範囲は 1.45~1.90 t/m<sup>3</sup> であり、幅広いことがわかる。

(2) 空気量

処理土の空気量  $V_a$  を式(3)で算定した。その結果を図-3 に示す。 $V_a$  は w が 150%においては 1.5%程度でばらつきは少ないが、w が低下するほど  $V_a$  が増加し、w が 50%では 3~6%となった。w が 50%で、W/C=1.2 の場合は、試料に流動性がなく、パサ付いていたが、供試体作製時の突固めによって空気量が減少した。他の試料の場合は粘性があったことから、供試体作製時の突固めでは空気量を低減することはできなかった。

(3) 一軸圧縮強さ

一軸圧縮強さ  $q_{u28}$  の結果を図-4 に示す。処理土の W/C~ $q_{u28}$  関係は、w とは無関係であると考えられているが<sup>2)</sup>、w を 50~150%と大きく変化させると、 $q_{u28}$  は変動した。本処理土に関しては、w が 80%の  $q_{u28}$  が最も大きく、w が 50%と 150%の  $q_{u28}$  が小さい。w が 50%で、W/C=1.2 の  $q_{u28}$  が小さい理由としては、水和反応に必要な水量が不足している可能性がある。一方、w が 150%の  $q_{u28}$  は、水和反応に必要な水は十分にあると考えられるが、水和反応に使用されない水が逆に多過ぎることから、 $q_{u28}$  が小さくなったと考えられる。

図-5 は、図-1 に今回の試験結果を追加して、W/C~ $q_{u28}$  関係を再度求めたものである。w が 50%で、W/C=1.2 の結果は水和反応不足と判断して除外した。その結果、式(4)が新たに得られた。なお、式(4)は平均の W/C~ $q_{u28}$  関係を示しており、含水比によっては  $q_{u28}$  に約±20%の相違が生じていることに留意が必要である。

$$q_{u28} = 20.273 \times (W/C)^{-1.144} \quad (4)$$

4. 結論

浚渫土から準硬石に相当する高強度の固化処理土を作製することを目的として、配合試験を実施した。試験条件は既往の結果を含めると、含水比 w が 50~150%、水固化材比 W/C が 1.2~4.0、固化材は粉体添加である。その結果、以下の結論が得られた。

- (1) 処理土の湿潤密度は 1.45~1.90 t/m<sup>3</sup> の範囲にあった。
- (2) 処理土の空気量  $V_a$  は、w によって異なるが 1~6%の範囲であった。
- (3) 処理土の  $q_{u28}$  と W/C には式(4)の関係が認められた。ただし、 $q_{u28}$  は W/C が同一でも w によって変動し、W/C が 1.2 で w=80% の場合は 17.7MN/m<sup>2</sup>、w=60%と 100%の場合とはともに 13.1MN/m<sup>2</sup>であった。しかしながら、w=50% の場合は 8.3MN/m<sup>2</sup> と小さく、水和反応に必要な水が不足していた可能性が考えられる。

参考文献 1)新舎・堤：水固化材比が一定条件における固化土の劣化特性，Geo-関東，pp.144-145，2017。2)管中混合固化処理工法技術マニュアル(改訂版)：沿岸技術研究センター，p.92，2008。

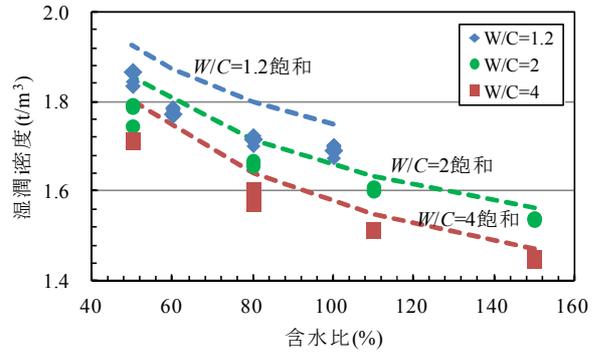


図-2 処理土の w と湿潤密度  $\rho_t$  関係

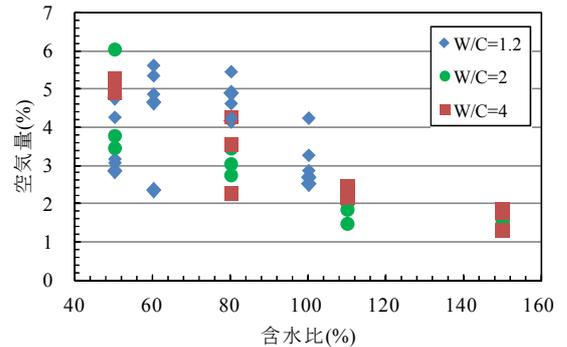


図-3 処理土の w と空気量  $V_a$  の関係

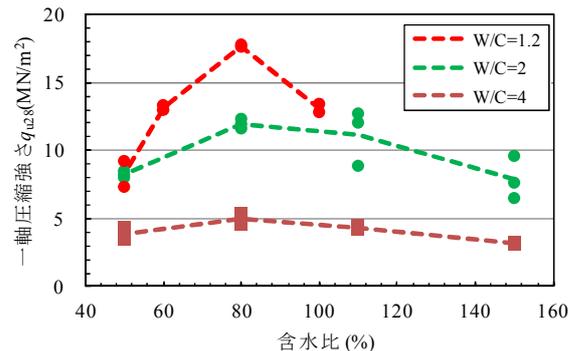


図-4 処理土の w と  $q_{u28}$  の関係

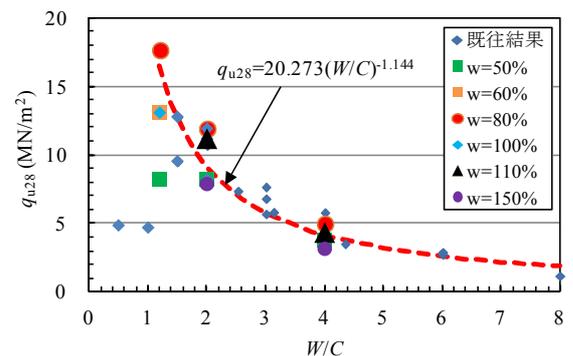


図-5 処理土の  $q_{u28}$  と W/C の関係(再構築)