

## III-B 300

## 風化花崗岩のSMWによる貯水池鞍部処理

水資源開発公団 試験研究所

正会員

土田百合子，正会員 松原 一則

正会員

平野 勇，正会員 東 世司美

福岡導水建設所

正会員

王野 高久

加藤 智雄

## 1. はじめに

水資源開発公団において建設中の山口調整池では、貯水池右岸の風化花崗岩からなる鞍部の漏水対策に、ロックフィルと併せて原位置攪拌混合工法の一つであるソリミキシングウォール（以下「SMW」と言う）工法による連続地中壁を計画している。SMW工法の適用に当たり、室内配合試験により品質の検討を行い、現場試験施工で品質並びに施工性を確認し、実施工における最適配合を求めて、施工計画を策定した。我が国では、風化花崗岩において遮水を目的としたSMWの施工例が殆どなく、ここに山口調整池における検討例を報告する。

## 2. SMW室内配合試験

## 2.1 鞍部の地盤条件と漏水対策

鞍部の漏水対策は、表土及びE級マサ土を除去し、基礎となるD級マサ土及びC<sub>L</sub>級風化花崗岩をSMWで、それ以下をカテナグラウングによる遮水処理を行い、堤高13mのロックフィルを設置

する計画である。地盤の性質は表-1・図-1に示すとおりである。

## 2.2 配合条件

(1) 設計値 設計値は、浸透流解析及び築堤解析によって表-2の目標値を定めた。透水係数(K)は単に漏水量低減の面からみると、できるだけ小さいほうが望ましい。しかし浸透流解析の結果、SMWのKが $1 \times 10^{-6}$  cm/sec以下とすると、17部の動水勾配が2以上となり悪影響が出ることが考えられる。また、変形係数(E)は不同沈下、地震時等における安定性を考慮すると、周辺地盤と同等程度であることが望ましい。築堤解析の結果、SMWのEが5,000 kgf/cm<sup>2</sup>程度までは、解析断面において全て圧縮応力であり問題がない。

(2) 配合条件 配合試験は、SMW設計施工指針<sup>1)</sup>を参考に表-3の条件で試験を行うこととした。バッチは変形係数を低減させると考え、指針<sup>1)</sup>の概略値より多くした。また、セメントは、普通ポルトランドセメント及び高炉セメントを用いた。試料は、山口調整池右岸鞍部付近よりD級(D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>は採取場所の違いによる)及びC<sub>L</sub>級岩盤より採取した。

2.3 配合試験 上記配合条件の全ての組合せで、合計108ケースの試験を行った。透水係数は透水試験方法の概略手順<sup>2)</sup>、変形係数についてはソリメント試験法(案)<sup>3)</sup>に基づいて求めた。

2.4 試験結果 試験の結果、透水係数は、水セメント比(図-2)、セメント量(図-3)、水量(図-4)が少なく、バッチ量が多いほど、また高炉セメントの方が小さくなる(図-2, 5)。変形係数は、水セメント比(図-6)が増加す

表-1 試料土の性質

| 試料             | 現場密度測定                                  |            | 現場含水率<br>w <sub>p</sub> % | 室内透水試験                |                               | 試験-<br>種類 |
|----------------|-----------------------------------------|------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------|
|                | 湿密度<br>ρ <sub>w</sub> g/cm <sup>3</sup> | 含水率<br>w % |                           | 透水係数<br>K cm/sec      | 変形係数<br>E kgf/cm <sup>2</sup> |           |
| D <sub>2</sub> | 2.064                                   | 10.7       |                           | $4.52 \times 10^{-5}$ |                               | SM        |
| D <sub>1</sub> | 2.131                                   | 8.9        | 1400                      | $4.70 \times 10^{-5}$ |                               | SM        |
| C <sub>L</sub> | 2.555                                   | 2.2        | 4000                      | $9.89 \times 10^{-5}$ |                               | GP        |

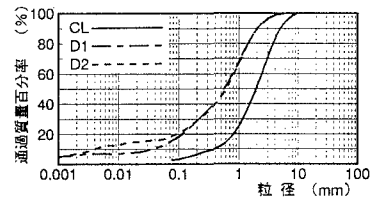


図-1 粒径加積曲線

表-2 SMWの設計目標値

| 項目                          | 目標値                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------|
| 透水係数 (cm/sec)               | $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$ |
| 変形係数 (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2,000 ~ 5,000                            |

表-3 SMWの配合条件

| 配合項目                          | 配合条件                                           |
|-------------------------------|------------------------------------------------|
| 水セメント比 (%)                    | 150・200・250                                    |
| セメント量 (kg/試験1m <sup>2</sup> ) | 250・300・350                                    |
| バッチ量 (kg/試験1m <sup>2</sup> )  | 30・50                                          |
| セメント種類                        | 普通ポルトランドセメント<br>高炉セメント                         |
| 土(試料)                         | C <sub>L</sub> ・D <sub>1</sub> ・D <sub>2</sub> |

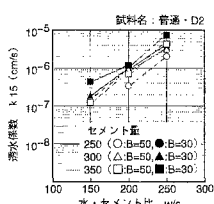


図-2 水セメント比と透水係数

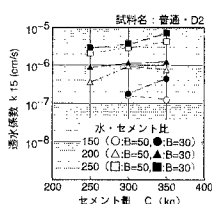


図-3 セメント量と透水係数

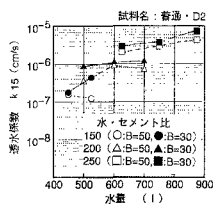


図-4 水量と透水係数

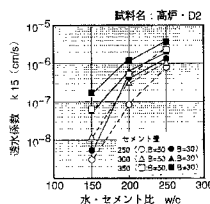


図-5 水セメント比と透水係数

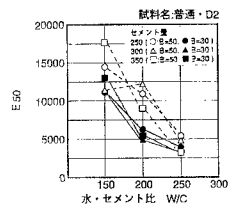


図-6 水セメント比と変形係数

るほど低下するが、ベント量とは明瞭な関係は認められない。  
 以上のような検討により、表-2の設計目標値を概ね満足する  
 配合として表-4を求めた。

3. SMWの現場施工試験 表-4を基に、経済性を考慮して普  
 通セメントで最もセメント量の少ない配合（⑨：ケ-3）、高炉セメント  
 で最も変形係数の小さい配合（②：ケ-2）（表-5）によって一  
 次試験を行った。その結果、C<sub>L</sub>級の風化花崗岩について削  
 孔可能であることが判明したが、ケ-3・ケ-2ともにグリーングが  
 起こり、造成24時間後に SMWが3m沈下した。沈下の原因は  
 周辺地盤への逸水と考え、増粘剤を添加し、SMW造成を行ったが効果  
 がなく（沈下2.65m）、かえって沈下速度が遅くなり SMWの沈下に伴  
 うヒビ割れ問題が懸念されることとなった。そこで施工上問題がなく、  
 かつ設計目標値を満足させるため、室内配合試験を参考に次のような  
 検討を行った。まず、周辺地盤への逸水防止（止水膜の形成）及びグリーング防止のため、ベント量を増加し、  
 水セメント比を減少する。しかし、それだけでは透水係数が過小になると考えられるのでセメント量を増やし、かつ  
 普通セメントとする。水セメント比の減少は変形係数の増大を招くが、施工上不可避と判断する。具体的には、ベント  
 量50kgとし、水セメント比は室内配合試験によると、150%では流動化状態にならず、また変形係数が過大にな  
 るので200%とする。この場合セメント量を350kgとすると水量は700ℓとなって過多であるので、セメント量は300  
 kgとする。以上からケ-3（表-5）の配合を設定し、二次試験を行った。二次試験は1.12mの沈下にとどまり  
 良好な結果であった。次に、現場施工試験での品質について検討する。試験施工4週後のチェックリング試料に  
 よる結果を、同配合の室内配合試験結果と合わせて表-6に示す。透水係数に関してはケ-3・ケ-3とも10<sup>-7</sup>  
 cm/secが存在し、あまり望ましくないが、コア部と岩盤の接合部からの浸透を抑える等の対応を検討するもの  
 とする。ケ-2については、深度12m付近で10<sup>-5</sup>cm/secとやや大きい、ここではセメントミが十分に混合してい  
 ないことがコアから確認され、施工上難点があったことが分かる。また、変形係数については、ケ-3・ケ-2と  
 もD級の深度5m付近で10,000kgf/cm<sup>2</sup>を越えており、ここで逸水があったと考えられる。ケ-3では、D級は  
 ほぼ設計目標値を満たし、C<sub>L</sub>級はやや大きい周辺地盤の変形係数も大きいので問題はないと思われる。  
 以上の結果からケ-3の配合が妥当であると判断した。

4. おわりに 設計目標値を概ね満足し、施工性も良好なことから、ケ-3の配合が妥当であることが分かっ  
 た。また、SMWの配合はこれまで水セメント比250%での施工実績がある<sup>1)</sup>が、今回の対象土が砂土であったため  
 水セメント比250%では施工性が悪いことが分かった。また、室内配合試験と現場試験施工では、品質の違いを生  
 じ、施工性も異なることが判明した。その理由としては、室内配合試験と実施工における攪拌機構、養生状  
 態、寸法、浸透条件、供試体内部の応力条件等の違いが考えられる。現在のところ室内試験のみから施工性  
 を予測することは難しく、現場試験施工が不可欠であるが、今後、施工実績が増加し、対象地盤の性質、配  
 合等についての体系的な検討がなされることが望まれる。

表-6 室内試験と現場試験施工との違い

| 配合  | 試料             | 室内配合試験                    |                          |            |                      | 現場試験施工結果                  |                          |            |                    |
|-----|----------------|---------------------------|--------------------------|------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|------------|--------------------|
|     |                | 数量<br>kgf/cm <sup>3</sup> | 含水比<br>g/cm <sup>3</sup> | 含水比<br>(%) | 透水係数<br>K (cm/sec)   | 数量<br>kgf/cm <sup>3</sup> | 含水比<br>g/cm <sup>3</sup> | 含水比<br>(%) | 透水係数<br>K (cm/sec) |
| ケ-3 | D <sub>2</sub> | 3956                      | 1.880                    | 31.4       | 3.0×10 <sup>-6</sup> | 6                         | 16501                    | 1.855      | 27.9               |
|     | D <sub>1</sub> | 3808                      | 1.888                    | 32.5       | 1.9×10 <sup>-6</sup> | 13                        | 8103                     | 1.926      | 28.4               |
|     | CL             | 4800                      | 2.042                    | 18.9       | 1.8×10 <sup>-6</sup> | 19                        | 5724                     | 1.946      | 24.8               |
| ケ-2 | D <sub>2</sub> | 5357                      | 1.922                    | 28.6       | 3.7×10 <sup>-7</sup> | 5                         | 11586                    | 1.570      | 33.2               |
|     | D <sub>1</sub> | 4770                      | 1.803                    | 33.0       | 5.3×10 <sup>-7</sup> | 12                        | 3285                     | 1.842      | 19.2               |
|     | CL             | 3593                      | 2.010                    | 21.1       | 4.8×10 <sup>-6</sup> | 19                        | 22322                    | 1.833      | 22.2               |
| ケ-3 | D <sub>2</sub> | 12118                     | 1.894                    | 31.3       | 8.9×10 <sup>-7</sup> | 5                         | 2445                     | 1.733      | 28.0               |
|     | D <sub>1</sub> | 6425                      | 1.895                    | 29.8       | 4.2×10 <sup>-7</sup> | 12                        | 5071                     | 1.851      | 27.3               |
|     | CL             | 8059                      | 2.010                    | 18.7       | 4.4×10 <sup>-7</sup> | 19                        | 8147                     | 1.893      | 23.3               |

表-4 目標値を満足する配合

| 番号 | セメント | 水セメント比 (%) | セメント量 kg | ベント量 kg | 透水係数 ×10 <sup>-6</sup> cm/sec | 変形係数 kg/cm <sup>2</sup> |
|----|------|------------|----------|---------|-------------------------------|-------------------------|
| ①  | 普通   | 250        | 350      | 30      | 5.8~7.5                       | 2400~3300               |
| ②  | 高炉   | 250        | 350      | 30      | 3.7~5.3                       | 3600~5400               |
| ③  | 普通   | 250        | 350      | 50      | 2.2~4.4                       | 3300~4700               |
| ④  | 高炉   | 250        | 350      | 50      | 1.1~2.8                       | 3500~6300               |
| ⑤  | 普通   | 250        | 300      | 30      | 3.8~4.2                       | 3100~3500               |
| ⑥  | 高炉   | 250        | 300      | 30      | 1.9~3.8                       | 4800~5600               |
| ⑦  | 普通   | 250        | 300      | 50      | 1.8~3.0                       | 4700~6200               |
| ⑧  | 高炉   | 250        | 300      | 50      | 1.0~2.7                       | 2300~5700               |
| ⑨  | 普通   | 250        | 250      | 30      | 1.8~3.0                       | 3800~4800               |
| ⑩  | 高炉   | 250        | 250      | 30      | 1.3~2.2                       | 5800~6100               |
| ⑪  | 普通   | 200        | 350      | 30      | 1.2~2.9                       | 4800~7000               |

表-5 試験施工で採用する配合

| 番号  | セメント | 水セメント比 (%) | セメント量 kg | ベント量 kg | 透水係数 |
|-----|------|------------|----------|---------|------|
| ケ-3 | 普通   | 250        | 250      | 30      | 625  |
| ケ-2 | 高炉   | 250        | 350      | 30      | 875  |
| ケ-3 | 普通   | 200        | 300      | 50      | 600  |

- 参考文献 1) 『ソイルミキシングウォール(SMW)設計指針』  
 : 社団法人 日本材料学会  
 2) 『透水試験方法の概略手順』平成元年3月1日  
 : 成興工業株式会社  
 3) 『ソイルセメント試験法(案)』  
 : 社団法人 日本材料学会