

## 雲仙・普賢岳における CSG 工法の強度特性について

国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所 永江 純一郎

(財)砂防・地すべり技術センター ○三浦 郁人、松井 宗広、吉田 真也

## 1. はじめに

雲仙・普賢岳では平成8年から火砕流堆積物や土石流堆積物などの現地発生土砂を利用しセメントと混合したCSG工法(砂防ソイルセメント)による砂防堰堤袖部や導流堤など多くの施工が行われている。そのため現在まで施工時における材料試験や強度試験などが数多く実施されている。その中で、一つの現場においても施工日ごとに発現強度が異なり、強度のバラツキが大きいことなどが明らかとなってきている。

本報告は、施工時に行われた材料試験や強度試験結果およびセメント量や含水比、養生温度などを変えた圧縮強度試験結果をもとに、材料特性、含水比、温度などと圧縮強度との関係について分析し、考察した結果についてとりまとめたものである。

## 2. 試験結果

## (1) 材料特性と強度の関係

現地発生土砂の材料特性が発現強度に及ぼす要因を把握することを目的として、平成13年度の実施工時の供試体における強度試験結果について整理した。その中で、発現強度に影響を及ぼす材料特性としては均等係数、吸水率などが挙げられた(図-1、2参照)。均等係数が小さい(細骨材が多い)場合や細骨材の吸水率が大きい場合などで発現強度が小さくなる傾向にある。ただし、図に示すように材料特性と圧縮強度は直線関係にはなく、バラツキが大きいことから、その他の要因も発現強度に影響していると考えられ、この強度試験結果からは明確な関係は得られなかった。

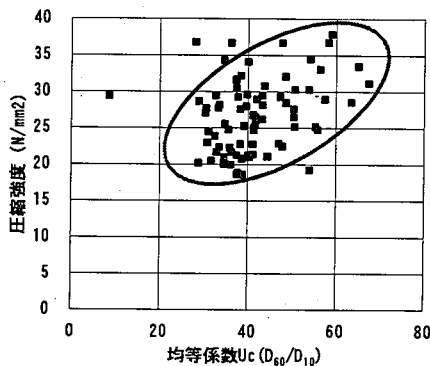


図-1 均等係数と強度の関係

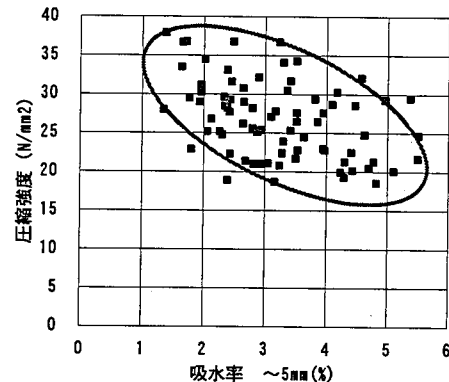


図-2 吸水率と強度の関係

## (2) 含水比と強度の関係

材料特性の他に、発現強度に影響を及ぼす要因としては混合後の含水比が考えられる。そこで、単位セメント量4ケース(170, 190, 210, 230kg/m<sup>3</sup>)×含水比5ケース(C=170, 190kg/m<sup>3</sup>→w=11~15%、C=210, 230kg/m<sup>3</sup>→w=12~16%)、計20ケースで室内において供試体を作成し一軸圧縮強度試験を実施した。

圧縮試験に使用した材料の粒度分布を図-3に、材料特性について下表に示す。上記の平成13年度施工時のものと比較すると粒度分布に大きな違いはないが、吸水率では比較的大きな値を示している。

粒径	絶対乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	均等係数 U <sub>c</sub> =D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>
0-5mm	2.25	5.81	56.7
5-40mm	2.27	4.14	
40-150mm	2.22	5.24	

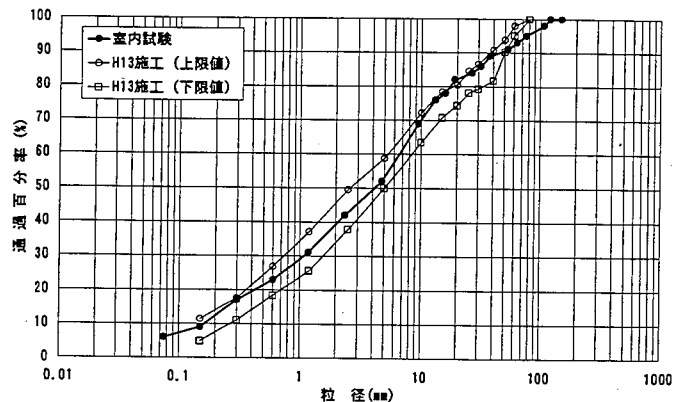


図-3 試験材料の粒度分布

含水比毎の単位セメント量と圧縮強度の関係を図-4に示す。7日材齢ではセメント量の増加に伴い発現強度も増加しており、含水比が高いほど発現強度が小さくなる傾向にある。28日材齢になると最も含水比が小さい11%のケースやセメント量230kg/m<sup>3</sup>で含水比12%のケースで発現強度が低下しており含水比の違いによる強度への影響が認められる。91日材齢になるとさらに含水比が小さいケースで発現強度へ及ぼす影響は大きくなる傾向を示している。

以上のことから、セメント量を増やしても含水比が小さいと強度が低下し、セメント量毎に最大の発現強度となりうる最適な含水比があることが確認された。

また、 $\sigma_7 \sim \sigma_{28}$ の強度の伸びについて図-5に示す。同じセメント量でも含水比が小さいと強度の伸び率が小さく、含水比が大きいほど強度の伸び率が大きい。ただし、室内試験だけでは含水比が大きい方が強度を発現するためには有利であるが、配合を決定する際は施工性などにも留意して決定する必要がある。

なお、CSG工法は水の管理(加水)をしないで、製造することが施工効率上から望ましいと考えられる。逆に、高い強度を期待する場合や、強度のバラツキをなくし安定した強度のCSG材を製造するためには水の管理が重要であると言え、そうすることによりセメント量を減らすことも可能であると考えられる。

### (3) 養生温度と強度の関係

気温設定が可能なコンテナを使用し、養生温度を5度、15度、25度と一定にして、供試体により養生温度の違いによる強度への影響を確認した。図-6に示すように養生温度が低いほど発現強度が小さく、養生温度が高いほど発現強度が大きくなる傾向を示しており、養生温度が発現強度へ与える影響が大きいことが確認された。特に、7日材齢時点で温度差10度あたり発現強度に5N/mm<sup>2</sup>程度の差が生じており、それ以降の材齢では各温度での強度の増加はほぼ一定であり、7日までの初期の段階での養生温度が発現強度へ及ぼす影響が大きいといえる。また、CSG工法では20度前後の気候の暖かい時期での施工の方が高い発現強度を期待できると考えられる。

### 3. まとめ

今回検討した結果から、含水比および養生温度については発現強度に大きく影響を及ぼしていることが明らかとなった。一方、均等係数や吸水率なども発現強度に影響していると考えられたが、強度のバラツキも大きくその他の要因も関係していると考えられ、今回の結果だけでは明確には材料特性と強度との関係は把握できなかった。今後さらにデータの蓄積を行うことが重要であると考えられる。

また、施工時において材料や含水比、養生温度などで細かな管理を行うことによって、強度のバラツキを小さくしセメント量を減らすことも可能であるが、配合を決定する際には施工性などを踏まえた上での総合的な判断が必要であると考えられる。

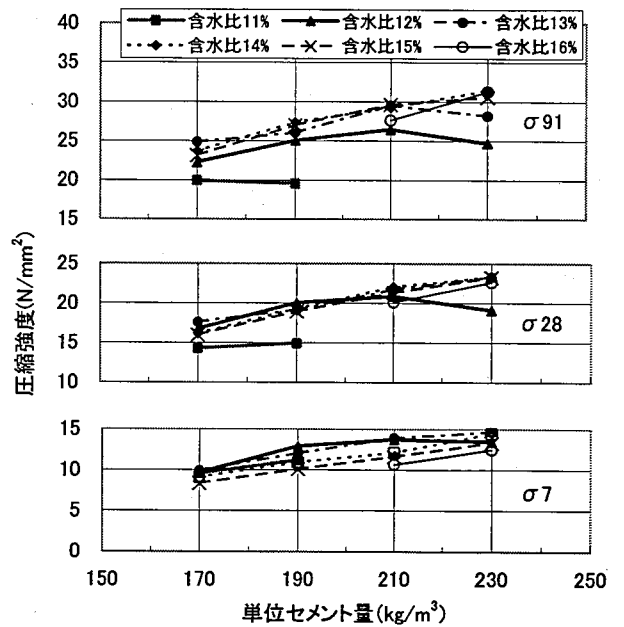


図-4 単位セメント量と圧縮強度の関係

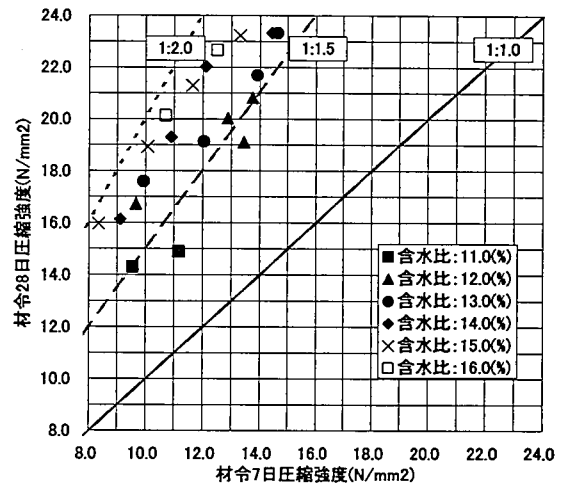


図-5 7日強度と28強度の関係

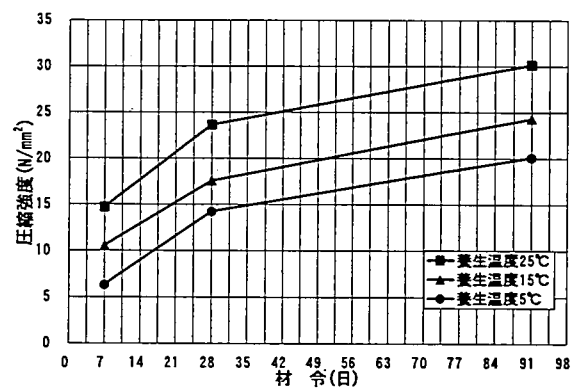


図-6 養生温度と強度の関係