

大保ダムにおける CSG 試験施工の概要

沖縄総合事務局 北部ダム事務所 調査設計第二課 町田 宗久

1、はじめに

CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法とは、河床砂礫や掘削土砂などの粒度調整を行わない現地発生材にセメントを添加、混合し材料の強度を図る工法である。採取材料を洗浄せずに使用するため濁水が発生させないことから経済性や資源、環境面から期待されている工法である。この工法を用いて大保ダムでは、本ダム上流仮締切等の仮設構造物を施工した。さらに永久構造物である沢処理工と日本初の台形 CSG ダムを計画している億首ダムの施工方法の確立を目的として試験施工を行った。

2、CSG 試験施工の概要

2.1、試験施工の目的

台形 CSG ダムの試験施工を大保ダム貯水池内にある汚泥貯溜堤（高さ 15.5m、堤体積 5,100m³）、本ダム上流仮締切堤（高さ 9m、堤体積 3,400m³）、材料山仮締切堤（高さ 12m、堤体積 4,500m³）を利用して行った。以下の項目を目的として試験施工を実施した。

- ・台形 CSG ダムの混合、敷き均し、締固め等の施工方法の検討
- ・台形 CSG ダムの母材管理、締固め管理等の管理方法の検討

今回報告する内容は、CSG 品質管理方法の検討でおこなった室内試験の特に大型供試体の試験結果について述べる。

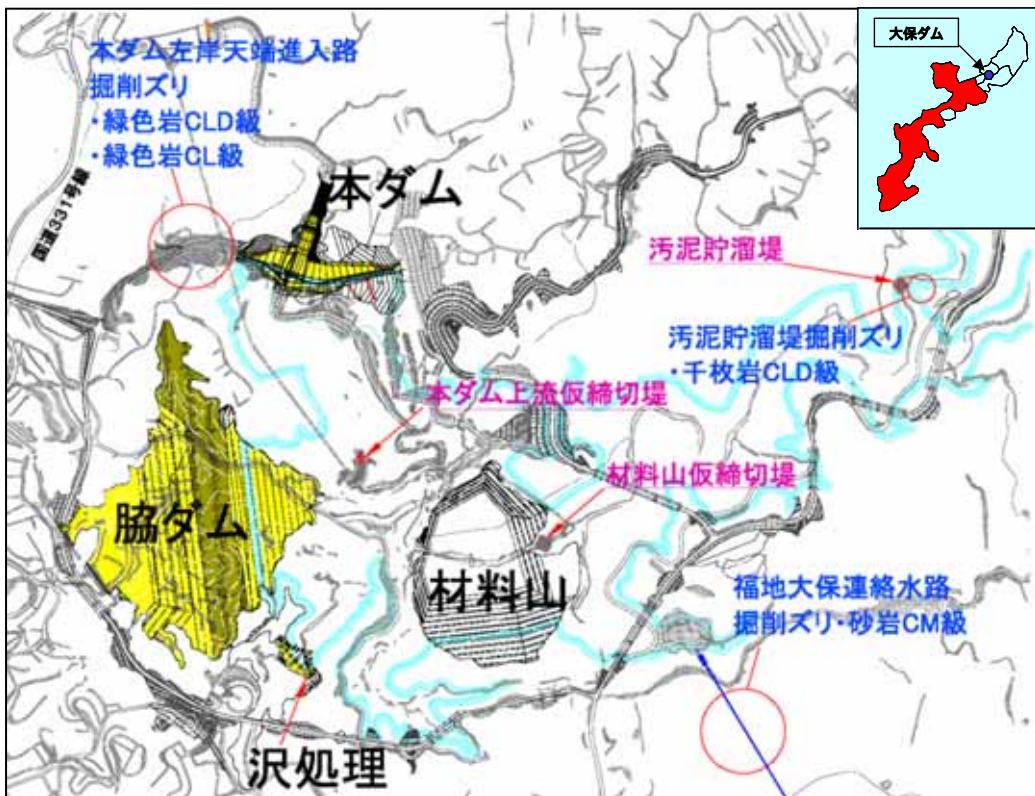


図 - 1 大保ダム位置図

2.2、CSG 試験施工の対象材料

試験施工に使用した母材は、本ダム左岸から掘削採取した緑色岩の CLD 級、CL 級とダムサイト関連工事から発生する砂岩 CM 級、千枚岩 CLD 級の合計 4 種類を使用した。

図 - 1 に今回行われた試験施工の位置と母材採取の位置を示す。

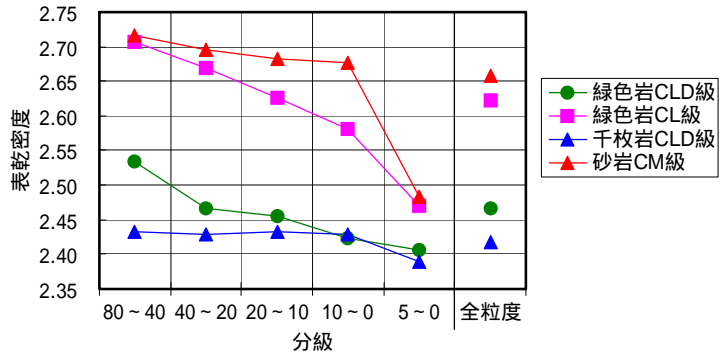


図 - 2 各母材の表乾密度

3、試験内容

現場で打設した CSG 強度を管理するためには、室内試験により密度と強度の関係を把握し、現場密度から強度管理を行うことが合理的である。

そのため、想定される範囲の締固め密度を大型供試体により人為的に作製してフルサイズの CSG による大型供試体の密度と強度の関係を求めた。

試験内容の手順を示すと以下のとおりになる。

母材の物性と粒度のばらつきを把握し、予備試験により標準供試体、大型供試体の単位水量と締固め時間の範囲を設定する。

各母材の粒度試験結果により変動が想定される粒度を設定する。

室内試験により設定した粒度範囲の締固め密度と圧縮強度の関係を把握し、現場で用いる実機混合においても現場施工と同じ CSG 材料による締固め密度と圧縮強度を把握する。

室内試験による CSG 混合は傾胴式ミキサにより行い、大型供試体はフルサイズ (最大寸法 80mm) の母材を 4 層締固め、標準供試体は、40mm のウェットスクリーニングにより作製した。なお、単位セメント量は 80kg/m^3 とした。

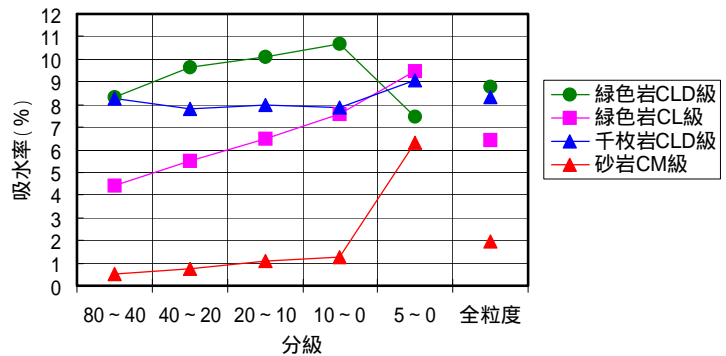


図 - 3 各母材の吸水率

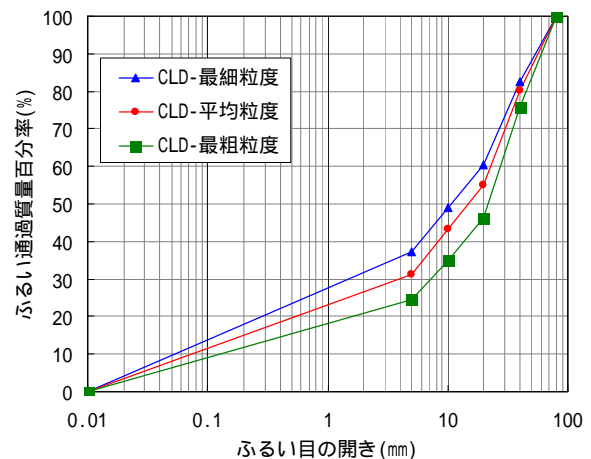


図 - 4 千枚岩 CLD 級の粒度のばらつき (6 回測定)

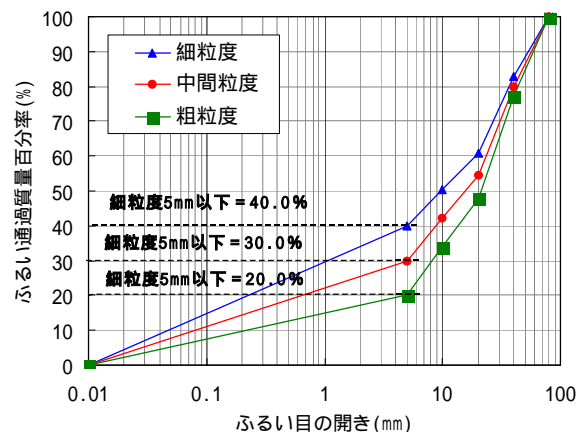


図 - 5 試験粒度の設定(千枚岩 CLD 級)

4、試験結果

4.1. 母材の物理特性

図 - 2 に試験対象母材の表乾密度を示し、図 - 3 に吸水率を示す。この結果から表乾密度が低いと吸水率が高くなる傾向にあり、全体的に吸水率が高めにある材料であった。

4.2. 試験粒度の設定

実施工では、粒度調整を行わないため、母材の粒度の幅を持たせた管理を行う必要がある。そこで各材料の粒度変動範囲と圧縮強度の関係を把握するにあたり、室内試験では各材料に対し粒度設定を行った。図 - 4 に粒度試験を 6 回測定した結果から千枚岩 CLD 級の細粒度、平均粒度、粗粒度を示す。この結果から、図 - 5 に示すように 5mm 以上の相対的な割合を変えずに 5mm 以下の量を細粒度 40%、中間粒度 30%、粗粒度 20% に設定し、圧縮強度試験を行った。他の材料も同様に粒度設定をして試験を行った。

4.3. 現場での密度と大型供試体の締固め密度の関係に基づく管理手法の検討

大型供試体試験での、締固め密度と強度の関係を求めておくことで、現場における CSG 強度（弾性領域強度）の管理は、実施工における現場密度が必要強度以上であることの確認を行う。ここでは、千枚岩 CLD 級の CSG 試験結果および試験施工結果を例にとり、実施工における CSG 強度管理手法を試みた。

4.3.1. 締固め時間をパラメータとした単位水量と締固め密度

現場密度が大型供試体作製における締固め時間のどのくらいに相当するのかを調査するため、まず締固め時間を 10 秒、20 秒、40 秒に変化させて供試体の密度をそれぞれ測定した。さらに実施工で転圧回数 8 回、リフト圧 50cm 時の砂置換による密度測定を行った結果を重ね合わせると、図 - 6、7、8 になる。この結果から現場密度は大型供試体の締固め時間の 20 秒に相当していることがわかった。なお、設定した単位

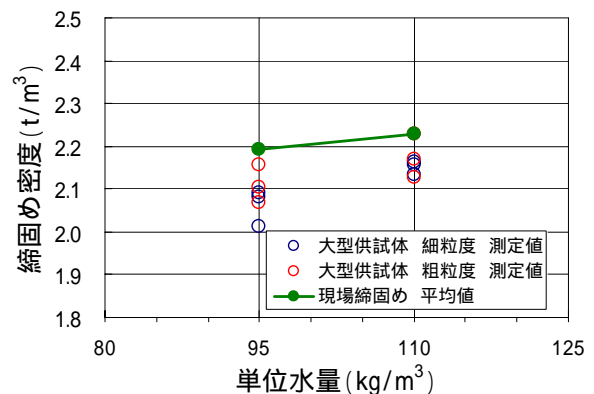


図 - 6 現場密度と大型供試体の締固め密度の比較 (10 秒締固め)

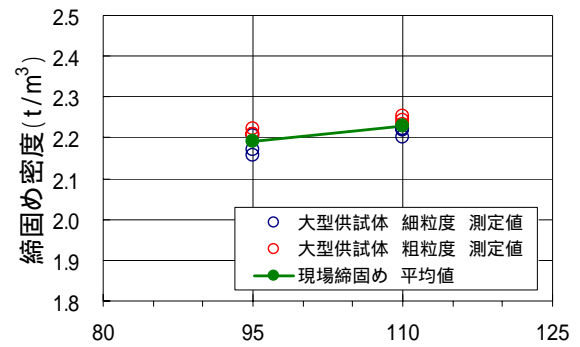


図 - 7 現場密度と大型供試体の締固め密度の比較 (20 秒締固め)

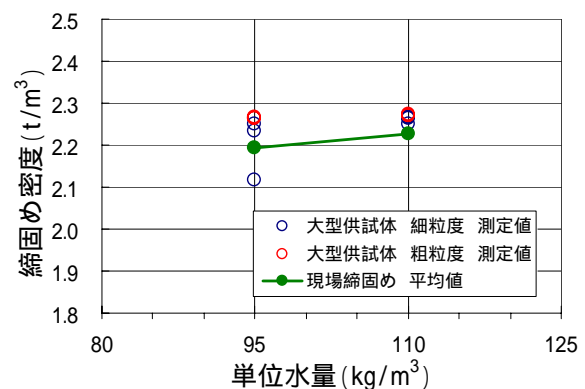


図 - 8 現場密度と大型供試体の締固め密度の比較 (40 秒締固め)

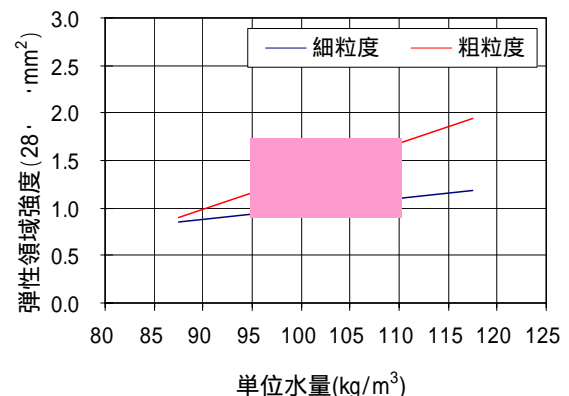


図 - 9 単位水量と CSG 強度の関係 (締固め時間 20 秒、単位セメント量 80kg/m³)

水量は、施工可能な最小量と最大量を示しており、この範囲は母材の種類によって異なる。

4.3.2、現場密度と CSG 強度の関係

4.3.1 より大型供試体の締固め時間 20 秒時の単位水量と CSG 強度の関係について図 - 9 に示す。これより、CSG 製造時の配合(粒度範囲、単位水量範囲 (95kg/m³ ~ 110kg/m³) および単位セメント量)を管理しておけば、転圧回数 8 回、リフト圧 50cm の CSG 強度は塗りつぶし部分を示す範囲(ひし形範囲)を用いて把握することができる。

4.4、密度と CSG 強度の関係による管理手法の検討

4.3 では、大型供試体の締固め時間による密度と強度の関係を把握したうえで現場密度に相当する大型供試体の一定時間締固めによる「ひし形」範囲を用いて CSG の強度を管理する手法を検討した。実施工ではこの管理方法を用いることになる。ここではさらに現場密度と強度の関係を管理に活用するために大型供試体による締固め密度と CSG 強度の関係を整理した。

図 - 10、11 に単位水量 95kg/m³ の時の細粒度と粗粒度の締固め密度と単位水量の関係を示す。図は想定する下限を直線で表しており、締固め密度 2.1 ~ 2.3 における CSG 強度を示している。同様に単位水量 110kg/m³ の締固め密度と CSG 強度の関係も評価し、合成させると図 - 12 になる。これにより締固め密度と CSG 強度の関係の最低ラインを把握することにより測定された現場密度に対して最低限得られていると判断できる CSG 強度を把握することができる。

5、まとめ

本論文は、CSG 試験施工における品質管理試験結果の概要について示した。採取材料の粒度と単位水量の幅を持たせることで現場の品質管理が容易になり、材料の強度特性と現場密度の関係を把握することで、現場の品質管理を密度測定で行うことができる。今後、さらにデータの蓄積により台形 CSG ダムの管理方法を確立し実施工で反映させていく次第である。

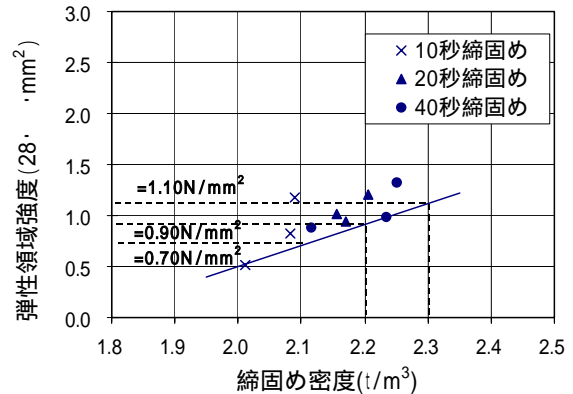


図 - 10 締固め密度と CSG 強度の関係 (細粒度、W=95kg/m³)

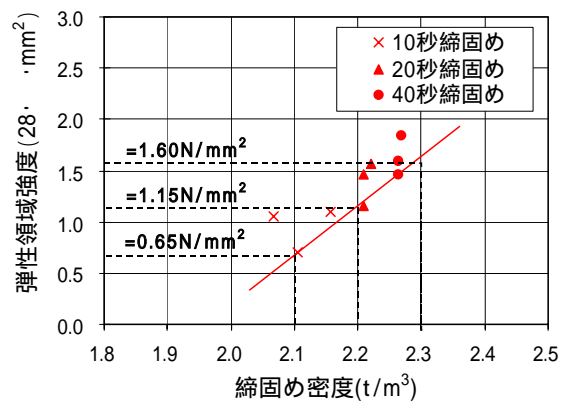


図 - 11 締固め密度と CSG 強度の関係 (粗粒度、W=95kg/m³)

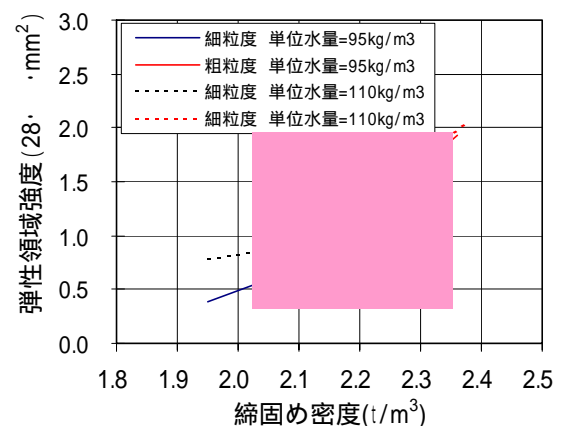


図 - 12 締固め密度と CSG 強度の関係 (細粗粒度、W=95,110kg/m³の合成)