

砂防 CIM の取組

佐藤工業株式会社 技術センター ICT 推進部 京免 継彦

1 まえがき

信濃川水系大源太川第 1 号砂防堰堤は、完成から 80 年以上経過して堤体内部の空洞や漏水が著しく老朽化が進んでいるため、補強対策として既設堰堤の上流面に天端幅 3 m のコンクリートを腹付けすることにより補強し、また堰堤内部の空洞を充填するカーテングラウチングを施工した。

国土交通省が提唱する『CIM 活用による業務改善や品質向上』を目的として、当工事は①コンクリート堰堤工打設計画のモデル化、施工計画での活用、打設データ可視化②グラウト施工データの可視化③トンネル施工データの可視化を実施した。

2 工事説明

2.1 工事概要

工事件名：大源太川第 1 号砂防堰堤補強工事

発注者：国土交通省北陸地方整備局

施工者：佐藤工業株式会社

主要工程：砂防土工・コンクリート堰堤工

仮排水トンネル工・仮栈橋工

仮締切工・コンクリート堰堤補強工

2.2 歴史的価値

アーチ形状練り石積からなる景観、戦前に建築され今なお現存する土木施設としての文化的価値が評価され、平成 15 年に「登録有形文化財」に登録され、平成 23 年には土木学会による「選奨土木遺産」に認定されるなど、歴史的・文化的価値の高い土木構造物として内外に認められて

いる。



図-1 着工時の大源太第 1 号砂防堰堤

3 堤体打設 CIM

コンクリート堤体工として、打設ブロック毎の 3 次元モデルを作成、日々の打設進捗に合わせて打設データを紐づけた。「打設前検査表」「打設形状スライス図」「コンクリート打設記録」「コンクリート強度試験結果」「施工状況写真」を各ブロックに紐づけている。各ブロックの形状も「スライス図」に基づき、実際の形状としている。最終的に「TREND-CORE (福井コンピュータ)」を利用し、データの一元化を実施した。CIM の作成については、各打設ブロックモデルは「スライス図」を基に「Sketch UP」で作成している。各打設データの紐付けは「TRE

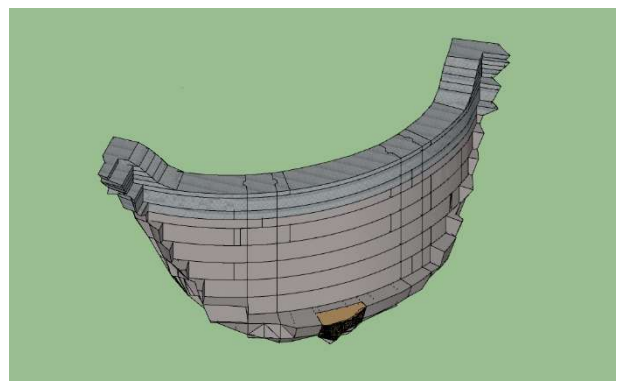


図-2 コンクリート打設ブロックモデル

ND-CORE」を使用した。

作成した 3 次元データおよび紐付けした各種データについて、現場の職員は無料の「TRENND-COREビューア」を用いることで迅速にデータの閲覧・利用をすることができた。これらを用いることで打設数量の事前把握や、作業所での打設記録作成を省力化できた。

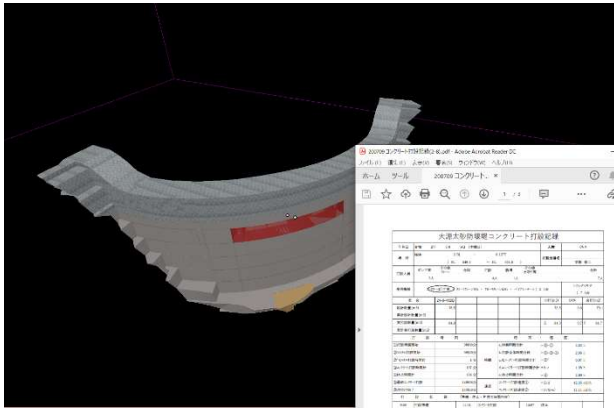


図-3 各データの紐づけ状況

4 グラウチングCIM

4.1 CIMの概要

通常グラウト施工データは、2次元図として管理している。今回、同データを3次元データとして可視化した。モデルに紐づけるデータは「ルジオン値」「モルタル注入量」「ボーリングコア」とした。ボーリング孔モデルは、設計図、注入実施資料を基に「SketchUP」で作成している。既設躯体モデルと合成し「ルジオン値」「モルタル注入データ」の紐付けは「Navisworks」を使用した。作成した3次元データおよび紐付けした各種データについて、現場の職員は無料のアプリケーションである「Navisworksビューア」を用いることで迅速にデータの閲覧・利用をすることができた。

4.2 グラウチングの計画

既設堰堤内部にA列孔、B列孔へグラウチングを行った。施工順序はB列側からパイロット

孔→1次孔→2次孔→3次孔→追加4次孔の施工を行いA列側も同様に行った。

ルジオン値を10Lu以下、非超過確率85%以上を目標とした。

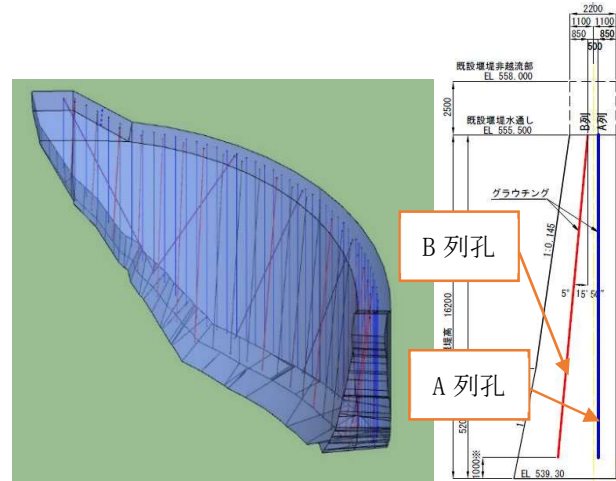


図-4 既設堰堤ギライティング計画

4.3 カーテングラウチングの結果

パイロット孔では100Lu超が見られたが1次孔、2次孔で100Lu以下となり、3次孔で全て50Lu以下、目標の10Luを超えるステージが多い為4次孔を施工し10Lu以下となった。

チェック孔のボアホールカメラ画像と採取コア状況によって充填率85%以上達成が確認された(表-1)。

表-1 空洞充填率算定結果

	空洞面積=A (cm ²)	セメント=B (cm ²)	充填率=B/(A+B) (%)
A1-CH-1	27.9	440.9	94.0%
A1-CH-2	116.6	801.3	87.3%
A2-CH-3	22.5	200.1	89.9%
A2-CH-5	36.2	1,081.7	96.8%
A3-CH-6	89.6	536.3	85.7%
A3-CH-7	133.5	1,002.1	88.2%
合計	426.3	4,062.4	90.5%

4.4 グラウチングの新しい表現

可視化の表現方法として「半球ルジオン+半球注入量」方式と「色ルジオン+球の大きさ注入量」方式の2種類と球以外のモデルを使用したものを作成して表現方法の検討を行った。

グラウチング結果のルジオン値、単位セメン

ト注入量は通常(図-4、5)の様な2次元で管理しているが、「Autocad Civil 3D」及び「SketchUP」ソフトを使用して既設堰堤3次元モデル、ボーリングライン、ルジオン値及び単位セメント注入量の3次元分布図の作成を行った(図-7)。

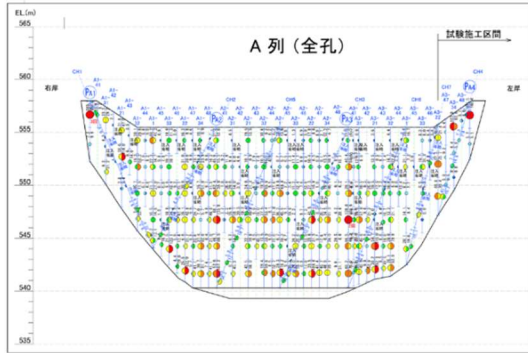


図-5 従来の分布図

凡 例	
ルジオン値(Lu)	単位セメント注入量(kg/m)
Lu ≤ 5	Ce ≤ 5
5 < Lu ≤ 10	5 < Ce ≤ 10
10 < Lu ≤ 20	10 < Ce ≤ 20
20 < Lu ≤ 50	20 < Ce ≤ 50
50 < Lu ≤ 100	50 < Ce ≤ 100
100 < Lu	100 < Ce

ルジオン値 \odot 単位セメント注入量

図-6 従来の表現方法

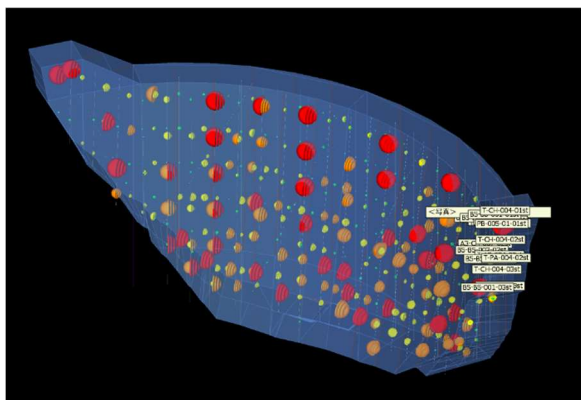


図-7 グラウト結果の3次元分布図

作成した3次元分布図に、Navisworksソフトを使用して、球体の大きさでボリューム表現を行い、球体を画面上で選択することでルジオン値や単位セメント注入量を表示できるよ

うにした。画面上の各記号番号をクリックする事で基礎処理工事日報、ボーリングコア写真などを画面上に表示させる事が出来る。

ルジオン値、単位セメント注入量を3次元化したことにより、3D回転時にルジオン値と単位セメント注入量の見分けがつかなくなる為、単位セメント注入量側の球体に片側縞模様を入れて種類分けを行った。



図-8 球体片側に縞模様を適用した図

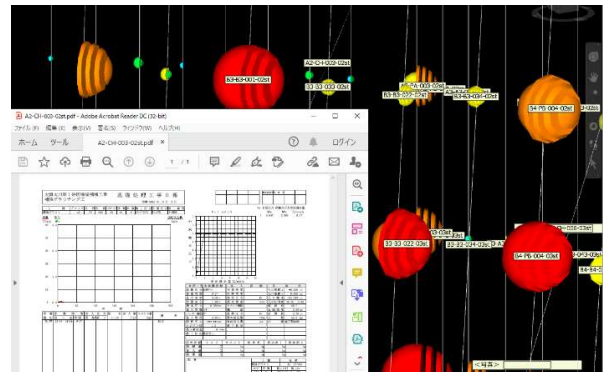


図-9 基礎処理工事日報との紐付け

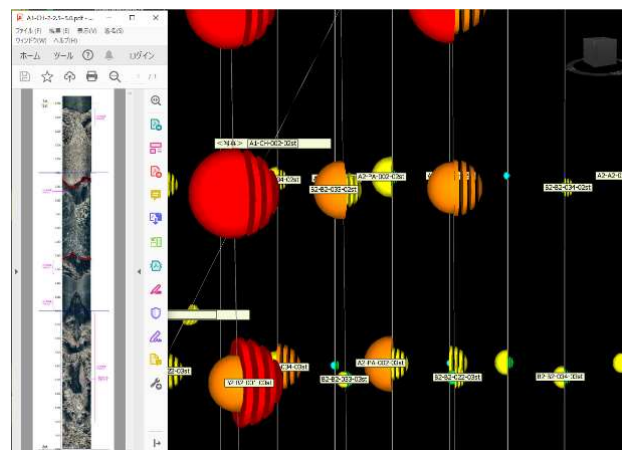


図-10 ボーリングコアとの紐付け

5 仮排水路C I M

弊社では、G I Sシステムを利用したトンネル施工管理システムを開発し、トンネル施工現場で活用している。当工事の仮排水路トンネルデータも同ソフトを利用した。また、今回の新規試みとして、新設既設の構造物モデル、点群データをG I S上で表現する試みも実施している。一元化するデータとしては「切羽観察記録」「ロックボルト打設記録」「覆工コンクリート関連データ」を紐づけている。

C I M作成においては、トンネル覆工モデル、飲み口部モデルは「SketchUP」で作成している。既設点群は令和2年4月計測データを利用している。トンネル線形との合成、施工データの紐付けは、佐藤工業開発の「トンネル施工管理システム」で実施している。

現場の職員は、作成した3次元データを「トンネル施工管理ソフト(佐藤工業)」にて閲覧でき、迅速にデータを閲覧・利用することができた。

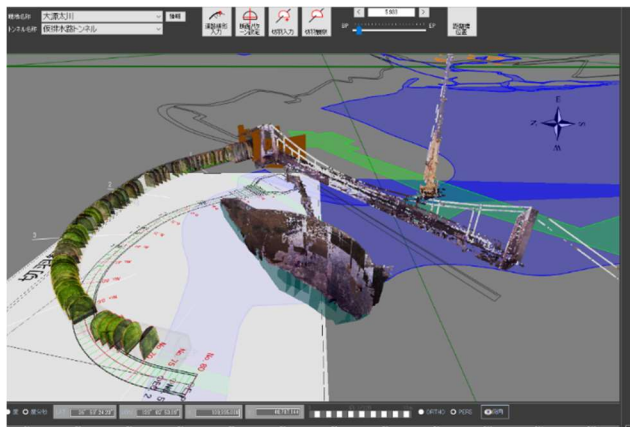


図-1.1 トンネル施工管理ソフトでの俯瞰図

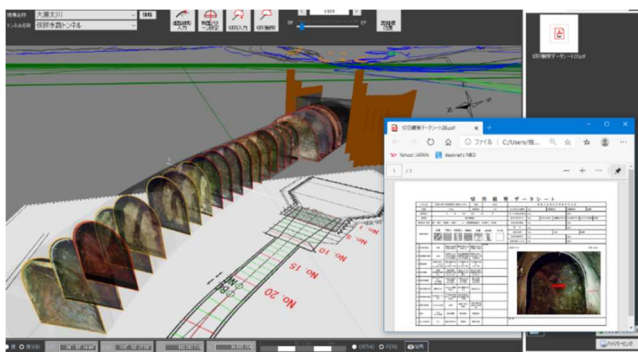


図-1.2 施工データ紐づけ(切羽観察記録)

6 結び

①コンクリート堰堤工打設計画のモデル化、施工計画での活用、打設データ可視化②グラウト施工データの可視化③トンネル施工データの可視化と大きく3種類の取り組みを行った。コンクリート堰堤工において打設モデルを活用した他、これら3次元モデルに施工データを可視化することにより精度の高い施工管理を実現できた。

特に、カーテングラウチング結果を3次元で様々な方向から表示することでグラウト効果の一つ一つ詳細に確認することが出来るようになった。視覚的な分かりやすさに加え、リンクデータを活用する事でグラウチングの詳細を画面上で簡単に確認出来た。球体の色や大きさも自由に変える事が出来る為、今後地域住民への説明等が必要になった際にはグラデーション表示などの工夫も視野に入れることができる。

建設工事にB I M及びC I Mを活用する事例が多くなっているが、砂防堰堤もC I Mを活用することで従来より精度の高い施工管理ができることがわかった。今後も積極的に砂防堰堤C I Mを取り入れ、さらなる活用を探りたい。



図-1.3 登録有形文化財モニュメント