

低コストでも出来る、作業効率化と 見えないコンクリート堰堤の品質管理

長崎県土木施工管理技士会
株式会社吉川組
現場代理人
満尾裕也

1. はじめに

本工事は、平成新山山頂に存在する溶岩ドームの崩壊に伴い発生する岩屑なだれ及び、崩壊後に発生する土石流の氾濫を防止する事を目的に嵩上げされた堤体下部を補強する改築工事である。

工事概要

- (1) 工事名：水無川2号砂防堰堤右岸堤体部改築工事
- (2) 発注者：国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所
- (3) 工事場所：長崎県南島原市
- (4) 工期：平成28年1月20日～平成28年9月30日
- (5) 工事内容：掘削工17,000m³ 緩衝盛土工12,400m³ コンクリート堰堤工1式 他



図-1 竣工写真

施工延長=110m 堤体高さ=12.5m～18m 底幅=4.9m 天端幅=2.7m 勾配=1:0.65 (天端下5mは直壁) コンクリート打設量=4,241m³

2. 現場における問題点

過去に無人化施行で行った既設堤体部の表面を取壊し、腹付けコンクリートを打設する補強工事である。施工に先立ち以下の問題点が考えられた。

1) 既設堤体部の表面取壊し方法

既設堤体部は図-2に示すような形状をしており、この三角部分と劣化部分を取壊し、コンクリートを腹付けする計画となっている。

通常のブレーカのみでの取壊しでは、良質な部分まで衝撃が伝わり既設堤体部に余計なクラックが発生する恐れがある。また、表面を均一に仕上げる事が難しいため、既設堤体部の劣化状況の判断方法や、付着力、コンクリート打設量の増加が懸



図-2 既設堤体の形状

念された。

2) コンクリート堰堤工の施工計画

2)-1 工期の短縮

附帯工事は施工可能であったが、本堰堤工を行う場所が他の関連工事等と工期が一部輻輳しており、2ヶ月間着手できない状況であった。

2)-2 夏季に伴うコンクリート施工

コンクリートの打設予定が5月上旬から8月下旬頃であり、時期的に最も不利な条件下での作業になるため、暑中コンクリート対策が必須となる。

温度応力解析により、ひび割れ指数を算定しリフトを適切に割り付ける事も大事であるが、適切に施工したコンクリートであっても、施工時期の夏季から冬季に向けて気温が低下するとコンクリートは収縮する。この時、既存の堤体が干渉することにより、内部応力を超えた引張力が生じてひび割れが発生する可能性があり考慮する必要がある。

また、打設後の養生についても施工箇所は午後から直射に晒され日射を遮る物がなく、通常の吸水型養生マットを用いても水分が逸散される方が早いため常時散水する必要があり、付近に常時確保できる水源もない事も課題であった。

2)-3 堰堤工施工時の安全対策

当初計画(設計)は、鋼製型枠(スライドフォーム)を使用する予定でいた。しかし検討を重ねるにつれ、コンクリート打設作業時は転落防止機能を有するが、鋼製型枠の組立、脱枠時には専用金具の脱着作業があり、一時的に作業足場が不安定になること、型枠をスライドし固定するまでは転落防止機能が低下することから別途、転落防止対策を考案する必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

1) ツインヘッドによる表面切削

ブレーカによる表面取壊しに変えツインヘッド式切削機を用いて施工(図-3)を行い、ハツリ面の不陸を整えることで目視による既設堰堤の劣化状況の確認が容易になり、また、凹凸が無いた



図-3 切削状況

めコンクリート数量管理を容易に行う事ができる。

切削に伴い発生するコンクリート殻は、細かく破碎されるため、産廃処理を行う必要がなく現場流用できるメリットもある。

ツインヘッドの調達コストは掛かるが、生コンのロス等や作業効率を考慮すると、負担は少ない。

2) 残存型枠利用による施工の合理化と安全性

工期の短縮が目的であるが、本工事は夏季施工で作業者の体力的負担が大きいこともあり、脱枠作業の手間がない残存型枠工法を採用し、脱枠や型枠清掃の工程を短縮することで作業の効率化を図った。

また、型枠の材質はコンクリート製であり鋼製



図-4 転落防止柵の常時設置

型枠に比べ熱を吸収しない。そのため作業環境の改善にも繋がり作業者の体力的負担も軽減される。

次にコンクリート堰堤工施工中の転落防止対策として、外部足場（キャットウォーク等）を設置することなく、天端部に使用する専用取付け金具の使用方法和型枠組立作業の方法を工夫し、施工完了まで常に転落防止機能を果たす仮設備を設置した。

3) 夏季施工に伴うコンクリート対策

暑中コンクリート対策については、材料のプレクーリング、AE 減水剤遅延形の使用、運搬や待機時間も含めた作業時間の調整、アジテータ車のドラム部の保護（耐熱シートや塗装等）等を実施しているが、これらは近年一般化しているので説明は省略する。

また、水和熱が小さく乾燥収縮も小さいとされるフライアッシュセメントや低発熱セメントの使用を検討していたが、今回の施工エリアではこれらの普及が進んでおらず安定した供給が望めないため、今回使用していない。

乾燥収縮ひび割れ等の体積変化によるひび対策とし、膨張材（コンクリート添加型）の利用を検討したが、無筋構造体である堤体部は乾燥収縮率が大きく、十分な効果が得られないのではないかと考えた。コンクリート材料 m^3 当たり単価の約3割程度コストが上昇する事もあり使用を見送った。

以上を踏まえ、当現場で行った対策を説明する。

3)-1 マスコンクリート対策

断面の厚さが大きいと、コンクリート内部の温度が外気温程度まで下がるのに時間がかかる。また、一度に長く高くコンクリートを打設すると既

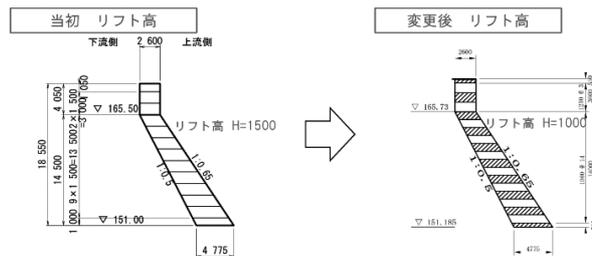


図-5 リフト高の変更

存構造物の拘束度が大きくなり、ひび割れが発生しやすいため、当初1リフト計画高さ $H=1.5m$ から $0.5m$ 下げた値に変更した。細かく分割すると拘束力が小さくなり多少温度が上昇しても応力はそれほど大きくならないので、ひび割れを低減できると考え実施した。

3)-2 コンクリート養生

湿潤養生は、硬化に必要な水分供給は効果的だが、マスコンクリートの場合、外部（表面）のみを散水養生すると表面のみ温度が下降し、外部養生面に引張力が発生し、ひび割れが発生しやすいと考えられる。問題点に挙げた、日光の直射による水分逸散も考慮し打設表面は常温水を用いた冠水養生（図-6）を行い、側面の養生は、風や直射による水分逸散を抑制し、水和反応を進行させる目的で残存型枠を採用した。なお、型枠材の引かせ等に使用している鉄筋は、防錆剤及び錆転化剤を塗布している。

養生水は、現場内に $3m^3$ タンクを2台設置し水温を常温に保つよう24時間以上貯水し利用し、グリーンカットに用いる水は、周辺環境も考慮しノッチタンクを用いて循環利用を行った。

3)-3 コンクリート打設後の温度管理

打設後コンクリートの温度上昇を抑える目的もありリフト高さを下げているが次リフトを打設する際、先に打設したコンクリート温度が高いままであると、膨張による体積変化で、ひび割れが発生しやすい。

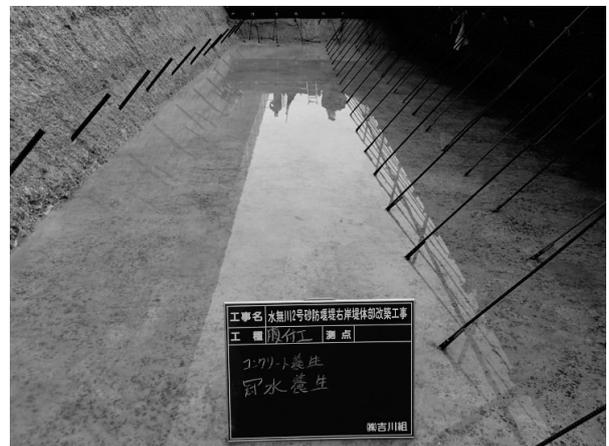


図-6 冠水養生

コンクリート硬化時のピーク温度を超え外部との平均温度差が20℃以下になってから次リフトを打設するように計画し、温度解析の結果データのみならず、施工中の温度確認はデータロガー(図-7)を打込み完了から5日間設置計測し、見えない情報を見えるようにして観察を行った。

通常、側壁の型枠を取り外した時点では、コンクリート内部は高温になっている。外気により表面が冷却されると、引張力が生じひび割れの原因となる。

そこで、外気温の影響を小さくして内部の温度勾配を緩くするため、熱伝導率が比較的低いコンクリートパネルを設置する計画とし実施した。

コンクリート打込み後のコンクリートパネル内外と中心部温度の平均的なデータを図-8に示す。

この温度管理は次層の打継時期が適切かの判断をすることも目的であるが、ここでは外気温とコンクリート内部温度差について説明する。

コンクリート内部のピーク温度は48℃となっており、前述したリフト高さの低減と表面の常温水

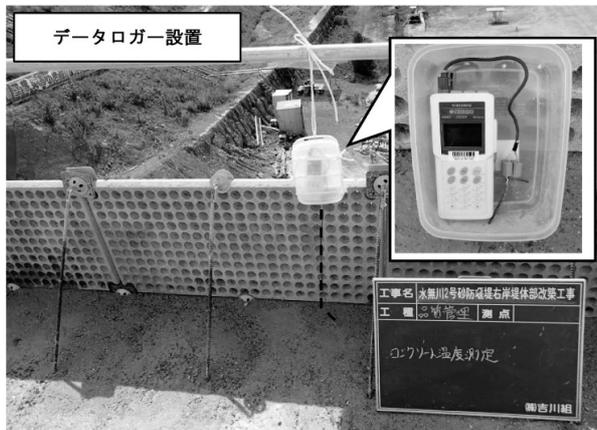


図-7 データロガー設置状況 (型枠側)

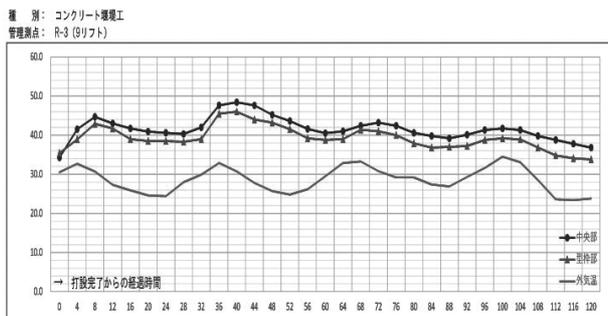


図-8 温度データグラフ (8月上旬頃)

を用いた冠水養生が温度上昇の抑制になったと考察する。また、リフト中央部の温度と残存型枠の内側の温度差は平均で3℃であり、温度降下が緩やかな事から、型枠材が外気による影響を抑制し保温効果が得られていると判断でき、季節による温度変化から起こり得るコンクリートの収縮も低減できるのではないかと考察する。

4. おわりに

本文中には記載しなかったが、本施工箇所も熊本地震(施工地域で震度5)や記録的豪雨の影響を受け作業の停滞を余儀なくされた。本施工箇所が溶岩ドーム崩落・崩壊時や土石流発生時の危険区域であるため、こういった崩落等が起こった場合の対策・対応も別途必要であった。

そういった施工条件の中、工期に余裕があるわけでもなく、特に夏季施工におけるコンクリート品質を確保しつつ、作業環境の改善及び合理化を図るという点に一番頭を悩ませた。

パイプクーリングは有効手段である事は理解しているが、コスト面の他に、作業(設置)ヤードの都合やパイプクーリングに伴う循環設備は、前述の通り当施工箇所が危険区域であり制約があるため設置できなかった。

このような理由もあり、不要なコストを掛けず品質的にも施工性も合理的に施工可能な残存型枠での工法を選定するに至った。一般的に残存型枠は施工の合理化が主な目的として利用されているが、構造物側面の風や直射による水分逸散の抑制や、外気温の影響を小さくしてコンクリート内部の温度勾配を緩くする効果があった事から、十分に付加価値があると考えられる。

最後に、協力会社の支援と関連工事各社のご協力のもと無事に工事完了できたこと、また雲仙復興事務所(発注者)の皆様には、当方からの既設構造物の取壊し方法の立案や残存型枠の採用など前向きに応じていただいたこと並びに、ご指導いただきました事にこの場をかりて感謝を申し上げます。