

真空パネル工法のコンクリートダム越流部への適用

Application of vacuum panel construction method to overflow part of concrete dam

我彦 聡志*

Satoshi Wabiko

八木 秀親**

Hidechika Yagi

要 約

ダム下流面のような勾配型枠面は気泡跡（エアあばた）が残りやすく、ブリーディング水により表層コンクリートの品質が低下して、構造物の耐久性低下の一因となりやすい。そこで、打設直後のコンクリート中に含まれる余剰水や気泡を強制的に排出することで、型枠近傍（コンクリート表層部）の水セメント比を低減し、強度の増加と耐久性の確保が期待できる。

当社のコンクリートダム建設現場において、コンクリート舗装で適用実績の多い真空パネル工法をダム越流部へ適用した。その結果、コンクリート硬化前に余剰水・気泡を除去できるため、通常打設と比べて気泡跡の発生を抑制し表層部が緻密化すること、強度を増加させることが確認できた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 施工方法の検討
- § 3. 現場施工
- § 4. まとめ

§ 1. はじめに

近年、既設構造物の維持管理・更新や新規建設にあたっては、LCC 低減を目的とした長寿命化技術、コンクリートの品質確保と耐久性向上技術が、強く求められるようになってきている。コンクリート構造物の耐久性を確保するためには、コンクリートの表層部分を緻密化して、外から侵入してくるコンクリート劣化因子による化学的な劣化や、摩耗等による物理的な劣化を防ぐことが重要である。

長期耐久性を求められるインフラ設備のうち、ダム下流面のような勾配型枠面は気泡跡（エアあばた）が残りやすく、ブリーディング水により表層コンクリートの品質が低下して、構造物の耐久性低下の一因となりやすい。一方、ダム越流部においては長期耐久性として流水に対する耐摩耗性が重要であり、既往の研究¹⁾をはじめとしてコンクリートの水セメント比と相関関係にあることが示されている。

これに対して、打設直後のコンクリート中に含まれる余剰水や気泡を強制的に排出することで、型枠近傍（コ

ンクリート表層部）の水セメント比を低減し、強度の増加と耐久性の確保が期待できる。

そこで、当社のコンクリートダム建設現場において、コンクリート舗装で適用実績の多い真空パネル工法をダム越流部へ初めて適用した。本論ではその有効性について報告する。

§ 2. 施工方法の検討

2-1 真空打設工法

真空打設工法は一般的に真空コンクリート工法²⁾と呼ばれ、主にコンクリート舗装工に適用されている。コンクリート打設直後、真空ポンプによりコンクリートの水和反応に不必要な余剰水と空気を吸引することで、縮強度の増加と耐摩耗性の向上が期待される工法である（図-1、2）。

余剰水と空気の吸引方法は、シート工法とパネル工法（写真-1）があり、従来のダム工事では水平部に対してシート工法が採用されていた。当工事では勾配部でも所定の性能を発揮できるパネル工法を、ダム工事で初めて曲線・急勾配の越流部に採用した。

2-2 施工方法の検討

ダム越流部に対して真空パネル工法を適用した事例が無く、効果の有無や程度について現場施工前に確認する必要があった。そこで、当ダムでは現場施工に先立って試験施工を行い、真空パネル工法のコンクリート表層品質向上効果を確認した。

* 技術研究所土木技術グループ

** 土木技術部

2-3 試験施工

試験体の型枠は、通常型枠と真空パネル工法用型枠を並べて設置し(写真-2)、同時にコンクリート打設を行った。真空パネル工法実施箇所は、コンクリートの投入口、型枠固定器具(セパレータ、端太材)および吸引口の配置を計画し、専用の真空パネルを新たに製作して組み立てた。型枠はピラミッドシート、透水シート(FSシート)および合板から構成されており、工場で製作した。型枠の勾配は当ダム下流面の勾配と同一とした。

パイプレタによる締固め完了後、C・D部のみ真空ポンプで吸引を行った(写真-3)。B・D部はコンクリートが完全に硬化する前に型枠を解体し、金鋸を使用してコンクリート表面を平滑に仕上げた。フロー図を次ページの図-3に示す。

2-4 品質確認試験

真空パネル工法の効果を確認するため、試験施工の供試体に対して反発度試験(テストハンマー)、気泡発生状況調査および表層透気試験による比較を行った。気泡発生状況調査では、デジタルカメラで撮影したコンクリート表面の画像を処理し、1mm以上の気泡に赤色に着色し、面積を測定した。表層透気試験は、長期養生後にコアボーリング($\phi 150$ mm)を行い、採取したコア供試体を使用した。

2-5 試験結果

反発度試験の結果より、真空パネル工法を実施したC・D部は通常施工のA・B部と比べて2倍程度の強度発現が確認された(表-1)。また、気泡発生状況調査の結果より、真空パネル工法を実施したC部では通常打設のA部と比較して気泡発生率を0.16%に大幅に低減することができた(表-2、写真-4, 5)。さらに、表層透

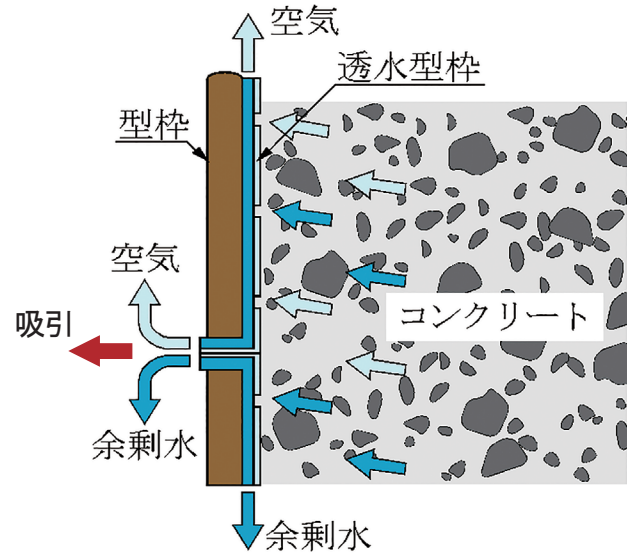


図-1 真空パネル工法概念図

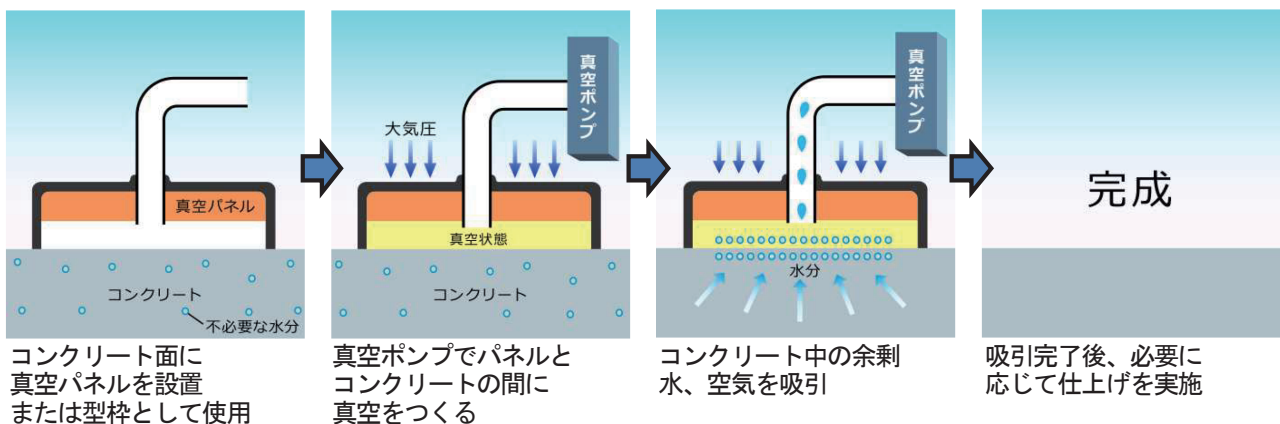
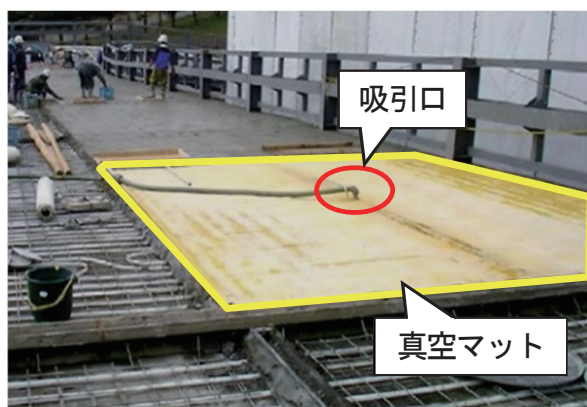
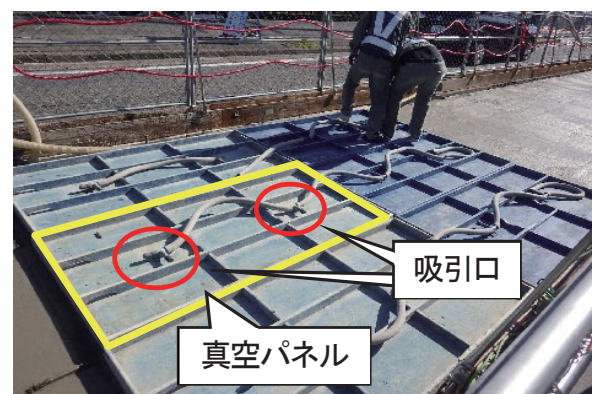


図-2 真空打設工法ステップ図(株式会社関西真空 HP より)

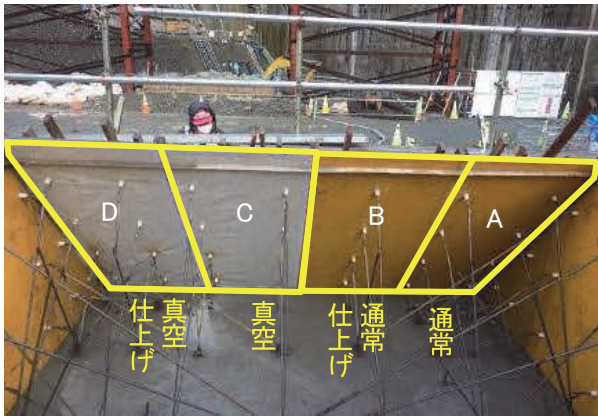


シート工法

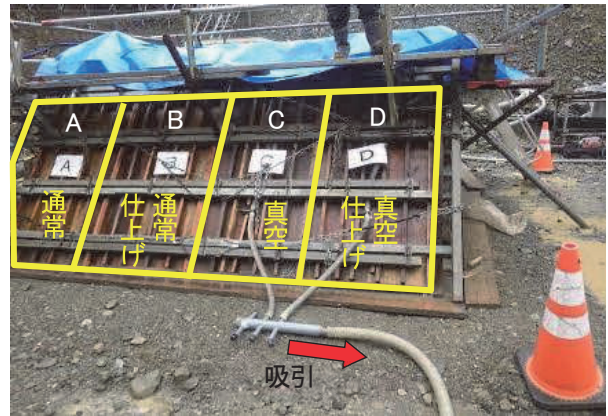


パネル工法

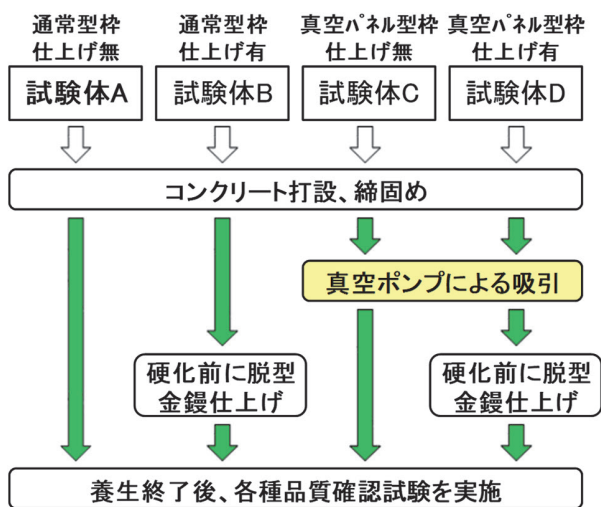
写真-1 真空打設工法施工例



写真一2 試験型枠組立状況（内部）



写真一3 試験施工吸引状況



図一3 試験体作製フロー図

表一1 反発度試験結果（材齢91日）

	測定箇所	推定強度 (N/mm ²)
通常 型枠	A	15.3
	B	19.9
真空 パネル	C	34.7
	D	36.6

表一2 気泡発生状況調査結果

測定箇所	調査面積 (mm ²)	気泡面積 (mm ²)	気泡発生率 ※
A	250,000	14,214	5.69%
C	250,000	411	0.16%

※調査面積中の気泡面積

気試験の結果より、真空パネル工法を実施したD部では通常打設のB部と比較して、透気係数を1/50程度に低減でき、コンクリート表面がより緻密になっていることが確認できた（表一3、写真一6）。

§3. 現場施工

3-1 施工方法

試験施工で得られた結果を基に、当工事では常用洪水



写真一4 気泡発生状況（A部）



写真一5 気泡発生状況（C部）

表一3 表層透気試験結果

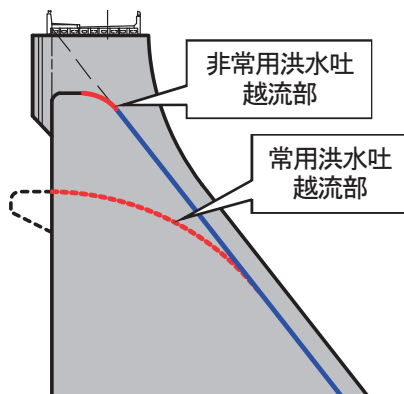
測定箇所	透気係数※ kT(×10 ⁻¹⁶ m ²)
B	7.50
D	0.16

※供試体3体の平均値

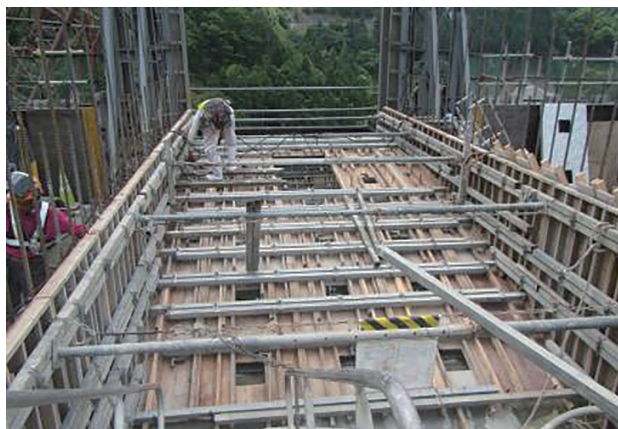


写真一6 表層透気試験実施状況

吐と非常用洪水吐の越流部（図－4）の曲線部分に真空パネル工法を採用した（写真－7）。コンクリートの締固め完了後，速やかに真空ポンプにより余剰水の吸引を行った（写真－8，9）。コンクリートが完全に硬化する前に型枠を解体し，金鋸を使用してコンクリート表面を平滑に仕上げた。試験施工と同様，型枠脱型時に殆ど気泡は見られなかった（写真－10）。



図－4 真空パネル工法施工範囲
（赤線部分）



写真－7 真空型枠組立状況

§ 4. まとめ

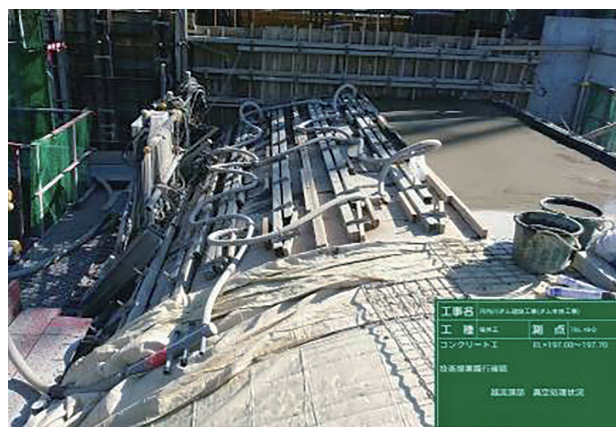
コンクリート表層品質および耐久性の向上を目的として，勾配型枠面に真空パネル工法を適用した。試験施工において得られた各種試験の結果から，コンクリート硬化前に余剰水・気泡を除去できるため，通常打設と比べて気泡跡の発生を抑制し表層部が緻密化すること，強度を増加させることが確認できた。

また，試験施工と同様に現場施工を実施できたことから，ダム越流部でもコンクリートの表層品質が向上しており，耐摩耗性が向上（長期耐久性が向上）していると考えられる。よって，真空パネル工法の適用は有効であると考えられる。

なお，当工事では曲線・急勾配を保持できるように既存の真空パネルを加工した。コンクリート表層品質向上を確保するために必要な単位面積あたりの吸引箇所数，



写真－8 真空ポンプ搭載車両



写真－9 ポンプ吸引状況



写真－10 脱型直後のコンクリート表面

吸引圧力，吸引時間等の適切な管理については，今後検証が必要である。

参考文献

- 1) 金子みゆき他：コンクリートの耐摩耗性向上に関する配合の検討，土木学会第 66 回年次学術講演会，pp. 869-870, 2011 年
- 2) 高林利秋：真空コンクリート工法，新道路シリーズ 8, 1962 年