

日経
NIKKEI
CONSTRUCTION

CONSTRUCTION

特集 維持・補修2016

リニューアルの ヒット工法

常識覆す新技術で難題を克服

■トピックス

ドローン活用の効果を自主検証

作業時間は従来手法の半分以下、費用は5年で同等

■土木のチカラ

「ひな壇」で水辺とまちをつなぐ

CASE

仁王川砂防堰堤補修工事

課題 | 生コン車が入れない!

2

ひび割れ注入で亀裂を“補強” 増し厚せず堤体強度を回復

山間部に造られることが多い砂防堰堤。堤体のコンクリートが劣化して増し厚などの大掛かりな工事が必要になっても、付近には生コン車などの大型車が通れる道がない――。

こうした構造物を、ひび割れ注入工法で機能回復しようという試みが始まっている。簡単な資材と足場で施工できるので、わざわざ工事用道路を整備しなくても現場に近づけ

る。しかも、コンクリート表面からの水の浸入を防ぐだけでなく、コンクリート躯体そのものの強度も回復しようという工法だ。

愛知県豊田市にある王滝溪谷。周辺は公園となっており、溪谷に沿って遊歩道などが整備されている。

その遊歩道の先にあるのが、仁王川砂防堰堤だ(写真1)。堤高は約10m、堤頂長は約60m。管理する愛知県が東日本大震災の後に点検したところ、堤体に多くの水平ひび割れが見つかった。堤体の下流側にはひび割れに沿って草が生えていた。土砂や水分が供給されている証拠で、堤体の内部を上流側から下流側まで貫通するひび割れが生じている



写真1 ■ 補修前の仁王川砂防堰堤。1975年に完成した。堤体のひび割れから草などが生えていた(写真:右ページも中日建設)

図1 ■ IPH工法の施工手順



堤体の表面を研磨して汚れなどを取り除いた後、ひび割れに沿って20cm間隔で直径7mm、深さ7cm以上の注入孔を設ける。孔内を水で洗浄しながら削孔する



注入孔の位置に合わせて台座をシール材で固定。台座間のひび割れはシール材やモルタルで密封する

可能性が高かった。

注入で堤体の設計基準強度を上回る

放置すれば、堰堤の崩壊を招きかねない。こう判断した県は、緊急の対策工事に乗り出した。

採用したのは、SGエンジニアリング(広島市)が開発した「IPH(内圧充填接合補強)工法」だ。同工法の効果を確認するため、まずは堤体の3分の1ほどの範囲を対象とし、2016年3月に工事を終えた。

工事は原田工務店(愛知県豊田市)が受注。そのうちIPH工法による施工は、同工法の中部地区特約店である中日建設(名古屋市)が手掛けた。工事の流れは図1の通り。ばねを組み込んだ注入器を使い、注入孔からエポキシ樹脂を注入する。

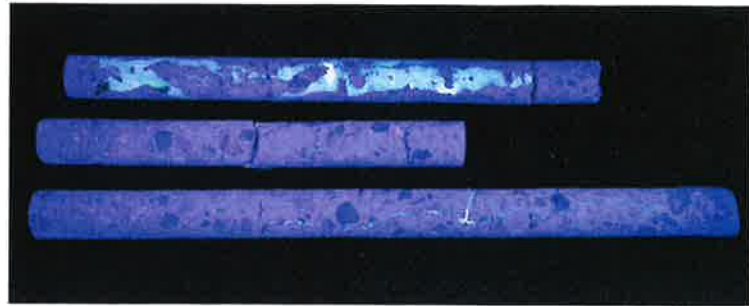


写真2 ■ 施工後の堤体から採取したコア。ブラックライトを照射すると、充填された樹脂が青白く光る

施工後、堤体をコア抜きして調べた結果、供試体の圧縮強度は22～29N/mm²となり、堤体の設計基準強度である18N/mm²を上回った。樹脂は躯体の表面から最大で1mの深さまで注入できていた(写真2)。

仮設費を精査して工法選定

仁王川砂防堰堤を補修・補強する工法は複数考えられた(図2)。

最も確実な対策は、堤体を造り直すことだ。堤体側面をコンクリートで増し厚して補強する方法もある。

しかし、いずれも生コン車などの大型車が近づく道路を造らなければならない。仮設費だけで5000万～1億円に上る恐れがあった。

堤体をボーリングマシンで削孔して、セメントを注入するグラウチング工法もある。施工機械などの搬入は楽になるものの、水密性を確保できるかどうか不安が残る。

ひび割れ注入のIPH工法は、今回の施工によって躯体の水密性を高められることを確認した。ただし、一部で課題も見つかった。

ひび割れ内部に土砂が流入して詰



「IPHカプセル」と呼ぶ注入器を使って、エポキシ樹脂を注入。加圧状態で樹脂が硬化するまで16時間以上養生する



注入孔をポリマーセメントモルタルで埋めて、周囲を研磨した後、堤体の表面に無機系の通気型はっ水塗料を塗布する

まっていると、その奥まで樹脂を十分に充填できないケースがあった。アルカリ骨材反応とみられる骨材周囲の不連続なひび割れも、充填が難しかった。中日建設は注入孔を深めにしたたり、斜めに削孔したりすれば、問題を改善できるとみている。

県は今後、各工法でどの程度の仮設費が掛かるのかなどを精査する。そのうえで、残りの堤体の補修・補強工法を決める方針だ。

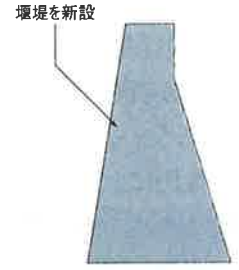

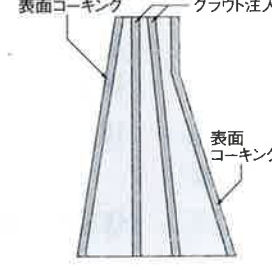
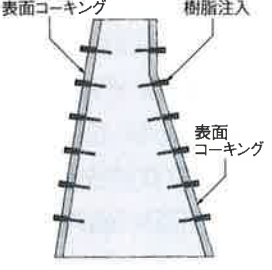
「全く違う効果を追求」

IPH工法は、いわゆる低圧樹脂注

入工法に分類される。一般的には、躯体表面のひび割れを塞ぎ、水の浸入を防ぐ工法だ。


しかし、IPH工法を開発したSGエンジニアリングの加川順一社長は「全く違う効果を追求してきた」と話す(図3)。その狙いは、コンク

図2 ■ 仁王川砂防堰堤の補修・補強工法の比較

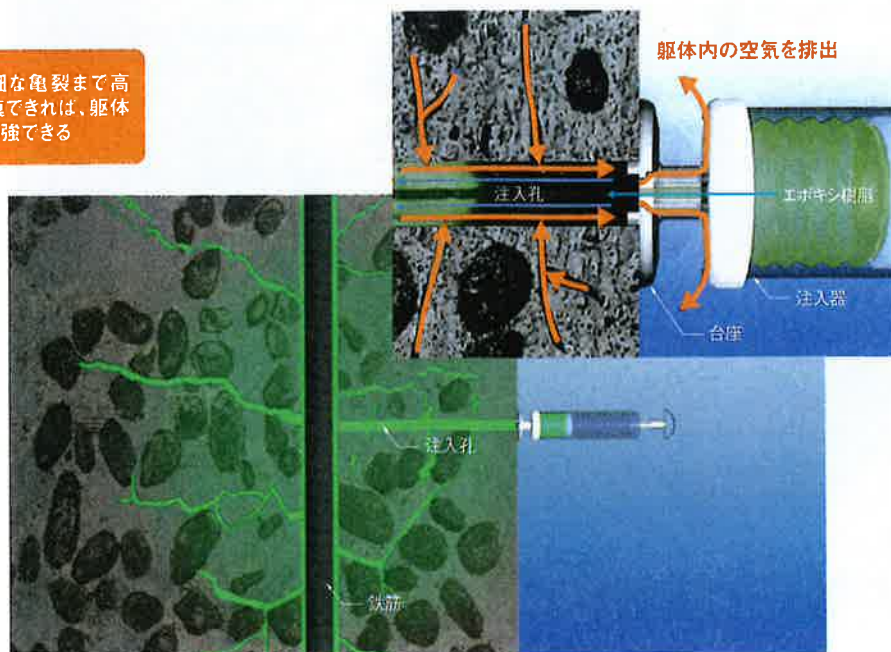
工法	撤去・新設	腹付け補強	グラウチング	ひび割れ注入
断面図				
施工性	×	△	○	○
信頼性	○	○	△	△
経済性	×	△	△	○

取材をもとに本誌が作成

図3 ■ IPH工法による樹脂注入のイメージ



樹脂を微細な亀裂まで高密度に充填できれば、躯体内部から補強できる



躯体内の空気を排出

エポキシ樹脂

注入器

台座

注入孔

IPH工法を開発した加川順一社長。注入するエポキシ樹脂は硬化すると圧縮強度が50N/mm²以上、引っ張り強度が15N/mm²以上になる(写真:本誌、資料:IPH工法協会)

リート内部の微細なひび割れまで樹脂を高密度に充填して、躯体の強度を回復させようというものだ。この効果は、土木学会から取得した技術評価でも認められている。

加川社長はまず、微細なひび割れにも注入できる低粘度かつ高流動のエポキシ樹脂を開発した。次に、コンクリート中の鉄筋の周囲には、微細な空隙があることに着目。事前に鉄筋のかぶり深さまで削孔しておくことで、樹脂が鉄筋を伝って躯体の隅々に行き渡るようにした。

さらに、注入器の先端を工夫した。ねじ山の一部に欠けを設けて、空気の通り道を確認したのだ。注入器に組み込んだばねの力で樹脂を加圧注入する際、躯体内部の空気が抜けることで樹脂の浸透効率を高める。

樹脂がじわりと入るように、加圧力は0.02～0.06N/mm²に設定した。他の工法のおよそ10分の1に抑えた“超低圧”注入だ。

断面修復の代わりに

こうした工夫の結果、IPH工法で



写真3 ■ ひび割れに樹脂を注入した供試体で引っ張り試験を実施した結果。ひび割れ部分ではなく、コンクリートの母材で破断した(写真:本誌)

は躯体表面から最大1.7mの深さにあるひび割れや、幅0.1mm以下の微細なひび割れにも樹脂を注入できることを確かめた。

高密度な充填を可能にしたことで、注入後のコンクリート強度は注入前よりも高まる(写真3)。加川社長らはこれまでの実験結果をまとめ、2016年内にも補強効果を定量化したIPH工法の設計施工指針を土木学会から発刊する計画だ。

これまでは断面修復に頼らざるを得なかったような劣化した躯体にも、IPH工法は使える。ある橋の梁10m²を断面修復する場合の費用は134万円。一方、IPH工法ならば27%安い98万円で済むという試算

結果もある。

IPH工法は、ガス管周りの防護コンクリートの補修工事にも採用されている。ガス管の直近で劣化したコンクリートをブレーカーなどではつる必要がないので、安全に作業できる。高架橋の床版補修工事などに使われた実績もある(写真4)。

先の仁王川砂防堰堤の例にもあるように、IPH工法は樹脂が奥まで充填できているかどうかを評価することが重要になる。京都大学大学院の塩谷智基特定教授らは、弾性波を使って非破壊で躯体内部の健全度を可視化する三次元AEトモグラフィー技術を考案。これを品質管理に活用できないか、検討している(図4)。



写真4 ■ 高架橋の床版下面の補修工事にIPH工法を採用した例(写真:IPH工法協会)

図4 ■ 三次元AEトモグラフィーで樹脂注入の効果を可視化

