

# コンクリート構造物の高耐久化

## ～ダクタルフォームの製造と適用事例～

The Durability of a Concrete Structure is Raised by using "Ductal-Form".

中山 良直  
Yoshinao NAKAYAMA

川田建設(株)環境事業推進部  
技術課課長

柳原 英克  
Hidekatsu YANAGIHARA

川田建設(株)北陸支店工事部  
設計課課長

狩野 兼義  
Kaneyoshi KANOU

川田建設(株)東京支店那須工場  
製造課課長

鹿嶋 圭介  
Keisuke KASHIMA

川田建設(株)環境事業推進部  
技術課

ここ数年、国内において「ダクタル」を用いた構造物が徐々に増え始めています。その用途は、擁壁やケーブルピット蓋等工場2次製品、ルーバーやサンスクリーン等意匠性を重視される建築部材、高い耐久性が要求されるコンクリート構造物の表面被覆材、プレストレスを導入した歩道橋や道路橋といったように多岐にわたります。昨年には、土木学会から「設計・施工指針<sup>1)</sup>」が刊行され、材料としての地位が確立しました。

「ダクタル」は、「高靱性セメント複合材料 (Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites)」の1つに分類される高機能材料で、現在、当社では「ダクタル」を用いた製品や工法の商品化に取り組んでいます。そこで、本稿では「ダクタル」を用いた高耐久薄肉埋設型枠「ダクタルフォーム」に焦点を絞って、その特徴や製造方法、当社が提案しているコンクリート構造物への適用事例について紹介します。

### ダクタルとは

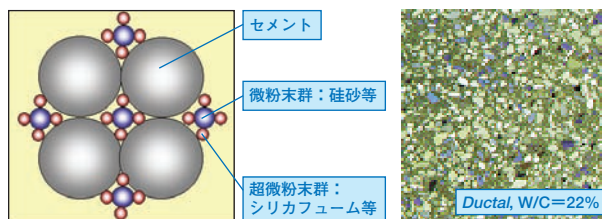
「ダクタル」は、フランスのラファージュ、ブイーグ、ローディア・シミエの3社によって開発された「反応性微粉末を使用した無機系複合材料 (Reactive Powder Composite)」の商品名です。馴染みのある言葉に言い換えると、「超高強度繊維補強モルタル」です。フレッシュダクタルは、セメントや珪砂、シリカフェューム等の反応性微粉末がブレンドされたダクタルプレミックス (粉体) に、専用の補強繊維と減水剤および水を加え、練り混ぜて製造します。

ダクタルプレミックスは、各種配合粒子が最密充填になるよう粒度調整されており、熱養生を行うことで、超低水比で緻密な硬化体が得られます。このため従来のコンクリートと比べ、高強度 (圧縮強度200 MPa)、高耐久性等、非常に高い性能を持つ新素材です。

また、高強度金属短繊維 (または有機短繊維) を補強



ダクタルの構成材料



ダクタルの組成イメージ

ダクタルの切断面

材として添加するので、セメント系材料の弱点である引張特性が改善され、基本的に鉄筋が不要です。

### ダクタルフォームとは

「ダクタルフォーム」は、「ダクタル」を用いた高耐久薄肉埋設型枠で、土木研究センターの審査証明<sup>2)</sup>を取得しており、NETISにも登録されています。

#### (1) ダクタルフォームの特徴

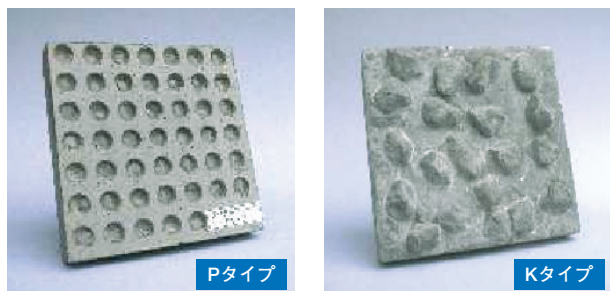
素材に起因する特徴として①～③が、工法の特徴として④～⑤等が挙げられます。

- ① 高緻密な「ダクタル」が、コンクリートへの劣化因子の浸入を遮断するので、耐久性が高い。
- ② 耐摩耗性能や耐衝撃性能が高い。
- ③ 高強度なので、部材厚を薄くできる。
- ④ 凹凸形状 (Pタイプ) や粗骨材埋込み (Kタイプ) 加工の付着面がコンクリートとの一体性を確保する。
- ⑤ 構造物に合わせた形状にでき、省力化施工が図られる。

これらの特徴を生かして、塩害・中性化・凍害・摩耗等の劣化作用を受けるコンクリート構造物 (橋梁上下部工、栈橋、防波堤、ダム、水路等) の耐久性を高めるための表面被覆材として使用されます。

## 材料物性値の比較

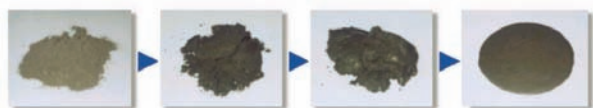
材料種別	圧縮強度 試験結果 [MPa]	塩化イオン拡散 係数 [cm <sup>2</sup> /year]	摩耗試験結果 (ASTM-C779) [mm]
Ductal-FM	210	0.002	1.06
花崗岩	190	—	1.80
コンクリート	36	2.606	8.00



ダクトアルフォームの裏面形状

### (2) ダクトアルフォームの製造方法

「ダクトアルフォーム」は、一般的なプレキャストコンクリート部材とはほぼ同様の工程で製造しますが、フレッシュダクトアルの練り混ぜや熱養生に特徴があります。フレッシュダクトアルは、一般的には相反する流動性と粘性が共に高く、材料分離せずにセルフレベリング性状を示します。ただし、練り混ぜ過程において流動化する直前に粘性が高くなり、一時的にミキサに大きな負荷が生じるので、パワーのあるミキサが必要です。また、「ダクトアル」の高性能は、熱養生を行うことによって引き出されますので、脱枠前の初期湿潤養生 (35℃×36時間程度) に加え、2次養生 (90℃×48時間程度) が必要です。



練り混ぜ中の性状変化

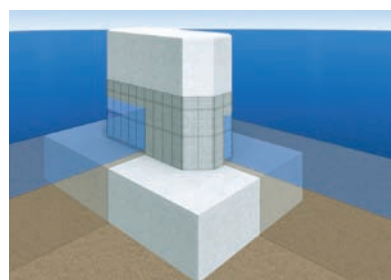
### (3) ダクトアルフォームの割付け

「ダクトアルフォーム」の割付けは、対象構造物の種類や施工条件を考慮しつつ、版の大きさと厚さ、取付け方法、支保方法を検討し決定します。この時、「ダクトアルフォーム」をできるだけ同一形状にすることや、施工が省力化となるよう取付け方法に留意します。

## RC橋脚への適用

構造物への適用事例の1つに、海上に新設される橋梁下部工のRC橋脚を対象に、フーチング天端から海上高さ2.0 mの範囲に高耐久性埋設型枠として「ダクトアルフォーム」を用いるという事例があります。

この事例における「ダクトアルフォーム」の使用目的は、埋設型枠による施工の省力化と、日本海沿岸の厳しい波浪による摩耗や海水による塩害からのコンクリート構造物の保護です。

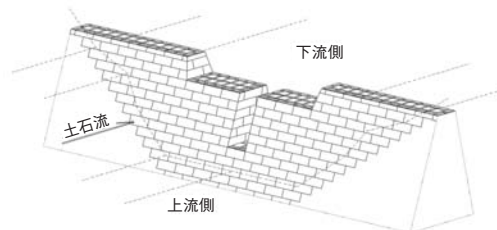


完成予想CG (グレーの部分がダクトアルフォーム)

## 砂防堰堤への適用

急流河川に建設されている砂防堰堤は、土砂災害防止を目的としていますが、砂礫が多く混入した流水によって水通し天端 (提冠部) が摩耗されたり、また、土石流時の巨礫の衝突によって、激しく損傷を受けている場合があります。ある砂防堰堤の定点観測では、年間80 mmを超える摩耗損傷があったとの報告もあります。

そこで当社では、砂防堰堤の天端保護工の1つとして、耐摩耗性や耐衝撃性に優れた「ダクトアルフォーム」を用いた工法を提案しています。また、砂防堰堤の新設時に有効な「ダクトアルフォーム」を用いた自立式修景型枠ブロック工法も検討しています。



ダクトアルフォームを用いた砂防堰堤の一例

## おわりに

「ダクトアルフォーム」を用いることによるコンクリート構造物の高耐久化は、環境負荷の低減やライフサイクルコストの節減に寄与できると考えられます。

一方、「ダクトアル」の使用形態として「ダクトアルフォーム」の他に「プレストレストダクトアル」や押出し成形部材の「ダクトアルEXTR」等の技術もあり、各々に異なる特色があります。当社は、関係するライセンスを整備し、これらの技術すべてに対応することができます。

これらの技術を単体もしくは組み合わせることで効果的に構造物へ用いる工法や、「ダクトアル」の持つ性能をより生かせる用途の開発が今後の課題です。

## 参考文献

- (社)土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案), 2004.9.
- (財)土木研究センター：建設技術審査証明報告書「ダクトアルフォーム」, 2002.3.