

# 超高強度繊維補強コンクリート「ダクトアル」を用いた プレストレストコンクリート橋梁



大成建設（株）  
武者 浩透

## 1 はじめに

2004年9月、土木学会から超高強度繊維補強コンクリート設計・施工指針（案）がコンクリート・ライブラリーの113号として刊行された。この指針案が対象としているのは、これまでの「繊維補強コンクリート」でイメージするような、ひび割れ幅の抑制や剥落防止のための繊維を混入した鉄筋コンクリートではなく、配合されている鋼繊維に引張鋼材として役割を持たせて靱性を確保し、鉄筋を用いずに構造部材に適用できるコンクリートである。しかも、超高強度で150N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮強度と桁違いの高い耐久性を有する材料を対象としている。これは、従来の鉄筋コンクリートの高強度化の延長上で開発されたものではなく、セメントをベースとしながらも、材料のおよび構造的にまったく新しい思想のもとで開発された革新的な材料である。その指針案策定においては、「ダクトアル」という材料のデータを用いている。このダクトアルはフランスで開発されたものであるが、1998年以降に日本に技術導入されて以来、そこで材料や構造設計、部材製作や施工といった多くの分野での技術開発が進められ、得られた多くの技術や知見がこの設計・施工指針案に集約されている。それらの技術を適用した初めてのPC構造物として、山形県に酒田みらい橋（歩道橋：2002年竣工）が建設されている（写真-1）。その翌年には同じ山形県に、2橋目となる赤倉温泉ゆけむり橋が建設され2004年に竣工している（写真-2）。このように、ダクトアルはその材料特性や構造特性から、比較的大きな構造物としては橋梁への適用が先行している。本報では、ダクトアルの材料特性を述べると共に、国内および国外で建設された橋梁の事例を用いてダクトアル材料とダクトアル橋梁の技術を紹介する。



写真-1 酒田みらい橋（橋長 50m）



写真-2 赤倉温泉ゆけむり橋（橋長 36m）

## 2 ダクトル材料

ダクトル材料は、セメントやシリカフュームからなる粉体と、鋼繊維、専用減水剤により構成されている（写真-3～5）。粗骨材は一切含まない。鋼繊維は直径0.2mm，長さL=15mmの張力鋼を用いている。

ダクトルの水セメント比は約 22%であるが、シリカフューム等の反応性の微粉末も配合されているため、水粉体比ではわずか 8%である。そのため、水和反応限界付近の水分しか与えず、生成物中の空隙を極限まで抑えた最密充填を実現することが、この材料の開発思想である（図-1）。

この非常に少ない単位水量に、容積比 2%（157kg/m<sup>3</sup>）もの鋼繊維を投入しても、練り上がり時のモルタル用の試験器具を用いたフロー値で 200～280mmを得ることができる（写真-6）。そのため、ダクトルは高い自己充填の性能を有し、締固め不要である。打設後の養生は、初期養生の後、90 の蒸気養生を 48 時間（2 次養生）実施するのが標準である。打設翌日（初期養生後）で 30～50 N/mm<sup>2</sup> の圧縮強度が得られ、連続して蒸気による 2 次養生を実施した場合、打設 4 日後には 200 N/mm<sup>2</sup>（図-2）もの強度を得ることができる。

ダクトルは、その最密充填による緻密さと極限まで抑えた単位水量、さらに蒸気養生の効果により、通常のコンクリートに比べて桁違いの耐久性性能を有している（図-3）。



写真-3 ダクトルの材料構成



写真-4 ダクトル粉体

写真-5 鋼繊維

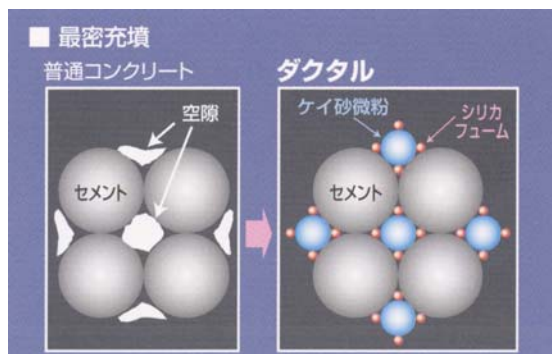


図-1 ダクトルの最密充填イメージ

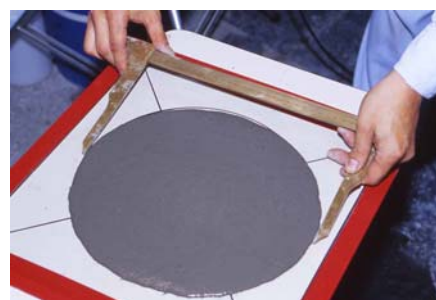


写真-6 フロー試験状況

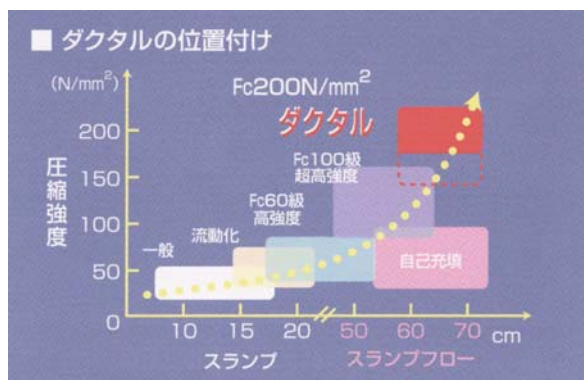


図-2 ダクトルの位置付け

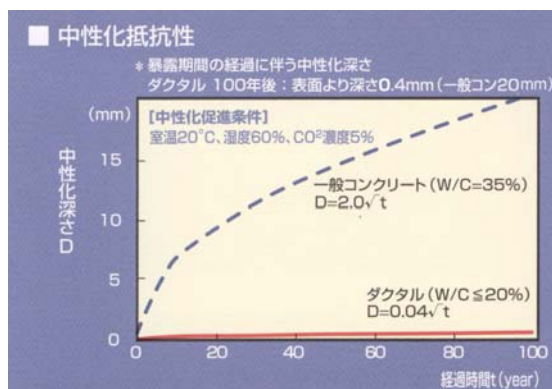


図-3 中性化抵抗性

### 3 ダクトル橋梁の特徴と適用事例（国内）

以下にダクトル橋の特徴を、適用事例を参照しながら示す。

#### 極限までのスリム化

鉄筋を用いないダクトル橋の特徴は、その部材厚の薄さにある。鉄筋の保護のために必要だった贅肉を殺ぎ落とし、応力上必要なだけの厚さで部材を構成するのが基本思想である。

#### 大幅な軽量化

部材断面のスリム化によって軽量化が可能となる。酒田みらい橋（ウェブ厚8cm、上床版5cm：写真-7）や赤倉ゆけむり橋（全部材7cm：写真-8）では、従来の半分以下の重量で橋を構築ことができ、架設費用や下部工費の削減を実現している。

#### 新しい材料・新しい構造

ダクトルは従来のコンクリートに比べて、その特性が大きく異なることから、この材料にあった構造も従来の形と異なってくる。橋としての特性は、コンクリート橋と鋼橋の中間的な位置付けになることが多く、新しい構造や利用方法が進められている。写真-9は東九州自動車道の北九州JCTの堀越Cランプ橋であるが、コンクリート床版との結合方法に孔空き鋼板ジベルを用いている。また、写真-10の北海道縦貫自動車道の鳥崎川橋では、波形鋼板の下弦材に架設用鋼桁の代替部材として採用され、架設終了後はコンクリート橋の一部としてそのまま本設利用されている。

#### デザインの自由性

ダクトルの橋梁は基本的に鉄筋を用いないため、配筋の制約を受けない設計の自由性と、高流動性を利用した流し込み成形により、デザインの自由度が高まり、思い切ったデザインが可能となる。酒田みらい橋のウェブに開けられた大きな開口（写真-7）は、鉄筋を用いないからこそ実現できたデザインであり、その全体景観は新しい橋梁構造の幕開けを告げているかのようである（写真-13）。



写真-7 酒田みらい橋 架設状況



写真-8 赤倉ゆけむり橋 断面



写真-9 東九州自動車道 堀越Cランプ橋

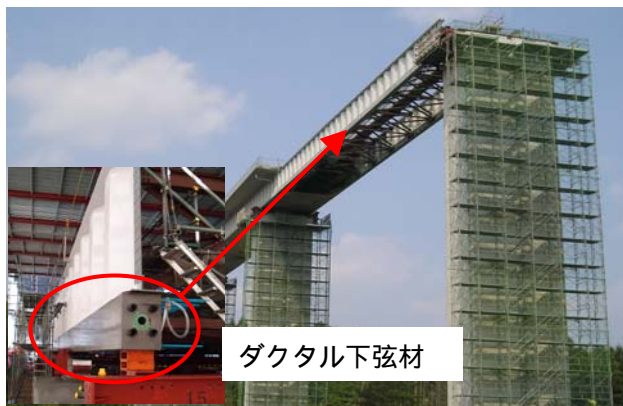


写真-10 北海道縦貫自動車道 鳥崎川橋

#### 4 世界の中のダクトル

##### シャルブルック橋

(カナダ：1997年完成)

ダクトルを用いて世界で初めて造られた橋が、このシャルブルック橋である(写真-11 上)。60mのスパンを持つこの橋は、ウェブの部分をつラス部材とした構造を採用しているため、桁高を感じさせないスッキリとしたデザインとなっている。この橋は歩道橋であるが、床版厚を3cmとし、コンクリート部材としての究極の部材厚を実現している(写真-11 右)。



写真-11 シャルブルック橋とその断面

仙遊橋(韓国ソウル：2002年完成)

韓国のソウル市内にダクトルアーチ橋の仙遊橋がある(写真-12 上)。アーキテクトによって練られたこの歩道橋のデザインは、アーチスパン120mの中央部分ではアーチ部材を歩き、その両側の部分では擦り付けられた水平な桁の部分で歩行するユニークなものである。また断面も凝っており、桁高をわずか1.3mまでに削減した上、型形状(写真-12 右)を採用している。



写真-12 仙遊橋とその断面

#### 5 ダクトル構造物の今後

ダクトルは長年に渡り世界中の研究者によって調査・研究がなされ、非常に多くの実験等によってその高い性能が立証されてきた。構造物の施工実績も橋梁をはじめとして、タワーや床版、壁体や桁など様々な構造物に適用が進められている。ダクトル構造物は、フランスを初めとして、豪州、米国、カナダ、韓国そして日本と主な先進国に採用されている。また、ここ数年建築分野でも意匠部材を中心に実績が増えつつある。今後も超高強度繊維補強コンクリートのパイオニアとして、その高い性能と信頼性により、様々な領域での活用が期待されている。

写真-13 鳥海山を背景とした酒田みらい橋

