

## 技術開発賞 その後

## サンドプレクール工法（液体窒素により冷却した細骨材を用いたプレクーリング工法）の開発

## DEVELOPMENT OF PRECOOLING METHOD USING FROZEN SAND (SANDPRECOOL METHOD)

後藤貞雄<sup>1</sup>・小野 定<sup>2</sup>

Sadao GOTO and Sadamu ONO

<sup>1</sup>フェロー会員 東京ガス(株)生産技術部部长  
(〒105 東京都港区海岸1-5-20)<sup>2</sup>フェロー会員 清水建設(株)土木本部技術第一副部长**Key Words** : *precooling, liquid nitrogen, thermal cracking, countermeasures, frozen aggregates*

## 1. はじめに

本州四国連絡橋に代表される長大橋の下部工（橋脚、橋台、アンカレッジ）のようにコンクリート構造物が大型化するに伴い、セメントの水和熱による温度ひび割れ制御が、構造物の品質を確保するうえで重要な検討課題となっている。

このようなマスコンクリートの温度ひび割れ制御（防止）対策としては、これまでにいくつかの方法が、開発、実用化されている。プレクーリング工法もその一つであり、パイプクーリング工法と並んで、歴史的には古いものである。

著者らが開発、実用化したサンドプレクール工法は、極低温の液化ガス（例えば $-196^{\circ}\text{C}$ の液体窒素）を用いて骨材を冷却することで、従来のプレクーリングの冷却領域を大幅に広げたものである。

ここでは、技術開発賞受賞後の本工法による施工事例とサンドプレクール工法の新たなメニューとして開発したストック方式（骨材をコンクリート製造前に必要分だけ冷却し、骨材ビンにストックしておく方法）についてとりまとめた。

## 2. 本工法の概要とシステム構成

本工法は、コンクリート構成材料の中で占める割合が大きい骨材に着目したもので、砂および砂利に直接液化ガス（通常は $-196^{\circ}\text{C}$ の液体窒素を使用）を吹き付けて超低温に冷却し、かつ骨材表面に付着している水を氷にした冷却骨材を用いて従来どおりの方法でコンクリートを練り混ぜて練り上がり温度を下げるプレクーリング工法である。

現在、本工法は2つの方式により行われている。通常の打設の場合はバッチ毎に使用材料を冷却する「バッチ方式」を使用するが、1回の打設が大量でかつプレクーリング量が大きい場合には、予め使用する骨材を冷却し骨材ビンにストックしておき、打設日にビンから冷却骨材を引き出してコンクリートを製造する「ストック方式」を使用する。

また、本工法の温度管理システムは、貯蔵中の骨材温度の管理システム、バッチ毎の骨材温度を液体窒素の噴入量でコントロールする温度管理システムなどから構成されている。

## 2. 本工法の使用事例

サンドプレクール工法のこれまでのプレクーリング施工実績は約 $13\text{万m}^3$  ( $112\text{万m}^3\text{C}$ )である。プレクーリングの幅は $3\sim 22^{\circ}\text{C}$ であり比較的幅広く使用されている。中でもレインボーブリッジ（首都高速12号線東京港連絡橋）のアンカレッジのコンクリートを8月の上旬に施工する際に実施した、生コンプラントの出荷温度 $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ （外気温約 $30^{\circ}\text{C}$ ）は世界的にみても余り例がないプレクーリングである。

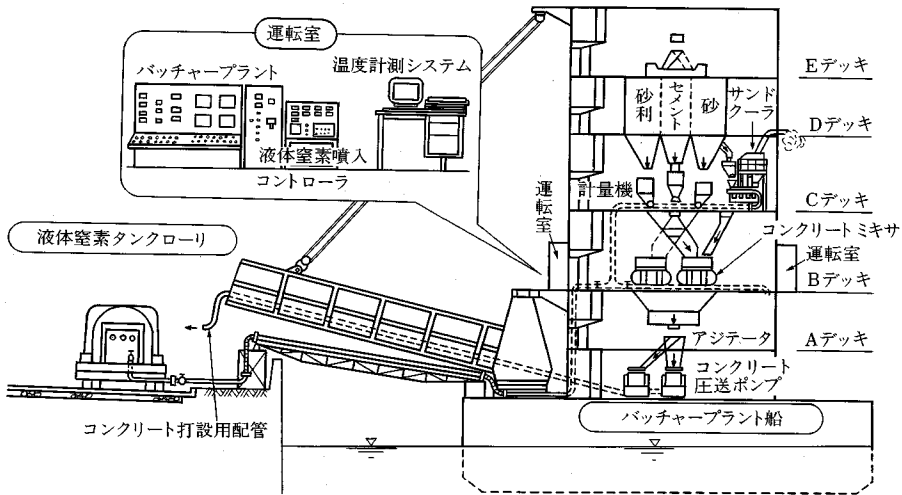
表-1にサンドプレクール工法の施工実績を示す。以下主な施工事例についてとりまとめた。

(1) LPG 地下タンク<sup>1)</sup>

本工事では、側壁と底版が剛結構造の地下タンク底版に、温度ひび割れ制御を目的に使用された。ひび割れ制御の目的から打込み温度を $20^{\circ}\text{C}$ 以下に制御した。本工事の特徴的な点は、サンドプレクール工法の冷却設備一式を搭載したパッチャープラント船（図-1参照）を用い

表一 1 サンドブレード工法施工実績一覧

工 事 名 称	発 注 者	施工年月	使用部位	冷 却 量 (°C)
東京ガス(株)根岸工場 T <sub>p</sub> 22 LPG 地下式貯槽工事	東京ガス(株)	1988.8	底版	10~15
高速湾岸線多摩川トンネル, 川崎 航路トンネル工事 I	首都高速道路公団	1988.7~9	側壁	5~15
首都高速 12 号線東京港連絡橋 12 21 工区高架橋基礎構造新設工事	首都高速道路公団	1990.6~10	ケーソン頂版 アンカレイジ	5~20
中筋川ダム建設工事	建設省四国地方建設局	1991~ 1993.6~9	ダム本体	3~ 8
高速湾岸線多摩川トンネル, 川崎 航路トンネル工事 II	首都高速道路公団	1991.7~9	側壁	5~15
来島大橋下部工西工事	本州四国連絡橋公団	1993~ 1995.5~10	橋脚ケーソン 頂版	3~10



図一 1 冷却コンクリート製造設備概要

たことである。

(2) 沈埋トンネル

沈埋トンネル函体側壁の温度ひび割れ制御対策の一つとして使用された。指定された打込み温度は、打設箇所  
で20°C以下である。本工事での特徴的な点は、始めて生  
コンプラントを使用してブレードリングを実施したこと  
である。

(3) 吊り橋アンカレイジ<sup>2),3)</sup>

レインボーブリッジのアンカレイジのマスコンクリート  
工事では、温度ひび割れ制御、急速施工の観点から各  
種の対策が採用されている。超低熱コンクリート、パイ  
ブレードリング、ブレードリングなどが主な対策として上

げられる。

本工事では、1回あたりの打設が大量(最大で約2000  
m<sup>3</sup>)で且つ連続打設であり、さらにブレードリング量が  
大きいことから、骨材を冷却するサンドブレード工法  
が採用された。

しかし、従来のバッチ方式のサンドブレード工法で  
は、前述の条件(特に、大量打設)をカバーできないこ  
とから新たな工法を研究開発した。

開発した工法は、従来の方法により打設前に所定温度  
の骨材を冷却、貯蔵しておき、打設日に骨材ビンから骨  
材を引き出してコンクリートを製造する「冷却骨材ス  
tock方式」のブレードリングである。図一2に冷却骨  
材stock方式によるブレードリングシステムおよび設  
備概要を示す。また表一2に従来方式との比較を示す。



表-2 冷却骨材製造方法の比較

項目	従来の冷却骨材を用いたブレッキング	冷却骨材ストック方式によるブレッキング
冷却能力	30°C	30°C
冷却対象	砂	砂, 砂利
冷却骨材製造方法	・コンクリート打設当日に必要な量の骨材を冷却する。	・コンクリート打設日に合わせて、数日間にわたり、骨材を冷却し貯蔵する。
冷却設備	・骨材は、冷却骨材製造装置で冷却する。 ・冷却骨材製造装置をバッチャープラントに組み込む。	・骨材は、冷却骨材製造装置で冷却する。 ・冷却骨材製造装置を生コンプラントの敷地内に設置する。 ・冷却骨材貯蔵サイロが必要である。
温度管理	・冷却コンクリートの練上り温度および打設時温度を直ちにLN <sub>2</sub> 噴入量にフィードバックし、コンクリート温度を調節できる。	・コンクリート打設以前に、すべての骨材を冷却し貯蔵するため、冷却した骨材の温度上昇量を推定し、さらに冷却コンクリートの運搬および圧送時の温度上昇を推定する必要がある。
LN <sub>2</sub> 供給方法	・1打設当りに必要なLN <sub>2</sub> をコンクリート打設日に供給する。	・1打設当りに必要なLN <sub>2</sub> を数日間にわたって供給する。
コンクリート打設量	・冷却骨材製造装置の能力により打設量は制限される。	・大量打設に適する。

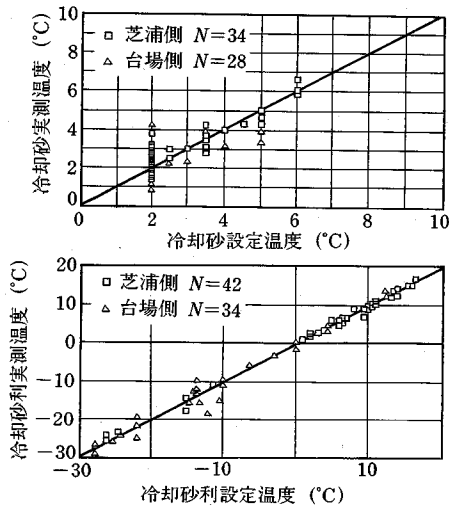


図-3 冷却骨材の実測値と設定値との比較

の方々、大豊建設(株)の山崎氏に多くのご指導を受けた。改めて感謝の意を表します。本工法により、最大で約2000 m<sup>3</sup>、ブレッキング量約25°C(生コンプラント出荷時)、時間当りの出荷量約200 m<sup>3</sup>の世界に類を見ない大規模なブレッキングを完了することができた。

#### (4) 重力式コンクリートダム<sup>4)</sup>

本工事では、温度ひび割れ制御などの観点からブレッキングの使用が検討された。ブレッキングとしては、アイスの使用、サンドスタビライザーによる砂の冷却、液体窒素による砂の冷却および骨材の真空冷却が比

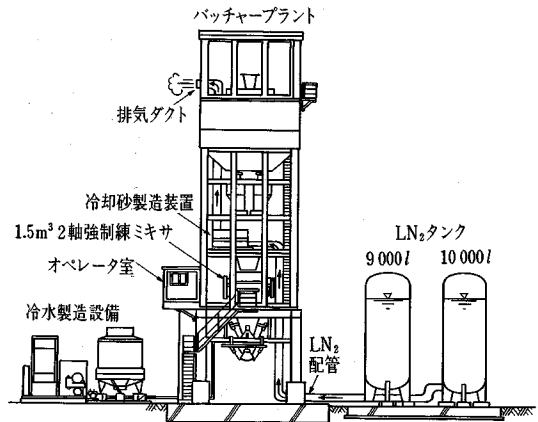


図-4 ブレッキング設備の概要

較検討された。結果として、冷水と液体窒素による砂の冷却を組み合わせたブレッキングが採用された。

本工事におけるブレッキングの特徴的な点は、事前の温度応力解析などによる計画を踏まえたきめ細かいコンクリートの温度管理が実施されたことである。さらに、本工事はサンドブレイク工法としては、初めてバッチャープラントに最初から組み込まれた設備(図-4参照)が採用された。図-5に当ダムにおけるブレッキングに伴う温度管理の流れを示す。このような管理により、バッチャープラントにおける練り上がり温度は±1.0°Cの範囲で管理されている。

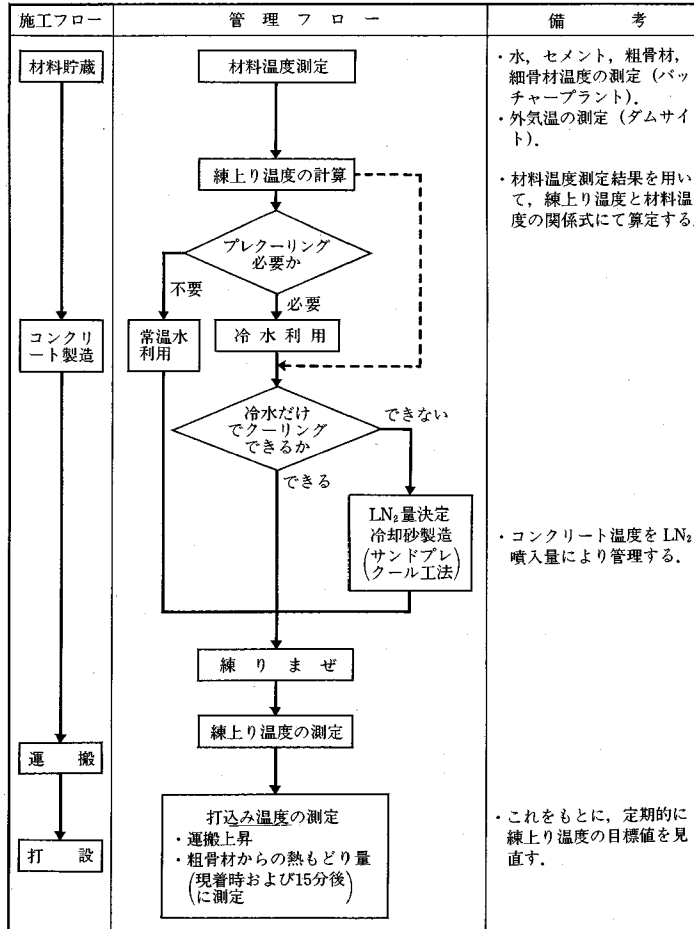


図-5 プレクーリング温度管理フロー

### 3. あとがき

本工法の開発に着手してから約10年の年月が経過した。昭和60年代から平成にかけて、わが国におけるマスコンクリート技術が充実した時代を共に歩んできた思いである。また、この間はプレクーリングが積極的に採用された時でもあり、本工法もその一端を担えたことに感謝している次第である。

本工法が技術開発賞を受賞した平成元年には、本工法の普及を目的とした「サンドプレクール工法協会」が設立された。協会の設立とともに、沈埋トンネル、ダム、吊り橋などで本工法が使用されたが、その度に幾つかの改良を重ねながら現在に至っている。本工法を採用して頂いた、発注者の方々に紙面をおかりして深く感謝の意を表します。

最後に、本工法は、東京ガス(株)、(株)東京ガスケミ

カルズ、清水建設(株)が共同開発したものであり、あらためて受賞の栄に浴したことに感謝している次第であります。

#### 参考文献

- 1) 峯岸孝二, 上野衛, 平田義弘, 小野定, 木村克彦: 液体窒素を用いたプレクーリングによる底版コンクリートの温度ひび割れ制御—東京ガス(株)根岸工場LPG地下タンク—, コンクリート工学, Vol. 27, No. 8, Aug. 1989.
- 2) 中込秀樹, 西洋司, 田嶋仁志, 高橋三雅: 吊り橋アンカレイジのマスコンクリート対策, コンクリート工学, Vol. 29, No. 4, April 1991.
- 3) 山崎和夫, 石井紘史, 古宮元雄, 西洋司: 東京港連絡橋(仮称)吊り橋アンカレイジのプレクーリング, 基礎工, Vol. 19, No. 8, 1991.8.
- 4) 岡崎健二: 中筋川ダムの温度管理計画について, ダム技術, No. 60, 1991.

(1995.7.12 受付)