

NDリターダー工法

技術資料

日本コンクリート技術株式会社

Japan Concrete Technology Co.LTD (JC-tech)

「NDリターダー工法」

(NETIS登録番号：TH-120031-VE)

水和熱抑制型超遅延剤「NDリターダー」を添加したコンクリートを使用することにより、マスコンクリート構造物の温度応力を大幅に低減して温度ひび割れの発生を防止する工法です。



ボックスカルバート
(国土交通省中部地整発注)



橋梁下部工・橋台
(国土交通省東北地整発注)

NDリターダー工法に対する評価

新技術活用システム (NETIS) 事後評価結果の通知内容

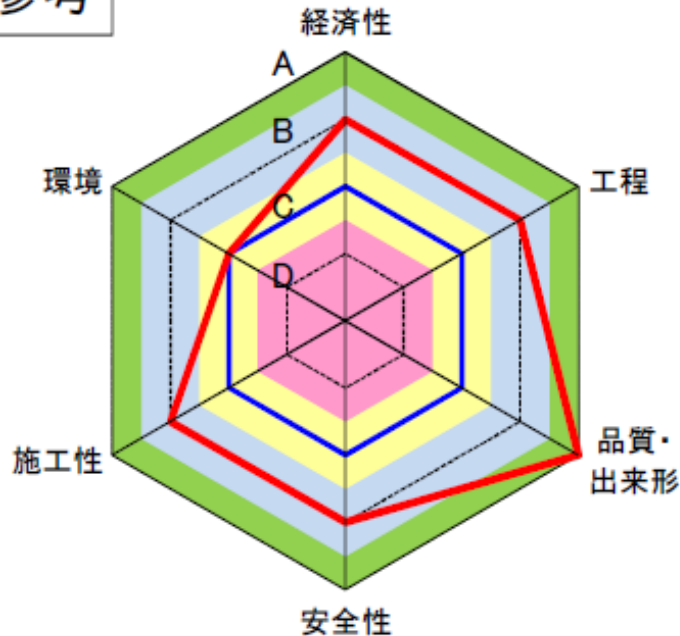
国部整施企第 113-2 号 平成 29 年 11 月 10 日

1. 技術名称：温度ひび割れ抑制技術「NDリターダー工法」

項目の平均(点)と従来技術(従来工法)(点)の比較

比較する従来技術(従来工法) ひび割れ誘発目地の設置

参考



— 従来技術(従来工法)
— 新技術

新技術の概要及び特徴

本工法は、壁状コンクリート構造物の構築において、水和熱抑制型超遅延剤「NDリターダー」を添加したコンクリートを壁体下部に打ち込むことにより、外部拘束を低減して温度ひび割れの発生を抑制するとともに誘発目地の設置を不要とするものである。

所見

【優れていた所】 ・貫通ひび割れの発生が抑制されることにより、品質が向上するとともに、手間のかかる誘発目地設置作業がなくなることで、施工性の向上も図られている。

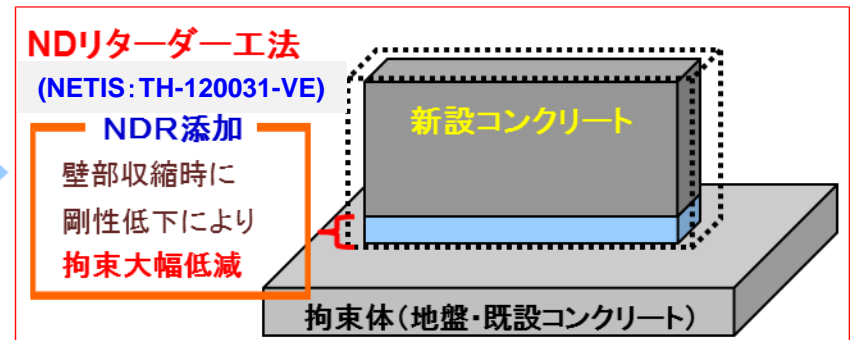
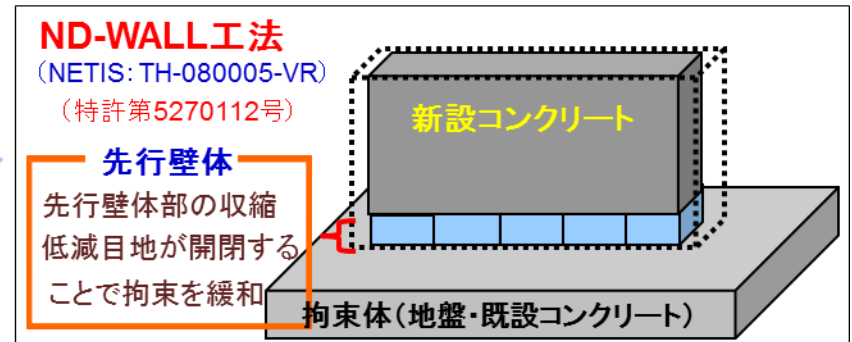
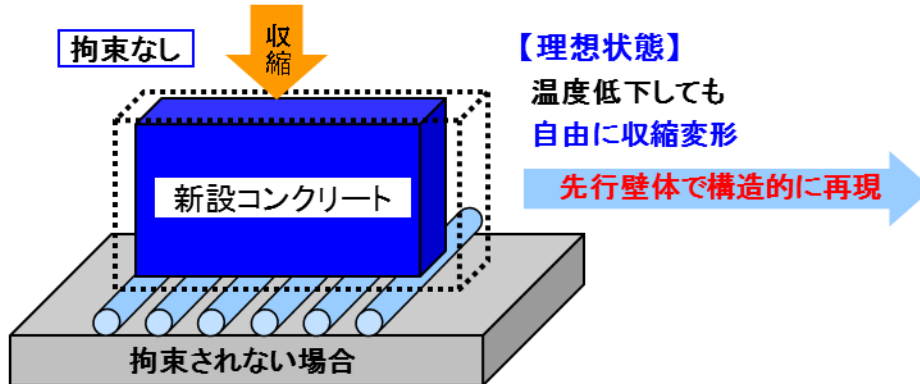
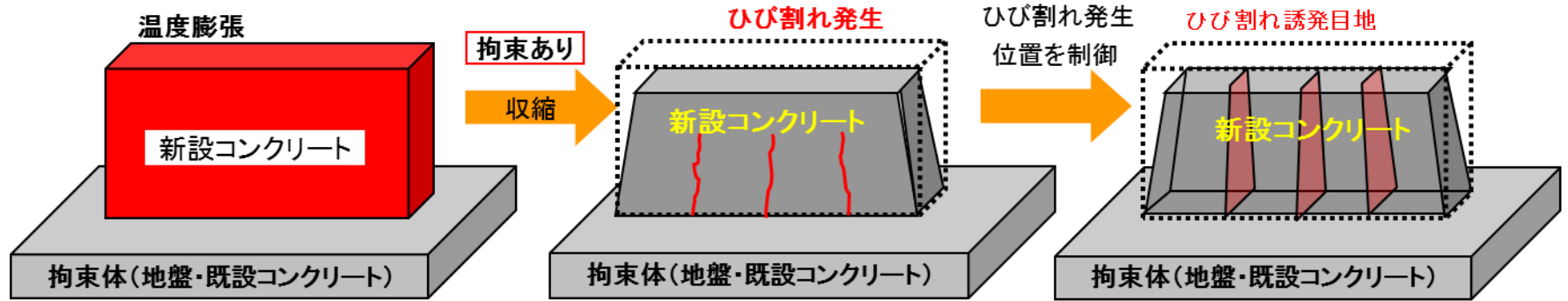
- A：従来技術より極めて優れる
- B：従来技術より優れる
- C：従来技術と同等

1. NDリターダー工法の概要

- (1) 温度ひび割れ抑制の考え方
- (2) NDリターダー工法の温度ひび割れ抑制メカニズム
- (3) NDリターダー添加コンクリートの強度発現
- (4) NDリターダー工法の施工方法

温度ひび割れ抑制の考え方

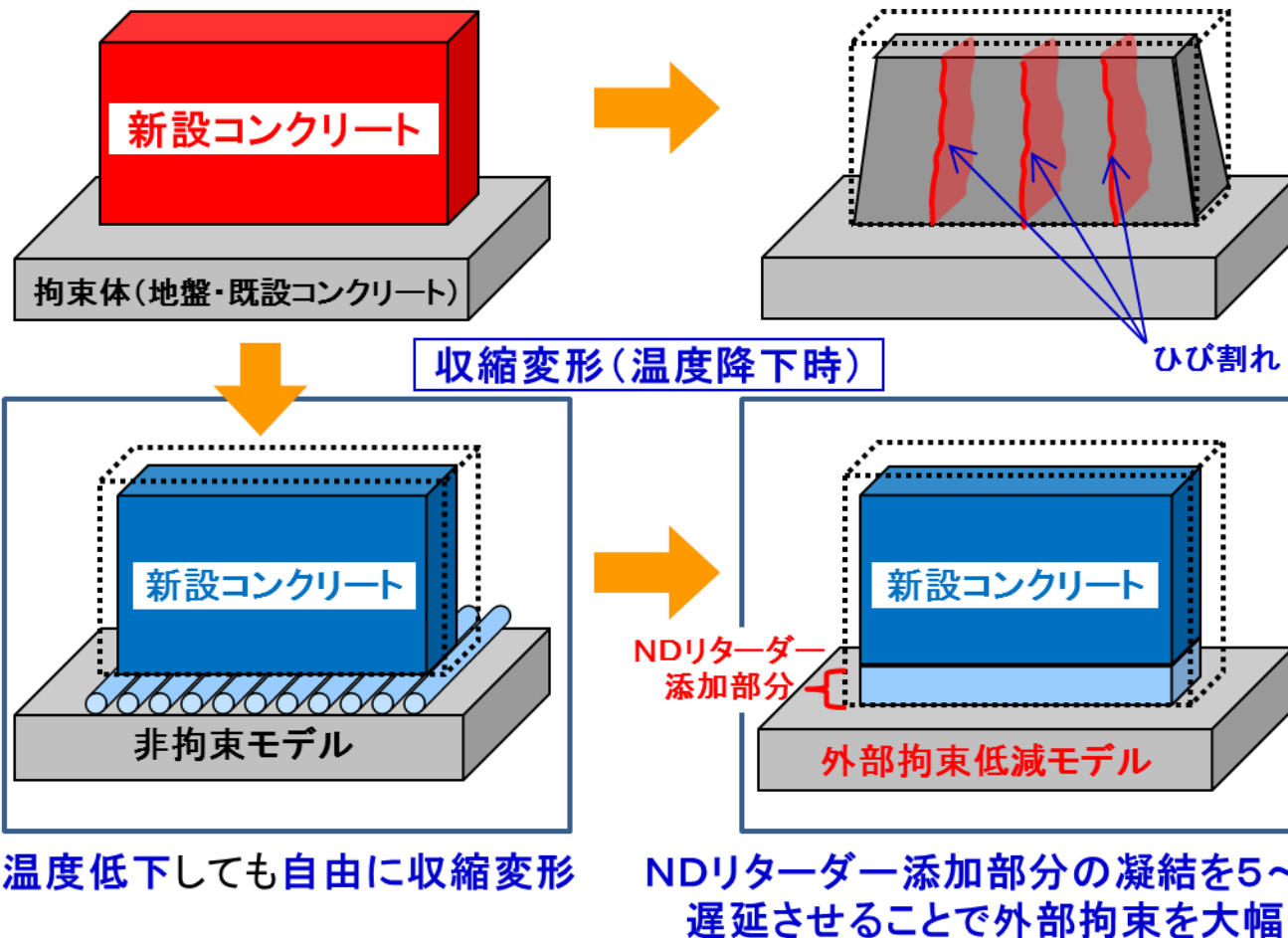
下端を拘束された壁状構造物は、温度応力により断面を貫通するひび割れが発生しやすくなります。ND-WALL工法およびNDリターダー工法は壁体部下端の拘束力を低減する工法で、温度応力の低減により温度ひび割れを抑制します。



超遅延剤添加コンクリートで材料面から再現

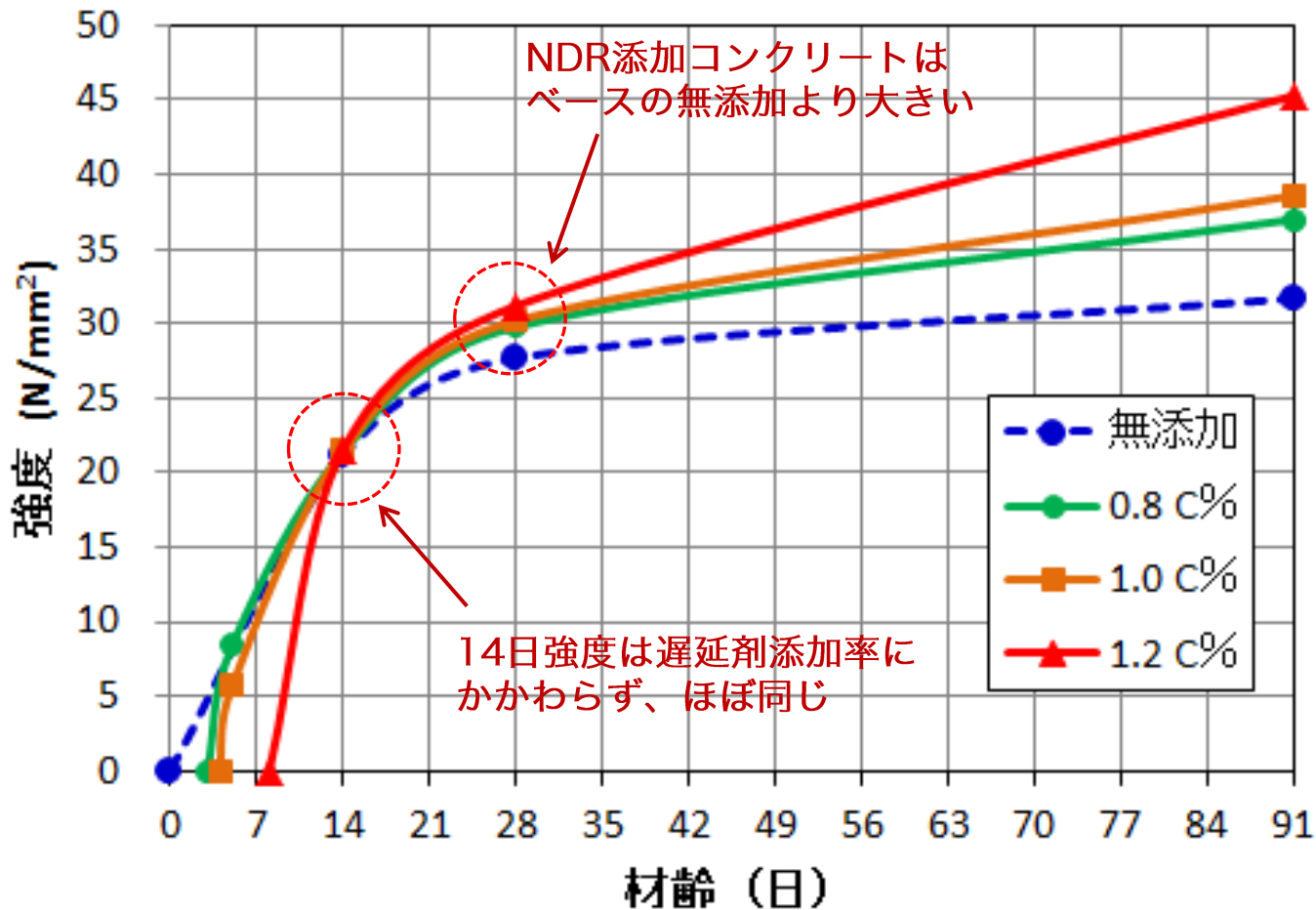
NDリターダー工法の温度ひび割れ抑制メカニズム

NDリターダー（水和熱抑制型超遅延剤）を添加したコンクリートを壁体部の下端から200～500mm程度の部位に使用することで、拘束体上部の壁体に生じる温度応力を大幅に低減し、温度ひび割れの発生を防止します。



NDリターダー添加コンクリートの強度発現

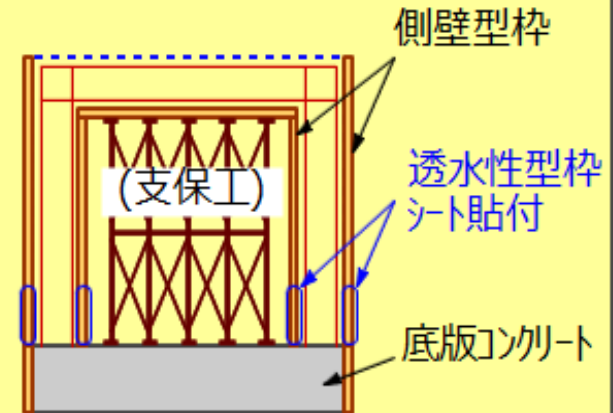
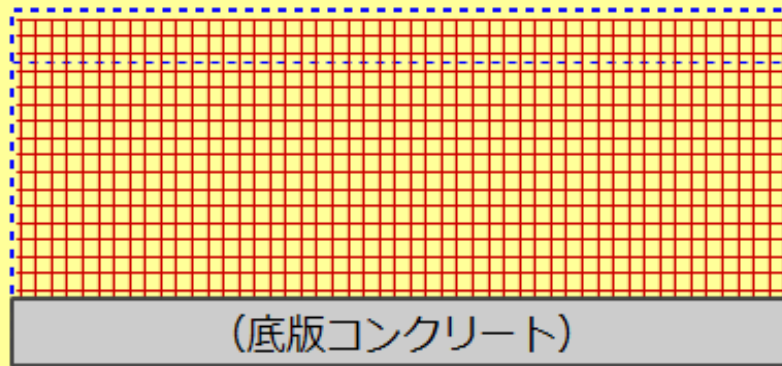
NDリターダー添加コンクリートの**圧縮強度**は、7日程度凝結を遅延させても材齢14日**で無添加コンクリートとほぼ同一**となります。また、材齢28日を超える**長期材齢**では**無添加コンクリート以上の強度**となります。



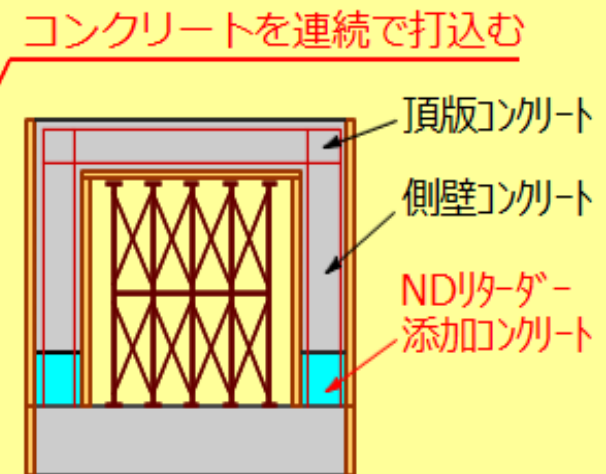
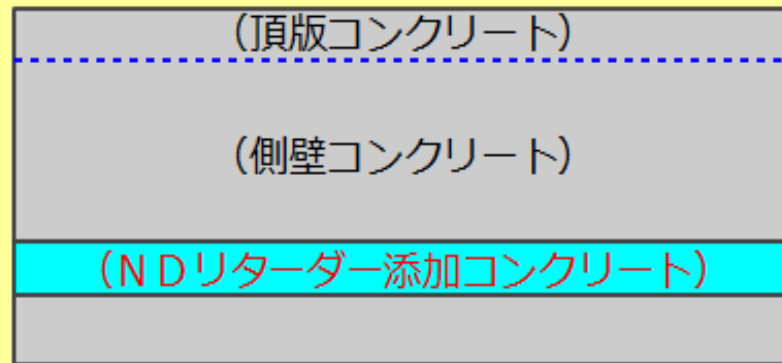
NDリターダー工法の施工方法（施工手順）

側壁下部のNDリターダー添加コンクリートと、その上部の側壁・頂版コンクリートは同じ日に連続して打ち込みます。表面の美観向上のために透水性型枠シートを下端から90cm程度貼付します。

①側壁および頂版の鉄筋・型枠組立

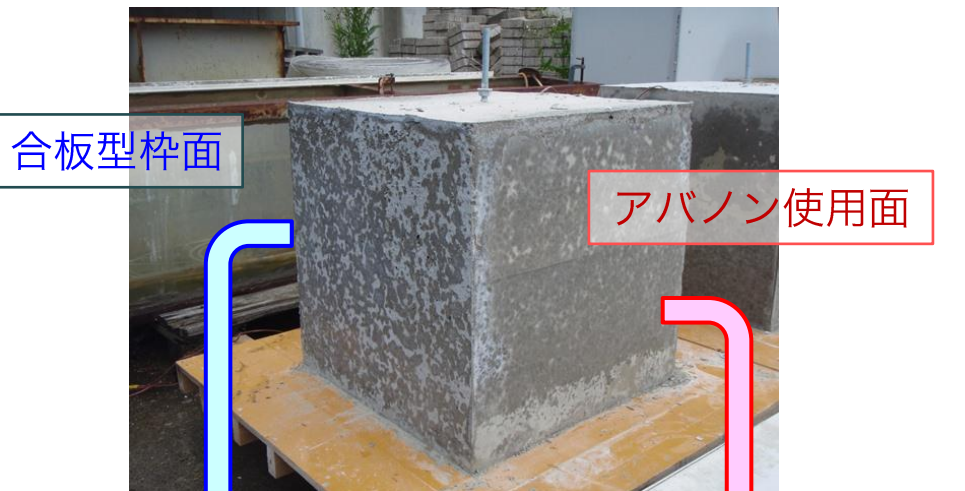


②側壁および頂版のコンクリート打込み

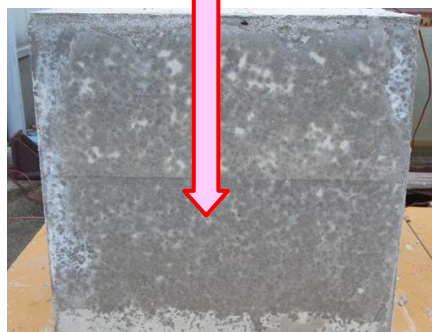


NDリターダー工法の施工方法（型枠の処置）

コンクリートを長期遅延をさせると、型枠界面に表面気泡が生じて美観が低下するため、型枠の表面に**透水性型枠シート（アバノン）**を貼付します。



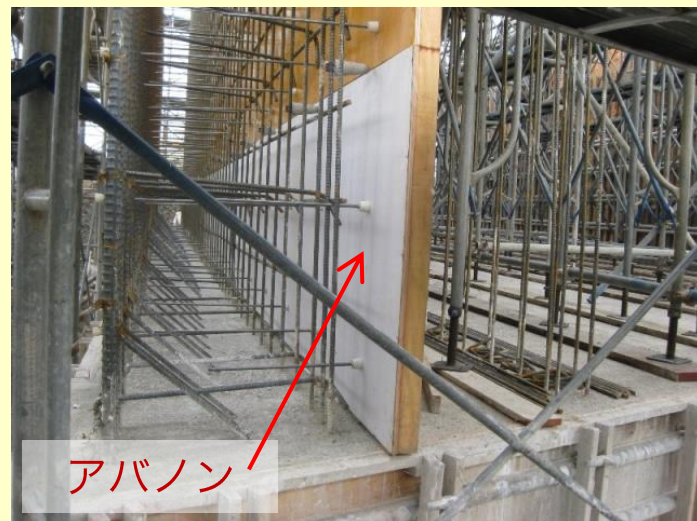
表面気泡発生



表面気泡解消

アバノン（透水性型枠シート）使用の効果

実施工



側壁部の型枠（アバノン貼付）



アバノン上端部(外部)からの排水状況

2. NDリターダー工法の適用方法

- (1) NDリターダー工法の事前検討フロー
- (2) 温度応力解析
- (3) モルタル簡易試験
- (4) コンクリートの試験練り

N D リターダー（N D R）工法の事前検討フロー

N D リターダー工法の適用前に下記フローに従って事前検討を行い、**目標遅延期間**と**N D リターダーの添加率**を決定します。

事前検討 S T A R T

構造物と施工条件の確認

構造物の種別（函渠工、橋台など）、形状寸法、施工時期、工程の確認、**制御目標値**の設定

温度応力解析

温度応力解析を実施し、凝結遅延期間と制御目標（ひび割れ指数）の関係から**目標遅延期間**を設定

モルタル簡易試験

N D R の添加率と凝結遅延期間の関係を把握し
N D R の基本添加率を設定

コンクリートの試験練り

現地生コンプラントの試験室で試験練りを行い、**N D R 添加コンクリートの品質**（凝結遅延期間、スランプ・空気量、圧縮強度）を確認

N D R 添加率の決定

実施工

温度応力解析 (函渠工の事例)

対象構造物を3次元FEM要素にモデル化して温度応力解析を実施し、**目標遅延期間を設定**します。ここで、目標遅延期間は最小ひびわれ指数が目標値を上回るまでの期間を目安とします。

側壁部寸法:

スパン : 13.2m
壁高 : 5.5m
壁厚 : 120cm(側壁)
50cm(中壁)

NDR: 打込み高さ 50cm

解析: 2ケース

- (1) 基本計画
- (2) 遅延期間7日

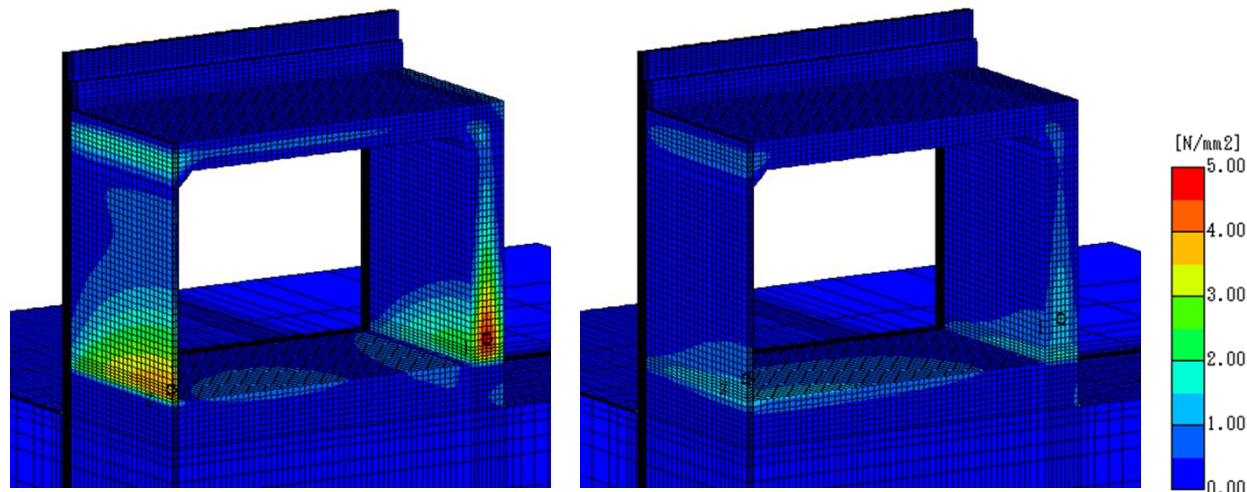
コンクリート配合

普通 24-8-25(BB)
セメント量 276kg/m³

解析結果より凝結遅延期間
7日で、最小ひび割れ指数
を 0.63 ⇒ 2.31に改善

目標遅延: 材齢7日以上

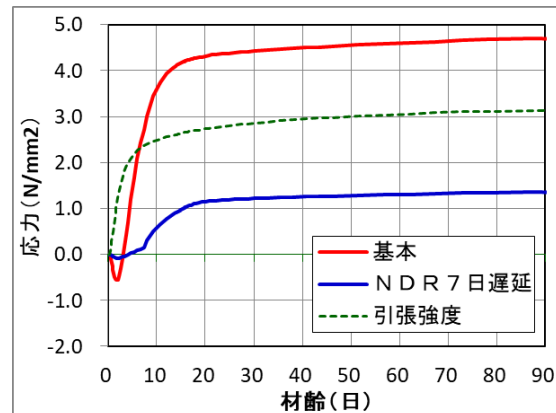
■ 温度応力分布の比較 (1/4対象モデル)



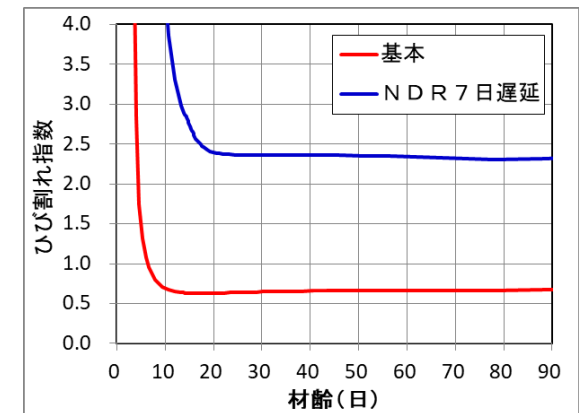
基本計画

NDリターダー工法

■ 温度応力履歴の比較



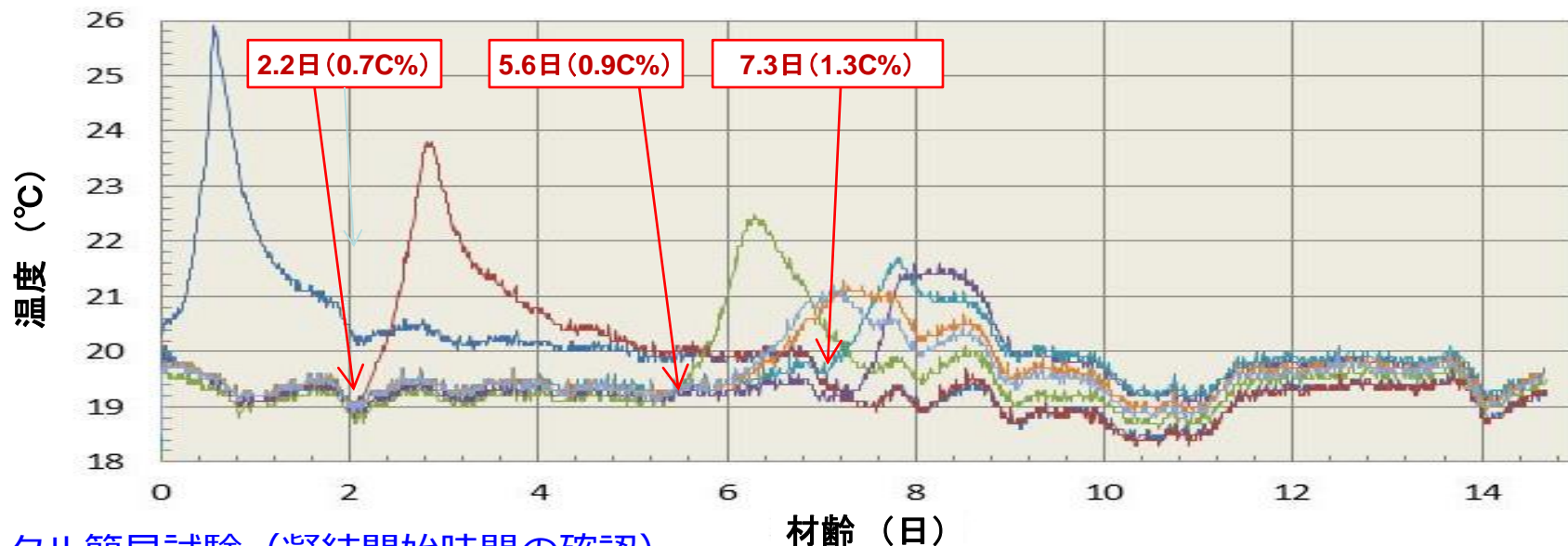
■ ひび割れ指数の履歴の比較



モルタル簡易試験

NDR添加コンクリートの凝結遅延期間は、モルタルの発熱開始材齢と一致します。モルタルを用いた簡易試験（温度測定）を実施し、NDR添加率と凝結遅延期間の関係を把握します。

■ 材齢と温度上昇の関係（実測例）



■ モルタル簡易試験（凝結開始時間の確認）



発熱開始までの時間を凝結遅延期間と判定

① 0.7C% ⇒ 2.2日

② 0.9C% ⇒ 5.6日

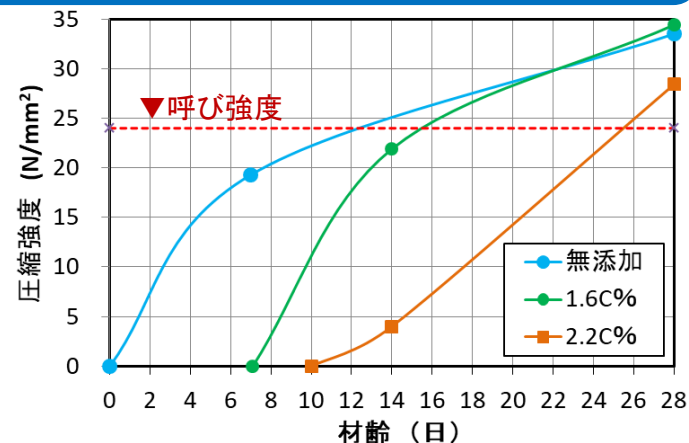
③ 1.3C% ⇒ 7.3日

目標遅延期間は材齢7日以上

⇒ NDRの添加量を1.5C%以上と判定

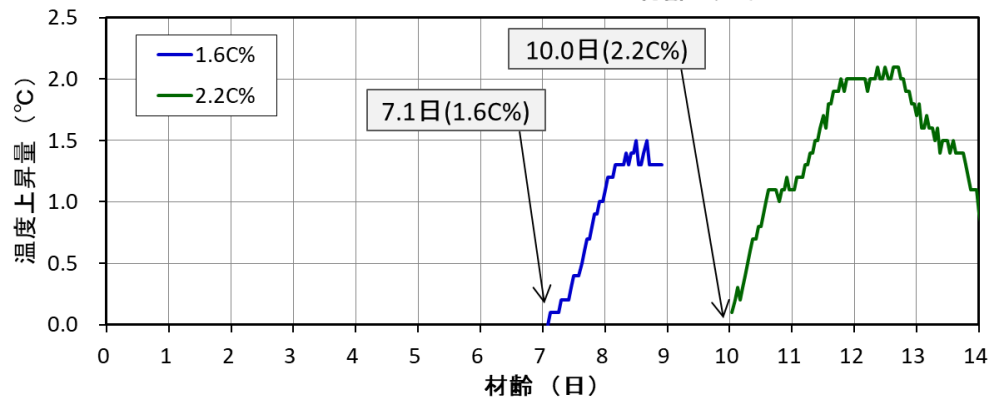
コンクリートの試験練り

NDR添加コンクリートはJISコンクリートと異なるため、試験練りによりコンクリートの品質確認を行います。NDRは分散効果を有するため、JIS配合コンクリートの減水剤をNDRに置き換えて使用します。試験練り時にスランプ、空気量等のフレッシュコンクリートの品質確認と圧縮強度試験用の供試体を作製し強度試験を行います。材齢10日程度以内の遅延の場合、材齢28日の圧縮強度は呼び強度以上となります。



保温容器内にサンプルを入れて温度を測定

データロガー



コンクリートはモルタルよりNDRの所要添加量の増加傾向があるため、添加率1.6C%と2.2C%で試験練りを実施。温度測定結果から凝結遅延期間が7.1日となる1.6C%をNDR添加率に決定。

函渠工の完成写真



壁高欄の施工にも適用



完成写真

3. NDリターダー工法の 温度ひび割れ抑制効果

- (1) 対象構造物について
- (2) ボックスカルバートの検討事例
- (3) 橋台の検討事例

対象構造物について

温度応力による貫通ひび割れの発生が問題となる、「**函渠工**」と「**橋台**」を対象に**NDリターダー工法の温度ひび割れ抑制効果**を示します。

函渠工



底版から大きな拘束を受けるとともに、完成後に風の通り道となり、乾燥収縮の影響を受けて側壁に貫通ひび割れが発生しやすい。



目標ひびわれ指数を **1.85以上**とする

橋台



壁厚2~3m程度の大断面で40℃以上の温度上昇が生じ、フーチングにより大きな拘束を受け、縦壁に貫通ひび割れが発生しやすい。

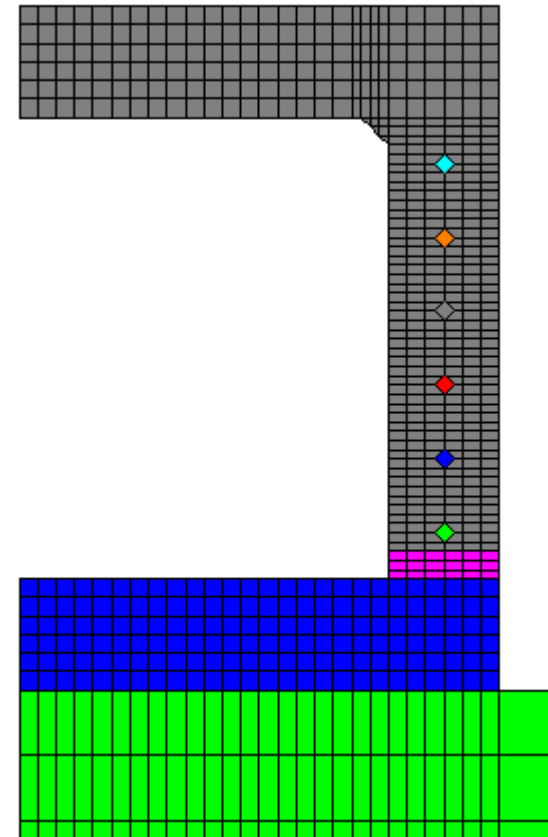
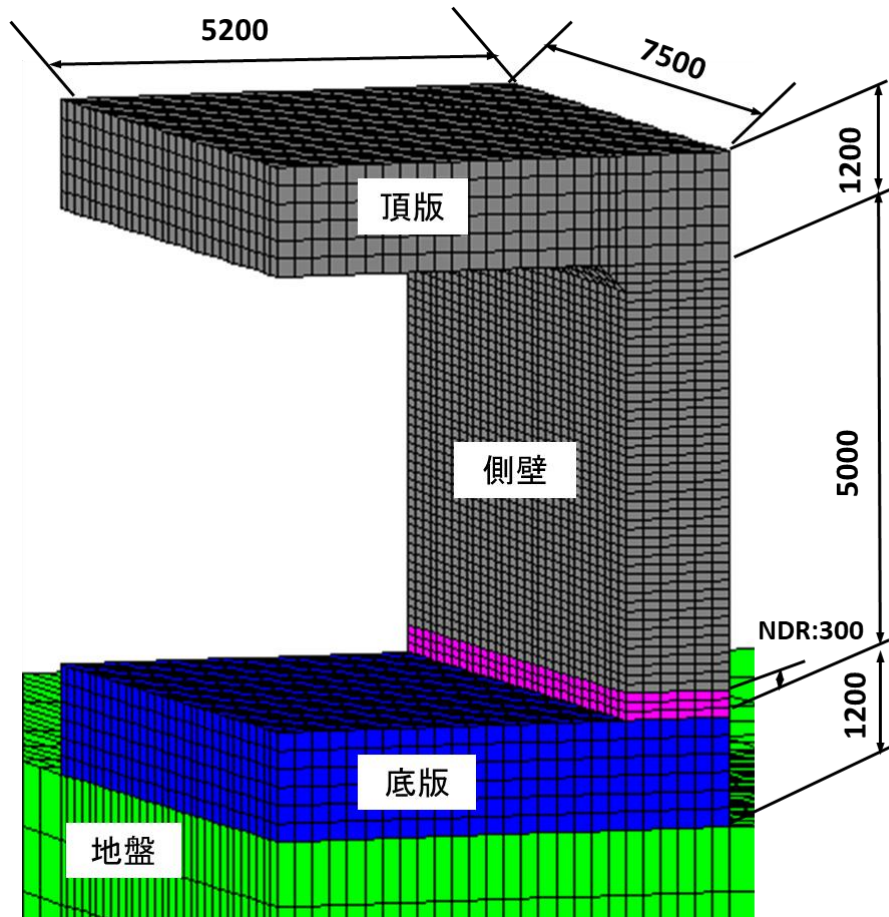


目標ひびわれ指数を **1.40以上**とする

「ボックスカルバート」の検討事例

形状寸法：側壁厚さ120cm、長さ15.0m、高さ5.0m、底版・頂版厚さ120cm

施工条件：側壁・頂版10/1打込み(東京)、普通24-12-20BB (単位セメント量300kg/m³)



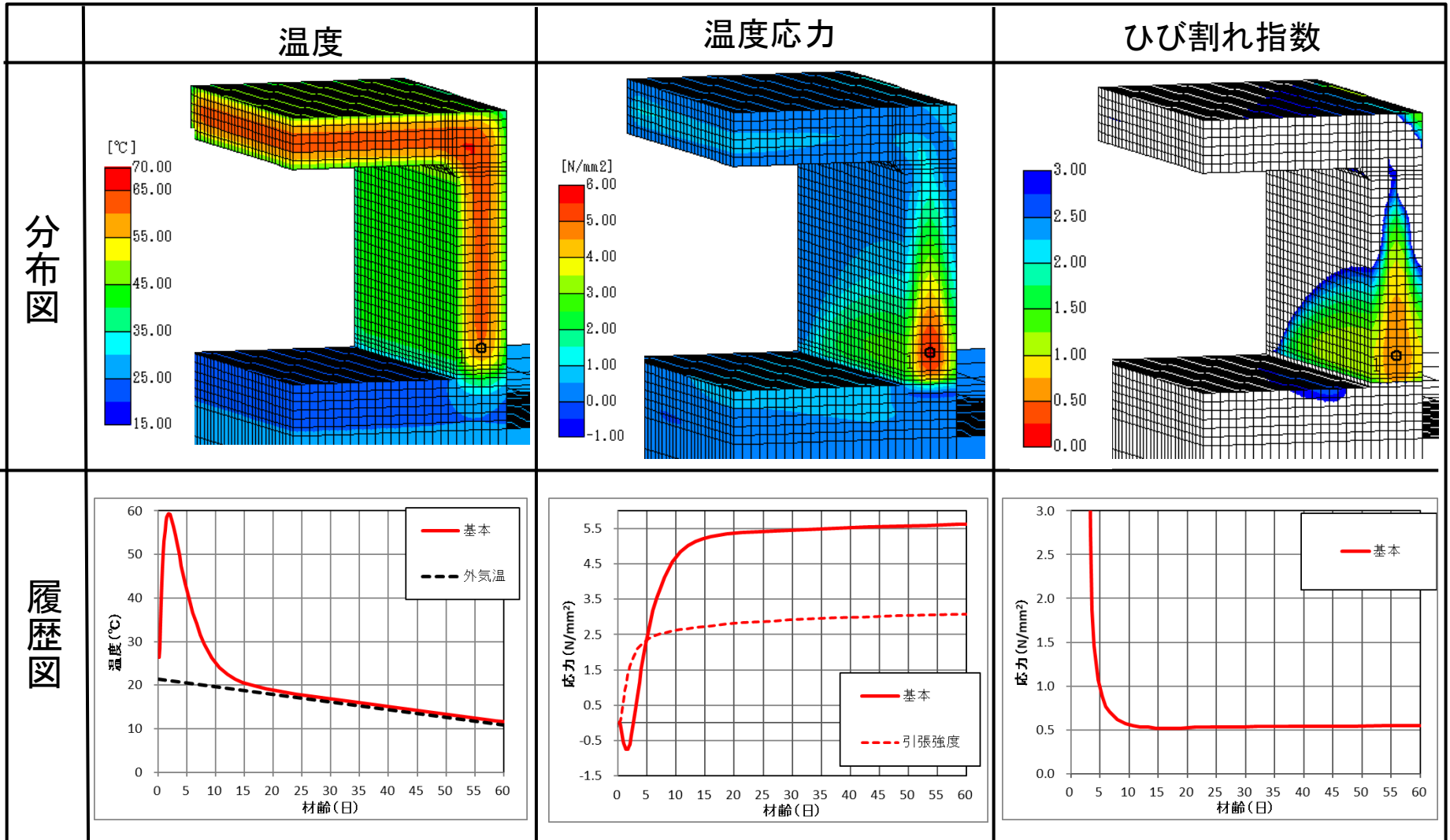
オプション：NDR+パイプクーリングパイプ80cm間隔

「基本解析」

温度：最大応力位置で打込み温度26.4℃、最高温度59.3℃、温度上昇量32.9℃。

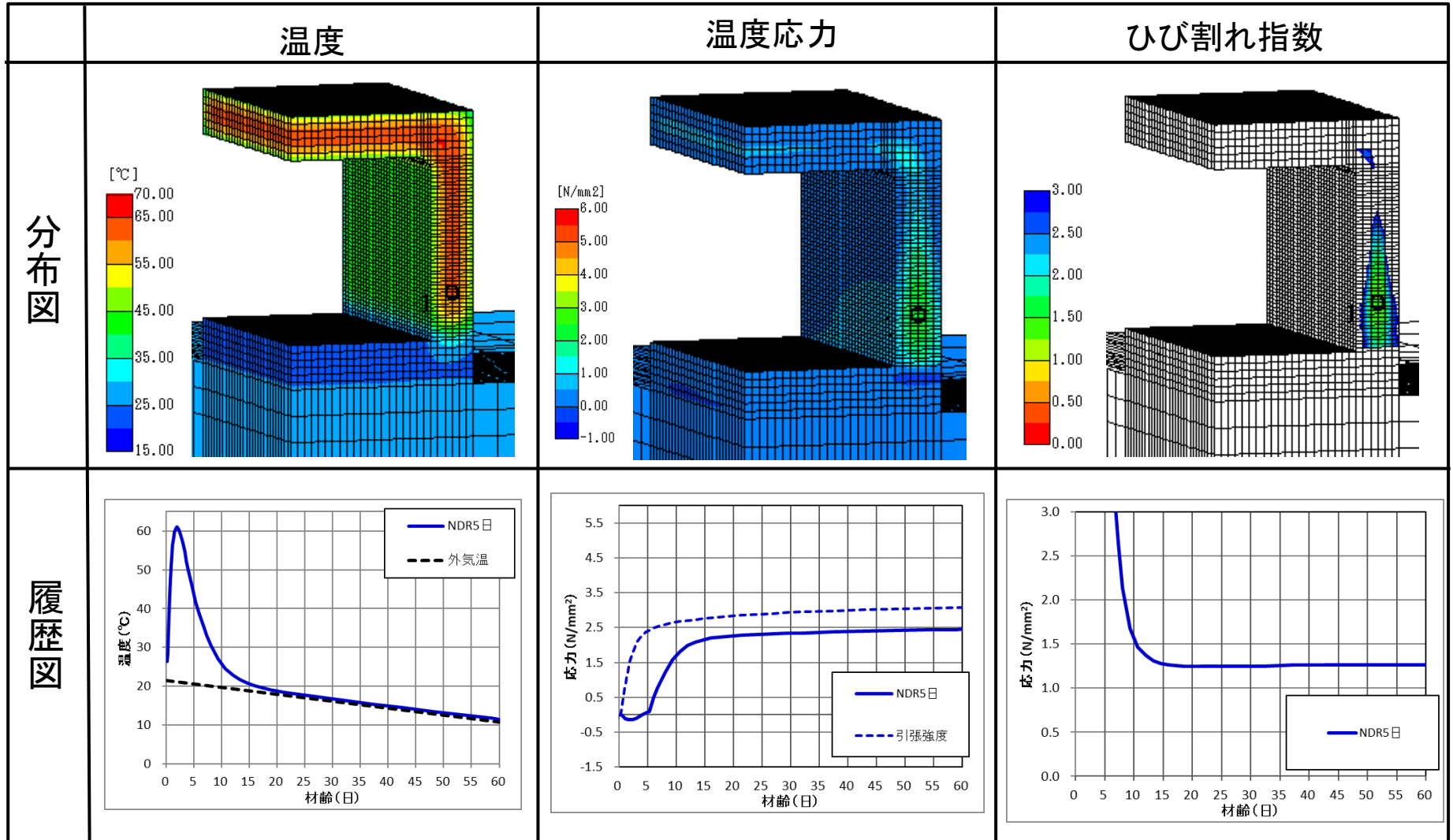
温度応力：打継目から70cmの位置に最大応力5.64N/mm²が作用。

ひび割れ指数：最小ひび割れ指数0.52、ひび割れ発生確率100%。



「NDR工法：遅延期間5日」

温度：最大応力位置で打込み温度26.4℃、最高温度61.0℃、温度上昇量34.6℃。
温度応力：打継目から130cmの位置に最大応力2.45N/mm²と基本の43%に低減。
ひび割れ指数：最小ひび割れ指数1.25、ひび割れ発生確率23.5%。

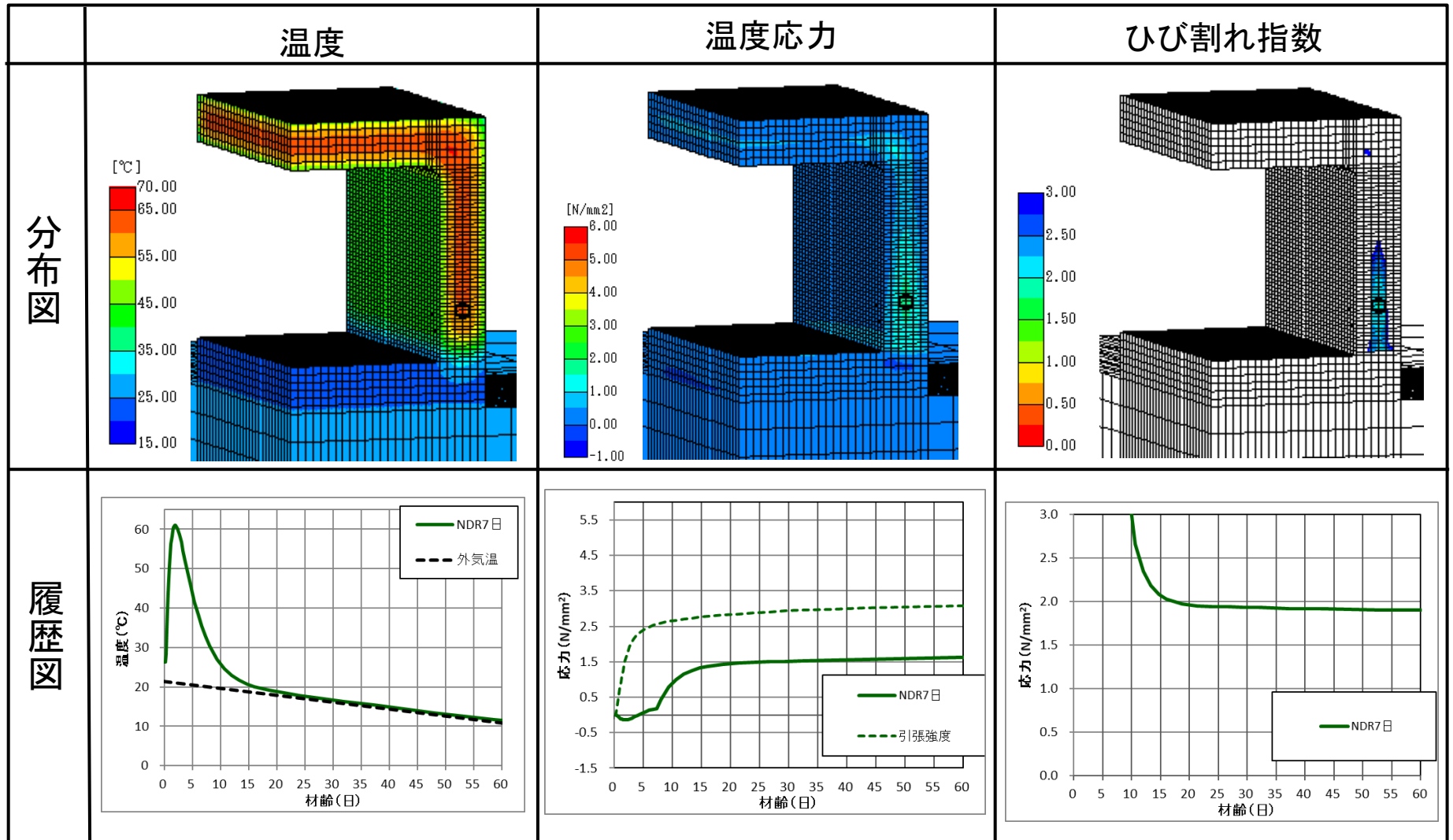


「NDR工法：遅延期間7日」

温度：最大応力位置で打込み温度26.4℃、最高温度61.0℃、温度上昇量34.6℃。

温度応力：打継目から130cmの位置に最大応力1.62N/mm²と基本の29%に大幅低減。

ひび割れ指数：最小ひび割れ指数1.90と1.85以上、ひび割れ発生確率4.4%。

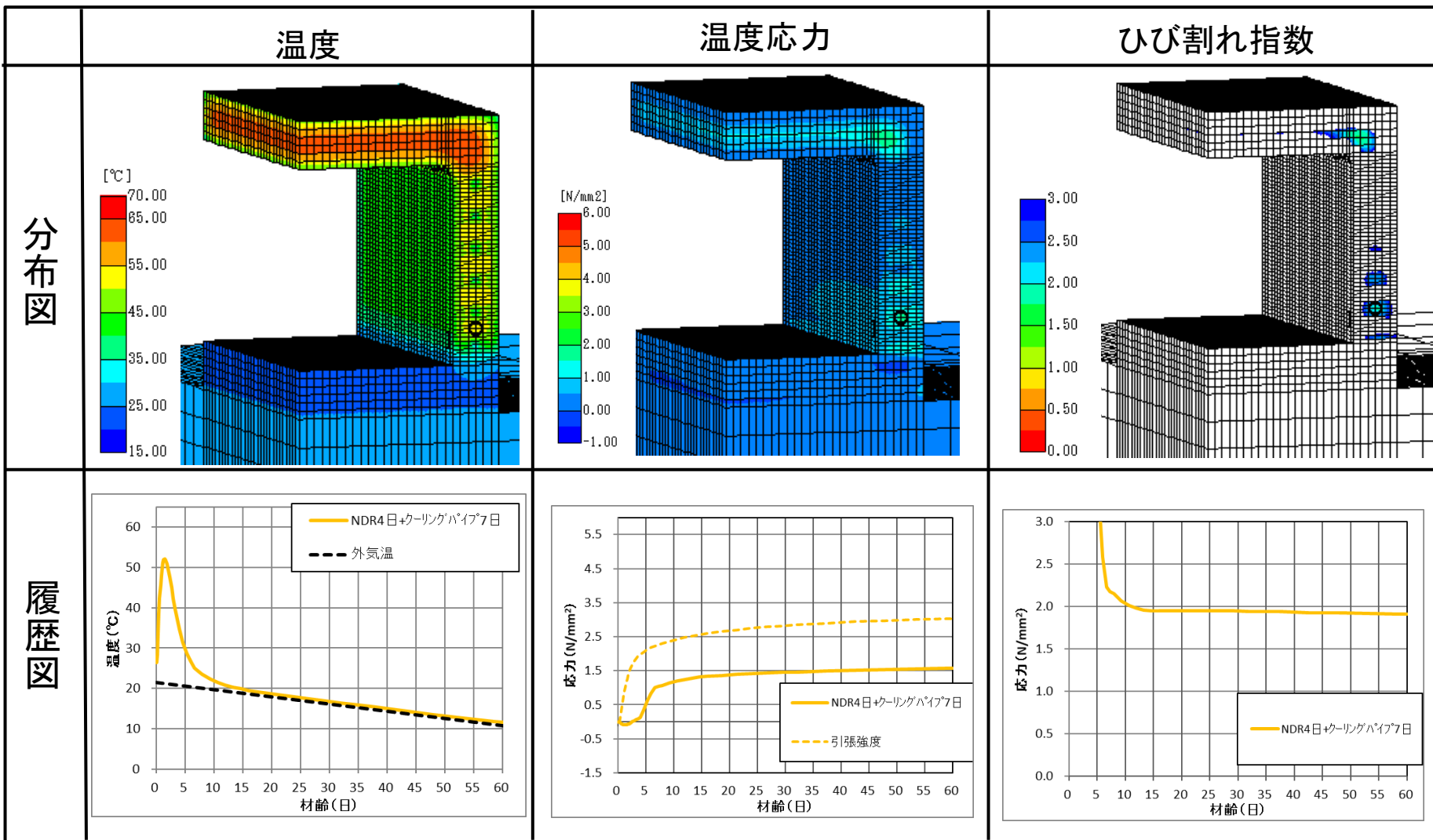


「NDR工法：遅延期間4日+パイプクーリング7日」

温度：最大応力位置で打込み温度26.4℃、最高温度52.0℃、温度上昇量25.6℃。

温度応力：打継目から90cmの位置に最大応力1.58N/mm²と基本の28%と大幅低減。

ひび割れ指数：最小ひび割れ指数1.91と1.85以上、ひび割れ発生確率4.3%。



「ボックスカルバート」の検討結果

基本解析：厚さ1.2mの側壁は30℃以上の温度上昇により、最小ひび割れ指数 $0.52 < 1.50$

NDR工法：打継目から30cmNDR添加コンクリートで凝結遅延をすると、**最小ひび割れ指数が5日遅延で1.25、7日遅延で1.90と大幅に改善する。**

NDR工法+クーリング：**パイプクーリングを併用するとNDR工法による遅延材齡の短縮が可能。**パイプクーリングを7日行くと、**遅延材齡4日**でひび割れ指数1.85以上を満足する。

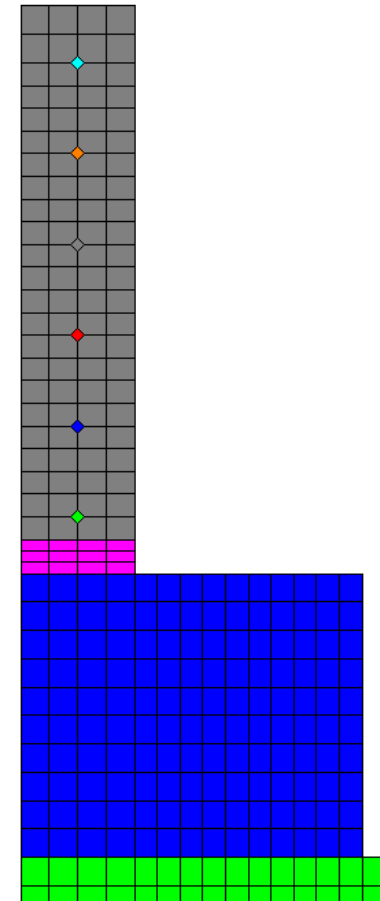
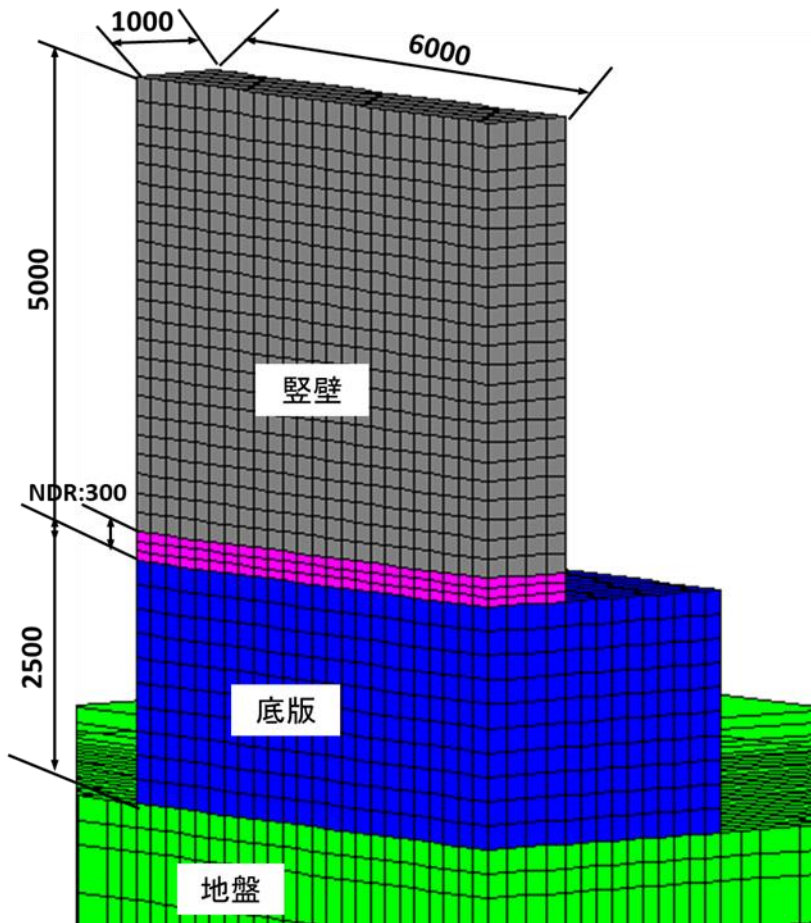
解析結果一覧

	打込み日	打込み温度 $T_0(^{\circ}\text{C})$	最高温度 $T_{\text{max}}(^{\circ}\text{C})$	温度上昇量 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$	温度応力 $\sigma(\text{N}/\text{mm}^2)$	温度ひび割れ 指数 I_{cr}	ひび割れ発生 確率 $p(\%)$
基本	10月1日	26.4	59.3	32.9	5.64	0.52	100.0
NDR5日遅延			61.0	34.6	2.45	1.25	23.5
NDR7日遅延			61.0	34.6	1.62	1.90	4.4
NDR4遅延+パイプ クーリング7日			52.0	25.6	1.58	1.91	4.3

「橋台」の検討事例

形状寸法 : 側壁厚さ200cm、長さ12.0m、高さ5.0m、底版厚さ250cm

施工条件 : 側壁・頂版10/1打込み(東京)、普通24-12-20BB (単位セメント量300kg/m³)



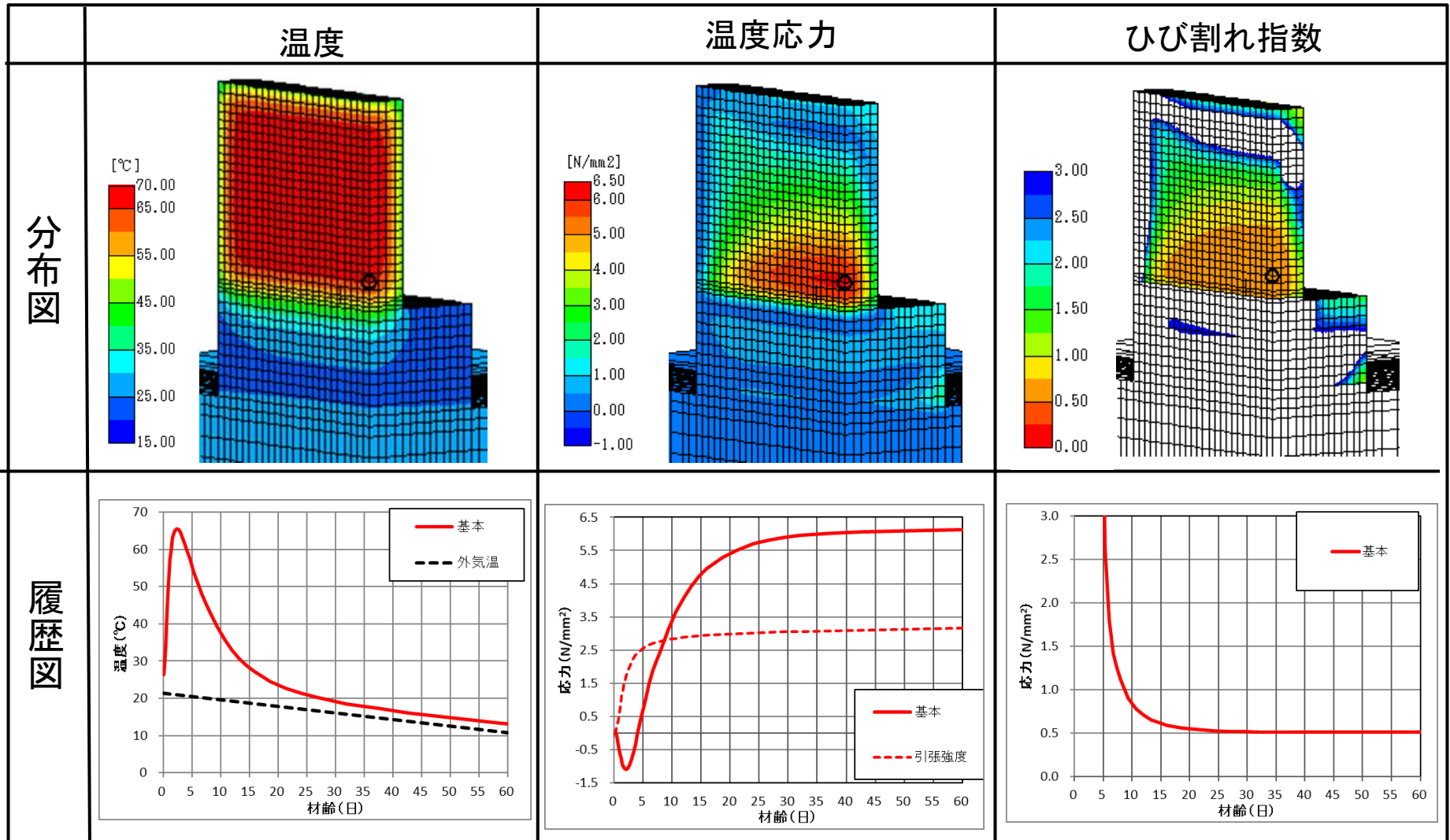
オプション:NDR+パイプクーリングパイプ80cm間隔

「基本解析」

温度：最大応力位置で打込み温度26.4℃、最高温度65.6℃、温度上昇量39.2℃。

温度応力：打継目から70cmの位置に最大応力6.12N/mm²が作用。

ひび割れ指数：最小ひび割れ指数0.51、ひび割れ発生確率100%。

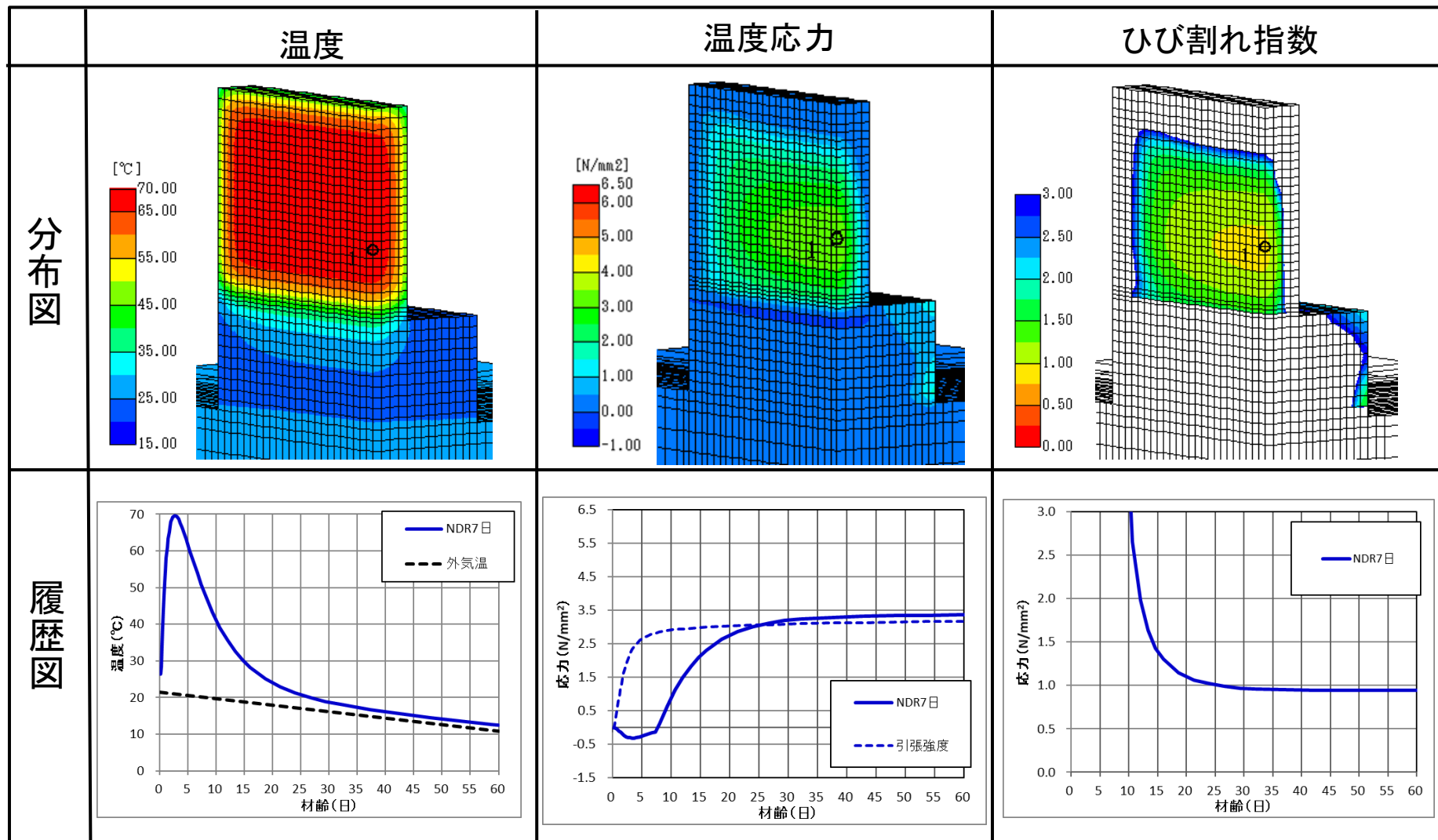


「NDR工法：遅延期間7日」

温度：最大応力位置で打込み温度26.4℃、最高温度69.7℃、温度上昇量43.3℃。

温度応力：打継目から170cmの位置に最大応力3.36N/mm²と基本の55%に低減。

ひび割れ指数：最小ひび割れ指数0.94、ひび割れ発生確率59.8%。

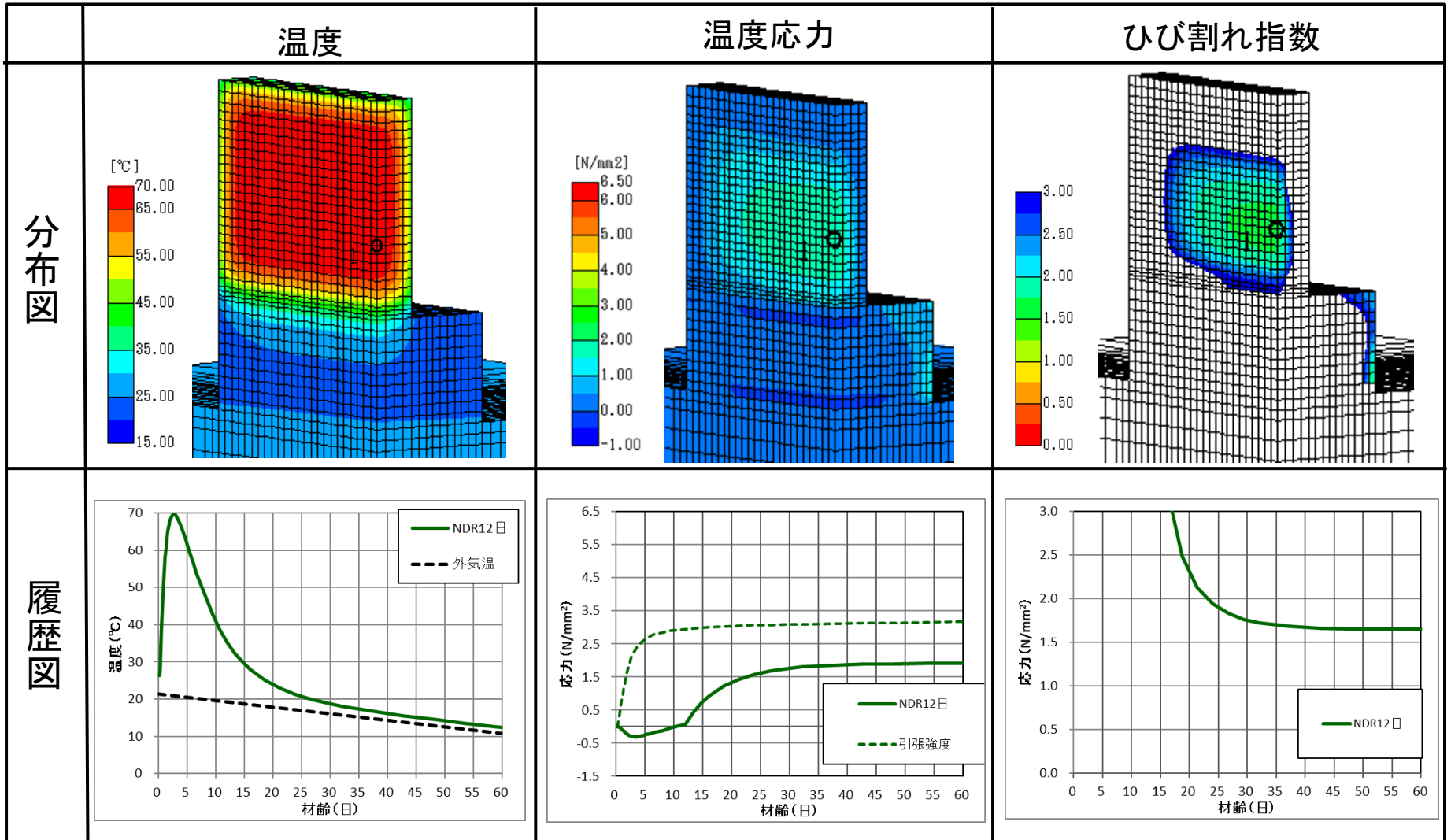


「NDR工法：遅延期間12日」

温度：最大応力位置で打込み温度26.4℃、最高温度69.7℃、温度上昇量43.3℃。

温度応力：打継目から170cmの位置に最大応力1.92N/mm²と基本の31%に低減。

ひび割れ指数：最小ひび割れ指数1.65、ひび割れ発生確率7.8%。

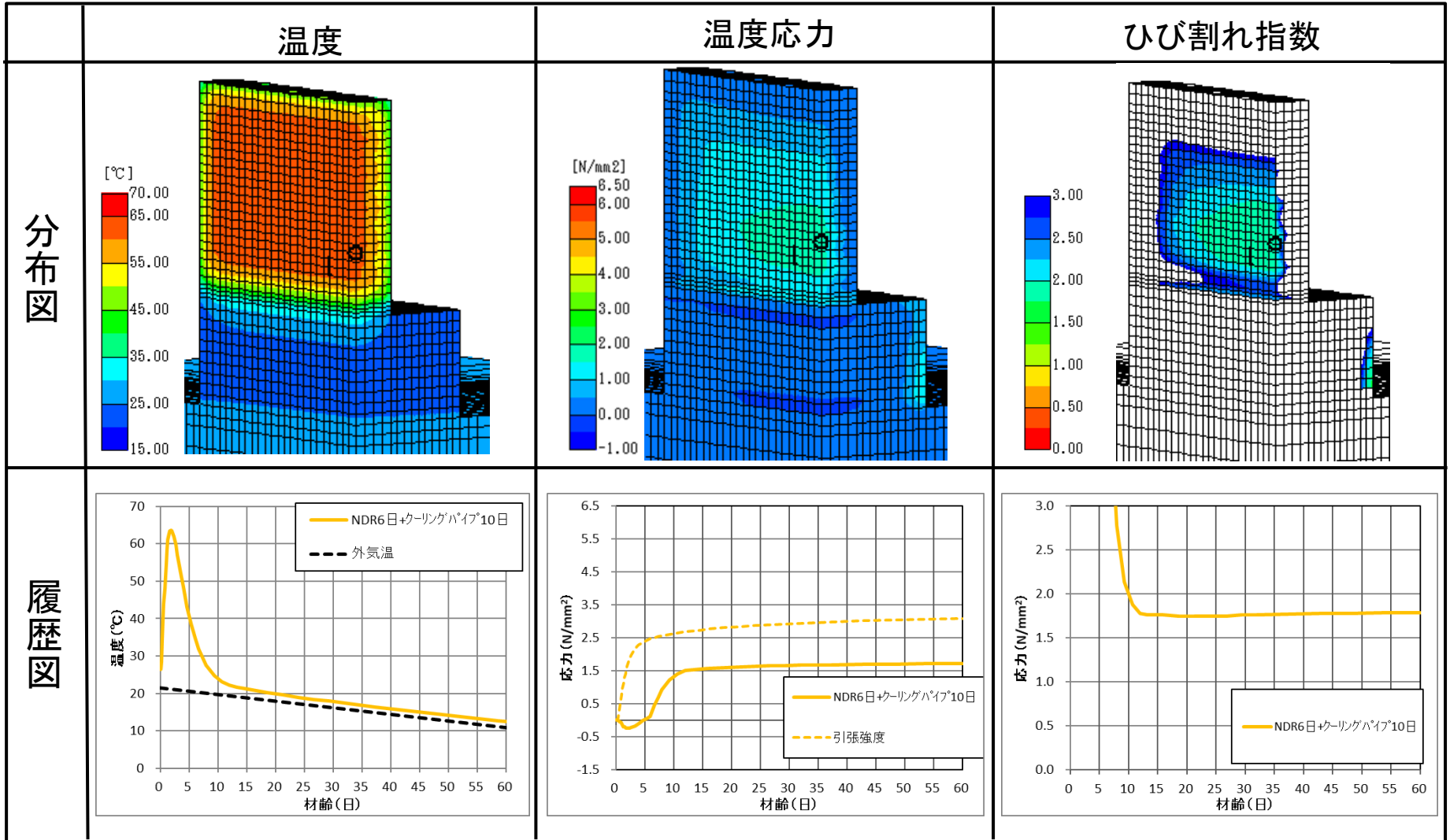


「NDR工法：遅延期間6日+パイプクーリング10日」

温度：最大応力位置で打込み温度26.4℃、最高温度63.6℃、温度上昇量37.2℃。

温度応力：打継目から150cmの位置に最大応力1.72N/mm²と基本の28%と大幅低減。

ひび割れ指数：最小ひび割れ指数1.75、ひび割れ発生確率6.1%。



「橋台」の検討結果

基本計画：厚さ2mの側壁は35℃以上の温度上昇により、最小ひび割れ指数 $0.51 < 1.50$

NDR工法：打継目から30cmNDR添加コンクリートで凝結遅延をすると、最小ひび割れ指数が7日遅延で0.94、12日遅延で1.65と大幅に改善する。

NDR工法+クーリング：パイプクーリングを併用するとNDR工法による遅延材齢の短縮が可能。パイプクーリングを10日行くと、遅延材齢6日でひび割れ指数1.75と12日遅延を上回る効果を発揮する。

解析結果一覧

	打込み日	打込み温度 $T_0(^{\circ}\text{C})$	最高温度 $T_{\text{max}}(^{\circ}\text{C})$	温度上昇量 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$	温度応力 $\sigma(\text{N}/\text{mm}^2)$	温度ひび割れ 指数 I_{cr}	ひび割れ発生 確率 $p(\%)$
基本	10月1日	26.4	65.6	39.2	6.12	0.51	100.0
NDR7日遅延			69.7	43.3	3.36	0.94	59.8
NDR12日遅延			69.7	43.3	1.92	1.65	7.8
NDR6遅延+パイプ クーリング10日			63.6	37.2	1.72	1.75	6.1