

壁状構造物の温度ひび割れ抑制技術 ND-WALL工法(NETIS TH-080005-VR)

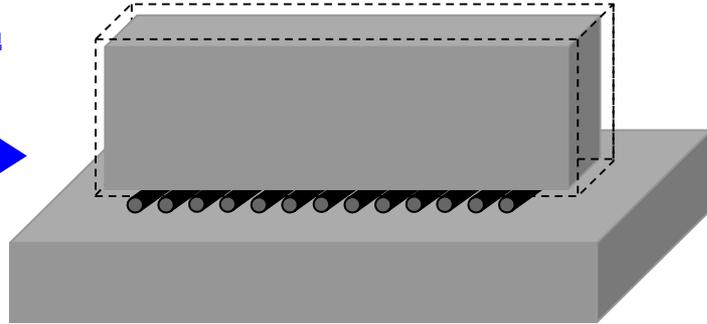
技術資料

日本コンクリート技術(株)

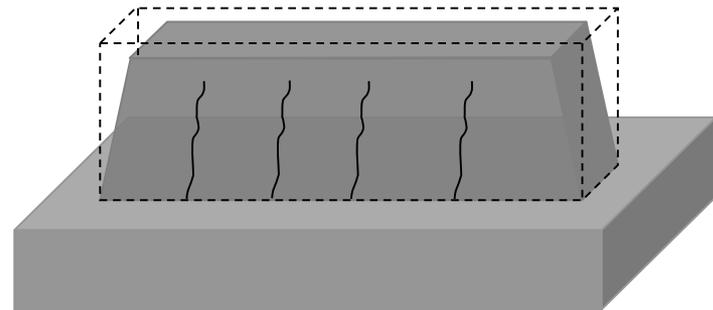
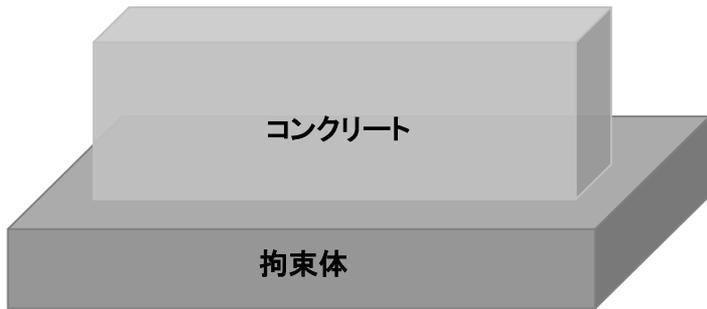
Japan Concrete Technology Company (JC-tech)

壁状構造物のひび割れ原因

温度降下により収縮



◇温度膨張



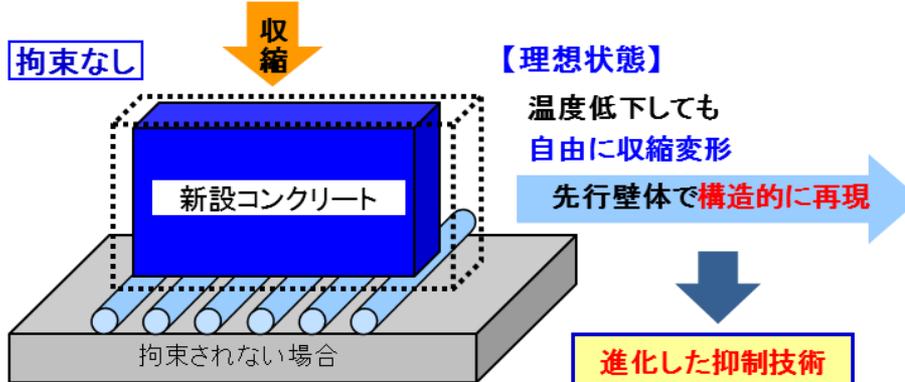
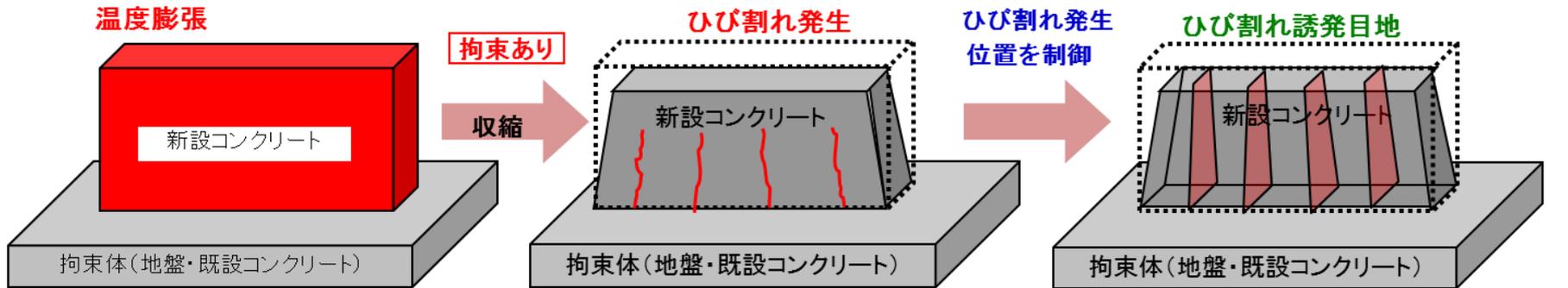
◇拘束されない場合

- ・温度降下時に自由に収縮する
- ・ひび割れの発生は無い

◇拘束される場合

- ・温度降下時に自由に収縮できない
- ・ひび割れが発生する

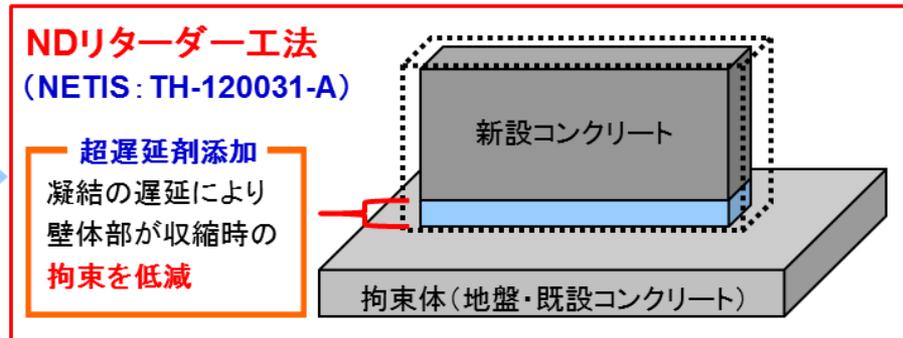
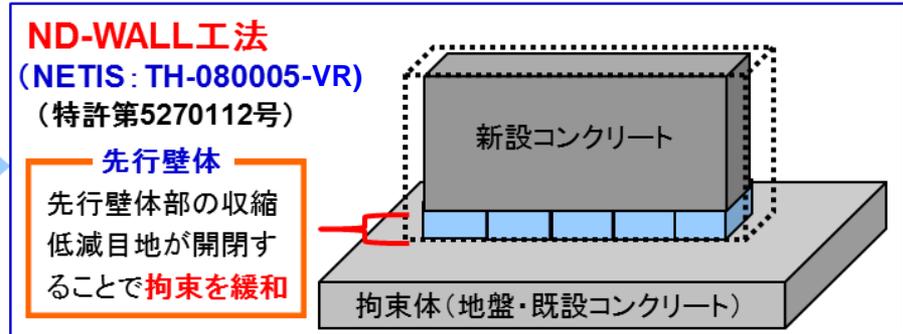
温度ひび割れ制御の考え方



進化した抑制技術

- ・施工性向上
- ・コストダウン

超遅延剤添加コンクリートで材料面から再現



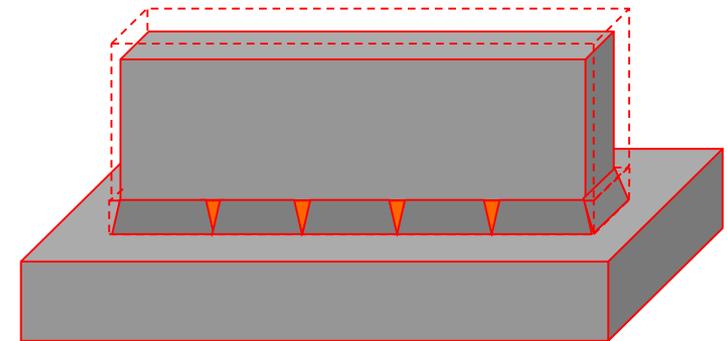
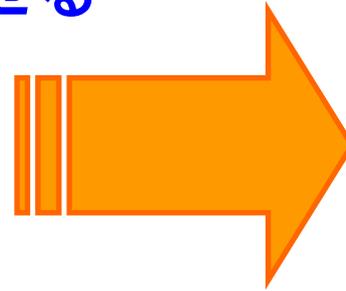
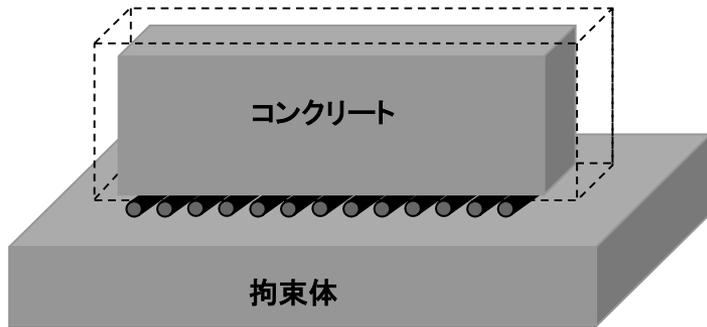
壁体構造物の新たなコンセプトによる
ひび割れ制御技術

ND-WALL工法

NETIS登録:TH-080005-VR
特許番号 第5270112号

壁状構造物のひび割れ対策

同様な挙動をさせる



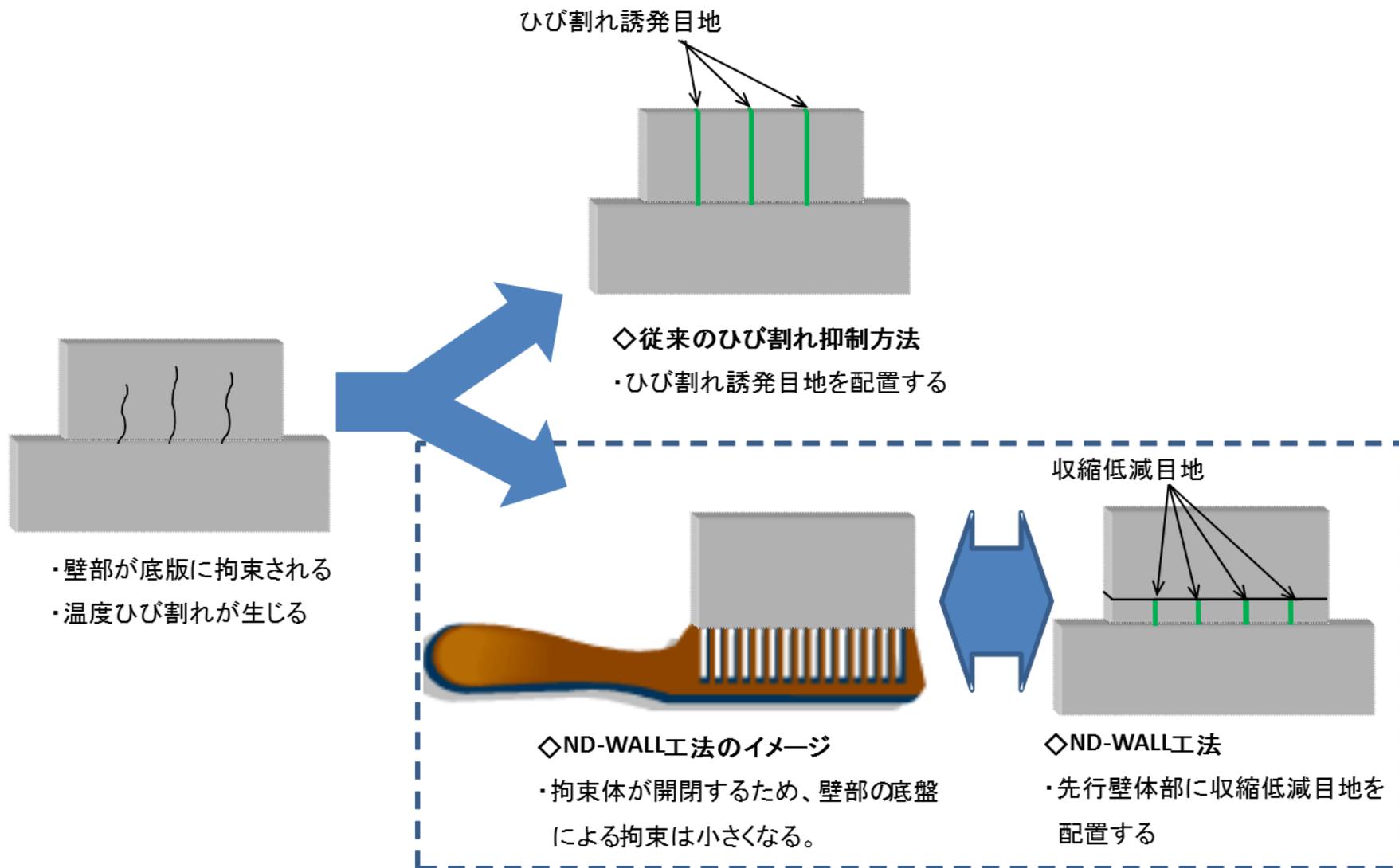
◇拘束されない場合

- ・温度降下時に自由に収縮する
- ・ひび割れは発生しない

◇ND-WALL工法(拘束度を小さくする)

- ・拘束体上部に先行壁体を設ける
- ・先行壁体に収縮低減目地を設ける
- ・ひび割れの発生を抑制する

ND-WALL工法の概念



ND-WALL工法

開発の経緯

開発への取組み I

実証実験: 長野県北沢建設にて実施



モデル試験体

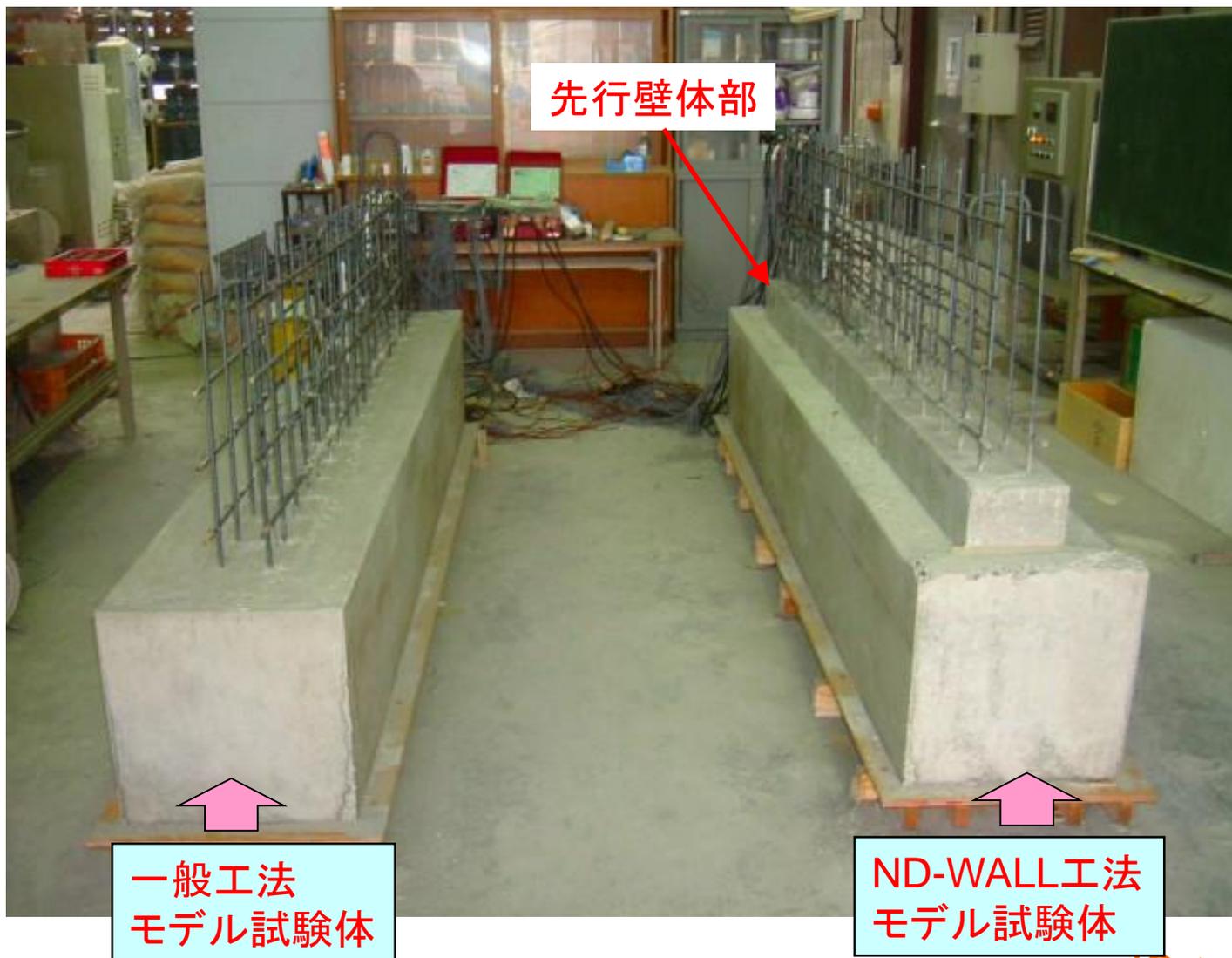


モデル試験体の見学会

実証実験(長野県北沢建設)

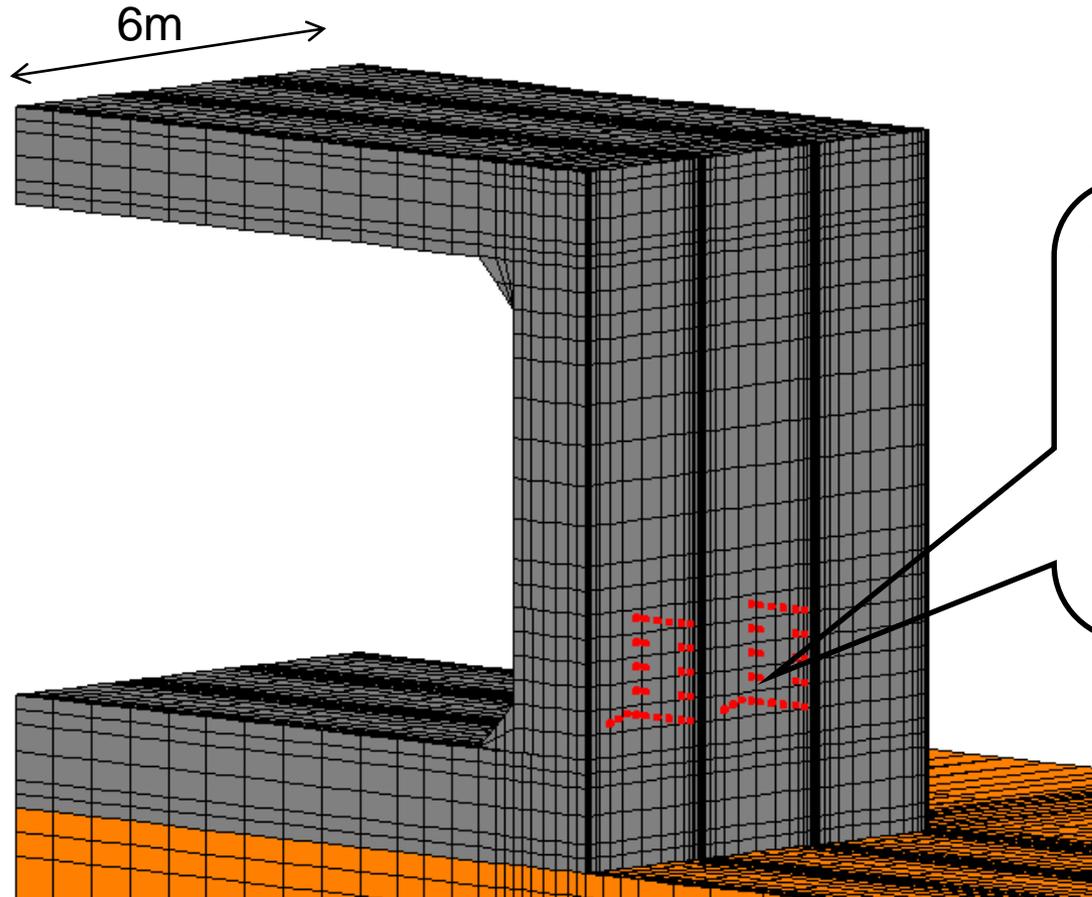
開発への取組みⅡ

室内実験：足利工業大学にて実施



開発への取組みⅢ

解析方法検討: **大沼教授(北海道大学)と共同で実施**



解析では**先行壁体にスリット**を入れ、**鉄筋をトラス要素**として考慮。鉄筋温度は要素内で一様とし、**両端節点の平均温度**とした。

応力24%低減

ひび割れ発生確率49%低減

壁状構造物の温度応力低減工法を適用したボックスカルバートの温度応力解析

日本コンクリート技術学会 正会員 ○河野 一徳
北海道大学 フェロー会員 大沼 博志
リンナイ㈱ 正会員 塩野 岳

1. はじめに

壁状構造物の温度ひびわれ抑制対策としては、従来から低発熱セメントや膨張材などの材料的、あるいはひび割れ誘発目地などによる施工的な取組みが行われてきている。図-1に示す先行壁体部に収縮低減目地を設けて温度応力の低減を図る工法もそのひとつで、開発からおよそ3年を経てボックスカルバートや橋脚など10件を超える施工実績を有する。

本工法は、図-2に示すように壁体が温度降下時に収縮する際、先行壁体部に設けた収縮低減目地が閉口して壁体の収縮変形を吸収することで、上部壁体に作用する外部拘束力を低減させるものである。このような温度応力低減効果については、仙ら¹⁾、藤田ら²⁾が実験による検証を行っている。本報告は、ボックスカルバート構造物を対象として、収縮低減目地を実構造に近い形でモデル化した温度応力解析を実施し、その温度応力低減効果について解析的な検討を行ったものである。

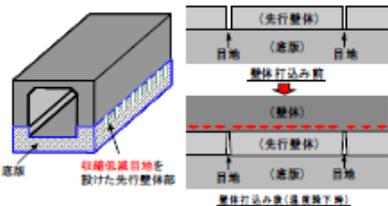


図-1 収縮低減目地による温度応力低減工法

2. 温度応力解析の概要

ボックスカルバートは、図-3に示すようにスパン19.2mで、底版は厚さ1.4m、側壁部は壁厚が1.2mで高さが6.1m、頂版は厚さ1.2mである。また、隅角部にはハンチが設けられている。先行壁体部は高さ

1.8mとし、収縮低減目地はボックスカルバートの全長12mに対して2m間隔で設置した。施工は、①底版と先行壁体部、②側壁部の残りと頂版部の2リフトに分けて実施し、コンクリートの打込み間隔は31日とした。なお、コンクリートは設計基準強度30N/mm²(91日強度)、セメントの種類を高炉セメントB種とし、単位セメント量は300kg/m³とした。また、コンクリートの断熱温度上昇曲線は、コンクリート標準示方書³⁾に従って式(1)により与えた。

$$Q(t) = 50.9 (1 - e^{-0.088t}) \quad \text{式(1)}$$

ここに、Q(t)は材齢t日までの断熱温度上昇量



図-2 ボックスカルバートの断面の形状寸法

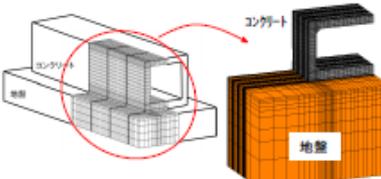


図-3 構造物のモデル化(要素分割図)

図-3に3次元有限要素法解析の要素分割図を示す。モデル化は構造物の対称性を考慮して全体の1/4部分を対象として行った。先行壁体部の収縮低減目地は、図-1のメカニズムを解析に反映させるために幅

2mmのスリット(空間)としてモデル化した。また、スリットには、図-4に示すようなトラス要素でモデル化した鉄筋を配置して要素接点間を連結した。すなわち、収縮低減目地は収縮変形と鉄筋による応力伝達が可能な解析モデルとした。なお、温度応力解析は3次元有限要素法プログラムのASTEA-MACSを用いて行った。コンクリートおよび地盤の熱特性や力学的特性は、コンクリート標準示方書³⁾や既往の研究を参考にして代表的な値を選択した。解析ケースは収縮低減目地を設けた場合と設けない場合の2ケースとし、両者の解析結果の比較により本工法の温度応力低減効果を確認した。

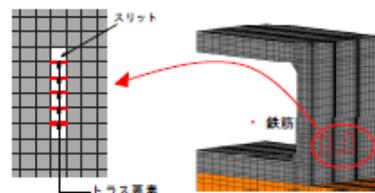


図-4 収縮低減目地のモデル化

3. 解析結果

表-1に解析より得られた最高温度、最大応力、最小ひび割れ指数、ひび割れ発生確率を示す。また、図-5に温度履歴図、図-6に上部側壁部における温度応力履歴図をそれぞれ示す。さらに、図-7に最大応力発生時の応力分布図を示す。最大応力は目地なしの場合の1.85N/mm²に対し、目地設置の場合は1.41N/mm²となり24%程度の低減が見られた。この数値は室内実験¹⁾により得られた低減率(=23.5%)とほぼ一致しており、本工法の温度応力低減効果が解析面からも確認された。また、コンクリート標準示方書³⁾にもとづいて算定したひび割れ発生確率は、目地なしの場合の62%に対し、目地を設けた場合は13%まで小さくなる。

表-1 温度応力解析結果

検討ケース	最高温度 ℃	最大応力 N/mm ²	最小ひび割れ指数 [ひび割れ発生確率]
目地なし	62.0 (23)	1.86 (55)	1.19 (55) [62%]
収縮低減目地	62.0 (23)	1.41 (55)	1.58 (55) [13%]

()内は底版打設後の経過日数

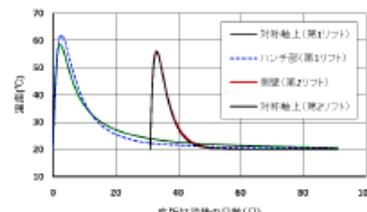


図-5 最高温度部位の温度履歴図

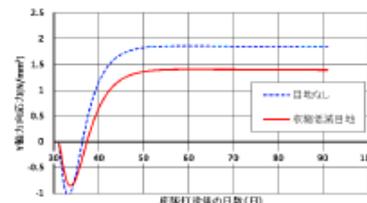


図-6 温度応力履歴の比較(目地の効果)

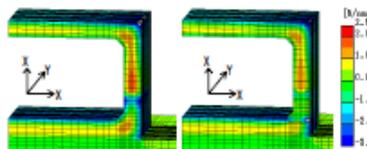


図-7 温度応力分布の比較(Y軸方向最大応力時)

4. まとめ

先行壁体部に設けた収縮低減目地をスリットとトラス要素でモデル化することにより、その温度ひび割れ抑制効果を解析的に評価することが可能なことが確認された。今後の課題としては、種々の構造物に対する適用事例との比較検証にもとづき、解析精度を向上させていくことが挙げられる。

参考文献

- 仙ら：壁状構造物の温度応力低減工法に関する室内実験，土木学会第64回年次講演V-413, pp.823-824.
- 藤田ら：壁状構造物の温度応力低減工法に関する実証実験，土木学会第64回年次講演V-414, pp.825-826.
- 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書(設計編)，pp.177-185, pp.331-343.

ND-WALL工法

施工実績

全国で53件(2017年9月現在)

発注者別:国土交通省42件、NEXCO2件、都道府県8件、民間1件

構造物別:函渠工34件、橋台・橋脚13件、擁壁4件、トンネル3件、その他1件

ND-WALL工法の施工実績-1

No	年度	発注者	工事名	県名	対象
(1)	2007	国土交通省 東北地方整備局	塩川地区改良工事	福島	函渠工
(2)	2007	長野県	平成18年度国補住宅基盤整備工事	長野	函渠工
(3)	2008	国土交通省 北海道開発局	道央連絡道路千歳市寿改良工事	北海道	函渠工
(4)	2008	国土交通省 東北地方整備局	西江向地区改良工事	福島	函渠工
(5)	2008	岡崎真伝特定土地区画整理組合	土地区画整理事業宅地整地工事	愛知	L型擁壁
(6)	2008	高知県	道路改築(津野川川函渠)工事	高知	函渠工
(7)	2009	国土交通省 東北地方整備局	平成20年度天沼地区函渠工工事	福島	函渠工
(8)	2009	国土交通省 中部地方整備局	三遠南信引佐高架橋下部工事	静岡	橋台
(9)	2009	国土交通省 北陸地方整備局	国道253号庄之川7号下部工事	新潟	橋台
(10)	2009	国土交通省 北海道開発局	圏央道連絡道路千歳市中央改良工事	北海道	橋台
(11)	2010	国土交通省 関東地方整備局	国道52号南部地区函渠工工事	山梨	函渠工
(12)	2010	国土交通省 近畿地方整備局	紀北東道路丁ノ町西改良工事	和歌山	函渠工
(13)	2010	福島県	流域下水道整備(水処理施設)工事	福島	下水道
(14)	2009	国土交通省 東北地方整備局	関柴地区函渠工工事	福島	函渠工
(15)	2010	国土交通省 東北地方整備局	金勝寺地区函渠工事	福島	函渠工
(16)	2010	国土交通省 東北地方整備局	平成21年度天沼地区道路改良工事	福島	函渠工
(17)	2010	国土交通省 東北地方整備局	高堂太地区函渠工工事	福島	函渠工
(18)	2010	国土交通省 近畿地方整備局	第二阪和国道淡輪西地区函渠工設置他工事	大阪	函渠工
(19)	2010	国土交通省 近畿地方整備局	近畿自動車道紀勢線稲妻地区改良工事	和歌山	函渠工
(20)	2010	国土交通省 北陸地方整備局	入善黒部バイパス中新堀切道路工事	富山	函渠工
(21)	2010	福島県	第10-41320-0086号 国道改築工事	福島	函渠工
(22)	2010	国土交通省 北海道開発局	釧路中標津道路標茶町阿歴内原野改良工事	北海道	橋台
(23)	2010	福島県	第09-41350-0438号緊急地方道路整備工事	福島	函渠工
(24)	2011	国土交通省 北海道開発局	道央圏連絡道路長沼町幌内改良工事	北海道	函渠工
(25)	2011	西日本高速道路株式会社	東九州自動車道上毛工事	福岡	函渠工
(26)	2011	国土交通省 近畿地方整備局	丹波綾部道路栗野地区函渠他工事	京都	函渠工
(27)	2011	国土交通省 北海道開発局	江別南地区中央幹線排水路橋梁工事	北海道	函渠工
(28)	2011	福島県	地域活力基盤創造工事小田川2号橋	福島	橋台
(29)	2011	国土交通省 近畿地方整備局	永平寺大野道路東渥羽口地区他切土その他工事	福井	函渠工
(30)	2011	国土交通省 東北地方整備局	平成23年度王領地区函渠工工事	福島	函渠工

ND-WALL工法の施工実績-2

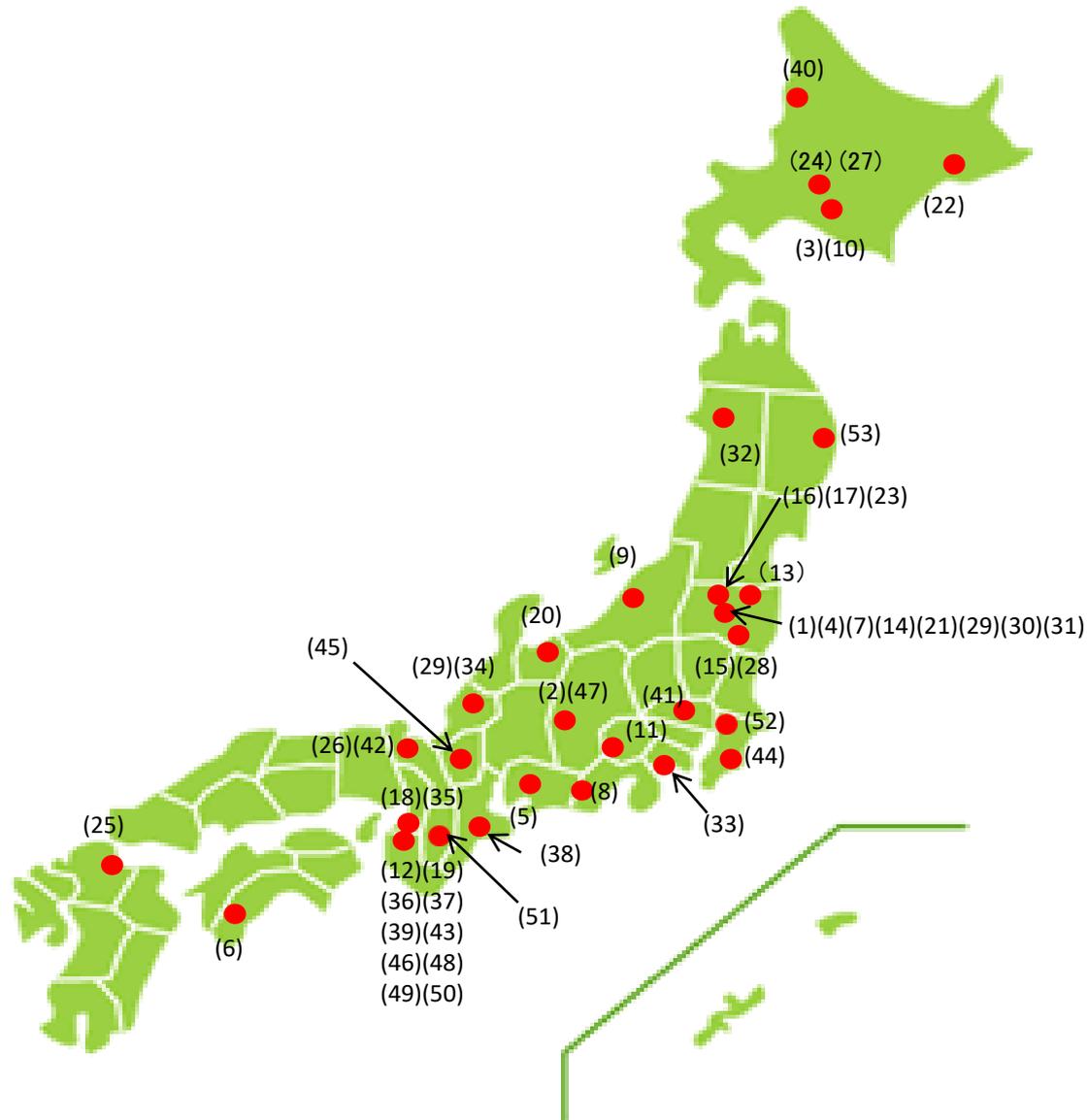
No	年度	発注者	工事名	県名	対象
(31)	2011	国土交通省 東北地方整備局	湯川地区函渠工工事	福島	函渠工
(32)	2012	国土交通省 東北地方整備局	平成23年度新雄勝川橋下部工工事	秋田	橋台
(33)	2012	国土交通省 関東地方整備局	さがみ縦貫原橋下部他工事	神奈川	函渠工・橋台
(34)	2012	国土交通省 東北地方整備局	平成24～25年度中町地区道路改良工事	福島	函渠工
(35)	2012	国土交通省 近畿地方整備局	第二阪和国道深日高架橋下部他工事	大阪	橋台
(36)	2013	国土交通省 近畿地方整備局	紀北東道路打田IC(Aランプ)改良工事	和歌山	函渠工
(37)	2013	国土交通省 近畿地方整備局	近畿自動車道紀勢線袋川地区改良工事	和歌山	函渠工
(38)	2013	中日本高速道路株式会社	新名神高速道路四日市中工事	三重	函渠工
(39)	2013	国土交通省 近畿地方整備局	近畿自動車道紀勢線芝山地区改良工事	和歌山	函渠工
(40)	2013	国土交通省 北海道開発局	一般国道232号羽幌町筑別橋下部他一連工事	北海道	橋台
(41)	2013	国土交通省 関東地方整備局	H25・26圏央道桶川インター改良その2工事	埼玉	函渠工・U型擁壁
(42)	2013	国土交通省 近畿地方整備局	丹波綾部道路瑞穂IC函渠他工事	京都	函渠工
(43)	2013	国土交通省 近畿地方整備局	近畿自動車道紀勢線周参見改良工事	和歌山	函渠工
(44)	2014	市川市	都市計画道路3・4・18道路築造工事第5-1工区	千葉	U型擁壁
(45)	2014	国土交通省 近畿地方整備局	国道161号溝橋・青柳高架橋下部工事	滋賀	橋台
(46)	2014	国土交通省 近畿地方整備局	和歌山岬道平井トンネル工事	和歌山	トンネル
(47)	2014	国土交通省 中部地方整備局	平成25年度 三遠南信上平原道路建設工事	長野	橋台
(48)	2014	国土交通省 近畿地方整備局	紀北西道路安上岩出(西側)トンネル工事	和歌山	トンネル
(49)	2014	国土交通省 近畿地方整備局	紀北西道路北別所高架橋上下部工事	和歌山	橋脚
(50)	2014	国土交通省 近畿地方整備局	紀北西道路和歌山JCT Dランプ橋上下部工事	和歌山	橋台
(51)	2015	国土交通省 近畿地方整備局	大和御所道路 新田東佐味トンネル南工区工事	奈良	トンネル
(52)	2015	市川市	都市計画道路課3・4・18号道路築造工事第4-1工区	千葉	U型擁壁
(53)	2015	国土交通省 東北地方整備局	国道45号 宮古地区道路改良工事	岩手	函渠工

施工実績: 全53件 (2017年9月現在)

発注者別: 国土交通省42件、都道府県8件、NEXCO2件、民間1件

構造物別: 函渠工34件、橋台・橋脚13件、擁壁4件、トンネル3件、その他1件

ND-WALL工法の施工実績



ND-WALL工法

施工方法(函渠工の事例)

国土交通省北海道開発局札幌開発建設部発注
「道央圏連絡道路 千歳市 寿函渠工事」

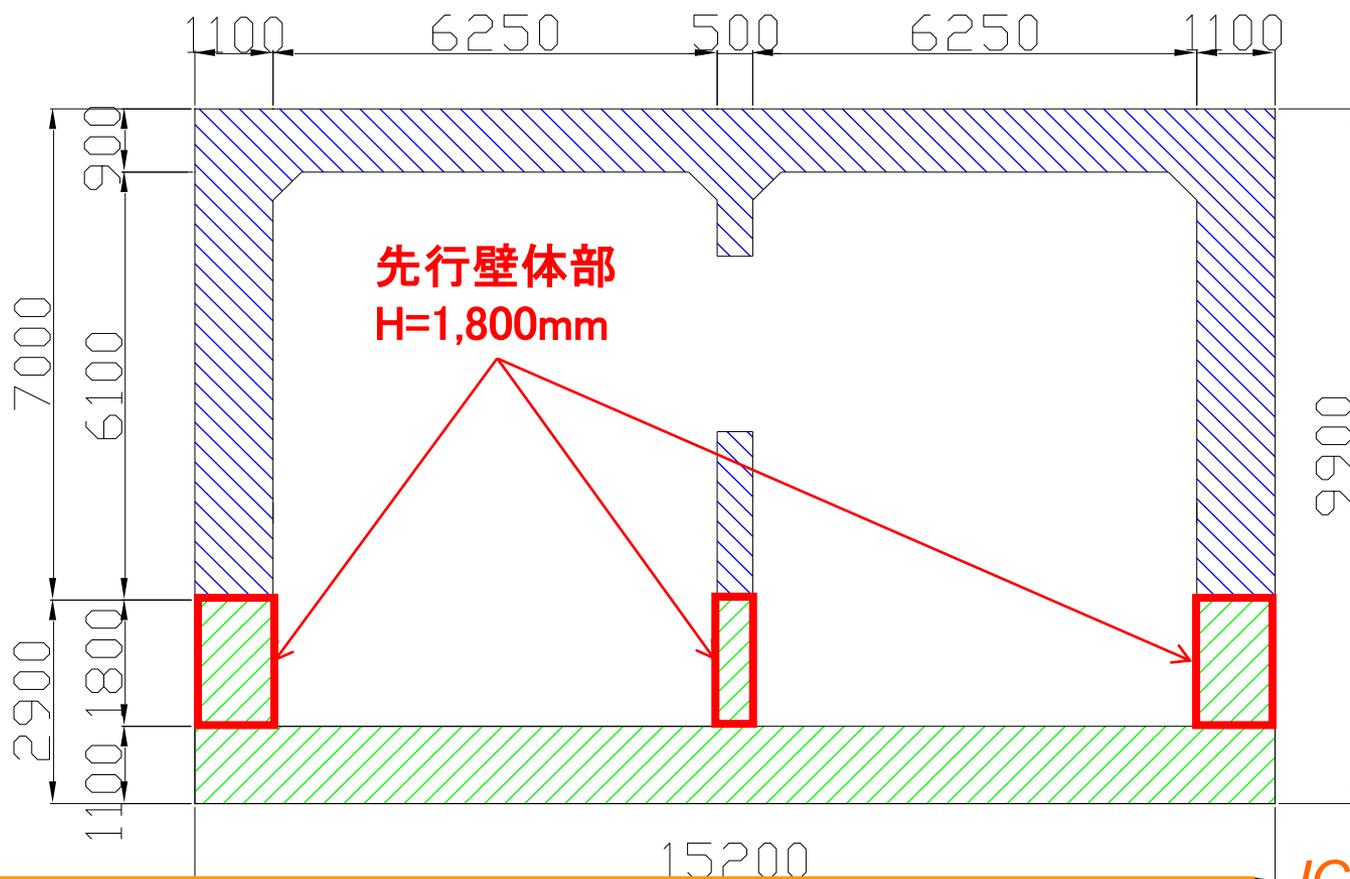
国土交通省北海道開発局札幌開発建設部発注 「道央圏連絡道路 千歳市 寿函渠工事」

対象構造物: ボックスカルバート

部材寸法 : スパン14.5m、底版厚1.1m、側壁厚1.1m、中壁厚0.5m

内空断面13.0×7.9m、総延長43.5m

先行壁体部: 高さ1.8m



国土交通省北海道開発局札幌開発建設部発注 「道央圏連絡道路 千歳市 寿函渠工事」



先行壁体部鉄筋組立完了



先行壁体部型枠組立状況

国土交通省北海道開発局札幌開発建設部発注 「道央圏連絡道路 千歳市 寿函渠工事」



KB目地設置完了
(先行壁体部)



先行壁体部型枠組立完了

国土交通省北海道開発局札幌開発建設部発注 「道央圏連絡道路 千歳市 寿函渠工事」

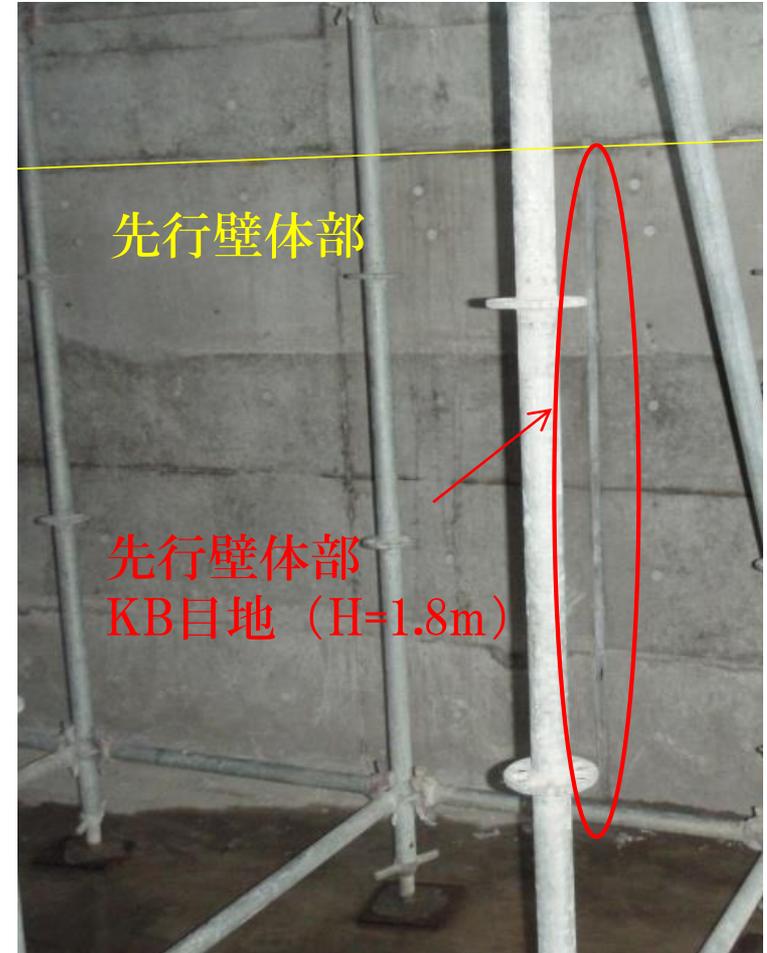


コンクリート養生状況
(底版および先行壁体)



先行壁体部の型枠脱型状況

国土交通省北海道開発局札幌開発建設部発注 「道央圏連絡道路 千歳市 寿函渠工事」



側壁部の先行壁体部の目地の状況(完成後)

国土交通省北海道開発局札幌開発建設部発注 「道央圏連絡道路 千歳市 寿函渠工事」



施工完了全景

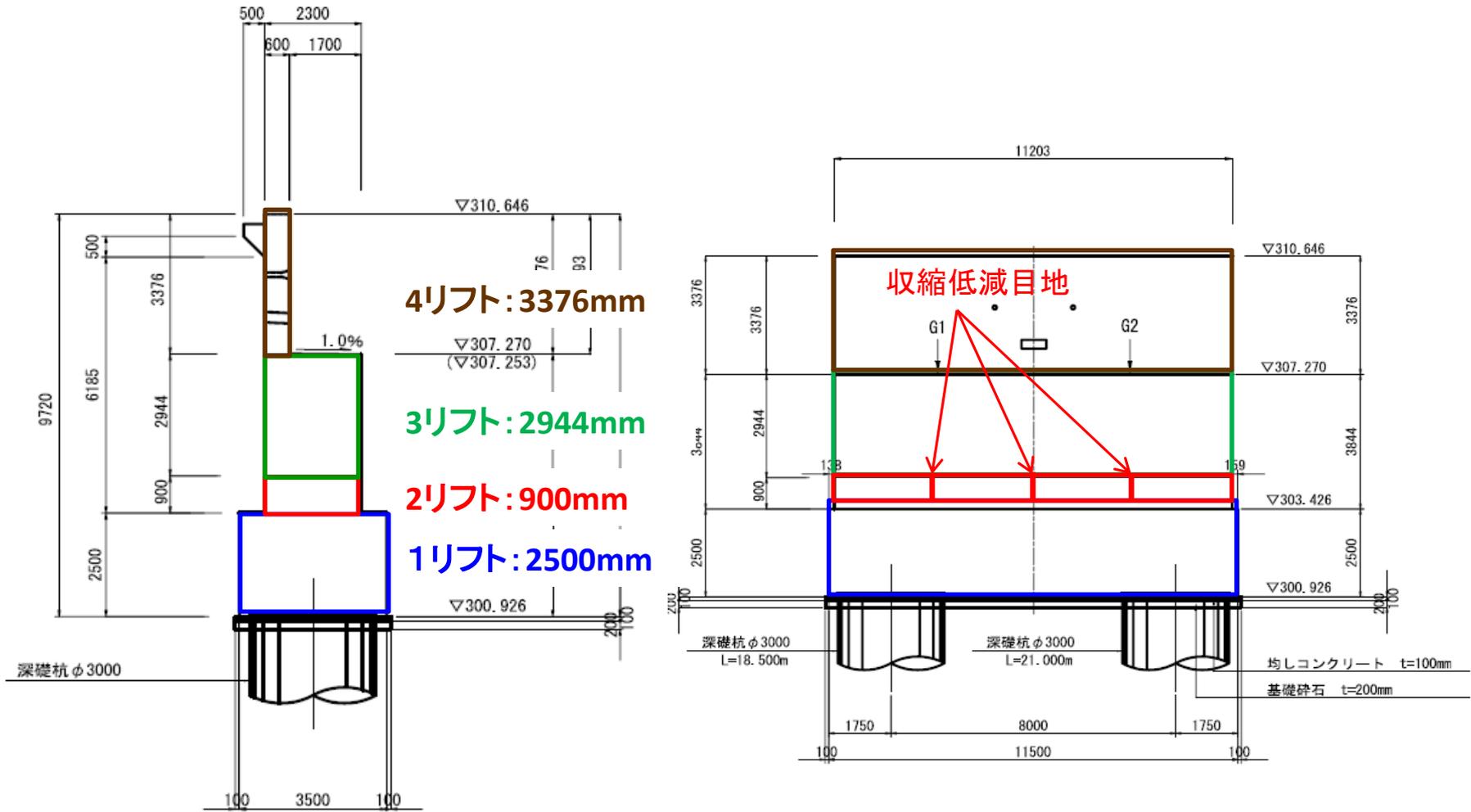
ND-WALL工法

施工方法(橋台の事例)

国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所発注
「国道253号庄之又川下部その2工事」

国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所発注 「国道253号庄之又川下部その2工事」

■ 構造物の形状寸法およびリフト分割



国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所発注 「国道253号庄之又川下部その2工事」

■ 施工状況



国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所発注 「国道253号庄之又川下部その2工事」

■施工完了



北陸地方整備局管内事業研究会 資料より (平成22年度7月)

品質確保・向上に対する技術提案 (総合評価落札方式)の効果検証について

山本 益人¹・村田 藤麿²・齋藤 真³・名畑 浩二⁴・塚田 光博⁵

¹長岡国道事務所 (〒940-8512 長岡市中沢4丁目430-1)

^{2,3}同 品質確保課, ⁴同 設計課, ⁵同 六日町国道出張所

平成17年4月の品確法施行に伴う「公共工事の品質確保に関する当面の対策」として、平成20年度以降発注工事においては、原則「総合評価落札方式」を採用し、各現場における施工上の課題に対する技術提案を求めることとなった。

本報告では、「総合評価落札方式」の目的と発注時等における課題を明らかにするとともに、コンクリート構造物工事の事例をもとに、技術提案の効果検証を行うものである。

キーワード 総合評価落札方式, 技術提案, コンクリート構造物

1. 総合評価落札方式の目的と期待される効果¹⁾

総合評価落札方式とは、従来の価格のみの競争ではなく、工事の品質と価格を総合的に評価し、最も優れた施工を期待できる企業と契約する方式である。

それぞれの工事の特性(工事難易度、技術的工夫の余地等)により基本的には簡易型、標準型(Ⅰ型およびⅡ型)、高度技術提案型の3タイプに分類され、評価する項目は、技術提案内容の他、企業又は配置予定技術者の施工能力、地域貢献度等である。

総合評価落札方式の目的と効果については①工事品質の確保・向上②技術力等の競争を行うことにより技術力と経営力が優れた企業の育成③談合が行われにくい環境の整備などが挙げられる。なお、①工事品質の確保・向上には、工事目的物の性能向上の他、長寿命化や維持管理費の削減など総合的なコスト削減、環境対策や安全対策などの社会的要請に関するものを含む。

2. 技術提案課題の傾向

総合評価落札方式の効果を最大限引き出すためには、技術提案課題(以下、テーマという)の設定に左右されるところが大きい。そこで昨年度、当事務所において設定したテーマについて傾向を分析する。

(1) タイプ別発注件数

「総合評価落札方式」として契約手続き(本官工事1件を含む)をした工事件数は全体で73件であり、そのタイプ別の件数は図-1に示すとおりである。

特定のテーマに対して施工上の工夫等の技術提案を求

める「標準Ⅱ型」が22件(30.1%)、技術的工夫の余地が少なく、簡易な施工計画(施工上の配慮事項)の提出を求める「簡易型」が40件(54.8%)と半数以上を占める。これは、除雪作業を含む維持工事や道路付属工事などの工事難易度が比較的低いものが多いことを示す。

また、「簡易型」のうち補正対応等により簡易な施工計画の提出を求めない「実績重視型」が10件あった。なお、すべてのタイプにおいて、不調・不落等により再発となった件数を含むため、実際に契約した件数とは合わない。

(2) テーマの傾向分析

次に、技術提案を求めた「簡易型」「標準Ⅱ型」において、当事務所(発注者)が指定したテーマについて、前述した総合評価落札方式の目的・効果をもとに表-1に示す①~④の項目毎に分類を行った。結果を図-2および図-3に示す。

なお、表-1の分類③については、社会的要請の他、

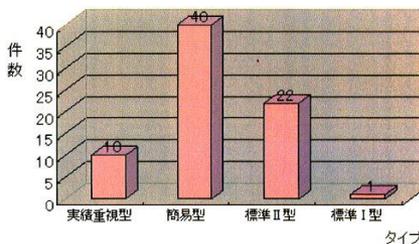


図-1 H21 タイプ別発注件数

は「風雪を防ぐ仮囲いテント」「保湿・保温性に効果のあるQマット(NETIS:KT-980368-A)(写真-1)」「ジェットヒータの温風が直接躯体にあたらない工夫」「脱型後の養生」

ND-WALL工法

なお、本工事は「施工プロセスを通じた検査の試行対象工事」であり、技術提案の厳格な確認の他、ほぼ2日に1回施工状況の確認も行っている。

施工プロセスの立会という日々検査を行う貴重な経験を通じ、いかに共通仕様書(当たり前)で施工できるか、技術の土台の重要性などについて理解を深めることができた。

これらの技術提案を確実に履行した結果、外気温の平均が3℃であったのに対し、養生温度(仮囲い内)を10℃に、養生中のコンクリート温度を20℃に、仮囲い内の湿度を60%に保つことができた。また、コンクリートの縮固や仕上げ等を適期に行い、クラック等の発生が見られず、耐久性の高い高品質なコンクリートが確保された。



写真-1 脱型後のシート養生

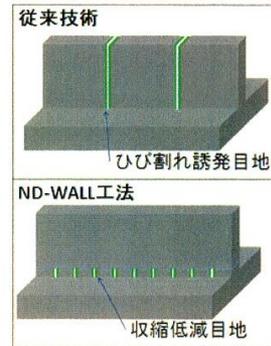


図-4 ND-WALL工法の概要図



写真-3 A1橋台完成(ひび割れ誘発目地)

(2) 事例-2 橋梁下部工事²⁾

(橋台1基、橋脚1基 標準Ⅱ型 打設時期:9月)

本工事のテーマについては①「マスコンクリートの施工上の工夫点」②「深礎杭における出来形管理の工夫点」の2点とした。

マスコンクリートの施工にあたっては、コンクリート内部と表面との温度差(熱膨張・収縮)によるクラック発生に注意を払う必要があり、対策としてパイプクーリング工法や低発熱セメントの使用なども考えられる。

また本橋台のようにフーチング上部に堅壁を打設する場合、既に硬化したフーチングからの拘束力を受けやすいため、断面を貫通するひび割れが発生しやすい。

これらの課題を解決するため、受注者からは「先行壁体部にひび割れ誘発目地を設置するND-WALL工法(NETIS:TH-080005-A)」「打設時にコンクリート温度上昇を防ぐ工夫」などの提案を受けた。

なお、本橋台の前面は地上部であり、地下水の影響を受けない。かつ、橋梁上部架設後は常時ドライの状態となるため、誘発目地の採用も可能であると判断した。

従来、ひび割れ誘発目地を設置する場合、図-4に示すとおり壁体の全面に設置していたが、ND-WALL工法では先行壁体のみを設置し、日および断面欠損部を最小限とする工法である。

これらの技術提案を確実に履行した結果、フーチングからの拘束力を低減することができ、コンクリートの仕上がりも良好であった。

(3) 事例-3 トンネル工事³⁾

(トンネル掘削640m 覆工100m 本官 標準Ⅰ型)

本工事のテーマについては①「地下水状況の前方調査方法」②「現場内排水の水質汚濁防止対策」③「覆工コンクリートの品質向上対策」の3点であった。

トンネル坑内の環境変化として、従来は地下水等の影響で常時湿潤状態であり、コンクリートの養生は特別必要ないと思われていた。しかし近年、工事用換気設備の大型化等に伴い、坑内が乾燥傾向となり、また維持管理面からもコンクリートの剥落など覆工コンクリートの初期養生不足による品質低下が懸念されていた。

本工事の施工にあたり、受注者からは「繊維コンクリ

ND-WALL工法

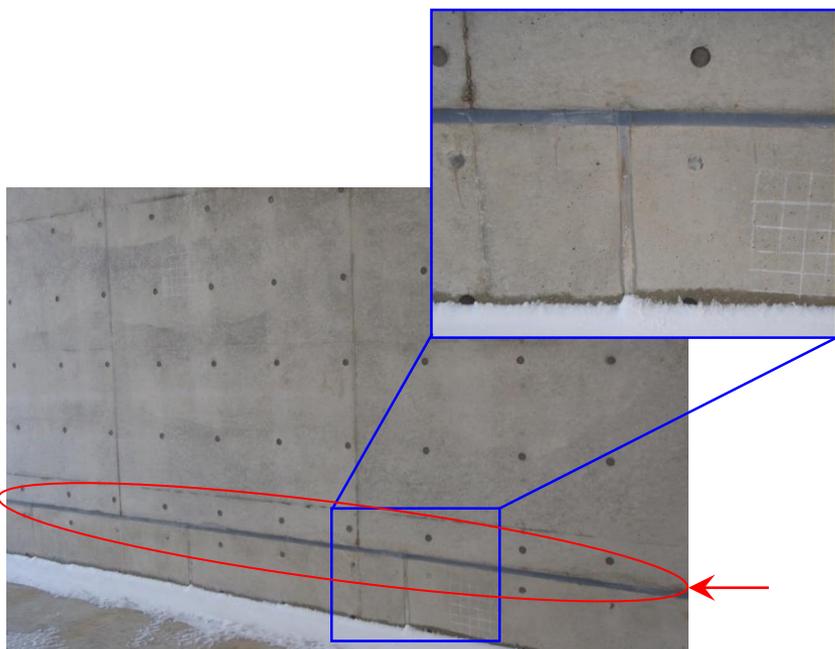
施工事例(その他)

国土交通省 東北地方整備局発注 塩川地区改良工事

側壁の厚さ=500mm、内空断面=4.2m×5.0m、スパン=17.7m

先行壁体部の高さは舗装面の高さより低く舗装後は目地が見えなくなる。

舗装面の高さ > 先行壁体の天端高さ



内空面の目地部の状況



完成後の状況

長野県発注 平成18年度国補住宅市外地基盤整備工事

側壁の厚さ=600mm、内空断面=3.7m×5.0m、スパン 6.7m+10.5m+14.0m

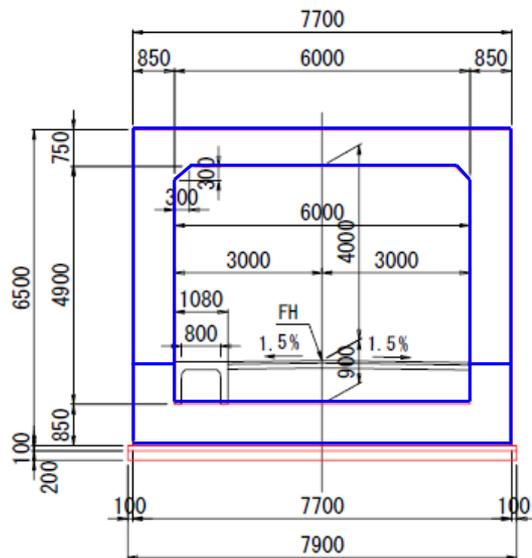


先行壁体の施工方法

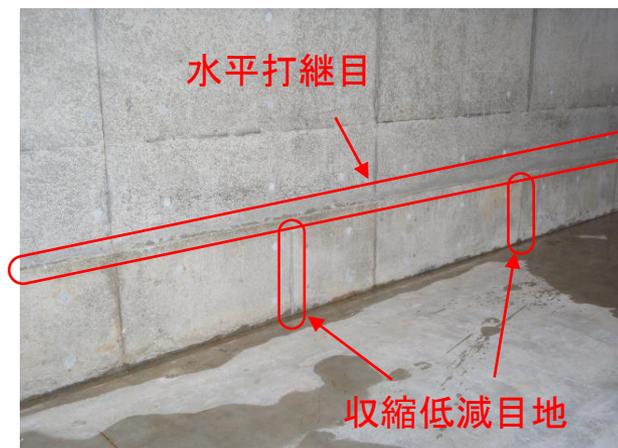


完了

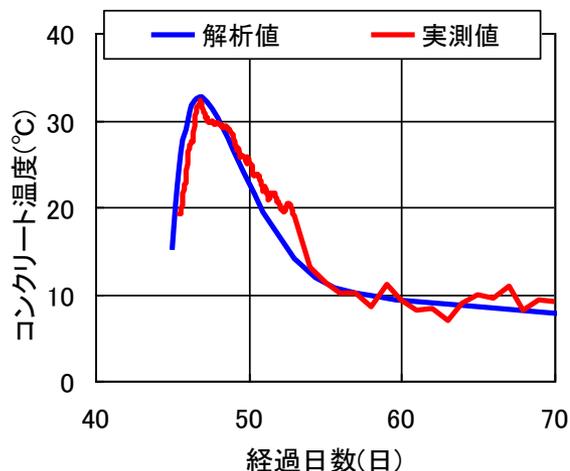
国土交通省北陸地方整備局発注 入善黒部バイパス 中新堀切道路工事



断面寸法
 壁厚: 850mm
 壁高: 4.9m
 内空幅: 6.0m
 ブロック長: 12.2m
 先行壁体高さ: 600mm



目地部の仕上がり状況



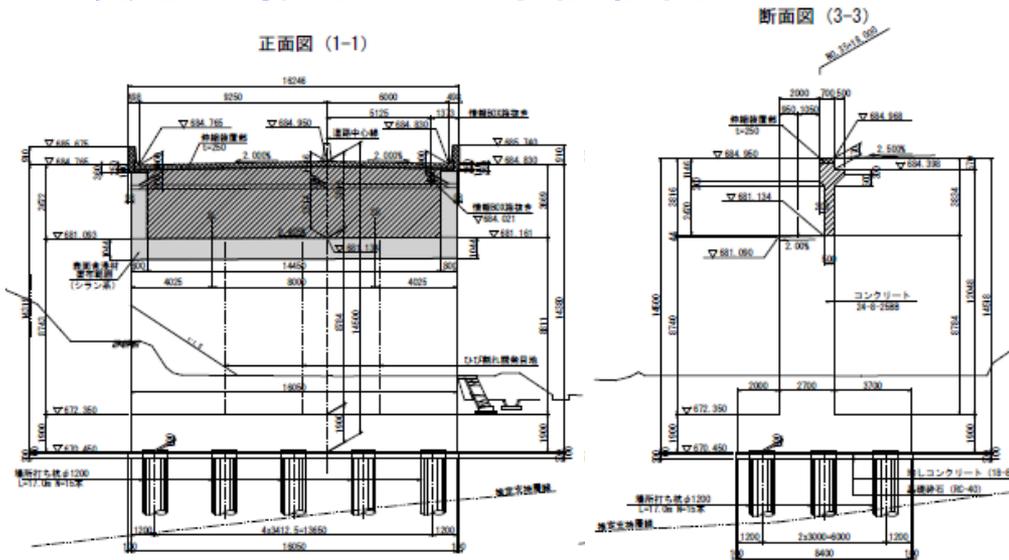
解析温度と実測温度の比較



完成写真

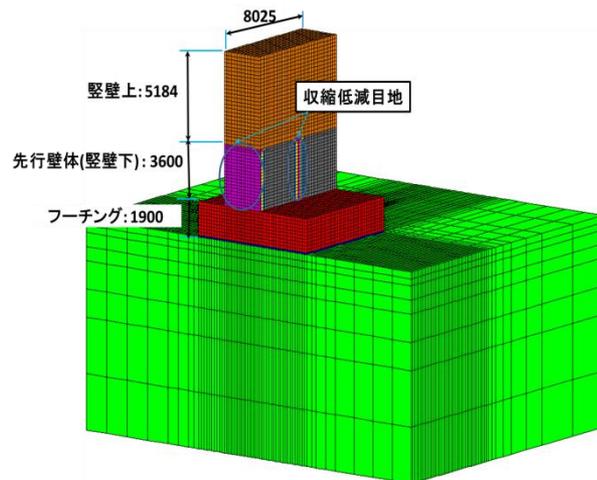
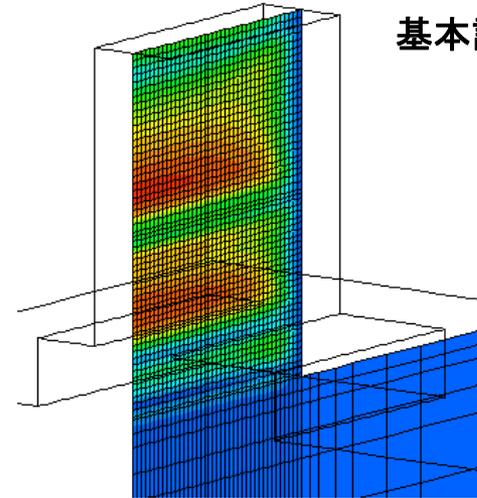
国土交通省中部地方整備局発注 平成25年度 三遠南信上平原平道路建設工事(橋台)

温度応力解析による事前検討



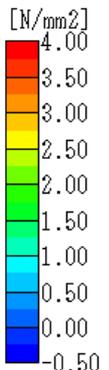
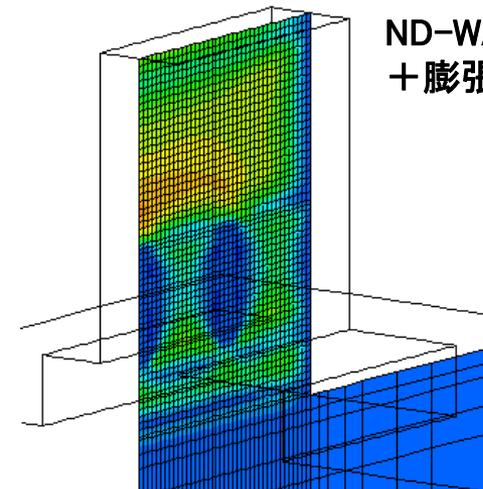
●応力分布の比較

基本計画



ND-WALL工法と
膨張材の使用を併用

ND-WALL
+ 膨張材



国土交通省中部地方整備局発注 平成25年度 三遠南信上平原平道路建設工事(橋台)

豎壁部(ND-WALL工法適用)完成写真

