温度ひび割れについて

NDシリーズによる温度ひび割れの抑制

（ND-WALL工法、NDリターダー工法、NDリーバー工法）

技術資料

（2024年9月）

日本コンクリート技術株式会社

Japan Concrete Technology Co.LTD（JC-tech）

技術資料内容

１．温度ひび割れとは何か

２．温度ひび割れの抑制について

３．温度ひび割れ抑制対策とＮＤシリーズの提案
（１）ＮＤシリーズの開発・実用化の経緯
（２）ＮＤ－ＷＡＬＬ工法
（３）ＮＤリターダー工法
（４）ＮＤリーバー工法

[補足資料１] 温度ひび割れ抑制対策の経緯
[補足資料２] 温度ひび割れの照査

1．温度ひび割れとは何か

マスコンクリートは、硬化過程で発生する水和熱により、温度上昇とそれにともなう体積変化（膨張および収縮変形）が生じる。温度変化時において膨張または収縮変形が拘束されると、コンクリート内部に温度応力が発生する。

温度応力は、右下の模式図に示すように、内部拘束応力および外部拘束応力の２種類に分けて考える。

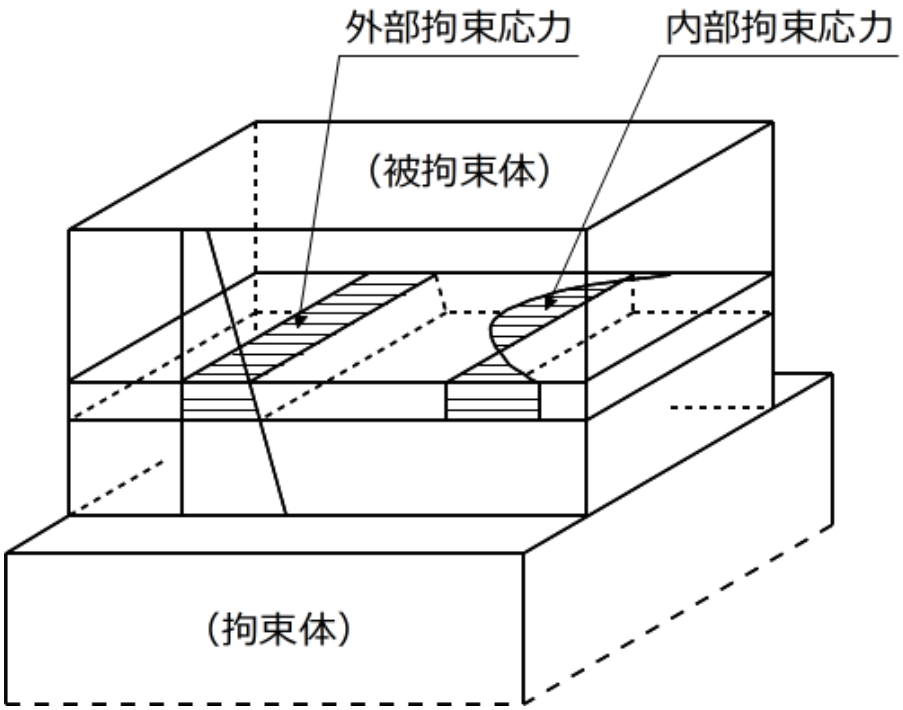
内部拘束応力

コンクリート断面の表面と内部の間に生じる温度差により発生。これに伴うひび割れは、表面部分に不規則に発生。初期材齢の温度分布の影響は養生等の対策で抑制可能。

外部拘束応力

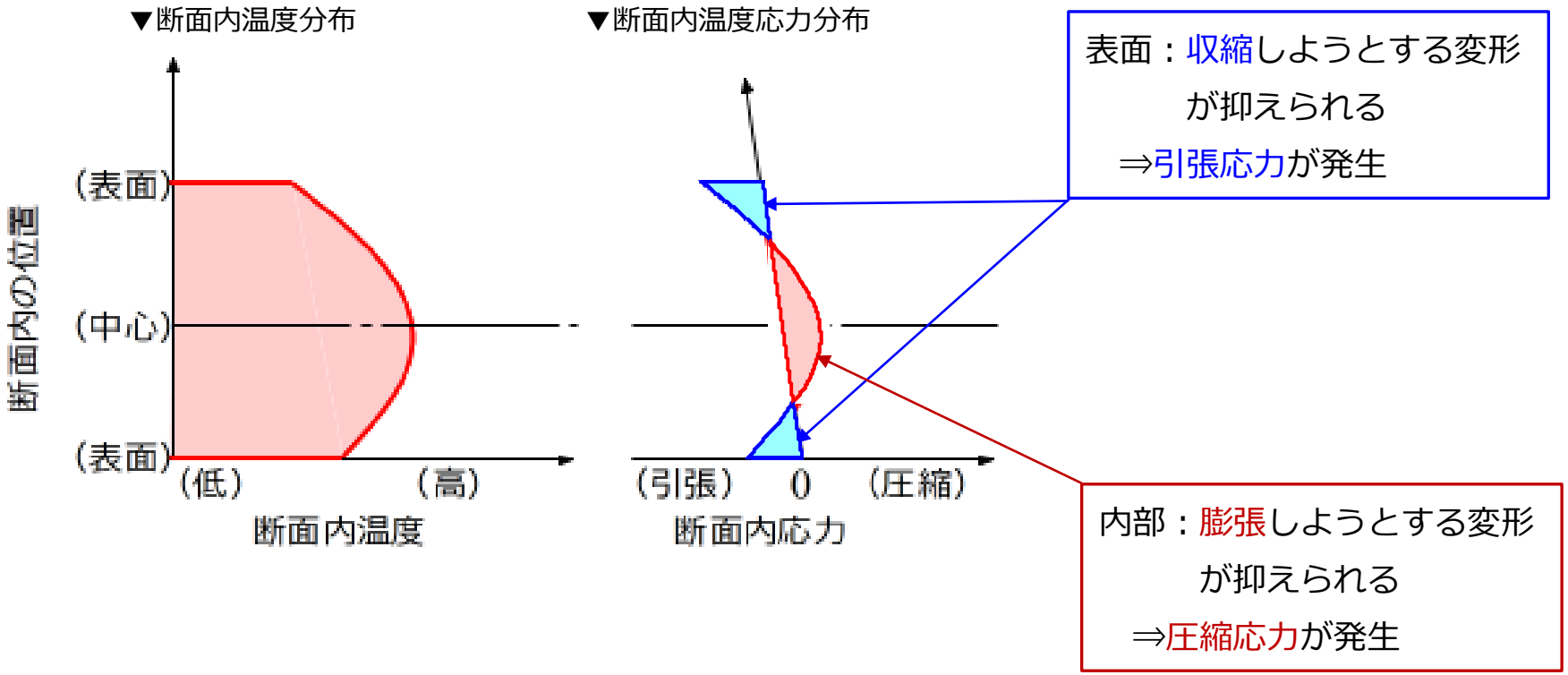
コンクリートの収縮を外部から拘束するときに発生する応力であり、拘束体としては、地盤、既設コンクリートなどが考えられる。外部拘束によるひび割れは、拘束体に対し直角方向に生じることが多く、コンクリート断面を貫通するひび割れとなるため抑制対策が必要。

▼水和熱により発生する応力の模式図



(1) 内部拘束による温度ひび割れ発生メカニズム

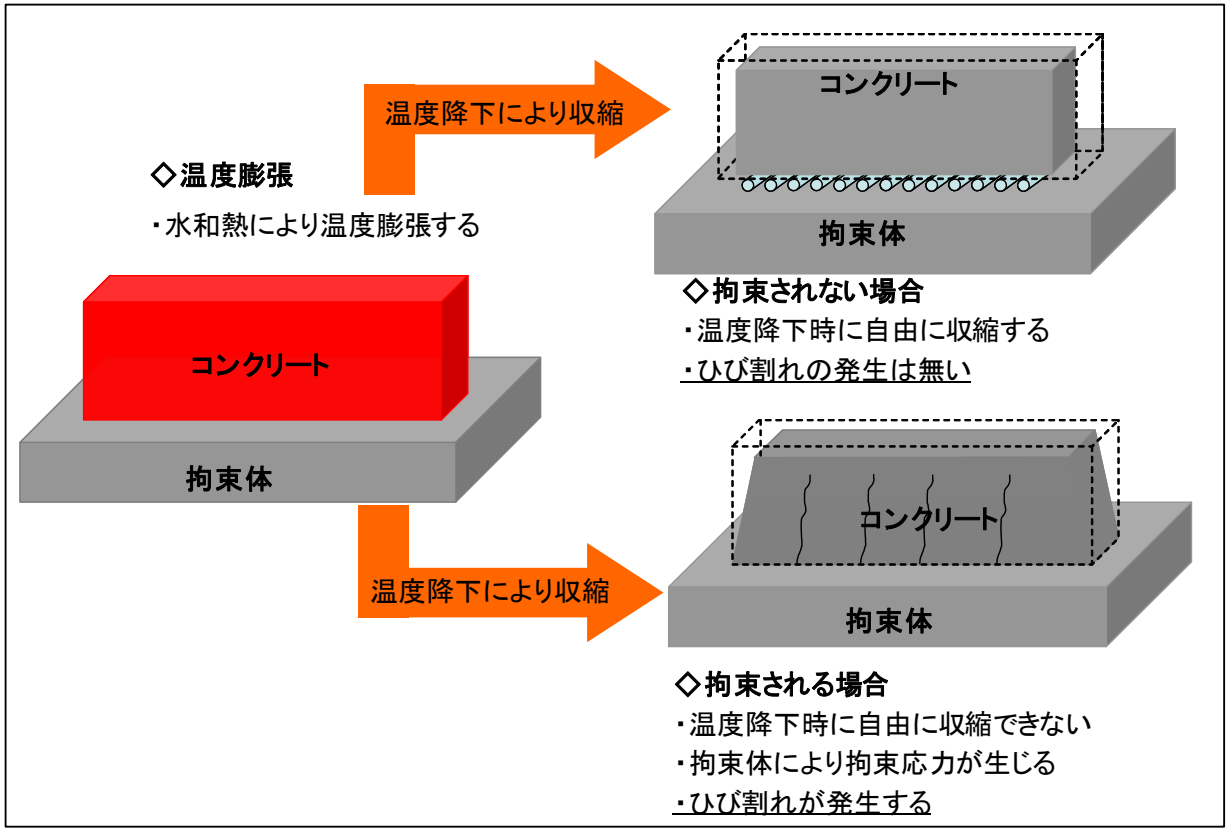
コンクリートブロックが水和によって発熱すると、熱が蓄積される内部と熱が逃げやすい表面との間に温度差が生じる。



コンクリートブロックの表面に引張応力が作用し、ひび割れが発生するが貫通はしない。
ひび割れが発生する方向に規則性はない。

(2) 外部拘束による温度ひび割れの発生メカニズム

コンクリートブロックの熱変形が、右上の図のように拘束されない場合は温度ひび割れは発生しない。右下の図のように下端の収縮変形が拘束体（コンクリートや岩盤）に拘束される場合は温度ひび割れが発生する。



外部拘束による温度ひび割れの特徴

・ひび割れは下端からほぼ縦方向に発生（規則性あり）。

・ひび割れは断面を貫通する有害なひび割れとなる。

(3) 温度ひび割れの抑制について

2001年国交省通達（国官技第61号）に基づくひび割れ幅0.2mmの問題

- 通達は、工事完成後の維持管理にあたっての基礎資料とするため、重要構造物に対するひび割れ発生状況の調査の実施と調査結果の報告を施工者に義務づけたもの。
- 本来の目的は、0.2mm以上のひび割れを記録として残し、経過観察を行うこと。
  ⇒0.2mm以上のひび割れは施工欠陥とみなされ、補修を求められるのが実態。
- 鉄筋でひび割れ幅を制御する場合(示方書式適用)、マスコン構造物はかぶりが大きく、幅を0.2mm以下に制御することは困難
  ⇒ひび割れ誘発目地の設置が基本的な対策のひとつとなっている。

◆建築における許容ひび割れ幅（JCI 「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2022」）

鋼材腐食に対する耐久性の観点から評価Ⅰ(乾燥収縮ひび割れ等に適用)を行う場合は、下表による。ひび割れ幅は表面におけるものを対象。例えば、ひび割れ幅0.3 mm の場合、「水掛かりあり」の環境条件では「ひび割れの影響が小さく、20 年の耐久性を満足することを保証」している。

4.2　評価Ⅰ：鋼材腐食の観点からのひび割れの部材性能への影響

環境条件		塩分環境下	水掛かりあり	水掛かりなし
ひび割れ幅 w (mm)	$0.5 < w$	大 (20年耐久性)	大 (20年耐久性)	大 (20年耐久性)
	$0.4 < w \leqq 0.5$	大 (20年耐久性)	大 (20年耐久性)	中 (20年耐久性)
	$0.3 < w \leqq 0.4$	大 (20年耐久性)	中 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)
	$0.2 < w \leqq 0.3$	中 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)
	$W \leqq 0.2$	小 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)

◆土木における許容ひび割れ幅（土木学会編 2022年制定 コンクリート標準示方書［設計編］）

「3.1.2 ひび割れ幅に対する照査」の項に、「鋼材腐食に対するひび割れ幅の設計限界値は、鉄筋コンクリートの場合、0.005c（cはかぶり(mm)）としてよい。ただし、0.5mmを上限とする」と記載。

2．温度ひび割れの抑制について

(1) 主な温度ひび割れ抑制対策

対策の基本：①体積変化を抑制する
②外部拘束を低減する

構造物の形状寸法、施工条件などを考慮し、以下の表の中から適切な方法を選択して実施。

▼マスコンクリート構造物の温度ひび割れ抑制対策

内　容	方　法	対　策
体積変化の抑制	温度上昇の抑制	水和発熱の小さいセメントや混和材の使用、単位セメント量の低減
		材料温度の低減（プレクーリング）
		パイプクーリングの実施
		コンクリートの打込み時期、打込み方法、養生方法の選定
	熱膨張係数の低減	熱膨張係数の小さい材料（石灰石骨材など）の使用
	自己収縮の低減	自己収縮の小さい材料、配(調)合の適用
外部拘束の低減		ひび割れ誘発目地の設置
		拘束体と被拘束体間の拘束条件の緩和（ND-WALL工法、NDリターダー工法など）
ひび割れ幅の抑制		ひび割れ制御鉄筋の配置、NDリーバー工法

(2) ひび割れ誘発目地の設置

ひび割れ誘発目地の設置方法

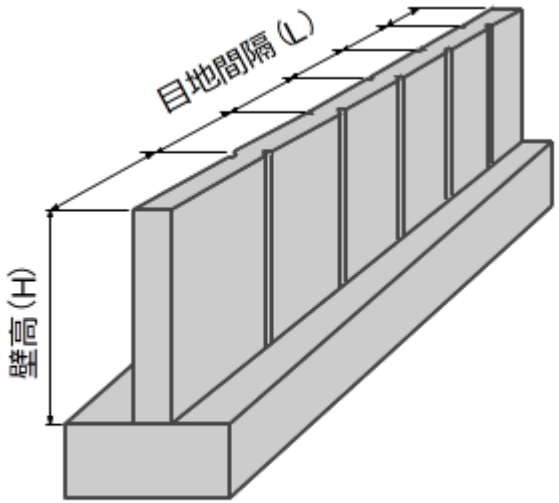
・目地部に確実にひび割れを発生させるため断面欠損用の「ひび割れ誘導鉄板」を設置

・一般的には目地間隔(L)を部材高さ(H)の１～２倍程度(L/H=1～2)、ひび割れ誘導鉄板は断面欠損率を50%程度以上となるように設置（土木学会標準示方書 [施工編]）

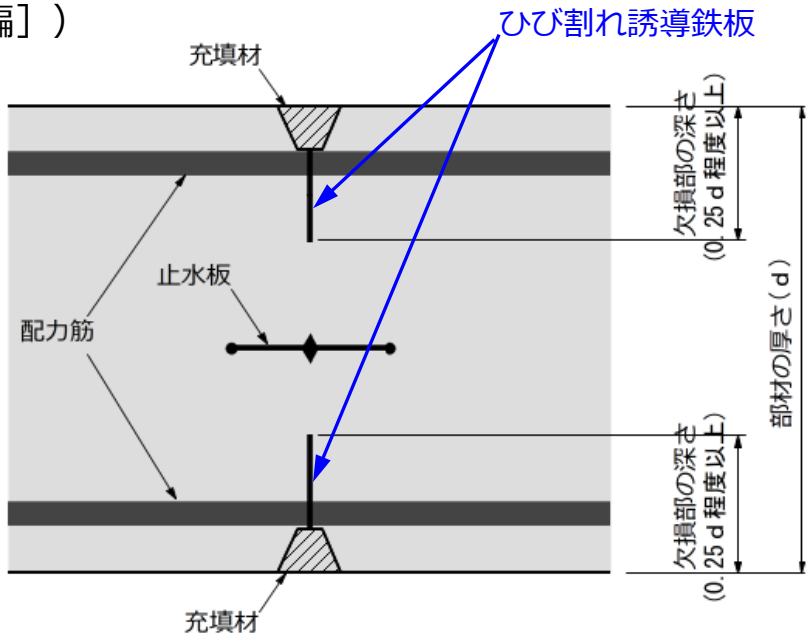
・目地部はブチルゴムなどのシーリング材を充填して止水

※目地材や誘導鉄板等の設置に関わる熟練と手間を要する作業が多い。

▼ひび割れ誘発目地の例（標準示方書［施工編］）



一般図



断面図

$$断面欠損率(\%) = \frac{0.25d + 0.25d}{d} \times 100 = 50\%$$

(3) 温度ひび割れ抑制に対する自治体の取り組み

「コンクリート構造物品質確保ガイド」（山口県土木建築部 令和2年4月）

コンクリート構造物の品質確保は、「施工の基本事項の遵守」に注力し、「ひび割れ抑制対策」、「防水対策」、「鉄筋組立の精度確保」等の取り組みにより行うものとする。

ひび割れ抑制対策⇒材料によるひび割れ抑制（山口県ひび割れ抑制システム）

対象：外部拘束による温度ひび割れが発生しやすい主として橋梁下部工（橋台たて壁、橋台胸壁、壁式橋脚柱）

対策：補強鉄筋などの補強材料の追加により、ひび割れを分散させたり、ひび割れ幅を小さく抑えることにより、有害なひび割れの発生を防止

■補強鉄筋追加後（配力筋＋補強鉄筋）の鉄筋比の目安

橋台たて壁およびその類似構造物：0.3%

橋台胸壁およびその類似構造物　：0.5%

■補強鉄筋の配置方法

①補強鉄筋タイプA：補強鉄筋をリフト内部に配置

②補強鉄筋タイプB：補強鉄筋をコンクリート表面付近に配置

③補強鉄筋タイプA＋B：タイプAだけでは鉄筋比が小さい場合で、タイプAの複数段配置、あるいはタイプAとタイプBを併用

補強鉄筋の配置状況

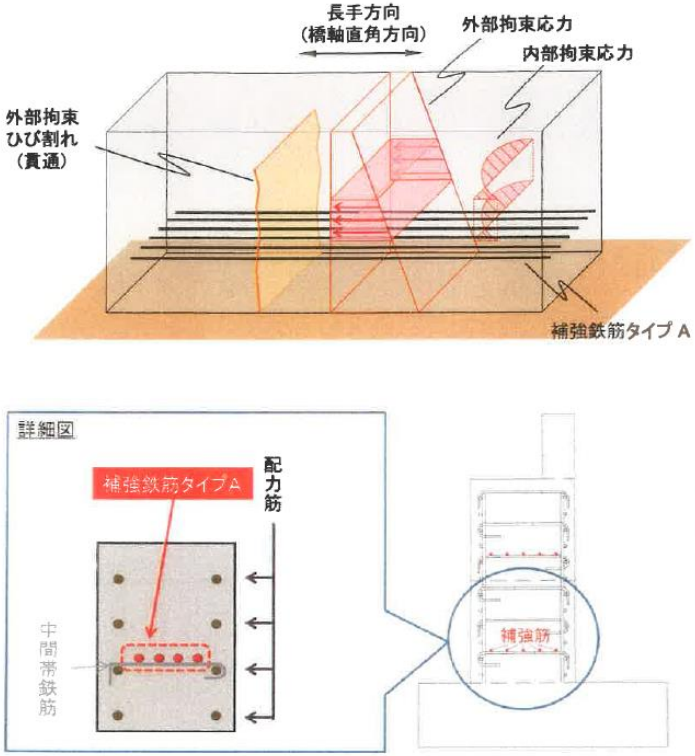
補強鉄筋タイプA：補強鉄筋を中間帯鉄筋の上に配置

補強鉄筋タイプB：補強鉄筋を配力筋の間に配置

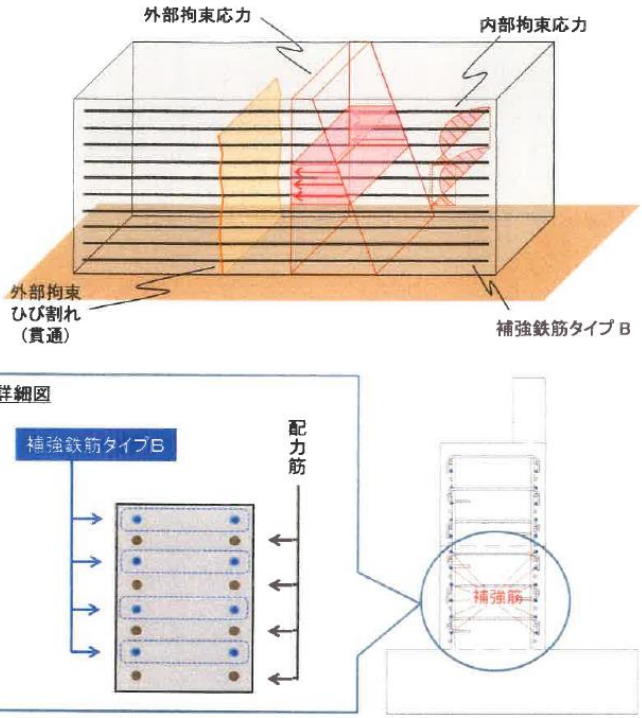
ひび割れ発生方向と抵抗鉄筋概要図

①補強鉄筋タイプA：補強鉄筋をリフト基部直上の中間帯鉄筋上に集中的に配置
②補強鉄筋タイプB：補強鉄筋をコンクリート表面付近の配力筋の間に配置
③補強鉄筋タイプA+B：タイプAの２段配置またはタイプAとタイプBの併用で鉄筋比増量

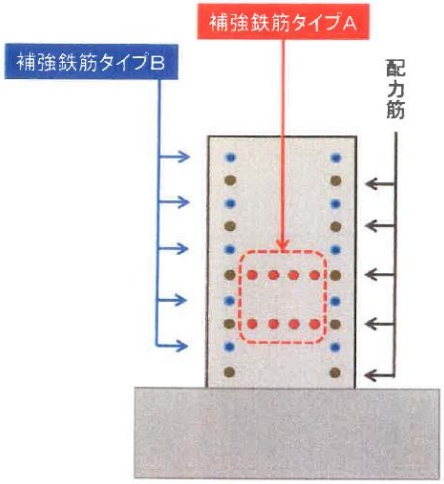
▼①補強鉄筋タイプA



▼補強鉄筋タイプB



▼補強鉄筋タイプA+B



３．温度ひび割れ抑制対策と『NDシリーズ』の提案

(1) 『ＮＤシリーズ』開発・実用化の経緯

ＮＤ－ＷＡＬＬ工法およびＮＤリターダー工法の開発

・外部拘束の低減に基づく温度ひび割れ抑制技術として、まずＮＤ－ＷＡＬＬ工法、次にＮＤリターダー工法を開発・実用化。

・ＮＤ－ＷＡＬＬ工法は、収縮低減目地の設置により構造面から温度応力ひび割れの抑制を図る工法。

・ＮＤリターダー工法は、水和熱抑制型超遅延剤（ＮＤリターダー）の使用により材料面から温度ひび割れの抑制を図る工法。

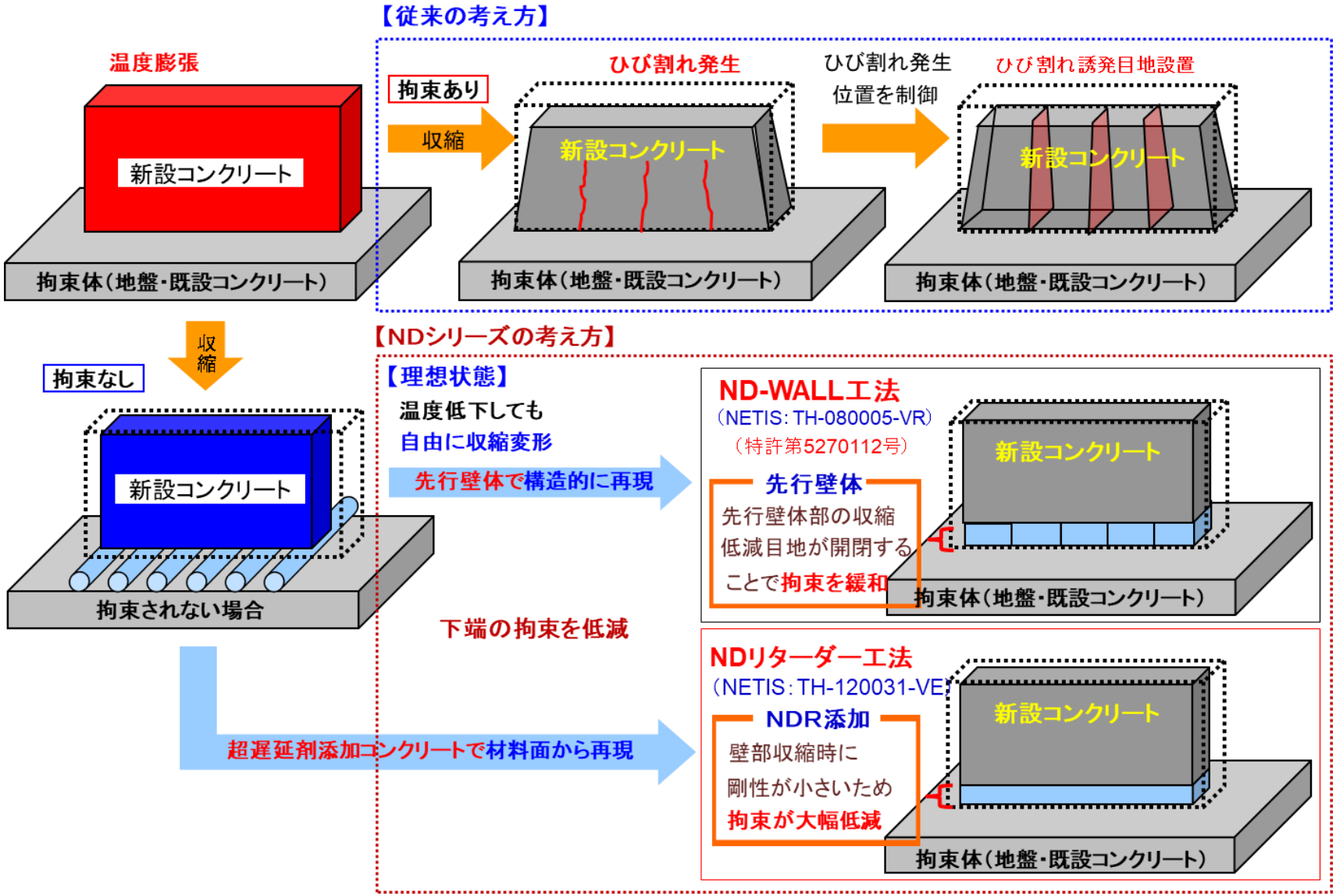
・ＮＤ－ＷＡＬＬ工法、NDリターダー工法は日本全国で各55件、63件の現場に適用され、施工品質の向上に寄与。

ＮＤリーバー工法の開発・実用化

・鉄筋の温度ひび割れ幅抑制効果に着目し、主に厚さ1.2m程度以上の大断面構造物を対象として温度ひび割れの抑制を図る技術

ＮＤシリーズは上記３つの工法を総称した温度ひび割れ対策技術

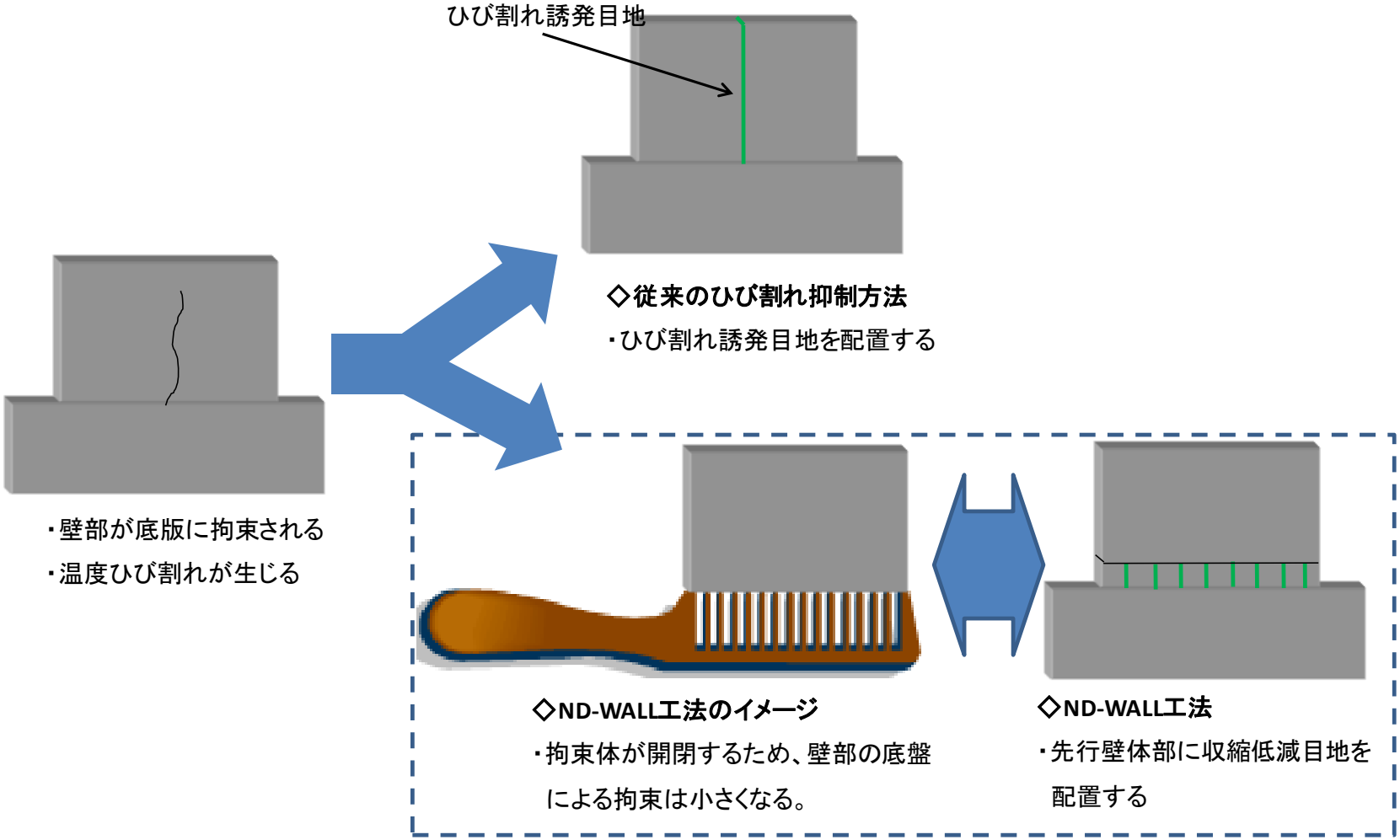
◆ ND-WALL工法、NDリターダー工法の温度ひび割れ抑制メカニズム



(2) ＮＤ－ＷＡＬＬ工法

◆ND-WALL工法の温度ひび割れ抑制メカニズム

被拘束体の基部に収縮低減目地を設け、被拘束体に作用する拘束力を低減



【効果】温度応力を15～20%低減し、温度ひび割れの発生を抑制

ND-WALL工法の施工実績

ND-WALL工法は、北海道から九州まで全国55件の施工現場に適用され、函渠工や橋台などの温度ひび割れの抑制に貢献している。

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」

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 東北地方整備局発注
塩川地区改良工事

長野県発注「平成18年度国補住宅市外地基盤整備工事」

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」

高知県発注「道路改築（津野川川函渠）工事」

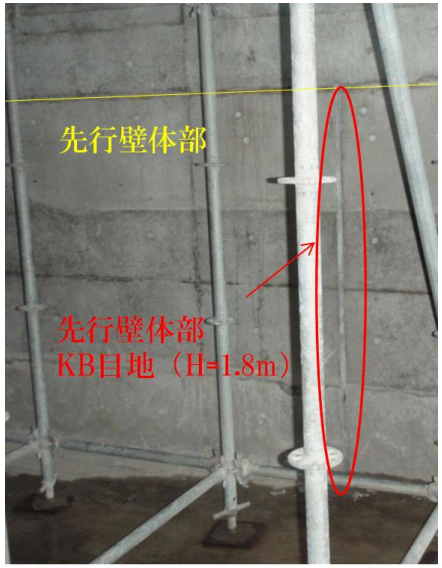
ND-WALL工法施工事例 （2連ボックスカルバート：側壁厚さ1.1m、スパン14.5m）

国土交通省北海道開発局発注 「道央圏連絡道路千歳市寿函渠工事」

収縮低減目地設置完了

先行壁体部型枠組立完了

先行壁体部の型枠脱型状況



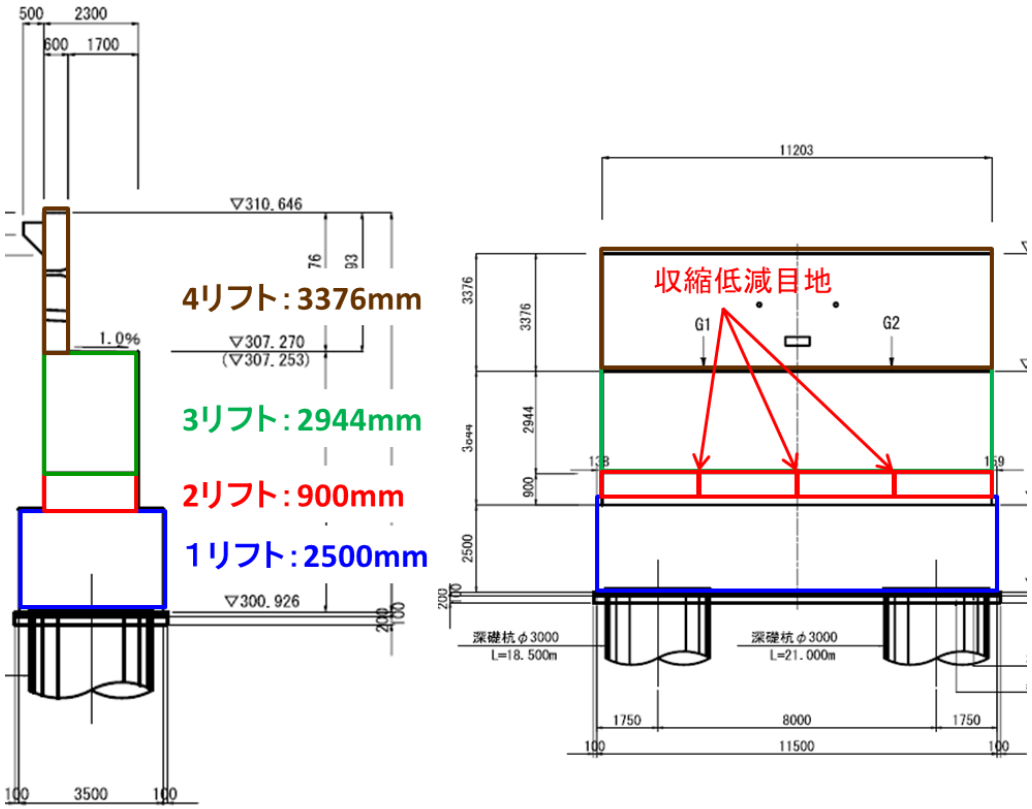
側壁部の先行壁体部の目地の状況

施工完了

ND-WALL工法施工事例 （道路橋橋台：竪壁厚さ2.3m、高さ3.85m、スパン11.2m）

国土交通省北陸地方整備局発注 「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

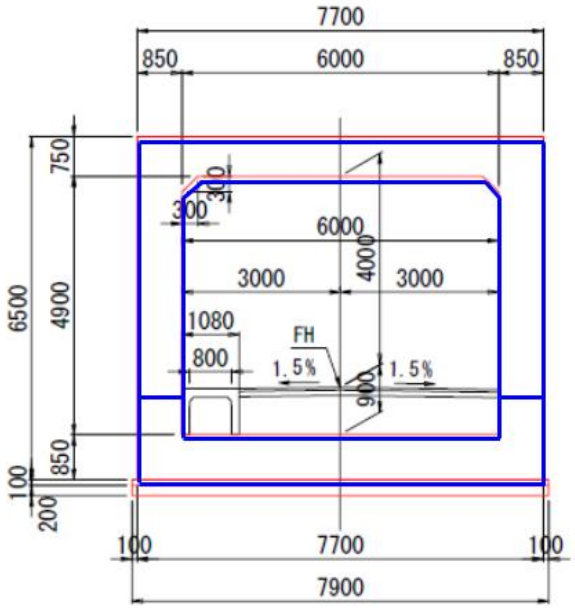


施工状況

施工完了

ND-WALL工法施工事例 （ボックスカルバート：側壁厚さ85cm、スパン12.2m）

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

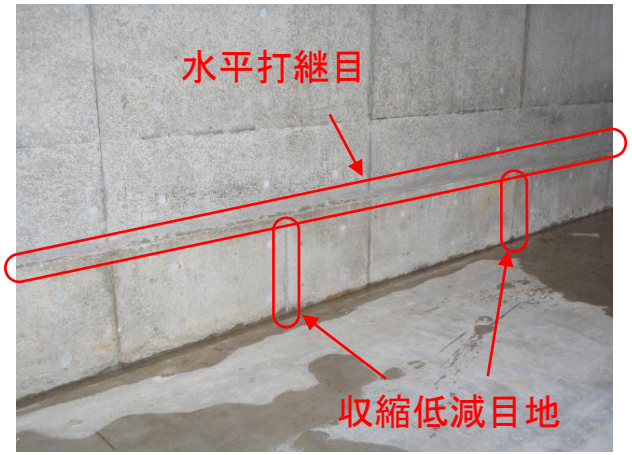
壁厚：850mm

壁高：4.9m

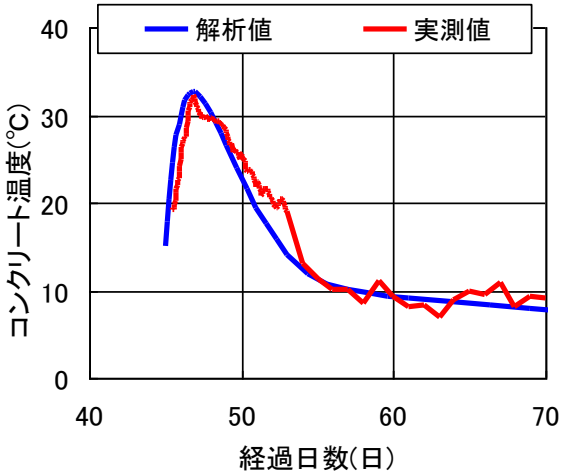
内空幅：6.0m

ブロック長：12.2m

先行壁体高さ：600mm



目地部の仕上がり状況



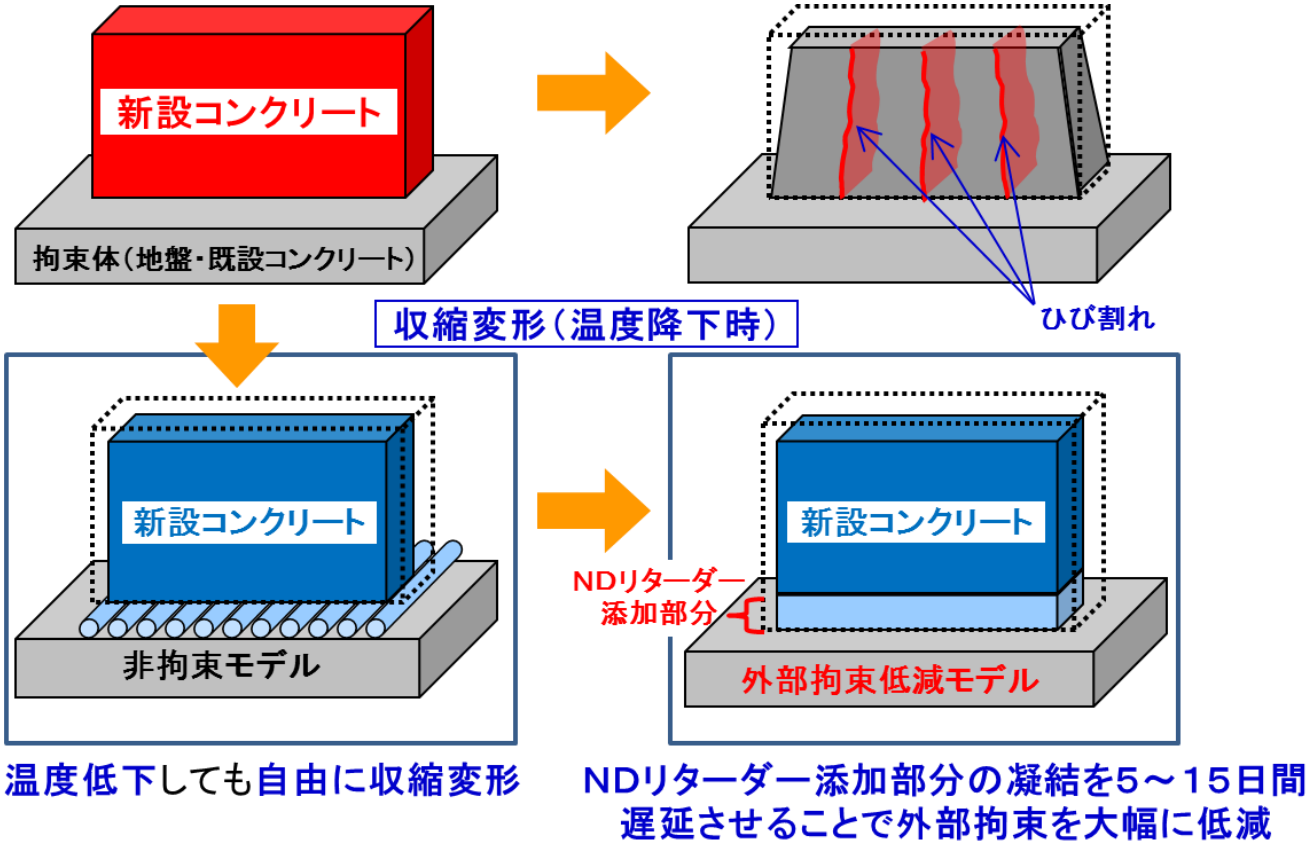
解析温度と実測温度の比較

完成写真

(3) ＮＤリターダー工法

◆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400mm程度の部位に打ち込むことで、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抑制する。



【効果】温度応力を50%以上低減し、温度ひび割れの発生を抑制

NDリターダー工法の施工実績

NDリターダー工法は、全国63件の施工現場に適用され、函渠工、橋台、樋管工などの温度ひび割れの抑制に貢献している。

NO.3社会資本整備総合交付金(道路)工事

スパン32mの函渠工に対し誘発目地なしでひび割れ防止を実現

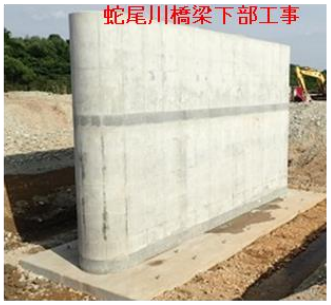
NO.6千歳市トプシナイ改良工事

NO.21日本海東北自動車道 立野地区道路改良工事

NO.2国道17号八色原道路その5工事

NO.7尼崎宝塚線(大浜)大浜橋下部工工事

NO.27市道新南・下中野線 蛇尾川橋梁下部工事



NO.49交防広河第４号河川改修工事

NO.10社会資本整備道路総合交付金（街路）整備工事

NO.13長崎57号下井牟田赤崎高架橋下部工(AP3)外工事

NO.16天竜川宮ケ瀬橋左岸下部工事

日経コンストラクション
紹介記事①

NDリターダー工法

2014年7月14日号

超遅延剤を加えて温度ひび割れ抑制

目地配置が難しい橋脚や壁高欄に使える

日本コンクリート技術（東京都墨田区）は、水和熱抑制型の超遅延性混和剤（NDリターダー）の添加によって壁状コンクリート構造物の温度ひび割れを抑制する工法を、国道工事に適用して効果を確認した。

国土交通省北陸地方整備局が発注し、井口建設工業（新潟県南魚沼市）が施工している壁厚700mm、スパン13.5mのボックスカルバートに使用した。側壁を打設する際に、高さ400mmまではNDリターダーを添加したコンクリートを用い、上部には通常のコンクリートを打つ。これによって、先行して施工した底版に側壁下部が拘束されて生じる温度ひび割れを防げる。

NDリターダーはオキシカルボン酸塩系の混和剤で、凝結時間を約14日以内で調整できる。通常はプラントでコンクリートを練り混ぜる際に添加する。

これまで、超遅延性混和剤の利用に当たっては、ブリーディングによる型枠面の美観低下がネックとなっていた。今回、日本コンクリート技術が開発した「NDリターダー工法」では、透水性型枠用シートを用いてブリーディング水を取り出し、表面がきれいに仕上がるようにした。

材料からアプローチ

施工する際には、温度応力解析によって事前に遅延期間を設定する。添加量を決定するための試験練りも要する。試験練りによる品質の確保には、2カ月ほどの期間を考慮しておく必要がある。日本コンクリート技術の篠田佳男社長は、「実績が増えれば、試験練りなどの手間は減る」とみている。

同社が開発した温度ひび割れ抑制技術には、「ND-WALL工法」がある。この工法は、拘束を緩和するための目地を配した壁体下部を底版と同時に施工して拘束力を弱め、温度ひび割れを防ぐ仕組みだ。これまでに45件の実績がある。

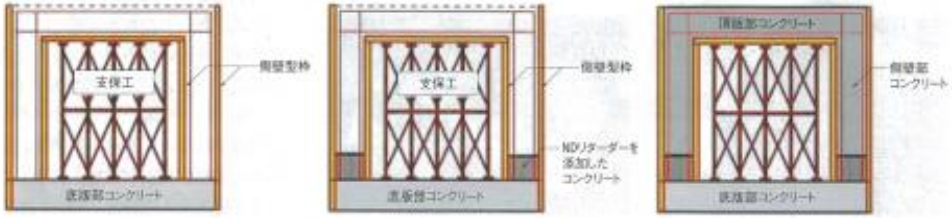
これに対して、NDリターダー工法では材料の配合を変えればよいので、目地の配置が困難な橋脚や壁高欄にも適用できるメリットがある。現場での作業を減らせる点も利点だ。（木村 駿）

6月発表

ボックスカルバート側壁下部にNDリターダーを加えたコンクリートを打設した（写真：日本コンクリート技術）

型枠の表面には透水シートを張りだして、ブリーディングによる美観低下を防ぐ（写真：井口建設工業）

■ NDリターダー工法の施工手順



（資料：日本コンクリート技術）

日経コンストラクション
紹介記事②

“固まらない”生コンで
ひび割れ防ぐ

2017年1月9日号

日経コンストラクション紹介記事（2017年1月9日号）

写真1■ 橋脚の梁底部の高さ50cmに超遅延剤を添加した"固まらない"コンクリートを打設する。この後、通常の生コンをそのまま打ち重ねる。スランプは12cm。生コンの性状や締め固め方法は同じだ（写真：13ページまで特記以外は本誌）

ズームアップ ③ 橋 | 長崎57号下井牟田赤崎高架橋下部工事（長崎県）

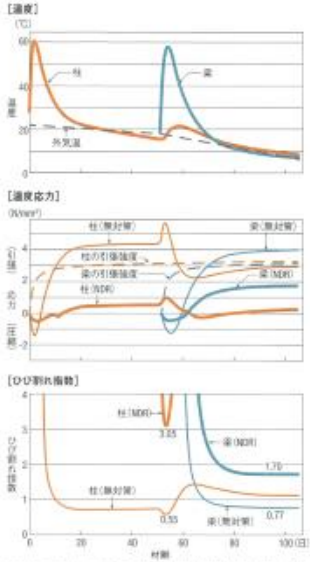
"固まらない"生コンでひび割れ防ぐ

幅23m、厚さ2.5mの壁式橋脚の柱と梁にコンクリートを打設する。温度ひび割れを防ぐために採用したのは、超遅延剤を添加して10日間も"固まらない"コンクリートだ。柱と梁の底部にそれぞれ打設して、既設コンクリートとの縁を切った。（瀬川 滋）

写真2■午前7時から始まった橋脚柱部のコンクリート打設。国道57号（写真左）に沿うように2車線の自動車専用道を設けて、仙台・塩釜方面へのアクセスを改善する。西海建設は近隣で施工した橋台1基にもNDRを採用した。右は塩釜線道

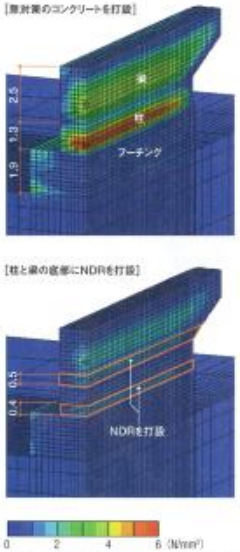
ズームアップ

図1■橋脚の柱と梁の温度解析結果



ひび割れ指数はコンクリートの引張強度を引張応力で除した値。柱と梁の底部にNDRを打設することで、ひび割れ指数はそれぞれ3.05、1.70に改善。ひび割れが発生する確率は極めて低くなる
（資料:右も日本コンクリート技術）

図2■温度応力分布の比較



柱と梁の底部にNDRを使うことで、コンクリートに作用する引張応力は柱で最大0.99N/mm²、梁で1.73N/mm²に抑えられる。いずれも引張強度を大幅に下回る

ひび割れ誘発目地が一切不要に

2016年11月下旬の午前7時。有明海の空がようやく白み始めるなか、2台のポンプ車がうなりを上げた。幅23mの壁式橋脚の梁にコンクリートを打設する工事が始まったのだ（写真1、2）。約50日前に打設を終えた橋脚の柱の上に、梁のコンクリートを6層に分けて打ち重ねる。

梁のコンクリートは、硬化時の水和熱によって打設から数日で中心温度が60℃近くまで上昇。その後、1週間ほどかけて温度を下げ、コンクリートは収縮する。このとき既設の柱に収縮を拘束されると、梁のコンクリートに引張力が作用して温度ひび割れが生じてしまう（図1、2）。

施工する西海建設（長崎市）はひび割れを防ぐため、「NDリターダー工法」を九州地方で初めて採用した。日本コンクリート技術（東京都墨田区）が開発し、全国で実績を伸ばしつつある工法だ。

梁の1層目となる高さ50cmに「NDリターダー」と呼ぶオキシカルボン酸塩系の超遅延剤を添加したコンクリート（NDR）を打設。2～6層目は温度ひび割れ対策として通常使われる膨張材と高性能AE減水剤を加えたコンクリートを打ち重ねた。

NDRが硬化し始めるのは、打設から10日も後。この間に2～6層目のコンクリートは発熱後の温度低下によって収縮するものの、1層目のNDRがまだ硬化していないので、収縮は妨げられない。その結果、ひび割れの発生を抑えられる。

西海建設は橋脚の柱のコンクリートを打設した際にも、底部の高さ40cmにNDRを採用。フーチングの既設コンクリートとの縁を切った。

脱型は打設から15日後

コンクリートの温度ひび割れを照査する指標として使われるのが「ひび割れ指数」だ。コンクリートの材齢に応じた引張強度を、その時点の収縮によって作用する引張応力で除した値だ。通常は1を下回らないように配合や打設方法を検討する。

「膨張材と高性能AE減水剤のほか、骨材に山口県産の石灰石を使うことで、ひび割れ指数を1以上にできることを確かめた」と、監理技術者を務める西海建設の野口勇氏は話す。石灰石を使えば、コンクリート1m³当たりのセメント量を20kgほど減らせ、水和熱によるコンクリートの温度上昇を抑えられる（図3）。

ただし、ひび割れ指数が1でも、50%の確率で温度ひび割れが生じる恐れがある。そこで、野口氏が発注者に施工承諾を得て採用したのがNDリターダー工法だ。コストは1割ほど増えるものの、「ひび割れ誘発目地とコンクリート表面のガラス繊維ネットでひび割れを抑えるのと費用は変わらない。しかも、目地が不要で仕上がりがきれいだ」（野口氏）。

NDRは固まるまでの間、余剰水が湧き出るので、硬化後の表面に色むらが生じやすい。西海建設は型枠の内側に透水性シートを張り、余剰水を外部へ逃した（写真3、4）。

梁を脱型したのは打設の15日後。事前にNDRの強度が14N/mm²以上あることや、コンクリートの中心部と外気温との温度差が20℃以下になっていることを確かめた。

図3 ■ 打設したコンクリートの配合表

呼び強度(N/mm²)	スランプ(cm)	粗骨材の最大寸法(mm)	単位量(kg/m³)					
			水	セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤
24	12±2.5	20	153	259	20	777	1099	1.40

セメントは高炉B種、骨材は石灰石を使う。柱と梁の底部にそれぞれ打設するコンクリート(NDR)は、膨張材と高性能AE減水剤の代わりに、超遅延剤「NDリターダー」をセメント量に対して0.95%添加する(資料:13ページも西海建設)

写真3■ NDRを打設する梁底部の側面の型枠には、余剰水の排水を促す透水性シートを張った(写真:右も西海建設)

写真4■ 柱部のコンクリートは、脱型直後も水分の蒸発を防ぐシートを張って2週間以上養生した。NDRを打設した部分は色がやや濃くなるものの、埋め戻される範囲なので美観上の問題はない

[工法開発] 材料自体を見直して引張応力を50%以上低減

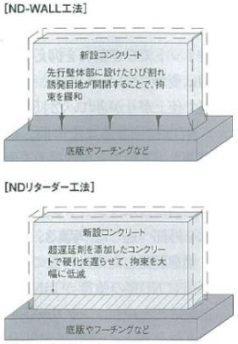
NDリターダー工法を2012年に開発した日本コンクリート技術は、その4年前に「ND-WALL工法」を開発している。

高さ30～50cmほどの「先行壁体部」にひび割れ誘発目地を2～3m間隔で設けておき、底版と同時にコンクリートを打設する。その上に後日、打設した壁体のコンクリートが収縮しても、目地が開閉して拘束を緩和できる仕組みだ(図4)。しかし、「この方法では引張応力を20%以上低減するのが難しかった」と、同社の篠田佳男社長は話す。

そこで、材料自体を見直したのがNDリターダー工法だ。超遅延剤の添加量を変えることで、壁体下端のコンクリートが硬化を始めるまでの遅延日数を1～14日に設定できる。引張応力を50%以上低減することも可能になった。現在までに国土交通省や自治体が発注したボックスカルバートや橋脚など十数件の工事で採用され、いずれも良好なひび割れ抑制効果を発揮している(写真5)。

NDRの遅延日数や打設高さは、温度解析をもとに決定。さらに、実際の生コン工場で試験練りをして、超遅延剤の添加量を定める。「超遅延剤は"劇薬"。コンクリート1m³当たりの添加量が数百グラム変わるだけで、遅延日数が倍半分になる」(篠田社長)。今後、実績が増えれば、こうした手間は減るとみられる。

図4 ■ 壁体下端の拘束を低減



(資料:日本コンクリート技術)

写真5■ 国土交通省北海道開発局が発注した工事でNDR(枠部分)を採用した例。函体の側壁だけでなく、高欄の下端にも使った(写真:玉川組)

温度解析結果を踏まえて採用

国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所建設監督官
岩屋 安彦

コンクリートはひび割れ指数が1以上となるように設計しているものの、打設時期に応じて配合などを見直し、必要な費用は認めている。施工者からはひび割れを抑えるための様々な提案があった。

NDRは温度解析の結果などを踏まえ、施工承諾として認めた。コンクリートの品質向上のためには適正な施工管理が最も重要だが、有用な新技術は今後も採用を考えていきたい。(談)

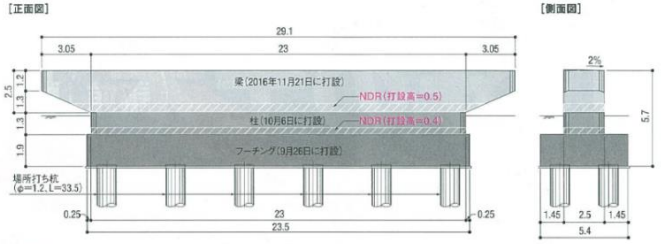
脱型するまでは不安

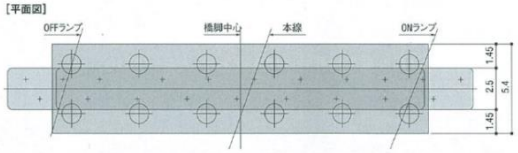
西海建設
監理技術者
野口 勇

超遅延剤は生コン工場で添加する。NDRの後に続いて出荷する通常の生コンに影響がないように、プラントを一度洗浄することになった。1日で打設する橋脚梁部のコンクリートは174m³と決して多くないにもかかわらず、打設開始が午前7時と早かったのはこのためだ。

NDRは10日間、型枠内で生コンの状態が続く。約2週間後に脱型するまでは不安だったが、問題なく施工できた。(談)

■ 橋脚の一般図





隣接する工区で別の建設会社が施工した橋脚。こちらは梁などにひび割れ誘発目地を設けている

■ 位置図

[現場概要]
■名称=長崎57号下井牟田赤崎高架橋下部工(AP3)外工事 ■施工場所=長崎県諫早市森山町 ■発注者=国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所 ■設計者=セントラルコンサルタント(AP3橋脚)、大日コンサルタント(A1橋台) ■施工者=西海建設(現場代理人:川下明弘、監理技術者:野口勇、担当技術者:河野眞由美) ■主な専門工事会社=島原稲吉建設(型枠・コンクリート)、町田工業(鉄筋)、黒木建設(土工・基礎)、児玉工業(足場・支保工)、小野田ケミコ(地盤改良) ■工期=2016年1月～12月 ■工費=1億8654万8400円(当初・税込み)、2億6096万400円(第2回変更契約・税込み) ■入札方式=総合評価落札方式(施工能力評価型I型)による一般競争入札 ■予定価格=2億1300万円(当初・税込み)

み

NDリターダー工法施工事例 （ボックスカルバート）

国土交通省北陸地方整備局発注 国道17号八色原道路その5工事（2014年）

鉄筋組立状況

透水性型枠シートの設置

コンクリートの打込み状況

完成写真（側面）

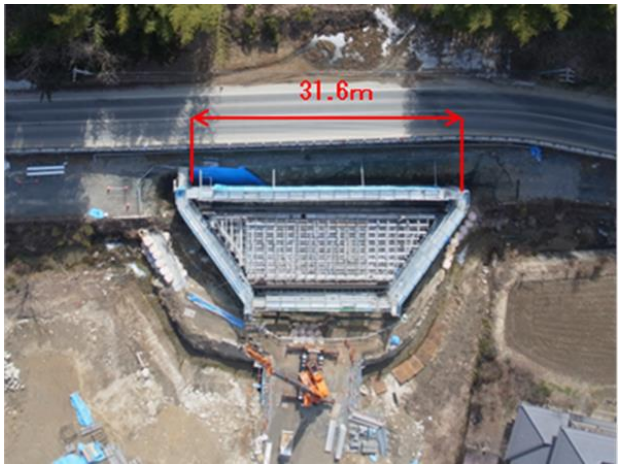
完成写真（正面）

形状寸法：側壁：スパン13.5m、高さ4.2m、厚さ70cm
備考：透水性型枠シートの有効性、ひび割れ防止を確認。日経コンストラクションに紹介記事

NDリターダー工法施工事例　（ボックスカルバート（水路））

長野県発注　平成26年度社会資本整備総合交付金（住宅）工事（2014年）

全体写真（最長スパン側の側面より）



全体写真（上空より）

完成写真（水路として供用）

形状寸法：
側壁：スパン31.6m、高さ3.8m、厚さ90cm

備考：31.6mの長スパン函渠工の施工において
ひび割れ防止を確認

NDリターダー工法施工事例 （ボックスカルバートおよび壁高欄）

国土交通省北海道開発局発注　道央圏連絡道路千歳市トプシナイ改良工事

完成写真（全体）

完成写真（側面および壁高欄）

形状寸法：

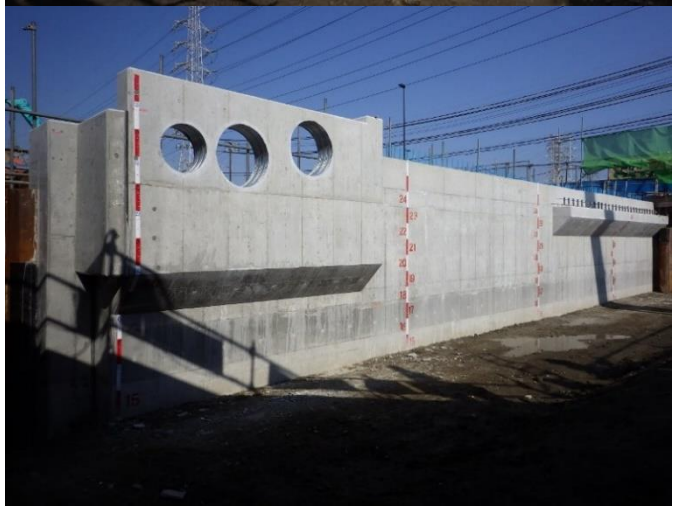
ボックスカルバート　スパン7.0 m、高さ5.2m（側壁）、厚さ120cm（側壁）・50cm（中壁）

壁高欄　スパン10.0m、高さ1.449m、厚さ25(壁部)・50cm(地覆部)

備考：ボックスカルバートと頂版上部の壁高欄に適用し、ひび割れ防止を確認。

NDリターダー工法施工事例 （道路橋下部工、橋台および橋脚）

兵庫県発注　尼崎宝塚線　大浜橋下部工工事（その3）(2015年)



完成写真（橋台）

形状寸法：スパン11.0m、高さ4.98m、厚さ140cm
備考：厚さ1.4mの壁に適用、ひび割れ防止を確認

完成写真（橋脚）

形状寸法：スパン10.1m、高さ4.8m、厚さ200cm
備考：厚さ2.0mの壁に適用、ひび割れ防止を確認

NDリターダー工法施工事例 （河川水門）

国土交通省東北地方整備局発注　旧北上川石井水門設置工事

施工状況（全体）

施工状況（竪壁）

完成写真

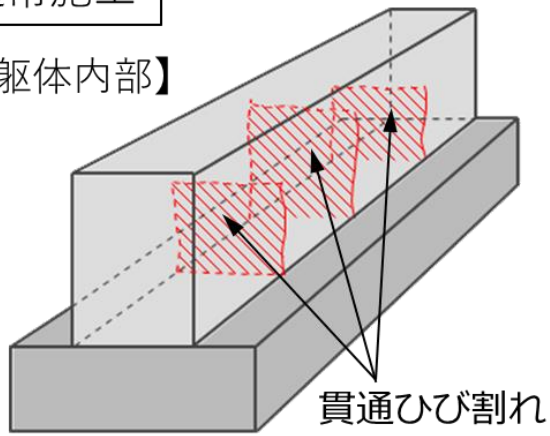
形状寸法：
竪壁：9.190m×14m（外形）、1.0～3.35m（壁厚）
備考：ひび割れ防止を確認

(4) ＮＤリーバー工法

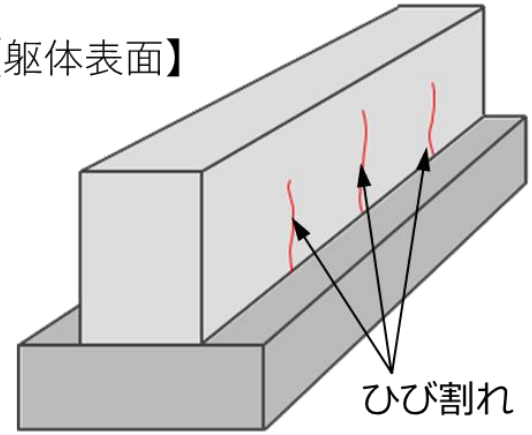
断面内部への補強鉄筋の配置により温度ひび割れを壁体内で制御

通常施工

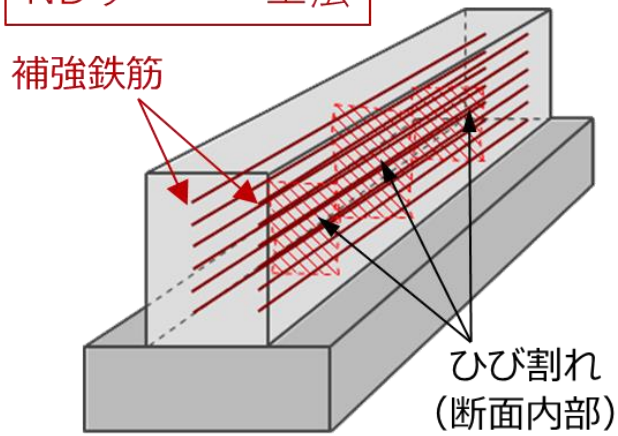
【躯体内部】



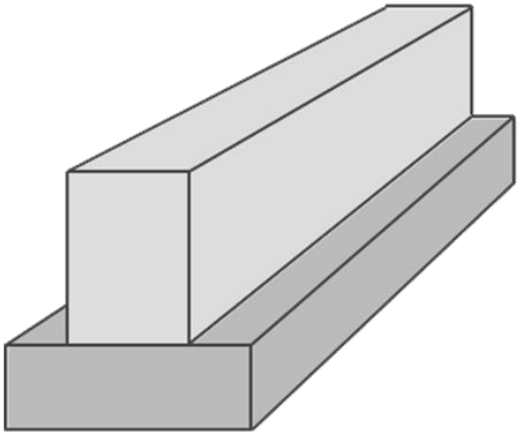
【躯体表面】



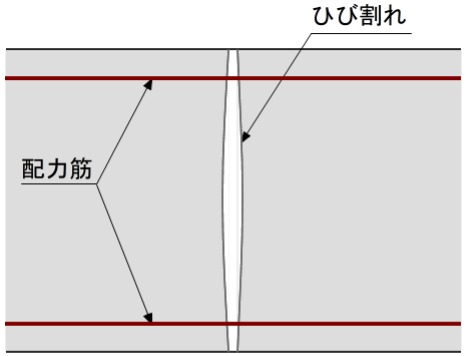
NDリーバー工法



※補強鉄筋がひび割れの
表面への進展を制御

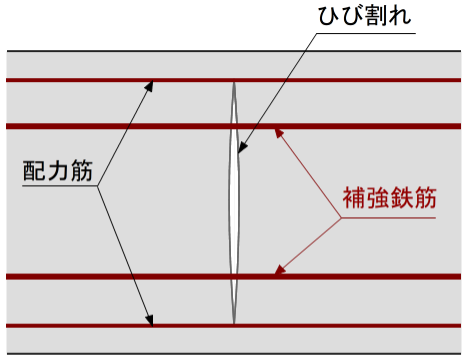


▼通常施工



※補強効果は表面付近の配力筋のみ
表面のひび割れ幅は0.2mmを超える

▼NDリーバー工法

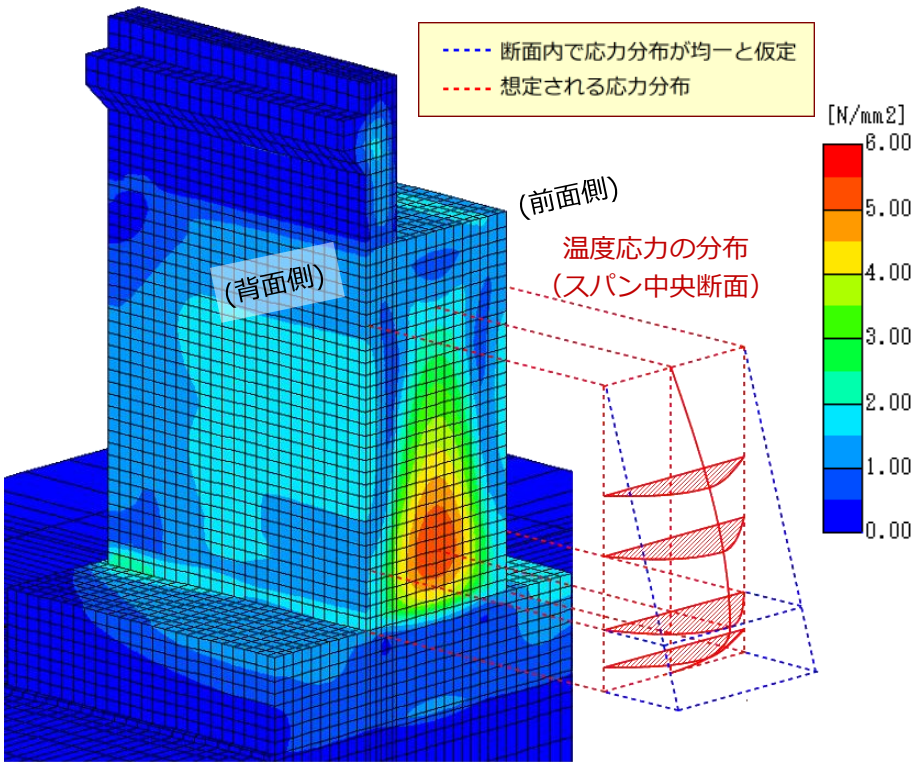


※補強鉄筋と配力筋の効果でひび割れ
は表面に達しない

NDリーバー工法の温度ひび割れ抑制メカニズム

断面内の応力は均一ではなく、解析例に示すように分布。ＮＤリーバー工法は断面内部に補強鉄筋を配置してひび割れを断面内部に留める温度ひび割れ抑制技術

■断面内の温度応力分布（温度応力解析）

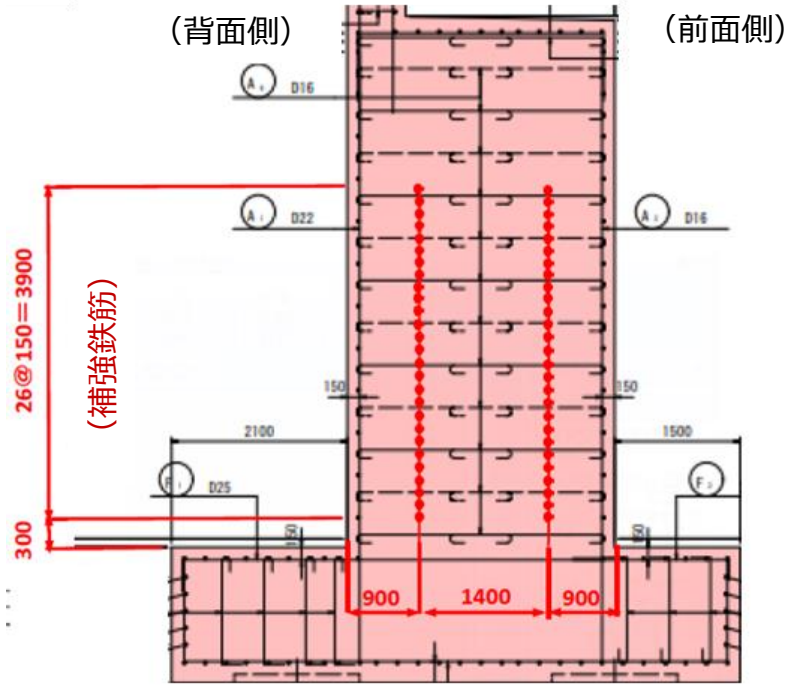


温度応力は基部付近の断面中央が最大で高さ方向、壁厚方向ともに変化する。

壁厚方向の応力分布が一様（青の点線）としてひび割れ幅を評価すると、必要鉄筋量が過大となる。

■補強鉄筋の配置

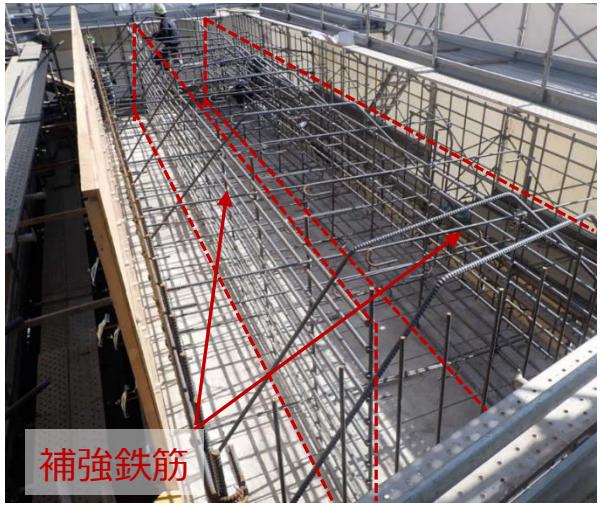
- ひび割れは断面の中央付近で発生し、表面に向かって成長。
- 補強鉄筋は、温度応力が高い位置を中心として全面側と背面側に配置。



NDリーバー工法施工事例 （道路橋下部工橋台）

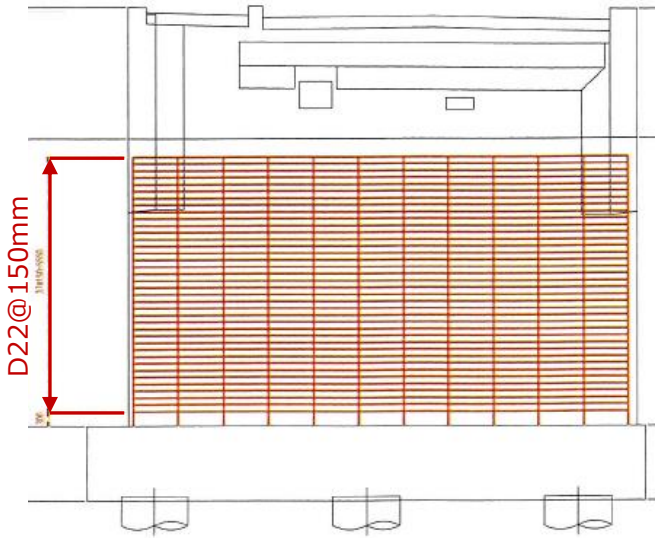
長野県発注　令和3年度社会資本整備総合交付金(広域連携)工事

▼補強鉄筋の配置状況



▼完成写真

▼補強鉄筋の配筋図



竪壁の形状寸法

壁厚：　3.2m
幅　：11.3m
高さ：　6.2m

ひび割れ抑制鉄筋

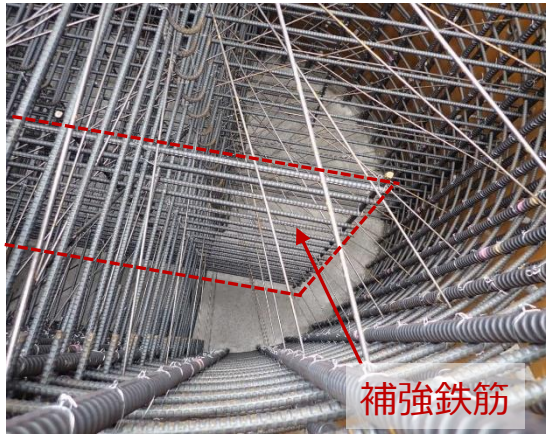
D22を150mm間隔で
表面から900mm(2列)
に配置

温度ひび割れを防止

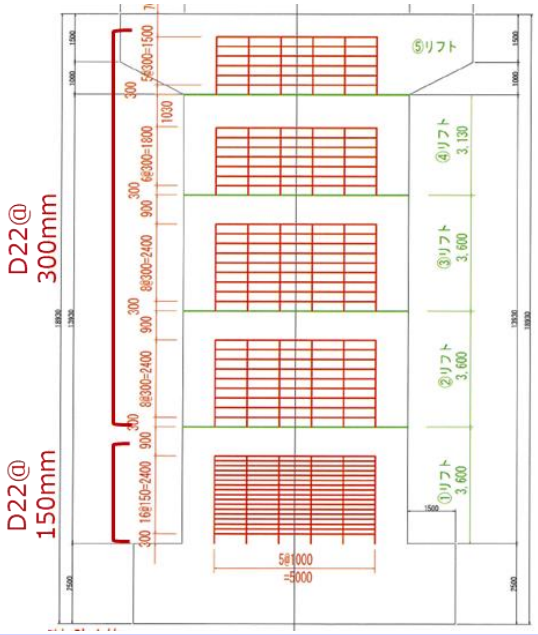
NDリーバー工法施工事例 （道路橋下部工橋脚）

長野県発注　令和3年度社会資本整備総合交付金(広域連携)工事

▼補強鉄筋の配置状況



▼補強鉄筋の配筋図



脚柱部の形状寸法

壁厚：　3.5m
幅　：　7.0m
高さ：13.9m

補強鉄筋の配置

D22を150mm間隔(1リフト)
D22を300mm間隔(2～5リフト)
表面から900mm(2列に配置)

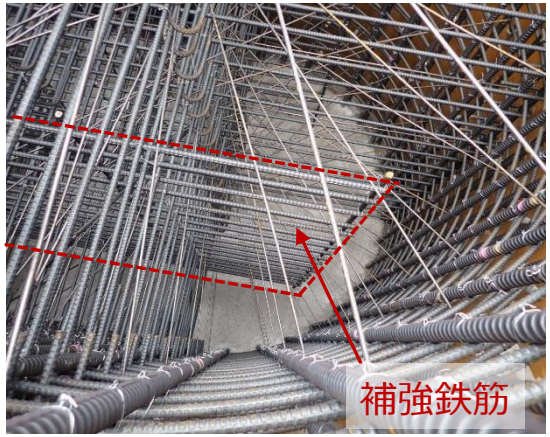
温度ひび割れを防止

▼完成写真

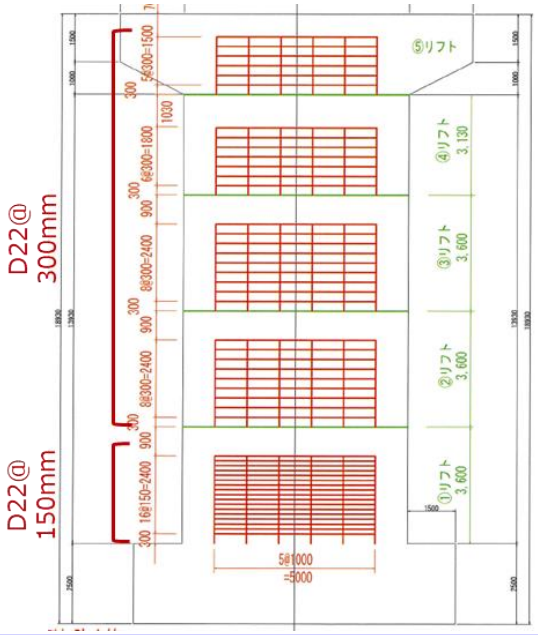
NDリーバー工法施工事例 （道路橋下部工橋脚）

長野県発注　令和3年度社会資本整備総合交付金(広域連携)工事

▼補強鉄筋の配置状況



▼補強鉄筋の配筋図



脚柱部の形状寸法

壁厚：　3.5m
幅　：　7.0m
高さ：13.9m

補強鉄筋の配置

D22を150mm間隔(1リフト)
D22を300mm間隔(2～5リフト)
表面から900mm(2列に配置)

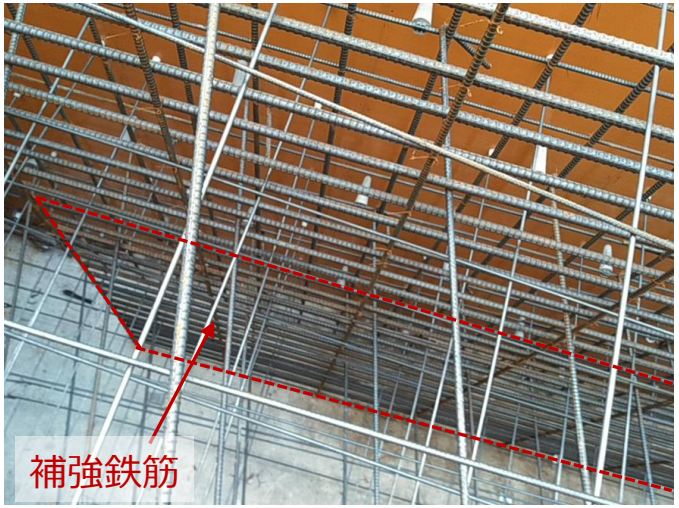
温度ひび割れを防止

▼完成写真

NDリーバー工法施工事例 （道路橋下部工橋台）

三重県発注　一般国道工事368号(上長瀬)道路改良(2号線下部工)工事

▼ひび割れ抑制鉄筋の配置状況



脚柱部の形状寸法

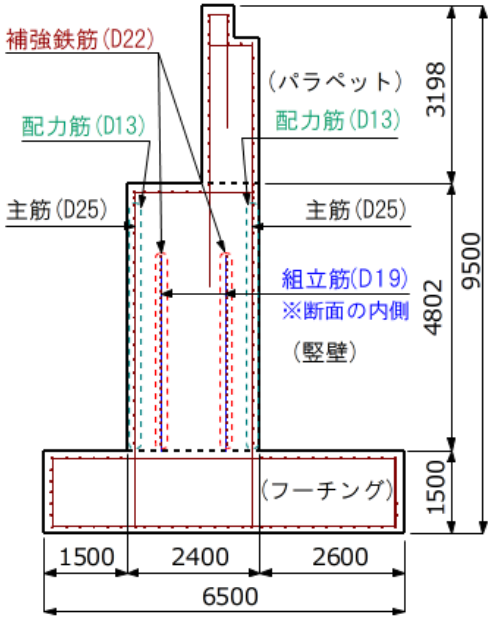
壁厚：　2.40m
幅　　：11.25m
高さ：　4.73m

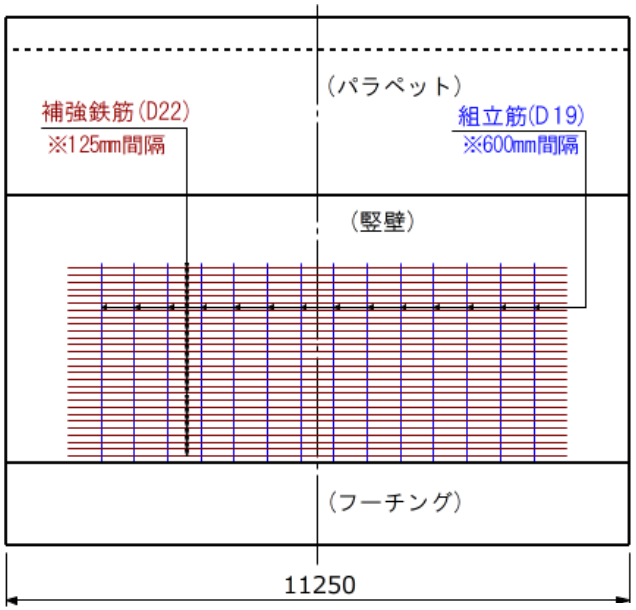
補強鉄筋の配置

D22を150mm間隔
表面から600mm
（2列に配置）

温度ひび割れを防止

▼完成写真





[補足資料1] 温度ひび割れ抑制対策の経緯

○1970年代～1980年代前半

構造物の大型化（マスコン化）に伴い、施工時のひび割れの発生原因が主に温度応力に起因することが明らかとなった。これを受け、実験や現場計測等により、現象面の把握が積極的に展開された。

○指針の刊行・示方書の規程

1986年4月　JCI「マスコンクリートのひび割れ制御指針」

・設計当初から温度ひびわれ対策を考慮すべきと、温度ひび割れの検討および対策が示された。

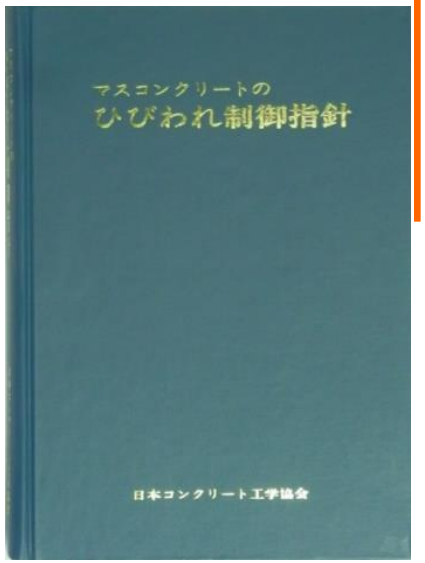
・ひび割れ間隔、鉄筋応力度に着目したひび割れ幅の評価式(長瀧・佐藤式)によるひび割れ制御が対策の一つになった。

1986年10月　土木学会「昭和61年度制定コンクリート標準示方書［施工編］15章」～JCI指針反映～

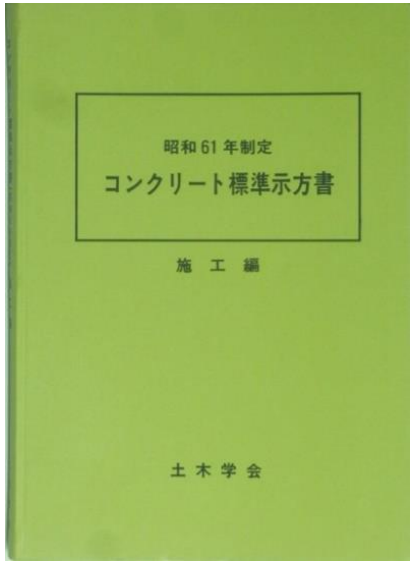
・マスコンクリートとして取り扱うべき構造物の部材寸法は、広がりのあるスラブについては厚さ80～100cm以上，下端が拘束された壁では厚さ50cm以上と考えてよいと規定

⇒最新のコンクリート標準示方書（2022年制定）まで踏襲

▼ひび割れ制御指針



▼昭和61年版標準示方書



2007年12月　土木学会「2007年制定コンクリート標準示方書
［設計編］」

・セメントの水和熱に起因する初期ひび割れが、構造物の所要の性能（安全性、使用性、耐久性、美観など）に影響を与えないように、設計段階から検討しておくことの重要性を鑑み、温度ひび割れの照査を［施工編］から［設計編］に移管。

2008年　JCI「マスコンクリートのひび割れ制御指針2008」
⇒2012年制定 土木学会標準示方書[設計編]に踏襲

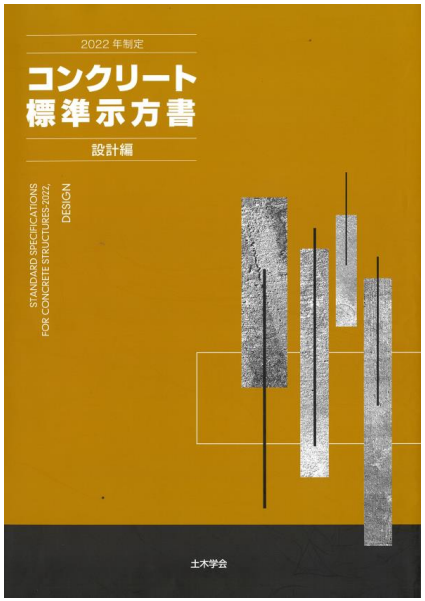
2016年　JCI「マスコンクリートのひび割れ制御指針2016」
⇒2017年制定 土木学会標準示方書[設計編]に踏襲

2022年12月　土木学会「2022年制定コンクリート標準示方書
［設計編］」

・ひび割れ発生確率は構造物中のコンクリートの引張強度を引張応力が超える確率と再定義し、対策レベルに対応する安全係数の決定方法を改訂

▼ひび割れ制御指針2016

▼2022年版標準示方書



[補足資料2] 温度ひび割れの照査

◆ひび割れ発生に対する照査

(1) ひび割れ発生に対する照査は、検討期間中のひび割れ指数の最小値を用いて式（2.1.1）により行うことを原則とする。

$$I_{cr}(t) \geqq \gamma_{cr} \quad \cdots \text{式（2.1.1）}$$

ここに，$I_{cr}(t)$ ：ひび割れ指数

$I_{cr}(t) = f_{ck}(t) / \sigma_t(t)$

$f_{ck}(t)$ ：材齢 t日における構造物中のコンクリートの引張強度

$\sigma_t(t)$ ：材齢 t日における構造物中のコンクリートの最大主引張応力度

γ_{cr} ：目標とするひび割れ発生確率に対応した安全係数

(2) 安全係数 γ_{cr} を計算するために、要求する対策レベルに応じて目標とするひび割れ発生確率を定めるものとする。一般に、表（2.1.1）を参考にするとよい。

表2.1.1　一般的な配筋の構造物における対応レベルに応じた標準的な目標とするひび割れ発生確率

対策レベル	ひび割れ発生確率
ひび割れの発生を防止したい場合	5（%）
ひび割れの発生を制限したい場合	15（%）
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	50（%）

◆標準的なひび割れ発生確率と安全係数

【2017年制定示方書】

表2.1.1　一般的な配筋の構造物における標準的なひび割れ発生確率と安全係数 γ_{cr}

対策レベル	ひび割れ発生確率	安全係数 γ_{cr}
ひび割れ防止したい場合	5（%）	1.85以上
ひび割れの発生をできる限り制限したい場合	15（%）	1.40以上
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	50（%）	1.0以上

改 訂

【2022年制定示方書】

表2.1.1　一般的な配筋の構造物における標準的なひび割れ発生確率と安全係数 γ_{cr}

対策レベル	ひび割れ発生確率	安全係数 γ_{cr}
ひび割れの発生を防止したい場合	5（%）	1.45以上
ひび割れの発生を制限したい場合	15（%）	1.25以上
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	50（%）	1.0以上

◆温度ひび割れ幅の照査

標準示方書[設計編：本編]　6編 温度ひび割れに対する照査

外部拘束が卓越する場合の最大ひび割れ幅W_cは、解説 図2.2.1および式（解2.2.1）を用いて算定。　【2017年版】

【2017年版】

$$w_c = \gamma_a \left(\frac{-0.141}{p} + 0.0938 \right) \times (I_{cr} - 1.965) \quad \cdots \text{式(解 2.2.1)}$$

改 訂

【2022年版】

$$w_c = \gamma_a \left(\frac{-0.18}{p} + 0.12 \right) \times (I_{cr} - 1.54) \quad \cdots \text{式(解 2.2.1)}$$

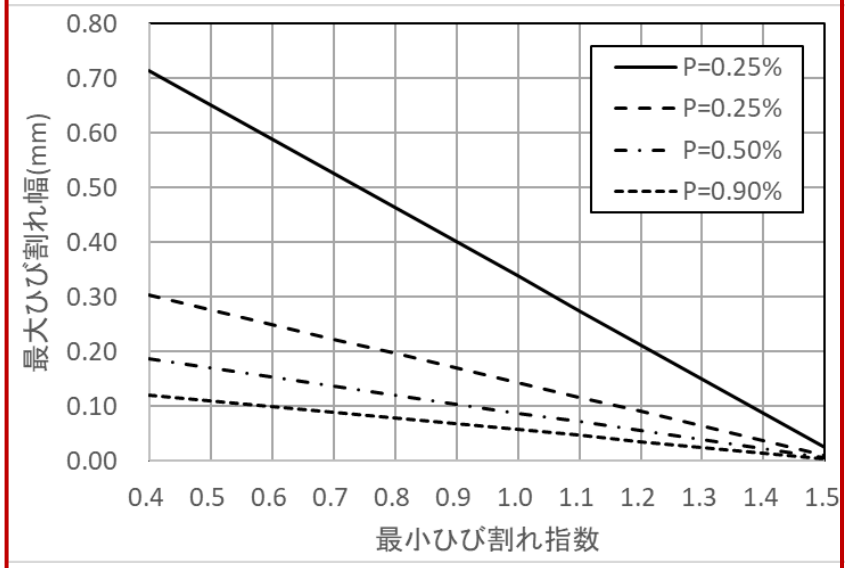
ここに，W_c ：最大ひび割れ幅(mm)

p ：鉄筋比(%)であり、適用範囲は0.25%～0.9%とする。

γ_a ：温度ひび割れの幅を評価するための安全係数であり、一般に1.0としてよい。

I_{cr} ：最小ひび割れ指数

【2022年版】



最大ひび割れ幅とひび割れ指数の関係