

補強鉄筋の最適配置による
温度ひび割れの抑制技術

NDリーバー工法

(NETIS登録番号 CB-240006-A)

(特許: 第7675050)

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)

技術資料内容

NDシリーズ⇒温度ひび割れ対策の決定版

1. NDリーバー工法とは
2. 従来の温度ひび割れ制御
 - (1) 温度ひび割れ制御に関する従来の考え方
 - (2) 外部拘束による温度ひび割れの評価
 - (3) 橋台の配筋例
3. NDリーバー工法による温度ひび割れ制御
 - (1) 表面ひび割れの防止
 - (2) 補強鉄筋の配置
 - (3) 補強鉄筋の挙動（現場計測による確認）
 - (4) 温度ひび割れの分散
 - (5) 温度ひび割れの防止事例
4. NDリーバー工法の適用実績

1. 温度ひび割れについて

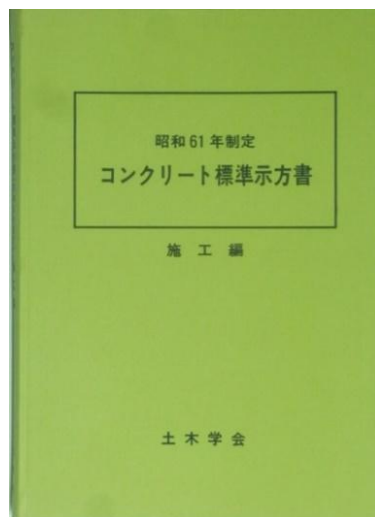
(1) 基本思想の変遷（コンクリート標準示方書）

昭和61年(1986年)制定版： **施工編**において「**下端が拘束された壁では50cm以上**」がマスコンクリートと定義され、最新の示方書でも同一の記述となっている。

2007年制定版： **温度ひび割れの照査**が**設計編**に移行。**設計段階**において**温度応力解析**を行い、適切な対策を明確にすることを前提としている。

2022年制定版： 温度ひび割れの**照査方法が大幅に改訂**された（p.5-p.7参照）。施工前に詳細な検討を実施し対策を講じなければならない。

▼昭和61年制定版[施工編]



▼2007年制定版[設計編]

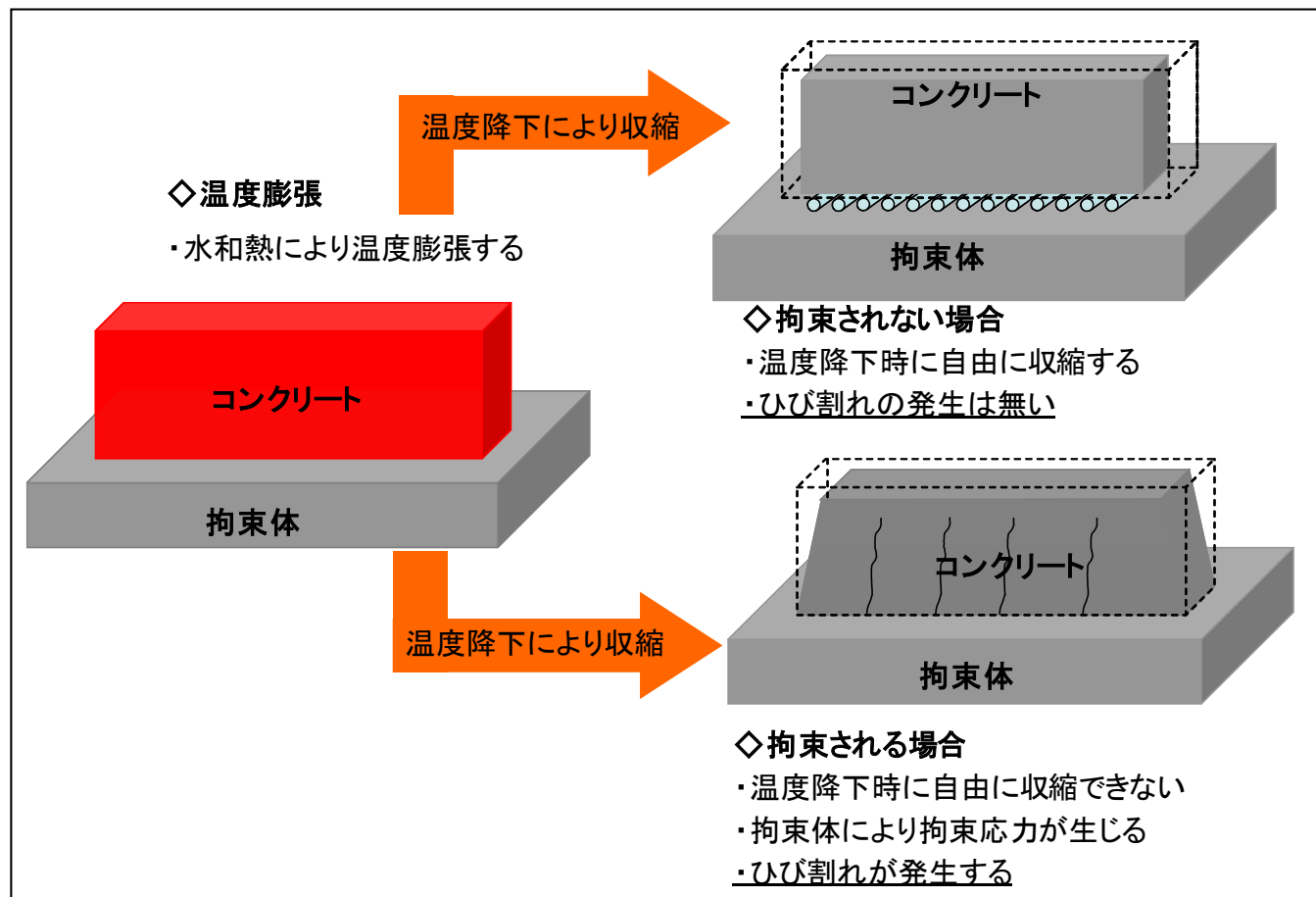


▼2022年制定版[設計編]



(2) 外部拘束による温度ひび割れの発生メカニズム

コンクリートの熱変形が下端から拘束されない場合は、温度ひび割れは発生しない。コンクリートの熱変形が下端から拘束される（外部拘束）と、コンクリートに引張応力が生じ、貫通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**ほぼ縦方向に発生し、幅0.2 mmを超え断面を貫通するひび割れ**として表面化する。

(3) 2022年制定版標準示方書に基づくひび割れ照査

◆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。

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

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 γ_{cr}

安全係数 γ_{cr} とひび割れひび割れ発生確率 P (γ_{cr})の関係式を式(2.1.4)に修正。このことに伴い γ_{cr} と P (γ_{cr}) の関係 (図2.1.1) を修正

$$P(\gamma_{cr}) = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \operatorname{erf} \left(\frac{1 - \gamma_{cr}}{0.21 \sqrt{1 + \gamma_{cr}^2}} \right) \right\} \times 100$$

…式(2.1.4)

γ_{cr} : 目標とするひび割れ発生確率
に対応した安全係数
 $P(\gamma_{cr})$: 目標とするひび割れ発生確率

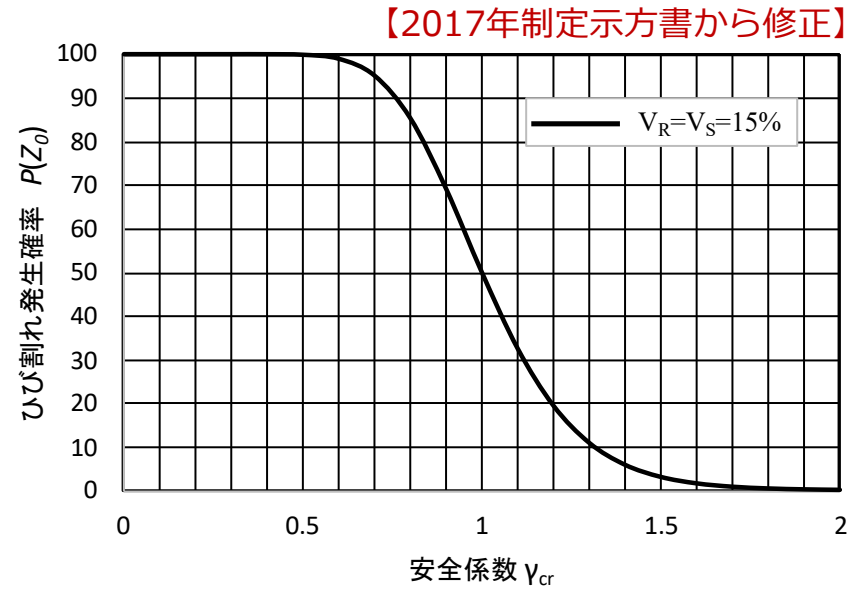


図2.1.1 安全係数 γ_{cr} とひび割れ発生確率

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 *1
ひび割れの発生を制限したい場合	15 (%)	1.25以上 *2
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

【修正事項】 安全係数 γ_{cr} ※1 2017年版では「1.85以上」 ※2 2017年版では「1.40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。

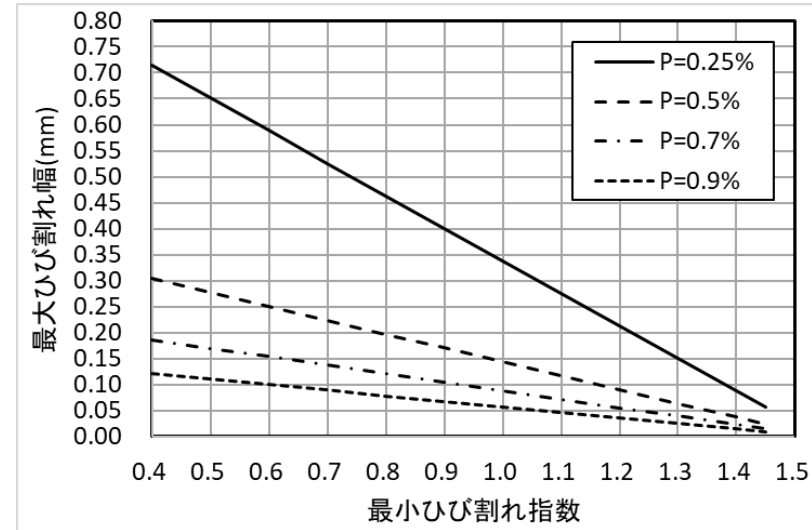
$$W_c = \gamma_a \left(\frac{-0.18}{p} + 0.12 \right) \times (I_{cr} - 1.54) \cdots \text{式(解 2.2.1)}$$

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



解説 図2.2.1 最大ひび割れ幅とひび割れ指数の関係

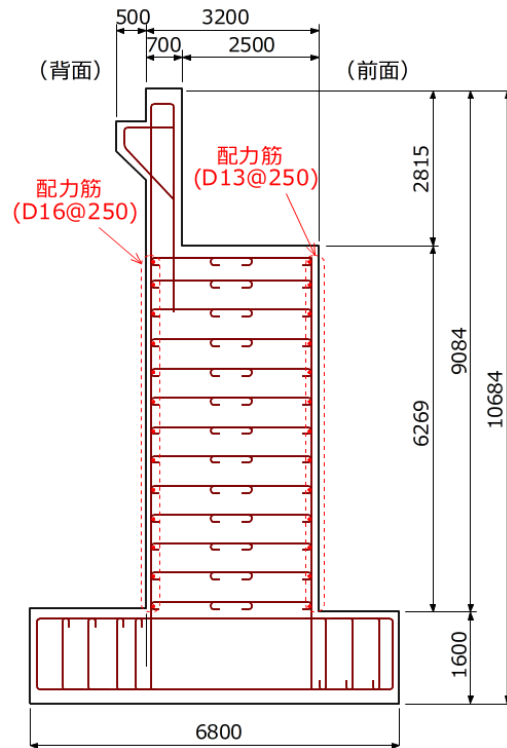
補強鉄筋量の評価

下端が拘束された幅1.0mの壁体の場合について補強鉄筋量を評価する。

- ・ 最小ひび割れ指数は概ね0.7以下（ひび割れ発生確率：95%以上）で、断面を貫通する有害なひび割れが発生する。
- ・ 温度ひび割れに直交する配力筋の鉄筋比は、例えば橋脚では0.1%以下の場合が多い。
- ・ ひび割れ幅を0.2mm以下に制御するために必要な鉄筋比は0.56%以上となる。従って、補強鉄筋の鉄筋比は5.6倍（= 0.56/0.1）以上となる。

(4) 温度応力解析事例 (橋台)

▼橋台の断面図



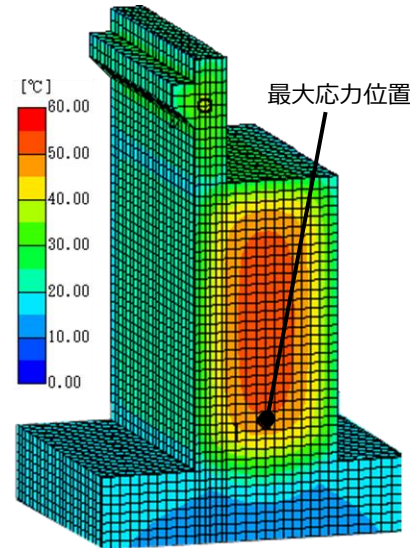
縦壁幅：11.3m

配力筋の配置：

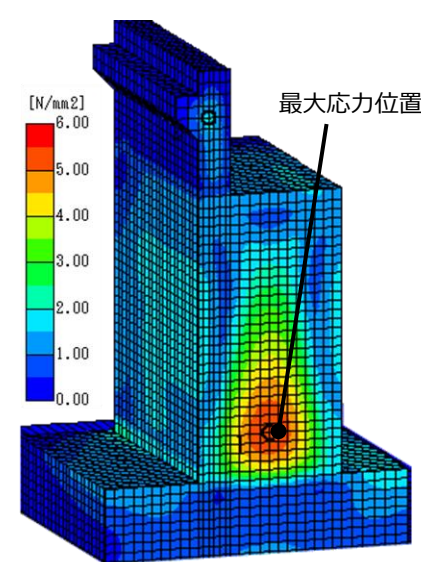
D13を25cm間隔(前面) $p=0.016\%$

D16を25cm間隔(背面) $p=0.025\%$

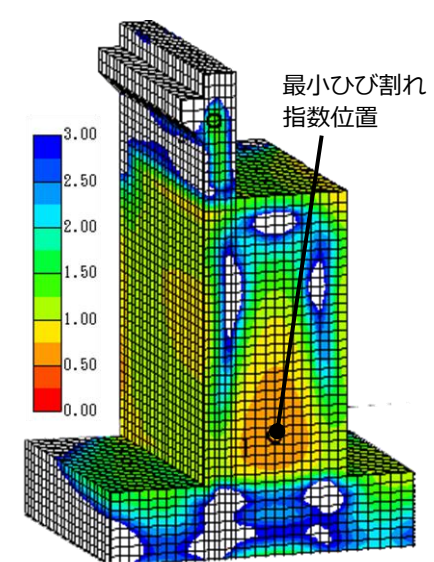
▼温度分布図



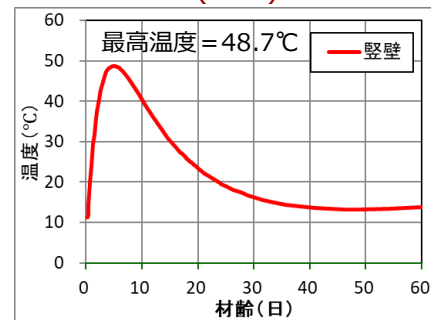
▼応力分布図



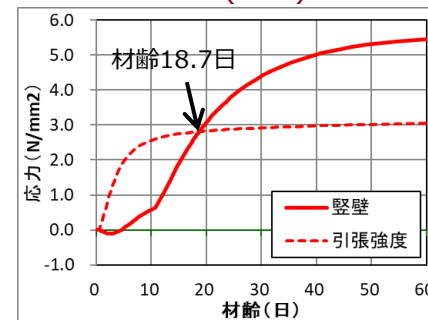
▼ひび割れ指数分布図



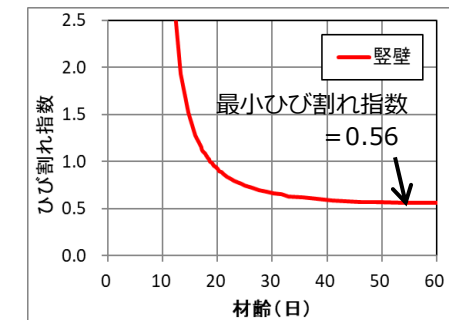
▼温度履歴図(縦壁)



▼応力履歴図(縦壁)



▼ひび割れ指数履歴図(縦壁)



【温度】 断面内部の温度は11.2℃(打込み温度)から48.7℃まで37.5℃上昇。

【温度応力】 断面下部の中央部付近で温度応力が卓越。ひび割れは中心部で発生し表面方向に伸展する。

【補強鉄筋量】 最小ひび割れ指数は0.56。配力筋の鉄筋比が0.041%のため0.3mm以上のひび割れが発生。ひび割れ幅を0.2mm以下に制御するためには、鉄筋比を0.6% (15倍程度) まで増量する必要がある。

3. 温度ひび割れ抑制・防止工法『NDシリーズ』

(1) 『NDシリーズ』開発・実用化

温度ひび割れ抑制・防止対策『NDシリーズ』として、以下の3つの工法を開発・実用化し、NETIS・特許を取得。

工 法	概 要	NETIS・特許
ND-WALL工法	・収縮低減目地の設置を設置して外部拘束を低減し、温度ひび割れを抑制。 ・温度応力の低減効果は20%程度のため、より効果的な対策としてNDリターダー工法の適用を推奨。	TH-090005-VR
NDリターダー工法	・水和熱抑制型超遅延剤「NDリターダー」を使用し、外部拘束による温度応力が50%以上低減。	TH-120031-VE
NDリーバー工法	・断面内部に補強鉄筋を配置することにより、表面ひび割れを抑制・防止。 ・壁厚1.2m以上の大断面構造物の温度ひび割れ抑制対策に最適。	CB-240006-A 特許：第7675050号



壁厚1.2m以上の大断面構造物については、補強鉄筋を0.15～0.3%程度（鉄筋比）追加するだけの簡易な方法で施工できるNDリーバー工法を決定版として推奨。

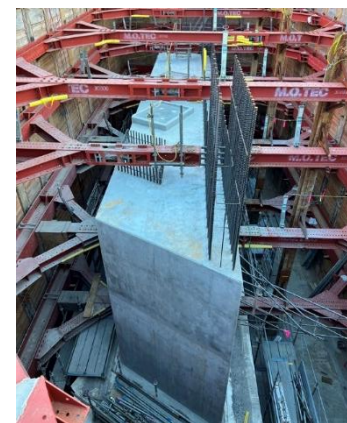
4. NDリーバー工法とは

No crack : ひび割れの制御・防止
Durability : 耐久性の向上
Reinforcing bars : 補強鉄筋の有効活用

大断面構造物の温度ひび割れ抑制・防止工法の決定版

- ・ 温度ひび割れが温度応力が卓越する断面内部で発生することに着目
- ・ 補強鉄筋を最適位置に配置し、温度ひび割れを抑制・防止
- ・ 施工性および経済性に優れた温度ひび割れ対策技術・工法

主な適用事例



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 [左側：橋台、右側：橋脚]

三重県発注 一般国道
368号(上長瀬)道路改
良(2号線下部工)工事

長野県発注 令和4年度防災
・安全交付金(道路)工事

東日本高速道路(株)発注
首都圏中央連絡自動車道
松尾工事

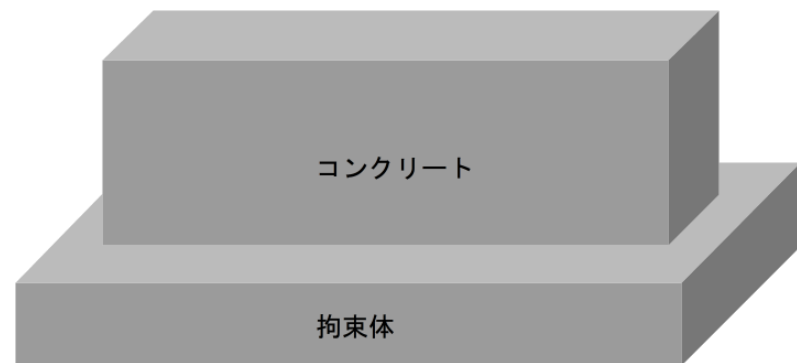
国土交通省発注
令和6年度 三遠南信6号
橋床版工事

2. 従来の温度ひび割れ制御

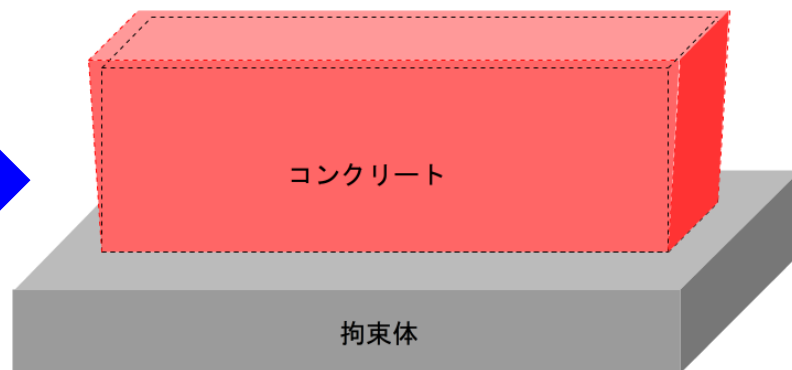
(1) 温度ひび割れに関する既往の考え方

初期材齢時のセメント水和熱により断面内部で温度上昇するため、**下端が拘束される厚さ50cm以上の壁**は貫通ひび割れが発生しやすい。

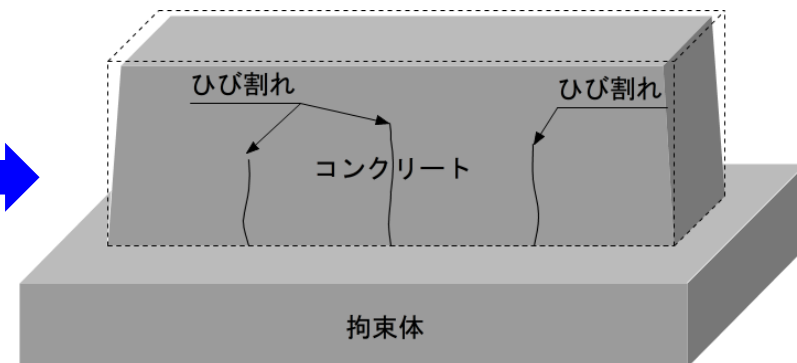
①コンクリート打込み時



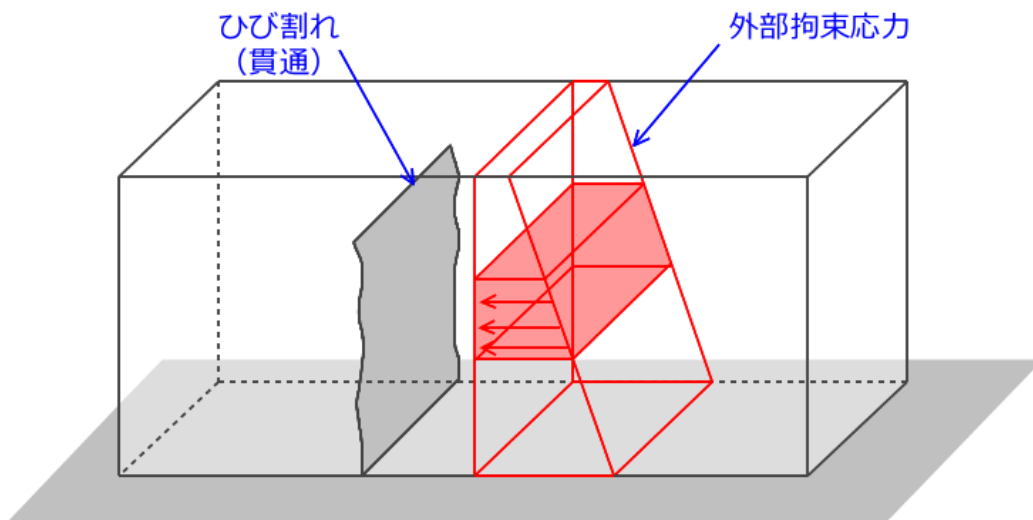
②温度上昇時 コンクリートが膨張変形



③温度降下時 コンクリートの収縮変形が下端で拘束され、ひび割れが発生



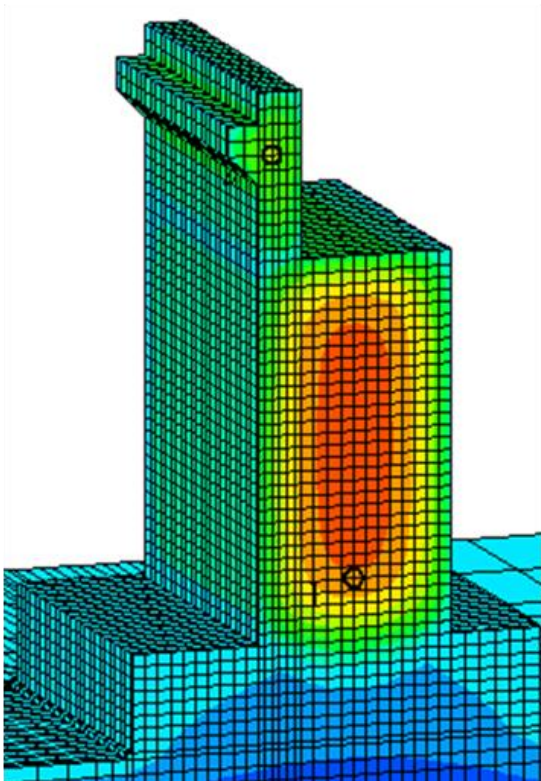
▼外部拘束によるひび割れ制御（従来の考え方）



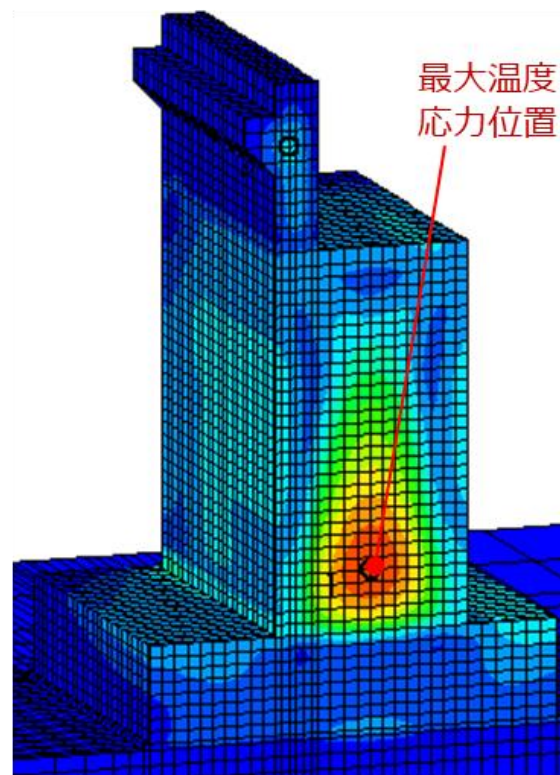
(2) 外部拘束による温度ひび割れの評価 (現在の考え方)

マスコンクリートは断面内部で温度が上昇し、温度応力が下端付近で増大する。

▼温度分布図

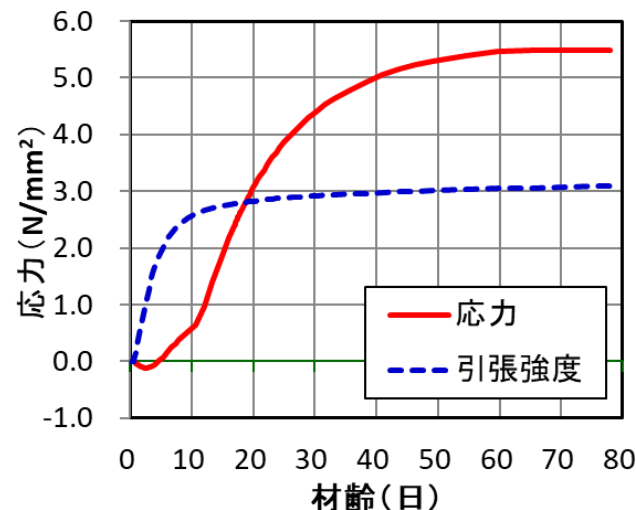


▼温度応力分布図

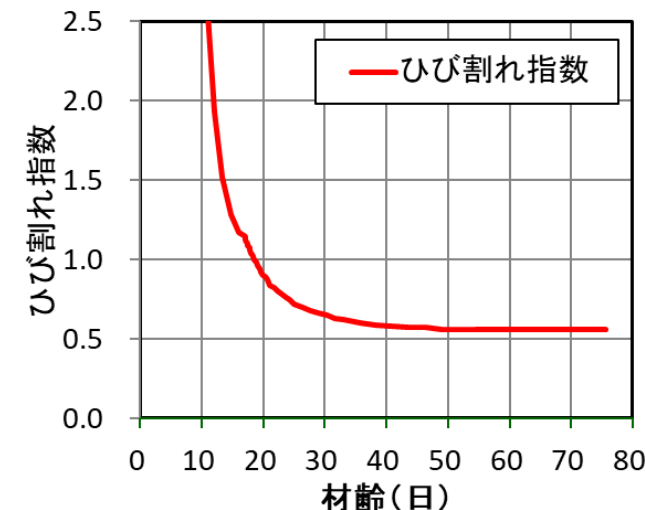


温度ひび割れの幅 W_c は I_{cr} (最小ひび割れ指数) と p (鉄筋比) で算定し、ひび割れ制御対策が行われる。

▼解析結果 温度応力(σ_1)の履歴



▼ひび割れ指数(F_t/σ_1)の履歴



▼土木学会標準示方書(2022年制定)によるひび割れ幅の評価式

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

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。

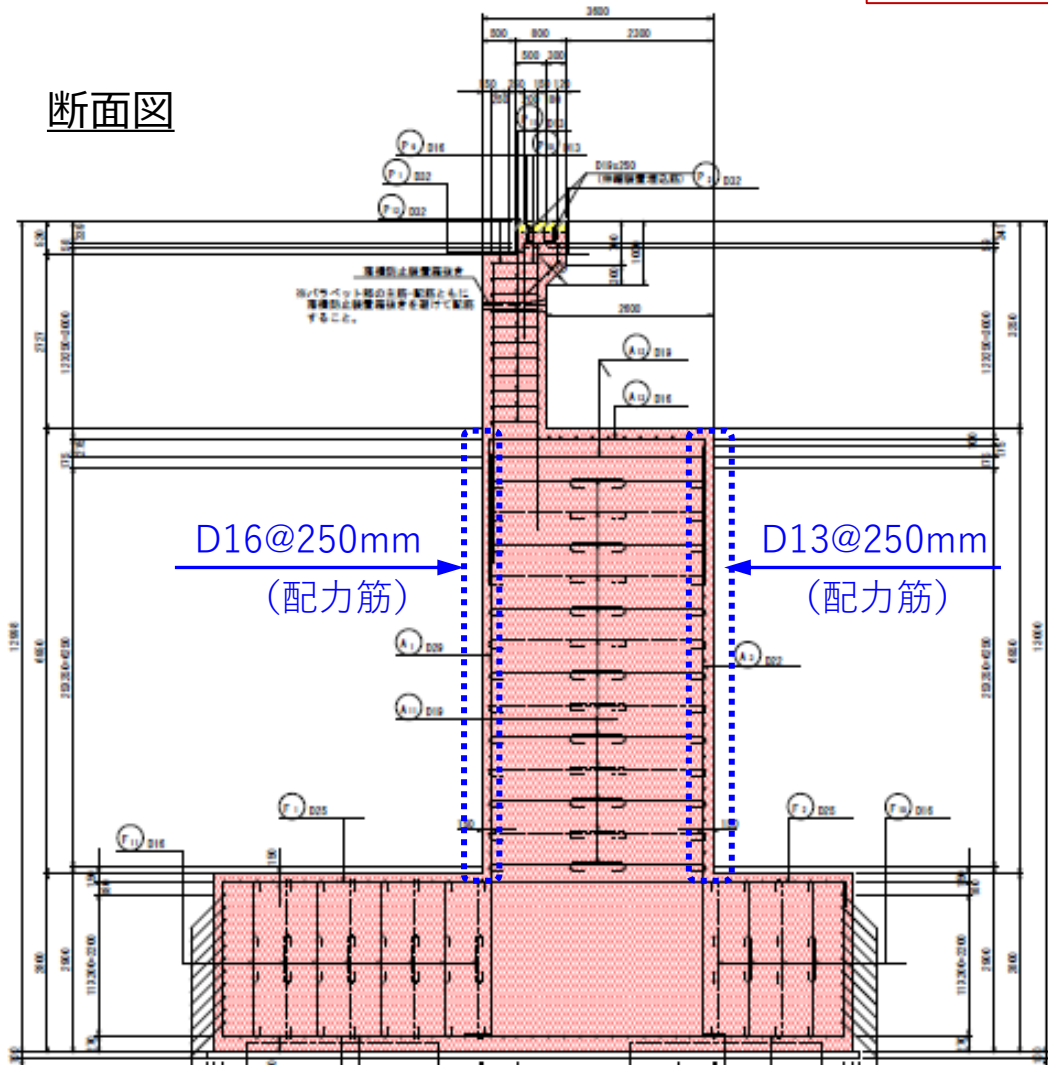
γ_a : 温度ひび割れの幅を評価するための安全係数であり、一般に1.0としてよい。

I_{cr} : 最小ひび割れ指数

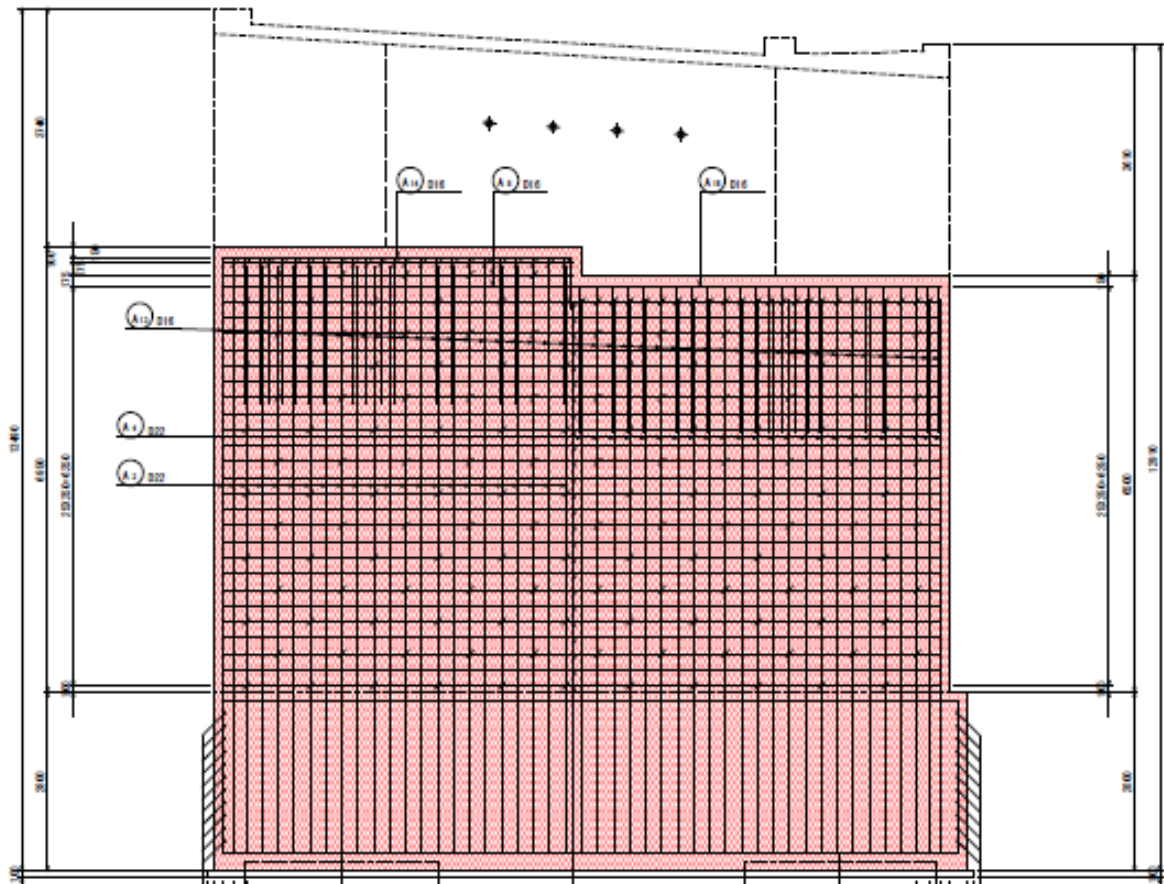
(3) 橋台の配筋例

温度ひび割れを制御する鉄筋は、横方向の配力筋でD16(またはD13)が250mm間隔と0.1%以下の低鉄筋比となるため、ひび割れは幅0.2 mm以上となる。

断面図



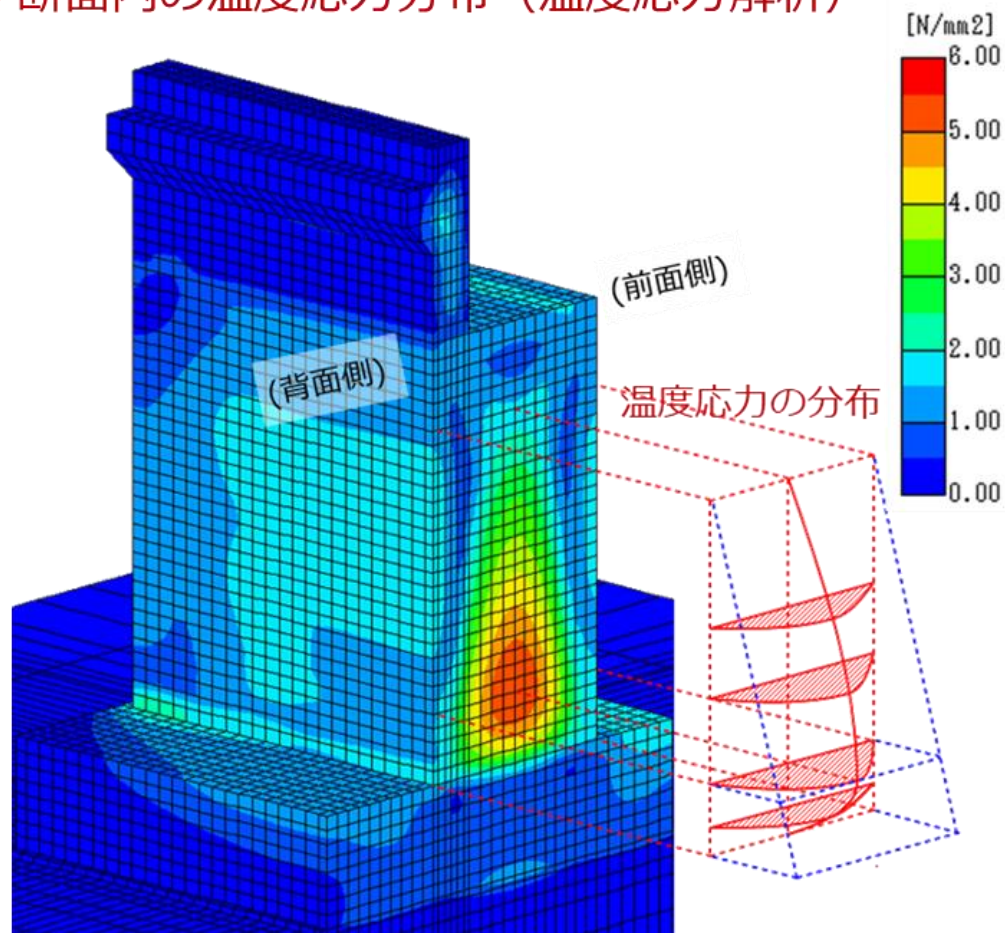
側面図



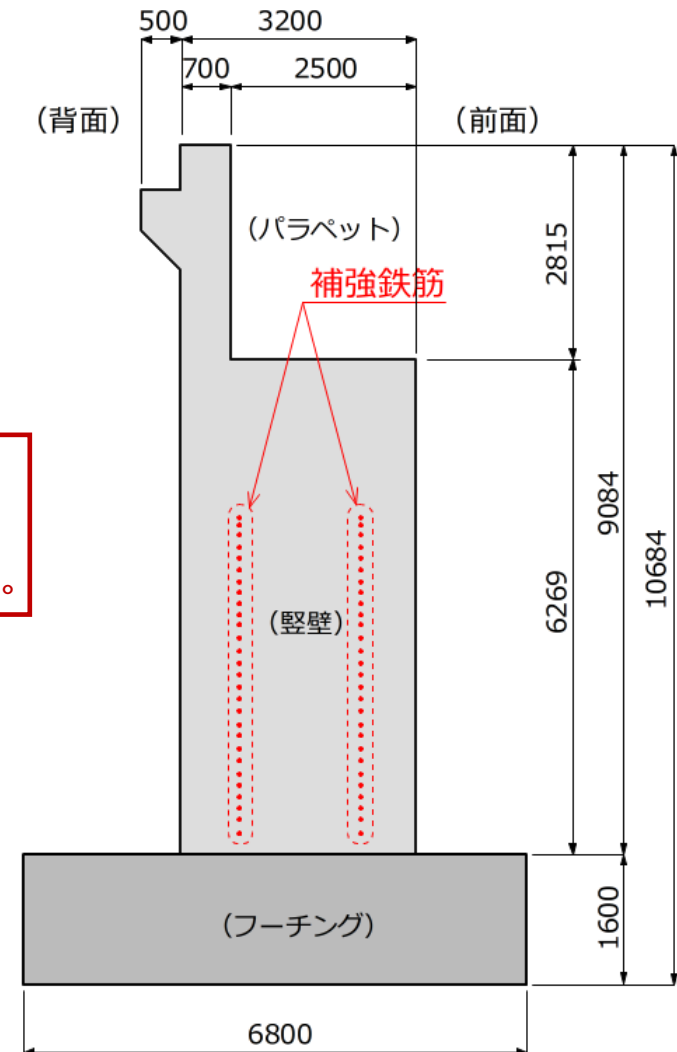
NDリーバー工法による温度ひび割れの抑制・防止メカニズム

NDリーバー工法においては、**温度応力が卓越する壁体内部に補強鉄筋を配置し**、**壁体内部で温度ひび割れを制御**することにより**表面ひび割れを防止**。**補強筋の評価**は従来の最小ひび割れ指数でなく、**応力が引張強度に達する1.0程度**で行う。

▼断面内の温度応力分布（温度応力解析）



温度応力が卓越する箇所に補強鉄筋を配置する。

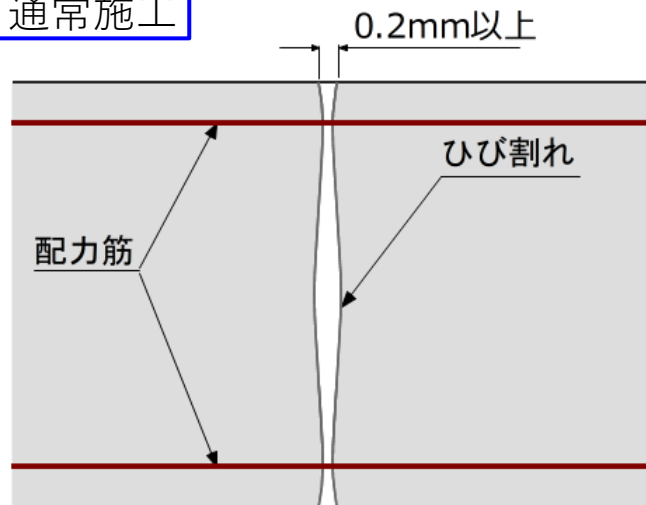


3. NDリーバー工法による温度ひび割れ制御

(1) 表面ひび割れの防止

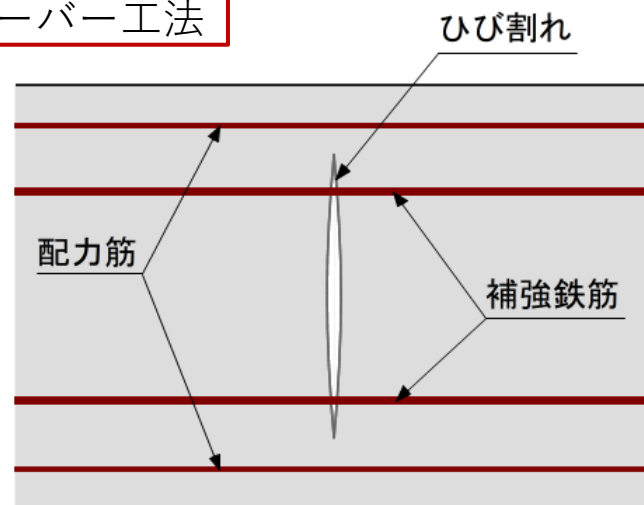
NDリーバー工法は、内部の補強鉄筋でひび割れを制御し、表面ひび割れを防止。従来は配力筋位置の補強筋でひび割れ制御。

通常施工



※補強効果は配力筋のため、ひび割れは表面に到達し、幅も0.2mmを超える

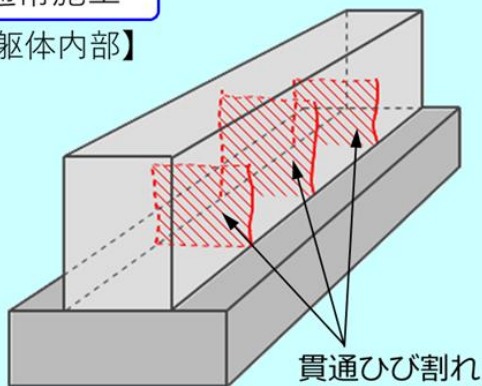
NDリーバー工法



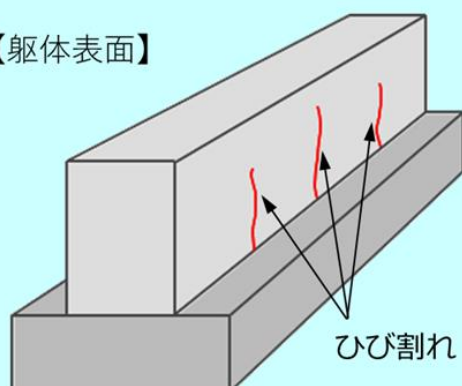
※応力の増加にともないひび割れは成長するが補強鉄筋の抑制効果で表面に達しない。

通常施工

【躯体内部】

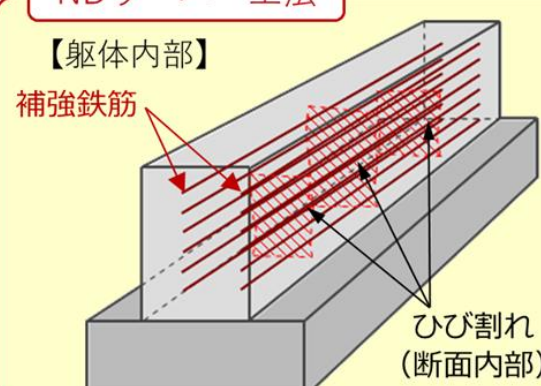


【躯体表面】

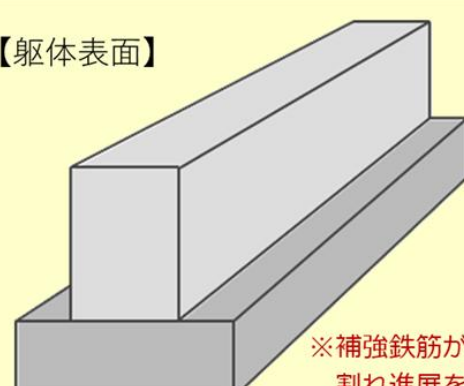


NDリーバー工法

【躯体内部】



【躯体表面】

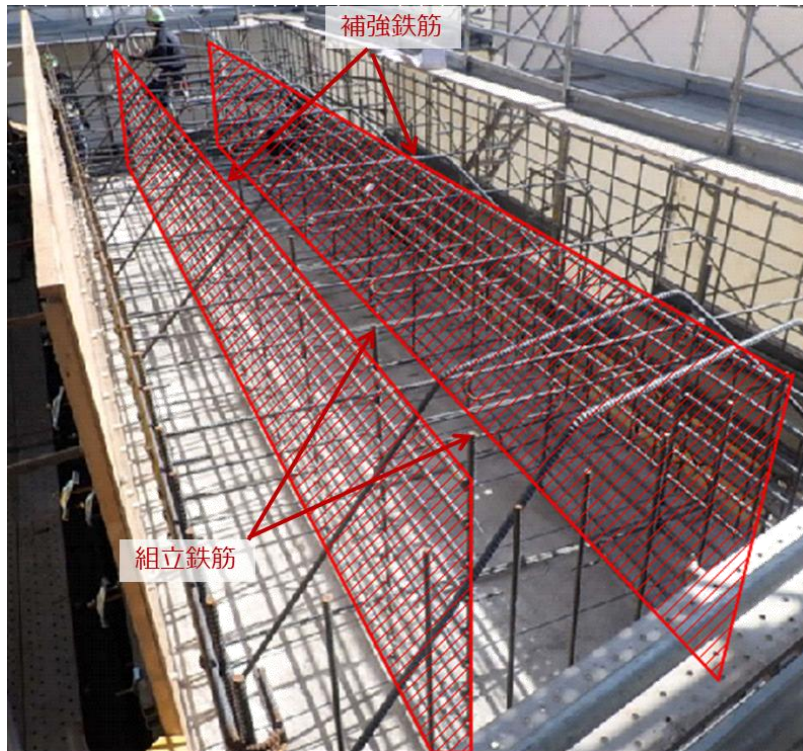


※補強鉄筋がひび割れ進展を制御

(2) 補強鉄筋の配置（橋台豎壁部への適用事例）

補強鉄筋は追加鉄筋比が0.15～0.30%程度と少なく、容易に組立・設置ができるため、**施工性・経済性に優れる。**

▼補強鉄筋の配置状況



豎壁の形状寸法

壁厚：3.2m
幅：11.3m
高さ：6.27m

▼完成写真



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



4. NDリーバー工法の適用実績（一覧）

※令和8年6月現在 青字は施工中

No	年度	発注者	工事名	地域	構造物	構造物諸元
1	2022	長野県 飯田建設事務所	令和3年度社会資本整備総合交付金 （広域連携）工事	長野県	橋台	幅：11.3m、高さ：6.27m 壁厚：3.2m
2	2022	長野県 飯田建設事務所	令和3年度社会資本整備総合交付金 （広域連携）工事	長野県	橋脚	幅：7.0m、高さ：13.9m 壁厚：3.5m
3	2023	三重県 伊賀建設事務所	令和4年度社会資本・国大A010-48分 0003号一般国道368号 （上長瀬）道路改良（2号線下部工）工事	三重県	橋台	幅：11.25m、高さ：4.8m 壁厚：2.4m
4	2024	長野県 飯田建設事務所	令和4年度 防災・安全交付金 （道路）工事	長野県	橋台	幅：11.5m、高さ：6.5m 壁厚：2.4m
5	2024	東日本高速道路(株) 関東支社千葉工事事務所	首都圏中央連絡自動車道松尾工事	千葉	橋台	幅：15.2m、高さ：5.97m 壁厚：2.9m
6	2025	宮崎県 西臼杵支庁	令和4年度交付建設 第36-13-2号 竹田五ヶ瀬線 波帰之瀬工区 （仮称）線波帰之瀬橋 橋梁下部工(P2)工事	宮崎	橋脚 （基部）	平面：8m×8m、 高さ：5.4m（充実部）
7	2025	千葉県 銚子土木事務所	社会資本整備総合交付金工事（八木拡幅函渠工その3）	千葉県	函渠工 （側壁）	内空：12m×5.4m、スパン15m 壁厚：1.5, 1.6, 1.8m
8	2025	国土交通省中部地方整備局 新丸山ダム工事事務所	令和6年度 新丸山ダム国道418号 7号橋 潮見下部工事	岐阜県	橋脚 （基部）	平面：5.5m×5m、 高さ：3.5m（充実部）
9	2025	関東鉄道(株)	都市計画道路玉戸・一本松線と関東鉄道常総線との交差部に 係る跨線橋設置工事（橋梁下部工）	茨城県	橋脚	幅：7.5m、高さ6.4m、 壁厚：2.5m
10	2025	国土交通省中部地方整備局 飯田国道事務所	令和6年度 三遠南信富田道路建設工事	長野県	橋台	幅：10.2m、高さ4.13m、 壁厚：2.5m
11	2025	栃木県 大田原土木事務所	令和7年度 橋脚下部工事 西那須線 西遅沢その1（快安道補）	栃木県	橋脚	幅：9.4m、高さ：5.8m 壁厚：2.0m
12	2026	国土交通省北海道開発局 網走開発建設部	一般道路39号北見市緋牛内IC橋下部工事	北海道	橋台	幅：11.5m、高さ：8.7m 壁厚：2.0m

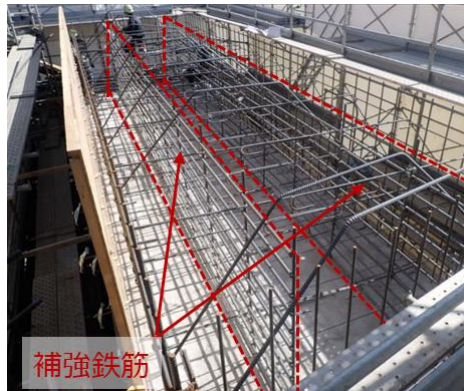
◆NDリーバー工法の適用実績（1）

実績No.1（橋台）

▼完成写真



▼補強鉄筋の配置状況

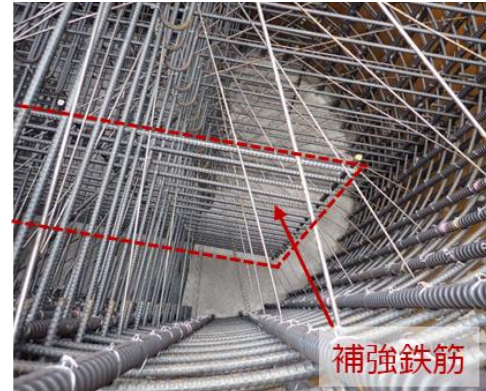


実績No.2（橋脚）

▼完成写真



▼補強鉄筋の配置状況



実績No.1（橋台）

▼完成写真



▼補強鉄筋の配置状況



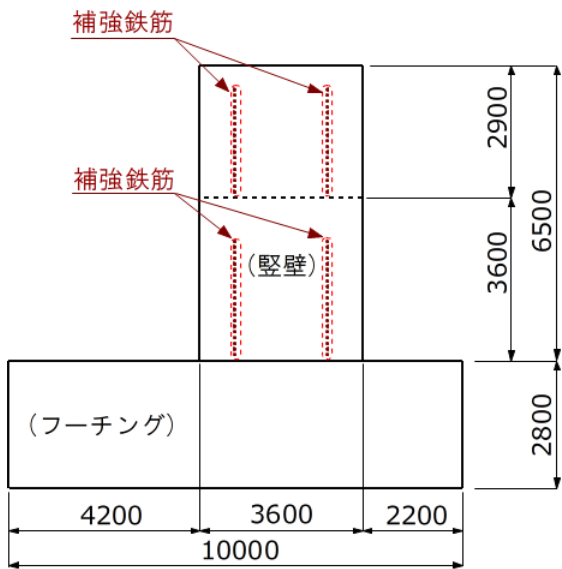
◆NDリーバー工法の適用実績（2）

実績No.4（橋台）

▼完成写真

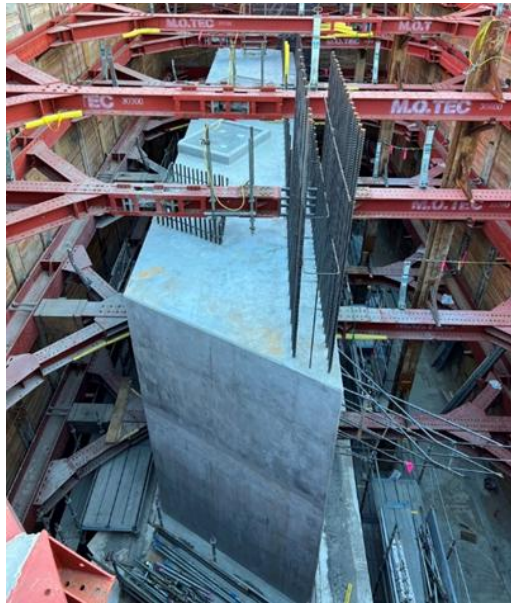


▼補強鉄筋の配筋状況

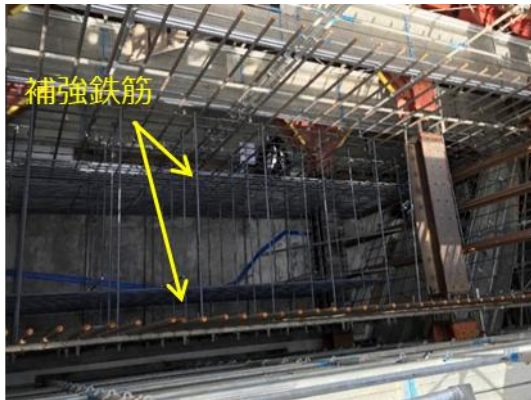


実績No.5（橋台）

▼完成写真



▼補強鉄筋の配置状況



実績No.6（橋台）

▼完成写真



▼補強鉄筋の配置状況

