

鉄筋による温度ひび割れ対策 (既往の技術)

技術資料

1. 土木学会標準示方書[設計編]に基づく温度ひび割れの制御
2. 山口県方式に基づく温度ひび割れの制御
3. NDリーバー工法による温度ひび割れの抑制

日本コンクリート技術株式会社

Japan Concrete Technology Co., LTD. (JC-tech)

1. 土木学会標準示方書に基づく温度ひび割れの制御

土木学会 2022年制定 コンクリート標準示方書 [設計編：標準 p.344] には、「外部拘束が卓越する場合の最小ひび割れ指数と最大ひび割れ幅の関係としては、入念な施工と管理を実施することを前提として、三次元有限要素法解析から作成された解説 図2.2.1および式（解2.2.1）を用いることができる。」と記載されている。

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

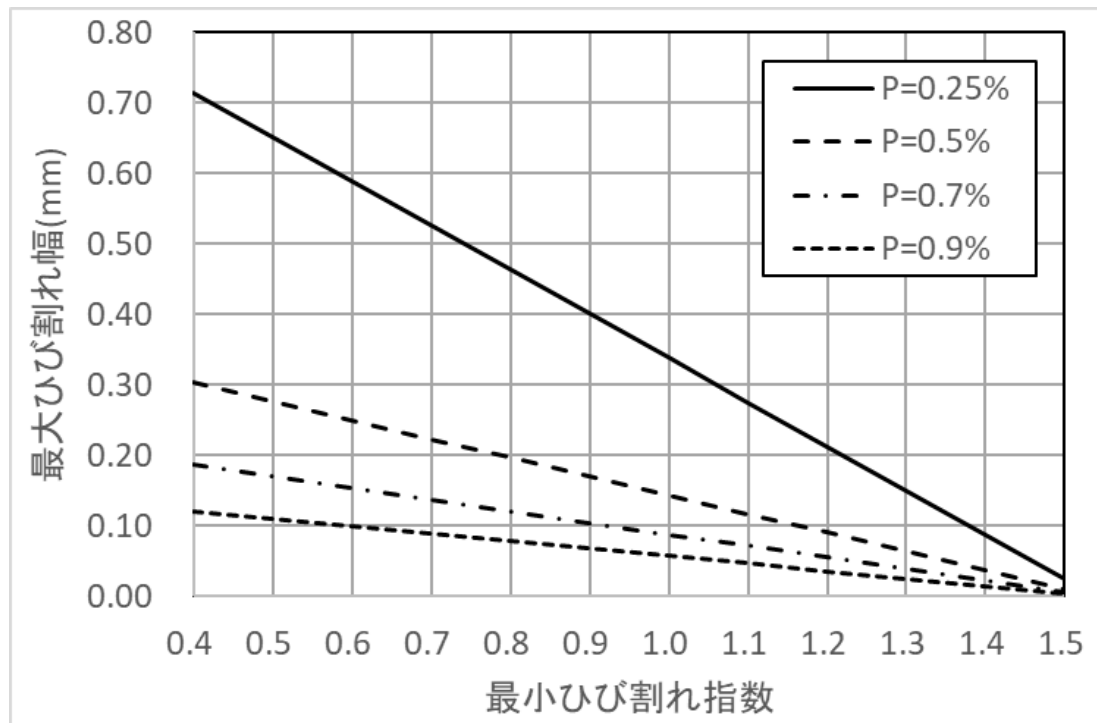
ここに、 W_c ：最大ひび割れ幅(mm)

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

※式(解2.2.1)において鉄筋比 p を未知数とすれば、最小ひび割れ指数とひび割れ幅の制御目標値から必要な補強鉄筋量を算定できる。



解説 図2.2.1 最大ひび割れ幅と最小ひび割れ指数の関係

例えば、橋台の豎壁において最小ひび割れ指数 I_{cr} が0.8のとき、最大ひび割れ幅 W_c を0.20mm以下に制御するには鉄筋比 p は0.46%となる。この条件で増量が必要な補強鉄筋量を試算する。現設計で豎壁の厚さが3.2mで配力筋としてD16が250mm間隔で配置されており、鉄筋比が0.05%と低鉄筋比である。このため、鉄筋比で0.41%相当の大幅な鉄筋量の増量が必要となる。

2. 「山口県方式」に基づく温度ひび割れの制御

『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）においては、「材料によるひび割れ抑制は、主に外部拘束による温度ひび割れが発生しやすい、橋台たて壁、橋台胸壁、壁式橋脚柱に適用し、構造物（部位）毎に、施工性、経済性、有効性を考慮したうえで、以下の材料（補強鉄筋、ガラス繊維、水和熱抑制型膨張材）から適切な対策を選定して適用することにした。」と記載されており、以下の通り具体的な補強鉄筋比の目安や鉄筋の配置方法が示されている。

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

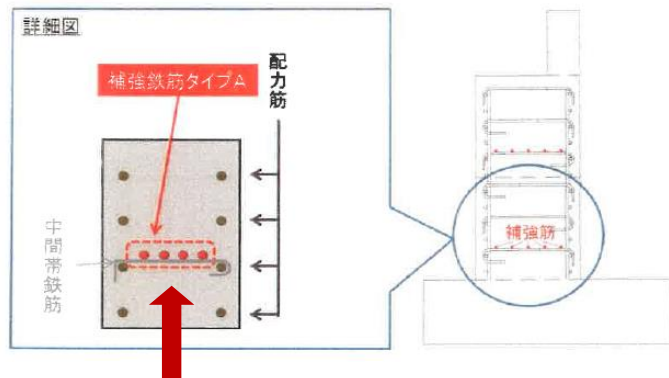
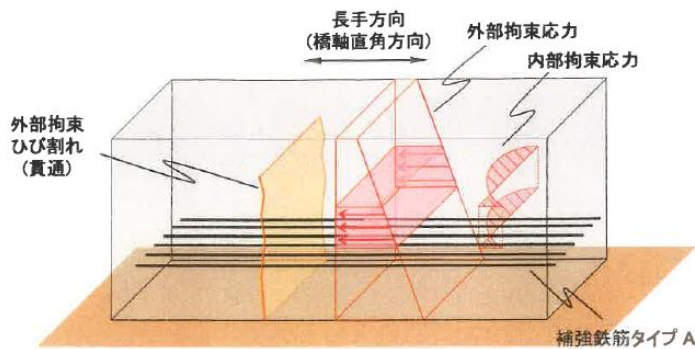
橋台たて壁およびその類似構造物：0.3%

橋台胸壁およびその類似構造物：0.5%

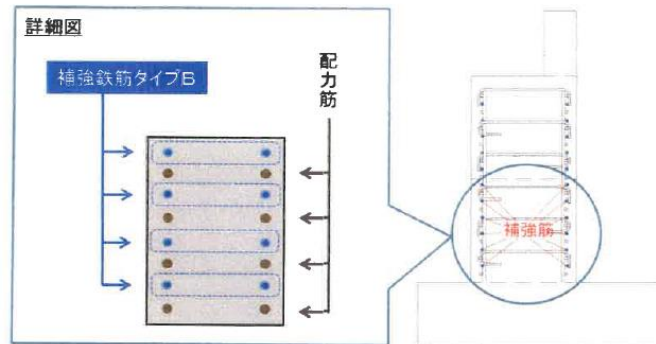
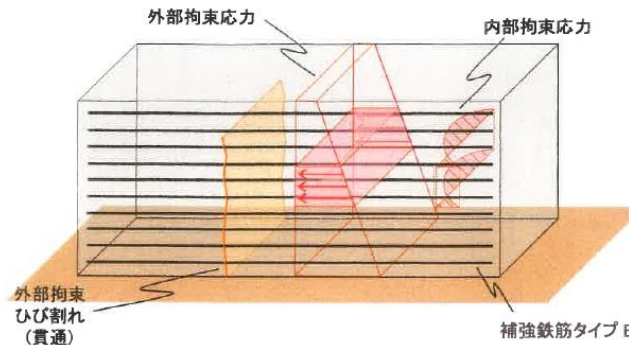
ひび割れ発生方向と抵抗鉄筋の概要図

- 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

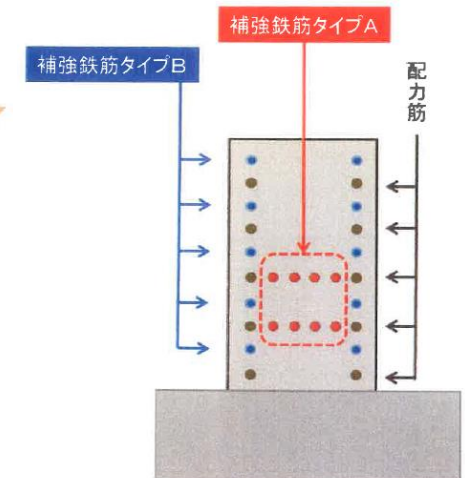
▼①補強鉄筋タイプA



▼補強鉄筋タイプB



▼補強鉄筋タイプA+B



断面中央部に配筋⇒コンクリート打込み時に材料分離や締固め不足が生じやすい。

補強鉄筋の配置状況の例（山口県方式）

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



補強鉄筋タイプA

補強鉄筋タイプB

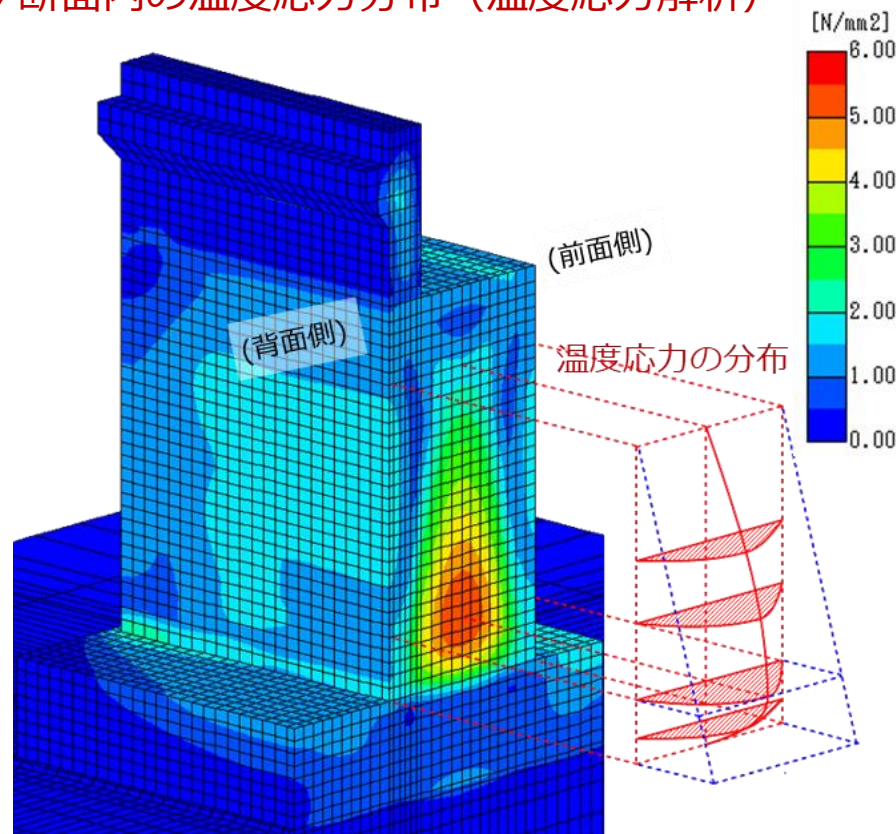
配力筋の間に配置

橋軸直角方向に配置
(中間帯鉄筋の上)

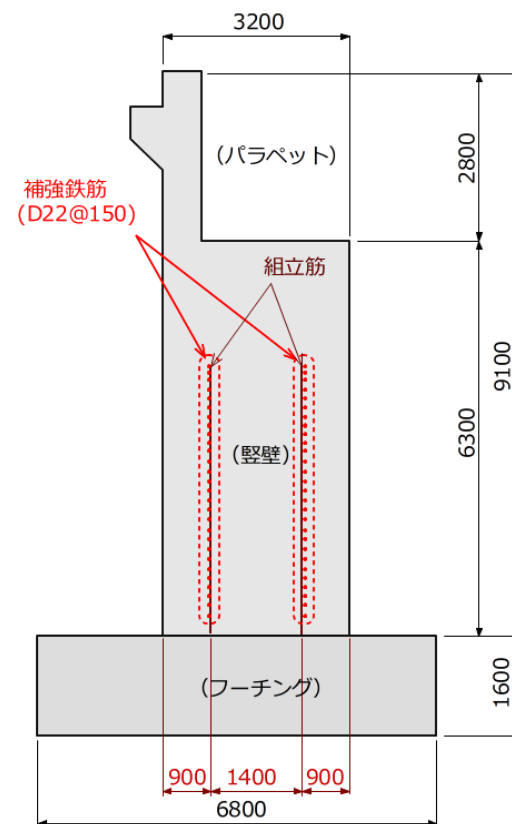
3. NDリーバー工法における温度ひび割れの抑制

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抑制する。下図は壁厚3.2mの縦壁に補強鉄筋を配置した施工例である。補強鉄筋は断面内の温度応力分布を参考に、壁体表面から90cmの位置(全面側および背面側)にD22を150mm間隔で配置した。

▼断面内の温度応力分布 (温度応力解析)



▼補強鉄筋の配置図



■補強鉄筋量の算出

下表に橋台の豎壁部（厚さ2.4～3.6m）にNDリーバー工法を適用した施工事例について、温度応力解析結果と補強鉄筋量の算出結果を示す。これら3つの構造物の最小ひび割れ指数は有害なひび割れの発生が予想される0.45～0.74の範囲にあったが、補強鉄筋の有効活用・配置より表面のひび割れ発生を防止することができた。

No	豎壁のサイズ(m)			施工場所	施工時期	温度応力解析結果					鉄筋量(鉄筋比:%)		
	幅	高さ	壁厚			打込温度	最高温度	温度上昇量	最大応力(N/mm ²)	最小ひび割れ指数	配力筋	補強鉄筋	合計
1	11.25	4.8	2.4	三重県名張市	4月	16.8℃	55.8℃	39.0℃	6.95	0.45	0.07	0.26	0.33
2	11.3	6.2	3.2	長野県飯田市	3月	11.2℃	48.7℃	37.5℃	5.49	0.56	0.05	0.16	0.21
3	11.51	6.95	3.6	長野県飯田市	12月	10.0℃	49.7℃	39.7℃	4.11	0.74	0.06	0.17	0.23



4. まとめ

- **土木学会標準示方書**：ひび割れ制御目標値と温度応力解析により得られる最小ひび割れ指数に基づき、ひび割れ制御に必要な鉄筋比を定める。例えば、最小ひび割れ指数が0.8で、ひび割れ幅を0.20mm以下に制御するために必要な鉄筋比は0.46%となる。壁厚が3.2mの橋台豎壁部は配力筋の鉄筋比は0.05%（前ページ表参照）であることを考慮すると**鉄筋量の大幅な増量が必要**となる。
- **山口県方式**：ひび割れ指数の大小に拘わらず、補強鉄筋追加後（配力筋＋補強鉄筋）の**鉄筋比を一律に0.3%**としている。なお、補強鉄筋タイプAは、コンクリートの打込み時に、材料分離や締固め不足などが生じる可能性がある。
- **NDリーバー工法**：補強鉄筋の配置は、**温度応力解析の結果に基づいて**決定するため補強鉄筋の最適配置が可能。また、断面中央の補強鉄筋間に十分な作業スペースを確保できるため施工性が良好となる。