

# 『小須戸橋橋脚（P2）工事における コンクリート構造物の長寿命化への 取組みについて』

小須戸橋橋脚（P2）工事

株式会社 新潟藤田組

○ 現場代理人・監理技術者 長谷川 竜太

## 1. はじめに

当工事は、小須戸地区において、堤防高の不足と洪水流の阻害要因となっている小須戸橋（もぐり橋）について、道路管理者である新潟市と連携し、堤防の嵩上げ及び橋梁架け替えを行い、信濃川下流域の治水安全度向上を図る事業のうち、P2橋脚1基を施工する工事です。

本報告は、当工事で実施した、コンクリート構造物の長寿命化への取組みについて報告するものです。

## 2. 工事概要

工事場所：新潟県新潟市南区上八枚地先

工 期：令和 2年 7月14日 から

令和 3年 3月30日 まで（260日間）

工事内容：作業土工 1 式

既製杭工 鋼管杭  $\phi 800$   $L=44m$   $N=35$ 本

壁式橋脚  $567m^3$

土留め・仮締切工 1 式



図-1 位置図

### （新）小須戸橋完成予想図（全体）

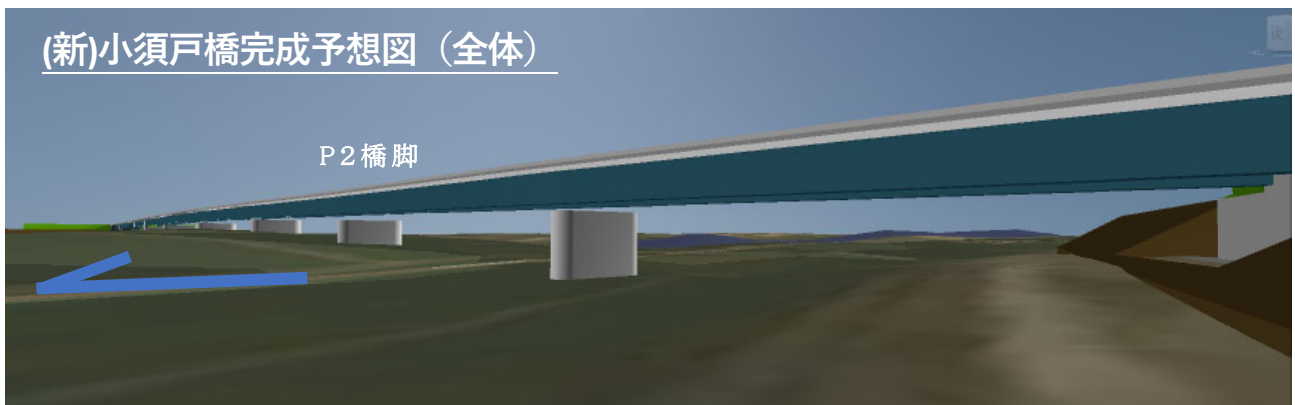


図-2 （新）小須戸橋完成予想図

## 3. コンクリート構造物の長寿命化について

我が国の社会資本は、戦後の高度成長期以降急激に蓄積されてきた。これらの施設の多くは、今後集中的に老朽化することが予想され、その補修や更新費用が増大することが懸念されている。国土交通省では既に、「国土交通省インフラ長寿命化基本計画」を平成26年5月に策定し、新設から撤去までの、いわゆるライフサイクルの延長のための対策という狭義の長寿命化の取組みに留まらず、更新を含め、将来にわたって必要なインフラの機能を発揮し続けるための取組を実行することにより、これまで進めてきたメンテナンスサイクルの構築と継続的な発展につなげるものとしている。「監理技術者講習テキスト参照」このような社会情勢のもと、本工事でP2橋脚の施工の際に実施した、コンクリート構造物の長寿命化への取組について次ページ以降に記載します。

### 3-1 ひび割れの抑制・有害なひび割れ防止対策

本工事において施工するP2橋脚は、マスコンクリートに該当するため、事前にセメントの水和熱による温度応力及び温度ひび割れに対する十分な検討を行わなければなりません。

#### (1) 3次元温度応力解析の実施

マスコンクリートにて懸念される温度ひび割れの発生確率を事前に予測し、施工方法を選定するために3次元FEM温度応力解析を実施しました。

##### ①温度ひび割れ発生の概念

一般に温度応力に起因するひび割れでは、外部拘束と内部拘束による2種類の温度ひび割れ発生が考えられます。解析では、これら2種類の温度ひび割れに配慮し、中心部および表面のひび割れ指数に着目して解析を行いました。

##### ②ひび割れ指数の目標値

ひび割れの発生の有無の判断は、ひび割れ指数を用いて行います。ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合には1.4以上を確保することが望ましいが、工程、コスト、構造上の問題から、ひび割れ指数改善のための対策には限界があります。ひび割れの発生の確率は50%になるが、ひび割れ幅が過大とならならないように、当解析では1.0以上のひび割れ指数を確保することを目標としました。

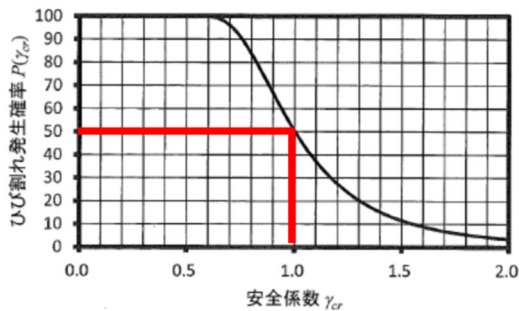


図-3 安全係数  $\gamma_{cr}$  とひび割れ発生確率 (Co 示方書より)

| 対策レベル                                 | ひび割れ発生確率 | ひび割れ指数 |
|---------------------------------------|----------|--------|
| ひび割れを防止したい場合                          | 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、ひび割れ幅が課題とならないように制限したい場合 | 50(%)    | 1.0以上  |

図-4 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  $\gamma_{cr}$

##### ③解析結果

解析の結果、堅壁3及び堅壁4の中心部におけるひび割れ指数が目標値1.00を下回ることが示されました。また、堅壁中心のひび割れ指数はコンクリート温度の下降に伴って低下していることから、外部拘束による影響を受けているものと考えられました。一般に、外部拘束によるひび割れは幅も大きく貫通ひび割れになる可能性が高くなります。以上のことから、堅壁3及び堅壁4では有害なひび割れの発生する可能性は高いと考えられました。

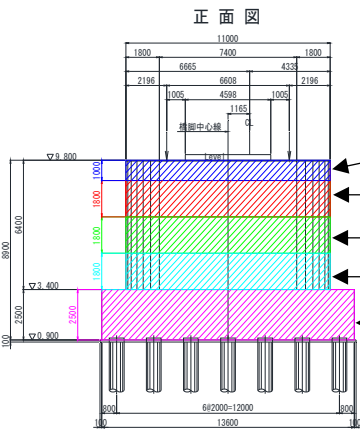


図-4 打設リフト図

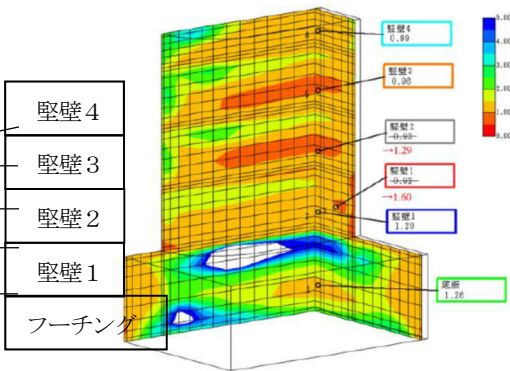


図-5 中心部最小指数

| 部位  | ひび割れ指数 | 判定結果 |
|-----|--------|------|
| 底版  | 1.26   | OK   |
| 堅壁1 | 1.20   | OK   |
| 堅壁2 | 1.29   | OK   |
| 堅壁3 | 0.96   | NG   |
| 堅壁4 | 0.99   | NG   |

OK：ひび割れ指数が1.00以上

NG：ひび割れ指数が1.00未満

図-6 検討結果一覧

##### ④対策工の検討

通常は解析で目標値を満足しなかった場合、ひび割れ対策の検討が必要となります。本検討の場合は、当初計画での解析結果を踏まえて対策を検討しました。一般的なひび割れ対策としては、以下のようなものがあります。

図-7 温度ひび割れ対策工一覧

| 工法                    | 長所                          | 短所                      |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ①ひび割れ誘発目地             | 計画位置にひび割れを誘発させ、耐久性と美観を確保    | 目地部にひび割れの発生を前提とする       |
| ②膨張材の添加               | 収縮応力を低減させる                  | 費用がかかる<br>試験練りが必要       |
| ③養生方法の変更              | 費用・手間がかからない                 | 効果は限定的                  |
| ④補強鉄筋                 | 費用が比較的安い<br>有害なひび割れを抑制できる   | ひび割れ指数自体は改善されない         |
| ⑤ハイパーネット              | 有害なひび割れを抑制できる<br>設置の制限が少ない  | ひび割れ指数自体は改善されない         |
| ⑥プレクーリング<br>(打設温度の低減) | 温度上昇量を抑える                   | セメント工場の設備による            |
| ⑦パイプクーリング             | 温度上昇量を抑える<br>施工後の温度管理も可能    | 計画の見直しが必要<br>費用対効果は小さい  |
| ⑧配合の変更                | BB→N<br>線膨張係数の低下により歪み量が減少する | 最高温度はBBより上昇<br>化学抵抗性は減少 |
|                       | BB→M<br>発熱量の低減              | コスト高<br>対応不能なプラントもある    |

上記から外部拘束の低減に対して効果的であると考えられる② 膨張材の添加（水和熱抑制型膨張材）と、有害なひび割れを抑制できる⑤ハイパーネットを選択し、再度3次元温度応力解析を実施しました。

再度の温度ひび割れ解析の結果、堅壁3・4でもひび割れ指数が目標値を上回り、温度ひび割れ対策としては十分であることが示されました。したがって、本構造物（総打設量：563m<sup>3</sup>）において、堅壁3（打設量：66m<sup>3</sup>）および堅壁4（打設量37m<sup>3</sup>）に対して膨張材の添加を行い、温度ひび割れの影響を低減することとしました。

| 部位   | ケース 1      |                 |      | ケース 2      |                 |      |
|------|------------|-----------------|------|------------|-----------------|------|
|      | ひび割れ<br>指数 | ひび割れ<br>発生確率(%) | 判定結果 | ひび割れ<br>指数 | ひび割れ<br>発生確率(%) | 判定結果 |
| 底版   | 1.26       | 22.9            | OK   | 1.57       | 9.6             | OK   |
| 堅壁 1 | 1.20       | 27.4            | OK   | 1.21       | 26.6            | OK   |
| 堅壁 2 | 1.29       | 20.9            | OK   | 1.29       | 20.9            | OK   |
| 堅壁 3 | 0.96       | 56.5            | NG   | 1.05       | 43.3            | OK   |
| 堅壁 4 | 0.99       | 51.8            | NG   | 1.48       | 12.2            | OK   |

※OK：温度ひび割れの対策十分と判断

NG：温度ひび割れの対策不十分と判断

図-8 検討結果一覧



写真-1 ハイパーネット使用状況

## （2）養生期間中のコンクリート温度の測定

温度ひび割れ対策として、コンクリートの内部と外部に温度センサーを設置し、養生期間中のコンクリート温度の内部と外部の温度差を測定し、解析時との差異を確認しました。。



写真-2 温度センサー設置状況



写真-3 コンクリート温度測定状況

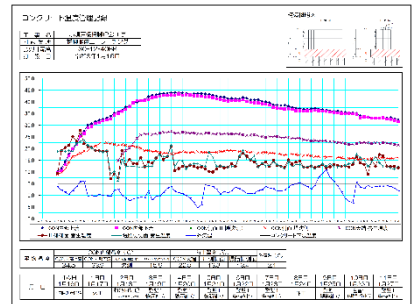


図-9 コンクリート温度結果一覧



### （３）養生方法の工夫

硬化初期の場合は環境による影響を受けやすく、適切な温度と湿度の下で養生されないと、乾燥収縮やマスコンクリートの場合には内部拘束によるひび割れの発生が懸念されます。そこで脱枠後に保温効果に優れ、表面からの水分蒸発を抑制し効果的な保水養生を可能とする、モイスチャータックプチを使用し、脱枠後も保温湿養生を実施しました。また、寒中コンクリートの養生期間は下表が標準ですが、マスコンクリートの脱枠時期としては、躯体内部と外気温の温度差が15℃から20℃となってから行いました。（冬季施工の場合1か月以上存置する場合もある）



写真-4 脱枠後保温・保湿状況

図-10 寒中コンクリートの温度制御養生期間

| 5℃以上の温度制御養生を行った後の次の春までに想定される凍結融解の頻度 | 養生温度 | セメントの種類      |              |          |
|-------------------------------------|------|--------------|--------------|----------|
|                                     |      | 普通ポルトランドセメント | 早強ポルトランドセメント | 混合セメントB種 |
| 1) しばしば凍結融解を受ける場合                   | 5℃   | 9 日          | 5 日          | 12 日     |
|                                     | 10℃  | 7 日          | 4 日          | 9 日      |
| 2) まれに凍結融解を受ける場合                    | 5℃   | 4 日          | 3 日          | 5 日      |
|                                     | 10℃  | 3 日          | 2 日          | 4 日      |

注：水セメント比が55%の場合の標準的な養生期間を示した。水セメント比がこれと異なる場合は適宜増減する。

フーチング 堅壁 1～3 堅壁 4

### 3－2 鉄筋錆化防止対策

施工期間中に堅壁の主筋が風雨にさらされることにより、表面が薄赤く酸化することを防止するために、主筋にエポキシ樹脂を塗装したエポキシ鉄筋を使用しました。また配力筋の鉄筋も、現場に仮置きせず施工の度毎に加工場から出荷することで、鉄筋は常にフレッシュな状態でコンクリート打設をおこないました。

### 3－3 コンクリート打設層の一体化対策

1回の打設高さは1.8m、1層あたり60cm、3層で打設を行いました。正確に60cm毎に打設できるよう鉄筋等にマーキングを行い、目印に合わせてコンクリートを圧送しました。また、パイプレーターには70cmの位置にテープでマーキングし、締固めの際テープの位置までパイプレーターを挿入することで、上下層を確実に一体化させました。

### 3－4 堅壁曲線部の型枠固定方法の強化

橋脚堅壁の曲線部は、隅角型枠を強固に固定することが難しく、打設時のコンクリートの側圧により、型枠の継ぎ目から水分が流出することで、モルタル分が流れて砂すじが発生し、美観を損ねるケースがみられます。そこでフーチング打設時にH型鋼（H-200×200）を設置し、堅壁の曲線部の型枠組立の際、セパレーターをH型鋼に直接溶接し、型枠の固定を強固にしました。また、1回の打設高を1.8m（型枠のセキ板を縦使いにした最小値）とし、打設高をおさえ側圧を最小限に留めることで、型枠がはらむことはなく、砂すじが発生することはありませんでした。



写真-5 鉄筋錆化防止対策  
エポキシ鉄筋使用



写真-6 打設層マーキング状況



写真-7 セパレーター溶接用の  
H 型鋼設置状況

### 3-5 雨天時のコンクリート打設回避

コンクリート打設時は、雨天での打設をさけるため夕方から打設を開始したこともありましたが、冬期間の施工は雨・雪が続くことが多く、特に今年のような大雪では工程の問題もあり、打設の判断は悩むこともありましたが、どうしても打設しなければならない場合にはシート等で養生をして雨の影響を極力なくすることが重要です。



写真-8 夜間打設状況（全景）

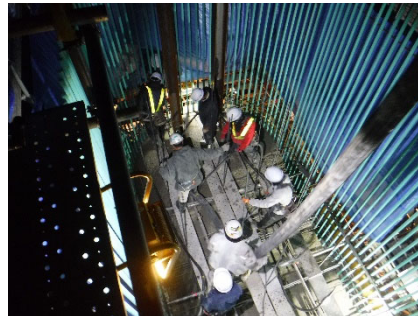


写真-9 夜間打設状況（内部）



写真-10 雨養生状況

### 3-6 品質目標の見える化

工事現場及び現場事務所に、誰が見てもわかるように大きな横断幕で作業所の品質管理目標を掲示しました。  
【密実なコンクリートで構造物の耐久性を向上させる。】工事に携わるすべての人が、同じ目標に向かって一致団結し施工に取り組む効果が得られました。



写真-11 品質目標掲示状況

### 3-7 打設方法の周知

コンクリート打設前に、全作業員に対して作業手順周知会を実施し、品質・安全に関する注意事項を確実に伝達し共有しました。

### 3-8 支承・ダンパーの箱抜き防護

工事完了後、支承・ダンパーの箱抜き孔内に雨水がたまり、冬季に凍結と融解を繰り返す、膨張して周辺のコンクリートに悪影響を及ぼすことが懸念されました。通常であれば、発砲スチロールや砂で一旦埋めて表面にモルタルを覆う等の対策をとりますが、当該工事のアンカー深は1.4mと深く、上部工事の際に撤去が難しくなってしまうため、代替案として汚水枠の蓋をコーキングで固定しました。（内部は残水ポンプで排水した後、空洞の状態）





写真-12 コンクリート打設周知会実施状況



写真-13・14 支承・ダンパー箱抜き実施状況



### 3-9 コンクリート品質管理の強化（微破壊・非破壊試験によるコンクリート強度測定）

当該工事は、微破壊・非破壊試験によるコンクリート強度測定、非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態およびかぶり測定の施行工事ではありませんでしたが、品質管理の強化を目的に各試験の実施をおこないました。試験結果はすべて良好でありました。



写真-15 微破壊試験  
ボス型枠設置状況（フォーミング）

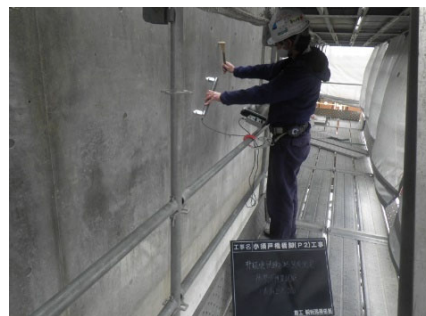


写真-16 非破壊試験  
衝撃弾性波試験実施状況（堅壁）



写真-17 非破壊試験  
配筋状態及びかぶり測定状況（堅壁）

### 3-10 鉄筋図面の3次元化

重要構造物の施工に際し鉄筋の照査は非常に重要です。今回は、鉄筋図面の3次元化を実施し配筋の設計照査に使用しました。（使用ソフト：鉄筋モデリング Autodesk Civi3D 2019、干渉チェック Autodesk Navisworks Manage 2019）

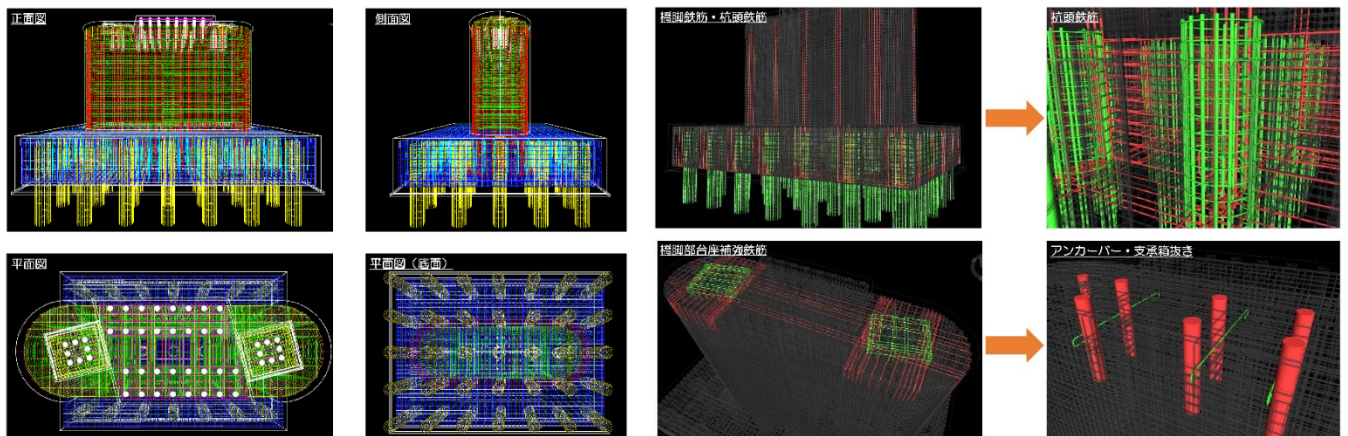


図-11 鉄筋図面の3次元化

## 4. まとめ

コンクリート長寿命化の対策は、今回取り組んだ以外にも様々あり、これからも日進月歩でNETISに代表される新技術が開発されていくと思われます。今後も構造物の施工に関して創意工夫・改善に努めたいと思います。

最後に、工事を通じてコンクリートの長寿命化への取組みに、ご指導・ご協力頂きました、信濃川下流河川事務所・三条出張所の皆様方をはじめ、ご協力頂きました、工事連絡会・協力業者の皆様方に深く感謝申し上げます。