

長井ダム6号橋における性能照査と超耐久性PCストランドの採用

トービー建設工業(株) 東北支店 ビジネスグループ 正会員 ○平野 至 史
 国土交通省 東北地方整備局 長井ダム工事事務所 高橋 一
 トービー建設工業(株) 東北支店 コンストラクグループ 正会員 須合 孝 雄
 日本大学 工学部 正会員 原 忠 勝

1. はじめに

近年、土木学会では従来の仕様規定を改め、性能照査、特に耐久性照査型の示方書に改定した。また ISO9000's の取得に鑑み、品質保証という観点から建設工事を推進しようと気運が高まってきている。

このような背景の下プレストレストコンクリート橋の施工に対して、性能照査法の適用を試みた。本橋においては、性能照査法の適用に際し、施工計画立案時に施工段階における照査を行い、コンクリートの仕様、および施工工程が構造物の性能に及ぼす影響について事前解析を行い、実施案を立てることとした。

本文では、このうち施工段階におけるひび割れ低減策として用いた低熱セメントによる柱頭部の性能照査結果を報告すると共に、近年、新素材として注目されているスープロ鋼材を、初めて外ケーブルの連続ケーブルとして使用した事例を述べたものである。

本橋の橋梁概要を表-1に、一般図を図-1に示す。

2. 施工計画案に対する照査

性能照査型示方書の特徴は、施工段階におけるひび割れ照査である。施工段階におけるひび割れ照査は、セメントの水和熱の発生による温度応力と、乾燥に伴うひび割れについて行うこととなる。

照査の結果、不都合なひび割れの発生が予測される場合、施工詳細、製造、施工性能、および使用

表-1 橋梁概要

工事名	長井ダム県道付替第6号橋上部工工事
発注者	国土交通省東北地方整備局長井ダム工事事務所
施工場所	山形県長井市平野地内
構造形式	PC2径間連続ラーメン橋
活荷重	B活荷重
橋長	120.000m
支間長	2@59.000m
幅員	総幅7.700m 有効幅員6.500m

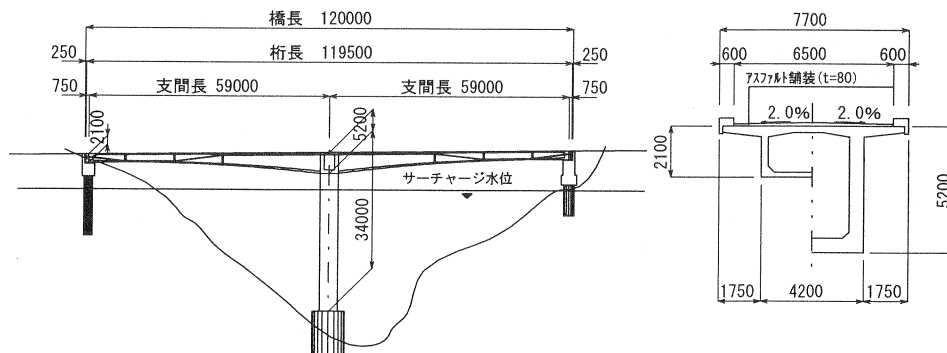


図-1 一般図

コンクリートの性能に戻って照査を繰り返すこととなる。換言すれば、施工計画の見直しや、使用予定のコンクリートの品質を変更することとなる。

本橋の施工に先立って立案した施工計画案では、脚頭部が6月下旬に早強コンクリート、柱頭部の1次コンクリートが8月上旬、2次コンクリートが8月下旬に普通コンクリートで打設する工程となった。

上記の施工計画案の下に、柱頭部に対する施工段階における照査を行った。柱頭部は腹部と隔壁部の部材が1.0mと厚く、温度応力によるひび割れの発生が懸念された、このことより、施工計画案に対する施工段階におけるひび割れ照査として、コンクリートの仕様を普通セメントと低熱セメントを用いた場合についての事前解析を行った。

事前解析の打設リフトは、脚頭部、柱頭部(1次コンクリート)および床版部(2次コンクリート)とし、コンクリートの配合を以下のように仮定した。

- ・脚頭部：24-8-25H
 $W=160\text{kg}/\text{m}^3$, $C=291\text{kg}/\text{m}^3$
- ・柱頭部1次：33-12-25N, or25L
 $W=158\text{kg}/\text{m}^3$, $C=407\text{kg}/\text{m}^3$
- ・柱頭部2次(床版部)：40-12-25H
 $W=154\text{kg}/\text{m}^3$, $C=431\text{kg}/\text{m}^3$,

なお、コンクリートの打設温度は25℃とし、解析期間は平成13年6月22日～10月30日である。

図-2～4は、本解析結果を示したものである。柱頭部に普通セメントを用いた場合、打設後の最高温度が約78℃となり、内外の温度差が30℃程度という結果が得られた。また、低熱セメントの場合、最高温度は約62℃で、内外の温度差は20℃程度となった。温度応力によるひび割れは、内外の温度差が25℃以上になると発生すると言われている。したがって、柱頭部に普通セメントを使用した場合、ひび割れ発生が懸念されることが分かった。このことより、実施工に際しては、コンクリートの仕様を低熱セメントに変更することとした。

4. 柱頭部における温度計測結果

柱頭部の施工計画案について事前解析による照査を行った結果に基づき、これを検証するため温度計測を行うことにした。温度センサーの埋設位置は、図-5に示すとおりである。なお、柱頭部の施工は、以下の要領で行った。

- ① 下床版および腹部(1次コンクリート)
 - ・仕様：低熱セメント (33-12-25L)

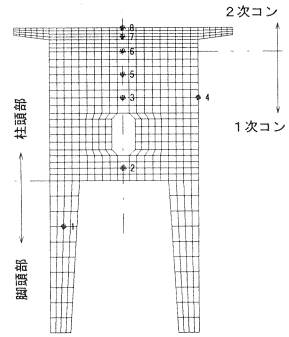


図-2 温度ゲウス

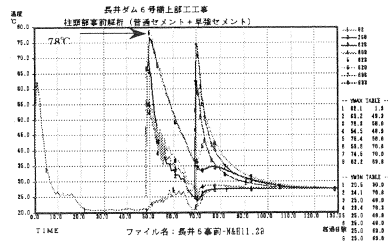


図-3 普通セメント+早強セメント

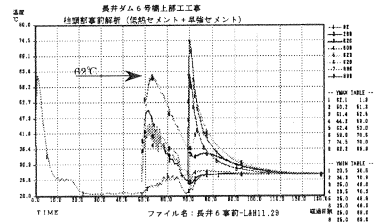


図-4 低熱セメント+早強セメント

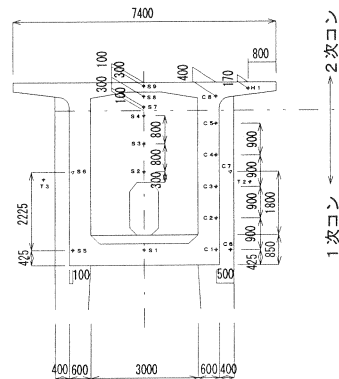


図-5 温度センサー埋設位置

- ・配合 : $W=158\text{kg}/\text{m}^3$, $C=407\text{kg}/\text{m}^3$
- ・打設日 : 平成 13 年 8 月 9 日

②上床版部 (2次コンクリート)

- ・仕様 : 早強セメント (40-12-25H)
- ・配合 : $W=154\text{kg}/\text{m}^3$, $C=431\text{kg}/\text{m}^3$
- ・混和剤 (高性能 AE 減水剤)
- ・打設日 : 平成 13 年 8 月 30 日

図-6 は、柱頭部のコンクリート打設に伴う躯体の温度変化を示したものである。1 次コンクリート打設後の最高温度は、隔壁中央断面、および腹部中央断面で約 53℃となった。この時期における隔壁表面付近の温度は約 45℃で、内外の温度差は 10℃未満となり、低熱セメントの効果が認められた。一方、早強セメントを用いた 2 次コンクリートは、床版中央断面で最高温度が約 74℃となったが、温度差は 25℃未満で推移した。

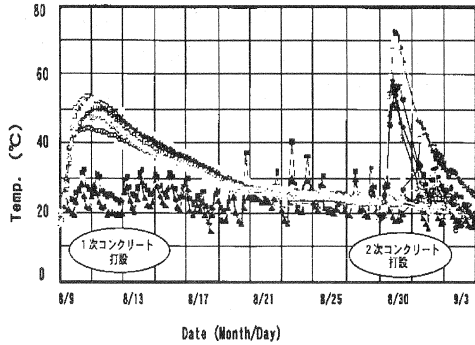


図-6 柱頭部温度測定結果

5.性能照査の評価

ここでは、PC 橋柱頭部の施工に際し、施工計画案に基づき、施工段階におけるひび割れ発生の照査を行い、その結果より低熱セメントによる施工を試みた。その結果、温度応力によるひび割れ発生の主要因となる内外の温度差を低減することができた。このことによって、柱頭部コンクリートのひび割れ発生を低減できるものと評価できた。

6. 外ケーブル工法について

1). 外ケーブルの現状

本橋では、橋面荷重および活荷重による断面力に対し、外ケーブル方式を採用している。外ケーブルの使用に関しては、維持管理費等のコスト低減を図るため、近年数多くの橋梁で採用されており、PC 鋼材と保護管については定着工法毎にほぼ標準化されている状況になっている。

標準的な外ケーブル工法は、箱桁橋の場合、箱桁内に保護管 (ポリエチレン管) を配置し、その中にケーブルを挿入し、緊張後に保護管の中にグラウトを注入して PC 鋼材を保護し、防錆を図っている。この場合ケーブル形状により保護管内に空隙が出来やすい場合があり、その充填状況が確認できない欠点が指摘されていた。近年は、これを解消すべく維持管理費のコストダウンも含め、PC 鋼材の表面を防錆被覆して、保護管およびグラウト注入を不要とし、維持管理の点検においても、よりダイレクトに監視・測定ができる材料が開発されてきている。現状では、エポキシ樹脂被覆ストランドの採用実績が多くなっている。

表-2 被覆材の物理化学特性比較

項目	単位	スーパー樹脂		エポキシ樹脂
		標準型	硬質型	汎用樹脂
密度	g/cm ³	0.95	1.26	1.1~1.4
引張り強度	kgf/cm ²	295	356	280~680
被断伸び	%	>500	>260	3~5
衝撃強度	J/m	320	167	20
表面高度	Dスケール	63	72	70~80
脆化温度	℃	<-60	<-65	<-60
ピット軟化点	℃	121	208	120~150
耐紫外線		強い		普通
・スーパー樹脂 成形後、樹脂が個化しても柔軟性が損なわれない。 韌性に富み、ひび割れが発生しない。 紫外線に強い。被覆時にピンホールが生じない。				
・エポキシ樹脂 成形後、樹脂ががたに固化し、柔軟性がない。 樹脂硬度が高く、曲げ剛性が強い。 韌性に欠け、衝撃・曲げによる割れが発生しやすい 製法により薄膜では、ピンホールが避けられない。				

2). スープロストランド (SUPRO=SuperCorrosionProtection) の採用

このような現状の中、防錆効果その他の性能をさらに向上させた被覆材が開発されている。本橋では、これらの性能や施工性を考慮し、東北地方整備局においても技術登録されているスープロストランド (高耐久ポリステル系硬質樹脂被覆鋼材) を外ケーブルに採用したものである。

ここではその特性および性能試験の項目について述べる。

i) 特性について、

表-2にスープロ樹脂とエポキシ樹脂の特性を比較する。

ii) スープロストランドの性能試験および実験、

使用にあたって下記の各種性能試験、実験を行い安全の確認している。

- ・スープロストランドの機械的性質試験
- ・スープロ樹脂の特性試験
- ・デビエーター部緊張試験
- ・樹脂充填被覆構造実験
- ・コンクリート付着性能試験
- ・防食鋼材の偏向部における挙動についての公開実験
- ・疲労試験
- ・定着性能試験
- ・耐食性試験
- ・擦傷試験

3). 外ケーブルの施工について

本橋におけるスープロストランドの使用時の特記事項を以下に示す。

- 1) 取扱いについては、被覆材を傷つけないように引きずったりしない。
- 2) 緊張時に張力が偏らないよう挿入時に、同一ケーブル (12本)での緩みに差がないようにする。
- 3) 配置形状をなるべく保持できる間隔に受台を設置する。
- 4) 保護管がないので、緊張後に鋼材の通りに振れがないように、挿入時に配慮する。

(美観上また、鋼材が交叉していると緊張力が不均等に見える。)

- 5) デビエーター部では、鋼材の伸びによって偏向管と鋼材が擦れ合い被覆材が剥がれるので、偏向管の中にPE管を入れ、傷がつかないように配慮する。
- 6) フレッチングによる定着具部分の金属疲労を防止するため、定着体内部はグラウトを注入するが、維持管理のため取替え可能な構造に配慮する必要がある。

7. まとめ

今回の柱頭部の性能照査では、後述の条件が全てクリアでき低熱セメントを使用できたが、一般的には経済性の問題、強度発現が遅くなることによる工程管理、地域差によるセメントの流通性等の課題が残る。しかしながらISOによる品質保証の情勢や、社会的な土木構造物の品質劣化の問題等を考慮し、技術者としての立場で、いろいろな側面から性能照査を行い提案し、発注者の理解を得ながらより良い構造物を造っていく必要があると考える。

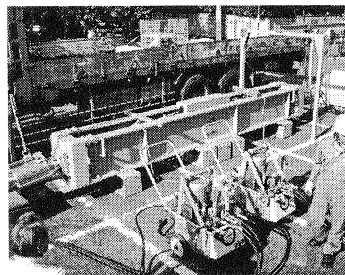


写真-1 公開実験の様相

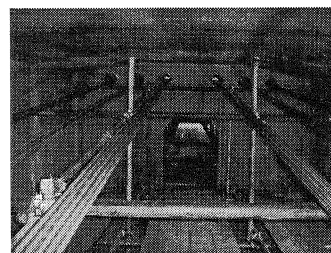


写真-2 受台による配置状況

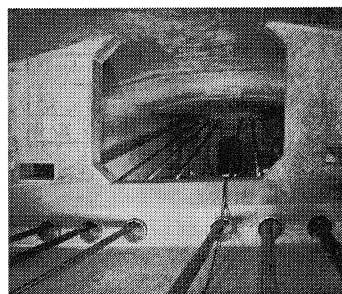


写真-3 外ケーブル完了