

第19回技術論文 優秀賞受賞論文

後世に残る、耐久性の高い永久構造物を構築するための工夫

広島県土木施工管理技士会
株式会社大歳組

監理技術者 岸 源己[○]
現場代理人 岩木 和裕

1. はじめに

橋梁下部工は、多くの土木構造物の中でも重要構造物に分類され、この品質の向上は、橋梁全体の耐久性の観点から非常に重要であり、その品質や出来栄の確保は、工事成績のみならず、後世に残すための、長期耐久性を得るうえで肝要である。

このため、今回当現場で構築したP4橋脚、A2橋台において、コンクリートの品質及び耐久性の向上に有効であるとして実施した、いくつかの施工方法のうち特に効果のあった2つの工夫について、現場での課題・問題点と、その対応策、施工結果及び今後の課題について報告する。

①コンクリート打設方法の工夫

②脱型・養生の工夫

工事概要

(1)工 事 名：高茂金田2期地区橋梁下部工事

(2)発 注 者：広島県北部農林水産事務所

(3)工事場所：広島県庄原市高茂町
～口和町金田

(4)工 期：平成24年7月14日～
平成26年6月27日

本工事は、山間部の水田地帯から一級河川を渡り、対岸の広域農道へ接続する橋梁の下部工事である。

設計条件

道路規格：第3種、第4級

全橋長：146.92m 橋台2基 橋脚4基の内、

A2橋台1基 コンクリートV=123m³

P4橋脚1基 コンクリートV=478m³

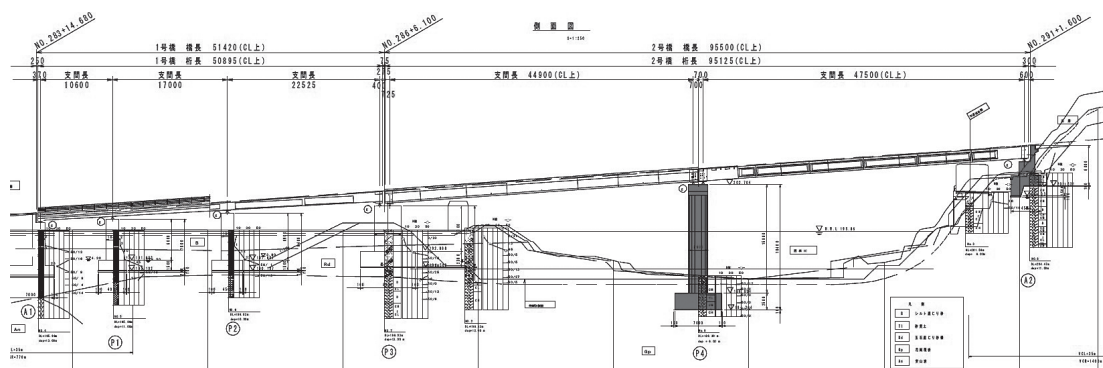
設計配合：24N/mm²，W/C=55%以下

現場配合：27-8-20BB

2. 現場における問題点

①コンクリート打設方法の工夫

コンクリートの品質は、生コンの充填作業に応じて大きく違ったものになる。生コ



図－1 側面図

ンを押し込むように、空気を追い出すように、丁寧に作業することで、密度の高い、ひび割れの生じにくいコンクリートになる。逆に、生コン中に多量の空気を巻き込んでしまうと、気泡痕の発生により外観を損なうだけでなく、空隙が増え強度が低下し、コンクリートの耐久性も損なう。

これまで経験した橋梁下部工事の現場では50mmの高周波バイブレーター3台で締め作業を行い、再振動締め後に30mm高周波バイブレーターで、せき板付近に集まった気泡を抜き取る作業を行っていた。この方法では、打設ロット下端はコンクリート自重の圧密により気泡痕はほとんど見られないが、上端の打継付近には下方よりゆっくりと上昇してきたエントラップトエアが抜けきれずに気泡痕として残ることが多かった。

当現場では、密実にコンクリートを打設し耐久性の高い気泡痕の無い美しいコンクリート構造物を構築するため、これまでの打設作業に加え、エントラップトエアの強制除去効果の高い締め固め方法を検討した。

②脱型・養生の工夫

コンクリートは、主原料のセメントが時間の経過とともに水和結晶を生成し空隙を埋めていくことで硬化する。この水和反応によるガラス質の量が多いほど、コンクリートは外気の影響を受けにくい耐久性の高いものとなる。またセメントは、構造物の中心部よりも表面付近に多く集まる傾向があるため、コンクリート表面の水分の蒸発を抑制し、湿潤状態に保つことは、コンクリートの耐久性向上に極めて重要である。

これまでは、コンクリート示方書に明記してある所定の強度（表－1）に基づいて、現場空中養生した供試体で、脱型前日に圧縮強度試験結果により、脱型時期を決定していた。また、湿潤養生も同示方書に

明示されている期間に散水作業を行うだけで、養生を打ち切る現場が多かった。

表－1 型枠取りはずし時期

型枠を取り外してよい時期のコンクリート圧縮強度の参考値		
部材面	例	コンクリートの強度
厚い部材の鉛直または鉛直に近い面、傾いた上面、小さいアーチの外側面	フーチングの側面	3.5 N/mm ²
薄い部材の鉛直または鉛直に近い面、45°より急な傾きの下面、小さいアーチの内面	柱、壁、はりの側面	5.0 N/mm ²
橋、建物等のスラブおよびはり、45°よりゆるい傾きの下面	スラブ、はりの底面、アーチの内面	14.0 N/mm ²

表－2 湿潤養生期間

湿潤養生期間の標準			
日平均気温	普通ポルト	混合セメントB種	早強ポルト
15℃以上	5日	7日	3日
10℃以上	7日	9日	4日
5℃以上	9日	12日	5日

しかし、これらの養生方法では脱型した直後は、表面に光沢のあるガラス質が見られたが、3日程度経過すると光沢が無くなっていた。種々の文献を精査し、良質なガラス質を形成するために、2つの事に重点を置いた。

1. 硬化初期はコンクリートを直に外気に触れさせずに、水分の蒸発を抑制し、湿潤状態を保持すること。
2. 養生コンクリート表面温度は、5℃以上25℃以下のできる限り低温で温度管理し、良質なガラス質が形成さる、コンクリート強度10N/mm²以上で脱型すること。

当現場では、上記2項目より、コンクリート中の水分の蒸発を抑制し、硬化初期の10N/mm²以上に達するまで十分な湿潤養生と温度管理を行い、表面に良質なガラス質を形成させるための養生方法を検討した。

3. 対応策と適用結果

本工事のP4橋脚、A2橋台において打設時の側圧計算、鉄筋組立図、打設時期（寒中）、養生計画を総合的に検討し、コンクリート打設ロットを、図－2、図－3のように計画した。

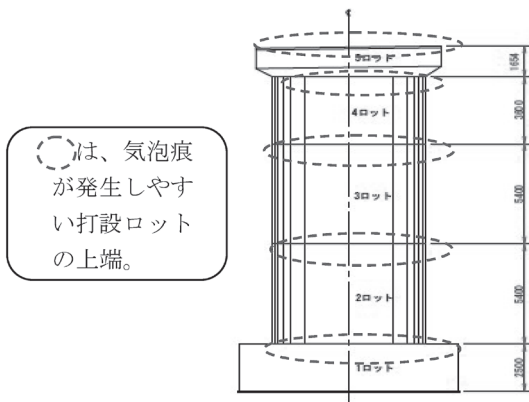


図-2 P4橋脚 打設ロット図

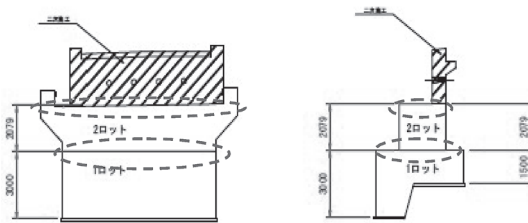


図-2 A2橋台 打設ロット図

①コンクリート打設方法の工夫

コンクリート中の空気は振動を与えた箇所に集まる性質があるため、型枠最上部から振動を与えることで、天端面から気泡を逃がすことができると考えた。この考えを基に、エントラップトエアを強制的に除去し、気泡痕のないコンクリート構造物を構築する打設方法として、従来の打設方法に加え、次の打設方法により施工した。

型枠組立時に作業員と打ち合わせし、予め型枠上端の外側に栈木を取り付けるように依頼した。そして、打設時には、この栈木にアイロン型振動機を押し当て、打設開始から完了まで、型枠に振動を与え続けた(図-4)。

施工中、作業員は半信半疑であったが、打設開始直後から、効果を目の当たりにすることとなった。型枠の上端に押し当てて振動させていることで、型枠全体が振動し、下層の打設時でも、せき板に面したコンクリートからは、プツプツと音を立てて

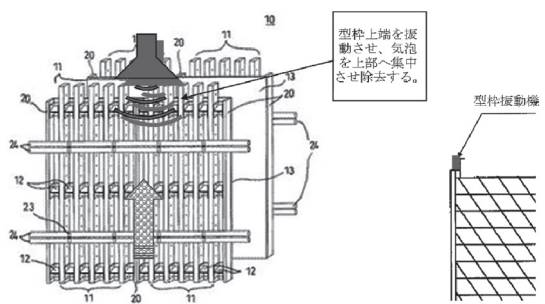


図-4 打設方法の概略図

空気が抜けてきたのだ。(図-5)

この打設方法の効果は、予想以上であった。初期養生期間が過ぎて、脱枠後に現れたコンクリート表面は、気泡痕が無く光沢のある密実で美しい出来栄えとなった。(図-6)

②脱型・養生の工夫

良質なガラス質を形成させるための2項目について、次のように現場で実施した。

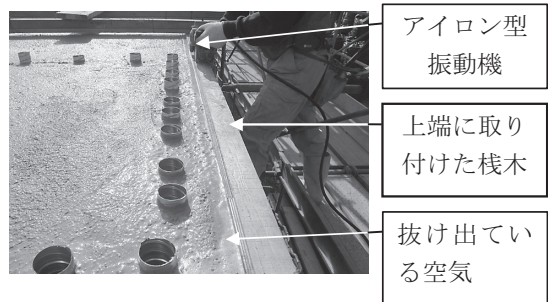
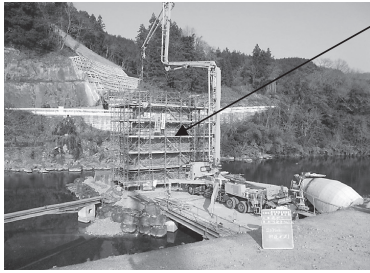


図-5 気泡除去状況



図-6 脱型後のコンクリート



2 ロット目の型枠を転用せずに存置し、3 ロット目を打設している。

図-7 養生温度管理結果

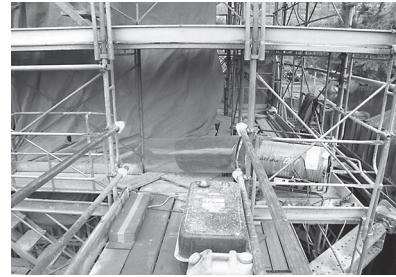


図-9 ジェットヒーターによる給熱養生

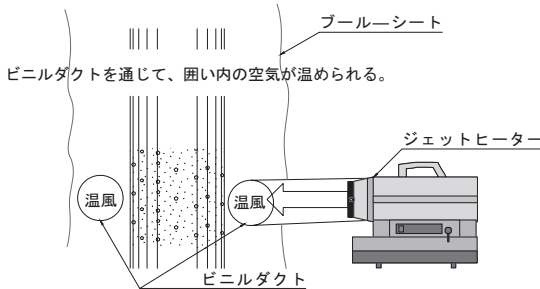


図-8 光ファイバ現場計測例



図-10 ガラス質が形成されたコンクリート表面

1. 型枠の転用はせずに、できる限り存置した。また、型枠とコンクリートに隙間ができ、乾燥が進む恐れがあったため、型枠上端より、毎朝散水を行った(図-7)。
2. 養生温度管理は、2 時間毎にコンクリート表面温度と囲い温度が記録できる2 局デジタル温度計を使用し、打設ロット毎に記録した。

当現場のA 2 橋台、P 4 橋脚ともに日平均気温 4℃ 以下の寒中コンクリートであったため、ジェットヒーターによる給熱養生を実施した。

ジェットヒーターの温風を直接放出した場合型枠が乾燥し、コンクリートの水分が蒸発する恐れや、直接温風が当たるところのコンクリート温度が25℃ 以上の高温になる恐れがあったため、専用のビニルダクトを使用し、高温・乾燥を防いだ。(図-8、図-9)

また、5℃ 以上25℃ 以下のできる限り低温で管理し、強度推定には、生コン工場の

7 日強度下限値 $14.8\text{N}/\text{mm}^2$ と標準養生による積算温度基準 $\sigma 7 \times (20^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C}) = 210^\circ\text{C}$ を基に、養生温度管理記録より推定し、コンクリート強度 $10\text{N}/\text{mm}^2$ 以上で脱型した。

現れたコンクリート表面は、これまでになく、鏡面のような光沢を放っていた。(図-10)

また、脱型後シュミットハンマーによる強度推定試験を実施したところ、最若材齢 $\sigma 17$ で $30.6\text{N}/\text{mm}^2$ と強度も十分満足させることができた。

4. おわりに

今回の橋梁下部工では、これらの工夫により、良い成果を上げることができた。

今後は、ボックスカルバートや、重力式やもたれ式のコンクリート擁壁といった別の構造物でも、同じ成果が得られるか挑戦し、土木技術者として、後世に残るコンクリート構造物を構築する、責任と誇りを持ち、日々勉強し、いろいろな技術を学び、良品質のコンクリートを打設できるように努力していきたい。