

P C箱桁橋への高強度コンクリートの適用 - 一般国道45号両石高架橋工事 -

清水建設株式会社 正会員 工修 ○栃木 謙一
正会員 工修 大野 浩
工修 根本 浩史

1. はじめに

両石高架橋(写真-1)は、宮城県仙台市から岩手県宮古市に至る三陸縦貫自動車道(延長約 220km)の一部となる、釜石山田道路の一環として建設されたP C 3 径間連続ラーメン箱桁橋である。

本工事は、橋梁上下部工一式の設計・施工一括発注方式の試行工事であり、橋梁上部工に高強度コンクリート(設計基準強度 60N/mm²)を使用することによって、上部工の軽量化と下部工規模の縮小化を図っている¹⁾。

本稿では、高強度コンクリートをP C箱桁橋に適用する上で課題となった、打込み方法の選定および施工の概要について報告する。表-1 に工事概要を、図-1 に全体一般図を示す。

2. 打込み方法の選定

高強度コンクリートは粘性が高くなるため、ポンプ圧送時の管内圧力損失が増大するとともに、圧送後に流動性が大きく低下する場合があることが報告されている²⁾。粘性が高くなった場合、型枠内への充填性の低下が懸念されるため、所要のワーカビリティが確保できる暫定配合を選定した上で、施工性能確認試験を実施することにより、フレッシュコンクリートの特性および施工性を確認した。



写真-1 両石高架橋 全景

表-1 工事概要

工 事 名	一般国道45号両石高架橋工事
工 事 場 所	岩手県釜石市両石町第3地割地内
発 注 者	国土交通省東北地方整備局
工 期	平成18年3月30日～平成21年2月27日
設計・施工	清水建設株式会社
工 事 内 容	【基礎工】 形式：直接基礎(P ₂ ・A ₂) 深礎工(A ₁ ・P ₁)
	【下部工】 形式：逆T式橋台(A ₁ ・A ₂) 壁式橋脚(P ₁) 柱式(中空)橋脚(P ₂)
	【上部工】 形式：P C 3径間連続ラーメン箱桁橋
	工法：片持張出し架設工法
	橋長：176.000m 支間割：22.050m+78.000m+74.050m 有効幅員：9.500m

側面図

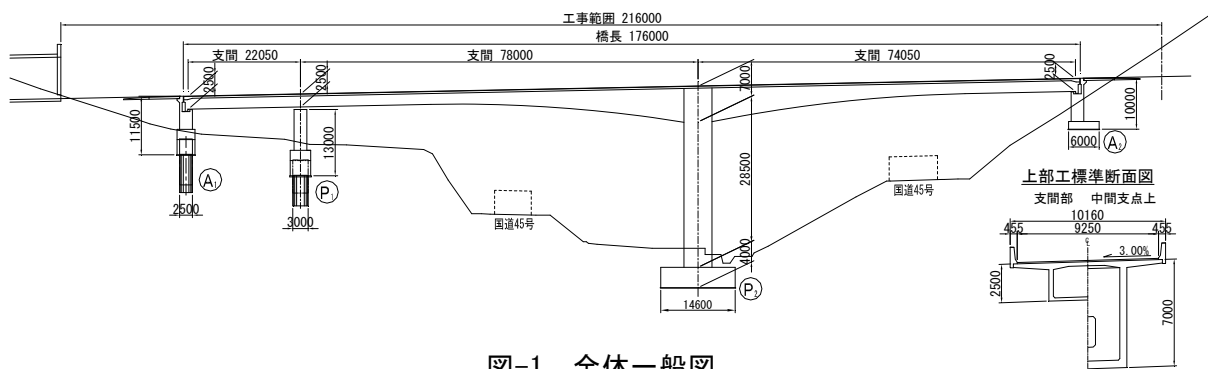


図-1 全体一般図

2. 1 室内試験練り(暫定配合の選定)

設計基準強度を確保するため、水セメント比は 30%とし、単位水量を調整した複数の配合について試験練りを行った。その結果、練混ぜ直後から 90 分後まで良好なフレッシュ性状が確保されていた配合を暫定配合として選定した(表-2)。

張出し架設部の箱桁断面コンクリートは、下床版上面に型枠を設置せずに、ウェブ内枠は浮き型枠として、下床版から上床版まで1回で打ち上げるのが一般的である。しかしながら、今回選定した配合では、コンクリートの流動性が高く、上述した一般的な箱桁断面の打込み方法の適用が困難となることが想定されたため、2. 2に示す施工性能確認試験により打込み方法の選定を行った。

2. 2 施工性能確認試験

2. 2. 1 試験目的

- 1) ポンプ圧送によるコンクリート性状変化を確認する。確認にあたっては、支間中央部のコンクリート打込みと同程度の圧送負荷を想定して、水平換算距離約 160m を確保できるように配管を行う。
- 2) 下床版上面型枠の設置方法の違いによるコンクリートの充填性や施工性を比較し、型枠設置方法および打込み方法を選定する。
- 3) コンクリート打込み後、下床版上面の仕上げ処理の可否を確認する。

2. 2. 2 試験体形状

コンクリートの充填性や施工性を確認するため、下床版上面型枠の設置方法の異なる試験体(ウェブおよび下床版をモデル化した幅 2.4m×高さ 2.4m×奥行き 1.5m の試験体)を 3 種類製作した。

ケース 1 の試験体は下床版上面型枠(以下、押さえ型枠)を全面に設置した。ケース 1 では、コンクリート打込み時の下床版の締固め作業が困難であるため、締固め作業を実施せず、コンクリート打込みによる充填状況を確認した。

ケース 2 の試験体は、下床版の一部は押さえ型枠を設置せず、開放した状態である。ケース 2 では、下床版打込み時に縦断勾配による流動状況および仕上げ可否の確認、また、下床版打込み完了から 90 分後にウェブ部コンクリートの打込み可否(ウェブ部の打込みにより下床版コンクリートが押し出されるか否か)を確認した。

ケース 3 の試験体は、ケース 2 と同様に下床版の一部は押さえ型枠を設置せず開放した状態とした上で、ウェブ打込みによる下床版コンクリートの流動を抑えるため、下床版内部にラス網を設置した。

2. 2. 3 試験結果

(1) ポンプ圧送によるコンクリート性状変化について

試験にはアジテータトラック 3 台分のコンクリートを使用したため、各トラックにおいて、出荷時、現着時(圧送前)および圧送後に品質管理試験を実施し、フレッシュコンクリートの性状を確認した。

現着時のスランプフローの規格値は 60±10cm と設定したため、高性能 A E 減水剤の添加量によりスランプフローの目標値を 1 台目は 70cm, 2 台目は 60cm, 3 台目は 50cm とした。図-2 にスランプフローの変化を示す。

現着時の性状について、スランプフローの規格値上限に近い1台目と規格値下限に近い3台目を比較すると、1台目はこれ以上スランプフローを大きくすると材料分離を生じる状態であり、3台目については現着時のスランプフローが47.5cmとなり、粘性が高い傾向が認められたものの、それぞれ良好な

表-2 主桁コンクリートの暫定配合

W/C (%)	スランプフロー (cm)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)					S P
				W	C	S1	S2	G	
				—	普通ポルトランドセメント	砕砂	山砂	砕石2005	
30	60±10	47.9	4.5±1.5	170	567	383	385	866	C×1.4 % 7.94 kg/m ³

状態を確保していた。また、圧送前後のスランプフローの低下は最大で4.5cmであり、流動性が大きく低下することはない、圧送後も良好な性状であることが確認された。この結果より、ポンプ圧送によるコンクリートの性状変化の影響が打込み施工性に与える影響は小さいと判断された。

(2) 下床版上面押さえ型枠の必要性

ケース 1(押さえ型枠全面設置)では、下床版からウェブまで連続して打込み、良好に充填された。一方で、コンクリート打込みによる圧力により、押さえ型枠が一部変形したことから、コンクリートの流動性が高いため、液圧相当の圧力が作用していることが想定された。

ケース 2(押さえ型枠一部設置)では、下床版打込み完了から、90 分後にウェブ部にコンクリートを打ち込んだが、下床版のコンクリートが押し出される結果となった。そのため、試験中に押さえ型枠を全面に設置し、打込みを続けた。

ケース 3(押さえ型枠一部設置およびラス網設置)では、ラス網を設置したことによる顕著な効果は認められなかったため、ケース 2 と同様に試験中に押さえ型枠を全面に設置し、打込みを行った。

(3) 下床版上面の仕上げ処理の可否

一般に押さえ型枠を設置した場合、コンクリート内に巻き込んだ空気泡などの逃げ場がなくなり、アバタが発生しやすくなる。そこで、ケース 1 においては、打込み終了から約 3 時間後に押さえ型枠を取り外し、コテ仕上げの可否を確認した。その結果、下床版コンクリートが押し出されることは無く、仕上げに必要な程度のわずかな流動性も確保されていたため、仕上げが可能であった。

ケース 2 の押さえ型枠を設置していない箇所では、コンクリートの流動性が高く、縦断勾配 5.5%を確保した仕上げが出来なかったため、試験中に押さえ型枠を設置し、打込み終了から約 3 時間後に撤去し、仕上げを行った。一方、当初から押さえ型枠を設置していた箇所については、コンクリートが硬化するまで残置したため、若干のアバタの発生が認められた。

(4) 実施工における打込み方法

本試験結果より、押さえ型枠を全面に設置していない場合は、ウェブ部打込み時に下床版コンクリートが押し出されること、また、縦断勾配を確保した仕上げが出来ないことが分かった。さらに、押さえ型枠には

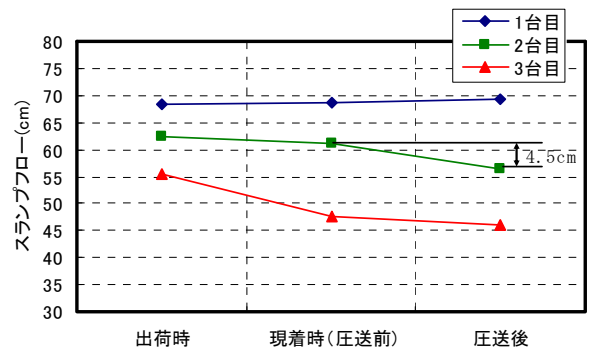


図-2 スランプフローの変化

表-3 試験体形状および打込み状況

ケース No.	ケース1 押さえ型枠全面設置	ケース2 押さえ型枠一部設置	ケース3 押さえ型枠一部設置およびラス網設置
試験体形状			
打込み方法	下床版からウェブまで連続して打込み	下床版を打込み完了から、90分後にウェブ部打込み	下床版からウェブまで連続して打込み
充填状況	良好に充填	90分後、ウェブ部の打込みにより、下床版コンクリートが押し出される。	ラス網設置部の外側(かぶり部分)からコンクリートが回り込み、ウェブ部打設時には下床版コンクリートが押し出される。
仕上げ状況	打込み後約3時間後に押さえ型枠を取り外し、仕上げ可能。ただし、わずかに流動性が残っている。	押さえ型枠を設置していない箇所、コンクリートの流動性が高いため、縦断勾配5.5%を確保した仕上げができない。	—

液圧相当の圧力が作用しているため、コンクリート打込み時には、堅固な押さえ型枠が必要であると判断した。

また、本試験ではケース1において、打込み終了から約3時間後に押さえ型枠を取り外した上で、コテ仕上げが可能であったが、わずかに流動性を残していたこと、狭隘箇所での型枠取り外し作業の負担、作業時の振動に伴うコンクリートの再流動化のリスク等を考慮し、実施工においては押さえ型枠を取り外して仕上げ作業は実施せず、コンクリートが硬化するまで押さえ型枠を残置する方針とした。

3. 施工

3. 1 下床版上面の押さえ型枠

施工性能確認試験の結果より、下床版上面の全面に押さえ型枠を設置し、液圧相当の圧力が作用していると想定されたため、φ12mmのセパレータを縦横とも450mm間隔で配置し、堅固に固定した。押さえ型枠には透明型枠を使用することにより、コンクリートの充填状況を目視できるようにするとともに、各型枠パネルにエア抜き孔(φ15, @450×450)およびバイブレータ孔(φ50, @450×900)を設置した。

3. 2 コンクリートの充填方法

コンクリートの打込みは、下床版型枠内へのコンクリートの確実な充填を促すため、打込み口をウェブ妻枠の高い位置に設けることによりヘッド差を与え、下床版型枠内の充填が完了するまでは片側のウェブからの片押し打設とした。下床版型枠内の充填状況はエア抜き孔やバイブレータ孔より確認し、補助的に木槌や軽便バイブレータにより適宜振動を与えることにより充填を促し、健全なコンクリートが溢れ出したことを確認した後に、順次閉塞を行った。

3. 3 コンクリートの品質管理

高強度コンクリートのフレッシュ性状は、骨材の表面水率の変動やコンクリート温度の変動に大きく影響を受ける。そのため、コンクリートの性状が安定するまで、出荷時(プラント)および現着時に品質管理試験を実施し、高性能AE減水剤の添加量を調整することにより、配合の調整を行った。また、下床版型枠内に打込むコンクリートは、充填性を高めるためにスランプフロー63~68cmを目標値として設定し、上床版型枠内に打込むコンクリートは、縦断勾配2%、横断勾配3%の橋面仕上げを行うためにスランプフロー55~60cmを目標値として管理を行った。表-4に品質管理試験結果の一例を示す。

表-4 コンクリート品質管理試験結果

アジテータ車台数	打設箇所	試験結果			スランプフロー目標値
		スランプフローcm	空気量%	温度℃	
1	A2①	60.5	3.3	25	63~68cm
2	A2①→②	63.0	3.5	26	〃
3	A2②	66.0	3.7	26	〃
4	A2②→③	56.0	3.6	26	55~60cm
5	A2③	—	—	—	〃
6	A2③	—	—	—	〃
7	A2③	—	—	—	〃
8	A2③→P1①	66.5	3.5	27	63~68cm
9	P1①	66.0	—	27	〃
10	P1①→②	64.5	—	27	〃
11	P1②→③	57.5	—	27	55~60cm
12	P1③	—	—	—	〃
13	P1③	—	—	—	〃
14	P1③	—	—	—	〃

4. おわりに

本工事は、平成21年2月末に無事竣工し、平成22年度の供用開始を予定している。本稿が、高強度コンクリートを使用した箱桁の施工の参考となれば幸いである。

最後に、本工事の設計・施工に際し、多大なるご指導を頂いた関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 栃木・大野・根本・佐々木：高強度コンクリートを使用したPC箱桁橋の設計と施工，コンクリート工学，Vol.47, No.7, 2009.7
- 2) コンクリートポンプ施工技術調査委員会報告書，日本コンクリート工学協会，2007.9

