

# 最大支間 40m を超える中空床版橋について ～多角形中空型枠の使用によるコスト縮減～

吉野 章太郎<sup>1</sup>・井町 信義<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>九州地方整備局 博多港湾・空港整備事務所 事業計画課

(〒810-0074 福岡県福岡市中央区大手門 2-5-33)

臨港道路アイランドシティ3号線の橋梁工事を進めており、PC連続中空床版橋を採用している工事区間が3区間ある。

通常、円筒形が用いられる中空型枠の場合は支間20～30m程度であるが、多角形の型枠を使用することで軽量化を行い、中空床版橋としては最大級の支間41.5mを実現する事より、橋脚数を減らせ全体コストも安価となっている。また、発泡スチロール製の多角形中空型枠の採用は実施例が少ない事から、コンクリート充填性の確保等に留意し、ひび割れ対策をはじめとした品質や安全性向上の取り組みも報告する。

**Key Words:** 長支間, 中空床版橋, コスト縮減, 多角形中空型枠, 耐久性向上

## 1. はじめに

臨港道路アイランドシティ3号線は、福岡高速1号線の香椎浜ランプ付近とアイランドシティを結ぶ約2.5kmの自動車専用道路「福岡高速6号線」として事業が進められており、福岡市東部地域の交通交雑の緩和や港湾物流の増加・新青果市場などの立地に伴う広域的な交通需要に対し、交通の円滑化を図ることを目的とした道路整備を行っている。

国土交通省が整備する延長約1.1kmのうち、中空床版橋の橋長は全体（3区間）で約645m（受託140m含む）の7径間、6径間、3径間の連続中空床版橋を施工している。

本橋梁は、中空床版橋としては最大級の支間41.5mを実現することにより、橋脚数を減らせ全体コストも安価となっている。また、桁高が1.8mと高いため、発泡スチロール製の多角形中空型枠を採用しており、実施例の少ない多角形中空型枠の施工にあたっては、充填性の確保等に留意し施工を行った。

本報告は中空床版橋として令和2年6月末に工事が完成した平成30年度博多港（アイランドシティ地区）道路（II工区）橋梁上部工事を例に、充填性の確保やひび割れ対策をはじめとした品質や安全性向上の取り組みも報告するものである。

## 2. 工事概要

構造形式：PC6径間連続中空床版橋（II工区）

支間長：40.200+3@41.500+40.000+38.200m

有効幅員：8.0m+8.0m（標準部）



図-1 整備計画平面図

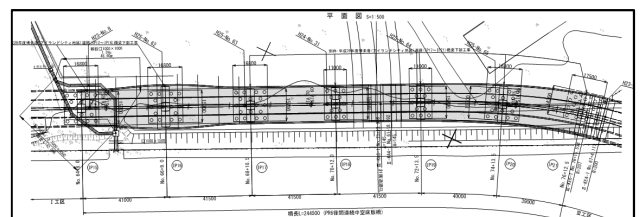


図-2 工事平面図

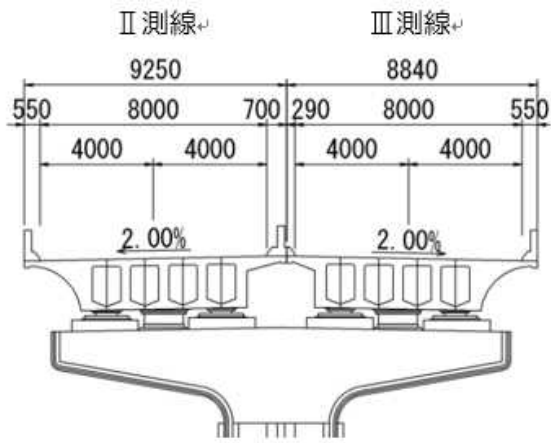


図-3 標準断面図

PC6 径間連続中空床版橋の製作は、プレキャスト部材（工場製作等）による架設方法でなく、現場においてコンクリートを打設し主桁を製作している。

### 3. コスト縮減

橋梁の構造形式選定は各区間の橋長を基に、最適な構造形式を抽出した。なお、構造形式は下部工構造まで含めて検討し、I 及びII 工区は隣接しているため合算にて検討している。

【案1】：案3を1とした場合のコスト [1.15]  
 上部工形式：鋼4径間連続非合成箱桁＋鋼4径間連続非合成箱桁  
 下部工形式：RC橋脚8基

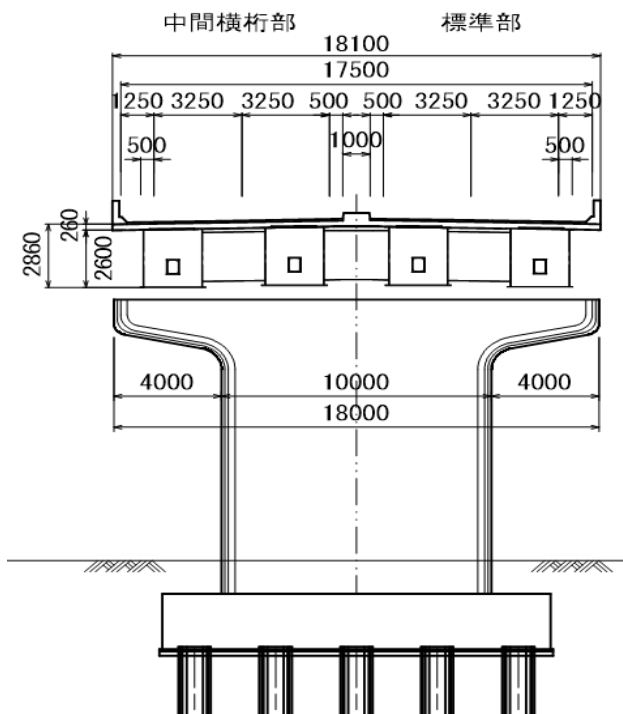


図-4 【案1】標準断面図

【案2】：案3を1とした場合のコスト [1.03]  
 上部工形式：PC6径間連続少主桁＋PC6径間連続少主桁  
 下部工形式：RC橋脚12基

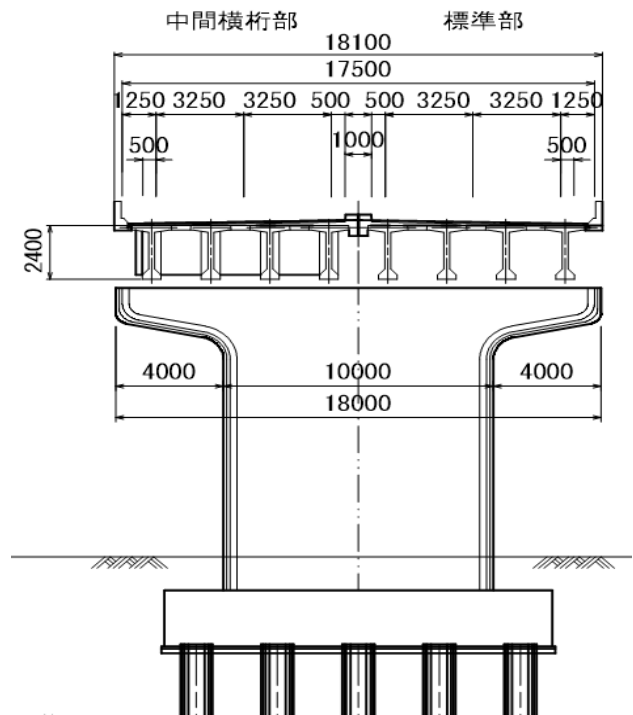


図-5 【案2】標準断面図

【案3】〔採用〕  
 上部工形式：PRC7径間連続中空床版＋PRC6径間連続中空床版  
 下部工形式：PC＋RC橋脚13基

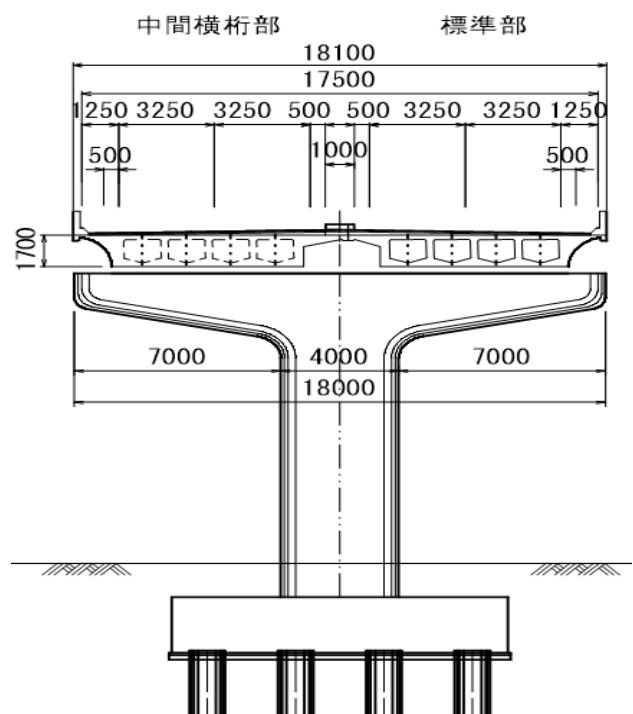


図-6 【案3】標準断面図

【案4】：案3を1とした場合のコスト [1.04]  
 上部工形式：PRC8径間連続中空床版+PRC7径間連続中空床版  
 下部工形式：PC+RC橋脚15基

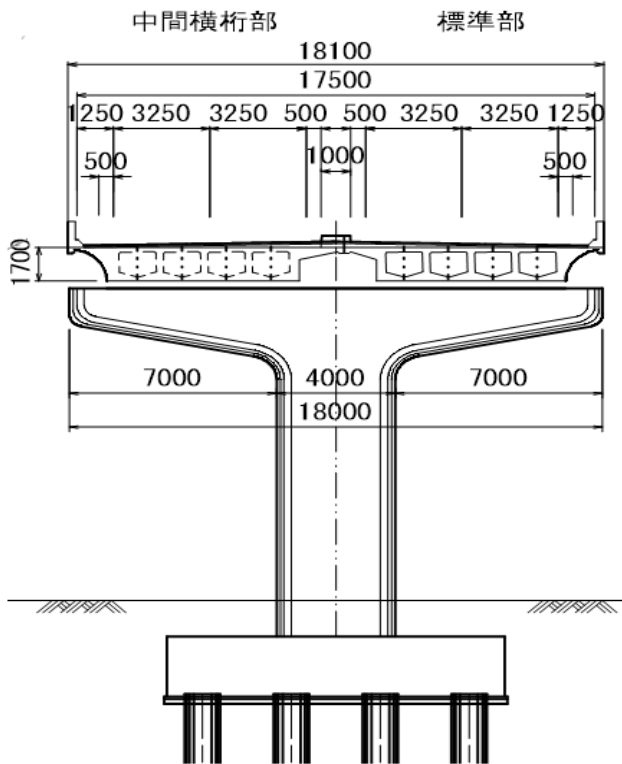


図-7 【案4】標準断面図

【案5】：案3を1とした場合のコスト [1.06]  
 上部工形式：鋼5径間連続合成床版細幅箱桁+鋼4径間連続合成床版細幅箱桁  
 下部工形式：PC+RC橋脚19基

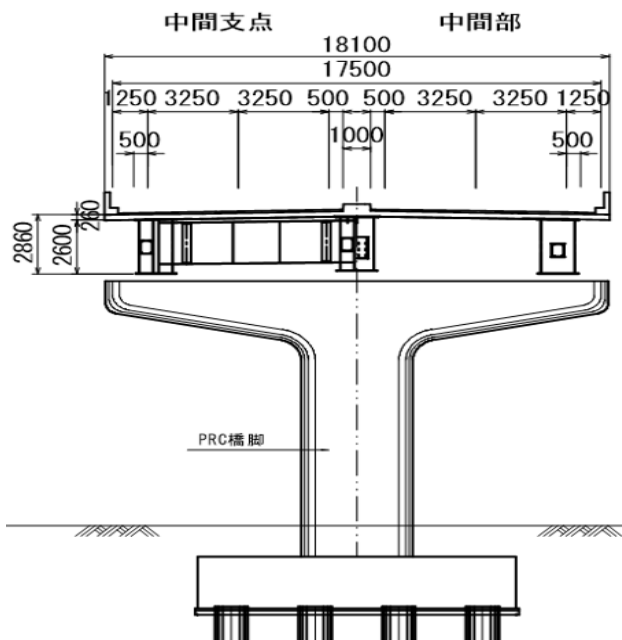


図-8 【案5】標準断面図

当初、案3の上部工形式は PRC 橋を想定していたが、臨海部での PRC 橋実績がほぼ無し（当該区間は塩害影響区域に該当）のため、ひび割れを許容しない PC 橋とし、最適桁高を確認することも併せて行い、最終形式を PC 中空床版橋とし、桁高を 1.8m に決定した。

採用した PC 中空床版橋は、床版内部を埋設型枠により空洞にすることにより、橋の軽量化が図れ、経済性に優れている構造と言われている。

一般的には、支間長 20m~30m 程度、桁高 1.0m~1.5m 程度の施工事例が多い。

臨港道路アイランドシティ3号線においては、主桁内部に発泡スチロール製の多角形中空型枠を採用することにより、従来の適応支間長を伸ばし、橋脚数を減少させるなどコスト削減を図った構造形式としている。

PC 中空床版橋にて、発泡スチロール製の多角形中空型枠を採用している施工事例は、国内でも僅か数例である。

■一般的な PC 中空床版橋（主な特長）

- ①主桁内部に鋼製円筒埋設型枠を設置
- ②適用支間長は、L=20~30m 程度
- ③桁高は、H=1.0m~1.5m 程度



図-9 鋼製円筒埋設型枠

■臨港道路アイランドシティ3号線採用（主な特長）

- ①主桁内部に発泡スチロール製の多角形中空型枠を設置
- ②支間長は、L=41.5m (PC 中空床版の適用支間で最長級)
- ③桁高 1.8m



図-10 発泡スチロール製の多角形中空型枠

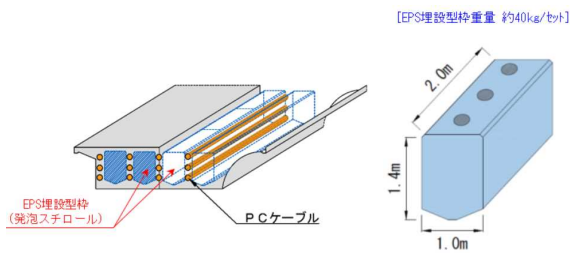


図-11 中空床版構造・多角形中空型枠

#### 4. 多角形中空型枠の施工

PC 中空床版橋の中空型枠に発泡スチロール製の多角形の型枠を使用することで軽量化を行い、中空床版橋としては最大級の支間 41.5mを実現したが、一方で、多角形中空型枠を使用した場合、円筒型枠よりも、上面からバイブレータの挿入や視認ができる範囲が限られることから、品質を確保するため、中空型枠下側のコンクリートの充填やその確認、清掃等を確実にすることが施工上の課題となった。

##### (1) 多角形中空型枠の施工

多角形中空型枠は発泡スチロール製で、1ブロックの標準長さが 2m であるため現場で 8m 程度に接合し、設置を行った。設置時は発泡スチロールの角欠けを防止するため、角部に幅広のテープを貼り付けて施工した。また、設置後は下面の清掃が困難になるとともに、高圧水が発泡スチロールを傷つけることから、高圧洗浄機の先端ノズルを横向きに加工して清掃に使用した。



図-12 中空型枠設置状況



図-13 中空型枠固定・清掃状況

##### (2) 充填性の確保

コンクリートの締固めが困難になる中空型枠下側にバイブレータを挿入するため、1m幅の中空型枠の中央部に 1 箇所、橋軸方向に 500mm 間隔で、挿入孔（直径 100mm）を設ける事とした。

挿入孔の間隔等は既往の文献を参考にバイブレータの能力等を考慮し決定した。

実施にあたっては、バイブレータは  $\phi 50$  mm 及び  $\phi 40$  mm を使用し、4 層に分けて片押しで打設し、確実なコンクリートの締固めを行った。

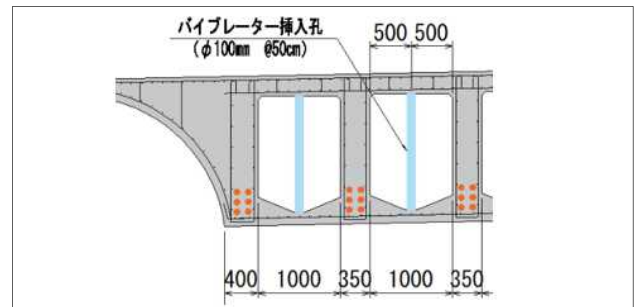


図-14 バイブレータ挿入孔の配置



図-15 コンクリート締固め状況

#### 5. 打継ぎ部の温度ひび割れ防止対策

架橋箇所が海に面しており塩害環境に晒される本橋梁においては、コンクリートのひび割れを抑制し、劣化因子の浸入を抑制することが長期耐久性を向上するうえで重要となる。特に、分割施工打継目は、新旧打継による外部拘束ひずみが大きくなるうえ、マスコンクリート部材となり温度応力も大きくなるため、ひび割れ防止対策が必要となる。

対策として、打継目の温度差による外部拘束ひび割れを防止するため、打継目付近に温度応力解析に基づいた水冷式パイプクーリングを実施した。さらに、外部拘束ひずみの低減効果を高めるため、既設側にも加温用通水パイプを設置し、温水を循環させて既設コンクリートの加温を行い、打継目の温度差を最小化することによりひび割れの抑制を行った。

### (1) 加温およびクーリング設備

中空床版橋の打継ぎ部では、PC ケーブルの接続具等により配置できるスペースが限られるため、U字型に加工したSGP管を鉄筋組み立て後に上部より挿入して上部をビニールホースで繋いで送水を行うシステムとした。送水管同士の間隔は400~500mm間隔になるように配置し、加温用とクーリング用の水温コントロールユニットをそれぞれ用意して、温度管理を行った。

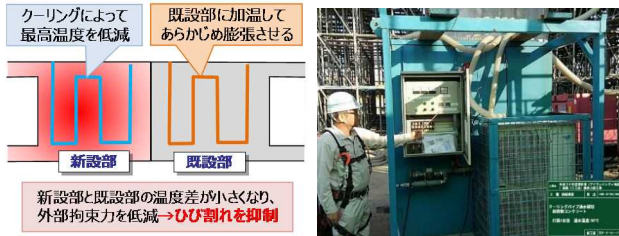


図-16 加温とクーリング概要・ユニット配置状況

### (2) 事前解析およびクーリング結果

施工に先立ち3次元温度応力解析を行い、パイプ配置や通水温度や通水量等を最適化した。加温は急激な温度上昇とならないように、打設の5日程度前から行い、打設時に40℃になるように加温を行った。またクーリング側の注水温度は30℃とし、打設後5日間注水を行い、ひび割れが発生することなく施工することができた。

## 6. その他の施工上の工夫

### (1) 安全対策

発注者からは、事故事例・再発防止等の注意喚起情報を常に発信しているところではあるが、受注者による安全対策として、高所作業時の安全性をより確実にするため、ICTを活用した安全帯使用状況の一括監視を実施した。全ての高所作業員が装着する安全帯にはセンサがついており、センサから得られる安全帯フックの使用状況を、通信端末から自動送信する。元請職員は、自動送信された全作業員の安全帯使用状況をタブレット等で一括監視し、フック取外し検知時は、作業員が携帯している通信端末の警報により注意喚起するとともに、元請職員が是正指導を行った。



図-17 安全帯使用状況の監視システム

さらに、クレーン作業時の安全性を向上させるため、吊荷接近警報装置を使用して吊荷と作業員の接近を防止した。本装置は、クレーンブーム先端に設置したGNSSアンテナと、周囲の作業員が携帯するGNSS端末によって吊荷と作業員の接近を検知するものである。GNSSによる位置管理により、クレーンブーム先端から一定の範囲内に作業員が進入すると、オペレータと作業員の双方の警報が作動する。GNSSによる警戒エリアは吊荷を中心とした半径10mとし、警報作動時は当該作業員の吊荷付近からの退避を確認したうえで作業を再開した。

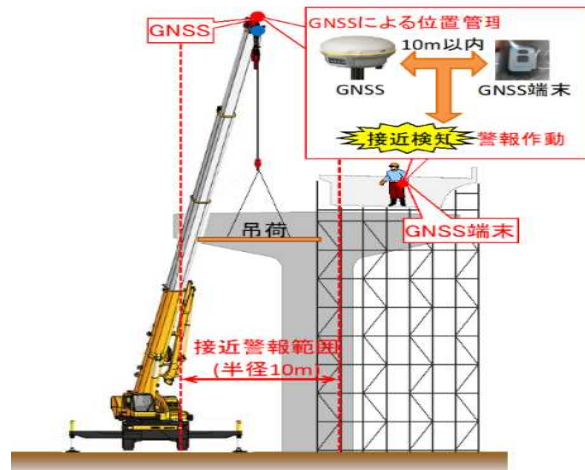


図-18 吊荷接近警報装置

### (2) 施工ヤードの確保

II工区の施工ヤードは、隣接企業の駐車場と護岸に挟まれた箇所ではヤードおよび進入路が限られるため、それらの確保が施工を行う上で重要なポイントとなった。本施工において陸側の工事用道路については、外周足場を設置するため、十分な幅員が取れない状況であり、また海側についても、ヤードとして使用できる十分なスペースがなかった。そこで、護岸の安定性を検証し、護岸側ヤードの一部を掘削および盛土を行い、幅員7.5mのヤードを確保し、工事用道路およびクレーン等の据付スペースとして使用することで施工の効率化を図った。



図-19 海側の施工ヤード

## 7. おわりに

臨港道路アイランドシティ3号線の橋梁工事では、PC連続中空床版橋を採用し、多角形の型枠を使用することで軽量化を行い、中空床版橋としては最大級の支間41.5mを実現する事より、橋脚数を減らせ全体コストも縮減しているが、発泡スチロール製の多角形中空型枠の採用は実施例が少ない事から、コンクリート充填性の確保等に留意し、中空床版橋として令和2年6月末に工事が完成した平成30年度博多港（アイランドシティ地区）道路（Ⅱ工区）橋梁上部工事では、ひび割れ対策をはじめとした品質に対して、適切な品質の確保が出来た。

現在も、臨港道路アイランドシティ3号線「福岡高速6号線」の事業を進めており、福岡市東部地域の交通交雑の緩和や港湾物流の増加・新青果市場などの立地に伴う広域的な交通需要に対し、交通の円滑化を図ることを目的とした道路整備について、令和3年春の工事完成を目指し、安全に留意し事業を行っていききたい。



図-20 II工区完成写真（R2.5.28撮影）



図-21 道路全景（R2.2.4撮影）

### 参考文献

- 1) 福岡北九州高速道路公社：IC線 PC桁 中空床版（発泡スチロールポイド）橋 設計・施工マニュアル(案)平成25年7月.