

# ベトナム初の移動式支保工による紅河橋の急速施工

向市 博昭\*1・奥村 知央\*2・本田 英尚\*3・榊原 直樹\*4

## 1. まえがき

ベトナム社会主義共和国の首都ハノイ市では、紅河をはさんで旧市街地から新市街地への発展を目的としたインフラの整備が最重要課題としてすすめられている。その中で紅河橋は、ハノイ市を二分する紅河を跨ぎ国道1号線と5号線を結び、物流の効率化と交通渋滞解消を目的に計画された第3環状バイパス道路(図-1参照)の一部である。

本橋梁工事は、日本国の円借款援助によりベトナム運輸省のもと(株)大林組と三井住友建設(株)の共同企業体により2002年11月に全工期48箇月で着工された。

本報告では、全橋長3,084mのうち1,400mの上部工を施工した移動式支保工(Movable Scaffolding System, 以下、MSSと略記)施工について紹介する。

## 2. 工事概要

紅河橋は、橋長3,084mの上下線を有する4種類の橋梁で、図-2に全体の構成を示す。各橋梁名とその支間構成を表-1に示す。本報告において対象とする橋梁は、図表中①のPC6径間(5径間)連続桁橋(以下、アプローチブリッジ-1と記す)である。

工事名称: Red River Bridge Construction Project Package-1

発注者: ベトナム社会主義共和国運輸省タンロン工務局

施工場所: ベトナム社会主義共和国ハノイ市

工期: 2002年11月28日~2006年11月27日(48箇月)

工事内容: 橋梁部 延長3,084m, 全幅16.1m(上下線)  
管理建屋(7階建) 延床面積 6,500m<sup>2</sup>



図-1 プロジェクト位置図

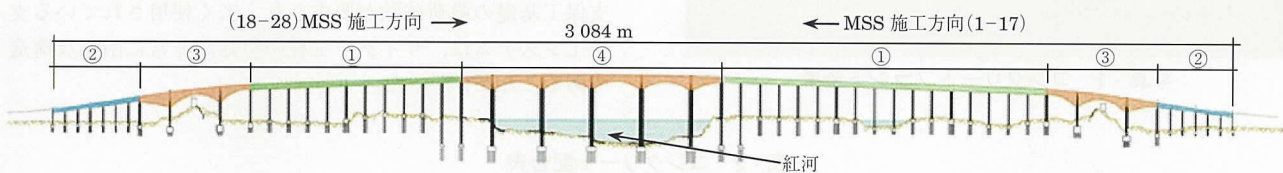


図-2 各橋梁の構成図

表-1 各橋梁の支間構成

橋梁名	橋梁形式	橋長 (m)
① アプローチブリッジ-1	PC 5 径間連続橋	5@50 = 250
	PC 6 径間連続橋	6@50 = 300
② アプローチブリッジ-2	PC 3 径間連続合成 I 桁橋	3@33 = 99
③ ダイクブリッジ	PC 3 径間連続ラーメン橋	80 + 130 + 80 = 290
④ メインブリッジ	PC 6 径間連続ラーメン橋	80 + 4@130 + 80 = 680

\*1 Hiroaki MUKAICHI : (株)パジフィックコンサルタンツインターナショナル 道路交通事業部 プロジェクト部長

\*2 Toshio OKUMURA : (株)大林組・三井住友建設(株)共同企業体 ハノイ紅河橋工事事務所 所長

\*3 Hidenao HONDA : (株)大林組・三井住友建設(株)共同企業体 ハノイ紅河橋工事事務所 副所長

\*4 Naoki SAKAKIBARA : (株)大林組・三井住友建設(株)共同企業体 ハノイ紅河橋工事事務所 上部工グループ長

○ 工事報告 ○

工事数量：コンクリート 390 000 m<sup>3</sup>  
鉄筋 38 000 t  
PC 鋼材 3 300 t

3. コンクリートの製造とその管理

本工事で使用する 390 000 m<sup>3</sup> という大量のコンクリート製造にあたり、紅河の両側にて、60 m<sup>3</sup>/時間（下部コンクリートの練混ぜ時）の能力をもつ一軸強制練コンクリートプラントを各 2 基と紅河内の平台船に 1 基搭載し合計 5 基を用意した。写真 - 1 に A 1 橋台側のコンクリートプラント設備全景を示す。

骨材ヤードには屋根を設置し細骨材の含水率を極力一定に保ち、暑中コンクリート対策として、粗骨材はスプリンクラーで散水し気化熱を利用したクーリングを行った。また、練混ぜ水は、井戸水を利用し、さらに氷を投入し練上がり温度を抑えた。さらにアジテーターカーのドラムにシートを張り散水保湿し、運搬待機中の温度上昇を抑え、35℃で規定された打設温度に対応した。セメントはセメント工場よりローリー車で運搬されるため 60℃前後であった。セメントサイロにもシート養生し、直射日光による更なる温度上昇を抑えた。しかし、外気温が日中 35℃を超える 5 月から 8 月の期間は打設温度を 35℃以下に管理する

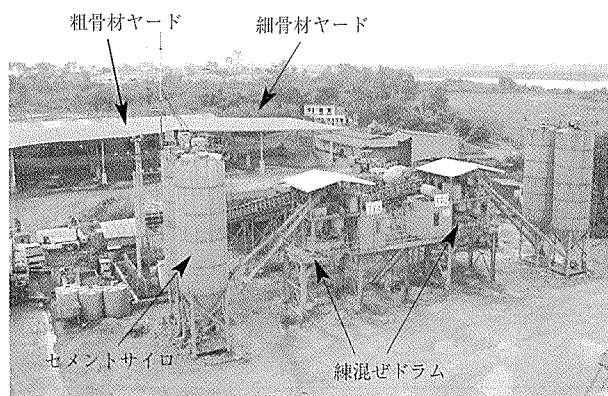


写真 - 1 コンクリートプラント全景

表 - 2 コンクリート配合表

	製造数量 (m <sup>3</sup> )	設計強度 (N/mm <sup>2</sup> )	スランプ (cm)	W/C (%)	セメント C (Kg)	水 W (Kg)	細骨材 S (Kg)	粗骨材 A (Kg)	混和剤	
									(%) × C	混和剤名
Class Y 基礎杭用	119 500	36	18	48.3	400	193	765	1 068	0.9	ナフタリン系 R4
Class C 下部工用	154 400	29	16	47.8	370	177	778	1 066	1.1	ナフタリン系 R4
Class A 上部工用	91 300	40	16	34.0	470	160	743	1 119	1.1	ポリカルボン酸系 SP8S

注) 上記以外の 24 800 m<sup>3</sup> は、仮設コンクリート他である。

表 - 3 使用 PC 鋼材一覧

使用 PC 鋼材	PC 鋼材タイプ	定着具タイプ
1 主鋼材	12 S 15.2	EC 6 - 12, K 6 - 12
2 上床版横締め	3 S 15.2	EC 3 - 12
3 支点横桁横締め	4 S 15.2	EC 4 - 12

注) 定着システムは VSL タイプ

ことは不可能であったため、気温の下がる夕方から夜間打設を行った。

コンクリートの出荷時の品質管理は、温度とスランプの 2 項目であった。強度管理は、円形供試体により、7 日および 28 日の強度管理を行った。参考までに各コンクリートの配合と打設量を表 - 2 に示す。

4. 橋梁構造概要と MSS の採用経緯

4.1 橋梁構造概要

アプローチブリッジ-1 は、図 - 2 に示すように紅河をはさんで片線 11 支間と 17 支間の計 28 支間を 5 径間と 6 径間の連続橋で構成されており、1 支間を除いてすべて 50 m の等支間である。支承はゴム支承が採用されている。

桁断面は、図 - 3 に示すように 2.75 m の等桁高で、2 室箱桁である。支点上には厚さ 1.5 m の横桁があり、支間部には厚さ 0.3 m の中間横桁が 2 枚配置されている。

PC 鋼材は、基本的にウェブに主鋼材が配置され、上床版および支点上横桁に横締め鋼材が配置されている。使用 PC 鋼材について表 - 3 にまとめて示す。

施工方法は、支点部から 10 m の位置で施工継目を設けた分割施工を採用し、橋軸方向の PC 鋼材の接続は図 - 4 に示す VSL の K タイプカプラーを採用した。表 - 4 に各分割施工時のコンクリートおよび鋼材数量をまとめて示す。

4.2 MSS の採用経緯

施工方法の検討にあたり、アプローチブリッジ-1 の施工要件および構造要件は、以下のとおりである。

- ① 全幅員 16.1 m の上下線に対して占有できるのは幅 50 m の敷地
- ② 桁下空間が 12 m ~ 17 m (平均 15 m)
- ③ 1 支間を除きすべて 50 m 支間
- ④ 直線橋であり、桁高が一定 (2.75 m)
- ⑤ 5 径間もしくは 6 径間の連続橋で、片線 27 支間、1 400 m の物量

ベトナムでの固定支保工施工を調査した結果、一般的に支保工基礎の載荷試験が要求され、広く使用されている支保工システムは、サイクル工程の短縮が非常に困難な構造であることが分かった。

表 - 4 各支間の数量一覧

	第 1 支間	標準支間	最終支間
施工長 (m)	60	50	40
コンクリート数量 (m <sup>3</sup> )	804	656	495
鉄筋数量 (t)	97	77	58
PC 鋼材数量 (t)	32	21	20

注) 上記数量には中間横桁

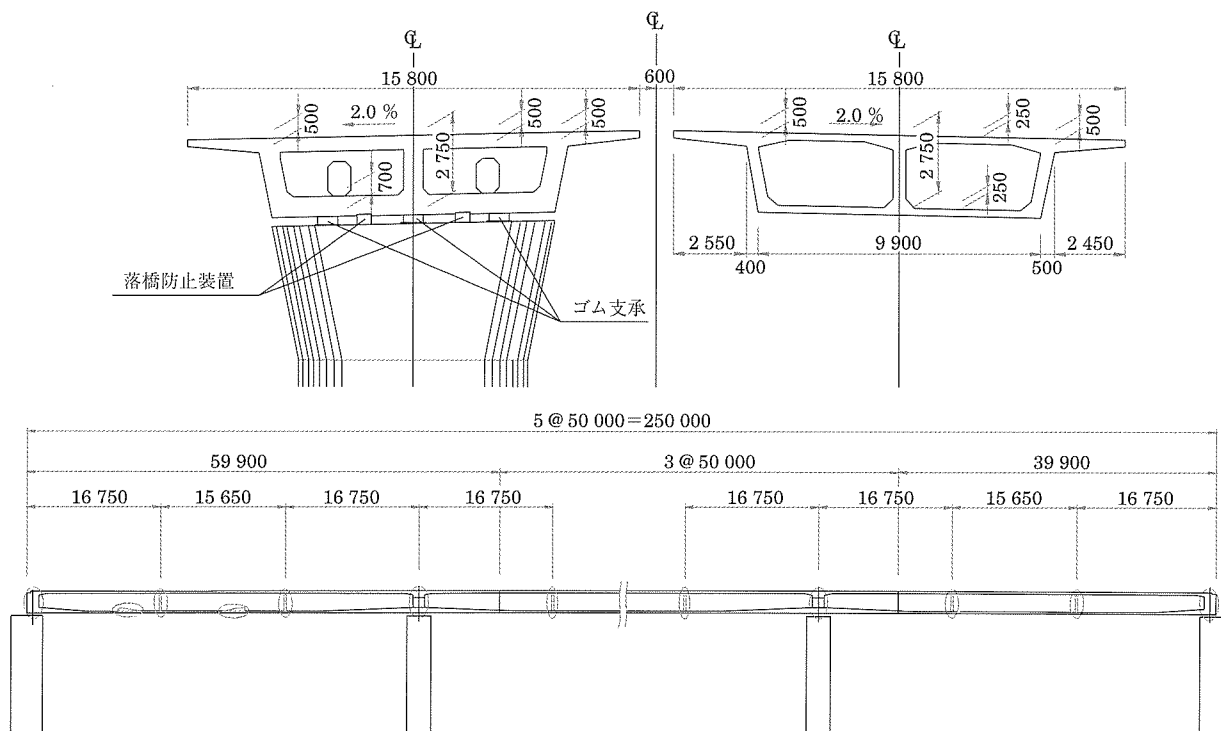


図 - 3 構造一般図

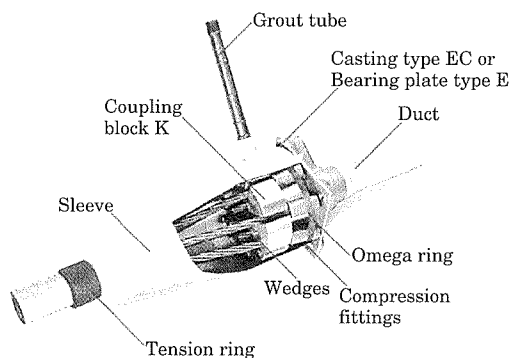


図 - 4 橋軸方向 PC 鋼材の接続 (VSL K タイプカブラー)

また、ハノイ市近傍で使用されている紅河に架かる橋梁の老朽化により、工事着工当初より本橋梁の早期開通が施主から要求されていたため、物量の多いアプローチブリッジ-1 においては施工性と工期短縮の面より MSS による移動支保工施工を採用した。

## 5. MSS の構造概要とその施工手順

### 5.1 MSS の構造概要

本工事で使用した MSS を写真 - 2 に示す。MSS は、以下の 3 つの部分に大別される。

- ① 橋脚に取り付けるブラケット
- ② 外型枠と一体化した鋼主桁
- ③ 内型枠

本橋梁は、上下線との間隔が 1.2 m しかないためアーム長の短いブラケットで開き出しを最小限とするよう、MSS の設計段階において底型枠を折り曲げるタイプを上下線それぞれ 1 基 (計 2 基) 採用した。

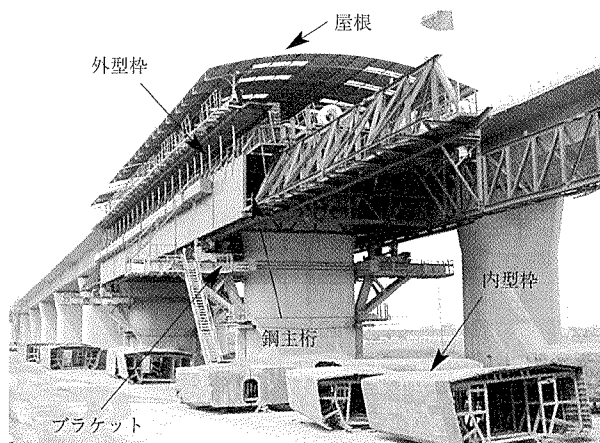


写真 - 2 MSS 構造概要

MSS の移動方法を以下に示す (写真 - 3 参照)。

- ① 橋軸直角方向トラス梁を分割し折り曲げる。
- ② 底版を折り曲げ下ろす。
- ③ 隣接する上床版にあたらぬよう上床版型枠を折り曲げる。
- ④ 橋軸直角方向へ開き出し、ブラケット上の推進ジャッキにより鋼主桁を次の支間へ押し出す。
- ⑤ 次支間移動後には、①～④の開き出し作業の逆を行い MSS の移動が完了する。

鉄筋組立て前の型枠高さの調整は、図 - 5 に示す底型枠の下のスクリージャッキで上げ越し調整を行った。上げ越し量は、施工時の緊張力やクリープ・乾燥収縮によるコンクリート橋体の変形とコンクリート打設による MSS のたわみ量を算出し、支間中央において第一支間では 105

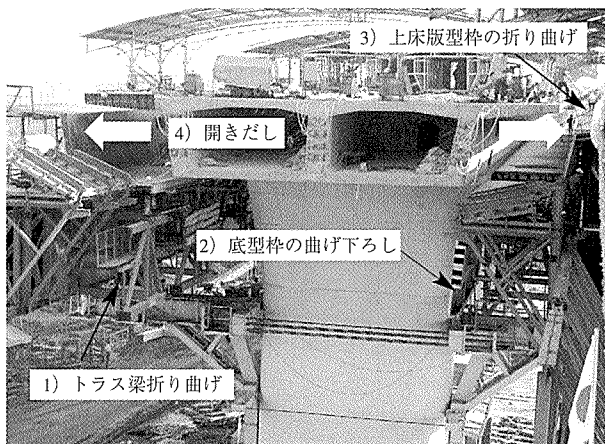


写真-3 MSS 移動状況

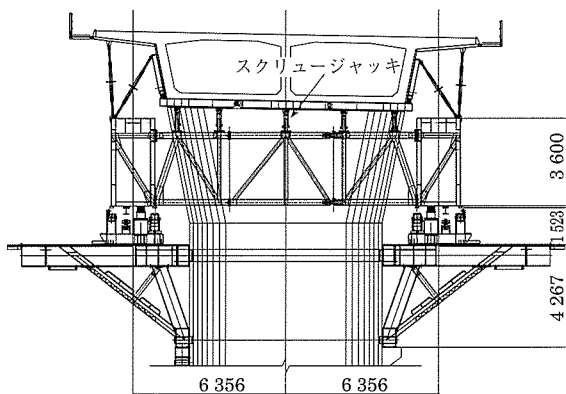


図-5 MSS 断面図

mm, 標準支間では 80 ~ 90 mm, 最終支間では 95 mm と毎支間で調整した。

### 5.2 施工手順

MSS を用いた分割施工の施工手順を以下に示す。

- ① MSS のセット (測量による位置と高さ)
- ② 下床版とウェブ鉄筋組立て
- ③ 支点横桁およびウェブの PC ダクト設置
- ④ 主ケーブル挿入および接合
- ⑤ 内型枠の設置
- ⑥ 上床版の鉄筋 PC 組立て
- ⑦ コンクリート打設
- ⑧ 養生
- ⑨ 緊張作業
- ⑩ グラウト注入

緊張作業は、① 上床版横締め鋼材、② 橋軸方向主鋼材、③ MSS 移動後に支点横桁横締め鋼材の順序で行った。

グラウト注入は、緊張後 7 日以内を要求されていたため、橋軸方向の接続する主鋼材についても次支間の鉄筋組立て完了前までに実施し、グラウト注入完了後に PC ケーブルの接続を行った。

中間横桁の施工は MSS のサイクル作業から切り離し、あと施工とした。

## 6. 急速施工への方策

物量の多い上部工施工の効率的な施工サイクル短縮のため、以下の 6 項目の方策により急速施工を試みた。

- ① 内型枠のプレファブ化
- ② タイロットなしによる内型枠固定方法の簡素化
- ③ 中間横桁のあと施工
- ④ 既設コンクリートとの外枠緊結方法の簡略化
- ⑤ コンクリートの配合設計
- ⑥ 屋根設備設置による作業効率の改善

### 6.1 内型枠のプレファブ化

型枠の組立て作業は、大パネルによる移動式内型枠による作業時間の短縮を検討したが、設計上支点部の横桁のあと施工ができず、型枠を解体時に高さ 1.2 m 幅 0.8 m の検査口から取り出し可能な大きさに小ばらしする必要があった。

そのため、写真-2 に示すように、あらかじめ内型枠を地上で組立て、プレファブ化し、60 t クレーンにて吊込み設置できる構造とした。

### 6.2 内型枠固定方法の簡素化

内型枠の固定方法については、写真-4 に示すようにコンクリートブロックをセパレータとして採用し、外型枠と内型枠、内型枠と内型枠とのタイロットによる固定を省略し、固定に要する時間を大幅に短縮した。50 m 標準スパンでは調整込みで 2 日間で完了できた。

### 6.3 中間横桁のあと施工

前述の内型枠の構造および設置を簡素化し施工サイクルを短縮するため、中間横桁の施工についてはあと施工することとした。そのため、中間横桁の位置のウェブ部にはカプラー鉄筋を配置し、ネジきり鉄筋にて接続した。下床版からの鉄筋は通常差し鉄筋を配置した。

### 6.4 既設コンクリートとの外型枠緊結方法の簡略化

MSS を用いた連続桁の施工では、通常サスペンションギヤローという図-6 に示す設備により、型枠部だけでなく MSS の鋼主桁ごと橋面から吊上げ既設コンクリートと MSS 型枠を緊結させる方法が一般的である。サスペンションギヤローの移動、緊結時の 10 000 kN ジャッキの移動お

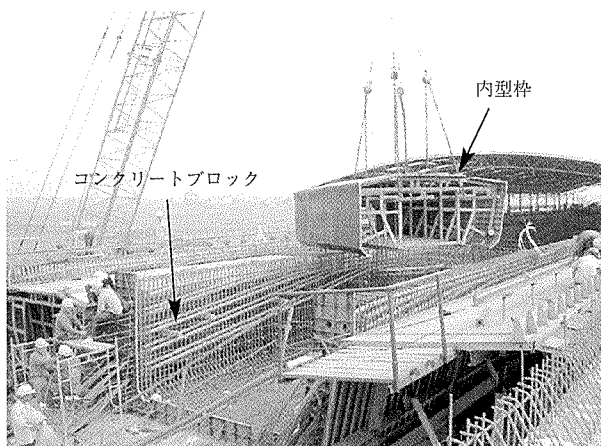


写真-4 内型枠の設置状況



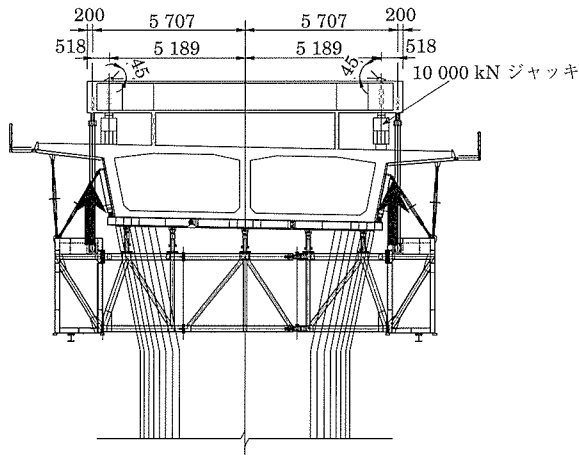


図 - 6 サスペンションギャロー構造図

よび橋面の作業性を考慮し、大規模なこの設備を省略し、型枠パネルを直接既設コンクリートに軽微な 500 kN ジャッキにて緊結する方法で作業時間の短縮と作業の効率化を図った。

6.5 コンクリートの配合設計

コンクリートの配合については、一度に 670 m<sup>3</sup> のコンクリート打設を行うため、セッティング時間が長く、緊張作業の可能な 32 N/mm<sup>2</sup> の強度発現を早期に確保するという、相反する要求を満足する混和剤の選定を行い、ポリカルボン酸系の高性能減水剤を採用した。表 - 2 に配合を示す。配合面で W/C を抑え、養生では、上床版コンクリート上面にビニールシート、麻シート、ブルーシートを三重に重ねる保温養生を採用し、箱桁内部の養生温度を高く保持することで緊張可能な強度発現時間を、夏期で 50 時間、冬期で 60 時間とすることができた。セメント量が多く W/C を抑えたコンクリートであるため、仕上げ時には霧状に散水を行い表面乾燥によるクラック抑制対策を実施した。

6.6 移動式屋根設備の設置

ハノイの気候は、11 月から 5 月の乾期に霧雨が多く、6 月から 10 月の晴天時には気温が体温を超える過酷なものである。そのため、作業環境の整備は作業効率向上のために重要課題と位置づけ、移動式屋根を設置した。

移動式屋根を設置したことにより、雨天での作業効率の向上と型枠の錆発生軽減、夏季における作業効率の向上および夜間作業における照明設備の充実が可能となり、大きな効果を発揮した。

7. 急速施工の結果とベトナムでの普及展望

7.1 急速施工の結果

計画施工サイクル 20 日間にに対し、当初は約 1 箇月要したものの、急速施工の方策の効果により表 - 5 に示す標準 15 日間の施工が可能となった。また、作業員の熟練と投入労務の増加により最速 11 日間のサイクルを達成することができた。表 - 6 に各スパンの実労働日数を、表 - 7 に計画施工サイクルと急速施工への方策の効果によるサイクル短縮日数についてまとめて示す。

7.2 MSS のベトナムでの普及

今回、ベトナム初の MSS による連続橋の施工において、50 m 支間を 11 日サイクルというインパクトは非常に大きいと考えられる。

ベトナムでの全支保工施工では、支保工の沈下対策が重視される傾向にあり、仮設杭の施工と載荷試験が通常要求される。今回の MSS についても使用開始前に一度載荷試験を要求され、写真 - 5 のようにコンクリートブロックを用いコンクリート打設荷重の 70% まで実施し、支間中央で設計想定たわみ 90 mm に対し、79 mm のたわみ（設計想定たわみの 87%）の試験結果を得た。

このように全支保工施工に関する沈下対策や材料の組立て解体の危険作業の省略と材料移動の煩雑さを回避し安全性の向上に効果のある本工法について、今後ベトナム国内での採用も大きく期待できるものと考えられる。



写真 - 5 MSS の載荷試験状況

表 - 5 標準サイクル工程 (15 日)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
コンクリート打設工	打設	養生	養生													打設
緊張工			緊張													
型枠工			移動	設置							内型枠挿入					
鉄筋工					下床版およびウェブ						上床版張出し部				中央部	地覆
PC工								横桁		主ケーブル				上床版		

表 - 6 各支間の実労働日数

1号機施工順序	施工長 (m)	実労働日数 (日)	2号機施工順序	施工長 (m)	実労働日数 (日)
1	60	40	1	60	30
2	50	35	2	50	27
3	50	26	3	50	23
4	50	20	4	50	18
5	40	17	5	40	18
6	60	24	6	60	28
7	50	20	7	50	19
8	50	21	8	50	17
9	50	21	9	50	16
10	50	18	10	50	16
11	40	20	11	40	15
12	60	23	12	60	17
13	50	21	13	50	15
14	50	20	14	50	13
15	50	18	15	50	13
16	50	21	16	50	13
17	40	21	17	40	12
18	40	12	18	60	12
19	50	14	19	50	12
20	50	13	20	50	12
21	50	13	21	50	11
22	40	13	22	40	11
23	60	15	23	60	14
24	50	13	24	50	15
25	50	13	25	50	15
26	50	12	26	50	14
27	50	14	27	50	14
28	40	15	28	40	15

表 - 7 サイクル短縮日数

工種	計画日数	短縮の方策と要因	短縮日数	最速実施日数
コンクリート打設工	0.5		0.5	0.5
養生工	3	コンクリートの配合と養生方法	2	2
緊張工	1		1	1
MSS 移動工	2	作業の熟練	1.5	1
下床版, ウェブ鉄筋 PC 工	5	中間横桁のあと施工	4	3
内型枠	4.5	内型枠のプレファブ化とタイロッドの省略	3	2
上床版鉄筋 PC 工	4	屋根設備による効率化	3	1.5
合計サイクル日数	20		15	11

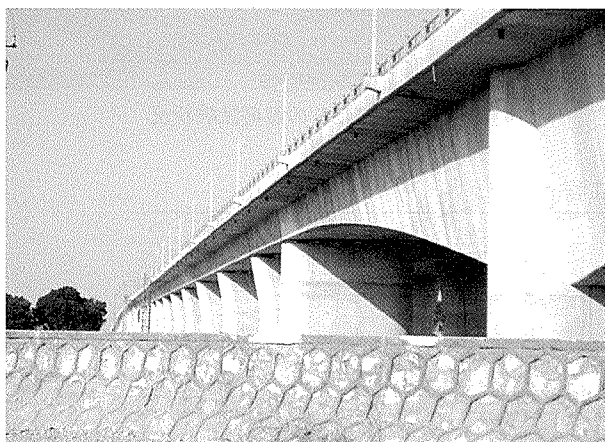


写真 - 6 現況全景

## 8. あとがき

本橋梁工事は、2006年8月に橋体の閉合が完了し、舗装工事も10月上旬には完了した（写真-6完成前の全景）。紅河橋両端の取付け道路工事も急ピッチで進んでおり、橋梁部の交通開放も間近にせまってきている。

今回の橋梁工事でベトナム政府に初めて紹介したMSSを用いた上部工の急速施工方法について、今後ベトナムにおける独自の進化と展開を期待し、本報文の結びとしたい。

### 参考文献

1) JICA - 事業評価表 紅河橋建設事業 (Ⅲ)

【2006年11月2日受付】