

# SC デッキの現場工期短縮と床版取替への取組み

～ 2Day コンクリートの開発と活用～

Shortening Construction Period of SC Deck Using High-early-strength Concrete

段下 義典<sup>\*1</sup>

Yoshinori DANSHITA

北野 勇一<sup>\*2</sup>

Yuichi KITANO

高田 嘉秀<sup>\*3</sup>

Yoshihide TAKADA

建設現場では、周辺への影響を軽減するため、施工期間の短縮が強く求められている。鋼・コンクリート合成床版 SC デッキを用いた鋼橋では現場工期の内、床版工が3～4割を占めている。合成床版は、外力に抵抗する底鋼板がコンクリート打設時の型枠を兼ねており、その他のコンクリート系床版に比べて工程が短縮されているが、床版工におけるコンクリート養生期間は同程度であり、さらなる工程短縮の余地がある。筆者らは、合成床版に対して材齢2日で設計基準強度 30N/mm<sup>2</sup> を得られる早強コンクリートを用い、初期ひび割れ抑制のための膨張材の選定や、短い養生日数が長期のひずみと強度に及ぼす影響、養生剤が防水層の品質に及ぼす影響などを検討してきた。本稿では、これらの検討結果を整理するとともに、その後実施した現場施工性の確認や軽量骨材の適用に関する開発、場所打ち合成床版による工期短縮への取組みについて報告する。

キーワード：現場工期短縮、2Day コンクリート、SC デッキ、床版取替、早強性軽量コンクリート

## 1. はじめに

土木構造物は規模が大きく大型の重機を使用して建設することから、騒音や振動、塵埃の発生等が懸念され、少なからず周辺環境にマイナスのイメージを与え、建設現場の周辺住民等から敬遠されることがある。しかしながら、完成後の利便性の向上等には多大なる期待があり、工事着手後は速やかに完成することが強く求められている。

鋼橋の現場施工は、大まかに準備工、架設工、床版工、付属物工、後片付け工となる。この内床版工の現場工期に占める割合について、近年のわが社における合成床版付き工事の施工実績を調査したところ、3～4割と大きなウェイトを占めていた。

合成床版は底鋼板が外力に有効に抵抗するとともにコンクリート打設時の型枠の役割を兼ねていることから、その他のコンクリート系床版に比べて工程が短縮されているが、さらなる工程短縮のニーズは高いと考えられる。また、コンクリートの打設と養生は気象の影響を受けやすいことから、この期間の短縮は我々施工者側からも求められている。さらに、最近始まった大規模改築、更新工事で注目されている床版取替工事においても同様であると考えられる。

筆者らは、SC デッキ（図1、わが社で開発した鋼・

コンクリート合成床版）に材齢2日で設計基準強度 30N/mm<sup>2</sup> を得られる配合（以下、2Day コンクリート）を用いることで、施工期間の短縮を図る技術の検討を進めてきた<sup>1)～5)</sup>。具体的には初期ひび割れ抑制を目的とした膨張材の選定や、短い散水養生期間の影響、また各種のコンクリート養生剤が防水層の付着に及ぼす影響などの床版の品質に着目した検討である。

そこで本稿は、2Day コンクリートを用いた場所打ち SC デッキについて、これまでに検討してきた成果を整理するとともに、その後実工事に適用して施工性を確認したこと、さらに、軽量化を図るために軽量骨材を用いた早強性軽量コンクリートの開発にも着手しており、これら開発の現況について報告するものである。

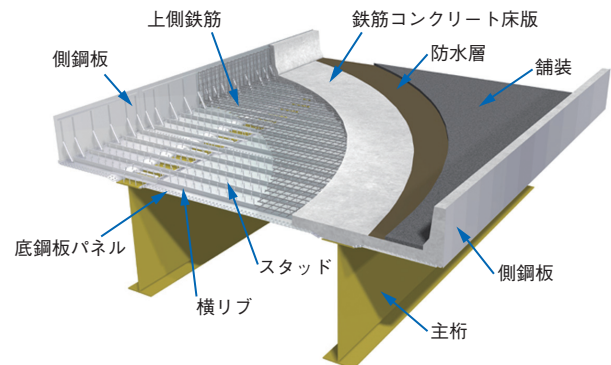


図1 SC デッキの概要

\*1 川田工業(株)鋼構造事業部技術部東京技術課 係長

\*2 川田建設(株)技術部技術開発課 課長

\*3 川田工業(株)鋼構造事業部 副事業部長

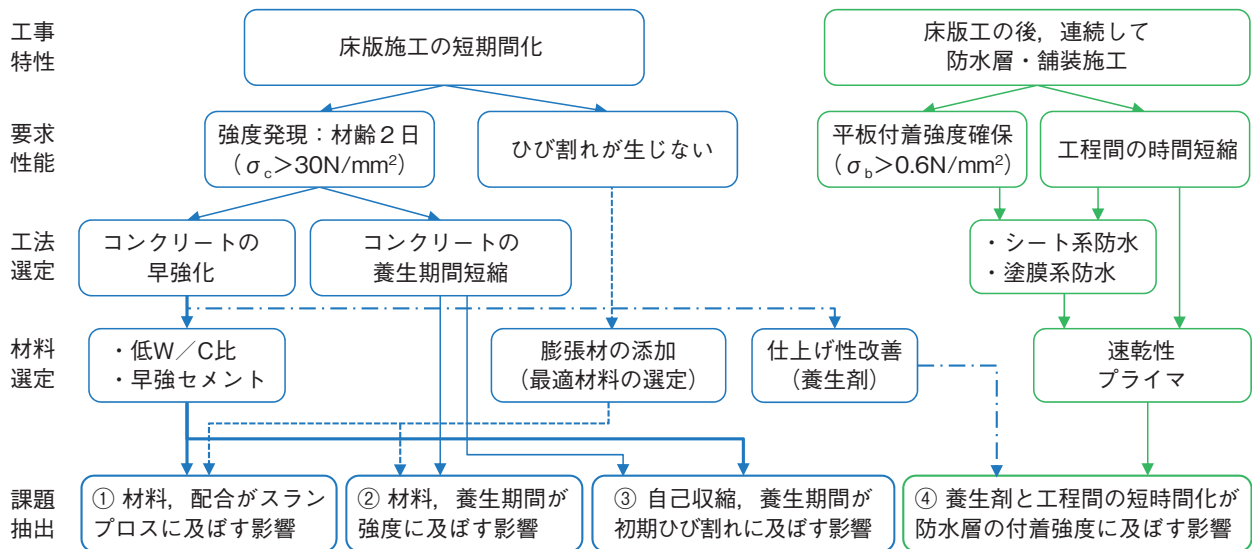


図2 2Dayコンクリートの課題抽出

## 2. 既往の検討結果の整理

この2章では、筆者らがこれまでに検討してきた結果<sup>1)~5)</sup>を整理し、2Dayコンクリートの概要を紹介する。

図2に2Dayコンクリートの開発において実施した課題抽出までのフローを示す。短期間で場所打ち合成床版を施工する工事特性において、新設する床版コンクリートと、その後速やかに施工される防水層と舗装に着目したものである。抽出された課題について、以下に補足する。

課題①：スランプロス

- ・ 早強セメントを用いた低い水セメント比の配合であり、スランプロスが増すため、施工性に対する課題

課題②：コンクリートの圧縮強度

- ・ 膨張材の添加と短い養生期間のため、材齢2日での所定強度の発現に対する課題

課題③：初期ひび割れ抑制

- ・ 材料と配合により自己収縮が増し、また、短い養生期間のため、初期ひび割れ抑制に対する課題

課題④：防水層の付着強度

- ・ コンクリートの仕上げ性改善を目的に使用する養生剤が及ぼす、防水層との付着強度に対する課題

以下には、使用材料や配合および、上記4つの課題に対する検討結果の概要を示す。

### (1) 使用材料と配合

表1に2Dayコンクリート配合を示す。材齢2日にて設計基準強度  $30\text{N/mm}^2$  を目標としたものであり、初期強度の発現を早めるために早強セメントを用い、水セメント比（膨張材含む）は38%である。スランプは  $12 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量は  $4.5 \pm 1.5\%$  である。

表2に使用した膨張材を示す。早強セメントを用いた配合であることを踏まえ、比表面積の大きい早強型石灰系の材料である。

表1 2Dayコンクリートの配合

単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
W	C	EX	S	G	SP
162	396	30(EX-4)	763	978	3.84

W：水(比重1.00), C：早強セメント(比重3.13), EX：膨張材, S：陸砂(硬質砂岩, 比重2.56), G：砕石2005(比重2.66), SP：ポリカルボン酸系高性能AE減水剤(標準形, 比重1.06)

表2 使用した膨張材

密度 (g/cm <sup>3</sup> )	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	備考
3.19	4750	早強型

### (2) 課題①：スランプロスの確認結果

表3に  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  の試験室で実施した試し練りの結果を示す。スランプロスを確認するため、スランプは練混ぜ直後とは別に15分間静置した後も確認した。練混ぜ直後から15分間静置後において、スランプが50%となった。ここで、土木学会コンクリートライブラリー「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案)」を参考にすると、この結果は  $20^\circ\text{C}$  でアジテートした場合の換算時間として33分間に相当する。また、土木学会「膨張コンクリート設計施工指針」には、水結合材比40%の配合に対して、アジテート時間とスランプの関係が示され、練混ぜ直後のスランプ8cmであったものが、30分間アジテートするとスランプが5.5cm、約70%になったことが報告されている。これらを参考にすると、この2Dayコンクリートのスランプロスは、やや大きいと考えられる。

このスランプロスの確認は、膨張材の種別を変えた配合に対しても同一条件で実施した。早強型ではない膨張材の場合にも15分静置後のスランプの変化率が50%と

なり、使用した早強型膨張材特有の影響は見られなかった。いずれにしてもスランプロスがやや大きい配合であり、施工性の確認が必要と考えられた。その後実施した施工性の確認を3章に示す。

表3 試し練りによるフレッシュ性状

スランプ(cm)		比率 B/A	空気量 (%)	コンクリート 温度(℃)
練混ぜ直後 A	15分間静置後 B			
10.0	5.0	50%	3.2	21.5

表4に凝結時間試験(JIS A 1147)の結果を示す。凝結時間試験の規格値は、始発が60分以後、終結が10時間以内であり、これらの規格値を満足することが確認された。

2.(4)に示す床版を模擬した平面寸法400×400mmの試験体では実際の現場施工を想定したタイムスケジュールにて仕上げや養生を実施し、打込み15分以降からの木ごてによる粗仕上げと3時間経過以後の金ごてによる最終仕上げは問題なく実施することができ、現場施工への適用は可能であると考えられた。

表4 凝結時間試験の結果

凝結時間			
始発		終結	
時間:分	分	時間:分	分
4時間35分	275	6時間10分	370

(3) 課題②：コンクリートの圧縮強度の確認結果

表5に圧縮強度試験の結果を示す。JIS A 1108による材料試験では、材齢2日にて目標とした床版の設計基準強度30N/mm<sup>2</sup>を得られることが確認された。また、2.(4)に示す平面寸法400×400mmの床版試験体では散水養生日数が約2日と短い条件であったが、材齢1年での圧縮強度は水中養生を行った材料試験の結果と同程度であり、この床版試験体による養生条件でも材齢2日で所要の強度を得られるものと推察された。

表5 圧縮強度

試験体	材齢	圧縮強度 <sup>※1</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	養生方法	備考
材料試験	2日	41.5	※2	JIS A 1108
	28日	60.4		
	1年	73.3		
床版試験体	1年	77.0	養生方法ア <sup>※3</sup>	JIS A 1107に基づく、直径100mm、高さ200mmのコア採取による
		69.9	養生方法イ <sup>※3</sup>	

※1：3体平均の圧縮強度  
 ※2：20±2℃の試験室にて打込み後、24時間で脱枠し以降20±2℃の水中養生  
 ※3：表7に示す

(4) 課題③：初期ひび割れ抑制の確認結果

表6にJIS A 6202 附属書2 (B法)により一軸拘束膨張率を確認した結果を示す。収縮補償に対して良好な結果が確認された。

表6 一軸拘束膨張の結果

長さ変化率(×10 <sup>-6</sup> ) <sup>※1</sup>		標準の範囲 <sup>※2</sup>
材齢2日	材齢7日	
203	235	満たす

※1：実験値は、3体の平均値を示す。  
 ※2：土木学会 コンクリート標準示方書における収縮補償用コンクリートの膨張率範囲の標準である150×10<sup>-6</sup>以上250×10<sup>-6</sup>以下(材齢7日)

写真1に床版を模擬した試験体を示す。コンクリート厚を200mm、平面寸法400×400mmに鉄筋D25を8本、D13を1本同一方向に配置したもので、上下面を除く4辺を100mm厚の発泡ポリスチレンで覆い熱と水分の移動を無くす条件とした。高さおよび平面の中心に配置したD13鉄筋計と、同じ位置に埋込み型ひずみ計を配置し、鉄筋およびコンクリートのひずみ、温度を計測することとした。下面は木製型枠であるが、鉄筋による鋼材比は5.22%であり、SCデッキに置換すると、9mm厚の底銅板とD19の鉄筋を150mm間隔の配置に相当する。

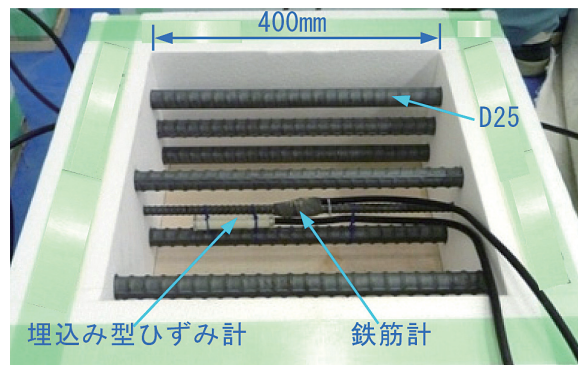


写真1 床版を模擬した試験体(打込み前)

表7に床版試験体の養生条件を示す。

養生方法アは、打込み後6時間経過してから材齢2日まで散水養生を行い、その後、温度20±2℃、湿度60±5%の室内で1年間乾燥の条件としたものである。

表7 床版試験体の養生条件

床版試験体	養生方法	
No.4-ア	ア	(打込み) → 養生剤散布 → 打込み後6~44時間の間散水 → 乾燥(至1年)
No.4-イ	イ	(打込み) → 養生剤散布 → 打込み後20~44時間の間散水 → 材齢6ヶ月時点で7回散水 → 乾燥(至1年)

打込みおよび養生は、温度20±2℃、湿度60±5%の条件で行った。



養生方法イは、散水養生の開始時間を打込み後 20 時間経過してから行い、アの条件に対して、開始時間を遅く、散水養生時間を短くした条件である。これは、現場施工条件の制約等により、散水養生の条件が厳しくなったことを仮定し、それがコンクリートの品質にどのように影響するかを確認するためのものである。

図 3 に材齢 28 日までの鉄筋のひずみを計測した結果を示す。鋼材比の高い床版試験体でも十分な膨張ひずみが付与されていることが確認された。

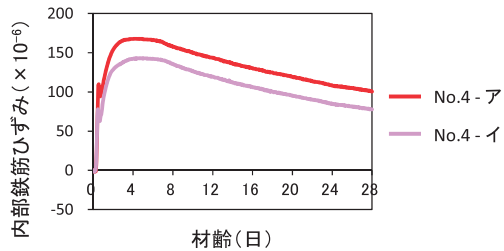


図 3 材齢 28 日までの内部鉄筋のひずみ

#### (5) 課題④：防水層の付着強度の確認結果

上記以外に既報<sup>3)~5)</sup>では、コンクリート養生剤が防水層の品質に及ぼす影響を検討し、コンクリート打込み後 2 日程度で床版表層を除去せずに防水層施工を行う場合には、水性エマルジョン系を適用するのが望ましいことが確認された。

### 3. 現場施工性

2 章に報告した配合を用いて、2015 年 3 月に関東地方の現場にて施工を実施した。対象は厚さ 350mm の踏掛版であり、平面寸法が約 5m × 5m の施工面積である。プラントからの運搬時間は約 40 分間であり、施工当日における運搬から最終仕上げまでの時間における気温は 5 ~ 7℃であった。打込み前に確認したフレッシュ性状は、スランプが 11.5cm (目標: 12 ± 2.5cm)、空気量が 4.2% (目標: 4.5 ± 1.5%) であり、目標の範囲内であった。

写真 2 は、シュートによる打込みの状況であり、問題無く施工できることが確認された。



写真 2 打込み

コンクリート体積は 8m<sup>3</sup> であり、アジテータ車 2 台分の施工量であった。打込み開始から粗仕上げ(写真 3)、トローベルと金ごてによる最終仕上げ(写真 4)までに約 2 時間 30 分で終了。普通ポルトランドセメントの配合に比べて硬化の進捗がやや早いため、最終仕上げを開始する時間を少し早くした。施工全般において作業者にはやや重く感じられるコンクリートであったが、滞りなく施工できることが確認された。



写真 3 粗仕上げ



写真 4 最終仕上げ

写真 5 に打込みから 26 日後におけるコンクリート表面の状態を示す。ひび割れ等は確認されず、適切な品質に施工できることが確認された。



写真 5 打込み 26 日後のコンクリート表面

#### 4. 早強性軽量コンクリートの開発

床版取替の場合には要求事項として、早期に交通開放を行える以外に、主桁や下部工への負担軽減が必要となる場合がある。そこで、早強セメントと人工軽量骨材を用いることで早強性と軽量性を有するコンクリート（以下、早強性軽量コンクリート）を開発した。

##### (1) 材料試験

表8のコンクリートを用いて試し練りを行い、図4の圧縮強度を得た。実験結果の概要を以下に示す。

- ・ 軽量1種は粗骨材を軽量とし、単位重量19.5kN/m<sup>3</sup>、材齢2日で強度発現する。
- ・ 軽量2種①は粗骨材と細骨材の半分を軽量とし、単位重量18.5kN/m<sup>3</sup>、材齢2日で強度発現する。
- ・ 軽量2種②は粗骨材と細骨材を軽量とし、単位重量

17.5kN/m<sup>3</sup>、材齢3日で強度発現する。

上記より、早強性軽量コンクリートとして「軽量2種①」が妥当と判断した。また、このコンクリートは人工軽量骨材中の水による自己養生で低収縮性（普通コンクリートの約1/2）を有することが確認された（図5）。

##### (2) ポンプ圧送試験

軽量2種①のコンクリートを用い、補修現場で圧送試験を実施した（写真6）。圧送条件は、ポンプ車によるブーム打設である。スランブは圧送前22.5cm、圧送後23.0cmであり、ポンプ圧送性は良好であった。

##### (3) 今後の展開

2015年10月現在、耐久性試験を実施中であり、早強性軽量コンクリートは塩分浸透抵抗性に優れる（写真7）ことなどが確認されつつある。これらの実験結果を踏まえSCデッキによる床版取替への適用性検討を予定する。

表8 コンクリート配合

配合名	水セメント比 (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) ※骨材の括弧内は容積の比率						単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )
				水	セメント	細骨材		粗骨材		
						普通	軽量	普通	軽量	
普通	51	12	4.5	168	330 (普通)	792 (100%)	—	1021 (100%)	—	2311
軽量1種	40	23	5.0	175	438 (早強)	842 (100%)	—	—	514 (100%)	1969
軽量2種①						422 (50%)	308 (50%)	—		
軽量2種②						—	615 (100%)	—		

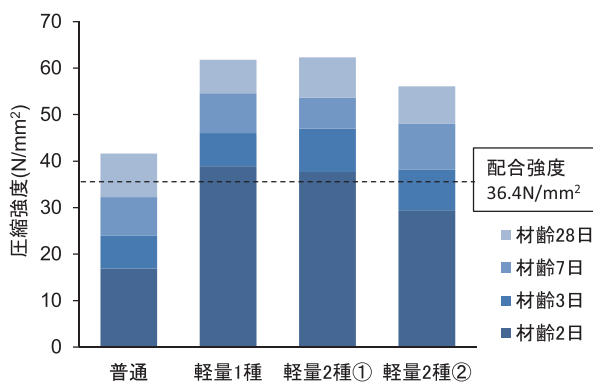


図4 圧縮強度

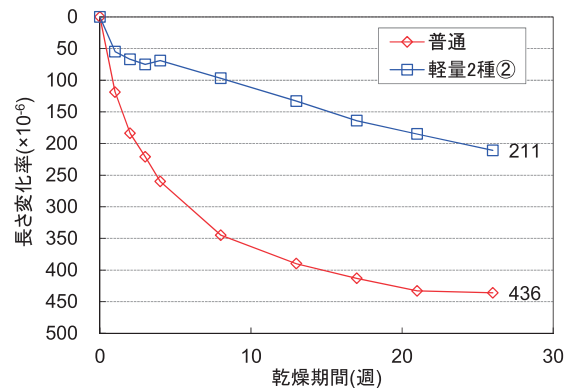


図5 乾燥収縮ひずみ (26週)



写真6 早強性軽量コンクリートの受入れ(左)と打込み状況(右)

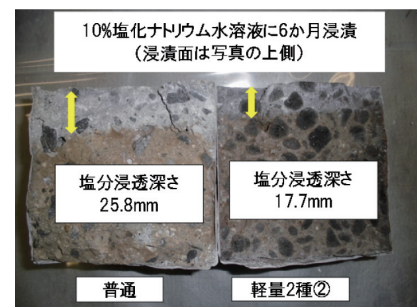


写真7 塩分浸透性



### 5. 2Day コンクリートによる場所打ち合成床版

図6は橋長156mの3径間連続合成2主I桁橋の床版工の工程である。総幅員10.2m、床版厚は260mmである。床版コンクリートは6ブロックに分割し16日間で打設を行い、その後28日間の養生を経て完了した。コンクリート打設と養生に44日間に要している。本橋に2Dayコンクリートを適用すると、連日のコンクリート打設が可能となり、さらに全てのコンクリート打設後2日間の養生で済むため、コンクリート打設と養生の期間は合計8日間であり、36日間の短縮が可能となる。

また、2Dayコンクリートは1日で設計基準強度の8割程度の圧縮強度まで発現すること、高強度のコンクリートであることから、隣接径間を連日でコンクリート打設できる可能性が高く、床版取替工事に有利なコンクリートと考えている。

床版取替には多くの場合、プレキャストPC床版、鋼床版等のプレキャスト製床版を用いることが多い。これは現場作業を極力減らして現場工期を短縮することが主な目的と考えられる。工事発注が始まったNEXCOの大規模改築、更新工事においてはプレキャストPC床版を用いた床版取替工事が検討されている。そこで、プレキャストPC床版と2Dayコンクリートを用いた場所打ち合成床版による床版取替工事の比較を行ってみた。

図7は橋長35.8mの鋼単純合成I桁橋における床版取替工事の工程を比較したものである。RC床版から場所打ちSCデッキへ取替えが行われた実工事の工程を2Dayコンクリートに置き換えた場合と、プレキャストPC床版に置き換えた場合の比較である。現場条件により結果は異なると考えられるが、本ケースでは有意な違いはないものと考えられる。

表9に2Dayコンクリートを用いた場所打ちSCデッキとプレキャストPC床版の比較を示す。初期コストは現場施工条件によるため比較していないが、場所打ちSCデッキが有利と考えられることが多々あると考えている。

### 6. おわりに

現在開発を進めている2Dayコンクリートを用いた場所打ちSCデッキの取組みと、SCデッキの軽量化ニーズにも応える早強性軽量コンクリートの現況を取りまとめた。いまだ、開発途上ではあるが、新設橋はもとより既設橋の床版取替工事の様々なニーズにも応えられると考えている。2Dayコンクリートの材料費は地域により多少異なるが、SCデッキに用いられている標準のコンクリートに比べ、概ね4割程度の上昇になると思われる。

今後、2Dayコンクリートの施工性と底鋼板と既設主桁の取合い構造、早強性軽量コンクリートについて、さらに検討を進めていきたいと考えている。

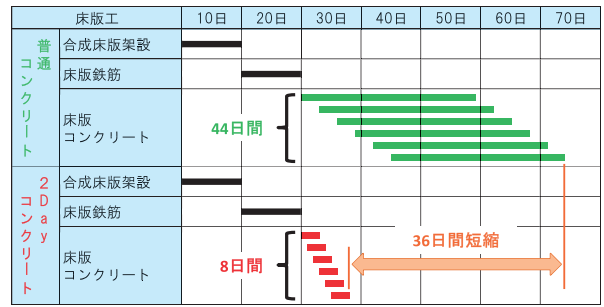


図6 床版工の工程比較

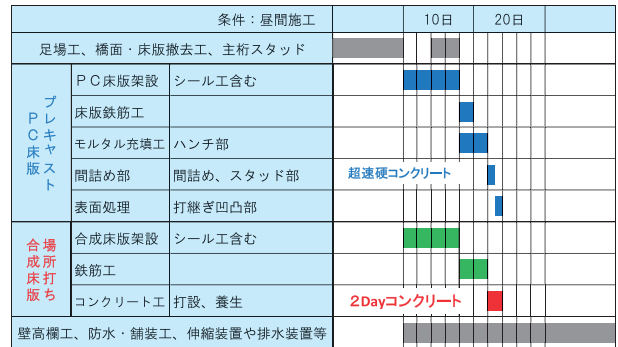


図7 床版取替工事の工程比較

表9 2Dayコンクリートを用いた場所打ちSCデッキとプレキャストPC床版の比較

項目	場所打ちSCデッキ	プレキャストPC床版
工程	△ (同等)	△ (同等)
合成桁への対応	○ (問題なし)	△ (困難なケースあり) <sup>6)</sup>
コンクリート打継ぎ箇所	○ (少ない)	× (多い)
床版上面の平坦性	○ (問題なし)	△ (間詰め部が凸)
斜角、曲線等道路線形への対応	○ (問題なし)	△ (困難なケースあり)
排水溝等の床版埋込み部材	○ (問題なし)	△ (位置、大きさに制限)

### 参考文献

- 1) 段下, 田坂, 江崎, 橋, 北野, 堀池: 床版取替え用SCデッキに適用する早強コンクリートの品質確保, 川田技報, Vol.32, p.40, 2013.1.
- 2) 段下, 橋, 北野, 堀池, 大友, 小林: 鋼コンクリート合成床版の高強度コンクリートと防水層に関する検討, 土木学会第7回床版シンポジウム, pp.213-218, 2012.6.
- 3) 段下, 北野, 大友, 堀池, 江崎, 橋: SCデッキによる床版取替え技術, 川田技報, Vol.30, p.26, 2011.1.
- 4) 大友, 江崎, 田口, 北野: 急速施工を伴う鋼橋床版取替えにおける防水層施工の適用性に関する検討, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.9.
- 5) 北野, 大友, 橋, 田口: 急速施工を伴う鋼橋床版取替えの高強度膨張コンクリートの適用性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1265-1270, 2010.7.
- 6) 財団法人 高速道路技術センター: 平成11年度 第二東名高速道路 鋼橋の新技術に関する調査研究 少数主桁橋設計・施工指針 (案) フォローアップ検討 報告書 (日本道路公団 名古屋建設局委託), 平成12年3月.