

日本の大動脈を立体化する ～ 新技術を活用した賢い施工計画の立案ver1.0 ～

金原 政希¹⁾

¹⁾ 中部地方整備局 静岡国道事務所 計画課 (〒420-0054 静岡市葵区南安部2丁目8-1)

当該事業は、国道1号静清バイパスにおける主要渋滞箇所であり、当バイパス唯一の平面区間である清水地区区間の立体化を行うものである。当区間は、清水港へのアクセス道路としての交通ニーズが多い中、現道交通を迂回させる路線の確保が困難であるため、現道上での橋梁工事とならざるを得ない。また、沿道には商業施設が多くあることから現道用地内での施工になるとともに、工事中の現道交通に対する安全確保、交通サービス確保も必要となる。このような厳しい施工制約条件に対して、交通マイクロシミュレーションによる施工時の交通影響評価、新技術・新工法の活用による工期短縮、CIM技術活用による施工手戻り防止等を踏まえた橋梁施工計画を立案したものである。

なお、本稿に示す施工計画をver1.0とし、本年度より本格的に工事に着手することから、施工中における現場実態が計画と差がないかを調査し、今後継続的に改善を図っていくものである。

キーワード：橋梁施工計画、交通マイクロシミュレーション、交通影響評価、新技術活用、CIM技術

1. はじめに

国道1号静清バイパスは、静岡県静岡市清水区興津東町から駿河区丸子二軒家に至る延長24.2kmの主要幹線道路であり、静岡市における通勤・通学・買い物等の日常生活の利便性の向上、交通混雑の緩和、交通安全の確保を図るものである。このうち、当該事業の対象となる清水立体は、バイパスの起点に位置し、静岡市清水区横砂東町から八坂西町を結ぶ延長2.4kmを高架構造とする事業であり、物流において、東名高速道路清水ICと清水港を接続する重量な役割を担っている。また、高架化により、静清バイパスの平均走行速度の向上による移動時間の短縮、交通事故の減少・抑制、交通渋滞解消によるCO₂削減、騒音抑制等の沿道環境改善が期待されている。

本報では、この清水立体の橋梁工事について、交通マイクロシミュレーション、新技術・新工法、CIM技術等を積極的に活用し、現道交通への影響に十分配慮したうえで、安全かつ確実な施工を目指し立案した施工計画について報告するものである。



図-1 位置図



図-2 清水立体の完成イメージ

2. 高架構造の概要と施工時の課題

(1) 高架構造の概要

清水立体の高架構造は、現道の上下線の中央に橋脚を配置した連続高架構造であり、上部工は鋼箱桁、下部工はRC柱と鋼製梁を組み合わせた複合橋脚、基礎工は場所打ち杭、回転杭（鋼管）を基本としている。

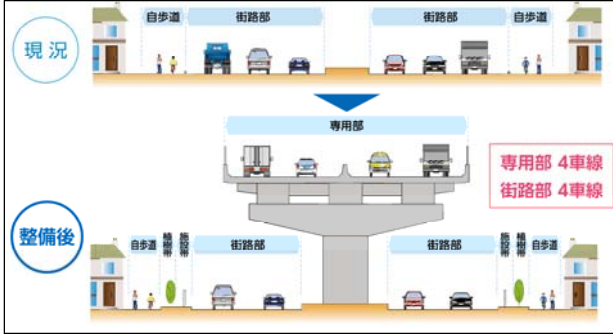


図-3 清水立体の整備イメージ

表-1 道路条件

専用部	道路規格：第1種 第3級
	設計速度：V=80km/h
街路部	道路規格：第4種 第1級
	設計速度：V=60km/h



図-4 完成イメージ

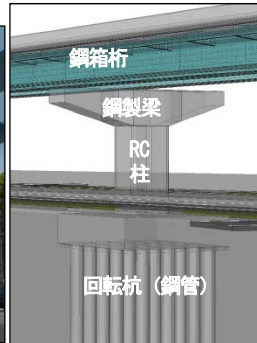


図-5 3次元CG

(2) 施工時の課題

高架橋の施工時においては、現況約73,000台/日の重交通、現道用地内の狭い施工ヤード等の厳しい施工制約条件に対して、安全・確実かつ施工時の交通負荷軽減を図るため、新技術を積極的に活用した精度の高い施工計画を立案する必要がある。



写真-1 現況の渋滞状況

図-6,7に施工時の車線規制計画を示す。車線規制は、中央部に設置される橋脚の施工に配慮し、可能な限り現況車線を両側へ切り回すことを基本とした。さらに、現況交通を両側に切り回しても夜間の施工帯幅を確保できない区間は、車線数を減じて施工帯幅を確保した。

この車線規制計画に対して、以下の項目について新技術を活用した検討を行い、最適な施工計画を立案したものである。各検討項目について「3.」以降に詳述する。

- ①適切な夜間施工時間帯（規制開始時間）の検討
- ②多数の高架橋に対する最適な施工順序の検討
- ③橋脚工事の安全かつ確実な施工方法の検討
- ④視覚化ツールによる施工計画の検証

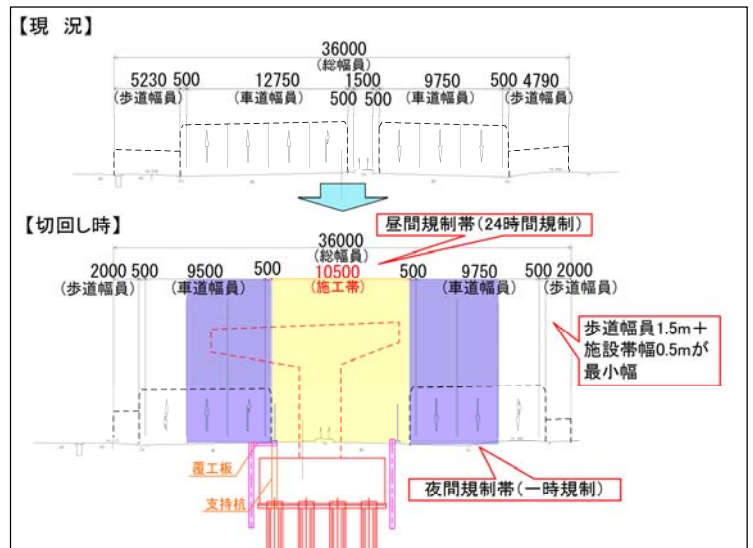


図-6 車線規制計画（断面図）

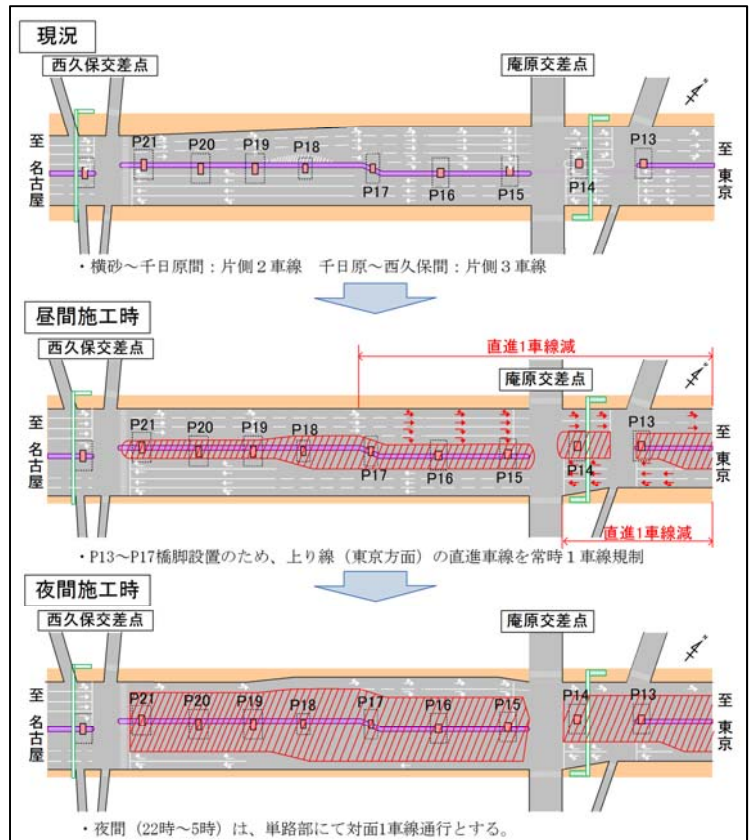


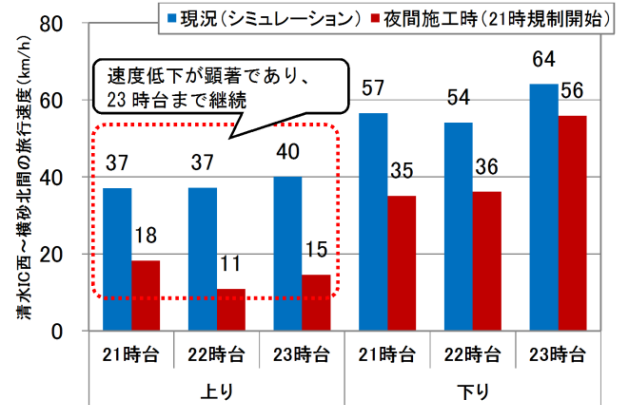
図-7 車線規制計画（平面模式図）

3. 適切な夜間施工時間帯の検討

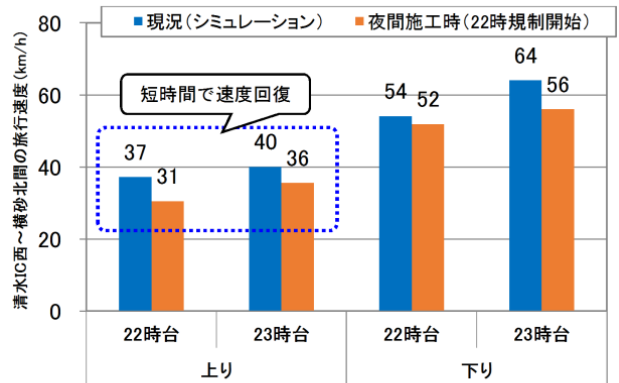
従来、現道交通の課題把握、道路改良計画の検証などに活用されていた交通マイクロシミュレーションについて、橋梁施工計画に積極的に活用し、施工時の車線規制計画の妥当性を検証したものである。ここでは、交通マイクロシミュレーションを活用した夜間施工時間帯（規制開始時間）の検討について報告する。

本事業区間（約2.4km）内には、東名高速道路清水ICとの接続の他、6箇所の交差点があり、交差点相互の影響やインター流出交通の折り込み等が考えられるため、個別の交差点に対する交差点解析等では施工時の交通影響の把握が困難であった。よって、隣接する交差点の影響（先詰まり）等、より現実に近い交通状況の予測が可能な交通マイクロシミュレーションを実施し、施工時の渋滞現象を精度良く再現することで、現況交通影響を軽減する夜間施工の開始時間を設定した。

交通マイクロシミュレーションの解析結果を図-8～10に示す。これより、21時から交通規制を開始した場合は、規制に伴う渋滞の影響が22時以降にも継続し、23時台まで速度低下が顕著であることがわかった。これに対して、22時から規制を開始した場合は、速度低下が少ない結果となった。この検討結果に基づき、夜間施工時間帯は22時から5時を基本に、施工計画（タイムスケジュール）を立案することで、夜間施工時の車線数減による渋滞影響軽減と、夜間施工時間の最長化による工事工程短縮の両立を図ることができた。



(a) 21時規制開始時



(b) 22時規制開始時

図-8 夜間施工開始時間の違いによる時間帯別旅行速度

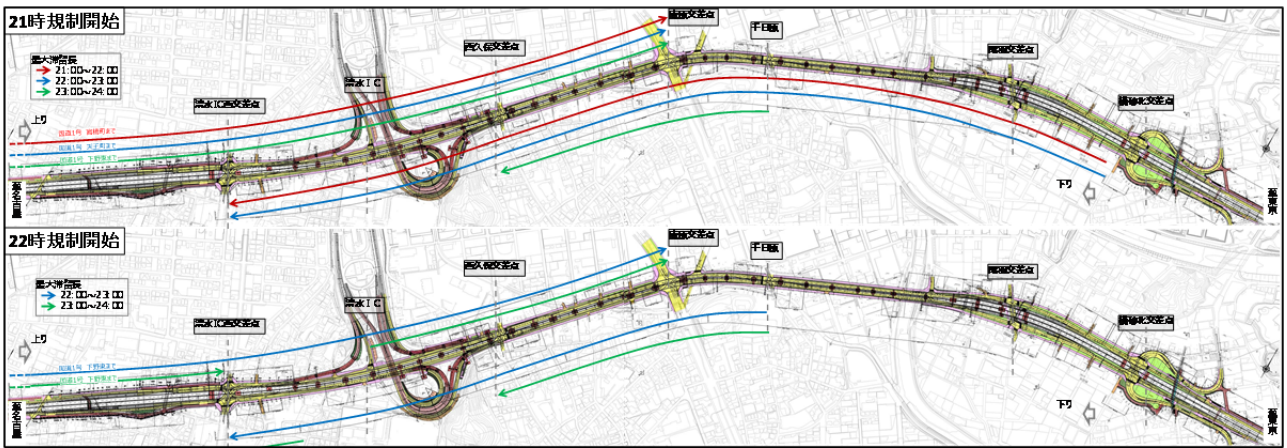


図-9 夜間施工開始時間の違いによる時間帯別の滞留長の比較

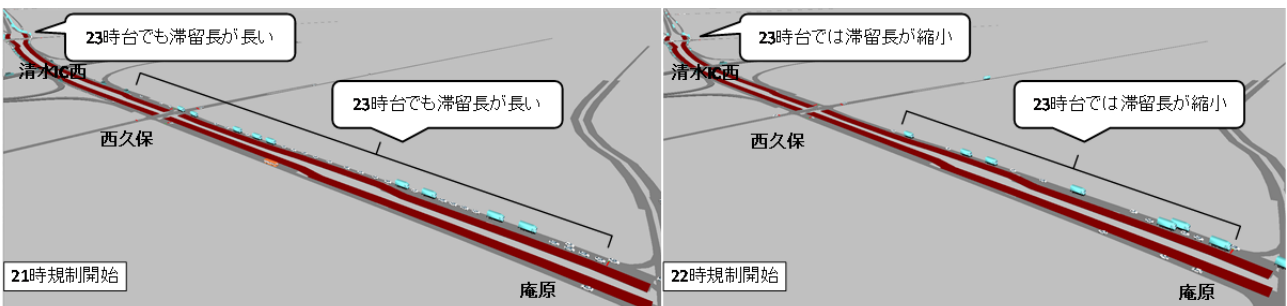


図-10 23時台における渋滞状況の比較

4. 多数の高架橋に対する最適な施工順序の検討

ここでは、区間内の多くの橋梁構造物（上部工14連、下部工47基）に対して、交通影響が最小となる最適な施工順序について報告する。

各交差点において、施工時の車線規制に基づいた交差点解析を行った結果、庵原交差点においては、朝6時～8時と、夕方17時～19時の時間帯において、交差点容量を超過することがわかった（表-2）。これは、庵原交差点においては、現況の車線数が多く、中央分離帯の幅も狭いことから、施工時においては、昼間でも現況の車線数から1車線減じる必要があることが主な要因である（図-11、12）。

以上の検討結果を踏まえ、施工時の交通影響が大きい庵原交差点を跨ぐ庵原高架橋の施工を最後とすることで、施工時の交通影響期間を極力短くした。

さらに、庵原高架橋の下部工（P13～P19）について、庵原交差点の右折レーンの影響区間に位置するP14～P17の4基の施工を最後とすることで、交通影響最小化を図った（図-12）。

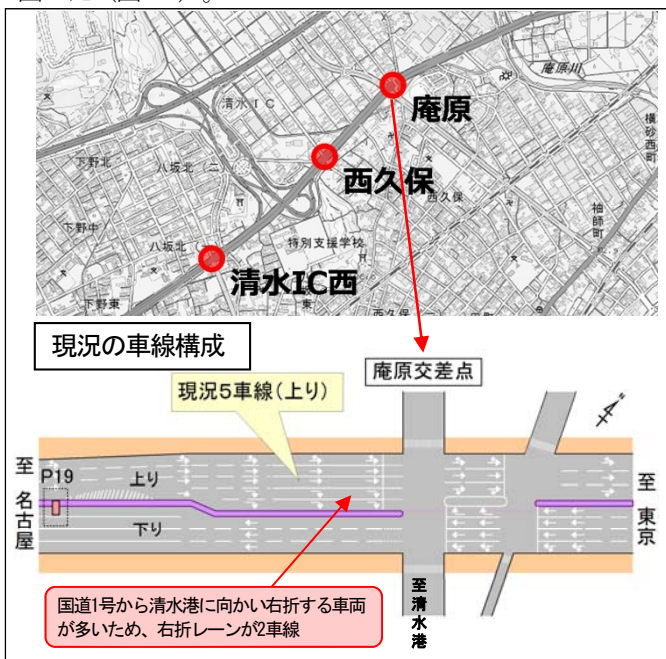


図-11 庵原交差点の現況

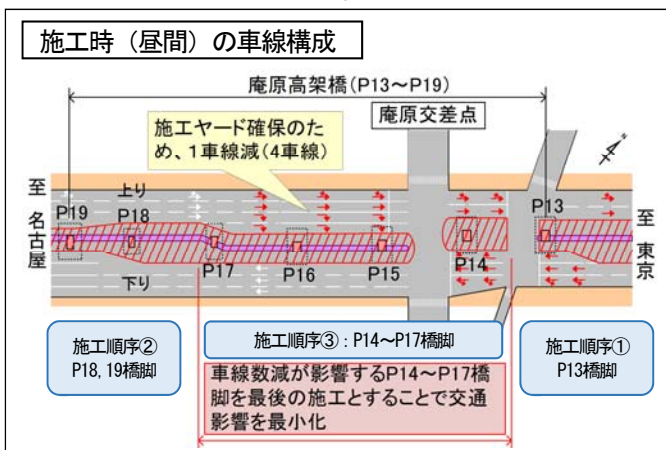


図-12 庵原交差点の施工時車線規制（昼間）

表-2 庵原交差点の交差点解析結果（施工時）

時刻	交差点需要率	車線別 交通容量比			
		静済バイパス			
		上り 北東流入部		下り 南西流入部	
		直左	右折	直左	右折
...
5 時台*	0.271	0.447	0.037	0.478	0.223
6 時台*	0.681	0.810	0.115	1.116	0.533
7 時台	0.888	0.992	0.228	1.201	1.034
8 時台	0.749	0.946	0.364	0.984	0.915
...
16 時台	0.730	0.980	0.327	0.995	0.666
17 時台	0.777	0.941	0.281	1.044	0.828
18 時台	0.709	1.020	0.237	0.978	0.694
19 時台*	0.599	0.905	0.203	0.969	0.441
20 時台*	0.477	0.754	0.112	0.798	0.355

庵原交差点においては、施工時の車線数減の影響から朝と夕方のラッシュ時に渋滞が発生する。

5. 橋脚工事の安全かつ確実な施工方法の検討

ここでは、橋脚工事について、施工リスクの軽減、工期短縮を目的としたCIM技術の活用、新技術・新工法の採用について報告する。

(1) 施工ステップ、杭・フーチング、鋼製梁の施工概要

図-15に橋脚の施工ステップを示す。昼間の車線数確保を目的に、杭およびフーチングの施工は夜間施工を基本に、昼間は覆工板を設置することで交通開放を可能とした（図-15、STEP1～4）。

また、平成28年4月22日に発生した新名神高速道路の有馬川橋橋桁落下事故に対する技術委員会による原因究明から、供用中の道路の上空における橋梁工事において、仮設構造物の支持、転倒、滑動等に対して十分安全であることを確認することなどが取りまとめられた。これより、本橋では中部地整初となる橋脚の梁を鋼製とした複合橋脚を採用し、ベント等の仮設構造物を不要とするとともに、夜間の片側対面通行で鋼製梁を架設することで現道交通への安全確保を図った（図-15、STEP5）。

(2) CIM技術を活用した施工リスクの検証

鋼製梁内部にはリブ等の補剛材が設置されており、RC柱の主鉄筋との干渉を確実に避け、夜間の限定された施工時間内での施工手戻りを防止する必要がある。よって、CIM技術を活用し、設計段階から施工リスクを検証したうえで、詳細設計を実施した。具体には、3次元CADにより、補剛材、主鉄筋を精度良くモデル化し、干渉しない鉄筋配置を計画し、詳細図に反映した（図-13）。また、同様に杭頭鉄筋と柱およびフーチングの鉄筋との干渉についても3次元CADにより検証し詳細図に反映した。

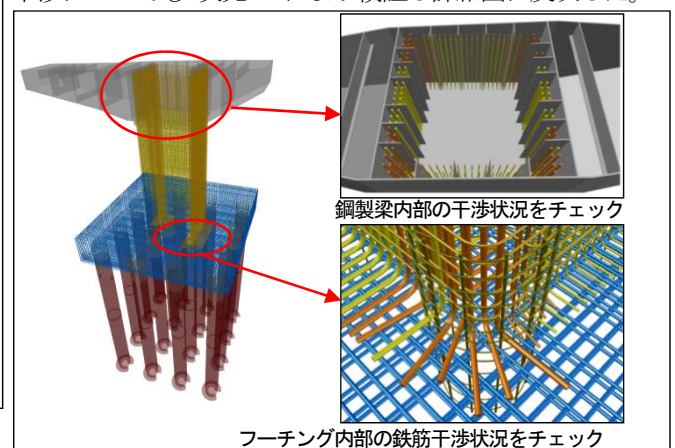


図-13 CIM技術による鋼製梁と柱主鉄筋の干渉の確認

(3) 新技術・新工法を採用した杭接合構造

回転杭の打設は、昼間の交通開放のために、夜間施工において確実に覆工板の下まで杭を打設する必要があるが、杭の継手を従来の現場溶接とした場合、溶接に約2時間を要することから、夜間のうちに杭の施工が完了しない施工リスクが課題となった。

この課題に対して、回転杭の継手について、新技術・新工法で、中部地整において橋梁基礎工への採用は初となる機械式継手工法を採用（図-14）した。機械式継手工法は、セットボルト等により鋼管杭の下杭と上杭を接続する工法であり、溶接作業が不要となることから、施工時間を現場溶接の1/10程度に短縮することが可能となり、厳しい夜間施工時間内での余裕のある工程計画による施工リスクの軽減と工期短縮を図ることができた。

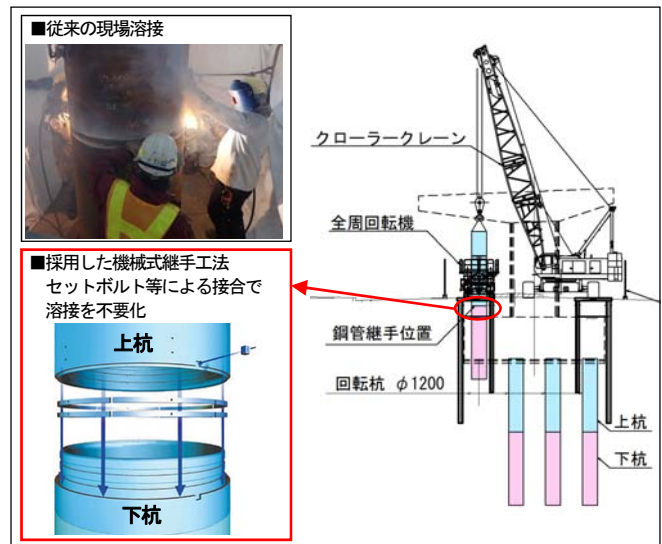


図-14 回転杭（鋼管）の継手

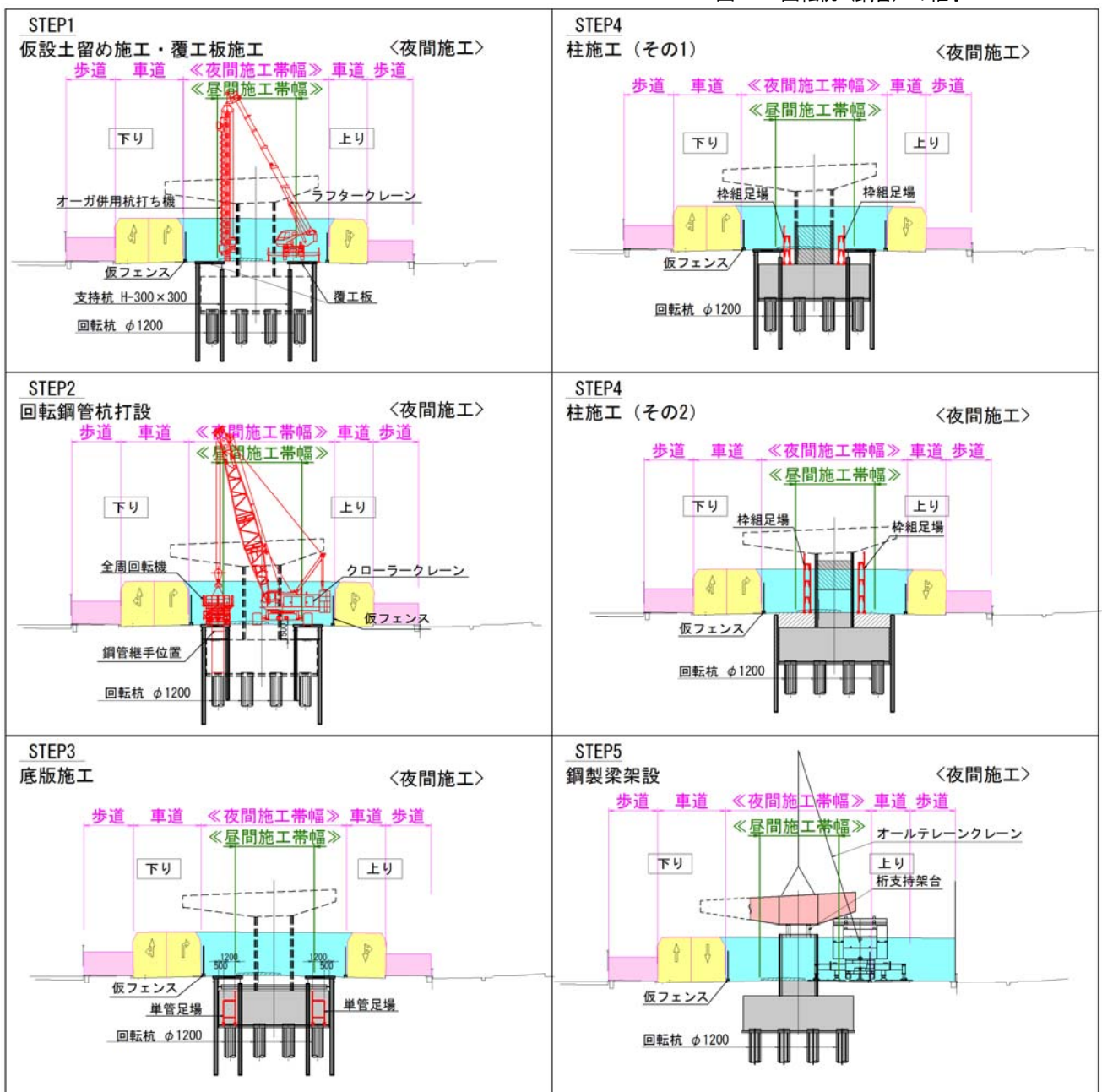


図-15 下部工施工ステップ

6. 視覚化ツールによる施工計画の検証

複雑な施工方法、施工手順に対して、3次元モデルを活用した動画を作成し、施工計画の妥当性を検証した。従来は動画ではなく、ステップ毎の静止画で確認していたが、静止画による断片的な情報ではなく、一連の連続した作業（動画）で確認することにより実際の施工前に予期せぬリスクが潜在していないか検証することができ、施工計画の精度向上を図った（図-16）。

さらに、地元説明等でも活用することで、専門家以外の方にも、複雑な施工計画を理解いただくよう努めた（写真-2）。

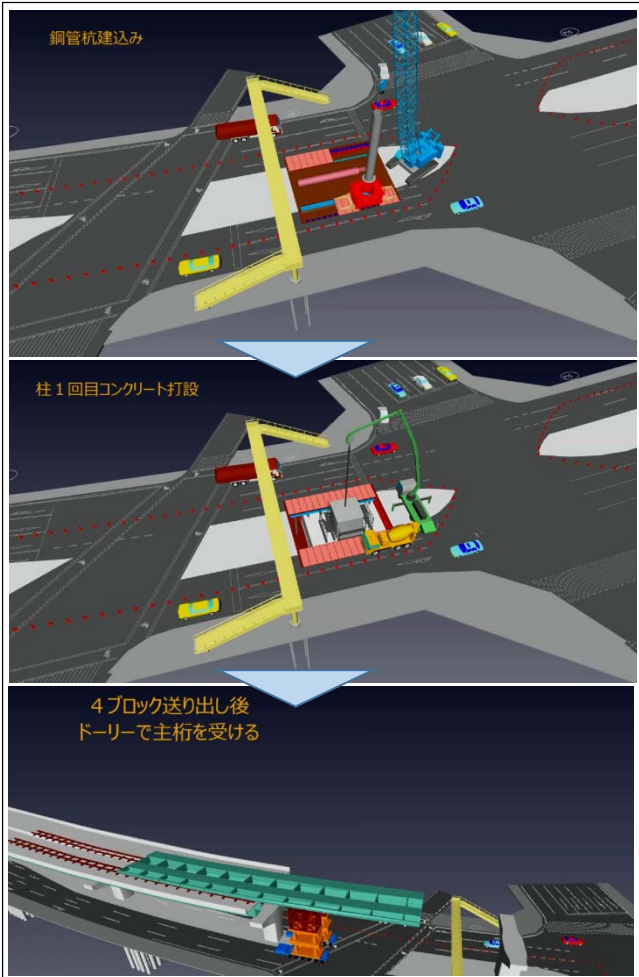


図-16 施工計画の動画（約15分）



写真-2 動画を使った説明風景（地元説明会）

7. 今後の展開

平成30年度は事業の一部の橋梁設計において中部地整初となるECI方式（設計段階から施工者からの技術協力を実施し、その期間中に施工の数量・仕様を確定した上で契約する方式）を活用し、設計段階から施工者のノウハウを活かすことにより、設計精度の向上を図り、施工リスクの解消を図りたい。

また、交通規制時の交通影響について、ミクロシミュレーション結果と、実際の渋滞状況とのマッチングを確認し、精度向上に努めつつ、時間帯、曜日、施工ロット、施工順序等の複数パターンを比較評価し、如何に交通影響を減らす施工計画を立案出来るか検討を進めていきたい。

さらに、工事中の対応として、情報通信技術を活用し、工事期間中の渋滞状況をリアルタイムで把握するとともに、区間の走行所要時間等を道路利用者に情報提供することを検討していきたい。また、道路利用者への事前広報として、HP等での案内、ポスター掲示、歩道橋への横断幕設置等を検討し、交通影響を最小限とするよう進めていきたい。

8. おわりに

国道1号の重交通、狭隘な施工ヤード、夜間の限定された施工時間等の厳しい施工制約下での高架橋の施工について、交通ミクロシミュレーションを活用した夜間施工時間帯の検討、交通影響を軽減する施工順序、CIM技術、新技術・新工法を活用した施工リスクの軽減等について、橋梁分野のみではなく、交通分野等も含めた幅広い視点からさまざまな検討を行い、適切な施工計画を立案することができた。

また、複雑な構造細目、施工方法、施工手順について、3次元データ、動画等の視覚化ツールを積極的に活用し、施工計画の妥当性を検証するとともに、地元等の第三者の理解向上にも役立てることができた。

本計画をver1.0とし、施工中における現場実態が設計段階の計画と差がないかを調査し、継続的に計画を見直していくとともに、多くの施工会社が同時進捗することが予想される本事業区間内で水平展開し、確実に情報共有することで、安全かつ確実な施工を目指していくものである。

謝辞：最後に本報告の作成にあたり、ご協力ならびに助言をいただきました関係各位の方々に感謝の意を表します。