

## ◆特集：交差点立体化事業における急速施工の新技術◆

## 路上工事期間短縮技術の効果検証

小野寺誠一\* 波田光敬\*\* 大下武志\*\*\*

## 1. はじめに

都市内の主要な平面交差点では、慢性的な交通渋滞が発生しており、都市の経済活動を阻害しているだけでなく、騒音や大気汚染等により周辺環境や地球環境にも悪影響を及ぼしている。この対策として、交差点の立体化等の改良工事が順次進められており、都市内の交通円滑化に効果を発揮している。しかしながら、交差点立体化工事は、交通量の多い供用中の道路上での工事であり、施工ヤード等の制約条件の厳しい場所での施工となることから、施工期間が長期間に及び、工事に伴い新たな交通渋滞を長期間に渡り発生することになる。さらに、既に市街化の進んだ都市内の工事であり、工事に伴う渋滞・騒音・振動・大気汚染等の影響により、周辺住民の生活環境に大きな影響を与えることになる。

これらの問題に対して、交差点の立体化工事に伴う道路交通や周辺環境への影響を極力低減できる新技術・新工法の開発が早急に望まれていた。そこで、交差点立体化工事の急速施工可能な新工法について民間企業6グループと共同研究を実施し、急速施工に寄与する新たな要素技術について実験等により機能確認を行ってきた。なお、要素技術の詳細については文献1を参照されたい。

本報では、これら新工法の効果を検証するために、同一の現場条件に対して従来工法と新工法により試設計を行い、工期短縮効果を把握するとともに、工事中の道路交通・周辺環境への影響試算を行った結果について報告する。

## 2. 交差点立体化の新工法

交差点立体化工事において急速施工を行う新工法は各種提案されている<sup>2)</sup>。このうち、6工法について民間企業6グループ(14社)と共同研究を実施した。共同研究を実施した各工法の概要と特徴を表-1に示す。

新工法では、部材のプレキャスト化や基礎杭と橋脚との接合方法の改良等などによる現場作業の効率化、上部工と下部工との同時作業や上部工中央径間の一括架設による現場工期の短縮、橋長の短縮による作業量・使用材料の減少及び工事中の

右折レーンの確保による交通渋滞の緩和などの工夫により、従来工法に比較して大幅な工期の短縮や道路交通への影響低減を行っている。

## 3. 交差点立体化の試設計

各新工法の構造形式、施工法・施工手順、工事中の交通規制等を検証するとともに工期短縮効果を確認するために、同一の現場条件に対して従来工法及び各新工法により試設計を行った。

## 3.1 試設計の現場条件

試設計は、図-1に示すように都市内の6車線と4車線の幹線道路の平面交差点において、6車線道路のうち4車線をオーバーパスにより立体交差化する工事を想定した。地盤条件は、軟弱地盤で支持層は約18m以深である。ただし、液状化はしないものとした。交通条件は、交通量が立体化道路で約5.5万台/日、交差道路で約3.2万台/日である。

試設計では、立体化道路の中央分離帯及び車道を利用して施工を行い、工事中には現道片側2車線は最低確保するものとして施工法の検討を行った。また、新工法では、可能な場合において、工事中に右折レーン(最低30m)を付加して設計している。さらに、俯角75度以上のところに交通がある場合には落下物に対する防護施設を設置し、施工時にも建築限界4.5mは確保するものとした。

## 3.2 従来工法による試設計

従来工法による試設計にあたっては、一般的に採用されている構造形式から、従来の施工方法で出来るだけ工期短縮が可能で、工費最小となる様な構造形式を選定した。

この結果、図-2に示すように、延長470m(橋梁部200m、盛土部135m×2)で上部工は5径間連続鋼床版桁橋、下部工はRC橋脚、RC橋台、基礎工は場所打ち杭( $\phi$ 1000mm)、盛土部は杭基礎併用の場所打ちのコンクリート擁壁(U型擁壁、L型擁壁、重力式擁壁)となった。

工程は、従来の工事発注形態を踏襲し、図-3に示すように、下部工、擁壁工・盛土工の施工後に、上部工の架設を行う工程とし、現場工期(準備工を除き、設備工、片付け工まで)は全体で約2年(23ヶ月)となった。

工事中の交通規制は、橋脚の杭基礎施工中(約1.3ヶ月)には片側3車線を確保できる(規制①:表-2参照)以外は、工事完了までの約21ヶ月間

Effectiveness of New Technology in Reducing On-site Work Period on Over-pass Construction Project

表-1 新工法の概要と特徴

工法	SEB工法	はやかけOP工法	すいすいMOP工法
会社	鹿島建設、新日本製鐵	大林組、ピーエス三菱	三菱重工業、戸田建設
特徴	側径間桁を組立後にジャッキアップし、上で中央径間桁の組立、下で下部工の施工を同時に実施	上部工にプレキャストコンクリートを使用。中央径間桁を組立後、押出し架設。盛土部は中空部材使用	上部工張出し部を折り畳んだ状態で施工。橋脚と杭との先行建込み構造。盛土部のタイロッド式擁壁。
上部工	連続鋼床版桁橋 (ラーメン構造も可能)	連続PC箱桁橋or波形鋼版ウェブPC箱桁橋	連続鋼床版桁橋 (ラーメン構造)
下部工	RC橋脚	CFT柱 (1柱1杭)	鋼製橋脚
基礎工	場所打ち杭or大口径杭or直接基礎	大口径場所打ち杭	場所打ち杭、PHC杭、RC杭、鋼管杭、鋼管ソールセメント杭、SC杭など
アプローチ	張出し床版型擁壁など	中空プレキャストブロック体、プレキャスト擁壁	タイロッド式擁壁
概要図			
工法	Hi-FLASH工法	QCIB工法	ZEM工法
会社	日立造船、フジタ	JFEエンジニアリング、JFEスチール JFE技研、鴻池組	銭高組、松尾橋梁
特徴	1柱1杭構造で接合構造にユニアンカーシステム。橋台基礎に新形式のマイクロパイルを使用。	鋼製フーチングと杭との結合に鋼管理込み構造。杭には無排土の回転杭を使用。	下路形式による橋梁延長の短縮。鋼製フーチングにコンクリートサンドイッチ構造の合成フーチング。
上部工	連続鋼床版箱桁橋 (ラーメン構造)	連続鋼床版桁橋 (ラーメン構造)	連続鋼床版下路式桁橋 (ラーメン構造) : 中央径間 連続鋼床版鋼桁、PC桁橋 (ラーメン構造) : 側径間
下部工	鋼製橋脚 (1柱1杭)	鋼製橋脚 (鋼製フーチング)	鋼製橋脚 (合成フーチング)
基礎工	場所打ち杭、NEW高耐力マイクロパイル	回転杭	杭基礎 (既成杭)
アプローチ	軽量盛土、補強土壁など	補強土壁など	コンクリート擁壁、補強土壁、軽量盛土など
概要図			

は右折レーン無しで片側2車線のみの確保(規制③)となった。中央径間架設時には、トラックレーン・ベントによる架設となるため、約3週間にわたり交差道路を夜間のみ通行止め(規制⑤)とする計画とした。

### 3.3 新工法による試設計

試設計では、各工法の特徴を考慮し、以下の3ケースから試設計条件を選択して検討を行った。

#### ① 工期最短ケース：

工期を最優先し現場工期が最短となる構造・

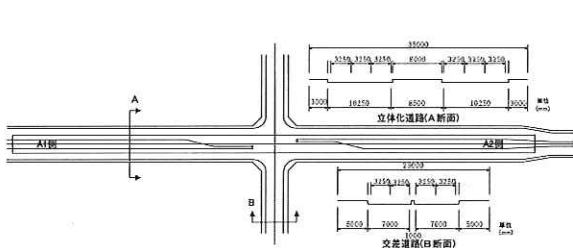


図-1 試設計現場条件

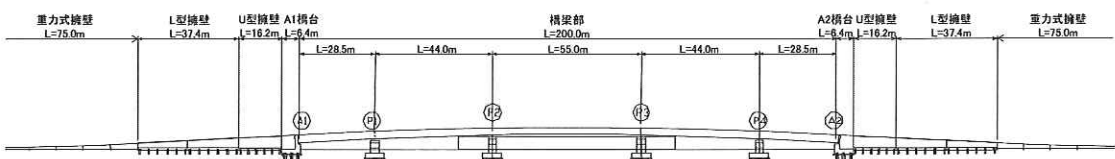
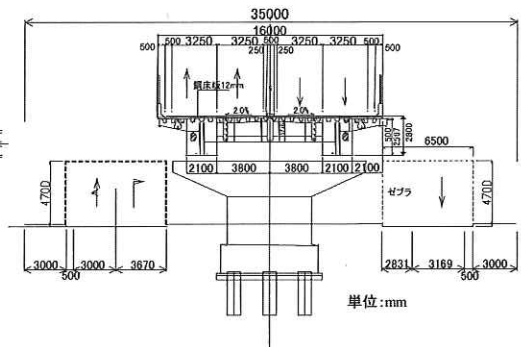


図-2 従来工法による構造一般図



表-2 交通規制パターン

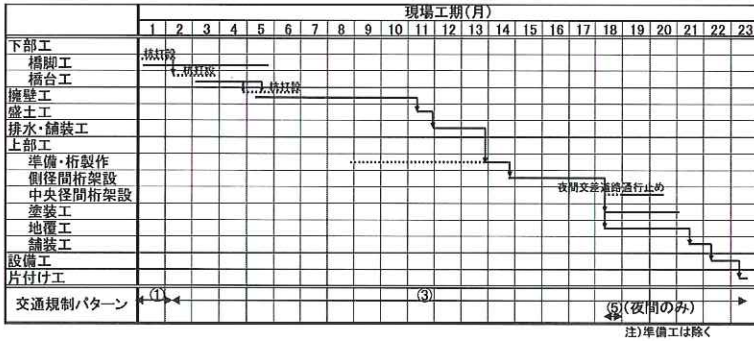
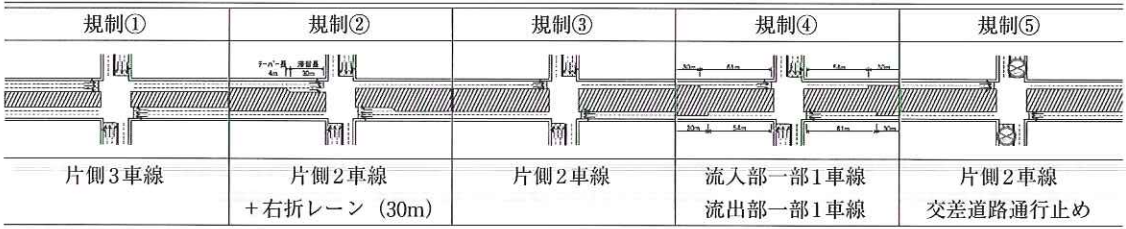


図-3 従来工法による現場工期

施工法を検討

②コスト最小ケース：

工事費を最優先し、工事費が最小となる構造・施工法を検討

③周辺への影響低減ケース：

道路交通への影響低減を最優先し、工事中でも右折レーンを付加できる構造・施工法を検討  
 試設計の結果、各工法での構造形式等を表-3に示す。立体交差橋の延長は、中央径間に下路形式を用いたZEM工法において路面高を低くできることから橋梁部の延長が短くなっている。構造形式は、上部工の軽量化や現場作業の省力化のために鋼桁形式が多いが、はやかけOP工法では波形鋼版ウェブ併用プレキャストPC形式を採用している。基礎工は、軟弱地盤であることから、橋梁部は全ての工法で杭基礎となっているが、QCIB工法では回転杭、Hi-FLASH工法では橋台部に

表-3 新工法による試設計結果

構造形式	SEB工法	はやかけOP工法	すいすいMOP工法
	径間	3	5
上部工	鋼床版箱桁	波形鋼版ウェブPC箱桁	鋼床版桁(ラーメン構造)
下部工	RC橋脚、RC橋台	CFT柱、RC橋台	鋼製橋脚
基礎工	場所打ち杭(φ2400)	場所打ち杭(φ2400)	鋼管杭(φ1100)
盛土工	軽盛土	中空コンクリートブロック、EPS	タイロッド式擁壁
延長	橋梁部	202m	201m
	全長	402m	450m
構造形式	Hi-FLASH工法	QCIB工法	ZEM工法
	径間	3	3
上部工	鋼床版箱桁(ラーメン構造)	鋼床版箱桁(ラーメン構造)	鋼床版下路箱桁+PC箱桁
下部工	鋼製橋脚、RC橋台	鋼製橋脚、RC橋台	鋼製橋脚、RC橋台
基礎工	場所打ち杭(φ3000) マイクロパイル	回転杭(φ800)	PHC杭(φ1200)
盛土工	軽盛土	補強土壁	補強土壁
延長	橋梁部	160m	192m
	全長	410m	433m

マイクロパイルを用いている。盛土部では軽量盛土材や地盤改良を併用するにより、杭基礎を省略している。また、施工上の特徴としては、すいすいMOP工法では、上部工の張出し部を折り畳んだ状態で施工することにより施工中の交通規制を最小限にし、SEB工法ではジャッキアップされた側径間桁上で中央径間桁を組み立てることにより、上下部工の同時施工を可能

としている。

図-4は、新工法による工程表の例であるが、この工法では上・下部工ともに鋼製部材によるプレファブ化を図り現場作業を省力化することにより、現場工期を大幅に短縮している。中央径間桁は、架設時の交差道路の通行止めの影響を最小限にするために、側径間の施工ヤード上で組立後、自走台車により一時間で運搬・架設を行っている。また、橋脚に鋼製フーチングを用いることにより、フーチングコンクリート打設等の作業を省いている。これらの施工・構造上の工夫により、現場工期を約7ヶ月と従来工法の1/3まで短縮出来ている。なお、他工法でも同様に工期が約5ヶ月~9ヶ月と従来工法に比べて大幅に工期短縮が可能となっている。

4. 工事中の道路交通への影響試算

4.1 試算方法

交差点立体化工事中の道路交通への影響について、交通シミュレーションを行い、交通規制による渋滞の程度を試算した。使用したシミュレーションシステムは、「追従理論」に基づき1台1台の車両行動を詳細に再現できる交通流マイクロシミュレーションモデル「NETSIM」を用いた(図-5参照)。試算は、各交通規制形態に対して、当該交差点を1時間に通過する全車両の通行所要時間を算出し、工事開始前との所要時間の差により、工事渋滞による総遅れ時間を算出した。また、交差点部の通行止めや当該道路の交通渋滞による大幅な遅れによる迂回交通(当該交差点の3km手前からの



図-4 新工法による現場工程の例

迂回)も考慮した。迂回交通は、当該道路と迂回道路の所要通行時間の比較により迂回率を算出し、迂回交通による迂回道路の渋滞も考慮し、遅れ時間を算出している。

これらシミュレーションにより算出された遅れ時間に対して、時間価値損失原単位を用いて工事渋滞による1時間当たりの走行時間損失額として貨幣換算化している。

$$\text{走行時間損失額} = \{ \text{走行時間} < \text{工事開始前} > (\text{分}) - \text{走行時間} < \text{工事中} > (\text{分}) \} \times \text{交通量} (\text{台/時間}) \times \text{原単位} (\text{円/台} \cdot \text{分})$$

また、走行速度から走行経費、大気汚染損失額、地球温暖化損失額を算出し、規制の有無による差から工事に伴う損失額を算出した。なお、これらの原単位は、文献3の値を用いた(表-4参照)。

工事期間を通じた損失額は、各1時間当たりの損失額に、交通規制毎の所要時間を掛け合わせて全体額を算出した。なお、以下ではこれら損失額を、建設活動によってもたらされる好ましくない影響(不経済)で、事業主体が金銭負担せず、社会一般が何らかの形で負担している「外部コスト」として表現している。

#### 4.2 従来工法における影響

試設計の現場条件に対する従来工法の工事期間

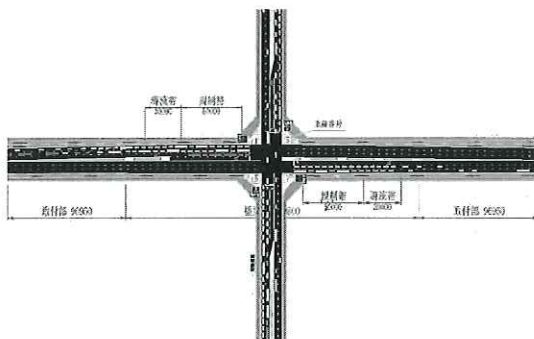


図-5 交通シミュレーションの例

を通じた外部コストを算出すると、表-5の様になる。交通量は、試設計の現場の時間別交通量から、図-6の様、時間帯をピーク時、オフピーク時、夜間に3分類

し、それぞれの時間帯の時間平均交通量を用いた。

中央径間架設時の夜間の交差道路通行止めによる影響は、交差道路での迂回交通により外部コストは発生するが、立体化道路では交差点での信号停止が無くなるため、交通が円滑となり、結果的に外部コストの値は小さくなる。また、各損失額のうち、走行時間損失額が大部分を占めている。これらの結果、従来工法の外部コストは、約71億円と算出された。

#### 4.3 施工法の改善による効果

交差点立体化の施工法を改善することによる道路交通への影響低減の効果を把握するため、表-6の様な従来工法の改善策を仮定し、試設計での交通条件に対して外部コストを算出した。改善策としては、工事期間中右折レーンを追加(CASE-1)、施工ヤードを広げて工期を約1/3に短縮(CASE-2)、施工ヤードは変わらず工期を約1/3に短縮(CASE-3)、工期を約1/3に短縮し、かつ右折レーンを設置(CASE-4)の4ケースである。

工事期間を通じた外部コストを図-7に示す。今回の試設計の交通量条件では、右折レーンの設置(CASE-1)により工事中の交通が円滑となり外部コストが1/7と大幅に減少できている。一方、工期を1/3に短縮したケースでは、施工ヤードの大きさが同じだと(CASE-3)、工期短縮により外部コストが減少するが、施工ヤードを広げて工期短縮を図ると(CASE-2)、外部コストにおいて工期短縮効果は殆ど見られない。一方、工期短

表-4 時間価値原単位

車種	時間価値原単位
乗用車	62.86
バス	519.74
乗用車類	72.45
小型貨物車	56.81
普通貨物車	87.44

単位：円/分・台

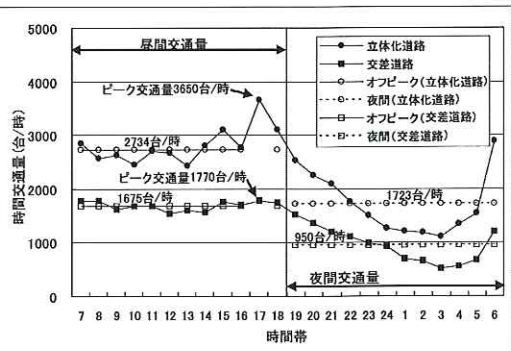


図-6 試設計現場での交通条件



表-5 従来工法の外部コスト

			規制時間		走行時間損失 額 (百万円)	走行経費損失 額 (百万円)	大気汚染損失 額 (百万円)	地球温暖化損 失額 (百万円)	外部コスト総額 (百万円)
			日数	時間数					
規制①	ピーク時	通過交通	39	39	18.3	0.5	0.1	0.0	18.9
	オフピーク時	通過交通	39	429	8.7	0.8	0.0	0.0	9.5
	夜間	通過交通	39	468	7.2	1.9	0.1	0.0	9.2
規制③	ピーク時	通過交通	643	643	2342.8	54.0	6.8	5.2	2408.9
		迂回道路			30.9	10.2	0.4	0.3	41.8
	オフピーク時	通過交通	643	7073	4610.9	62.2	9.9	7.8	4690.8
	夜間	通過交通	643 <sup>注</sup>	7548	-34.7	-20.4	-2.2	-1.5	-58.8
規制⑤	夜間	通過交通	21 <sup>注</sup>	168	-79.9	-20.1	-0.3	-0.3	-100.5
		迂回道路			76.8	31.0	1.0	1.0	109.8
合計			682	16368	6981百万円	120百万円	16百万円	13百万円	7129百万円

注：規制⑤は夜間8時間のみ、残り4時間は規制③

縮に加えて右折レーンを設置すると (CASE-4)、更に外部コストが大幅に減少でき、従来工法の約1/16となっている。この様に、試設計の交通条件では、施工ヤードの改善 (右折レーンの設置等) の効果が非常に大きいと言える。

#### 4.4 新工法による効果

試設計の現場条件に基づき、各工法の試設計結果に対する外部コストを算出した。

新工法では、交通規制形態が工期を通じて従来

表-6 従来工法の改善効果検討ケース

ケース	改善策	工期	規制形態		
CASE-0	試設計結果	682日	規制① 39日	規制③ 643日	規制⑤ 21夜間
CASE-1	右折レーン(30m)を設置	682日	規制① 39日	規制② 643日	規制⑤ 21夜間
CASE-2	工期を約1/3に短縮 (ただし、一部ヤード拡大)	252日 <sup>1)</sup>	規制④ 215日	規制③ 37日 <sup>2)</sup>	規制⑤ 1夜間 <sup>3)</sup>
CASE-3	工期を約1/3に短縮 (施工ヤードはそのまま)	252日 <sup>1)</sup>	規制③ 252日	規制⑤ 1夜間 <sup>3)</sup>	—
CASE-4	工期を約1/3に短縮 (右折レーン(30m)を設置)	252日 <sup>1)</sup>	規制② 253日	規制⑤ 1夜間 <sup>3)</sup>	—

注: 1) 設備工+片付け工を除く現場工期のみ1/3に短縮

2) 設備工+片付け工では施工ヤードは縮小する

3) 中央径間架設は1夜間の一括架設とする

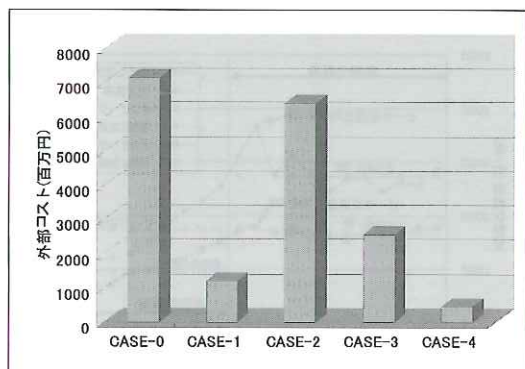


図-7 改善策の効果

工法と同様の場合や、工事期間中を通じて右折レーンを設置している場合、架設中に短期間だけ新たな車線規制を伴うものなどがある。交通規制が従来工法とほぼ同様な工法では、主に工期短縮の効果が現れ、外部コストは従来工法の1/3程度に低減している。一方、工期短縮に加え、工事期間中に右折レーンを設置する工法では、外部コストは従来工法の1/20程度となり、工期短縮の他、右折レーンの効果が大きく現れる結果となっている。

この様に、工事中の道路交通への影響においても、新工法の効果が検証できた。

#### 4.5 道路交通条件の影響

以上の試算は、試設計を実施した道路交通条件に対する試算結果であるが、工事中の道路交通への影響は、交通条件によっても異なると考えられる。このため、ここでは図-8に示すように8種類の交通量パターンを設定し、施工法改善の効果を試算した。

交通量ケースI-①~④は、試設計の時間交通量分布に対して、ピーク時の交通量を変化 (①2734台/時、②3650台/時、③4261台/時、④4873台/時) させ、それに応じてオフピーク時、夜間の交通量を設定したものである。交通量ケースII-①~④は、都市部幹線道路の平均的な交通量時間変動図<sup>4)</sup>から時間帯をピーク時 (3時間)、オフピーク時 (10時間)、夜間 (11時間) の3種類に分けて、ピーク時の交通量をケースIと同様に变化させてそれに応じて交通量を設定したものである。

これらの交通量に対して、表-6の従来工法の改善策における外部コストを算出し、各ケースでの従来工法の外部コストとの比率を改善効果として表したものを図-9に示す。

従来工法の工期を通じて右折レーンを付けたケース (CASE-1) では、交通量が少ない場合には、非常に改善効果が大きいですが、交通量が大きくなる

と効果が小さくなる傾向にある。これに対して、施工ヤードを広げて工期短縮を図るケース (CASE-2) では、交通量は少ない場合には、工期短縮の効果は殆ど表れず外部コストが従来工法よりも大きくなる場合もあるが、交通量が大きくなるに従い、効果が大きくなり、1/2程度の改善効果が表れてくる。施工ヤードがそのまま工期短縮を図るケース (CASE-3) では、交通量に関係なく一定の比率で効果が発揮されている。工期短縮を図り、かつ右折レーンも設置したケース (CASE-4) では、CASE-1の結果と同様に、交通量が大きくなると、右折レーン設置の効果が小さくなる傾向がある。

この様に、交差点立体化工事における施工法の

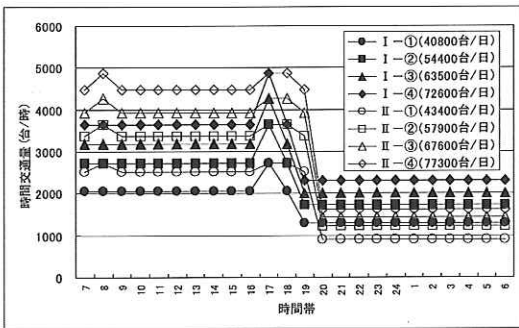


図-8 交通量の検討ケース

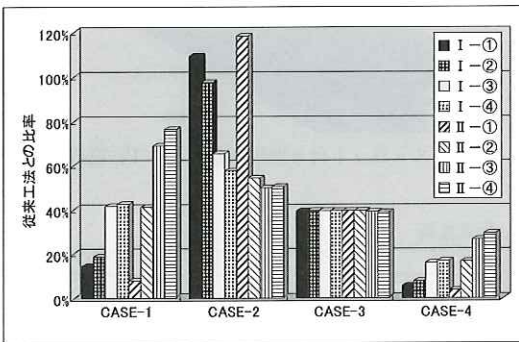


図-9 交通量の影響に対する試算結果

改善効果は、図-10に示すように交通量が比較的少ない条件では施工ヤード改善の効果が、交通量が比較的多い条件では工期短縮の効果が大きくなる傾向にあることが分かる。

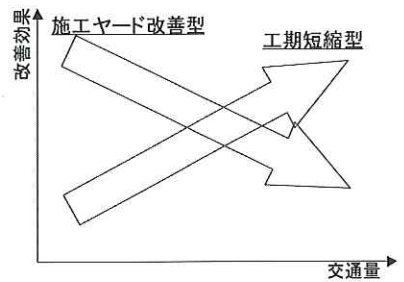


図-10 施工法改善効果のイメージ

### 5. まとめ

交差点立体化工事の急速施工技術として、民間企業と6工法について共同研究を実施した。これらの効果を確認するために、同一の条件で試設計を行い、工事中の道路交通への影響に対して、外部コストの試算を行った。これらの結果、以下のことが明らかとなった。

- ・新工法により大幅な工期短縮が図れる
  - ・外部コストは走行時間損失の比率が最も大きい
  - ・新工法では、従来工法に比べて1/20~1/3程度に外部コストが低減できる。
  - ・交通量が少ない場合には施工ヤード改善効果、交通量が多い場合には工期短縮効果が大きくなる
- これらの検討結果が、道路交通・周辺環境への影響の少ない新工法の更なる開発・普及に役立つことを期待する。

### 参考文献

- 1) 竹口、梅原、福井：交差点立体化事業の急速施工技術の開発、土木技術資料、47巻、8号、pp.26-35、平成17年8月
- 2) 小野寺：立体交差の工期短縮技術の開発、ベース設計資料、Vol.122、pp.36-40、平成16年9月
- 3) 国土交通省道路局、都市・地域整備局：費用便益分析マニュアル、平成15年8月
- 4) (社)日本道路協会：道路の交通容量、昭和59年9月

小野寺誠一\*



独立行政法人土木研究所技術推進本部施工技術チーム主任研究員  
Seiichi ONODERA

波田光敬\*\*



独立行政法人土木研究所技術推進本部施工技術チーム主任研究員  
Mitsutaka HADA

大下武志\*\*\*



独立行政法人土木研究所技術推進本部施工技術チーム主任研究員  
Takeshi OSHITA