

V-2-2 交差点立体化等の路上工事短縮技術の開発

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 14～平 16

担当チーム：施工技術チーム

研究担当者：大下 武志、波田 光敬、
小野寺誠一

【要旨】

都市内の主要平面交差点では、慢性的な交通渋滞が発生しており、都市の経済活動や周辺環境に悪影響を及ぼしている。この対策として、交差点立体化工事が順次進められているが、工事による二次渋滞を誘発し、また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、工事に伴う渋滞・騒音等により、周辺的生活環境に影響を与えている。これらに対して、交差点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するために、急速施工可能な新工法に関して民間企業と共同研究を実施した。また、これら新工法による試設計を行い、道路交通への影響に対して外部コストを算出し、新工法の効果を定量的に把握した。

キーワード： 交差点立体化、急速施工、路上工事、外部コスト、交通渋滞

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、交通量の多い既設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、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た。

また、これら新工法の効果を把握するために、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、工事中の周辺環境への影響試算を行い、外部コストとして貨幣換算化し定量的な評価を実施した。

2. 交差点立体化の新工法

民間企業6グループ（14社）と交差点立体化の急速施工技術としての6工法について共同研究を実施した。新工法の概要・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等の工夫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縮小、橋長の短縮による作業量・使用材料の低減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工期の大幅な短縮や道路交通への影響低減を行っている。

また、従来に無い新たな構造については、実験・解析により、その強度、施工性の確認を行っている。

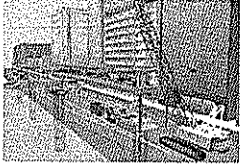
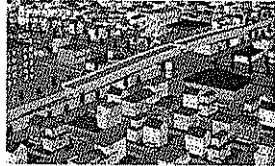
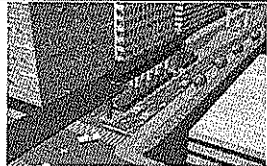
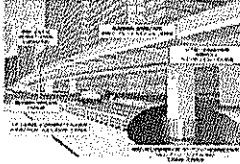
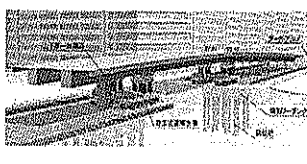
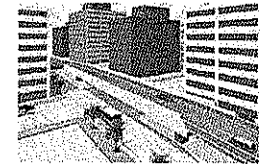
3. 交差点立体化の試設計

各新工法の構造形式、設計法、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車線のうち4車線をオーバースタック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。

表-1 新工法の概要と特徴

工法	SEBT法	はやかけOP工法	すいすいWOP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、押し上架設。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。橋脚と杭との先行連込み構造。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 波形鋼版ウエブ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、鋼管ソイルセメント杭、SC杭など
アプローチ	張出し床版U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	H-FLASH工法	QCBE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	鏡高組、松尾橋梁
特徴	1柱1杭構造で接合構造にユニオンカーシステム。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埋込み構造。杭には無様土の回転杭を使用。	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剛性フーチング。
上部工	連続鋼床版桁橋(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高耐久マイクロパイル	回転杭	杭基礎(既成杭)
アプローチ	軽量盛土、補強土壁など(杭基礎を用いない)	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			

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ヤードを確保し、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、施工時にも建築限界4.5mは確保し、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。

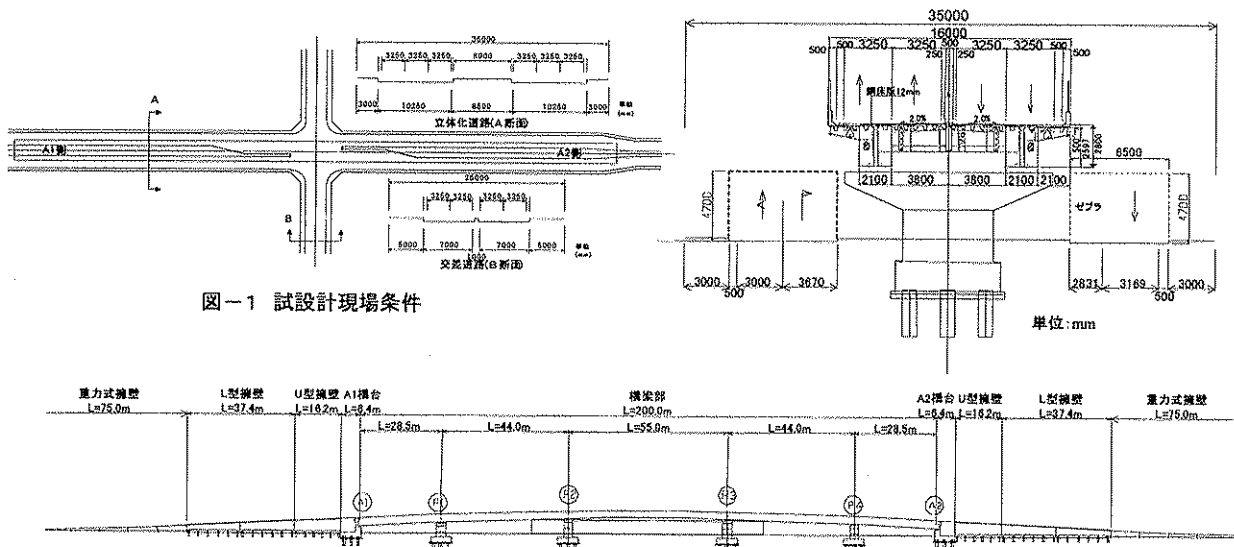


図-1 試設計現場条件

図-2 従来工法による構造一般図

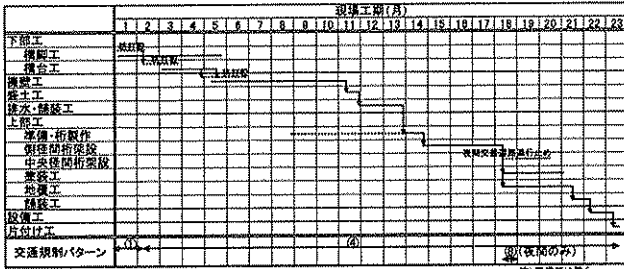


図-3 従来工法による現場工期

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（28.5+44+55+44+28.5m）、下部工はRC橋脚、RC橋台、基礎工は場所打ち杭（φ1000mm）、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、従来の橋梁上部工、下部工、盛土部等の個別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-4参照）以外は、工事完了までの約21ヶ月間は右折レーン無しで片側2車線のみの確保（規制④）となる。中央径間架設時には、トラッククレーン・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・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-2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エブ

表-2 新工法による試設計結果

		SEB工法	はやかけOP工法	すいすいMOP工法
仮設擁壁	径間	3	5	5
	上部工	鋼床版桁橋	波形鋼版ウエブPC桁橋	鋼床版桁（ラーメン構造）
	下部工	RC橋脚、RC橋台	GFT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	軽量盛土	中空コンクリートブロック、EPS	タイロッド式擁壁
架設	橋梁部	202m	201m	184m
	全長	402m	450m	434m
		Hi-FLASH工法	GCIB工法	ZEM工法
仮設擁壁	径間	3	3	3
	上部工	鋼床版桁橋（ラーメン構造）	鋼床版桁橋（ラーメン構造）	鋼床版下路桁橋+PC桁橋
	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）	回転杭（φ800）	PHC杭（φ1200）
	盛土工	軽量盛土	補強土壁	補強土壁
架設	橋梁部	160m	192m	125m
	全長	410m	433m	377m

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、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。

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キャスト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、自走台車により一夜間で運搬・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。

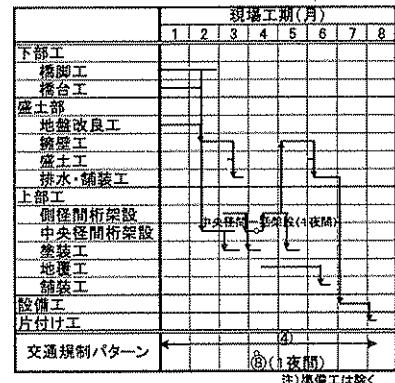


図-4 新工法による現場工程の例

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は可能となっている。

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。

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、工事での二次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渋滞による遅れ時間に対する1時間当たりの外部コスト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、参考文献1の値を用いた。

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。

4. 2 試設計に対する外部コスト

4.2.1 従来工法の外部コスト

試設計の現場条件に対する従来工法の工事期間を通じた外部コストを算出すると、表-3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-5の様に、時間帯をピーク時、オフピーク時、夜間

表-3 従来工法の外部コスト

規制①	ピーク時	通過交通	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	28	18.3	0.5	0.1	0.0	18.9
	オフピーク時	通過交通	39	428	8.7	0.8	0.0	0.0	9.5
	夜間	通過交通	39	488	7.2	1.9	0.1	0.0	9.2
規制④	ピーク時	通過交通	843	843	2342.8	54.0	6.8	5.2	2408.9
		迂回道路			30.9	10.2	0.4	0.3	41.8
		通過交通	843	7073	4610.9	82.2	9.9	7.8	4699.8
	オフピーク時	通過交通	843	7548	-34.7	-20.4	-2.2	-1.5	-58.8
		迂回道路			-79.9	-20.1	-0.3	-0.3	-100.5
		通過交通	21	188	76.8	31.0	1.0	1.0	109.8
合計			882	16368	6981百万円	120百万円	18百万円	13百万円	7128百万円

注：規制②は夜間8時間のみ、規制③は規制②

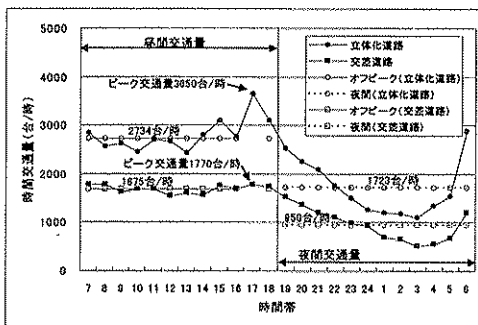


図-5 試設計現場での交通条件

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。

4.2.2 新工法の外部コスト

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、交通規制形態は工期を通じて従来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。施工ヤードが従来工法と同様な工法では、主に工期短縮の効果のみが現れ、外部コストは従来工法の1/3程度となっている。一方、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、新工法の効果が評価できる結果となった。

4. 3 施工法と外部コスト

4.3.1 交通規制と外部コスト

従来工法及び各新工法による試設計の結果、工事中の代表的な規制パターンとして表-4に示すように、8種類に分類できる。規制パターン⑧は、中央径間架設時に交差道路を通行止めにする形態であり、夜間のみの規制となる。なお、規制パターンは①から順に規制が厳しくなる様に並べている。

これら規制パターンに対する交通量別の外部コストを算出した。交通量は、図-5の試設計現場条件の交通量を基本交通量とし、ピーク時の交通量よりも多い2種類の交通量と合わせて5種類の交通量を設定した。なお、右折率はA1側からは10%、A2側からは5%とし、交差点の信号現示は、各ケースで最適となる設定とした。

規制形態毎の対象道路、迂回道路の1時間当たりの外部コストを図-6に示す。立体化道路では、交通量の増加とともに、外部コストが増加するが、一定の値に収束する傾向にある。これは、交通量の増加に伴い渋滞が激しくなり、ある交通量以上の交通は迂回する傾向にあるためである。このため、迂回

表-4 規制パターン一覧

片側3車線	片側2車線+右折レーン(50m)
片側2車線+右折レーン(30m)	片側2車線
流入部2車線, 流出部一部1車線	流入部一部1車線, 流出部一部1車線
流入部1車線+流出部1車線	片側2車線, 交差道路通行止め

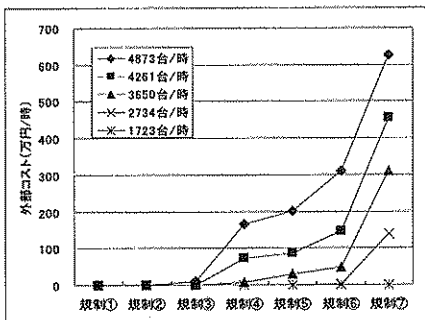
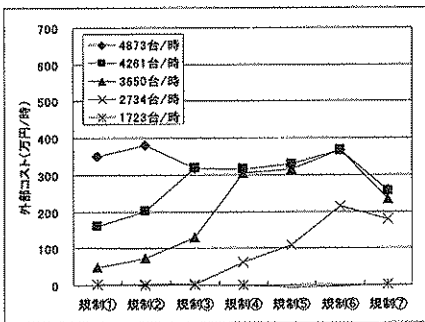


図-6 規制形態毎の外部コスト

道路の外部コストは、規制が厳しくなるほど、また交通量が多くなるほど、大きくなる傾向にある。これらの結果をまとめて、当該交差点での交差点立体化工事により発生する外部コストを交通量毎に示すと図-7のようになる。交通量の増加及び規制が厳しくなるに従って、外部コストが増えていく傾向にある。

4.3.2 施工法改善による効果

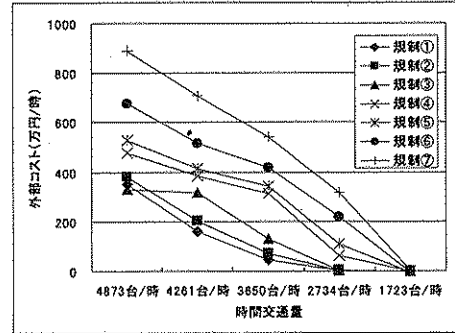


図-7 交通量毎の外部コスト

(1) 施工法改善による外部コスト

交差点立体化の施工法を改善することによる効果を把握するため、表-5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-8に示す。今回の交通量条件では、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しているが、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、右折レーンを設置すると

表-5 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④ 643日	規制⑧ 21夜間
CASE-1	右折レーン(30m)を設置	682日	規制① 39日	規制③ 643日	規制⑧ 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 ¹⁾	規制⑥ 215日	規制④ 37日 ²⁾	規制⑧ 1夜間 ³⁾
CASE-3	工期を約1/3に短縮 (施工ヤードはそのまま)	252日 ¹⁾	規制④ 252日	規制⑧ 1夜間 ³⁾	—
CASE-4	工期を約1/3に短縮 (右折レーン(30m)を設置)	252日 ¹⁾	規制③ 253日	規制⑧ 1夜間 ³⁾	—

注:1) 設備工+片付け工を除く取壊工期のみ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) 中央仮閉塞は1夜間の一括架設とする

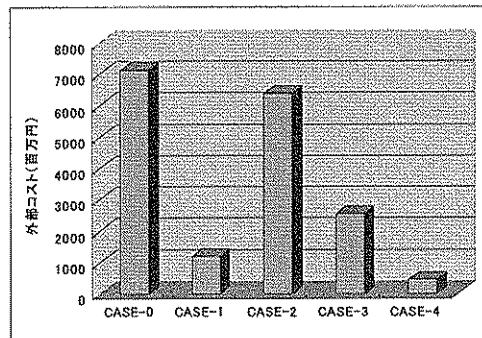


図-8 改善策の効果

(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、施工ヤードの影響（右折レーンの設置等）の改善効果が非常に大きいと言える。

(2) 現場交通条件との関係

工事中の交通渋滞への影響は、交通量によっても異なると考えられる。このため、図-9 に示す様に試設計条件の交通量を含み、8種類の交通量パターンを設定した。ケースⅠ-①~④は、試設計の交通量条件に対して、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、試設計交通量条件と同じ比率でオフピーク時、夜間の交通量を設定したものである。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²⁾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Ⅱと同様に変化させ、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-5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-10に示す。

従来工法の工期を通じて右折レーンをつけたケース(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-

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、交差点立体化の工事における施工法の改善効果は、図-11に示すように交通量が比較的小さ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。

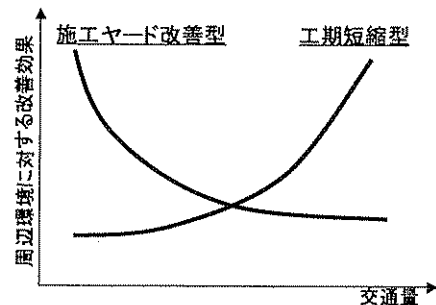


図-11 施工法改善効果のイメージ

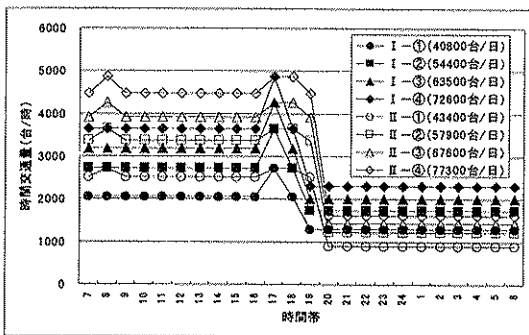


図-9 交通量の検討ケース

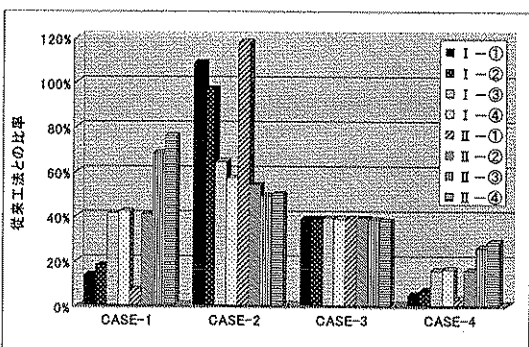


図-10 交通量の影響に対する試算結果

5. まとめ

交差点立体化工事の急速施工技術として、民間企業との共同研究により6工法を開発した。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

今後は、共同研究の成果を踏まえ、周辺環境への影響の少ないこれら新工法の普及を図る予定である。

参考文献

- 1) 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
- 2) (社)日本道路協会：道路の交通容量、昭和 59 年 9 月