

あきる野IC工事の高橋脚急速施工 におけるVE手法について

岡崎 徹¹・片桐 徳三²・青木 健¹

¹ 日産建設株式会社 東京支店土木部（〒110-0015 東京都台東区東上野四丁目3-6）

²正会員 日産建設株式会社 横浜支店土木部（〒110-0015 神奈川県横浜市中区桜木町1-1）

工事を施工する際、設計段階では予想できなかった様々な制約に直面する。そのために工期・施工条件・工事費等について設計変更が行われるわけであるが、大規模プロジェクトの場合一施工区間の問題によりプロジェクト全体に影響を与えることは、極力避けなければならない。

今回、弊社が担当したあきる野IC下部（その5）工事でも首都圏中央連絡自動車道（圏央道）事業の一環であり、本工事による工期の延伸は圏央道事業全体に影響すると考えられた。耐震設計に関する基準が見直されること等により施工着手の遅れや様々な制約条件が生じた。そこで各工種にわたりVE手法を用い、急速化施工によるコストの増加を抑え、事業に影響を与えることなく工期内に竣工した。

キーワード：高橋脚、急速施工、VE、コスト、新耐震基準

1. はじめに

首都圏中央連絡自動車道、略称圏央道は3環状9放射ネットワークを構築し、首都圏の広域的な骨格となる幹線道路として、21世紀における首都機能の構造転換を図る事業である。

本工事では圏央道の一部である、あきる野インターチェンジの本線下部工10基、橋脚12脚（高さ27.0m～33.0m）の施工を行った。特徴としては、橋脚が景観設計のためつづみ型となっており、側面をテーパ型に絞ってから、上部で拡がる形である。また、土質的には秋川に近接するため、河川氾濫原堆積物層が存在し、500mm～1000mmの巨礫が混入している。その様な中、耐震設計が旧基準から新基準に変更され、それに伴う設計図書の修正による着手の遅れ、施工条件による工事時間、工事日の制約、事業全体計画に定める当工事の工期の割当てという問題をコストの増大・品質の低下を招くことなく、工事の急速化を図り、工期を延伸させ事業全体に影響を与えず竣工できた。

本文では、30m級の高橋脚施工を急速化し、それに対するコスト増大をVE手法を用いることにより抑えたその内容を示す。



写真-1 あきる野IC下部（その5）工事全景



図-1 あきる野IC位置図

2. 工事概要

(1) 工事内容

発注者：建設省関東地方建設局相武国道事務所

工事件名：あきる野IC下部（その5）工事

工事場所：東京都あきる野市下代継地先

工期：平成11年3月17日～平成12年3月31日

工事内容：高架橋下部工 10基

直接基礎 6基

土留締切工

鋼矢板Ⅳ・Ⅴ型（L=9.5m～12.5m）860枚

基礎杭工 4基

場所打オールケーシング工法

（φ1200 L=9.5m～12.5m） 76本

つづみ型RC橋脚工 12脚

躯体工 土 工 15,000m³

コンクリート（N24-8-20）10,000m³

鉄筋工 2,200 t

仮盛土工 40,000m³

(2) 課題・問題点

本工事は当初より表-1に記載したように多くの問題点をかかえ、工程を阻害する要因になっていた。そのなかでも最大の問題点は、

- ・修正設計に伴う設計図書の受領のため、工事着手が2ヶ月遅れ、工程に支障をきたしたこと。
- ・工事環境、施工条件が工程に制約を与える多くの要因を含んでいること。
- ・圏央道全体事業から工期の延伸は2週間程度しか認められない。

ということであった。

修正設計に関しては、設計段階では旧基準でなされていたが、圏央道本線部に関しては、平成11年度施工部は新基準の地震時保有水平耐力法での再設計を義務付けられたため、契約時とは大幅な変更が予想された。

工事環境については、当工区のすぐ北側に強固な建設反対派の自宅があり、早出・残業・休日作業での制約、水路組合・漁業組合では工事用水の制約、工区内の未買収用地の存在、工区内の共有工事用道路、搬出土仮置場の使用等が義務付けられ、施工性の悪化、工期の延伸が懸念された。

そのような中、圏央道の全体事業から年度内竣工を求められた。

積算段階では5基ずつの2分割施工で行う予定であったが、施工条件の制約・変更により10基同時施工を行うことにより、厳しい工期を守るため急速施工を行った。そのため、VE活動の統一テーマとし

表-1 問題点〔特有情報〕

項目	問題点
立地条件	・工事終点部に圏央道事業反対派の未収用家屋があり、反対派対策及び苦情対応が必要であった
	・工事用地内に未買収の不法投棄箇所があり、立入禁止範囲で設定されており工事動線の確保を阻害した
	・工事用排水は農業用水を通じて秋川に流入するため、工事用排水の管理が不可欠であった
	・上り線東側の施工範囲に近接して、高さ5mの盛土が施工されていた
	・あきる野IC内の工事は工期当初は6業者の同時施工であり、他工区からの工事残土の搬入があり競合施工の調整が必要であった
工程制約	・概算設計の状態が発注されたので、新耐震設計による修正設計のために設計図書受領が受注2ヶ月後であり、鉄筋発注・土留締切工の計画等の変更を余儀なくされ、決定的な工程の遅延を招いた
	・前年度工事が完了しておらず、1.5ヶ月着手が遅れた
	・橋脚構築が完了した箇所から、新規盛土工事を開始する予定になっていた
	・IC内盛土工・上部工施工等の後工程があり工事変更があっても工期の延伸が認められなかった
施工条件	・先行工事の工事残土処理・沈砂池造成によって施工基面が+2mから-3mの起伏があり、計画基面にするには1万m ³ の切土工が必要であった
	・当現場のGL-3～7m付近の対象土質は河川氾濫原堆積物であり転石・巨礫（φ500～φ1000）が混入しており、鋼矢板打設の支障となった
	・現状地盤高が計画基面より高く、かつ地下水位も設計水位高より1m～2m高かった。現況の条件で計画する6基中5基が切梁式締切工法となり、濁水処理に1000m ³ 級の設備（沈砂池）が必要であった
場所打ち杭	・設計は普通式オールケーシング掘削工法であったが対象地盤が河川氾濫原堆積物であり、φ500～φ1000の転石・巨礫が在るため施工に時間が掛かると予想された
掘削工	・土留締切工を切梁方式にすると2次掘削はクラムシェル掘削で施工工程が長くなる
鉄筋組立	・新耐震設計仕様で鉄筋量が多く（約2200 t）、施工ヤードに制約があるため鉄筋加工ヤードの確保が困難であった
	・設計では主鉄筋D51の圧接継手箇所が3000箇所以上あり、工程への支障が予想された
	・鼓型の橋脚形状のため妻部の主筋D51が干渉し合い、束ね鉄筋状になる。そこに帯鉄筋の鋭角フックを差し込む設計になっており施工が困難である
型枠組立	・当初の工程を遵守するために橋脚12基の同時施工となり、型枠組立解体の工程の短縮および型枠の転用計画が必要となった

表－２ 工程表

工種	工種	規格	単位	数量	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
準備工																			
上りP8	土留締切工 躯体工	SPV-11m H=28.8m-6ロット	枚 m3	116 815															
下りP8	土留締切工 躯体工	SPIV-8.5m H=26.8m-6×2ロット	枚 m3	194 3034															
上りP9	土留締切工 躯体工	SPVL-11m H=28.9m-6ロット	枚 m3	124 978															
下りP9	土留締切工 躯体工	SPIV-10m H=27.8m-6ロット	枚 m3	148 775															
上りP10	土留締切工 躯体工	SPVL-11m H=28.7m-6ロット	枚 m3	132 847															
下りP10	土留締切工 躯体工	SPVL-11m H=28.2m-6ロット	枚 m3	148 793															
上りP11	場打杭工 躯体工	φ1200-1.1m H=28.2m-6ロット	本 m3	16 741															
下りP11	場打杭工 躯体工	φ1200-9.5m H=23.2m-5ロット	本 m3	16 738															
上りP12	場打杭工 躯体工	φ1200-12.5m H=23.6m-5×2ロット	本 m3	28 1597															
下りP12	場打杭工 躯体工	φ1200-1.1m H=23.3m-5ロット	本 m3	16 738															
盛土			m3																
片付工																			
仮設工																			

凡 例
 : 実施工程
 : 代替案を用いた工程

して「高橋脚の急速施工」を選定し、各工種において工程促進のために増加するコストを検討し、品質確保・工程短縮において発注者の要求を満足すべく機能の確保方法を提案し、変更協議を行い、品質確保・工程短縮を図る機能本位のVE活動を行った。

3. VEの実施

(1) VE手法の導入について

VEを工事施工に導入する場合、VEジョブプランの詳細ステップに従い対象テーマの工事・工法の果すべき機能とコストを追求し、その代替案を作成し、発注者の承認を得て実行し、その価値を向上していくものが一般的である。本工事はこの手法を用い、VEを導入した。

(2) 情報収集

本工事における特有情報は前出している表－1に示す問題点となる。また、最優先条件となる工程は表－2に示す。この結果、10基同時施工で行う場合も工期が2ヶ月足りず、工程促進の必要が生じた。

(3) 機能の定義

本工事の果たすべき機能を明確するため、高橋脚下部工事の個々の工程を構成要素としてとらえ、そ

の機能を定義した。工程構成要素の機能定義・高橋脚の部位ごとの機能定義を行うことにより、各工程要素の関係を確認した。

(4) 機能の整理

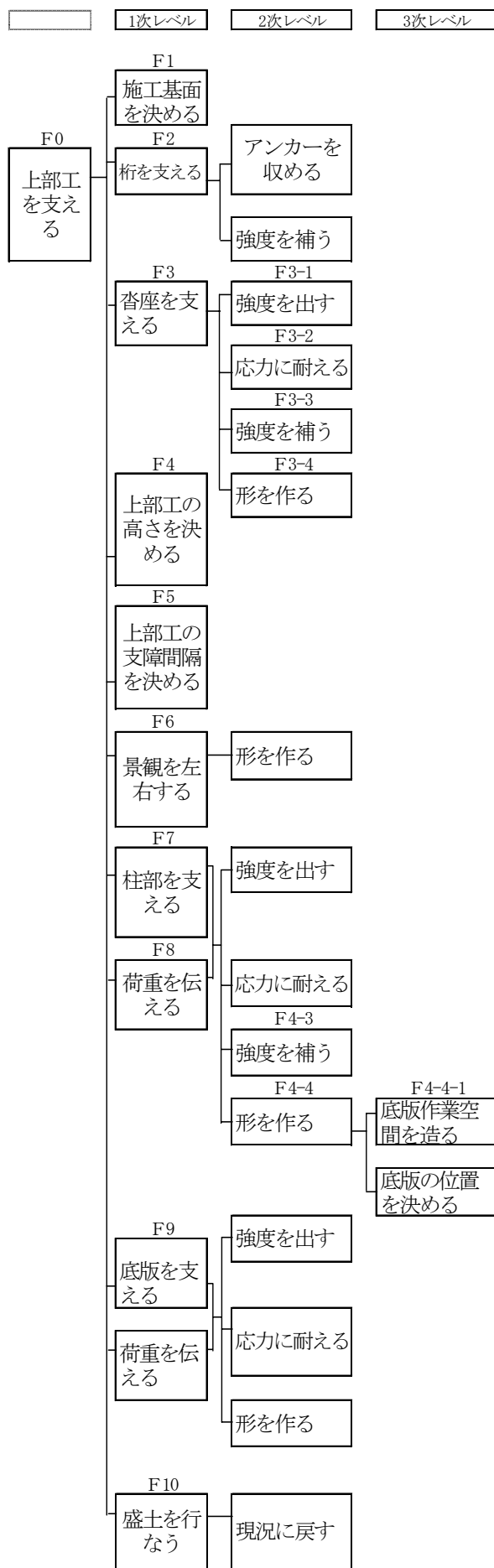
機能の定義により明確した機能を目的と手段という理論で体系づけ、図－2に示すように各工種にわたり機能系統図を作成し、機能相互間の役割・問題点について担当者全員の共通認識とした。

(5) 機能別コスト分析

機能系統図により果すべき機能が体系的に分析される。分析された機能の中で、現状のコスト・工期を明らかにし、改善すべき価値の高い機能を選定する。複数の機能分野にまたがる構成要素の場合は、種類を明確にし、コストの重みを配分した。その結果、表－3に示す比率となった。山留締切工、底版鉄筋工、柱鉄筋工、柱型枠工が主たるものであった。

(6) 機能の評価

機能の評価では各機能分野の機能達成のためにいくら工期・コストをかけるべきか、各機能の目標工期・コストを設定し、価値の程度を評価するための基準を設定した。高い比率を持つ機能や複数の機能にまたがる構成要素について、それぞれ、アイディア想定によって概略コストを見積り、工程短縮価値



図－2 機能系統図

を加味して機能評価値を決定した。

(7) 対象分野の選定

代替案を作成していくべき価値の高い機能分野を選定する。それを選定するためには、以下の2つの評価を必要としておこなった。

$$V = \frac{F}{C} \quad (1)$$

$$\text{コスト低減余地} = C - F \quad (2)$$

ただし

V : 価値指数 (Value Ratio)

F : 目標コスト

C : 現状コスト

その結果を表－4に示す。主筋継手と柱型枠工についてコストアップになる可能性はあるが、工程の短縮としての価値が高いため採用した。上記の4項目全体でみれば、工程短縮を行いながらもコストがわからないことを明確にした。

(8) 代替案の作成

コストが大きく上がらず、工程の短縮、機能の達成が可能であればそのアイデアを採用し、採用したアイデアを具体化した。次項に代替案の具体例を記載する。本稿では山留締切工、柱鉄筋工、柱型枠工についての具体例を記載する。

4. 各機能分野における具体例

(1) 山留締切工

設計図面の地盤高は、用地買収時の測量に基づくものであったため、前々年度、前年度工事の仮盛土工等により、現状は設計より高く、現状地下水位も2 m程度高かった。そのため、当初計画では自立山留であったが、現状条件で仮設計画を行うと切梁式山留工を採用しなければならなかった。

1) 代替案の作成

検討案としては、以下の施工方法について機能確認を行った。

①切梁式山留工法

②地下水位低下工法＋自立式鋼矢板

③アースアンカー工法

機能の確認の結果は、表－5示すように経済評価価値では②と③はほぼ同額で①が高額になり、施工性価値評価は②・③が良と評価した。総合的にみると

表－３ 機能別コスト分析表

機能分野 構成要素	コスト 千円	比率	F2 桁を支える	F3 沓座を支える				F7 柱部を支える				F9 底版を支える	F10 盛土を行なう
				F3-1	F3-2	F3-3	F3-4	F7-1	F7-2	F7-3	F7-4		
				強度を出す	応力に耐える	強度を補強する	形を作る	強度を出す	応力に耐える	強度を補強する	形を作る		
準備工	40000	8.1%						2000	4000	4000	20000	10000	
基礎杭工	40000	8.1%										40000	
山留締切工	60000	12.1%						10000	20000	20000	10000		
釜場排水工	500	0.1%		100				100	100	100	100		
↓	↓	↓			↓					↓			
底版型枠工	6200	1.2%									6200		
底版足場工	2600	0.5%							1300		1300		
底版鉄筋工	92000	18.5%						30000	32000	30000			
底版コンクリート工	48500	9.8%						18500	15000		15000		
柱足場工	24000	4.8%	2000	4000	6000	6000	6000						
柱鉄筋工	102000	20.5%	1000		61000	40000							
柱型枠工	34000	6.8%					34000						
柱コンクリート工	75000	15.1%		25000	25000		25000						
沓座工	450	0.1%	450										
片付け工	12100	2.4%											12100
		比率	0.6%	5.4%	16.8%	8.5%	11.9%	11.4%	13.5%	10.0%	10.1%	9.1%	2.5%

表－４ 対象分野確認表

N o	機能分野・構成要素	目標コスト F	機能分野の 現行コスト C	価値の程度 F／C	価値の 向上余地 C－F	工程短縮	備 考
1	山留締切工	6000	6000	1.00	0	可能（大）	（単位：万円）
2	F3-2 主筋継手	1800	1600	1.13	-200	可能（大）	
3	F3-3 鉄筋加工形状	4000	4800	0.83	800	可能（大）	
4	F3-4 柱型枠	4000	3400	1.18	-600	可能（大）	
	合計				0		

表－５ 機能の評価（山留工）

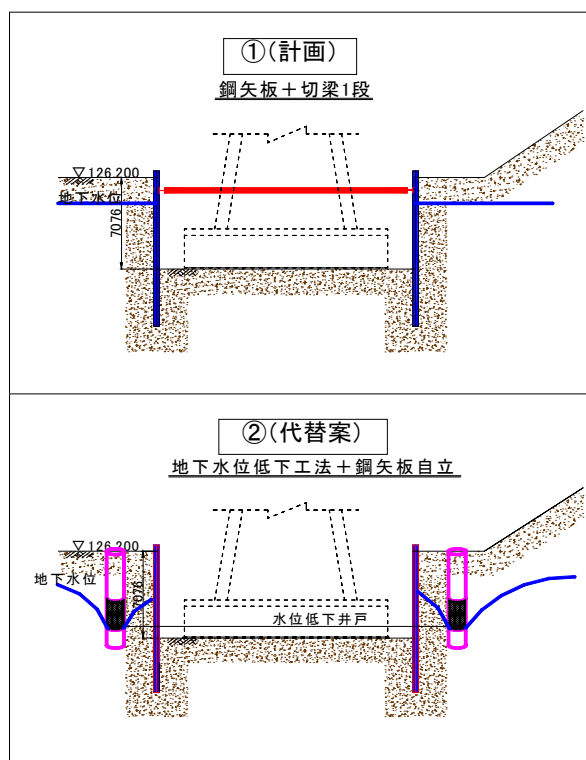
機能確認項目	①	②	③
技術的価値評価	○	○	○
経済的価値評価（千円）	5	3	2
鋼矢板	Ⅲ・Ⅳ型	Ⅳ・Ⅴ型	Ⅲ・Ⅳ型
工費	36930	43890	36930
切梁腹起鋼材	H-400	火打梁	H-400
工費	9450	1260	6300
補助工法		8000	9000
掘削工	12100	3400	73
鉄筋＋α	9	0	0
小計	58489	56550	52303
施工性価値評価	×	○	○
工程価値評価	15日増	0	7日増
総合評価	×	○	△

工程価値評価は②の日数を0として評価

工程価値評価は②が優れており、以上より②を採用した。概略図を図－３に示す。

２）代替案の評価

②は施工基面の高さを計画し、土量を配分し、補助工法として立坑の両脇に井戸を掘り地下水位を下げ主働土圧を軽減させることにより、自立式鋼矢板工法を可能とした。自立式のため、躯体築造の作業性に優れ、工程に与える影響が少なく、１橋脚当たり、躯体作業も２～３日間の短縮となる。掘削時の濁水処理も軽減できた。コストも切梁の設置・撤去手間等がなく、目標額より安価で施工できた。以上のＶＥ成果を表－６に示す。



図－3 計画案と代替案（山留工）

表－6 山留工のVE成果（単位：万円）

	項 目	説明	数値
①	現行コスト		5,850
②	代替案コスト		5,650
③	節約額	①-②	200
④	節約率	③/①	3.4%
⑤	コスト目標額		6,000
⑥	コスト目標達成率		106.2%

（２）橋脚工

前述したように、今回の設計基準の移行により大きく修正されたのが鉄筋であった。横拘束効果を考慮しているための帯鉄筋量の増加、応答加速度の増加に伴う鉄筋量の増加などが特徴である。具体的な変化量は表－7に示すが、総鉄筋量は約 1950t から 2150t と大きく変わらないが、太物である D 5 1 減って D 3 5 以下がふえたのが特徴である。それに伴い圧接数も D 5 1 部が 1280 箇所減に対し、D 3 5－D 2 9 部が 1780 箇所増加した。鉄筋量の増加に対し、組立手間が非常にかかり、組立コストの増加、工程への影響を危惧された。よって、鉄筋組立工、型枠組立工を代替案により工程短縮、コスト増加の抑制を図った。

表－7 修正設計に伴う鉄筋変化量

	修正設計	元設計	差
鉄筋数量(t)			
D51	984	1364	-380
D35-29	371	131	240
D25-13	810	470	340
計	2165	1965	200
圧接数(箇所)			
D51	3312	4591	-1279
D35-29	2723	942	1781
計	6035	5533	502

表－8 機能評価（主筋継手）

機能確認項目	現行案	代替案
技術的価値評価	○	○
経済的価値評価（千円）	○	△
1箇所当り	4.85	5.5
3300箇所	16005	18150
施工性価値評価	×	○
工程価値評価	24日増	0
総合評価	×	○

（注） 工程価値評は②の日数を0として評価

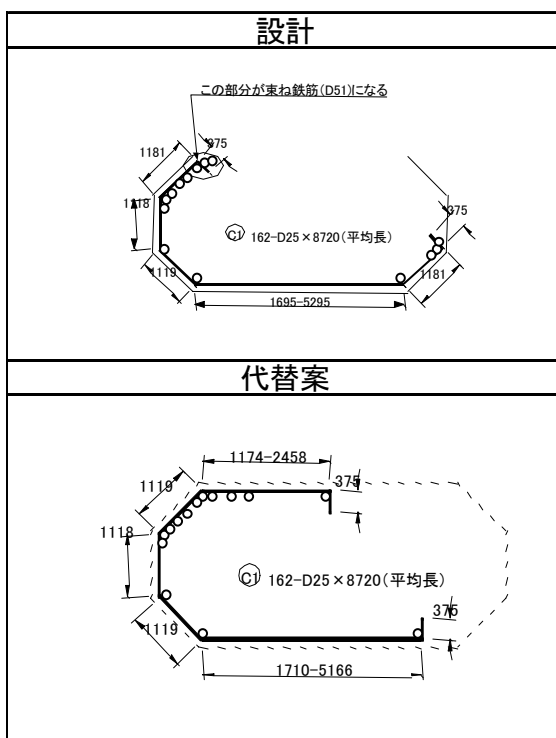
1）代替案の検討

a）機械継手の採用

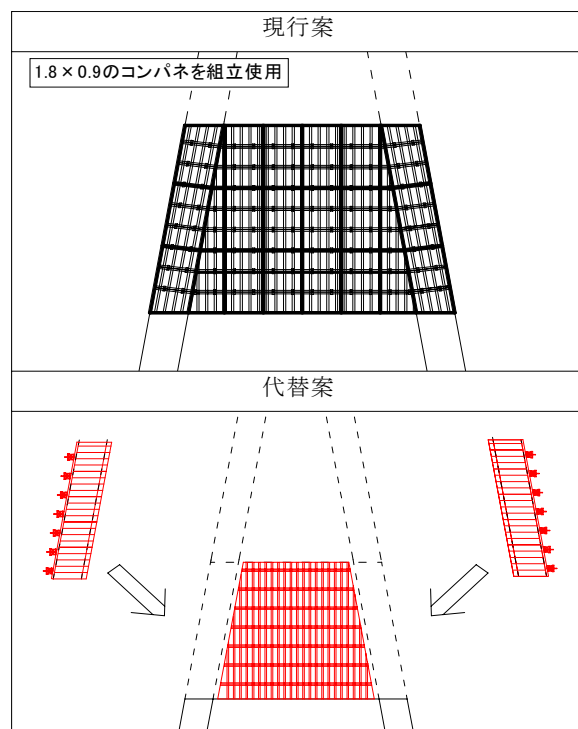
橋脚部主筋 D 5 1 に継手は 3300 箇所ありガス圧接使用であったが、代替案として鉄筋を高強度ねじ鉄筋に変更し、ねじふしに適合するカプラーを用いるグラウト式継手を検討し採用した。この継手の長所は①施工講習をうけることにより、一般鉄筋工でも簡単に継手作業が行える。②天候に左右されず施工が可能となる。③鉄筋端部のねじ切等が不要となる。という点が上げられる。鉄筋工で作業ができるため継手作業と組立作業の同時施工が可能となり工程を縮めることができる。表－8に機能の評価の結果を示す。コスト的にはガス圧接よりやや高いが工程を短縮できるメリットを優先した。

b）鉄筋加工形状

つづみ形 R C 橋脚の特徴として、橋脚側部がテーパ状に絞られているため稜線部においては側部の主筋と正面部の主筋が交わるような束ね鉄筋の状態になり、首部については主筋と主筋、主筋と帯鉄筋、帯鉄筋と拘束筋、がそれぞれ干渉しあう状態になり施工に難渋するおそれがあり、工程に影響を与えるとともに組手間にかかるコスト増が予想された。そのため、アイデア発想による代替案を採用するこ

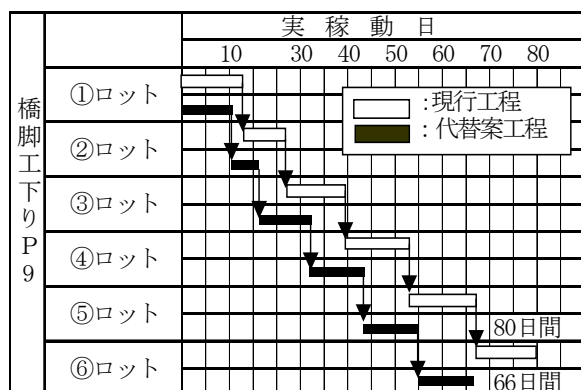


図－４ 設計案と代替案（鉄筋組立）



図－５ 設計案と代替案（型枠組立）

表－９ 橋脚単位工程



表－１０ １ロット当り必要人員

	作業員1 日当り	現行案		代替案		短縮 日数	削減 人員
	人／日	日	人・日	日	人・日	日	人
鉄筋工	8	4	32	3	24	1	8
型枠工	6	3	18	2	12	1	6
足場工	10	2	20	2	20	0	0
コンクリート工	10	1	10	1	10	0	0
養生	3	-	-	-	-	-	-

表－１１ 橋脚工歩掛比較表

分類 箇所	数量	単位	現行案		代替案実施	
			予定入区 (人)	1人当り (t/人)	実施入区 (人)	1人当り (t/人)
橋脚鉄筋工	1299	t	2400	0.54	1900	0.68
橋脚型枠	5200	m ²	1400	3.71	886	5.87

とにした。その一例を図－４に示す。

耐震設計の新基準による設計は旧基準に比べ、設計地震力が大きく、変形性能を向上させてあるため拘束鉄筋・せん断鉄筋量が増大する。本工事は新基準への移行時であったため、非常に施工が困難な配筋であった。今回は各鉄筋の目的機能を明確にし機能的に問題のない代替案により施工を行った。また作業用地の観点より工場加工を行い、加工工程短縮を図り、加工による工程の阻害を減少させた。

c) 型枠工

同形状の橋脚が１２脚というスケールメリットに注目し、型枠の検討を行い、代替案を作成した。その結果採用したのが、図－５に示す分割型の大型櫛

型型枠である。通常は、1.8×0.9のコンパネ板を現地で加工組立して行うが、１ロット当り４分割とし工場で作製し現地ではセパレーターの取り付けが主たる作業となる。コンクリートの打設回数は特異点である橋脚首部より景観を考え割出し、型枠の高さH＝5.4mとした。以上により組立・解体・地組作業が容易にでき、工程の短縮・労務コストの削減につながる。短所としては、工場加工のため型枠材料費が高くなる。置き場所の確保が必要という点があげられる。材料費によりコスト高となるが、工程価値評価により採用した。

表－１２ 橋脚工のＶＥ成果（単位：万円）

	項 目	説明	鉄筋継手	鉄筋加工	型枠工
①	現行コスト		1,584	4,800	3,400
②	代替案コスト		1,815	3,800	4,000
③	節約額	①-②	-231	1,000	-600
④	節約率	③/①	-14.6%	20.8%	-17.6%
⑤	コスト目標額		1,800	4,000	4,000
⑥	コスト目標達成率		99.2%	105.3%	100.0%

２）代替案の評価

前述した躯体工の代替案により、現行案による工程と比較した場合、表－９に示すように実稼動日数で、１ロット当り２日の工程短縮となり、１橋脚当り圧接工を考慮すると１４日の工程短縮となる。１２橋脚全体で考えれば延べ１７０日の短縮となった。コストの面では型枠などの材料コストは上がったが、表－１０に示す通り１ロット当りの人員で１４名削減でき、表－１１歩掛の結果のように労務コストは大幅に下がった。工程短縮という価値をあげたことによりコストも削減できたといえる。そのＶＥ成果を表－１２に示す。鉄筋継手工・型枠工で予想されたコスト増分はほぼ目標どおりに抑えることができた。

５．まとめ

以上の結果をまとめると表－１３の内容となる。工程短縮という価値は各項目で向上している。主筋継手と柱型枠でコスト増加となったが工程短縮の効果のほうが大きいと判断した。今回の特徴は工程短縮という価値を求め、それに対する目標コストを設定し、代替案を作成した点にある。それにより、工期短縮という成果をあげながらも工程促進による過大なコストアップを避けることができ、労務費を中心とした工程短縮によるコストダウンを行うことができた。

６．おわりに

施工についてＶＥを行い、代替案を実行するには発注者の事前の了解が不可欠である。今回は、設計者、発注者に機能を損なわず、コストを抑え、工程短縮という価値を向上するということで評価され、代替案の実行については理解して頂いた。工事においてＶＥは発注者の理解なくては実行できない。施

表－１３ ＶＥ成果のまとめ

No	分野・要素	CD値 (万円)	工程短縮 評価	価値向上 パターン
1	山留締切工	200	↗	↗
2	主筋継手	-231	↗	↗
3	鉄筋加工形状	1000	↗	↗
4	柱型枠	-600	↗	↗
	合計	369		

（注）価値向上パターンにおいて上段は機能評価値、下段はコストを示す。

工者としては、計画的に活動をすすめる、機能重視のＶＥを行うことが必要である。

平成９年４月に策定された「公共工事コスト削減対策に関する行動指針」により公共投資は財政構造改革の観点から抑制、削減の推進が求められ、そのような中で入札時ＶＥ、契約後ＶＥ、設計・施工一括発注方式などの運用が多く発注者で試行されている。今後は工事を施工する際にＶＥ等によるコスト削減が発注者、施工者ともに求められるであろう。

本稿が施工に対するＶＥ活動、また類似工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 秋山兼夫：建設ＶＥ実践マニュアル，産能大学出版部刊，1997.
- 2) 土屋裕，産能大学ＶＥ研究グループ：新・ＶＥの基本，産能大学出版部刊，1998.
- 3) 土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書[規準編]，土木学会，1996
- 4) 土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書[設計編]，土木学会，1996
- 5) 土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書[施工編]，土木学会，1996
- 6) 土木学会コンクリート委員会：平成8年制定コンクリート標準示方書(耐震設計編)改定資料，土木学会，1996
- 7) 土木工事積算研究会：平成11年度版 建設省土木工事積算基準，建設行政出版センター，1999
- 8) 経済調査会：積算資料1999 ４月号，経済調査会，1999
- 9) 経済調査会：土木施工単価1999 春号，経済調査会，1999