

制約条件が多い状況下での歩道橋の急速施工

(株)大林組 正会員 ○川田 崇暉，高橋 敏樹，齋藤 隆

1. はじめに

首都高速道路中央環状線と5号池袋線が短い区間で分合流する板橋・熊野町ジャンクション間の約520m（板橋区大山東町から同区熊野町）では、慢性的な渋滞が発生していた。このため、この区間における渋滞を緩和し、中央環状線の機能を強化させることを目的として、ラケット型橋脚の上下層を3車線から4車線に拡幅する改良工事が実施された。図-1に位置図を、図-2に拡幅イメージ図を示す。

この高速道路の改良工事に先立ち、基礎の拡幅に支障する高架直下の歩道橋の撤去が行われているが、その復旧計画については、将来的な維持管理の負担から復旧しない案が有力とされていた。しかしながら、緊急避難通路としての位置付けも含めた地元の要望により、工期完了の約10ヵ月前に復旧することが決定した。復旧においては、拡幅工事の影響により撤去前と同形状で復旧できないことや、空頭制限のある狭隘な作業ヤードと錯綜する地下埋設物などの厳しい制約条件が課せられた上で、計画・設計・施工を工期内に完了する必要があった。

本稿では、この歩道橋復旧工事の計画立案時の検討内容および施工期間の短縮を可能とした急速施工方法について報告する。

本稿では、この歩道橋復旧工事の計画立案時の検討内容および施工期間の短縮を可能とした急速施工方法について報告する。



図-1工事位置図

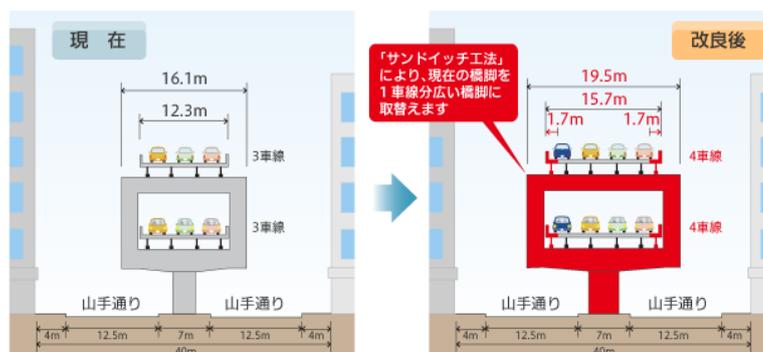


図-2高速道路拡幅のイメージ図

2. 歩道橋復旧工事の特徴と課題

歩道橋復旧の概要を図-3に示す。歩道橋復旧工事の最重要課題は、復旧方針の決定が平成30年5月と約半年遅れたにも関わらず、工期は当初予定通りの平成31年3月として約10ヶ月という短期間で完成させる必要があったことである。この期間内に現況調査から設計、製作、計画、施工までの作業が含まれている。

もう一つの課題は、高架下の空頭制限、狭隘な施工ヤード、錯綜する地下埋設物など、現場の制約条件が多いことである。例えば、埋設物が錯綜する歩道部では、高速道路改良工事に支障する地表面より上方の橋脚、桁、階段を撤去し、地下部分を残置した状態であったが、歩道橋の復旧に際して、残置されていた基礎フーチングの性能を確保して再利用しなければならないということである。

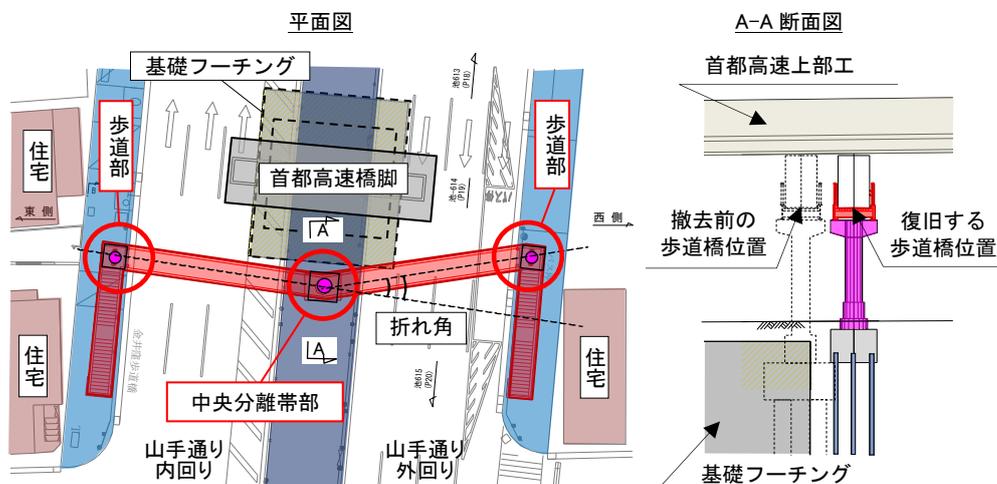


図-3歩道橋復旧概要図

キーワード 地盤改良，リニューアル，狭隘空間，工期短縮，ハイスpekマイクロパイル工法
 連絡先 〒108-8502 東京都品川区港南 2-15-2 (株)大林組東京本店工事第一部 TEL03-5769-1261

これは、一般的な復旧方法(①埋設管の移設→②既設基礎撤去→③新設基礎設置→④歩道橋架設)では、工期内での歩道橋復旧が困難であるという工程上の制約に加えて、基礎位置に多数の埋設物があるという制約があり、既設基礎部材を補強して再利用する以外の方法が事実上選択できなかったためである。

さらに、中央分離帯部でも、撤去前の歩道橋の基礎フーチング位置が、拡幅した高速道路の基礎フーチングに支障しているため、同じ位置に復旧できないという制約条件があった。

なお、周辺の一般住宅の土地利用状況や支道の配置による制約条件から、中央分離帯部の基礎位置移動に合わせて歩道部の基礎位置も動かすことが困難であったため、歩道橋の上部工の平面形状は、中央橋脚位置が両端部の橋脚位置を結ぶ直線上に配置されないM字形としている(図-3参照)。中央分離帯部の歩道橋基礎と高速道路基礎の離隔を広げるほど歩道橋の折れ角が大きくなる。折れ角が大きくなると、なるべく原形に近い形での歩道橋復旧という外観面の要求、折れ点付近での出会いがしらの衝突を防ぐための安全面の要求、特殊なM字形構造物に対する維持管理面の要求、の全てに対して不利となるため、近接施工を前提として基礎同士の離隔を極力小さくすることも課題の一つとなった。

3. 課題に対する検討案

(1) 歩道部について

歩道部の埋設物現況図を図-4に示す。基礎周辺には多数の埋設管が存在し、基礎を撤去・再構築するためには下水管の移設が必要となる。移設時には、人孔の増設や管路の移設範囲の試掘、東京都下水道局・建設局との協議が必要となり、それらに多くの時間を要することから工期内での歩道橋架設は不可能であるという結果となった。下水管の移設に関する比較検討結果を表-1に示す。このため、地下埋設物の移設を行わず、既設基礎を再利用する方法を選定することが工程内に歩道橋を復旧するための大前提であると判断した。

次に、埋設物を移設せずに既設基礎を再利用する具体的手法について検討を行った。

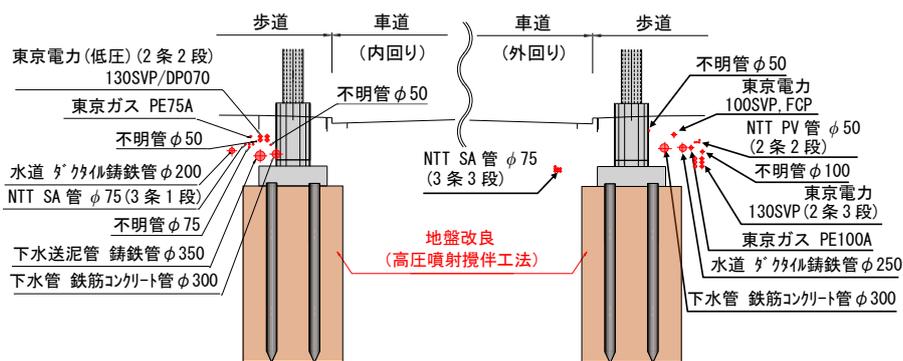
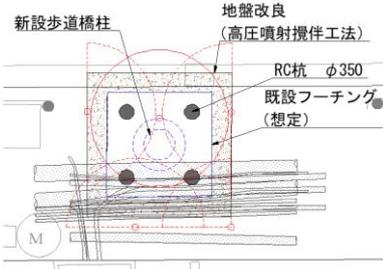
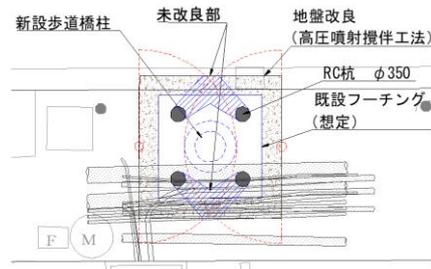
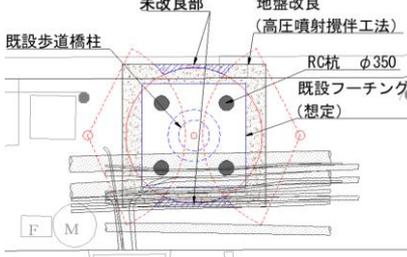
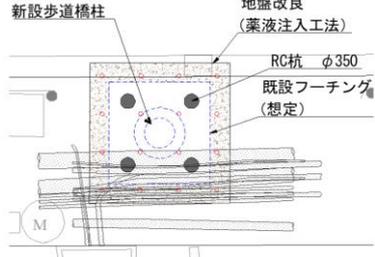


図-4埋設管現況図(歩道部)

表-1 山手通り内回り側歩道部 下水管移設検討表

	①下水管一部撤去と上下流への排水振り分け	②下水管の切り回し
断面図		
計画概要	干渉範囲の下水管を撤去して、その上流側・下流側の人孔に排水を振り分ける	人孔を設けて下水管ルートを折り曲げ、歩道橋柱より車道側に切り回す
課題	<ul style="list-style-type: none"> 撤去部の雨水処理能力の計算と東京都の許可が必要 試掘により下流側増設人孔の設置空間の確認が必要 周囲の植樹帯や駐車場出入口との調整が必要 民地からの枝管排水を止めない切替ステップの確認が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 切り回し後も歩道橋柱との離隔は大きく改善されない 試掘により増設人孔や切替管路の設置空間の確認が必要 周囲の植樹帯や駐車場出入口との調整が必要 供用中の下水本管であり切替ステップの確認が必要
必要な対応期間	計画～施工完了まで約8カ月 (下水道局が施工した場合)	計画～施工完了まで約8カ月 (下水道局が施工した場合)
協議が必要な関係機関	東京都下水道局, 東京都建設局第四建設事務所	東京都下水道局
判定	×	×

表-2 既設基礎補強比較検討表

工法	①案：高圧噴射攪拌工法（一般径：SJ35）	②案：高圧噴射攪拌工法（大口径：SJ50）
平面図		
改良率	100%	84%
施工概要	<ul style="list-style-type: none"> ・造成径φ3.15m(3.5m×砂礫補正0.9)×5本 ・既設フーチングの貫通コアボーリング×1箇所 	<ul style="list-style-type: none"> ・造成径φ4.5m(5.0m×砂礫補正0.9)×2本 ・既設フーチングの貫通コアボーリングなし
施工車両	大型4台+排泥タンク車+給水車(タンク車10t)+25tクレーン	大型4台+排泥タンク車+給水車(タンク車10t)+25tクレーン
施工日数	8日	5日
判定	△：埋設管狹隘部からの施工が必要となる	△：杭の周辺部に未改良部が残る
工法	③案：高圧噴射攪拌工法（一般径：SJ35+大口径：SJ50）	④案：薬液注入（ダブルバッカ工法）
平面図		
改良率	96%	100%
施工概要	<ul style="list-style-type: none"> ・造成径φ3.15m×1本+φ4.5×2本 ・既設フーチングの貫通コアボーリング×1箇所 	<ul style="list-style-type: none"> ・埋設物直下は斜め施工、粘性土層は割裂注入 ・既設フーチングの貫通コアボーリング×8箇所
施工車両	大型4台+排泥タンク車+給水車(タンク車10t)+25tクレーン	大型1台+給水車(4t)
施工日数	6日	20日
判定	◎：一部未改良部が残るが杭周囲は全て改良可能	×：改良強度不足や路面変状の恐れがある

再利用にあたり、最新の設計基準により既設基礎の耐震性能を照査したところNGとなり、何らかの補強が必要であるという結果が得られた。地下埋設物が錯綜する状況において、最も一般的な方法である増し杭による補強は施工面で実質不可能であり、施工可能な地盤改良工法を用いて既設構造体と地盤改良体を複合的に組み合わせる補強工法を採用することとした。地盤改良工法4案についての比較検討結果を表-2に示す。結果として、埋設物付近で施工を行わずに既設杭周辺を改良することが可能、かつ、設備や工程面でも優れた「③案：高圧噴射攪拌工法(SJ35+SJ50)」を選定した。

(2) 中央分離帯部について

1) 基礎杭の打設について

首都高速高架橋直下での低空頭施工を前提とし、基礎形式を比較した結果を表-3に示す。各案での歩道橋フーチング位置は、首都高速基礎への影響範囲外で可能な限り首都

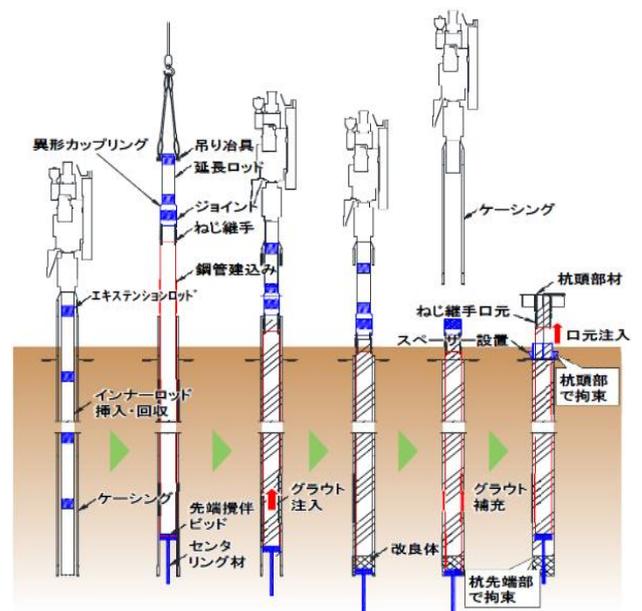


図-5 ハイスペックマイクロパイル工法の施工手順

表-3 中央分離帯側基礎杭施工案比較表

工法	①案：マイクロパイル	②案：PHC杭
イメージ図		
構造安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・L2地震時の安全性は確保される ・一般的橋梁基礎の補強や歩道橋基礎の実績が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・SC杭との組合せなどでL2地震時の安全性は確保される ・小規模土木構造物基礎や建築構造物基礎の実績が多い
環境適合性	<ul style="list-style-type: none"> ・近接構造物との必要分離が最も小さい ・杭の機械式継手や小型施工機械が低空頭施工向きである 	<ul style="list-style-type: none"> ・近接構造物との必要分離が比較的小さい ・低空頭施工では溶接継手が増え品質に不安が残る
上部工の折れ角	16度	32度
判定	◎	△
工法	③案：鋼管杭	④案：場所打ち杭
イメージ図		
構造安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・最小径でもL2地震時安全性では十分に確保される ・一般橋基礎の実績が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・単杭でもL2地震時の安全性は十分に確保される ・一般橋梁基礎の実績が多い（単杭は少ない）
環境適合性・施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・近接構造物との必要分離が比較的大きい ・低空頭施工に不向きで、鋼管継手の増加は品質に不安が残る 	<ul style="list-style-type: none"> ・近接構造物との必要分離が大き ・低空頭施工に不向きで、鉄筋継手の増加は品質に不安が残る
上部工の折れ角	35度	39度
判定	△	△

高速フーチングに近づけるような配置とする。比較検討した結果、歩道橋の折れ角や低空頭部での施工性および品質等の観点から、低空頭での施工が可能で、折れ角を最も小さくできる①マイクロパイル工法案を採用することとした。

マイクロパイル工法は、さらに細分していくつかの工法に分かれるが、最終的に採用したハイスpekマイクロパイル工法は、構造物基礎の耐震補強などに用いる小口径合成鋼管杭工法であり、一般的なボーリングマシンを用いて二重管削孔し、小径の汎用鋼管を立て込んだあとにグラウト充填し、鋼管を地盤内定着させて杭を構築する工法である。

この工法の特徴は、マイクロパイル工法の特徴である低空頭での高精度の施工が可能なこと、近接施工に適していることに加え、二重管施工により鋼管杭周囲のグラウトが確実に充填されること、施工機械と材料の汎用化によりコストアップを抑えられることが挙げられる。一般的な施工手順を図-5に示す。

表-4 近接程度の範囲と検討・対策内容

項目	設計	施工(対策工も含む)	変状の観測
①無条件範囲Ⅰ	一般に、影響予測、計測および対策工等の特別な対応を要さない		必要に応じて実施する
②要注意範囲Ⅱ	構造形式の選択などの配慮を行う	最小限、新設構造物の施工法による対策を実施する	実施する
③制限範囲Ⅲ	既設構造物の変位量を適切な方法で推定し、安全性をチェックする	影響の検討、結果に基づき上記以外の他の対策工も実施する	詳細に実施する

山手通りを夜間規制で通行止めにした上で架設作業を行うこととなる。ただし、夜間でも交通量の多い山手通りの通行止めが周辺の交通環境へ与える影響を考えると、長時間の通行止めを伴う作業は現実的に不可能である。

		平成30年												平成31年								
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8					
調査・計画・設計		[Bar chart showing work from month 6 to 12]																				
準備工		[Bar chart showing work from month 7 to 12]																				
歩道橋工場製作(橋脚・上部構造)		[Bar chart showing work from month 8 to 12]																				
当初計画	基礎・橋脚(歩道部)	地下埋設管移設	[Bar chart showing work from month 9 to 12]																			
		既設基礎撤去	[Bar chart showing work from month 1 to 2]																			
	〃(中央分離帯部)	基礎構築・橋脚設置	[Bar chart showing work from month 1 to 2]																			
		基礎構築・橋脚設置	[Bar chart showing work from month 4 to 5]																			
上部構造	架設	[Bar chart showing work from month 6 to 7]																				
	付帯工	[Bar chart showing work from month 7 to 8]																				
実施工	基礎・橋脚(歩道部)	地盤改良	[Bar chart showing work from month 9 to 10]																			
		基礎改築・橋脚設置	[Bar chart showing work from month 10 to 12]																			
	〃(中央分離帯部)	基礎構築・橋脚設置	[Bar chart showing work from month 9 to 12]																			
		基礎構築・橋脚設置	[Bar chart showing work from month 10 to 12]																			
上部構造	架設	[Bar chart showing work from month 1 to 2]																				
	付帯工	[Bar chart showing work from month 2 to 3]																				

図-9 工程の比較における短縮効果

さらに、ラフタークレーンを使用しての架設では、高速道路高架に接触しないように横から桁を差し込むためには張り出しが大きい吊治具が必要となり、大規模な仮設部材の製作・準備が別途必要となる。

このため、山手通りの通行止めによる影響を許容範囲内に抑えるために、多軸台車とステージジャッキを組み合わせたドーリーによる歩道橋の架設を行う計画を採用する(図-8参照)。この方法は、中央分離帯や街路の復旧をしたあとの状態でも架設を行うことが可能であり、吊治具なども不要で施工性に優れている。さらに、都道の通行止めも不要となることで、周辺の交通環境への影響を最小限に抑えて架設を行うことができる。



写真-1 ドーリーによる桁の架設状況

4. 計画に対する実施工と結果

(1) 歩道部の地盤改良工

供用中の都道を歩道側夜間1車線規制にて施工を行い、近隣及び地下埋設物への影響なく施工を完了した。工期も当初計画していた地下埋設物移設の場合と比較して5ヵ月短縮することができた。歩道橋工事全体の工程比較を図-9に示す。なお、地盤改良体については、施工後にボーリングにて設計深度までのコアを採取して圧縮試験を実施し、品質の確認を行っている。

(2) 中央分離帯部の杭基礎打設

ハイスpekマイクロパイル工法により、低空頭かつ構造物近傍での作業を無事故で完了することができた。撤去前の形状に可能な限り近づけることができた。また、主桁の折れ角を最小限にすることで、出合いがしらの衝突防止等、利用者の安全確保に寄与した。

(3) 歩道橋主桁の架設

多軸台車+ステージジャッキのドーリーを使用することで、平日昼間に規制を行わず架設することができ、交通への影響を最小限にすることができた。施工状況を写真-1に示す。クレーンでの施工と比較して、安全性・施工性が向上しただけでなく、架設精度も設計位置から±20mm以内に収めることができた。

5. おわりに

非常に厳しい制約条件のもと、品質を確保し、約10ヵ月間という厳しい工期内に歩道橋工事および街路復旧工事を完了することができた。地下埋設物の移設を行う当初復旧案と比較して全体で6ヵ月短縮し、かつ、都道交通への影響を最小限にすることができた。

特殊な制約条件下での施工であるが、本工事の適用例が、類似工事の参考となれば幸いである。