

PCゲルバー橋の連続化に関する設計検討(首都高速 1号羽田線勝島地区PC橋)

首都高速道路(株) 工修 ○小島 直之
 (株)ピーエス三菱 正会員 花房 禎三郎
 川田建設(株) 正会員 北野 勇一

1. はじめに

首都高速1号羽田線の勝島地区は、大井競馬場に隣接した海岸通り街路直上に建設されたPCゲルバー橋である(写真-1)。当該区間は首都高速道路の中でも最初に建設を着手した区間であり、1963年(昭和38年)12月の供用開始からまもなく供用49年を迎える。

2007年(平成19年)までに実施された定期点検によって、勝島地区のPC桁ゲルバー部に局部的に過大なひび割れが確認され、支承の腐食やコンクリートの劣化、剥離等も著しい状態であった(写真-2)。これらの損傷原因としては、橋面上から伸縮装置を伝わったゲルバー部遊間への漏水、支承機能の低下(可動支承から固定支承に変化)、PC定着部後打ちコンクリートの劣化などが挙げられる。これらの原因は建設時の不具合ではなく経年的な劣化であるが、劣化の進行を極力抑制するため、応急的に炭素繊維シート補強を実施した。その結果、ゲルバー部に生じた過大なひび割れは、その後の計測によりひび割れ幅の日変動が次第に小さくなることを確認された。

本稿では、長期的な視野に立ち、恒久的なゲルバー部の改良を検討した結果、最善策と判断されたPC桁の連続化についての設計概要を報告する。

2. 構造概要

本橋は、2・3径間連続PCゲルバー箱桁橋(14連で合計38径間)で、かけ違い部はゲルバー構造として荷重を受け渡している。ゲルバー部は可動支承、中間支点部は地震荷重などを各橋脚に分散する特殊支承(ただし、実際には経年なPC桁の伸縮により支承が競った状態、すなわちほぼ固定支承に変化している)が採用されている。主桁断面構造は、2室箱桁断面を基本とし、出入口部(ランプ部)の有無により2~3連が並列した構造となっている(図-1)。また、1997年に発生した兵庫県南部地震後に橋脚耐震補強工事(鋼板巻立工法による)が実施されている。



写真-1 勝島付近

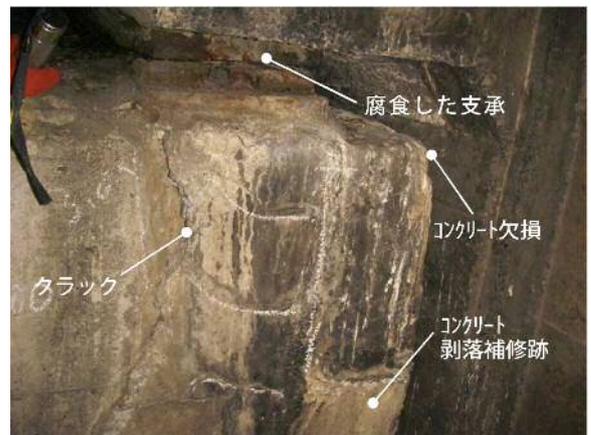


写真-2 ゲルバー部損傷状況(側面拡大図)

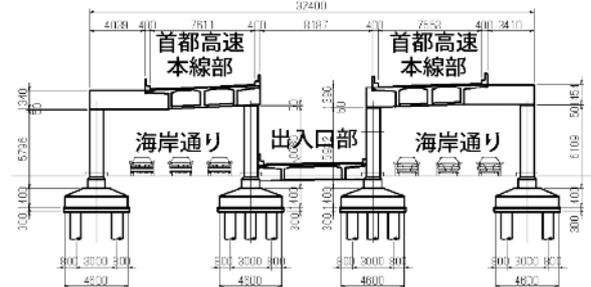
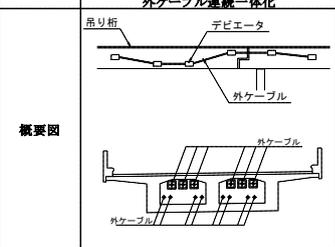
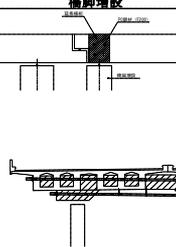
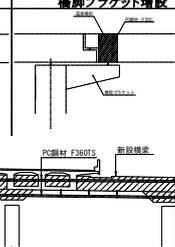
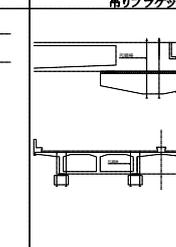
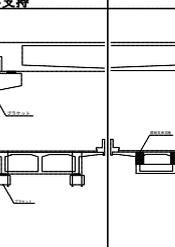


図-1 PC箱桁断面図

表-1 ゲルバー改良工法比較表

	外ケーブル連続一体化	橋脚増設	橋脚ブラケット増設	吊りブラケット支持	支承交換
概要図					
概要	外ケーブルにより、桁の連続化および上部工の補換を同時に行う工法。	PC鋼材を配置し横桁を延長した後、橋脚を増設して反力を受ける。	PC鋼材を配置し横桁を延長した後、橋脚から増設したブラケットで反力を受ける。	架道い部をブラケットで支える工法。ブラケットは橋面より配置したPC鋼材で支える。	支承交換を橋面上側から実施する。
特徴	連続化工法である。支承は撤去あるいは埋込む。	支承交換を桁下側から実施する。橋脚が主桁断面内の下面にある場合は横梁が不要である。	支承交換を桁下側から実施する。橋脚が主桁断面内の下面にある場合は、街路の建築限界が確保できない橋脚がある。	支承交換を橋面下側から実施する。PC鋼材設置時に本線の通行規制が必要となる。	主桁部はつり時に本線の通行規制が必要となる。施工時にはバントで吊り桁を仮受けする必要がある。
適用性・課題	街路の交通規制が少ない。温度伸縮量が増大することから連続化が可能な範囲には限界があるため、他の工法と併用する必要がある。	周辺環境への影響が最も大きい工法であるため、なるべく採用数を少なくする方がよい。	施工可能な橋脚と不可能な橋脚があるため、他工法と併用する必要がある。ブラケットが大きくなる場合、橋脚の転倒と抗の引抜に注意が必要である。	ブラケットが大きく、建築限界の制限を超える恐れがある。実績が少ない。	主桁はつり時にPC鋼材の損傷等がないよう、事前の探査を十分する必要がある。PC鋼材のプレストレスの確保が困難である。必要な桁かかり長がとれない。
コスト	改修の規模が大きくなるため、他工法と比べて最もコスト高となる。	吊りブラケット方式と比べコスト大橋脚ブラケット増設と同程度	吊りブラケット方式と比べコスト大橋脚増設と同程度	建築限界を越えない場合には他工法と比べ、経済的な工法となるが、実績が少ない。	吊りブラケット支持と同程度。
評価	○	○	△	△	×
	実績も多く、走行性向上にも寄与する。ただし、他工法との併用が必要。	信頼性の高い工法である。	信頼性は高いが、他工法との併用が必要。	実績が少なく、信頼性に疑問が残る。	実績が少なく、PCのプレストレス確保が困難である。

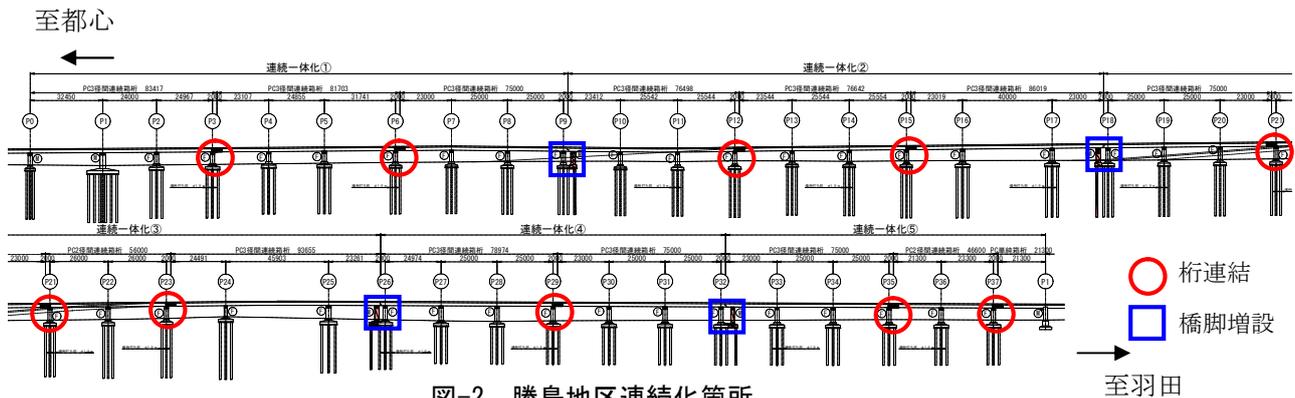


図-2 勝島地区連続化箇所

3. ゲルバー改良方針

供用後約49年が経過し、構造上の弱点となっているゲルバー部はひび割れが生じるなど損傷が著しい。また、支承の損傷も著しいが、ゲルバー部はその構造により支承の交換が困難であり、課題となっている。さらに、ゲルバー部にはPC鋼線が存在することから、ゲルバー部自体の構造改良が困難である。なお、勝島地区は橋脚が街路の歩道と中央分離帯にあり、橋脚の増設が協議次第では可能であった。

これらの損傷の抜本的な対策として、ゲルバー部に荷重をかけない構造とする方針で、ゲルバー部付近の構造を見直すこととし、構造検討を行った(表-1)。その結果、街路の建築限界、ゲルバー部のPC鋼線の存在を考慮し、既設ゲルバー部を外ケーブル工法により連続一体化させ、長期耐久性の確保を図ることとした。ただし、38径間すべてを連続化することは不可能なため、連続化可能な範囲を定め、連続化を行わない掛け違い箇所を定めた(図-2)。掛け違い箇所の決定にあたっては、関係機関協議結果に加え、上部工の断面が、下り線、上り線、ランプ部の組合せによって、上部工の主桁配置が分離から一体に変化することを特に考慮した。掛け違い箇所については、橋脚および横梁を増設し、主桁を直接支持することとした(図-3)。また、耐震性向上のため、全橋脚の支承交換も行うこととした。



図-3 橋脚増設イメージ

4. 設計概要

4.1 設計方針

前述のように、桁の連続化を行い、ゲルバー部を残す箇所については橋脚、横梁を増設して主桁を直接支持することとした。この改良をすることにより構造系が変化することから、必要な上部工補強、下部工補強を行うこととした。設計の流れを図-4に示す。

4.2 桁連続化

桁連続化は、上部工桁内での外ケーブルによる方法で行うこととした。外ケーブルは、後述の上部工補強と兼ねている。最大4.35mもある充実断面の削孔が課題であり、支点横桁は横締めPC鋼材も配置されていることから、ウォータージェット工法を併用した対応も検討している。

連続化は先に伸縮部以外の主桁について行い、伸縮装置は連続化後に撤去して穴埋めを行う予定である。また、連続化後に端支点となる箇所(未連続化箇所)は、連続化後の伸縮量に応じて伸縮装置を交換する予定である。

4.3 橋脚横梁新設工

未連続化箇所は、橋脚、横梁を新設して、ゲルバー部に作用する荷重を支える。施工後のイメージを図-3に示す。

橋脚は既設構造と同じく柱式橋脚とした。基礎杭はΦ1000の場所打ち杭とし、高架下での施工のため、作業高さが低い場合でも施工可能なTBH工法を用いることとした。新設フーチングは既設フーチングと離し、最新基準により設計することを基本としたが、現場状況により既設フーチングと一体化する必要があるものについては、既設構造と同じ耐震性能を有する構造とした。街路をまたぐために設置する新設横梁については、図-5に示すように外ケーブルを併用したPC構造とした。

4.4 上部工補強工

PC 桁の連続化により構造系が変化するが、これに対し設計手法が明確でかつ施工性、経済性の観点より、外ケーブル工法を主体とした補強を採用することにした。ただし、外ケーブルは建築限界等の制約から桁内配置のみとなるため、最適配置を検討した結果でも、曲げ補強が十分に行えない部位については炭素繊維補強を併用するものとした。また、桁内配置に限られるため外ケーブル補強ではせん断耐力の向上がほとんど期待できないことから、せん断補強については炭素繊維補強を主体に行うものとした。

設計検討の結果、桁内空間が狭く外ケーブルの途中定着ができないなどの理由より、一部の連続一体化については外ケーブル長が 210m に達することになった。これは、補強工事においては過去に例のない長さであり、偏向箇所数が多いことから、施工前に試験緊張を行い、実際の張力損失量を確認したうえで本緊張を実施する予定である。

4.5 下部構造補強工

上部工と同様に、構造系が変わるために、所定の耐力が確保できない橋脚は、鋼板巻き立てによる補強を行う。なお、前述のとおり、すでに耐震補強のための補強鋼板が設置されているため、補強対象箇所の既設鋼板は剥がしたうえで再巻き立てを行うこととした(図-6)。

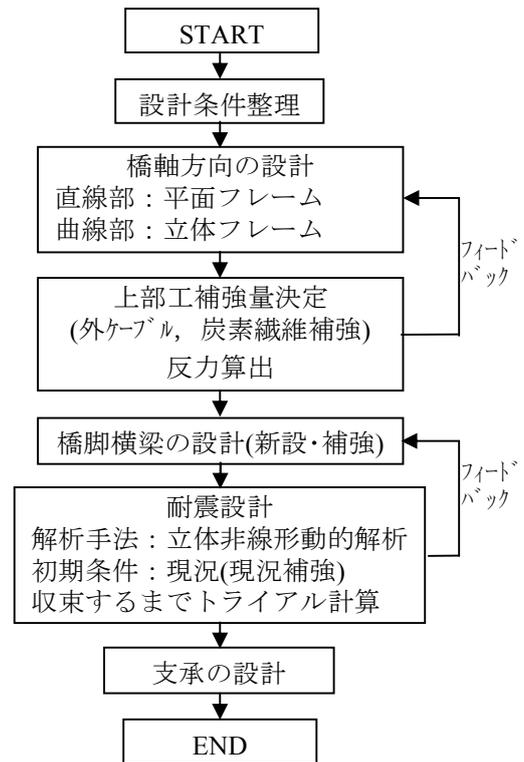


図-4 設計の流れ

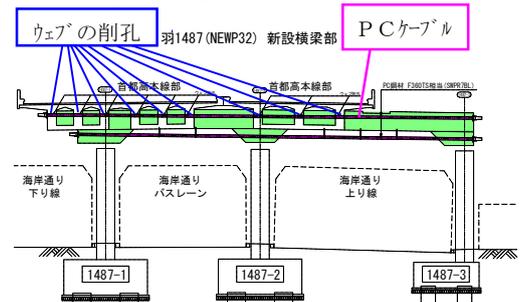


図-5 横梁新設構造

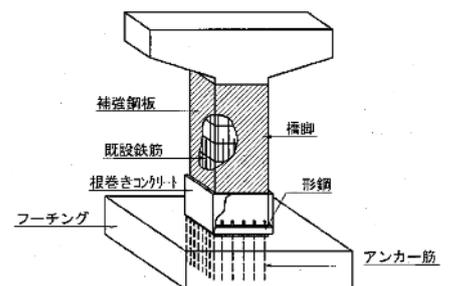


図-6 下部構造補強概要図

4.6 支承交換工

(1) 工法概要

耐震性能を向上させるために、全橋脚の支承を既設のタイプAの固定可動支承からタイプBの固定可動支承へと交換を行う。既設構造への影響を考慮して、支承部位、横梁のPCケーブル配置により、表-2に示すような3タイプの構造を採用する。また、支承交換時の仮受ベントは、鋼構造架設設計施工指針(土木学会, H14. 4)に準じ、耐震性を考慮した構造とした。

(2) DRB支承の試験採用

街路の建築限界までの余裕が少ないこと、支承交換時のための既設橋脚撤去範囲を少なくしたいことから、約半数の支承については支承高さが低く抑えられるDRB支承を試験採用した。

DRB支承は、ウレタンゴムを用いた高面圧支持板(DRB)により鉛直力および回転を、サイドブロックにより水平力を負担させる構造を採用することで、コンパクト化を図った支承である。構造を図-7に示す。DRB支承は平成24年4月現在、国や自治体の工事等で139組の実績がある。この支承は道路橋支承便覧(日本道路協会, H16. 4)で想定している積層ゴム支承とは材質、構造が異なる。どちらかと言えば、BPB沓の密閉ゴムをDRBに置き換えた構造と考えれば理解が早いと思われる。また、このタイプの支承はアメリカでよく使用されており、ASSHOTOでは「DISC BEARING」という分類に属する。

写真-3に、現在支承交換が完了している橋脚の状況を示す。

表-2 支承交換構造タイプ

	タイプ① 打下ろしタイプ	タイプ② 増厚タイプ	タイプ③ ブラケットタイプ
構造図			
概要	桁を直接支持する箇所の支承に適用。打ち下ろし部高さ内に支承アンカーを配置する。タイプ②、③が使用できない支承で使用。	横ばりで支持する箇所の支承に適用。アンカー本数は多くなるが、PCケーブルが上側であれば影響が少ない。	横ばりで支持する箇所の支承に適用。アンカー本数が少なくなり、PCケーブルが下側でも影響が少ない。

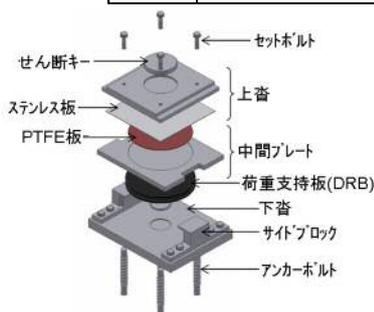


図-7 DRB支承の構造



写真-3 施工完了状況

5. おわりに

本工事では現在、1期施工(歩道側)を行っており、今夏には常設作業帯を中央分離帯側に切り替えて2期施工に入る。

首都高速道路には、PCゲルバー橋が約100径間存在しており、ひび割れなどの損傷が発生している。今後、そのような橋梁についても改良を行う予定であるが、すべてが勝島地区のように新たに橋脚を設置できる現場条件ではない。そのため、今後は橋脚の増設を必要とせずにゲルバー部自体の構造を改良するために、PC鋼線の間中定着を用いたゲルバー部の改良も視野に入れて計画を進めている。