SEEE工法を用いた
外ケーブル方式による橋梁補強工法 補強事例集



2016年10月

SEC 株式会社 エスイー

目　次

1. はじめに …… 1

2. 外ケーブル補強工法の適用例 …… 2

3. SEEE工法補強用外ケーブル …… 4

4. 採用実績 …… 7

5. 施工事例 …… 9

　外ケーブル補強 …… 11

　その他用途 …… 29

6. 参考図書 …… 38

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期以降に集中的に整備された道路や鉄道などのインフラの老朽化が問題とされ、安心して永続的に活用できるインフラの実現が求められている。

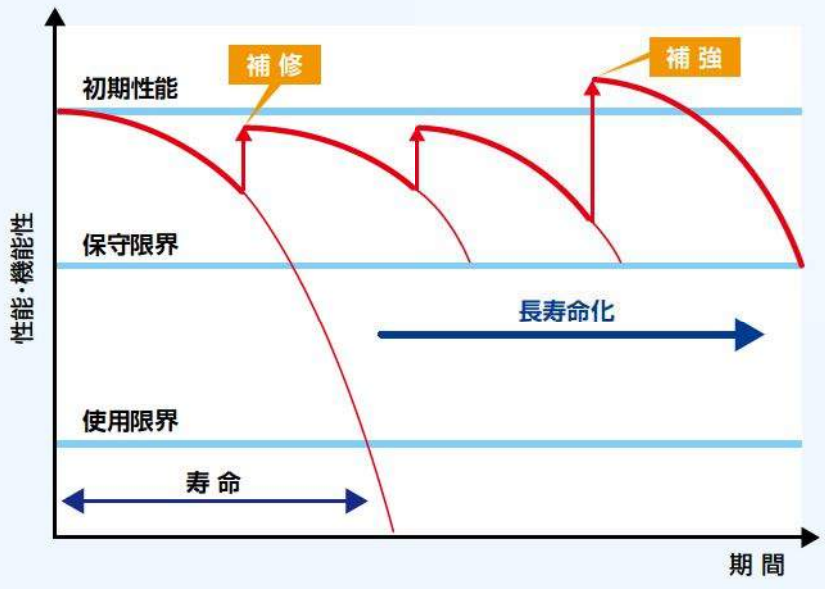
これに対し、国土交通省では、平成25年を「メンテナンス元年」と位置づけ、インフラの長寿命化に向けた戦略的・計画的な取り組みを推進し、厳しい財政や技術者不足などが課題とされる地方自治体への支援に取り組んでいる。また、メンテナンスを確実に実施するための資格制度について、点検・診断等の業務における配置技術者に資格要件の義務化が強く求められたことから、民間資格を評価し活用促進していくための措置が講じられている。

一方、高速道路においては、交通車両の増大、沿岸部あるいは凍結防止剤散布といった厳しい使用環境にさらされていることによる変状の増加や新たな変状の発生が顕在化しており、大規模修繕・大規模更新の必要性やその対策についての検討が進められ、緊急性の高い箇所から順次対策が実施されている。

以上のように、インフラの老朽化問題に対して様々な取り組みや措置、検討、対策が行われているが、橋梁においては、橋体の変状に伴う補修とともに使用環境の変化による耐荷力不足や機能および構造系の改善による応力状態の変化に対する補強対策として、補強効果が力学的に明確なことや維持管理性に優れているなどの特長があり、多数の施工実績を有する“外ケーブル補強工法”が重要な役割を担っている。

インフラの長寿命化を実現するためには、メンテナンスサイクル（点検・診断・措置・記録）が適切かつ持続的に行われていくことが非常に重要なポイントとなるが、長寿命化対策の一手段として、今後も“外ケーブル補強工法”の様々な場面での活用が期待される。

<長寿命化の概念>



2. 外ケーブル補強工法の適用例

(1) 外ケーブル補強工法とは

外ケーブル補強工法は、緊張材を既設構造物の部材外部に配置し、定着部や偏向部を介して部材に緊張力を導入することにより、部材の応力状態を改善し、耐力を回復あるいは向上させる工法である。

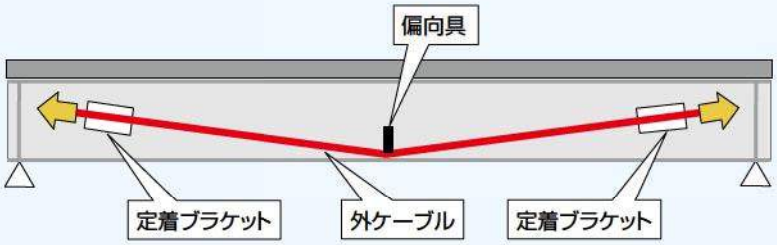
補強効果が力学的に明確であることに加え、外ケーブルの鉛直分力を考慮することで設計せん断力を軽減できる、路面高を変更する必要がない、交通規制を必要としない、ケーブルの再緊張・取替えや張力の計測・モニタリングが可能、といった長所がある反面、対象部材の強度不足や劣化に対する効果や部材剛性の向上は期待できないことに注意が必要である。

上部構造に対する一般的な外ケーブルの配置形状を以下に示す。

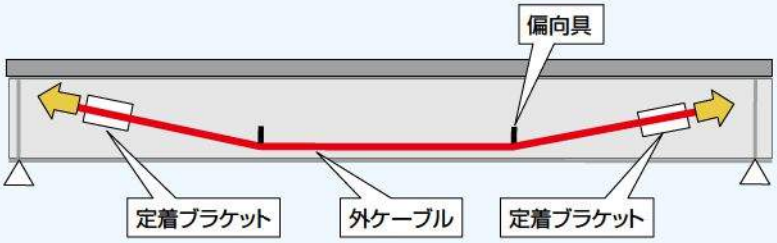
●直線配置



●キングポスト配置



●クイーンポスト配置



(2) 外ケーブル補強工法の適用例

外ケーブル補強工法は、構造物の局部的な補強よりは、構造全体にわたる部材の応力状態を改善すること、主桁の連続化などの構造系を変化させることを目的として採用されることが多い。

橋梁(上下部構造)においては、以下の適用例が挙げられる。

■ 補強目的
① 塩害等によりPC 鋼材が破断し耐荷力が低下した橋梁の耐荷力回復
② 設計活荷重(TL-20 荷重からB 活荷重)の変更にともなう耐荷力向上
③ 床版の性能確保(増厚補強)や歩車道拡幅・増設などの死荷重増にともなう耐荷力向上
④ 単純桁橋、有ヒンジ橋の連続化による走行性・耐震性・維持管理性の改善

① 塩害等によりPC 鋼材が破断し耐荷力が低下した橋梁の耐荷力回復



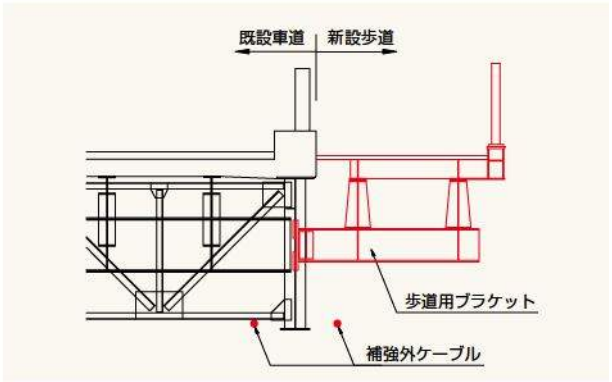


② 設計活荷重(TL-20 荷重からB 活荷重)の変更にともなう耐荷力向上



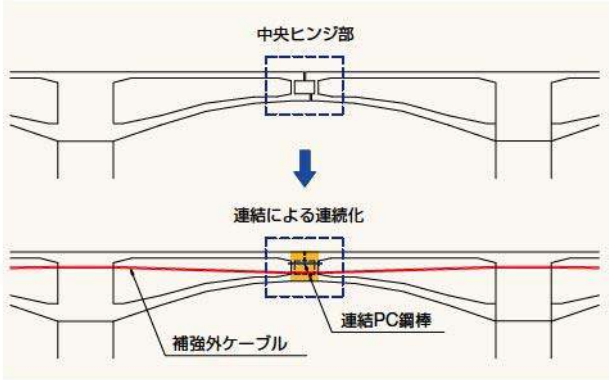


③ 床版の性能確保(増厚補強)や歩車道拡幅・増設などの死荷重増にともなう耐荷力向上





④ 単純桁橋、有ヒンジ橋の連続化による走行性・耐震性・維持管理性の改善



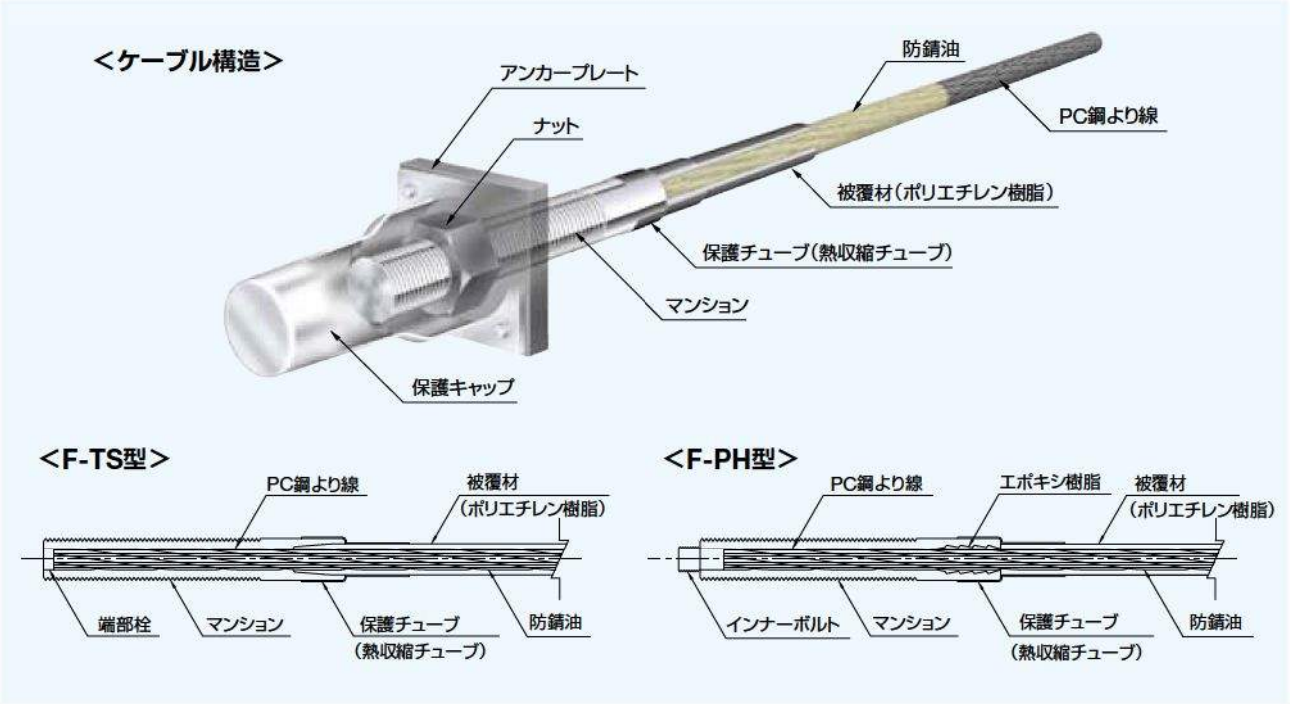


3. SEEE工法補強用外ケーブル

(1) ケーブル構造および特徴

■ ケーブル構造

SEEE工法の補強用外ケーブルは、防錆油を塗布したPC鋼より線の周囲を耐候性、防食性の高いポリエチレン樹脂で被覆したケーブル端部に、ナットで定着するために鋼製スリーブをねじ加工したマンションを圧着する構造である。ケーブルの防錆処理、マンションの圧着までを工場にて行うプレファブ型の完全防錆ケーブルであることから、配線・グラウト注入などの現場作業の省力化や長期耐久性が求められる既設橋の補強工事に適したケーブルである。



■ 特　徴

① 実績・ラインナップ

- これまでに800件以上の補強工事で適用された豊富な実績を持つスタンダードなケーブルである。
- F-TS型で200kN～5000kNタイプ(全15 タイプ)、F-PH型で1000kN～5000kNタイプ(全9タイプ)の豊富なケーブルタイプを保有し、補強レベルに応じた経済的なケーブル選定ができる。

② 定着性能・安全性・施工性

- ねじ式定着のため、ケーブルのセットロスが発生しない優れた定着性能を有し、短尺ケーブルに対しても必要なプレストレスを効率的かつ確実に導入できる。
- 緊張作業におけるケーブルのスリップやゆるみの心配がなく、安全かつ確実に緊張作業が行える。
- プレファブ型のため、現場でのケーブル配線や組立、グラウト注入など、作業の省力化が図れる。

③ 耐久性・維持管理性

- マンション部への溶射処理(Zn-Al溶射またはAl-Mg溶射)や定着部鋼製部材への使用環境に応じた防錆処理を行うことで、優れた長期耐久性を確保できる(完全防錆型ケーブル)。
- 再緊張や取替えが容易かつ安全に行え、維持管理性に優れたケーブルである。
- ケーブル張力を非破壊・非接触で直接計測できるEMセンサーをケーブル製作時に組み込むセンサー付ケーブルとして納入できるため、長期的なケーブル張力のモニタリングにも適している。

④ 耐疲労性能

- 外ケーブル構造のフレッティング疲労に対して、安全性が確認されたケーブルである。
- F-PH型は高疲労強度を有し、比較的応力振幅の大きい鋼橋に適したケーブルである。

(2) 外ケーブル補強以外での用途

SEEE工法の補強用外ケーブルは、ねじ式定着構造特有の定着性能や安全性、耐久性・維持管理性などが高く評価され、既設橋の外ケーブル補強以外でも、新設橋梁、建築物、仮設材など、広範囲にわたって適用されている。

① 新設橋梁　斜張橋やエクストラドーズド橋の斜材、ニールセン橋やアーチ橋の吊材、吊床版構造の一次ケーブル、支承部の負反力対策ケーブルなど。





② 既設橋梁　外ケーブル補強工法以外では、ニールセン橋やアーチ橋吊材の取替えケーブル、吊橋のセンターステイ取替えケーブル、ゲルバー部支持桁吊材など。




③ 建 築 物　屋根材の耐荷力を向上させる部材、建造物の耐震補強材、将来的な維持管理に配慮したプレキャスト部材のアンボンド接合部材など。





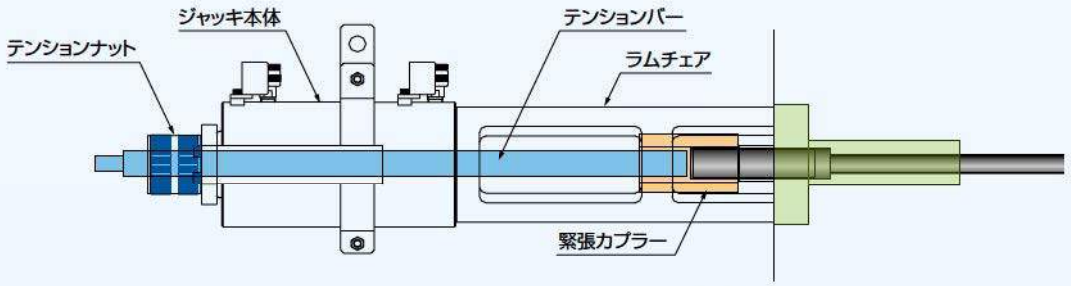
④ 仮 設 材　地中埋設管（コンクリート製導水渠）の吊防護用ケーブルとしての適用事例がある。



(3) 緊張機材

■ ケーブル定着部での緊張(片引き,両引き)

定着部での緊張には、センターホール型ジャッキを使用する。ケーブル余長部に緊張カプラーを介してテンションバーを接続し、ジャッキ後方にテンションナットを取り付けてケーブルを緊張する。



<センターホール型緊張ジャッキ>



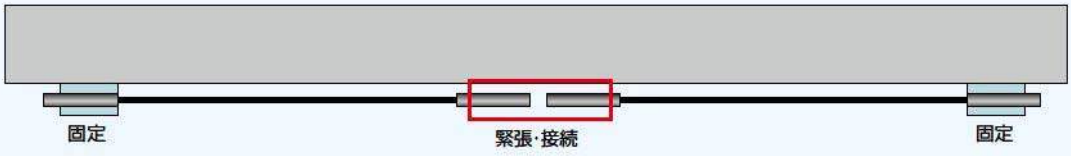
<緊張ポンプ>



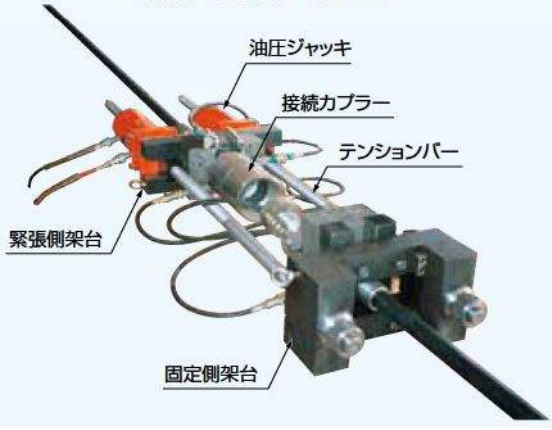
■ ケーブル中間部での引寄せ緊張

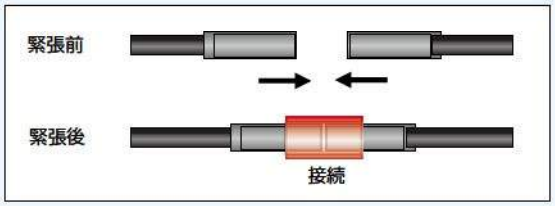
ケーブル定着部において、センターホール型ジャッキによる緊張に必要な作業空間の確保が困難な場合に、引寄せ型ジャッキを使用する。ケーブルを中間部で2本に分割して引寄せ型ジャッキで引寄せ緊張を行ったのち、接続カプラーで接続して1本のケーブルとする。

<引寄せ緊張概要図>



<引寄せ型緊張ジャッキ>



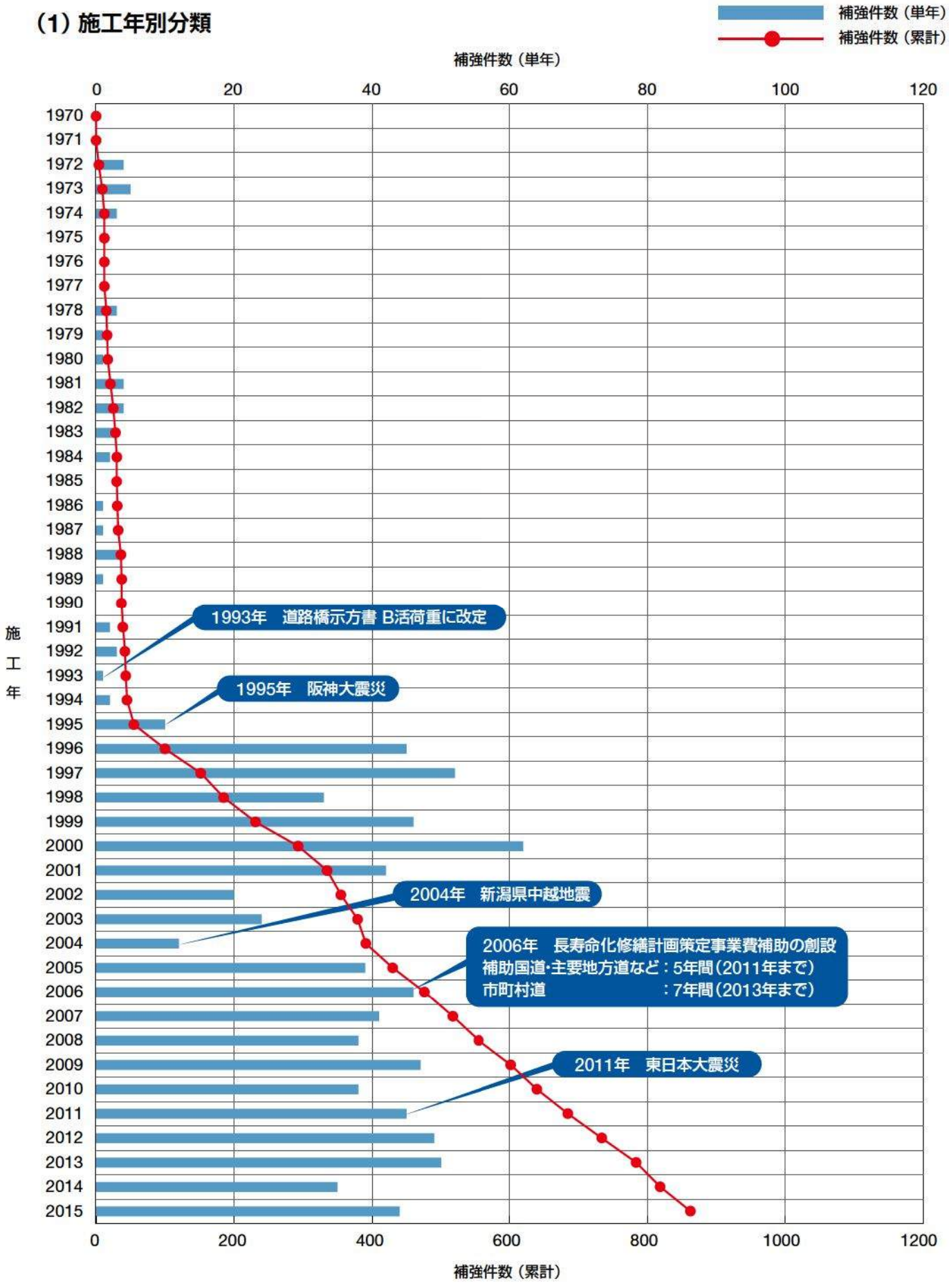


<ケーブル接続>

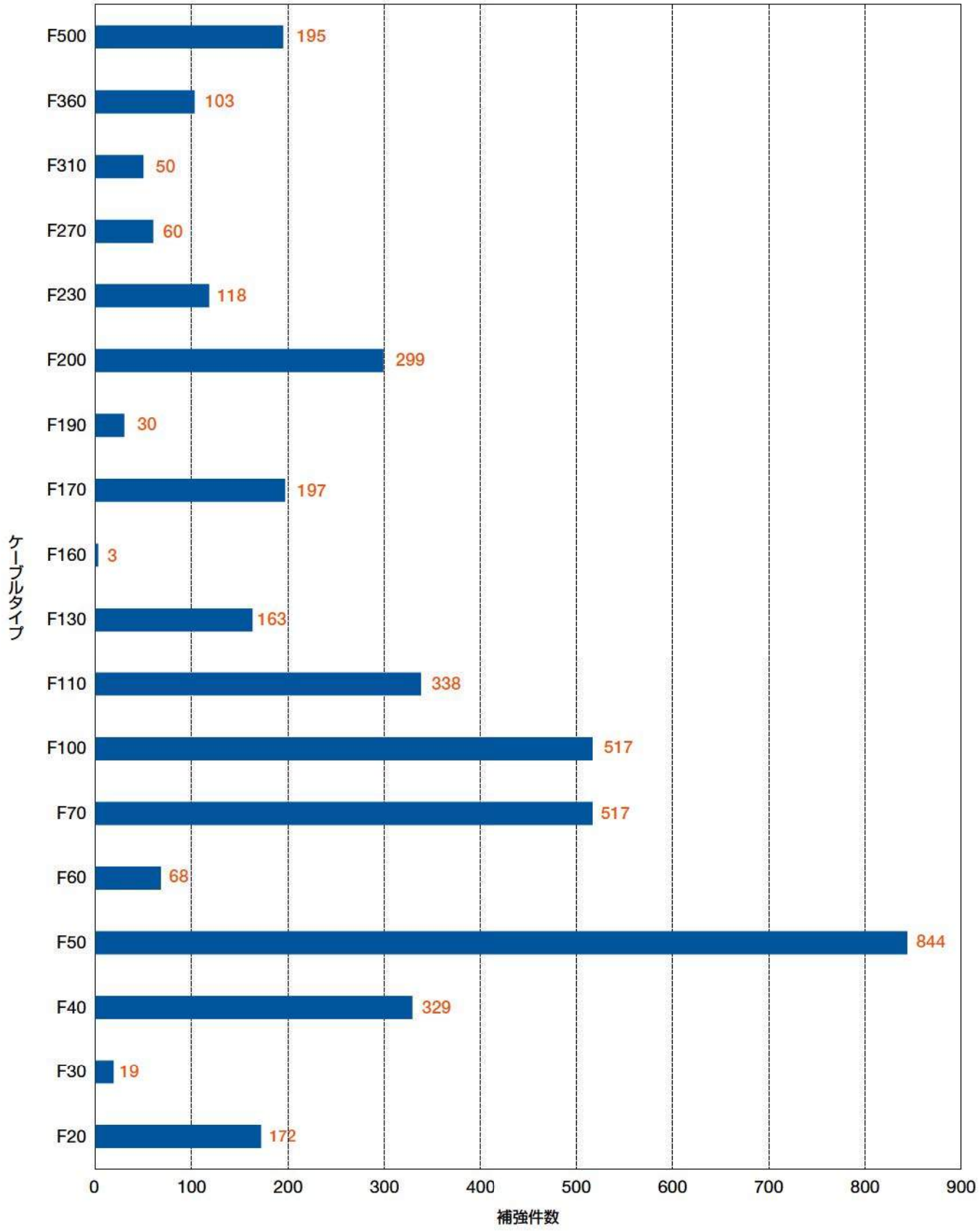


4. 採用実績

(1) 施工年別分類



(2) ケーブルタイプ別分類



5. 施工事例

■ 外ケーブル補強

No.	構造物名	区 分		構 造	使用用途および特徴		使用タイプ
1	小柳津高架橋	上部工	RC	3径間連続中空床版	B活荷重対応	連続ケーブルの引き寄せ緊張	F100TS
2	市川橋			ゲルバー桁(11径間)	B活荷重対応 耐荷力向上	引き寄せ緊張	F170TS,F70TS, F40TS
3	愛知川高架橋			4径間連続T桁	塩害劣化	補強ケーブルの撤去・再利用	F100TS,F70TS, F50TS
4	葉中側道橋			単純T桁(2径間)	耐荷力向上 たわみ改善	歩道橋	F100TS,F70TS
5	伊計大橋		PC	単純ポステンT桁 (2+1径間)	塩害劣化 耐荷力向上	交通荷重増大	F110TS,F40TS, F20TS
6	館山大橋			単純ポステンT桁 (4径間)	塩害劣化	ケーブル張力のモニタリング 限定主桁補強	F100TS,F50TS
7	淙徳橋			5径間連続 ラーメン箱桁	走行性・耐震性・ 維持管理性向上	ゲルバー連続化 ケーブル接続 径間毎の分割施工	F200TS
8	大慶寺川橋			単純ポステンT桁	ケーブル取替え	ケーブル定着体の 押し出し撤去	F130TS
9	揖斐川橋		鋼	5径間連続合成鈑桁	B活荷重対応	ゲルバー連続化	F200TS,F170TS
10	新中川橋			4径間連続非合成鈑桁	B活荷重対応 歩道増設	ケーブル分割配置	F200TS,F100TS
11	高橋ご線橋			3径間連続非合成鈑桁	B活荷重対応	連続ケーブル分割 ケーブル接続	F100TS
12	高田橋			単純合成鈑桁(7径間)	耐荷力向上 歩道拡幅	限定主桁補強	F40TS
13	北郷橋			単純箱桁	耐荷力向上 たわみ改善	歩道橋	F100TS
14	4号湾岸線・6号大和川線 三宝JCT	下部工	RC+鋼	ラーメン橋脚	新旧一体化 曲げ補強	中間定着体 ケーブル接続	F500TS,F360TS, F310TS
15	首都高速道路 RC橋脚		RC	張出し式橋脚	ケーブル張替え	高耐久化 維持管理性向上	F270TS
16	関屋高架橋			張出し式橋脚	耐荷力向上	損傷状況に応じて 全8タイプ使用	F310TS,F230TS, F130TS～F70TS, F200TS,F40TS

■ その他用途

No.	構造物名	区 分		構 造	使用用途および特徴		使用タイプ
1	君津新橋	上部工	PC	下路式ローゼアーチ橋	吊材取替え 高耐久化	高疲労型ケーブル	F130PH
2	広野大橋			単純複合トラス橋	吊床版1次 ケーブル	高疲労型ケーブル	F500PH
3	由利橋		鋼	2径間連続斜張橋	ケーブル ペンデル	高疲労型ケーブル	F360PH
4	新宿駅南口			3径間連続鈑桁橋	アップリフト	待ち受け構造	F70TD,F50TD, F20TD
5	平戸大橋			ストレートバックステー 2ヒンジ補剛吊橋	センターステイ 交換	エネルギー吸収型 ケーブル	F70TE
6	ガランドヤ古墳 1号古墳保存施設	建築物	RC+PC	PcaPC造	プレキャスト 圧接接合	円周方向配置	F130TS,F70TS
7	晩成小学校			パラレル構法	建築構造物 耐震補強	カラー被覆	F500TS
8	七条東幹線 公共下水道	地下 埋設物	RC	下水道管	仮設吊材	曲げ配置	F40TS

外ケーブル補強（施工事例）

No.1	B活荷重対応・連続ケーブル引寄せ緊張			
橋梁名	小柳津高架橋		施工場所	静岡県
構造形式	RC3径間連続中空床版橋		竣工年	1969年
構造寸法	橋　長：51.9m	最大支間：17.3m	施工年	1996年
発注者	日本道路公団		使用タイプ	F100TS

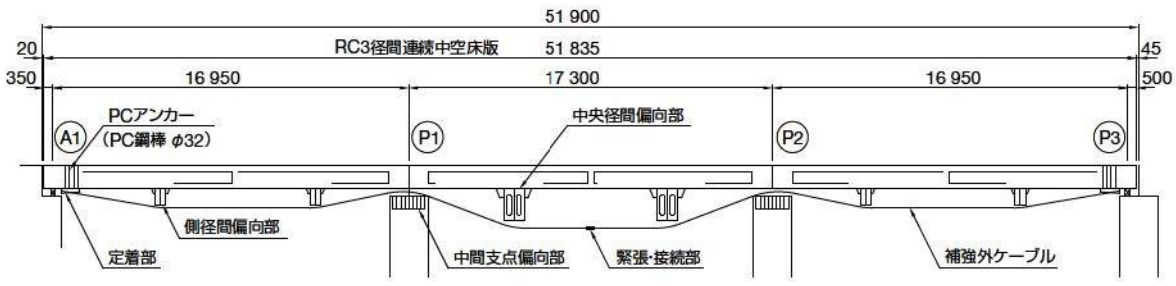
概要

RC3径間連続中空床板橋のB活荷重対応として、外ケーブル補強が実施された。径間部の主版下面と橋脚の側面に偏向装置（鋼製）を設置し、第2径間中央部で補強ケーブルをカプラー接続して連続ケーブルとする構造が採用され、専用の引寄せジャッキを使用して緊張・接続が行われた。

全景

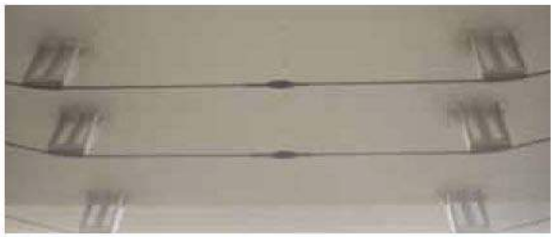


ケーブル配置・構造詳細









備考

西 浩嗣，久保 真一，長田 光司，服部 政昭：外ケーブルによるRC中空床板橋の補強（東名高速道路小柳津高架橋），第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，1996.10

No.2	B活荷重対応・耐荷力向上・引寄せ緊張			
橋梁名	市川橋		施工場所	兵庫県
構造形式	RCゲルバー桁(11径間)		竣工年	1941年
構造寸法	橋　長：246.0m	最大支間：—	施工年	2002年
発注者	兵庫県		使用タイプ	F170TS、F70TS、F40TS

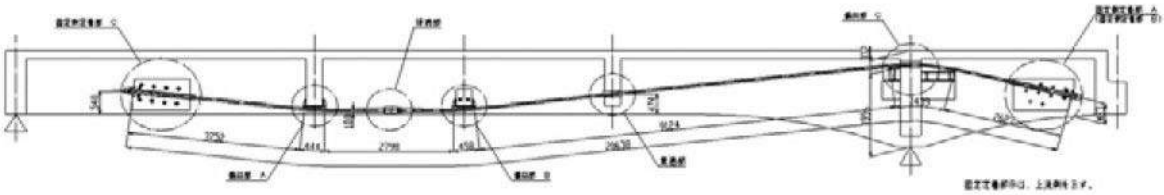
概要

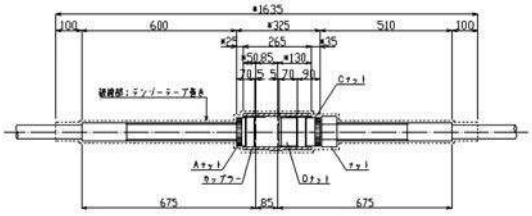
11径間のRCゲルバー橋の耐荷重をB活荷重に対応させるため、床版の増圧補強とともに、外ケーブル補強が実施された。主桁に効率的な補強が行えるケーブル配置としたことより、桁端部での緊張ジャッキの設置スペースを十分に確保できなかったことから、専用の引き寄せジャッキを用いて緊張力を導入した。

全景



ケーブル配置・構造詳細













- 緊張時に生じたケーブル同士の芯ずれを、引き寄せジャッキ内蔵の微調整用ジャッキで調整し接続した。
- コンクリート製定着体の緊結用PC鋼材には、中空PC鋼棒が使用された。
- 主桁の形状が定着桁・複定着桁・吊り桁と3タイプあり、さらに耳桁と中桁で導入張力が異なることから、3タイプのケーブルが使用された。

備考

No.3	塩害劣化・補強ケーブル撤去・再利用			
橋梁名	愛知川高架橋（上下線）		施工場所	滋賀県
構造形式	4径間連続RCT桁橋		竣工年	1962年（供用年）
構造寸法	橋　長：62.0m	最大支間：61.9m	施工年	2012年
発注者	中日本高速道路株式会社		使用タイプ	F100TS、F70TS、F50TS

概要

B活荷重対応として1998年に外ケーブル補強が行われていたが、塩害による劣化が顕在化し、主桁補修を行うこととなったことから、既設の補強ケーブルを一旦撤去した。補修完了後の補強ケーブル再設置においては、既設ケーブルの再利用が計画されていたため、外観調査および現地で組立てた反力台で引張試験を実施して健全性を確認の上、再利用した。

全景

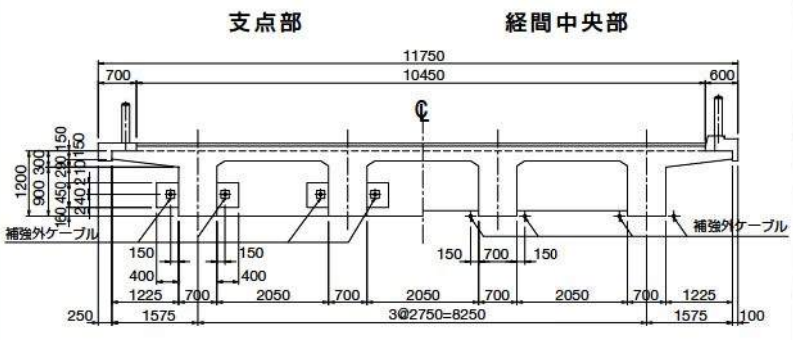


ケーブル配置・構造詳細

- 定着部鋼管内には防錆材（ウレタン樹脂）が注入されていたため、定着部に溝形鋼とPC鋼棒によって井型フレームを組み立て、油圧ジャッキで定着体を押し出して撤去した。











備考

No.4	耐荷力向上・たわみ改善・歩道橋			
橋梁名	葉中側道橋		施工場所	山口県
構造形式	RC単純T桁橋(2連)		竣工年	1970年
構造寸法	橋　長：41.7m	最大支間：24.1m	施工年	2011年
発注者	中国地方整備局　山口河川国道事務所		使用タイプ	F100TS、F70TS

概要

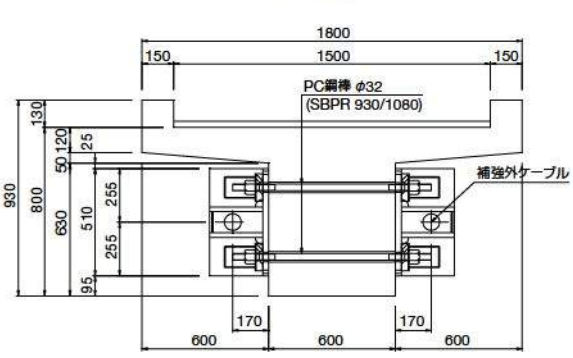
一般国道191号葉中橋に隣接するRC歩道橋について詳細調査を行った結果、配置鉄筋量の不足により、計算上主桁の支間中央部での曲げ応力が許容値を超過していることが確認されたことから、主桁の曲げ耐荷力の向上、たわみ改善を目的とした外ケーブル補強が実施された

全景

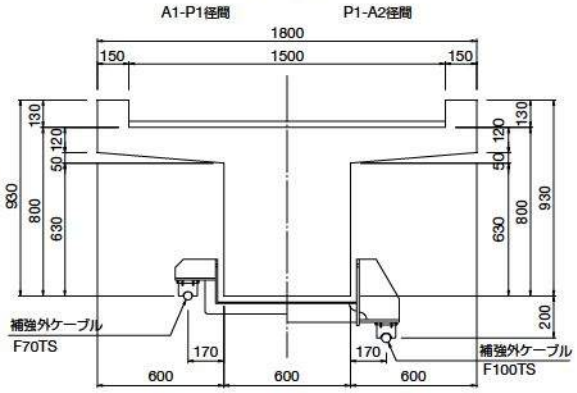


ケーブル配置・構造詳細

定着部



偏向部





定着部



A1-P1偏向部



P1-A2偏向部

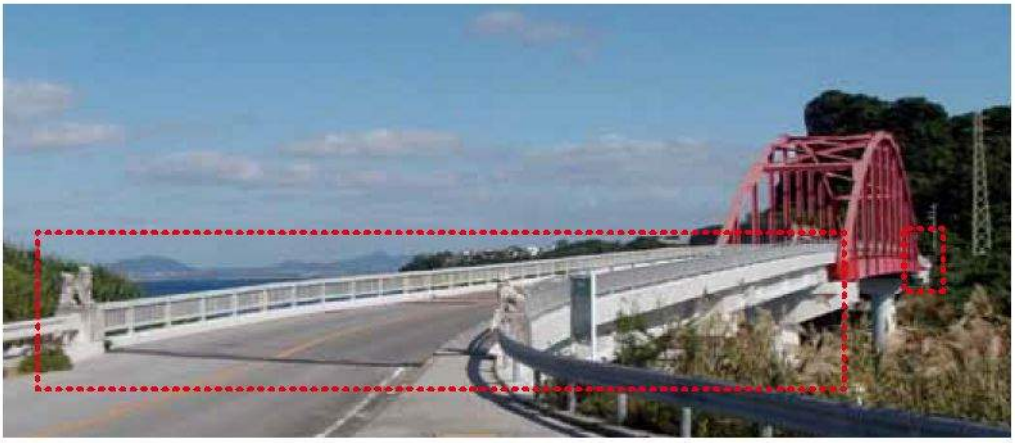
備考

No.5	塩害劣化・耐荷力向上・交通荷重増大			
橋梁名	伊計大橋		施工場所	沖縄県
構造形式	PC単純ポステンT桁（+鋼ランガー桁）		竣工年	1981年
構造寸法	橋　長：198.4m	最大支間：36.0m	施工年	2008年
発注者	沖縄県		使用タイプ	F110TS、F40TS、F20TS

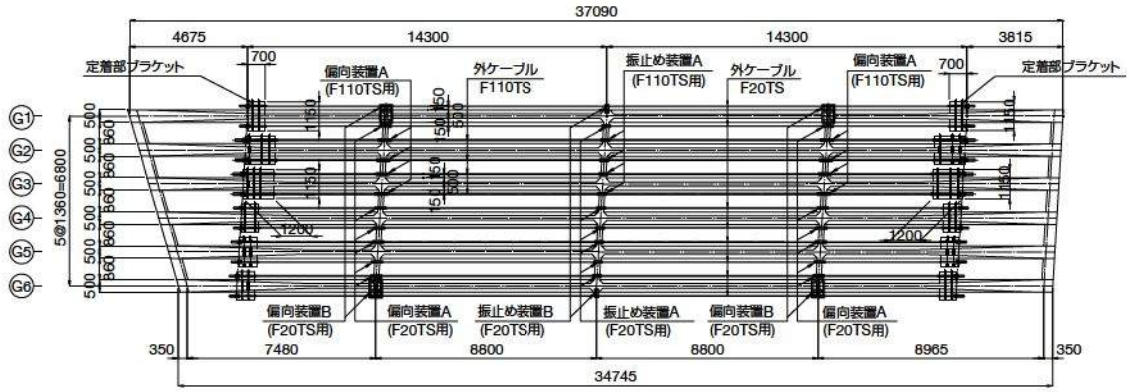
概要

伊計大橋のPCT桁（2径間+1径間）において、塩害劣化および建設用大型車両等の交通荷重の増加による主桁の耐荷力不足への対策として、防食性能の高いF-TS型ケーブルによる外ケーブル補強が行われた。主桁の損傷状況に応じて3タイプのケーブルが使用され、各主桁の必要補強量に相当する緊張力が導入された。

全景



ケーブル配置・構造詳細





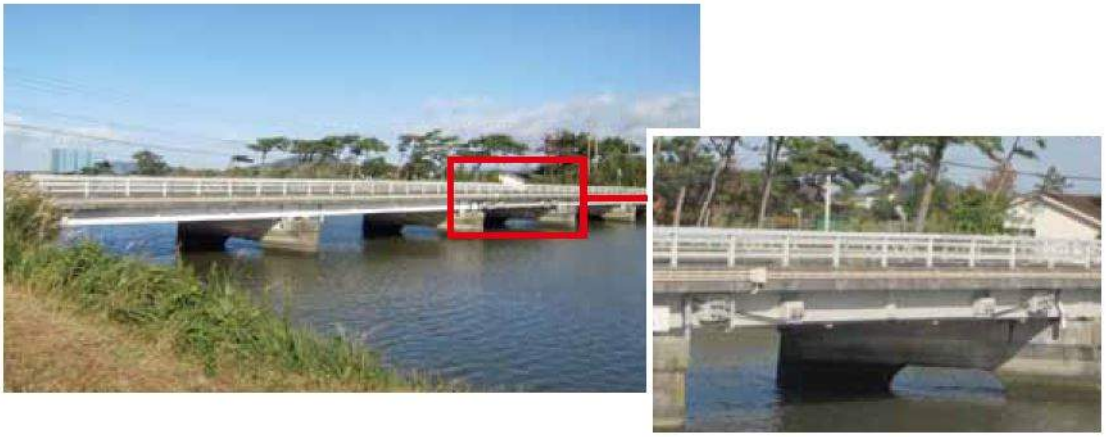




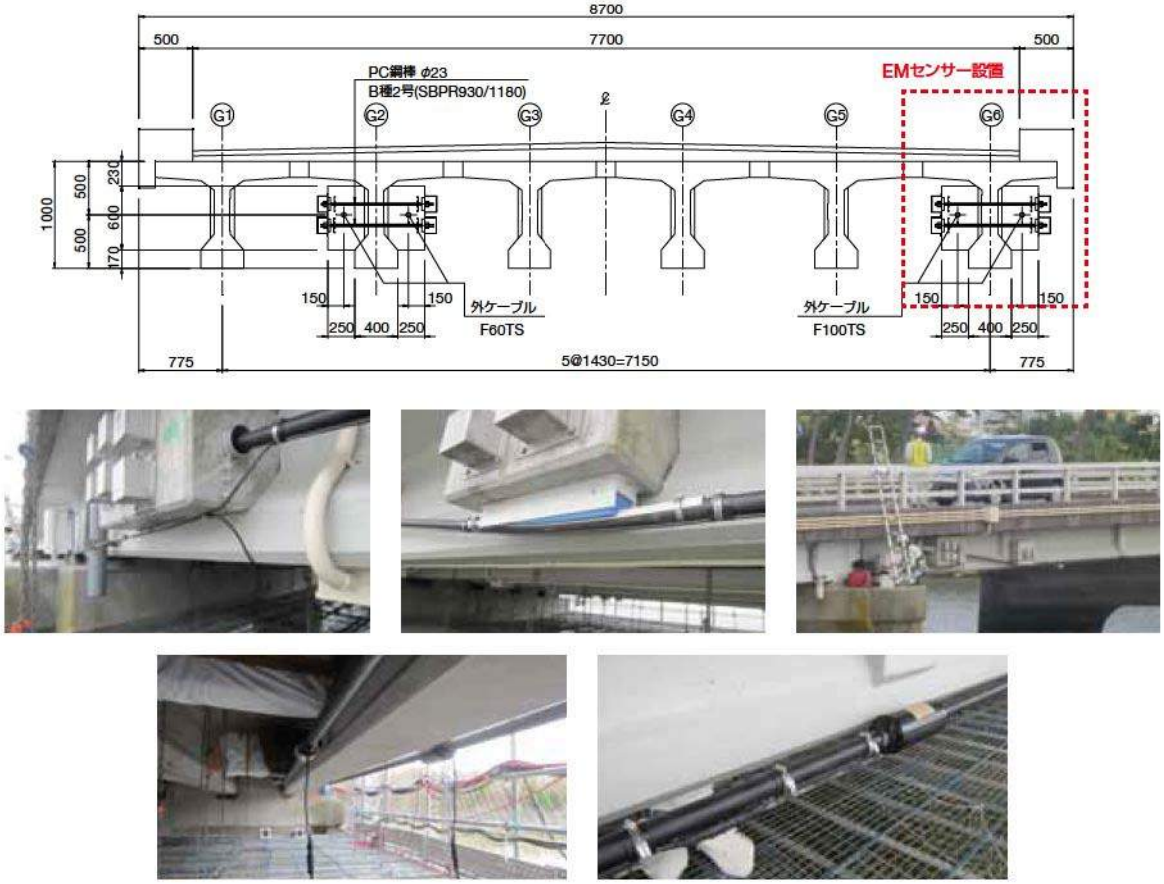
備考

No.6	塩害劣化・ケーブル張力モニタリング・限定主桁補強			
橋梁名	館山大橋		施工場所	千葉県
構造形式	PC単純ポステンT桁橋（5径間）		竣工年	1960年
構造寸法	橋　長：97.5m	最大支間：18.8m	施工年	2015年
発注者	館山市		使用タイプ	F100TS、F50TS
概要	館山湾に面した塩害環境下に建設されたPC橋において、PC鋼材の破断が確認されたP2-P3径間のG2主桁、G6主桁に対し、耐荷力の改善を目的とした外ケーブル補強が行われた。損傷が著しいG6主桁の補強ケーブルには試験的にEMセンサーを設置（補強ケーブル製作時に組込み）し、補強後のケーブル張力を定期的に計測している。			

全景



ケーブル配置・構造詳細



備考

No.7	走行性・耐震性・維持管理性向上・ゲルバー連続化・ケーブル接続			
橋梁名	涼徳橋		施工場所	静岡県
構造形式	PC5径間連続ラーメン箱桁橋		竣工年	1980年
構造寸法	橋　長：243.0m	最大支間：54.0m	施工年	2014年
発注者	静岡県		使用タイプ	F200TS

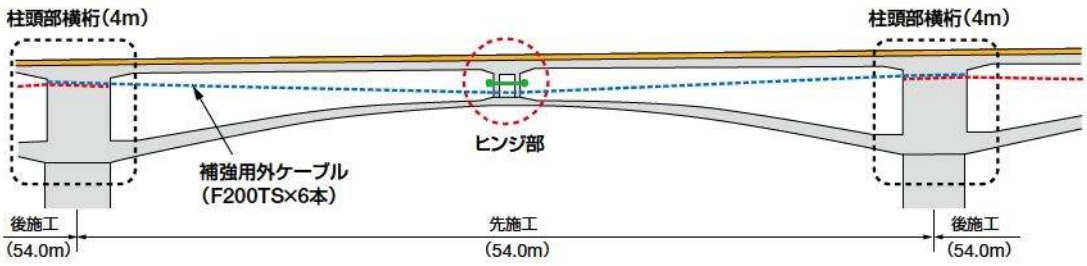
概要

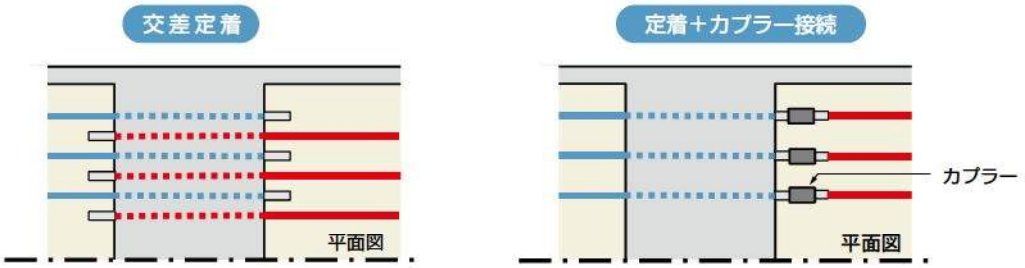
PC5径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋として1980年に竣工したが、建設後33年が経過し、走行性・耐震性・維持管理性の改善が必要となり、主桁の補強および3箇所の中央ヒンジの連続化工事が行われた。F-TS型ケーブルの特長（ねじ式定着）を活かし、先施工で定着されたケーブルの後方で後施工ケーブルをカプラー接続する構造が採用された。

全景



ケーブル配置・構造詳細





- F-TS型ケーブルの特長であるカプラー接続を活用して合理的なケーブル配置が可能となったことで、横桁の削孔を半減できた。
- 交差定着構造と同様に、連続ケーブルでは不可能な各径間毎での分割施工が可能となった。



備考

加藤 就一，近藤 克己，安藤 直文，柴田 直紀：外ケーブルを合理化配置した有ヒンジ橋の連続化（涼徳橋），第23回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，2014.10

No.8	ケーブル取替え・ケーブル定着体の押出し撤去			
橋梁名	大慶寺川橋		施工場所	石川県
構造形式	PC単純ポステンT桁橋		竣工年	1972年
構造寸法	橋　長：26.1m	最大支間：25.2m	施工年	2012年
発注者	中日本高速道路株式会社		使用タイプ	F130TS

概要

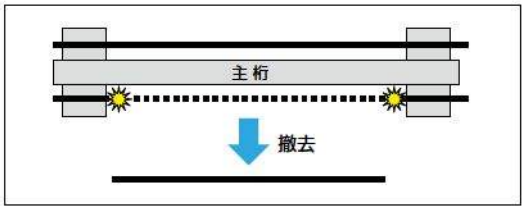
1972年の完成以降、塩害劣化に伴う補修や補強が行われ、2000年には補修に併せてB活荷重対応としての外ケーブル補強が実施された。その後の点検において、補強外ケーブルの一部にポリエチレン被覆材の損傷が確認され、PC鋼材が露出し腐食していたケーブルを対象として取替えが行われた。

全景



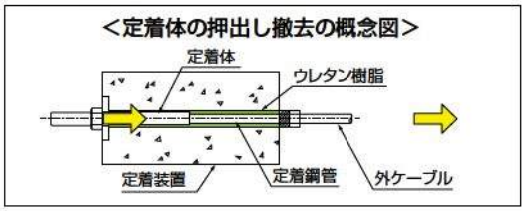
ケーブル配置・構造詳細

- 張力解放後、定着装置の出口付近で外ケーブルを切断し、定着部内に外ケーブルの定着体を残した状態で、先に外ケーブル中間部のみを撤去した。

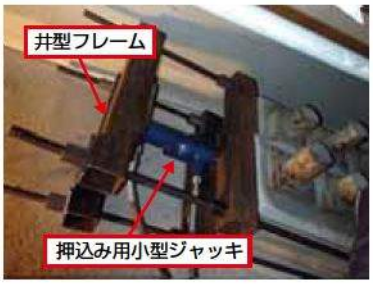




- 角鋼管とPC鋼棒で構築した井型フレームで定着装置に反力を取り、小型ジャッキで定着体を前面側に押し込んで撤去した。











備考

No.9	B活荷重対応・ゲルバー連続化			
橋梁名	揖斐川橋（上下線）		施工場所	岐阜県
構造形式	鋼5径間連続合成鈑桁橋		竣工年	1964年
構造寸法	橋　長：349.2m	最大支間：69.6m	施工年	2012年
発注者	中日本高速道路株式会社		使用タイプ	F200TS、F170TS

概要

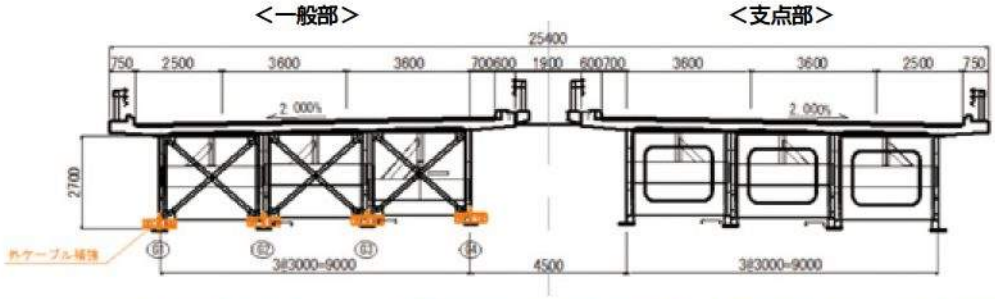
ゲルバーヒンジを有する合成鈑桁橋のゲルバー部補強のため、上部工の連続化が実施され、構造系が変化した状態でB活荷重に対応させる対策として、外ケーブル補強工法が採用された。緊張力による橋体への悪影響を避けるため、桁断面に均等な緊張力が導入されるよう、各径間に配置された8本の補強ケーブルに対し、8台の緊張ジャッキ（4台の緊張ポンプ）で同時に緊張を行った。

全景

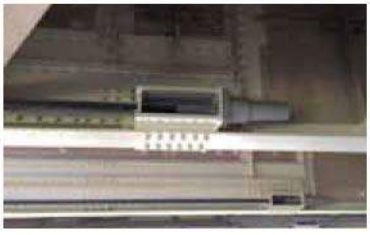


ケーブル配置・構造詳細

- 定着体は主桁下フランジ近傍の主桁側面に設置され、補強ケーブルは対傾構、横桁の下に直線で配置された。
- 触れ止め装置は7～11m間隔で、1径間当たり4箇所に設置された。






備考

No.10	B活荷重対応・歩道増設・ケーブル分割配置			
橋梁名	新中川橋		施工場所	兵庫県
構造形式	鋼4径間連続非合成鈑桁橋		竣工年	1962年
構造寸法	橋　長：160.2m	最大支間：45.1m	施工年	2014年
発注者	兵庫県		使用タイプ	F200TS、F100TS

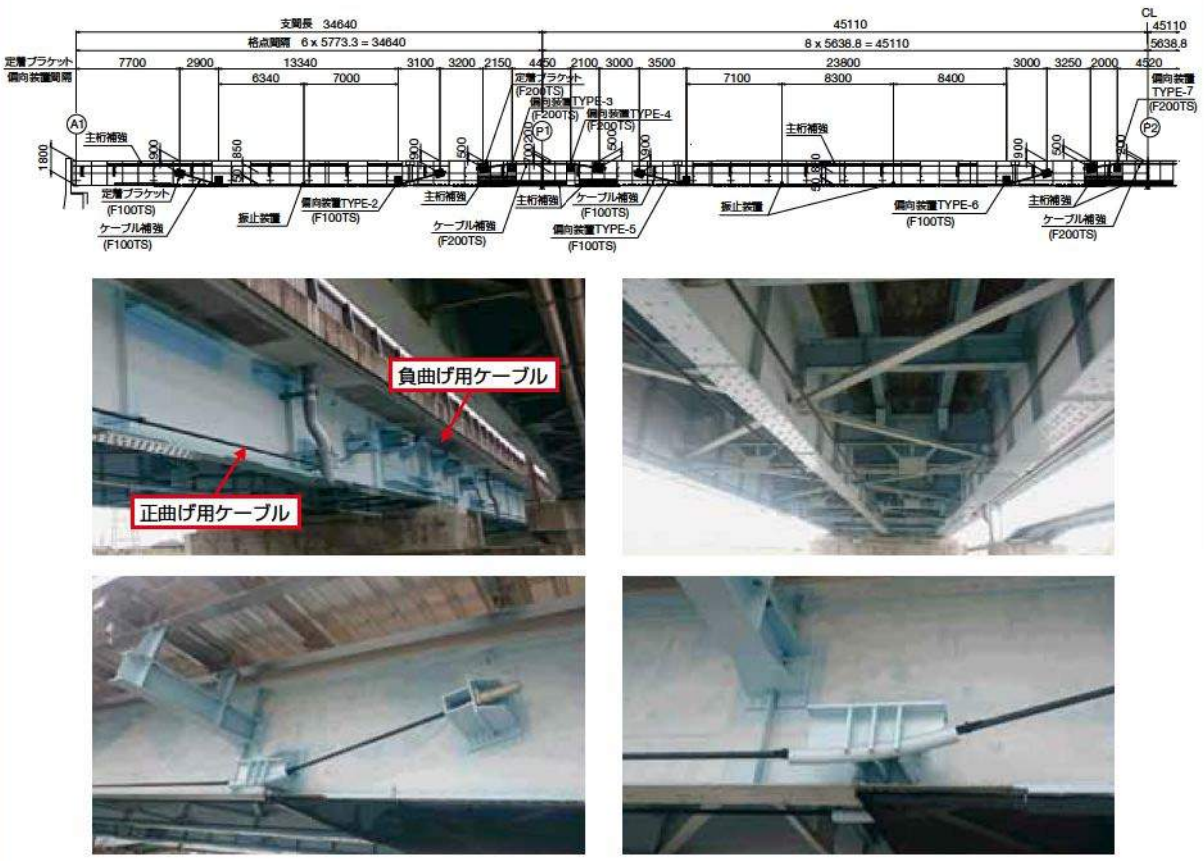
概要

1996年に床版補強工事が行われており、2014年の歩道設置と併せて橋全体がB活荷重に対応できるよう既設主桁の補強が実施された。補強工法は「外ケーブル補強+あて板補強」が採用されたが、外ケーブル補強においては、連続桁の支点上での負曲げ、支間中央部での正曲げに対して連続ケーブルを配置する形式ではなく、最も応力改善効果が高いと考えられた、各曲げに対してケーブルを分割して配置する形式が選定された。

全景



ケーブル配置・構造詳細



備考

No.11	B活荷重対応・連続ケーブル分割・ケーブル接続			
橋梁名	高橋こ線橋		施工場所	宮城県
構造形式	鋼3径間連続非合成鋼鈑桁橋		竣工年	1971年
構造寸法	橋　長：154.0m	最大支間：29.5m	施工年	2012年
発注者	多賀城市		使用タイプ	F100TS

概要

東北本線を横断するこ線橋のうち、3径間連続非合成桁部に対してB活荷重に対応させるための外ケーブル補強を実施した事例である。偏向装置は偏向管が一体化された構造であり、施工上の制約から3径間に渡り連続で配置されるケーブルを順次偏向管に通過させて配線することが困難であると考えられたため、ねじ定着式ケーブルの特徴を活かして、2本に分割したケーブルを配線後に第2径間中央部でカプラー接続できる構造とすることで、配線時の施工性改善を図った。

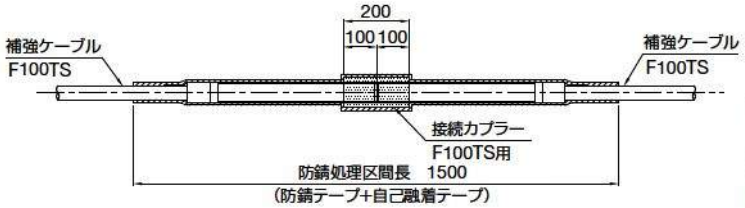
全景



ケーブル配置・構造詳細











備考

嘉藤 成人，新銀 武：塗装工事と一体化した鋼橋の大規模補強工事，第25回構造物の診断と補強に関する技術・研究発表会論文集

No.12	耐荷力向上・歩道拡幅・限定主桁補強			
橋梁名	高田橋		施工場所	岐阜県
構造形式	鋼単純合成鈑桁(7径間)		竣工年	1955年
構造寸法	橋　長：171.9m	最大支間：24.0m	施工年	2014年～2015年
発注者	岐阜県		使用タイプ	F40TS

概要

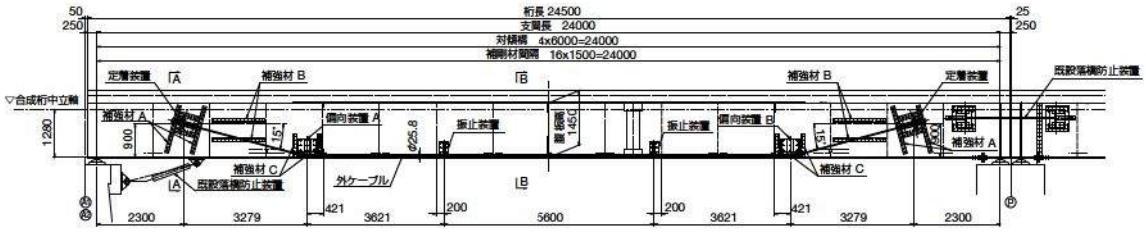
1955年に歩道が無い状態で建設され、1969年に桁を1本増設し自転車歩行者道（自歩道）が増設されたが、幅員が狭いために自転車や歩行者のすれ違いが困難な状況であったことから、利便性および安全性向上のために自歩道の拡幅が計画された。拡幅に伴う荷重増加に対して、補強材による死荷重増加を抑えられる外ケーブル補強工法が採用され、補強ケーブルは河川条件（桁下余裕高）に影響を与えないよう主桁側面に配置された。

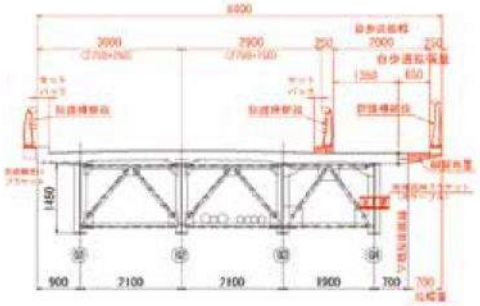
全景



ケーブル配置・構造詳細

• 外ケーブル補強は、荷重増加を負担するG4桁のみを対象として実施された。











備考

No.13	耐荷力向上・たわみ改善・歩道橋			
橋梁名	北郷橋		施工場所	北海道
構造形式	鋼単純箱桁橋		竣工年	1985年
構造寸法	橋　長：51.3 m	最大支間：50.6 m	施工年	2016年
発注者	札幌市		使用タイプ	F100TS

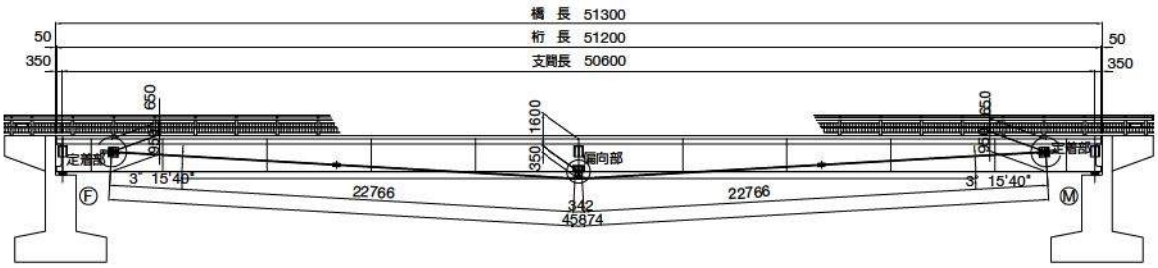
概要

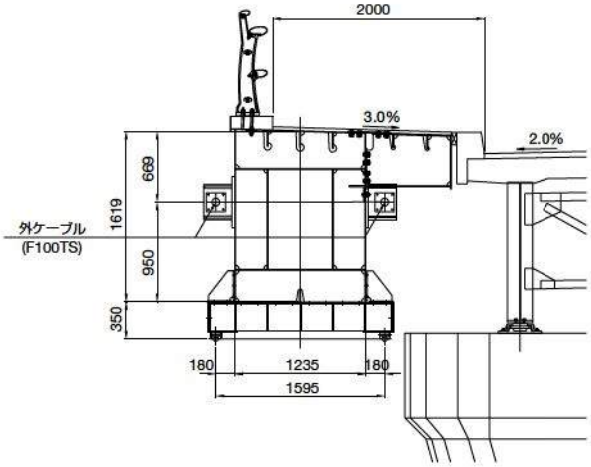
1985年に旧橋の歩道幅員を拡げるために歩道橋を新設したが、新旧橋梁の構造形式が異なることによって、接合目地部に段差が発生する不具合がみられたことから、それぞれを分離構造とした上で、歩道橋に耐荷力向上とたわみ改善を目的とした外ケーブル補強が実施された。

全景



ケーブル配置・構造詳細









- 偏向装置は支間中央に1箇所設置され、補強ケーブルは主桁下フランジの下側まで偏心して配置されている。

備考

No.14	橋脚新旧横梁一体化における曲げ補強・中間仮定着体・ケーブル接続		
橋梁名	4号湾岸線・6号大和川線　三宝JCT	施工場所	大阪府
構造形式	ラーメン橋脚（横梁：新設RC+既設PC+新設鋼）	竣工年	2015年（部分供用）
構造寸法	橋　長：26.6m～31.7m（完成時）	施工年	2013年
発注者	阪神高速道路株式会社	使用タイプ	F500TS、F360TS、F310TS

概要

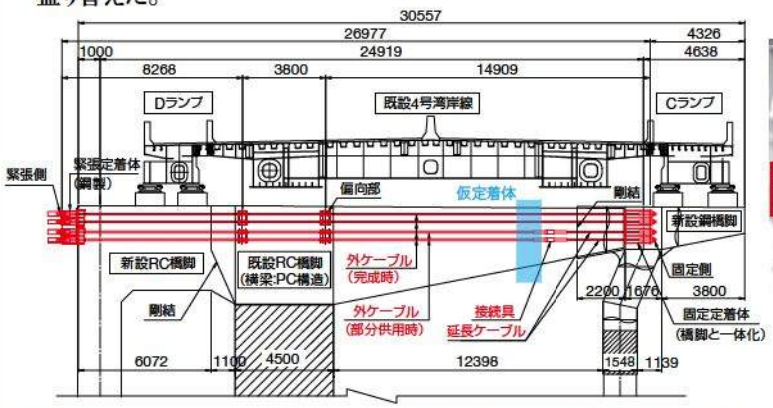
既設4号湾岸線への接続箇所において、上部構造の拡幅に合わせて既設T形橋脚の両側に橋脚が新設され、新旧横梁の一体化によりラーメン橋脚へと構造形式が変化することで、新旧接合部に新たな断面力（曲げ、せん断）が生じる。この曲げ補強として、両端の新設橋脚横梁間に補強外ケーブルを配置する構造が採用された。

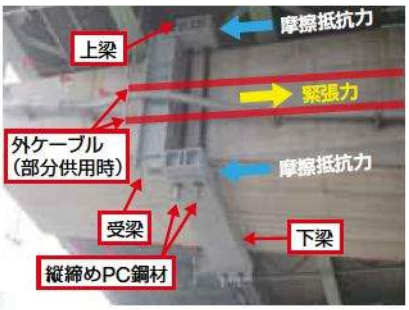
全景



ケーブル配置・構造詳細

- 大和川線から合流するCランプ橋脚施工前に三宝出口に向かうDランプを部分供用させるため、部分供用中の活荷重およびL1・L2地震に対して外ケーブル補強を行う必要があったことから、Cランプ側の既設梁に鋼製の仮定着体を設置して外ケーブル補強を行い、Cランプ橋脚施工後にケーブルを接続延長して本設の定着体に盛り替えた。





仮定着体設置状況



緊張側定着部



固定側定着部



ケーブル接続状況

- 仮定着体は外ケーブル盛り替え後に撤去できるよう、縦締めPC鋼材で橋脚横梁を上下梁で挟んで緊張し、既設横梁との摩擦力によって緊張力に抵抗する構造を考案した。（阪神高速道路㈱、鹿島建設㈱、㈱エスイーによる共同開発）

備考

茂呂 拓実，杉山 裕樹，田島 祐介，金澤 宏明，南 浩郎，内村 祥史：
三宝ジャンクションの桁再利用および新旧橋脚一体構造，橋梁と基礎，vol.49，No.6，2015.6

No.15	腐食損傷した外ケーブルの張替え・高耐久化・維持管理性向上			
橋梁名	首都高速道路　RC橋脚		施工場所	東京都
構造形式	RC橋脚		竣工年	1968年
構造寸法	橋　長：15.9m	曲げ半径：5.5m	施工年	2011年
発注者	首都高速道路株式会社		使用タイプ	F270TS

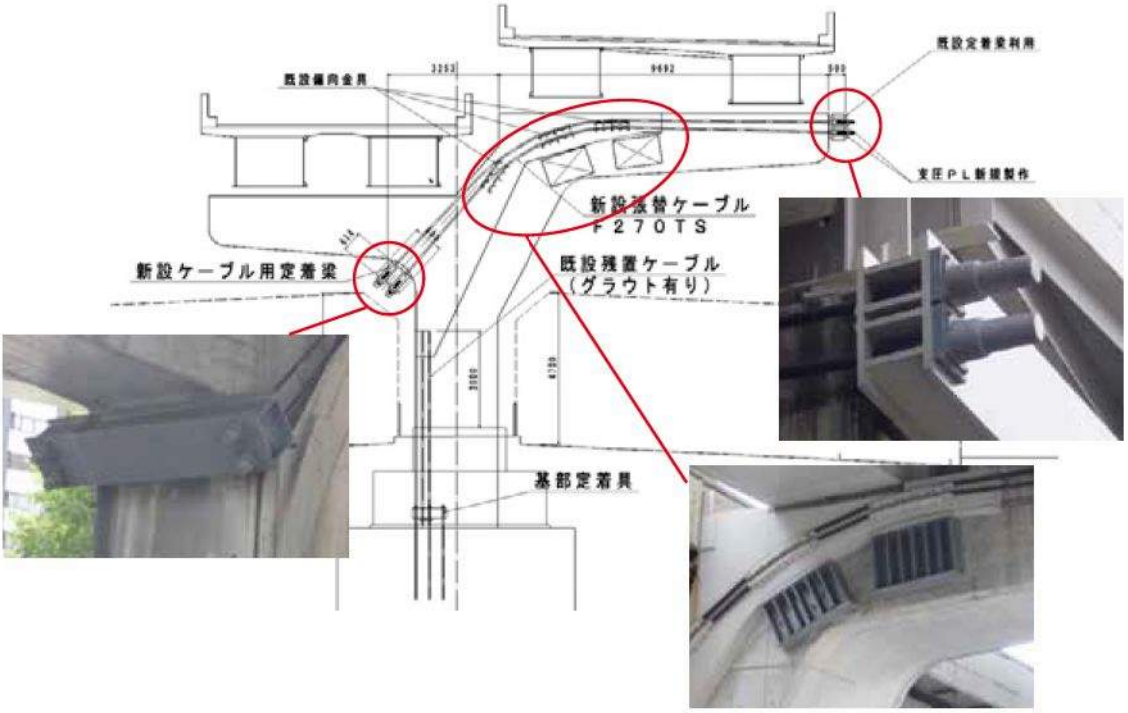
概要

1974年に橋脚横梁を補強した補強外ケーブルに腐食・破断が確認されたため、その張替えが行われた。既設ケーブルは、鋼製ボックス内に配置されるグラウトタイプのケーブルで、撤去に際し定着部での張力解放が困難であったため、ケーブルを間接的に熱し延性破断させる特殊な手法が用いられた。新設ケーブルには、維持管理性を考慮し、ポリエチレン被覆された防食性能に優れるF-TS型ケーブルが採用され、既設鋼製部材を再利用するための制約を考慮して製作を行った。

全景



ケーブル配置・構造詳細



- 梁端部の定着梁と偏向金具は再利用、ケーブル曲げ下げ側は橋脚梁付け根に定着梁を新設した。
- 既設ケーブルの曲げ下げ側定着部は橋脚柱基部のコンクリートで固められていたため、張替え部以外は存置されている。

備考

峰村 智也，徳永 孝継，山岸 俊一，河田 洋志：腐食損傷したPC外ケーブルの張替え工事報告，プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，2012.10

No.16	耐荷力向上・多種ケーブル配置			
橋梁名	関屋高架橋		施工場所	福岡県
構造形式	RC橋脚（張出式）		竣工年	1997年
構造寸法	橋　長：1066.5m	最大支間：55.0m	施工年	2011年
発注者	九州地方整備局　福岡国道事務所		使用タイプ	F40TS、F70TS～F130TS、F200TS、F230TS、F310TS

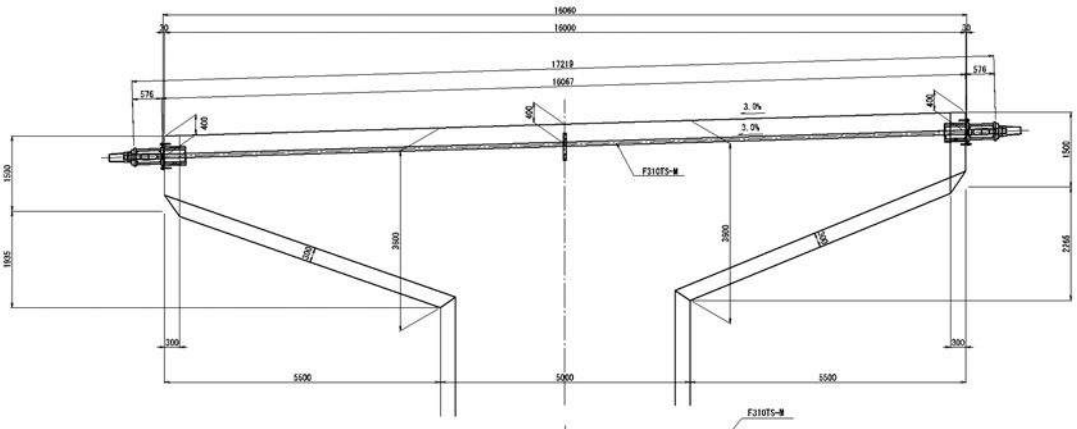
概要

耐荷力不足が原因と考えられるひび割れが確認されたRC橋脚（全38橋脚中、張出式橋脚16橋脚）において、ひび割れ注入とともに耐荷力向上を目的とした外ケーブル補強が実施された。補強ケーブルは各橋脚の損傷状況に応じて配置され、全8タイプのF-TS型ケーブルが使用された。

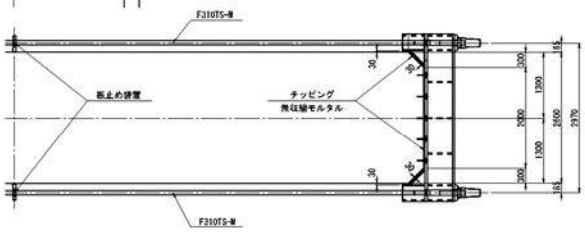
全景



ケーブル配置・構造詳細









備考

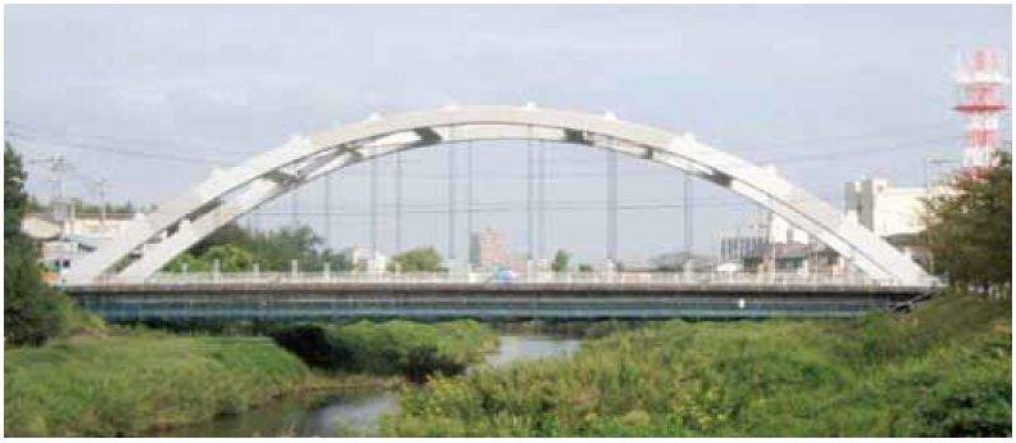
その他用途（施工事例）

No.1	アーチ橋吊材の取替え・高耐久化・高疲労型ケーブル			
橋梁名	君津新橋		施工場所	千葉県
構造形式	PC下路式ローゼアーチ橋		竣工年	1973年
構造寸法	橋　長：68.1m	最大支間：66.1m	施工年	2010年
発注者	君津市		使用タイプ	F130PH

概要

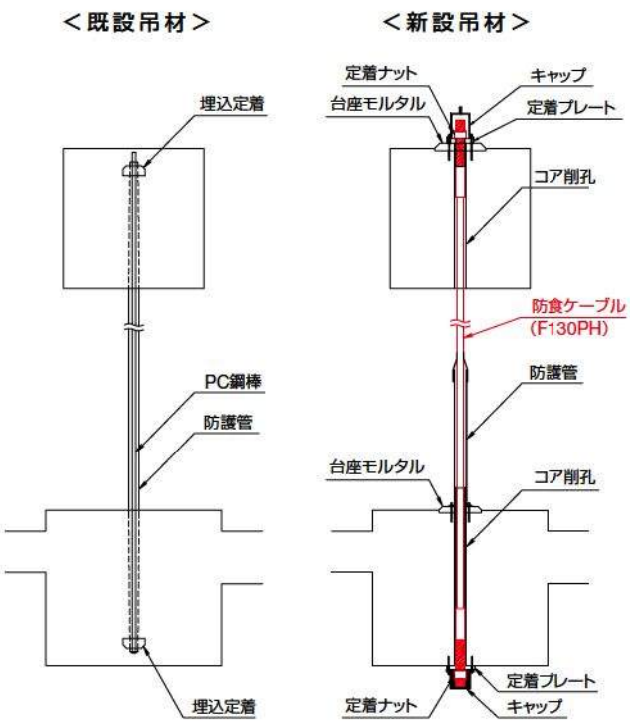
国内初の下路式PCローゼアーチ橋において、2008年にアーチリブと下弦材をつなぐ吊材（PC鋼棒）が破断しているのが発見され、詳細調査の結果、その他の吊材でも腐食・減肉が確認された。吊材の復旧に際し、橋梁の長寿命化を図るための恒久対策として、吊材はPC鋼棒から疲労性能と防錆防食性能に優れるF-PH型ケーブルに取り替えられた。

全景



ケーブル配置・構造詳細

- 定着プレートは、既設吊材の配置間隔に合わせる必要があったため、PCケーブル2本を定着させる特殊なプレートが採用された。







備考

林 俊弥，熊谷 裕司，渡辺 昭三，大石 眞也：君津新橋のリニューアル工事，第19回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，2010.10

No.2	複合トラス橋1次ケーブル・高疲労型ケーブル			
橋梁名	広野大橋		施工場所	京都府
構造形式	PC単純複合トラス橋		竣工年	2011年
構造寸法	橋　長：111.0m	最大支間：107.5m	施工年	2010年
発注者	京都府		使用タイプ	F500PH

概要

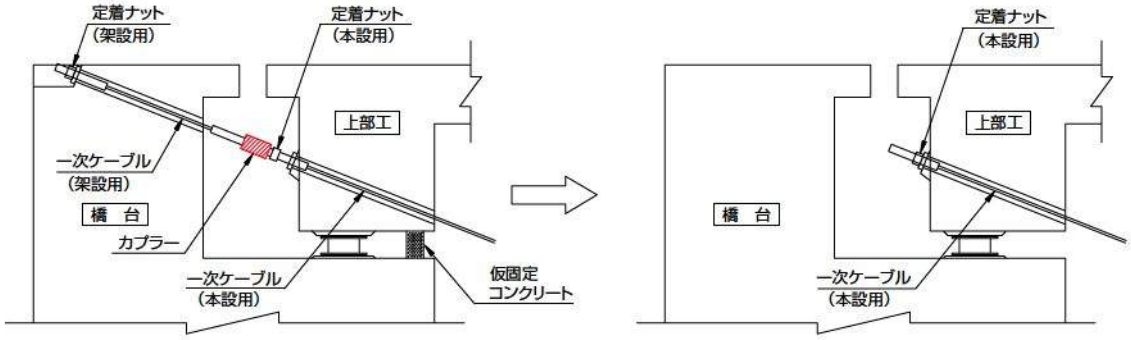
吊床版工法を応用した自碇式の複合トラス橋における吊床版構造を構築する吊材（1次ケーブル）に、高い防食性能と疲労強度を有するF-PH型ケーブルが採用された。

全景



ケーブル配置・構造詳細

- 吊床版、ウェブとなる鋼斜材、上床版を施工することで自立可能な構造系となった後、架設時に両橋台に定着した1次ケーブル（他碇構造）の張力を解放して上部構造に定着（自碇化）させる構造系変換を行うため、上部構造と橋台の遊間部で1次ケーブルの架設用と本設用をカプラー接続する、ねじ定着式ケーブルの特長を活かした構造となっている。







他碇構造





自碇化

備考

桑野 昌晴，林 龍夫，杉谷 和弘，河野 信介：吊構造を利用した架設方法による複合トラス橋 大簾川橋の施工，第20回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム，2011.10

No.3	支承部負反力対策のケーブルペンデル・高疲労型ケーブル			
橋梁名	由利橋		施工場所	秋田県
構造形式	鋼2径間連続斜張橋（鋼床版2主箱桁）		竣工年	2013年
構造寸法	橋　長：190.5m	最大支間：134.8m	施工年	2012年
発注者	由利本荘市		使用タイプ	F360PH

概要

本橋は不等径間（134.75m+54.75）を有する2径間連続鋼斜張橋であり、その構造的特徴から、A2橋台には活荷重載荷時だけでなく、死荷重状態でも大きな負反力が発生する。その対策として、PCケーブルでプレストレスを導入するケーブルペンデルとカウンターウェイトコンクリートが採用され、最大負反力作用時でも支点が浮き上がらない構造となっている。

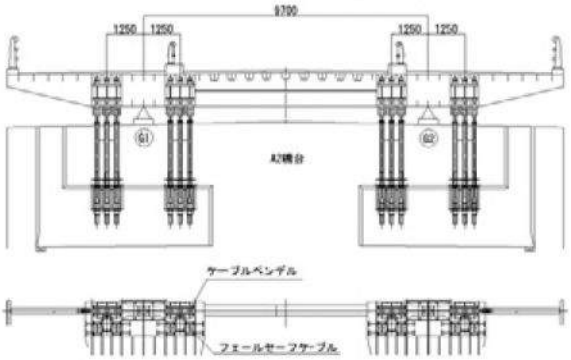
全景



ケーブル配置・構造詳細

- ケーブルペンデルが破断した場合、橋梁全体の崩壊に直結するため、フェールセーフとして死荷重反力相当のPCケーブル（フェールセーフケーブル）が配置された。（ケーブルペンデルと同材料でプレストレスは導入しない）

<ケーブルペンデル配置図>





ケーブルペンデル緊張状況
（2000kNセンターホールジャッキ使用）

下部定着部では高さ820mmの鋼製ブラケットを設け、マンション部を確実に露出させて常時目視点検ができるよう、維持管理性に配慮されている。



上部定着部



上下部連結部



下部定着部

備考

近藤 俊行，松田 亘，石川 一平，三原 邦啓，関根 正之：由利橋工事報告−現場施工型ケーブルを使用した斜張橋の緊張管理及び架設−，IHIインフラ技報2013 vol.2

No.4	負反力対策ケーブル・待ち受け構造			
橋梁名	新宿駅南口		施工場所	東京都
構造形式	鋼3径間連続鈑桁橋(鋼床版)		竣工年	2011年
構造寸法	橋　長：82.1 m	最大支間：33.1m	施工年	2011年
発注者	関東地方整備局　東京国道事務所		使用タイプ	F70TD、F50TD、F20TD

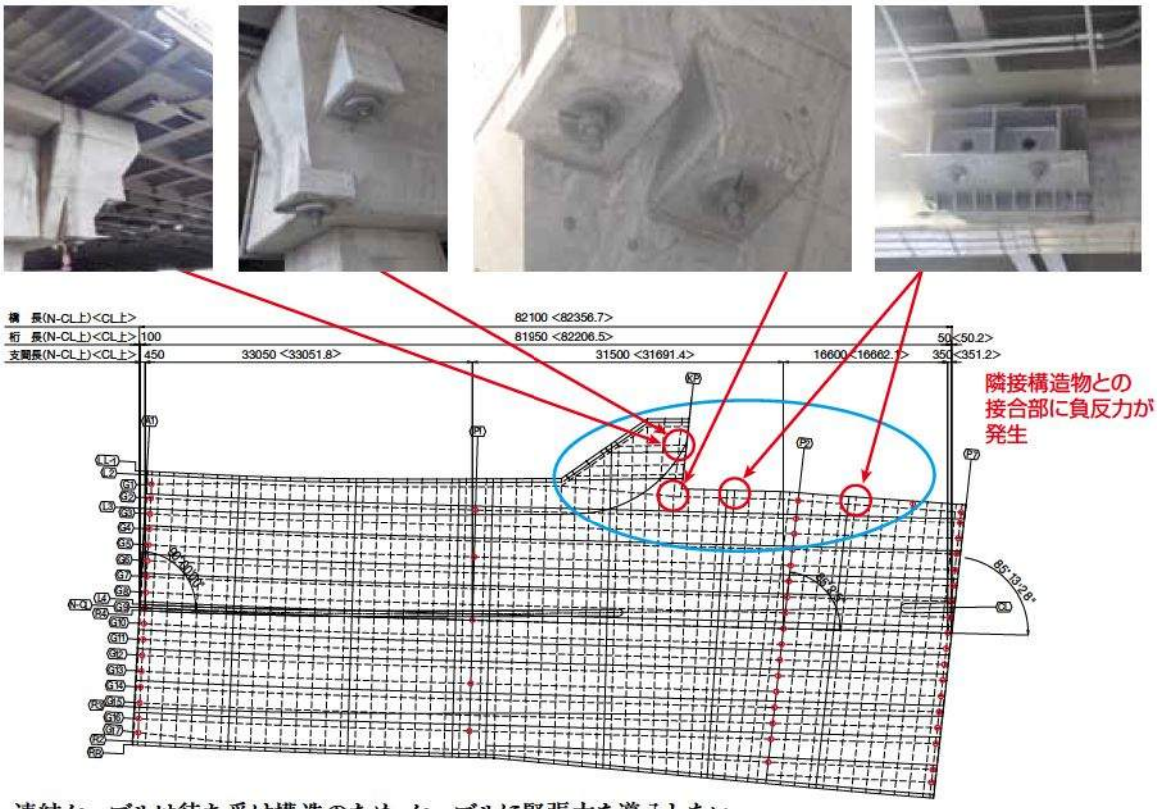
概要

新宿駅南口地区の再開発に伴い、国道20号（甲州街道）高架橋の架替工事が行われ、大規模ターミナル駅前特有の隣接構造物とのとりあい条件より、部分的に拡幅される複雑な平面形状に併せて隣接構造物との接合部が下部工に支持される構造となっている。その構造特性のため、接合部支点において負反力が発生することから、PCケーブルで桁と下部工を連結する負反力対策が行われた。

全景



ケーブル配置・構造詳細



- 連結ケーブルは待ち受け構造のため、ケーブルに緊張力を導入しない。

備考

No.5	吊橋センターステイ交換・エネルギー吸収型ケーブル			
橋梁名	平戸大橋		施工場所	長崎県
構造形式	ストレートバックステー2ヒンジ補剛吊橋		竣工年	1977年
構造寸法	橋　長：665.1m	最大支間：465.4m	施工年	2011年
発注者	長崎県		使用タイプ	F70TE

概要

本橋の中央部には、吊橋主ケーブルと桁を繋ぎ止め、強風による桁のゆれを抑制するためのセンターステイ（ワイヤーロープ）が設置されていたが、センターステイの破断荷重を超える断面力が作用する地震が発生した場合、破断したワイヤーが道路上に飛び出す等の第三者被害が懸念された。その対策として、センターステイの破断を回避できる材料への交換が検討され、地震時に生じるエネルギーを吸収できる落橋防止装置として使用実績のある「タイーブリッジ」が採用された。

全景



ケーブル配置・構造詳細

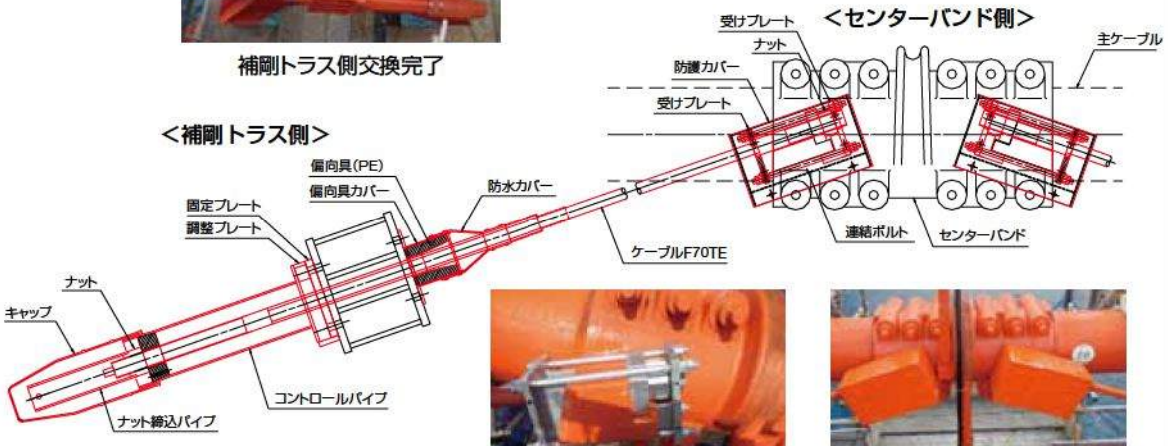
- センターステイ交換に際し、ロードセルを用いて風荷重と活荷重作用時の張力計測を行って既設センターステイの張力変動を把握し、過大な張力が作用しないことを確認して交換ケーブルの導入張力を決定した。
- コントロールパイプが変形することで地震時に生じるエネルギー（荷重－変位）を吸収することができる構造のため、ケーブルの破断を回避できる。



既設センターステイ張力確認



補剛トラス側交換完了



センターバンド側固定状況

センターバンド側交換完了

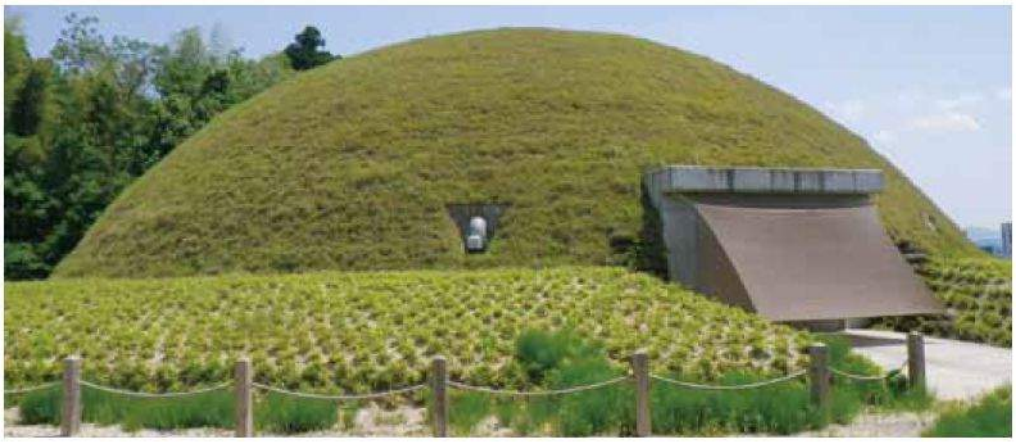
備考

No.6	プレキャスト圧着接合・円周方向配置ケーブル			
施設名	ガランドヤ古墳　1号墳保存施設		施工場所	大分県
構造方式	RC造とPC造を組み合わせた現場打ち一体式PcaPC造		竣工年	2014年
構造寸法	橋　長：13.8m	最大支間：6.0m	施工年	2014年
発注者	日田市		使用タイプ	F130TS、F70TS

概要

6世紀中頃から後半の装飾壁画を有する横穴式石室「ガランドヤ古墳」では、墳丘が完全に失われ、石室の石組が露出していたため、装飾の劣化を防止する保存施設として石室を覆うドーム形状のコンクリート躯体と保護盛土が建設された。このコンクリート躯体を構築するに当たり、屋根部材（20等分に分割されたプレキャスト版）の圧着接合用ケーブル、側壁（現場打ちPC造）の横締めケーブルにF-TS型ケーブルが使用された。

全景



ケーブル配置・構造詳細

- 将来石室の修復等が生じた場合を想定し、必要範囲の部材を取外せる構造方式が採用されたことから、円周方向に配置するケーブルには、張力解放、再緊張に適したF-TS型ケーブル（ねじ式定着、ノングラウトタイプ）が採用された。（屋根材接合：F70TS、側壁横締め：F130TS、180度方向に配置された定着部で交差定着）
- 屋根部材と側壁を圧接接合する縦締め鋼材にはアンボンドPC鋼棒が使用された。



保存施設模型



屋根材接合用ケーブル挿入状況



保存施設（コンクリート躯体）完成



側壁横締めケーブル緊張状況

備考

前田 道孝，高原 正則，堀 英児，福田 顕議：
史跡ガランドヤ古墳保存施設の施工，第23回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム，2014.10

No.7	パラレル構法斜材ケーブル(建築構造物耐震補強)・カラー被覆		
施設名	晩成小学校	施工場所	奈良県
使用用途	パラレル構法斜材ケーブル	竣工年	—
構造寸法	ケーブル長: 11.5m、6.5m	施工年	2006年
発注者	橿原市	使用タイプ	F500TS

概要

パラレル構法は学校の校舎や病院などの建築構造物に用いる耐震補強工法で、外部に設置する基礎梁と柱を結ぶように高張力のPC鋼材を斜めに配線・緊張して形成されるフレームを既設建築物と一体化させて地震力に抵抗させる構造である。斜めPC鋼材には、橋梁の外ケーブル補強工法として多数実績のあるF-TS型ケーブルが採用され、景観に配慮してカラーポリエチレン被覆が施されている。

全景



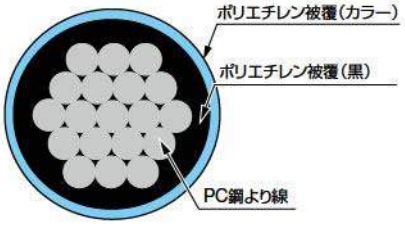
ケーブル配置・構造詳細

- 基礎梁側の定着部がコンクリート内に埋設されるため、緊張は柱側で行われる。
- 斜めPC鋼材は、地震時の変動荷重に対してPC鋼材の応力が弾性域内で引張状態に留まるように緊張力が導入される。
- 柱と既設建築物との接合にはPC鋼棒が用いられる。





- ポリエチレン被覆の標準色はカーボンブラックを添加した黒色であるが、カラー被覆を採用する場合、黒色の表面にカラー調合したポリエチレンを被覆する二層構造となる。



［工法所有者：鹿島建設株式会社　株式会社 富士ピー・エス］

備考

No.8	地下埋設管の仮設吊りケーブル・曲げ配置			
施設名	七条東幹線公共下水道		施工場所	京都府
使用用途	仮設吊りケーブル		竣工年	—
構造寸法	橋　長：33.2m	最大支間：2.5m	施工年	2013年
発注者	京都市（上下水道局）		使用タイプ	F40TS

概要

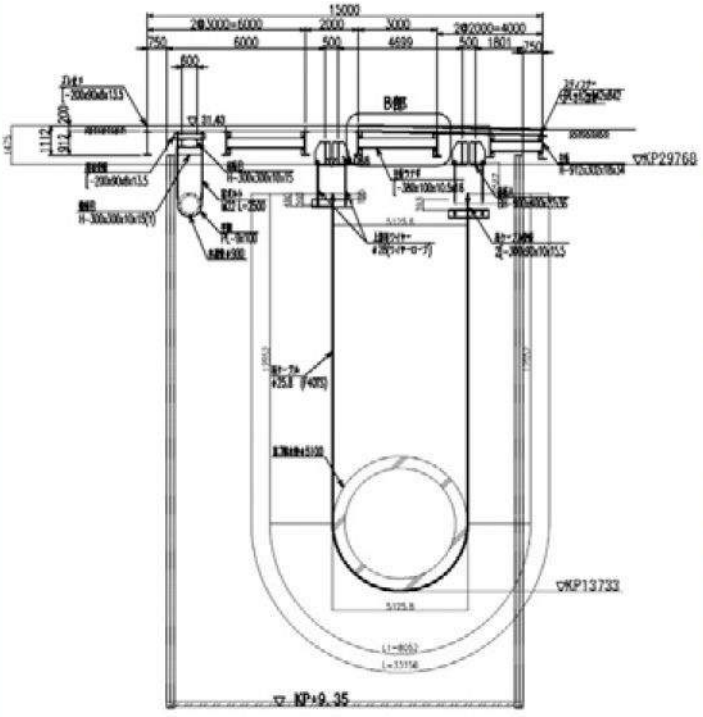
七条東幹線における合流式下水道の改善整備工事において、特殊人孔（立坑）を構築するに当たり、既設第二導水渠（埋設管φ5100）の吊防護工が計画された。吊防護工の吊材には、負担する重量相当の緊張力を容易に導入・解放でき、また、埋設管形状で曲げ配置（曲げ半径：R=2.5m）されても緊張材の耐荷性能が保証されるF-TS型ケーブルが採用された。

全景



ケーブル配置・構造詳細

- 人孔の上方から埋設管下を通過させてU字形状に配線し、溝型鋼を介して埋設管重量を支持する構造である。









備考

6. 参考図書

外ケーブル方式による橋梁補強の設計や施工を行う場合に参考となる図書は、大きく分けて“示方書および基準（規準）関係”と“その他指針類・参考図書”の二つである。

以下に、それぞれについての主要な図書を紹介する。

■ 示方書および基準（規準）関係

タイトル	発行元
コンクリート標準示方書　設計編	（公社）土木学会
コンクリート標準示方書　施工編	（公社）土木学会
コンクリート標準示方書　維持管理編	（公社）土木学会
溶接・接合便覧	（社）溶接学会
道路橋示方書・同解説　I共通編　II鋼橋編	（社）日本道路協会
道路橋示方書・同解説　I共通編　IIIコンクリート橋編	（社）日本道路協会
コンクリート道路橋設計便覧	（社）日本道路協会
コンクリート道路橋施工便覧	（社）日本道路協会
鋼道路橋設計便覧	（社）日本道路協会
鋼道路橋施工便覧	（公社）日本道路協会
鋼道路橋防食便覧	（公社）日本道路協会
鋼道路橋の疲労設計指針	（社）日本道路協会
国土交通省　土木工事積算基準	（一財）建設物価調査会
外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準	（社）プレストレストコンクリート技術協会

■ その他指針類・参考図書

タイトル	発行元
コンクリートライブラリー95　コンクリート構造物の補強指針（案）	（社）土木学会
外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強マニュアル（案）	（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会
外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強実例図集	（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会
標準積算要領（PC外ケーブル補強工法）	（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会
PCグラウト&プレグラウトPC鋼材　施工マニュアル	（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会
PCグラウトの設計施工指針	（公社）プレストレストコンクリート工学会
PC定着工法	（社）プレストレストコンクリート技術協会
橋梁技術者のための塗装ガイドブック	（社）日本橋梁建設協会
橋梁架設工事の積算	（一社）日本建設機械施工協会
外ケーブルによる鋼橋の補強　設計と施工の手引き	森北出版（株）
SEEE工法　外ケーブル方式による橋梁補強工法　設計・施工マニュアル	（株）エスイー

株式会社 エスイー

営業統轄本部　〒160-0023 東京都新宿区西新宿8-11-1（日東星野ビル7階）　TEL(03)5338-3240　FAX(03)5338-3250

ISO9001 認証取得

ISO14001認証取得

環境認証範囲は山口工場と本社部門

●当社の詳しい情報はインターネットでご覧いただけます。　http://www.se-corp.com