

アラミド繊維シートを用いたPC斜張橋の耐震補強工事

三井住友建設(株)	正会員	○熊谷 裕司
苫小牧市		澤口 勇人
東日本高速道路(株)		坪田 和也
三井住友建設(株)		安藤 幹夫

キーワード：アラミド繊維シート，橋脚耐震補強，PC斜張橋

1. はじめに

錦岡第3跨道橋は，昭和58年に道央自動車道を跨いで建設されたPC斜張橋である。本格的な道路橋として初めてのPC斜張橋であり，当時PC技術協会賞の作品賞を受賞した橋である。そのデザインには，シンボリックな役割を持たせるために美しい2径間のハープ型の幾何学的なデザインが採用された。写真-1に建設時の写真，図-1に全体一般図を示す。

今回の工事は橋梁全体の耐震補強における橋脚の補強工事であり，鉄筋段落し部の補強およびせん断補強を行った。当初の補強方法はRC巻立て工法であったが，工程短縮およびデザインの確保のため，アラミド繊維シート巻立て工法を採用した。また，さらなる工程短縮を図るため，高速道路を昼夜連続規制して施工を行った。

2. 耐震補強工事の概要

本橋は，完成後30数年が経過しており，H14道示の耐震性を満足していないため橋梁全体の耐震補強が必要であった。今回の工事はP1橋脚部の補強であり，道路管理者の苫小牧市から委託を受けた東日本高速道路(株)が発注し，三井住友建設(株)が受注して行った。

また，P1橋脚の補強を行うには重機の作業スペースが必要であり，作業性を考慮した結果，北海道の高速道路では初となる昼夜連続での車線規制を行った。



写真-1 建設時の写真

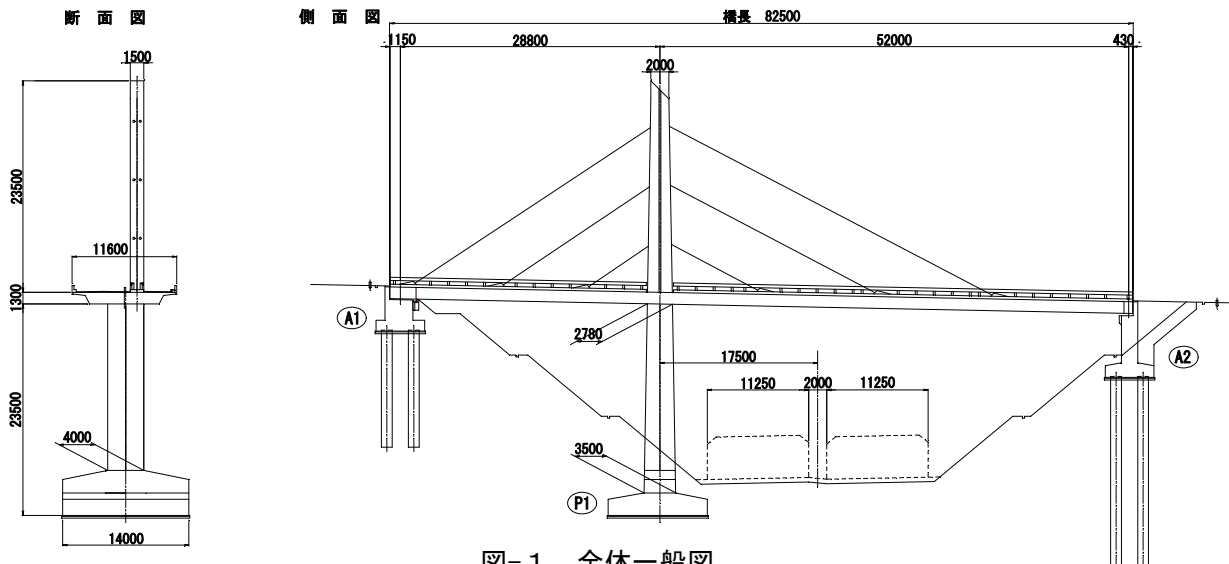


図-1 全体一般図

3. 耐震補強設計の概要

3.1 当初設計

本橋の大規模地震に対する安全性について照査を行い、橋脚の耐震補強と落橋防止システムの検討がなされた。落橋防止構造・変位制限構造については平成24年度に施工が完了している。橋脚の耐震補強については、橋梁全体系の非線形動的解析により耐震性の照査を行い、段落し部およびせん断の補強が必要であった。補強方法としては、経済性・施工実績からRC巻立て工法を採用した。また、本橋脚は基部から上方に向かって橋軸方向幅を絞った形状があるが、施工性がよいことおよび景観性も違和感は小さいことから、等断面の巻立て断面を採用した。図-2にRC巻立て補強図を示す。

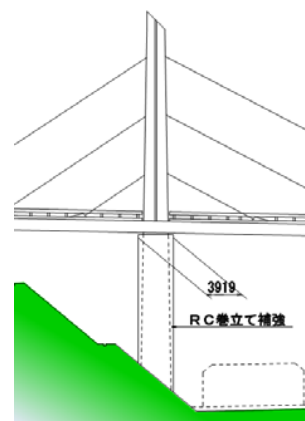


図-2 RC巻立て補強図

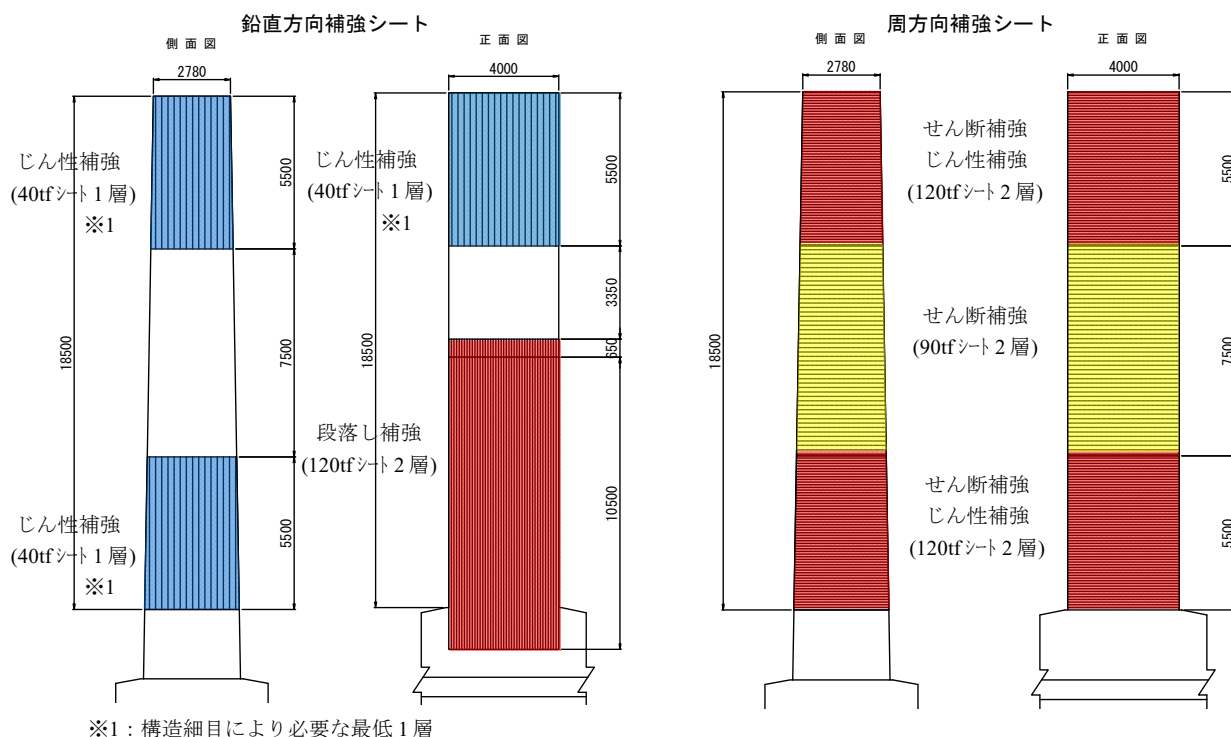
3.2 変更設計

本工事の受注後に、道路管理者と発注者に承諾を得て、当初設計のRC巻立て工法よりも工程的に有利となるアラミド繊維シート巻立て工法に変更した。

工法変更による利点として、重量増加がないことによる設計の有利性、当初デザインの尊重、施工性もあった。工事費については繊維シート巻立て工法の方が高価であるが、工程短縮による経費削減、道路規制費の削減、仮設費の削減を見込んで同工法を採用した。

また、連続繊維補強材としてアラミド繊維シートを選定した理由は、炭素繊維シートでは本橋のようなテーパの付いた橋脚の周方向シートを各段水平に貼ることは出来ないが、柔軟なアラミド繊維シートの場合はそれが可能であることによる。

耐震性能は当初設計と同等となるように補強量を決定した。その結果、鉛直方向の補強量は、鉄筋段落し部の補強として120tfシート2層、じん性補強として40tfシート1層となり、周方向の補強量は、基部と上部のせん断およびじん性補強として120tfシート2層、中間部のせん断補強として90tfシート2層となった。図-3にアラミド繊維シート補強図を示す。シート施工の手順としては、鉛直方向の補強シート1層または2層を貼った上に周方向の補強シート2層を貼ることとした。



※1：構造細目により必要な最低1層

図-3 アラミド繊維シート補強図

4. 施工概要

4.1 工事工程

今回の工事は、平成27年の6月から11月の間に行い、夏季混雑期は作業不可で、12月の雪氷期の前に施工を完了することが条件であった。表-1に計画工程表を示す。

表-1 計画工程表

	2015.06	2015.07	2015.08	2015.09	2015.10	2015.11	2015.12
	準備					片付け	
準備・片付け	■					■	
コンクリートブロック張工	■	■				■	
排水溝撤去・再設置工	■	■				■	
避雷針接地仮移設・復旧工		■	■			■	
土留め・掘削工		■	■	■		■	
耐震補強工				■	■	■	
高速道路交通規制		■	■	■	■	■	■

4.2 交通規制

今回補強を行うP1橋脚は、A1橋台側の法尻に位置し、工事で使用する重機械クレーン等の施工ヤードを確保するために一車線規制が必要であった。また、冬季休止期間までに全工程を終えるため、昼夜連続一車線固定規制で施工し工程を短縮した。8月13日～8月16日は、夏季混雑期で特に渋滞が予想されたため、作業は休止して一車線固定規制から路肩固定規制へ移行し、17日に一車線固定規制へ再び移行した。写真-2に車線規制の状況を示す



写真-2 車線規制

4.3 仮設工

P1橋脚の補強を行うには、アンカーを併用した土留工を設置して法面を掘削する必要があった。当初、土留工のH鋼親杭打設は、経済性を考慮して、BH工法（大口径ボーリング工法）とSRX工法（リーダーレス杭打ち工法）の併用で計画されていた。しかし、段取り替えを省きさらなる工程短縮を図るためBH工法のみで施工を行うこととした。また、BH工法は掘削ツールズ変更が容易であり、ダウンザホールハンマー工と泥水工の2種類の施工方法が採用できるので、不足の事態にも対応が可能であり、施工の不確実性を減らす目的もあった。施工班は昼夜施工のため2班確保することで工程を大幅に短縮できた。



写真-3 掘削状況

共用している高速道路上における法面の掘削工事のため、24時間連続で非常に神経を使った。土砂運搬では、土砂飛散がないように十分注意しながら安全に進めた（写真-3）。

アンカー施工では事前に多サイクル確認試験を実施した（写真-4）。実際に使用されるアンカーにおいて設計アンカー力の1.2（鋼線の降伏点荷重の90%を越えた範囲）の荷重を計画最大荷重とし、



写真-4 アンカー試験

繰り返し荷重を加えてその変形特性から設計耐力及び施工の合理性と安全性を確認した。試験本数は各段1本（5%以上）とした。

施工足場は橋脚の外周に、橋脚面より300mm程度の作業スペースを確保して枠組足場を設置した。壁つなぎはインサートによる従来方法を改めて、ジャッキベースを使用する工法を採用した。施工の支障となる箇所を一時的に取り外せることによりアラミド繊維シートの連続性を確保した施工を可能とした。

4.4 調査工

アラミド繊維シート施工に取り掛かる前に、橋脚主鉄筋段落し位置を電磁波レーダー法により調査し、段落し位置に相違がないことを確認して、設計の妥当性の担保を取り施工を行った（写真-5）。



写真-5 段落し部鉄筋探査

4.5 アラミド繊維シート巻立て工

アラミド繊維シート巻立て工法は、シートを接着用含浸樹脂剤でコンクリート表面に貼付けるため、コンクリート素地面の状態が重要になる。従って、接着性を低下させたりシートの強度低下の原因となるコンクリート表面の脆弱部、汚れ、段差、突起、面取りの角等は適切に除去した（写真-6）。



写真-6 下地処理

アラミド繊維シート巻立ては以下の手順で行った。

- ① アラミド繊維シート裁断：割付図に従い必要枚数を所定の長さに切り出した。
- ② 下塗り含浸樹脂剤塗布：コンクリート面に接着および複合材形成用の含浸樹脂剤を塗布した。
- ③ アラミド繊維シート貼付け：塗布した含浸樹脂剤にアラミド繊維シートを貼付けた。アラミド繊維シートへの含浸樹脂剤の含浸及び空気抜きを十分行った（写真-7）。
- ④ 上塗り含浸樹脂剤塗布：アラミド繊維シートに含浸樹脂剤を上塗り，含浸させ繊維複合材が完成した。



写真-7 シート貼付け

アラミド繊維シートの保護，美観，防火等の目的で表面仕上げを行った（写真-8）。仕上げ材のポリマーセメントモルタル（以下、PCM）の仕様は、埋戻し及び法面仕上げの復旧があるため、保護を目的に現況法面から1m上まで仕上げ材B（厚さ10mm仕様PCM）とし、それ以外については仕上げ材A（厚さ1mm仕様PCM）とした。仕上げ材の施工時期は10月で北海道では比較的気温変動の少ない適切な時期であったが、施工直後に養生用ポリフィルムで覆い，初期の乾燥収縮によるひび割れを抑制した。



写真-8 仕上げ

5. おわりに

本工事は3月に無事しゅん工を迎えることができた（写真-9）。設計を変更するにあたりご理解をいただいた道路管理者の苫小牧市の方々および設計者の八千代エンジニアリング(株)様，交通規制や工程管理についてご協力いただいたNEXCO関係者の方々へ改めて御礼申し上げます。本報告が今後の工事の参考になれば幸いです。



写真-9 完成写真