

17 施工計画

鋼斜張橋の耐震補強工事における 弾性拘束ケーブルの撤去

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上工業株式会社

工事計画担当

裘

明○

監理技術者

柘植

孝之

工事担当

柿下

祐亮

1. はじめに

名港中央大橋は1998年に完成した、国内斜長橋ランキング2位の橋長1,170m、有効幅員27.5mの3径間連続鋼斜張橋である。本橋は伊勢湾岸自動車道の一部で物流の大動脈として機能しており、災害時には緊急交通路としての役割を担っている。本橋の全景を図-1に示す。

工事概要

- (1) 工事名：伊勢湾岸自動車道
名港中央大橋耐震補強工事
- (2) 発注者：中日本高速道路株式会社
名古屋支社
- (3) 工事場所：愛知県名古屋市港区潮見町～
愛知県名古屋市港区金城ふ頭
- (4) 工期：自) 令和元年7月20日
至) 令和5年6月28日

建設時において、当時として考えられる最大規模の地震動を考慮して設計されたが、近年発生確



図-1 名港中央大橋全景

率が極めて高いとされる東海・東南海地震の連動を考慮した地震動による耐震性能の照査を実施した結果、各部位で耐震補強が必要となった。

そこで、本橋の耐震補強では、主塔部支承を免震化し固有周期を長周期化することで各部位に作用する応答値を低減することに加え、隣接桁との衝突しないよう移動量を制限することを基本として設計された。本稿では、耐震補強構造を「剛」から「柔」に変更するうえでの課題とその対策について述べる。

2. 現場における問題点

斜張橋の耐震設計を考えた場合、地震時に主桁を自由に揺らしてしまえば主塔への作用力を低減できる構造となる。しかし、主桁の橋軸方向の変位量が大きくなることで主桁が隣接橋や主塔と衝突するため「橋」として機能を失うおそれがある。そのため、主桁と主塔とを連結して揺れを制御する必要がある。建設当時に採用された主桁と主塔との連結方法は、主桁と主塔とを橋軸方向に

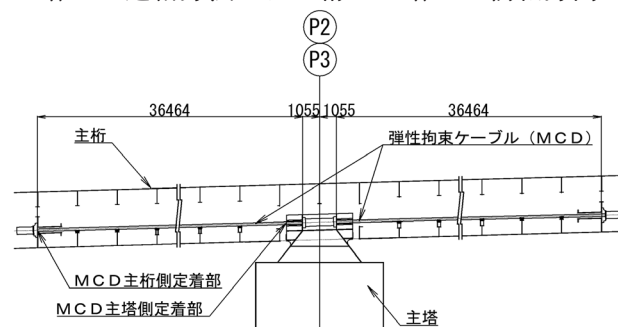


図-2 MCD概要図

弾性拘束ケーブルで弾性的に連結する方法（以下MCD：Meiko-Cable-Damper Systemと称す）であった。図-2にMCD概要図を示す。

発注時の本工事の設計はMCDを存置し弾性的に固定したうえで、免震支承および制震ダンパーによりエネルギー吸収を行う比較的「剛」な設計方針であった。しかし、主桁と主塔とを弾性的に連結するMCDを撤去して長周期化と減衰効果を図り、最も耐震補強効果が高い設計方針に変更された。そのため、建設時における耐震設計の重要な構造であるMCDを交通供用下で精度良く安全に撤去する方法が課題となった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 安定性を考慮したMCD撤去時期

MCDをどの段階で撤去するかを事前に検討する必要があった。主桁と主塔とがMCDで連結されているため、温度変化による主桁の伸縮量に対して、両側の主塔が面外へ水平変位として追従することで、主桁と主塔との相対変位を小さくする効果がある。

免震支承への取替およびダンパーの設置において、主桁と主塔との相対変化が小さい状態で設置することで、設置精度を確保することが可能となる。そこで、施工中に橋軸方向の連結を有効とし、主桁と主塔との相対変位を最小となるようにするため、全ての新設の耐震デバイスを設置した後にMCDを撤去した。

3-2 MCDの張力計測

伊勢湾岸道路工事誌に記載されたMCDの導入張力（計画値および実測値）は、舗装や橋面工などの後死荷重が載荷されていない状態の張力であったため、供用開始時の張力および左右のケーブルの張力差が不明であった。MCDの撤去による構造変化を考慮した数値解析結果を各耐震デバイスの施工方針に反映するため、現状でのMCDの張力が必要であった。そこで、数値解析に用いるMCD張力を明確にするため、耐震補強工事を施工する前にMCDの標準温度20℃の張力を計測した。

着工前の時点で大型ジャッキにより直接ケーブル張力を計測することが困難であったため、高次振動法によるケーブル張力の計測を実施した。高次振動法とは、加速度計を用いてケーブルの振動を測定し、ケーブルの固有振動数と張力の関係から導入張力を間接的推定する手法である。MCDの主塔と主桁との定着長は37.5mであり、定着長間を2.5m間隔で支持装置により固定されている。このうち、MCD定着位置から15mまでのケーブル支持装置を取り外し、ケーブルの張力を計測した。

ケーブル張力を精度良く計測するためには、ケーブル支持装置で張力計測の対象範囲外のケーブルが確実に固定されていることが必要である。それを確認するため、図-3に示すようにケーブル張力計測対象範囲より外側5m区間のケーブル張力を計測した。この結果、計測対象範囲より外側のケーブルに振動が伝わっていることが判明した。そこで、ケーブル支持装置による固定を強固にするため、図-4(b)に示すようにナイロンスリングを追加してケーブルを固定した。ナイロン

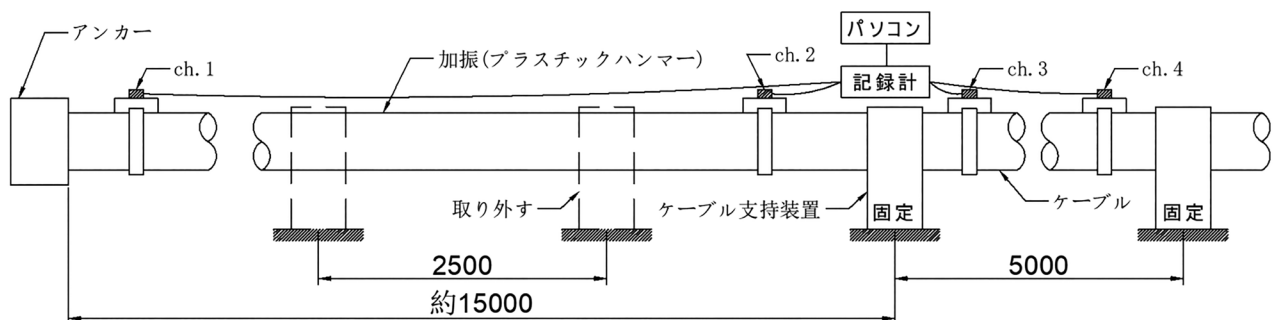


図-3 ケーブル張力測定位置

スリングでの固定により、計測対象範囲より外側5m区間(ch.3,4)に振動が伝わっていないことを確認し、15m区間(ch.1,2)の測定結果を用いて張力を推定した。



(a) 加振状況 (b) 支持装置固定状況

図-4 ケーブル張力計測状況

3-3 MCD撤去に伴う主塔倒れ量

建設時において1/1500で主塔（主塔高さ190m）の倒れ量が管理されていた。MCDを撤去することにより、主塔のたおれ量の変動が想定された。そこで、MCD撤去後の主塔の倒れ量が建設時の上限値である130mm（1/1500）以内となることを耐震補強後の健全度確認の指標として確認する必要がある。また、耐震補強前の状態における初期値の確認も必要となる。そのため、耐震補強工事前後の主塔の倒れ量を解析するとともに、主塔の倒れ量および間隔を計測し、解析値との検証を実施した。

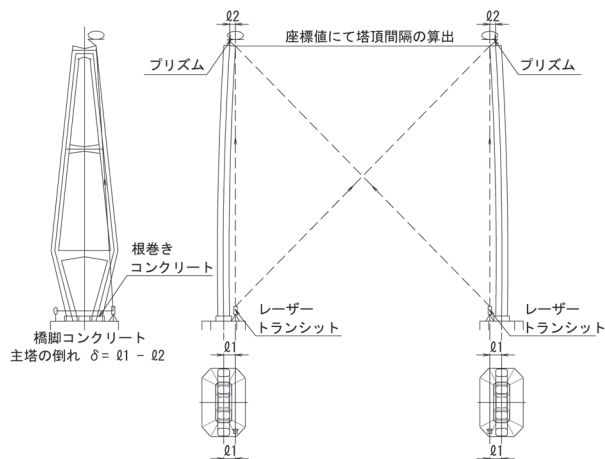


図-5 主塔の計測方法

同一主塔部に設置したレーザー トランシットからプリズムを視準し、倒れ量を確認した。鉛直視準距離が約200mとなり、計測誤差が生じる可能性があると考えられたので、図-5に示すように測

量機器を配置し、対面主塔の塔頂におけるプリズムを視準する方法から得られた塔頂座標をもとに塔頂間隔を算出した。その結果と設計値とを比較し、倒れ量を確認した。

3-4 MCDの撤去による橋梁全体の移動

MCDのケーブル張力の解放で橋梁全体の急激な移動によって供用中の交通へ影響を与えないようにするため、張力解放の施工手順を検討する必要がある。片側主塔のMCDを先行して張力解放する方法、両側主塔のMCDを同じ時期に段階的に張力解放する方法について比較検討した。検討の結果、張力解放設備の盛替え作業が多くなるが、供用中の主桁の安定性を確保できるため、両側主塔で同時に張力解放する方法を選択した。

また、建設時の初期導入張力の誤差および標準温度20℃と作業時温度との差による両側主塔の不均等張力状態から、張力が解放されることで全体的な張力のリバランスにより、主桁が橋軸方向に移動することが考えられた。両側主塔での不均等張力の解放が避けられないため、不均等張力の解放に伴う主桁の橋軸方向移動量を事前に把握し、主桁の最終的な移動量を複数回に分散することで施工リスクの低減を図った。

具体的な施工方法として、左右均等状態になるまでの不均等解放は、左右張力解放の差が最大



(a) ジャッキ本体取込 (b) 3m テンションロッド



(c) 張力解放設備の設置 (d) 電動ポンプ操作

図-6 MCD張力解放状況

100tを目途として、解放作業を実施した。各主塔部における撤去時の温度を考慮した中央径間側のケーブル張力は、側径間のケーブル張力よりも約500t高い状態であった。中央径間側と側径間側とで各主塔位置での張力を均等な状態に戻すため、段階的に2本のケーブルの張力を交互に解放した。橋梁全体での張力のバランスを確保するように決定した張力の解放手順に従い張力を解放した。上記の手順の繰返しで、8本のケーブルのうちP2主塔の北側の2本、P3主塔の南側の2本、合わせて4本の張力を解放した。残り4本の解放手順において、張力の低い側径間の張力に合うまで中央径間の張力を先行して解放したうえで、4本を同時に50tずつ完全に解放した。図-6に張力解放状況、図-7にMCD解放手順を示す。

4. おわりに

本稿では、供用中の長大斜張橋における施工時の安全確保、出来形を精度良く管理するための施工方法を具体的に表現できるよう努めた。

筆者が初めて経験した補修・補強工事のため、手探りの部分が多く、施工途中に様々な制約条件や解決すべき課題が多く発生したことが印象的であったが、現場管理者および協力会社の協力で、工期を延期させることなく無事故で工事を完成させることができた。

最後に中日本高速道路株式会社をはじめとする関係者の皆様に御礼を申し上げるとともに、引き続きのご指導を宜しくお願い致します。

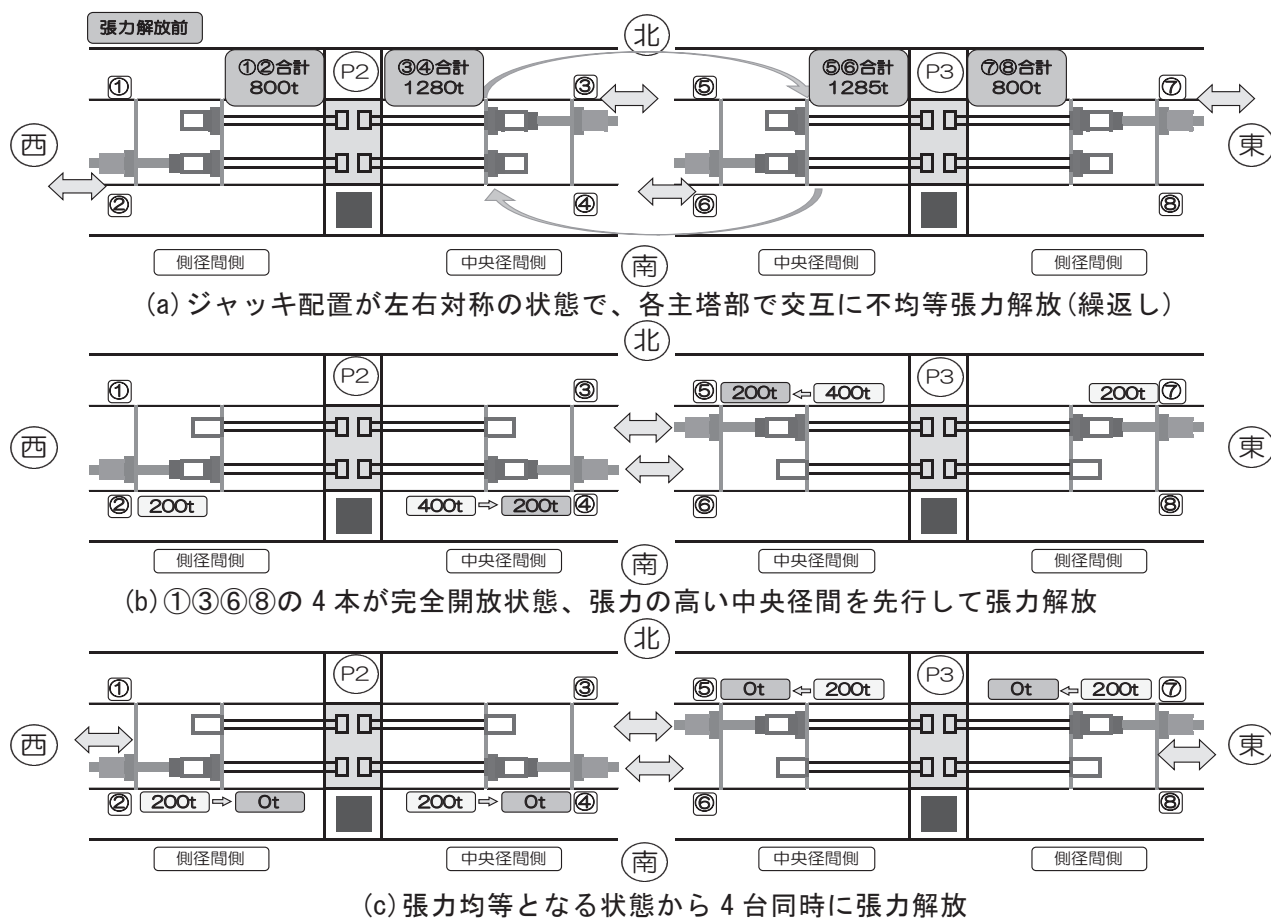


図-7 MCD解放手順