

(15) 北陸新幹線、屋代南・屋代北橋梁における斜材の主塔部貫通固定システムの開発と試験

日本鉄道建設公団 本社設計技術室 正会員 宮崎修輔
 日本鉄道建設公団 北陸新幹線建設局 森藤眞治
 日本鉄道建設公団 戸倉鉄道建設所 ○萩原秀樹
 (株)日本構造橋梁研究所設計第5課 正会員 前田晴人
 (株)銭高組 土木本部P C部技術課 正会員 野永健二

1. はじめに

北陸新幹線 屋代南・屋代北橋梁は、鉄道橋で初めて建設される新しいタイプのP C斜張橋である。斜材は主塔を貫通し、左右一体化した配置としている。

実施にあたり、斜材が滑動しないように、主塔内部一点で固定する新方式の貫通固定システムを開発した。さらにこの貫通固定システムについては、斜材からの作用力を円滑に主塔に伝える機能を検証する必要性から、各種載荷確認試験と施工性の試験を行った。

本稿は、この貫通固定システムの開発により解決した課題と、試験により実証された成果を整理し報告するものである。

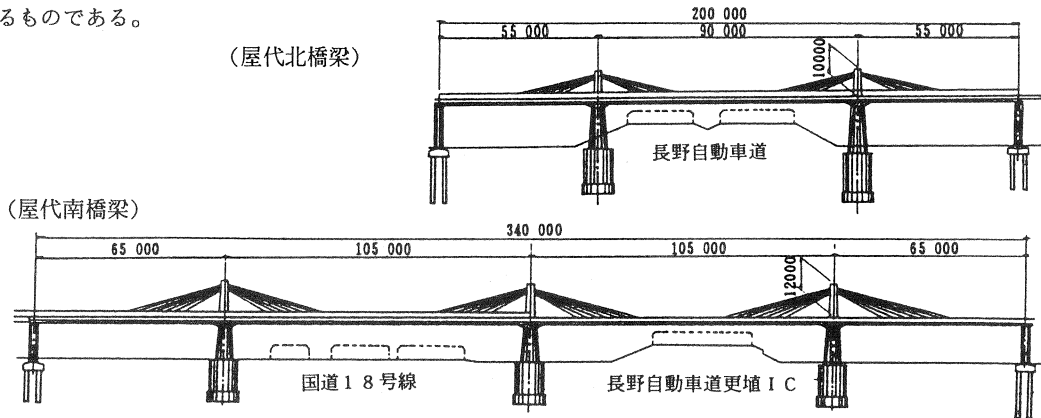


図-1 全体一般図

2. 橋梁概要

屋代南・屋代北橋梁の概要は以下の通りである。図-1に全体一般図、写真-1に北橋施工状況を示す。

- 路線名；北陸新幹線(軽井沢～長野)
- 構造形式；4径間連続P C斜張橋(南橋)
3径間連続P C斜張橋(北橋)
- 橋長；340.0m(南橋)、200m(北橋)
- 径間割；65m+105m+105m+65m(南橋)
55m+90m+55m(北橋)
- 幅員；12.8m
- 桁高；2.5m(一定)
- 主桁形状；3室箱桁断面
- 主塔形状；H形、2面吊り
- 主塔高さ；12.0m(南橋)、10.0m(北橋)
- 斜材；19T15.2(SWPR7B)

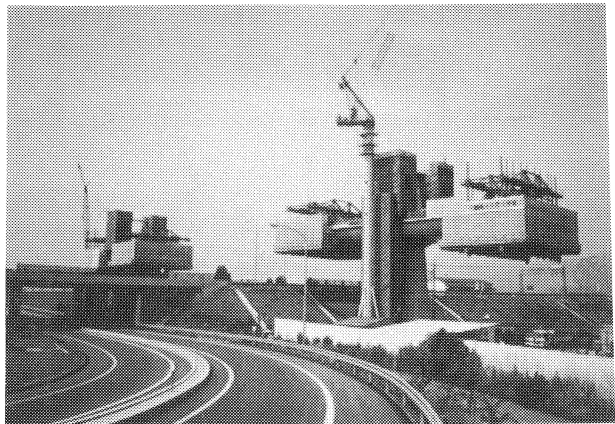


写真-1 北橋施工状況(平成6年7月現在)

3. 新型貫通固定システムの開発

屋代橋梁の実施にあたって図-2のような貫通固定システムを新たに開発した。

図-3には貫通固定部構成図を示す。

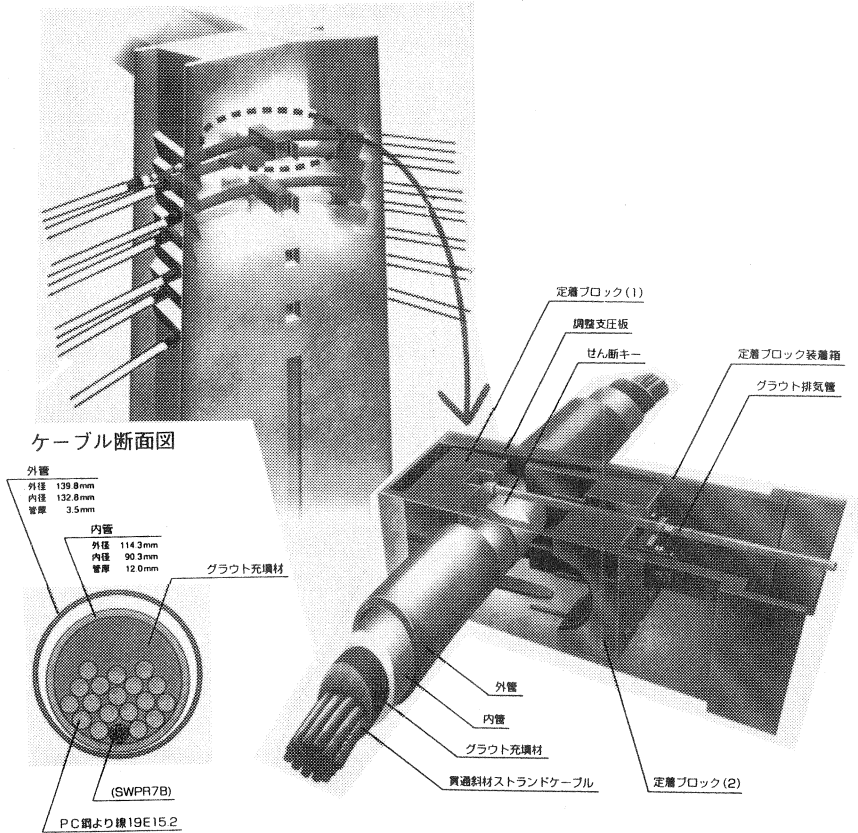


図-2 貫通固定システム説明図

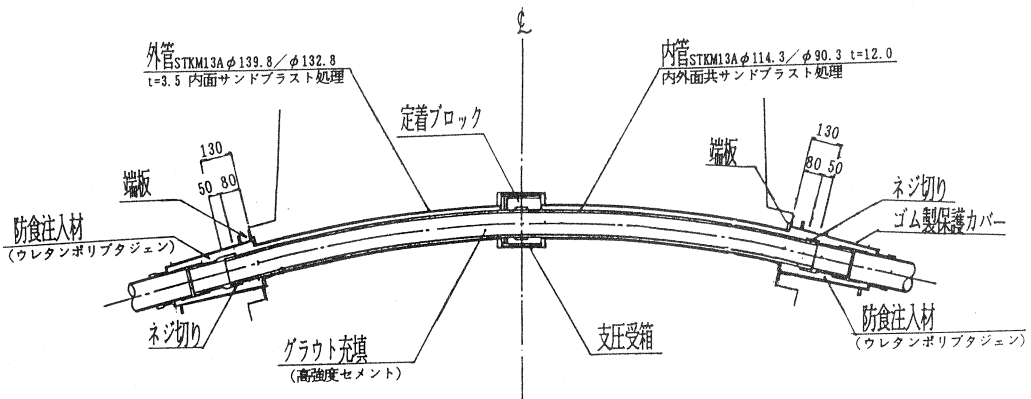


図-3 貫通固定部構成図

3.1 貫通固定システムの機能

開発にあたって貫通固定システムに必要なとされた機能と解決方法は下記の通りである。

- (1) 斜材は主塔部を貫通し左右一体となった構造とすること。
 - ・斜材ストランド(19T15.2)は貫通管の内管(内径90.3mm)の内部に配置しストランドと内管の隙間に充填するグラウト材により一体化する。
 - ・貫通管の曲げ加工精度(外管外径139.8mm、外管最小曲げ半径2,390mm、曲げ半径誤差精度 2mm)を確保することで斜材の貫通一体化を可能とする。
 - ・貫通管の材料は斜材ストランドの電食を防止するために内管・外管共に鋼管とする。
- (2) 斜材の交換を可能にすること。
 - ・単曲線形状に加工した二重円筒構造(外管内径132.8mm、内管外径114.3mm)とする。
 - ・外管の内径より小さめの突起を付けた内管を定着ブロックでつかむ構造とする。
 - ・主塔中央部の側面に設けたのぞき窓から定着ブロックを脱着できるようにする。
- (3) 主塔部で斜材を確実に固定できるようにすること。
 - ・ストランドと内管の間は充填後固化したグラウト材の付着力と摩擦力で固定する。
 - ・内管と外管の間は摩擦力および内管突起と定着ブロックのせん断抵抗力で固定する。
 - ・外管は主塔コンクリートに埋め込み、主塔中央部に取り付ける定着ブロックを介して、左右のストランド張力差を伝える、支圧板と一体になった支圧受箱を設置する。
 - ・内管内へのグラウトの施工を確実にするため貫通管中央頂部ののぞき窓に排気孔を配置する。
- (4) 多段の貫通斜材を塔の頂部に集中して配置できるようにすること。
 - ・貫通管直径を出来る限り小さくして間隔をつめて配置する。(貫通斜材配置中心間隔300mm)
 - ・斜材交換の際、下の段の斜材が障害にならぬようにちどり状に面外方向左右にずらした配置とする。
 - ・多段の貫通管を精度良く配置するために一体架台に取り付け製作する。
- (5) 主塔からの斜材出口部付近で斜材ストランドの疲労破壊原因となるような変形拘束をなくすこと。
 - ・貫通管出口部で内管(斜材)を拘束しない構造とする。
 - ・貫通管出口部の外管をラッパ状にひろげた形にする。

3.2 貫通固定装置の張力差伝達機構の説明

図-4により張力差の伝達機構を説明する。貫通固定装置は主塔本体に埋め込まれる外管、および貫通斜材ストランドケーブルを保護し充填グラウト材により一体となる内管、そして両者の間の滑動をとめる定着ブロック構造体の3部材により構成されており、主塔の内部1点で定着するシステムである。

斜材の張力差は、充填グラウト材により、鋼より線から内管に伝達され、さらに内管と外管の摩擦、あるいは内管に取り付けた突起(せん断キー)および定着ブロックを介して主塔に伝えられる。一次的にはグラウトの付着力、次に摩擦力、さらにせん断キー部分での定着力、そして主塔の貫通管周辺のコンクリートによる支持力へと順次あるいは同時に力が作用する。

斜材の設計張力(常時)は175tであり、設計にあたっての最大張力差の目標値は地震時張力差の1.5倍の75tである。

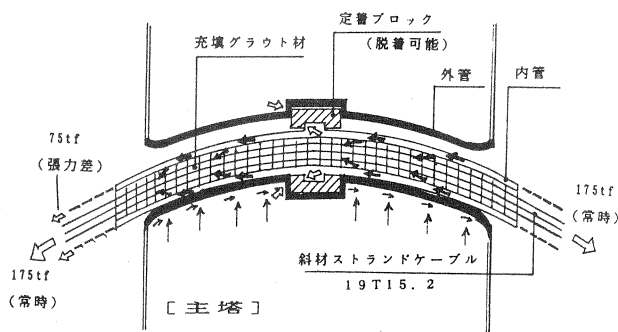


図-4 張力差伝達機構説明図

4. 機能検証試験

4.1 試験確認事項および試験フロー

初めて採用する貫通固定システムの機能と施工性を検証するために以下に示す試験を実物大のモデルで実施した。

試験フローは図-5に示す通りである。

(1) グラウト材の選定と性状確認のための試験

斜材張力差を確実にストランドケーブルから内管へ伝えるグラウト材を選定する。

(2) 摩擦係数等摩擦特性を把握するための試験

ストランドケーブルと内管との摩擦、そして内管・外管の2重管構造間の摩擦等を確認する。

(3) 張力差伝達機能の確認のための試験

ストランドケーブルから内管、そして内管から主塔に至る斜材張力差の伝達機能を確認する。

(4) 耐荷力確認のための試験

各構成部材の耐荷力を確認する。

(5) 施工性確認のための試験

実物大での貫通管の脱着やグラウト等の施工性を確認する。斜材が集中して配置される主塔頂部はプレキャスト化し、貫通管を精度良く設置するための方策としており、この部分の施工性も併せて確認する。

4.2 試験により確認し、解決した課題

(1) 試験体製作および貫通管設置施工性

- ・主塔の実物大部分モデルの試験体による施工性の確認では、いくつかの改善課題を抽出したが、概ね当初予想した結果であった。
- ・斜材が集中して配置される主塔頂部はプレキャスト化して、斜材(内管)の貫通する外管を精度良く配置出来る構造とすべく、その施工性も確認した。
- ・外管の据え付け精度は外管位置の設計値に対する差で3mm以下であり、プレキャストブロックの据え付け精度は5mm以下であった。

図-6は試験体説明図、写真-2は試験体でのプレキャストブロック建て込み状況である。

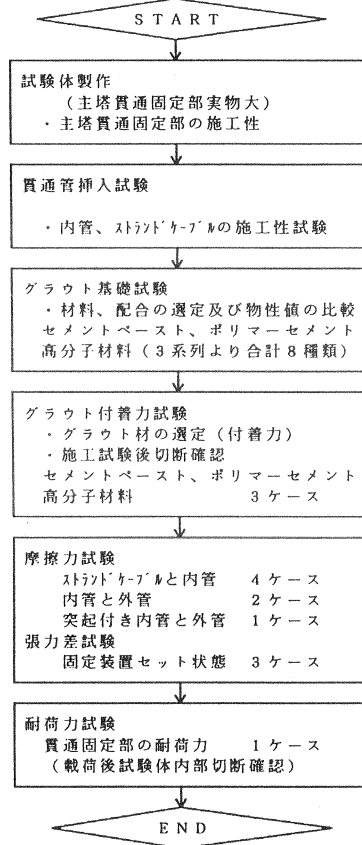


図-5 試験フロー図

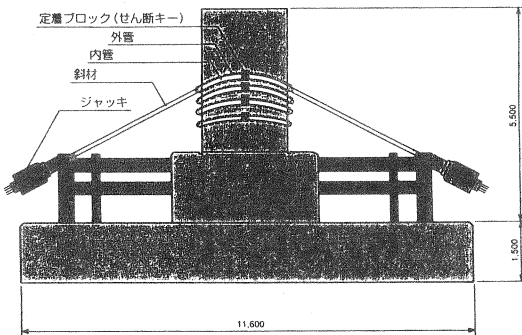


図-6 試験体説明図

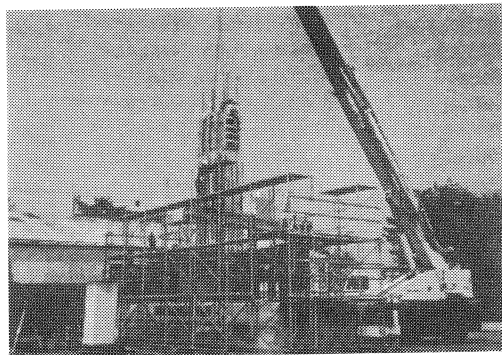


写真-2 プレキャストブロック建て込み状況

(2) グラウト選定およびグラウトの施工性

- ・セメントペースト系、ポリマーセメント系、高分子材料系の各系列から合わせて8種類の充填グラウト材を試験で比較したが、高強度セメントペースト(タスコンセメント $w/c=35\%$)の採用が最も適しているという結論を得た。
 - 鋼管との付着強度(目標 12kgf/cm^2)、充填性(切断確認、写真-3参照)
 - 張力差保持(75tf張力差保持、ひび割れ発生切断確認 写真-4)

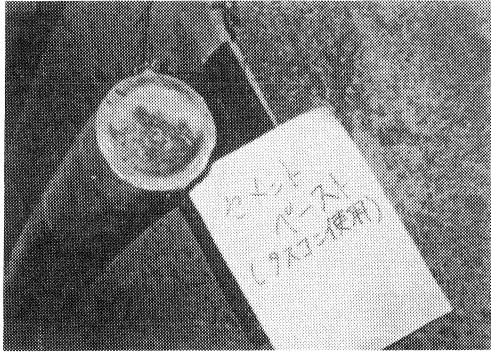


写真-3 グラウト充填状況

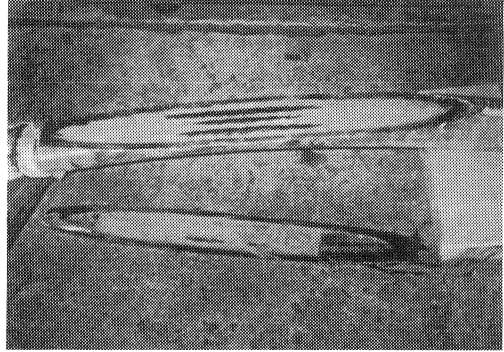


写真-4 内管縦切断状況

(3) 摩擦力の作用

- ・摩擦力測定試験にあたり貫通管として使用した鋼管は、内管と外管共に内側をサンドブラスト処理をしたものとした。
- ・測定した摩擦係数は外管と内管の間では、 $0.38\sim 0.62$ であり、少なくとも 0.3 程度は確実に期待できることを確認した。
- ・ストランドケーブルとグラウトされていない内管の間の摩擦係数は、内管と外管の間の摩擦係数の $1/3$ 程度であり、測定結果は $0.12\sim 0.19$ であった。
- ・ストランドケーブルと鋼管の間で期待できる摩擦係数としては 0.1 程度が適当であると思われる。内管内にグラウトを施工する前の張力差は角度の緩い一番上段の斜材で約 10tf 程度が保持できる限界である。
- ・内管と外管の摩擦力のみで張力差を保持しようとした場合、設計値での使用時の張力差 25tf 程度であれば十分保持できるが、地震時に発生する張力差 50tf には少し満たない。
- ・ 40tf 程度以上の張力差になる場合には、突起と固定装置を介して主塔に伝えることになる。

写真-5は内管に配置したひずみゲージ、そして写真-6は斜材の緊張力導入状況である。

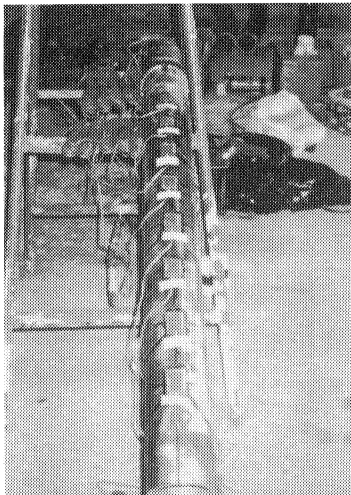


写真-5 内管のひずみゲージ

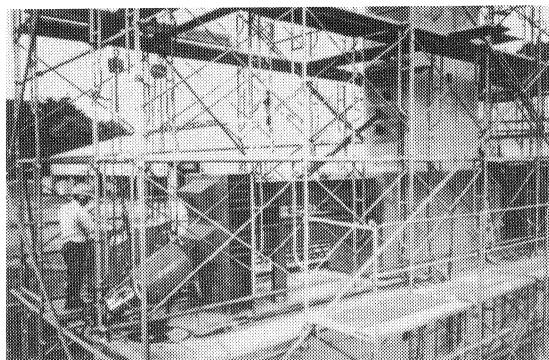


写真-6 斜材の緊張力導入

(4) 張力差伝達状況

- ・内管内のグラウト付着による張力差伝達や固定装置の張力差伝達が円滑に作用していることを確認した。
- ・25tf張力差を10回繰り返し作用した場合は摩擦力の作用により定着ブロックまでの力の作用はほとんどみられなかった。
- ・全体の貫通固定構造としては最大試験目標張力差75tfに対して十分な固定機能が作用し、特別実施した張力差100tfの作用に対しても耐荷機能は健全であった。

図-7に張力差試験載荷図、図-8に最大張力差100tf 載荷時までの各ステップ内管ひずみ分布図を示す。

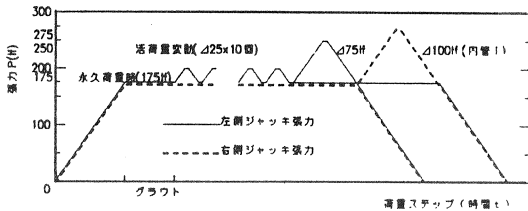


図-7 張力差試験載荷図

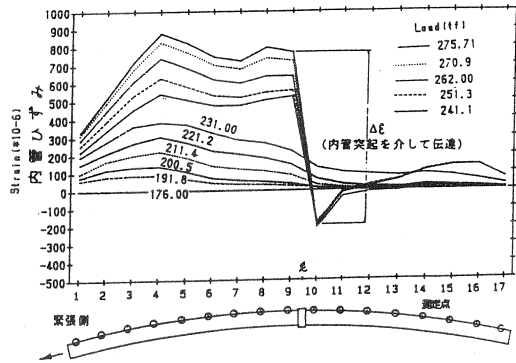


図-8 内管のひずみ分布図(最大張力差)

(5) 耐荷力性能

- ・貫通固定システムを設置する主塔部は、斜材張力の鉛直成分に対し、十分な耐荷力が必要であるため、最大で380tfの斜材降伏直前張力(0.75Pu)まで載荷し、貫通固定システム周辺の主塔コンクリートの耐荷性能や内管・外管の応力状態を測定し安全であることを確認した。
- ・貫通管直下のコンクリート支圧応力度は、設計張力作用時に108kgf/cm²、降伏直前張力作用時でも191kgf/cm²程度であり、問題ない。
- ・支圧にともなう水平方向の引張応力については、設計張力作用時に最大49kgf/cm²で、制限値と同程度の局部応力が計測されたため、試験後主塔部試験体を切断してひび割れの発生の有無を観察したが異常は見つからなかった。

写真-7に試験体切断面の状況を示す。

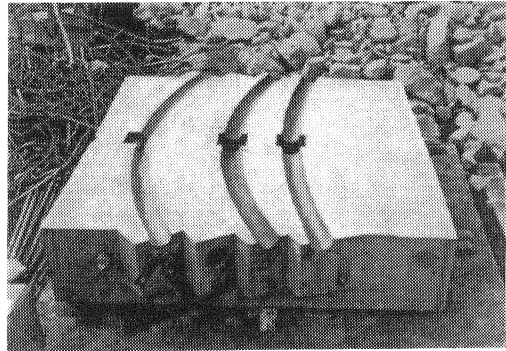


写真-7 試験体の切断面状況

5. おわりに

この新しく開発した貫通固定システムは、PC斜張橋としてはじめて採用される構造となる。その設計・施工法については、北陸新幹線橋りょう委員会(委員長・松本嘉司東京理科大学教授)において検討され詳細が決定された。

本報告の実験では、この貫通固定システムが設計で要求される機能と施工性を満足することを確認したわけであるが、さらにグラウト材の材料特性や各種デビエーターの張力差伝達機構を研究する上での貴重なデータが蓄積できた。現在は、実施施工を進めながら、施工方法の若干の改善と機能の見直しをすすめている。

最後に、上記橋梁委員会メンバーでもあり、このシステムの開発と試験の評価に関して特別にご指導を賜った三木千壽東京工業大学教授、ならびに関係各位に感謝の意を表したい。