

(62) 能登島農道橋(仮称)の施工

石川県七尾農林総合事務所能登島出張所 池田 俊文  
 石川県七尾農林総合事務所能登島出張所 棚部 一晃  
 (株)熊谷組北陸支店能登島橋作業所 富田 憲治  
 (株)熊谷組土木本部土木技術部 正会員○脇島 秀行

1. はじめに

本橋は、石川県北部に位置する能登半島と能登島を結ぶ農道橋である。本地域は中島町、能登島町、田鶴浜町の3町をエリアとする鹿北広域営農団地計画の一環として農産物の計画的・安定的な集出荷を推進し出荷コストの低減を図るため、農地・農業施設を連絡する基幹農道の整備が進められており、平成6年本橋斜張橋部が着手された。

本橋は、PC斜張橋としては中央径間230mと国内5番目の規模を有し、海上施工であることが特徴として挙げられる。(図-1)本論文では、このPC斜張橋上部工(その2工事)の施工を中心に報告する。

2. 工事概要

本橋の橋梁諸元は以下のとおりである。

発注者：石川県農林水産部

工事名：広域営農団地農道整備事業 能登島第2地区  
 能登島農道橋工事その2

工事場所：鹿島郡中島町字長浦～能登島町字通地内

構造形式：(上部工)3径間連続PC斜張橋

(主塔)平行H型

(斜材)2面14段セミハープ型

(下部工)P2：仮締切兼用鋼管矢板井筒基礎

設計荷重：B活荷重

橋長：(全長)448m,(施工範囲)226.5m

有効幅員：車道6.5m+歩道1.5m

支間長：(斜張橋部)109m+230m+109m

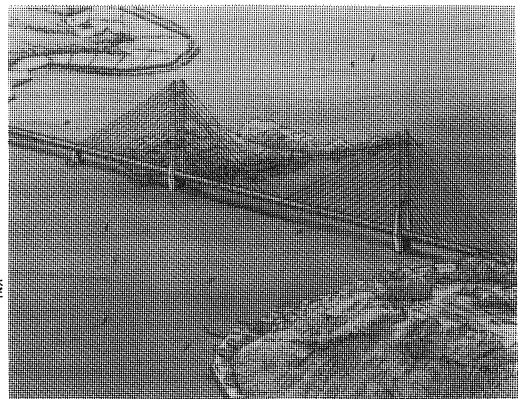
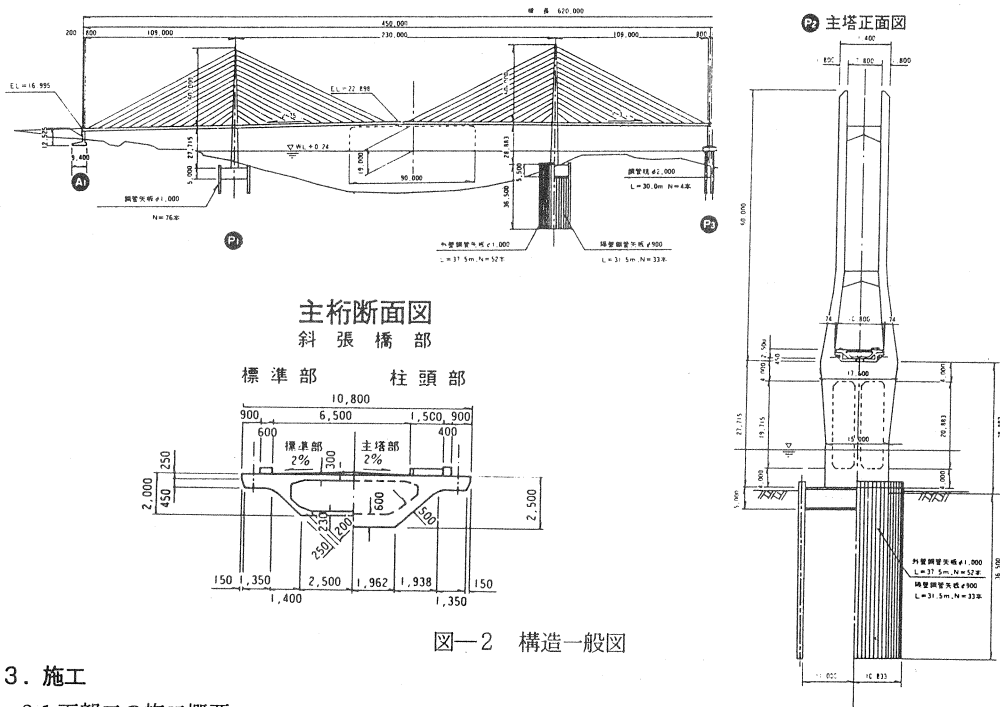


図-1 完成予想図

場所	種別	仕様	単位	数量	備考
主桁	コンクリート	$\sigma_{ck} = 40N/mm^2$	m <sup>3</sup>	2,066	プレキャスト鋼棒工法 フレネ-工法
	鉄筋	SD345	t	329	
	PC鋼材	SBPR930/1180 12S12.7B	t	67 57	
主塔	コンクリート	$\sigma_{ck} = 40N/mm^2$	m <sup>3</sup>	806	
	鉄筋	SD345	t	181	
斜材	PC鋼材	SWPR7B	t	112	フレネ-Hシステム
下部工	鋼管矢板工	$\phi 1000, 900$	本	85	L=48m
	仮締切内掘削		m <sup>3</sup>	1,558	
	コンクリート	$\sigma_{ck} = 35N/mm^2$ $\sigma_{ck} = 30N/mm^2$	m <sup>3</sup>	284 2,023	
	鉄筋	SD345	t	535	

表-1 主要工事数量



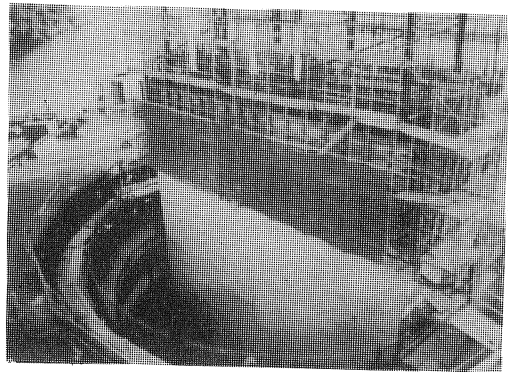
### 3. 施工

#### 3-1. 下部工の施工概要

下部工の施工は、海上に仮栈台を設置し、栈台上から全旋回オールケーシング工法により置換掘削を行った後、鉛直精度を確保しながら4.8mの鋼管杭を打設した。その後置換掘削部を補強するために根固グラウトを行った。

仮締切内は、動態観測を実施しながら水中掘削を行い、床付け完了後、底版水中コンクリートを打設した。

フーチング・橋脚工は、マスコンクリートになることから、海水を使ったバイクーリングを施し温度ひび割れ対策を行い施工にあたった。橋脚の施工では、足場付き大型枠(ハンガーフォーム)を用い、施工の合理化を図った。(写真—1)



写真—1. 橋脚施工状況

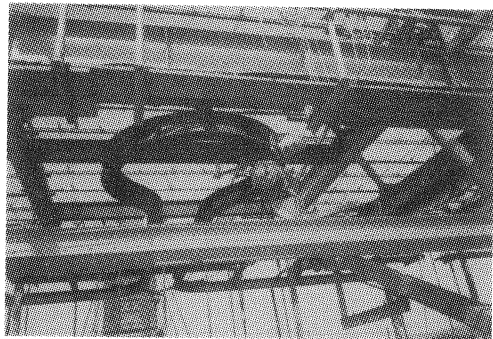
#### 3-2. 主桁の施工

主桁の施工は、柱頭部(L=11.0m)をブラケット支保工により施工後、架設作業車により張出し架設を行った。張出し施工部は片側2.8ブロックで、標準ブロック(4.0m)、斜材定着ブロック(3.5m)を交互に施工した。

主桁は、全幅10.8mの1室箱桁形状で、斜材は張出し床版下縁部に突起定着される。

##### 1) 架設作業車(ワーゲン)の特徴

本工事で使用したワーゲンはサイクル施工の省力化を図るために、標準中型ワーゲンを使用しながらも、プレファブ鉄筋の吊り降ろしが容易にできるように、鉄筋の動線を考慮した専用ホイストを設置した。(写真—2)



写真—2. 架設作業車の改造

2)主桁ウェブ鉄筋のプレファブ化

前記プレファブ鉄筋用ホイストを使用して、写真-3のようにウェブ鉄筋、せん断鋼棒および斜材定着具を予め仮桟台上で地組し、ユニット化した。これにより、3次元的に配置される斜材定着具の設置等、ワーゲン内での作業時間を大幅に短縮することができた。

3)斜材定着部の収納式型枠

斜張橋特有の主桁側斜材定着部の型枠は通常、定着部型枠の上にカバーを設置し、普通部型枠として施工を行うが、カバーの跡がコンクリート表面に残るため美観上好ましくない。このため本工事では定着部型枠・普通部型枠と2種類型枠を用意しておき、両者を簡易に移動・交換できるようなシステムティックな張出し部型枠を採用した。(写真-4)

4)コンクリート打設

上下部工全てのコンクリート打設は、図-4に示すように、既に完成しているP3橋脚付近にコンクリートポンプ車を設置し、P2橋脚までの間を仮桟橋上に配管を設置した。配管延長は水平距離換算で最長360mとなることから、打設位置での所用のコンシステンシーが得られるよう、プラント添加の高性能AE減水剤を使用した。

主桁コンクリートの打設は、主塔にアンバランスモーメントを発生させないように左右ブロックを同時打設した。実際には、左ブロック下床版→右ブロック下床版→左ブロックウェブ→右ブロックウェブ→左ブロック上床版→右ブロック上床版の順に配管を切替えて擬似的に同時打設を行った。

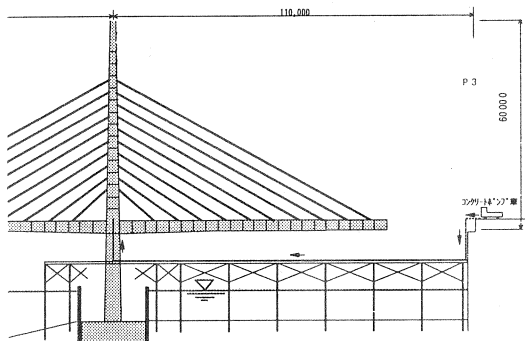


図-4. コンクリート打設方法

3-3.主塔の施工

主塔は独立2本柱のH型形状をしており、17ロッド(3.5m/ロッド)に分割して施工した。主塔部の施工は仮桟台から最高80m以上の高所作業となるため、足場の地組後クレーン一括架設、斜材定着具を含めて主塔鉄骨のプレファブ化を図り、極力地上で作業を行えるようにした。(写真-5)

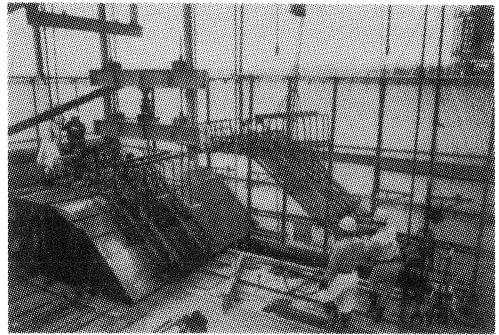


写真-3. 主桁ウェブ鉄筋のプレファブ化

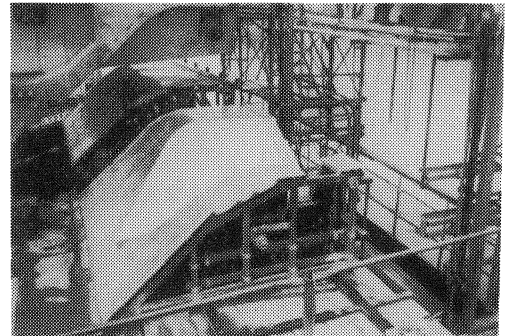


写真-4. 斜材定着部の収納式型枠

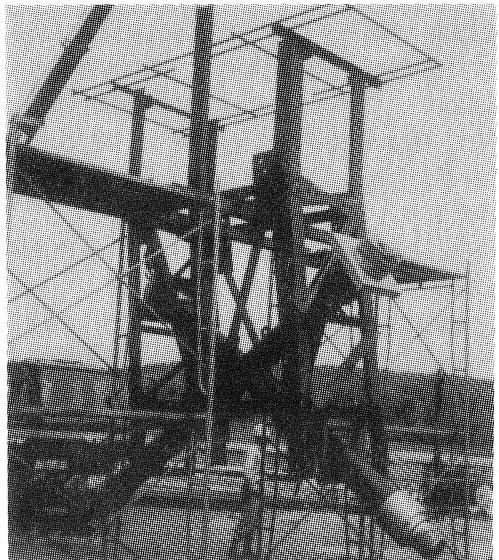


写真-5. 主塔部のプレファブ化

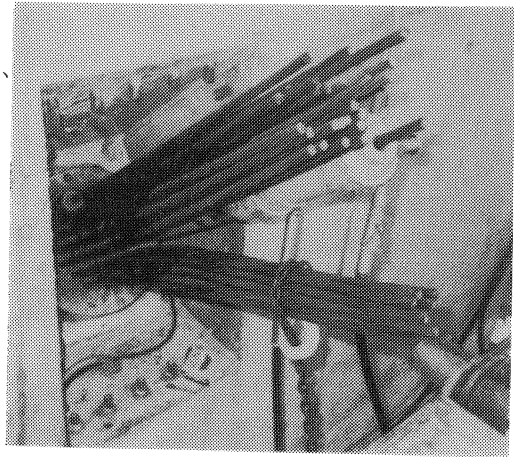
#### 4. 斜材ケーブルの施工

##### 4-1. 斜材の施工

本橋の斜材にはフレシナーHシステム(27H15,37H15)、斜材保護管にはPE管が採用された。

斜材の架設・緊張は下記の手順で行った。

- ①当該ブロックから次ブロックにワーゲン移動後、橋面上でPE管をバットウェルディング溶着する。
- ②1本目のケーブルを主塔側より挿入・緊張することでPE管のサグを取る。
- ③2本目以降のケーブルを橋面上に固定したプッシングマシンを用いて主塔側より順次挿入し、仮止めする。
- ④シングルストランドジャッキ(φ15.2用)を用いて、緊張定着する。(写真一6)



写真一6. 斜材緊張状況

##### 4-2. 架設中の張力調整(1次調整)

シングルストランドジャッキを用いて1本毎に緊張を行うと、既に緊張・定着したケーブルは後で緊張したケーブルによって主塔主桁が変形し張力が低下する。このため2本目ケーブルに荷重計を設置し、張力計測値と予測値との差を確認しながら緊張作業を順次実施した。

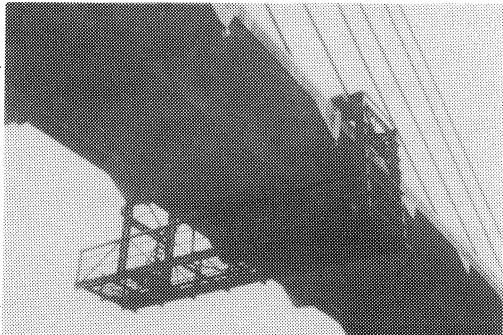
架設中の張力調整は原則的に先端ケーブル1組のみを対象とした。したがって、前述した斜材緊張の際にケーブル張力以外に主桁たわみ実測値との比較を行い、最適張力値を算出した。6月現在、発生斜材張力と設計値との誤差は最大5%~10%となっており、概ね設計値通りとなっている。

##### 4-3. 最終張力調整(2次調整)

中央閉合後に実施する最終張力調整は、主桁に設置した緊張台車(写真一7)より一括緊張可能な大型ジャッキを用いて主塔橋軸、橋軸直角方向に対称に実施する。

調整力は、その時点までの主桁たわみ誤差を考慮して、目標たわみ量を求め、設計上の斜材張力・主桁コンクリート応力度との誤差が±5%以内に収まるように最適調整張力を算出する。

現在のところ残りケーブルは1本であり、最終調整に備えてシミュレーション計算を実施している。



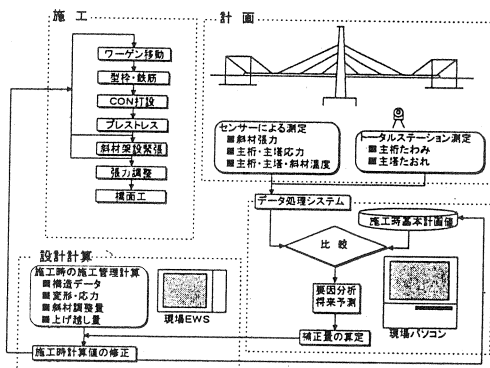
写真一7. 緊張台車

#### 5. 情報化施工

斜張橋は橋長に比べて主桁桁高が低いいため主桁の剛性が低く、温度変化・荷重変動他の要因による主桁・主塔のたわみ変化が大きい。したがって、施工中動態観測を行いながら各変化要因に対する影響値と比較し、各要因の誤差を把握する必要がある。そして、必要に応じて上げ越し量や斜材導入張力の補正を行う必要がある。

このために図一5に示すような施工管理システムを構築し、施工管理の合理化を図った。

本施工管理システムの機能およびそのフローを図一6に示す。



図一5. 施工管理システム

5-1.主桁上げ越し管理

張出し架設、特に斜張橋のような主桁剛性の低い場合、主桁のたわみは最重要管理項目となる。

ここで主桁たわみ管理は、大きく2つに分かれる。

- ① レベル測量を用いた全測点の絶対高さを計測・把握する。
- ② 電子レベルを用いて計測した主桁先端における高さを、各架設段階の荷重変動毎の相対変位に着目して計測・把握する。

1) レベル測量による全測点の絶対高さ

残り斜材1本となった6月現在、図-7に示すような橋面高さを示し、施工管理目標値±50mm以内で推移している。斜材定着具や主桁内連続ケーブル用シースの配置による控除のため、実際のコンクリート打設量は設計値より少なくなり、自重が小さくなっている。このため、自重によるたわみ量も張出しが進むに連れて設計値と比較して小さくなり、設計調整張力よりも5~10%減少変更した。

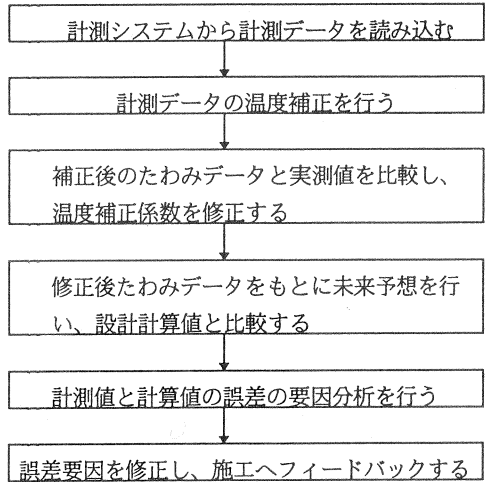


図-6. 施工管理システムの機能およびフロー

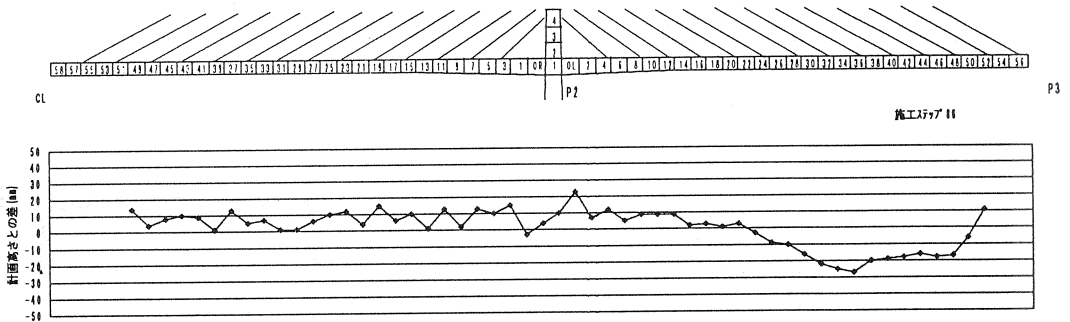


図-7. 架設中の橋面高さ誤差

2) 各架設段階の荷重変動毎の相対変位

たわみ量に影響を及ぼす因子として、①温度変化、②コンクリート自重、③斜材張力、④ワーゲン自重、⑤コンクリートの弾性係数、⑥桁内プレストレス量などが挙げられる。これらに対して、各荷重毎の架設段階毎に生じるたわみ変化量が(例えば1ブロックのコンクリート打設、2ブロックのコンクリート打設)設計値と異なる場合は、その因子に対して誤差が生じることとなり誤差発見時点に上げ越し量の補正を行うこととなる。このような形で誤差要因分析を行い、適時施工にフィードバックし、高精度で張出し施工を進めている。図-8にその1例を示す。

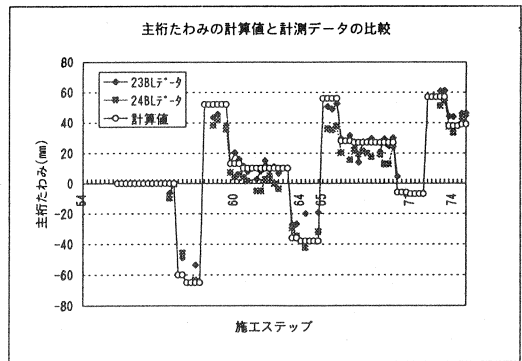


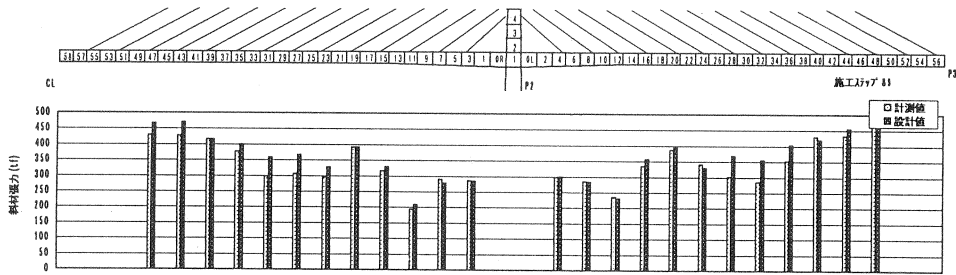
図-8. 荷重変化毎の主桁たわみ変化

5-2.斜材張力管理

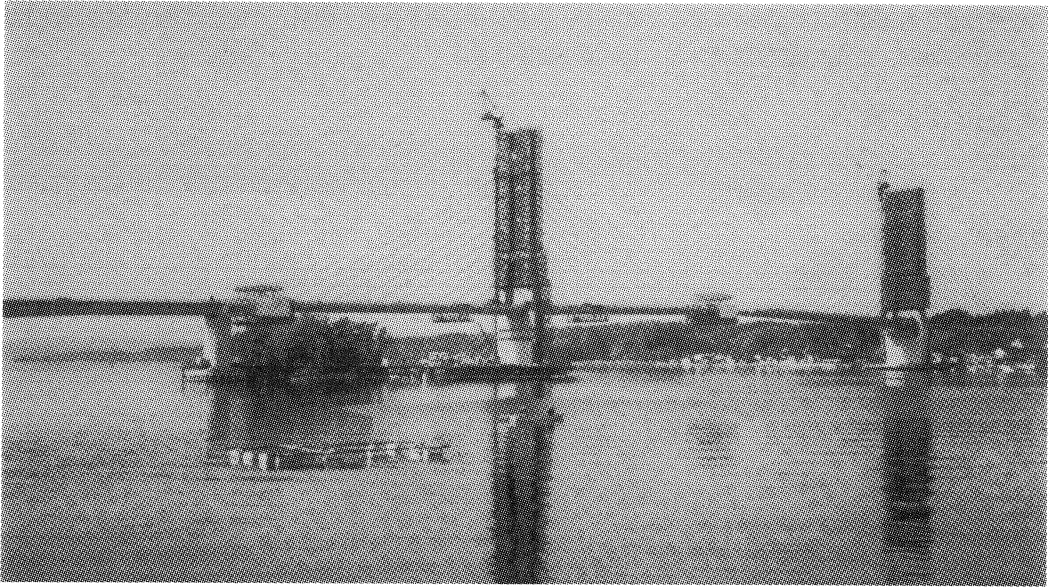
架設中の斜材張力管理は、各斜材に設置した荷重計の値から理論上推定して求めている。

図一9に12段目の発生斜材張力を示す。コンクリート自重の誤差が影響し始める5段目斜材付近までは±5%程度の範囲にあったが、それ以降は張力の補正を行ったために、±20%程度の誤差が発生している。

これらの誤差は閉合後の最終張力調整の際に、修正する予定であり、最終的には施工管理目標値±5%に収束する予定である。



図一9. 架設中の斜材発生張力



写真一9. 施工状況

## 6. おわりに

能登島農道橋は、本講演時点では閉合・最終張力調整が終わっている予定である。平成6年の斜張橋部着工以来、仮栈橋の基礎杭打設から始まり、鋼管井筒基礎の鋼管杭打設と急峻な海底地形の影響もあり、下部工工事は困難をともなった。その後の上部工工事においても、冬期の北陸特有の悪天候の中、決して容易な工事ではなく幾多の困難に出会ったが、「輪は力なり」のもと関係者の強固なチームワークにより、現在高精度な施工管理が実現している。

最後に施工にあたり、御指導御尽力を頂いた技術検討委員会の諸先生方および関係各位の皆様にご誌上をかりて感謝の意を表します。