

(69) 西3条架道橋の施工

北海道旅客鉄道(株)	工務部	正会員	吉野伸一
北海道旅客鉄道(株)	工務部		○小澤直正
鉄建建設(株)	札幌支店		山崎光雄
鉄建建設(株)	広島支店	正会員	菅野信之

1. はじめに

帯広市内を走るJR根室本線は、碁盤目状に整備された市街地を南北に斜めに分断しており、踏切での慢性的な交通渋滞を引き起こすと共に、市街地の均衡ある発展を阻害している。よって、これらの解消を図る目的で、JR根室本線帯広駅付近連続立体交差工事が計画された。このうち帯広駅西側アプローチ部には、都市計画道路との交差点が生じるため、長大橋の採用が計画され、経済性、景観性を加味し各種構造形式による比較検討を行った結果、経済的にも有利で都市のランドマーク的機能を併せ持つ2径間連続PC斜張橋が採用された。

本橋は、斜材にプレストレストコンクリートを採用し、広幅員でかつ大きな幅員変化を伴う構造である。また、斜材ケーブルを主塔で定着せず、主桁定着とし、主塔部をスルー構造としている点に特徴がある。

斜材にプレストレストコンクリートを採用した斜張橋の施工実績は少なく、施工中の橋梁を除くと国内の施工実績は、三陸鉄道北リアス線の小本川橋梁のみである。

本論文では、本橋の施工にあたり構造上高い施工精度が要求される斜材部の施工、および施工中の応力管理について報告するものである。

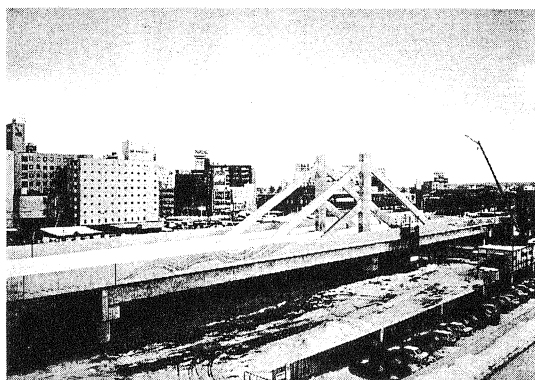


写真-1 完成写真

2. 工事概要

本橋の工事概要は以下に示すとおりである。

また、主要工事数量を表-1に示す。

工事名称：帯広高架西3工区

工事場所：北海道帯広市

橋種：プレストレストコンクリート鉄道橋

橋格：3級線(EA-17)

構造形式：上部工 2径間連続PC斜張橋

下部工 直接基礎

橋長：125.0m

支間：64.3m+59.3m

幅員：25.0m~32.6m

表-1 主要工事数量

	種別	仕様	単位	数量
主桁	コンクリート	f'ck=400kgf/cm ²	m ³	4,015
	鉄筋	SD345	t	365
	PC鋼材	12T12.7 SWPR7B	t	54
斜材	コンクリート	f'ck=500kgf/cm ²	m ³	227
	鉄筋	SD345	t	24
	PC鋼材	19T15.2 SWPR7B	t	62
主塔	コンクリート	f'ck=500kgf/cm ²	m ³	213
	鉄筋	SD345	t	25
下部一式	コンクリート	f'ck=270kgf/cm ²	m ³	2,953
	鉄筋	SD345	t	389
横桁	鉄筋	SD345	t	49
	PC鋼材	12T12.7 SWPR7B	t	16
上屋受梁	PC鋼材	1T21.8 SWPR19	t	1

3. 構造形式概要

本橋は、マルチケーブルタイプの斜張橋と比較して主桁の荷重分担率が大きく、単純桁とマルチケーブルタイプの斜張橋の中間的な構造形式となっている。また、PC斜材の採用により構造物全体の剛性を向上し、斜材の応力振幅を小さくすることが可能であることから、列車走行時のひずみを小さくする設計がなされている。さらに、斜材ケーブルは主塔に定着体を設置しないスルー構造としている。

本橋の構造形式および構造一般図(図-1)を以下に示す。

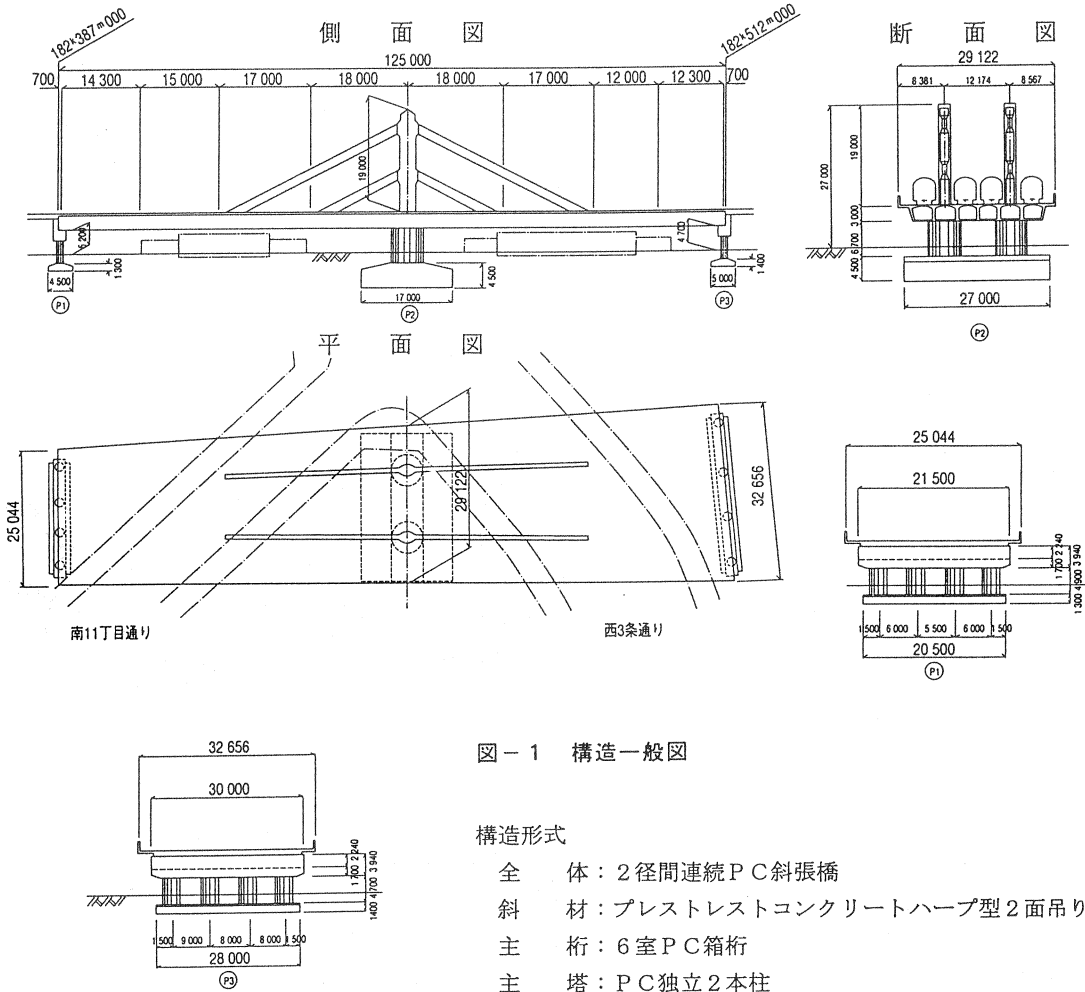


図-1 構造一般図

構造形式

- 全 体：2径間連続PC斜張橋
- 斜 材：プレストレストコンクリートハープ型2面吊り
- 主 桁：6室PC箱桁
- 主 塔：PC独立2本柱

4. 施工順序

本橋の施工は、固定式支保工によって行った。主桁は、7ブロックに分割してコンクリートを打設し、プレストレスを導入して斜材吊り点位置に設置した仮支柱に順次荷重を受け替える。主桁完成後に斜材にプレストレスを導入して構造系が完成する。

施工順序図(図-2)を以下に示す。

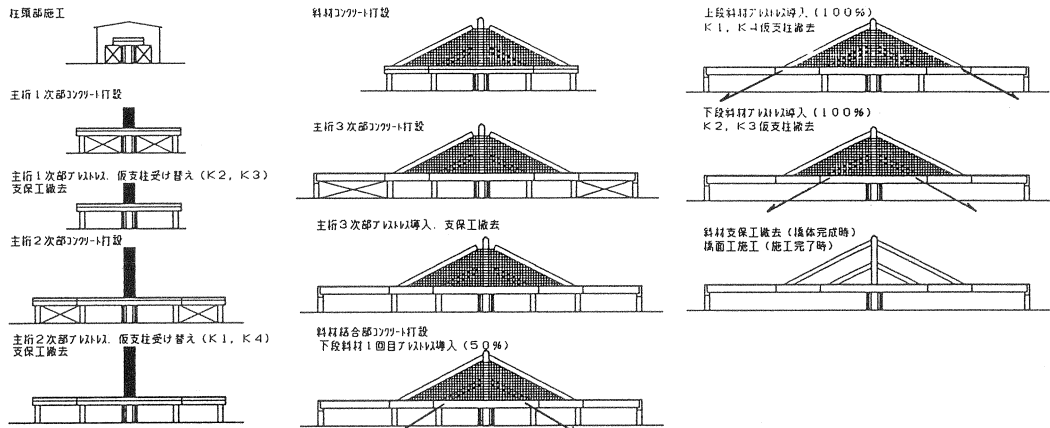


図-2 施工順序図

5. 斜材の施工および計測管理

本橋の斜材はP C部材であり、斜材ケーブルは、主塔に定着体を設けず主桁定着としており、主塔部はスルー構造となっている。この様な形式の斜張橋は、施工実績が少なく不確定要素が多いことから、本橋の斜材施工においては、コンクリートの打設方法・P C鋼材の挿入方法・グラウトの充填性等についてあらかじめ試験施工を行なった。また、実施工においては試験施工の結果を反映させると共に、主桁変位量の測定および斜材部に埋め込んだ計測器による応力度計測により①斜材緊張時に仮支柱で受け持っていた上部工反力を斜材が完全に負担し受け替えること、②斜材に設計計算上で仮定したプレストレスが導入されていることを確認することとした。以下に試験施工の結果および実施工における計測管理の結果を報告する。

5-1 試験施工

(1) 型枠選定・コンクリート打設試験

斜材天端は、コンクリート打設時に空気あばた等の発生が予想されるため、実物大の試験体を用い、数種類の透水性型枠による仕上がり状況を確認した。

試験体および使用型枠を図-3および表-2に示す。

(試験方法)

コンクリート打設は、コンクリートポンプ車を用いて、試験体の下部より順次上側に向けて行った。天端型枠は、下側よりコンクリート打設に従って取り付けた。また、コンクリート打設時にはφ40の高周波バイブレータと型枠バイブレータを2台ずつ併用した。

(結果)

コンクリートの充填性には特に問題がなく、ひび割れ等の発生はみられなかった。また、型枠材については、表-2区分④に示す型枠材による仕上がり が最も良好であった。

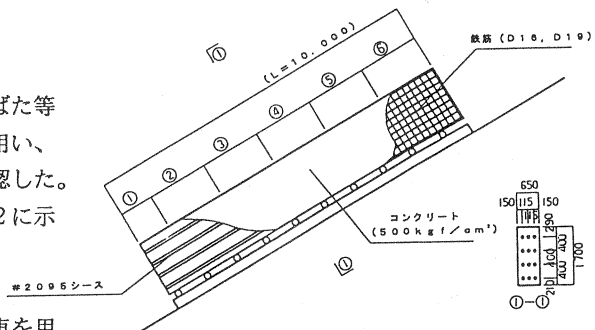


図-3 試験体概要図

表-2 使用型枠

区分	使用型枠	各型枠材の仕様
①	普通合板 ①	表面塗装処理を行ったもの ※打設後脱型して金こて仕上げ
②	普通合板 ②	表面塗装処理を行ったもの
③	透水性型枠①	アクリルポリマーと特殊繊維を組み合わせたもの
④	透水性型枠②	脱気・脱水型の布製型枠
⑤	透水性型枠③	表面にプラスチックの層を張った透水パネル

(2) P C 鋼線挿入試験

本橋は主塔がスルー構造であり、斜材ケーブルを主桁定着部からサドル部付近の曲線(R = 5 m)を通して反対側の主桁定着部まで挿入しなければならない。よって、P C 鋼材をダクト内(特に頭頂部の曲がり部)において所定の位置に配置できるかを確認する目的で、実物大のモデルを使用して挿入試験を行った。

以下に試験体および使用材料を示す。(図-4)、(表-3)

(試験方法)

ダクト(鋼管)を設計通りに配置し、P C 鋼材をプッシングマシンを使用して順次挿入した。また、P C 鋼線先端には、もぐり込み防止の目的で先端キャップを取り付けた。

(結果)

試験の結果、プッシングマシンの性能には問題なく、P C 鋼線の配置も挿入口、頭頂部ともに所定の位置に配置できた。また、もぐり込みやねじれは皆無であった。(写真-2)

表-3 使用材料

	使用材料	規格	単位	数量
①	P C 鋼より線	19T15.2 SWPR7B	t	0.89
②	プッシングマシン	TYPE B	台	1
③	鋼管	定尺 6.0m φ100	本	5
④	透明パイプ	カメライト A φ100	m	12.0

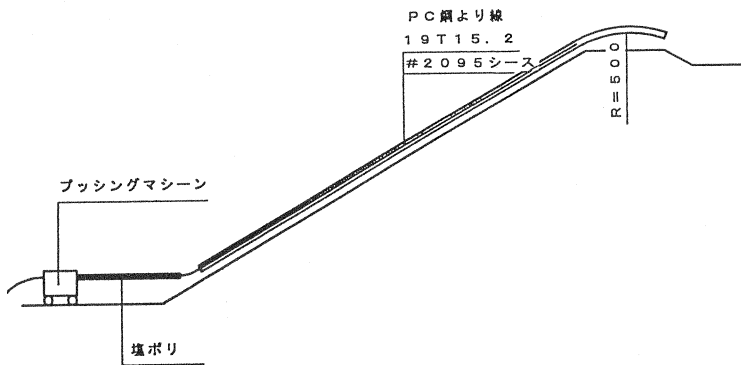


図-4 試験体概要図

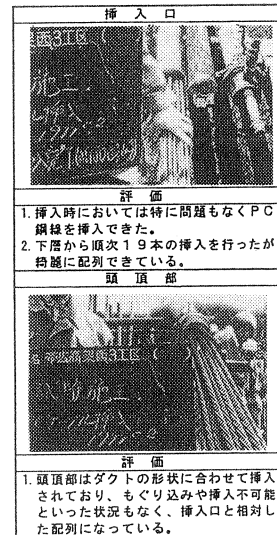


写真-2 P C 鋼材挿入状況

(3) P C グラウト注入試験

グラウト材の充填状況確認と注入方法、排気口の位置等を決定する目的で試験を行った。

(試験方法)

実物大のダクトモデルを設置し、2種類の混和剤によるP C グラウト(表-4)を使用して行った。グラウト材は定着部から頭頂部に向かって、15.0 l/minの速度で注入し、排気口は中間に2ヶ所、頭頂部に3ヶ所設置した。(図-5) また、グラウトポンプと注入口の間に流量計を設置するとともに、排気口付近に圧力計を設置してポンプの圧力とダクト内の圧力を測定した。

注入完了後、注入口圧力を5kgf/cm²に保持して注入バルブを閉じ、養生後にダクトの底部・中間部・頭部を切断し、充填性を確認した。

(結果)

両グラウト材とも非常に充填性が良く差異はみられなかった。よって、練り混ぜ時間が短く経済的なA剤を使用することとした。

試験の結果、注入速度は15.0 l/minとし、ポンプ圧は17.0 kgf/cm²と決定した。また、排気口閉鎖後の圧力は注入時と同様とすることとした。

実施工時は、2台のポンプを用いて主桁両側から同時に注入を行うため、主塔と斜材の付け根に排気口を設けて、左右のグラウトの高さ調整を行った後に、頂上部まで注入することとした。

表-4 PCグラウト

	種類	内 訳	単位	数量
①	グラウト材 A	セメント、水、混和剤	リットル	400.0
②	グラウト材 B	セメント、水、混和剤	リットル	200.0

区分	標準配合		単位量(1m ³ 当たり)		
	水セメント比 (%)	混和剤 C×%	セメント kg	水 kg	混和剤 g
①	45.0	1.0	80	36	800
②	45.0	1.2	80	36	960

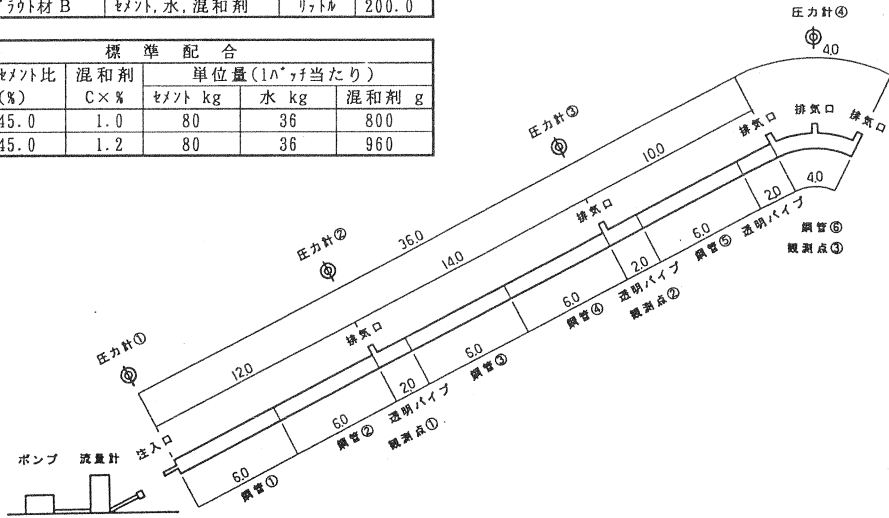


図-5 試験体概要図

5-2 計測管理

(1) 緊張方法

斜材ケーブルの緊張は、センターホールジャッキ 4台を同時に使用して主桁に対し偏心荷重を作用させないようにして行った。また、斜材緊張時には、主桁自重により斜材に曲げ応力が発生するため、検討の結果緊張順序を右図のようにした。(図-6)

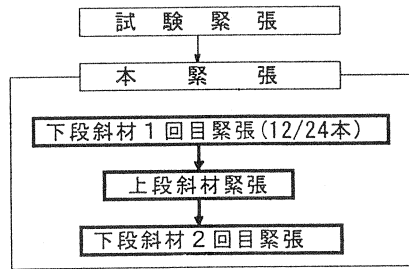


図-6 斜材緊張順序

(2) 計測器の配置および管理方法

管理方法は、主桁変位量を設計値と比較し、施工時応力度検討結果より求めた管理限界値内であるかを確認するものとし、結果がこの範囲外であった場合には、橋体各部に設置した計測器により測定した応力度を設計値と比較し、安全性を検証するものとした。

計測器は、右図(図-7)のように配置し、各計測器配置断面に対して、あらかじめ応力度の管理限界値を設定した。配置した計測器は以下の通りである。

表-5 計測器

計測器	数量	計測器	数量
有効応力計	32	熱電対	10
無応力計	32	電子レベル	2
ひずみ計	32	電子スタッフ	10
鉄筋計	20	傾斜計	4

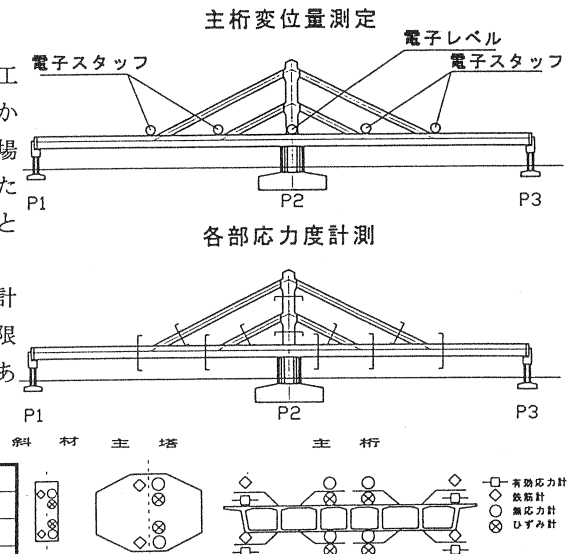


図-7 計測器配置図

(4) 計測結果

斜材緊張前後の主桁変位量および斜材緊張完了時の斜材・主塔・主桁応力度の計測結果を図-8に示す。

(主桁変位量)

主桁変位量は、主桁3次部施工完了時までは当初設定した管理限界値を充分満足しており特に問題は無いと思われた。しかしながら、斜材緊張完了時では、主桁変位量は管理限界値をはずれており、各部位に関して応力照査を行う必要があった。

主桁変位量が斜材緊張時に管理限界値をはずれた原因として以下の事項が考えられる。

- ①上段斜材がまだ若材令であった時期に緊張したため、コンクリートのヤング係数の違いにより上段斜材コンクリートの弾性短縮量に誤差が生じた。
- ②緊張時には、通常、鋼材の弾性係数のばらつきを考慮し、3%の割増緊張を行っている。

(応力度)

斜材緊張前は仮支柱、支保工等により主桁に拘束力が働いたため、計測値に若干のばらつきがみられる。斜材緊張後は、上段斜材付け根の変位量が設計値よりも大きくなっているため、斜材内側の主桁応力度が設計値より若干大きくなっているが、主桁は死荷重時、設計荷重時共に許容応力度の上限値に対して余裕があるため特に問題は無いと判断した。また、斜材緊張時の下段斜材応力度はほぼ設計値通りであった。上段斜材の応力度は設計値より若干大きくなっており、これに伴って主塔の応力度も設計値より大きくなっているが、上段斜材、主塔ともに許容応力度の上限値に対して余裕があり特に問題はない。

以上の結果、主桁変位は、設計値と等しいかそれ以上であり、また、斜材応力度も設計値を下回ることがなかったため、斜材緊張時に仮支柱で受け持っていた上部工反力を斜材が完全に負担し受け替えたこと、および設計で仮定したプレストレスが導入されていることを確認できた。

また、今回の計測により、施工時の安全性も充分確保することができた。

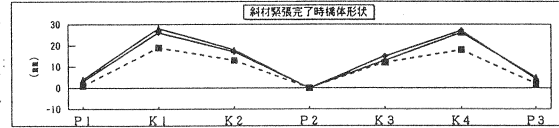
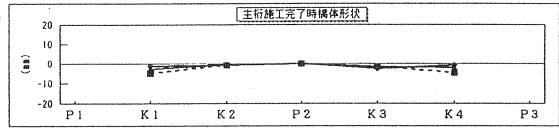
6. おわりに

本橋は、平成8年3月に本体工事を無事終了した。

現在、本橋と同形式のPC斜張橋として田沢湖線の第一玉川橋梁と東北本線の名取川橋梁が施工されておりこの状況をもて今後、このタイプのPC斜張橋は数多くの鉄道橋で採用されると思われる。本文が今後の設計・施工の参考となれば幸いである。

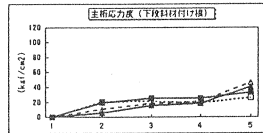
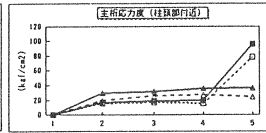
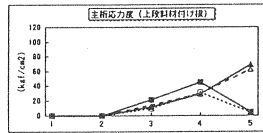
最後に、本橋の計画・設計・施工に対し、ご指導を頂いた北海道大学工学部角田教授、上田助教授、(財)鉄道総合技術研究所ならびに日本交通技術(株)の関係者の方々に深く謝意を表す次第である。

主桁変位量計測結果



※管理限界値は、各点変位の組み合わせによって決定しており、このうち最も少ない変位量で許容応力度を満足しなくなる値とした。(5mm)よって、管理限界値をはずれた場合、必ずしも許容応力度を満足しないケースとは限らず、この場合応力度の計測結果から、安全性を検証する必要がある。

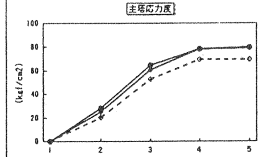
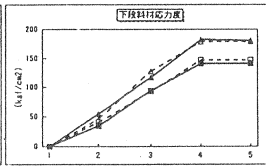
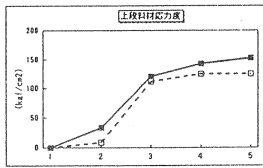
応力度計測結果(主桁)



■: 実測値(L)
▲: 実測値(R)
□: 設計値(L)
△: 設計値(R)

STEP1: 住居部完成時
STEP2: 主桁1回目施工完了
STEP3: 主桁2回目施工完了
STEP4: 主桁3回目施工完了
STEP5: 斜材緊張時

応力度計測結果(斜材・主塔)



■: 実測値(L)
▲: 実測値(R)
□: 設計値(L)
△: 設計値(R)

STEP1: 主桁完成
STEP2: 下段斜材1回目緊張
STEP3: 上段斜材緊張
STEP4: 下段斜材2回目緊張
STEP5: 支保工撤去

図-8 計測結果