

VI-7

士狩大橋における大偏心外ケーブルの施工と計測

北海道開発局 帯広開発建設部	阿部 富次
北海道開発局 帯広開発建設部	池田 博
鹿島 土木設計本部 第二設計部	正会員 山本 徹
鹿島 札幌支店	正会員 池田 隆
鹿島・オリエンタル・ピー・エスJV	正会員 一宮 利通
鹿島・オリエンタル・ピー・エスJV	〇正会員 山岸 隆史

1. はじめに

士狩大橋は、橋長 610m、最大支間 140m の大偏心外ケーブル方式（エクストラドーズド）PC 5 径間連続箱桁橋である。この形式は、構造的に桁橋と斜張橋の中間的な特徴を備えており、経済的に有利であること、日高山脈の山並みと調和して景観性に優れることから採用された。

大偏心外ケーブルは一面吊り構造の並列ケーブルであり、偏向塔で交差定着されている。10 段ある大偏心外ケーブルのうち、上 7 段は通常の斜材として、下 3 段は連続ケーブルとして用いられており、他橋に類を見ない特徴的な配置である（図-1）。また、本橋では、技術検討委員会（委員長：北海道大学角田教授）を設置して、大偏心外ケーブルのフレットング疲労対策や、緊張によって定着部および偏向部付近に生じる応力状態の解析による検討および計測による確認等を行なっている¹⁾。

ここでは、大偏心外ケーブルの施工方法および緊張時に行った計測結果について報告する。

2. 外ケーブルの構造

本橋では、桁内外ケーブル、大偏心定着外ケーブルおよび大偏心連続外ケーブルの 3 種類の外ケーブルがあり（図-1）、全て 19S15.2 を使用している。10 段ある大偏心外ケーブルの内、上 7 段は偏向塔および主桁で定着される大偏心定着外ケーブルであり、張出施工中に緊張されるものである。下 3 段は床版を通過してボックス内で偏向され、隣接する 2 つの偏向塔で定着される大偏心連続外ケーブルであり、主桁連結後の支間の正曲げと支点上の負曲げに対し合理的に配置したものである。

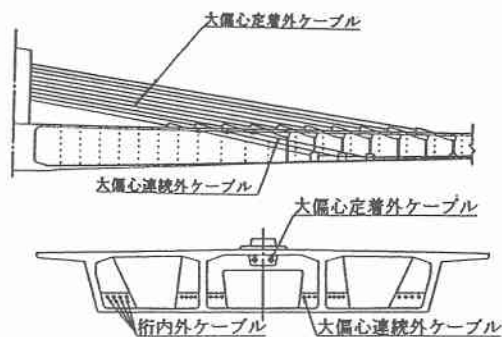


図-1 外ケーブルの配置

外ケーブルの防錆仕様は、裸線を PE 管に挿入し、緊張後セメントグラウトを注入するものである。PE 管は、エアだまりを防止してグラウトの充填性を確保するため、直線部は肉厚 5mm の PE 管内面に高さ 5mm の螺旋状の突起を設けたもの、曲線部は PC 鋼材が片寄り重なっても裏側からグラウトが回り込むように、肉厚 10.5mm の PE 管に深さ 5mm の螺旋状の溝を設けたものを用いた。

また、フレットング疲労対策として、PC 鋼材の配置精度を高め、交差重なりを防ぐために偏向部および偏向塔の出口にスパーサを配置した（図-2）。スパーサは軟質ポリエチレン性で、PC 鋼材を挿入するための孔のほかにグラウト用の孔が設けられている。

Construction and Measurement of Extradosed Cables

Tomiji ABE, Hiroshi IKEDA, Toru YAMAMOTO, Takashi IKEDA, Toshimichi ICHINOMIYA and Takafumi YAMAGISHI

3. 大偏心定着外ケーブルの施工および計測

3-1 大偏心定着外ケーブルの施工

ケーブルの架設は、杵組足場でPE管を支持し、橋面上に据付けたプッシングマシンによって偏向塔側からPC鋼材を挿入して行った。PC鋼材の配置精度を確保するため、アンカーディスクの孔と同位置のスペーサの孔にPC鋼材を通すようにし、また、曲線部での交差重なりを防ぐため下側から順に挿入した。

大偏心定着外ケーブルは、偏向塔で上に凸の形状で曲線配置され、主桁側で直線配置されているため、自由長部の張力を効率よく導入できるように主桁側ボックス内での緊張となっている。定着端はブロック端から50cmと新設ブロックに近く、重量の大きいマルチストランドジャッキをセットするための空間が確保できないことから、特殊なラムチェアを用いてシングルストランドジャッキで1本ずつ緊張した(写真-1)。本ケーブルの配置形状が上に凸のみであることから、PC鋼材の交差重なりを防ぐために、下側のPC鋼材から順に1本ずつ緊張することとした。

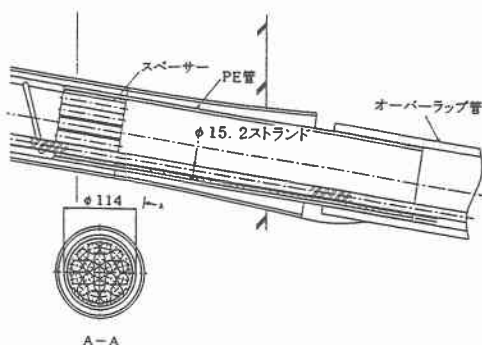


図-2 スペーサ配置状況

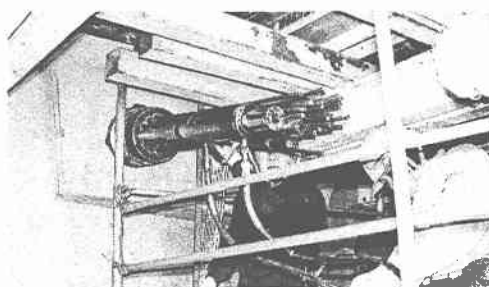


写真-1 シングルストランドジャッキによる緊張状況

3-2 大偏心定着外ケーブルの計測

本橋は一面吊りで、中央ボックスの床版下面に定着突起が配置されており、中央ボックスには隔壁が設けられている。隔壁にはケーブルの緊張力が面外方向に作用するが、応力伝達状況および引張応力に対する補強を検討するために、立体FEM解析を行っている¹⁾。そこで、その妥当性を確認するために、本ケーブル緊張時における隔壁の応力状態を3軸ひずみゲージを用いて計測した。

計測値と解析値の比較を図-3に示す。図は引張応力が大きい定着体の背面側のものである。荷重作用位置付近では主応力の方向および大きさが計測と解析で若干異なるが、その他の領域では同様な傾向を示して

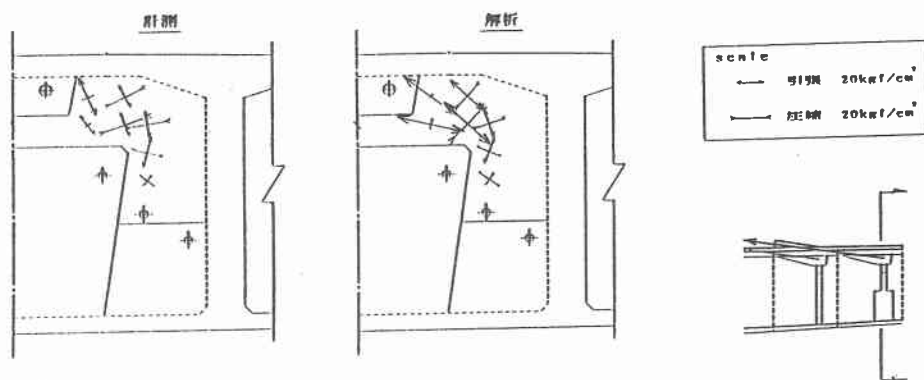


図-3 隔壁表面の応力状態

いる。引張応力の最大値は定着体横の位置で計測値が 31kgf/cm^2 、解析値が 46kgf/cm^2 であった。

隔壁部は形状が複雑であり、応力状態も複雑であるため、解析値はモデル化の影響を受けやすい。また、計測値については、ゲージ長や計測位置のずれなどの影響を受ける。これらを考慮すると、計測と解析はよく一致しており、立体FEM解析および解析を基に決定した補強は妥当なものであったといえる。また、緊張後、隔壁の表面を調査した結果、有害なひび割れは発生していなかった。

4. 大偏心連続外ケーブルの施工および計測

4-1 大偏心連続外ケーブルの施工

ケーブルの架設は、大偏心定着外ケーブルと同様PE管を支持架台に敷設し、橋面上に据付けた1台のプッシングマシンによってストランドを下から順番に挿入した。大偏心連続外ケーブルは偏向塔内部、床版通過部およびボックス内偏向部の6箇所で偏向されており、10個のスペーサを通過している。また、ケーブル長は約145m、最大高低差は約7mあるが、特に問題無く挿入することができた。

緊張は両引きで行なったが、上に凸および下に凸の形状があるだけでなく水平方向にも偏向されているため、マルチストランドジャッキを用いて緊張した。1径間に6本の大偏心外ケーブルがあるが、同一径間のケーブルを2本連続して緊張すると、条件によっては偏向塔の下端に許容値を超える応力度が生じるため、緊張と移動を繰返す必要がある。ジャッキの重量は約700kgあり、ジャッキセットおよび運搬が容易でないため、橋面上を4.9t吊りのクローラークレーンを走行させて、ジャッキセットおよび運搬を行なった。表-1に緊張順序およびジャッキの移動要領を示す。クローラークレーンおよびジャッキは3台使用し、2台で緊張作業を行っている間に1台が移動作業を行なった。ジャッキセットの状況を写真-2に示す。

4-2 緊張時の計測

大偏心連続外ケーブルは通常の外ケーブルに比べて偏向角が大きく、偏向箇所も多いため摩擦の影響を受け易いと考えられる。そこで、設計で仮定した張力が導入されていることを確認するために、偏向部前後のケーブル張力を計測して摩擦の影響を調べた。

計測位置を図-4に示す。導入力はマノメーターで油圧を計測して求め、中間のケーブル張力はケーブルの上下左右にあたる4箇所の素線のひずみをひずみゲージで計測することによって求めた。あらかじめストランド1本の張力と素線のひずみの関係を引張り試験により求めておいて、4箇所の素線のひずみの平均値

表-1 緊張順序

緊張 順序	A1	P1	P2	P3	P4	A2
1		B	-	A	(C)	
2			A	-	C	(B)
3				C	-	B (A)
4				(C)	B	- A
5			(A)	C	-	B
6		(B)	A	-	C	
7	(C)	B	-	A		
8	C	-	B	(A)		
9	C	-	B	(A)		
10		B	-	A	(C)	
11			A	-	C	(B)
12				C	-	B (A)
13				(C)	B	- A
14				(C)	B	- A
15			(A)	C	-	B
16		(B)	A	-	C	
17	(C)	B	-	A		
18	C	-	B	(A)		
19	C	-	B	(A)		
20		B	-	A	(C)	
21			A	-	C	(B)
22				C	-	B (A)
23				(C)	B	- A
24				(C)	B	- A
25				(C)	B	- A
26			(A)	C	-	B
27		(B)	A	-	C	
28	(C)	B	-	A		
29	C	-	B	(A)		
30	C	-	B	(A)		

注) A, B, Cはジャッキ、-は緊張中、()は運搬中を表わす。

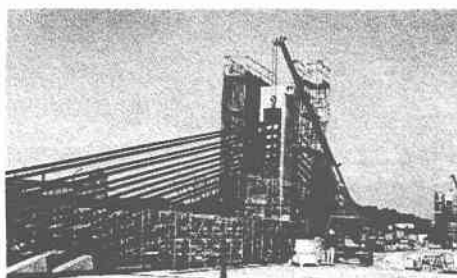


写真-2 クローラークレーンによるジャッキセット

を用いてケーブル張力に換算した。

最終緊張力の半分を超えたところでスパーサの位置を修正したため、計測結果としては、それ以前のデータを用いた。最終緊張力の半分まで緊張した場合の導入力分布を図-5に示す。角変化に関する摩擦係数が0.1、0.2、0.3の場合の緊張計算結果も合わせて示す。また、計測結果から各偏向箇所における摩擦係数を逆算した結果を表-2に示す。ただし、偏向塔前後の張力変化のデータはジャッキ内部の摩擦による張力損失を2%と仮定したもので、誤差を含んでいる可能性があるため、表-2には床版通過部およびボックス内偏向部のデータのみ示す。

床版通過部では摩擦係数は0.20であるが、ボックス内偏向部では張力変化が大きく、摩擦係数は0.46に相当する。摩擦係数の違いは、曲げ半径、偏向角などの違いによるものと思われる。

施工における緊張管理は通常の外ケーブルと同様、導入力とP C鋼材の伸びの関係をあらかじめ緊張計算で求めておき、所定の導入力を与えた場合のP C鋼材の伸び誤差が5%以内であることを確認することにより行なった。設計における緊張計算では、角変化に関する摩擦係数を0.3としているが、緊張時の伸び誤差は+3.6%であり、これは見かけの摩擦係数が0.2であることに相当する。

今回の計測では、原因は特定できなかったが、曲げ半径や偏向角の違いによって摩擦係数が異なる可能性があることがわかった。本橋の大偏心連続外ケーブルに関しては、図-5における計測値が、摩擦係数を0.3とした場合の設計値を全ての箇所上で上回っていることから、設計で仮定した導入力は全ての設計断面において確保されていると考えられる。

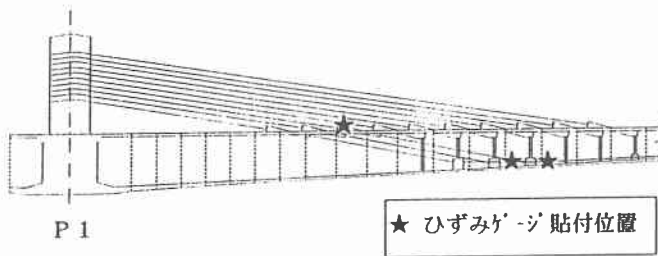


図-4 計測位置図

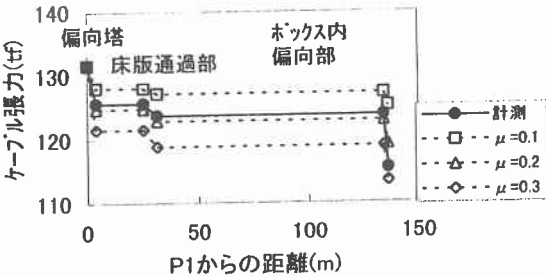


図-5 張力分布

表-2 偏向部の摩擦係数

偏向箇所	床版通過部	桁内偏向部
曲げ半径(m)	8	3
偏向角(°)	4.2	9.2
摩擦係数	0.20	0.46

5. おわりに

平成11年11月現在、全ての外ケーブルの緊張およびグラウトを終了し、本体工事を終えたところであり、来年度は橋面工の施工を行なう予定である。

参考文献

- 1) 渡邊、他：土狩大橋の計画と設計、プレストレストコンクリート vol.39, No.2, 1997.3