

V-86 外ケーブルの摩擦測定

鉄道建設公団 正員 金森 真
 同 正員 斉藤 三男
 同 水嶋 浩治

1. 測定の目的

我国において、建設時から外ケーブル方式を採用したPC桁は、PRC桁も含めて数橋に過ぎず、外ケーブルの向きを変える部分(変向部と記す)における摩擦係数は、直線配置の外ケーブルが多いこともあり、実橋における測定例は少ない。

今回、外ケーブル方式の実橋を施工し、試験緊張により変向部の摩擦係数を測定できたので、今後の設計の参考になると思われるので報告する。

2. 測定橋梁

鉄道建設公団では土佐くろしお鉄道線の宿毛線(高知県宿毛市~中村市間延長2.4km)において、図-1、図-2に示す四万十川橋梁(スパン 70.4m 7径間)に、桁断面を縮小し自重を軽減する目的で通常のケーブルと外ケーブルを併用した設計を行なった。

外ケーブルの使用割合は、全ケーブルを外ケーブルにすると終局耐力が不足するので、所要の終局耐力が確保できる範囲としたため、各断面において全ケーブルの30%以下となった。

中間支点上 径間中央

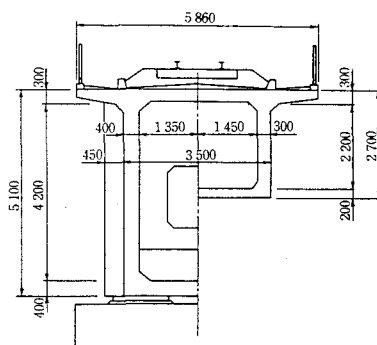


図-1 断面図

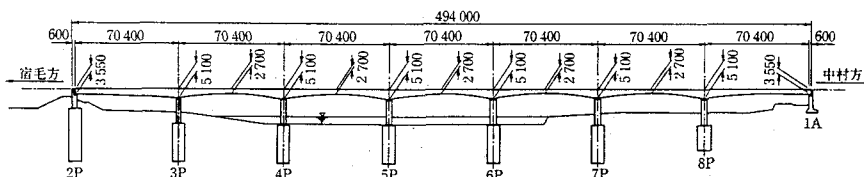


図-2 側面図

3. 外ケーブルおよび変向部の構造

外ケーブルは、セット量の少ないフレシネーVシステム12V15、2mmを用いた。変向部は、支点部および隔壁部に設け、半径8mに曲げ加工した亜鉛メッキ鋼管を埋め込み、所要の曲げ上げ角度を確保した。変向部から変向部までは亜鉛メッキ鋼管で接続し、要所に伸縮継手を配置した。PCケーブル緊張後、PCグラウトを注入し、腐食防止と振動防止を図っている。

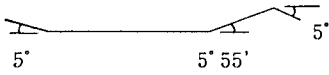
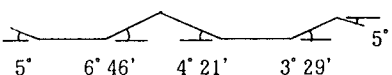
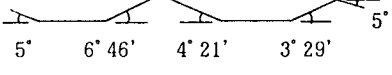
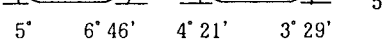
この部分において、通常の摩擦係数ではPCケーブルは滑らないと考えられたため固定とした。これは、列車荷重が比較的小さい(列車荷重によるケーブルの応力変動は 1.6 kgf/mm^2)ため変向部の左右でのPCケーブルの応力差が小さいことなど、この橋梁についてのみあてはまることであり、外ケーブル方式に共通のことではない。

なお、PCケーブルは、桁連結終了後、ケーブル保護管を設置してから挿入したため、極めて良い状態であった。

4. 測定方法および結果

試験緊張は2種類の形状のPCケーブルを各々2本ずつ計4本について実施した。方法は緊張側、非緊張側の両方にジャッキをセットし、緊張側のみで緊張し反対側のジャッキにいくら伝達されるかによった。緊張は受圧面積426cm²のジャッキで50kg/cm²毎に行なったが、最終の550kg/cm²の結果を表-1に示す。

表-1 試験緊張結果

ケーブル No.	緊張 方向	P1 kgf/cm ²	P2 kgf/cm ²	角変化(α)		長さ (m)
				ケーブル形状	ラジアン	
1	中村市方	550	454	$5^{\circ} + 5^{\circ} 55' \times 2 + 5^{\circ} = 21^{\circ} 50'$ 	0.381	73.1
	宿毛市方	550	438			
2	中村市方	550	487	$(5^{\circ} + 6^{\circ} 46' + 4^{\circ} 21' + 3^{\circ} 29') \times 2 = 39^{\circ} 12'$ 	0.684	144
	宿毛市方	550	428			
3	中村市方	550	413	$(5^{\circ} + 6^{\circ} 46' + 4^{\circ} 21' + 3^{\circ} 29') \times 2 = 39^{\circ} 12'$ 	0.684	144
	宿毛市方	550	428			
4	中村市方	550	410	$(5^{\circ} + 6^{\circ} 46' + 4^{\circ} 21' + 3^{\circ} 29') \times 2 = 39^{\circ} 12'$ 	0.684	144
	宿毛市方	550	411			

5. 考察

緊張力の損失ΔPは一般に次式で表わされる。

$$\Delta P = P1 - P2 = P1 \cdot (1 - e^{-(\mu \alpha + \lambda l)})$$

ここに、

- P1 : 緊張側ジャッキによる緊張力
- P2 : 非緊張側ジャッキに生じる反力
- μ : 角変化1ラジアンあたりの摩擦係数
- α : 角変化(ラジアン)
- λ : 緊張材の長さ1mあたりの摩擦損失
- l : 緊張材の長さ(m)

上式において外ケーブルなので長さによる摩擦損失がないものとして、μを求めると表-2のようになる。ただし、PC鋼材は定着部および変向部でシーブと接するので、長さによる損失をλ=0.004(1mあたり)として考慮すると、表-2の値よりケーブルNo. 1, 2は約0.02、No. 3, 4は約0.03小さくなる。

表-2 摩擦係数(1ラジアンあたり)の推定

ケーブル No.	緊張 方向	摩擦係数	摩擦係数 の平均
1	中村市方	0.504	0.459
	宿毛市方	0.598	
2	中村市方	0.319	0.459
	宿毛市方	0.413	
3	中村市方	0.419	0.411
	宿毛市方	0.367	
4	中村市方	0.430	0.411
	宿毛市方	0.426	

総平均 0.435

6. まとめ

今回のように、PC鋼より線と亜鉛メッキ鋼管を用いた変向部の角度による摩擦係数は「0.45」程度の値を設計上考慮しておく必要があると考えられる。