

首都高速道路公団 正員 山崎和夫

首都高速道路公団 正員 ○桜井 順

川重・櫻田・東骨JV 正員 森本千秋

1. まえがき

斜張橋のケーブルは、ケーブルが持つ曲げ剛性のため、ソケット近傍において2次応力が発生する。2次応力は、製作架設誤差によってソケット前面がケーブル進入方向と直交しないことで生じる応力や、活荷重に代表される後荷重によるケーブルサグの変化によりケーブル進入角度が変化して生じる応力がある。とりわけ活荷重による2次応力は、その算定方法、評価方法について、十分に確立されておらず、構造的な2次応力の低減の方策を施すことが望ましい。

本稿は、現在架設中である首都高速道路葛飾江戸川線「S字形曲線斜張橋(仮称)」(図-1)のケーブル緩衝装置(2次応力の低減装置)の設計に伴い行なった一連の検討のうち、緩衝材料の物性試験結果について報告するものである。

2. 緩衝装置の構造と2次応力低減のメカニズム

緩衝装置の構造としては、ケーブル定着部の近傍に弾性支持機構を設けるのが一般的である。本橋の場合緩衝装置は図-2に示すように、緩衝材料を内挿した半割形の鋼製円環により、主桁方および塔方定着部近傍を支持する構造としている。

この構造をモデル化すると図-3のようになる。このモデルでケーブルに張力 T が作用するとその支配方程式は以下で示される。

$$EI d^2 y / dx^2 = Ty - P (\ell - x) \dots \dots \dots [A \sim B \text{間}]$$

$$EI d^2 y / dx^2 = Ty \dots \dots \dots [B \sim C \text{間}]$$

上記を解くことにより、緩衝装置のバネ定数 $K = P / \delta$ をパラメーターに、A点、B点の応力度 σ_A 、 σ_B を算出すると図-4の関係を得る。図-4における2本の曲線の交点、つまり $\sigma_A = \sigma_B$ となるようにバネ定数を設定すればケーブル全体としての2次応力の最大値は最も低減されることになる。

3. 緩衝材料の物性試験

ケーブルを弾性支持するための緩衝材料としては、弾性シール材(現場でシール加工を行うもの)、ゴム(プレキャスト型のもの)、ゴムとエポキシ樹脂(現場注入)との複合構造等が考えられる。したがってここでは、緩衝材料の基本的な物性を知るために、弾性シール材(H社製)およびクロロブレンゴムについて引張強さ、静的せん断弾性率、耐オゾン性等についての試験を行なった。

1) 試験方法および試験項目

試験方法は、加硫ゴムの物理試験方法(JISK6301)および防振ゴムの材料(JISK6386)によるものとした。また、試験項目は表-1に示すとおりである。

2) 試験結果

表-2に試験結果の一覧を示す。

表より、永久伸びを除いて、引張強さ、伸びについては、クロロブレンゴムが弾性シール材を大きく上回っており、弾性材料としてはクロロブレンゴムの方が優れていると言える。

低伸長応力試験では、25%伸長時の応力 σ_{25} を測定し、ゴム状弾性理論により導かれる次式により静的せん断弾性率 G を求めている。

$$G = 1.639 \sigma_{25}$$

一方、弾性シール材およびクロロブレンゴムの配合静的せん断弾性率(設計値)はそれぞれ、 $G_s = 4.75 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $G_c = 5.0 \text{ kgf/cm}^2$ であり、相方とも試験結果は設定した静的せん断弾性率とは1割弱の開きがある。また、硬さ試験により得られた結果から、せん断弾性率 G を次式により求めることもできるが低伸長応力試験の結果とは一致しない。

$$H_s = 100 \times (G - 0.53) / (G + 7.77) \quad H_s: \text{硬さ試験により得られるゴムの硬さ}$$

また、永久圧縮ひずみ試験では、加熱圧縮による残留ひずみが測定される。試験結果は、弾性シール材が高温下での使用に問題があることを示している。

さらにオゾン劣化試験では、自動車の排気ガス等により生成されるオゾンに対して、クロロブレンゴムの方が優位であることが示された。

4. 考察とまとめ

緩衝材料の物性試験結果より、弾性シール材とクロロブレンゴムの物性を比較すると、緩衝材料として必要と考えられる多くの項目でクロロブレンゴムの方が良い試験データが得られた。しかしながら、せん断弾性率に関しては両材料とも設計値と試験値が1割弱の差を示しており、また試験方法によっても異なることから、緩衝装置のバネ定数の設定にその誤差を考慮しなければならないものと思われる。

表-1 物性試験方法

試験名	試験方法
引張試験	ダンベル状打ち抜き試験片を500mm/minの速度で引張り、切断に至る最大応力および切断時の伸びを測定する。
永久伸び試験	同上試験片を前項で測定した伸びの1/2に相当する長さまで引張り、10分間保持した後急に収縮させ10分後の伸びを測定する。
低伸長応力試験	たんざく状試験片を50mm/minの速度で引張り、25%伸長状態で保持し、30秒経過後の応力を測定する。
硬さ試験	円盤形試験片により、スプリング式硬さ試験機を用い、硬さを測定する。
圧縮永久ひずみ試験	直円柱形試験片を温度70℃、加熱圧縮時間22時間、圧縮率25%で加熱圧縮を行い、除荷後の残留ひずみを測定する。
オゾン劣化試験	ダンベル状伸長試験片を、濃度50PPMのオゾン露に暴露し、電位の状態を観察する。

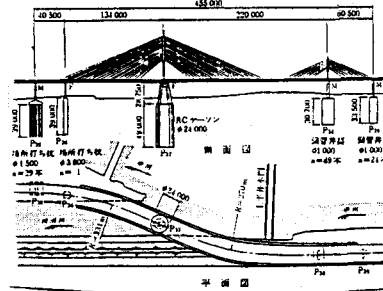


図-1 S字形曲線斜張橋の側平面図

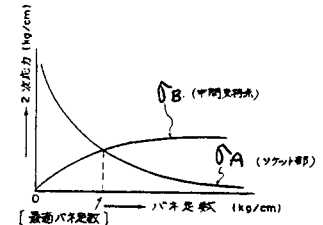


図-4 バネ定数と2次応力

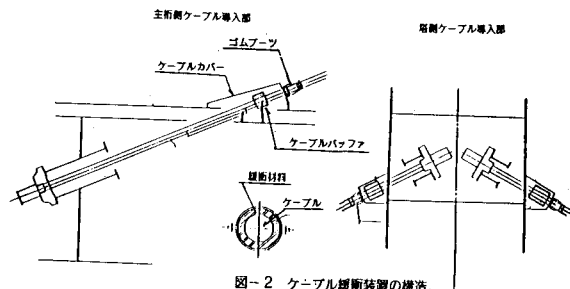


図-2 ケーブル断面装置の構造

表-2 物性試験結果

	弾性シール材	クロロブレンゴム	単位
引張強さ	2.6	1.29	kgf/cm ²
伸び	240	520	%
永久伸び	5	2	%
低伸長応力	2.6 (4.3)	3.3 (5.4)	≒ 2.5, kgf/cm ² (G, kgf/cm ²)
硬さ	3.7 (4.2)	4.0 (4.8)	Hs, 弾次元 (G, kgf/cm ²)
圧縮永久ひずみ	5.6	9	%
オゾン暴露結果	3mm未満の電位が多数発生	異常なし	

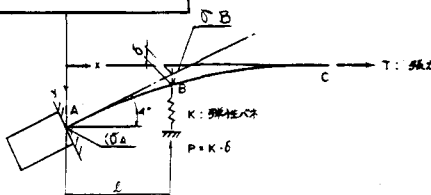


図-3 ケーブル及び緩衝装置のモデル