

I-A 310

塔頂サドル部のケーブルの曲げ応力が強度評価に及ぼす影響

本州四国連絡橋公団 正 員 川西直樹
 本州四国連絡橋公団 正 員 樋口康三
 本州四国連絡橋公団 正 員 大橋治一

1. はじめに

長大吊橋ケーブルの二次応力およびケーブルの強度に関する既往の解析的検討によると、下記の二点が明らかにされている。

① ストランド間の長さの相違による二次応力、架設段階の変形および活荷重によるケーブルの変形にともなう二次応力の算定

② ケーブルを二次応力を有する素線の集合体と考え、並列直線ケーブルモデルによるシミュレーションにより二次応力あるいは素線強度のバラツキがケーブル強度に及ぼす影響

上記の①の二次応力はケーブル材料弾性範囲で解析されたものであり、材料非線形の影響は考慮されていない。また、②ではケーブルの変形に伴う二次応力の変動が考慮されていない。そこで、本検討はケーブル素線の材料非線形の影響を含めて、極力実ケーブルの挙動を再現し、二次応力がケーブル強度に及ぼす影響を解析的に明らかにすることを目的とするものである。

2. 着目部位と解析モデル

通常ケーブル張力が最大となる塔頂部付近のケーブル構造に着目することとし、塔頂サドルから端バンドを挟んだ第二バンドまでのモデル化を行った。

塔頂サドル付近のケーブルの力学的な特徴を表-1にまとめる。解析条件にはこの力学的な特徴を反映されるよう次の点に考慮した。

① 素線の曲げ剛性、伸び剛性

表-1 塔頂サドル付近のケーブルの力学的特徴

② 素線化の摩擦抵抗と滑りの非線形挙動

③ ストランド間及びストランド-塔頂サドル間の摩擦によるせん断力の伝達

④ 素線の材料非線形性

⑤ 変形に伴う直線ケーブルがサドルの曲率にすりつく接触力

サドル部	曲率部は素線間の摩擦抵抗があり、滑りが生じる出口部でケーブルのたわみによって曲率範囲が動く。
サドル出口～端バンド	素線間の摩擦抵抗はない。
端バンド	バンドの締め付け力による摩擦抵抗が大きい。
端バンド間～第一バンド	素線間の摩擦抵抗がある。素線間のせん断応力度が、摩擦抵抗力を上回ると素線間に滑りが生じる。
第一バンド	一般バンド部では素線間の滑りは生じ難い。
一般部	端バンド～第一バンド間と同様。

解析には平面骨組弾塑性有限変位解析により、重ね梁モデルを用いて行った。外力は設計荷重時（死荷重D+活荷重L）の吊橋の全体系解析による張力等の結果をピックアップし、これを解析モデルに与え、係数倍（ α ）していった。解析条件のまとめを図-1に示す。

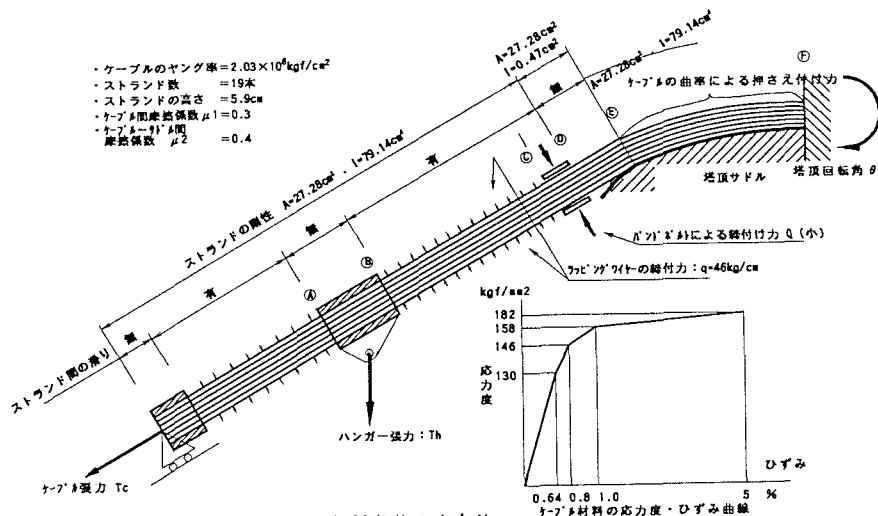


図-1 解析条件のまとめ

3. 解析結果と考察

主要な荷重状態での応力度分布図と断面Cの荷重倍率とストランド中心の応力度の関係を図-2、3に示す。

これらの結果より二次応力の発生状況については次のことがいえる。

- ・第一パネル（B～F間）に発生し、第二パネル（A部）にはほとんど発生していない。
- ・塔頂サドル内では応力の不均一が顕著である。これはストランド間の摩擦力がサドルに流れ、その影響が下層のストランドで顕著になるためであり、下層になるにつれてストランドの張力が低下することによって考えられる。
- ・第一パネルに発生する二次応力度の分布はほぼ一様で、端バンドからサドル出口部の二次応力がやや大きい。
- ・二次応力度は荷重増加にともない増加し、応力度が 160kgf/mm^2 に達すると解消する（図-3参照）。
- ・ケーブルバンドの両側はバンドを剛体モデルにした影響で、ストランドの曲げ応力度が卓越している。

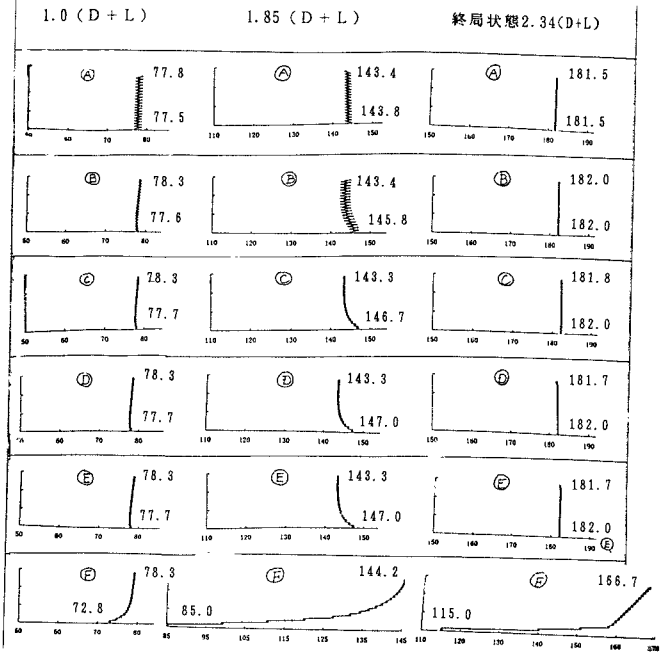


図-2 応力度分布図

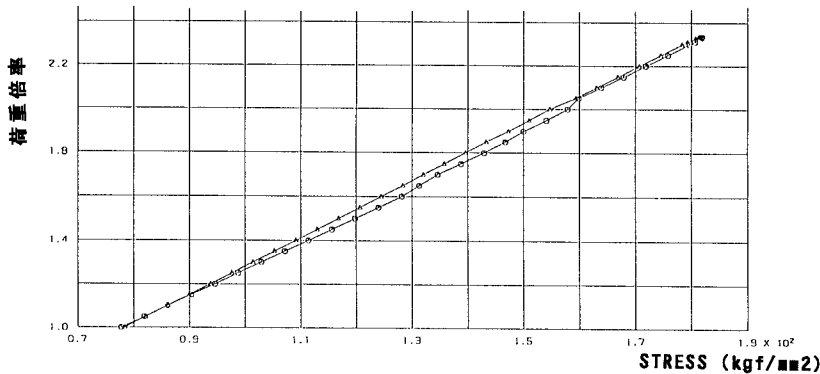


図-3 荷重倍率とストランドの中心応力度（断面C）

4. ケーブル強度に及ぼす影響

着目断面におけるケーブル断面としての0.8%全伸び耐力及び断面の一部が破断した時点の平均応力度を表-2に示す。これよりケーブルとしての0.8%全伸び耐力の素線の値からの低下量は1%に満たない。また、ケーブル断面の一部に破断が生じたときの平均応力度（ケーブルの引張強度）は素線の引張強度から0.01%の低下に過ぎない。

以上より、吊橋ケーブルの二次応力が許容張力（または設計張力）に及ぼす影響は非常に小さいと考えられる。

表-2 ケーブル断面の0.8%全伸び耐力および破断が生じた状態の平均応力度（ kg/mm^2 ）

	断面B	断面C	断面D	断面E	素線の値
0.8%全伸び耐力	145.65	145.66	145.65	145.65	146.00
引張強度	181.98	181.98	181.98	181.98	182.00