

1. はじめに

第二国土軸に代表される海峡横断プロジェクトにおける超長大吊橋の建設では、社会的なコンセンサスを得るため、経済的で合理的な構造形式が要求される。超長大吊橋の実現のため、上部構造の計画において解決すべき課題として、経済性の改善を前提に、耐風安定性の確保とケーブル材料比強度の向上がある。そこで、ケーブルに重量比強度の優れた炭素繊維材を適用したデュアル形式吊橋を提案した。炭素繊維ケーブルは鋼ケーブルと比較して異方性の高い材料であり、引張強度に比べてせん断強度が低いといった特性が知られている。吊橋への適用においてはこれまで例が無く、ケーブルバンド部のような応力集中箇所作用するせん断力に対する強度等が問題となることが予測される。そこで、ケーブルバンド近傍の応力度と応力分布を正確に把握することを目的として、試設計で求めた表-1に示す諸元の超長大吊橋を対象にFEMによる数値解析を行って炭素繊維ケーブルの力学特性を考察する。

2. 検討条件

2.1 解析手法

ケーブルの曲線的な変形に対応できること、ケーブルバンド部近傍の二次応力とせん断応力などの局所的な応力を精度良く評価できることから、20節点アイソパラメトリック要素を用いたFEM解析を行うことにした。また、炭素繊維材は明確な降伏域の無い弾性材料であることを考慮して線形弾性解析によることとした。炭素繊維ケーブルは高強度・高弾性の特性を持つPAN系の材料を対象に機械的性質を設定した(表-2)。

2.2 解析モデル

単純化して特性を調べるため、径間中央部のケーブルバンドとその前後のケーブルを想定してモデル化した(図-1)。ケーブルバンド形式は鞍掛けタイプとした。死+活荷重時において吊橋立体有限変位解析で求めたケーブル形状に等価となるよう解析モデルを設定した。ケーブルは、等方性、異方性各々の力学的な挙動を比較検討するため、全断面にそれぞれ鋼ケーブルを用いたモデル(type-s)、炭素繊維ケーブルを用いたモデル(type-dcb)の2ケースを設定した(表-3)。ケーブル断面は真

表-1 超長大吊橋の基本条件

形式	単径間補鋼箱桁吊橋
中央径間長	3000 m
サグ比	1/10
ケーブル間隔	40 m
桁幅	40 m
桁高	8 m

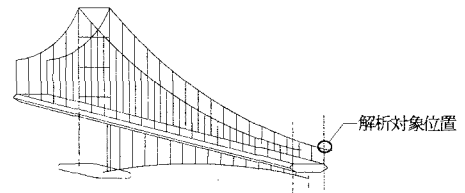


図-1 モデル化を行うケーブルの位置

表-2 炭素繊維ケーブル及び鋼ケーブルの機械的性質

ケーブル使用材料		鋼ケーブル	炭素繊維ケーブル
ケーブル弾性係数	繊維方向	kN/mm ² 206	147
	繊維直交方向	kN/mm ² 206	8.6
ポアソン比	繊維方向	0.3	0.32
	繊維直交方向	0.3	0.019
引張強度		N/mm ² 2160	2060
単位体積重量		kN/m ³ 76.9	15.7

表-3 解析モデルの寸法と荷重

解析ケース		type-s	type-dcb
断面構成		鋼ケーブル	炭素繊維ケーブル
ケーブル長L1	m	17.919	17.923
ケーブル長L2	m	17.919	17.923
バンド長LB	m	4	4
ケーブル直径d	m	1.4	1.41
ケーブルバンド厚t	m	0.05	0.05
ハンガー荷重P	tf	219	227
ケーブル張力N	tf	65551	47675

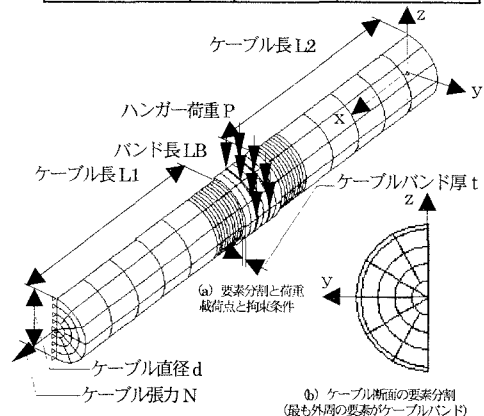


図-2 解析モデル

円形と見なし、軸対称性を利用して中央で切断した1/2モデルとし、同心円と円の中心を通る直線から構成した要素でモデル化した(図-2)。

3. 解析結果と考察

ケーブルバンド近傍を対象として解析した結果を図-3、及び図-4に示す。type-s と type-dcb のせん断応力分布を比較すると、炭素繊維を用いたモデルでケーブル方向に応力が分散する傾向が見られる(図-4、(a)、(b))。軸方向のせん断応力分布から、両者ともケーブルバンドの接合部で応力が乱れているが、この部分以外の応力分布はほぼ一定になっている。特にせん断応力がケーブルバンドとの接合部において卓越しており、最大値では type-s で 88.2N/mm^2 、type-dcb で 58.8N/mm^2 が作用している。図-3のケーブル断面内のせん断応力分布図では、type-s と type-dcb の解析モデルはケーブルとケーブルバンドが一体化されたものとしているため、ケーブル下縁側が上縁側よりせん断応力が大きくなったと考えられる。このことから、せん断応力が卓越して作用するのは、ケーブル上縁側であると推定される。ケーブル軸方向の直引張応力分布において、Z軸方向の応力分布をみると下縁に比べて上縁が小さくなっている。しかし、この傾向はケーブルバンド接合部から離れるほど見られなくなり、上縁側、下縁側のコンターはケーブル断面の外側に離れていき、ケーブルバンド接合部から十分離れた断面内では軸方向応力分布はほぼ一樣になる。

4. まとめ

超長大吊橋に炭素繊維ケーブルを使用した場合のケーブルバンド部の応力分布を検討した。その結果、ケーブルバンド接合部上縁でせん断応力が卓越するため、炭素繊維ケーブルの使用においては、この部分を補強する必要性のあることを明らかにした。また、直引張応力はケーブルバンド部で乱れるものの、ケーブルバンド接続部から十分離れた断面ではほぼ一樣な応力分布となる。精度良い解析を行うためには、ケーブルバンドとケーブル間に接合要素等の導入を行う必要がある。

【参考文献】

1) 武、木谷、小西、西村、新素材ケーブルを用いたデュアルケーブル形式吊橋に関する考察、鋼構造年次論文報告集、vol.5、1997

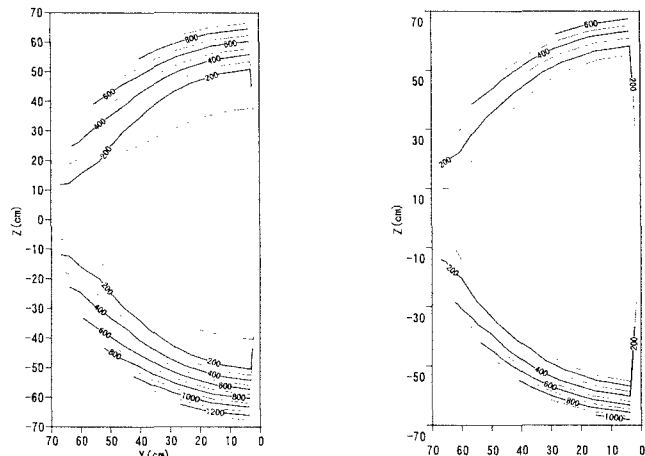


図-3 (a) type-s のせん断応力分布(kgf/cm²)

図-3 (b) type-dcb のせん断応力分布(kgf/cm²)

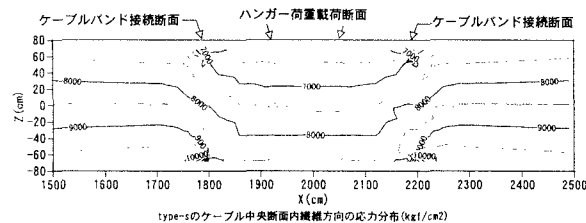


図-4(a)

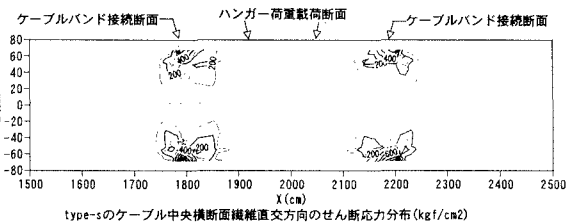


図-4(b)

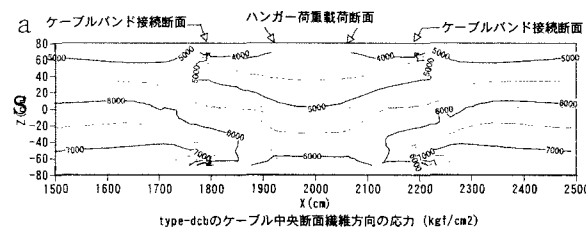


図-4(c)

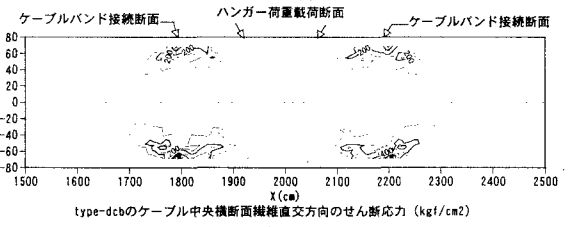


図-4(d)