

I - 21 FRP ケーブルを利用した超長大橋の主ケーブルの改善に関する数値解析

八戸工業大学大学院 ○学生員 坂本 嘉紀

八戸工業大学 正会員 長谷川 明

八戸工業大学 フェロー 塩井 幸武

1. はじめに

近年、鋼ケーブルに比べ高耐食性で、軽量かつ引張強度が高い、新素材と呼ばれる各種の繊維が開発されている。現在構想中の海峡道路プロジェクトでは、明石海峡大橋を上回る大規模な吊橋などの超長大橋案がある。また、著者らは、津軽海峡大橋として、図-1.1 に示す斜張橋と吊橋を組み合わせたWtype を提案している。複合橋である、Wtype は、吊橋に比べて、水平変位、鉛直変位とも優れている。これらに新素材を巧みに用いれば、この計画の実現が促進される可能性が大いと考えられる。そこで、本文では、炭素繊維ケーブルの中でも、最も引張強度・弾性係数が大きい CFRP を橋梁用構造部材として扱う場合にWtype における、各ポイントでの変位特性(主塔の水平変位および径間鉛直変位・たわみ特性)の変化を把握する目的で、数値解析を行ったのでこれを報告する。

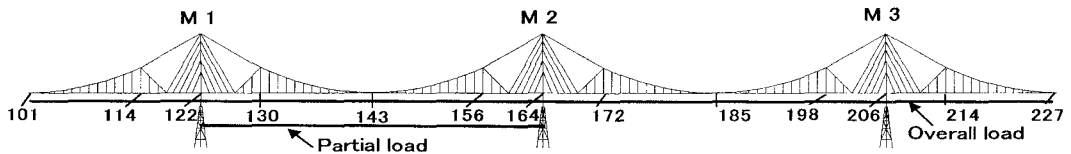


図-1.1 解析モデルおよび計測ポイント

2. FRP の適用

FRP ケーブルは引張強度が 2352N/mm^2 となっており、従来の鋼製ケーブルの 1960N/mm^2 と比べると 1.2 倍の強度となっている。そのため、ケーブルの本数を従来の鋼製ケーブルの本数より 20%低減させることが可能である。そこで、メインケーブルの引張強度を同じく設計した条件(表-2.1)で解析を行った場合、どのような変形特性を示すのか調査・検討する。

解析の結果、図-2.1、2.2 から分かるように FRP を使用することで変形性能は、Steel よりも劣るという結果を得た。これは、ヤング率の低下が原因だと考えられる。しかし、総重量においては 17.2%、最大張力においては 89.8%に低減されるというメリットも見受けられた。

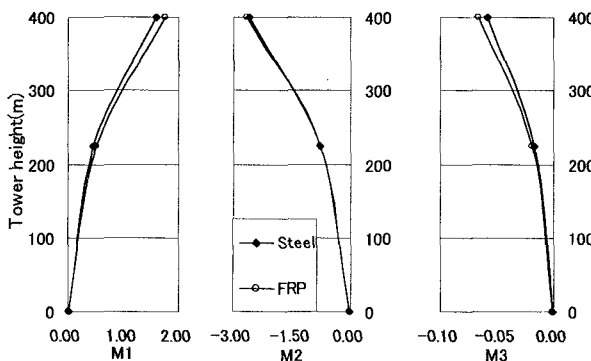


図-2.2 部分載荷時の水平変位 (m)

表-2.1 設計条件

	Steel	FRP
引張強度 (N/mm^2)	1960	2352
線材本数 (本)	58800	48800
ヤング率 (KN/mm^2)	1.96×10^8	1.57×10^8
単位体積重量 (N/m^3)	76.9	15.7

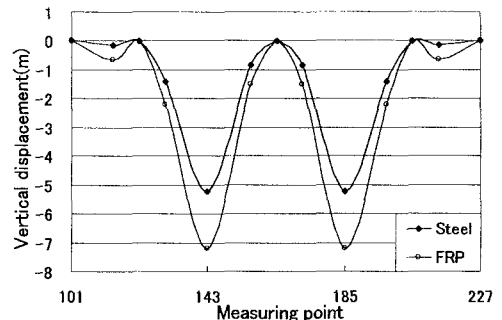


図-2.1 全載荷時の鉛直変位

表-2.2 総重量と最大張力

	Weight(KN)	Maximum Tension(KN)
Steel	11.79×10^5	8.31×10^5
FRP	2.03×10^5	7.46×10^5
FRP/Steel (%)	17.2	89.8

3. 最適化

前節において、FRP を使用することで変形性能が劣る結果となった。そこで、変形性能を向上するために以下の式を用いることとした。また、最適な状態にするために、ヤング率の向上 (YCi、ここではヤング率 E の変更) および断面積の変更 (SCi、ここでは線材本数 N の変更) を細かく最適化をする必要がある。最適化方法は図 3.1、3.2 に示すフローチャートに沿って行い、判断基準として、Steel の全載荷における最大変位量に合わせることにする。これは、橋の鉛直変位が景観上重要であることから設定した。

$$y \propto 1/EA \quad \text{※ } y: \text{たわみ(m)} \quad E: \text{ヤング率 (KN/m}^2\text{)} \quad A: \text{断面積 (m}^2\text{)}$$

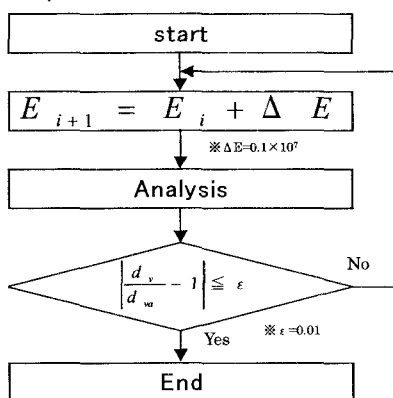


図-3.1 YCi 最適化

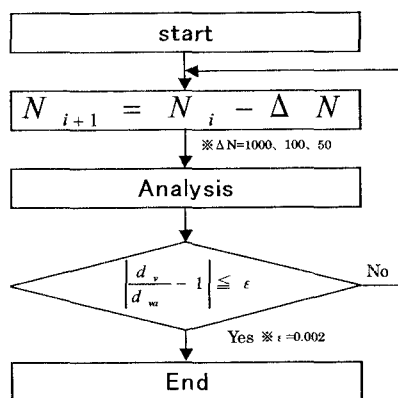


図-3.2 SCi 最適化

解析の結果、従来の上記の示す式を用いても、ヤング率変更及び断面積変更時の変形性能は、Steel に近づかなかった。これは、Steel と FRP の性状の違いが原因として考えられる。そこから最適化 (YCi・SCi) を行ったことで YCi はヤング率を 2.4×10^7 (KN/m²)、SCi では線材本数を 71350 本にした時に、最も変位が近づく結果となった (図-3.3)。このことから、YCi 時は 1.2 倍、SCi の時は 0.97 倍を上記の式に加えることで最適化となる結果とを得た。張力、重量においては図-3.4 に示すとおり Steel に対し大幅に低減し、このことから、主塔を下げる事が出来るのではないかと考える。

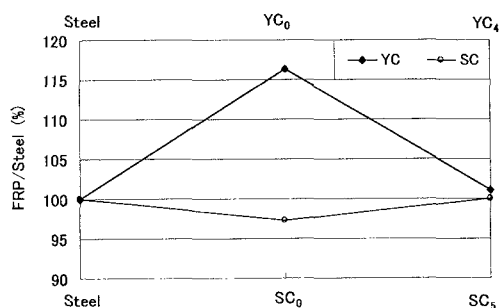


図-3.3 Steel に対する鉛直変位増加率

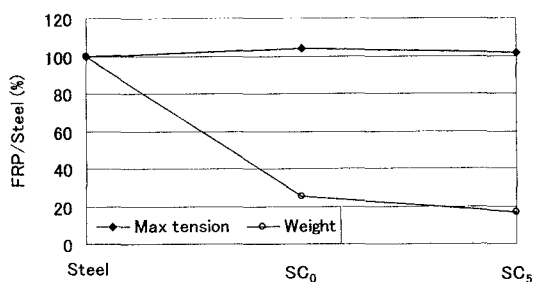
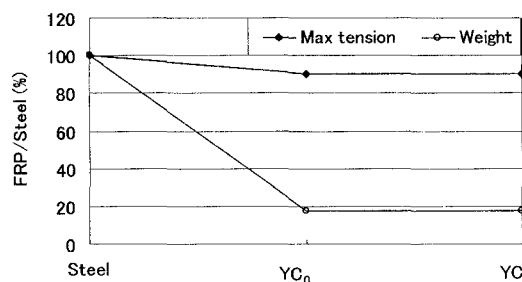


図-3.4 YCi・SCi 時の最大張力及び重量

4. まとめ

- (1) FRP を使用することで従来の Steel よりも変形性能は劣るが、重量、張力においては大幅に低減した。
- (2) 変形性能を向上させるため $Y=1/EA$ を用いたが、YC、SC 時においても補うことはできなかった。
- (3) 最適化を行うことで、YC 時では 1.2 倍、SC 時では 0.97 倍することで変形性能を補うことができた。