

## FRPを用いたハイブリッドトラス橋の最適設計

長岡工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○渡辺 正俊  
 長岡工業高等専門学校 木村 道生  
 長岡工業高等専門学校 正会員 井林 康  
 豊橋技術科学大学 正会員 山田 聖志

## 1. 目的

近年、建設素材として繊維強化プラスチック (Fiber Reinforced Plastics:以下 FRP)が注目されてきている。その主な特性には、軽量、高耐食性などがあり、土木分野での利用も進んできている。しかし、素材単価は鋼材に比べ非常に高価なため鋼材の代替として利用するには経済的に困難な面もあると思われるが、すでに沖縄県において FRP を使用した歩道橋が試験的に建設されている。そこで本研究では、この FRP を従来から使用されている鋼材と組み合わせて使用することにより、経済的、力学的に優れたハイブリッドトラスの考案を行うことを目的とした。

## 2. 解析対象構造モデルとパラメータ

解析対象構造モデルは図-1 のように 8 変数のトラス構造とし、パラメータとしてスパンを  $L$ 、スパン梁成比を  $D(=L/h)$ 、斜材と弦材がなす角度を  $\theta$ 、中央領域の割合を示す領域パラメータを  $k$  とする。また、中央領域と両端領域では別の素材を使用するハイブリッドトラスとし、トラスは等価な連続梁とみなしたときの曲げモー

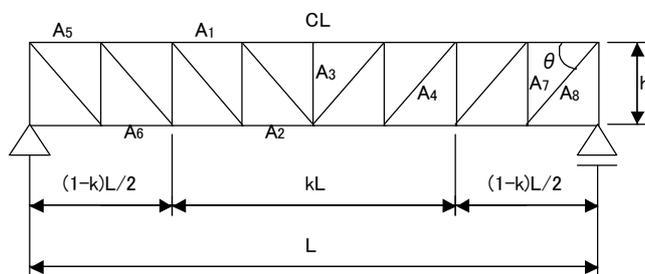


図-1 解析対象構造モデル

メントを上下弦材のみで負担するとモデル化する。同様にそのせん断力については、全て束材と斜材で負担するとみなす。各部材断面は、8 変数としてモデル化された各々の領域における上弦材、下弦材、束材、斜材はそれぞれ同一部材断面  $A_i$  であるとする。尚、桁行方向は  $S=2m$  とした。

## 3. 各素材の設定値

本研究では、鋼材 SS400、ガラス繊維プラスチック GFRP、炭素繊維プラスチック CFRP の 3 種類の素材についてハイブリッド構造での解析を行った。表-1 にその設定値を示す。  $w=490N/m^2$  は長期荷重相当であり、  $C_i$  は素材単価の状況をもとに設定した SS400 に対する比、  $\rho_i$  は構造部材相互を接合する副資材重量等を考慮した素材重量であり、実際の素材比重より 15% 割り増しを行った。

表-1 各素材の設定値

	SS400	GFRP	CFRP
$W N/m^2$	490	490	490
$Ten.fi N/m^2$	157	126	686
$Com.fi N/m^2$	124	100	545
$C_i$	1	7.00	65.0
$\nu_i$	0.3	0.26	0.26
$E_i N/mm^2$	206	25.5	118
$\rho_i tf/m^3$	9.03	2.19	2.19

## 4. 解析方法

中央領域と梁端領域では異種の素材を使用したハイブリッド構造とする。まず、各々の領域で使用する素材を選定し、それらを組み合わせたときの最適部材寸法を応力制約条件下で決定する。この際にスパン  $L$ 、スパン梁成比  $D$ 、領域パラメータ  $k$ 、斜材角度  $\theta$  の中から 3 つの数値を設定し、1 つを連続的に変化させる。これによって得られた数値から有限要素解析を用いて静的解析を行い、たわみに対する影響や変形、固有周期の値の把握及びコスト換算重量から最適なパラメータを選定した。尚、コスト換算重量  $F$  とは素材の単価・密度と部材量を考慮して、鋼材 SS400 の重量に置き換えたものであり、トータルコストの比較に用いるためのものである。

キーワード 繊維強化プラスチック (FRP)、ハイブリッドトラス、最適設計、応力制約条件

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 0258-34-9271

## 5. 解析結果

図-2 から図-5 に解析結果を示す。グラフ右のアルファベットは素材名の頭文字を示し、S は SS400、G は GFRP、C は CFRP を表している。また、最初に書かれているものが中央領域を、後に書かれているものが梁端領域に用いられている。

図-2 は  $D=20$ ,  $k=0.4$ ,  $\theta=45^\circ$  のときの  $L$  とたわみの関係を表したグラフである。全組み合わせともスパンの増加に伴い、直線的に増加している。特に FRP 同士の組み合わせが大きなたわみを示している。

図-3 は図-2 と同じ条件での  $L$  とコスト換算重量の関係を表したグラフである。これより GFRP+SS400 の組み合わせが最も低コストであることがわかる。

図-4 は  $D=20$ ,  $L=100$ ,  $\theta=45^\circ$  のときの  $k$  とたわみの関係を表したグラフである。FRP 同士の組み合わせはたわみは非常に大きいですが、 $k$  の増加に伴う変化はさほど大きくない。また、中央領域に SS400 を配したものは  $k$  が増加するに従ってたわみが小さく、両端領域に SS400 を配したものは  $k$  が増加するに従ってたわみが大きくなっている。これらより、 $k$  の割合が変化していくことで使用している割合の多い素材の特徴が強くなっていくと思われる。

図-5 は図-4 と同じ条件での  $k$  とコスト換算重量の関係を表したグラフである。 $0.1 < k < 0.6$  の範囲では GFRP+SS400 の組み合わせ、 $0.6 < k < 0.9$  の範囲では SS400+GFRP の組み合わせが最も低コストであった。

## 6. 考察

今回の解析では、FRP は高強度にもかかわらず、たわみが大きくなったが、これは応力制約条件下で断面積が非常に小さく算定されるためであると推測される。また今回の解析では CFRP は素材単価が高いために、効率的なトラスの制定は難しく、SS400 と GFRP の組み合わせが最適であると思われるが、他のパラメータによる比較も必要であると思われる、CFRP は今後とも検討の余地があると考えられる。

## 7. 今後の予定

今回の解析では静的解析のみでの検討であったが、兵庫県南部地震を契機に動的応答解析により設計の検証を行うことが重要視されてきているため、動的解析プログラムによって応答加速度及び応答変位の解析、検討を行っていく予定である。

## 参考文献

- 山田聖志, 他: 応力制約条件下で最適設計された大スパントラス構造の変形と振動特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集。

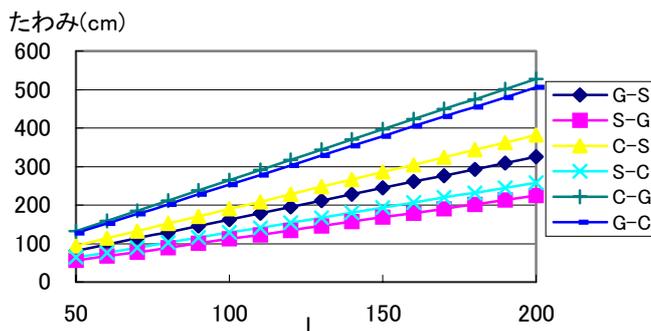


図-2 L-たわみグラフ( $D=20$ ,  $k=0.4$ ,  $\theta=45^\circ$ )

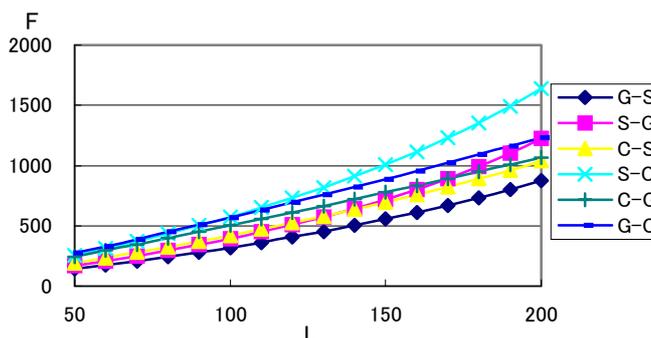


図-3 L-Fグラフ( $D=20$ ,  $k=0.4$ ,  $\theta=45^\circ$ )

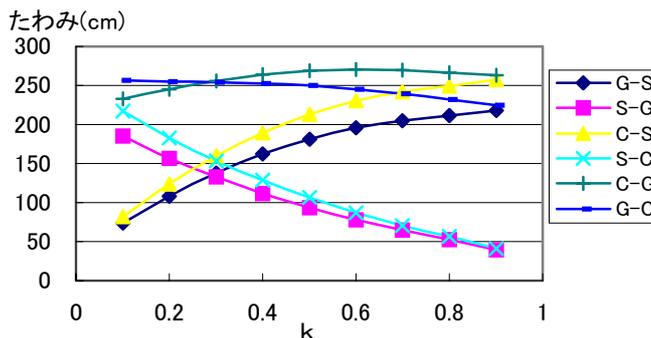


図-4 k-たわみグラフ( $D=20$ ,  $L=100$ ,  $\theta=45^\circ$ )

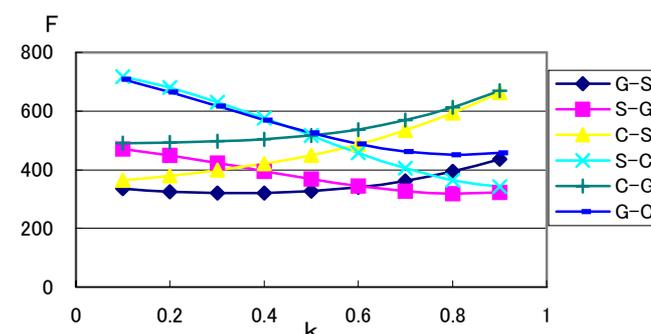


図-5 k-Fグラフ( $D=20$ ,  $L=100$ ,  $\theta=45^\circ$ )