

F R Pを用いたハイブリッドトラス橋に関する基礎的研究

長岡工業高等専門学校専攻科
長岡工業高等専門学校
長岡技術科学大学
三和村
豊橋技術科学大学

学生会員
正会員

正会員

○渡邉正俊
井林 康
橋本雅行
松縄有希
山田聖志

1. はじめに

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，高強度，軽量，高耐食性などがあるが，素材単価が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今のところ経済的に困難な面もある．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した場合の静的変形特性とコストの把握を行うと共に，振動特性の把握のために，動的解析によって応答加速度及び応答変位についても検討を行い，経済的，動力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

本研究では，SS400，GFRP，CFRP の 3 素材を解析の対象とした．表-1 に各素材の設定値を示す． C_i は SS400 に対するコスト換算比で，今回は素材単価の比を用いた．素材比重は，構造部材相互を結合する副資材重量を考慮し，実際の素材比重の 1.15 倍とした．

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，中央領域と梁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た．トラスは等価な連続梁とみなしたときの曲げモー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．パラメータはスパンを L ，スパン梁成比を $D(=L/h)$ ，中央領域の割合を示す領域パラメータを k とする．弦材と斜材のなす角度 θ は 45° とした．また，各部材断面は，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 $S=2\text{m}$ とした．

またコストの比較に関しては，各素材の単位面積あたりの使用量を鋼材 SS400 の重量に置き換えたコスト換算重量 F を用い，次式で定義する．

$$F = \sum C_i \rho_i A_i / S$$

尚， C_i はコスト換算比， ρ_i は素材密度， A_i は部材断面積とした．

3. 解析結果

3.1 静的解析結果

凡例にかかれているアルファベットは各素材の頭文字を表しており，S は SS400，G は GFRP，C は CFRP を示し，左側が中央領域に，右側が梁端領域に使用されている．また，DLMT はたわみ制限値で 0.01 は $L/100$

表-1 各素材の設定値

	SS400	GFRP	CFRP
引張強度 (N/mm ²)	157	126	686
圧縮強度 (N/mm ²)	124	100	545
ポアソン比	0.30	0.26	0.26
ヤング率 (N/mm ²)	206	25.5	118
素材比重 (tf/m ³)	9.03	2.19	2.19
コスト換算比 C_i	1	7.00	65.0
減衰定数	0.02	0.03	0.03

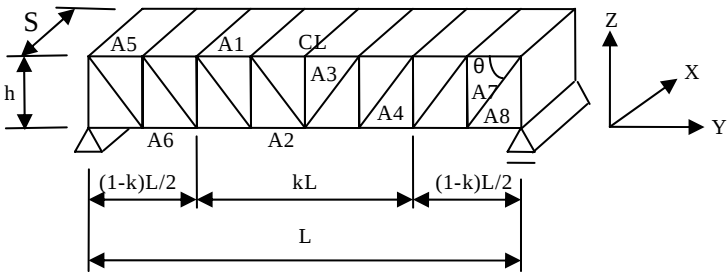


図-1 解析対象構造モデル

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，静的変形特性，振動特性，動的解析
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

ということの意味する．検討項目は支間中央点下部のたわみとコスト換算重量 F とした．

図-2 と図-3 に静的解析の結果を示す．図-2 は $D=20$, $L=200\text{m}$, $DLMT=0.01$ のときの k -たわみグラフである．たわみ制限がかかっているため、たわみが 200cm のところで抑えられている．S-G 及び S-C は $k=0.4$ 以上となるとたわみが減少しており、また S 単一が最もたわみが小さいことから、たわみに関しては SS400 が優れていると思われる．

図-3 は図-2 と同様の条件での k - F グラフである．全てのパターンにおいて k の変化に伴い、複雑な変化をしている．最も低コストなものは $k=0.2$ での S-G である．しかし全体的には SS400 の使用量を増やしたものが低コストとなる傾向がみられる．

3.2 動的解析結果

動的解析は、ハイブリッドトラスとする前に各素材の振動特性を把握する必要があるため、単一素材での線形応答解析を行った．設定条件は、 $D=20$, $L=100$, $k=0.5$, $DLMT=0.01$ で、解析に用いた地震波データは、兵庫県南部地震神戸海洋気象台、UD 方向、30 秒間である．

図-4、図-5 に解析結果を示す．検討項目は支間中央点下部の応答加速度および応答変位である．図-4 は CFRP を用いた場合の応答加速度のグラフである．地震動入力から 4.7 秒後に最大応答加速度 675gal を記録しており、これは使用した 3 素材中最も大きい値であるが、その後の応答は比較的小さく、減衰は大きい．また、GFRP を使用した場合においてもほぼ同様の結果となった．図-5 は図-4 と同様 CFRP を用いた場合の応答変位のグラフである．地震動入力から 4.34 秒後に 5.44cm の最大応答変位を記録しており、これも 3 素材中最も大きな値であるが、減衰は他と比べ大きい．また、GFRP を用いた場合の応答変位は 3 素材中最も小さかった．

4. まとめ

静的解析の結果より、たわみに関しては、ヤング率の大きい SS400 の使用割合が多いほど小さく抑えられる．コストに関しても SS400 を多く使用したものが優位という結果となったが、長スパンにおいては FRP の利点もみられた．

動的解析の結果より、応答加速度に関しては、FRP を用いたものは SS400 と比べ最大応答加速度は大きい、それ以降の応答は比較的小さく、減衰も大きいことがわかった．応答変位に関しては、FRP を用いたものは応答加速度と同様に最大値は大きい、SS400 は地震動入力 10 秒後から自由振動に近い状態となるのに対し、FRP は減衰が大きい．

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．

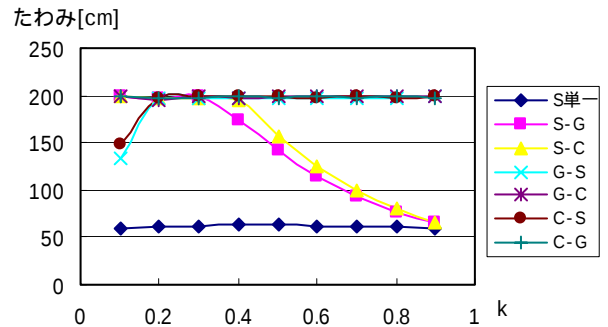


図-2 k -たわみ ($D=20$, $L=200$, $DLMT=0.01$)

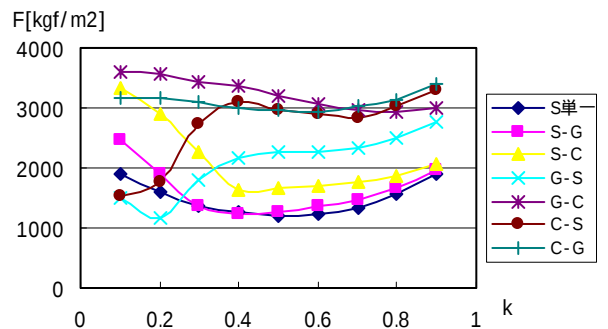


図-3 k - F ($D=20$, $L=200$, $DLMT=0.01$)

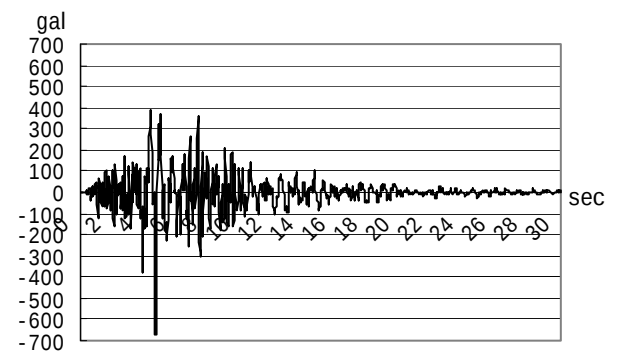


図-4 応答加速度(CFRP)

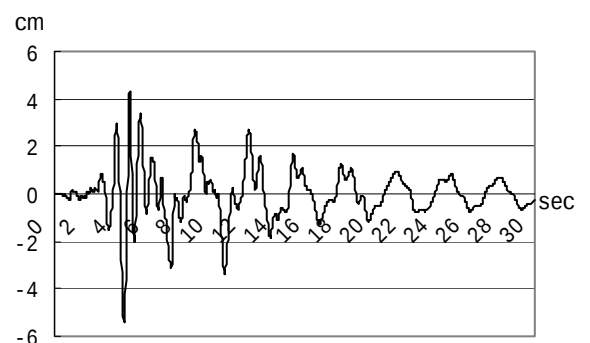


図-5 応答変位(CFRP)