

I-A110 バクミンスターフラーレン構造を応用したアーチ橋の設計試案

修成建設専門学校 正会員 ○秦 誠一^{*1)}広島大学 正会員 有尾 一郎^{*2)}

広島工業大学 正会員 佐藤 誠

1. はじめに

対称安定なドーム構造物の中でも高次の対称性を持つバクミンスターフラーレン構造に注目する(図1参照). バクミンスターフラーレン構造は, 対称性の性質から応力を均等に分散させるため, 軽量かつ耐荷力に優れた構造物である. 本研究は, バクミンスターフラーレン構造の特性を利用し土木構造物に応用するという観点から, この構造を広幅員のアーチ橋に適用することを試みる. アーチ橋に適用することで, 橋軸方向と橋軸直角方向ともに曲線となり, 広い空間を持つ橋梁となることが想像できる. 今までの人や車が通過するためだけの直線的要素の強い橋梁とは異なり, 人が集い, 憩う空間的要素を持つランドマーク性の強い橋梁を造ることを目的とし, 優れた機能性を持ち, かつ景観の良さを兼ね備えた橋梁の設計試案を行う.

2. バクミンスターフラーレン

バクミンスターフラーレン(切頭二十面体トラス構造)は, 有機化学の分野で最も安定な構造であるとされている, 炭素原子 60 個が結合したちょうどサッカーボールのような C_{60} の形状を持つ. バクミンスターフラーレンは, 60 個の頂点と正五角形が 12 個, 正六角形が 20 個の 32 個の面をもつ切頭二十面体である. バクミンスターフラーレン構造の主な力学的特徴として主に, 球に近い形態を持つということと, 多くの対称性を持つ(120 個の独立な対称操作)ということが挙げられる.

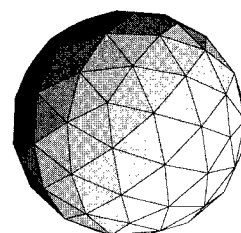
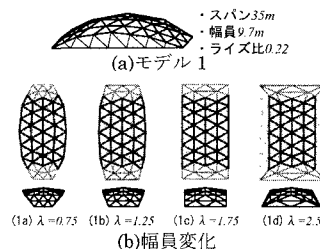


図 1. Buckminsterfullerene

3. 解析方法

バクミンスターフラーレン構造を応用したアーチ橋(フラーレン系アーチ橋)を, 汎用構造解析プログラム MARC によって構造解析を行い, 他の橋梁モデルと比較を行った. 解析は主として, 幅員変化による耐荷力とたわみの挙動を調べる. モデル 1 およびモデル 2 における形状変化のパターンを図 2 および図 3 に示す. 幅員変化によるパラメータを λ とする. バクミンスターフラーレンから取り出したままの形状を用いたフラーレン系アーチ橋の幅員を基準に $\lambda=1$ とし, $\lambda=0.5 \sim 3$ と変化させた時の挙動を調べる. フラーレン系アーチ橋は幅員を変化させるとともに, バクミンスターフラーレン構造の特徴である正三角形に近い三角形のままで形状も変化させなくてはならない. そのため, 幅員が変化しても図の太く実線で記した部材によって構成されるトラスを正三角形に近い三角形に保つように変化させた. モデル 2 では, 格間長が変化するためそれに合わせ構成を変える. このとき, ライズ比, スパンを一定のままで幅員を変化させる. モデルは全てトラス要素で設計した. 荷重条件には死荷重+活荷重(L-14 荷重)とし, 影響線により最大部材力, 最大

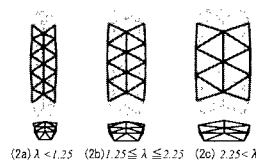


(b)幅員変化

図 2. モデル 1 と幅員変

・スパン35m
・幅員9.7m
・ライズ比0.22

(a)モデル 2



(b)幅員変化

図 3. モデル 2 と幅員変化

キーワード: バクミンスターフラーレン, C_{60} , アーチ橋, 幅員変化

*1)〒555-0032 大阪市西淀川区大和田 5-1930

*2)〒739-0035 東広島市鏡山 1-4-1

たわみを発生する位置に载荷した。

4. 解析結果

4.1 モデル1 モデル1の幅員パラメータ λ と自重，最大部材力，最大たわみ関係を図4に示す。フラーレン系アーチ橋は，幅員変化に伴い上横構の形状があまり変わらないという特異な形状変化をする。そのため，幅員が狭い時は床面積あたりの自重が大きい，幅員が広くなるにつれて自重は比較対象モデルに比べ小さくなる。図4(a)の結果から， $\lambda=2$ 付近でフラーレン系アーチ橋の自重は直弦ワレントラス橋，ランガートラス橋とほぼ等しくなり，それ以後幅員が広くなるにつれて自重は小さくなる。図4(b)は幅員 λ と部材力の関係を示し，フラーレン系アーチ橋に発生する最大部材力は $1<\lambda<2$ の範囲で直弦ワレントラス橋より小さく， $0.75<\lambda<3$ の範囲でランガートラス橋よりも小さい。幅員がこれらの範囲ではフラーレン系アーチ橋は適用範囲にあると言える。しかし幅員が $\lambda=1.75$ を越えた後，急激に部材力が大きくなった。これは $\lambda<1.75$ では，部材にかかる力が均等に分散されていたが， $\lambda>1.75$ では，その均等が崩れ，偏心力が大きく作用したと思われる。図4(c)は，幅員とたわみの関係を示している。幅員とたわみの関係についても部材力とほぼ同様なことが考察できる。これらの結果よりモデル1では，経済的でなおかつ耐荷力に優れているのは $\lambda=2$ の付近のみとなった。

4.2 モデル2 モデル2において幅員変化させたときの解析結果を図5に示す。 $\lambda=1.25, 2.25$ の時に，自重，部材力，たわみ値が変化するのは図3(b)のように格間数が増えるためである。自重は幅員が $\lambda=1.25$ より広くなるにつれて直弦ワレントラス橋，ランガートラス橋よりも小さくなる。さらに部材力，たわみについても $\lambda>1.25$ であれば他のモデルより値が小さくなる。これは床面積あたりの自重が広くなるにつれて小さくなるということと，幅員が変化しても力が均等に分散されたことによるものと考えられる。この結果から，フラーレン系アーチ橋モデル2は $\lambda=1.25$ より広い幅員の場合には，直弦ワレントラス橋，ランガートラス橋よりも経済性および耐荷力において優れていると言える。

5. 結論

従来ある橋梁モデルと比較するとフラーレン系アーチ橋はモデル1では $\lambda=2$ 付近のみに優位性が得られたのに対し，モデル2では $1.25<\lambda$ で優位性が得られた。このことから，フラーレン系アーチ橋はモデル2の方が実用性が高いと言える。また，モデル1は部材数や節点数の多さということからも，あまり経済的とは言えない。一方，モデル2は部材数や節点数についても他のモデルと差はない。これらの結果より，本研究から，モデル2の幅員が $\lambda>1.25$ の時の形態を，軽量かつ耐荷力に優れた理想的なフラーレン系アーチ橋として提案する。

参考文献 1) 橋 義雄，中井 博 著：橋梁工学 第3版，共立出版。
2) 「化学」編集部編：C₆₀ フラーレンの化学，化学同人，1993。

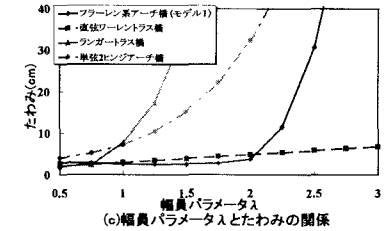
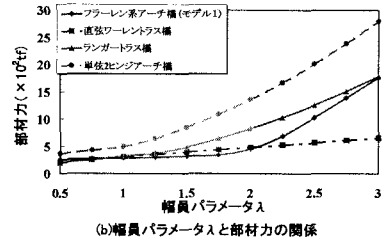
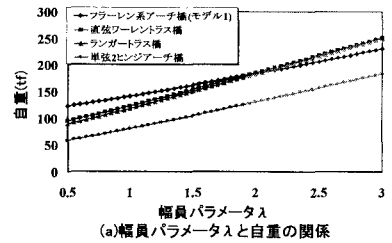


図4. モデル1の結果

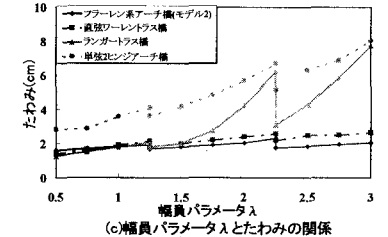
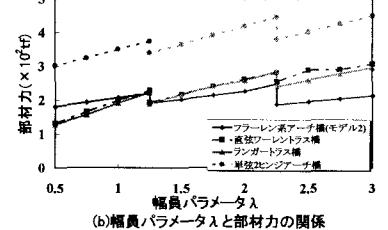
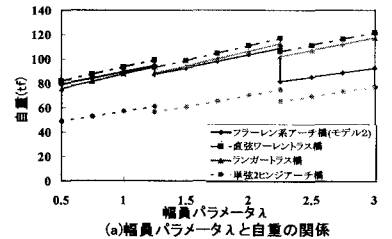


図5. モデル2の結果