

架設橋を構成する基本モジュールの最適構造

東北学院大学工学部 正会員 ○中沢 正利

1. まえがき

洪水や地震などの被災時に、橋梁などのライフラインを復旧するいくつかの方法があるが、動力が期待できない現場では自衛隊の仮橋のように人力による架設が望ましい。そのような場所では、基本モジュール構造をつなぎ合わせた周期性構造橋梁が合理的であろう。本研究では、その基本モジュールの最適構造をトポロジー最適化解析から検討し、解析領域の縦横比、支点条件及び荷重位置などに関するパラメトリック解析結果より、最適構造を提案するものである。また、カンチレバー形式の最適構造についても検討し、フォース橋の形状との比較についても言及する。

2. カンチレバー橋の最適形状

解析対象である二次元領域内をグランドストラクチャー（はり部材）で近似し、その密度を順次更新していくコンプライアンス最小化問題¹⁾として最適形状を求めている。

図-1に、グランドストラクチャー法で5x5分割に近似した二次元領域を示し、支点及び荷重条件の例を示す。図-2は解析領域を長方形とし、中間にローラー支点を考慮したカンチレバー形式橋梁の最適形状を示している。張り出し部の斜め部材が卓越して生じているが、X形状の部材構成は見られない。

一方、解析領域を台形形状とした図-3では、上弦材および下弦材が傾くことによりX形状の部材が卓越して生じており、実橋であるフォース橋のトラス構造と予想以上に類似した最適形状（図-4）が提案できる。このように、カンチレバー形式の場合は、最適形状が解析領域の初期形状に依存しやすいことに注意する必要がある。

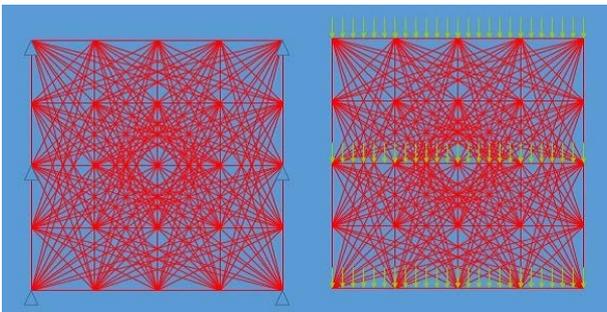


図-1 グランドストラクチャー法による二次元領域の近似と境界条件

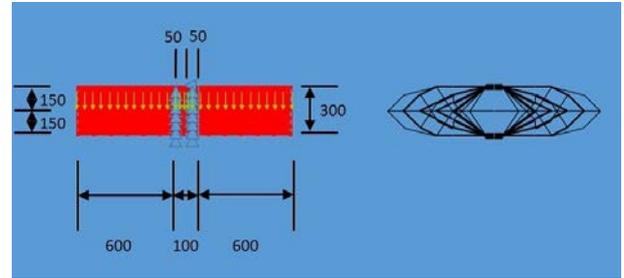


図-2 長方形解析領域を有するカンチレバー橋（中間にローラー支点を考慮）

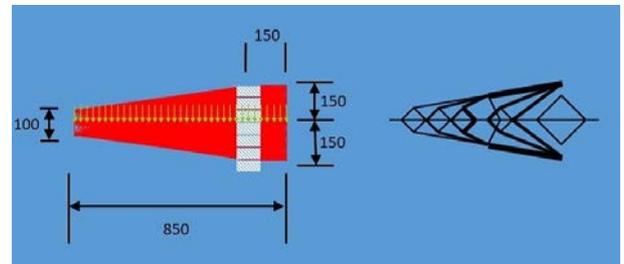


図-3 台形解析領域を有するカンチレバー橋（中間にローラー支点を考慮）

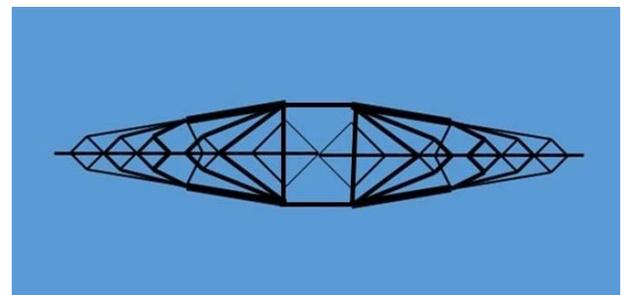


図-4 解析結果から考察したカンチレバー橋の最適形状

3. 単純支持ばり基本モジュールの最適形状

周期性構造物の最適構造も周期性を有するという結果¹⁾に基づいて、二次元領域の縦横比1.25, 1.50, 1.75, 2.00, 2.25の矩形解析領域を単純支持ばり基本モジュールの1径間とし、形状最適化解析を行った。支点位置を解析領域の上端、高さ中央、下端の3通りとし、等分布荷重の載荷位置も同様に3通りとして、合計9通りのパラメトリック解析を行い、最適形状の出現傾向を考察した結果をまとめて以下に示す。図-5は外枠を有する解析領域の上端に等分布荷重を受ける場合の最適形状の傾向を示しており、図の左から支点位置が上端、高さ中央、下端である。

Key Words: Optimal Topology Design, Election Bridge, Fundamental Module, Periodic Structure

〒985-8537 多賀城市中央一丁目13-1・TEL 022-368-7444・FAX 022-368-7070

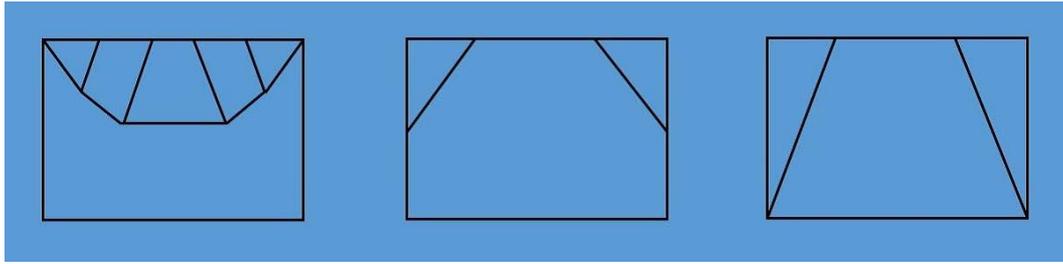


図-5 荷重位置が上端で、支点位置が上端、高さ中央、下端の場合の最適形状 (外枠あり)

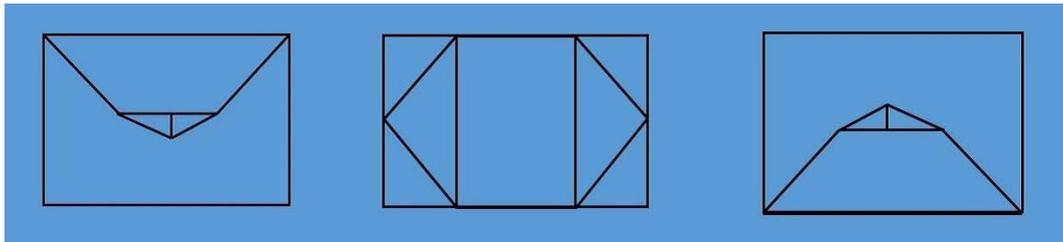


図-6 荷重位置が高さ中央で、支点位置が上端、高さ中央、下端の場合の最適形状 (外枠あり)

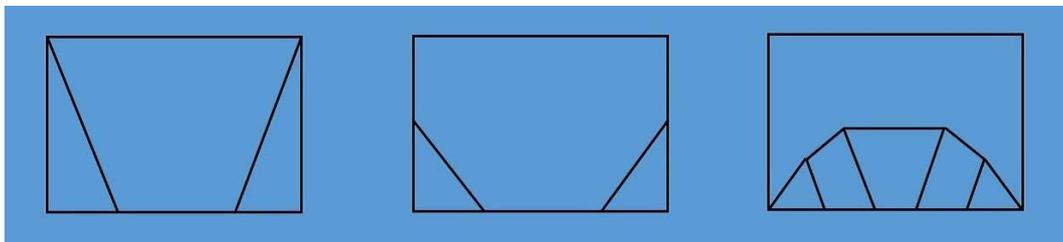


図-7 荷重位置が下端で、支点位置が上端、高さ中央、下端の場合の最適形状 (外枠あり)

図の左より、逆アーチ、ラーメン (アーチ)、ラーメン (アーチ) 形状となることが分かる。

図-6 は外枠を有する解析領域の高さ中央に等分布荷重を受ける場合の最適形状の傾向を示し、逆アーチ、上下アーチ、アーチ形状と見て取ることができる。

また、図-7 は外枠を有する解析領域の下端に等分布荷重を受ける場合の最適形状の傾向をまとめているが、図の左からラーメン (逆アーチ)、ラーメン (逆アーチ)、アーチ形状となっており、図-5 を逆にした場合と一致すると考えることもできる。

図-8 は上に示した最適形状の傾向をまとめ、さらに基本モジュールを汎用的に使用可能とするために上下対称形にしたものであり、単純支持ばり基本モジュールの最適形状に関する一案として提案する。

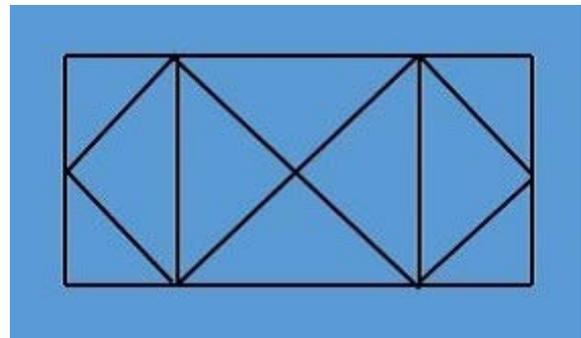


図-8 単純支持ばり基本モジュールの最適形状

4. 結論

- (1) カンチレバー形式としての解析領域の形状や境界条件を実橋に近づけるよう調整した結果、フォース橋と類似した最適形状が得られた。カンチレバー形式の場合、最適形状が解析領域の初期形状に依存しやすいことに注意する必要がある。

5. 参考文献

- (2) 基本モジュールを想定した単純ばりに対してグラウンドストラクチャー法を適用し、解析領域の縦横比、支点位置、等分布荷重作用位置、外枠の有無を考慮したパラメトリックな最適構造解析を実施した結果、単純支持ばり基本モジュールとしての最適構造案を提案することができた。

- 1) 中沢正利：架設橋のトポロジー最適化解析、土木学会東北支部技術研究発表会、I-35、2019.3.