

周期性構造橋梁のトポロジー最適化解析

東北学院大学工学部 正会員 ○中沢 正利
 広島大学大学院 正会員 有尾 一郎
 信州大学工学部 正会員 近広 雄希

1. まえがき

昨今、日本各地で多発している洪水や地震などの被災時に交通ライフラインを早期確保する方法を考えると、特に被災後 72 時間以内の初動時で動力が期待できない現場では、自衛隊の仮橋のような人力による架設が望ましい。そのような場所では、自衛隊の保有する MGB のように、一区間の基本モジュール構造を繰り返しつなぎ合わせた形式の周期性構造橋梁が合理的と考えられる。

本研究では、この基本モジュール形状を最適化解析から探し出すことにより、架設系橋梁の最適構造を追及しようとするものである。ここでは、架設系橋梁への適合性を考慮した最適化解析において、複数存在する最適化解析手法による解析結果を比較しつつ、架設橋の最適構造のあり方についての基本特性を報告する。

2. 構造最適化の解析方法

最適構造を求める解析手法としては、解析範囲を網羅するようにラーメン部材を配置したグランドストラクチャー法や解析範囲を二次元領域とみなす方法が代表的である。また、いずれも部材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⁾として定式化される。本研究では、グランドストラクチャー法としては参考文献²⁾に示されているプログラム Otto_2D を用いている。一方、二次元弾性

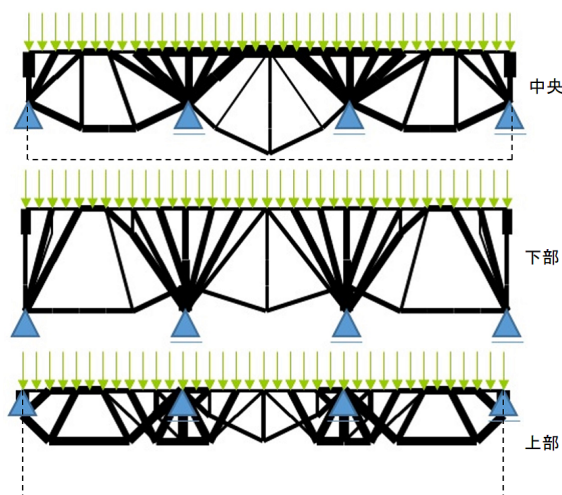


図-1 グランドストラクチャー法による 3 径間連続ばり解析結果

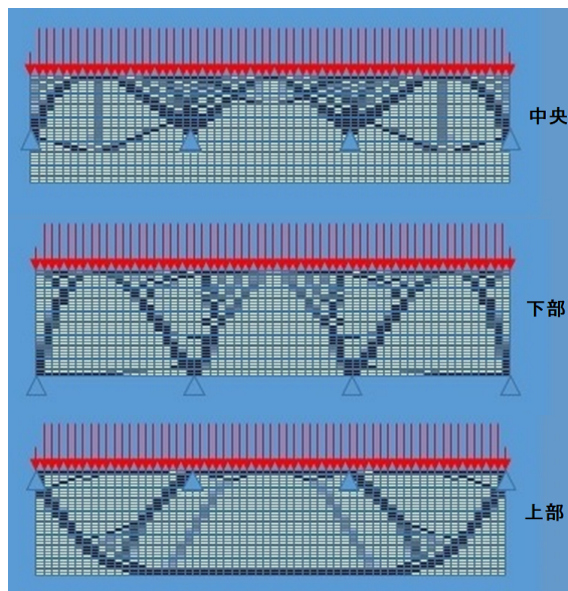


図-2 二次元弾性体による 3 径間連続ばり解析結果

体による解析法としては同じ参考文献にある解析プログラム Isler_2D 及び HyperWorks 社が学生用のデモソフトとして提供しているプログラム Inspire の 2 つを用いた。解析領域を近似する要素形状は異なるが、いずれの手法においても材料の密度を最適化させることによって、(位相)トポロジー最適化を行う定式化になっている。

3. 周期性構造の最適形状がやはり周期性を有することの確認解析

基本モジュールの最適化解析を行う前に、周期性構造を有する比較的長い解析領域の最適形状がやはり周期性を有しているか検討する必要がある。すなわち、同じ部分最適化形状が繰り返し現れるかを調べた。この確認が得られれば、基本モジュールを設定できる根拠が得られたと言える。

できるだけ単純化した解析モデルとするために、解析領域としては領域縦横比=1.5 の横長矩形領域を 1 径間とした 3 径間連続ばりとし、グランドストラクチャー法を適用した。載荷荷重は等分布荷重のみとすることにより、生じる曲げモーメント及びせん断力もある程度の周期性を有する。

図-1 に示す解析結果より、作用断面力が周期性を持つ場合、最適解もある程度の周期性を有することを確認できたと考えている。

Key Words: Topology Optimization, Optimum Profile, Erection Bridge, Periodic Structure, Unit Module

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

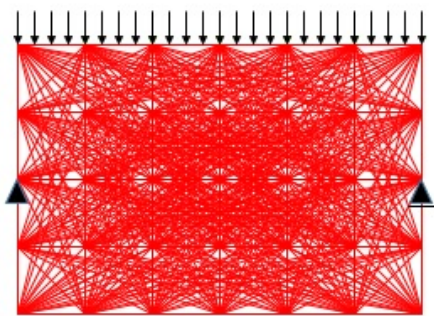


図-3 グランドストラクチャー法による単純ばり解析モデル

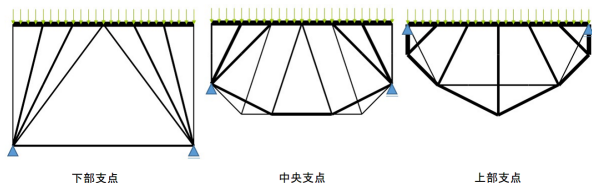


図-4 グランドストラクチャー法による単純ばり解析結果

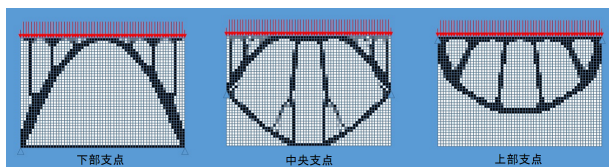


図-5 二次元弾性体による単純ばり解析結果

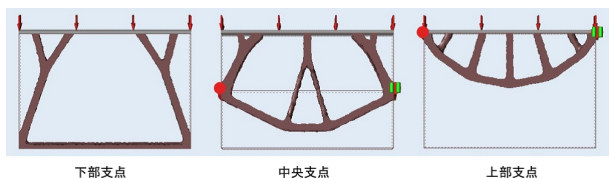


図-6 Inspire による単純ばり解析結果

また、図-2 に示す二次元弾性体による解析でもほぼ同様の最適形状が得られている。

4. 基本モジュールを模擬した単純ばりの最適化解析

最適構造の周期性確認に基づいて、単純ばりの解析領域として縦横比 1.5 の横長矩形領域を単純支持ばりの 1 径間とし、グランドストラクチャー法、二次元弾性体、Inspire の 3 つのプログラムによる最適化解析結果を以下に示す。なお、基本モジュールの相互連結を考慮して、単純ばりの支点位置としては解析領域縦方向の下部、中央、上部を想定して最適化解析を行った。図-3 にグランドストラクチャー法による単純ばり解析モデル (中央支点) を示す。

図-4 にグランドストラクチャー法によって得られた最適形状の結果を示す。上部支点の場合は逆アーチ構造が支配

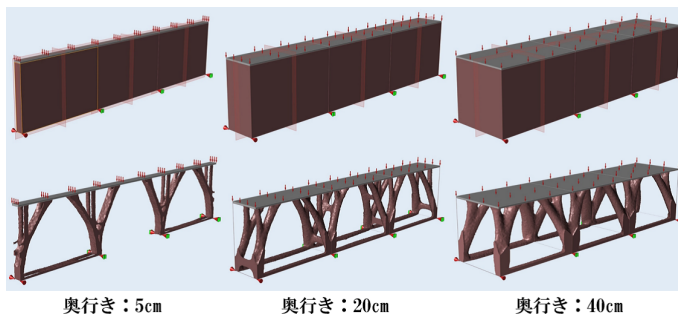


図-7 Inspire による 3 次元 3 径間連続ばり解析結果

的であり、下部支点の場合には方杖ラーメンあるいはアーチ構造が支配的となることが分かる。また、中央支点の場合には、支点より下が逆アーチ構造で、支点より上が方杖ラーメンあるいはアーチ構造となり、得られた最適形状が実際橋の構造形式を示していることは興味深い。

また、図-5 には二次元弾性体による最適形状の結果を示す。中央支点の場合には、支点より下部が逆アーチ形状、上部が方杖ラーメン形状となっているが、トラス垂直材の存在感もある。一方、Inspire による最適解析は基本的には二次元領域による解析であり、Isler_2D とは最適解の求解手順が異なるものの、ほぼ同じ最適形状が得られていると言ってよい (図-6)。

さらに最後に、Inspire による三次元最適構造解析の結果を図-7 に示す。高さを 40cm に固定し、奥行きを 3 種類に変化させた直方体モデルを初期設定したのちに最適形状を求めると、ハの字形状に 2 本に枝別れした最適構造が得られている。

5. 結論

- (1) 解析領域に対するモデル化の方法によらず、ほぼ同様な最適形状が得られたと考えられる。
- (2) 周期性構造物として着目した 3 径間連続ばりの断面力周期性に起因して、最適形状も周期性を有することを確認した。よって単純ばりモデルより基本モジュールの構造形を検討することが可能である。
- (3) 基本モジュールを模擬した単純ばりモデルの最適形状は、上部支点の場合には逆アーチ構造が支配的となり、一方、下部支点では方杖ラーメンあるいはアーチ構造が支配的である。また、中央支点の場合には支点より下が逆アーチ構造で、支点より上が方杖ラーメンあるいはアーチ構造となる。

6. 参考文献

- 1) 日本計算工学会編 西脇・泉井・菊池著：計算力学レクチャーコース トポロジー最適化、丸善、H25 年。
- 2) 藤井大地著：建築デザインと最適構造、丸善、H20 年。