

# 架設橋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

## 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橋梁ライフラインを復旧するいくつかの方法があるが、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すつなぎ合わせた周期性構造橋梁が考えられる。

本研究では、この基本モジュールを最適化解析から探し出すことにより、架設橋の合理的な構造を追究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、架設橋への適用性について言及する。

## 2. 解析方法

最適化解析手法としては、解析範囲をカバー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。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<sup>1)</sup>として定式化される。

本研究では解析手法の開発は目的としておらず、グランドストラクチャー法としては参考文献<sup>2)</sup>に示されているプログラム *Otto\_2D* を用いている。また、二次元領域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

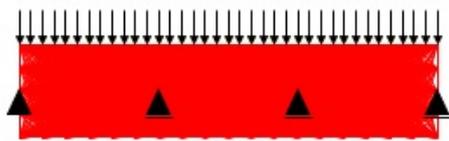


図-1 グランドストラクチャー法による 3 径間解析モデル

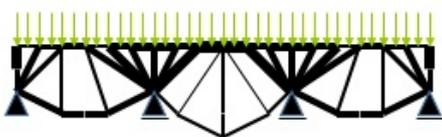


図-2 グランドストラクチャー法による 3 径間解析結果

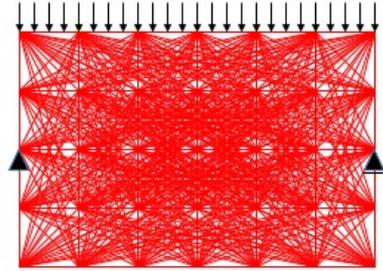


図-3 グランドストラクチャー法による単径間解析モデル

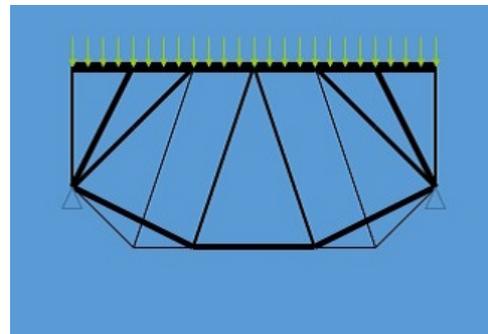


図-4 グランドストラクチャー法によって得られた単径間最適構造

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 つを用いている。部材の形状は異なるが、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. 最適解が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、比較的長い解析領域の最適化解析から周期性構造が最適解の一つであるという確認が得られるかを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。解析モデルはできるだけ単純化した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 径間とした場合の 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。図-1 に示すように、載荷荷重は等分布荷重のみであり、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-2 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。

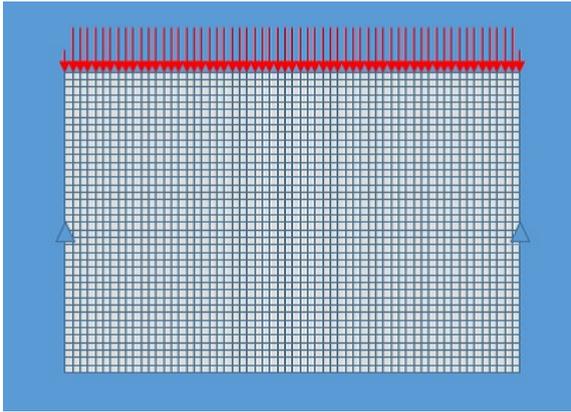


図-5 二次元領域解析法の解析モデル

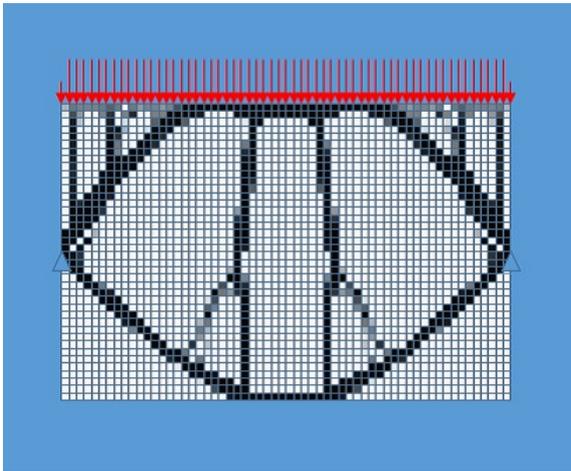


図-6 二次元領域解析法による最適構造

#### 4. 基本モジュールの最適化解析

最適構造の周期性確認に基づいて、基本モジュール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、Otto\_2D, Isler\_2D, 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。橋梁の支点位置としては解析領域縦方向の上端、中央、下端が考えられるが、ここに示す解析例における支点位置は中央とする。

図-3 にグラッドストラクチャー法 (Otto\_2D) による解析モデルを示し、図-4 に得られた最適形状の結果を示す。全体として逆アーチ形状となっているが、トラス斜材の存在感もある。

また、図-5 には二次元領域 (Isler\_2D) による解析モデルを示し、図-6 には得られた最適形状の結果を示す。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るが、Isler とは最適解の求解手順が異なると考えられる。また、上下対称モードと非対称モードに分けて解析することが可能なため、ここでは 2 種類の最

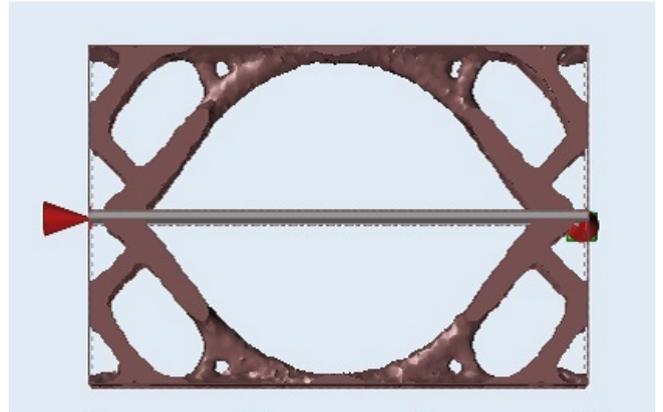


図-7 Inspire による解析結果 (上下対称形)

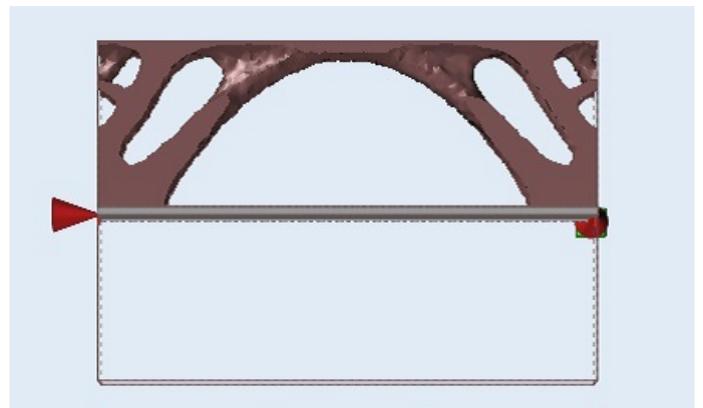


図-8 Inspire による解析結果 (上下非対称形)

適構造を図-7 と図-8 に示す。上下対称モードではアーチ形状の線対称となり、非対称モードではほぼ 2 倍の太さのアーチ形状となっている。

#### 5. 結論

- (1) 構造に対する作用断面力が周期性を有する場合には構造最適解もある程度の周期性を有することが、事前解析より確認された。
- (2) 基本モジュールを想定した単純ばりに対する最適解析として、グラッドストラクチャー法 (Otto\_2D) 及び二次元領域法 (Isler\_2D と Inspire) を適用した場合の最適構造形式がそれぞれ具体的に得られ、手法による差異はあるものの、ある程度共通した特性が得られていると考えられる。

#### 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.