

グランドストラクチャ法による橋梁の構造最適化に関する基礎的研究

木更津高専（研究当時 阿南高専） 正会員 ○森山卓郎
ニタコンサルタント株式会社 非会員 牧本和明

1. はじめに

近年、構造物の形態創成手法として、グランドストラクチャ法が注目されている。グランドストラクチャ法は位相最適化の一つであり、設計領域に配置した節点間を可能な限りの線要素で結んだグランドストラクチャと呼ばれる下地構造を仮定し、数学的な最適化手法により不要な要素を取り除いた後に残った形状が最適位相となるものである¹⁾²⁾。グランドストラクチャ法は、藤井ら³⁾が先駆的な研究を行っており、主に建築分野における構造最適化において数多くの検討がなされている。土木分野でも、最近では橋梁設計の初期検討における試みなどでも検討されつつある⁴⁾⁵⁾。本研究では、中小規模橋梁の構造形式の初期検討段階を想定し、グランドストラクチャ法を用いて橋梁の2次元モデルの最適形状を算出した。

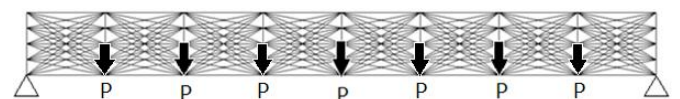
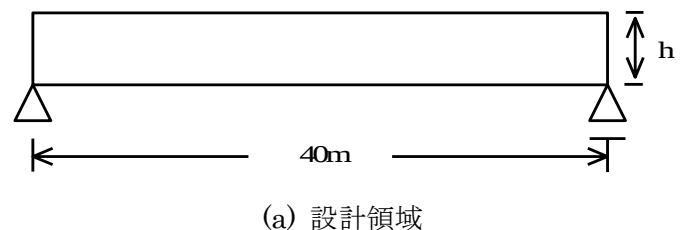
2. 解析方法

本研究では、支持条件とスパン長の異なる2つの2次元橋梁モデルについて主構高さ h を変化させ、プログラムを用いてグランドストラクチャ法による最適形状の算出を行った。上部構造のグランドストラクチャの材質は、いずれも鋼とした。図1および図2に示すように、路面上の各節点に集中荷重を作用させた。case 1については、集中荷重がスパン中央に1点のみとスパン中央付近の3点に載荷させた場合についても同様に解析を行った。また、case 2については、スパン45mの場合についても同様に解析を行った。

3. 解析結果

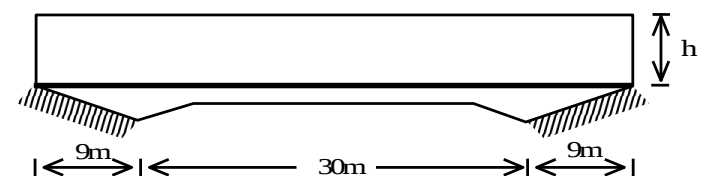
図3に、case 1について主構高さ h を変化させたときのグランドストラクチャ法により求めた最適形状を示す。図3より、主構高さが4mと小さい場合では、最適形状はハウトラスになることがわかる。また、主構高さを大きくしていくと、最適形状は曲弦のプラットトラスになり、さらにアーチに近付いていくことがわかる。特に、頂部にはアーチをトラスで補剛したブレーストリブアーチになっていることが特徴的である。このような傾向は、集中荷重がスパン中央に1点のみとスパン中央付近3点に載荷させた場合についても同様に見られた。

図4に、case 2について同様に主構高さを変化させたときのグランドストラクチャ法により求めた最適形状を示す。図4より、主構高さが2mと小さい場合では、最適形状はハウトラスになることがわかる。また、主構高さが4mと大きくした場合は、最適形状はアーチ状となった。さらに主構高さを5m、6mと大きくした場合は、最適形状はブレーストリブアーチになっていくことがわかる。

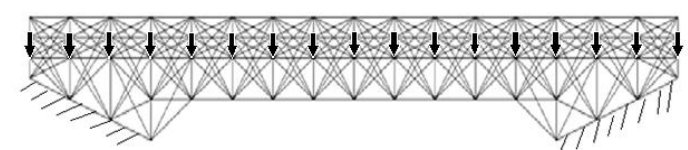


(b) グランドストラクチャ

図1 解析対象 (case 1)

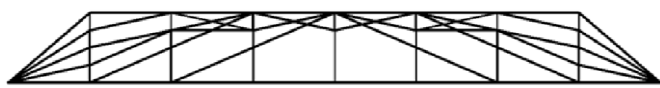


(a) 設計領域

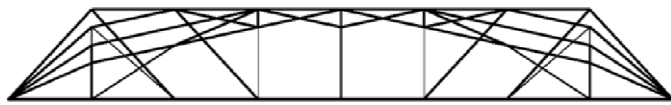


(b) グランドストラクチャ

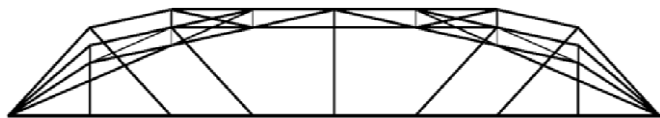
図2 解析対象 (case 2)



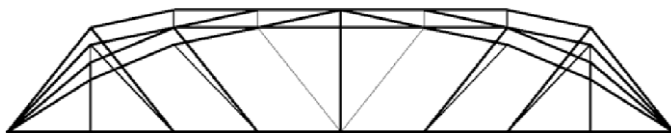
(a) 主構高さ $h=4\text{m}$ の場合



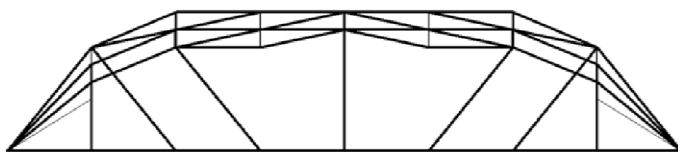
(b) 主構高さ $h=5\text{m}$ の場合



(c) 主構高さ $h=6\text{m}$ の場合

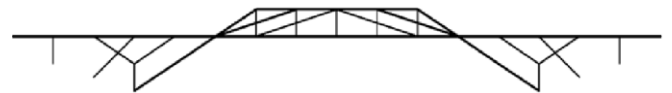


(d) 主構高さ $h=7\text{m}$ の場合

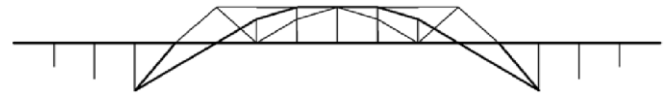


(e) 主構高さ $h=8\text{m}$ の場合

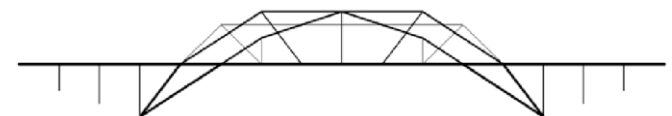
図 3 最適形状 (case 1)



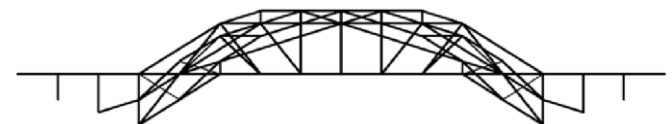
(a) 主構高さ $h=2\text{m}$ の場合



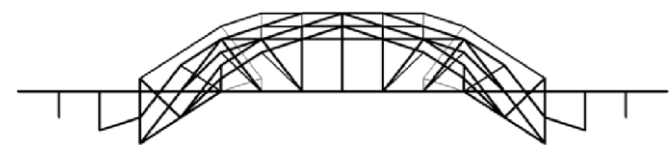
(b) 主構高さ $h=3\text{m}$ の場合



(c) 主構高さ $h=4\text{m}$ の場合



(d) 主構高さ $h=5\text{m}$ の場合



(e) 主構高さ $h=6\text{m}$ の場合

図 4 最適形状 (case 2)

このような傾向は、case 2 のモデルにおいてスパンを 45m と大きくした場合においても同様に見られた。

4. まとめ

本研究では、グランドストラクチャ法を用いて、スパンや境界条件が異なる 2 つの中小規模橋梁の 2 次元モデルについて最適形状を算出した。その結果、いずれの case においても橋梁の最適形状は、主構高さが小さい場合にはハウトラスになるが、主構高さを大きくしていくと曲弦トラスからアーチ、ブレーストリブアーチと変化していくことがわかった。

今後の課題としては、支持条件やスパンを変化させた場合についての橋梁の最適形状についてのさらなる検討や 3 次元モデルを用いたグランドストラクチャ法による最適形状の算出などが考えられる。

参考文献

- 1) 藤井大地：パソコンで解く構造デザイン、丸善、2002.
- 2) 藤井大地：Excel で簡単にシミュレーション！ 建築デザインと最適構造、丸善、2008.
- 3) 藤井大地、真鍋匡利、高田豊文：グランドストラクチャ法による建築構造の形態創生、日本建築学会構造系論文集 73(633)、pp. 1967-1973、2008.
- 4) 近広雄希、有尾一郎、田中義和、中沢正利：スマートブリッジ概念に基づく折畳み型の緊急復旧対策用モバイルブリッジ™の研究開発、広島大学大学院工学研究科研究報告、60、1、2011.
- 5) 野中秀一、藤井久矢：構造最適化解析を用いた FRP 橋の構造形態の初期検討、土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集 I、pp.159-160、2012.