

急速展開できる新しい仮設モバイルブリッジの基礎研究開発

| | | |
|-----------|------|-------|
| 広島大学 | 正会員 | 有尾 一郎 |
| 広島大学 | 学生会員 | 古川 祐輔 |
| 広島大学 | 学生会員 | 近広 雄希 |
| 施工技術総合研究所 | 正会員 | 谷倉 泉 |
| 施工技術総合研究所 | 正会員 | 小野 秀一 |

1. はじめに

昨今の自然災害復旧技術に関しては、その被災規模や現場の状況などから様々な課題が多く存在する(写真1を参照¹⁾)。特に、災害現場においては、災害発生後の時間的対応が問題視され、具体的な対応策が急務とされている。橋の仮設もライフラインを早急にリカバリーさせる技術的課題を解決する上で、その対象物と想定される。そこで、移動して展開架設できる新しい応急橋¹を開発・構築しておくことは、災害が多発する我が国にとっては必要不可欠なライフライン復旧の重要な防災ツールと考えられる。

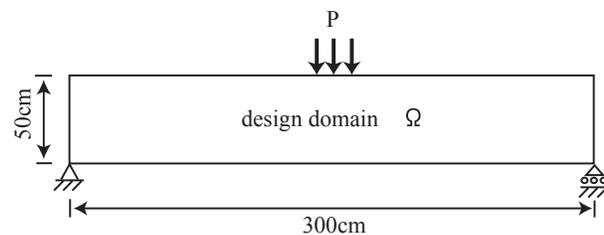
本研究では、宇宙構造物の展開構造制御技術²⁾を駆使し、防災分野に利用するためのスマート構造に基づく構造概念を紹介する。関連した研究として、Holnickiら³⁾がハニカム状の骨組トラス部材からなるアクティブ制御可能なショックアブソーバシステムを持つ、マルチ・フォールディング概念(MFM)の研究を行っている。本研究は、このMFMのスマート折畳構造の機構概念と構造最適化研究から急速施工可能な移動展開架設できるモバイルブリッジの基礎研究をレビューする。

2. 梁モデルのレイアウト最適化問題

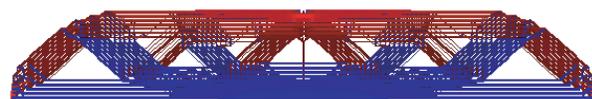
梁のモデルを用いた均質化法等による位相最適化は、スパンが長くなるにつれて、その中央部分にソリッド要素と空隙要素の密度分布がチェッカーボードのように交互に並ぶ数値不安定性が現れ、構造物としてどこに境界を定めるべきかを判断しにくいといった問題がある。



Photo 1 兵庫県佐用郡・宍粟市 H21.8.9 豪雨による流橋被害事例¹⁾



(a) Initiated domain for design



(b) step 30

Fig. 1 梁モデルの解析結果 (20 × 120 分割)

本研究で用いたマイクロトラスによる解析モデルを Fig.1(a) に示す。設計領域はアスペクト比を 1/6 とした 50 × 300(cm) とする。メッシュ分割は 20 × 120 分割とし、2.5 × 2.5(cm) のユニットセルで満たされている。なお、モデルの左右対称性を考慮して 1/2 領域で解析を行う。

¹ ここでは、その開発目標から「モバイルブリッジ」と呼ぶこととする。



Fig. 2 形態形成の最適化解析結果 (20 × 80 分割)

各パラメータは、 $EA_0 = 1.0$ 、 $EA_{\max} = 10EA_0$ とし、荷重レベルは $\tilde{p} = 1.0 \times 10^{-3}$ とした。図 (b) はレイアウト解析結果であり、ワーレントラスの形態を得た。

(1) 両端固定梁モデル

Fig.1(a) は単純支持であったが、次に、両端が固定された両端固定モデルを考える。両端固定で中央に帯分布荷重 P が作用する領域を設計領域としたレイアウト最適化問題を考える。この問題に関しては、Maute & Ramm⁴⁾ によるアダプティブ位相最適化法による解がある。

この手法は、均質化設計法で位相を求めて (位相最適化 (topology optimization))、次に有限要素メッシュを切り、さらにその形状における位相を求める (形状最適化 (Shape optimization)) といった手順を数回繰り返すものである。この手法は、前節で述べた数値的不安定要素を解決しており、このようにして得られた位相は滑らかな境界を持ち非常に明解なものとなっているが、計算コストがかかるという課題があった。

Fig.2 に各ステップ数における形態変化の様子を示す。また図の右側半分は、各ステップ数に対する設計領域内の応力の状態を等応力線図によって表現したものである。左半分が形態解析によって得られた最適形状を表したものである。アダプティブ位相最適化によって得られた形態に酷似した位相が表れ、最終的には総部材数は初期部材数の約 19% にまで削減された。載荷点直下の大きな 3 角形のトラス形態をした太い部材で荷重を支える形態を示し、Ramm の位相最適化結果でも発現している。

3. Michell 概念による開発ヒント

マイクロトラスで離散化し収束計算によって、部材内の微小な内力ベクトルの方向と大きさをとらえることによって、伝達力を剛性という形で可視化することができ、最適な形態が形成される。このことから、ラチストラスモデルにおいても、理論上無限にトラス格子に離散化してしまえば、連続体問題に漸近することが推察される。この考え方は、Michell のトラス概念と共通し、本結果は現代の計算機能力の向上によって、事実上形態形成の計算と整合する成果⁵⁾ として、かつ、古典力学的課題の一つの解としても大変意義深い。

4. モバイルブリッジの適用可能性

この構造最適化法と折畳み構造研究「MFM 概念とそれを応用したモバイルブリッジの研究開発」⁶⁾ から、今回具体的な災害復旧のための折畳み-展開可能なトラス構造の仮設橋の開発とその適用性を考え、迅速に展開が可能なモバイルブリッジ研究開発のコンセプトを提案する。

参考文献

- 1) 台風 9 号に伴う兵庫県西部佐用・宍粟・美作の千種川水系と揖保川水系の豪雨災害被災記録 (流橋調査), 有尾 一郎: 2009, <http://home.hiroshima-u.ac.jp/bridge2/out-hiro/open/hasi-nagare-0810.htm>
- 2) G.W. Hunt and I. Ario: Twist buckling and the foldable cylinder : an exercise in origami, *Int. J. of Nonlinear Mechanics*, Vol. 40(6), (2005) 833-843.
- 3) J. Holnicki-Szulc, P. Pawlowski, M. Wiklo (2003): High-performance impact absorbing materials - the concept, design tools and applications, *Smart Materials and Structures*, No. 12 (2003), 461-467.
- 4) K. Maute, S. Schwarz, E. Ramm : Adaptive topology optimization of elastoplastic structures, *Struct. Optim.* 15 (1998) 81-91
- 5) 有尾 一郎, 特許申請中 (2006): 構造体及びその主フレームの伸張・縮収装置 (特願 2006-037668).
- 6) 中沢正利・有尾 一郎・谷倉 泉・小野秀一 (2009): MFM 概念とそれを応用したモバイルブリッジの研究開発, 土木学会全国大会 第一部門.