

2. 形態創生手法を用いた制震機構の開発に関する研究

03168009 池田康助
指導教官 藤井大地 助教授

制震装置 形態創生 変形拡大メカニズム 連続体

1. はじめに

近年、建築基準法の改正や大地震の頻発などで、家屋の耐震補強への関心が高まっており、多くの耐震補強技術が開発されている。これに対して、藤井、原田ら¹⁾は、より効率のよい制震装置を開発するために、高い剛性を保ちつつ変形を拡大する骨組要素メカニズムの形態を創生する技術を開発した。しかし、形態創生に骨組要素を用いるとメカニズムが複雑になる。そこで、藤井、谷澤ら²⁾は、よりシンプルなメカニズム形態を創生するため連続体要素によるメカニズム創生法を提案した。その結果スムーズな変形拡大をよりシンプルな形状で導き出すことに成功した。しかし、この手法はユーザーが可動設定点を無作為に設定し、的確なメカニズムを得るためには試行錯誤が必要だった。

そこで本研究では、よりシンプルなメカニズムをより効率よく求めるための改良を行い、小スペースで高減衰を実現するシンプルで高効率な制震機構の創生を試みる。

2. 形態創生手法

本研究で用いる形態創生手法は、位相最適化手法により、コンプライアンスの最小化問題を解くものである。例題として、図1のCase 1に示すラーメン構造内に連続体の設計領域を設定し、ラーメン骨組が、水平力 F を受けるとき、有限要素分割された設計領域の P_2 節点を鉛直上方に動かすメカニズム（機構）を創生することを考える。

まず、メカニズムの条件として、 P_2 点の鉛直上方の変位を制約条件として与える。また、ラーメン構造の変形によって P_2 点を引き上げるためには、Case 3に示すように P_2 点を拘束した場合にメカニズムの剛性が確保される必要がある。さらに、メカニズムの剛性を高めるためにCase 4に示すように、 P_1 点を外力方向に拘束した場合に P_2 点の変位方向に外力に対する剛性を確保する条件を加えた。以上の最適化問題は次のようになる。

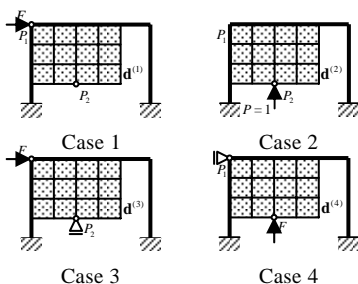


図1 最適化問題の定式化を説明するための例題

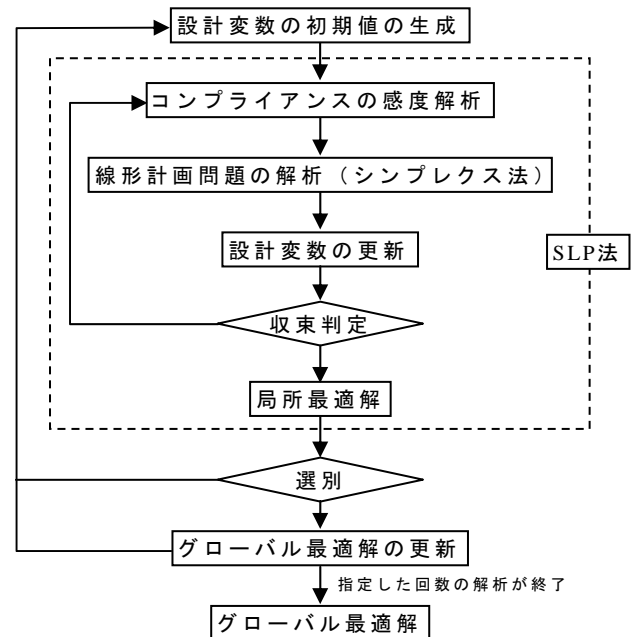


図2 グローバル最適解を求めるための計算フロー

「設計領域の要素密度を設計変数とし、 P_2 点の変位と P_1 点と P_2 点の相対変位、及び設計領域の総体積を制約条件として、 P_1 点と P_2 点の間の剛性を最大化 (Case 3 と Case 4 のコンプライアンスを最小化) する最適化問題」本研究では、本最適化問題を SLP 法 (逐次線形計画法) を用いて解く。ただし、この問題は、初期値に依存する多峰性問題であるため、異なる初期値に対する問題を複数解くことによりグローバル最適解を求める。その計算フローを図2に示す。

3. 可動点設定の効率化

以上の方法によって、変形拡大させる点(可動設定点)をユーザー側が任意に設定し、最適化計算によってメカニズムを創生する。しかしこの方法では、可動設定点(図1の P_2) をユーザーが無作為に設定するため、適切なメカニズム創生の可動設定点を探索するのに時間が掛かり、効率面に問題がある。そこで、より効率的にメカニズムを創生するために、可動点設定時の指標となるプログラムを開発した。これは適切なコンプライアンス値を基に可動設定点を自動探索し、任意に選択した可動設定点の中からコンプライアンス値が最も低い点を入力するものである。これを導入することにより、的確な解析条件を与えることができる。

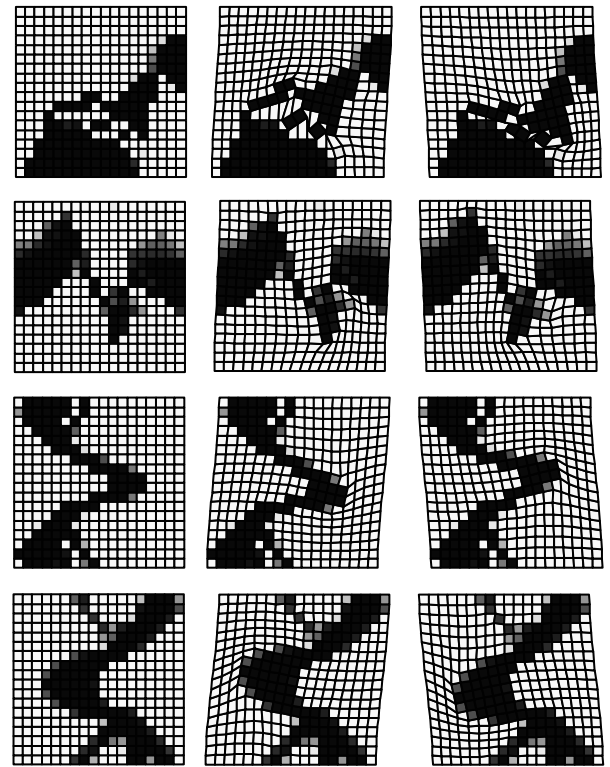
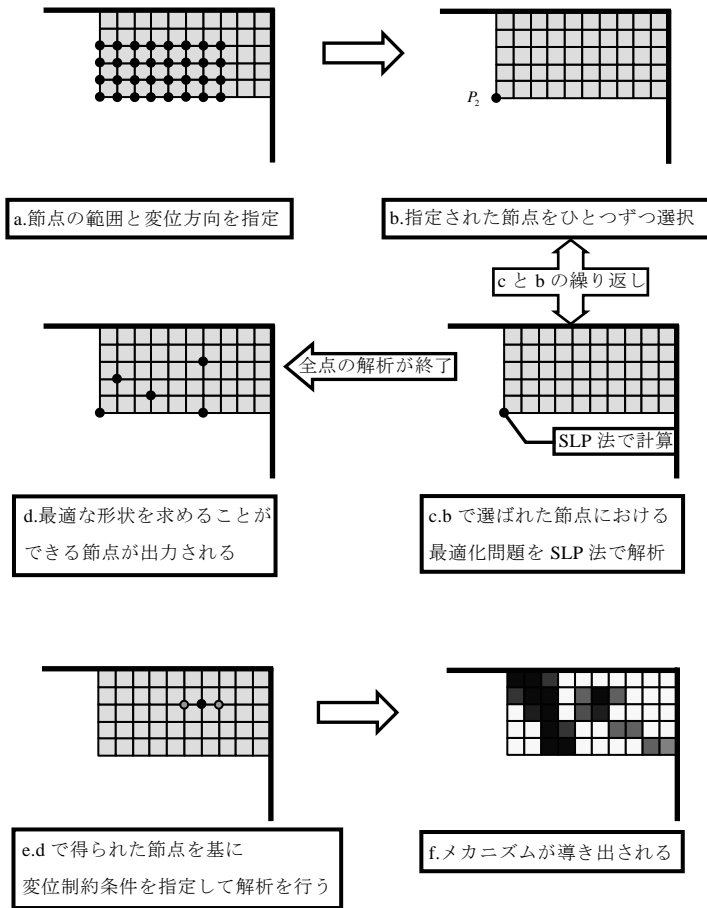


図3 本研究で導入した新しい解析サイクル

4. 解析例と考察

形態創生モデルとして、図 4 に示すような問題を考える。これは、柱間の 900mm×900mm の領域を示し、制震機構を創生する設計領域を A とする。

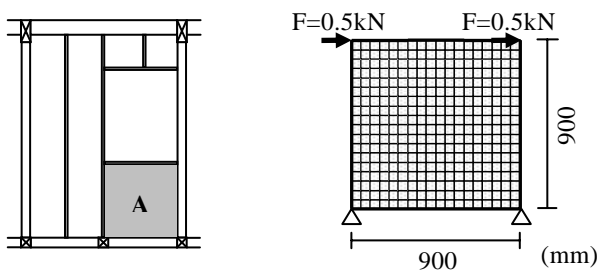


図4 設計領域と解析条件

以上の条件で行った解析結果とそれを基に 1/2 スケールで作成した模型を図 5 に示す。解析より得られた位相は明確であり、またそれを基に作成した模型では、変形拘束を生じずスムーズな変形が確認できた。

自動探査した結果を基に解析し、作成した模型の変形拡大や模型のスムーズな挙動から、自動探査プログラムと SA を用いた位相最適化プログラムが有用であるといえる。

図5 解析結果と模型

5. まとめ

本論文では、制震技術への応用を目的として、形態創生手法による機構の創生を提案した。そして解析結果を基に作成した模型による実験では、スムーズな挙動と変形拡大を確認できた。

参考文献

- 1) 藤井大地,原田卓也,平田裕一,骨組の位相最適化手法を用いたリンク機構の創生,日本建築学会構造系論文集,第 597 号,pp.63-68, 2005.11
- 2) 谷澤毅,藤井大地,連続体の位相最適化手法を用いた制震機構の創生,日本建築学会学術講演梗概集(関東),構造 I ,p239-240,2006.9