

30. 位相最適化手法を用いた鉄骨梁貫通孔の形状最適化に関する研究

0810920051 原口 和陽

指導教員 藤井 大地 教授

位相最適化手法 密度法 梁貫通孔 形状最適化

1. はじめに

現在、ウェブに貫通孔のある H 形断面梁の耐力に関する曲げ-せん断相関関係に関する研究は数多く発表されている。実際の設計においては、これらの研究成果を用いて、無孔部分と同等の耐力を有するように孔周辺に補強を施し、一種の全強設計とするのが普通である。梁の耐震設計の基本条件は、梁端に塑性ヒンジが生じて十分な塑性変形能力を発揮することである。有孔梁の場合、孔部分に早期の損傷が生じて、この条件を阻害しないことが必要である。骨組内の梁の曲げモーメント、せん断力は、材料の長さに沿って変化するので、梁の終局限界状態において、任意の孔位置に作用する曲げモーメント、せん断力が、その孔部分のモーメント耐力、せん断耐力より小さいことが確認されれば、上記の条件は満足される。したがって、全強設計の必要はない。また、ウェブ貫通孔の大きさは、梁せいりの 1/2 以下で孔間隔は孔径の 3 倍以下、位置はスパンの中央で梁せいりの 1/2 が普通である。しかしながら、貫通孔の形状と位置についてはこれまで詳しい研究がなく設計上の制約の下で適当に決められているのが現状である。

そこで、本研究では位相最適化手法のひとつである密度法を用いて効率的なウェブ貫通孔の形状と位置について解析的な検討を行う。

2. 連続体の最適構造を求める方法

構造形態の創生には位相最適化手法の一つである密度法を用いる。この方法は、まず図 1a) のような設計領域を図 1b) に示すように有限要素で分割し、最適化の手法を用いて、必要な要素の密度を高く、不必要な要素の密度を低くしていき、図 2 のように、最適な形状を浮かび上がらせるという方法である。この方法では、材料の総質量の制約を変更することで、様々な形態を得ることができる。

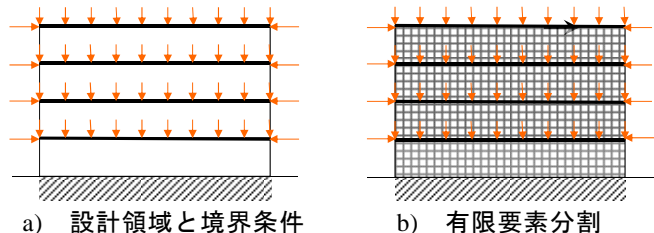


図 1 密度法における最適化手法

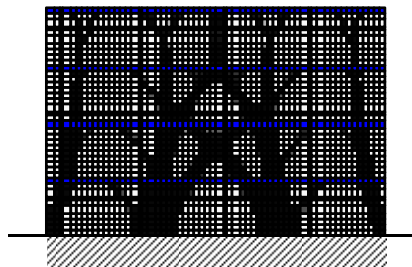


図 2 密度法によって得られた最適な形

3. 貫通孔について

鉄骨造梁は一般に、図 3 に示す、H 形鋼が用いられ、ウェブに貫通孔が明けられる。長スパン梁ではせん断力が大きくなならないので、梁端部以外は補強なしで梁せいり D の 1/2 程度の孔を設けることができる。これは、梁端部が曲げ降伏すると、最大曲げモーメントが一定値以上とならないので、せん断力も一定値以上にならない。

4. 解析例

図 3～図 6 に解析モデルを示し、貫通孔の位置と形状を検討する。

4.1 初期条件

- ・ヤング係数 $E = 20600\text{N/mm}^2$ ，ポアソン比 $\nu = 0.3$

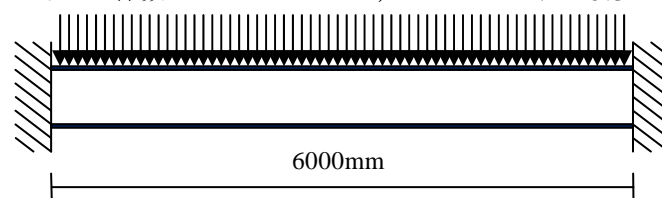


図 3 解析モデル 1

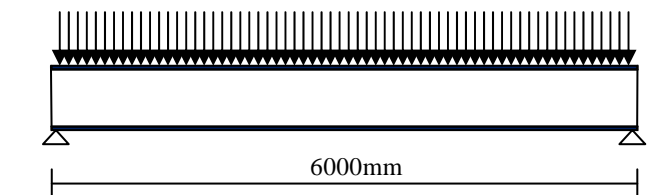


図 4 解析モデル 2

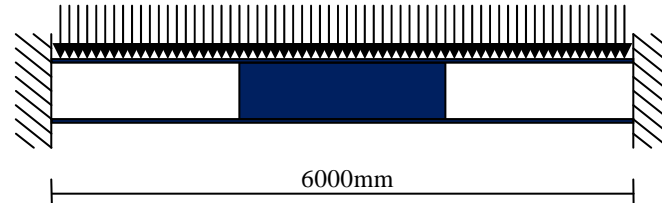


図 5 解析モデル 3

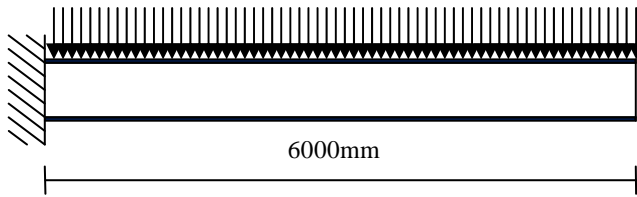
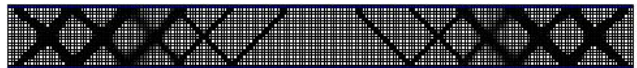


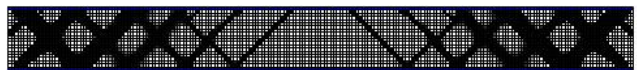
図 6 解析モデル 4

4.2 位相最適化手法によって得られた最適構造

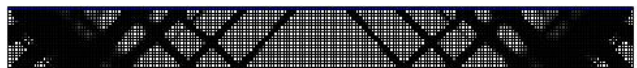
図 7～図 10 は、位相最適化手法のステイタスである質量制約の数値を 0.1～0.9 まで与えることによって得られた最適構造である。



質量制約 0.3 , Filter_wt0.3

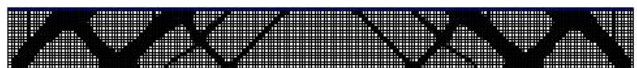


質量制約 0.4 , Filter_wt0.4



質量制約 0.5 , Filter_wt0.5

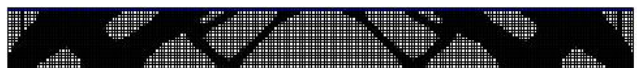
図 7 解析モデル 1 の位相



質量制約 0.3 , Filter_wt0.3



質量制約 0.4 , Filter_wt0.4



質量制約 0.5 , Filter_wt0.5

図 8 解析モデル 2 の位相

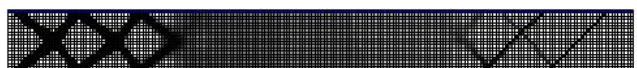


質量制約 0.3 , Filter_wt0.3

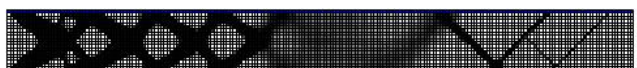


質量制約 0.4 , Filter_wt0.4

図 9 解析モデル 3 の位相



質量制約 0.3 , Filter_wt0.3



質量制約 0.4 , Filter_wt0.4

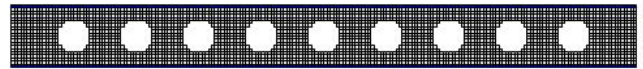


質量制約 0.5 , Filter_wt0.5

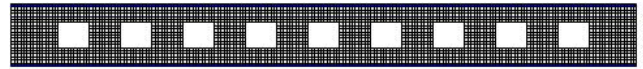
図 10 解析モデル 4 の位相

4.3 応力解析

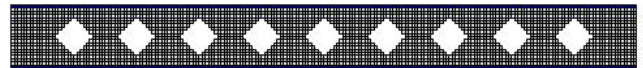
次に、解析モデル 1 をもとに鉄骨梁における貫通孔の位置と形状のレイアウトを図 11 に示し、図 12 に、図 11 をもとに設計した有効梁の応力解析を行った。



a) 円の貫通孔

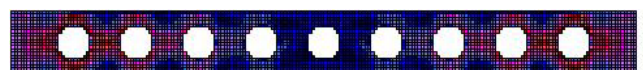


b) 四角形の貫通孔

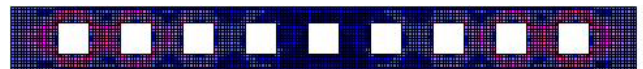


c) ひし形の貫通孔

図 11 レイアウト図



a) 円を基に設計した有効梁



b) 四角形を基に設計した有効梁



c) ひし形を基に設計した有効梁

図 12 レイアウトを基に設計した有効梁

4.4 解析結果

表 1 最大応力比

	円	四角形	ひし形
最大応力比	2.167	3.271	1.875

5. まとめ

本研究では、位相最適化手法のひとつである密度法を用いて効率的なウェブ貫通孔の形状と位置について解析的な検討を行った。

まず、鉄骨梁である H 形鋼を例題に密度法を用いて様々な質量制約と Filter_wt, 境界条件等の条件で位相を求めたところ、せん断応力に抵抗するような斜めの位相が出るのがわかった。また、ウェブ貫通孔は、現在使用されている円や四角形と比較して位相に沿っているひし形の貫通孔の応力が低いことがわかった。

参考文献

- 1) 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
- 2) 青木量介, 塑性化領域に無補強ウェブ貫通孔を設けた鉄骨梁の変形能力
- 3) 中村英嗣, 井戸田秀樹, 小野徹郎, 塑性化領域に無補強ウェブ貫通孔を有する鉄骨梁について貫通孔の位置と孔径の影響
- 4) 加藤勉, 金子洋文, 鉄骨梁貫通孔の梁端からの限界距離について