

CS-38

長支間用 I 形鋼格子床版に用いる I 形鋼の疲労特性

(株) 神戸製鋼所 正会員 中川知和† (株) 神戸製鋼所 塙 洋二†
 神鋼建材工業 (株) 榊原英雄†† (株) 神戸製鋼所 正会員 杉井謙一†††
 (株) 神戸製鋼所 山口拓則†

1. はじめに I 形鋼格子床版は、床版厚の低減・現場作業の省力化などの利点を有するが、これを、近年注目されている合理化少数主桁橋に適用する場合、床版の長支間に対する疲労強度確保が重要課題となる。本床版の疲労強度は I 形鋼のウェブにあげられたパンチ孔の配置及び形状に大きく依存するので、ここでは、まず形状最適化解析によってパンチ孔周辺の応力集中が小さくなる概略の配置及び形状を求めた。そして、この結果を基に設計した高さ 200mm の I 形鋼の疲労実験を行い、長支間用 I 形鋼の疲労特性を確認した。

2. I 形鋼格子床版の構造概要 I 形鋼格子床版は、図-1 に示すように、床版の主部材として橋軸直角方向に配置した I 形鋼を用い、これと直交する配力鉄筋、および下面に I 形鋼と点溶接で取り付けられる亜鉛メッキ鋼板製の型枠から構成されている。I 形鋼のウェブには配力鉄筋を通すためのパンチ孔が設けられている。これまでの疲労実験によれば、このパンチ孔の応力集中部から疲労クラックが発生するので、パンチ孔の形状と配置を適切にして極力発生応力を低減させることが、耐久性確保のうえで重要となる。

3. 形状最適化解析によるパンチ孔形状・配置の検討 形状の最適化は、均質化法¹⁾を用いて行った。均質化法とは、解析対象を周期的に小さな孔の空いた多孔質体と仮定し、周期を構成する最小単位のユニット・セルの特性からマクロ的に平均化された材料定数を算出する手法である。構造全体のひずみエネルギーが最小となるようなユニット・セルの空隙率の分布を、最適化計算によって求めることにより、形状（トポロジ）の最適化が行われる。

図-2 に、単純支持された I 形鋼（長さ 1500mm、高さ 200mm）が中央に集中荷重を受けた場合の、形状最適化の結果を示す。本解析では、I 形鋼を 5514 個の平面応力の有限要素に分割し、全体の重量がウェブに孔が無い場合の 40% になるよう最適化を行った。同図において、黒い部分が最終的に残った部分で、ウェブの白い部分は要素の空隙率が 100% になったことを示している。

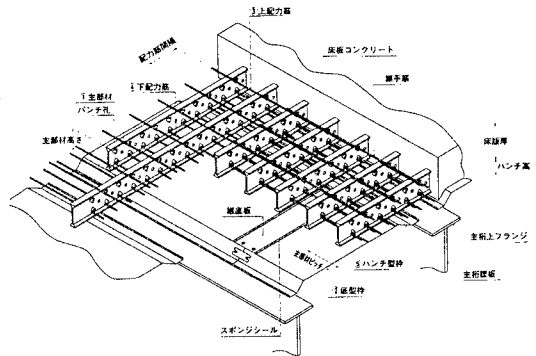


図-1 I 形鋼格子床版の構造

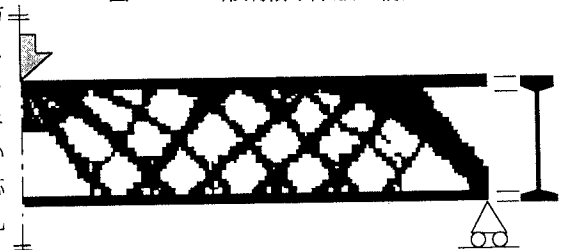
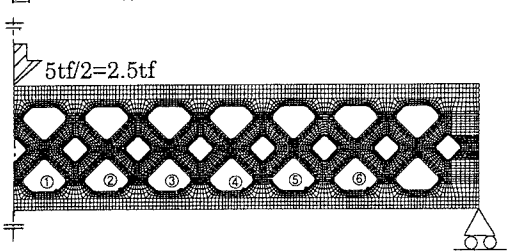
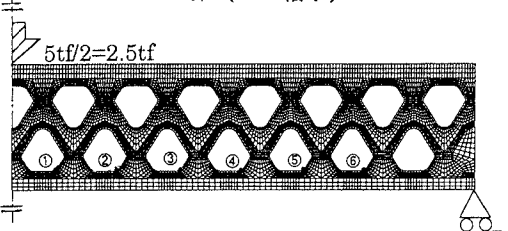


図-2 I 形鋼のウェブの形状最適化解析結果



A案 (45° 格子)



B案 (60° 格子)

図-3 パンチ孔形状比較のための有限要素モデル

Key Word: I 形鋼格子床版, パンチ孔, 形状最適化, 疲労強度

連絡先: †〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5

††〒541-0041 大阪市中央区北浜 2-6-17

†††〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町 4-2-15

TEL:078-992-5641

TEL:06-206-7433

TEL:078-261-7285

FAX:078-993-2056

FAX:06-222-4909

FAX:078-261-7807

図から判るように、角度 45° の格子を形成するように孔を開けると、ひずみエネルギーが最小化されるという結果になったが、これはウェブのせん断抵抗を最大化することに対応しているものと考えられる。

さて、この結果を検証するために、図-3に示す2種類の孔形状を有するI形鋼の応力解析を行った（中央に集中荷重を載荷）。同図において、A案は最適化解析に極近い形状、B案は角度 60° の格子形状であり、孔のコーナの曲率半径は同一にした。図-4に、応力集中部（図-3で番号を付けた点）の Mises 応力の比較を示すが、A案の方がB案よりも最大応力が6%程度低くなっており、最適化解析が妥当であると言える。

4. 疲労試験結果 上記の結果を基に、配力鉄筋の施工性にも配慮して、図-5のようなパンチ孔形状を有するI形鋼を作製し、疲労試験を行った。配力鉄筋は図のように配置し、配力鉄筋の上方とパンチ孔が接する位置を点溶接した。疲労試験は、3点曲げ方式で行い、載荷荷重の変動幅は最大14.5tfとして200万回まで繰り返し載荷を行った。疲労亀裂は下パンチ孔のコーナ部に発生し、点溶接部には発生しなかった。なお、亀裂が発生する度に、亀裂の発生点を高力ボルトで締め付けて亀裂の進展を阻止し、試験を続行して多数の疲労データを得られるようにした。

図-6に、亀裂発生に関するS-N線図を示す。縦軸の応力範囲は、亀裂発生点の値である。同図において、I-200（実線）は本実験結果であり、I-150（点線）は高さ150mmのI形鋼に対するもの²⁾である。これから判るように、図-5のI形鋼の疲労特性は、実績のあるI-150とほぼ同じであるといえる。

5. まとめ 長支間床版用のI形鋼（高さ200mm）のパンチ孔形状および配置を、形状最適化解析を用いて検討した。その結果、 45° の格子形状を形成するようにパンチ孔を開けることにより、ひずみエネルギーが最小化されることが判った。この結果を基に、新しい形状のI形鋼を作製し、疲労試験を行った結果、従来の150mm高さのI形鋼とほぼ同等の疲労特性を有することを確認した。

最後に、本研究を行うにあたり適切な御助言をして戴いた大阪大学工学部・松井繁之教授に感謝の意を表します。

1) J. M. Giedes and N. Kikuchi: "Preprocessing and Postprocessing for Materials based on the Homogenization Method with Adaptive Finite Element Methods", Comp. Meth. in Appl. Mech. & Eng. 83 (1990) 143-198.

2) 松井繁之、前田幸雄：鋼格子床版I形鋼の疲労特性に関する研究、土木学会年次講演会概要集、1979

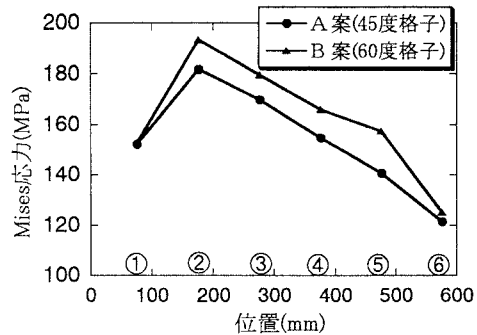


図-4 パンチ孔コーナ部の応力の比較

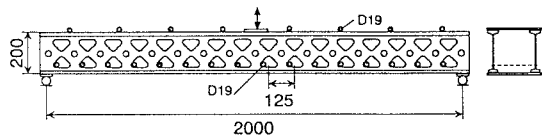


図-5 実験に用いた長支間床版用I形鋼

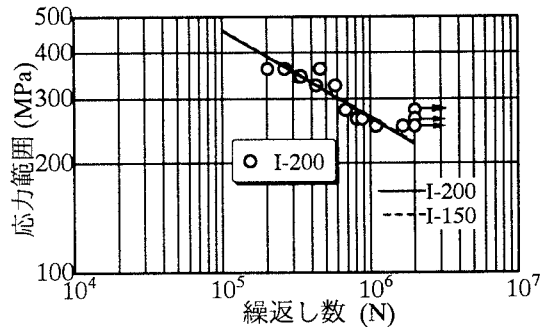


図-6 I形鋼のS-N線図