

鋼橋床版取替に伴うジベル溶断時入熱によるウェブ面外変形の非線形解析

菱日エンジニアリング(株) 正会員 ○ 佐々木泰子
九州大学工学部 正会員 日野 伸一
菱日エンジニアリング(株) 正会員 宮内 和良
三菱重工工事(株) フェロー 勝野 壽男

1. はじめに

鋼橋の床版取替工事に於いて上フランジの既存ジベルを溶断により取除く工事が発生する場合がある。このような取替工事の全工程を通じて主桁の安全性を確認するため、ウェブの初期変形・初期残留応力・過大な活荷重・ジベル溶断時入熱の影響を想定した非線形解析を数種類行った。その結果、ウェブの初期変形・初期残留応力・活荷重増加の影響を全て考慮したとしてもジベル溶断時入熱の影響がなければ主桁強度は十分安全であることがわかった。ここではジベル溶断に伴う上フランジ入熱がある場合を想定して行った材料非線形を考慮した大変形解析の結果について述べることにする。

2. 解析モデル

3本ある鋼橋主桁から1本を取出して解析を行う。解析モデル図を図-1に示すが、縦補剛材に仕切られたウェブパネルの初期面外変形(5mm)が交互に凹凸となるようにモデル化した。

支承部で上下方向を拘束し、横桁位置で水平方向拘束とした。材料非線形性を考慮するため、鋼材(SS400)の応力-歪み曲線を2直線で近似した。 $(E_1=2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2, E_2=E_1/100, \sigma_y=24 \text{ kgf/mm}^2, \nu=0.3)$

荷重は死荷重(2.03t/m)、活荷重(1.29 t/m)および下フランジに圧縮応力を与える目的のケーブル張力(100ton)、さらに上フランジに均等な温度荷重を与えるものとする。温度荷重はジベル溶断後の上フランジ熱収縮に相当する温度差(ΔT_{UF})であり、 0°C 、 -200°C 、 -400°C 、 -600°C の4種類とする。非線形解析における荷重の載荷過程を図-2に示すが、全荷重の作用状態である最大荷重時を(step1)とし、その後、活荷重を除いた状態を(step2)とする。(step2)は残留変形に相当する。

3. 解析結果

温度差 $\Delta T_{UF}=-200^\circ\text{C}$ の場合を例にとり、(step1)、(step2)におけるミーゼス応力コンター図に変形を重ねたものを図-3、図-4に示す。解析結果によれば主桁ウェブパネル全体に面外変形が発生し、(step2)の状態において面外変形および主桁全体撓みが残留することがわかる。

キーワード：床版取替工事、鋼橋主桁強度、非線形解析、ジベル溶断時入熱、熱変形・応力解析
連絡先：〒231-8715 横浜市中区錦町12番地 TEL:045-621-7486 FAX:045-622-2184

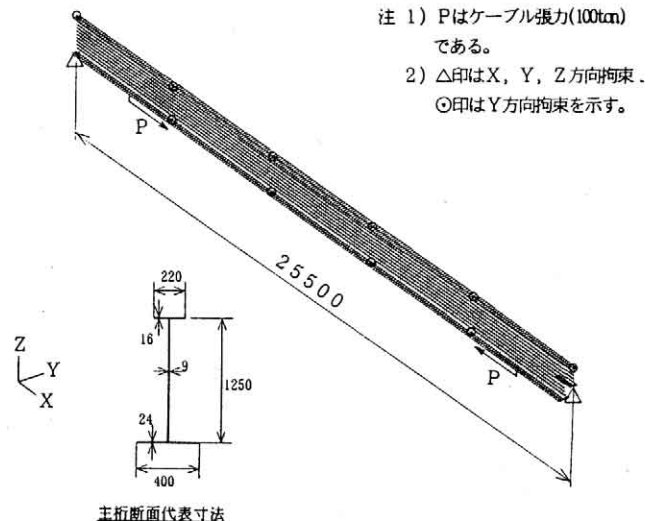


図-1 解析モデル図

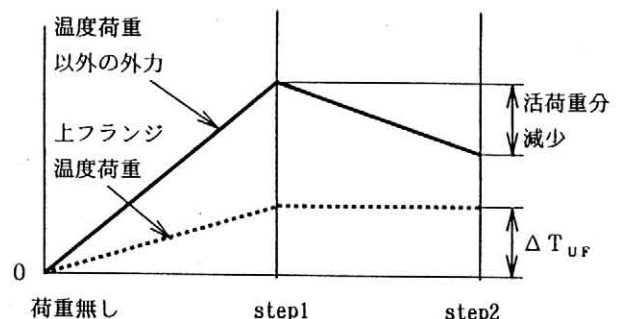


図-2 荷重の載荷過程

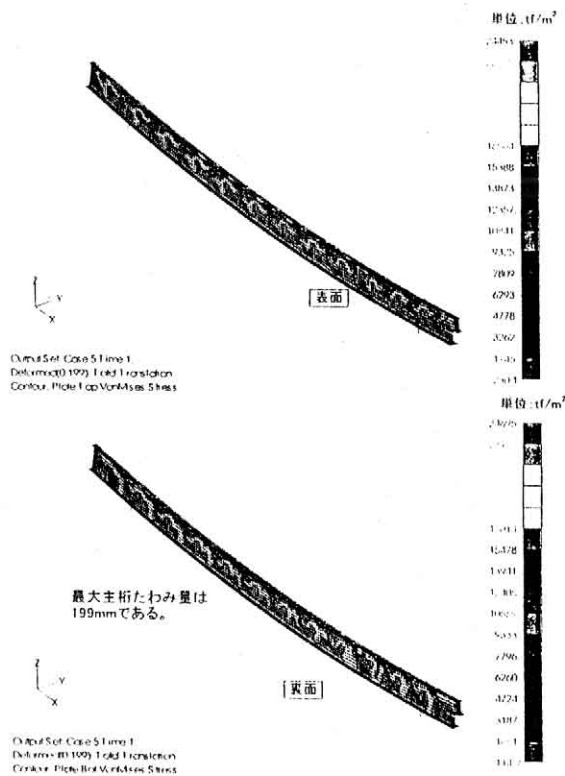


図-3 変形およびミーゼス応力(step1)

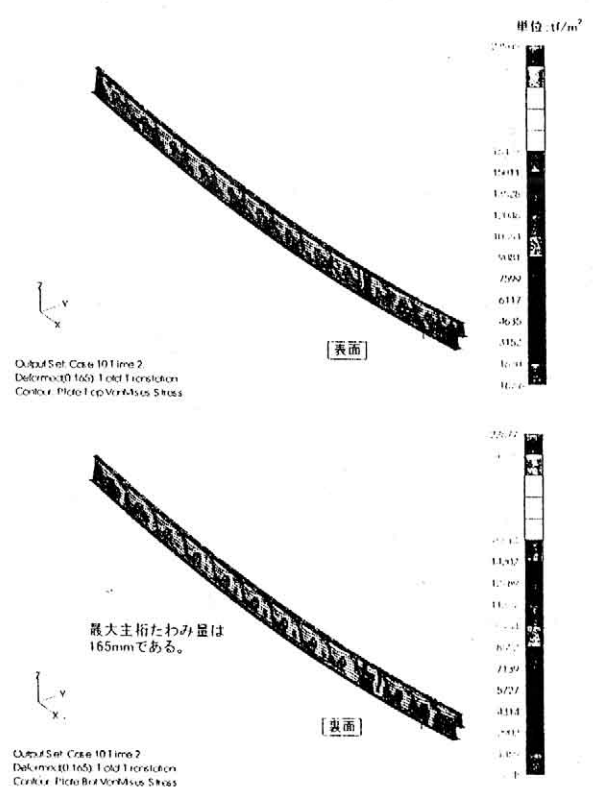


図-4 変形およびミーゼス応力(step2)

4. 結果のまとめ

上フランジの温度差(ΔT_{UF})とウェブ面外変形の関係を図-5に、また温度差と主桁最大撓みの関係を図-6に示す。

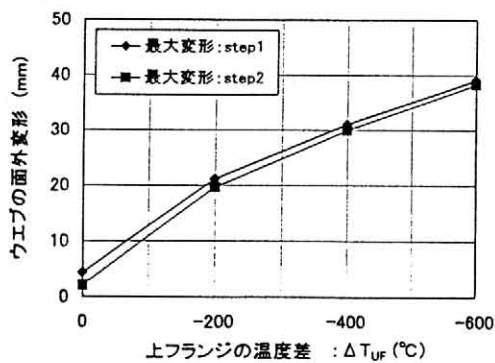


図-5 ウェブ面外変形に与える温度差の影響

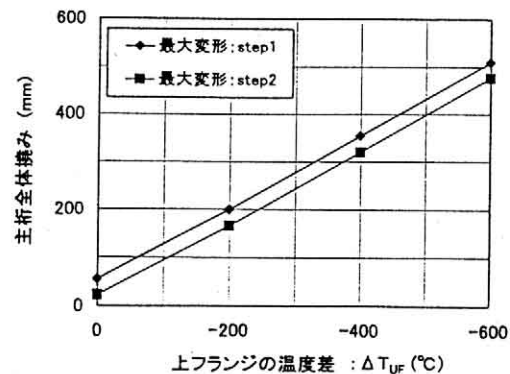


図-6 主桁全体撓みに与える温度差の影響

これらの図から以下のことがわかる。

- (1) 温度差が大きくなるとウェブ残留面外変形は大きくなる。例として(ΔT_{UF})が -200°C の場合、面外変形は(step1)で 21.2mm 、(step2)で 19.7mm となる。また、このとき(step1)と(step2)の面外変形差は 1.5mm であり小さい。(図-5参照)
- (2) 温度差が大きくなると主桁全体の撓みは大きくなる。例として(ΔT_{UF})が -200°C の場合には、(step1)で 199mm 、(step2)で 165mm となる。また、このとき (step1)と(step2)の主桁全体の撓みの差は 34mm となる。(図-6参照)

本解析結果を用いてウェブの残留面外変形、主桁全体の残留撓みを推定するためには、(ΔT_{UF})を知る必要がある。解析により(ΔT_{UF})を求めることは難しいため、主桁を模した供試体を用いてジベル溶断実験を行った。詳細については省略するが、実験結果を用いて(ΔT_{UF})= -70°C を得た。従って 図-5 から求まるウェブの残留面外変形は約 8mm であり、初期面外変形 $\delta_0=5\text{mm}$ を加えた残留面外変形 δ_f は約 13mm となる。また、図-6によれば主桁全体残留撓みは約 70mm となり δ_f とともに大きな値である。