

鋼 I 桁橋の 3 次元有限要素解析における要素分割の影響

九州工業大学 ○正会員 山口栄輝 学生員 山本 悟
ジェイアール九州コンサルタンツ(株) 正会員 原田和洋
(独)土木研究所 正会員 村越 潤 正会員 高橋 実

1. はじめに 従来より、鋼橋の設計は梁理論、格子桁理論により行われてきた。これは、計算を簡便にするための方法であり、実際の橋の変形挙動を必ずしも精度良く表すものではない。一方で、コンピュータや構造解析ソフトウェアの進歩には目覚しいものがあり、3次元有限要素解析も比較的容易に行えるようになり、近い将来には橋梁設計にも3次元有限要素解析が積極的に用いられると予想される。しかし、3次元有限要素解析においては、実構造物から解析モデルをまず作成する必要があるが、そのモデル化により、解析結果が影響を受ける。そこで、本研究では、鋼 I 桁橋を対象として3次元有限要素解析を行い、特に要素分割が応力性状に及ぼす影響について検討する。

2. 解析手法

2.1 解析対象 本研究では、文献1) で用いられた4主桁を有する橋モデル(スパン 40m の単純桁)を解析対象とする(図-1)。幅員 15.6m、主桁間隔 4 m、張出し長 1.8m、床版厚は 25cm である。主桁の断面サイズは概略設計により、スパン中央で決定し、スパン方向には一定としている。補剛部材である横桁、鉛直補剛材を 5m 間隔で配置し、鋼材は SM490Y を用いている。

2.2 解析モデル 対称性を考慮し、全体構造の 1/2 のみをモデル化する。主桁、補剛部材にはシェル要素、床版にはソリッド要素を用いている。コンクリートのヤング係数は鋼の 1/7、ポアソン比は 0.167 とする。

2.3 要素分割モデル 表-1 に示すように、G1 桁の要素分割を変化させて解析を行う。モデル f4～f16 の分割数はモデル f2 から 2、4、6、8 倍として決定しており、各モデルの要素形状比は一定に保たれている。なお、G1 桁以外の主桁にはモデル f2 を常に適用する。

2.4 荷重状態 荷重は L 荷重を想定し、荷重状態を図-2 に示す。主荷重 P1 はスパン中央 10m 区間に荷重し、従荷重 P2 はスパン全長に荷重する。

3. 解析結果

3.1 腹板の応力分布 解析結果として、図-3 に示す補剛材間中央位置(A ライン)、補剛部材近傍(B ライン、キーワード：鋼 I 桁橋、3次元有限要素解析、要素分割

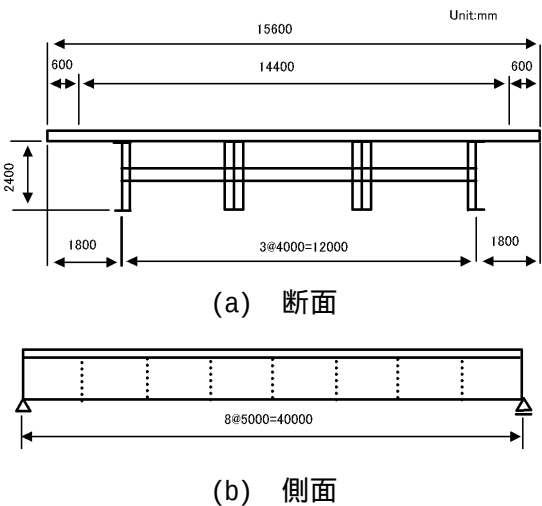


図-1 橋モデル

表-1 主桁の分割数

モデル名	フランジ幅	腹板高さ
f2	2	8
f4	4	16
f8	8	32
f12	12	48
f16	16	64

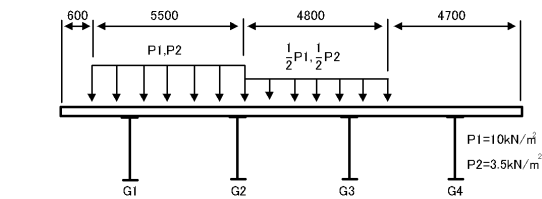


図-2 荷重状態

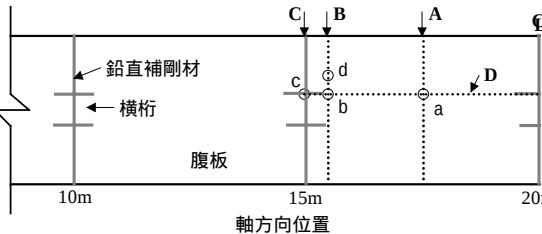


図-3 着目位置(G1桁)

Cライン), 及び下フランジから 1.5m 離れた位置(Dライン)における腹板内の軸方向直応力分布を図-4に示す(図-3に示す軸方向位置の原点は, 橋モデルの左端にとっている). 図-4(a)では, 軸方向直応力は直線分布を示し, 要素分割数の違いによる差はほとんどない. 図-4(b),(c)では, 応力分布が直線から外れている箇所がある. 該当箇所は, 補剛部材の取り付け位置であり, その近傍で応力分布が複雑になることを示している. 図-4(d)において, 軸方向位置 15m が補剛材設置位置であり, 複雑な応力分布となっている. しかしながら, この図より, 補剛材から 0.5m 程離れると, 補剛部材による応力分布の乱れは急速に減少している. 補剛部材設置近傍では要素分割数が解析結果に及ぼす影響も大きく, 注意が必要である.

3.2 要素代表長と軸方向直応力 図-5に要素代表長と腹板の軸方向直応力の関係を示す. 着目位置は, 図-3に示すa点~d点である. 各モデルの要素代表長(mm)は, $f_2=300$, $f_4=150$, $f_8=75$, $f_{12}=50$, $f_{16}=37.5$ である. 図-5(a)を見ると, 要素分割数を増やし, 要素の大きさを小さくするにしがたい, 要素代表長と軸方向直応力の関係が直線に近づいているのがわかる. これは有限要素法の理論的検討結果²⁾とも合致しており, 要素分割数に関する収束値が, 直線(図中:点線で示す)による外挿で求められる. 図-5(b),(c)では比較的多くの要素を用いた場合でも直線分布になったとは判断できず, 応力の収束解を求めるには今回用いた要素分割よりも更に多くの分割が必要であると思われる. 図-5(d)の補剛部材近傍では, 直線分布を得るまでに比較的多くの要素を必要とする. また, 要素代表長の減少に伴い, 誤差が一旦大きくなる現象が見られる. これは, モデル f_2 程度のような粗い要素分割の際に生じると考えられる. 注意が必要である.

4. まとめ

- ・ 補剛部材設置位置から軸方向に 0.5m 程離れると, 補剛部材による応力の乱れは急速に減少している.
- ・ 補剛部材近傍では要素代表長の減少に伴う応力値の収束は遅く, 応力を精度良く求めるには非常に多くの要素が必要である.
- ・ 要素代表長が大きい場合には, 要素の縮小に伴い誤差が一旦大きくなることもあり, 注意が必要である.

参考文献 1) 長井正嗣他, 構造工学論文集, Vol.43A, pp.1141-1151, 1997 年.

2) 山口栄輝, 土と基礎, Vol.49, No.5, pp.39-44, 2001 年.

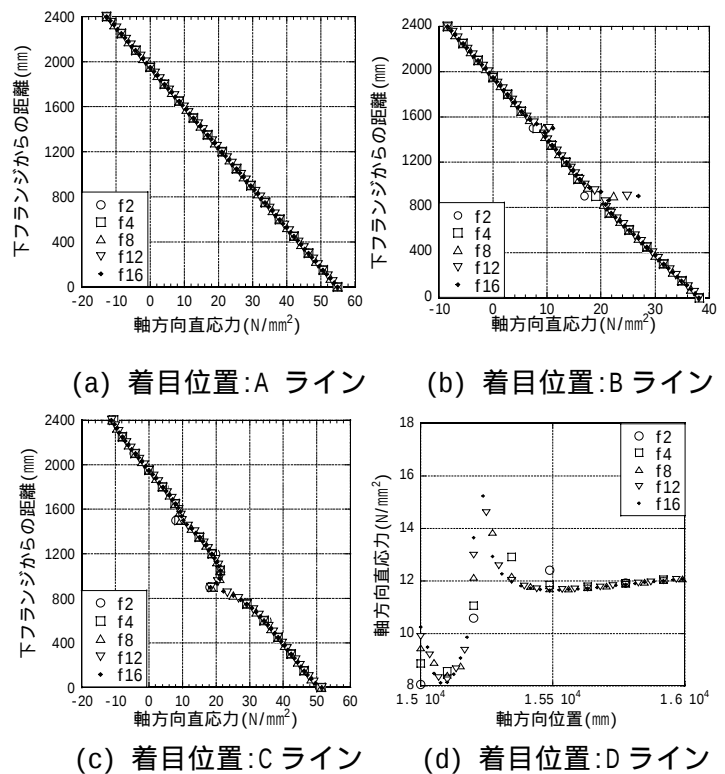


図-4 腹板内の軸方向直応力分布

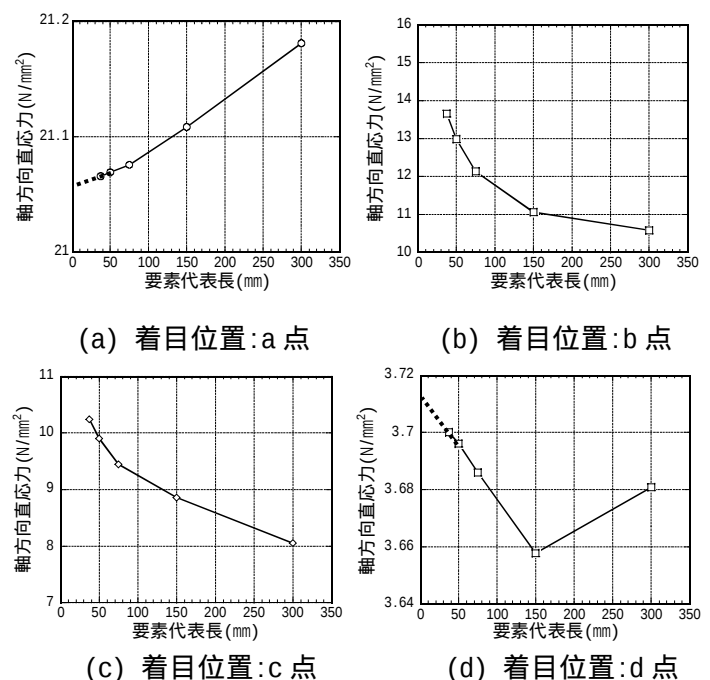


図-5 要素代表長と軸方向直応力の関係