

鋼 I 桁の立体 FEM 解析における要素分割の影響

ソイル・ブレーン 正会員 ○高畑綾子

九州工業大学 正会員 山口栄輝 学生会員 山下健二

1.はじめに 近年のコンピュータの発展には目覚ましいものがある．また有限要素法(FEM)の発展，汎用FEMフトの開発・普及も著しい．そのため，これまでは非常に困難と考えられていた複雑な構造物の解析も比較的容易にできる環境が整ってきている．しかし，FEMのモデル化において確立されたものはなく，FEMソフトや要素特性，要素分割によって解析結果が大きく異なることもあり得る．そこで，本研究では2種類の商用FEMソフトA，Bを用いて鋼I桁を解析し，使用するソフト，要素分割が解析結果に及ぼす影響について検討する．

2. 無補剛I桁

2.1 対象モデル 文献 1)の橋梁の中桁を対象とする．これは図-1に示す支間33mの鋼I桁である．文献 1)では，水平・垂直補剛材が配置されているが，ここでは補剛材

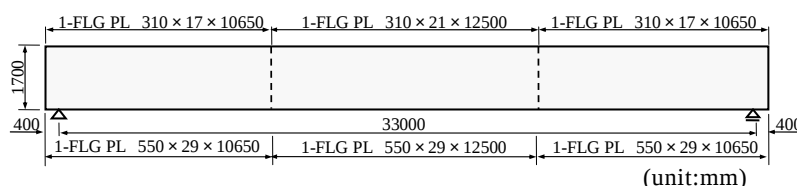


図-1 解析対象桁モデル(G2モデル)

表-1 要素分割(Case1)

Model	分割数			節点数	要素数
	橋軸	ウェブ	フランジ		
1	28	2	2	203	168
2	50	5	2	510	450
3	100	10	4	1919	1800
4	200	20	8	7437	7200
5	400	40	16	29273	28800

2.2 载荷条件 ウェブと上フランジの交差線上に作用する橋軸方向の等分布荷重とし，大きさは5kN/mとする．

2.3 要素分割 分割の影響を調べるために以下の4ケースについて検討する．橋軸方向，ウェブ高さ方向，フランジ幅方向すべての分割を細かくする場合をCase1とし，分割数を表-1に示す．また，Model2の分割を基本として橋軸方向の分割のみ細かくする場合をCase2，ウェブ高さ方向の分割のみ細かくする場合をCase3，フランジ幅方向の分割のみ細かくする場合をCase4として，分割方向が及ぼす影響を検討する．

2.4 収束性の比較 解析結果として，Case1のスパン中央ウェブ上縁直応力を図-2に示す．要素代表長との関係において，ひずみの誤差の上限は要素の大きさに比例するのに対し，変位の誤差の上限は要素の大きさの二乗に比例する²⁾．このことを利用し，要素代表長が0となる場合の値を収束値として外挿により求め，結果を表-2に示している．なお，図-2において，ソフトBでは要素分割に伴うスムーズな収束傾向が見られない．これは，Model1の

表-2 収束値

FEM ソフト	スパン中央ウェブ		スパン 1/4 ウェブ	
	たわみ	直応力	直応力	せん断応力
	下縁	上縁	上縁	最大
	(mm)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
A	-22.369	-39.820	-33.579	-3.054

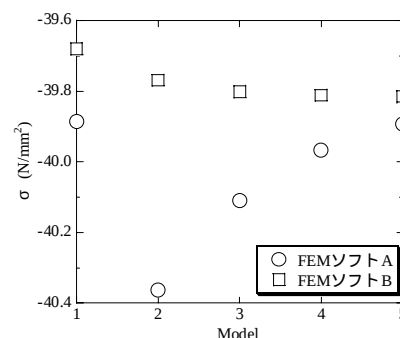


図-2 スパン中央ウェブ上縁直応力

キーワード 鋼 I 桁，立体 FEM 解析，要素分割

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学工学部 TEL093-884-3110 FAX093-884-3100

分割が粗すぎることに起因した現象と考えられるが、FEM 解析においては注意すべき点である。図-2 に示す通り、各モデルにおいてはソフトの違いによる差が見られるが、表-2 に示すように、収束値の差はほとんどなく、分割を細かくして解析するとほぼ同じ結果が得られることが理解される。

2.5 分割方向による影響の検討 解析結果として、スパン中央のウェブ下縁直応力と要素代表長との関係を図-3 に示す。要素代表長は分割を細かくする箇所の要素長とするが、要素分割を変更する際の相対的な大きさが重要なため、ここでは最も細かい分割のときの要素長を 1 としている。ソフト A ではウェブ高さ方向の分割が大きな影響を有しており、収束値の 1% 以内に収めるには 20 分割以上必要である。ソフト B は、ソフト A に比べると値の変動が少なく、どのケースにおいても収束値の 1% 以内に収まっている。ただし、最大せん断応力については、ウェブ高さ方向の分割が 5 分割では収束値の 1% 以内に収まらず、ソフト B では 10 分割を必要とする。どちらのソフトも Case2 では、要素長が小さくなるに伴い、収束値からむしろ遠ざかる傾向となることから、橋軸方向の分割は 50 分割でよい。また、フランジ幅の分割はどの成分にもほとんど影響しないことから、2 分割で十分であると考えられる。

3. 補剛 I 桁

3.1 対象モデル 文献 1) の G2 モデルと外桁の G1 モデル(図-4)を対象とする。G1 モデルはウェブの片側のみ、G2 モデルは両側に垂直補剛材を有している。要素分

割は表-1 の Model2 ~ Model5 と、収束値の 1% 以内の結果が得られるモデルのうち、分割数が最小となるモデル (w10) を用いる。

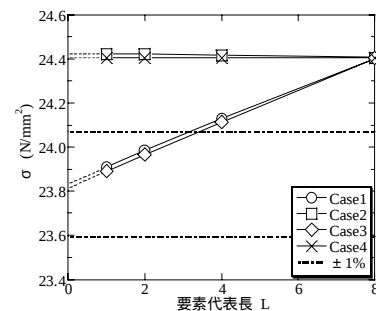
3.2 解析結果 解析結果として、鉛直補剛材間中央断面におけるウェブ内のせん断応力分布を図-5 に示す。図-5(a) に示す G2 モデルでは Model2 および w10 モデルにおいて分布が複雑となっている。しかしながら、図-5(b) の G1 モデルでは、G2 モデルのような傾向は見られないことから、よく似た桁でも補剛材がウェブの片側のみか、両側にあるのかなどの補剛形式の違いによって、分割数の影響は大きく異なることが理解される。

4. まとめ 本研究は鋼 I 桁を対象とし、FEM ソフトや要素分割が解析結果に及ぼす影響を検討した。補剛材の有無、また補剛形式の違いにより FEM ソフトや要素分割の影響度は異なるため、構造を I 桁に限定しても、最適な分割数を一般に定めるのは容易でないと考えられる。

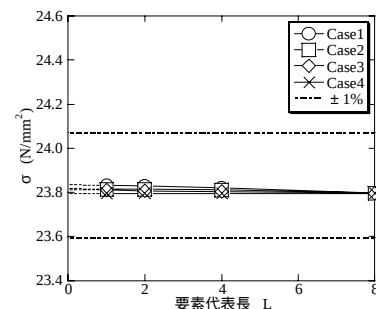
謝辞：本研究の遂行に際しては、土木学会鋼構造委員会 3 次元 FEM 解析の鋼橋設計への適用に関する研究小委員会 WG 1（主査：岩崎長岡技大助教授）での活動がたいへん参考になった。ここに記して感謝します。

参考文献

- 1) 野田清人：合成桁の設計例と解説，社団法人 日本橋梁建設協会，2005 年 1 月
- 2) 山口栄輝：有限要素法の基礎と地盤工学への応用，土と基礎，社団法人 地盤工学会，pp.39-44，2001 年 5 月



(a) ソフト A



(b) ソフト B

図-3 スパン中央ウェブ下縁直応力

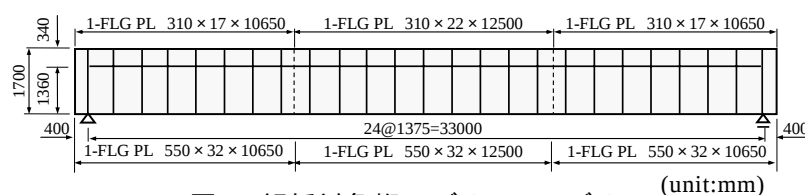
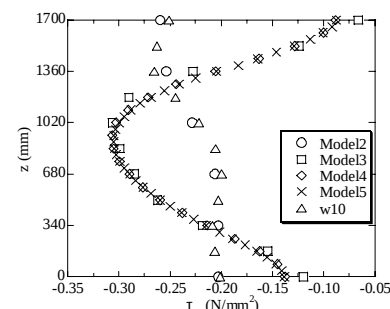
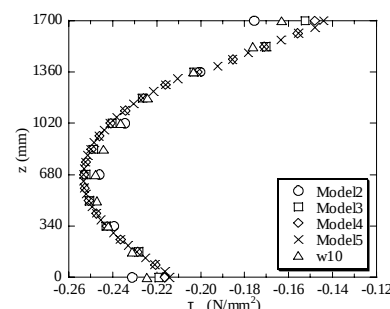


図-4 解析対象桁モデル(G1 モデル)



(a) G2 モデル



(b) G1 モデル

図-5 せん断応力分布(ソフト B)