

佐藤鉄工(株) 正員 佐狐 真一
佐藤鉄工(株) 正員 勝俣 徹

1. はじめに 都市高速道路において出入路橋は幅員が比較的狭く、1箱桁橋として計画されることが多い。この場合構造解析は一般に、いわゆる「むかでモデル」を考え、格子解析を行っている。しかし、料金所が設置される入路などは拡幅を伴うため、箱桁腹板間隔を道路線形に合わせて変化させるため、支間内で腹板を折る構造とする場合が希にある。その時、腹板の角折れが格子解析において正しく評価されるのか。また角折れ位置のダイヤフラムがどのような応力状態になるのか検討を要すると思われる。この点を明らかにするため、ここでは3次元有限要素解析(板曲げ考慮)を行い、格子解析と比較を行ったので報告する。

2. 解析方法 解析に用いる断面は図-1の箱断面とし、便宜的に縦リブは省略した。解析は角折れ度による違いを把握するため、以下の3ケースについて行った(角折れのある腹板をWR、角折れない腹板をWLとする)。

ケース A: WRに角折れのない場合

ケース B: WRの角折れが1:10の場合

ケース C: WRの角折れが1:5の場合

格子解析には図-2の骨組を、有限要素解析(以下FEM)にはフランジ・腹板・ダイヤフラムを板要素とする3次元モデル(図-3)を用いた。荷重は腹板上に5 tf/mの等分布荷重を載荷した。また比較は、FEM出力の応力度と、格子解析により求めた断面力に対し、通常の断面計算を行い算出した応力度にて行うこととした。なお、せん断応力度はせん断流理論により求めた。

3. 解析結果

(1) 橋軸方向のフランジ応力度(σ_x)の比較 図-4に示すように、ケースAの場合は両者の値はほぼ一致するが、ケースB、Cの場合はWR側の角折れ位置において、FEMの結果(腹板位置)の方がそれぞれ5%および10%程度大きくなっている。この角折れによる増分は、格子解析では評価できないが、FEMの結果によれば、角折れ度と σ_x の増分には相関性があると言える。

(2) 腹板せん断応力度(τ)の比較 図-5より τ (中立軸での値)は、FEMにおいて各ケースともダイヤフラム位置で不連続となる。格子解析ではこれを評価できないが、概ね両者の値は一致していると言える。また角折れの影響は、格子解析では折れ位置でのねじりモーメントの変化として現れており、FEMの結果とも一致する。また、角折れ度と τ の変化の間には、ほぼ比例関係がある。

(3) 橋軸直角方向のフランジ応力度(σ_y) σ_y は格子解析では評価されない値であるが、FEMによれば図-6に示すように、各ケースにおいてWL側、WR側とも、ダイヤフラム位置にてピークとなる分布を示している。角折れ位置ではその度合いに応じて応力度が増大するが、他のダイヤフラム位置では各ケースともほぼ同じ値を示している。また拡幅部で各ケースの間に若干の差があるのは、ダイヤフラムが腹板に対し斜めに配置されている影響である。ここで板要素のボアソン比を0として解析した結果が図-6-(3)である。角折れのないケースAの場合 σ_y はほぼ0であり、角折れ部以外ではボアソン効果の影響が支配的であ

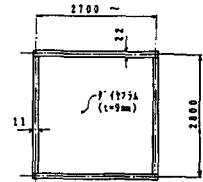
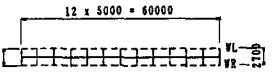
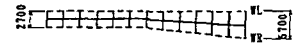


図-1 断面形状

・ケース A (角折れなし)



・ケース B (角折れ1:10)



・ケース C (角折れ1:5)

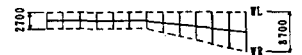


図-2 格子解析骨組図

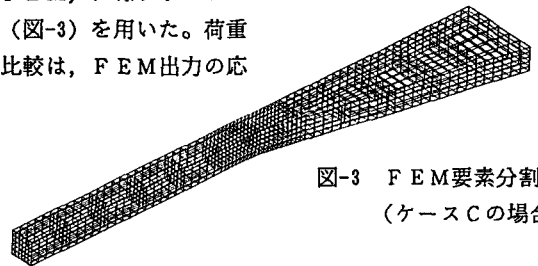


図-3 FEM要素分割図
(ケースCの場合)

ることがわかる。

（４）角折れ位置のダイヤフラムの応力状態 腹板の近傍における水平方向応力度（ σ_x ）とせん断応力度（ τ ）のFEM結果を、図-7に示す。 σ_x はWR側で角折れによる変化が大きく、WL側ではほとんど現れない。 τ についてはWL側、WR側とも同程度である。鉛直方向応力度（ σ_y ）は、角折れによる差は小さく、 $-250 \sim 220 \text{ kgf/cm}^2$ 程度の応力が発生している。

（５）たわみの比較 たわみは各ケースともFEMの方が大きい値を示しており、支間中央においてケースAで2.8%，ケースBで4.7%，ケースCで8.1%大きくなっている。また、折れのないケースAにおいても差があるのは、格子解析では評価されないせん断力によるたわみによるものである。

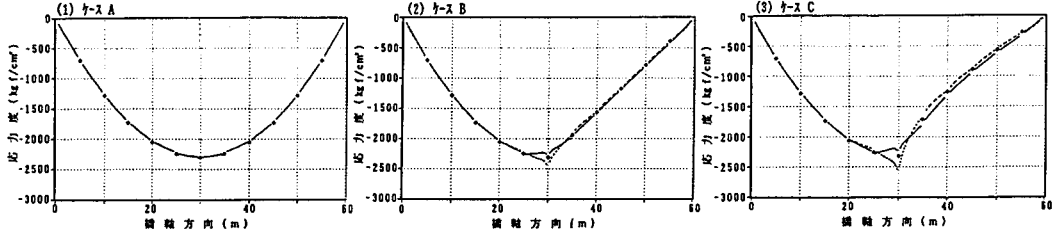


図-4 上フランジ曲げ応力度の比較 — FEM(WL側) --- FEM(WR側) ○ 格子解析

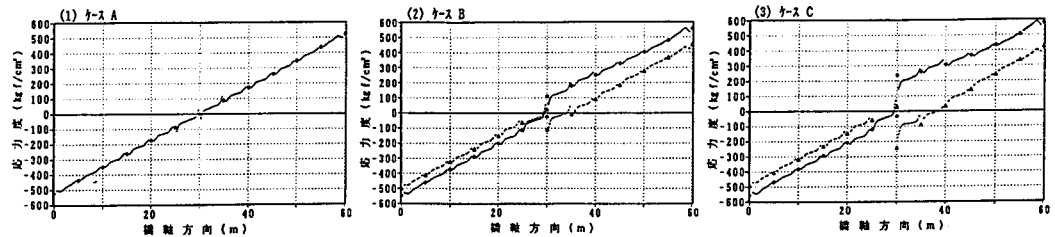


図-5 腹板せん断応力度の比較 — FEM(WL) --- FEM(WR) ○ 格子(WL) △ 格子(WR)

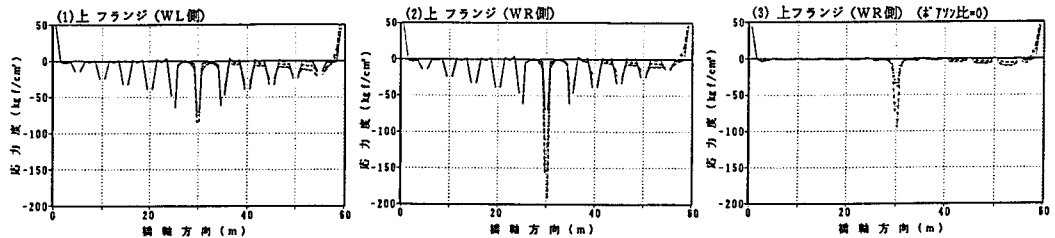


図-6 横軸直角方向フランジ応力度の比較 — ケースA --- ケースB --- ケースC

4. まとめ 本文で検討したモデルにおいては、腹板に角折れを有する1桁桁橋の構造解析に、一般的な格子解析を用いても問題はなく、角折れ位置のダイヤフラムにも補強を要するレベルの応力が発生していないことがわかった。主桁腹板の角折れ度と構造解析モデルの妥当性について一例を挙げ

て検討したに過ぎないが、今後の参考になれば幸いである。最後に、本文をまとめるに当たり、長岡技術科学大学の長井助教授にはご指導をいただき、ここに感謝の意を表します。

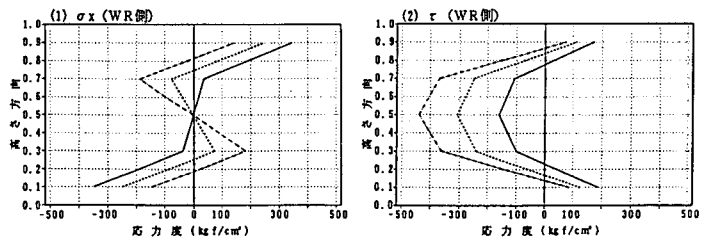


図-7 角折れ位置ダイヤフラムの応力度 — ケースA --- ケースB --- ケースC