

(5) 斜ウェブを有するボックス桁の  
斜引張応力度について (その2)

ドービー建設工業(株) 正会員 ○上平 謙二  
(株) 大林組 正会員 山口 貴志

1. はじめに

PC斜張橋やアーチ橋などの主桁構造は、桁高の低い偏平な断面のボックス桁が多く、また、傾斜した外ウェブ構造が採用される場合が多い。しかも、これらの橋梁の主桁は張出し施工される場合が多く、従って、これらの偏平な断面には非常に重いワーゲン荷重が作用するため、斜ウェブに大きな斜引張応力が発生し、しばしば問題となっている。

本報告では、ワーゲン荷重により斜ウェブに、どのような断面力そして応力度が発生するかを報告した「その1」に引き続き、ワーゲン荷重の各主桁への分担量と斜ウェブの剛性の変化が斜ウェブの斜引張応力度にどのような影響を及ぼすかを有限要素法による解析をもとに、そのメカニズムについて報告するものである。

2. 解析方法

2.1 解析対象

図-1に示すように、3室ボックス断面のPC斜張橋の最大張出し状態を例にとり、桁高2.5m、床版幅24.0m、ウェブ上端でのウェブ中心間隔6.0m及び外ウェブの傾斜角を45°とした断面を基本断面とした。

また、斜材定着位置からの張出し長さを7.0mとし、先端から0.5mの位置に1ウェブ当り200tのワーゲン荷重を想定し载荷した。

本解析で考慮した項目は次のとおりである。

- ① 外ウェブの厚さを40cm、50cm及び60cmと変化させた。
- ② ワーゲン荷重の荷重比(α)を1.0、0.78及び0.6と変化させた。

このときのαは、次のとおりである。

$$\alpha = \frac{\text{中ウェブのワーゲン荷重}}{\text{外ウェブのワーゲン荷重}}$$

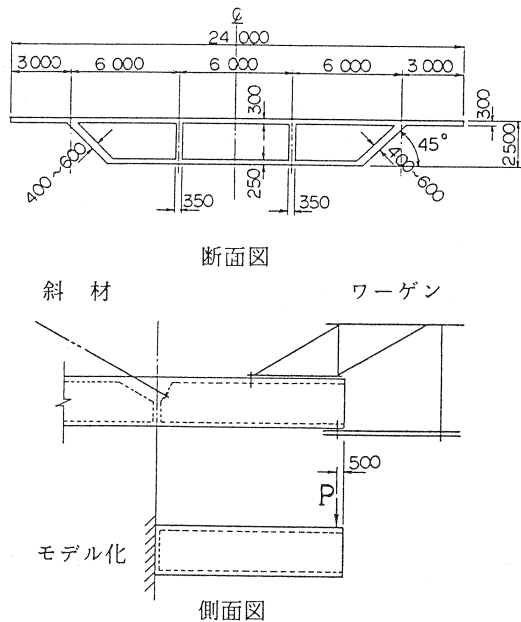


図-1 解析対象構造

2.2 解析モデル

本検討は、主桁に対するワーゲン荷重による斜引張応力度の影響を調べることを基本としたので、解析モデルについては、ワーゲンの設置位置から離れた位置、つまり斜材定着装置で固定された片持ち梁構造をその対象とした。図-2に有限要素解析モデル図を示す。なお、使用要素は4節点を有するシェル要素とした。解析モデルに载荷する荷重としては、ワーゲン荷重の他、自重、プレストレスが考えられるが、ワーゲン荷重による斜ウェブの斜引張応力度に関するメカニズムを把握するには、荷重として支配的なワーゲン荷重で十分であると考えられるため、解析モデルにはワーゲン荷重のみを考慮した。

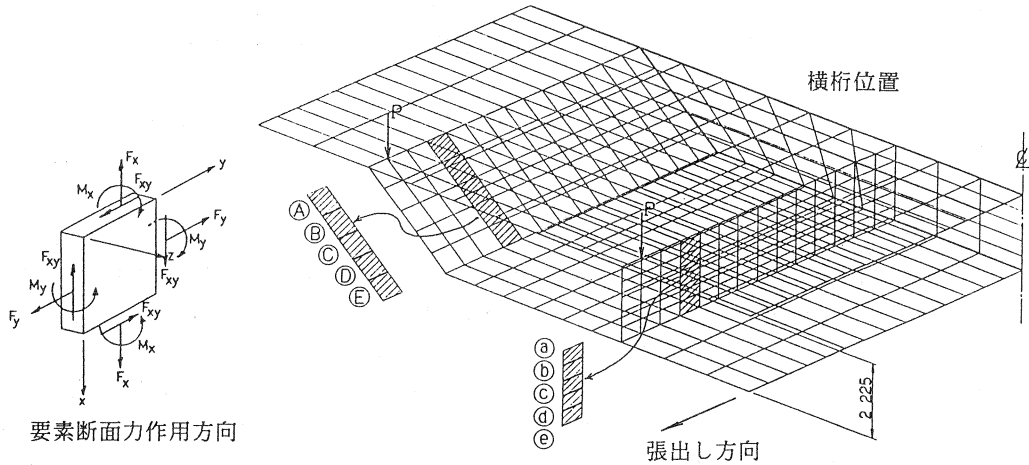


図-2 有限要素解析モデル図

3. 解析結果

3.1 断面力

断面力をピックアップする着目断面は、設計上せん断力が卓越すると考えられるワーゲン荷重位置から桁高の1/2離れた位置、すなわち、図-2の(A)~(E) (外ウェブ) 及び(a)~(e) (中ウェブ) の各要素とした。各要素の断面力発生傾向を図-3から図-5に示す。

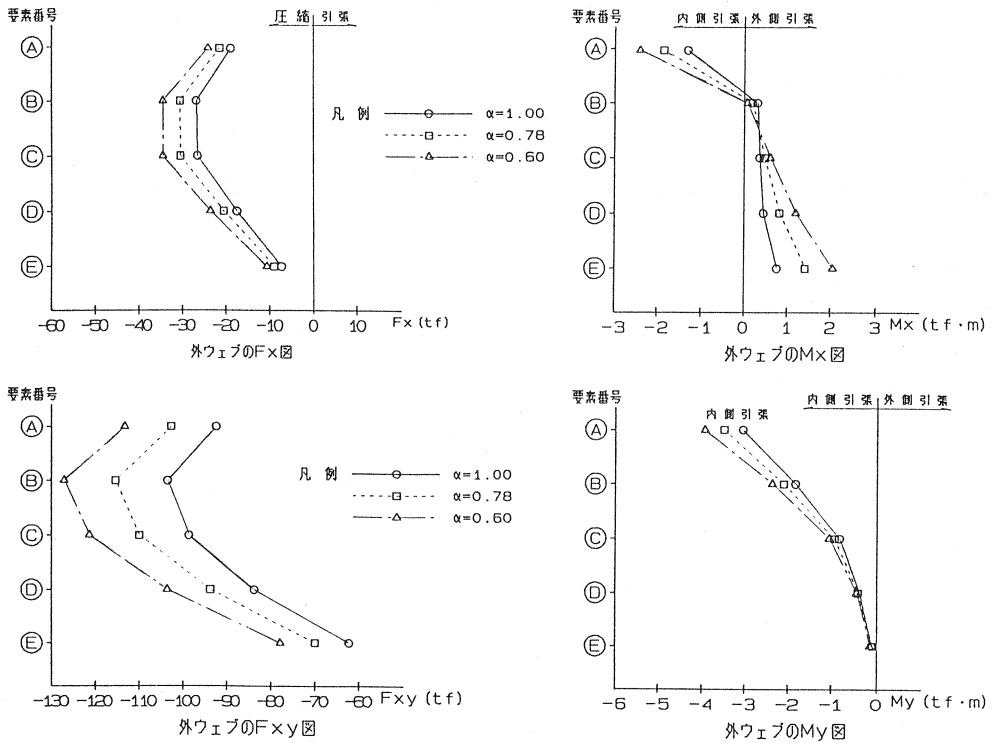


図-3 断面力図 (外ウェブ厚40cm)

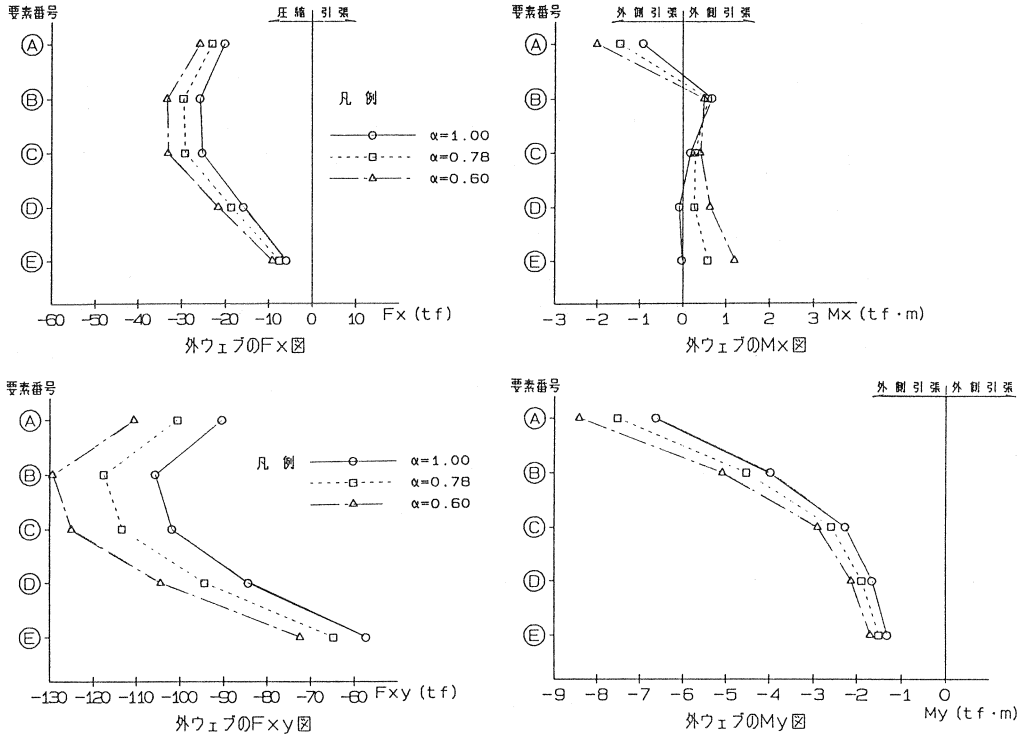


図-4 断面力図 (外ウェブ厚60cm)

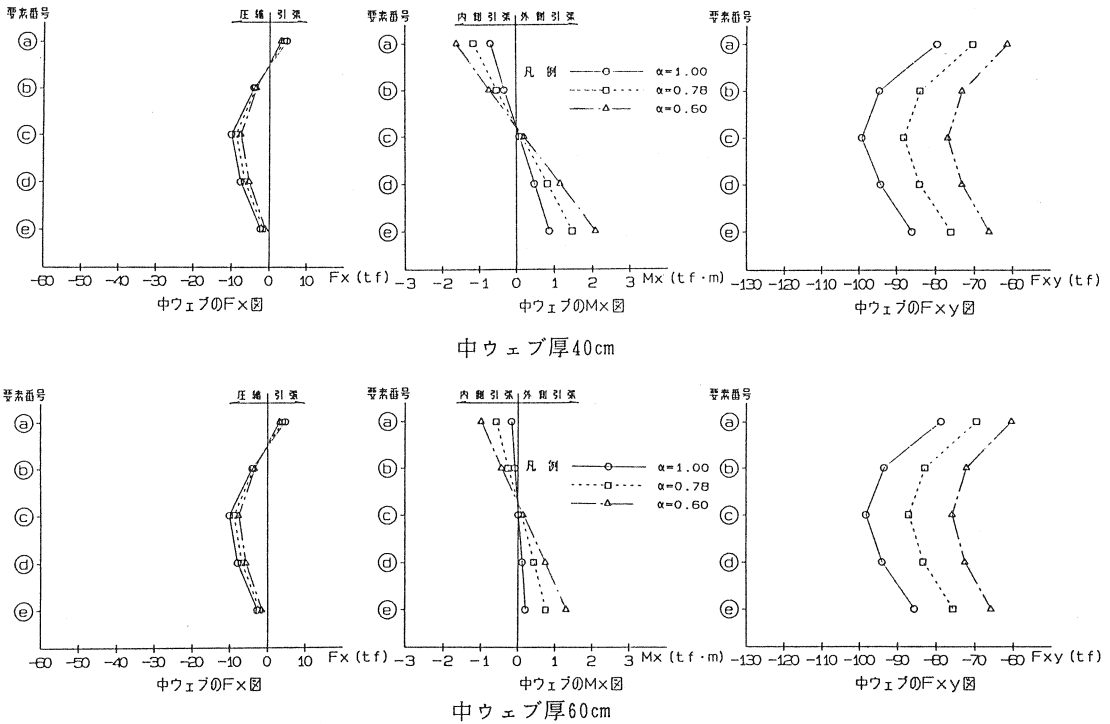


図-5 断面力図 (中ウェブ)

これらの断面力解析結果から、次のことがわかる。

(1) 外ウェブに関して

- 1) 鉛直方向の軸圧縮力( $F_x$ )とせん断力( $F_{xy}$ )は、ワーゲン荷重の分担率が中ウェブに比べて大きくなる程大きくなる傾向を示し、その最大値は要素(B)に生じた。軸圧縮力の分布については、ワーゲン荷重による軸圧縮力の分布の影響を直接受けるためだと考えられ、また、せん断力分布についてはよく知られた分布であろう。
- 2) 鉛直方向及び橋軸方向とも、ウェブの曲げによる内側引張り( $M_x, M_y$ )がウェブの上側付け根付近で卓越し、この傾向は、ワーゲン荷重の分担量が中ウェブに比べ大きくなる程大きくなった。この傾向は、斜ウェブ構造から生ずる横だおれ効果により、ウェブ要素が内側にそるためだと考えられる。これらの方向性は、斜ウェブのウェブ厚が大きくなって同様な傾向を示すが、特に橋軸方向の内側にそる曲げ( $M_y$ )の増加が顕著に表れた。

(2) 中ウェブに関して

全体的な断面力の傾向は外ウェブの場合と同様であるが、中ウェブは直立なウェブ構造であるため外ウェブのような横だおれの現象は外ウェブ程顕著ではないので、橋軸方向の曲げ( $M_y$ )はほとんど発生しない。また、外ウェブのウェブ厚の増加による断面力への影響はあまり顕著には出なかったが、 $M_x$ が小さくなる傾向を示した。これはやはり外ウェブの剛性効果によるものであろう。

3.2 応力度

前述の断面力から、最大主応力度(斜引張応力度)の発生傾向の結果を図-6及び図-7に示す。

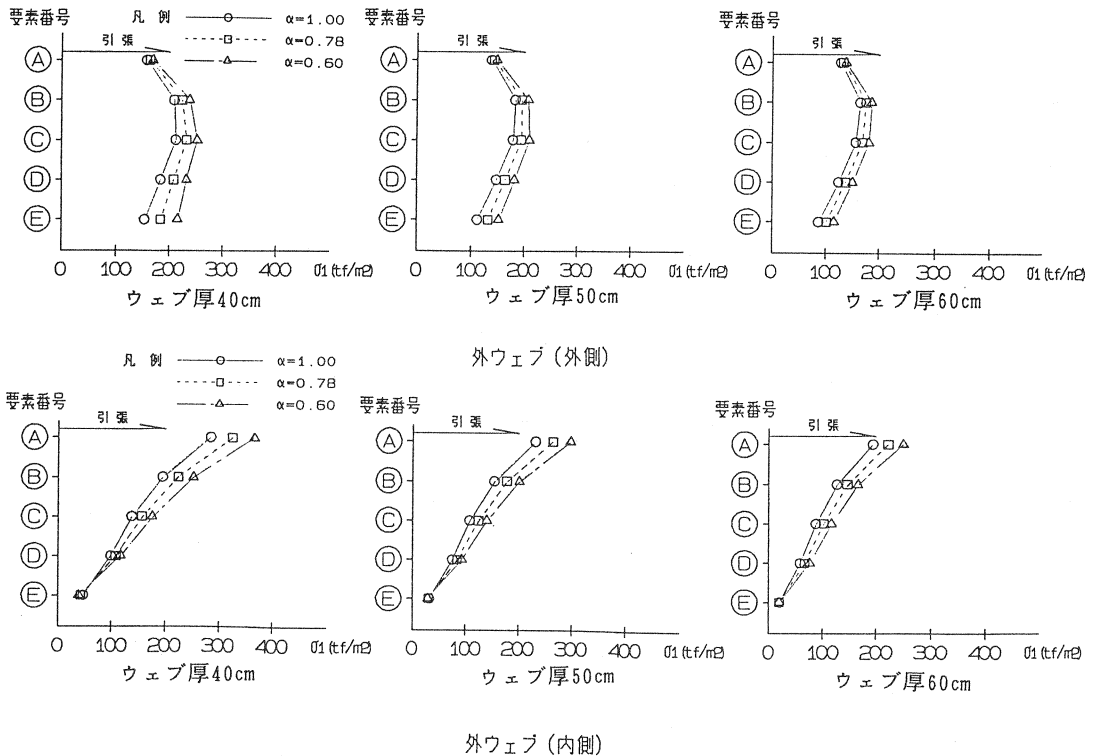


図-6 外ウェブの最大主応力度 (tf/m<sup>2</sup>)

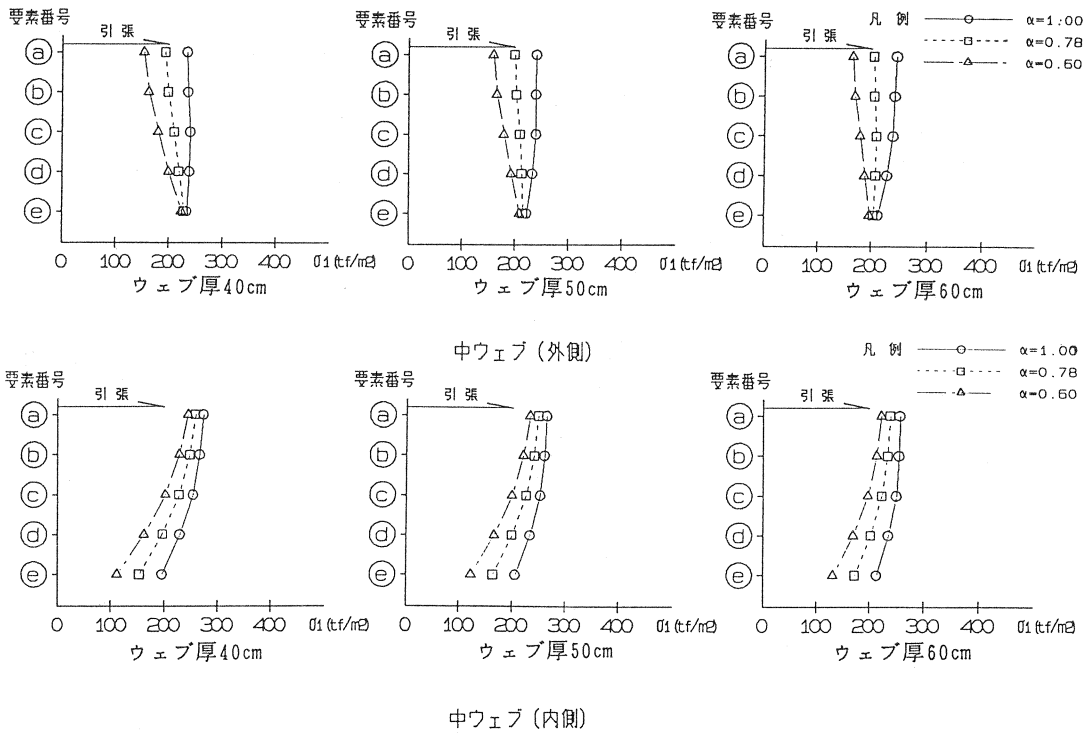


図-7 中ウェブの最大主応力度 (tf/m<sup>2</sup>)

最大主応力度の発生傾向は次のとおりである。

(1) 外ウェブに関して

最大主応力度の発生傾向は、ワーゲンの荷重分担が中ウェブに比べ大きくなる程大きくなるが、ウェブ厚の増加に伴って全体的に小さくなる傾向を示している。また、外ウェブの内側と外側の応力度を比較すると、やはり外ウェブの横だおれの影響により外ウェブ内側の最大主応力度が大きくなっている。

(2) 中ウェブに関して

最大主応力度の発生傾向は、外ウェブの傾向とは反対で、ワーゲンの荷重分担が外ウェブに移行する程中ウェブに生ずる最大主応力度が小さくなる。これは、外ウェブの剛性が大きくなり、せん断力の分担が外ウェブに移行するために、中ウェブのせん断力分担が小さくなるからであると考えられる。また、外ウェブ厚の増加に伴って、中ウェブ内側の最大主応力度は小さくなる傾向を示した。これは勿論、外ウェブの剛性アップにより、外ウェブの横だおれ現象が緩和されるからであろう。

3.3 変位

各ウェブの張出し先端の変位図を図-8に示す。

この変位図から解るように、外ウェブの剛性効果の影響が顕著に表れており、外ウェブが厚くなればなる程各ウェブ位置での変位図に大きな差が出なくなってくる。従って、この場合には、外ウェブの横だおれの現象が徐々に緩和されることが解る。

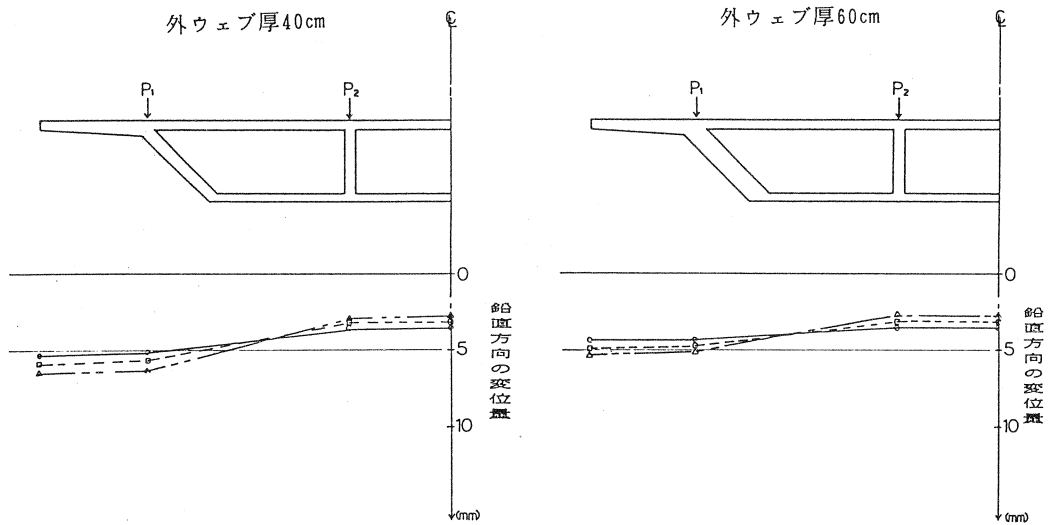


図-8 張出し先端変位図 (mm)

#### 4. 考察

ワーゲンの荷重分担が一樣な場合には、斜ウェブの角度の変化により外ウェブに生ずる最大主応力度には特に大きな差は見い出せなかった(その1の報告)。しかし、ワーゲンの荷重分担と外ウェブの厚さを変えることにより、外ウェブに生ずる最大主応力度に大きな差が表れた。

これらの結果から次のことがわかる。

- ① ワーゲンの荷重分担については、極力外ウェブに大きなワーゲン荷重を負担させないことが望ましい。
- ② 外ウェブに大きなワーゲン荷重を負担させる場合には、極力外ウェブの剛性を高めるため外ウェブを厚くするのが望ましい。
- ③ ワーゲンの荷重分担をほぼ等しくできるような場合には、外ウェブの厚さを中ウェブより厚くすることにより、中ウェブとはほぼ同程度の最大主応力度を生ずるようになれる。

最後に本解析の場合、考慮した荷重がワーゲン荷重のみであるとともに、解析時の境界条件についても概ね仮定の域を脱しえない。従って、これらの挙動を考慮する際、現実には即した状態を考慮したい場合には若干問題が残るところではあるが、本報告により概ね斜ウェブのメカニズムと斜ウェブに生ずる大きな斜引張応力度に対する対処方法が明らかにされたと考えられるので、今後このような偏平なボックス断面を計画される場合の参考資料としていただければ幸いである。

#### 参考文献

- 1) 山口, 菊地, 上平: 斜ウェブを有するボックス桁の斜引張応力度について, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 平成2年10月, P 147~152