

I-13

補剛リブのせん断剛性を考慮したボックスガーダーの正負有効幅解析

東北大学工学部 ○正員 中沢 正利

東北大学工学部 正員 倉西 茂

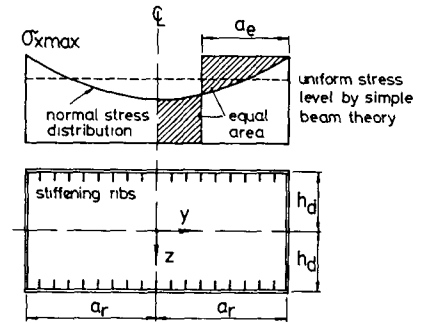
東北大学工学部 正員 岩熊 哲夫

1. まえがき

幅の広いフランジプレートを持つボックスガーダーなどが曲げを受けると、フランジ内の垂直応力がウェブとの接合点で最大となり、フランジの中央に行くに従って減少するといういわゆる shear lag現象を呈することが古くから知られている。Reissner¹⁾はこの垂直応力の分布を放物線形と仮定し、問題を簡易化した。小松ら^{2,3)}は実ボックスガーダー橋のフランジプレートに配置されている補剛リブの効果を直交異方性板として取り込み、基礎微分方程式にGalerkin法を適用して実用解を求めている。この補剛リブとしては近年Tリブあるいは閉断面の台形リブ等が採用されるようになり、補剛リブの持つせん断剛性の影響を評価しておく必要がある。よって、本研究ではこのフランジ補剛リブの持つせん断剛性の効果に着目してボックスガーダーの有効幅解析を行なった。小松らの解析手法をベースにし、断面形不変の仮定より補剛リブのせん断剛性を導入している。片持ち梁の場合には上記と逆の現象、すなわち負の shear lagが生じることも知られており⁴⁾、本報告ではその生じる範囲および補剛リブのせん断剛性の影響についても検討を加えている。

2. 有効幅の定義および直交異方性板への換算

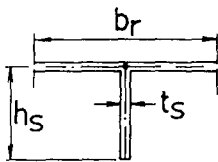
ここで定義する有効幅は、図-1に示す様なフランジ断面内で放物線状に描かれる直応力の分布曲線の囲む面積と等しく、応力の大きさがフランジ端部での最大値 $\sigma_{x\max}$ を持つ時の幅 a_e で示される。また、以降の説明ではこの有効幅をフランジ幅で無次元化した有効幅比 $\lambda_e (=a_e/a_r)$ を用いる。図-2に示される様な各種補剛リブを有するフランジプレートは、解析において直交異方性板に換算され、リブのせん断剛性はリブを含むフランジプレートがせん断変形に対して平面を保持するという簡単な仮定から導入されている。


 λ_e : effective width ratio

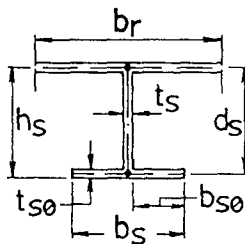
$$\lambda_e = \frac{a_e}{a_r} = \frac{\int_0^{a_r} \sigma_x dy}{a_r \sigma_{x\max}}$$

図-1 有効幅の定義

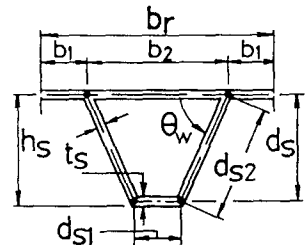
有効幅に影響を与える因子は数多いが、ここでは①フランジプレートの辺長比 a_r/l ，②補剛リブから換算された直交異方性板のせん断剛性比 m_r ，③リブとフランジの断面積比（リブ本数 n_r ），ボックスガーダー中立軸に関するリブとフランジの④片側断面1次モーメント比，⑤断面2次モーメント比，⑥ボックスガーダー断面の偏平率，⑦台形リブのウェブ傾き角度等について検討した。このうち、主要影響因子は①～③であることが広範な解析結果からつきとめられた。図-3は等分布および集中荷重を受ける単



(a) flat-plate rib



(b) T rib



(c) trapezoidal rib

図-2 各種リブ形状

純ばりの部材軸方向への有効幅比の変化を示している。図中で比較しているTリブと平板リブの断面積および本数は同一であるので、せん断剛性の影響が主に支配的である。等分布荷重の場合にはせん断力の卓越する梁両端での有効幅が最も小さく、集中荷重の場合にはせん断力の変化する載荷点での有効幅が最小となる。フランジの辺長比が大きいほど（フランジ幅が広いほど）有効幅は小さい。また、リブのせん断剛性は有効幅を増大させる方向に働く。リブのせん断剛性と有効幅の関係を図-4に示す。やはり同断面積のTリブと平板リブが比較されている。一般にリブ本数の増加により有効幅は減少するが、リブのせん断剛性が期待できればその低下は改善され、本解析のTリブでは平板リブの約半分の低下割合まで改善されることが解った。

4. 片持ち梁の負の有効幅特性

等分布荷重を受ける片持ち梁ではフランジ中央で生じる σ_{max} を有効幅の定義に用いる。よって、この場合には $\lambda_e < 1$ となる範囲が負の有効幅の生じている領域となる。図-5はTリブおよび平板リブをリブがない場合と比較した場合の部材軸方向への有効幅の変化を示している。負の有効幅はフランジの辺長比の増加とともに程度を増し、また有効幅の軸方向変化はほぼ直線上となる。負の有効幅の始まる点は、フランジ辺長比が大きいほど固定端から離れ、負の有効幅の生じる範囲は狭くなることが解る。片持ち梁の自由端での有効幅は同じ値に収束する。これは本解析で採用した仮定および片持ち梁の境界条件から最終的に自明的に導かれる値で、 $\lambda_e = 2/3$ となる。さらに、Tリブのせん断剛性によって負の有効幅も改善され、リブがない場合とほぼ等しい有効幅変化となることが解った。

5. 参考文献

- 1) Reissner, E.: Analysis of shear lag in box beams by the principle of minimum potential energy, Quarterly of Applied Mathematics, Vol.4, No.3, pp.268-278, 1946.
- 2) 小松: 連続箱桁の Shear Lag について、土木学会論文報告集、第58号、pp.1-9, 1958年9月。
- 3) 近藤・小松・中井: 鋼床板桁橋の有効巾に関する研究、土木学会論文報告集、第86号、pp.1-17, 1962年10月。
- 4) 中井・村山: 片持ちりの Negative Shear Lag の解析とその応用、土木学会論文報告集、第256号、pp.21-33, 1976年12月。

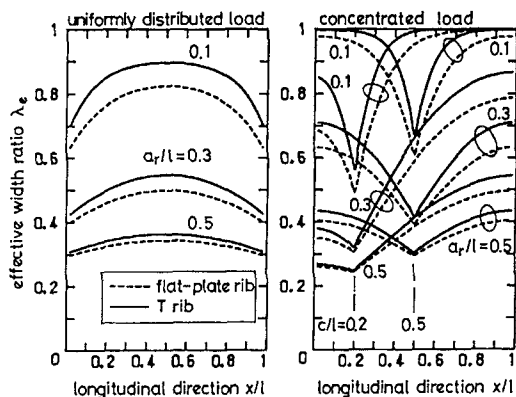


図-3 有効幅の軸方向変化

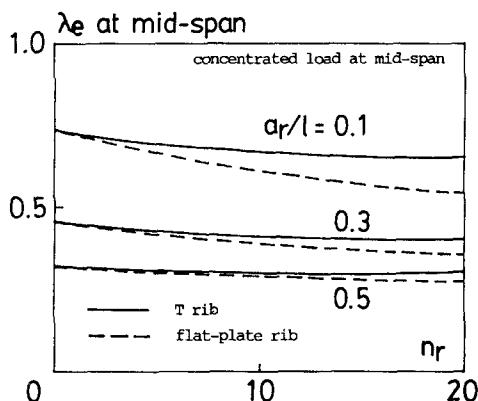


図-4 リブのせん断剛性と有効幅の関係

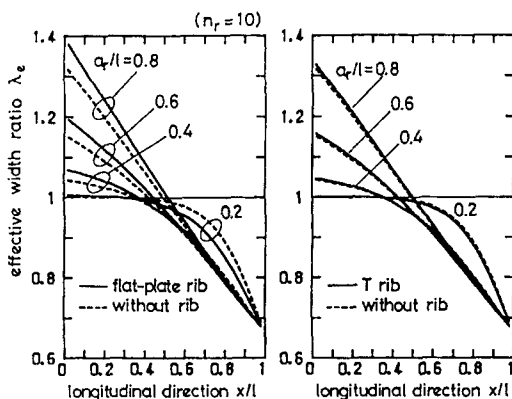


図-5 負の有効幅の軸方向変化