

1. はじめに

鋼橋桁梁等、幅広フランジを有する桁構造において、フランジの橋軸方向応力は shear lag の影響により、初等はり理論による応力と著しく相違するといことが、古くから知られている。設計においても、幅広フランジを有する桁のたわみや応力を計算するためには、フランジの有効幅を考慮する必要がある。

この有効幅に関する研究はこれまで数多く報告されている。しかし、これらの研究の多くは弾性範囲内で解析を対象としたもので、終局状態までを含めた研究は見られない。現行の許容応力度設計法に代わる限界状態設計法を、この種の構造物にも導入しようとするれば、終局状態で有効幅を評価しておくことが急務である。

本研究では、幅広フランジを有する鋼桁橋の終局状態における shear lag 現象を数値解析によりシミュレーションする。まず終局状態における有効幅（以下終局有効幅と呼ぶ）に対する境界条件、荷重条件による影響を調べ、弾性範囲内で有効幅（以下弾性有効幅と呼ぶ）と比較検討する。次に終局有効幅に対するフランジ片幅とスパン長との比（ B/L 比）、及びフランジの位置による影響を調べ、全幅有効と見る B/L 比を求める。

2. 解析モデル

本研究の解析対象は図1(a)に示すよう片幅広フランジを有する鋼桁橋である。簡単のため単純梁とし、荷重条件はスパン中央の集中荷重および全スパン等分布荷重の2種類を取り扱う。

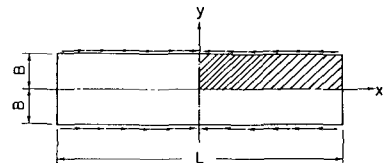
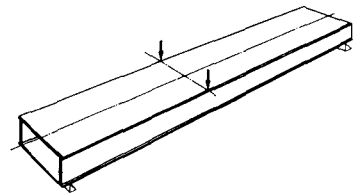
この研究では幅広フランジの shear lag 現象を的確に把握するために、フランジ部分だけを取出して面内解析した。本解析モデルおよび荷重条件の対称性より4分の1を解析対象とした。代表例を図1(b)に示す。

載荷方法は、図1(b)のA-Aで示されるウェブ・フランジ接合部に、ウェブからフランジへ伝達される力を、せん断外力として載荷する。荷重分布はせん断力図から求めた。荷重の増分に際して、荷重が作用している節点を含む要素が降伏した時には、ウェブからフランジへそれ以上の力が伝達されないとし、その節点で次の荷重増分値を零とした。

終局状態は、スパン中央で塑性ヒンジが発生したとき、即ち図1(b)のC-Cで示される辺が全辺にわたって降伏したときに生じている。また、ウェブ・フランジ接合部が全辺にわたって降伏に至れば、ウェブからフランジへそれ以上の力が伝達されなくなり、フランジとそれとの抵抗力は等しくなる。よって本解析では、上記のどちらか一方に至ったときを終局状態とした。

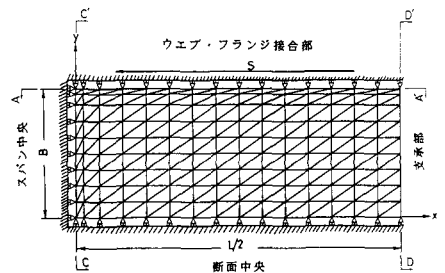
又、支承部でダイヤフラムの剛性を考慮してy方向の変位を拘束した。

このモデルを用いて解析した弾性有効幅は Moffatt と Dowling¹⁾ により算出された値とほぼ一致した。



上フランジ（圧縮フランジ）

(a) 解析対象



(b) 解析モデル

図1 解析対象とそのモデル化

3. 解析結果および考察

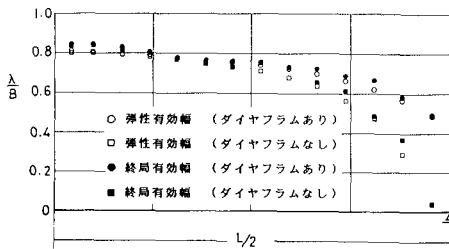
終局状態に至る過程は、等分布荷重では $B/L < 0.125$ 、集中荷重では $B/L < 0.18$ のときに、スパン中央で全屈が降伏し終局状態に至った。又、等分布荷重で $B/L > 0.125$ 、集中荷重で $B/L > 0.18$ のとき、ウェブ・フランジ接合部が全屈降伏し終局状態に至った。フランジのある部分が降伏し始めるときは荷重を P_e 、終局に至ったときの荷重を P_u とすると、集中荷重では $P_u/P_e = 2.1 \sim 2.5$ であるのに対して、等分布荷重では $P_u/P_e = 1.1 \sim 1.3$ と、塑性が飽和すると急速に終局に至る。これは、集中荷重では π の截荷重付近に応力が集中し、そこから徐々に降伏していくのに対して、等分布荷重では、全体に分散するため、荷重増がほぼ一斉に降伏し終局に至るためである。

等分布荷重での終局有効幅は図2(a)、図3(a)に見られるように、弾性有効幅とほぼ等しい値が得られた。これに対して集中荷重での終局有効幅は図2(b)、図3(b)に見られるように、弾性有効幅と比較し著しい相違が見られる。特にスパン中央付近の有効幅は大きくなり、shear lag は小さく抑えられる。これはスパン中央から支永部へと徐々に降伏し、降伏した處でウェブから伝達される力の増加がはくするためである。

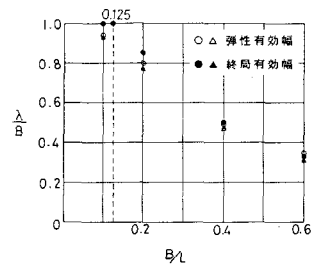
支永部へダイヤフラムの有無が有効幅にどのような影響を及ぼすかを比較すると、図2に見られるように、支永部から遠い地点、即ちスパン中央に近いところでは全く影響はない。しかし、支永部に近づくにつれて π の差は広がり、実際の構造物では π の有効幅は通は π の中間にあると考えられる。

張出しフランジの有効幅は図3(△▲)に見られるように箱桁フランジの有効幅より約10%低い値がある。

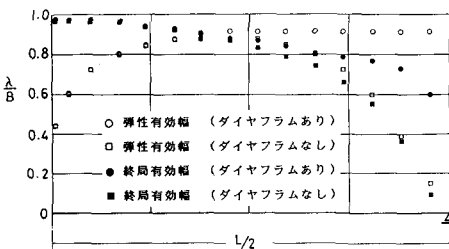
終局状態で全幅有効となるのは、等分布荷重では $B/L < 0.125$ 、集中荷重では $B/L < 0.18$ のときである。



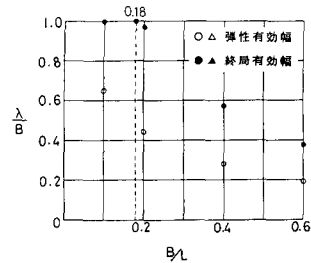
(a) 等分布荷重



(a) 等分布荷重



(b) 集中荷重



(b) 集中荷重

図2 スパン方向の有効幅の変化 ($B/L = 0.2$)

図3 B/L 比と有効幅との関係

参考文献: 1) Moffatt, K.R. and Dowling, P.J.: Shear lag in steel box girder bridges, The Structural Engineer, Vol. 53, October 1975, pp. 439-448