

【技術ノート】

有効幅に関する 2, 3 の考察

Study on Effective Width

中 崎 俊 三*
Shunzo NAKAZAKI内 海 靖**
Yasushi UCHIUMI木 本 輝 幸**
Teruyuki KIMOTO

1. まえがき

道路橋示方書(昭和55年2月, 以下道示と称す)では有効幅に関する規定を以下の箇所で述べている。

6章 床版

8章 プレートガーダー

9章 合成げた

8章であらゆるプレートガーダーの支持形式に対応できるように集中荷重と等分布荷重に対する有効幅の理論値をもとに設計式を示している。6章の規定は床版は集中荷重の影響度合が大きいので8章の集中荷重に対応した設計式を適用したものであり、9章においても8章の式をそのまま適用している。

すなわち、8章の設計式が基本式であるがこの式による有効幅はフランジ幅(b)と等価支間(ℓ)の比(b/ℓ)で求まる設計者にとっては便利な式であるが例えば鋼床版桁とRC床版合成桁のように床版の特性がお互いにかなり異なるのに有効幅は同一といえるかという疑問が生じる。

本文は2箱桁を有する鋼床版桁をケーススタディとして上記の問題点を含めて有効幅(或いはシアラグ)に関する若干の考察を行ったものである。

2. シアラグについて

有効幅はシアラグ現象に伴うフランジの応力集中現象を求める便宜的な方法としてウェブ近傍のフランジの一部のみを有効とするものであり図-1に定義される。シアラグ (Shear-lag, せん断遅れ) という言葉だけでは何のことかわりにくい。文献¹⁾では次のように定義している。“フランジ面内のせん断歪作用によりウェブから離

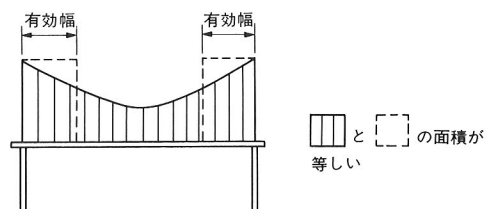
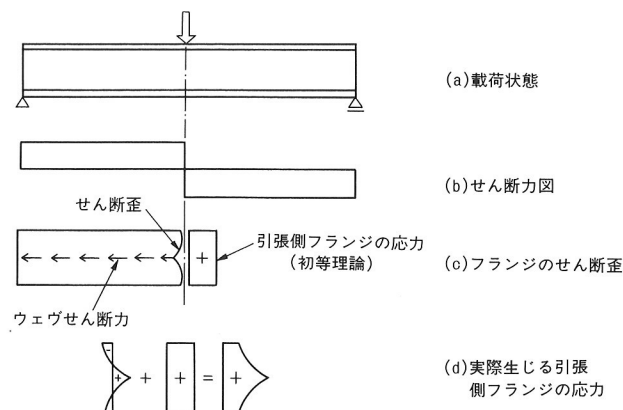


図-1 有効幅の定義

れたフランジ部分の軸方向変位はウェブ近傍のものより遅れる。¹⁾その結果、ウェブ近傍の軸方向応力及びたわみは初等梁理論よりも大きくなると証明している。

シアラグによってウェブ近傍に応力集中が出るのは図-2によって説明される。文献²⁾では図-2について次のように説明している。フランジ断面がせん断歪によって自由に変形すると図2-(c)のように変形する。支間中

図-2 フランジの応力集中(文献²⁾より引用)

央では自由に変形することができないので二次的な拘束応力が生じる。拘束応力はウェブ近傍に応力集中を生じさせるが断面全体についての総和はゼロであるから、結

* 川田工業(株)技術本部技術部長大橋課課長 ** 川田工業(株)技術本部技術部長大橋課

局、図-2(d)のような応力分布になる。シアラグ現象は上述の説明から梁にせん断力が作用する場合に限ることになり純曲げ状態ではそのような現象は生じない、つまり全幅有効となるはずである。これについては、次の3.で確認する。

鋼構造で経験するシアラグ現象としてはその他にラーメン隅角部がある。隅角部でフランジに応力集中が生じるのは図-3に示すように梁にとってみれば柱のフランジ力が梁に集中荷重として作用するためであり、柱にとってみれば梁のフランジ力が柱に集中荷重として作用するためである。ラーメン隅角部の応力集中に関する論文には文献³⁾がある。

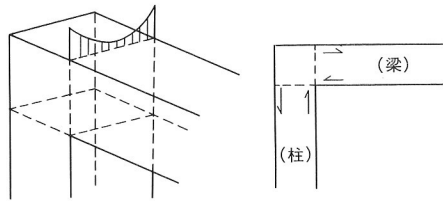


図-3 ラーメン隅角部の応力集中

3. ケース・スタディ(2 箱桁のFEM解析)

(1) 計算ケース

表-1に示す計算ケースについて計算する。

表-1 計算ケース

ケース	側面図	断面図	計算目的
①			・曲げモーメントが三角形分布を呈する場合のシアラグ現象をみるため。
②			・曲げモーメントが放物線分布を呈する場合のシアラグ現象をみるため。
③			・純曲げ（せん断力=0）におけるシアラグ現象をみるため。

(2) FEM解析モデル

a) 対象とする桁断面

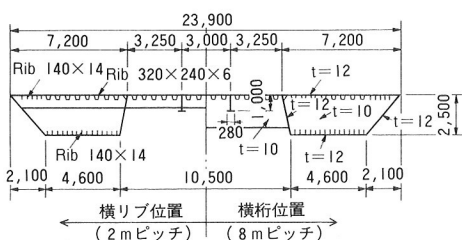


図-4 桁断面

b) モデル化の方法

- 桁断面は左右対称であることから半分をモデル化する。
- 鋼床版及び箱桁の下フランジは曲げを考慮した四辺形平板要素とし、縦桁、縦リブ、横リブは鋼床版あるいは下フランジからの偏心を考慮(オフセット)した梁要素を用いる。
- 箱桁の腹板は8節点四角形アイソパラメトリック要素(要素内で歪が線形変化する)を用いる。
- ダイヤフラム及び横桁は平板要素と梁要素を用いる。

c) 解析モデル

モデル図を図-5に示す。

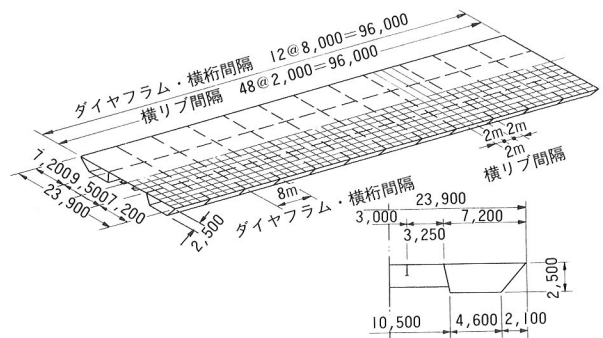
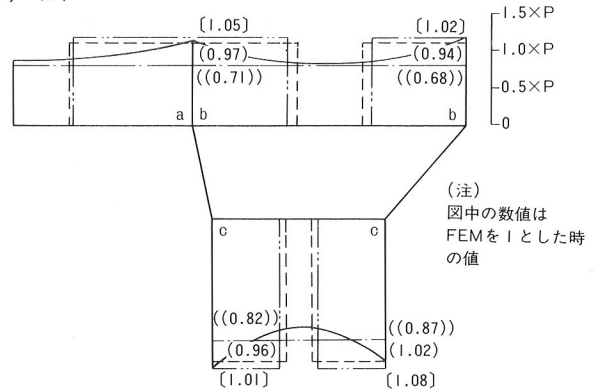


図-5 解析モデル

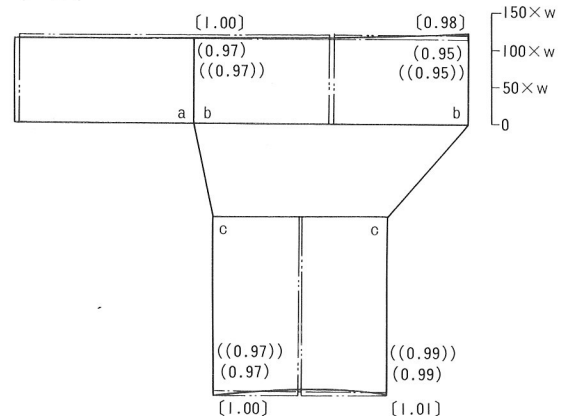
なお、使用プログラムはNASTRANである。

(3) 計算結果

ケース1



ケース2



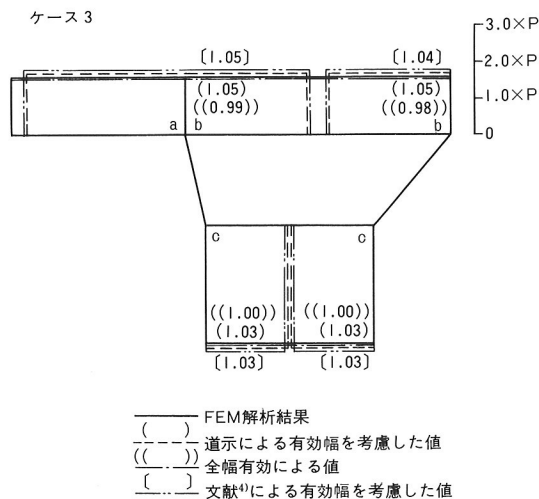


図-6 FEM解析結果とその他の方法との比較

なお、文献⁴⁾の理論値は π 形断面の鋼床版桁を対象としているので、便宜上、図-7のようにモデル化を行った。例えば鋼床版2-3に着目する場合には断面積A1は1-2の断面積に等しくし、断面積A2は5-6の断面積に等しくする。又、ウェブ厚は1-5と2-6の合計値に等しくする。

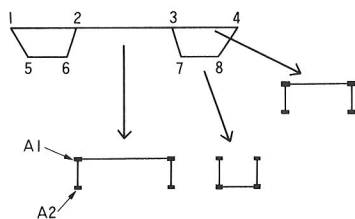


図-7 桁断面のモデル化

今回の計算においてFEM解析結果が有効幅の取り方についての判断基準となるのでその精度が問題となる。

そこで要素分割数を倍増したモデルでシアラゲが最も顕著なケース1で再計算した。図-8に図-6の解析結果を与えたモデルを、図-9に要素倍増のモデルを、図-10にその比較結果を示す。その結果、両者の差は5%以内であり、図-8のモデルでも問題ないと判断した。

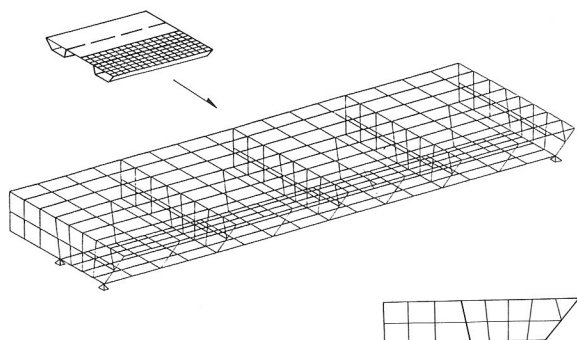


図-8 解析モデル(モデル①)

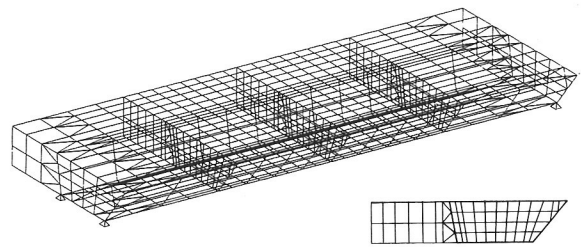
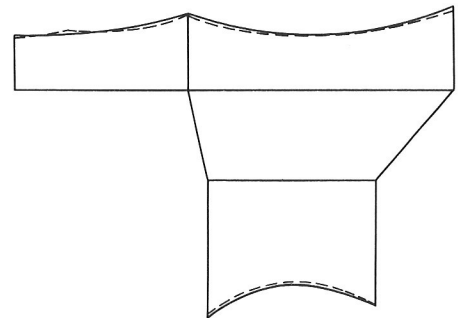


図-9 解析モデル(モデル②)



応力度の比較

		(kg/cm ²)	
		鋼床版(圧)	下フランジ(引)
モデル①	外側	1.17 P	1.73 P
	内側	1.06 P	1.88 P
モデル②	外側	1.11 P (0.95)	1.73 P (1.00)
	内側	1.05 P (0.99)	1.86 P (0.99)

注)・()内はモデル①を基準とした場合の比較値

— モデル①
- - - モデル②

図-10 支間中央断面応力図の比較

(4) 計算結果に対する考察

a) シアラゲの最も顕著なケース1と比較するとFEM解析結果に良い近似を与えるものは文献⁴⁾の方法と道示の有効幅による方法で上フランジでは前者が下フランジでは後者が良く一致している。全ケース共通して言えることは文献⁴⁾の方法が安全側であることである。

b) 等分布荷重のケース2ではFEMとその他の差はほとんどない。

c) 純曲げモーメントの作用するケース3では全幅有効とした値が最もFEMに近い。このことから、純曲げ状態ではフランジはシアラゲは生じないことが言える。なお、道示の有効幅及び文献⁴⁾の有効幅は機械的に集中荷重に対応した計算値を適用したが純曲げ状態には適用できないことがわかる。

4. 外国示方書との比較

我国の道路橋示方書が外国に比べてどうかみるために図-11に比較した。ちなみに文献⁴⁾の結果を図中に示した。なお、BSの値はBS5400の有効幅に関する表の中から、フランジ補剛材の断面積とフランジプレートの断面積の比を0.5として求めたものである。

図-11より、文献⁴⁾の結果は道示とBSとの中間である。

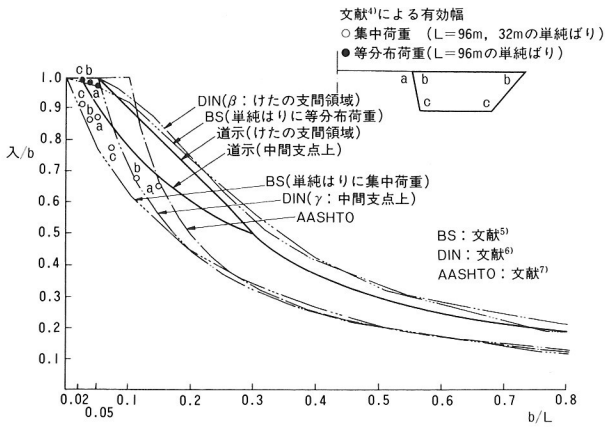


図-11 有効幅比の比較

5. まとめ

- (1) FEM解析結果と道示との応力比較結果は1～6% 道示の方が小さめであった。文献⁴⁾は道示とBSの中間に入る。
- (2) 純曲げ状態のようにせん断力が生じない区域ではフランジにシアラグ現象が起きないことはFEM解析でも明らかとなった。なお、有効幅の適用式の設定にあたっては荷重状態よりも曲げモーメントの分布状態を重視すべきである。
- (3) ネガティブシアラグについては次のことがいえる。斜張橋のケーブル定着点付近の曲げモーメントの性状は等分布荷重による正の曲げモーメントとケーブル張力(=集中荷重)の負の曲げモーメントの和である。絶対値は等分布の方が大きくてもシアラグの影響は集中荷重の方が大きいので重ね合わせの関係でウェブ上よりもウェブ間の方が大きい値を示すことがあるので注意を要する。なぜなら、設計々算ではウェブ上しか計算しないからである。(図-12参照)

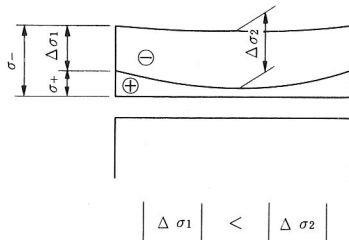


図-12 ネガティブ・シアラグ

参考文献

- 1) Moffatt, Dowling: Shear-lag in Steel box girder bridges, The Structural Engineer, No.10, 1975.
- 2) 設計・施工のための橋梁ハンドブック, 建設産業調査会, 1975.
- 3) 奥村・石沢: 薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について, 土木学会論文集, No.153, 1968.

- 4) 近藤・小松・中井: 鋼床版桁の有効幅に関する研究, 土木学会論文集, No.86, 1962.
- 5) BS 5400 3編 鋼橋の設計指針(1982/4).
- 6) DIN 1073 鋼道路橋計算基準(1974/7).
- 7) AASHTO 第10章 鋼構造の設計 (1983).