主桁および連結板の断面構成が桁接合部のモーメント分担率に及ぼす影響

大阪市立大学　学生会員　○佐倉　亮　　大阪市立大学大学院　正 会 員　山口　隆司
阪神高速道路（株）　正 会 員　青木　康素　　熊本大学大学院　正 会 員　森山　仁志

1．目的

道路橋示方書(以下，道示)におけるI桁摩擦接合部のウェブ継手最外縁ボルト本数は，ウェブ最外縁から第1と第 2 ボルト列の中間までの作用応力の合計に対して決定される．また，鋼製橋脚では，**図-1** に示すようにウェブクリアランス部の応力のフランジ分担を考慮した設計も可能とされており [1](以下，合理化設計)，ウェブ列数の削減が可能である．また，文献 2)では，I桁への適用も可能としているが，適用できるI桁断面形状や連結板形状についての詳細な検討はなされていない．本研究では，数値解析によりウェブクリアランス部の応力分配挙動を調べ，I桁の断面構成および連結板の形状が桁接合部のモーメント分配特性に及ぼす影響を評価する．

2. FEM 解析

解析モデルと構造パラメータを**図-2** に，構造パラメータとその設定方法を**図-3** に，桁接合部の形状の 1 例を**図-4** にそれぞれ示す．

FEM 解析には Abaqus2016 を用いた．要素は 4 節点シェル要素を用い，メッシュサイズはI桁：50 mm，連結板：10 mm とした．I桁と連結板は隣接節点の自由度を共有し，一体化させている．載荷荷重は，**図-2** に示すように，支間長 L に対してアーム長 $L/3$ の位置に強制変位 10mm(δ/δ_y= 0.2 程度)を作用させた．材料構成則は完全弾塑性型とし，降伏点σ_y=355N/mm^2 (SM490Y 相当)，ヤング率E=2.0×105N/mm^2，ポアソン比ν=0.3 とした．

I桁の断面構成は Eurocode 3 での断面区分 [3]を参考にフランジとウェブの幅厚比を変化させた．フランジの幅厚比はフランジ幅のみ，あるいはフランジ厚のみを調整することで変化させ，ウェブ幅厚比はウェブ高のみを調整することで変化させている．

桁接合部は，**図-4** の通り，道示に従い設計した場合，道示に加えてウェブクリアランス部の応力分担（図-1）を考慮した場合の 2 種類に大きく分類した．また，それらに加えて連結板の形状の影響を調べるために，フランジ連結板長さを 1 列分増加させたもの(‘ケース名’+1)を検討した．

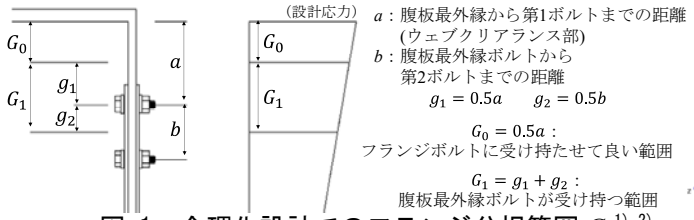


図-1　合理化設計でのフランジ分担範囲 G_0 [1),2)]

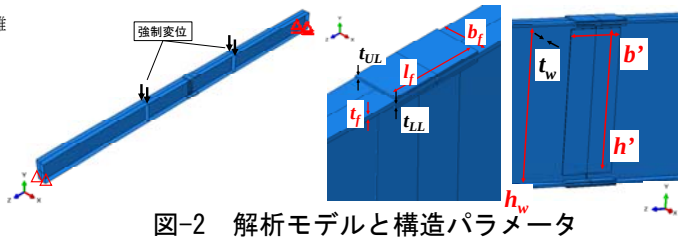


図-2　解析モデルと構造パラメータ

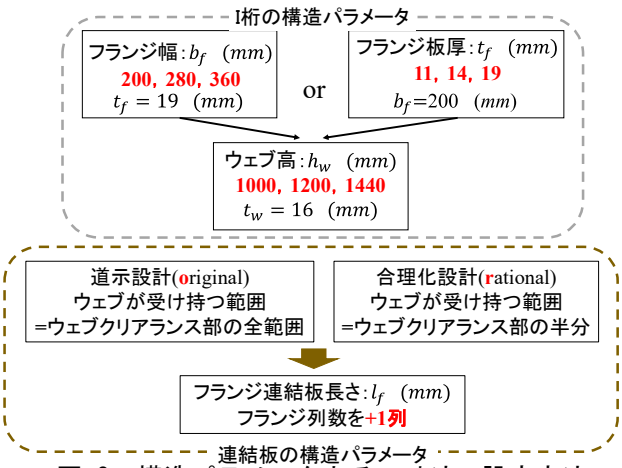


図-3　構造パラメータとその寸法，設定方法

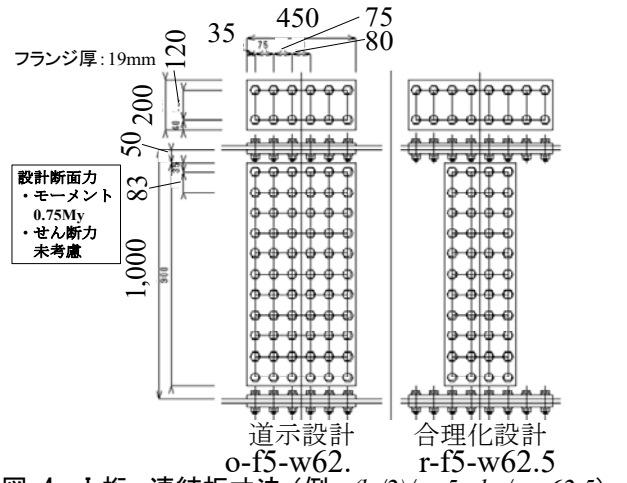


図-4　I 桁・連結板寸法（例：$(b_f/2)/t_f$=5，h_w/t_w=62.5）

キーワード　I桁接合部，ウェブクリアランス，曲げモーメント分担率
連絡先　〒558-8585　大阪市住吉区杉本 3-3-138　大阪市立大学大学院　工学研究科　都市系専攻
Tel&Fax06-6605-2735

© Japan Society of Civil Engineers

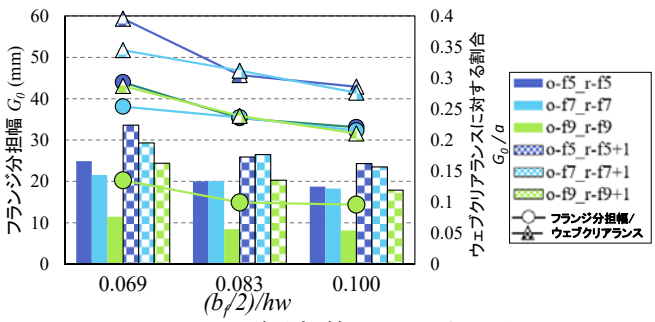
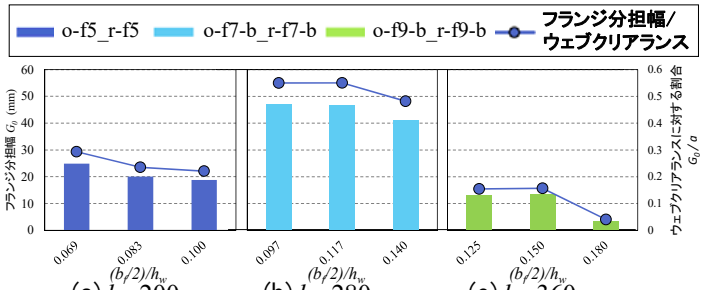
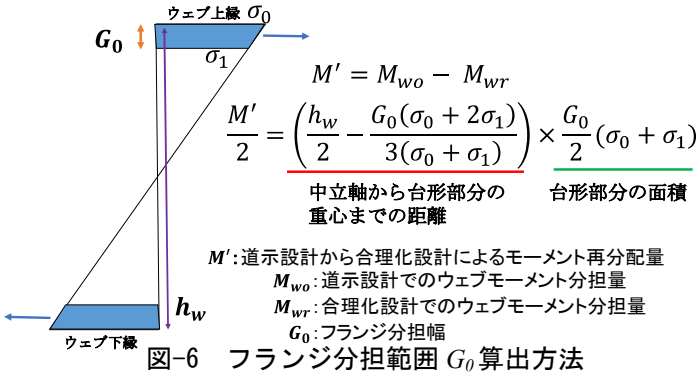


図-4　フランジ分担範囲 G_0 における $(b_f/2)/h_w$ の影響



(a) b_f=200mm　(b) b_f=280mm　(c) b_f=360mm

図-5　フランジ分担範囲 G_0 における b_f の影響

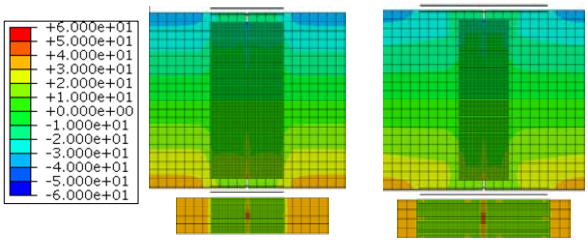


$$M' = M_{wo} - M_{wr}$$

$$\frac{M'}{2} = \underbrace{\left(\frac{h_w}{2} - \frac{G_0(\sigma_0 + 2\sigma_1)}{3(\sigma_0 + \sigma_1)}\right)}_{\text{中立軸から台形部分の重心までの距離}} \times \underbrace{\frac{G_0}{2}(\sigma_0 + \sigma_1)}_{\text{台形部分の面積}}$$

M'：道示設計から合理化設計によるモーメント再分配量
M_{wo}：道示設計でのウェブモーメント分担量
M_{wr}：合理化設計でのウェブモーメント分担量
G_0：フランジ分担幅

図-6　フランジ分担範囲 G_0 算出方法



(a) f5-w62.5-道示　(b) f5-w62.5-合理化+1

図-7　直応力コンター図
(δ/δ_y=0.20)

3. 解析結果と考察

フランジ分担範囲 G_0 と $(b_f/2)/h_w$ の関係を**図-4, 5** に，フランジ分担範囲 G_0 の算出方法を**図-6** に示す．フランジ分担範囲 G_0 とは道示設計におけるウェブ連結板が分担するモーメントと合理化設計におけるウェブ連結板が分担するモーメントの差分 M'が，合理化設計におけるフランジに分配されたモーメント量と考え，それと等価なモーメントを作用させるウェブ最外縁からの応力範囲を計算したものである．

図-4 より，各 I 桁断面におけるフランジ分担範囲 G_0 は 0.25a 程度(a：ウェブクリアランス部)となり，o-f9-b_r-f9-b(t_f=11mm)は 0.1a 程度を示した．フランジ幅/ウェブ高($(b_f/2)/h_W$)が増加すると G_0 は減少した．

図 5 より，フランジ幅 b_f を変化させた場合，全体としてフランジ分担範囲 G_0 は $(b_f/2)/h_w$ が増加するほど小さくなる傾向を示した．しかし，o-f7-b_r-f7-b(フランジ幅 b_f=280mm)はウェブクリアランス部 a に対して 0.5 倍程度のフランジ分担範囲 G_0 を示した．これは，その他ケースの l_f より 1 列分長く，フランジ継手部の剛性が変化し，応力の流れが変化したためと考えられる．

図-4 より，連結板形状の影響としては，合理化設計においてフランジ連結板長さ l_f を+1 列すると，ウェブモーメント分担率が減少するためフランジ分担範囲 G_0 は最大で 0.4a まで増加した．**図-7** に示す連結部直応力コンター図からは，フランジ断面増加によりウェブ連結板より外側に位置するフランジ連結板に応力が流れていることが確認できる．しかし，l_f を+2 列した場合のウェブ分担率の変化は+1 列したときの半分程度であり，モーメント分担率には道示設計から+1 列部分のフランジ剛性が大きく影響すると考えられる．

4. まとめ

本研究は I 桁接合部に純曲げを作用させる FEM 解析を実施し，弾性範囲内における接合部のモーメント分担率に及ぼす I 桁断面と連結板寸法の影響について検討した．得られた結果を以下に示す．

1) フランジ幅/ウェブ高($(b_f/2)/h_W$)が大きくなると，道示設計におけるウェブ連結板が分担するモーメントと合理化設計におけるウェブ連結板が分担するモーメントの差分 M'とフランジ分担範囲 G_0 は大きくなる．
2) モーメント分担率はフランジ連結板長さ l_f に影響を受け，特に道示設計から+1 列部分のフランジ剛性が大きく影響する．

今後の課題

フランジとウェブの剛性比やすべりモーメント比などをパラメータとしてフランジ分担範囲への影響を調べる必要がある．

参考文献

1)金治英貞，石原靖弘，小林秀恵：鋼製橋脚接合部の合理化設計に関する研究，構造工学論文集，Vol. 39A，pp1025-1034，1993.3.
2)名古屋高速道路公社：鋼構造物設計要領（案）　I　鋼橋編，2003.10.1.
3)European Committee for Standardization(CEN)：Eurocode3：Design of steel structures – Part1-1：General rules and rules for buildings，EN1993-1-1，2005.

© Japan Society of Civil Engineers