

ひび割れを考慮した合成桁の有効幅の有限要素解析

川田工業株式会社 正会員 ○中島 星佳*
 University of Stuttgart Institute of Structural Design Prof. Dr. -Ing. Ulrike KUHLMANN**
 University of Stuttgart Institute of Structural Design Dipl. -Ing. Andreas RIEG**

1. はじめに

道路橋示方書¹⁾や Eurocode 4²⁾に規定された有効幅は、図-1(a)のように、設計荷重においてコンクリート床版は、全圧縮状態と想定されているために、コンクリート床版の分担曲げモーメントは無視できるとしている。一方、図-1(b)のように、桁高が低い桁のコンクリート床版の分担曲げモーメントは、比較的大きく、さらに引張応力も発生することから、これらの算定は、有効幅の算出に重要なものとなってくると考えられる。そこで、桁高が低い桁に対し、Microplane model³⁾を用いた3次元非線形有限要素解析を行い有効幅に及ぼす影響を調査した⁴⁾。ここにその一部を報告する。

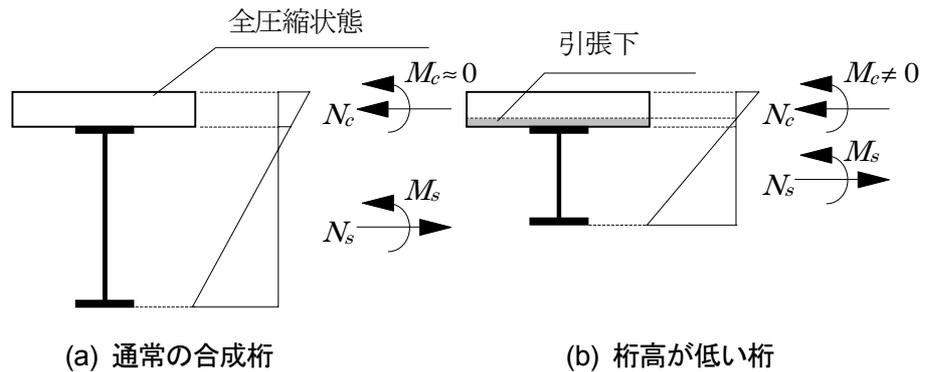


図-1 合成桁の種類（設計荷重時）

2. 解析手法

有限要素解析には、Stuttgart 大学、建設材料研究室 (Institute of Construction Material) にて開発された MASA[®] (Macroscopic Space Analysis) というソフトを用いた。これは、図-2 (a)~(c)のように、ソリッドの1積分点において、正24面体が Microplane により構成されている^{3),4)}。この Microplane モデルを用いることにより、コンクリート、鋼、および頭付きスタッドのモデルを非線形にて行うことが可能である。一例として、コンクリートの FE モデルを図-3 に示す。なお、鉄筋は2次元の棒要素にてモデル化を行った。

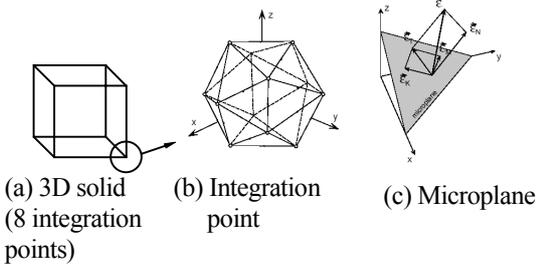


図-2 Microplane モデル³⁾

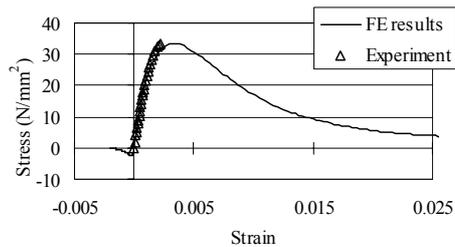


図-3 コンクリートの FE モデルと実験値との比較 (一軸圧縮試験)

3. 解析モデル

解析モデルは、図-1 (a) に示すような一般的な断面 (タイプ 1)、および図-1 (b) に示すような桁高が低い断面 (タイプ 2) となるような 2 種類の断面を任意に選定した^{5),6)}。それぞれの断面寸法を図-4、5 に示す。なお、タイプ 1 の材料定数は、コンクリート圧縮強度 33N/mm²、鋼の降伏強度 303N/mm²、終局強度 447N/mm² であり、タイプ 2 がコンクリート圧縮強度

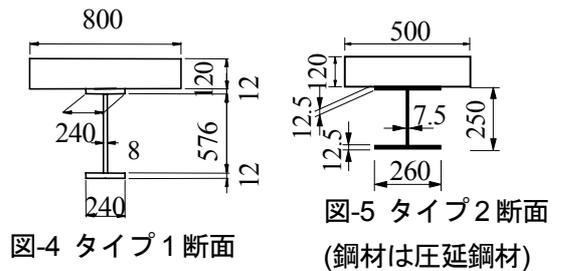


図-4 タイプ1断面

図-5 タイプ2断面 (鋼材は圧延鋼材)

Keywords : 合成桁、有効幅

* 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11, seika.nakajima@kawada.co.jp
 ** Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart Germany, secretariat@ke.uni-stuttgart.de

TEL:03-3915-3411, FAX:03-3915-3421
 TEL:+49(0)711-685-6238, FAX:+49(0)711-685-6236

37N/mm²、鋼の降伏強度 270N/mm²、終局強度 389N/mm²とした。支間長は、タイプ 1 が 5.2m、タイプ 2 が 3.9 mとした。また、FE モデルは左右対称のため、1/4 のみを作成した。モデルは、両端単純支持で、荷重は、支間中央に集中荷重を載荷となっている。なお、選定モデルの都合上、タイプ 1 については完全合成、タイプ 2 は弾性合成となっている。

4. パラメータ解析

コンクリート床版の幅、および、厚さが有効幅に及ぼす影響を調べるために、上述の解析モデルを基として、床版の寸法を幅方向、および、厚さ方向に変化させた。床版幅方向には b/L が 0.08、0.12、0.15、0.25、0.5、1.0 となるように、また、床版厚さ方向には、基の寸法の 2、および 3 倍となるような寸法を選定した。図-6 に床版幅の床版幅を変化させたときの有効幅の変化を示す。図-6 より、どちらのタイプについても有効幅は、 b/L が増加するとともに徐々に減少しているが、タイプ 2 のものがタイプ 1 のものより全体的に上回っていることがわかる。これは、コンクリート床版にひび割れが入り、それにより応力再分配が起こっているからと考えられる。応力再分配により、 σ_{max} は減少し、全体的に見ると分配前より均一化されたような応力分布となるために有効幅が増加すると考えられる。また、 b/L が大きくなるにつれて規準と解析値が離れていくのは、規準では考慮されていないコンクリートの分担曲げモーメントが影響を及ぼしていると考えられる。

つづいて、床版厚を変化させたときの有効幅のケース 1、およびケース 2 を表-1、および表-2 に示す。これにより、ケース 1 の $b/L=0.08$ 、およびケース 2 については、有効幅が 100% に近い値であったために床版厚の変化による影響があまり見られなかった。一方、ケース 1 の $b/L=0.5$ については、床版厚の増加に伴う影響が見られた。しかし、床版幅を変化させた時ほどの大幅な変化は見られなかった。

5. まとめ

ひび割れを考慮した合成桁の有効幅に関し、有限要素解析を行った結果、以下のようなことが云える。

床版幅の増加により、有効幅は減少するが、Eurocode 4 や道路橋示方書に定められた値を大幅に上回った。これは、床版のひび割れによる応力再分配によるもの、および、Eurocode 4 や道路橋示方書における有効幅の算定の際、考慮されていないコンクリート床版の分担断面力の影響が原因と考えられる。また、有効幅は、床版厚より床版幅が支配的な影響を及ぼすことが分かった。今後は、有効幅に影響する種々の要因を定量的に評価することが必要であると考えられる。

謝辞

本研究は、ドイツ・Stuttgart 大学 COMMAS (Computational Mechanics of Materials and Structures)の工学修士コース (International Master of Science)の修士論文として、ドイツ学術交流会 DAAD (Deutscher Akademischer Austausch Dienst)の援助を受け行われた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編, II 鋼橋編, 丸善 1996.12.
- 2) CEN:ENV 1994-2, Eurocode 4, Design of composite steel and concrete structures - Part2:Bridges, 1997. (In English)
- 3) Ozbolt, J.: MASA 3, Finite element program for 3D nonlinear analysis structures, MASA Manual, Institute for Construction Materials, University of Stuttgart, 2002. (In English)
- 4) U.Kuhlmann, A.Rieg, S.Nakajima : Numerical Studies on Effective Widths of Composite Girders Considering Cracking Behavior, 5th Japanese-German Joint Symposium on Steel and Composite Bridges, 2003. 9. (In English)
- 5) 中島星佳:スタッドをグループ配置した合成桁の力学性状, 大阪工業大学大学院修士論文, 2001.3.
- 6) Mele, M.; Puhali, R.: Experimental analysis of cold-formed shear connectors in steel-concrete composite beams, Costruzioni Metalliche, No. 5, 1985, pp. 239-302. (In English)

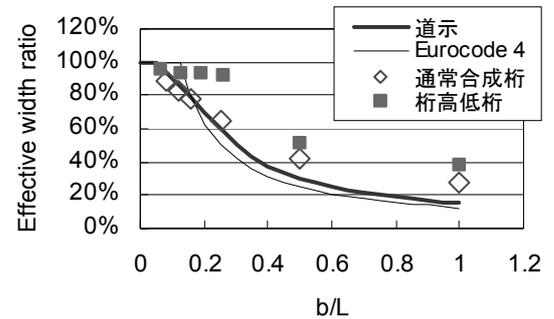


図-6 有効幅の b/L による変化

表-1 床版厚変化と有効幅(ケース 1)

$h \backslash b/L$	0.08	0.5
120mm	89%	42%
240mm	88%	53%
360mm	88%	61%

表-2 床版厚変化と有効幅(ケース 2)

$h \backslash b/L$	0.06	0.26
120mm	96%	91%
240mm	94%	97%
360mm	93%	97%