

九州大学 学生員○今金 真一 九州大学 正会員 太田 俊昭
九州大学 正会員 今井 富士夫

1. 序論

著者らは、鋼板とコンクリートの合成桁や合成床版のジベル構造として、優れた2方向せん断抵抗と曲げ剛性を有する立体トラス型ジベルを発想し、その実用化のための曲げ破壊試験や押し抜きせん断試験など一連の実験的研究を行い、かつ力学挙動の解明のための理論的研究を試みてきた。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

先に、著者らは、合成床版の非線形曲げ挙動の解析法として積層化有限要素法に着目し、その適用性について報告した¹⁾が、そこでは、圧縮鉄筋やフラットバー等のコンクリート埋設補強材の取り扱いについて等価弾性係数などの近似手法を用いており、その理論的根拠は必ずしも十分なものではなかった。

そこで、ここでは、これらの要素について変形の適合条件とつり合い条件を厳密に考慮した解析法を示し、本法によって得られた解と実験値との比較検討を行うものとする。

2. 解析手法

解析手法としては、積層化有限要素法を用いる。なお、紙面の都合上、積層化有限要素法の説明については割愛する。

前報では埋設補強材をコンクリートヤング率に換算する近似手法に基づいてコンクリートの剛性の和をその要素の剛性として解析を行った。このため、この手法では、鋼材の塑性化やコンクリートのクラック発生を必ずしも正確に把握しがたい欠点があった。

そこで、ここでは、コンクリートと鋼材を別々取り扱うことにする。すなわち、曲げを受ける合成桁や合成床版の断面に着目し、各層($i=1, \dots, m$)のコンクリート応力と鋼材の軸力の総和が0となるつり合い条件より次式が得られる。

$$\sum_{i=1}^m (\sigma_i \cdot \delta h_i \cdot b) + \sum_{i=1}^m (A_{s_i} \sigma_{s_i}) = 0 \quad (1)$$

ここに、 σ_i 、 σ_{s_i} は第*i*層のコンクリートおよび鋼材の応力、 h_i は第*i*層の層厚、 b は要素幅、また A_{s_i} は鋼材の断面積である。また第*i*層の応力 σ_i は、応力とひずみの関係を表すマトリックス D_i を用いて次の式で表せる。

$$\sigma_i = D_i \varepsilon_i = D_i (\varepsilon_0 + Z_i \Phi_0) \quad (2)$$

ここに、 ε_0 、 Φ_0 はTop Surfaceにおけるひずみおよび曲率である。

式(1),(2)より曲率とひずみの関係は、平面保持の仮定を用いれば、次の式で表せる。

$$\varepsilon_0 = F \Phi_0 \quad (3)$$

ここに、 $F = - \left[\sum_{i=1}^m (D_i \cdot \delta h_i + E_s A_{s_i}) \right]^{-1} \cdot \left[\sum_{i=1}^m (D_i \cdot \delta h_i + E_s A_{s_i}) Z_i \right]$

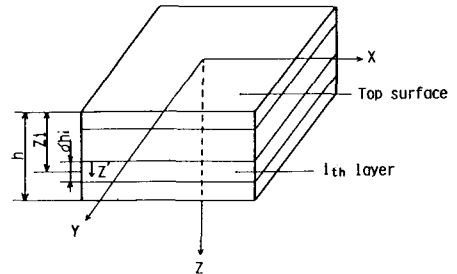


図-1 積層法平板モデル

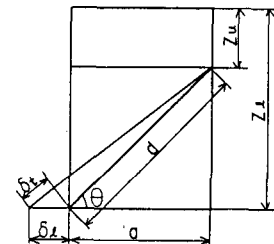


図-2 トラスの変形

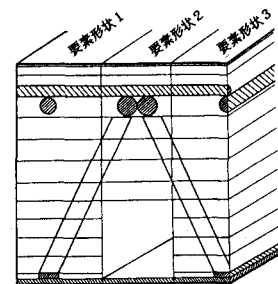


図-3 層分割図

また、トラス材による付加曲げモーメントは、以下のように求められる。図-2に示す変形の適合よりトラス材の軸力は次のように表される。

$$N_T = A_T E_{ST} \varepsilon_T \quad (4)$$

ただし、 $\varepsilon_T = a \cos \theta \cdot (\varepsilon_\ell / d)$

ここに、 $A_T E_{ST}$ はトラス材の断面積および弾性係数であり、 ε_T はトラス材のひずみである。

よって、トラス材による付加曲げモーメントは次式で示される。

$$\begin{aligned} M_T &= A_T E_{ST} (a \cos^2 \theta / d) (\varepsilon_0 + Z_\ell \Phi_0) (Z_\ell - Z_U) \\ &= A_T E_{ST} (a \cos^2 \theta / d) (F + Z_\ell) (Z_\ell - Z_U) \Phi_0 \end{aligned} \quad (5)$$

ここに、 Z_U 、 Z_ℓ は Top Surface からトラス頂部および脚部までの距離である。

また、曲げモーメントMは次の式で表せる。

$$\begin{aligned} M &= \sum_{i=1}^m \int_{-sh/2}^{sh/2} (\sigma_i Z_i + \sigma_i (Z') \cdot Z') dZ' \\ &\quad + \sum_{i=1}^m (A_{Si} \sigma_{Si} Z_i) + M_T \end{aligned} \quad (6)$$

ただし、 $\sigma_i (Z') = E_c \Phi_0 (\delta h / 2 - Z')$

式(6)に式(1),(2),(3),(5)の関係を代入して整理すると、結局次式のように曲率 Φ_0 を用いて表せる。

$$M = D_T \Phi_0 \quad (7)$$

図-4に著者らが別途に行った曲げ破壊実験の供試体の概略を示す。載荷形式としては、図-4に示すように2点載荷である。解析においては、対称性を考慮し供試体1/4部分について軸方向8分割、軸直角方向3分割の計24分割して行ない、また各要素は図-3に示すように鉛直方向に15(要素形状2は10)層に分割する。また、コンクリート各層の剛性は、圧縮試験等から得られる応力ひずみ曲線の勾配を応力状態に対応させて変化させるものとする。

実験値と解析値を比較した結果の一部を図-5、6に示す。また、図-7はクラックの発生状況を示したものである。これらの詳細については、講演時に説明する。

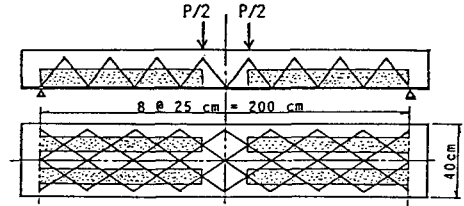


図-4 供試体

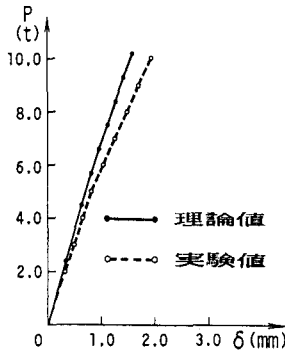


図-5 荷重-中央点たわみ曲線

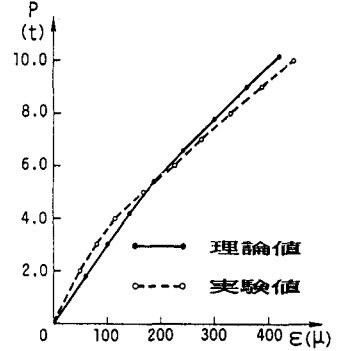


図-6 荷重-底部鋼板ひずみ曲線(中央点)

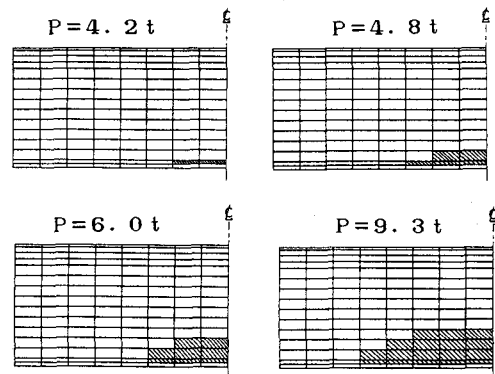


図-7 クラック発生状況

(参考文献)

- 1) 太田他; 積層化有限要素法によるトラス型ジベル付き合成床版の解析 第40回年講(1985.9)
- 2) 太田他; トラス型ジベル付鋼板の力学性状に関する研究 土木学会西部支部研究発表会(1985.2)
- 3) 太田他; 繰り返し荷重を受ける合成床版の力学的挙動 土木学会西部支部研究発表会(1986.3)
- 4) 太田他; トラス型ジベルのせん断耐力に関する実験的研究 土木学会西部支部研究発表会(1986.3)