

九州大学 正会員 太田 俊昭

九州大学 正会員 冉 一元

九州大学 学生員 奥石 正巳

1. まえがき

鋼-コンクリート合成構造物は両者の材料特性を効率的に活用した合理的な複合構造物であり、従来から土木、建築分野で幅広く用いられているが特に最近橋梁の床版や床版橋などにおいてもその積極的な応用が見られるようになってきた。著者らは、従来の格子床版、突起付T型鋼埋め込み合成床版ⁱ⁾、円筒ジベル付合成床版ⁱⁱ⁾に比べてより合理的なせん断伝達機能を有する新しい立体トラス型ジベル埋め込み合成床版の開発と実用化を試みている。図-1はその構造例を示すもので、立体トラス型ジベルは折板構造となっている。本論文では、架設時における提案床版構造のコンクリート打設前の力学的挙動を解明するため立体トラス-薄板複合構造有限要素モデルを提案し、そのモデルの妥当性を実験によって検証したものである。

2. 解析理論

本解析の対象構造物は、図-2に示すように水平トラス(鉄筋)、立体トラス(ジベル)および薄鋼板から成る複合構造物である。この構造物を有限要素法を用いて解析するに当り、解析要素としては、水平トラス要素、立体トラス-薄板複合要素、薄板要素(図-3)を用いた。

i) 水平トラス要素は両端にそれぞれ x 方向、 y 方向の変位を有し、節点力としては軸力だけを考慮した。

ii) 立体トラス-薄板複合要素は、図-4に示すように4本の立体トラスと薄板から構成され、計算精度を上げるために薄板をさらに4つに分割した。立体トラス要素はそれぞれの節点に x, y, z 方向の変位(u, v, w)を有し、薄板要素は面内および面外の変形を考慮して各節点には、 x, y, z 方向の変位と x 軸、 y 軸回りの回転角($u, v, w, \theta_x, \theta_y$)をもつものである。この要素の剛性マトリックスを K とすれば節点力 F と節点変位 U の関係は、式(1)で与えられる。

$$F = KU \quad (1)$$

次に節点縮約法(Condensation Method)を用いて消去する内部節点(ここに6, 7, 8, 9, 10節点)に添字 B を残りの境界節点(ここに1, 2, 3, 4, 5節点)に添字 A をつけて区別すれば、次式が得られる。

$$\begin{Bmatrix} F_A \\ F_B \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{AA} & K_{AB} \\ K_{BA} & K_{BB} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_A \\ U_B \end{Bmatrix} \quad (2)$$

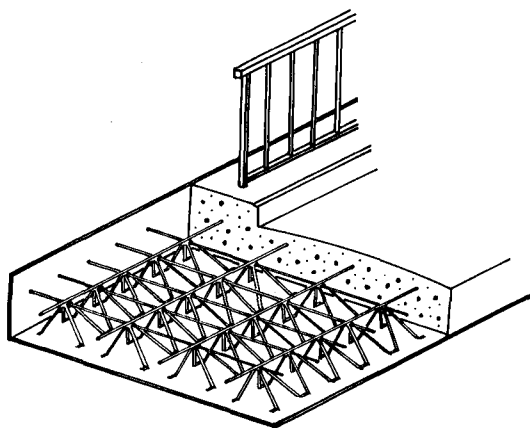


図-1

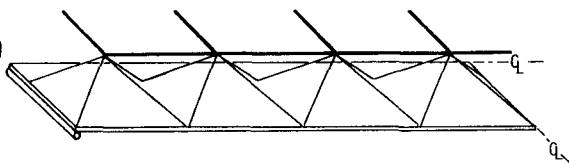


図-2

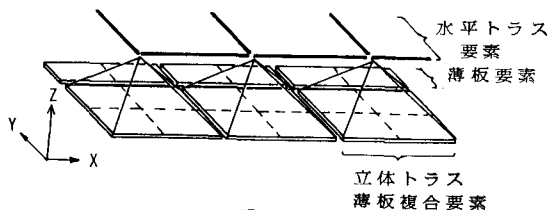


図-3

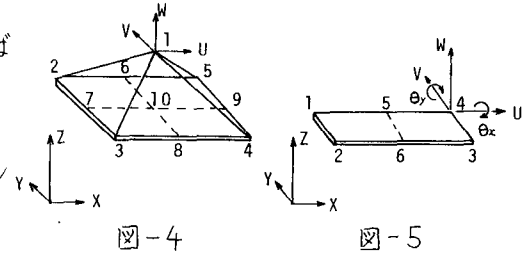
$$\text{式(2)から } F_A - K_{AB} K_B^{-1} F_B = (K_A - K_{AB} K_B^{-1} K_{BA}) U_A \quad (3)$$

$$\text{ここで } F_A - K_{AB} K_B^{-1} F_B = \widetilde{F}_A, \quad K_A - K_{AB} K_B^{-1} K_{BA} = \widetilde{K}_A \text{ とすれば}$$

$$\widetilde{F}_A = \widetilde{K}_A U_A \quad (4)$$

式(4)は境界節点だけに関する剛性方程式であり $\widetilde{K}_A, \widetilde{F}_A$ は、それぞれ境界節点の剛性マトリックス、境界節点カベクトルである。さらに内部節点の変位は式(5)で与えられる。

$$U_B = K_{BB}^{-1} F_B - K_{BB}^{-1} K_{BA} U_A \quad (5)$$



iii) 薄板要素は、図-5に示すように立体トラス-薄板複合要素のうち立体トラスを取り除いたものである。こゝでもii)と同様に境界節点(こゝに1,2,3,4節点)と内部節点(こゝに5,6節点)に別け節点縮約法を用いて解析を行なった。

3. 実験との比較

実験には、板厚4.5mmの底鋼板(SS41)に立体トラス型ジベルを25cm間隔で支間方向にすみ肉溶接し、上部主鉄筋にはD19を配筋筋にはD16をジベルとすみ肉溶接した供試体を用いた。(図-6参照) また荷重は、中央部Z点集中荷重形式により行った。有限要素法による解析結果を表-1に示す4点について実験結果と比較してみると、上部主鉄筋の軸力に対しては3%以下またたわみについては2~5%の違いしか見られず今回提案したモデルを用いた有限要素法による解析法は、立体トラス型ジベルを有する合成床版の力学的変形挙動を十分追跡できることが確認された。

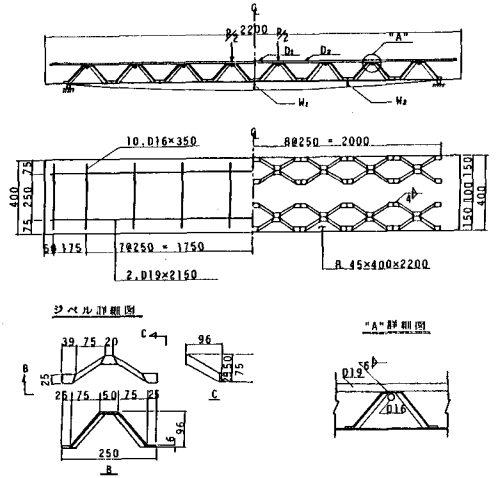


図-6

4. 結論

コンクリート打設前の立体トラス型ジベルを有する合成床版では、架設時における荷重に対して十分な剛性と耐力を有すること、特に立体トラスが局部座屈しないことなどが要求されるが、本論文で提案した解析法を用いることによりそのための設計条件を適確に把握することが可能になった。また提案モデルの妥当性を調べるために行なった実験供試体は、橋梁床版の実物寸法を対象としたものであり、曲げ荷重実験は(こゝでは紙面の都合上、その評述は省略する)最大曲げ耐力まで行なわれた。その結果、最大耐力は上部に配置した圧縮鉄筋の座屈に起因し、その時の下面鋼板および立体トラス部材は、期待通りに弾性範囲内にあり架設時に十分な安全性を有することが確認された。

表-1

	実験	F.E.M.	誤差
D1点のひずみ	740 μ	744 μ	0.5%
D2点のひずみ	654 μ	636 μ	2.8%
中央部のたわみW ₁	4.75mm	4.50mm	5.5%
1/4点のたわみW ₂	2.98mm	3.06mm	2.2%

7. 参考文献

- i) 佐藤, 石渡; 異形フランジT型鋼埋込み合成床版の構造特性 土木学会オ37回年講
- ii) 太田, 日野; 負の曲げを受けるプレキャスト合成床版の継手に関する研究 オ4回コンクリート年講
- iii) K.H. Huebner; 有限要素法 科学技術出版社 など