

九州大学 正会員 太田 俊昭
清水建設 奥石 正巳
九州大学 学生員 安田 泰二

1. まえがき

近年、鋼とコンクリートを接合一体化し、両者の材料特性を有効に利用した合成床版、あるいは、合成床版橋が数多く用いられるようになってきた。そこで、著者らは、2方向せん断伝達機能を有し得るトラス型ジベル付合成床版について、その開発および実用化のための基礎的研究を試みている。本研究においては、昨年度の報告において、架設時を想定した合成前の構造について、その力学的変形挙動を明らかにしたため、今回は、合成後の完成系の変形挙動について、解析を試み、実験結果と比較検討したものである。

2. 解析手法

解析手法としては、Wanchoo²⁾らにより、研究された積層化有限要素法を適用した。これは、図-2に示すように、要素分割を三次元的に行い、各層ごとの応力状態を調べ、断面全体にわたって各層の応力ベクトルを加え合わせたものは零になるという微小曲げ理論を用いて曲率と曲げモーメントの関係を求めたものである。そして、この曲率とモーメントとの関係を有限要素法に適用するに当たって、要素モデルとしては、図

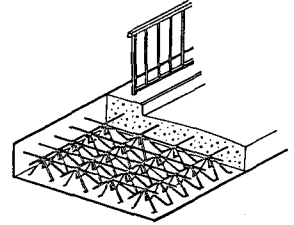


図-1 トラス型ジベル付合成床版

図-3に示すACM要素を用いた。この要素では各節点は、自由度として、たわみ・2軸回りの回転角・4軸回りの回転角を有している。また座標系は $x-y$ の局所座標系を振幅で無次元化した $\xi-\eta$ 座標系を用いた。次に、図-4に本研究の解析および実験に用いた供試体の合成前の構造図を示す。合成後のこの供試体のスパンは2m、高さは15cmであり、載荷形式としては対称性を考慮して、スパン中央部付近のトラス材頂部に2点(2直線)載荷を行った。更に、解析に当っては図に示すように本構造の1/4部分を24分割し、この各要素を鉛直方向に10層に分割して解析を行った。次に、コンクリートの弾性係数としては、試験片を用いて圧縮試験を行い、この時得られる応力-ひずみ曲線を図-5のように近似したものを用いた。トラス型ジベル部材を含む層の弾性係数は、コンクリートのそれを割増したものを使用した。(その層におけるコンクリートと鋼材の体積比から算定したもの)また、鉄筋を含む層については、鉄筋とコンクリートの完全付着を仮定して、換算剛性を求めた。更に、クラックの影響については、各層の応力状態から主応力 σ_1 , σ_2 を求め、 σ_1 が実験より求めたクラック発生応力に達したならば、次の荷重増分に対しては、その要素は剛性をとれないとした。

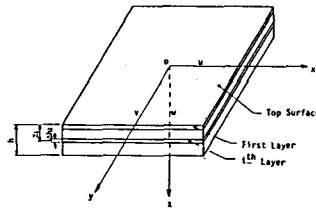


図-2

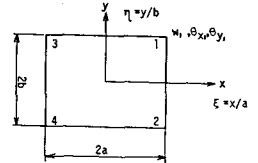


図-3

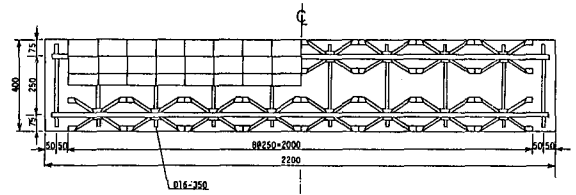


図-4

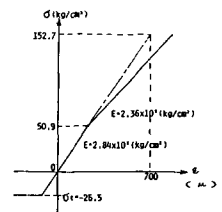


図-5

3. 結果および考察

図-6に供試体の中央部におけるたわみの実験値とF.E.M.解析値を示す。この図より、実験値と理論値は、よく一致していることが分る。次に、図-7に中央部におけるコンクリート上面のひずみについて、実験値とF.E.M.値を示す。図中、実験値は、 $P=5$ t近傍において、ひずみの伸びが小さくなっていることが認められるが、解析値は実験値と十分一致していると言える。図-8は、中央部における鋼板のひずみに対して、実験値とF.E.M.解析値を示したものである。図中、 $P=6.0$ tにおける実験値と解析値の誤差は13%である。次に、コンクリートのクラックの発生順序と圧縮側コンクリートの弾性係数の変化の様子を図-9に示す。図中、斜線部はクラックの発生した領域を示し、○印は、コンクリートの弾性係数が、 $E=2.84 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ から、 $E=2.36 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ に低下した領域を示している。この図より、最初のクラックは、 $P=1.68$ tの時に中央部の最下層に発生している。これは、梁理論より求めた $P=1.71$ tに十分一致している。そして、荷重が増加するに従い、クラックの発生領域は、まず支点方向に進み、支点方向に十分進んだ後、更に上の層へ順次広がりを見せている。そして、 $P=7.12$ tになれば中央部のコンクリートは、中立軸以下の部分について全てクラックが発生する結果となった。また、中立軸より上部のコンクリートの弾性係数の変化についてみれば、図-9の例れについても、第2層と第3層とでは変化が同じ、もしくは、第3層の方が早く弾性係数が低下している。これは、第3層に圧縮筋が入っており換算弾性係数が高く、その分見かけのコンクリート応力が大きく算定されるためである。

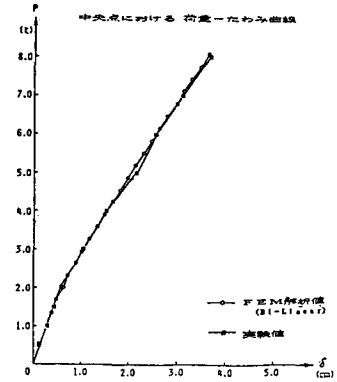


図-6

図-7: A graph showing the strain (ε in μ) versus load (P in t) at the center of the specimen. The x-axis ranges from 0 to 700 t, and the y-axis ranges from 0 to 8.0 μ. Two curves are plotted: 'F.E.M.解析値 (S1-L1000)' (solid line with circles) and '実験値' (dashed line with circles). The curves show a linear increase in strain with load, with the experimental values slightly lower than the F.E.M. values at higher loads.

図-7

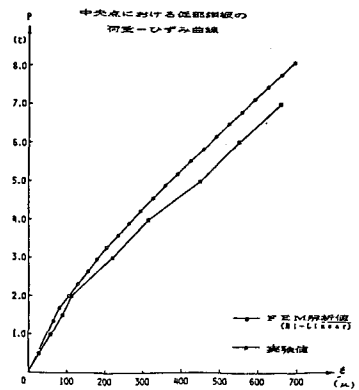


図-8

図-9: A series of diagrams showing the distribution of cracks and the change in the elastic modulus of concrete at different load levels. The diagrams are labeled with load values: $P=1.68$ t, $P=2.41$ t, $P=3.26$ t, $P=4.24$ t, $P=5.21$ t, and $P=7.12$ t. Each diagram shows a cross-section of the beam with a grid representing the concrete and steel reinforcement. Shaded areas indicate the regions where cracks have formed, and circles indicate the regions where the elastic modulus of concrete has decreased. The diagrams show that as the load increases, the cracks propagate from the bottom layer towards the top, and the elastic modulus of the concrete decreases in a step-wise manner.

図-9

4. まとめ

本合成床版の静的な活荷重に対しては、積層化有限要素法による解析を行うことにより力学的挙動を十分に追跡できることが明らかとなった。今後は、繰り返し荷重を受ける場合の疲労性状について検討を加えて行くつもりである。

5. 参考文献

- 1) 太田 俊昭ほか；立体トラス型ジバルを有する合成床版の解析 第39回年講
- 2) M.K. Wanchoo; Cracking Analysis of Reinforced Concrete Plates. ASCE Vol 101 ST1 1975