

トラス型ジベルを有する合成床版の弾塑性解析について

山口大学工学部 ○学生員 山口惣也

山口大学工学部 正 員 浜田純夫

山口大学工学部 正 員 高海克彦

1. まえがき

コンクリート構造物の設計にFEMが用いられることがあるが、そのほとんどが線形FEMである。供試体レベルでは研究が進んでいる材料の非線形性やコンクリートと鉄筋の付着機構に関する解析手法も一般に複雑なモデルが多く、設計の対象となる部材や構造物への合理的な適用法は確立されていない。しかし、コンクリート構造物の設計思想が限界状態設計法へと移行しつつある現在、設計においても非弾性領域を考慮した解析をする必要がある。本研究では、トラス型ジベル付き合成床板について底部鋼板とコンクリートの間に適度の付着剛性をもったジョイント要素を配置し材料の非線形性を考慮した2次元の有限要素解析をおこない、ずれによるジベル部分への応力集中を解析モデル上で表現することで、ひびわれの発生位置やその進展を予測し、終局に至るまでの部材のたわみ剛性の変化を精度良く評価するための方法を模索するものである。

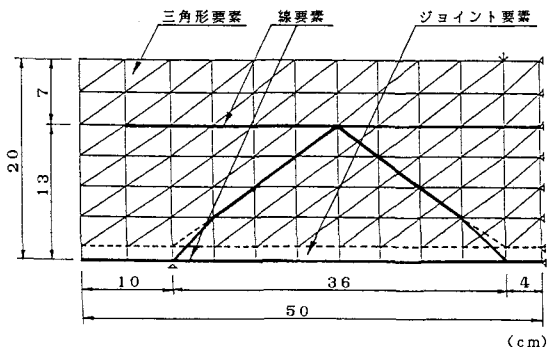


図1 要素分割図

2. 解析モデル

本研究では、トラス型ジベル付き合成床板を図1に示すようにモデル化し計算をおこなった。コンクリート部分は三角形要素とし、主応力と主ひずみの間に図2のような応力-ひずみ関係があるとす。底部鋼板およびトラス型ジベルは線要素とし、応力-ひずみ関係を図3のようにする。付着すべりを表現するため図4に示すような付着応力-すべり関係を持つジョイント要素を底部鋼板とコンクリート間に配置する。ジベルと底部鋼板の接合は、ジベルに相当する線要素がコンクリートの下から2段目の節点と底部鋼板を構成する節点とを直接連結すると仮定する。このジベルと底部鋼板の接合部分で作用する局所的な力がジョイント要素を介して境界面の他の部分に波及するのを防ぐため本解析では土岐・三浦が提案した修正ジョイント要素を用いている。

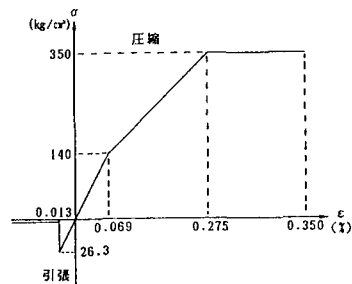
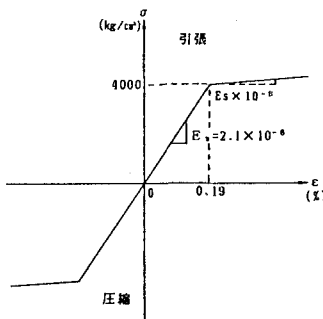
図2 コンクリートの
応力-ひずみ関係

図3 鉄筋の応力-ひずみ関係

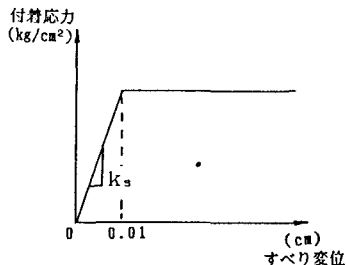


図4 付着応力-ずれ関係

3. 解析方法

材料非線形問題をFEMで解くため、本研究では増

分法と修正Newton-Raphson法を組合わせた混合法を用いた。これは、終局ひずみに達した要素のひずみエネルギーをそれに等価な節点力に置き換え収束計算することで近似的に線形問題として解くものである。計算には鋼板とコンクリート間の付着剛性の違う幾通りかのモデルについて計算し、実験結果との比較をおこなった。

4. 結果

荷重-たわみ関係を完全付着モデルと付着剛性 $ks=300\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ のジョイント要素配置モデルの解析結果と実験値について図5に示す。完全付着モデルは、実験値に比べて載荷初期からたわみ剛性が高く、大きなたわみの増加がみられないが、ジョイント要素配置モデルは耐力的には小さいが、たわみ剛性は実験値に近い値になっている。

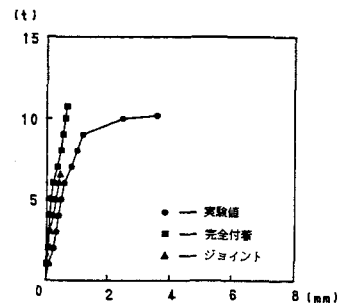


図5 荷重-たわみ関係

荷重-斜材ひずみ関係を完全付着モデルと $ks=300\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ のジョイント要素配置モデルの解析結果と実験値を図6に示す。完全付着モデルは、初期の剛性は実験値とほとんど一致しているが、終局時のひずみの増加は表われていない。 $ks=3000\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ のモデルは、鋼板とコンクリート間のすべりにもなってひずみが徐々に増加している。 $ks=300\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ のモデルは、耐力は実験値をかなり下回っているが、終局時にすべりの進展による急激なひずみの増加が表われている。完全付着モデル、ジョイント要素配置モデルと実験のひびわれ状況を図7に示す。完全付着モデルは、コンクリートと鋼板が剛結されているのでひびわれが分散して発生している。これに対してジョイント要素配置モデルは、曲げひびわれ、曲げせん断ひびわれが認められ、その発生も曲げひびわれは3.5~4.5t、曲げせん断ひびわれは7.8tと実験と近い値になった。

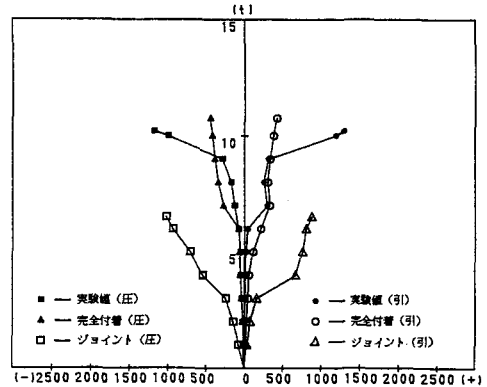


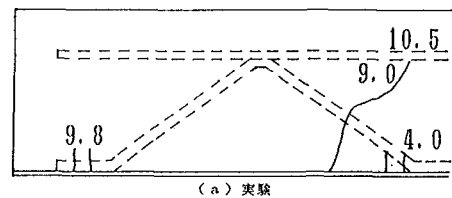
図6 荷重-斜材ひずみ関係

完全付着モデル、ジョイント要素配置モデルと実験のひびわれ状況を図7に示す。完全付着モデルは、コンクリートと鋼板が剛結されているのでひびわれが分散して発生している。これに対してジョイント要素配置モデルは、曲げひびわれ、曲げせん断ひびわれが認められ、その発生も曲げひびわれは3.5~4.5t、曲げせん断ひびわれは7.8tと実験と近い値になった。

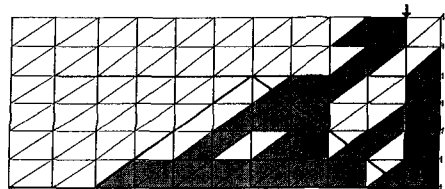
5. 結論

本研究の結果以下のような結論が得られた。

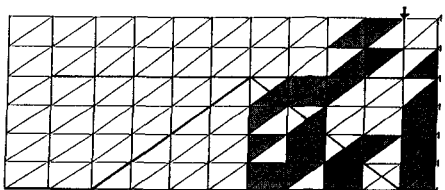
- ・付着すべりを考慮することで実験のたわみ剛性を捉えることができた。
- ・斜材のずれ止めとしての挙動がある程度表現できるようになったため、部材各部の応力分担が表現できるようになった。
- ・ひびわれの発生位置や進展状況が実験と近いものとなり、破壊の様子がこのモデルによって予測可能であることがわかった。
- ・ジベルと底部鋼板の接合部分は、今回用いたモデルではジベル部分の要素分割の仕方によって付着すべりの度合いに影響が生じやすいので今後も検討が必要である。



(a) 実験



(b) 完全付着モデル



(c) ジョイント要素配置モデル

図7 ひびわれ状況