

I-A 455

床版と桁からなる合成構造の有限要素法解析

大木建設（株） 正員 加藤 証一郎
中央大学 正員 川原 睦人

1 はじめに

近年、道路橋の受け持つ自動車荷重は著しく増大し、橋梁の各部に渡ってその設計基準の引き上げが要求されるに至っている。自動車荷重が増大した理由には、大型トラック（25トン）の通行が許可されたこと、また、その積載量が超過されることなどが挙げられる。これにより、直接に荷重を受ける床版及び桁の負担が必然的に大きくなり、床版と桁の上部構造の耐荷力を適切に見積もることが重要な課題となってきた。そこで、本研究では、プレートガーダー橋や合成桁橋などの上部構造に着目し、桁を有する床版の耐荷性能を正しく評価することができ、かつ、設計計算にも適用可能な構造解析モデルの構築を試みる。

2 床版と桁の合成構造

2.1 既存の研究と本解析手法

床版と桁の構造モデルの研究・開発は、本報が最初というわけではなく、合成桁橋を板構造（床版）と骨組構造（桁）とにモデル化して全体的な挙動を解析するという旨の論文報告を多数受けている。たとえば、九州大学の黒田らによって報告されたTSC合成I桁橋の有限要素解析^[4]では、床版と桁の偏心関係を考慮した上で、2次元板要素と1次元桁要素によって構成される構造モデルを示している。これに対して、本報は板要素に解の収束性が比較的良好な非適合三角形要素を適用し、また床版と桁の偏心結合を考慮するものである。一方、本手法を含む2次元解析法に対し、3次元8節点直方体要素に基づく有限要素法により解析されたという例も報告されている（参考文献[1]）。しかし、3次元解析では計算容量の不足ならびに計算時間の増大が問題となる。これに対して、橋梁全体を平板要素として解析する方法は経済的であり、設計計算にも容易に適用できると考えられる。

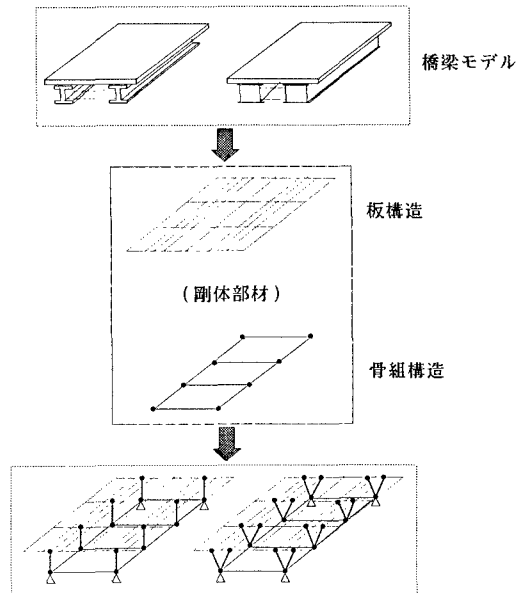


図-1 床版と桁の合成構造

2.2 解析手順および検証方法

床版（コンクリート）については、等方性の薄板理論（Huber(1923)）に基づく平板の曲げ問題に帰着させて解析する。平板の曲げ問題を支配する基礎方程式の離散化には、仮想仕事の原理に基づく有限要素法を適用する。一方、桁は中立軸を代表させた1次元はり要素からなり、曲げ及びねじりを受ける構造用鋼部材を仮定し、その解析には従来の変位法を用いるものとする。そして、床版と桁の合成構造の解析手順について、まず床版構造に対する有限要素方程式を導出し、次いで床版に対する桁の等価剛性方程式を求め、これによって得られた剛性行列を板構造における剛性行列に付加して解く。また、これに伴い、床版の中立面と桁の中立軸の位置関係を考慮した定式化の過程を経る。このようにして構築される構造解析モデルを、まず簡単な正方形板の曲げ問題における厳密解との比較、次いで物理的な橋梁モデルにおける3次元解析（M.Arockiasamy, M.Zhuang [1]）との比較を行い、その妥当性を検証する。

3 解析例

3.1 正方形板の曲げに関する検討

ここでは、厳密解 (Timoshenko) の知られている正方形板の曲げ問題を取り上げ、合成構造の解析に際してその精度に大きく依存する、板構造の解析の妥当性について検討する。図-2には、中央点における面外変位の定量的評価（誤差評価）、また図-3には、平板曲げの計算例を示す。

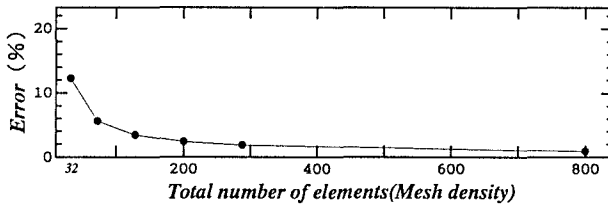


図-2 理論値との比較

3.2 3次元解析との比較

本解析モデルの妥当性を確認するために、M.Arockiasamy らによる3次元解析の結果および Ortho.model との比較を行う。尚、M.Arockiasamy らは、1/2 スケールの2車線橋梁モデル（橋長9.14[m]×幅員3.66[m]）の解析を、構造解析用ソフト ANSYS（8節点直方体要素 SOLID45）を用いて行った。また、載荷点（8点）の分布は橋軸方向に对称、橋軸直角方向には非対称であることを明記しておく。

表-1 計算条件

床版の厚さ	8.3[cm]
床版のヤング係数	3.03×10^{10} [N/m ²]
床版の断面2次モーメント	1.45×10^{-3} [m ⁴ /stem]
床版のポアソン比	0.22
桁のヤング係数	1.36×10^{11} [N/m ²]
桁の断面2次モーメント	1.05×10^{-5} [m ⁴ /stem]
桁のねじり剛性	2.03×10^5 [Nm ²]
トラック荷重（集中）	5.33×10^4 [N]

4 結論

正方形板の曲げ問題において厳密解との比較を行い、要素数の増加に伴って誤差がほぼ零に収束するという結果が得られ、本研究で用いた非適合三角形要素の有効性を確認した。また、3次元解析および Ortho.model との比較においては、本解析モデルの妥当性を定性的かつ定量的に検証した。

周辺固定

（周辺）単純支持

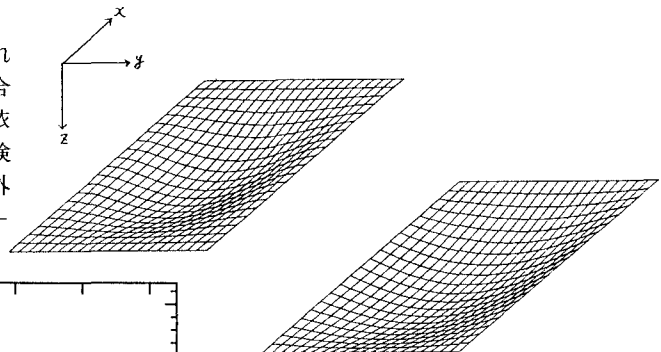


図-3 平板曲げの計算例

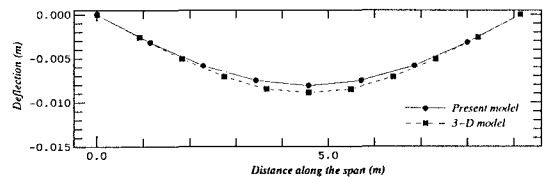


図-4 橋軸方向の変位

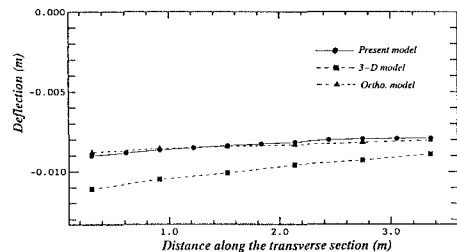


図-5 橋軸直角方向の変位

参考文献

- [1] M.Arockiasamy and M.Zhuang,(1994) "Finite Element Analysis of Concrete Bridges Prestressed with FRP Tendons", Int.Conf.on Computational Methods in Structural and Geotechnical Engineering, pp.560-565
- [2] Anant R. Kukreti and Yatendra Rajapaksa,(1990) "Analysis Procedure for Ribbed and Grid Plate Systems Used for Bridge Decks", Jour.Struct.Eng.,Vol.116,No.2,pp.372-391
- [3] 山尾 敏孝、崎元 達郎、福井 学、湯治 秀郎：「合成桁橋の挙動を求める構造モデルと解析手法」、土木学会第43回年次学術講演会
- [4] 黒田 一郎、日野 伸一、太田 俊昭：「TSC合成I桁橋の有限要素解析」、土木学会第47回年次学術講演会