

合成2主桁斜張橋床組構造の設計法の開発

建設構造研究室 ネアン コピー
指導教官 長井 正嗣
 岩崎 英治

1. まえがき

合成斜張橋は鋼I桁または箱桁を橋の幅員方向の両端部に配置し、コンクリート床版(主にプレキャスト床版)と合成させた主桁を斜めケーブルで支持した橋形式である(図 1.1 参照)。海外では、その経済性から、PC 斜張橋の代案として数多く建設されているものの、日本では依然建設例をみない橋形式である。

さて、すでに海外では数多くの建設実績があるが、日本では依然実績のない形式のため、本形式を設計、建設するにあたり、解決すべき技術的課題がある。それらを整理すると以下の項目が挙げられる。

- 1). 合理的かつ耐久的なケーブル定着構造の開発
- 2). 床版のクラック防止対策
- 3). コンクリートの乾燥収縮、クリープによる応力移行量の同定
- 4). 主桁の座屈設計法の確立
- 5). 耐風安定性の確保
- 6). 床組構造の設計法の開発

本研究では、上記で説明した今後の検討課題のうち、床組構造(床版および鋼横桁)の設計法の開発に焦点を当てる。

合成斜張橋で用いられる床版の支持方法としては2種類ある。ひとつは、鋼主桁とそれを結ぶ鋼横桁両者の上フランジ面が同じとなるよう格子構造を形成し、両者で床版を支持する(図-1(a) 参照上段)。この場合、床版の主鉄筋方向は橋軸方向となる。一方、横桁上フランジ面を主桁上フランジ面より低くし、横桁の上に小型の縦桁を複数設けて主桁と縦桁で床版を支持する(図-1(a) 参照下段)。この場合、床版の主鉄筋方向は橋軸直角方向となる。これまでの実績からは前者の

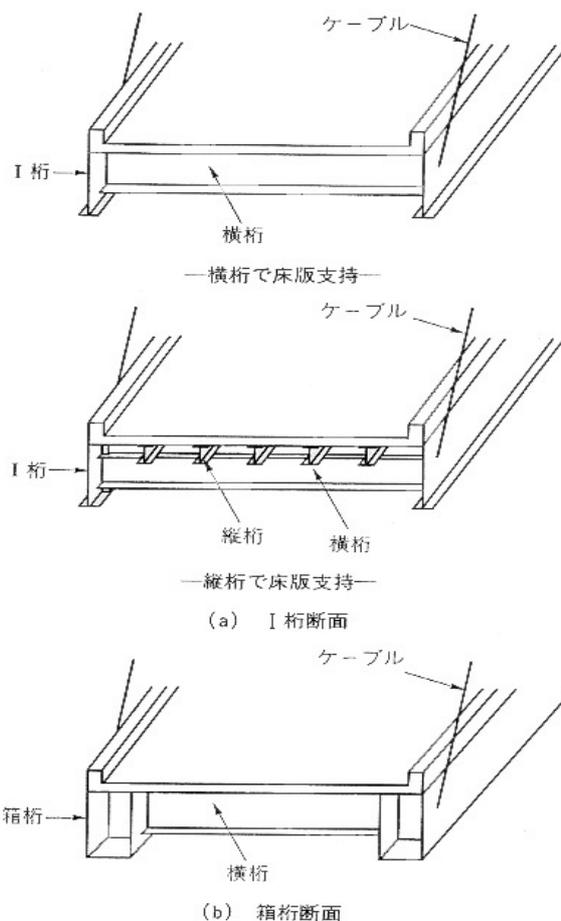


図 1.1 合成斜張橋

ケースが圧倒的に多いことから、本研究では前者の床組構造を対象とする。前者のケースの輪荷重による床版モーメントの評価については、これまでの検討から、主筋方向応力に評価については道路橋示方書(以後、道示と呼ぶ)の適用が可能と考えているが、そこでは扱われたパラメータが少なく、多くのパラメータ解析から、妥当性を検証する必要がある。

そこで、本研究では、床版の主鉄筋方向、配力

配力筋方向の曲げ応力の算定法，および横桁の曲げ，せん断応力の算定手法を立体 FEM パラメトリック解析から提案する．

2. 解析パラメータと解析モデル

本研究では，合成斜張橋の桁，塔，ケーブルを含む全体構造としての立体 FEM 解析が，大規模なマトリックス構造解析となって困難を伴うことから，主桁の一部を取り出した立体 FEM 解析を行う．

対象とする主桁は幅員として，2,3 車線橋梁を対象とした 2 種類を考え，また 横桁については，その間隔として 3 種類を考える．荷重として死荷重と T 荷重を考える．

2.1 解析パラメータ

橋桁の幅員として，11m および 18m を対象とする．前者は 2 車線，後者は 3 車線を想定したものである．

横桁ピッチとして，3.5, 4.0, 4.5m を対象とする．横桁ピッチの選定は経済性に影響を与えるが，文献では，4.0m 程度が最も経済的であることとしている．しかし，その前後のピッチを選んでも，経済性に与える影響は比較的小さいこともあわせ示されている．そこで，本研究では，前述の 3 種類のピッチを計算対象とした．床版の最小厚(tc)は横桁ピッチによって変化するが，最小厚(tc)は道示に準じて決定する．

2.2 計算モデル

図 2-1 に対称性を利用し，橋の幅員方向の半分を取り出した有限要素分割モデルを示す．図中，中央部が黒くなっているのは，中央部分の要素分割を相対的に細かくしているためである．なお，橋軸方向の長さについては，横桁間隔 11 パネルを計算対象としている．

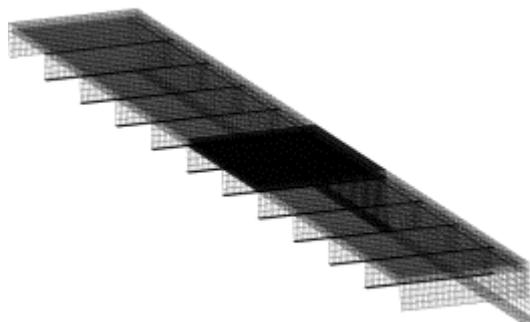


図 2-1 合成構造の要素分割状態

有限要素法にあたり，床版は 20 節点ソリッド要素で，他は 8 節点シェルと 3 節点はり要素で分割を行った．

境界条件としては，モデルの対象性から，幅員方向半分のモデルを解析対象としたため，橋軸直角方向の変位を拘束した．床版の主鉄筋方向の計算では，主桁作用の影響を除去するため，主桁鉛直方向の変位を拘束した．また，配力筋方向には，版作用のみを対象とする場合，横桁の鉛直方向も拘束した．

荷重は死荷重と活荷重を扱う．死荷重としては床版重量のみを対象とする．また，活荷重としては T 荷重を対象とする．

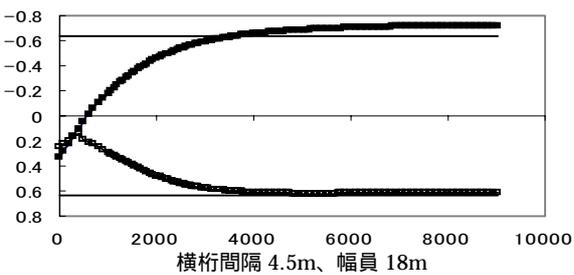
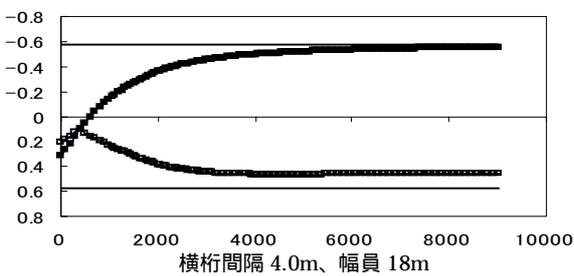
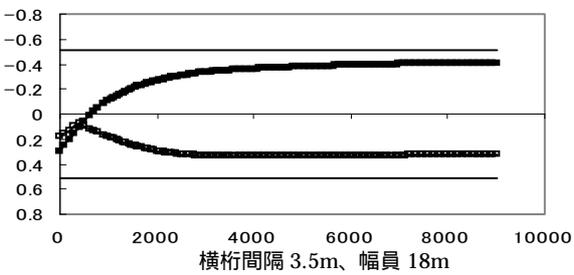
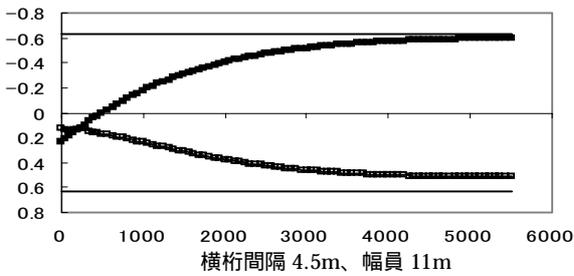
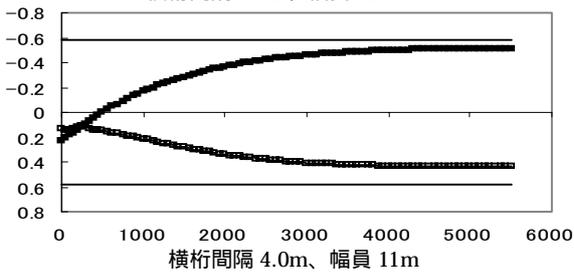
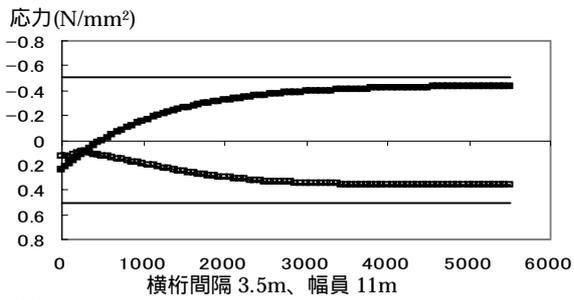
3. 設計法

設計法の提案にあたり，本 FEM 解析結果と，道路橋示方書の式，松井らの式，江頭らの式による結果と比較し，それらの設計式に係数を乗じる手法を採用することとした．計算結果の比較を行う過程で，道示や松井らの式による結果は比較的良い一致を示す，江頭の提案式による結果は道示や松井らの式に比べて大きくなり，FEM の結果は道示の応答値と比較的良い一致を示す．このことから，道示の設計式をベースに提案を行っていくこととした．

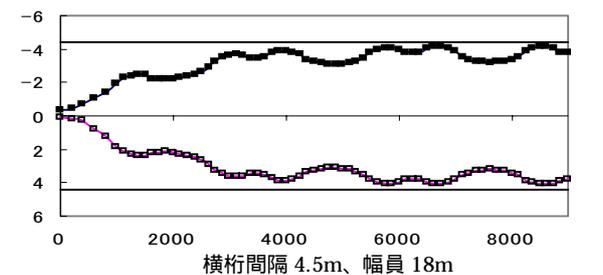
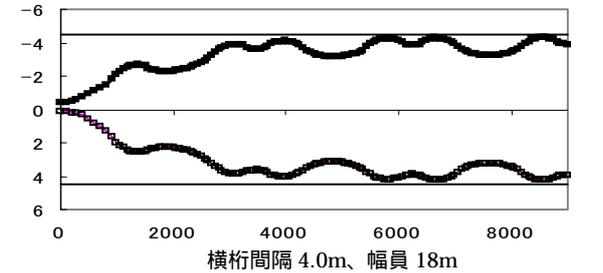
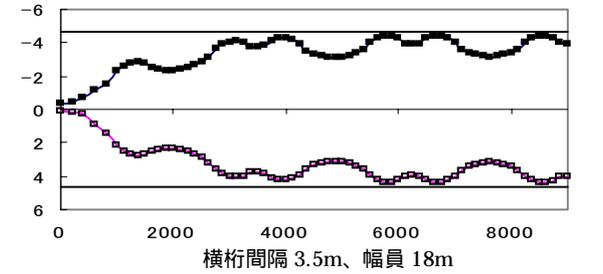
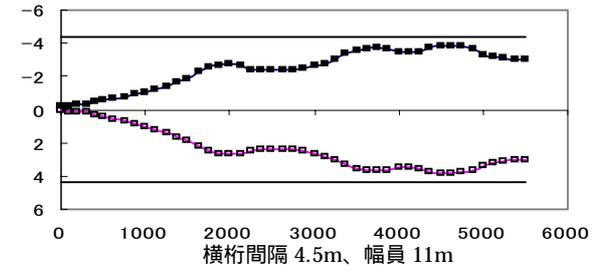
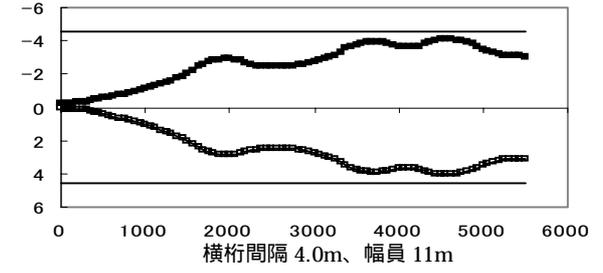
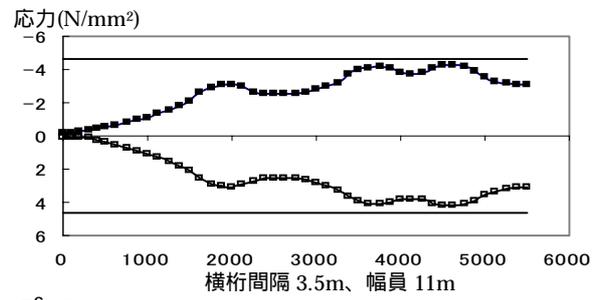
3.1 解析結果

3.1.1 床版の主鉄筋方向

3.1.1.1 死荷重

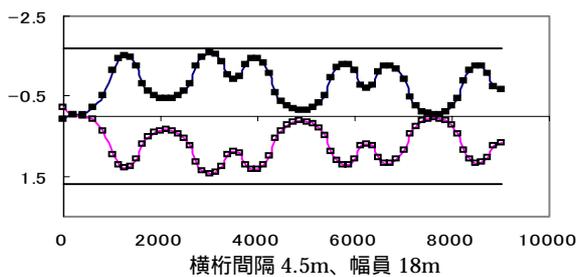
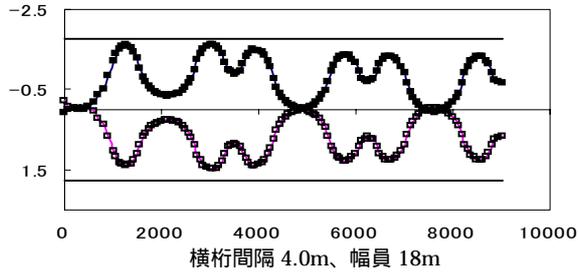
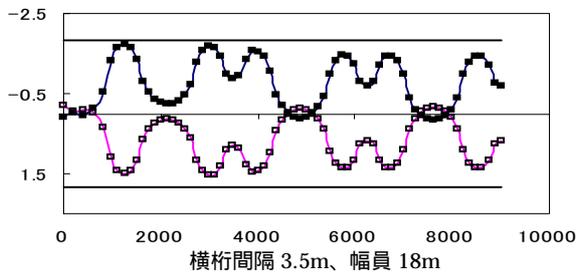
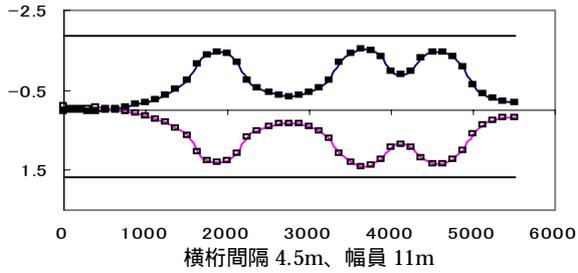
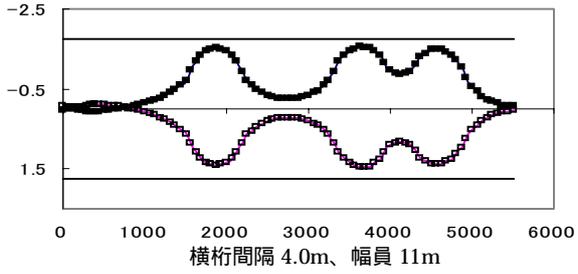
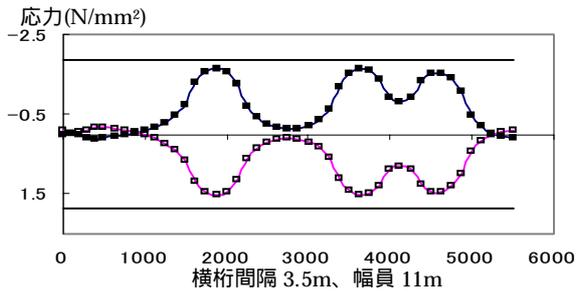


3.1.1.2 活荷重

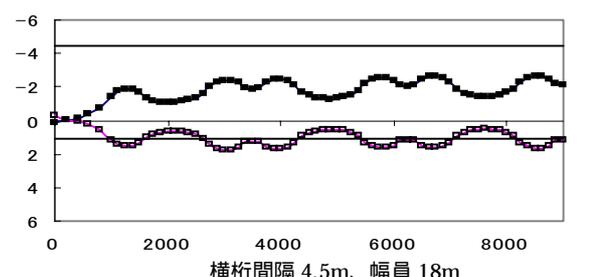
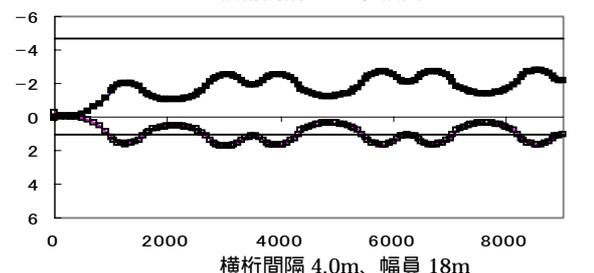
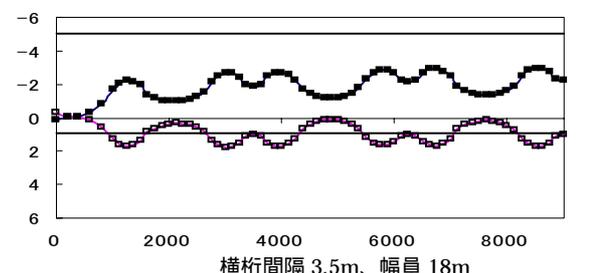
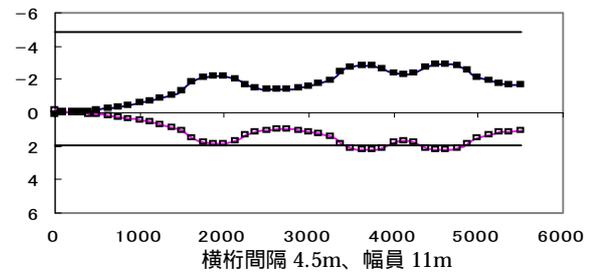
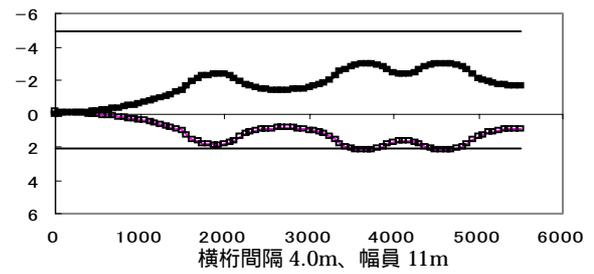
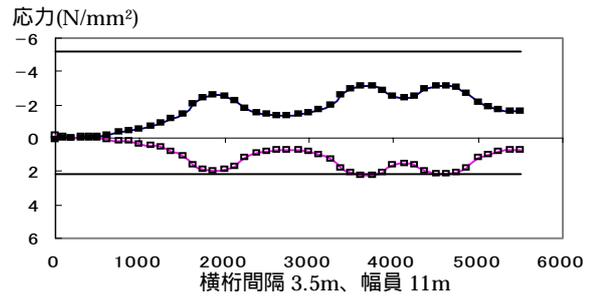


3.1.2 床版の配力筋方向

3.1.2.1 床版作用のみ（活荷重）

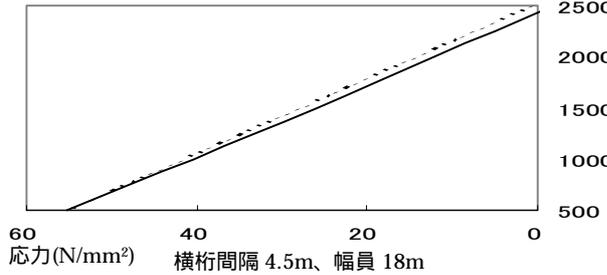
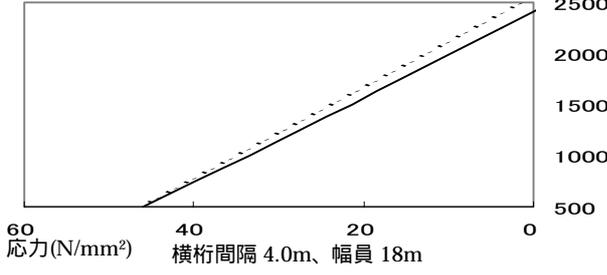
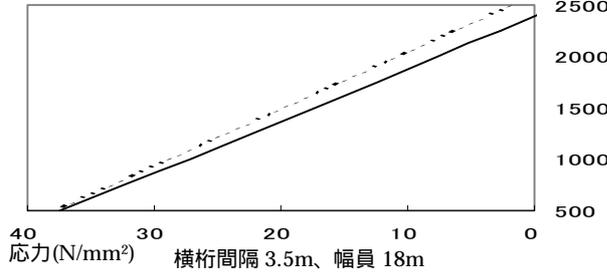
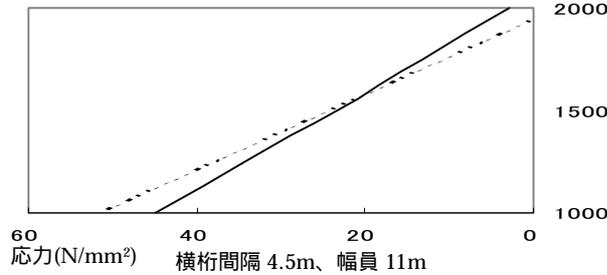
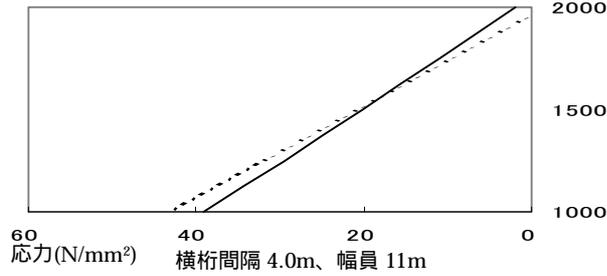
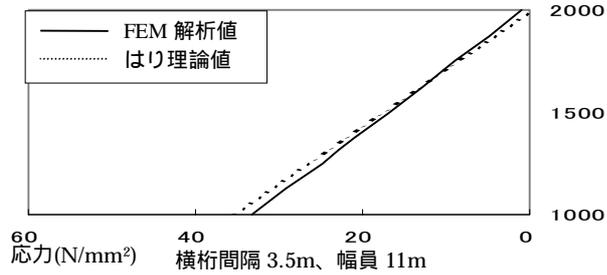


3.1.2.2 主構作用のみ（活荷重）

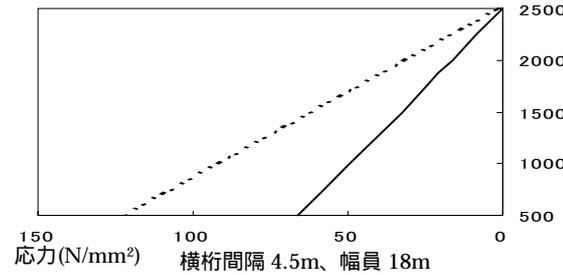
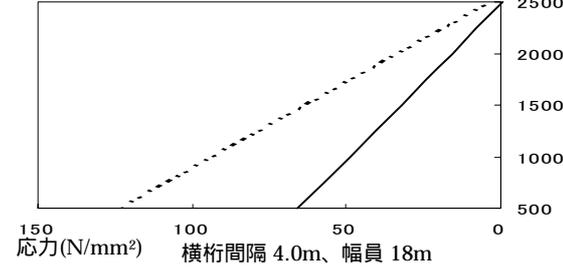
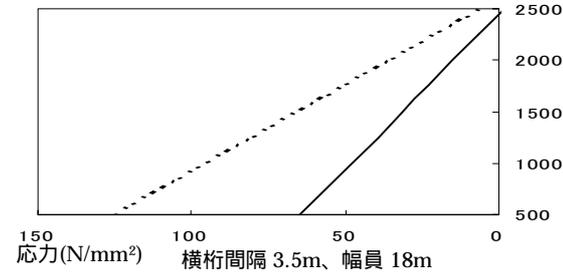
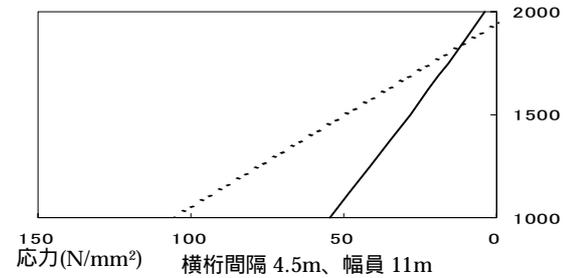
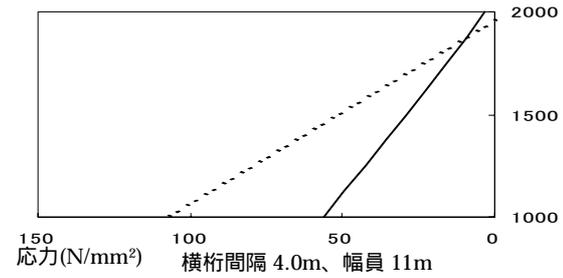
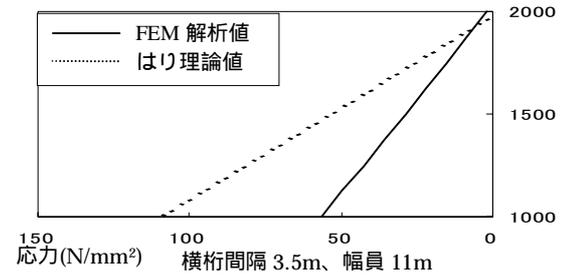


3.2 横桁の曲げ応力

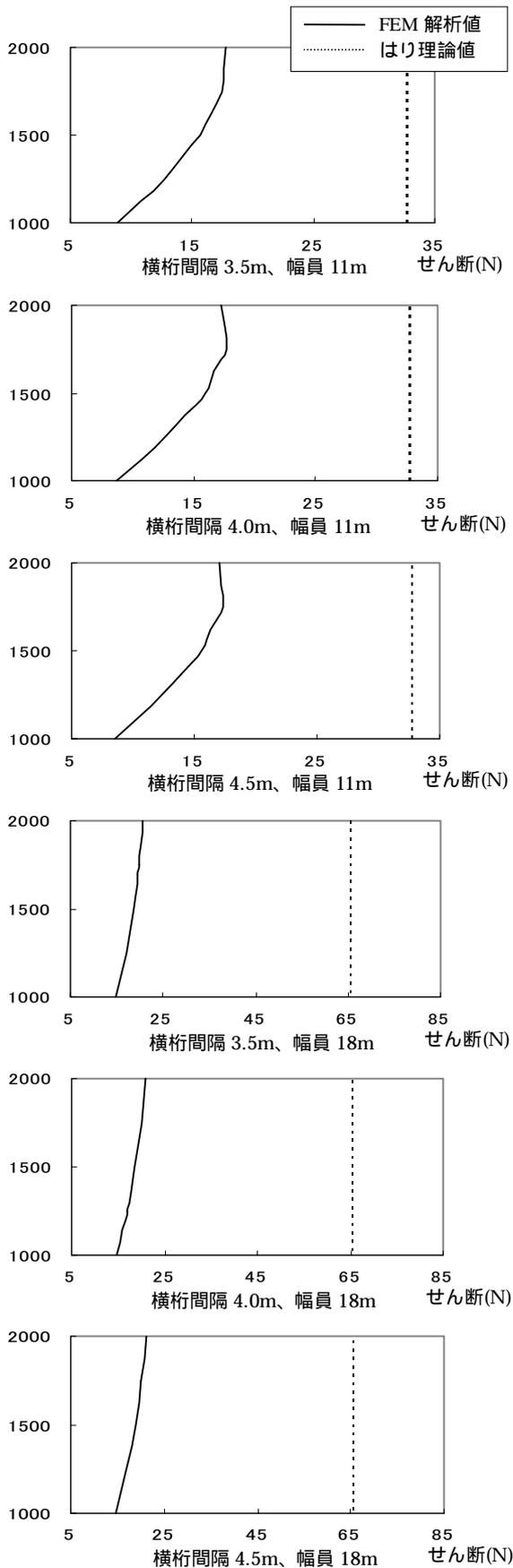
3.2.1 死荷重



3.2.1 活荷重



3.2 横桁のせん断応力



4. 結論

本研究では、合成 2 主桁斜張橋の床組構造の構造特性の解明、その設計法の開発を目的とした。本研究で得られた結果を以下に示す。

1) 床版の応力について

1.1) 主鉄筋方向:

死荷重および活荷重による主鉄筋方向の応力は道示、松井らの設計式による応力と良い一致を示した。

1.2) 床版作用のみによる配力筋方向:

死荷重による配力鉄筋方向の応力は道示、松井らの式による応力と良い一致を示した。しかし、活荷重の場合、松井らの式に比べて、道示の式がより良い一致を示した。

1.3) 主構作用による配力筋方向:

主構作用による配力筋方向の応力は床版作用のみによる配力筋方向の応力と横桁作用による応力を合計した応力である。この場合、死荷重による配力筋方向の応力は道示、松井らの式と良い一致を示したが、活荷重の場合、FEM 解に比べて 1.6 倍程度大きく評価する。

2) 横桁の応力について

死荷重の時、曲げ応力また、せん断応力ははり理論値と良い一致を示した。しかし、活荷重における横桁の曲げ応力はいずれの場合も、はり理論の結果が約 2 倍ほど FEM 解析値より大きくなる。これは床版の荷重分配作用に起因するものである。つぎに曲げに伴うせん断応力について、FEM 解析結果とはり理論の設計計算結果を比較すると、曲げ応力と同様に約 2 倍ほど安全な結果となった。

3) 設計法について

横桁の曲げ応力の算定にあたりと考えられる荷重の分配を考慮する係数 ($=0.6$) を用いれば、はり理論を適用できる。