

斜板反力に関する研究

大阪市立大学大学院 (鹿島建設) 学生員 ○吉田 真也

大阪市立大学大学院 正会員 大内 一

大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

(株)オガノ フェロー 島田 功

1. はじめに

斜板構造は数多くの構造要素として幅広く使用されている板構造である。道路や地形の形状により施工される斜橋もその斜板構造のひとつである。斜板は鈍角部に応力が集中するなど、矩形板とは異なった力学性状を示す。そのため古くから多くの研究者や技術者によって、解析的もしくは実験的に研究がなされてきた。しかし、曲げモーメントに関する研究が多く、反力まで言及された研究¹⁾は少ないのが現状である。また、道路橋示方書やコンクリート標準示方書にも斜橋の設計項目が規定されているが、曲げモーメントに関するものがほとんどである。そこで、本研究では単純床版橋を対象に、矩形板や斜板の中央に集中荷重を面外方向から載荷した実験を行い、FEM 解析によって得られた解析解と比較し、FEM 解析とモデル化の妥当性を検証した。その上で FEM 解析により、面外方向から等分布荷重を載荷したときの支持辺上の反力特性を明らかにする。さらに地震時慣性力を想定し、FEM 解析により面内方向より等分布荷重を載荷したときの反力特性も明らかにする。得られた反力分布のノモグラムを作成し、設計に供することを目的とする。

2. 実験による解析の検証

本研究では FEM 解析による斜板反力評価の妥当性を確認するため、最初の実験を実施した。供試体は図 1 のような幅 500mm、支持スパン 500mm の矩形板（直橋）と斜板（斜橋）である。板厚の 1/2 程度のたわみで測定可能なひずみを得るように、板厚 10mm のアクリル板を用いた。アクリル板は、弾性係数 3619N/mm^2 、ポアソン比 0.356 である。

実験装置を図 2 に示す。単純支持条件は H 鋼にアクリルの支持棒を固定し、その上に水平にアクリル板をのせ、さらに負反力にも対応するため、上からも同じ支持棒をセットし若干のプレストレスを与えた。鉛直方向の集中荷重は、おもりを付加した載荷梁の端部付近にスチール棒を設置し、その棒をアクリル板にのせる形で与え、おもりを変化させながら各段階での反力の分布、および中央点のたわみの計測を試みた。支持棒の配置は 50mm 間隔を基本とし、最外間隔のみ 45mm として 1 支承線上において 11 支持点としている。なお、反力の計測は支持棒に 2 枚のひずみゲージを対にはり、計測ひずみの平均値をもとに作用反力を求めた。

FEM 解析では 4 節点薄肉四辺形シェル要素を用いた。中央点のたわみについて実験値と解析値を表 1 に示す。実験値と解析値がほぼ一致していることから、たわみに関する FEM 解析の精度が確認できる。

次に、単純支持辺上の反力についての実験値と解析値の比較を図 3 に示す。個々の支持反力に若干の差が認められるものの、反力分布の特性を的確にとらえている。そのため、FEM 解析の妥当性が確認できた。

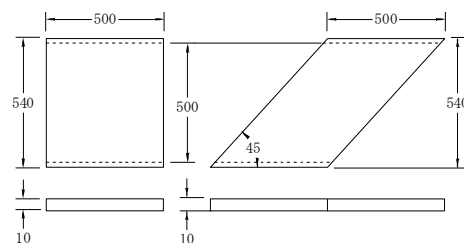


図 1 供試体モデル図

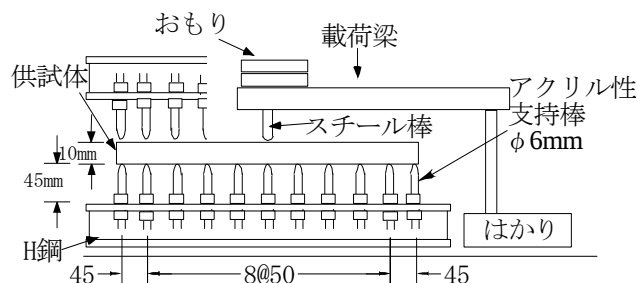


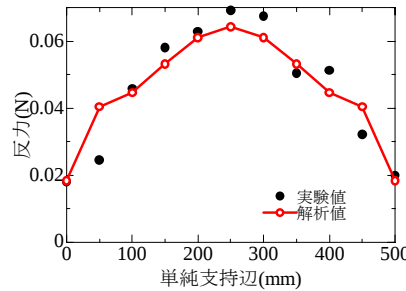
図 2 実験装置

キーワード 斜板, 反力, 換算せん断力

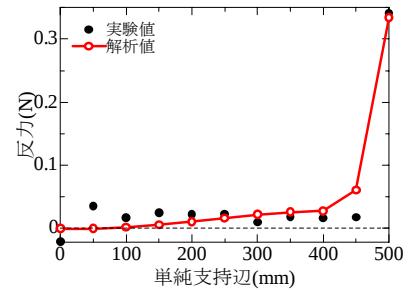
連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL06-6605-2723

表1 中央点のたわみ(mm)

	矩形板	斜板
実験値	0.0157	0.0255
解析値	0.0156	0.0261
実験値/解析値	1.0049	0.9755



(a) 矩形板



(b) 斜板

図3 支持辺上の反力

3. 面外・面内等分布荷重に対する支点反力

図4に示すような単純床版を対象とした斜板において、1) 面外方向より等分布荷重 q を受けた場合と 2) 地震時慣性力を考慮し面内方向より等分布荷重 q を受けた場合（支持辺に直交）の反力に着目し、FEM 解析を行った。ここでは、ねじりモーメントに対する反力への影響を精度よく求めるため、4 節点厚肉シェル要素を用いた。また、境界条件は 1 辺をピン支持、他対辺は鉛直方向のみの支持とした。弾性係数は 25000N/mm^2 、ポアソン比は 0.2 としている。

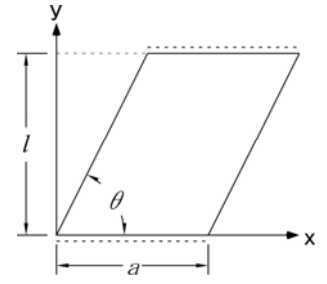


図4 解析モデル

辺長比 $l/a=1.0$ 、板厚比 $h/l=1/20$ に対する面外等分布荷重に対する反力を図5に示す。

ここに、 R は単位長さ当りの反力であり、従って、 R/ql は無次元化反力となる。

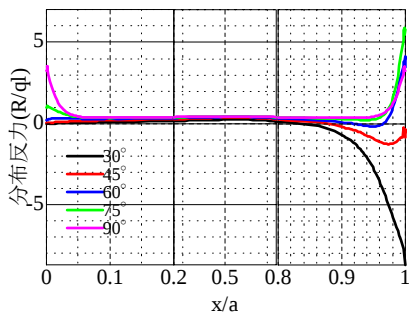
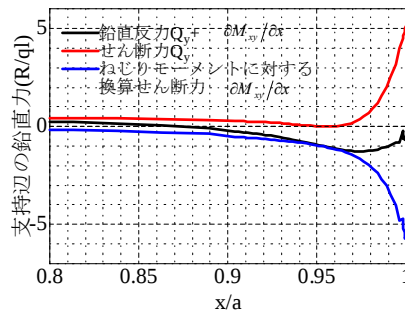
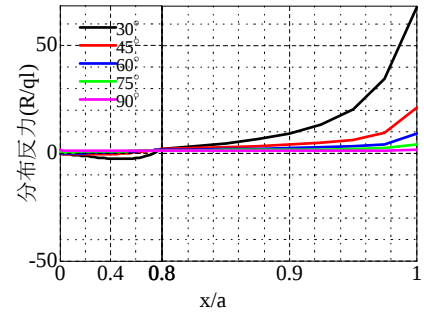
図5 面外等分布荷重に対する反力
(単位長さ当り)

図6 せん断力と換算せん断力

図7 面内等分布荷重に対する反力
(単位長さ当り)

面外等分布荷重の場合、斜角の減少に伴い鈍角部の反力が負側に減少していくことがわかる。ここに、反力はねじりモーメントを面外せん断力に換算しせん断力に加算して求めている。斜角 45° での鈍角部付近の反力分布と換算せん断力を図6に示す。図より、鈍角部付近の負反力はねじりモーメントの影響が大きくなることによる。

地震慣性力を考慮した面内等分布荷重に対する反力を図7に

示す。斜角の減少に伴い鈍角部へ反力が集中していく様子がわかる。これは図8に示すように斜角の減少に伴って面内分布荷重の重心位置と剛心との偏心が大きくなるため、斜角が小さい方がより回転の影響を受けやすくなること、さらに面内分布荷重の重心位置が鈍角部に近づくためである。

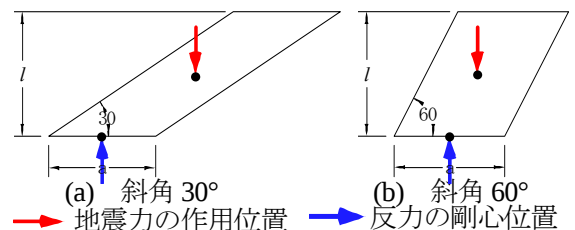


図8 斜角の変化に伴う力の作用位置

4. まとめ

- 1) 面外荷重を受ける斜板の実験結果に対し、FEM 解析では反力分布特性を捉えることができた。
- 2) 面外等分布荷重を受ける斜板では、鈍角部のみに反力が集中する。一方、斜角が小さくなるにつれ鈍角部反力が低下し、やがて負反力に転じていく。
- 3) 面内等分布荷重を受ける斜板では、斜角が小さくなるにつれ回転の影響と作用荷重重心位置の影響により、反力が鈍角部に集中する。

参考文献：1) Vogt, H., Auflagen zweiseitig aufgelagerter schiefwinkliger Einfeldplatten, Beton und Stahlbetonbau, vol. 51, pp.184-186, 1956