

広幅員桁上の床版の応力に関する研究

山口大学大学院
山口大学

学生員 ○浜田 和子
正会員 浜田 純夫

1. はじめに

現在我が国において、道路橋床版の設計は道路橋示方書に基づいて行われている。表-1 に現行の道路橋示方書に規定されている設計曲げモーメントの詳細を示す。この示方書では床版の支間長の適用範囲が 4m 以下と規定されている。現状の示方書では 4m 以上の支間長の床版に対しては適用することはできないので、本研究は 4m 以上の広幅員床版の力学的挙動を解析的に明らかにすることを主たる目的としている。

本研究はその基礎的研究として、現行の道路橋示方書に規定されている床版の設計曲げモーメントに対し、解析結果に基づいて検討するものである。

表-1 道示書の設計曲げモーメント

版の区分	曲げモーメントの種類	床版の支間の方向	車両進行方向に直角の場合		車両進行方向に平行の場合	
		曲げモーメントの方向 適用範囲(m)	主鉄筋方向の曲げモーメント	配力鉄筋方向の曲げモーメント	主鉄筋方向の曲げモーメント	配力鉄筋方向の曲げモーメント
単純版	支間曲げモーメント	$0 < L \leq 4$	$+(0.12L + 0.07)P$	$+(0.10L + 0.04)P$	$+(0.22L + 0.88)P$	$+(0.06L + 0.06)P$
連続版	中間支間曲げモーメント	$0 < L \leq 4$	$+(\text{単純版の} 80\%)$	$+(\text{単純版の} 80\%)$	$+(\text{単純版の} 80\%)$	$+(\text{単純版と同じ})$
	支点曲げモーメント				$+(\text{単純版の} 90\%)$	$+(\text{単純版と同じ})$
片持版	支点	$0 < L \leq 1.5$	$-(\text{単純版の} 80\%)$	*****	$-(\text{単純版の} 80\%)$	*****
	先端付近		$-(\frac{PL}{(1.30L + 0.25)})$	*****	$-(0.70L + 0.22)P$	*****
			*****	$+(0.15L + 0.13)P$	*****	$+(0.16L + 0.07)P$

2. 板の有限要素解析

本研究の解析手法は、薄板理論に基づいた有限要素法であり、四辺単純支持板を対象としている。

仮想仕事に基づく板および平面のつり合い方程式は、内部仮想仕事 δU と外部仮想仕事 δW が等しいとする仮定のもとで成り立ち、内部仮想仕事 δU を部分積分することによってつり合い微分方程式を誘導した。

有限要素法の定式化においては、要素内の変位を板中央面で面内方向に 18 自由度、面外方向に 25 自由度で、全体を 43 自由度とた。図-1 のような板要素に対し、中央面における任意の点の変位 u, v, w は各節点の変位によって表されるものとした。面外方向の変位を表す形状関数は、1 次元問題で用いられるはり要素変位が 4 次曲線でたわむと仮定したいわゆる Hermit 関数を用いることとし、面内方向の変位を表す形状関数も同様に 1 次元のはり要素を用い、2 次曲線で変形すると仮定した。各々の形状関数を x, y 方向について組み合わせ剛性マトリックスを求めた。ただし、 x, y 方向の変位 u, v における形状関数は同一のものとした。

部分積分した内部仮想仕事 δU および外部仮想仕事 δW を剛性マトリックスで表し、四辺単純支持板としての境界条件を考慮してつり合い方程式をたて、その連立方程式を解くことにより板中央におけるたわみを求め、曲げモーメントを求めた。このとき、外部仮想仕事 δW の荷重項は図-2 のように部分等分布荷重 q が板中央に載荷しているものとした。

ここに、 L : T 荷重に対する床版の支間 (m)

P : T 荷重の片側荷重 (10,000kgf)

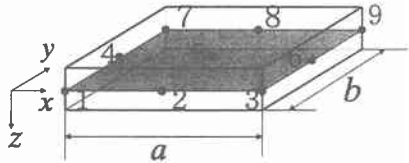


図-1 板要素

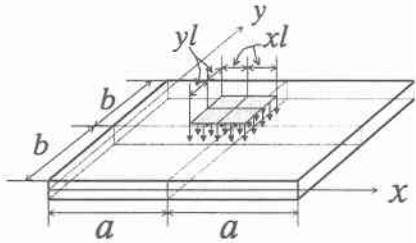


図-2 部分等分布荷重

3. 解析結果と考察

本研究では要素内のたわみを表すため、各節点それぞれたわみ、 x および y 方向のたわみ角およびせん断

変形を変位とする 9 節点 25 自由度の形状関数を仮定した。この形状関数を用いて四辺単純支持板の辺長比 b/a が 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, 4, 6, 8 となる場合で、板中央に $0.5\text{m} \times 0.2\text{m}$ の部分等分布荷重を載荷した際の曲げモーメントを求め、現行の道路橋示方書に規定されている設計曲げモーメントと比較検討した。その結果を図-3 および図-4 に示す。

これらの図より、本研究で求めた結果は示方書に記載されている曲げモーメントの値を下回っているということが分かる。また、主桁間隔 a が大きくなるにつれ示方書の値との差が広がっている。配力鉄筋方向に関しては幾分上回ったものがあるが、示方書に適用される床版の規定は辺長比が 1:2 以上のものとされているのに対し、辺長比 1:1 および 1:0.75 の場合は平成 8 年の曲げモーメント式より大きい。参考として、昭和 31 年の鋼道路橋設計示方書に記載されていた曲げモーメントを図-3 に示した。昭和 31 年の曲げモーメント式は、本研究の値で条件が辺長比 1:2 の曲線も上回っている。従って、昭和 48 年の示方書改訂時に設計曲げモーメントを変更している。

なお、本研究で得られた値は主桁間隔 a が大きくなるにつれて、曲げモーメントの値が収束する傾向がある。これは有効幅の関係で得られるものである。

図-5 に示すように、集中荷重が載荷している場合の曲げモーメントは図-5 の様な曲線的であるが、それを長方形に表示し直した時の幅を有効幅 b_{eff} という。この有効幅 b_{eff} は次式によって表される。

$$b_{\text{eff}} = \alpha l \quad (1)$$

ここで、 α は床版の長辺と短辺の比によって決められた係数である。すなわち、有効幅 b_{eff} は支間長（主桁間隔） l に比例することになる。また、板における曲げモーメント M は単位幅(1m)あたりで求められるものであるから、式は以下ようになる。

$$M = \frac{Pl}{4} / b_{\text{eff}} \quad (2)$$

式(1)および式(2)から、

$$M = \frac{Pl}{4} / \alpha l = \frac{P}{4\alpha} \quad (3)$$

となり、曲げモーメント M は支間長 l に関係なく一定の値となる。従って、主桁間隔が広くなるにつれて曲げモーメント M は一定の値をとると考えられる。

4. 結論

本研究では単一の輪荷重であった。しかし、示方書によれば、1m 間隔に可能な限り載荷であった。この場合については現在計算中で、当日の発表とします。

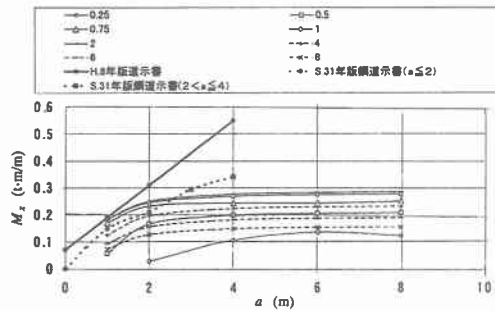


図-3 矩形板の中央における主鉄筋方向曲げモーメント

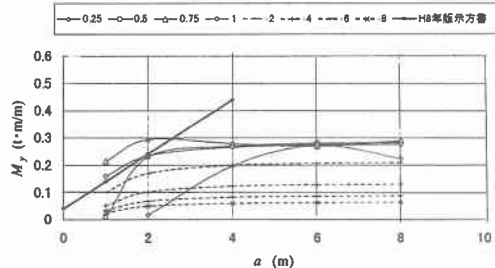


図-4 矩形板の中央における配力鉄筋方向曲げモーメント

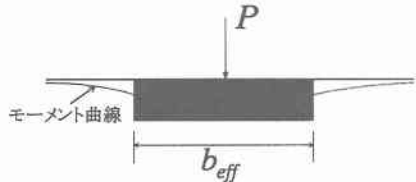


図-5 曲げモーメントの有効幅(1)

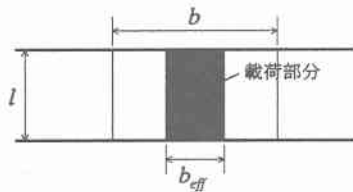


図-6 曲げモーメントの有効幅(2)