

Br. 73-06



3
道路事業調査費・試験調査
橋梁上部構造の調査・設計
施工基準の作成に関する試験調査

土木研究所資料

第895号

鋼けた橋における荷重分配
横げたの効果に関する研究

昭和49年1月

建設省土木研究所
構造橋梁部橋梁研究室

鋼けた橋における荷重分配横げたの効果に関する研究

要 旨

本報文は、通常の単純支持の鋼けた橋における荷重分配横げたの配置が主げたの断面力・たわみ及び支持げたの不等沈下による床版の曲げモーメントへ及ぼす影響を明らかにするとともに、荷重分配横げたの効果について論じたものである。さらに、支持げたの不等沈下による床版の曲げモーメントへ及ぼす影響という観点から、荷重分配横げたとして必要とされるべき剛性について定量的な検討を加え、所要剛性の提案値を示している。

橋 梁 研 究 室 長 国 広 哲 男

橋 梁 研 究 室 井 刈 治 久

橋梁研究室長期見学者 森 章 次

(株式会社 神戸製鋼所 建設工事開発本部
開発部)

目 次

1. ま え が き	1
2. 本研究の目的	1
3. 解 析 の 方 針	3
(1) 対象とした構造及び計算方法	3
(2) 記 号	3
(3) 断面力及びたわみに影響を及ぼす要因	4
4. 主げたのたわみ及び曲げモーメントに及ぼす荷重分配横げたの影響	6
(1) 合成げたの場合	6
(2) 非合成げたの場合	10
5. 主げたの不等沈下による床版の曲げモーメントへ及ぼす荷重分配横げたの影響	14
(1) 合成げたの場合	14
(2) 非合成げたの場合	19
6. 荷重分配横げたの所要剛性	20
7. あ と が き	30

1. ま え が き

本研究は、荷重分配横げたが、主げたのたわみ、主げたの曲げモーメントおよび主げたの不等沈下によって生じる床版の曲げモーメントに及ぼす影響について論じたものである。荷重分配横げたが橋のたわみや断面力に及ぼす影響は、各種の要因（3・(3)で後述）がからんで非常に複雑ではあるが、本研究ではその支配的要因を探り横げたの所要剛性を簡単な実用式あるいは図式で示すことを試みている。

2. 本研究の目的

鋼けた橋において、横方向の荷重分配作用や構造物全体の剛性の確保のために、対傾構や荷重分配横げたを配置することの必要性は、広く認識されているところである。このため道路橋示方書¹⁾（以下単に示方書という）においてもそれらの設置が義務づけられている。しかしながら示方書本文中には、荷重分配横げたに関しては8・8・1条において「床版が3本以上のけたで支持され、かつけたの支間が10mを越える場合には、それらのけたの間に剛な荷重分配横げたを設けなければならない。荷重分配横げたの間隔は20mを越えてはならない。」とあるだけで、荷重分配横げたの所要剛性については明確に示されていないのが現状である。

この理由は、荷重分配横げたの存在が橋全体の剛性、及び断面力に及ぼす効果についての定量的な評価が充分に行なわれていなかったことと、橋全体の剛性や横方向の荷重分配作用に影響を及ぼす要因が非常に多くて、これらの中から荷重分配横げたのみによる効果を探り出すことが難しいことのためである。

なお、示方書共通編1・9条解説においては「鉄筋コンクリート床版を有するけたのたわみの制限値は、格子剛度 $Z \geq 10$ の荷重分配横げたが配置されている橋についての検討の結果に基づいて定められたものである」旨が記されている。この記述が、示方書の本文及び解説を通じての剛性に関連して具体的な値を示した唯一のものである。しかしながらこの解説中に見られる $Z \geq 10$ については、明確な根拠があるわけではなく、過去に架設された橋（とくに昭和38年作成の建設省の合成げた標準設計²⁾）における実績に基づいて $Z \geq 10$ の場合をたわみの制限値の検討のときに対象としてとりあげたにすぎない。したがって $Z \geq 10$ は荷重分配横げたの所要剛性の限界値を意味するものではないと考えてよい。たとえば $Z \geq 10$ を得ようと思えばスパンの小さい場合には非常に大きい剛度の荷重分配横げたを配置しなければならないことになり構造上から荷重分配横げたの配置が困難になる場合がある。この反面スパンの大きい場合には、荷重分配横げたの剛性は非常に小さいものであっても容易に $Z \geq 10$ は確保できる。昭和47年につくられた建設省の合成げた標準設計³⁾では、橋の構造上許すかぎり荷重分配横げたの高さを大きく選び横げたの剛性が大きくなるようにしている。

このように荷重分配横げたに付与すべき剛性の値については、はっきりした説がなく鋼けた橋の

設計に当っては、常にどの程度の剛性の横げたを配置するかについて戸迷うことが多い。荷重分配横げたの剛性を変化させたときに、他の各種要因とのからみにおいて橋の剛性や断面力はどのような影響を受けるかを明らかにするとともに、荷重分配横げたとして必要とされるべき剛性について定量的な検討を加えるのが、本研究の目的である。

3. 解析の方針

(1) 対象とした構造および計算方法

本研究においてはわが国におけるもっとも一般的な形式と考えられる下記に示す単純支持鋼けた橋（合成げた及び非合成げたの両方）を対象とした。

解析に当っては、主げたの振り剛性を無視し、荷重の横方向の分配に関与するものとし鉄筋コンクリート床版と荷重分配横げたを考える。荷重分配横げたは支間中央にのみあるとし、対傾構や横構の存在は無視した。詳細な解析手順は参考文献 4)、5) に示してあるので参照されたい。

主げたのたわみと曲げモーメントは、注目点ごとに影響面を求め、たわみあるいは断面力が最大となるように $L-20$ を載荷して計算した。主げたの不等沈下による床版の曲げモーメントは、まず各主げた位置で曲げモーメントが最大となるように、 $T-20$ の連行自動車荷重（横方向には台数制限なし）を載荷して求め、次に不等沈下による床版の曲げモーメントは主げた間では直線的に変化するものとして床版支間中央の値を求めた。連行自動車荷重については示方書共通編 1・8・4 に従った（図-1 参照）。

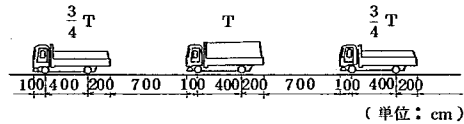


図-1 連行自動車荷重

(2) 記号

解析に用いた記号は次に示すとおりである。これらは参考文献 4)、5) に用いたものとほぼ同じである。

- h : 主げた間隔
- I_0 : 主げた1本あたりの断面二次モーメント
- I_Q : 荷重分配横げたの断面二次モーメント
- L : 橋のスパン
- m : 主げたの不等沈下による床版の横方向曲げモーメント（ $T-20$ による最大曲げモーメント）
- m_0 : 荷重分配横げたがない場合の m
- m_{spec} : 示方書に示された床版の設計曲げモーメント
- M : 主げたの曲げモーメント（ $L-20$ による最大曲げモーメント）
- M_0 : 荷重分配横げたがない場合の M
- x : 支点から注目点までの距離
- y : 主げたのたわみ（ $L-20$ による最大たわみ）
- y_0 : 荷重分配横げたがない場合の y
- E : 鋼材の弾性係数
- E_c : コンクリートの弾性係数

β : 示方書に示された床版の設計曲げモーメントに対する不等沈下による床版の曲げモーメントの比

N : 主げた本数

表-1 主げたの断面二次モーメント(合成げた)

単位 m^4			
$L(m) \backslash h(m)$	2	3	4
1.5		0.016	
2.0		0.022	
2.5		0.033	
3.0	0.034	0.050	0.067
3.5		0.074	
4.0		0.110	

表-2 主げたの断面二次モーメント(非合成げた)

単位 m^4			
$L(m) \backslash h(m)$	2	3	4
1.5		0.008	
2.0		0.011	
2.5		0.0165	
3.0	0.017	0.025	0.0335
3.5		0.037	
4.0		0.055	

(3) 断面力及びたわみに影響を及ぼす要因

主げたのたわみと曲げモーメント, および床版の橋軸直角方向曲げモーメントに影響を及ぼす要因として種々のものがあげられるが, 今回は, 橋のたわみや曲げモーメントと荷重分配横げたの曲げ剛性 EI_Q , 橋のスパン L , 主げた間隔 h , および主げた本数 N との関係を探ることに主眼をおいた。断面力等に影響を及ぼす各種の要因と, これらの要因について今回の計算に当て仮定した値は次のとおりである。

荷重分配横げたの曲げ剛性

解析においては, 荷重分配横げたの曲げ剛性 EI_Q は主げたの曲げ剛性 EI_0 との比 EI_Q/EI_0 すなわち $I_Q/I_0 = 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 1.0$, また非合成げたでは $I_Q/I_0 = 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0$ の各々6つの場合に対して計算を行なった。

主げたの曲げ剛性

主げたの断面二次モーメント I_0 は, 合成げたと非合成げたとでそれぞれ表-1および表-2に示すものを用いた。 $h = 3\text{m}$ の場合をグラフに示したのが図-2である。表-1は合成³⁾げたの標準設計を参考として求めた。表-2はSM50材を用いた非合成げたでの簡単な試算に基づいて定めた。すなわち試算の結果によると主げたの曲げ剛性は非合成げたの場合には合成げたの場合の約1/2になるので便宜上表-2は一律に表-1

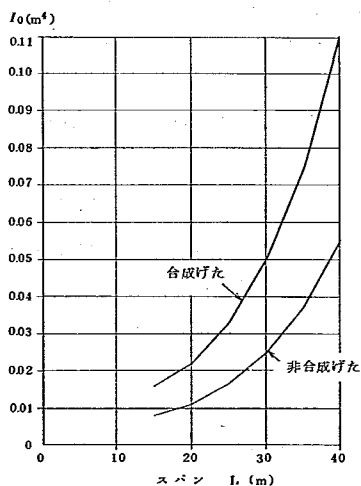


図-2 主げたの断面二次モーメント I_0 ($h = 3\text{m}$)

の50%とした。主げたはいずれも等断面とし、曲げ剛性は主げた間隔が一定の場合にはけた本数にかかわらず同じとした。なお主げたの曲げ剛性は耳げたも、内げたも同じとした。

床版の橋軸直角方向の曲げ剛性

床版厚は示方書鋼橋編6・1・5に示された床版の最小全厚とし、床版の断面二次モーメントはその全厚分のコンクリートが有効であるとした。鉄筋コンクリートの弾性係数は $E_c = 3.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ とし、鉄筋のコンクリートへの換算断面の影響は無視するものとした。

衝撃係数

断面力の計算にはすべて衝撃を考慮した。衝撃係数は示方書で示されている次式を用いた。

$$i = \frac{20}{50 + L}$$

上式の L としては、いずれの場合も橋のスパンを用いた。すなわち、主げたの不等沈下によって生じる床版の曲げモーメントの計算の場合にも上式中の L として橋のスパンを用いるものとした。

主げたの間隔

主げた間隔 h は2, 3, 4mの3種類を計算の対象とした。床版の片持部の張り出し長さは、いずれの場合も $1/4 h$ とした。

主げたの本数

主げた本数 N は3, 4, 5本の3種類とした。

主げたのスパン

主げたのスパン L は単純支持けた橋としてもっとも一般的な15~40mとした。すなわち、 $L = 15, 20, 25, 30, 35, 40\text{m}$ の6種類の場合について計算をおこなった。

4. 主げたのたわみ及び曲げモーメント に及ぼす荷重分配横げたの影響

(1) 合成げたの場合

$h=3\text{ m}$, $N=4$ 本の場合の $y/y_0-L-I_0/I_0$ 及び $M/M_0-L-I_0/I_0$ の関係はそれぞれ図-3 及び図-4 に, $L=30\text{ m}$, $N=4$ 本の場合の $y/y_0-h-I_0/I_0$ 及び $M/M_0-h-I_0/I_0$ の関係はそれぞれ図-5 及び図-6 に, また $h=3\text{ m}$, $L=30\text{ m}$ の場合の $y/y_0-N-I_0/I_0$ 及び $M/M_0-N-I_0/I_0$ の関係はそれぞれ図-7 及び図-8 に示されている。これらの図から次のようなことがいえる。

- i) 図-3~8 に示したように I_0/I_0 の増加にともない主げたの最大たわみ y 及び最大モーメント M は, 内げたでは減少するが外げたでは増加する。
- ii) 図-3 及び図-4 に示したように, 主げた本数と主げた間隔を固定してスパンのみ変えていった場合には, 荷重分配横げたがある場合とない場合とのたわみの比 y/y_0 及びモーメントの比 M/M_0 は, I_0/I_0 の値がたわみの場合で 0.1 程度, モーメントの場合で 0.2 程度より大きい領域ではスパンが小さいほど外げたでは大きく, 内げたでは小さくなる。 I_0/I_0 の値が上記より小さい領域では上述したところとは逆になることがある。
- iii) 図-5 及び図-6 に示したように, 主げた本数とスパンを固定して主げた間隔をかえていった場合には, 内げたの y/y_0 及び M/M_0 は主げた間隔が大きいほど小さくなる。また主げた間隔に応じて y/y_0 及び M/M_0 の差はいずれも外げたでは小さいが, 内げたでは大きい。
- iv) 図-7 及び図-8 に示したように, 主げた間隔とスパンを固定して主げた本数を変えていった場合には, y/y_0 及び M/M_0 は, 外げたでは主げた本数が多いほど大きい。主げた本数 5 本のときの y/y_0 あるいは M/M_0 は真中のけたでは, 他に比べて著しく減少する。
- v) I_0/I_0 の増加に伴う y/y_0 の変化は $L/2$ 断面と $L/4$ 断面とでよく似かよった形を示しており, これらの値も両者でそんなに大きな差はない。これに対し M/M_0 の変化は $L/2$ 断面における方が $L/4$ 断面におけるより大きく, たわみの場合と少々趣きをことにしている。
- vi) I_0/I_0 がある程度以上の値になると y/y_0 及び M/M_0 は, 横ばいとなる。ほぼ横ばいになると思われる I_0/I_0 の値は, L , h , N によって異なるが図-3~8 から判断すると $I_0/I_0=0.05 \sim 0.4$ となり広い範囲に散らばっている。一般に L が大きいほどまた h が小さいほど, 小さな I_0/I_0 の値で横ばいとなる。すなわち, スパンが大きくなるほど, また主げた間隔が小さくなるほど荷重分配の効果が顕著にあらわれるので, 横げたの剛性はそれほど大きくする必要はない。一方スパンが小さくまた主げた間隔が大きい場合には, 逆に横げたには大きな曲げ剛性を必要とする。

上記に論じた主げたのたわみやモーメントは $L=20$ すなわち, かなり広い範囲に分布した荷重による最大たわみやモーメントであって局部載荷に対するものではない。橋梁の許可限度重量を検討する場合に経験するごとく, 橋梁としては局部載荷に対して良好に荷重分配するような構造が望ましい。この目的のために荷重分配横げたの配置が重要な意味をもつことはいうまでもない。局部載

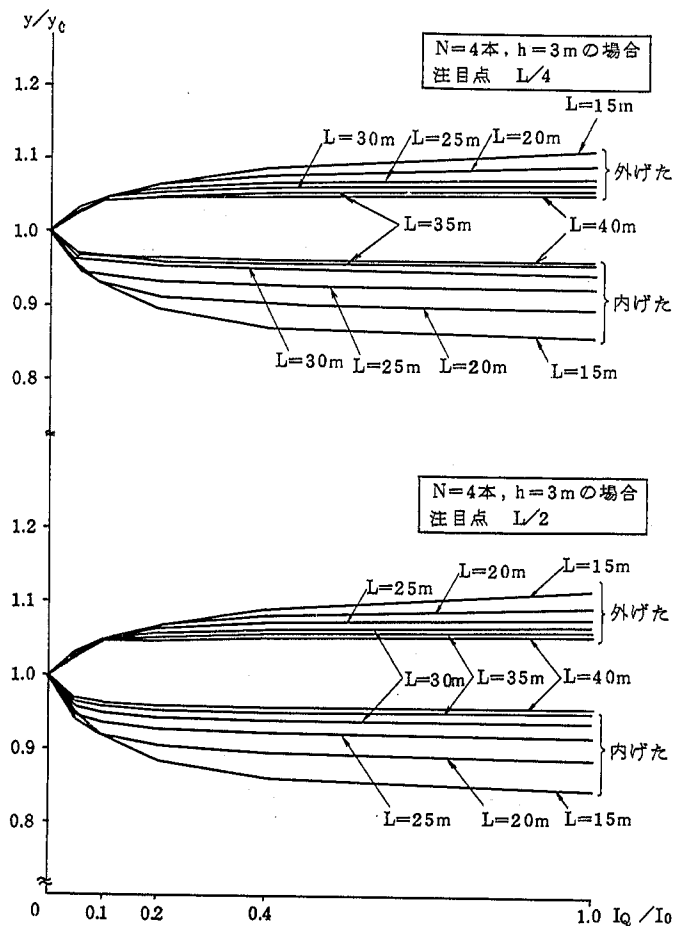


図-3 $y/y_0-L-I_Q/I_0$ の関係 (合成げた)

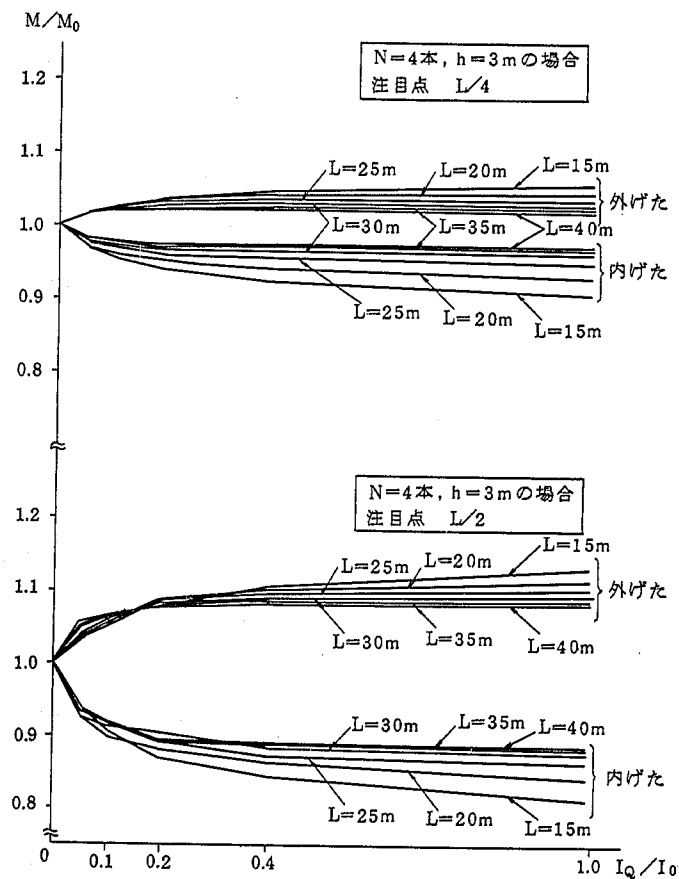


図-4 $M/M_0-L-I_Q/I_0$ の関係 (合成げた)

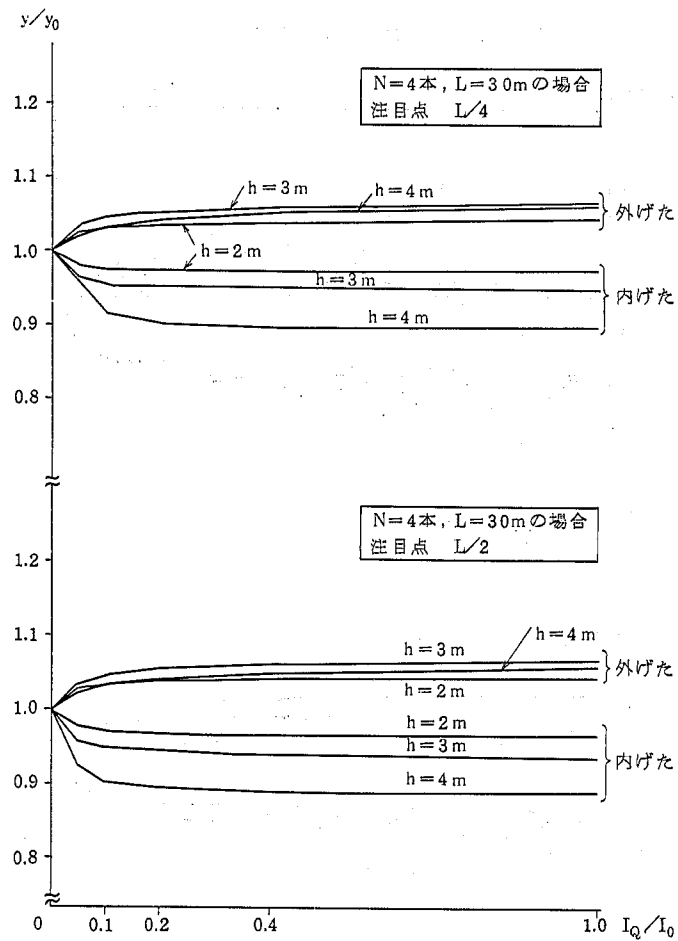


図-5 $y/y_0-h-I_Q/I_0$ の関係 (合成げた)

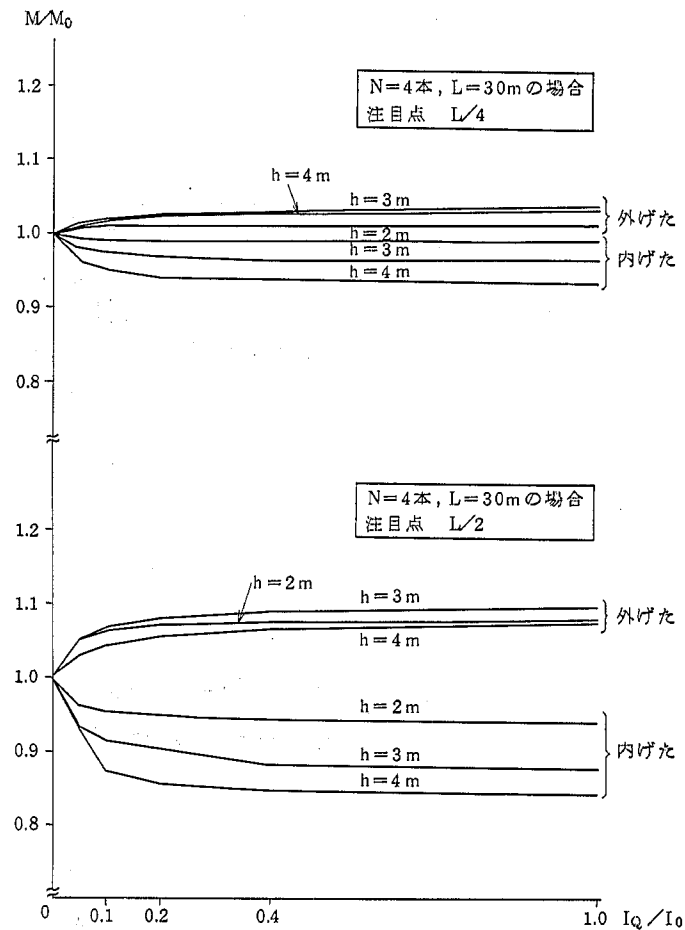


図-6 $M/M_0-h-I_Q/I_0$ の関係 (合成げた)

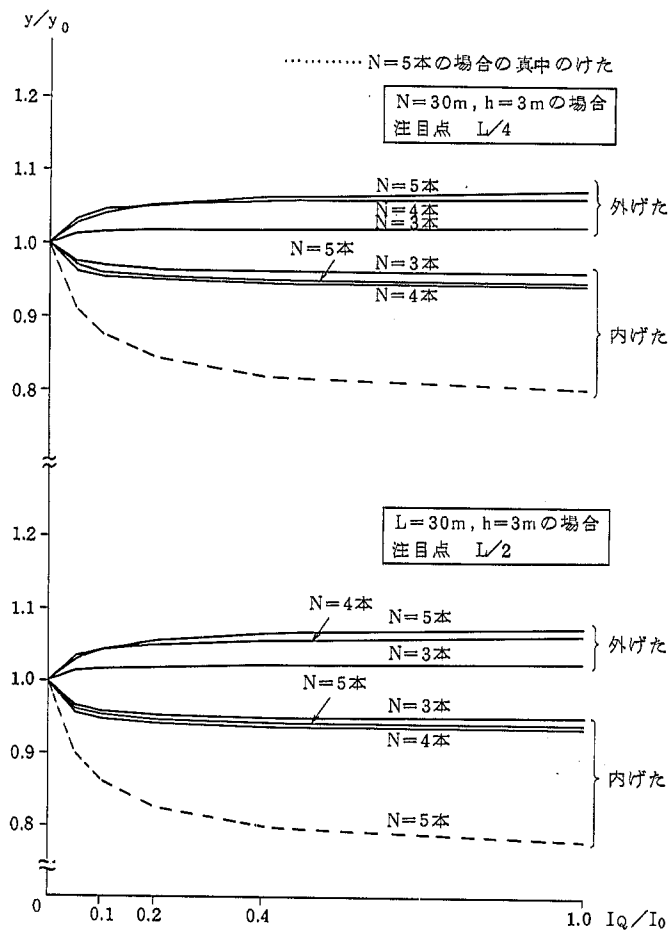


図-7 $y/y_0 - N - I_q/I_0$ の関係 (合成げた)

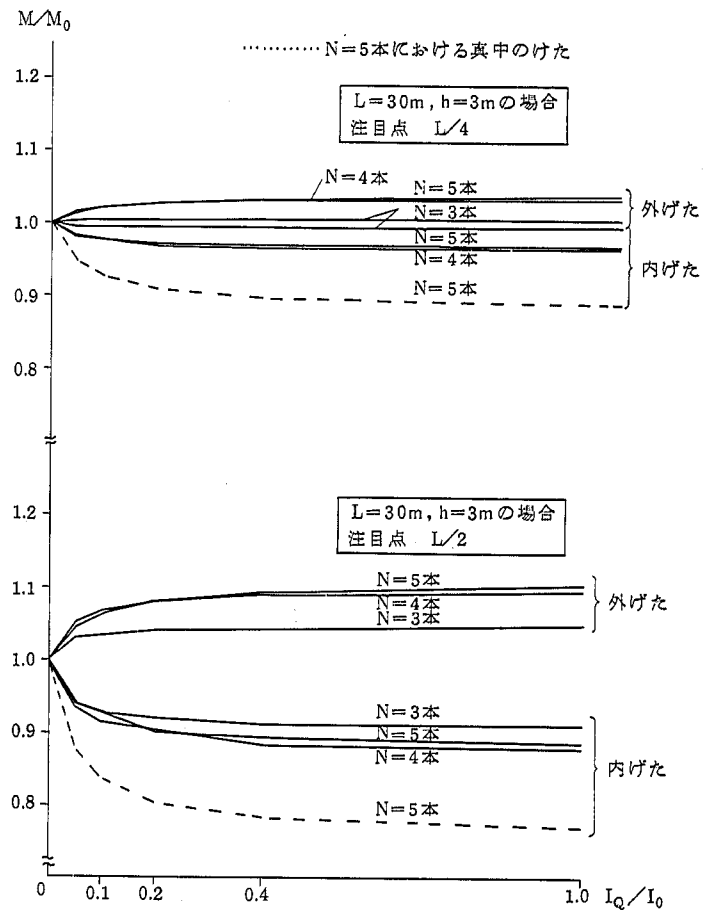


図-8 $M/M_0 - N - I_q/I_0$ の関係 (合成げた)

荷に対する荷重分配は結局主げたの不等沈下ということに帰着する。5においては、主げたの不等沈下による床版の曲げモーメントを扱っているが、そこには荷重分配に及ぼす横げたの作用という問題も同時に包含されていると考えられるので、ここでは荷重分配について特別に論じない。

(2) 非合成げたの場合

非合成げたについて、合成げたに関するものと同様の関係を図-9～14に示す。合成げたの場合と傾向は同じであるが、図-3と9あるいは図-4と10とを比較すると、 I_0/I_0 の増加による η/η_0 あるいは M/M_0 の変化は非合成げたの方が小さい。すなわち、今回の計算でとり扱った範囲内では、荷重分配横げたを配置することによる外げたでのたわみの増加は、合成げたでほぼ10%以内であるのに対し非合成げたではほぼ8%以内であり、一方内げたでのたわみの減少は、合成げたで20%以内であるのに対し非合成げたでは15%以内となっている。同様にモーメントについても、荷重分配横げたを配置することによる外げたでのモーメントの増加は、合成げたでほぼ13%以内であるのに対し非合成げたではほぼ11%以内であり、一方内げたのモーメントの減少は、合成げたでほぼ23%以内であるのに対し非合成げたでは18%以内となっている。

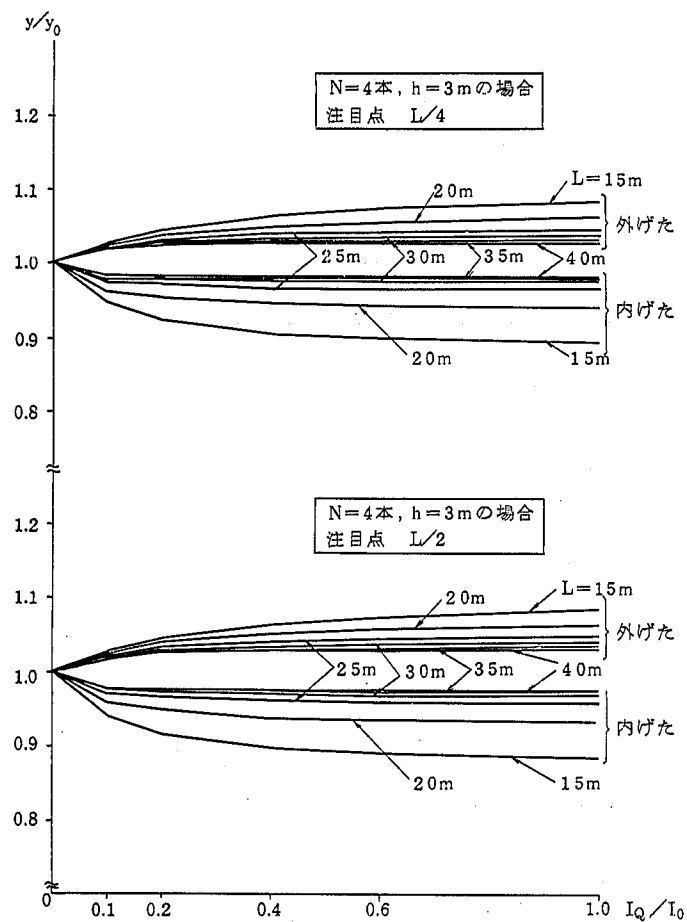


図-9 $y/y_0 - L - I_Q/I_0$ の関係 (非合成げた)

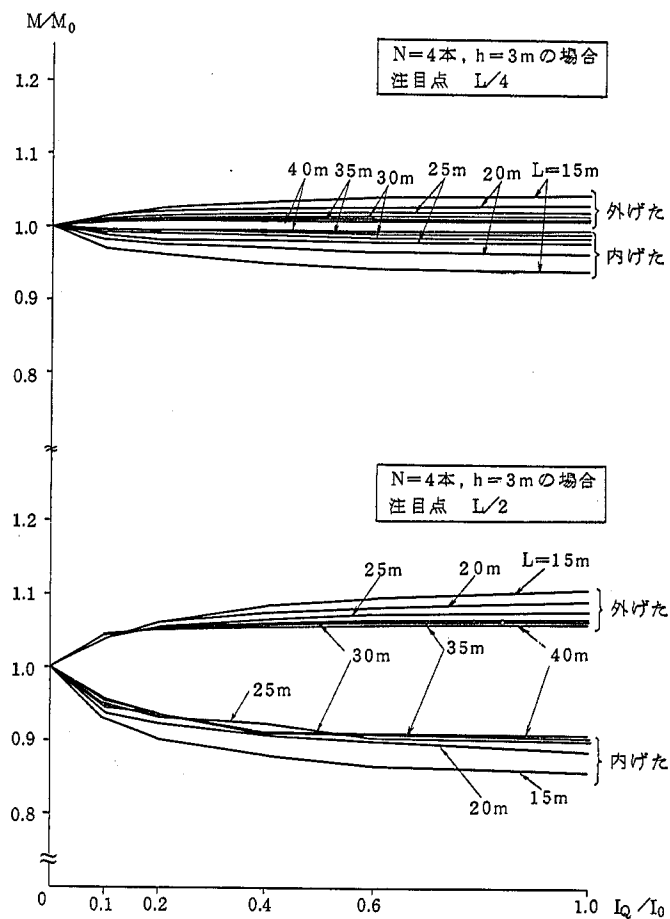


図-10 $M/M_0 - L - I_Q/I_0$ の関係 (非合成げた)

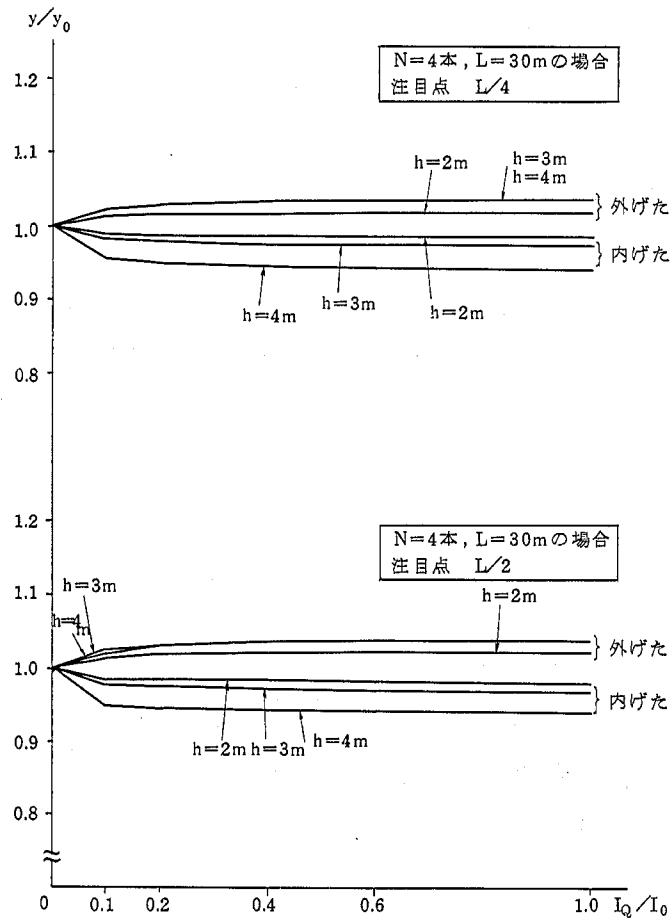


図-11 $y/y_0 - h - I_Q/I_0$ の関係 (非合成げた)

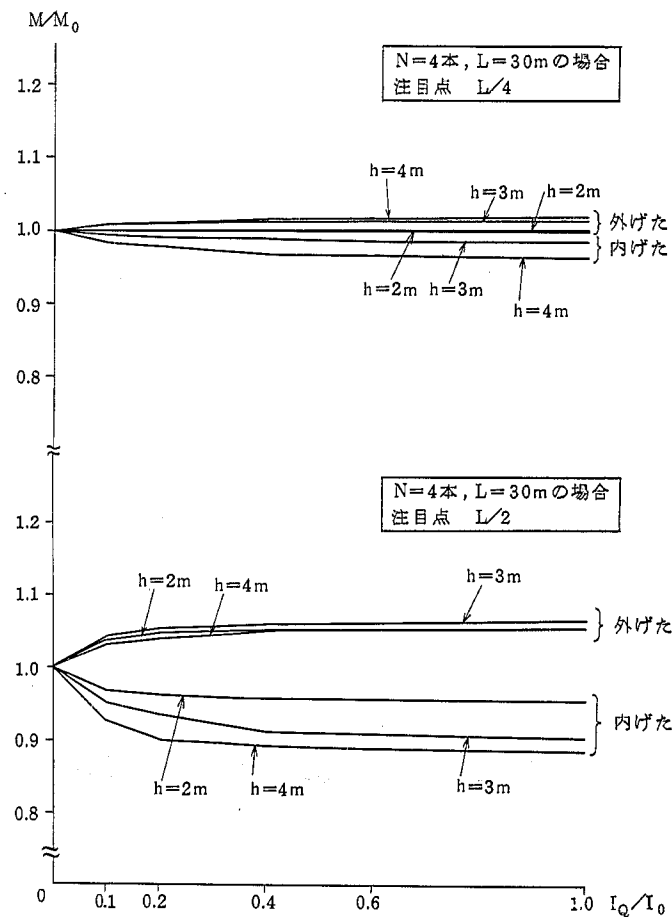


図-12 $M/M_0 - h - I_Q/I_0$ の関係 (非合成げた)

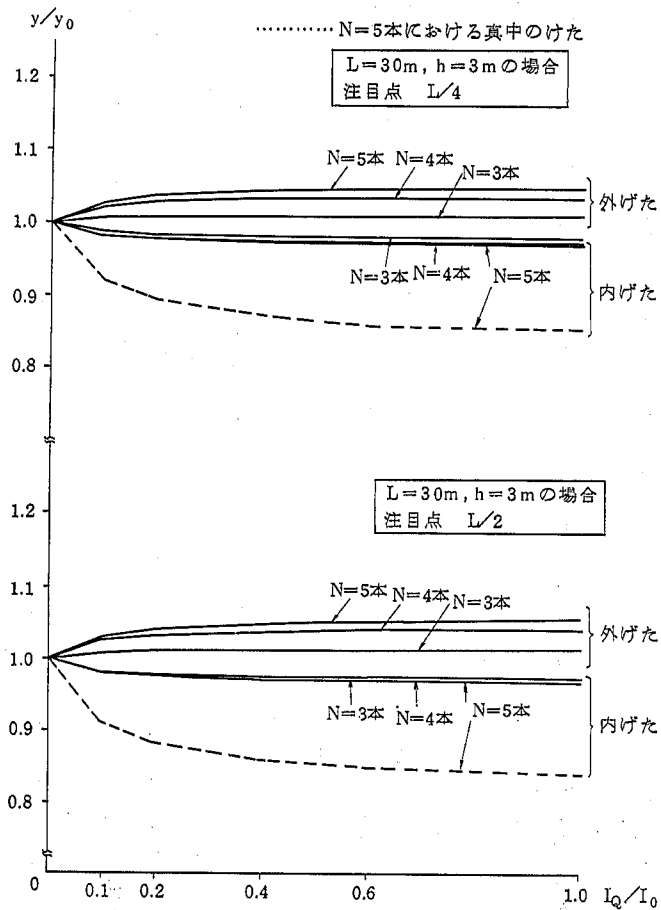


図-13 $y/y_0 - N - I_Q/I_0$ の関係 (非合成けた)

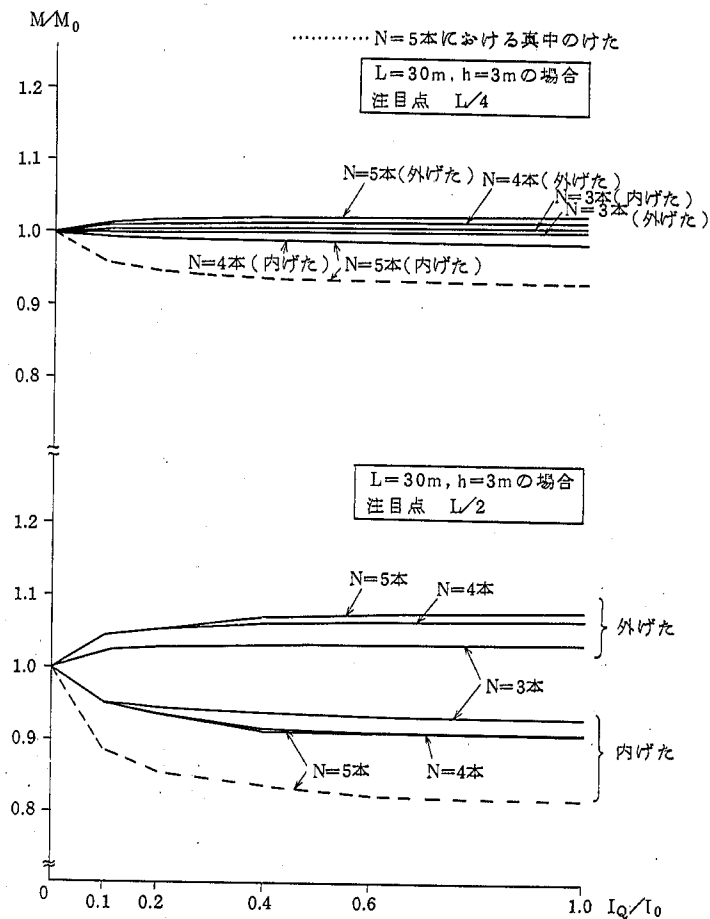


図-14 $M/M_0 - N - I_Q/I_0$ の関係 (非合成けた)

5. 主げたの不等沈下による床版の曲げモーメント へ及ぼす荷重分配横げたの影響

(1) 合成げたの場合

$h = 3^m$, $N = 4^{\text{本}}$ の場合の $\frac{m}{m_0} - L - I_0/I_0$ の関係は図-15に, $L = 30^m$, $N = 4^{\text{本}}$ の場合の $\frac{m}{m_0} - h - I_0/I_0$ の関係は図-16に, また $h = 3^m$, $L = 30^m$ の場合の $\frac{m}{m_0} - N - I_0/I_0$ の関係は図-17に示されている。

これらの図から次のようなことがいえる。

- i) I_0/I_0 の増加に伴い, 不等沈下による床版の曲げモーメントは減少する。それらの減少の状況は4で述べた主げたのたわみや曲げモーメントのそれに比べるとはるかに急激である。
- ii) 図-15に示したように, 主げた本数と主げた間隔を固定してスパンのみを変えていったときには, 横げたがある場合とない場合との不等沈下による曲げモーメントの比 $\frac{m}{m_0}$ は, $L/4$ 断面で I_0/I_0 の大きい値 (0.6 以上) に対する場合を除いて一般にはスパン L が大きくなるほど小さくなる傾向を示す。
- iii) 図-16に示したように, 主げた本数とスパンを固定して主げた間隔をかえていった場合には, $L/2$ 断面では, 主げた間隔が大きいほど $\frac{m}{m_0}$ は大きい。しかし, $L/4$ 断面では I_0/I_0 がある程度の値 (たとえば 0.4) 以上になると逆に主げた間隔が小さいほど $\frac{m}{m_0}$ は大きい。
- iv) 図-17に示したように, 主げた間隔とスパンを固定して主げた本数を変えていった場合には, $L/2$ 断面では主げた本数が多いほど $\frac{m}{m_0}$ は大きい。しかし, $L/4$ 断面については明確な傾向は見られない。
- v) 荷重分配横げたの配置されている $L/2$ 断面においては, 横げたの剛性の増加に伴い, m は0に近づくが, $L/4$ 断面ではある値以下には減少しない。
- vi) I_0/I_0 がある程度以上の値になると $\frac{m}{m_0}$ は横ばいとなる傾向を示す。横ばいになるときの I_0/I_0 の値は $L/4$ 断面におけるものの方が $L/2$ 断面におけるものより小さい。
- vii) $\frac{m}{m_0}$ がほぼ横ばいになると思われる I_0/I_0 の値は, L , h , N によってこととなるが図-15~17から判断すると $L/4$ 断面では 0.4 程度以上であるが, $L/2$ 断面では計算の対象とした範囲内 ($I_0/I_0 < 1.0$) では, まだ完全に横ばいにはなっていない。一般に L が大きいほど, また h が小さいほど, さらに N が少ないほど, 小さな I_0/I_0 の値で横ばいとなる。すなわち, この場合にも, 前述の主げたのたわみ及びモーメントの場合と同様に, スパンが大きくなるほど, また主げた間隔が小さくなるほど, 主げた本数が少ないほど床版の曲げモーメントに及ぼす主げたの不等沈下の影響が小さいので, 荷重分配横げたの剛性はそれほど大きくする必要はない。一方, スパンが小さく主げた間隔が大きく, また主げた本数の多い場合には逆に荷重分配横げたの曲げ剛性を大きくする必要がある。

上述したごとく荷重分配横げたを配置することによって, 不等沈下による床版の曲げモーメントは急速に減少する。現行の示方書に与えられた鉄筋コンクリート床版の設計曲げモーメント式は床

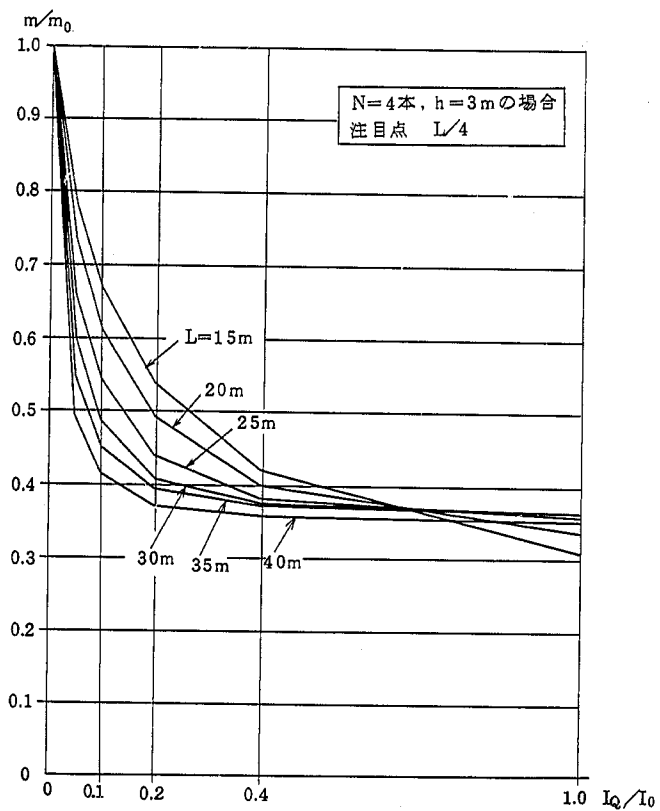


図-15(1) $m/m_0-L-I_Q/I_0$ の関係 (合成げた)
($\alpha = L/4$ の場合)

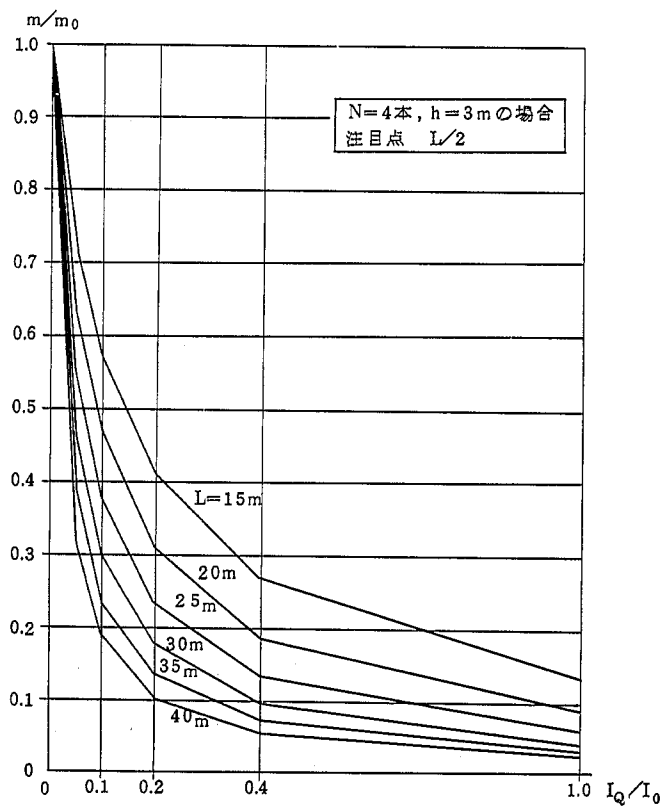


図-15(2) $m/m_0-L-I_Q/I_0$ の関係 (合成げた)
($\alpha = L/2$ の場合)

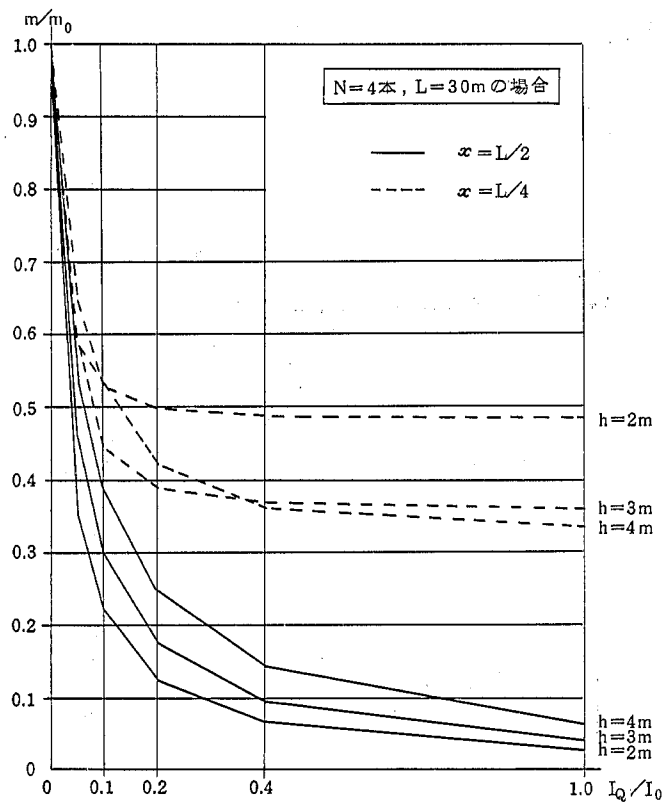


図-16 m/m_0 - h - I_Q/I_0 の関係 (合成げた)

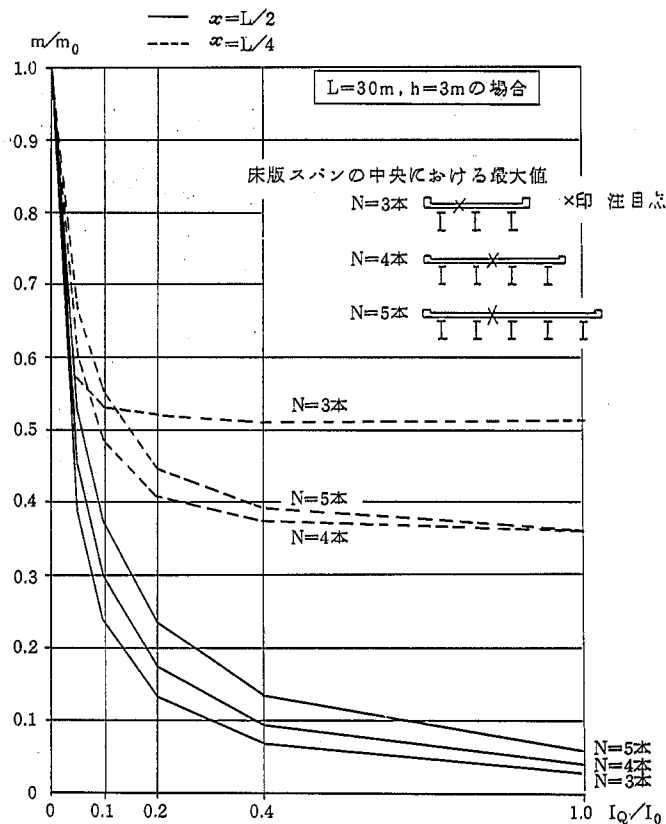


図-17 m/m_0 - N - I_Q/I_0 の関係 (合成げた)

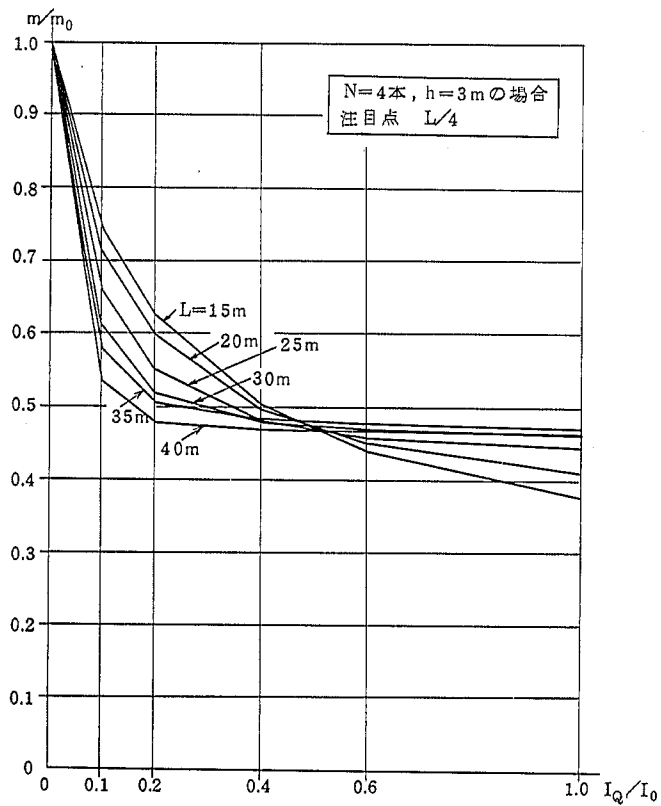


図-18(1) $m/m_0-L-I_Q/I_0$ の関係 (非合成げた)
($x = \frac{L}{4}$ の場合)

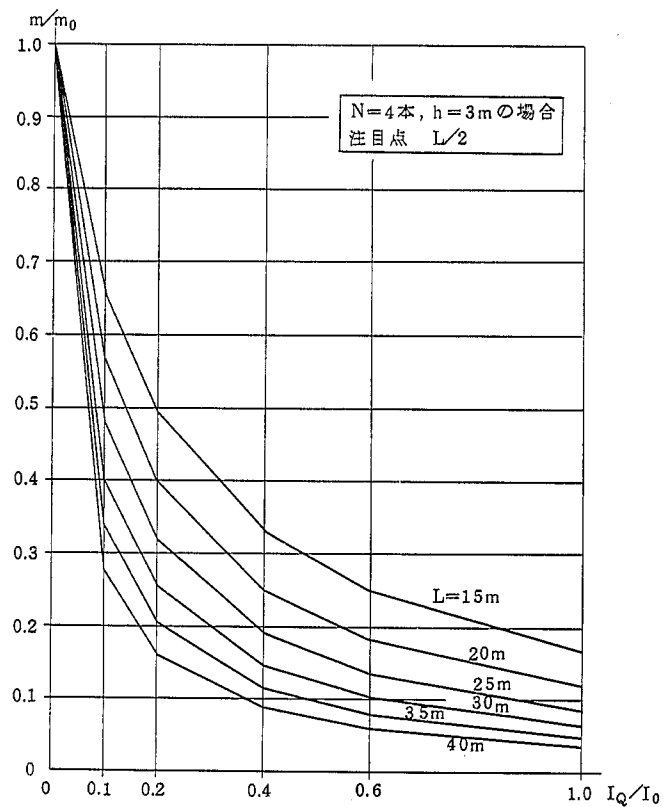


図-18(2) $m/m_0-L-I_Q/I_0$ の関係 (非合成げた)
($x = \frac{L}{2}$ の場合)

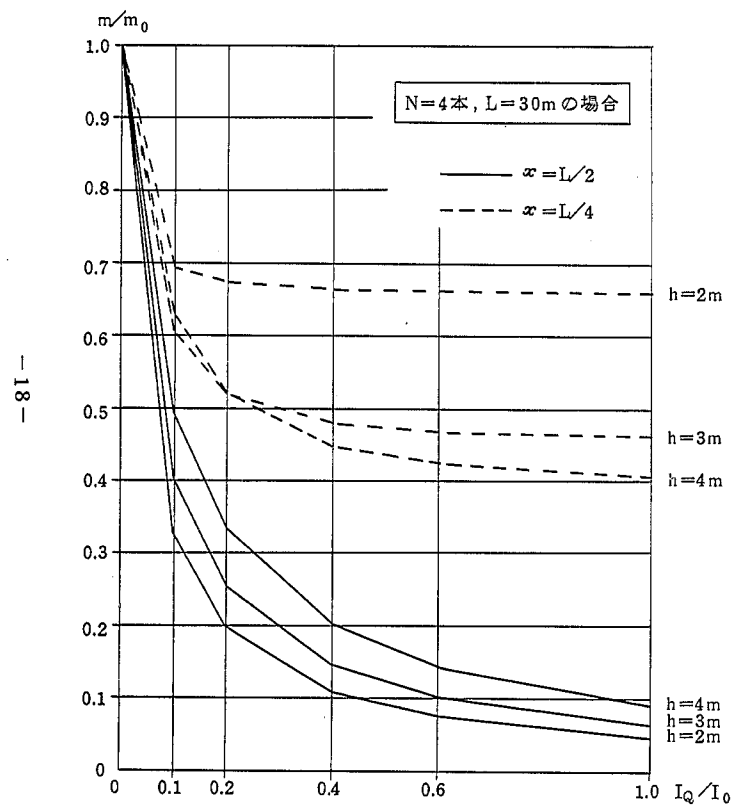


図-19 $m/m_0-h-I_Q/I_0$ の関係 (非合成げた)

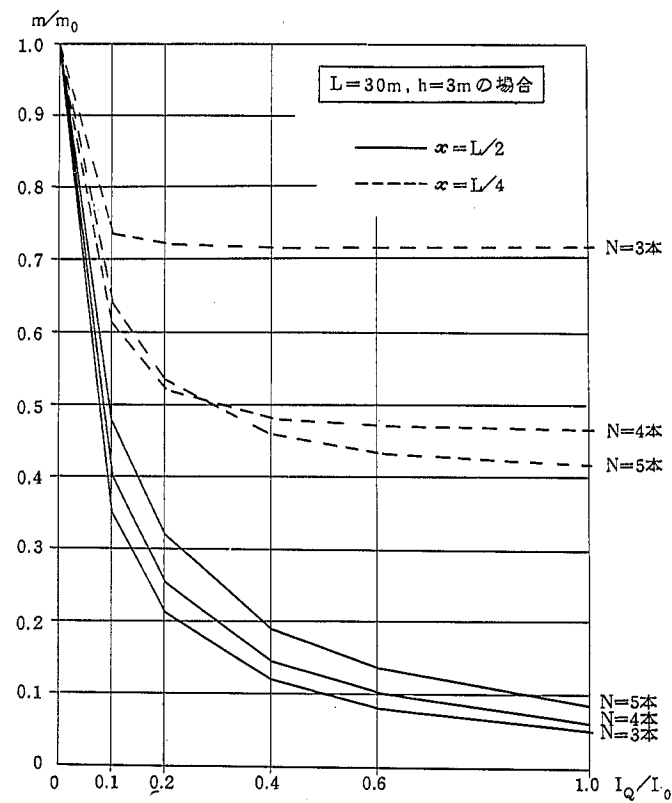


図-20 $m/m_0-N-I_Q/I_0$ の関係 (非合成げた)

版支持げたの不等沈下はないという仮定のもとに求められたものである。しかしながら、荷重分配横げたがない場合には、不等沈下による床版の曲げモーメントは無視し得ない値に達する。この不等沈下による床版の曲げモーメントをできるだけ抑制することが、荷重分配横げたの大きな役割の一つである。

(2) 非合成げたの場合

非合成げたについて、合成げたに対するのと同様の関係を図-18~20に示す。これらの図は合成げたの場合と同じ傾向を示すが、 l_0/l_0 の増加による m/m_0 の減少は合成げたの方が大きい。すなわち、今回の計算でとり扱った範囲内では、荷重分配横げたを配置した場合の、床版支持げたの不等沈下による曲げモーメント m の減少量は、たとえば、 $l_0/l_0 = 0.4$ において合成げたでは m_0 の73~95% ($L/2$ 断面)及び49~65% ($L/4$ 断面)であるのに対し、非合成げたでは m_0 の67~91% ($L/2$ 断面)及び28~55% ($L/4$ 断面)である。

6. 荷重分配横げたの所要剛性

鋼けた橋の荷重分配横げたには、はたしてどの程度の剛性があれば良いかということは、誰しもが抱く疑問でありながら未だに明確な回答を出すに至っていないのが現状である。

本研究の目的の一つは、横げたの所要剛性を求める実用式あるいは簡便な図表を提案することである。

前述したごとく荷重分配横げたの剛性を変化させると、主げたの曲げモーメント、たわみ、主げたの不等沈下による床版の曲げモーメント等が変化する。その中でも、床版の曲げモーメントが最も著しく変化する。主げたの曲げモーメント及びたわみの増減はそれに見あうけた断面を配すればすむことであるが、不等沈下による床版の曲げモーメントは、計算が煩雑なために常にこれを計算し、設計に考慮するということがおこなわれておらず、それが床版の被害につながることもある。この不等沈下による床版の曲げモーメントに対しては床版の剛性を増しても必ずしも好結果は得られず、* しかもこの曲げモーメントは同じ注目点でも荷重状態によって正・負両方の値をもつので、看過できないものである。

したがって、荷重分配横げたの所要剛性を決定する要因として、主として主げたの不等沈下によ

表-3 $\frac{mL/4}{mL/2}$ の値 (合成げたの場合)

記号	N (本)	L (m)	h (m)	$I_0/I_0 = 0$	0.05	0.10	0.20	0.40	1.0
①	4	15	3.0	0.669	0.727	0.777	0.870	1.050	1.582
②	4	20	3.0	0.731	0.842	0.947	1.154	1.567	2.933
③	4	25	3.0	0.831	1.014	1.198	1.563	2.390	5.163
④	4	30	3.0	0.824	1.081	1.344	1.909	3.195	7.269
⑤	4	35	3.0	0.744	1.068	1.409	2.169	3.808	8.927
⑥	4	40	3.0	0.726	1.142	1.601	2.602	4.763	11.377
⑦	4	30	2.0	0.851	1.383	2.038	3.395	6.245	14.889
⑧	4	30	4.0	0.826	1.009	1.130	1.415	2.099	4.365
⑨	5	30	3.0	0.832	1.049	1.223	1.577	2.393	5.013
⑩	3	30	3.0	0.845	1.248	1.896	3.261	6.004	14.345

* 試算によると床版の剛性を増すと、不等沈下による床版の曲げモーメントは大きくなる。断面係数の増加を考えても床版を厚くすれば良いという結果には必ずしもならない。

表-4 $\frac{m L/4}{m L/2}$ の値 (非合成げたの場合)

記号	N (本)	L (m)	h (m)	$I_0/I_0=0$	0.1	0.2	0.4	0.6	1.0
①	4	15	3.0	0.691	0.787	0.876	1.047	1.215	1.550
②	4	20	3.0	0.752	0.954	1.140	1.509	1.888	2.655
③	4	25	3.0	0.858	1.173	1.478	2.170	2.903	4.440
④	4	30	3.0	0.850	1.284	1.740	2.799	3.901	6.158
⑤	4	35	3.0	0.778	1.334	1.938	3.317	4.722	7.574
⑥	4	40	3.0	0.760	1.484	2.281	4.094	5.927	9.625
⑦	4	30	2.0	0.889	1.880	3.042	5.395	7.768	12.537
⑧	4	30	4.0	0.865	1.103	1.343	1.911	2.527	3.781
⑨	5	30	3.0	0.863	1.158	1.445	2.064	-	4.149
⑩	3	30	3.0	0.884	1.851	2.994	5.300	7.641	12.332

る床版の曲げモーメントに注目すれば良いと思われる。このような観点から荷重分配横げたの所要剛性について考察を加える。

いま荷重分配横げたの所要剛性をきめる条件として、下記の2つを考えることにする。

前述したように、 $L/2$ 断面に荷重分配横げたを有する場合には、横げたの剛性の増大により、 $L/2$ 断面の m は 0 に近づくが、 $L/4$ 断面での m はある値で横ばいとなる。したがって、荷重分配横げたがない場合とか荷重分配横げたがあってもその剛性が小さい場合には $L/2$ 断面の m の方が $L/4$ 断面の m より大きい、横げたの剛性がある値以上になると $L/4$ 断面での m の方が大きくなる。 $L/4$ 断面での m の方が大きくなった時点で、 $L/2$ 断面に横げたを配置した効果は十分に達せられたものと考ええる。

すなわち、横げたの所要剛性をきめるべき第1の条件として次式を考える。

$$\frac{m L/4}{m L/2} \geq 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

今回、計算にとりあげた場合について $m L/4 / m L/2$ と I_0/I_0 との関係を求めてみると、表-3 及び 4 となり、これを図示すると、図-21 及び 22 となる。これらの図から(1)式を満足する I_0/I_0 の最小値は表-5 及び 6 のそれぞれ第5列目のように得られる。

したがって、 I_0/I_0 が表-5 及び 6 の第5列目に示した値以上となるような荷重分配横げたを配置しておけば、不等沈下による床版の曲げモーメントの検討は $L/4$ 断面についてのみ行なえばよい。すなわち、このときの $m L/4$ は参考文献 6) を用いれば容易に求めることができる。

表-5 所要の $\frac{I_Q}{I_0}$ の値(合成げたの場合)

記号	N (本)	h (m)	L (m)	I_Q/I_0				
				$\frac{mL/4}{mL/2} \geq 1$ の条件より	$\frac{mL/4}{m_{spec}} \leq \beta$ という条件から			
					$\beta=0.15$	$\beta=0.2$	$\beta=0.3$	$\beta=0.4$
①	4	3.0	15.0	0.35	0.20	0.07	0.0	0.0
②	4	3.0	20.0	0.13	0.39	0.16	0.03	0.0
③	4	3.0	25.0	0.05	—	0.19	0.05	0.01
④	4	3.0	30.0	0.03	—	0.18	0.04	0.02
⑤	4	3.0	35.0	0.04	—	0.12	0.04	0.02
⑥	4	3.0	40.0	0.03	—	0.08	0.04	0.02
⑦	4	2.0	30.0	0.02	—	0.17	0.03	0.0
⑧	4	4.0	30.0	0.06	—	0.23	0.07	0.02
⑨	5	3.0	30.0	0.04	—	0.36	0.07	0.03
⑩	3	3.0	30.0	0.02	0.01	0.0	0.0	0.0

注) —は $\frac{I_Q}{I_0}$ がいちじるしく大きくなることを意味する。

表-6 所要の $\frac{I_Q}{I_0}$ の値(非合成げたの場合)

記号	N (本)	h (m)	L (m)	I_Q/I_0				
				$\frac{mL/4}{mL/2} \geq 1$ より	$\frac{mL/4}{m_{spec}} \leq \beta$ という条件から			
					$\beta=0.2$	$\beta=0.25$	$\beta=0.3$	$\beta=0.4$
①	4	3	15	0.35	0.52	0.27	0.14	0.02
②	4	3	20	0.12	—	0.51	0.26	0.08
③	4	3	25	0.05	—	—	0.31	0.09
④	4	3	30	0.04	—	—	0.28	0.08
⑤	4	3	35	0.04	—	—	0.18	0.07
⑥	4	3	40	0.04	—	—	0.11	0.07
⑦	4	2	30	0.01	—	—	0.30	0.04
⑧	4	4	30	0.06	—	—	0.38	0.13
⑨	5	3	30	0.04	—	—	0.60	0.16
⑩	3	3	30	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0

注) —は $\frac{I_Q}{I_0}$ がいちじるしく大きくなることを意味する。

しかしながら、荷重分配横げたの剛性が上述したような条件だけから求めた I_0/I_0 の値を満足する程度のものである場合には $m_{L/4}$ の値は相当に大きくなる可能性がある。したがって、 $m_{L/4}$ の値をある程度以下に抑える必要が生じてくる。

すなわち、荷重分配横げたの所要剛性をきめるべき第2の条件として次式を考える。

$$\frac{m_{L/4}}{m_{spec}} \leq \beta \quad \text{..... (2)}$$

ここに、 m_{spec} : 示方書に与えられた床版の設計曲げモーメント

この式中の β をいかに選ぶか、すなわち $m_{L/4}$ の値が m_{spec} の何%程度までは許容できるかは極めて重要な問題で、この点に関してはいろいろ議論の余地があるところであり、今後の研究にまつべきところが多い。

いま示方書における床版の設計に関連する各規定がどのような経緯で定められたかを考えてみる。すなわち、示方書の床版の設計曲げモーメントの実用式 m_{spec} を定めるときには、理論値に対していくぶん余裕を見込んであること、示方書の鉄筋の許容引張り応力を小さい目におさえたこと**及び大型車の通行の多い路線では床版の設計断面力を割り増していることなどを考えれば、 β を30%程度の値に選んでも通常は示方書の床版に関する各規定の中に含まれる余裕の範囲内で充分カバーされ、それほど問題をおこすことはないと判断される。

今回計算でとりあげた各場合について $m_{L/4}/m_{spec}$ と I_0/I_0 との関係を探てみると表-7及び8となり、これらを図示すると図-23及び24となる。これらの図から、 β を0.15~0.4の各種の値に選んだときに、(2)式を満足する I_0/I_0 の最小値は表-5及び6のように得ることができる。これらの表からたとえば β の値を合成げたの場合に $\beta = 0.15$ 、非合成げたの場合に $\beta \leq 0.25$ に選らぶと、スパンの小さい場合を除いて荷重分配横げたの曲げ剛性をいさゝしく大きくしても(場合によっては、 $I_0/I_0 = \infty$ としても)、これらの値を満足させることはできないことが分る。

いま上記の2つの条件(1)式と $\beta = 0.3$ としたときの(2)式とを同時に満足するような I_0/I_0 は表-5及び6において で囲んである。すなわちスパンの小さい場合のみ(1)式の条件に支配されるが、大部分の場合は(2)式の条件に支配される。

$N = 4$ 本、 $h = 3^m$ の場合の所要の I_0/I_0 とスパン L との関係を示すと図-25及び26のとおりである。所要の I_0/I_0 とスパン L との関係を図-25及び26中に示した点線で近似させる。このように近似させた両者の関係は $N = 4$ 本、 $h = 3^m$ の場合に安全側に適用できるものである。

しかしながら、主げた本数 N や主げた間隔 h がこれと異なる場合には、所要の I_0/I_0 と L との関係を表わす線は、当然図-25及び26におけるものとは違ったものとなる。 N と h がことなる都度図-25及び26に示すような I_0/I_0 と h との関係を求めなおすには膨大な計算を必要とする。今回行なった計算の範囲内で N と h が図-25及び26に示したものとことなった場合に、 I_0/I_0 がどのような影響をうけるかを推察してみる。

** たとえば、床版用の鉄筋としては現在一般にはSD30が使用されているが、この場合でも許容引張り応力は 1400 kg/cm^2 に抑えられている。

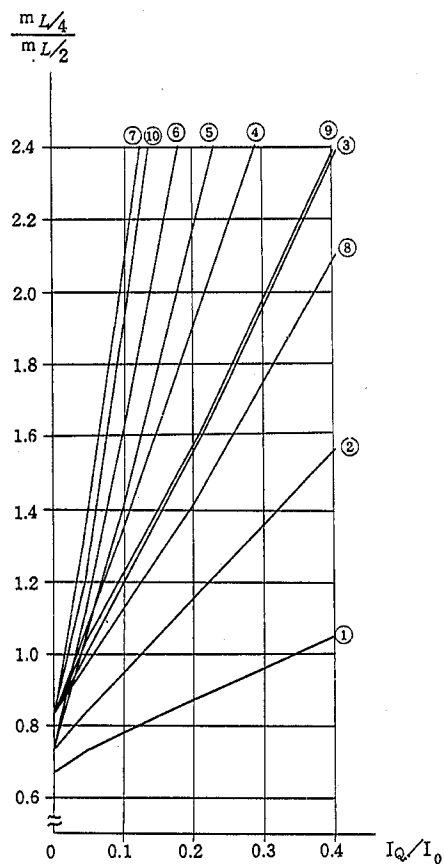


図-21 $\frac{m L/4}{m L/2} - I_Q / I_0$ の関係 (合成げたの場合)

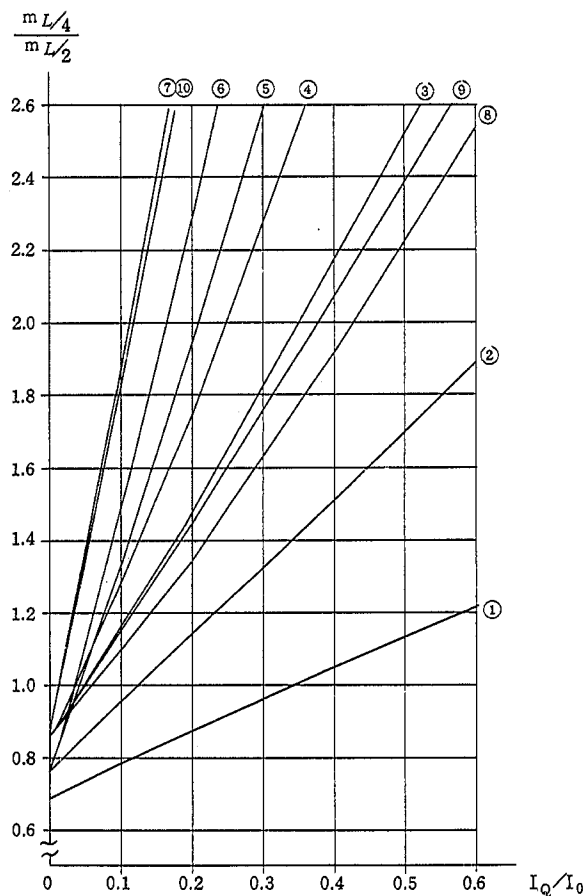


図-22 $\frac{m L/4}{m L/2} - \frac{I_Q}{I_0}$ の関係 (非合成げたの場合)

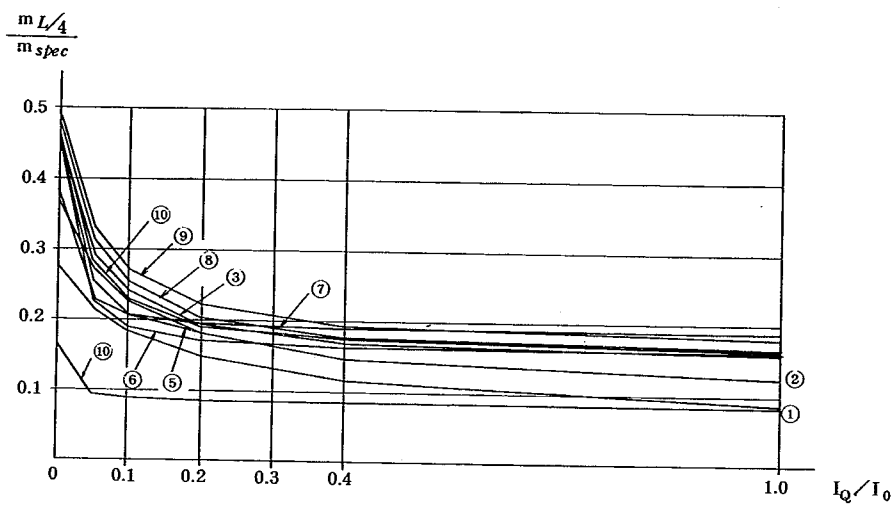


図-23 $\frac{m L/4}{m_{spec}} - \frac{I_Q}{I_0}$ の関係 (合成げたの場合)

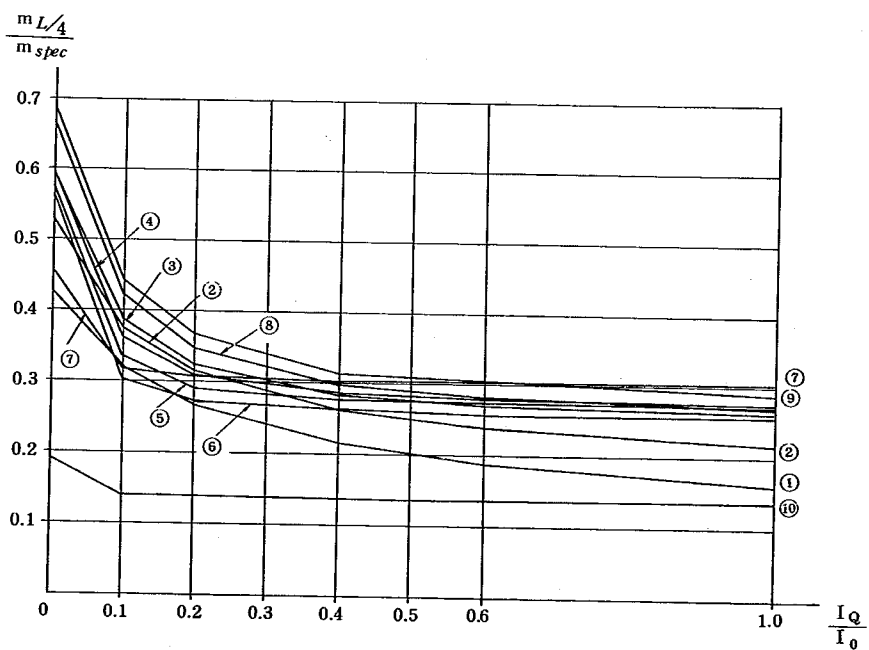


図-24 $\frac{m L/4}{m_{spec}} - \frac{I_Q}{I_0}$ の関係 (非合成げたの場合)

表-7 $\frac{m L/4}{m_{spec}}$ の値 (合成げたの場合)

記号	N (本)	L (m)	h (m)	$\frac{I_Q}{I_0} = 0$	0.05	0.10	0.20	1.40	1.0
①	4	15	3	0.277	0.216	0.184	0.149	0.117	0.086
②	4	20	3	0.371	0.285	0.226	0.182	0.148	0.126
③	4	25	3	0.433	0.294	0.240	0.194	0.169	0.159
④	4	30	3	0.456	0.280	0.227	0.190	0.175	0.170
⑤	4	35	3	0.451	0.253	0.207	0.182	0.172	0.169
⑥	4	40	3	0.450	0.228	0.190	0.171	0.165	0.163
⑦	4	30	2	0.389	0.229	0.207	0.194	0.190	0.189
⑧	4	30	4	0.482	0.317	0.255	0.204	0.176	0.162
⑨	5	30	3	0.522	0.330	0.271	0.222	0.194	0.180
⑩	3	30	3	0.164	0.094	0.088	0.086	0.085	0.085

表-8 $\frac{m L/4}{m_{spec}}$ の値 (非合成げたの場合)

記号	N (本)	L (m)	h (m)	$\frac{I_Q}{I_0} = 0$	0.1	0.2	0.4	0.6	1.0
①	4	15	3	0.428	0.320	0.268	0.216	0.189	0.162
②	4	20	3	0.530	0.377	0.316	0.263	0.240	0.219
③	4	25	3	0.591	0.389	0.325	0.285	0.272	0.264
④	4	30	3	0.594	0.363	0.310	0.286	0.280	0.276
⑤	4	35	3	0.575	0.333	0.292	0.279	0.275	0.273
⑥	4	40	3	0.564	0.304	0.272	0.265	0.264	0.263
⑦	4	30	2.0	0.458	0.319	0.309	0.304	0.303	0.303
⑧	4	30	4.0	0.665	0.422	0.347	0.299	0.284	0.271
⑨	5	30	3	0.689	0.443	0.368	0.315	-	0.289
⑩	3	30	3	0.191	0.141	0.139	0.137	0.137	0.138

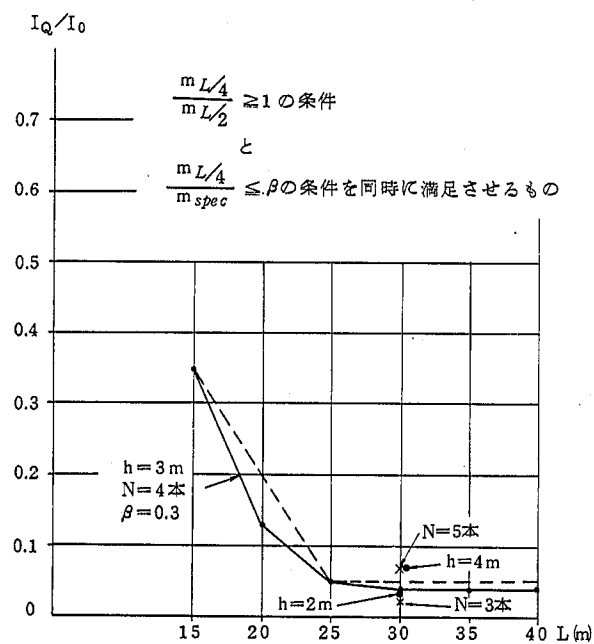


図- 25 荷重分配横げたの所要剛性 (合成げたの場合)

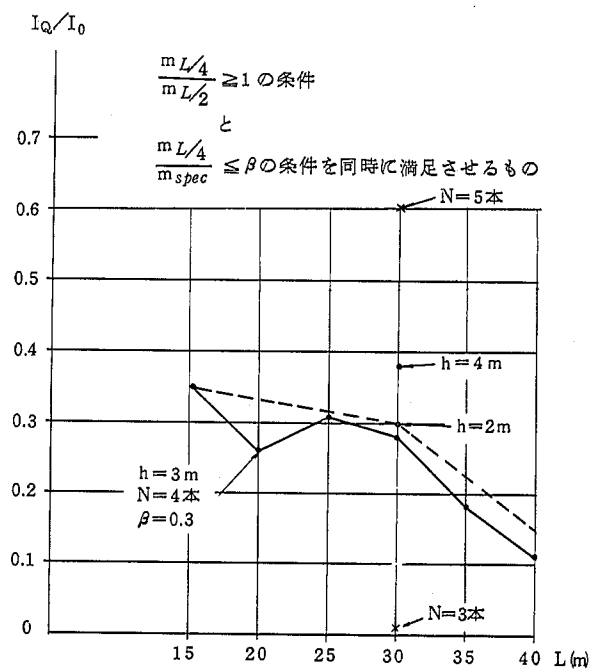


図- 26 荷重分配横げたの所要剛性 (非合成げたの場合)

$L = 30^m$, $h = 3^m$ の場合についての今回の比較計算の結果によると、 $N = 3$ 本の場合には所要の I_Q/I_0 は $N = 4$ 本の場合より小さくなるが、 $N = 5$ 本の場合には所要の I_Q/I_0 は $N = 4$ 本の場合の約2倍となっている。したがって $N = 3$ 本の場合に対しては $N = 4$ 本の場合に対する図-25及び26に示す I_Q/I_0 はそのまま安全側に適用できるが、 $N = 5$ 本の場合に対しては図-25及び26に示す I_Q/I_0 はこれを2倍して用いなければならない。また、同じく、 $L = 30^m$, $N = 4$ 本の場合についての今回の比較計算の結果によると、 $h = 2^m$ の場合には所要の I_Q/I_0 は $h = 3^m$ の場合とほぼ等しいが、 $h = 4^m$ の場合には所要の I_Q/I_0 は $h = 3^m$ の場合の約1.5倍となっている。したがって、 $h = 2^m$ の場合に対しては、 $h = 3^m$ の場合に対する図-25及び26に示す I_Q/I_0 は、ほぼそのまま適用できるが、 $h = 4^m$ の場合に対しては、図-25及び26に示す I_Q/I_0 はこれを1.5倍して用いなければならない。

以上に述べた今回の計算結果から、主げた本数4本、主げた間隔 3^m のけた橋の荷重分配横げたの所要の曲げ剛性として次の値を提案する。

合成げたに対して：

$$L > 15^m \text{ のとき, } \frac{I_Q}{I_0} \geq 0.35 - \frac{0.3}{10} (L - 15) \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 I_Q/I_0 は0.05を下まわってはならない。

非合成げたに対して：

$$15^m < L < 30^m \text{ のとき, } \frac{I_Q}{I_0} \geq 0.35 - \frac{0.05}{15} (L - 15) \dots\dots\dots (4)$$

$$L > 30^m \text{ のとき, } \frac{I_Q}{I_0} \geq 0.3 - \frac{0.15}{10} (L - 30) \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $\frac{I_Q}{I_0}$ は0.05を下まわってはならない。

(3)式、(4)式及び(5)式は、主げた本数 N と主げた間隔 h が上記と異なる場合でも通常よく用いられるスパン 30^m 前後のけた橋に対しては下記のような補正をおこなって適用することができる。

- i) 主げた本数が3本の場合には上式のまま用いる。
- ii) 主げた本数が5本の場合には上式により得られた値を2倍する。
- iii) 主げた間隔が 2^m の場合には上式はそのまま用いる。
- iv) 主げた間隔が 4^m の場合には上式により得られた値を1.5倍する。

以上に述べてきた荷重分配横げたの所要剛性に関しての検討の結果にもとづく結論として次のようにいうことができる。

主げたの剛性がほぼ等しい通常のけた橋（主げた本数4本以下、主げた間隔 3^m 以下）においては、(3)、(4)、(5)式に示した程度の荷重分配横げたを配置すれば、支持げたの不等沈下による床版の曲げモーメントは、示方書に与えられた床版の設計曲げモーメントの30%以下におさえることができる。不等沈下による床版の曲げモーメントがこの程度の値におさえられれば、不等沈下による床版の曲げモーメントはこれを改めて計算し、設計に考慮しなくとも示方書に示された床版の設計に関連する各種の条項に含まれる余裕の範囲内でカバーできると考えられる。

したがって、ことさら不等沈下による床版の曲げモーメントを計算する必要はなく、示方書に与えられた条項にしたがって設計をおこなっておけばよい。

このようにして一応必要最少限度と考えられる荷重分配横げたの剛性を求めることができるが、荷重分配横げたの剛性が大きいほど設計活荷重以上の特認車両を通すような場合に有利となるし、また橋全体としての剛性が増すという効果が期待できる。したがって、荷重分配横げたの剛性は、その所要値を満足すべきはもちろんであるが、橋の構造上から許される範囲内で大きくした方がよいのではないかと考えている。

7. あ と が き

本報文においては主げたの断面力、たわみ及び支持げたの不等沈下による床版の曲げモーメントという観点から、荷重分配横げたの所要剛性に関して検討を加えた。荷重分配横げたの設計においては、このような剛性の条件を満足するようにすることのほかに当然のことながら横げたに生ずる断面力に対しての応力の検討を行わなければならない。所要の I_Q/I_0 の値に影響を与える要因は極めて多い。所要の I_Q/I_0 の値について、これらの要因をすべて考慮した。さらにきめのこまかい提案をするためには、当然これらの要因を変化させた場合についてもっと膨大な計算をおこなう必要があると思う。しかしながら、荷重分配横げたの所要の剛性については、今回の限られた計算の範囲内から、上記に提案したような方法でも大体的見当はつけられるのではないかと考えている。

また、本報文においては、不等沈下による床版の曲げモーメントは示方書に与えられた設計曲げモーメントの30%程度までは、許せるという前提に立った。この点についてもさして明確な根拠があるわけではなく、今後の検討を必要とする点であろう。本研究は、道路事業調査費による「橋梁上部構造の調査・設計・施工基準の作成に関する試験調査」の一環として実施したものである。

参 考 文 献

- 1) 道路橋示方書・同解説 昭和48年2月 日本道路協会
- 2) 道路橋標準設計図集(Ⅱ)
活荷重合成ゲタ橋標準設計 昭和38年11月 日本道路協会
- 3) 建設省制定土木構造物標準設計第23~28巻
活荷重合成プレートガーター橋 昭和47年8月 建設省
- 4) 国広哲男, 井刈治久: 床版支持げたの不等沈下によって生ずる床版の曲げモーメント 土木技術資料13-1 昭和46年1月
- 5) 国広哲男, 井刈治久: 床版と横げたの荷重分配効果を同時に考慮したけた橋の解析 土木技術資料13-4 昭和46年4月
- 6) 国広哲男, 井刈治久, 森章次: 床版支持げたの不等沈下によって生ずる床版の曲げモーメント計算図表その2 土木研究所資料第875号 昭和48年9月

鋼けた橋における荷重分配
横げたの効果に関する研究

土研資料第895号
昭和49年1月(1974)

国広哲男, 井刈治久, 森 章次

キーワード けた橋, 荷重分配横げた, 床版

要旨 通常の単純支持の鋼けた橋における荷重分配横げたの配置
が主げたの断面力・たわみ及び支持げたの不等沈下による
床版の曲げモーメントへ及ぼす影響を明らかにするとともに, 荷
重分配横げたの効果について論じたものである。



郵便はがき

は 十
い 円
っ 切
て 手
下 を
さ

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
橋梁研究室 御中

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号

No. 3

No. 3

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第895号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印