I-290　コンクリート充填鋼格子床版の設計曲げモーメントについて

大阪大学工学部　正員○松井繁之
大阪大学工学部　正員　前田幸雄

1. まえがき

コンクリート充填鋼格子床版（以下，鋼格子床版）の概要は図-1に示すように，RC床版の主鉄筋に代って高さ150mm，あるいは130mmという小型の工形鋼を使用した合成構造の床版である。

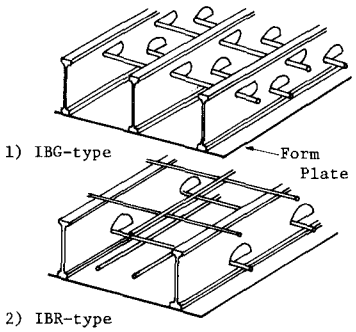
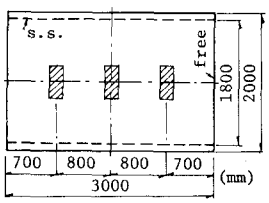


図-1　鋼格子床版の概要

本床版は通常，型枠鋼板を付けた鋼骨組をプレハブすることによって現場作業の省力化を計ったものである。さらに，施工精度，薄い床版厚による軽量性などの特徴も有している。よって，長大橋の床版として注目されている。また，最近のRC床版の破損事故から，その打換え床版として多用されている。本床版は工形鋼を使用するためRC床版と構造挙動を異にし，本床版の設計に当っては道路橋示方書の床版規定をそのまま使用できない。すなわち，コンクリートのひびわれを考えると直角2方向の剛性が極端に異なる直交異方性板であるためである。無理にこの異方性をなくすために配力筋を多く配置すれば本構造の特質は失われる。よって現在，この直交異方性を考慮した合理的設計法の確立が望まれている。建設省土木研究所の佐伯[1]は1975年にこの直交異方性を考慮した設計案を提案した。筆者らも数種の鋼格子床版について一連の実験[2]を行い合理的設計法について研究を進め，今回一応の結論を得たのでここに報告する次第である。

2. 床版挙動特性を調べるための繰返し実験とその結果について

道路橋床版のように多数回の自動車荷重を受ける床版において，設計上対象となる版挙動の認識は，引張側コンクリートを無視できる状態にまでひびわれが発生しつくした床版から得るべきであろう。それには当然，床版に繰返し荷重を十分にかける必要があるが，従来の試験方法のように一定点で疲労試験を行う方法ではひびわれは載荷点近傍だけに集中し，実橋のように橋面全域でほぼ一様にひびわれた床版と異なる板性状を示してしまう。よって，筆者らは実橋のひびわれパターンを再現できる移動繰返し載荷試験を行うべきであると強調している。本床版でも図-2に示す3点での移動繰返載荷を行い，十分ひびわれが出尽した状態を確認した後，版挙動を調べた。



Specimen
* A-1(IBG,T=16cm,P=20t)
  Dy/Dx=0.435
* B-1(IBG,T=16cm,P=16t)
* B-2(IBG,T=16cm,P=20t)
  Dy/Dx=0.255
*C-1,2(IBR,T=18cm,P=20t)
  Dy/Dx=0.467

図-2　供試体と試験方法

床版の構造挙動を正確に調べるため，筆者らは載荷横断面におけるタワミ・ひずみの分布性状，最大タワミ，最大ひずみの4つの面から考察を加えた。そして，実験床版に関して次のような諸点を明らかにした。

①タワミ，ひずみの横断面における分布傾向は引張側コンクリートを無視した断面剛性を用いてHuberの直交異方性板理論によって説明できる。

②最大タワミ量についてもHuberの理論値とよい一致を見る。

③最大ひずみ量については表-1に示すように，実験値はHuber理論値に比して小さい。

③に関する不一致の原因について種々考察を加えたが，次の2つの要因を考えると一致させることができる。

1)ひずみの理論値は等厚板の理論から算出したモーメントから求めたものであり，このモーメントにはポアソン比の影響を含んでいる。実際のひびわれ床版では図-3

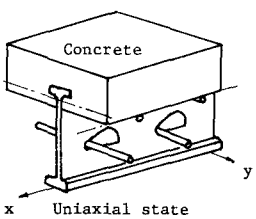


図-3　ひびわれ要素の模式図

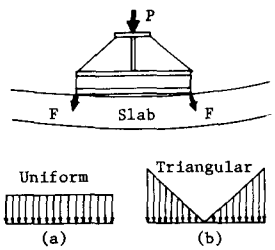


図-4　載荷条件

に示すように，I-Beam の下フランジは一軸応力状態にあり，一方向の曲率しか受けない。このことを考慮するとI-Beam下フランジのひずみはHuber理論値に修正係数K_1を掛け合わせたものになる。

ロ)さらに大きな要因は載荷板にある。本実験では図-4に示すように非常に剛な載荷板を用いたため，載荷面積500×200mmの中で仮定通りの等分布荷重状態にならず，極端な場合には載荷板端における集中荷重になったと考えられる。この荷重状態を正確に調べるのは困難であるため，図-4に示すように三角形分布と仮定して解析を行ってみた。この結果，表-1に示すようにタワミに関してはほとんど変化はないが，最大ひずみは約15%(K_2)も減少することがわかった。よって，この仮定が正しいとしてひずみ理論値を修正すると最終的に表-1の最右欄のごとくになり，実験値とのよい一致を見た。

表-1　タワミ・ひずみの実験値と理論値との比較

Test body	Max. deflection(cm) Exp.v. δ	Theo.v.(Huber)		Max strain of I-beam(10^{-6}) Exp.v. ε	Theo.v. Huber(ε_0)	k_1	k_2	Final theo.v. $k_2\varepsilon_0$	$k_1k_2\varepsilon_0$
A-1	0.252	0.229	0.221	749	937	0.996	0.836	783	779
B-1	0.162	0.208	0.200	517	798	0.731	0.862	688	502
B-2	0.272	0.256	0.247	891	1041	0.997	0.841	875	873
C-1	0.185	0.207	0.200	570	931	0.769	0.847	789	606
C-2	0.179	0.207	0.199	534	846	0.806	0.878	743	599

表-2　安全性の検討

Span (m)	Thickness (cm)	Saeki's method Orthotropy	Safety (Mx)	Safety (My)	Proposed method Orthotropy	Safety (Mx)	Safety (My)
2.0	16～18	0.407～0.451	1.005～1.027	1.100～1.208	0.392～0.400	1.093～1.104	1.157～1.158
2.5	16～20	0.408～0.466	0.970～1.015	1.088～1.135	0.349～0.348	1.026～1.054	1.096～1.127
3.0	17～20	0.405～0.474	1.002～1.037	1.079～1.129	0.392～0.392	1.075～1.076	1.079～1.081
3.5	18～20	0.408～0.449	1.034～1.057	1.121～1.160	0.396～0.376	1.094～1.096	1.124～1.129
4.0	19～20	0.402～0.432	1.043～1.056	1.131～1.152	0.384～0.402	1.111～1.130	1.088～1.108

よって，床版実験においては載荷板の構造に十分注意を払うべきであると提言できる。

3. 鋼桁子床版の設計曲げモーメント式の提案

表-1で試験体A-1，B-2の結果に注目したい。他の3体は荷重が小さかったり，床版厚が大きいためひびわれ疲労が進まなかった。A-1，B-2の床版はひびわれ疲労が十分に進んだものであり，このような場合には右側2欄の比較で明らかなように，ひずみもHuberの直交異方性板理論で説明づけられることを示している。ひびわれ疲労が少い場合にはHuber理論は安全側を与えるであろう。よって，鋼桁子床版の設計曲げモーメントはHuberの理論をもとにしてもよいことが明らかになった。

表-3 提案モーメント式 I

SAEKI's method
for I-beam
Mx= 1.2 Mxo
for distri.bar
My= 0.9 Myo

Proposed method
for I-beam
Mx= 1.3 Mxo
for distri.bar
My= 0.85 Myo

* Mxo,Myo= Spec. moment of RC-slab

仮伯の提案モーメント式は表-3の通りで，これに従って設計した床版の抵抗モーメントと理論発生モーメントとの比を求めると表-2の通りとなる。表で明らかなように10～20%の安全が見込まれているはずのI-Beam方向(M_x)では比が1を割ることもある。よって，この危険性を除くため筆者らは表-3の式を提案したい。この係数を用いた場合，表-2に示すように安全の見込み量はI-Beam，配力鉄筋ともほぼ同等に確保される。

さらに，仮定剛性比と設計後の剛性比を一致させる厳密な方法で，鋼桁子床版のあらゆる断面組合せを考えてスパン2m～4mの床版を試算設計し，その設計モーメントを図-5にプロットした。この結果，諸点は1つの直線式に回帰できることがわかった。この関係は2等橋や1等橋の20%増しの荷重の場合にも適用できる。よって，鋼桁子床版固有の設計曲げモーメント式として図-5に示した2つの式を提案したい。ただし，この設計式には10%の安全を見込んである。

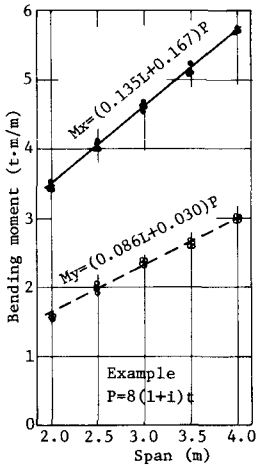


図-5 提案モーメント式 II

鋼桁子床版では一般に問題にならないと思われるがI-Beamの疲労破壊に注意する必要があり，現在，I-Beamの疲労実験を行っており，結果をふまえて疲労設計法を提案したい。鋼骨組の架設応力については別で報告[3]したので参照されたい。

1) 仮伯勇：I形鋼桁子床版の設計，土木技術資料 17-7，1975.
2) 松岡，前田，松井：鋼桁子床版のひびわれと疲労性状について，第32回年次学術講演会概要集 I-45
3) 前田，松井：鋼桁子床版の死荷重応力に関する一考察，昭和53年度関西支部講演会概要集，V-14