コンクリート系床版片持部のひび割れを考慮した設計曲げモーメント式に関する一提案

㈱大林組　正会員　○野田恭平　Hitz 日立造船㈱　正会員　杉原伸泰
大阪大学大学院　正会員　大西弘志　大阪大学大学院　フェロー　松井繁之

1. はじめに

道路橋床版の疲労耐久性は一般的に輪荷重走行試験によって評価されており，走行試験の結果をもとに各種床版形式に対する疲労設計法の検討が進められている．しかし，これらの耐久性評価の多くは単純版および連続版に対するものに留まっており，片持部に関する研究はほとんど行われていない．現在，片持部の断面設計は道路橋示方書[1)]の許容応力度による設計法が準用されており，同示方書の設計曲げモーメント式は支持条件が 1 辺固定対辺自由の等方性無限長さの片持版から誘導されている．このため，有限な曲げ剛性を有する桁で支持された連続版の張出し部としての設計法となっていない．また，床版片持部では，活荷重の繰り返し載荷によってひび割れ状態に至ると，片持部特有の異方性の発現により直交 2 方向のモーメント比率が等方性版のものから大きく変化するといえる．本研究では，構造が合理的となるようなコンクリート系床版片持部のひび割れを考慮した設計曲げモーメント式を提案する．

2. 実橋モデルによるパラメトリック解析

本研究では，これまで種々のコンクリート系床版片持部に対して輪荷重走行載荷を行い，ひび割れの進展が停留する安定状態（一種の限界状態）を創出した後，その断面状態に至るまでの直交 2 方向における板剛性の低下度を特定し，ひび割れによる異方性度と曲げモーメントの発生性状を定性的に求めてきた．そこで,これらの基礎データをもとに活荷重載荷による設計曲げモーメント式を提案するために以下に示す実橋モデルによる 2 次元 FEM 解析を行った．

（1）解析モデル

解析では，**図-1** に示す 4 本主桁の非合成桁橋をモデル化した．載荷荷重は T 荷重一軸分相当とし，車両が張出し先端に載荷された場合を想定した．橋軸方向の支間長は 20m である．解析モデルの要素分割を**図-2** に示す．床版は平板要素でモデル化し，主桁には梁要素を用いた．拘束条件は，△印で示した 8 節点について回転成分を自由とし，鉛直方向ならびに橋軸直角方向の変位成分を固定とした．橋軸方向の変位成分については，片側 4 節点で固定とし反対側 4 節点では自由とした．床版断面の基本設計は道路橋示方書の許容応力度法に準拠し，支持桁断面については桁沈下による発生曲げモーメントへの影響を除くため十分に大きな剛性を与えた．張出し部先端の地覆，壁高欄は安全側の評価に繋がるものとして寄与分を算入しなかった．

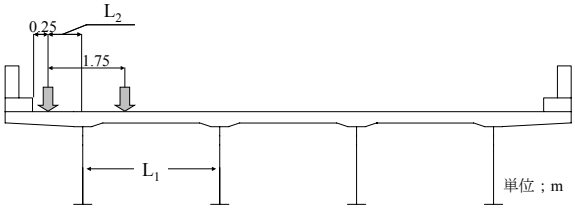

図-1　実橋床版モデルの断面図

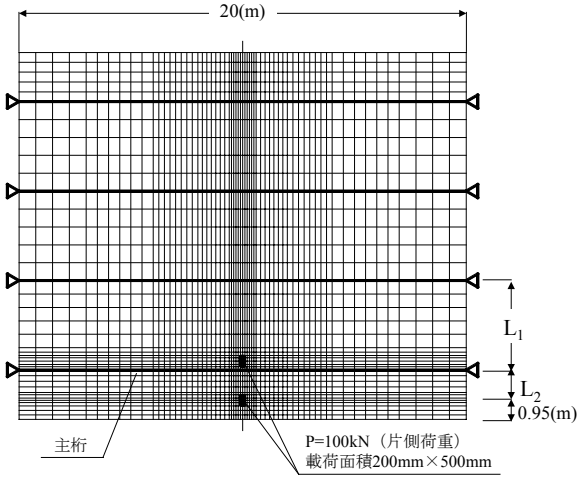

図-2　解析モデルの要素分割図

（2）解析ケース

直交異方性度（α^*），径間部支間長（L_1），片持部支間長（L_2）をパラメータとして解析ケースを以下のように設定し，組み合わせ解析を行った．a)異方性度：α^*≒0.20，0.40，0.60，0.80 b) 径間部支間長：L_1=3.0m，3.5m，4.0m（支持桁の中心間隔）c)片持部支間長：L_2=0.25m，0.75m，1.25m （片持部支点から T 荷重までの距離）なお，径間部床版については，引張側コンクリートを無視した剛性を直交 2 方向断面に与えた．本研究では異方性度α^*を外桁支間中央点上における単位幅あたりの主鉄筋断面の断面 2 次モーメント（I_x）と荷重載荷点下における単位幅あたりの配力鉄筋断面の断面 2 次モーメント（I_y）との比（I_y/I_x）で定義することとした．そして，これらの着目断面に作用する曲げモーメント値（M_x，M_y）を用いて設計曲げモーメント式を誘導した．

キーワード：道路橋床版片持部，設計曲げモーメント式，異方性度，ひび割れ
連絡先：〒565-0871　吹田市山田丘 2 番 1 号　建設棟 6F625　TEL06-6879-7618　FAX06-6879-7621

3. 解析結果

(1) 異方性度α^*と曲げモーメントの関係

異方性度α^*と各着目断面に発生する曲げモーメントの関係を**図-3**に示す．縦軸には，各々の解析値を実橋床版において直交2方向とも引張側コンクリートを無視した異方性度α^*=0.45 における発生曲げモーメントで無次元化した値を示す．図からわかるように，異方性度α^*による曲げモーメント比の変化は線形関係にあることから，直線近似によりα^*に関する係数項を誘導した．

(2) 径間部支間長L_1と曲げモーメントの関係

図-4にα^*=0.45 のときの曲げモーメント値と径間部支間長L_1の関係を示す．直交2方向の曲げモーメントは径間部支間長と線形関係にあるが，片持部支間長L_2によってその増減傾向は異なる．しかし，径間部支間長の変化による曲げモーメントの増分はL_2の値によらず，L_1=3.5m の値を基準とすると，±5%の範囲におさまる．従って，径間部支間長による影響はほぼ無視できるものと判断し，係数として5%割増すものとした．

(3) 片持部支間長L_2と曲げモーメントの関係

図-5にα^*=0.45 のときの曲げモーメント値と片持部支間長L_2の関係を示す．M_yは片持部支間長とほぼ線形関係にあるが，M_xに関してはL_2の変化に対し，2次の多項式により近似できる．ただし，設計式に簡便性を持たせるため，本研究では非線形の関係を敢えて線形化しL_2に関する係数項を誘導するものとした．

4. 設計曲げモーメント式の提案

実橋モデルの FEM 解析より活荷重載荷によるひび割れを考慮した基本設計曲げモーメント式として以下のように提案できる．本提案式では上述した誘導手法により FEM 解析から求まる曲げモーメント値に対してM_x, M_yともに約10～20%の安全率を含む．

$M_x=(0.32\alpha^*-1.18)(0.21L_2+0.29)P(1+i)$

$M_y=(0.63\alpha^*+0.76)(0.16L_2+0.02)P(1+i)$

衝撃係数：$i=20/(50+L_2)$，P：T 荷重の片側荷重（kN）

輪荷重走行試験の結果より，限界状態を考慮した床版片持部の活荷重曲げモーメントの算出には，以下に示す異方性度を用いるのがよい．a)RC 床版および橋軸直角方向 PC 床版：α^*≒0.20

b)橋軸方向 PC 床版：α^*≒0.30

一方，M_yに関しては限界状態の異方性度で設計値を算出すると，配力鉄筋量が削減され供用初期時においては過小抵抗断面を与える可能性がある．そこで，床版にとって致命的なひび割れの発生を極力防止するために，設計寿命中で発生する最大の曲げモーメント値を考慮する必要があり，M_yについては，α^*≒0.80 の初期異方性度で算出することとする．

謝辞：本研究は平成13年度科学研究費補助金基盤研究（B）を得て行ったものである．

参考文献　1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説　2002.3

2) 松井繁之：道路橋コンクリート系床版の疲労と設計法に関する研究，大阪大学学位論文，1984.11.

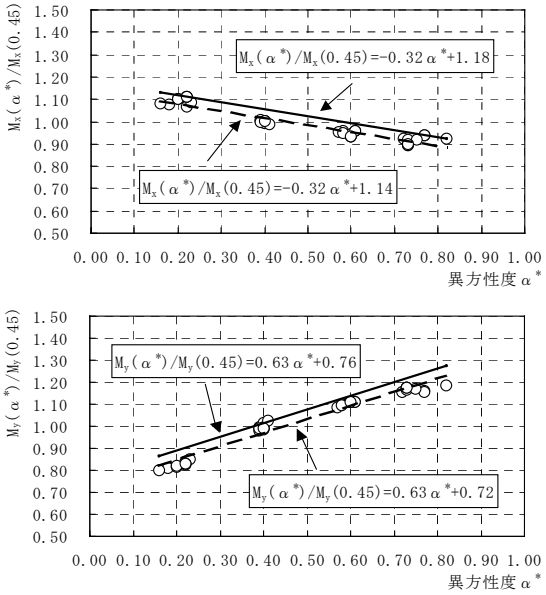

図-3　α^*－M（α^*）／M（0.45）の関係図

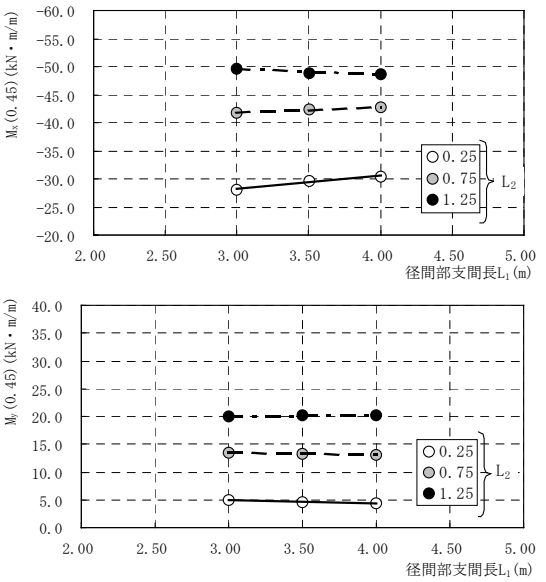

図-4　L_1－M（0.45）の関係図

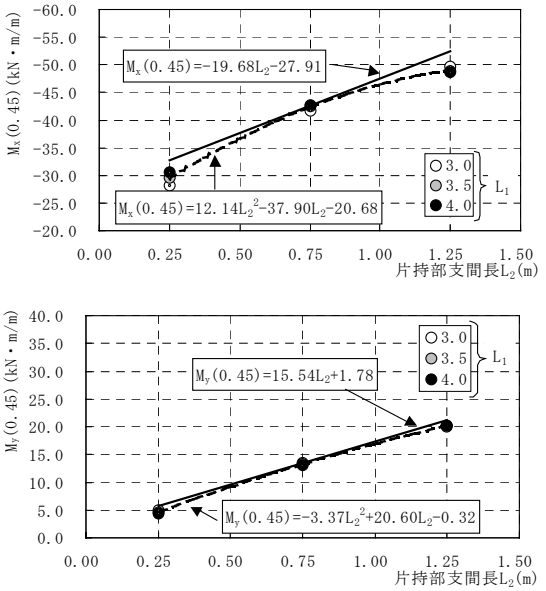

図-5　L_2－M（0.45）の関係図