

外部拘束されたコンクリート床版の破壊性状に関する考察

大阪市立大学大学院 学生員○植村 亮太 大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明
 オリエンタルコンサルタンツ 松本 涼 CORE 技術研究所 正会員 中林 将之
 大阪市 中屋 克幸 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

1. 研究背景と目的

鉄筋コンクリート床版の塩害による鉄筋腐食の解決策として、カナダにおいて Compressive Membrane Action (以下 CMA) : 圧縮膜機構を用いて床版内の鉄筋を省略することが提案された¹⁾。CMA とは、図 1 に示すように床版端部の水平移動を拘束し、面外荷重が作用した時、床版内に圧縮力を生じ荷重に抵抗する機構を指す。実橋梁においては、合成橋主桁上フランジに帯鋼板を固定し、外部拘束することにより、CMA を活用し荷重に抵抗する。

カナダでは実施工、ならびに設計基準が整えられているものの、日本では CMA に関する研究は少なく実用化に至っていない。著者らは正方形床版を対象に数値解析を行い、外部拘束による耐力の向上、破壊形式、面内圧縮力について考察を行った²⁾。本研究では 1:2 以上の辺長比である床版を対象に、橋軸直角方向のコンクリート床版と帯鋼板の剛性が最大耐力と破壊形式に与える影響についてパラメトリック解析により検討を行う。また、カナダの設計基準において明記されていない帯鋼板の最大量に関する考察を行う。

2. 解析手法

本研究では Mufti (1993)³⁾ で行われた実験での供試体を対象構造物とし、汎用コード DIANA10.1 を用いて 3次元有限要素解析を行った。図 2 に対象構造物の形状および寸法を示し、図 3 に解析モデルを示す。解析モデルは 1/4 領域をモデル化し、対称性を考慮して境界条件を定めた。表 1 に材料定数を示す。使用要素は繊維混入コンクリート床版と載荷板はソリッド

要素、帯鋼板とチャンネル材はトラス要素、主桁はシェル要素を用いた。離散的に配置されているスタッドに関しては、主桁上フランジ部の面積に対して平均化し、インターフェイス要素を用いて考慮した。材料構成則は、コンクリートの圧縮を Thorenfeldt、引張を Hordijk、主桁を除く鋼材は完全弾塑性のバイリニアモデル、主桁は弾性材料とした。解析パラメータは帯鋼板の 1 本あたりの断面積 $A_s(\text{mm}^2)$ とし、基準に対して 1/16~2 倍まで変化させた。特に基準に対して 1/5 倍のモデルの帯鋼板断面積は式 (1) カナダの設

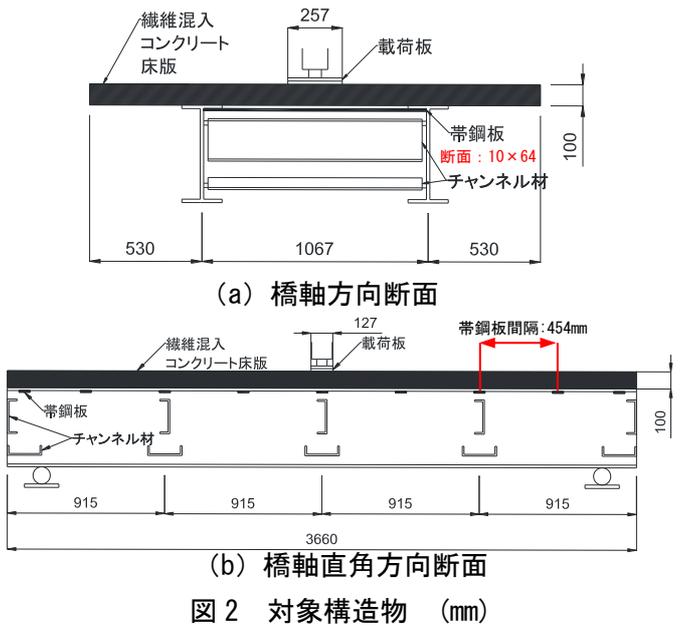


図 2 対象構造物 (mm)

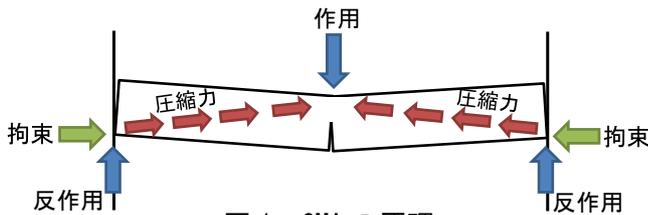


図 1 CMA の原理

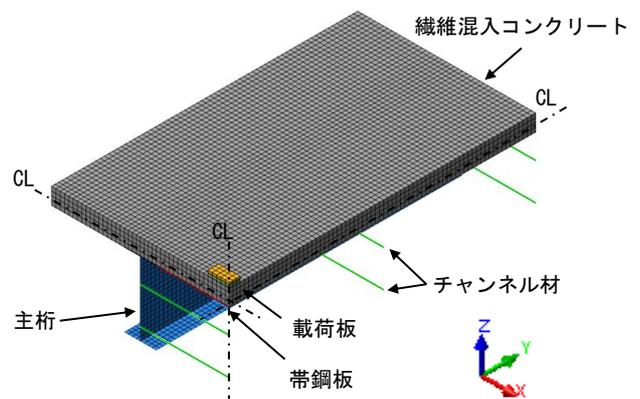


図 3 解析モデル

キーワード：CMA, 外部拘束, コンクリート床版, 3次元有限要素解析
 連絡先：住所 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 Tel&Fax 06-6605-2723

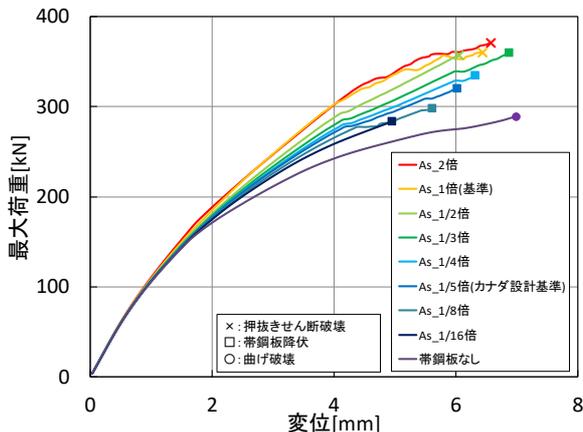


図4 荷重-変位関係

表1 材料定数	
繊維補強コンクリート	
弾性係数[N/mm ²]	430900
圧縮強度[N/mm ²]	46.1
引張強度[N/mm ²]	3.9
破壊エネルギー [N/mm]	2
ポアソン比[-]	0.2
鋼材	
弾性係数[N/mm ²]	200000
降伏強度[N/mm ²]	235
ポアソン比[-]	0.3

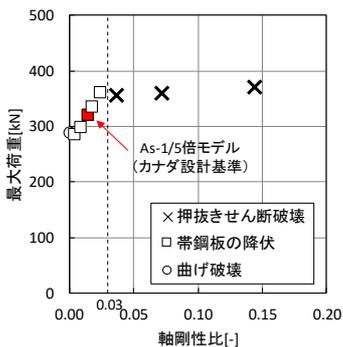


図5 最大耐力と軸剛性比

計の基準⁴⁾で定められている最小断面積の値となっている。また、帯鋼板を設置しないモデルも考慮し、合計10ケースについて解析を行った。

3. 数値解析結果

図4に最大荷重時までの荷重と載荷板直下の床版下面変位の関係を示す。全てのモデルで初期剛性は一致し帯鋼板の大きさの影響は小さい。帯鋼板量が増加するにつれて最大荷重時の変位は増加するが、基準に対して1/2の量以上になると増加しなくなった。図5に最大荷重と軸剛性比の散布図を示す。ここで、軸剛性比とは、橋軸直角方向の単位幅当たりのコンクリート床版の軸剛性に対する帯鋼板の軸剛性の比率と定義する。図6に最大荷重時の橋軸方向断面ひび割れ幅コンター図を示す。軸剛性比が0.3以上のモデルでは全て押抜きせん断破壊を生じた。この破壊形式は図6(a)の様に床版下面の曲げひび割れが端部に達することなく、載荷板直下から斜めひび割れが発生して破壊に至った。軸剛性比0.03以下のモデルでは図6(b)の様に斜めひび割れは進展せず、曲げひび割れが発生し、載荷板直下の帯鋼板が降伏に至り最大荷重となり、その後押抜きせん断破壊した。なお帯鋼板を設置していないモデルでは床版下面に見られる曲げひび割れが端部まで達し、曲げ破壊を生じた。軸剛性比0.03

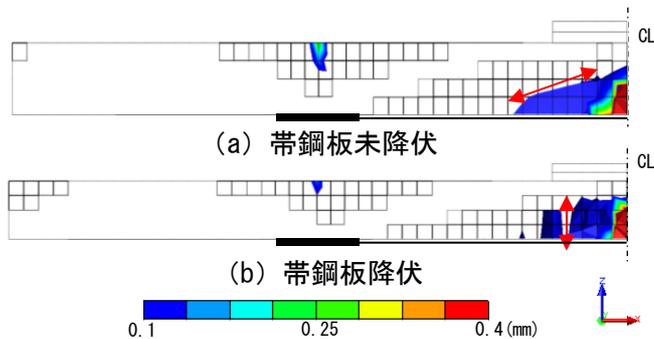


図6 橋軸方向断面のひび割れ幅コンター図

以下のモデルでは、軸剛性比を増加させるにつれて、耐力も線形に増加していることがわかる。これは、耐力が帯鋼板の降伏により支配されており、帯鋼板の軸剛性が大きく寄与しているためである。対して、軸剛性比0.03以上のモデルでは軸剛性比が変化しても最大荷重に大きな影響は見られなかった。つまり、帯鋼板に作用する軸力(床版に作用する軸力)があまり大きくならない傾向となるため、帯鋼板の軸剛性を変化させても破壊性状に影響しなかったと考えられる。以上の結果から、帯鋼板直上に荷重を作用させた場合、この構造形式においては帯鋼板降伏限界と考えられる軸剛性比0.03が帯鋼板の有効最大量と考えられる。

4. まとめ

- ・橋軸直角方向における軸剛性比0.03以下のモデルでは帯鋼板の降伏による破壊となる。また、軸剛性比に対して、最大荷重は線形に増加する。
- ・橋軸直角方向における軸剛性比0.03以上のモデルでは押抜きせん断破壊となる。また、軸剛性比によらず、最大荷重は一定である。
- ・本解析モデルにおける帯鋼板の設置に関する最大値は軸剛性比で0.03程度と考えられる。

参考文献

1) Newhook J.and Mufti A.A. : A reinforcing steel-free concrete deck slab for Salmon River Bridge, Concrete International,ACI Concrete International, Vol.18, No.6, June, pp.30-34, 1996 2) 植村ほか: 外部拘束されたコンクリート床版の力学的挙動に関する3次元数値解析,土木学会年次学術講演会, 2017 3) Mufti, A.A. et al. : Experimental investigation of fiber-reinforced concrete deck slabs without internal steel reinforcement, Canadian Journal of Civil Engineering,Canadian Journal of Civil Engineering, Vol.20, pp.398-406, 1993 4) Bakht,B.et al. : Behavior of transverse confining systems for steel-free deck slabs, Journal of Bridge Engineering,Journal of Composites for Construction, ASCE, Vol. 5, No. 2, pp.3-15, 2000