

第 I 部門

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数値解析的研究

大阪市立大学

学生員 ○植村 亮太

大阪市立大学大学院 学生員 松本 涼

大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明

CORE 技術研究所 正会員 中林 将之

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** (図 1) とは、床版端部の水平移動を拘束し、面外から荷重が加わった時、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、スタッドを用いて帯鋼板を固定し、外部拘束することにより、**CMA** を活用し荷重に抵抗する。

このように、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。そこで、梁供試体による模型実験および 2 次元 **FEM** 解析が行われ、ひび割れ性状の検討、外部拘束による圧縮束の形成、耐力の向上の確認がされた²⁾。本研究では梁から板へ、すなわち 3 次元 **FEM** 解析³⁾を通じて本来の対象である床版の挙動を検討する。

2. 研究の流れ

汎用解析ソフト **DIANA** の 3 次元非線形 **FEM** 解析を用いた。はじめに、上述した梁実験に対する再現解析を行い 3 次元非線形 **FEM** 解析の妥当性を検討する。そして、その検討結果を踏まえて、対象構造物である床版部材の解析を行う。

3. 再現解析

梁モデルの実験²⁾では鉄筋の有無、帯鋼板の有無を変数として計 3 体の供試体が作製された (表 1)。供試体の一例として **SR** を図 2 に示す。実験方法は単調 3 点载荷である。解析は対称性を考慮して 1/2 領域を対象とし、コンクリートはソリッド要素、帯鋼板はシェル要素、鉄筋は埋め込み鉄筋要素とした。コンクリートと帯鋼板は頭付きスタッドにより接合されており、そのずれ変位⁴⁾も考慮した。荷重は载荷板上

面の節点に強制変位(0.01mm/Step)を与えた。解析結果 (図 3) より、**NR** モデルは良好な一致を示した。一方、**SR**, **SF** の両モデルでは最大荷重に 2 割程度の増減があるが、実験結果を良好に評価できた。また、**SR**, **SF** では束状の面内圧縮力が見られた (図 1, 4)。

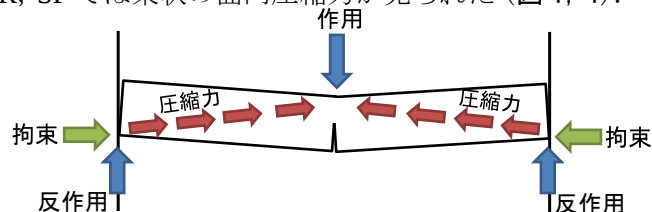


図 1 CMA の原理 (2 次元表示)

表 1 供試体一覧

供試体	帯鋼板	鉄筋	備考
NR	× (N)	○ (R)	通常の RC 部材
SR	○ (S)	○ (R)	外部拘束された RC 部材
SF	○ (S)	× (F)	外部拘束された無鉄筋部材

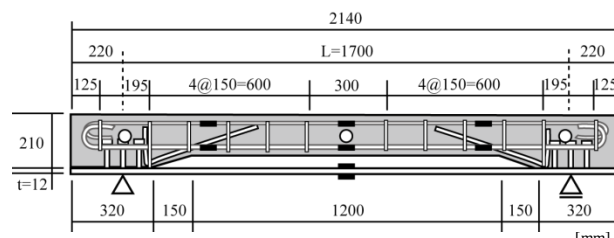


図 2 供試体概要 (SR 供試体, 奥行き 160mm)

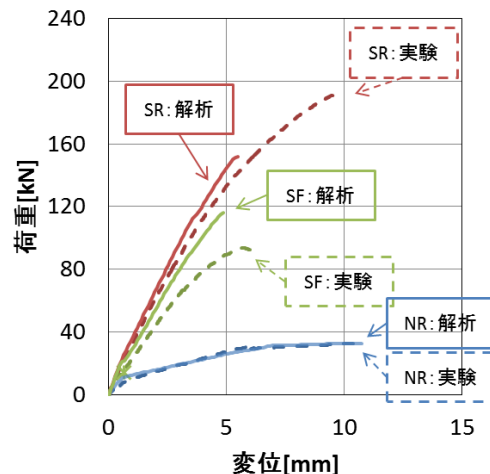


図 3 梁供試体の荷重-変位関係

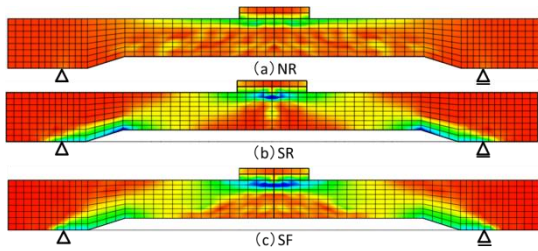


図4 梁の最小主応力図

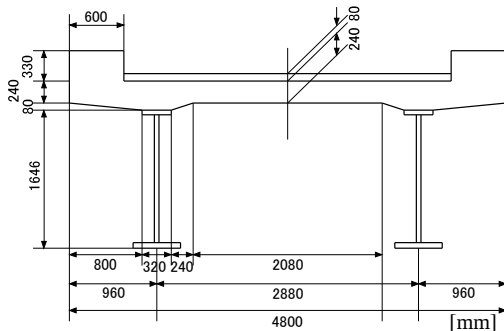


図5 鋼2主桁橋

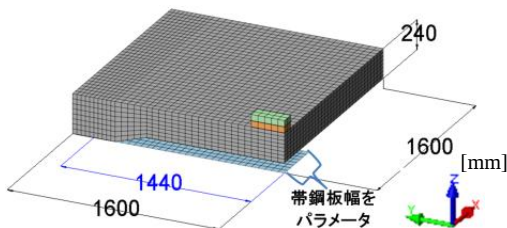


図6 床版の有限要素モデル (1/4 対称領域)

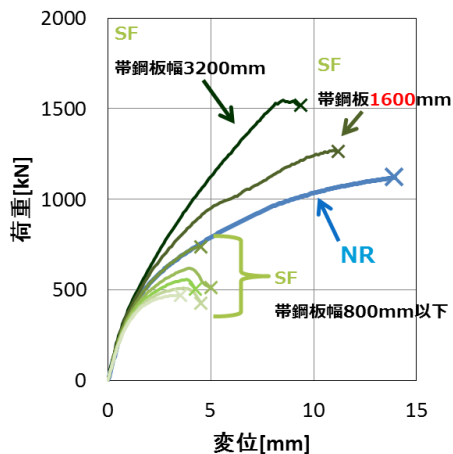


図7 床版の荷重-中央上面鉛直方向変位関係

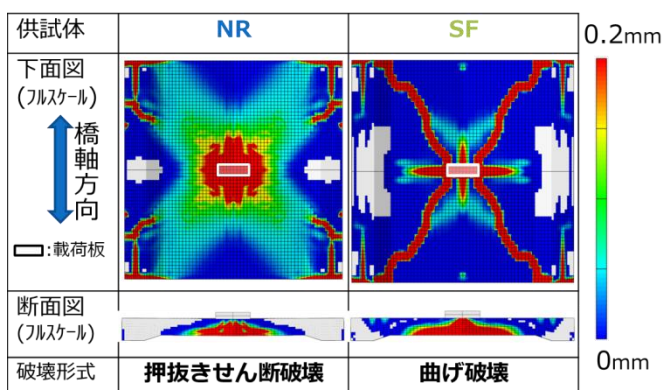


図8 ひび割れ幅図

表2 床版の材料定数 (単位 N/mm², ポアソン比は除く)

	コンクリート		帯鋼板(t=16)	鉄筋※
圧縮強度	40.0	降伏強度	235	345
引張強度	2.69	弾性係数	200000	200000
弾性係数	31000	ポアソン比	0.300	-
ポアソン比	0.200	※上筋 (D13:p'=0.5%), 下筋 (D19:p=1.2%)		

4. 床版の解析

対象構造物は一般的な鋼多主桁橋を2主桁橋(図5)に縮約し張出部を省略した, 辺長 3200mm の正方形周辺単純支持床版とした. 解析は対称性を考慮し 1/4 領域と(図6)し, 呼称は梁実験(表1)に準じた. 荷重は輪荷重1輪相当の面積とし, 載荷位置中央部とした. 使用した材料定数を表2に示す. まず, RC 床版相当の NR と外部拘束を与えた無筋床版 SF の両解析結果(図7)を示す. 後者では床版の橋軸方向幅 3200mm に対して帯鋼板を全面(3200mm)に設置したものから全く設置していないもの(0mm)まで7ケース行った. 帯鋼板 1600mm 以上の SF で NR より耐力が高くなった. 次に帯鋼板の拘束効果について検討する. NR と SF では直接的な比較ができないため帯鋼板幅 1600mm の SR についても解析を行った. SR の耐力と NR の耐力の比より帯鋼板の拘束効果は 1.6 倍であった. このことから, 帯鋼板の拘束効果が認められた. 得られた各破壊形式は NR, SR は押抜きせん断破壊であったのに対し SF は曲げ破壊であった(図8). SR, SF の CMA の原理による面内圧縮膜の形状は梁での図4と同様でかつ, 帯鋼板直上だけでなく, それ以外の範囲にも広がっていた.

5. まとめ

- ・SF では帯鋼板を橋軸方向床版幅に対して半分程度設置することにより従来の NR より耐力が向上し帯鋼板による外部拘束効果が認められた.
- ・NR, SR は押抜きせん断破壊であったのに対し, SF は曲げ破壊であった.
- ・CMA の原理による面内圧縮膜の形状を考察した.
- ・帯鋼板幅 1600mm は, 今後, その幅を減少させ離散的な配置等を検討する必要がある.

参考文献

- 1) Newhook J., Mufti A.A., ACI Concrete International, Vol.18, No.6, June, pp.30-34, 1996
- 2) 鬼頭ほか, 構造工学論文集, Vol.63A, 2017 (印刷中)
- 3) TNO DIANA 社: DIANA マニュアル ver.10.0, 2016
- 4) 土木学会, 複合構造標準示方書, 2014