

# デッキプレート合成スラブの損傷に着目した合成梁の構造性能

高橋 直哉

## 1. はじめに

デッキプレート合成スラブが合成梁の構造性能に与える影響は、たびたび議論されてきた<sup>1)</sup>。高橋ら<sup>2)</sup>は、鉄筋コンクリート表面のひび割れ等を画像解析で検証した。同解析技術を応用し、合成スラブのひび割れとコンクリートの損傷との関係を定量的に分析できれば、より合理的に合成梁を含む鋼構造骨組を設計できる。本論文では、デッキプレートの溝方向や、頭付きスタッドの本数が合成スラブの損傷に及ぼす影響を載荷実験により検証し、損傷を画像解析するための基礎的な資料を提供することを目的とする。

## 2. 実験計画

図1に試験体の仕様を示す。デッキプレート (QL-99-50-10) 合成スラブの幅は1300 mm、デッキせいは50 mm、山上コンクリートのせいは80 mmとした。梁とスラブの応力伝達には、軸径16 mm、高さ80 mmの頭付きスタッドを用いた。スラブには、基準強度 $F_c = 24 \text{ N/mm}^2$ の普通コンクリートを用いた。梁の軸方向、軸直交方向ともに、D13 (SD295A) の鉄筋を用い、200 mmピッチで配した。表1に、デッキプレート合成スラブの溝方向と、各種合成構造設計指針<sup>3)</sup>に記載されている手法に基づき算定した合成率を示す。試験体2と4では、デッキプレートの溝方向が梁と直交し、試験体3では平行するよう配置した。試験体2、3は完全合成梁、試験体4は不完全合成梁として設計した。

表1 試験体一覧

名称	デッキプレートの溝方向	合成率	完全/不完全
試験体2	梁に直交	1.19	完全合成梁
試験体3	梁に平行	1.19	完全合成梁
試験体4	梁に直交	0.59	不完全合成梁

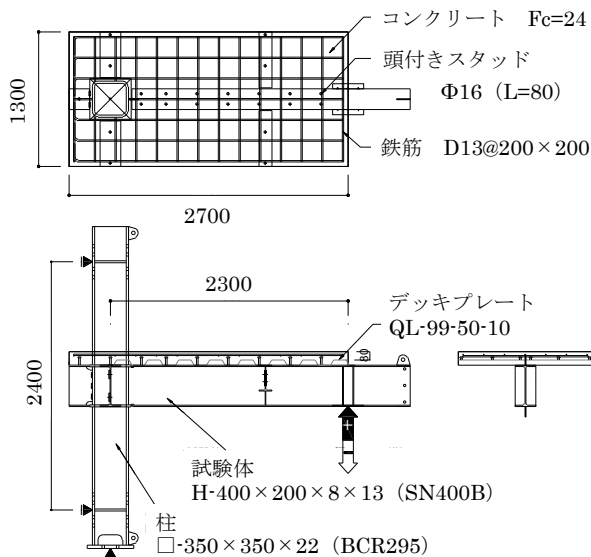


図1 試験体

載荷履歴には、層変形角が0.00375 rad、0.005 rad、0.0075 radを6回ずつ、0.01 radを4回、0.015 rad、0.02 rad、0.03 rad、0.04 rad、0.05 radを2回ずつ繰返す履歴を採用した。合成梁で合成スラブが圧縮を受ける方向を正とし、梁の自由端側を水平方向に加力した。

## 3. 実験結果

図2に各試験体の梁端モーメント-層変形角関係を示す。図2中の(a)から(f)は、後述する図3に示した損傷状況の時点を表す。試験体2では、0.04 radの負曲げ2回目の載荷途中で、層変形角の計測が困難となり実験を終了した。試験体2 (図2(a)) は、正曲げ側は0.03 radから、負曲げ側は0.02 radから耐力が劣化し始めた。振幅0.005 radの負曲げ1回目目で合成スラブのひび割れが発生し、0.015 radの正曲げ2回目で柱周辺のコンクリートが圧壊した。0.03 radの正曲げでは同箇所が進展し、正曲げ側の合成梁の耐力は劣化し始めた。その後、加力点付近においてデッキプレート合成スラブが梁と離間し、正負両側で耐力は劣化した。試験体3 (図2(b)) は、正曲げ側は0.03 radから、負曲げ側

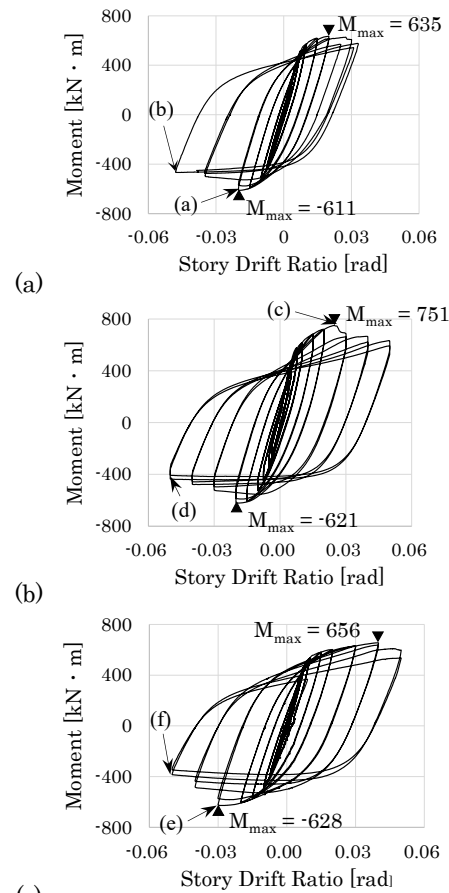


図2 曲げモーメント-層変形角関係：  
(a) 試験体2、(b) 試験体3、(c) 試験体4

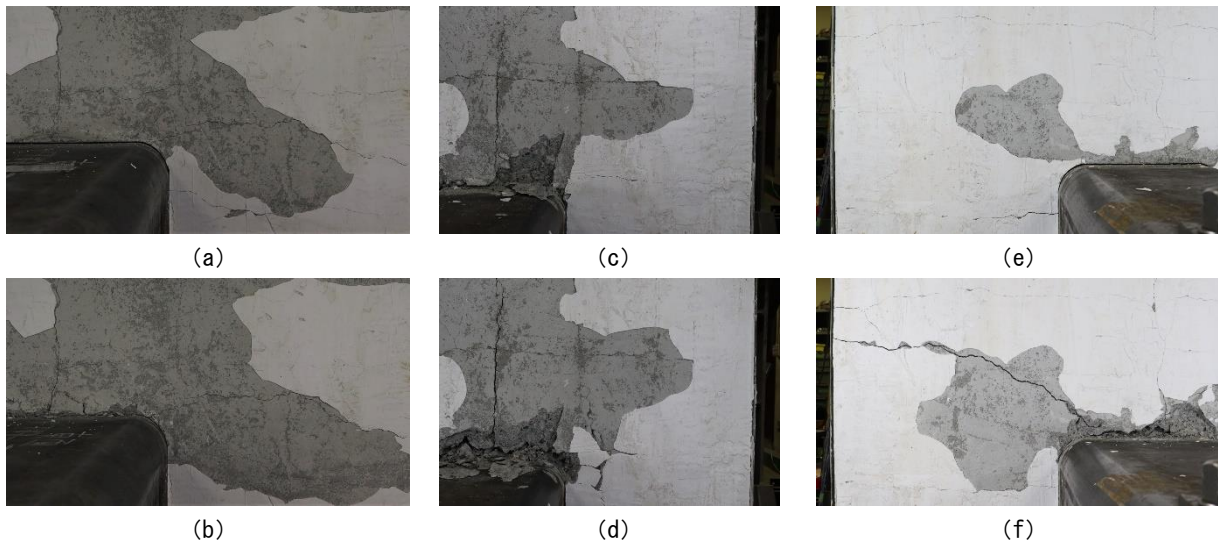


図3 柱周辺における合成スラブ表面の損傷状況：

- (a) 試験体2 (0.02 rad 負曲げ1回目)、(b) 試験体2 (0.04 rad 負曲げ2回目)  
 (c) 試験体3 (0.03 rad 負曲げ2回目)、(d) 試験体3 (0.05 rad 負曲げ2回目)  
 (e) 試験体4 (0.03 rad 負曲げ1回目)、(f) 試験体4 (0.05 rad 負曲げ2回目)

は0.02 radから耐力が劣化し始めた。振幅0.00375 radの負曲げ1回目で合成スラブのひび割れが発生し、0.015 radの正曲げ2回目で柱周辺のスラブが圧壊した。0.03 radの正曲げ1回目で、柱周辺のコンクリートの圧壊が進展し耐力が50kN・m程度低下した。試験体4(図2(c))は、正曲げ側は0.05 radから、負曲げ側は0.03 radから耐力が劣化し始めた。振幅0.0075 radの負曲げ1回目で合成スラブのひび割れが発生し、0.03 radの正曲げ1回目で柱上のスラブが圧壊した。0.04 radの正曲げ2回目で下フランジに亀裂が生じ、耐力は劣化した。

図3に合成スラブの損傷状況を示す。試験体2では、合成スラブが梁と離間し、振幅0.02 radにおける合成スラブの損傷状況は、0.04 radと大きな差異は見られなかった。試験体3では、0.02 radで柱周辺のコンクリートが圧壊し、0.04 radで圧壊が進展していた。試験体4では、最大耐力以前の0.02 radでは0.40mm程度の小さいひび割れしか確認されず、0.03 rad以降耐力の劣化に伴い、コンクリートの圧壊やひび割れ幅の増大が確認された。

図4に各試験体の最大ひび割れ幅および負曲げ側の最大モーメントと、層変形角との関係を示す。いずれの試験体においても、最大ひび割れ幅を示したひび割れは、柱周辺から発生した。試験体2の方が、試験体4よりも合成スラブの損傷が大きく、耐力もより劣化した。正曲げ側の合成梁の耐力は、柱周辺のコンクリートの圧壊により決した。負曲げ側における耐力の劣化状況を見ると、梁下フランジの局部座屈が生じる前の0.02 radでは、最大ひび割れ幅はどの試験体でも0.80 mm程の値で、最大モーメントもほぼ同程度の値を示した。局部座屈が生じた後、最大ひび割れ幅は徐々に増大した。本論文の検討範囲では、概ね最大ひび割れ幅0.80 mm以上のひび割れがスラブ表面に生じると、梁下フランジの局部座屈が生じるものと考えられる。

#### 4. まとめ

デッキプレート合成スラブの損傷に着目した合成梁の繰返し載荷実験を実施した。以下にまとめを示す。

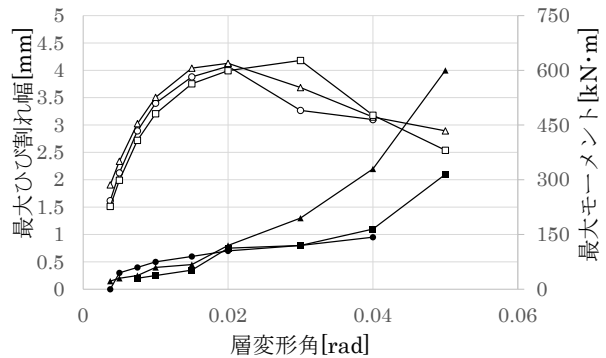


図4 最大ひび割れ幅と最大モーメントの関係

- 1) デッキプレート付合成スラブの溝方向を梁と直交に配置すると、不完全合成梁よりも完全合成梁の方がスラブに大きな損傷が見られ、耐力劣化も顕著であった。
- 2) コンクリートのひび割れ幅に着目すると、最大ひび割れ幅が0.80 mm程の値になった時に梁下フランジの局部座屈が起こり、この値を超えることで耐力劣化につながる。
- 3) 正曲げ側では柱周辺におけるコンクリートの圧壊が、負曲げ側ではコンクリートひび割れ幅が、合成梁の耐力劣化を判定する目安になることを確認した。

#### 参考文献

- 1) Masayoshi Nakashimaほか：Full-Scale Test of Composite Frame under Large Loading, J. of Struct. Eng. ASCE, Vol. 133, No.2, pp.297-304, 2007.2
- 2) 高橋賢作、高橋典之：鉄筋コンクリート部材の深層学習を用いた地震損傷検出における最適撮影環境に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造III、pp.529-530、2020.9
- 3) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・解説、2010.11