鋼コンクリート合成床版底鋼板継手部の力学的挙動に関する解析的検討

大阪市立大学　学生会員　○岡本　真樹
大阪市立大学　正会員　山口　隆司
（株）川田工業　正会員　奥原　大貴
（株）川田工業　正会員　吉田　賢二

1．研究背景および目的

鋼コンクリート合成床版（以下，合成床版）は，施工性・耐疲労性等に優れた床版形式である．合成床版の底鋼板の一般部には頭付きスタッドが密に配置されており，合成効果を確保している（**図-1** 参照）．一方、底鋼板継手部には高力ボルト摩擦接合が用いられているが，接合後に床版下面からの現場塗装を行うため，足場や高所作業車が必要となる等の課題がある．

そこで筆者らは，床版上面のみで現場作業を可能にするスタッドボルトによる摩擦接合継手を提案している．文献(1)では，梁形状の供試体による曲げおよび曲げせん断載荷実験を行い，継手部の力学的挙動について検討した．本研究では，載荷実験の再現解析を行い，より詳細な力学的挙動やひび割れ状況について把握するとともに，一般部をモデル化した解析を行い，継手部との挙動の違いを検討した．

2．解析概要

図-2 に解析モデルを示す．継手部を SB，一般部を Ge. と称す．解析ソフトには DIANA10.4 を用い，解析モデルについて，曲げ載荷は 1/4 モデル，せん断載荷は 1/2 モデルとし，支持条件・境界条件は**図-2** に示すとおりとした．なお，継手部の底鋼板間の遊間はメッシュ分割の都合上省き，1/2 モデルでは節点を非共有とした．荷重は，実験で用いた載荷治具の一部を模擬し，その上面に強制変位を与えた．また，底鋼板-添接板間および鋼材-コンクリート間に界面要素を設け，すべり荷重に相当するせん断力が作用したときに変位が生じるよう継手部をモデル化するとともに，付着すべりおよび接触・離れもモデル化した．解析に用いた材料特性と要素特性を**表-1** に示す．なお，鋼材はいずれも完全弾塑性とした．コンクリートの構成則を**図-3** に示す．材料強度は，実験時の材料試験の値とし，引張挙動は鉄筋を考慮した軟化特性，圧縮挙動はコンクリート標準示方書に準拠した．コンクリートのひび割れモデルには分散モデルである回転ひび割れモデルを用いた．

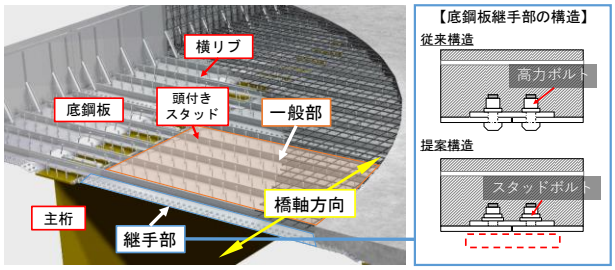
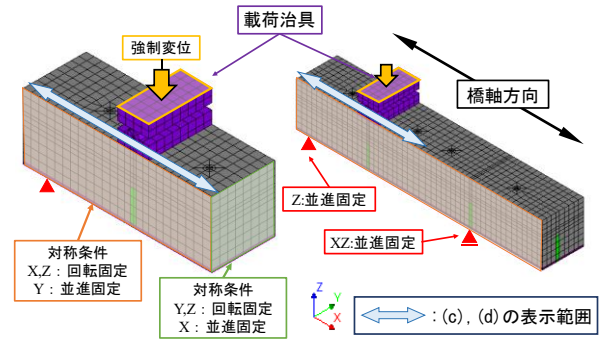
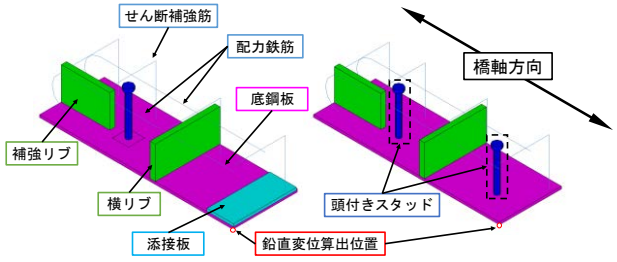


図-1　鋼コンクリート合成床版概要図



(a) 曲げ載荷（1/4）　(b) せん断載荷（1/2）

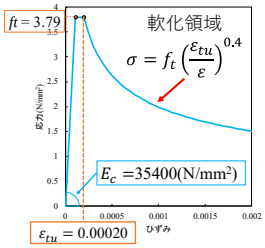


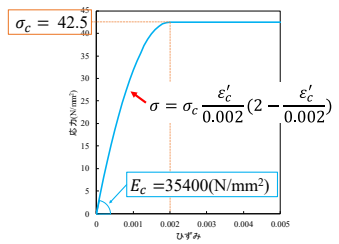
(c) 継手部モデル（SB）　(d) 一般部モデル（Ge.）

図-2　解析モデル鳥瞰図

表-1　材料特性と使用要素

部材	ヤング係数 (N/mm²)	降伏点 (N/mm²)	ポアソン比	使用要素
コンクリート	35400	-	0.21	20節点6面体要素
底鋼板（SM400A）	200000	318.0	0.29	
頭付きスタッド（SS400）		388.3	0.32	
添接板（SS400）		301.0	0.30	
リブ（SM400A）		295.0	0.30	
鉄筋（SD345,φ16）		404.0	0.26	埋め込み鉄筋要素





引張側　　圧縮側

図-3　コンクリートの構成則

キーワード　合成床版，底鋼板継手，頭付きスタッド，ひび割れ解析
連絡先　〒558-8585　大阪市住吉区杉本 3-3-138　工学部 C309　TEL&FAX06-6605-2765

© Japan Society of Civil Engineers

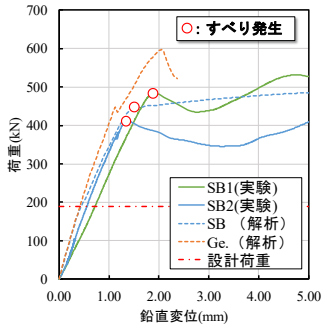
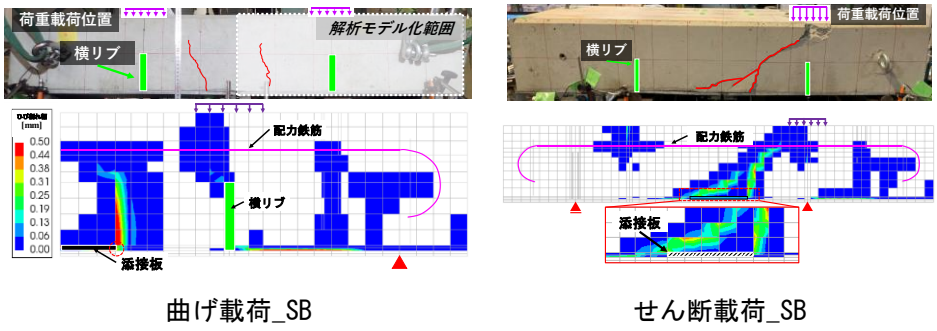


図-4　荷重-たわみ関係（曲げ）



曲げ載荷_SB　　せん断載荷_SB

図-5　継手部モデルひび割れコンター

3．解析結果

曲げ載荷時の継手部および一般部の荷重-鉛直変位関係を**図-4** に示す．鉛直変位は底鋼板の支間中央側の縁端（**図-2**(c)(d)中の赤丸）から算出した．なお，図中には文献(1)における載荷実験結果も記載している．これより，継手部はすべりが生じるまでは，一般部と同程度の剛性を有していることがわかる．また，解析結果は実験のすべりまでの挙動を概ね再現している．

継手部のひび割れコンターを**図-5** に示す．曲げ載荷では，添接板縁端付近から上方に向かって，曲げひび割れが発生していることが分かる．一方，せん断載荷では，添接板縁端付近から載荷点に向かってせん断ひび割れの発生が確認できる．また，これらのひび割れは実験結果と概ね一致している．

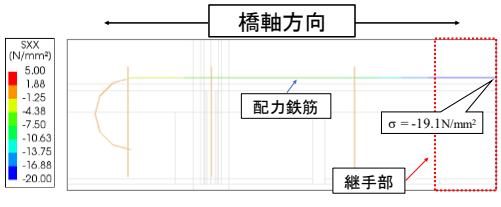
曲げ載荷時の継手部の設計荷重時とすべり発生後の配力鉄筋の軸方向応力コンターを**図-6** に示す．すべり発生後，圧縮側に配置した鉄筋に引張力が生じている．これはすべりに伴い，継手部の鋼板との合成効果が小さくなりひび割れが進行したためと考えられる．

載荷荷重 400kN によるせん断載荷時の底鋼板の直応力コンターを**図-7** に示す．これより，継手部では，添接板縁端の応力が集中しており，ひび割れ性状と合致する．一方，一般部では荷重載荷側の頭付きスタッド付近の底鋼板全体で荷重を分担している．

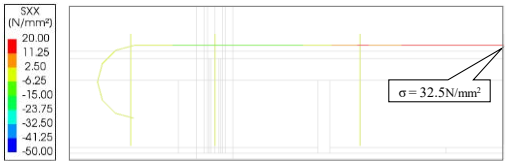
せん断載荷時の 100kN 時とすべり発生時(445kN)の底鋼板下面の鉛直方向の変形性状を**図-8** に示す．これより，100kN 時には継手部も一般部と同様の変形性状だが，すべり後は継手中心でのたわみが大きい．これはすべりに伴う底鋼板の開きによるものと考えられる．

4．まとめ

(1) 底鋼板継手部では，すべり発生後，圧縮側に配置された鉄筋が引張力を，コンクリートが圧縮力を負担する耐荷機構となる．

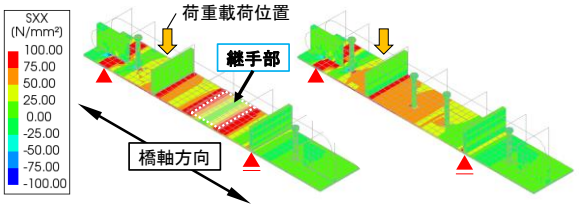


設計荷重時（189.2kN 超過時）_SB



すべり発生後（460kN 時）_SB

図-6　配力鉄筋の軸方向応力コンター（曲げ）



(a) SB　　(b) Ge.

図-7　底鋼板の直応力コンター（せん断）

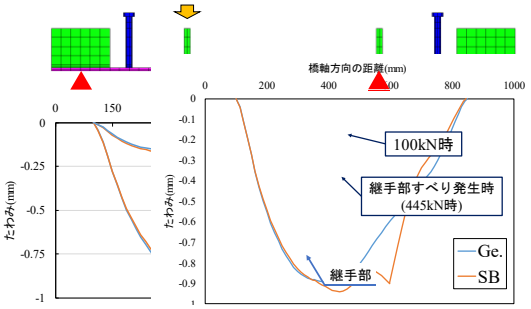


図-8　底鋼板の変形性状（せん断）

(2) 底鋼板継手部は，すべりが生じるまで一般部と同様の剛性を有すると考えられる

(3) せん断力の影響が大きい場合，継手部でのたわみが大きくなるため，ずれ止め等が必要となる．

参考文献

(1) 岡本真樹，奥原大貴，山口隆司，吉田賢二：鋼コンクリート合成床版に適用する底鋼板継手部の構造提案に向けた実験的検討，構造工学論文，Vol.67A，pp.722-732，2021.

© Japan Society of Civil Engineers