合成床版合成桁のひび割れ性状に関する実験

長岡技術科学大学　学生員○工藤晃也　同左　学生員　奥山雄介　同左　正会員　長井正嗣
横河住金ブリッジ　正会員　上條崇* 同左　正会員　利根川太郎　同左　正会員　湯川雅之

１．目 的

RC 床版や PC 床版を有する合成桁において，中間支点付近の床版コンクリートのひび割れ幅制御設計ではひび割れ幅を正確に計算するために，テンションスティフニング効果とひび割れ状態（初期ひび割れ状態／安定ひび割れ状態）を考慮する必要があるとされている [1),2)]．一方，合成床版を有する合成桁のひび割れ幅制御 [3),4)]に関しては，ひび割れ状態に着目した研究はほとんど見当たらない．そこで，合成床版のひび割れ幅制御において，ひび割れ状態の影響を考慮する必要性の有無に着目し，合成桁の負曲げ実験を実施した．本研究が対象とする合成床版（TRC 床版）は，底鋼板に工場溶接でトラス鉄筋を床版支間方向に取り付けた鋼製パネルにコンクリートを現場打設する合成床版である．TRC 床版の概要を**図１**に示す．

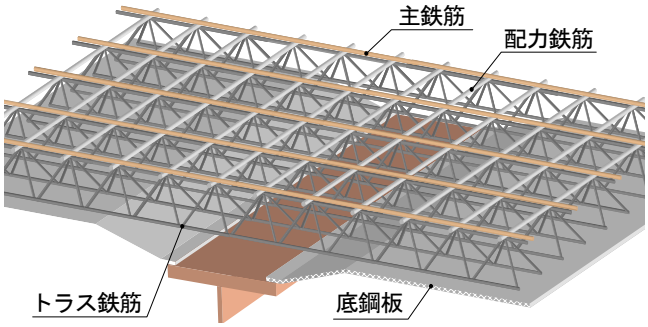

図１　TRC 床版

２．実験概要

(1) 供試体および実験方法　鋼桁は桁高 700mm の H 形鋼とし合成床版の厚さは 128.5mm（コンクリート厚 124mm，底鋼板厚 4.5mm）とした．別途実施した試設計に基づき，主桁作用によって床版の配力鉄筋に生じる引張応力度がσ_r=90N/mm^2 となる荷重を供試体の設計荷重とし，この荷重に対して鋼桁のスタッドならびに合成床版底鋼板のボルト継手(一面摩擦接合)を許容応力度設計法により設計した．底鋼板を連結したので床版配力鉄筋は上段のみ配置した．道路橋示方書 II では中間支点付近のスタッドを設計する際に，原則として床版コンクリート断面を有効として計算するが，実際にはコンクリートがひび割れるとスタッドの作用せん断力は低下すると考えられるので，供試体のスタッド本数を次に示す２通りの方法で求め，それぞれ１体ずつ実験した．実験ケースを**表１**に，供試体形状を**図２**に示す．

CASE1：　設計荷重に対してコンクリート断面を有効として求めたスタッド本数を配置．

CASE2：　設計荷重に対してテンションスティフニング効果を見込んだ床版軸力を算出し，この床版軸力を床版から鋼桁へ伝達するのに必要なスタッド本数を配置．

(2) 材料強度　本実験では膨張材の影響でひび割れ幅を過小評価しないようにすることと，膨張材の効果を正確に評価するのが困難と考えコンクリートには膨張材を添加しなかった．材料強度をまとめて**表２**に示す．

３．実験結果

(1) 荷重－変位関係　載荷点の荷重－変位関係を**図３**に示す．同図には，弾性はりモデルによる状態 I（コンクリート＋鉄筋＋底鋼板＋鋼桁）と状態 II（鉄筋＋底鋼板＋鋼桁）の計算結果ならびに，コンクリートのテンションスティフニング特性と鋼材の材料非線形性を考慮した立体 FEA（コンクリート；ソリッド要素，鋼板；シェル要素）で求めた荷重－変位関係の結果も併せて示している．弾性はりモデルと FEA のいずれも，

表１　実験ケース

	スタッド総本数	鉄筋比※
CASE1	62	1.25%
CASE2	36	

※ 底鋼板断面積は無視して算出

表２　材料強度　(N/mm^2)

	ｺﾝｸﾘｰﾄ圧縮強度	H 形鋼降伏点	底鋼板降伏点	鉄筋降伏点
CASE1	35.8	406 (SM490)	300 (SS400)	378 (SD345)
CASE2	29.6			

キーワード：*合成床版，連続合成桁，ひび割れ幅制御*
* 連絡先　〒550-0004 大阪市西区靭本町 1-4-12 (株)横河住金ブリッジ 設計部，TEL:06-7637-1013

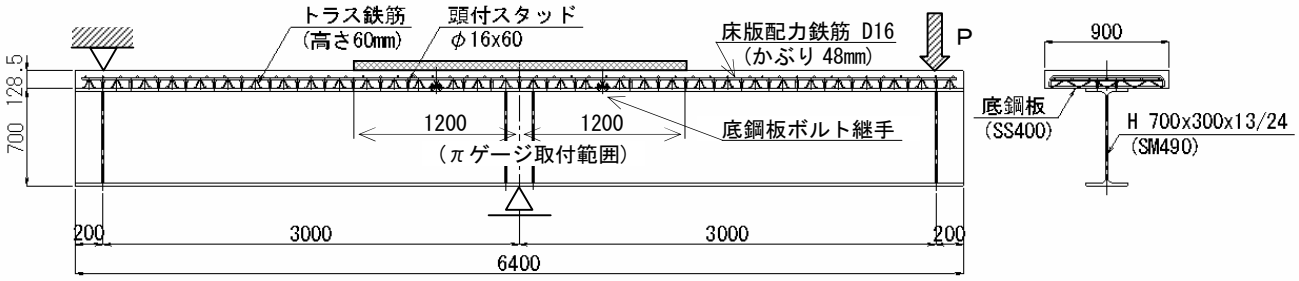

図 2　供試体形状

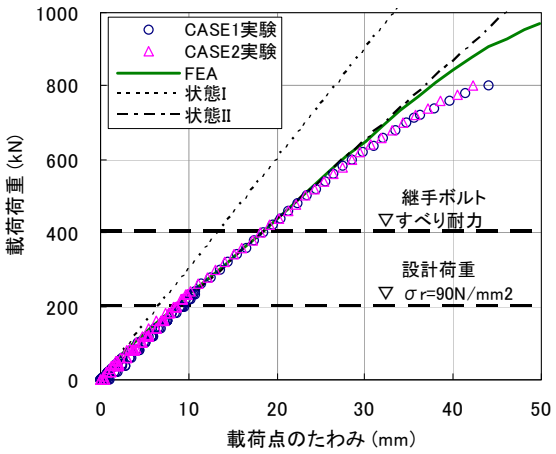

図 3　荷重－変位関係

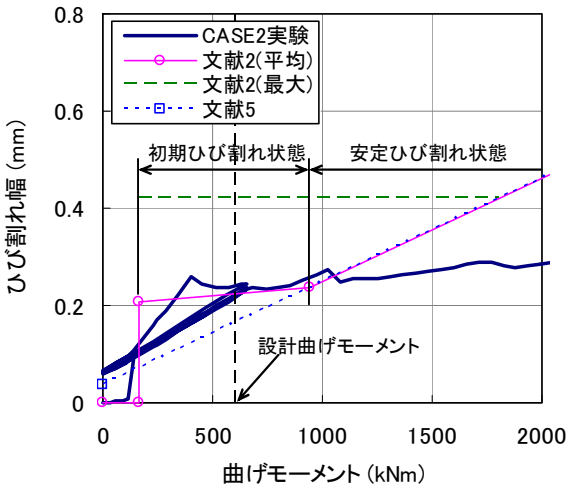

図 4　ひび割れ幅(CASE2)

鋼桁－床版ならびにコンクリート－底鋼板は完全合成（ずれを生じない）とした．FEA では底鋼板の継手はモデル化していない．同図から明らかなように，CASE1 と CASE2 の結果はほぼ一致しておりスタッド本数の影響は認められない．また，荷重が 400kN 程度以下の範囲では，実験と FEA は一致しており底鋼板は合成桁断面の一部として応力分担していることが確認できる．400kN を超えると実験結果は FEA より剛性が低下した．これは，継手のすべりによって底鋼板が負担する応力が減少したことや，ひび割れの進展に伴ってコンクリートと底鋼板の合成度が低下したことなどが理由と推察される．

(2) ひび割れ幅　CASE2 実験で最初に発生したひび割れについて，ひび割れ幅の推移を図 4 に示す．このひび割れは中間支点から 150mm 離れた断面に生じたものである．同図には，初期ひび割れ状態を考慮する方法 [2]と，これを考慮しない方法 [5]による計算結果も併せて示した．文献 2 の方法では，初期ひび割れ時のひび割れ幅は鉄筋比が小さい程大きくなる．文献 2 の計算結果は，鉄筋比に底鋼板を含めずに算出したものであるが，最大ひび割れ幅が実験結果よりもかなり大きく計算されていることから，合成床版では底鋼板がひび割れ幅を抑制する効果があるものと考えられる．文献 5 の方法は曲げモーメントが 1000kNm 以下の範囲でひび割れ幅を過小評価しており，合成床版においても初期ひび割れ状態の考慮が必要と考えられる．

4．まとめ

(1) 合成床版の底鋼板を継手で連続させる場合，底鋼板は桁作用の抵抗断面に算入可能である．

(2) 中間支点付近のスタッド本数を道路橋示方書 II より削減しても合成桁の剛性に影響はみられなかった．

(3) 合成床版合成桁のひび割れ幅を正確に算出するためには，初期ひび割れ状態を考慮する必要がある．

(4) 底鋼板がひび割れ幅を抑制する効果が認められた．

【参考文献】1) 土木学会：鋼・合成構造標準示方書［設計編］, 2007　2) 長井ら：連続合成桁の初期ひび割れ状態を考慮したひび割れ幅，鉄筋応力算定法の一提案，土木学会論文集, No.759/I-67, pp.283-292, 2004　3) 村山ら：合成床版有する合成桁の中間支点部負曲げ実験，土木学会第 56 回年次学術講演会, CS7-043, pp.466-467, 2001　4) 水越ら：合成床版を有する連続合成桁の中間支点部に関する実験，構造工学論文集 Vol.55A, pp.1442-1455, 2009　5) 高速道路技術センター：PC 床版連続合成 2 主桁橋の設計・施工マニュアル, 2002