(32) 突起付き平鋼を用いたあき重ね継手を有す るはり部材の曲げ挙動

玉野 慶吾1・平 陽兵2・森田 大介3・大家 史4・十川 貴行5

¹正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 土木構造グループ (〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1) E-mail:tamano@kajima.com

²正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 土木構造グループ (〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1) E-mail:ytaira@kajima.com

> ³正会員 鹿島建設株式会社 東京土木支店 (〒107-8477東京都港区元赤坂1-3-8) E-mail:moritad@kajima.com

> ⁴正会員 鹿島建設株式会社 土木設計本部 (〒107-8477東京都港区元赤坂1-3-8) E-mail:oyaf@kajima.com

⁵正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 土木構造グループ (〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1) E-mail:sogawat@kajima.com

RC構造の鉄筋を平鋼に置き換えたSC構造を対象に,鉄筋のあき重ね継手を参考にした平鋼同士の継手 を検討した.平鋼には,コンクリートに応力を伝達するための突起を表面に配置し,さらに平鋼の先端に 支圧板を配置することで継手長を短縮する構造とした.この突起付き平鋼のあき重ね継手を有するはり部 材の曲げ実験を行い,本継手の構造成立性と継手による応力の伝達,および継手近傍における補強鋼材の 効果について着目した.実験では,継手引張部において母材の降伏耐力以上の継手耐力を有すること,お よび継手に対する配力鋼材の補強効果を確認した.さらに,突起付き平鋼の付着特性をマクロモデルとし て採用した3次元非線形有限要素解析を実施し,突起付き平鋼の挙動やひび割れ性状を精度よく再現でき ることを確認した.

Key Words : non-contact lap splices, embossed steel plate, bond characteristic, SC structure

1. はじめに

土木構造物の大型化や要求される耐震性の向上に伴い, 鉄筋量が増え,鉄筋の組立てが困難,あるいは組立てが 複雑な構造物が増えている.これに対し,鉄筋を鋼材に 置き換えたSC構造は,鉄筋の断面を集約できることか ら,鋼材間隔が広がり施工性の向上が期待できる.さら に施工性を向上させる方法として,鉄筋の先組み工法の ように鋼材をユニット化して工場製作し,これを現地で 組み立てる方法が考えられる.この場合,分割して設置 されたユニット間で応力が伝達できるように,鋼材には 継手を設ける必要がある.鋼材の継手方法としては,溶 接継手や高力ボルトによる摩擦接合継手がある.これら は,作業性,品質が現場条件に大きく影響されることや, 接合する鋼材の設置において高い精度が求められるなど の課題がある.

そこで、筆者らはRC構造の鉄筋を平鋼に置き換えた SC構造を対象に、図-1に示すように、鉄筋の重ね継手と 同様にコンクリートを介した鋼材継手の検討を行ってい る¹⁾. 平鋼表面には、鉄筋の節の様に平鋼とコンクリー ト間の応力伝達を行うために突起を設けている. さらに、 先端には支圧板による応力伝達機構を追加することで、



図-1 突起付き平鋼を用いた継手構造



継手長を短縮する構造としている.これまでに、この継 手を引張鋼材に配置したはり部材の曲げ実験を行い、平 鋼が降伏し最大耐力に至るまで引張力を継手で連続的に 伝達できることを確認している¹⁾.しかし、継手近傍に 配置される補強鋼材の挙動や、継手を圧縮鋼材にも配置 した場合の構造特性について検証できていなかった.

本論文では、この突起付き平鋼を用いたあき重ね継手 を引張鋼材および圧縮鋼材に配置したはり部材の曲げ実 験を行い、本継手の構造成立性を確認したほか、継手に よる応力の伝達および継手近傍の補強鋼材の効果につい て検討した.さらに、3次元非線形有限要素解析を行い、 本構造に対する解析的手法による再現性、および継手近 傍の力の伝達に伴う応力状態を明らかにした.

2. 継手構造の概要

本章では、突起付き平鋼の詳細およびあき重ね継手に 関する既往の知見とその耐力の考え方を示す.

(1) 突起付き平鋼の形状および付着特性

図-2に、付着作用を確保するために製作した突起付き 平鋼の例を示す.突起付き平鋼の平鋼部は、突起を設け る前に片面を溝加工(以下,溝加工面)し、もう一方の 面は加工してない(以下,平鋼面).突起は両面に配置 することとし、突起の高さと間隔に着目した既往の研究³) を参考に、各面に配置される突起長さと突起数の積が同 程度になるように配置した.ここでは、突起は溝加工面 に対して溝幅の86mmに突起間隔50mmで配置し、平鋼面 に対して全幅の160mmに突起間隔100mmで配置し、突起 高さはいずれも3mmとした.

図-2の形状による突起付き平鋼の付着特性は引抜き実験によって確認しており¹⁾, コンクリートの圧縮強度が 57.2N/mm²に対して, 平鋼が規格降伏応力度に達する段階での平均付着応力度は8.2N/mm²であった.

(2) あき重ね継手に関する既往の知見と耐力算定式

鉄筋におけるあき重ね継手に関する基準は、鉄筋コン クリート構造配筋指針・同解説³⁰や道路橋示方書IV編⁴⁰に 示されている.前者は、重ね継手の相互の鉄筋を密着さ せるのが原則であるが、あき重ね継手も同等に有効であ り、スラブ筋・壁筋などで、隣接するパネルあるいは階 により鉄筋の間隔が変わる部材などには用いてよいと記 載されている.後者は、地中連続壁のエレメント間の継 手において、鉄筋同士の間隔を100mm以下とするのがよ いと記載されており、先組み鉄筋同士はあき重ね継手で の接合となっている.ただし、いずれも鉄筋端部に定着 体を有するものではない.

継手耐力に支圧力の効果を期待する構造としては、プレキャスト床版の継手^{5, 0}があるが、継手の設計において、支圧力の効果は直接評価されていない.

鉄筋を対象とした付着力と支圧力による効果を直接評価している事例として、中澤[¬]は機械式定着を用いた鉄筋とコンクリートの間の応力伝達機構に注目している. 外部柱梁接合部に梁主筋を機械式定着した場合を想定し、梁主筋の軸部付着作用と端部支圧作用からなる定着機構モデルを構築しているが、継手への適用を想定した整理はされていない. Ledesma[®]は、定着体を有する鉄筋を対象としたあき重ね継手の耐力式として式(1)を提案している.式(1)は定着体による支圧力と付着力の和で構成され、支圧力は図-3に示す側方割裂破壊を想定して算出され、付着力は鉄筋の基本定着長算定式[®]から逆算されている.

$$P_d = \frac{A_{bo}}{A_{bon}} 0.017 C_1 \sqrt{A_n f_c'} + 0.062 L_s \sqrt{f_c'} \quad (1)$$

ただし、 P_d :継手耐力(kN)、 A_{bo} :交差定着部の有効破 壊面積(= $(3C_1 + L_s/2) \times S_{bar}$)(mm²)、 C_1 :鉄筋の芯 かぶり(mm)、 S_{bar} :鉄筋間隔(mm)、 A_{bon} :側方割裂破 壊面積(= $6C_1 \times 6C_1$)(mm²)、 A_n :定着体の有効支圧 面積(=定着体の外径面積-鉄筋公称断面積)(mm²)、 f'_c :コンクリートの圧縮強度(N/mm²)、 L_s :継手長(mm)



である.

本研究では、鉄筋の継手を対象とした式(1)を参考に、 突起付き平鋼の継手耐力を評価した.支圧力に対する項 は、平鋼に取り付けた支圧板に対しても同様に算出でき ると考えた.付着力に関する項は、突起付き平鋼の付着 強度と継手区間長を付着面積とした積による値を用いる こととした.付着強度は、前述の付着強度8.2N/mm²に対 して材料係数1.3を考慮し、6.4N/mm²とした.

3. はり部材を対象とした曲げ実験

(1) 実験概要

あき重ね継手を等曲げ区間に配置したはり部材の曲 げ実験を実施した.図-4に試験体形状を示す.試験体は 写真-1に示す,鋼材の格点部を溶接で接合することでユ ニット化された鋼材を3体製作し,それぞれを図-5のよ うに軸方向からスライドして差し込むことで試験体の鋼 材部を構成した.その後,コンクリートを打ち込みSC 構造とした.継手の性能には支圧耐力に関わる側方割裂 破壊面積や側方向の拘束力が影響するため,幅方向の中 央に配置される2本の主鋼材が隣接する主鋼材やコンク リートによって拘束されるように、一般部(図-4, A-A 断面)では主鋼材を4本配置した.主鋼材の形状は図-2 に示す諸元の1/2縮尺で製作し、部材全長に渡り突起を 配置した.せん断補強鋼材と配力鋼材は突起を配置して いない平鋼とした.主鋼材の間隔は200mmとしたことか ら、継手区間の相対する平鋼の間隔は100mmである.一 般部の断面における引張鋼材比は0.48%である.継手長 は、式(1)を参考に継手耐力が主鋼材の降伏荷重以上と なる長さである250mmに設定した.

実験時のコンクリートの圧縮強度は60.3 N/mm², ヤン グ係数は31.1 kN/mm²であった. 平鋼の材料試験結果は降 伏強度が371 N/mm², ヤング係数が205 kN/mm²であった.

(2) 載荷方法と計測項目

写真-2に載荷装置を示す.載荷は4点曲げの単調載荷で,載荷点と支点にはテフロン支承を設置することで,同箇所の回転変形および水平移動を許容した.

載荷ステップは、平鋼断面の図心位置に等価な断面 積の鉄筋があると仮定した断面計算に基づき、一般部の 断面で平鋼が235 N/mm² (SM490Y材の許容応力度)にな る荷重 (P_a =586kN) で3回繰り返したのち、一方向に漸 増載荷した.そして、同様に平鋼が355 N/mm² (SM490Y 材の規格降伏応力度)になる荷重 (P_y =923kN),設計 曲げ耐力 (P_u =1,030kN),および終局状態の各荷重での 状態を確認した.

計測は、載荷荷重をロードセルで、変形を変位計で行った.また、主鋼材、せん断補強鋼材、および配力鋼材にはひずみゲージを図-4に示す位置に貼付してひずみを 計測した.荷重は、無荷重時を初期値(0kN)としているが、無荷重時には試験体の自重やあらかじめ設置される載荷梁の重量(15kN)が作用する.そのため、これらによって試験体に生じている曲げモーメントと等価な荷重(122kN)を初期状態の荷重とした.

(3) 実験結果

a) 全体挙動

図-6に荷重-変位関係を示す. 図中の計算結果はファ イバーモデルによる結果であり、平鋼は等価な断面積の 鉄筋と考えてRC部材と同様に計算した、ファイバー要 素はコンクリートと鉄筋に分け、コンクリートは100分 割,平鋼は20分割して平鋼の高さ80mmの区間に分散配 置した. コンクリートの応力--ひずみ関係は道路橋示方 書¹⁰に示されるモデルを用い,鉄筋の応力-ひずみ関係 はバイリニアモデルで降伏後の2次勾配は初期剛性の 1/100とした. 試験体は、521kNで曲げひび割れが発生し、 1,000kN程度から引張鋼材が降伏したことで剛性が大き く変化し、1,231kNで最大荷重を示した.変位80mm以降 から荷重が徐々に低下したことから加力を終了した. 繰 返しについて、Pa(繰返し1回目)のピーク変位に対す る2回目, 3回目の荷重低下率は9%, 14%であった. 繰返 しを実施したPa近傍の荷重では曲げひび割れが発生して おり、その影響で変位が進展し、ピーク変位に対する荷 重低下が若干大きくなったものと考えらえる. 実験終了 時、圧縮縁コンクリートは明確な圧壊が確認されなかっ たが、荷重低下点近傍における圧縮縁コンクリートのひ ずみは、材料試験で得られたコンクリートが圧縮破壊す るひずみと概ね等しいことから、破壊モードは曲げ圧縮 破壊であると判断した.

ファイバー解析による計算結果は、ひび割れ発生荷 重やその後の剛性、引張鋼材が降伏する荷重と変位、お よびその後の挙動を概ね捉えることができている.

図-7に、剛性が変化した後の変位20mmにおけるひび 割れ状況を示す.図中には、ひび割れを赤線で、平鋼と 支圧板の配置位置を点線で示している.ひび割れは一般 部と継手部に概ね等間隔で発生し、ひび割れの平均間隔 は327mmであった.曲げひび割れ幅算定式¹¹⁾を用いて平 鋼断面の図心位置に等価な断面積の異形鉄筋があると仮 定して算出したひび割れ間隔は323mmで実験結果と同程 度であった.これより、平鋼の表面に配置した突起によ



写真-2 載荷装置







り,異形鉄筋と同等の良好なひび割れ分散性を付与できていると推察される.

以上より、あき重ね継手を有するはり部材は、RC部 材と同様の破壊形態であり、試験体の挙動をRC部材と した計算で精度よく再現できることを確認した.

b) 継手における応力の伝達

図-8に等曲げ区間における図中の実線で示す引張鋼材の応力度分布を示す.鋼材応力度は、計測されたひずみを鋼材が降伏応力度までは線形でそれ以降は降伏応力度で一定値となるように換算した.破線がPa(繰返し1回

目)時点,実線が変位20mm時点である. P_a 時点におい て,分布の傾きは付着応力に相当するが,一般部に作用 する引張応力が継手区間で減少し,継手部に作用する引 張応力が徐々に大きくなる挙動が分かる. さらに,設計 曲げ耐力 (P_u)より大きな曲げ耐力が作用している変 位20mm時点では,支圧板近傍において引張応力が増加 している.これは支圧板による定着力に相当するもので あり,継手部において支圧力と付着力が協働して平鋼が 定着されていることを示していると考えられる.また, P_a 時点と同様に継手区間を介した応力の伝達も確認され ていることから,平鋼が降伏に至った以降も,引張応力 は継手によって連続的に伝達されていたと考えられる.

図-9に圧縮鋼材の荷重-ひずみ関係のうち, Pyまでの 範囲を示す.ひずみは一般部と継手部における図中の位 置A~Fまでの6点である.一般部や継手部,および重ね 継手となる箇所を問わず,いずれの位置でもひずみは比 例して増加し,その傾向に違いは見られなかった.圧縮 領域においては,平鋼が負担する圧縮応力は小さく,付 着を有する突起付き平鋼はいずれの位置でも定着されて いた.つまり,継手を配置した場合でも,コンクリート と一体となって応力を連続的に負担していると考えられ る.また,最大荷重まで圧縮縁で継手を起因とする損傷 は観察されなかった.

c) 継手に対するせん断補強鋼材と配力鋼材の効果

図-10に実験終了後のコンクリート底面におけるひび 割れ状況を示す.主鋼材近傍を観察するため、容易に取 り除けた箇所のかぶりコンクリートは除去した.曲げひ び割れ以外に、支圧板を起点とするひび割れや主鋼材に 沿った付着割裂の影響と考えられるひび割れが確認され た.また、配力鋼材は主鋼材と交差する位置で面外変形 していることを目視で確認した.これは、支圧板の定着 に伴うコンクリートを押し広げる力が、配力鋼材をコン クリート表面側に押し出す方向に作用し、生じたものと 考えられる.配力鋼材として用いた平鋼は、異形鉄筋に 対して断面形状が平坦であるため曲げ剛性が小さく、そ のことも影響していると考えられる.ただし、ここで示 す実験終了時とは、部材の剛性が変化する変位の5倍程 度を載荷した後であることを補足する.

これらの機構に対する配力鋼材の効果を検討するため、図-11に、図-10に示す点A~Eにおける配力鋼材のひずみ変化を示す.ここでのひずみは、配力鋼材の同一箇所の両面で計測された値の平均値である.図には荷重一変位関係も併記しており、図中の赤色のハッチングは P_a までの範囲を示し、灰色のハッチングは P_y までの範囲を示す.まず、あき重ね継手区間外である点Aのひずみは、計測点の近傍では主鋼材に沿ったひび割れも観察されているが、変位20mmでも100 μ 程度と小さいため、配力鋼



図-10 実験終了時の底面のひび割れ状況 (写真は上面からの透視図になるように反転)

材が負担する応力は小さい.継手の破壊を起因とする耐力低下が観察されていないことからも、付着割裂ひび割れを起因とする急激な定着性能の低下には繋がってないと考えられる.一方、あき重ね継手区間に配置される点 B~Eのひずみは、いずれも変位とともに増加している. 点Dに着目すると、主鋼材が許容応力度に達する荷重



 (P_a) では200 μ 程度であるが、変位5mm程度からひず みは徐々に増加し、平鋼が降伏応力度に達する荷重 (P_y) では600 μ 生じている。その後、変位15mm程度から再び 増加し、変位20mmでは1,000 μ に達した。これは支圧板 による定着効果と関係していると考えられ、主鋼材に作 用する引張応力に応じて、支圧板からコンクリートを押 し広げる力が作用するため、配力鋼材のひずみも大きく なったと考えられる。

図-12に、せん断補強鋼材のひずみ変化を示す.ひずみは図中に示す引張側の配力鋼材から上方150mmの位置で計測し、計測点CとEのせん断補強鋼材はそれぞれ図-10に示す計測点CとEの配力鋼材の断面位置に対応する.いずれの計測点もPa時点から設計曲げ耐力以上が作用している変位20mm時点まで、ひずみは大きく変化しておらず、継手の耐荷機構に対して、せん断補強鋼材が継手部の補強に寄与する割合は小さいと考えられる.

以上のことから,支圧板を有する突起付き平鋼を用いたあき重ね継手の特徴的なひび割れと,それに対する補 強効果を有する配力鋼材が機能する際の挙動が明らかになった.一方,せん断補強鋼材は,継手に対する補強効 果の寄与が小さかった.

4. 継手性能に関する解析的検討

本章では、3次元非線形有限要素解析を行いて、あき 重ね継手を有する部材の再現解析を行い、継手における 応力の伝達を確認した.

(1) 解析概要

図-13に解析モデルを示す.解析には汎用非線形有限 要素解析ソフトDIANA(ver.10.4)を用いた. コンクリート, 主鋼材,および支圧板はソリッド要素で、せん断補強鋼 材と配力鋼材は埋込み鉄筋要素でモデル化した.継手を 含む等曲げ区間周辺における応力状態およびひび割れ性 状を詳細に検討するため、継手部は要素サイズが部材軸 方向に50mmとなるように分割し、主鋼材は高さ方向に2 分割となる40mmで分割した. 主鋼材,支圧板とコンク リートの境界面には界面要素を適用し,付着特性を設定 できるようにした.なお、モデルは計算負荷を低減する ため幅方向中央を対称条件として作成したが、結果出力 では対称面で複製して描写した.

コンクリートの材料特性は全ひずみひび割れモデルを 設定し、コンクリート標準示方書¹¹⁾を参考に、圧縮側は 軟化挙動を考慮できるモデル、引張側は引張軟化特性を

考慮したモデルとした. また, せん断挙動には回転ひび 割れモデルを採用した.鋼材にはソリッド要素,埋込み 鉄筋要素ともに弾塑性モデルを設定し、降伏条件をVon-Mises, ひずみ硬化係数を1/100とした. 界面要素につい ては支圧板とコンクリート間は機械的なかみ合いのみを 考慮するモデルとして、圧縮のみを伝達し、引張とせん 断には抵抗しないようにした. 平鋼表面の突起による付 着特性は、付着応力ーすべり関係によるマクロモデルで 表現した. この特性は文献1)で実施した突起付き平鋼の 付着特性に関する実験を用いて、同様の解析モデルで再 現解析を実施し、付着特性のマクロモデルについて検討 を行った.検討では、せん断剛性に第一勾配として付着 応力ーすべり関係を表す剛性を与え、第二勾配として突 起の機械的かみ合い力-変位関係を表す剛性を与えた. その結果、実験結果と解析結果は良く一致したことから、 同パラメータを本解析の突起付き平鋼の付着特性のマク ロモデルとして適用した.

(2) 解析結果

a) 全体挙動

図-14に荷重-変位関係を示す.解析は実験のひび割 れ発生荷重,ひび割れ後の剛性,および主鋼材が降伏し て荷重-変位関係の剛性が変化する点(変位16mm程度) を精度よく評価でき,主鋼材が降伏した以降の剛性変化 も良く再現できている.

図-15に引張鋼材の応力度分布の比較を示す.結果は P_a (繰返し1回目)時点と変位20mm時点であり,図-8で 示した実験結果を破線で示す.応力度分布から,支圧板 近傍の応力度,およびひずみ分布の勾配について,いず れの載荷ステップにおいてもその傾向を概ね再現できて いることが分かる.さらに、図-16に P_a 時点のひび割れ 性状として、コンクリートの引張強度を超えるひずみが 生じている要素を示す.等曲げ区間には、6本のひび割 れが発生しており、ひび割れ進展長さとあわせて、図-7 に示す5本のひび割れと概ね対応している.先ほどの主 鋼材の応力度分布とあわせて、支圧板による定着や主鋼 材の付着特性を含む継手の挙動が概ね再現できていると 考えられる.

このことから、支圧板を有する突起付き平鋼は、支圧 板の支圧力を考慮できるようにモデル化し、突起による 付着性能をマクロモデルとして評価することで、支圧板 を有する突起付き平鋼の挙動を再現できると考えられる.

b) 継手における応力の伝達

図-17に引張鋼材位置の断面におけるコンクリートの 最小主応力分布(変位20mm時点)を示す. コンター図 は、一般部と継手部を含む等曲げ区間2,000mmの範囲を 平面で見たものである.分布図から、支圧板近傍の支圧



図-17 コンクリートの最小主応力分布 (変位20mm時点)

カの広がりを確認することができる.図中の拡大図では、 主鋼材と支圧板の位置を赤線で示しているが、支圧板と それに対をなす支圧板との間では、圧縮応力が大きくな っており、継手における応力の伝達を確認できる.一方、 A部では、対となる主鋼材が配置されていないため支圧 力がほぼ作用していないことからも、相対する平鋼があ ることで応力が伝達している挙動を確認できる.応力分 布は、図-10に示したひび割れ状況から類推される主応 力方向とも傾向が概ね一致していることからも、継手近 傍の応力状態を、本解析モデルで再現できると考えられ る.

5. おわりに

突起付き平鋼を用いたあき重ね継手を引張鋼材および 圧縮鋼材に配置したはり部材の曲げ実験を行い、継手性 能を検討した.さらに、3次元非線形有限要素解析を行 い、本構造の再現性と継手における応力の伝達を検討し た.得られた結論を以下に示す.

- あき重ね継手によって連続化した鋼材を有するSC 部材は曲げ引張破壊し、RC部材と同様の破壊形態 であった.さらに、試験体の挙動をRC部材とした 計算で精度よく再現できることを確認した.
- 支圧板を有する突起付き平鋼による継手は、引張 部では平鋼が降伏した以降も連続的に引張力が伝 達され、圧縮部では突起付き平鋼が十分な定着性 能を有するためコンクリートと一体となって力を 連続的に負担できることを確認した。
- あき重ね継手近傍の補強は、継手区間内に配置さ

れる配力鋼材の効果が高く, せん断補強鋼材の補 強効果は小さいことを確認した.

突起付き平鋼の付着特性をマクロモデルとして評価した3次元非線形有限要素解析を実施し、突起付き平鋼の挙動、およびひび割れ性状を再現できることを確認した。

参考文献

- 1) 玉野慶吾,平陽兵,森田大介,鈴木義信:突起付き平鋼を 用いたあき重ね継手に関する実験的検討,コンクリート工 学年次論文集, Vol43, No.2, 2021.
- 園田恵一郎,鬼頭宏明,中島一男,上中宏二朗:突起付き 鋼板のせん断伝達特性に関する系統的研究,土木学会論文 集,No.598, I-44, pp.183-202, 1998.
- 3) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説, 2010.
- 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 (IV 下部構造編), 2017.
- 5) 阿部 浩幸,原健悟,澤田 浩昭,中村 雅之: プレキャスト PC 床版の新しい RC 接合構造に関する研究,コンクリート 工学年次論文集, Vol.29, No.3, 2007.
- 6) 脇坂英男,福永靖雄,今村壮宏,原健悟:塩害対策地域へのプレキャスト PC 床版のエンドバンド継手の適用,第七回道路床版シンポジウム論文報告集,2012.
- 7) 中澤春生:鉄筋コンクリート梁主筋の機械式定着における 定着機構と側方割裂破壊耐力評価,清水建設研究報告,第 80号,2004.
- Antonio Lopez Ledesma: Development of Lap Splices Using Headed Reinforcement, Master Thesis, The University of Texas at Austin, 2005.
- 9) 9 American Association of State Highway and Transportation Officials: Standard Specifications for Highway Bridges, 15th edition, 1993.
- 10) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 (Ⅲ コンクリート 橋・コンクリート部材編), 2017.
- 11) 土木学会:コンクリート標準示方書[設計編], 2017.

(Received September 10, 2021)

FLEXURAL CAPACITY OF BEAM MEMBERS WITH NON-CONTACT LAP SPLICES USING EMBOSSED STEEL PLATE

Keigo TAMANO, Yohei TAIRA, Daisuke MORITA, Fumito OHYA, Takayuki SOGAWA

For SC structures, in which the reinforcing bars are replaced with flat bars, a splicing method for the flat bars were developed and examined, with reference to the non-contact lap splices for reinforcing bars. The flat bar has surface protrusions for stress transmission with the concrete, and a supporting plate is placed at the tip of the flat bar to shorten the joint length. A bending test of SC beam with this non-contact lap spliced flat bars was conducted to investigate the structural feasibility of the splices, the force transmission by the splices, and the effect of the surrounding reinforcing steel plates. In the experiment, it was confirmed that in the tension zone, the joint strength of the splices was higher than the yield strength of the base metal. The reinforcing effect of the reinforcing steel plates to the splices was also confirmed. Furthermore, a three-dimensional nonlinear finite element analysis was conducted, and it was confirmed that the bond characteristics of the flat bars with protrusions can be simulated accurately by using a macro bond-model.