第Ⅰ部門　　SBHS500 と SM400A による異種鋼材十字断面柱の単調圧縮載荷実験

大阪大学大学院　学生員　○大野　千詠子，正会員　廣畑　幹人
（株）IHI インフラスクエア　正会員　伊藤　隼，　正会員　岡田　誠司

1. 研究背景および目的

2017 年に道路橋示方書が制定以来の大幅改定がなされた．この改定で新たに使用材料として規定された橋梁用高降伏点鋼板（SBHS）の適用の拡大が期待されている．SBHS は従来鋼（SM 材）と比較し，降伏応力が高く，加工性・溶接性に優れているため，鋼重の削減および施工コストの低減に大きく寄与する．一方で，従来鋼より高価であるため，SBHS 単独での使用に限らず，従来鋼との組合せによる合理的な構造の採用が想定される．

これまで，SBHS500 と SM400A の異種鋼材を組み合わせた突合せ溶接継手に対して，基本的な力学的特性を把握するための一連の検討を実施してきた [1]．SBHS500 と SM400A による異種鋼材溶接継手の構造部材への適用例として，SM400A による鋼桁の端支点部補剛材に SBHS500 を用いることを想定し，これらを組み合わせた十字断面柱を製作した．本稿では，SBHS500 と SM400A による異種鋼材十字断面柱を作製し，単調載荷圧縮実験を実施した結果を報告する．

2. 十字断面柱の製作および残留応力の測定

2.1 十字断面柱の製作

供試鋼材には SBHS500（降伏応力：559 N/mm^2，引張強度：609 N/mm^2）および SM400A（降伏応力：292 N/mm^2，引張強度：444 N/mm^2）を用いた．ウェブ，フランジ，および補剛材を脚長 6mm の 1 パスすみ肉溶接によって接合し，十字断面柱を作製した（図-1）．鋼材の組合せを表-1 に示す．また，各部材の幅厚比パラメータは，SBHS500 のウェブが 1.39，補剛材が 1.91 であり，SM400A のウェブが 0.51，補剛材が 0.71 である．

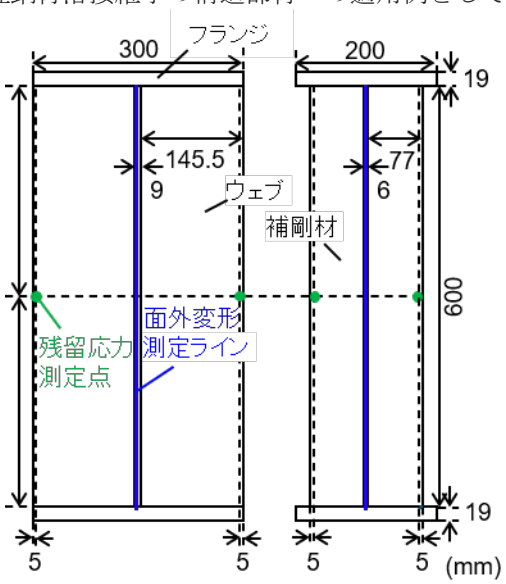


図-1　供試体の形状および寸法

表-1　鋼材の組合せ

名称	ウェブ	補剛材
SM-SM	SM400A	SM400A
SB-SB	SBHS500	SBHS500
SB-SM	SM400A	SBHS500

フランジはいずれも SM400A

2.2 残留応力の測定

残留応力はパルステック工業製 μ-V360J ポータブル型 X 線残留応力測定装置により測定した．測定位置は，測定装置と供試体の大きさの制約により，ウェブおよび補剛材の高さ方向中央，自由端から 5 mm 離れた位置 1 点のみとした．測定結果を図-2 に示す．実験値はそれぞれ 3 体の供試体の平均値である．いずれの供試体においても，ウェブおよび補剛材の自由端近傍には，圧縮残留応力が生じていた．ウェブと補剛材をすみ肉溶接すると，溶接部には引張残留応力が生じ，それと釣り合うようにウェブおよび補剛材の自由端側に圧縮応力が発生するためである．補剛材と比較してウェブに大きな圧縮残留応力が生じていたが，これは，補剛材とウェブの板厚の違いによるものである．なお，本計測の範囲では，SBHS500 と SM400A の材料強度の違いによる残留応力の明瞭な差は認められなかった．

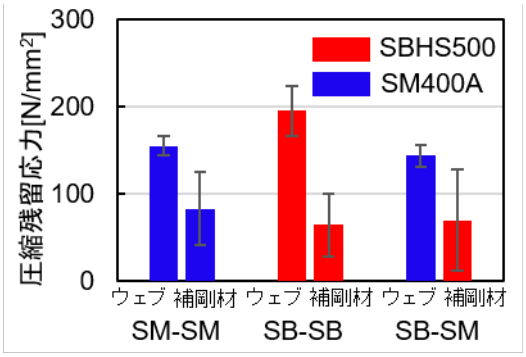


図-2　パネル自由端近傍の残留応力

Chieko OHNO, Mikihito HIROHATA, Jun ITO, and Seiji OKADA
c-ohno@civil.eng.osaka-u.ac.jp

3. 単調載荷圧縮実験

2000 kN 万能試験機を用いて，表-1 に示す 3 種類の供試体 3 体ずつに対し，静的単調載荷圧縮実験を実施した．下フランジの底面を支持した状態で，上フランジに鉛直方向の静的圧縮荷重を負荷し，最大荷重が測定されたことを確認後，除荷した．上下フランジの間に 2 つの鉛直変位計をフランジ面の対角線上に設置し，鉛直変位の平均値を求めた．圧縮実験より得られた荷重－鉛直変位関係および最大荷重を図-3 に示す．荷重－鉛直変位関係は，各供試体 3 体のうち最大荷重が最も大きい供試体 1 体を示し，最大荷重は各 3 体の値を平均して算出した．最大荷重は大きい順に，SB-SB 供試体（1293 kN），SB-SM 供試体（1177 kN），SM-SM 供試体（869 kN）となっており，SB-SB 供試体に対し，SB-SM 供試体の最大荷重は約 91 %であった．SM400A で構成されるウェブが降伏した後も，弾性状態にある SBHS500 で構成される補剛材がウェブの変形を拘束することで鉛直剛性の低下を抑制し，比較的高い最大荷重に達したものと推察される．

実験中の最大荷重時の状況を図-4 に，最大荷重時の面外変形を測定した結果を図-5 に示す．最大荷重時の面外変形は各 2 体ずつに対して，3D スキャナを用いてウェブおよび補剛材の変形モードを測定したところ，各条件 2 体の供試体の結果に大きな差異は見られなかったため，1 体のみの面外変形の結果を示す．補剛材の面外変形について，いずれの供試体も 2 枚の補剛材において，変形に大きな差は見られず，供試体の高さ方向の中央付近で変形量が最大となった．また，最大荷重時の鉛直変位は，SB-SB 供試体，SB-SM 供試体，SM-SM 供試体の順に大きかった．ウェブの面外変形に関しては，SB-SB 供試体は補剛材と同様の傾向を示したが，SM-SM 供試体および SB-SM 供試体については，変形モードの傾向は異なっていた．ウェブ，補剛材ともに面外変形は，SB-SB 供試体，SB-SM 供試体，SM-SM 供試体の順に大きかった．SBHS500 は高い変形性能を有するため，SBHS500 による補剛材が降伏して最大荷重に達するまでに，SM400A によるウェブも追随して大きな変形が生じたと考えられる．

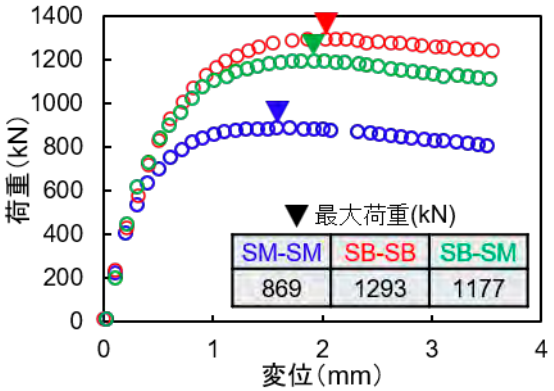
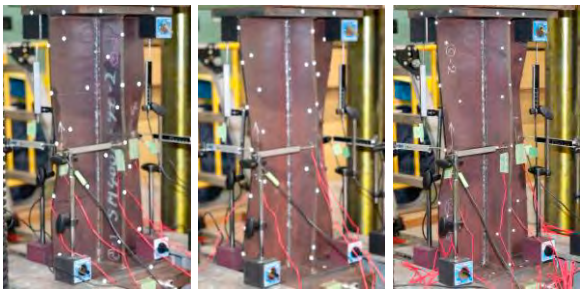


図-3　荷重－鉛直変位関係

4. 結論

SBHS500 と SM400A による異種鋼材十字断面柱の圧縮挙動を検討するため，一連の実験を実施した．得られた主な知見を以下に示す．

1) SBHS500 のみの十字断面柱（SB-SB 供試体）に対し，SBHS500 と SM400A による十字断面柱（SB-SM 供試体）の最大荷重は約 91 %であった．SB-SM 供試体では，SM400A によるウェブが降伏した後も，SBHS500 による補剛材が弾性状態にあり，ウェブの変形を拘束することで鉛直剛性の低下を抑制し，比較的高い最大荷重に達したものと推察される．
2) 最大荷重時の面外変形は，SB-SB 供試体，SB-SM 供試体，SM-SM 供試体の順に大きかった．SBHS500 は高い変形性能を有するため，SBHS500 による補剛材が降伏して最大荷重に達するまでに，SM400A によるウェブも追随して大きな変形が生じたと考えられる．


(a) SB-SB　(b) SM-SM　(c) SB-SM
図-4　最大荷重時の状況

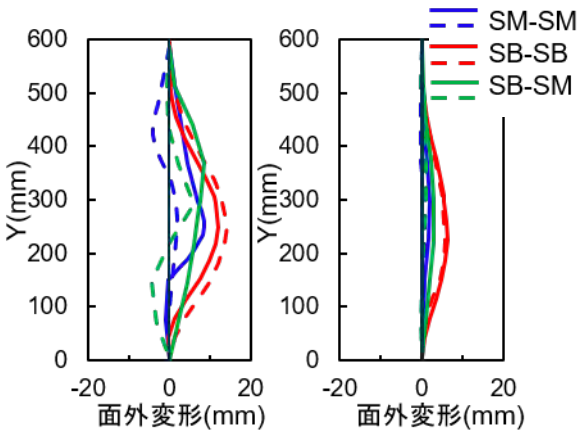


図-5　最大荷重時の面外変形

参考文献

1) 大野千詠子，廣畑幹人，伊藤隼，岡田誠司：強度差を有する異種鋼材溶接継手の力学的特性評価，令和 7 年度土木学会全国大会第 80 回年次学術講演会，12AM1-Bo-13，2025.