

25度狭開先ロボット溶接を適用した柱端接合部の性能評価
- その9 有限要素解析 (その1) -

狭開先溶接 冷間成形角形鋼管 ロボット溶接
NBFW法 ビッカース硬さ 有限要素解析

準会員 ○ 玉置 祐也 *¹ 正会員 宗川 陽祐 *²
正会員 中野 達也 *³ 同 見波 進 *⁴
同 服部 和徳 *⁵ 同 増田 浩志 *⁶

1. 序

本報ではビッカース硬さ試験結果とその7の引張試験結果に基づき有限要素解析モデルの応力ひずみ関係とその分布に関する材料特性を決定し、実大実験¹⁾を再現する解析モデルを作成する。

2. 硬さ試験

図1にコラム材のビッカース硬さ H_v の測定位置を示し、図2に硬さ試験結果を示す。コラム材では平板部から角部板厚中央、外側・内側にかけて H_v が上昇しており、引張試験結果と同様に冷間加工に起因する傾向がみられる。

3. 引張特性と硬さの関係

図3に引張特性と硬さの関係を示す。強度と伸びは相関があることが知られている。公称降伏応力度 σ_y 、公称引張強さ σ_u について、図3(a), (b) 中にプロットした試験結果を最小二乗法により次の近似式が得られる。

$$\sigma_y = 4.60H_v - 525.8 \quad (1)$$

$$\sigma_u = 2.17H_v + 115.2 \quad (2)$$

(1), (2) 式に熱影響部 (以下, HAZ) の H_v 測定結果を

代入することで HAZ の σ_y, σ_u の推定値が得られる。 ϵ_u について、図3(c) より σ_y, σ_u と同様に相関が認められるが、DEPO については近似式と差が生じている。このため、文献2) 式の傾きを援用して溶着金属 (以下, DEPO) を通過する次式により、HAZ の ϵ_u を推定する。

$$t\epsilon_u = -0.078H_v + 30.6 \quad (3)$$

4. 解析概要

4.1 解析モデル

解析モデルは実大実験¹⁾における試験体 No.1~3 について、脆性破壊の起点となったコラム角部の溶接部性状を再現するものとする。図4に解析モデル形状およびコラム角部溶接部近傍の要素分割状況を示す。解析モデルは対称性を考慮する 1/4 モデルであり、加力方向は実験と同様

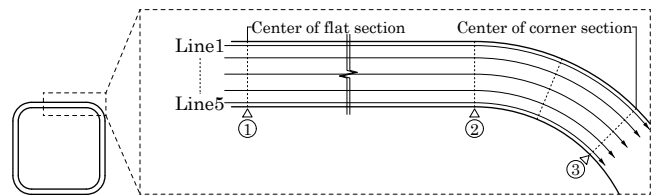


図1 コラム材の硬さ測定位置

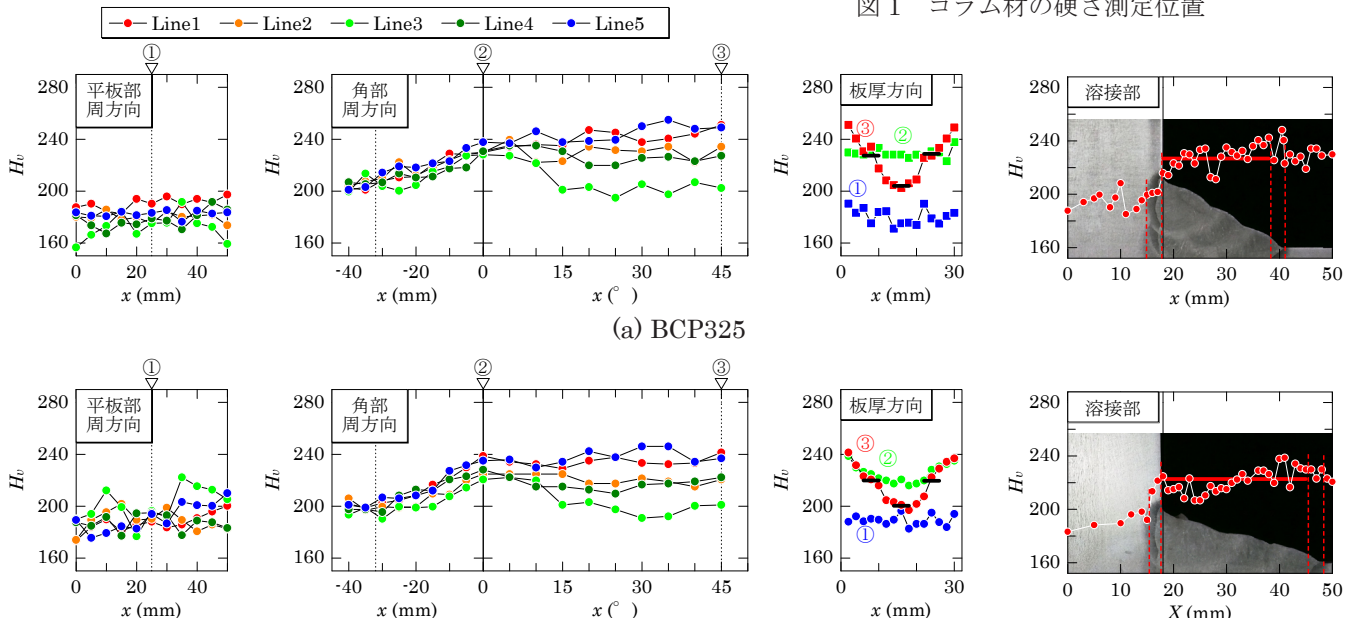


図2 硬さ試験結果

Evaluation for structural performance of column-end robotic welded connection using 25 degrees narrow groove
- Part 9 Finite element analysis (Part 1) -

TAMAKI Yuya, SOKAWA Yosuke, NAKANO Tatsuya, MINAMI Susumu, HATTORI Kazunori, MASUDA Hiroshi

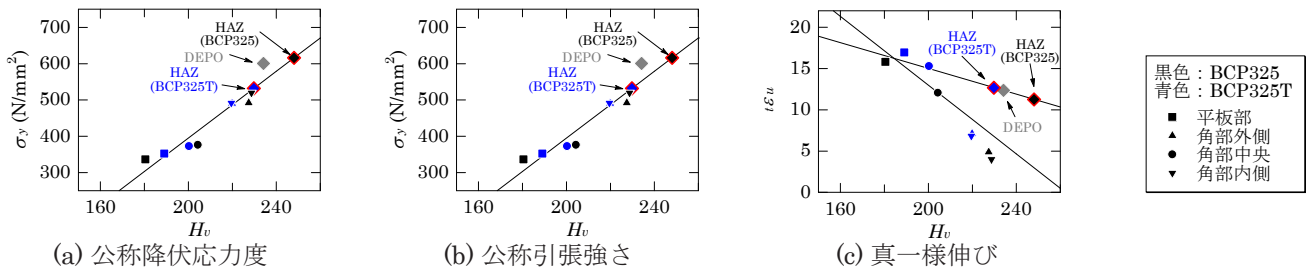


図3 引張特性と硬さの関係

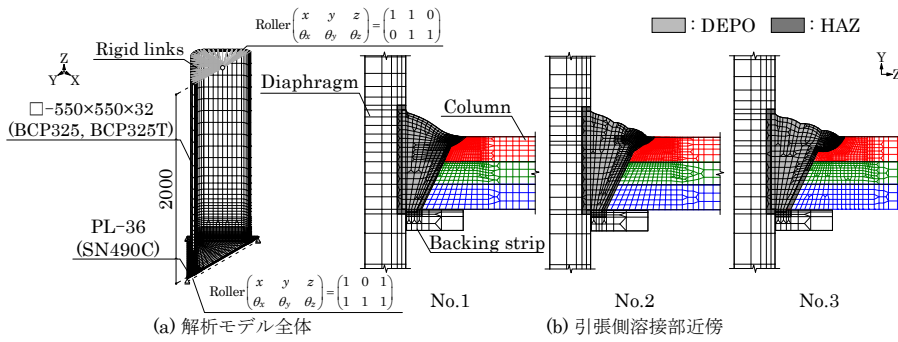


図4 解析モデル形状

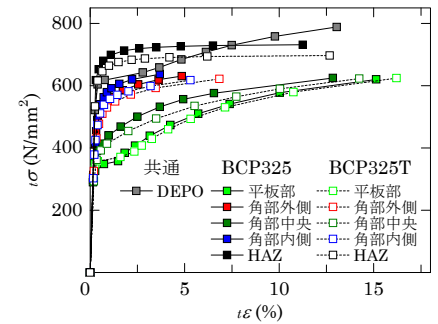


図5 真応力-真ひずみ関係

に45度方向である。コラム材□-550×550×32 (BCP325, BCP325T), せん断スパン2000mm, ダイアフラム材 PL-36 (SN490C) とし, 柱上部およびダイアフラム端面を図芯位置で剛体リンクを行いローラー支持としようえで強制変位を与える3点曲げ実験を再現している。溶接部形状については加力前に実施した計測結果, 溶接部の溶け込み寸法およびHAZ幅についてはマクロ試験結果¹⁾に基づき決定している。最小要素寸法は止端部近傍で $0.3 \times 0.3 \times 0.3 \text{mm}^3$ に統一している。

4.2 材料特性

図5に解析モデルに反映する真応力 σ -真ひずみ ϵ 関係を示す。コラム材およびDEPOについては前報その7で示した引張試験結果を多直線近似したものである。HAZについては前章で推定された $\sigma_y, \sigma_u, \epsilon_u$ により, ヤング係数 $E=205000 \text{N/mm}^2$ として曲線部を次式³⁾で補完しようえで多直線近似したものである。

$$\sigma = \frac{E}{a/\epsilon + b} \quad (4)$$

4.3 解析仮定

解析は, 汎用弾塑性有限要素解析ソフト「ADINA ver.9.1」による三次元立体要素を用いる弾塑性解析である。von Misesの降伏条件, 塑性域における構成則は等方硬化則, ポアソン比を0.3とする。

5. 再現性の検証

図6に材端作用モーメント M とコラム部材角 R の関係

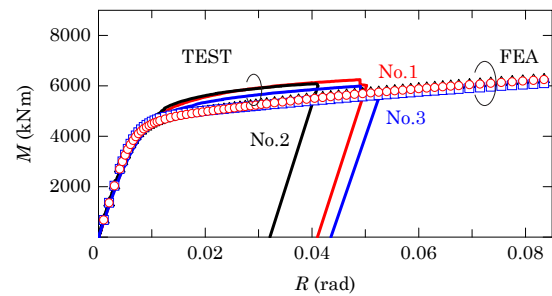


図6 荷重変形関係

を示す。実験結果¹⁾と比較すると, 耐力に関しては塑性化以降で解析結果は実験結果をやや下回っている。これは, 繰り返しによる耐力上昇に加え, 解析ではコラム角部の板厚表層付近の強度分布を再現していないことが要因として考えられる。ただし, 弾性剛性はほぼ実験結果と一致しており, 本研究では解析モデル間の力学性状の比較を行うことを目的としていることから, 再現精度としては問題がないものと考えられる。

6. 結

本報では解析概要および結果の一部を示した。

参考文献

- 1) 見波進, 服部和徳, 宗川陽祐, 中野達也, 早坂和美, 増田浩志, 本宮弘大: 25度狭開先ロボット溶接を適用した柱端接合部の性能評価—その1~5, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 材料施工, pp.1155-1164, 2016.9
- 2) 桑村仁, 松本由香: 熱サイクルを受けた800MPa鋼の破壊特性, 日本建築学会構造系論文集, 第484号, pp.101-109, 1996.6
- 3) 小野徹郎, 佐藤篤司: 金属系素材の応力-歪度関係の定式化, 日本建築学会構造系論文集, 第532号, pp.177-184, 2000.6

* 1 宇都宮大学工学部 学部生, * 2 宇都宮大学大学院工学研究科 大学院生・修士(工学), * 3 宇都宮大学地域デザイン科学部 准教授・博士(工学), * 4 東京電機大学理工学部 教授・博士(工学), * 5 一般財団法人ベターリビングつくば建築試験研究センター 博士(工学), * 6 宇都宮大学地域デザイン科学部 教授・博士(工学)

* 1 Undergraduate student, Faculty of Eng., Utsunomiya Univ., * 2 Graduate student, Graduate school of Eng., Utsunomiya Univ., M. Eng., * 3 Assoc. Prof., Faculty of regional design, Utsunomiya Univ., Dr. Eng., * 4 Prof., School of Science and Eng., Tokyo Denki Univ., Dr. Eng., * 5 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr. Eng., * 6 Prof., Faculty of regional design, Utsunomiya Univ., Dr. Eng.