

コラム角部と通しダイアフラムの異強度材溶接継手に関する耐力評価
その3 十字継手3点曲げ実験結果

正会員 ○ 宗川 陽祐*1 同 川端 洋介*2 同 中野 達也*3
同 服部 和徳*1 同 原田 幸博*4 同 佐々木 正道*5
非会員 須永 悟*6 同 渡辺 亨*7 同 SOK PISETH*3

異強度材 十字継手 3点曲げ実験
冷間成形角形鋼管 通しダイアフラム 最大耐力

1. 序

本報では、十字継手3点曲げ実験結果について述べる。

2. 十字継手3点曲げ実験結果

2.1 測定方法

試験体セットアップを図1に示す。支点は治具の都合上、両端ピン支持とし、変位は通しダイア中央および支点計画位置に設置した12本の変位計で計測する。試験体変形性状を図2に示す。加力点における曲げ耐力 M は、常に支点と加力点の距離 l と反力 $P/2$ の積となるため、式(1)で算出する。試験体左右の変形角 θ_R と θ_L は、通しダイアの回転 θ_c と支点計測点が内側および鉛直下方向へ移動することを考慮して式(2)~式(5)より算出する。加力は最大曲げ耐力 eM_u から30%耐力が低下するまで実施している。

2.2 実験結果一覧および終局状況

実験結果一覧を表1に示す。最大曲げ耐力の実験値 eM_u は B-Y > B-t/4 > B-t/8 > B-NY の順で、余盛高さ h_1 が大きい程高い。試験体終局状況を写真1に示す。試験体 B-Y と試験体 B-t/4 は、図1中のC断面のコラム側溶接止端部でき裂が発生(以下、破断モード B1 と称す)している。一方で、試験体 B-t/8 と試験体 B-NY は、図1中のD断面の通しダイアと溶接金属の界面でき裂が発生(以下、破断モード B2 と称す)している。

2.3 曲げ耐力 M - 変形角 θ 関係

曲げ耐力 M - 変形角 θ 関係を図3に示す。変形角 θ は θ_R と θ_L のうち、き裂が発生した側の値を用いている。破断モード B2 となった試験体 B-t/8 と試験体 B-NY は、最大曲げ耐力時および加力終了時の変形角 θ に大きな差はない。一方で、破断モード B1 となった試験体 B-Y と試験体 B-t/4 では最大曲げ耐力時および加力終了時の変形角 θ に差が生じており、写真1から試験体 B-t/4 は試験体 B-Y とは異なり、溶接金属の全体が伸びていることが分かる。

2.4 ひずみ性状

各パラメータ1体ずつのひずみ ε - 変形角 θ 関係を図5に示す。破断モード B2 となった試験体 B-t/8-02 と試験体 B-NY-01 はC断面近傍のひずみ C0, C1 に比べ、D断面近傍のひずみ D1 の増加が速いことが分かる。また、破断モード B1 の試験体 B-Y-01 は逆の傾向にある。試験体 B-t/4-01 は破断モード B1 であるが、D1 のひずみが先行して増加した後に、C1 のひずみが急増して上回っている。

3. 考察

3.1 余盛高さの影響

最大曲げ耐力 eM_u と余盛高さ h_1 の関係を図6に示す。図6中の式(6)~式(8)は次式より算出している。

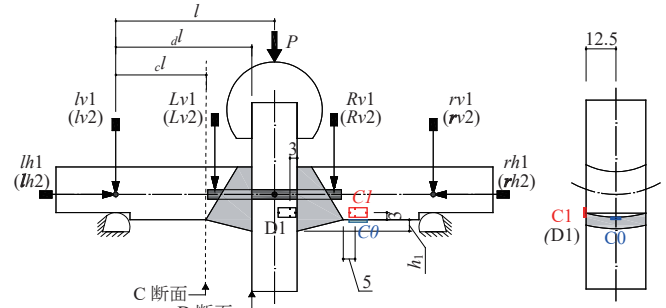


図1 試験体セットアップ

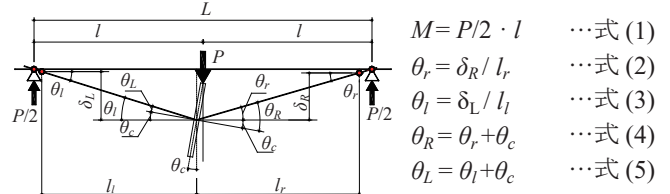


図2 試験体変形性状

$$M = P/2 \cdot l \quad \dots \text{式(1)}$$

$$\theta_r = \delta_R / l_r \quad \dots \text{式(2)}$$

$$\theta_l = \delta_L / l_l \quad \dots \text{式(3)}$$

$$\theta_R = \theta_r + \theta_c \quad \dots \text{式(4)}$$

$$\theta_L = \theta_l + \theta_c \quad \dots \text{式(5)}$$

表1 十字継手3点曲げ実験結果一覧

試験体	余盛形状	モーメント比*1 (実測値) d/l	最大耐力				破断モード
			計算値*2			実験値 eM_u	
			D断面 M_{u1} (kN·mm)	C断面 M_{u2} (kN·mm)	C断面 M_{u3} (kN·mm)		
B-Y	01	1.54	3,341	4,312	3,009	3,347	B1
	02	1.71				3,620	
B-t/4	01	1.69	2,216	2,860	3,009	3,308	B1
	02	1.50				3,194	
	03	1.70				3,339	
B-t/8	01	1.52	1,810	2,337	3,009	2,904	B2
	02	1.69				2,992	
B-NY	01	1.73	1,446	1,866	3,009	2,346	B2
	02	1.54				2,483	

B1: コラム側き裂, B2: 通しダイアフラム側き裂
*1 d/l の計画値=1.51 *2 板厚 t とコーナー R の実測値を用いて算出



写真1 試験体終局状況

Evaluation on Strength of welded Joints of Different Strength Materials between Column Corner and Through Diaphragm
Part3 Cross joint three-point bending test result

SOKAWA Yosuke, et al

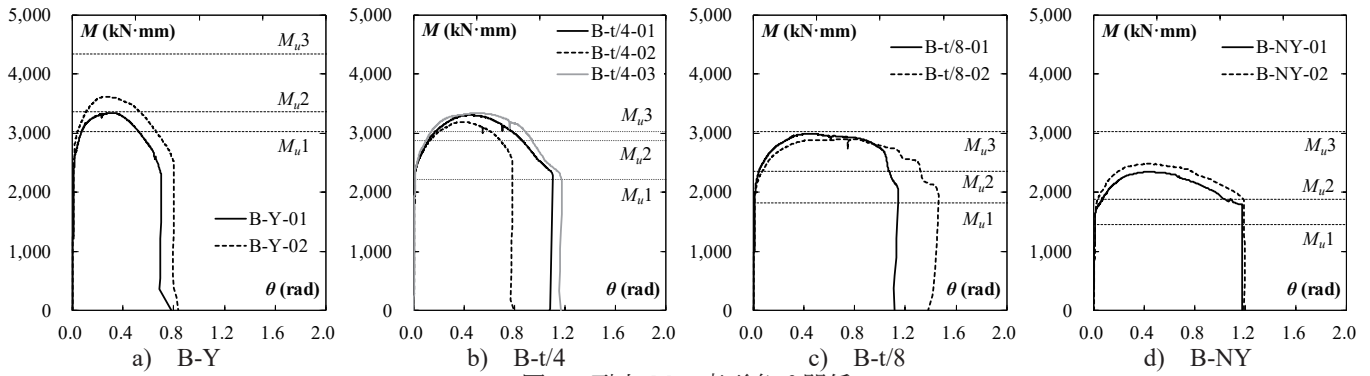


図3 耐力 M - 変形角 θ 関係

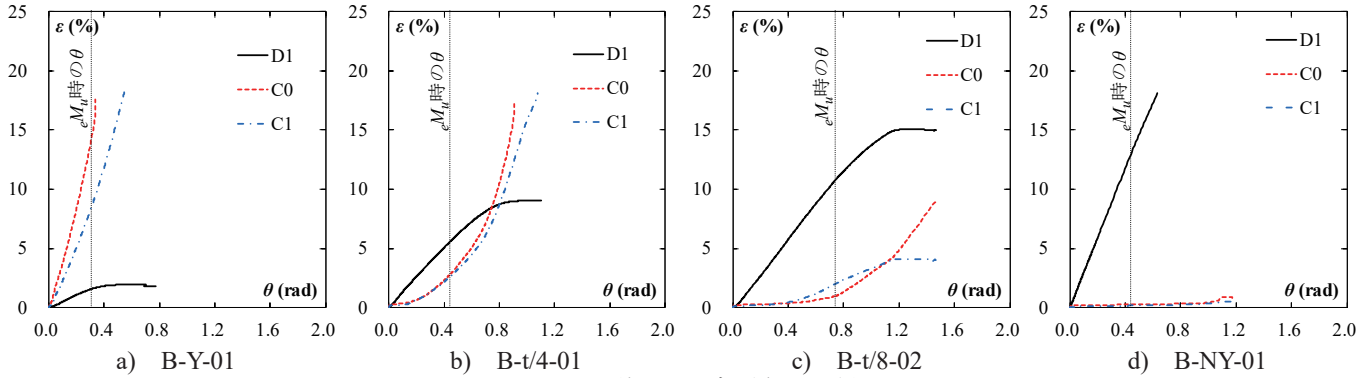


図5 ひずみ ε - 変形角 θ 関係

$$M_{u1} = dZ_p \cdot d\sigma_u \cdot l / dl \cdots \text{式(6)} \quad M_{u2} = dZ_p \cdot w\sigma_u \cdot l / dl \cdots \text{式(7)}$$

$$M_{u3} = cZ_p \cdot c\sigma_u \cdot l / cl \cdots \text{式(8)}$$

dZ_p : D断面の断面係数, cZ_p : C断面の断面係数
 $d\sigma_u$: ダイアフラムの引張強さ, $w\sigma_u$: 溶着金属の引張強さ
 $c\sigma_u$: コラム角部の引張強さ, l : 支点-加力点距離
 dl : 支点-C断面位置の距離, cl : 支点-D断面位置の距離

実験値 eM_u は式(7)および式(8)と良好な対応を示しており、破断モードB2から破断モードB1に移行することで最大曲げ耐力が頭打ちになる傾向も概ね捉えている。式(6)よりも式(7)の方が実験結果と対応が良いのは、その2の溶接部性状で述べたように、D断面は溶着金属の材料特性が支配的であるためと考えられる。

3.2 通しダイアフラムの必要強度

C断面とD断面の作用モーメントが同じ場合、式(6)~(8)は材料強度と塑性断面係数の積となり、本試験範囲では、破断モードB1となるために必要な通しダイアの強度 $d\sigma_n$ は式(9)を満たす必要がある。塑性断面係数を余盛高さ h_1 とコラム板厚 t を用いた簡易式(10)~(12)で表すと式(9)は式(13)となり、通しダイアの必要強度 $d\sigma_n$ とコラム角部の引張強さ $c\sigma_u$ の強度比は、 h_1/t のみに依存する。

$$d\sigma_n \geq c\sigma_u \cdot cZ_p / dZ_p \cdots \text{式(9)} \quad A / cA_0 \doteq (t+h_1)/t \cdots \text{式(10)}$$

$$j_x / j_{x0} \doteq (t+h_1)/t \cdots \text{式(11)} \quad dZ_p \doteq \{(t+h_1)/t\}^2 \cdot Z_p \cdots \text{式(12)}$$

$$\frac{d\sigma_n}{c\sigma_u} \geq \left(\frac{1}{1+h_1/t} \right)^2 \cdots \text{式(13)}$$

t : コラム板厚, h_1 : 余盛高さ, A : D断面の断面積, cA_0 : C断面の断面積
 j_x : D断面の引張側と圧縮側の重心間距離
 j_{x0} : C断面の引張側と圧縮側の重心間距離
 $d\sigma_n$: 通しダイアフラムの必要強度

図7に $d\sigma_n/c\sigma_u$ と h_1/t の関係を示す。図7中に本試験体

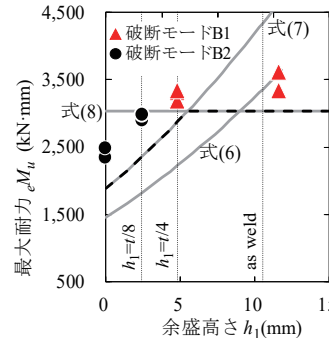


図6 $eM_u - h_1$ 関係

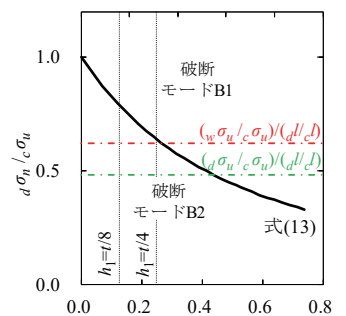


図7 $d\sigma_n/c\sigma_u - h_1/t$ 関係

の材料強度比をモーメント比 $d/l, cl(=1.51)$ で除した値を一点鎖線で示す。 $h_1=t/4$ の点線と一点鎖線の交点は破断モードB2の範囲にあるが、余盛高さ $h_1=t/4$ の試験体B-t/4は破断モードB1である。したがって、破断モードB2を防止したい場合、式(13)を満たせば安全側に設計できるといえる。

4. 結

本十字継手3点曲げ実験の範囲で以下の知見を得た。

- [1] 余盛高さ h_1 が小さい場合、通しダイアフラムと溶着金属の界面にき裂が発生した。
- [2] 破断モードB2の場合、最大曲げ耐力 eM_u と余盛高さ h_1 には正の相関関係があり、破断モードB1に移行することで最大曲げ耐力が頭打ちになる傾向を示した。
- [3] 破断モードB2を防止するための通しダイアフラムの必要強度 $d\sigma_n$ とコラム角部の引張強さ $c\sigma_u$ の強度比は、 h_1/t に依存することを示した。

参考文献・謝辞
 その1にまとめて示している。

*1 ベターリビング *2 日鉄建材 *3 宇都宮大学 *4 Better Living *5 Nippon Steel Metal Products *6 Utsunomiya Univ.
 *4 千葉大学 *5 日本製鉄 *6 冬木工業 *4 Chiba Univ. *5 Nippon Steel corporation *6 Fuyuki kogyo corporation
 *7 岡部 *7 Okabe corporation