

梁端部の溶接欠陥が梁の塑性変形能力に及ぼす影響

—その8 実大実験—

正会員 ○ 安井一浩*1 正会員 田淵基嗣*2 正会員 田中 剛*2
同 吉村鉄也*3 同 石原完爾*4 同 横田和伸*5
同 藤田哲也*6 同 三村麻里*7

実大実験 溶接接合部 塑性変形能力
荷重変形関係 溶接欠陥 脆性破壊

1. まえがき

本報では、実大実験の概要と荷重-変形関係について報告する。

2. 実験方法

載荷は、図1に示すように試験体を載荷装置に設置し、柱の一端をピン治具に、他端をローラー治具に、そして梁先端を載荷用油圧ジャッキに緊結して行う。なお、柱から約1.1mと2.6mの位置に横座屈止めを設ける。

載荷は正負漸増交番繰り返し載荷とし、変位振幅は梁の全塑性モーメント M_p に対応する弾性相対回転角 θ_p を基準に $2\theta_p$, $4\theta_p$ の各サイクルを2回ずつ行い、その後 $6\theta_p$ のサイクルで破壊が生じるまで、あるいは、荷重が各サイクル時の最大荷重の10%以上低下するまで繰り返す。実験は2月~3月にかけて行われた。実験時に、梁フランジ幅中央の開先側10mmの位置で熱電対により温度を測定した。破断側の温度を表1に示す。

3. 実験結果

図2に M_p および θ_p で無次元化した梁端モーメント M_m と梁の相対回転角 θ_m の関係を示す。表1に実験結果の一覧を示す。同表中の $\Sigma\theta_{pl}$ は図3(a)に定義する梁の累積塑性回転角、 η は $\eta = \Sigma\theta_{pl} / \theta_p$ で求められる累積塑性変形倍率であり、 θ_{s+} および θ_{s-} は図3(b)に示すように、骨格曲線から求めた最大回転角 θ_s の正側と負側の値である。

すべての試験体は $6\theta_p$ の変位サイクルまで耐え、この変位振幅での繰返しサイクル+2~+6の間で梁端部の破壊が生じた。また、いずれの試験体においても $6\theta_p$ 時に、鋼管表面と第1番目の補剛スチフナーの間の圧縮側梁フランジに局所的な面外変形が見られた。荷重-変形関係はいずれも安定した挙動を示しており、梁フランジの局所的な面外変形あるいは亀裂の進展に伴う荷重低下は見られなかった。破断までの繰返し回数は欠陥長さが長いほど小さくなる傾向がある。本実験において、最も変形能力の小さかった試験体は、欠陥長さが20mmのDBT-M/M-20であり $6\theta_p$ の+2サイクル目で破断したが、梁の累積塑性回転角 $\Sigma\theta_{pl}$ は0.49で最大耐力は M_p の約1.4倍であった。

生じた。また、いずれの試験体においても $6\theta_p$ 時に、鋼管表面と第1番目の補剛スチフナーの間の圧縮側梁フランジに局所的な面外変形が見られた。荷重-変形関係はいずれも安定した挙動を示しており、梁フランジの局所的な面外変形あるいは亀裂の進展に伴う荷重低下は見られなかった。破断までの繰返し回数は欠陥長さが長いほど小さくなる傾向がある。本実験において、最も変形能力の小さかった試験体は、欠陥長さが20mmのDBT-M/M-20であり $6\theta_p$ の+2サイクル目で破断したが、梁の累積塑性回転角 $\Sigma\theta_{pl}$ は0.49で最大耐力は M_p の約1.4倍であった。

4. 荷重-変形関係

図4に各シリーズにおいて人工欠陥を設けていない試験体の荷重-変形関係の正側骨格曲線を示す。

本実験では、DBT-M/Mシリーズにおける溶接金属の引張強さは梁フランジおよびダイアフラムの引張強さより低

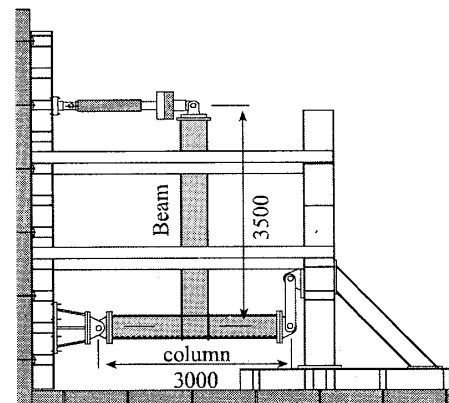
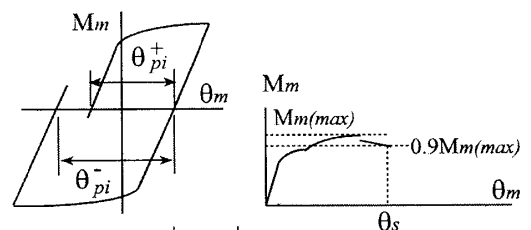


図1 載荷装置



$$\Sigma\theta_{pl} = \sum_i (\Sigma\theta_{pi}^+ + |\Sigma\theta_{pi}^-|)$$

$$\eta = \Sigma\theta_{pl} / \theta_p$$

(a) $\Sigma\theta_{pl}$, η

(b) θ_s

図3 変形能力の定義

表1 実験結果一覧

試験体名	破壊時期	$\Sigma\theta_{pl}$ (rad)	η	骨格曲線最大回転角		M_{max}/M_p (正側)	M_{max}/M_p (負側)	フランジ温度 (破断側) (°C)
				θ_{s+} (rad)	θ_{s-} (rad)			
DBT-M/M-0	6 θ p(-4)	0.83	88	0.091	-0.091	1.43	-1.44	8~15
DBT-M/M-5	6 θ p(-4)	0.85	90	0.090	-0.094	1.42	-1.44	11~17
DBT-M/M-10	6 θ p(+4)	0.78	82	0.088	-0.095	1.43	-1.44	6~13
DBT-M/M-15	6 θ p(-3)	0.68	72	0.092	-0.094	1.43	-1.46	6~17
DBT-M/M-20	6 θ p(+2)	0.49	45	0.074	-0.089	1.36	-1.42	—
DBT-H/M-0	6 θ p(-4)	0.86	91	0.090	-0.096	1.44	-1.46	5~14
DBT-H/M-5	6 θ p(+6)	1.08	114	0.111	-0.079	1.55	-1.36	10~19
DBT-H/M-10	6 θ p(+5)	0.90	96	0.087	-0.091	1.43	-1.44	9~17
DBT-H/M-15	6 θ p(-4)	0.79	83	0.089	-0.095	1.41	-1.43	6~19
DBT-H/M-20	6 θ p(-2)	0.53	56	0.085	-0.088	1.42	-1.42	11~19
DBT-M/L-0	6 θ p(+6)	0.96	117	0.100	-0.094	1.33	-1.34	6~16
DBT-M/L-5	6 θ p(+5)	0.86	104	0.094	-0.095	1.34	-1.35	5~16
DBT-M/L-15	6 θ p(+5)	0.83	101	0.093	-0.097	1.33	-1.35	12~19

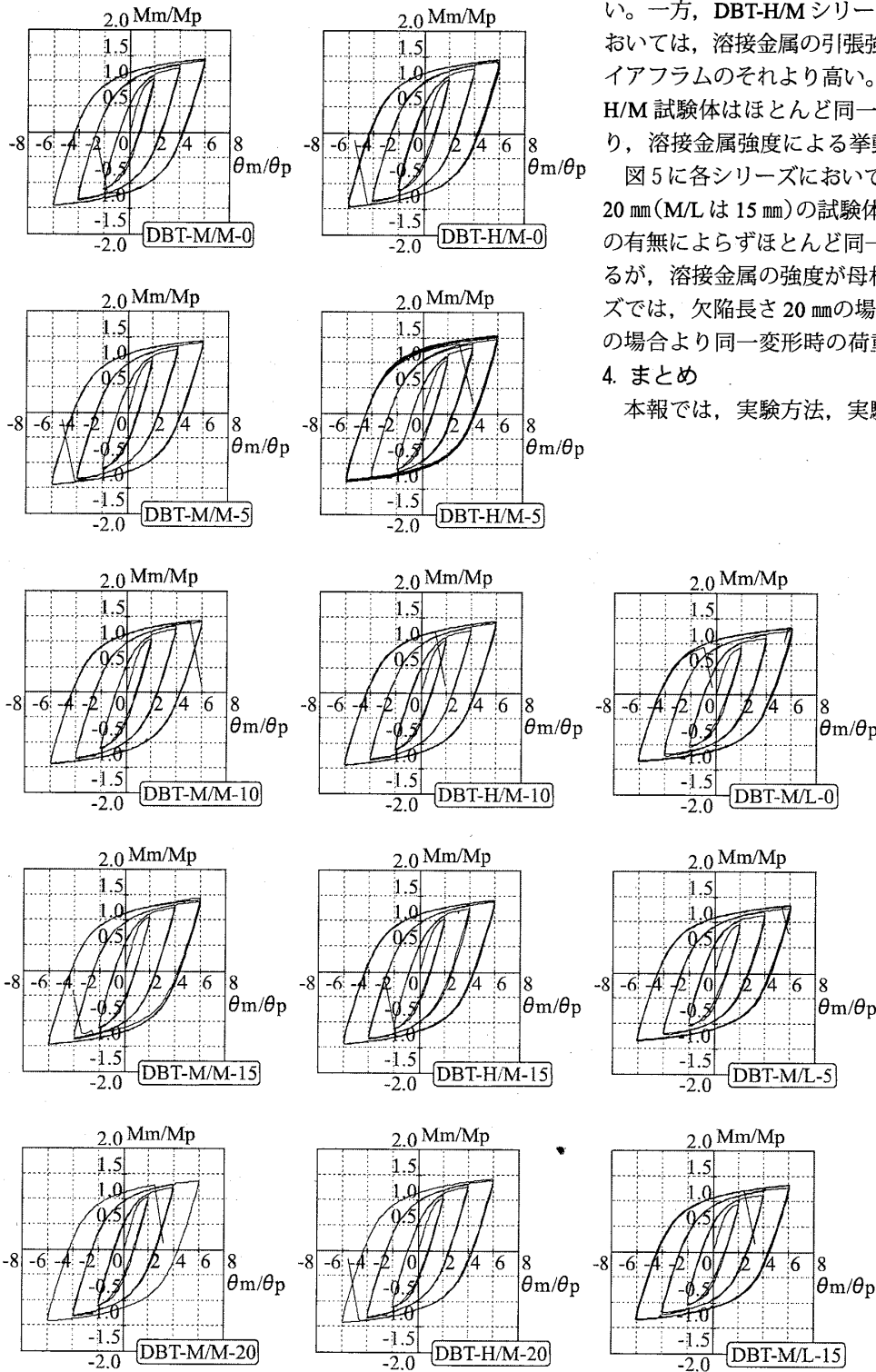


図2 荷重 - 変形関係

い。一方、DBT-H/MシリーズおよびDBT-M/Lシリーズにおいては、溶接金属の引張強さの方が梁フランジおよびダイアフラムのそれより高い。梁材がSN490BであるM/MとH/M試験体はほとんど同一の荷重 - 変形関係を示しており、溶接金属強度による挙動の違いは見られない。

図5に各シリーズにおいて、無欠陥の試験体と欠陥長さ20 mm (M/Lは15 mm)の試験体の正側骨格曲線を示す。欠陥の有無によらずほとんど同一の荷重 - 変形関係を示しているが、溶接金属の強度が母材強度よりも低いM/Mシリーズでは、欠陥長さ20 mmの場合は $\theta_m/\theta_p=3$ 程度から無欠陥の場合より同一変形時の荷重が若干低くなっている。

4. まとめ

本報では、実験方法、実験結果について報告した。

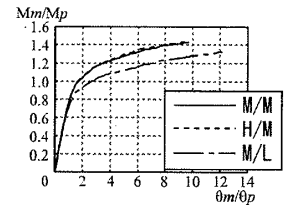
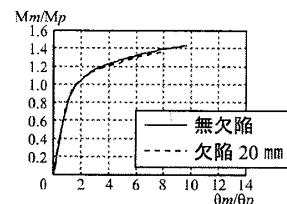
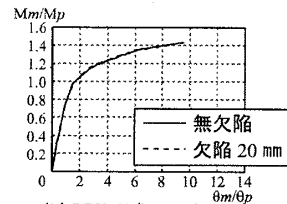


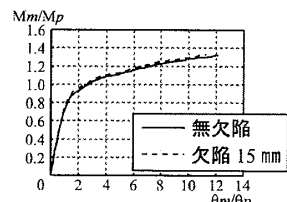
図4 骨格曲線 (無欠陥)



(a) DBT-M/M シリーズ



(b) DBT-H/M シリーズ



(c) DBT-M/L シリーズ

図5 骨格曲線

*1 神戸大学大学院
 *2 神戸大学
 *3 神戸大学大学院(駒井鉄工(株))
 *4 NTT都市開発(株)
 *5 NTTファシリティーズ(株)

*6 (株)日本設計 工博
 *7 (株)竹中工務店

*1 Kobe Univ.
 *2 Kobe Univ.
 *3 Kobe Univ.(Komai Tekko Inc.)
 *4 NTT Urban Development Corp.
 *5 NTT Facilities Inc.

*6 Nihonsekkei Inc., Dr. Eng.
 *7 Takenaka Corp.