

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9 破壊状況—

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

実大実験 溶接接合部 脆性破壊
溶接欠陥 塑性変形能力

1. まえがき

本報では、材料強度比および欠陥長さが実大実験の破壊状況および塑性変形能力に及ぼす影響について考察する。

2. 破壊形式

脆性破壊の起点となる延性亀裂の発生箇所は、図1に示すように溶接始末端のダイアフラム側入隅部、欠陥先端および梁フランジ側入隅部である。目視により確認した各試験体の延性亀裂発生時期の一覧を表1に示す。これらの延性亀裂が端部から板幅方向および板厚方向に進展した後、脆性破壊が生じた。破壊形式は、図2に示す3つのタイプに分類できる。

Fタイプ (6体) : 梁フランジ側入隅部から発生した延性亀裂が梁フランジ側熱影響部に沿って進展した後、梁フランジが脆性破壊する形式。延性亀裂の発生状況および破面の状況の例を写真1に示す。

Fwタイプ (2体) : 梁フランジ側入隅部から発生した延性亀裂が梁フランジ側熱影響部に沿って進展した後、溶接金属が脆性破壊する形式。破断状況および破面の状況の例を写真2に示す。

Dタイプ (5体) : ダイアフラム側入隅部および欠陥先端から発生した延性亀裂がダイアフラム側熱影響部に沿って進展した後、ダイアフラムが脆性破壊する形式。延性亀裂の発生状況の例を写真3に示す。なお、試験体DBT-M/M-15では、図2に示すように、この亀裂が角形鋼管表面に達し、また、溶接部の小口に生じた亀裂が溶接金属内に進展した。Dタイプで破壊した4体の試験体の破面の状況を写真4に示す。いずれの破面にもアルミナ片が含まれている。写真中の○印は脆性破壊の発生起点を、斜線部分は延性亀裂の生じている部分を示す。各試験体とも欠陥長さに該当する範囲には延性亀裂が見られた。なお、脆性破壊の起点は、人工欠陥末端の直上付近であった。

これら3タイプのうちFタイプとFwタイプは梁フランジ側入隅部の亀裂が、Dタイプはダイアフラム側入隅部の亀裂が破壊の起点になっているが、これらの破壊起点と各部の材料強度比の間には明瞭な関係は見られない。すなわち、FタイプおよびFwタイプの破壊はダイアフラム強度が梁フランジ強度より低いDBT-M/Lシリーズでも生じている。また、Dタイプの破壊は各部の強度比よりも欠陥長

さの影響が大きい。すなわち、欠陥長さが15mm以上の場合は、ダイアフラム強度が梁フランジ強度よりも高いDBT-M/Mシリーズ、DBT-H/Mシリーズでもこの形式をとる。

表1 延性亀裂発生時期

	初亀裂発生時期		破壊形式	破壊時期
	フランジ側	ダイアフラム側		
DBT-M/M-0	40p(-2)	60p(+2)	F	60p(-4)
DBT-M/M-5	60p(-1)	60p(+1)	F	60p(-4)
DBT-M/M-10	60p(+3)	40p(-2)	Fw	60p(+4)
DBT-M/M-15	60p(+1)	40p(-1)	D	60p(-3)
DBT-M/M-20	-	40p(+2)	D	60p(+2)
DBT-H/M-0	40p(-2)	60p(+1)	F	60p(-4)
DBT-H/M-5	60p(-1)	60p(-1)	F	60p(+6)
DBT-H/M-10	60p(-1)	60p(+1)	F	60p(+5)
DBT-H/M-15	60p(-1)	60p(+1)	D	60p(-4)
DBT-H/M-20	-	40p(-1)	D	60p(-2)
DBT-M/L-0	60p(-1)	60p(+2)	F	60p(+6)
DBT-M/L-5	60p(-1)	60p(-1)	Fw	60p(+5)
DBT-M/L-15	60p(-3)	60p(+1)	D	60p(+5)

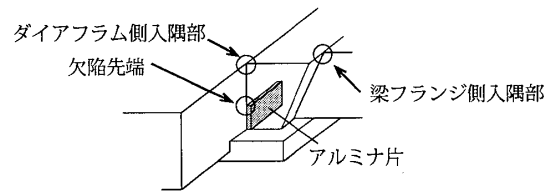


図1 亀裂の発生点

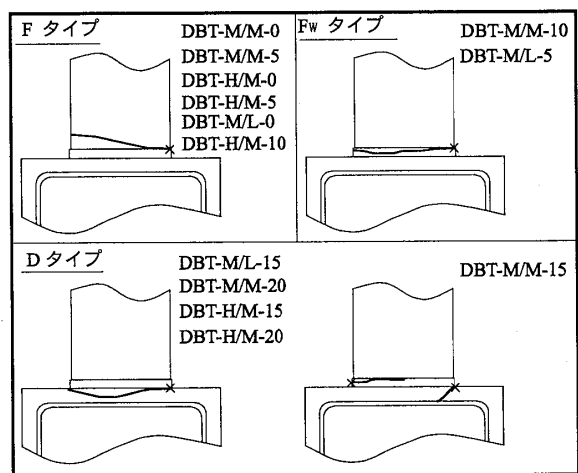


図2 破壊形式の分類

3. 欠陥長さによる影響

上述のように、欠陥長さにより破壊形式が分かれるが欠陥長さが10mm以下では欠陥に伴う破壊は生じていない。表1によれば、欠陥長さが10mm以下でもダイアフラム側の亀裂は観察されており、溶接金属の強度がダイアフラム母材強度より低いM/Mシリーズでは、亀裂の発生時期は欠陥長さが短い方が遅くなる傾向にある。欠陥長さが5mmの場合では60p(+1)で亀裂が確認されたが、最終サイクル60p(-4)でもこの亀裂はほとんど進展していなかった。一方、溶接金属強度の高いH/Mシリーズでは、欠陥長さが5mmの場合では60p(-1)で亀裂が確認され、最終サイクル60p(+6)ではこの亀裂は長さ18mmまで進展していた。

4. 塑性変形能力

図3に各シリーズごとの $\Sigma\theta_{pl}$ と欠陥長さの関係を示す。いずれのシリーズにおいても、FあるいはFwタイプで破壊した欠陥長さが10mm以下の試験体では、欠陥長さとして梁の塑性変形能力との間には明瞭な関係は見られない。欠陥長さが15mm以上になると、破壊形式が変化し、変形能力は欠陥長さが大きくなるほど低下する傾向がある。図4に梁フランジ鋼種がSN490BであるDBT-H/MシリーズとDBT-M/Mシリーズの塑性変形能力の比($\Sigma\theta_{pl_{H/M}} / \Sigma\theta_{pl_{M/M}}$)を示す。欠陥寸法が同じである場合、溶接金属の強度が母材より大きいDBT-H/Mシリーズの方が塑性変形能力は高くなっている。また、母材が490N級のDBT-H/Mシリーズと400N級のDBT-M/Lシリーズを比べると、溶接欠陥寸法が15mmの場合では400N級の方が塑性変形能力は高い。

5. まとめ

- 1)ダイアフラム側入隅部からの破壊は欠陥長さが15mm以上の場合に生じた。
- 2)欠陥部から破壊する場合、欠陥長さが長いほど塑性変形能力は低くなる。
- 3)破壊形式と各部の強度比の間には明瞭な関係は認められない。
- 4)破壊形式によらず、溶接部強度が低い方が、塑性変形能力が低い傾向が見られた。

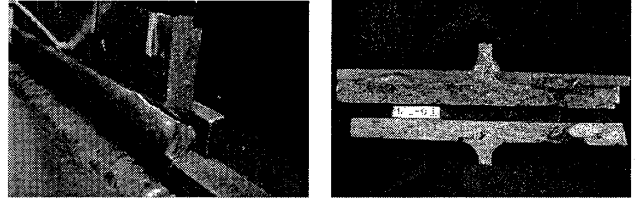


写真1 DBT-M/L-0 (Fタイプ)

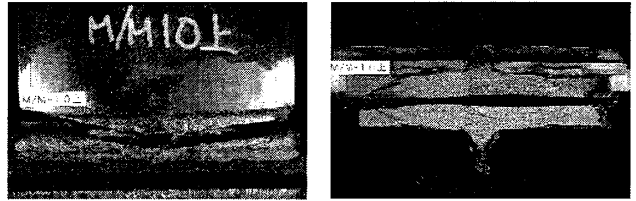


写真2 DBT-M/M-10 (Fwタイプ)

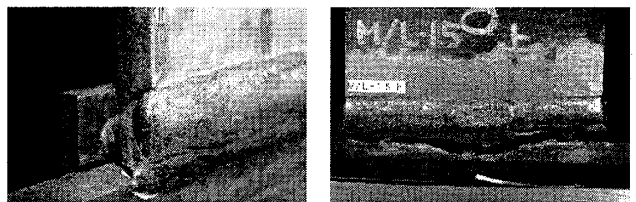
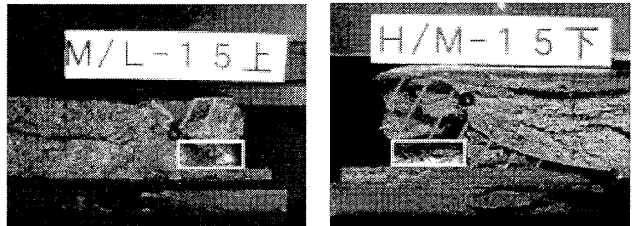
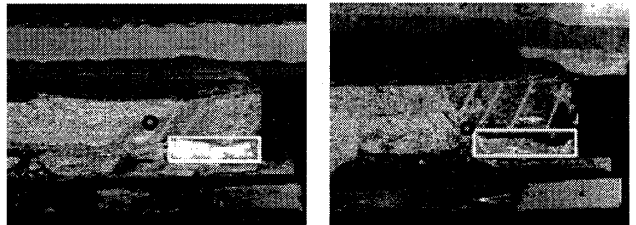


写真3 DBT-M/L-15 (Dタイプ)



DBT-M/L-15

DBT-H/M-15



DBT-M/M-20

DBT-H/M-20

写真4 破面状況

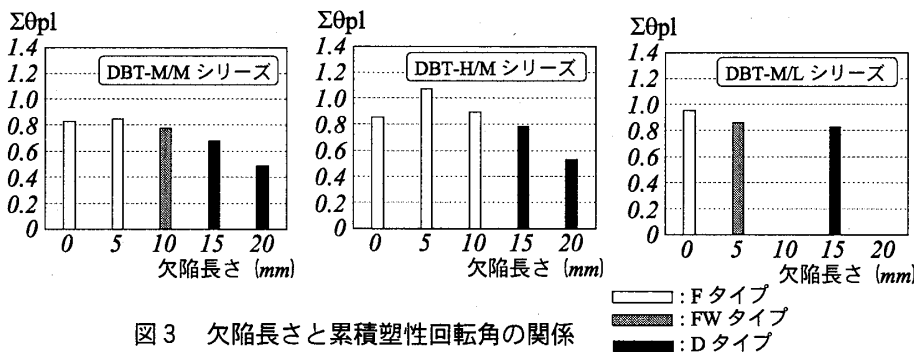


図3 欠陥長さ（mm）と累積塑性回転角（Σθpl）の関係

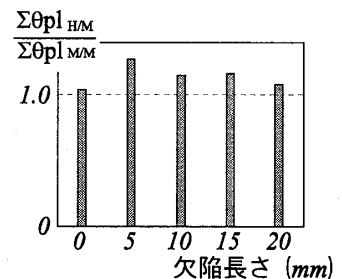


図4 塑性変形能力の比

*1 神戸大学大学院生(駒井鉄工(株)) *4 NTTファシリティーズ(株) *1Kobe Univ.(Komai Tekko Inc.) *4NTT Urban Development Corp.
 *2 神戸大学 *5 (株)日本設計 工博 *2Kobe Univ. *5Nihonsekai Inc., Dr.Eng.
 *3 NTT都市開発(株) *6 (株)竹中工務店 *3NTT Facilities Inc. *6Takenaka Corp.