

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6 鋼材および溶接部の材料特性—

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

引張試験 溶接接合部 引張強さ
衝撃試験 吸収エネルギー

1. まえがき

本報では、実大実験に供する試験体を構成する鋼材および溶接部の材料特性を把握するために行った材料試験結果について報告する。

2. 試験体の製作

2.1 試験体

前報(その5)に示した3種類の実大実験シリーズ(DBT-M/M シリーズ, DBT-H/M シリーズ, DBT-M/L シリーズ)と同一の材料および溶接ワイヤを用いて、図1に示す材料試験用の試験体を製作した。試験体一覧を表1に示す。各シリーズに対して4箇所完全溶込み溶接を行い、そのうち3箇所については溶接始末端に人工欠陥(厚さ1mm, 高さ5mm, 長さ15mm)を挿入し、残りの1箇所については人工欠陥を設けていない。

2.2 溶接条件

溶接条件は前報(その5)と同一である。入熱量はH/M試験体では14~32kJ/cm, M/M試験体では12~24kJ/cm, M/L試験体では12~23kJ/cmであった。連続溶接における最終パスのパス間温度は400℃~450℃であり、入熱量およびパス間温度ともに実大試験体と対応したものになっている。

3. 引張試験

鋼材(ダイアフラム, 梁フランジ, 梁ウェブ)および梁フランジ完全溶込み溶接部の溶接金属から引張試験片を採取し、

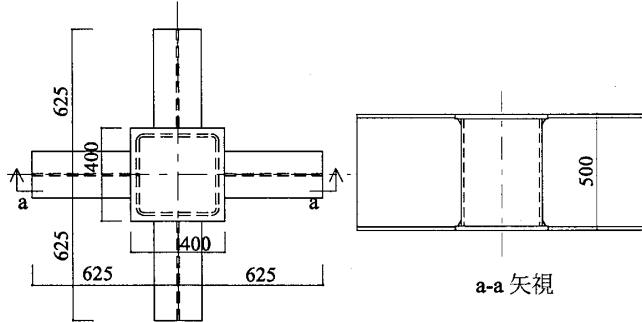


図1 試験体形状および寸法

表1 試験体の鋼材種と溶接ワイヤの組合せ一覧

試験体	柱	梁	ダイアフラム	溶接ワイヤ
M/M	BCR295	SN490B	SM490A	YGW11(連続)
H/M	BCR295	SN490B	SM490A	YGW18(250℃)
M/L	BCR295	SS400	SS400	YGW11(連続)

引張試験を行った。梁材については圧延方向, ダイアフラムについては圧延直行方向, 溶接金属については梁フランジ幅方向に試験片を採取した。鋼材の試験片形状はJIS Z 2201 5号引張試験片, 溶接金属の試験片は溶接部ののど厚中央位置より採取した軸径8mmのJIS Z 3111 A1号相当の試験片である。

得られた試験結果を表2に, 応力度と歪の関係を各シリーズ毎に図2に示す。実大実験のDBT-M/Mシリーズでは, 溶接金属の引張強さはダイアフラムおよび梁フランジのものを下回り, DBT-H/MシリーズおよびDBT-M/Lシリーズでは, 溶接金属の引張強さはダイアフラムおよび梁フランジのものを上回る。梁フランジおよびダイアフラムの引張強さに対する溶接部の引張強さの比は, DBT-M/Mシリーズでは0.98および0.90, DBT-H/Mシリーズでは1.16および1.06, DBT-M/Lシリーズでは1.10および1.19となる。

4. 衝撃試験

ダイアフラム, 梁フランジ, 溶接金属(WM)および熱影響部(HAZ)のシャルピー衝撃試験(JIS Z 2202 Vノッチ試験片)を行った。溶接金属および熱影響部の試験片採取位置を図3(a)に示す。熱影響部におけるノッチ位置は, フェージョンラインより母材側に0.5mm入った位置とした。併せて, 人工欠陥位置近傍における衝撃特性および挿入したアルミナ片の有無が溶接金属の衝撃特性に与える影響を調べるために, 溶接始末端部の図3(b)に示す位置より5mm×10mmのサブサイズ試験片を採取した。

0℃におけるシャルピー衝撃試験結果を表3に, ダイアフラム, 梁フランジおよび溶接金属の遷移曲線を図4に示す。実大実験における鋼材の表面温度は5℃~19℃(その8参照)の範囲であるので, ダイアフラムの破面遷移温度だけが実験温度を上回り, 梁フランジ, 溶接金属および熱影響部の破面遷移温度は実験温度を下回る。なお, 欠陥位置近傍の衝撃特性は概ね無欠陥の場合の同じ位置の衝撃特性と同等以上であった。また, アルミナ片を挿入したことによる影響も見られない。

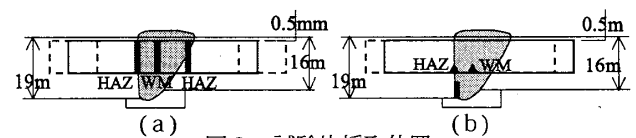


図3 試験片採取位置

表3 0℃のシャルピー衝撃試験結果

試験部位		vE ₀ (J)	B ₀ (%)	T ₁₈₅₀ (℃)	
ダイアフラム	SM490A	52	87	25	
	SS400	109	67	19	
フランジ	SN490B	143	35	-16	
	SS400	44	65	4	
溶接金属	M/M	84	53	2	
	H/M	135	8	-64	
	M/L	59	62	3	
ダイアフラム側 HAZ	M/M	57	55	2	
	H/M	146	22	-32	
	M/L	212	10	-24	
フランジ側 HAZ	M/M	144	37	-11	
	H/M	122	27	-36	
	M/L	136	22	-13	
端部欠陥有 (サブサイズ)*	M/M	溶接金属	147	2	-
		HAZ	101	30	-
	H/M	溶接金属	120	2	-
		HAZ	163	3	-
	M/L	溶接金属	150	5	-
		HAZ	204	0	-
端部欠陥無 (サブサイズ)*	M/M	溶接金属	152	12	-
		HAZ	84	37	-
	H/M	溶接金属	120	3	-
		HAZ	134	0	-
	M/L	溶接金属	152	3	-
		HAZ	211	0	-

* サブサイズ試験片は10×10mmに換算した値を示す。

vE₀ : 0℃におけるシャルピー吸収エネルギー

B₀ : 0℃における脆性破面率

T₁₈₅₀ : 破面遷移温度

5. 化学成分

溶接金属の化学成分を表4に、使用ワイヤの化学成分を表5に示す。今回の溶接条件では、YGW11の場合、SiおよびMnの歩留まりはそれぞれ57%~60%および66%~74%であり、YGW18の場合、SiおよびMnの歩留まりはそれぞれ67%および77%であった。

6. まとめ

本報告では、実大実験に供した鋼材および溶接部の材料特性について報告した。

表2 鋼材及び溶接金属の引張試験結果

採取部位		降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	一様伸び (%)
ダイアラム	SM490A	396	584	68	16.9
	SS400	288	443	65	16.9
梁フランジ	SN490B	352	535	66	17.6
	SS400	289	474	61	20.7
梁ウェブ	SN490B	415	555	75	17.8
	SS400	388	500	78	20.3
溶接金属	YGW-11(M/M)	378	524	72	16.5
	YGW-11(M/L)	400	525	76	15.1
	YGW-18	516	620	84	17.7

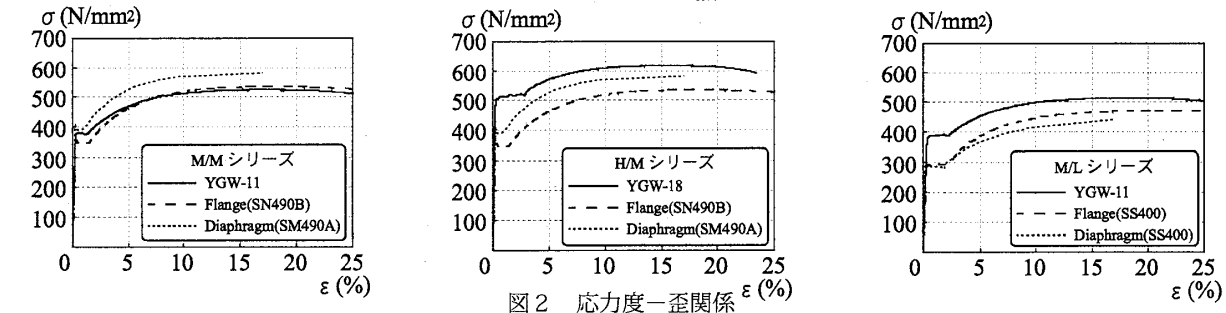


図2 応力度-歪関係

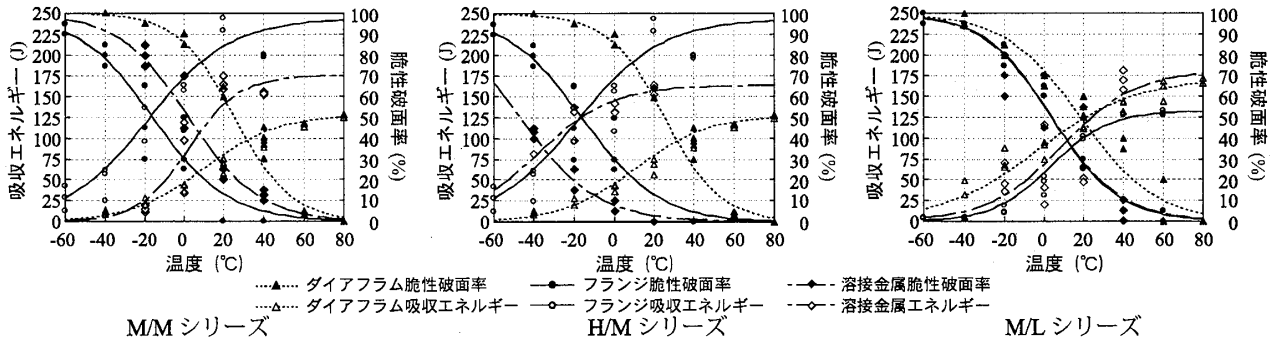


図4 遷移曲線

表4 溶接金属の化学成分分析結果 (mass%)

試験体名	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	Ti	N	Ceq	Pcm
M/M	0.089	0.40	1.12	0.011	0.011	0.16	0.02	0.032	0.004	0.001	0.0002	0.033	0.005	0.30	0.17
H/M	0.11	0.62	1.30	0.012	0.006	0.20	0.02	0.025	0.004	0.002	0.0044	0.026	0.005	0.36	0.23
M/L	0.089	0.38	1.00	0.012	0.012	0.16	0.02	0.029	0.004	0.001	0.0001	0.037	0.006	0.28	0.16

Ceq=C+Si/24+Mn/6+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

Pcm=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B

表5 ワイヤの成分分析結果(mass%)

ワイヤ	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo	Ti	Al	B	N
YAW11	0.060	0.67	1.52	0.009	0.011	0.24	0.010	0.228	0.004	0.0001	0.0034
YGW18	0.110	0.92	1.68	0.008	0.003	0.24	0.010	0.190	0.007	0.0065	0.0045

*1 NTT ファシリティーズ (株)
*2 神戸大学
*3 (株)日本設計
*4 (株)竹中工務店
*5 NTT 都市開発(株)

*6 神戸大学大学院 (駒井鉄工(株))
*7 神戸大学大学院

*1 NTT Facilities Inc.
*2 Kobe Univ.
*3 Nihonsekkei Inc.
*4 Takenaka Corp.
*5 NTT Urban Development Corp.

*6 Kobe Univ.(Komai Tekko Inc.)
*7 Kobe Univ.