

鋼製橋脚隅角部における十字継手部の溶接 性状が変形能・エネルギー吸収量に及ぼす影響

羽田 新輝¹・葛 漢彬²

¹学生会員 名城大学大学院 建設システム工学専攻 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501)

E-mail: 123437016@ccalumni.meijo-u.ac.jp

²正会員 名城大学教授 理工学部社会基盤デザイン工学科 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501)

E-mail: gehanbin@meijo-u.ac.jp

本研究では、未溶着が内在する鋼製橋脚隅角部に関して、過去に行われた延性き裂の発生・進展に着目した実験的な研究により得られた結果から、十字継手溶接部の各種性状が変形能・エネルギー吸収量に与える影響についてまとめた。溶接部性状として未溶着高さ、フィレット半径、溶接ビード脚長を取り上げ、これらのパラメータによる影響を検証した。これにより、溶接ビード脚長が大きくき裂が柱フランジに進展する場合、未溶着高さやフィレット半径は変形能・エネルギー吸収量共にあまり影響せず、対して溶接ビード脚長が小さく未溶着部からき裂が発生する破壊モードでは、未溶着高さ、フィレット半径が与える影響は非常に大きいといった結果を得た。

Key Words : *Beam-column connection, Welding defect, Leg length, Cyclic loading, Fillet radius, Deformation capacity, Energy absorption*

1. 序論

1995年1月に発生した兵庫県南部地震では、神戸ハーバーハイウェイP75鋼製橋脚において、隅角部に作用した強大な地震動の繰り返し荷重に起因する脆性的な破壊モードが初めて確認された¹⁾。以降、各研究機関において鋼製橋脚や鋼製隅角部を模擬した縮小モデルを用いた低・極低サイクル疲労に着目した繰り返し載荷実験が精力的に行われてきた。これまで筆者らは鋼製橋脚の脆性的な破壊を防止する観点より、強大な地震動を受けた鋼構造物が脆性的な破壊に移行する前の延性き裂の発生に着目し、単柱式鋼製橋脚を対象に種々の実験的および解析的研究を行い延性き裂発生の評価手法を提案してきた²⁾⁸⁾。

一方、近年では溶接構造物の施工時における溶接不具合(欠陥)の内在が問題視されてきており、三木らによって鋼製橋脚隅角部の施工不具合に関する報告がなされている⁹⁾。また、高度経済成長期とバブル経済期に製作された供用年数が50年を迎える鋼製橋脚隅角部には、大型車交通量の増加と重量超過車両の存在により大きな繰返し応力が発生したこと、不完全溶け込み部の近傍にせん断遅れによる局所的な高い応力が作用している事を起因

とする多くの疲労き裂が見つかり¹⁰⁾、深刻な問題となっている。これを受け、筆者らは本来完全溶け込み溶接が要求される鋼製橋脚隅角部の三線交差部ならびに十字継手内部に溶接未溶着が存在する場合を想定し、溶接未溶着や十字継手部の溶接性状が地震時の延性き裂発生に与える影響について実験的研究を行い、報告を行ってきた¹¹⁾¹⁴⁾。文献11)では、十字継手部に内在する溶接未溶着部から延性き裂が発生する可能性が示され、文献12)では、十字継手部の溶接ビード仕上げ性状がき裂発生に及ぼす影響、文献13)では溶接未溶着高さが延性き裂の発生・進展に及ぼす影響、文献14)では溶接脚長や溶け込み深さの分布による、延性き裂の発生・進展への影響について示された。

しかしながら、既往の研究ではき裂の発生と進展について重点的に調べてきたが、耐震性能(変形能やエネルギー吸収量)に関する考察が不十分であった。そこで本研究では、未溶着が内在する鋼製橋脚隅角部に関して、過去に行われた延性き裂の発生・進展に着目した実験的な研究により得られた結果に加え、新たに溶接脚長を増した供試体を追加し、十字継手溶接部の各種性状が変形能とエネルギー吸収量に与える影響について検証する。

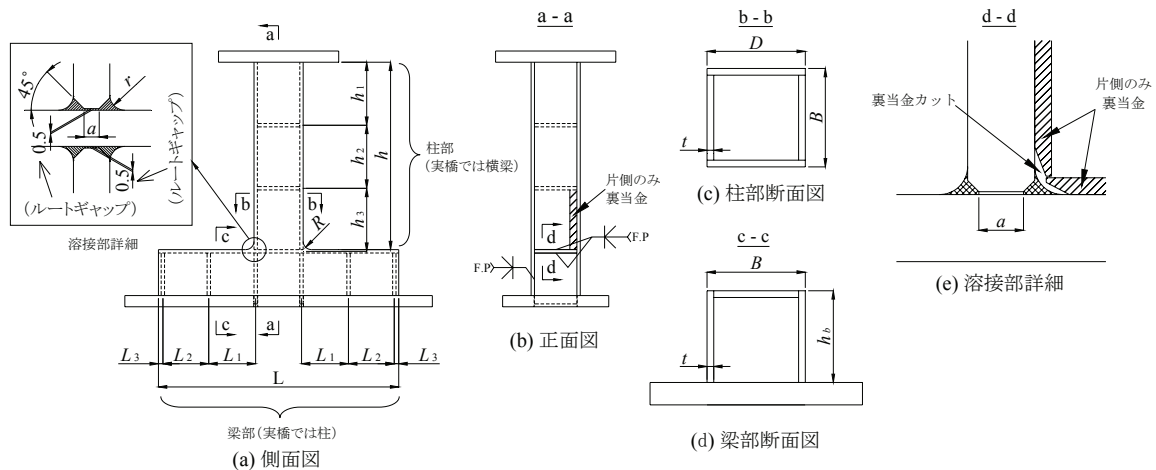


図-1 供試体概要図

表-1 供試体構造パラメーター一覧

(単位：mm)

供試体名	h	h_1	h_2	h_3	h_b	L	L_1	L_2	L_3	B	D	t	R	s	a	鋼板 No.
S30-0-5-R-VC-MD	670	225	225	225	163	857	168	164	16	175	176	12.07	7	9.4	0	1
S30-2-5-R-VC-MD	671	225	225	225	164	857	168	164	16	176	177	12.07	8	8.7	2.8	1
S30-5-5-R-VC-MD	669	225	225	225	165	860	168	164	16	174	176	12.20	7	5.9	8.9	2
S30-5-15-R-VC-MD	670	225	225	225	165	858	168	164	16	175	176	12.22	18	9.6	3.7	3
S30-5-30-R-VC-MD	670	225	225	225	166	860	168	164	16	175	176	12.22	30	9.0	2.9	3
S30-8-5-R-VC-MD	670	225	225	225	165	858	168	164	16	175	175	12.07	5	7.6	9.5	2
S30-8-15-R-VC-MD	670	225	225	225	164	860	168	164	16	175	176	12.22	17	8.7	8.1	3
S30-8-30-R-VC-MD	670	225	225	225	163	860	168	164	16	175	176	12.22	29	9.5	8.3	3
S30-8-50-R-VC-MD	668	225	225	225	166	858	168	164	16	175	176	12.20	52	6.0	9.4	2
S30-8-100-R-VC-MD	668	225	225	225	166	858	168	164	16	175	176	12.20	101	9.8	9.6	2
S30-0-15-R-VC	666	225	225	225	164	858	168	164	16	175	174	11.77	16	14.5	0	4
S30-2-15-R-VC	666	225	225	225	164	858	168	164	16	175	174	11.77	16	14.3	-	4
S30-2-30-R-VC	667	225	225	225	164	858	168	164	16	174	175	11.77	28	14.5	2.5	4
S30-5-15-R-VC	671	226	226	225	164	857	168	164	16	175	173	11.77	16	14.7	5.3	4
S30-5-30-R-VC	671	226	226	225	163	857	168	164	16	175	174	11.77	28	15.2	5.4	4
S30-8-15-R-VC	670	226	225	225	163	858	168	164	16	175	175	11.77	16	15.8	8.8	4
S30-8-30-R-VC	670	226	225	225	164	857	168	164	16	175	174	11.77	28	17.0	7.9	4

Note : h =柱部高さ, L =梁部長さ, B =フランジ幅, D =ウェブ幅, t =板厚, R =フィレット半径, s =溶接ビード脚長, a =未溶着高さ (s , a は切断面の計測平均値), 表中「-」は目視による計測不能を示す. その他は図-1を参照されたい.

2. 実験概要

(1) 実験供試体

実験供試体は鋼製橋脚と横梁の剛構造からなる隅角部を模擬した無補剛厚肉断面の梁-柱の接合部としている. 供試体の使用材質は, 実橋脚で使用が多い SM490Y クラスの鋼材であり, 板厚は 12mm とした. 供試体および仕上げの概要図を図-1 に示す.

供試体の柱部にはそれぞれ h_1 , h_2 , h_3 の間隔で, 梁部には L_1 , L_2 の間隔でダイヤフラムが設置されている. なお, 前述の通り, 供試体は鋼製ラーメン橋脚の隅角部を

想定しており, 実橋脚との対比では供試体の柱部が実橋の梁, 梁部が実橋の柱となる.

本供試体の梁-柱交差部には実橋脚を想定し, フィレットを設けている. 通常の隅角部には応力集中緩和の目的でフィレット半径 $R=100\text{mm}$ 程度から, 最近では梁高さの 10~20% 程度の大きさのフィレットが設けられており, 首都高速道路公団では梁高さの 40% 程度を考慮している. 筆者らの既往の研究では, 本研究と同様の供試体においてフィレット高さを 30mm とした場合, その多くがフィレット上端部から延性き裂が発生することが確認されている¹³⁾¹⁴⁾.

表-2 鋼材の引張試験結果

鋼板 No.	σ_y (MPa)	ε_y (%)	σ_u (MPa)	ε_u (%)	ν	E (GPa)	E_{st} (GPa)	ε_{st} (%)
1	368	0.17	517	19.4	0.31	214	5.27	1.02
2	421	0.20	517	26.0	0.28	213	2.77	2.77
3	407	0.20	518	26.0	0.27	208	5.00	1.70
4	384	0.18	532	25.7	0.285	211	4.60	2.20

Note : σ_y =降伏応力, ε_y =降伏ひずみ, σ_u =引張強さ, ε_u =破断ひずみ, ν =ポアソン比, E =ヤング率,
 E_{st} =ひずみ硬化開始時の硬化係数, ε_{st} =ひずみ硬化開始時のひずみ.

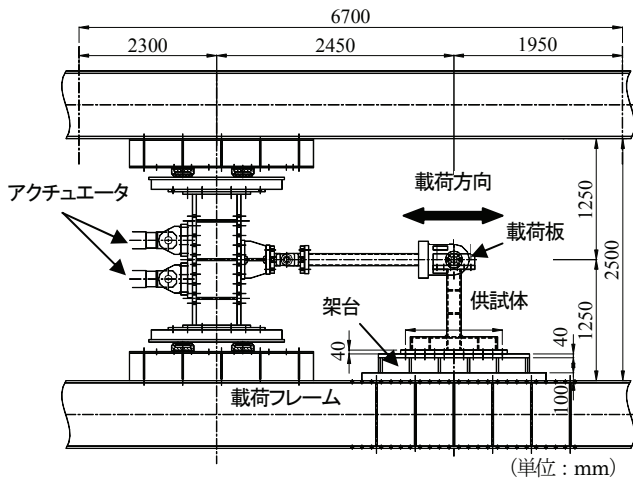


図-2 載荷装置概要図

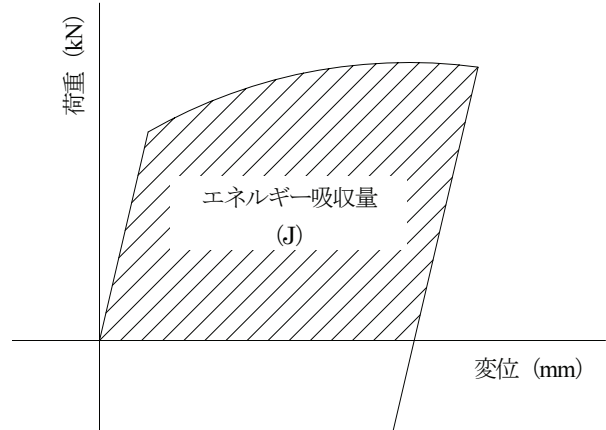


図-3 エネルギー吸収量概念図

供試体における梁-柱交差部の十字継手溶接部はビード表面の曲面仕上げ (R 仕上げ) とし, R 仕上げ半径 r は 5mm, 10mm の 2 種類とした. 溶接仕上げに関して, R 仕上げと止端仕上げの 2 種類が挙げられるが, 一般的に溶接部の仕上げで適用されることの多いのは止端仕上げである. しかし, R 仕上げのようにビード表面も滑らかに仕上げた場合, ひずみ集中を緩和させる効果が期待されるため, 本研究では R 仕上げの場合について実験を行った. なお, 仕上げ部はグラインダー等による仕上げ傷が残らないように留意するとともに, ビード形状の凹凸に伴うひずみ集中の影響をできるだけ少なくするために, 三線交差部の三方向からの溶接ビードラップ部分の余盛を取り除いた. また, 本供試体は実構造の鋼製橋脚隅角部の板組や隅角部の溶接仕上げ方法を再現して製作を行っている. 実際には梁-柱におけるフランジ交差部の十字溶接部を先行で溶接施工した上で, フランジとウェブの溶接を行った. なお, 供試体のサイズ制約および組み立て手順より, 最後に溶接を行う梁-柱のウェブおよび柱内のダイヤフラム (梁の控えフランジ) については裏当て金による片面裏波溶接とした (図-1(b)). また, 裏当て金が十字溶接にかかる部分はテーパークットし, 溶接部に当たらないよう配慮した (図-1(e)).

一般的な隅角部の設計においては, 梁-柱幅の 1/2 程度を剛域として構造解析を行い, 塑性化を許容しない設計が行われるが, 供試体の設計において, 柱については

き裂発生前に繰り返し載荷に伴う母材の局部座屈による耐力低下を防止するために幅厚比パラメータ R_f を 0.3 として設計を行い, その断面を梁にも適用して隅角部を構成した. 幅厚比パラメータは次式により定義される.

$$R_f = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 \cdot 4n^2}} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (1)$$

ここに, b =フランジの板幅, t =フランジの板厚, σ_y =降伏応力, E =弾性係数, ν =ポアソン比, n =サブパネル数 (本研究の対象は無補剛断面であるため $n=1$) である.

供試体の名称について, S30-8-100-R-VC-MD を例にとると, S (鋼製部材) 30 (幅厚比パラメータの 100 倍の値) - 8 (十字溶接部に内在する溶接未溶着高さ) - 100 (フィレット半径) - R (溶接仕上げ内容) - VC (載荷パターン) を表す. 末尾「MD」については, 溶接ビード脚長の設計値が $s=5\text{mm}$ の供試体であることを表し, 「MD」のない供試体は $s=10\text{mm}$ となっている.

実験に用いた供試体各部の実測寸法等を表-1 に示す. 供試体の製作に用いた鋼板が 4 枚と異なっていることから, 表-1 内の「鋼板 No.」欄に用いた鋼板を示した. 材料定数は, 試験片 3 本の引張試験の平均値として求め, 表-2 に本実験で用いた鋼板のそれぞれの引張試験結果を示す.

なお, フィレット半径 $R=5\text{mm}$ の供試体は文献 13), 供試体名末尾 MD は文献 14)にも記載されているため, 実

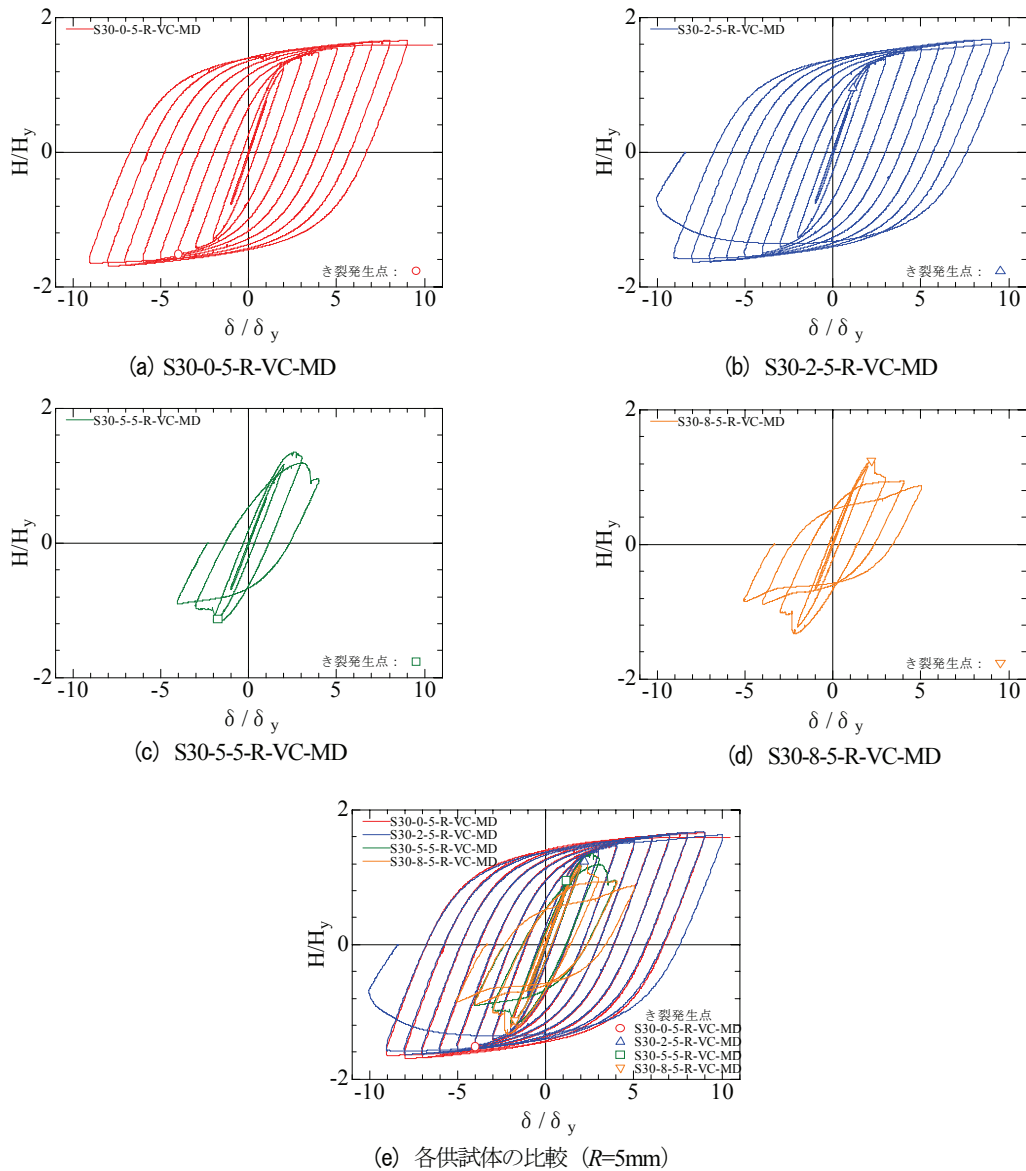


図-4 水平荷重－水平変位関係に及ぼす未溶着高さの影響

験の途中経過等の詳細についてはそちらを参照されたい。である。

(2) 実験装置概要

本実験の実験装置の概略図を図-2に示す。水平方向の荷重は載荷フレームの柱に固定したアクチュエータ（±1000 kN）により載荷を行い、アクチュエータの水平ストロークにより供試体頂部に水平変位が与えられる仕組みになっている。またアクチュエータの先端にはヒンジを取り付け、常に水平方向に載荷できる構造となっている。供試体と架台および載荷版、架台と載荷フレーム間はそれぞれ高力ボルトで連結した。

(3) 載荷パターン

繰り返し載荷はアクチュエータの変位制御により供試体の降伏変位 δ_y を基準とした載荷を行う。本研究で採用した載荷パターンは、1 サイクル毎の漸増変位振幅載荷

(4) エネルギー吸収量

各供試体のエネルギー吸収量は図-3に示すように、履歴ループの描く面積によって算出し、繰り返し載荷における折り返し点での荷重が最大荷重から10%以上低下したループまでの合計値とした。

3. 実験結果

(1) 未溶着高さによる影響

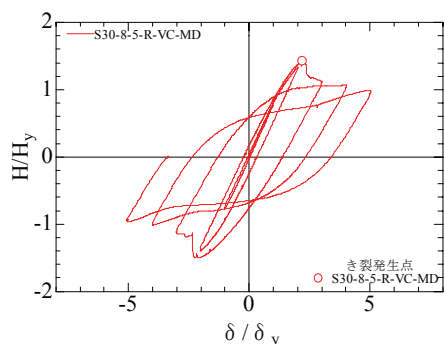
図-4にフィレット半径 $R=5\text{mm}$ の実験供試体の水平荷重－水平変位履歴曲線を、表-3に各供試体の実験における荷重10%低下までのエネルギー吸収量を示す。なお、吸収量を括弧書きで示したS30-0-5-R-VC-MDは荷重10%

表-3 エネルギー吸収量に及ぼす
未溶着高さの影響 ($R=5\text{mm}$)

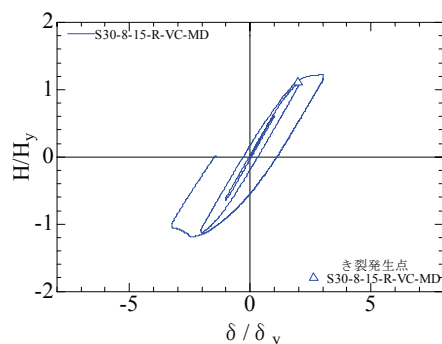
供試体名	荷重 10%低下までの エネルギー吸収量 (J)
S30-0-5-R-VC-MD	(1.40×10^5)
S30-2-5-R-VC-MD	1.59×10^5
S30-5-5-R-VC-MD	3.37×10^3
S30-8-5-R-VC-MD	1.31×10^3

表-4 エネルギー吸収量に及ぼすフィレット
半径の影響 ($a=8\text{mm}$)

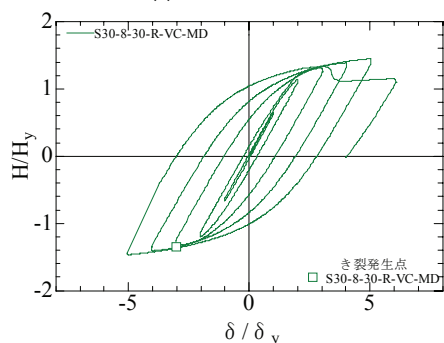
供試体名	荷重 10%低下までの エネルギー吸収量 (J)
S30-8-5-R-VC-MD	1.31×10^3
S30-8-15-R-VC-MD	2.78×10^3
S30-8-30-R-VC-MD	2.59×10^4
S30-8-50-R-VC-MD	3.71×10^3
S30-8-100-R-VC-MD	6.87×10^4



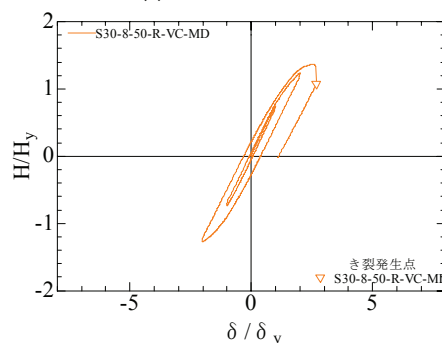
(a) S30-8-5-R-VC-MD



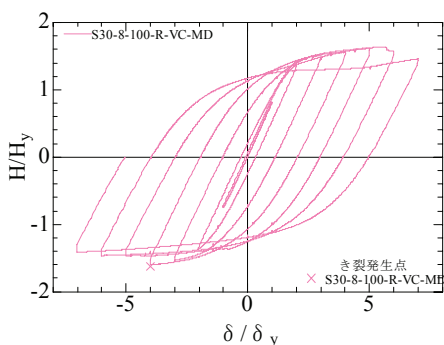
(b) S30-8-15-R-VC-MD



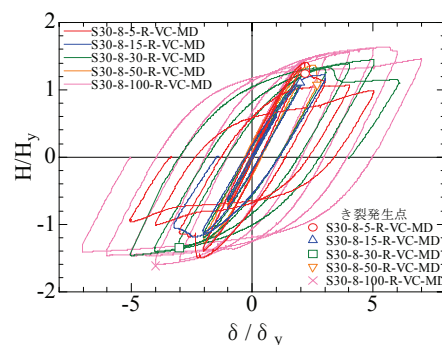
(c) S30-8-30-R-VC-MD



(d) S30-8-50-R-VC-MD



(e) S30-8-100-R-VC-MD



(f) 各供試体の比較 ($a=8\text{mm}$)

図-5 水平荷重-水平変位関係に及ぼすフィレット半径の影響

低下前に実験を終了していることに留意されたい。

図-4(a), (b)に示す $a=0$, 2mmの供試体ではき裂発生後も17~18Half Cycleまで荷重低下はみられず, 高い変形能を有しているといえる. 対して図-4(c), (d)に示す $a=5$, 8mmの供試体では, き裂発生から早い段階で大幅な荷重

低下がみられ, 表-3に示すエネルギー吸収量は, $a=0$, 2mmの供試体に比べ非常に小さくなっている. また, 未溶着高さ a が5mmの供試体と8mmの供試体では, エネルギー吸収量に2倍以上の差がみられる.

これらのことから, 未溶着高さが変形能・エネルギー

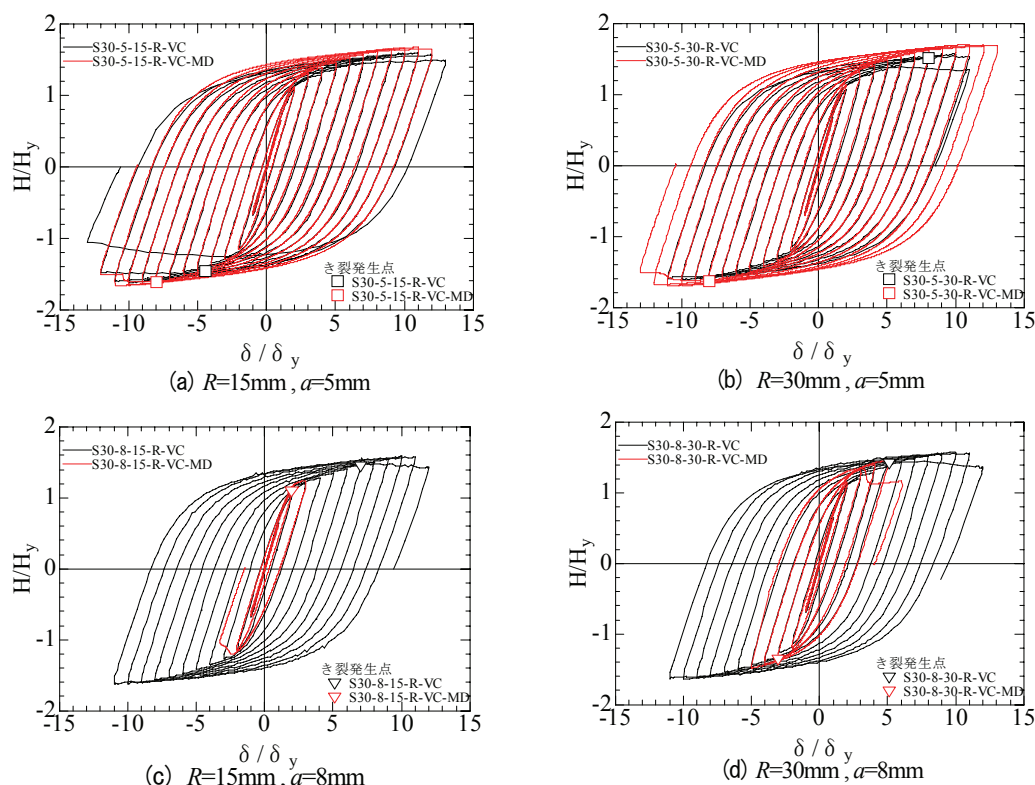


図-6 水平荷重－水平変位関係に及ぼすビード脚長の影響

表-5 エネルギー吸収量に及ぼすビード脚長の影響 ($s=10\text{mm}$, 5mm)

供試体名	き裂進展位置	荷重10%低下までのエネルギー吸収量 (J)	供試体名	き裂進展位置	荷重10%低下までのエネルギー吸収量 (J)
S30-5-15-R-VC	フィレット上端部から 柱フランジ	2.13×10^5	S30-5-15-R-VC-MD	溶接未溶着部から 十字継手溶接部表面	2.32×10^5
S30-5-30-R-VC		1.58×10^5	S30-5-30-R-VC-MD		2.90×10^5
S30-8-15-R-VC		1.97×10^5	S30-8-15-R-VC-MD		2.78×10^3
S30-8-30-R-VC		1.59×10^5	S30-8-30-R-VC-MD		2.59×10^4

吸収量に及ぼす影響は大きく、耐震性能に直接的に影響し、未溶着高さが大きい場合、変形能・エネルギー吸収量共に低下することがわかる。

(2) フィレット半径による影響

図-5に未溶着高さ $a=8\text{mm}$ の供試体の水平荷重－水平変位履歴曲線を、表-4に各供試体の実験における荷重10%低下までのエネルギー吸収量を示す。

図-5(a)に示すS30-8-5-R-VC-MD ($R=5\text{mm}$)と図-5(e)に示すS30-8-100-R-VC-MD ($R=100\text{mm}$)を比較すると、S30-8-5-R-VC-MDではき裂発生後、早い段階で荷重が大きく低下し、折り返し点での荷重が最大荷重の90%を下回った(荷重10%低下後も実験を続行し、図中グラフに反映している)。対してS30-8-100-R-VC-MDではき裂発生後も暫くの間、大きな荷重低下は起きず、 $-7\delta_y$ の時点でようやく最大荷重の90%を下回った。

S30-8-100-R-VC-MDは変形能も非常に大きく、また、荷重10%低下までのエネルギー吸収量では、S30-8-100-R-VC-MDがS30-8-5-R-VC-MDの50倍程度となっている。

S30-8-50-R-VC-MDを除き、フィレット半径が大きくなるほど荷重10%低下までの変形能は大きくなっている。S30-8-50-R-VC-MDについては、き裂発生後、折り返し点までの载荷を行っていないため、変形能を低く評価している可能性がある。S30-8-50-R-VC-MDを除く4体の供試体では、フィレットが大きいものほどエネルギー吸収量も大きくなっており、フィレット半径がエネルギー吸収量に与える影響は非常に大きいといえる。

(3) 溶接ビード脚長による影響

図-6に未溶着高さ $a=5, 8\text{mm}$ 、フィレット半径 $R=15, 30\text{mm}$ の供試体において、溶接ビード脚長 s の設計値が 10mm (実測では 15mm 程度)の供試体と 5mm (供試体名



(a) S30-5-15-R-VC (b) S30-5-15-R-VC-MD

写真-1 溶接ビード脚長によるき裂進展位置の違い

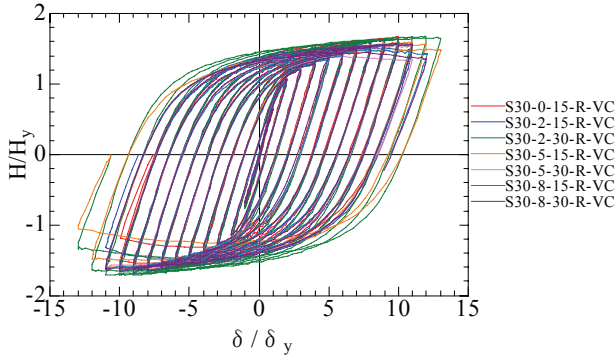


図-7 柱フランジにき裂進展が生じた供試体の水平荷重-水平変位関係

表-6 柱フランジにき裂進展が生じた供試体のエネルギー吸収量

	荷重 10%低下時の エネルギー吸収量 (J)
S30-0-5-R-VC-MD	(1.40×10^5)
S30-2-5-R-VC-MD	1.59×10^5
S30-0-15-R-VC	1.66×10^5
S30-2-15-R-VC	1.67×10^5
S30-2-30-R-VC	2.62×10^5
S30-5-15-R-VC	2.13×10^5
S30-5-30-R-VC	1.58×10^5
S30-8-15-R-VC	1.97×10^5
S30-8-30-R-VC	1.59×10^5

末尾MD、実測では9mm程度)の供試体を比較した図を示す。また、表-5には各供試体のエネルギー吸収量およびき裂の進展位置を示す。

図-6から、未溶着高さ $a=5\text{mm}$ の場合、 $s=5\text{mm}$ 、 10mm 共に変形能は大きく、荷重10%低下時の荷重段階は $10\delta_y$ を超えている。

一方、 $a=8\text{mm}$ の場合、 $s=10\text{mm}$ の供試体では $a=5\text{mm}$ のものとは変形能に大きな差はないが、 $s=5\text{mm}$ の供試体では荷重低下までの変形能が非常に小さくなっている。

エネルギー吸収量では、 $s=10\text{mm}$ の場合、未溶着高さによる影響がほとんどないが、これは写真-1(a)に示すように、き裂がフィレット上端部から生じ柱フランジへと進展したため、未溶着部にき裂が発生せず、そのため未溶

着高さの影響が顕著に表れなかったと考えられる。

対して未溶着部からき裂が発生した $s=5\text{mm}$ の供試体では、未溶着高さが大きくなると急激にエネルギー吸収量が小さくなり、また、 $a=5$ 、 8mm 共にフィレット半径が大きい供試体でエネルギー吸収量が大きくなっており、(1)節および(2)節で述べた傾向がみられる。

図-7に柱フランジにてき裂が進展した供試体の水平荷重-水平変位関係を、表-6に同供試体のエネルギー吸収量をまとめた。柱フランジにき裂進展が生じた場合、すべての供試体において水平荷重-水平変位関係は大きなループを描いており、変形能に優れていることがわかる。また、エネルギー吸収量が最大の供試体と最小の供試体での吸収量の差は2倍未満であり、十字継手溶接部表面にき裂進展が生じた場合に比べ、差は僅かである。

上記から、板厚 12mm に対して溶接ビード脚長が 15mm 程度存在する場合、未溶着高さやフィレット半径は変形能・エネルギー吸収量共にあまり影響せず、一方、溶接ビード脚長が 9mm 程度の場合、未溶着高さが 8mm 程度存在すると急激に変形能が低下し、エネルギー吸収量も非常に小さくなるといえる。

4. 結論

本研究では鋼製橋脚隅角部の十字継手溶接部における未溶着高さ、フィレット半径、溶接ビード脚長が変形能およびエネルギー吸収量に与える影響について、縮小モデルを用いた繰り返し載荷実験を行うことで検証した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 未溶着部からき裂が発生する状況において、未溶着高さが変形能・エネルギー吸収量に及ぼす影響は大きく、耐震性能に直接的に影響し、未溶着高さが大きい場合、変形能・エネルギー吸収量共に低下する。
- (2) 同じく未溶着部からき裂が発生する状況において、フィレットが大きいもののほどエネルギー吸収量も大きく、フィレット半径がエネルギー吸収量に与える影響は非常に大きい。
- (3) き裂が柱フランジに進展する場合(板厚 12mm に対して溶接ビード脚長が 15mm 程度)、未溶着高さやフィレット半径は変形能・エネルギー吸収量共にあまり影響せず、対して、未溶着部からき裂が発生する場合(板厚 12mm に対して溶接ビード脚長が 9mm 程度)、未溶着高さが 8mm 程度存在すると急激に変形能が低下し、エネルギー吸収量も非常に小さくなる。

参考文献

- 1) 岡下勝彦, 大南亮一, 道場康二, 山本晃久, 富松実, 丹治康行, 三木千壽: 兵庫県南部地震による神戸港港湾幹線道路 P75 橋脚隅角部におけるき裂損傷の

- 原因調査・検討，土木学会論文集，No.591/I-43，pp.243-261，1998.4.
- 2) 葛漢彬，大橋正稔，田島僚：鋼製厚肉断面橋脚における延性き裂の発生とその進展に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.53A，pp.493-502，2007.3.
 - 3) 葛漢彬，津村康裕：鋼製厚肉断面橋脚における延性き裂発生の評価に関する実験的および解析的研究，構造工学論文集，Vol.55A，pp.605-616，2009.3.
 - 4) 葛漢彬，藤江渉，田島僚：鋼構造物の延性き裂発生の評価法の実験データによる検証，構造工学論文集，Vol.55A，pp.617-628，2009.3.
 - 5) 鈴木俊光，葛漢彬，藤江渉：繰り返し荷重を受ける鋼製橋脚隅角部の延性き裂発生評価に関する実験データによる検証，第13回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.229-234，2010.2.
 - 6) 葛漢彬，藤江渉，岩田勝成：ランダムな繰り返し载荷を受ける鋼製橋脚の延性き裂発生・進展挙動及び照査法の検証，構造工学論文集，Vol.56A，pp.342-355，2010.3.
 - 7) 鈴木俊光，葛漢彬，小野恵亮：未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生評価に関する解析的検討，土木学会論文集 A1（構造・地震工学）[特]地震工学論文集，Vol.66，No.1，pp.148-161，2010.
 - 8) 速水景，鈴木俊光，岩田勝成，葛漢彬：異なる溶接仕上げと未溶着高さを有する鋼厚肉断面梁一柱隅角部の繰り返し弾塑性解析，構造工学論文集，Vol.58A，pp.319-332，2012.3.
 - 9) 三木千壽，平林泰明：施工の不具合を原因とする疲労損傷：土木学会論文集 A，Vol.63，No.3，pp.518-532，2007.7.
 - 10) 森河久，下里哲弘，三木千壽，市川篤司：箱断面柱を有する鋼製橋脚に発生した疲労損傷の調査と応急対策，土木学会論文集，Vol.2002，No.703，I-59，pp.177-183，2002.4.
 - 11) 鈴木俊光，葛漢彬，小野恵亮：完全溶け込み溶接部に未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生・進展に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.57A，pp.479-489，2011.3.
 - 12) 鈴木俊光，葛漢彬，岩田勝成，速水景：溶接ビード仕上げ性状が鋼厚肉部材の延性き裂発生に及ぼす影響に関する実験的研究，鋼構造論文集，Vol.18，No.71，pp.43-53，2011.9.
 - 13) 速水景，葛漢彬，羽田新輝，森翔吾，鈴木俊光：小さなフィレットを有する鋼製橋脚隅角部の未溶着高さが延性破壊に及ぼす影響，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.69，No.4，pp.I_429-I_439，2013.4.
 - 14) 羽田新輝，葛漢彬，速水景，鈴木俊光：溶接脚長および溶け込み深さが鋼製橋脚隅角部の延性き裂発生・進展に及ぼす影響，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.69，No.4，pp.I_989-I_1001，2013.4.

EFFECTS OF WELDING PROPERTIES OF THE CROSS JOINTS ON THE DEFORMATION CAPACITY AND ENERGY ABSORPTION IN STEEL BEAM-COLUMN CONNECTIONS

Shinki HADA and Hanbin GE

In this study, effects of various properties of the cross joint welding on deformation capacity and energy absorption of steel beam-column connections with weld defects are experimentally investigated. To this end, effects of weld defect width, fillet radius and weld leg length are discussed. As a result, if the crack is growth to the column flange, the effects of fillet radius and weld defect width on the deformation capacity and energy absorption are small. On the other hand, if the crack initiates from the weld defect, the effects of weld defect and fillet radius become very large.