

V-385 内部欠陥が鉄筋ガス圧接継手部の低サイクル疲労強度に及ぼす影響

千葉工業大学大学院 学生会員 鈴木 元敏
 芝浦工業大学工学部土木工学科 学生会員 長野 岳宏
 東京大学生産技術研究所 正会員 館石 和雄
 千葉工業大学土木工学科 F会員 足立 一郎

1. はじめに

鉄筋ガス圧接継手は施工を誤ると圧接面に欠陥が生じ、著しく脆弱な不良圧接部になることが明らかにされている¹⁾。しかし、圧接面に生じた欠陥と疲労強度との関係は定量的に明らかにされていない。本研究では、健全な圧接継手と欠陥を入れた圧接継手を用いて、低サイクル疲労試験を行い、欠陥の有無によるガス圧接継手の疲労強度の違いを実験的に明らかにした。また、弾塑性解析により、母材と圧接部のひずみ状態を求め、その結果と実験により得られた強度曲線から、ふくらみ径と疲労強度の関係を明らかにした。

2. 圧接部の局所的な強度特性

2.1 実験概要

圧接継手は以下の3種類の方法で作製した。

- 1) 圧接協会の標準仕様書に準じた手順、条件で圧接作業を行ったS継手
- 2) 加熱前に鉄筋端面間に1mmの隙間を空け、初期の加熱中に意図的に加熱炎を圧接部から10秒間外し、再び圧接作業を行ったA継手
- 3) 鉄筋端部をグラインダー研削処理後、片側端面部に合成樹脂エナメル塗料（以下塗料）を付着させ圧接作業を行ったP継手

2)は、圧接面にできる酸化皮膜により、3)は鉄筋端面の塗料により、欠陥を発生させることを目的とした。使用した異形鉄筋はJIS G 3112に適合するSD345のD19の高炉品である。健全接合面及び不良接合面の試験体として図-1に示すように、健全接合面はSTの断面中心部から、不良接合面はAT、PT共に断面の中心周辺から、図-2に示すような試験片を放電加工により切り出した。また、比較のために、母材からも同様の試験片を切り出した。各継手の種類と切り出し試験片の記号を表-1に示す。

2.2 実験方法

正負交番繰返し試験は、3000～18000 μ 計5段階のひずみ振幅を設定し、ひずみ制御により行い、各ひずみ振幅と繰返し回数を測定した。

2.3 実験結果

図-3に正負交番繰返し試験結果（ひずみ振幅-破断寿命関係）を示す。各試験片を比較すると、タイプSとタイプBの疲労強度はほぼ同等であった。しかし、タイプSに対し、タイプAは1/6、タイプPは1/20程度に破断寿命が低下することがわかった。

キーワード：鉄筋ガス圧接継手、欠陥、低サイクル疲労強度

連絡先：〒106 東京都港区六本木7-22-1 TEL03-3402-6231 FAX03-3470-0759

表-1 圧接継手の種類と切り出した試験体

圧接継手の種類	切り出した試験体
通常の圧接継手 (ST)	タイプS
酸化皮膜の欠陥を入れた圧接継手 (AT)	タイプA
塗料の付着による欠陥を入れた圧接継手 (PT)	タイプP
母材 (B)	タイプB

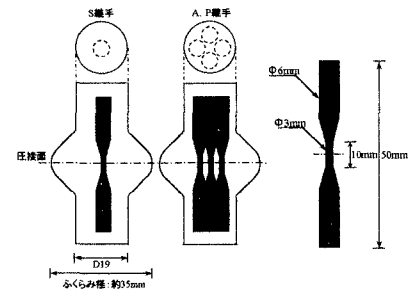


図-1 試験片切り出し位置

図-2 試験体概要図

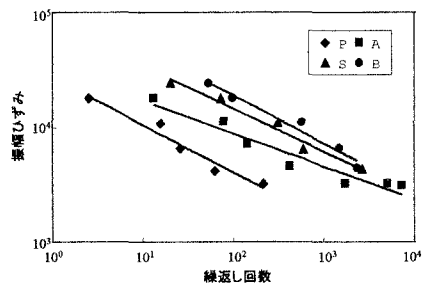


図-3 低サイクル疲労試験結果

3. 鉄筋ガス圧接継手の疲労強度特性

使用した異形鉄筋は、JIS G 3112 に適合するSD345 の D13 の高炉品である。鉄筋の材料特性を表-2 に示す。ガス圧接継手は、前章同様、S 継手、A 継手、P 継手の三種類を作製した。実験方法として、試験体は圧接部の径が 1.8d、1.2d、1.0d の 3 種類の圧接継手を用いた。ただし、ふくらみ径が 1.8d、1.2d の場合は P 継手のみとした。载荷方法は、ひずみ制御の正負交番繰返し载荷で行った。試験機はサーボパルサーを用いた。

各圧接継手において低サイクル疲労試験を行った結果、圧接部のふくらみ径が 1.8d 及び 1.2d の P 継手、1.0d の S 継手はすべて母材破断した。しかし、ふくらみ径が 1.0d の A 継手及び P 継手はすべて圧接面で破断した。図-4 に最大ひずみ振幅と繰返し回数の関係を示す。図より、本実験により得られた実験値は他の実験より得られた各接合面の強度特性（実線）とほぼ一致した。また、ふくらみ径 1.0d において S 継手に比べ A 継手、P 継手の疲労強度は著しく低下することがわかった。以上のことから、圧接継手の疲労強度は接合面の局所的な疲労強度に支配されていると考えられる。

5. ガス圧接継手の形状と疲労強度の関係

(1) 弾塑性 FEM 解析方法

FEM 解析モデルを図-5 に示す。また、解析方法は軸対称解析とし、材料特性は実験値をもとに、弾性係数 $2.06 \times 10^5 \text{ MPa}$ 、ポアソン比 0.3、降伏後剛性 $2.85 \times 10^3 \text{ MPa}$ 、降伏応力 $4.1 \times 10^2 \text{ MPa}$ とした。

(2) 解析結果及び考察

図-6 に各形状における母材と圧接界面の与えた変位とひずみの関係の一例を示す。このような解析結果をもとに、低サイクル疲労試験結果から各ふくらみ形状の P 継手及び A 継手の疲労強度を予測した。図-7 に予測結果を示す。図より、P 継手、A 継手ともにふくらみ径が 1.4d の場合には母材に非常に大きなひずみを与えても、圧接面で破断はおこらず、すべて母材で疲労破断することが考えられる。しかし、1.2d の場合 P 継手では母材に 70000μ 、A 継手では母材に 90000μ 以上の、1.1d の場合 P 継手では母材に 40000μ 、A 継手では母材に 60000μ 以上のひずみを与えられると、圧接面で破断する可能性があるかと判断できる。

6. まとめ

本研究より、鉄筋圧接継手の低サイクル疲労強度に関して以下のことがわかった。①圧接部に内部欠陥が存在する圧接継手の低サイクル疲労強度は健全な圧接継手の疲労強度と比べ著しく低下する。②P 継手及び A 継手は、ふくらみ径が 1.1d、1.2d の場合、母材に非常に大きなひずみを与えられると圧接面で破断するおそれがある。しかし、いずれの継手においても 1.4d 以上あれば、圧接面での疲労破断は起こらず、母材部で疲労破断すると判断できる。

参考文献：1) 日本圧接協会：鉄筋のガス圧接入門、平成 9 年 1 月 9 日発行

謝辞：本研究を行うにあたり、試験体の作製にご協力頂いた日本ガス圧接株式会社、ならびに、多大なご協力を頂いた、東京大学国際産学共同研究センター魚本健人教授、同研究所第五部魚本研究室助手加藤佳孝氏、同研究室技官、研究員の方には心から感謝致します。

表-2 鉄筋の材料特性

Size (mm)	製法	化学成分(%)						引張特性		
		C ×100	Si ×100	Mn ×100	P ×1000	S ×1000	C44w/6 ×100	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)
D13	高炉	21	29	124	23	16	42	413	577	23

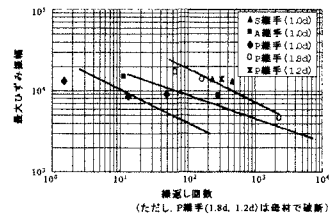


図-4 低サイクル疲労試験結果

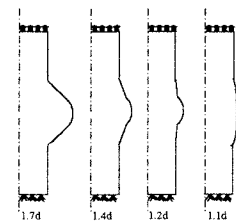


図-5 解析モデル

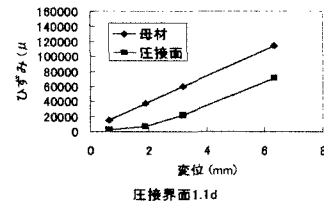


図-6 解析結果の一例

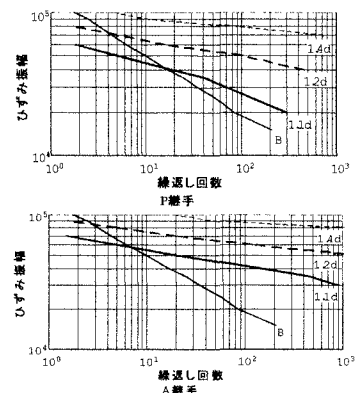


図-7 各ふくらみ径の疲労強度