

日 本 大 学 ○ 河 合 紘 茲
日 本 大 学 塚 殺

1. まえがき

異形鉄筋の引張疲労試験における握み部補強方法は、バビットメタル、熱処理（焼入れ）等が一般的である。しかし、これらの補強方法は、施工性、経済性、試験の信頼性に対して十分とは言えない。本研究は、これらの基礎資料について検討を行い、種々の問題点の改善策として、アルミパイプとエポキシ樹脂系接着剤による補強方法を提案するものである。次に、提案した補強方法と従来の補強方法との比較試験を行い、各補強方法の効果について取りまとめたものである。なお、本研究を行うに当り終始御指導をいただきました東京都立大学村二郎教授に深く感謝の意を表します。また、接着剤に関する資料提供に御尽力いただいた三洋化成（株）山元二郎主任研究員に謝意を表します。

2. 握み部補強方法

補強方法は、アルミパイプ補強、バビットメタル補強、表面熱処理補強及び切削加工の4種である。

a) アルミパイプ補強は、JIS A 2024のアルミ〜シリコン系パイプにSD30、D16の横ふし鉄筋を挿入したものである。補強部施工方法は、パイプ内径2.5cm、肉厚3mm、長さ20cmのパイプ片端部をウレタンとビニールテープで塞ぎ、その円筒中にエポキシ樹脂系接着剤（ユニボンドAの2液混合タイプ）を充填した後に、供試鉄筋をアルミパイプの中心位置に挿入すると同時に挿入口をウレタンとビニールテープで塞いだ。更に、鉄筋とアルミパイプとの接着効果を得るために、万能試験機でアルミパイプ部分に10tonの加圧を行い、楕円状に圧着した（写-1参照）。圧着後 $22 \pm 2^\circ\text{C}$ の恒温恒湿室で24時間養生硬化させた後に試験に供した。



写-1 アルミパイプ補強

b) バビットメタル補強は、JIS G 3445の機械構造用炭素鋼管にSD30、D16の横ふし鉄筋を挿入したものである。補強部施工方法は、パイプ内径2.5cm、肉厚3mm、長さ20cmのパイプ中心位置に供試鉄筋を挿入し、試験区間と反対側端部の供試鉄筋とパイプをアーク溶接した。更に、供試鉄筋とパイプの間に約 300°C で溶融した軽合金（鉛、錫、アンチモニー）を充填したものである。

c) 表面熱処理補強は、SD30、D16の供試材鉄筋の端部から20cmの長さを約 900°C に熱し、その表面に青酸カリを振掛け、水で急冷させたものである。

d) 切削加工は、SD30、D25を加工したものである。加工方法は、図-1に示すように試験区間をD16相当にふしを切削加工したものであって、握み部（D25）と試験区間（D16）との境界部をテーパー無し（ 90° ）としたものと、45度テーパー部の付け根に r （ $r=3\text{mm}$ ）を加工した2種である。従って、試験区間は圧延加工ではなく、切削加工となっている。これは、鉄筋端部を鍛造拡大し、拡大部を切削して握み部を加工すべきであるが、加工工場の制約により、市販鉄筋を切削加工したものである。

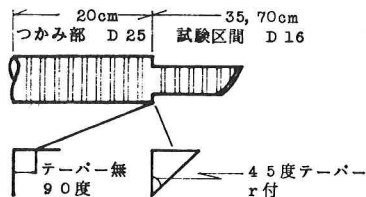


図-1 切削加工鉄筋図

3. 試験方法

引張疲労試験に使用した試験機は、20 tonの電気油圧式サーボパルサーである。鉄筋の試験区間長は、35 cmと70 cmの2種とした。チャッキングは、試験区間長の両端部より鉄筋径の2倍離れた位置とした。これは、握み部近傍の集中応力を極力避けるために考慮したものである。下限荷重は、500 kgf（鉄筋応力が約250 kgf/cm²）と一定にした。上限応力は、鉄筋引張強度の約30～55%（約1650～3000 kgf/cm²）の範囲で、試験状況に応じて随時変化させ、鉄筋握み部補強の効果を確認した。確認方法は、鉄筋の疲労限界範囲内の応力に対しては200万回繰返し時の握み部補強の損傷状態によって判断を下した。疲労限界外の応力に対しては、握み部補強の損傷状態、耐久性、破断位置等によって判断を下した。載荷速度は、2.5～5 Hzの範囲とした。

4. 試験結果

引張疲労試験結果を表-1に示す。表-1において、鉄筋の引張強度が1650～1925 kgf/cm²の範囲では、アルミパイプ、バビットメタル、表面熱処理、45度テーパの何れも損傷は認められなかった。しかし、テーパ無のものは、試験区間長に拘らず、大部分補強部の付け根で破断に至っている。引張強度が2200～3000 kgf/cm²の範囲では、試験区間長70 cmのものは、アルミパイプ、バビットメタルの両方とも100%損傷は認められなかった。45度テーパは9本中1本、表面熱処理は9本中3本損傷が認められた。試験区間長35 cmのものは、補強方法に拘らず、大部分損傷が認められた。

次に、それぞれの補強方法に対する鉄筋破断状態を表-2に示す。表-2において、試験区間長35 cmの供試材については、何れの補強方法も握み部から試験区間の0～12 cmの範囲で破断に至っている。これに対して試験区間長70 cmの供試材においては、試験区間長の中心部から左右7 cmの範囲で大部分破断に至っている。これは、補強部の施工精度による供試材の偏心に起因するものと考えられる。従って、試験区間長をなるべく長く取ることが必要である。また、握み部をアルミパイプのような軟鋼で行えば、チャッキングの際の圧力でアルミパイプが変形することにより偏心載荷を防止することができる。

以上の試験結果から、アルミパイプ、バビットメタル、45度テーパの補強効果はほぼ同等と考えられる。本試験で提案したアルミパイプ補強は、従来の補強方法に比較して施工性及び経済性の面で大幅に改善されるものと思われる。また、本補強方法は、鉄筋の継手工法にも応用できる。

表-1 引張疲労試験による補強部損傷結果

鉄筋応力 レベル (kgf/cm ²)	鉄筋つかみ部補強方法				
	アルミパイプ補強	バビットメタル補強	表面熱処理補強	45度テーパ加工	テーパ無し加工
1650	○ △	○ △	○ △	○ △	○ ▲
	○ △	○ △	○ △	○ △	○ △
	○ △	○ △	○ △	○ △	● ▲
1925	○	○	○	○	● —
	○	○	○	○	● ▲
	○	○	○	○	● —
2200	○	○	○	○	
	○	○	●	●	
	○	○	○	○	
2750	○	○	●	○	
	○	○	○	○	
	○	○	○	○	
3000	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	
	○ △	○ ▲	○ ▲	○ ▲	
	○ ▲	○ ▲	● ▲	○ ▲	

注) ○印は試験区間長70 cm, 白○は損傷無, 黒●は損傷有, △印は試験区間長35 cm, 白△は損傷無, 黒▲は損傷有,

表-2 引張疲労試験による鉄筋破断位置

鉄筋応力 レベル (kgf/cm ²)	アルミパイプ補強		バビットメタル補強		表面熱処理補強		切削加工45度テーパ加工	
	試験区間長		試験区間長		試験区間長		試験区間長	
	35	70	35	70	35	70	35	70
2200	10.3	3.9	9.2	2.2	8.9	7.4	11.2	6.8
	7.4	6.6	11.4	4.7	17.5	6.6	9.6	5.1
	12.2	2.3	8.1	3.5	13.4	9.1	12.8	4.3
2750	15.9	7.2	12.0	8.1	11.8	3.8	10.3	3.7
	11.6	8.4	9.9	6.4	10.5	6.7	13.0	6.0
	9.1	5.6	10.3	7.0	12.3	5.9	9.6	2.2
3000	8.7	9.3	14.8	6.4	17.5	8.2	11.6	7.1
	17.5	5.9	9.6	5.2	17.2	7.4	14.9	5.3
	6.3	7.4	8.3	4.7	15.0	5.3	8.2	6.8

注) 単位: cm, 破断位置の測定は試験区間長の中心からの長さ。