

軸方向力の大きい幅広断面鉄筋コンクリート部材の付着性状

鉄道総研 正会員 ○大屋戸理明

鉄道総研 正会員 岡本 大

鉄道総研 正会員 谷村 幸裕

鉄道総研 正会員 佐藤 勉

1. はじめに

鉄筋コンクリート（RC）部材の付着破壊に対する研究は特に建築分野で研究が蓄積されているが、それらの多くは縮小模型実験の結果の回帰的定量評価による研究であり、実験条件の差による評価の違いも指摘されている。本報告では、筆者らが過去に行った実験の結果¹⁾から、これまで報告の少ない軸方向力の大きい幅広断面RC部材の付着性状について考察した。

2. 試験概要

試験体は開削トンネル中柱を想定した1/2縮小モデルであり、鋼板巻き補強効果を把握する目的で実施した¹⁾。このうち本報告で検討する試験体（図1）は、鋼板巻き補強のされていない比較対象用のRC柱1体である。柱部材は $b \times D = 900 \times 300(\text{mm})$ の幅広長方形断面であり、両端をスタブに定着した。コンクリートの打設は、図1に示すように柱上方から行い、下スタブ、柱部材、上スタブの順で3回に分けて打設した。試験時のコンクリート強度は19.7(MPa)であった。載荷は、一定の大きい軸方向力下（柱断面の圧縮応力度を試験時のコンクリート強度の50%とした）において、部材に逆対称モーメントを与える方法で正負繰り返し載荷した。繰り返し載荷の履歴を図2に示す。

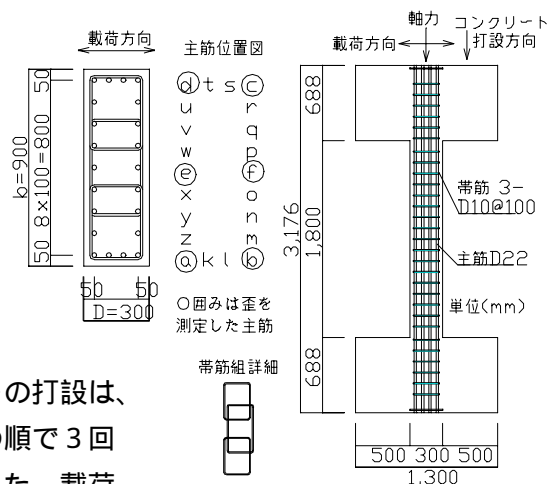
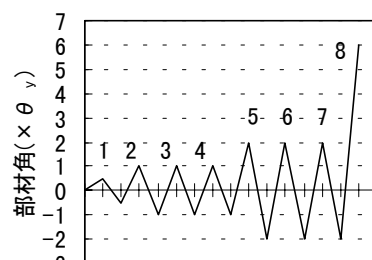


図1 試験体概要



注1：1サイクル目は主筋圧縮歪が

-1000 μ に達するまで載荷

注2： θ_y は主筋引張降伏時点の部材角

図2 繰り返し載荷の履歴

3. 破壊状況

試験体の材端曲げモーメント - 部材角関係を図3に示す。試験体は、曲げひび割れ発生後、 $+1\theta_y$ 1回目載荷途中（図3のA点）でまず圧縮側主筋が降伏し、続いて引張側主筋が降伏した。その後 $\pm 1\theta_y$ の繰り返しまでは耐力を維持したが、 $+2\theta_y$ 1回目載荷途中に軸方向力を保持したまま耐力が大幅に低下し、典型的な付着破壊となった。

$+2\theta_y$ 1回目載荷終了時のひび割れ状況を図4に示す。図には対応する主筋名を合わせて示した。側面ではu,e,zおよびm,f,rが、正面ではa,bおよび2段目主筋のlの位置に縦ひび割れが発生しており、それぞれ付着破壊している可能性がある。一方、他の鉄筋には縦ひび割れが少なく、この時点で付着破壊していない可能性がある（主筋c,dは主筋a,bの対称位置なので、正面の反対側の面でひび割れが発生していると思われる）。帯筋が2重にかかっている主筋n,o,p,q,v,w,x,yは実験終了まで縦ひび割れは明確には現れておらず（文献¹⁾参照）、最終的にも付着破壊していない可能性がある。これらの事実は、中間帯鉄筋がかかっている主筋は付着強度が大きい、とする従来の知見と一致する。

3. 付着性状

主筋の付着応力度と部材角の関係を、主筋 b,f を例に図5に示す。

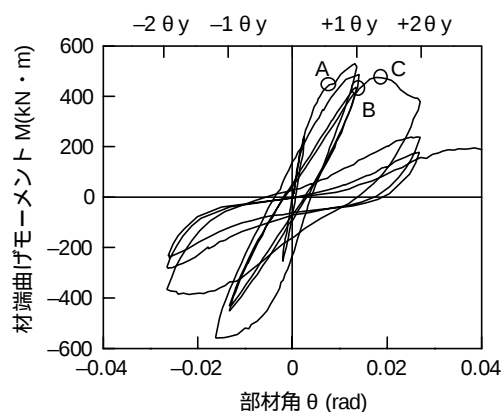


図3 材端モーメント - 部材角関係

キーワード：付着強度、軸方向力、幅広断面、逆対称モーメント、交番載荷

連絡先：〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38

TEL：042-573-7281 FAX：042-573-7282

ここで主筋の付着応力度は、付着検討区間両端の鉄筋力の差を検討区間長と鉄筋周長で除して求めた。付着検討区間は、端部 1D 区間の見かけ上の付着劣化を考慮し、それを除いた部材スパン中央部の区間とした。なお、本試験体では付着検討区間では主筋が降伏していなかったため、鉄筋力は歪にヤング係数(材料試験により求めた値)と公称断面積を乗じた値とした。

図 5 によると、主筋 b は+2 θ_y 1 回目載荷時も付着劣化は見られず、2 回目以降の繰り返し載荷により徐々に付着劣化が進んでいる。一方、主筋 f では、+1 θ_y 1 回目載荷時には主筋 b と同程度の付着応力を発揮したが、 $\pm 1 \theta_y$ の繰り返し載荷で徐々に付着応力が低下し、+2 θ_y 1 回目載荷の途中で付着応力が急激に低下している。この低下の始まった時点は耐力低下が始まった時点と一致(図 3 の C 点)しているので、この主筋の付着劣化が耐力低下を引き起こしたと考えられる。また、図 3 の B 点は主筋 e の付着劣化の始まった時点であり、主筋 e,f はともに+2 θ_y 1 回目で付着劣化している。なお、主筋 a,c,d は主筋 b とほぼ同様の傾向である。

最大付着応力度実験値を各種算定値と比較して表 1 に示す。ここで、 $\tau_{cal,1}$ ²⁾と $\tau_{cal,2}$ ³⁾は断面の幅広の度合をパラメータに持たないが、 $\tau_{cal,3}$ ⁴⁾は d_b/j_t (d_b は主筋径、 j_t は断面の応力中心間距離で最外縁鉄筋間距離を仮定)をパラメータに持ち、断面の幅広の度合が考慮される。また、3つの算定式は、その元になった実験では、繰り返し載荷や大きい軸方向力の載荷を行っていない。なお、ひび割れ性状で前述の通り、一部の主筋は最終的に付着破壊していない可能性があるが、付着破壊モードはサイドスプリットモードを適用している。

実験値は算定値 $\tau_{cal,1}$ と $\tau_{cal,2}$ に対して、条件の違いにも関わらず 9 割程度と比較的近い。一方、 d_b/j_t をパラメータに持つ $\tau_{cal,3}$ に対して実験値は 5 割程度であるが、これは上記条件の違いと、本試験体が算定式の元の実験範囲($d_b/j_t=0.0348 \sim 0.0876$)を超えた($d_b/j_t=0.11$)ことが要因として考えられる。

4. まとめ

軸方向力の大きい幅広断面 RC 部材の繰り返し載荷試験により、以下の付着性状が確認された。

- (1) 中間帯鉄筋のかかっている主筋は付着強度が大きい、とする既往の知見と一致するひび割れ性状が確認された。
- (2) 繰り返し載荷により付着劣化した主筋が確認された。
- (3) 最大付着応力度は、実験の条件が違っても関わらず、断面の幅広の度合が考慮されない式の算定値と近い値であった。

参考文献

1) 谷村幸裕、渡辺忠朋、佐藤勉：報告 軸方向力の大きい RC 部材における鋼板巻き補強効果に関する実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19、No.2、pp.297～302、1997.6
2) Orangun,C.O, Jirsa, J. O. and Breen,J.E: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal Proceedings, Vol. 74, pp.114～122, Mar. 1977
3) 鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説、日本建築学会、p137、1990
4) 鉄筋コンクリート造建物の靱性能保証型耐震設計指針(案)・同解説、p180、日本建築学会、1997

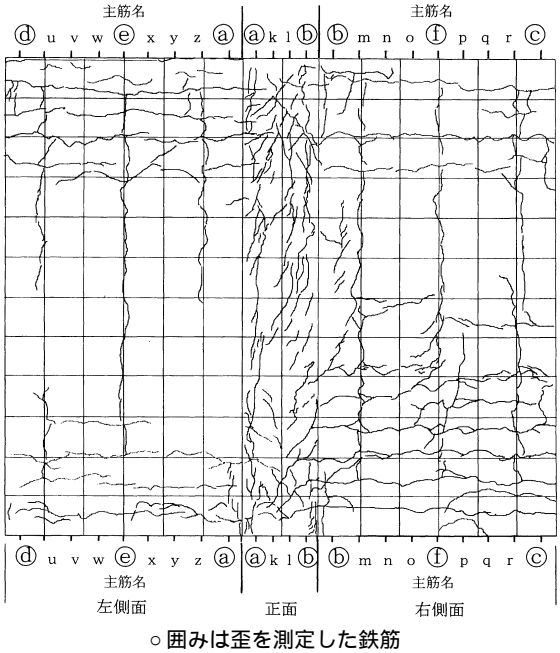


図 4 + 2 θ_y 1 回目載荷終了時のひび割れ状況

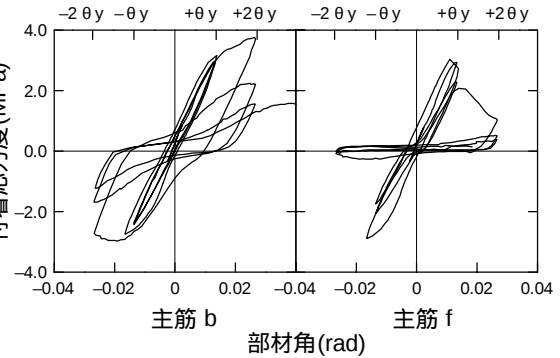


図 5 主筋の付着応力度と部材角の関係

表 1 最大付着応力度実験値と算定値の比較

主筋名	実験値 (MPa)	実験値/算定値		
		/ $\tau_{cal,1}$	/ $\tau_{cal,2}$	/ $\tau_{cal,3}$
a	3.16	0.86	0.87	0.51
b	3.76	1.02	1.04	0.61
c	3.04	0.83	0.84	0.49
d	3.22	0.88	0.89	0.52
平均	3.29	0.90	0.91	0.53
e	3.45	0.94	0.95	0.56
f	3.04	0.83	0.84	0.49
平均	3.25	0.89	0.90	0.53

注: $\tau_{cal,1}=3.67\text{MPa}$ (OJB式)2)
 $\tau_{cal,2}=3.62\text{MPa}$ (終局強度型指針の解説式)3)
 $\tau_{cal,3}=6.16\text{MPa}$ (靱性能保証型指針の解説式)4)