

[1057] 樹脂アンカーの先端形状の改良とその有効性に関する実験

正会員○細川洋治 (東京大学工学部)

服部忠宏 (日本デコラックス)

丹羽 亮 (日本デコラックス)

1 はじめに

既存鉄筋コンクリート造建物の耐震補強を増設耐震壁により行う場合、既設部分と増設壁の接合は、あと施工アンカー筋と壁筋を接続する工法が用いられている。補強建物の耐震性を確保するには、増設された耐震壁が信頼あるものでなければならない。増設壁の問題点として、過去の実験などからコンクリートの充填性、既設部分とのかみ合い、アンカー筋の引抜き耐力の信頼性などが指摘されている[1]、[2]。

ここでは、これらの問題点の中から、樹脂カプセルを用いたあと施工アンカーの引抜き耐力についての実験結果を報告する。カプセル式アンカーが日本で使用されて以来、アンカー筋の先端の形状は、片側45度カット(N形)が標準となっている。太径では両側45度カット(V形)が用いられている。樹脂による接着系アンカーの引抜き強度は、コンクリートと樹脂の付着力により決定されるので、コンクリート孔内の鉄筋は、全長に亘って付着力を発揮することが理想的である。2液混合により接着力を発揮するカプセル式アンカーは、鉄筋打ち込み時に攪拌する必要があり、攪拌性により接着効果が違ってくる。現在用いられているN形は、攪拌性がよいということで今日まで使用されて来ている。しかし、付着長さを考えると、付着長さが減り必ずしも最良の方法とはいえない。今回提案する先端形状は、逆M形(W)の切り欠きとし、穿孔した穴底まで鉄筋を到達させ、付着長さを出来るだけ長くしたものである。

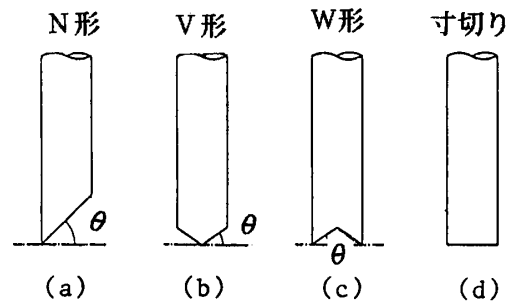


図-1 試験片の先端形状

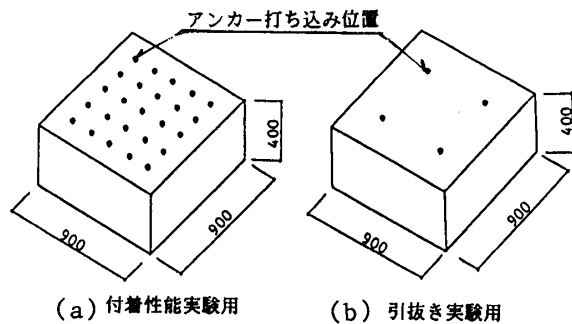


図-2 試験体とアンカー打ち込み位置

てくる。現在用いられているN形は、攪拌性がよいということで今日まで使用されて来ている。しかし、付着長さを考えると、付着長さが減り必ずしも最良の方法とはいえない。今回提案する先端形状は、逆M形(W)の切り欠きとし、穿孔した穴底まで鉄筋を到達させ、付着長さを出来るだけ長くしたものである。

2 実験の方法

実験は、先端形状をパラメータとして、目視による施工性の確認試験、付着性能実験、及び耐震補強として用いられた時の引抜き耐力に関する載荷実験の3ケースについて行った。

実験に用いた鉄筋は材質SD30呼び名D16、コンクリートは設計基準強度 $F_c=210\text{kg/cm}^2$ 、カプセルはポリエステル樹脂である。

2-1 施工性に関する実験

カプセル式アンカーでは、攪拌性の良否は耐力、作業効率、経済性の面で極めて重要である。図-1(a)~(d)に攪拌性の実験に用いた鉄筋の先端形状を示した。(a)は標準の形状で最も多く用いられているものである(N形)、(b)はボルト及び大口径の場合(V形)、(c)は今回提案するものである(W形)、(d)は寸切りでカプセル式では使用を認められていない。攪拌性の実験は(a)~(c)

の形状について、透明アクリル樹脂を用いて、穿孔後、その底とカプセルを挿入後に染料を滴下し、各アンカーを打ち込んだ。打込み時の染料の混ざり具合から気泡の発生・放出状況、混合の様子を調べたが、混合の様子は目視では違いが見られなかった。また、打込み方向の違いによる試験では、打込み方向については、上向き施工では各形状に差はなく、横向き施工時にN形はぶれにより他のものより気泡が多く、樹脂の流出も多かった。穿孔後の打ち込み時間の比較実験は、図-2に示すコンクリート試験体にハンマードリル(日立工機製 PR-50)によりアンカー筋が、底部まで到達する時間を測定した。表-1に形状と施工時間の平均値を示した。結果を見ると、(d)の場合は、他の3種類と比べて打ち込み抵抗も大きく、打ち込み時間は2~3倍掛かり、作業効率の面で不利であることを確認したが、(a)~(c)は、8~11秒と $\theta = 15$ 度程度あれば施工性には大きな差はなかった。

2-2 アンカー付着性能に関する実験

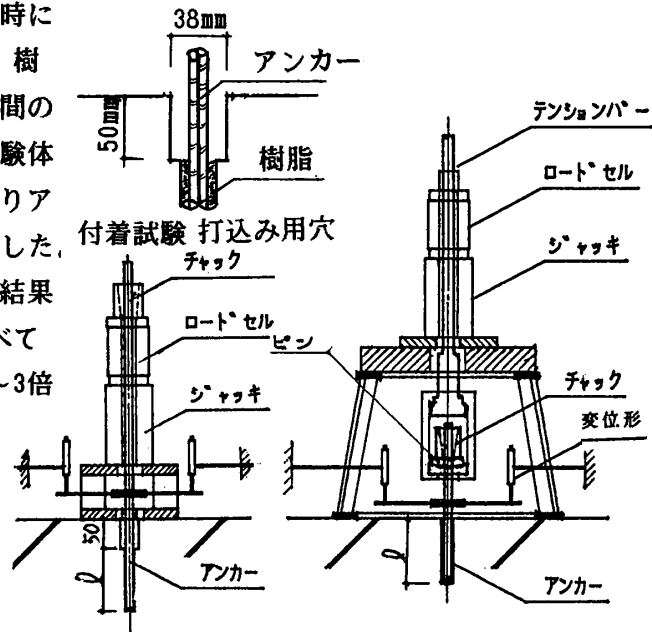
図-2(a)に試験片の打込み位置を示した。打込み用穴は、コンクリート表面から50mmまでは、直径38mm、試験部分は直径20mmとし、穿孔深さ l はそれぞれ2d, 3d, 4d, 5d, 8dとした。上部大口径部分には、コンクリート表面より高くなるように塩ビパイプを置き、その上からカプセルを挿入し、鉄筋を打込んだ後塩ビパイプをぬいた。試験片形状は、図-1の(a)~(c)の $\theta = 15$ 度と45度とした。加力は図-3(a)に示した加力装置で単調載荷した。表-2に $\theta = 45$ 度の実験結果の平均値を示した。付着強度は、N形は2.6t~10.07t, V形は1.89~10.02t, W形は2.39~10.12t, 付着応力度はN型は97~162kg/cm²、V型は91~175kg/cm²、W形は120~172kg/cm²となっている。付着応力度を見ると、N形では5d, V形、W形では4dで最大値を示している。また、図-4(a)~(c)に引抜き力と抜け出し量について

表-1 先端形状と施工時間

形状	N形		V形	W形		寸切り
角度	15°	45°	45°	15°	45°	0°
時間(秒)	11	11	8.0	11	8.0	24.0

打込み長さ——8d(12.8cm)

使用ドリル——日立工機製PR-50



(a) 付着性能実験用 (b) 引抜き実験用

図-3 加力装置

表-2 引抜き耐力の平均値 ($\theta = 45$ 度の場合)

形状	打込み長さ	付着試験		引抜き試験		破壊モード
		強度(t)	応力度(kg/cm ²)	強度(t)	応力度(kg/cm ²)	
N形	2d	2.60	123	----	-----	コーン コーン+付着 付着
	3d	2.84	97	----	-----	
	4d	5.30	134	3.51	87	
	5d	7.90	162	5.18	101	
	8d	10.07	126	10.11	124	
W形	2d	2.39	120	----	-----	コーン コーン+付着 樹脂
	3d	3.93	132	----	-----	
	4d	6.93	172	4.01	101	
	5d	8.23	168	5.86	113	
	8d	10.12	126	10.62	130	
V形	2d	1.89	91	----	-----	コーン+付着 コーン+付着 コーン+付着
	3d	4.04	136	----	-----	
	4d	7.00	175	3.64	91	
	5d	7.96	162	5.02	97	
	8d	10.02	124	9.83	121	

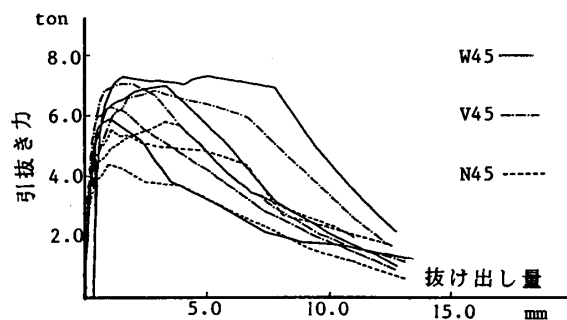
示した。(a)を見ると4dの場合、W形はN形に比べ、強度、変形能ともかなり良い性状を示し、V形は両者の中間となっている。(b)の5dの場合は、強度はW形、N形ともほぼ同じであるが、変形能の面で違いが見られる。すなわちW形は降伏後も急激な耐力低下を示さず安定している。(c)はN形の5dとW形の4dを比較したものである。両者を比べると、W形が1d短いにも拘らず、強度、変形能の概略は同じ結果を示した。このことは、先端部の付着力の違いによるものと考えられる。図-5は、一般に用いられている定着長さ(8d)の場合の比較である。この図を見ると、N形の最大値までは同じ曲線を辿っているが、それ以後W形は耐力を維持しているのに対し、N形は耐力低下している。図-6は、付着応力度と埋め込み深さの関係を示したものである。(a)は $\theta = 15^\circ$ 度、(b)は $\theta = 45^\circ$ 度の場合である。(a)、(b)とも打込み深さが浅い範囲では、W形とN形でその差は約 30kg/cm^2 となっている。また、打込み深さが2d, 3dと浅くなると、平均付着応力度が小さくなる傾向がある。これは打込み深さがあまり浅いと、樹脂の攪拌が十分に行われないうちに施工を完了することになるためである。

2-3 耐震補強時の引抜き耐力に関する実験

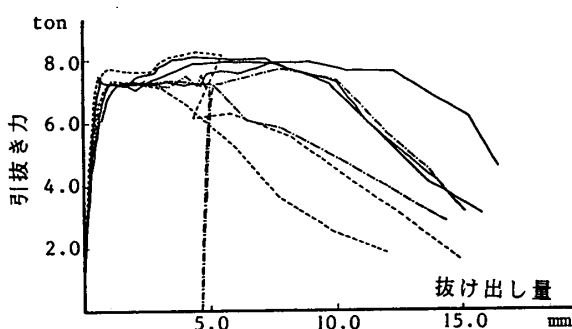
図-2 (b)に試験片打込み位置、図-3 (b)に加力装置を示した。実験に用いた試験片は、図-1に示した形状の(a)~(c)で、 $\theta = 45^\circ$ 度とした。表-2に付着試験と一緒に引抜き強度の平均値及び破壊モードを示した。引抜き強度については、大きな違いは見られない。破壊形状は8dの場合、W形は樹脂と鉄筋の間での樹脂破壊、V形はコーン+付着破壊、N形はコンクリートと樹脂の間での付着破壊であった。図-7に引抜き力と抜け出し量の関係を示した。この図から付着試験と似た性状、すなわち最大値までは同じ挙動を示し、それ以後の耐力の違いが明確に表れていることがわかる。

3 実験結果の考察

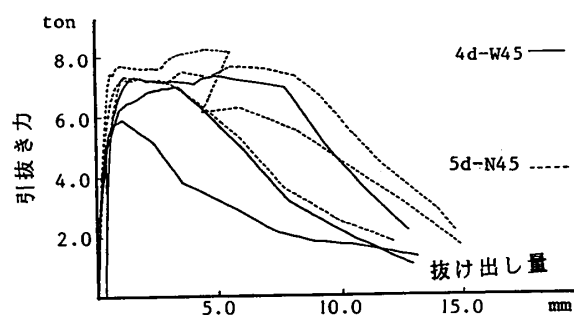
3-1 樹脂破壊原因について



(a) - 4d



(b) - 5d



(c) - (4d)と(5d)

図-4 埋め込み深さと付着力の比較

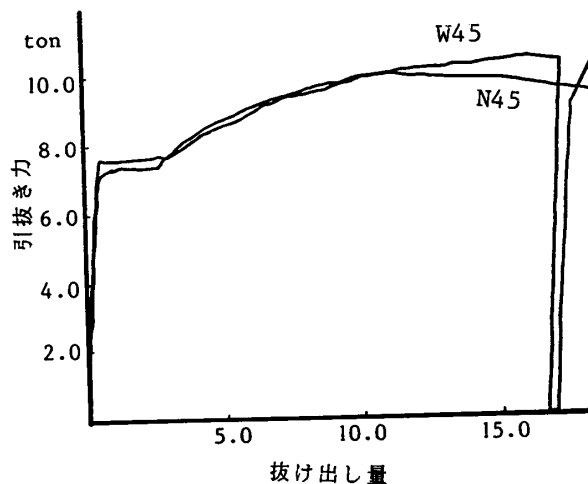


図-5 付着力の比較 (8d)

表面付着が比較的良好な場合、荷重の増加とともに、鉄筋は図-8のコンクリート表面からある範囲②まで、降伏を生じる。この後、②より下部の付着力の大小によって、抜け出すかさらに抵抗するかが決る。すぐ抜け出す場合は、コンクリート表面と樹脂との間のすべりによって耐力が決り、破壊も鉄筋と樹脂が一体となって抜け出す付着破壊となる。

一方、②より下部の付着力が良いと降伏域はさらに内部まで広がり、降伏棚を過ぎ歪硬化域まで達する。このような大きな歪になると、鉄筋径の減少を生じ、樹脂と鉄筋の間に若干の隙間が生じ、かみ合い力が減少し樹脂と鉄筋の間の破壊が起こると考えられる。

3-2 W形の有効付着長さの検討

図-9の荷重-抜け出しの関係は、引抜き力に対する有効付着長さを調べる目的で、埋め込み深さ8dのうち4dは付着を切り、残りの4dのみを有効にしたものである。付着を切る打込み方法は、2-2付着試験と同様にした。引抜き強度の平均値は7.4t、平均付着応力度は184kg/cm²である。これより、1d当たりの耐力は1.85tとなり、引抜き試験の平均値 10.62tに当てはめると、有効長さは $x = 10.62 / 1.85 = 5.74d$, $le = 0.72l$ となる。

まとめ

従来から用いられている形状と比較し、改良形の先端形状は、鉄筋に降伏が生じない場合は、引抜き強度が大きくなり、降伏以後も優れた変形状を示すことが分った。

謝辞

本研究を行うに当たり、ご指導頂きました東京大学青山博之教授、小谷俊介助教授に謝意を表します。図の作成にあたっては青山研卒論生、安藤公一、出雲洋治両君の協力を得ました。

文献

- [1] 加藤大介他 増設RC耐震壁の耐力と変形能の評価に関する実験的研究(その1, 実験概要) 日本建築学会関東支部研究報告集, P. 169~176, 1982。
- [2] 塩原等 鉄筋コンクリート後打ち耐震壁の終局強度算定法の開発 第7回日本地震工学シンポジウム, P. 2047~2052, 1986。

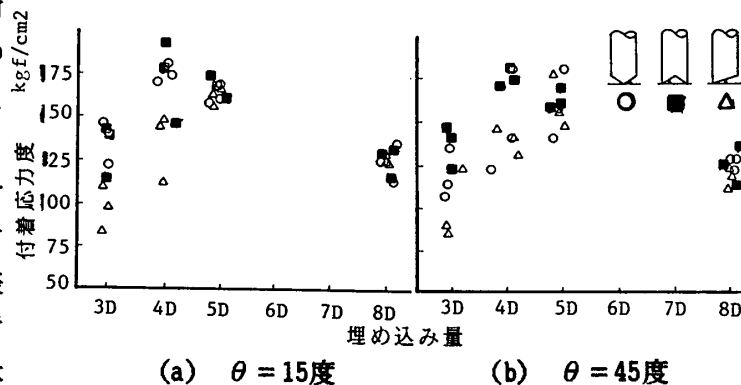


図-6 埋め込み深さと付着応力度の比較

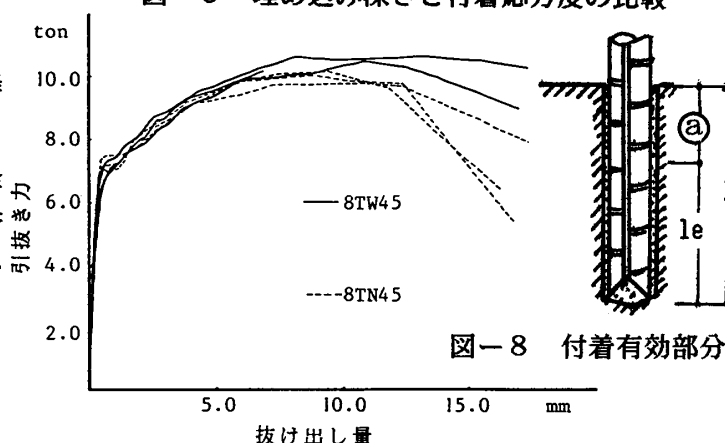


図-7 引抜き力と抜け出し量の関係

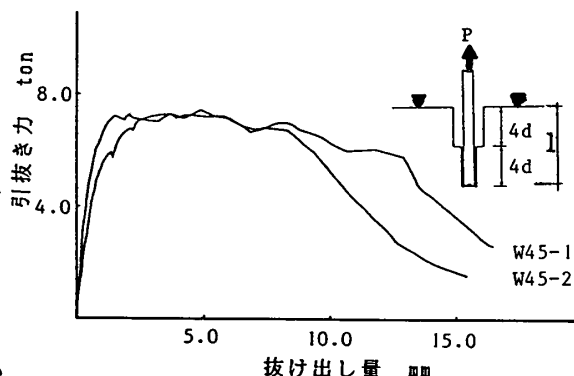


図-9 平均付着応力度の検討