

報告

[2041] 打込み式樹脂アンカーの付着性能に関する研究

正会員○細川洋治（東京大学工学部）

正会員 青山博之（東京大学工学部）

正会員 小谷俊介（東京大学工学部）

1. はじめに

あと施工アンカーの構造物への本格的な使用は、既設建物の耐震改修工事が始まった時期と考えられる。既設建物と増設壁の接合に用いるアンカーの引抜き性能の信頼性は、補強された建物の耐震性に大きく影響するので、極めて重要な問題である。これまでの実験結果から、接着系アンカーの引抜き力に対する抵抗機構は付着力に依存するので、筆者らは引抜き力に対して有効と考えられる施工方法の提案を行ってきた[1]。現在使用されている接着系アンカーは、カプセル型のものが多く、アンカー筋にて攪拌して樹脂を混合させ、固着力を発揮するものである。

本研究は、これまでのような攪拌を必要としない、打込み式の接着系カプセルアンカーの付着性能を検討したものである。このアンカーの特徴は、施工が容易なこと、鉄筋の形状が自由であることであり、今後需要が増えることも考えられる。しかし、実際の施工者へ正しい施工の方法等の技術指導を徹底することが急務であり、中間報告を行うものである。今回の報告は、施工条件を変えた場合の引抜き性状を明らかにし、今後この種のアンカーの研究、設計の基礎資料に供するものである。

2. 実験概要

図-1 (a) に実験に使用した打ち込み式カプセルアンカーの形状を、(b) に鉄筋先端形状を示した。このアンカーは鉄筋を打ち込むことにより、孔内でカプセル内の樹脂と蓋の部分及びカプセルの外側に付着している硬化剤が混合されるものである。

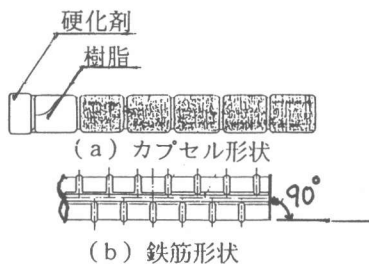
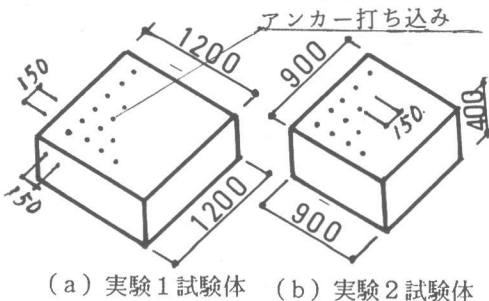
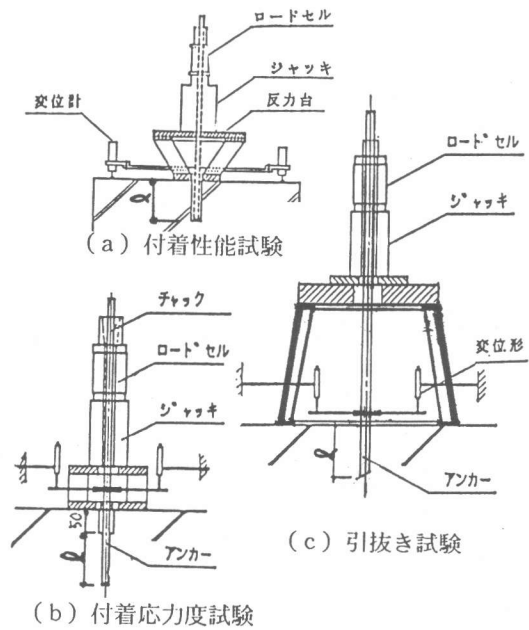


図-1 アンカー形状



(a) 実験1試験体 (b) 実験2試験体

図-2 コンクリート試験体



(b) 付着応力度試験

(c) 引抜き試験

図-3 加力装置

図-2は、アンカー打ち込み用のコンクリート試験体で、(a)は $F_c:210\text{kg/cm}^2$ より低いコンクリート強度で、(b)は $F_c:210\text{kg/cm}^2$ より高いコンクリート強度とした。

加力装置図は、図-3(a)は現場における確認試験を考えた付着性能試験用、(b)は基本的な付着応力度を知るための付着応力度試験用、(c)は一般に行なわれている引抜き試験である。荷重の検出は30tfのロードセルにより、変位の測定は精度1/200の変位計2個の平均値とした。

材料特性を表-1に示した。使用鉄筋はSD30、呼び名D16、コンクリート強度は $F_c:174\text{kg/cm}^2$ 、 $F_c:348\text{kg/cm}^2$ の2種類である。表-2に実験のパラメーター一覧と最大耐力を示した。試験片は各パラメータで3本のアンカーを打ち込んだ。今回の報告では、打ち込み式樹脂アンカーの問題点を探し出すことが大きな目的でもあり、実際の施工を考えてパラメータを決定した。主な項目は、孔内の清掃、孔径の大小、孔内の水分、鉄筋の先端形状、埋め込み長さと呼着応力度、現場試験後の孔の再利用の可能性についてである。

表-1 材料特性一覧 kg/cm^2

材 料	実 験 1		実 験 2	
	低強度コンクリート		高強度コンクリート	
F_c	174		348	
鉄 筋	σ_y	3670	3400	
	σ_u	5300	5200	

打ち込み式アンカーの標準施工は、埋め込み長さは従来の攪拌式を基本にしているが、攪拌しない事を考慮して、10mm長くしている。ここで用いたD-16では、140mmを標準としている。打込み方向はすべて下向きとした。

表-2 パラメーター一覧及び実験結果 tonf

加力形式	実験因子	低強度コンクリート					高強度コンクリート					
		試験片 NO.	1本目	2本目	3本目	平均値	試験片 NO.	1本目	2本目	3本目	平均値	
			A2	B2	C2			A	B	C		
(a)	清掃	標準	1	10.90	10.79	10.80	10.83	14	10.41	10.41	10.42	10.41
		プロ7	2	7.12	7.11	7.65	7.29	20	9.15	9.77	8.84	9.25
		ナイロンブラシ	3	10.81	10.80	10.01	10.54	21	10.41	10.43	10.62	10.49
	孔内水	満水時 ¹⁾	4	8.73	8.80	9.61	9.05	16	5.92	9.08	7.27	7.42
		満水時 ²⁾	5	6.24	7.99	3.04	5.76	17	3.58	2.22	4.09	3.30
		満水後水抜	6	9.34	8.32	7.99	8.55	15	10.20	9.47	10.16	9.94
	孔径	標準-1	7	8.66	9.20	9.44	9.10	1	9.74	10.65	10.31	10.23
		標準+1	8	10.85	10.80	9.81	10.49	3	10.43	10.32	10.59	10.45
		標準+2	9	8.36	9.15	9.12	8.88	4	10.69	10.46	10.38	10.51
		先端形状レ型	10	10.75	10.50	10.78	10.67	19	10.45	10.28	10.66	10.46
(b)	付着長さ	5d埋込	11	5.95	6.07	6.08	6.03	32	7.13	7.06	6.20	6.80
		6d埋込	12	6.98	6.51	7.71	7.07	33	7.08	7.69	8.36	7.71
		7d埋込	13	8.10	8.65	7.75	8.17	34	8.87	9.31	9.20	9.13
		8d埋込	14	9.83	8.57	10.29	9.56	--	--	--	--	--
		再使用	14-2	9.67	10.52	9.54	9.91	--	--	--	--	--
(c)	引抜き試験	15	8.92*	8.84*	7.41*	8.39	26	10.56	10.51	10.26	10.44	
(a)	Rタ	標準	R	9.77	9.08	8.86	9.24	23	10.09	10.20	8.97	9.75
		満水時	WR	8.33	9.56	--	8.95	--	--	--	--	--
(b)	イブ	5d埋込	--	--	--	--	--	29	5.75	6.89	5.75	6.13
		6d埋込	--	--	--	--	--	30	7.72	7.73	7.74	7.73
		7d埋込	--	--	--	--	--	31	8.64	8.87	10.02	9.18

破壊状況 -- 下線は母材破断、*はコーン+付着破壊、その他は付着破壊

清掃については、文献[1]～[3]の結果から、金属ブラシにより孔内に凹凸を付ける方法を標準とした。

3. 付着性能について

図-4～図-7に各パラメータ別に引き抜き力と抜け出しの関係を示した。バラツキの様子を見るため各因子毎に、実験を行った全ての試験片を示した。最大耐力は、表-2にパラメータ一覧と対応して示した。下線のある試験片は、母材破断したものである。図に示してある荷重と違っているのは、最大耐力付近で一旦実験を中止し、後で破断荷重の確認をしたためである。

3. 1 孔内清掃の効果

孔内清掃方法の違いについて、引き抜き力と抜け出し量の関係を図-4に示した。標準施工及びナイロンブラシで孔内を清掃した試験片は、鉄筋の破断荷重10.4t～10.9t、付着応力度 $\tau_a=167\sim 175\text{kg/cm}^2$ まで安定した挙動を示した。孔内をブローのみによる清掃を行ったものは、コンクリート強度が低い場合、鉄筋降伏強度7.3t、 $\tau_a=117\text{kg/cm}^2$ に達した後抜け出しを生じている。引き抜き力を受ける接着系のアンカーは、孔内清掃の影響が最も大きい事は文献[1]、[2]で指摘した通りであるが、打ち込み式でも、従来の攪拌式のアンカー以上に清掃の重要性を再確認した。清掃は、金属製のブラシを用いる方法を標準としたが、このタイプのアンカーには必要条件と考えられる。

3. 2 孔内水の影響

図-5は、実際の現場で孔内に雨水等が侵入した場合を考えて、孔内水の有無、清掃の方法の影響につい

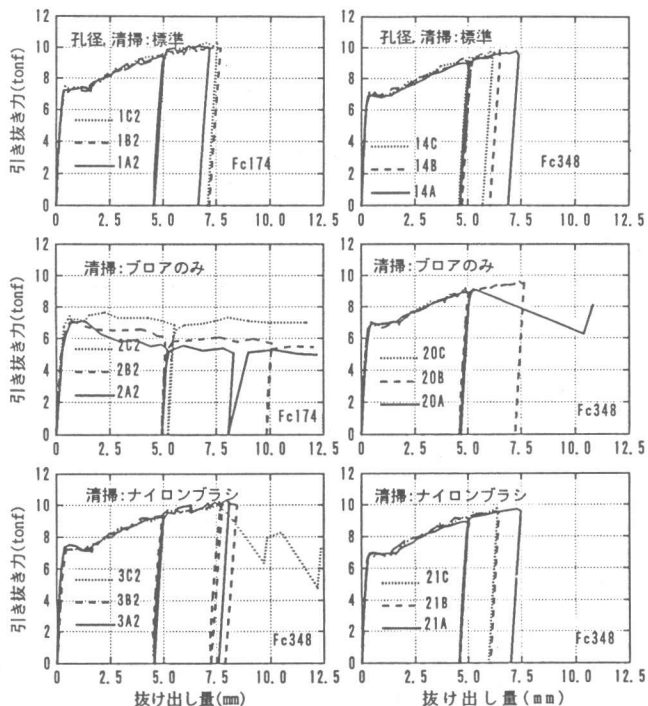


図-4 孔内清掃の影響

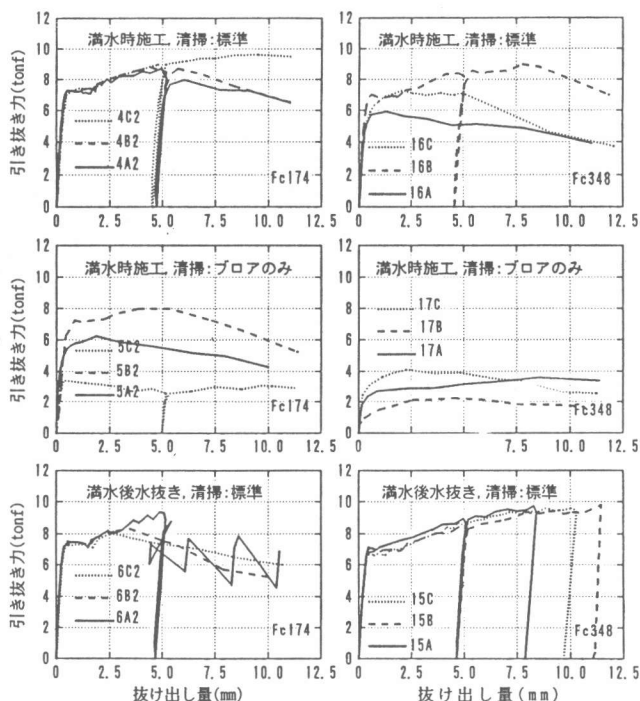


図-5 孔内水の影響

てに示した。孔内が満水の状態では、コンクリート強度が高い場合に不安定となり、特に清掃がブローのみでは、 $\tau a=32\text{kg/cm}^2$ と低荷重の段階から抜け出した。試験体15A~15Cは一旦満水にした後、水を抜き孔内を4日間乾燥させたあとアンカーを打ち込んだ場合で、鉄筋降伏時の付着応力度 $\tau a=117\text{kg/cm}^2$ まで抜け出さず、以後も安定した挙動を示した。試験体6A2~6C2は水を抜いた直後に、打ち込んだ場合であるが、満水時の様子に類似し、鉄筋降伏時の付着応力度 $\tau a=117\text{kg/cm}^2$ までは安定しているが、鉄筋の破断までの耐力を考えると、乾燥した状態での施工に比べ、バラツキが大きいようである。実際の現場での施工管理を徹底することが、アンカーの信頼性を向上させるために必要と考えられる。

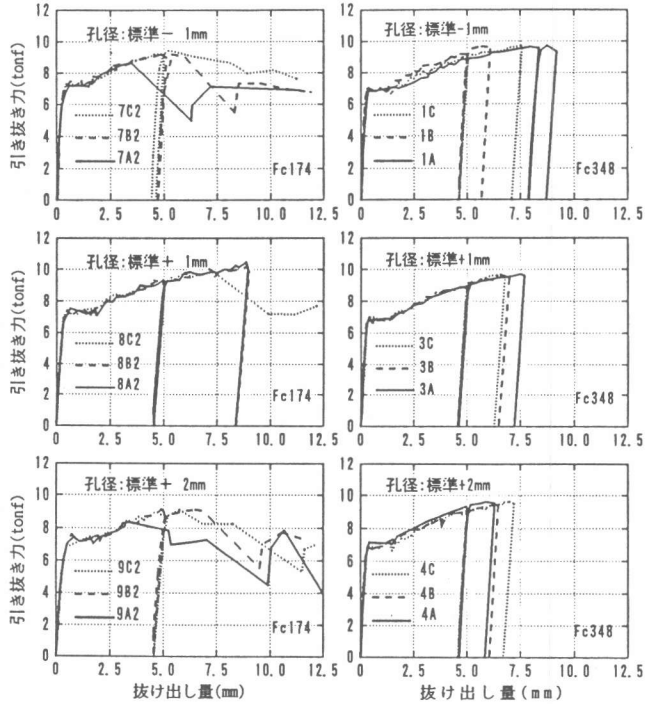


図-6 孔径の影響

3.3 孔径の影響

孔径の大小と引き抜き性状を図-6に示した。コンクリート強度が高い場合は、孔径はあまり引抜き強度に影響しない。強度が低い場合、孔径が標準より小さいもの及び標準より2mm大きい試験片では、鉄筋降伏後不安定となり抜け出しを生じている。このアンカーの特徴は、打ち込むだけで強度が得られることである。この利点を活用し、信頼できる部品にするためには、施工を容易にするため大きめの穴を明けるようなことは慎むべきである。補強する建物はコンクリート強度の低い場合もあり、安定した強度を発揮させるためには、適正な施工機械の使用が必要である。

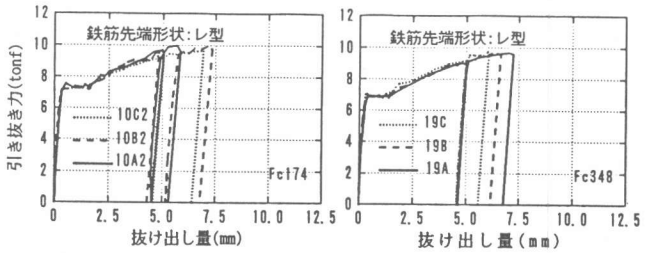


図-7 鉄筋先端形状の違い

3.4 鉄筋の形状

図-7に、攪拌式に用いられている標準的な先端形状の鉄筋を、打ち

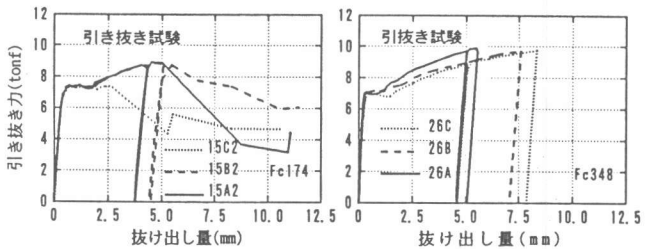


図-8 引抜き試験

込み式アンカーに用いた場合の引抜き性状を示した。図-4に示した打ち込み式の標準タイプと類似し、先端部がカットされている影響はなく、これまでの鉄筋を使用することも可能である。

4. 引き抜き試験

図-8の引抜き試験結果を見ると、コンクリート強度が高い場合は、加力の反力距離を小さくした付着試験結果と類似した性状を示している。コンクリート強度が低い場合は鉄筋の降伏は認められるが、さらに加力を進めるとコンクリートのコーン破壊をとともなう付着破壊で終局に至っている。コンクリート強度が高い場合は、抜け出さず鉄筋が破断した。

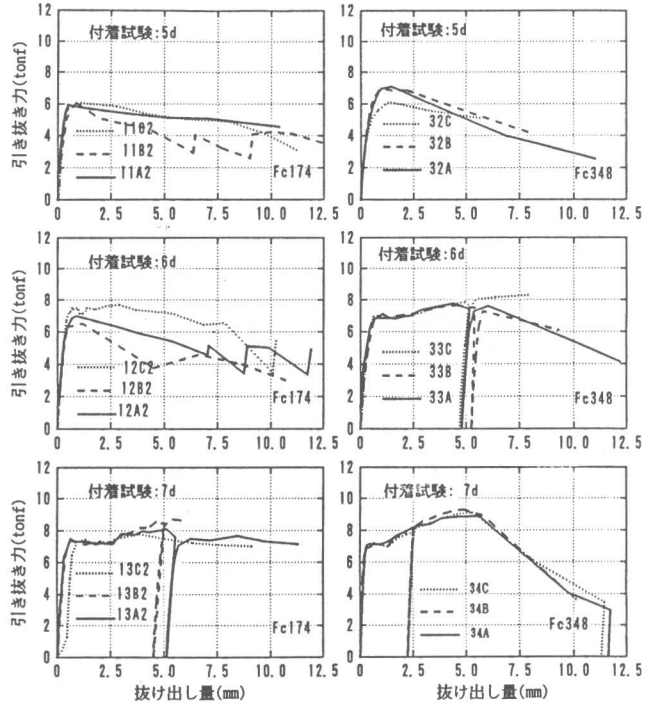


図-9 付着試験

5. 埋め込み長さの検討

埋め込み長さと引抜き耐力の関係を図-9に示した。埋め込み長さに応じて強度の上昇が見られ、降伏強度を維持するためには鉄筋径の7倍以上の埋め込みが必要である。コンクリート強度が低い場合は、鉄筋の降伏強度以上の耐力上昇は期待できない。

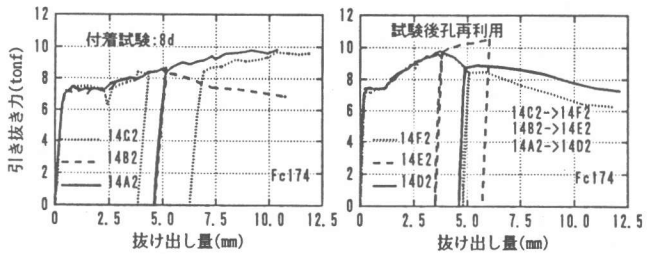


図-10 試験孔の再利用

6. 付着試験後の孔の再利用

現場での強度確認試験を付着試験で行った場合、再度その穴を利用する事を考え、最初の施工と同じ手順で打ち込んだアンカーについて、図-10にて検討した。図-10より、再利用の結果は最初の試験時より高い剛性を示し、再利用の可能性を示している。

7. 攪拌タイプ (Rタイプ) について

図-11は、比較のため従来から用いられているRタイプの実験結果である。標準施工と孔内水がある場合の強度の違いは、鉄筋降伏以後に表れており、Pタイプの様子と類似している。付着応力度は、文献[1]で詳しく述べてあるが、5d (d:鉄筋径)の埋め込みでは、鉄筋降伏に至らず抜け出している。6d、7dでは、降伏強度を越えさらに強度の上昇が見られ、Pタイプでは、このような性状は見られなかった。

8. 結果の検討

1) 穿孔後、孔内をブローのみによる清掃を行ったものは、コンクリート強度が低い場合、鉄筋降伏後抜け出しを生じている。金属製のブラシを用いる方法を標準としているが、このタイプのアンカーには必要条件であることを確認した。

2) 水中での使用に当っては、設計強度の決め方等今後の課題である。引抜きをうけるかしょの場合、孔内水の除去を徹底する必要がある。 3) このアンカーの特徴は、打ち込むだけで強度

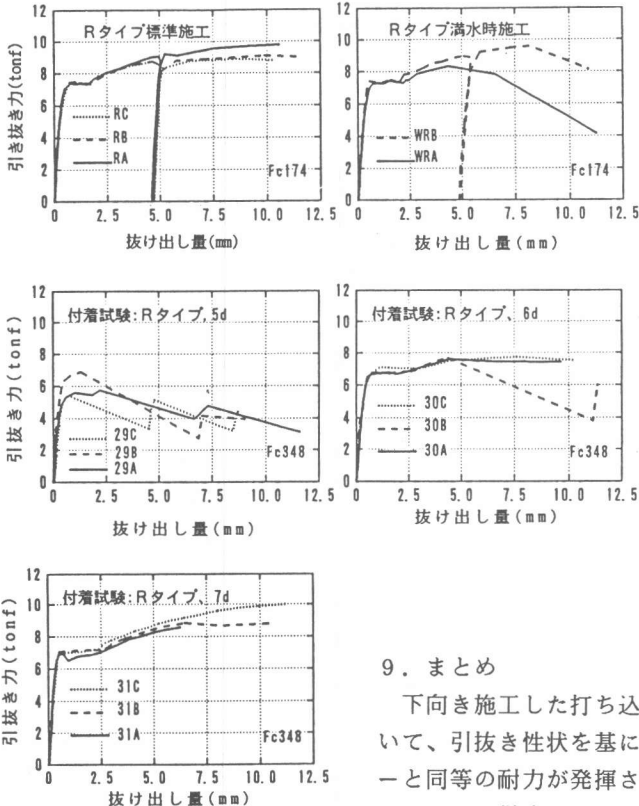


図-11 攪拌タイプの付着力

者の職種が明確でなく、課題は多いが、清掃の重要性、施工精度、施工管理等、実際の施工者が関係する部分が多く、施工指針、検査制度の徹底が必要である。

謝辞

本研究を行うにあたり、日本デコラックス㈱の御協力を頂きました。同社丹羽氏にはアンカー打ち込み、計測に至るまでお世話になりました。

参考文献

- 1) 細川、服部、丹羽 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、J C I 年次講演会、1987
- 2) 細川、青山、小谷、丹羽 あと施工アンカーの施工方法と耐力に関する実験的研究(その1、樹脂アンカーの耐力について)、関東支部研究報告集、昭和62年
- 3) 細川、青山、小谷、丹羽、古田、接着系あと施工アンカーの施工方法と耐力に関する実験的研究(その2、引抜き強度の評価)、日本建築学会大会、昭和62年

度が得られることである。施工誤差あるいは、施工を容易にするため大きめな穴を明けた場合、安定した強度が発揮されないことが分かった。

4) 先端部がカットされている影響はなく、これまでの鉄筋を使用することも可能であることが分かった。

5) 付着応力度は従来のアンカーと同様の性能が発揮されるが、1)、2)、3)に示した事項は必要条件となる。

6) 現場での強度確認試験を付着試験で行った場合、再度その穴を利用する事も可能である。

9. まとめ

下向き施工した打ち込み式接着系アンカーの付着性能について、引抜き性状を基に検討した結果、従来の接着系アンカーと同等の耐力が発揮される事が分かった。埋め込み長さについては、従来のものも含めて、今後慎重に検討し適性定着長さを決めて行く必要がある。我が国では、アンカー施工