

論文 あと施工アンカーの目荒らし効果に関する研究

齋藤 修一*1・小松 晋一*2・松本 憲*3・和田 収司*4

要旨: あと施工アンカーの定着方式では無収縮モルタルによって定着する方法や樹脂によって定着する方法が研究されている。筆者らはコア内面に目荒しを行い定着耐力を高める方法について提案している。今回、コア孔に数種類の内面目荒しを実施し、定着耐力の比較を行った。その結果、コンクリート内面の目荒し状態により定着性能の効果を確かめることができた。

キーワード: 定着鉄筋, あと施工アンカー, 目荒し, 定着耐力

1. はじめに

既設構造物は劣化や設計式の変遷などによって、現在要求している性能を満足しないものも生じてきている。既設構造物の耐力を高めるために補強する際、補強部分と既設部分の接合方法が重要になる。そこで、接合方法としてあと施工アンカーによる方法に着目することとした。既設基礎の厚さは最大 3000mm 程度を想定しており、コンクリート打ち継ぎ目が存在しているので、補強部分と併せて接合することとした。

筆者らはあと施工アンカーの構造としてコアボーリングによって掘削した孔壁に目荒しを行うことにより安定した定着耐力が確保できる¹⁾ことを確認してきた。今回、数種類の工法による目荒し効果を確認することを目的に模型実験を実施した。

試験体のパラメータは目荒し方法、定着長、定着具の有無とし、打ち継ぎ目深の必要アンカー長を定めることを目的として引抜き荷重を実施した。さらに、最大施工長を 2500mm 程度と想定し、施工性の問題について確認を行うため削孔長 2000mm による施工性を確認した。

本研究は、上記に示した数種類の目荒し方法による定着耐力を実験的に求め、実構造物への適用について検証したものである。

体は実施時期が異なり、別途試験体を製作したため、強度など他の 28 体の試験体と条件が異なる点がある。

(2)試験方法

荷重装置を図-1 に示す。試験体の鉄筋を上部に伸ばし、油圧ジャッキ、ロードセルを介して上部で固定して引抜き荷重を加えた。

(3)材料強度

試験は4日間にわたり実施したため、基礎コンクリート、グラウト材の強度は若干異なるが、引張試験時の基礎コンクリートの圧縮強度は約 25N/mm²、グラウト材の圧縮強度は約 54N/mm²であった。なお、試験体 5-1, 5-2,

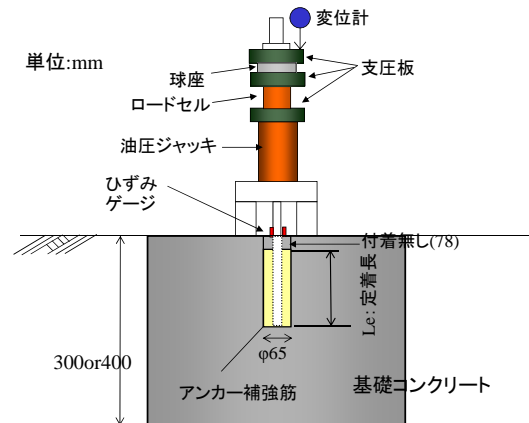


図-1 荷重方法

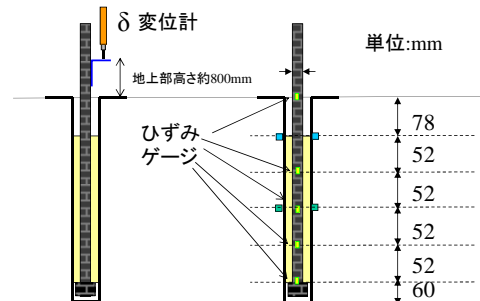


図-2 計測位置 (変位計とひずみゲージ)

2. 荷重試験

2.1 試験概要

(1) 試験体作成

試験体一覧を表-1 に示す。定着具有無欄の試験体番号に示す全部で 32 体の試験を行った。試験体は基礎コンクリートを打設したあとにコア穿孔を行った。目荒し処理を施す試験体はその後目荒し処理を行った。引張試験用鉄筋を挿入し、無収縮グラウトによる充填を実施して引張り試験を行った。試験体 5-1, 5-2, 16-1, 16-2 の 4

*1 東電設計 (株) 土木本部送変電土木部 博 (工) (正会員)

*2 東電設計 (株) 土木本部送変電土木部

*3 東京電力 (株) 電力流通本部工務部

*4 東京電力 (株) 建設部土木・建築技術センター

表-1 試験体一覧

No.	鉄筋径			定着長L		コア径		工 法		目荒し		定着具の有無		ひずみゲージ
	ϕ_s (mm)	(mm)	* ϕ_s	ϕ_c	記号	名 称	個数	有り	無し	有り	無し	添付有		
1	26	104	4.0	65	--	目荒し無し	--	1-1	1-2					
2	26	104	4.0	65	a	円筒ディッチ	1	2-1	2-2					
3	26	104	4.0	65	b	サイドカッティングディッチ	1	3-1	3-2					
4	26	104	4.0	65	c	パイブレーション研削	--	4-1	4-2					
5	26	104	4.0	65	d	特殊コアビット	1	5-1	5-2					
6	26	104	4.0	65	e	コアカッター内面目荒し	--	6-1	6-2					
7	26	104	4.0	70	f	水力式ガンザホル	--	7-1	7-2					
10	26	208	8.0	65	--	目荒し無し	--	10-1	10-2					
11	26	208	8.0	65	a	円筒ディッチ	1	11-1	11-2				有	
12	26	208	8.0	65	a	円筒ディッチ	2	12-1	12-2				有	
13	26	208	8.0	65	b	サイドカッティングディッチ	1	13-1	13-2				有	
14	26	208	8.0	65	b	サイドカッティングディッチ	2	14-1	14-2				有	
15	26	208	8.0	65	c	パイブレーション研削	--	15-1	15-2					
16	26	208	8.0	65	d	特殊コアビット	2	16-1	16-2				有	
17	26	208	8.0	65	e	コアカッター内面目荒し	--	17-1	17-2					
18	26	208	8.0	70	f	水力式ガンザホル	--	18-1	18-2					

16-1, 16-2 は別途作成したコンクリートで実施したため、引張試験時の基礎コンクリートの圧縮強度は約 27N/mm²、グラウト材の圧縮強度は約 62N/mm² と他の試験体とは異なっている。

(4) 計測

図-2 に計測概要を示す。鉄筋の頂部に 2 方向に治具を張り出して 2 カ所の変位を計測し平均して変位を求めた。追加した試験体は 1 カ所のみ治具を設置した。変位計設置位置は地上部 800mm, 追加試験体は地上部 100mm である。計測した変位には鉄筋の伸びも含まれているため、追加試験体は変位の計測値が小さくなっている。ひずみは深度方向に 5 カ所ゲージを貼付し、鉄筋の付着力に影響がないように溝きり切削加工を施した。なお、追加試験体は切削加工を行わなかった。

2.2 試験体のパラメータ

試験体の一覧を表-1 に示す。通常の異形鉄筋 (SD345 相当) を対象にしているが、鉄筋が降伏して試験が終了すると定着性能を把握することが困難であるため、強度の強い異形 PC 鋼棒を用いた。試験体のパラメータは以下のとおりとした。

(1) 定着長

定着長は 4φ と 8φ の 2 種類とした。

(2) 定着具の設置状況

定着具ありとなしの違いを確認するため、鉄筋をそのまま埋め込んだ定着具なしと定着具を模して鉄筋先端にナットを取り付けた定着具ありのケースとした。ナットは φ26 の PC 鋼棒用の標準品 (対角 57.7mm, 高さ 40mm) を用いた。ナットから周辺コンクリートに直接荷重が伝達しないようにナット側面に緩衝材を塗布した。

(3) 目荒し方法

目荒しの方法の種類は 6 種類とした。写真-1 に目荒し状況を示す。また、目荒しせずにコア穿孔のみと目荒ししたケースの比較を写真-2 に示す。コア穿孔のみでは比較的なめらかな内面状況であることがわかる。目荒しすると主にモルタル部分が削れることででこぼこになっている。

(a) 円筒ディッチ

電動回転工具の先端に円形刃を接続し回転させながら工具自体も偏心させることで孔壁内面に溝(ditch)を形成する。本方法は溝を構築する方法であり、おおむね深さ 3mm 程度を目安とした。後述する実験結果に示すように試験体 15-1 は目荒し時間短縮の影響を見るために溝が浅くなっている。

(b) サイドカッティングディッチ

ダイヤモンドビット自体をコア抜き芯に対して偏心回転させ、孔壁内面に溝(ditch)を形成する。移動方向が 1 方向であるため、写真に見られるように溝に方向性が生じる。移動可能距離が小さいため溝が浅くなる。

(c) パイブレーション研削工法

コンクリート締め固め用パイブレーターを利用し孔壁全面を目荒しする。浅い箇所が目荒しはできるが深部の目荒しはほぼできていない状況であった。本工法は 8φ の施工ができないため 4φ のみ実施した。

(d) 特殊コアビット

コアビットの先端にバネをつけ、このバネを孔壁に押し当てることによって凹凸を形成する。本方法も溝を構築する方法であり、深さ 3mm 程度を目安とした。

(e) コアカッター内面目荒し機

遠心力で回転させることによって孔壁を削る。連続的

表-2 試験結果一覧

孔番	目粗し方法	定着長L (mm)	コア径 $\phi 1$ (mm)	鉄筋径 $\phi 2$ (mm)	L/ $\phi 2$	目荒し個数	定着具の有無	歪ゲージの有無	コンクリート強度 (N/mm ²)	グラウト強度 (N/mm ²)	最大荷重 Pu(kN)	付着荷重 Pf(kN)	破壊モード
1-1	目荒し無し	111	66.4	26.0	4.3	—	有	—	24.7	53.2	424.0	202.1	グラウト引抜け
2-1	円筒ディッチ	107	65.8	26.0	4.1	1	有	—	25.4	55.7	383.0	155.3	グラウト引抜け
3-1	サイドカッティングディッチ	103	66.0	26.0	4.0	1	有	—	25.4	55.7	301.3	—	グラウト引抜け
4-1	ハイブレーション研削	106	69.5	26.0	4.1	—	有	—	25.4	55.7	321.6	125.9	グラウト引抜け
5-1	特殊コアビット	104	65.0	26.0	4.0	1	有	—	27.1	62.1	368.7	224.8	グラウト引抜け
6-1	コアカッター内面目荒し	102	65.8	26.0	3.9	—	有	—	25.4	55.7	340.5	136.6	グラウト引抜け
7-1	水力式ダウンザホールハンマ	108	76.1	26.0	4.2	—	有	—	25.4	55.7	461.1	—	グラウト引抜け
1-2	目荒し無し	114	65.8	26.0	4.4	—	—	—	24.7	53.2	103.5	—	グラウト引抜け
2-2	円筒ディッチ	117	65.9	26.0	4.5	1	—	—	25.0	54.5	170.5	—	鉄筋引抜け
3-2	サイドカッティングディッチ	112	65.9	26.0	4.3	1	—	—	25.0	54.5	165.3	—	鉄筋引抜け
4-2	ハイブレーション研削	107	73.6	26.0	4.1	—	—	—	25.0	54.5	164.7	—	鉄筋引抜け
5-2	特殊コアビット	104	65.0	26.0	4.0	1	—	—	27.1	62.1	165.0	—	鉄筋引抜け
6-2	コアカッター内面目荒し	108	68.6	26.0	4.2	—	—	—	25.0	54.5	166.0	—	鉄筋引抜け
7-2	水力式ダウンザホールハンマ	107	76.0	26.0	4.1	—	—	—	25.0	54.5	155.5	—	鉄筋引抜け
10-1	目荒し無し	221	66.4	26.0	8.5	—	有	—	24.7	53.2	499.2	—	鉄筋降伏
11-1	円筒ディッチ	211	65.9	26.0	8.1	1	有	有	25.3	55.6	450.2	332.5	鉄筋降伏
12-1	円筒ディッチ	228	66.3	26.0	8.8	2	有	有	25.3	55.6	421.5	359.9	鉄筋降伏
13-1	サイドカッティングディッチ	212	66.1	26.0	8.2	1	有	有	25.3	55.6	380.6	310.1	グラウト引抜け
14-1	サイドカッティングディッチ	202	66.0	26.0	7.8	2	有	有	24.7	53.2	470.4	440.0	鉄筋降伏
15-1	円筒ディッチ(ハイブレーションから変更)	223	65.5	26.0	8.6	2	有	—	25.3	55.6	442.2	311.8	グラウト引抜け
16-1	特殊コアビット	208	65.0	26.0	8.0	2	有	有	27.1	62.1	500.6	394.5	鉄筋降伏
17-1	コアカッター内面目荒し	224	66.4	26.0	8.6	—	有	—	25.3	55.6	449.8	323.7	鉄筋降伏
18-1	水力式ダウンザホールハンマ	205	76.4	26.0	7.9	—	有	—	25.4	55.7	504.2	308.4	鉄筋降伏
10-2	目荒し無し	213	65.7	26.0	8.2	—	—	—	24.7	53.2	304.0	—	鉄筋引抜け
11-2	円筒ディッチ	211	65.7	26.0	8.1	1	—	有	25.3	55.6	325.9	—	鉄筋引抜け
12-2	円筒ディッチ	249	65.7	26.0	9.6	2	—	有	25.3	55.6	351.4	—	鉄筋引抜け
13-2	サイドカッティングディッチ	217	65.7	26.0	8.3	1	—	有	25.3	55.6	304.3	—	鉄筋引抜け
14-2	サイドカッティングディッチ	233	65.8	26.0	9.0	2	—	有	25.0	54.5	327.9	—	鉄筋引抜け
15-2	円筒ディッチ(ハイブレーションから変更)	251	66.3	26.0	9.7	2	—	—	25.0	54.5	333.2	—	鉄筋引抜け
16-2	特殊コアビット	208	65.0	26.0	8.0	2	—	有	27.1	62.1	376.2	—	鉄筋引抜け
17-2	コアカッター内面目荒し	214	70.6	26.0	8.2	—	—	—	25.0	54.5	310.6	—	鉄筋引抜け
18-2	水力式ダウンザホールハンマ	211	77.1	26.0	8.1	—	—	—	25.0	54.5	304.5	—	鉄筋引抜け



(a)円筒ディッチ (b)サイドカッティング



(c)ハイブレーション (d)特殊コアビット



(e)内面目荒し (f)ダウンザホールハンマー

写真-1 穿孔面の状況



(a)コア穿孔のみの内面 (b)全面目荒し後の内面

写真-2 穿孔面の比較例

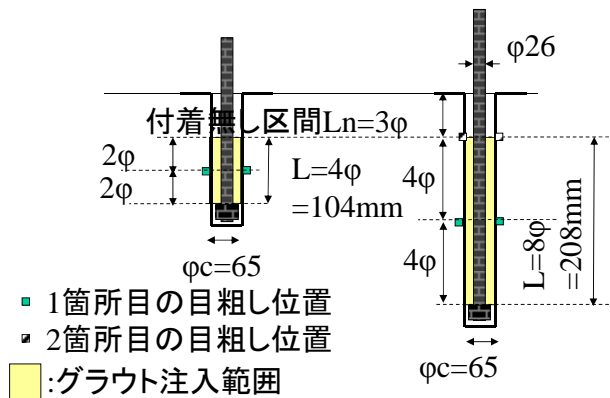


図-3 試験体目荒し位置

に引抜くことによって、全体が粗くなる。目荒し面全体に凸凹を構築することができる。コア穿孔と同様に徐々に目荒し位置を変えられるので、ほぼコア穿孔と同時間で目荒し可能となる。

(f) 水力式ダンザホールハンマ

掘削と同時に目荒しを実施した孔壁の状態となる。掘削と同時に目荒しされているため施工が早い。

(4) 目荒し位置

目荒し方法によって目荒し範囲が異なっている。円筒ディッチ、サイドカッティング、特殊コアビットの3つの工法は、溝を掘るタイプであり目荒し位置と個数を図-3、表-1に示すようなパラメータとした。定着長4φの試験体は目荒し1カ所、8φの試験体は目荒し箇所数を1カ所と2カ所に変化させた。その他の試験体は定着長に渡り全面目荒し処理を行った。

2.3 破壊モード

試験孔の実測値、試験結果を表-2に示す。主な破壊モードは鉄筋が降伏したもの（以降、鉄筋降伏）、グラウトとコンクリート間の付着破壊（以降、グラウト引抜け）、鉄筋とグラウト間の付着破壊（以降、鉄筋引抜け）の3種類であった。

写真-3に引き抜けた試験体を示す。鉄筋引抜けモードの試験体は鉄筋の節を結ぶ節間のグラウトがせん断破壊した様子が見られる。グラウト引抜けモードは鉄筋と一体となったグラウトがそのまま抜け出したものである。つまり、グラウトが健全でグラウトと基礎コンクリート間に滑りが生じたものである。



(a)鉄筋引抜け (b)グラウト引抜け

写真-3 破壊モードの一例

2.4 荷重変位関係

定着具なしと定着具ありに分類し、さらに定着長の違い毎に整理することとした。

(1) 定着具なしー定着長4φ

図-4に定着具なし、定着長4φの荷重変位関係を示す。図中の試験体1-2は目荒ししていない試験体である。本試験体はグラウト引抜けモードとなった。試験体2-2~7-2は目荒ししてありこれらは全てのケースで鉄筋引

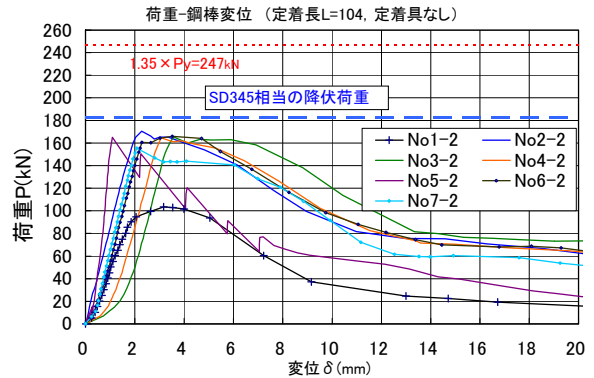


図-4 荷重変位関係（4φ定着具なし）

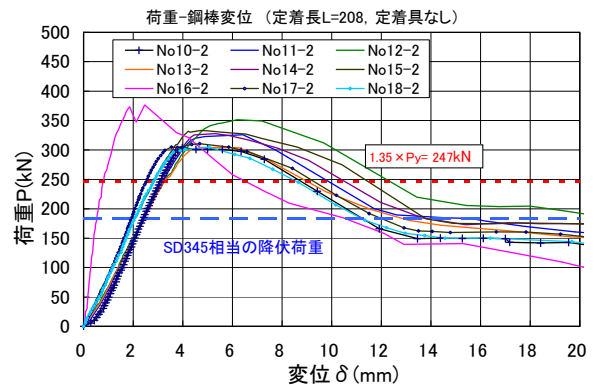


図-5 荷重変位関係（8φ定着具なし）

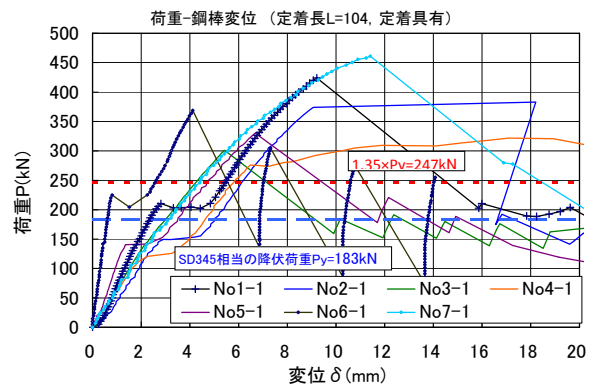


図-6 荷重変位関係（4φ定着具あり）

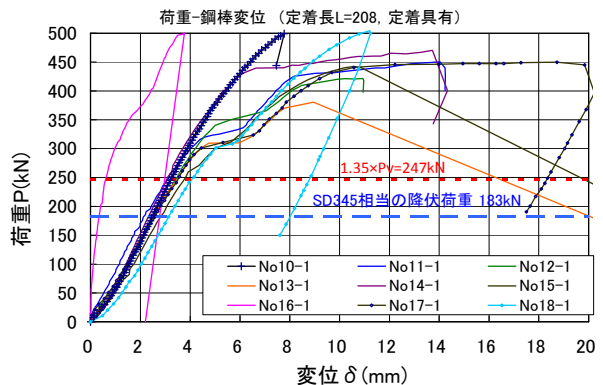


図-7 荷重変位関係（8φ定着具あり）

抜け破壊モードであった。載荷荷重が 155.2~170.5kN 程度で最大荷重となり、鉄筋引抜けが生じて変位が急増した。定着長 4φ の鉄筋引抜けモードの付着強度はすべての目荒した試験体でほぼ同じであることがわかる。目荒しをしていない 1-2 試験体は 103.5kN で抜出したグラウト引抜けモードとなり、なめらかな面の付着強度は小さいことがわかる。

(2) 定着具なしー定着長 8φ

10-2~18-2 の全ケースで鉄筋引抜けモードとなった(図-5に荷重変位関係)。耐力に多少のばらつきは見られるものの 300kN~376kN 程度で引抜けている。16-2 は耐力及び変位が異なっている。4φ の試験体の定着長よりも 2 倍の長さとなっているのでグラウト強度が耐力に及ぼす影響が 4φ よりも大きいことが考えられる。変位が小さい理由は変位計設置位置の違いで鉄筋の伸び分の長さや計測点数が 1 点であったことで偏心したことが想定される。

(3) 定着具ありー定着長 4φ

すべてのケースでグラウトの引抜けモードとなった(図-6に荷重変位関係)。目荒しをしていない 1-1 は最大荷重 424kN と目荒ししたケースよりも耐力が大きい。その理由としてコア穿孔時にリング状の穿孔面が生じたことや部分的に接合面に引っかかりが生じたことが考えられる。すべてのケースで 120~200kN になると変位が進行しているが、4φ の定着具なしの荷重に比べるとほぼ同荷重であることから鉄筋引抜けが生じたことが原因と考えられる。鉄筋引抜け破壊後に定着具の支圧反力が生じ始め最終的にグラウト引抜けとなった。

(4) 定着具ありー定着長 8φ

本グループ(図-7に荷重変位関係)は鉄筋が降伏して試験が終了したものが多く、13-1, 15-1 はグラウト引抜けモードとなった。13-1 は溝が部分的にしかできず、15-1 は強制的に施工時間を短くして溝深さを 1mm 程度に小さくしたものであり、耐力が小さくなったと考えられる。一方、目荒し処理をしていない 10-1 も目荒しをした試験体と同様の耐力が得られた。コア穿孔時に出来た孔壁の凸凹状態によっては付着耐力に影響を及ぼすので、10-1 は実験値が大きくなったが、目荒しをしないケースでは 1-1 のようにグラウト引抜けの場合もありばらつきが大きい。また、ほとんどのケースで 300~350kN 前後に変位の増加が見られるが、この荷重で鉄筋の付着が切れたものと想定される。

ひずみゲージを貼付した試験体の荷重ひずみ関係を図-8に示す。13-1 を除き降伏したため、グラウト引抜けにはならず鉄筋が降伏して試験終了したことを確認した。

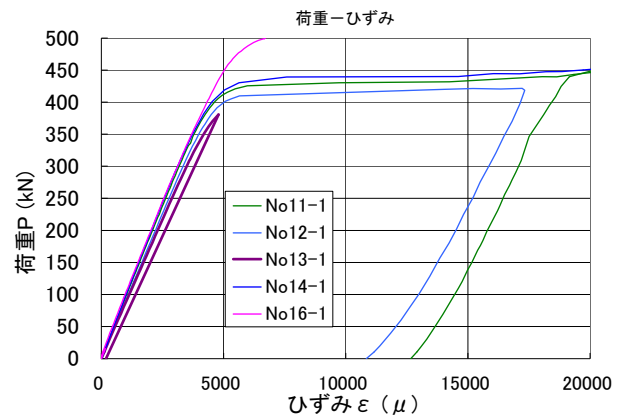


図-8 荷重変位関係(定着具あり-8φ)

(5) 引抜き荷重の分析

土木学会の鉄筋定着・継手指針では定着体の静的耐力は鉄筋の規格引張強さあるいは規格降伏強度の 1.35 倍以上を確認することとなっているので、荷重変位関係の図中に SD345 鉄筋の場合の規格降伏強度と規格降伏強度の 1.35 倍に相当する荷重を示す。

定着具無しで定着長 4φ の場合、すべての試験体が規格降伏相当荷重以下であった。定着具無しで定着長 8φ の場合、鉄筋引抜け破壊であるがすべてのケースで規格降伏値の 1.35 倍の荷重を上回り、グラウト引抜け荷重は鉄筋の引抜け荷重を上回っている。

定着具有りで定着長 4φ の場合、すべての試験体が規格降伏荷重の 1.35 倍以上であるが、鉄筋引抜けが先行して生じるため、変位が大きい傾向が見られた。定着具有りで定着長 8φ の場合、鉄筋引抜け前に規格降伏荷重の 1.35 倍を超え、さらに耐力の上昇も大きいことがわかった。

目荒し処理をしていない 1-1 と目荒しが浅くなっていた 13-1, 15-1 の試験体はグラウト引抜け破壊で引抜き耐力が小さくなっており、十分な目荒し処理でないとコアの壁面の付着や凹凸の影響を受け安定した定着耐力が得られない。

2.5 付着強度

(1) 鉄筋周りの付着強度

定着具の無い試験体は目荒しを実施していない 1-2 以外の 15 体の試験体は鉄筋引き抜けモードとなった。そこで、鉄筋とグラウトの間の付着強度について整理した。図-9 に鉄筋周りのグラウト強度と付着強度の関係を示す。グラウト強度の大きい 5-2 と 16-2 を除くとグラウト強度 55N/mm² 程度の時に平均値は 17.78N/mm² となり、グラウト強度が大きいほど τ_r は大きくなる傾向が見られた。

(2) グラウト周りの付着強度

定着具の有る試験体はグラウト周りの引抜けとなったため、グラウト強度とグラウト面の付着強度の整理を行い、図-10に示した。ここで、基礎コンクリートではなくグラウト強度を用いた理由は、溝きりタイプの場合に溝に挿入されたグラウトが破壊するような挙動が見られたことによる。

目荒し状態の良くない13-1、15-1を除き、グラウト周囲の付着強度 τ_g の平均値は 16.4N/mm^2 となった。目荒し状態が悪い13-1は目荒し1段であることと溝の深さが浅かった。15-1は時間短縮を志向して目荒しが浅かった。いずれも目荒しが十分でなかったため付着強度が低下し 10N/mm^2 を下回る結果となった。既往の研究¹⁾で得られているグラウト強度と平均付着強度の関係からグラウト強度 55N/mm^2 時の付着強度は

$$\tau_g = 0.76 \times f_c^{(2/3)} = 0.76 \times 55^{(2/3)} = 11\text{N/mm}^2$$

となり、この値と比較しても目荒し状態がよい付着強度の平均値は良い結果が得られたことがわかる。

(3) 付着強度のまとめ

鉄筋周りの付着強度はグラウトの強度に比例して大きくなる傾向が得られた。

グラウト周りの付着強度は定着長 8ϕ の試験体が小さいケースが2体有るがいずれも目荒しが不十分なものである。その他の 8ϕ の試験体は鉄筋降伏によって耐力が決定したため付着強度はわからない。しかし、定着具のある 4ϕ の試験体はすべてが十分な付着強度を有し、既往の研究で得られている付着強度相当を確保したことがわかった。

4. まとめ

(1) 定着具無し

定着具なしの場合は、目荒し無しのケースでグラウト引抜けモードとなったが、その他はすべて鉄筋引抜けであった。目荒しを行うことにより、鉄筋引抜け荷重以上のグラウト引抜け荷重になることがわかった。

定着長 4ϕ の場合、すべての試験体が規格降伏相当荷重以下であった。定着長 8ϕ の場合、すべてのケースで規格降伏値の1.35倍の荷重を上回り、十分な目荒し効果であったと期待できる。

(2) 定着具有り

定着長 4ϕ の場合、すべての試験体が規格降伏荷重の1.35倍以上であるが、鉄筋引抜けが先行して生じるため、

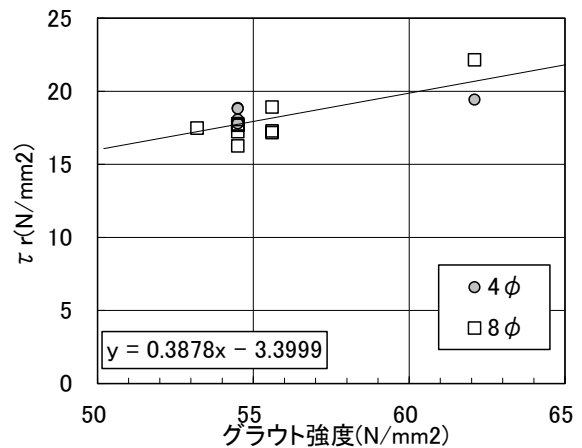


図-9 鉄筋周りの付着強度 τ_r

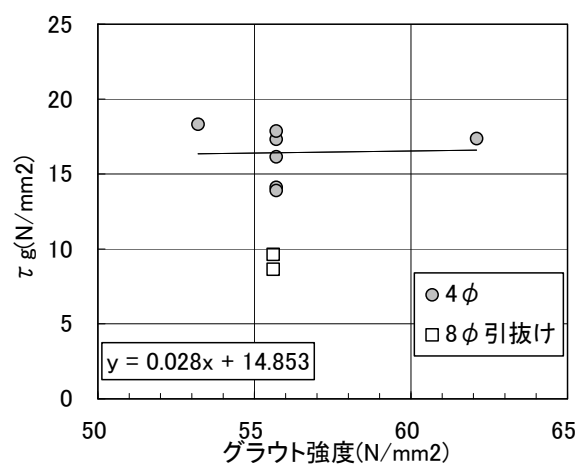


図-10 グラウト周りの付着強度 τ_g

最大荷重時の変位が大きい傾向が見られた。定着長 8ϕ の場合、鉄筋引抜け前に規格降伏荷重の1.35倍を超えた。 4ϕ 程度の定着長でグラウト周りの定着耐力は確保できたことがわかった。付着強度は既往の目荒し方法と遜色ないことを確認することができた。

謝辞

本研究を実施するにあたり、(株)TLC、第一カッター興業(株)、日特建設(株)、(株)KSKの皆様にご協力いただきました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 小原孝之, 山本晴人, 齋藤修一, 松島学, 大浦篤: アンカー孔壁面を目荒し処理した無収縮モルタル接着系あと施工アンカーの付着強度に関する実験的検討, 土木学会第55回年次学術講演会, pp.1142-1143, 2000.9