

# [100] 各種箱抜きアンカーの引張耐力に関する実験研究

正会員 松崎育弘 (東京理科大学工学部)

正会員 ○阿部保彦 (鹿島建設技術研究所)

正会員 宇佐見滋 (鹿島建設技術研究所)

## I はじめに

機器・配管類を、コンクリート基礎台あるいは床等に定着するアンカー工法として、いわゆる箱抜きアンカー工法が非常に多く使われている。この工法は、各種ボイド型わくをコンクリート打設前にアンカー位置にセットしておき、コンクリート硬化後に型わくを脱型するか埋殺すかしてコンクリート中にボイドを形成し、そこにモルタルを充てんしてアンカーボルトを固定する工法である。箱抜きアンカーは、ポピュラーな工法の割には、設計、施工の責任範囲が不明確なため、ほとんど管理されていないのが実情で、その耐力に関しても信頼出来る情報に乏しい。図-1に箱抜きアンカーに考えられる破壊パターンを示すが、それぞれ耐力評価式が異なる。このうち、鋼材破断、コンクリートコーン破壊、あるいはモルタル破断についてはいくつかの資料により、その引張耐力を推定出来るが、モルタルあるいは埋殺されたボイド型わくと、周辺コンクリートとの付着破壊強度に関するデータは見当たらない。そこで、現在利用されている各種ボイド型わくが箱抜きアンカーの引張耐力に及ぼす影響について実験を行った。

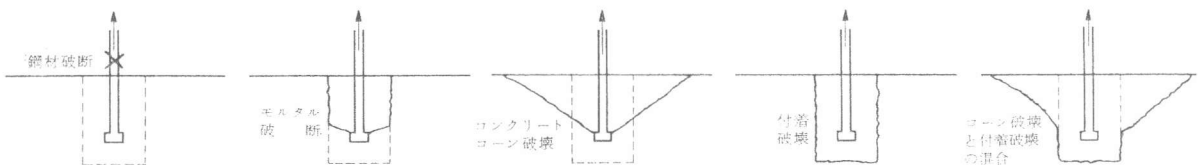


図-1 引張荷重を受ける箱抜きアンカーに考えられる破壊パターン

## II 実験方法

1. 実験条件 今回の実験は、アンカー部と基礎台を含む全体模型による引抜き実験シリーズと、箱抜きアンカーのモルタル付近のみを取出した押抜き実験シリーズに分けられる。引抜き実験シリーズは、ボイド型わくとしてこれまで最も一般的に使われてきた型わく用紙管を用い、その直径、アンカーボルトの種類、及びボルトの埋込み深さを変えたものであり、箱抜きアンカーの破壊パターンと引張耐力を調べることを目的とした。押抜き実験シリーズは、ボイド型わくの種類を多数変え、コンクリートと、内部モルタルあるいは埋殺し型わくとの付着強度を調べることを目的とした。それぞれの実験シリーズの実験条件を表-1, 2に示す。

2. 試験体 引抜き実験シリーズの試験体は、図-2に示すように1.0×1.0×0.4mのコンクリート試験体の中央に型わく用紙管によるボイド(150φ×350mm)を設け、その中にナット付き全ネジボルトあるいは180度フック付きアンカーをモルタルで固定したものである。試験体上面には配筋をしていない。試験体製作に用いたコンクリート、モルタル、及びアンカーボルトの材質は表-3に示す通りである。

表-1 引抜き実験シリーズ実験条件

試験体No	ボルト形状	ボルト径・材質	埋込み長さ
1, 2	ナット付き	M16	8cm (5D)
3, 4	全ネジボルト	SCM3	16cm (10D)
5, 6			24cm (15D)
7, 8	180度フック付丸頭	16φ SS41	10cm (10D)

表-2 押抜き実験シリーズ実験条件

試験体No	ボイド形成方法	付着長さ
1, 2	型わく用紙管脱型のまま	10cm
3, 4		15cm
5, 6		20cm
7, 8	塩ビパイプ脱型のまま	10cm
9, 10	塩ビパイプ脱型後アクリル系接着剤塗布	
11, 12	" E.V.A系 "	
13, 14	プラスチック型わくK脱型のまま	
15, 16	鋼製ワインディルパイプ埋殺し	
17, 18	プラスチック型わくW埋殺し	
19, 20	打練き金網埋殺し	
21, 22	クリンプ金網埋殺し	
23, 24	コンクリート硬化後振動ドリルで掘削	

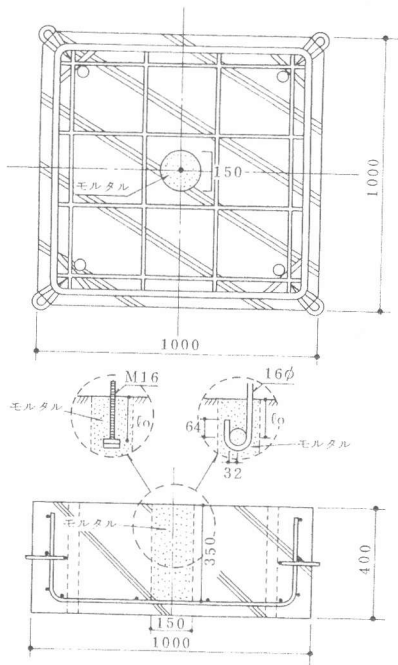


図-2 引抜き実験シリーズ試験体

表-3 引抜き実験シリーズの使用材料

材 料	品 質
コンクリート	川砂・川砂利コンクリート 実験時圧縮強度 引張強度
モルタル	セメント/砂=1/3(重量比) 実験時圧縮強度(推定)350kg/cm <sup>2</sup>
M16ボルト	SCM3,降伏点 8.34 ton/cm <sup>2</sup> 引張強度 9.78 ton/cm <sup>2</sup> ヤング係数 2.09×10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>
16φ丸鋼	SS41,降伏点 3.77 ton/cm <sup>2</sup> 引張強度 5.49 ton/cm <sup>2</sup> ヤング係数 1.96×10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>

表-4 押抜き実験シリーズの使用材料

材 料	品 質
コンクリート	引抜き実験シリーズと同じ(表3)
モルタル	セメント/砂=1/3(重量比) 実験時圧縮強度 375 kg/cm <sup>2</sup>

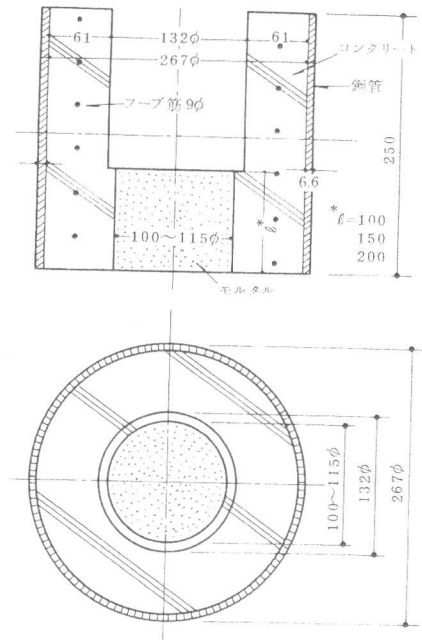


図-3 押抜き実験シリーズ試験体

押抜き実験シリーズの試験体は、図-3に示すように、内径254φの鋼管の中にコンクリートを打設し、その中に各種ボイド型わくによってボイドを形成したあと、モルタルを充てんしたものである。試験体製作に用いたコンクリート、及びモルタルの材質は表-4に示す通りである。

3. 加力、測定方法 引抜き実験シリーズは、図-4に示すような門型加力フレームの上に50 tonセンターホールジャッキを置き、テンションロッドでアンカーボルトに引張荷重を加えた。加力フレームの4つの支点とアンカー位置との距離は、アンカーボルト周辺に拘束力を与えないようにボルト埋込み長さの約2倍の長さとした。載荷履歴は、0.5 ton ピッチの漸増繰返し載荷とした。引抜き実験に際し、アンカーボルトの見掛けの抜け出し量、及びアンカーボルト周辺のコンクリートの盛り上り量を、試験体の側面を不動点として電気式変位計で測定した。アンカーボルトの見掛けの抜け出し量は、ボルトの伸び、コンクリートの盛り上り、及びコンクリートとボルトとの間のスリップ量を含んだものである。

押抜き実験シリーズでは、図-4に示すように、試験体のモルタル部分に鋼製ブランジャーを当て100 ton 万能試験機で圧縮荷重を加えた。載荷履歴は単調増加載荷とした。押抜き実験に際し、モルタル部分の周辺コンクリートへのめり込み量、及びモルタル部分のコンクリート底面からの抜け出し量を電気式変位計で測定した。モルタル部分のめり込み量には、ブランジャーとモルタル部分の縮み量、及

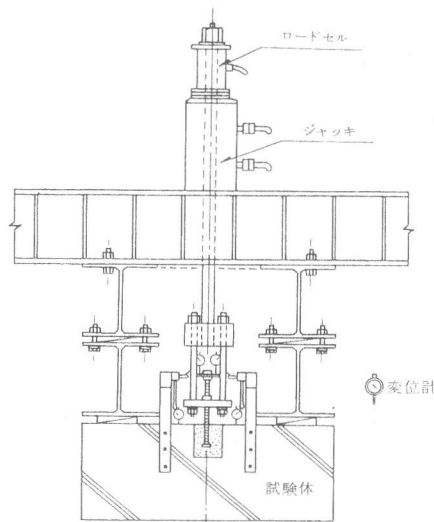


図-4 引抜き実験方法

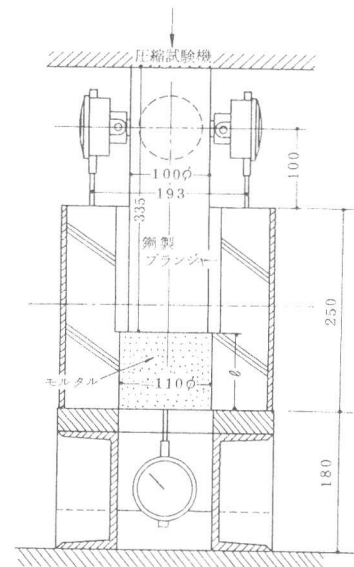


図-5 押抜き実験方法

びモルタルとコンクリートとの間のスリップ量が含まれている。

### Ⅲ 実験結果と検討

1. 引抜き実験シリーズ 表-5に引抜き実験シリーズの引張耐力、モルタルとコンクリートとの最大付着応力度、モルタルの最大引張応力度、及び破壊状況の一覧を示す。この表より最大付着応力度が2つのグループに分けられることが分かる。すなわち、埋込み長さ8cmの時の付着応力度9~10kg/cm<sup>2</sup>と、埋込み長さがそれ以上の時の付着応力度5~7kg/cm<sup>2</sup>である。この差は、箱抜きアンカーの破壊メカニズムの差から由来するものとして次のように考えられる。

① アンカーヘッドの先端からモルタルにひびわれが進展する。

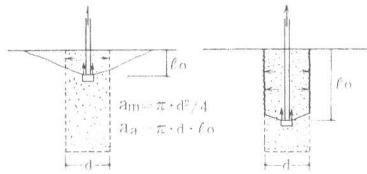


図-6 破壊メカニズムの比較

② ひびわれがコンク

リートとの界面に達し(モルタルの引張破壊)、モルタルはコンクリート周壁を押す。

③ 埋込み長さが短い場合、その押す力に周壁コンクリートが耐えられず、斜めにすべり破壊する(図-6左)。

④ 埋込み長さが長い場合、その押す力に周壁コンクリートが十分に耐え、モルタルとコンクリートとの付着が切れるまで引張荷重に耐える(図-6右)。

上記①②③で破壊する時の引張耐力 $T_m$ は、モルタルの引張耐力で決まり、耐力式は(1)式で表わされる。①②④で破壊する時の引張耐力 $T_a$ は、モルタルとコンクリートとの付着耐力で決まり、耐力式は(2)式で表わされる。

$$T_m = \sqrt{f_m \cdot a_m} \dots \dots (1) \quad T_a = f_a \cdot a_a \dots \dots (2)$$

ここで、 $\sqrt{f_m}$  : モルタルの圧縮強度 $F_m$ で決まるモルタルの見掛けの引張強度(kg/cm<sup>2</sup>)

$f_a$  : モルタルとコンクリートとの付着強度(kg/cm<sup>2</sup>)

$a_m, a_a$  : それぞれモルタルの横断面積, モルタルとコンクリートとの付着面積(図-5, cm<sup>2</sup>)

図-7には、引張荷重とアンカーボルトの抜け出し量との関係( $T-\delta v$ 曲線)の代表例-コンクリートコーン破壊とモルタル部抜け出し-を示す。コーン破壊の場合は、 $T-\delta v$ 曲線の包絡線の包配が大きく2段階に分かれており、これは、モルタルとコンクリートとの付着破壊のあと、ヘッド上部のモルタル部の圧壊あるいは引張破壊が段階的に起っているためであろう。一方、モルタル部抜け出しの場合は、包配がほとんど変わらず、急激に破壊している。

写真-1, 2は、コンクリートコーン破壊と、モルタル部抜け出しの代表例である。コーン破壊の場合は、モルタル部及び周辺コンクリートが破壊しているのに対し、モルタル抜け出しの場合はヘッド上部からほぼ水平に割れ、抜け出したモルタルはほとんど破損していない。従って、モルタルとコンクリートとの付着面積 $a_a$ は(2)式のようにして求めることにした。

2. 押抜き実験シリーズ

表-5 引抜き実験シリーズ実験結果一覧

試験体 No.	ボルト形状	最大耐力 Pt (ton)	付着強度 <sup>1)</sup> $f_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 <sup>2)</sup> $f_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	破壊状況	
1	M16 ナット 付き	8	3.8	10.0	コーン破壊	
2		3.4	9.0	19.2	モルタル部分 抜け出し破壊	
3		4.6	6.1	26.0		
4		5.0	6.6	28.3		
5		6.4	5.7	36.2		
6		24	6.5	5.7	36.8	混合破壊
7	16φ フック 付き	16	3.8	5.0	21.5	
8			5.5	7.3	31.1	モルタル抜け出し

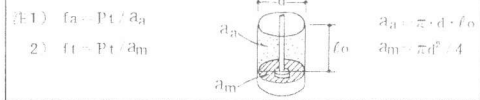


図-7 引抜き荷重と抜け出し量との関係

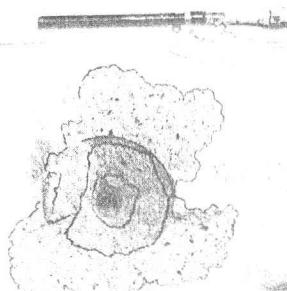


写真-1 コンクリートコーン破壊状況

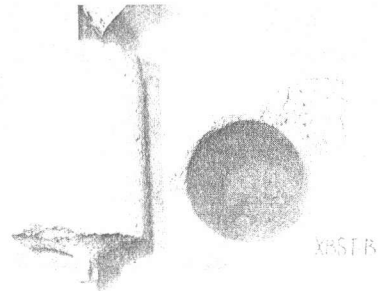


写真-2 モルタル部分抜け出し破壊状況

図-7 に実験の結果得られたボイド形成方法別の付着強度を示す。型わく用紙筒あるいは塩ビパイプ脱型のみは付着強度に、スリップ開始強度と、最大付着強度の2種類あるのは、次の理由による。図-8の押抜き荷重とめり込み量との関係曲線において、上記以外の箱抜き方法では、曲線の勾配が徐々に変化し最大荷重に達しているのに対し、上記2つの箱抜き方法の場合は、ある荷重で勾配が急激に変化し、その後ゆるやかな勾配で最大荷重に達する。勾配が急激に変化している点をモルタルとコンクリートとの間でスリップが開始した荷重として、この荷重からスリップ開始強度を求め、最大荷重から求めた最大付着強度と区別した。図-7において、型わく用紙筒と塩ビパイプ脱型のみはスリップ開始強度はおおよそ5~6 kg/cm<sup>2</sup>で最も弱く、これは、引抜き実験シリーズにおけるモルタル抜き破壊の付着応力度にほぼ一致している。

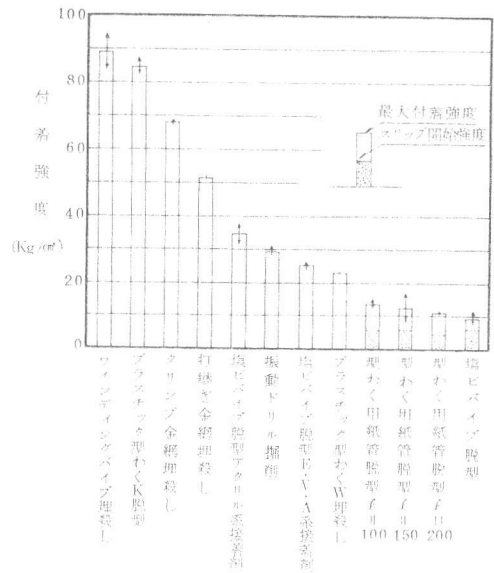


図-7 ボイド形成方法の付着強度

塩ビパイプ脱型のみに対して、その脱型面にモルタル用接着剤を塗布するだけで付着強度は2.5~3.5倍増加する。金網あるいは鋼製ワインディングパイプは付着強度増大に有効である。一方、プラスチック型わくK(薄肉、フシ間隔小、脱型)は、同W(厚肉、フシ間隔大、埋殺し)の3倍以上の強度を持つ。プラスチック型わくの形状、寸法、脱型の有無によってその付着耐力に大幅に差が出る。

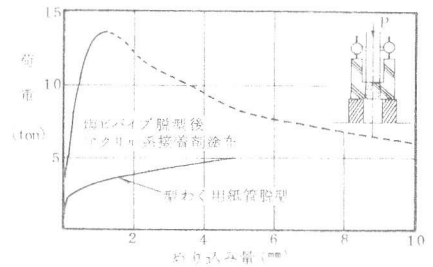
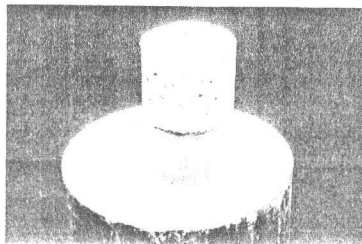
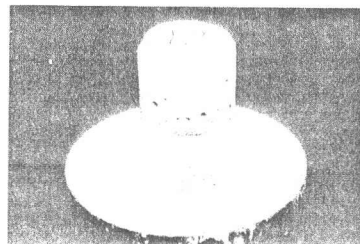


図-8 押抜き荷重とめり込み量との関係

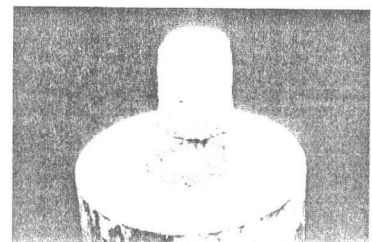
写真-3-a, b, cに、塩ビパイプ脱型のみ、塩ビパイプ脱型E.V.A接着剤塗布、打継ぎ金網埋殺し、の抜け出しモルタル面を示す。付着強度が大きくなるに伴いモルタル面が粗くなっているのが分かる。



a. 塩ビパイプ脱型のまま



b. 塩ビパイプ脱型後E.V.A接着剤塗布



c. 打継ぎ金網埋殺し

写真-3 押抜き実験による抜け出しモルタルの表面

#### IV まとめ

a 引張荷重を受けた箱抜きアンカーは、コンクリートのコーン状破壊、モルタル部分の抜け出し破壊、及び両者の混合型破壊、あるいはアンカーボルト破断の4つの破壊パターンを示す。箱抜きアンカーの引張耐力は次の3式の与える耐力の最小値で決まる。

$$T_m = \sqrt{F_m \cdot a_m} \dots\dots (1), \quad T_a = f_a \cdot a_a \dots\dots (2), \quad T_b = \sigma_t \cdot a_b \dots\dots (3)$$

ただし、 $T_m$ ,  $\sqrt{F_m}$ ,  $a_m$ ,  $T_a$ ,  $f_a$ ,  $a_a$ は前出、 $T_b$ ,  $\sigma_t$ ,  $a_b$ は、それぞれボルトの引張耐力、引張強度、断面積。

b コンクリートとモルタルとの付着強度は、アンカーボイドの作成方法で大幅に異なり、一般的に用いられている型わく用紙筒、塩ビパイプ脱型のみはスリップ開始強度は5~6 kg/cm<sup>2</sup>である。上記脱型面にモルタル接着剤を塗布すると付着強度は25~35 kg/cm<sup>2</sup>になる。金網、鋼製ワインディングパイプ埋殺しの場合の付着強度は50~90 kg/cm<sup>2</sup>と非常に大きい。