

論文 ひびわれのあるコンクリート上のあと施工アンカーの耐力

河村 博之*1

要旨：シアキー付セメントモルタル充填式あと施工アンカーボルトが、ひびわれの生じているコンクリート母材に施工された場合、どの程度引抜耐力低下を生じるかを調べるために、アンカーからひびわれまでの位置と深さを变化させた数種類の偽似ひびわれを有するコンクリート母材に標記アンカーを施工し、引抜試験を行い、耐力低下の性状から、現在使用されている規準・指針耐力式をどのように利用したらよいかについて検討した。また同一種類の供試体のひびわれに樹脂注入を行ったものについても引抜試験を行い、引抜耐力は、ひびわれのない場合までほぼ回復できることを報告したものである。

キーワード：あと施工アンカー, 引抜耐力, ひびわれ, 樹脂注入

1. まえがき

コンクリートあと施工アンカーの使用は年々増大の一途をたどりつつあるが、一方アンカーされるコンクリート母材がひびわれを生じていたり、老朽化している場合でも、安易に且つ機械的に施工される傾向がある。本報告は、我々が先に開発し、健全なコンクリート母材に施工された力学的性質については既に明らかにされている[1~4]“シアキー付セメントモルタル充填式あと施工アンカー”について、1) ひびわれを生じているコンクリート母材に施工した場合に、ひびわれとアンカーとの位置や、ひびわれの深さによって、どの程度の引抜耐力低下を生じるか。2) また、ひびわれを生じている場合、一般的にひびわれ補修によく用いられている樹脂注入を行うことにより、引抜耐力をどの程度回復することが出来るか。ということについて、実験を行った結果を報告したものである。

2. 実験

2.1 実験供試体の形状と種類

供試体の形状は、図-1に示すような直方体コンクリート母材の中央に標記あと施工アンカーを施工したもので、種類は、表-1に示すように、あと施工アンカーボルト中心位置から偽似ひびわれまでの距離を、アンカーボルト鉄筋径 d の0(ボルトセンター)、 d (16mm)、 $2d$ (32)、 $3d$ (48)、 $5d$ (80)の5種類、更に片側だけでなく、ボルトをはさんで対称に2本設けたものと併せて9種類と、ひびわれ深さをそれぞれのひびわれ位置毎に $6d$ (96mm: 表面から定着ナット頭までひびわれを生じている場合)、 $4.5d$ (72: 表面からシアキー突起中央までひびわれを生じている場合)、 $2.25d$

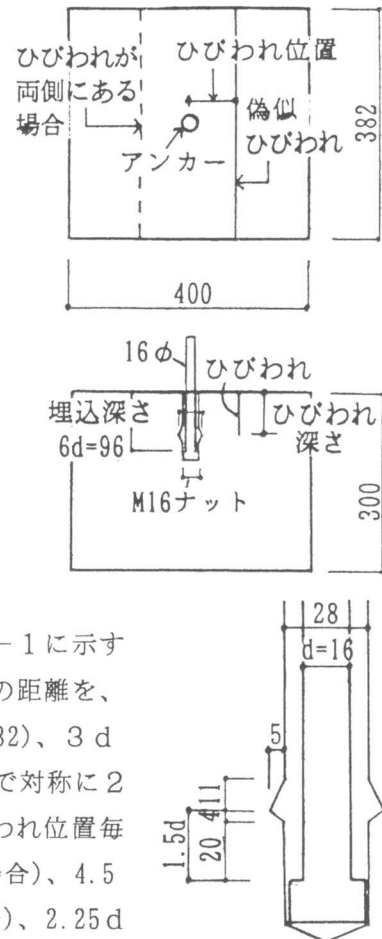


図-1 供試体の形状とアンカー形状

*1 九州産業大学教授 工学部建築学科、工博(正会員)

(36：表面からシアキー突起中央までの半分の深さまでひびわれを生じている場合)の3種類に変えたもの27種類に、比較のためにひびわれを設けないものを加えた28種類を各2ヶづつ計56個作製し、引抜試験をした。

また、全く同様の形状で、同様の種類数だけの供試体を別に作製し、全てのひびわれに樹脂注入したものについて引抜試験をした。

アンカーの埋込深さについては、今回はコンクリートが破壊するときの引抜耐力の変化を見ることを目的にしたので、アンカー筋が降伏しないように、コンクリート母材強度を200kg/cm²を目標に、6dとした。

表-1 実験供試体の種類と実験結果

供試体番号	ひびわれが生じたままのもの				ひびわれに樹脂注入したもの					
	実測ひびわれ位置 (mm)	最大引抜荷重 Pmax(t)	破壊形状	充填モルタル強度 (kg/cm ²)	実測ひびわれ位置 (mm)	最大引抜荷重 Pmax(t)	破壊形状	充填モルタル強度 (kg/cm ²)		
M16-6d-ナシ-ナシ	—	6.19	A	fσ _B =377	—	5.78	A	fσ _B =283		
	—	6.13	A		—	5.99	A			
M16-6d-c-6d	1	4.82	B		2	6.04	A			
	0	4.86	B		2	6.01	A			
M16-6d-c-4.5d	0	5.05	A		1	6.07	A			
	1	5.10	A		0	6.10	A			
M16-6d-c-2.25d	0	5.61	A		0	6.60	A			
	0	5.93	A		0	6.13	A			
M16-6d-ds-6d	11	3.97	B		fσ _B =372	16	5.06		B	fσ _B =328
	7	4.85	B			18	5.04		A	
M16-6d-ds-4.5d	10	5.02	A	14		5.66	A			
	10	5.00	A	16		5.94	A			
M16-6d-ds-2.25d	13	5.43	A	17		5.75	A			
	13	5.89	A	17		5.96	A			
M16-6d-2ds-6d	28	3.05	B	32		5.42	A			
	30	3.08	B	32		4.79	B			
M16-6d-2ds-4.5d	38	3.52	A	fσ _B =329		33	5.10	A	fσ _B =350	
	33	3.94	A			32	5.89	A		
M16-6d-2ds-2.25d	32	5.33	A		31	5.48	A			
	23	5.23	A		32	5.03	A			
M16-6d-3ds-6d	50	3.56	A		50	5.20	A			
	48	3.56	A		48	5.04	A			
M16-6d-3ds-4.5d	43	4.80	A		46	5.09	A			
	49	4.22	A		50	5.65	A			
M16-6d-3ds-2.25d	48	5.62	B		fσ _B =339	45	5.33	A		fσ _B =291
	47	5.31	B			47	5.60	A		
M16-6d-5ds-6d	78	4.16	A	81		5.29	A			
	79	4.04	A	78		5.51	A			
M16-6d-5ds-4.5d	80	4.24	B	83		5.63	A			
	82	4.51	B	84		5.45	A			
M16-6d-5ds-2.25d	82	5.23	A	80		5.41	A			
	80	5.08	A	82		5.12	A			

表-1 続 実験供試体の種類と実験結果

供試体番号	ひびわれが生じたままのもの				ひびわれに樹脂注入したもの				
	実測ひびわれ位置 (mm)	最大引抜荷重 Pmax(t)	破壊形状	充填モルタル強度 (kg/cm ²)	実測ひびわれ位置 (mm)	最大引抜荷重 Pmax(t)	破壊形状	充填モルタル強度 (kg/cm ²)	
M16-6d-dw-6d	17	2.55	B	fσ _B =375	17	4.80	A	fσ _B =339	
	17	1.54	B		16	5.37	A		
M16-6d-dw-4.5d	17	3.57	C		16	4.99	A		
	18	4.01	B		17	5.33	A		
M16-6d-dw-2.25d	16	5.57	B		16	5.54	A		
	17	5.69	B		17	5.53	A		
M16-6d-2dw-6d	32	1.87	A		32	5.83	A		
	32	1.82	A		32	5.41	A		
M16-6d-2dw-4.5d	33	2.57	B		33	5.55	A		fσ _B =314
	32	2.09	B		33	5.02	A		
M16-6d-2dw-2.25d	32	5.54	A	33	5.44	A			
	33	5.73	A	32	5.83	A			
M16-6d-3dw-6d	47	2.45	A	48	5.74	A			
	48	2.50	A	49	5.46	A			
M16-6d-3dw-4.5d	49	3.10	A	48	5.60	A			
	49	3.03	A	50	5.23	A			
M16-6d-3dw-2.25d	48	5.61	A	48	5.01	A	fσ _B =372		
	48	5.27	A	48	5.03	A			
M16-6d-5dw-6d	81	4.04	A	81	5.46	A			
	80	4.28	A	81	5.41	A			
M16-6d-5dw-4.5d	82	4.99	A	80	4.89	A			
	82	4.88	A	80	4.97	A			
M16-6d-5dw-2.25d	82	5.52	A	82	5.24	A			
	81	5.52	A	80	5.00	A			
コンクリート母材強度	171(kg/cm ²)				210(kg/cm ²)				

凡例 供試体番号 M16 -6d -2d(s,w) -6d
 アンカー筋軸径 埋込深さ ひびわれ位置 (s:シングル, w:ダブル) ひびわれ深さ
 破壊形状・・・A:ナット上部より錐状破壊、B:シアキー位置より錐状破壊、C:アンカー引き抜け

2. 2 供試体の作製

コンクリートの母材は、コンパネで型枠を作り、アンカー施工側が底になるようにコンクリートを打設した。偽似ひびわれは、0.4mm厚のステンレス板の両面に0.2mm厚のビニールフィルムをグリスで貼りつけたものを、あらかじめ型枠底に仕切り状にセットし、ステンレス板が曲がらないように小さな釘で固定し、コンクリート打設後約10時間後にステンレス板、ビニールフィルムの順に抜き取り、その後約3週間室内で放置した後試験した。

コンクリート母材の調合。 ひびわれを生じたままのものはC:S:G:W=270:805:1043:170、水セメント比63.0%、細骨材率44.8%、試験時スランプ値は15cm、ひびわれに樹脂注入したものはC:S:G:W=304:777:1043:170、水セメント比56.0%、細骨材率43.9%、試験時スランプ値は15cmであった。

アンカーの設置は、試験日の1日前に先ずアンカーボルトM16のナットが入る径(28mm)の下穴をあけ、次にシアキー用の拡巾ドリルで定着ナット上1.5d位置にシアキーの中央が来るように

拡巾し、超早強セメントモルタルを充填した。充填セメントモルタルの強度は試験時に $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上になることを目標にした。また、充填モルタルのコンシステンシーは、Jロート法（土木学会規準コンシステンシー試験方法）による流下時間は平均57秒であった。ひびわれは樹脂注入を行ったものは、引抜試験の3日前に、注入口及び注入確認口を除き、ひびわれ表面を不飽和ポリエステルでシールを行い、2日前にエポキシ系超低粘度注入接着剤（7日圧縮強度 $510\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上）を注入した。更に、試験前日に母材に穿孔の上アンカーボルトを設置し、セメントモルタルの充填を行った。

3. 実験

加力は、図-2のように4隅点支承引抜法により、20tonセンターホールジャッキで静的に1ton毎の漸増片側くり返し荷重を加え、破壊させた。

測定は、荷重は10tロードセルで、コンクリート母材とアンカーボルトとの相対拔出し量をクリップゲージで測定し、荷重-拔出し量曲線を求めた。

4. 実験結果

4. 1 最大引抜荷重と破壊形状

実測ひびわれ位置、最大引抜荷重、破壊形状、コンクリート母材及び充填モルタル試験時強度を一覧表にしたものを表-1に示す。ここで、ひびわれ位置は、中央、両端の3ヶ所を実測し、中央の値に2倍の重みをつけた平均値を記した。

4. 2 破壊形状

コンクリート母材のアンカー表面及び側面の代

表的破壊状況を図-3に示す。従来の試験で用いた円形周辺拘束支承引抜試験[1~4]に比べ、今回使用した4隅点支承引抜試験は、内部の応力が点対象でなく、2面対象となり、応力が一様にならないために、母材表面の引張力も方向性を持ち、表面の破壊時ひびわれ線も、偽似ひびわれを含めて、T字形（片側偽似ひびわれのあるもの）、十字形（偽似ひびわれのないもの及びセンターにひびわれがあるもの）、または、H字形（2本の偽似ひびわれを持つもの）が生じた。

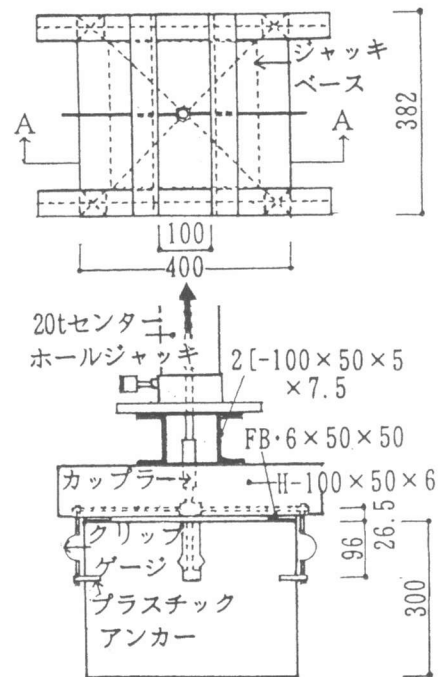


図-2 加力・測定装置

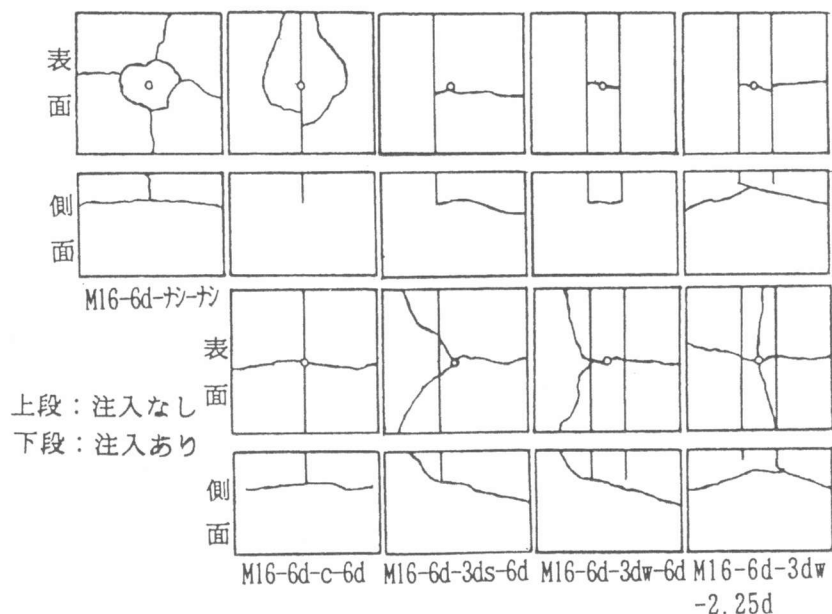


図-3 破壊形状

ひびわれに樹脂注入したものは、ひびわれに直交する側に先にひびわれを生じており、ひびわれ位置に隣接して生じているもの、接着剤がはがれているものはない。

アンカー先端付近約5cm内の破壊は、錐状をなしているが、その外側は偽似ひびわれから周辺に向かってめくれるような破壊をしており（図-3破壊側面参照）、錐状をなしていないものがほとんどであった。

4. 3 荷重-拔出し量曲線

代表的な荷重-拔出し量曲線を図-4に示す。引張剛性は、コンクリート母材強度による影響が最も大きく、ひびわれや、注入の有無にほとんど影響されない。

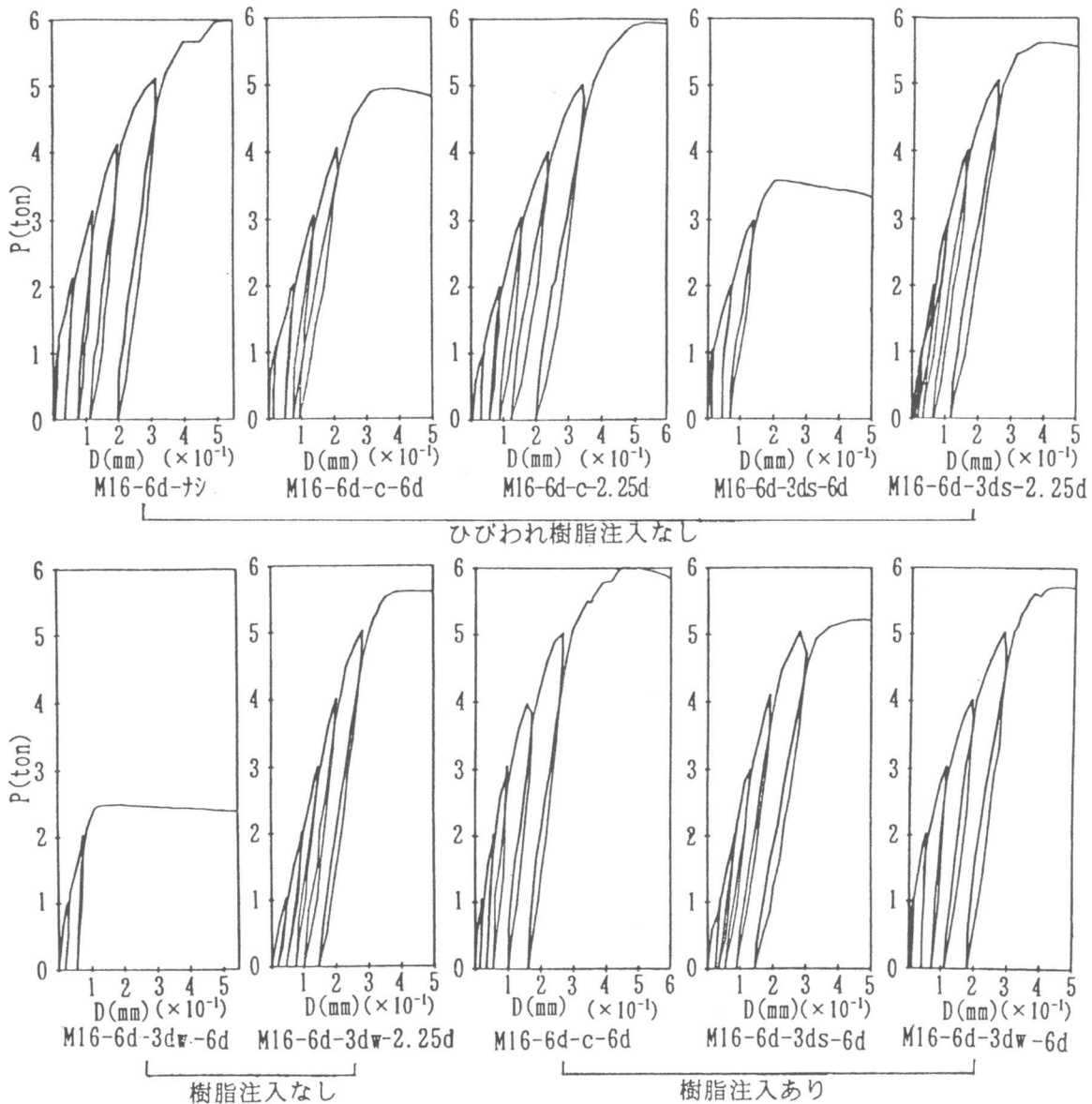


図-4 荷重-拔出し量曲線

5. 実験結果の考察

ひびわれによる引抜耐力低下と樹脂注入効果を見るために、横軸に、頂角45°錐体がひびわれ

位置で切断された場合の水平投影面積をとり、縦軸に、コンクリート母材強度の違いを補正するために、 P_{max} が圧縮強度の平方根に比例するものとして、 200kg/cm^2 強度の場合に換算した値をプロットし、併せて規準及び指針式線 [5, 6] を記入したものを図-5に示す。これから規準及び指針式に、この方法による投影面積を用いれば充分安全であることがわかる。また埋込深さの約1/3以下の深さのひびわれであれば耐力低下はなく、これを無視してもよい。また、ひびわれを生じている場合、その両面で垂直応力およびせん断応力の伝達がなく、自由面を形成していたものが、接着性があり強度の大きな樹脂の注入を行うと、応力伝達が行われるようになり、一体のコンクリートに近づき、ひびわれがないときの耐力に回復している。

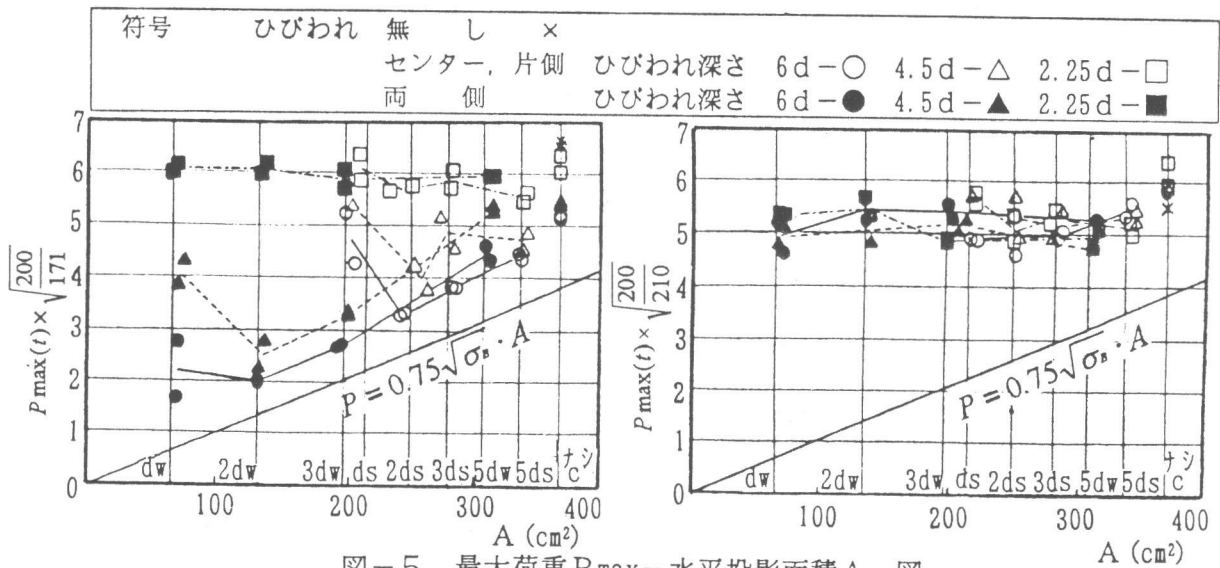


図-5 最大荷重 P_{max} -水平投影面積 A 図

6. まとめ

本実験で用いたひびわれと類似の状態のひびわれが生じているコンクリートに施工されたあと施工アンカーは、ひびわれのない場合の錐体投影面積のかわりに、ひびわれで切断された投影面積を用いればよい。但し、ひびわれ深さが埋込深さの1/3以下の場合、及び樹脂注入した場合は、ひびわれを無視することが出来る。

7. 謝辞

この実験は、文部省科学研究費補助金一般研究によるものであり、また樹脂注入に当たっては、ショーボンド建設(株)九州支店技術課に注入樹脂資材の提供と技術指導を受けたので深謝致します。

8. 引用文献

- [1] 浜田公也, 河村博之: ストレート穿孔充填セメントモルタルの側面付着抵抗力とシアキーを設けた場合の引抜耐力、日本建築学会構造系論文報告集、第421号、pp. 77-87、1991. 3
- [2] 浜田公也, 河村博之, 小森清司: シアキー位置と充填材強度が引抜耐力に及ぼす影響及びボルト頭付近の支圧破壊領域の等価付着強度、日本建築学会構造系論文報告集、第432号、pp. 81-90、1992. 2
- [3] 浜田公也, 河村博之: 周辺コンクリートの大きさがせん断耐力に及ぼす影響、日本建築学会構造系論文報告集、第460号、pp. 113-122、1994. 6
- [4] 浜田公也, 河村博之: シアキー付き穿孔セメントモルタル充填式あと施工アンカーの繰返し引抜耐力、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 16, No. 2、1994. 6
- [5] 日本建築防災協会編: 改訂版既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説、pp. 198、1995. 7
- [6] 日本建築学会編: 各種合成構造設計指針同解説、pp. 202-203、1985