

無機系注入式アンカー

セメフォースアンカー

— 技術資料 —

2017年5月



住友大阪セメント株式会社

建材事業部

－ 目次 －

1. セメフォースアンカーの特徴	・・・2
2. 内容量、消費期限	・・・3
3. 物性	・・・4
3.1 材料のフレッシュ性状	・・・4
3.1.1 可使時間	・・・4
3.1.2 コンシステンシー	・・・5
3.1.3 単位容積質量(比重)	・・・6
3.2 材料の硬化体物性	・・・7
3.2.1 硬化体物性	・・・7
3.2.2 圧縮強度	・・・8
3.2.3 1日以内の強度発現性	・・・9
3.3 アンカーの基本物性	・・・10
3.3.1 引張試験	・・・10
3.3.2 せん断試験	・・・11
3.3.3 平均付着強度	・・・14
3.3.4 圧縮強度と付着強度の関係	・・・15
3.3.5 異形鉄筋と全ねじボルトの付着強度	・・・16
3.4 施工・環境の影響	・・・17
3.4.1 定着方向の影響	・・・17
3.4.2 穿孔径の影響	・・・18
3.4.3 埋込み長さの影響	・・・19
3.4.4 穿孔機器による影響	・・・20
(ハンマードリルとコアドリル)	
3.4.5 母材コンクリート若材齢における施工の影響	・・・21
3.4.6 母材コンクリート条件による影響	・・・22
3.4.7 水中施工の影響	・・・23
3.5 長期耐久性	・・・24
3.5.1 疲労耐久性	・・・24
3.5.2 クリープ特性	・・・26
3.5.3 耐熱性	・・・29
4. セメフォースアンカー関係 投稿論文一覧	・・・30
5. 取り扱いの注意	・・・32
6. 問い合わせ先	・・・32

1. セメフォースアンカーの特徴

セメフォースアンカーは、超速硬セメントと細骨材より構成されたプレミックス粉体と専用水をカートリッジ内で混合して使用する無機系注入式あと施工アンカーであり、以下の特長を持つ。

(1) 均質な材料

予め計量されたプレミックス粉体と専用水との混合であるため、水セメント比は一定となり、均質な材料の注入が可能である。

(2) 上向き施工

高い粘性を有しており、上向き施工においても注入した材料のタレ落ちが生じ難い。

(3) 高い耐熱性

セメント系モルタルであるため、コンクリートと同等の耐熱性能がある。

(4) 高い環境性能

シックハウスの原因物質である有害化学物質等を含まず、VOC ガスの発生がないため、高い環境性能を有する。

(5) 湿潤面施工

コンクリートの状態にかかわらず施工が可能であり、水中、湿潤状態においても安定した付着力を発揮する。

2. 内容量、消費期限

セメフォースアンカーの種類を表2-1に示す。練り上がり量に応じて、セメフォースアンカー150、500、1200の3種類がある。カートリッジ内容物と専用水の消費期限は、製造日より2年である。

表2-1 セメフォースアンカー

種類	粉体内容量(g)	専用水(g)	練り上がり容量(ml)
セメフォースアンカー150	300	61	150
セメフォースアンカー500	1000	203	500
セメフォースアンカー1200	2300	468	1200

セメフォースアンカーの専用水は標準期青水と寒中期赤水の2種類があり、日平均気温10～15℃を目安に使い分けを行う。

【備考】

標準期青水と寒中期赤水の可使時間の詳細については、3.1.1 可使時間を参照ください。

3. 物性

3.1 材料のフレッシュ性状

3.1.1 可使時間

【試験方法】

温度 5～40℃の室内において、セメフォースアンカーのカートリッジに専用水を加え攪拌し、その後カートリッジをハンドガンに取り付け、ハンドガンから排出可能な時間を測定した。

【試験結果】

表3-1 セメフォースアンカーの可使時間

専用水	専用水温度	気温					
		5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃
寒中期赤水 可使時間	5℃	30～50分	20～40分	15～25分	-	-	-
標準期青水 可使時間	20℃	120分以上	40～60分	30～50分	20～40分	15～25分	-
	20℃以下冷却	-	-	-	-	25～35分	20～30分

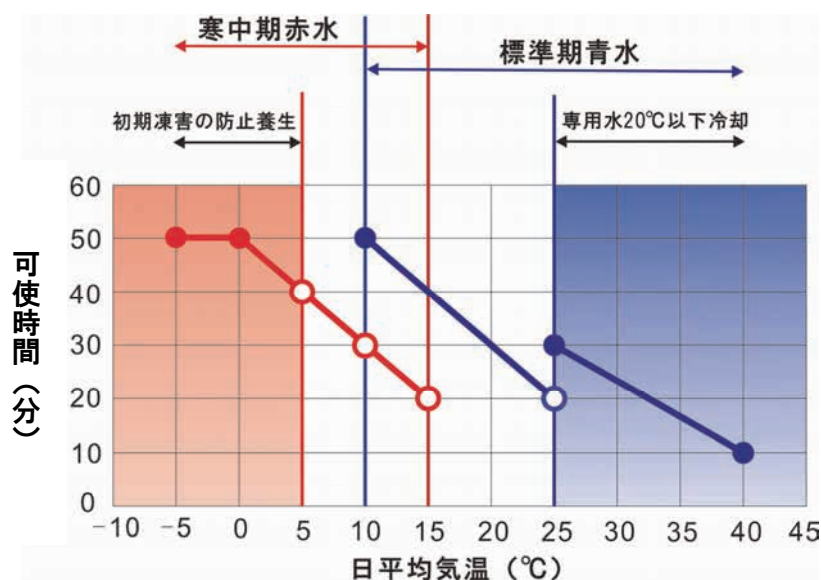


図3-1 セメフォースアンカーの可使時間

【まとめ】

カートリッジからのセメフォースアンカーの排出可能時間(可使時間)は、上記条件において、15分以上であった。

3. 1. 2 コンシステンシー

【試験方法】

カートリッジと専用水を規定時間混合した後、ロングノズルを取り付けロングノズル先端から材料が少量あふれさせ、先端をナイフでかき取り平らにした後に、ロングノズルを下向きに 5 秒間保持しロングノズル先端からのセメフォースアンカー落下量を測定した(図3-2)。その後、内径 30mm 高さ 30mm の塩化ビニル製パイプ内にセメフォースアンカーを充填し、パイプを 3 秒以上かけてゆっくり引き上げ、材料の広がりとしてフロー値を測定した(図3-3)。

■ 落下量

図3-2 落下量測定

図3-3 フロー測定

【試験結果】

表3-2 ノズル先端からの落下量とフロー

	ノズル先端からの 落下量 (mm)	フロー値 (mm)
①	4	36
②	6	39
③	7	39
④	3	34
⑤	4	36
⑥	6	37
⑦	1	34
⑧	1	35
平均	4.0	36.3
標準偏差	2.0	2.0

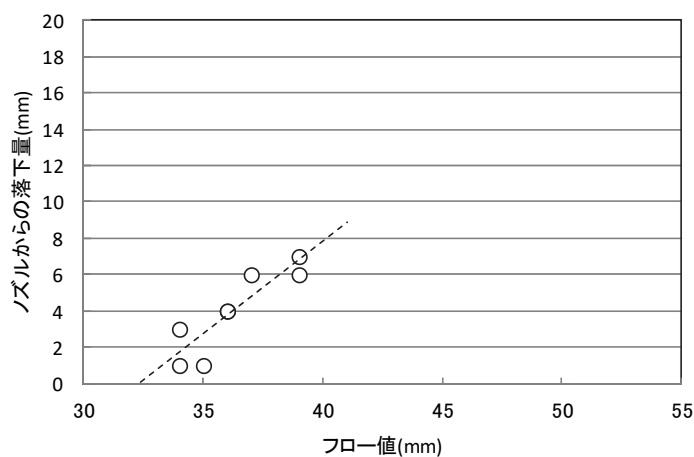


図3-4 ノズル先端からの落下量とフローの関係

【まとめ】

ノズル先端からの落下量が 10mm 以下であれば、正しく混合されていると判断される。

3. 1. 3 単位容積質量(比重)

【試験方法】

温度 20℃の室内において、カートリッジ内でセメフォースアンカーを混練りし、φ50×100 の型枠に注入ガンを用いて成型し、注入した材料の質量を測定し、単位容積質量を算出した。

【試験結果】

表3-3 練り上がり直後のセメフォースアンカーの単位容積質量

試験体	試験体重量 (g)	単位容積質量 (g/cm ³)	
			average
No.1	401.2	2.04	2.04
No.2	400.0	2.04	
No.3	401.3	2.04	
No.4	399.0	2.03	
No.5	404.6	2.06	

【まとめ】

セメフォースアンカーの練り上がり直後の単位容積質量(比重)は、2.04 g/cm³ である。

3.2 材料の硬化体物性

3.2.1 硬化体物性

硬化体物性の試験値を下に示す

試験項目	試験条件	単位	試験値(一例)	規格値
ブリーディング	JSCE-F542-1999 に準ずる	%	0	0
圧縮強度 1日 28日	JSCE-G505-1999 に準ずる	N/mm ²	48.3 60.7	32.0 以上 50.0 以上
曲げ強度 1日 28日	JIS R 5201-1997 に準ずる	N/mm ²	6.5 9.5	5.0 以上 7.0 以上
膨張収縮率 1日 3日 7日	JSCE-F542-1999 に準ずる	%	0.08 0.08 0.08	7日で収縮せず

【まとめ】

セメフォースアンカーの硬化体物性は、「各種合成構造設計指針・同解説」に示される無機系接着剤の規格値を満足する。JR 東日本「土木工事標準仕様書」の規格値を満足する。

3. 2. 2 圧縮強度

【試験方法】

予め温度 5°C、20°Cの室内に材料を 24 時間以上静置し、室内と同温度とした後、各温度の室内で、セメフォースアンカーをφ50×100の型枠に注入ガンを用いて打設し、各温度で所定の材齢まで養生したものを強度試験に用いた。

【試験結果】

表3-4 材齢と圧縮強度

材齢	圧縮強度(N/mm ²)	
	5°C(寒中期赤水)	20°C(標準期青水)
1日	32.0	36.5
3日	45.4	53.7
7日	54.7	55.9
28日	67.7	63.5

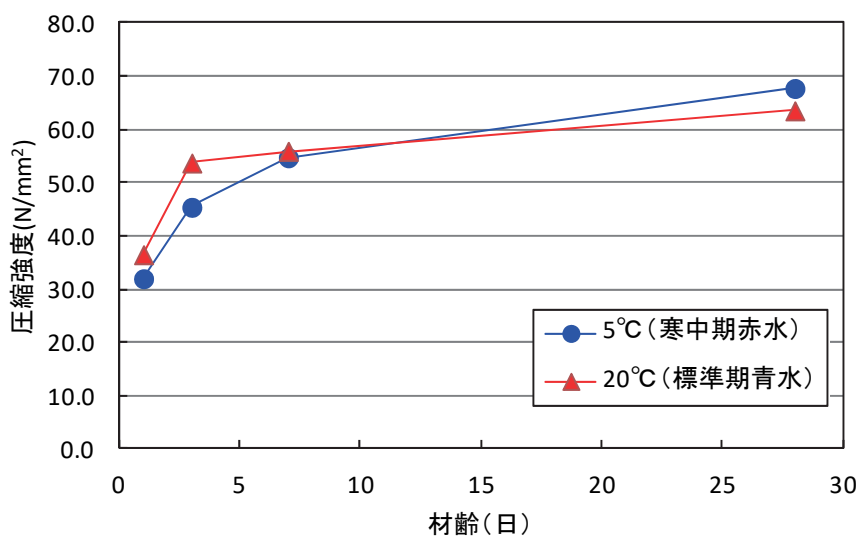


図3-5 材齢と圧縮強度

【まとめ】

セメフォースアンカーの圧縮強度は、材齢1日で30N/mm²以上、材齢28日では60N/mm²以上であり、「各種合成構造設計指針・同解説」に示される接着剤の規格値の「50N/mm²以上(無機系)」を満足する。

3. 2. 3 1日以内の強度発現性

【試験方法】

予め温度 5℃、20℃の室内と同温度とした材料を、各温度の室内で、セメフォースアンカーをφ50×100の型枠に注入し、所定時間の30分前に止水材によりキャッピングを行い、所定時間で強度測定を行った。

表3-5 使用材料および試験条件

材料	専用水	養生温度(°C)	養生時間(hr)
セメフォースアンカー150	寒中期赤水	5	2~24
	標準期青水	20	2~24

【試験結果】

表3-6 養生温度と時間強度

材齢(時間)	圧縮強度(N/mm ²)	
	5℃	20℃
2	3.8	15.3
3	8.9	21.9
6	16.3	30.0
24	33.1	37.2

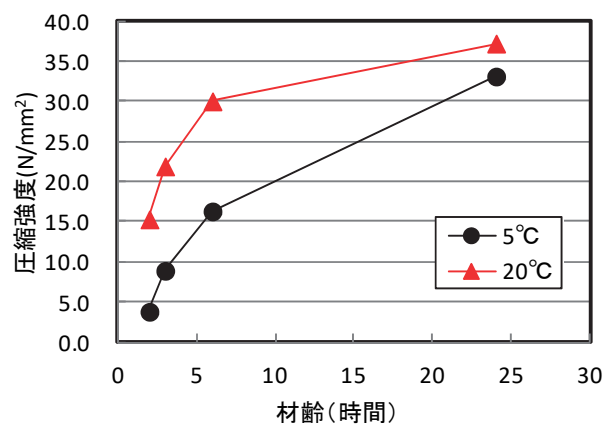


図3-6 養生温度と24時間以内の強度

【まとめ】

5℃においても3時間で5N/mm²、材齢1日では30N/mm²以上の強度発現であった。

【備考】

セメフォースアンカーは15N/mm²以上の強度があれば、あと施工アンカーとしての強度が確保でき、台直し、ネジ本締めなど次工程に進むことができる。

3.3 アンカーの基本物性

3.3.1 引張試験

【試験方法】

引張試験は、JCAA が定めた「あと施工アンカー標準試験法・同解説」の「4. 引張試験」に準拠して行った。呼び径がD10、D13、D16、D19、D22の5種類の異形鉄筋をセメフォースアンカーで定着し、図3-7に示す装置を用い、各5本ずつ引張試験を行った。

異形鉄筋の材質はD16以下がSD295A、D19以上がSD345とし、鉄筋の先端は寸切りのものを使用した。引張試験に用いた使用鉄筋と有効埋込み長さを表3-7に示す。

表3-7 使用鉄筋と設計有効埋込み長さ

アンカー筋の種類	アンカー筋	設計有効埋込み長さ 鉄筋径比	コンクリート強度 (N/mm ²)
SD295A	D10	7da	22.8
	D13	7da	
	D16	7da	
		10da	
SD345	D19	12da	
		7da	
		10da	
	D22	12da	

da: アンカー筋の公称直径

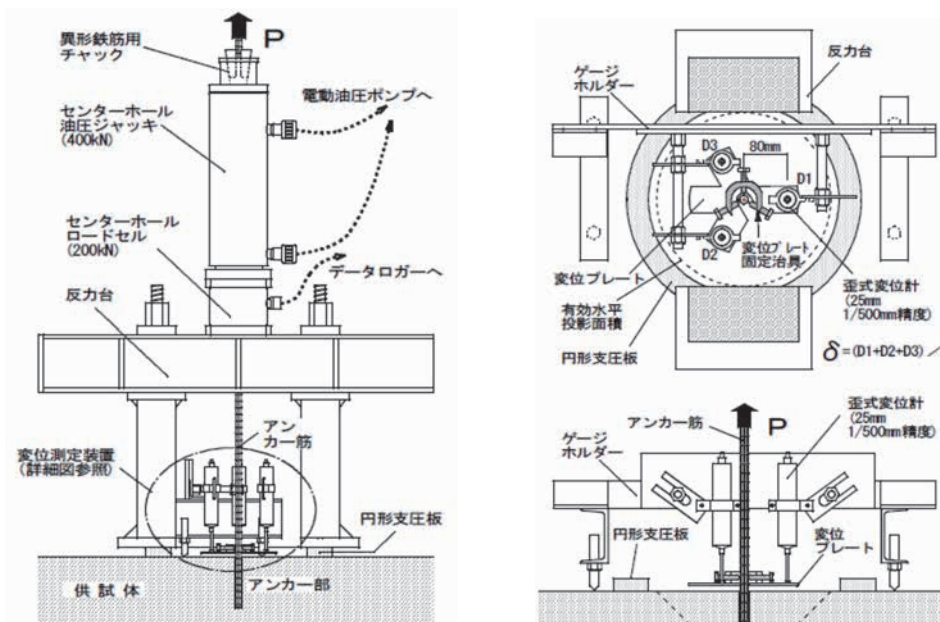


図3-7 引張試験装置

【試験結果】

表3-8 引張試験結果

アンカー筋	設計有効埋込み深さ 鉄筋径比	有効埋込み深さ(mm)	公称断面積 $a_0(\text{mm}^2)$	規格降伏点 $\sigma_y(\text{N}/\text{mm}^2)$	降伏点 $a_0 \times \sigma_y$ (N)	最大荷重 (kN)	最大荷重時の 変形量(mm)	破壊形式
D10	7d	72.1	71.33	295	21.0	33.5	5.46	鉄筋の降伏後、付着破壊
D13	7d	92.5	126.7	295	37.4	58.8	8.82	鉄筋の降伏後、付着破壊
D16	7d	112.6	198.6	295	58.6	81.7	5.10	鉄筋の降伏後、コーン破壊
	10d	162.9				92.9	12.39	鉄筋の降伏後、鉄筋破断
	12d	196.3				93.3	11.53	鉄筋の降伏後、鉄筋破断
D19	7d	135.7	286.5	345	98.8	125.4	3.49	鉄筋の降伏後、コーン破壊
	10d	195.0				154.6	12.86	鉄筋の降伏後、鉄筋破断
	12d	231.7				155.5	13.63	鉄筋の降伏後、鉄筋破断
D22	7d	157.4	387.1	345	133.5	155.5	3.06	鉄筋の降伏後、コーン破壊

※全ての条件で各5本の試験を行い、平均値を記載

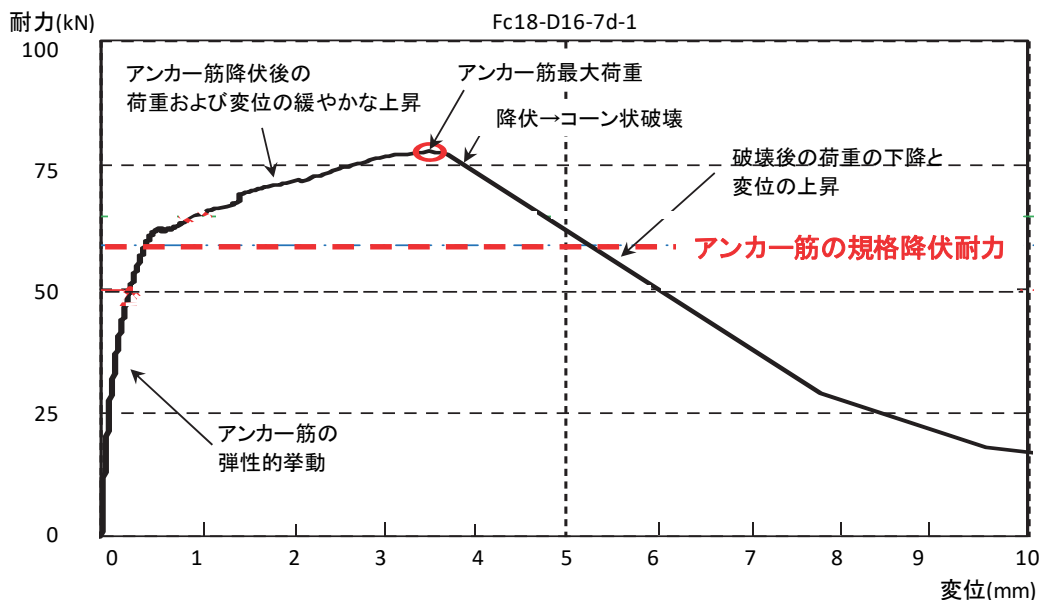


図3-8 引張試験時の荷重変位曲線(例)

【まとめ】

引張試験のすべての測定において、最大荷重はアンカー筋の降伏点を上回った。

3.3.2 せん断試験

【試験方法】

せん断試験は、JCAA が定めた「あと施工アンカー標準試験法・同解説」の「5. せん断試験」に準拠して行った。呼び径が D10、D13、D16、D19、D22 の 5 種類の異形鉄筋をセメフォースアンカーで定着し、図3-9に示す装置を用いせん断試験を行った。

異形鉄筋の材質は D16 以下が SD295A、D19 以上が SD345 とし、鉄筋の先端は寸切りのものを使用した。引張試験に用いた使用鉄筋と有効埋込み長さを表3-9 に示す。

表3-9 使用鉄筋と設計有効埋込み長さ

アンカー筋の種類	アンカー筋	設計有効埋込み長さ 鉄筋径比	コンクリート強度 (N/mm ²)
SD295A	D10	7da	22.8
	D13	7da	
	D16	7da	
		10da	
		12da	
SD345	D19	7da	
		10da	
		12da	
	D22	7da	

da: アンカー筋の公称直径

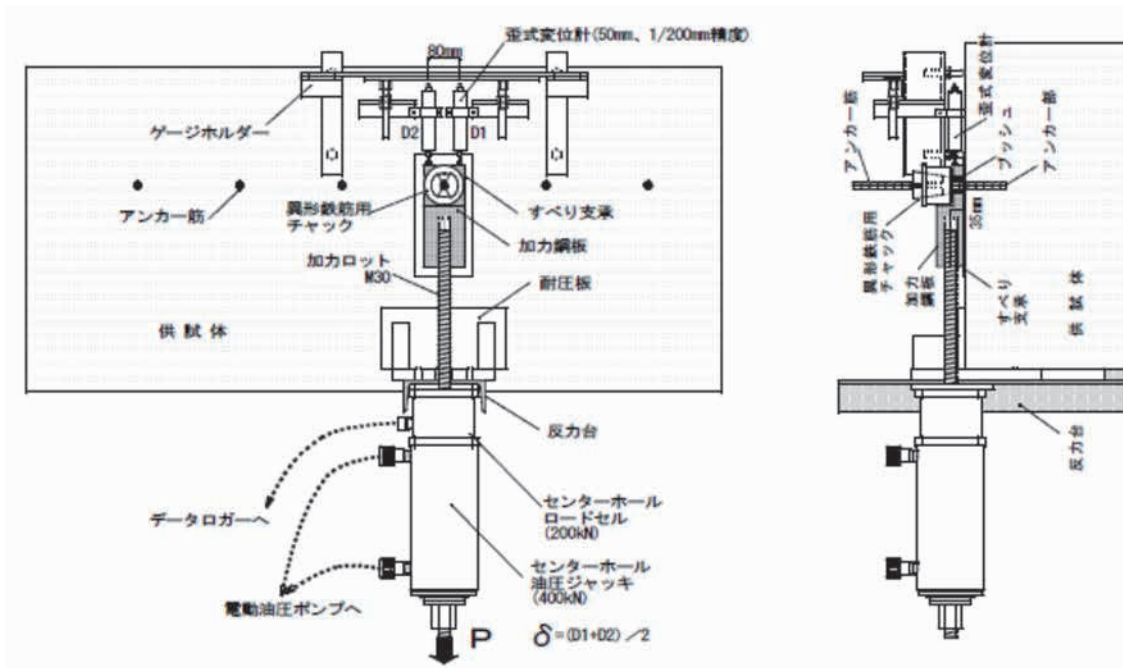


図3-9 せん断試験装置

【試験結果】

表3-10 セン断試験結果

アンカー筋	設計有効埋込み深さ鉄筋径比	有効埋込み深さ(mm)	最大荷重(kN)	最大荷重時の変形量(mm)	破壊形式
D10	7d	70.8	28.6	12.20	アンカー筋のせん断破壊
D13	7d	93.4	47.0	15.54	アンカー筋のせん断破壊
D16	7d	114.4	74.9	17.21	アンカー筋のせん断破壊
	10d	164.3	74.2	23.24	アンカー筋のせん断破壊
	12d	194.7	75.8	19.65	アンカー筋のせん断破壊
D19	7d	135.6	121.3	24.48	アンカー筋のせん断破壊
	10d	193.1	124.2	23.40	アンカー筋のせん断破壊
	12d	230.8	124.5	23.44	アンカー筋のせん断破壊
D22	7d	156.4	157.1	29.15	アンカー筋のせん断破壊

※全ての条件で各5本の試験を行い、平均値を記載

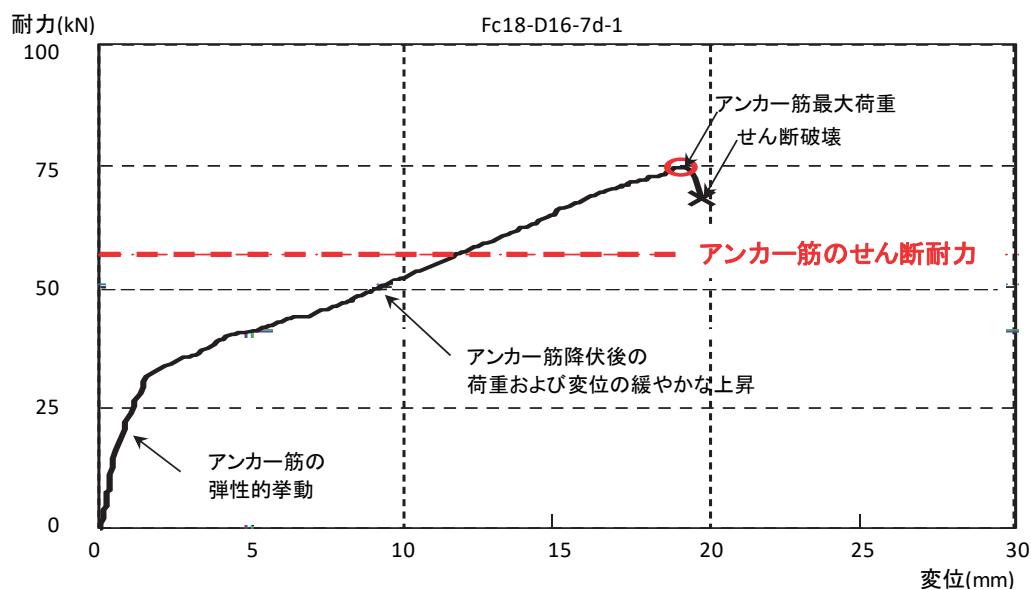


図3-10 セン断試験時の荷重変位曲線(例)

【まとめ】

せん断試験のすべての測定において、破壊形態はアンカー筋のせん断破壊であった。

3.3.3 平均付着強度

【試験方法】

セメフォースアンカーの付着強度を測定するために、図3-11に示す試験体および図3-12の測定装置を使用し、付着強度の測定を行った。また、付着試験には高強度鉄筋を使用した。

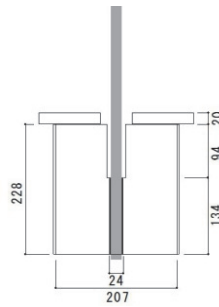


図3-11 試験体形状

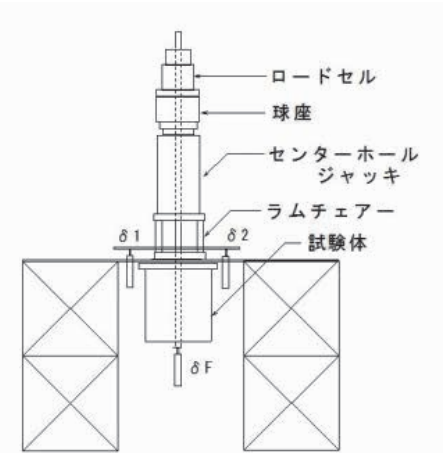


図3-12 測定装置

【試験結果】

表3-11 付着強度試験結果

試験体名	コンクリート強度 (N/mm ²)	径		有効埋込み長さ (mm)	最大耐力 (kN)	付着強度 ^{*2} (N/mm ²)
		アンカー筋 ^{*1} (mm)	穿孔 (mm)			
		d _{a1}	d _{a2}			
PO-D19-20	20.2	19.1	24	134	157	19.5
PO-D25-20		25.4	32	178	296	20.8
PO-D19-40	39.6	19.1	24	134	221	27.5
PO-D25-40		25.4	32	178	354	24.9
PO-D19-60	52.6	19.1	24	134	205	25.5
PO-D25-60		25.4	32	178	355	25.0

*1: アンカー筋公称径

*2: $\tau_{b1} = P_{max} / (\pi \times d_{a1} \times l_b)$

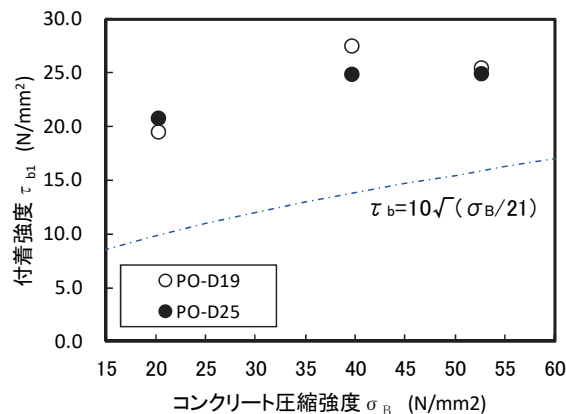


図3-13 付着強度とコンクリート圧縮強度の関係

【まとめ】

アンカー筋の表面積から求められる付着強度は、20N/mm² 以上であり、付着強度設計値 $\tau = 10\sqrt{(\sigma_B/21)}$ の1.6倍以上の値であった。

詳細データ : 安藤重裕ほか: 超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 構造IV, pp.201-202, 2012.9

3.3.4 圧縮強度と付着強度の関係

【試験方法】

セメフォースアンカーの圧縮強度に対する付着強度の関係を調べるために、5℃、20℃、30℃の養生温度の各材齢において付着強度と圧縮強度を測定した。試験体形状を図3-14に、測定装置を図3-15に、試験条件を表3-12に示す。

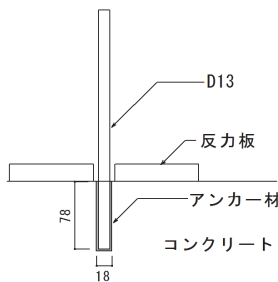


図3-14 試験体形状



図3-15 測定装置

表3-12 付着強度試験条件

アンカー筋	D13 (高強度鉄筋)
穿孔径	φ18 mm
埋込み長さ	6da
母材コンクリート強度	27.5 N/mm ²
使用専用水	5℃ 赤水 20℃、30℃ 青水

【試験結果】

表3-13 セメフォースアンカーの圧縮強度と付着強度

材齢 (日)	圧縮強度(N/mm ²)			付着強度(N/mm ²)		
	5℃	20℃	30℃	5℃	20℃	30℃
1	32.0	36.5	36.4	18.6	21.4	23.7
3	45.4	53.7	48.2	22.9	26.9	26.6
7	54.7	55.9	52.4	27.8	29.0	29.2
28	67.7	63.5	58.7	31.2	31.3	29.1

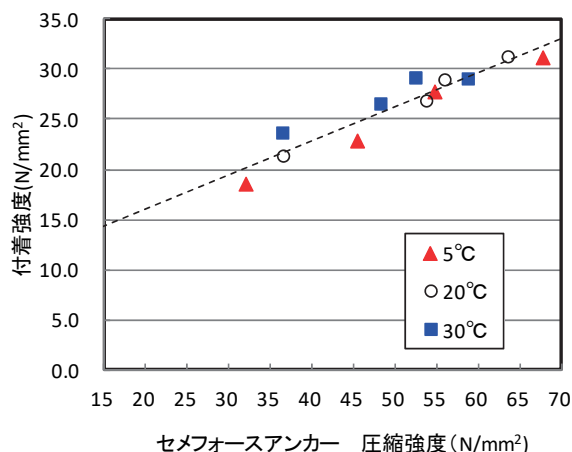


図3-16 セメフォースアンカーの圧縮強度と付着強度の関係

【まとめ】

圧縮強度の増進に伴い、付着強度も増進し、圧縮強度が 30N/mm² 以上で付着強度は 18N/mm² 以上となり設計基準付着強度の 10 N/mm² を上回る。埋込み長さ 7da 以上でアンカー筋 SD295A、345 を使用した場合は、1 日で鉄筋降伏耐力以上の強度に達する。

詳細データ : 武藤貴彦ほか:超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性 その2 養生条件および下地の乾燥条件による影響, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 構造IV, pp.77-78, 2013.08

3. 3. 5 異形鉄筋と全ねじボルトの付着強度

【試験方法】

アンカー筋の種類が付着強度へ及ぼす影響を調べる為に、異形鉄筋と全ねじボルトの付着強度を測定した。試験体はコンクリート割裂防止のため鋼管で拘束したコンクリートを用い、埋込み長さは $6d_a$ (d_a : アンカー筋の径)とした。アンカー筋として異形鉄筋D13と全ねじボルトM12を用いた。付着試験は反力板を用いて行い、万能試験機により加力を行い、最大耐力とクロスヘッドのストロークを測定した。試験条件を表3-14に示す。

表3-14 付着強度試験条件

アンカー筋	M12 (SNB7)	D13(MK785)
穿孔径	$\phi 16$	$\phi 18$
埋込み長さ	6da	
母材コンクリート強度	29.4 N/mm ²	

【試験結果】

表3-15 アンカー筋種類と付着強度

アンカー筋	埋込み長さ lb (mm)	最大耐力 Pmax (kN)	アンカー筋径 da1 (mm)	付着強度*1 τ_{b1}	
				(N/mm ²)	Average
M12	72	70.7	12.0	26.1	27.2
		76.5		28.2	
		74.2		27.3	
D13	78	83.5	12.7	26.2	25.9
		85.0		26.7	
		79.5		24.9	

*1: $\tau_{b1} = P_{max} / (\pi \times d_{a1} \times l_b)$

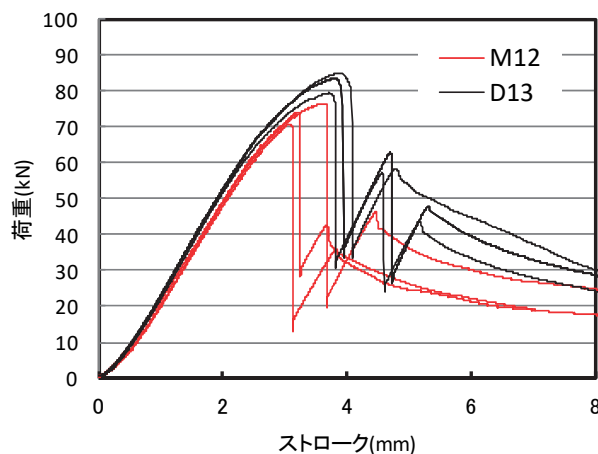


図3-17 全ねじボルトと異形鉄筋の荷重変位曲線

【まとめ】

異形鉄筋と全ねじボルトで付着強度には差が認められず、いずれも 25N/mm² の高い付着強度となり、剛性においても顕著な差異は認められない。

3.4 施工・環境の影響

3.4.1 定着方向の影響

【試験方法】

母材コンクリートにφ18mmの穿孔を行い、高強度鉄筋 D13 (MK785)を上／横／下向きに各5本をセメフォースアンカーにて定着させ、材齢28日以上経過した後に付着試験を行った。試験条件を表3-16に示す。

表3-16 付着強度試験条件

アンカー筋	D13(高強度鉄筋)
穿孔径	φ18 mm
埋込み長さ	7da
母材コンクリート強度	28.2 N/mm ²
施工方向	上／横／下

【試験結果】

表3-17 定着方向と付着強度

施工方向	アンカー筋の呼び名	最大荷重 P _{max} [kN]	最大荷重時 変形 δ _{max} [mm]	有効埋込み 長さ l _e [mm]	付着強度 計測値 *1 τ _{b1} [N/mm ²]	施工方向別 付着強度 平均値 x̄ [N/mm ²]	標準偏差 σ	付着破壊した 引張耐力計算値 *2 τ _b [N/mm ²]	x̄ / τ _b
上向き	D13	72.9	0.68	87.59	20.87	21.49	1.95	11.59	1.85
		79.9	0.78	88.65	22.60				
		85.5	0.90	88.52	24.22				
		66.2	0.59	86.46	19.20				
		73.7	0.60	89.92	20.55				
横向き	D13	81.9	1.02	94.78	21.67	22.48	0.79	11.59	1.94
		81.8	0.79	93.60	21.92				
		90.0	1.08	95.27	23.69				
		87.1	0.82	96.04	22.74				
		82.7	0.95	92.57	22.40				
下向き	D13	77.7	0.75	90.89	21.44	21.60	1.65	11.59	1.86
		80.9	0.69	91.23	22.24				
		87.0	0.88	91.63	23.81				
		70.9	0.79	92.37	19.25				
		77.8	0.92	91.67	21.28				

*1 $\tau_{b1} = P_{max} / \{\pi \cdot \text{アンカー筋の公称径} \cdot l_e\}$

*2 $\tau_b = 10\sqrt{(\sigma B/21)}$

【まとめ】

セメフォースアンカーは上向き、横向き、下向き施工において、施工方向による付着強度の差は、認められず、いずれの施工方向においても付着強度設計値 $\tau = 10\sqrt{(\sigma B/21)}$ の1.8倍以上の値であった。

3. 4. 2 穿孔径の影響

【試験方法】

セメフォースアンカーの穿孔径による影響を確認するために、アンカー筋 D13 に対して、穿孔径を 16～25mm について付着試験を行った。試験体形状および試験装置は 3. 3. 4 項と同様の装置を用いた。試験条件を表 3-18 に示す。

表 3-18 付着強度試験条件

アンカー筋	D13(高強度鉄筋)
穿孔径	φ16、18、20、25 mm
埋込み長さ	6da
母材コンクリート強度	24.3 N/mm ²
施工方向	下向き

【試験結果】

表 3-19 穿孔径と付着強度

径		穿孔深さ (mm)	埋込み長さ (mm) l_b	最大耐力 (kN) P_{max}	最大耐力時 の変位 (mm)	付着強度*1 (N/mm ²) τ_{b1}	付着破壊した 引張耐力計算値*2 τ_b
アンカー筋の 呼び名	穿孔 (mm)						
D13	16.7	82.3	80.4	97.7	0.80	30.4	10.8
	18.3	81.3	79.2	96.8	0.79	30.6	
	20.1	83.3	79.1	96.7	0.80	30.6	
	25.2	81.4	78.4	101.4	0.98	32.4	

*1 $\tau_{b1} = P_{max} / \{\pi \cdot \text{アンカー筋の公称径} \cdot l_b\}$

*2 $\tau_b = 10\sqrt{\sigma_B/21}$

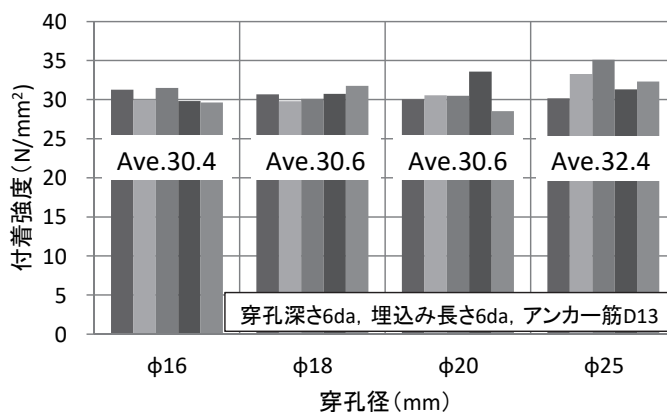


図 3-18 穿孔径と付着強度

【まとめ】

アンカー筋の 2 倍程度までは、穿孔径を大きくする事による付着強度の低下は認められず、使用可能穿孔径の範囲(カタログ値参照)において、付着強度には影響がない。

3.4.3 埋込み長さの影響

【試験方法】

埋込み長さの影響を確認するため、アンカー筋に D13 を用い、埋め込み深さをアンカー筋径の 3 倍から 7 倍について付着試験を行った。

穿孔は $\phi 18\text{mm}$ のコアドリルを使用し、所定の深さで穿孔した孔にセメフォースアンカーを充填し、アンカー筋 D13 の埋込み長さが 3da、5da、6da、7da となるようにアンカー筋を定着させた。試験条件を表3-20に示す。

表3-20 付着強度試験条件

アンカー筋	D13(高強度鉄筋)
穿孔径	$\phi 18\text{ mm}$
埋込み長さ	3、5、6、7 da
母材コンクリート強度	24.3 N/mm^2
施工方向	下向き

【試験結果】

表3-21 埋込み長さ と 付着強度

アンカー筋の呼び名	穿孔径 (mm)	埋込み長さ		最大耐力 (kN) P_{\max}	最大耐力時の変位 (mm)	付着強度*1 (N/mm ²) τ_{b1}
			(mm) l_b			
D13	18	3da	41.1	43.0	0.77	26.2
		5da	65.8	83.1	0.79	31.7
		6da	80.4	100.7	0.86	31.4
		7da	91.7	110.8	0.82	30.3

*1: $\tau_{b1} = P_{\max} / (\pi \times \text{アンカー筋の公称径} \times l_b)$

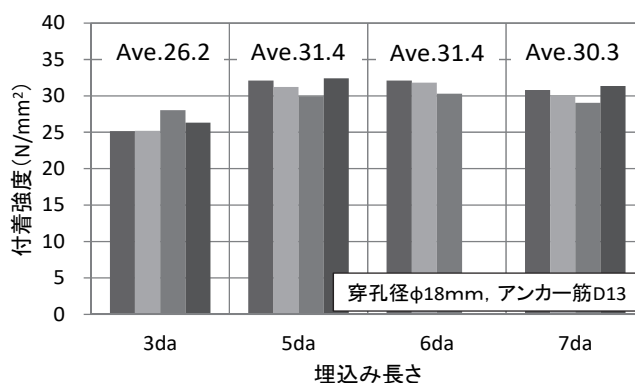


図3-19 埋込み長さ と 付着強度

【まとめ】

埋込み長さが 5da 以上であれば、付着強度の低下は認められない。

【備考】

施工においては 7da 以上の埋込み長さで使用する。埋込み長さ 7da 未満で使用する場合、弊社までお問い合わせ下さい。

3. 4. 4 穿孔機器による影響(ハンマードリルとコアドリル)

【試験方法】

穿孔機器による影響を確認するため、ハンマードリルとコアドリルを用いて比較試験を実施した。実験条件を表3-22に示す。

表3-22 付着強度試験条件

アンカー筋	M12(SNB7)
埋込み長さ	6d _a
穿孔時コンクリート強度	16.3 N/mm ²
	31.3 N/mm ²
穿孔方法	コアドリル
	ハンマードリル

【試験結果】

表3-23 穿孔方法と付着強度

穿孔時のコンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	付着強度 (N/mm ²)	
	穿孔方法	
	コアドリル	ハンマードリル
16.3	37.2	37.5
31.3	37.8	38.5

【まとめ】

穿孔機器のコアドリルとハンマードリルによる付着強度に差は認められない。

3. 4. 5 母材コンクリート若材齢における施工の影響

【試験方法】

コンクリート若材齢において、穿孔を行った場合、穿孔による振動等により母材コンクリートへ悪影響を与え付着強度へ影響を及ぼす事が考えられるため、コンクリート若材齢において施工を行い、セメフォースアンカーにより施工した場合の付着強度へ及ぼす影響を調べた。

実験条件を表3-24に示す。コンクリート打設後、目標強度に達した後に、(目標強度 5、10、16、30N/mm²)コアドリルにて穿孔を行い、母材コンクリートの若材齢における施工がアンカー筋の引抜き付着強度への影響の評価を行った。

表3-24 付着強度試験条件

アンカー筋	M12(SNB7)
埋込み長さ	6d _a
穿孔時コンクリート強度	材齢 1日 5.8 N/mm ²
	材齢 1.5日 9.2 N/mm ²
	材齢 5日 16.3 N/mm ²
	材齢 19日 31.3 N/mm ²
穿孔方法	コアドリル

【試験結果】

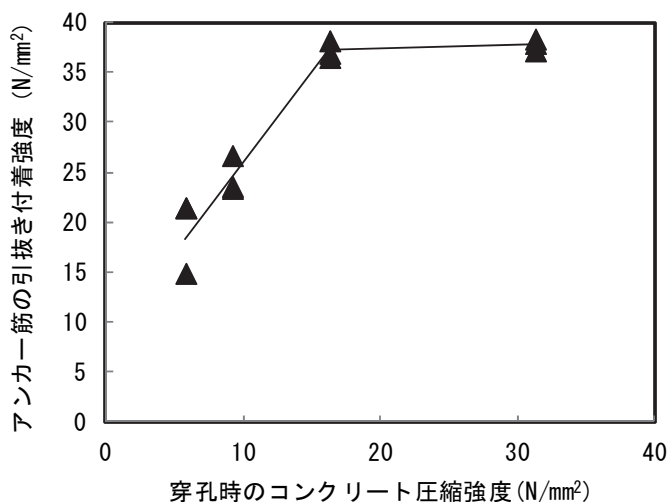


図3-20 穿孔時のコンクリート強度と付着強度

【まとめ】

コンクリート若材齢においては 16N/mm² 以上の強度発現があれば、付着強度に影響を与えないことが確認された。

3. 4. 6 母材コンクリート条件による影響

【試験方法】

母材コンクリートの水分が付着強度へ及ぼす影響を確認するため、母材コンクリートの乾燥状態を変化させて付着試験を行った。

試験条件を表3-25に示す。乾燥状態の試験体の作製は穿孔後、20°C60%R.H.の恒温恒湿槽内で試験体を28日以上乾燥させた後、アンカー施工を行った。水湿しはアンカー施工直前に孔内へ水を満たし、10秒後に水を排出することにより行った。また、湿潤状態のコンクリートは穿孔後、20°Cの水中に穿孔した試験体を28日間水中に浸漬し、試験前に水中から取り出し孔内の水分を取り除いた後にアンカー施工を実施した。付着試験はアンカー施工7日後に行った。

表3-25 試験条件

No.	コンクリート乾燥条件	定着前状態	コンクリート圧縮強度 (N/mm ²)	アンカー材圧縮強度 (N/mm ²)
1	20°C 乾燥	なし	27.5	54.8
2	20°C 乾燥	あり		
3	20°C 水中	なし		

【試験結果】

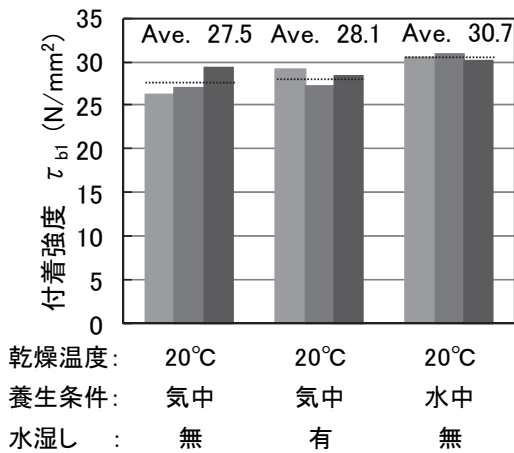


図3-21 乾燥条件と付着強度

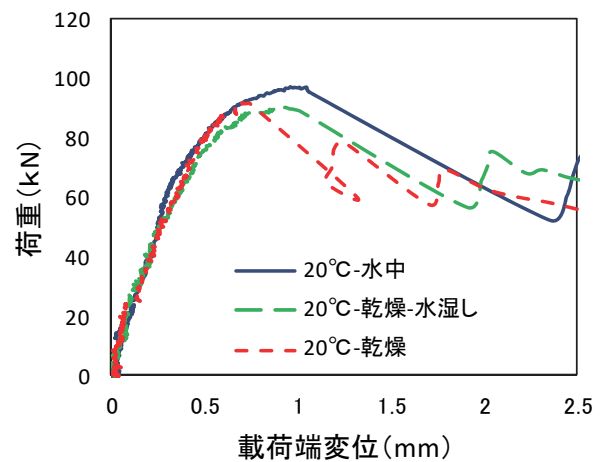


図3-22 乾燥条件による荷端変位と荷重

【まとめ】

湿潤状態においても付着強度の低下は認められなかった。また、水湿しによる有無によっても付着強度に差は認められなかった。

詳細データ : 安藤重裕ほか: 超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの環境および施工条件が付着強度に及ぼす影響に関する実験的研究, コンクリート工学論文集, Vol.35, pp.535-540, 2013

3. 4. 7 水中施工の影響

【試験方法】

20°C恒温室にてコンクリート試験体(圧縮強度 24N/mm²)を水中に浸漬させ、24 時間静置した。その後、水中でコアドリルを用いて穿孔長 130mm、穿孔径 20mm の穿孔を行い、コア孔をブラシで清掃した。その後、水中でセメフォースアンカーを孔奥から規定量注入し、D16 異型鉄筋(材質: SD345、規格降伏応力: 68.5kN)を埋込み長さ 8da にて定着させた。

24 時間水中で養生後、水からコンクリート試験体を出して、引抜き試験を行った。

【試験結果】

表3-26 水中施工における付着強度

試験体	最大耐力 (kN)	付着強度*1 (N/mm ²)	破壊状態
No.1	97.0	15.2	アンカー筋降伏後に付着破壊
No.2	98.0	15.3	アンカー筋降伏後に付着破壊
No.3	95.0	14.9	アンカー筋降伏後に付着破壊
平均	96.7	15.1	-

*1: 付着強度(N/mm²)=最大耐力(kN)×1000/(π ×アンカー筋公称径(mm)×有効定着長(mm))

【まとめ】

水中施工でも、設計付着強度 $\tau = 10\sqrt{\sigma B/21}$ を上回る付着強度が得られた。また、破壊状態は全てアンカー筋降伏後に付着破壊を示した。

3.5 長期耐久性

3.5.1 疲労耐久性

【試験方法】

あと施工アンカーの疲労耐久性を確認するため、D13の高強度鉄筋を使用し、疲労試験を実施した。疲労試験装置を図3-23に示す。疲労試験装置は油圧サーボ式試験装置を用い、載荷上限荷重は付着強度の30~75%、繰返し回数は最大200万回とした。疲労試験条件を表3-27に示す。

表3-27 疲労試験 試験条件

試験体条件	アンカー筋	D13(高強度鉄筋)
	穿孔径	$\phi 18\text{mm}$
	埋込み長さ	6da
	母材コンクリート強度	26.6 N/mm^2
疲労試験条件	繰返し上限荷重	24~58 kN
	繰返し下限荷重	5 kN
	サイクル	10 Hz
	波形	sin波

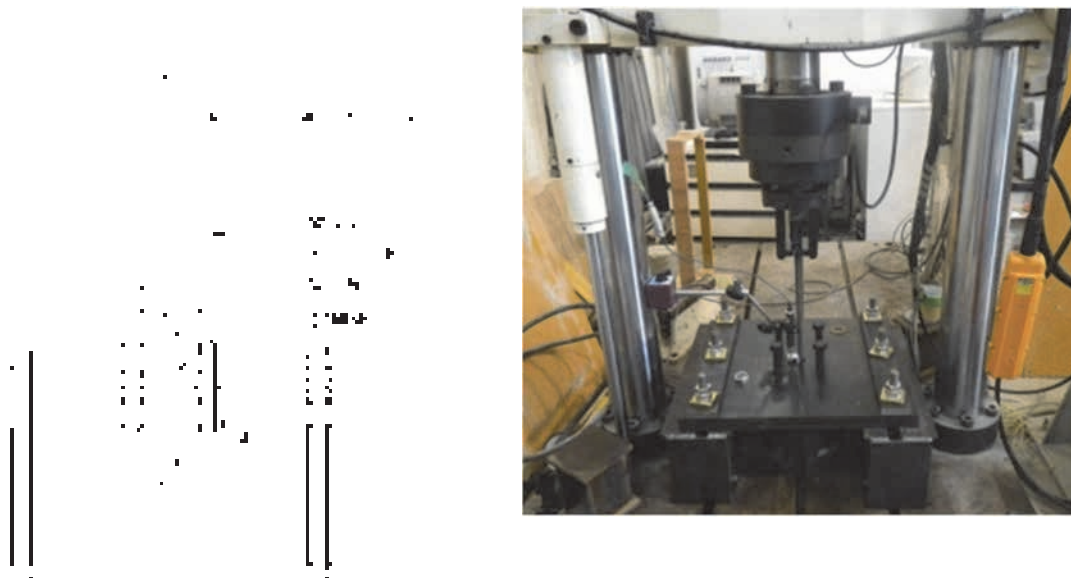


図3-23 疲労試験装置強度

【試験結果】

表3-28 付着試験結果

最大耐力(kN)	
平均値	
85.8	86.9
86.3	
88.7	

表3-29 疲労試験結果

繰返し 上限荷重 (kN)	最大耐力に対する 上限荷重比 (%)	载荷回数 (回)	破壊状況
23.7	27	2,000,000	無
34.8	40	555,483	鉄筋破断
43.5	50	450,896	鉄筋破断
58.2	67	71,488	鉄筋破断

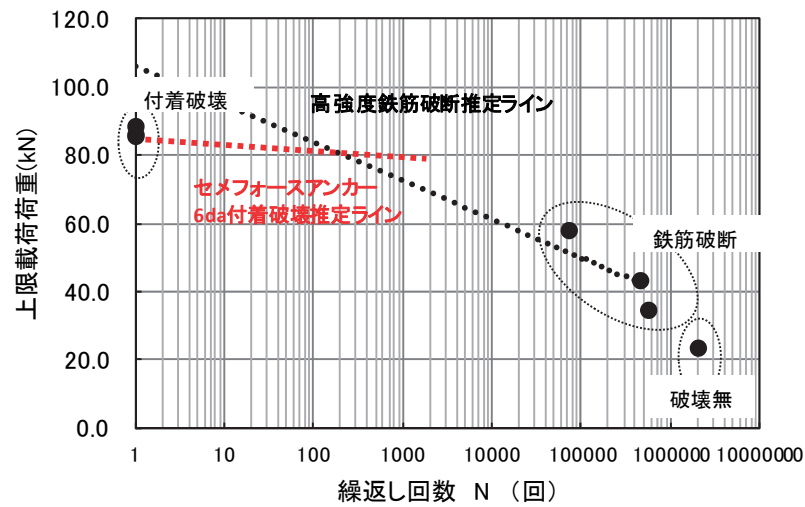


図3-24 繰返し回数と载荷荷重

<参考>

アンカー筋種類	降伏強さ(kN)
D13 SD295A	37.4
D13 MK785	99.4

【まとめ】

埋込み長さ6daの疲労試験において、セメフォースアンカーはアンカー筋の引き抜けは起こらず、鉄筋破断が生じた。これまで得られた先付けアンカーのデータ等から考慮すると、埋込み長さが7da以上では、繰返し疲労により、付着破壊が発生するより鉄筋破断が先に生ずるものと推定される。

詳細データ：安藤重裕ほか：超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性 その5 疲労耐久性，日本建築学会大会学術講演会梗概集 構造IV，pp.659-660，2014.09

3. 5. 2 クリープ特性

【試験方法】

長期載荷荷重による影響を調べるため、バネ式のクリープ試験装置を使用しセメフォー스アンカーのクリープ特性を調べた。

試験体はコンクリート割裂防止のため鋼管で拘束し、アンカー筋の埋込み深さを $7d_a$ (d_a : アンカー筋の呼び径) とした(図3-25)。クリープ試験装置を図3-26に示す。20°C60%R.H.の恒温室内で、試験体は装置上部に設置し、コイルばねにより載荷した。予め付着試験を行い、クリープ試験の載荷荷重を最大耐力の0.32~0.95倍とした。

また、長期的なクリープ変形量を推定するため、EOTA ETAG 001 Part5に従い、式(1)の定数 a 、 b を求め、長期におけるクリープ変形量を推定した。また、比較として注入式エポキシ樹脂系アンカーについてもクリープ変形量を測定した。

$$S(t) = S_0 + a \cdot t^b \quad (1)$$

S_0 : 初期変形量

t : 時間

a, b : 定数

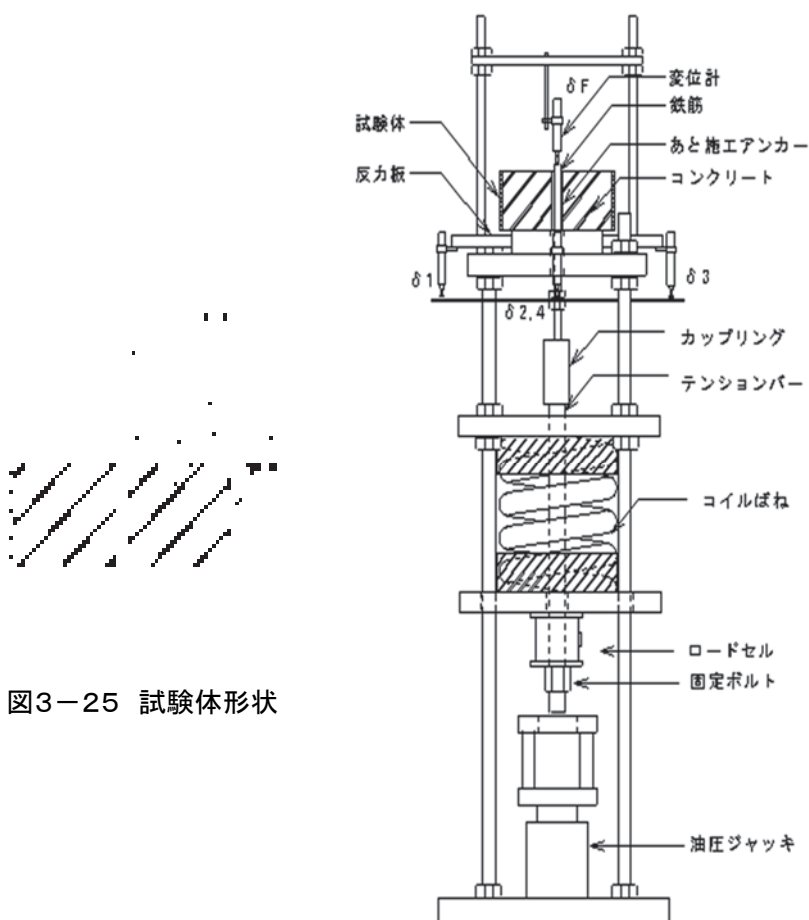


図3-25 試験体形状



図3-26 クリープ試験装置

【試験結果】

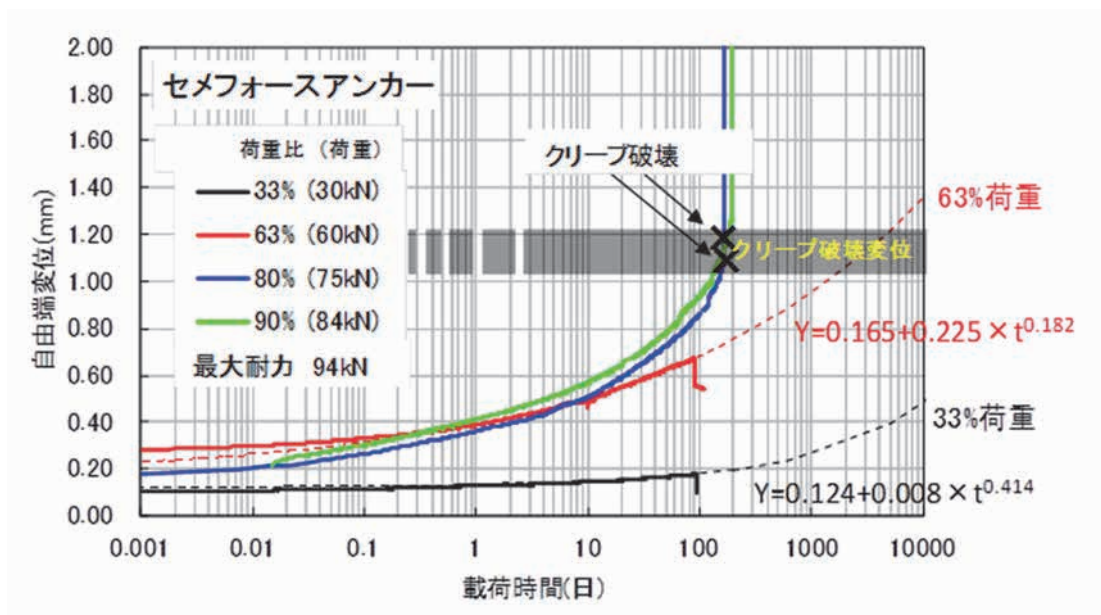


図3-27 セメフォースアンカーの載荷時間と自由端変位

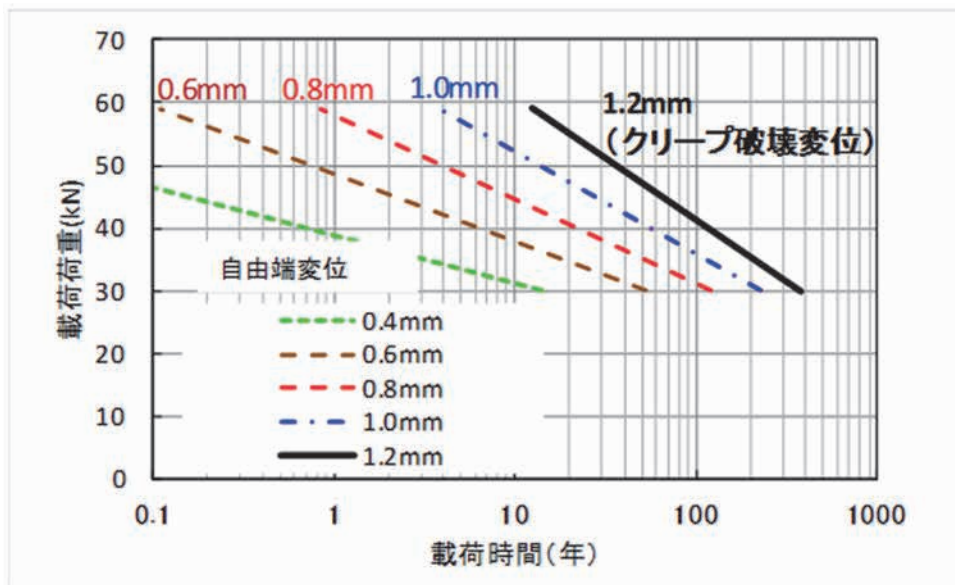


図3-28 セメフォースアンカーの載荷時間と自由端変位

セメフォースアンカーのクリープ破壊は、1.1～1.2mm程度で発生するものと推定され、載荷荷重30kN(最大耐力に対する荷重比0.33)の載荷で、100年経過後のクリープ変形量は0.8mm程度と予測され、クリープ破壊には至らないものと推測される。

コンクリート強度より計算されるアンカー筋の設計付着強度 $\tau = 10\sqrt{\sigma B/21}$ より、コンクリート強度 30N/mm^2 では、アンカー筋の付着強度は 12N/mm^2 と計算される。アンカー筋 D13 6daにおいて、設計付着力は 36kN となるため、設計付着力の $1/3$ 荷重である 12kN の載荷では、殆どアンカー筋の拔出は、発生しないものと推測される。

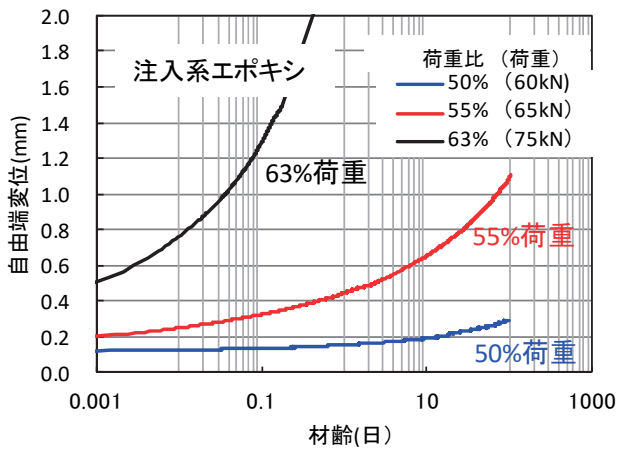


図3-29 セメフォースアンカーの載荷時間と自由端変位

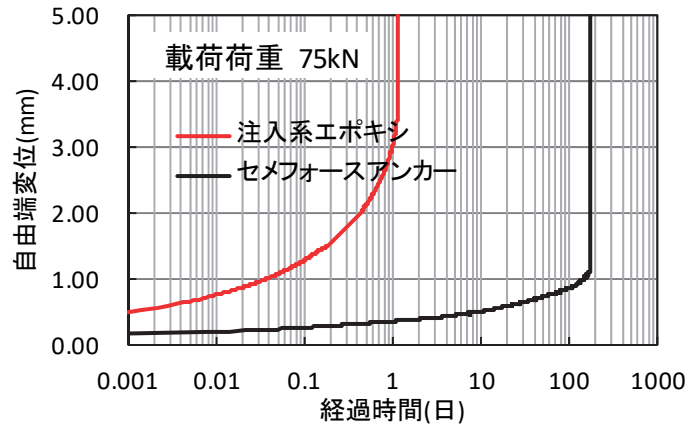


図3-30 セメフォースアンカーの載荷時間と自由端変位

エポキシ樹脂系材料との比較を図3-29 に示す。載荷荷重 75kN において、エポキシ樹脂系アンカーでは1日程度でクリープ破壊を起こしたが、セメフォースアンカーでは180日程度とクリープ破壊時期に大きな差が認められた。

【まとめ】

設計付着力値 $\tau = 10\sqrt{(\sigma B/21)}$ の 1/3 荷重では、アンカー筋の抜出しはほとんど発生せず、100年の長期載荷荷重下において、クリープ破壊は発生しないものと考えられる。

詳細データ：安藤重裕ほか：超速硬セメント系注入式あと施工アンカーのクリープ特性，
コンクリート工学論文集 1, pp.550-555, 2014

3.5.3 耐熱性

【試験方法】

セメフォースアンカーの耐熱性を調べるため、高温環境下に試験体を設置し、高温環境下で付着試験を実施した。

図3-31に試験体形状を示す。試験体はコンクリート割裂防止のため鋼管で拘束し、埋込み長さは $6da$ (da : アンカー筋の径) とした。図3-32に示す恒温槽付き万能試験機により実施した。試験体を所定温度に設定した恒温槽内に 14~18 時間静置し、万能試験機により試験体に引張力を導入した。測定は荷重およびクロスヘッドストロークとした。恒温槽温度、試験温度は $20\sim 200^{\circ}\text{C}$ とし、引張速度は $1\text{N}/\text{mm}^2/\text{s}$ とした。比較として、エポキシ樹脂系アンカーについても試験を行った。耐熱試験の試験条件を表3-30に示す。

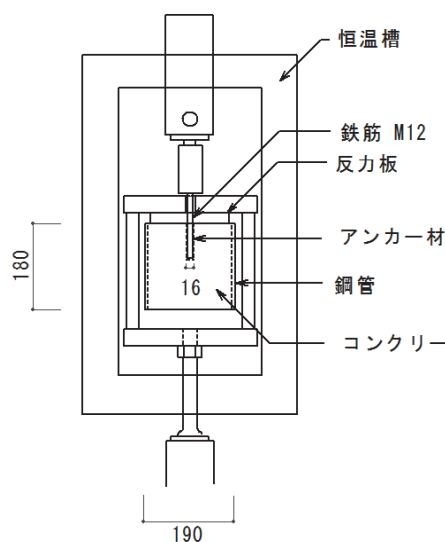


図3-31 試験体形状



図3-32 恒温槽内引張試験装置

表3-30 耐熱試験 試験条件

アンカー筋	M12(SNB7)
穿孔径	$\phi 16\text{mm}$
埋込み長さ	$6da$
母材コンクリート強度	$29.4 \text{ N}/\text{mm}^2$
試験温度	$20, 40, 60, 80, 100, 150, 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$

【試験結果】

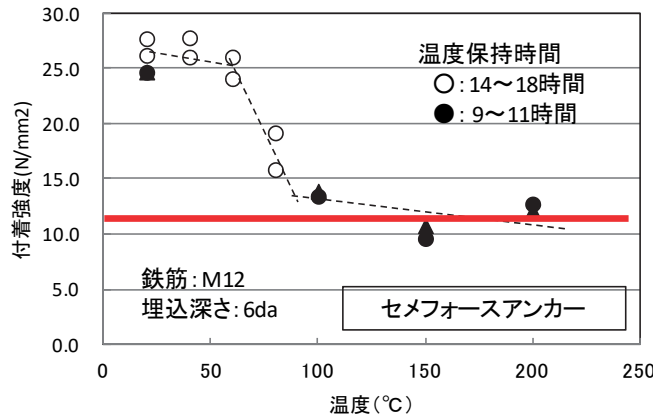


図3-33 セメフォースアンカーの環境温度と付着強度

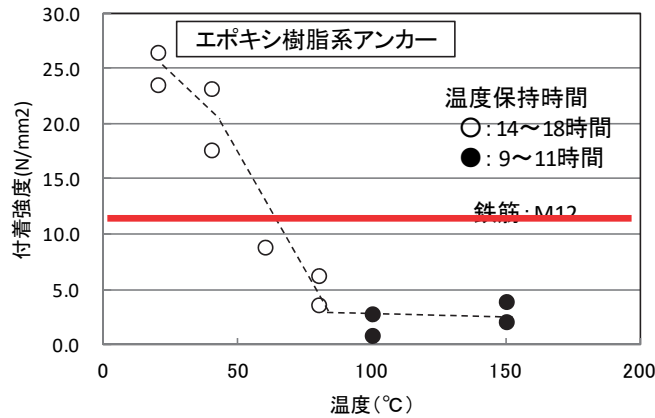


図3-34 エポキシ樹脂系アンカーの環境温度と付着強度

屋外環境下の直射日光をうけるコンクリート表面の最高温度は70°C以下と推定され、一般的な環境下において、セメフォースアンカーは環境温度により強度低下は発生しないものと推定される。また、コンクリートが火災等を受ける場合、かぶり厚さが100mm以上では、コンクリートの内部温度は200°C以下と推定されており、火災時においてもかぶり厚さが100mm以上の場所への適用であれば、セメフォースアンカーは火災時においても、設計付着強度 $\tau=10\sqrt{(\sigma B/21)}$ 以上であると考えられる。

【まとめ】

セメフォースアンカーの付着強度は100°C程度で低下するものの、200°Cにおいても、設計付着強度 $(\tau=10\sqrt{(\sigma B/21)})$ 以上であった。一方、エポキシ樹脂系アンカーは、40°C程度から付着強度は低下し始め、60°C程度で設計付着強度を下回る可能性があることが分かった。

4. セメフォースアンカー関係 投稿論文 一覧

学会	年	タイトル	著者名	
日本建築学会大会 学術講演梗概集	構造Ⅳ, pp.201-202, 2012.09	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性	○安藤重裕	中野克彦、渡辺一弘、 中川博光、田沼毅彦、 矢幡秀介、榊原弘幸、 赤坂哲司
日本建築学会大会 学術講演梗概集	構造Ⅳ, pp.77-78, 2013.08	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性 その2 養生条件および下地の乾燥条件による影響	○武藤貴彦	中野克彦、渡辺一弘、 中川博光、田沼毅彦、 矢幡秀介、安藤重裕、 川上明大
日本建築学会大会 学術講演梗概集	構造Ⅳ, pp.79-80, 2013.08	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性 その3 埋込み長さ、穿孔径および穿孔深さによる影響	○川上明大	中野克彦、渡辺一弘、 中川博光、田沼毅彦、 矢幡秀介、安藤重裕、 武藤貴彦
日本建築学会大会 学術講演梗概集	構造Ⅳ, pp.81-82, 2013.08	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性 その4 高温下における付着強度	○安藤重裕	中野克彦、渡辺一弘、 中川博光、田沼毅彦、 矢幡秀介、川上明大、 武藤貴彦
日本建築学会大会 学術講演梗概集	構造Ⅳ, pp.659-660, 2014.09	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性 その5 疲労耐久性	○安藤重裕	中野克彦、渡辺一弘、 中川博光、田沼毅彦、 矢幡秀介、兼吉孝征、 山田宏
日本建築学会大会 学術講演梗概集	構造Ⅳ, pp.661-662, 2014.09	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性 その6 クリーブ特性	○兼吉孝征	中野克彦、渡辺一弘、 中川博光、田沼毅彦、 矢幡秀介、安藤重裕、 山田宏
日本建築学会大会 学術講演梗概集	構造Ⅳ, pp.649-650, 2014.09	コンクリートのひび割れによるアンカー引抜耐力の低減率に関する検討	○山田宏	中野克彦、渡辺一弘、 田沼毅彦、矢幡秀介、 兼吉孝征、安藤重裕、 川上明大
コンクリート工学 論文集	Vol.35, No.2, pp.535-540, 2013	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの環境および施工条件が付着強度に及ぼす影響に関する実験的研究	○安藤重裕	中野克彦、渡辺一弘
コンクリート工学 論文集	Vol.36, No.1, pp.550-555, 2014	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーのクリープ特性	○安藤重裕	中野克彦、渡辺一弘、 山田宏
コンクリート工学 論文集	Vol.36, No.1, pp.1894- 1899, 2014	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼすひび割れの影響	○川上明大	中野克彦、渡辺一弘、 安藤重裕
土木学会第69回 年次学術講演会	第V部門, pp.481-482, 2014.09	超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着クリープ特性	○山田宏	中野克彦、渡辺一弘、 田沼毅彦、安藤重裕、 兼吉孝征
土木学会第69回 年次学術講演会	第V部門, pp.479-480, 2014.09	大口径および太径アンカー筋に対するセメント系あと施工アンカーの付着強度特性	○安藤重裕	中野克彦、渡辺一弘、 田沼毅彦、兼吉孝征、 山田宏
材料学会 アップグレードシンポ ジウム	Vol.13, pp.349-356, 2013.11	超速硬セメント系あと施工アンカーの定着機構に関する検討	○山田宏	安藤重裕、中野克彦、 渡辺一弘
日本建築学会 技術報告集	第21巻 第47 号, pp.7-10, 2015.02	あと施工アンカーのクリープ試験方法	○安藤重裕	中野克彦、渡辺一弘

5. 取り扱いの注意

- ・保管は直射日光を避け、冷暗所に安置してください
- ・本製品は強いアルカリ性を示し、目、鼻、皮膚等を刺激し、粘膜に炎症を起こすことがあります。
- ・作業時には、手袋、防塵マスク、防護めがねを必ず着用してください。
- ・目に入った場合は、きれいな水で十分に洗浄し、直ちに専門医の診察を受けてください
- ・皮膚に付着した場合はきれいな水で十分に洗い流してください。

6. 問い合わせ先

住友大阪セメント株式会社 建材事業部

東京 〒102-8465 東京都千代田区六番町 6 番地 28 TEL 03-5211-4752

大阪 〒530-0004 大阪市北区堂島浜 1-4-4 アクア堂島東館 TEL 06-6342-7704