

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7 付着疲労耐久性

正会員 ○安藤重裕*¹ 正会員 中野克彦*²
 正会員 渡辺一弘*³ 正会員 田沼毅彦*³
 正会員 矢幡秀介*⁴ 正会員 兼吉孝征*¹
 正会員 田村 努*¹

あと施工アンカー 超速硬セメント 注入式
 疲労試験 耐久性 接着系アンカー

1. はじめに

超速硬セメント系あと施工アンカーの疲労耐久性について、埋込み長さ6daで試験を行ったところ、破壊形態の多くが鉄筋破断となり¹⁾、あと施工アンカーの付着破壊に対する疲労耐久性は明確にならなかった。そこで本報告では、埋込み長さを小さくして付着破壊を発生させ、あと施工アンカーの付着疲労耐久性について検討したので、その結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体

表1に使用した試験材料、図1に付着試験および疲労試験に用いた試験体形状を示す。試験体は、コンクリート割裂防止のため鋼管(外径216mm, 厚さ4.5mm)で拘束し、埋込み長さは3da, 4da (da: アンカー筋の径)とした。使用した注入式アンカーは、超速硬セメント系とエポキシ樹脂系アンカーであり、穿孔された孔に充填してアンカー筋を埋込む注入式を使用した。母材のコンクリート強度は $\sigma_B=23.8\text{N/mm}^2$ 、アンカー筋には、全ネジボルトM24(種類: SNB7)を使用し、先端は寸切りとした。

アンカー筋の定着のための試験体穿孔は、超速硬セメント系アンカーは $\phi 30\text{mm}$ で、エポキシ樹脂系アンカーは $\phi 28\text{mm}$ で湿式コアドリルにて行った。アンカーの付着最大耐力を求めるため付着試験を実施し、その最大耐力の平均値に対して疲労試験の目標荷重を設定した。

2.2 付着試験

付着試験は、付着破壊を起こさせるために反力プレート(孔径: 35mm)を試験体の上に設置し、プレートの上にラムチェアーおよび球座を設置し、センターホールジャッキにより試験体に引張力を導入した。

2.3 疲労試験

鉄筋の拔出し量は、鉄筋にエポキシ樹脂でアングルを貼り付け、所定回数毎に変位の測定を行った。

疲労試験条件を表2に示す。疲労試験機は、油圧サーボ式試験装置を用い、上限載荷荷重は最大耐力の60~82%

表1 試験材料

アンカー種類	コンクリート強度 (N/mm^2)	アンカー筋 径/種類	埋込み長さ (mm)	穿孔径 (mm)
超速硬セメント系	23.8	M24/SNB7	72	30
			96	
エポキシ樹脂系			96	28

表2 疲労試験条件

試験体	アンカー種類	埋込長さ (mm)	繰返し 上限 載荷荷重 (kN)	繰返し 下限 載荷荷重 (kN)	載荷 荷重比 (%)	サイクル (Hz)	波形
In-3d-①	超速硬 セメント系	78	79.9	5	75	10	sin
In-3d-②			87.4	5	82		
In-4d-①		96	86.4	5	60		
In-4d-②			96.5	5	67		
In-4d-③-1			108.0	5	75		
In-4d-③-2			108.0	5	75		
In-4d-④			118.1	5	82		
Or-4d-①			エポキシ 樹脂系	96	99.7		
Or-4d-②	106.9	5			82		
Or-4d-③	116.8	5			70		

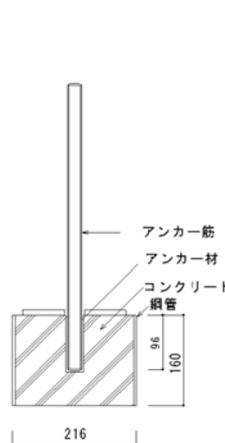


図1 試験体形状

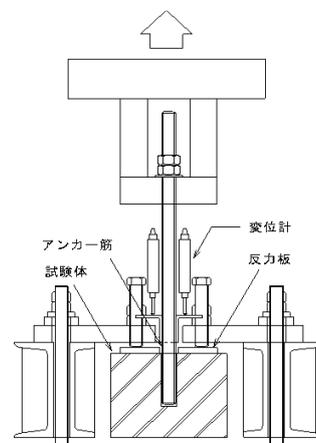


図2 疲労試験装置

下限載荷荷重を5kNとし、周波数は10Hz、波形はsin波とした。また、繰返し回数は最大200万回とした。

3. 実験結果

表3に付着試験結果を示す。超速硬セメント系アンカーの最大耐力は、埋込み長さ3daでは107kN, 4daでは144kNであり、エポキシ樹脂系アンカー4daの最大耐力の142kNと同等であった。

表 3 付着試験結果

試験体	アンカー種類	埋込み長さ (mm)	最大耐力 (kN)	付着強度 (N/mm ²)
In-3d	超速硬セメント系	78	106.6	19.6
In-4d	超速硬セメント系	96	144.0	19.9
Or-4d	エポキシ樹脂系	96	142.5	19.7

表 4 疲労試験結果

試験体	アンカー種類	荷重比 (%)	破壊繰返し回数 (回)	破壊状況
In-3d-①	超速硬 セメント系	75	57,684	付着破壊
In-3d-②		82	4,721	付着破壊
In-4d-①		60	2,000,000	無
In-4d-②		67	2,000,000	無
In-4d-③-1		75	1,326,403	アンカー筋破断
In-4d-③-2		75	783,016	アンカー筋破断
In-4d-④	エポキシ 樹脂系	82	102,824	付着破壊
Or-4d-①		70	44,322	付着破壊
Or-4d-②		75	21,788	付着破壊
Or-4d-③		82	12,634	付着破壊

表 4 に疲労試験結果を示す。3da では、荷重比 75% で 57,684 回、82% では 4,721 回で付着破壊を生じた。また、4da においても、荷重比 82% では 10 万回程度で付着破壊を生じたが、荷重比 75% では、アンカー筋破断となった。

図 3,4,5 に疲労試験時の鉄筋の抜き出し量の推移を示す。In-3d の繰返し回数と変位量の傾きは、In-4d に比べ大きく、付着破壊が発生する直前に、変位が大きくなり付着破壊を生じた。

In-4d では載荷荷重比 67~82% で付着破壊とアンカー筋破断が生じたが、繰返し回数と変位の傾きに差は認められなかった。

Or-4d では、荷重比 70~82% で付着破壊を生じ、In-4d より繰返し回数と変位量の傾きは若干大きな傾向であった。

図 6 に破壊繰返し回数と上限載荷荷重の関係を示した。アンカー筋の引張強さと疲労試験によるアンカー筋が破断した点を結んだ線をアンカー筋破断推定線とし、付着試験の最大耐力と疲労試験により付着破壊した点を結んだ線を付着破壊推定線とした。アンカー筋破断推定線は付着破壊推定線の傾きより大きく、また、In-3d と In-4d の付着破壊推定線の傾きは同等であった。使用頻度の高い埋込み長さ 7da における付着強度を 4da と同等であるとすると、最大耐力の 1/3 荷重の 85kN 程度では、疲労による付着破壊は発生する可能性は非常に小さいものと考えられる。

4. まとめ

超速硬セメント系注入式あと施工アンカーについて、引張疲労試験を行い S-N 曲線を作成した。この結果より、埋込み長さ 7da で最大耐力の 1/3 荷重では、疲労による付着破壊は発生しないものと推測された。

参考文献

- 1) 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

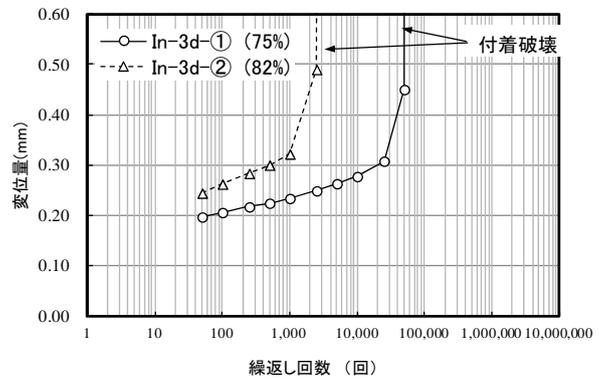


図 3 In-3d の繰返し回数と変位

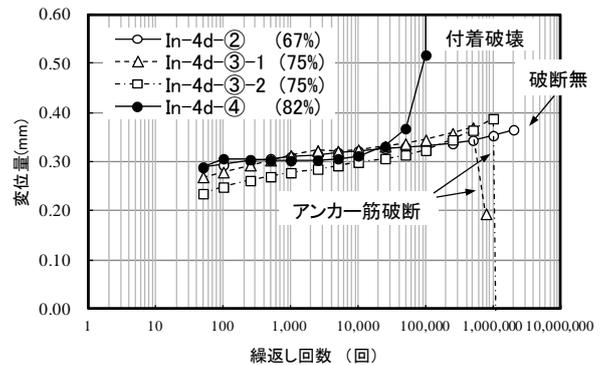


図 4 In-4d の繰返し回数と変位

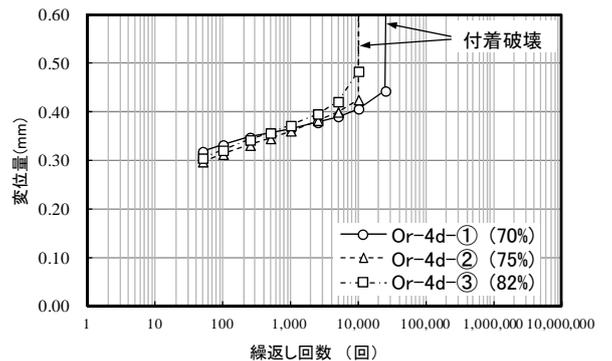


図 5 Or-4d の繰返し回数と変位

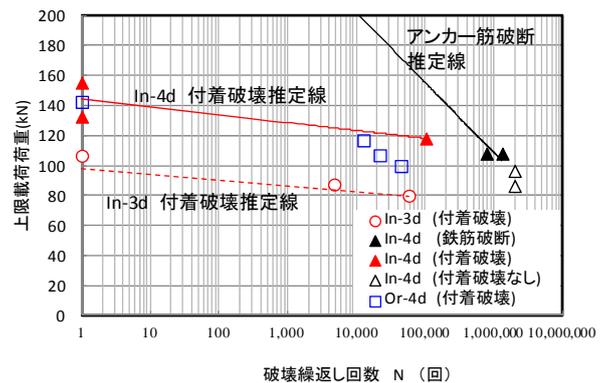


図 6 破壊繰返し回数と上限載荷荷重

学会大会学術講演梗概集 構造IV, pp.647-649, 2014.9

*1 住友大阪セメント (株)

*2 千葉工業大学 教授・博士 (工学)

*3 (独) 都市再生機構

*4 (株) エフアイティー

Sumitomo Osaka Cement Co., LTD.

Prof., Chiba Institute of Technology, Dr. Eng.

Urban Renaissance Agency

FIT Corporation