

接着系あと施工アンカーの疲労荷重特性に関する実験的検討

JR東日本 正会員 ○菅原 寛文
JR東日本 正会員 井口 重信
JR東日本 正会員 廣田 元嗣
JR東日本 フェロー 松田 芳範

1. はじめに

接着系あと施工アンカーを疲労荷重が受ける部材に用いる場合、その性能を確認しておく必要がある。ETAG²⁾やACI³⁾ではその試験方法等は公開されているが、試験結果や試験方法の策定経緯などは明らかではない。本稿では、耐久性の評価の項目のひとつとして、耐疲労性に着目して繰返し载荷試験を行い、材料、充填方法、载荷回数、载荷振幅等をパラメーターに载荷試験を行ったので、その概要を以下に記す。

2. 試験の概要

(1) 試験体

試験体形状を図-1に示す。試験体は、紙製の円形ボイド管に設計基準強度 24N/mm^2 のコンクリートを打込み、中央部にあと施工アンカーを打設して製作した。試験時のコンクリート強度は $30.0\sim31.5\text{N/mm}^2$ であった。アンカー筋の仕様は、試験体①では高温用合金金鋼ボルト SNB7 (JIS G4107) M12、試験体②では PC 鋼棒 SBPD930/1080 (JIS G3137) の M20 とした。アンカー筋は、試験体①についてはハンマードリルで削孔径約 15mm となるように下向きで穿孔し、アンカー筋の設置及び接着剤の注入については上向きで行った。試験体②については同じくハンマードリルで削孔径約 25mm となるように下向きに穿孔し、アンカー筋の設置及び接着剤の注入についても下向きで行った。

接着剤には、4 種類の有機系材料 (A : エポキシアクリレート, B : ビニルエステル, C : エポキシ, D : アクリル) および、2 種類の充填方法 (A, B : カプセル方式, C, D : 注入方式) から選定した。試験のパラメーターは、载荷回数及び载荷振幅とし、表-1 のように定めた。なお、2R-4 の試験条件が ETAG の基準に準じたものである。

(2) 試験方法

図-2 に試験方法の概略を示す。疲労载荷試験を行うにあたっては、初めに静的引抜試験 (以下、基準試験という) を行いその最大荷重の平均値を基準荷重 P_{rk} に設定するとともに、破壊形態を記録した。载荷方法は、試験体と载荷フレームの間に試験体①については孔径 25mm 、試験体②については孔径 40mm の支圧板を配置して行った。次に基準荷重より定めた疲労引抜荷重をもとに疲労载荷試験を実施し、载荷中の機械変位と荷重を記録した。疲労载荷試験においても、試験体と载荷フレームの間には基準試験と同様の支圧板を挟んで载荷を行った。所定回数の载荷後にアンカー筋が抜け出さずに残ったものについては、静的引

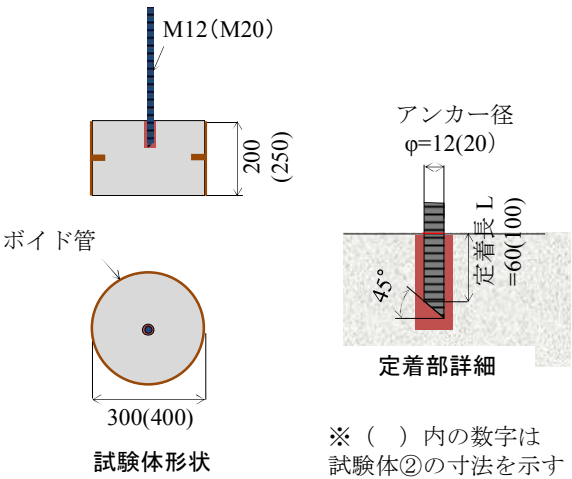


図-1 試験体概要図

表-1 試験体諸元・载荷諸元

試験体 (直径×高さ)	名称	アン カー 筋	载荷回数	载荷振幅
試験体① (300×200)	1S-1	SNB7 M12	—	静的
	1R-2		10^6	$0.25P_{rk}\sim0.50P_{rk}$
	1R-3		10^4	$0.25P_{rk}\sim0.60P_{rk}$
	1R-4		10^5	$0.25P_{rk}\sim0.50P_{rk}$
	1R-5		10^4	$0.25P_{rk}\sim0.80P_{rk}$
試験体② (400×250)	2S-1	PC鋼棒 M20	—	静的
	2R-1		抜けるまで	$0.25P_{rk}\sim0.90P_{rk}$
	2R-4		10^5	$0.25P_{rk}\sim0.60P_{rk}$

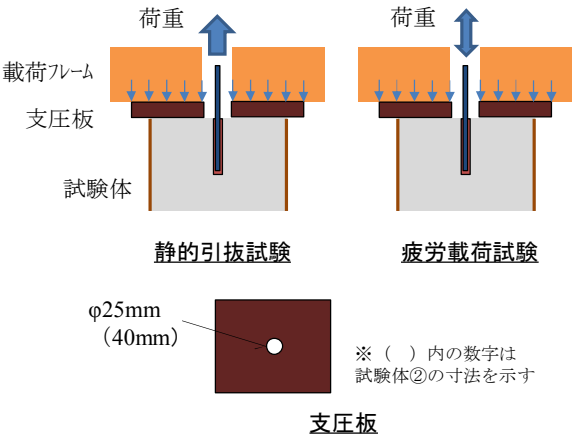


図-2 試験方法概要図

抜試験を行い、最大荷重、破壊形態を記録した。

3. 試験結果

(1) 引抜回数

引抜までの繰返し载荷回数と载荷振幅に対する関係を図-3 に示す。なお、繰返し载荷中にアンカー筋が破断したものは、評価から除外している。载荷振幅が $0.25P_{rk} \sim 0.90 P_{rk}$ のものは、全ての試験体でアンカー筋の抜け出しがみられた。また、载荷振幅が $0.25 P_{rk} \sim 0.80 P_{rk}$ の試験体でも、1R-5-B においてアンカー筋の抜け出しがみられた。

(2) 最大荷重の比較

载荷振幅と残存強度比に対する関係を図-4に示す。ここで残存強度比とは基準荷重 P_{rk} と繰返し载荷後の静的引抜試験の最大荷重の比を表したものである。载荷振幅が $0.25 P_{rk} \sim 0.60 P_{rk}$ の試験体では、1R-3-D、2R-4-Dで0.90を下回った。1R-3-Dと2R-4-Dを比べると载荷振幅が同じで载荷回数が 10^4 回、 10^5 回と異なっているが残存強度比の低下は同等であった。载荷振幅が $0.25 P_{rk} \sim 0.50 P_{rk}$ では、载荷回数は 10^6 回と多いが残存強度比は低下しなかった。

(3) 破壊形態

基準試験における破壊形態の例を図-5 に示す。破壊形態を分類すると、アンカー筋および接着剤が引き抜ける付着破壊、試験体上面にアンカー筋から放射状にひび割れが伸びる割裂破壊タイプに大別された。付着破壊タイプはさらに、接着剤とコンクリートの界面で引抜ける接着破壊(a-1)、アンカー筋のねじ山付近で引抜ける凝集破壊(a-2)、およびそれらの両者が見られる接着・凝集破壊(a-3)に分けられた。表-X に各試験体の疲労载荷試験後の静的引抜試験による破壊形態を示す。繰返し荷重が作用することで、繰返し载荷試験前後で破壊形態が変わるものがみられたが、载荷回数や、载荷振幅との相関はみられなかった。

4. まとめ

有機系材料を用いた接着系あと施工アンカーに対して、载荷回数および载荷振幅をパラメーターとして繰返し载荷試験を実施したところ上記のような知見が得られた。今後も载荷回数や载荷振幅等を変えて検討を加える予定である。

参考文献

1) 土木学会:コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針（案），2014
2)EOTA：ETAG001 Part five :BONDED ANCHORS,およびAnnex A:DETAILS OF TESTS,Apr.2013
3)ACI:355.2,Qualification of Post-Installed Mecanical Anchors in Concrete & Commentary,2001
4)水野光一郎，井口重信，門真太郎：接着系あと施工アンカーの疲労耐性評価試験，土木学会第69回年次学術講演会，2014.9

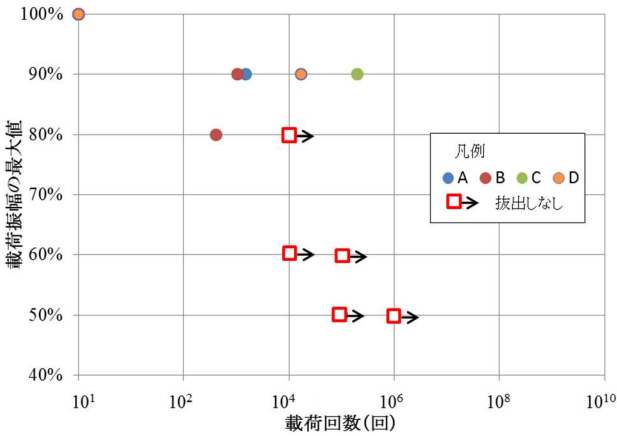


図-3 引き抜け回数と载荷振幅の最大値の関係

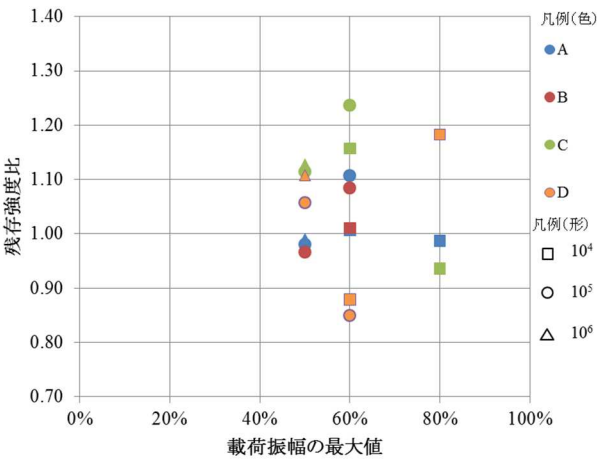


図-4 载荷振幅と残存強度比の関係



図-5 破壊形態の例

表-2 各試験体の破壊形態				
試験体名称	A	B	C	D
1S-1	接着	接着	接着	接着
1R-2	凝集	アンカー破断	接着	凝集
1R-3	凝集	接着	凝集	接着
1R-4	凝集	凝集	凝集	凝集
1R-5	凝集	接着	凝集	凝集
2S-1	接着	接着	接着	接着
2R-1	接着	接着・凝集	接着	接着
2R-4	接着・凝集	接着・凝集	(割裂)	接着

※アンダーラインは基準試験から変化したものを示す。