

接着系あと施工アンカーの疲労耐性評価試験

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○水野光一郎
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 井口 重信
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 門 真太郎

1. 研究の目的

接着系あと施工アンカーの使用に際しては、その性能の評価が重要である。アンカーの性能のうち、耐久性の評価方法については、ETAG^{1),2)}や ACI³⁾といった欧米の基準では基準化されているものの、試験方法や試験結果の詳細が公開されていないのが現状である。本稿では、耐久性の評価の項目の一つとして、疲労耐性について繰返し載荷試験を行い、その結果について報告する。

2. 実験の概要

試験体の製作に当たっては、静的な耐荷特性について把握する試験と同様に、ETAGの製作基準に従った寸法として、紙製のボイド管にコンクリートを打込み、あと施工アンカーを固着せざる被着体を作成した。コンクリートの硬化後、あと施工アンカーを設置するための孔をφ=15mmの同一径のハンマードリルにて下向きで穿孔し、その後、上向きに挿入する施工でアンカー筋を設置した。アンカー筋の仕様は、M12とし、高温用合金鋼ボルト SNB7 (JIS G4107) を用いた。アンカー筋を試験体に固着させる材料は、一般的に使用される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) を選定した。

試験のパラメータは、載荷回数およびアンカー筋に作用させる応力の振幅とし、表-1のように定めた。R-1の試験条件がETAGの基準を再現したものである。載荷方法は、アンカー筋の周辺に支圧板を配置する条件とし、6Hzで繰返し載荷を行った。応力振幅は、ETAGの基準と同様に、事前に行った接着系あと施工アンカーの静的な耐荷特性を確認する試験 S-1の結果をもとに、材料ごとに定める方法とした。S-1試験体は、本稿の R-1 試験体と同様の諸元で製作している。計測項目は、載荷回数や変位、荷重である。変位は載荷するジャッキのストロークを計測し、荷重はジャッキが試験体を押込む荷重を計測した。また、所定の条件で繰返し載荷を行った後に、静的な引張試験を行い、繰返し載荷後の引張荷重の最大値と変位を計測した。

3. 実験の結果

(1) 繰返し載荷試験の結果

繰返し載荷試験および繰返し載荷後に実施した引張試験の結果を表-2に示す。ここでは、静的な耐荷特性を把握するために実施した引張試験の結果との比率も併記した。なお、各試験の所定の載荷回数よりも前にアンカー筋が疲労により破断する事例があった。

本稿の試験結果は試験体の数量が各1体であるため、ばらつきを多く含むと考えられるが、R-1とR-2の結果から、繰返し回数が 1.00×10^5 回と 1.00×10^6 回の範囲では、有意な差は確認されなかった。応力振幅に関して、R-1とR-5の結果から、応力振幅が静的耐荷力の0.25から0.80の範囲と大きくなると、

表-1 試験体の諸元とパラメータ

| 試験体名称 | ボイド管径 [mm] | ボイド管高さ [mm] | 被着体の圧縮強度 [N/mm ²] | 定着長 [mm] | 載荷回数 | 応力振幅 (S-1の結果との比率) |
|-------|------------|-------------|-------------------------------|----------|--------------------|-------------------|
| R-1 | 300 | 200 | 34.5 | 60 | 1.00×10^5 | 0.25~0.60 |
| R-2 | 300 | 200 | 34.5 | 60 | 1.00×10^6 | 0.25~0.50 |
| R-5 | 300 | 200 | 34.5 | 60 | 1.00×10^4 | 0.25~0.80 |

表-2 繰返し載荷試験の結果

| 試験体名称 | 載荷後の引張試験の最大荷重[kN] | | | |
|-------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| | A | B | C | D |
| S-1 | 62.0 | 77.3 | 71.2 | 60.3 |
| R-1 | 64.7 [1.04] | 71.7 [0.93] | 80.3 [1.13] | —*2 |
| R-2 | 61.4 [0.99] | —*2 | 80.3 [1.13] | 66.8 [1.11] |
| R-5 | 61.2 [0.99] | (410)*1 | 66.6 [0.94] | 71.3 [1.18] |

*1: アンカーが引抜けた時点の載荷回数, *2: アンカーの疲労破断

キーワード あと施工アンカー, 接着系アンカー, 耐久性, 疲労, 繰返し載荷

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター 03-5334-1288

繰返し回数が少ない段階でアンカー筋が引抜ける事例が確認された。引抜けた試験体の R-5-B は、静的な引張試験の結果が最も大きな値の S-1-B を基準に応力振幅を定めており、他の材料と比較して相対的に大きな応力振幅で繰返し荷重を受けたために、載荷回数が少ない段階でアンカー筋が引抜けた可能性があると考えられる。これより、接着系あと施工アンカーの疲労耐性を評価する上では、基準となる静的な耐荷特性との比較になるため、ばらつきの少ない基準値を定める必要があると考えられる。

また、ETAG は製品を認証する基準であるため、個々の製品の仕様を評価するシステムである。そのため、個々の性能を保有するあと施工アンカーの中から使用する製品を選定するに当たっては、ユーザーが必要とする耐荷力や使用できる応力の範囲を適切に定める必要があると考えられる。



図-1 引張試験後の状況 (R-2-A)



図-2 引張試験後の状況 (R-1-B)

(2) 破壊性状の確認

各試験体の破壊性状の確認を行った。引張試験後のアンカー筋の状況の一例を図-1および図-2に、各試験体の性状を確認した結果を表-3に示す。ここで、凝集破壊とは接着材料の層内で破壊を生じる形態であり、界面破壊とは接着材料と被着体との界面で破壊を生じる形態を表す。

表-3より、繰返し荷重が作用することで、静的な破壊性状の確認を行った S-1 試験体の結果とは異なる破壊性状の傾向を持つ材料が存在することがわかる。この結果は、繰返し載荷により、接着系あと施工アンカーの破壊性状が静的な破壊性状とは異なるものに変化する事例があることを示している。しかしながら、応力振幅の範囲が大きい B の試験体の結果をみると、荷重レベルの違いにより差が生じている可能性があり、この結果からも疲労耐性を適切に評価するためには、静的な耐荷特性の基準値の設定が重要であると考えられる。

表-3 各試験体の破壊性状

| 試験体名称 | A | B | C | D |
|-------|----|----|-------|----|
| S-1 | 凝集 | 凝集 | 凝集+界面 | 凝集 |
| R-1 | 界面 | 界面 | 凝集 | — |
| R-2 | 凝集 | — | 界面 | 凝集 |
| R-5 | 凝集 | 界面 | 凝集 | 凝集 |

4. まとめ

本稿では、有機系材料を用いた接着系あと施工アンカーに対して、載荷回数およびアンカー筋に作用させる応力の振幅をパラメータとして繰返し載荷試験を実施した。これより、応力振幅が静的耐荷力の 0.25 から 0.80 の範囲と大きくなると、静的試験の結果と比較して有意な差を生じる可能性があることが確認された。また、破壊性状が静的なものとは異なる性状に変化する事例が確認された。これらの結果については、相対的に大きな応力振幅で繰返し荷重を受けたために発生した可能性があり、疲労耐性の基準となる静的な耐荷特性を定める方法を確立することが今後の課題であると考えられる。

さらに、所定の載荷回数よりも前にアンカー筋が疲労により破断する事例があり、アンカー筋を設置する角度について基準化を図る必要があると考えられる。

今後は、接着系あと施工アンカーの耐久性を評価するために耐アルカリ試験や長期持続荷重試験を行うとともに、試験数量を増やして試験結果の信頼性向上に努めたい。

参考文献：

- 1)EOTA: ETAG001 Part five: BONDED ANCHORS, Apr. 2013
- 2)EOTA: ETAG001 Annex A: DETAILS OF TESTS, Apr. 2013
- 3)ACI: 355.2, Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete & Commentary, 2001