

試験体の拘束状況を考慮したアンダーカット付きあと施工アンカーボルトの性能確認試験

株式会社駒井ハルテック 正会員 ○中本 啓介 株式会社駒井ハルテック 正会員 岑山 友紀
 株式会社駒井ハルテック 正会員 三輪 浩二 電気化学工業株式会社 正会員 藤間 誠司

1. 研究目的

接着系あと施工アンカーの性能確認試験として静的引き抜き試験がある。既往の研究¹⁾により、静的引き抜き試験では、試験体の拘束状況の違いにより最大耐力に差が生じ、アンカーボルトの近傍で反力が作用する拘束試験に比べ、アンカーボルトから十分離れた箇所まで反力が作用する非拘束試験の方が、最大耐力が低下することが報告されている。

本稿では、非拘束試験体を用いて静的引き抜き試験を行い、アンダーカット付きのアクリル樹脂を用いた接着系あと施工アンカー(以下、アンダーカット付きアンカー)²⁾³⁾の性能確認を行うことを目的とした。アンダーカットとは、専用のドリルにより孔の一部を拡底したものであり、万が一、コンクリートと接着剤の界面破壊が生じた場合に、アンダーカットがくさびとなりアンカーボルトの抜け出しを防止し、フェールセーフとして機能するものである。アンダーカット付きアンカーの概要を図-1に示す。アンダーカット付きアンカーは、RC 構造物に落橋防止装置等のブラケット固定するための大孔径を対象としたアンカーボルトとして開発している。

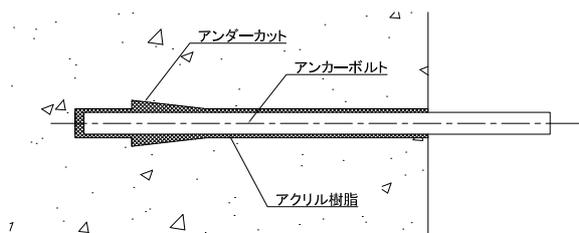


図-1 アンダーカット付きアンカーの概要図

の削孔径は $\phi 34$ 、削孔長は 310mm とした。アンカーボルトをコンクリート試験体に固着させる材料は、アクリル樹脂系接着剤(以下、アクリル樹脂)と、比較のために一般的に使用されているエポキシ樹脂系接着剤(以下、エポキシ樹脂)を使用した。硬化時間は、アクリル樹脂では 2 時間以上、エポキシ樹脂では 24 時間以上であり、引き抜き試験の材齢は 1 日とした。使用した接着剤の物性値を表-1 に示す。コンクリートの圧縮強度は、載荷試験日に現場養生した供試体 3 本の圧縮試験を行い、その平均値は 31.6N/mm^2 であった。アンカーボルトは、落橋防止装置に用いるアンカーボルトの施工を想定して水平方向に打設を行い、載荷時は試験体を反転し上向きに引き抜き力を与えた。載荷方法を図-2 に示す。アンカーボルトから $2le$ の範囲は非拘束となるよう、試験体に載荷治具を設置し、油圧ジャッキを用いてアンカー端部に引き抜き力を与えた。載荷荷重およびアンカーボルトの変位を計測した。試験ケースを、表-2 に示す。

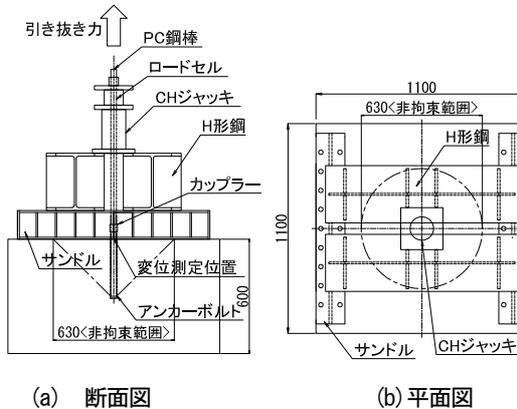


図-2 載荷方法概要図

2. 試験概要

試験体は、アンカーボルトから十分離れた箇所まで反力が作用するよう、アンカーボルトから $2le$ (le : 定着長)の範囲が非拘束となる寸法とした。接着剤およびアンダーカットの性能を確認するため、アンカーボルトの非定着ねじ部の破断が終局破壊とならないように、ボルト径は M30(全ねじボルト)とし、材質は高温用合金鋼ボルト SNB7 を使用し、定着長は $10d$ (300mm , d : アンカー径)とした。アンカーホール

表-1 接着剤の物性値(硬化物)

	圧縮強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	曲げ強度 (N/mm^2)	衝撃強度 (kJ/m^2)
アクリル樹脂	126	35	70	2.3
エポキシ樹脂	109	76	118	9.4

表-2 試験ケース

ケース	接着剤の種類	アンダーカット
a	アクリル樹脂	なし
b	エポキシ樹脂	なし
c	アクリル樹脂	あり

キーワード アクリル樹脂, エポキシ樹脂, 非拘束, 引き抜き試験

連絡先 〒293-0011 千葉県富津市新富 33-10 株式会社駒井ハルテック 橋梁技術研究室 TEL 0439-87-7470

3. 試験結果

荷重-変位関係を図-3に示す。図-3に示す非定着ねじ部降伏荷重は、アンカーボルトの材質を一般的に使用されているS45CNを想定し、公称値より算出した。S45CNおよび試験で用いたSNB7の降伏荷重を表-3に示す。さらに載荷終了後、試験体上面から見た破壊状況例を図-4に示す。

図-3(a)に接着剤の種類による比較を示す。最大荷重は、アクリル樹脂では319kN、エポキシ樹脂では334kNであり、5%程度の差があるが、初期勾配はほぼ一致していた。図-4(a)に示す通り、ケースaでは、試験体上面に放射状にひび割れ(割裂破壊)が生じた。ケースbも同様であり、破壊形態は割裂破壊であった。実際に使用するアンカーボルトにおいて、非定着ねじ部の降伏荷重を設計荷重とした。設計荷重程度では、非拘束試験体を用いても樹脂による差は、ほとんどないことが確認できた。

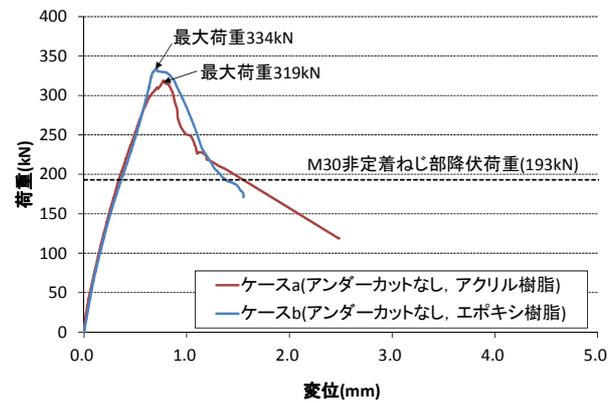
次に、図-3(b)にアンダーカットの有無による比較を示す。最大荷重は、アンダーカットありでは319kN、アンダーカットなしでは312kNであった。アンダーカットの有無による、初期勾配の差は見られなかった。図-4(b)に示す通り、ケースcでは、アンダーカット部よりコンクリートのコーン状破壊が生じたため、コンクリートが脆性的に破壊し、最大荷重以降は急激に耐力が低下したものと考える。しかし実際に使用するアンカーボルトの設計荷重は193kNを想定しており、コーン状破壊は1.6倍程度の荷重で生じている。そのため設計荷重程度ではアンダーカットを設置することで強度に差は生じないことが確認できた。

今回、アクリル樹脂は冬用を用いて試験を行ったが、粘性を調整した夏用でも同様の結果であった。

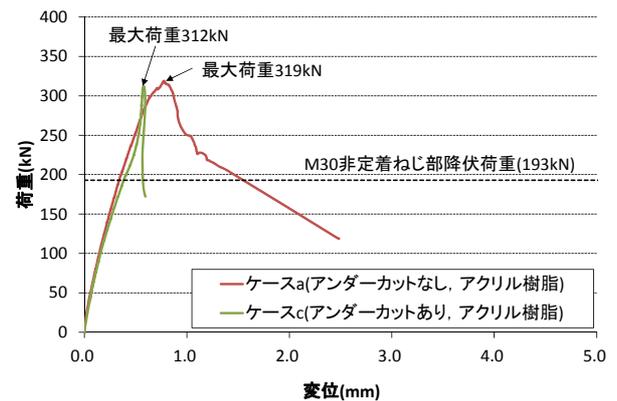
4. まとめ

非拘束試験体を用いて、アンダーカット付きアンカーの静的引き抜き試験を実施した。得られた知見を下記に示す。

- ・非拘束試験体を用いた場合でも、アクリル樹脂とエポキシ樹脂では、最大荷重および破壊形態もほぼ同等であることが分かった。
- ・アンダーカットを設置した場合、アンダーカット上部からのコーン状破壊が破壊形態となった。しかし、最大荷重は設計荷重の1.6倍程度の値であり、設計荷重程度の範囲ではアンダーカットは有効に作用することが分かった。
- ・今後はさらなる性能確認として、アクリル樹脂の長期耐久性やクリープ特性に着目した試験を実施していく予定である。また施工性およびコスト削減に向け、アンカーボルトの埋込長を短くすることを検討中である。



(a) 接着剤の種類による比較

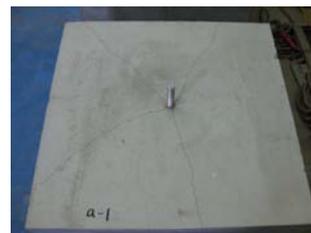


(b) アンダーカットの有無による比較

図-3 荷重-変位関係

表-3 アンカーボルト (M30) 非定着ねじ部降伏荷重

材質	降伏点(公称値) (N/mm ²)	非定着ねじ部 降伏荷重(kN)
S45CN	345 以上	193
SNB7	725 以上	406



(a) ケース a(割裂破壊)



(b) ケース c(コーン状破壊)

図-4 破壊状況

参考文献 1)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久性評価試験, 土木学会第 69 回年次学術講演会, V-181, pp.361-362, 平成 26 年 9 月, 2)岑山友紀, 三輪浩二, 中本啓介, 藤間誠司: アンダーカット付きあと施工アンカーボルトの性能確認試験, 土木学会第 69 回年次学術講演会, CS3-028, 平成 26 年 9 月, 3)吉岡夏樹, 三輪浩二, 中本啓介, 藤間誠司: アクリル樹脂を用いた接着系あと施工アンカーボルトの性能確認試験, 土木学会第 68 回年次学術講演会, CS3-022, 平成 25 年 9 月