

関西岩場環境整備ネット
2006年ボルト強度試験報告書

2023年5月

「2006年ボルト強度試験報告書」について

関西岩場環境整備ネットは2005年11月25日からリボルト活動を開始しました。実際のリボルト活動を行いながら、ボルト強度試験についても数回行いました。その内容は活動内容と共に2007年と2008年に活動報告書として纏めて関係各位に配布しました。

今回、そのボルトの強度試験のみを報告書から抜粋して「2006年ボルト強度試験報告書」として纏めました。関係各位の活動の一助になれば幸いです。

2023年5月8日

関西岩場環境整備ネット

西村良信

目次

ボルト強度試験 2006-----

(本報告書に関して、いかなる内容もKINETの許可なく、転載、使用することを禁じます。)

ボルト強度試験 2006

試験日時：2006年8月6日（土）～7日（日）
2006年9月2日（土）～3日（日）

場 所：駒形岩 大ハンゲ

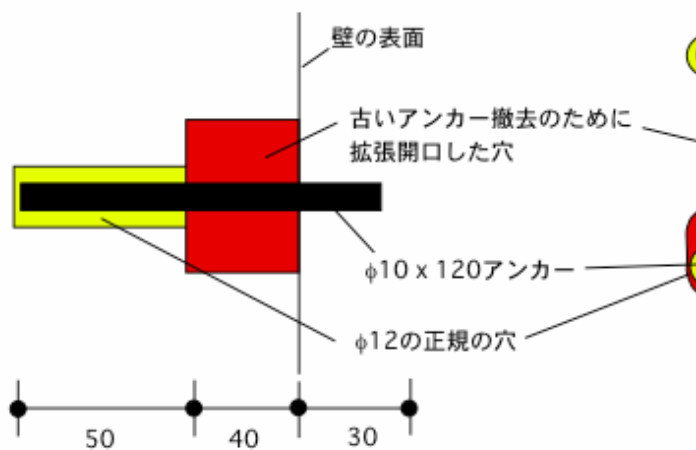
各種のアンカーの引き抜き試験結果のまとめ

これまで、リポルトと並行して、各種のボルトの引き抜き試験や落下テストを行ってきた。以下は、これらの結果を、そのつどまとめたレポートである。

(a) 小赤壁での試験結果 (2005年11月)

ケミカルアンカー引き抜きテストの結果のまとめ (1)

ケミカルアンカー設置時の断面図



ケミカルアンカーを上から見た図で4通りのリポルトの場合

- (a) 正規の施工
- (b) 古いアンカー撤去のために上の部分を拡張開口した場合



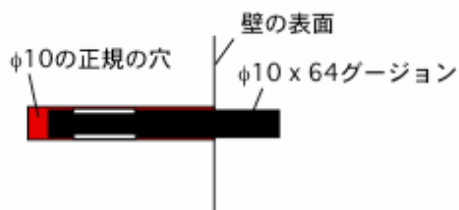
- (c) 古いアンカー撤去のために上と下の部分を拡張開口した場合



- (d) 古いアンカー撤去のために上下左右の部分を拡張開口した場合



(e) ゲージョンの正規の設置



古いボルトを撤去し穴を拡張しているところ



引き抜きテストのために加重している



強度は、デジタルの数値として読むことができ。

ケミカルアンカー引き抜きテストの結果のまとめ（2）

HILTIの装置を使った引き抜きテストの結果
(2トンを少し超えたところまで引き抜き強度テスト)

強度の順：(a)=(e) > (b) > (c) > (d)

(a)と(e)は2トン以上の強度があった。

(b)もほぼ(a)に近い強度があった。

(c)は、1000-2000 kgの間で固まったケミカルの部分の表面が壊れた。

引き抜き強度は2トン以上あった。

(d)は、750 kg付近で、古いアンカー撤去のため拡張しケミカルで埋めた部分の破壊が始まった。引き抜きテストを繰り返す毎に破壊がひどくなった。

結論：正しい施工の(a)からずれるほど、ケミカル部分が引き抜きにより破壊しやすくなる。リポートを行う際に、(d)の施工は施工は行ってはならない。クライミングにおいて実際にかかる力は剪断方向であり、できれば、(c)も避けたほう良い。



(d)の場合に対する引き抜きテスト結果：
左は一回目のテスト後、右は二回目のテスト後

(b) 不動岩での試験結果(2006年3月)

各種ボルトの引き抜き試験結果報告書

平成18年3月7日

関西岩場環境整備ネット
作成者 西村 良信

- 1 実施日 平成18年3月4日 10時30分頃より
- 2 実施場所 不動岩
- 3 試験者 ヒルティ 藤本様 OCS 林様 関西岩場環境整備ネットメンバー
- 4 テスト資材 下記

テスト資材(製作) FIXEグルーアンカーに寸切りボルトを溶接した物 (Aと表示します。)



テスト資材 寸切りボルト (Bと表示します。)



テスト資材 ウェッジ式(ゲージョンタイプ)HAS-R M10x68 (Cと表示します。)



HILTY
HIT-RE500 接着系アンカーの注入エポキシ樹脂



HILTY
HIT-HY150 接着系アンカーの注入樹脂



5 各試験結果からの結論

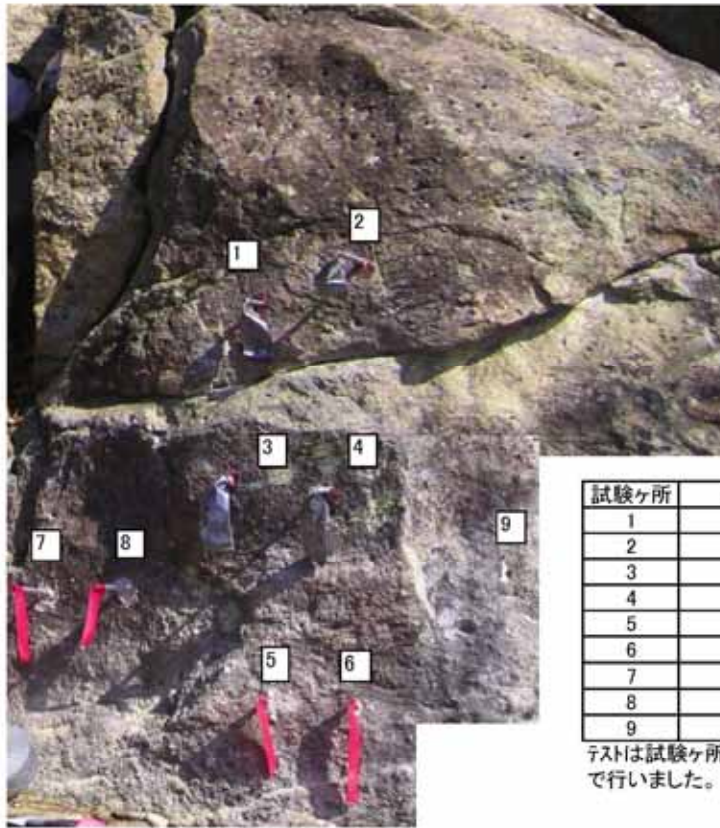
ケミカルアンカーと注入樹脂(化学溶剤)に関して

- a HY150を使用する場合は、寸切りボルト(全ネジボルト)を使うべきである。

FIXEのグルーアンカーに対しては、今後HY150ではなく、RE500を使用したほうが良いと思われる。

- b ルート上のケミカルアンカーに対しては、RE500の使用を勧める。但し、硬化に時間がかかるので、気温を考慮して、使用までの時間を決めないといけない。

6 試験データ・試験状況写真
a 試験ヶ所



試験ヶ所	ホルト種類	ケミカル
1	B	RE500
2	A	RE500
3		RE500
4		RE500
5	B	HY150
6	B	HY150
7	A	HY150
8	A	HY150
9	C	ゲージョン

テストは試験ヶ所1・2・6・7・8・9の6ヶ所で行いました。

試験ヶ所	ホルト種類	ケミカル	引き抜き強度(測定値)	備考
1	B	RE500	3000kg	全ネジホルト(寸切りホルト)のためと思われます
2	A	RE500	1150kg	規定の硬化時間に達していないため強度が出なかったと思われます
3		RE500		
4		RE500		
5	B	HY150		
6	B	HY150	2800kg	全ネジホルト(寸切りホルト)では問題ないと思われます
7	A	HY150	1100kg	HY150で丸棒状の部材の使用は避けるべきと思われます
8	A	HY150	880kg	HY150で丸棒状の部材の使用は避けるべきと思われます
9	C	ゲージョン	2100kg	使用問題なし

試験日 2006年3月4日 10時30分頃

テストは試験ヶ所1・2・6・7・8・9の6ヶ所で行いました。

上記アンカーの設置日 2006年3月3日 14時頃

b 試験ヶ所1の試験データ



c 試験ヶ所2の試験データ



d 試験ヶ所6の試験データ



e 試験ヶ所7の試験データ
なし 写真を撮る前に測定器をリセットしてしまった。

f 試験ヶ所8の試験データ



g 試験ヶ所9の試験データ



(c) 駒形裏の大ハングでの試験結果 (2006年8-9月)

アンカー荷重試験結果のまとめ

2006年9月 KINet 山岡人志、松本親憲、西村良信、新田育夫、荒木美和

テーマ：アンカー荷重試験

日程：2006年8月6日（土）、7日（日）（午後のみ）

9月2日（土）～3日（日）

主催：KINet（関西岩場環境整備ネット）

協力：HILTI社（治部）

参加者： 8月6日（土） 松本親憲、西村良信、荒木美和、新田育夫、山岡人志

8月7日（日） 荒木美和、新田育夫、山岡人志

9月2日（土） 松本親憲、西村良信、荒木美和、山岡人志

9月3日（日） 松本親憲、西村良信、荒木美和、新田育夫、山岡人志

場所：駒形岩裏の大ハング

試験結果の概要

駒形岩裏の大ハング中間部、及び、下部に、各種のボルトを設置後、ケミカルアンカーへのリポルトを行い、ハング部のアンカーに対しては、2-3回の落下テストと引き抜きテスト、下部のアンカーに対しては、引き抜きテストを行った。

サンプルは、2006年8月6-7日に設置し、一か月後の9月2-3日に試験を行った。

落下に試験において、リポルトしたケミカルアンカー、及び、ゲージョンタイプのアンカーは、外見上、全く変化はみられなかった。

引き抜き試験において、ケミカルアンカーの場合、HILTI社のRE500のグルーを使ったものは、落下試験をしたもの、及び、しなかったものすべてのアンカーに対し、20 kN以上の引き抜き強度を示した。但し、HILTI社のHY150を使ったものに関しては、10 kN程度までしか保たないことがわかった。

実験に使用した岩は凝灰岩であり、クライミングの観点からは、脆弱であるとされている。しかし、このような岩でも、ボルト設置箇所の岩質を選び、かつ、適切な施工を行うことにより、リポルトを含めて強固な支点が構築できることを、我々の結果は示している。

1 試験の方法

1.1 落下試験

UIAA衝撃試験に類似した方法で試験した。

Fig. 1参照。ロードセルはダイナフォール2.5トン用（周波数；ピークホールド時40Hz）を使用した。

錘の重量は80 kg。タイヤ2本の中に、石をつめ、石が出ないようにロープでこれを巻いて錘とした。

サンプルアンカーとロードセルはカラビナで連結して吊り下げた。ロードセルの下端に掛けたカラビナから支点のカラビナまでの距離は約30 cm、落下距離は約 5.7x2 mで、墜落係数は約 $5.7 \times 2 / 6 = 1.9$ である。

荷上げは、3:1のシステムを組み、ひとの力により引き上げを行った。各サンプルに対し、2-3回の落下試験を行った。

最大の衝撃荷重は、約15 kNであった。実際にひとが墜落した際には、impact factorがこのように大きくなる例は、考えにくい。ため、この衝撃荷重によるテストで十分にアンカーに対する影響が測定できるものと考えられる。

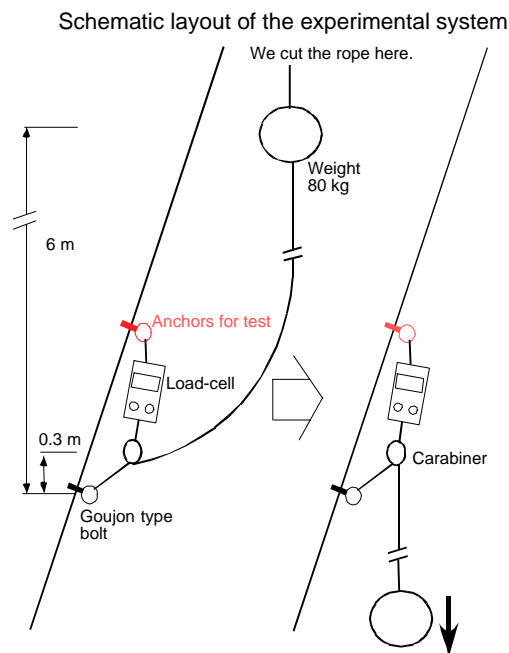


図1 落下試験システム概念図

1.2 引き抜き試験

前回の試験時には、試験対象となるアンカーの頭の部分を切り取り、そこに、全ネジボルトを溶接したが、今回は、工夫して、設置したボルトをそのまま引き抜けるようにし、より実際に近い形の試験を行った(図2)。引き抜き荷重の試験器は、HILTIアンカーテスターDPG100を、HILTI社(治部氏)の好意により借用して行った。

ボルトの強度は、大きく分けてふたつ、剪断強度と引き抜き強度のふたつになる。剪断強度に関しては、ボルトの材質を直径で最初から決まっている。スポーツクライミングでは、10mm径以上のステンレスボルトの使用が一般的であり、これだと普通20kN以上の抗剪断力はある。従って、墜落時に問題となるのは、引き抜き方向に対して、どれだけ強いかなになる。

但し、ここで、我々が行った引き抜き試験は、静荷重試験であり、実際にかかる衝撃荷重とは違う。しかし、上の落下試験後のボルトに対しても、引き抜き試験を行っており、衝撃荷重が加わった後の、引き抜き強度の変化を見ることにより、衝撃荷重に対する影響を見ることができる。

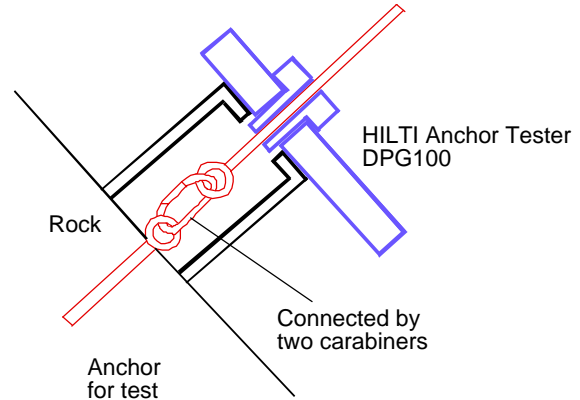


図2 引き抜きテストのレイアウト

2 結果

2.1 落下・引き抜き試験

ケミカルアンカーは、引き抜き、落下試験の約一か月前の2006年8月2-3日に設置を行った。

落下、引き抜き試験をしたサンプルは、以下の通りである。

- (1) カットアンカー-10mmリボルト後FIXEグレーインアンカー#014+グレーHILTI - RE500
- (2) カットアンカー-10mmリボルト後Petzl コリノックス+グレーHILTI - RE500
- (3) オールアンカー-12mmリボルト後FIXEグレーインアンカー#014+グレーHILTI - RE500

もとのアンカー	リボルト後のアンカー	グレー	落下試験時の荷重(kN)			引き抜き強度(kN)
			1回目	2回目	3回目	
(1) カットアンカー-10mm	FIXEグレーイン	RE500	9.49	9.97	13.83	20.4
(2) カットアンカー-10mm	コリノックス	RE500	12.08	14.46	---	20.1
(3) オールアンカー-12mm	FIXEグレーイン	RE500	15.24	11.97	---	21.1
(4) HILTI グーゼン HSA-R M10×68	---	---	---			20.1

注意：

- (a) 1kg重=1kgf=9.8N(ニュートン)である。表の数値を約100倍すれば、何kgくらいかかったかわかる。例えば20kNということは、大体2000kg、2トンくらいの力がかかっていることになる。
- (b) 引き抜き試験は、20kNを少し越えるところを目安にして止めている。ここまでしか保たなかったという荷重ではない。
- (c) (4)のグーゼンタイプのボルトは、落下試験時のすべてのアンカーの支点として使用したものである。よって、合計7回の落下荷重のすべてが、かかっている。この引き抜き試験では16kNほどで音がした後、12.7kNまで一旦下がった。ボルトは数mmぬけていた。その後、再び引き抜き試験を継続すると、表の値の20kN以上まで値が上がった。
- (d) 試験の順番は、(1)、(3)、(2)の順。
- (e) (3)の試験時、2回目の落下でロープ(直径10mm、以前、クライミングに使用していた古いロープ)が、ロードセルと下のグーゼンの支点とをつなぐカラビナのところで、切断した(トータルでは5回目の落下)。

2.2 引き抜き試験

- (5) リングボルト
- (6) 拡張式アンカー（工業用アイナット付き）
- (7) Petzl P12をPetzl コリノックス + グルー-HY150でリボルト（上下に穴を開けてリボルト）
- (8) Petzl P12をFIXE グルーインアンカー + グルー-RE500でリボルト（上下に穴を開けてリボルト）
- (9) 10mmカットアンカーをFIXE グルーインアンカー + グルー-RE500でリボルト（下のみに穴を開けてリボルト）
- (10) 10mmカットアンカーをPetzl コリノックス + グルー-RE500でリボルト（上下に穴を開けてリボルト）
- (11) 12mmオールアンカーをFIXE グルーインアンカー + グルー-RE500でリボルト（上下に穴を開けてリボルト）
- (12) 12mmオールアンカーをPetzl コリノックス + グルー-RE500でリボルト（下のみに穴を開けてリボルト）

もとのアンカー	リボルト後のアンカー	グルー	リボルト時の孔の数と位置	引き抜き強度 (kN)
(5)リングボルト	---	---	---	8.8(完全に抜けた)
(6)拡張式アンカー (工業用アイナット付き)	---	---	---	20(岩がコーン状に破壊)
(7)Petzl P12	FIXE グルーイン	HY150	上下に穴を開けた	10.6(数ミリ抜け出てきた)
(8)Petzl P12	FIXE グルーイン	RE500	上下に穴を開けた	20.6
(9)カットアンカー 10mm	FIXE グルーイン	RE500	下のみに穴を開けた	19.6
(10)カットアンカー 12mm	コリノックス	RE500	上下に穴を開けた	20.5(かすかに亀裂?)
(11)オールアンカー 12mm	FIXE グルーイン	RE500	上下に穴を開けた	20.6
(12)オールアンカー 12mm	コリノックス	RE500	下のみに穴を開けた	21.3

注意：

- (a) リングボルトの引抜き試験ではカラビナがスペーサーに干渉して実際にボルトが抜けた後も引き抜き荷重を掛けていた。実際は、この値の半分くらいの荷重で抜けたと思われる。
- (b) (7)の引き抜き試験は、2回行った。1-2 mmずつ出てきたが、一気に抜けるということはなかった。
- (c) (6)の拡張式アンカーは、底の部分と上に出ているボルトが一体型になった、いわゆるオスタイプのもので、設置時に、数mm岩より、ボルトのまわりの円筒部分が数mm露出していた。

3 まとめと今後について

3.1 まとめ

リボルト時には、既存のアンカーの上と下にドリルで孔を空け、ボルトを引き抜くようにすることが多い。最も、孔が大きく深くなるのは、12 mm径のオールアンカーに対するリボルトの場合である。我々の試験結果は、Petzl P12、10 mm径のカットアンカー、12 mm径のオールアンカー、すべてに対して、グルーとしてRE500を使用した場合、落下テスト後の目視確認では、何の変化もみられなかった。また、落下テストをしないサンプル、及び、2回以上したサンプルに対しても、引き抜きテストは、20 kN以上の力に耐えられることがわかった。また、ゲージョンタイプのボルトに関しては、7回もの落下テストの引き抜き試験によって、数mm抜けたが、その後は、やはり、20 kN以上の耐引き抜き強度を示した。

しかし、ケミカルアンカー設置において、HY150のグルーを使用した場合、10 kNまでしか耐引き抜き強度はなかった。これは、前回、2006年3月に不動岩で行った引き抜き試験の結果を追認している。

コリノックスは、すぐれたアンカーであり、リボルト後に設置されたものに対しても、20 kN以上の耐引き抜き強度を示した。しかし、わずかに固化したグルーに亀裂がはいる場合があった。これは、コリノックスが、FIXEのアンカーよりも短いためであると思われる。

また、リングボルトは、これよりはるかに低い引き抜き荷重までしか、保たなかった。

リボルトする前のアンカー、例えば、カットアンカーやオールアンカーに対して、引き抜き試験は、時間がなくなったために行うことができなかった。今後の課題である。しかし、基本的に、孔の底で拡張させるタイプのアンカー

は、いったん、抜けはじめると、その構造から考えてもわかるように、とまらなくなる。実際、この現象は、既存の多くの岩場のアンカーで時折目にすることができる。これは、特に、何度もテンションがかかるルートの核心部で顕著である。従って、今後、このような拡張式の工業用のアンカーは、墜落が前提のスポーツクライミングルートで使用することは、止めるべきだと思われる。

これらの結果の意味しているところは、今後のリポートにおいて、

- (1) グルーは、基本的に、RE500を使用すべきであること、
 - (2) リポート時に、孔が大きく深くなるときは、なるべく、FIXEのアンカーのような長めのアンカーを使用したほうが良い、
 - (3) 今後のルートにおいて、使用するアンカーは、ケミカルアンカー（RE500を使用）、または、グージョンタイプのアンカーのみにすべきである、
- ということを示している。

さらに、印象的だったのは、以下の3点である。

- (1) 10-15 kNの激しい落下をしたとき、ロープが5回目でロードセル下のカラビナのところで切断したこと。
- (2) 引き抜き試験を行っていたとき、浅いアンカーの場合、岩ごと、コーン状に破壊したこと。
- (3) HY150をグルーとして使用した場合、引き抜き強度は弱かったが、抜け始めても、一気にには抜けない。

3.2 今後

今回、我々は、主として、リポートしたアンカーに対する試験を行った。既存の古い、カットアンカーやオールアンカーなどに対しても、引き抜きテストを、今後、リポート時になるべく多く行い、その引き抜き強度を確かめていくべきだと思われる。

謝辞

9月の引き抜き試験では、HILTI社の治部氏に協力をさせていただいた。ここに感謝いたします。

参考

< 落下試験時に、サンプルにかかる荷重 F の概算 >

摩擦を無視した時、エネルギー保存則から、

$$mg(h+x) = (1/2)Fx, \quad F = k(x/L)$$

ここで、m, g, h, x, F, k, Lは、それぞれ、錘の質量、重力加速度、落下距離、落下してからロープが振動するときの伸びる長さ、そのときの力、ロープ係数、ロープの長さ、である。Fに関して式をまとめると、

$$LF^2 - 2mgLF - 2mgkh = 0$$

この解はふたつあるが、物理的に意味のあるものをとると、

$$F = mg + mg[1 + (2kh / (mgL))]^{1/2}$$

$W = mg$ とおくと、

$$F = W + W[1 + (2kh / (WL))]^{1/2}$$

となる。この実験の場合、 $W = 80$ kgf、落下係数 $h/L \sim 1.9$ である。ロープ係数は、通常、10 mm ロープで 1500-2000 kgf 程度と言われているが、ここで使用したロープは古いので、2000 kgf と仮定すると、

$$F = 80 + 80[1 + 2 \times 2000 \times 1.9 / 80]^{1/2} = 864 \text{ kgf}$$

と概算される。ロードセルにかかる力は、この約 1.66 倍 (Petzl 社のカタログ) になるので、約 1434 kgf の力になり、我々の測定値に近い値となる。

以下、次ページ目以降に、写真を中心とした資料を示す。ページの数字の単位は kN。

アンカー荷重試験添付資料



平成18年9月3日(日)
駒形岩ハング帯で引き抜き試験を行いました。
左: 架台 中央: アンカーに引っかけるフック
荷重をかけるとフック部分が延びて使用不能となった



架台と試験器をセットしたところ



写真中央17のように部材をセットして試験を行った

アンカー荷重試験添付資料



写真16→報告書(9)
写真17→報告書(10)
写真18→報告書(11)
写真19→報告書(12)



写真14→報告書(7)
写真15→報告書(8)



写真16→報告書(9)
引き抜き荷重 19.6

アンカー荷重試験添付資料



写真18→報告書(11)

引き抜き荷重 20.6



写真19→報告書(12)

引き抜き荷重 21.3



写真15→報告書(8)

引き抜き荷重 20.4

アンカー荷重試験添付資料



写真14→報告書(7)

引き抜き荷重 10.6

数ミリ抜け出てきた



数ミリ抜け出てきた様子



さらに荷重をかけるとまた
数ミリ抜け出てきた

アンカー荷重試験添付資料



拡大写真



別方向からの写真



報告書(5)

引き抜き試験器セット中

アンカー荷重試験添付資料



報告書(5)

荷重をかけると抜けてしまった



報告書(6) 拡張式アンカー(工業用アイレット付)

右側がテスト用



引き抜き試験中にコーン破壊でアンカーが抜けた跡

アンカー荷重試験添付資料



コン破壊の状況と抜けたアンカー



抜けたアンカーを元の場所に立てた