

V-301 後打ちアンカーボルトの疲労特性に関する一考察

長岡技術科学大学 学生員○森山智明

長岡技術科学大学 正会員 丸山久一

長岡技術科学大学 正会員 清水敬二

長岡技術科学大学 中村裕剛

1. はじめに

コンクリート構造物への付属設備の取り付け、あるいは耐震補強を行う場合、適切な接合方法として後打ちアンカーボルトを用いる工法がある。この工法は、施工の手軽さ、すぐに荷重が負荷できるなどの利点から、需要は急増している。メーカーによる技術資料、カタログ等に最大耐力は記されているが、機械振動などによる疲労荷重に対しては、その挙動についての研究は少なく、信頼性に疑問を残している。

本研究では、2つの異なった機構の後打ちメカニカルアンカーボルト（拡張型、アンダーカット型）の疲労試験を行い、振動荷重を受ける場合の挙動を明らかにし、疲労性状、破壊モードについて検討した。

2. 実験概要

1) 供試体：今回使用した機構の異なる2種類（拡張型、アンダーカット型）のアンカーボルトの形状、寸法を図-1および表-1に示す。

2) 加振条件：振幅の最大値 P_{max} はそれぞれの静的引抜き耐力の60, 50, 40, 30 %、最小値 P_{min} は0.25 ton と一定とし、載荷速度は8 Hzで加振を行った。一つの荷重レベルに対して供試体数は3本とした。

3) 試験方法：アンカーボルトを図-2に示すコンクリートブロック（圧縮強度 $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ ）の規定の位置に直角に打ち込み、取り付け治具をセットした後、規定のトルクで締め付けた。油圧サーボ型疲労試験機(5ton)にセットし、規定の応力振幅にて加振する。荷重は上部に取り付けたロードセルで検知し、変位は試験機のシリンダーの変位を検出している。繰り返し回数、荷重振幅、変位の各データを載荷開始から破壊に至まで、ある時間間隔で連続的に収録した。

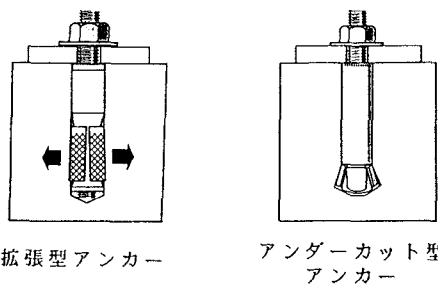


図-1 アンカーボルト形状

表-1 供試体一覧表

試験体 名称	ボルト径 mm	ボルト長さ mm	有効長さ mm	ボルト サイズ	トルク値 kg-m	鋼材強度 kg/mm ²	静的引抜き耐力 ton
拡張型 アンカー	18	90	70	M12	800	88.0	6.05
アンダーカット型 アンカー	18	85	80	M12	700	80.0	5.40

表-2 実験結果

拡張型			アンダーカット型		
P_{max} (ton)	回数	破壊状態	P_{max} (ton)	回数	破壊状態
3.65	730000	コンクリート割れ	3.25	20000	ボルト破断
	1180000	ボルト破断		70000	ボルト破断
	250000	ボルト破断		73500	ボルト破断
3.05	3000000	未破壊	2.75	112000	ボルト破断
	3500000	未破壊		682000	ボルト破断
	3000000	未破壊	2.15	145000	ボルト破断
2.45	3000000	未破壊		74000	ボルト破断
	3000000	未破壊		2100000	ボルト破断
	3000000	未破壊	1.65	1010000	ボルト破断
*3.65	116000	ボルト破断		5500000	未破壊
	75300	ボルト破断			
	182000	ボルト破断			
*3.05	144000	ボルト破断			
	285400	ボルト破断			
	395600	ボルト破断			
*1.85	3865000	ボルト破断			

$P_{min}=0.25 \text{ ton}$ 一定
* 締め付けトルクなし
鋼材断面積：84.3mm²

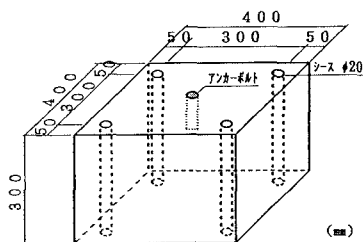


図-2 コンクリートブロック

3. 結果および考察

試験結果を表-2に示す。今回行った静的引抜き耐力の60%以下の応力振幅の場合、破壊モードはボルト破断であり、アンカーボルトの抜け出し等による大きな変位は見られなかった。

拡張型は、応力振幅50%に対しても3本とも300万回で未破壊であり、見かけ上大きな疲労耐力(図-3中◇)を持つ結果となった。しかし、これは図-4に示すように、ボルトにインシャルトルクが作用している場合、振動外力Wが作用しても、実際にボルトに生ずる応力はトルクによる張力 T_t を差し引いた応力振幅 T_f が作用する。未破壊であった供試体の試験後の残留トルクによるボルト張力(プレストレス)は3.0(ton)程度あったため、ボルトにはほとんど応力振幅が作用していないと考えられる。残留トルクによる影響を無くすため、締付けトルクなしで同様の疲労試験を行うとボルト破断に至り図-3○に示される。

アンダーカット型は、初期載荷時の荷重変位-曲線(図-5)を見ると残留変位が大きく、また荷重履歴による残留変位も増加している(図-6)ので残留トルクによるボルト張力 T_t は小さいと考えられる。破壊回数のばらつきにも残留トルクの緩み方のばらつきも含まれていると思われる。今回のボルト破断の結果を土木学会での鋼材の疲労強度を表す式(1)に当てはめると図-3の直線となる。

$$f_{sr} = \left(1 - \frac{\sigma_p}{f_u}\right) \frac{10^a}{N^k} \quad \dots (1)$$

σ_p 最小応力度 f_u 引張強度 a, k 材料定数

これらの結果から、実構造物ではリラクゼーション等によるボルトのプレストレスの減少も考えられるため、ボルト破断においてトルクの影響を考慮しない場合の試験結果と異なることが予想され、試験結果を設計等に考慮するには注意が必要である。

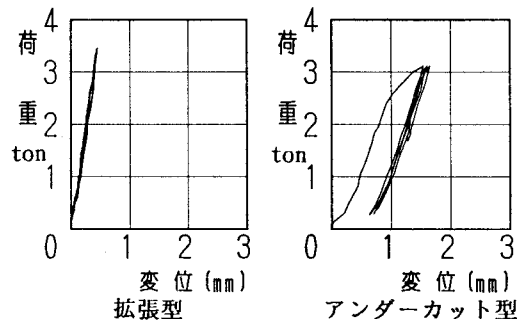
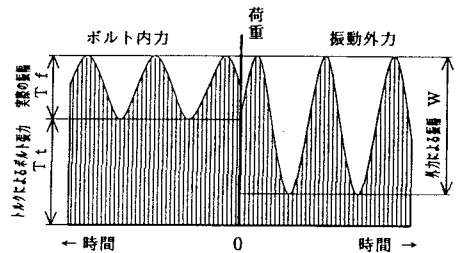
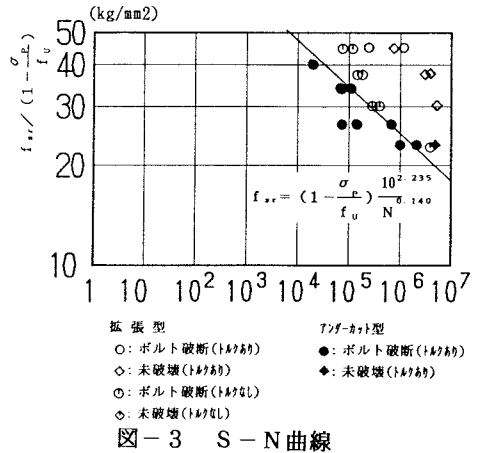
4. まとめ

1)今回使用した拡張型、アンダーカット型の2種類のアンカーボルトは、ボルトの疲労強度を考えることより振動荷重に対して設計できる。

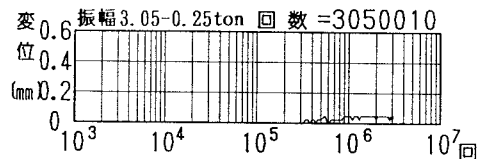
2)ボルト破断の場合、疲労耐力には残留トルクの影響が大きいので、設計に対し注意が必要である。

参考文献

1)疲労特性を考慮したアンカーボルトの設計に関する一考察：百瀬光広，吉岡仁志，清水敬二，丸山久一
第6回土木学会新潟会研究調査発表会論文集P235-238



拡張型



アンダーカット型

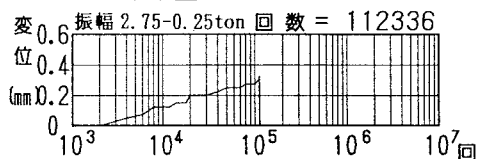


図-6 残留変位-繰返し回数曲線