

長岡技術科学大学大学院 学生員 堀口 博明
 長岡技術科学大学建設系 正会員 丸山 久一
 長岡技術科学大学建設系 正会員 清水 敬二
 長岡技術科学大学大学院 学生員 堀内 友雅

1. はじめに

実構造物に施工されたアンカーボルトに作用する荷重は、純引張や純せん断ばかりでなく、様々な方向の外力が組み合わされて働く。本研究では、アンカーボルトに作用する荷重の方向の違いにより、耐荷性状にどのような変化がみられるのか、代表的なあと施工アンカーである樹脂接着型(RE)、アンダーカット型(UC)、および金属拡張型(EX)を用いて引張・せん断・組合せ荷重下での挙動を調べ、耐荷性状を検討した。

2. 実験概要

本研究で用いたアンカーボルトの諸元を表-1に示す。ボルト径はM16とし、施工に際しては各製品の規定値を用いた。また、コンクリートは3000*600*300mmのスラブとした。引張試験時の反力位置は埋め込み深さの2倍以上離すこととした。せん断試験時にはコンクリートブロックの浮き上がりを防ぐためにPC鋼棒で固定した。また、組合せ荷重試験の荷重方向は45度とし、変位は鉛直及び水平方向で測定した。なお、試験時のシリンドラ強度は $f'_c=315\sim356\text{kgf/cm}^2$ であった。

表-1 供試体諸元

	接着系 (REタイプ)	メカニカル系 (UCタイプ) (EXタイプ)	
	SS400	8.8 (ISO 898 T1)	
鋼材強度区分			
ボルト径	M16		
埋込み深さ (cm)	13.0	11.0	11.0
有効断面積 (cm^2)	1.57*		
締付けトルク (kgfcm)	-	1200	1200

* せん断、組合せ荷重の場合、EXタイプはスリーブを考慮すると 3.37cm^2 。

3. 実験結果及び考察

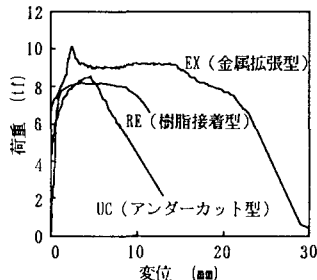
表-2に実験結果を、図-1に荷重-変位曲線の一例を示す。

3.1 引張試験

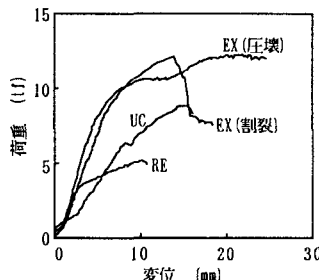
図-1(a)より、金属拡張型の最大耐力はアンダーカット型よりも大きく、最大耐力以降すぐにはコーン状破壊をしていないことより、ボルトの引き抜けが確認できる。また、アンカーの拡張力により生じる放射状のひび割れも認められることから、金属拡張型の最大耐力はコーン形状の他、拡張力の影響も受けると考えられる。従って、従来のコーン状破壊の検討とは別に、拡張力によるアンカーとコンクリート孔壁間の摩擦力を考慮した算定式を考える必要がある。

表-2 実験結果

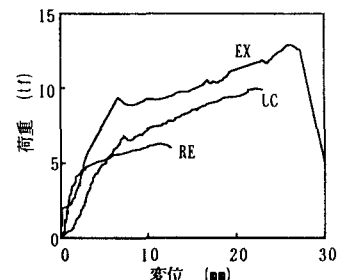
試験種類及び供試体名	最大耐力 (tf)	最大耐力時変位 (mm)	破壊モード
引張			
RE	8.14	3.23	ボルト破断
UC	8.12	5.48	コーン状破壊
EX	10.00	2.25	コーン状破壊
せん断			
RE	5.35	10.13	ボルト破断
UC	9.04	13.50	ボルト破断
EX	11.46	14.25	割裂・圧壊
組合せ			
RE	6.24	13.07	ボルト破断
UC	9.87	22.74	ボルト破断
EX	13.09	28.38	コーン状破壊



(a) 引張



(b) せん断



(c) 組合せ

図-1 荷重-変位曲線の一例

3. 2 セン断試験

図-1(b)より、載荷初期の高い剛性を示す区間と、ボルトの降伏、コンクリートの圧壊により剛性が低下する区間があり。この傾向は、樹脂接着型において顕著である。破壊モードは樹脂接着型、アンダーカット型はボルト破断であった。一方、金属拡張型は、せん断力に対しボルトとスリーブが一体となり、ボルト部の有効断面積が増加しコンクリート破壊となった。

3. 3 組合せ荷重試験

図-1(c)より、概ねせん断試験と同様な傾向がある。荷重角度は45度であったが、ボルトの引き抜け方向は、図-2に示すように水平方向が大きくなった。この挙動は、ボルト軸と荷重軸との関係を折れ曲がった棒に見立てれば、棒の両端を引張ったときに棒が直線状になろうとする性質と同じである。

3. 4 載荷方向-最大耐力の関係

図-3に、載荷方向-最大耐力の関係を示す。なお、耐力比(P/P_u)はボルト材の破断強度(実測値)を100とした時の最大耐力の割合である。鋼材の降伏条件は一般に、Misesの条件で与えられるので、これを破壊時まで拡張できるとして図中に示した。樹脂接着型は全てボルトが破断しているので、最大耐力は鋼材の性質に依存しており、Misesの条件との適合性も良好である。一方、コンクリートが破壊する場合については鋼材の破壊の基準とは大きく異なっており、せん断方向が高い値を示している。これは引張荷重に対してはコンクリートがコーン(引張強度)で破壊するのにに対し、ボルト軸からの載荷方向の傾きが大きくなるとコンクリートの圧壊(圧縮強度)で破壊するためであると考えられる。従って、ボルト軸に対する載荷方向の傾きが大きくなるにつれて、コンクリートの破壊モードがコーン破壊から圧壊へ変化しコンクリートの破壊耐力は増加するが、鋼材の破壊強度はMisesの条件によって低下するので、よりボルト破断しやすくなる。

以上より、コンクリートの破壊条件を明らかにすることによって、様々な載荷方向に対するアンカーボルトの耐力、破壊モードを得ることが出来た。

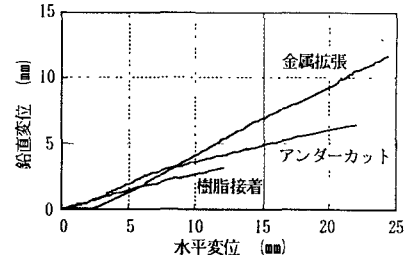


図-2 アンカーボルトの引き抜け角度

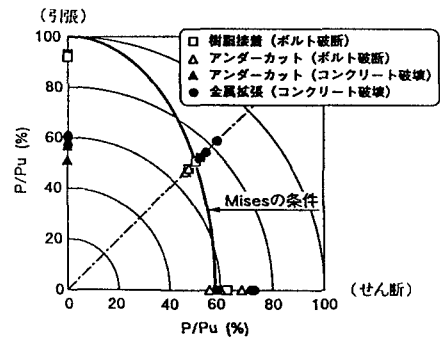


図-3 載荷方向と最大耐力の関係

4. まとめ

- 1) 金属拡張型アンカーボルトの引張耐力の算定には、拡張力によるアンカーとコンクリート孔壁間の摩擦力を考慮する必要がある。
- 2) ボルト破断の検討については、Misesの破壊条件が適合するので、コンクリートの破壊条件を明らかにすれば、様々な荷重角度に対するアンカーボルトの耐力、破壊モードを得ることが出来る。

【謝辞】

本研究を実施するにあたり、(株)東芝にはご支援を頂き、また、文部技官の中村裕剛氏には実験の実施にあたり多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 百瀬光弘、丸山久一、清水敏二：アンダーカット型アンカーボルトの性状に関する研究
コンクリート工学年次論文報告集、12-2、1990、pp801～806