

## 繰返しせん断力を受けるアンカーボルト定着部の耐荷性能に関する基礎的研究

愛知工業大学 学生会員 ○池田あすか 愛知工業大学 正会員 鈴木森晶  
 愛知工業大学 正会員 宗本 理 愛知工業大学 正会員 嶋口儀之

### 1. 序論

複合構造の接合部として、落橋防止装置をはじめとする様々な構造物にあと施工アンカーボルトは多用されている。一般的に、ボルト定着部は静的荷重下におけるボルト破断を想定した設計がなされている。しかし実際にアンカーボルトを使用する際、地震による力は覆工コンクリートからアンカーボルトに伝わり、せん断方向に働く可能性が考えられる。地震のような動的荷重が作用した際、瞬間的にひずみ速度が増し、最大応力を迎えた後に応力が急激に下がることで、実際の破壊性状はコーン破壊や付着破壊のような脆性破壊が生じる可能性がある。そこで本研究では、あと施工アンカーボルト定着部を対象としたせん断方向の繰返し載荷試験を実施する。具体的には、速度を変えた繰返し荷重をせん断方向に作用させることでボルト定着部を損傷させる。その後、ボルト定着部の静的引抜き試験を行い、繰返しせん断力を受けるボルト定着部の残存耐荷力を把握する。上記より、静的繰返しせん断載荷と、動的繰返しせん断載荷による試験結果を比較した上で、載荷速度や載荷方向がボルト定着部に与える影響について検討を行う。

### 2. 実験概要

#### 2.1 供試体概要

供試体寸法を図-1に示す。供試体には、骨材によるバラツキを軽減するためにモルタルを用いて、幅500mm、奥行き500mm、高さ300mmのモルタルブロックを作製し、全長400mmのアンカーボルトを200mm埋め込んだ。モルタルは呼び強度C=480、水セメント比57%のものを使用した。アンカーボルトはD29を使用し、あと施工にはエポキシ樹脂を用いてモルタルとアンカーボルトを定着させた。補強鉄筋にはD10を使用し、かぶり50mm、あき60mmの位置に配置した。

#### 2.2 載荷方法

載荷ケースを表-1に示す。せん断方向の載荷方法に関して、単調載荷、漸増繰返し載荷の2種類による載荷方法とした。せん断載荷試験を行う際の載荷速度は0.008mm/sと、使用する試験機の最大入力速度である80mm/sとした。せん断方向の載荷方法を図-2に示す。実験には4830形制御装置SHIMASZUサーボパルサを使用する。せん断試験を行うときはアンカーボルトを水平に設置し、試験機に接続した治具によりモルタル上面近傍のアンカーボルトにせん断力を作用させる供試体の傾倒防止用治具を、ボルト側とその背面に設置した。静的引抜き試験時にはアンカーボルトが鉛直方向になる向きに供試体を設置し、供試体上面には想定したコーン破壊領域を妨げないように、治具を置いた上で底板とボルト固定し、供試体の鉛直方向を固定した。

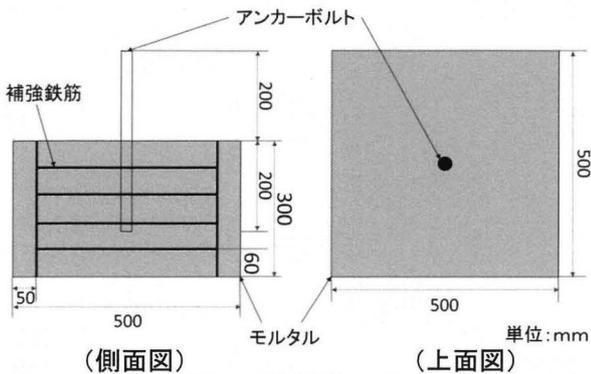


図-1 供試体寸法

表-1 載荷ケース

記号	変位 (mm)	載荷ケース	載荷速度 (mm/s)
ST-ML	20	単調載荷	0.008
DT-ML			80
ST-PL		漸増繰返し載荷	0.008
DT-PL			80

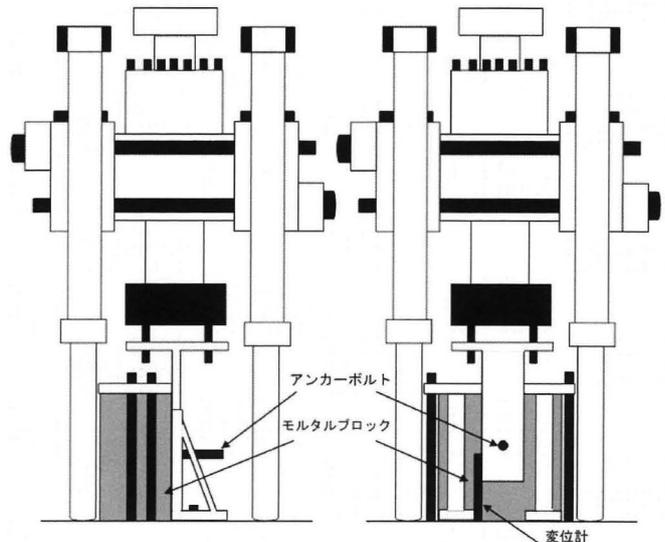


図-2 せん断方向の載荷方法

### 3. 実験結果

#### 3.1 荷重-変位関係

単調荷重によるせん断試験後の静的引抜き試験結果として荷重-変位関係を各ケース別にまとめたものを図-3, 漸増繰返し荷重によるせん断試験後の静的引抜き試験結果として荷重-変位関係を各ケース別にまとめたものを図-4に示す。これらの図より、荷重の初期剛性は静的せん断載荷試験に比べて動的せん断載荷試験により損傷を与えたケースの方が荷重ケースに関わらず大きい傾向となった。これは動的荷重が与えられた際、荷重方向のモルタルがより密になったためではないかと考えられる。最大荷重に関しては、荷重方法や荷重速度による影響はあまり見られなかった。さらに、動的せん断載荷により損傷を与えたケースは、荷重方法に関わらず最大荷重以降の荷重が急激に低下している傾向が得られており、ボルト定着部は動的荷重による損傷を受けると脆性破壊が生じる可能性が高くなることが予測される。また、供試体の残存耐荷性能である吸収エネルギー（荷重-変位曲線に囲まれた面積）は、荷重方法に関わらず静的せん断載荷試験を実施したケースよりも動的せん断載荷試験を実施したケースは約0.7倍に低下していることがわかった。つまり、同じエネルギー量の損傷を与えたとしても、荷重速度が速くなるにつれて残存耐荷性能は低下することが考えられる。

#### 3.2 破壊性状

各ケースにおける破壊性状として、静的引抜き試験後の試験体上面の様子を写真-1(a)~(d)に示す。ST-ML, DT-MLでは、荷重方向とは反対側のアンカーボルト周りが大きくコーン破壊をしている傾向がみられた。これは、せん断方向に荷重を行った際、埋め込み深さ200mm付近のアンカーボルトとモルタルの付着が片側のみ切れたことが原因と考えられる。ST-PL, DT-PLではコーン破壊が小さく、モルタルと樹脂間によって付着破壊したものが多くみられた。これは、繰返し荷重を与える際に、荷重方向と反対側のモルタル樹脂間に何度も引張力が働いたため、付着が切れたのではないかと考えられる。また、荷重速度による影響に関しては、目視可能な試験体上面の破壊性状からは違いを把握することができなかった。以上の事から、荷重方法による違いは目視可能な試験体上面の破壊性状から予測可能であることが分かった。

### 4. 結論

- 1) 荷重の初期剛性は静的せん断載荷試験に比べて動的せん断載荷試験により損傷を与えたケースの方が荷重ケースに関わらず大きい傾向となった。
- 2) 同じエネルギー量の損傷を与えた場合、荷重速度が速くなるにつれて残存耐荷性能は低下することが考えられた。
- 3) 目視可能な試験体上面の破壊性状から、荷重速度による影響に関しては予測不可能であるが、荷重方法による違いは予測可能であることが分かった。

#### 謝辞

本研究は、平成30年度科学研究費補助金・若手研究(B)(研究代表者：宗本理、課題番号16K18142)の助成を受けて行いました。ここに記して、深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

緒方紀夫, 大中英揮, あと施工アンカーボルトのせん断耐力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 2, pp. 1665-1670, 1997

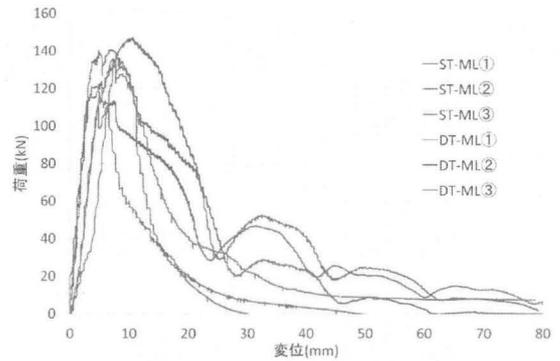


図-3 静的引抜き試験(単調荷重) 荷重-変位関係

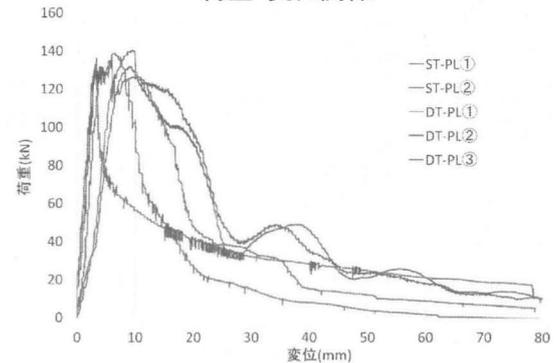
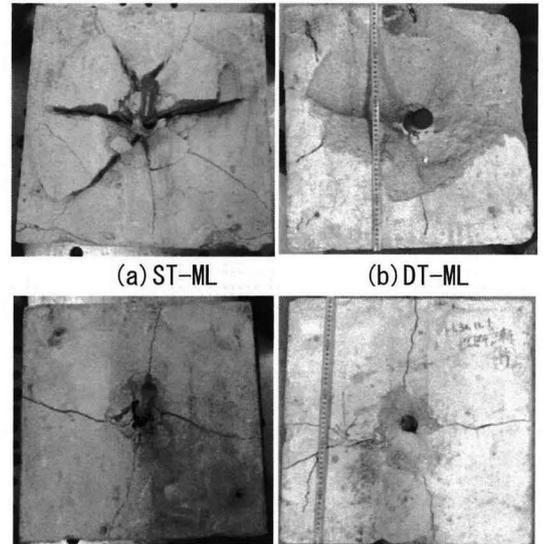


図-4 静的引抜き試験(漸増繰返し載荷) 荷重-変位関係



(a) ST-ML (b) DT-ML  
(c) ST-PL (d) DT-PL  
写真-1 試験後の供試体上面