

I - 34

曲げおよび軸力を受ける鋼脚柱定着部の繰返し载荷実験

名古屋工業大学 学生員 上條 崇
(株)大林組 正員 日比 幸一
名古屋工業大学 正員 小畑 誠

名古屋工業大学 正員 後藤 芳顕
トピー工業(株) 正員 藤原 英之

1. まえがき

本実験は、コンクリートフーチングへの定着方法として最も一般的に用いられているアンカーフレーム杭方式による円形断面鋼脚柱定着部の実構造に対し約1/5の縮尺率を持つ供試体をもとに、曲げモーメントおよび軸力载荷時の柱基部、アンカーボルト、アンカービーム、フーチングコンクリートからなる定着部全体の構造システムとしての繰返し荷重下の力学挙動を単調载荷時の挙動と比較することにより明らかにすることを目的とする。

2. 供試体

はじめに供試体の主要寸法、即ちアンカーボルト直径、アンカーボルト埋め込み長、ベースプレート直径、アンカーフレーム高さ、フーチング寸法および円形鋼脚柱直径を一般的な鋼製脚柱定着部の構造寸法を約1/5にすることにより決定した。つぎに、鋼柱頂部に死荷重と設計水平震度0.3の地震荷重が作用している鋼脚柱モデルを考え、圧縮側縁端アンカーボルトの応力が許容応力度となる定着部の設計曲げモーメント、および軸力をアンカーフレーム杭方式の設計法（首都高速道路公団¹⁾、名古屋高速道路公社²⁾）により算出し、この荷重値に対してアンカービーム寸法を決定した。供試体形状を図1に、材料定数を表1に示す。

3. 载荷方法

供試体の载荷方法は図2に示すように、上部構造からの荷重として死荷重による鉛直荷重 $V=35$ (tf)と地震荷重による水平荷重 H を鋼製脚柱に見なした鋼管を介し定着部に作用させる方法とする。図中に記載している鉛直荷重 V の値は、先に述べた設計荷重の与え方に基づき算出したものである。鉛直荷重 V は死活荷重を想定しているため一定値としている。本実験では供試体は計二体(供試体A, B)を使用し、単調载荷、繰返し载荷の2パターンの载荷試験を行っている。

(1) 供試体A（単調载荷実験）

- 軸力の影響を検討するための設計荷重内での载荷実験
- 単調载荷耐力力実験

(2) 供試体B（繰返し载荷実験）

ECCS³⁾の基準に従い、単調载荷試験の結果をもとに水平荷重載荷位置での弾性限界水平変位 δy を決定する。つぎに、軸力を設計値 $V=35$ (tf)まで増加させる。その後、

- $-\delta y/4 \leftrightarrow +\delta y/4$ の振幅で1回の繰返し。
- $-\delta y/2 \leftrightarrow +\delta y/2$ の振幅で1回の繰返し。
- $-3\delta y/4 \leftrightarrow +3\delta y/4$ の振幅で1回の繰返し。
- $-\delta y \leftrightarrow +\delta y$ の振幅で1回の繰返し。
- $-2n\delta y \leftrightarrow +2n\delta y$ の振幅で3回の繰返し。(n=1, 2, ...)

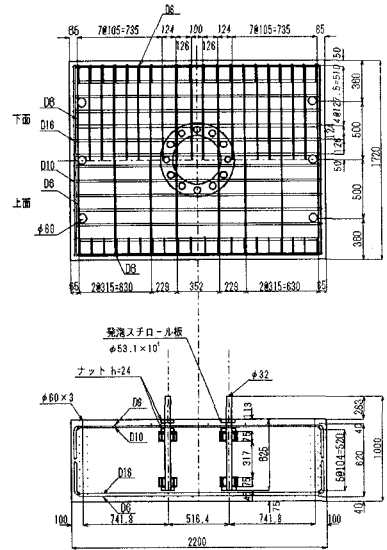


図1 供試体形状

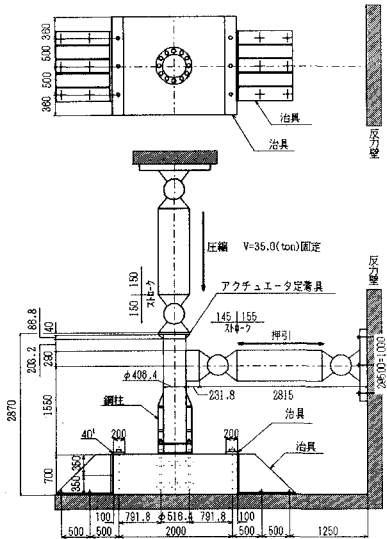


図2 供試体の载荷方法

表1 材料定数

アンカーボルト	$\sigma_{sy}=1900(\text{kgf/cm}^2)$
アンカービーム	$\sigma_{sy}=1900(\text{kgf/cm}^2)$
ベースプレート	$\sigma_{sy}=1900(\text{kgf/cm}^2)$
フーチングコンクリート	$\sigma_{ck}=209(\text{kgf/cm}^2)$
ベース下モルタル	$\sigma_{ck}=539(\text{kgf/cm}^2)$
アンカービーム内モルタル	$\sigma_{ck}=664(\text{kgf/cm}^2)$

という具合に、振幅を漸増させ破壊まで载荷を続ける。

4. 実験結果と考察

(1) 軸力が定着部の挙動に与える影響

柱からの圧縮軸力が定着部の挙動に与える影響を確認する目的で4種類の軸力作用下で、水平荷重を設計荷重まで単調に载荷したときの、定着部モーメント M と相対回転角 θ の関係を図3に示す。図3より、一般に鉛直圧縮荷重が増加すると、定着部の相対回転剛性が増加の傾向を示している。これは、鉛直圧縮荷重が大きいくほど、下ベースプレートがフーチングと離間しにくくなるためである。また、フーチングにアンカービームの引き抜きせん断破壊が生じて柱の軸圧縮力が作用しているため荷重がさらに上昇する。図4には、単調载荷時のアンカーボルトの各荷重レベルでの応力分布を示している。これによると、アンカー部がまだ十分な剛性を持っている水平荷重 $H=40.6$ (tf) レベル ($M=62.9$ (tf m)) で既にボルトの塑性化はかなり進んでおり、設計においてボルトの塑性化を考慮した分布を考えることの妥当性が確認できる。また、軸圧縮力が作用しているにもかかわらず、引張り側のアンカーボルトから先に塑性化が生ずることがわかる。これは、杭方式の力学モデルと異なりベース下モルタルによりベースプレートからフーチングへ支圧によりかなりの圧縮荷重が伝達される結果である。

(2) 繰り返し载荷時の耐荷性状

繰り返し载荷で得られた定着部の $M-\theta$ 関係を図5に示す。この図から、アンカーフレーム杭方式のアンカーボルトは圧縮にも抵抗する構造にはなっているが、定着部モーメントが増大するとアンカーボルトの塑性化による残留変形によりアンカーフレーム単鉄筋方式と同様、スリプ型の復元力特性を示すようになる。繰り返しによる影響を検討するために、単調载荷実験から得られた $M-\theta$ 関係と繰り返し载荷実験の $M-\theta$ 関係の包絡線との比較を図6に示す。図6において設計荷重 ($M=16.3$ (tf m)) の4倍までの定着部モーメントに対しては、単調载荷と繰り返し载荷に差異は見られないが、繰り返しによる定着部モーメントが増大すると剛性、耐力が単調载荷時に比べ大きく低下していく。なお、定着部の破壊はいずれの場合もアンカーボルトのナットの滑りか、ボルト自体の破断によっている。繰り返しによる劣化は主にベースプレート下のモルタル及びフーチングの圧壊に起因している。

5. まとめ

今回の実験により軸力の影響による定着部の剛性の上昇が確認された。また、単調载荷実験と繰り返し载荷実験との比較から、繰り返し载荷時にはベースプレート下のモルタル及びフーチングが圧壊し定着部剛性、強度劣化に対して大きな影響を及ぼすことが明らかになった。最後に本実験ではトピー工業第一技術研究所の方々に多大なご援助を頂いたことに謝意を表する。

【参考文献】 1) 首都高速道路公団：鋼構造物設計基準, 1992 2) 名古屋高速道路公社：鋼構造物設計基準, 1984 3) ECCS: Recommended Testing Procedure for Assessing the Behavior of Structural Steel Elements under Cyclic Loads, 1986

