

鋼管単柱鉄塔と場所打ち杭の定着に関する模型実験

東電設計(株) 正会員○玉置 久也
東電設計(株) 正会員 高橋 秀明

東京電力(株) 正会員 岡田 浩士
東京電力(株) 正会員 田邊 成

1. はじめに

狭隘なスペースに建設される鋼管単柱鉄塔は、従来の鉄塔基礎とは異なり図-1 に示すような大口径の1本杭（場所打ち杭）の頭部にアンカーボルトで定着したコンパクトな基礎形状である。既往の模型実験¹⁾によれば、モーメント荷重に対し定着部は割裂破壊モードを示すことが明らかとなっている。図-2 はアンカーボルトに作用する引張軸力によって生じた割裂ひび割れの概念図と既往の試験体(M1-1)のひび割れ状況を示した。

本研究では、コンパクトな基礎形状を維持したまま定着部の割裂耐力を向上させるため、杭の上部に RC 部を増設する工法を提案した。増設した補強主鉄筋が引張軸力を分担することで、割裂破壊を引き起こすアンカーボルトの引張軸力を低減させる効果を模型実験で確認した。

2. 実験概要

本実験は図-1 に示した既往の試験体の上部に2タイプのRC部を増設し、上下部を一体化させるため補強主鉄筋を設置した。2体の試験体の仕様を表-1 に、試験体 M1-3-2 の配筋状況を図-3 に示す。増設したRC部を「上部」、それ以外を「下部」と呼ぶ。試験体の基礎形状・寸法は、既往の試験体 M1-1 と同様とした。M1-3-1 は中程度、M1-3-2 は最大の耐力増加を想定した試験体で、上部の寸法と配筋仕様を変化させた。

3. 実験結果

載荷モーメントと柱基部プレートの回転角の関係を図-4 に示す。M1-3-1 の最大荷重は2448kN・m、M1-3-2 の最大荷重は3010kN・mと、既往の試験体 M1-1 の最大荷重(1357 kN・m)を上回った。また、M1-3-2 は M1-1 と同様に最大荷重後も延性的な挙動を示したが、M1-3-1 は最大荷重後に荷重が低下する脆性的な挙動となった。

M1-3-2 試験体の最大荷重時の表面ひび割れ図を図-5 に、載荷モーメントとフープ鉄筋ひずみの関係を図-6 に示す。曲げひび割れ（水平方向ひび割れ）と割裂ひび割れ（鉛直方向ひび割れ）は下部に多く発生した。また、曲げひび割れのほとんどは荷重の小さい段階で発生したが、割裂ひび割れは最大荷重に近づくにつれて増加した。半径方向の割裂ひび割れの発生に伴い、フープ鉄筋ひずみは増加し、ひび割れの多い下部では最大荷重付近で数本が降伏ひずみに達した。一方、ひび割れの少ない上部のフープ鉄筋ひずみはすべて降伏ひずみの半分程度であった。以上から、杭の上部に RC 部を増設した場合でも、定着部の耐力は下部の割裂破壊で決定されることが明らかとなった。

下部の杭体に発生した割裂ひび割れは、周方向に引張応力が作用することで発生する。周方向の引張応力はアンカーフレームから外周方向に

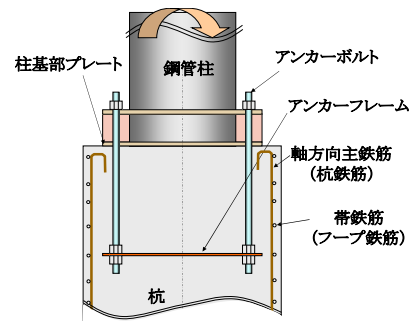


図-1 アンカーボルト定着方式

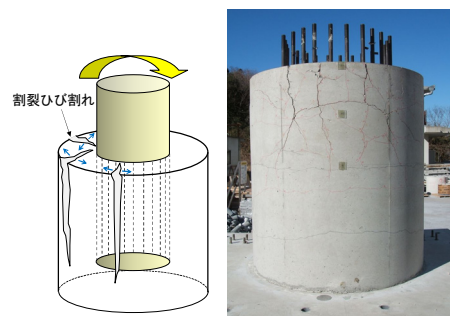


図-2 割裂ひび割れの概念図と既往の試験体のひび割れ状況

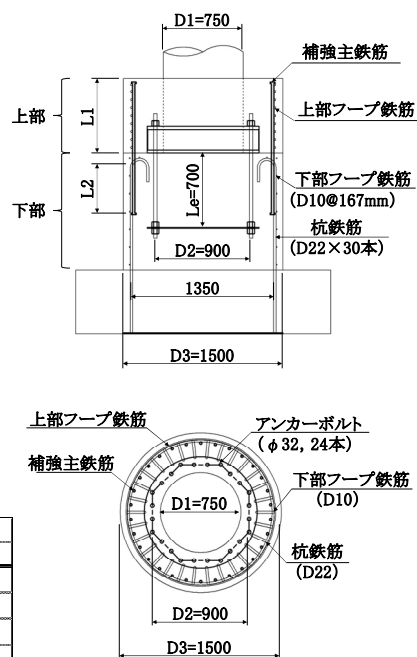


図-3 本実験の試験体 (M1-3-2)

表-1 試験体寸法

項目	本実験の試験体		
	既往の試験体 M1-1	M1-3-1	M1-3-2
杭径 D3(mm)	1500	1500	1500
打設高さ L1(mm)	—	550	700
補強主鉄筋径	—	D19	D22
定着長 L2(mm)	—	190	440
上部フープ鉄筋径	—	D10	D19
上部フープ鉄筋ピッチ	—	@150mm	@75mm
コンクリート強度 $f_c(N/mm^2)$	21.7	32.0	35.2

キーワード 鋼管単柱、アンカーボルト、モーメント荷重、模型実験、割裂破壊

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計株式会社 土木本部 送変電土木部 TEL 03-6372-5266

作用する支圧応力（内圧応力）によって発生するため、アンカーボルトの引張軸力（以下「 T_a 」と呼ぶ。）に着目した。図-7 は試験体に作用する外力（载荷モーメント、自重）と鋼管柱基部における内力の釣り合いを示した。増設無しの M1-1 試験体は、アンカーボルトの引張軸力 T_a とコンクリートの支圧応力 C_f で外力に抵抗する。一方、上部に増設した 2 体の試験体は、引張側は補強主鉄筋の引張軸力（以下「 T_s 」と呼ぶ。）が、圧縮側は支圧面積の増加がそれぞれ期待できる。なお、断面内におけるひずみの平面保持が成立することを補強主鉄筋とアンカーボルトの計測ひずみデータから確認した。

以上のうち、引張側の荷重分担に着目して载荷モーメントと引張軸力 T_a および T_s の関係を図-8 に示した。図に併記した試験体下部の計算割裂耐力²⁾は 3 体とも最大荷重時の T_a とほぼ一致しているため、下部の割裂破壊はアンカーボルトの引張軸力 T_a によって発生することが確認できた。また、上部が無い M1-1 に比べて、上部を増設した試験体は T_a が同じ値に達するときのモーメントが大きくなった。これは、補強主鉄筋が引張軸力を分担したためである。M1-3-2 は補強主鉄筋径が大きいので T_s の分担が大きく、モーメントは M1-3-1 より大きい。

定着長の短い M1-3-1 は最大荷重後の T_a 、 T_s の増減が大きく、定着長の長い M1-3-2 は最大荷重後の T_a 、 T_s の増減は比較的小さい結果となった。よって、M1-3-1 は最大荷重後に外力と釣り合っていた内力が急激に減少したため脆性的な挙動を示したと考えられる。 T_s の減少は、割裂ひび割れ発生に伴う補強主鉄筋の付着力の低下を表し、定着長が短いほど顕著となる。以上から、最大荷重後の破壊性状は定着長が短い場合は脆性的な挙動を、長い場合は延性的な挙動を示すと考えられる。

4. まとめ

- (1) 鋼管単柱鉄塔基礎の定着部の耐力は上部増設の有無に関わらず、アンカーボルトの引張軸力 T_a による下部の割裂破壊で決定される。
- (2) 杭の上部に RC 部を増設すると、上下部を一体化する補強主鉄筋が引張軸力を分担するため、 T_a が割裂耐力に達するときのモーメントは大きくなるのがわかった。
- (3) 上部構造が異なる試験体で载荷実験を行った結果、補強主鉄筋径は分担する引張軸力に、定着長は破壊性状に影響すると考えられる。

参考文献

- 1) 斎藤修一他 3 名；4 本杭に支持された鋼管単柱鉄塔基礎へのアンカーボルト定着に関する模型実験，コンクリート工学年次論文集，vol.30, No.3，pp487-492，2008
- 2) 吉井幸雄他 3 名；送電用鉄塔基礎の支圧板定着方式による脚材定着手法に関する実験的研究，土木学会論文集，No.660/V-41，pp.129-141，1998

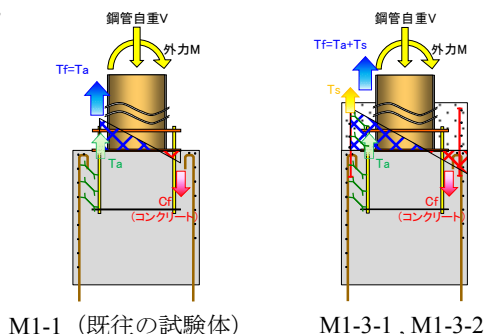


図-7 外力と内力の関係

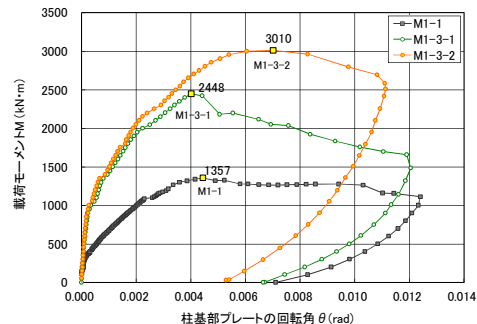


図-4 载荷モーメント M と柱基部プレートの回転角 θ の関係

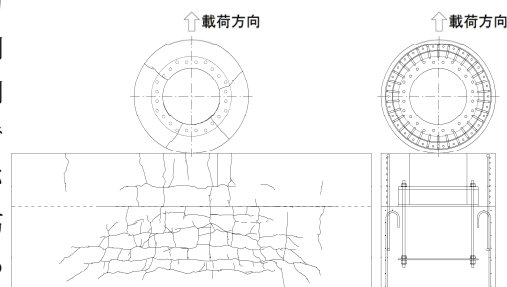


図-5 表面ひび割れ図(M1-3-2)

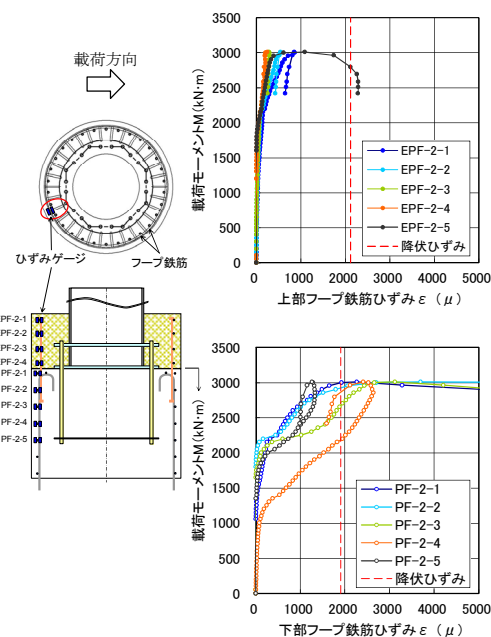


図-6 载荷モーメントとフープ鉄筋ひずみの関係(M1-3-2)

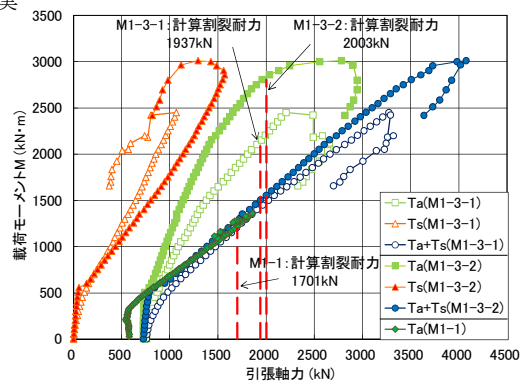


図-8 载荷モーメントと引張軸力の関係