

論文 鉄筋コンクリートフーチングの3次元有限要素解析

牧 剛史*¹・田邊 成*²・前川宏一*³

要旨：本論文は送電用鉄塔基礎フーチングの押し抜きせん断挙動を3次元構造解析プログラムを用いて推定し、併せて組み入れた3次元鉄筋コンクリート構成則の検証を行ったものである。検証において、終局荷重・荷重-変位関係・せん断補強筋降伏荷重の3点を評価の指標としている。その結果、比較的粗いメッシュの分割を行っても、載荷形式を適切にモデル化すれば、現実の結果に即した推定が可能であることが認められた。

キーワード：3次元構造解析、フーチング、終局荷重、せん断補強筋

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造はひび割れ以後及び鉄筋降伏後に強い非線形性を呈するため、統一的な手法による力学挙動の推定は容易ではないが、現在では2次元応力場での構造解析手法は確立されつつある。しかし、3次元応力流れを持つ構造物に対して2次元解析を準用するにはおのずと限界があり、あらゆる構造物に対して適用可能な3次元構造解析手法の確立が今後一層望まれる。本論文は、ひび割れを含む3次元鉄筋コンクリート構成則と、それを組み入れた3次元有限要素解析プログラムの適用性を、送電用鉄塔基礎フーチングの押し抜きせん断試験の結果を用いて検証することを目的としたものである。

2. 送電用鉄塔基礎フーチングの押し抜きせん断試験

2. 1 送電用鉄塔基礎

超高圧送電用鉄塔の大型化に伴い、その基礎フーチング(図1)も併せて大型化が進み、実物大の試験体による実験が技術や経済性の面で困難となってきている。一方、縮小モデルによる実験は、せん断破壊強度の寸法効果[1]を考慮すると、必ずしも安全側の評価を与えないため、縮小実験の結果を実大構造に直接当てはめることは出来ない。従って、この問題に対して解析的なアプローチが望まれるのである。検証に用いる実験は本来、フーチングの押し抜きせん断耐力算定式の作成のために行われたものであるが、本論文においてはこの試験結果を用いて、3

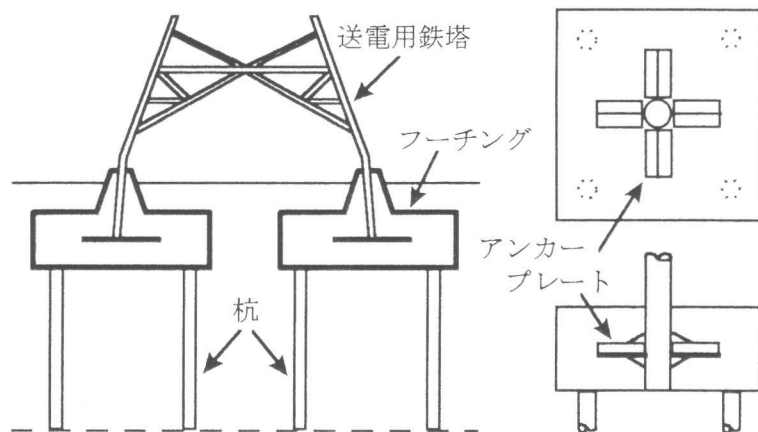


図1 送電用鉄塔基礎フーチング

*1 東京大学大学院 工学系研究科土木工学専攻 (正会員)

*2 東京電力(株) UHV送変電建設所 (正会員)

*3 東京大学助教授 工学部土木工学科、工博 (正会員)

次元非線形解析のチェックと、目では見ることの出来ないフーチング内部のせん断ひび割れ挙動を推定することを試みるものである。

2.2 試験概要

せん断耐力に影響を及ぼす因子を様々な変化させた4種類の試験体を用いて載荷試験を行った。各試験体の諸元を図2

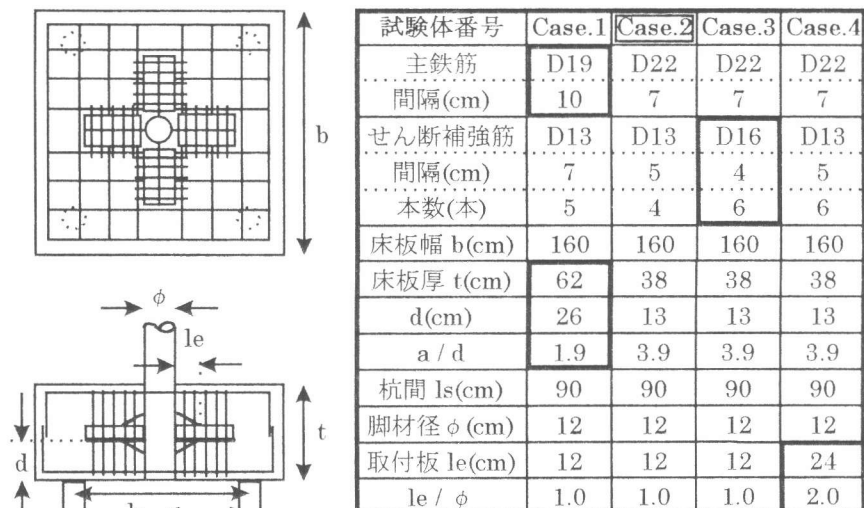


図2 各試験体の因子

に、各材料特性値を表1に示す。また、本実験における主要な測定項目を表2に示す。試験体は鋼管杭による4点支持とし、載荷板を取り付けた脚材による1点強制変位載荷を行った。載荷ピッチは各ステップ 5tf ピッチを基準とし、予想ひび割れ荷重近傍及び予想終局荷重近傍では 1~2tf ピッチとしている。載荷開始直後は荷重を均等に配分するために、支承のジャッキアップによる調整を行っており、開始直後の数ステップ間の測定変位については精度が十分保証できないものと考えられる。そのため、開始後数ステップの測定変位を補正し、さらにそれに合わせて全ステップの測定変位を補正する必要がある。

表1 各材料の特性値

コンクリート (単位: MPa)				
	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4
圧縮強度	36.7	37.9	37.5	38.1
引張強度	3.02	3.33	3.15	3.48
鉄筋 (単位: MPa)				
	D13	D16	D19	D22
降伏強度	376.2	396.1	511.9	518.0
弾性係数	1.80E+5	1.62E+5	1.89E+5	1.90E+5

表2 押し抜きせん断試験の測定項目

測定目的	測定部材	測定項目	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4
荷重管理	大型試験器	荷重	1点			
床板変形	フーチング	変位	11点			
床板変形	主鉄筋	軸ひずみ	16点			
せん断補強筋挙動	せん断補強筋	軸ひずみ	70点	40点	60点	60点

2.3 試験結果

Case.1~4 まで全て押し抜きせん断破壊を生じた。各ケースとも初めに床板裏面に曲げひび割れが発生し、側面まで達した後、内部でせん断ひび割れが発生したことが、せん断補強筋ひずみの測定から推定された。せん断ひび割れが裏面まで達し、同心円状ひび割れが形成された後に、せん断補強筋が降伏を始める。やがて全せん断補強筋が降伏し、しばらくして終局に至った。ただし、Case.3においては多量のせん断補強筋が配置されており、せん断補強筋が降伏を開始する以前に水平ひび割れを生じて終局に至った。他の3ケースは全てせん断補強筋の全降伏が観察された。各ケースのせん断補強筋降伏開始荷重、全面降伏荷重及び終局荷重と荷重-変位関係の一例は、後章の解析結果と併せて示す。