

増し杭による鉄塔既設基礎補強設計手法の提案

Proposal of a Reinforcement Design Method for Steel Tower Foundations Using Additional Piles

(工務技術センター 技術G)

鉄塔の建替え工事は、鉄塔敷地制約が厳しい場合、元位置での建替えとなり、一般的に既設基礎の周囲に新設基礎を構築している。しかし、既設基礎と新設基礎を一体化することで、新設基礎の規模縮小が図れ、建設費用の低減が可能と考えられる。そこで、既設基礎と形態の異なる新設基礎を一体化した基礎の設計方法について検討を実施し、増し杭補強基礎の設計手法が得られた。

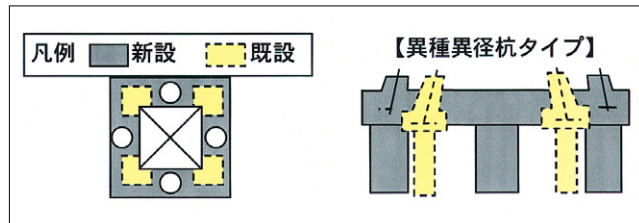
(Technical Section, Electrical Engineering Technology Center)

In the reconstruction of steel towers, a new tower is reconstructed at the original tower location if the area is limited, and, generally, the new foundation is built around the existing foundation. However, it is believed that, by integrating the existing foundation and the new foundation, the size of the new foundation can be reduced and the construction costs can be lowered. Therefore, we have considered a design method for a foundation integrating existing foundations and new foundations having different structures, and have established a new design method for steel tower foundation reinforcement using additional piles.

1 研究の背景

元位置での鉄塔建替えに際し、既設基礎の周囲に新設基礎を構築するが、既設基礎と新設基礎を一体化し、既設基礎の支持力を期待する「増し杭補強基礎」にすることにより、新設基礎の規模縮小が図れ、建設費用の低減が可能と考えられる。しかし、既設基礎と増し杭の種類や形状が異なる場合、当社現行設計手法は適用できない(第1図)。

そこで、FEM解析ならびに既往の試験結果に基づき合理的な設計手法の検討を実施した。

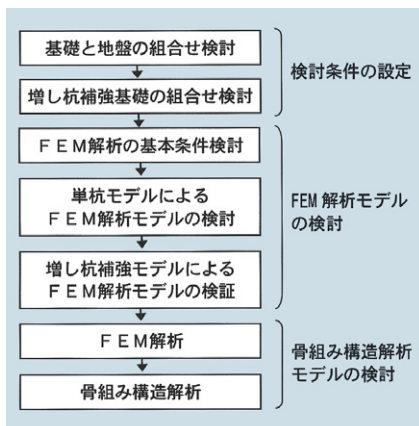


第1図 既設基礎と新設基礎との一体化(増し杭補強)

2 研究の概要

(1) 検討手順

本研究では、検討条件を基礎の剛性別に組合せて設定、FEM解析にて得られた結果に基づき、建築など他分野で、広く使われている簡易な骨組み構造解析による設計手法の構築について検討することとした。



第2図 検討手順

(2) 検討条件の設定

本検討にて想定する地盤および基礎の組み合わせは、第1表に示す杭基礎の剛性別の設定とし、増し杭補強基礎の検討は、第2表に示す既設基礎の種類および剛性を考慮した組み合わせとした。

第1表 想定地盤モデルと基礎の組合せ

ケース	1		2		
杭種	杭基礎				
杭の剛性	有限長		半無限長		
杭径	φ2.0m		φ2.0m		
杭長	16.0m		21.0m		
想定地盤 および 深度(m)	0-5	N値	5(砂)	N値	5(砂)
	5-10	N値	50(砂)	N値	50(砂)
	10-15	N値	50(砂)	N値	50(砂)
	15-	N値	50(砂)	N値	50(砂)

ケース	3		4		
杭種	井筒基礎				
杭の剛性	剛体		有限長		
杭径	φ5.0m		φ5.0m		
杭長	8.0m		16.0m		
想定地盤 および 深度(m)	0-5	N値	5(砂)	N値	5(砂)
	5-10	N値	30(砂)	N値	30(砂)
	10-15	N値	20(粘)	N値	20(粘)
	15-	N値	30(粘)	N値	30(粘)

第2表 増し杭補強基礎の検討ケース

解析 ケース	既設 基礎	杭の剛性		既設基礎との組み合わせ			
		既設基礎	新設基礎	同種	異種	異径	異長
I	杭 基礎	有限長	有限長	○	—	—	—
II		有限長	半無限長	○	—	—	○
III		半無限長	半無限長	○	—	—	—
IV	井筒 基礎	剛体	有限長	—	○	○	○
V		剛体	半無限長	—	○	○	○
VI		有限長	有限長	—	○	○	—
VII		有限長	半無限長	—	○	○	○

(3) FEM解析の基本条件検討

既設基礎と増し杭の挙動(荷重分担および相互干渉)は、各基礎の平面的な配置により変化すると考えられるため3次元FEM解析(杭・地盤:線形モデル)とした。

(4) 単杭モデルによるFEM解析モデルの検討

第3表に示す各FEMモデルにて解析を実施し、当社現行設計手法による設計値(以下、設計値という)および既往の実規模試験結果(以下、試験値という)における水平変位、杭体の断面力について比較検討した。

検討結果、設計値および試験値を模擬でき、かつ試験値に対して、弾性領域内(杭径の1%)では、解析値が安全側に評価できる適切な解析モデルとして「梁+底面シェル」モデルを得た(第4表)。

(5) 増し杭補強モデルによるFEM解析モデルの検証

(4)項で得られたFEM解析モデルに対し、増し杭補強基礎への適用の可能性を確認するため、現行設計手法にて比較可能な既設基礎と同種、同径、同長の増し杭補強基礎の設計値とFEM解析結果の比較検証を実施した。

検証結果、設計値に対しFEM解析が安全側に評価できることを確認した(第5表)。

これをもって、本解析モデルは杭や井筒で構成される増し杭補強基礎の挙動を評価できる妥当なモデルであると判断した。

(6) 骨組み構造解析(地盤バネのモデル化)

骨組み構造解析モデルの構築においては、既設基礎と増し杭の間隔が狭いため、群杭効果(支持力の低下)を考慮した。

検討結果、各地盤バネに対する群杭補正係数^[1]を設定することにより、FEM解析結果に対し安全側に評価できる地盤バネモデルを得た(第6表)。

[1]建築基礎構造設計指針

3 研究成果

元位置での鉄塔建替え工事に際し、異なる基礎種類・形状の基礎を一体化し、既設基礎の支持力を期待する増し杭補強基礎の設計手法が得られた。

本研究では、実規模あるいは縮小モデルによる試験を実施せず、既往の実規模試験結果および設計値との比較を通して骨組み構造解析モデルの構築をしているため、比較的 safety side の設計であるが、本手法を適用し既設基礎を有効活用することにより、新設基礎(増し杭)の規模が縮小可能となり、建設費の低減が期待できる。

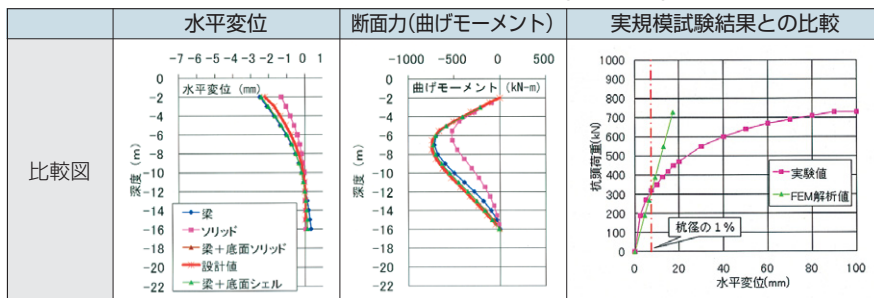
4 今後の展開

本設計手法の実線路への適用に向け、適用範囲の明確化、設計マニュアルの整備を進めていく。

第3表 FEM解析モデル

モデル	梁	ソリッド	梁+底面ソリッド	梁+底面シェル
概要図				

第4表 FEM解析モデル選定結果(ケース I)



第5表 増し杭補強基礎の設計結果の比較(ケース I)

項目	水平変位			断面力(曲げモーメント)		
	設計*	FEM	骨組	設計*	FEM	骨組
説明図						
比率	1	1.5	1.6	1	1.1	1.4

第6表 骨組み構造解析モデル例(ケース I)

説明図	前列 中列 後列			
モデル略図				
	対象部	既設基礎	新設(増し杭)基礎	
群杭補正係数	kh	0.55	0.55	0.55
	kv	1.0	1.0	1.0
	k _{sv}	1.0	0.55	1.0

(注) kh:水平地盤バネ kv:鉛直せん断バネ
k_{sv}:鉛直せん断バネ
※水平変位算定時の係数を示す。



執筆者/山田竜司