

### III-B 315 地盤補強型深礎基礎に用いる補強材の単体引き抜き試験

東京電力（株） 正 田邊 成 正 飯島 政義 正 福田 敦  
大日本土木（株） 正 関野 英男

#### 1. はじめに

引揚荷重の大きい送電用鉄塔基礎のコストダウンを目的に開発した地盤補強型深礎基礎の概念図を図1に示す。この基礎の補強材は深礎坑を掘削後、坑壁から周辺地盤に長さ約2.5m、径9cmの孔を斜め下25°方向に削孔し、無圧でグラウトを充填後、芯材 SD345-D32 異形鉄筋を挿入した棒状補強材である。これを一段当たり6本程度、1～4段程度打設することにより地山補強土工法の引張り補強土効果が期待でき、基礎全体の引揚耐力を高めることができる<sup>1)</sup>。今回、施工時の補強材品質管理のために行っている補強材単体の引き抜き試験の評価を明確にするため、開発時に行われた実規模基礎載荷試験での補強材の挙動とを比較検討した。

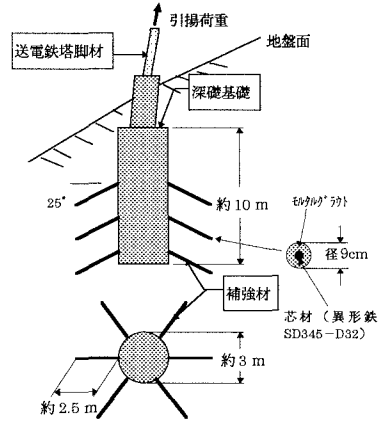


図1 地盤補強型深礎基礎の概要

#### 2. 試験概要

##### 2.1 実規模深礎基礎引揚げ載荷試験

（以後、基礎引揚試験と呼称）

実適用される均質なまき土を試験地盤に選定し、補強材を下斜め25°（最小主歪み方向）に打設した基礎体を試験体とした（図2参照）。載荷は下部から鉛直上方に押し上げることににより行い、処女荷重の荷重保持時間を15分、3サイクルで載荷した。この載荷試験中の多数の地盤計測変位より、補強材が周辺地盤の変形を抑制して、拘束圧を高めることで補強効果が発生することが判っている。<sup>1)</sup>

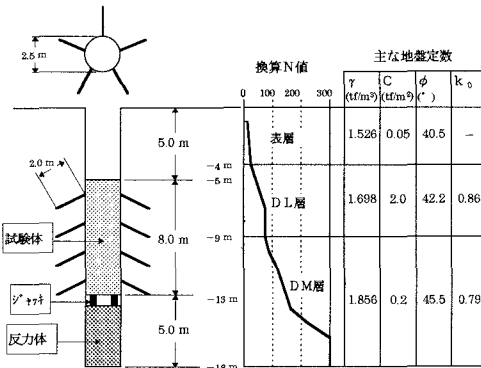


図2 実規模基礎試験体の概要

##### 2.2 補強材単体引き抜き試験

（以後、補強材引き抜き試験と呼称）

試験地盤を同じくまき土とし、鉛直下方向（2本、頭部地盤拘束圧無し）及び水平方向（5本、頭部地盤拘束圧有り）に打設した補強材を、軸方向に引き抜くことにより行った（図3参照）。載荷方法は、荷重保持時間5分の単サイクルとした。

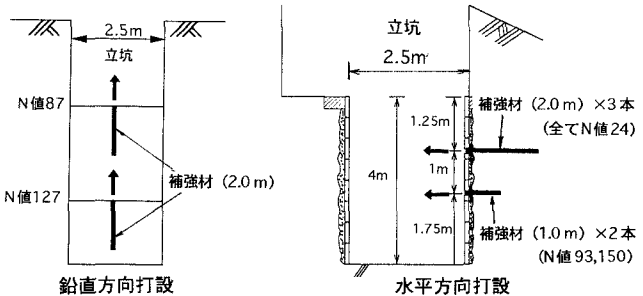


図3 補強材引き抜き試験箇所概要

#### 3. 試験結果とその評価

##### 3.1 基礎引揚試験結果と補強材引き抜き試験結果の比較

図4に示すのは、換算N値70～100の箇所で打設した補強材の挙動を周面摩擦力度～補強材軸方向変位の関係でまとめたものである。基礎引揚試験時のデータ（図中□△）は換算N値72,78,であり、初期剛性・終

局耐力とも同じ傾向にある。また、換算N値がほぼ同程度の地盤で行った水平方向の補強材引き抜き試験結果（図中▲）を見ると、基礎引揚試験結果と比較して終局耐力・初期剛性ともほぼ同じ結果が得られていることが伺える。さらに、この図には松尾の提案する<sup>2)</sup>せん断バネモデルを用いた(1)式より求めた曲線も点線で示してあるが、実験値を良好に評価できている。

$$P = P_{\max} \{ 1 - \exp(-B_v \cdot \delta_v \cdot \sin \theta / L) \}$$

$$P_{\max} : \text{補強材最大軸力 (tf)} \quad \dots (1)$$

$$P_{\max} = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_u$$

$$D : \text{補強材直径 (m)}$$

$$L : \text{補強材長 (m)}$$

$$\tau_u : \text{極限せん断摩擦力度 (tf/m}^2\text{)}$$

$$B_v : \text{係数} \{ = (\pi \lambda D L / P_{\max}) \cdot K_v L \}$$

$$\lambda : \text{係数} (= 1/3)$$

$$\delta_v : \text{補強材軸方向変位}$$

$$K_v : \text{鉛直地盤反力係数 (tf/m}^3\text{)}$$

同様にN値120～150の箇所で行った補強材の挙動を図5に示す。基礎引揚試験結果（図中◇）と水平方向の補強材引き抜き試験結果（図中▲）については剛性はほぼ一致し、終局耐力も基礎引揚試験時は芯材が先に降伏したことを考慮すれば良く一致していると考えられる。一方、鉛直方向の補強材引き抜き試験結果（図中■）は、これらと比較して剛性の低下が顕著で、終局耐力も小さい。この理由としては、補強材頭部の地表面が解放された条件であるため、地盤の拘束圧が大きくなれずに変形が進みやすい状態であったことが考えられる。

### 3.2 補強材引き抜き最大耐力

補強材の終局耐力を極限周面摩擦応力度 $\tau$ ～換算N値関係として図6に示す。この関係については、現行設計では $\tau = N/2$ （図中実線）を用いて推定している。全体的に実験結果はこの推定式に近い値を示しているが、拘束圧の小さい鉛直方向の補強材引き抜き試験結果は、小さな耐力が得られている。

### 4. まとめ

基礎引揚試験での補強材軸力が、地盤の動きを抑制するためと補強材が見かけ上引き抜かれるために発生するのに対して、補強材引き抜き試験では補強材が直接引き抜かれるために発生するが、今回の考察により、双方ともほぼ同様の挙動を示すことが判明した。ただ、補強材打設箇所の土被り効果や、補強材頭部の拘束条件などから、水平方向に打設しモルタルなどで頭部周辺地盤を拘束した場合の方が、剛性・終局耐力とも良く一致する傾向にあること、松尾の式に良く一致した挙動となることが判った。

参考文献：1) 桑原洋, 田邊成, 江黒充和, 中谷登：実規模引揚載荷実験における地盤補強型基礎の挙動, 1995, 土木学会第50回年次学術講演会 Ⅲ-778

2) 松尾稔：深礎基礎の支持力特性の解明と実務設計への応用, 1986, 3 昭和60年度科学研究費補助金（試験研究(1)）研究成果報告書 pp. 100-107

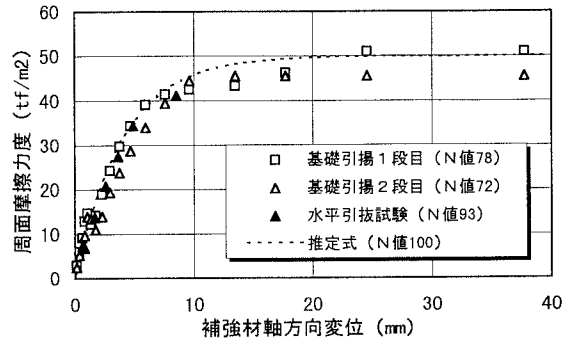


図4 補強材周面摩擦力度～変位関係（N値70～100）

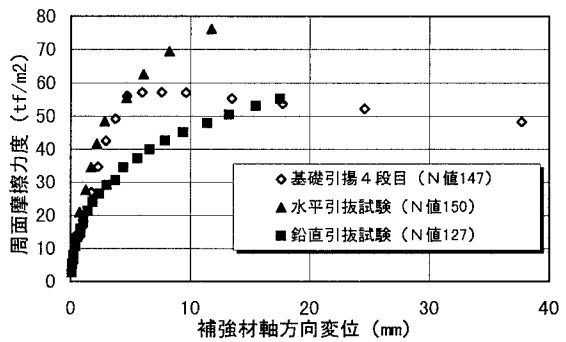


図5 補強材周面摩擦力度～変位関係（N値120～150）

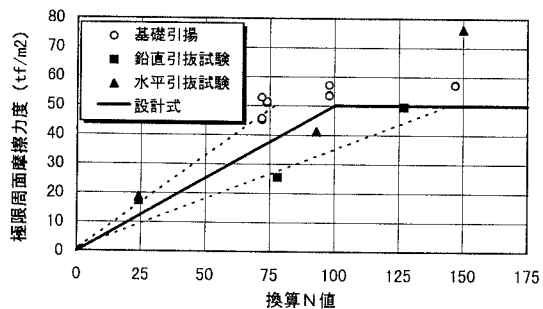


図6 極限周面摩擦力度～換算N値