

既設直接基礎のマット補強効果に関する遠心模型実験

東電設計 正会員 ○斉藤 修一，大木 正
東京電力 正会員 河村 直明
西松建設 正会員 萩原 敏行

1. はじめに

既設送電鉄塔の増強工事では，鉄塔から基礎への伝達荷重が増加するため，安定性を確保する上で必要な場合には，補強工事を実施している．基礎補強方式として，既設直接基礎にマット基礎を組み合わせる方式も考えられるが，現状は，補強効果を考慮した設計手法が確立されてない状況にある．

そこで本報文では，既設直接基礎とマット基礎を組み合わせる基礎補強設計手法の確立を目的として，遠心模型実験を実施した結果を報告する．

2. 実構造物寸法

既設の直接基礎の形状調査から，以下の標準的な寸法を有する構造物を検討モデルとした．すなわち，直接基礎部分は床板幅 2.4m，床板厚 0.75m，柱体高 3.3m，根開き（鉄塔脚間隔）5.8m，マット基礎部分は床板幅 9.0m，床板厚 1.0m である．

3. 遠心模型実験概要

送電用鉄塔の直接基礎は独立の 4 脚で構成され，風の作用により転倒モーメントが発生し，2 脚毎に圧縮，引揚荷重が加わる．本実験では，図-1 に示す鉄塔基礎の模型を作成した．実構造物寸法に対する模型の縮尺寸法を考慮して，遠心加速度 40G で実験を実施した．実験ケースを表-1 に示す．実験は，直接基礎及びマット基礎のみの実験を各 1 ケース，補強基礎の実験を 2 ケース実施した．

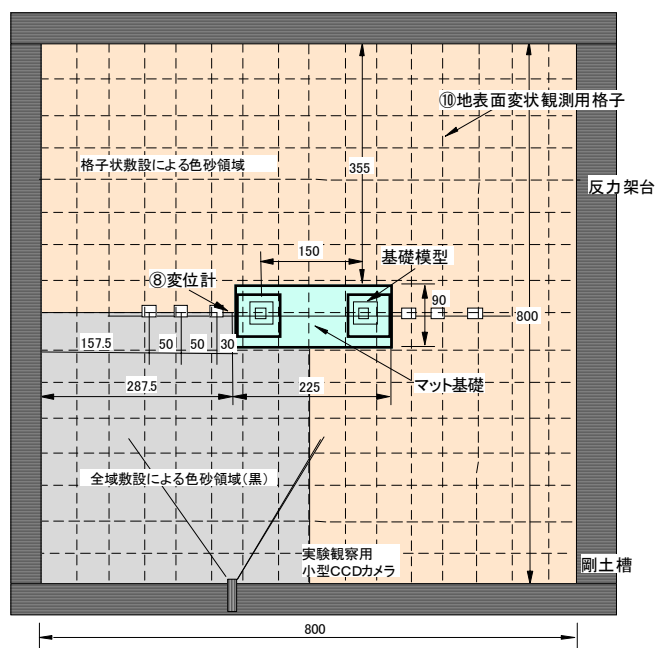
直接基礎の適用地盤は，粘性土や砂質土（関東ロームも含む）等となるケースが多い．しかし，模型地盤作成上の再現性の優位性を考慮し，模型地盤材料には気乾状態の豊浦標準砂を用いた．実験は，最初に図-1 に示す剛土槽内に空中落下法により相対密度 60%（内部摩擦角約 39° ）の模型地盤を作成した．模型地盤を基礎底部まで作成した後，直接基礎を設置して再び所定の高さまで作成した．最後に計測・荷重システムを設置して，遠心加速度を 40G まで徐々に増加させた．

キーワード 鉄塔基礎，補強，支持力

表-1 実験ケース

ケース名	地盤	基礎形式
15-3T	乾燥砂 ($Dr=60\%$)	逆T字(T)
15-2M		マット(M)
15-4MT		マット補強(MT)
15-5MT		マット補強(MT)

平面図



立面図

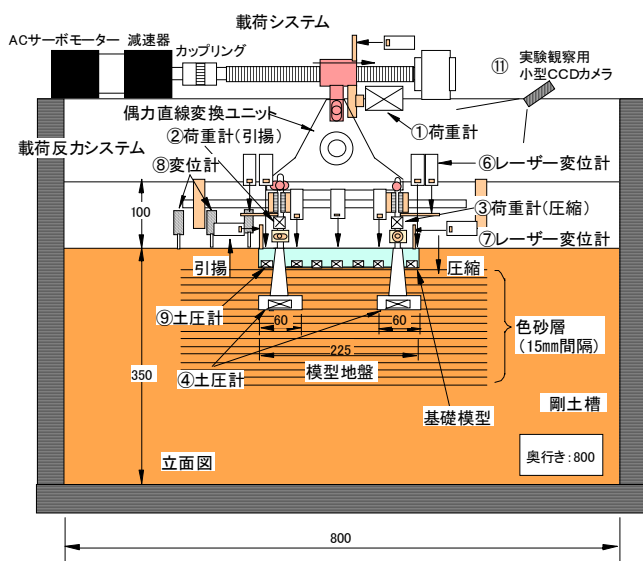


図-1 実験システム（マット補強基礎）（単位:mm）

載荷実験は、図-1 に示すようにモータにより水平方向に荷重を加え、偶力直線変換ユニットにより基礎頂部に同時に圧縮荷重、引揚荷重が作用するように工夫して実施した。なお、偶力直線変換ユニット下部にベアリングを設けて、実験中基礎に水平力が加わらないように留意した。図-1 に示したように、基礎に加わる荷重は荷重計②、③によって計測した。基礎の変位はレーザー変位計⑥で計測した。また、直接基礎底部とマット基礎底部に土圧計を設置し、土圧の発生状況も計測した。

4. 実験結果と考察

実験結果一覧を表-2 に、マット補強基礎の実験後地盤の破壊状況を写真-1 に示す。直接基礎は引揚力作用脚が引き抜ける破壊モードであり、マット基礎は基礎全体が転倒する破壊モードとなる。これに対して、マット補強基礎は写真-1 の通り、基礎の回転に伴い、圧縮力作用脚に若干の沈下が見られ、引揚力作用脚に明確なすべり破壊面が発生することが確認され、基礎全体の主な破壊モードは引揚脚の引き抜けモードとなった。

モーメント荷重 M と基礎の回転角 θ の関係を図-2 に示す。荷重計による圧縮荷重を C 、引揚荷重を T とし、モーメント M は C, T から式(1)によって求めた。基礎の回転角 θ は、圧縮脚の変位 δ_C 、引揚脚の変位 δ_T から式(2)によって求めた。

$$M = (C + T) \times L / 2 \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\delta_C + \delta_T}{L} \right) \quad (2)$$

最大抵抗モーメントは、直接基礎が 4,413kN・m、マット基礎が 5,778kN・mで、マット補強基礎は 2 体とも 15,900kN・m程度となった。

図-2 に直接基礎とマット基礎の同じ回転角 θ 時の実験値を足し合わせた結果を点線で示した。

これより、以下の点から各基礎の抵抗力を足し合わせて評価することが可能と考えることができる。

- ・回転角が小さい場合、足し合わせた抵抗モーメントとマット補強基礎のモーメントは一致。
- ・回転角が大きい場合、足し合わせた抵抗モーメントより、マット補強基礎のモーメントの方が十分大きく、1.5 倍程度。

5. まとめ

今回の遠心載荷実験の結果より、砂質土地盤の場合、マット補強基礎の主な破壊モードは、引揚力作用脚の引き抜けモードとなった。また、マット補強基礎の抵抗力（抵抗モーメント）は、各基礎形式に対して実施した実験結果の抵抗力を足し合わせた値に比べて、終局レベルの変形において約 1.5 倍の十分大きい値を示す結果となった。

謝辞 本研究においてご指導をして頂いた東京工業大学日下部治教授に厚く感謝致します。

表-2 実験結果一覧

ケース名	最大 モーメント	最大引揚 荷重	最大圧縮 荷重	破壊モード
	M(kN・m)	T(kN)	C(kN)	
15-3T	4,413	708	814	引揚支持力
15-2M	5,778	887	1,105	転倒
15-4MT	15,884	2,746	2,860	引揚支持力
15-5MT	15,929	2,714	2,796	引揚支持力

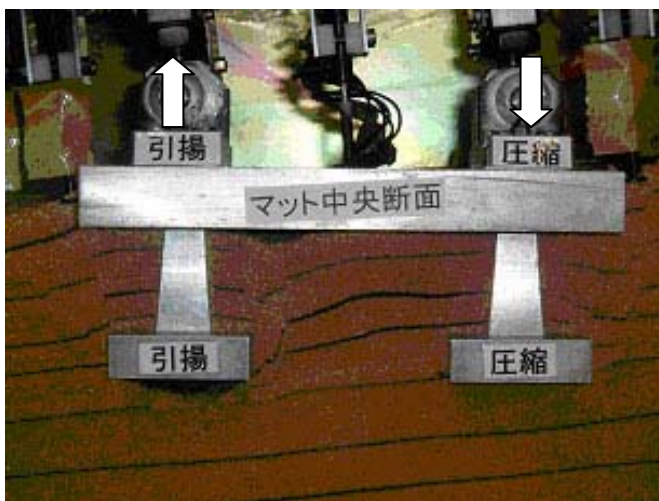


写真-1 破壊面(マット補強基礎)

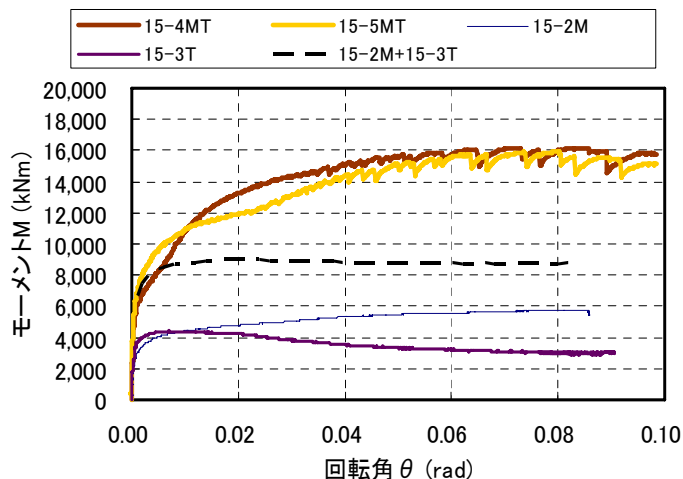


図-2 実験結果($M-\theta$)