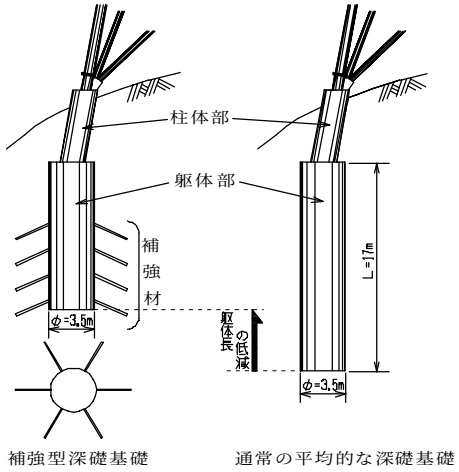
地盤補強型基礎の繰返し荷重による疲労特性に関する実験

東京電力（株）　正会員　　田邉 成　飯島 政義　松尾 敏
大日本土木（株）正会員　○山田 貴史　中谷 登

１．はじめに

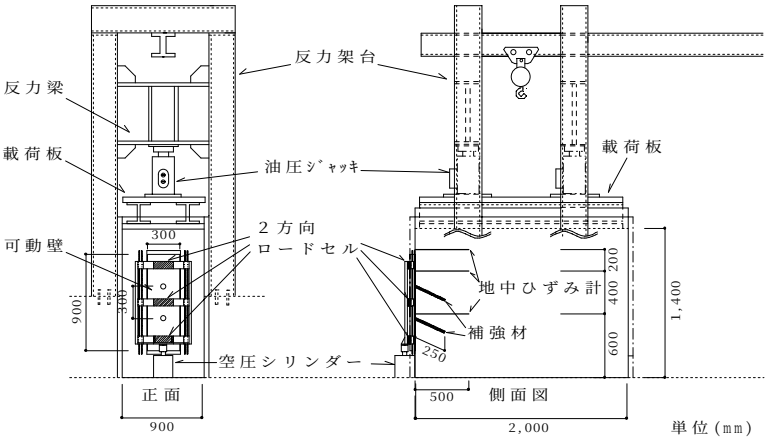
地盤補強型基礎工法（GRF 工法）[1]は通常の深礎基礎にロックボルト状の補強材を接合し補強材の抵抗力により支持力を増加させ、通常の深礎基礎に比べ基礎形状の縮小を可能にする工法である（**図－1**）。本工法は補強材を打設する事により周辺地盤との一体化を図ることができ、鉄塔基礎における風荷重のような繰返し荷重に対しても優れた抵抗力を発揮すると考えられる。本研究は地盤補強型基礎の引揚げ支持力に対する繰返し荷重による疲労特性を、1/8 縮尺の要素模型を用いて実験的に検討したものである。



図－1　地盤補強型基礎工法

２．実験方法

実験装置の概要を**図－2**に示す。土槽の側面に可動壁（水平方向拘束、鉛直方向可動）を取り付け、可動壁には補強材を斜め下 25 度方向に２段打設できるようにし、土槽上部の載荷板により拘束圧をかけた状態で引揚げ方向に可動壁への繰返し載荷が行えるようにした。また可動壁には２方向ロードセルを取り付け載荷時の土圧とせん断力（水平方向と鉛直方向荷重）を計測できるようにした。補強材はグラウトのひび割れによる影響を排除するため外周にねじ切り加工を施した管状構造のベークライトを用い、実験時には地盤の削孔後補強材をねじ込み周面摩擦が十分に生じるようにした。模型地盤には含水比 8.0%の川砂を用い乾燥密度 1.45t/m^3 を目標値に層厚 20cm 毎にプレートを用いて締め固め、その後土槽上部の載荷板により上載圧をかけN値７程度の均質な地盤を作成した。地盤内には不織布にひずみゲージを貼り付けた地中ひずみ計を設置し、実験時の地中ひずみの変化を計測した。計測はこの他に補強材の軸力と可動壁の変位を測定した。実験は補強材の有無（補強、無補強）で静的載荷に対するそれぞれの終局荷重 P_R,P_N を測定し､その荷重比を同一にして繰返し載荷を行った。実験条件の一覧を**表－1**に示す。



図－2　実験装置の概要

表－1　実験条件一覧表

条件	項目	備考	
1)補強材条件	材質	ベークライト	実大補強材 D32，φ105mm，L=2m を想定
	長さ	250 mm	
	形状	外径 13.5 mm 内径 8.0 mm	
	打設角度	25 度	
2)地盤条件	土質	砂質土（川砂）	実地盤で土被り 10m 程度想定
	C	0 kN/m^2	
	φ	42°	
	ρ_d	1.45 t/m^3 程度	
	w	8.0%	
	拘束圧	21.0kN/m^2	
	N 値	7 程度	
3)実験 Case	終局	無補強、補強	P_N=6.58 kN, P_R=9.13 kN
	Case1	無補強 2/3P_N	同一荷重レベル 終局荷重の 2/3
	Case2	補強 2/3P_R	
	Case3	補強 2/3P_N	（ 1/2P_R）

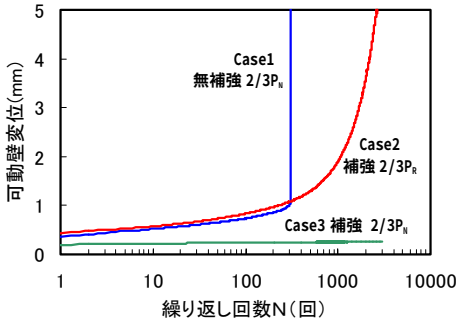
キーワード：地盤補強型基礎　模型実験　繰り返し荷重　疲労特性
連絡先：〒350-1331 埼玉県狭山市新狭山 1-1-1 技術研究所 Tel:042969-5250 Fax:042-969-5245

３．実験結果と考察

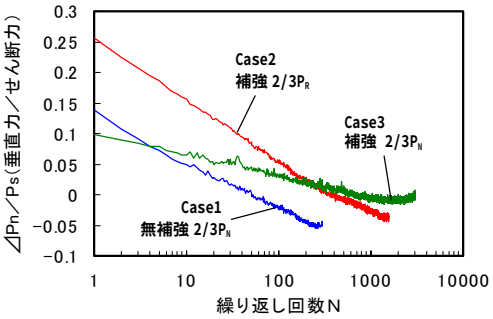
図－３に繰返し回数と変位の関係を示す。Case1（無補強 2/3P_N）では載荷回数 312 回目で一気に変位が進み破壊したが、Case2（補強 2/3P_R）では変位は徐々に進んで行き載荷回数 2633 回で変位が 5mm に達した。また Case3（補強 2/3P_N）は 3000 回まで載荷したが変位はほとんど進行せず破壊の兆候は見られなかった。

図－４に２方向ロードセルの計測結果から求めた土圧の増分（ΔPn）とせん断力（Ps）の比ΔPn/Ps と繰返し回数の関係を示す。全ケースとも載荷回数の増加とともにΔPn/Ps が低下しているが、これは繰返し載荷による地盤の体積収縮によるものと考えられる。破壊した２ケース（Case1 無補強 2/3P_N、Case2 補強 2/3P_R）はほぼ同じΔPn/Ps で破壊しているが、非破壊ケース（Case3 補強 2/3P_N）では 1000 回程度を境に一定化する傾向にある。**図－５**の補強材軸力の推移図を見ると Case3（補強 2/3P_N）はΔPn/Ps が一定となる 1000 回付近で軸力が増加する傾向を示しており、繰返し載荷途中から補強材力が荷重を分担することにより繰返し荷重に対する抵抗力が保持されたと考えられる。また Case2（補強 2/3P_R）でも 300 回以降で軸力が急増しているが、変位も同様に増加しており補強材力の増分のみでは抵抗力が保持できずに破壊に至ったものと考えられる。

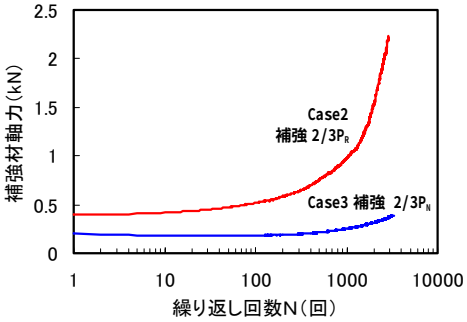
図－６に Case1（無補強 2/3P_N）と Case2（補強 2/3P_R）の除荷時の地中ひずみ計のひずみ分布を示す。無補強ケースが載荷開始から破壊直前までほとんど変化しないのに対し、補強ケースでは載荷回数とともに地中ひずみ分布が変化しており、補強材により地中のひずみが分散し影響範囲が拡大していることが窺える。



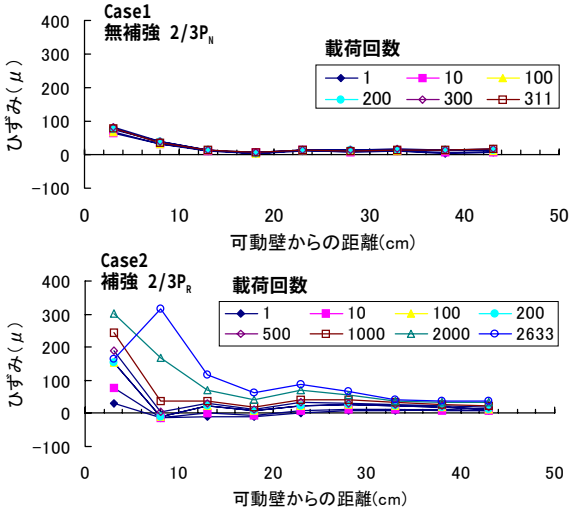
図－３　繰返し回数～変位関係



図－４　繰返し回数～ΔPn/Ps



図－５　繰返し回数～補強材軸力



図－６　地中ひずみ計ひずみ分布（除荷時）

４．まとめ

今回の繰返し載荷実験のまとめを以下に示す。

1) 補強型基礎は無補強型に比較して疲労に対する抵抗性が向上する傾向が見受けられる。
2) 繰返し荷重による破壊は、土の繰り返しせん断作用により可動壁近傍地盤が体積収縮を起こし、これにともなう壁面土圧の低減により壁面と地盤の境界ですべりが生じるためであると考えられる。
3) 補強材を打設することにより地盤のひずみが分散、すなわち荷重作用を受ける地盤の範囲が広がることにより補強型基礎の耐疲労特性が向上するものと考えられる。

＜謝辞＞

今回の実験を進めるにあたって名古屋工業大学の中井照夫教授には貴重なご意見・ご指導を賜りました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

＜参考文献＞

１）片野，福島，田邉：地盤補強型基礎の開発，土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集Ⅲ,pp1026～1027,1994