

基礎構造物の動的抵抗と発現メカニズムに関する研究

(株) 複合技術研究所 正会員 ○太田剛弘 鈴木聡

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 神田政幸 西岡英俊 西村昌宏

1. はじめに 従来、基礎構造物の支持力は静的載荷試験に基づいて評価がなされてきた¹⁾。しかしながら、基礎構造物に作用する外力は、自重のような静的荷重のみならず、地震や列車通過時のように動的荷重が作用し、またこれが部材寸法の決定要因となる場合が多い(図1)。特に大地震の場合には、死荷重に対する動的荷重の比率が大きく、このような場合に基礎構造物の動的抵抗力を適切に評価することが合理的、かつ実用的な基礎構造物の設計、構築に繋がるものとする²⁾。そこで、基礎構造物の動的抵抗力発現メカニズムを明らかにする目的として、地盤材料の強度特性に関する三軸圧縮試験、および砂地盤上の模型直接基礎の鉛直載荷実験について、載荷速度(ひずみ速度)を種々変化させて実施した。

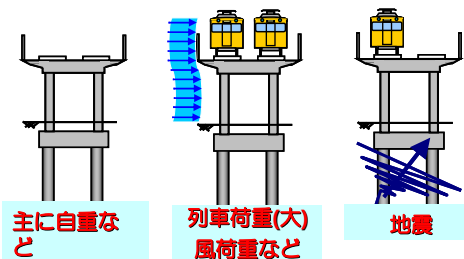


図1 基礎構造物に作用する外力

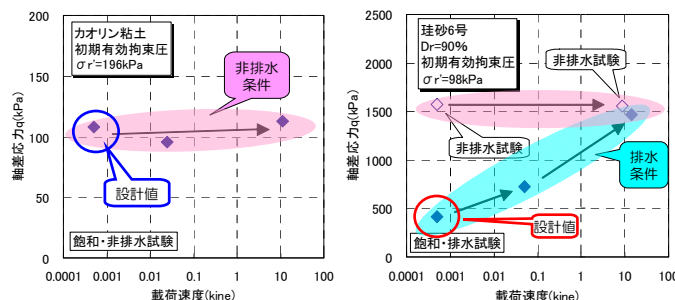
2. 載荷速度の設定 目標とする載荷速度は文献3)掲載の直接基礎のL2地震動スペクトルIIの速度応答スペクトルを参考に200kineとした。ただし、模型直接基礎の基礎幅は実物(5~10m)の1/20~40程度の基礎幅250mmを使用した。したがって、模型実験上の目標載荷速度は相似則より5~10kineである。一方、三軸圧縮試験ではひずみ速度が定義されるが、本研究では模型載荷実験との関連から載荷速度をパラメータとした。ただし、載荷速度を2オーダー毎に変化させて供試体寸法の違いによる影響を無視できるように設定した。

3. 地盤材料の強度特性と載荷速度 地盤材料として粘性土(カオリン粘土, 土粒子密度 2.61g/cm^3 , 塑性指数 $I_p 47$, 圧縮指数 $C_c 0.65$), 砂質土(珪砂6号, 土粒子密度 2.644g/cm^3 , 最大間隙比 $e_{\max} 0.922$, 最小間隙比 $e_{\min} 0.565$, 平均粒径 $D_{50} 1.10\text{mm}$)の2種類を対象とし、試験条件を表1に示す。得られた破壊時の軸差応力と載荷速度の関係を図2に示す。粘性土

表1 三軸圧縮試験の条件

CASE	対象土質	相対密度 D_r %	飽和 / 乾燥	排水 / 非排水	初期 有効 拘束圧 σ'_{r0} kPa	載荷速度 (実測値) v kine	供試体 寸法 $D \times H$ mm
6-1	カオリン	—	飽和	非排水	196	0.0005(0.000505)	100×200
6-2'						0.025(0.02507)	50×100
6-3'						5(11.2)	50×100
4-1	珪砂 6号	90	飽和	排水	98	0.0005(0.000504)	100×200
4-1cu'				非排水		0.0005(0.000502)	50×100
4-2				排水		0.05(0.0499)	100×200
4-3'				排水		5(13.9)	50×100
4-3cu'				非排水		5(8.81)	50×100

の破壊時の軸差応力は載荷速度を10000倍変化させても殆ど変化しなかった。過剰間隙水圧は正圧を示し体積圧縮傾向にあり、載荷速度の増加に対してその増加割合が低下した。同様な傾向を既往の研究⁴⁾でも確認できる。一方、砂質土の場合、破壊時の軸差応力は排水条件の下、載荷速度を変化させると体積膨張し負



(a)粘性土

(b)砂質土

図2 軸差応力と載荷速度の関係

キーワード: 基礎構造物, 支持力, 直接基礎, 載荷速度, 三軸圧縮試験

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 4-6-9 ロックフィールドビル 6F

TEL:03-5276-5276

FAX:03-5276-5309

の増加により強度増加が見込めるものと考えられる。別途実施した乾燥砂質土の三軸圧縮試験では、本論文で明らかになった載荷速度による強度増加は顕著に見込めなかったことから、載荷速度の増加に対して「排水→非排水」、「体積膨張」が強度特性の決定要因と考えられる。

4. 直接基礎の支持力特性と載荷速度⁵⁾

模型直接基礎として正方形フーチングを用い、砂地盤は乾燥珪砂 6 号を用いて空中落下法により製作した。載荷速度は、0.0005, 0.05, 5, 20kine とし、油圧式ジャッキを用いて所定の載荷速度を基礎幅の 30% まで付与した。図 3 に模型実験から得られた荷重強度と沈下量の関係を示す。載荷速度の増加に伴いピーク荷重強度も大きくなる。写真 1 に地盤の破壊状況を示す。載荷速度の増加と共に地盤の破壊領域（すべり領域）は拡大した。一方、同一の地盤条件、載荷条件で実施した別の載荷実験では、地盤内にターゲットを埋設し地盤の変形を測定した。その結果を図 4 に示す。図 4 の結果は写真 1 の結果を支持するもので、載荷速度が大きくなると地盤の変形は深く広くなり、一方、載荷速度が小さいとその変形領域は小さくなった。以上より載荷速度の増加に対して、地盤の破壊領域が拡大し動的抵抗が大きくなることを実験的に確認した。

4. まとめ 基礎構造物の動的抵抗発現メカニズムを明らかにする目的として、地盤材料の強度特性に関する三軸圧縮試験、および砂地盤上の模型直接基礎の鉛直載荷実験について載荷速度を種々変化させて実施し、以下の知見を得た。

(1) 粘性土の強度特性に与える載荷速度の影響は小さい。

(したがって、基礎構造物の設計では無視する。) 一方、砂質土の強度特性に与える

載荷速度の影響は、せん断時の体積変化によって決定する。密な砂質土は体積膨張し、載荷速度に応じて排水条件から非排水条件に移行し、破壊時の軸差応力が増大する。②模型直接基礎直下の地盤の破壊領域は載荷速度の増加に対して拡大し、動的抵抗は大きくなる。なお、動的抵抗成分（動的抵抗—静的抵抗）は載荷速度に対して比例して増加することも明らかになった⁶⁾。以上①②の効果を組み合わせることで、基礎構造物の動的抵抗を適切に評価できる可能性があるものと考えられる。今後、実基礎を対象とした静的および急速載荷試験を組み合わせ実施し、基礎種別毎の動的抵抗の発現メカニズムに着目する予定である。

参考文献 1) たとえば、運輸省鉄道局監修、(財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物編）、丸善、2000。2) 石田雅博、秋田直樹、渡辺明貞、福井次郎：杭の鉛直載荷試験における載荷速度の影響に関する実験的研究、第 53 回土木学会年次学術講演会、pp. 756-757, 1998。3) 運輸省鉄道局監修、(財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計編）、丸善、1999。4) 里村知三、岡二三生、小高猛司、木元小百合、肥後陽介、市之瀬知子：粘土角柱供試体を用いた三軸圧縮試験とその有限要素シミュレーション、第 38 回地盤工学研究発表会、pp. 279-280, 2003。7. 5) 渡邊康司、神田政幸、村田修、日下部治：砂地盤上直接基礎の支持力に与える載荷速度の影響、第 41 回地盤工学研究発表会、pp. 1353-1534, 2006。7. 6) 阿部慶太、西岡英俊、神田政幸、千葉佳敬、木口峰夫：載荷速度を変化させた模型杭基礎の鉛直支持力特性、第 62 回土木学会年次学術講演会、pp. 509-510, 2007。

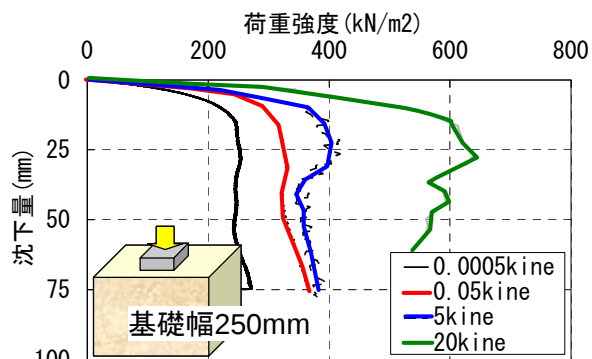


図 3 荷重強度と沈下量の関係

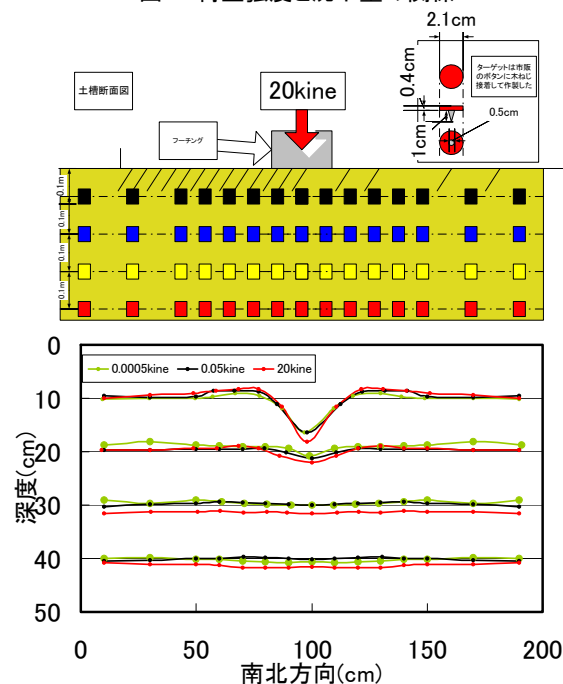


図 4 載荷速度と地盤変形量の関係



(a)0.0005kine



(b)0.05kine



(c)20kine

写真 1 地盤の破壊状況