

## 土-基礎系の動的復元力特性について

京都大学工学部 正 員 後藤尚男  
 京都大学防災研 正 員 土岐遠三  
 神戸 中 正 員 ○安藤嘉茂  
 京都大学大学院 学生員 太田昭宏

1 まえがき 過去の震害調査によると地震時の構造物の挙動は構造物自体の材質・形式・寸法などにより異なることはもちろんであるが、構造物を支える地盤自体の力学的特性に大きく影響されることが報告されている。このことを考えると構造物の振動解析を行なう場合に構造物のみならずそれを支えとりまく地盤の動的性状を加味し、地盤をも含めた構造物-地盤よりなる振動系について解析しなければならない。特にそのなかで復元力特性が問題となるが、従来ほとんど例外なく静的実験より得た復元力を振動時にそのまま用いる方法がとられてきた。本研究では砂および粘土地盤を用いて静的模型実験および模型振動実験を行ない、動的復元力特性について検討するとともに、復元力曲線を模式表示し、それらを復元力項としてモット自由度系の応答を求め、かつ考察を行なった。

2 模型実験およびその結果 実験は図-1に示すような円断面井筒基礎をもつ鋼鉄製の一柱式橋脚模型を用い、地盤には乾燥砂を締め固めたものを砂地盤とし、粘土地盤として含水比40%のものを用いた。静的水平載荷実験においては交番載荷を与え図-2にその結果の例を示した。模型振動実験は静的実験と同じ状態で振動数600~1400 c/pmの範囲で模型頂部の加速度と相対変位を測定した。模型に作用する荷重を算出するために便宜上模型頂部の加速度に模型上部の質量を乗じた値を荷重とし、砂・粘土地盤における履歴曲線を図-3に示した。実験結果を見ると静的な場合は砂・粘土とそれらの履歴曲線は摩擦の影響が現れている形となっているが、振動時にあっては粘土地盤では形状は静的な場合と大差はないが砂地盤においては荷重の増大につれて塑性域に入り降伏する形をとり、静的な場合とその特徴は著しく異なる。これは加速度が大きくなると砂の粒子間摩

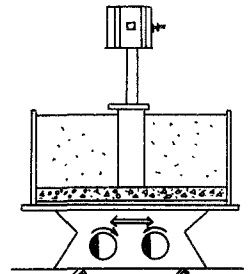


図-1 実験概略図

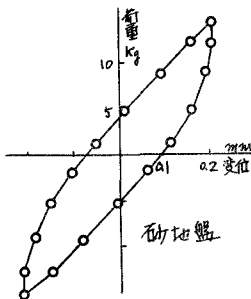


図-2 静的履歴曲線

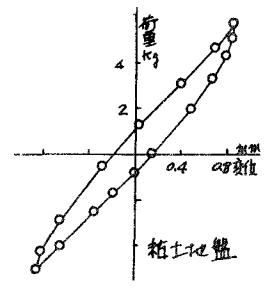
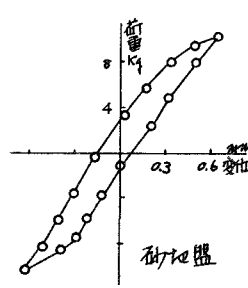
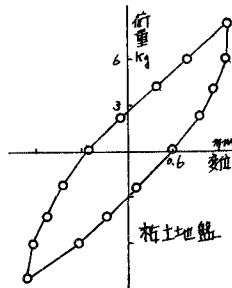


図-3 動的履歴曲線

擦がほとんどなくなり模型側面のワークン摩擦がなくなることや、砂が流動化現象を起こして外力が加めると降伏しやすくなるためと思われる。これらの結果より、従来のように静的実験による履歴曲線をもって振動時のものとする考えは粘土質の地盤ではまだしも、砂地盤においては好ましくないと思われる。振動解析上履歴曲線の最大変位点を連ねた曲線は重要な意味をもち、本実験における結果を図-4に示した。これによると砂地盤と粘土地盤とでは差異が認められ、砂地盤では軟化ばね型の特性を示し、粘土地盤ではバイリニヤー型の特性をもつ傾向にある。

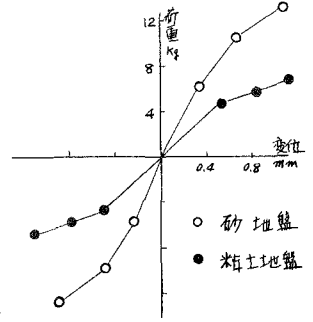


図-4 動的復元力曲線

3. 履歴曲線の模式表示 図-3に示される履歴曲線を最大荷重、最大変位について正規化したものは荷重レベルに無関係にはほぼ相似であるので、次のように模式表示される。

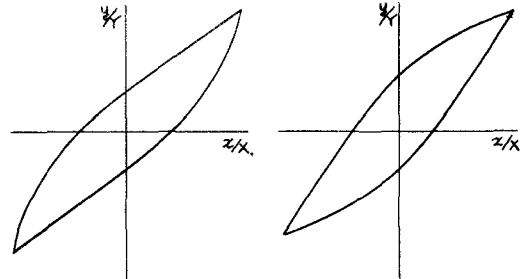


図-5 模式表示された履歴曲線

粘土地盤における履歴曲線は  

$$y = \frac{\frac{x \pm X}{X} + 2\alpha \left( \frac{x \pm X}{2X} \right)^\beta}{1 + \alpha} \cdot Y \mp Y \dots (1)$$
 で表わされる。ここに  $x$ : 変位,  $X$ : 最大変位,  $y$ : 荷重,  $Y$ : 最大荷重,  $\alpha$ : 正の定数,  $\beta$ : 奇数。また砂地盤における履歴曲線(式(1))を直線  $y=x$  に関して対称にした式で表わされ、次のように表示された履歴曲線は図-5に示すようになる。ここで便宜上、粘土地盤の履歴曲線を摩擦型履歴曲線、砂地盤におけるものを塑性型履歴曲線と呼ぶことにする。

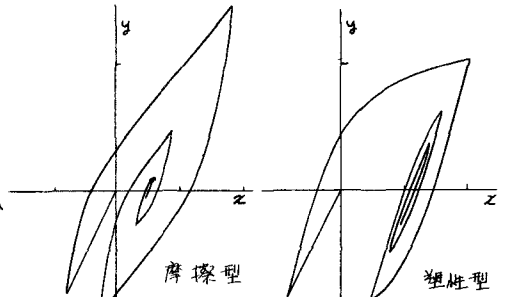


図-6 履歴曲線

4. 矩形波応答 式(1)のような復元力をもつ質量  $m$  の 1 自由度系が  $m$  なる加速度外力を受けるときの運動方程式は次式で与えられる。

$$\frac{d^2}{dt^2} \left( \frac{x}{x_0} \right) + y(x, X) / k_0 = - \frac{d^2}{dt^2} \left( \frac{z}{x_0} \right) \dots (2)$$

ここで  $x_0$ : 相当変位,  $k_0$ : 降伏荷重,  $p^2 = k_0 / m x_0$ ,  $z = p x$ 。外力として振動系の固有周期とほぼ同一周期をもつ矩形波1波を作用させたときの履歴曲線は図-6のようになり、また変位、荷重の応答は図-7に示すとおりである。

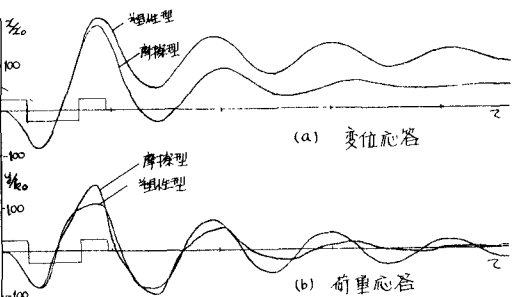


図-7 矩形波応答

これらのより復元力が摩擦型の場合と塑性型の場合を比較すると、応答変位や残留変位では塑性型が大きく、最大復元力は摩擦型が大きいといえる。以上のことより構造物の振動解析にあたっては、特に砂質系の地盤などでは動的復元力曲線を用いるなければならないことが指摘される。