

軟弱地盤中に根入れされた構造物基礎の動的挙動について

兵庫県 正会員 〇玉田 尋三
 京都大学工学部 正会員 北浦 勝
 京都大学工学部 正会員 後藤 尚男

1. まえがき 最近の土木構造物の大型化、長大化に伴って、その基礎構造物も巨大化し、建設される地盤も堅固な地盤ばかりではなくなりつつある。したがって軟弱地盤などにおける基礎構造物の耐震設計は、ますます重要な問題となってくる。このようなことから本研究は、軟弱地盤中の構造物基礎の動的挙動を、できる限り詳しくとらえることを目的として模型実験を実施し、入力波形、地盤性状、模型の運動の自由度等の相違による軟弱地盤中の構造物基礎の振動特性、ならびに復元力特性の違いについて考察したものである。またすでに得られている比較的硬い砂地盤中の基礎構造物の応答とも比較し、軟弱地盤中の構造物の応答の特徴を明らかにした。

2. 実験の概要 実験装置の概略を図-1に示す。基礎模型は重さ約54 kgの正方形断面を持つ鋼製の剛体で、底部にヒンジを取りつけることができる。ヒンジを取り付けた場合の模型は、回転成分のみの1自由度系となり、ヒンジを取り除いた場合には、回転と並進成分よりなる2自由度系となる。地盤のモデルには、2mmフルイを通過した川砂を自然乾燥状態および湿潤状態にして用いた。この砂を振動台上に設置した2.5m×1.5m×1.0mの鋼製の砂箱に詰め、ゆる詰めにくく砂を繰り返し振り返して、深さ約50cmのほぼ均質な軟弱地盤となるようにした。湿潤砂地盤では、振り返しながら水を適量散布した。このような状態の模型を動電型大型ランダム振動台で加振した。

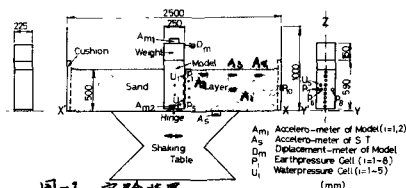


図-1 実験装置

3. 実験結果 図-2は静的交番載荷実験による結果を、縦軸に復元モーメント、横軸に模型回転角をとって履歴曲線の形で表わしたもので、乾燥砂地盤でヒンジのついている場合である。復元力曲線の履歴ループには、模型回転角が増大するにつれて、塑性型の傾向（骨格曲線が軟化ばね型）が見られるが、この傾向は乾燥砂地盤よりも湿潤砂地盤に、また硬い地盤（土槽に詰めた砂を、加速度200～250galで約1時間加振し、十分締め固めた地盤）よりも本年度の場合の軟弱な地盤、つまり外力に対してせん断抵抗、および模型側面の摩擦抵抗が小さく、クリープ現象の生じやすい地盤において著しい。図-3は乾燥砂地盤、ヒンジなしの状態における入力加速度とその応答の共振曲線を示しており、縦軸は上欄では入力加速度 A_1 、下欄では応答の絶対加速度 A_m 、横軸はそれぞれ加振振動数 f である。ヒンジ有りの場合、湿潤砂地盤の場合においてもほぼ同様であるが、系の復元力が軟化ばね型の非線形性を有していることを反映して、入力レベルの増大とともに共振振動数は低下している。そして履歴減衰の増加によるものと考えられるが、応答倍率も低下する傾向にある。また共振曲線から、締め固めた地盤よりも比

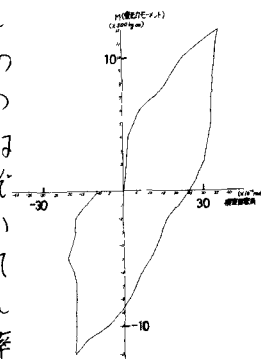


図-2 静的交番載荷実験(乾燥)

較的軟弱な地盤の方が、乾燥砂地盤よりも湿潤砂地盤の方が、同一入力加速度レベルに対する基礎-地盤系の共振振動数は低いことが言え、このことは構造物基礎-地盤系のばね定数の大きさの程度が反映しているものと考えられる。さらに、底面にヒンジのない模型は、回転と並進を含む自由度の連成振動をするが、模型底面にヒンジのついている1自由度系の応答よりも、地盤の運動に左右されやすい傾向が見られ、地盤の剛性が大である締め固められた地盤において、それはより顕著であることなどが言える。図-4は図-3と同じ乾燥砂地盤、ヒンジなしの状態において、地盤中に設置した加速度の応答曲線で、縦軸は応答加速度 $A_1 \sim A_3$ 、横軸は加振振動数 f である。図より19 Hz付近と35 Hz付近にピークが見られ、これが地盤自身の1次と2次の固有振動数であろうと予想される。また A_2 、 A_3 は A_1 と比べるとかなりはつきりした卓越振動数が見られること、すなわち地盤によるフィルター作用が認められること、地盤中よりも地表面の方が応答の絶対加速度が大きいこと、などがわかる。ところで、基礎模型に作用する振動土圧の深さ方向および水平断面における土圧分布は、模型回転角や加振振動数により変化する傾向があり、前者は根入れ中央部付近にピークを有する三角形状を呈しており、後者は緑端部で大きな値をもつ剛板分布をしていること、しかもこれらのことは締め固めた地盤と同様であるが、振動土圧の値そのものは本実験の方がはるかに低いことなどが言える。さらに、上述した振動土圧の深さ方向および水平断面における分布を考慮して求められる土圧合力によるヒンジまわりのモーメント M_E は模型回転角の増加とともに、軟化ばね型の特性を示し、同一振動数、同一模型回転角においては、締め固めた地盤の場合よりも、作の値は小さい。この M_E と応答の絶対加速度から推定されるヒンジまわりのモーメント M_H との関係を示したものが図-5(乾燥砂地盤)であるが、締め固めた地盤状態と比較すると、軟弱な地盤の場合には、レベルが小さいときから釣り合い状態はくずれており、減衰力などの影響がより強く現われていることがわかる。図-6はEl Centro, Taft, 宮古等の6つの実地震を、50 galと100 gal程度に入力最大加速度を制御した場合の入力と応答の加速度の最大値を国示したものであるが、いずれの地震入力に対しても応答加速度の最大値は入力のそれよりも大きいこと、入力の最大値が同じであっても、応答のそれは約2倍も異なる場合があり、入力のパワーや振動数特性が応答に影響を及ぼしていることがうかがえる。参考文献 谷村他、地震時に構造物基礎に作用する土圧と水圧について、昭和44年度土木学会講演会論文要録。

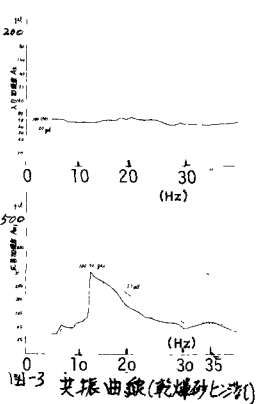


図4 加速度
共振曲線(乾燥砂・ヒンジなし)

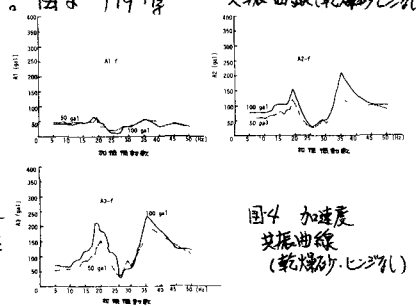


図-5 M_H と M_E (乾燥砂)

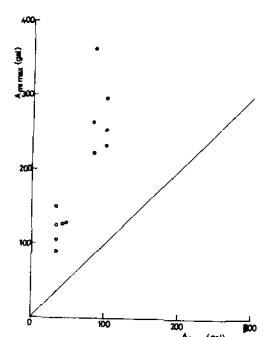


図-6 実地震記録の加速度の最大値と応答の最大値の関係