

山口大 工学部 正員 大原資生
 “ 正員 ○山本哲明
 “ 学生 光永臣彦

1. まえがき フイ基礎の耐震設計においては、簡便な Chang の式¹⁾が広く用いられているが、その式は地震時での地盤の変形は考慮されていないという欠点がある。そこで、地震時に地盤に生じるせん断変形を考慮した地震時におけるフイ基礎の挙動が理論的あるいは実験的に研究されるようになってきた²⁾。しかし、提案された理論式には、いくつかの仮定が含まれており、必ずしも地震時におけるフイ基礎の挙動は明らかにされていないように思われる。そこでわれわれはフイ基礎の地震時での挙動を知る上に必要と考えられる砂層の変形がフイ基礎-地盤系の物理定数(固有振動数, 減衰定数)に及ぼす影響を調べて見た。

2. 実験装置および実験方法 フイ基礎模型は図-1に示す振動台に取り付けた砂箱(35×100×70 cm)に固定されており、フイ基礎の下端は固定、上端は回転自由である。フイはエンビ管(外径:3.2 cm, 肉厚:0.35 cm), シンチュウ管(外径:3.2 cm, 肉厚:0.11 cm)の2種類の単グイである。エンビ管のEIは $7.93 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$, シンチュウ管のそれは $8.74 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$ である。なお載荷板の重量はエンビ管の場合は6.30 kg, シンチュウ管の場合は6.37 kgとした。

実験はまず、砂箱に気乾状態の豊浦砂を箱の底部から0, 26, 41, 55.5 cmの4通りに詰めた。そして砂箱に水平震度が0.8なる正弦波加速度(振動数:9.2 Hz)を与えて砂層を締固めた。その時の砂層の密度はおよそ 1.37 g/cm^3 であった。なお豊浦砂の物理的性質は次のとおりである。平均粒径:0.21 mm, 均等係数:2.1, 比重:2.63, 最大間ゲキ比:1.09, 最小間ゲキ比:0.67。

次に上述のフイ基礎-地盤系に振動台によって一定の水平加速度(震度=0.025, 0.1 および 0.2)を与え、振動中のフイ基礎頭部の変位を変位計, 台の水平加速度を加速度計によって測定した。

3. 共振曲線 定加速度の加振実験から得られた代表的な共振曲線は図-2に見られるようである。定加速度は振動台の振動数を減少させながら振幅を増加させる方法で得ている。図中、フイ頭変位は振動台の変位に対する相対変位を表わしている。

さて、図-2の山形の曲線に注目すると、それは曲線のピークから振動数の減少する部分の曲線の勾配が振動数の増加する曲線のそれより大きい、いわゆる構造物の力~変位関係が非線形である場合の形をしている。本実験においてはフイ基礎の力~変位関係は調べていないが、静的にフイ基礎の復元力と変位の関係を検討した。その結果、エンビフイ基礎およびシンチュウ基礎の両者において、共振時のフイ頭変位は砂層厚が小さく、震度が大きい場合には、砂層のフイの動きに対する拘束力が小さいことに起因して、復元力~変位曲線の非線形領域にあることがわかった。

4. 振動加速度および砂層厚のフイ基礎の物理定数に及ぼす影響

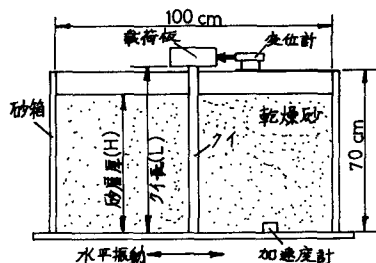


図-1 実験装置

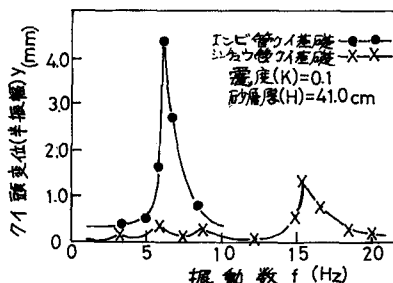


図-2 共振曲線

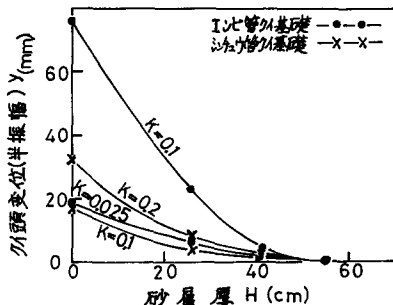


図-3 y~H 関係

エンビ管およびシンチュウ管クイ基礎の共振時のクイ頭変位と振動加速度、砂層厚の関係は図-3に示されている。この図から、両方のクイ基礎において各砂層におけるクイ頭変位はほぼ震度に比例しているのが注目される。また、震度、砂層厚が同じ場合、エンビ管クイ基礎のクイ頭変位はシンチュウ管クイ基礎のそれのおよそ5倍である。ところで、Changの式によってクイ頭変位を求めたところ、エンビ管クイ基礎のクイ頭変位はシンチュウ管クイ基礎の場合のおよそ11倍となった。したがって振動時の砂層の変形はEIの小さいエンビ管に対してはそのクイ頭変位を抑制し、EIの大きいシンチュウ管に対してはそのクイ頭変位を助長したと言えよう。

図-4は y_H/y_0 と H/L の関係を示しているが、測定範囲内で震度の大きさにかわらず両者の関係は一本の曲線で表わされた。

図-5はエンビ管およびシンチュウ管クイ基礎の震度が0.1における固有振動数と砂層厚との関係を示している。砂層厚が0cmでのエンビ管およびシンチュウ管クイ基礎の固有振動数はそれぞれ2.2, 7.1 Hzであった。図から、両方のクイ基礎は砂層厚が増加するにつれて固有振動数が増大しているのがわかる。さらに、砂層厚のクイ基礎の固有振動数に及ぼす影響はEIの小さいクイにおいて顕著である。

さて、クイ基礎の根入り長さが長くなると、クイ基礎の固有振動数が高くなるのは砂層によるクイ基礎の拘束が増加して見かけ上、クイの自由部分長が短くなると考えた。そこで載荷板がロッキング振動するとして見かけの自由長を求め、図-6に示される結果を得た。エンビ管およびシンチュウ管クイ基礎において、振動加速度が同じ場合、クイの根入り長さが長いほど、砂層によるクイの固定端の上昇の度合いが大きい。また、各砂層厚において、見かけの自由長は震度が増大するにつれて増加している。これは震度が増大すると、クイ周辺の砂層の塑性変形領域が広がるためである。

次に、共振曲線から求めた減衰定数に及ぼす砂層厚、震度の影響を調べ図-7の結果を得た。まず、シンチュウ管クイ基礎の減衰定数はエンビ管クイ基礎のそれに比して砂層の影響を受け易いと言える。なお、砂層厚が0cmでのシンチュウ管クイ基礎の減衰定数は0.014であり、エンビ管クイ基礎のそれは0.039であった。そこで、いずれの砂層厚でも、シンチュウ管クイ基礎の減衰定数はエンビ管クイ基礎の場合より小さくなるが、このことは前者のバネ定数が後者のそれに比べて大きいためと考えられる。次にエンビ管クイ基礎の結果において $k=0.025$ の場合、 h_H/h_0 は砂層厚に関係なくほぼ一定であるが、 $k=0.1$ の場合、 h_H/h_0 は砂層厚が増すにつれて大きくなっている。これは振動加速度が大きいほど砂層が密に詰まり、その結果、砂層がクイを強く支持するためであろう。同じようなことはフーチング基礎の減衰比に及ぼす土の影響において示されている。

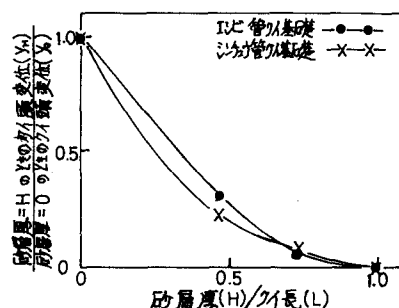


図-4 $y_H/y_0 \sim H/L$ 関係

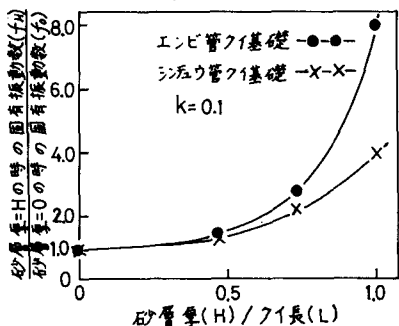


図-5 $f_H/f_0 \sim H/L$ 関係

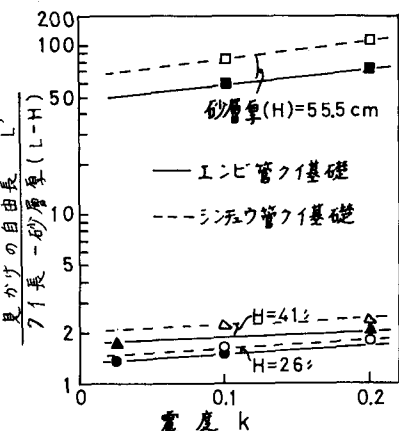


図-6 $L'/(L-H) \sim k$ 関係

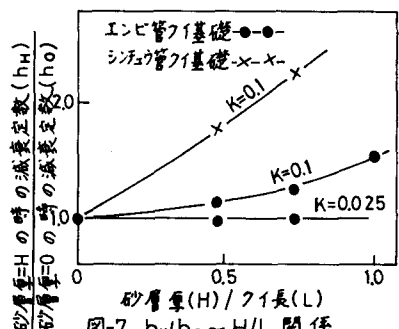


図-7 $h_H/h_0 \sim H/L$ 関係

文献: 1) Y.L.Chang: ASCE, 1937 2) 緒方・小坪: Proc. of Japan Earthquake Eng. Symp. 1966 3) F.E.Richart: ASCE, GT.12, 1975