

クイ基礎の耐震性に関する実験的研究

山口大学工学部 正員 大原資生
山口県庁 正員 ○光永匠秀

1. まえがき クイの設置による地盤への影響、特に、本研究では地震時におけるその影響をしらべるため、模型地盤を作製し、これにクイを設置することによって振動実験を行なった。クイは、その頭部の載荷重を極力軽くして、クイ本体だけが地盤に作用するようにして、地盤固有の剛性率と、クイの設置された時の見掛けの剛性率を比較することにより、クイの地震時での有用性について検討した。また、本実験で用いた試料の剛性率と土カブリ圧、および、せん断ヒズミ量との関係についても考察した。

2. 実験装置、および、方法 実験装置をFig. 1に示す。振動箱は円筒形のゴム板で作られており、その周囲はゴム板が外側へ張り出すのを妨ぐために10本の鉄製リング(19kg)を26cmの間隔をおいて配置してある。この振動箱を用いることにより、実際に生ずる地震時での地盤のせん断変形を再現できる。本実験で使用したクイは、インビ板、インビ管、シンチュウ管をクイ材として用いて、クイ材4本を1組とした群グイである。クイの拘束は、頭部を載荷板に剛結した回転拘束とし、下端を振動箱底面に剛結した固定端、あるいは、その底面に載せただけの自由端とした。載荷板を軽量化するため、ジョイントを含めて15kgのインビ板を用いた。Table 1に用いたクイの寸法と曲げ剛度を

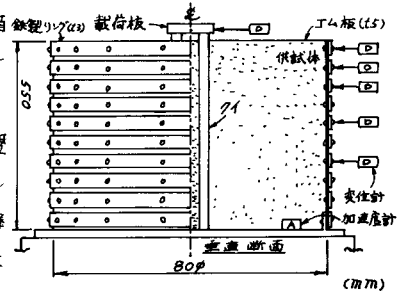


Fig.1 実験装置

Table 1 クイの寸法と曲げ剛度

	クイ長(cm)	外径(cm)	厚さ(cm)	曲げ剛度 (kg-cm ²)
インビ板	500	3.0*	1.0	25,700
インビ管	500	3.2	0.7	252,000
シンチュウ管	500	3.2	0.25	3,338,000

* 幅(cm)

試料は、気乾燥状態の豊浦砂を用いた。物理的性質は、比重2.63、平均粒径0.265mm、均等係数1.93、最大間ゲキ比1.09、最小間ゲキ比0.79、また、実験時の単位体積重量は1.47 g/cm³、間ゲキ比は0.79である。

供試体の作製方法は、振動箱にクイを設置し、この上から試料をホースを通じて一定の高さから振動箱内に流し込む。次に、振動箱に振動数3/s、震度0.4の正弦振動を約5分間与えて締め固めを行なう。また、クイを設置しない砂層も同じように締め固め、この後、クイを鉛直上方へ静かに引き抜いて作製する。

実験方法は、振動数を3/sに保ち震度を0.1から0.4まで段階的に上げていき、各段階での各箇の応答変位を測定する。なお、振動加速度は正弦波である。測定箇所は、砂層表面から深さ0.8, 6.5, 12.2, 23.4, 34.7cmの5か所（IからV）の鉄製リングの位置）である。

3. 実験結果と考察 Fig. 2, 3に、インビ管を用いたクイの設置された砂層と設置されていない砂層の各深さにおけるせん断変位量を示す。クイの設置されていない場合の砂層に比べて、設置された場合の方が変位量は、各震度において下回っている。インビ板、シンチュウ管も用いた場合も同じ傾向を示した。このことから、クイの設置によって、砂層のせん断変形が抑えられたと考えられる。

次に、この砂層のせん断変位量から剛性率を逆算し、砂層固有の剛性率と、クイの設置された状態での砂層の見掛けの剛性率を比較した。

一般に、地盤は地震力により、Fig. 4に示すようなせん断変形を生じる。この時の、地盤中の力のつり合は次式によって示される。

$$\frac{\partial}{\partial z}(G(z) \cdot \frac{\partial \bar{u}}{\partial z}) = \frac{\rho}{g} \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} \quad (1)$$

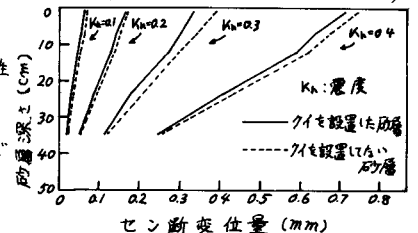


Fig. 2 砂層のせん断変形 (IからV)のグラフ

式中の \$Z\$ は地表面からの深さ、\$\bar{u}\$ は地盤の絶対水平変位量、\$t\$ は時間、\$G\$ は地盤の剛性率、\$\rho_s\$ は地盤の単位体積重量、\$g\$ は重力加速度である。また、基礎の変位量を \$u_0\$ とすると、

$$\bar{u} = u_0 + u \quad (2)$$

本実験では、\$u_0\$ は振動台の変位量に相当し、

$$u_0 = U_0 \cdot \sin \omega t \quad (3)$$

式中の \$U_0\$ は振動台の変位振幅量、\$\omega\$ は振動台の振動数である。一般に、

$$u = U \cdot \sin \omega t \quad (4)$$

式中の \$U\$ は砂層の相対水平変位量であり、Fig. 2, 3 に示すセシ断変位量 \$U\$ に相当する。式(1)に(2),(3),(4)を代入し、時間因子を除去すると、

$$\frac{dG(z)}{dz} \cdot \frac{dU}{dz} + G(z) \cdot \frac{d^2U}{dz^2} = -\frac{\rho_s \omega^2}{g} (U_0 + U) \quad (5)$$

境界条件は、(i) 砂層最下部で、\$U=0\$; (ii) 砂層表面で、セシ断力が零より、\$(G(z) \cdot \partial U / \partial z)|_{z=0} = 0\$、Fig. 2, 3 を見てわかるように、\$\partial U / \partial z|_{z=0} \neq 0\$ であるので、\$G(0) = 0\$、となる。

本研究では、式(5)を差分法で解いて、\$G(z)\$、すなわち、砂層の剛性率の分布を求めた。Fig. 5, 6 にエンピ管を用いたクイを設置した砂層と、設置されていない砂層の剛性率の分布を示す。これより、各震度において、クイの設置された砂層の方が剛性率が上回っていることがわかる。クイ材がかわっても同じような結果を得た。

次に、各剛性率の分布を深さ方向に平均し、クイの設置された場合と、設置されていない場合での平均値の比、すなわち、クイの設置による剛性率の見掛け上の増加の割合を求め、これとクイの曲げ剛度との関係を図7に示す。クイの曲げ剛度の増加に伴い、剛性率の増加の割合が高くなっている。また、クイの下端固定端と自由端の場合を比較すると、前者の方がその割合は大きく、平均して2.4倍であった。これより、クイの下端を固定端にするか、自由端にするかによって、クイの地盤に対する影響の度合いがかなり異なってくるのがわかった。

次に、本実験で得た結果から、砂層の剛性率 \$G\$ と土カブリ圧 \$p\$、および、砂層のセシ断ヒズミ量 \$\gamma\$ との関係についてしるべ、この結果を Fig. 8 に示す。これより、砂層の剛性率は土カブリ圧 \$p\$ の増加に伴い増加し、セシ断ヒズミ量 \$\gamma\$ の増加に伴い減少しているのがわかる。そこで著者は、剛性率 \$G\$、土カブリ圧 \$p\$、および、セシ断ヒズミ量 \$\gamma\$ の関係を次式で表わすことを考え、式(6)中の定数 \$C, m, n\$ を最小二乗法で求めた所

$$G = C \cdot p^m \cdot \gamma^{-n} \quad (6)$$

\$C = 157, m = 0.994, n = 0.449\$ となった。\$m, n\$ の値から、砂層の剛性率は、ほぼ、土カブリ圧 \$p\$ に比例し、セシ断ヒズミ量 \$\gamma\$ の平方根に逆比例

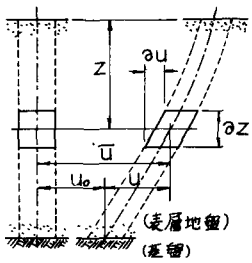


Fig 4

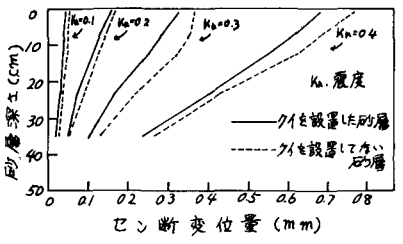


Fig.3 砂層のセシ断変形 (工比管クイ-下端固定)

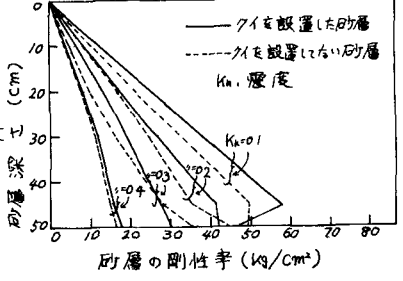


Fig.5 砂層の剛性率分布 (工比管クイ-下端自由)

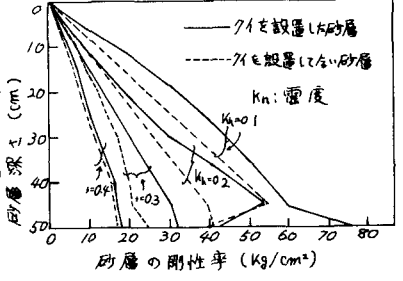


Fig.6 砂層の剛性率分布 (工比管クイ-下端固定)

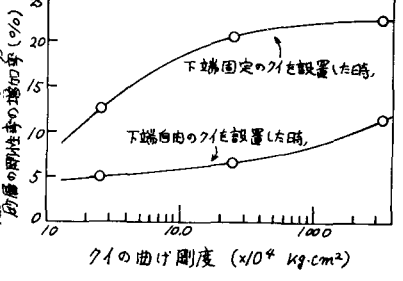


Fig.7 砂層の剛性率の増加の割合

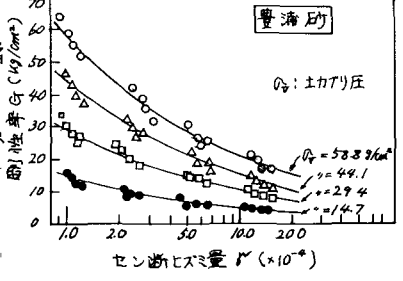


Fig.8 G-p 関係

文献 1) L.S. Loeber & H.B. Seed, Deformation characteristics of sand during cyclic loading, Journal of the Soil Mechanics and Foundation, ASCE, 1971.B