震度法の支持力問題への適用に関する基礎的研究

鳥取大学大学院 (学) 木越健二 (学)村上巧一

鳥取大学工学部 (正)榎 明潔 西松建設株式会社 (正)吉野 修

1. はじめに

地震時における構造物下地盤の破壊領域内の微小プロックにおいて、地震動による運動方程式(x 軸、y 軸)及び モート・ケーツの破壊条件式を満たす式をたてると、慣性力を考慮に入れたケッター式を導くことができる。すなわちこの 事は、地震動を加速度項で表現している震度法を地盤の破壊領域に用いることの妥当性を示すと言える。しかし、 従来のような塑性解析法(スライス法・簡便分割法)に震度法を用いた土構造物の耐震設計は妥当な解が得られない と言われている。そこで、本研究では、震度法の本質的条件(地震動を加速度項として評価する)を保ちつつ、 非本質的条件(場所的に一定の水平震度を用いる、すべり線法の代わりに特定の塑性解析法を用いる、等)を変えることによって震度法を用いた土構造物の耐震設計の妥当性を評価するものである。

2. 地震時の支持力問題と傾斜土槽支持力実験の関係

本研究では震度法を適用した土構造物の耐震設計を実現象と比較するために傾斜土槽支持力実験を行った。傾斜土槽支持力実験とは、まず水平土槽(長さ 120cm、高さ 60cm、奥行き15.2cm)に深さ54cm まで気乾燥鳥取砂丘砂の 2mm ふるい通過分を、一定間隙比(e=約0.57)になるよう試料の重さを計って詰め地盤を作成する。その後、図-1に示すように土槽を所定角度に傾斜させ、帯状基礎(B=9cm)を地盤に垂直に沈下させて支持力実験を行うものである。土槽を傾斜させることにより重力加速度を土槽平行方向と垂直方向に分割し、土槽傾斜角度によって水平震度と鉛直震度の関係は固定されるが、地盤に仮想的な水平方向及び鉛直方向の地震力を加えることができる。

また図 - 2 に示すような、支持力問題で対象とする領域 D に対して、入力する地震波の波長 が十分長い場合においては、瞬間的に破壊領域に加わる地震の加速度は領域 D において場所ごとに一定であると考えても問題がない。即ち、傾斜土槽支持

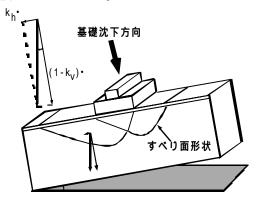


図 - 1 傾斜土槽支持力実験概念図

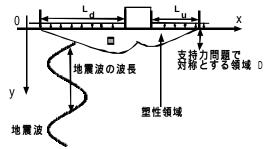


図-2 地震波と塑性領域の関係

力実験は地震時における基礎の構造物の変位が鉛直方向のみとし(震度法では地震時の構造物の変位を求めることが出来ないので鉛直方向であると仮定している)、地震波の波長が支持力問題で対象とする領域より十分長く (<D)、領域Dにおいて地震加速度を瞬間的に静的で場所的に一定とした基礎の支持力問題を再現している。

3.実験結果と解析

従来のような震度法と組み合わせる塑性解析法(スライス法・簡便分割法など)はすべり面を分割したプロック間面に働く側面力の仮定が不適切であり妥当性がない。さらに震度法の原理において、その影響は大きくなると考えられ、震度法とこのような塑性解析法を組み合わせるのは明らかに不適切と考えられる。そこで側面力の仮定を妥当に行ったすべり線法の近似解であるGLEMと震度法とを組み合わせ傾斜土槽支持力実験と比較した。

図 - 3 は土槽傾斜角度 =0°38°の沈下~荷重関係である。 =0°と =38°では傾向が異なるが、荷重はどの場合においても沈下量が約1.5 c mにおいてt°-t0値をとる。そこで以降、実験と解析を比較するにあたり、各土槽傾斜角度で、沈下量t1.5 c mにおける支持力値とすべり面形状を比較する。

キーワード 震度法、土構造物、支持力、土槽実験

〒680 - 8552 鳥取市湖山町南 4 - 101 鳥取大学工学部土木工学科、 0857 - 31 - 5289 Fax 0857 - 28 - 7899

なお、土槽実験は有限領域で実験しているために、土槽側面部や端面 部での摩擦の影響を受ける。また、試料の詰め方の不均一性などによる 不確定要因が多数あり、実際の自然現象を再現することは困難である。 そこで、実験と解析を定量的に比較するのではなく、定性的に傾向の比 較を行った。実験と解析を比較する項目として、各土槽傾斜角度(以下

)に対して、土槽支持力実験のピーク値(以下 Q)及び基礎の幅方向に 3分割した荷重分布傾向、基礎を沈下させることにより地表面に現れるすべり面の出口と基礎までの長さ、斜面に対して下側(以下 L_d)斜面に対して上側(以下 L_u)を比較する。なお、実験条件は基礎底面がステンレスとし、基礎底面と試料の摩擦角はせん断試験の結果から =13°と求めた。また基礎の沈下速度は 1.6mm/min、解析条件は三軸試験から求めた内部摩擦角 =39°サーチャージ 0.025tf/m²(沈下量 1.5cmに相当)とし、プラントルメルス Δ (以下 Prandtl)と比以た Λ Λ (以下 Hill)の基礎底面摩擦角 =15° 13° 11°で解析を行い、土槽傾斜角度 0° 30° 38° で実験と解析を行った。

図 - 4 は ~Qの関係である。実験値は の上昇に伴って、解析のような 急激なピ-ク荷重の減少傾向はなく、このグラフから実験と解析の傾向が等しい とは言えない。図 - 5 は Prandtl で解析した =0°と =30°の荷重分布傾 向である。解析から、 =0°の場合は斜面に対して下側の荷重(以下 q_1)と上側の荷重(以下 q_3)が等しい値をとり、中央列の荷重(以下 q_2)が 最大値をとる左右対称型の荷重分布傾向を示す。 =30°は $q_2>q_3>q_1$ の ような荷重分布傾向を示す。実験結果は =0°のときは解析とおなじ 分布傾向を示し、なおかつ再現性のある結果が得られたが、 =30° のときは実験と解析の傾向を比較するには不十分な再現性のない実験 結果となった。以上から、土槽を傾斜させた場合、荷重が正確に測定できないという実験装置の問題点が考えられる。

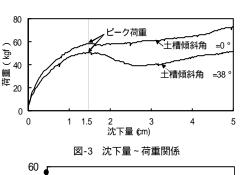
図 - 6 は \sim L_d の関係である。Prandtl、Hill とも の増加に対して、 L_d の増加割合は等しく、どちらの破壊メルズ Δ で地盤の破壊が生じている のか判断できない。しかし実験と解析の傾向はほぼ等しいといえる。

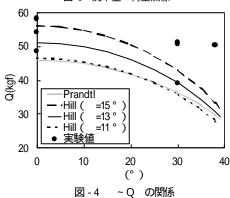
図 - 7 は \sim L_u の関係である。Prandtl、Hill とも の上昇に対して L_u の減少割合は等しいが、Prandtl は Hill より約 2 倍の大きさを示す。 一般的に、土槽実験でのすべり面形状は土槽側面や端面での摩擦の影響を 受け小さくなると予想されるが、実験のすべり面形状は Hill より大きな 値をとり、このことから Prandtl で地盤は破壊したと考えられる。

以上のことから荷重のピーク値に関しては実験と解析の傾向が等しいということは不十分であるが、すべり面形状の一部において Prandtl で地盤が破壊していると仮定した場合、実験と解析の傾向は等しいと言える。

<u>4. おわりに</u>

今回の震度法を用いた解析と傾斜土槽支持力実験とは、すべり面形状の 一部において実験と解析の傾向は等しいと言えたが、全体として傾向が同





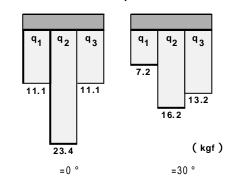


図-5 解析 (Prandtl) の荷重分布傾向

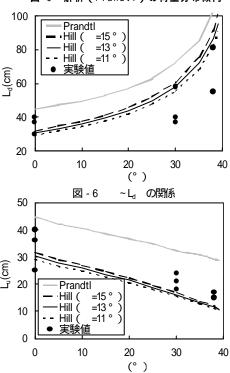


図 - 7

~ L_L の関係

じと言うには不十分な結果となった。今後は、実験装置の改良を行い、また、より実際の地震に近い振動台実験を行い、震度法を用いた土構造物の耐震設計の妥当性を評価するのが今後の課題である。

【参考文献】 M.Enoki et. al:Generalized Limit Equilibrium Method and Its Relation to Slip Line Method, S&F., Vol.31, No.2, pp.1-13, June, 1991.