

1. はしがき 履歴復元力を持つ1自由度振動系の非定常応答に関する研究はすでに数多く行なわれているが^(1,2), それらのほとんどは応答性状を決める重要な要因である復元力曲線が必ずしも適切なものではないので, それらをケーソン基礎の地震応答解析に直接応用するには問題が多い。すなわち地中に根入れされたケーソン基礎の復元力は, 履歴曲線は硬化型でその最大変位を連ねた曲線(最大変位曲線)は軟化型となることはいくつかの実験で確認されている³⁾。本文ではその大地震時における振動挙動を把握するために, 復元力の非定常応答時における制御法を新しく開発して若干の数値計算を行なって考察を加えた。

2. 復元力の制御法 履歴曲線は硬化型でその最大変位曲線が軟化型の復元力を持つ1自由度振動系の計算法,

とくに復元力の制御法を以下簡単に図1(a)に基づいて説明する。(1)変位が0から始まり一定レベル(AあるいはA')までは, 履歴を持たせない。(2)変位がAあるいはA'を越えたところで応答速度の符号が逆転したときは, それを0とする変位BおよびBと原点对称の変位Cを定め, ループBCに沿って計算を進める。(3)変位がCを越えるまでに, 応答速度が0となれば(2)と同様に計算を進めるが, Cを越えるまでに応答速度が0とならないとき, ループはBCを延長したBCC'には沿わないで, C'以後は最大変位曲線CDHに沿って速度が0となる変位Dまで計算を行なう。(4)以下同様に計算を続けるが, ループの終変位(図のCあるいはE)までに応答速度が0となったとき, たとえばGで0となったときは, 元ループDEの始の変位Dへ向かうループGDに沿って計算を行なう。以上の手順を繰り返せば, かなり実際に近い形で復元力の制御ができるが, 例えば同図のCDあるいはEFのように一部ループが始めに仮定された履歴曲線と異なる可能性もある。そこで図1(b)に示すように一度計算したループがABCとなったときは, 改めてループACに沿って修正計算を繰り返す, 最終的にはDEが小さくなったとき, あるいは修正計算回数が予め定めた回数になれば計算を打切る。図2の各図に上記計算法に従って計算した結果より描いた復元力曲線を示した。これらの図は修正計算回数が3の場合である。同図(a)は調幅被入力に振幅を漸次増加させた

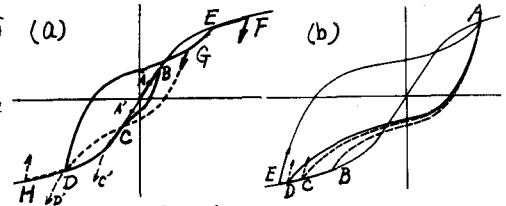


図-1 履歴曲線の制御法

もので, (b)はランダム被入力に対する応答から求めたものである。これらによると復元力の制御はうまく行なわれ, 履歴曲線は硬化型でその最大変位曲線が軟化型となっていることから, 上に示した計算法はケーソン基礎の非線形振動解析によく適したものであるといえよう。しかし同図(c)の一部に見られるように外力が急激に変動するときには, 履歴曲線の形状が一部変化するものが見られるが, 同図は修正計算回数があるのであるので, さらに修正計算を繰り返せばこの突も解消しよう。

3. 計算例 以下いくつかの計算例を示すが, まず数値計算に用いた復元力の履歴曲線と最大変位曲線を図3に示す。履歴曲線Hと最大変位曲線S1~S6を適当に組み合わせで計算を行なったもので, 対応する図面にこれらの符号を記入した(復元力のモードについては文献4)参照)。図4は最大変位曲線がほぼ完全

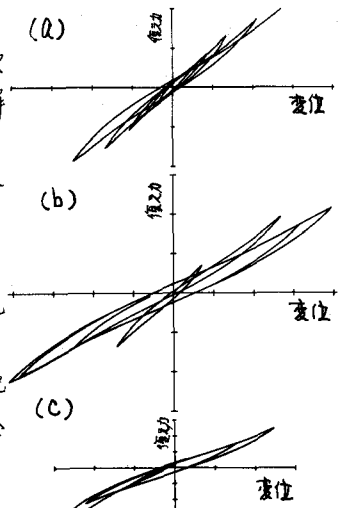


図-2 復元力の計算例(H,S6)

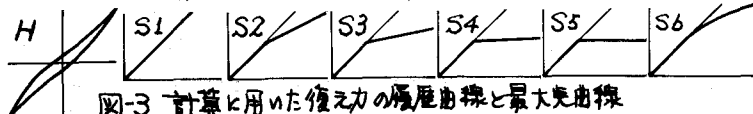


図-3 計算に用いた復元力の履歴曲線と最大変位曲線

弾塑性型に近い振動系に強度の異なる矩形波1波が作用したときの応答波形の1例である。この図によると入力強度が大きくなるにつれて振動周期、応答振幅が大幅に増加し、履歴曲線は硬化型をしているが応答にはその特徴が現われず軟化型をしている最大変曲線の影響が応答に強く反映されていることがわかる。これは定常振動解析の結果でも見られ、また以下のランダム応答の結果にも現われている。図5は周期が同一の矩形波1波の入力強度を変化させたときの、変位および加速度の最大値と入力強度の関係を示したものである。この図によると入力強度が小さい間は変位、加速度の最大値とも線形の場合に一致し、入力が一定の値を越えれば変位は線形の場合より大きく、加速度は小さくなっている。しかも変位は最大変曲線がbilinearのときとbilinearでないときは傾向が異なるのに対し、加速度の場合は同様な傾向である。図6はランダム波応答の例で、(a)は入力力の小さいとき、(b)は大きいときである。同図によると入力が大きくなると図4で見たように応答周期が大幅に増加している。応答計算の結果より、入力強度と応答の最大値を示したのが図7、8である。図7は同一入力に対して復元力の最大変曲線が異なる

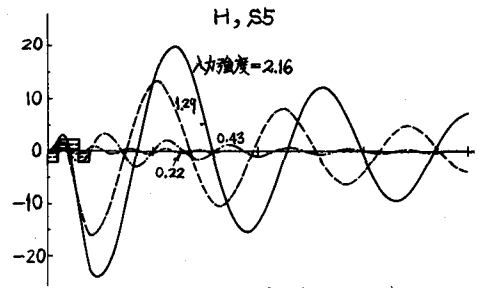


図-4 矩形波1波に対する応答例

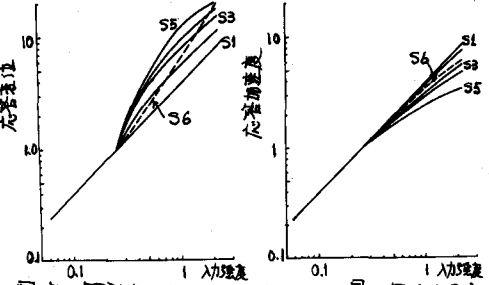


図-5 矩形波1波入力に対する応答の最大値(H,S)

場合、図8は同一復元力を持つ系に対して入力の振幅特性が異なる場合である。図7によると応答が非線形領域に入ると変位は図4で見たと同様に最大変曲線の違いによって傾向がかなり異なるが、加速度にはほとんど差は見られない。また図8によると変位、加速度とも傾向的には矩形波1波の結果と類似している。応答が入力の振動数特性に大きく影響を受けるのは、よく見られるが、振幅特性による影響は大きくないといえよう。一方これら両図から非線形領域に入れれば、すでに指摘されているように⁵⁾加速度は線形の場合より低下するが、変位は線形の場合より大きくなることから、非線形振動系においては加速度のみならず変位を精度よく把握することが重要であるといえよう。

4. むすび 以上ケーソン基礎の大地震時における挙動を推定するために開発された手法と計算例を示したが、今後さらに多くの計算が必要である。計算は京大大型センターによった

1) Jennings ; Proc. of A.S.C.E, E14.8, 1965. 2) 後藤・吉原;土木学会論文報告集,第184号, 1970.12. 3) 後藤・吉原・北前;土木学会論文報告集,第184号, 1971.10. 4) 後藤・吉原;土木学会第27回年次学術講演会,講演概要, I-162. 5) 岩崎;橋梁と基礎, 3-10, 1969.10.

図-6 ランダム波入力に対する応答計算例(H,S3)

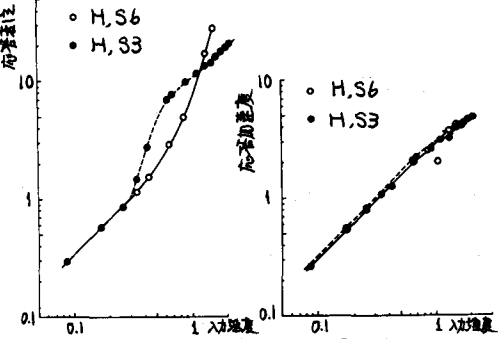
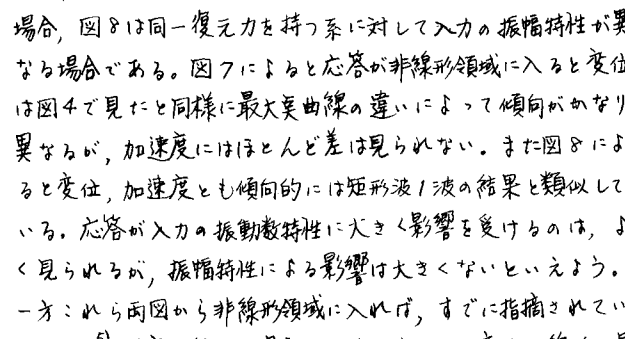


図-7 ランダム波入力に対する応答の最大値

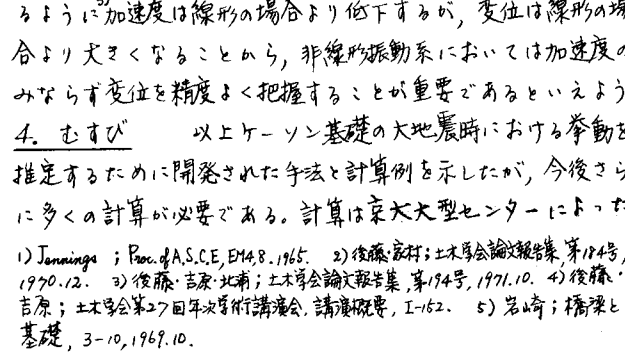


図-8 ランダム波入力に対する応答の最大値(H,S3)