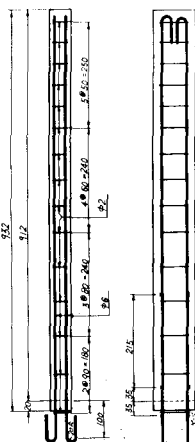


1 まえがき

土木構造物の設計にあたり、その動的応答を解析する必要が増大しつつあるが、鉄筋コンクリート土木構造物に関しては、その基礎となるべき振動性状に関する研究が少く、解析の妥当性が十分明らかにされているとはいえない。最も単純な構造型である単一柱式橋脚についてすら、静的正負繰返し載荷試験に基いた考察及び建築構造物について提案された復元力モデルを用いた計算による考察がなされているにすぎないのである。著者は、既に、非常に小型の橋脚モデルの振動実験をおこない、単一柱式鉄筋コンクリート橋脚がその固有振動数に近い振動外力を受ける場合の振動性状に関する考察を公表したが、固有振動数と異なる振動数の外力を受ける場合の挙動は明らかに出来なかった。本研究は、これに関して明らかにすることを目的としたもので、あらかじめ静的外力によって大変位を生ぜしめた供試体について振動実験をおこなった結果をとりまとめたものである。

図1 供試体

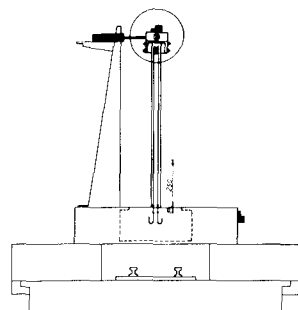
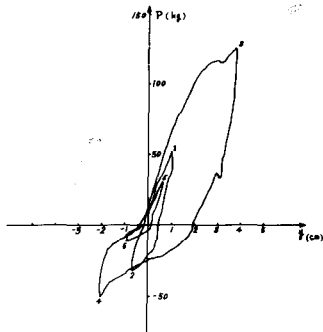


2 大変位を受けた後の鉄筋コンクリート橋脚の復元特性ならびに減衰特性

通常の単一柱式鉄筋コンクリート橋脚の断面性状に模した小型の供試体(図1参照)を用い、頭部に約5%の軸方向圧力を生ずる垂鎖を緊結して、図2に示すように振動実験を行なった。振動実験に先立ち、供試体頭部に静的に図3に示すような水平変位を与えた。振動台は、供試体の固有振動数(約1.6 Hz)と若干異なる振動数(2 Hz)で加振したのであって、頭部の最大水平変位が静的に与えた変位を越えないよう、加速度を段階的に増大させた。また、加速度を増大させる毎に振動台を停止し供試体を自由振動させて、固有振動数及び減衰定数を求めた。

図3 初期に与えた変位

図2 実験装置



自由振動実験の結果より、 $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$

によって剛性係数 K を定め、 $C = 2\pi\sqrt{mk}$

によって粘性減衰係数 C を求めた結果、 C

は、実験中ほぼ一定値を示した。振動外力

によって変位がそれまで受けた変位以上に

増大する場合、減衰係数は一定値とならな

いが、上記の結果は、変位が以前に経験し

た変位以下の範囲では、変位が増大しても

これを一定としてよいことを示すものであ

って、変位を受けた橋脚における振動性状の一つの特徴

であるといえる。

この結果より減衰力を定め、強制振動実験の結果から、

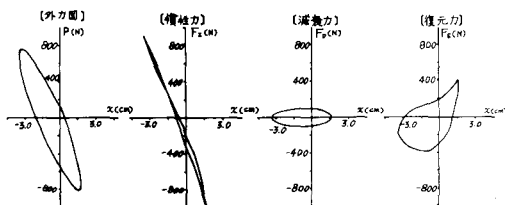
強制外力=慣性力+減衰力+復元力の関係によって復元

力を求めた。この結果の一例は図4に示すようであって、

このようにして求めた復元力は、図3との類似点が多

い。このことは、以前に経験した変位以下の変位の場合、

図4 振動実験の解析結果の例



静的正負繰返し載荷実験により得られる外力-変位の関係を忠実にモデル化し、粘性減衰係数を一定として解析すれば、応答変位が求められることを示している。しかしながら、図3の変位は、高々、主鉄筋の降伏時の変位であること、外力の振動数が固有振動数と大差がないことより、これがあらゆる場合に適用出来るとは限らない。それで、変位を図3の約2倍とした正負繰返し載荷実験をおこなった。この結果は、図4に示すようであって、大変位後にこれより小さい変位を受ける場合、履歴曲線は極めてその面積が小となり、原点を通過して過去の最大点に向う直線に近くなることが認められた。この特性が振動外力を受ける場合にも適用出来るか否かは確かめていないが、少なくとも、建築部材に関して提案されている復元力とは相当に異なる復元力になることは予想出来る。

3. 固有振動数と相違する振動数の外力を受ける場合の応答特性

図5に示す変位を与えたのち、固有振動数(0.75 Hz)の2倍の振動数で振動実験を行なった結果、応答変位の波形は極めて複雑となった。この応答波形をフーリエ解析した結果は図6に示すようであって、複雑な波形の大部分が供試体の固有振動数(f_1)の成分と強制外力(f_2)の成分よりなっていることが明らかにされた。これを図7に示すように応答変位との関係に書き改めると、変位の小うちは、 f_1 成分の占める割合が少く、変位大となるにつれ増加し、さらに変位が増加するとこれが再び減少することがわかる。また、図7の関係を外推すると、 f_1 成分が増減するのは変位が最初に与えた変位に達する時であることもわかる。このように、大変位を受けた後、固有振動数と異なる振動数の外力を受ける場合、その応答は極めて複雑となるのであって、実際の地震波をつかって応答変位を計算する場合には、この事実を考慮しないと、誤った結果を招くことがあると考えられる。なお、変位が小さい間に f_1 成分が少い原因は、不明であるが、恐らくは、小変位の場合には、振動系が不安定であることによると思われる。

図8は、フーリエ解析の結果から、 f_1 成分と f_2 成分の位相中及び中を求め、比較に便利ように中-中/2を計算して、振幅との関係を示したものである。これより、応答を支配する二つの成分の位相差と振幅との間にも、いかなる関係かは不明瞭であるが、何らかの関係が存在することが予想出来る。

鉄筋コンクリート部材は、変位の増大に伴い、固有振動数が減少する。このため、いかなる振動外力が作用するときに破壊と見なせる変位に達するかを検討する場合、二部材以上が組合わされた構造物の応答解析を行う場合、等では、共振状態から離れた状態での振動性状をも検討することが必要となる。本研究では、これを十分に解明することは出来なかったが、解明に寄与する二、三の事項は明らかに出来たと思われる。

図5 静的正負繰返し載荷実験結果

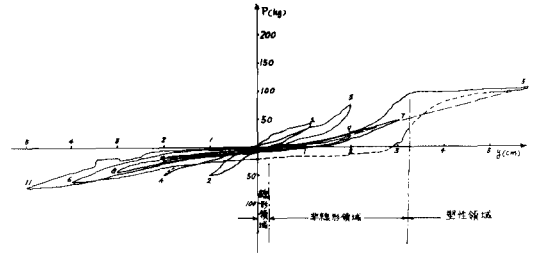


図6 応答変位の成分

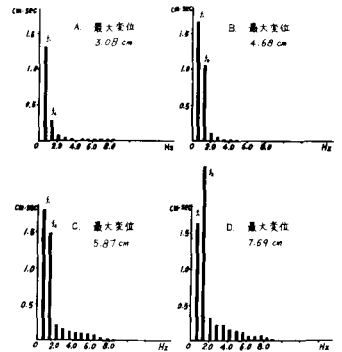


図7 f_1 成分と変位との関係

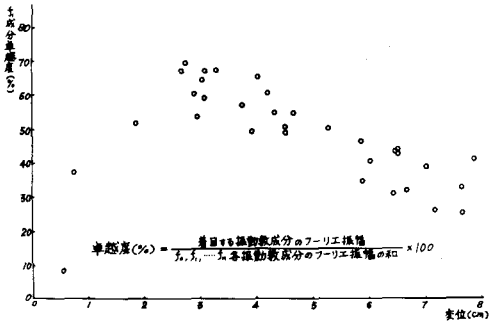


図8 位相差と変位との関係

