

発破地動による地中壁体の振動実験

東京工業大学 〇 伯野 元彦
鹿島建設技術研究所 野 尻 陽一

現在、色々問題となっている構造物基礎、ならびに、地中構造物の振動特性を知るため、小発破による地中構造物の振動実験を行った。勿論、発破による地面の振動は、実際の地震動に比べて振動数領域が高い方にずれている事、表面波が主となる恐れがある事等の欠点はあるが、実際の地震動観測が長期を要し、しかも難かしい事を考へてあて行つたものである。構造物が線形であることを仮定するならば発破による挙動から地震時の挙動を推定することも可能である。

1. 実験概要

実験構造物

実験に用いた構造物は図-1 ならびに2 に示すように地中に建造された一辺5m深さ約12m、厚さ40cmの正方形鉄筋コンクリート壁体と、直径5m深さ約12mの円形シートパイル壁体の二種である。なお、土質は遠浅海岸の深さ方向一様な細砂である。

測定計器

振動測定に用いた計器はひずみ計と加速度計である。ひずみ計は通常の抵抗線型のもつと鉄筋計とも使用し、加速度計はパネ振子に半導体ゲージを貼付した東京大学岡本舜三教授の開発されたものを、外壁をプラスチックにして軽くするなど多少の手を加えたものを使用した。

計器類はコンクリート壁の場合には、壁を建設する時鉄筋に貼付し、シートパイル壁の場合には建設後壁体に貼付した。

コンクリート壁には、加速度計12個、歪計20個を埋め込み、図-1に示すように、両壁体の丁度中央のボーリング孔には、地上、地下2m、地下4m、地下7.5mの深さに合計5個の加速度計を埋設した。

このボーリング孔中の加速度計は、構造物の振動の影響を受けやすい生り来襲した地動をとらえるため設置したものであるが、実験結果から見ると所期の目的を達していると思われる。

シートパイル壁には、加速度計9個、歪計

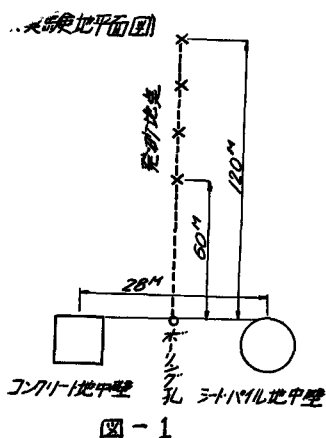


図-1

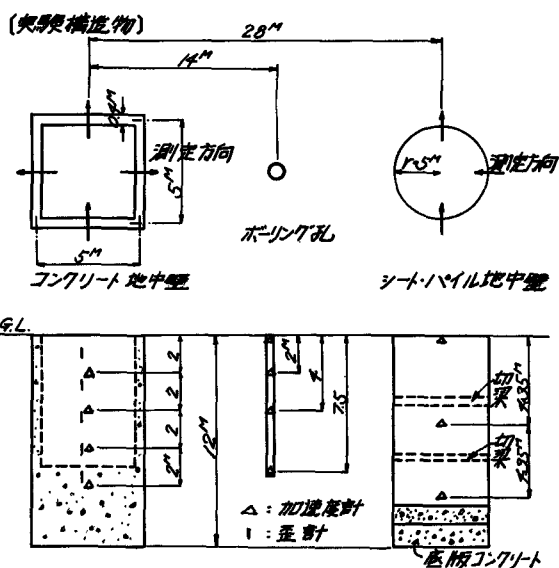


図-2

15 度と設置した。

結局、本実験とわかりやすくするための表にする必要がある。

2. 実験結果

30 回以上の発破実験によって、数多くのデータが得られたが、数例を図-3, 4, 5 に示す。記録の頭に付けてある記号は次の通りである。

i) 最初の文字

B --- ボーリング"孔"加速度計

C --- コンクリート壁埋設計器

S --- シートパイル壁設置計器

ii) 2番目の文字

N, S, E, W, E, W 等は測定方向

iii) 3 及至 4 番目の文字

A --- 加速度計

G --- ひずみ計

iv) 最後の数字

地表に近いところから 0, 1, 2 ...

被実験体	鉄筋コンクリート壁体 シートパイル壁体
測定量	i) 両壁体ならびに近接したボーリング"孔"中における加速度 ii) 壁体内の振動歪
実験時 壁体内状況	<u>オ 1 回実験</u> RC 壁体内 --- 砂 シートパイル壁内 --- 空虚 <u>オ 2 回実験</u> RC 壁体内 --- 空虚 シートパイル壁内 --- 水
発破地より 壁体までの 距離	50 m, 80 m, 100 m 117 m, 120 m
薬量	0.3, 0.5, 1, 2, 3 4, 5, 10 Kg

NO.27

BEW 0

図 4

BNS 1

RC 壁内
の空虚
SP 壁内
の水
薬量 4 kg

CEA 0

CWA 1

CWA 2

SWA 2

NO.22

SWA 3

SNA 3

CWA 4

CEA 4

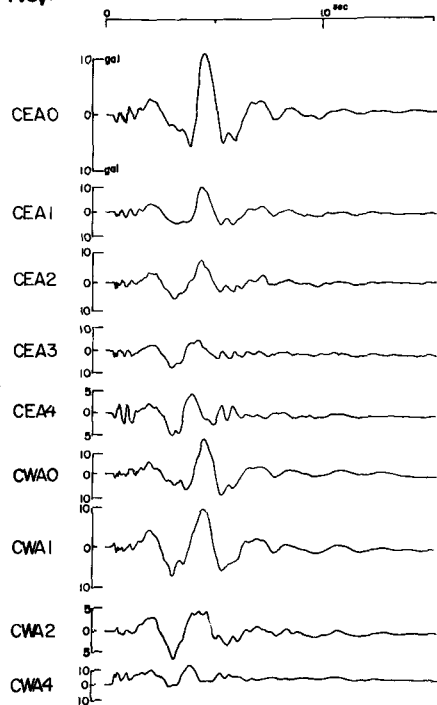
図 5

RC 壁内
の空虚
SP 壁内
の水
薬量 1 kg

NO.7

図 1-3

RC 壁内
土



3. 実験結果の考察

波速

得られた振動波の特徴は、最初非常に高い振動数の波が構造物に当たり、(余り高振動数でトレースできず、図-3~5ではその部分落している)、その後、0.1~0.2秒の周期成分の波が来る。

最初の高振動の波は音波と思われ、その波速はキロメートル/秒の程度で、この音波をP波としてしまうと砂のポアソン比は0.5近いものとなる。筆者等が想像するにはこれはP波ではなく地表面近くまである海水中を伝播して来た音波と思われ、その速度が速いことも不思議ではなく、また、このような波が飽和多孔質中を伝わることも Biot により理論的に見出されている。

固有振動の誘起

地上の構造物では、通常、地震とか発破とかの過渡力を受けた場合固有振動が誘起される。

地下の構造物ではどうであろうか。

この実験での答えは次のようであった。

- i) 壁体の内部に砂または水が満ちている時
壁体はほぼ周辺の土の動きと同じ動きをし固有振動は認められなかった。
- ii) 壁体内部が空の場合、非常に高い振動数の固有振動が認められた。

以上の事柄は図-3~5から知られる。

図-4~5では RC壁が空であるが、振動初期にかなり激しい約20 cpsの固有振動が認められる。この振動数領域では加速度計感度が15 cps以下に比べてかなり低下していることも考慮すると、記録の大きさ以上に振動していると言える。また同じ記録のコンクリート壁はほとんどボーリング孔中の動きと同様の動きを示している。

発破の主要動が来た時の各測定の動きを画いた図が図-6の各形状である。

壁体が空の場合、共振を起さすと言っても振動初期だけで発破の主要動には数10 cps というような高振動数は余り含まれていないので

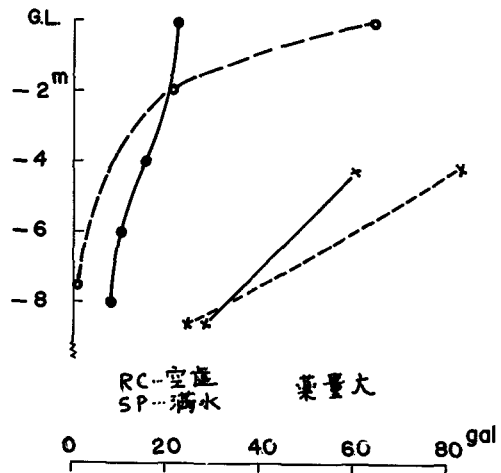
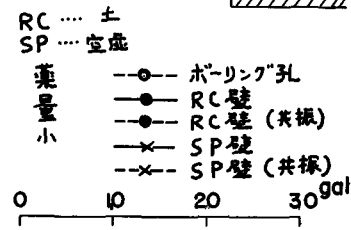
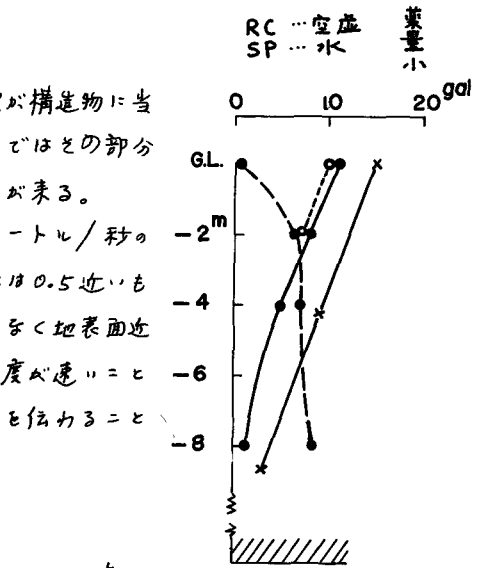


図6 各測定の動き

主要部分では共振は起らなかった。

図-6は地動の主要部分では各測点がどのような形状で振動しているかを画いている。

なお、共振している壁だけは主要動時の形状でなく共振時の形状を示してある。これによるコンクリートの共振形は、地表はほとんど振動せず地下4〜8mで大きく振動するという興味深い特徴を持っている。

しかしながら、共振点が高振動数なので、地震時には余り影響があるとは思われない。

波形のフーリエ解析

前述の事柄は振動記録をフーリエ解析した結果によりさらに詳しく調べられる。(図-7)

ボーリング孔記録には0.05秒の成分がシートパイル、コンクリート壁に認められることがわかる。

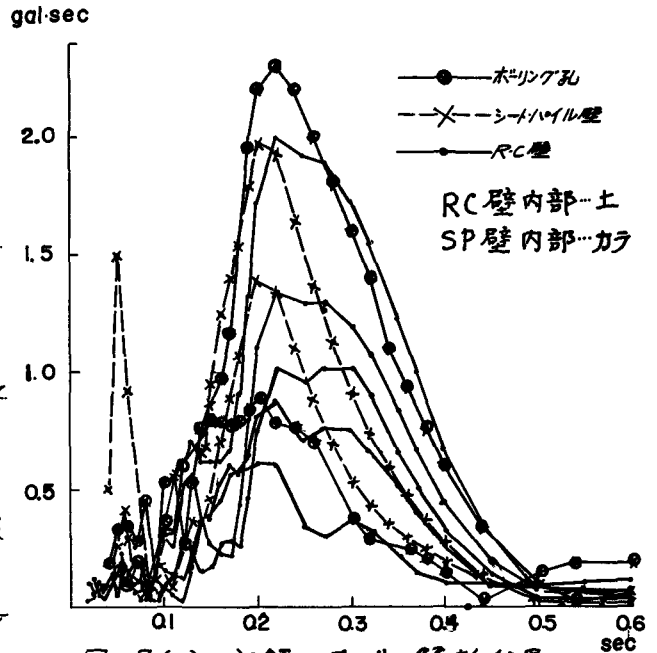


図-7(a) 記録のフーリエ解析結果

4. おさらい

本実験により次の事柄が知られたと思う。

1) 構造物は構造物の内部を含めて、土で取り囲まれている場合、固有振動するかわり共振は起りにくい。

ただし、構造物が上部の構造物と連結していて上部から強制的に振動させられる場合とか、構造物の比重が土よりかなり大きい場合、本実験だけでは何も言えない。

2) 内部空座の場合、外側に土があっても共振は起り得る。ただし、本実験の場合、この共振は壁体底部にあるマッシブなコンクリートブロックによって引き起こされていると思われる。

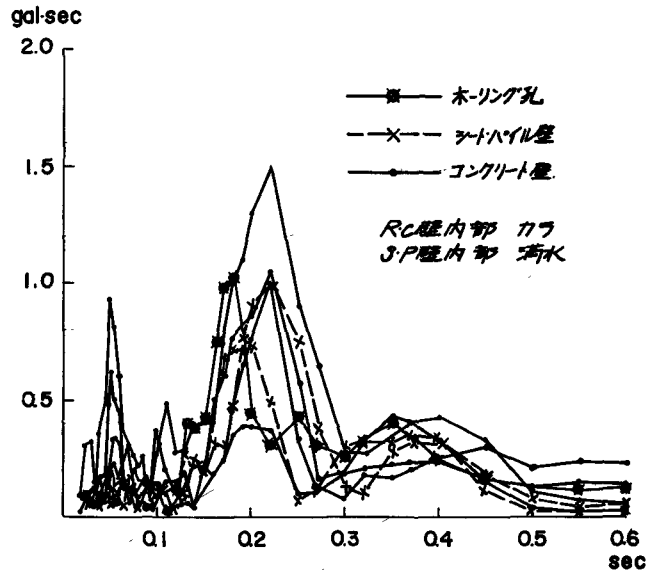


図-7(b) 記録のフーリエ解析結果

現在のところ実験データの解析が終わっているため、地動の大きさと振動性状の関係等については、データの解析も続行中である。

おわりに、色々お助言頂いた東工大山口教授、実験の機会を与えて下さった通産省工業用水課宮沢技官、千葉県工業用水課高橋技師、実験に協力して下さいた鹿島建設技研土木部研鈴木、三村、雁原横谷氏を始めとする研究員の皆様、東工大助手四俣、丸山の両氏に深く感謝致します。