

発破による地盤および建物の振動測定について

神戸大学工学部 正員 畑 中 元 弘

ま え が き

最近の建設工事の増大にともない、都市の周辺でも発破作業が行なわれる場合が多いが、工事が一時的なものであるためその対策を講じないままに作業を実施し、建物や構造物に被害を与えないまでもいわゆる振動障害として附近の住民との間にあつれきを生じていることが少なくない。このような問題に対し、有効かつ経済的な対策はほとんど見あたらないようで、消極的ではあるが振源までの距離を十分とつて距離による振幅の減衰に期待するか、発破方法や薬量を制限し、振動のエネルギーを小さくした方が有効であるように思われる。このために筆者はかつてこれまでの測定資料を整理して、発破による地盤の振幅の概略値と振源距離、薬量などとの関係を示す実験式を提案し、さらに地盤と建物の振動の関係についての若干の資料を報告したことがある^{1), 2)}。本文はその後えた測定値によつて提案式を検討するとともに、木造家屋および鉄筋コンクリート建物の振動についてのべたものである。

1 地盤の振動

一般に地盤を伝わる弾性波の振巾 y が震源距離 x の増大とともに減衰してゆく状況は一般に次式

$$y = c x^{-n} e^{-\alpha x} \quad (1)$$

で表わされることが知られており、等方均質地盤の場合、実体波については $n=1$ 、表面波では $n=0.5$ であるが、地震観測の結果によれば $n=0.5 \sim 2.0$ のかなり広い範囲にわたっているようである。 α は地盤の粘性による減衰係数で、一般に地盤の粘性係数に比例し、波動周期の $2 \sim 1$ 乗に逆比例することが知られている。

発破による地盤の振動については数名の研究者によつて実験式が提案されており、1部を除けばいずれもほゞ

$$y = c W^m x^{-a} \quad (2)$$

の形で表わされ、 $m=1/2 \sim 1$ 、 $a=1 \sim 2$ の場合が多い。こゝに W は薬量、 c は地盤の性質による係数で1倍から30倍におよぶ広範囲の値を与えている。したがつてこれらの式を使用する場合、その撰択にあつて困わくすることが多い。

このために筆者は国外および国内の資料をできるだけ多く集

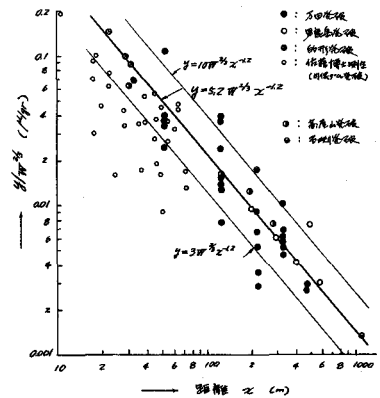


図-1 振源距離と振幅の関係(国内資料)

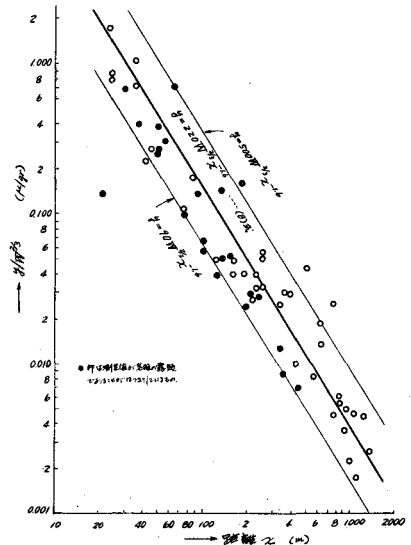


図-2 振源距離と振幅の関係(国外資料)

よれば各測線により、距離による振幅の減衰状況が非常にことなっていることにきづく。この相違は主として地形や装薬方法などによるものであろうが、図-5中に曲線で示した測線に対する発破はいずれも斉発発破であるので、落し発破の場合について装薬範囲の地盤の単位面積当りの薬量 c と距離による振幅の減衰を示す係数 a との関係を調べれば図-7のようである。同図によれば c が $0.156 \sim 0.723 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ に対し、 a は $5.5 \sim 0.7$ と大きく変化し、 c が大きいほど a は小さくなっており、薬量を一カ所に集中したほど距離による減衰性が小さく、振源距離が大きいところでも振巾がかなり大きいことになる。また図-5は薬量の補正を行なっていないが、装薬の範囲がそれほど大きくないので、この図から c と振幅との関係をみれば、 c が大きい場合近距離では振幅が比較的小さいが遠距離では c の小さいものより大振幅となっており、 c が小さい場合にはこれと逆の傾向となつてゐる。なお、振幅と装薬、発破の方法などとの関係については、さらに多くの資料をえた上で検討したいと考えている。

地盤の主要動の周期は本例の場合、振源距離 $65 \sim 740 \text{m}$ に対し $0.04 \sim 0.19 \text{sec}$ であつて振源距離の増大とともに周期ののびる傾向が認められる。いま図-5の振幅とその周期を用い、波形が正弦的であるとして加速度を算出し、これを振源距離との関係を示せば図-8のようである。

2 建物の振動

発破による建物の振動を推定しようという場合、地盤の振動との関係が知られていれば(3)式でえられる地盤振幅を用いて建物の大体の振幅を推定することが可能であろう。一般に人為的な振動源による地盤振動と建物の振動を同時に測定した例は少く、とくに発破の場合については筆者等が行なつたわずか2例しか見あたらない。これら諸種の振動源による資料によれば、

振動源の種類、地盤の性質、建物の構造、経過年数などによりこととなるが地盤に対する建物の振幅比は、一般の

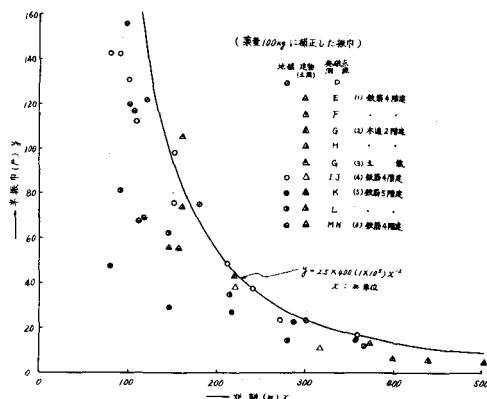


図-6 振幅-振源距離曲線

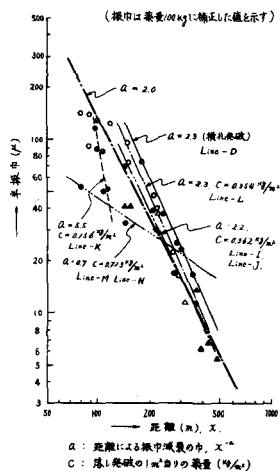


図-7 単位面積当りの薬量と振巾減衰との関係

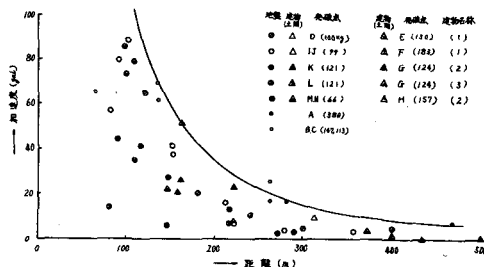


図-8 加速度-振源距離曲線

木造家屋で上下および水平振動両者ともにほぼ1〜3程度で、2階の床で3程度とみておけばよさそうである²⁾。

なおこの場合建物の周期は振源距離が近い場合、主として振動源の周期に近いものとなり、木造家屋の固有周期といわれている0.4〜0.6秒に比べてかなり短かいものとなつている。今回測定した各種の建物に対する上記の値は次表のようで、上下振幅は地盤のそれとほぼ同一であるが、水平方向では地盤の0.6〜3.8倍となつている。な

お図-5〜8にこれらの

建物の振幅比、周期

建物の1階(土間)における上下振幅を△印で示

したが、ほぼ地盤の振動

と同一と考えてよいこと

がわかる。

3 振動の許容値

振動の許容値は建物や

構造物の被害に対するも

のよりも人体感

覚に対するもの

が優先する。後

者についてはか

なり古くから多

くの研究がなさ

れているが、被

害に対する調査

例はきわめて少

い。図-9はこ

れらの結果を示

したもので、人

体感覚に対して

は一時的かつ公

共の建設工事な

名 称	測定場所	振源距離 (m)	振巾比、建物振巾/地盤上下振巾			建物の周期 (水平) (sec)	地盤の周期 (上下) (sec)
			上 下	水 平	奥行方向 間口方向		
木 造 平 家	地盤上1.2m	138	1.1~1.2			0.07*	0.06
" (寺)	" 0.5m	730	1.2	0.6	0.7	0.18, 0.15	0.20
" 二 階 建	二階床	160	0.8	2.5	2.1	0.25, 0.17	0.09
" (土蔵)	"	160	0.9	1.7	3.2	0.18, 0.14	0.09
鉄 筋 四 階 建	屋 上	370	0.8	1.9	2.5	0.15, 0.16	0.14
"	"	220	1.2	2.8	2.8	0.20, 0.13	0.13
"	"	145	1.1	1.3	1.4	0.13, 0.11	0.08
" 五 階 建	"	436	1.2	3.8	2.5	0.19, 0.16	0.16

*印は上下動の周期、奥行、間口方向はいずれもそれぞれはNS, EW方向である。

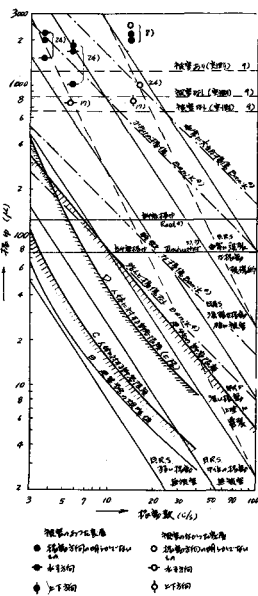


図-9 振動の許容値

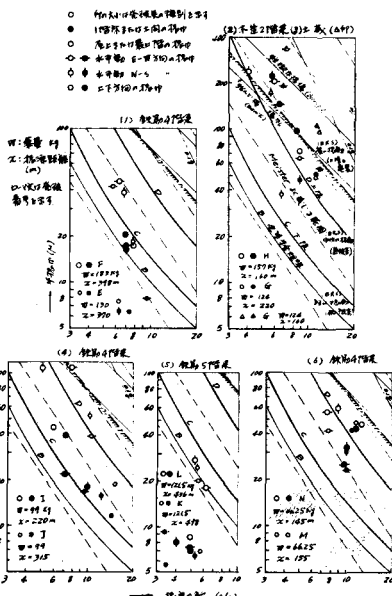


図-10 建物の振幅

どの場合には事情により、Meisterの「よく感じる範囲」まで、また建物に対しては一応斜線を付した直線の値を許容値としてはと考えている。図-10に上表の建物の振幅を示した。いずれも苦情の申し出のあつたもので、土蔵および木造家屋にはかなりの亀裂が入っており、発破によるものであるとの確証はえていないが、その影響によるものが多いと思われる。

1) 畑中、大槻：発破による地盤および建物の振動調査，建設工学研究所報告，第3 号，37.3

2) 畑中：発破による地盤および建物の振動，——実験公式の提案——，同上

ON THE VIBRATION OF GROUND AND BUILDINGS CAUSED BY BLASTING

by

Motohiro HATANAKA*

In many cases, vibration by blasting of construction works make vibration-troubles and damages of buildings or of other common structures. In order to give a solution for these problems, the writer has gathered a lot of data from abroad as well as from in our country including his own experimental data, and basing on them, he has led the experimental formulas as to the relations between ground amplitude Y (in μ), epicentral distance X (in m) and quantity of powders W (in gr) as follows:

$$Y = K 400 W^{2/3} X^{-2.0} \quad 15 < X < 250 \text{ m} \quad \dots\dots(a)$$

$$Y = K 5.2 W^{2/3} X^{-1.2} \quad 250 < X < 1500 \text{ m} \quad \dots\dots(b)$$

The coefficient K in the formula varies according to the nature of the ground and it is set as $K=1$ for outcrop of bed rocks and as $K=7$ for the thick over-burden of the ground, within the range of which K is arranged according to the ground condition.

The applicability of these formulas were examined by further tests, from which $K=2.5$ was obtained for the case of thin weathered granite layer over-burden. Furthermore the writer made clear the relations between the vibration of ground and the building, and showed the method of estimating the vibration of buildings by using the said formula and the above relations. Finally, the writer proposed some data for blast planning by describing allowable value of vibration for personal sensibility and damage of buildings.

* Kobe University