

(H-4) 載荷重を有する裏込振動土圧と壁体の振動

運輸技術研究所 正員 丹羽 新

本報告はオーストラリア世界地震工学会議に提出した報告に続くものである。

[I] 人工地震発生装置を振動源とし、試験壁体に作用する土圧(図-1において $Z_3 \sim Z_6$ の6点)と、壁体の変位(Z_1 と Z_2 の2点)を観測した。観測された振動波形の基本振動をとり出すと、これらの基本振動は、測定点の位置(壁体の鉛直方向の位置)によって、その振巾が異なるのはもちろん、振動の位相が少しずつ異っている。そこでこれらの基本振動が更により単純な2つの成分——Translational な成分と、壁の重心まわりの Rotational な成分、——から成り立っていると考えるとこれらの成分を見出そう。図-1を参照して、

	Observed (fundamental oscillation)	Components	
		Translational	Rotational
変位	$A_1 \sin(\omega t - \lambda_1) =$	$a \sin(\omega t - \alpha)$	$-(Z_1 - Z_0) \varphi \sin(\omega t - \beta)$
	$A_2 \sin(\omega t - \lambda_2) =$	$a \sin(\omega t - \alpha)$	$-(Z_2 - Z_0) \varphi \sin(\omega t - \beta)$
土 圧	$B_3 \sin(\omega t - \mu_3) =$	$p \sin(\omega t - \tau)$	$+(Z_3 - Z_0) \varphi \sin(\omega t - \delta)$
	$B_4 \sin(\omega t - \mu_4) =$	$p \sin(\omega t - \tau)$	$+(Z_4 - Z_0) \varphi \sin(\omega t - \delta)$
	$B_5 \sin(\omega t - \mu_5) =$	$p \sin(\omega t - \tau)$	$+(Z_5 - Z_0) \varphi \sin(\omega t - \delta)$
	$B_6 \sin(\omega t - \mu_6) =$	$p \sin(\omega t - \tau)$	$+(Z_6 - Z_0) \varphi \sin(\omega t - \delta)$

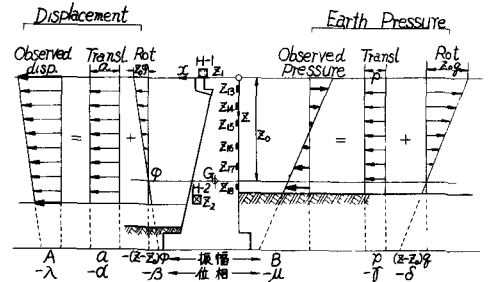


図-1 観測値の分解

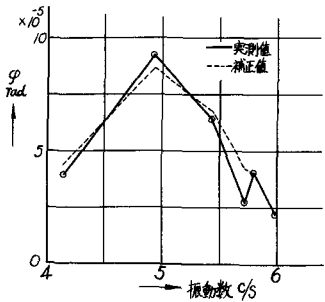
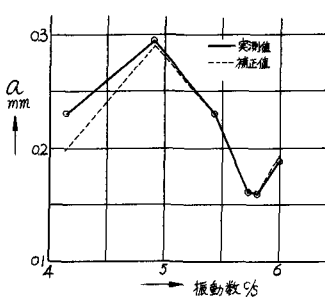


図-2 a と φ

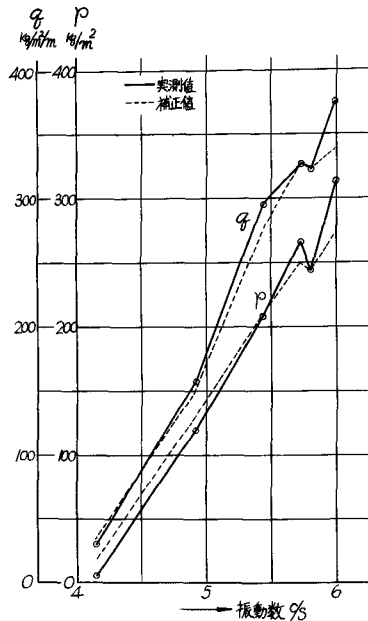


図-3 p と q

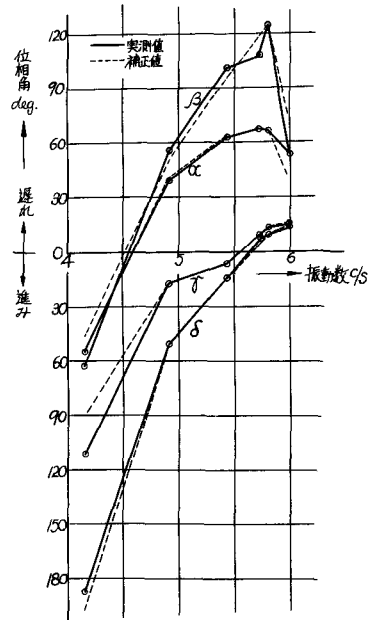


図-4 $\alpha, \beta, \tau, \delta$

上式で未知数は $a, \alpha, \varphi, \beta, p, \delta, \gamma, \delta$ であり、求めた結果を実験の振動数(人工地震発生装置の回転数)に対してプロットすれば、図-2, 3, 4の実線で示したようになる。これらの図で変位 a, φ は5%にPeakをもっているにもかかわらず、それに対応する土圧 p, γ は振動数に対してほぼ直線的に増大している。このことは特に注目すべきことである。求められた2つの土圧 p, γ を再び合成すると、これらは観測された土圧の基本振動を忠実に再現している。またすでに報告した載荷重のない場合の裏込振動土圧もやはり p と γ に分解することができる。すなわち、一般的に云つて振動土圧は位相の異つた2つの力から成り立っていることが明らかとなつた。さらに振動前後における静土圧を比較すると、残留土圧あるいは揺り込み土圧は存在しない。

[II] えられた壁体の変位と、作用する土圧がどのようにして運動方程式を満足するかを示そう。図-5に示した壁体の運動方程式は次のように表わされる。

$$M\ddot{x} + k_x(x - x_0 + \Phi) = P \sin(\omega t - \delta) - Q \sin(\omega t - \delta)$$

$$I\ddot{\Phi} + (k_\varphi - MgH)\Phi - Hk_x(x - x_0 + \Phi) = M_p \sin(\omega t - \delta) - M_\gamma \sin(\omega t - \delta)$$

ここで

$$P = k' l \cdot p \quad M_p = k' l (z_0 - \frac{l'}{2}) \cdot p$$

$$Q = k' l (z_0 - \frac{l'}{2}) \cdot \gamma \quad M_\gamma = k' l (\frac{l'^2}{2} - z_0 l' + z_0^2) \cdot \gamma$$

k' : 分布力 p, γ の積分範囲, l : 壁体の長さ, $H = l - z_0$, $x_0 = a_0 \sin(\omega t - \alpha_0)$ = 地動, であり, $x = a \sin(\omega t - \alpha)$, $\Phi = \varphi \sin(\omega t - \beta)$ (共に既知) である。

上の方程式で未知数は $k_x, k_\varphi, k', a_0, \alpha_0$ であり、半ば実験的な手法によつてこれらの値を求めた。その結果を要約すると、(1) x_0 を無視しても大勢に影響はない。 $x_0 = 0$ にするために合理的に実験結果の補正を行つたが、それらの値は図-2, 3, 4のなかで実線で示されている。(2) $k' = 2.3 \text{ m}$, $k_x = 7.1 \times 10^5 \text{ kg/m}$, $k_\varphi = 280 \times 10^5 \text{ kg-m}$, また MgH の項は無視しうる。(3) これらの常数を用いると、壁体の1次連成固有振動数は7%となり、外力が与えられれば壁体の運動は上の方程式によつてかなり正確に記述しうる。(4) 運動方程式の右辺を合成すると、 $k' = 2.3 \text{ m}$ のとき合成されたものは5%にPeakをもち、観測された変位に現われたPeakはこの合力のPeakに対応している。算出された壁体の共振点より更に低い点にPeakをもつ力が現実には作用していることはきわめて特筆すべきことであり、この5%という値が如何にして定まつたものであるかは今後に残された重要な課題である。

[III] 今後の研究に備えて、図-6, 写真-1に示す新しい実験結果の表現法を提案した。

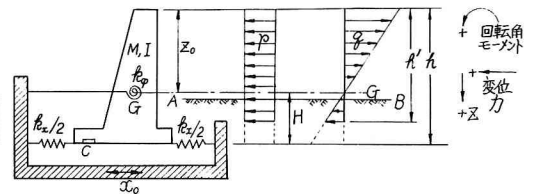


図-5 カ学モデルと外力

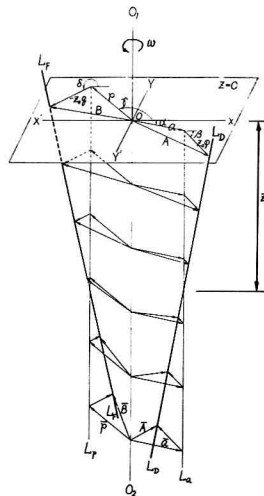


図-6 回転ベクトルの空間的配置

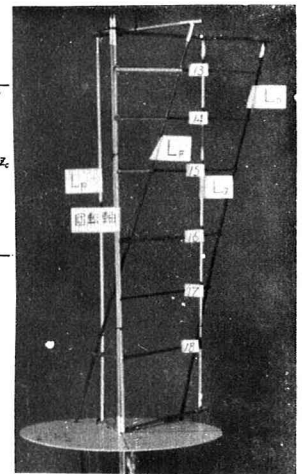


写真-1 力と変位のモデル