

重力式岸壁における地震時土圧の簡易質点モデルによる検討

(独)港湾空港技術研究所 正会員 ○小濱 英司
 (独)港湾空港技術研究所 正会員 菅野 高弘

1. はじめに

重力式岸壁におけるケーソンに作用する地震時動的土圧は、ケーソンおよび背後地盤の動的相互作用により生じるものである。よって、土圧は岸壁の振動特性の影響を大きく受けると考えられ、この定性的なメカニズムは既往の研究¹⁾により明らかにされてきたが、定量的な検討はまだ十分ではない。そこで本報告では簡易な質点モデルを用いた重力式岸壁の地震時土圧の検討を目的とし、振動台実験における模型岸壁の振動特性を考慮して土圧の検討を行った。

2. 実験装置および方法

本研究では水中振動台実験装置を用い、図-1に示されるような計測機器の配置で岸壁模型を作成して実験を行った。模型ケーソンの背面および底面にはロードセルがセットされており、土圧および底面でのせん断力が計測可能である。地盤作成試料は硅砂5号および砕石4号、6号であり、背後地盤ではケーソンに近い範囲では締固めを行った。模型の詳細については参考文献²⁾を参照されたい。加振波には、表-1に示されるように、振動特性を調べるためのsin波と、八戸波を用いた。

3. 結果および考察

図-2にsin波加振時における、ケーソン上端および背後地盤表面における加速度のケーソン下および背後地盤下の基盤での加速度に対する、各振動数での増幅率を示す。この図より、ケーソンおよび背後地盤での卓越振動数はそれぞれ12.5Hz、23Hz程度であることがわかる。なお、この加振時において過剰間隙水圧はほとんど発生しておらず、極端な地盤の剛性低下は無かったと考えられる。

八戸波による加振時における各計測点での（図-1参照）加速度、ケーソン水平変位、間隙水圧、土圧を図-3に示す。各地点での加速度は0.7sec付近で大きくなっており（図-3(a-d)）、このときケーソンは大きく変位した（図-3(e)）。背後地盤内の過剰間隙水圧については、フィルターを作用させて動的な変動成分を省いた準静的な成分としたものを図-3(f)に示す。過剰間隙水圧は加速度の増大とともに発生し、w13の締固めを行っていない領域ではほぼ1.0まで達して液状化が発生した。一方、締固めを行った領域（w8）では過剰間隙水圧は小さく、締固めの効果が現れており、また、裏込石に近い領域（w5）では過剰間隙水圧はほとんど発生していない。

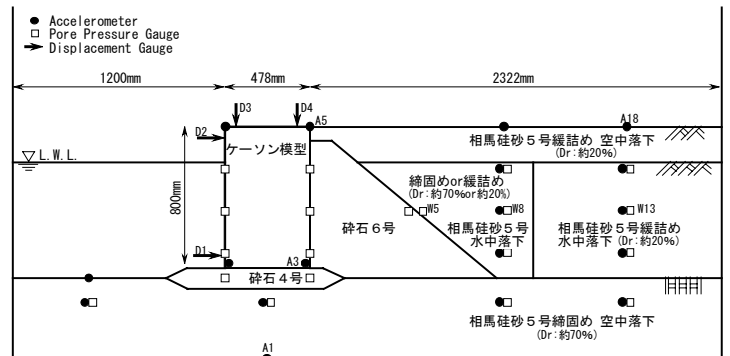


図-1 模型岸壁および計測器配置

波形	加速度振幅
sin波 2~50Hz, 1Hz 刻み	50Gal
八戸波	350Gal

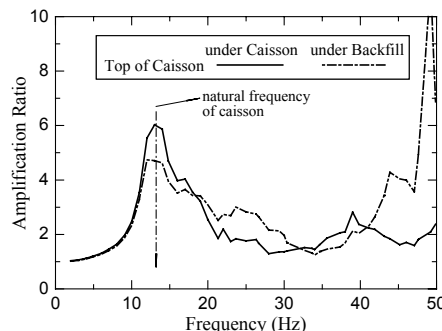


図-2 (a) ケーソン上端の加速度増幅率

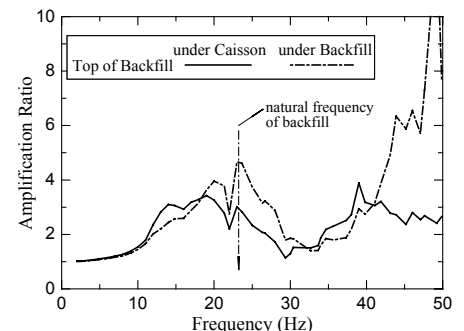


図-2 (b) 背後地表面での加速度増幅率

キーワード 重力式岸壁, 模型振動実験, 地震時土圧

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 (独)港湾空港技術研究所構造振動研究室 TEL046-844-5058

八戸波加振時におけるケーソンへの土圧を図-3(g)に示す。この地震時動的土圧は、岸壁の振動特性の影響を受けると考えられる。そこで、図-4に示されるような簡易な質点モデルを用い、ケーソンおよび背後地盤の固有振動数を考慮した土圧の検討を試みた。このモデルにおける支配方程式は以下のものであり、これを解くことによって土圧 ΔF_e と背後地盤加速度 \ddot{x}_g の関係が得られる。

$$\begin{bmatrix} -\omega_b^2 m_c + K_c + K_i & -K_i \\ -K_i & -\omega_b^2 m_g + K_g + K_i \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_c \\ X_g \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \omega_b^2 m_c X_b \\ \omega_b^2 m_g X_b \end{Bmatrix}$$

ここで、

$$K_c = k_c + i\omega_b c_c, \quad K_g = k_g + i\omega_b c_g, \quad K_i = k_i + i\omega_b c_i$$

$$h_c = c_c / \sqrt{4m_c k_c}, \quad h_g = c_g / \sqrt{4m_g k_g}, \quad h_i = c_i / \sqrt{4m_c k_i}$$

$$\Delta F_e = -K_i (X_c - X_g) \exp(i\omega_b t)$$

$$\therefore \Delta F_e / \ddot{x}_g = -K_i \frac{X_c - X_g}{\omega_b^2 (X_b + X_g)} = -m_c \frac{\omega_i^2}{\omega_b^2} \frac{X_c - X_g}{X_b + X_g}$$

そこで、図-2に示されたケーソンおよび背後地盤の固有振動数を考慮して表-2に示されるような値を用い、 \ddot{x}_g として背後地盤地表加速度(A18)を用いて求められた土圧 ΔF_e を図-3(g)にあわせて示す。 m_c には模型ケーソンの質量271kgを用いた。モデルにより求められた土圧は、過剰間隙水圧発生(図-3(f))による剛性低下を考慮していないこともあり、ケーソン変位の大きく生じる0.7sec付近ではあまり一致せず、また位相のずれが少し見られるが、その他はよく表現されている。したがって、ケーソンおよび背後地盤の振動特性を考慮することによって、このような簡易なモデルによっても土圧の動的成分を表現できる可能性があることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Kohama, E., K. Miura, N. Yoshida, N. Ohtsuka and S. Kurita: Instability of Gravity Type Quay Wall Induced by Liquefaction of Backfill during Earthquake, Soils and Foundations, Vol.38, No.4, pp.71-84, 1998
- 2) 小濱, 菅野, 井合, 窪内, 宮部: 地震時における重力式岸壁の滑動挙動に関する模型振動実験, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.786-790, 2002

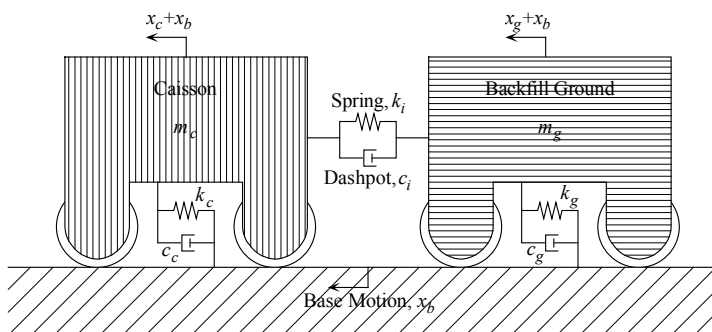


図-4 簡易質点モデル

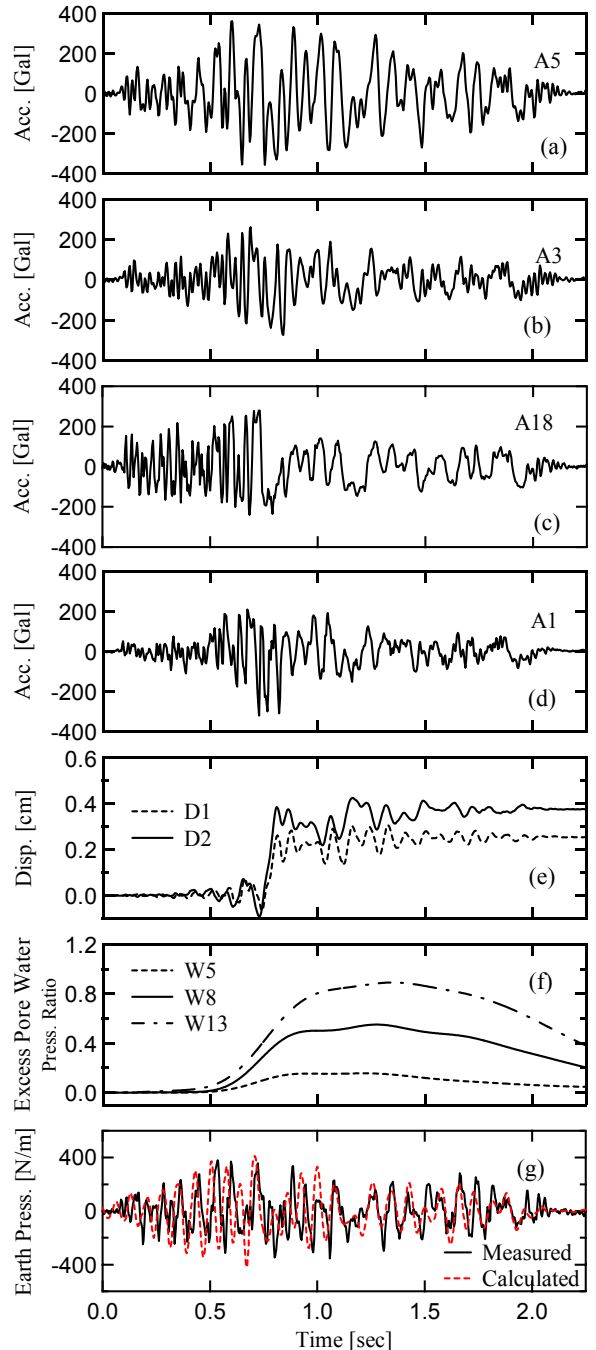


図-3 八戸波加振時における加速度, 変位, 間隙水圧, 土圧の時刻歴

表-2 用いたパラメーター

$\omega_c = 2\pi f_c$	12.5 (Hz) $\times 2\pi = 78.5$
ω_g / ω_c	23/12.5 = 1.84
ω_i / ω_c	0.5
m_g / m_c	4.0
m_c	271 (kg)
$h (= h_c = h_g = h_i)$	0.1