

卵形消化槽の応答特性

九州大学工学部 学生員 ○藤田 昭彦
 九州大学工学部 正 員 成富 勝
 九州大学工学部 正 員 烏野 清
 九州大学工学部 正 員 小坪 清真

1. まえがき

西ドイツで開発された卵形消化槽は円筒形消化槽と比較して消化効率が安定していることから、現在西ドイツを中心に数多く建設されている。この消化槽を地震の多い我が国に導入するにあたって、耐震性の必要から杭基礎を用いた卵形消化槽が建設されている。卵形消化槽は（容器+汚水+杭基礎）系として地震時に複雑な挙動をするために解析が煩雑となる。本研究は杭基礎等を設計する際の容器内汚水の地震時動水圧を求める略算式を提案するものである。

2. 解析方法

図-1に計算の対象とした卵形消化槽⁽¹⁾を示す。この卵形消化槽の R_0 と H_0 の比は0.304であるが、他の場所に建設されている卵形消化槽の比も0.314程度であり、わが国における卵形消化槽はほぼ相似形であるといえる。卵形消化槽の地震時動水圧を厳密に求めることは困難なことであるから、曾我部⁽²⁾による伝達マトリックス法を用いて解析した。地震時動水圧には、(Ⅰ)地震の短周期成分に 대응する衝撃圧、(Ⅱ)地震の長周期成分に 対応する振動圧（スロッシング）がある。これらの両者に対して、卵形消化槽の水位（ H ）を変化させ、付加質量係数、壁面合力、作用点の高さ、基礎に対するモーメント、スロッシングの固有周期を求めた。スロッシングは支配的な1次のみを考えている。

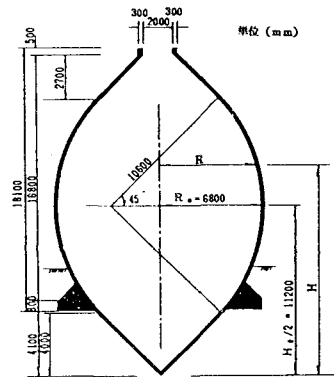


図1-卵形消化槽の寸法

3. 解析結果

(Ⅰ) 衝撃圧

付加質量係数 α_s 、作用点の高さ H_s を図-2に示す。また壁面合力 P_s 、基礎に対するモーメント M_s を図-3に示す。

α_s 、 H_s は次に示す直線式で近似され、この近似値で計算した P_s 、 M_s を図-3に破線で示す。この値は伝達マトリックス法

で求めた値とほぼ一致しており、また、 P_s 、 M_s は満水時に最大となっていることがわかる。

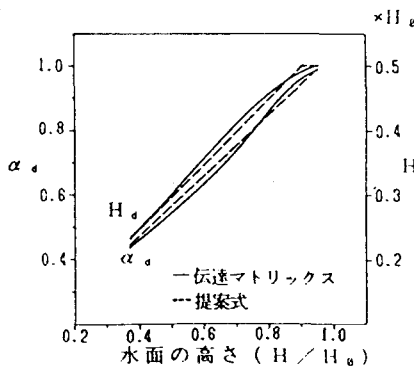
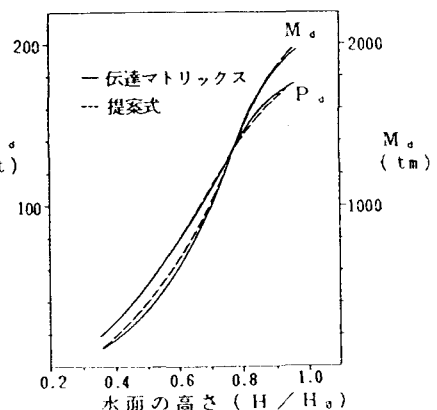


図2-付加質量係数と作用高

図3-衝撃圧とモーメント
(入力加速度100gal)

$$\alpha_s = 0.93 (H/H_0) + 0.1$$

$$H_0 = 0.50 \quad (H/H_0 \geq 0.9)$$

$$= 0.50 (H/H_0) + 0.05 \quad (H/H_0 < 0.9)$$

衝撃圧は入力加速度に比例することから、設計の際には用いる P_s 、 M_s はその値が最大となる満水時の値を用いばよいであろう。

(Ⅱ) スロッシング

図-4 にスロッシングの固有周期 T_s と水位の関係を示す。図より水位によって T_s が大きく変化することがわかる。case 1 は図-1 に示した卵形消化槽、case 2 は case 1 の寸法を 1.5 倍したものである。図中の破線は水面を底面積とし体積 (V) が等しい円筒形 ($V = \pi R^2 H$) のスロッシングの固有周期であり、約 9% 程度の誤差で T_s を推定することができる。また、 T_s の変化の大きい $H/H_0 > 0.75$ の範囲では次に示す提案式を用いれば、 T_s の推定において誤差を小さくできる。

(円筒形)

$$T_s = 2\pi / \{1.841g / R \tanh(1.841H/R)\}^{0.5}$$

(提案式)

$$T_s = 1.35\sqrt{R} \quad (H/H_0 > 0.75)$$

また、付加質量係数 α_s 、作用点の高さ H_s を図-5 に示す。図中の破線は次に示す提案式で求めたものである。

$$\alpha_s = 0.38 - 0.42 (H/H_0)^3 \quad , \quad H_s = 0.8H$$

$$P_s = \alpha_s \rho V \omega_1^2 A \quad , \quad M_s = P_s H_s$$

(V : 体積、 A : 変位振幅、

ω_1 : スロッシングの 1 次の固有円振動数)

図-6 に、スロッシングによる壁面合力 P_s 、底面に対するモーメント M_s を示す。先に示した提案式 α_s と H_s より求めた P_s と M_s が図中の破線でありを推定できる。図中の P_s と M_s は H/H_0 0.6 ~ 0.8 の間で最大となっているが、入力地震波の卓越周期と T_s との関係で応答値が種々異なることから、水位と P_s 、 M_s の最大値の関係をただちに求めることは難しい。しかし、衝撃圧に比べて 1/5 程度の大きさとなっている。

4. まとめ

上述の提案式は本解析に用いた卵形消化槽と相似な形状をもつ消化槽に利用できるものであり、基礎に作用する外力、モーメントの推定に有効であろう。

(参考文献)

- (1) プレストレスコンクリート Vol. 28, No. 4, Jul. 1986
- (2) 曾我部、重田、柴田: 液体貯層の耐震設計に関する基礎的研究 東大生研報告

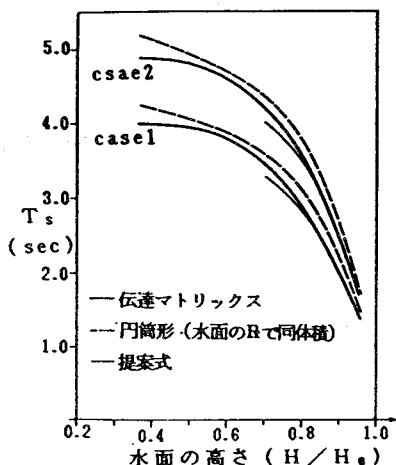


図4 スロッシングの固有周期

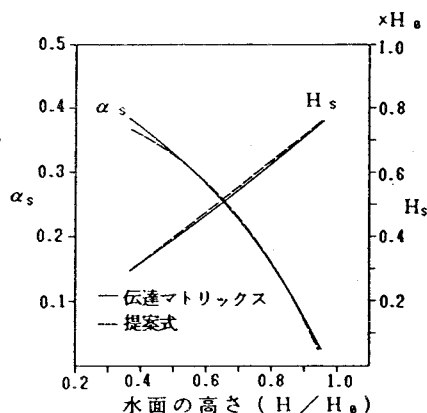


図5 付加質量係数と作用高

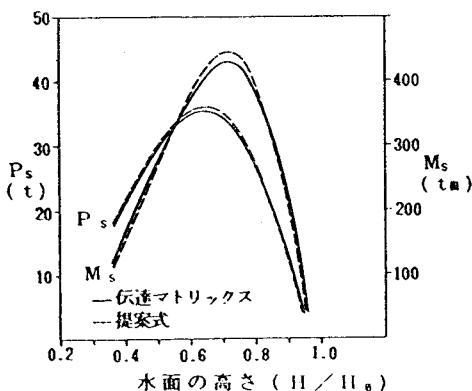


図6 スロッシング圧とモーメント
(入力加速度 100 gal)