

卵形消化槽の地震応答解析法

九州大学工学部	正員	小坪 清真
九州工業大学工学部	正員	高西 照彦
九州工業大学工学部	正員	多田 浩
九州工業大学工学部	学生員	○田中 英紀

1. まえがき 本論では、杭基礎を有するPC卵形消化槽の地震応答を計算し、地震時に内容液の振動によって生ずる動水圧に基づく槽の内力を算出した。卵形消化槽の地震応答を求めるに際しては、内容液を図-1に示すように2つの振動系に置換して取り扱った。即ち、槽壁面に対する衝撃圧の振動モデルとしての付加質量(M1)、スロッシング圧の振動モデルとしてのバネ質量(M2)がそれである。ここでいう衝撃圧とは地震の短周期成分に、スロッシング圧とは地震の長周期成分に応答する液圧である。本論では槽の内力を次のようにして求めた。まず、上記のモデル化によって図-1に示すPC卵形消化槽の地震応答を求め、次に応答計算によって得られた内容液による衝撃圧とスロッシング圧を、卵形消化槽の内壁に静的に加えることによって槽の内力を算出するという方法を用いた。

2. PC卵形消化槽の地震応答 解析の対象としたPC卵形消化槽は、高さ29m、最大半径13m、容量4000m³であり、76本のPC杭(L=10m、φ=600mm)によって支持されている。

地震応答解析は、卵形消化槽・杭基礎・地盤系の連成振動として計算を行い(図-1参照)、質量(M2)の水平変位、リング基礎の水平変位、加速度及びそのロッキング角の時刻歴応答を求めた。入力地震波として、EL-CENTRO、TAFT、SAN-FERNANDO記録を用いた。ここでは一例として、入力地震波(TAFT)とそれに対するリング基礎の応答加速度を、それぞれ図-2及び図-3に示す。同図から、入力最大加速度175galに対するリング基礎の最大応答加速度は350galであることがわかる。

3. 地震時の槽の内力 槽の内力は有限要素法を用いて解析した。有限要素としては、図-4に示すように、槽は軸対称シェル要素によって、リング基礎は同じく軸対称3次元ソリッド要素によって表した。その分割方法は、シェル要素については経線に沿って23要素(24節点)、ソリッド要素については鉛直方向に2分割、水平方向に4分割し、計8要素(37節点)とした。

4. 槽内力の計算結果及び考察 外力としてかかる液圧に対しては、リング基礎下部を固定として計算を行った。液圧としては、静水圧及び応答計算によって得られた350galの加速度に対する衝撃圧を取り上げて、それが槽内力に静的に作用した場合についてそれぞれ槽内力を求めた。図-5に衝撃圧(逆対称)及び静水圧(軸対称)の分布を示した。静水圧が作用した場合の槽の変位を図-6に、断面力を図-7(a),(b)に示している。同様に衝撃圧の場合は、図-8に変位を、図-9(a),(b)に断面力を示している。ここで図-7,9(a),(b)は、いずれも子午線方向の軸力及び曲げモーメントをそれぞれ示している(内力は中心軸を基準として描いている。)

以上のことから、(1)静水圧が作用した場合と衝撃圧が作用した場合とでは、槽の変形に違いがあることがわかる。このことは、図-5に示す圧力分布の違いを考慮すればうなづける変形だと思われる。(2)槽壁は、全体的に圧縮の軸力を受けており、加えて内側引っ張り、外側圧縮の曲げモーメントを受けている。衝撃圧によるものと静水圧によるものとを比較すると、後者の場合では、リング基礎下部の槽にやや大きな断面力を生ずることがわかる。双方に共通して言えることは、シェル要素とソリッド要素の結合部分に応力集中が起こることである。従って、リング基礎との結合部の設計には、特に留意する必要があると思われる。また、本論では、衝撃圧による場合の槽内力のみを考慮しており、槽の慣性力によるそれを考慮していない。従って今後慣性力にもとづく槽内力とスロッシングにもとづくそれを算出し、これを衝撃圧にもとづくものと重ね合わせることによって槽最大内力を求める必要がある。

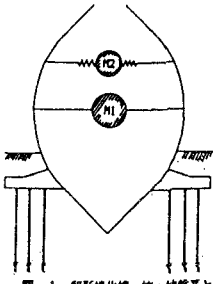


図-1 球形消化槽・抗・地盤系と内筒壁の振動モデル



図-2 入力加速度 (TAFT)

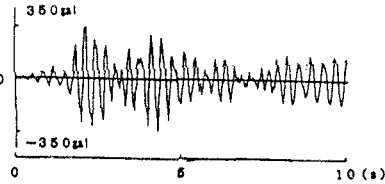


図-3 リング基礎の応答加速度

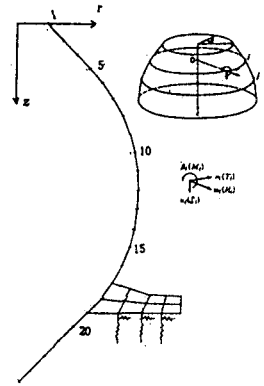


図-4 分割数及び節点自由度

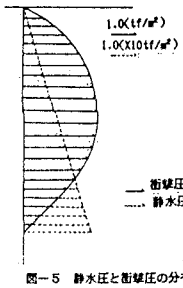


図-5 静水圧と衝撃圧の分布

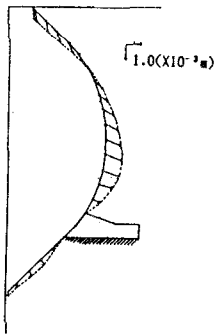


図-6 静水圧による変位

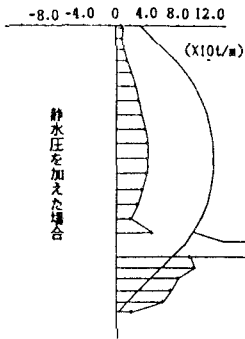


図-7 (a) 子午線方向の軸力

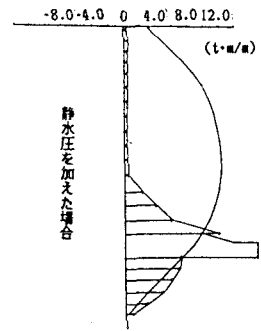


図-7 (b) 子午線方向の曲げモーメント

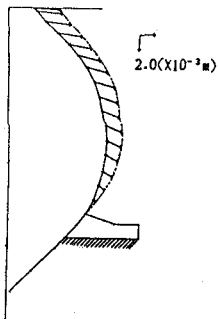


図-8 衝撃圧による変位

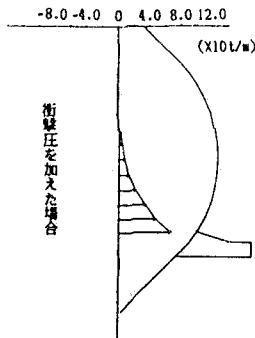


図-9 (a) 子午線方向の軸力

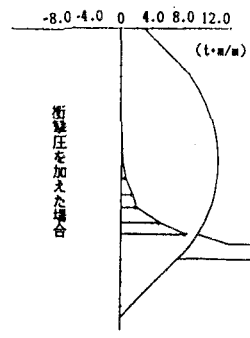


図-9 (b) 子午線方向の曲げモーメント