

技術ノート

ユニット型合併処理浄化槽の強度解析

Strong analysis of a modular waste-water-tank by a merger disposal type

松田 哲*

1. はじめに

ユニット型合併処理浄化槽は、幾つかの浄化槽の一部の機能寸法を共通にし、尿尿と生活排水とを一緒に処理する浄化槽である。本稿は、槽の外径、肉厚及び荷重条件が与えられたときの強度特性に及ぼす形状の効果を検証し、設計の基礎資料を提供することを目的とする。

2. 解析モデル

図1に有限要素モデル、表1に解析諸元を示す。槽は、6人槽(1100mm), 8人槽(1200mm), 10人槽(1300mm)の3タイプがあり、いずれも薄肉円筒状(高さ1800mm)で、開口部(620mm, 高さ100mm)を有する。また、円筒内部にフィルタを支持するリング状の突起(5mm幅)がある。

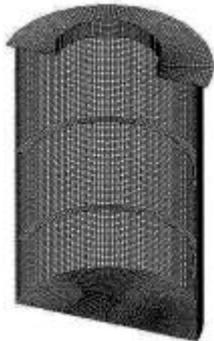


図1 有限要素モデル

表1 解析諸元

6人槽	13,317	13,112
8人槽	15,096	14,880
10人槽	16,866	16,640
パソコン	NEC PC98-NX	
OS	Windows 2000	
FEM	ANSYS 5.6.2	
要素タイプ	弾性シェル要素	
要素辺長	最大20mm	
メッシュ方式	マップト	

材質はアルミニウム合金とし、その物性値として、ヤング率71GPa, ポアソン比0.3, 密度2.7g/cm³, 耐力130MPaを使用した。また、水の密度1.0g/cm³, 土の密度1.8g/cm³, 重力加速度9806.65mm/s²を使用し自重を考慮した。

解析モデルは密度一様の土中に鉛直に埋設された状態を仮定する。また、土圧は地表からの深さ(最大1900mm)に比例した大きさを持ち、円筒側面部に外圧として作用する。水圧は水深(満水時1500mm)に比例した大きさを持ち、円筒側面部に内圧として作用するものとした。

3. 解析結果

槽の外径(3種), 肉厚(7種), 荷重条件(2種)の42とお

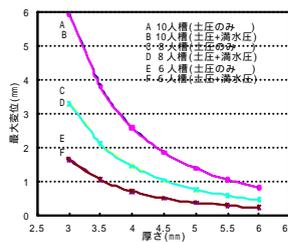
りの組合せを解析した結果、最大変位の発生箇所はいずれも円筒上部部と開口部との接合部であった。また、最大応力の発生箇所はいずれも円筒上部部で、側面部との接合部のやや内側(円筒側面外径の96~97%)に環状に存在していた。図2は3mm厚の10人槽に土圧及び満水圧が作用する場合の応力分布図で、全解析中最大応力が最大となる組合せである。図3は6mm厚の6人槽に土圧のみが作用する場合の応力分布図で、最大応力に占める円筒側面部の応力の割合が最大となる組合せである。応力分布図は、色の濃い部分が応力が大きいことを表す。また、図4に厚さと最大変位との関係を、図5に厚さと最大応力との関係を、表2に全解析結果を示す。



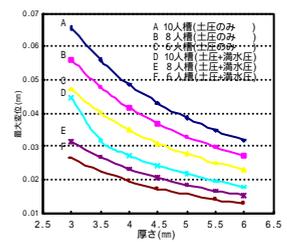
10人槽, t3, 土圧+満水圧
図2 応力分布図



6人槽, t6, 土圧のみ
図3 応力分布図

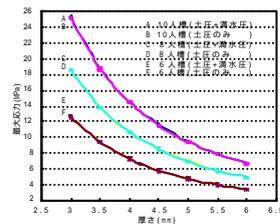


モデル全体

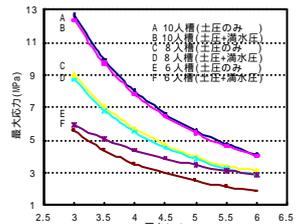


円筒側面部

図4 厚さと最大変位との関係



モデル全体



円筒側面部

図5 厚さと最大応力との関係

*製品科学技術グループ

表2 解析結果(6人槽: 1100mm, 8人槽: 1200mm, 10人槽: 1300mmにおける節点解)

条件		土圧及び満水圧が作用する場合						土圧のみが作用する場合							
節点の範囲	タイプ	厚さ mm	最大変位 mm	節点の位置		最大応力 MPa	節点の位置		最大変位 mm	節点の位置		最大応力 MPa	節点の位置		
				半径方向 mm	高さ方向 mm		半径方向 mm	高さ方向 mm		半径方向 mm	高さ方向 mm				
全節点	6人槽	6.0	0.234	310	1800	3.39	530	1800	0.235	310	1800	3.36	530	1800	
		5.5	0.298	310	1800	3.98	530	1800	0.300	310	1800	3.96	530	1800	
		5.0	0.390	310	1800	4.76	530	1800	0.392	310	1800	4.74	530	1800	
		4.5	0.524	310	1800	5.81	530	1800	0.526	310	1800	5.78	530	1800	
		4.0	0.730	310	1800	7.27	530	1800	0.733	310	1800	7.24	530	1800	
		3.5	1.06	310	1800	9.39	530	1800	1.07	310	1800	9.36	530	1800	
		3.0	1.65	310	1800	12.6	530	1800	1.65	310	1800	12.6	530	1800	
	8人槽	6.0	0.469	310	1800	4.95	581	1800	0.472	310	1800	4.93	581	1800	
		5.5	0.598	310	1800	5.83	581	1800	0.601	310	1800	5.81	581	1800	
		5.0	0.781	310	1800	6.99	581	1800	0.785	310	1800	6.96	581	1800	
		4.5	1.05	310	1800	8.54	581	1800	1.05	310	1800	8.51	581	1800	
		4.0	1.46	310	1800	10.7	581	1800	1.47	310	1800	10.7	581	1800	
		3.5	2.13	310	1800	13.8	581	1800	2.14	310	1800	13.8	581	1800	
		3.0	3.31	310	1800	18.6	581	1800	3.32	310	1800	18.6	581	1800	
	10人槽	6.0	0.837	310	1800	6.69	630	1800	0.842	310	1800	6.66	630	1800	
		5.5	1.07	310	1800	7.89	630	1800	1.07	310	1800	7.86	630	1800	
		5.0	1.40	310	1800	9.45	630	1800	1.40	310	1800	9.42	630	1800	
		4.5	1.88	310	1800	11.6	630	1800	1.88	310	1800	11.5	630	1800	
		4.0	2.62	310	1800	14.5	630	1800	2.63	310	1800	14.5	630	1800	
		3.5	3.82	310	1800	18.8	630	1800	3.84	310	1800	18.7	630	1800	
		3.0	5.93	310	1800	25.3	630	1800	5.95	310	1800	25.2	630	1800	
	円筒側面に存在する節点	6人槽	6.0	0.0129	550	120	1.86	550	1780	0.0230	550	120	2.88	550	140
			5.5	0.0142	550	120	2.14	550	1780	0.0252	550	120	3.16	550	120
			5.0	0.0157	550	120	2.50	550	1780	0.0278	550	120	3.49	550	120
4.5			0.0174	550	120	2.96	550	1780	0.0310	550	100	3.90	550	120	
4.0			0.0198	550	100	3.56	550	1780	0.0351	550	100	4.41	550	100	
3.5			0.0227	550	100	4.40	550	1780	0.0403	550	100	5.08	550	100	
3.0			0.0265	550	80	5.58	550	1780	0.0472	550	80	5.95	550	100	
8人槽		6.0	0.0154	600	140	2.86	600	1780	0.0272	600	140	3.13	600	140	
		5.5	0.0168	600	120	3.30	600	1780	0.0299	600	120	3.43	600	140	
		5.0	0.0186	600	120	3.85	600	1780	0.0330	600	120	3.99	600	1780	
		4.5	0.0207	600	120	4.57	600	1780	0.0368	600	120	4.73	600	1780	
		4.0	0.0234	600	100	5.52	600	1780	0.0416	600	100	5.71	600	1780	
		3.5	0.0270	600	100	6.83	600	1780	0.0479	600	100	7.06	600	1780	
		3.0	0.0315	600	100	8.70	600	1780	0.0560	600	100	8.99	600	1780	
10人槽		6.0	0.0180	650	140	4.03	650	1780	0.0319	650	140	4.14	650	1780	
		5.5	0.0197	650	140	4.65	650	1780	0.0349	650	120	4.78	650	1780	
		5.0	0.0218	650	120	5.44	650	1780	0.0386	650	120	5.59	650	1780	
		4.5	0.0243	650	120	6.47	650	1780	0.0431	650	120	6.64	650	1780	
		4.0	0.0274	650	120	7.83	650	1780	0.0486	650	120	8.03	650	1780	
		3.5	0.0319	650	1780	9.71	650	1780	0.0560	650	100	9.95	650	1780	
		3.0	0.0447	650	1780	12.4	650	1780	0.0657	650	100	12.7	650	1780	

4. 考察

全解析結果のうち、最大応力が最大となる組合せは、3mm厚の10人槽で、荷重条件によらず約25MPaであった。これは、材料の基準強さを耐力とし、安全係数を4~6と見積もったときの許容応力21.7~32.5MPaにほぼ達しており、強度不足の可能性が十分考えられる。肉厚の低減による経済性とユニット型の利便性を維持しつつ、強度不足への対策を追求するならば、円筒上面部の肉を他より厚くするか、円筒上面部を平面でなく僅かに開口部を上方へ円錐台状にした形にすることが考えられる。

図4及び図5を見ると、最大変位及び最大応力は、いずれも肉が薄いほど、あるいは槽の外径が大きいくほど増加の割合が大きくなっている。また、満水圧の有無の影響はモデル全体ではほとんど見られない。これは、最大変位の発生箇所と最大応力の発生箇所がともに円筒上面部に集中しており、円筒側面部に直接作用する水圧の影響は相対的に小さくなるためと考えられる。一方、円筒

側面部における最大応力は、モデル全体の最大応力の44~86%であり、槽内が空の時は満水時の2倍弱になっている。円筒側面部に生じる応力のモデル全体に占める割合は、槽内が空で、槽の外径が小さく、肉厚が厚いほど大きくなる傾向がある。円筒側面部の応力集中箇所は、6人槽では下部(100~140mm)、10人槽では上部(1780mm)、8人槽では厚さにより上部(1780mm)又は下部(140mm)に分布しているため、その位置にフィルタ支持部のような突起を設けるか、補強リングを入れるなどの対策が考えられる。

5. まとめ

強度に及ぼす槽の形状の効果について、与条件下で各部の変形と応力を検証した結果、いずれも槽内の汚水の有無に拘らず円筒上面部に最大応力が生じ、特に3mm厚の10人槽について応力集中対策が必要との知見を得た。

(原稿受付 平成12年8月1日)