

(73) 断熱パネルを使用したPRC製消化槽の施工時検討

(株) 銭高組 正会員 ○ 上田 高博

同 上

青柳 計太郎

1. はじめに

本研究は消化槽の施工における省力化、コストダウンを目指し、新しい構造形式のコンクリート製消化槽の実用化を検討したものである。この新しい構造形式の特徴は、消化槽内面に水密性、断熱性に優れた合成木材(以降、断熱パネル)を配置する点である。この断熱パネルは硬質発泡ポリウレタンをガラス長繊維で補強した新素材であり、水処理施設等での実用実績がある衛生的、かつ防食性にも優れた材料である。これにより、従来構造での止水材、保温材を断熱パネルで兼用することができ、内面塗装、外装材が必要ない合理的な構造とすることができる。プレストレスの導入によりコンクリート部材および断熱パネルに適度の圧縮力を作用させておけば、断熱パネルが止水機能を発揮するので、コンクリート部材には従来ほどの水密性を期待する必要がなく、従来構造ではPCであった部材をびび割れを許容したRC、PRCとして設計することが可能である。

既往の研究¹⁾で試設計モデルにおける構造解析は完了しており、今後は実用化へ向けてのより詳細な項目の検討が必要となっている。そこで、本研究では施工時の検討項目の一つとして、コンクリート打設時に消化槽内面に配置する断熱パネルをそのまま内型枠として使用する場合の検討をおこなった。今回は、主に側壁部のコンクリート打設と断熱パネル型枠のユニット化施工について報告する。

断熱パネルの剛性を有効に活用し、断熱パネル内型枠とパネル接合鋼材の剛性だけでコンクリート打設ができれば、支保工設備の簡素化、内型枠の解体作業等が不要になり、従来工法と比較して大幅な省力化、工期短縮が期待できる。また、断熱パネル型枠のユニット化も施工の確実性および施工精度の向上に貢献できるものと考えられる。

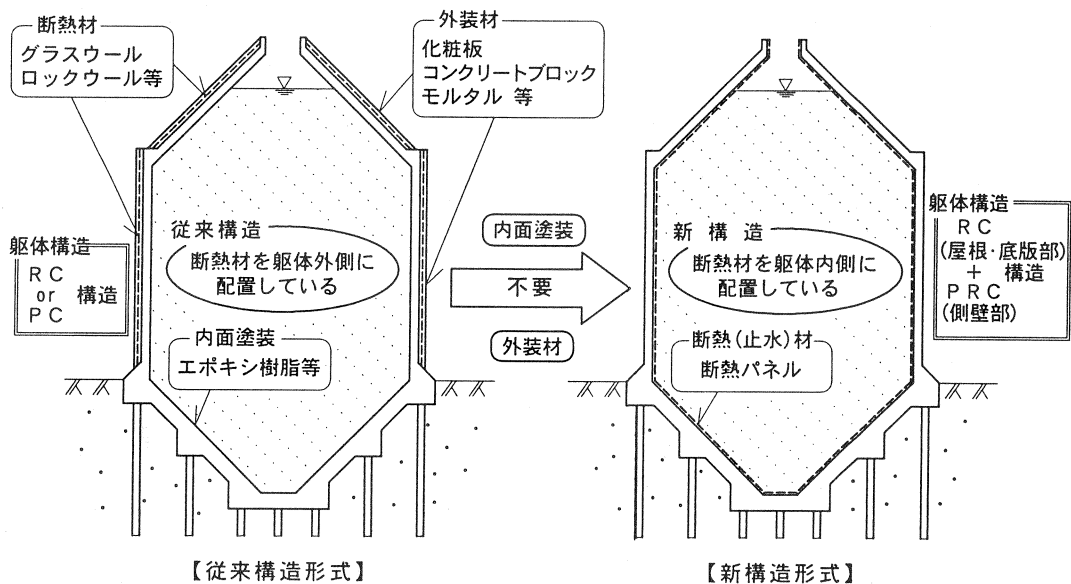


図-1 従来形式と新形式の構造比較図

2. 解析モデル

試設計モデルの消化槽規模および鋼材配置を図-2に示す。有効容量は3,000m³、内径は15.0mである。

断熱パネルは消化槽の保温性を考慮し、比重0.5、厚さ30mmのものを使用している。このパネルは発泡ポリウレタンをガラス長繊維で補強した異方性材料であり、必要に応じて剛性、比重(断熱特性)の調整を比較的容易におこなえる。本構造では、より大きな強度を有するガラス繊維方向を円周方向に配置している。

パネルの接合には軽量溝形鋼を用いたフレーム鋼材を使用する。この接合鋼材の剛性を活かし、コンクリート打設時にパネル型枠部材に生じる応力、変形の抑制等の効果を検討する。

解析にはFEMを使用し、図-3に示す厚肉シェル要素モデルで側壁部打設時における打設高とパネル内型枠の挙動、安全性に関する検討をおこなった。材料物性値は表-1のとおりである。このとき、断熱パネル内型枠に作用するコンクリートの側圧は、静水圧分布とした。

表-1 主な材料物性値

コンクリート	設計基準強度	24 N/mm ²
	単位重量	2.4 tf/m ³
断熱パネル FFU-50	比重	0.5
	パネル厚	30 mm
接合鋼材 軽量溝形鋼 [-100×50×3.2]	ヤング係数	2.06×10 ⁵ N/mm ²
	断面積	6.063 cm ²
	断面2次モーメント	14.9 cm ⁴

表-2 断熱パネルの強度 単位: N/mm²

名称: FFU-50 比重: 0.5 厚さ: 30mm	曲げ強さ		全圧縮強さ	
	縦	横	縦	横
	70.60	6.37	29.42	2.45

縦: ガラス繊維方向 横: ガラス繊維直角方向

表-3 接合鋼材の許容応力度 単位: N/mm²

軽量溝形鋼 (SS400) [-100×50×3.2]	常時荷重時	施工時(常時×1.25)
	176.52	220.65

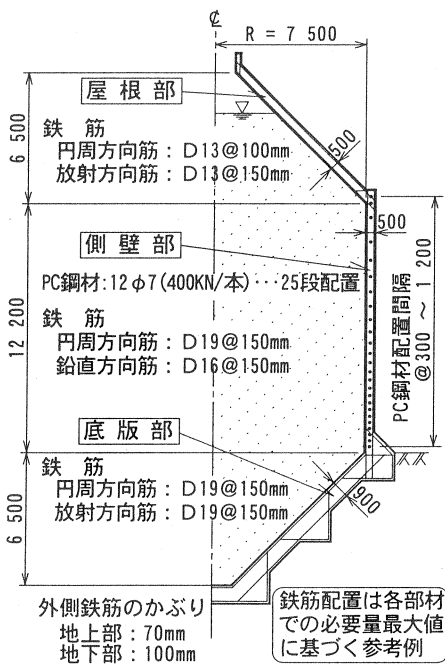


図-2 鉄筋, PC鋼材の配置

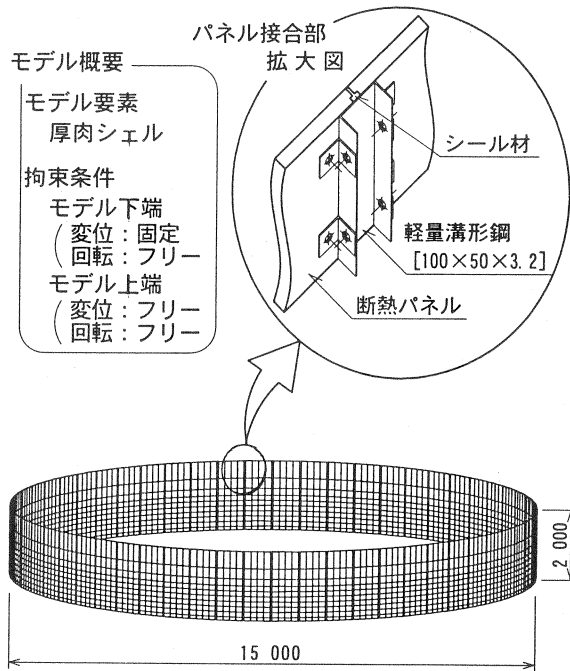


図-3 内型枠FEM解析モデル

3. 解析結果

側壁部コンクリート打設時に生じるパネル部材の変形量(水平変位)を図-3に示す。パネル接合鋼材として、変形の低減効果が期待できる溝形鋼をフレーム状に配置する場合(接合鋼材の剛性あり)には、独立したプレート状のものを使用する場合(接合鋼材の剛性なし)に比較べ変形量を約半分に制御することができる。

断熱パネルおよびパネル接合鋼材に作用する応力を表-4に示す。実際の施工においては、断熱パネルの幅(ガラス繊維直角方向)が生産上の制約で約1mであるので、1回の打設高を型枠組立時の1ユニット分である1m程度と考えている。この場合、パネル接合鋼材の剛性の有無にかかわらず内型枠部材に生じる応力は許容値以下であり、特に問題はない。

消化槽の内壁は外観上問題となる箇所ではなく、施工精度の観点から型枠の変形許容値は3mmと規定する²⁾。この程度の変形は消化処理に対して機能的な問題とはならない。

型枠変形量(水平変位)の許容値を3mmと規定した場合、側壁部1回の打設高は表-5のようになる。

表-4 型枠部材に生じる応力度 単位: N/mm²

打設高 1m の場合	部 材	接合鋼材の剛性あり			接合鋼材の剛性なし			
		内 縁	図 心	外 縁	内 縁	図 心	外 縁	
円周方向	中央部	パネル	0.01	1.78	3.54	1.48	3.48	5.44
(縦方向)	接合部	パネル	-0.36	1.39	3.14	5.72	3.56	1.39
鉛直方向	中央部	パネル	-0.62	0.06	0.74	-1.52	-0.04	1.44
(横方向)	接合部	鋼 材	-23.86	-0.25	59.61	-	-	-

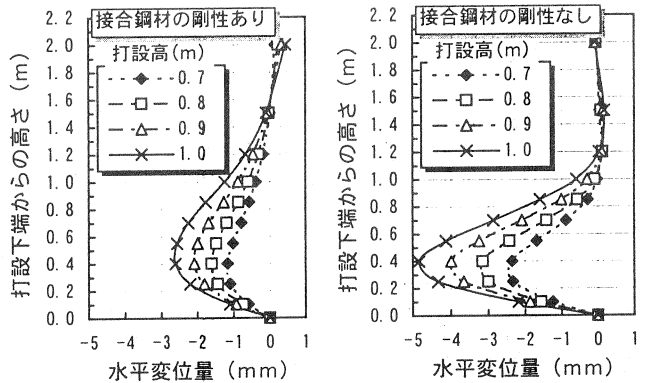


図-4 断熱パネルの変形量

表-5 1回の打設高の最大値

接合鋼材の剛性	型枠変形許容値	1回の最大打設高
考慮する	3.0 mm	1.0 m
考慮しない	3.0 mm	0.7 m

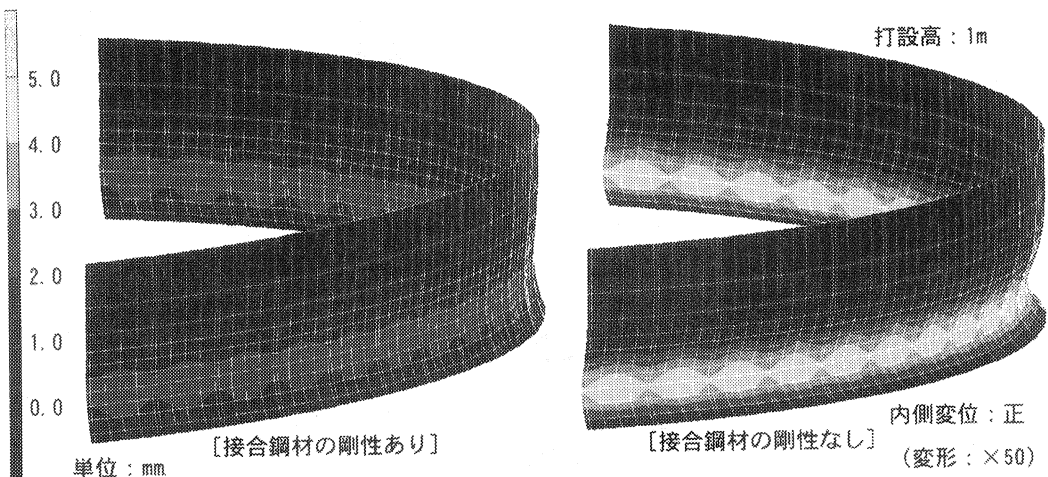


図-5 側壁部内型枠の変形状態

4-2. 作業工程

全体の作業工程を図-7に示す。

側壁部のコンクリートはパネル型枠変形量との関係より、1回の打設高を1mとする。この場合、2~3日程度のサイクルでこの高さの鉄筋、型枠組立をおこないながら打設作業を繰り返し、躯体を構築していく。高さ10m程度の側壁は約1ヶ月半で施工することができる。

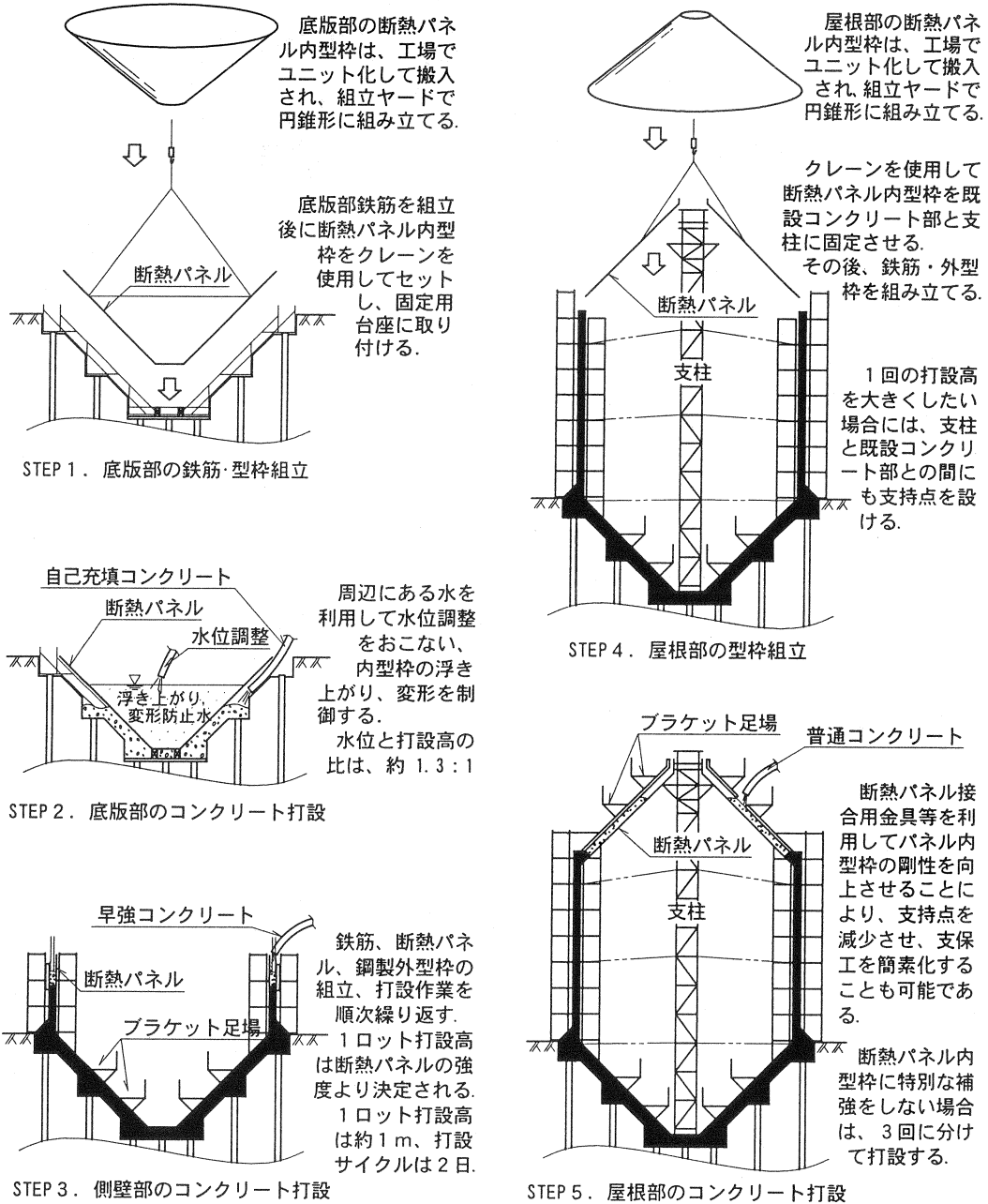


図-7 施工手順

底版部のコンクリート打設についてもユニークな方法を考案した。底版部においては、円錐形パネル型枠の中に注水することにより、型枠に作用するコンクリートの側圧と水圧とのバランスをとりながら打設作業をおこなう。これにより、型枠の浮き上がりや変形を制御することが可能となるが、1回の打ち上げ高さの設定も重要な検討項目である。試設計モデルについては、上下2分割の打設作業(打設高:1回目 3.0m, 2回目 3.5m)で底版部を構築することが可能であると考えている。この工法を採用する場合には、締め固め不要な自己充填コンクリートの使用が前提条件になると考えられ、トータルコスト面での検討も必要である。

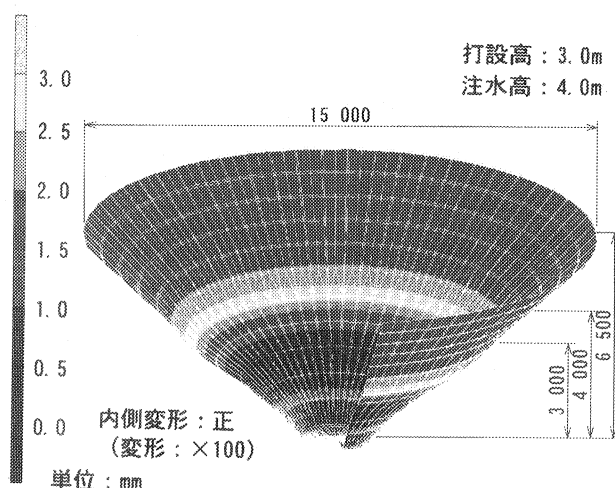


図-8 底版部内型枠の変形状態

屋根部のコンクリート打設については、底版部のように水圧を利用してパネル型枠の変形を制御することができないので、側壁部と同様にパネル接合鋼材の剛性が重要になる。側壁部と同じフレーム鋼材を使用した場合、円錐部の上下2カ所の支持では3回の分割施工となるが、中間部に支持点を設けることや従来の支保工設備を簡略化して使用することで一括施工も可能であると考えている。

5. まとめ

人工木材パネルを止水材、保温材、型枠材として使用することで、合理性の高い新構造形式P R C製消化槽の施工が可能である。本構造形式の利点としては以下のような事項が考えられる。

新構造形式P R C製消化槽の利点

- 1) 適度なプレストレスの導入によって断熱パネルに止水機能を発揮させることにより、合理性の高いP R C製消化槽の施工が可能となる。
- 2) 消化槽の止水材、断熱材を兼用する断熱パネルは、型枠材としても十分な剛性を有しており、コンクリート打設時の内型枠として使用可能である。
- 3) 施工精度を確保するため、変形許容値を3mmとした場合には、1回の打設高は1m程度となる。1回の打設高をより大きくしたい場合は、変形剛性の大きなパネル接合鋼材を使用することで対応できる。
- 4) 型枠資材および打設後の脱型作業が削減でき、省力化および工期短縮が図れる。
- 5) パネル型枠を工場でユニット化して搬入することにより、現地作業の省力化および施工精度の確保が図れる。

今後は試験施工から多くのデータを収集することで諸問題に対応し、本消化槽の実現を目指していきたい。

【参考文献】

- 1) 上田 高博、青柳計太郎：断熱パネルを型枠として利用したコンクリート製消化槽の試設計，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集第6部
- 2) 仮設構造物の計画と施工，土木学会編
- 3) 下水道施設計画・設計指針と解説 前編 後編 -1994年版-，(社)日本下水道協会