

北海道東部地区のプレキャストスラリータンク

ドーピー建設工業(株)	正会員	○伊藤 拓
ドーピー建設工業(株)	正会員	竹本 伸一
日本サミコン(株)	非会員	佐藤 一幸
(株)TMC	非会員	室井 藤夫

1. はじめに

北海道東部地区は、国内最大の酪農地帯として発展してきた。

平成11年11月、「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が施行され、家畜排せつ物の野積みや素堀りは、違法行為となった。その上、従来資源利用されていた家畜の排せつ物は、畜産農家の大規模化や化学肥料の多用および農家自体の高齢化・省力化等により利用が困難となり、悪臭や水質汚濁などの環境問題も発生してきた。これらの事より、北海道東部の酪農地域を対象にした資源循環型社会への移行を念頭においた「国営環境保全型かんがい排水事業」が推進され、用水整備と共に肥培かんがい施設の整備も進められている。

肥培かんがい施設は、家畜の排せつ物にかんがい用水を加水・希釈して調整槽へポンプ圧送し、そこで曝気・攪拌された後、一旦配水調整池に貯留する施設である。この後、ほ場散布されることとなるが、プレキャストスラリータンク(以下、PCa スラリータンク)は、配水調整池の役割を担うものである。

事業地域である北海道東部地区は、2004年11月に発生し多大な被害のあった釧路沖地震の被災地であり、地震発生確率の高い特定観測地域に指定されているため、大規模地震時におけるスラリータンクの破壊・漏洩が懸念される。

スラリーシステム研究会では、配水調整池の要求性能である耐震性を確認するため、釧路沖地震の規模にあたるマグニチュード7.1を想定したレベルⅡ地震動に対する三次元地震応答解析を実施した。

ここでは、三次元地震応答解析の結果と、北海道東部地区で施工したPCa スラリータンクの特徴や施工について報告する。

2. PCa スラリータンクの構造的特徴

標準的なPCa スラリータンクの形状図を図-1 および図-2 に示す。

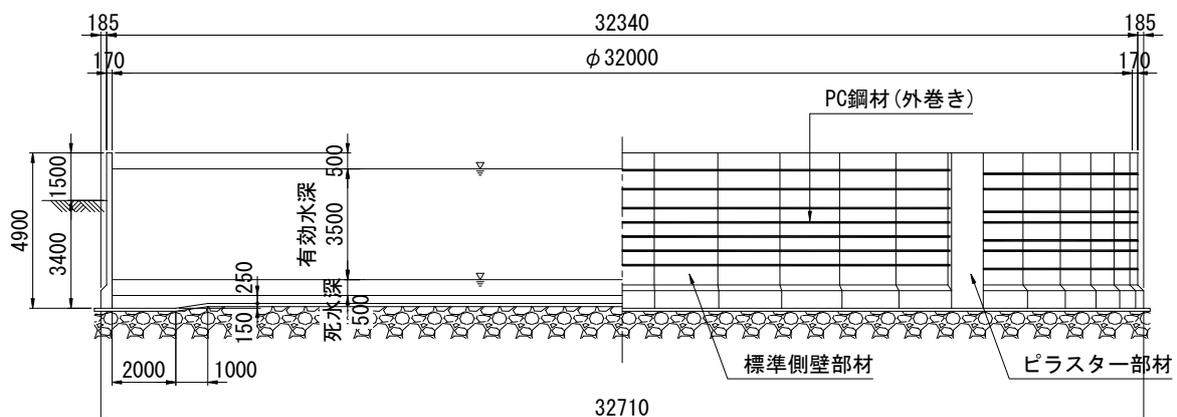


図-1 PCa スラリータンク側面・断面図

標準側壁部材を基準に平面割付を行い、割付の調整はピラスター部材で行っている。これにより、内径が変化しても標準部材の型枠は同一形状で対応でき、部材製作を単純化している。

円周方向のPC鋼材は外巻き方式を採用している。橋梁外ケーブル等で実績のある、高密度ポリエチレン系特殊樹脂により被覆されたPC鋼材を、さらにアンボンド被覆した2重被覆を採用しており、耐食性や不慮の外傷にも対応できるものとしている。

また、側壁部材の外縁に部材断面で膨らみを持たせることにより、部材と部材の接合部に外ケーブルを接触させない構造とすることで、部材接合部に対し外ケーブルによる局部応力が発生しない断面形状としている。標準側壁部材の立面図と断面図を図-3、図-4に示す。

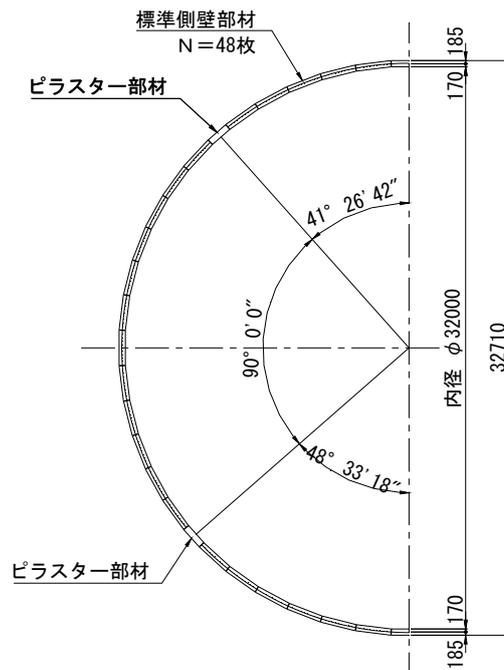


図-2 PCa スラリータンク平面図

3. 三次元地震応答解析^{1), 2), 3)}

3.1 目的と解析概要

PCa タンクの目地は鉄筋の連続性がない。PC鋼材を中巻き構造とすればPC鋼材が目地部の補強材として期待できるが、外巻き構造では補強材としての期待も出来ない。そこで、目地部の地震時挙動と耐震性を確認する目的で解析を行った。

解析に使用した構造モデルは、内径 34.5m、内空高 4.5m(満水位: 4.0m)、側壁部材厚 0.17m、側壁部材枚数 54 枚であり、1 本当たり 135.3kN のプレストレスを与えた PC 鋼材を 7 段配置したものを使用した。

解析手法は、構造汎用解析プログラム「ABAQUS」を使用し、タンクの損傷過程や終局限界状態を把握するため、プッシュオーバー解析を行った。また、釧路沖地震による地震応答解析には「ABAQUS」の他、軸対称 FEM プログラム「DYNAS」を用いて解析した。

解析モデルは、側壁部材をソリッド要素(弾性)、PC鋼材をトラス要素、目地部は面内、上下、面外(せん断)の3方向をバネ要素とし、面内は目地部充填材料である無収縮モルタル材料に基づく no-tension の bi-linear 型で、上下および面外はプレストレス導入による平均圧縮応力度($\sigma_n = 1.2\text{N/mm}^2$)と、摩擦係数 $\mu = 0.5$ を乗じた値を上限にした bi-linear 型として、側壁全面に慣性力を与えた。

各解析モデルの概念図を図-5、図-6に、目地部のバネ要素特性概念を図-7示す。

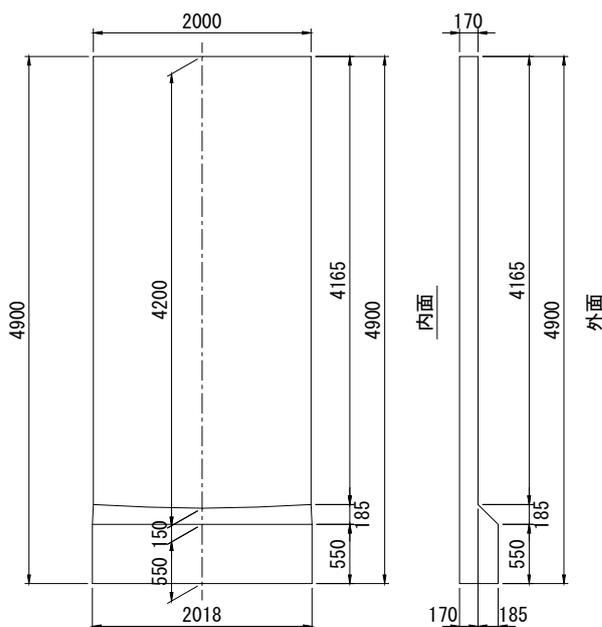


図-3 標準側壁部材立面図

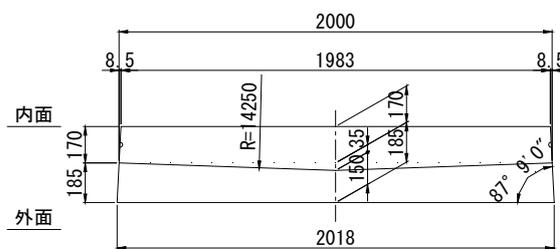


図-4 標準側壁部材断面図

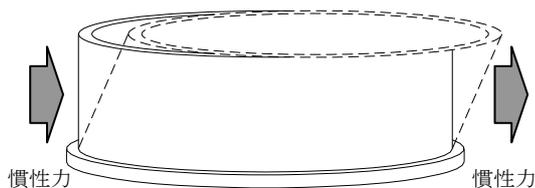


図-5 プッシュオーバー解析概念図

三次元 FEM 解析に入力する地震動は、釧路地方気象台で観測された強震記録を、一次元波動論を用いて設計基盤面まで引き戻し、検討用地震動として定義した後、設置地盤モデルの設計基盤面に入力して、一次元波動論による応答解析により地表面地震動を求めたものを入力地震動とした。

3.2 解析結果(目地部の挙動)

(1) プッシュオーバー解析

図-8 は、解析における最大変形時の変形図である。側壁部材が外側に倒れ出す $0^\circ \sim 45^\circ$ 付近で目地間隔が円周方向に開く挙動を示しており、反対に $180^\circ \sim 135^\circ$ 付近の内側に倒れ込んでくる箇所では、面外ずれとなる半径方向に開く挙動を示していた。

円周方向の最大開き量は、 $\delta_{max}=5.9\text{mm}$ 、半径方向の最大ずれ量も、 $\delta_{max}=5.9\text{mm}$ であった。

(2) 地震応答解析

慣性力の作用方向である 0° および 180° の位置において、目地部円周方向の開き量と半径方向のずれ量が最大となった時刻の満水時変形図を図-9 に示す。

いずれも側壁部材が外側に倒れ出す状態に変位が最大になっており、目地部の挙動では、円周方向の最大開き量が、 $\delta_{max}=4.7\text{mm}$ 、半径方向の最大ずれ量が、 $\delta_{max}=10.1\text{mm}$ であった。

(3) 目地部の健全性

目地部の開きやずれはタンクの止水性に大きく影響するが、目地部外縁にシーリング処理をしており、目地の開き量およびずれから算定される伸びは 61%であることと、ポリイソブチレン系、シリコン系の目地シーリング材では、最大荷重時の伸びが 200%~600%であるため、止水性は保持される。

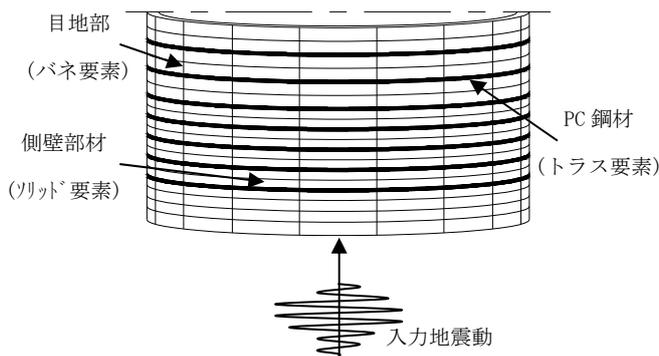


図-6 三次元 FEM 解析概念図

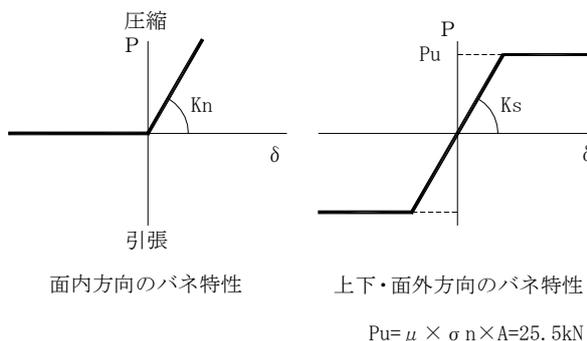


図-7 目地部の特性

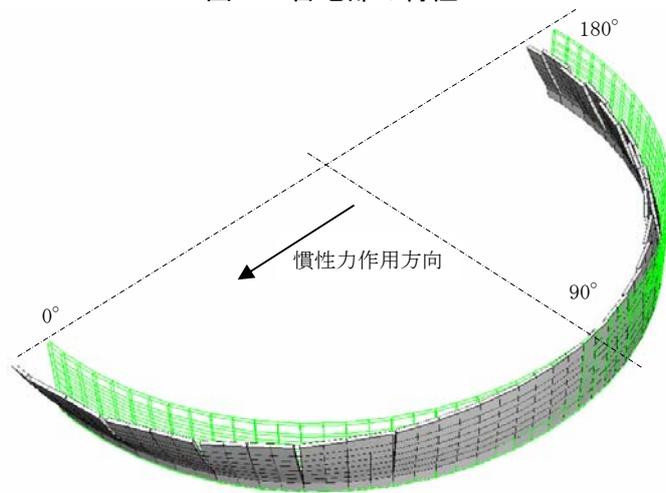


図-8 プッシュオーバー解析変形図

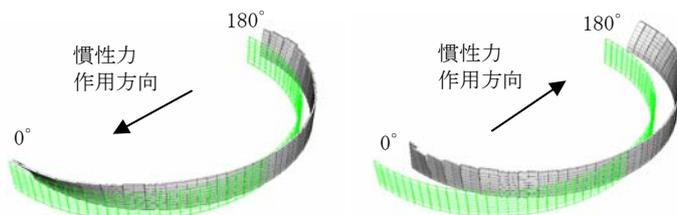


図-9 地震応答解析の最大応答時刻変形図

4. 施工

施工の対象となる地域が、北海道東部地区であることと、視界の開けた丘陵地帯であるため、頻発する地震の影響や、施工時期によっては風雪が厳しなかの施工を強いられる。また、PCa側壁部材のためプレストレスを導入するまで部材が安定しない。これらのことにより、側壁部材建て込み時における転倒防止対策には、細心の注意を払い施工する必要がある。

側壁建て込み時の状況を写真-1に示す。

側壁部材の製作や、施工の仕様に関して、事業全体が多年度に渡り計画されているものであるため、発注者サイドからの指導のもと、各容器構造物の施工要領⁴⁾などを基に独自の「製品製作要領書」・「施工要領書」を作成し、複数社によっても均一な製品の提供や品質管理、施工方法や安全対策、出来形管理まで一貫した商品として提供している。なお、製品の品質管理については、通常の社内検査はもとより、スラリーシステム研究会での工場検査も定期的に行うことや、施工後の構造物を定期的に巡回することで、品質の確保や定期点検に努めている。

PCa スラリータンクの完成例を写真-2、写真-3に示す。



写真-1 側壁部材建て込み状況



写真-2 完成写真その1



写真-3 完成写真その2

5. おわりに

現在進んでいる「国営環境保全型かんがい排水事業」は、平成25年度頃を工期としており、近隣地域においても同様の事業が展開される予定である。スラリーシステム研究会では、受益者、発注者、工事受注者などからの意見を随時取り入れ、よりよい肥培かんがい施設の一端を担えるよう努めていく方針である。

最後に、設計、施工、解析にあたり多大なるご指導とご協力をいただいた関係者各位に対し謝意を表します。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局建設部：土地改良事業設計指針 フォームノット[®]，平成11年3月
- 2) (財)日本農業土木総合研究所：平成16年度PCプレキャストスラリータンクの耐震性評定業務 報告書，平成16年10月
- 3) 堅田茂昌，村井篤：プレキャストタンクの技術開発-上水用大型タンクとスラリータンク-，プレストレストコンクリート Vol. 49 No. 2 Mar. -Apr. 2007
- 4) 日本プレキャストタンク協会：プレキャストPCタンク施工マニュアル，平成16年10月