

土地改良事業設計指針

ファームポンド

平成 11 年 3 月

農林水産省構造改善局建設部



10-86号

平成11年3月1日

各 地 方 農 政 局 計 画 部 長 殿

北 海 道 開 発 局 農 業 水 産 部 長 殿

沖 縄 総 合 事 務 局 農 林 水 産 部 長 殿

北 海 道 農 政 部 長 殿

農 林 水 産 省 構 造 改 善 局 建 設 部 長

土 地 改 良 事 業 設 計 指 針 「フ ァ ー ム ポ ン ド」 の 制 定 に つ い て

土 地 改 良 事 業 設 計 指 針 「フ ァ ー ム ポ ン ド」 を 別 添 の と お り 作 成 し た の で ， 事 業 実 施 に あ た っ て 参 考 と さ れ た い 。

目 次

| | |
|-----------------------|----|
| 第1章 総論 | 1 |
| 1.1 指針の位置づけ | 1 |
| 1.2 歴史的経緯 | 2 |
| 1.3 定義 | 4 |
| 1.4 ファームポンドの特性と役割 | 4 |
| 1.5 適用範囲 | 5 |
| 1.6 ファームポンドの分類 | 6 |
| 第2章 調査 | 8 |
| 2.1 地形調査 | 8 |
| 2.2 地盤調査 | 10 |
| 2.3 環境調査 | 13 |
| 第3章 基本設計 | 19 |
| 3.1 容量の決定 | 19 |
| 3.2 設計水位の決定 | 26 |
| 3.3 構造タイプの選定 | 28 |
| 3.4 設計の原則 | 29 |
| 3.5 耐震設計 | 30 |
| 3.5.1 耐震設計の基本方針 | 30 |
| 3.5.2 入力設計震度 | 34 |
| 3.5.3 耐震設計で考慮すべき地震の影響 | 39 |
| 3.5.4 破壊に対する安全度の検討 | 40 |
| 3.6 設計計算に関する一般事項 | 43 |
| 3.6.1 断面力の計算 | 43 |
| 3.6.2 荷重の種類 | 44 |
| 3.6.3 許容応力度 | 47 |
| 3.6.4 使用材料 | 52 |
| 3.7 一般構造細目 | 57 |
| 第4章 PCファームポンドの設計 | 64 |
| 4.1 PCタンクの概要 | 64 |
| 4.2 PCタンクの基本設計 | 66 |
| 4.2.1 PCタンクの構成区分 | 66 |
| 4.2.2 屋根の構造形式 | 67 |
| 4.2.3 側壁の構造形式 | 68 |
| 4.2.4 底版の構造形式 | 69 |
| 4.3 一般構造細目 | 70 |
| 4.3.1 緊張材 | 70 |

| | | |
|-------|---------------|-----|
| 4.3.2 | 鉄筋 | 73 |
| 4.3.3 | 継目 | 74 |
| 4.4 | 荷重の種類 | 75 |
| 4.4.1 | 荷重の種類 | 75 |
| 4.4.2 | プレストレス力 | 76 |
| 4.5 | 屋根部の設計 | 82 |
| 4.5.1 | 屋根部の構造形式 | 82 |
| 4.5.2 | 屋根の設計に用いる荷重 | 82 |
| 4.5.3 | 球形ドーム屋根の設計 | 83 |
| 4.5.4 | スラブ屋根の設計 | 89 |
| 4.6 | 側壁部の設計 | 90 |
| 4.6.1 | 側壁部の構造形式 | 90 |
| 4.6.2 | 側壁部の形状設定 | 94 |
| 4.6.3 | 側壁の設計に用いる荷重 | 98 |
| 4.6.4 | 荷重の組み合わせ | 102 |
| 4.6.5 | 側壁部の断面力 | 103 |
| 4.6.6 | 側壁円周方向の設計 | 108 |
| 4.6.7 | 側壁鉛直方向の設計 | 111 |
| 4.6.8 | 引張鉄筋 | 117 |
| 4.6.9 | 地震に対する安全性の検討 | 119 |
| 4.7 | 底版部の設計 | 130 |
| 4.7.1 | 底版の形状設定 | 131 |
| 4.7.2 | 底版の設計に用いる荷重 | 133 |
| 4.7.3 | 荷重の組み合わせ | 134 |
| 4.7.4 | 底版の設計 | 134 |
| 4.8 | 安定計算 | 140 |
| 第5章 | RCファームポンドの設計 | 141 |
| 5.1 | RC構造の基本設計 | 141 |
| 5.2 | 設計の手順 | 142 |
| 5.3 | 荷重 | 142 |
| 5.3.1 | 荷重の種類 | 142 |
| 5.3.2 | 地震時土圧 | 143 |
| 5.3.3 | 地震時動水圧 | 143 |
| 5.4 | 安定計算 | 144 |
| 5.5 | 部材設計 | 145 |
| 5.5.1 | 部材設計 | 145 |
| 5.5.2 | 解析方法 | 145 |
| 5.6 | 擁壁式ファームポンドの設計 | 148 |
| 5.6.1 | 設計の手順 | 148 |

| | | |
|------------|-----------------|------------|
| 5.6.2 | 荷重の組合わせ | 150 |
| 5.6.3 | 擁壁の安定計算 | 157 |
| 5.6.4 | 擁壁の部材設計 | 157 |
| 5.6.5 | 底版の設計 | 159 |
| 5.7 | 一体構造式ファームポンドの設計 | 160 |
| 5.7.1 | 設計の手順 | 160 |
| 5.7.2 | 荷重の組合わせ | 162 |
| 5.7.3 | 一体構造式の安定計算 | 174 |
| 5.7.4 | 一体構造式の部材設計 | 174 |
| 第6章 | 基礎の設計 | 175 |
| 6.1 | 直接基礎の設計 | 175 |
| 6.2 | 杭基礎の設計 | 178 |
| 第7章 | 付帯施設 | 184 |
| 7.1 | 流量調整バルブ | 184 |
| 7.2 | 流入工 | 186 |
| 7.3 | 流出工 | 190 |
| 7.4 | 余水吐工（放流施設） | 191 |
| 7.5 | 排泥工 | 193 |
| 7.6 | 除塵施設 | 193 |
| 7.7 | 量水計 | 194 |
| 7.7.1 | 水位計 | 194 |
| 7.7.2 | 流量計 | 194 |
| 7.8 | 昇降設備 | 194 |
| 7.9 | 防護施設 | 195 |
| 7.10 | 換気装置および人孔 | 195 |
| 7.11 | 避雷施設 | 195 |
| 第8章 | 施工 | 198 |
| 8.1 | 材料 | 198 |
| 8.1.1 | 一般 | 198 |
| 8.1.2 | コンクリート | 198 |
| 8.1.3 | 鉄筋 | 198 |
| 8.1.4 | 溶接金網および異形鉄筋金網 | 198 |
| 8.1.5 | PC鋼材 | 199 |
| 8.1.6 | 定着具および接続具 | 199 |
| 8.1.7 | シーす | 199 |
| 8.1.8 | PCグラウト | 200 |
| 8.1.9 | 接合に用いる材料 | 202 |
| 8.1.10 | 継目に用いる材料 | 203 |
| 8.1.11 | 防水材および防食材 | 204 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 8.2 | 材料の貯蔵 | 204 |
| 8.2.1 | セメント, 骨材, 混和材, 混和剤, 鉄筋, 溶接金網, PC鋼材, 定着具, 接続具, シース, 接着剤の貯蔵 | 204 |
| 8.2.2 | アンボンドPC鋼材の貯蔵 | 204 |
| 8.2.3 | 継目に使う材料の貯蔵 | 205 |
| 8.2.4 | 防水材および防食材の貯蔵 | 206 |
| 8.3 | コンクリートの配合 | 206 |
| 8.4 | 鉄筋および緊張材の配置 | 206 |
| 8.5 | 型枠および支保工 | 206 |
| 8.6 | コンクリートの施工 | 206 |
| 8.7 | PCタンクの施工 | 206 |
| 8.8 | 緊張作業 | 207 |
| 8.8.1 | 一般 | 207 |
| 8.8.2 | 引張装置のキャリブレーション | 209 |
| 8.8.3 | 緊張作業を行ってよいときのコンクリートの強度 | 210 |
| 8.8.4 | 緊張作業の管理 | 211 |
| 8.8.5 | アンボンド鋼材のプレストレッシング | 214 |
| 8.8.6 | プレストレッシングについての注意 | 218 |
| 8.9 | PCグラウトの施工 | 219 |
| 8.9.1 | 一般 | 219 |
| 8.9.2 | 練混ぜおよび攪拌 | 219 |
| 8.9.3 | 注入 | 220 |
| 8.9.4 | 寒中における施工 | 221 |
| 8.9.5 | 暑中における施工 | 221 |
| 8.9.6 | PCグラウトの品質管理および検査 | 222 |
| 8.10 | プレキャスト部材の施工 | 222 |
| 8.10.1 | 製作 | 222 |
| 8.10.2 | 運搬 | 223 |
| 8.10.3 | 保管 | 224 |
| 8.10.4 | 接合 | 225 |
| 8.11 | 定着具および部材端面の保護 | 227 |
| 8.12 | 構造物の検査および試験 | 228 |
| 8.12.1 | 一般 | 228 |
| 8.12.2 | 水張り試験 | 228 |
| 8.13 | 工事記録 | 229 |
| 8.13.1 | 総則 | 229 |
| 8.13.2 | 施工管理記録 | 229 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| <付録> 設計計算例 | 231 |
| 目次 | 232 |
| 1章 PCタンクの設計計算例 | 237 |
| 2章 RCファームポンドの設計計算例 | 333 |
| 用語解説 | 415 |
| 参考文献一覧 | 433 |
| <資料> S I (国際単位系) への換算値表 | 434 |
| 土地改良事業設計指針「ファームポンド」検討委員会名簿 | 435 |

第1章 総論

1.1 指針の位置づけ

この指針は、土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」（平成10年3月31日改定）を基本とし、農業用水の合理的配分、安全性に配慮したファームポンドの設計にあたっての標準的な考え方、配慮すべき事項などを示したものである。

[解説]

1. 設計指針作成の背景

土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」において、その主要構造物であるファームポンドの設計に関しては従来どおりの施設計画を中心とした記述にとどめ、詳細設計手法については本指針によるものとした。ファームポンドの技術資料としては、PCタンクについてまとめられていた（中国四国農政局、平成3年）が、本指針の策定にあたっては、施工実績の多いRC構造も含めたものとし、また最近の耐震設計の新しい流れ、建設コスト縮減を目指した「農業農村整備事業のコスト縮減計画」（平成9年4月）を念頭に置き、とりまとめたものである。

兵庫県南部地震以降、発生確率は低いが規模の大きい地震に対する安全性の確保についても考慮する方向にあり、ファームポンドについても一定の考慮をするものとした。ただし、入力震度や考慮すべき構造形式の範囲等については、農業用施設であり、人命や人の生活に決定的な打撃を与えるおそれのある場合を除き、ライフライン関連施設に比べ緩和した形で整理した。

コスト縮減関連では、他基準から参照されていた設計条件、許容値等について、農業施設として要求される水準に見直した。たとえば、PCタンクの設計思想は水道施設を踏襲していたが、これを農業施設として要求される必要最小限の耐力性を確保するものとして見直したこと、基礎杭の設計は、従来、道路橋示方書に準拠していたものを、許容変位量や杭頭処理に関して見直したことなどである。

2. 指針の運用

本指針は、PCタンク、RC構造のファームポンドについて定めたものであるが、貯水池、調整水槽、用排水機場の吐水槽、パイプラインのオープNSTAND、その他の各種水槽等、類似の構造物についても本指針の適用条件を満足する範囲で準用できるものとして整理した。なお、本指針で明示されていない事項については、コンクリート標準示方書、土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（畑）」、同・設計「水路工（その1）」、同・設計「パイプライン」、その他基準書、標準設計、技術書に準ずるものとする。

1.2 歴史的経緯

ファームポンドは、畑地かんがいやパイプラインの普及とともに発展し、当初は掘込式のライニング構造や RC 構造が主流を占めていたが、PCタンクの導入により、地上式のファームポンドも普及してきた。

[解説]

1. ファームポンド施設の経緯

ファームポンドは、原則として農業用水の1日以内の需給関係を調整する中間貯留施設として設けられることから、短周期で貯水量、貯水位が大きく変動し、精緻な水管理技術や構造の耐久性が重視されてきた。

初期のファームポンドは、構造的安定性を重視するため、擁壁式に代表される掘込式の RC 構造が一般的であった。また、占有面積の制約がない場合は、ゴムシートや張りブロック等のライニング、護岸方式も採用されている。その後、落葉などのゴミによるスプリンクラ等の散水器の目詰まり防止のため、屋根付構造のファームポンドが造成されるようになった。

また、近年、ファームポンド内でアオコが大量発生するなどの水質問題も一部で見られ、遮光による有害微生物の増殖防止という観点からも屋根付構造が採用されるケースがある。屋根付構造の場合、RC 構造ではフラットスラブ構造に代表される地下式が一般的で、積雪や凍結による冬期の機能停止回避を兼ねることができるので、寒冷地での実績が多く見られる。一方、急峻な地形等で広い平面積が確保できないような個所では、有効水深が比較的深く、潰れ地を最小限に抑えることができ、かつ地上設置が容易で水頭確保が有利な PC タンクの採用が増えている。

ファームポンドの容量決定では、当初一次側と二次側の送水時間の差の調整のみを考慮する設計手法が取られていたが、その後施設園芸の増加、営農スタイルの変化等から集中かん水のニーズが増え、一定の自由度をもたせた容量決定手法が導入されている。ファームポンドは、ひとつのかんがいブロックを対象に1日以内の需給関係の調整を図る目的で造成されることを原則としてきたことから、当初のファームポンドは小規模なものが一般的であった。しかし、近年では、数個のかんがいブロックを支配し、かつ各種の予備貯水量を確保するために、1万 m³ を優に超える大規模なものが増えてきている。これらの貯水施設は調整池的性格を帯びており、本来のファームポンドとの境界がはっきりしなくなっている。

2. PCタンクの歴史

プレストレストコンクリートタンク（PCタンク）は、昭和32年に日本で初めて開発・施工されて以来、上水、下水、農業用水、工業用水、液化ガス、石油等多くの分野に採用され、現在では3,000基を超える実績がある。

農業用水施設としての PC タンクは、昭和40年代後半からファームポンド等に数多く採用されるようになったほか、サージタンクを兼ねたポンプ場吐水槽等にも採用されるなど、その用途は広がっている。さらに最近では、現場打ちタンク以外に、屋根および側壁をプレキャスト工法により建設するプレキャスト PC タンクの採用、また、使用材料として、アンボンド PC 鋼材を採用した例があるなど、現場作業の簡素化も試みられている。

3. 今後の技術革新

(1) 設計手法

構造設計では本指針においても2次元解析を主に記述しているが、PCタンクやフラットスラブ構造のような一体構造物については、3次元解析によるほうが実態をよく表し、経済設計が容易になることから、コンピュータ性能の向上に伴い、3次元解析による構造解析が今後一般化するものと予想される。なお、地震時等、偏荷重が加わる場合の地下部土圧解析については、その挙動について不明な点が多く、さまざまな仮定の下で計算されているのが実情である。現在の技術の到達点としては応答変位法が最も現実に近い解を与えるとされているが、バネ定数の設定や演算の煩雑さ等に多くの課題を残しており、通常の農業用ファームポンドの設計で応答変位法による解析を標準とするのは設計コスト上問題が多い。しかし、人命に影響を与えるおそれがあるような場合は、応答変位法による解析が必要となることも考えられる。

(2) 材料

最近の社会情勢は、耐久性、コストだけでなく、省資源、環境保全という観点からも建設資材を見直していこうとする流れにある。主な建設材料だけでも次のようなものが実用化の方向に進んでいる。

1) セメント

製造過程において、エネルギー消費量、CO₂の発生が少ない混合セメントの需要が増えるものと予想される。現在、わが国で生産・販売されている混合セメントは、高炉セメント、フライアッシュセメント、シリカセメントであるが、高炉セメントおよびフライアッシュセメントは他産業の副産物であり、需要と資材供給量とのバランスに問題があり、特に需要の多い高炉セメントは、年間2000万tの供給が限度といわれている。最近では、資源の豊富な石灰石微粉末を混合材として使用する研究が進められており、実用化が待たれている。

2) 骨材

良質な自然骨材が国内で少なくなっていることもあり、近隣諸国からの輸入骨材、石炭灰や焼却灰をスラグ化したもの、あるいは再生骨材としてコンクリート塊のリサイクル製品等の使用が進みつつある。

3) 超高強度コンクリート

通常使用されている普通コンクリートの圧縮強度は200~300kgf/cm²{20~30 N/mm²}で、高強度コンクリートが300~600 kgf/cm²{30~60 N/mm²}、超高強度コンクリートでは600~1,200 kgf/cm²{60~120 N/mm²}とおおむね規定されるが、JIS規格のレディーミクストコンクリートの圧縮強度は最大400 kgf/cm²{40 N/mm²}、使用実態では、建築で600 kgf/cm²{60 N/mm²}、土木構造物で800 kgf/cm²{80 N/mm²}程度までである。実験段階で製作されているコンクリートの圧縮強度は1,300 kgf/cm²{130 N/mm²}まで到達し、ポリマーなどの特殊材料と組み合わせると3,000kgf/cm²{300 N/mm²}を超える強度が得られると報告されている。

4) 繊維補強コンクリート

鋼繊維、ガラス繊維、ポリビニルアルコール繊維、炭素繊維などの新素材繊維を、樹脂や高性能無機結合材で固め、ロッド、組紐、あるいは異形筋として用い、鉄筋やPC鋼材の代替資材としての繊維補強コンクリート(FRC)の研究が進み、一部実用化に至っている。また、これらの繊維を利用した圧力管(FRCパイプ)の技術開発も進められている。ファームポンド用コンクリートでは、ひび割れ対策として短繊維混入コンクリートの導入事例がある。

1.3 定義

ファームポンドは、ひとつのかんがいブロックを対象に、原則として1日以内の用水の需給関係を調整することを主たる目的として設けられる用水貯留施設である。

【解説】

いくつものかんがいブロックを抱えるような大規模な貯留施設では、大量の水管理容量や水源補完貯留容量を含んだものが造成されるようになってきており、これらも一般にファームポンドと呼称されることが少なくない。しかし、水利用計画や水理計画上は本来のファームポンドとは性格を異にするものであり、混乱を避けるために、ファームポンドは1日以内の用水の需給関係を調整することを主たる目的とするもの、と定義し、その他の貯留施設とは機能上明確に区分するものとする。ただし、構造設計においては、ファームポンドとその他の貯留施設に明らかな違いが認められない限り、本設計指針に準拠するものとする。

1.4 ファームポンドの特性と役割

- (1) ファームポンドは、①送水路と配水路および末端かんがい施設の組織容量の整合を図り、②末端ほ場での水利用の自由度を確保し、③かんがい施設の多目的利用のための用水を確保し、④ポンプなどの流水制御施設の操作を円滑にし、⑤用水の管理損失の軽減を図る特性、役割を持っている。
- (2) パイプライン系に設けられるファームポンドは、調圧機能を併せ持っている。

【解説】

ファームポンドは、用水の1日以内の需給関係を調整し、組織容量の整合を図るほか、水利用の自由度の確保、多目的利用の用水確保、操作管理の円滑化、管理用水の確保といった機能を併せ持っており、必要に応じて、これらの機能が発揮できるような容量や施設構造の検討を行わなければならない。これらの詳細については、土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水(畑)」に従って検討する。また、ファームポンドは自由水面を持った施設であり、パイプライン系においては調圧施設としての役割も併せ持っているため、その計画にあたっては、パイプライン系の水理縦断特性を考慮に入れて検討する必要がある。

1.5 適用範囲

- (1) 本設計指針は、容量がおおむね $500\text{ m}^3\sim 30,000\text{ m}^3$ の PCタンクおよび RC構造のファームポンドに適用する。
- (2) 側壁高が 15 m 以下のものに適用する。
- (3) 側壁高が 15 m を超えるものでも、固有周期が短く剛体と見なせるものは、本指針を準用してもよい。

[解説]

1. 容量の適用範囲

PCタンクの実績としては、ファームポンド、水道用タンクを含め、おおむね $30,000\text{ m}^3$ 以内に含まれており、本指針もその範囲をカバーできるように制定を行っている。ただし、 $30,000\text{ m}^3$ を超えるものについても実情に応じ必要かつ適切な補正を行えば、この指針を準用してもよい。また、容量が 500 m^3 未満の小規模ファームポンドは、特に本指針に準拠する必要はないものとして適用範囲から除外したが、ほかの設計基準や技術書類で参照できる適当な事項がない場合、本指針の意図する設計条件を十分に勘案した上で参考にしてもよい。

2. 適用高さとの固有周期

構造物の固有周期が 0.5 秒以下のものは震度法により耐震設計を行う場合が多く、水が満たされた PCタンクでは、高さが $14\sim 15\text{ m}$ までは固有周期が 0.1 秒以下となるのが一般的であり、RCタンクの場合も同様の傾向を示す。RC構造の逆T形の擁壁式においては一般に固有周期がこれらより大きくなる傾向にあるが、実用的な構造壁高においては 0.2 秒以下となるのが一般的である。したがって、高さ（側壁高）が 15 m 以下であれば、震度法による耐震設計の範囲に入るため、本指針の適用範囲を側壁高 15 m 以下とした。ただし、 15 m を超えるものであっても固有周期が短く（固有周期 0.5 秒以下）、剛体と考えることが適当と思われる場合には本指針を準用してもよい。

3. RC構造の適用留意点

RC構造の構造解析は、一般に垂直断面方向について行うことが多いが、地上突出部が高く内水圧の影響が大きい場合は、隅角部の応力や変位量が通常の構造設計の予測を超える可能性があるため、水平断面方向の検討や水密性に配慮する必要がある。

4. PCタンクの適用留意点

円筒形の PCタンクは、軸対称荷重に対しては非常に安定した構造であるが、周辺土質が不均衡であったり地形が非対称形で、偏土圧が PCタンクにかかる場合、非軸対称の荷重によりタンクの安定性を損なう場合がある。このような場合の構造解析は複雑で、設計事例も一般化できないため、本指針では、地上式の PCタンクのみ適用を限定した。ただし、非軸対称荷重の影響が小さい場合は本指針を適用してもよい。

5. その他適用にあたっての留意点

本指針は、側方流動や地すべり崩壊の危険性がある地盤、あるいは活断層に近い場所等、特殊地盤上にファームポンドを建設することは想定していない。したがって、やむを得ず特殊地盤上にファームポンドを建設する場合には、地盤の安定解析や処理方法、構造体の解析方法について別途検討の上、本指針を適用しなければならない。

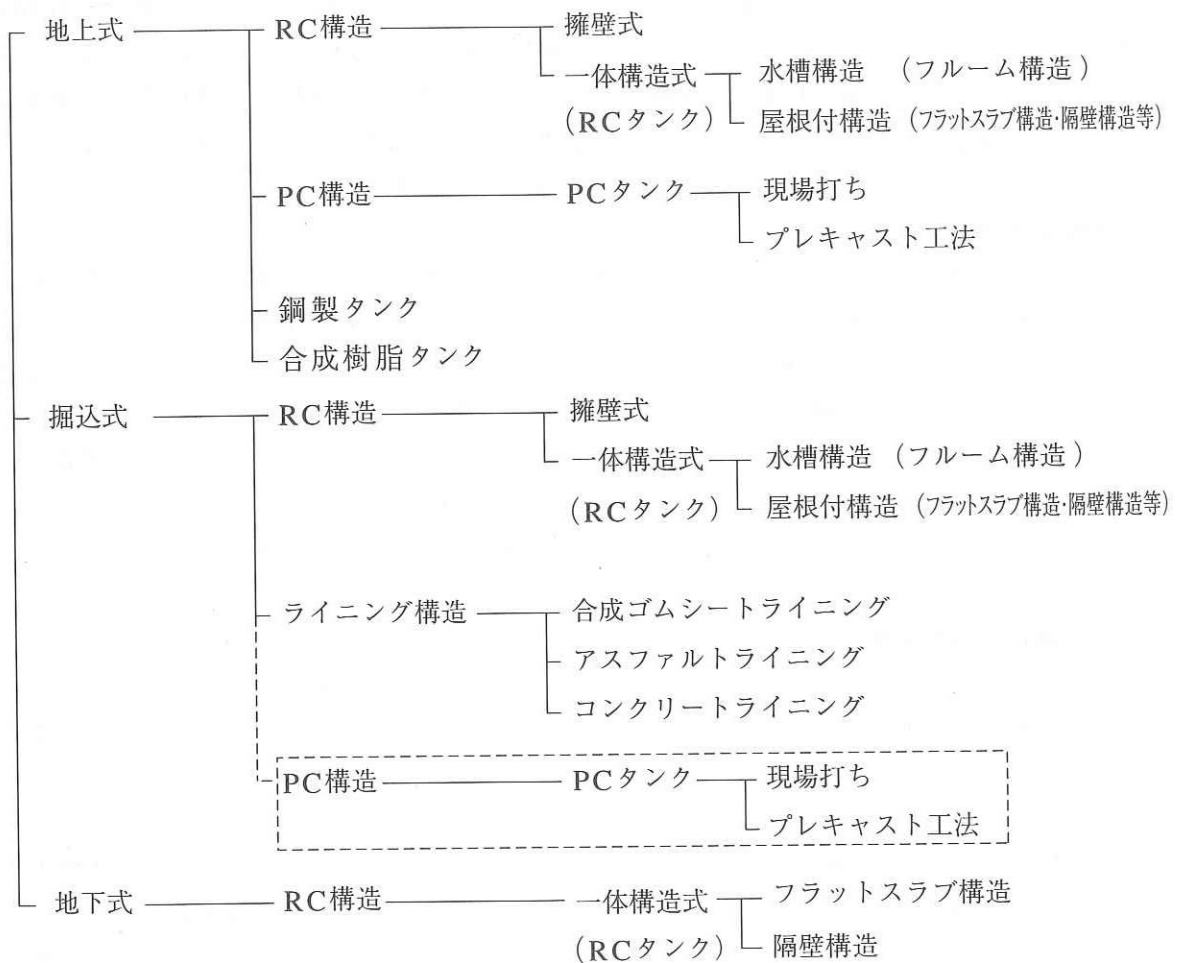
1.6 ファームポンドの分類

ファームポンドは、設置形態から地上式、掘込式、地下式に、その構造形式・材料から PC 構造、RC 構造、鋼製タンク、ライニング構造等に分類される。

どの形式を採用するかは、地形・地質等の立地条件、容量、有効水深、経済性等から総合的に判断し、決定しなければならない。

[解説]

ファームポンドの形式・構造を分類整理すると、おおむね以下のとおりである。



注1) 鋼製タンクは、「容器構造設計指針・同解説」(日本建築学会)に準拠して設計する。

2) 地上式、掘込式、地下式は、本指針では表-1.6.1、図-1.6.2の定義に基づいて使い分ける。

図-1.6.1 ファームポンドの形式・構造

表-1.6.1 ファームポンドの形式の定義

| | |
|-----|--------------------------------------|
| 地上式 | $h > D_f$ または $D_f < 2\text{m}$ |
| 掘込式 | $h \leq D_f$ かつ $D_f \geq 2\text{m}$ |
| 地下式 | 完全に地中埋設されているもの |

注) h : 地表面からの突出高, D_f : 地表面からの根入れ深さ

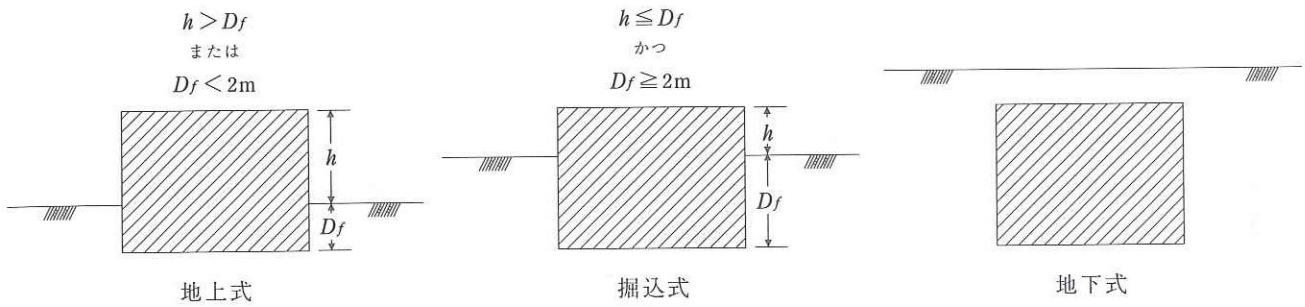


図-1.6.2 ファームポンドの形式の定義

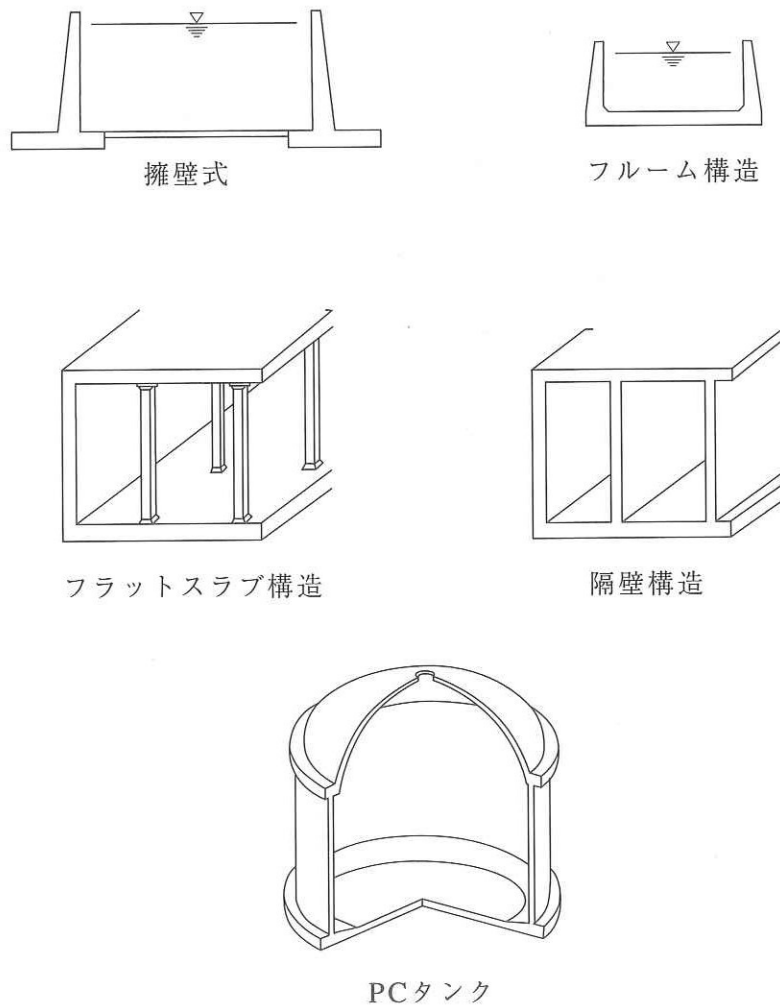


図-1.6.3 ファームポンドの分類

第2章 調査

2.1 地形調査

地形調査は、ファームポンド設置個所の具体的な位置選定および諸元決定、ファームポンドの安全確保に関連する基礎地盤などの問題点の把握、ファームポンドの設計施工および完成後の維持管理に関する各種条件の認識のために行う。調査は、設置を予定される敷地を含む付近の地域について、資料収集調査と測量等により地形を把握する。

[解説]

1. 資料収集による調査

予定されるファームポンド設置地点を含む地域について、各種の地形図および航空写真並びに関連する資料（表-2.1.1および表-2.1.2）等により、必要な事項を調査する。

表-2.1.1 公刊されている主な地形図資料

| 発行機関 | 種類 | 縮尺 |
|----------|----------|--------------------------------|
| 建設省国土地理院 | 地勢図 | 1/200,000 |
| 建設省国土地理院 | 地形図 | 1/50,000 ; 1/25,000 ; 1/10,000 |
| 建設省国土地理院 | 国土基本図 | 1/5,000 ; 1/2,500 |
| 建設省国土地理院 | 土地条件図 | 1/25,000 |
| 林野庁 | 森林基本図 | 1/5,000 |
| 地方公共団体 | 自治体区域地形図 | 1/1,000~1/10,000等 |

表-2.1.2 公刊されている主な航空写真

| 撮影機関 | 撮影区域 | 撮影年 | 縮尺 | 申込先 |
|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|-----------------------|
| 米軍 | 日本全域 | 1946～1948 | 約 1/40,000 | 日本地図センター |
| 米軍 | 鉄道沿線 主要平野部 | 1946～1948 | 約 1/10,000 | 日本地図センター |
| 林野庁および 都道府県 | 山地部 | 1952～ | 約 1/20,000 | 日本林業技術協会, 都道府県庁 |
| 国土地理院 | 日本全域 | 1956～ | 1/33,000 または 1/40,000 | 日本地図センター |
| 国土地理院 | 平野部 | 1960～ | 1/10,000 または 1/20,000 | 日本地図センター |
| 国土庁 (カラー) | 日本全域 | 1974～1978 | 1/8,000 ; 1/10,000 ; 1/15,000 | 日本地図センター |
| 宇宙開発 事業団 | 日本全域 | 1979～ | 1/200,000～1/1,000,000 | 日本リモートセンシ ング技術センター |

2. 地形測量

ファームポンド設置地点だけでなく、送配水施設、施工等の計画・設計も考慮し、測量範囲を決定する。

(1) ファームポンド設置地点付近地形図

候補地点を含む約 1 km×約 1 km の範囲について、縮尺 1/1,000 ～1/5,000 程度の既存地形図を収集する。

(2) ファームポンド設置選定個所平面図

選定されたファームポンド設置決定個所を含む地域について平面図を作成する。縮尺は 1/200～1/500、等高線間隔は 0.5～1.0 m とする。図化範囲は、仮設計画等を考慮し、決定する。

(3) ファームポンド設置地点縦・横断面図

縦は縮尺 1/100～1/200、横は縮尺 1/200～1/1,000 とし、図化範囲はファームポンド敷の外周囲 50 m を含む。

(4) 用地図

用地図・求積図ともに縮尺は 1/500 とし、測量は民地の買収、補償、借上（分筆が必要な場合は、その筆全体の図面が必要）の範囲とする。

3. 立地条件調査

ファームポンド設置地点を中心として、その全体設計および施工にかかわる各種の立地条件について資料収集、調査等を行い、立地条件を把握することが必要である。

(1) 土地利用制約条件の調査

条例・法規などによる土地利用の制約条件の有無と内容を調査する。同時に近隣の土地利用や工作物の施工状況を調べる。

(2) 排水調査

設計上必要な調査設計基礎資料とするため、余水吐の放流先について調査する。

(3) 施工上必要な調査

施工計画作成の基礎資料とするため、付近の道路事情と関連し作業用進入道路の位置や作業スペースの選定について考察するとともに、電力・労務・資材の需給事情等を調査する。

第3章 基本設計

3.1 容量の決定

ファームポンドの容量は、土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（畑）」に基づいて決定する。考慮すべき容量は、次のとおりである。

- (1) 畑地かんがい調整容量
 - 1) 末端かんがい時間と幹線通水時間の時間差調整容量
 - 2) 用水需要の時間的集中の緩和容量
 - 3) 栽培管理の合理化のための容量
- (2) 水田混在調整容量
- (3) 管理容量
 - 1) 揚水施設および分水施設の円滑な運転制御容量
 - 2) 円滑な送水管理のための容量

[解 説]

(1)について 土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（畑）」に基づいて決定する。

1) 末端かんがい時間と幹線通水時間の時間差調整容量

末端におけるかんがい作業時間は、地域の営農体系や営農作業可能な最大可照時間等を参考に決定し、このうち散布器等の移動時間を除いたものが実かんがい時間となる。一方、幹線水路の通水時間は、水流制御や通水容量の問題等から24時間通水となるのが一般的であり、両者の時間差をファームポンドによって調整する。このために必要なファームポンド容量 V_{F1} (m³) は、式(3.1.1)により求める。

$$V_{F1} = \frac{D}{E_f} \cdot \frac{10}{24} \cdot (24 - T) \cdot A \quad \dots\dots\dots (3.1.1)$$

ここに、 D : 計画日消費水量 (mm/d)

E_f : かんがい効率

T : 計画日消費水量 D に対する1日の実かんがい時間 (h)

A : ファームポンドの支配面積 (ha)

いま、計画最大日消費水量 D_m (mm/d) に対する実かんがい時間を T_m (h) とすると、同一末端施設を利用する限り、計画日消費水量が D のときの実かんがい時間 T は、式(3.1.2)のような関係がある。

$$D = \frac{D_m}{T_m} \cdot T \quad \dots\dots\dots (3.1.2)$$

式(3.1.1), 式(3.1.2)から D を消去すると, V_{F1} は T についての 2 次方程式となる。

$$V_{F1} = \frac{D_m}{E_f \cdot T_m} \cdot \frac{10}{24} \cdot (24T - T^2) \cdot A \quad \dots\dots\dots (3.1.3)$$

式(3.1.3)から, V_{F1} の最大値は $T=12$ h のときに生じ, 式(3.1.4)のように与えられる。

$$V_{F1} = \frac{60}{E_f} \cdot \frac{D_m}{T_m} \cdot A \quad \dots\dots\dots (3.1.4)$$

ただし, 地区の計画最小日消費水量のときのかんがい時間が 12 時間以下とならない場合は式(3.1.1)を使用する。この際の D , T は, 計画最小日消費水量のときの値とする。

また, ポンプでファームポンドへ送水する場合等で, 送水流量 (m^3/s) の下限値が制限を受ける場合には, 別途検討が必要である。

2) 用水需要の時間的集中の緩和容量

配水組織に自由度を付加する場合は, それに対応できる容量をファームポンドにもたせる必要がある。

一般に, 施設園芸地帯では午前と午後の 2 回にわたり水需要のピークが発生することが知られている。いま, この時間的集中状況を図-3.1.1(b)に示すような 2 つの三角形 (自由度 $f \geq 2$ を想定) で表せば, 時間的集中を緩和するために必要な容量 $V_{F2}(\text{m}^3)$ は, 次のようにして算定することができる。

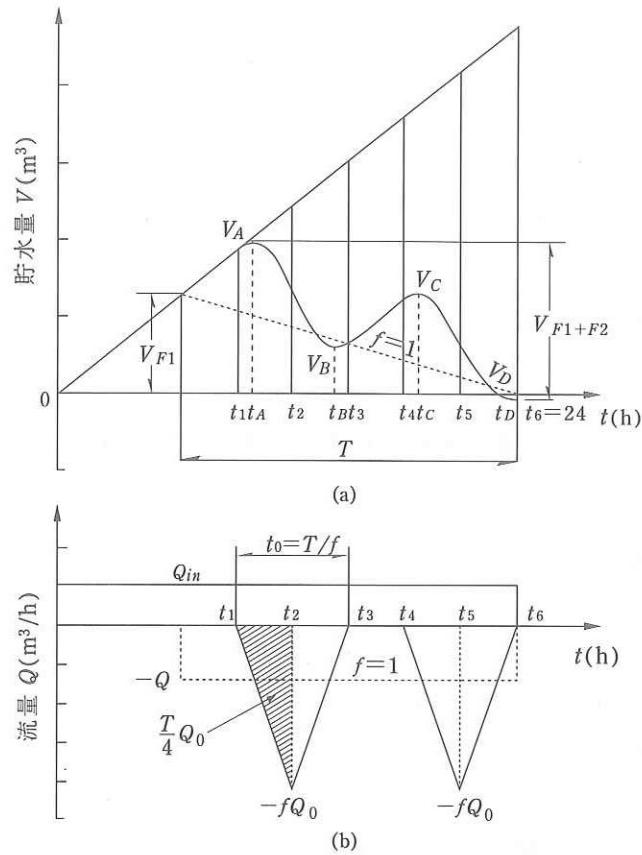


図-3.1.1 水需要パターンと貯水量変化

① 任意時刻における貯水量

水需要パターンに対応するファームポンドの貯水量変化を示すと、図-3.1.1の(a)のようになり、任意時刻 t における貯水量 V (m^3) は次式で表せる。

$0 \leq t \leq t_1$ の場合

$$V = Q_{in} \cdot t$$

$t_1 < t \leq t_2$ の場合

$$V = Q_{in} \cdot t - \int_{t_1}^t \frac{2f^2 \cdot Q_0}{T} \cdot (t - t_1) dt$$

$t_2 < t \leq t_3$ の場合

$$V = Q_{in} \cdot t - \frac{T}{4} Q_0 + \int_{t_2}^t \frac{2f^2 \cdot Q_0}{T} \cdot (t - t_3) dt$$

$t_3 < t \leq t_4$ の場合

$$V = Q_{in} \cdot t - \frac{T}{2} \cdot Q_0$$

$t_4 < t \leq t_5$ の場合

$$V = Q_{in} \cdot t - \frac{T}{2} \cdot Q_0 - \int_{t_4}^t \frac{2f^2 \cdot Q_0}{T} \cdot (t - t_4) dt$$

第4章 PCファームポンドの設計

4.1 PCタンクの概要

PCタンクとは、少なくとも側壁の円周方向に緊張材が配置された、プレストレストコンクリート製の円筒形タンクを指す。

[解説]

本章では、農業用水を貯留するための水槽(ファームポンド)のうちPC円筒形タンクについて述べる。ここでいうPC円筒形タンクは、少なくとも側壁の円周方向に緊張材が配置され、それによりプレストレスが導入される構造と定義する。

PCタンクは直立円筒シェル分野に属しているが、その原理をわかりやすく説明すると、以下のようなものである。

いま、水圧が作用する半径 R の円筒シェルを考える(図-4.1.1 参照)。側壁の上端からの距離が ξ のところの水圧を p_ξ とする。そこで、この円筒シェルを水平面で切断し、さらにそれを半分に切断する(図-4.1.2 参照)。

圧力 p_ξ は、左右には釣合っているが、上下には釣合っていないので、その釣合いのために、切断した壁の点に下向きの力 N_ϕ が必要となる。

p_ξ の上向き成分の合計と2つの N_ϕ とが釣合わなくてはならないので、次式が成立つ。

$$2N_\phi = \int p_\xi \cdot \sin \theta \cdot R \cdot d\theta = 2p_\xi \cdot R$$

よって、 $N_\phi = p_\xi \cdot R$ (4.1.1)

すなわち、側壁の上下端が拘束されていなければ(支持条件がフリー構造であれば)、円筒シェルに発生する円周方向軸方向力は、考えている点での圧力に半径を乗ずることにより得られる。

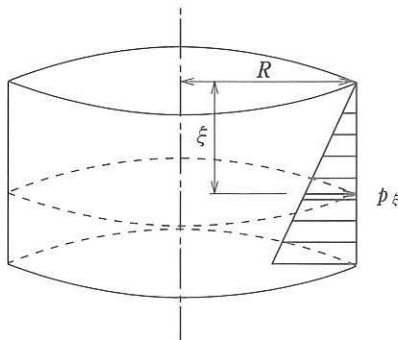


図-4.1.1 円筒シェルと水圧

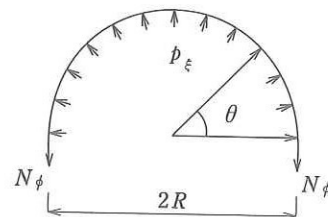


図-4.1.2 切断された円筒シェル

<付 録>

設 計 計 算 例

目 次

| | |
|----------------------|-----|
| 1 章 PCタンクの設計計算例 | 237 |
| 1.1 概 要 | 237 |
| 1.1.1 設計概要 | 237 |
| 1.1.2 構造物概要 | 238 |
| (1) 構造種別 | 238 |
| (2) 構造形式 | 238 |
| 1.2 設計条件 | 238 |
| 1.2.1 基本寸法および一般形状図 | 238 |
| (1) 基本寸法 | 238 |
| (2) 一般形状図 | 239 |
| 1.2.2 建設地点および地盤条件 | 239 |
| (1) 建設地点 | 239 |
| (2) 地盤条件 | 239 |
| 1.2.3 設計荷重 | 240 |
| (1) 荷重の分類 | 240 |
| (2) 荷重の種類および荷重強度 | 240 |
| 1.2.4 使用材料および材料特性 | 244 |
| (1) コンクリート | 244 |
| (2) PC鋼材 | 244 |
| (3) 鉄 筋 | 244 |
| (4) 応力-ひずみ曲線 | 245 |
| (5) PC鋼材の応力損失に関する諸数値 | 245 |
| 1.2.5 許容応力度 | 246 |
| (1) プレストレストコンクリート | 246 |
| (2) 鉄筋コンクリート | 246 |
| (3) PC鋼より線 | 246 |
| (4) PC鋼棒 | 246 |
| (5) 鉄 筋 | 247 |
| (6) 許容曲げ引張応力度の割増し | 247 |
| (7) 許容応力度の割増し | 247 |
| 1.2.6 安全係数 | 247 |
| (1) 構造物係数 | 247 |
| (2) 材料係数 | 247 |
| (3) 荷重係数 | 247 |
| (4) 部材係数 | 247 |
| 1.2.7 最小鉄筋比および最小鉄筋量 | 248 |

| | |
|--|-----|
| (1) 最小鉄筋比 | 248 |
| (2) 最小鉄筋量 | 248 |
| 1.2.8 鉄筋のかぶり | 248 |
| 1.3 ドーム屋根の設計 | 248 |
| 1.3.1 設計条件 | 248 |
| (1) 形状 | 248 |
| (2) 荷重の組合わせ | 249 |
| 1.3.2 ドームに発生する断面力 | 249 |
| (1) ドームに作用する荷重の計算 | 249 |
| (2) ドームに発生する断面力 | 250 |
| 1.3.3 ドームに発生する応力 | 251 |
| (1) 自重による膜応力 | 251 |
| (2) 上載荷重による膜応力 | 251 |
| (3) 合成応力度 | 251 |
| 1.3.4 ドームの配筋 | 252 |
| 1.4 ドームリングの設計 | 252 |
| 1.4.1 設計条件 | 252 |
| (1) 形状 | 252 |
| (2) 荷重の組合わせ | 253 |
| 1.4.2 ドーム水平スラストの計算 | 253 |
| (1) ドームの荷重 | 253 |
| (2) ドームの水平スラスト | 254 |
| 1.4.3 ドームリングのプレストレス力の設計 | 255 |
| (1) 所要プレストレス力 | 255 |
| (2) PC鋼材の配置形状 | 255 |
| (3) PC鋼材の有効引張力の算定 | 256 |
| (4) 円周方向PC鋼材段数の計算 | 260 |
| 1.5 側壁の設計 | 261 |
| 1.5.1 設計条件 | 261 |
| (1) 形状 | 261 |
| (2) 荷重の組合わせ | 261 |
| 1.5.2 断面力の計算 | 261 |
| (1) 一般解 | 262 |
| (2) 側壁下端の拘束モーメント M_0 および拘束せん断力 Q_0 | 263 |
| (3) 任意点の円周方向軸力および曲げモーメント | 265 |
| (4) 自重による断面力 | 268 |
| (5) 温度の影響による応力度 | 268 |
| (6) 地震の影響による断面力 | 269 |
| (7) 側壁下端のハンチおよび弾性固定の影響を考慮した場合の断面力 | 286 |

| | | |
|-------|-------------------|-----|
| 1.5.3 | 円周方向プレストレスカ的设计 | 287 |
| (1) | 所要プレストレスカ | 287 |
| (2) | PC鋼材の配置形状 | 289 |
| (3) | PC鋼材の有効引張力の算定 | 290 |
| (4) | 円周方向PC鋼材の配置 | 294 |
| 1.5.4 | 鉛直方向プレストレスカ的设计 | 295 |
| (1) | PC鋼棒の有効引張力の算定 | 295 |
| (2) | PC鋼棒の配置本数 | 295 |
| (3) | 鉛直方向プレストレスカによる断面力 | 299 |
| 1.5.5 | 側壁の断面力および応力度 | 299 |
| (1) | 円周方向の断面力および応力度 | 299 |
| (2) | 鉛直方向の断面力および応力度 | 300 |
| 1.5.6 | 合成応力度 | 301 |
| (1) | 緊張作業直後, 空水時および満水時 | 301 |
| (2) | 温度作用時 | 302 |
| 1.5.7 | 地震に対する安全性の検討 | 303 |
| (1) | 断面力の集計 | 303 |
| (2) | レベル1地震動に対する検討 | 305 |
| (3) | レベル2地震動に対する検討 | 305 |
| 1.6 | 底版的设计 | 312 |
| 1.6.1 | 设计条件 | 312 |
| (1) | 形状 | 312 |
| (2) | 荷重の組合わせ | 312 |
| 1.6.2 | 断面力の計算 | 312 |
| (1) | 设计荷重 | 312 |
| (2) | 解析モデル | 313 |
| (3) | 断面力および断面力图 | 318 |
| 1.6.3 | 応力度 | 322 |
| (1) | 最小鉄筋量 | 322 |
| (2) | 鉄筋量の算定 | 322 |
| (3) | 応力度の照査 | 324 |
| 1.7 | 安定計算 | 326 |
| 1.7.1 | 底面に作用する断面力 | 326 |
| (1) | 自重による断面力 | 326 |
| (2) | 動水圧による断面力 | 326 |
| (3) | 设计断面力 | 330 |
| 1.7.2 | 鉛直支持に関する検討 | 330 |
| 1.7.3 | 滑動に関する検討 | 331 |
| 1.7.4 | 転倒に関する検討 | 331 |

| | |
|----------------------|-----|
| 2章 RCファームポンドの設計計算例 | 333 |
| 2.1 基本諸元 | 333 |
| 2.1.1 分類 | 333 |
| 2.1.2 構造形式 | 333 |
| 2.1.3 基本寸法 | 333 |
| 2.2 設計条件 | 334 |
| 2.2.1 基礎形式 | 334 |
| 2.2.2 土質定数 | 334 |
| 2.2.3 自重 | 334 |
| 2.2.4 上載荷重 | 335 |
| 2.2.5 基礎地盤の条件 | 335 |
| 2.2.6 地下水位 | 335 |
| 2.2.7 設計水位 | 335 |
| 2.2.8 安全条件 | 335 |
| 2.2.9 設計水平震度 | 335 |
| 2.2.10 使用材料 | 335 |
| 2.2.11 許容応力度 | 336 |
| 2.2.12 断面破壊の検討に関する係数 | 336 |
| 2.2.13 計算ケース | 336 |
| 2.2.14 計算手法 | 337 |
| 2.3 安定計算 | 337 |
| 2.3.1 空水時（常時） | 337 |
| (1) 自重および荷重計算 | 337 |
| (2) 土圧 | 338 |
| (3) 荷重の集計 | 340 |
| (4) 転倒に対する検討 | 340 |
| (5) 滑動に対する検討 | 340 |
| (6) 基礎地盤の支持力に対する検討 | 341 |
| 2.3.2 空水時（地震時：レベル1） | 342 |
| (1) 自重および荷重計算 | 342 |
| (2) 土圧 | 342 |
| (3) 荷重の集計 | 343 |
| (4) 転倒に対する検討 | 343 |
| (5) 滑動に対する検討 | 343 |
| (6) 基礎地盤の支持力に対する検討 | 344 |
| 2.3.3 満水時（常時） | 344 |
| (1) 自重および荷重計算 | 344 |
| (2) 土圧 | 345 |
| (3) 水圧 | 346 |

| | |
|---------------------------|-----|
| (4) 荷重の集計 | 346 |
| (5) 転倒に対する検討 | 347 |
| (6) 滑動に対する検討 | 347 |
| (7) 基礎地盤の支持力に対する検討 | 347 |
| 2.3.4 満水時（地震時：レベル1） | 348 |
| (1) 自重および荷重計算 | 348 |
| (2) 土 圧 | 348 |
| (3) 水 圧 | 349 |
| (4) 荷重の集計 | 350 |
| (5) 転倒に対する検討 | 351 |
| (6) 滑動に対する検討 | 351 |
| (7) 基礎地盤の支持力に対する検討 | 351 |
| 2.4 部材設計 | 351 |
| 2.4.1 空水時（常時） | 351 |
| (1) たて壁 | 351 |
| (2) つま先版 | 357 |
| (3) かかと版 | 360 |
| 2.4.2 空水時（地震時：レベル1） | 364 |
| (1) たて壁 | 364 |
| (2) つま先版 | 368 |
| (3) かかと版 | 370 |
| 2.4.3 満水時（常時） | 372 |
| (1) たて壁 | 372 |
| (2) つま先版 | 378 |
| (3) かかと版 | 382 |
| 2.4.4 満水時（地震時：レベル1） | 386 |
| (1) たて壁 | 386 |
| (2) つま先版 | 394 |
| (3) かかと版 | 395 |
| 2.5 破壊に対する検討 | 398 |
| 2.5.1 満水時（地震時：レベル2） | 398 |
| (1) たて壁 | 398 |
| (2) つま先版 | 405 |
| (3) かかと版 | 409 |
| 2.6 底版の設計 | 414 |