

河口部ポンプ所の防災機能診断事例

| | | | |
|----------------|-------|---------|--------|
| 玉野総合コンサルタント(株) | 流域技術部 | 正会員 | ○ 吉田 要 |
| 玉野総合コンサルタント(株) | 流域技術部 | 河川砂防課 | 荒木康之 |
| 玉野総合コンサルタント(株) | 流域技術部 | 河川砂防課 | 山田周治 |
| 玉野総合コンサルタント(株) | 流域技術部 | 上下水道第二課 | 大洞清政 |
| 玉野総合コンサルタント(株) | 流域技術部 | 上下水道第二課 | 澤村英明 |
| 玉野総合コンサルタント(株) | 都市再生部 | 建築設計課 | 長屋英樹 |

1. はじめに

東日本大震災では、従前の想定を大きく上回る巨大な地震・津波が発生し、甚大な人的・物的被害が生じた。こうした巨大リスクである南海トラフ地震等の大規模自然災害への備えとして、愛知県では地域防災計画の中で防災・減災対策の枠組みが策定されている。河川等の河口部に位置するポンプ所は、基礎部分は土木施設、建屋は建築施設、ポンプ本体や発電機等は機械・電気設備といった施設・設備で構成されている。本診断では、これら施設に求める機能と要求性能を整理し、想定される地震、津波、高潮災害に対してポンプ所としての防災機能を診断したので、その内容を報告する。

2. 機能条件の整理と診断手法の検討

(1) 想定外力の整理

地震・津波に対する想定外力は、愛知県地域防災計画に位置付けられる地震・津波を設定した。高潮に対する想定外力は、日本に上陸した既往最大台風（室戸台風）クラスに対して愛知県沿岸に最も高潮の影響を与えるコースを想定した最大高潮水位を設定した。（表-1 参照）

表-1 想定外力（地震、津波、高潮）

| | | |
|------------------------|---------------|--------|
| 頻度の高い地震・津波 〈防護レベル〉 | ◇5地震参考モデル | |
| | 最大震度 | 震度6強 |
| | 津波水位 (T.P.) | +3.30m |
| 最大クラスの地震・津波 〈減災レベル〉 | ◇南海トラフ巨大地震モデル | |
| | 最大震度 | 震度7 |
| | 津波水位 (T.P.) | +3.60m |
| 高潮 〈減災レベル〉 | ◇室戸台風級 | |
| | 高潮水位 (T.P.) | +6.50m |

(2) 機能と要求性能の整理

a) ポンプ所の概要

診断を実施したポンプ所は、3棟により構成されており、昭和48年にB号機棟（Q=8.3m³/s）、昭和55年にC号機棟（Q=4.0 m³/s）が築造され、その後の平成9年にA号機棟（Q=33.0 m³/s）が改築された総排出量Q=45.3 m³/sの規模を有するポンプ所である。

b) 機能と要求性能の整理

下部工（吸水槽等）及び建屋は、ポンプの稼働や運転管理の観点より求める機能を整理するとともに想定外力に対するリスクを抽出し、機能保持の必要性を評価した。（表-2 参照）機械・電気設備は、「河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル」¹⁾で定義される致命的機器の抽出の考え方を参考に、災害時における機能保持の必要性を機器単位で評価した。（表-2 参照）

表-2 主要な機能と地震・津波・高潮に対するリスク

| 施設 | 機能 | 地震・津波・高潮に対するリスク |
|----------|------------------|----------------------------------------------------|
| 下部工（吸水槽） | ポンプへ排水をスムーズに送る機能 | 躯体の損傷（降伏、せん断破壊）⇒ポンプ運転の停止（内水被害） |
| 建屋 | 津波・高潮に対する浸水防護機能 | 躯体の損傷（降伏、せん断破壊） 区画浸水による機器の水没 ⇒ポンプ運転の停止（内水被害） |
| 機械・電気設備 | 継続して排水する機能 | 機器の転倒、配管・配線等の損傷 ⇒ポンプ運転の停止（内水被害） |

また、ポンプ所は、各種の技術基準（海岸、港湾、河川、下水道、建築）や関連基準に基づいて設計、施工された施設・設備で構成されており、各施設の重要度を踏まえて要求性能を設定した。（表-3 参照）

表-3 各施設における要求性能

| 施設 | 耐震性能 | 耐津波性能 | 耐高潮性能 |
|----------|-------------------------------|-------|-------------------------------------------------|
| 下部工（吸水槽） | ■河川基準 Ⅱレベル地震動 ⇒機能保持 | | |
| 建屋 | ■建築基準 人命の安全確保、 機能保持 | | ■下水道基準 主要設備機器の配置に応じた耐津波、耐高潮性能（安全性、修復性、運転継続性） |
| 機械・電気設備 | ■下水道基準 Ⅱレベル地震動 ⇒機能の早期復旧 | | |

【キーワード】 ポンプ所，大規模自然災害，要求性能，機能診断

【連絡先】 〒461-0005 名古屋市東区東桜二丁目17番14号 TEL 052(979)9303, FAX 052(979)9273

3. 機能診断結果

(1) 土木施設を対象とした耐震簡易診断結果の検証

簡易診断は、複数のポンプ所に対して、想定外力に対するリスク評価を概略的に実施することで、その後の詳細診断や事業化の優先順位付けの基礎資料として位置づけられる。ここでは、ポンプ所の土木施設（下部工）及びポンプ所内に併設されている取水門を対象に、耐震詳細診断の前段階で実施した耐震簡易診断結果と、その評価項目について考察する。

表-4 簡易診断と詳細診断の比較評価表

| 施設 | 簡易診断評価項目 | | | | | | 詳細診断結果 | | |
|------|----------|------|------------------|-----------|------------------|-------------|----------|------------------|------------------|
| | 設置年 | 基礎形式 | 当初設計震度 L1照査震度 | 液状化 層厚 | 液状化対策 | 特殊荷重 の影響 | 診断 結果 | 躯体損傷度 (応答/限界) | 基礎損傷度 (応答/限界) |
| A号機棟 | H9 | 鋼管杭 | 0.83 | 9.5m | 無処理地盤 (定数の低減) | なし | B | 1.89(NG) | 0.85(OK) |
| B号機棟 | S48 | PC杭 | 0.83 | 9.6m | 無処理地盤 | 偏土圧を 受ける | C | 1.16(NG) | 2.87(NG) |
| C号機棟 | S55 | PC杭 | 0.83 | 8.4m | 無処理地盤 | 偏土圧を 受ける | C | 2.29(NG) | 1.98(NG) |
| 取水門 | H13 | 鋼管杭 | 1.13 | 11.9m | 無処理地盤 (定数の低減) | なし | A | 0.90(OK) | 0.33(OK) |

耐震詳細診断では、躯体について地震時保有水平耐力法により応答時の各要素の損傷度を判定し、耐震性能を照査した。基礎については、同じく地震時保有水平耐力法を用いて液状化有無のケース各々に対して降伏判定により耐震性能を照査した。ここで、耐震簡易診断では、躯体の診断評価項目として設計当時の地震力とレベル1照査用震度の比を使用しているが、躯体の形状特性（剛性を考慮する仕切り壁等の配置等）にも依存するため概略的な診断となるものと推察される。

一方、基礎の診断については液状化特性を把握した上で杭の規格や躯体に作用する荷重条件も含めて総合的に評価することにより、耐震簡易診断によって詳細診断結果の見通しを得ることが可能と推察される。

表-5 簡易診断結果の評価表

| ランク | 評価 | 耐震性能 |
|-----|-----------------------------|------|
| A | 耐震性を有する可能性が高い | OK |
| B | 基礎は耐震性を有する可能性が高いが、躯体は可能性が低い | NG |
| C | 耐震性を有する可能性が低い | |

一方、基礎の診断については液状化特性を把握した上で杭の規格や躯体に作用する荷重条件も含めて総合的に評価することにより、耐震簡易診断によって詳細診断結果の見通しを得ることが可能と推察される。

(2) 津波・高潮に対する建屋の機能診断

ポンプ棟建築部の津波・高潮診断は、「津波避難ビル等の構造上の要件の解説/国総研」に基づいて図-1に示す照査項目について診断を実施した。診断結果は、作用する津波・高潮の水深に大きく依存するが、建屋の多くが機械・電気設備の配置や、保守点検の観点より、津波・高潮等の面外外力に対して抵抗できない吹抜け構造となっているため、特に、耐圧部材（柱、梁、壁）の補強が建屋全体にわたって大規模なものになる傾向となった。また、主要設備機器が設置されている「重点化範囲」については防水機能が求められる。機器搬入口などの大規模な開口箇所に対する防水対策を施す際は、維持管理面への配慮も必要となる。

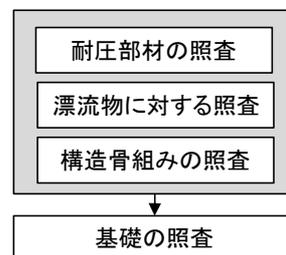


図-1 建屋の診断フロー

(3) 地震に対する機械・電気設備の機能診断

設備機器単体の耐震性については、基礎ボルトの耐力について診断を実施した。また、配管・配線類の系統設備に対する機能診断では、配管支持材の照査（支持部材、支持間隔）に加え、液状化に伴う不等沈下に対しても追随性の視点から機能診断を実施した結果、燃料配管ピット部の不等沈下や配線の余長不足への対策が必要であることが判明した。

4. 主要な結論

本報告における主要な結論は以下のとおりである。

- ①土木施設の耐震簡易診断では、基礎地盤の液状化特性を把握した上で施設の現状を総合的に評価することにより、基礎部の詳細診断の判断材料として有効性が高いものと推察される。
- ②津波・高潮に対する建屋の機能診断では、ポンプ棟固有の吹抜け構造により耐圧部材に対して厳しい結果となる傾向にあり補強対策が大規模となる。ポンプ棟の建替えを検討する場合は、土木、建築施設と比べて更新費用のウェイトが高い設備の更新計画も見据えたライフサイクルコストの観点を考慮する必要がある。

参考文献) 1) 国土交通省：河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル（案）/p 23/平成 27 年 3 月