

令和8年度

公共下水道事業

(認証)

潮江水再生センター塩素滅菌棟耐震補強実施設計委託業務(R8-1) 見積参考資料

- ・「見積参考資料」は入札参加業者の迅速で適正な業務費の見積りのための一資料であり、請負契約を拘束するものではありません。
- ・入札においては「見積参考資料」に記載された事項を最優先するものとし、その他の閲覧資料との表示に違いがある場合においても、入札の公正性が確保される範囲で入札事務を継続するものとします。
- ・「見積参考資料」に記載されている積算に関する事項については、契約後、必要に応じて建設工事請負契約書の規定に基づき、協議を行う場合があります。

委託業務場所	高知市	南新田町				
委託業務日数 300 日	着 工	令和	年	月	日	
	完 成	令和	年	月	日	

下水道整備課

設 計 金 額		円	委託業務の概要	
内 訳	業 務 価 格	円	【実施設計(詳細設計)】	
	消費税及び地方消費税相当額	円	塩素滅菌棟(耐震・耐津波補強設計)	
			土木設計	1式
			塩素滅菌棟(支障物移設設計)	
			機械設計	1式
			電気設計	1式
			設計協議(詳細設計)	1式
			現地調査(詳細設計)	1式
業務委託対象金額		円		
消費税及び地方消費税相当額抜きの業務委託対象金額		円		
摘要			業務委託理由	
			本業務は、高知市下水道総合地震対策計画に基づき、潮江水再生センター塩素滅菌棟の土木構造物における耐震性能の確保を目的として、過年度の診断業務に基づいた建築構造物の耐震改修設計を反映し、耐震補強詳細設計及び耐津波補強設計を行うものである。	

委 託 費 内 訳 表

費目・工種・細別等	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
測量設計費					
設計業務					
実施設計(詳細設計)					
塩素滅菌棟(耐震・耐津波補強設計)【認】					
土木設計【認】 設計対象水量32,100m3/日	式	1			明細表 第1号
塩素滅菌棟(支障物移設設計)【認】					
機械設計【認】 設計対象水量32,100m3/日	式	1			明細表 第2号
電気設計【認】 設計対象水量32,100m3/日	式	1			明細表 第3号
設計協議(詳細設計)【認】					

委 託 費 内 訳 表

費目・工種・細別等	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
設計協議(詳細設計)【認】 第1回打合せ, 中間打合せ3回, 最終打合せ, 3工種	式	1			明細表 第4号
現地調査(詳細設計)【認】					
現地調査(詳細設計)【認】 1回, 3工種	式	1			明細表 第5号
直接経費					
電子成果品作成費	式	1			
直接原価					
その他原価	式	1			
業務原価計					
一般管理費等	式	1			
設計業務価格					

明細表 第 5号
 現地調査(詳細設計)【認】

明細表

1回, 3工種

名称・規格・条件	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
現地調査(詳細設計) 1回, 3工種					単価表 第 5 号
	式	1			
1 式 当り					
現地調査(詳細設計)					

単価表 第 1号

土木設計

単価表

(1)

金額：

内容：塩素滅菌棟(耐震・耐津波補強設計)

1 式 当り

設計計画, 構造計算, 機能計算, 設計図作成, 数量計算, 照査

名称・規格・条件	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
理事・技師長	人	2.30			人件費
主任技師	人	12.68			人件費
技師(A)	人	28.85			人件費
技師(B)	人	31.16			人件費
技師(C)	人	17.32			人件費
技術員	人	19.62			人件費
	(	1	式 当り		)

単価表 第 2号

機械設計

単価表

(1)

金額：

内容：塩素滅菌棟(支障物移設設計)

1 式 当り

設計計画, 機能計算, 設計図作成, 数量計算, 照査

名称・規格・条件	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
理事・技師長	人	1. 16			人件費
主任技師	人	1. 67			人件費
技師(A)	人	1. 56			人件費
技師(B)	人	2. 72			人件費
技師(C)	人	2. 54			人件費
技術員	人	1. 96			人件費
	(	1	式 当り		)

単価表 第 3号

電気設計

単価表

(1)

金額：

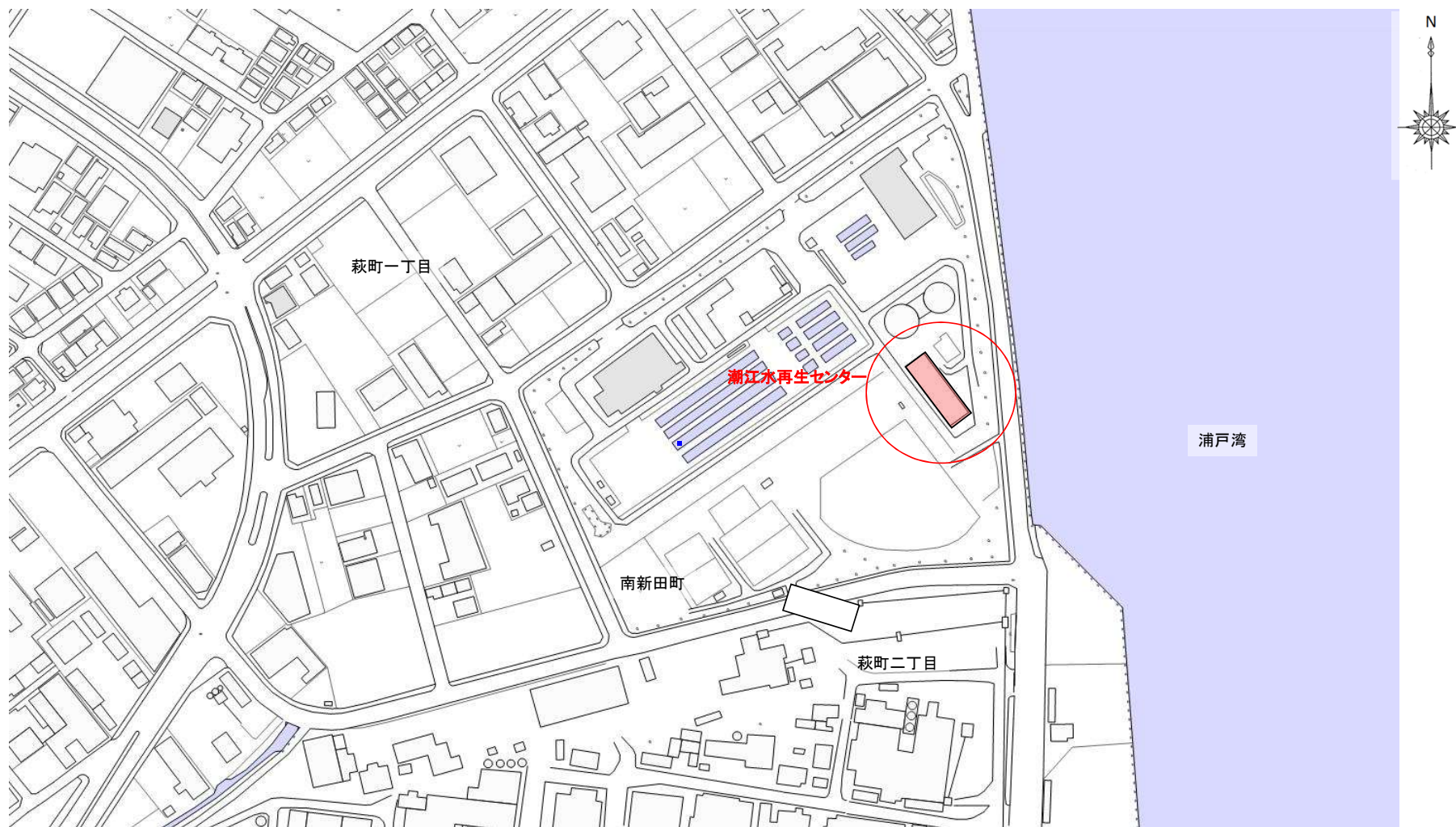
内容：塩素滅菌棟(支障物移設設計)

1 式 当り

設計計画, 機能計算, 設計図作成, 数量計算, 照査

名称・規格・条件	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
主任技師	人	1. 45			人件費
技師(A)	人	1. 62			人件費
技師(B)	人	1. 56			人件費
技師(C)	人	1. 10			人件費
技術員	人	1. 15			人件費
	(	1	式 当り		)

位置図



潮江水再生センター塩素滅菌棟耐震補強実施設計委託業務（R8-1）

一般仕様書

第1章 総則

1.1 業務の目的

本委託業務(以下業務という。)は、本仕様書に基づいて、特記仕様書に示す委託対象施設の工事を実施するために必要な設計図、計算書、設計書等の作成を行うことを目的とする。

1.2 共通仕様書の適用

(1) 業務は、本仕様書、特記仕様書に従い施行するものとする。

(2) 設計仕様書は、相互に補完するものとし、設計仕様書の間に相違がある場合の優先順位は、次の①から④の順序のとおりとする。

①質疑回答書 ②現場説明書 ③特記仕様書 ④共通仕様書

1.3 費用の負担

業務の検査等に伴う必要な費用は、本仕様書に明記のないものであっても、原則として受注者の負担とする。

1.4 法令等の遵守

受注者は、業務の実施に当り、関連する法令等を遵守しなければならない。

1.5 中立性の保持

受注者は、常に中立性を保持するように努めなければならない。

1.6 秘密の保持

受注者は、業務の処理上知り得た秘密を他人に漏らしてはならない。

1.7 公益確保の責務

受注者は、業務を行うに当たっては公共の安全、環境の保全、その他の公益を害することのないように努めなければならない。

1.8 許可申請

受注者は、工事に必要な許可申請(計画通知等)に関する事務に必要な図書作成を遅滞なく行わなければならない。

1.9 提出書類

(1) 受注者は、業務の着手及び完了に当たって、高知市上下水道局の契約約款、本仕様書に定めるものの外、下記の書類を提出しなければならない。

(イ)着手届 (ロ)工程表 (ハ)管理技術者届 (ニ)職務分担票 (ホ)完了届 (ヘ)納品書
(ト)業務委託料請求書 等

なお、承認された事項を変更しようとするときは、そのつど承認を受けるものとする。

(2) 受注者は、契約金額が100万円(消費税込み)以上の業務について、測量調査設計業務実績情報システム(TECRIS)に基づき、「登録のための確認のお願い」を作成し監督員の確認(署名の記入)を受けた後に、(財)日本建設情報総合センターに登録すること。また、「登録内容確認書」の写しを監督員に提出しなければならない。

なお、提出の期限は以下のとおりとする。

① 受注時登録データの提出期限は契約締結後10日以内とする。

② 完了時登録データの提出期限は業務完了後10日以内とする。

③ 業務履行中に受注時登録データに変更があった場合は、変更があった日から10日以内に変更データを提出しなければならない。なお、変更時と完了時の間が10日に満たない場合は、変更時の提出を省略できるものとする。

1.10 管理技術者及び技術者

(1) 受注者は、管理技術者及び技術者をもって、秩序正しい業務を行わせるとともに、高度な技術を要する部門については、相当の経験を有する技術者を配置しなければならない。

- (2) 管理技術者は、次のいずれかの要件を満たすものである有る者とし、業務の全般にわたり技術的管理を行わなければならない。
なお、主要な設計協議ならびに現地調査に出席しなければならない。
 - (イ)技術士（総合技術監理部門（下水道）、上下水道部門（下水道））
 - (ロ)一般社団法人建設コンサルタンツ協会が実施するシビルコンサルティングマネージャ（RCCM）試験に合格し、同協会に備える「RCCM 登録簿」に登録されている者（下水道）
- (3) 受注者は、業務の進捗を図るため、十分な数の技術者を配置しなければならない。
- (4) 建築担当技術者は建築士法（昭和 25 年法律第 202 号）による一級建築士の資格を有する者とする。
- (5) 管理技術者及び担当技術者は、公告日から起算し、継続して 3 か月以上雇用している者であることとし、資格等を有していることがわかる資料を提出すること。

1.11 工程管理

受注者は、工程に変更を生じた場合には、速やかに変更工程表を提出し、協議しなければならない。

1.12 成果品の審査及び納品

- (1) 受注者は、成果品完成後に高知市上下水道局の審査を受けなければならない。
- (2) 成果品の審査において、訂正を指示された箇所は、ただちに訂正しなければならない。
- (3) 業務の審査に合格後、成果品一式を納品し、高知市上下水道局が指名する検査職員の検査をもって、業務の完了とする。
- (4) 業務完了後において、明らかに受注者の責に伴う業務のかしが発見された場合、受注者はただちに当該業務の修正を行わなければならない。

1.13 関係官公庁等との協議

受注者は、関係官公庁等と協議を必要とするとき又は協議を受けたときは、誠意をもってこれに当り、この内容を遅滞なく報告しなければならない。

1.14 証明書の交付

業務の実施に当たって必要な証明書及び申請書の交付は、受注者の申請による。

1.15 疑義の解釈

本仕様書に定める事項について、疑義を生じた場合又は本仕様書に定めのない事項については、高知市上下水道局及び受注者の協議によりこれを定める。

第2章 調査

2.1 資料の収集

業務上必要な資料、地下埋設物及びその他の支障物件（電柱、架空線等）については、関係官公庁、企業者等において将来計画を含め十分調査しなければならない。

2.2 現地調査

特記仕様書に示された業務の対象施設について踏査し、周囲の状況、建物等現地を十分に把握しなければならない。

2.3 地下埋設物調査

特記仕様書に示された設計対象区域について、上下水道、ガス、電気、電話等地下埋設物の種類、位置、形状、深さ、構造等をそれらの管理者が有する資料と照合し、確認しなければならない。

2.4 現地環境調査

道路状況、周辺状況を現地に於て把握し、工事の実施における制約条件を確認しなければならない。

第3章 設計一般

3.1 一般的事項

- (1) 業務の実施に当って、受注者は高知市上下水道局と密接な連絡を取り、その連絡事項をそのつど記録し、打合せの際、相互に確認しなければならない。
- (2) 設計業務着手時及び設計業務の主要な区切りにおいて、受注者と高知市上下水道局は打合せを行うものとし、その結果を記録し、相互に確認しなければならない。

3.2 設計基準等

設計に当っては、高知市上下水道局の指示する図書及び本仕様書第6章参考図書に基づき、設計を行う上でその基準となる事項について高知市上下水道局と協議の上、定めるものとする。

3.3 設計上の疑義

設計上疑義の生じた場合は、高知市上下水道局と協議の上、これらの解決にあたらなければならない。

3.4 設計の資料

設計の計算根拠、資料等はすべて明確にし、整理して提出しなければならない。

3.5 参考資料の貸与

業務に必要な下水道事業計画図書、既存土木建築構造物図面及び設備図面等を所定の手続によって貸与する。

3.6 参考文献等の明記

業務に文献、その他の資料を引用した場合は、その文献、資料名を明記しなければならない。

3.7 実施設計(詳細設計)

- (1) 業務の内容は実施設計(詳細設計)とする。
- (2) 実施設計(詳細設計)とは、耐震診断報告書に基づいて、工事を実施するために必要な設計図、計算書等〔以下耐震補強実施設計(詳細設計)図書等という。〕の作成業務をいう。

第4章 耐震補強実施設計(詳細設計)

耐震補強実施設計(詳細設計)は、次の事項の検討又は確認並びに基本設計図書の作成を行い、耐震補強実施設計(詳細設計)図書として、まとめなければならない。

4.1 「設計計画」

耐震補強実施設計(詳細設計)業務において、次の事項を確認しなければならない。

(土木関係、建築関係、機械関係、電気関係共通)

- (イ) 設計方針 ①業務の目的・主旨の把握 ②特記仕様書に示す業務内容の確認 ③業務概要、実施方針、工程計画、人員配置計画の決定 ④使用する主な図書及び基準の確認 ⑤以上に関する作業計画書の作成
- (ロ) 設計条件の確認 ①設計対象施設に関する耐震診断報告書等の内容の確認 ②構造計算(荷重条件、設備機器の重量、主要形状寸法等)、設備容量計算(換気計算、空調負荷計算、抵抗計算、照度計算、幹線ケーブル計算)等の設計条件の確認
- (ハ) 施工方法の検討 ①工事の施工に必要な仮設構造物等の要否の確認及びその設置・解体撤去方法、設計条件、荷重条件等の確認及び検討 ②耐震補強工事にあたり設備の移設の適正な施工方法や補強工法の選定及び検討

4.2 「計算」

受注者は、高知市上下水道局が提供した資料、又は受注者が調査した事項について、整理し、確認又は検討を行った後に次の作業を行う。

(イ) 土木関係

- ① 構造計算書
- ② 基礎計算書
- ③ 仮設計算書
- ④ 水理計算書
- ⑤ 容量計算書
- ⑥ 施工計画書（施工計画に伴う各種計算書含む）

(ロ) 機械関係

上記建築関係の作業に関連した、次の計算書等作成業務を行う。

- ① 設備容量計算書（能力、台数、出力等）
- ② 機器リスト表
- ③ 主要機器重量表及び建築荷重設定表
- ④ 機器搬出入計画書
- ⑤ 施工計画書（施工計画に伴う各種計算書、仮設計画含む）

(ハ) 電気関係

上記建築関係の作業に関連した、次の計算書等作成業務を行う。

- ① 設備容量計算書（能力、台数、出力等）
- ② 運転操作概要書
- ③ 主要機器重量表及び建築荷重設定表
- ④ 機器搬出入計画書
- ⑤ 施工計画書（施工計画に伴う各種計算書、仮設計画含む）

4.3 「設計図作成」

受注者は、対象施設並びに仮設構造物等について次に示す詳細設計図を作成すること。

(イ) 土木関係

- ① 一般平面図
- ② 水位関係図
- ③ 構造図
- ④ 詳細図 設備（機械、電気）との取合図
- ⑤ 配筋図（鉄筋加工図は数量計算書に記入）
- ⑥ 既設撤去図
- ⑦ 工事特記仕様書

(ハ) 機械関係

上記建築関係の作業に関連した、次の設計図等作成業務を行う。

- ① フローシート（全体及び施設又は設備ごと）
- ② 全体配置平面図
- ③ 配置平面図
- ④ 配置断面図
- ⑤ 配管全体図
- ⑥ 箱抜き参考図等（建築に準ずる）
- ⑦ 既設撤去図
- ⑧ 工事特記仕様書

(二) 電気関係

上記建築関係の作業に関連した、次の設計図等作成業務を行う。

- ① 構内一般平面図
- ② 単線結線図
- ③ 主要機器外形（参考寸法）図
- ④ 機能概略説明図（計装フローシート、監視制御システム系統図）
- ⑤ 主要配線、配管系統図
- ⑥ 配線、配管敷設図（ラック、ダクト、ピット）
- ⑦ 接地系統図
- ⑧ 機器配置図（⑥との共用を含む）
- ⑨ 既設撤去図
- ⑩ 工事特記仕様書

4.4 「数量計算」

受注者は、高知市上下水道局 の示す様式、資料により次のものを作成すること。

（土木関係、機械関係、電気関係共通）

- （イ）積算数量算出書及び積算数量調書の作成、単価作成資料及び決定資料の作成、見積依頼書及び見積徴収、見積検討資料の作成
- （ロ）工期算定計算書
- （ハ）数量内訳書（金抜設計書）

4.5 「照査」

（土木関係、機械関係、電気関係共通）

（1） 照査の目的

受注者は業務を施行するうえで技術資料等の諸情報を活用し、十分な比較検討を行うことにより、業務の高い質を確保することに努めるとともに、さらに照査を実施し、設計図書に誤りがないよう努めなければならない。

（2） 照査の体制

- （イ）受注者は遺漏なき照査を実施するため、相当な技術経験を有する照査技術者を配置しなければならない。
- （ロ）建築構造物については、建築士法（昭和 25 年法律第 202 号）による一級建築士の資格を有するものとする。また、照査技術者は、管理技術者と同一の者が兼務することは出来ない。

（3） 照査事項

受注者は設計全般にわたり正常時・異常時における処理機能の確保、施設の耐久性及び環境条件に対する適応性、柔軟性を基本として以下に示す事項について照査を実施しなければならない。

基本的照査項目を整理し、照査技術者の署名押印のうえ管理技術者が確認のもと発注者に照査状況の報告を行うこと。

- （イ）設計計画の妥当性(設計方針、設計条件等)の照査
- （ロ）各種計算書の適切性に関する照査
- （ハ）各種設計図の適切性に関する照査
- （二）各種計算書と設計図の整合性に関する照査
- （ホ）数量内訳書と各種計算書、設計図の整合性に関する照査

第5章 提出図書

5.1 提出図書

提出すべき成果品とその部数は次のとおりとする。なお、製本はすべて白焼きとする。また、製本はすべて表紙、背表紙とも、タイトルをつけ、直接印刷したものとする。なお、成果品の作成に当たっては、その編集方法についてあらかじめ 高知市上下水道局 と協議すること。

5.2 実施設計(詳細設計)提出図書

(1) 土木関係

(イ) 実施設計(詳細設計)図	A 3 判折たたみ製本	3 部
(ロ) 計算書	A 4 又は A 3 判製本	3 部
(ハ) 工事特記仕様書(土木)	A 4 判製本	3 部
(ニ) 工事設計書	A 4 判	原稿

(2) 機械関係

(イ) 実施設計(詳細設計)図	A 3 判折たたみ製本	3 部
(ロ) 計算書(数量計算書)	A 4 又は A 3 判製本	3 部
(ハ) 特記仕様書	A 4 判製本	3 部
(ニ) 工事設計書	A 4 判	原稿

(3) 電気関係

(イ) 実施設計(詳細設計)図	A 3 判折たたみ製本	3 部
(ロ) 計算書(数量計算書)	A 4 又は A 3 判製本	3 部
(ハ) 特記仕様書	A 4 判製本	3 部
(ニ) 工事設計書	A 4 判	原稿

(4) 議事録

A 4 判	3 部
-------	-----

(5) 電子成果品

1 式

第6章 参考図書

6.1 参考図書及び適用基準等（建築の詳細は特記仕様書（追記）による）

業務は、次に掲げる最新版図書を参考にして行うものとする。

これ以外の図書を使用する場合は、高知市上下水道局と協議する。業務は、下記に掲げる最新版図書を参考にして行うものとする。

- 1.日本産業規格（JIS）
- 2.日本下水道協会規格（JSWAS）
- 3.電気規格調査会標準規格（JEC）
- 4.日本電機工業会標準規格（JEM）
- 5.日本農林規格（JAS）
- 6.日本電線工業会標準規格（JCS）
- 7.内線規程（日本電気協会）
- 8.下水道施設計画・設計指針と解説（日本下水道協会）
- 9.下水道維持管理指針（日本下水道協会）
- 10.小規模下水道施設マネジメント指針と解説（日本下水道協会）
- 11.下水道施設の耐震対策指針と解説（日本下水道協会）
- 12.下水道施設耐震計算例－処理場・ポンプ場編－（日本下水道協会）

- 13.水理公式集（土木学会）
- 14.コンクリート標準示方書（土木学会）
- 15.鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- 16.鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計と保有水平耐力－（日本建築学会）
- 17.鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（日本建築学会）
- 18.建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
- 19.壁式構造関係設計規準集・同解説（壁式鉄筋コンクリート造編）（日本建築学会）
- 20.土木製図基準（土木学会）
- 21. 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 建築工事設計図書作成基準及び同解説（公共建築協会）
- 22.機械製図基準 JIS ハンドブック 5（日本規格協会）
- 23.電気記号 JIS ハンドブック 7（日本規格協会）

潮江水再生センター塩素滅菌棟耐震補強実施設計委託業務（R8-1）

特記仕様書

1. 特記仕様書の適用範囲

この仕様書は、「実施設計委託業務一般仕様書第1章 1.1、及び 1.2 に定める特記仕様書」とし、この仕様書に記載されていない事項は前記一般仕様書による。

2. 業務の目的

令和3年度に実施した「潮江水再生センター塩素滅菌棟・塩素混和池耐震・耐津波診断委託業務（R3-1）」において、耐震診断を行った結果、建築・土木構造物共に性能不足箇所が見受けられたため、建築構造物については、令和4年度に耐震改修実施設計を実施し、令和5年度に改修工事を実施している。

本業務は、潮江水再生センター場内塩素滅菌棟・塩素混和池における耐震性能の確保を目的に、過年度の診断業務報告書や令和5年度に実施した建築構造物の耐震改修工事を反映し、土木部分に対する耐震補強詳細設計及び耐津波補強詳細設計の再確認（土木）を行うものである。また、併せて、耐震補強時に必要な支障物の移設設計を行うものである。

3. 業務の対象

（1）名 称 潮江水再生センター 塩素滅菌棟・塩素混和池

（2）位 置 高知市南新田町 5-69

（3）施設概要

施設名	塩素滅菌棟・塩素混和池	
計画1日最大汚水量	32、100m ³ /日	
構造物の分類	複合構造物（Ⅳ類）	
構造	鉄筋コンクリート造	
階数	土木構造物	建築構造物
	地下1階	地上1階
延床面積	165.43m ²	
建築年	昭和57年	

4. 業務の概要

（1）基本事項の整理

既存施設の資料収集・整理、現地調査による支障物の確認、耐震診断結果（「令和3年度潮江水再生センター塩素滅菌棟・塩素混和池 耐震・耐津波診断委託業務（R3-1）」報告書）および建築構造物の耐震改修実施設計・耐震改修工事（令和4年度潮江水再生センター塩素滅菌棟耐震改修工事実施設計委託業務（R4-1）、令和5年度潮江水再生セ

ンター塩素滅菌棟耐震改修工事（R5－１））により、耐震性能を有していない箇所の確認等を実施し、本設計の設計条件を把握する。

（２）耐震・耐津波補強計画の検討

耐震・耐津波補強計画の策定にあたっては、過年度実施した耐震診断報告書をよく理解し、耐震改修工事により影響を受けるプラント設備（機械・電気設備）の工事の内容や工事費などを踏まえた耐震・耐津波補強工法の比較検討を行い検討すること。塩素混和池については、水槽内のドライ化が必要となることから、流入実績等を考慮して、施工可能な仮設計画を検討すること。

（３）耐震・耐津波補強設計

上記検討結果を踏まえ、施工手順を整理の上、構造計算を行い、耐震・耐津波補強工事発注に必要な図書の作成を行う。なお、耐震・耐津波補強設計は、耐震補強（土木）及び耐津波対策（土木）とする。

（４）支障物移設設計

耐震・耐津波補強設計に際し支障物移設が必要な場合は、運転管理に支障が生じない移設計画立て、必要となるプラント設備（機械・電気設備）の支障物移設設計を行う。

プラント機器の撤去など、大規模な設備設計を行う場合は、別途対応を協議する。

（５）その他

耐震補強設計を行うにあたっては、耐震計算方法等の条件は下記の表に則り行う。

なお、解析手法や条件の変更等が発生した場合は、別途対応を協議する。

項 目	条 件
耐震計算法	震度法 静的非線形解析
解析モデル	３次元フレームモデル (対象部材によっては２次元フレームモデルも可)
解析ケース	レベル２地震動
照査対象	主構造部材（柱、梁、版部材等）

５．その他特記事項

- （１）耐震補強計画は耐震性能２及び２'の確保を目的に、施設の特異性、機能性、安全性及び施工性等について十分に調査・検討を行い、実施可能な改修計画を提案すること。
- （２）耐震補強設計は、過年度の耐震診断結果及び現況との整合性などを再確認、検証し、また不整合な箇所等があれば耐震診断の再検討、修正を行い本業務に反映させること。
- （３）耐震補強設計においては、レベル１地震動及び耐津波計算についても照査を実施すること。
- （４）構造計算結果や耐震補強計画の妥当性について、第三者が公正に判断できるように構造計算書及び実施設計図の構成・内容などは整理してとりまとめること。
- （５）建材等に含有するアスベストの調査を要する場合は、別途協議を行うこと。
 - １）既往の図面にて建築仕上げにおいてアスベストを使用しているか机上調査を実施すること。
 - ２）机上調査においてアスベストが含有していると思われる建築建材については、アスベスト調査の必要性を検討し、担当者と協議すること。
- （６）関連機関協議が必要な場合は、その資料を作成し、提出すること。
- （７）耐震診断を実施するうえで必要な仮設の検討及び施工計画を立案すること。

参考資料

『潮江水再生センター塩素滅菌棟・塩素混和池
耐震・耐津波診断委託業務(R3-1)』抜粋

1. 業務概要

1-1 業務の目的

本業務は、潮江水再生センター塩素滅菌棟・塩素混和池の耐震診断・耐津波診断を行い、性能の判定を行うものである。さらに、診断の結果によって耐震・耐津波性能を向上させる必要があると判断された場合は、その対策、補強方法を検討し、補強案を提案することによって今後の耐震・耐津波対策計画を作成するための資料とすることを目的とする。

1-2 対象施設

潮江水再生センター：高知市南新田町



図 1-1 潮江水再生センター

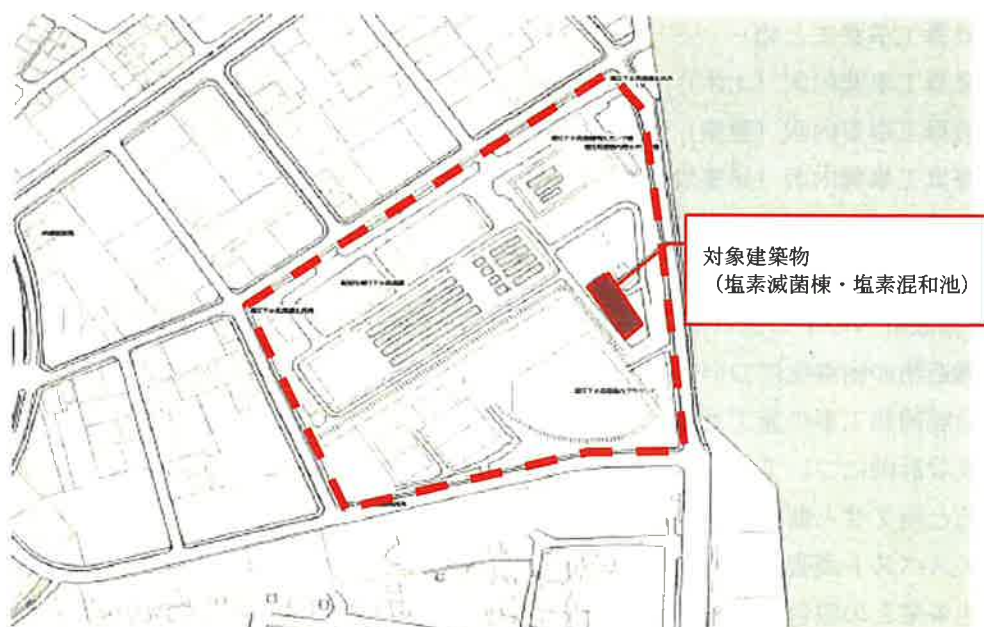


図 1-2 潮江水再生センター平面概略図

表 1-1 施設概要

対象施設名	塩素滅菌棟・塩素混和池	
計画 1 日最大汚水量	32,100m ³ /日	
構造物の分類	複合構造物（Ⅳ類）	
構 造	鉄筋コンクリート造	
階 数	土木構造物	建築構造物
	地下 1 層	地上 1 階
延床面積	165.43m ²	
設計年	昭和 55 年度 (昭和 56 年 8 月計画通知済)	
建築年	昭和 57 年	
津波最大浸水深	2.12m	

関係図書の状況は次の通りである。

表 1-2 関係図書の有無

対象施設名	塩素滅菌棟・塩素混和池	
	土木構造物	建築構造物
構造計算書	○	○
構造図	○	○
基礎地盤条件	PC 杭	
計画通知（副）	○	

2. 実施方針

本業務における作業の実施方針は、次の通りである。

2-1 現地調査

既存建築物を十分に把握するため、現地において目視確認・物理調査を行い、その結果を構造解析等に反映させる。

2-2 耐震診断及び耐震性能の目標

2-2-1 土木耐震性能目標

処理場ポンプ場の土木構造物においては、レベル1地震動に対しては本来の機能を確保、レベル2地震動に対しては構造物が損傷を受けても速やかな機能回復を可能とする性能を確保する必要がある。本業務対象施設は、レベル1地震動、レベル2地震動を耐震性能目標とする。

表 2-1 土木構造物の想定地震と耐震性能目標

想定地震動区分	地震動の内容	耐震性能目標
レベル1地震動	土木構造物の供用期間中に1～2度発生する確率を有する地震動	地震動が作用しても、構造物が損傷を受けないものとする耐震性能
レベル2地震動	土木構造物の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動	構造物が損傷を受け塑性変形が残留しても比較的早期の復旧を可能とする耐震性能

2-2-2 建築耐震性能目標

「官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成8年版」に基づき、保有水平耐力法による照査を行う。

建築構造物の耐震診断において想定する地震動とそれに適用する耐震性能目標を下記に示す。建築は大地震動に対する耐震計算、診断を行う。

表 2-2 建築構造物の想定地震動と耐震性能目標

想定地震動区分	地震動の内容	耐震性能目標
中地震動	建築構造物の耐用年限中に数度は遭遇する程度の地震動	$C_0=0.2$ 程度の入力地震動に対して損傷を生じず建築物の機能を保持することを目標とする。
大地震動	建築構造物の耐用年限中に一度は遭遇するかもしれない程度の地震動	$C_0=1.0$ 程度の入力地震動に対して、建築物の架構に部分的なひび割れの損傷が生じても、最終的に崩壊から人命の保護を図ることに加え、地震動後大きな補修をすることなく建築物を使用できることを目標とする。

「 C_0 ；標準せん断力係数」

2-3 耐津波診断及び耐津波性能の目標

既存施設の耐津波性能は、新設する施設と同等の耐津波性能を確保することを基本とし、最大クラスの津波に対し都道府県知事が公表する「津波浸水想定」をもとに浸水する可能性を判断する。

対象津波の想定は「高知県下水道津波対策に関する共同研究 平成 25 年 3 月」で想定される津波を基に行う。

「下水道施設の耐震対策指針と解説 2014 年版」及び「下水道施設耐震計算例 ー処理場・ポンプ場編ー 2015 年版」に基づき診断を行う。これより処理場・ポンプ場施設の耐津波性能を下記に示す。

表 2-3 処理場・ポンプ場施設の耐津波性能

対象津波	重点化範囲内		重点化範囲外
	耐津波性能 1	耐津波性能 2	耐津波性能 3
最大クラスの津波	安全性を確保し、機能を維持できる性能 (浸水しない性能)	安全性を確保し、速やかに最低限の機能を回復できる性能 (強固な防水性能)	安全性能を確保し、他の施設等への影響や二次災害が防止される性能

2-4 安全性の評価

耐震性能の照査を基に、地震に対する施設の安全性を評価する。また、耐震・耐津波改修が必要な場合は、その対策の提案を行い、更に概算工事費を算出する。

3-4 耐津波診断

3-4-1 想定津波と想定津波浸水深

「下水道施設の耐震対策指針と解説 2014」（以下「指針」とする）では、想定津波は「最大クラスの津波」とし、想定津波浸水深は都道府県知事が公表する「津波浸水想定」とすることができる。

尚、下水道管理者が独自に詳細な津波シミュレーションを実施する場合は、そのシミュレーション結果を踏まえ、津波荷重を設定することができる。

今回の診断では、「平成 24 年度 高知県下水道津波対策に関する共同研究（平成 25 年 3 月）」に基づき検討を行う。

これより、想定津波は、最大クラスの地震・津波（南海トラフ巨大地震 H24. 12. 10 高知県公表）とする。

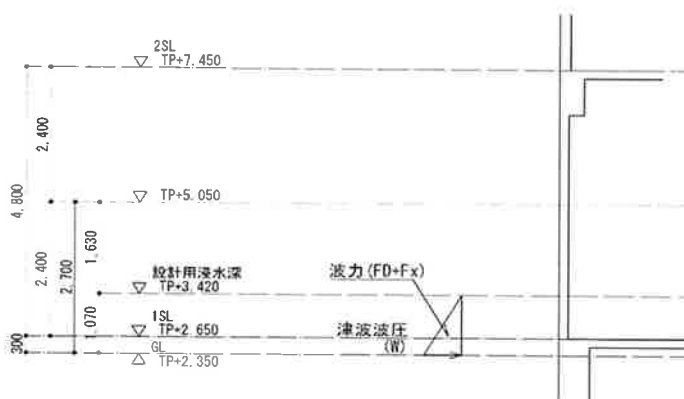
また、想定津波浸水深は、シミュレーション解析結果の各棟の最大浸水深によるものとし、想定波力は、シミュレーション結果の最大値を使用する。解析結果による想定津波浸水深及び想定波力は下記の通りである。

表 3-10 想定津波浸水深と想定波力

	想定津波浸水深 (m)	想定波力 (kN/m)
滅菌棟	2. 12	21. 61

尚、波力と波圧の関係は下記の通り。

【波力から波圧を算出する場合の計算例】



参考資料として、次頁以降に潮江水再生センターの出力ポイント及び波力の算定結果を示す。

3-4-2 長期浸水

現行指針では、耐津波診断は、設定した想定津波浸水深の波力を津波発生時の波力とし、土木部分について限界状態設計法で照査を行うことが基本とされている。

一方、地震発生に伴う地盤変動により、標高の低い土地が海面より低くなり長期にわたり浸水する恐れがある（以降、長期浸水時とする）。

以下に、津波発生時と長期浸水時の建物に加わる力の違いについて整理した図を示す。

潮江水再生センターの塩素滅菌棟・塩素混和池は、周辺地盤が舗装されていないため、津波波力及び長期浸水深は、地下水圧と一体となり建物に力が加わることとなる。

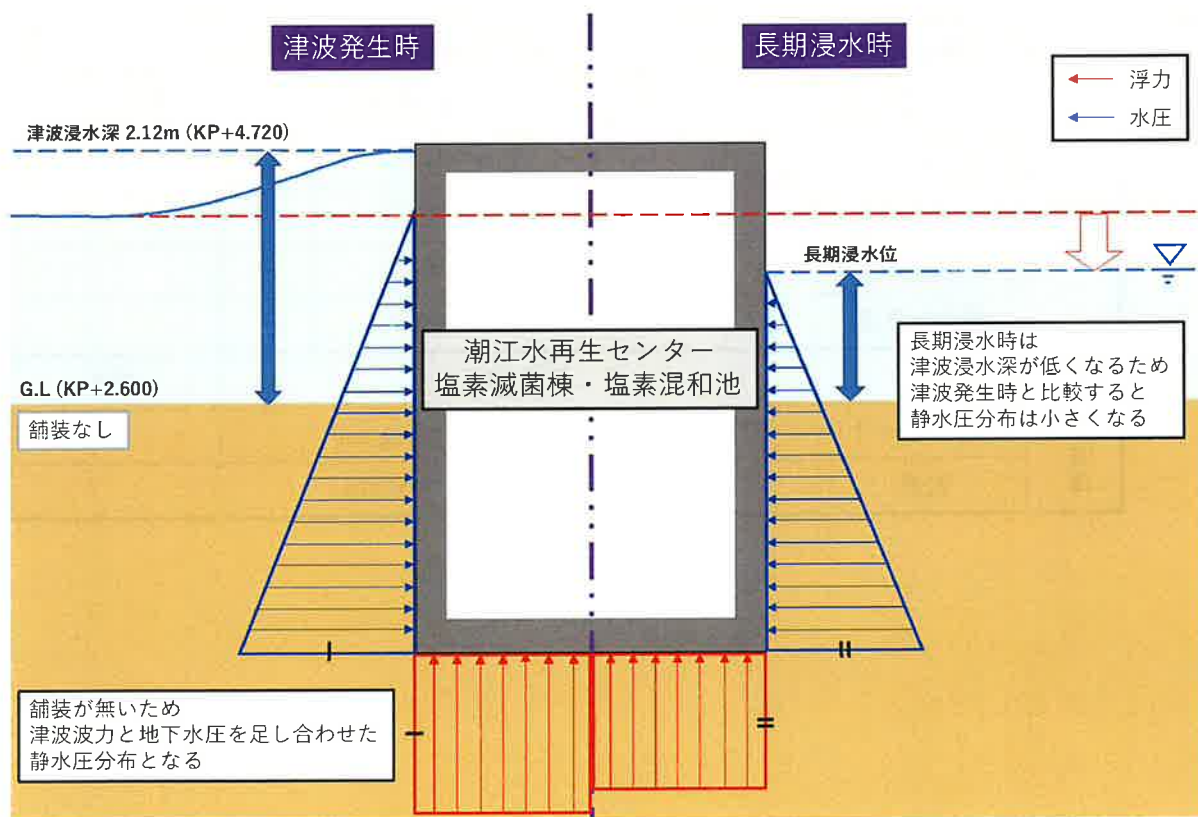


図 3-5 耐津波診断の考え方（津波発生時と長期浸水時）

本検討では、津波発生時において診断結果が NG となった場合、長期浸水時の考え方で照査した内容を改めて整理し、提示することとする。

4. 基礎調査結果

4-1 塩素滅菌棟・塩素混和池（土木・建築）

4-1-1 資料調査結果

資料調査結果は、表 4-1 の通りである。

表 4-1 資料調査結果

項目	図書名	有無	備考	図書名	有無	備考
①設計図書	配置図	○		杭伏図	○	
	平面図	○		伏図	○	
	断面図	○		軸組図	○	
	立面図	○		基礎リスト	○	
	詳細図	○		柱リスト	○	
				梁リスト	○	
	基礎計算書	○		壁リスト	○	
	構造計算書	○		床リスト	○	
②材料強度	種類	使用材料				備考
	コンクリート	設計基準強度	210kg/cm ²			
	鉄筋	主筋	SD295A			

[illegible]

4-2
概要版-8

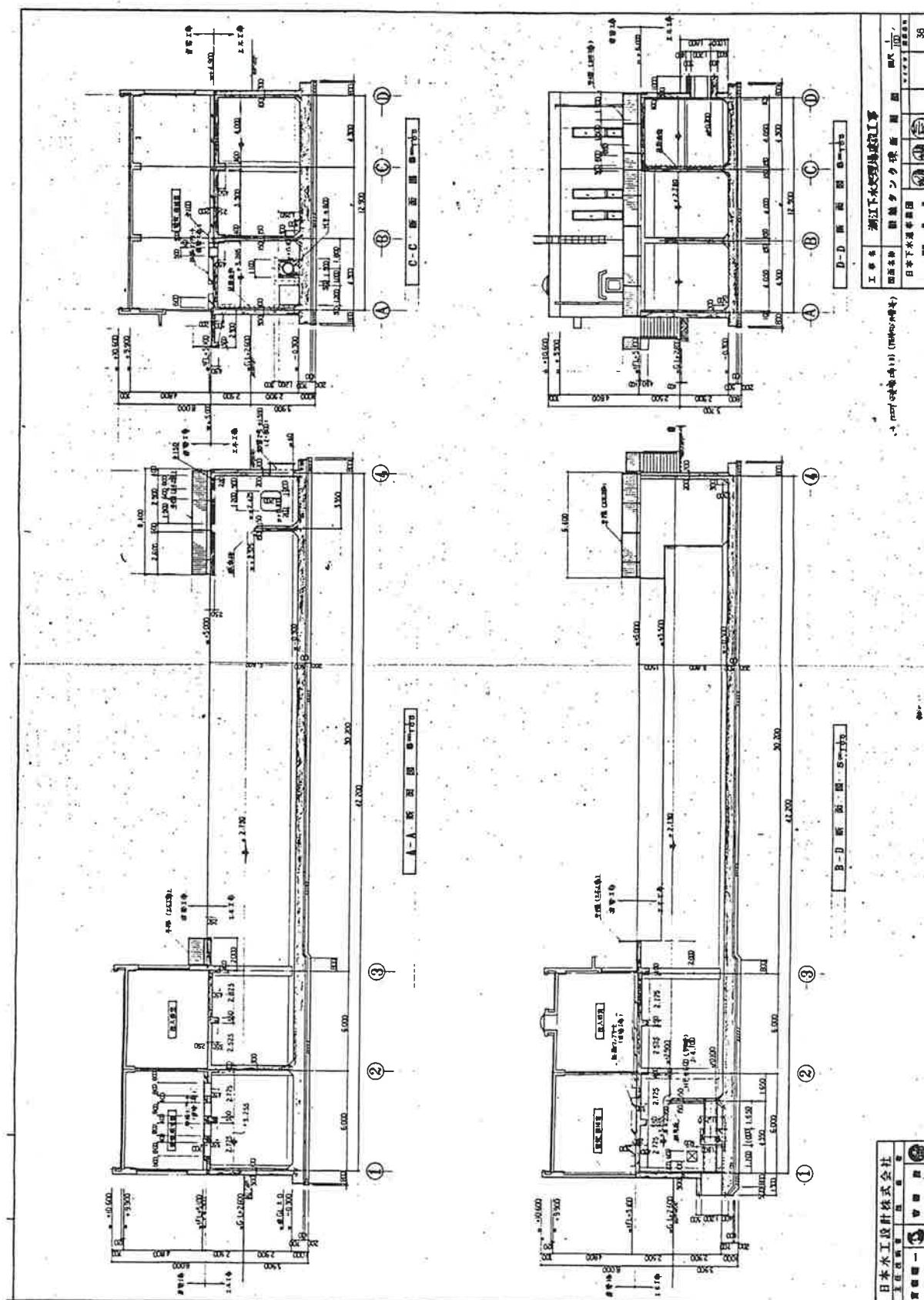


図 4-2 断面図

4-1-2 現況確認

既存設計図と現況の相違について、調査結果を次頁に示す。

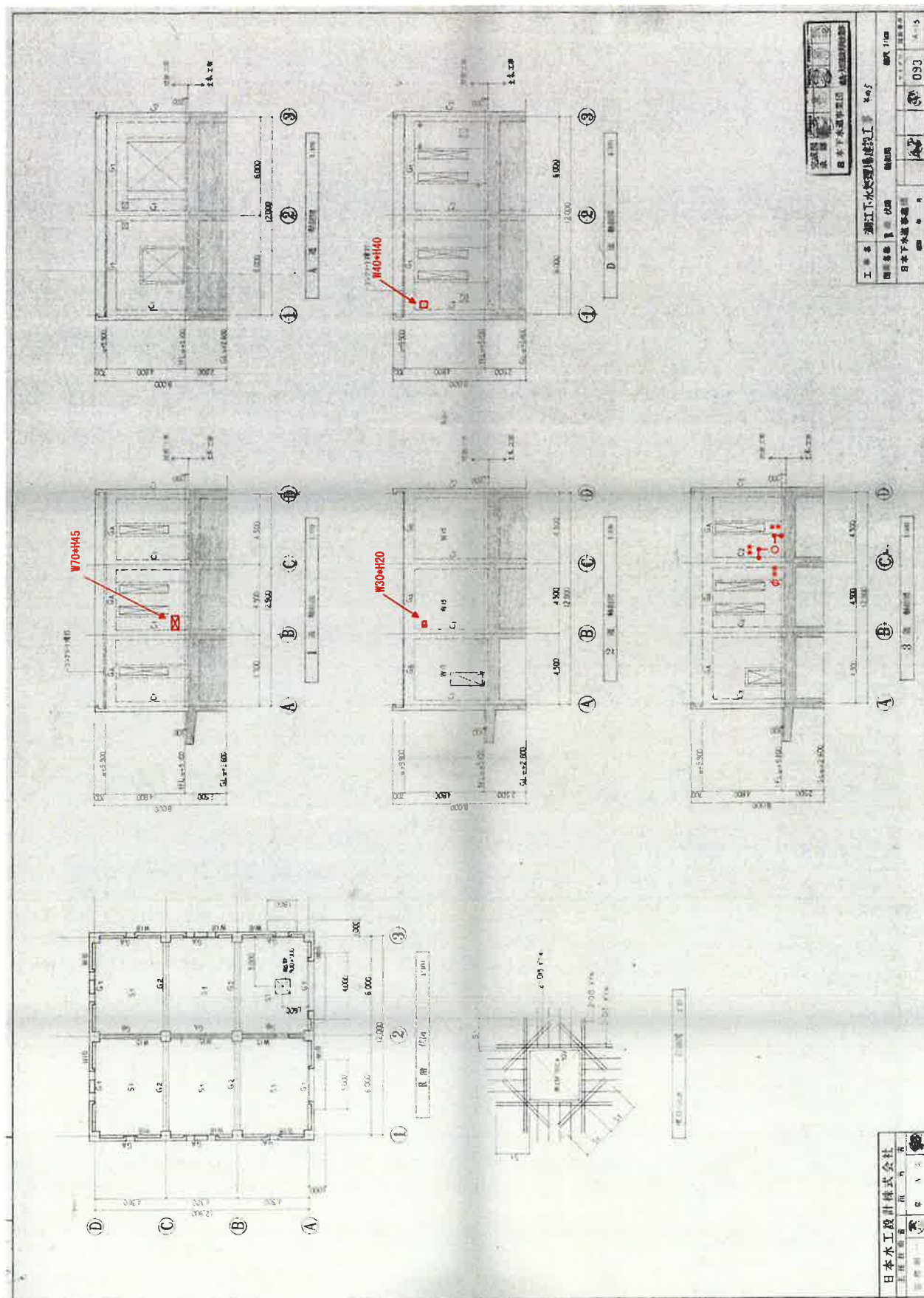


図 4-4 現況調査確認図 (2)

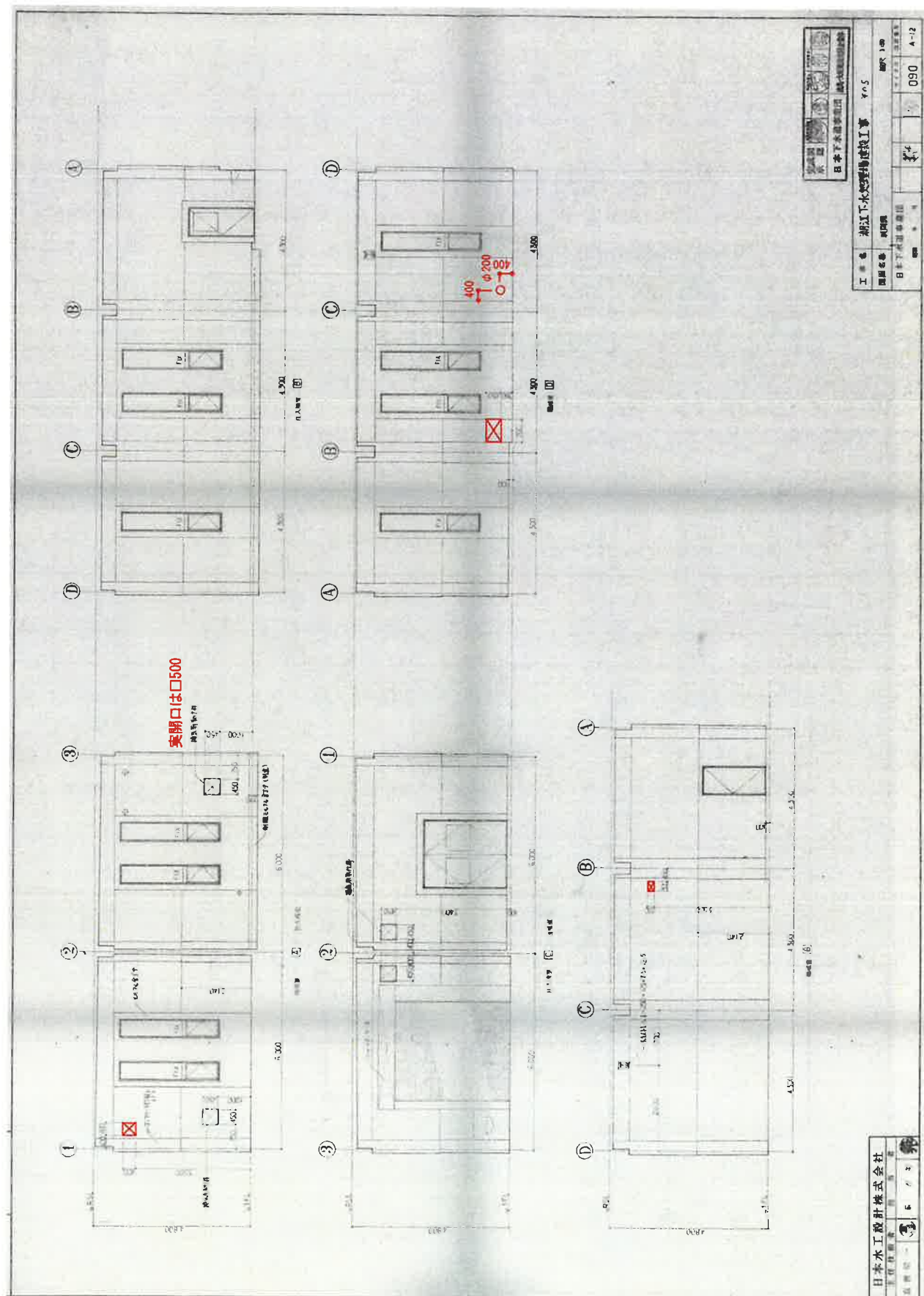


図 4-5 現況調査確認図 (3)

4-1-3 積載荷重及び機器荷重

現地調査を行い、当初設計時の荷重と現地の状況確認結果を次に示す。

塩素滅菌棟・塩素混和池 積載荷重確認表 (1/1)

[illegible]

凡例：5000·2400·1300 = (床用積載荷重·軸組用積載荷重·地震用積載荷重) N/m²

※1 1000・300・150 をSI単位換算 9900・3000・1500

塩素滅菌棟・塩素混和池 機器荷重確認表 (1/1)

階	設置場所	当初設計		現状		診断計算での扱い		備考
1F	機械室	ストレーナー	1,800	ストレーナー	1,800	ストレーナー	1,800	1基
1F	機械室	—	—	流入ゲート	1,250	流入ゲート	1,250	1基
小計 (1F 機械室)			7,200		8,450		8,450	
1F	注入機室	貯留タンク	13,000	貯留タンク	13,000	貯留タンク	13,000	3基
小計 (1F 注入機室)			39,000		39,000		39,000	
1F	ゲートデッキ	—	—	バイパスゲート	2,800	バイパスゲート	2,800	1基
小計 (1F ゲートデッキ)					2,800		2,800	

凡例：1000 = (機器荷重) kg

4-1-4 物理調査結果

物理調査結果は、下記の通りである。詳細については、「現地調査報告書」を参照とする。

① コンクリート圧縮試験

(ア) 土木施設

すべてのコア供試体が設計基準強度を満足していたため、異常は見られなかった。
従って、耐震診断用のコンクリート強度は設計基準強度と同じ 21N/mm^2 を採用する。

(イ) 建築施設

すべてのコア供試体が設計基準強度を満足していたため、異常は認められなかった。
従って、耐震診断用のコンクリート強度は設計基準強度と同じ 21N/mm^2 を採用する。

② コンクリート中性化深さ試験

(ア) 土木施設

中性化深さの最大値は 30.5 mm が確認され、中性化深さの平均値は $10.1\sim 17.0\text{ mm}$ となった。中性化の平均値は一般環境化において予測される経年進行値（理論値）を全て下回る結果となり、中性化の進行は遅い傾向と言える。

(イ) 建築施設

すべての調査箇所において、経年理論値を大きく下回っており、仕上げ材による中性化の抑制効果が十分に発揮され、中性化の進行は極めて遅い傾向にあると言える。

③ 鉄筋に関する調査

(ア) 土木施設

鉄筋のかぶり厚さについては、設計かぶり厚さ 70 mmを満足している。

腐食状況については、すべて腐食グレード「I」となり、現状において、著しい鉄筋の腐食等は認められなかった。

非破壊式鉄筋探査器により確認した配筋状況調査については、設計図面と照合したところ、主筋本数、帯筋の平均ピッチは、著しい相違等は見受けられなかった。

設計かぶり厚さを上限とした現状かぶり厚さに基づいて算出した中性化年数（中性化が鉄筋位置にまで到達する年数の予測値）については、100 年以上と算出され、標準耐用年数内に中性化に起因する鉄筋腐食が進行する可能性は低いものと推察される。

(イ) 建築施設

今回の調査箇所において、かぶり厚さ 33mm・12 mmが確認され、局所的に設計かぶり厚さを満足しない箇所があるものと推察される。

すべて腐食グレード「I」となり、著しい鉄筋の腐食は認められなかった。

非破壊式鉄筋探査器により確認した、主筋本数および帯筋の平均ピッチについては、図面と照合したところ、大きな相違は見られなかった。

設計かぶり厚さを上限とした現状かぶり厚さに基づいて算出した中性化年数（中性化が鉄筋位置にまで到達する年数の予測値）については、すべて 100 年以上となり、現状においては急激に鉄筋腐食に影響を及ぼす可能性は極めて低いものと推察される。

4-1-5 外観目視調査結果

(ア) 土木施設

外周壁の外部側については、微細なひび割れが散見され、内部側には最大幅 $W=0.5$ mm程度のひび割れが全体に見受けられたが、その他に目立った損傷は確認されなかった。

(イ) 建築施設

外周壁および槽内気相部に、エフロレンスを伴ったひび割れの発生が散見され、ひび割れ最大幅は $W=0.4$ mm程度であった。その他、一部に剥離、鉄筋露出が確認された他、目立った損傷は確認されなかった。

以上を踏まえて、劣化係数 (U) の判定を行う。但し、判定基準の適応に当たっては、「官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成8年度版」に基づき、全数の $1/4 \sim 1/3$ 程度を目安とする。

4-1-6 劣化係数

現地目視調査結果による劣化係数は、表 4-2 の通りである。

表 4-2 劣化係数

チェック項目		判定基準	標準値
経年係数 (T)	変形	下記のいずれにも該当しない。	1.0
		サッシの窓又は扉が開き難い。	0.95
		肉眼で、梁及び柱の変形が認められる。	0.9
		建物が傾斜しているか、又は明らかに不同沈下を起こしている。	0.9
	壁、柱の 亀裂	下記のいずれにも該当しない。	1.0
		肉眼で柱の斜め亀裂がはっきり見える。	0.9
		外壁に数え切れないほどの亀裂が入っている。	0.9
		雨もりがあるが、錆が生じていない。	0.9
		雨もりがあり、鉄筋の錆が出ている。	0.8
	変質、 剥落	下記のいずれにも該当しない。	1.0
		外部の老朽化による剥落が著しい。	0.9
		内部の変質、剥落が著しい。	0.8
	その他特 殊事情に よる劣化 (注 1)	特になし。	1.0
		若干の低減の必要がある。	0.9
		低減の必要がある。	0.8
品質係数 (Q)	施工品質	普通	1.0
		やや不良の箇所がある。	0.9
		かなり不良の箇所がある。	要判定
	材料品質	問題なし。	1.0
		問題あり。(注 2)	要判定

(注 1) 「特殊事情とは、海浜又は多雨地域等の周辺環境や火災経験、化学薬品使用等の条件をいう。

(注 2) 骨材等に問題のある場合は、ここで低減を行う。数値は 0.8～1.0 とし、数値と共にコメントを併記する。

以上より、塩素滅菌棟・塩素混和池の劣化係数は、1.0 とする。

4-3 地盤条件および液状化判定必要性の整理

診断にあたって必要となる土質条件の整理を行った。以降に塩素滅菌棟・塩素混和池の地盤条件および液状化判定の必要性について考察する。

資料-1 液状化の判定を行う必要がある土層

(1) 液状化の判定を行う必要がある土層

沖積層の土層で次の3つの条件全てに該当する場合においては、地震時に橋に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、(2)の規定によって液状化の判定を行わなければならない。

- 1) 地下水位が地表面から10m以内にあり、かつ、地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- 2) 細粒分含有率 FC が35%以下の土層、又は、 FC が35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層
- 3) 50%粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ、10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層

表 4-5 地盤条件

(潮江水再生センター 塩素滅菌棟・塩素混和池)									
標高 柱状 図	土質名	層厚 (m)	N	γ (k N/m ³)	C (k N/m ²)	ϕ (°)	αE_0 (k N/m ²)	地下水位	備 考
設計GL TP+1.685 ▽									
▽-1.00	盛土 (B)	2.685	(5)	19	—	25	3500	WL-0.91 ▽	1) 土層レベル: Bor. No. I
▽-1.70	表層(Ts)	0.70	2	18	12	—	1400		2) 推定式: $\phi = 4.8 \log N_1 + 21$ (°) $N_1 = 170 \cdot N / (\sigma' v + 70)$ $E_0 = 700 \cdot N (\alpha=4) (k N/m^2)$
▽-4.20	沖積第1砂質土層 (As1)	2.50	7	17	—	29	4900		3) () 内 N 値は、推定値とする。 4) 粘着力 c の () 内数値は、 三軸圧縮試験による。 5) 変形係数 E_0 の () 内数値は、 一軸圧縮試験による。 6) 基準面: TP±0.00=KP-0.915 (土質調査報告書は、KP. 表示)
▽-24.70	沖積第1粘性土層 (Ac1)	20.50	2	14	(46)	—	(4000)		
▽-28.70	沖積第2粘性土層 (Ac2)	4.00	4	15	25	—	2800		
▽-31.60	沖積第2砂質土層 (As2)	2.90	16	18	—	33	11200		
▽-38.20	洪積砂礫層 (Dg)	6.60	59	20	—	38	41300		

地下部

杭頭レベル

▽TP -0.915

塩素滅菌棟・塩素混和池周辺の液状化判定結果を以下に示す。資料-1 に示すとおり液状化判定を行う必要がある土層は、本地盤条件の中では沖積砂質土層（As1）となるが、粒度に関する結果より、当地盤は資料-1 の 1) ～3) すべてに該当するため、液状化の判定を行う。

液状化判定の結果、レベル 1 地震動およびレベル 2 地震動では、飽和沖積層において $F_L < 1.0$ となる地層は見られなかった。液状化が生ずる恐れはないものとする。

表 4-7 沖積粘性土層の粒度試験結果

高知市公共下水道事業高知市瀬江下水処理場建設工事地盤調査 土質柱状図 (No. 1)														
調査地 高知県高知市南新田町地内					調査年月日 昭和 54 年 月 日 ~ 54 年 月 9 日					標高 KP -0.11 M 孔内水位 0.50 M 技術者 奥 呂 木				
深さ m	層厚 m	柱状 図	色 調	地 質 名	相 対 密 度	標準貫入試験 N 値	室内土質試験 試験項目	試験結果	試験深度 m	(地質)				試験深度 m
										深度 (m)	D ₅₀ (mm)	F _c (%)	γ (kN/m ³)	
0.70	0.65			粘土質シルト		10			0.65	(Ts)	-	-	18	
1.70	0.35			シルト質粘土		22			0	(As1)	0.07	50	17	
3.25	3.55			粘土質シルト		31			0	3.15	0.15	30		

(設計 GL=TP+1.685)

(孔口標高=TP-1.03)

(孔内水位=孔口標高-0.50)

表 4-8 レベル1地震動 液状化判定結果

土質記号	標 高 (m)	N値	計算深度 x (m)	動的せん断 強度比 R	抵抗率 FL	低減係数 DE	備 考
As1	-2.335	5	4.020	1.000	5.650	1	$R \leq 1$
	-3.335	9	5.020	0.669	3.507	1	

表 4-9 レベル2地震動(タイプII) 液状化判定結果

土質記号	標 高 (m)	N値	計算深度 x (m)	動的せん断 強度比 R	抵抗率 FL	低減係数 DE	備 考
As1	-2.335	5	4.020	2.000	3.390	1	$R \leq 2$
	-3.335	9	5.020	1.337	2.104	1	

砂質飽和土層に対して、平均値より算出した土質定数に乗じる低減係数は以下に示す通りとなる。

表 4-10 土質定数に乗じる低減係数 D_E

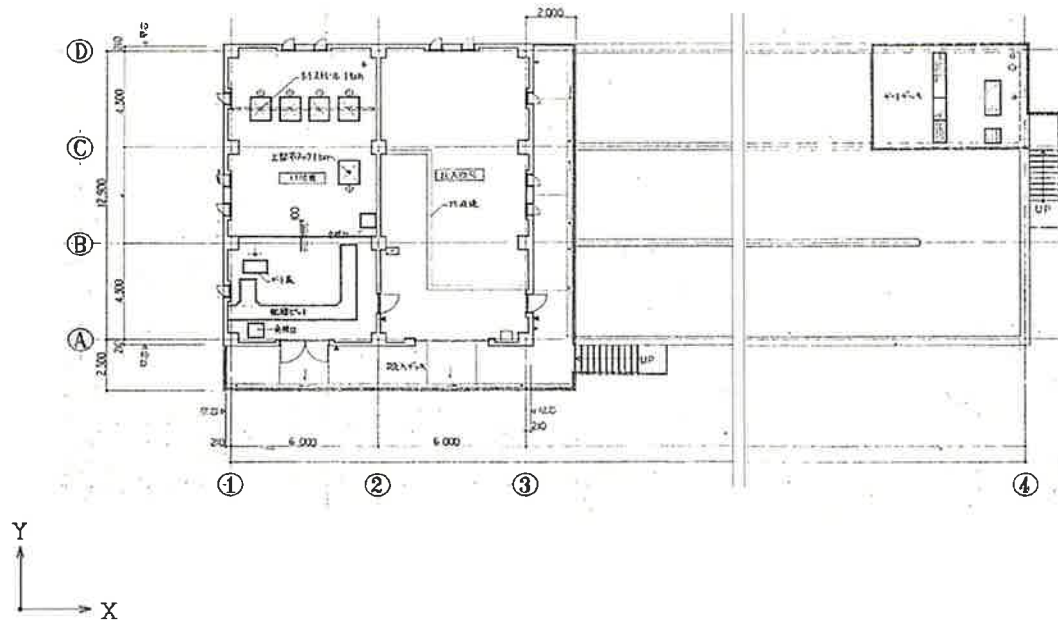
地層名	レベル1	レベル2 タイプII
沖積砂質土層 (As1)	1	1

5. 耐震診断結果

5-1 塩素滅菌棟・塩素混和池（土木・建築）

5-1-1 診断における方向・工事区分

診断における方向



加力方向について

<X方向>	
正加力	上図において、左→右方向加力。
負加力	上図において、右→左方向加力。
<Y方向>	
正加力	上図において、下→上方向加力。
負加力	上図において、上→下方向加力。

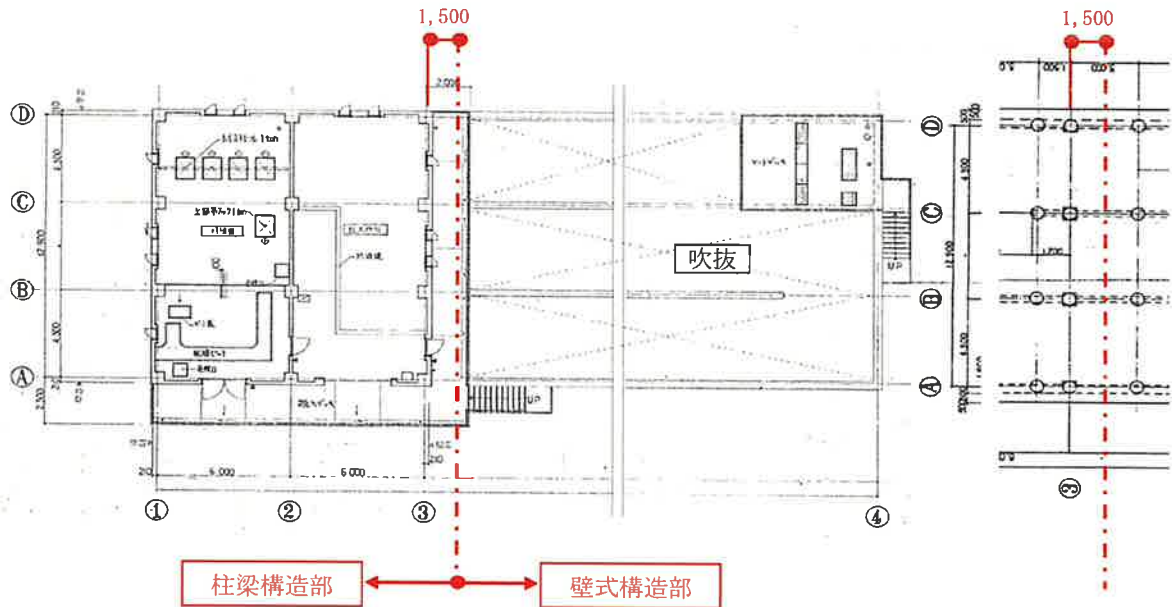
工事区分案内図



土木・建築の工事区分は、当初設計通りとする。

【モデル化のゾーニングについて】

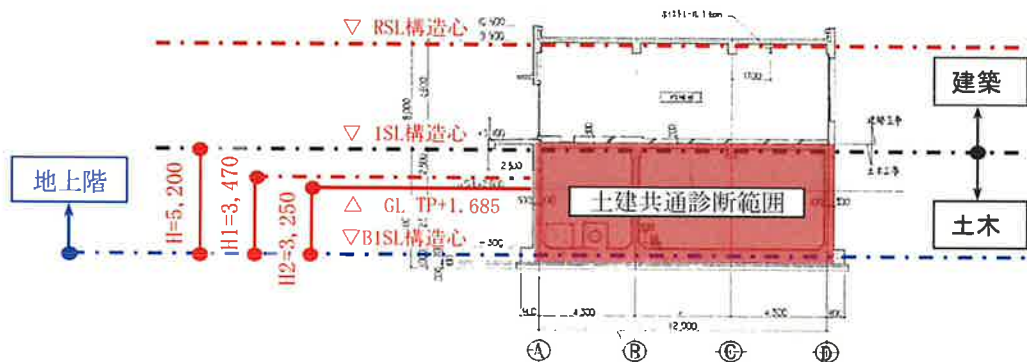
下図に柱梁構造部と壁式構造部のゾーニング位置を示す。ゾーニングの詳細な位置は3通りから4通り側に1500mmの位置とし、基礎杭打設位置の中間位置とする。



【耐震設計上の構造計算用階数について】

接地高さに対する構造計算用階数の確認

ここでは、地下階が階高の2/3以上が地盤と接しているかどうか確認を行う。



B1階の構造階高 $H=5.20\text{m}$ の場合に、地階の階高の2/3以上が地盤と接している状態の根入れ深さ

$$H1 = 5.30 \times 2/3 = 3.47 \text{ m}$$

本建物のB1階の根入れ深さ

$$H2 = 3.25 \text{ m} < H1 = 3.47 \text{ m}$$

これより、地下1階は構造階高の2/3以上が地盤と接していないため、地上階として扱う。
構造計算上の階数は地上2階となり、地下1階も建築部として診断を行う必要があるため、着色部()は建築診断と土木診断の両方で耐震性能を評価する。

5-1-2 耐震診断方針

【地上部】

- ・ 「官庁施設の総合耐震診断・改修基準および同解説〔平成8年版〕（財）建築保全センター」の基準に準じて行う。
- ・ 耐震性能の評価は、荷重増分法による保有水平耐力を基に、GISを算定し評価する。
- ・ 耐震安全性の分類は、Ⅱ類に該当する為、大地震時に対して重要度係数（ $I=1.25$ ）を考慮する。耐震補強提案も同様とする。

【地下部】

- ・ 本建物の1-3間の柱梁構造部と3-4間の壁式構造部は剛結合の一体構造であるが、構造形式が異なること。また、壁式部は床版がほとんど配置されておらず、剛床仮定が成立していないため、1-3間と3-4間での荷重伝達が困難であり、変形能力も異なる。よって、1-3間の柱梁構造部は、柱・梁で構成された骨組モデル、3-4間の壁式構造部は、床版・地下壁・底版で構成された一方向輪切りモデルを主としたゾーニングを行い、応力計算を行う（次頁参照）。

- ・ 1-3間の主架構（大梁・地中梁・柱）については、一貫計算プログラム(SS7)にて応力を算定し、レベル1地震時・レベル2地震時の断面照査を行う。また、地中梁幅については、当初設計時にフラットスラブ構造として設計されていることから、当初設計時と同様に柱列帯の範囲を有効とした地中梁幅で断面照査を行う。

- ・ 3-4間の主要断面(床版・地下壁・底版)については、任意系プログラム(FRAME(面内))にて応力を算定し、レベル1地震時・レベル2地震時の断面照査を行う。

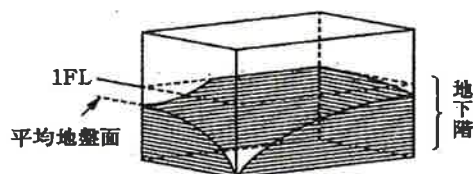
- ・ 上記でモデル化できない個部材(地下壁・底版)については、代表部材を抽出し、レベル1地震時・レベル2地震時の断面照査を行う。

- ・ 地中梁及び底版が負担する杭頭曲げについては、当初設計図書より、底版下端筋の芯かぶりが100mmしか確保されておらず、また、各種図面からも杭頭の明確な底版への埋め込みが確認できない。さらに、杭の長期支持力が杭頭自由で算出された支持力と一致することから、杭頭固定ではなく、杭頭ピンとして取り扱う。つまり、杭頭ピンの場合、杭頭に曲げが発生しないため、杭頭部の曲げを負担する地中梁及び底版においても杭頭曲げを負担させず耐震性能を評価する。

荷重ケースを以下の通りとする。

- ・ レベル1地震時：全池満水時・全池空水時
- ・ レベル2地震時：全池満水時

- ・ 耐震設計上の階数（構造計算用）は、「建築物の構造関係技術基準解説書」より、B1階は、地階の階高の2/3以上が地盤と接していないため、地上階として扱われる



構造計算上、地階と扱うかどうかの判断の例：
地階の階高の2/3以上が全て地盤と接している場合、又は地下部分の外周囲が左図のように全周の75%以上の面積で地盤と接している場合（詳細は、(社)日本建築士事務所協会連合会「構造設計Q&A集」を参照）

付図1.8-6 構造計算上、地階と扱うかどうかの判断の例¹⁾

5-1-3 耐震診断結果

(1) 基礎構造の診断結果

表 5-1 基礎構造の耐震安全性の評価結果

診断結果	評価
基礎に生じる損傷により、上部構造に傾斜を生じ、施設の機能確保に影響を与える恐れがある。	b
基礎に与える損傷は軽微であり、上部構造に影響を与えない。	c
基礎に損傷は生じない。	d

※ 評価「a」は元から存在しない。

次頁に基礎診断表及び診断結果を示す。

レベル1地震時に目標耐力を満足する結果となった。レベル2地震時に目標耐力を満足しない結果となった。安全性に疑問があるため、耐震化対策の検討が必要である。

「詳細診断」診断表（土木構造物）
【基礎杭】

1. 一般事項

ポンプ場名 又は処理場名	潮江水再生センター	調査年月	2021年10月
		所属部署	(株)日水コン 下水道事業部
構造物名	塩素滅菌棟・塩素混和池	記入者	佐藤 広和

2. 計算条件（レベル1地震時、レベル2地震時）

項 目		診断計算条件	備考
地盤条件	液状化判定	-	
計算条件	基礎設計用水平震度	$kh_1 = 0.264$ $kh_2 = 0.600$	
	耐震設計用の地盤面	+1.000m (GL-0.685m)	
	増設状態の考慮	有 ・ ☐ 無	
	群杭効果の考慮	有 ・ ☐ 無	
	耐震設計法	☐ 震度法 ・ 応答変位法	
設計計算 モデル	杭計算方法	☐ 慣用法 ・ 変位法	
	杭特性	有限長 ・ ☐ 半無限長	
	杭頭条件	剛 結 ・ ☐ ピ ン	
	杭頭状態	☐ 埋 込 ・ 突 出	
その他	地震時変動軸力考慮	☐ 有 ・ 無	
	根入れ効果の考慮	有 ・ ☐ 無	

3. 診断結果

(2) 評 価

評 価	1. 設計指針を満足し、安全であると評価される（ S_F ） ☒ 2. 安全性に疑問があるため、耐震化対策の検討が必要である（ D_F ） 3. その他
コメント	・ レベル1地震時において、目標耐力を満足する結果となった。 ・ レベル2地震時において、目標耐力を満足しない結果となった。

3. 診断結果 (・ 覆蓋有)

覆蓋無

(1) 照査結果

対象地震動レベル			レベル1地震時		レベル2地震時					
杭種、杭径、杭仕様			杭種：PC杭		杭径：φ600 杭仕様：A種					
杭体部	水平変位量	地震時		OK	NG		OK	NG		
	鉛直反力	常時			OK	NG		OK	NG	
		地震時			OK	NG	1234.7 kN ≦ 2670.0 kN	OK	NG	
	杭体の照査	地震時	曲げモーメント	121.1 kN・m ≦ 136.0 kN・m	OK	NG	曲げモーメント	308.5 kN・m > 254.4 kN・m	OK	NG
			水平力	149.2 kN ≦ 167.2 kN	OK	NG	水平力	380.1 kN > 133.9 kN	OK	NG
杭頭結合部			方法A		方法B		その他 (杭頭ピン)			
垂直支圧応力度			4.22 N/mm2 ≦ 9.50 N/mm2		OK	NG		OK	NG	
押抜きせん断応力度			0.55 N/mm2 ≦ 0.85 N/mm2		OK	NG		OK	NG	
引抜きせん断応力度					OK	NG		OK	NG	

(2) 構造体の診断結果（土木）

主架構（大梁・地中梁・柱）については、一貫計算プログラムにて応力を算定し、レベル 1 地震時、レベル 2 地震時の断面照査を行う。地下壁・底版については、代表部材を抽出し、レベル 1 地震時、レベル 2 地震時の断面照査を行う。

■ NG 結果（部材：大梁）

診断結果より、大梁の NG 部材を下表に示す。また、NG 部材案内図を次頁以降に示す。

レベル 1 地震時は **NG 部材無し** である。

レベル 2 地震時では、**せん断破壊モード NG が発生**している。

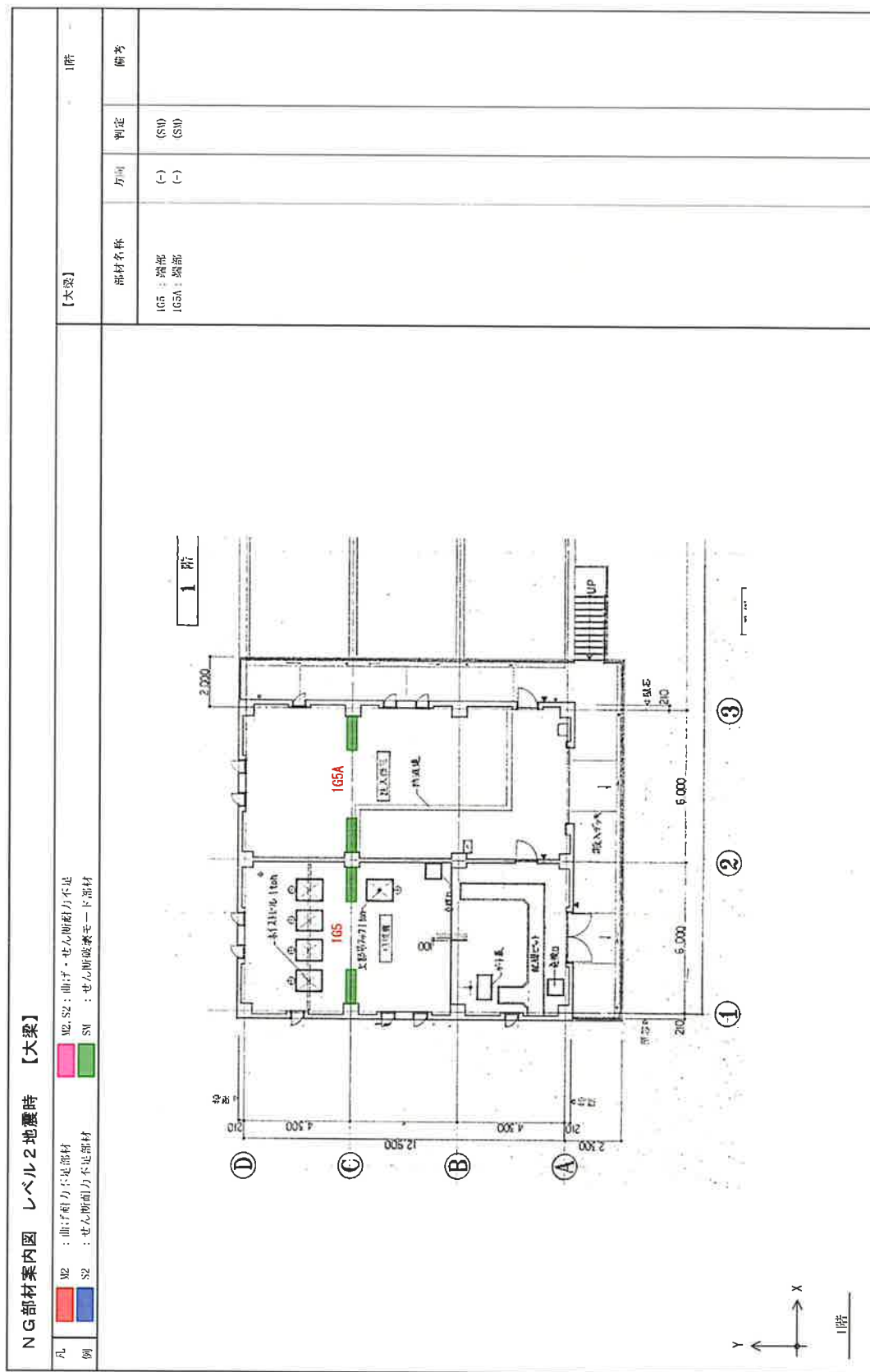


図 5-1 (a) 構造体の耐震診断結果 (地震動 : レベル 2、部材 : 大梁、1F)

■ NG 結果（部材：地中梁）

診断結果より、地中梁の NG 部材を下表に示す。また、NG 部材案内図を次頁以降に示す。

レベル 1 地震時は曲げ耐力 NG が発生している。

レベル 2 地震時では、せん断破壊モード NG が発生している。

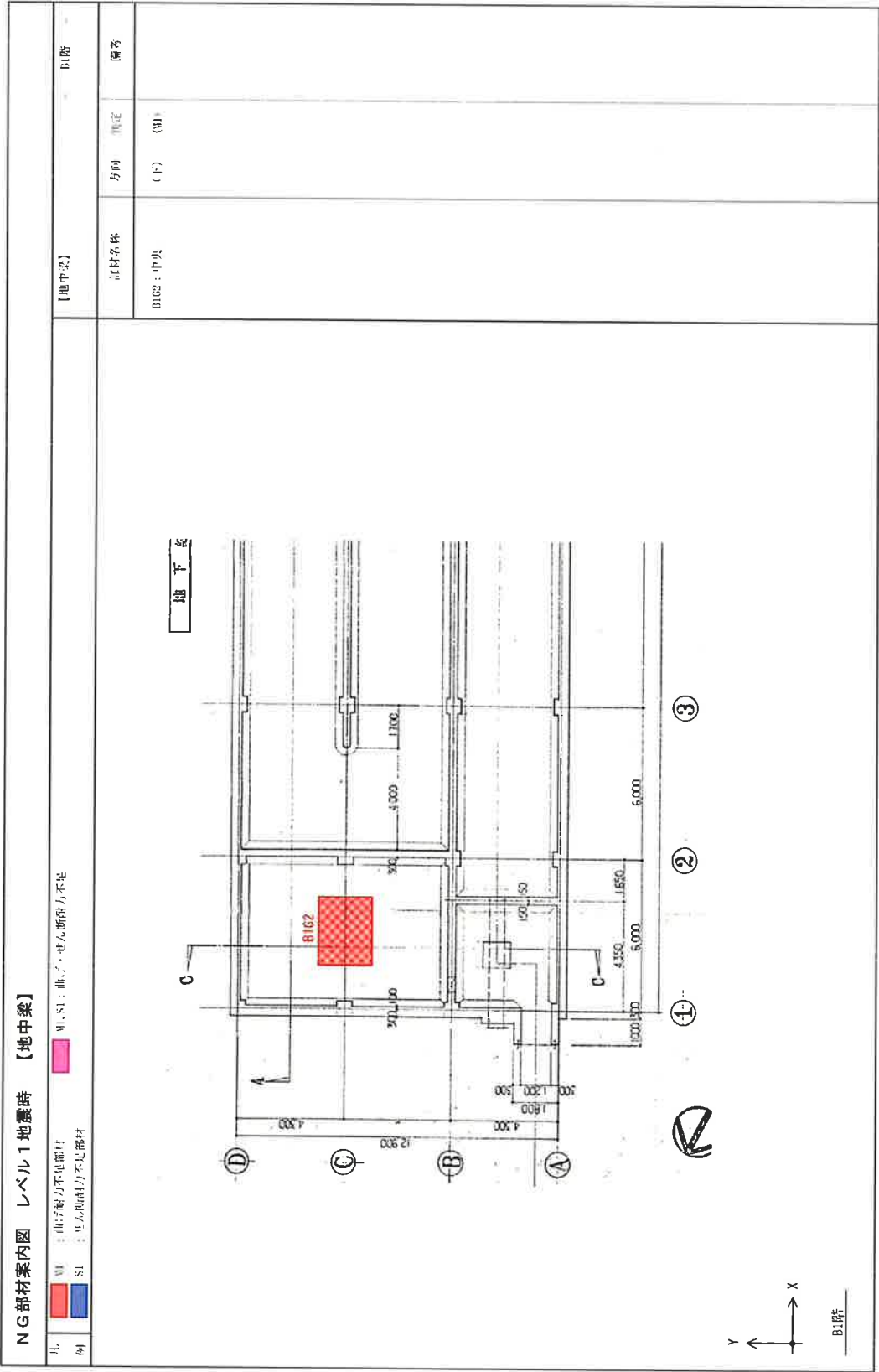


図 5-2 (a) 構造体の耐震診断結果（地震動：レベル1、部材：地中梁、B1F）

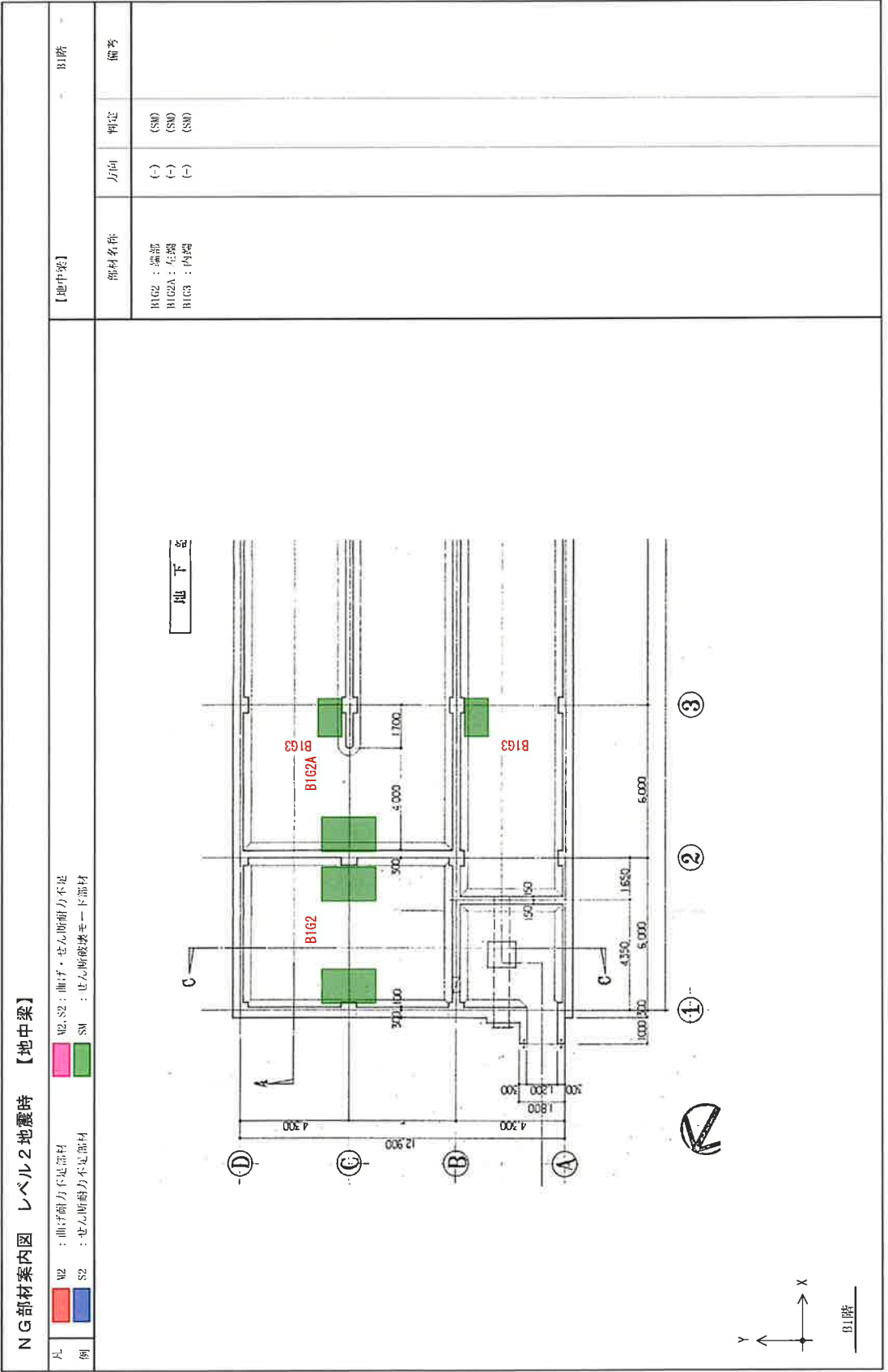


図 5-2 (b) 構造体の耐震診断結果 (地震動 : レベル 2、部材 : 地中梁、B1F)

■ NG 結果（部材：柱）

診断結果より、レベル 1、レベル 2 地震時は NG 部材無しである。

■ NG 結果（部材：地下壁）

診断結果より、地下壁の NG 部材を下表に示す。また、NG 部材案内図を次頁以降に示す。

レベル 1 地震時は NG 部材無しである。

レベル 2 地震時では、せん断破壊モード NG が発生している。

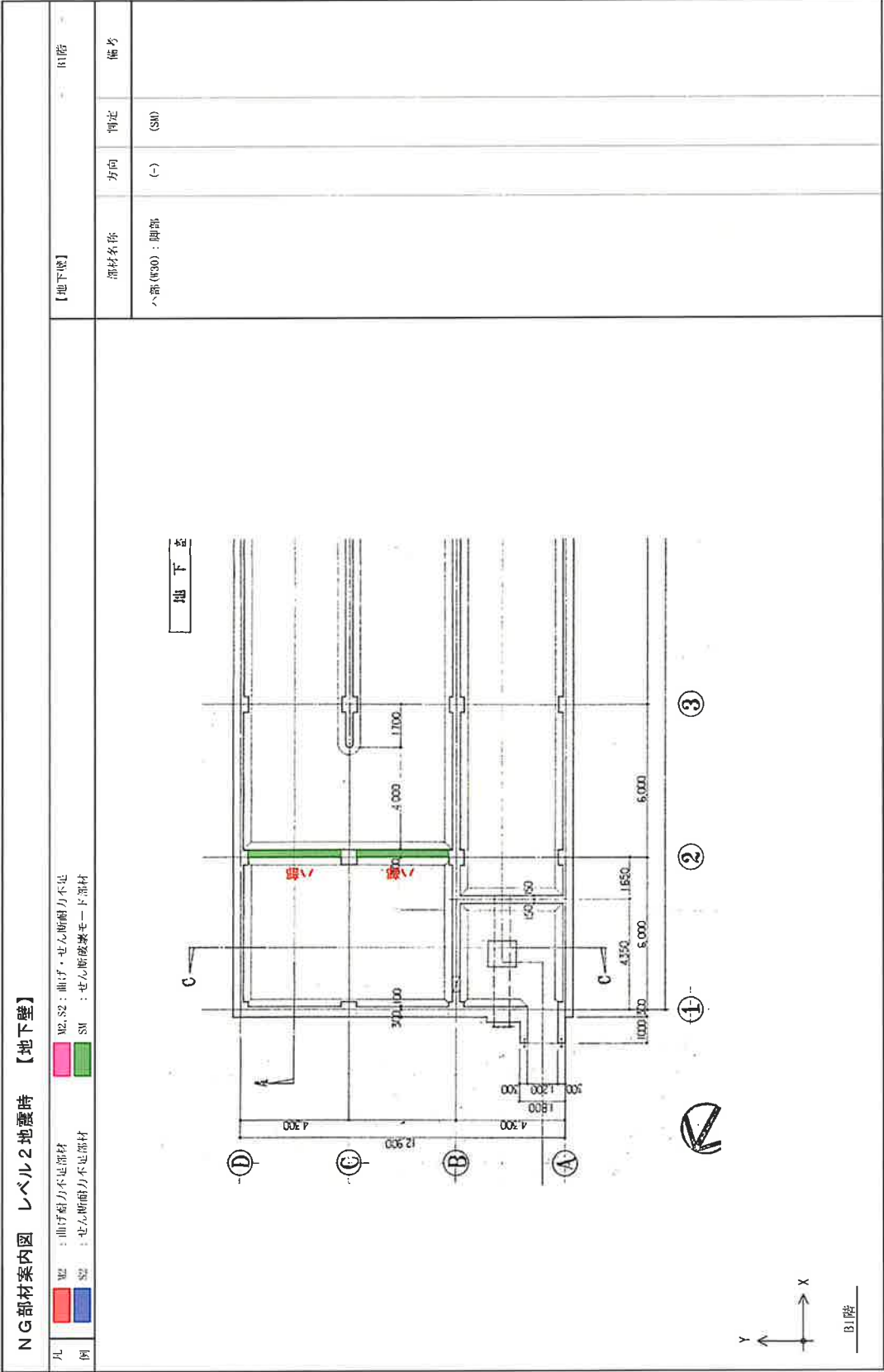


図 5-3 (a) 構造体の耐震診断結果 (地震動 : レベル 2、部材 : 地下壁、B1F)

■ NG 結果（部材：底版）

診断結果より、レベル 1、レベル 2 地震時は NG 部材無しである。

■ NG 結果（部材：壁式構造部）

診断結果より、壁式構造部の NG 部材を次頁に示す。また、NG 部材案内図を次頁以降に示す。

レベル 1 地震時は NG 部材無しである。

レベル 2 地震時では、せん断耐力不足 NG・せん断破壊モード NG が発生している。

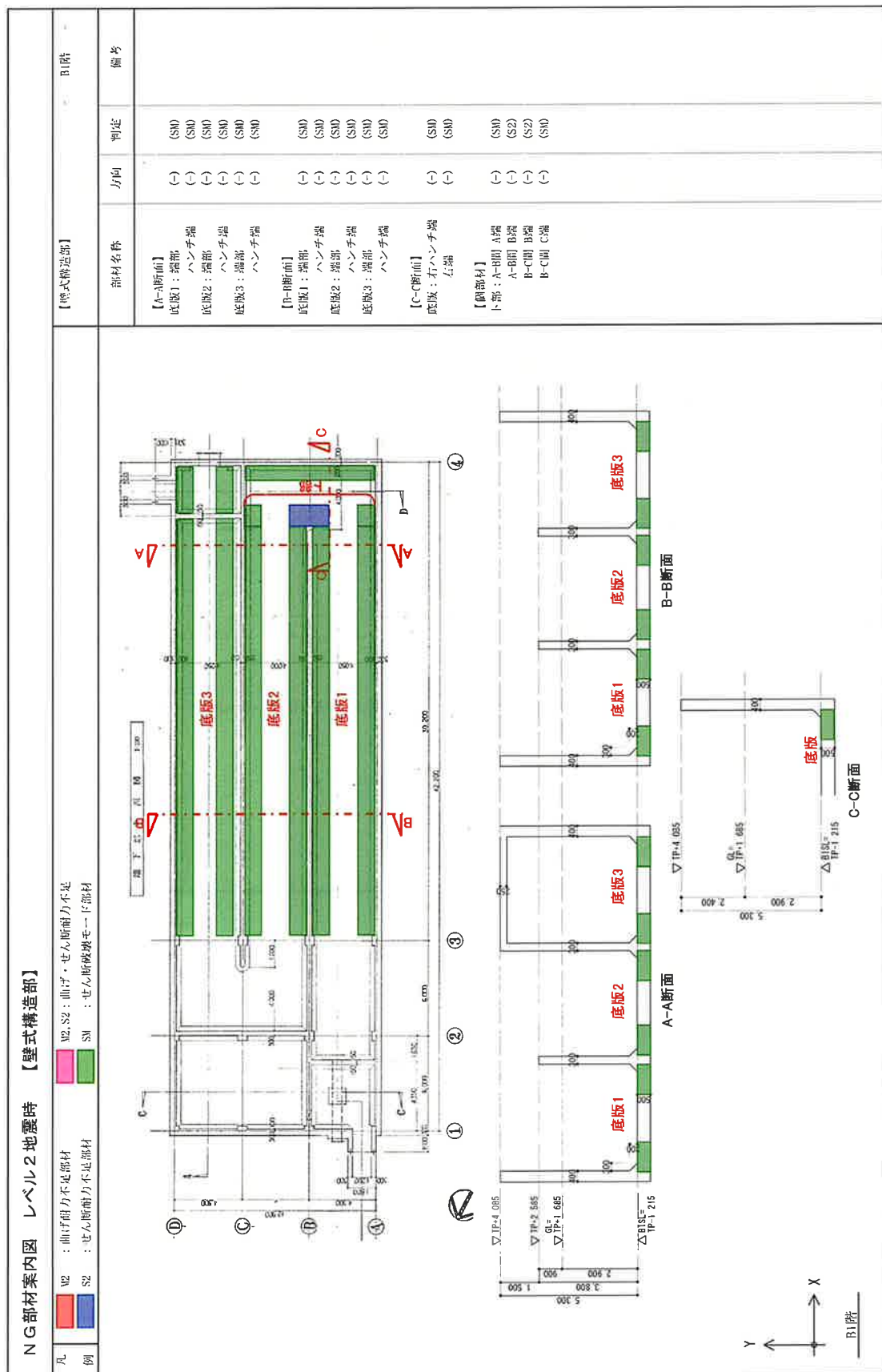


図 5-4 構造体の耐震診断結果（地震動：レベル2、部材：壁式構造部、1F-B1F）

(3) 構造体の診断結果（建築）

表 5-6 耐震安全性の評価結果（地上階）

方向	加力	階	$GIs = \frac{Q_u}{I \cdot \alpha \cdot Q_{un}}$	判定 $GIs \geq 1.00$	$Q_u / \alpha \cdot Q_{un}$	判定 $Q_u / \alpha \cdot Q_{un} \geq 1.00$
X 方向	正 加 力	1	0.71	×	0.89	×
		B1	0.83	×	1.03	○
	負 加 力	1	0.69	×	0.87	×
		B1	0.80	×	1.01	○
Y 方向	正 加 力	1	1.74	○	2.17	○
		B1	1.16	○	1.45	○
	負 加 力	1	1.75	○	2.19	○
		B1	1.17	○	1.46	○

着色部は、NGを示す。

診断の結果、重要度係数を考慮した場合の構造耐震指標（ GIs ）は、X方向の全ての階で1.0以下となる。

構造体の耐震性の評価は“b”となることから、耐震補強を必要とする結果となった。

5-1-4 非構造部材の耐震診断結果

非構造部材の耐震診断結果は次の通りである。

表 5-7 建築非構造部材耐震診断総括表

建築非構造部材耐震診断総括表						
建築物名	塩素滅菌棟		調査年月	2021/10	記入者	(株)日水コン
対 象	主な室名	部 位	適 数字は該当室名を示す	否	問題点(整備概要)	概算 (千円)
1 建築物全体		外壁及び仕上	○		・特に問題なし。	
2 活動拠点室		建具及びガラス				
		間仕切り及び 内装材				
		天井及び床材				
		造り付けの家具 及び事務機器類				
3 活動支援室		建具及びガラス				
		間仕切り及び 内装材				
		天井及び床材				
		造り付けの家具 及び事務機器類				
4 活動通路		建具及びガラス				
		間仕切り及び 内装材				
		天井及び床材				
5 被災者の受け 入れの可能性 のある室		建具及びガラス				
		間仕切り及び 内装材				
		天井及び床材				
		造り付けの家具 及び事務機器類				
6 活動上重要な 設備室		建具及びガラス				
		間仕切り及び 内装材				
		天井及び床材				
		造り付けの家具 及び事務機器類				
7 危険物を貯蔵 又は使用する 室		建具及びガラス				
		間仕切り及び 内装材				
		天井及び床材				
		造り付けの家具 及び事務機器類				
8 機能の停止が 許されない室	①1F機械室	建具及びガラス		①	・はめ殺し窓の設置有り。	
		間仕切り及び 内装材	①			
		天井及び床材	①			
		造り付けの家具 及び事務機器類				
9 一般室		建具及びガラス				
		間仕切り及び 内装材				
		天井及び床材				
		造り付けの家具 及び事務機器類				
建築非構造部材の総合評価		(a , c d)				

診断の結果“c”となり、要求される機能を発揮するうえで、問題がある結果となった。

5-1-5 建築設備の診断結果

建築設備の耐震診断結果は次の通りである。

表 5-8 建築設備耐震診断総括表

	結果	問題点
受変電設備	—	該当なし
自家発電設備	—	該当なし
直流電源設備	—	該当なし
電力幹線設備	d	特に問題なし
照明設備	d	特に問題なし
構内交換設備	d	特に問題なし
通信幹線設備	—	該当なし
自動火災報知設備	d	該当なし
非常放送設備	b	固定ボルトに錆び腐食あり
監視制御設備	—	該当なし
給水設備	d	特に問題なし
排水設備	d	特に問題なし
給湯設備	—	該当なし
消火設備	—	該当なし
ガス設備	—	該当なし
空気調和設備	d	特に問題なし
排煙設備	—	該当なし
監視制御設備	—	該当なし
エレベーター設備	—	該当なし

b：設備機器、配管等の破損などにより、人命の安全確保に支障が生ずる恐れがある。甲類の施設においては、大地震動後における設備機器の確保に支障が生ずる恐れがある。

c：設備機器、配管等の破損は生ずるが、人命の安全確保、設備機能の確保に影響を及ぼさない。

d：設備機器、配管等の破損はなく、設備機能を確保できる。

6. 耐津波診断結果

6-1 浮力の検討

本施設は、建物周辺(地表面)がアスファルト舗装などで被覆されていないため、津波と地下水の連動が発生すると想定している。

つまり、津波と地下水が連動するため、現状から浮力が増加すると判断できる。

よって、津波到達時の浮力に対する浮き上がりの検討を行う。

表 6-1 地盤性状と浮力及び地下水圧の関係

地盤性状	浮力と地下水圧の増加の可能性	
	浸透時間<滞留時間	浮力、水圧が増加する
浸透しやすい地盤 (kが大きい)	浸透時間>滞留時間	浮力、水圧が増加しない
粘性土層のある地盤 (kが小さい)	浮力、水圧が増加しない	
地表面がアスファルトやコンクリート等で被覆されている場合 (換算したKが小さい)	浮力、水圧が増加しない	

(出典：下水道施設の耐震対策指針と解説)

本施設の土質は、下図添付の設計用土質条件より、地表面から順に砂質土層→粘土層→砂質土層→砂礫層で構成されている。表 6-1 によると、粘性土層のある地盤は「浮力、水圧が増加しない」と記載されており、本施設の土質も概ね粘性土層が占めている。しかし、本施設の地下水位は、粘性土層の上層にある砂質土層内にあるため、津波が到達した際に、この砂質土層から浸透し津波と地下水の連動が生じると考えられる。砂質土層内に地下水位があることから、津波と地下水が連動し、浮力、水圧が増加すると考えられる。

1) 設計用土質条件										
(潮江水再生センター 塩素滅菌棟・塩素混和池)										
標高	柱状図	土質名	層厚 (m)	N	γ (k N/m ³)	C (k N/m ²)	ϕ (°)	αE_o (k N/m ²)	地下水位	備考
設計GL TP+1.685										
▽-1.00		盛土 (B)	2.685	(5)	19	—	25	3500	WL-0.91	1) 土層レベル: Bor. No. I
▽-1.70		表層(Ts)	0.70	2	18	12	—	1400		2) 推定式: $\phi = 4.8 \log N_1 + 21$ (°) $N_1 = 170 \cdot N / (\sigma'v + 70)$ $E_o = 700 \cdot \bar{N} (\alpha=4)$ (k N/m ²)
▽-4.20		沖積第1砂質土層 (As1)	2.50	7	17	—	28	4900		3) () 内 N 値は、推定値とする。 4) 粘着力の () 内数値は、 三軸圧縮試験による。 5) 変形係数 E _o の () 内数値は、 一軸圧縮試験による。 6) 基準面: TP±0.00=KP-0.915 (土質調査報告書は、KP 表示)
		沖積第1粘性土層 (Ac1)	20.50	2	14	(46)	—	(4000)		
▽-24.70										
		沖積第2粘性土層 (Ac2)	4.00	4	15	25	—	2800		
▽-28.70										
		沖積第2砂質土層 (As2)	2.90	16	18	—	33	11200		
▽-31.60										
		洪積砂礫層 (Ds)	6.60	59	20	—	38	41300		
▽-38.20										

建物重量と浮力の比は、

$$41575.8 / 26961.2 = 1.54 > 1.0 \cdots 0.K$$

よって、本構造物は津波時に浸水高さまで作用する浮力に対して浮き上がらない。

6-2 耐圧部材の検討（土木：地下の壁・柱・梁・床）

建物周辺(地表面)がアスファルト舗装などで被覆されていないため、津波と地下水の連動が発生すると想定し津波荷重の設定を行う。

1-3 間の主架構（大梁・地中梁・柱）については、設計図書に記載されている各部材の符号を再整理し、断面照査を行う。各部材の再整理とは、同符号・同配筋であっても、部材の取り付けや荷重条件が異なることで、応力状態も異なる。よって、近似した応力を再グループ化することで、各部材の耐震性能を明確化する。3-4 間の主要断面(床版・地下壁・底版)については、荷重、部材長、部材厚、配筋等によりグループングを行い、グループングを行った代表断面の検討により津波時の断面算定を行う。

上記でモデル化できない個部材(地下壁・底版)については、代表部材を抽出し、津波時の検討を行う。

(1) 大梁

津波時において、NG 部材は無しであった。

(2) 地中梁

津波時において、NG 部材は無しであった。

(3) 柱

津波時において、NG 部材は無しであった。

(4) 地下壁

荷重、部材長、部材厚、配筋等によりグループングを行い、グループングを行った代表断面の検討を行う。

地下壁のグループングと診断結果を以下に示す。

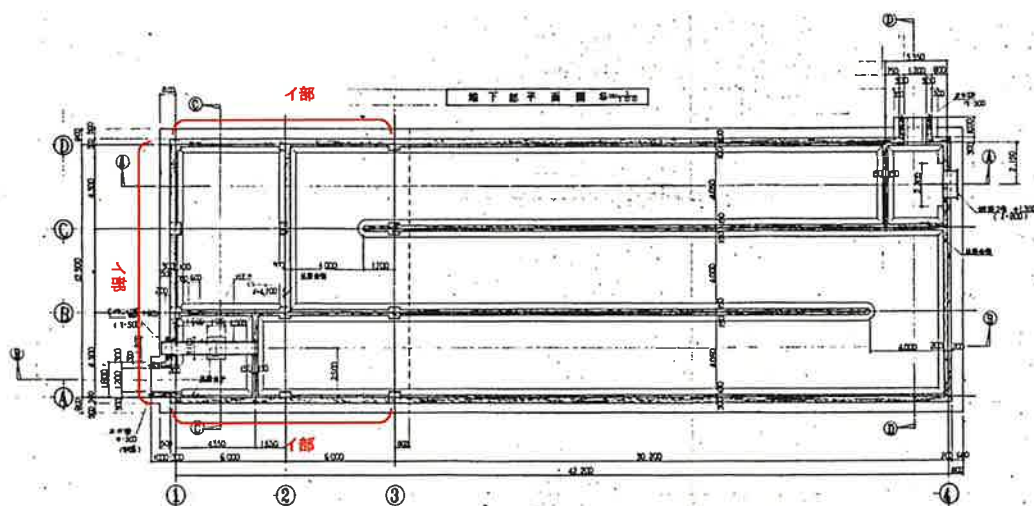


図 6-1 地下壁のグループング

津波時において、NG 部材は無しであった。

(5) 底版

荷重、部材長、部材厚、配筋等によりグルーピングを行い、グルーピングを行った代表断面の検討を行う。

底版のグルーピングと診断結果を以下に示す。

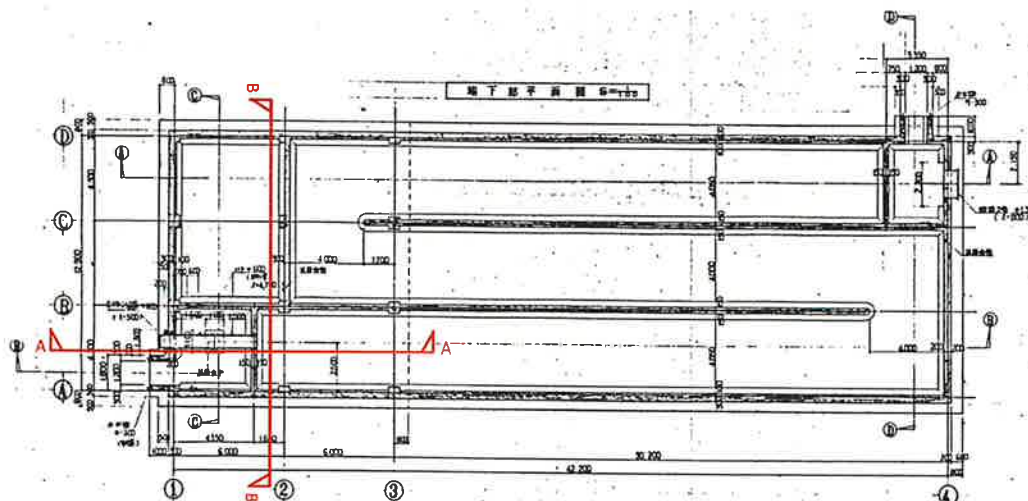


図 6-2 底版のグルーピング

津波時において、NG 部材は無しであった。

(6) 壁式構造部

荷重、部材長、部材厚、配筋等によりグルーピングを行い、グルーピングを行った代表断面の検討を行う。

壁式構造部のグルーピングと診断結果を以下に示す。

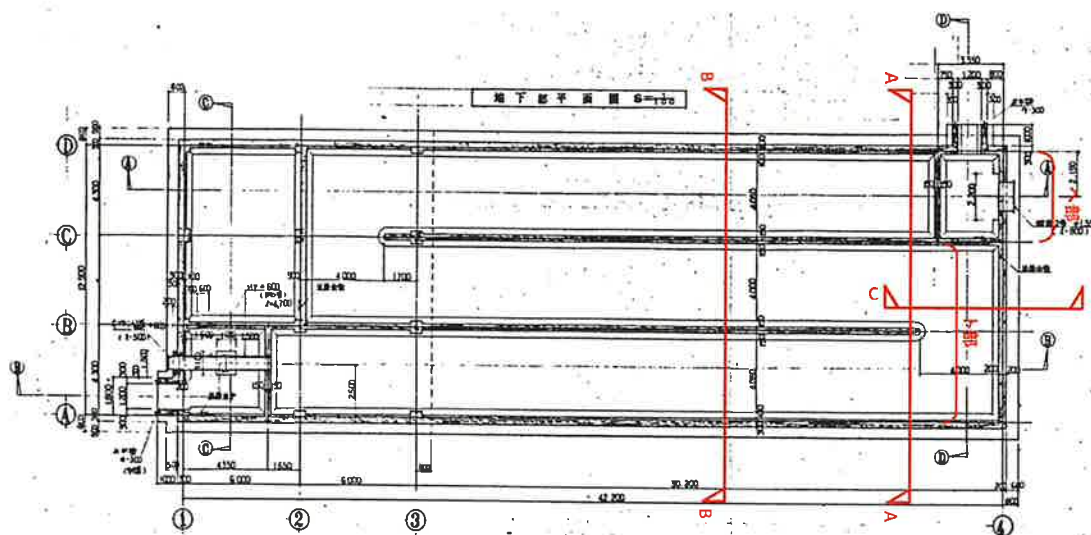


図 6-2 壁式構造部のグルーピング

津波時において、NG 部材は無しであった。

6-3 耐圧部材の検討（建築：地上壁）

荷重、部材長、部材厚、配筋等によりグルーピングを行い、グルーピングを行った代表断面の検討を行う。

- ・ 地上壁は、津波時応力を求め、断面照査を行う。
- ・ 断面照査方法は終局強度にて部材の検討を行う。
- ・ 断面照査位置は下頁による。

壁のグルーピングと結果は次の通りである。

①部 W18:縦一方向版

- ・検討符号位置図

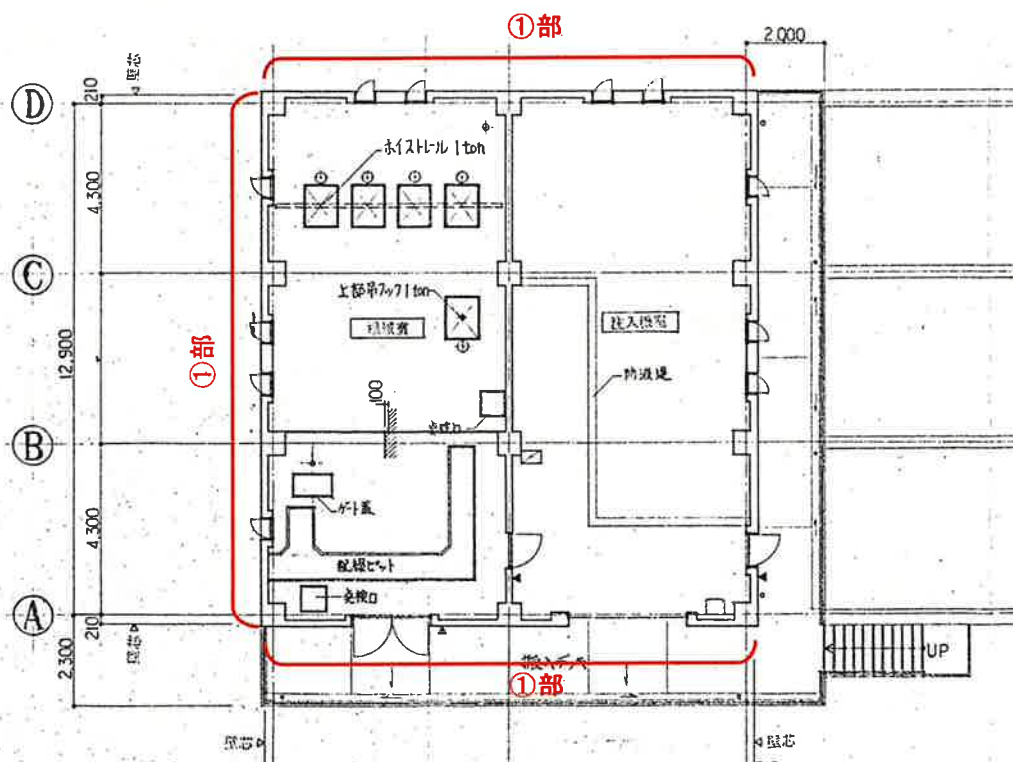


図 6-3 地上壁のグルーピング

地上壁の部材耐力については、津波荷重によって発生する応力に対しての終局曲げ強度、及び終局せん断強度が上回ることを確かめる。すなわち、津波時において地上壁が部材耐力上、問題ないことを確認する。

コンクリート : Fc 21 , 鉄筋 : SD 295 A

位置	符号	部材厚	配筋	αt	σ_y	d	μ_u	比較	M	判定
①部 脚部	W18	180	D10@200	356.5	324.5	140	14.6	>	0.5	0. K
			Pt	Fc	M/(Q・d)	j	Qu	比較	Q	判定
			0.25	21	2.10	122.50	106.4	>	1.7	0. K

以上より、地上壁については津波による補強の必要はない結果となった。

6-4 構造骨組みの検討（地上柱・梁）

構造骨組みの検討は地上階に対しての検討である。（地下については 6-2 章を参照）

各方向・各階において、構造骨組みの水平耐力が津波の水平荷重以上であることを次式により確認する。

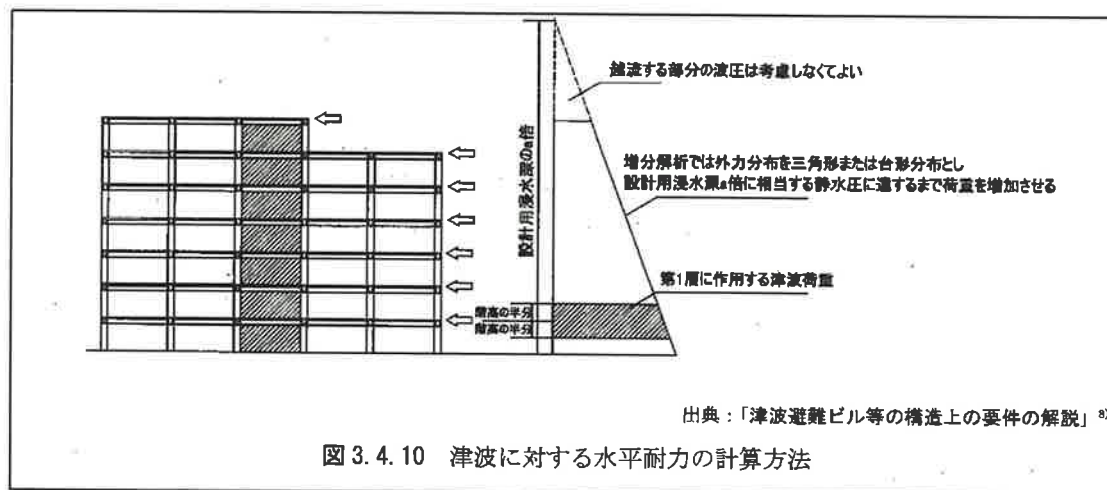
$$Q_{ui} \geq Q_i$$

Q_{ui} : i 層の津波の水平荷重に対する水平耐力

Q_i : i 層に生じる津波の水平荷重

「下水道施設の耐震対策指針と対策」より、第 1 層に作用する津波荷重は、階高の半分以上の部分に作用する波力である。

以下に「下水道施設の耐震対策指針と対策 2014 年版」の資料図を示す。



(a) 津波条件

津波シミュレーション結果より、

設計用浸水深 : $h_{f\text{max}}$ = 2.12 m
 水深係数 : a = 1.5
 波力 : F_x = 21.61 kN/m (※汚水ポンプ棟の波力を流用)

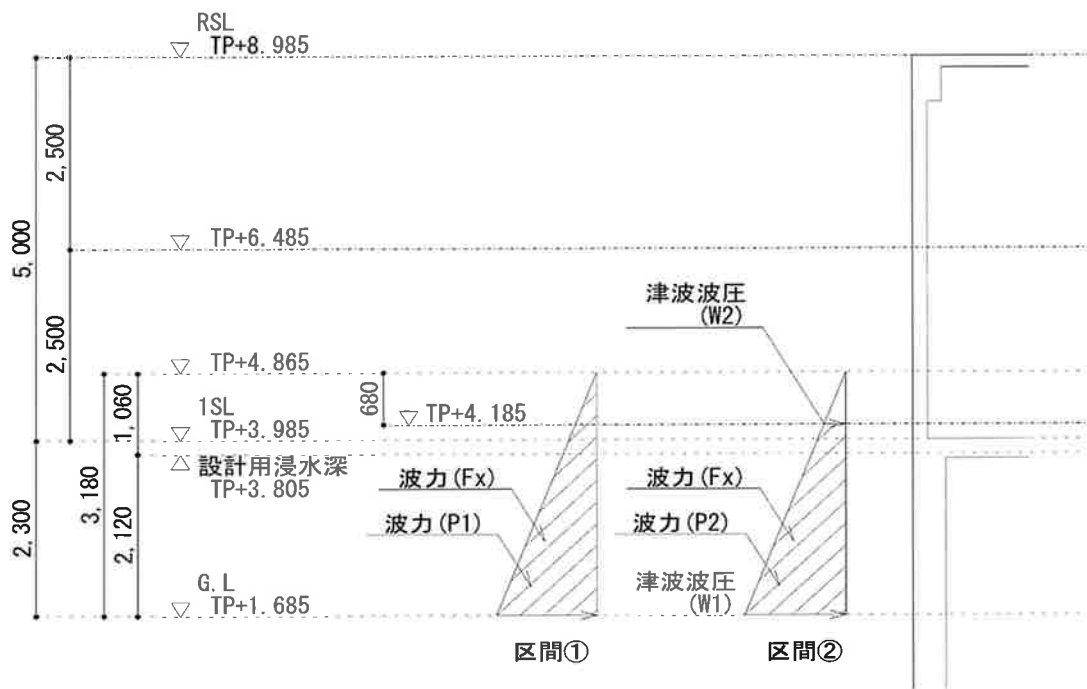


図 6-4 波力の算出

上図より、B1 階に各階に作用する波力は、

【区間①（柱梁構造部）】

$$\text{B1階 : } P1 = \text{シミュレーション結果より} = 21.61 \text{ kN/m}$$

【区間②（搬入台・点検台部）】

$$\text{B1階 : } P2 = \left(\frac{2.91}{\text{TP+4.185の波圧 (W2)}} + \frac{13.59}{\text{TP+1.685の波圧 (W1)}} \right) \times 2.50 / 2 = 20.63 \text{ kN/m}$$

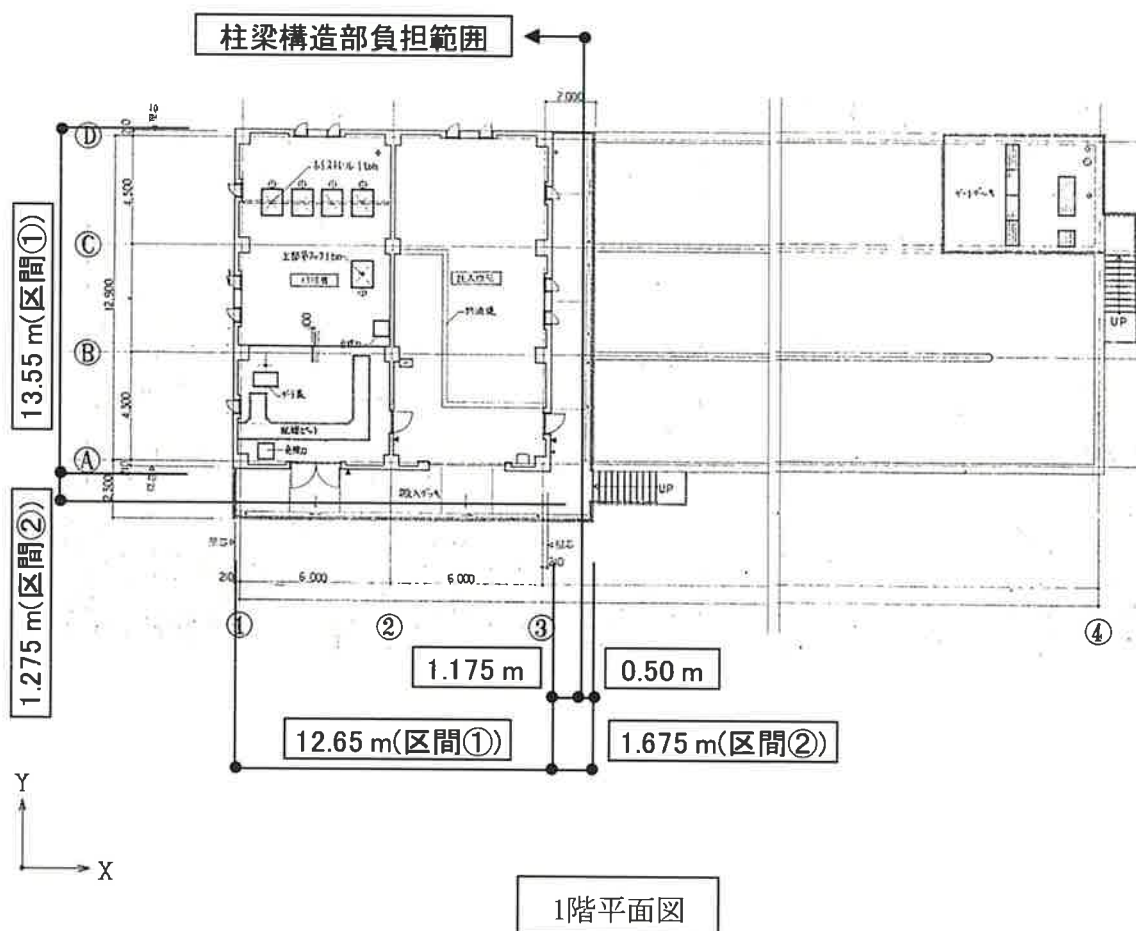
各階の波力の算出結果より、各方向、各階に作用する水平荷重は、

(X方向)：区間①+②

$$B1階：Q_i = 21.61 \times \frac{13.55}{\text{建物幅}} + 20.63 \times \frac{1.275}{\text{建物幅}} = 319.1 \text{ kN}$$

(Y方向)：区間①+②

$$B1階：Q_i = 21.61 \times \frac{12.65}{\text{建物幅}} + 20.63 \times \left(\frac{1.675}{\text{建物幅}} - 0.50 \right) = 297.6 \text{ kN}$$



保有水平耐力計算結果及び各方向、各階の水平荷重の算出結果より、

(X方向)

$$B1階：Q_{ui} = 25720.8 \text{ kN} > Q_i = 319.1 \text{ kN}$$

$$Q_{ui}/Q_i = 80.60 > 1.00 \cdots \text{O.K.}$$

(Y方向)

$$B1階：Q_{ui} = 12761.9 \text{ kN} > Q_i = 297.6 \text{ kN}$$

$$Q_{ui}/Q_i = 42.88 > 1.00 \cdots \text{O.K.}$$

となり、X・Y方向共に波力による構造骨組みへの影響はない結果となった。

6-5 転倒及び滑動の検討

浮力及び自重を考慮して、津波荷重によって転倒又は滑動しないことを確認する。

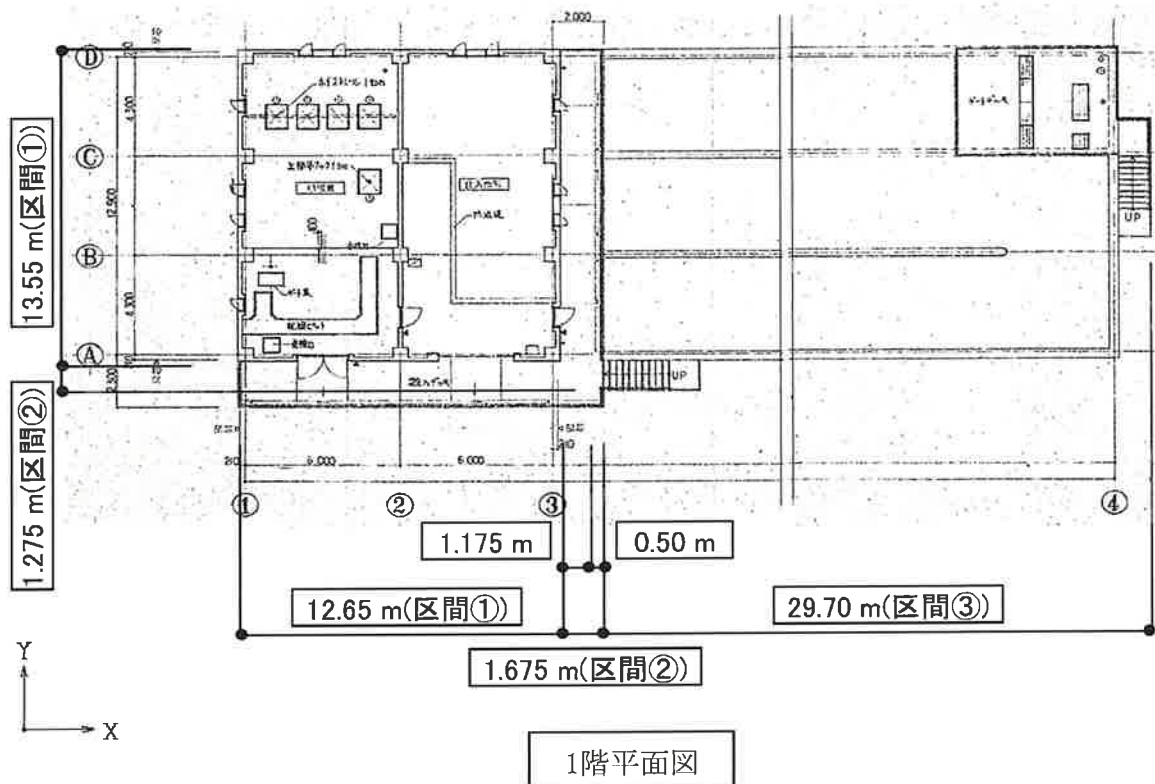
各方向に作用する水平荷重は、

(X方向)：区間①+②

$$\text{基礎} : Q_i = 21.61 \times \frac{13.55}{\text{建物幅}} + 20.63 \times \frac{1.275}{\text{建物幅}} = 319.1 \text{ kN}$$

(Y方向)：区間①+②+③

$$\begin{aligned} \text{基礎} : Q_i &= 21.61 \times \frac{12.65}{\text{建物幅}} + 20.63 \times \frac{1.675}{\text{建物幅}} \\ &+ 20.30 \times \frac{29.70}{\text{建物幅}} = 910.8 \text{ kN} \end{aligned}$$



6-5-1 転倒

転倒においては、基礎の支点反力が杭の引き抜き耐力を超えないことを確かめる。よって、津波時の付加軸力に対して、杭の支持力の検討を行い、転倒しないことを確かめる。

津波時における設計軸力の計算結果を以下に示す。

検討方法 津波時

杭径 $\phi 600$ mm
常時鉛直支持力 890.0 kN/本

短期鉛直支持力 2,670.0 kN/本

杭支点	長期軸力 NL (kN)	100%浮力 U100 (kN)	杭本数 n (本)	基礎自重 n・Wf (kN)	その他荷重 Wn (kN)	設計軸力 (kN)	設計軸力 (X方向)				設計軸力 (Y方向)			
							左→右 付加軸力 (kN)	軸力 (kN/本)	右→左 付加軸力 (kN)	軸力 (kN/本)	左→右 付加軸力 (kN)	軸力 (kN/本)	右→左 付加軸力 (kN)	軸力 (kN/本)
A-1	1,365.3	388.5	2.0	0.0	0.0	976.8	-34.8	471.0	34.8	505.8	-72.5	452.2	72.5	524.7
A-2	2,086.3	706.3	3.0	0.0	0.0	1,380.0	-19.7	454.4	19.7	466.6	-25.8	451.4	25.8	468.6
A-3	1,408.6	326.3	2.0	0.0	0.0	942.3	55.7	499.0	-55.7	443.3	36.2	489.3	-36.2	453.1
B-1	1,759.1	681.8	2.0	0.0	0.0	1,077.3	-25.5	525.9	25.5	551.4	-34.8	521.3	34.8	556.1
B-2	2,367.9	1,239.7	3.0	0.0	0.0	1,128.2	-21.5	368.9	21.5	383.2	-63.1	355.0	63.1	397.1
B-3	1,901.5	923.7	2.0	0.0	0.0	977.8	49.0	513.1	49.0	464.4	8.5	493.2	8.5	484.7
C-1	1,663.8	681.8	2.0	0.0	0.0	982.0	-8.6	486.7	8.6	495.3	9.4	495.7	-9.4	486.3
C-2	2,393.8	1,239.7	3.0	0.0	0.0	1,154.1	-2.9	383.7	2.9	385.7	-1.4	384.2	1.4	385.2
C-3	1,779.5	923.7	2.0	0.0	0.0	855.8	3.6	429.7	-3.6	426.1	-4.0	425.9	4.0	429.9
D-1	1,184.2	388.5	2.0	0.0	0.0	795.7	-36.3	379.7	36.3	416.0	98.7	447.2	-98.7	348.5
D-2	1,928.0	706.3	3.0	0.0	0.0	1,221.7	-23.7	399.3	23.7	415.1	88.8	436.8	-88.8	377.6
D-3	1,492.9	526.3	2.0	0.0	0.0	966.6	64.4	515.5	-64.4	451.1	-39.9	463.4	39.9	503.3
總式	24,189.4	18,028.6	30.0	0.0	0.0	6,160.8	0.0	205.4	0.0	205.4	0.0	205.4	0.0	205.4
計	45,580.3	26,961.2	58.0	0.0	0.0	18,619.1	最大軸力=	551.4	最小軸力=	205.4	最大軸力=	556.1	最小軸力=	205.4

上記より、

終局鉛直支持力:2,670.0(kN/本)>最大軸力:556.1(kN/本)・・・OK

上記結果より、本施設全体における最大軸力が、終局鉛直支持力で以下であることを確認する。

赤囲み部は、採用した最大軸力を示す。

終局鉛直支持力:2,670.0kN/本>最大軸力:556.1kN/本・・・OK

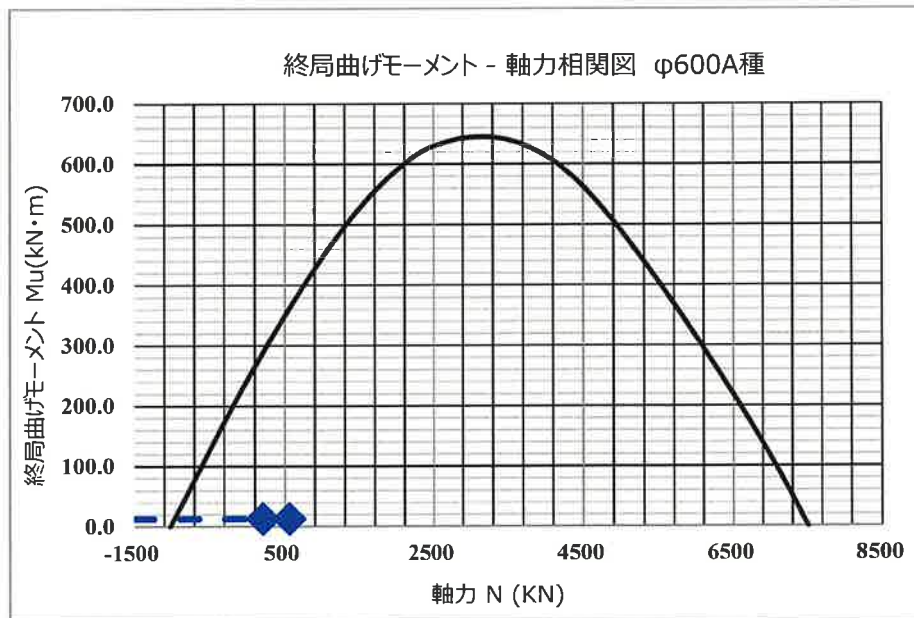
津波時軸力に対して、全ての基礎杭において設計目標を満足する結果となった。よって、津波荷重による転倒の可能性は低いと判断できる。

6-5-2 滑動

滑動においては、圧縮側および引張側の杭の終局曲げ耐力および終局せん断耐力が津波荷重を上回ることを確かめる。よって、津波時の水平荷重に対して、杭体の検討を行い、滑動しないことを確かめる。

(1) 曲げモーメントに対する検討

津波時における曲げに対する検討結果は次のとおりである。



杭頭モーメント $M_0 = 12.9 \text{ (kN・m)}$

$N_{\min} = 205.4 \text{ (kN)}$

$N_{\max} = 556.1 \text{ (kN)}$

杭材： PC杭 杭種： A種

上に示す N-M 図より津波時応力に対して、上記杭材で評価目標を満足する結果となった。

(2) せん断に対する検討

津波時におけるせん断に対する検討は、杭 1 本あたりの水平耐力と津波時の杭 1 本あたりの水平力との比較により行う。

杭径 ϕ 600 , 杭種 PC- A 種
 杭頭曲げモーメント : $M = 12.9$ (kN・m)
 杭1本当りの水平力 : $H = 15.9$ (kN)
 杭1本当りの最小軸力 : $N = 205.4$ (kN)

1) 杭1本当りコンクリートの負担する水平耐力の算出

$$\begin{aligned} S_c &= 1.50 \tau_{al} \cdot C_N \cdot b \cdot d \\ &= 0.975 \times 2.00 \times 86987 \\ &= 169626 \text{ N} \\ &= 169.626 \text{ kN} \end{aligned}$$

ここに

$$\begin{aligned} S_c &: \text{コンクリートの負担する水平耐力(kN)} \\ \tau_{al} &: \text{コンクリートの許容せん断応力度(} 0.65 \text{ N/mm}^2 \text{)} \\ b, d &: \text{部材断面幅, 部材断面の有効高(mm)別表による} \\ C_N &: \text{軸方向圧縮力による補正係数で次式による} \\ C_N &= 1 + M_o/M \text{ (但し } 1 \leq C_N \leq 2 \text{ とする)} \\ &= 1 + 87.4 / 12.9 \\ &= 2.00 \end{aligned}$$

ここに

$$\begin{aligned} M &: \text{部材断面に作用する曲げモーメント(kN・m)} \\ M_o &: \text{軸方向圧縮力によりコンクリートの応力度が部材引張縁で} \\ &\text{零となる曲げモーメント(kN・m)で次式による} \\ M_o &= (\sigma_{ce} + N/A_c) \cdot I_c / y \\ &= \{ 4.0 + (205400 / 144200) \} \\ &\quad \times 4.834 \text{E}+09 / 300 \\ &= 8.741 \text{E}+07 \text{ N・mm} \\ &= 87.4 \text{ kN・m} \\ N &: \text{部材断面に作用する軸方向圧縮力(N)} \\ I_c &: \text{部材断面の図心軸に関する断面二次モーメント(mm}^4 \text{)} \\ A_c &: \text{部材断面積(mm}^2 \text{)} \\ y &: \text{部材断面の図心軸より部材引張縁までの距離(mm)} \\ \sigma_{ce} &: \text{有効プレストレス(N/mm}^2 \text{)} \end{aligned}$$

2) 杭1本当りの斜引張鉄筋の負担する水平耐力の算出

$$S_s = 29.607 \text{ kN}$$

ここに

S_s : 斜引張鉄筋の負担する水平耐力(kN)別表による

3) 杭1本当り水平耐力の算出

$$\begin{aligned} P_s &= S_c + S_s \\ &= 169.6 + 29.6 \\ &= 199.2 \text{ kN} \end{aligned}$$

ここに

P_s : 水平耐力(kN)

4) 杭の水平力照査

$$P_s = 199.2 \text{ kN} > 15.9 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

上記結果より、津波時の曲げ及びせん断に対して、全ての基礎杭において評価目標を満足する結果となった。よって、津波荷重によって滑動する危険性は低いと判断できる。

6-6 洗堀の検討

本施設は、杭基礎であるため、建物周辺に洗堀が発生した場合においても、沈下、傾斜などの被害が発生する危険性は低いと判断できる。

6-7 漂流物の検討

「平成 24 年度 高知県下水道津波対策に関する共同研究」より、漂流物による被害は汚泥貯留棟、汚泥ポンプ棟の東面で想定される。

漂流物の特定は困難であるが、周囲の車や近隣には小型船舶などの船舶まりがあることから、これらが津波とともに漂流し、場内に侵入する可能性が高い。

なお、漂流物の衝撃力は、「40.津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討中間報告 その2（平成 23 年 10 月、東京大学生産技術研究所、P15-25）」に準拠して算定する方法がある。以下に算定例を示すが、これ以外の漂流物については、設計において評価することとなっている。

下記にコンテナの衝撃力の算定例を示す。

衝撃力算定例 算出式 $F1 = C_m U_{max} \sqrt{k m}$

F1:衝撃力 (kN)、 C_m :不可質量係数 (2.0)、 U_{max} :最大流速 (m/s)、 k :有効剛性 (N/m)、 m :質量 (kg)

表 6-3 漂流物の質量と有効剛性

漂流物	質量 m[kg]	有効剛性 [N/m]
材木・丸太	450	2.4×10^6
40ft コンテナ	3,800 (空載)	6.5×10^8
20ft コンテナ	2,200 (空載)	1.5×10^9
20ft 重量コンテナ	2,400 (空載)	1.7×10^9

出典：「40. 津波危険地域における建築基準等の設備に資する検討 中間報告 その2
(平成 23 年 10 月、東京大学生産技術研究所、P15-25)」

表 6-4 衝撃力の算定例

施設	漂流物	流速 (m/s)	衝撃力 (kN)
管理棟	小コンテナ	0.98	3,560
	大コンテナ		3,080

しかし、今回対象施設の柱梁構造部は、設計用浸水深が大梁及び床版の断面部に作用するため、鉛直部材(柱・壁)に対する衝突の影響を判断しにくい(水平部材に直接作用し、鉛直部材に応力が発生しない)ため、壁式構造部の壁部材に着目し検討を行う。したがってA通り側に漂流物が衝突することを想定し、壁式構造部の壁について検討を行う。

衝撃力については、衝撃力の算出式より算出した小コンテナの衝撃力を用いて検討を行い、断面照査は、浸水深が土木躯体位置となるため限界状態設計法にて検討を行う。

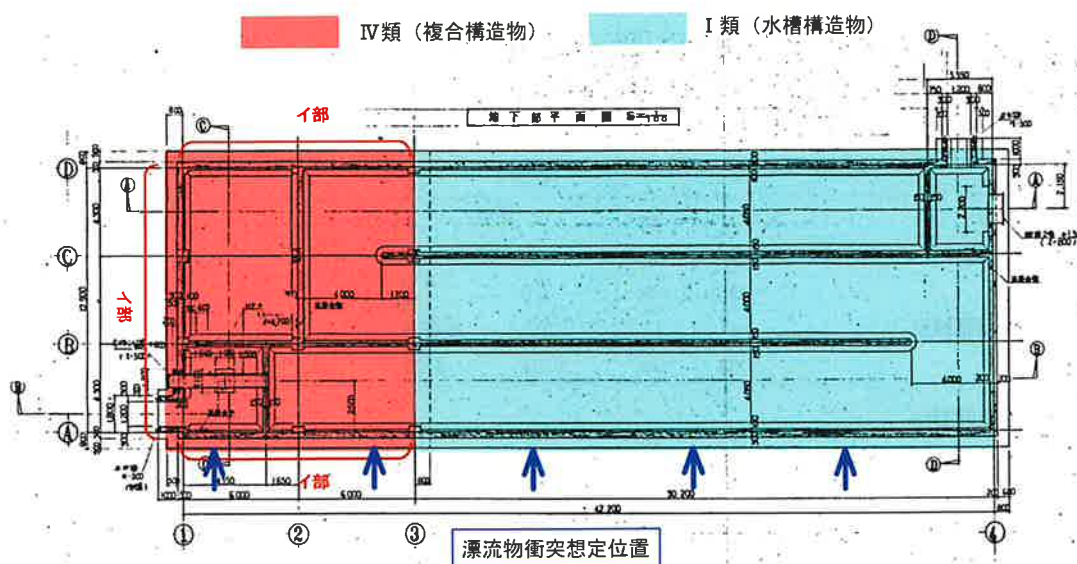
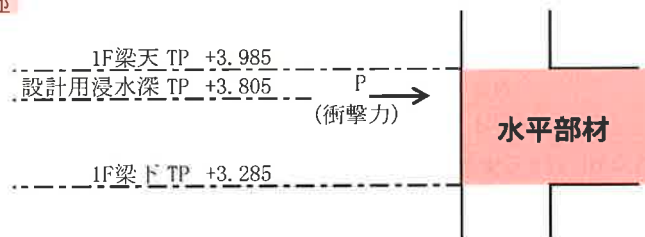
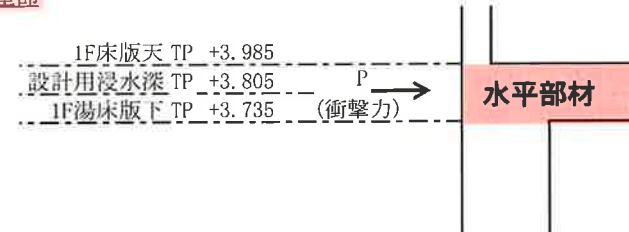


図 6-5 漂流物衝突想定位置

柱・梁部



床版・壁部



壁式構造部

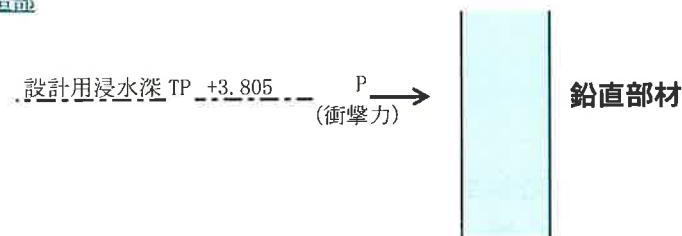


図 6-6 衝撃力作用位置

限界状態設計法による断面照査結果は以下のとおりである。

コンクリートの設計基準強度 $f'_{ck} = 21.0\text{N/mm}^2$
鉄筋の材料強度 D19以上 $f_{syk} = 295\text{N/mm}^2$ (SD295A)
D16以下 $f_{syk} = 295\text{N/mm}^2$ (SD295A)

断 面 照 査 位 置				地下壁 (W40) 脚部/外				
安 全 係 数				終局耐力				
材料係数	コンクリート	γ_c		1.30				
	鉄筋	γ_s		1.00				
部材係数 γ_b	曲げ・軸耐力			1.00				
	せん断耐力 (コンクリート)			1.30				
	せん断耐力 (鉄筋)			1.15				
構造物係数				1.00				
断面形状	幅	b	cm	100				
	高さ	h	cm	40				
	引張鉄筋	d t	cm	7.0	7.0			
		A s	cm ²	5-D13	5-D16			
	中間鉄筋	A s	cm ²					
		d c	cm	7.0	7.0			
	圧縮鉄筋	A s	cm ²	5-D13	5-D16			
				6.34	9.93			
	せん断補強筋	A w	cm ²					
	せん断補強筋の間隔	S s	cm					
作 用 断面力	曲げモーメント	M d	kNm	18053.2				
	軸 力	N'd	kN	0.0				
	せん断力	V d	kN	3652.2				
曲げモーメント及び軸方向力に対する安全性の検討								
曲げモーメント耐力			Mu	kNm	154.8			
$\gamma_i \cdot M_d / Mu$					116.59			
判定 $\gamma_i \cdot M_d / Mu < 1.0$: OK					NG			
せん断力に対する安全性の検討								
軸方向力を考慮しない純曲げ耐力			Mud	kNm	154.8			
せん断補強筋を用いないときのせん断耐力			Vcd	kN	133.8			
せん断補強筋により受け持たれるせん断耐力			Vsd	kN	0.0			
せん断耐力 (Vcd+Vsd)			Vyd	kN	133.8			
$\gamma_i \cdot V_d / Vyd$					27.31			
判定 $\gamma_i \cdot V_d / Vyd < 1.0$: OK					NG			
コメント欄								

以上より、A 通の壁に小コンテナが衝突した場合、壁が破壊される可能性がある結果となっている。(曲げ、せん断ともに NG) 但し、衝突の方向、コンテナの角度等の様々な要因があるため、検討結果は、あくまでも参考とする。

6-8 長期浸水時の検討について

本章の結果より、津波発生時の波力に対する各部材断面の照査を行い、満足する結果となった。

下図に示すとおり、津波発生時に対して長期浸水時は、建物に加わる外力が小さくなることが明らかであり、安全性は確保される。したがって、長期浸水時の検討は不要である。

発生外力 : 津波発生時 > 長期浸水時
(双方ともに地下水連動型による評価)

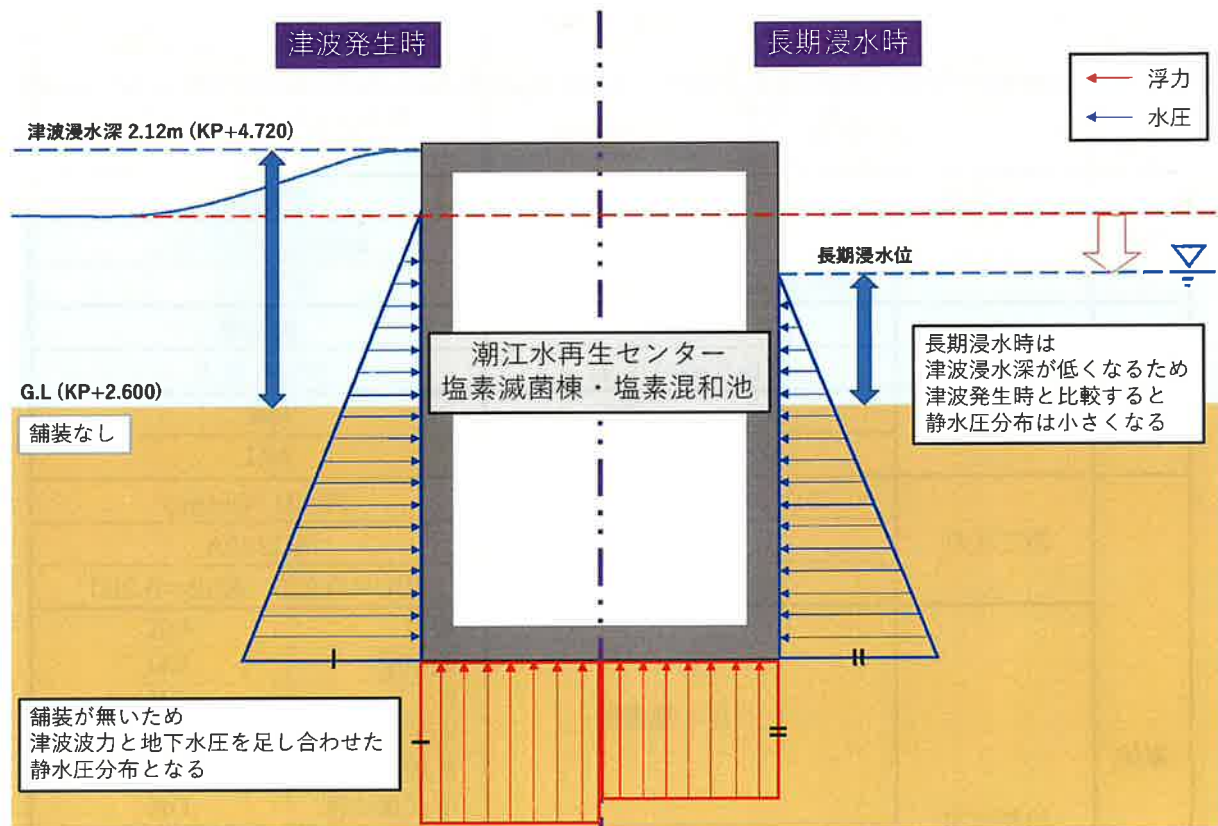


図 6-7 耐津波診断の考え方（津波発生時と長期浸水時）再掲

7. 耐震・耐津波診断結果のまとめ

7-1 構造部材の耐震診断結果

躯体については、要求する耐震性能を満足しない結果となったため、**耐震補強の必要性がある**。

基礎は杭基礎であり、**要求する耐震性能を満足しない**結果であった。

耐震診断結果の概要を次表に示す。

表 7-1 耐震診断結果一覧表（土木）

診断項目		対象施設	塩素滅菌棟・塩素混和池	
一般事項	施工年度		昭和 57 年度（1982 年）	
	経過年数		39 年	
地盤	設定条件	地盤種別	Ⅲ種地盤	
	診断結果	液状化判定	液状化の恐れなし	
		液状化層の構造物への影響	影響なし	
基礎	設定条件	基礎形式	杭基礎	
		支持地盤の N 値	N=50 以上	
	診断結果	レベル 1 地震動	OK	
		レベル 2 地震動	NG	
躯体	設定条件	コンクリート圧縮強度	Fc=21 N/mm ²	
		鉄筋材料	SD295A	
		設計水平震度	Kh1=0.225、Kh2=0.300	
	診断結果	レベル 1 地震動	大梁	OK
			地中梁	NG
			柱	OK
			地下壁	OK
			底版	OK
			壁式構造部	OK
		レベル 2 地震動	大梁	NG
			地中梁	NG
			柱	OK
			地下壁	NG
			底版	OK
			壁式構造部	NG

凡例 OK：耐震性能を確保，NG：耐震性能を満足しない，－：該当しない

表 7-2 耐震診断結果一覧表（建築）

診断項目		対象施設	塩素滅菌棟			
構 造 分 類			IV-2			
構 造 種 別	地 上		RC1 階			
	地 下		RC1 階			
基 礎 形 式			—			
			液状化判定			
			液状化層の 構造物への影響			
設 計 年 度			昭和 56 年（1981 年）			
施 工 年 度			昭和 57 年（1982 年）			
経 過 年 数			39 年			
設 計 基 準			新耐震			
耐震診断の結果	杭基礎		—			
	軀 体	階	GIS	評 価		
		1	0.69	b	NG	
		B1	0.80	b	NG	
	GIS 値は各階の最低値					
	耐震性能を満足しない原因		新耐震設計である。設計当時は許容応力度設計であり、保有水平耐力計算が行われていない。			

- a：建築非構造部材又はそれと構造体との取り付け部に問題があり、建築非構造部材が大地震動によって脱落することにより、人命に与える影響が極めて大きいと想定される。
- b：地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性がある。
- c：地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性は低い、要求される機能が確保できない恐れがある。
- d：地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性は低く、要求される機能が確保できる。

耐津波診断結果の概要を次表に示す。

表 7-3 耐津波診断結果一覧表（土木・建築）

診断項目		対象施設	塩素滅菌棟
耐津波診断の結果	浮力の検討		危険性低い
	耐圧部の検討	地上壁	OK
		大梁	OK
		地中梁	OK
		柱	OK
		地下壁	OK
		床版	OK
		底版	OK
	構造骨組みの検討		OK
	転倒の検討		危険性低い
	滑動の検討		危険性低い
	洗掘の検討		危険性低い

7-2 建築非構造部材の診断結果

表 7-4 建築非構造部材診断結果一覧表

診断項目		対象施設	塩素滅菌棟
建築非構造部材			はめ殺し窓あり
			c

- a：建築非構造部材又はそれと構造体との取り付け部に問題があり、建築非構造部材が大地震動によって脱落することにより、人命に与える影響が極めて大きいと想定される。
- c：耐震安全性の分類がA類となる施設において、要求される機能を発揮するうえで、問題がある。
- d：診断の結果に問題がない。

7-3 建築設備の診断結果

表 7-5 建築設備耐震診断総括表（建築電気）

対象施設 診断項目	塩素滅菌棟	
	結果	問題点
受変電設備	—	該当なし
自家発電設備	—	該当なし
直流電源設備	—	該当なし
電力幹線設備	d	特に問題なし
照明設備	d	特に問題なし
構内交換設備	d	特に問題なし
通信幹線設備	—	該当なし
自動火災報知設備	—	該当なし
非常放送設備	b	固定ボルトに錆び腐食あり
監視制御設備	—	該当なし

- b：設備機器、配管等の破損などにより、人命の安全確保に支障が生ずる恐れがある。甲類の施設においては、
 大事振動後における設備機器の確保に支障が生ずる恐れがある。
- c：設備機器、配管等の破損は生ずるが、人命の安全確保、設備機能の確保に影響を及ぼさない。
- d：設備機器、配管等の破損はなく、設備機能を確保できる。

表 7-6 建築設備耐震診断総括表（建築機械）

対象施設 診断項目	塩素滅菌棟	
	結果	問題点
給水設備	d	特に問題なし
排水設備	d	特に問題なし
給湯設備	—	該当なし
消火設備	—	該当なし
ガス設備	—	該当なし
空気調和設備	d	特に問題なし
排煙設備	—	該当なし
監視制御設備	—	該当なし
エレベーター設備	—	該当なし

- b：設備機器、配管等の破損などにより、人命の安全確保に支障が生ずる恐れがある。甲類の施設においては、
 大地震動後における設備機器の確保に支障が生ずる恐れがある。
- c：設備機器、配管等の破損は生ずるが、人命の安全確保、設備機能の確保に影響を及ぼさない。
- d：設備機器、配管等の破損はなく、設備機能を確保できる。

8. 耐震補強対策

8-1 耐震補強対策の基本的な考え方

8-1-1 耐震改修後の耐震安全性の目標（土木）

既設土木構造物の耐震対策は、「下水道施設の耐震対策指針と解説」に基づき、新設構造物と同等のレベル2地震動に対し、耐震性能2を確保することを基本とする。既設構造物の耐震性能目標と部材の損傷度を表8-1と表8-2に記す。

※「下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-」によれば、「補強が困難な場合等においては、要求機能の優先度を踏まえ、耐震性能2'への補強等を行い、段階的な耐震性能の向上を図ることができる。」とあるが、耐震性能レベル2'の評価は、静的非線形解析による検討が必要である。

本業務では、レベル2地震動に対し、耐震性能2を確保する方針とする。

表 8-1 既設構造物の耐震性能目標

性能	地震動	基本的 要求性能	限 界 状 態
耐震性能1	レベル1	供用性	全ての部材 ^{注1} が損傷度Ⅰ以内（許容応力度以内）とし、修復せずに本来機能を確保できる状態
耐震性能2	レベル2	安全性 修復性Ⅰ	全ての部材 ^{注1} が損傷度Ⅱ以内とし、損傷の修復を容易に行える状態
耐震性能2'		安全性 修復性Ⅱ	一部の部材が損傷度Ⅲ以内 ^{注2} であるが、構造物全体として崩壊せず ^{注3} 、最低限の機能が確保できる状態

注1 地震力を受ける構造部材

注2 許容塑性率による照査（(3)3）静的非線形解析を用いた耐震性能2'の照査を参照）

注3 層間変形角による照査（(3)3）静的非線形解析を用いた耐震性能2'の照査を参照）

出典：下水道施設耐震対策指針と解説(p.9-3-2)

表 8-2 部材の損傷度と状態

部材の損傷度	部材の状態
損傷度Ⅰ	損傷はほとんどなし
損傷度Ⅱ	損傷は軽微で補修は容易
損傷度Ⅲ	損傷を受け、補修・補強が必要
損傷度Ⅳ	破壊している

出典：下水道施設耐震対策指針と解説(p.9-3-3)

(1) 耐震改修後の耐震性能評価

耐震改修後の躯体の診断は、修正された計算条件のもとで、レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動に対して行う。レベル 1 地震動では許容応力度法により、レベル 2 地震動では限界状態設計法により行う。

(i) レベル 1 地震動

下記の式により発生応力度が許容応力度以内（1.0 以上）に収まることにより評価する。

- i) σ_{ca}/σ_c （コンクリートの許容曲げ圧縮応力度／発生曲げ圧縮応力度） ≥ 1.0 … OK
- ii) τ_a/τ （コンクリートの許容せん断応力度／発生せん断応力度） ≥ 1.0 … OK
- iii) σ_{sa}/σ_s （鉄筋の許容引張応力度／発生引張応力度） ≥ 1.0 … OK

(ii) レベル 2 地震動

下記の式により破壊モードの解消及び、発生応力が設計耐力内に収まるか評価する。

- i) $M_{ud}/\gamma_i \cdot M_d$
（設計曲げ耐力／材料係数×レベル 2 地震動時の設計曲げモーメント）
- ii) $V_{yd}/\gamma_i \cdot V_d$
（設計せん断耐力／材料係数×レベル 2 地震動時の設計せん断力）
- iii) $\gamma_i \cdot V_{mu}/V_{yd}$ （破壊モード判定）
（材料係数×部材が曲げ耐力 M_u に達する時のせん断力／レベル 2 地震動時のせん断力）

耐震改修後の構造躯体の診断の評価目標は、対象地震動毎に以下の通りとする。

(i) レベル 1 地震動

発生応力度が許容応力度以内に納まることとする。

(ii) レベル 2 地震動

発生応力が設計耐力内に納まること、せん断破壊モード判定とならないこととする。

8-1-2 耐震改修後の耐震安全性の目標（建築）

大地震動に対する耐震改修後の構造体の耐震安全性は、原則として表 8-11 によるものとする。

表 8-11 構造体の耐震安全性の目標

分類	耐震安全性の目標
I 類	大地震動後、構造体の補修をすることなく建築物を使用できることを目標とし、人命の安全確保に加えて十分な機能確保が図られている。
II 類	大地震動後、構造体の補修をすることなく建築物を使用できることを目標とし、人命の安全確保に加えて機能確保が図られている。
III 類	大地震動により構造体の部分的な損傷は生じるが、建築物全体の体力の低下は著しくないことを目標とし、人命の安全確保が図られている。

耐震安全性の目標の分類が、I 類又は II 類にあたる施設で、構造体の保有する耐震性能が著しく低いため、施設の機能確保、施工性及び経済性の観点から、耐震改修により所要の目標を達成することが困難と判断される場合には、施設の用途変更、近隣における代替施設の確保等により、耐震安全性の目標の見直しを行い、III 類相当まで低下させることは差しえない。

同様に一度の補修では所要の目標に達しない場合においては、第一弾として、人命の安全確保が図られるようなレベルまでとりあえず補強を行うことが望ましい。

(1) 耐震改修後の耐震性能評価

耐震補強後の耐震性能評価の目標値を表 8-12 に示す。

表 8-12 耐震改修後の耐震性能評価

耐震性能評価	目標値
層間変形角	1/200 以下
構造耐震指標	$1.0 \leq gIs$

参考として、次頁以降に一般的な耐震補強工法例を示す。

鉄筋コンクリート造の耐震性能の向上は、原則として、耐力及びじん性を向上させる方法による。単なる耐力の向上だけでなく、部材のじん性向上や全体の耐力バランスの確保にも留意する必要がある。

今回の耐震診断結果において、耐震性能を満足しなかった要因は、

- ① 耐震性能の評価方法が設計時と異なる保有水平耐力計算で評価した結果、純ラーメン架構である1階が、層間変形角 1/200 に達した時点で十分な部材剛性を有しておらず、目標とする保有水平耐力を十分確保できなかったこと。
- ② 剛強な耐震壁に囲まれた B1 階を地上階としてモデル化したことで、剛性の低い純ラーメン架構である1階の剛性率による F_s （形状係数）の割増し。

である。

今回の建築物は鉄筋コンクリート造であり、「鉄筋コンクリート壁の増設」は、既存壁の剛性強化に有効である。

これより、今回の建築構造物の耐震改修工法として

耐力向上 : 耐震壁増設

を採用する。

8-2 塩素混和池耐震補強案（土木）

8-2-1 耐震補強方針

耐震診断の結果、塩素混和池は耐震性能を満足しない結果となった。

各地震時における目標となる耐震性能を満足するために必要な耐震補強を行う。

8-2-2 耐震補強案

以降に耐震補強案を示す。

部材の特性と補強実施状況を踏まえ、施工対策を整理する。

■ 補強対策案（部材：大梁）

診断結果より、大梁の補強案を以降に示す。

補強工事の可否については、下表の通りである。

レベル1地震時では、全ての部材が目標の耐震性能を満足するため、補強は不要である。

レベル2地震時では、せん断破壊モードNGとなる部材があるため、後施工せん断補強筋工法を用いた耐震補強が必要である。

表 8-14 大梁の耐震補強工事の可否について

番号	部材	位置	レベル	NG要因	補強方法	今回調査実施	施工可否	理由
①	1G5	C通り1端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	●	ストレーナー配管、ストレーナードレン管、架台の撤去復旧が必要。
②	1G5	C通り2端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	○	施工可能。
③	1G5A	C通り2端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	○	施工可能。
④	1G5A	C通り3端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	○	貯留タンク基礎の撤去・復旧が必要。

施工可否 ○：実施可能（軽微な撤去・復旧も含む）
 ●：比較的軽微な仮設は必要だが、実施は可能
 △：施工に制約（主要配管の切り回しや主要設備の撤去・復旧など）がある。
 ▲：施工に処理機能の低下や、大規模な仮設を必要とする。

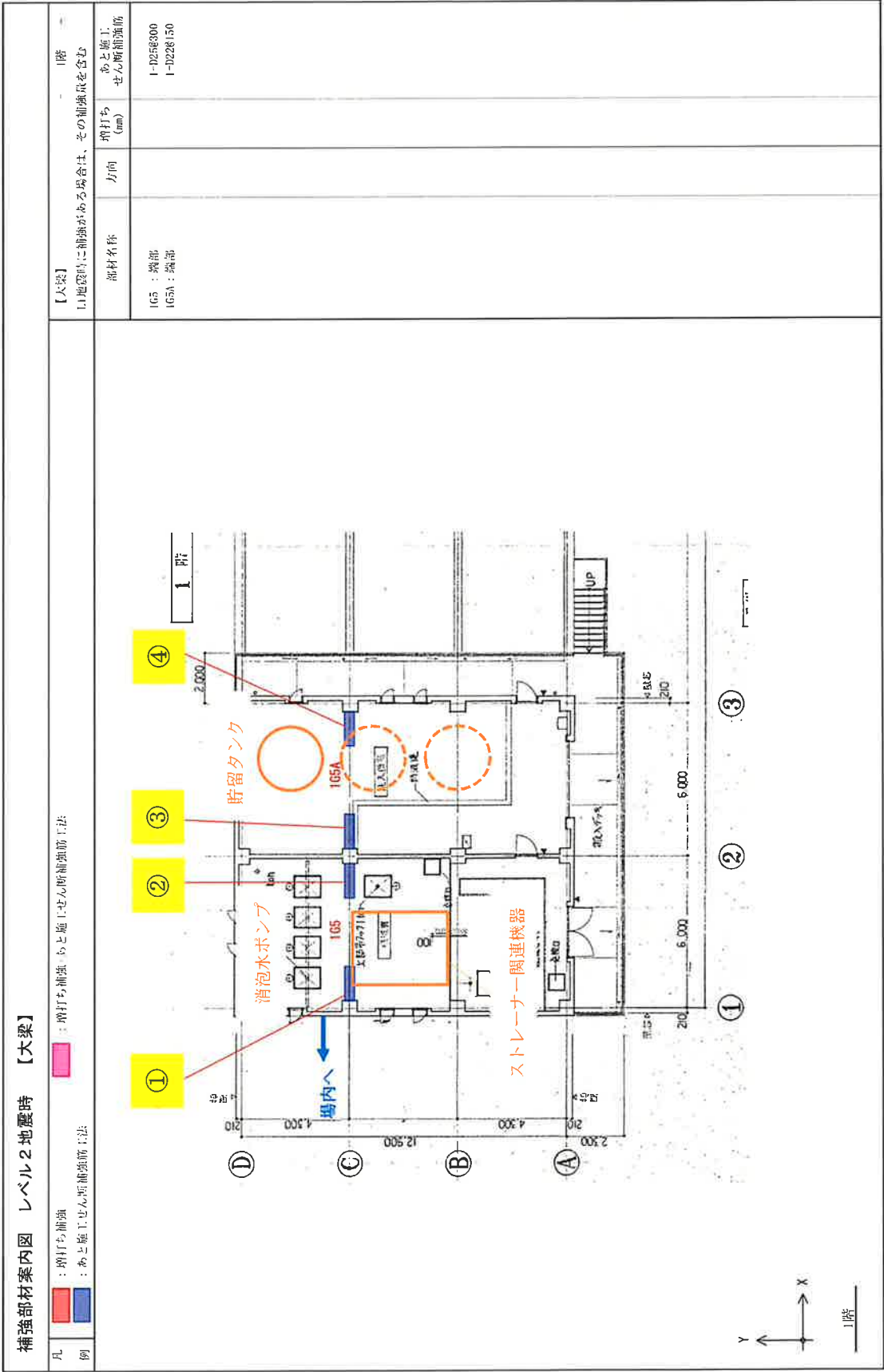


図 8-1 構造体の補強案内図（地震動：レベル2、部材：大梁、1F）

■ 補強対策案（部材：地中梁）

診断結果より、地中梁の補強案を以降に示す。

補強工事の可否については、下表の通りである。

レベル1地震時では、曲げ耐力不足となる部材があるため、コンクリート増打ち補強を用いた耐震補強が必要である。

レベル2地震時では、せん断破壊モードNGとなる部材があるため、レベル1地震時の補強に加えて、せん断破壊モードNGについてはあと施工せん断補強筋工法を用いた耐震補強が必要である。

表 8-15 地中梁の耐震補強工事の可否について

番号	部材	位置	レベル	NG要因	補強方法	今回調査実施	施工可否	理由
①	B1G2	C通り1-2間	1, 2	曲げ耐力不足	増打ち補強	済	▲	水槽内のドライ化が必要になる。
②	B1G2	C通り1端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水槽内のドライ化が必要になる。
③	B1G2	C通り2端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水槽内のドライ化が必要になる。
④	B1G2A	C通り2端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水槽内のドライ化が必要になる。
⑤	B1G3	3通りC端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水槽内のドライ化が必要になる。
⑥	B1G3	3通りB端	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水槽内のドライ化が必要になる。

施工可否 ○：実施可能（軽微な撤去・復旧も含む）

●：比較的軽微な仮設は必要だが、実施は可能

△：施工に制約（主要配管の切り回しや主要設備の撤去・復旧など）がある。

▲：施工に処理機能の低下や、大規模な仮設を必要とする。

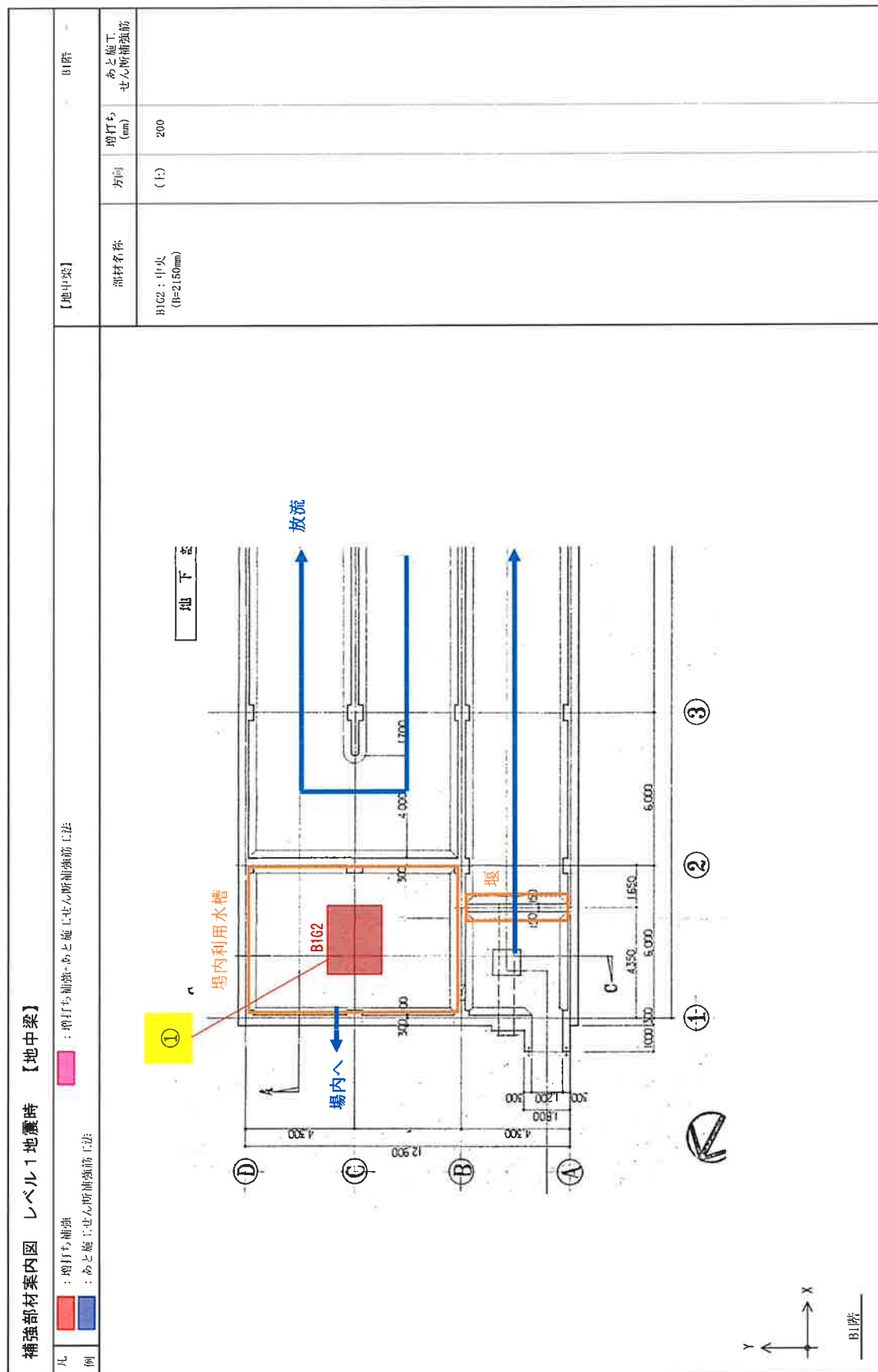


図 8-2 (a) 構造体の補強案内図 (地震動：レベル1、部材：地中梁、B1F)

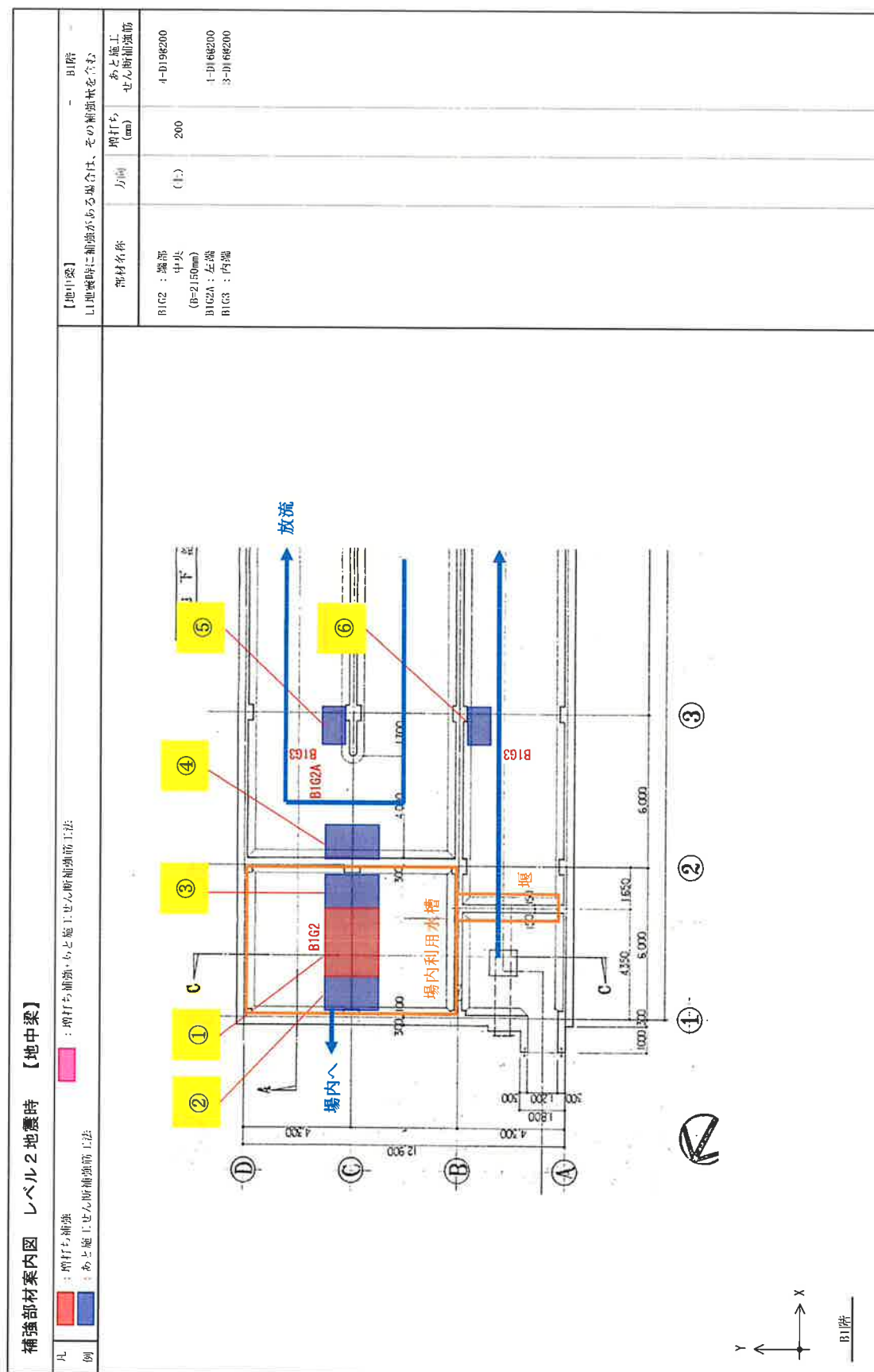


図 8-2 (b) 構造体の補強案内図 (地震動 : レベル 2、部材 : 地中梁、B1F)

■ 補強対策案（部材：柱）

診断結果より、レベル 1、レベル 2 地震時ともに全ての部材が目標の耐震性能を満足するため、補強は不要である。

■ 補強対策案（部材：地下壁）

診断結果より、地下壁の補強案を以降に示す。

補強工事の可否については、下表の通りである。

レベル 1 地震時では、全ての部材が目標の耐震性能を満足するため、補強は不要である。

レベル 2 地震時では、せん断破壊モード NG となる部材があるため、後施工せん断補強筋工法を用いた耐震補強が必要である。

表 8-16 地下壁の耐震補強工事の可否について

番号	部材	位置	レベル	NG要因	補強方法	今回調査実施	施工可否	理由
①	ハ部 (W30)	2通りC-D間	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水槽内のドライ化が必要になる。
②	ハ部 (W30)	2通りB-C間	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水槽内のドライ化が必要になる。

施工可否 ○：実施可能（軽微な撤去・復旧も含む）
 ●：比較的軽微な仮設は必要だが、実施は可能
 △：施工に制約（主要配管の切り回しや主要設備の撤去・復旧など）がある。
 ▲：施工に処理機能の低下や、大規模な仮設を必要とする。

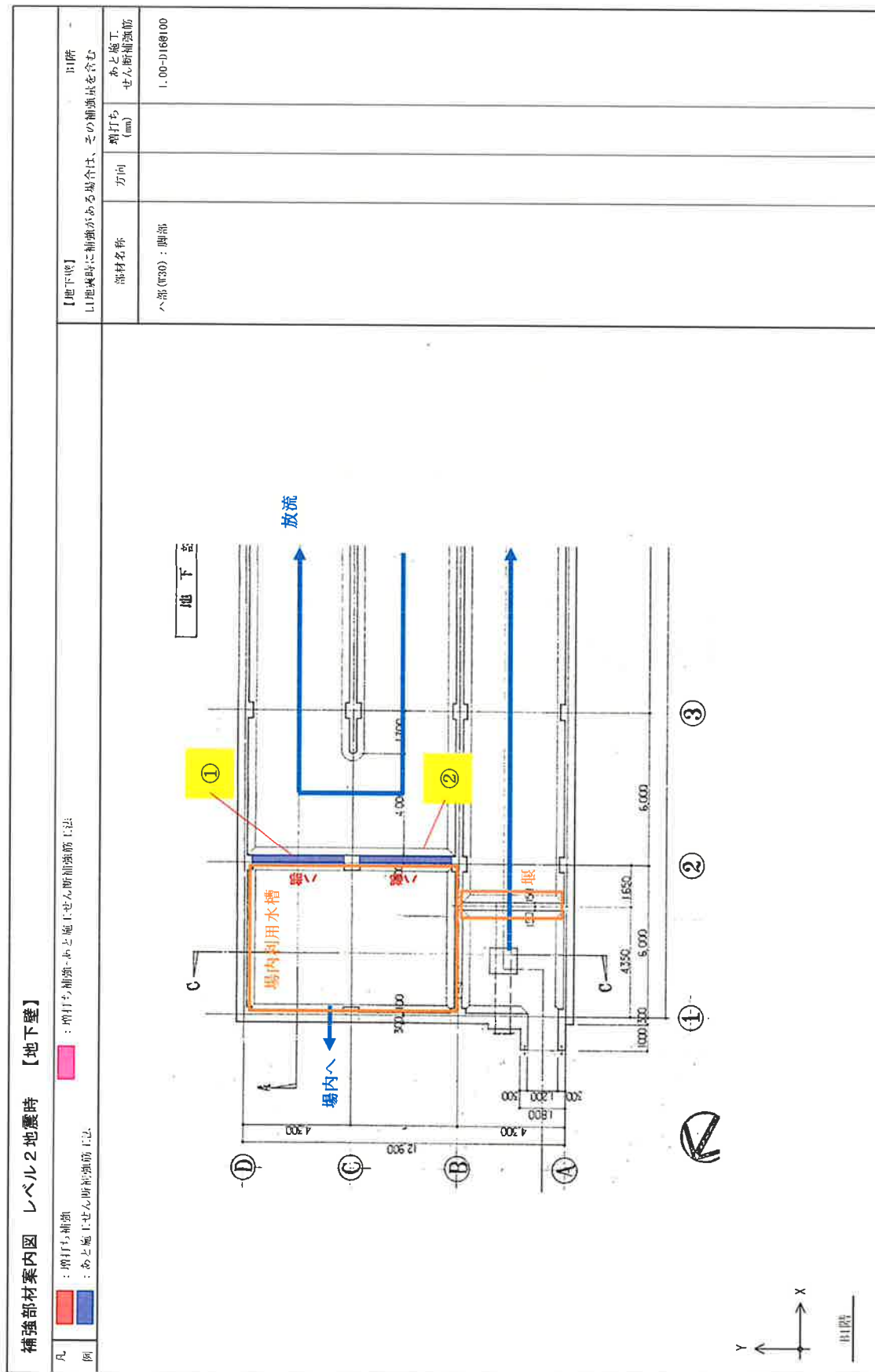


図 8-3 構造体の補強案内図 (地震動 : レベル 2、部材 : 地下壁、B1F)

■ 補強対策案（部材：底版）

診断結果より、レベル 1、レベル 2 地震時ともに全ての部材が目標の耐震性能を満足するため、補強は不要である。

■ 補強対策案（部材：壁式構造部）

診断結果より、壁式構造部の補強案を以降に示す。

補強工事の可否については、下表の通りである。

レベル 1 地震時では、全ての部材が目標の耐震性能を満足するため、補強は不要である。

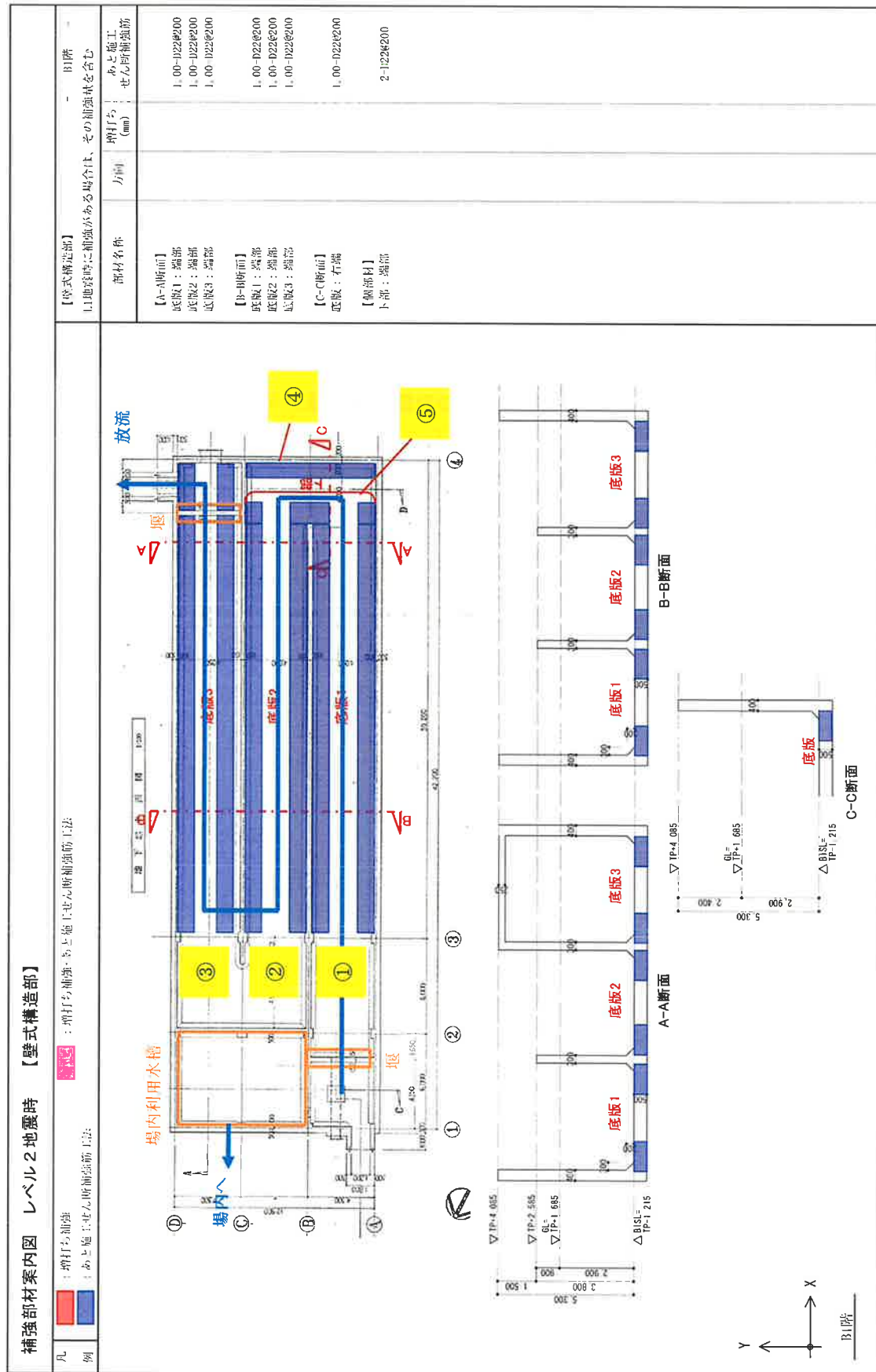
レベル 2 地震時では、せん断耐力不足・せん断破壊モード NG となる部材があるため、後施工せん断補強筋工法を用いた耐震補強が必要である。

表 8-17 壁式構造部の耐震補強工事の可否について

番号	部材	位置	レベル	NG要因	補強方法	今回調査実施	施工可否	理由
①	底版1	A-B間3-4間	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水櫃内のドライ化が必要になる。
②	底版2	B-C間3-4間	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水櫃内のドライ化が必要になる。
③	底版3	C-D間3-4間	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水櫃内のドライ化が必要になる。
④	C-C断面	A-C間3-4間	2	破壊モードNG	後施工せん断補強筋	済	▲	水櫃内のドライ化が必要になる。
⑤	ト部	A-C間3-4間	2	破壊モードNG せん断耐力不足	後施工せん断補強筋	済	▲	水櫃内のドライ化が必要になる。

施工可否

- ：実施可能（軽微な撤去・復旧も含む）
- ：比較的軽微な仮設は必要だが、実施は可能
- △：施工に制約（主要配管の切り回しや主要設備の撤去・復旧など）がある。
- ▲：施工に処理機能の低下や、大規模な仮設を必要とする。



8-2-3 補強工事時の仮設計画案（塩素混和池部）

(1) 実施方針

土木部の耐震補強工事では、水槽内のドライ化が必要となり、工事の際には消毒機能を担保するための仮設の塩素混和池（以下仮設水槽）と放流渠までの水路が必要となる。水路に関しては、潮江水再生センター内に設置されているバイパス管を用いることとする。

以下に、現況の塩素混和池諸元を示す。

表 8-18 潮江水再生センター塩素混和池諸元

項目	単位	数値	備考
流入水量	m ³ /日	33,600	H30 事業計画値(日最大)
接触時間	分	15	設計指針より
池形状			
池幅	m	4.0	
池長	m	32.0	
水深	m	3.0	
列数	m	3	
実接触時間	分	$4.0 \times 32.0 \times 3.0 \times 3 \times 24 \times 60 / 33,600 = 49.4$	

現況の池構造に対する実接触時間は、H30 事業計画の日最大汚水量で、設計指針で定められている接触時間の 3 倍以上確保できていることが分かる。

一方で、補強工事を実施する際には池内のドライ化が必要となり、設計指針で定められている接触時間 15 分を確保するために必要な容量を確保する必要がある。必要容量については、バイパス管容量を含むものとする。

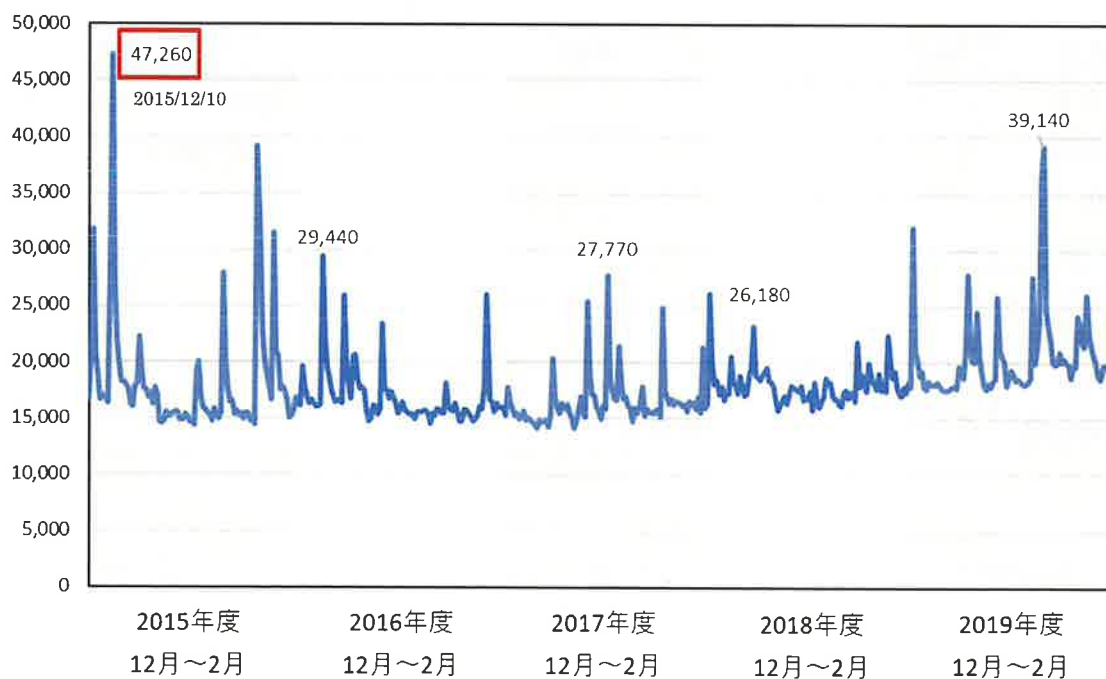
また、雨天時汚水の流入を抑制するために、雨水沈殿池内は可能な限り空にしておき、工事期間中は雨水の貯留が可能な状態にしておく必要がある。

消毒方法については、仮設水槽付近で固形塩素を投入する計画とする。

(2) 実施時期

工事実施時期については、渇水期（12月～2月で設定）が望ましい。

以下に、2015～2019年度の過去5年間における渇水期の総流入水量を整理した図を示す。過去5年間における総流入水量の最大値は、2015年度の47,260m³/日である（参考：前日雨量111.5mm、当日雨量：68.5mm）。したがって今回計画する仮設水槽の容量は、渇水期の総流入水量の最大値を用いて算出することとする。



水再生センター再構築検討委託業務（R2-1）で受領した汚水処理月報データを参照

図 8-5 総流入水量実績

(3) 仮設水槽設置場所

最終沈殿池からの流出水路形状や、バイパス管の位置を踏まえると、必要となる仮設水槽は以下の図より、既設水処理施設の南東側が望ましい。

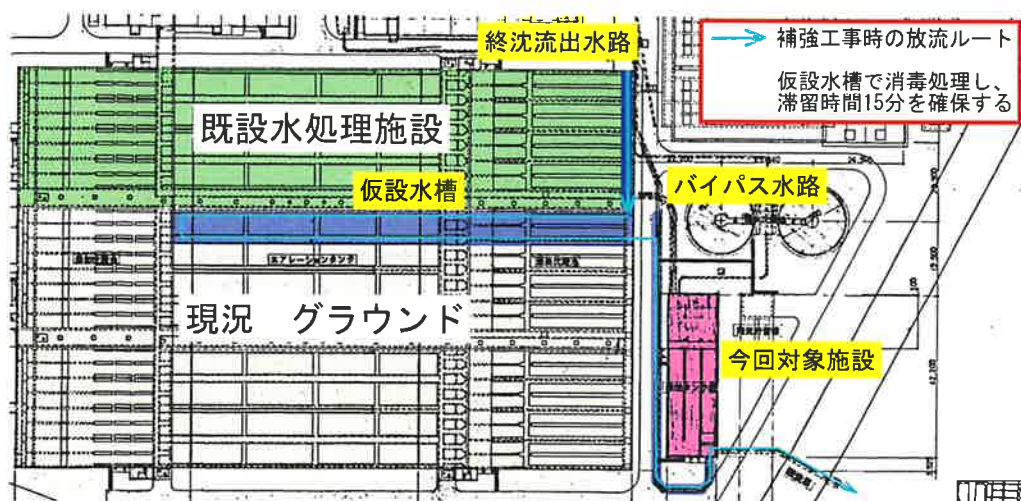


図 8-6 構造体の補強案内図

(4) 仮設水槽必要量

既設水処理施設の南東側に設置する計画である水槽の必要量は、必要容量からバイパス管容量を差し引いた値である。以下にバイパス管の諸元と、総流入水量に対する仮設水槽必要容量の表を示す。

表 8-19 バイパス管諸元

項目	単位	数値
管径	mm	φ 1350
管断面積	m ²	1.43
バイパス管流入位置からゲートまでの距離	m	90
バイパス管容量 (流入部からゲートまで)	m ³	130

表 8-20 仮設水槽必要容量

項目	単位	数値	備考
流入水量	m ³ /日	47,260	流入水量実績より
接触時間	分	15	設計指針より
必要容量	m ³	$47,260 \times 15 \div (24 \times 60) \approx 500$	

上表より、必要容量 500 m³からバイパス管容量 130 m³を差し引いた 370 m³が、補強工事に必要となる仮設水槽の容量である。

以下に仮設水槽のイメージ写真を示す。仮設水槽の周りは、計画以上の降雨や満潮時の浦戸湾からの逆流により水槽が溢れないようにするために、掘削した土を用いて盛土する計画とする。



写真 仮設水槽イメージ

以下に、仮設水槽の断面イメージ図を示す。仮設水槽は、素掘り方式を想定し、表面はモルタル吹付加工を行った後、防水の土木シートによる遮水対策が必要となる。

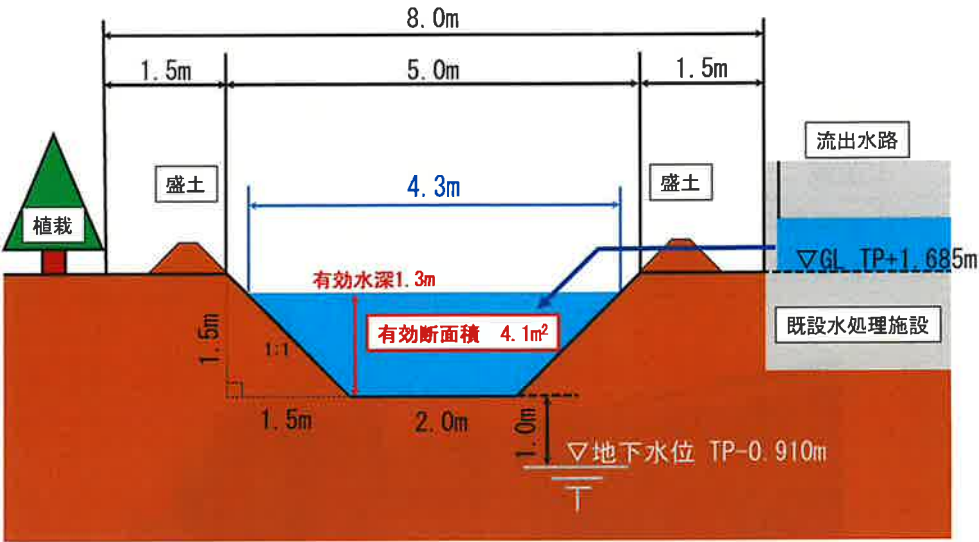


図 8-8 仮設水槽 断面イメージ図

仮設水槽設置スペース付近には、植栽があり、既設水処理施設との離隔は約 8.0mである。植栽や既設水処理施設からの離隔は 1.5m 確保し、水槽の法面は 1:1 で設けることとする。水槽深さについては、場内の地下水位から 1.0m の間隔を設け、地下水流出を防ぐ。

以上より、必要となる水槽寸法は以下のとおりである。

表 8-21 水槽寸法

項目	単位	水槽寸法
有効断面積	m	4.1
長さ	m	90
水槽容量	m³	約 370



図 8-8 仮設水槽の例

(5) 仮設水槽流出入部、放流部

最終沈殿池流出水路から仮設水槽、仮設水槽からバイパス管への配管は、 $\phi 900$ を想定する。
(流速については、 1.0m/s とする。)

表 8-22 配管必要管径

項目	単位	数値	備考
流入水量	$\text{m}^3/\text{秒}$	0.547	$47,260 \text{ m}^3/\text{日}$
流速	$\text{m}/\text{秒}$	1.0	設計指針より
必要断面積	m^2	0.547	
必要管径	mm	$\phi 900$	



写真 最終沈殿池流出部

塩素混和池放流部は、耐震 NG となっており、あと施工せん断補強筋工法での補強工事を実施する計画である。工事期間中、バイパス管からの処理水は SC プラグで通水することとし、不断水工法にて、補強工事に支障が出ないように配慮する必要がある。

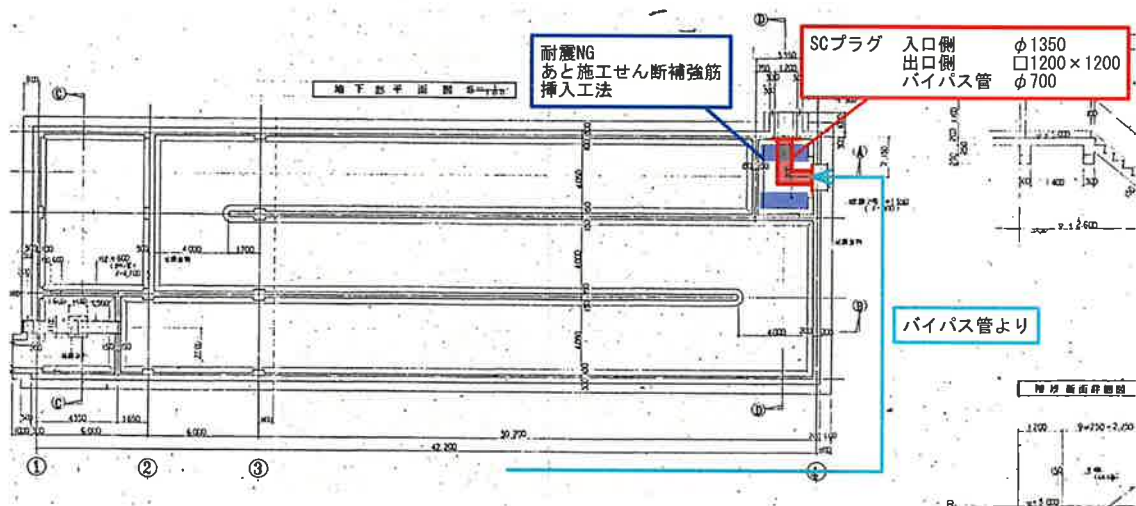
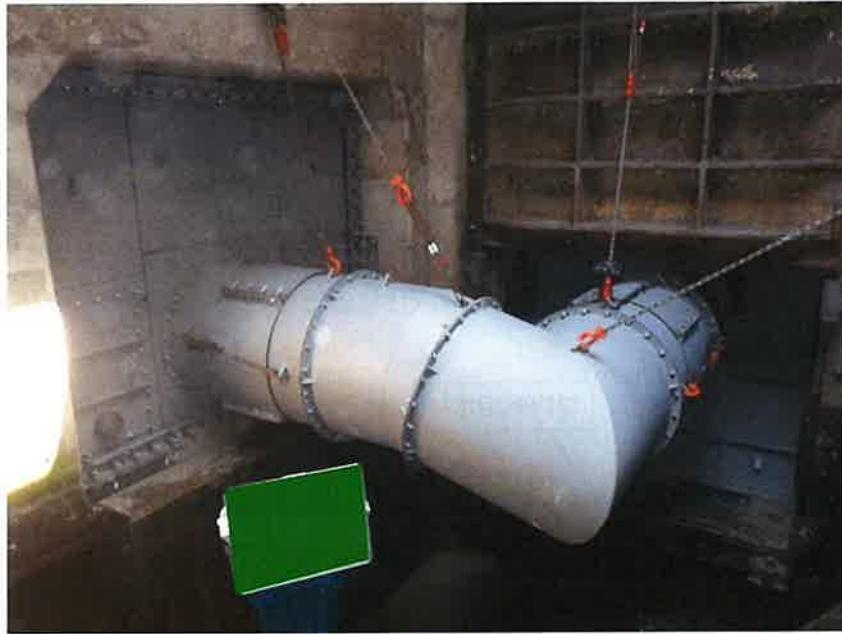


図 8-9 塩素混和池放流部 補強内容



SC プラグ 概要写真

8-2-4 補強工事時の仮設計画案（場内利用水槽部）

塩素混和池は、場内利用水を貯留する水槽を抱きかかえた構造である。今回診断結果では、レベル 1、レベル 2 で NG が見られたため、場内利用水槽を空にした際に各部材の補強工事を実施する計画である。

大梁については、1F 部分に支障物があるため場内利用水槽内から上向きにあと施工せん断補強筋の挿入を行う。地中梁については、コンクリート増打ちでの補強案が有力である。地下壁については、場内利用水槽内部より横向きにあと施工せん断補強筋を挿入する方針である。

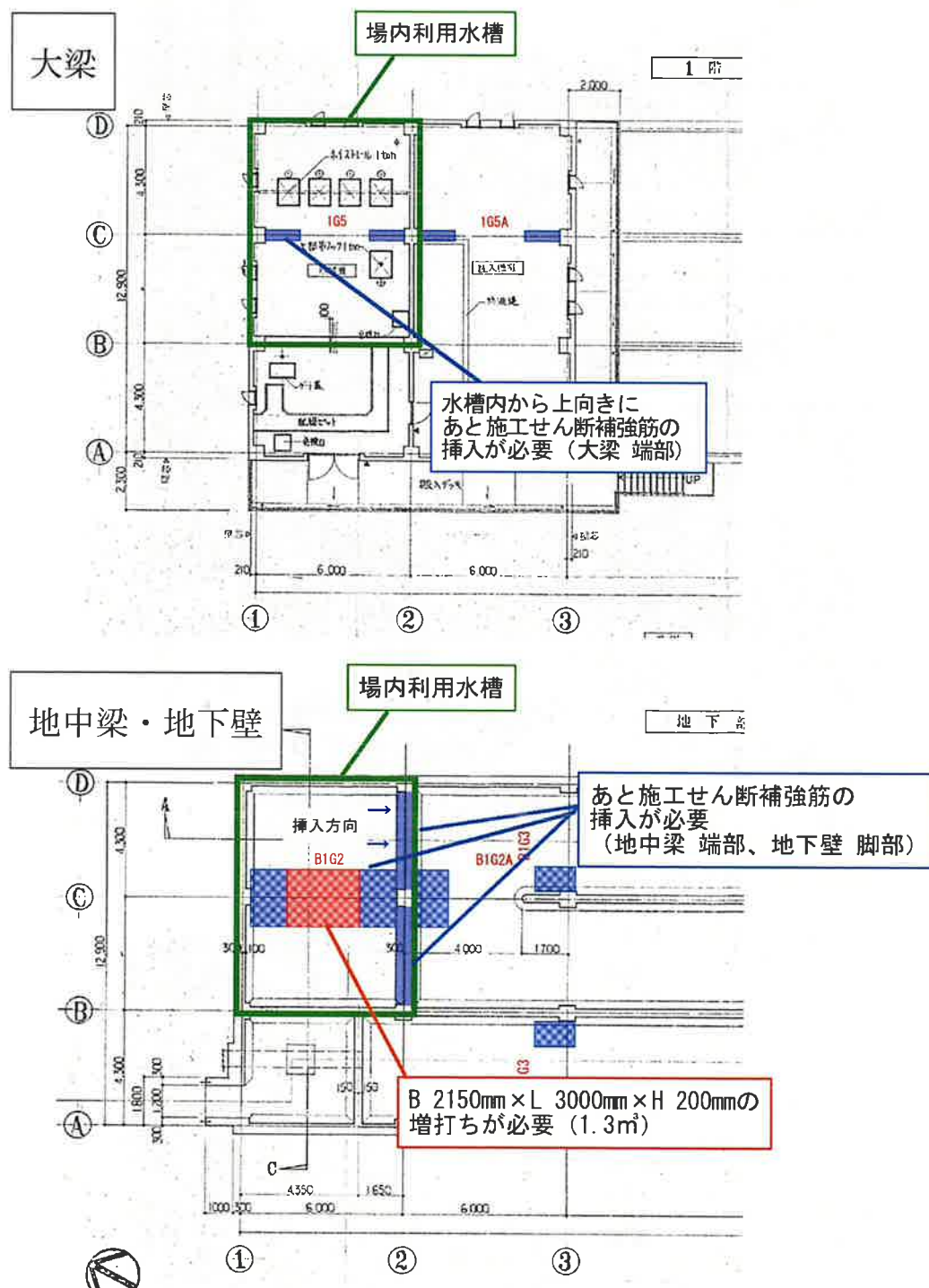


図 8-9 場内利用水槽部 補強内容

増打ちで必要となるコンクリートの容量は約 1.3 m³である。現在、場内利用水は沈砂池設備と沈砂搬出時の洗浄水として再利用しているが、工業用水での代替が可能のため、2～3 週間は塩素混和池側からの場内利用水供給は停止可能である。したがって、供給停止期間内に工事を実施する計画とする。

必要となる工事、数量、日数について以下に示す。

表 8-23 場内利用水槽補強工事 必要日数

		必要量	必要日数	作業日あたり標準作業量
共通	準備、排水、後片付け		1.5 日	
増打ち	アンカー	26 本	2 日	鉄筋挿入工 14 本/日/人
	鉄筋	0.2 t		地下構造物 3t/日/人
	型枠	2.06 m ²		38 m ³ /日/人
	水中コンクリート	1.3 m ³	5.5 日	人力 4 m ³ /日/人
	養生			
小計			8 日	
あと施工せん断補強筋	大梁	10 本	0.3 日	33.3 本/日/人
	地中梁	64 本	1.2 日	50.0 本/日/人
	地下壁	204 本	3.5 日	62.5 本/日/人
	鉄筋探査	22 m ²	1.5 日	15 m ³ /日
小計			6.5 日	

作業日あたり標準作業量：『国土交通省 土木工事標準積算基準書（共通編）』を参照

表 8-24 場内利用水槽補強工事 工程案

設計工程	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備考
共通													準備、排水、後片付け
増打ち													
あと施工せん断補強筋													

8-3 塩素滅菌棟耐震補強案（建築）

8-3-1 補強案の比較検討

耐震診断の結果、X 方向で耐震性能を満足しない結果となった。次頁に補強可能箇所を示す。これより、下記の補強方針にて耐震補強を行う。

今回の耐震診断結果において、耐震性能を満足しなかった要因は、

- ・ 剛強な耐震壁に囲まれた B1 階を地上階としてモデル化したことで、剛性の低い純ラーメン架構である 1 階の剛性率による F_s （形状係数）の割増し

である。

これらを解消する補強対策案が最も効率的な補強対策となる。

本建物の耐震補強案は、本建物の下水道施設としての機能を維持する必要があるため、補強箇所の制限が大きい。よって、下記の 3 案を立案し、比較検討を行う。

補強案 1：D 通 1-3 間 撤去新設壁（外部からの施工）

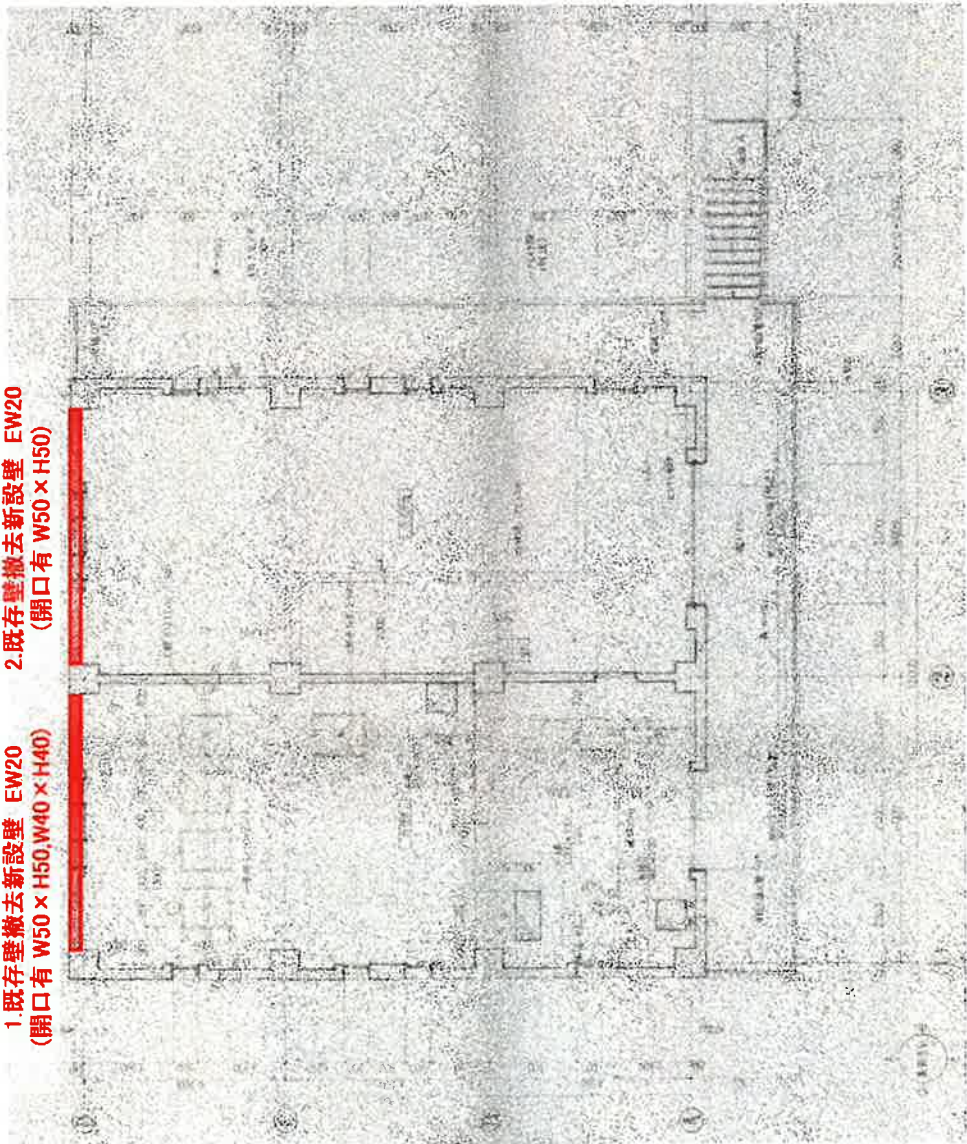
補強案 2：D 通 1-3 間 開口閉塞+既存壁増し壁（内部からの施工）

補強案 3：機械室搬入口移設

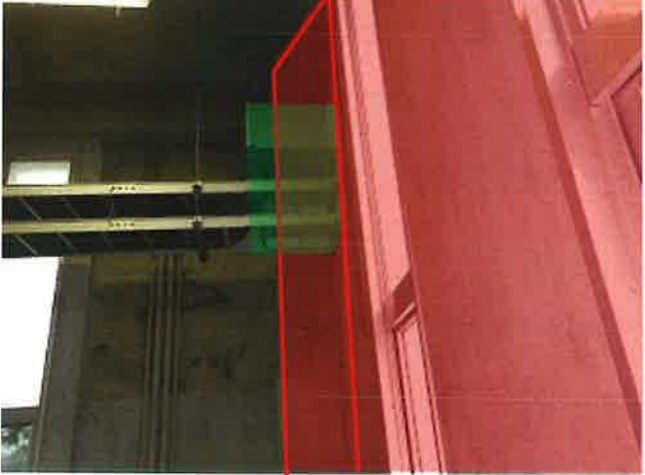
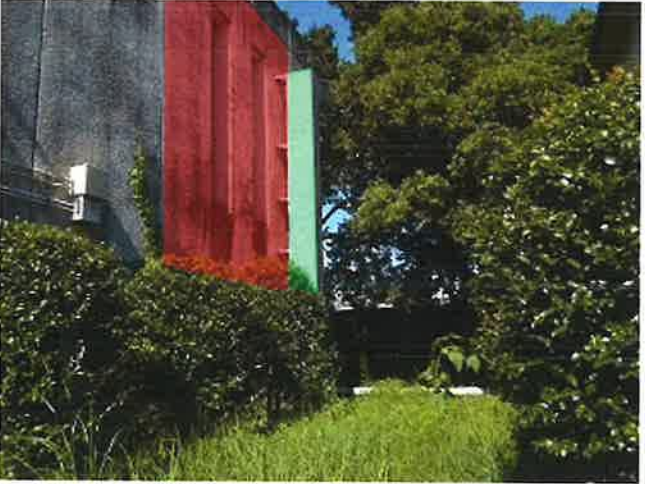
次頁以降に各補強案内図及び比較検討表を示す。

1F

1. 既存壁撤去新設壁 EW20
(開口有 W50 x H50, W40 x H40)
2. 既存壁撤去新設壁 EW20
(開口有 W50 x H50)



【補強案①】

1	1F	D 通 1-2 間 機械室 既存壁撤去新設壁 EW20 (開口有 W50×H50,W40×H40) ※消泡水管の移設を不要とする為に外部からの施工とする。	問題点
			換気扇・フード一時撤去再取付 (AM) 換気扇電源用引き出しプレート・配管配線撤去復旧 (AE) スピーカー一時撤去再取付・配管配線撤去復旧 (AE)
			ケーブルカバー一時撤去再取付 (PE) ケーブルラック一部撤去 (PE)
			プルボックス・配管配線撤去新設 (AE) ケーブルカバー・ケーブルラック一時撤去再取付 (PE)

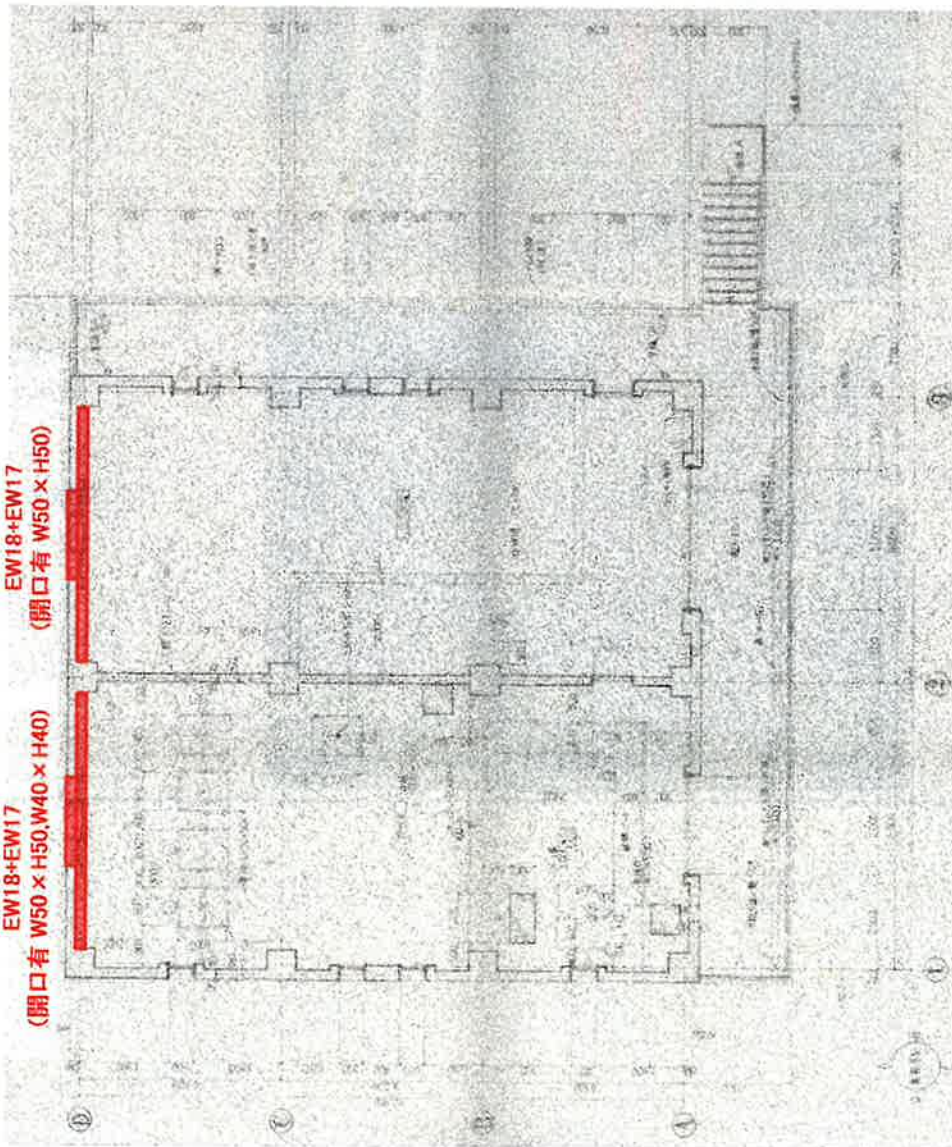
【補強案①】

2	1F	D 通 2-3 間 既存壁撤去新設壁 EW20 (開口有 W50×H50)	注入機室 問題点
			プルボックス・配管 配線撤去新設 (AE・PE) 空気管一時撤去新設 (PM)
			換気扇・フード 一時撤去再取付 (AM) コンセント・配管配線撤去新設 (AE・PE)

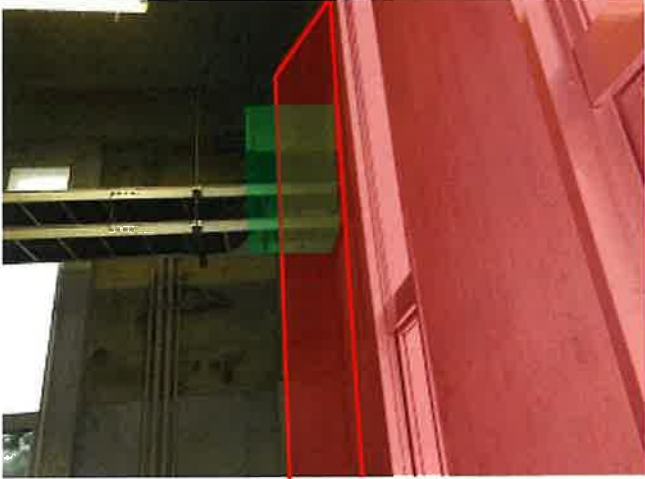
耐震補強案案内図

1F

- 1.開口閉塞+既存壁増し壁
EW18+EW17
(開口有 W50 x H50, W40 x H40)
- 2.開口閉塞+既存壁増し壁
EW18+EW17
(開口有 W50 x H50)



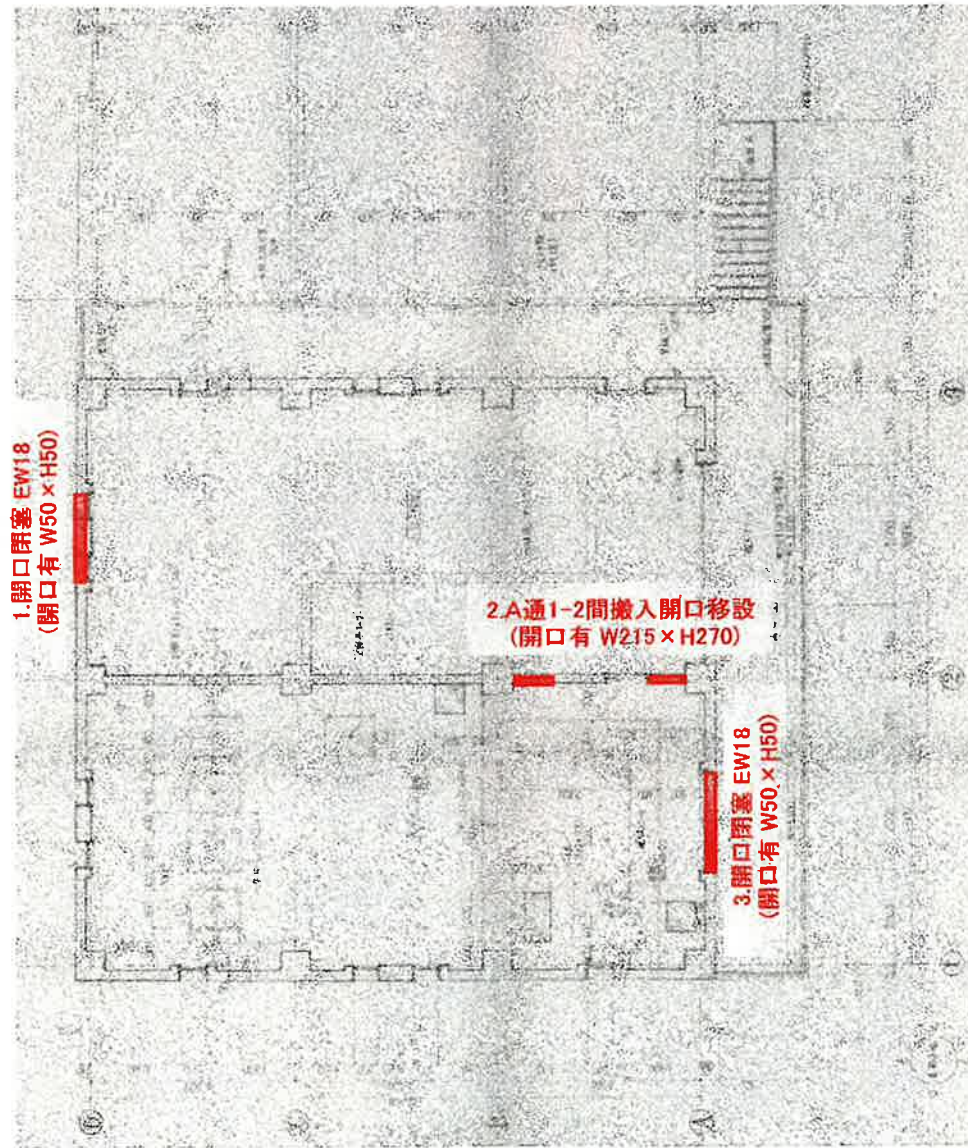
【補強案②】

1	1F	D 通 1-2 間 開口閉塞+既存壁増し壁 EW18+EW17 (開口有 W50×H50,W40×H40) ※内部からの施工が必要	機械室 問題点
			換気扇・フード一時撤去再取付 (AM) 換気扇電源用引き出しプレート・配管配線撤去復旧 (AE) スピーカー一時撤去再取付・配管配線撤去復旧 (AE)
			ケーブルカバー一時撤去再取付 (PE) ケーブルラック一部撤去 (PE)
			増壁なので内部施工スペースを確保するため、消泡水用配管移設 (PM)

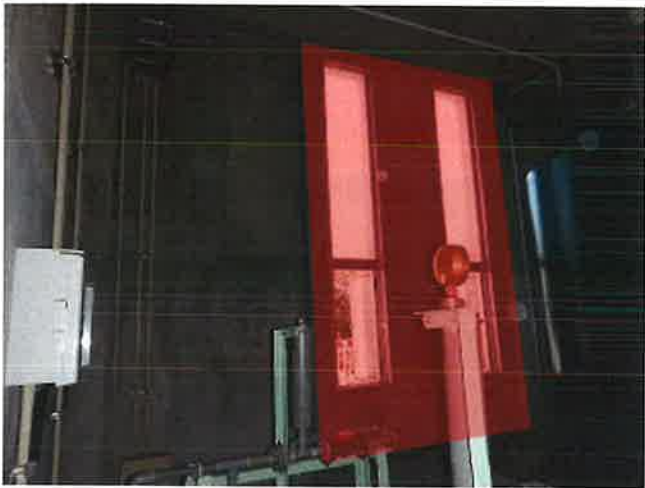
【補強案②】

2	1F	D 通 2-3 間 開口閉塞+既存壁増し壁 EW18+EW17 (開口有 W50×H50)	注入機室 問題点
			プルボックス・配管配線撤去新設 (AE・PE) 空気管一時撤去新設 (PM)
			タンク配管基礎撤去

1F



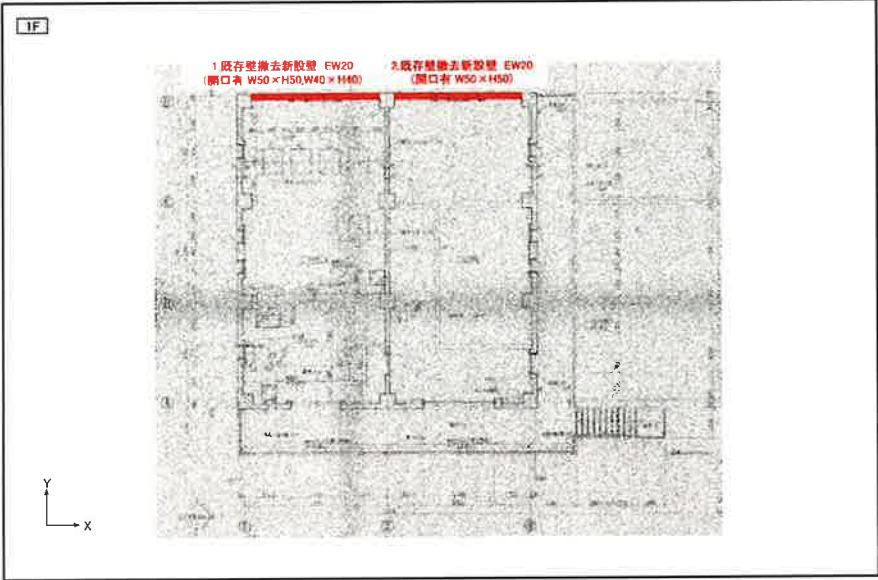
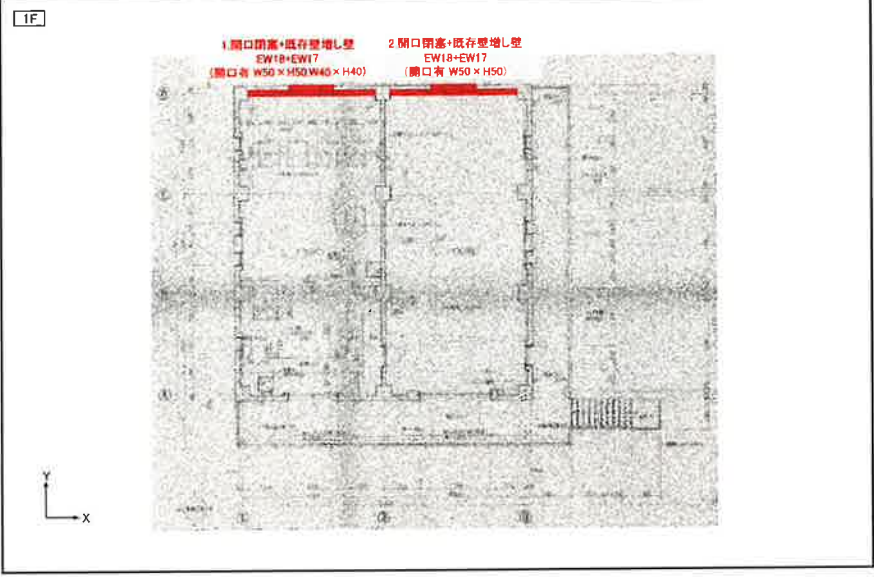
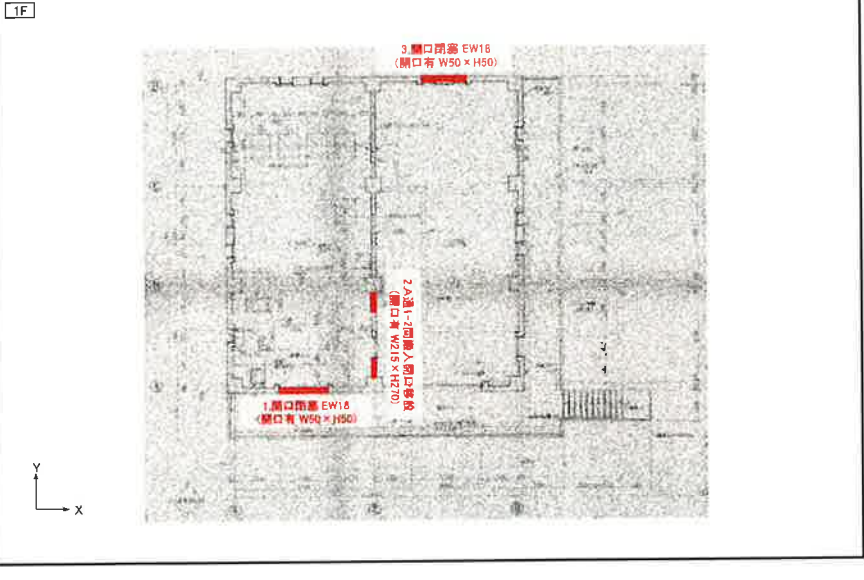
【補強案③】

1	1F	D 通 2-3 間 開口閉塞 EW18 (開口有 W50×H50)	注入機室	問題点
				窓閉塞 (A) スピーカー一時撤去再取付・配線撤去新設 (AE)
2	1F	2 通 A-B 間 A 通 1-2 間 搬入開口移設 (開口有 W215×H270)	注入機室	問題点
				扉新設 (A)
				電気盤移設 (PE)

【補強案③】

3	1F	A 通 1-2 間 開口閉塞 EW18 (開口有 W50×H50)	機械室 問題点
			扉移設 (A) 電話機一時撤去再 取付 (AE) 消火器移設

表 8-25 補強案比較表

検討項目		補強案①（D 通 1-3 間 撤去新設壁）	補強案②（D 通 1-3 間 開口閉塞+既存壁増し壁）	補強案③（機械室搬入口移設）
補強概要		窓開口及び設備開口を有する D 通 1-3 間の既存壁(雑壁)を撤去し、設備開口のみを残した有開口耐震壁を新設する案	D 通 1-3 間の既存壁(雑壁)の窓開口を閉塞し、増し壁も同時に行う案。補強案①と比較すると壁厚が厚くなるため、壁打設時の型枠が壁際に配置されている設備基礎に干渉する	D 通 1-3 間の既存壁(雑壁)の窓開口を閉塞し、搬入開口を移設し A 通 1-2 間の搬入開口を閉塞し耐震壁とする案。
補強概要図				
施工上の留意点		・D 通 1-2 間の室内側に消泡水管がある。この移設を防ぐために室内側からの施工ではなく屋外からの施工とする。	・増壁は室内側からアンカーを壁面に施工する必要があるため室内側に施工スペースが必要となる。	・特になし
維持管理上の留意点		・特になし	・特になし	・塩素滅菌機室側の搬入開口を閉塞するため、塩素滅菌室側への機器搬入は機械室を経由する必要がある
プラント設備への影響		・外部ケーブルラック・ケーブルカバーの一時撤去再取付が必要 ・内部ケーブルラック一部撤去が必要 ・内部ケーブルカバーの一時撤去再取付が必要 ・空気の一時撤去再取付が必要	・外部ケーブルラック・ケーブルカバーの一時撤去再取付が必要 ・内部ケーブルラック一部撤去が必要 ・内部ケーブルカバーの一時撤去再取付が必要 ・空気の一時撤去再取付が必要 ・消泡水管の移設が必要	・電気盤の移設が必要だが、更新計画は当面なし
建築機械への影響		・D 通 1-2 間・2-3 間の換気扇 2 台・換気扇フード（屋外）2 個一時撤去再取付が必要	・同左	・特になし
建築電気への影響		・D 通 1-2 間・2-3 間の換気扇用電源引き出しプレート・配管配線の撤去新設が必要 ・スピーカーの一時撤去再取付・配管配線撤去新設が必要 ・屋外に設置されているコンセント(電灯・動力)2 箇所の撤去新設が必要 ・プルボックス・配管配線の撤去新設が必要	・D 通 1-2 間・2-3 間の換気扇用電源引き出しプレート・配線の撤去新設 ・スピーカーの一時撤去再取付・配管配線撤去新設が必要 ・屋外に設置されているコンセント(電灯・動力)用の撤去新設が必要	・A 通 1-2 間に設置されている電話機の一部撤去再取付が必要 ・D 通 2-3 間のスピーカーの一部撤去再取付・配管配線撤去新設が必要
経済性 (本工事費)	A	9,000 (千円)	11,580 (千円)	9,130 (千円)
	AM	200 (千円)	200 (千円)	—
	AE	500 (千円)	400 (千円)	70 (千円)
	PM	500 (千円)	2,500 (千円)	—
	PE	500 (千円)	500 (千円)	—
	合計	10,700 (千円)	15,180 (千円)	ストックマネジメントによる別計上 9,200 (千円) + スtockマネジメントによる別計上
総合評価		推奨		

8-3-3 耐震補強後の評価結果

ここで、耐震補強案結果を記す。

下記の時点をもって崩壊メカニズムとした。崩壊メカニズムは、

X 方向は「指定層間変形角」、Y 方向は「局部崩壊形」で決定しているため、この時点を保水平耐力とする。

方向	加 力	保有水平耐力決定事項
X	左→右	1階が指定層間変形角(1/200)に達した。 (最終STEP = 363)
	右→左	1階が指定層間変形角(1/200)に達した。 (最終STEP = 356)
Y	左→右	B1階1通A-D間の耐震壁が脆性破壊した。 (最終STEP = 331)
	右→左	B1階1通A-D間の耐震壁が脆性破壊した。 (最終STEP = 334)

本診断における目標耐震性能は、下表「 $GIs \geq 1.0$ 」とする。

下記に示すように診断の結果、要求する耐震性能を満足している。

方 向	加 力	階	$GIs = \frac{Q_u}{I \cdot \alpha \cdot Q_{un}}$	判定 $GIs \geq 1.00$	$Q_u / \alpha \cdot Q_{un}$	判定 $Q_u / \alpha \cdot Q_{un} \geq 1.00$
X 方 向	正 加 力	1	1.35	○	1.68	○
		B1	1.86	○	2.33	○
	負 加 力	1	1.29	○	1.61	○
		B1	1.78	○	2.22	○
Y 方 向	正 加 力	1	1.74	○	2.17	○
		B1	1.16	○	1.45	○
	負 加 力	1	1.75	○	2.19	○
		B1	1.17	○	1.46	○

着色部は、NGを示す。

次頁に、診断表を示す。

8-3-4 建築設備の耐震改修方針

(1) 建築電気

土木、建築の耐震対策に合わせて、その補強壁等に関わる建築電気設備の一時撤去・再取付、撤去・新設を行う。

- ・ 今回補強する壁に取り付けられている各機器の一時撤去・再取付を行う。
- ・ 現状躯体内に打ち込み配管されており、壁の撤去新設施工時に配管が切断される可能性があり露出配管配線にて新設を行う。

建築電気設備の耐震診断結果に基づき、問題点として上げている設備の整備が必要である。

- ・ スピーカーの固定ボルトに錆び腐食があり適切な処理を施す。

(2) 建築機械

土木、建築の耐震対策に合わせて、その補強壁に関わる建築機械設備の一時撤去・再取付を行う。

- ・ 今回補強する壁に取り付けられている換気扇・フードを一時撤去・再取付を行う。

建築機械設備の耐震診断結果に基づき、問題点として特に問題ない。

8-3-5 非構造部材の耐震対策

耐震診断の結果、機械棟は人命に与える影響があると想定される結果となった。
要因としては、

- ・ はめ殺し窓がある。

ことによる。以上より、下記の方針にて耐震対策の提案を行う。

【耐震対策方針】

はめ殺し窓は、ガラス飛散防止策として飛散防止フィルムの貼付を行う。

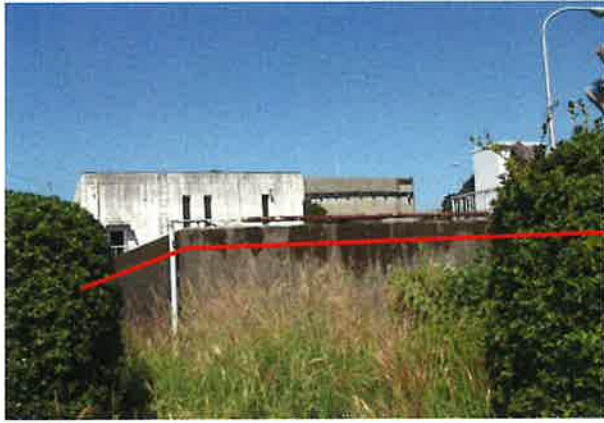
9. 耐津波対策

9-1 耐津波補強対策方針

9-1-1 耐津波補強対策の基本条件

「平成 24 年度 高知県下水津波対策に関する共同研究」より、津波高さを整理する。

表 9-1 塩素滅菌棟・塩素混和池津波高さ (2.12m)

西立面	南立面
	
東立面	北立面
	

9-2 塩素混和地・塩素滅菌棟

9-2-1 耐津波補強対策

耐津波診断より、津波の波力に対して土木構造物、建築構造物共に全ての部材耐力が満足する結果となった。

これに基づき、構造物の倒壊を防ぐ対策を施す必要性がないため建築設備の対策も不要である。

11. 実施設計への申し送り事項及び今後の提言

11-1 構造物の耐震化について

土木部分である地下構造物は耐震性能を満足しない結果となった。しかし、以下に示すとおり、今回対象施設である塩素混和池は、処理場の消毒機能を担保する施設となっているため、要求機能の優先度が高くなっている。これより、土木部分の対策は短期対策に位置づける。

一方で、近年実績が増えている非線形解析の結果に基づけば、今回診断の結果（L1 に対する NG が少なく、せん断破壊モード判定に対する NG が多い）は、補強量の削減が期待できる。したがって、診断方法について耐震性能 2' の導入、並びに静的非線形解析による診断見直しを提案し、再診断の結果に基づく耐震補強を実施する方針とする。

既存の処理場・ポンプ場施設の優先度は、表 1.2.2 に示すとおり、揚水機能や消毒機能、必要最小限の沈殿機能、汚泥貯留機能等の要求機能に対する優先度が高く（優先度 A）、続いてその他の機能（優先度 B）とし、優先度 A の施設からレベル 1 及びレベル 2 地震動に対する耐震性能を段階的に確保していく。

表 1.2.2 地震時における要求機能の優先度（例）

（管路施設）

施設	要求機能	リスク回避（レベル 2 地震動）	
		優先度 A ^{注1}	優先度 B ^{注1}
特に重要な幹線等	流下機能	○	
その他の重要な幹線等	交通確保機能		○

（処理場・ポンプ場施設）

施設	要求機能	リスク回避（レベル 2 地震動）	
		優先度 A ^{注1}	優先度 B ^{注1}
処理場	揚水機能	○	
	消毒機能	○	
	沈殿機能	○（必要最小限の機能 ^{注2} ）	○
	脱水機能		○
	その他水処理・汚泥処理機能	○（汚泥貯留機能 ^{注2} ）	○
ポンプ場	揚水機能	○	
	その他の機能		○

注1 A は B より優先度が高い

注2 過去の被災状況から、他の施設等への影響度や代替機能の有無等を踏まえ、優先度が高いと考えられる機能

出典：『下水道施設の耐震対策指針と解説 2014 年版（日本下水道協会）』

建築部分の構造物は耐震診断結果で「倒壊し又は崩壊する危険性がある」との結果となった。これより建築部分の対策は短期対策に位置付ける。

11-2 耐震補強工事の施工計画について

耐震補強工事によるコンクリート工事にあたっては、解体・組立に伴う作業スペース、内外部足場スペースを十分に検討の上、仮設計画を立案する必要がある。

また、施工期間中も消防法・建築基準法に準じなければならない。以上のことから、工事期間中は、全ての人員を立ち入り禁止とした無人とする。

さらに補強工事にあたって設備の一時撤去・再設置が必要な場合は、施工協調を図った施工計画をたてる必要がある。

11-3 仮設計画について

混和池や場内利用水槽内の耐震補強工事時の仮設について、ポンプ能力・運転管理・維持管理への影響が考えられるため、詳細設計時における検討が必要である。

今後の耐震補強工事においては、建築設備の一時撤去・再設置が必要となるため、詳細設計時には、移設、仮設を考慮した仮設計画を十分に検討する必要がある。

また、設備改築などの関連事業との連携した工程計画が特に重要視される。

11-4 あと施工せん断補強筋の挿入工法について

あと施工せん断補強筋挿入工事にあたっては、支障物状況を踏まえた上での施工が必要となる。特に、今回の補強箇所でストレーナー機器などは支障移設が困難であるため支障物状況を踏まえて配筋ピッチを調整するなどの対応が必要である。

11-5 アスベスト調査等

耐震補強工事のみならず、設備更新工事等で内外装材の一部を撤去することが想定される。塩素滅菌棟は、これまでにアスベスト調査は行われていない。

平成 26 年の法改正により、責任の所在が施工者から発注者に変更され、アスベスト含有物を撤去等行わなければ各種工事を行うことができないこととなった。早期にアスベスト調査を行い、実施設計ではこれらの撤去設計も合わせて行う必要がある。

11-6 他事業との整合

耐震化事業はストックマネジメント計画と整合を図る必要がある。

土木・建築及び建築設備は、R3 年度よりストックマネジメント計画を策定中である。今後ストックマネジメント計画との整合性を図り、他の改修工事と同時期に耐震化工事を行う事がコストの縮減に繋がる。

11-7 今回業務対象以外の未診断施設について

今回の診断結果から類推すると、同様の結果が想定されるため、他の施設についても早急な診断が必要であると考えられる。