

**令和6年度 東北農政局国営事業総合技術支援業務
国営浅瀬石川二期地区外部技術者派遣(第1回)**

**現地調査資料
(中泉排水機場)**

令和6年10月24日

東北農政局津軽土地改良建設事務所

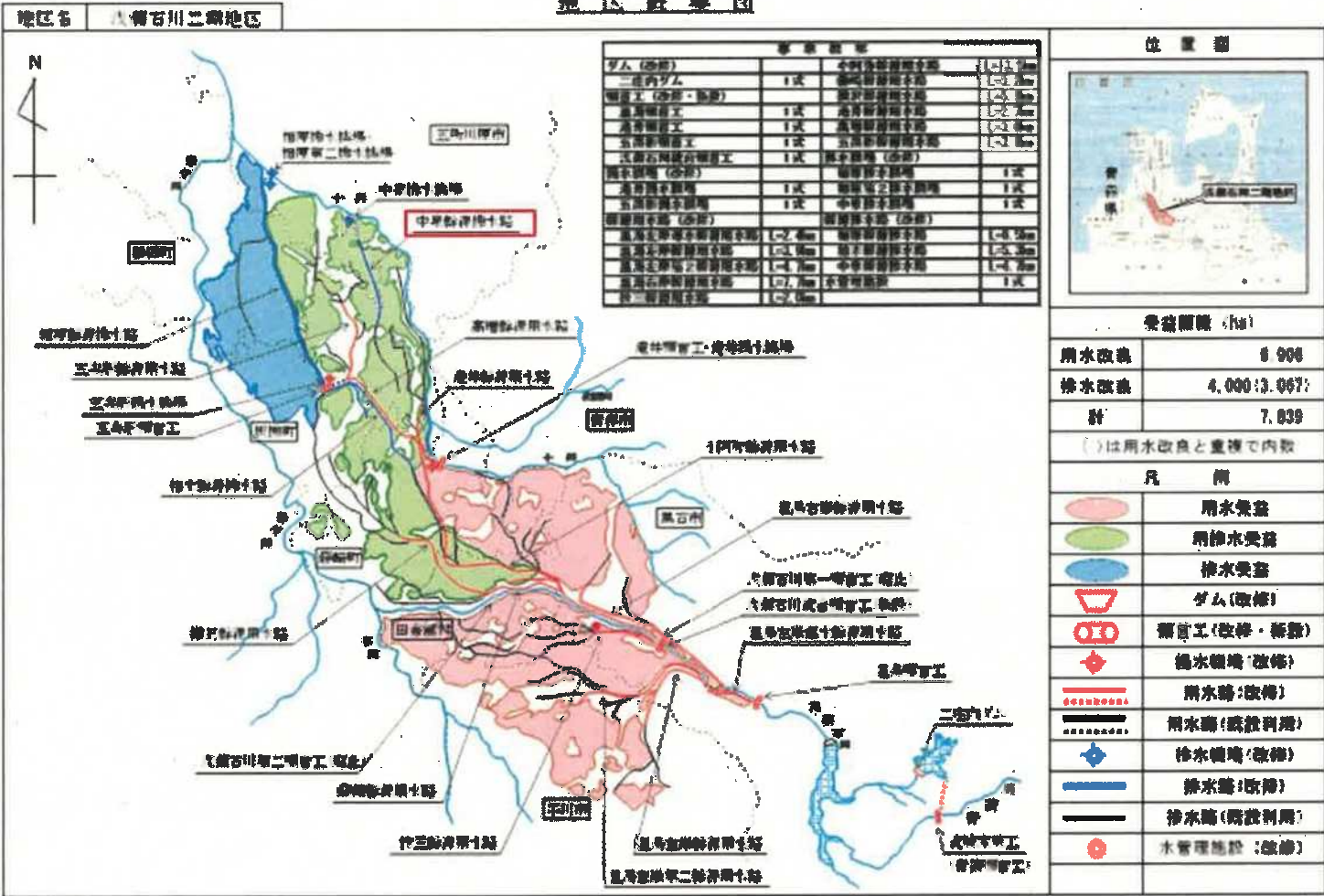
1) 浅瀬石川二期地区の概要



○事業概要

- 青森県南西部に位置する黒石市外3市4町1村にまたがる7,839ha
(水田7,671ha、果樹園168ha)の農地が受益の地区
(青森市、黒石市、五所川原市、平川市、南津軽郡藤崎町、同郡田舎館村、北津軽郡板柳町、同郡鶴田町)
- 浅瀬石川二期地区の基幹的な農業水利施設は、国営浅瀬石川土地改良事業
(S50年度～H7年度)により造成
- 事業完了後25年を経過することもあり、各施設が劣化、性能低下
- 浅瀬石川第一頭首工等については、大規模地震が発生した場合、施設が損壊、
地域に甚大な被害を及ぼすおそれ
- 老朽化が進行している施設の改修や耐震化対策と頭首工の統廃合を行い、農業
用水の安定供給、排水機能の維持と維持管理の費用と労力の軽減を図る
- 併せて関連事業で営農の合理化を図り農業生産性の維持向上と農業経営の安
定を図る
- 国営かんがい排水事業を令和3年度より実施

2)中泉排水機場の概要



1. 施設概要

施設名	中泉排水機場	造成年(経過年数:R2時点)	S56～S57 (39～38年経過)
施設概要	施設規模	排水量:12.0m ³ /s 全揚程:2.50m 実揚程:1.40m	
	機械施設	横軸斜流ポンプ φ1,650×1台 発動機310ps(228kw) 横軸軸流ポンプ φ1,650×1台 発動機310ps(228kw)	

項 目	諸 元	
ポンプ形式	φ1,650mm 横軸軸流ポンプ	φ1,650mm 横軸斜流ポンプ
ポンプ仕様	6m ³ /sec×2.45m×310PS×187min ⁻¹	6m ³ /sec×2.45m×310PS×103min ⁻¹
ポンプ台数	1台	1台
原動機	ディーゼルエンジン 310PS	ディーゼルエンジン 310PS
減速機	横軸遊星歯車減速機 1:3.89	横軸遊星歯車減速機 1:7.00

2. 現況写真

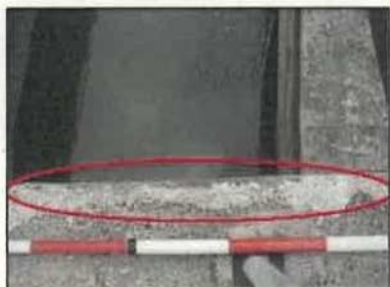
【排水機場全景】



【鋼矢板護岸の発錆】



【吐水槽のひび割れ】

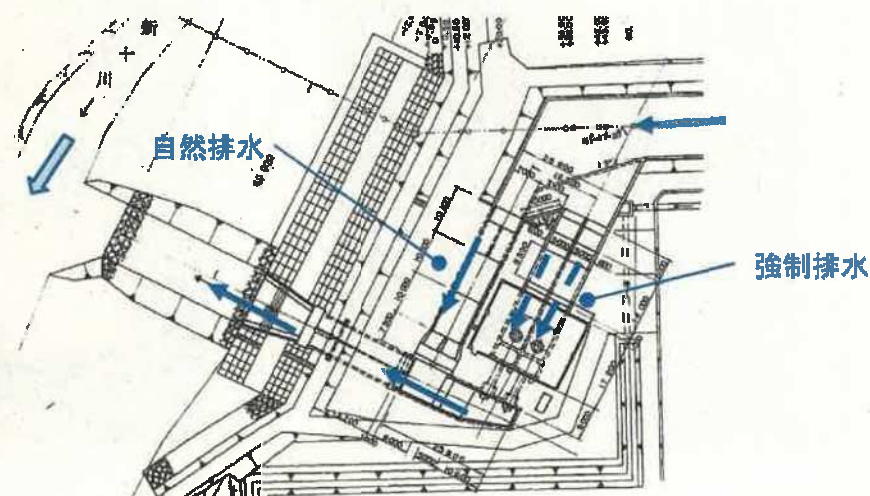


【摺動部(軸受スリーブ)の摩耗状況】



3. 図 面

【平面図】





①
中泉排水機場
前景
十川側から



②
中泉排水機場
前景
吐出水槽側から



③
中泉排水機場
前景
排水路側から



④
導水路
鋼矢板状況



⑤
導水路
鋼矢板状況



⑥
導水路



⑦
建屋内
シャッター



⑧
建屋内
排水ポンプ
φ1650×2台



⑨
建屋内
原動機



⑩
建屋内
照明設備
クレーン



⑪
建屋内
階段



⑫
建屋内
前室

	⑬ 建屋屋根状況

○健全度評価(土木構造物)

部材	健全度ランク	備考
吸水槽	S-5	
吐水槽	S-2(補強)	劣化要因：凍害
排水路	S-4(要観察)	劣化要因：凍害
排水樋門	S-5	
建屋	S-3(補修)	劣化要因：経年変化

尚、排水路の鋼矢板護岸、吐出管はコンクリート構造物ではない為、健全度ランクの評価から除外する。補修対策は、他の鋼構造物(吐出樋管ゲートやスクリーン)と共に実施する。

(参考) 国営土地改良事業 浅瀬石川二期地区全体実施設計書 (抜粋・一部加筆)

3.2 整備計画

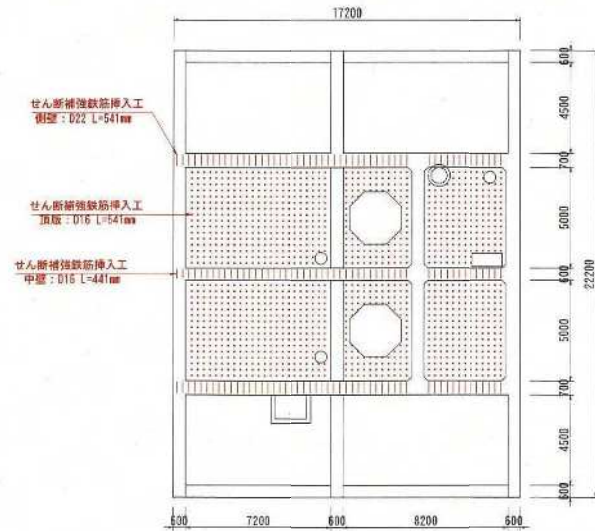
施設機能診断結果等を基にした整備計画は以下のとおり。

工種・部位			整備内容	数量	
土木設備	吸水槽		耐震対策(せん断補強鉄筋挿入)	3,553本	業務対象
	吐水槽		耐震対策(更新)	1式	業務対象
	導水路		表面被覆	19.6m2	業務対象
	排水路鋼矢板		セラミック防食コーティング	57.5m2	業務対象
機械設備	ポンプ設備	主ポンプ	分解整備	2台	業務対象外
		原動機	更新	2台	業務対象外
		減速機	更新	2台	業務対象外
		吐出弁	分解整備	2台	業務対象外
		逆流防止弁	再塗装	2台	業務対象外
		系統機器設備	更新	1式	業務対象外
		吐出樋門ゲート	扉体・戸当り	再塗装	1式
	水密ゴム		交換	1式	業務対象外
	開閉装置		更新	1基	業務対象外
	自然排水ゲート	扉体・戸当り	再塗装	1式	業務対象外
		水密ゴム	交換	1式	業務対象外
		開閉装置	更新	1基	業務対象外
	管理橋		再塗装	1式	業務対象外
	防護柵		再塗装	1式	業務対象外
	防塵設備		スクリーン再塗装	1式	業務対象外
電気設備	操作盤類	監視制御盤	更新	1面	業務対象外
		受電兼動力制御盤	更新	1面	業務対象外
		動力制御盤	更新	1面	業務対象外
		遠方監視制御装置	更新	1面	業務対象外
		自家発始動用盤	更新	1面	業務対象外
		機側操作盤	更新	1面	業務対象外
		自家発電装置	更新	1基	業務対象外
		直流電源装置	更新	1基	業務対象外
	計装設備	投込式水位計	更新	2基	業務対象外
建築設備	建屋	耐震対策(耐力壁開口部閉塞補強)	1.4m3	業務対象	
		屋根補修(アスファルト防水)	381.8m2	業務対象	
		内装リフォーム	31.8m2	業務対象	
		外壁塗装	645.6m2	業務対象	
		屋外シャワーユニット整備	1式	業務対象	
		シャッター更新	1式	業務対象	
		監視カメラ設置	1台	業務対象	

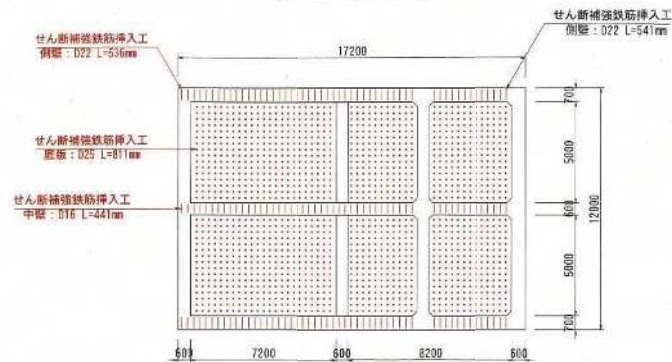
中泉排水機場 吸水槽耐震対策工構造図

S=1:250

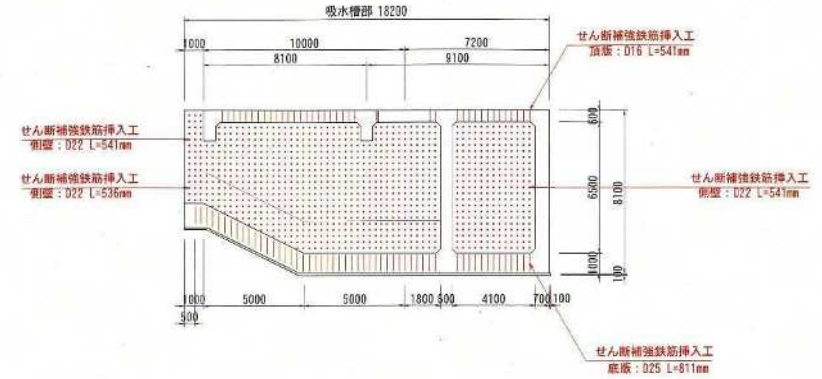
頂版平面図



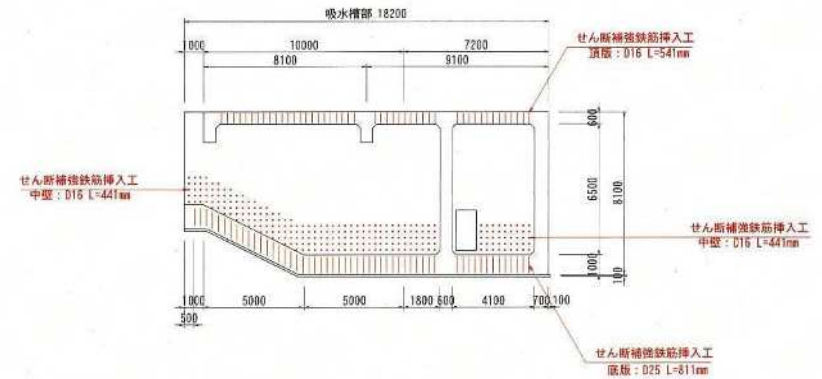
底版平面図



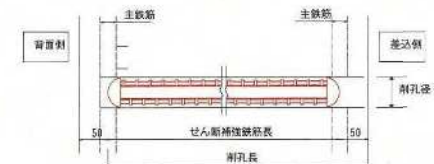
左・右側壁断面図



中壁側面図



せん断補強鉄筋挿入工詳細図 NO SCALE



改修箇所

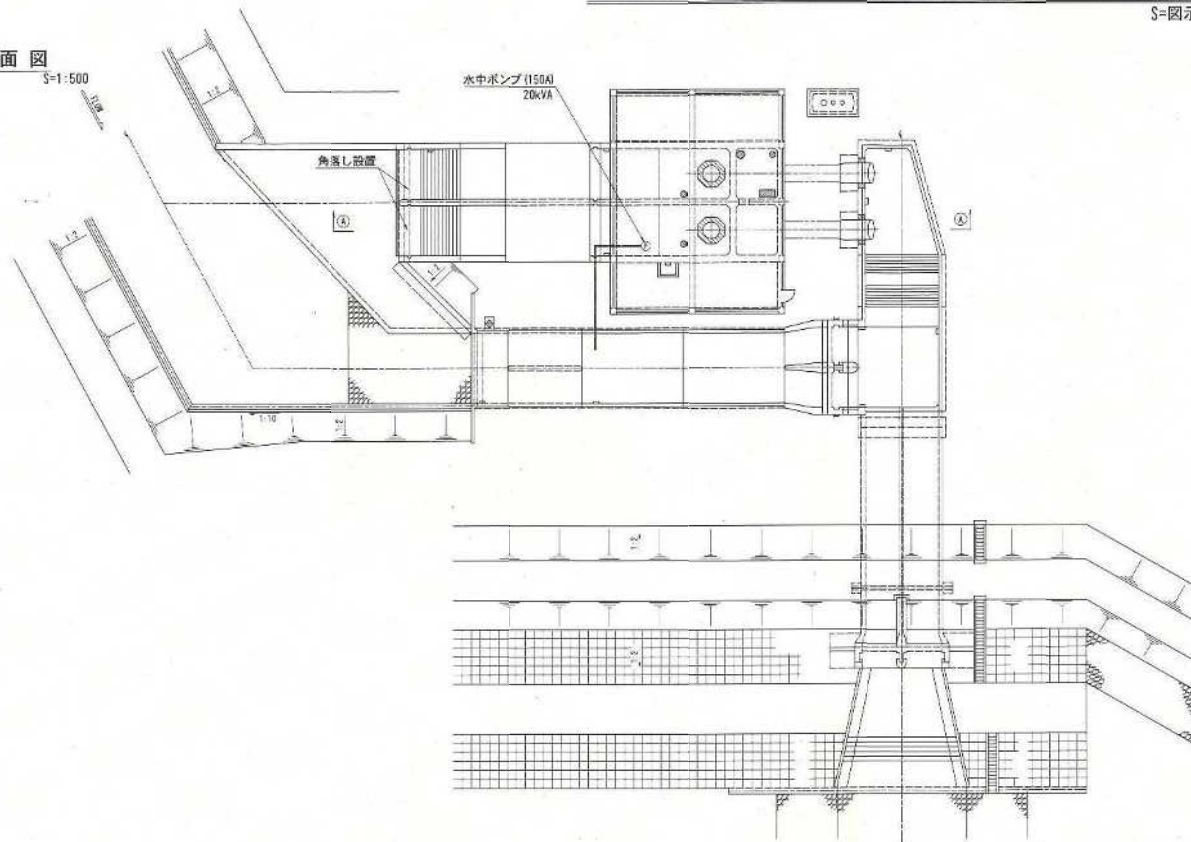
工事名	全体実施設計 浅瀬石川二期地区
図面名	中泉排水機場 吸水槽耐震対策工構造図
作成年月日	令和 年 月 日
縮尺	S=1:250 図面番号 6-3-2
会社名	
職務所名	東北建設局

中泉排水機場 吸水槽耐震対策工仮設図

S=図示

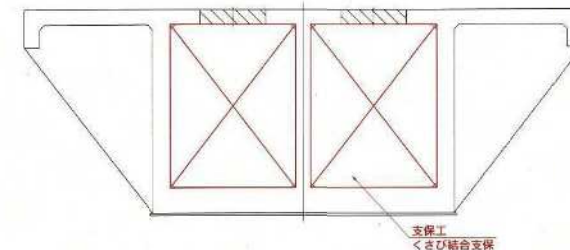
平面図

S=1:500



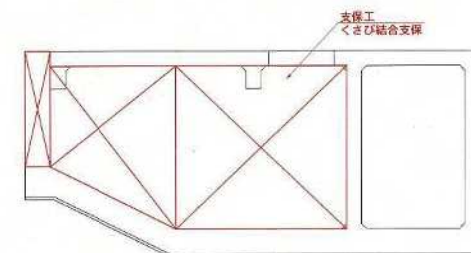
正面図

S=1:200



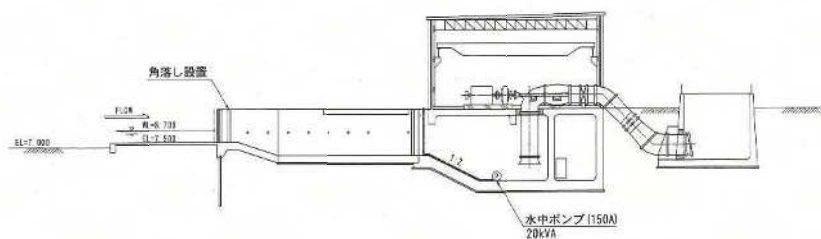
左・右側壁断面図

S=1:200



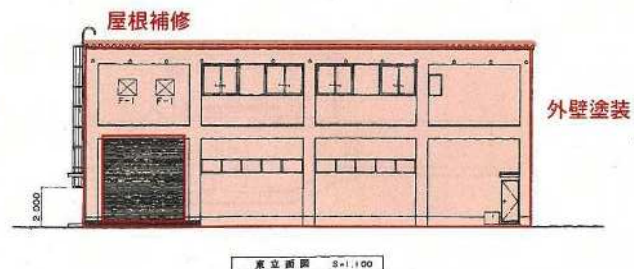
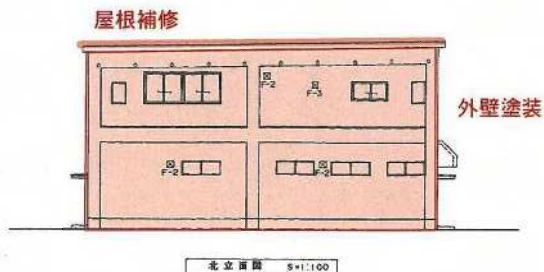
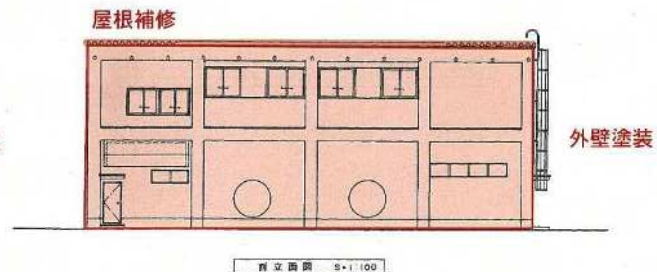
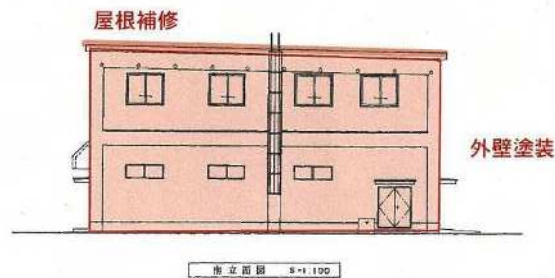
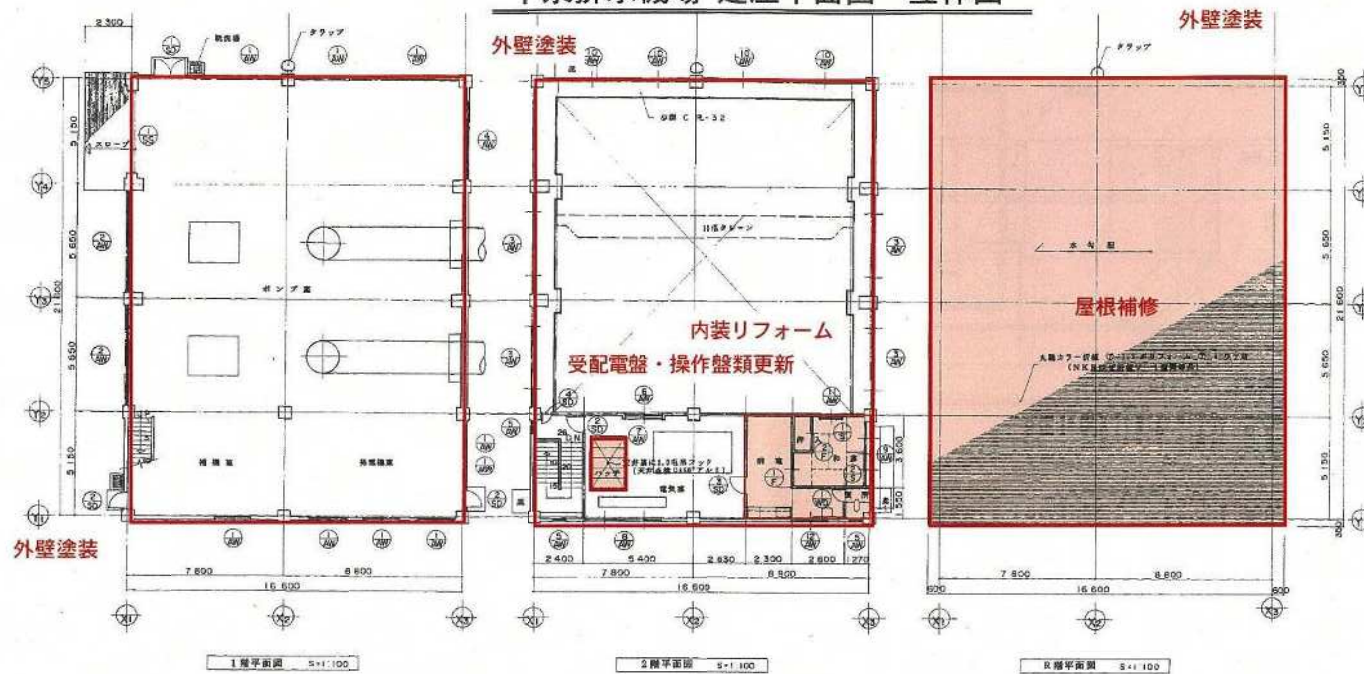
側面図

(A-A方向) S=1:500



工事名	全体実施設計 浅瀬石川二期地区		
図面名	中泉排水機場 吸水槽耐震対策工仮設図		
作成年月日	令和	年	月 日
縮尺	S=図示	図面番号	S-3-3
会社名			
事務所名	東北農政局		

中泉排水機場 建屋平面図・立体図



改修箇所

工事名	全体実施設計 浅瀬石川二期地区		
図面名	中泉排水機場 建屋平面図・立体図		
作成年月日	令和	年	月 日
縮尺		図面番号	6-3-9
会社名			
事務所名	東北農政局		

業務打合せ（第4回）

現地調査：2024.10.24（木）14：40～

屋内検討：2024.10.25（金）09：00～

1. 業務概要

2. 設計計画、施工計画

2.1 耐震照査結果

2.2 建屋（耐震対策）

耐震対策：建屋増厚工法、窓閉塞工法を合わせた併用案

2.3 吸水槽（耐震対策）

①吸水槽

耐震対策：各部材に対し、せん断補強鉄筋挿入による耐震対策

②杭基礎

耐震対策：ポンプ室内から小型のマシンによる地盤改良施工
水平加震に抵抗するよう、側壁に、改良体を造成

2.4 吐水槽（補修・補強計画）

②補修計画；コンクリート補修工（断面修復、表面被覆、ひび割れ補修、目地補修工）

変状の著しい剥離箇所はコンクリート断面修復工で可能かどうか。

補修メーカーにより、施工可能かは異なる。

2.5 液状化の検討

PL 値法の検討結果から；液状化の危険度は低く、液状化対策は不要である。

2.6 排水路接続部鋼矢板水路（補修計画）

補修計画：コンクリート矢板による補修

令和 6 年度

浅瀬石川二期農業水利事業
中泉排水機場耐震化対策他実施設計業務

打合せ

令和 6 年 10 月

東北農政局津軽土地改良建設事務所



1) 対象の確認



2) 耐震性能の設定

(a) 重要度区分

過年度業務「令和2年度国営かんがい排水事業全体実施設計 浅瀬石川二期地区 全体実施設計書作成その他取りまとめ業務」(P.6-89)において、重要度Aを決定している。

②重要度評価

施設の重要度評価は、「農業面」及び「農業以外の面(施設周辺環境等)」に与える影響を総合的に勘案して検討した。
市街地内を通過、重要度の高い道路等に面する又は通過する施設については、被災した場合、非農業部門への影響が考えられる。

施設名	区分	判定	農業面 (農業被害等)		農業以外の面(施設周辺環境等)		重要度評価 (総合評価)	
			判定	理由	判定	理由	判定	理由
二生内ダム		I	灌漑面積6,906haの用水に影響	I	非農業部門への影響大	I	AA	被災した場合、下位の農業部門の安全性に影響を与えるため、二次被害の可能性が大きい
青荷導水隧道		I	灌漑面積6,906haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	C	施設被災により周辺に二次被害を及ぼすリスクがない
青荷頭首工		I	灌漑面積6,906haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	B	灌漑用水が不足した場合、被災による灌漑水の不足に備えておき、対策がとられる
温湯頭首工		I	灌漑面積2,385haの用水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	A	被災した場合、影響を及ぼす可能性がある
滝井頭首工		II	灌漑面積803haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	B	被災しても、周辺の灌漑水が不足する可能性は低く、治水への影響は小さいと考えられる
五幾形頭首工		II	灌漑面積870haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	C	本施設が土砂災害防止施設が無く、灌漑が一つのみのため、被災時の影響は小さい
滝井排水機場		II	灌漑面積803haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	B	被災した場合、影響は小さいが、堤防と上下
五幾形排水機場		II	灌漑面積870haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	B	被災した場合、影響は小さいが、堤防と上下
八原排水機場		I	灌漑面積2,850haの排水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	A	被災した場合、影響は小さいが、堤防と上下
相原第2排水機場		I	灌漑面積2,850haの排水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	A	被災した場合、影響は小さいが、堤防と上下
中京排水機場		I	灌漑面積1,150haの排水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	A	被災した場合、影響は小さいが、堤防と上下
温湯左岸導水幹線用水路		I	灌漑面積2,385haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
温湯左岸幹線用水路		II	灌漑面積426haの用水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	A	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
温湯左岸第2幹線用水路		I	灌漑面積1,156haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
温湯右岸幹線用水路		II	灌漑面積750haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
枝三幹線用水路		II	灌漑面積635haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
小阿弥幹線用水路		I	灌漑面積3,886haの用水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	A	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
藤崎幹線用水路		II	灌漑面積1,094haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
横沢幹線用水路		II	灌漑面積655haの用水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	A	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
滝井幹線用水路		II	灌漑面積623haの用水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	B	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
高畑幹線用水路		I	灌漑面積1,040haの用水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
五幾形幹線用水路		II	灌漑面積870haの用水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
相原幹線排水路		I	灌漑面積2,850haの排水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
柏木幹線排水路		II	灌漑面積907haの排水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
中京幹線排水路		I	灌漑面積1,150haの排水に影響	II	非農業部門への影響あり	II	C	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
用水管理システム		I	灌漑面積7,839haの排水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	A	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない
ダム管理システム		I	灌漑面積6,906haの排水に影響	III	非農業部門への影響なし	III	A	水が被災した場合、二次被害を及ぼすリスクがない

(b) 土木施設

①吸水槽

重要度区分は土地改良事業設計指針「耐震設計」に準拠して、決定する。

当該施設は「(a) 建屋と上下一体構造の吸込・吐出し水槽」に該当すること、「①ポンプ場の災害により、地域住民の人命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす。」に該当することから、「重要度区分 A 種」に決定する。

さらに、吸水槽は杭基礎であるため、杭基礎の重要度区分から「重要度区分 AA 種」に該当する。

(10) ⑩杭基礎

表-2.3.11 ⑩杭基礎の重要度区分

区 分	内 容
重要度区分 AA 種	上部構造物の重要度がAA種及びA種である施設
重要度区分 B種	上部構造物の重要度がB種である施設
重要度区分 C種	上部構造物の重要度がC種である施設

備考)

- 1) 上記内容は、「土地改良施設耐震設計の手引き」を基に、本指針において設定した。

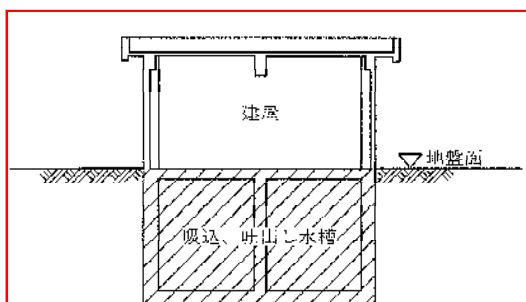
(11) ⑪ポンプ場（吸込、吐出し水槽）

表 2.3.12 ⑪ポンプ場の重要度区分

区 分	内 容
重要度区分 A 種 (高い)	B種に該当し、かつ、次の①、②のいずれかに該当するもの。 ①ポンプ場の災害により、地域住民の人命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす。 ②施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす。
重要度区分 B種 (標準)	建屋と上下一体構造となる場合、又は地表面からの突出部分が5mを超える場合。
重要度区分 C種 (標準未満)	A種及びB種に該当しないもの。

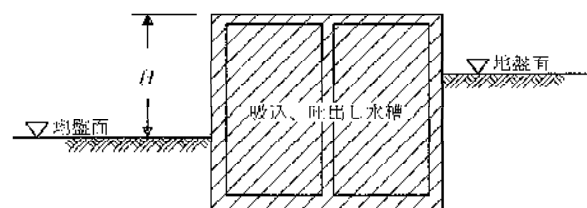
備考)

- 1) 上記内容は、「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」」を基に、本指針において設定した。



注) 建屋と上下一体構造の吸込、吐出し水槽は、耐震設計を行う。

(a) 建屋と一体構造の場合



注) 地表面からの突出部分が $H > 5\text{m}$ の吸込、吐出し水槽は、耐震設計を行う。

(b) 建屋と分離構造の場合

図-2.3.2 吸込、吐出し水槽の耐震設計

(土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」(平成 18 年)より)

②吐水槽

重要度区分は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」及び土地改良事業設計指針「耐震設計」に準拠して、決定する。中泉排水機場は前述したように、重要度区分 A 種である。しかし、下記に示すように、吸水槽及び吐水槽は、適用によって異なる重要度となる場合があり、それぞれの構造物で必要なレベルの耐震設計を行うと記載されている。

なお、6) は、基準書「ポンプ場」改定に伴い、新たに追記された内容である。

表-13.27 ポンプ場（吸込・吐出し水槽）¹⁾の重要度区分との耐震性能の適用区分

重要度	適用	レベル1 ²⁾ 地震動		レベル2 ²⁾ 地震動	
		耐震性能	耐震設計 ³⁾	耐震性能	耐震設計 ³⁾
A 種 (高い)	B 種に該当し、かつ次の①、②のいずれかに該当するもの。	健全性を損なわない。 ⁴⁾	震度法により地震力を算出し、許容応力度設計法により照査することを標準とする。	致命的な損傷を防止する。 ⁴⁾	震度法により地震力を算出し、限界状態設計法により照査することを標準とする。
	①ポンプ場の災害により、地域住民の命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす。				
	②施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす。				
B 種 (標準)	建屋と上下一体構造となる場合、又は地表面からの突出部分が 5m を超える場合。	対象としない。	耐震設計を行わない。	対象としない。	耐震設計を行わない。
C 種 (標準未満)	A 種及び B 種に該当しないもの。				

注 1) レベル 1：構造物の使用期間内に 1～2 度発生する確率を有する地震動

2) レベル 2：発生確率は極めて低い、大きな地震動強度を誇り、一度発生すれば大災害になり得る地震動

3) 「健全性を損なわない。」に対応する損傷度、降伏状態を超えるような損傷を生じないこと（補修不要）とする。

4) 「致命的な損傷を防止する。」に対応する損傷度は、主要構造部材が破壊する直前の状態にあること（構造物全体の崩壊も防止する）（補修必要）とする。

6) ポンプ場土木構造物の耐震設計は震度法を標準とする。なお、構造物の特性によっては応答変位法や地震時保有水平耐力法を、また、詳細検討が必要な場合は動的解析法を用いるものとする。

ポンプ場の耐震設計は、吸込・吐出し水槽で建屋と一体構造、又は地表面からの突出部分が 5m を超える施設を対象としている。このような施設では、基本的に地震時復元力の影響が大きいため震度法によることを標準とした。一方で、地震変位の影響が支配的な場合においては応答変位法を用いてよい。

応答変位法は、地中への根入れが相当量に深く地震変位の影響を強く受ける場合に有効な手法であり、パイプライン、暗きょ及び抗ケーソン等の地中構造物の耐震設計に用いられる。

地震時保有水平耐力法は、構造物の非線形域の変形性能や動的耐力を考慮して、地震による荷重を静的に作用させて設計する手法であり、橋脚や杭基礎の耐震設計に用いられる。

動的解析法は、震度法、応答変位法及び地震時保有水平耐力法等の静的解法よりも詳細な検討を行う場合に有効な手法である。構造物の挙動が複雑な場合、重要度が高く複雑な構造物の場合及び地盤条件が特殊な場合に用いられ、応答スペクトル法、時刻歴応答解析法、周波数応答解析法等がある。

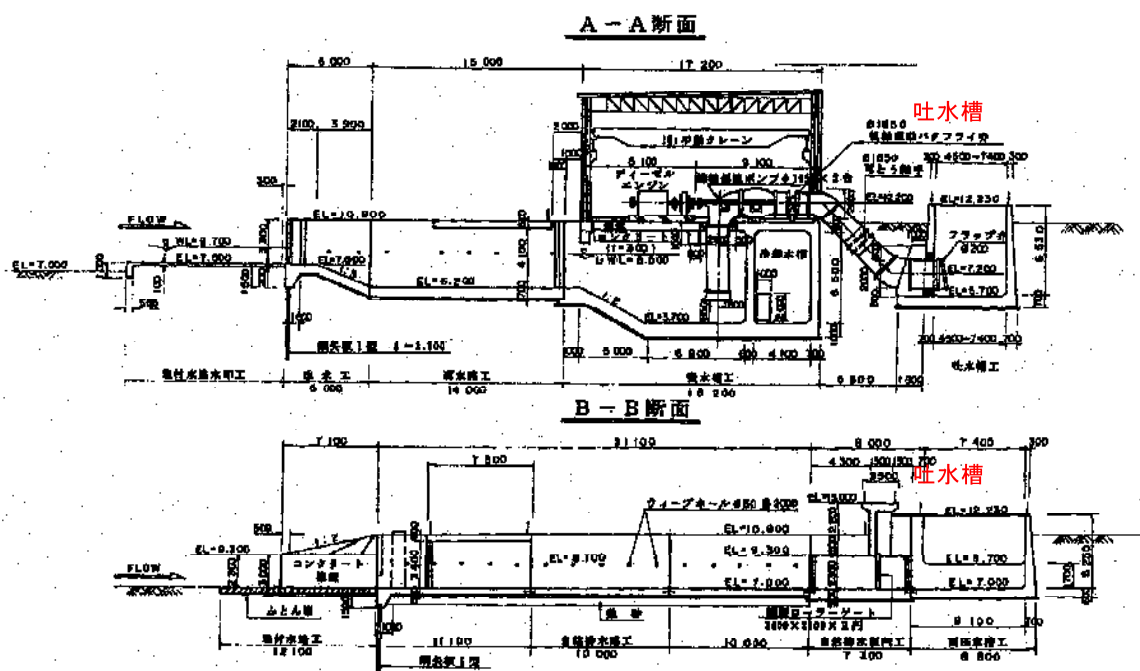
6) 吸水水槽及び吐出し水槽は、適用によってはそれぞれ異なる重要度となる場合がある。その場合は、それぞれの構造物で必要なレベルの耐震設計を行う。

土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」P. 605

重要度区分は土地改良事業設計指針「耐震設計」に準拠して、決定する。

当該施設は「(b) 建屋分離構造」に該当し突出部分が 5m 未満 (1.43m) に該当することから、「重要度区分 C 種」に決定する。

さらに、吸水槽は杭基礎であるため、杭基礎の重要度区分から「重要度区分 C 種」に該当する。



突出部分 1.43m

水槽天端 EL12.23m-地盤面 EL10.80m=1.43m

(10) 杭基礎

表-2.3.11 ⑩杭基礎の重要度区分

区 分	内 容
重要度区分 AA 種	上部構造物の重要度がAA種及びA種である施設
重要度区分 B種	上部構造物の重要度がB種である施設
重要度区分 C種	上部構造物の重要度がC種である施設

備考)

1) 上記内容は、「土地改良施設耐震設計の手引き」を基に、本指針において設定した。

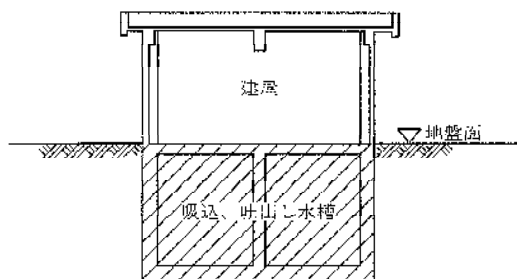
(11) ⑪ポンプ場（吸込、吐出し水槽）

表 2.3.12 ⑪ポンプ場の重要度区分

区 分	内 容
重要度区分 A 種 (高い)	B種に該当し、かつ、次の①、②のいずれかに該当するもの。 ①ポンプ場の災害により、地域住民の人命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす。 ②施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす。
重要度区分 B種 (標準)	建屋と上下一体構造となる場合、又は地表面からの突出部分が5mを超える場合。
重要度区分 C種 (標準未満)	A種及びB種に該当しないもの。

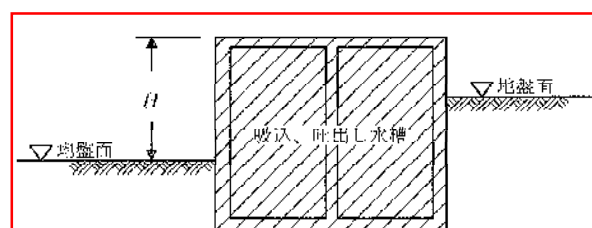
備考)

1) 上記内容は、「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」」を基に、本指針において設定した。



注) 建屋と上下一体構造の吸込、吐出し水槽は、耐震設計を行う。

(a) 建屋と一体構造の場合



注) 地表面からの突出部分が $H > 5\text{m}$ の吸込、吐出し水槽は、耐震設計を行う。

(b) 建屋と分離構造の場合

図-2.3.2 吸込、吐出し水槽の耐震設計

(土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」(平成 18 年)より)

③耐震性能の設定

④吸水槽

耐震性能は下表の通りであり、耐震設計は「レベル1地震動」「レベル2地震動」を行う。

(a) 重要度A種のポンプ場

施設の耐震性能
 レベル1地震動 ― 健全性を損なわない
 レベル2地震動 ― 致命的な損傷を防止する
 ▶ 構成要素ごとの耐震性能照査(表-2.4.5)

表の凡例

○：耐震設計を行う
 ―：耐震設計を行わない

表-2.4.5 構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (健全性を損なわない)	レベル2地震動 (致命的な損傷を防止する)
1 吸込、吐出し水槽	○	○
2 取水口 ¹⁾	○	―
3 導水路 ¹⁾	○	―
4 ポンプ設備	ポンプ設備の耐震設計は、 設計基準「ポンプ場」に準拠して、別途行う。	
5 建屋	建屋の耐震設計は、関連する法規等に準ずる	
6 送水路 ¹⁾	○	―
7 吐出し樋門（樋管を含む） ¹⁾	○	―

1) 取水口、導水路、送水路、吐出し樋門（樋管を含む）は、頭首工の設定を参考に設計。ただし、河川協賛等によりレベル2耐震設計の必要が生じる場合がある。

土地改良事業設計指針「耐震設計」H27.5 P.47

⑤吐水槽

耐震性能は下表の通りであり、耐震設計は行わないが、常時における構造照査は行う。

(c) 重要度C種のポンプ場

施設の耐震性能
 レベル1地震動 ― 耐震設計を行わない
 レベル2地震動 ― 耐震設計を行わない
 ▶ 構成要素ごとの耐震性能照査(表-2.4.7)

表の凡例

○：耐震設計を行う
 ―：耐震設計を行わない

表-2.4.7 構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (耐震設計を行わない)	レベル2地震動 (耐震設計を行わない)
1 吸込、吐出し水槽	―	―
2 取水口	―	―
3 導水路	―	―
4 ポンプ設備	―	―
5 建屋	ポンプ設備の耐震設計は、 設計基準「ポンプ場」に準拠して、別途行う。	
6 送水路	建屋の耐震設計は、関連する法規等に準ずる	
7 吐出し樋門（樋管を含む）	―	―

土地改良事業設計指針「耐震設計」H27.5 P.48

(c) 建屋

建屋の耐震照査は以下の分類に基づき行う。

22.1.2 建屋の耐震診断

(1) 耐震診断の手法と適用

建屋の耐震診断は、官庁施設の総合耐震診断・改修基準（平成8年10月24日建設省営計発第101号）、建築構造設計基準（平成25年5月24日国営第38号）等に準拠して行う。なお、建屋に適用する耐震安全性の分類及び重要度係数（I）は、原則として次のとおりとする。

〔耐震安全性の分類〕	〔重要度係数（I）〕
Ⅲ類	1.0

土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」P.891

3) 地域別補正係数

本地区は、「地域区分 B」に該当するため、地域別補正係数 C_2 は 0.85 とする。

4.2.1 地域別補正係数

耐震設計に用いる地域別補正係数 C_2 は、図-4.2.1の地域区分に従い、表-4.2.1の値を用いる。

表-4.2.1 地域別補正係数 C_2

地域区分	地域別補正係数 C_2
A	1.0
B	0.85
C	0.7

【解説】

地域別補正係数 C_2 は、震度法、地震時保有水平耐力法及び応答変位法の地震力の算定に用いる設計水平震度を計算するためのものである（「5.2 設計水平震度」参照）。

C_2 は、図-4.2.1、表-4.2.2の地域区分で分けられている地域に対して表-4.2.1の値を用いる。ただし、対象構造物が地域区分の境界線上にある場合は、係数の大きい方を用いる。

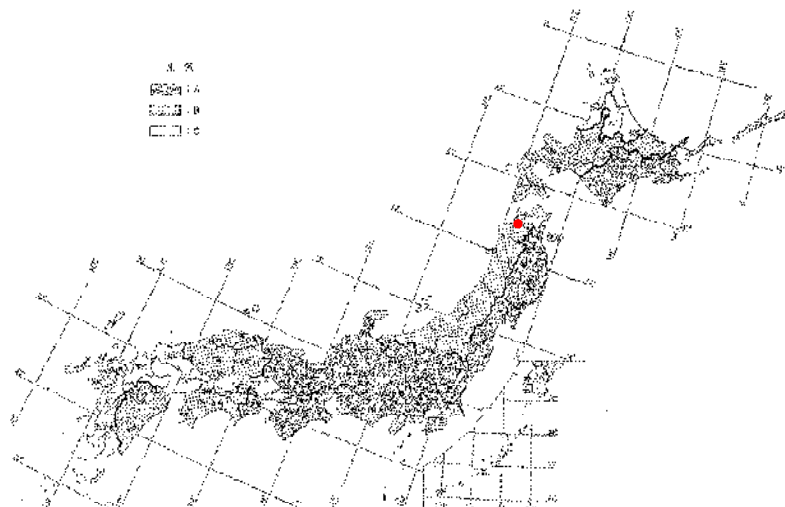


図-4.2.1 地域別補正係数の地域区分

土地改良事業設計指針「耐震設計」P.63

表-4.2.2 地域区分

(2002年1月現在)

地域区分	対象地域
A	北海道のうち釧路市、帯広市、根室市、沙流郡、新十郎郡、静内郡、三石郡、浦河郡、様似郡、幌泉郡、河東郡、上川郡（十勝支庁）、河西郡、込尾郡、中川郡（十勝支庁）、足寄郡、十勝郡、釧路郡、厚岸郡、川上郡、阿寒郡、白糠郡、野付郡、標津郡、目梨郡 青森県のうち三沢市、十和田市、八戸市、上北郡、三戸郡 岩手県、宮城県 福島県のうち福島市、二本松市、相馬市、原町市、いわき市、伊達郡、相馬郡、安達郡、田村郡、双葉郡、石川郡、東白川郡 茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、千葉県、長野県、山梨県 富山県のうち富山市、高岡市、氷見市、小矢部市、砺波市、新湊市、中新川郡、上新川郡、射水郡、婦負郡、東礪波郡、西礪波郡 石川県のうち金沢市、小松市、七尾市、羽咋市、松任市、加賀市、鹿島郡、羽咋郡、河北郡、能美郡、石川郡、江沼郡 静岡県、愛知県、岐阜県、三重県、福井県、滋賀県、京都府、大阪府、奈良県、和歌山県、兵庫県 鳥取県のうち鳥取市、岩美郡、八頭郡、気高郡 徳島県のうち徳島市、鳴門市、小松島市、阿南市、坂野郡、阿波郡、麻植郡、名東郡、名西郡、那賀郡、勝浦郡、海部郡 香川県のうち大川郡、木田郡 鹿児島県のうち名瀬市、大島郡
B	北海道のうち札幌市、函館市、小樽市、室蘭市、北見市、夕張市、岩見沢市、網走市、苫小牧市、美幌市、芦別市、江別市、赤平市、三好市、千歳市、滝川市、砂川市、釧路内市、深川市、富良野市、登別市、恵庭市、伊達市、札幌市、石狩郡、厚田郡、浜益郡、松前郡、上磯郡、亀田郡、茅渚郡、山越郡、檜山郡、磯谷郡、久遠郡、奥尻郡、瀬棚郡、島牧郡、寿都郡、磯谷郡、虻田郡、岩内郡、古平郡、積丹郡、古平郡、余市郡、空知郡、夕張郡、樺戸郡、雨竜郡、上川郡（上川支庁）のうち東神楽町、上川町、東川町及び美瑛町、勇払郡、網走郡、斜里郡、常呂郡、右衛門郡、白老郡 青森県のうち青森市、弘前市、黒石市、五所川原市、むつ市、東津軽郡、西津軽郡、中津軽郡、南津軽郡、北津軽郡、下北郡 秋田県、山形県 福島県のうち会津若松市、郡山市、白河市、須賀川市、喜多方市、岩瀬郡、南会津郡、北会津郡、耶麻郡、河沼郡、大沼郡、西白河郡 新潟県 富山県のうち魚津市、滑川市、黒部市、下新川郡 石川県のうち輪島市、珠洲市、鳳玉郡、珠洲郡 鳥取県のうち米子市、倉吉市、境港市、東伯郡、西伯郡、日野郡 島根県、岡山県、広島県 徳島県のうち美馬郡、二好郡 香川県のうち高松市、丸亀市、坂出市、善通寺市、観音寺市、小豆郡、香川郡、綾歌郡、仲多度郡、三豊郡 愛媛県、高知県 熊本県のうち熊本市、菊池市、人吉市、阿蘇郡、菊池郡、上益城郡、下益城郡、八代郡、球磨郡 大分県のうち大分市、別府市、臼杵市、津久見市、佐佐市、竹田市、日田郡、玖波郡、大分郡、直入郡、大野郡、南海部郡、北海部郡 宮崎県 北海道のうち旭川市、留萌市、稚内市、紋別市、士別市、名寄市、上川郡（上川支庁）のうち鷹栖町、当麻町、比布町、愛別町、和寒町、剣淵町、朝日町、風連町及び下川町、中川郡（上川支庁）、増毛郡、留萌郡、苦前郡、天塩郡、宗谷郡、枝幸郡、礼文郡、利尻郡、紋別郡 山口県、福岡県、佐賀県、長崎県
C	熊本県のうち八代市、荒尾市、水俣市、玉名市、本荘市、山鹿市、牛深市、宇土市、宇土郡、玉名郡、鹿本郡、葦北郡、天草郡 大分県のうち中津市、日田市、豊後高田市、杵築市、宇佐市、東国東郡、西国東郡、速見郡、下毛郡、宇佐郡 鹿児島県（名瀬市及び大島郡を除く） 沖縄県

土地改良事業設計指針「耐震設計」P.64

4) 地盤面における設計水平震度の標準値

(a) 地盤種別

地盤種別は、基準書「耐震設計」及び過年度業務「H31 排水機場基本設計業務」より、 $T_G = 1.169 \geq 0.60$ となることから「Ⅲ種地盤」とする。

耐震設計上の地盤種別は、原則として次式で算出される地盤の特性値 T_G をもとに、表-4.2.3 により区分するものとする。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}} \quad \dots\dots\dots (4.2.1)$$

ここに、 T_G : 地盤の特性値 (s)

H_i : i 番目の地層の厚さ (m)

V_{si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度 (m/s)

i : 当該地盤が地表面から基盤面まで n 層に区分されるとき、地表面から i 番目の地層の番号。基盤面とは、粘性土層の場合は N 値が 25 以上、砂質土層の場合は N 値が 50 以上の地層の上面、若しくは平均せん断弾性波速度 $V_{si} = 300 \text{ m/s}$ 程度以上の地層の上面をいう。

ただし、実測値がない場合は(1)、(2)に示す式により求めてもよい。

表-4.2.3 耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の特性値 T_G (s)
I種	$T_G < 0.2$
II種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
III種	$0.6 \leq T_G$

土地改良事業設計指針「耐震設計」P. 65

表-4.2.2 地盤特性値 T_g 算定

地層名	層厚 H_i (m)	土質	平均N値	V_{si}	H_i/V_{si}
シルト	3.13	粘性土	1	100.00	0.031
シルト質細砂	0.50	砂質土	3	115.38	0.004
シルト	0.90	粘性土	5	171.00	0.005
シルト質細砂	0.27	砂質土	5	136.80	0.002
シルト	2.88	粘性土	4	158.74	0.018
粘土質シルト	3.42	粘性土	7	191.29	0.018
シルト質細砂	2.58	砂質土	8	160.00	0.016
シルト	2.60	粘性土	3	144.22	0.018
シルト質細砂	1.00	砂質土	7	153.03	0.007
シルト	1.30	粘性土	3	144.22	0.009
シルト質細砂	0.22	砂質土	11	177.92	0.001
シルト	2.88	粘性土	22	280.20	0.010
礫混り中砂	4.90	砂質土	21	220.71	0.022
シルト	1.05	粘性土	10	215.44	0.005
細砂	0.50	砂質土	11	177.92	0.003
砂質シルト	3.45	粘性土	11	222.40	0.016
礫混り砂質シルト	10.67	粘性土	15	246.62	0.043
中砂	3.00	砂質土	33	256.60	0.012
砂質シルト	11.85	粘性土	12	228.94	0.052
				$\Sigma =$	1.169
				地盤種別	III

※地層名、層厚、平均 N 値は既往資料を参照した。

以上の結果より、調査地の T_g は $0.6 \leq T_g$ を示すため III 種地盤と判断される。

「平成 31 年度 国営かんがい排水事業全体実施設計 浅瀬石川二期地区排水機場基本設計業務」地質調査報告書 P. 18

(b) 設計水平震度の標準値 (レベル 1)

設計水平震度の標準値 K_{hg0} は基準書「耐震設計」より、レベル 1 の設計水平震度は 0.24 とする。

(d) 杭基礎の安定性の判定でフーチングに作用させる設計水平震度の標準値 K_{hg0} は、「道路橋示方書 V 耐震設計編」に準拠し、同示方書のレベル 1 地震動、レベル 2 地震動の設計水平震度の標準値を、表-5.2.2 に示す。

なお、レベル 2 地震動にあつては、地震時保有水平耐力法の計算過程に用いられるものである。

表-5.2.2 構造物ごとの設計水平震度の標準値 K_{hg0}

構造物区分	地盤種別			備 考
	I 種	II 種	III 種	
④擁壁、⑤開水路 (水路擁壁含む)	0.12	0.15	0.18	レベル1、震度法
	0.16	0.20	0.24	レベル2、震度法
⑥ファームボンド(RC)、 ⑦ポンプ場 (吸込、吐出し水槽)	0.16	0.20	0.24	レベル1、震度法
⑧ファームボンド (壁高が5mを超える地上式の逆T形擁壁 式)	$h \leq 5.0m$ 0.16 $5.0 < h \leq 7.0m$ 0.18 $7.0 < h \leq 9.0m$ 0.20	0.20	0.24	レベル1、震度法
	0.16	0.20	0.24	レベル1、震度法
⑨杭基礎の安定性の判定でフーチング に作用させる場合	0.30	0.35	0.40	レベル2 地震時保有 (タイプ I)、水平耐力法
	0.80	0.70	0.60	レベル2 地震時保有 (タイプ II)、水平耐力法

土地改良事業設計指針「耐震設計」P. 128

(b) 設計水平震度

当該施設における設計水平震度は基準書「耐震設計」に準拠し、下限値の 0.30 とする。

$$K_{hc2} = C_z \cdot C_{s2} \cdot K_{hc20} = 0.85 \times 0.45 \times 0.70 = 0.268 \div 0.27 \rightarrow \text{下限値 } 0.30$$

5.3.4 震度法（固有周期と構造物特性係数を考慮する）

ファームポンド（PC、RC）、ポンプ場（吸込、吐出し水槽）のレベル2地震動に適用する。

震度法（固有周期と構造物特性係数を考慮する）は、地震時保有水平耐力法と同様に構造物の非線形域の変形性能を考慮して、地震による荷重を静的に作用させ地震力を算定する方法である。断面照査は限界状態設計法を用いる。

【解 説】

固有周期を考慮した設計水平震度が弾性域において用いられるのに対し、固有周期と構造物特性係数を考慮する設計水平震度は、さらに塑性域における構造物の塑性変形能力を加味して、固有周期を考慮した設計水平震度を補正するものである。

(1) 適用する構造物の準拠基準

ファームポンド（PC、RC）は土地改良事業設計指針「ファームポンド」に準拠している。ポンプ場（吸込、吐出し水槽）は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」に準拠している。

なお、ポンプ場（地上部）、すなわちポンプ場の建屋は、「建築基準法」との相違もあり、吸込、吐出し水槽とは切り離して、耐震設計を行うものとする。したがって、実際の建屋の設計に当たっては、建築基準法の関係法規並びに構造設計基準に従うものとする。

(2) 固有周期と構造物特性係数を考慮する設計水平震度

a. 設計水平震度は、以下により求める。

ただし、 K_{hc2} は0.3を下回らない値とする。

$$K_{hc2} = C_z \cdot C_{s2} \cdot K_{hc20} \dots\dots\dots (5.3.4)$$

ここに、 K_{hc2} : レベル2地震動の設計水平震度

(固有周期、構造物特性係数を考慮する)

C_z : 地域別補正係数

C_{s2} : 構造物特性係数で0.45を標準とする。

K_{hc20} : レベル2地震動の設計水平震度の標準値

(固有周期、構造物特性係数を考慮する)

b. ファームポンド及びポンプ場（吸込、吐出し水槽）の設計水平震度の算定方法は、式(5.3.4)によるものとし、**構造物特性係数は0.45を標準とする。**

(a) ファームポンド（PC）の設計水平震度 K_{hc2} の標準値 K_{hc20} については、原則として、「道路橋示方書 V 耐震設計編」によるものとし、表-5.2.7ファームポンド（PC）の設計水平震度（レベル2地震動タイプⅠ）の標準値 K_{hc20} を用いる。

(b) ファームポンド（RC）及びポンプ場（吸込、吐出し水槽）の固有周期は0.1秒以下とみなせるので、**標準値 K_{hc20} は、地盤種別にかかわらず0.70とする。**

なお、ポンプ場（吸込、吐出し水槽）については、レベル2地震動タイプⅡを考慮する場合は $K_{hc20}=0.80$ を用いる。

土地改良事業設計指針「耐震設計」P. 144

6) 耐震性能照査方法

(a) レベル1地震動

吸水槽は下表より、「許容応力度法」で行う。

表-5.8.1⑥ 各種構造物の重要度区分と耐震性能の適用区分

構造区分	地上構造物(鉄筋コンクリート)		
施設・構造種別	①ポンプ場(吸込、止出し水槽)		
重要度	B種	A種	
目標とする構造物の耐震性能	健全性を損なわない	健全性を損なわない	致命的な損傷を防止する
耐震設計で考慮する地震動	レベル1	レベル1	レベル2 (タイプⅠ(プレート境界型))
耐震設計に用いる設計水平震度及び水平変位振幅の算定式	$K_{hg}=C_z \cdot K_{hg0}$ K_{hg0} は地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ0.18、0.20、0.24とする。	$K_{hg}=C_z \cdot K_{hg0}$ K_{hg0} は地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ0.16、0.20、0.24とする。	$K_{h20}=C_s \cdot C_{s2} \cdot K_{h20}$ C_{s2} は0.45を標準とする。 K_{h20} は地盤種別にかかわらず0.7とする。(ただし、タイプⅡ(プレート境界型)を考慮する場合は $K_{h20}=0.80$ を用いる。) ※応答変位法を用いる場合の地盤変位振幅 $U_s = \frac{2}{\pi} S_v \cdot T_g \cdot \cos \frac{\pi z}{2H}$
耐震計算法	震度法 (固有周期を考慮しない)	震度法 (固有周期を考慮しない)	震度法(固有周期と構造物特性係数を考慮する) (ただし、構造物の特性により応答変位法や地震時保有水平耐力法)
部材の構造計算・照査	許容応力度法	許容応力度法	限界状態設計法
備 考	B: 建屋と上下一体となる場合、又は、地表面からの突出部分が5mを超える場合。	A: B種に該当し、かつ次の①又は②のいずれかに該当するもの。 ①ポンプ場の災害により、地域住民の人命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす。 ②施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす。	

*1 ポンプ場の建屋は「建築基準法」により耐震設計を行うものとする。

*2 K_{hg} : 地盤面における設計水平震度(震度法(固有周期を考慮しない))、 K_{hg0} : 地盤面における設計水平震度の標準値(震度法(固有周期を考慮しない))、 C_z : 地域別補正係数、 U_s : 地盤変位振幅、 S_v : レベル1地震動の速度応答スペクトル、 T_g : 地盤の特性値、 H : 表層地盤の厚さ、 z : 地表面からの深さ、 S_r : レベル2地震動の速度応答スペクトル

土地改良事業設計指針「耐震設計」P. 246

(b) レベル2地震動

吸水槽は下表より、「限界状態設計法」で行う。

表-5.8.1⑥ 各種構造物の重要度区分と耐震性能の適用区分			
構造区分	地上構造物(鉄筋コンクリート)		
施設・構造種別	①ポンプ場(吸込、吐出し水槽)		
重要度	B種	A種	
目標とする構造物の耐震性能	健全性を損なわない	健全性を損なわない	致命的な損傷を防止する
耐震設計で考慮する地震動	レベル1	レベル1	レベル2 [タイプ1(プレート境界型)]
耐震設計に用いる設計水平震度及び水平変位振幅の算定式	$K_{hg} = C_s \cdot K_{hg0}$ K_{hg0} は地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ0.16、0.20、0.24とする。	$K_{hg} = C_s \cdot K_{hg0}$ K_{hg0} は地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ0.16、0.20、0.24とする。	$K_{hc2} = C_s \cdot C_{s2} \cdot K_{hc20}$ C_{s2} は0.45を標準とする。 K_{hc20} は地盤種別にかかわらず0.7とする。(ただし、タイプⅡ(プレート境界型)を考慮する場合は $K_{hc20} = 0.80$ を用いる。) ※応答変位法を用いる場合の地盤変位振幅 $U_s = \frac{2}{\pi^2} S_v \cdot T_G \cdot \cos \frac{\pi z}{2H}$
耐震計算法	震度法 (固有周期を考慮しない)	震度法 (固有周期を考慮しない)	震度法(固有周期と構造物特性係数を考慮する) (ただし、構造物の特性により応答変位法や地震時保有水平耐力法)
部材の構造計算・照査	許容応力度法	許容応力度法	限界状態設計法
備考	B: 建屋と上下一体となる場合、又は、地表面からの突出部分が5mを超える場合。	A: B種に該当し、かつ次の①又は②のいずれかに該当するもの。 ①ポンプ場の災害により、地域住民の人命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす。 ②施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす。	

*1 ポンプ場の建屋は「建築基準法」により耐震設計を行うものとする。
 *2 K_{hg} : 地盤面における設計水平震度(震度法(固有周期を考慮しない))、 K_{hg0} : 地盤面における設計水平震度の標準値(震度法(固有周期を考慮しない))、 C_s : 地域別補正係数、 U_s : 地盤変位振幅、 S_v : レベル1地震動の速度応答スペクトル、 T_G : 地盤の特性値、 H : 表層地盤の厚さ、 z : 地表面からの深さ、 S_r : レベル2地震動の速度応答スペクトル

土地改良事業設計指針「耐震設計」P. 246

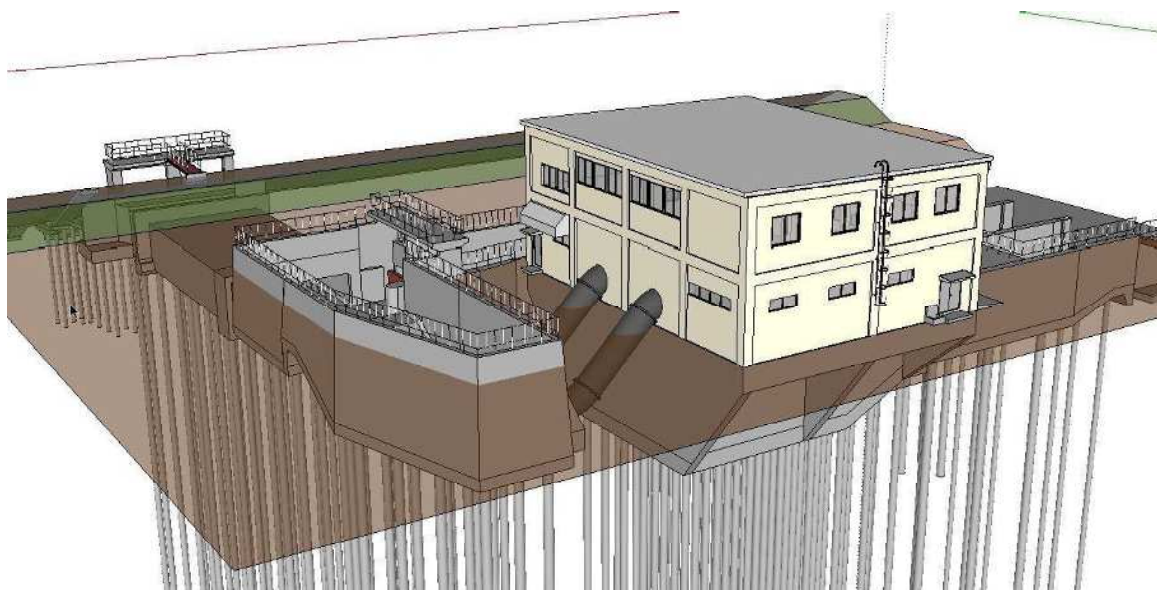
2. 設計計画、施工計画

2.1 耐震照査結果

(1) 耐震性能照査結果の概要

耐震対策の検討においては、既設構造物であること、利用条件、施工条件等を考慮した上で、耐震照査に基づき要求性能及び想定される被災形態に即した検討を行う。

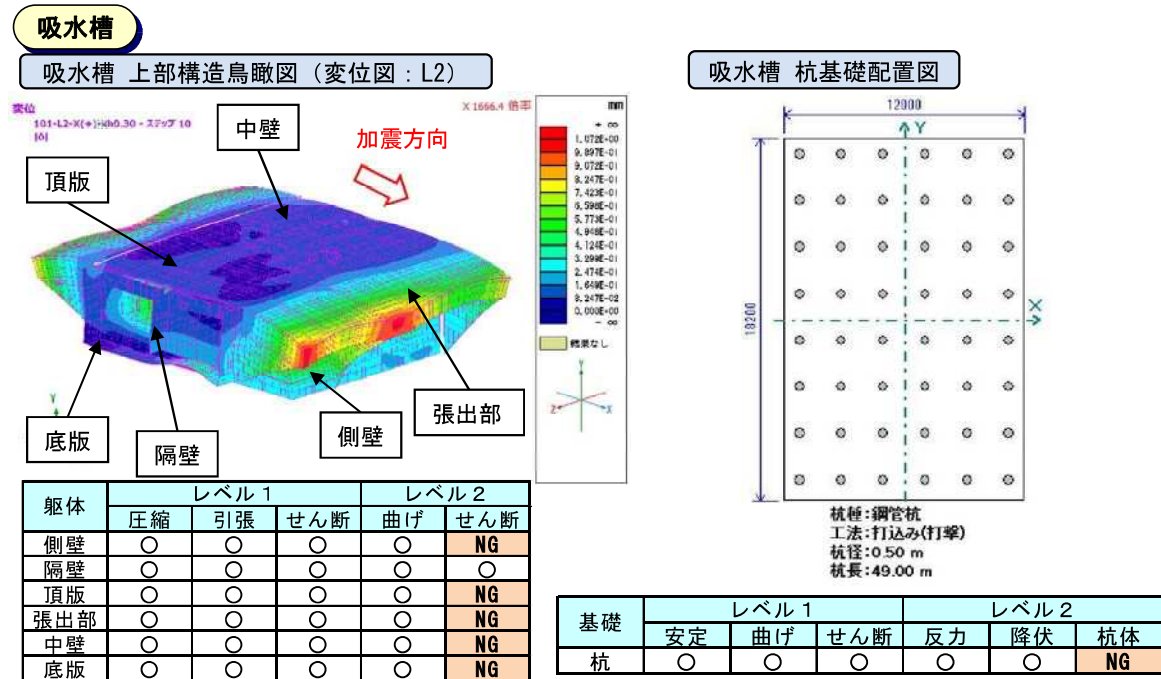
中泉排水機場を構成する吸水槽、吐水槽、建屋（土木施設はいずれも杭基礎含む）に関する耐震性能照査結果を以下に示す。



中泉排水機場 鳥瞰図

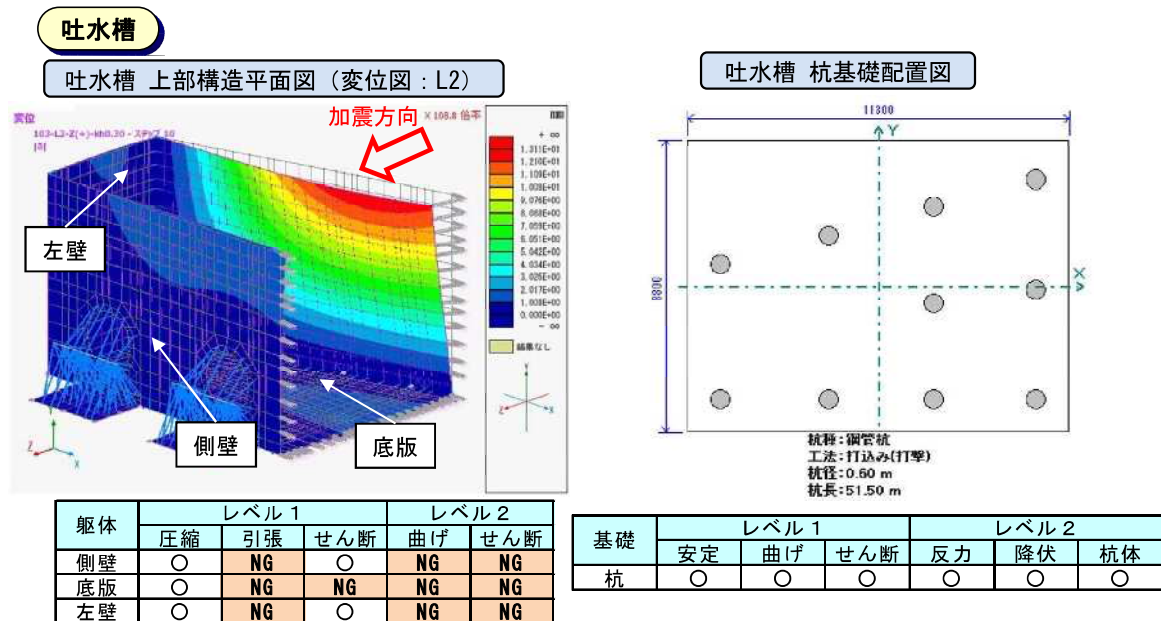
(2) 吸水槽

吸水槽は、以下に示すようにレベル2地震動において、隔壁を除く全部材でのせん断耐力、及び杭体で耐震性能が不足する結果となった。



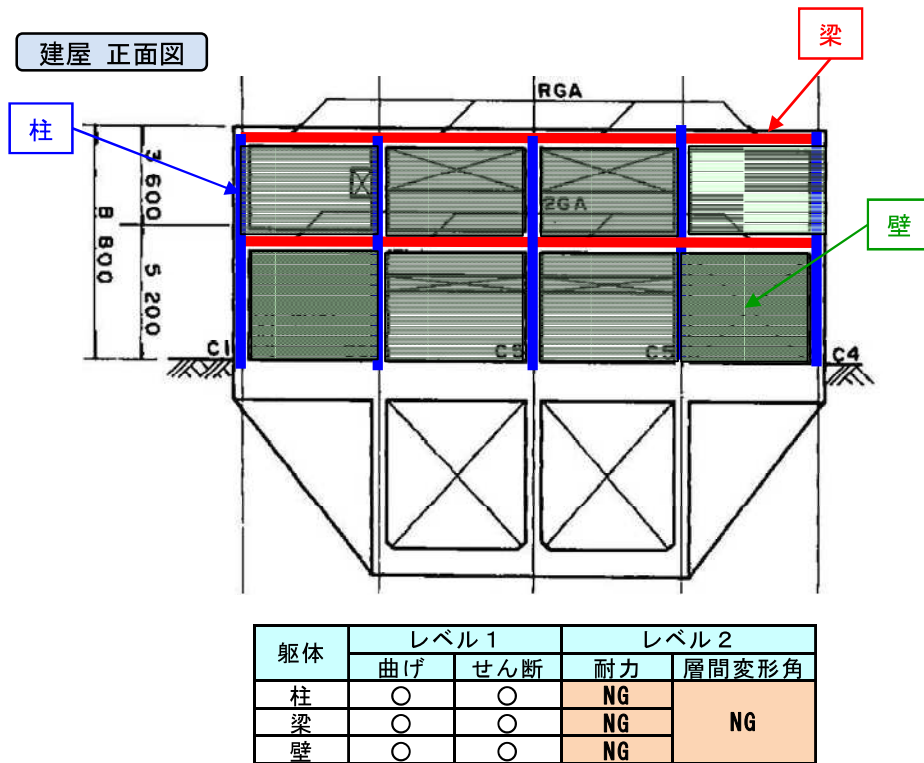
(3) 吐水槽

吐水槽は、以下に示すようにレベル1地震動で全部材の引張、底版のせん断、レベル2地震動において、全部材の曲げ・せん断耐力で耐震性能が不足する結果となった。



(4) 建屋

建屋は、以下に示すように、レベル2地震動において全部材での耐力、層間変形角で耐震性能が不足する結果となった。



3.2 耐震対策工法選定の基本方針

「3.1 耐震性能照査結果の概要」に示したように、施設の耐震性能が不足する部位の耐震性能が満足することを目的とした耐震対策工法を選定する。選定の際の基本方針は以下のとおりとする。

- ①中泉排水機場は、吸水槽、建屋、吐水槽及び排水樋管(本業務対象外)で構成され、吸水槽と建屋(鉄骨コンクリート造)は一体構造の複雑な構造である。耐震対策を行うことで本来の施設機能及び他の部位に影響が生じないように留意する必要がある。
- ②対策工法は、冬場(ポンプ稼働の少ない非かんがい期)の施工を条件とした仮設計画に留意し、施工性、経済性及び維持管理等を考慮した対策工法を選定する。
- ③耐震補強対策工法を選定する際に、工法そのものの経済性だけではなく、必要な仮設工を加えた経済性を比較することで、総合的なコストの縮減を図る。
- ④既設構造物の耐震性能は、新設構造物、既設構造物を問わず、大地震が発生すれば同程度の地震力を受けるため、対象となる地震動を想定した場合、新設構造物と同等の耐震性能を有するものとする。

2.2 建屋耐震補強

(1) 耐震補強工法

表 補強工法比較表

対策	強度を大きくする	靱性を向上する	建物重量を軽減する
手法	①壁の打増し ②壁の開口閉塞 ③壁のブレース補強 ④壁の増設 など	⑤柱梁に鋼板を巻く など	⑥階数を減らす ⑦屋根の重量を減らす など
判定	○	△	△

参考：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震補強事例集 財団法人日本建築防災協会

以上の補強方法の中では、①②が採用事例も多く、最も簡便な方法である。また①②を併用することもある。その他の③～⑦は、そもそも壁が少ない等①②に不向きなケースで有利な方法となる。

(2) 耐震補強工法の選定

採用事例があり、簡便な方法である、①壁の打増し、②壁の開口閉塞について比較検討を行う。さらに、管理者である土地改良区からの聞取りにより、2階前室窓はゲート管理時に使用していることからできるだけ閉塞を回避する必要があるため、③併用案についても比較検討を行う。

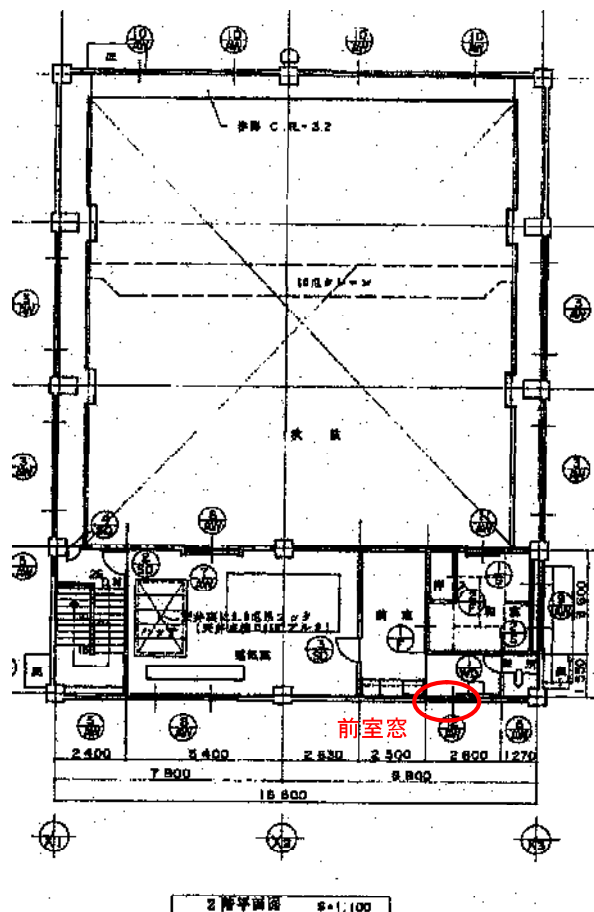
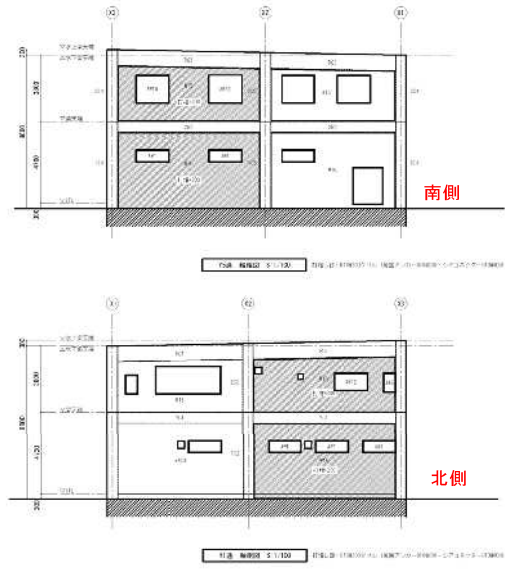
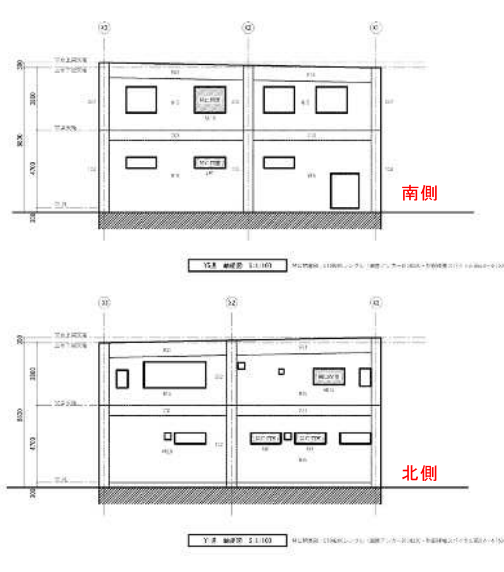
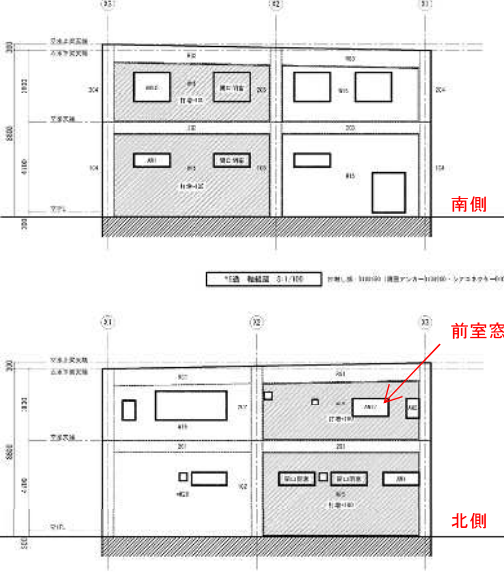


図 建屋2階平面図

耐震補強工法比較検討表

	打増し工法	開口閉塞工法	併用案
概要	 南側 北側	 南側 北側	 南側 北側 前室窓
利便性	○ 開口はそのままとなり、以前と変わらない。	△ ポンプ室は採光面積として10%程度、前室は唯一の開口が閉塞となる。 ポンプ場設計の際においては、ポンプ運転の吸排気の計算及び照明の照度に関して窓の有無は考慮しておらず、施設機能に問題はない。	△ 採光面積は小さくなる。
施工性	○ 壁のほぼ全面に及ぶものの、内部面の作業は不要。	○ 内部面の作業を伴うが、規模が小さく、スペースにも余裕がある。	△ 壁のほぼ全面の増厚を行い、さらに内面部の作業を伴う。
経済性	△ 直接工事費： 円	○ 直接工事費： 円	△ 直接工事費： 円
総合評価	△ 利便性の面において有利であるが、経済性において不利となる。	△ 採光面積が若干減ることになるが、経済性において有利となる。	○ 採光面積の減少面積、経済性ともに3案中2位となる。 管理者要望を考慮し、経済性に優れる併用案を採用する。

2.3 吸水槽（耐震対策）

（1）吸水槽

（a）工法選定

吸水槽は、以下に示すようにレベル2地震動において、隔壁を除く全部材でのせん断耐力、及び杭体で耐震性能が不足する結果となった。

コンクリート構造物を対象とした補強の一般的な工法は次頁の通りであり、当該施設への適用性が高い工法は、狭小な条件下での施工に適しており吸水槽の補強対策に適する「せん断補強鉄筋挿入工法」である。

表 補強工法一覧表

名 称	概 要	内 容	適 用
接着工法	補強部材の追加	主に橋梁の主桁や床板に対して用いられることが多い工法であり、基本的には常時の耐力増加を目的としているため、吸水槽の補強工法としては適さない。	×
プレストレス導入工法	プレストレスの導入		
断面増厚工法	コンクリート断面の増加	せん断補強として有効ではあるが、吸水槽の容積減少による水理性への影響(ポンプ吸込流速)、重量増加による基礎杭への影響が生じるため、適用が困難である。	△
巻立て工法	補強部材の追加、断面の増加	部材の両面を巻立てる工法であるが、吸水槽はその形状より、巻立てることが困難であり、水槽内側にも部材の増加が求められるため、容積減少が困難な吸水槽では、その適用が困難である。	×
打換え工法	コンクリート部材の交換	当該施設が建屋と一体構造となっていることから、大規模な改修工事となるため、経済性や施工性で他工法よりも非常に劣る。	×
施設の改修	施設の撤去・復旧		
はり（桁）増厚工法	部材の増加	吸水槽の内側に部材を増設する必要があるが、容積の減少が想定されるため、その適用が困難である。	△
支持点増設工法	支持点の増加		
せん断補強鉄筋挿入工法	鉄筋の増加	狭小な条件下での施工に適しており吸水槽の補強対策に適する。	○

(b) 施工方法

せん断補強鉄筋挿入工法の施工フローは以下に示す通りである。

≡ 施工フロー

※コアドリルの場合

- 1** コアドリルのペースをセットし、
削孔する。

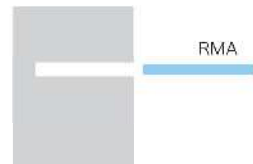


※ハンマードリル、削岩機による削孔も可能です。

- 2** 所定寸法まで削孔を行う。
清水を循環し孔内の清掃を行う。



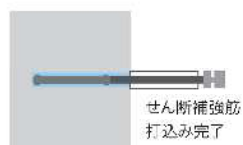
- 3** RMAを2～5分間浸漬する。



- 4** 浸漬完了後、
速やかに孔内に挿入する。



- 5** ハンマードリルまたはチッパーに
より補強鉄筋に打撃を加えなが
ら所定寸法まで打込む。

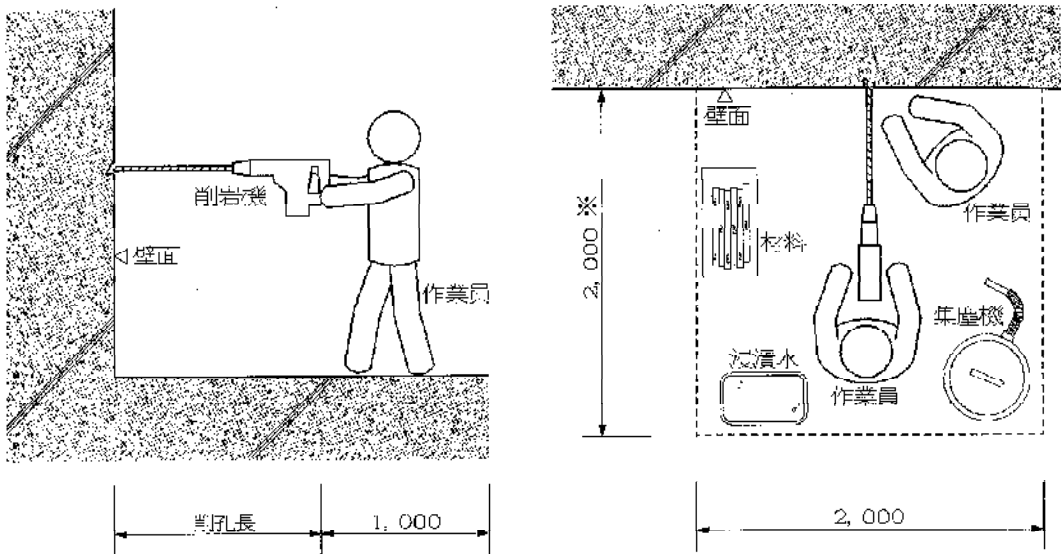


- 6** 所定のかぶり厚さを確保
し左官仕上げを行う。この
とき余分なモルタルにつ
いては除去する。



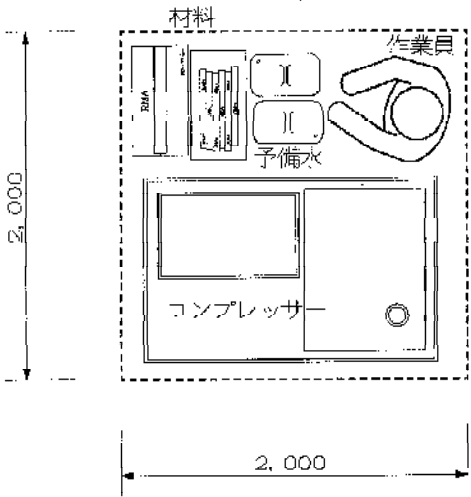
また、必要施工スペースは以下を想定する。

小スペースでの施工が可能



※：削孔長を 1m とした場合

図Ⅱ-4.165 施工スペース概要図



(c) 安全性照査

安全性照査は下記にも記載があるとおり、補強された部材のせん断耐力が、作用するせん断力より大きいことを確認することにより、補強後の構造物の安全性の照査を行う。

作用するせん断力は過年度耐震照査計算書より引用する。

補強後のせん断耐力はメーカーで示す算式により算出する。

■ 設 計 RMAを用いた部材のせん断に対する安全性照査

RMAを用いたせん断補強鉄筋により補強された部材のせん断耐力が作用するせん断力より大きいことを確認することにより、補強後の構造物の安全性の照査を行う。RMAを用いたせん断補強鉄筋により補強された部材の単位長さ当たりのせん断耐力 $V_{y,d}$ は、式(1)と式(2)によりRMAを用いたせん断補強鉄筋のせん断耐力への寄与を考慮し、2012制定コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕3編2.4.3.2に準じて、以下のように求めてよい。

●設計

$$V_{y,d} = V_{co} + V_{sd} + V_{RMA} \quad \text{..... (1)}$$

$$V_{RMA} = \beta_{RMA} \cdot V_{KRM} = \beta_{RMA} [A_{sRMA} \cdot f_{tRMA} (\sin \alpha_{sRMA} + \cos \alpha_{sRMA}) / S_{sRMA}] z / \gamma_c \quad \text{..... (2)}$$

$$\beta_{RMA} = 1 - l_y / S_{sRMA}$$

ただし、先端側の主鉄筋が1段の場合は $1 - l_y / (S_{sRMA} D / 2)$

また、 β_{RMA} の上限値は、上表とする。

V_{co} ：せん断補強鉄筋を用いないRC部材の単位長さ当たりのせん断耐力

(2012制定コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕3編2.4.3.2の式)

V_{sd} ：既存のせん断補強鉄筋により負担されるRC部材の単位長さ当たりのせん断耐力

(2012制定コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕3編2.4.3.2の式)

V_{KRM} ：「RMA」のせん断補強鉄筋による負担される単位長さ当たりのせん断耐力

V_{RMA} ：「RMA」のせん断補強鉄筋を通常のせん断補強鉄筋とみなして求められる単位長さ当たりのせん断耐力

β_{RMA} ：「RMA」のせん断補強鉄筋のせん断耐力の向上への有効性を示す係数。

ただし、部材厚が下記の場合、 $\beta_{RMA} = 0$ (適用外) とする。

先端斜めカットせん断補強鉄筋：400mm未満、転造ねじ継手付きは500mm未満

両端頭付きせん断補強鉄筋：300mm未満、転造ねじ継手付きは400mm未満

A_{sRMA} ：単位長さ当たりの区間 S_{sRMA} における「RMA」のせん断補強鉄筋の総断面積

f_{tRMA} ：「RMA」のせん断補強鉄筋の設計降伏強度で400N/mm²以下とする。

α_{sRMA} ：「RMA」のせん断補強鉄筋が部材軸となす角度

S_{sRMA} ：「RMA」のせん断補強鉄筋の配置間隔

z ：圧縮応力の合力の作用位置から引張部材圆心までの距離で一般に $d/1.15$ (d は有効高さ) とする。

γ_c ：部材係数。ここでは、1.1とする。

l_y ：「RMA」の定着長 (せん断補強鉄筋が先端斜めカット：6D、両端頭付き：4D)

S_{sRMA} ：せん断補強対象部材の圧縮鉄筋と引張鉄筋のそれぞれの区心の間隔 ($d - d'$)

ただし、下記の場合、「RMA」の適用外とする。

1段配筋：標準は $d - d' - D/2 \leq 2l_y$ 、転造ねじ継手付きは $d - d' - D/2 - L_{JC} \leq 2l_y$

2段配筋：標準は $d - d' \leq 2l_y$ 、転造ねじ継手付きは $d - d' - L_{JC} \leq 2l_y$

(L_{JC} は転造ねじ継手全長)

(圧縮鉄筋がない場合は、有効高さから引張鉄筋の d' と同じ分だけを差し引く。ただし、

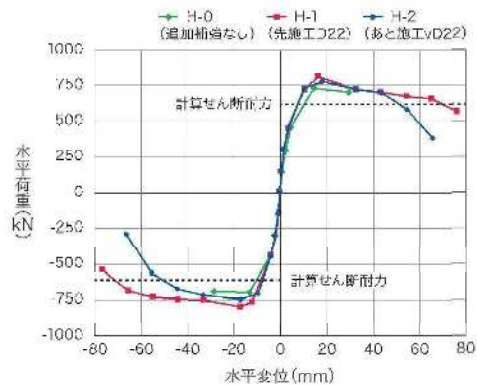
引張鉄筋のかぶり厚は、50mm未満の場合、「RMA」の施工性から50mmとする。)

D ：背面側最外縁の主鉄筋の直径

「RMA」で補強されたRC部材の単位長さ当たりのせん断耐力 $V_{y,d}$ が、上記の式で算出できることを部材実験により確認している。



最終破壊時写真



骨格曲線の重ね合わせ

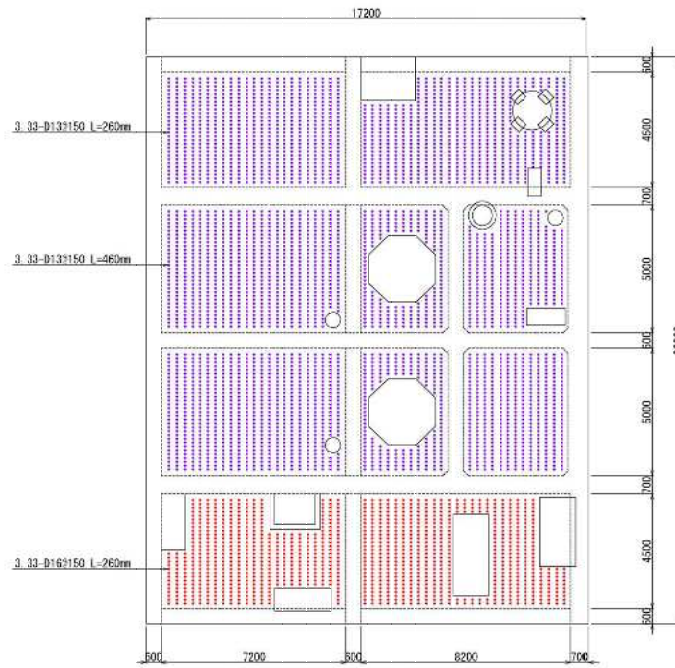
「せん断補強 RMA 工法」カタログ抜粋

せん断補強鉄筋挿入による計画は次の図面とする。

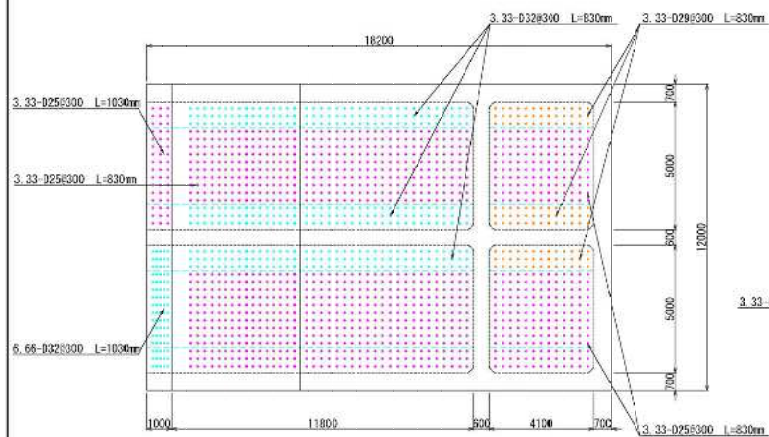
吸水槽耐震対策工構造図

(せん断補強鉄筋挿入工法 (RMA工法 (先端斜めカット)))

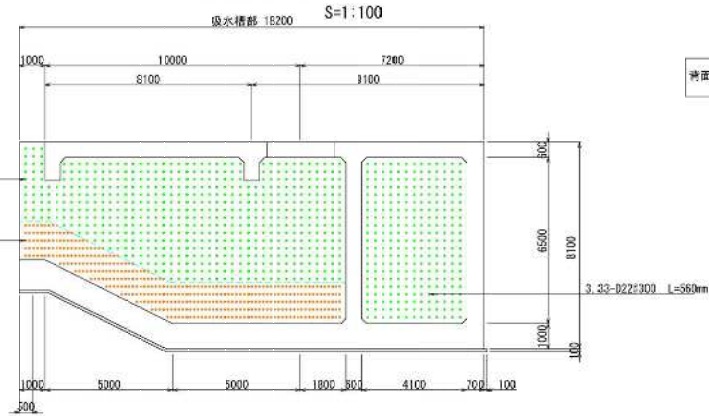
頂版平面図



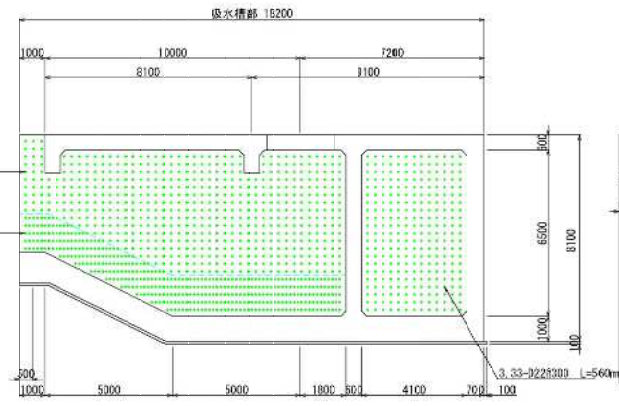
底版平面図



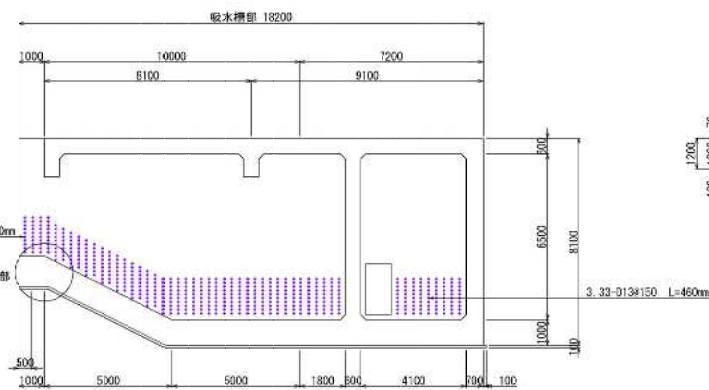
右側壁断面図



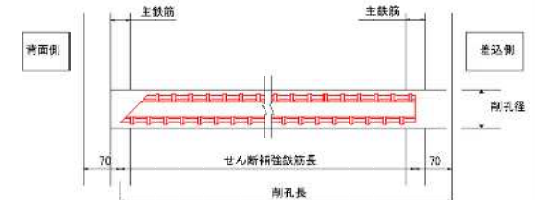
左側壁断面図



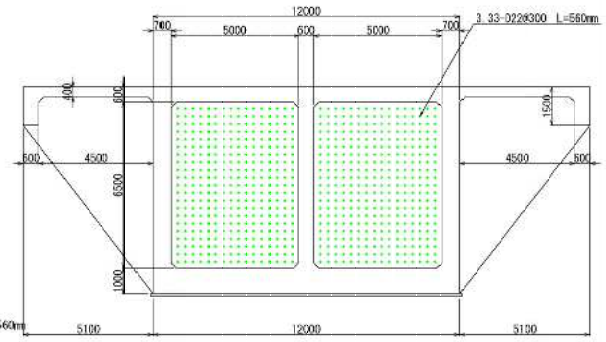
中壁側面図



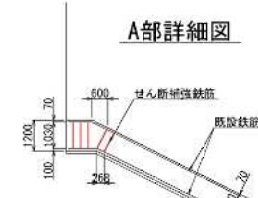
せん断補強鉄筋挿入工詳細図



後側壁図



A部詳細図



凡例	
せん断補強鉄筋	
D13	○
D16	○
D19	○
D22	○
D25	○
D29	○
C32	○

工事名	令和5年度 遠洲石川二県農業水利事業
図面名	中東水慣通前農化対策他施設設計業務
作成年月日	令和7年2月
縮尺	S=1:100 図面番号
会社名	
製図(図)者	東北農政局 津軽土木改良建設事務所

※ 隅壁部の補強は不要

(2) 杭基礎

(1) 工法選定

当該施設の杭基礎は、鋼管杭である。

杭基礎の耐震化対策に対する主な補強工法は、以下の工法がある。

原理	工法の概要		主な工法
地盤の安定化	杭周りの地盤改良	杭頭部分の土の強度をあげ、地盤強度を向上する方法	中層混合処理工法 深層混合処理工法
	地盤改良による荷重低減	基礎工周辺の地盤改良を行い、抵抗力を増加させ、基礎工への作用力を低減させる。	中層混合処理工法 深層混合処理工法
基礎の補強	杭の増設	新たに杭を増設することにより基礎を補強する。	鋼杭圧入工法 BH 杭工法
	地盤改良による基礎補強	地盤改良により杭基礎の抵抗力を増加させ、水平力を低減する。	中層混合処理工法 深層混合処理工法

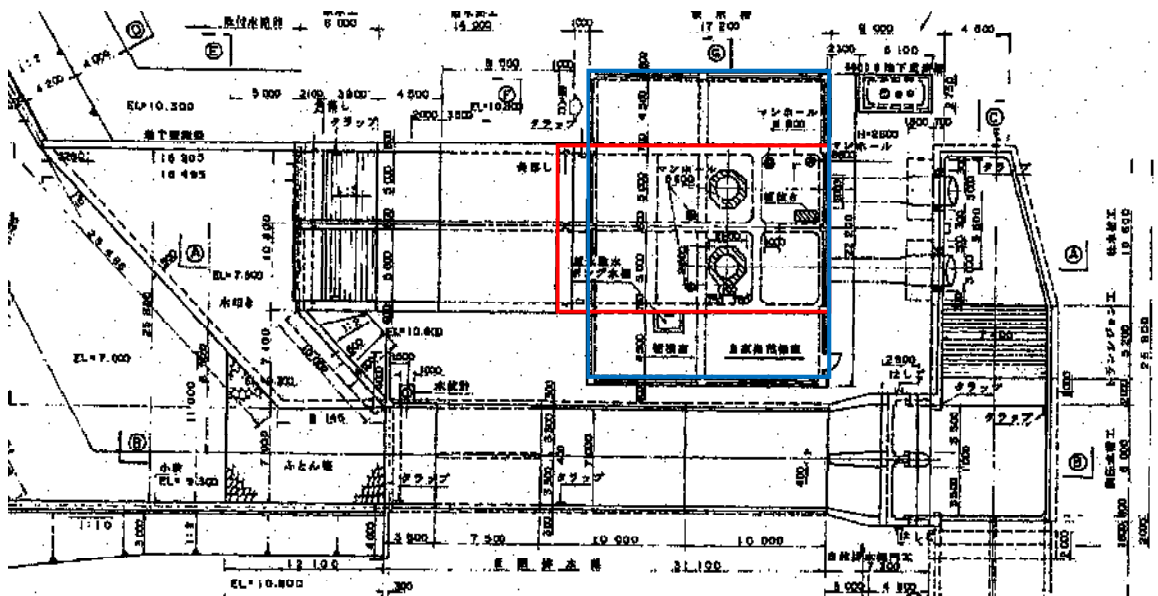


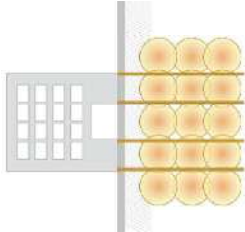
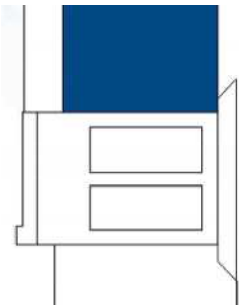
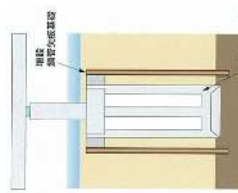
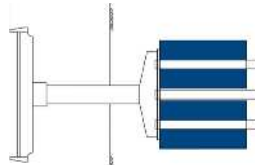
図 排水機場出来形平面図

※ 赤：吸水槽、青：建屋

基礎工の耐震化対策工法の比較表を次頁に示す。

当該施設は、建屋と排水路の間が狭いことや、ポンプ室からの施工の場合、配線配管があることから施工は困難である。

表 杭耐震対策工適応性比較表

対策案	概念図	概要	工法	適応性	判定	備考
杭周りの地盤改良		杭頭部分の土の強度をあげ、地盤強度を向上する方法	・静的圧入締固工法 ・浸透固化工法	・吸水槽内部からの施工となる。 ・施工機械が大型であり、進入が困難であることから、適用性は低い。	×	
地盤改良による荷重低減		基礎工周辺の地盤改良を行い、抵抗力を増加させ、基礎工への作用力を低減させる。	・深層混合処理工法	・機場建屋ポンプ室からの施工となり、配線配管、設備、基礎を避けた施工となり、困難である。 ・小型のマシンでの施工	○	
杭の増設		新たに杭を増設することにより基礎を補強する。	・増杭工法	・吸水槽内部からの施工となる。 ・吸水槽は H6.5m であるため、鋼管による施工となる。施工は困難である。 ・小型のマシンでの施工 ・杭長が 1m 以下/本となるため、施工性が劣る。 ・適用性は低い。	△	
地盤改良による基礎補強		地盤改良により杭基礎の抵抗力を増加させ、水平力を低減する。	・浅層混合処理工法 ・中層混合処理工法	・吸水槽内部からの施工となる。 ・曲がり施工の場合、施工ヤーダの確保（特に排水路側）が困難であることから、適用性は低い。	×	

(2) 施工方法

(a) 施工フロー

地盤改良時（V-JET 工法）の施工フローは以下の通りである。

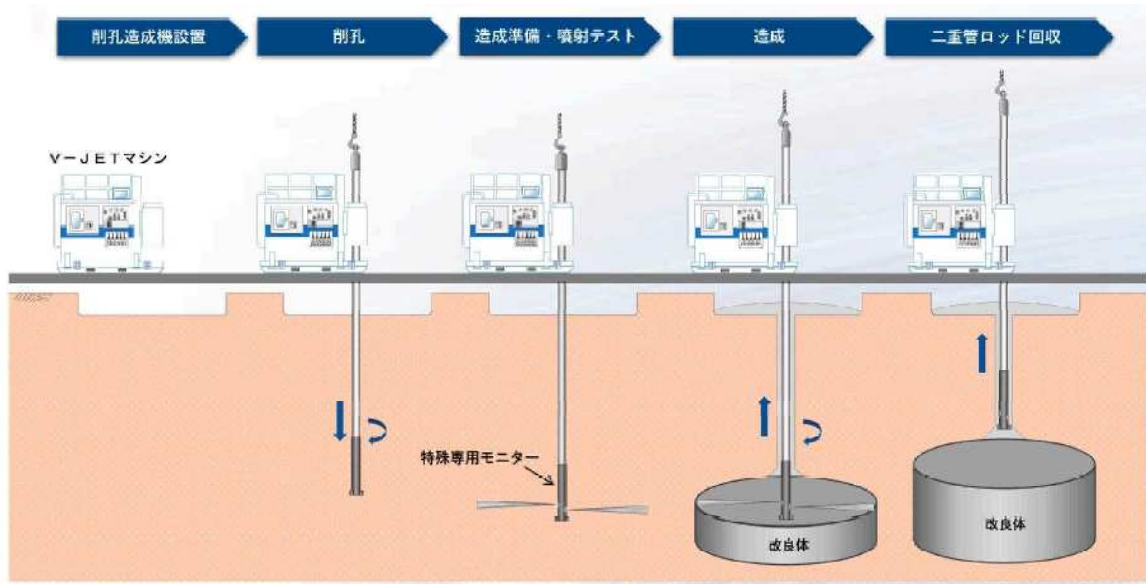
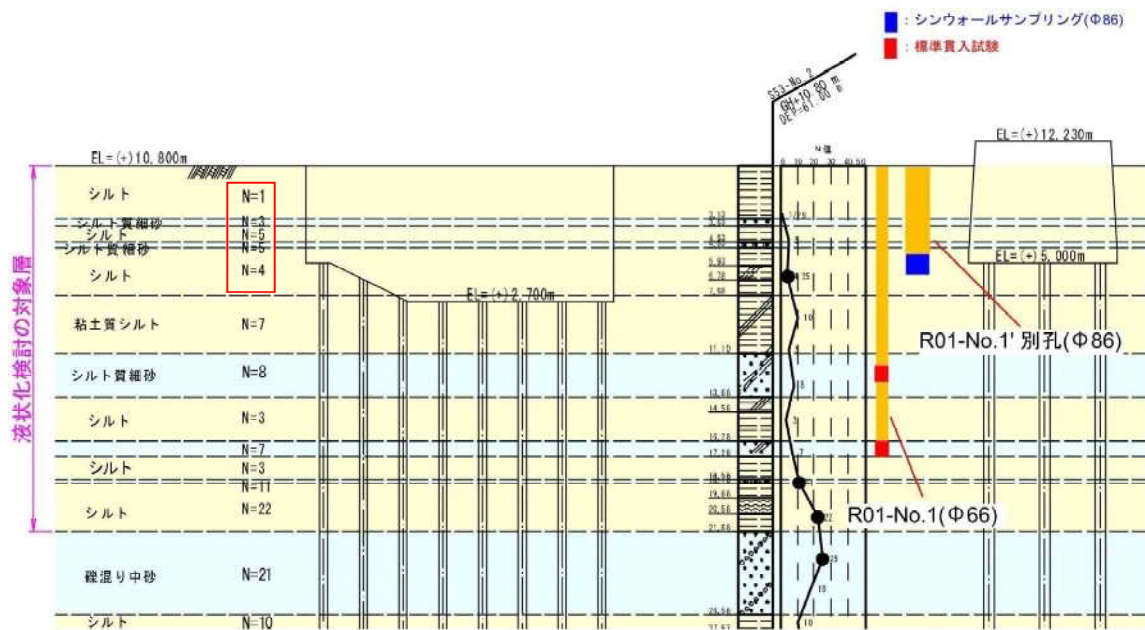


図 施工フロー

(b) 施工機械

施工箇所は建屋内ポンプである。ポンプ室はポンプ、発電機等設備が配置されているため、小型機械での施工となる。

施工に当たっては土質に適した施工機械を選定する必要がある。本施設の N 値は 1～5 である。



協会資料より、土質と機械からの選定を行うと下表の通りである。

また、次頁平面図の赤枠部は2回が電気室となっており、空頭制限となる場所である。空頭制限で使用可能な機械を採用できるタイプはV1である。

標準的な有効径は、表 2.2、表 2.3 により定める。V-JET工法の標準的な施工仕様としては、硬化材の噴射量、特殊先端噴射装置および機械設備などにより、改良径の異なる4つの標準タイプ（V0、V1、V2、V3）が用意されている。また、それぞれのタイプにおいて同設備で異なる改良径（ α 、 β 、 γ 、 δ ）の設定ができることから、改良体の効率的な平面配置計画を行うことが可能である。

表 2.2 標準設計数値

タイプ		V0		V1		V2		V3			
		α	β	α	β	α	β	α	β	γ	δ
噴射圧力 (MPa)		35		35		35		35			
硬化材噴射量 (L/分)		160		240		360		540			
造成時間 (分/m)		4	7	7	10	9	12	10	12	15	18
ロッド回転数 (rpm)		10 ~20	6 ~12	6 ~12	4~8	5~9	4~7	4~8	4~7	3~5	3~5
有効径 (m)	砂質土 $N \leq 50$ 粘性土 $N \leq 3$	1.5 (--)	2.0 (--)	2.5 (2.3)	3.0 (2.7)	3.5 (3.2)	4.0 (3.6)	4.5 (4.0)	5.0 (4.5)	5.5 (5.0)	6.0 (5.4)
	砂質土 $50 < N \leq 100$ 粘性土 $3 < N \leq 5$	1.3 (--)	1.8 (--)	2.3 (2.0)	2.7 (2.4)	3.2 (2.8)	3.6 (3.2)	4.0 (3.6)	4.5 (4.0)	5.0 (4.4)	—
	※括弧内は 30m 以降										
	砂質土 $100 < N \leq 150$ 粘性土 $5 < N \leq 7$	1.1 (--)	1.6 (--)	2.0 (1.8)	2.4 (2.0)	2.8 (2.4)	3.2 (2.8)	3.6 (3.2)	4.0 (3.6)	4.4 (3.8)	—
	砂質土 $150 < N \leq 200$ 粘性土 $7 < N \leq 9$	—	—	1.8 (1.6)	2.0 (1.8)	2.4 (2.0)	2.8 (2.4)	3.2 (2.8)	3.6 (3.2)	3.8 (3.4)	—

注1) 改良深度は、 $Z \leq 30\text{m}$ を標準とし、 $30\text{m} < Z \leq 40\text{m}$ の場合は、削孔精度を考慮して括弧内の値とするが、削孔精度確認技術により全孔の管路位置を確認する場合は、標準の有効径とする。また、 $Z > 40\text{m}$ の場合は、事前の試験施工等により、有効径を確認することが望ましい。V2、V3タイプにおいて改良深度 40m 以上(最大改良深度 55.5m)の実績がある。

注2) N 値は改良対象地盤の最大 N 値である。

注3) 砂礫土については、砂質土有効径の 10%減を基本とするが、事前の試験施工等により有効径を確認することが望ましい。

注4) 有機質土については、十分な検討の上で有効径を設定する。

「V-JET 協会 技術資料」抜粋

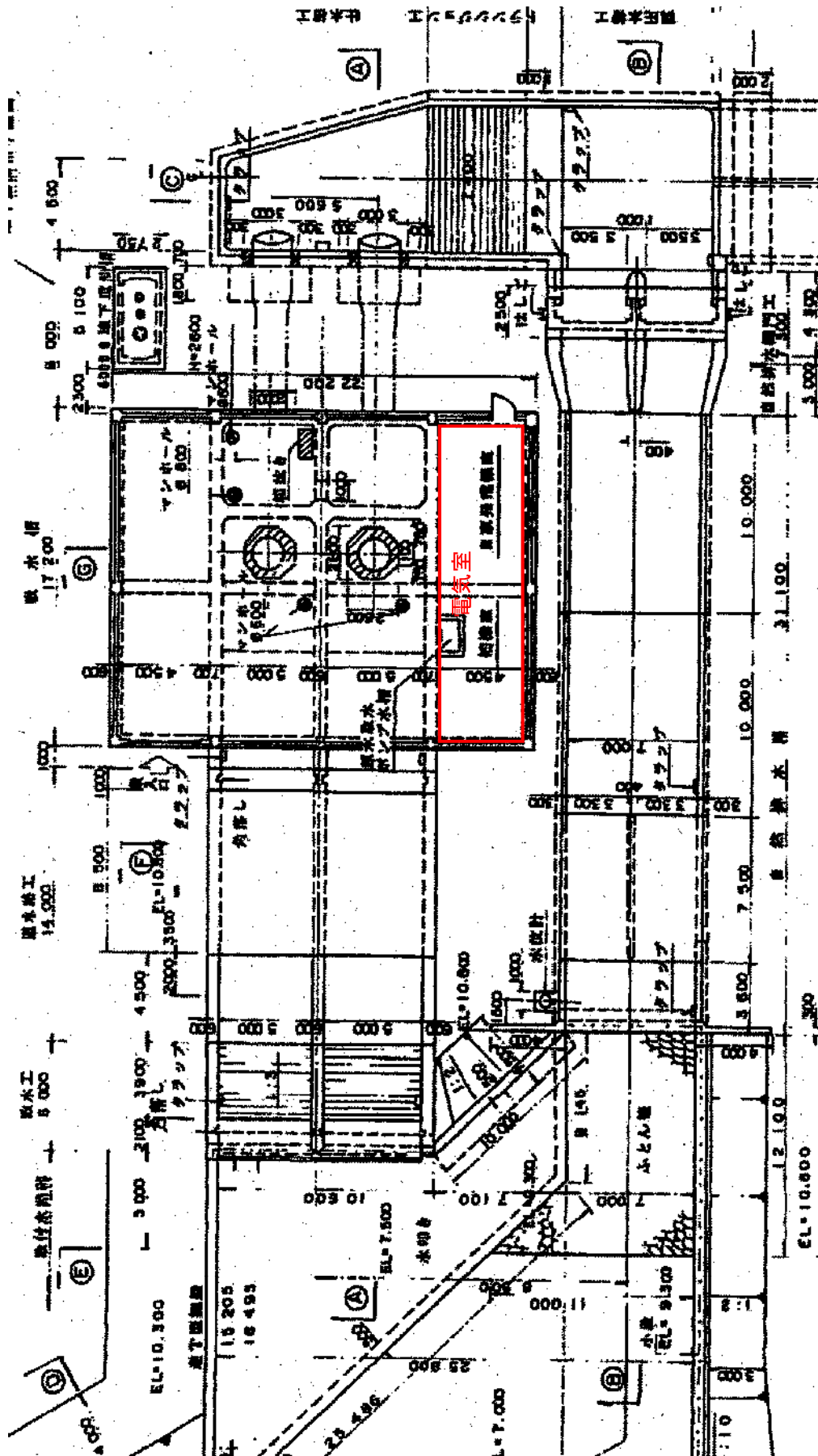


図 中泉排水機場平面図

施工時の機械配置は以下の通りである。

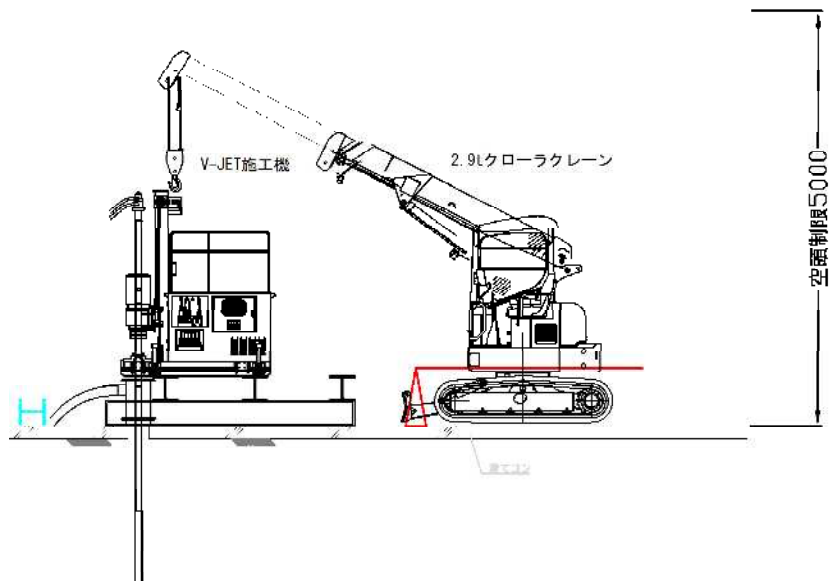


図 施工機械断面図

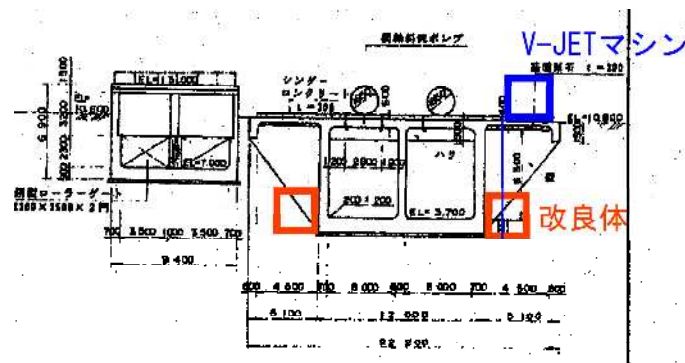
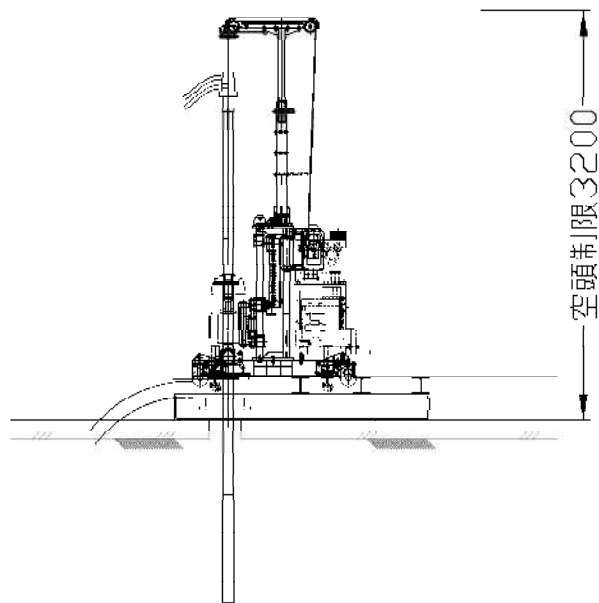


図 機械布設概略図

低空頭エリア（電気室下）での施工は下記機械で行う。

V-JET工施工断面図（小型マシン） ※低空頭エリア



2.4 吐水槽

(1) 構造検討

本業務での条件精査により、吐水槽の重要度はC種であるため、耐震対象外である。過年度では常時の構造計算を実施していないため、本業務において、構造計算を行い、安全性を確認する。基準書「ポンプ場」及び杭反力による底版の照査が必要であるため、フルーム構造と版として検討を行う。

(4) 吐出し水槽（浅いピットの場合）

壁の長辺長(L)が壁高(H)のおおむね2倍以上となる浅いピット形式の吐出し水槽の場合は、長辺方向の壁と底版をフルーム構造とし、短辺方向の壁を二方向版として解析する（ただし、壁が地表より露出する場合は、壁の地設深を H として考える）。

$2 > L/H \geq 1$ では、フルーム構造として解析する方法と、1枚1枚の版として解析する方法があり、構造物の規模が大きい場合には1枚1枚を版として解析した方が有利となる。

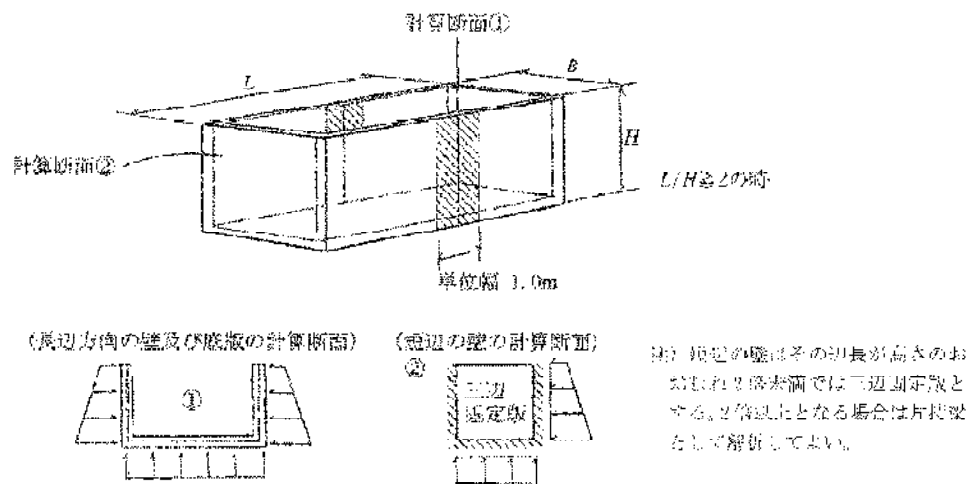


図-14.11 吐出し水槽（浅いピットの場合）

土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」P.647

(2) 補修・補強工

各施設の健全度は S2～S5 であり、補強（補修）、補修（補修）の劣化対策が必要となる。
対象施設の機能診断結果を以下に示す。

表 機能診断結果まとめ

施設	今後の方針	完成年	機能診断 (H19)				長寿命化 (H26 (2014)) ※機能診断調査なし	
			調査年	評価	変状	対策	評価	状況
土木施設	吸水槽	S57 (1982)	H19 (2007)	S-5	問題なし	不要	S-5	問題なし
	吐水槽			S-2	側壁天端のひび割れ スケーリング (凍害)	断面修復工	S-2	側壁天端のひび割れ スケーリング (凍害)
	導水路			S-4	天端のスケーリング (凍害)		S-4	天端のスケーリング (凍害)
	排水路 (鋼矢板)			劣化度 A	天端のスケーリング (凍害) 矢板の発錆 (経年劣化)	再塗装	S-3	発錆 (経年劣化)
				S-3	天井漏水 (経年劣化)	屋根補強	S-3	屋根の防水材劣化
建屋	耐震化対策	S57 (1982)	H19 (2007)	S-3	天井漏水 (経年劣化)	屋根補強	S-3	屋根の防水材劣化
	屋根補修							
	内外装 リフォーム							
	シャッター 更新							
	監視カメラ 設置							

1) 対策工の選定方針

対策工の検討においては、施設の性能低下をもたらした要因を把握し、対応できる対策工を選定する。

本施設（土木施設）の主な劣化要因は凍害である。

対象施設は、凍害によるスケーリングや鉄筋露出が見られることから、凍害Ⅳ劣化期に当たる。主工法として、適用可能な工法は「断面修復工」及び「コンクリート増厚工」である。また、摩耗は、「Ⅱ進展期～Ⅲ加速期」であるが、今後の性能低下を予測し、「Ⅱ進展期～Ⅳ劣化期」を対象として、工法を選定する。

表 3. 2. 2-1 劣化の過程に応じた対策工法の一次選定の例

劣化現象	劣化の位置	劣化の状況	劣化の程度	補修工法								
				表面処理工法		部分的な対策工法			気化対策工法		補修工法	
				ひび割れ・剥離・凹陥・陥没	ひび割れ・剥離・凹陥・陥没	表面修復	ひび割れ・剥離・凹陥・陥没	断面修復	コンクリート増厚	電気化学的処理	有塩化剤の投与	その他
摩耗	I 潜伏期	無し	◎			○						
	II 進展期	表面のモルタル層が剥離	◎			○		△				
	III 加速期	摩耗層が露出				○	△	△				
	IV 劣化期	筋骨材が露出				○	△	△			◎	◎
凍害	I 潜伏期	無し	◎	◎	○	△	△					
	II 進展期	水分の浸入、スケーリング、ひび割れ、ポツポツ、剥離		△	△	△	△	○				
	III 加速期	水分の浸入、スケーリング、ひび割れ、ポツポツ、剥離、剥落				△	△	◎				
	IV 劣化期	水分の浸入、スケーリング、ひび割れ、ポツポツ、剥離、剥落、鉄筋露出				△	△	◎			◎	◎
アルカリシロミ反応	I 潜伏期	無し	◎	○	○	△					△	△
	II 進展期	ひび割れ、剥離、剥落				△	△				△	△
	III 加速期	ひび割れ、剥離、剥落				△	△	◎			△	△
	IV 劣化期	ひび割れ、剥離、剥落、鉄筋露出、鉄筋の腐食、変形・たわみ				△	△				◎	◎
化学劣化	I 潜伏期	無し	◎			○						
	II 進展期	ひび割れ、表面劣化				◎	△	○				
	III 加速期	ひび割れ、表面劣化、粗骨材露出、剥離				◎	△	◎				
	IV 劣化期	ひび割れ、表面劣化、粗骨材露出、剥離、鉄筋の腐食、変形・たわみ				◎	△	◎			◎	◎
中性化	I 潜伏期	無し	◎	◎	◎	○			△			
	II 進展期	ひび割れ、剥離		△	△	◎	○	△				
	III 加速期	ひび割れ、剥離、剥落、鉄筋露出				△	△	◎	△			
	IV 劣化期	ひび割れ、剥離、剥落、鉄筋露出、鉄筋の腐食、変形・たわみ				△	△	◎	△		◎	◎
塩害	I 潜伏期	無し	◎	○	○	○	△		○			
	II 進展期	ひび割れ、剥離				△	△	○	○	○		
	III 加速期	ひび割れ、剥離、剥落、鉄筋露出				△	△	◎	○	○		
	IV 劣化期	ひび割れ、剥離、剥落、鉄筋露出、鉄筋の腐食、変形・たわみ				△	△	◎	○	○	◎	◎

◎：主工法として適用可能な工法 ○：主工法について適用可能な工法 △：劣化状況に応じて検討する工法

2) 補修対策選定

補修工法はコスト、施工性及び気候条件等から適する工法を選定する。

補修工法は各メーカーにより農業水利施設の水利性能を有する工法が多数提案されている。ここでは、その中から「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】H27年4月」の品質規格値を満足する工法として「農業水利施設保全補修ガイドブック」掲載の鉄筋コンクリート構造物補修工法の中から当該施設に適する工法を選定し（一次選定）、比較検討を行い、工法を選定する。

(a) ひび割れ補修工

ひび割れ補修における工法区分については、「農業用水利施設補修工事の品質管理に関する手引き【開水路編】 P.参-66」より、以下の通りである。

0.2mm未満のひび割れは、健全度評価 S-5 であるため補修対象から除外し、0.2mm以上のひび割れを対象に、補修工法の検討を行う

①0.2mm～1.0 mmのひび割れ

0.2 mm以上 1.0 mm未満のひび割れについては、次表にあるように「注入工法」を適当とし、これを採用する。

②1.0mm以上のひび割れ

1.0mm以上のひび割れについても次表より、「充填工法」を採用する

③エフロレッセンスを有するひび割れ

エフロレッセンスを伴うひび割れについては、析出物がひび割れを閉塞しているため、0.2 mm以上 1.0 mm未満のひび割れであっても、注入工法の施工が困難である。よって、エフロレッセンス除去後に 1mm 以上のひび割れ同様に「充填工法」による補修を行う。

従って、以下のように対策を行うこととし、各々補修工を比較検討する。

0.2 mm以上 1.0 mm未満のひび割れ	注入工法
1.0 mm以上のひび割れおよびエフロレッセンスを伴うひび割れ	充填工法

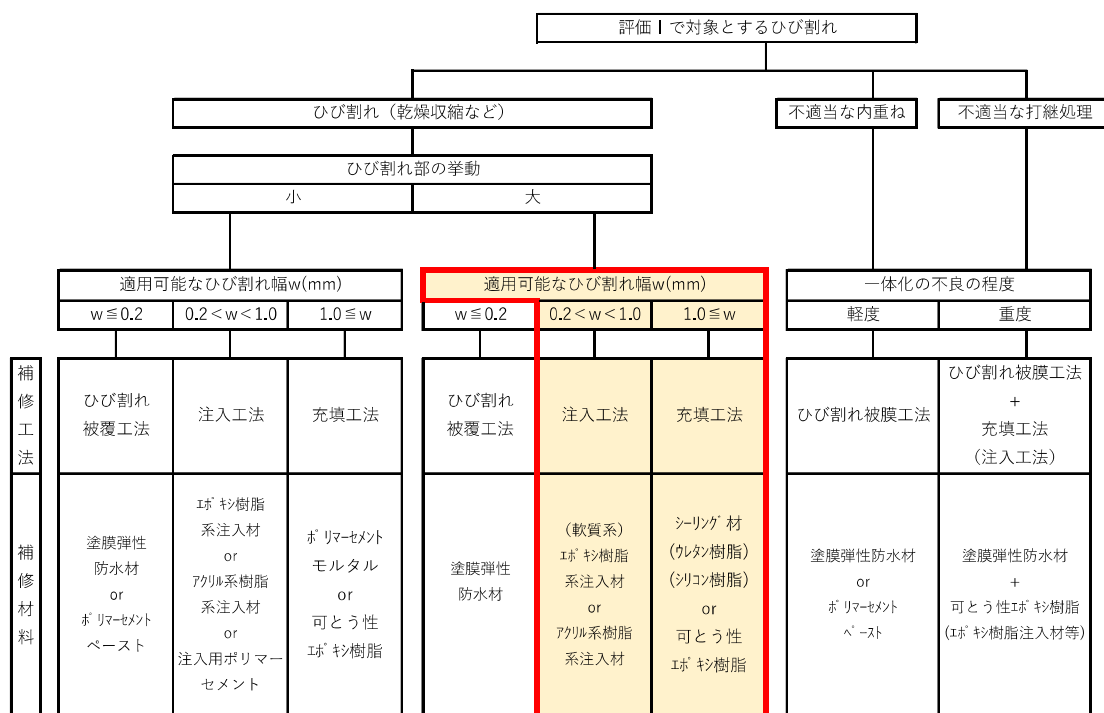
表 ひび割れに応ずる補修工法の分類

補修目的	ひび割れの現象・原因		ひび割れ幅※1 [mm]	補修工法 ※2			
				被覆工法	注入工法	充填工法	その他工法 浸透性防水剤 の塗布工法
防水性	ひび割れ幅の変動 小 ※3		0.2以下	○	△		○
			0.2～1.0	△	○	○	
	ひび割れ幅の変動 大		0.2以下	△	△		○
			0.2～1.0	△	○	○	
耐久性	鉄筋が腐食 していない 場合	ひび割れ幅 の変動 小	0.2以下	○	△	△	
			0.2～1.0	△	○	○	
		ひび割れ幅 の変動 大	0.2以下	△	△	△	
			0.2～1.0	△	○	○	
			1.0以上		△	○	
			1.0以上		△	○	
	鉄筋腐食		—			○	

※1 表に示すひび割れ幅は、補修時のひび割れ幅を示している。

※2 ○印：適当と考えられる工法 △印：条件によっては適当と考えられる工法

※3 ひび割れ幅の変動とは、劣化に伴うひび割れの進展や温度変化等による変動を意味しており、交通荷重などに伴うひび割れの開閉は対象外とする。なお、ひび割れ幅の変動は100%以上の場合を「大」、100%に満たない場合を「小」とする。



※「評価Ⅰで対象とするひび割れ」とは乾燥収縮や水和熱によるひび割れなど、竣工から数年内には収束すると考えられるひび割れをさす。

図「解説図-6.2.4 ひび割れの補修工法の選定例」

コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2013 P. 121

表 ひび割れ補修工法（注入工法）比較表

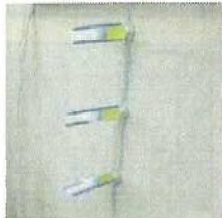
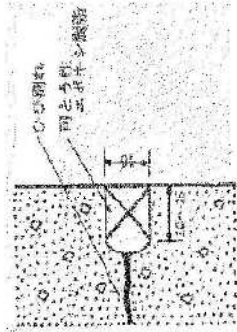
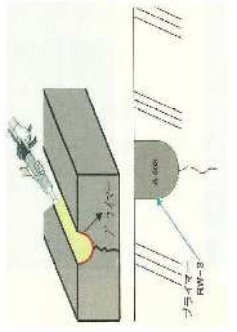
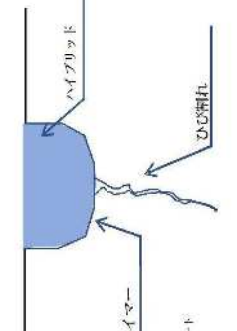
工法名	ひび割れ補修工法樹脂系注入工法		
	ボンドシリンドー工法	スクイズ工法 A 531	クラックヒーリング工法
主材料	土木建築用エポキシ樹脂	注入補修用低粘度形エポキシ樹脂	エポキシ樹脂注入材
取り扱い企業	ユニシ(株)	サンコレック(株)	ベルデクス(株)
概要図			
工法概要	・コンクリート構造物のひび割れに対してエポキシ樹脂を自動的に、低圧・低速で連続注入する工法。 ・構造がシンプルで施工性が良く、作業管理も比較的容易に行うことが可能。 ・確実な注入効果が得られる。	・低粘度タイプのエポキシ樹脂系接着剤でコンクリート構造物のひび割れや間隙、またモルタル、タイルの浮き注入補修工事に開発された工法。	・クラックヒーリング工法は、コンクリート構造物のひび割れ部にエポキシ樹脂系注入材を、自動式低圧注入器等を用いて注入する工法。 ・注入材は、圧縮・引張等の機械的強度に優れ、高い接着性を発揮する為、コンクリート構造物と一体化し、高い防水効果が期待できる。
特徴	・低圧・低速による確実な注入が可能。 ・加圧ボムの圧力により、時間をかけてゆっくりと注入するため、奥行きが深いひび割れに確実に注入可能。	・浸透性に優れ、微細な亀裂、間隙でも十分に注入充填が可能。 ・コンクリートに対する接着性に優れる。 ・ほとんど収縮せず、注入接着性に優れる。 ・耐水性・耐薬品性に優れる。	・コンクリートとの高い接着性を有し、防水性に優れる。 ・国土交通省「土木補修用エポキシ樹脂注入材 1種」に適合。 ・NEXCO 構造物施工管理要領「ひび割れ注入工法用エポキシ樹脂系ひび割れ注入材 1種」に適合。
施工性	・ワンタッチ構造で、熟練を要せず注入作業は「ボンドシリンドー」まかせて施工可能。 ・施工後の「ボンドシリンドー」内に残った注入材で、硬化状態が容易に判断できる。	・コンクリート表面が濡潤状態でも施工可能。 ・漏水・湧水箇所では止水処理が必要。 ・5℃以上での施工。	・漏水がある場合は止水・導水処理が必要。 ・濡潤面において施工可能。 ・5℃以上での施工。 ・注入方法、注入器を状況より選定可能。
標準工程	①下地処理 ②座金取付 ③シール工 ④注人工 ⑤座金・シール材撤去工 ⑥完了		
経済性	w=0.5mm	w=1mm～2mm	w=1mm、d=100mm
	■ 円/m	■ 円/m	■ 円/m
総合評価	施工方法および施工性については、すべての工法がほぼ同等である。		
判定	○	◎	○

表 ひび割れ補修工（充填工法）比較表

工法名	可とう性エポキシ樹脂充填工法		弾性シーリング材充填工法
工法概要	Uカットシーリング材充填工法	A-108 Uカット工法	ハイブリッド型SIX3
主材料名	UカットONE：可とう性エポキシ樹脂系充填材 ボンドD600：建築補修及び管配用エポキシ樹脂	主剤：変性エポキシ樹脂 硬化材：変性脂肪族ポリアミン	3成分型シリコン系
企業名	エニシ（株）	サンバレック（株）	田中シベルテック（株）
工法概要	 ・ひび割れをダイヤモンドカッターなどでV字型にカットイングし、可とう性エポキシ樹脂を充填する工法 ・防水機能に優れ、ひび割れの動きにも追従する。 ・一成分形の「ボンドD600」と二成分形の「UカットONE」が選択可能。	 ・優れた機械的強度、接着力、肉厚せしめない充填効果を持ち、優れた作業性でひび割れが充填が可能	 ・低弾性化地と内部硬化性に優れており、施工直後の不具合（初回欠陥）を抑制。 ・堅固な三成分架橋反応により前面水圧に対する形状安定性（止水性）に優れている。 ・耐熱性・耐水性・耐水性に極めて優れており、従来型の目地材の2倍以上の耐久性が期待。 ・シリコン系特有の優れた耐疲労性を有しており、長期にわたる目地の伸縮繰り返し運動に対応可能。 ・汎用目地材の課題を解消しているため、施工後の耐久性が飛躍的に向上し、LCCの大幅改善が期待。
施工性	・潮水、海水のあるところでは、あらかじめ止水処理を行う。 ・下地は乾燥していること。	・1液タイプのシーリング材に比べ、硬化時間が短いいため、短期施工に最適。 ・コンクリート表面が湿潤でも施工可能 ・潮水、海水箇所はあらかじめ止水処理が必要 ・気温が5℃以上で施工。	・対象物：橋脚・堤防・河川・上下水道の水利施設 ・施工条件：乾燥面施工が望ましい（湿潤面施工可能）。湧水箇所はあらかじめ、止水処理が必要。 ・温度条件：5℃以上（以下の場合防凍剤が必要）。 ・目地部の劣化、傷欠けなどで目地幅が規定の幅を超える場合には、断面修復を行い、必要の寸法にします。 ・本格外壁からの漏水はあらかじめ止水します。
標準工法	①Uカット処理 ②プライマー塗布 ③エポキシ樹脂充填 ④ヘラ均し	①下地処理・Uカット ②養生・マスキングテープ貼付 ③プライマー塗布 ④充填工 ⑤表面均し ⑥マスキングテープ除去 ⑦完成	①Uカット処理 ②プライマー塗布 ③シーリング材充填 ④ヘラ均し
施工費	810mm×410mm、L=20m 1/m	810mm×410mm、L=100m 1/m	820mm×415mm、L=100m 1/m
総合評価	経済性は2位である。	施工評価が最も経済的である。 潮湿地帯での施工が可能であるため、他の可とう性エポキシ樹脂充填工よりも施工性に優れる。	目地率工では、耐用年数20年としてLCC比較で最も経済的となった工法。但し、ひび割れには耐用年数の考え方が適用できないため、単純な施工単価では経済性が低い。
	○	◎	○

(b) 断面修復工

本施設は凍害による変状が大きく、補修後も凍結融解の発生が考えられる。そのため、耐凍結融解性に優れた工法を選定する。また、ひび割れ発生を抑制するため靱性に優れた工法を選定する。

さらに、NNTD（農業農村整備民間技術情報データベース）に登録され、寒冷地（北海道、東北、北陸）で実績のある工法を選定する。

「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】H27年4月」の品質規格値を満足する「農業水利施設保全補修ガイドブック」に掲載されている鉄筋コンクリート構造物補修工法の中から、上記を満たした工法のうち経済性に優れる3工法とNNTDに登録されていないものの、他条件を満たす「ASモルタルD工法」の4工法について比較検討を行う。

表 比較工法

工法名	会社名	備考
靱性モルタルライニング工法	田中シビルテック(株)	
ASモルタルD工法（高靱性）	ベルテクス(株)	
高靱性モルタルライニング工法	丸栄コンクリート工業(株)	
エフモル 05-S (低温早強タイプ)	(株)南組	

断面修復工比較表

[illegible]

(c) 表面被覆工

表面被覆工法は無機系と有機系の被覆材料に大別され、一般に無機系材料がより耐候性に優れる。

本施設は凍害による変状が大きく、補修後も凍結融解の進行が考えられる。そのため、耐凍結融解性に優れた工法を選定する。

さらに、NNTD（農業農村整備民間技術情報データベース）に登録され、寒冷地（北海道、東北、北陸）で実績のある工法を選定する。

「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】H27年4月」の品質規格値を満足する「農業水利施設保全補修ガイドブック」に掲載されている鉄筋コンクリート構造物補修工法の中から、上記を満たした工法のうち経済性に優れる3工法と過年度業務で採用した「PWモルタル工法」の4工法について比較検討を行う。

表 比較工法

工法名	会社名	備考
靱性モルタルライニング工法	田中シビルテック(株)	
PWモルタル工法	前田工織(株)	過年度採用工法
エフモル 15 (高炉スラグ系・高靱性タイプ)	(株)南組	
ハイパーモルタル工法	ライト工業(株)	

表 表 面 被 覆 工 比 較 表

[illegible]

(d) 目地補修工

開水路およびサイホンの目地劣化に対して、止水性の回復または向上を目的として目地補修工法を行う。

対象となる目地部の状況によって、施工方法や使用材料が変化するため、工法選定においては経済性、耐久性および施工性を踏まえた信頼性の高い工法の選定が求められる。目地補修工法は、一般的に3工法に分類され、それぞれの特徴は次表のとおりであり、「目地成型ゴム挿入工法」を選定する。

目地補修工法は、目地材の劣化、脱落等により漏水等を生じている目地に対し、既設の目地部をカットし新規の目地材を充填（挿入）、または既設目地材の表面を被覆材で被覆する工法である。

目地工法には、目地充填工法、目地被覆工法、目地成型ゴム挿入工法等があり、そのうち、目地被覆工法には、塗装方式、シート（テープ）貼付方式及びシート固定方式がある。

表 目地補修工概要

工 法	概 要
目地充填工法	弾性シーリング材が用いられる。弾性シーリング材としては、シリコン系、変成シリコン系及びポリウレタン計が主に使用されており、1液型（カートリッジ式）と2液混合型の2種類がある。いずれの材料も付着力を確保するため、各製品所定のプライマーを使用することが望ましい。
目地被覆工法	工法により塩ビシート、シリコン樹脂、ラミネートフィルム等様々な材料が用いられている。いずれの材料も施工性・速硬化性、既設水路への追従性に優れている。
目地成型ゴム挿入工法	材料としては、主にエチレンプロピレンゴムが使用されている他、クロロプレンゴムを用いているものがある。

目地成型ゴム挿入工法は「農業水利施設保全補修ガイドブック」に掲載されている3工法について比較検討を行う。

表 比較工法

工法名	会社名	備考
応力機能目地工法	ショーボンド建設(株)	
CRK 水路目地工法	田中シビルテック(株)	
セルフシーリング工法	ベルテクス(株)	

表 目地補修工法比較表

[illegible]

品質規格Ⅰ期：品質規格Ⅰ期：期間を通じての目標の動き（伸縮）の中で、常に成長メカが正荷された状態をわかれ、水漏れ漏出表面に引張応力が発生させ、材料・工法の品質規格
品質規格Ⅱ期：水漏れ漏出表面に引張応力が発生する材料・工法の品質規格。

2.5 液状化の検討

一般に締まりの緩い砂質土は地震時に液状化を生じる場合がある。基準書「水路工」P. 407では、下記のような条件に相当する地盤が液状化しやすく、検討する必要があるとしている。

④ 現地盤の液状化の判定を行う必要がある上層

重要度区分 A 種及び B 種に区分された構造物について、その基礎地盤の土層が、以下の 3 つの条件すべてに該当する場合には、地震時に液状化が生じる可能性がある。

- ・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
- ・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
- ・細粒分含有率 FC が 35% 以下の土層、又は、 FC が 35% を越えても塑性指数 I_p が 15 以下の土層

土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」P. 407

既往資料および室内土質試験結果より、GL-16.3～17.3m 付近のシルト質細砂層が上記に該当する。なお、既往資料によると GL-11～13.5m 付近にも砂質土層が存在するが、室内土質試験の結果、細粒分を 59.5% 含む砂質シルトと判定され、上記の条件に当てはまらなかったため除外する。

ここでは、基準書「水路工」に基づき、 F_L 値・ P_L 値に基づく判定方法により液状化の発生有無について検討を行う。

1) 地震種別の判定

表 耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の特性値 T_G (s)	概 略
I 種地盤	$T_G < 0.2$	良好な洪積地盤および岩盤。
II 種地盤	$0.2 \leq T_G < 0.6$	I 種・III 種地盤のいずれにも属さない洪積地盤および沖積地盤。
III 種地盤	$0.6 \leq T_G$	沖積地盤のうち軟弱地盤。

土地改良事業設計指針「耐震設計」P. 65～66

2) 設計水平震度・地域別補正係数

(a) 設計水平震度

表 液状化の判定に用いる地盤面の設計水平深度の標準値 K_{hg0}

地盤種別	レベル 1 地震動	レベル 2 地震動 (タイプ I)	レベル 2 地震動 (タイプ II)
I 種地盤	0.12	0.30	0.80
II 種地盤	0.15	0.35	0.70
III 種地盤	0.18	0.40	0.60

土地改良事業設計指針「耐震設計の手引き」P. 167 抜粋

(b) 地域別補正係数

「設計条件」においてまとめたように、本施設の地域別補正係数は 0.85（地域区分 B）とする。

3) 検討結果

(a) F_L 値法による液状化の判定

F_L 値法は、まず地盤内のある深さの液状化強度比（せん断応力で表した液状化強度と有効拘束圧の比） R を、 N 値や粒径等から求める。次に、その土に地震時に加わる繰り返しせん断応力比 L を地表最大加速度などから推定して、両者の比をとって液状化に対する抵抗率（安全率） F_L を求める。

以下に基本式を示す。

$$F_L = \frac{R}{L} = \frac{R_{max}}{L_{max}}$$

ここに、

R 、 R_{max} : 液状化強度比

L 、 L_{max} : 繰り返しせん断応力比

算定の結果、 $F_L \leq 1$ であれば液状化の可能性があり、 $F_L > 1$ であれば液状化の可能性が小さいと判断する。

表 F_L 値法による液状化の判定結果

分布深度 (GL-m)	N 値	構成土質	LEVEL 1		LEVEL 2			
					タイプ I 地震動		タイプ II 地震動	
			判定	F_L 値	判定	F_L 値	判定	F_L 値
17.28	7	シルト質細砂	×	0.943	×	0.424	×	0.373

上記の結果より、 F_L 値が 1 を下回っていることから、当該地区は液状化の対象層である GL-16.3～17.3m 付近に堆積するシルト質細砂層については、液状化しやすいといえる。

(F_L 値 ≤ 1 : 液状化の可能性あり、 F_L 値 > 1 : 液状化の可能性が小さい。(基準書「水路工」P. 409))

しかしながら本土層の層厚は 1m 程度であり、液状化の被害は軽微であることが想定されることから、液状化の危険度を示す P_L 値も参考にし、総合的に判断することとする。

(b) P_L 値法による液状化の判定

P_L 法は求めた F_L 値を深さ方向に重みを付けて足し合わせ、その地点での液状化危険度を求めて P_L 値で判定する方法であり、以下の基本式により求める。

$$P_L = \sum_{i=1}^n (1 - F_{L'i})(10 - 0.5zi)\Delta h_i$$

ここに、

- P_L : 液状化指数 (m^2)
 $F_{L'i}$: 矩形 i における液状化抵抗率 (ただし、 $F_L \geq 1$ の場合は $F_L = 1$ とする)
 zi : $F_{L'i}$ の計算深度 (m)
 Δh_i : 矩形 i の層厚 (m)
 n : 矩形の総数

以下に P_L 値と液状化の危険度の関係を示す。

表 P_L 値と液状化の危険度の関係

P_L 値	液状化危険度	内 容
$P_L = 0$	極めて低い	液状化に関する詳細な調査は一般に不要。
$0 < P_L \leq 5$	低い	特に重要な構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要。
$5 < P_L \leq 15$	高い	重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要。 液状化対策が一般に必要。
$15 < P_L$	極めて高い	液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避。

鉄道構造物等設計標準・同解説(平成 12 年 2 月)，運輸省鉄道局監修

上記の式で計算した結果、以下のとおりとなった。

表 P_L 値法による液状化の判定結果

分布深度 (GL-m)	N値	構成土質	LEVEL 1		LEVEL 2			
					タイプ I 地震動		タイプ II 地震動	
			判定	P_L 値	判定	P_L 値	判定	P_L 値
17.28	7	シルト質細砂	低い	0.105	低い	1.065	低い	1.161

(c) F_L 値法および P_L 値法による液状化の判定結果

F_L 値法および P_L 値法による判定結果を、以下に示す。

表 F_L 値・ P_L 値の判定表

分布深度 (GL-m)	N値	構成土質	LEVEL 1		LEVEL 2			
					タイプⅠ地震動		タイプⅡ地震動	
			判定	F _L 値	判定	F _L 値	判定	F _L 値
3.13	1	シルト						
3.63	3	シルト質細砂						
4.53	5	シルト						
4.80	5	シルト質細砂						
7.68	4	シルト						
11.10	7	粘土質シルト						
13.68	8	シルト質細砂						
16.28	3	シルト						
17.28	7	シルト質細砂	×	0.943	×	0.424	×	0.373
18.58	3	シルト						
18.80	11	シルト質細砂						
21.68	22	シルト						
P _L 値			0.105		1.065		1.161	
液状化危険度			低い		低い		低い	
備考		[液状化安全率F _L 値による液状化判定]						
		○:液状化しない, ×:液状化する, 網掛け:液状化判定外						
		[液状化指数P _L 値による液状化の可能性]						
		P _L =0:極めて低い, P _L <5:低い, 5<P _L ≤15:高い, 15<P _L :極めて高い						

当該地盤の判定結果を以下にまとめる。

《 F_L 値による評価》

F_L 値の評価では、液状化の対象層（GL-16.3～17.3m 付近に堆積するシルト質細砂層）で、レベル 1 地震動、レベル 2 地震動とも液状化すると判定された。

《 P_L 値による評価》

P_L 値の評価では、レベル 1 地震動およびレベル 2 地震動（タイプⅠ・タイプⅡ）で P_L 値は 5 以下を示し、液状化危険度が「低い」と判定された。

以上のことから、液状化の対象となっている砂質土層については液状化の可能性は懸念されるものの、層厚は 1m 程度であり、また、その対象深度も深く、液状化の被害は軽微であることが想定されることから、当該地点全体の液状化の危険度は低いと判断される。

よって、液状化対策は不要と判断する。

2.6 鋼矢板水路補修計画

(1) 対象範囲

鋼矢板水路補修範囲及び断面図を以下に示す。

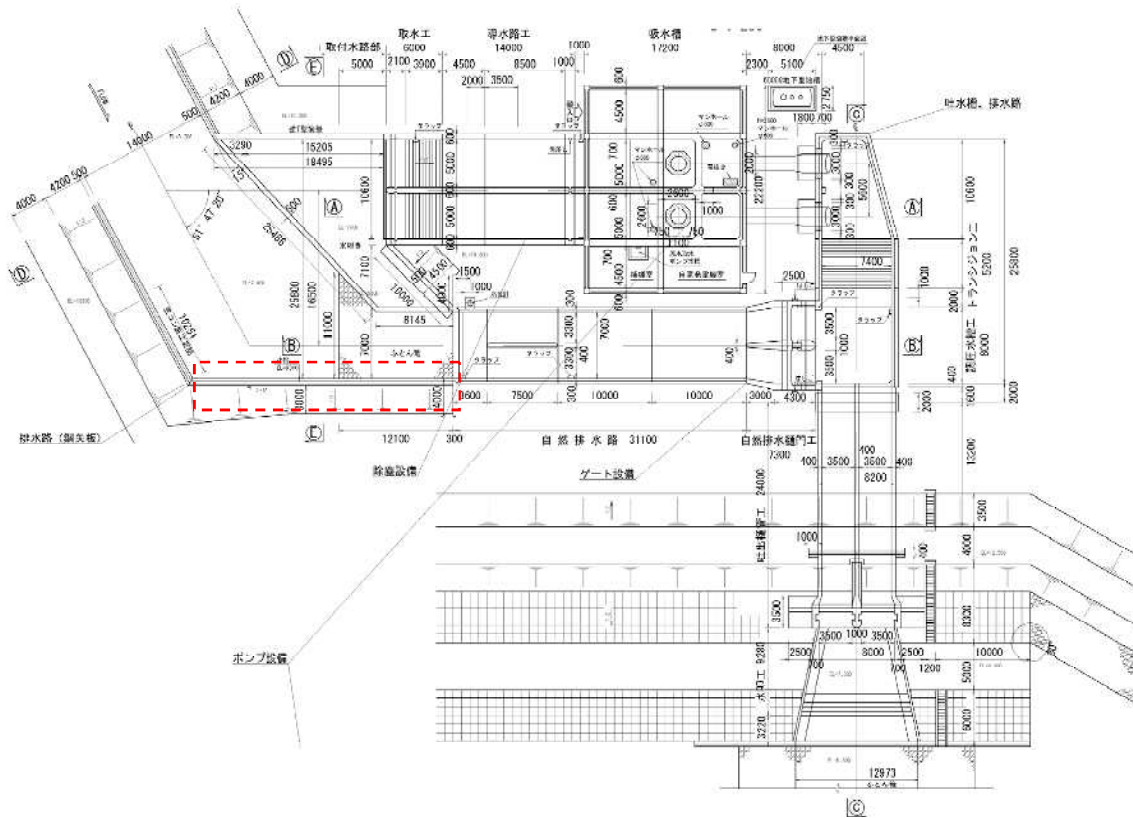


図 鋼矢板水路補修範囲

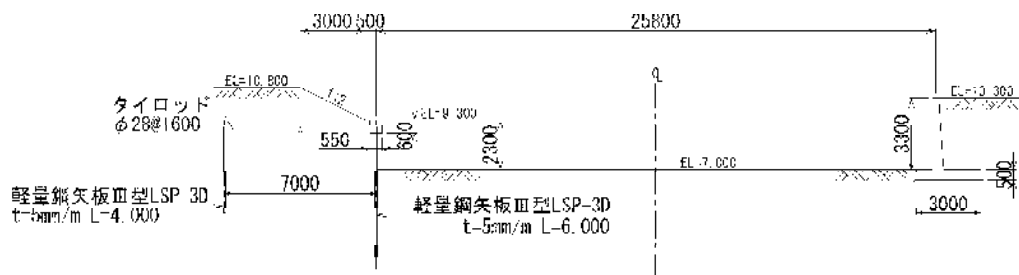


図 断面図 (E-E 断面)

(2) 対策工法の選定

(a) 腐食要因

中泉幹線排水路は鋼矢板水路であり、腐食が著しく、改修設計及び設計が進められている。排水路と排水機場の接続箇所である、当該位置でも腐食が著しく、補修計画を行う。

中泉幹線排水路の腐食要因は、土壌及び水質に腐食要因が含まれず、自然腐食（水位変動による酸素と水の供給の繰り返し）である。そのため、一般的な防食対策を検討する。



写真 鋼矢板水路腐食状況（24. 04. 15）

(b) 比較工法

鋼矢板水路補修工法は「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【鋼矢板水路腐食対策（補修）編】（案）R1年9月」の品質規格値を満足する「農業水利施設保全補修ガイドブック」に掲載されている。

記載のある工法の分類は「有機系被覆工法」「コンクリートパネル被覆工法」「樹脂パネル被覆工法」である。

さらに過年度業務「R4～R5 中泉幹線排水路上流部調査測量設計業務」において、幹線排水路の補修設計を行っており、選定された2つの工法を合わせ、5工法で比較検討を行い選定する。

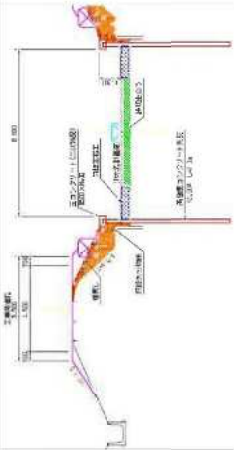
過年度業務で選定された工法は「コンクリート矢板案」「鋼矢板＋張ブロック案」である。水理性、施工性、環境配慮、経済性から「コンクリート矢板案」を採用している。「鋼矢板＋張ブロック案」は、当該施設に最も近傍な検討箇所であり、高圧架線直下のため、分解して打設可能であるため、この案を採用している。

また、過年度業務「R2_浅瀬石川二期地区全体実施設計書作成その他とりまとめ業務」では、中泉排水機場の鋼矢板補修は施工実績、施工性、経済性から「鋼矢板超防食セラミックコーティング工法」を採用している。

既設鋼矢板の孔食が大きいため、矢板自体の耐力は期待できないことや、施工性、経済性、排水路上流区間との整合性の観点から補修工法は棄却する。

当該箇所は高圧架線下ではないため、経済性に優れる「コンクリート矢板案」を採用する。

表 鋼矢板水路補修計画比較表

	①コンクリート矢板案 R4～5中泉幹線排水路上流部調査測量設計業務 抜粋 中泉幹線排水水路補修用案	②鋼矢板+板ブロック案 R4～5中泉幹線排水路上流部調査測量設計業務 抜粋 中泉幹線排水水路補修用案 (1号落着工付高圧型管線区間)																
1.概要	・既設軽量鋼矢板を等コンドで切替・撤去し、コンクリート矢板を既設矢板の前面に必要幅をとって打設することで排水路を構築する。 ・矢板の規格は高強度コンクリート矢板(KC-200A、矢板幅=7.0mとする。 ・コンクリート矢板で1/2年確率高水位までライニングすることとし、等コンクリート天端が1/2年確率高水位となる。 ・コンクリート矢板前面の水路底端部に装設玉石を設置し、洗堀防止を図る。 ・水路底面は土羽であり、水生生物の生育の場を供給する等の多面的な機能は維持される。	・矢板打設工法は油圧圧入式とする。 ・矢板の規格はSP-10H(ハット型)とする。 ・鋼矢板は継施工が可能であるため、矢板を分割することで制振断高の制約を満足できる。 ・制振断高に達し得ない場合は、必要鋼矢板長は6.0mであるが、安定計算上必要な矢板長は7.0mである。よって、鋼矢板1枚当たり1箇所の継施工を行う。																
2.標準断面図																		
3.品質規格	・防食が必要な環境で使用できる。 ・災害などにより破損した場合の強度や安全性の低下が少ない。 ・風木などの衝突に対する抵抗性が高い。	・適切な形状を形成することができ、止水性が優れる。 ・腐食代は30年分を考慮する。(耐用年数は30年)																
4.施工性	・既設矢板と新設矢板の幅が比較的小さいため、埋戻土工量は少ない。 ・矢板はベースフロア程度の水位であれば打設可能のため、仮排水は行わない。 ・装設玉石設置時等、掘削が生じる場合には必要に応じて大形土のうによる掘削を行う。 ・漏水処理は不要である。	・矢板1枚当たりの継施工が1箇所あるため、施工性は劣る。																
5.耐久性	・優れた耐久性を備え災害にも強さを発揮する。 ・耐久性があり強度が持続する。	・埋戻の軽量鋼矢板は開孔や欠損が著しい状況であり、鋼材が腐食することから、腐食代を一般的な値(2mm)より大きくとり(8mm)、耐久性を確保する必要がある。																
6.経済性	1.0m当たり直接工事費 <table><tr><td>内訳 土工</td><td>円/m</td></tr><tr><td>撤去工</td><td>円/m</td></tr><tr><td>護岸工</td><td>円/m</td></tr><tr><td>仮設工</td><td>円/m</td></tr></table>	内訳 土工	円/m	撤去工	円/m	護岸工	円/m	仮設工	円/m	1.0m当たり(両岸)直接工事費 <table><tr><td>内訳 土工</td><td>円/m</td></tr><tr><td>撤去工</td><td>円/m</td></tr><tr><td>水路工</td><td>円/m</td></tr><tr><td>仮設工</td><td>円/m</td></tr></table>	内訳 土工	円/m	撤去工	円/m	水路工	円/m	仮設工	円/m
内訳 土工	円/m																	
撤去工	円/m																	
護岸工	円/m																	
仮設工	円/m																	
内訳 土工	円/m																	
撤去工	円/m																	
水路工	円/m																	
仮設工	円/m																	
7.評価	水路内での施工性が良く、経済的かつ環境負荷が少ない。 ○	水路内での施工性が良く、環境負荷が少ない。施工性は劣る。 △																