2.3.5　委員会資料

国営総合農地防災事業 鬼怒川中部地区

説明資料

国営総合農地防災事業　鬼怒川中部地区

説明資料

33

令和５年１０月

1. 構造物の重要度

「土地改良事業設計指針　耐震設計」より、頭首工に適用する重要度区分は以下の3種類である。

区　分	内　容	判断する上での参考指標(例)
重要度区分　AA種 (原則すべての頭首工においてレベル2地震動を考慮する)	次の①～③の何れかに該当する施設	・洪水ハザードマップによる被害想定区域等を勘案する。
	①被災により治水上重大な影響を及ぼす施設。	・河川整備計画等に基づく堤防の改修状況を勘案する。(観音橋、右岸側民家への影響)
	②被災により利用上重大な影響を及ぼす施設。	・生活用水や工業用水の利水状況を勘案する。(発電用水) ・上部工を一般道路[1]として供用している。
		・大規模な頭首工であり農業水利上重要な施設である。 (例えば、支配面積がおおむね5,000(畑2,000)ha以上[2]の施設。)(8,867ha)
		・被災により施設の機能復旧まで多大に時間を要する施設。(砂防指定地域等)
	③被災により災害リスク管理上重大な影響を及ぼす施設。	・上部工が地域防災計画に位置付けられている。
重要度区分　A種 (原則すべての頭首工においてレベル2地震動を考慮する)	AA種、B種以外の施設	
重要度区分　B種 (原則レベル1地震動を考慮する)	地震による被災の可能性が小さく、また被災した場合でも治水上の影響が極めて小さいと考えられるもの。	・固定堰や床止工等[3]。 ・山間狭窄部や平野部において背後地盤が高い箇所[4]に設置された取水堰を設けない自然取入れ方式の取入口。 ・渓流取水工等。

備考)

1) 一般道路とは、道路法第三条の適用(高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道)をうける道路をいう。

2) 支配面積5,000(畑2,000)ha以上は、一つの例示として示しているものであることから、地区の状況に応じて勘案する。

3) 「河川構造物の耐震性能照査指針(案)」(国土交通省河川局治水課)では、固定堰及び床止工等については適用外と考えられている。

4) 「山間狭窄部」は、当該地点に堤防を設ける必要のない所であり、しかも工作物の設置によって洪水の流下が妨げられても、その上流部に治水上の支障を及ぼさない所という概念である。また、「平野部において背後地盤が高い箇所」は、一連区間において堤防を設ける必要がなく、しかも工作物の設置によって洪水の流下が妨げられても、その上流部に治水上の支障を及ぼさないことから山間狭窄部と同じ取扱いとしたものである。

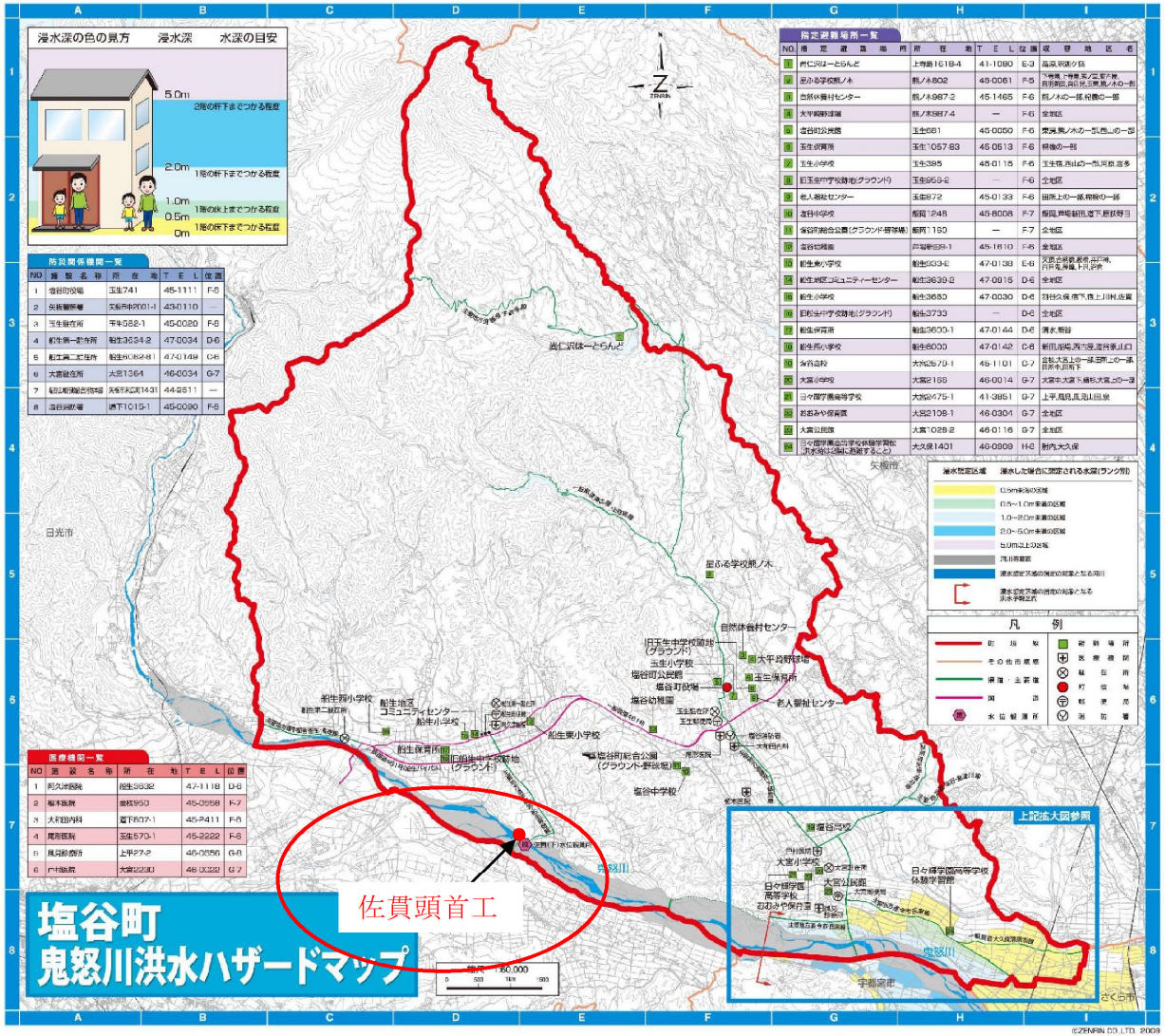
5) 上記内容は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「頭首工」に準じている。

【佐貫頭首工の重要度】

（1）被災により治水上、重大な影響を与える可能性について

①洪水ハザードマップによる被害想定区域

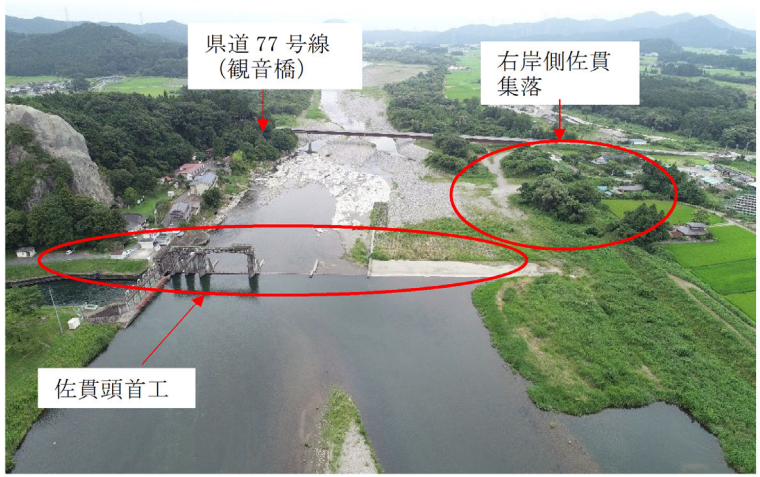
→該当しない。



② 施設周辺への影響

・県道 77 号線（観音橋）

佐貫頭首工は 1 級河川鬼怒川にあり、下流には県道 77 号線（観音橋）が走っている。頭首工に異常が生じた場合、下流の県道へ悪影響を与える危険性がある。



写 3.1 航空写真

・右岸側佐貫集落

佐貫頭首工が震災を受け、河川断面不足となった結果、右岸側は盛土による築堤のため、堤防が崩壊する可能性も否定できない。その場合、右岸側の集落が湛水被害を受ける可能性がある。

→ AA 種に該当。

(2)被災により治水上、重大な影響を与える可能性について

①農業用水外の利用

佐貫頭首工は生活用水や工業用水は取水していないが、発電用水を取水し、下流の風見発電所により発電を行っている。通常の場合、断水は 2 か月以内に制限され、頭首工に異常が生じ制限期間以上の断水が生じた場合、地域の経済活動に大きな支障が生じる危険性がある。

○ 風見発電所 出力 10,200ｋW 使用水量 42m3／ｓ

→ AA 種に該当。

②上部工の利用

上部工は道路として供用されていない。

③施設規模

受益面積 A=8,867.3ha（施設諸元台帳・・農業水利ストック情報データベースより）

＞5,000ha

→ AA 種に該当。

④機能復旧までに要する時間

砂防地域には指定されていない。県道からの進入も容易で、応急措置による機能回復は比較的早期に可能である。

(3)被災により災害リスク上、重大な影響を及ぼす可能性について

佐貫頭首工の管理所は塩谷町の地域防災計画の中で県防災行政ネットワークの拠点として示されているが、頭首工の災害リスクについては特に記載されていない。

以上から（1）被災により治水上、重大な影響を与える可能性についてと（2）被災により利用上、重大な影響を与える可能性についてから、佐貫頭首工の重要度は AA 種と判断する。

2.施設の耐震性

2.1　解析手法

耐震照査手法には静的解析と動的解析がある。

27.7.2 耐震性能照査手法
耐震性能照査手法は、静的照査法である「地震時保有水平耐力法」を基本とする。
ただし、既設頭首工について、施工性を重した単純な形状寸法とは異なる複雑な構造のもの、現在の耐震設計手法や配筋手法に基づかないもの等は、構造物全体を１自由度系と置き換えることが困難なことがあるため、動的照査法が必要になることがある。
つまり、剛性や質量が極端に異なる部材で構成された複雑な施設の場合や施設形状が左右非対称である場合、振動単立内で地盤条件が著しく異なる場合等の理由により、必ずしも１次振動モードが卓越せずに高次振動モードが卓越する場合や２次以上の次数の有周期が比較的大きい場合、または、２次以降のモードの有効質量比が比較的大きい場合や主たる塑性化の生じる部位が明確ではない場合等には、構造物全体を１自由度系と置き換えることが困難となるため、動的照査法を用いた耐震性能の照査が必要となるからである。そのために、照査法の決定に先立ち１次固有周期に加え、２次以降の固有周期や各モードのモードベクトルが得られる固有直解析を実施し、調有振動モード(固有周期)の確認を行うものとする。
また、補強対象部位が明確になる耐震補強設計に当たっては動的照査法が有効な場合が多い。
なお、耐震性能照査における解析モデルは質点系モデルを基本とし、むやみに複雑な解析モデルを適用する必要はない既存の頭首工における構…造特性を考慮した上で、有限要素モデルなどを適用する必要があると判断された場合には、関連する文献等を参考に適用してもよい。

「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計　頭首工 R5 改訂予定」P581

本頭首工は構造が単純でなく、１次振動モードの他、二次振動モードも発生すること、主たる塑性化の生じる部位が明確でなく、その位置を把握する必要があることから、動的解析を用いることとした。
参考として、道路示方書（H29）では橋の耐震設計は動的解析が基本とされている。

(1)　橋の耐震設計にあたっては，慣性力による断面力，応力，変位等の応答値の算出に，5.2に規定する動的解析を用いることを標準とする。ただし，部材等の塑性化を期待しない場合で以下の1)に該当する場合又は部材等の塑性化を期待する場合で以下の1)から3)に該当する場合には，5.3に規定する静的解析を用いてもよい。
1)　1次の固有振動モードが卓越している。
2)　塑性化の生じる部材及び部位が明確である。
3)　エネルギー一定則の適用性が検証されている。
(2)　地盤抵抗は，3.5に規定する耐震設計上の地盤面の下方において考慮することを標準とする。

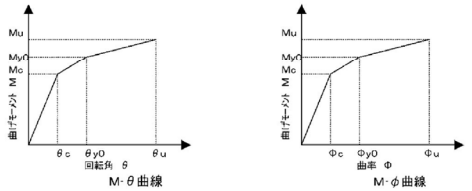
「道路橋示方書・同解説　V 耐震設計編　H29.11」P114

（１）頭首工全体系（堰体、床版）のモデル概要

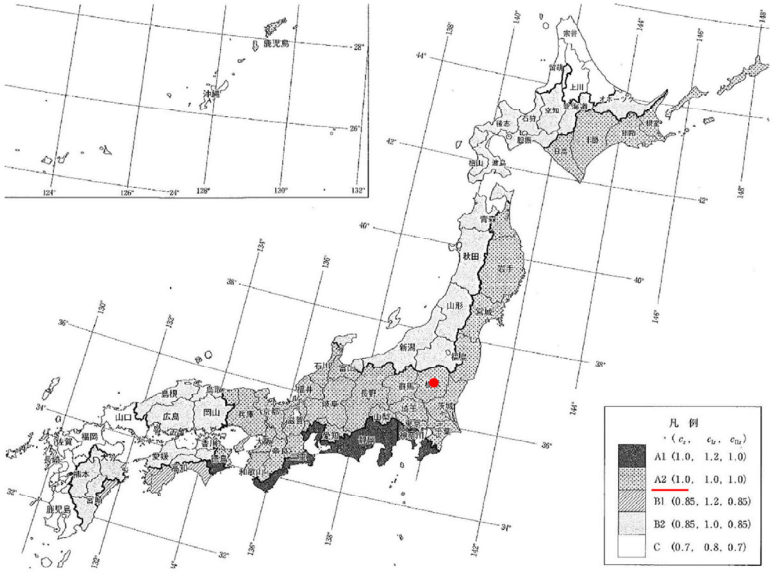
1）頭首工全体系の検討概要

解析概要は以下の通りである。

- モデル　　三次元フレームモデル
- 躯体　　非線形要素（トリリニア（３つの折れ線で表される関係（RC 材））M～θ：基部、トリリニア M～φ：基部以外）



- 基礎　　節点バネ（動的の線形集約バネを各節点に分配）
- 地震動　　『道路橋示方書・同解説　V耐震設計編　H29.11』（以下 H29 道示Ⅴ）に準拠
- 　　（日本道路協会の HP よりダウンロード）
- 方向　　水流方向
　　水流直角方向
- 解析手法　動的解析
- 地域区分　強震帯区域（Cz=1.00）



「設計基準　頭首工　R5 予定」P200

・　地盤種別

本施設の可動堰部分は岩盤（基盤面）上の直接基礎であり、地表面と基盤面が一致するためⅠ種地盤である。

12.6.2　**地盤種別**

耐震設計上の地盤種別は、12.7.1　**耐震設計の基本**及び 12.7.2 **設計水平震度**に示す設計地震動を設定する場合に、地盤条件の影響を考慮するために必要があり、微小ひずみ領域における表層地盤の基本固有周期である地盤の特性値 T_G をもとに**表**-12.6-2により区別する。また、地盤の特性値 T_G は、**式**（12.6-1）で算出するが、地表面が基盤面と一致する場合はⅠ種地盤とする。

「設計基準　頭首工　R5 予定」P201

・　耐震性能　耐震性能２（レベル２地震動による解析）
・　積分手法　ニューマーク法（β=1/4）
・　減衰　　Ryaliegh 減衰
・　入力波の時間間隔　0.01sec
・　照査　　＜耐震性能２＞

動的照査法（レベル２地震動の位相の正負を考慮した３波平均）

発生曲率	＜	許容曲率　（基部以外）
応答塑性率	＜	許容塑性率（基部）
発生せん断力	＜	せん断耐力
残留変位	＜	許容残留変位

検討フロー

1. モデル化
- **要素分割：節点、梁バネ**
- **部材特性：M-θ、M～ϕ**

↓

2. 実固有値解析の実施

↓

3. 減衰の設定
- **Rayliegh 減衰**

↓

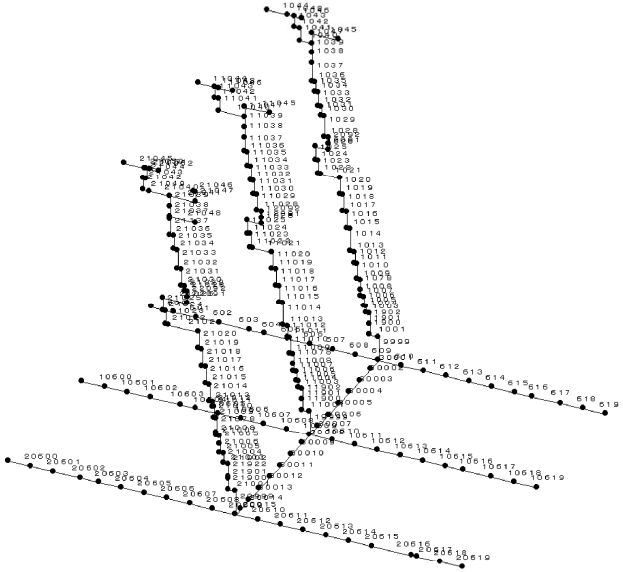
4. 動的解析の実施
- **曲率、せん断力、残留変位の 6 波平均**

↓

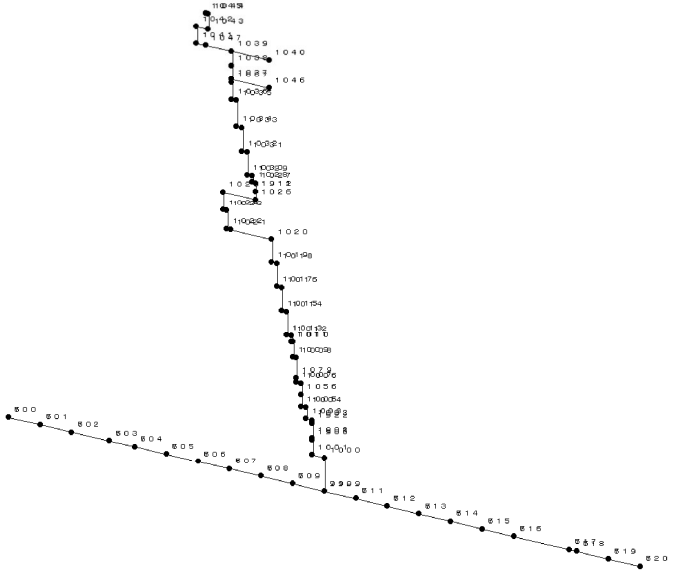
5. 照査
- **曲率　＜　許容曲率**
- **せん断力　＜　せん断耐力**
- **残留変位　＜　許容残留変位**

2）フレームモデル（要素番号）

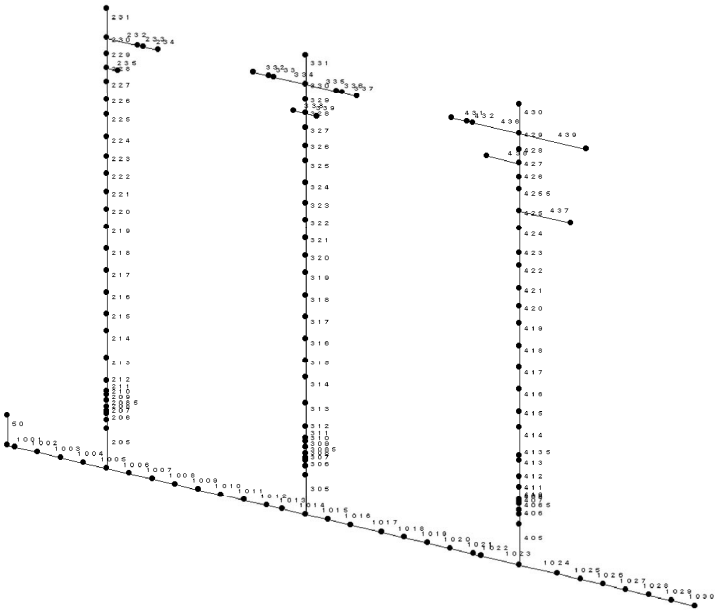
- 水流方向 P2P3P4 柱



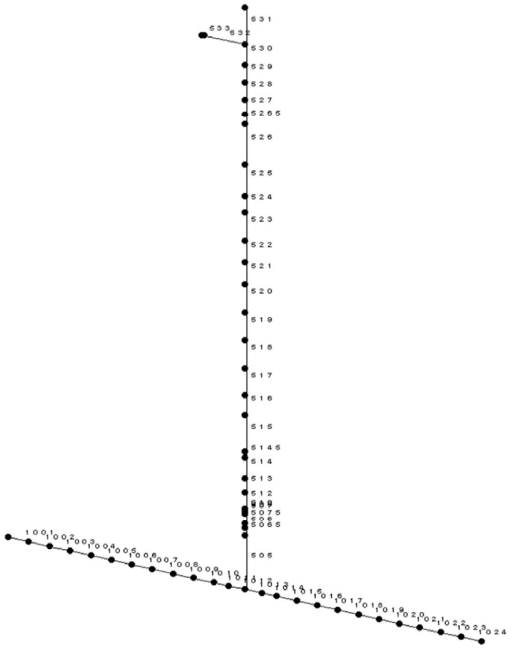
- 水流方向 P5 柱



- 直角方向 P2P3P4



- 直角方向 P5 柱



3）入力地震動

入力地震動は「道路橋示方書・同解説　Ⅴ耐震設計編　H29.11」に従い以下のとおりとする。

(b) レベル２地震動（タイプⅠ）

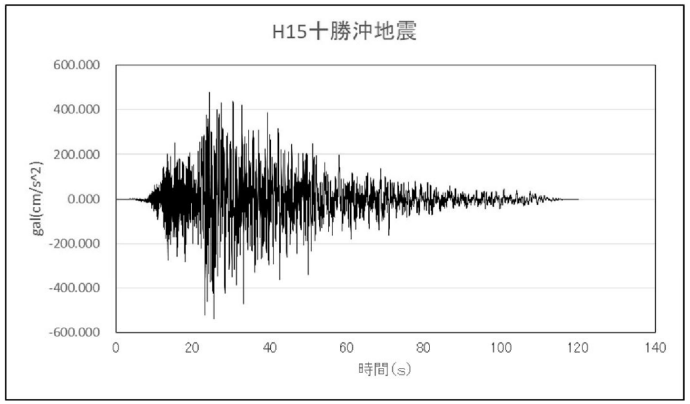
呼び名	地盤種別	振幅調整のもととなった強震記録の地震名と記録場所及び成分	
2-Ⅰ-Ⅰ-1	Ⅰ種地盤	平成 15 年十勝沖地震	清水道路維持出張所構内地盤上 EW 成分
2-Ⅰ-Ⅰ-2		平成 23 年東北地方太平洋沖地震	開北橋周辺地盤上 EW 成分
2-Ⅰ-Ⅰ-3			新晩翠橋周辺地盤上 NS 成分
2-Ⅰ-Ⅱ-1	Ⅱ種地盤	平成 15 年十勝沖地震	直別観測点地盤上 EW 成分
2-Ⅰ-Ⅱ-2		平成 23 年東北地方太平洋沖地震	仙台河川国道事務所構内地盤上 EW 成分
2-Ⅰ-Ⅱ-3			阿武隈大堰管理所構内地盤上 NS 成分
2-Ⅰ-Ⅲ-1	Ⅲ種地盤	平成 15 年十勝沖地震	大樹町生花観測点地盤上 EW 成分
2-Ⅰ-Ⅲ-2		平成 23 年東北地方太平洋沖地震	山崎震動観測所地盤上 NS 成分
2-Ⅰ-Ⅲ-3			土浦出張所構内地盤上 EW 成分

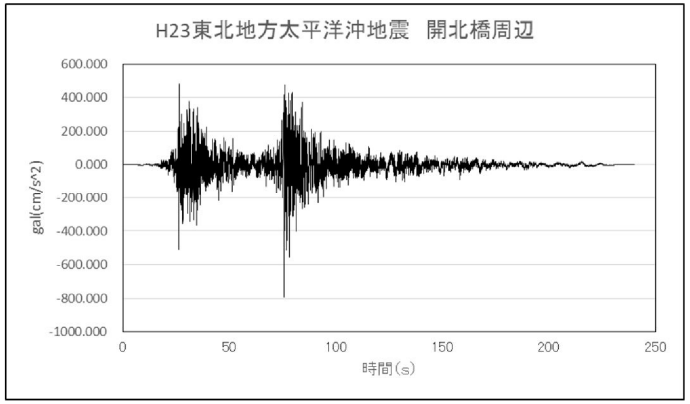
(c) レベル２地震動（タイプⅡ）

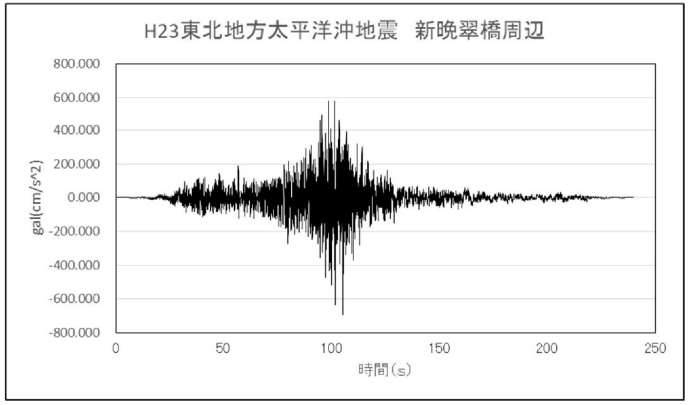
呼び名	地盤種別	振幅調整のもととなった強震記録の地震名と記録場所及び成分	
2-Ⅱ-Ⅰ-1	Ⅰ種地盤		神戸海洋気象台地盤上 NS 成分
2-Ⅱ-Ⅰ-2			神戸海洋気象台地盤上 EW 成分
2-Ⅱ-Ⅰ-3			猪名川架橋予定地点周辺地盤上 NS 成分
2-Ⅱ-Ⅱ-1	Ⅱ種地盤	平成７年兵庫県南部地震	JR 西日本鷹取駅構内地盤上 NS 成分
2-Ⅱ-Ⅱ-2			JR 西日本鷹取駅構内地盤上 EW 成分
2-Ⅱ-Ⅱ-3			大阪ガス葺合供給所構内地盤上 N27W 成分
2-Ⅱ-Ⅲ-1	Ⅲ種地盤		東神戸大橋周辺地盤上 N12W 成分
2-Ⅱ-Ⅲ-2			ポートアイランド内地盤上 NS 成分
2-Ⅱ-Ⅲ-3			ポートアイランド内地盤上 EW 成分

「道路橋示方書・同解説　Ⅴ耐震設計編　H29.11」P80

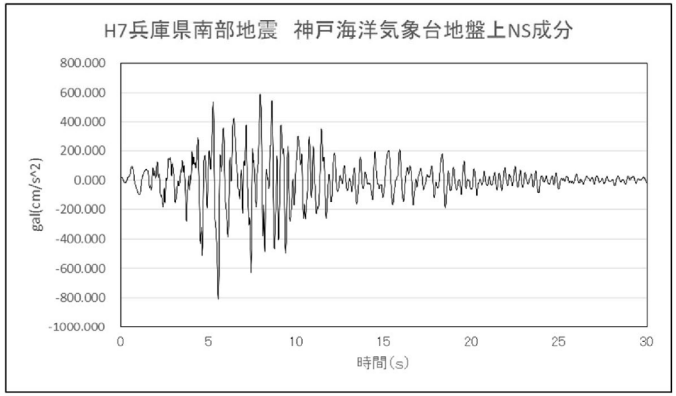
レベル２（タイプⅠ）

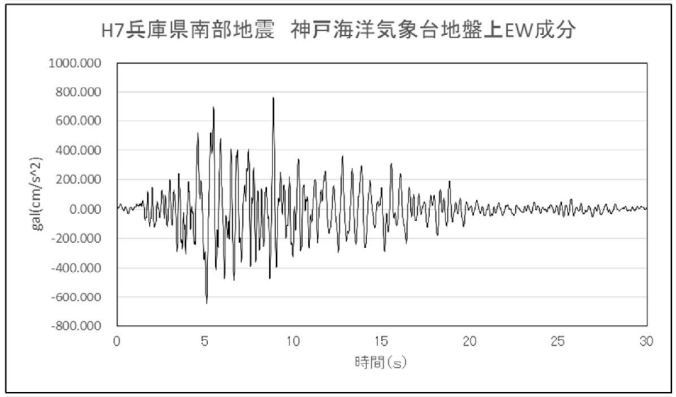


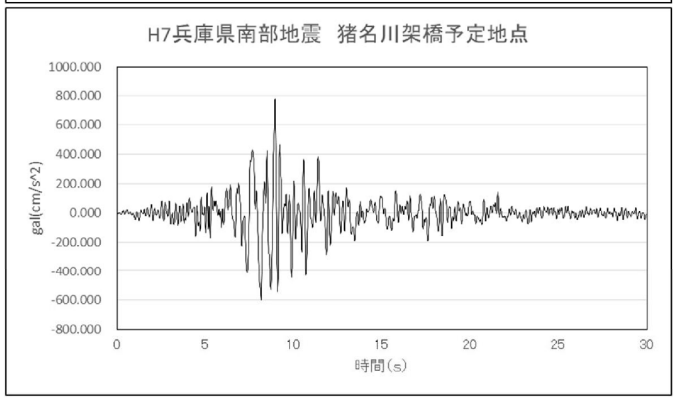




レベル２（タイプⅡ）







http://www.road.or.jp/dl/tech.html

2.2　構造物の固有周期

1）固有周期の計算方法

構造物に作用する震度の大きさを確定するためには、構造物の固有周期を先に求める必要がある（「設計基準　頭首工　R5予定」P202～210）。

計算式は下式による。

$$T = 2.01\sqrt{\delta} \quad \cdots\cdots (12.6\text{-}4)$$

ここに、T：設計振動単位の固有周期（s）

δ：固有周期を算出する場合の変位（m）

「設計基準　頭首工　R5 予定」P204

設計振動単位が、断面変化を伴う場合や複数の下部構造（堰柱＋門柱）とそれが支持している上部構造部分（機械室や管理橋）からなる場合の固有周期を求める変位 δ は、**式（12.6-12）**により算出する。

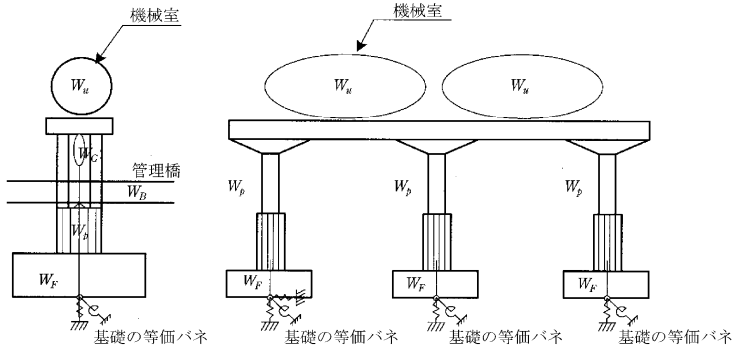


図-12.6-8　複数の断面を有し変化する柱構造や３本以上の柱を有したりする多層モデルの模式図

$$\delta = \frac{\int w(s)u(s)^2 ds}{\int w(s)u(s) ds} \quad \cdots\cdots (12.6\text{-}12)$$

ここに、$w(s)$：各構造部材 s における重量（kN/m）

$u(s)$：耐震設計上の地盤面より上の各構造部材の重量に相当する水平力を慣性力の作用方向に作用させた場合にその方向に生じる各構造部材位置 s における変位（m）

$\int$ は、設計振動単位全体に関する積分を示す。

「設計基準　頭首工　R5 予定」P207

2）レベル 1 地震動とレベル 2 地震動の固有周期

佐貫頭首工の各堰柱のレベル 1 地震動の場合とレベル 2 の地震動の場合の固有周期を次表に示す。

2 号堰柱の固有周期

No	地震動	荷重方向	固有周期 T（s）
1	レベル 1	堰軸方向	0.475
2	レベル 1	上下流方向	0.08
3	レベル 2	堰軸方向	0.510
4	レベル 2	上下流方向	0.102

3 号堰柱の固有周期

No	地震動	荷重方向	固有周期 T（s）
1	レベル 1	堰軸方向	0.508
2	レベル 1	上下流方向	0.082
3	レベル 2	堰軸方向	0.540
4	レベル 2	上下流方向	0.104

4 号堰柱の固有周期

No	地震動	荷重方向	固有周期 T（s）
1	レベル 1	堰軸方向	0.333
2	レベル 1	上下流方向	0.087
3	レベル 2	堰軸方向	0.358
4	レベル 2	上下流方向	0.107

5 号堰柱の固有周期

No	地震動	荷重方向	固有周期 T（s）
1	レベル 1	堰軸方向	0.338
2	レベル 1	上下流方向	0.058
3	レベル 2	堰軸方向	0.389
4	レベル 2	上下流方向	0.114

2.3 設計水平震度

レベル 1、レベル 2 地震時の設計水平震度を、構造物の固有周期に応じて求める。

1) レベル 1 の設計水平震度

地域別補正係数

表-12.6-1 地域別補正係数

地域区分	地域別補正係数 c_z	c_{1z}	c_{2z}	対象地域
A1	1.0	1.2	1.0	千葉県のうち館山市，木更津市，勝浦市，鴨川市，君津市，富津市，南房総市，夷隅郡，安房郡 神奈川県 山梨県のうち富士吉田市，都留市，大月市，上野原市，西八代郡，南巨摩郡，南都留郡 静岡県 愛知県のうち名古屋市，豊橋市，半田市，豊川市，津島市，刈谷市，西尾市，蒲郡市，常滑市，稲沢市，新城市，東海市，大府市，知多市，豊明市，田原市，愛西市，清須市，弥富市，あま市，海部郡，知多郡，額田郡，北設楽郡のうち東栄町 三重県（津市，松阪市，名張市，亀山市，いなべ市，伊賀市，三重郡菰野町を除く。） 和歌山県のうち新宮市，西牟婁郡，東牟婁郡 徳島県のうち那賀郡，海部郡
A2	1.0	1.0	1.0	A1，B1，B2，C 地域以外の地域
B1	0.85	1.2	0.85	愛媛県のうち宇和島市，北宇和郡，南宇和郡 高知県（B2 地域に掲げる地域を除く。） 宮崎県のうち延岡市，日向市，児湯郡（西米良村及び木城町を除く。），東臼杵郡のうち門川町
B2	0.85	1.0	0.85	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，美唄市，芦別市，江別市，赤平市，三笠市，千歳市，滝川市，砂川市，歌志内市，深川市，富良野市，登別市，恵庭市，伊達市，北広島市，石狩市，北斗市，石狩郡，松前郡，上磯郡，亀田郡，茅部郡，二海郡，山越郡，檜山郡，爾志郡，奥尻郡，瀬棚郡，久遠郡，島牧郡，寿都郡，磯谷郡，虻田郡，岩内郡，古宇郡，積丹郡，古平郡，余市郡，空知郡，夕張郡，樺戸郡，雨竜郡，上川郡（上川総合振興局）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，有珠郡，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，つがる市，平川市，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，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，鳳珠郡 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 徳島県のうち美馬市，三好市，美馬郡，三好郡 香川県のうち高松市，丸亀市，坂出市，善通寺市，観音寺市，三豊市，小豆郡，香川郡，綾歌郡，仲多度郡 愛媛県（B1 地域に掲げる地域を除く。） 高知県のうち長岡郡，土佐郡，吾川郡（いの町のうち旧伊野町の地区を除く。） 熊本県（C 地域に掲げる地域を除く。） 大分県（C 地域に掲げる地域を除く。） 宮崎県（B1 地域に掲げる地域を除く。）
C	0.7	0.8	0.7	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（上川総合振興局）のうち鷹栖町，当麻町，比布町，愛別町，和寒町，剣淵町及び下川町，中川郡（上川総合振興局），増毛郡，留萌郡，苫前郡，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 熊本県のうち荒尾市，水俣市，玉名市，山鹿市，宇土市，上天草市，天草市，玉名郡，葦北郡，天草郡 大分県のうち中津市，豊後高田市，杵築市，宇佐市，国東市，東国東郡，速見郡 鹿児島県（奄美市及び大島郡を除く。） 沖縄県

「設計基準　頭首工　R5 予定」P199

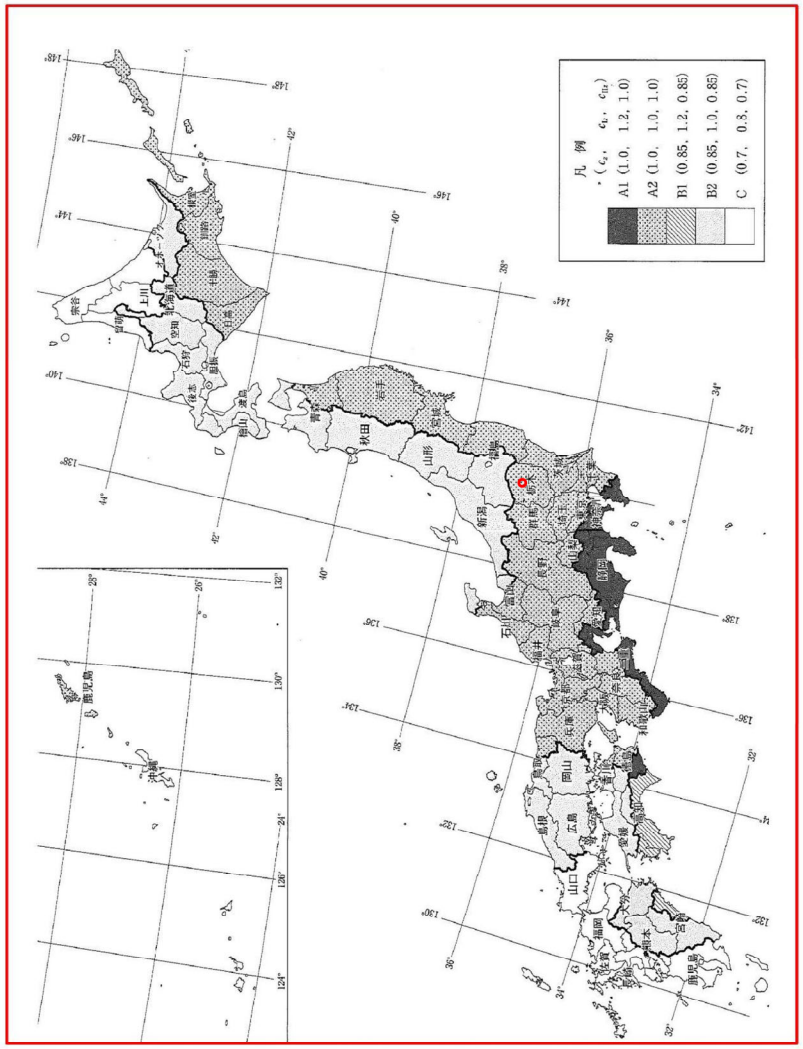


図-12.6-1　地域別補正係数の地域区分

「設計基準　頭首工　R5 予定」P200

レベル 1 の設計水平震度 K_h を、構造物の固有周期を考慮して、次式より求める。

$$K_h = C_Z \cdot K_{h0}$$

ここで，C_Z：地域別補正係数，地域区分はAであるため、$C_Z = 1.0$

K_{h0}：設計水平震度の標準値。下表による。

レベル1地震動の設計水平震度の標準値

地盤種別	固有周期 T(s) に対する k_{h0}の値		
Ⅰ種	$T < 0.10$ $k_{h0} = 0.431\,T^{1/3}$ ただし$k_{h0} \geqq 0.16$	$0.10 \leqq T \leqq 1.10$ $k_{h0} = 0.2$	$1.10 < T$ $k_{h0} = 0.213/T^{2/3}$
Ⅱ種	$T < 0.20$ $k_{h0} = 0.427\,T^{1/3}$ ただし$k_{h0} \geqq 0.20$	$0.20 \leqq T \leqq 1.30$ $k_{h0} = 0.25$	$1.30 < T$ $k_{h0} = 0.298/T^{2/3}$
Ⅲ種	$T < 0.34$ $k_{h0} = 0.430\,T^{1/3}$ ただし$k_{h0} \geqq 0.24$	$0.34 \leqq T \leqq 1.50$ $k_{h0} = 0.30$	$1.50 < T$ $k_{h0} = 0.393/T^{2/3}$

「設計基準　頭首工　R5 予定」P223

2 号堰柱堰軸方向の固有周期は 0.475 秒、上下流方向の固有周期は 0.08 秒であるため、上表より、レベル 1 地震動の設計水平震度は以下のとおりである。

堰軸方向　：kh＝Cz・Kh0＝1.0×0.20＝0.20
上下流方向：kh＝Cz・Kh0＝1.0×0.431×0.08^(1/3)＝0.19

3 号堰柱堰軸方向の固有周期は 0.508 秒、上下流方向の固有周期は 0.082 秒であるため、上表より、レベル 1 地震動の設計水平震度は以下のとおりである。

堰軸方向　：kh＝Cz・Kh0＝1.0×0.20＝0.20
上下流方向：kh＝Cz・Kh0＝1.0×0.431×0.082^(1/3)＝0.19

4 号堰柱堰軸方向の固有周期は 0.333 秒、上下流方向の固有周期は 0.087 秒であるため、上表より、レベル 1 地震動の設計水平震度は以下のとおりである。

堰軸方向　：kh＝Cz・Kh0＝1.0×0.20＝0.20
上下流方向：kh＝Cz・Kh0＝1.0×0.431×0.087^(1/3)＝0.19

5 号堰柱堰軸方向の固有周期は 0.338 秒、上下流方向の固有周期は 0.058 秒であるため、上表より、レベル 1 地震動の設計水平震度は以下のとおりである。

堰軸方向　：kh＝Cz・Kh0＝1.0×0.20＝0.20
上下流方向：kh＝Cz・Kh0＝1.0×0.431×0.058^(1/3)＝0.17

2） レベル 2 の設計水平震度

ｉ）タイプⅠ

レベル 2、タイプⅠの設計水平震度 K_{hc} を、構造物の固有周期、構造物特性補正係数を考慮して、下記のように求める。

$$k_{hc} = C_s C_{1z} k_{hc0} \quad \cdots\cdots (12.7\text{-}6)$$

ここに、k_{hc} ：レベル 2 地震動（タイプⅠ）の設計水平震度（小数点以下 2 けたに丸める）

k_{hc0}：レベル 2 地震動（タイプⅠ）の設計水平震度の標準値で、固有周期 T(s) 及び地盤種別に応じて下表の値とする。

C_s ：許容塑性率から算出される構造物特性補正係数
（振動単位毎の構造物の部材設計毎に設定する）

C_{1z}：レベル 2 地震動（タイプⅠ）の地域別補正係数

表-12.7-11 レベル2地震動（タイプⅠ）の設計水平震度の標準値 k_{hc0}

地盤種別	固有周期 T(s) に対する k_{hc0} の値		
Ⅰ種	$T < 0.16$ $k_{hc0} = 2.58T^{1/3}$	$0.16 \leqq T \leqq 0.6$ $k_{hc0} = 1.40$	$0.6 < T$ $k_{hc0} = 0.996/T^{2/3}$
Ⅱ種	$T < 0.22$ $k_{hc0} = 2.15T^{1/3}$	$0.22 \leqq T \leqq 0.9$ $k_{hc0} = 1.30$	$0.9 < T$ $k_{hc0} = 1.21/T^{2/3}$
Ⅲ種	$T < 0.34$ $k_{hc0} = 1.72T^{1/3}$	$0.34 \leqq T \leqq 1.4$ $k_{hc0} = 1.20$	$1.4 < T$ $k_{hc0} = 1.50/T^{2/3}$

「設計基準　頭首工　R5 予定」P224、225

① 地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度の基準値 Khco

タイプⅠ

	地震動	荷重方向	固有周期 T（s）	Khco	
2 号堰柱	レベル 2	堰軸方向	0.51		1.40
		上下流方向	0.102	2.58×0.102^(1/3)=	1.21
3 号堰柱	レベル 2	堰軸方向	0.54		1.40
		上下流方向	0.104	2.58×0.104^(1/3)=	1.21
4 号堰柱	レベル 2	堰軸方向	0.358		1.40
		上下流方向	0.107	2.58×0.107^(1/3)=	1.22
5 号堰柱	レベル 2	堰軸方向	0.389		1.40
		上下流方向	0.114	2.58×0.114^(1/3)=	1.25

② 地域別補正係数

C_{1Z}：栃木県　1.00

③ 構造物特性補正係数補正係数 Cs

$$C_s = \frac{1}{\sqrt{2\mu_a - 1}} \quad \cdots\cdots (14.2\text{-}10)$$

ここに、C_s ：構造物特性補正係数

μ_a ：完全弾塑性型の復元特性を有する構造系の許容塑性率
14.2.2(4)～14.2.2(6)のモデルによる弾塑性特性から算出する。

「設計基準　頭首工　R5 予定」P273

(ｲ) 曲げ損傷からせん断破壊移行型と判定された場合及びせん断破壊型と判定された場合は、許容塑性率を 1.0 とする。

全堰柱ともせん断破壊型であるため　μ a ＝1.0

Cs＝1/（2×1－1）^0.5＝1.0

④ レベル 2 地震動時の設計水平震度（タイプⅠ）

上述の検討により、レベル 2 地震動時の設計水平震度は下記の通りである。

Khc＝C s ×C_{1Z}×Khco

	地震動	荷重方向	Khco	
2 号堰柱	レベル 2	堰軸方向	1.0×1.0×1.40＝	1.40
		上下流方向	1.0×1.0×1.21＝	1.21
3 号堰柱	レベル 2	堰軸方向	1.0×1.0×1.40＝	1.40
		上下流方向	1.0×1.0×1.21＝	1.21
4 号堰柱	レベル 2	堰軸方向	1.0×1.0×1.40＝	1.40
		上下流方向	1.0×1.0×1.22＝	1.22
5 号堰柱	レベル 2	堰軸方向	1.0×1.0×1.40＝	1.40
		上下流方向	1.0×1.0×1.25＝	1.25

ｉｉ）タイプⅡ

レベル２、タイプⅡの設計水平震度 K_{hc} を、構造物の固有周期、構造物特性補正係数を考慮して、下記のように求める。

$$k_{hc} = C_s C_{2Z} k_{hc0} \quad \cdots\cdots (12.7\text{-}8)$$

ここに、k_{hc} ：レベル２地震動（タイプⅡ）の設計水平震度（小数点以下２けたに丸める）

k_{hc0}：レベル２地震動（タイプⅡ）の設計水平震度の標準値で、固有周期 T（s）及び地盤種別に応じて下表の値とする。

C_s ：許容塑性率から算出される構造物特性補正係数
（振動単位毎の構造物の部材設計毎に設定する）

C_{2Z}：レベル２地震動（タイプⅡ）の地域別補正係数

表-12.7-12　レベル2地震動（タイプⅡ）の設計水平震度の標準値 k_{hc0}

地盤種別	固有周期T(s)に対するk_{hc0}の値		
Ⅰ種	$T \leqq 0.30$ $k_{hc0} = 4.46T^{2/3}$	$0.30 \leqq T \leqq 0.70$ $k_{hc0} = 2.0$	$0.70 < T$ $k_{hc0} = 1.24/T^{4/3}$
Ⅱ種	$T < 0.40$ $k_{hc0} = 3.22T^{2/3}$	$0.40 \leqq T \leqq 1.20$ $k_{hc0} = 1.75$	$1.20 < T$ $k_{hc0} = 2.23/T^{4/3}$
Ⅲ種	$T < 0.50$ $k_{hc0} = 2.38T^{2/3}$	$0.50 \leqq T \leqq 1.50$ $k_{hc0} = 1.5$	$1.50 < T$ $k_{hc0} = 2.57/T^{4/3}$

「設計基準　頭首工　R5 予定」P225

①地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度の基準値 Khco

タイプⅡ

	地震動	荷重方向	固有周期Ｔ（s）	Khco	
２号堰柱	レベル２	堰軸方向	0.51		2.00
		上下流方向	0.102	4.46×0.102^(2/3)=	0.97
３号堰柱	レベル２	堰軸方向	0.54		2.00
		上下流方向	0.104	4.46×0.104^(2/3)=	0.99
４号堰柱	レベル２	堰軸方向	0.358		2.00
		上下流方向	0.107	4.46×0.107^(2/3)=	1.01
５号堰柱	レベル２	堰軸方向	0.389		2.00
		上下流方向	0.114	4.46×0.114^(2/3)=	1.05

②地域別補正係数

C_{2Z}：栃木県　1.00

③構造物特性補正係数補正係数 Cs

全堰柱ともせん断破壊型であるため　μ a ＝1.0

Cs＝1/（２×1－1）^0.5＝1.0

④レベル２地震動時の設計水平震度（タイプⅡ）

上述の検討により、レベル２地震動時の設計水平震度は下記の通りである。

Khc＝Ｃｓ×C2Z×Khco

	地震動	荷重方向	Khco	
２号堰柱	レベル２	堰軸方向	1.0×1.0×2.00＝	2.00
		上下流方向	1.0×1.0×0.97＝	0.97
３号堰柱	レベル２	堰軸方向	1.0×1.0×2.00＝	2.00
		上下流方向	1.0×1.0×0.99＝	0.99
４号堰柱	レベル２	堰軸方向	1.0×1.0×2.00＝	2.00
		上下流方向	1.0×1.0×1.01＝	1.01
５号堰柱	レベル２	堰軸方向	1.0×1.0×2.00＝	2.00
		上下流方向	1.0×1.0×1.05＝	1.05

3）設計水平震度のまとめ

堰軸方向と上下流方向の設計震度を下表に示す。

表　設計水平震度のまとめ

2 号堰柱

解析方向		堰軸方向	上下流方向
レベル 1	－	0.20	0.19
レベル 2	タイプⅠ	1.40	1.21
	タイプⅡ	2.00	0.97

3 号堰柱

解析方向		堰軸方向	上下流方向
レベル 1	－	0.20	0.19
レベル 2	タイプⅠ	1.40	1.21
	タイプⅡ	2.00	0.99

4 号堰柱

解析方向		堰軸方向	上下流方向
レベル 1	－	0.20	0.19
レベル 2	タイプⅠ	1.40	1.22
	タイプⅡ	2.00	1.01

5 号堰柱

解析方向		堰軸方向	上下流方向
レベル 1	－	0.20	0.17
レベル 2	タイプⅠ	1.40	1.25
	タイプⅡ	2.00	1.05

2.4. 構造計算諸元

(1) 単位体積重量

・鉄筋コンクリート

下表より 24.5ｋN／m3 とする。

表-12.3-1　単位体積重量

材料	単位体積重量 (kN／m³)	材料	単位体積重量 (kN／m³)
鋼、鋳鋼	77.0	アスファルトコンクリート舗装	22.5
鋳鉄	71.0	コンクリートブロック練積	22.5
アルミニウム合板	27.5	コンクリートブロック空積	19.5
鉄筋コンクリート	24.5	プレストレストコンクリート	24.5
無筋コンクリート	23.0	花こう岩	27.0
モルタル	21.0	砂岩	26.0
アスファルト(防水用)	11.0	水	9.8

注 1）コンクリートの単位体積重量については、現場で使用するコンクリートの実重量が明らかな場合、その実重量値を使用する。
2）海水の単位体積重量は、水の 1.03 倍とする。

「設計基準　頭首工　H20.3」P240

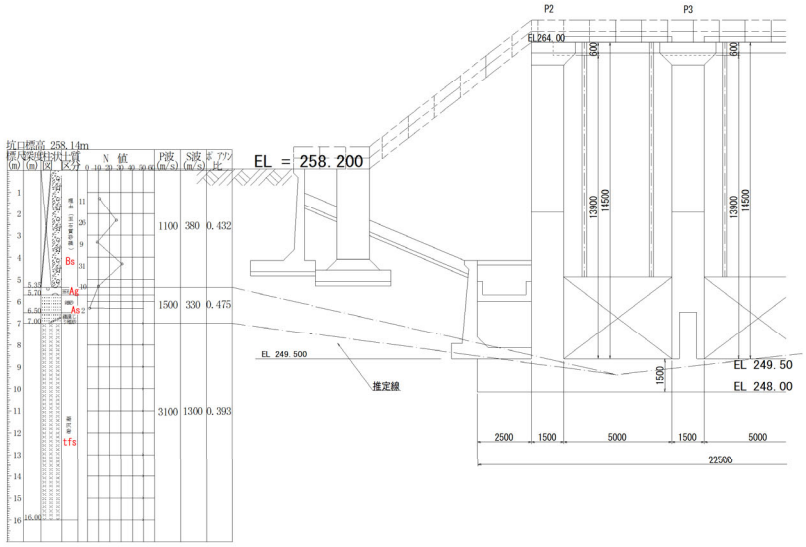
・無筋コンクリート

上表より 23.0ｋN／m3

・水

設計基準「水路工」H26　P241 より　γw＝9.8ｋN／m3

・土地質調査で確認された土層は以下のとおりである。側壁にかかる埋め土の主体は石質砂礫（Bs）で、基礎は凝灰岩（ｔｆｓ）である。



地質横断図

土質定数

土層名	土層記号	設計用N値（回）	単位体積重量 ρ_t (kN/m^3)	粘着力 c (kN/m^2)	せん断抵抗角 φ（°）	変形係数 E (kN/m^2)
埋土層	Bs	12.5	20	0	33	8700
沖積玉石層	Ag	12.0	18	0	32	8400
沖積砂質土層	As	2.0	17	0	25	(1400)

※（ ）参考値

H31 業務　地質調査報告書より

（2）許容応力度

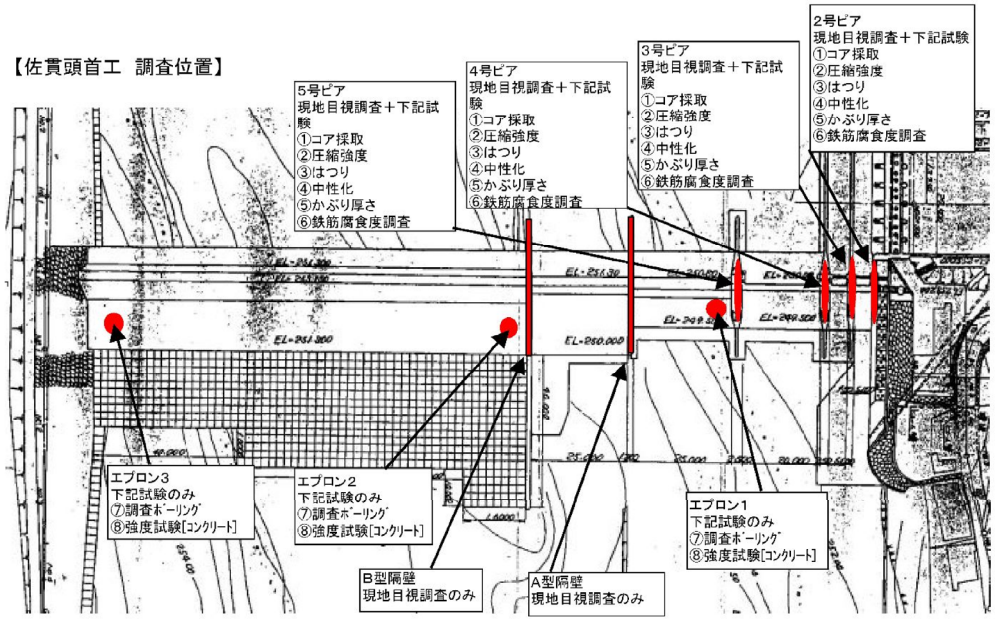
H31（R1）業務で、取水施設及び3号堰柱のコンクリート供試体にて圧縮強度試験を行った結果を以下に示す。

圧縮強度試験結果

供試体名	圧縮強度（N/mm^2）
取水施設	37.5
3号堰柱	34.0

また、それ以前の業務より、佐貫頭首工の供試体による圧縮強度試験を行っている。その結果を以下に示す。

【佐貫頭首工　調査位置】



圧縮強度試験結果

供試体名	圧縮強度（N/mm^2）	備考
No.1	80.8	エプロン
No.2	72.0	エプロン
No.3	63.4	エプロン
ピア2	42.8	
ピア3	37.8	
ピア4	44.7	
ピア5	40.5	

出典：平成18年度 国営土地改良事業地区調査
鬼怒川中部二期地区 施設機能診断調査その他業務

以上から耐震性能照査における鉄筋コンクリートの設計基準強度は下記より $\sigma ck=30N/mm^2$ とする。

【設計基準強度 $\sigma ck=30N/mm^2$ とする理由】

① 平成18年度業務での佐貫頭首工のエプロン、堰柱のコンクリート供試体による圧縮強度試験より、どの供試体も鉄筋コンクリートの設計基準強度 $\sigma ck=30N/mm^2$ を上回っている。

② H31（R1）業務によるコンクリート供試体による圧縮強度試験より圧縮強度 $37.5N/mm^2$ という結果が出ている。

③ 令和5年度改訂予定の「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計　頭首工」では「27.8　既設頭首工の物性値・設計条件等の適切な設定」の項で、下記のとおり過小評価をしないようすることが記載されている。これに従い、圧縮試験結果を考慮し、設計基準に示される規格（次ページ参照）の $\sigma ck=30N/mm^2$ を採用する。

> また、新設頭首工の設計では安全側の配慮から必ずしも考慮されていない構造モデル、部材の断面定数可重条牛等についても、既設頭首工においてその交果が確実に見込める場合には、これを考慮してよい。ただし、考慮を行う際に安全側の条件設定をすることで耐震性能を過小評価しないようにすることが重要である。特に、受働土圧、主鉄筋・帯鉄筋本数等有効なものとして、考慮できる諸条件を可能な限り考慮して、耐震性能を適切に評価するものとする。

「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計　頭首工 R5改訂予定」P582

(a) 鉄筋コンクリートの許容応力度

鉄筋コンクリートの許容応力度は下表による。

鉄筋コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

許容応力度 ＼ 28日設計基準強度 σ_{ck}			18	21	24	30	40以上	備　考
曲げ圧縮（σ_{ca}）			7	8	9	11	14	
せん断	斜め引張鉄筋の計算をしない場合（τ_{a1}）	梁の場合	0.4	0.42	0.45	0.5	0.55	
		スラブの場合[1)]	0.8	0.85	0.9	1.0	1.1	
	斜め引張鉄筋の計算をする場合（τ_{a2}）	せん断力のみの場合[2)]	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	
付着	丸　鋼（τ_{0a1}）		0.7	0.75	0.8	0.9	1.0	
	異形鉄筋（τ_{0a2}）		1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	
支　圧（σ'_{ca}）			5.4	6.3	7.2	9.0	12.0	$\sigma'_{ca} \leqq 0.3\,\sigma_{ck}$

注1）押抜きせん断に対する値である。
2）ねじり影響を考慮する場合には、この値を割増すことができる。

「設計基準　頭首工 H20.3」P261

(b) 鉄筋の材料及び許容応力度

鉄筋は丸鋼であるため、鉄筋の許容応力度は、下表のとおりとする。

鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

鉄筋の種類		許容引張応力度（σ_{sa}）				備　考
		一般の部材の場合	疲労強度より定まる場合	水に接する部材の場合	輪荷重が直接載荷する場合	
SR 235	常時	137	137	137	137	
	地震時	205	205	205	205	
SD 295 A, B	常時	176	157	157	137	
	地震時	264	264	264	264	
SD 345	常時	196	176	176[2)]	137	
	地震時	294	294	294	294	

注1）：SD 345 が適用できる構造物は次のような場合とする。
① 特に大規模で地震時が支配的となり、経済性で有利な場合
② 市場性により SD 295 A、B の入手が困難な場合
③ ひび割れ等に対する十分な検討を行う場合
④ 道路協議（河川協議）などによる場合
2）：次の場合：常時の SD 345 の許容引張応力度は SD 295 A、B と同一とする。
① 道路協議（河川協議）等による場合
② たわみ、ひび割れの検討を行わない場合

「設計基準　頭首工 H20.3」P262

(c) 地震時の許容応力度の割増し

地震時の許容応力度の割増し係数は、下表より 1.5 とする。

種別	荷重、外力等の組合せ	割増し係数
無筋コンクリート	地震時の影響を考えた場合	1.50
鉄筋コンクリート	温度変化及び乾燥収縮を考えた場合	1.15
	地震の影響を考えた場合	1.50
	温度変化、乾燥収縮及び地震の影響を考えた場合	1.65

「設計基準　頭首工 H20.3」P262

(d) コンクリートのヤング係数

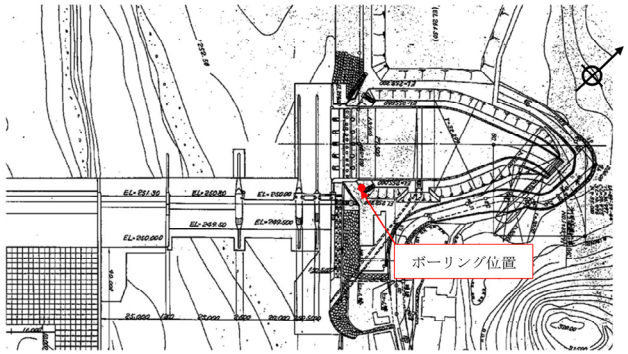
不静定力又は弾性変形の計算に用いるコンクリートのヤング係数

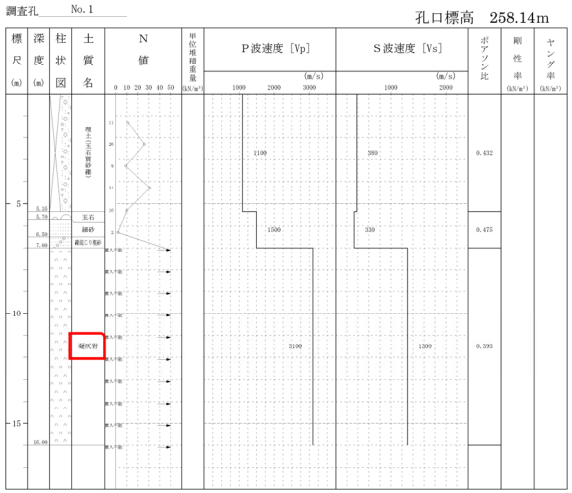
設計基準強度 σ_{ck} (N/mm²)	18	21	24	30	40
コンクリートのヤング係数 E_c (kN/mm²)	22	23.5	25	28	31
鉄筋とコンクリートのヤング係数比 $n=E_s/E_c$	9.1	8.5	8.0	7.1	6.5

「設計基準　水路工 H26.3」P346

○基礎地盤の定数

H31 業務で取水口脇においてボーリング調査（標準貫入試験、PS 検層）を実施している。





○土質定数

土層名	土層記号	設計用N値（回）	単位体積重量 ρ_t (kN/m³)	粘着力 c (kN/m²)	せん断抵抗角 φ (°)	変形係数 E (kN/m²)
凝灰岩層	t f s	50.0	18	173	20	39500

H31 業務　地質調査報告書より

○ばね定数

$k_{SB}=\lambda \cdot k_V$

$k_V=k_{V0}\left(\frac{B_V}{0.3}\right)^{-3/4}$

ここに、　λ：鉛直方向の地盤ばね定数 k_V に対する水平方向せん断地盤ばね定数の比（λ= 1/3～1/4とする。）

B_V：基礎の換算載荷幅（m）

$B_V=\sqrt{A_V}$

A_V：基礎の底面積（m²）

k_{V0}：鉛直方向の地盤反力係数（kN/m³）

$k_{V0}=\frac{1}{0.3}\cdot E_D$

E_D：地盤の動的変形係数（kN/m²）

$E_D=2\cdot(1+\nu_D)G_D$

ν_D：地盤の動的ポアソン比　調査結果から ν_D=0.39

（一般の沖積及び洪積地盤の場合、地下水位以浅では0.45、地下水位以深では0.5とし、軟岩では0.4、硬岩では0.3としてよい。）

G_D：地盤の動的せん断変形係数（kN/m²）

$G_D=\frac{r_t}{g}V_{DS}^2$

γ_t：土（地盤）の単位体積重量（kN/m³）

g：重力の加速度（9.8m/s²）

V_{DS}：地盤のせん断弾性波速度（m/s）

「耐震設計の手引き」 P108～109

弾性波（S波）伝播速度：1.3ｋｍ/ｓ（PS 検層結果より）

上記より

V_{DS}＝1300m/ｓ

$G_D=\gamma t/g\times V_{DS}^2=18/9.8\times1300\hat{}2=3.1\times10\hat{}6$ｋＮ/ｍ3

$E_D=2\times(1+\nu_D)\ G_D=2\times(1+0.39)\times3.1\times10\hat{}6=8.6\times10\hat{}6$ｋＮ/ｍ2

$k_{v0}=1/0.3\times E_D=1/0.3\times8.6\times10\hat{}6=28.7\times10\hat{}6$ｋＮ/ｍ3

○2～4 号堰柱

Av=22.50×20.00＝450.00m2

Bv＝√Av＝√450＝21.2m

ｋｖ＝ｋｖ0（Bv／0.3）＾（-3／4）＝28.7×10＾6×（21.2／0.3）＾（-3／4）

＝1.18×10＾6ｋＮ／m3

○5 号堰柱

Av=11.50×20.00＝230.00m2

Bv＝√Av＝√230＝15.2m

ｋｖ＝ｋｖ0（Bv／0.3）＾（-3／4）＝28.7×10＾6×（15.2／0.3）＾（-3／4）

＝1.52×10＾6ｋＮ／m3

2.5 計算ケース

計算ケースは「設計基準　頭首工」に示される地震時４ケースについて、レベル１及びレベル２のケース、計８ケースを行う。

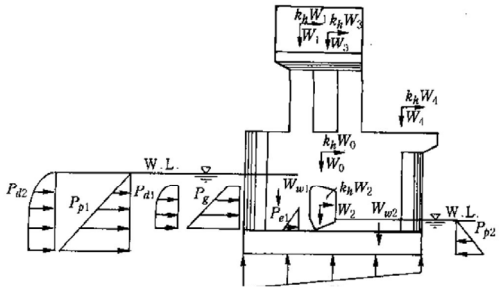
計算ケースの荷重の組み合わせは以下のとおりである。

可動堰安定計算における組合せ荷重

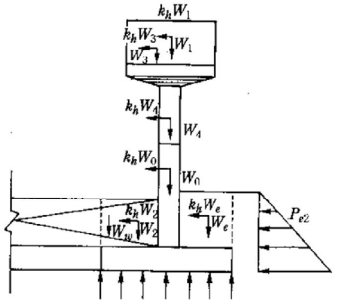
荷重項目 ＼ 計算ケース			1	2	3	4	5	6	7
条件	水位状況		洪水時	低水時	低水時	低水時	空虚時	空虚時	空虚時
	扉体開閉		開扉	閉扉	閉扉	閉扉	開扉	開扉	開扉
	常時・地震時		常時	常時	地震時	地震時	常時	地震時	地震時
	方向		上下流	上下流	上下流	堰軸	上下流	上下流	堰軸
						左右岸			左右岸
鉛直荷重	W_0	堰柱自重	○	○	○	○	○	○	○
	W_1	機械室自重	○	○	○	○	○	○	○
	W_2	扉体	○	○	○	○	○	○	○
	W_3	巻上機	○	○	○	○	○	○	○
	W_4	管理橋	○	○	○	○	○	○	○
	W_5	雪荷重		○					
	W_W	水重	○	○	○	○			
	U	揚圧力	○	○	○	○			
	W_e	背面土重				○			○
水平荷重	k_hW_0	堰柱慣性力			○	○		○	○
	k_hW_1	機械室 〃			○	○		○	○
	k_hW_2	扉体 〃			○	○		○	○
	k_hW_3	巻上機 〃			○	○		○	○
	k_hW_4	管理橋 〃			○	○		○	○
	k_hW_5	積雪 〃							
	P_{w1}	風荷重(扉体)	○				○		
	P_{w2}	風荷重(堰柱)	○	○			○		
	P_{w3}	風荷重(機械室)	○	○			○		
	P_g	静水圧(扉体)		○	○				
	P_p	静水圧(堰柱)	○	○	○				
	P_{d1}	動水圧(扉体)			○				
	P_{d2}	動水圧(堰柱)			○	○			
	P_{e1}	堆砂土圧		○	○				
	P_i	氷荷重		○					
	P_{e2}	土圧(側面)				○			○
	kP_{e2}	地震時背面土圧				○			○

「設計基準　頭首工」P258

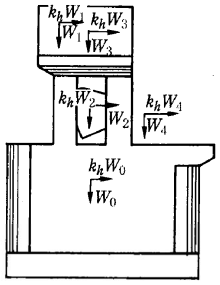
ケース３



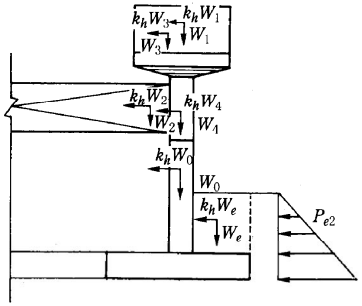
ケース４



ケース６



ケース７



地震時の検討ケ

堰柱安定計算における荷重条件

ケース名	条件	地震レベル	備考
3-1	低水位、閉扉、水流方向	レベル１	
3-2-1	〃	レベル２	タイプⅠ
3-2-2	〃	〃	タイプⅡ
4-1	低水位、閉扉、水流直角方向	レベル１	
4-2-1	〃	レベル２	タイプⅠ
4-2-2	〃	〃	タイプⅡ
6-1	空虚時、開扉、水流方向	レベル１	
6-2-1	〃	レベル２	タイプⅠ
6-2-2	〃	〃	タイプⅡ
7-1	空虚時、開扉、水流直角方向	レベル１	
7-2-1	〃	レベル２	タイプⅠ
7-2-2	〃	〃	タイプⅡ

荷重計算に使用する設計水平震度は以下のとおりとする（本年度見直し）。

設計水平震度のまとめ

２号堰柱

解析方向		堰軸方向	上下流方向
レベル１	－	0.20	0.19
レベル２	タイプⅠ	1.40	1.21
	タイプⅡ	2.00	0.97

３号堰柱

解析方向		堰軸方向	上下流方向
レベル１	－	0.20	0.19
レベル２	タイプⅠ	1.40	1.21
	タイプⅡ	2.00	0.99

４号堰柱

解析方向		堰軸方向	上下流方向
レベル１	－	0.20	0.19
レベル２	タイプⅠ	1.40	1.22
	タイプⅡ	2.00	1.01

５号堰柱

解析方向		堰軸方向	上下流方向
レベル１	－	0.20	0.17
レベル２	タイプⅠ	1.40	1.25
	タイプⅡ	2.00	1.05

2.6　堰柱に関する作用力

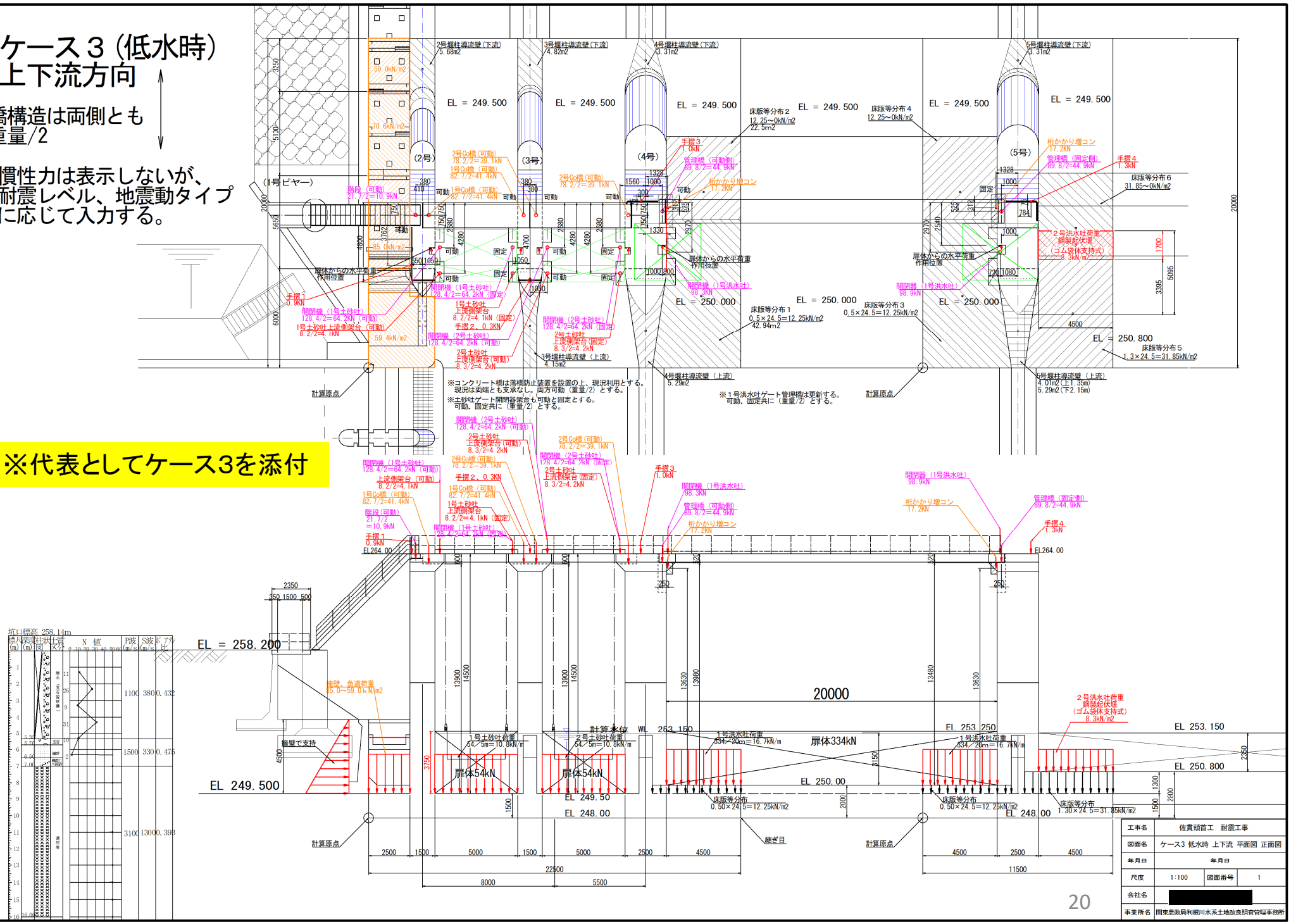
次ページ以降に各ケースの荷重図を示す。
荷重図の後に各荷重の根拠を示す。

○ケース３（低水時）
上下流方向

橋構造は両側とも
重量/2

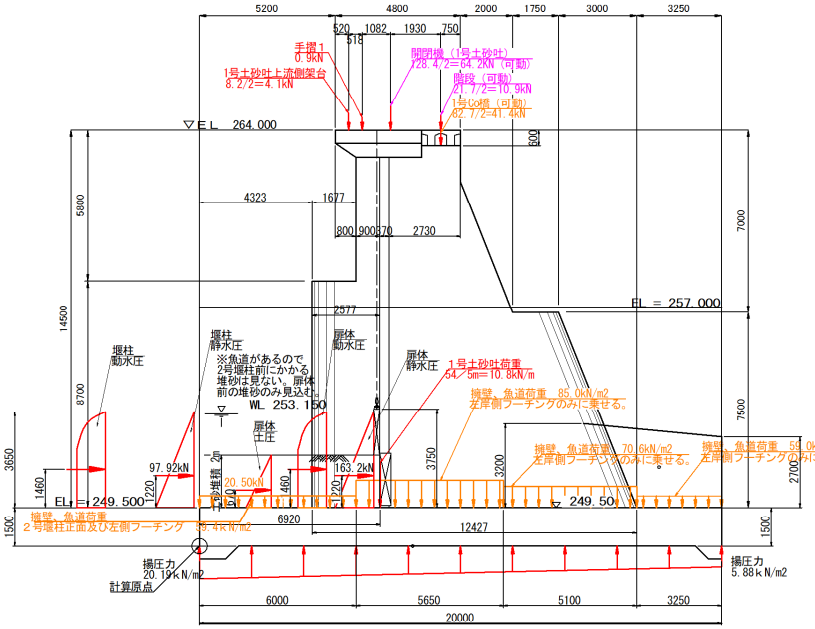
※慣性力は表示しないが、
耐震レベル、地震動タイプ
に応じて入力する。

※代表としてケース3を添付

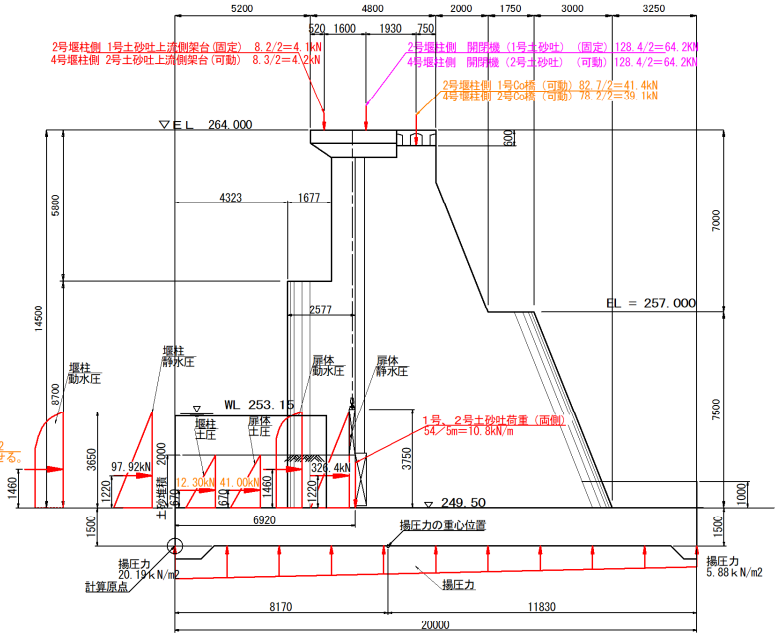


工事名	佐貫頭首工　耐震工事
図面名	ケース3 低水時 上下流 平面図 正面図
年月日	年月日
尺度	1:100
図面番号	1
会社名	[redacted]
事業所名	関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所

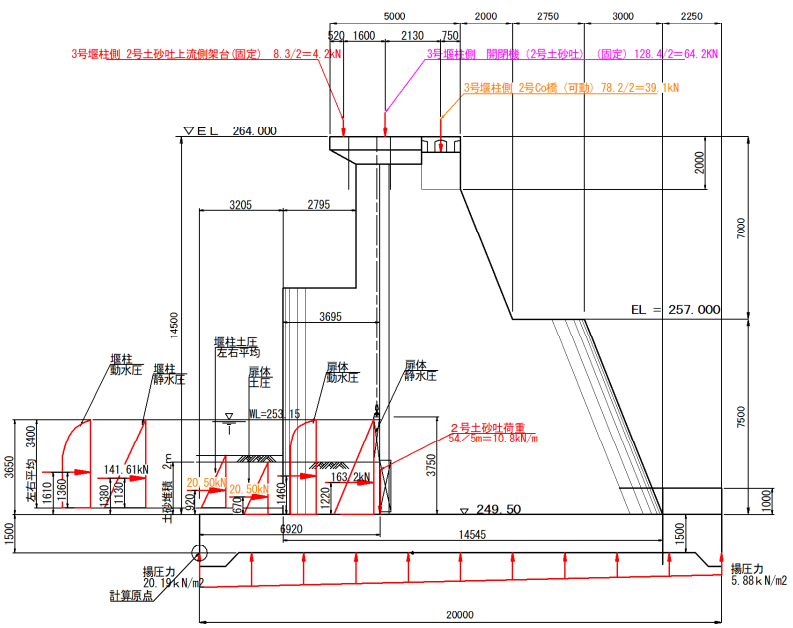
P2



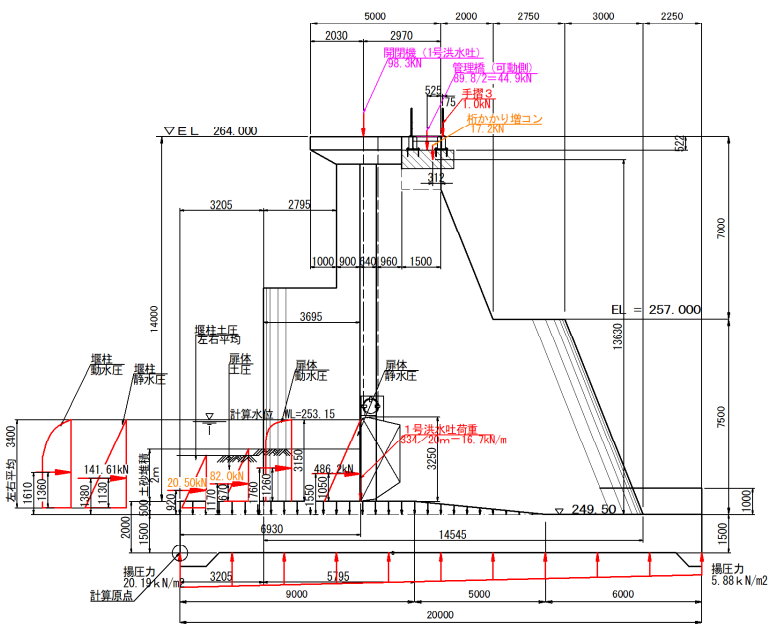
P3



P4左側



P4右側



○ケース３（低水時）上下流方向

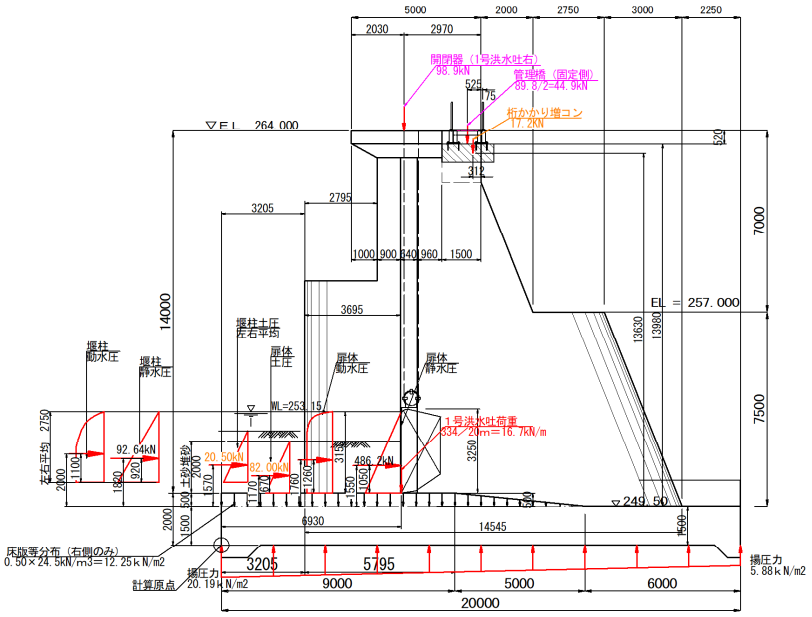
※慣性力は表示しないが、耐震レベル、地震動タイプに応じて入力する。

工事名	佐貫頭首工　耐震工事		
図面名	ケース3 低水時 上下流 P234 側面図		
年月日	年月日		
尺度	1:100	図面番号	2
会社名	[redacted]		
事業所名	関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所		

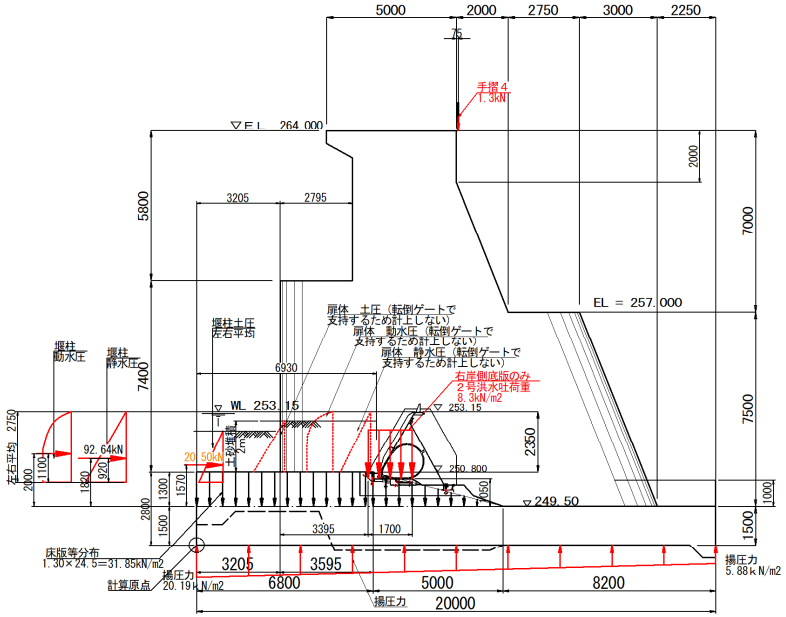
○ケース３（低水位時）
上下流方向

※慣性力は表示しないが、
耐震レベル、地震動タイプ
に応じて入力する。

P5左側



P5右側



工事名	佐貫頭首工　耐震工事		
図面名	ケース3 低水時 上下流 P5 側面図		
年月日	年月日		
尺度	1:100	図面番号	3
会社名	[redacted]		
事業所名	関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所		

2.7　動的解析

2.7.1　動的解析の基本式

地震動により構造物は振動する。構造物は固有周期があり、地震の周期と合致した場合は共振し、揺れが大きくなる。また、地震動が無くなり、ある程度時間が経過すると、やがて静止する。この現象を減衰と呼ぶ。これらを考慮し、動的解析を行う。

動的解析に用いる運動方程式は、下記の通り表現される。

$$M \cdot \Delta\ddot{X} + C \cdot \Delta\dot{X} + K\Delta\mu = -M \cdot \Delta\alpha$$

M：質量マトリックス
C：減衰マトリックス
K：剛性マトリックス
$\Delta\ddot{X}$：各接点における相対応答加速度
$\Delta\dot{X}$：各接点における相対応対速度
$\Delta\mu$：各接点における相対応答変位
$\Delta\alpha$：基盤での入力速度

計算は構造が一体である「２号堰柱＋３号堰柱＋４号堰柱」と「５号堰柱」で照査を行った。以下に計算結果を示す。

2.7.2 各堰柱の動的解析照査結果

(a) 上下流方向に対する解析

下表に「2 号堰柱及び 3 号堰柱」、「4 号堰柱及び 5 号堰柱」の動的解析照査結果を示す。

表　2 号堰柱、3 号堰柱の動的解析照査（上下流方向）

部材名称	項目		空虚時								低水位時							
			タイプⅠ				タイプⅡ											
			堰柱部		門柱部		堰柱基部		門柱部		堰柱基部		門柱部		堰柱基部		門柱部	
2号堰柱	載荷方向		上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流
	曲げ	要素番号	1900	1900	2091	2091	1900	1900	2091	2091	1900	1900	2091	2091	1900	1900	2091	2091
		曲げ方向	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張
		|φmax|	0.00000536	0.00000757	0.00000996	0.00001282	0.00000276	0.00000504	0.00000334	0.00000640	0.00000574	0.00000779	0.00001037	0.00001316	0.00000286	0.00000499	0.00000337	0.00000624
		耐震性能 1	0.00011814	0.00011830	0.00023474	0.00023426	0.00011814	0.00011830	0.00023474	0.00023426	0.00011814	0.00011830	0.00023474	0.00023426	0.00011814	0.00011830	0.00023474	0.00023426
		耐震性能 2	0.00098145	0.00770774	0.00246600	0.00325243	0.00184475	0.00184596	0.00783987	0.00765092	0.00098145	0.00793581	0.00256780	0.00333765	0.00184475	0.00184596	0.00783987	0.00765092
		耐震性能 3	0.00270806	0.00270979	0.01164244	0.01135925	0.00270806	0.00270979	0.01164244	0.01135925	0.00270806	0.00270979	0.01164244	0.01135925	0.00270806	0.00270979	0.01164244	0.01135925
		|φmax|/耐震性能 1	0.045	0.064	0.042	0.055	0.023	0.043	0.014	0.027	0.049	0.066	0.044	0.056	0.024	0.042	0.014	0.027
		|φmax|/耐震性能 2	0.005	0.001	0.004	0.004	0.001	0.003	0.000	0.001	0.006	0.001	0.004	0.004	0.002	0.003	0.000	0.001
		|φmax|/耐震性能 3	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001
		満足する耐震性能	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1
	複数部位塑性化判定		OK				OK				OK				OK			
	せん断	要素番号	1900	1023	2091	1031	1900	1900	2091	1031	1900	1023	2092	1031	1900	1900	2092	1031
		|Smax|(kN)	3719.24	1796.70	1610.48	1269.21	2805.29	2805.29	798.23	587.34	4157.59	1861.16	1595.06	1310.70	3083.07	2823.17	746.11	576.58
		Ps(kN)	7534.61	2978.10	3647.94	1677.62	9796.42	9886.25	4799.40	2144.43	7534.61	2978.10	3647.94	1677.62	9796.42	9886.25	4799.40	2144.43
		|Smax|/Ps	0.494	0.603	0.441	0.757	0.286	0.284	0.166	0.274	0.552	0.625	0.437	0.781	0.315	0.286	0.155	0.269
		判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	応答変位	応答変位 δmax(cm)	0.067		0.006		0.036		0.006		0.070		0.006		0.036		0.006	
		許容変位 δa(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		δmax/δa	–		–		–		–		–		–		–		–	
		判定	弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域	
	残留変位	最大変位 δmax(cm)	0.067		0.006		0.036		0.006		0.070		0.006		0.036		0.006	
		降伏変位 δy(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		残留変位 δR(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		許容残留変位 δRa(cm)	14.500		5.800		14.500		5.800		14.500		5.800		14.500		5.800	
		判定	OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK	
3号堰柱	載荷方向		上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流
	曲げ	要素番号	11900	11900	12091	12091	11900	11900	12091	12091	11900	11900	12091	12091	11900	11900	12091	12091
		曲げ方向	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張
		|φmax|	0.00000813	0.00001034	0.00001734	0.00002029	0.00000311	0.00000560	0.00000428	0.00000788	0.00000815	0.00001039	0.00001684	0.00002007	0.00000323	0.00000546	0.00000426	0.00000743
		耐震性能 1	0.00011846	0.00011892	0.00023639	0.00023566	0.00011846	0.00011892	0.00023639	0.00023566	0.00011846	0.00011892	0.00023639	0.00023566	0.00011846	0.00011892	0.00023639	0.00023566
		耐震性能 2	0.00096471	0.01070316	0.00457005	0.00558882	0.00181096	0.00181397	0.00735040	0.00702383	0.00096471	0.01074869	0.00444035	0.00552876	0.00181096	0.00181397	0.00735040	0.00702383
		耐震性能 3	0.00265721	0.00266149	0.01090740	0.01041792	0.00265721	0.00266149	0.01090740	0.01041792	0.00265721	0.00266149	0.01090740	0.01041792	0.00265721	0.00266149	0.01090740	0.01041792
		|φmax|/耐震性能 1	0.069	0.087	0.073	0.086	0.026	0.047	0.018	0.033	0.069	0.087	0.071	0.085	0.027	0.046	0.018	0.032
		|φmax|/耐震性能 2	0.008	0.001	0.004	0.004	0.002	0.003	0.001	0.001	0.008	0.001	0.004	0.004	0.002	0.003	0.001	0.001
		|φmax|/耐震性能 3	0.003	0.004	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	0.003	0.004	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001
		満足する耐震性能	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1
	複数部位塑性化判定		OK				OK				OK				OK			
	せん断	要素番号	11004	11023	12091	11033	11900	11900	12091	11033	11900	12091	11031	11033	11900	11900	12092	11033
		|Smax|(kN)	4296.59	2537.55	2374.28	1758.19	2880.96	2880.96	884.45	605.21	5037.63	2266.79	1912.05	1742.64	3372.41	2950.05	806.38	577.76
		Ps(kN)	5108.83	2253.06	2754.64	1100.35	7262.29	7180.64	3608.33	1374.74	5621.10	1910.43	2365.59	1100.35	7262.29	7180.64	3608.33	1374.74
		|Smax|/Ps	0.841	1.126	0.862	1.598	0.397	0.401	0.245	0.440	0.896	1.187	0.808	1.584	0.464	0.411	0.223	0.420
		判定	OK	NG	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	OK	NG	OK	OK	OK	OK
	応答変位	応答変位 δmax(cm)	0.103		0.008		0.042		0.008		2.565		0.007		0.041		0.007	
		許容変位 δa(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		δmax/δa	–		–		–		–		–		–		–		–	
		判定	弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域	
	残留変位	最大変位 δmax(cm)	0.103		0.008		0.042		0.008		2.565		0.007		0.041		0.007	
		降伏変位 δy(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		残留変位 δR(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		許容残留変位 δRa(cm)	14.500		5.800		14.500		5.800		14.500		5.800		14.500		5.800	
		判定	OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK	

2 号堰柱は「曲げ破壊」は弾性域、「せん断破壊」及び「変位」は許容値圏内のため問題ない。

3 号堰柱は**「せん断破壊」**のみ許容値を超過したため、「**鉄筋挿入工**」でせん断耐力を補強する。

表　4 号堰柱、5 号堰柱の動的解析照査（上下流方向）

部材名称	項目		空虚時								低水位時							
			タイプⅠ				タイプⅡ											
			堰柱部		門柱部		堰柱基部		門柱部		堰柱基部		門柱部		堰柱基部		門柱部	
4号堰柱	載荷方向		上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流
	曲げ	要素番号	21900	21900	22091	22091	21900	21900	22091	22091	21900	21900	22091	22091	21900	21900	22091	22091
		曲げ方向	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張
		|φmax|	0.00000369	0.00000565	0.00000856	0.00001223	0.00000225	0.00000420	0.00000339	0.00000710	0.00000378	0.00000539	0.00000855	0.00001137	0.00000233	0.00000398	0.00000328	0.00000624
		耐震性能 1	0.00010201	0.00010171	0.00022942	0.00023012	0.00010201	0.00010171	0.00022942	0.00023012	0.00010201	0.00010171	0.00022942	0.00023012	0.00010201	0.00010171	0.00022942	0.00023012
		耐震性能 2	0.00104444	0.00541349	0.00168743	0.00266751	0.00198688	0.00198678	0.00992094	0.00893574	0.00104444	0.00515684	0.00168368	0.00248160	0.00198688	0.00198678	0.00992094	0.00893574
		耐震性能 3	0.00292931	0.00292931	0.01476670	0.01328855	0.00292931	0.00292931	0.01476670	0.01328855	0.00292931	0.00292931	0.01476670	0.01328855	0.00292931	0.00292931	0.01476670	0.01328855
		|φmax|/耐震性能 1	0.036	0.056	0.037	0.053	0.022	0.041	0.015	0.031	0.037	0.053	0.037	0.049	0.023	0.039	0.014	0.027
		|φmax|/耐震性能 2	0.004	0.001	0.005	0.005	0.001	0.002	0.000	0.001	0.004	0.001	0.005	0.005	0.001	0.002	0.000	0.001
		|φmax|/耐震性能 3	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
		満足する耐震性能	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1
	複数部位塑性化判定		OK				OK				OK				OK			
	せん断	要素番号	21900	21023	22091	21033	21900	21900	22091	21033	21900	21023	22091	21033	21900	21900	22091	21033
		|Smax|(kN)	6191.52	2787.34	2462.25	1920.15	5248.11	5248.11	1446.99	1049.11	7397.85	2606.43	2311.52	1777.21	6368.37	5404.41	1303.08	924.80
		Ps(kN)	10645.93	4680.65	4799.40	2008.15	13962.06	15348.86	6334.68	2585.14	10645.93	4680.65	4799.40	2008.15	13962.06	15348.86	6334.68	2585.14
		|Smax|/Ps	0.582	0.596	0.513	0.956	0.376	0.342	0.228	0.406	0.695	0.557	0.482	0.885	0.456	0.352	0.206	0.358
		判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	応答変位	応答変位 δ max(cm)	0.050		0.007		0.031		0.007		2.708		0.006		0.029		0.006	
		許容変位 δ a(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		δ max/ δ a	–		–		–		–		–		–		–		–	
		判定	弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域	
	残留変位	最大変位 δ max(cm)	0.050		0.007		0.031		0.007		2.708		0.006		0.029		0.006	
		降伏変位 δ y(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		残留変位 δ R(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		許容残留変位 δ Ra(cm)	14.500		5.800		14.500		5.800		14.500		5.800		14.500		5.800	
		判定	OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK	
5号堰柱	載荷方向		上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流	上流→下流	上流←下流
	曲げ	要素番号	51901	51901	52091	51033	51901	51901	52091	52091	51901	51901	52091	52091	51901	51901	52091	52091
		曲げ方向	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張	上流側引張	下流側引張
		|φmax|	0.00000527	0.00000691	0.00001123	0.00003413	0.00000232	0.00000397	0.00000387	0.00000624	0.00000563	0.00000695	0.00001094	0.00001297	0.00000238	0.00000388	0.00000343	0.00000579
		耐震性能 1	0.00010202	0.00010186	0.00022814	0.00024682	0.00010202	0.00010186	0.00022814	0.00022872	0.00010202	0.00010186	0.00022814	0.00022872	0.00010202	0.00010186	0.00022814	0.00022872
		耐震性能 2	0.00104454	0.00661796	0.00209916	0.00457314	0.00198705	0.00198700	0.01047327	0.00929269	0.00104454	0.00665052	0.00204440	0.00272481	0.00198705	0.00198700	0.01047327	0.00929269
		耐震性能 3	0.00292957	0.00292957	0.01559583	0.02189839	0.00292957	0.00292957	0.01559583	0.01382468	0.00292957	0.00292957	0.01559583	0.01382468	0.00292957	0.00292957	0.01559583	0.01382468
		|φmax|/耐震性能 1	0.052	0.068	0.049	0.138	0.023	0.039	0.017	0.027	0.055	0.068	0.048	0.057	0.023	0.038	0.015	0.025
		|φmax|/耐震性能 2	0.005	0.001	0.005	0.007	0.001	0.002	0.000	0.001	0.005	0.001	0.005	0.005	0.001	0.002	0.000	0.001
		|φmax|/耐震性能 3	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
		満足する耐震性能	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能1
	複数部位塑性化判定		OK				OK				OK				OK			
	せん断	要素番号	51902	51023	52091	51033	51901	51901	52091	51033	51901	51023	52091	51033	51901	51901	52091	51033
		|Smax|(kN)	7730.29	3714.22	3229.48	2342.32	5236.17	5236.17	1454.85	1046.53	9715.68	3664.79	3195.26	2249.02	6380.47	5490.01	1331.29	931.75
		Ps(kN)	11971.96	5854.07	5569.86	2687.64	17047.56	19320.14	7358.46	3491.12	12957.90	5854.07	5569.86	2687.64	17047.56	19320.14	7358.46	3491.12
		|Smax|/Ps	0.646	0.634	0.580	0.872	0.307	0.271	0.198	0.300	0.750	0.626	0.574	0.837	0.374	0.284	0.181	0.267
		判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	応答変位	応答変位 δ max(cm)	0.057		0.006		0.024		0.006		0.050		0.006		0.023		0.006	
		許容変位 δ a(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		δ max/ δ a	–		–		–		–		–		–		–		–	
		判定	弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域		弾性域	
	残留変位	最大変位 δ max(cm)	0.057		0.006		0.024		0.006		0.050		0.006		0.023		0.006	
		降伏変位 δ y(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		残留変位 δ R(cm)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
		許容残留変位 δ Ra(cm)	14.500		5.800		14.500		5.800		14.500		5.800		14.500		5.800	
		判定	OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK	

4 号堰柱及び 5 号堰柱は「曲げ破壊」は弾性域、「せん断耐力」及び「変位」は許容値圏内のため補強を行わない。

(b) 堰軸方向に対する解析

下表に「2 号堰柱及び 3 号堰柱」、「4 号堰柱及び 5 号堰柱」の動的解析照査結果を示す。

表　2 号堰柱、3 号堰柱の動的解析照査（堰軸方向）

部材名称	項目		空虚時 タイプⅠ 堰柱部				空虚時 タイプⅠ 門柱部				空虚時 タイプⅡ 堰柱基部				空虚時 タイプⅡ 門柱部			
2号堰柱	載荷方向		左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸		
	曲げ	要素番号	206	206			223	223			206	206			223	223		
		曲げ方向	左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張		
		|φmax|	0.00439068	0.00449512			0.00005969	0.00005338			0.00656426	0.00666917			0.00005647	0.00005035		
		耐震性能 1	0.00109391	0.00107538			0.00089153	0.00087312			0.00109391	0.00107538			0.00089153	0.00087312		
		耐震性能 2	0.01108008	0.30472147			0.00304099	0.00180422			0.02106625	0.02842774			0.03836537	0.05829485		
		耐震性能 3	0.03105242	0.04210392			0.05710229	0.08700572			0.03105242	0.04210392			0.05710229	0.08700572		
		|φmax|/耐震性能 1	4.014	4.180			0.067	0.061			6.001	6.202			0.063	0.058		
		|φmax|/耐震性能 2	0.396	0.015			0.020	0.030			0.312	0.235			0.001	0.001		
		|φmax|/耐震性能 3	0.141	0.107			0.001	0.001			0.211	0.158			0.001	0.001		
		満足する耐震性能	耐震性能 2	耐震性能 2			耐震性能1	耐震性能1			耐震性能 2	耐震性能 2			耐震性能1	耐震性能1		
	複数部位塑性化判定		OK								OK							
	せん断	要素番号	211	211			222	222			211	211			222	222		
		|Smax|(kN)	2072.17	2064.56			924.50	920.36			2184.97	2181.36			957.15	953.16		
		Ps(kN)	2412.98	2412.98			1048.80	1048.80			3105.79	3105.79			1286.89	1286.89		
		|Smax|/Ps	0.859	0.856			0.881	0.878			0.704	0.702			0.744	0.741		
		判定	OK	OK			OK	OK			OK	OK			OK	OK		
	応答変位	応答変位 δmax(cm)	7.954				0.064				12.608				0.064			
		許容変位 δa(cm)	89.311				0.000				89.303				0.000			
		δmax/δa	0.089				–				0.141				–			
		判定	OK				弾性域				OK				弾性域			
	残留変位	最大変位 δmax(cm)	7.954				0.064				12.608				0.064			
		降伏変位 δy(cm)	2.629				0.000				2.621				0.000			
		残留変位 δR(cm)	3.195				0.000				5.992				0.000			
		許容残留変位 δRa(cm)	14.000				5.300				14.000				5.300			
		判定	OK				OK				OK				OK			
3号堰柱	載荷方向		左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸		
	曲げ	要素番号	306	306			325	325			306	306			323	323		
		曲げ方向	左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張		
		|φmax|	0.00589462	0.00609238			0.00006172	0.00006355			0.00731226	0.00737483			0.00006607	0.00006715		
		耐震性能 1	0.00109619	0.00109619			0.00090060	0.00089985			0.00109619	0.00109619			0.00089510	0.00089510		
		耐震性能 2	0.01029205	0.59195037			0.00404206	0.00416245			0.01948790	0.01948790			0.03406322	0.03406322		
		耐震性能 3	0.02868376	0.02868376			0.04400856	0.04400485			0.02868376	0.02868376			0.05064729	0.05064729		
		|φmax|/耐震性能 1	5.377	5.558			0.069	0.071			6.671	6.728			0.074	0.075		
		|φmax|/耐震性能 2	0.573	0.010			0.015	0.015			0.375	0.378			0.002	0.002		
		|φmax|/耐震性能 3	0.206	0.212			0.001	0.001			0.255	0.257			0.001	0.001		
		満足する耐震性能	耐震性能 2	耐震性能 2			耐震性能1	耐震性能1			耐震性能 2	耐震性能 2			耐震性能1	耐震性能1		
	複数部位塑性化判定		OK								OK							
	せん断	要素番号	321	321			322	322			321	321			322	322		
		|Smax|(kN)	1027.34	1028.50			976.82	978.93			1057.25	1054.43			1007.71	1005.27		
		Ps(kN)	1185.35	1185.35			906.97	906.97			1524.71	1524.71			1153.54	1153.54		
		|Smax|/Ps	0.867	0.868			1.077	1.079			0.693	0.692			0.874	0.871		
		判定	OK	OK			NG	NG			OK	OK			OK	OK		
	応答変位	応答変位 δmax(cm)	12.057				0.080				15.882				0.080			
		許容変位 δa(cm)	60.981				0.000				61.012				0.000			
		δmax/δa	0.198				–				0.260				–			
		判定	OK				弾性域				OK				弾性域			
	残留変位	最大変位 δmax(cm)	12.057				0.080				15.882				0.080			
		降伏変位 δy(cm)	2.895				0.000				2.926				0.000			
		残留変位 δR(cm)	5.497				0.000				7.773				0.000			
		許容残留変位 δRa(cm)	14.000				5.300				14.000				5.300			
		判定	OK				OK				OK				OK			

部材名称	項目		低水位時 堰柱基部				低水位時 門柱部			
2号堰柱	載荷方向		左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸		
	曲げ	要素番号	206	206			223	223		
		曲げ方向	左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張		
		|φmax|	0.00447209	0.00456334			0.00005891	0.00005429		
		耐震性能 1	0.00109391	0.00107538			0.00089153	0.00087312		
		耐震性能 2	0.01108008	0.30934606			0.00300110	0.00183511		
		耐震性能 3	0.03105242	0.04210392			0.05710229	0.08700572		
		|φmax|/耐震性能 1	4.088	4.243			0.066	0.062		
		|φmax|/耐震性能 2	0.404	0.015			0.020	0.030		
		|φmax|/耐震性能 3	0.144	0.108			0.001	0.001		
		満足する耐震性能	耐震性能 2	耐震性能 2			耐震性能1	耐震性能1		
	複数部位塑性化判定		OK							
	せん断	要素番号	211	211			222	222		
		|Smax|(kN)	2143.80	2119.82			918.80	910.04		
		Ps(kN)	2412.98	2412.98			1048.80	1048.80		
		|Smax|/Ps	0.888	0.879			0.876	0.868		
		判定	OK	OK			OK	OK		
	応答変位	応答変位 δmax(cm)	7.755				0.064			
		許容変位 δa(cm)	89.249				0.000			
		δmax/δa	0.087				–			
		判定	OK				弾性域			
	残留変位	最大変位 δmax(cm)	7.755				0.064			
		降伏変位 δy(cm)	2.567				0.000			
		残留変位 δR(cm)	3.113				0.000			
		許容残留変位 δRa(cm)	14.000				5.300			
		判定	OK				OK			
3号堰柱	載荷方向		左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸		
	曲げ	要素番号	306	306			325	325		
		曲げ方向	左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張		
		|φmax|	0.00572318	0.00594410			0.00006263	0.00006506		
		耐震性能 1	0.00109619	0.00109619			0.00090060	0.00089985		
		耐震性能 2	0.01029205	0.57754273			0.00410133	0.00426102		
		耐震性能 3	0.02868376	0.02868376			0.04400856	0.04400485		
		|φmax|/耐震性能 1	5.221	5.423			0.070	0.072		
		|φmax|/耐震性能 2	0.556	0.010			0.015	0.015		
		|φmax|/耐震性能 3	0.200	0.207			0.001	0.001		
		満足する耐震性能	耐震性能 2	耐震性能 2			耐震性能1	耐震性能1		
	複数部位塑性化判定		OK							
	せん断	要素番号	321	321			325	325		
		|Smax|(kN)	1011.15	1019.86			831.28	846.22		
		Ps(kN)	1185.35	1185.35			775.78	775.78		
		|Smax|/Ps	0.853	0.860			1.072	1.091		
		判定	OK	OK			NG	NG		
	応答変位	応答変位 δmax(cm)	10.778				0.081			
		許容変位 δa(cm)	60.886				0.000			
		δmax/δa	0.177				–			
		判定	OK				弾性域			
	残留変位	最大変位 δmax(cm)	10.778				0.081			
		降伏変位 δy(cm)	2.800				0.000			
		残留変位 δR(cm)	4.787				0.000			
		許容残留変位 δRa(cm)	14.000				5.300			
		判定	OK				OK			

部材名称	項目		低水位時 堰柱基部				低水位時 門柱部			
2号堰柱	載荷方向		左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸		
	曲げ	要素番号	206	206			223	223		
		曲げ方向	左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張		
		|φmax|	0.00646292	0.00659042			0.00005562	0.00005074		
		耐震性能 1	0.00109391	0.00107538			0.00089153	0.00087312		
		耐震性能 2	0.02106625	0.02842774			0.03836537	0.05829485		
		耐震性能 3	0.03105242	0.04210392			0.05710229	0.08700572		
		|φmax|/耐震性能 1	5.908	6.128			0.062	0.058		
		|φmax|/耐震性能 2	0.307	0.232			0.001	0.001		
		|φmax|/耐震性能 3	0.208	0.157			0.001	0.001		
		満足する耐震性能	耐震性能 2	耐震性能 2			耐震性能1	耐震性能1		
	複数部位塑性化判定		OK							
	せん断	要素番号	211	211			222	222		
		|Smax|(kN)	2234.81	2228.81			951.98	943.02		
		Ps(kN)	3105.79	3105.79			1286.89	1286.89		
		|Smax|/Ps	0.720	0.718			0.740	0.733		
		判定	OK	OK			OK	OK		
	応答変位	応答変位 δmax(cm)	12.526				0.064			
		許容変位 δa(cm)	89.237				0.000			
		δmax/δa	0.140				–			
		判定	OK				弾性域			
	残留変位	最大変位 δmax(cm)	12.526				0.064			
		降伏変位 δy(cm)	2.555				0.000			
		残留変位 δR(cm)	5.983				0.000			
		許容残留変位 δRa(cm)	14.000				5.300			
		判定	OK				OK			
3号堰柱	載荷方向		左岸→右岸	左岸←右岸			左岸→右岸	左岸←右岸		
	曲げ	要素番号	306	306			323	323		
		曲げ方向	左岸側引張	右岸側引張			左岸側引張	右岸側引張		
		|φmax|	0.00731955	0.00736747			0.00006671	0.00006759		
		耐震性能 1	0.00109619	0.00109619			0.00089510	0.00089510		
		耐震性能 2	0.01948790	0.01948790			0.03406322	0.03406322		
		耐震性能 3	0.02868376	0.02868376			0.05064729	0.05064729		
		|φmax|/耐震性能 1	6.677	6.721			0.075	0.076		
		|φmax|/耐震性能 2	0.376	0.378			0.002	0.002		
		|φmax|/耐震性能 3	0.255	0.257			0.001	0.001		
		満足する耐震性能	耐震性能 2	耐震性能 2			耐震性能1	耐震性能1		
	複数部位塑性化判定		OK							
	せん断	要素番号	321	321			322	322		
		|Smax|(kN)	1050.79	1045.48			1001.55	996.52		
		Ps(kN)	1524.71	1524.71			1153.54	1153.54		
		|Smax|/Ps	0.689	0.686			0.868	0.864		
		判定	OK	OK			OK	OK		
	応答変位	応答変位 δmax(cm)	15.225				0.081			
		許容変位 δa(cm)	61.042				0.000			
		δmax/δa	0.249				–			
		判定	OK				弾性域			
	残留変位	最大変位 δmax(cm)	15.225				0.081			
		降伏変位 δy(cm)	2.956				0.000			
		残留変位 δR(cm)	7.361				0.000			
		許容残留変位 δRa(cm)	14.000				5.300			
		判定	OK				OK			

2 号堰柱は「せん断耐力」、「応答変位」、「残留変位」共に耐震性能 2 を満足しており、許容値を超えないため補強は行わない。

3 号堰柱は「応答変位」「残留変位」は許容値を超えないが、**「せん断耐力」**が不足しているため、**鉄筋挿入工による耐震補強を行う。**

表　4 号堰柱、5 号堰柱の動的解析照査（堰軸流方向）

部材名称		項目	空虚時								低水位時							
			タイプⅠ				タイプⅡ											
			堰柱部		門柱部		堰柱基部		門柱部		堰柱基部		門柱部		堰柱基部		門柱部	
4号堰柱		載荷方向	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸
	曲げ	要素番号	406	406	423	425	406	406	423	423	406	406	423	425	406	406	423	425
		曲げ方向	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張
		|φmax|	0.00154488	0.00176312	0.00002016	0.00001900	0.00214945	0.00237420	0.00001914	0.00002195	0.00139980	0.00164828	0.00001962	0.00001944	0.00201837	0.00232152	0.00001882	0.00001833
		耐震性能 1	0.00061714	0.00061392	0.00050501	0.00050804	0.00061714	0.00061392	0.00050501	0.00050128	0.00061714	0.00061392	0.00050501	0.00050804	0.00061714	0.00061392	0.00050501	0.00050804
		耐震性能 2	0.00653528	0.25538878	0.00170502	0.00173246	0.01245342	0.01319341	0.02314280	0.02522798	0.00653528	0.23875472	0.00165935	0.00177194	0.01245342	0.01319341	0.02314280	0.02142839
		耐震性能 3	0.01837156	0.01948316	0.03446169	0.03188857	0.01837156	0.01948316	0.03446169	0.03759133	0.01837156	0.01948316	0.03446169	0.03188857	0.01837156	0.01948316	0.03446169	0.03188857
		|φmax|/耐震性能 1	2.503	2.872	0.040	0.037	3.483	3.867	0.038	0.044	2.268	2.685	0.039	0.038	3.271	3.781	0.037	0.036
		|φmax|/耐震性能 2	0.236	0.007	0.012	0.011	0.173	0.180	0.001	0.001	0.214	0.007	0.012	0.011	0.162	0.176	0.001	0.001
		|φmax|/耐震性能 3	0.084	0.090	0.001	0.001	0.117	0.122	0.001	0.001	0.076	0.085	0.001	0.001	0.110	0.119	0.001	0.001
		満足する耐震性能	耐震性能 2	耐震性能 2	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能 2	耐震性能 2	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能 2	耐震性能 2	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能 2	耐震性能 2	耐震性能1	耐震性能1
	複数部位塑性化判定		OK				OK				OK				OK			
	せん断	要素番号	414	414	422	422	414	414	422	422	414	414	422	422	407	407	422	422
		|Smax|(kN)	3810.30	3722.60	1822.55	1728.79	3965.64	3870.70	1824.54	1786.12	3767.70	3711.65	1760.44	1723.41	5252.90	5158.31	1735.49	1695.74
		Ps(kN)	3112.44	3112.44	1080.15	1080.15	4054.34	4054.34	1344.63	1344.63	3112.44	3112.44	1080.15	1080.15	5235.49	5235.49	1344.63	1344.63
		|Smax|/Ps	1.224	1.196	1.687	1.601	0.978	0.955	1.357	1.328	1.211	1.193	1.630	1.596	1.003	0.985	1.291	1.261
		判定	NG	NG	NG	NG	OK	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	OK	NG	NG
	応答変位	応答変位δmax(cm)	2.836		0.025		4.351		0.025		2.770		0.024		3.813		0.024	
		許容変位δa(cm)	43.650		0.000		43.672		0.000		43.649		0.000		43.604		0.000	
		δmax/δa	0.065		–		0.100		–		0.063		–		0.087		–	
		判定	OK		弾性域		OK		弾性域		OK		弾性域		OK		弾性域	
	残留変位	最大変位δmax(cm)	2.836		0.025		4.351		0.025		2.770		0.024		3.813		0.024	
		降伏変位δy(cm)	1.130		0.000		1.152		0.000		1.129		0.000		1.084		0.000	
		残留変位δR(cm)	1.024		0.000		1.920		0.000		0.985		0.000		1.638		0.000	
		許容残留変位δRa(cm)	14.000		5.300		14.000		5.300		14.000		5.300		14.000		5.300	
		判定	OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK	
5号堰柱		載荷方向	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸	左岸→右岸	左岸←右岸
	曲げ	要素番号	512	512	523	523	506	512	523	523	512	512	523	523	506	512	523	523
		曲げ方向	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張	左岸側引張	右岸側引張
		|φmax|	0.00121668	0.00174550	0.00003085	0.00003500	0.00153021	0.00229724	0.00002926	0.00003438	0.00113609	0.00141649	0.00003232	0.00003401	0.00153709	0.00190895	0.00002866	0.00003123
		耐震性能 1	0.00052079	0.00051267	0.00051301	0.00049772	0.00052907	0.00051267	0.00051301	0.00049772	0.00052079	0.00051267	0.00051301	0.00049772	0.00052907	0.00051267	0.00051301	0.00049772
		耐震性能 2	0.01008980	0.13833199	0.00313689	0.00212001	0.01761038	0.02472375	0.01915809	0.03251916	0.01008980	0.11225737	0.00328584	0.00206040	0.01761038	0.02472375	0.01915809	0.03251916
		耐震性能 3	0.02922783	0.03682929	0.02848063	0.04852989	0.02615103	0.03682929	0.02848063	0.04852989	0.02922783	0.03682929	0.02848063	0.04852989	0.02615103	0.03682929	0.02848063	0.04852989
		|φmax|/耐震性能 1	2.336	3.405	0.060	0.070	2.892	4.481	0.057	0.069	2.181	2.763	0.063	0.068	2.905	3.724	0.056	0.063
		|φmax|/耐震性能 2	0.121	0.013	0.010	0.017	0.087	0.093	0.002	0.001	0.113	0.013	0.010	0.017	0.087	0.077	0.001	0.001
		|φmax|/耐震性能 3	0.042	0.047	0.001	0.001	0.059	0.062	0.001	0.001	0.039	0.038	0.001	0.001	0.059	0.052	0.001	0.001
		満足する耐震性能	耐震性能 2	耐震性能 2	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能 2	耐震性能 2	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能 2	耐震性能 2	耐震性能1	耐震性能1	耐震性能 2	耐震性能 2	耐震性能1	耐震性能1
	複数部位塑性化判定		OK				OK				OK				OK			
	せん断	要素番号	510	510	523	523	510	510	523	523	510	510	523	523	510	510	523	523
		|Smax|(kN)	4353.40	4261.38	1654.72	1523.74	4748.99	4583.21	1637.81	1526.70	4598.49	4484.60	1590.36	1497.85	4547.00	5300.46	1490.58	1429.95
		Ps(kN)	4033.34	4033.34	1567.17	1567.17	5186.63	5186.63	1898.41	1898.41	4033.34	4033.34	1567.17	1567.17	5186.63	5186.63	1898.41	1898.41
		|Smax|/Ps	1.079	1.057	1.056	0.972	0.916	0.884	0.863	0.804	1.140	1.112	1.015	0.956	0.877	1.022	0.785	0.753
		判定	NG	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG	OK	OK	NG	OK	OK
	応答変位	応答変位δmax(cm)	3.439		0.034		5.684		0.034		3.057		0.031		4.623		0.031	
		許容変位δa(cm)	62.092		0.000		61.656		0.000		61.770		0.000		61.513		0.000	
		δmax/δa	0.055		–		0.092		–		0.049		–		0.075		–	
		判定	OK		弾性域		OK		弾性域		OK		弾性域		OK		弾性域	
	残留変位	最大変位δmax(cm)	3.439		0.034		5.684		0.034		3.057		0.031		4.623		0.031	
		降伏変位δy(cm)	1.645		0.000		1.209		0.000		1.323		0.000		1.066		0.000	
		残留変位δR(cm)	1.076		0.000		2.685		0.000		1.040		0.000		2.134		0.000	
		許容残留変位δRa(cm)	14.000		5.300		14.000		5.300		14.000		5.300		14.000		5.300	
		判定	OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK		OK	

59

4 号堰柱及び 5 号堰柱ともに「応答変位」、「残留変位」は許容値を超えないが、**「せん断耐力」**が不足しているため、**鉄筋挿入工による耐震補強を行う。**

2.7.3 堰柱の鉄筋補強量

(1) 上下流方向の不足するせん断耐力に対する鉄筋補強量

3 号堰柱上下流方向の耐震補強に必要な鉄筋量及び施工量を下表に示す。

表　3 号堰柱上下流方向の鉄筋補強量

部位	要素番号	I端	J端	部材長	基部からの高さ	せん断不足量	有効長		補強量計算									
							d	d-d'	γb	鉄筋降伏強度	斜引張鉄筋	補強量 Aw/a	配置間隔 a	必要鉄筋断面積Aw	使用鉄筋径	寄与率 βaw	鉄筋断面積	必要鉄筋本数
				m	m	kN	m	m		N/mm2	°	mm2/mm	mm	mm2			mm/本	本
3号堰柱 堰柱下部	11900	11901	11001	1.087	1.087	0.00	11.060	10.960	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11901	11900	11902	0.013	1.100	0.00	11.060	10.960	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11902	11002	11900	0.475	1.575	0.00	11.060	10.960	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11004	11004	11003	0.300	1.875	0.00	10.805	10.705	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11006	11006	11005	0.418	2.293	0.00	10.662	10.562	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11078	11008	11978	0.436	2.729	0.00	10.368	10.268	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11008	11978	11007	0.307	3.036	0.00	10.517	10.417	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11010	11010	11009	0.714	3.750	0.00	10.138	10.038	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11012	11012	11011	0.500	4.250	0.00	9.895	9.795	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11014	11014	11013	1.015	5.265	0.00	9.592	9.492	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11016	11016	11015	0.743	6.008	0.00	9.241	9.141	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11018	11018	11017	0.743	6.751	0.00	8.943	8.843	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	11020	11020	11019	0.749	7.500	0.00	8.645	8.545	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
堰柱上部	11023	11023	11022	0.600	8.100	284.49	6.758	6.658	1.100	345.0	90.000	0.154	600.0	92.620	D16	0.880	198.600	1
	11025	11025	11024	0.600	8.700	260.45	6.518	6.418	1.100	345.0	90.000	0.147	600.0	87.915	D16	0.880	198.600	1
門柱下部	12091	11911	11026	0.276	8.976	379.57	5.170	5.070	1.100	345.0	90.000	0.269	600.0	161.532	D25	0.810	506.700	1
	12092	11027	11912	0.276	9.252	317.65	5.170	5.070	1.100	345.0	90.000	0.225	600.0	135.181	D25	0.810	506.700	1
	11029	11029	11028	0.708	9.960	602.04	4.918	4.818	1.100	345.0	90.000	0.449	600.0	269.336	D25	0.810	506.700	1
	11031	11031	11030	0.630	10.590	642.36	4.650	4.550	1.100	345.0	90.000	0.507	600.0	303.912	D25	0.810	506.700	1
	11033	11033	11032	0.630	11.220	657.84	4.398	4.298	1.100	345.0	90.000	0.548	600.0	329.070	D25	0.810	506.700	1
	11035	11035	11034	0.640	11.860	515.76	4.144	4.044	1.100	345.0	90.000	0.456	600.0	273.811	D25	0.810	506.700	1
	11037	11037	11036	0.640	12.500	391.19	3.888	3.788	1.100	345.0	90.000	0.369	600.0	221.352	D25	0.810	506.700	1
門柱上部	11038	11038	11037	0.475	12.975	149.18	4.000	3.900	1.100	345.0	90.000	0.137	600.0	82.049	D16	0.880	198.600	1
	11039	11039	11038	0.475	13.450	0.00	4.000	3.900	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0

表　3 号堰柱上下流方向の施工量

部位	鉄筋径	高さ方向の挿入間隔	挿入列（堰軸方向）	備考
堰柱下部	対策不要	対策不要	対策不要	-
堰柱上部	D16	600mm	1 列	先端斜めカット
門柱下部	D25	600mm	1 列	先端斜めカット
門柱上部	D16	600mm	1 列	先端斜めカット

(2) 堰軸流方向の不足するせん断耐力に対する鉄筋補強量

(a) 3 号堰柱堰軸方向の補強鉄筋量

3 号堰柱堰軸方向の耐震補強に必要な鉄筋量及び施工量を下表に示す。

表　3 号堰柱堰軸方向の鉄筋補強量

部位		要素番号	I端	J端	部材長 m	基部からの高さ m	せん断不足量 kN	有効長 d m	有効長 d-d' m	補強量計算 γb	鉄筋降伏強度 N/mm2	斜引張鉄筋 °	補強量 Aw/a mm2/mm	配置間隔 a mm	必要鉄筋断面積Aw mm2	使用鉄筋径	寄与率 βaw	鉄筋断面積 mm/本	必要鉄筋本数 本
3号堰柱	堰柱下部	306	3901	306	0.375	0.375	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		307	307	3902	0.375	0.750	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		308	3075	307	0.200	0.950	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		309	308	3075	0.200	1.150	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		310	309	308	0.400	1.550	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		311	3095	309	0.325	1.875	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		312	310	3095	0.418	2.293	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		313	311	310	0.743	3.036	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		314	312	311	0.743	3.779	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		315	313	312	0.743	4.522	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		316	314	313	0.743	5.265	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		317	315	314	0.743	6.008	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		318	316	315	0.743	6.751	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		319	317	316	0.749	7.500	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	堰柱上部	320	318	317	0.600	8.100	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		321	319	318	0.600	8.700	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	門柱下部	322	320	319	0.630	9.330	71.96	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.188	600.0	113.080	D16	0.880	198.600	1
		323	321	320	0.630	9.960	42.78	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.112	600.0	67.226	D16	0.880	198.600	1
		324	322	321	0.630	10.590	43.88	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.115	600.0	68.954	D16	0.880	198.600	1
		325	323	322	0.630	11.220	70.44	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.184	600.0	110.691	D16	0.880	198.600	1
		326	324	323	0.360	11.580	41.57	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.109	600.0	65.324	D16	0.880	198.600	1
		327	325	324	0.920	12.500	35.19	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.092	600.0	55.299	D16	0.880	198.600	1
	門柱上部	328	326	325	0.475	12.975	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		329	327	326	0.475	13.450	0.00	1.400	1.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0

表　3 号堰柱堰軸方向の施工量

部位	鉄筋径	高さ方向の挿入間隔	挿入列（堰軸方向）	備考
堰柱下部	対策不要	対策不要	対策不要	-
堰柱上部	対策不要	対策不要	対策不要	-
門柱下部	D16	600mm	1 列	先端斜めカット
門柱上部	対策不要	対策不要	対策不要	-

(b) 4 号堰柱堰軸方向の補強鉄筋量

4 号堰柱堰軸方向の耐震補強に必要な鉄筋量及び施工量を下表に示す。

表　4 号堰柱堰軸方向の鉄筋補強量

部位		要素番号	I端	J端	部材長 m	基部からの高さ m	せん断不足量 kN	有効長 d m	有効長 d-d' m	補強量計算 γb	鉄筋降伏強度 N/mm2	斜引張鉄筋 °	補強量 Aw/a mm2/mm	配置間隔 a mm	必要鉄筋断面積Aw mm2	使用鉄筋径	寄与率 βaw	鉄筋断面積 mm/本	必要鉄筋本数 本
4号堰柱	堰柱下部	406	4901	406	0.465	0.465	747.93	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.143	600.0	685.603	D25	0.810	506.700	2
		407	407	4902	0.464	0.929	827.04	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.264	600.0	758.120	D25	0.810	506.700	2
		408	4075	407	0.021	0.950	779.56	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.191	600.0	714.597	D25	0.810	506.700	2
		409	408	4075	0.300	1.250	743.66	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.136	600.0	681.688	D25	0.810	506.700	2
		410	409	408	0.200	1.450	764.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.167	600.0	700.333	D25	0.810	506.700	2
		411	4095	409	0.425	1.875	699.88	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.069	600.0	641.557	D25	0.810	506.700	2
		412	410	4095	0.331	2.206	559.65	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.855	600.0	513.013	D25	0.810	506.700	2
		413	411	410	0.756	2.962	349.89	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.535	600.0	320.733	D25	0.810	506.700	1
		414	412	411	0.756	3.718	697.86	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.066	600.0	639.705	D25	0.810	506.700	2
		415	413	412	0.756	4.474	546.11	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.834	600.0	500.601	D25	0.810	506.700	2
		416	414	413	0.756	5.230	312.67	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.478	600.0	286.614	D25	0.810	506.700	1
		417	415	414	0.756	5.986	90.10	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.138	600.0	82.592	D25	0.810	506.700	1
		418	416	415	0.756	6.742	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D25	0.810	506.700	0
		419	417	416	0.758	7.500	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D25	0.810	506.700	0
	堰柱上部	420	418	417	0.600	8.100	219.93	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.336	600.0	201.603	D25	0.810	506.700	1
		421	419	418	0.600	8.700	126.30	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.193	600.0	115.775	D25	0.810	506.700	1
	門柱下部	422	420	419	0.760	9.460	742.40	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.134	600.0	680.533	D25	0.810	506.700	2
		423	421	420	0.760	10.220	662.50	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	1.012	600.0	607.292	D25	0.810	506.700	2
		424	422	421	0.760	10.980	557.50	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.852	600.0	511.042	D25	0.810	506.700	2
		425	423	422	0.600	11.580	411.79	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.629	600.0	377.474	D25	0.810	506.700	1
		426	424	423	0.170	11.750	303.66	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.464	600.0	278.355	D25	0.810	506.700	1
	門柱上部	427	425	424	1.225	12.975	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D25	0.810	506.700	0
		428	426	425	0.475	13.450	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D25	0.810	506.700	0

表　4 号堰柱堰軸方向の施工量

部位	鉄筋径	高さ方向の挿入間隔	挿入列（堰軸方向）	備考
堰柱下部	D25	600mm	2 列	先端斜めカット
堰柱上部	D25	600mm	1 列	先端斜めカット
門柱下部	D25	600mm	2 列	先端斜めカット
門柱上部	対策不要	対策不要	対策不要	-

(c)5 号堰柱堰軸方向の補強鉄筋量

5 号堰柱堰軸方向の耐震補強に必要な鉄筋量及び施工量は下表の通りである。

表　5 号堰柱堰軸方向の鉄筋補強量

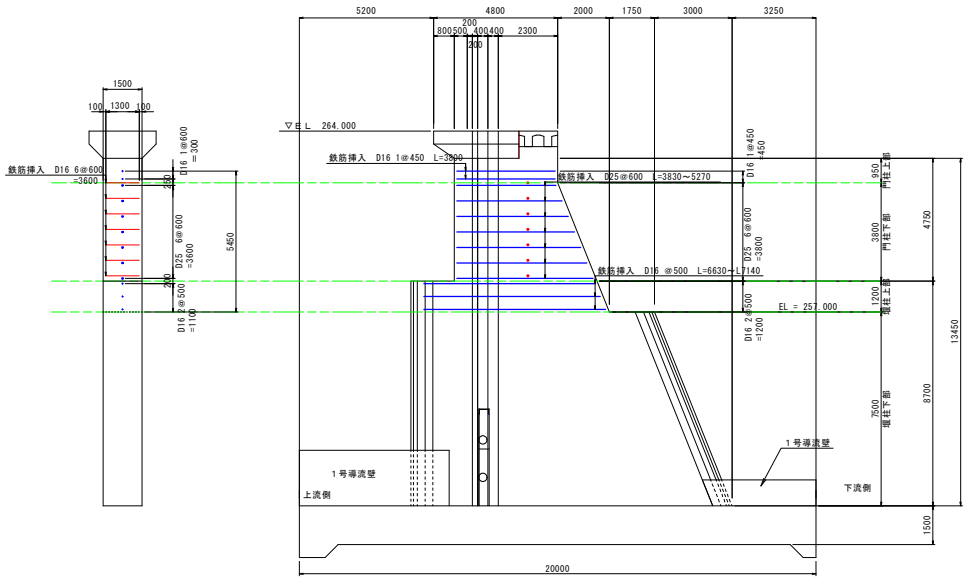
部位		要素番号	I端	J端	部材長	基部からの高さ	せん断不足量	有効長		補強量計算									
								d	d-d'	γb	鉄筋降伏強度	斜引張鉄筋	補強量 Aw/a	配置間隔 a	必要鉄筋断面積Aw	使用鉄筋径	寄与率 βaw	鉄筋断面積	必要鉄筋本数
					m	m	kN	m	m		N/mm2	°	mm2/mm	mm	mm2			mm/本	本
5号堰柱	堰柱下部	506	5901	506	0.445	0.445	216.80	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.331	600.0	198.733	D32	0.750	794.200	1
		507	507	5902	0.444	0.889	314.51	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.481	600.0	288.301	D32	0.750	794.200	1
		508	508	507	0.361	1.250	321.71	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.492	600.0	294.901	D32	0.750	794.200	1
		510	509	508	0.200	1.450	565.15	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.863	600.0	518.054	D32	0.750	794.200	1
		512	510	509	0.425	1.875	48.13	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.074	600.0	44.119	D32	0.750	794.200	1
		513	511	510	0.331	2.206	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
		514	512	511	0.756	2.962	82.33	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.126	600.0	75.469	D32	0.750	794.200	1
		515	513	512	0.756	3.718	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
		516	514	513	0.756	4.474	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
		517	515	514	0.756	5.230	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
		518	516	515	0.756	5.986	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
		519	517	516	0.756	6.742	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
		520	518	517	0.758	7.500	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
	堰柱上部	521	519	518	0.600	8.100	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
		522	520	519	0.600	8.700	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D32	0.750	794.200	0
	門柱下部	523	521	520	0.760	9.460	87.55	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.134	600.0	80.254	D16	0.880	198.600	1
		524	522	521	0.740	10.200	33.61	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.051	600.0	30.809	D16	0.880	198.600	1
		525	523	522	0.780	10.980	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		526	524	523	0.850	11.830	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		527	525	524	0.670	12.500	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
	門柱上部	528	526	525	0.475	12.975	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0
		529	527	526	0.475	13.450	0.00	2.400	2.300	1.100	345.0	90.000	0.000	600.0	0.000	D16	0.880	198.600	0

表　5 号堰柱堰軸方向の施工量

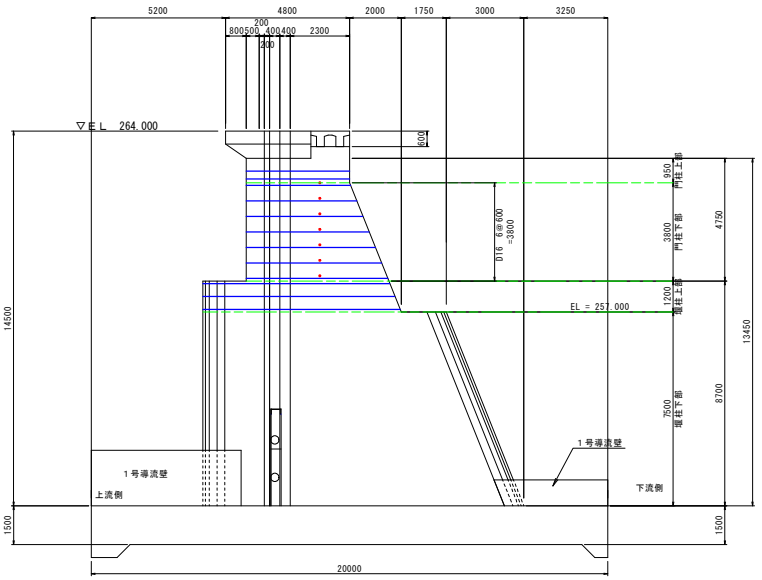
部位	鉄筋径	高さ方向の挿入間隔	挿入列（堰軸方向）	備考
堰柱下部	D32	600mm	1 列	先端斜めカット
堰柱上部	対策不要	対策不要	対策不要	-
門柱下部	D16	600mm	1 列	先端斜めカット
門柱上部	対策不要	対策不要	対策不要	-

堰柱鉄筋挿入工（3号堰柱）

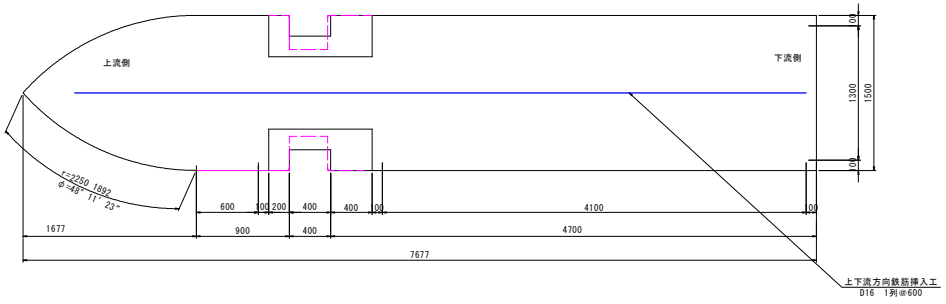
上下流方向鉄筋詳細図
（下図　青線）S=1：100



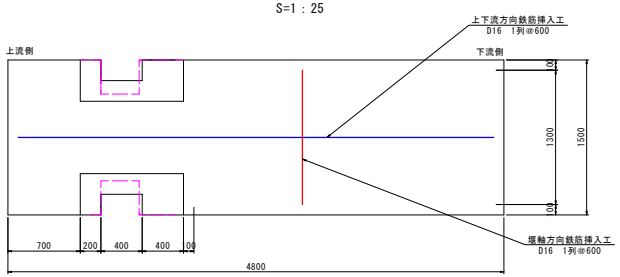
堰軸方向鉄筋詳細図
（下図　赤丸）S=1：100



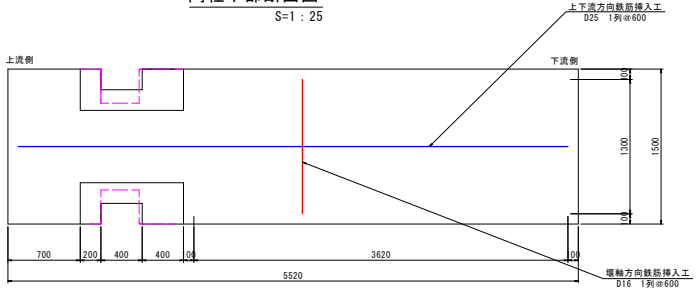
堰柱上部断面図
S=1：25



門柱上部断面図
S=1：25



門柱下部断面図
S=1：25

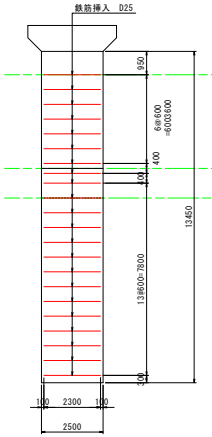


堰柱鉄筋挿入工(4号堰柱/5号堰柱)

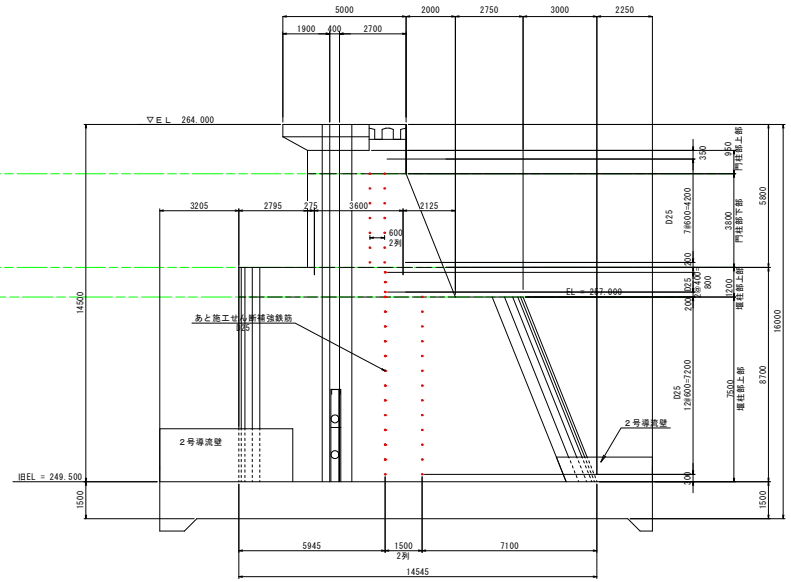
S=1：100

P4

正面図

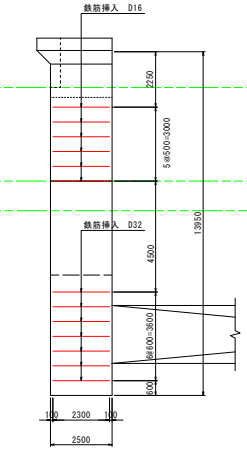
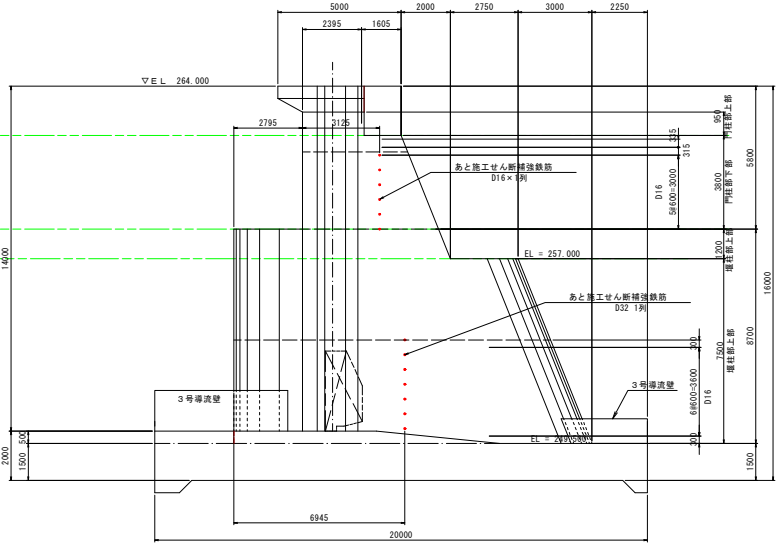


横断図



P5

正面図



横断図