

6. 陸開

6. 陸閘

6.1 総則

6.1.1 総説

本章は、東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震・津波対策として整備する水管理国土保全局所管の陸閘の設計を実施するために必要な技術的事項をとりまとめたものである。

本マニュアルに記載がない事項については、関連基準と参考資料に従うこととする。

6.1.2 機能と構造

陸閘は、河川・海岸堤防の一部として背後にある人命・資産を高潮、津波及び波浪から防護するとともに、陸域と海岸・河川への動線をつなぐことを目的として設置される施設である。

津波対策として新規に設置する陸閘では、施設の重要性、利用形態を考慮しながら構造上の工夫を施すものとする。

解説

陸閘は「改定 解説・河川管理施設等構造令 平成 12 年 1 月」、「改訂新版 河川砂防技術基準(案) 同解説 設計編 I 平成 9 年 10 月」、「河川構造物の耐震性能照査指針 平成 24 年 2 月」、「海岸保全施設技術上の基準・同解説 平成 16 年 6 月」に準拠した構造とする。

陸閘の構造は、動線としての機能を有し、高潮、津波から堤内地を安全に防護できる構造とし、以下の構造に配慮する。

1. 車両通行の有無
2. 基礎地盤の条件（液状化、圧密沈下等）
3. 地震の影響
4. 陸閘下部、側部の土砂流動による土砂の吸出し（必要に応じ）
5. 施工条件
6. その他

また、上記の他に津波防御施設として、以下の事項にも配慮した設計を行う。

1. 津波による荷重条件（設計津波水位、水圧）

6.1.3 適用の範囲

本マニュアルは、レベル1津波堤防区間に設置する陸閘（レベル1津波対応施設）に適用する。

解説

本マニュアルで対象とする陸閘は、レベル1津波堤防区間に設置される陸閘を対象とし、その他区間の堤防に設置される陸閘は対象としない。

6.1.4 設計フローチャート

陸閘の設計は、以下のフローに従い、検討を行うものとする。

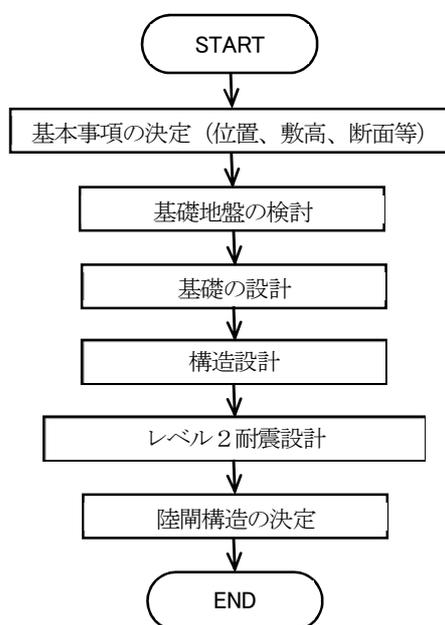


図 6.1.1 設計フローチャート

6.2 基本事項

6.2.1 位置

陸閘の位置は、陸閘を設置する堤防の法線及び常時の利用形態（動線）ならびに地震時の避難経路を考慮し、適切に配置する。

解説

陸閘は、堤防法線に対して直角に設置することを原則とする。

陸閘位置の検討に際しては、地域の復興計画、周辺の漁港施設、地元（利用者）の意向等にも配慮しながら、堤防計画と併せ検討する。

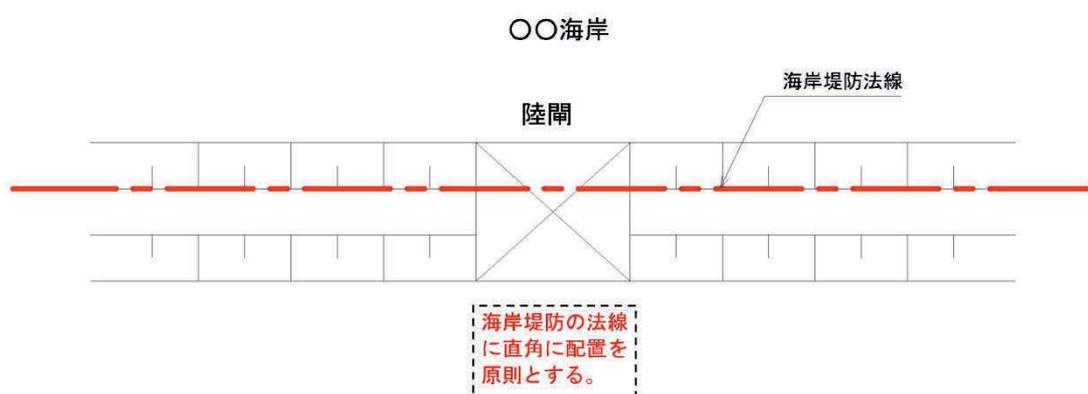


図 6.2.1 計画位置概念図

6.2.2 敷高

陸閘の敷高は、接続する道路高等を考慮し設定する。

解説

陸閘の敷高は、接続する道路及び海岸施設の施設高を考慮し、車両の通行及び地震時の避難に支障とならないよう設定する。

6.2.3 断面

陸閘の断面は、施設の利用形態を考慮し、適切に設定するものとする。

解説

車両の通行を考慮する場合には、対象となる車両の通行に支障とならない適切な断面を設定する。

車両の通行を考慮しない場合には、人が通行できる必要最小限の断面として適切な断面を設定する。

6.2.4 基本諸元

陸閘の基本諸元は、本基準により設定した水位条件・必要断面等を考慮して適切に設定し、十分な強度と耐久性を有する構造とする。

解説

陸閘の各部材の基本的な諸元に関しては、「改定 解説・河川管理施設等構造令 平成12年1月」及び「改訂新版 河川砂防技術基準(案)同解説 設計編Ⅰ 平成9年10月」に示されている水門及び樋門、本マニュアル“4. 樋門・樋管”、“5. 水門”を参考に決定することを基本とする。

(1) 構造形式

陸閘の構造形式は、十分な強度と耐久性を有する構造とし、陸閘の規模、施工性等を考慮し決定する。

解説

陸閘門扉形式としては表 6.2.1 に示すものが考えられる。陸閘の規模や経済性、施工性に配慮して選定する。

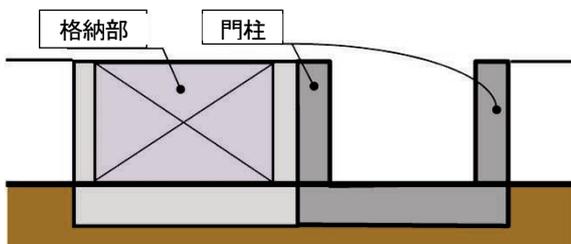
表 6.2.1 陸閘の門扉形式

ゲート名称	設置場所	設置目的	水門扉の形式(標準)
陸閘ゲート	河川, 港湾部の防潮	高潮, 津波による陸部への浸水防止	<ul style="list-style-type: none"> ・横引きゲート ・マイターゲート ・スイングゲート ・起伏ゲート ・ローラゲート ・スライドゲート

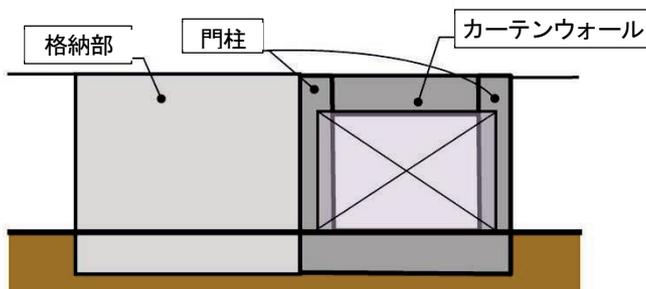
出典：「水門鉄管技術基準 水門扉編—付解説— 平成 12 年 4 月」 p21

陸閘上部工は開放型（通路上部が構造部材が無いもの）と門型（通路上部に梁部材があるもの）があり、構造形式としてはU型、逆T型、重力式等がある。

利用性、経済性の他、景観にも配慮して、最適な形式を選定する。



(1) 開放型・逆T型



(2) 門型・重力式



図 6.2.2 陸閘の形式例

(2) 遮水工及び洗掘対策工

陸閘には、必要に応じて適切な遮水工及び洗掘対策工を設けるものとする。
設置にあたっては、本施設と連続する堤防の構造と整合を図る。

解説

内外水位差により、陸閘下部及び側壁の壁面に沿って流れる浸透流による土砂流動と土砂の吸い出しを防止する必要がある場合には、遮水工を設ける。

遮水工の構造については、「樋門」及び「水門」に準じる。

また、洗掘対策が必要な場合には、適切な洗掘対策工を設ける。

- ・「改訂新版 河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 I 平成 9 年 10 月」、「柔構造樋門設計の手引き 平成 10 年 11 月」による。

(3) 胸壁（傾斜堤の場合）

胸壁は、本体と堤防間に沿う浸透水による土粒子の移動及び吸出しを防止するとともに、翼壁の破損等による堤防の崩壊を一時的に防止する構造となるよう設計するものとする。

解説

胸壁は、浸透経路長を長くし、本体と堤防間に沿う浸透水による土粒子の移動及び吸い出しを防止するとともに、翼壁の破損等による堤防の崩壊を一時的に防止するためのものである。

胸壁は、本体と一体とした構造とし、かつ、土圧等に対して自立できるよう設計するものとする。

- ・「改訂新版 河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 I 平成 9 年 10 月」による。

(4) 翼壁（傾斜堤の場合）

翼壁は、原則として本体と分離した構造として設計するものとする。

解説

翼壁は、本体と分離した構造とするが、その継手は、可とう性のある止水板及び伸縮材を用いて、構造上変位が生じても水密性が保持できるようにするものとする。

翼壁の平面形状は、水門の翼壁を参考にすることを基本とするが、接続する堤防の断面形状及び陸閘の構造形式を勘案して決定する。

- ・「改訂新版 河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 I 平成 9 年 10 月」による。

(5) 基礎形式

陸間の基礎は、上部荷重を良質な地盤に安全に伝達する構造として基礎形式を選定するものとする。

解説

基礎形式には、直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎、地盤改良基礎などがあげられる。

基礎形式は、事前の土質調査において、基礎地盤が軟弱地盤か、液状化地盤か、又は透水性地盤であるかを把握し、支持層までの状態、支持層の状態、地下水の状態や施工条件等を踏まえ選定する。

接続する堤防の基礎形式も考慮し、一連の基礎形式が異種形式となる場合、形式の違いにより生じる挙動について留意する。

基礎形式は「道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV下部構造編 平成24年3月」を参考に、適切な形式を選定するものとする。

表 6.2.2 各基礎形式の適用性の目安

表-参 6.1 各基礎形式の適用性の目安

基礎形式 適用条件		直接基礎	杭基礎										深礎基礎	ケーソン基礎	鋼管矢形基礎(打込み工法)	地中連続壁基礎					
			打込み杭工法		中掘り杭工法						場所打ち杭工法										
			PHC杭・SC杭	鋼管杭	PHC杭・SC杭			鋼管杭			プレボーリング杭工法	オールケーシング工法					アースドリル工法	回転杭工法	柱状体深礎	ニューマチック	オープン
					打撃工法	パイプ工法	最終打撃方式	噴出攪拌方式	打設方式	最終打撃方式											
支持層までの状態	表層近傍又は中間層にごく軟弱層がある	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	中間層にごく硬い層がある	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	中間層にれきがある	れき径 50mm以下	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		れき径 50~100mm	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	×	○	○	○	○	△		
	れき径 100~500mm	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	△			
	地盤条件	液状化する地盤がある	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		深度	5m未満	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
			5~15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			15~25m	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			25~40m	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
40~60m			×	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
60m以上		×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△			
土質	砂・砂れき (30≦N)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	粘性土 (20≦N)	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△			
	軟岩・土丹	○	×	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△			
硬岩	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				
傾斜が大さい、層面の凹凸が激しい等、支持層の位置が同一深度では無い可能性が高い	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△			
地下水の状態	地下水位が地表に近い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△			
	湧水量が極めて多い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△			
	地表より2m以上の被圧地下水	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
	地下水流速3m/min以上	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
支持形式	支持杭	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	摩擦杭	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
	水深5m未満	△	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△			
施工条件	水上	水深5m以上	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△			
		作業空間が狭い	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
	周辺環境	斜杭の施工	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
		有害ガスの影響	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		振動騒音対策	○	×	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		隣接構造物に対する影響	○	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		

○：適用性が高い △：適用性がある ×：適用性が低い

出典：「道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV下部構造編 平成24年3月」p613

- ・「改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 I 平成9年10月」による。

(6) ゲート形式

陸閘に設けるゲートは、確実に開閉し、かつ、必要な水密性を有する構造とするものとする。

解説

陸閘に設けるゲートの形式は、ゲートの規模（径間、高さ、重量等）、ゲートの開閉速度、緊急閉鎖機能の必要性、波浪・津波の影響、経済性などを考慮して選定する。

代表的な陸閘ゲート形式を表 6.2.1 に示す。

- ・「ダム・堰施設技術基準（案）平成 23 年 7 月」、「水門・樋門ゲート設計要領（案）平成 13 年 12 月」による。

(7) 操作室

陸閘には、必要に応じて操作室を設けるものとする。

操作室は、陸閘本體工と同等の耐震安全性能を確保する。

解説

陸閘操作室の耐震安全性は、当該陸閘本體工の耐震性能に応じ、下表により設定する。

表 6.2.3 参考：官庁施設に求められる耐震安全性（耐震安全性の目標）

	分類	耐震安全性の目標
構造体	I 類	大地震動後、構造体の補修をすることなく建築物を使用できることを目標とし、人命の安全確保に加えて十分な機能確保が図られるものとする。
	II 類	大地震動後、構造体の大きな補修をすることなく建築物を使用できることを目標とし、人命の安全確保に加えて機能確保が図られるものとする。
	III 類	大地震動により構造体の部分的な損傷は生じるが、建築物全体の耐力の低下は著しくないことを目標とし、人命の安全確保が図られるものとする。
建築非構造部材	A 類	大地震動後、災害応急対策活動等を円滑に行ううえ、又は危険物の管理のうえで支障となる建築非構造部材の損傷、移動等が発生しないことを目標とし、人命の安全確保に加えて十分な機能確保が図られるものとする。
	B 類	大地震動により建築非構造部材の損傷、移動等が発生する場合でも、人命の安全確保と二次災害の防止が図られていることを目標とする。
建築設備	甲 類	大地震動後の人命の安全確保及び二次災害の防止が図られているとともに、大きな補修をすることなく、必要な設備機能を相当期間継続できることを目標とする。
	乙 類	大地震動後の人命の安全確保及び二次災害の防止が図られていることを目標とする。

出典：「国土交通省 安全な暮らしを支える官庁施設の整備」

(8) その他

陸閘には、階段やタラップ、扉などの避難施設を設けるものとする。

解説

非常時に、陸閘（ゲート）が閉鎖された状態の場合であっても、人が、海側から陸側に避難できる施設（階段、タラップなど）を設けることを基本とする。

ただし、陸閘周辺において、これに変わる施設や避難路が確保できる場合には、この限りではない。

6.3 基礎地盤の検討

6.3.1 液状化

陸閘の基礎地盤については、「河川構造物の耐震性能照査指針 平成 24 年 2 月」に準拠し、液状化の検討を行う。

陸閘の基礎地盤が液状化すると判定される場合には対策工の必要性を検討し、必要な場合には適切な対策を講ずる。

解説

陸閘の基礎地盤が液状化した場合には、基礎地盤の強度や支持力が低下し、陸閘本体の安定性が損なわれる危険性があるとともに、底版下に空洞が発生し、津波襲来時にパイピング等の問題が発生する危険性がある。

地質調査結果に基づいて基礎地盤の液状化判定を行い、液状化が生じると判定された土層については、その土質定数の低減や液状化後の地盤の圧密を適切に評価した上で基礎工の設計を行うものとし、必要に応じてその対策工を検討する。

液状化対策工の検討は、「深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 改訂版 平成 16 年 3 月」及び「打戻し施工によるサンドコンパクションパイル工法 設計・施工マニュアル 平成 21 年 5 月」等を参考としてよい。

・「河川構造物の耐震性能照査指針・解説 I.共通編 平成 24 年 2 月」による。

6. 液状化の影響

6.1 一般

静的照査法による耐震性能の照査においては、基礎地盤の砂質土層の液状化の判定は6.2の規定により行うものとし、液状化が生じると判定された砂質土層の土質定数は、6.3の規定により低減させるものとする。

(解説)

既往の震災事例によれば、基礎地盤の砂質土層に生じる液状化は河川構造物の地震時挙動に大きな影響を及ぼす。このため、耐震性能の照査にあたって基礎地盤に液状化が生じる可能性がある場合には液状化の判定を行う必要がある。また、砂質土層が液状化した場合、強度及び支持力が低下する。したがって、液状化が生じると判定された砂質土層の土質定数は、適切に低減させる必要がある。なお、本指針では、他の耐震設計基準類と同様に、基礎地盤の砂質土層の液状化を考慮することとしているが、液状化の判定及び土質定数の低減においては、土の分類名のみではなく、土の物性を総合的に勘案することが必要である。

なお、現状においては、6.2の規定による液状化判定法や6.3の規定による砂質土層の物性の変化が、堤体の液状化に対して適用できるか十分に検証されていない。このため、堤体の液状化の影響については、堤防編の4.2に規定する手法により考慮するものとする。

6.2 砂質土層の液状化の判定

沖積層の砂質土層については、5.7の規定により算出されるレベル2地震動の地盤面における水平震度を用いて液状化の判定を行うものとする。

(解説)

砂質土層の液状化の判定は、道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説(平成14年3月)に準拠し、レベル2地震動を対象として、次の(1)～(3)により行うものとした。ここで、レベル2地震動を対象としたのは、一般に、河川構造物の耐震性に大きな影響を及ぼす液状化はレベル2地震動によるものであり、道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説(平成14年3月)に規定されている液状化の判定手法もレベル2地震動を対象とするものであるためである。なお、本指針では、液状化の判定を行う必要がある砂質土層の地下水位の条件等については、一般に、河川構造物が設置される地点の地盤条件に比較して、安全側の規定としている。また、特に必要がある場合には、対象地点における詳細な地盤調査、室内土質試験等を実施し、液状化の判定を行うのがよい。

(1) 液状化の判定を行う必要がある砂質土層

沖積層の砂質土層で次の3条件すべてに該当する場合には、(2)によって液状化の判定を行わなければならない。

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

出典：「河川構造物の耐震性能照査指針・解説 I.共通編 平成24年2月」p25

(2) 液状化の判定

(1)により液状化の判定を行う必要のある土層に対しては、液状化に対する抵抗率 F_L を式(解6.2.1)により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

$$F_L=R/L \dots\dots\dots (解6.2.1)$$

$$R=c_W R_L \dots\dots\dots (解6.2.2)$$

$$L=r_d k_{hg} \sigma_v / \sigma'_v \dots\dots\dots (解6.2.3)$$

$$r_d=1.0-0.015x \dots\dots\dots (解6.2.4)$$

$$\sigma_v=\gamma_{t1} h_w+\gamma_{t2}(x-h_w) \dots\dots\dots (解6.2.5)$$

$$\sigma'_v=\gamma'_{t1} h_w+\gamma'_{t2}(x-h_w) \dots\dots\dots (解6.2.6)$$

(レベル2-1地震動の場合)

$$c_W=1.0 \dots\dots\dots (解6.2.7)$$

(レベル2-2地震動の場合)

$$c_W = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases} \dots\dots\dots (解6.2.8)$$

ここに、

F_L : 液状化に対する抵抗率

R : 動的せん断強度比

L : 地震時せん断応力比

c_W : 地震動特性による補正係数

R_L : 繰返し三軸強度比で、(3)の規定により求める。

r_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_{hg} : 5.7に規定するレベル2地震動の地盤面における水平震度 k_{h1g} 又は k_{h2g}

σ_v : 全上載圧 (kN/m²)

σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²)

x : 地表面からの深さ (m)

γ_{t1} : 地下水位以浅の土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{t2} : 地下水位以深の土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位以深の土の有効単位体積重量 (kN/m³)

h_w : 地下水位の深さ (m)

(3) 繰返し三軸強度比

繰返し三軸強度比 R_L は式(解6.2.9)により算出するものとする。

$$R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{N_a/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882\sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{cases} \dots\dots\dots (解6.2.9)$$

ここで、

<砂質土の場合>

$$N_a=c_1 N_1+c_2 \dots\dots\dots (解6.2.10)$$

$$N_1 = 170N / (\sigma'_v + 70) \dots \dots \dots \text{(解6. 2. 11)}$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40) / 50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC / 20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases} \dots \dots \dots \text{(解6. 2. 12)}$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10) / 18 & (10\% \leq FC) \end{cases} \dots \dots \dots \text{(解6. 2. 13)}$$

< 礫質土の場合 >

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 \dots \dots \dots \text{(解6. 2. 14)}$$

ここに、

- R_L : 繰返し三軸強度比
- N : 標準貫入試験から得られるN値
- N_1 : 有効上載圧100kN/m²相当に換算したN値
- N_a : 粒度の影響を考慮した補正N値
- c_1, c_2 : 細粒分含有率によるN値の補正係数
- FC : 細粒分含有率(%) (粒径75 μ m以下の土粒子の通過質量百分率)
- D_{50} : 平均粒径(mm)

6.3 液状化が生じる土層の取扱い

6.2の規定により液状化が生じると判定された砂質土層については、土層の物性の変化を適切に考慮するものとする。ここで、砂質土層の土質定数を低減させる場合には、液状化の程度に応じて土質定数を適切に低減させるものとする。

(解説)

6.2の規定により液状化が生じると判定された砂質土層については、土層の物性の変化を適切に考慮する必要がある。ここで、砂質土層の土質定数を低減させる場合には、種々の方法が提案されているが、目的に応じて適切な方法を選定する必要がある。

土層のせん断剛性を低減させることにより堤防の変形を静的に算定する場合には、式(解6.2.1)による液状化に対する抵抗率 F_L 及び式(解6.2.9)による繰返し三軸強度比 R_L の値に応じてせん断剛性を低減させるのがよい。図-解6.3.1に、初期有効拘束圧に対するせん断剛性の比と F_L 及び R_L との関係の例を示す。同図の関係は、室内土質試験及び堤防の地震被害事例の分析結果を基に設定されたものである。また、液状化した土に関しては、せん断ひずみが大きくなるとせん断剛性が急激に回復することが実験的に確認されているため、せん断ひずみとせん断応力の関係は、下に凸なバイリニアモデルで表現するのがよい。

また、河川構造物の基礎の耐震性能を照査する場合には、道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説(平成14年3月)に準拠して、液状化に対する抵抗率 F_L 、現地盤面からの深度及び式(解6.2.2)による動的せん断強度比 R の値に応じて土質定数を低減させるのがよい。ここで、低減させる土質定数は、地盤反力係数、地盤反力度の上限値及び最大周面摩擦力度である。

出典：「河川構造物の耐震性能照査指針・解説 I.共通編 平成24年2月」p27

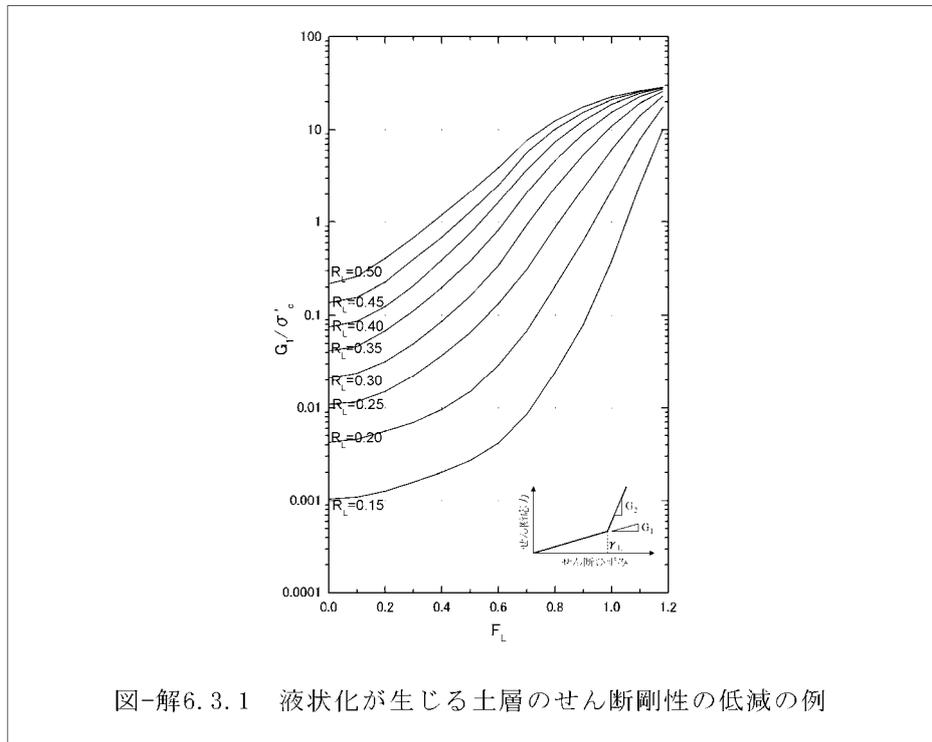


図-解6.3.1 液状化が生じる土層のせん断剛性の低減の例

出典：「河川構造物の耐震性能照査指針・解説 I.共通編 平成 24 年 2 月」p27

6.3.2 圧密沈下

陸閘の基礎地盤に圧密沈下層が存在する場合には、堤防盛土による周辺地盤の圧密沈下の影響を適切に考慮するものとする。

圧密沈下の影響が陸閘に生じる場合には、必要に応じて適切な対策を講じるものとする。

解説

基礎地盤に圧密沈下層（粘性土層）が分布している場合には、堤防盛土载荷により圧密沈下が発生し、陸閘基礎への影響が生じる可能性がある。

陸閘基礎への影響としては、底版下の空洞化、基礎杭への負の周面摩擦力の作用、堤防と陸閘との段差の発生などが考えられる。

軟弱地盤対策工は、「道路土工 軟弱地盤対策工指針 平成 24 年 8 月」、「河川土工マニュアル 平成 21 年 4 月（p107,108）」等を参考とする。

表 6.3.1 軟弱地盤対策工の種類と効果

(道路土工:軟弱地盤対策工指針 1986 を一部改変)

工法		工法の説明	主効果	二次効果	
表層処理工法	敷設材工法 表層混合処理工法 表層排水工法 サンドマット工法	基礎地盤の表面にジオテキスタイル(化学製品の布や網)あるいは鉄鋼などを敷広げたり、基礎地盤の表面や石灰やセメントで処理したり、排水溝を設けて改良したりして、軟弱地盤処理工や盛土工の機械施工を容易にする。 サンドマットの場合、圧密排水層を形成することが上記の工法と違って、パーチカルドレーン工法など、圧密排水に関する工法が採用される場合は併用されるのが普通である。	C	D E	
	置換工法	掘削置換工法	軟弱層の一部または全部を除去し、良質材で置き換える工法である。置き換えによってせん断抵抗が付与されて安全率が増加し、沈下も置き換えた分だけ小さくなる。	E	B C
	押え盛土工法	押さえ盛土工法 緩斜面工法	盛土の側方に押え盛土をしたり、のり面勾配をゆるくしたりして、すべりに抵抗するモーメントを増加させて盛土のすべり崩壊を防止する。 盛土の側面が急に高くはならないので、側方流動も小さくなる。 圧密によって強度が増加した後、押え盛土を除去することもある。	E	C
	盛土補強工法	盛土補強工法	盛土中に鋼製ネット、帯鋼またはジオテキスタイルなどを設置し、すべり破壊を抑制する。 ただし、水平布設では堤体に浸透路を作るので好ましくない。	E	C
ドレーン工法	パーチカル工法	サンドドレーン工法 カードボードドレーン工法	地盤中に適当な間隔で鉛直方向に砂柱やカードボードなどを設置し、水平方向の圧密排水距離を短縮し、圧密沈下を促進し、併せて強度増加を図る。 工法としては、砂柱を袋やケーシングで包むもの、カードボードのかわりにロープを使うものなど各種のものがあり、施工法も鋼管を打込んだり、振動で押込んだ後、砂柱を造るものや、ウォータージェットでせん孔して砂柱を造るものなど各種のものがある。	A	C D
サンドコンパクション工法	サンドコンパクション工法	サンドコンパクション工法	地盤に締固めた砂ぐいを造り、軟弱層を締固めるとともに砂ぐいの支持力によって安定を増し、沈下量を減ずる。施工法として打込みによるもの、振動によるもの、また砂の代わりに砕石を使用するものなど各種のものがある。	B E	A C
固結工法	深層混合処理工法	軟弱地盤の地表から、かなりの深さまでの区間を、セメントまたは石灰などの安定剤と原地盤の土とを混合し、柱体状または全面的に地盤を改良して強度を増し、沈下およびすべり破壊を阻止する工法である。施工機械には、かくはん翼式と噴射式のものがある。	B E	C	
	石灰パイル工法	生石灰で地盤中に柱を造り、その吸水による脱水や化学的結合によって地盤を固結させ、地盤の強度を上げることによって安定を増すと同時に、沈下を減少させる工法である。	B E	C	
	薬液注入工法	地盤中に薬液を注入して透水性の減少、あるいは原地盤強度を増大させる工法である。	B E	C	
	凍結工法	土中に凍結管と呼ばれる鋼管を設置し、地盤中の間隙水を人工的に凍結させるものである。 仮設工法として用いられることがある。	B E	C	

表 6.3.1 軟弱地盤対策工の種類と効果（続き）

工法		工法の説明	主効果	二次効果
緩速 載荷 工法	漸増載荷工法 段階載荷工法	盛土の施工に時間をかけてゆっくり立ち上げる。圧密による強度増加が期待できるので、短時間に盛土した場合に安定が保たれない場合でも、安全に盛土できることとなる。盛土の立上りを漸増していくか、一次盛土を休止して地盤の強度が増加してからまた立ち上げるなどといった載荷のやり方で、名称が分れる。 パーチカルドレーンなどの他の工法と併用されることが多い。	C	—
載荷 重工 法	掘削置換工法	盛土や構造物の計画されている地盤にあらかじめ荷重をかけて沈下を促進した後、あらかじめ計画された構造物を造り、構造物の沈下を軽減させる。積荷重としては盛土が一般的であるが水あるいはウェルポイントで地下水を低下させることによって増加した有効応力を利用する工法などもある。	A	D
構 造 物 工 法	矢板工法	盛土側方の地盤に矢板を打設して地盤の側方変位を減じて安定性を高める。それによって周辺地盤の膨れあがりや沈下の影響も少なくする。	C E	
	くい工法	木ぐいや既製ぐいを利用して沈下、せん断変形の抑制を図るもので、通常はくい頭交互を連結して効果を高める。	B C	

A: 圧密沈下の促進: 地盤の沈下を促進して、有害な残留沈下量を少なくする。

B: 全沈下量の減少: 地盤の沈下そのものを少なくする。

C: せん断変形の抑制: 盛土によって周辺の地盤が膨れ上がったり、側方移動したりすることを抑制する。

D: 強度増加の促進: 地盤の強度を増加させることによって、安定を図る。

E: すべり抵抗の増加: 盛土形状を変えたり地盤の一部を置き換えることによって、すべり抵抗を増加し安定を図る。

6.4 構造設計

6.4.1 津波による荷重

陸閘設計に用いる津波による荷重は、堤防のパラペットや胸壁と同様の水位及び波圧を考慮するものとし、設置場所に応じて設定するものとする。

解説

陸閘設計に用いる津波はレベル1津波とする。

水位と波圧の扱いは、堤防のパラペットや胸壁と同様とし、設置場所（海岸）等に応じて設定する。詳細は、「2.6.3 レベル1津波対策区間における津波高と波圧」に示す。

6.4.2 荷重の組み合わせ

陸閘設計に用いる荷重は、各々の施設状況に応じて適切な荷重ケースを設定するものとする。

解説

陸閘の設計で考慮する荷重は、水門で考慮すべき荷重の組合せを参考に設定することを基本とし、必要に応じて浮遊物の衝突荷重等を考慮する。

6.4.3 留意点

陸閘の設計においては、「改訂新版 河川砂防技術基準（案）同解説 設計編I 平成9年10月」、「柔構造樋門設計の手引き 平成10年11月」、「土木構造物設計マニュアル（案）平成13年12月」に記載されている許容値等を用いるものとする。

6.5 耐震性能照査

6.5.1 適用基準

陸閘の耐震性能照査は、レベル1地震動及びレベル2地震動を対象に実施するものとし、「河川構造物の耐震性能照査指針 平成24年2月」に基づくものとする。

解説

「河川構造物の耐震性能照査指針・解説 I 共通編 IV水門・樋門及び堰編 平成24年2月」に準じる。

6.5.2 津波及び地震に対する照査

陸閘は、レベル2地震動に対して塑性変形を許容するが、その後に来襲する津波荷重に対しては許容応力度内（割増し係数1.5）に収まることを照査するものとする。

解説

レベル2地震動により塑性変形した部材に対して作用する津波荷重については、部材の復元力特性を完全弾塑性型と仮定し、部材の許容応力度内（割増し係数1.5）に収まる設計をするものとする。

6.5.3 耐震性能

陸閘は、治水上重要な施設と位置づけ、レベル1地震動に対しては耐震性能1を確保し、レベル2地震動に対しては耐震性能2を確保する。

解説

レベル1津波堤防区間においては、設置される堤防がレベル2地震動を想定外力とした耐震性能を有することとなるため、同区間に設置する陸閘についても同様の耐震性能照査を行うこととする。

レベル1地震動に対しては、すべての陸閘について、健全性を損なわない性能（耐震性能1）を有していることが必要である。

レベル2地震動に対しては、地震後において想定する津波水位に対して陸閘としての機能を保持する性能（耐震性能2）を有していることが必要である。

6.5.4 耐震性能照査の手法と項目

耐震性能照査の手法は、以下のとおりとする。

- ・レベル1地震動においては、震度法に基づき行う。
- ・レベル2地震動においては、地震時保有水平耐力法に基づき行う。

耐震性能照査の項目は、耐震性能に応じて次のように設定する。

表 6.5.1 耐震性能照査の項目と耐震性能毎の許容値

項目	レベル1地震動 (耐震性能1)	レベル2地震動 (耐震性能2)
門柱	・門柱に生じる応力度が許容応力度以下であること。	・地震時保有水平耐力が、作用する慣性力を下回らないこと。 ・残留変位が、ゲートの開閉性から決定される許容残留変位以下であること。
基礎	・基礎に生じる応力度が許容応力度以下であること。 ・支持、転倒及び滑動に対して安定であること。 ・基礎の変位が許容変位以下であること。	・原則として、地震時に降伏に達しないこと。 ・水平震度に対して十分大きな地震時保有水平耐力を有している場合、又は、液状化の影響がある場合等のやむを得ない場合には、基礎に塑性化が起きることを考慮しても良い。この場合には、基礎の応答塑性率及び応答変位が、それぞれ許容塑性率及び許容変位以下となること。 ・液状化が生じると判定された場合には、液状化が生じないときの照査も行い、いずれか厳しい方の結果を用いること。
ゲート	・部材に生じる応力度が許容応力度以下であること。	・残留変位が、ゲートの開閉性から決定される許容残留変位以下であること。(原則として、部材に生じる応力度が許容応力度以下であることを照査しても良い。)
底板	・曲げモーメント、せん断力及び押し抜きせん断力に対して必要な部材厚を有すること。	・曲げモーメント、せん断力及び押し抜きせん断力に対して必要な部材厚を有すること。

解説

陸閘の耐震性能照査方法については、「地震時保有水平耐力法に基づく水門・堰の耐震性能照査に関する計算例 平成20年3月」を参考としてよい。

- ・「河川構造物の耐震性能照査指針・解説 IV.水門・樋門及び堰編 平成24年2月」による。

6.6 景観への配慮

「宮城県沿岸域河口部・海岸施設復旧における環境等への配慮の手引き 平成24年3月」を参考に、景観・環境・利用に関する配慮を行うこと。