

空港土木施設構造設計要領

平成 2 0 年 7 月

(平成 2 6 年 4 月一部改訂)

目 次

空港土木施設構造設計要領

第Ⅰ編 共通編

第1章 総則

1.1 目的	I-1
1.2 適用	I-1
1.3 用語	I-2

第Ⅱ編 施設計画編

第1章 計画の基本

1.1 総説	Ⅱ-1
1.2 施設配置計画	Ⅱ-1
1.3 施設規模の計画	Ⅱ-1
1.4 構造種別, 構造形式の計画	Ⅱ-1
1.5 施設計画に関わる諸調査	Ⅱ-2

第2章 排水施設

2.1 一般	Ⅱ-3
2.2 施設配置	Ⅱ-4
2.2.1 一般	Ⅱ-4
2.2.2 施設配置	Ⅱ-6
2.3 構造形式	Ⅱ-7
2.4 施設規模	Ⅱ-12
2.4.1 一般	Ⅱ-12
2.4.2 降雨の流出量の算定	Ⅱ-13
2.4.3 水理断面の決定	Ⅱ-18
2.4.4 洪水調節容量の決定	Ⅱ-19

第3章 道路・駐車場

3.1 一般	Ⅱ-24
3.2 施設配置	Ⅱ-24
3.3 構造形式	Ⅱ-24
3.4 施設規模	Ⅱ-25
3.4.1 場周・保安道路	Ⅱ-25
3.4.2 構内道路	Ⅱ-25
3.4.3 駐車場	Ⅱ-26
3.4.4 地下道および橋梁	Ⅱ-26
3.5 その他設備	Ⅱ-26

第4章 共同溝

4.1 一般	Ⅱ-27
4.2 施設規模および構造形式	Ⅱ-27

4.3	その他設備	Ⅱ-27
第5章 消防水利施設		
5.1	一般	Ⅱ-29
5.2	施設配置	Ⅱ-29
5.3	施設規模および構造形式	Ⅱ-30
5.3.1	貯水槽	Ⅱ-30
5.3.2	消火栓	Ⅱ-30
5.4	その他の設備	Ⅱ-31
第6章 場周柵		
6.1	一般	Ⅱ-32
6.2	施設配置	Ⅱ-32
6.3	施設規模および構造形式	Ⅱ-32
第7章 ブラストフェンス		
7.1	一般	Ⅱ-34
7.2	施設配置	Ⅱ-34
7.3	施設規模および構造形式	Ⅱ-34
第8章 進入灯橋梁		
8.1	一般	Ⅱ-35
8.2	施設配置	Ⅱ-35
8.3	施設規模および構造形式	Ⅱ-36
第9章 空港用地		
9.1	一般	Ⅱ-37
9.2	空港用地の規模および形状	Ⅱ-37
9.2.1	航空保安施設用地	Ⅱ-37
9.2.2	その他空港用地	Ⅱ-43
9.3	構造形式	Ⅱ-43
9.3.1	一般	Ⅱ-43
9.3.2	盛土地盤	Ⅱ-44
9.3.3	切土地盤	Ⅱ-45
9.3.4	埋立地盤および護岸	Ⅱ-46
9.3.5	構造細目	Ⅱ-51

第Ⅲ編 構造設計編

第1章 設計の基本

1.1	総説	Ⅲ- 1
1.2	要求性能	Ⅲ- 2
1.3	性能照査の基本	Ⅲ- 3
1.3.1	設計で考慮する限界状態	Ⅲ- 5
1.3.2	性能照査の方法	Ⅲ- 5
1.3.3	設計応答値	Ⅲ- 5

1.3.4	設計限界値	Ⅲ- 6
1.4	安全係数	Ⅲ- 6
1.5	対象施設の構造形式	Ⅲ- 7
第2章 作用		
2.1	一般	Ⅲ- 8
2.2	荷重の特性値	Ⅲ- 9
2.3	荷重係数	Ⅲ- 9
2.4	作用の種類と特性値	Ⅲ-10
2.4.1	一般	Ⅲ-10
2.4.2	活荷重	Ⅲ-10
2.4.3	自重	Ⅲ-19
2.4.4	地盤条件	Ⅲ-20
2.4.5	土圧	Ⅲ-20
2.4.6	水圧	Ⅲ-21
2.4.7	波浪および津波	Ⅲ-21
2.4.8	地盤の沈下	Ⅲ-22
2.4.9	環境作用	Ⅲ-22
2.4.10	風およびブラスト	Ⅲ-23
2.4.11	その他	Ⅲ-24
第3章 材料の設計用値		
3.1	総則	Ⅲ-25
3.2	コンクリート	Ⅲ-25
3.2.1	一般	Ⅲ-25
3.2.2	強度	Ⅲ-26
3.2.3	疲労強度	Ⅲ-27
3.2.4	ヤング係数	Ⅲ-28
3.2.5	ポアソン比	Ⅲ-28
3.2.6	その他	Ⅲ-28
3.3	鋼材	Ⅲ-29
3.3.1	一般	Ⅲ-29
3.3.2	強度	Ⅲ-29
3.3.3	疲労強度	Ⅲ-31
3.3.4	ヤング係数	Ⅲ-32
3.3.5	ポアソン比	Ⅲ-32
3.3.6	その他	Ⅲ-32
3.4	管 材	Ⅲ-32
3.5	盛土材料	Ⅲ-39
3.6	埋立材料	Ⅲ-40
第4章 コンクリート構造物		
4.1	一般	Ⅲ-41

4.2	作用	Ⅲ-42
4.2.1	載荷重	Ⅲ-42
4.2.2	土圧	Ⅲ-42
4.3	応答値の算定	Ⅲ-44
4.3.1	一般	Ⅲ-44
4.3.2	構造物のモデル化	Ⅲ-45
4.3.3	作用のモデル化	Ⅲ-45
4.4	性能照査	Ⅲ-46
4.4.1	一般	Ⅲ-46
4.4.2	安全性に関する照査	Ⅲ-46
4.4.3	使用性に関する照査	Ⅲ-47
4.4.4	耐久性に関する照査	Ⅲ-47
4.5	構造細目	Ⅲ-47
4.5.1	一般	Ⅲ-47
4.5.2	かぶり	Ⅲ-48
4.5.3	鉄筋の配置	Ⅲ-48
第5章 管構造物		
5.1	一般	Ⅲ-49
5.2	基礎構造	Ⅲ-49
5.3	作用	Ⅲ-50
5.3.1	一般	Ⅲ-50
5.3.2	載荷重	Ⅲ-50
5.3.3	土圧	Ⅲ-50
5.4	性能照査	Ⅲ-53
5.4.1	一般	Ⅲ-53
5.4.2	剛性管の性能照査	Ⅲ-54
5.4.3	たわみ性管の性能照査	Ⅲ-55
第6章 舗装		
6.1	一般	Ⅲ-58
6.2	作用	Ⅲ-59
6.3	性能照査	Ⅲ-59
第7章 フェンス構造		
7.1	一般	Ⅲ-61
7.2	作用	Ⅲ-61
7.3	性能照査	Ⅲ-62
7.3.1	場周柵	Ⅲ-62
7.3.2	ブラストフェンス	Ⅲ-63
第8章 橋梁		
8.1	一般	Ⅲ-66
8.2	作用	Ⅲ-66

8.3	性能照査	Ⅲ-67
第9章 土構造物・護岸		
9.1	一般	Ⅲ-70
9.2	盛土地盤	Ⅲ-70
9.2.1	一般	Ⅲ-70
9.2.2	作用	Ⅲ-72
9.2.3	性能照査	Ⅲ-72
9.2.4	構造細目	Ⅲ-77
9.3	切土地盤	Ⅲ-78
9.3.1	一般	Ⅲ-78
9.3.2	作用	Ⅲ-79
9.3.3	性能照査	Ⅲ-79
9.3.4	構造細目	Ⅲ-80
9.4	埋立地盤	Ⅲ-81
9.4.1	一般	Ⅲ-81
9.4.2	作用	Ⅲ-81
9.4.3	性能照査	Ⅲ-82
9.4.4	構造細目	Ⅲ-82
9.5	護岸	Ⅲ-83
9.5.1	一般	Ⅲ-83
9.5.2	作用	Ⅲ-84
9.5.3	性能照査	Ⅲ-84

付 録

付録ー1	航空機荷重の諸元	付ー 1
付録ー2	弾性解析による鉛直方向地中応力の算出方法の例	付ー 7
付録ー3	ボストンコード法を利用した鉛直方向地中応力の考え方の例	付-17
付録ー4	材料および許容応力度	付-19
付録ー5	設計風速の設定例	付-32
付録ー6	航空機ブラストコンター	付-38
付録ー7	確率降雨年数に対するタルボット式における係数	付-39
付録ー8	排水施設設計に係る確率降雨強度の設定例	付-40
付録ー9	地方自治体別降雨強度式例	付-42

参考文献および参考書	参考文献・参考書-1
------------	------------

第Ⅰ編 共通編

第1章 総則

1.1 目的

本要領は、空港土木施設の設計における各施設の計画や設計手順の例及び性能照査の方法の例等を示したものであり、施設の計画及び設計の合理化ならびに効率化を図ることを目的としている。

【解 説】

- (1) 本要領は、技術的な観点から空港土木施設が満たすべき性能を示すとともに、現在の技術水準を考慮した性能照査の方法の例等を示したものであり、設計者において各施設に求められる性能を十分に理解し、その性能を満足することが合理的に証明できれば、必ずしも設計方法にある一定の方法に限定するものではない。
- (2) 本要領では、現時点の設計技術水準において、限界状態設計法の適用が可能と考えられるコンクリート構造物の性能照査は、限界状態設計法によることを標準とし、それ以外の構造形式に対する性能照査方法は、従来の許容応力度設計法の適用を可能としている。

1.2 適用

- (1) 本要領は、「空港土木施設の設置基準解説」¹⁾に掲げる施設のうち、付帯施設や空港用地を構成する盛土地盤・切土地盤や埋立地盤(護岸を含む)を対象としている。
- (2) 本要領は、3編から構成し、それぞれ以下の内容である。
 - 第Ⅰ編 共通編……………目的・適用等
 - 第Ⅱ編 施設計画編……付帯施設や空港用地の規模、形状、設置位置、構造形式の検討方法(例)等
 - 第Ⅲ編 構造設計編……材料と設計用値、作用、各構造形式の設計方法、性能照査の方法の例等

【解 説】

- (1) 本要領は、共通編、施設計画編、構造設計編から構成されている。
- (2) 施設計画編は、付帯施設や空港用地の規模、形状、配置位置、構造形式の検討方法の例について記載している。
- (3) 構造設計編では、設計の基本事項、設計に必要な材料と設計用値、作用等について記載するとともに、各施設において一般的な構造の設計方法、性能照査方法の例を記載している。
- (4) 耐震性を考慮する必要性、考慮すべき設計地震動、求められる耐震性能の詳細については「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することとする。

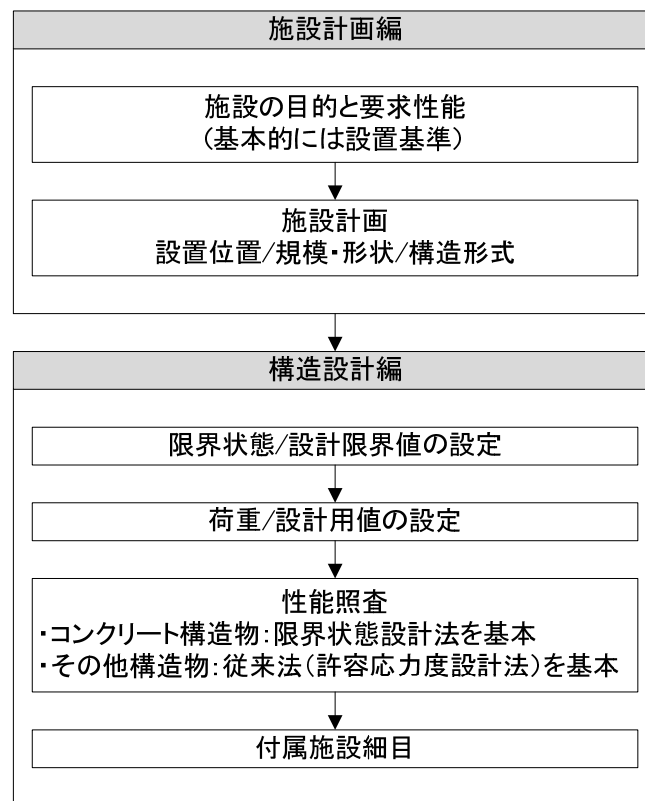


図-1.1.1 本要領の基本構成

1.3 用語

本要領における主な用語の意味は以下のとおりである。

適合みなし規定：要求性能を満足しているとみなされる「解」を例示したもの。性能照査方法を明確に表示できない場合に規定される構造材料や寸法、もしくは従来の実績から妥当と見なされる現行基準類に指定された解析法や強度予測式等を用いた照査方法を表す。なお、本要領中では、「〇〇を満足するとみなすことができる」と表現している。

設計供用期間：施設の設計にあたって、当該施設の要求性能を満足し続けるものとして設定される期間をいう。

再現期間：ある大きさ以上の作用が、一度発生してから次に再び発生するまでの平均的な時間間隔(年)のことであり、年超過確率(想定した以上の作用が、一年間に一回以上発生する確率)の逆数で与えられる。

構造物：剛性を発揮するように設計された種々の構造部材を結合し、組織的に組み上げたものをいう。

構造部材：構造物を構成する要素。例として柱、梁、版などがある。

構造細目：構造物の要求性能を確保するために必要であるが、構造解析等による設計計算によっては決定されない部分の設計条件。設計に反映されるべき施工上の

	要請などに関して取り決められたものも含む。設計計算における前提条件を確保するための要件。
構造物の性能	: 構造物が発揮する能力。
要求性能	: 目的および機能に応じて構造物に求められる性能。要求性能には、安全性、使用性、耐久性、復旧性、環境・景観に対する適合性、施工性、維持管理の容易さ、経済性などがある。
安全性	: 構造物が、設計上想定する作用に対して、使用者や周辺の人々の生命を脅かさないことを確保する性能。
使用性	: 構造物が、設計上想定する作用に対して、使用者や周辺の人々が快適な環境を確保する、もしくは構造物に要求される機能を確保する性能。
耐久性	: 想定される作用のもとで、構造物中の材料の劣化により生じる性能の経時的な低下に対して構造物が有する抵抗性。
施工性	: 構造物の製作・架設中における安全性、確実性および施工の容易さ。
経済性	: 構造物の計画・設計から施工、維持管理、解体・撤去されるまでに発生する費用の安さ。
性能照査	: 構造物が、要求性能を満たしているか否かを、確認実験や経験的かつ理論的確認のある方法等により判定する行為。
性能指標	: 性能を定量評価可能な物理量に置き換えたもの。
構造物係数	: 構造物の重要度、限界状態に達した際の社会的・経済的影響などを考慮するための係数。
機械的性質	: 材料の引張り・せん断・衝撃・疲労などに対する強さや材料の硬さなどの性質をいう。
特性値	: 設計供用期間中に起こりうる確率的なばらつきや定められた試験法によるばらつきを考慮した上で定められる値をいう。
設計用値	: 設計に用いる数値で、設計応答値を求めるための形状寸法や強度の特性値、従来の許容応力度計算のための数値、経験や物理的制限によって選ばれる数値をいう。
許容応力度	: 弾性設計において定められた荷重状態に対して材料の断面に生じる最大の応力の度合いをいう。
限界状態	: 構造物が要求性能を満足しなくなる限界の状態。
限界値	: 応答値に対して許容される限界の値で、「限界状態」の種類によって定められる物理量。これを設計応答値が超過すると、要求性能を満足しないとされる。
作用	: 構造物に働く力学的な力の原因となるもの、構造物の変形の原因となるものおよび構造物の材料を劣化させる原因となるもの等をいう。
荷重	: 構造物に働く作用を、荷重モデルを介して、断面力、応力または変位等の算定という設計を意図した計算の入力に用いるために、直接に構造物に載荷する力学的な力の集合体に変換したもの。

環境作用	: 構造物が設置される地点の周辺環境から受ける力学的、物理的、化学的または生物的影響.
永続作用	: 与えられた設計対象期間を通して絶えず生じると考えられる作用で、その時間的変動が平均値に比較して小さいもの. 一定の傾向でわずかな増加もしくは減少するものも含めて考えるのが普通である.
変動作用	: その大きさの時間的変動が平均値に比べて無視できず、かつ単調変化をしない作用であり、確率統計的手法による予測が可能なものである.
偶発作用	: 確率統計的手法による予測が困難である作用、またはその年超過確率が変動作用に比較して小さいものの特性値の大きさが非常に大きいため社会的に無視できない作用をいう.
「主たる作用がAであるB状態」: 「A」が主たる作用, 「B状態」が主たる作用と従たる作用の組合せを考慮した設計状態.	
主たる作用	: 性能照査において考慮する作用のうちの主要な作用. 原則として、一つの設計状態に一つ設定される.
従たる作用	: 性能照査において主たる作用と組み合わせて同時に考慮すべき主たる作用以外の全ての作用の総称.
設計状態	: 照査において考慮する作用の組合せ. 永続状態, 変動状態(変動作用が主たる作用の状態), 偶発状態(偶発作用が主たる作用の状態)として設定.
永続状態	: 1つまたは複数の永続作用の組合せおよび永続作用と変動作用を組み合わせる状態で、主たる作用が永続作用の状態.
変動状態	: 1つまたは複数の変動作用, 永続作用と変動作用を組み合わせる状態で、主たる作用が変動作用の状態.
偶発状態	: 偶発作用および偶発作用と永続作用を組み合わせる状態.
応答値	: 作用によって構造物に発生する物理量.
設計応答値	: 作用の設計値を用いて算定した構造部材および構造物の応答値に構造解析係数を乗じた値.
補強	: 建設時に構造物が保有していたよりも高い性能まで、安全性あるいは、使用性のうちの、力学的な性能を向上させるための対策.
維持管理	: 構造物の供用期間において、構造物の性能を要求された水準以上に保持するための全ての技術的行為.

第Ⅱ編 施設計画編

第1章 計画の基本

1.1 総説

空港土木施設の計画にあたっては、地盤条件、施工条件、環境条件等を考慮し、設置目的に適合するとともに要求性能等に合致するよう、施設の配置計画、施設規模、構造形式を設定するものとする。

【解 説】

- (1) 本要領では空港土木施設の内、付帯施設である排水施設、道路・駐車場、共同溝、消防水利施設、場周柵、ブラストフェンス、進入灯橋梁および空港用地を対象としている。
- (2) 各施設の要求性能は、「空港土木施設の設置基準解説」¹⁾に記載されている。
- (3) 施設計画においては、各施設の設置目的や利用目的に適合した配置計画を行うとともに、施設の要求性能を満足するとともに、経済性も考慮し、施設規模、構造形式や使用材料、主要寸法等を定めるものとする。

1.2 施設配置計画

空港土木施設の設置位置は、その利用目的に応じて適切な位置を選定するとともに、立地条件、制約条件、環境条件、地盤条件、施工条件等を考慮して設定するものとする。

【解 説】

- (1) 空港には様々な施設が配置されることから、施設配置の計画においては、個々の施設の利用目的に応じた配置位置を選定するだけでなく、必要に応じて、空港用地全体の施設群の配置が最適となるよう計画する必要がある。
- (2) 施設の構造形式、使用材料、部材寸法等は、地盤条件や環境条件により、施工性や経済性に大きく影響されることから、施設配置の計画においては、事前に地質・土質、気象、環境などの必要な調査を行うことが望ましい。

1.3 施設規模の計画

空港土木施設の施設規模及び形状等は、その利用目的に応じて適切に設定するものとする。

【解 説】

- (1) 空港土木施設の規模および形状は、利用目的に応じて設定するとともに、施設の重要度、将来の拡張等について、当該空港の特性を踏まえて適切に設定する。

1.4 構造種別、構造形式の計画

空港土木施設の構造種別、構造形式及び使用材料は、地盤条件、施工条件、経済性等を勘案して設定するものとする。

【解 説】

- (1) 構造種別とは、土構造、橋梁構造、トンネル構造等、構造物を大きく分類したものである。
- (2) 構造形式は、構造種別を細分化したものであり、ボックスカルバートやアーチカルバートのように力学的性質から分類するもの、鋼やコンクリートのように材料により分類するもの

のがある。

- (3) 空港土木施設の主な構造形式や使用材料としては一般的に表-1.4.1に示すとおりである。
- (4) 構造形式の計画に当っては、必要に応じて、地盤条件、施工条件、経済性等を評価指標とした比較表を作成し、適切な構造形式や使用材料を選定するものとする。

表-1.4.1 空港土木施設（付帯施設）の構造形式と使用材料の一般例

施設		構造形式		使用材料		
付帯施設	排水施設	開渠	皿型排水溝		無筋コンクリート	
			台形排水溝		無筋コンクリート	
			U型排水溝	本体	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
				蓋	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート、鋼(グレーチング)	
		暗渠	ボックスカルバート	ボックスカルバート	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
				門型カルバート	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
				アーチカルバート	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
			管渠(剛性管)		ヒューム管、プレストレストコンクリート管	
			管渠(たわみ性管)		FRPM管、VU・VP管	
		接続柵	集水柵	本体	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
				蓋	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート、鋼(グレーチング)	
			マンホール	本体	鉄筋コンクリート	
				蓋	鋼材	
		調整池	掘り込み式		ブロック積擁壁、コンクリート擁壁	
	道路駐車場	舗装	アスファルト舗装		アスファルト混合物、砕石類	
		地下道	ボックスカルバート	本体	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
				ウイング	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
		橋梁	コンクリート橋	主桁	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
				橋脚	鋼材、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
			鋼橋	主桁	鋼材	
				橋脚	鋼材、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
		共同溝		ボックスカルバート	本体	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート
				人孔・蓋	鋼材、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	
		消防水利施設	貯水槽	ボックスカルバート	本体	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート、FRP
	蓋			鋼材、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート		
	消火栓	配水管		ダクタイル鋳鉄管、鋼管、ステンレス鋼管、塩ビ管、ポリエチレン管		
	場周柵		本体	鋼材、FRP		
			基礎	無筋コンクリート、プレストレストコンクリート、鋼材		
	ブラストフェンス		斜壁型鋼構造	本体	鋼材	
				基礎	鋼材	
			直壁型複合コンクリート構造	本体	鋼材、アクリル、ポリカ	
				基礎	鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート、鋼管	
	進入灯橋梁		鋼橋	主桁	鋼材	
				橋脚	鋼材、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート	

1.5 施設計画に関わる諸調査

空港土木施設の計画に当っては、事前に、地形、地質、土質・地盤、環境、材料調達等の必要な調査を行うものとする。

【解 説】

- (1) 施設計画を効果的に行うためには、事前に適切な調査を行うことが重要である。

第2章 排水施設

2.1 一般

- (1) 空港の排水施設は、降雨等によって生じる広域な空港用地内の地表水あるいはこれに加えて必要に応じ空港の隣接地域から流入する地表水を、航空機の安全運航、空港機能を阻害することなく、速やかに集水し、これを適切かつ安全に送水、空港外に流下させるために設置される。
- (2) 排水施設は、集水施設、自然流下等による送水施設等を含む場内排水施設と放水路、調節池等を含む場外排水施設に大別される。

【解 説】

- (1) 空港排水施設は、降雨等による地表水を速やかに場外に排出するために設けられ、その目的には、航空機の安全な運航、空港機能の阻害の防止に加え、空港内施設の地盤の軟弱化防止、雨水等による斜面洗掘または崩壊の防止、公共用河川への排水に伴う下流域の安全対策等があげられる。
- (2) 排水施設の計画は、設定した確率の降雨に対して発生する地表水をできるだけ短時間に、かつ、完全に空港外に流出させることが基本であるが、短時間に流出させることが最適とはいえない場合がある。したがって、排水施設は、空港の諸施設の安全と航空機運航の安全性が十分に確保され、あわせて空港排水の流末河川等への受け入れ状況や周辺地域排水計画と整合を図りつつ空港側の要件を満足するように計画することが望ましい。
- (3) 空港の排水施設は大きく場内排水施設と場外排水施設に区分されるが、排水計画は、滑走路、誘導路等の基本施設の配置を考慮した流域区分に基づき、場内排水施設の排水系統を設定し、場内排水施設からの排水を流末河川等まで適切に導けるよう場外排水施設を計画する必要がある。

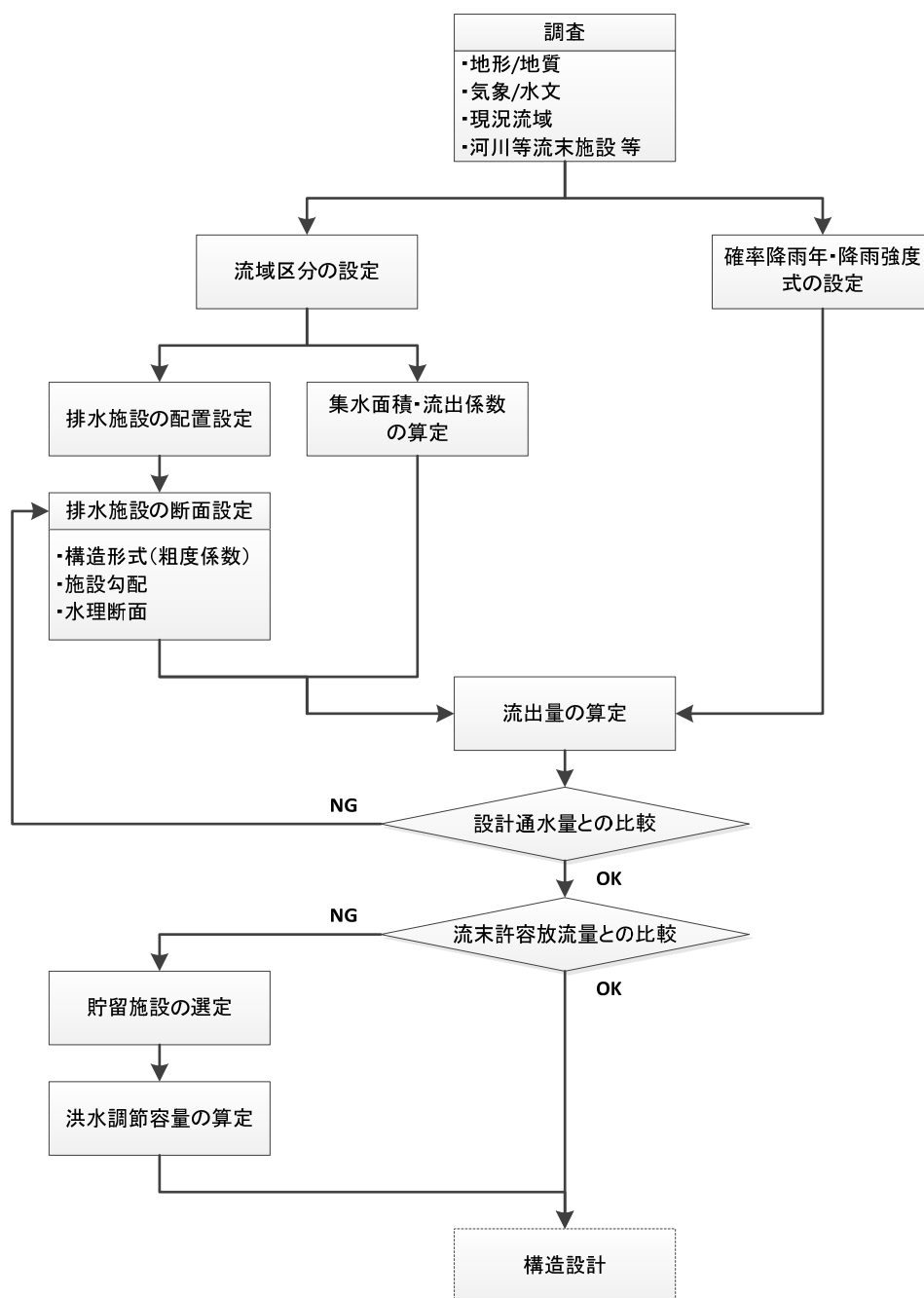


図-2.1.1 排水計画策定手順の例

2.2 施設配置

2.2.1 一般

場内の排水系統は、基本施設の配置、空港の周辺地形等に応じて設定される流域区分に基づき設定し、排水機能が効率的に発揮されるように排水施設を配置する必要がある。

【解 説】

- (1) 場内の排水系統は、一般に空港の施設配置および放流先を考慮して計画され、谷地部などの地形に合わせた流末位置とする流域分割が行われている。流域区分にあたっては、雨水

が滑走路を横断しないよう滑走路中心線を分水嶺とする。また、滑走路よりターミナル側では主に誘導路の配置計画によって流域区分が行われる。なお、排水系統の設定例および排水施設の配置例を図-2.2.1に示している。

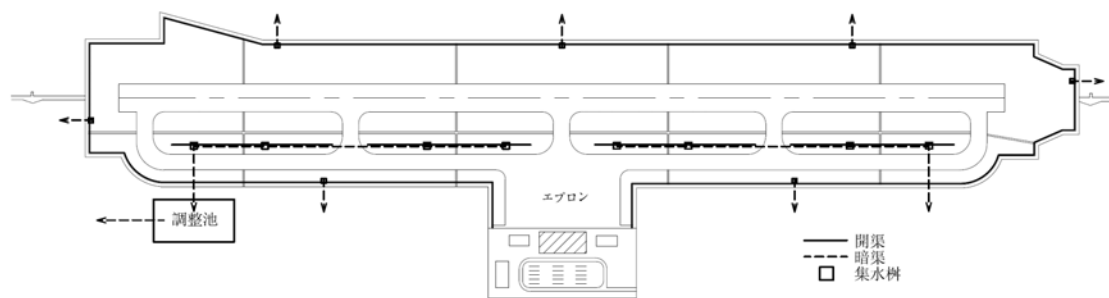


図-2.2.1 空港場内の排水系統の設定例および排水施設の配置例

- (2) 場内排水系統の流末は場外排水系統との関連で設定されるが、排水流末を 1 箇所にするにあらゆる施設規模が大きくなるほか、流末からの放流量が大きくなることから下流側への影響が増大する。特に高盛土がある場合には盛土部に雨水が集中しないよう計画する必要がある。また、場内排水の流末の数を多くして空港内に発生する雨水等を分散させて場外に排水すれば、施設規模も小さく経済的である反面、空港排水施設の維持・管理等が極めて繁雑になる恐れもあることから、排水系統の設定にあたってはさまざまな視点から検討を行い、最も合理的な計画を立案する必要がある。
- (3) 排水施設は、その形式、設置位置等によって開渠および暗渠に分類される。開渠の構造形式としては U 型排水溝、皿型排水溝等があり、暗渠の構造形式としてはボックスカルバートおよび管渠等がある。
- (4) 暗渠の接続部には、土砂除去等の維持管理のために一般的にマンホールが設置される。
- (5) 空港は一般に広大で平坦であるため、場内排水の流末と場外排水との水位差が十分にとれるとは限らない。また、埋立空港などでは、埋立土量に影響する計画地盤高と海水面との関係で特にこの点に注意する必要がある。なお、滑走路および誘導路内では、開渠が規定勾配を満足しても、航空機の運航の安全性をより高めるために、一般的に開渠は設置しないこととしている。
- (6) 排水計画に基づく施設規模は、設定された排水系統および排水施設の構造形式に基づき、想定される降雨の流出量を算出し、その流出量を流し得る水理断面を計画するものとするが、流末河川等に空港からの流出量を受け入れる能力がない場合、調節池を計画し、放流量を調節することがある。なお、調節池の設置が困難な場合には、場内の着陸帯等に滞水させるポンディングシステムを採用することができるが、舗装体、芝あるいはその他空港内の施設への悪影響もあることから極力避けることが望ましい。
- (7) 治水の観点に立てば、流域面積の増大は流末放流量が増加し、調節池などが必要となる場合が多い。また、利水を十分考慮しなければならない地域では、流域の変更は極力避ける必要がある。

- (8) 将来、河川改修の実施が計画されている等、貯留施設の設置の必要性が一時的なものである場合には、暫定的な貯留施設として調節池と同様の機能を有する調整池を計画することができる。

2.2.2 施設配置

排水施設の設置位置は、排水機能が効率的に発揮されるとともに、地盤条件、施工条件、環境条件等を考慮し、安全でかつ経済的となるよう検討する必要がある。

【解 説】

- (1) 排水施設の構造は、設置位置の地盤条件により経済性が大きく影響される。また、舗装等他の施設内に設置される場合があり、そのような場合には、他施設の安全性や耐久性に影響を及ぼす可能性があることから、構造面からも施設計画を検討する必要がある。
- (2) ボックスカルバートの設置位置における地形・地質については、ボックスカルバートの設計土圧、基礎形式に影響する以下の項目について検討する必要がある。特に基礎地盤の土質は基礎形式の選定に重大な影響を与えるので、構造規模が大きい場合には、十分に調査する必要がある。
- 1) 地層の性状および傾斜 2) 基礎地盤の土質および支持力 3) 地下水の有無
4) 地盤変位の有無および変位値 5) 土圧に影響する周囲の土質
- (3) 剛性管渠は、舗装本体への影響を考慮し、極力舗装体内に入れることを避けることが望ましいが、やむを得ず舗装体内に設置する場合には、下層路盤以下に設置するとともに、舗装施工時における管の損傷防止等の安全確保のため鉄筋コンクリートの全巻(360°巻)とする必要がある。
- (4) たわみ性管は、舗装本体への影響を考慮し、極力舗装体内に入れることを避けることが望ましいが、やむを得ず舗装体内に設置する場合には、下層路盤以下に設置する必要がある。
- (5) マンホール間隔は暗渠の口径、土砂の堆積の程度、土砂除去等の方法、滑走路、誘導路等とマンホールとの位置関係などを総合的に考慮して設定する必要がある。滑走路横断暗渠の接続において非計器着陸帯幅の150m以上としている例等がある。また、マンホールは非計器用の着陸帯として必要な最小の範囲以内および誘導路帯のうち開渠を設けてはならないに範囲に設置しないことが望ましい。
- (6) 調節池の設置位置における地形、地質については、堤体や法面の安定性等に影響する以下の項目について検討する必要がある。特に基礎地盤の土質は、堤体構造の選定や調節能力等に重要な影響を与えるので、十分に調査する必要がある。
- 1) 基礎地盤における地質・土質条件の良否
2) 築堤材料の特質
3) 堤体や法面の安定(特に地震時)
4) 地盤変形の有無および変位値

2.3 構造形式

排水施設の構造形式は、構造形式の特徴を踏まえ、設置位置、経済性、施工性を考慮して選定する必要がある。

【解 説】

- (1) 排水施設の構造形式は、設置される空港施設の特性を考慮して計画する必要がある。
- (2) 開渠の構造形式
 - 1) 着陸帯および表-2.3.1の範囲の誘導路帯内に開渠を設置する場合は、一般に各々の規定縦横断勾配と合致するような皿型排水溝を用いている。また、計器用着陸帯に開渠を設置する場合は、非計器用着陸帯の外側とすることが望ましく、開渠の凹断面形状が着陸帯の規定勾配を満足しないために、蓋付きの構造物とする必要がある。なお、計器用着陸帯における開渠の設置例を図-2.3.1に示している。

表-2.3.1 誘導路帯のうち開渠を設置してはならない範囲

(誘導路中心線からの距離)

対象航空機の区分	開渠を設置してはならない範囲
ジェット機	30 m
プロペラ機	22 m
小型機	15 m

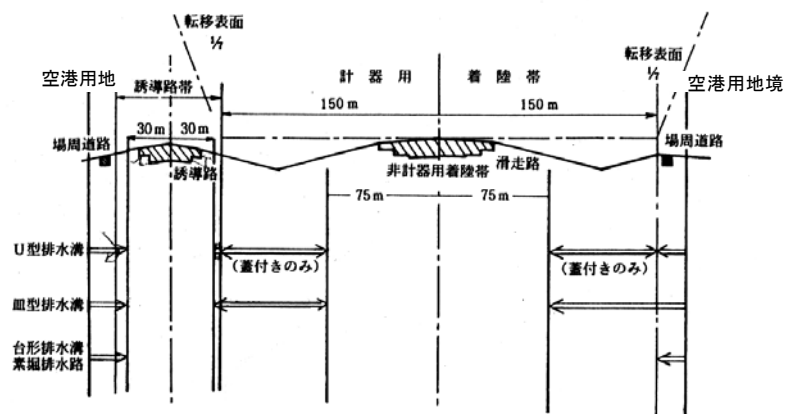


図-2.3.1 開渠の設置例(ジェット機を対象とした場合)

- 2) 計器用着陸帯のうち非計器用着陸帯の外側の区域や、エプロン、GSE車両通行帯等の舗装部、グライドスロープ前面、場周道路横断部にU型排水溝を設置する場合には、一般に蓋付き構造としている。
- 3) U型排水溝の蓋の材料としては、プレキャストコンクリート蓋、現場打ちコンクリート蓋、グレーチング蓋が使用されるが、設計荷重が大きい場合あるいは機能上必要な場合は、グレーチング蓋を用いることができる。
- 4) グライドスロープ用地およびローライザー用地に開渠を設置する場合は、その用地の規

定勾配に適合する必要がある，無線施設に対して影響を及ぼすものであってはならないため，その位置，構造等について無線担当者と協議する必要がある．一般に蓋付き U 型排水溝あるいは皿型排水溝を採用している．

- 5) 開渠の構造形式の選定は，表-2.3.2 に示す特徴を踏まえ，経済性等の観点から合理的に選定する必要がある．

表-2.3.2 開渠の種類と特徴

種 類	U 型排水溝	皿型排水溝	台形排水溝
	現場打ちコンクリート プレキャストコンクリート		ブロック積 コンクリート張
経済性	エプロンなどの舗装表面に設置される場合で，グレーチングが大きくなる場合は，経済性に劣る．	経済性に優れる．	施工性が悪くなる場合に工費がかさむ可能性がある．
施工性	地盤条件，地下水位等によって施工性が悪くなる場合があるが，通常は問題ない．	特に問題なし．	地下水位により極端に施工性が悪くなる．
維持管理	容 易	容 易	容 易
その他	法面排水施設の主たる構造形式として使用される．	皿型排水溝自体で通水断面を確保する必要はなく，一時的，部分的な滞水を許容できる．	大きい通水断面を確保できる．

- 6) 航空機横断箇所に排水溝を設置する場合，舗装面と排水溝の段差防止に留意する必要がある，この対策としてコンクリート版下部を支えるあご形状を適用している事例がある．

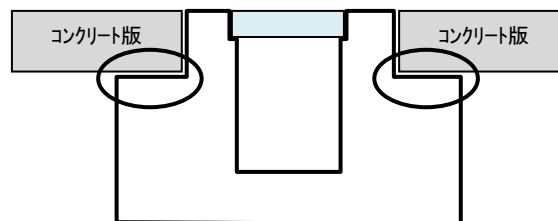


図-2.3.2 排水溝あご形状設置例

(3) 暗渠の構造形式

- 1) 暗渠の一般的な種類と特徴は，表-2.3.3 に示すとおりで，設置位置の地盤条件，施工性，経済性を考慮して選定する必要がある．

表-2.3.3 暗渠の種類と特徴

項 目	ボックスカルバート	管渠(パイプカルバート)	
		剛性管	たわみ性管
種 類	現場打ちコンクリート プレキャストコンクリート	鉄筋コンクリート管 遠心力鉄筋コンクリート管 プレストレストコンクリート管	強化プラスチック複合管 VP 管 VU 管
構造上の制約	任意の流出量，荷重に対して対応可能である．	流出量， 荷重が大きくなった場合， 剛性管で対応できなくなる可能性がある．	流出量の制限はあるが， 荷重に対しては基礎材料の選定により剛性管より適応範囲は広がる．
材料の入手	特に問題ないが， コンクリートプラントが近傍に確保できない場合， 困難となる．	プレキャスト製品であるため特に問題ないが， 地域によっては流通上困難となる場合がある．	
経 済 性	形式選定は， 土被り， 荷重の種類， 支持地盤の条件， 材料の入手の難易等の条件等を考慮し， 経済性を比較検討した上で， ボックスカルバートまたは管渠の採用を決定する必要がある．		
施 工 性	ボックスカルバートの内空断面が小さく， 延長が長い場合は， 施工性が悪くなる． この場合， ボックスカルバートより管渠の方が工期を短縮できるので， 管渠の採用も検討する必要がある．		
	プレキャストコンクリートの場合， 現場施工の省力化， 全体工程の短縮が可能であるが， 調達の可能性や注文製作を含めた経済性等について検討する必要がある．		
維持管理	両者に大差はないが， ボックスカルバートの方が土砂がたまりやすい．		

2) 剛性管

- (a) 剛性管の特徴は，重量が比較的大きく，耐食性および耐久性が大きく電食の恐れがない．また，内面の粗度の変化はほとんどなく，継手の可とう性がある．
- (b) 剛性管の主な管種を表-2.3.4に示す．剛性管の他の管種においては，「道路土工 カルバート工指針」³⁾を参考とすることができる．ただし，基礎の支承条件および特徴を考慮して決定する必要がある．

表-2.3.4 剛性管の管種

管 種	規 格	口径(呼び径)
遠心力鉄筋コンクリート管	JIS A 5372	150～3,000mm
プレストレストコンクリート管	JIS A 5373	1 種 S 形：500～1,650mm 2 種 3 種 S 形：500～2,000mm 1 種 2 種 3 種 C 形：900～3,000mm
大口径 S 形プレストレストコンクリート管	PCPA 2	1 種：1,800～2,000mm 2 種 3 種：2,100～2,400mm

(注 1) JIS：日本工業規格 PCPA：PC 管協会規格

- (c) 荷重，土被り，資材調達，施工性などの諸条件により管渠に比べてボックスカルバートの方が経済的に有利になることもあるので，両者を比較検討した上でその採用を決定する必要がある。

3) たわみ性管

- (a) たわみ性管の特徴は，軽量で運搬施工が容易であり，耐食性，耐摩耗性，耐電食性，耐衝撃性，耐クリープ性大きい。また，内面粗度は変化が小さく滑らかで，継手の可とう性があり，軟弱地盤の管路に適している。
- (b) たわみ性管の主な管種を表-2.3.5に示す。たわみ性管の他の管種においては，「道路土工カルバート工指針」³⁾を参考とすることができる。ただし，基礎の支承条件および特徴を考慮して決定する必要がある。
- (c) 荷重，土被り，資材調達，施工性などの諸条件により強化プラスチック複合管に比べてボックスカルバートの方が経済的に有利になることもあるので，両者を比較検討した上でその採用を決定する必要がある。

表-2.3.5 たわみ性管の管種

管 種	規 格	口径(呼び径)
強化プラスチック複合管	JIS A 5350	200～3,000mm
	JSWAS K-2	200～3,000mm
硬質塩化ビニル管	JIS K 6741 (VP 管)	13～300mm
	JIS K 6741 (VU 管)	40～700mm
	JSWAS K-1 (VU 管)	75～600mm

(注 1)JIS：日本工業規格 JSWAS：日本下水道協会規格

- 4) 幹線排水の管径は，計算上の流量が小さくても，清掃等維持管理を考慮した大きさを確保するのが望ましく，口径 400～600mm 以上としている例等がある。

(4) マンホールの構造形式

- 1) 非計器用の着陸帯として必要な最小の範囲以内及び誘導路帯のうち開渠を設けてはならない範囲に設置される場合には，図-2.3.3に示す防護コンクリートをその周辺に設けることが望ましい。非計器用の着陸帯として必要な最小の範囲以内に設置されるマンホールの周囲の防護コンクリートは，滑走路を逸脱した航空機がマンホールに直接当たる衝撃を緩和するためのものであり，逸脱した航空機が必ずしも滑走路側から外側に向って走行するばかりとは考えられないことから，マンホールの周辺すべてに防護コンクリートを設置することが望ましい。誘導路帯のうち開渠を設けてはならない範囲に設置されるマンホールに対しても同様に，防護コンクリートを設置することが望ましい。

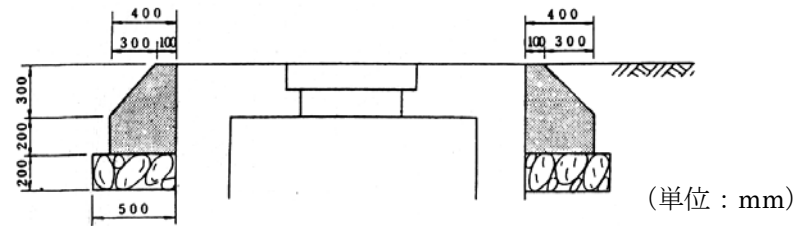


図-2.3.3 防護コンクリート

2) マンホールの立ち上がり部には蓋が設置され、一般的には鋼製である。

(5) 法面排水施設

法面には、必要に応じて以下の表面排水溝を設けることができる。

1) 法肩排水溝

切土法肩に設けて隣接地からの水の浸入を防ぐとともに、法肩を保護するために法肩排水溝を設ける必要がある。盛土についても同様の理由で設けるものとし、設計降雨量以上の降雨があった場合の逸水対策について十分な検討を行う必要がある。

法肩排水溝としては、通常 U 型排水溝が用いられるが、流量、地形、傾斜、土質等を考慮し、素掘、貧配合コンクリート等による排水溝を設けることもできる。

2) 小段排水溝

小段排水溝は、法肩排水溝に準じて構造を決める必要がある。

3) 縦排水溝

縦排水溝は、法肩排水溝や小段排水溝の水を法尻排水溝に導くために法面に沿って設ける水路であり、主に U 型排水溝が用いられる。縦排水溝を流下する水は流速が大きいため、水が跳ねだし、縦排水溝の両側を洗掘する恐れがあるので、両側にそれぞれ 50cm 程度の全面張芝またはコンクリート等で保護する対策を行うことが望ましい。また、合流部や勾配が急変する箇所においては、柵を設け、柵および柵の上流部には蓋を設けることが望ましい⁴⁾。

4) 急流工

空港は地形的に広大な平坦地を必要とするため、大規模な整形が行われる。特に山地の空港においては、谷間が埋められて盛土法面が形成されることになるため、法面排水を場外に放流する急流工を検討する必要がある。急流工は、長方形断面の直線とし、下流側には、減勢(落差)工を設けることが望ましい。なお、急流工および減勢(落差)工については「土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」」⁵⁾を参考とすることができる。

(6) 調節池

1) 調節池は、一般的に土構造物が多く、自然地形を有効に活用して滞水できるように配置した調節池は堤高の低いダム(高さ 15m 未満)として築造されるが、地形条件や必要調節容量によって掘込式とすることができる。

- 2) 堤高が低いダム(高さ 15m 未満)による調節池の設計やダムの構造形式，洪水吐，導流水路等の設計については，「防災調節池等技術基準 (案) 解説と設計実例」⁶⁾を，掘込式調節池の設計については「下水道雨水調整池技術基準 (案) 解説と計算例」⁷⁾をそれぞれ参考とすることができる。
- 3) 掘込式の調節池とする場合の水位に対する余裕高は，地形の状況等により治水上の支障がないと認められる場合を除き「下水道雨水調整池技術基準 (案) 解説と計算例」⁷⁾を参考とすることができる。

2.4 施設規模

2.4.1 一般

- (1) 予想される降雨による流出量は，場内と場外で排水施設の役割・機能等が相違することが多いので，これを念頭において，適切に設定する必要がある。
- (2) 排水施設の断面は，予想される降雨の流出量を安全に通水させるのに必要な排水能力を有する必要がある。
- (3) 貯留施設を設置する場合には，空港周辺地域の状況と調和を図りつつ十分な洪水調節容量を確保する必要がある。

【解 説】

- (1) 排水施設の規模は図-2.4.1 に示す手順で計画することができる。

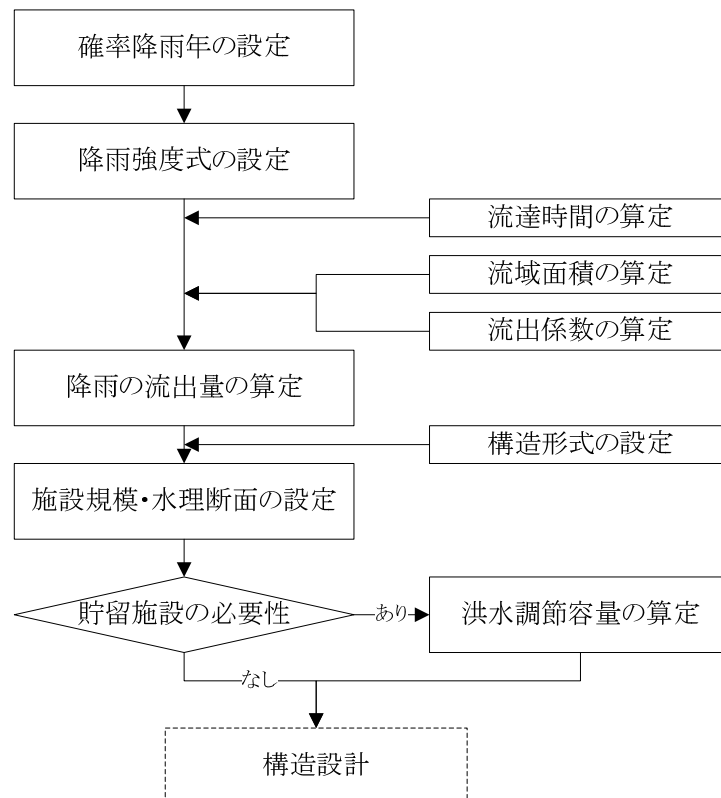


図-2.4.1 施設規模の計画手順の例

- 1) 降雨の流出量は，確率降雨年，流達時間，流速から算出される降雨強度，流出係数および

流出面積により求めることができる。なお、流出面積は、流出量を算出する地点より上流側の集水区域の面積としている。

- 2) 場内排水施設の水利断面は、設計通水量が降雨の流出量を上回っていることを確認することにより設定することができる。
- (2) 洪水調節容量は、計画対象降雨、流出係数および流入面積により求められる降雨の流入量から洪水調節計算を行い算出することができる。なお、流入面積は、調節池またはポンディングシステムに流入する降雨の流域面積としている。
- (3) 場外における降雨の流出量の算定は、空港の地域を含む広域的な排水計画と整合させるため、公共用河川管理者等の関係者と協議の上決定するものとする。
- (4) 海岸に近い空港で、排水が潮位の影響を受ける場合や、地下水位が高い空港の排水の設計は、潮位や地下水位も考慮して行うものとする。

2.4.2 降雨の流出量の算定

2.4.2.1 一般

降雨の流出量は、合理式を用い算出することができる。

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360} \dots\dots\dots(2.4.1)$$

ここに、

Q : 最大流出量 (m^3 / sec)

C : 流出係数

i : 流達時間内の降雨強度 (mm / hr)

A : 流出面積 (ha)

【解 説】

- (1) 合理式は、集水区域最遠点から計画基準点までの雨水が流達した場合に、最大流出量となると仮定した計算法で、集水区域最遠点から計画基準点までの雨水が流達するまでの時間の降雨強度によって、最大流出量を求める計算法である。
- (2) 場外の流出量の計算方式には、合理式のほかに、単位図法、貯留関数法等があり、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 調査編」⁸⁾を参考とすることができる。

2.4.2.2 降雨強度

降雨強度は、タルボット式により算出することができる。

$$i = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots(2.4.2)$$

ここに、

i : 降雨強度 (mm / hr)

t : 流達時間 (min)

a, b : 係数

【解 説】

- (1) タルボット式の係数 a 、 b は、60 分降雨強度と 10 分降雨強度より求めた付録-7「確率降雨年数に対するタルボット式における係数」を用いることができる。なお、最新のデータを

用いた降雨解析により降雨強度式を定める場合は、付録-8「排水施設設計に係る確率降雨強度の設定例」に示す例などを参考に適切な方法で定めることができる。

- (2) 対象流域ですでに降雨解析がなされ、精度の高い降雨強度式が用意されている場合には、これを用いることが望ましい。なお、付録-9「地方自治体別降雨強度式例」を参考とすることができる。
- (3) 確率降雨年数に対する特性係数および降雨強度の数値は、統計期間が 25 年程度の最新の資料を用いることが望ましい。

2.4.2.3 確率降雨年

確率降雨年は、10 年を標準とすることができる。

【解 説】

- (1) 確率降雨年は、他の技術基準等の例によれば、それぞれの施設の役割・機能・重要性等により、2 年～10 年、最大値として河川等の 50 年～200 年があるが、本要領では、FAA⁹⁾の基準値 5 年をもとに、日本の降雨特性を考慮し、確率降雨年を 10 年とした。なお、10 年確率以上の異常な降雨があった際に、空港からの溢水により周辺区域に浸水等の被害を生じたり、下流の排水施設に過大な負荷をかけるようなことが予測される場合には、公共用河川管理者等の関係者と協議し、適切に配慮することが望ましい。

2.4.2.4 流達時間

流達時間は、流入時間 (t₁) と流下時間 (t₂) の合計とする。

- (1) 流入時間は集水区域の表面を流れて、排水施設の流入口に達するまでの最長時間で、次の Kinematic wave により算出することができる。

$$t_1 = 6.92 \left(\frac{n \cdot L}{\sqrt{s}} \right)^{0.6} i^{-0.4} \dots\dots\dots (2.4.3)$$

ここに、

n : マニングの粗度係数

L : 流下長(m)

s : 勾配

i : 降雨強度(mm / hr)

- (2) 流下時間は流入口から、側溝、管渠などを流下して、ある地点（雨水流出量を求めようとしている地点）に達するまでに要する時間で、次式により算出することができる。

$$t_2 = \frac{l}{60V} \dots\dots\dots (2.4.4)$$

ここに、

l : 流入口から雨水流出量を求めようとしている地点までの流路の水平長(m)

V : 流路中の平均流速(m/sec)

【解 説】

- (1) 流達時間の計算にあたって、ある排水系統の流入時間または流下時間を計算するための数値が部分的に異なる場合には、それらの数値を用い、部分的な流入時間または流下時間を

計算し、それらの時間を加えて算出する。

- (2) 流入時間は、降雨強度を仮定して求める。その後、流達時間から降雨強度を求め、同じ降雨強度となるまで繰り返し計算を行い降雨強度を求める。なお、流入時間を算定する際のマンニングの粗度係数は、舗装区域 0.013、芝地域 0.15 としてよい。
- (3) 地表面に一定の勾配を付すことで、地表水の速やかな排水が確保される。「道路構造令の解説と運用」¹⁷⁾では、路面排水に必要な勾配を 0.3～0.5%程度としている。

2.4.2.5 流速

平均流速は、マンニングの式により算出することができる。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2.4.5)$$

ここに、

V ：平均流速(m/sec)

R ：径深(m) = 排水断面積／潤辺

I ：動水勾配

n ：粗度係数

【解 説】

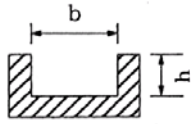
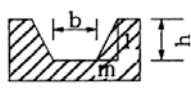
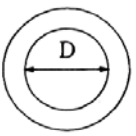
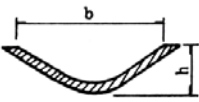
- (1) 排水路および排水管の流速は、土砂の沈澱、内面の摩耗を防ぐため、できる限り 0.6～3.0m/sec の範囲になるような勾配で設計することが望ましい。土砂の流出の多い地域、あるいは施工後の清掃の困難な排水路において水路勾配がゆるくなる場合は、泥だめの数を増すなどして、土砂の流下を防ぐように設計する必要がある。また、水路勾配が地形条件等で限定され、流速が 0.6～3.0m/sec の範囲に収まらない場合には、断面積の変更や粗度係数、径深等が異なる材質に変更することにより、十分安全な水路を設計する必要がある¹⁰⁾。
- (2) マンニングの粗度係数は、表-2.4.1 を用いてよい。

表-2.4.1 各排水施設等の粗度係数(マンニングの粗度係数)

水路の形状	水路の状況	n の範囲	n の標準値
カルバート	現場打ちコンクリート		0.015
	コンクリート管		0.013
	コルゲートメタル管(1形)		0.024
	コルゲートメタル管(2形)		0.033
	コルゲートメタル管(ペーピングあり)		0.012
	塩化ビニル管		0.010
	コンクリート2次製品		0.013
ライニングした水路	鋼,塗装なし,平滑	0.011~0.014	0.012
	モルタル	0.011~0.015	0.013
	木,かんな仕上げ	0.012~0.018	0.015
	コンクリート,コテ仕上げ	0.011~0.015	0.015
	コンクリート,底面砂利	0.015~0.020	0.017
	石積み,モルタル目地	0.017~0.030	0.025
	空石積み	0.023~0.035	0.032
ライニングなし水路	土,直線,等断面水路	0.016~0.025	0.022
	土,直線水路,雑草あり	0.022~0.033	0.027
	砂利,直線水路	0.022~0.030	0.025
	岩盤直線水路	0.025~0.040	0.035
	整正断面水路	0.025~0.033	0.030
自然水路	非常に不整正な断面,雑草,立木多し	0.075~0.150	0.100

(3) 主要断面の断面積および径深は、表-2.4.2 の算式によって求めることができる。

表-2.4.2 主要断面の通水断面積および径深

断面形状	断面図	通水断面積	径 深
長方形		$A = b \cdot h$	$R = \frac{b \cdot h}{b + 2h}$
台形		$A = (b + m) h$	$R = \frac{(b + m) h}{b + 2\sqrt{1 + m^2} \cdot h}$
円形		$A = \frac{\pi}{4} D^2$	$R = \frac{1}{4} D$
皿型		$A = \frac{1}{2} b h$	$R \approx \frac{h}{2}$

2.4.2.6 集水区域

集水区域は、排水施設が安全かつ効率的に機能するように適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 通常空港の個々の集水区域は、滑走路等の舗装を冠水させないため、及び空港の雨水を直接場外へ流出させないために滑走路等の舗装の分水嶺で囲まれている区域あるいは、それらと空港境界で囲まれている区域であることが多い。
- (2) 特に山間地の新空港においては、新空港の建設の前後において集水区域を、空港外の利水の観点から極力変更しないような排水計画をすることがある。
- (3) 高盛土地区に雨水が集中しないような集水区域の計画としなければならない。また、高盛土ののり肩に U 型側溝を設置する場合は、設計降雨量以上の降雨のときのオーバーフロー対策について十分な検討が必要である。
- (4) やむを得ず空港の隣接地域より流入する地表水を考慮しなければならない場合にあっては、空港雨水排水施設の設計確率年（10 年）を超える降雨時において、当該隣接集水区域が流出水のオーバーフローにより変わってしまう場合があるので、流出量と河川等の下流施設の可能受け入れ量とが整合しているか確認する必要がある。

2.4.2.7 流出係数

空港内の流出係数は、地表面の種類に応じて、適切に設定する必要がある。また、空港外の流出係数は関係者と協議して設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 空港内の流出係数は、一般に次の値とすることができる。

舗装区域	0.95
建物区域	0.90
芝区域	0.30（砂質土）～0.50（粘性土）
- (2) ある集水区域が複数の流出係数の区域より成り立っている場合には、区域の面積による加重平均により平均流出係数を算出することができる¹⁰⁾。

$$C = \frac{\sum Ci \times Ai}{\sum Ai} \dots\dots\dots (2.4.6)$$

ここに、

C ：平均流出係数 Ci ：区域*i*の流出係数 Ai ：区域*i*の面積

- (3) 芝区域の流出係数は平坦地より斜面の方が大きな値となるが、空港は、そのほとんどが平坦地であり、緩い斜面があってもその範囲がわずかであることから、長大法面を除き平坦地の芝区域の流出係数としている。
- (4) 斜面が広い面積を有する長大法面の流出係数については、法長、法勾配、法面保護の状態等により異なる。なお、表-2.4.3 に道路関係で使用されている流出係数の例を示す。

表-2.4.3 道路における地表面等の種類別基礎流出係数

地 表 面 の 種 類		流出係数(C)	備 考
路肩，法面など	細 粒 土	0.40～0.65	「道路土工要綱」 ¹⁰⁾
	粗 粒 土	0.10～0.30	
	硬 岩	0.70～0.85	
	軟 岩	0.50～0.75	
路面および法面		0.9	「設計要領第一集(排水編)」 ¹¹⁾

- (5) 芝区域の流出係数は 0.3～0.5 を標準とするが，常時地下水位が高い空港の場合には，この値より大きな値となることがあるので注意する必要がある．また，空港を含む広域的な排水計画のための水理解析を行う必要がある場合には，河川管理者等と調整の上，空港の範囲内の流出係数を設定する必要がある．

2.4.3 水理断面の決定

- (1) 排水施設の水理断面は，設計降雨の流出量を安全に通水するために必要な設計通水量を満足する必要がある．
- (2) 通水量は，次式により算出することができる．
- $$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(2.4.7)$$
- ここに，
 Q ：通水量
 V ：平均流速
- (3) 設計通水量は，管渠の場合は満流流量で算出し，ボックスカルバートおよび開渠の場合は最大通水量の 90%として算出することができる．

【解 説】

- (1) 設計通水量を保つためには，清掃その他の保守を考慮する必要がある．
- (2) 管渠については，下水や道路関係と同様に満流流量で算出している．また，ボックスカルバートおよび開渠の場合は，余裕も考慮して最大通水量の 90%で算出しているが，法肩排水溝や小段排水溝の設計通水量については，逸水した場合の影響を考慮し，余裕を見込んで最大通水量の 80%とすることができる．
- (3) 着陸帯に設置される皿型排水溝は幅 5m，最大勾配 5%とすることができる．皿型排水溝は，着陸帯では非計器用の着陸帯として必要な最小の部分（滑走路長 1,280m 以上の着陸帯に対しては滑走路の縦断方向の中心線より 75m 以内の部分）以外に設置される場合が多い．着陸帯の最大横断勾配(部分勾配：5%)で標準幅 5m の皿型排水溝を設置する場合には，流量計算で断面が不足することがあるが，設計最大降雨時に一時部分的な滞水に限られるので，空港機能に対しては障害となっていないからである．なお，皿型排水溝の構造の例を図-2.4.2 に示している．

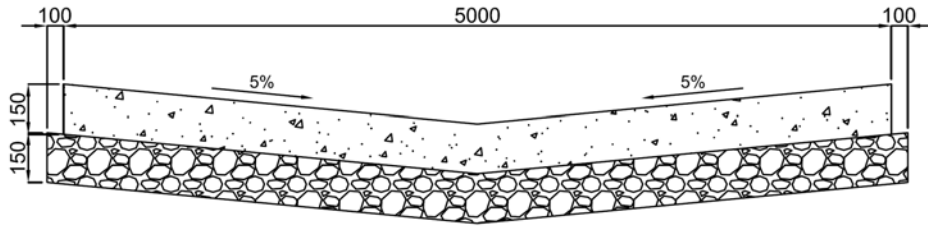


図-2.4.2 皿型排水溝の構造の例

- (4) 場内の排水が感潮河川、海あるいは高水位の場外排水施設により影響を受ける場合には、水位計算等を行い、場内の排水施設の断面を検討する必要がある。
- (5) トンネル河川の断面計画にあたっては「建設省 河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 [I]」¹²⁾を参考とすることができる。
- (6) 急流工の断面設計においては、一般に流速が大きく射流となり、勾配の変化点や平面線形の交点等では、跳水や衝撃波の発生および流水の水路からの跳び出しによる盛土や地山の浸食等の危険が生じることから、断面の余裕等については、十分な検討を行う必要がある。なお、跳水や衝撃波については「水理公式集」¹³⁾を参考とすることができる。
- (7) 集水枳呑口の流量計算においては、「水理公式集」¹³⁾におけるオリフィスや堰の公式を参考とすることができる。

2.4.4 洪水調節容量の決定

2.4.4.1 一般

調節池およびポンディングシステムの洪水調節容量は適切な方法で決定する必要がある。

【解 説】

- (1) 空港からの流出量を受け入れる十分な流下能力が流末河川にない場合、流末河川の改修や調節池の設置を検討する。

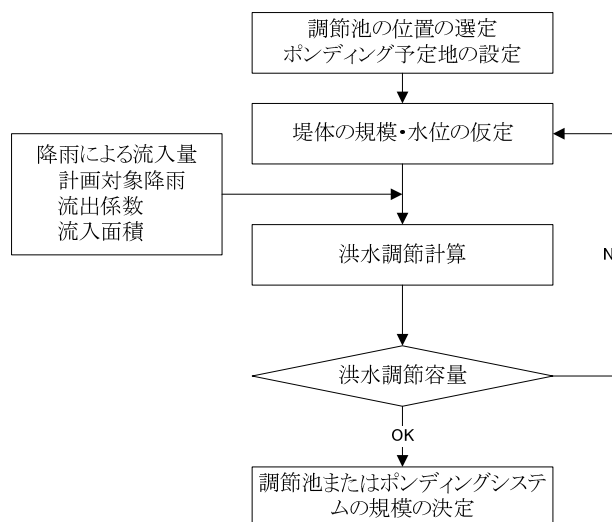


図-2.4.3 調節池及びポンディング容量の計画手順

2.4.4.2 降雨による流入量

降雨による調節池およびポンディングシステムへの流入量は、計画対象降雨、流出係数、流出面積に基づき合理式により求められる流入ハイドログラフから算出することができる。

【解 説】

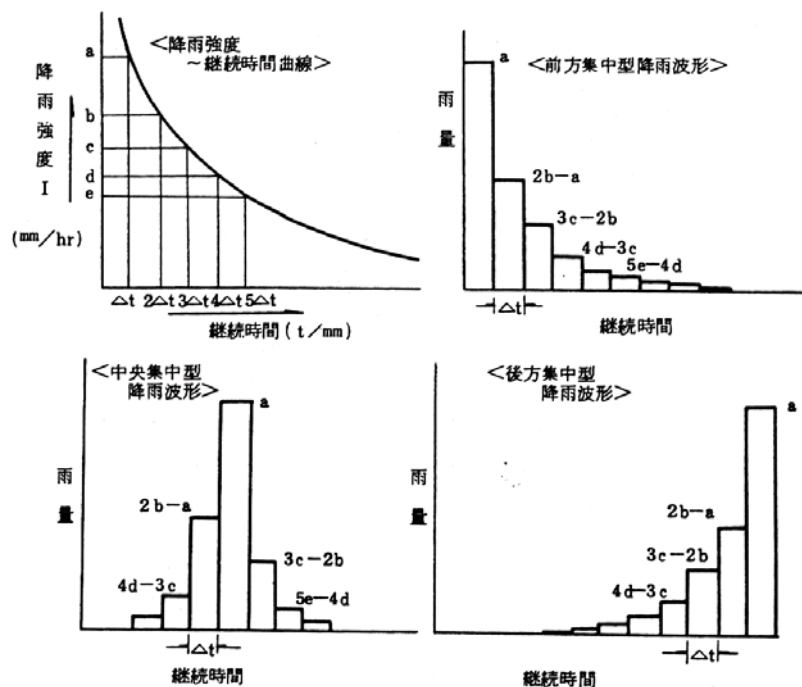
- (1) ハイドログラフの作成については、「防災調節池等技術基準 (案) 解説と設計実例」⁶⁾を参考とすることができる。

2.4.4.3 計画対象降雨

- (1) 調節池を設置する場合の計画・設計は、空港から調節池までの排水系統は 10 年確率降雨を、また、調節池および調節池から流末河川等までの排水系統は、河川管理者等の関係者と協議した確率降雨を用いることができる。
- (2) ポンディングシステムを採用する場合の計画・設計は、10 年確率降雨を用いることができる。

【解 説】

- (1) ポンディングシステムを採用する場合、ポンディング水位と放流先水位の水頭差またはカルバートの余裕断面の影響により、空港からの流出量が流末河川等の管理者の設定している流出量を上回ることがある場合には、10 年確率以外の空港からの流出量を検討しておく必要がある。
- (2) 降雨波形は、確率降雨強度曲線を用いて作成する場合と、既存降雨資料を修正して使用する場合や長時間降雨強度式を用いる場合があるので、河川管理者等の関係者と協議して設定する必要がある。
- (3) 確率降雨強度曲線を用いて降雨波形を作成する場合、降雨継続時間中におけるピーク降雨の位置により、前方集中型・中央集中型・後方集中型がある。空港から流末河川等への許容放流量と空港からの流出量の差が小さい場合は、前方集中型で考えてもよい場合があるが、空港から流末河川等への許容放流量と空港からの流出量の差が大きい場合は、中央集中型または後方集中型となる。後方集中型と中央集中型により必要調節容量を算出した場合、若干後方集中型が大きくなり安全側となるので、後方集中型を使用する方がよい場合が多い。降雨波形についてはタイプ別波形を図-2.4.4 に示している。



(注)計算単位時間 Δt は流達時間を考慮し選定する。

図-2.4.4 降雨波形とその作り方

- (4) 降雨継続時間は、「防災調節池等技術基準 (案) 解説と設計実例」⁶⁾第9条を参考とすることができる。

2.4.4.4 流出係数

- (1) 調節池を設置する場合は、河川管理者等の関係者と協議した上で、流出係数を設定することが望ましい。
- (2) ポンディングシステム等を採用する場合、2.4.2.7「流出係数」の値を用いることができる。

【解 説】

- (1) 調節池の検討における場外流域の流出係数については、河川管理者と協議を行い、流域の地被の状況、土地利用、流域の地質等を考慮のうえ設定を行う必要がある。なお、河川管理者との協議によらない場合においては、「防災調節池技術基準 (案) 解説と設計実例」⁶⁾の標準値である表-2.4.4を参考とすることができる。また、流出係数は、類似した流域の洪水時流出観測資料を用いることができるが、表層地質の透水性が高く地下水も低い場合には、ハイドログラフ算定を目的として表-2.4.5以上の値を用いることができる。

表-2.4.4 流出係数の標準値⁶⁾

流域の性質	流出係数(C)
不浸透面積率が40%以下の場合	0.8
不浸透面積率が40%以上の場合	0.9

(注) 表の値は宅地開発等を対象として作成されたものである。

不浸透面積とは舗装・屋根等の面積の和である。

表-2.4.5 浸透性流域の流出係数下限値⁶⁾

流域の性質	流出係数(C)
不浸透面積率が60%以下の場合	0.7
不浸透面積率が60%以上の場合	0.9

- (2) 地下水位が高い空港や比較的浅い所に不透水層がある空港で長時間の降雨がある場合は、流出係数が標準より大きな値となり、計画対象地付近での流出量が標準値より大きくなることもあるので、計画対象地付近での流出量解析を行い、流出係数を設定する必要がある。

2.4.4.5 洪水調節計算

流入量，流出量，ポンディング容量又は調節池容量をもとに，数値計算等の適切な方法により洪水調節計算を行い，貯留量，貯留水位，貯留継続時間を算定する。

【解 説】

- (1) 洪水調節における数値計算は，連続の式の中央差分をとった次式により行うことができる。

$$\begin{aligned} \text{連続の式: } \frac{ds}{dt} &= I - O \\ S(t + \Delta t) &= S(t) + \left\{ I\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) - O\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) \right\} \cdot \Delta t \\ I\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) &= \frac{I(t + \Delta t) + I(t)}{2} \\ O\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) &= \frac{O(t + \Delta t) + O(t)}{2} \end{aligned}$$

ここに，

S : 貯留量(m^3)

I : 流入量(m^3 / sec)

O : 流出量(m^3 / sec)

$t, \Delta t$: 計算時刻を示すサフィックス

Δt : 計算の時間ピッチ

- (2) 調節池等からの流出量は貯留水位に応じて変化するため，洪水調節計算において留意する

必要がある。

- (3) 洪水調節計算に基づく洪水調節容量の設定の詳細については、「防災調節池等技術基準（案）解説と設計実例」⁶⁾を参考とすることができる。
- (4) ポンディングシステムを採用する場合、滞水を許容する範囲は一般に基本施設の本体舗装端から 22.5m 以遠としている（図-2.4.5）。

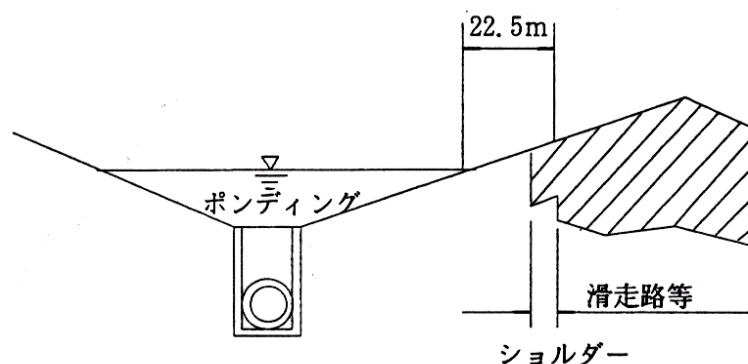


図-2.4.5 ポンディングの高さ

- (5) ポンディングにより、無線施設等に影響を与える可能性がある場合は関係施設の担当者と調整する必要がある。
- (6) ポンディングの流出量の検討を行う場合、人孔等の呑口のグレーチングの有効断面についても検討する必要がある。
- (7) ポンディング継続時間が長くなるとその地区の地盤が軟弱となり、芝の根腐さを起す可能性があるため、ポンディングは長時間継続しないことが望ましい。

第3章 道路・駐車場

3.1 一般

道路・駐車場は、場周道路、保安道路、構内道路及び駐車場に分類され、想定される利用状況に応じて、車両の安全かつ円滑な通行が確保できるよう計画する必要がある。

【解 説】

- (1) 道路・駐車場の計画は、制限区域内においては航空機の安全な運航に影響を及ぼさないこと、また、ターミナル地域においては車両および歩行者の安全を確保するとともに周辺地域との調和を図ることが望ましい。
- (2) 道路・駐車場の計画にあたっては、滑走路等基本施設や旅客ターミナルビル等の配置計画に基づき、これら施設の機能を阻害せず、効率的な車両動線を確保できるよう配慮する必要がある。
- (3) 道路・駐車場の施設規模の設定にあたっては、道路の規格、設計速度、道路を利用する車両、交通量等を需要予測等から適切に設定する必要がある。

3.2 施設配置

道路・駐車場は、場周・保安道路、構内道路、駐車場から構成されるが、空港全体の円滑な車両通行機能が十分に果たせるよう適切に配置する必要がある。

【解 説】

- (1) 場周道路は、着陸帯、誘導路帯、滑走路端安全区域の外周に沿い、航空保安施設用地では用地内外周沿いに配置することとしている。
- (2) 保安道路は、滑走路に平行な部分については精密進入を行わない(非計器用)着陸帯以遠で、かつ滑走路にできるだけ近い位置に設置し、滑走路と場周道路を結ぶ部分については、貯水槽や消火栓の位置関係も考慮の上 500m 程度の間隔で、所要の施設の維持を効果的に行える位置に設置することが望ましい。なお、滑走路と誘導路で囲まれた場所で滑走路に平行に設置される皿型排水溝は、保安道路と兼用することができる。
- (3) 道路を地下道として設置する場合には、設置位置における地形・地質については、設計土圧、基礎形式に影響する以下の項目について検討する必要がある。特に基礎地盤の土質は基礎形式の選定に重大な影響を与えるので、構造規模が大きい場合には、十分に調査する必要がある。
 - 1) 地層の性状および傾斜
 - 2) 基礎地盤の土質および支持力
 - 3) 地下水の有無
 - 4) 地盤変位の有無および変位値
 - 5) 土圧に影響する周囲の土質
- (4) 道路が橋梁構造となる場合で、着陸帯周辺に設置する場合には、制限表面に抵触しないよう留意する必要がある。

3.3 構造形式

道路・駐車場は、その種類と位置（地形条件）により、その性能、構造形式が異なるが、主に、「舗装」、「地下道」、「橋梁」に分類される。

【解 説】

- (1) 地下道、橋梁は、通行車両が航空機や他の通行車両と立体的に分離する必要がある場合に設置される。
- (2) 橋梁の意匠は、当該空港における地域特性や地形、ターミナルビルの外観・特徴等に配慮することが望ましい。
- (3) 臨海部に橋梁を設置する場合は、コンクリート橋にあつては塩害による劣化等に、鋼橋にあつたは鋼材の腐食等に留意し、構造形式および材料等を適切に選定する必要がある。

3.4 施設規模

道路・駐車場の施設規模は、通行する車両の安全性や当該空港の地域性および特性を考慮して適切に設定する必要がある。

3.4.1 場周・保安道路

- (1) 場周道路は、一般に車道を 5.5m とし、その両側に 0.5m 幅の路肩を設置している。
- (2) 保安道路の幅員は、大型消防車が通行することを考慮し、一般に温暖地域の空港では 4m、寒冷・準寒冷地域の空港では冬期の消防活動を考慮して 5m としている。ただし、大型車両の通行が予想されない場合などは、3m とすることができる。なお、交差点部分の形状で考慮する大型消防車は、配備または配備予定されている車両で検討を行う。
- (3) 場周道路および保安道路の設計速度は、一般に 40km/h としているが、地形等の状況によって 20km/h にまで下げることができる。
- (4) 場周道路および保安道路の横断勾配は一般に排水を考慮して 1.5% としている。また、縦断勾配は、着陸帯等、当該道路が設置される施設の縦横断勾配の規定に準じて設定する必要がある。
- (5) 場周道路および保安道路に路肩を設ける場合は、必要に応じて舗装または表面処理を行うことができる。

3.4.2 構内道路

- (1) 構内道路の設計速度・横断面の構成・線形・勾配等は、一般に「道路構造令」に定める第 4 種の規定によることとしている。なお、交差点または近接する交差点間の道路とみなせる場合には、「道路構造令」の「平面交差または接続」の規定によることができる。また、空港旅客のピーク特性に合わせた例えばターミナルビル前面道路のように、他の一般的な道路と交通の性格が異なる道路では、「道路構造令」の規定にとらわれることなく計画、設計する必要がある。
- (2) 構内道路に設置する照明施設は、「空港内道路・駐車場照明施設設置基準」¹⁴⁾や「道路照明施設設置基準・同解説」¹⁵⁾等を参照することができる。
- (3) 構内道路に道路標示または区画線を設置する場合は、「路面表示設置の手引」¹⁶⁾を参考とすることができる。

3.4.3 駐車場

- (1) 駐車場の平面計画において、「道路構造令の解説と運用」¹⁷⁾を参考とすることができる。
- (2) 大型車の駐車方式は、駐車・発車のいずれの場合でも後退させることは好ましくないため、前進駐車、前進発車とすることが望ましい。
- (3) 駐車ますと車路の大きさおよび駐車方式等については、「道路構造令の解説と運用」¹⁷⁾を参考とすることができる。国際拠点空港では利用者の荷物が多くなることや、寒冷・準寒冷地域の空港などでは、駐車車両からの落雪等の影響もあることから、駐車場の利用状況を考慮して適切に設定することが望ましい。

3.4.4 地下道および橋梁

- (1) 場周・保安道路、構内道路が地下道または橋梁となる場合、その建築限界、幅員、平面線形、勾配等については、関係者等との協議を行い、「道路構造令」の道路区分に応じ、「道路構造令の解説と運用」¹⁷⁾を参考とすることができる。

3.5 その他設備

道路・駐車場には、道路標識（標示板、路面標識）を、地下道においては、トンネルの安全基準、保安基準等に準拠した設備および維持管理設備等を設ける必要がある。

【解 説】

- (1) 地下道において、維持管理設備等を地上に突出させて設置する場合には、航空機の運航に影響を及ぼさないように設備の方式、構造等について検討する必要がある。
- (2) トンネルの設備には、換気、照明、排水、浸水防止等の設備および非常用設備の通報・警報、消火設備等がある。
- (3) トンネルの設備に関連する基準等には、「道路トンネル技術基準(換気編)・同解説」¹⁸⁾、「道路照明施設設置基準・同解説」¹⁵⁾、「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説」¹⁹⁾等があり、それぞれに定められた規定を参考とすることができる。
- (4) 非常用設備は、関係機関と連携して計画する必要がある。

第4章 共同溝

4.1 一般

共同溝は、空港のライフライン等複数のケーブルまたは管路を効率的に管理できるようにするために設置され、当該施設に収容される物件およびその需要予測、基本施設等施設の配置計画、経済性、維持管理等を考慮して計画する必要がある。

4.2 施設規模および構造形式

共同溝の内空断面の設定にあたっては、将来にわたって収容すべき物件の種類・寸法・数量をはじめ、維持管理のための通路、照明、排水施設等の直接共同溝に関係するものの寸法について考慮するとともに、占有物件との離隔距離・分岐管・分岐溝の位置や構造等についても配慮し、各占有者と協議のうえ決定する必要がある。

【解 説】

- (1) 無線・照明・気象用ケーブルのみを収容すべき物件とする場合の共同溝の内空断面は、一般に 1.5m(幅)× 2.0m(高さ)としている。
- (2) 通路内空断面は高さ 2.1m 以上、維持管理のための通路幅を 0.75 m 以上とすることが望ましく、棚の奥行きおよび鉛直方向の間隔の決定にあたり、次の事項を考慮する必要がある²⁰⁾。
- (3) 棚の奥行きは、敷設される物件の数・太さ・配置方法に影響するので、棚の占有者と協議する必要がある。
- (4) 棚の必要離隔距離は、ケーブル相互間(低圧・高圧・特別高圧および弱電と強電)の離隔距離によるものとし、電気事業法に基づく「電気設備技術基準とその解釈」²¹⁾を参考とすることができる。
- (5) 棚の奥行きと鉛直方向の間隔は、作業性を考慮して棚の奥行きが長い場合は鉛直方向の間隔も大きくする必要がある。
- (6) 共同溝に敷設される物件の構造は、落下荷重・火災・漏電・漏水等により、共同溝本体および当該共同溝に敷設されている他の物件の構造または管理に支障を及ぼさないものとする必要がある。

4.3 その他設備

共同溝の設備として、維持管理および保安対策上必要な棚・照明・通信・換気・排水等の施設および人孔を設ける必要がある。

【解 説】

- (1) 照明施設は、防湿・防滴タイプとし、作業用コンセントは、適切な間隔で設置する必要がある。
- (2) 高圧の油入ケーブルを収容する等の危険物を収容する場合は、必要に応じて自動警報装置や自動消火装置等を設置する。
- (3) 地下水の浸入が予想される場合は、人孔部に導いてポンプにより排水する設備を設置する等の対策が必要である。
- (4) 分岐部と人の出入および収容物件搬入用として設置する人孔の設置間隔は、ケーブル長・

ケーブルの引込張力および換気等を考慮して決定する。

- (5) 人孔は、電気ケーブル等の分岐部では一般に収容物件を上床または下床版部分で立体交差させる構造となるが、緊急時に共同溝内の人間が速やかに脱出できる配慮が必要である。
- (6) 人孔には必要に応じて転落防止柵、接地極、ケーブル引込用反力フック、関係者以外の侵入を防止する装置や通信設備等が設置される。

第5章 消防水利施設

5.1 一般

消防水利施設は、航空機の初期消火設備の一部として設置され、求められる性能に対する有効性、操作および維持の難易、水量・水圧の多少等を比較検討し、以下の形式から適切に選定する必要がある。

- (1) 貯水槽
- (2) 消火栓

【解 説】

- (1) 消防水利施設の設計は、航空局の示す「消防水利の基準」²²⁾および消防庁の示す「消防水利の基準」²³⁾によるほか、市町村等の条例で定める基準に準ずる必要がある。
- (2) 消火栓は、一般に市町村等が供給する水道施設に直結されるものとしている。ただし、消火栓に要求される送水能力が直結方式による給水で確保されない等の理由がある場合には、貯水槽による整備との比較検討を十分に行い、消火栓による整備が適当と考えられる場合は、消防法に規定する基準に適合する構造および性能を有する加圧送水装置を設置することができる。
- (3) 消防水利施設には、必要に応じて消防活動を円滑に行うための最小限度の取付道路を設置することができる。

5.2 施設配置

貯水槽または消火栓は、滑走路、過走帯および滑走路端安全区域のほぼ全域について消火が可能となるよう適切に配置する必要がある。

【解 説】

- (1) 貯水槽または消火栓は、一般に滑走路の両末端付近に各 1 個、および滑走路沿いにはほぼ 300～400m ごとに 1 個のほか、エプロンの適当な位置に 1 個以上設置し、その配置は、滑走路、過走帯および滑走路端安全区域のほぼ全域が、当該施設を中心とする 200m の半径で描いた円内に入ることとしている。ただし、貯水槽または消火栓の設置は、航空機に対する固定障害物とならないようにする必要がある。
- (2) 貯水槽は、精密進入を行わない（非計器用）着陸帯の区域外で、かつ滑走路にできるだけ近い位置に設けることが望ましい。
- (3) 貯水槽の設置位置における地形・地質については、貯水槽の設計土圧、基礎形式に影響する以下の項目について検討する必要がある。特に、基礎地盤の土質は基礎形式の選定に重要な影響を与えるので、十分に調査する必要がある。
 - 1) 地層の性状 2) 基礎地盤の土質および支持力 3) 地下水の有無
 - 4) 地盤変位の有無及び変位値 5) 土圧に影響する周囲の土質
- (4) 消火栓は、構造物としては小さく、設計荷重の違いによる構造断面の違いがそれほど大きくなならないことから、運用、管理、建設の容易さ等を考慮して、滑走路縁から外側の適切な位置に設ける必要がある。
- (5) 消火栓の配水管を設置する位置の地形・地質については、以下の項目について検討する必

要がある。

- 1) 地層の性状及び地盤高 2) 地盤変位の有無及び変位値
- 3) 土圧に影響する周囲の土質

5.3 施設規模および構造形式

貯水槽または消火栓は、消火活動に使用する適切な貯水容量もしくは送水能力を有する必要がある。

5.3.1 貯水槽

- (1) 貯水槽の構造は一般に地下(埋込)式とし、その容量は常時 40m^3 を貯水できるように、適切な形状を有することとしているが、貯水容量については条例等を参考に別途設定することができる。また、その取水部は、深さ 0.5m 以上とし、取水口は、内径 60cm のものを2個設け、鉄製のマンホール蓋を取りつけることとしている²²⁾。
- (2) 貯水槽への給水は、一般に空港内の既存の水利を利用した配管による間接方式としている。なお、少なくとも半日程度で末端の貯水槽を満水にする給水能力を確保するために加圧給水装置が必要である場合は、設置および管理が容易なものを設置することができる。また、給水管の口径は、既存の水利に応じて選定する必要がある²²⁾。
- (3) 貯水槽はその使用材料および形状などから多くの種類に分類されるが、現場打ちコンクリート構造物が適用される事例が多い。

5.3.2 消火栓

- (1) 消火栓は、一般に取水可能水量が毎分 1m^3 以上で、かつ、連続 40 分以上の給水が可能な地下(埋込)式の開閉弁付双口消火栓とし、コンクリート製铸铁蓋付の地下式消火栓室を設けることとしている²³⁾。
- (2) 寒冷・準寒冷地域において凍結の可能性のある場合、消火栓室の蓋は、二重構造とする等の凍結防止対策を講じる必要がある。
- (3) 消火栓は、呼称 65mm の口径を有するもので、市町村等が供給する水道施設に、空港消防水利のための配水管が直結することとしている²³⁾。
- (4) 配水管は、一般に土被り厚として 0.6m 以上を確保して埋設するものとし、舗装部に埋設する場合には、路床面以下に設置することとしている。また、寒冷・準寒冷地域において凍結の可能性のある場合、凍結深度より深い位置に埋設する必要がある²²⁾。
- (5) 消火栓は、消火栓本体および配水管で構成され、消火栓の配水管の材質は、市町村等の指定するものや、ダクタイル铸铁管、鋼管、ステンレス鋼管、硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管等も含めて最適なものを選定する必要がある。

5.4 その他の設備

貯水槽、消火栓には、機能を発揮するために必要な設備や消火活動、維持管理を円滑に行うための設備を設置する必要がある。

【解 説】

(1) 貯水槽

- 1) 貯水槽には、維持管理の目的で、ステップを設けることが望ましい。また、隣り合う貯水槽間には、必要に応じて通水管を設けることができる。
- 2) 貯水槽を設置する際に受水槽が必要となる場合には、市町村等の条例で定められる給水規定に基づき設置する必要がある。また、給水管の材質は、設置条件に応じて、市町村等の条例で定められるもの等を選定する必要がある。
- 3) 貯水槽には、必要に応じて定水位調整装置を含む注水バルブを設けることができる。
- 4) 貯水槽の直近には、「貯水槽」と表示した標示板を設置する必要がある。なお、標示板は、幅 10cm 以上、長さ 30cm 以上の脆弱なものを使用することが望ましい。また、色彩は、文字は白色、その他の部分は赤色とし、必要に応じて蛍光または反射塗料を施すことが望ましい。なお、寒冷・準寒冷地域では、積雪時においても貯水槽の位置が容易に視認できるように標示板を高くするなどの配慮が必要である²²⁾。

(2) 消火栓

- 1) 消火栓の開閉弁は、消防法に規定する基準に適合する構造および性能を有する必要がある。
- 2) 配水管には、維持管理を容易にするため、必要最小限の仕切弁および逆止弁等を設けることが望ましいが、ストレーナ等のろ過装置は設けないこととする。
- 3) 消火栓の直近の見やすい箇所には、「消火栓」と表示した標示板を設置する必要がある。なお、標示板は、幅 10cm 以上、長さ 30cm 以上の脆弱なものを使用することが望ましい。また、色彩は、文字は白色、その他の部分は赤色とし、必要に応じて蛍光または反射塗料を施すことが望ましい²²⁾。
- 4) 寒冷・準寒冷地域では、積雪時においても消火栓の位置が容易に視認できるように標示板を高くするなどの配慮する必要がある

第6章 場周柵

6.1 一般

場周柵は、外部から人、車両等がみだりに立ち入らないようにするために設置され、設計においては、空港用地の地形、地質、電波干渉の有無、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

- (1) 場周柵には、制限区域の立入を禁止するための立入禁止柵と、空港用地を明確にする境界柵とがある。
- (2) 特に保安対策強化を行う必要のある区域は、不法侵入の発生を防止するため、人と車両に対する物理的な防護を講じる必要がある。保安対策強化の施設整備については「場周柵保安対策強化について（H16.12 航空局）」²⁴⁾を参考とすることができる。

6.2 施設配置

立入禁止柵は、空港管理規則第5条に示す制限区域に立ち入ることができない位置に設置することを原則とする。

【解 説】

- (1) 立入禁止柵と境界柵を併用して設置する場周柵は、一般に空港用地の境界に設置し、空港用地が盛土の場合は法尻に、切土の場合は法肩に設置している。
- (2) 空港の保安対策強化として、故意による人、車両の侵入を防ぐための対策を講じる場合、立入禁止柵の周辺にガードレールやコンクリート壁、杭などの侵入防止施設の設置等を検討する必要がある。
- (3) 場周柵は、制限表面に抵触しない位置に設置する必要がある。
- (4) 場周柵の設置位置における地形・地質については、場周柵の基礎形式に影響する以下の項目について検討を行う必要がある。
a.地層の性状 b.基礎地盤の土質および支持力 c.土圧に影響する周囲の土質

6.3 施設規模および構造形式

場周柵の規模・形状および構造形式は、その設置目的、設置位置、環境条件を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 立入禁止柵の規格は、一般に高さが1.8mで上部に侵入防止を目的とした長さ0.45mの忍び返しを付けたものとしているが、道路・駐車場とエプロンの間を仕切る立入禁止柵のように景観等の配慮が必要となる場合には、忍び返しを省略することができる。ただし、忍び返しを省略する場合には、これと同等の機能を有する必要がある。なお、単に境界柵として設置する場周柵については、必ずしも立入禁止柵の規格、構造に準じる必要はない。
- (2) 場周柵の材質は、鋼製フェンスとガラス繊維強化プラスチック製(FRP)フェンスに分けられる。なお、グライドスロープ電波発射方向前方など電波に障害を与える恐れのある場所に設置する場合には、一般にFRPフェンスを用いている。

- (3) 場周柵の金網は、ネットタイプとメッシュタイプに分けられるが、保安対策強化を講じる場合、柵の破壊による人の進入防止を目的としてメッシュタイプを標準とする。
- (4) 海岸付近など塩害を受ける位置に設置する場周柵については、防錆等について十分配慮する必要がある。

第7章 ブラストフェンス

7.1 一般

ブラストフェンスは、航空機のブラストから空港敷地内外の人、車両等を保護するために設置され、施設配置計画においては、航空機の走行径路、空港内外の車両走行道路、歩行者動線等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

- (1) 航空機のエンジンから後方に発生するブラストは、エンジンからの距離、稼働状態、機種によって異なるものの、100m/sec にも及ぶ場合があり、ブラストから空港敷地内外の人・車両等を保護することを目的として、ブラストフェンスが設置される。
- (2) 航空機のブラストの速度圧と距離の関係については、Airplane Characteristics 等を参考に適切に設定する必要がある。なお、B777 のエンジンの出力状態が Breakaway（発進時）の場合の例を付録-6「航空機ブラストコンター」に示している。

7.2 施設配置

ブラストフェンスは、航空機のブラストから空港敷地内外の人、車両等の保護する対象に対して適切な位置に配置する必要がある。

【解 説】

- (1) ブラストフェンスを設置する範囲については、保護すべき対象の特性、維持管理、電波障害の回避等を考慮する必要がある、運用担当者と調整する必要がある。
- (2) ブラストフェンス設置位置は、一般的にブラストフェンス背面の保護すべき範囲の風速が15m/sec 程度となるように設定している²⁵⁾。
- (3) ブラストフェンスは、制限表面に抵触しない位置に設置する必要がある。
- (4) ブラストフェンスの設置位置における地形・地質については、ブラストフェンスの基礎形式に影響する以下の項目について検討を行う必要がある。
a.地層の性状 b.基礎地盤の土質および支持力 c.土圧に影響する周囲の土質

7.3 施設規模および構造形式

ブラストフェンスの規模・形状および構造形式は、その設置目的、設置位置、環境条件を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) ブラストフェンスの材質としては、一般にエキスパンドメタル・鉄板や景観に配慮した透明板が用いられる。
- (2) ブラストフェンスの構造形式は、横断形状によって、一般的に斜壁型鋼構造と直壁型複合コンクリート構造に分類される。
- (3) 海岸付近など塩害を受ける位置に設置するブラストフェンスについては、防錆等について十分配慮する必要がある。

第8章 進入灯橋梁

8.1 一般

進入灯橋梁は、空港用地外の空間に進入灯を設置するために設けられ、施設配置計画においては、地形・地質、線形・勾配、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

8.2 施設配置

【解 説】

- (1) 進入灯の配列や縦断形状は「飛行場灯火設置要領」²⁶⁾に基づいて定められる。多くの空港の進入灯配列はカテゴリー I の標準型が多く、代表的な配列について図-8.2.1 に例示している。進入灯橋梁は進入灯等の適切な設置を図るとともに、安全で効率的な維持管理作業に必要な空間を確保するための施設であり、そのための維持管理用通路を設けることとしている。維持管理用通路は、図-8.2.2 に例示するように一般に幅員 1.5m としている。進入等橋梁は全体的に、一般的な橋梁と比べ細長い形状となる。また、作業員等の転落防止のための防護柵の高さは、「防護柵の設置基準・同解説」²⁷⁾を参考として 1.1m とすることができ

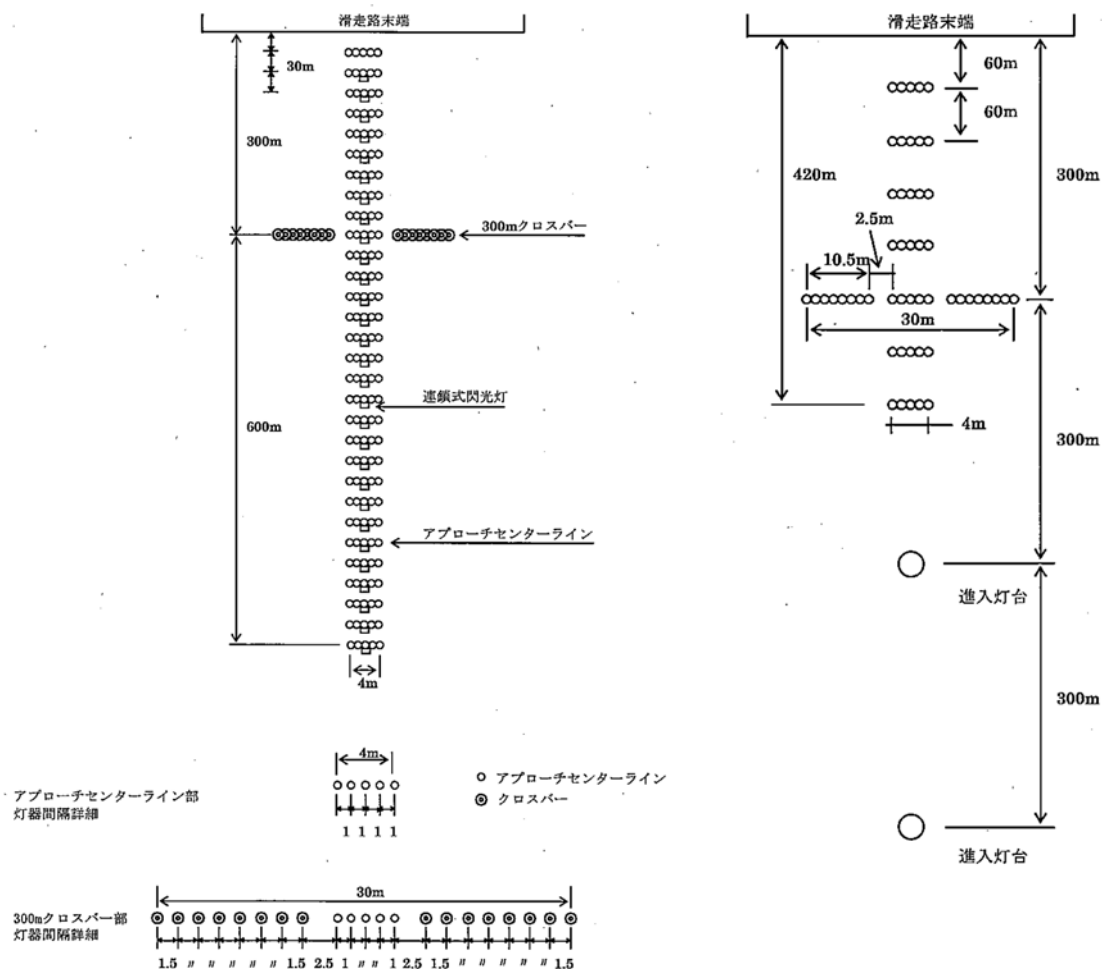


図-8.2.1 進入灯火の配列例

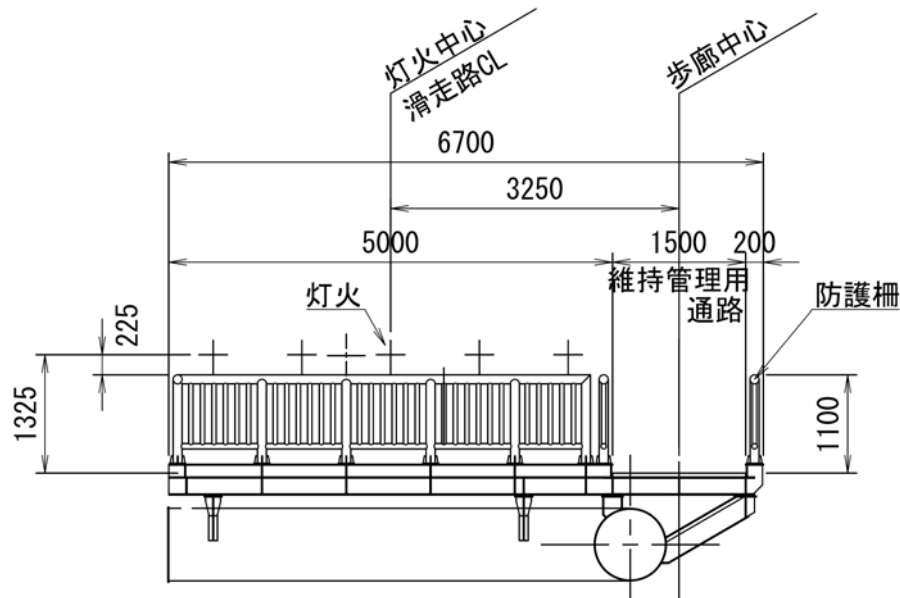


図-8. 2. 2 進入灯橋梁の断面例

8.3 施設規模および構造形式

- (1) 進入灯橋梁は空港用地外の空間に設置することが多いため、供用後だけでなく施工中についても橋梁周辺の土地や海域等の利用や環境に支障を与えないための配慮が必要である。道路や航路等を跨ぐ場合は、それらの利用に支障を与えないため建築限界等を確保した桁高や支間長とする必要がある。
- (2) 進入灯橋梁が風の影響を大きく受ける場所(一般的に山間部や海上部)に設置される場合は、共振現象による振動等に対する耐風安定性について十分留意し、構造形式を選定する必要がある。
- (3) 進入灯橋梁の構造形式の選定にあたっては、経済性、構造特性(全体剛性等)、施工性、維持管理性、景観等に留意する必要がある。構造形式によっては、架設地域と部材の組立場所の距離が遠くなることがあるので、この場合、搬入についても考慮する必要がある。
- (4) 進入灯橋梁の上部工の形式については、耐震安全性の観点から連続桁形式とすることが望ましく、I桁形式、箱桁形式、パイプトラス形式等が用いられることが多い。
- (5) 進入灯橋梁の下部工形式の選定にあたっては、架設場所の地形、地質、支持地盤の特性を十分調査する必要がある。
- (6) 海岸付近に設置する進入灯橋梁の部材の形状や材料等の選定にあたっては、腐食に対する抵抗性等についても考慮する必要がある。

第9章 空港用地

9.1 一般

空港用地は、基本施設等の用地の他、グライドスロープ用地、ローカライザー用地、進入灯用地等の航空保安施設用地や、その他空港用地から構成されるが、それぞれの機能が十分果たせるよう適切に配置する必要がある。

【解 説】

- (1) 基本施設等の用地は、滑走路を含む着陸帯、滑走路端安全区域、誘導路を含む誘導路帯、エプロン等の機能を考慮した形状、勾配を有することが必要であり、詳細については、「空港土木施設の設置基準解説」¹⁾の第3章「基本施設等の要求性能と性能規定」を参照することができる。
- (2) 空港の周辺地形は、航空機の離着陸に支障を与える障害物となる可能性があるため、用地の造成にあたっては、空港ごとに設定される進入出発方式を考慮する必要がある。なお、この進入出発方式の設定および障害物の考え方については、「飛行方式設定基準」²⁸⁾を参考とすることができる。

9.2 空港用地の規模および形状

9.2.1 航空保安施設用地

航空保安施設用地は、用地の種類に応じ、適切な形状、十分な勾配を有する必要がある。

9.2.1.1 グライドスロープ用地

- (1) グライドスロープ用地の範囲は、一般に図-9.2.1に示すものとしている。

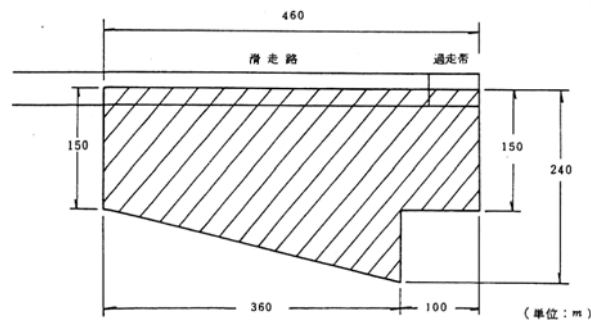


図-9.2.1 グライドスロープ用地の範囲(グライドパス角度 3° の場合)

- (2) グライドスロープ用地の勾配は、一般に滑走路縦断方向で $\pm 1.5\%$ 以下、横断方向(滑走路中心線より外側に向かって)では、図-9.2.2に示すA地区で $-1.5 \sim 0\%$ 、B地区、C地区で $-3 \sim +2\%$ の範囲内に収めることとしている。

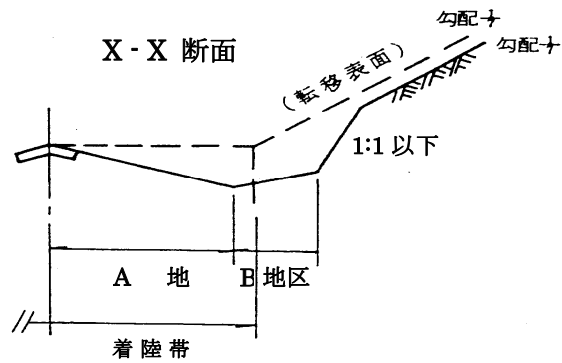


図-9.2.3 グライドスロープ用地に隣接する障害物の例

- (6) グライドスロープ用地周囲の場周柵は、グライドスロープアンテナから見通せる範囲に設置する場合はグライドスロープ電波の障害とならないような材質とする必要がある。図-9.2.4 に一般的な範囲を例示するが、詳細については無線担当者と協議して決定する必要がある。

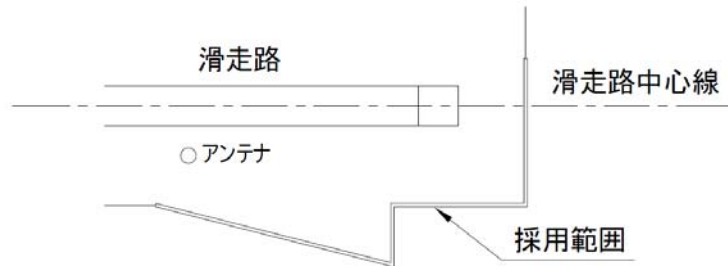


図-9.2.4 グライドスロープ電波障害とならないような材質の場周柵を採用する範囲(例示)

9.2.1.2 ローカライザー用地

- (1) ローカライザー用地の範囲は、一般に図-9.2.5 に示すとおりとしている。

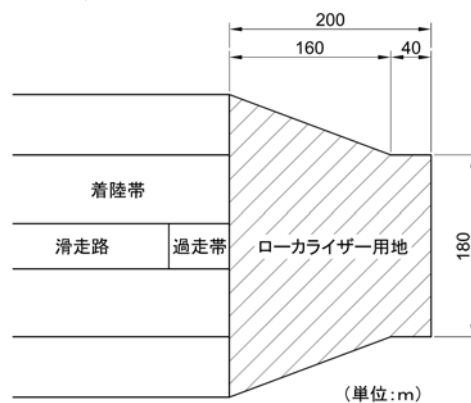
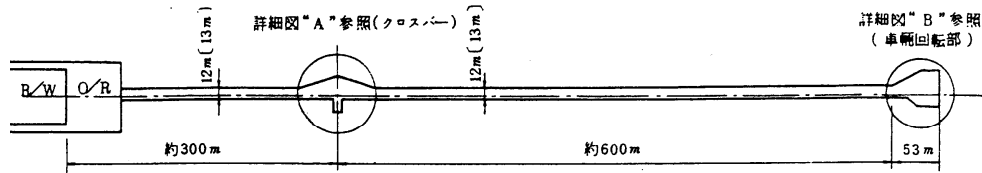


図-9.2.5 ローカライザー用地の範囲

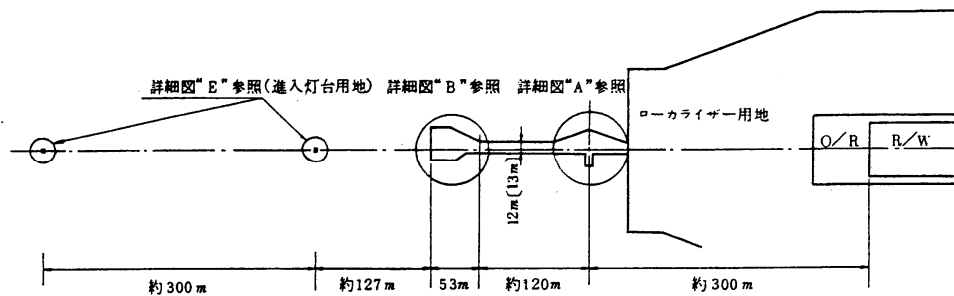
- (2) ローカライザー用地の縦断勾配は、一般に過走帯端から滑走路延長方向に向かって、 $-1.5 \sim 0\%$ 、横断勾配は、 $-3 \sim +1\%$ の範囲内としている。

9.2.1.3 進入灯用地

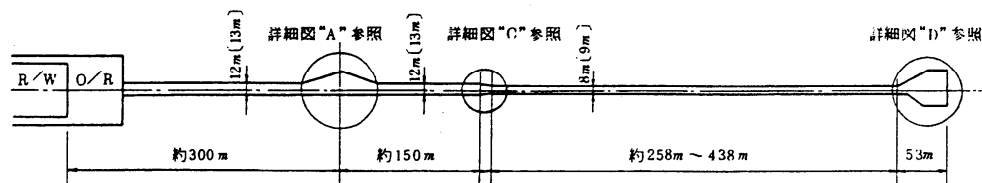
- (1) 進入灯用地の範囲は、公共用の用水路、河川および道路などに進入灯を設置する場合を除き、一般に進入灯の方式に応じ、それぞれ図-9.2.6 に示す最低限必要な範囲に、法面保護、排水施設、フェンス等が必要な場合には、これらの用地を加えたものとしている。



- (a) 標準式進入灯の用地
- 条件
1. 保安道路 4.0 m の場合
〔 〕内は、5.0 m の場合
 2. 最低限必要面積
(側溝、フェンス、法面保護等の必要用地を除く)
 3. 回転部は超大型消防車が入る(将来をも考慮する)ことを前提とした面積



- (b) 簡易式進入灯と進入灯台を組み合わせた方式の用地
- 条件
1. 保安道路 4.0 m の場合
〔 〕内は、5.0 m の場合
 2. 最低限必要面積
(側溝、フェンス、法面保護等の必要用地を除く)
 3. 回転部は超大型消防車が入る(将来をも考慮する)ことを前提とした面積



- (c) 簡易式進入灯と直線用進入路指示灯を組み合わせた方式の用地
- 条件
1. 保安道路 4.0 m の場合
〔 〕内は、5.0 m の場合
 2. 最低限必要面積
(側溝、フェンス、法面保護等の必要用地を除く)
 3. 回転部は超大型消防車が入る(将来をも考慮する)ことを前提とした面積

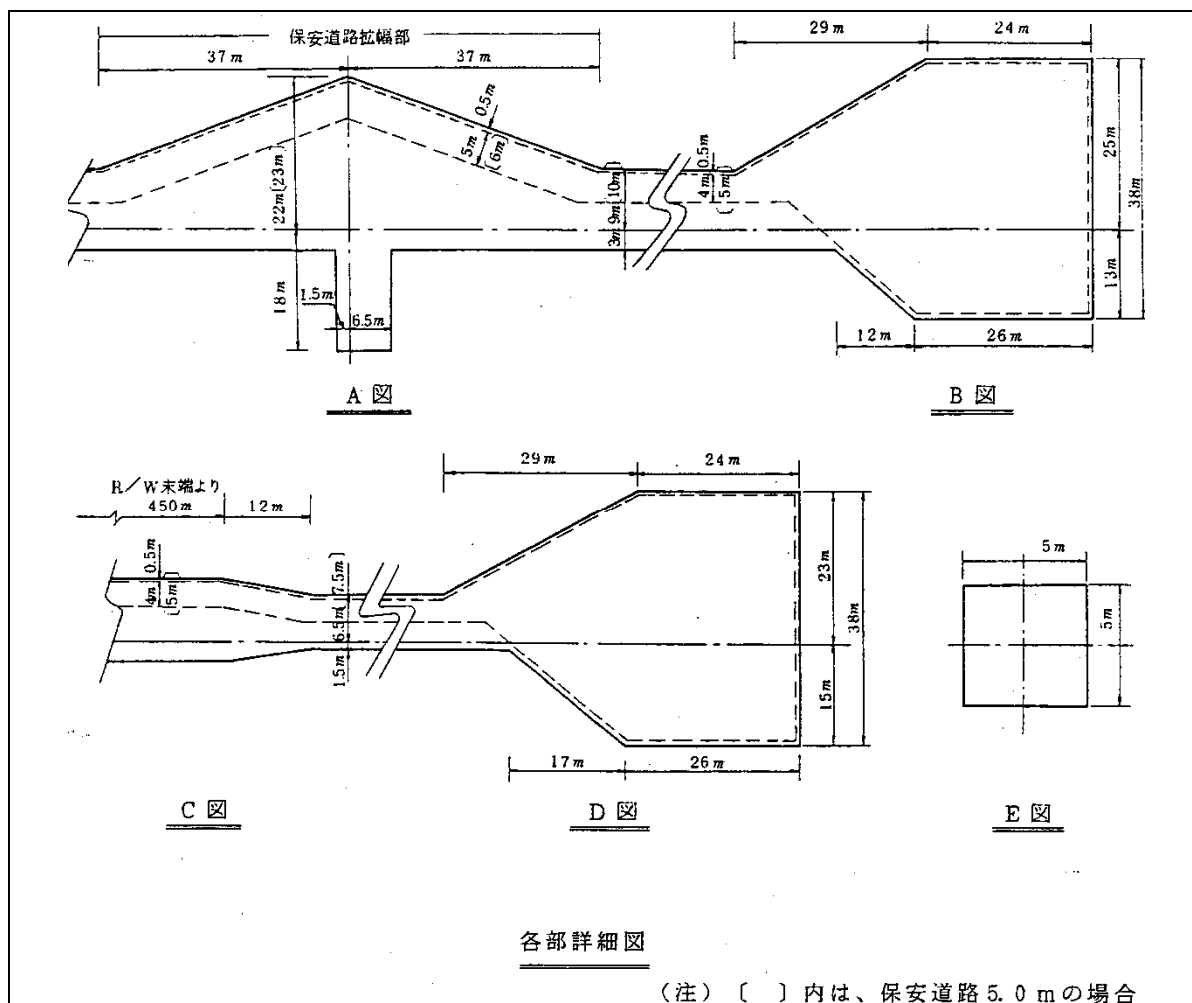
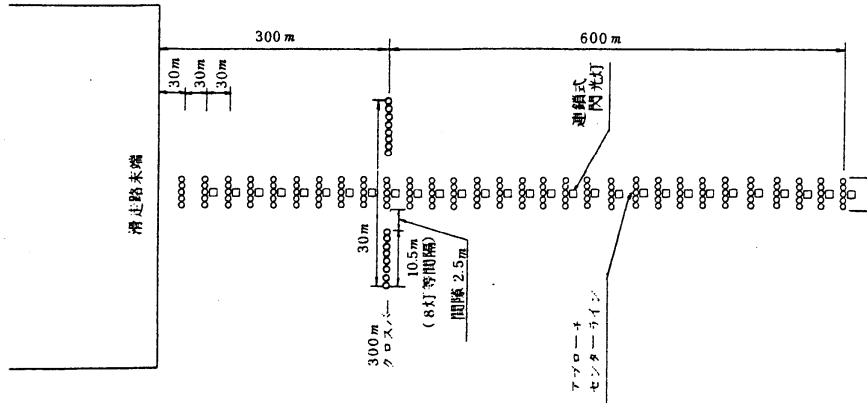


図-9.2.6 進入灯用地の形状²⁹⁾

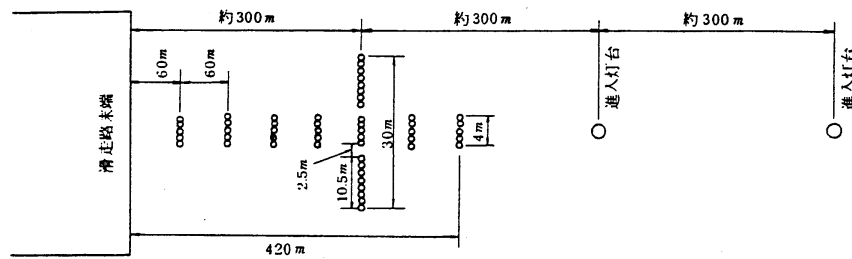
- (2) 進入灯用地の縦断勾配は、一般に空港用地と同一レベルで、かつ平坦としているが、これが困難な場合でも 9%以内とすることが望ましい。ただし、地形の状況その他特別の理由によりやむを得ない場合においては、12%以内とすることができる²⁹⁾。
- (3) 進入灯用地の横断勾配は、一般に、進入灯列を配置する箇所は、1.5%以内としている。また、進入灯用地内に設置する保安道路は、直線部の横断勾配は 1.5%、曲線部の片勾配や合成勾配等は道路構造令の規定によることとしている²⁹⁾。

【解 説】

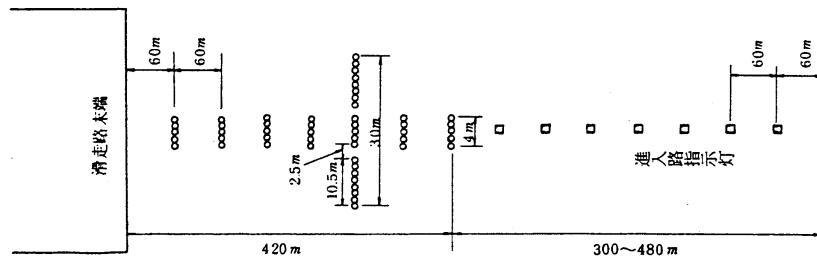
- (1) 用地境界等の設定については、「進入灯用地の設計要領」²⁹⁾を参照とすることができる。
- (2) 図-9.2.7 の(a)標準式進入灯は、「航空法施行規則」第 117 条に定められている A 図から C 図のうち、国内で最も多い A 図を参考に記載しており、同図において、滑走路末端からの長さは、約 420~900m としている。進入灯の長さは航空機の着陸における最低気象条件と関係しているので、長さについては航空灯火担当者と協議して決定する必要がある。



(a) 標準式進入灯



(b) 簡易式進入灯と進入灯台の組み合わせ方式



(c) 簡易式進入灯と直線用進入路指示灯を組み合わせた方式

図-9.2.7 進入灯等の標準的な配置²⁹⁾

- (3) 進入灯用地に排水溝を設置する場合は、盛土では両側に、切土では用地の勾配を片勾配にして片側に設置することが望ましい。また、場周柵を設置する場合は、進入灯、進入灯台、進入路指示灯(直線用)の用地をすべて囲むことが望ましいが、周辺の土地利用状況を勘案し、連続した用地とはなっていない場合が多い。なお、場周道路からの連絡がない場合に、緊急進入道路の要素を加味した保安道路を整備する場合は、場外道路からの出入口を設ける必要がある。

9.2.2 その他空港用地

その他空港用地は、用地上の施設の機能が十分発揮できるように、適切な形状を有するよう配置する必要がある。

【解 説】

- (1) その他空港用地のうち、場周道路等用地は、一般に場周道路、場周柵、排水溝等のための用地として幅 10m を確保することとしている。

9.3 構造形式

9.3.1 一般

- (1) 空港の用地を構成する構造物は、その機能、構造が異なるが、空港用地の種類と位置（地形条件）により、主に、土構造物、人工地盤構造物に区分される。
- (2) 土構造物による用地造成計画では、各施設用地の所要の要件を満足した上で造成土工量が最少になるように平面位置・計画高を検討する必要がある。

【解 説】

- (1) 構造物は、計画する空港用地の規模、形状を踏まえた用地造成計画に基づき決定する必要がある。
- (2) 本要領は、空港用地を構成する一般的な構造物の形式である土構造物（盛土、切土）、人工地盤物（埋立地盤：護岸を含む、鋼・コンクリート構造物による地盤）を対象としている。
- (3) 空港は、広大な平坦地を必要とするため、丘陵地の切盛や、海上部の埋立が生じることがある。このような空港用地造成の調査から設計にあたっては、空港立地の条件および特殊性を十分把握し設計する必要がある。
- (4) 空港土木施設は、将来にわたって空港としての機能を発揮するように所要の要件を満足するため、用地造成計画においては、自然条件・環境条件・当該空港の将来担うべき役割等を総合的に検討する必要がある。
- (5) 土工計画は、土工における切盛土量のバランスを最も経済的に行うことが望ましいが、基本設計を行う時点では、空港標点・進入表面・滑走路縦断勾配等が決まっているため、土工基面が切盛土量以外の要件から選択される場合もある。なお、土工計画にあたっては、地形と空港の施設配置計画とを十分に把握し、各施設の構造・機能の特質を十分念頭においた検討を行う必要があり、特に地質・土質条件は土工計画上の重要な要素になるため、慎重な対応が必要である。
- (6) 切盛土量の配分手法には種々の方法があるが、空港の用地造成のように広範囲で平坦性を確保することが必要である場合には、メッシュ法が便利である。なお、その際には事前に土工量算定に用いる土量変化率を確認しておく必要がある。
- (7) 土量変化率は、一般に試験盛土や当該空港の施工実績に基づいて決定することとしているが、このような値が得られていない計画段階においては一般的な値を用いることが多く、「道路土工要綱」¹⁰⁾、「空港土木施設施工要領」³⁰⁾等を参考とすることができる。
- (8) 用地造成計画の縦断勾配は、できるかぎり水平であり、かつ勾配の変化も最小限にとどめるように計画することが望ましい。また、横断勾配は、できるかぎり一定の値となるよう

に計画することが望ましい。

- (9) 縦横断勾配は、土工計画および排水計画の経済的な設計を行う場合に非常に重要な要素となるため、地形・地質条件や気象条件等を十分に把握して慎重に検討する必要がある他、沈下等の変形を考慮した余裕のある線形計画とする必要がある。また、切土・盛土の境は、地山との支持力が不連続であることや、湧水、浸透水等の集積により支持力が低下することから不同沈下しやすく、排水施設等に悪影響を及ぼす恐れがあるため、切土・盛土の境を明確にし、段切り工等の対策を適切に行う必要がある。
- (10) 空港用地の拡張等による用地造成は、既存部分の嵩上げおよび周辺の摺付けを考慮する必要がある。
- (11) 用地造成計画によって、大規模な盛土が必要となる場合には、盛土上に設置される空港の基本施設またはそれに付帯する施設などの線形によって土工量・盛土量が大幅に変動するため、その平面計画は、経済性に留意する必要がある。

9.3.2 盛土地盤

盛土地盤は、盛土体の短期および長期的な安定性を確保するために、設計条件、施工条件を明らかにし、これら諸条件を勘案しつつ、安全かつ経済的な施設の規模を設定する必要がある。また、周辺環境へ及ぼす影響を考慮して、治水対策等についても検討する必要がある。

【解 説】

- (1) 大規模な盛土になるほど盛土体としての高い安定性が求められることや、用地造成地内およびその周辺地域から発生する材料で盛土を行う場合に、必ずしも理想的な材料で施工できるとは限らないこと、また、全体土工量の中で良質な材料の供給が限定される場合に、一般に盛土ゾーニングを行うこととしている。
- (2) 盛土は、施設の重要性に応じてすべりや沈下に対する安定が強く要求される。特に滑走路・誘導路・エプロンなど航空機の走行する区域は、規定勾配が厳しい条件にあることや、供用開始後に大規模な改修工事を行うことが極めて困難であることから、不同沈下や陥没等が発生しないよう、盛土下部に優先的に良質な盛土材料を配分する必要がある。また高盛土では法面保護も安定における重要な要素の一つであるため、法面部の材質も考慮した土工計画とする必要がある。
- (3) 土工計画では、発生材の土質が多様な場合には路体部分に良質な材料を用いる必要がある。なお、土量のバランスのみにとらわれ過ぎて全体としてはかえって不経済になることもあるため、総合的な検討が必要である。また、土量変化率は、土質によって設計時と施工時で大きく異なることがあるため、決定に際しては十分な検討が必要であり、周辺の施工実績などを参考とすることも大切である。特に、岩砕材料の場合には、調査段階での測定そのものが難しく、粒度構成によって変動が著しいため十分に注意するとともに、試験工事などによって確認することが望ましい。
- (4) 異常降雨や地震等の自然災害による法面崩壊・すべり破壊など周辺への影響を及ぼさないよう盛土体の安定性を確保するために、排水性が高く雨水の流下浸食に対する抵抗力があり、かつ、せん断強度の高い材料を盛土法面部に用いる必要がある。

- (5) 切土量に比較して盛土量が極端に多い場合には、土取場からの運搬距離・土取場の土質・土量および材質による施工の難易を考慮のうえ、盛土上に設置される空港施設の平面的な配置や重要性を勘案し、最も経済的なゾーニングを検討する必要がある。
- (6) 数種類の盛土材料を切盛土量のバランスを図り使用する場合には、切土区域における材料別掘削可能土量を的確に把握し、盛土部の施設の重要性に応じて施工の経済性・迅速性を考慮して切土の配分を計画する必要がある。なお、盛土材料の材質は、次のような要因等から実際の工事において計画とかなりの差異が生じることが多いため、総合的な調査・試験を実施し、設計・施工に的確に反映させる必要がある。
- 1) 物理探査は地質構造を把握できるが、材質まで判明させることは難しい。
 - 2) ボーリング調査は、広大な面積に比較して数が限られているため、正確な地層分布や層厚の推定は困難である。
 - 3) 掘削機械類によって地山が乱された場合には、材質が地山状態に比べて極端に低下する材料が多い。
- (7) 大規模な盛土工は、施工性や維持管理も含めた総合的な比較検討結果に基づいた合理的な設計を行い、可能な限り建設費の縮減を図る必要がある。また、盛土上に設置される空港の基本施設等、あるいはこれらに付帯する施設などの勾配および必要な強度を保有することで長期的な安定性を確保できるように、盛土形状と盛土構造、基礎地盤の処理、排水対策、沈下と安定、耐震対策、法面の保護および地山盛土接合部の処理について検討する必要がある。

9.3.3 切土地盤

空港用地の造成や、制限表面の確保のために切土地盤とする場合は、その長期安定性が確保できるように適切な施設の規模を設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 切土法面の規模は、地山の地質・土質条件、切土高、地下水の状況等に応じて、法面の長期にわたる安定性を確保するために、過去の実績、周辺地域の法面状況等を参考に検討する必要がある。
- (2) 以下の地質条件等で切土が生じる場合には、注意する必要がある。
 - 1) 崩積土、強風化斜面
 - 2) 砂質土など浸食に弱い土砂
 - 3) 泥岩、凝灰岩、蛇紋岩などの風化が早い岩
 - 4) 割れ目の多い岩
 - 5) 割れ目が流れ盤となる場合
 - 6) 地下水が多い場合
 - 7) 寒冷・準寒冷地域の場合
 - 8) 長大法面となる場合
- (3) 長大な切土法面では、法面全体の地質が均質であることはまれであり、断層などの弱線を伴っていることが多いため、地質や地下水状況についてより詳細な調査、設計を行う必要

がある。また、必要に応じて安定解析を実施して法面勾配を決定する必要がある。

9.3.4 埋立地盤および護岸

空港用地を埋立によって確保する場合、空港施設が有すべき要件を考慮して施設規模(護岸法線)、護岸構造等を検討する必要がある。また、埋立地に隣接する地域への影響、海水汚濁等の環境保全および安全対策についても十分な検討を行う必要がある他、既存空港の拡張のための埋立では、工事が空港の円滑な運用に支障を及ぼさないように、制限表面等の制約を考慮する必要がある。

【解 説】

- (1) 埋立による用地造成の設計にあたっては、海象条件、気象条件、現地盤条件および埋立土の土質条件等の他、空港の各施設の配置およびこれら施設の有すべき要件(制限表面との関係、航空保安施設の検討、縦横断勾配、荷重に対する強度、排水性等)を考慮する必要がある。なお、基本施設等の平面形状、配置および縦横断勾配等の規定ならびに制限表面については、「空港土木施設の設置基準解説」¹⁾を参照することができる。また、耐震性に関する検討を行う場合には、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。
- (2) 護岸・埋立に関する検討の手順は、図-9.3.1 に示すとおりである。本要領に定めのない事項については「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。また、同基準にも定めのない事項については「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」³²⁾を参考とすることができる。なお、図中の海象条件においては、埋立地の造成によって波浪や潮流等の条件が変化し、周辺の海浜の変形や海水汚濁等の環境問題が生じる可能性があるため、事前に十分検討する必要がある。

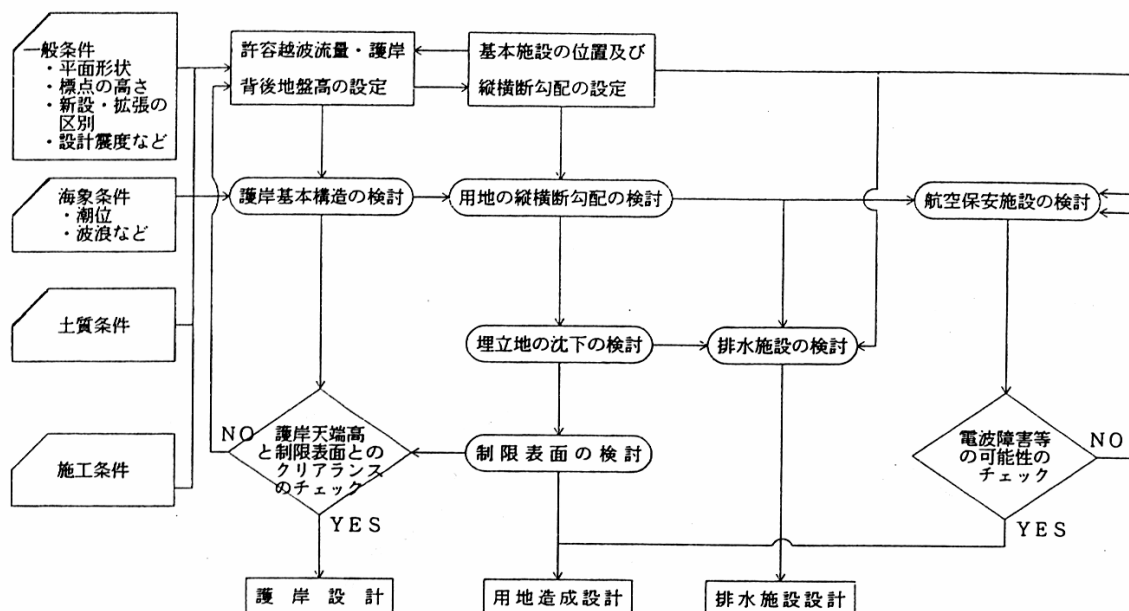


図-9.3.1 護岸・埋立の検討フロー

- (3) 既存空港の拡張のための埋立は、航空機の運航の安全確保のため、施工機械の高さや施工時間帯に制限が加わることが多いため、この制限のもとで施工可能な護岸・埋立の設計を

検討する必要がある。また逆に、施工のため航空機の運航に制限を加えざるを得ない場合も考えられるため、空港機能維持の重要性も考慮して、施工法等に制限を加える場合と、航空機の運航に制限を加える場合の双方について検討する必要がある。

9.3.4.1 形状

埋立地の形状は、空港に必要な用地を確保し、将来の拡張の可能性、波等による航空機の運航や空港施設の運用への影響、波、潮流等による周辺地域、海域等への影響、経済性等を総合的に検討して設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 埋立地における空港用地境界は、図-9.3.2 に示すとおり、一般に公有水面埋立法上の法線と一致させることとしている。なお、護岸構造様式(重力式、傾斜式、直立消波ブロック式、鋼矢板式等の区別)によっては、護岸法線と公有水面埋立法にいう埋立法線が一致する場合がある。護岸構造様式と埋立法線との関係については「公有水面埋立実務便覧」³³⁾を参考とすることができる。

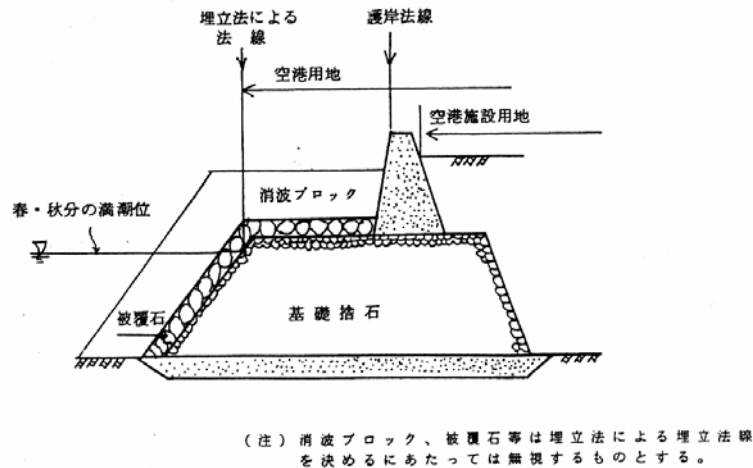


図-9.3.2 埋立地の護岸法線の例

- (2) ILS による精密進入滑走路を有する空港で図-9.3.3 に示すように護岸法線が凹型隅角部を形成する場合、波の収れんが生じ、護岸施工時には構造上の安全の問題が生じることがある。また、供用後には越波による航空機の離着陸時におけるパイロットの視界の確保等の障害、空港施設および空港周辺地域への塩害、反射波による周辺海域を航行する船舶への障害等が生じることもあるため、このような問題を回避する手段として、護岸法線を図-9.3.3 の例に示すように直線化することもある。しかし、護岸法線の直線化は、護岸の短縮化が図れる一方、埋立土量の増加となるので、経済性も考慮した上で設定する必要がある。

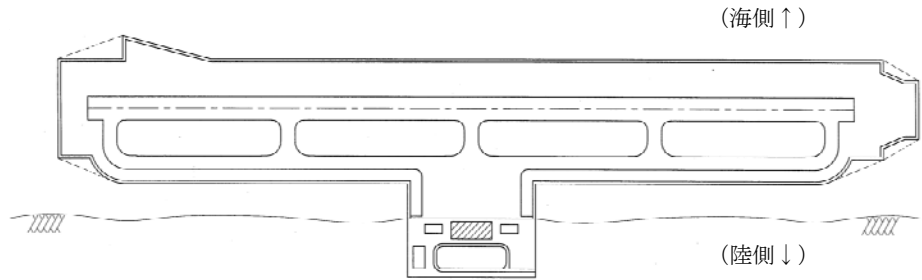


図-9.3.3 空港用地と護岸法線の考え方の例

- (3) 埋立地の断面形状のうち、滑走路の縦断方向と横断方向とでは規定勾配の違いがあるため、埋立地盤高の設計に際してこれらの点を念頭に入れて検討することが望ましい。縦断方向については、進入表面の確保や、航空保安施設の機能を確保する必要があるため、護岸天端高と埋立地盤高との差や埋立地盤高の縦断勾配は制限が厳しいのが一般的である。また、横断方向は、滑走路、平行誘導路、エプロンおよびターミナルと並行になることから、縦断方向の制限とは異なっている。
- (4) 海浜部の埋立造成を伴う空港は、利便性、工費の関係等から、陸側にターミナル施設を設け、また、滑走路の位置もできるだけ陸側に近づけて造成されることが多い。しかし、利用する航空機の大きさがエプロンの奥行きや平行誘導路の有無に大きく関係するので、ターミナルと埋立地の関係を決定する際には、将来の需要に対応するエプロン等の拡張についても十分検討しておく必要がある。

9.3.4.2 地盤高

空港用地の地盤高は次の事項を満足する必要がある。

- (1) 空港周辺における地形、建造物、航行船舶などのうち除去しがたい物件が進入表面等の制限表面に抵触しない高さとする。
- (2) 護岸天端が進入表面等の制限表面、航空保安施設の機能および航空機のパイロットからの視認性等に影響を与えない高さとする。
- (3) 雨水および護岸を越波してきた海水を海域に排水する場合に、排水がスムーズに行われる高さとする。ただし、各施設における詳細な地盤高は、上記事項に加え各施設ごとに満足すべき縦断および横断勾配が規定されており、これも勘案して決定される他、地盤高は埋立土量と密接に関連しており、これを少なくするなど経済性についても考慮する必要がある。

【解 説】

- (1) 地盤高の設定にあたって、空港周辺における航路上の船舶のように移動が可能なものについては、制限表面に抵触しないように空港の地盤を高くするか、航路を移設するかについての経済性等を検討する必要がある。
- (2) 対象とする船舶の航行状況およびその船舶の諸元については、実態および将来計画を調査のうえ適切に決定する。船舶の海面上から最高点までの高さについては、「港湾の施設の技

術上の基準・同解説」³¹⁾に記載されている橋梁高さの設定における項目を参考とすることができる。

- (3) 護岸上部工の高さは、制限表面に抵触してはならないため、施工誤差を考慮しておく必要がある。また施工後、埋立地盤の沈下が予想される場合は、制限表面が下がることを勘案して制限表面に対して余裕をとった高さとしておくことが望ましい。なお、護岸天端高と埋立地盤高との許容段差は、航空無線施設の電波が護岸による電波反射によって電波障害が生じない範囲とする必要がある。護岸天端高と背後の埋立地盤高との段差が小さいほど航空無線施設の電波への影響を小さくするという点からは良いが、カテゴリーⅠ精密進入を行う滑走路を有する空港では、グライドスロープおよびローライザーの電波性能を考慮して地盤沈下完了後においても下記の値以下とすることが望ましい。

1) グライドスロープに関する地域（図-9.3.4の平面図 ① の範囲）は1.0m以下

2) ローライザーに係する地域（図-9.3.4の平面図 ② の範囲）は3.0m以下

ただし、図-9.3.4の平面図 ② の範囲で、滑走路延長方向におけるローライザー設置側の進入表面の投影面の範囲（図-9.3.4の平面図 ③ の範囲）については、護岸天端高と埋立地盤高との段差は無線施設の電波性能から3mまで許容できるが、航空機の運航および進入する航空機を場周道路から視認できること等に配慮して1.0m～1.5m以下とすることが望ましい。

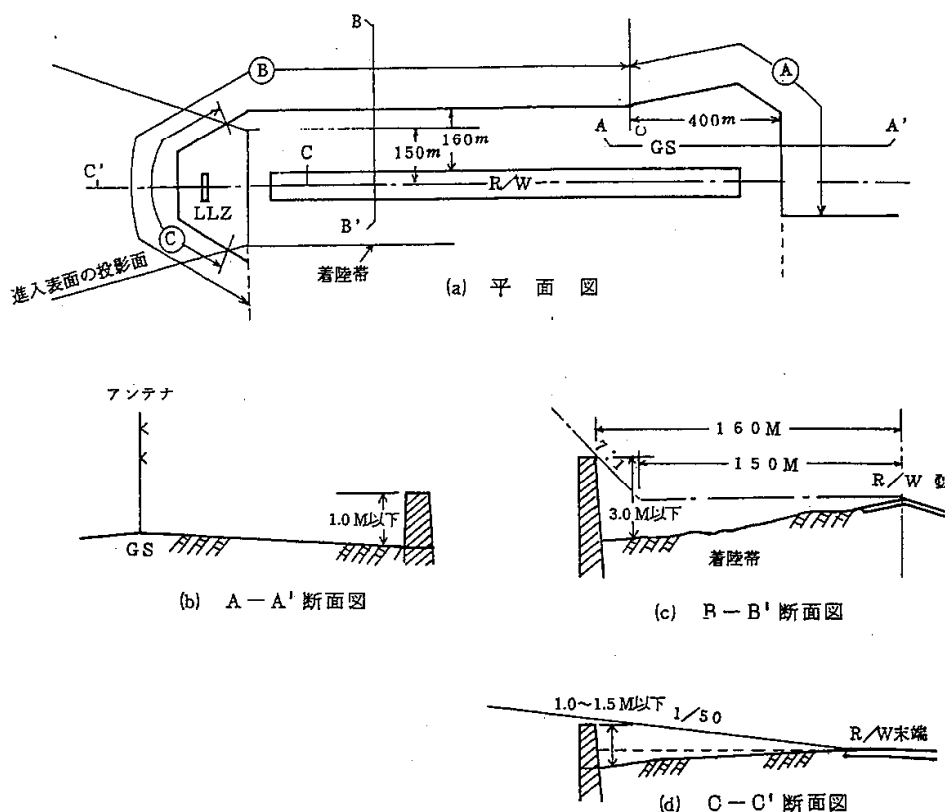


図-9.3.4 護岸天端高と埋立地盤高の許容段差

- (4) 進入灯火の周辺では、灯火平面と呼ばれる無障害空間を確保するための平面が設定され、この区域内では原則として灯火平面より高い物件の存在は許されていないため、護岸天端高等の決定に際しては灯火平面の高さに配慮する必要がある。なお、灯火平面の規定としては「飛行場灯火設置要領」²⁶⁾を参照とすることができる。
- (5) 一般に埋立により建設した空港用地内の排水(雨水および護岸を越波してきた海水)は、自然流下により近接する水域へ流されることが多い。このため、地盤高が高い程排水の面からは有利となるが、埋立土量は多くなる。建設費の面からは、排水に係る費用と埋立造成に係る費用等を検討のうえ、地盤高が設定されることになる。

9.3.4.3 護岸

護岸の設計にあたっては、護岸本体の設計に加え、越波等によって引き起こされる視程障害、塩害に対する影響、護岸背後の空港施設および周辺地域(地域および海域)の利用状況について検討する必要がある。

【解 説】

- (1) 護岸の設計条件(安全性、周辺への影響、工費、工期、維持補修の難易等)については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。
- (2) 護岸の設計に際しては、越波の許容量が大きな要素であり、背後の空港施設の状況等を考慮し、許容越波流量の適切な数値を設定する必要がある。しかし、越波流量は、想定する波高の再現期間、周期、潮位変動、漂砂等による水深変化、基礎地盤の圧密沈下による護岸天端高の低下等の要因の変化に伴い大きく変動することから、護岸・埋立の設計全体の合理性を勘案して、その許容値を慎重に設定する必要がある。護岸高の設定時に想定する許容越波流量は、H.W.L 時の 50 年確率波高に対して $0.02\text{m}^3/\text{sec}\cdot\text{m}$ 程度としている。なお、想定する波高が高潮時の異常潮位を伴う場合には、H.H.W.L も考慮する必要がある。また、許容越波流量については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。
- (3) 越波による飛沫が想定される場合には、空港施設や空港周辺地域への塩害および航空機の離着陸時におけるパイロットの視界の確保等の阻害について検討し、必要に応じて飛沫を軽減させる対策(例えば消波工の設置等)を講ずることが望まれる。
- (4) 反射波や沿波が生じる場合には、付近を航行する小型船舶への影響や、周辺海岸地形への影響について検討し、必要に応じて波浪低減策(例えば消波工の設置等)を講ずる必要がある。
- (5) 越波排水計画における設計波は、一般に排水施設の降雨確率年に準じて 10 年確率波としている。
- (6) 越波により、護岸背後が影響を受ける恐れがある場合には、護岸背後を保護するため必要に応じて水たたきを設けることとする。水たたきの必要幅については、越波の飛散状況、護岸背後の土地の利用状況等に関係し、解析的な検討は難しいので、風を考慮にいたした模型実験、類似した条件下における模型実験、あるいは越波実態観測、または、他空港の実施例あるいは被災例等により設定される。既存空港における水たたき幅は 3m, 5.5m, 10m, 20m の 4 段階に類別できる。このうち、3m 幅は「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」

31)に準じたものであり、5.5m 幅は場周道路との兼用であり、また、10m、20m 幅は比較的波高の大きい護岸の背後において採用されている。

- (7) 水たたきの構造としては、コンクリート被覆式、アスファルト被覆式、コンクリートブロック被覆式、石積または石張被覆式等があるが、空港では主としてコンクリート被覆式やアスファルト被覆式が採用されている。なお、護岸を越波し浸入した海水は、適切な排水施設を設けて排除する必要がある。排水の方法および設計については、9.3.5「構造細目」に示している。

9.3.5 構造細目

- (1) 盛土地盤および切土地盤の安定性を確保するためには、排水性の確保および法面保護が必要である。
- (2) 埋立地盤の機能を確保するためには降雨、越波等に対する排水性を確保する必要がある。

【解 説】

(1) 盛土地盤の排水性の確保

- 1) 盛土の崩壊原因の多くは、地下水や雨水等の浸透水によるものであることから、盛土高が高いほど排水対策が重要になり、地形・地質等の条件に応じて、盛土内排水対策と法面排水対策を講ずる必要がある。
- 2) 盛土天端の平坦地から盛土体内部に浸透する表面水に対しては、法面への影響も含めて検討を行う必要がある。特に、凍結融解のおそれがある地域では、盛土体内部への浸透水の凍結融解によって法面崩壊を引き起こす可能性があるため、十分検討する必要がある。
- 3) 盛土内の浸透水を排除するためには水平排水層を設け、地山から盛土への水の浸透を防止するためには地山表面に基盤排水層を設ける必要がある。水平排水層は、高い排水機能を有する不織布や碎石や砂等を小段毎に設置することが標準とされている。また、基盤排水層には、透水性が高くせん断強さの大きい碎石や砂等の土質材料を用いる。基盤排水層は一般的に 50cm 程度とされている。地下排水工の詳細は「道路土工 盛土工指針」⁴⁾を参考とすることができる。

(2) 切土地盤の排水性の確保

- 1) 切土地盤の法面の排水性を確保するためには、地形・地質等の条件に応じて、法面表面水の排水対策もしくは地下排水対策(湧水対策)を講じる必要があり、「盛土地盤の排水性の確保」を参照することができる。
- 2) 転移表面を確保するための切土地盤の法面は、勾配が 1:7 と緩やかなため、長大な緩斜面になる場合には、表面浸食を防止するために縦排水溝を適切な間隔で設置する等の対策を講じる必要がある。
- 3) 浸食に弱い土質、透水層と不透水層の互層、崩積土地帯、地山と盛土の境界等は一般に湧水が多く、切土を行うと不安定になることが多いため、注意する必要がある。地表面に近い浸透水に対しては、目詰まりを起こしにくい材料を用い、法面蛇かご、暗渠などで排水対策を行う必要がある。なお、深部から湧水が浸出する場合には、孔口付近を蛇かごやコンクリート壁で保護した上で、水抜きボーリング工を行い、有孔管を挿入した水平排水孔

等で排水を行う必要がある。

- 4) 地すべり地のように、浸透水が法面安定に著しい悪影響を及ぼす場合には、浸透経路の途中に遮水壁を設ける等の対策を講じることもある。

(3) 法面保護

- 1) 盛土法面の保護は、法面の浸食・洗掘や風化等を防止するための植生・岩座張(リップラップ)もしくは法枠等の構造物による法面の被覆, または排水構造物の設置および法尻の洗掘を防止するための法留工の設置によって法面の安定を図ることを目的として行う。また、凍結融解の可能性がある地域の盛土法面は、凍結融解作用を受けて、脆弱化(劣化)することが避けられないため、適性材料の選択・利用や法面保護によって、その影響を緩和すること、外部からの誘因を抑制することなど必要な対策を講じる必要がある。法面保護工としては「道路土工 盛土工指針」⁴⁾を参考にすることができる。
- 2) 切土法面保護工の種類には、植生工、張工、法枠工、モルタル吹付工等があり、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」³⁵⁾を参考とすることができる。なお、ターミナル地区進入道路、場周道路等で切土法面と道路が近接している場合に、切土法面と交通の状況によっては、落石防止網の併用を検討する必要がある。

(4) 埋立地盤の排水性の確保

- 1) 埋立地盤の排水は、できるだけ速やかに空港外に排出する観点から、直接海域に排水することが望ましい。なお、この場合において、放流口の高さは設計潮位以上とし、波浪により逆流することがないようにする必要がある。
 - 2) 海象条件、地盤の勾配、護岸の構造、環境への配慮等から、直接海域に排水できない場合には、第1章「排水施設」を参考に、着陸帯側に排水施設を設置する必要がある。なお、この場合の降雨の流出量は、10年確率降雨量と、10年確率波による越波量を比較し、大きい流出量に合わせて排水施設を設置する必要がある。ただし、降雨と越波が同時に起こる頻度が多い地域等特別の事情がある場合には、降雨量と越波量の双方を考慮した流出量にあわせて設置する必要がある。
 - 3) 着陸帯側に排水施設を設置する必要がある場合であっても、埋立地盤においては、ポンディングは極力避けることが望ましい。ただし、降雨量あるいは越波量が多いと、排水施設の規模が極端に大きくなる場合があるため、一時的なポンディングについて検討することができる。なお、この場合、着陸帯の洗掘、芝枯れが生じないように配慮する必要がある。
- (5) 地盤表面には、雨水などによる浸食や航空機のブラストによる粉じんの防止などを目的として、芝の設置等により土壌を露出させないこととする。芝区域の植生区分については、一般に図-9.3.5のとおりとしている。

(1) 滑走路、誘導路およびエプロン



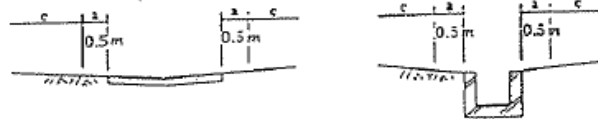
注) ① 供用中の空港の植生工事において、滑走路末端付近、誘導路の曲線部航空機のブラストの影響が大きい場所は別途範囲を決めることができる。

② 積雪寒冷地でショルダーが広い空港においては、b部の植生工は種子吹付工または播種工とすることができる。

(2) 場周道路、保安道路



(3) 排水工



植生区分 a : 張芝工 (全面張)
b : 張芝工 (鹿の子張)
c : 播 種

図-9.3.5 芝区域の植生区分の例

第Ⅲ編 構造設計編

第1章 設計の基本

1.1 総説

空港土木施設の設計においては、設計供用期間において当該施設が要求性能を満足することを確認するため、当該施設に想定される作用に対し、構造物や部材が限界状態に達しないことを適切な方法により照査する必要がある。

【解 説】

- (1) 設計にあたっては、当該施設の設計供用期間を設定し、施設の目的、周辺利用状況との関係等、当該施設の利用状況を適切に考慮した上で、構造物が耐久性、安全性、使用性、復旧性、環境等に関して要求された性能を満足することを照査する必要がある。なお、設計供用期間が、性能照査における作用の想定および材料の選定等に影響を与えることに留意する必要がある。
- (2) 構造物の設計は、施設計画においては、設定された各施設の構造種別・構造形式、規模・形状等に対し、要求性能の設定、構造詳細の設定、要求性能の照査を行う一連の作業で構成される。
- (3) 構造物の要求性能は、構造物の使用目的、重要度などを考慮して、適切に設定する必要がある。
- (4) 構造詳細の設定では、施設計画で設定された構造形式に対して、部材寸法、使用材料等の性能の照査で必要とされる情報の設定を行う。
- (5) 要求性能の照査では、設定された構造詳細の情報をを用いて、設定された要求性能に対する照査を行う。

1.2 要求性能

- (1) 構造物には、施工中および設計供用期間内において、構造物の使用目的に適合するために要求される全ての性能を設定することとする。

1) 安全性

安全性は、想定されるすべての作用のもとで、構造物が使用者や周辺の人々の生命や財産を脅かさないための性能とする。安全性には、構造物の構造体としての安全性と機能上の安全性があり、これらの両者の要求性能を設定しなければならない。

2) 使用性

使用性は、想定される作用のもとで、構造物の使用者や周辺の人が快適に構造物を使用するための性能、および構造物に要求される諸機能に対する性能とする。

3) 耐久性

耐久性は、想定される作用のもとで、構造物の材料の劣化により生じる性能の経時的な低下に対して構造物が有する抵抗性をいう。耐久性は設計供用期間にわたり安全性、使用性、復旧性の要求性能を満足するように設定しなければならない。

4) 復旧性

復旧性は、地震の影響等の偶発荷重等によって低下した構造物の性能を回復させ、継続的な使用を可能にする性能とする。復旧性は、構造物の修復の難易度や、性能の低下が及ぼす全ての要因を考慮して設定する。

5) その他の要求性能

環境や景観などの要求性能は必要に応じて設定するものとする。

構造物の設計供用期間は、構造物に要求される供用期間を適切に定めるものとする。

【解 説】

- (1) 設計供用期間の設定にあたっては、表-1.2.1 に示す ISO2394「構造物の信頼性に関する一般原則」における設計供用期間の概念分類を参考にすることができる。

表-1.2.1 ISO2394 における設計供用期間の概念分類の例

クラス	想定設計供用期間(年)	例
1	1－5	仮設構造物
2	25	交換構造要素，例えば橋台梁やベアリング
3	50	建物と他の公共構造物，下記以外の構造物
4	100 又はそれ以上	記念的建物，特別の又は重要な構造物， 大規模橋梁

- (2) 構造物の安全性は、変動作用や地震等偶発作用の影響による破壊や崩壊等の構造物の力学上定まる性能と使用目的や機能の喪失から定まる性能に大別される。機能上の安全性とは、構造物の破壊や崩壊等には影響がないが、人の生命や財産を脅かすような事象が生じないための性能である。
- (3) 使用性は、快適に構造物を使用するための性能と通常の状態での諸機能に対する性能であ

る。

- (4) 復旧性は、地震の影響等の偶発作用等により構造物の性能低下が生じた場合の性能回復の難易度を表す性能である。復旧性は、構造物の損傷に対する修復の難易度のみならず、被災後の点検のしやすさ、復旧資材の確保、復旧技術の向上などのハード面や、復旧体制などのソフト面の整備の有無に大きく左右される。修復性は、修復しないで使用可能な状態や、機能が短期間で回復できる程度の修復の必要な状態を念頭において、作用の規模に応じた要求性能のレベルを設定するのがよい。
- (5) 耐久性は、安全性、使用性、復旧性等の要求性能が設計供用期間中の全ての期間にわたり確保されることを目的に設定されるものであり、これらの性能と独立ではなく、これらの性能の経時変化に対する抵抗性となる。一般的には、設計供用期間中には環境作用による構造物中の各種材料劣化により不具合が生じないことを構造物の耐久性の要求性能として設定し、この前提が満足されているもとで、安全性、使用性、復旧性等の要求性能に関する照査を行う方法がとられている。

1.3 性能照査の基本

空港土木施設の性能照査においては、当該施設の要求性能に対し限界状態を設定し、当該施設に想定される作用に対して、当該施設の構造物または部材が限界状態に達しないことを確認する。また、性能照査にあたっては、施工中および設計供用期間中の作用の経時変化を考慮する必要がある。

【解 説】

- (1) 航空需要増加による航空機材の大型化等により、当初の想定を上まわる作用が想定される場合には、必要な性能照査を行い、当該施設の構造物または部材に対しての限界値を上まわる場合には、改良、補強等の対策を講じる必要がある。ただし、耐震性は、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾における空港全体の総合的な耐震性の検討を踏まえた照査を行う必要がある。
- (2) 限界状態は、一般に要求性能である耐久性、安全性、使用性および復旧性に対して、1.3.1「設計で考慮する限界状態」を参照して設定することができる。
- (3) 現在の技術的知見が不十分等の理由により、設計応答値や設計限界値および構造物係数等を設定しがたい場合は、適合みなし規定として、過去の経験に基づく方法によることができる。また、小規模な構造物などにおいては詳細な調査、設計を行い合理的な断面で施工するよりも、多少、安全側に配慮された仕様であっても、設計を簡素化した方がトータルコストが小さくなる場合が多い。
- (4) 本要領の照査方法は、限界状態設計法を基本としているが、現在の空港土木施設の技術的知見において、限界状態設計法の適用が可能な構造物は、コンクリート構造物である。そこで、コンクリート構造物に対しては限界状態設計法を、その他の構造物に対しては許容応力度設計を標準的な照査方法としている。コンクリート構造物に対する要求性能、照査項目、照査内容の例を表-1.3.1に示す。

表-1.3.1 コンクリート構造物に対する要求性能，照査項目，照査内容の例

要求性能	目標性能 の項目	照査項目 (限界状態)	照査内容	備考(照査実施の判断等)
安全性	構造物または 部材の破壊	断面破壊	断面力	設計荷重のもとですべての構成部材が断面破壊の限界 状態に至らないことを照査することが原則
			変位・変形量	
		疲労破壊	断面力・応力度	設計荷重のもとですべての構成部材が疲労破壊の限界 状態に至らないことを照査
		構造物の安定	変位・変形量	設計荷重のもとで構造物の安定の限界状態に至らない ことを照査することが原則
			地盤反力・揚圧力	
	公衆安全性	コンクリート剥落	塩化物イオン濃度	必要に応じて実施 耐久性の検討を満足すれば公衆安全を満足するとみなし てよい
			中性化深さ	
使用性	機能性	水密性	ひび割れ幅	地下構造物，水理構造物，貯水槽，トンネル等 水密性を要求しない場合は照査必要なし 防水シート・防水処置等の施工対策による代替可
			構造体の透水量	
	快適性	外観	ひび割れ幅	ひび割れが不安感等を与えず構造物の使用を妨げない PC構造はひび割れ幅による照査を省略可
			変位・変形量	
		走行性・歩行性	変位・変形量	快適性の保持，過大な変位による損傷防止，美観等 部材長さが断面高さに比べて十分に短い場合照査省略 可
		振動	周期・変位	必要に応じて実施(とくに重要な場合に実施) 一般にコンクリート構造物の騒音・振動は，鋼構造等他 の構造形式と比較し，問題になることは少ない
	公衆安全性	損傷	断面力・変形等	耐火性等必要に応じて実施
耐久性	—	鋼材腐食	ひび割れ幅	塩害及び中性化による鋼材腐食を防止 鋼材腐食は耐久性低下、水密性等機能低下，過大な変 形，美観の低下などの要因となる 塩害及び中性化のおそれがない環境の場合，イオン濃 度及び中性化深さによる照査は省略可 ただしひび割れ幅照査は実施が望ましい
			塩化物イオン濃度	
			中性化深さ	
		コンクリート劣化	相対動弾性係数	劣化因子の侵入によりコンクリートに有害な損傷が発生 しないことを照査 コンクリート凍結の恐れがない場合相対動弾性係数によ る照査は省略可 化学的浸食の恐れがない一般の環境の場合，化学的浸 食による照査は省略可 アルカリ骨材反応に対する定量的評価方法は確立され ておらず、施工時の対策実施により照査は省略可
			化学的浸食深さ	
			アルカリ骨材反応	

1.3.1 設計で考慮する限界状態

設計で考慮する限界状態としては以下があり，要求性能を考慮して適切に選定する必要がある．

- (1) 終局限界状態：安全性の照査
- (2) 使用限界状態：使用性・耐久性の照査
- (3) 疲労限界状態：安全性の照査
- (4) 修復限界状態：復旧性の照査

【解 説】

- (1) 限界状態に対する検討は，原則として，材料強度および荷重の特性値ならびに安全係数を用いて行うものとする．
- (2) 終局限界状態は，最大耐荷性能に対応する限界状態であり，安全性の照査に用いる限界状態である
- (3) 使用限界状態は，通常の使用性や機能確保または耐久性に関連する限界状態であり，使用性あるいは耐久性の照査に用いる
- (4) 疲労限界状態は，繰返し荷重により疲労破壊を生じて安全性が損なわれる状態であり，終局限界状態に含めて考える場合もあるが，ここでは別個に取り扱うことにした．
- (5) 修復限界状態は，地震の影響等の偶発作用により修復性が損なわれる限界状態であり，復旧性の照査に用いる．

1.3.2 性能照査の方法

性能照査は，設計応答値が設計限界値以下であることを合理的な方法により確認する必要がある．

- (1) 限界状態に関する検討は，1.4「安全係数」に定める安全係数を用い，各限界状態に対する安全性，使用性等の検討方法に基づいて行うものとする．
- (2) 作用及び作用の組み合わせは，第2章「作用」に基づいて行うものとする．

【解 説】

- (1) 構造物に関する性能照査は，次式により行うことができる．

$$\gamma_i \cdot S_d / R_d \leq 1.0 \cdots \cdots (1.3.1)$$

ここで，

S_d : 設計応答値

R_d : 設計限界値

γ_i : 構造物係数

(「コンクリート標準示方書 設計編」³⁶⁾)

1.3.3 設計応答値

性能照査に用いる設計応答値は，性能照査項目や性能指標に応じて，材料特性や構造物を適切にモデル化し，算出する必要がある．

【解 説】

- (1) 性能照査では，構造物や構造部材の破壊や変形等を性能指標として設定する必要がある，

その具体的な数値として、載荷重等が作用する場合に構造物に生じる力（断面力）や変位、曲率、ひずみ等の設計応答値を精度よく算出する必要がある。なお、構造物の設計応答値を精度よく求めるためには、材料特性をモデル化し、構造物を適切な力学モデルにより表現し、合理的に算出できる応答解析法を用いる必要がある。

- (2) 応答値の算定では、荷重は応答値が照査に対し最も不利となるように考慮するものとする。

1.3.4 設計限界値

性能照査に用いる設計限界値は、当該施設の要求性能や構造形式、材料、影響する作用の特性に応じて適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 設計限界値は、当該施設の要求性能に応じて設定する限界状態を具体的な数値として表したものであり、変動作用、偶発作用等の特性や、構造物、部材の状態、材料強度のばらつき、施設の限界状態に及ぼす影響の度合い、限界値の不確実性等を考慮し設定する必要がある。なお、この値は、全体系を考える必要がある構造物であるか否か、あるいは、コンクリート構造物であるか鋼構造物であるか等によっても異なる。
- (2) 本要領では、各施設の要求性能に応じた性能照査方法の例や、設計用値等を示しているが、本要領に示すもの以外については、適切な方法によって設定する必要がある。

1.4 安全係数

- (1) 安全係数は、材料係数 γ_m 、荷重係数 γ_f 、構造解析係数 γ_a 、部材係数 γ_b および構造物係数 γ_i とする。
- (2) 材料係数 γ_m は、材料強度の特性値からの望ましくない方向への変動、供試体と構造物中との材料特性の差異、材料特性が限界状態に及ぼす影響、材料特性の経時変化等を考慮して定めるものとする。
- (3) 荷重係数 γ_f は、荷重の特性値からの望ましくない方向への変動、荷重の算定方法の不確実性、設計耐用期間中の荷重の変化、荷重の特性が限界状態に及ぼす影響等を考慮して定めるものとする。
- (4) 構造解析係数 γ_a は、応答値算定時の構造解析の不確実性等を考慮して定めるものとする。構造解析係数 γ_a は、一般に 1.0 としてよい。
- (5) 部材係数 γ_b は、部材耐力の計算上の不確実性、部材寸法のばらつきの影響、部材の重要度、すなわち対象とする部材がある限界状態に達したときに、構造物全体に与える影響等を考慮して定めるものとする。部材係数 γ_b は、限界値算定式に対応して、それぞれ定めるものとする。
- (6) 構造物係数 γ_i は、構造物の重要度、限界状態に達したときの社会的影響等を考慮して定めるものとする。
- (7) 非線形解析法を用いて性能照査を行う場合は、解析法に用いる照査指標に応じて上記の安全係数の主旨を考慮して適切に設定しなければならない。

【解 説】

- (1) 本要領では、コンクリート構造物の照査は、限界状態設計法に基づくことを基本としている。部材断面の破壊を対象とする限界状態による安全性照査においては、作用の特性値から設計応答値を求める過程で荷重係数 γ_f と構造解析係数 γ_a の2つの安全係数を、また、材料強度から設計限界値を求める過程で材料係数 γ_m と部材係数 γ_b の2つの安全係数を設定し、さらに設計応答値と設計限界値を比較する段階で構造物係数 γ_i を設けている。
- (2) 空港土木施設（付帯施設）に対する安全係数は、限界状態、設計荷重区分に応じて表-1.4.1を参考にして設定することができる。なお、既設構造物の照査においては、荷重係数を1.0とすることができる。また構造物係数は、構造物の重要度や社会的影響に基づき、1.0～1.2の間で設定することも可能である。

表-1.4.1 安全係数の例

		基準書名	材料係数		部材係数	構造解析係数	荷重係数	構造物係数
			コンクリート	鋼材				
安全性	断面破壊	W荷重	1.3	1.0	1.1～1.3	1.0	1.2	1.2
		W'荷重					1.0	1.0
		LT・LF・T-25荷重					1.0～1.2	1.0～1.2
	疲労破壊	W荷重	1.3	1.05	1.0～1.3	1.0	1.1	
		W'荷重					1.0	
		LT・LF・T-25荷重					1.0～1.1	
使用性		W荷重	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
		W'荷重						
		LT・LF・T-25荷重						
修復性		W荷重	1.3	1.0	1.0～1.3	1.0	1.2	
		W'荷重					1.0	
		LT・LF・T-25荷重					1.0～1.2	

注1: 断面破壊は線形解析を用いる場合の係数を表記した

注2: 鋼材は通常鉄筋を使用する場合の係数を表記した

注3: 部材係数はせん断耐力も含めて表記した

注4: 荷重が小さい方が不利になる場合の係数0.8～1.0は便宜上省略した

注5: 地震時の安全係数は省略した

1.5 対象施設の構造形式

構造形式の選定に当たっては、その特徴を理解し、使用目的、内空断面や土被りの他、接地箇所の地形・地質、土質・地盤、施工条件等を考慮のうえ、合理的かつ経済的となるよう選定するものとする。

【解 説】

- (1) 本要領で対象とする構造形式は、次のとおりとしている。
- 1) コンクリート構造物：ボックスカルバート、U型側溝、排水施設等接続枳
 - 2) 管構造物：剛性管、たわみ性管
 - 3) 舗装
 - 4) 複合構造物
 - 5) 橋梁形式の構造物
 - 6) 土構造物・護岸

第2章 作用

2.1 一般

設計作用は、設計の対象とする施設が置かれる状況を十分考慮して設定する必要があり、複数の作用が同時に働く場合は、構造物や部材の状態が最も厳しくなる状態について考慮する必要がある。また、その際、当該施設において考慮すべき作用の再現期間等の特性や設計供用期間を考慮する必要がある。

【解 説】

- (1) 設計作用は、その大きさの時間的変動および社会的に対応すべきリスク等に応じて、以下に示す、永続作用、変動作用、偶発作用に区分することができる。空港土木施設において、設計供用期間中に想定される主な作用は表-2.1.1 に示すとおりであり、各施設がおかれる状況や環境によっては、これ以外の作用も考慮する必要がある。

表-2.1.1 主な作用の分類

	作 用
永続作用	自重，土圧，腐食・凍結融解や温度変化等の環境作用 等
変動作用	航空機・車両等による載荷重，レベル1地震動，水圧，変動波浪 等
偶発作用	レベル2地震動，偶発波浪，津波 等

- (2) 設計作用は、施工中及び設計供用期間中に想定される作用を、要求性能に対する限界状態に応じて、適切に組み合わせるものとする。設計作用の組合せの例を表-2.1.2 に示す。なお、必要に応じて施工時の作用も適切に考慮する。
- (3) 設計作用は、作用の特性値に荷重係数を乗じて定めるものとする。

表-2.1.2 設計作用の組み合わせの例

限界状態	考慮すべき組み合わせ
終局限界状態	永続作用+主たる変動作用+従たる変動作用
	永久作用+偶発作用+従たる変動作用
使用限界状態	永久作用+変動作用
疲労限界状態	永久作用+変動作用

- (4) 地震動の影響(レベル1地震動，レベル2地震動)については、参考とする基準類により考え方が異なる場合があるため、対象とする施設に応じて適切に設定する必要がある。なお、耐震性の照査については「空港土木施設耐震設計要領」²⁾に基づくこととする。

2.2 荷重の特性値

荷重の特性値は、検討すべき要求性能に対する限界状態について、それぞれ定めなければならない。荷重の規格値または公称値がその特性値とは別に定められている場合には、荷重の特性値は、その規格値または公称値に荷重修正係数 ρ_f を乗じた値とする。

【解 説】

- (1) 安全性に関する照査に用いる永久作用、主たる変動作用および偶発作用の特性値は、構造物の施工中および設計耐用期間中に生じる最大値の期待値とする。ただし、小さい方が不利となる場合には、最小値の期待値とする。また、従たる変動作用の特性値は、主たる変動作用および偶発作用との組合せに応じて定めるものとする。なお、疲労の照査に用いる作用の特性値は、構造物の設計耐用期間中の作用の変動を考慮して定めるものとする。従たる変動作用は、主たる変動作用や偶発作用と組み合わせて、付加的に考慮すべき作用である。したがって、その特性値は、同じ変動作用を主たる変動作用とした場合よりも一般的に小さい値に設定してよい。
- (2) 使用性に関する照査に用いる作用の特性値は、構造物の施工中および設計耐用期間中に比較的しばしば生じる大きさのものとし、検討すべき要求性能に対する限界状態および作用の組合せに応じて定めるものとする。ここで、比較的しばしば生じる大きさの作用とは、その作用の大きさでは、ひび割れ、変形などの限界状態に達しないこととする値である。したがって、それぞれの構造物の特性や作用の種類、検討すべき限界状態に応じて定める必要がある。
- (3) 復旧性に関する照査に用いる作用の特性値は、構造物の設計耐用期間中に生じる最大値の期待値を上限值として、設定された性能の限界状態に応じた値とする。
- (4) 耐久性に対する照査に用いる荷重の特性値は、構造物の施工中および設計耐用期間中に比較的しばしば生じる大きさのものとす。

2.3 荷重係数

設計作用として作用の特性値に乘じる作用係数は、表-2.3.1 を標準とする。

表-2.3.1 荷重係数

限界状態の種別	作用の種類	作用係数
終局限界状態	永久作用	1.0
	主たる変動作用	1.0～1.2※
	従たる変動作用	1.1～1.2
	偶発作用	1.0
使用限界状態	すべての作用	1.0
疲労限界状態	すべての作用	1.0

※自重以外の永久作用が小さい方が不利となる場合には、永久作用に対する作用係数を 0.9～1.0 とするのがよい。

【解 説】

- (1) 荷重係数とは、荷重の特性値からの望ましくない方向への変動、荷重の算定方法の不確実性、設計耐用期間中の荷重の変化、荷重特性が限界状態に及ぼす影響、環境荷重の変動等を考慮するための安全係数である。
- (2) 航空機による設計荷重（W 荷重）は、新機材の開発や滑走路延長等に伴い、設計耐用期間中の変動が大きく、適切に設定する必要がある。
- (3) 新設される構造物設計の終局限界状態の照査に用いる W 荷重の荷重係数は 1.2 とすることができる。また、既設構造物の照査において、設計機材を限定することができる場合、荷重係数を 1.0 としてよい。
- (4) W'荷重は、一時荷重扱いであり、航空機荷重の影響を受ける頻度が極めて小さいことから荷重係数を 1.0 としてよい。

2.4 作用の種類と特性値

2.4.1 一般

空港土木施設の設計に当たっては、一般に以下に示す作用を考慮する。

- (1) 活荷重
 - ・ 航空機荷重
 - ・ 車両荷重
- (2) 死荷重（自重）
- (3) 土圧
- (4) 水圧
- (5) 風荷重
- (6) 雪荷重
- (7) 地震の影響
- (8) 施工時荷重
- (9) その他

2.4.2 活荷重

2.4.2.1 航空機

- (1) 当該空港に現在就航している航空機や就航を予定している航空機および就航が予想される航空機を考慮し、設計荷重区分を適切に選定する。
- (2) 航空機荷重により地下構造物に作用する鉛直方向地中応力は、弾性解析等の適切な方法により算出する必要がある。

【解 説】

- (1) 地下構造物に対する載荷重は、地中の荷重分散を考慮して設定する必要があり、弾性解析等の適切な方法で算定する。
- (2) 航空機荷重による鉛直方向地中応力は、当該空港への就航が予想される航空機の最大機材の ICAO 航空機コードに応じて表-2.4.1 の値を用いることができる。
- (3) 表中の地中応力は、例えば、コード F の場合は、コード F 以下の全ての機材を、コード E

の場合は、コード E 以下の全ての機材を対象として、弾性解析等により主脚全車輪を考慮した鉛直方向地中応力の最大値である。

- ① 表中の地中応力は、二次元 FEM 解析結果を元に弾性解析で得られた応力を 1.3 倍している。これは、構造物の反力による応力増加を考慮したものであり、後述する衝撃荷重は別途考慮する必要がある。なお構造物に直接荷重が載荷する地表構造物の場合は、1.3 倍を考慮しなくてよい。
- ② 表-2.4.1 の作成において対象とした航空機の車輪配置や荷重諸元等および弾性解析による鉛直方向地中応力の算出例は、付録-1「航空機荷重の諸元」および付録-2「弾性解析による鉛直方向地中応力の算定方法の例」に記載している。
- ③ 特定機種に対する既設構造物の照査では、対象機材の諸元等に基づき鉛直方向地中応力を別途設定してもよい。

表-2.4.1 鉛直方向地中応力 (kPa)

深度	コードF	コードE	コードD	コードC
1.0m	191.5	191.5	166.0	165.7
1.5m	131.9	131.9	112.6	95.1
2.0m	108.1	108.1	82.8	59.3
2.5m	87.4	87.4	61.5	40.0
3.0m	70.6	70.6	46.9	28.7
3.5m	61.2	57.6	36.6	21.6
4.0m	54.0	49.4	29.2	16.8
4.5m	48.2	43.9	23.9	13.6
5.0m	43.5	39.5	19.9	11.2
5.5m	39.7	35.8	16.8	10.0
6.0m	36.4	32.6	14.5	10.0
6.5m	33.7	29.8	12.7	10.0
7.0m	31.3	27.3	11.2	10.0
8.0m	27.2	23.2	10.0	10.0
9.0m	23.7	20.0	10.0	10.0
10.0m	20.8	17.3	10.0	10.0

- (4) 土被り 4m 未満の地下構造物においては衝撃荷重等を考え、鉛直地中応力を 30%割増しすることとする。
- (5) コンクリートスラブ等、荷重分散効果の高い構造下に構造物が埋設される場合は、その効果を考慮することができる。このような場合の鉛直方向地中応力の算定方法は、付録に記載している。
- (6) 荷重分散角は、構造物の規模・土被り等により異なるため、弾性解析等の結果に基づき適切に設定する必要があるが、一般的には 45 度としてよい。
- (7) 航空機荷重により地下構造物側面に作用する水平方向地中応力は、式(2.4.1)により算出することができる。

$$P_{hl} = P_{vl} \times K_0 \quad \dots\dots\dots (2.4.1)$$

ここで、

P_{hl} : 水平方向地中応力 (kN/m²)

P_{vl} : 鉛直方向地中応力 (kN/m²)

K_0 : 静止土圧係数 (標準 0.5)

なお、地表構造物の場合は、次式により求めるものとする。

$$P_{hl} = P_{vl} \times K_a \quad \dots\dots\dots (2.4.2)$$

ここで、

K_a ：主働土圧係数で $\tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$ により求める。

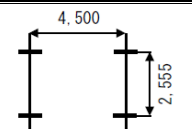
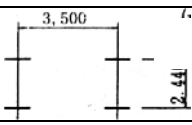
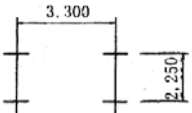
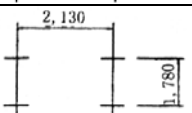
2.4.2.2 トーイングトラクター

- (1) トーイングトラクターにより地中構造物に作用する鉛直方向地中応力は、弾性解析等の適切な方法により算出することができる。
- (2) トーイングトラクターは、就航予定の航空機に応じて適切に選定する必要がある。

【解 説】

- (1) トーイングトラクターによる地中応力は、基本的に航空機と同様の方法で算出することができる。
- (2) トーイングトラクター荷重の諸元は、表-2.4.2 に示す値を用いることができる。
- (3) 表-2.4.2 のトーイングトラクター荷重は、当面使用される予定のトーイングトラクターの機種に合わせて選定することを基本としている。これは、GSE 車両通行帯等では将来より大きな荷重の車両が導入されたとしても補強工事等が比較的容易であるためである。ただし、構造物の補強工事等が空港に大きな影響を及ぼすと考える場合や施設機能の代替等が困難な場合等を勘案して、将来想定される荷重を設計荷重として選択する方が望ましいと判断されれば十分な検討を行って将来荷重を採用することもできる。

表-2.4.2 トーイングトラクター荷重の諸元

区 分	車 輪 の 配 置	総質量 (t)	輪荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)	接地幅 (mm)	接地長 (mm)
LTK-0		70	172	0.55	460	680
LTK-1		50	123	0.88	400	350
LTK-12		25	62	0.69	350	260
LTK-2		16	39	0.86	300	150

- (4) トーイングトラクター荷重により地下構造物に作用する鉛直方向地中応力は、ポストンコード法により算出した表-2.4.3 に示す値を用いることができる。ただし、土被りが 1m 未

満の場合の鉛直方向地中応力は、弾性解析等の適切な方法により算定する必要がある。なお、表-2.4.3 は、土被り 4m 未満で衝撃荷重を考慮し、鉛直方向地中応力を 30%割り増した値を示している。

表-2.4.3 トーイングトラクター荷重による鉛直方向地中応力
(単位：kN/m²)

土被り(m)	LTK-0	LTK-1	LTK-12	LTK-2
1.0	76	70	39	43
1.5	60	55	30	20
2.0	43	34	18	12
2.5	29	23	12	10
3.0	21	16	10	10
3.5	16	12	10	10
4.0	13	10	10	10
4.5	10	10	10	10
5.0 以上	10	10	10	10

- (5) 表-2.4.3 の値は、トーイングトラクター1 台によるものであり、複数のトーイングトラクター荷重が作用する場合には、別途検討する必要がある。なお、鉛直方向地中応力は、トーイングトラクターの車輪の配置の違いから、深さによっては荷重の小さいものの方が大きな応力となる場合があり、表-2.4.3 において□で囲んだ部分の応力は大きい方を用いる必要がある。
- (6) 地下構造物は土被り厚 1m 以上を確保できる位置に設置することが望ましいが、施設配置計画上土被り厚が 1m 未満となる場合で、コンクリートスラブ等、荷重分散効果の高い構造下に構造物が埋設される場合は、その効果を考慮することができる。このような場合の鉛直方向地中応力の算定方法は、付録-2「弾性解析による鉛直方向地中応力の算定方法の例」に記載している。
- (7) トーイングトラクターにより地下構造物側面に作用する水平方向地中応力の算出は、航空機荷重の場合と同様の方法で求めることができる。

2.4.2.3 自動車・大型消防車

自動車及び大型消防車により地下構造物に作用する地中応力は、適切な方法で算定する必要がある。

【解 説】

- (1) 自動車及び大型消防車により地下構造物に作用する鉛直方向地中応力は、式(2.4.3)で算出することができる³⁾。ただし、鉛直方向地中応力は、10kN/m²以上とする。

$$P_{vl} = \frac{P_l \cdot \beta}{W} = \frac{2 \times \text{輪荷重}}{\text{車両1組の占有幅}} \times (1+i) \times \frac{\beta}{2h + \text{車輪接地長}} \quad \dots\dots\dots (2.4.3)$$

ここで

P_{vl} : 鉛直方向地中応力(kN/m^2)

β : 断面力の低減係数

i : 衝撃係数

表-2.4.4 衝撃係数

カルバートの種類	土被り(h)	衝撃係数
・ボックスカルバート ・アーチカルバート ・門型カルバート ・コルゲートメタルカルバート	$h < 4m$	0.3
	$4m \leq h$	0
・パイプカルバート	$h < 1.5m$	0.5
	$1.5m \leq h < 6.5m$	$0.65 - 0.1h$
	$6.5m \leq h$	0

表-2.4.5 断面力の低減係数

	土被り $h \leq 1m$ かつ 内空幅 $B \geq 4m$	左記以外
低減係数	1.0	0.9

- (2) 自動車荷重により構造物側面に作用する水平方向地中応力は、以下のとおりとしてよい³⁾。

$$P_{hl} = 10 \cdot K_0 \quad \dots\dots\dots (2.4.4)$$

ここで

P_{hl} : 水平方向地中応力(kN/m^2)

K_0 : 静止土圧係数 (標準0.5)

- (3) 大型消防車荷重により構造物側面に作用する水平方向地中応力は、航空機荷重の場合と同様の方法により算出することができる。
- (4) 自動車および大型消防車の荷重諸元は、表-2.4.6、表-2.4.7に示す値としてよい。

表-2.4.6 自動車荷重の諸元

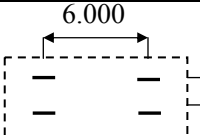
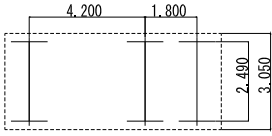
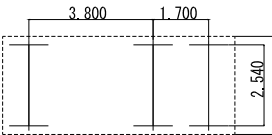
区 分	車 輪 の 配 置	総質量 (t)	輪荷重 (kN)	接地圧 (N/mm^2)	接地幅 (mm)	接地長 (mm)
自動車 荷重		25	100	1.0	500	200

表-2.4.7 大型消防車荷重の諸元

区 分	車 輪 の 配 置	総 質 量 (t)	輪 荷 重 (kN)	接 地 圧 (N/mm ²)	接 地 幅 (mm)	接 地 長 (mm)
LF-1		44.1	72.7	0.45	360	450
LF-2		39.5	65.9	0.43	365	420

- (5) 自動車荷重を使用して設計を行う場合には、大型消防車の通行等を考慮し、十分に検討する必要がある。
- (6) 大型消防車荷重は、自動車荷重より鉛直方向地中応力が大きくなる 2 つのタイプに分類される。LF-1 は大型消防車の 12,500ℓ クラス、LF-2 は、8,500ℓ クラスを示している。なお、4,500ℓ クラスの消防車は自動車荷重より鉛直方向地中応力が小さくなるので対象としていない。また、その他の大型消防車荷重を使用する場合は、自動車荷重との比較を行い、鉛直方向地中応力が大きい方を採用する必要がある。
- (7) 大型消防車荷重を考慮して設計を行う地下構造物は、日常の消防訓練の際に消防自動車が行走する経路の下に設置される地下構造物である。ただし、それ以外の区域に設置される地下構造物についても、非常時を想定して、大型消防車荷重の一時的な作用を採用し、2.4.2.4「載荷重の選択」の考え方に準拠して、性能照査を行うことができる。

2.4.2.4 載荷重の選択

2.4.2.4-1 一般

構造物の設計載荷重は、構造物の重要度、設置位置、深度、要求性能に応じて適切に設定する必要がある。

【解 説】

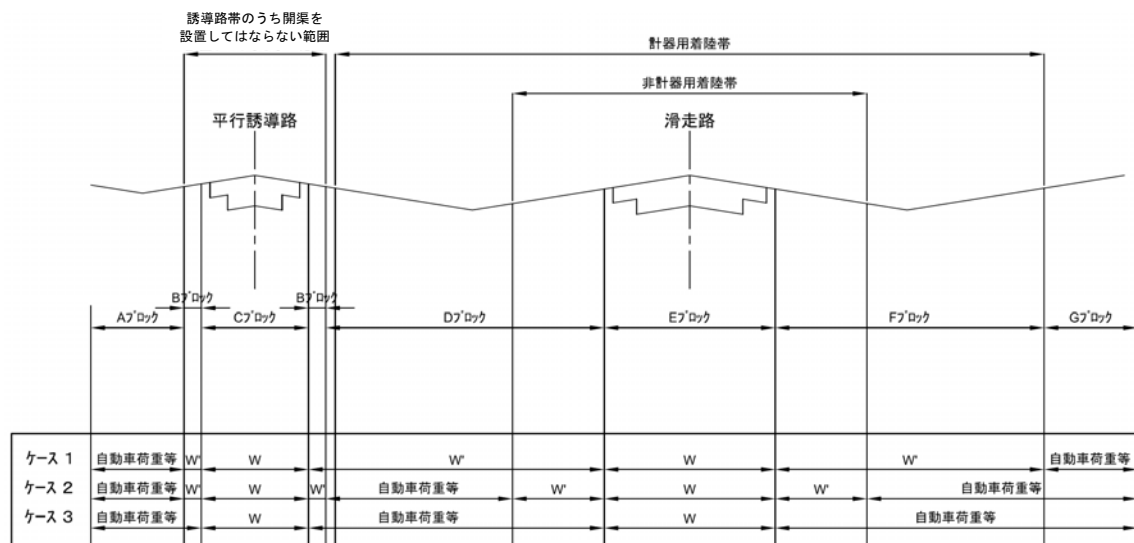
- (1) 構造物の設計活荷重区分は、次のように分類される。

- 1) W 荷重：航空機荷重
- 2) W' 荷重：航空機荷重（一時荷重）
- 3) LT 荷重：トローリングトラクター荷重
- 4) LF 荷重：大型消防車荷重
- 5) LF' 荷重：大型消防車荷重（一時荷重）
- 6) T25 荷重：自動車荷重
- 7) T25' 荷重：自動車荷重（一時荷重）

- (2) 一時荷重の W' 荷重, LF' 荷重, $T25'$ 荷重について, 荷重そのものは W 荷重, LF 荷重, $T25$ 荷重と同じであるが, 作用頻度が極めて少ないため, 安全係数 (許容応力度設計法を適用する場合は安全率) を低減させる範囲である. 中でも W' 荷重の作用頻度は極めて稀であることから, 限界状態設計法において, W' 荷重による使用限界状態の照査は省略できる.

2.4.2.4-2 着陸帯および誘導路帯周辺の構造物

- (1) 着陸帯および誘導路帯周辺に設置される構造物で対象とする載荷重は, 同構造物の性格および設置位置に応じて下図に従い設定することができる.



(注) その他の誘導路も平行誘導路に準じる

図-2.4.1 構造物の種類, 設置位置別載荷重

- (2) 構造物の種類はそれぞれ次のとおりである

1) ケース 1

地下道・共同溝等, 航空機が逸脱した場合, 構造物が破壊または損傷することにより, 航空機の損傷や人命に危害が生じる恐れが大きい構造物, あるいは, 給油管, ライフライン等, 航空機の逸脱による構造物の破壊等が空港の機能上に甚大な被害を与えるような構造物

2) ケース 2

マンホールや貯水槽等, 航空機が逸脱した場合, 構造物の破壊等が航空機に大きな損傷を及ぼさず, また, その施設の機能を代替できる等, 他の箇所または空港機能に大きな影響を及ぼさない構造物

3) ケース 3

ハンドホール等, 航空機が逸脱した場合, 構造物の破壊等が航空機に損傷を及ぼさず, また, その空港機能への影響が小さい構造物

- (3) C, E ブロックの範囲は, 航空機荷重が滑走路または誘導路の本体端から土中に 45° の角度で分散するものとして, 一般に滑走路幅または誘導路幅と構造物の土被りを加えた長さ以上とする. なお, W' 範囲端は分散角を考慮しなくてもよい.

【解 説】

- (1) ケース 2 の荷重は、非計器用の着陸帯として必要な最小の区域外にまで航空機が逸走する確率は少なく、かつ、そこに達するまでには航空機の脚が折れ、胴体でスライディングしている例が多いということ、また、たとえ破壊・損傷しても滑走路の閉鎖を伴わない修復作業となる可能性が高いことから、ケース 1 と比較して載荷重を小さくしている。なお、この場合、次の条件が満たされる構造物である必要がある。
 - 1) 万一破壊・損傷しても修復が完了するまでの間、空港機能に大きな影響が生じないもの。
 - 2) 滑走路の閉鎖を伴わず修復工事が可能であることを確認できるもの。
- (2) 貯水槽は精密進入を行わない（非計器用）着陸帯の区域外で、かつ滑走路にできるだけ近い適切な位置に設けることが望ましく、その場合、設計荷重は自動車荷重等とすることができる。また、誘導路帯のうち開渠があつてはならない部分の B ブロックは、高速脱出誘導路帯を除き自動車荷重等とすることができる。
- (3) 皿型排水溝の設計荷重は、一般には無載荷とするが、保安道路と兼用するような場合は自動車荷重等とすることができる。
- (4) W, W', 自動車荷重等の範囲は、構造物の施工目地・人孔等の関係で荷重条件が安全側になる方向に広げることができる。また、B ブロックの W' 区域は、ブロック区間が短い場合、施工性も考慮して W 区域とすることができる。
- (5) 航空機が滑走路や誘導路を逸脱し着陸帯や誘導路帯を逸走することや自動車が場周道路、保安道路等以外の芝部などを走行することは、まれな事例として考えられることから、その時の載荷重は一時的荷重³⁷⁾とみなし、それに応じた限界状態や安全係数を設定することができる。
- (6) 過走帯下の地下構造物に対する設計荷重は、将来における滑走路の延長、航空機荷重のオーバーランやアンダーシュート時における安全性などを考慮して滑走路に準じて設定することとする。
- (7) 一般的な空港土木施設（付帯施設）の設置位置別の設計荷重区分の例を表-2.4.8 に示す。

表-2.4.8 空港土木施設（付帯施設）の設計荷重区分の例

対象施設・構造形式				設置位置						
				基本施設 舗装下	非計器用着陸帯 誘導路帯のうち 開渠不可範囲	非計器用を除く 計器用着陸帯	GSE通行帯等	消防車訓練時 移動経路 ^{注2}	場周・保安道路 道路駐車場	緑地等
付 帯 施 設	排水施設	開渠	皿型排水溝 (道路兼用)	—	—	T25	—	LF ^{注5}	T25	—
			U型排水溝	W	W ^{注3}		LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
		暗渠	ボックス 剛性管	W	W ^{注3}		LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
			たわみ性管	W	W ^{注3}		LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
		接続柵	立上り	W	W ^{注3}	舗装部:T25 緑地部:T25 ¹	LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
			本体	W	W ^{注3}		LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
	道路駐車場	地下道	ボックス	W	W ^{注3}		LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
		橋梁	コンクリート橋 鋼橋	—	—		LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	—
	共同溝		ボックス	W	W ^{注3}		LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
	消防水利 施設	貯水槽	ボックス	W	W ^{注3} ※開渠不可範囲 のうち高速脱出以 外はT25	T25	LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
		消火栓	配水管	W	W ^{注3}		LT ^{注5}	LF ^{注5}	T25	T25 ^{注1}
	進入灯橋梁		鋼橋	—	—	—	—	—	—	協議

注1) T25とは自動車荷重の一時的荷重を示す

注2) LFの対象エリアの具体的な設定は、各空港の運用を考慮し決定する

注3) Wについて、T25等の常時荷重およびLF(消防車荷重の一時的荷重)等の一時荷重を加えた中で構造断面に最も影響を与える荷重を適用する

注4) LFとは大型消防車荷重の一時的荷重を示す

注5) LT・LFは、T25を加えた中で構造断面に最も影響を与える荷重を適用する

注6) 場周柵、プラストフェンスは風荷重が対象のため、本表から除いている

2.4.2.4-3 エプロンおよび GSE 車両通行帯の構造物

- (1) エプロンに設置される表面排水溝およびマンホール等の構造物（以下、地表構造物）の設計活荷重は、地下構造物と同様に、当該空港に現在就航している航空機や就航を予定している航空機および就航が予想される航空機を考慮し、設計荷重区分を適切に選定する。ただし、エプロン誘導路部分およびその周辺は、誘導路帯に準じるものとする。
- (2) GSE 車両通行帯等に設置される構造物の設計活荷重は、トーイングトラクター荷重または自動車荷重等のうち大きい方の荷重を用いるものとする。

【解 説】

- (1) 航空機荷重による鉛直方向地中応力は、当該空港への就航が予想される航空機の最大機材の ICAO 航空機コードに応じて表-2.4.1 の値を用いることができる。
- (2) 特定機種に対する既設構造物の照査では、対象機材の諸元等に基づき鉛直方向地中応力を別途設定してもよい。
- (3) エプロンの舗装下に埋設される地下構造物は、2.4.2.4-2「着陸帯および誘導路帯周辺の構造物」の構造物の種類区分ケース 1 の施設を対象としているが、それ以外の施設であっても、その施設位置によって構造物が破壊または損傷した際にその施設機能の代替等が困難な場合や構造物の修復工事が工事期間によって空港の運用に大きな影響を及ぼすと考える場合には同様に取扱うことができる。

2.4.2.4-4 道路および駐車場の構造物

道路および駐車場に設置される構造物の設計活荷重は、自動車荷重とする。

【解 説】

- (1) 大型消防車が配置される空港の消防車通行区域の設計活荷重は、大型消防車荷重とする。

2.4.2.4-5 その他区域の構造物

その他の区域に設置される構造物の設計活荷重は、自動車荷重とする。ただし、明らかに車両等の走行が想定されない場合には、無載荷の場合や群集荷重による作用等を考慮して適切に設定するものとする。

2.4.3 自重

自重は、材料の単位体積重量をもとに、適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 自重の算出に用いる単位体積重量は、表-2.4.9に示す値³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾を用いることができる。また、土の単位体積重量については、当該箇所の地盤より採取した試料の土質試験結果に基づき設定することができるが、これが困難な場合は、表-2.4.10に示す値³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾を用いることができる。

表-2.4.9 材料の単位体積重量

材 料	単位体積重量(kN/m ³)
鋼・铸鋼・鍛鋼	77.0
铸铁	71.0
アルミニウム	27.5
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
コンクリート	23.0
セメントモルタル	21.0
木 材	8.0
瀝青材(防水用)	11.0
アスファルト舗装	22.5

表-2.4.10 土の単位体積重量 (kN/m³)

地盤	土質	緩いもの	密なもの
自然地盤	砂・砂れき	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛土	砂・砂れき	20	
	砂質土	19	
	粘性土	18	

※ 地下水位以下にある土の単位体積重量は、表中の値から9を差し引いた値としてよい

2.4.4 地盤条件

考慮すべき地盤条件は、支持層の深さ、工学的基盤面の深さ、軟弱層の厚さなどの地盤の成層状態、地下水位(残留水位)、密度、物理特性、せん断特性、圧密特性、透水性、液状化特性等であり、適切な方法により設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 性能照査に用いる地盤定数の設計用値は、地盤調査および土質試験の特性を踏まえた合理的な理由がある場合には、調査・試験結果を特性値とすることができる。
- (2) 地盤条件を設定するための地盤調査は、対象施設の構造、規模および当該施設を設置する地点周辺の地盤の性状を適切に考慮する必要がある。
- (3) 地盤条件を設定するための土質試験は、対象施設の性能照査において考慮する地盤条件を適切に設定できる方法により行う必要がある。

2.4.5 土圧

考慮すべき土圧は、鉛直土圧、水平土圧、地盤反力等であり、その特性値は、構造物の種類とその剛性、土圧の種類や要求性能等に応じて設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 構造物に作用する土圧は、土被り厚、土の質量、構造物の種類を考慮して設定する必要がある。
- (2) 土圧には、鉛直土圧と側方土圧があり、後者はさらに静止土圧、主働土圧、受働土圧がある。
- (3) 地震時の土圧については、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。

2.4.5.1 鉛直土圧

構造物に作用する鉛直土圧の特性値は、構造形式や形状に応じて、地表から構造物上面までの深さ、埋戻し土や舗装の重量、地表面の荷重等を考慮して設定するものとする。

【解 説】

- (1) 構造物に作用する鉛直土圧の特性値は、地下構造物の形態と、それが地中に設置されたときの状態によって、異なっており、構造物の形態としては、箱型と管型に分けられる。
- (2) 鉛直土圧の特性値の算定は、第4章および第5章を参照することができる。
- (3) 構造物に作用する鉛直土圧の算定に当たっては、ボックスカルバートのような箱型の構造物においては、構造物の支持条件によって土圧が変化するので注意する必要がある。
- (4) 管渠のような管型の構造物に対しては、マーストンによる式を用いているが、構造物を杭で支持した場合には、箱型と同様に土圧が変化する傾向があるので注意する必要がある。

2.4.5.2 水平土圧

構造物に作用する水平土圧は、構造物周辺の地盤、活荷重を考慮して設定するものとする。

2.4.5.3 基礎反力

躯体構造物底面の基礎反力は、地盤の特性、構造物底面の形状等を考慮して適切に設定するものとする。

2.4.6 水圧

構造物が水際に配置される場合や地下水位以下となる場合は、水圧を適切に考慮する必要がある。

【解 説】

- (1) 水位が一定の場合は、水位面より深さ方向に直線的に増加する静水圧分布と考えてよいが、地盤の成層状況等によっては、静水圧分布とならない場合がある。
- (2) 構造物の前面と背面で水位差を生じる場合や地震動の影響により構造物に作用する水圧分布が変化する場合は、残留水圧や動水圧等を考慮する必要がある。
- (3) 構造物が地下水位以下に設置される場合は、構造物底面に作用する上向きの静水圧や地震動による過剰間隙水圧が浮力(揚圧力)として生じるため、土被りが小さい場合には浮力を適切に考慮する必要がある。

2.4.6.1 残留水圧

水際に配置する構造物が水密な構造である場合や裏込めの透水性が小さい場合には、前面の水位と背面の裏込め内の水位に水位差を生じることがある。裏込め内の水位が前面の水位よりも高く、しかも水位差が最大となる場合に構造物に作用する水圧が残留水圧である。

【解 説】

- (1) 残留水位差の大きさは、構造物の形式および、その周囲の透水性、潮差等により異なる。
- (2) 残留水圧を考慮する場合については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。

2.4.6.2 動水圧

常時水に接する構造物の場合は、地震による動水圧を考慮する必要がある。

【解 説】

- (1) 動水圧の算定方法は、定常振動に対する動水圧を基にした方法が一般的であるが、他の作用等の位相関係を考慮し、必要に応じて不規則振動に対する動水圧を算定する必要がある。
- (2) 動水圧を考慮する場合については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。

2.4.7 波浪および津波

波浪の影響を考える場合は、長期間の実測値又は推算値に基づいた統計的解析を行い、波高・周期・波向などの波浪条件を適切に設定する必要がある。また、津波の影響を考える場合は、既往の津波災害時の記録または想定される地震等による津波の初期条件を踏まえた数値解析モデル等に基づき設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 空港土木施設に作用する波浪の影響を考える場合、時間の経過に伴い波高と周期が変化する不規則波として取り扱い、一般的な代表波として有義波を用いている。
- (2) 波浪および津波の影響を作用として考慮する場合については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。

2.4.8 地盤の沈下

施工期間中や設計供用期間中に圧密沈下等による地盤の変動が予想される場合は、沈下の影響を考慮する必要がある。

【解 説】

- (1) 当該箇所の地盤の軟弱な層厚のばらつきや土層構成の違いにより、構造物に影響を与える不同沈下が発生する可能性がある場合は、その変位差を作用として考慮する必要がある。
- (2) 構造物の設置による基礎地盤の沈下には、即時沈下、圧密沈下および長期沈下があり、式(2.4.5)により全沈下量を算出することができる⁴¹⁾。なお、各沈下量は、土質条件、載荷条件などを考慮し、適切な方法によって算出する必要がある。

$$S = S_i + S_c + S_s \cdots \cdots \cdots (2.4.5)$$

S : 全沈下量
 S_i : 即時沈下量
 S_c : 圧密沈下量
 S_s : 長期沈下量

- (3) 即時沈下量、圧密沈下量等の算出方法は、第9章「土構造物・護岸」等を参考にすることができる。

2.4.9 環境作用

考慮すべき環境作用の影響は、温度変化による作用や気象の影響による材料劣化、海水の作用による腐食、凍結融解環境が引き起こす凍害等であり、当該施設の設計供用期間、材料特性、自然状況、維持管理の方法、その他、当該施設が置かれる諸条件を考慮し、適切な方法により評価する必要がある。

【解 説】

- (1) 温度や湿度等の変化による作用が、コンクリート等の体積変化に影響を与え、構造物によっては温度応力等の拘束応力となって作用するため、設置状況や構造形式を考慮して影響を評価する必要がある。
- (2) アスファルト混合物中のアスファルトは、日照による紫外線等の影響により材料劣化するため、材料特性や維持管理の方法等を考慮して影響を評価する必要がある。
- (3) 鋼材が沿岸部に設置される場合は、海水の作用による腐食環境の影響を受ける可能性があるため、材料特性や設置状況等を考慮して影響を評価する必要がある。
- (4) 当該地域で凍結融解環境が想定される場合は、当該地域の気象特性や施設の設置状況等を考慮して影響を評価する必要がある。

- (5) コンクリートは、複合的な作用因子により塩害や中性化、アルカリ骨材反応等、種々の劣化を生じる可能性があることから、材料特性や設置状況等を考慮して影響を評価する必要がある。

2.4.10 風およびブラスト

考慮すべき風およびブラストによる荷重は、当該区域の地域特性や、対象とする航空機の特性を踏まえ適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) ブラストフェンスや場周柵(立入禁止柵)の支柱等に作用する風荷重、速度圧の算出にあたっては、式(2.4.6) によって算出することができる。各空港における設計風速は、過去の実績をもとに算出しこれを使用することができる。設計風速の算出方法及び各主要空港での算出結果を付録-5「設計風速の設定例」に示す。なお、解析では扱うことが困難な気象要因による強風の影響を考慮し基準風速の下限値を 30m/s とする。

$$R = q \times Cf \times A \dots\dots\dots (2.4.6)$$

$$q = 0.6 \times Er^2 \times Gf \times Vo^2$$

R : 風荷重(N)

q : 速度圧(N/m²)

Cf : 風力係数(金網その他網状の構造物1.4)

A : 断面積(m²)

Vo : 設計風速 (m/sec)

Er : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数 $1.7(Z_b/Z_G)^{\alpha}$

Z_b , Z_G , α の値は空港の位置より表-2.4.11に示す値を用いる。

Gf : ガスト影響係数(空港の位置より表-2.4.11に示す値を用いる。)

表-2.4.11 地表面粗度区分に対するパラメータ

地表面粗度区分	Z_b	Z_G	α	Gf
区分Ⅰ：海上及び海岸に接する空港	5	250	0.10	2.0
区分Ⅱ：区分Ⅰ以外の空港	5	350	0.15	2.2

※ Cf , Er , Gf は、高さ 5m 以下の構造物に対しての値を示しており、5m 以上の場合には「平成 12 年建設省告示第 1454 号」により設定する。

- (2) 道路橋の性能照査においては、構造形式によって式(2.4.6)によらず、適切に設定する必要がある。その詳細については、「道路橋示方書・同解説 I 共通編」³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾を参考とすることができる。
- (3) ブラストの速度圧は、一般にエンジンからの距離に反比例して小さくなり、エンジンの稼働状態によっても大きく異なる。航空機のブラストの速度圧と距離の関係については、Airplane Characteristics等を参考に適切に設定する必要がある。Airplane Characteristicsには、各航空機材のブラスト風速とエンジンからの距離の関係を示すコンターが示されており、

対象機材のエンジンの出力に応じたコンターを用い、ブラスト風速を算出することができる。なお、B777 のエンジンの出力状態が Breakaway (発進時)の場合の例を付録-6「航空機ブラストコンター」に示している。

2.4.11 その他

その他考慮すべき項目は、降雨、降雪、施工時、火災等であり、各特性を踏まえて適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 降雨は、一般的に短期間に降雨量が集中する場合と、台風に代表されるように長時間継続する場合に分けられるため、排水施設の性能照査にあたっては、施設の特性に応じ、適切に降雨強度を設定する必要がある。なお、詳細については、第Ⅱ編 2.4.2「降雨の流出量の算定」に示している。
- (2) 積雪の予想される地域では、降雪量によっては、施設上の積雪が積載荷重となる場合がある。一般に積雪荷重は、 1kN/m^2 とすることが多い³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾。
- (3) 施工時に完成時と異なる作用が生じる場合には、その施工時の構造と施工方法とを考慮して施工時の作用を定める必要がある。
- (4) 火災の影響は、必要に応じて、高温による構造物の損傷と被災後の構造物の要求性能との関係を考慮し作用の特性値を定める必要がある。

第3章 材料の設計用値

3.1 総則

- (1) 空港土木施設に使用する材料は、作用、劣化、設計供用期間、形状、施工性、経済性、環境に及ぼす影響等を考慮して、適切な材料を選定する必要がある。
- (2) 材料の品質は、性能照査上の必要性に応じて、圧縮強度や引張強度に加え、その他の強度特性、ヤング係数その他の変形特性、熱特性、耐久性、水密性等の材料特性によって表わされる。
- (3) 材料強度の特定値 f_k は、試験値のばらつきを想定した上で、大部分の試験値がその値を下回らないことが保証される値とする。
- (4) 材料の設計強度 f_d は、材料強度の特定値 f_k を材料係数 γ_m で除した値とする。
- (5) 材料強度の規格値 f_n は、その特性値とは別に定められている場合には、材料強度の特性値 f_k は、その規格値に材料修正係数 ρ_m を乗じた値とする。

【解 説】

- (1) 空港土木施設に使用する材料の選定にあたっては、その材質および耐久性を考慮し、必要な品質を満たす必要がある。
- (2) 日本工業規格に適合する材料は、施設の要求性能を満足するために必要な品質を有するものとみなすことができる。
- (3) 材料強度の特性値 f_k は、一般に式(3.1.1)で求めることができる。

$$f_k = f_m - k\sigma = f_m(1 - k\delta) \quad \dots\dots\dots (3.1.1)$$

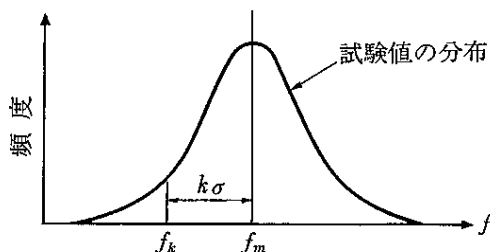
ここで、

f_m : 試験値の平均値

σ : 試験値の標準偏差

δ : 試験値の変動係数

k : 係数



係数 k は、特性値より小さい試験値が得られる確率と試験値の分布形より定まるものであり、試験値の分布形を正規分布とし、試験値の非超過確率を 5% とすると係数 k は 1.64 となる。係数 k は、材料に応じて適切に設定する必要がある。

3.2 コンクリート

3.2.1 一般

- (1) 空港土木施設に使用するコンクリートの材料は、施設の要求性能を確保するために必要な品質を有するものとする。なお、この条件を満足するものの一例として、日本工業規格に適合するものがある。
- (2) 性能照査において必要なコンクリート強度の特性値には、圧縮強度、引張強度、付着強度、支圧強度等があり、適切な試験に基づいて、または、コンクリートの種類、当該施設のおかれる自然状況、施工条件等を考慮して、適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 本要領において、コンクリート構造物の構造照査は、限界状態設計法に基づくことを標準としているが、許容応力度設計法により照査する場合の許容応力度、安全率等の設計用値は、付録-4「材料および許容応力度」を参考にして設定してよい。

3.2.2 強度

- (1) コンクリート強度の特性値は、原則として材齢 28 日における試験強度に基づいて定めるものとする。
- (2) 圧縮試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」による。引張試験は、JIS A 1113「コンクリートの割破引張強度試験方法」による。
- (3) JIS A 5308 に適合するレディーミクストコンクリートを用いる場合には、購入者が指定する呼び強度を、一般に圧縮強度の特性値 f'_{ck} としてよい。
- (4) コンクリートの付着強度および支圧強度の特性値は、適切な試験方法により求めた試験強度に基づいて定めるものとする。
- (5) コンクリートの曲げひび割れ強度は、乾燥、水和熱、寸法等の影響を考慮して適切に定めるものとする。
- (6) コンクリートの材料係数 γ_c は、照査する性能に応じて適切に設定するものとする。

【解 説】

- (1) コンクリート強度の特性値は、原則として材齢 28 日における試験強度に基づいて定めるものとするが、構造物の使用目的、主な荷重の作用する時期および施工計画等に応じて、適切な材齢における試験強度に基づいて定めてもよい。
- (2) 耐久性よりコンクリートの最低設計基準強度は一般に次のとおりである³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾。
- ・無筋コンクリート部材：18N/mm²
 - ・鉄筋コンクリート部材：21N/mm²
 - ・プレストレストコンクリート部材：36N/mm²（プレテンション方式）、30N/mm²（ポストテンション方式）
- (3) コンクリートの引張強度 f_{tk} は、圧縮強度の特性値 f'_{ck} （設計基準強度）に基づいて、式(3.2.1)で求めることができる³⁶⁾
- ・引張強度： $f_{tk} = 0.23 \cdot f'_{ck}{}^{2/3}$ (3.2.1)
- (4) コンクリートの付着強度の特性値 f_{bok} は、圧縮強度の特性値 f'_{ck} （設計基準強度）に基づいて、式(3.2.2)で求めることができる³⁶⁾。
- （JIS G 3112 の規定を満足する異形鉄筋）
- ・引張強度： $f_{bok} = 0.28 \cdot f'_{ck}{}^{2/3}$ ただし、 $f_{bok} \leq 4.2\text{N/mm}^2$ (3.2.2)
 - ・普通丸鋼の場合は、異形鉄筋の場合の 40%とする。
- (5) コンクリートの支圧強度の特性値 f'_{ak} は、圧縮強度の特性値 f'_{ck} （設計基準強度）に基づいて、式(3.2.3)で求めることができる³⁶⁾。
- ・支圧強度： $f'_{ak} = \eta \cdot f'_{ck}{}^{2/3}$ (3.2.3)

$$\eta = \sqrt{A/A_a} \leq 2$$

A : コンクリート面の支圧分布面積

A_a : 支圧を受ける面積

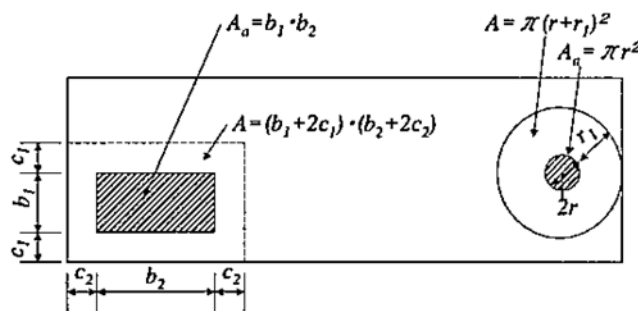


図-3.2.1 圧面積のとり方

- (6) コンクリートの曲げひび割れ強度は、式(3.2.4)により求めることができる³⁶⁾。

$$f_{bck} = k_{ob} \cdot k_{lb} \cdot f_{tk} \quad \dots\dots\dots (3.2.4)$$

$$k_{ob} = 1 + \frac{1}{0.85 + 4.5 \times (h/l_{ch})}, \quad k_{lb} = \frac{0.55}{\sqrt[4]{h}}, \quad f_{tk} = 0.23 f'_{ck}{}^{2/3}$$

$$l_{ch} = G_F \cdot E_c / f_{tk}^2, \quad G_F = 10(d_{max})^{1/3} \cdot f'_{ck}{}^{1/3}$$

ここで、 f_{bck} : コンクリートの曲げひび割れ強度 (N/mm²)

f_{tk} : コンクリートの引張強度の特性値 (N/mm²)

f'_{ck} : コンクリートの圧縮強度の特性値 (N/mm²)

h : 部材高さ (m)

l_{ch} : 特性長さ (m)

G_F : コンクリートの破壊エネルギー (N/m)

E_c : コンクリートの弾性係数 (N/mm²)

d_{max} : 粗骨材の最大粒径 (mm)

- (7) コンクリートの材料係数 γ_c は、一般に、断面破壊の限界状態等の照査においては 1.3 ($f'_{ck} \leq 80 \text{ N/mm}^2$) とする。また、通常の使用時の限界状態の照査においては 1.0 としてよい。

3.2.3 疲労強度

コンクリートの疲労強度の特性値は、コンクリートの種類、構造物の露出条件等を考慮して行った試験による疲労強度に基づいて定めるものとする。

【解 説】

- (1) コンクリートの材料係数 γ_c は、一般に疲労限界状態に対して 1.3 としてよい。
- (2) コンクリートの圧縮、曲げ圧縮、引張および曲げ引張の設計疲労強度 f_{rd} は、一般に、疲労寿命 N と永久荷重による応力度 σ_p の関数として、次式により求めてよい。

$$f_{rd} = k_{1f} f_d (1 - \sigma_p / f_d) \left(1 - \frac{\log N}{K} \right) \dots\dots\dots (3.2.5)$$

ここで、 f_{rd} ：コンクリートの設計疲労強度

f_d ：コンクリートの設計強度

K ：材料と状態を考慮する係数．一般の場合は、 $K=17$ 、普通コンクリートで継続してしばしば水で飽和される場合および軽量骨材コンクリートの場合は $K=10$ としてよい．

k_{1f} ：圧縮及び曲げ圧縮の場合は、 $k_{1f}=0.85$ 、引張及び曲げ引張の場合は $k_{1f}=1.0$ としてよい．

N ：疲労寿命

σ_p ：永久荷重によるコンクリートの応力度であるが、交番荷重を受ける場合（永久荷重と変動荷重による応力の正負が一致しない場合）には一般に 0 とする．

3.2.4 ヤング係数

コンクリートのヤング係数は、原則として JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験法」によって求めるものとする．

【解 説】

- (1) 試験によらない場合、普通コンクリートのヤング係数は、圧縮強度の特性値 f'_{ck} より表-3.2.1 に示す値を用いてもよい．

表-3.2.1 圧縮強度の特性値とヤング係数

$f'_{ck}(\text{N/mm}^2)$	18	21	24	27	30	40	50	60	70	80
$E_c(\text{kN/mm}^2)$	22	23.5	25	26.5	28	31	33	35	37	38

3.2.5 ポアソン比

コンクリートのポアソン比は、弾性範囲内では一般に 0.2 としてよい．ただし、引張を受け、ひび割れを許容する場合は 0 とする．

3.2.6 その他

- (1) コンクリート構造物の照査において、応力－ひずみ曲線、熱物性、収縮、クリープ特性等が必要な場合には、「コンクリート標準示方書 設計編」³⁶⁾を参照してよい．

3.3 鋼材

3.3.1 一般

- (1) 空港土木施設に使用する鋼材は、施設の要求性能を確保するために必要な品質を有するものとする。なお、この条件を満足するものの一例として、日本工業規格に適合するものがある。
- (2) 性能照査において必要な鋼および鋳鋼の特性値は、鋼材の機械的性質を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 本要領において、コンクリート構造物の構造照査は、限界状態設計法に基づくことを標準としているが、許容応力度設計法により照査する場合の許容応力度、安全率等の設計用値は、付録-4「材料および許容応力度」を参考にして設定してよい。

3.3.2 強度

- (1) 鋼材の引張降伏強度の特性値 f_{yk} および引張強度の特性値 f_{uk} は、それぞれの試験強度に基づいて定めるものとする。引張試験は、JIS Z 2241「金属材料引張試験方法」による。
- (2) JIS 規格に適合するものは、特性値 f_{yk} および f_{uk} を JIS 規格の下限値としてよい。また、限界状態の照査に用いる鋼材の断面積は、一般に公称断面積としてよい。
- (3) 鋼材の材料係数 γ_c は、照査する性能に応じて適切に設定するものとする。

【解 説】

- (1) 鋼材の圧縮降伏強度の特性値 f'_{yk} は、鋼材の引張降伏強度の特性値 f_{yk} に等しいものとしてよい。
- (2) 鋼材のせん断降伏強度の特性値 f_{vyk} は、一般に式(3.3.1)により求めてよい。

$$f_{vyk} = f_{yk} / \sqrt{3} \dots\dots\dots (3.3.1)$$

- (3) 鋼材の材料係数 γ_s は、断面破壊の限界状態等の照査においては、一般に次の値としてよい。
鉄筋および PC 鋼材：1.0 それ以外の鋼材：1.05
- (4) 疲労破壊に対する限界状態の照査においては、一般に 1.05 としてよい。また、使用性の限界状態の照査においては、一般に 1.0 としてよい。
- (5) 構造用鋼材の機械的性質は、一般に鋼種および板厚に応じて、表-3.3.1 の値³⁸⁾を用いることができる。また、せん断降伏応力は Von Mises の降伏条件により算出することができ、支圧降伏応力度は、鋼材と鋼材の接触機構を考慮して設定する必要がある。

表-3.3.1 構造用鋼材の機械的性質

鋼種	引張試験				引張強さ (N/mm ²)
	降伏点または耐力(N/mm ²)				
	鋼材の厚さ(mm)				
	16 以下	16 をこえ 40 以下	40 をこえ 75 以下	75 を こえるもの	
SS400	245 以上	235 以上	215 以上	215 以上	400～510
SM400	245 以上	235 以上	215 以上	215 以上	400～510
SMA400W	245 以上	235 以上	215 以上	215 以上	400～540
SM490	325 以上	315 以上	295 以上	295 以上	490～610
SM490Y	365 以上	355 以上	335 以上	325 以上	490～610
SMA490W	365 以上	355 以上	335 以上	325 以上	490～610
SM520	365 以上	355 以上	335 以上	325 以上	520～640
SM570	460 以上	450 以上	430 以上	420 以上	570～720
SMA570W	460 以上	450 以上	430 以上	420 以上	570～720

- (6) 構造用鋼管の機械的性質は、一般に管種に応じて、表-3.3.2 の値³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾を用いることができる。

表-3.3.2 鋼管の機械的性質

材質	機械的性質 種類の記号	引張試験	
		降伏点又は耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
一般構造用炭素鋼管	STK400	235 以上	400 以上
	STK490	315 以上	490 以上

- (7) 鋳鋼の機械的性質は、一般に材種に応じて、表-3.3.3 の値³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾を用いることができる。

表-3.3.3 鋳鋼造品の機械的性質

材質	機械的性質 種類の記号	引張試験(14A 号試験片又は 4 号試験片)	
		降伏点又は耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
炭素鋼鍛鋼品	SF490A	245 以上	490～590
	SF540A	275 以上	540～640
炭素鋼鋳鋼品	SC450	225 以上	450
溶接構造用鋳鋼品	SCW410	235 以上	410
	SCW480	275 以上	480
構造用高張力炭素鋼 及び低合金鋼鋳鋼品 (低マンガン鋼鋳鋼品)	SCMn1A	275 以上	540
	SCMn2A	345 以上	590
機械構造用炭素鋼鋼材	S35CN	305 以上	510
	S45CN	345 以上	570
ねずみ鋳鉄品	FC250	—	250
球状黒鉛鋳鉄品	FCD400	250 以上	400
	FCD450	280 以上	450

3.3.3 疲労強度

鋼材の疲労強度の特性値は、鋼材の種類、形状および寸法、継手の方法、作用応力の大きさと作用頻度、環境条件等を考慮して行った試験による疲労強度に基づいて定めるものとする。

【解 説】

- (1) 鋼材の疲労強度は、試験によって定めることを原則とする。
- (2) 試験によらない場合、異形鉄筋の設計疲労強度 f_{srd} は、疲労疲労寿命 N と永久荷重による鋼材の応力度 σ_{sp} の関数として、式(3.3.2)により求めてよい。

$$f_{srd} = 190 \frac{10^a}{N^k} \left[1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}} \right] / \gamma_s \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (3.3.2)$$

ただし、 $N \leq 2 \times 10^6$

ここに、 f_{ud} ：鉄筋の設計引張強度で、材料係数を 1.05 として求めてよい。

γ_s ：鉄筋に対する材料係数で、一般に 1.05 としてよい。

a および k は、試験により定めるのを原則とする。

疲労寿命が 2×10^6 回以下の場合は、 a および k を、一般に次式の値としてよい。

$$a = k_{\phi}(0.81 - 0.003\phi)$$

$$k = 0.12$$

ここに、 ϕ ：鉄筋直径（mm）

k_{of} ：鉄筋のふしの形状に関する係数で、一般に 1.0 としてよい。

- (3) ガス圧接部の設計疲労強度は、一般に母材の場合の 70%としてよい。また、溶接により組立を行う鉄筋および折曲げ部を有する鉄筋の疲労強度は、母材の場合の 50%としてよい。
- (4) PC 鋼材の疲労強度は、「コンクリート標準示方書 設計編」³⁶⁾を参照することができる。

3.3.4 ヤング係数

鋼材のヤング係数は、原則として JIS Z 2241「金属材料引張試験方法」によって引張試験を行い、応力－ひずみ曲線を求め、この結果に基づいて設定するものとする。

【解 説】

- (1) 試験によらない場合、鋼材のヤング係数は、 200kN/mm^2 を用いることができる。

3.3.5 ポアソン比

鋼材のポアソン比は、室内試験などにより求めた適切な値を用いるものとする。

【解 説】

- (1) 試験によらない場合、鋼材のポアソン比は、0.3 を用いることができる。

3.3.6 その他

- (1) 鋼材の応力－ひずみ曲線、熱膨張係数、PC 鋼材のリラクセーション率等が必要な場合には、「コンクリート標準示方書 設計編」³⁶⁾を参照してよい。

3.4 管 材

- (1) 排水施設等に使用する管材は、施設の要求性能を確保するために必要な品質を有するものとする。なお、この条件を満足するものの一例として、日本工業規格に適合するものがある。
- (2) 性能照査において必要な管材の特性値は、強度特性等を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 遠心力鉄筋コンクリート管やプレストレストコンクリート管等、剛性管の自重および管厚中心半径、ひびわれ荷重に関しては、表-3.4.1～表-3.4.4 に示す値を用いることができる。
- (2) 強化プラスチック複合管(FRPM 管)や硬質塩化ビニル管（VP 管，VU 管）の管厚中心半径、断面係数等の諸数値は表-3.4.5，表-3.4.6 に示す値を用いることができる。
- (3) 荷重、土被り、資材調達、施工性などの諸条件により管渠に比べてボックスカルバートの方が経済的に有利になることもあるので、両者を比較検討した上でその採用を決定する必要がある。
- (4) 現在の空港土木施設設計分野においては、管材の構造照査を限界状態設計法で行うための

知見が十分ではないため、性能照査は、従来の設計法により行ってよい。その場合の許容応力度、許容たわみ率や安全率の考え方については、第5章「管構造物」に記載している。

表-3.4.1 設計に用いる諸数値（遠心力鉄筋コンクリート管）³⁾

呼び	管の自重 W (kN/m)		管厚中心半径 r (m)	
	B,NB 形管	NC 形管	B,NB 形管	NC 形管
150	0.35	—	0.0880	—
200	0.46	—	0.1135	—
250	0.59	—	0.1390	—
300	0.75	—	0.1650	—
350	0.92	—	0.1910	—
400	1.15	—	0.2175	—
450	1.40	—	0.2440	—
500	1.72	—	0.2710	—
600	2.45	—	0.3250	—
700	3.31	—	0.3790	—
800	4.31	—	0.4330	—
900	5.51	—	0.4875	—
1000	6.69	—	0.5410	—
1100	7.88	—	0.5940	—
1200	9.28	—	0.6475	—
1350	11.28	—	0.7265	—
1500	13.61	17.31	0.8060	0.8200
1650	16.01	20.36	0.8850	0.9000
1800	18.45	23.64	0.9635	0.9800
2000	23.45	28.70	1.0725	1.0875
2200	28.47	34.24	1.1800	1.1950
2400	33.98	40.26	1.2875	1.3025
2600	39.97	46.78	1.3950	1.4100
2800	46.45	53.78	1.5025	1.5175
3000	53.41	61.26	1.6100	1.6250

表-3.4.2 設計に用いる諸数値（プレストレストコンクリート管）³⁾

呼び	管の自重 W (kN/m)			管厚中心半径 r (m)		
	S 形管	C 形管	NC 形管	S 形管	C 形管	NC 形管
150	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—
250	—	—	—	—	—	—
300	—	—	—	—	—	—
350	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	—	—
450	—	—	—	—	—	—
500	3.14	—	—	0.278	—	—
600	3.82	—	—	0.330	—	—
700	4.51	—	—	0.381	—	—
800	5.49	—	—	0.433	—	—
900	6.86	7.55	—	0.485	0.495	—
1000	7.84	8.92	—	0.538	0.549	—
1100	9.12	10.30	—	0.590	0.602	—
1200	10.88	11.96	—	0.643	0.655	—
1350	12.94	14.22	—	0.720	0.734	—
1500	16.47	16.87	20.69	0.800	0.814	0.828
1650	18.93	19.61	24.03	0.880	0.893	0.908
1800	21.97	22.36	27.65	0.958	0.971	0.988
2000	26.77	27.75	33.15	1.063	1.080	1.095
2200	—	33.24	39.13	—	1.188	1.203
2400	—	39.22	45.50	—	1.295	1.310
2600	—	45.60	52.27	—	1.403	1.418
2800	—	52.46	60.02	—	1.510	1.525
3000	—	59.71	67.66	—	1.618	1.633

表-3.4.3 設計に用いる諸数値（遠心力鉄筋コンクリート管のひび割れ荷重）³⁾

形		呼び	ひび割れ荷重(kN/m)		
			1 種	2 種	3 種
B 形	NB 形	150	16.7	23.6	—
		200	16.7	23.6	—
		250	16.7	23.6	—
		300	17.7	25.6	—
		350	19.7	27.5	—
		400	21.6	32.4	—
		450	23.6	36.3	—
		500	25.6	41.3	—
		600	29.5	49.1	—
		700	32.4	54.0	—
		800	35.4	58.9	—
		900	38.3	63.8	—
		1000	41.3	68.7	—
		1100	43.2	72.6	—
		1200	45.2	75.6	—
		1350	47.1	79.5	—
	NC 形	1500	50.1	83.4	110
		1650	53.0	88.3	117
		1800	56.0	93.2	123
		2000	58.9	98.1	130
		2200	61.9	104	137
		2400	64.8	108	143
		2600	67.7	113	150
		2800	70.7	118	155
		3000	73.6	123	162

表-3.4.4 設計に用いる諸数値(プレストレストコンクリート管のひび割れ荷重)³⁾

呼び	ひび割れ荷重(kN/m)					
	高圧 1 種	高圧 2 種	高圧 3 種	1 種	2 種	3 種
500	—	—	—	112	97	80
600	—	—	—	110	95	78
700	—	—	—	113	96	79
800	—	—	—	120	102	84
900	240	200	170	130	110	88
1000	240	200	170	138	117	94
1100	240	200	170	144	121	100
1200	240	200	170	151	128	105
1350	240	200	170	157	133	108
1500	300	240	200	169	143	118
1650	300	240	200	180	155	127
1800	300	240	200	190	161	129
2000	300	250	230	200	165	137
2200	300	250	230	210	177	143
2400	—	300	250	220	185	149
2600	—	300	250	230	193	155
2800	—	—	300	240	201	161
3000	—	—	300	250	209	167

表-3. 4. 5 設計に用いる諸数値 (FRPM 管 (B 形および C 形))⁴²⁾

呼び径	管厚中心半径 r (mm)	管の曲げ剛性 EI ($\text{N} \cdot \text{mm}^2/\text{mm}$)		断面係数 Z (mm^3/mm)
		1 種	2 種	
200	103.50	491,630	322,990	8.17
250	128.75	604,690	397,270	9.38
300	154.00	793,600	524,800	10.67
350	179.25	951,890	629,480	12.04
400	204.50	1,190,700	801,900	13.50
450	229.75	1,400,400	943,110	15.04
500	255.00	1,841,700	1,225,000	16.67
600	306.00	3,182,400	2,116,800	24.00
700	357.00	5,053,500	3,361,400	32.67
800	408.00	7,543,500	5,017,600	42.67
900	459.00	10,741,000	7,144,200	54.00
1,000	510.00	14,733,000	9,800,000	66.67
1,100	561.00	19,610,000	13,044,000	80.67
1,200	612.00	25,459,000	16,934,000	96.00
1,350	688.50	36,250,000	24,112,000	121.50
1,500	765.00	49,725,000	33,075,000	150.00
1,650	841.50	66,184,000	44,023,000	181.50
1,800	918.00	85,925,000	57,154,000	216.00
2,000	1,020.00	117,870,000	78,400,000	266.67
2,200	1,122.00	156,880,000	104,350,000	322.67
2,400	1,224.00	203,670,000	135,480,000	384.00
2,600	1,326.00	258,950,000	172,240,000	450.67
2,800	1,428.00	323,430,000	215,130,000	522.67
3,000	1,530.00	397,800,000	264,600,000	600.00

表-3. 4. 6 設計に用いる諸数値 (VP 管および VU 管)³⁾

種類	呼び径	管厚中心半径 r (mm)	断面係数 Z (mm ³ /mm)	断面二次 モーメント I (mm ⁴ /mm)
VP	100	53.45	8.40	29.80
	125	66.25	9.38	35.20
	150	77.70	15.40	73.70
	200	102.50	20.20	111.00
	250	126.70	30.80	210.00
	300	150.90	43.70	354.00
VU	100	55.25	2.04	3.57
	125	67.75	3.38	7.59
	150	79.75	5.04	13.90
	200	104.50	8.17	28.60
	250	129.30	11.80	49.40
	300	154.10	16.30	80.90
	350	179.40	20.90	117.00
	400	203.70	26.50	167.00
	450	228.00	33.10	234.00
	500	252.20	40.60	316.00
	600	305.40	61.40	589.00
	700	354.70	85.10	962.00

3.5 盛土材料

盛土材料は、切土による発生材料または土取場からの搬入材料について盛土材料としての材質を事前に十分調査し、適用性を検討する必要がある。

【解 説】

- (1) 盛土材料は、その材質が盛土の形状・構造決定の要因となることから、できるだけ良質な材料を選んで使用することが望ましい。しかし、盛土材料として好ましくない材料であっても、施工方法や改良の工夫により有効に利用することについて検討する必要がある。
- (2) 良質な盛土材料とは、敷均し、締固めの施工が容易で、締固め後のせん断強度が大きく、圧縮性が少なく、雨水などの浸食に対して強く、吸水による膨張性の低い材料である。盛土材料として適する材質であるかどうかの判断は、表-3.5.1を目安とすることができる⁴⁾。

表-3.5.1 盛土材料としての土質特性の一般的評価の目安

分類	路体材料	路床材料・ 裏込め材料	備 考
岩塊・玉石	△	×	破碎の程度によって使用区分を考える。
礫 (G)	○	○	
礫質土(GF)	○	△	有機質，火山灰質の細粒土を含む(GO，GV等)材料の場合：△
砂 (S)	○	○	粒径が均質な場合には降雨の作用により法面崩壊・侵食を受けやすいため，法面付近に用いる場合：△
砂質土(SF)	○	○	有機質，火山灰質の細粒土を含む(SO，SV等)材料の場合：△
シルト (M)	△	△	
粘性土 (C)	△	△	
火山灰質粘性土(V)	△	△	
有機質土 (O)	△	×	
高有機質土 (Pt)	△	×	

○：ほぼ問題ないもの

△：注意して用いるか，何らかの処理を必要とするもの

×：用いられないもの

- (3) 盛土材料として使用してはならない土は、以下に示すような土である。
 - 1) ベントナイト，蛇紋岩風化土，温泉余土，酸性白土などの吸水性が大きく圧縮性が大きい土
 - 2) 凍土，腐植土など
 - 3) 自然含水比が液性限界を超えている土(ただし，乾燥すれば使用場所を限定して使用可能)

- (4) 施工時に特別な注意を必要とする土は、以下に示すような土である。
- 1) 粒度の悪い砂は、水や振動に対して極めて不安定であるので、使用する際には、良質の材料で表面を被覆したり、排水に対して十分注意する必要がある。
 - 2) 関東ローム、シラス等の火山灰土を盛土材料として使用する場合は、締固め特性、力学特性等について、資料調査および土質調査を十分に行う必要がある。
 - 3) 軟岩ずりは締固め時の接地圧が大きくないと間隙比の小さい盛土を施工することは困難であり、たとえ比較的密に施工できたとしても長期にわたる風化や、繰返し荷重に対する疲労に対して問題が残る。そのため、路床や路床付近で使用する場合には、十分注意する必要がある。

3.6 埋立材料

埋立材料は、埋立後安定した地盤となり、所要の強度を有する必要があるため、使用する埋立材料の材質を事前に十分調査し、適用性を検討する必要がある。

【解 説】

- (1) 埋立材料の材質にバラツキがある場合および異なる材質の埋立材料を用いる場合は、空港諸施設の具備すべき特性を勘案しゾーニングを行い、滑走路、誘導路、エプロンおよびターミナル地域等のうち特に重要な区域はできるだけ良質な埋立材料を用いる必要がある。
- (2) 経済性等から土取場が限定され、埋立材料全部を良質土砂でまかなうことが不可能なために軟弱な土砂を用いる場合は、その土砂の使用区域を制限したり、あるいは地盤改良を行うなどについて検討を行う必要がある。
- (3) 埋立材料として岩塊を用いる場合の最大粒径は、次の事項を総合的に勘案して決定する必要がある。
 - 1) 運搬および捨土の施工性
 - 2) 建物の基礎(例えば杭基礎)の施工性
 - 3) 岩塊間の空洞を残さないような施工法の可否
 - 4) 経済性など

第4章 コンクリート構造物

4.1 一般

コンクリート構造物の設計は、その施設の形状、設置される地形、地質、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

- (1) 空港付帯施設の内、コンクリート構造物として整備される施設としては、一般的に排水施設、消防水利施設、地下道、共同溝としてのボックスカルバート、U型排水溝等がある。
- (2) コンクリート構造物としては、プレキャスト構造物、現場打ちコンクリート構造物に大別されるが、本要領では、一般的に用いられる現場打ちコンクリート構造物を対象としている。
- (3) 設計に際して設定する基礎形式として、直接基礎、杭基礎、あるいは地盤改良後の直接基礎等が考えられるが、地盤の支持力を十分検討して経済性を考慮する必要がある。なお、ボックスカルバートを設置する地盤が比較的良好な場合には、直接基礎とすることができる。また、杭基礎を用いる場合、周辺の地盤が沈下することによりボックスカルバートがそれに抵抗し、荷重条件が厳しくなる傾向があるため、特に載荷重が大きい場合等は、地盤改良後の直接基礎とすることが望ましい。
- (4) U型排水溝に蓋を付ける場合は、設計対象荷重に対し蓋およびU型排水溝の安全性が確保できるよう設計する必要がある。
- (5) マンホール等に開口部を設ける場合には、十分な補強を行い、応力集中による破壊を起こすことのないように注意する必要がある。
- (6) 地下道が設置される場所によっては、導入部にウイング構造を設ける場合があり、その場合の設計については、「道路土工 カルバート工指針」³⁾、「道路橋示方書・同解説」³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁵⁴⁾を参考とすることができる。
- (7) コンクリート構造物の設計は、図-4.1.1 に示す手順で行うことができる。なお、各施設の設計において考慮すべき設計地震動や求められる耐震性能の詳細については「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。

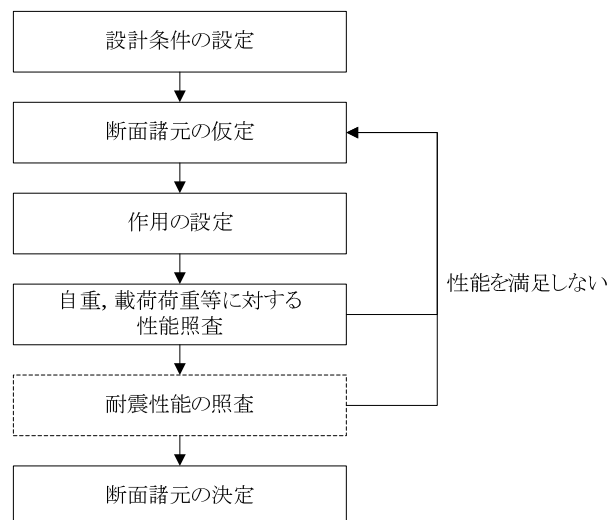


図-4.1.1 コンクリート構造物の設計手順の例

4.2 作用

コンクリート構造物の性能照査で考慮する主な作用は、載荷重、自重、土圧、基礎反力、地震動等があり、対象施設に求められる性能、コンクリート構造物を設置する場所の諸条件および構造により適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) コンクリート構造物の設計において考慮すべき作用の詳細については、第2章「作用」を参照することができる。また、第2章「作用」に記載していない影響については、「道路土工カルバート工指針」³⁾、「共同溝設計指針」²⁰⁾、「道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編」⁴⁰⁾等を参考とすることができる。また、第2章「作用」に記載していない影響として、地盤の沈下等による変位が想定される場合の影響についても考慮する必要がある。
- (2) 性能照査における作用の組み合わせは、主たる作用が土圧である永続状態や主たる作用が載荷重である変動状態を考慮する必要がある。性能照査における作用の組み合わせは、主たる作用が土圧である永続状態や主たる作用が載荷重である変動状態を考慮する必要がある。
- (3) コンクリート構造物における地震時の性能照査では、載荷重を除く作用を考慮し、土圧等、地震動が影響する作用は、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照して設定する必要がある。
- (4) 温度応力は土被りの増加とともに急激に減少し、土被り 50cm 程度以上になれば周期的変化が著しく少なくなるので、その影響を考慮する必要はない³⁾。

4.2.1 載荷重

航空機、自動車及び大型消防車等による載荷重は、構造物の形状や設置位置、土被り厚を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 航空機、自動車及び大型消防車等により構造物に作用する鉛直荷重、水平荷重については、第2章「作用」を参照することができる。

4.2.2 土圧

コンクリート構造物の設計において、考慮すべき土圧は鉛直土圧、水平土圧、地盤反力等であり、その特性値は、構造物の支持条件、形状、地盤条件等を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) コンクリート構造物に作用する鉛直土圧は、式(4.2.1)によって算出することができる³⁾。

$$P_{vd} = \alpha \cdot \gamma \cdot h \cdots \cdots (4.2.1)$$

ここで、

P_{vd} ：構造物上面に作用する鉛直土圧(kN/m²)

γ ：構造物上面の土および舗装体の単位体積重量(kN/m³)

h ：構造物の土被り(m)

α ：係 数

α は構造物の支持条件および構造物の土被り h と構造物の幅 B の比(h/B)の値に応じて表-4.2.1 の値とする³⁾。

表-4.2.1 係数 α の値

構造物が杭基礎などの剛性基礎で支持されておらず、盛土の沈下と並行して同時に沈下する場合	1.00	
構造物が杭基礎などの剛性基礎で支持されており、盛土の沈下にある程度抵抗する場合	$h/B < 1.0$	1.00
	$1.0 \leq h/B < 2.0$	1.20
	$2.0 \leq h/B < 3.0$	1.35
	$3.0 \leq h/B < 4.0$	1.50
	$4.0 \leq h/B$	1.60

- (2) コンクリート構造物に作用する水平土圧は、式(4.2.2)によって算出することができる³⁾。

$$P_{hd} = K_0 \cdot \gamma \cdot h \cdots \cdots \cdots (4.2.2)$$

ここで、

P_{hd} : 水平土圧(kN/m²)

γ : 構造物上面の土の単位体積重量(kN/m³)

h : 構造物の土被り(m)

K_0 : 静止土圧係数 0.5

静止土圧係数は、土質や締固めの方法によって異なり 0.4～0.7 程度であるといわれているが、通常の砂質土や粘性土(LL<50%)に対しては、0.5 とすることができる。なお、これ以外の材料を用いる場合や締固め条件などによっては、静止土圧係数を変える等の検討をする必要がある。なお、開渠の側壁などについては主働土圧係数を用いる³⁾。

- (3) 躯体構造物底面の基礎反力は、圧縮性地盤(土砂)の場合均一等分布するものとし、式(4.2.3)により算出することができる。

$$P'_{vd} = P_{vdl} + \frac{D_0}{B} \cdots \cdots \cdots (4.2.3)$$

ここで、

P'_{vd} : 構造物底面に作用する基礎反力(kN/m²)

P_{vdl} : 構造物上面に作用する鉛直土圧(kN/m²)

D_0 : 構造物の単位長さ当りの重量(kN/m)

B : 構造物の外幅(m)

図-4.2.1 のように底版を拡幅した場合の基礎反力は、式(4.2.4)により算出することができる。

$$P'_{vd} = \frac{P_{vd1} \cdot B + 2 P_{vd2} \cdot b + D_0}{B'} \dots\dots\dots (4.2.4)$$

P_{vd2} : 底版上面に作用する鉛直土圧(kN/m²)
 B' : 底版全幅(B+2b) (m)
 b : 底版の拡幅部の幅(m)

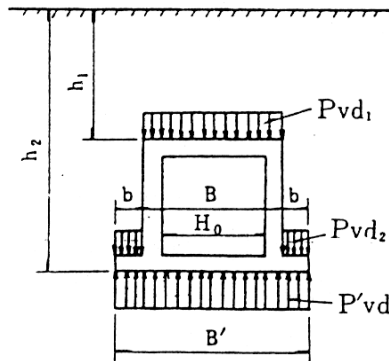


図-4.2.1 排水構造物に働く基礎反力(圧縮性地盤の場合)

- 1) 非圧縮性地盤(岩盤)の場合の躯体構造物底面の基礎反力は、両側壁の下端に集中して生ずるものと仮定して算出することができる。
- 2) 躯体構造物の底版に作用する曲げモーメントを計算する場合に用いる基礎反力の算出にあたっては、式(4.2.3)の D_0 を D'_0 (底版を除いた構造物の単位長さ当りの重量)に置き換える必要がある。

4.3 応答値の算定

4.3.1 一般

構造物の性能照査に用いる応答値は、構造物の形状、境界条件、作用の状態および考慮する限界状態に応じ、構造物をモデル化し、信頼性と精度があらかじめ検証された解析モデルを用いて算定する必要がある。

【解 説】

- (1) 構造物の性能照査にあたっては、作用による構造物の応答を精度よく算定する必要がある。そのためには、構造物や作用を適切なモデルで表現するとともに、信頼性と精度が検証された解析モデルにより断面力や変位等の照査指標を求める必要がある。

4.3.2 構造物のモデル化

- (1) 構造物は、構造要素を一体としてモデル化することを原則とするが、構造要素の境界条件を適切にモデル化できる場合は、構造要素ごとに分離してモデル化してもよい。
- (2) 構造物は、一般に二次元にモデル化してよい。ただし、構造物の形状、載荷状態等によって三次元にモデル化することが合理的な場合や、詳細な検討を行う場合は、三次元にモデル化するのがよい。
- (3) 構造物は、その形状、支持条件に応じて、スラブ、梁、柱、ラーメン、アーチ、シェル、およびこれらの組合せからなる単純化した構造モデルを仮定して解析を行ってもよい。

4.3.3 作用のモデル化

- (1) 作用は、作用の特性ならびに照査する各限界状態に及ぼす影響に応じ、適切にモデル化する必要がある。
- (2) 荷重は、分布状態を単純化する等して、実際の影響と等価または安全側にモデル化してよい。

【解 説】

- (1) 航空機荷重による作用のモデル化は、航空機荷重が 45° に分散すると仮定して設定してもよい。この時の航空機荷重による鉛直方向地中応力は、2.4.2「活荷重」を参照することができる。

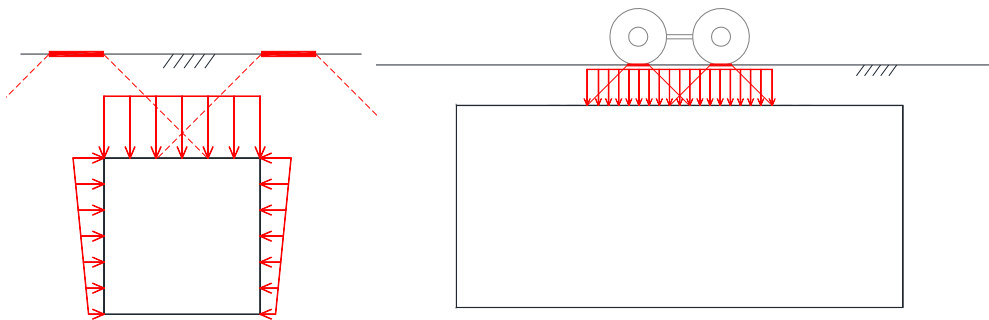


図-4.3.1 地中構造物に対する活荷重のモデル化の例

- (2) U 型側溝等の地表構造物の側壁に作用する航空機荷重のモデル化は、一般に図-4.3.2 に示すとおりである。地表構造物がコンクリート舗装内に設置される場合には、コンクリート舗装版内の水平荷重は考慮しないこともできる。

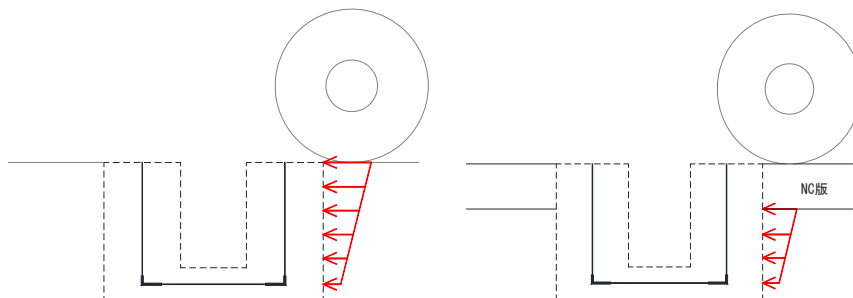


図-4.3.2 U 型側溝等の地表構造物の側壁に対する活荷重のモデル化の例

4.4 性能照査

4.4.1 一般

- (1) コンクリート構造物が所要の性能を確保されていることを確認するため、構造物および構造部材が限界状態に達しないことを照査するものとする。
- (2) コンクリート構造物が軟弱地盤上に建設される場合、あるいは載荷重が大きい場合は、支持地盤が限界状態に達しないことを照査するものとする。

【解 説】

- (1) コンクリート構造物の設計においては、断面、縦方向（構造物軸方向）、地盤支持力について、要求性能に応じて設定する終局限界状態、使用限界状態、疲労限界状態に対して照査する必要がある。
- (2) コンクリート構造物のレベル 1 およびレベル 2 地震動に対する限界状態や性能照査方法、基礎地盤の液状化の検討や液状化対策については、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。
- (3) コンクリート構造物は、築造による排土重量よりも内部荷重を含めた自重の方が軽いため、地盤の支持力が設計上問題となることは少ないが、構造物上部に荷重が載る場合あるいは、軟弱地盤に設置する場合には支持力が問題となることがある。地盤支持力および基礎形式を選定する場合については、「道路土工 カルバート工指針」³⁾や「道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編」⁴⁾を参考とすることができる。
- (4) コンクリート構造物の性能照査は、限界状態設計法によることを基本とするが、構造物の性能照査にあたっては、主たる作用が土圧である永続状態、主たる作用が載荷重である変動状態において部材に発生する応力度が、付録-4「材料および許容応力度」に規定する許容応力度以下であり、かつ、必要な耐震性能の照査を行う場合は、所要の性能を満足するとみなすことができる。
- (5) 支持地盤の限界状態の性能照査にあたっては、直接基礎とする場合に基礎底面の鉛直地盤反力が許容支持力以下であり、かつ、耐震性能の照査を行う場合は、所要の性能を満足するとみなすことができる。

4.4.2 安全性に関する照査

- (1) コンクリート構造物が、所要の安全性を設計耐用期間にわたり保持することを照査しなければならない。
- (2) 安全性に関する照査は、設計荷重のもとで、すべての構成部材が断面破壊の限界状態および疲労破壊の限界状態に至らないこと、ならびに構造物の安定の限界状態に至らないことを確認することにより行うことを原則とする。

【解 説】

- (1) 構造物の安全性の照査は、物理的特性に基づく安全性と機能上の安全性に対して行うことを基本とするが、一般に構造物の物理的特性に対して行ってよい。
- (2) 安全性に関する照査は、設計作用のもとで、構造物が破壊の限界状態に至らないことを確認するものとする。

- (3) 破壊の限界状態は、構造物の耐荷力や安定等の限界状態とし、断面力、ひずみ、変位変形等の物理量を指標として設定することを原則とする。
- (4) 耐荷力に対する照査は、一般的に、断面破壊、疲労破壊の限界状態に至らないことを確認するものとする。
- (5) 安定に対する照査は、変位・変形、メカニズム等の限界状態に至らないことを確認するものとする。
- (6) 安全性に関する照査の具体的な方法は、「コンクリート標準示方書（設計編）」³⁶⁾、「道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編」⁴⁰⁾を参照することができる。

4.4.3 使用性に関する照査

使用性に関する照査は、設計耐用期間内中にしばしば生じる設計作用に対し、限界状態に至らないことを照査することとする。

【解 説】

- (1) 使用性に関しては、一般に、応力、ひび割れ、変位変形等を指標として構造物の機能や使用目的に応じて、使用上の快適性として外観、変位・変形に対する照査、水密性に対する性能項目がある。
- (2) 構造物の使用性に関する照査の具体的な方法は、「コンクリート標準示方書（設計編）」³⁶⁾を参照することができる。

4.4.4 耐久性に関する照査

- (1) 環境条件、使用目的等に応じ、構造物の性能に影響を及ぼす環境の影響のうち、必要な因子に関して、耐久性の検討を行うこととする。
- (2) 設計耐用期間が特に短い構造物、仮設構造物等に対しては、一般に耐久性の検討を省略してよい。

【解 説】

- (1) 耐久性に関しては、一般に、鋼材腐食に対する照査を行うものとし、コンクリート表面のひび割れ幅が限界値以下であることを照査する。
- (2) 鋼材腐食に対するひび割れ幅の限界値は、鉄筋コンクリートの場合、一般に $0.005c$ (c はかぶり) としてよい。ただし、 0.5mm を上限とする。
- (3) ひび割れ幅に対する照査の具体的な方法は、「コンクリート標準示方書（設計編）」³⁶⁾、「道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編」⁴⁰⁾を参照することができる。

4.5 構造細目

4.5.1 一般

鉄筋コンクリート部材の設計に当たっては、構造物に損傷が生じないための措置、構造上の弱点を作らない配慮、弱点と考えられる部分の補強方法、施工方法等を考慮し、設計に反映させるものとする。

4.5.2 かぶり

かぶりは、コンクリート構造物の性能照査の前提である付着強度を確保するとともに、要求される耐火性、耐久性、構造物の重要度、施工誤差等を考慮して定めなければならない。

4.5.3 鉄筋の配置

構造物には、要求性能を満足するように、照査方法に応じて必要となる鉄筋量を配置しなければならない。

【解 説】

- (1) 標準的な性能照査の方法を用いる場合、その前提を確保するように鉄筋を配置しなければならない。例えば、ぜい性的な破壊を防止するために鉄筋量が過多または過小とならないように、あるいは有害なひび割れを制御できるように、鉄筋を配置しなければならない。
 - 1) 曲げモーメントの影響が支配的な棒部材の引張鉄筋比は、0.2%以上を原則とする。
 - 2) 曲げモーメントの影響が支配的な棒部材の引張鉄筋量は、釣り合い鉄筋比の75%以下とすることを原則とする。
 - 3) 棒部材には、0.15%以上のせん断補強鉄筋を部材全長にわたって配置するものとする。また、その間隔は部材有効高さの3/4倍以下、かつ400mm以下とするのを原則とする。

第5章 管構造物

5.1 一般

管構造物の設計は、敷設する場所の土質、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

- (1) 管構造物には、剛性管とたわみ性管があり、使用材料や形状などから多くの種類に分類される。
- (2) 管構造物の基礎形状は、管の種類、地盤条件、土かぶり厚等を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 管構造物の設計は、図-5.1.1 に示す手順で行うことができる。なお、耐震性を考慮する必要性、考慮すべき設計地震動、求められる耐震性能の詳細については「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。

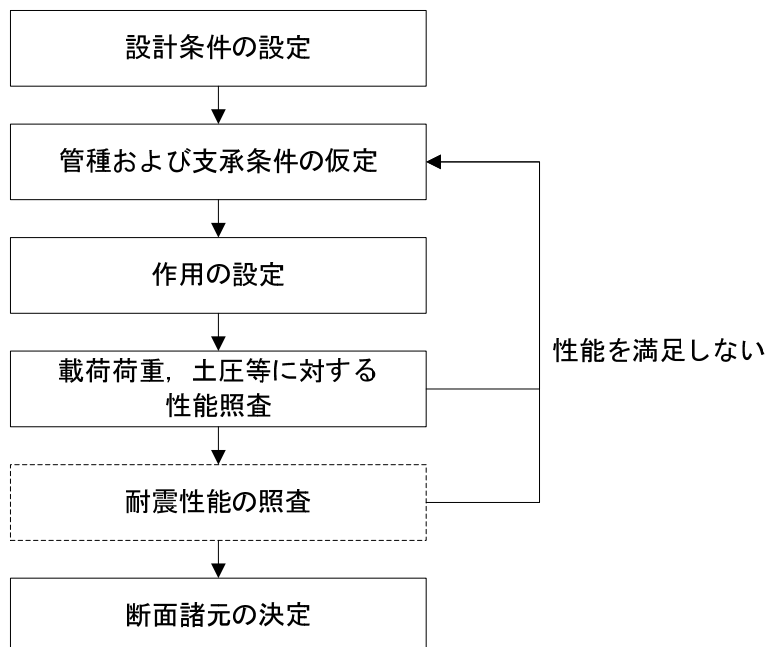


図-5.1.1 管構造物の設計手順の例

5.2 基礎構造

管構造物の基礎構造は、管の種類、地盤条件、土かぶり厚等を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 管構造物の基礎の形式としては、砕石基礎、砂基礎、コンクリート基礎があり、管の種類、土かぶり厚等を考慮して、設定する必要がある。
- (2) 舗装体内にやむを得ず剛性管を設置する場合は、舗装施工時における管の損傷防止等の安全確保のため鉄筋コンクリートの全巻(360°巻)とする必要がある。
- (3) 基礎コンクリートの設計基準強度は、一般に 18N/mm^2 としている。

- (4) 基礎地盤が軟弱な場合の対策については、「道路土工 カルバート工指針」³⁾が参考になる。
- (5) たわみ性管は、舗装本体への影響を考慮し、極力舗装体内に入れることを避けることが望ましいが、やむを得ず舗装体内に設置する場合には、下層路盤以下に設置する必要がある。また、航空機荷重が作用する基本施設の下ではたわみ性管のたわみが大きくなるため舗装本体に悪影響を与えることがあり、これを防止する方法としてたわみ性管の管周材には、HMS(水硬性粒度調整スラグ)等のように流動性のないものを使用することができる。
- (6) 複数のたわみ性管を並列で敷設する場合は、単独で敷設する場合に比べてより大きなたわみを生じる可能性もあるため、設計にあたっては十分に配慮する必要がある。
- (7) 一般に硬質塩化ビニル管の基礎の支承条件は、施工支承角を 360°としている³⁾。
- (8) 消防水利施設等としての配水管の基礎形式は、一般的に「水道施設設計指針」⁴³⁾を参考とすることができる。

5.3 作用

5.3.1 一般

管構造物の性能照査で考慮する主な作用は、載荷重、土圧、基礎反力、地震動があり、管構造物を設置する場所の諸条件、種類、寸法、埋設形式を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 管構造物に作用する載荷重、土圧等は、管の種類、形状、土被り、埋設形式等により異なることに留意する必要がある。
- (2) 性能照査における作用の組み合わせは、主たる作用が土圧である永続状態や主たる作用が載荷重である変動状態を考慮する必要がある。また、地震時の性能照査では、載荷重を除く作用を考慮し、土圧等、地震動が影響する作用は、別途検討する必要がある。
- (3) 考慮すべき作用の詳細については、第 2 章「作用」を参照することができる。また、第 2 章「作用」に記載していない影響については、「道路土工 カルバート工指針」³⁾や「水道施設設計指針」⁴³⁾を参考とすることができる。

5.3.2 載荷重

航空機、自動車及び大型消防車による載荷重は、構造物の形状や設置位置、土被り厚を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 航空機、自動車及び大型消防車等により構造物に作用する鉛直荷重、水平荷重については、第 2 章「作用」を参照することができる。

5.3.3 土圧

鉛直土圧および水平土圧の特性値は、土被り厚、土や舗装の自重を考慮して適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 遠心力鉄筋コンクリート管とプレストレストコンクリート管のような剛性管に作用する鉛

直土圧は、設置する土中の状態により、溝型と突出型の算出方法に分けられる。



図-5.3.1 埋設形式

1) 溝型

原地盤または良く締め固めた盛土地盤に溝を掘削して埋設する形式である。なお、矢板使用の有無により設計条件が異なるため、矢板を使用する場合については、日本下水道協会規格「JSWAS A-1（下水道用鉄筋コンクリート管）」⁴⁴⁾の土圧算定式等を参考にしたい。

2) 突出型

突出型とは、管を直接地盤またはよく締め固められた地盤上に設置し、その上に盛土をする形式である。なお、溝を掘って管を埋設する場合でも、溝幅が管の外径の2倍以上ある場合や、原地盤からの土かぶりが溝幅の1/2以下の場合には、突出型とみなす。

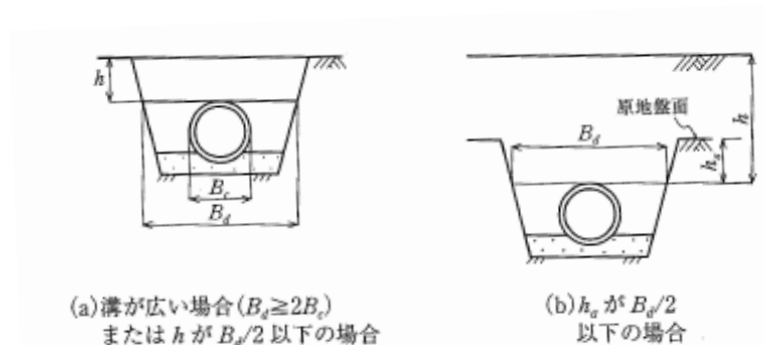


図-5.3.2 突出型とする場合の埋設形式

- (2) 遠心力鉄筋コンクリート管とプレストレストコンクリート管のような剛性管に作用する鉛直土圧は、マーストンによる式を用いることができるが、構造物を杭で支持した場合には、箱型と同様に土圧が変化する傾向があるので注意する必要がある。

1) 溝型の鉛直土圧算定式

溝型の埋設形式における剛性管に作用する鉛直土圧は、次式によって算出することができる⁴⁵⁾。

$$q = C_d \cdot \gamma \cdot \frac{B_d^2}{B_c} \dots\dots\dots (5.3.1)$$

$$C_d = \frac{1 - e^{-2K \cdot \mu' \cdot \frac{H}{B_d}}}{2K \cdot \mu'}$$

ここで,

q : 構造物に働く鉛直土圧(kN/m^2)

C_d : 溝型の場合の土圧係数

γ : 土の単位体積重量(kN/m^3)

B_d : 管頂部の溝幅(m)

B_c : 管の外径(m)

H : 構造物の土被り(m)

μ' : 自然地盤(または盛土)と埋戻し材との間のすべり摩擦係数

(通常 $\mu' = \mu$: (埋戻し材の内部摩擦係数, $\mu = \tan \phi$))

ϕ : 埋戻し材の内部摩擦角で試験に因らない場合, 表-5.3.1 を用いてもよい

K : ランキンの係数

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu}$$

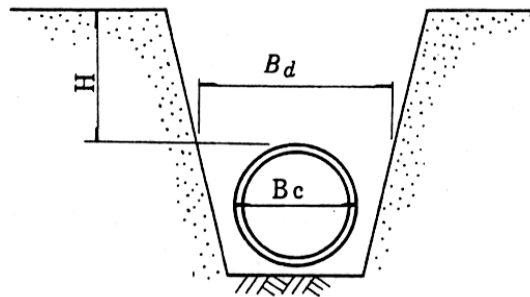


図-5.3.3 溝型の説明図

表-5.3.1 埋戻し材の内部摩擦角 ϕ の例

埋戻し材の種類	内部摩擦角 ϕ
良質粘性土	10°
砂	17°
粒状材	30°

1) 突出型の鉛直土圧算定式

突出型の埋設形式における剛性管に作用する鉛直土圧は, 次式によって算出することができる⁴⁵⁾.

$$q = C_c \cdot \gamma \cdot B_c \dots\dots\dots (5.3.2)$$

$$H \leq H_e \text{ のとき } C_c = \frac{e^{2K \cdot \mu \cdot \frac{H}{B_c}} - 1}{2K \cdot \mu}$$

$$H > H_e \text{ のとき } C_c = \frac{e^{2K \cdot \mu \cdot \frac{H_e}{B_c}} - 1}{2K \cdot \mu} + \left(\frac{H}{B_c} - \frac{H_e}{B_c} \right) e^{2K \cdot \mu \cdot \frac{H_e}{B_c}}$$

ここで,

C_c : 突出型の場合の土圧係数

H_e : 仮想の沈下面より暗渠上端までの深さ(m)で式(5.3.3)による.

$$e^{2K \cdot \mu \cdot \frac{H_e}{B_c}} - 2K \cdot \mu \cdot \frac{H_e}{B_c} = 2K \cdot \mu \cdot \gamma_{sd} \cdot P + 1 \dots\dots\dots (5.3.3)$$

P : 突出比, 盛土基面上から暗渠上端までの高さ(h)と暗渠外径(B_c)との比 h/B_c

γ_{sd} : 沈下比 (図-5.3.4 参照⁴⁵⁾, 普通地盤では一般に 0.7)

K : ランキンの係数

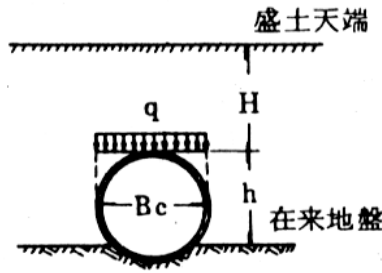


図-5.3.4 突出型の説明図

表-5.3.2 沈下比 (γ_{sd})⁴⁵⁾

埋 設 条 件	γ_{sd}
岩盤, 硬質地盤	1.0
普通地盤	0.5~0.8
軟弱な地盤	0~0.5

(3) 溝型の埋設形式であっても, 溝の掘削幅を拡げてゆくと, ある幅のところで溝型の土圧でなく, 突出型の土圧が働くようになる. この幅を転移幅といい, 溝型の土圧は掘削幅の拡がりにともない突出型の土圧に等しくなるまで増加する. したがって, 広い溝を掘削したときは, 溝型の土圧と突出型の土圧とのどちらが作用するかを判別する必要がある. この場合, 溝型と突出型の両方を計算し, そのうちの小さい方の値を, 管にかかる鉛直土圧として採用すればよい⁴⁵⁾.

(4) たわみ性管に作用する鉛直土圧は, 次式によって算出することができる⁴⁵⁾.

$$q = \gamma \cdot h \dots\dots\dots (5.3.4)$$

ここで,

q : 鉛直土圧 (kN/m^2)

γ : 土の単位体積重量 (通常 $18kN/m^3$)

h : 土被り厚 (m)

5.4 性能照査

5.4.1 一般

管構造物の安全性等は, 管の種類, 想定する作用, 限界状態に応じて適切な方法で照査するものとする.

【解 説】

- (1) 管構造物の安全性等の照査は、強度、変形、応力等について行うものとする。
- (2) 性能照査にあたっては、主たる作用が土圧である永続状態、主たる作用が載荷重である変動状態において、管構造物が所要の安全率を有する場合、求められる性能を満足すると見なすことができる。

5.4.2 剛性管の性能照査

- (1) 剛性管の安全性等が確保されていることを確認するため、強度等について照査するものとする。
- (2) 性能照査にあたっては、主たる作用が土圧である永続状態、主たる作用が載荷重である変動状態において、作用する曲げモーメントに対する抵抗曲げモーメントの比として表わされる安全率が、対象荷重で区別された安全率を超えている場合には、(1)を満足するとみなすことができる。

【解 説】

- (1) 剛性管の安全性等は、次式で求められる安全率が、対象荷重区分に対して規定する安全率以上であることにより照査することができる。

$$F_s = \frac{\text{抵抗曲げモーメント}}{\text{曲げモーメント}} = \frac{Mr}{M} \dots\dots\dots (5.4.1)$$

ここで、

F_s ：安全率

M ：曲げモーメント(kN・m)

Mr ：抵抗曲げモーメント(kN・m)

- (2) 剛性管の 1m あたりの抵抗曲げモーメントは、式(5.4.2)により算出することができる³⁾。

$$Mr = 0.318 \cdot P \cdot r + 0.239 \cdot W \cdot r \dots\dots\dots (5.4.2)$$

ここで、

Mr ：抵抗曲げモーメント(kN・m/m)

P ：管のひび割れ荷重(kN/m)

r ：管厚中心半径(m)

W ：管長 1m あたりの管自重(kN/m)

管径・管種別のひび割れ荷重は、付録-4「材料および許容応力度」を参照することができる。

- (3) 剛性管の 1m あたりの曲げモーメントは、式(5.4.3)により算出することができる³⁾。

$$M = k \cdot (q + p) \cdot r^2 \dots\dots\dots (5.4.3)$$

ここで、

M ：曲げモーメント(kN・m/m)

k ：基礎形式および基礎の有効支承角に対する係数(表-5.4.1)

q ：埋戻し土による鉛直土圧(kN/m²)

p ：活荷重による鉛直土圧(kN/m²)

r ：管厚中心半径(m)

表-5.4.1 係数 k の値

	砂・碎石基礎			コンクリート基礎		
有効支承角	60°	90°	120°	90°	120°	180°
k	0.378	0.314	0.275	0.303	0.243	0.220

- (4) 剛性管の安全率は、一般に以下の数値としている.
- 1) 航空機荷重のかかる範囲 $F_s = 1.5$
ただし、 W' 荷重の安全率 $F_s = 1.0$
 - 2) 自動車荷重等のかかる範囲 $F_s = 1.25$ (トーイングトラクター荷重を含む)
ただし、一時荷重とみなすことができる範囲の安全率 $F_s = 1.0$
- (5) トーイングトラクター荷重や自動車荷重等が作用する範囲の安全率は、「道路土工 カルバート工指針」³⁾に示されている 1.25 とすることができるが、一時的荷重とみなすことができる範囲の安全率は、許容応力の割増しに対応して 1.0 とすることができる. なお、 W' 荷重が作用する範囲において、トーイングトラクター荷重や自動車荷重等が作用する場合は、 W' 荷重では安全率 1.0、トーイングトラクター荷重や自動車荷重等の安全率 1.25 のいずれの安全率も満足するように設計する必要がある.
- (6) 他の構造物に接続する場合は、不同沈下や地震等による相対変位によって取付部分が折損するのを防ぐ対策を行う.
- (7) 剛性管のレベル 1 およびレベル 2 地震動に対する限界状態や性能照査方法については、「下水道施設の耐震対策指針と解説」⁴⁷⁾等を参考とすることができる.
- (8) レベル 1 およびレベル 2 地震動が作用する場合の断面力等の設計応答値については、震度法や応答変位法により算出することができ、その詳細について「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照し、「下水道施設の耐震対策指針と解説」⁴⁷⁾を参考とすることができる.

5.4.3 たわみ性管の性能照査

- (1) たわみ性管渠の安全性が確保されていることを確認するため、強度およびたわみ率について照査するものとする.
- (2) (1)の性能照査にあたっては、主たる作用が土圧である永続状態、主たる作用が載荷重である変動状態において、たわみ性管に生ずる曲げ応力度、管のたわみ率が、付録-4「材料および許容応力度」に規定する管の許容曲げ応力度、許容たわみ率以下であれば、(1)を満足するとみなすことができる.

【解 説】

- (1) たわみ性管は、曲げに対する安全性のほか、たわみに対する安全性も十分に考慮する必要がある.
- (2) 鉛直土圧および活荷重による鉛直荷重によって生じる曲げ応力度は、強化プラスチック複合管および硬質塩化ビニル管の場合、式(5.4.4)により算出することができる⁴⁶⁾.

$$\sigma = \frac{(k_1 \cdot q_d + k_2 \cdot q_l) \cdot r^2}{Z} \dots\dots\dots (5.4.4)$$

ここで、

σ : 曲げ応力度(N/mm²)

k_1 : 埋戻し土に対する曲げモーメント係数(表-5.4.2)

k_2 : 活荷重に対する曲げモーメント係数(表-5.4.2)

q_d : 鉛直土圧(N/mm²) q_l : 活荷重による鉛直土圧(N/mm²)

r : 管厚中心半径(mm) Z : 管の断面係数(mm³/mm)

なお、最大曲げ応力度は、標準的に管頂部と管底部の両方について計算を行いその大きい方の値とすることができる。

- (3) 鉛直土圧および活荷重による鉛直荷重によって生じる管のたわみ率は、強化プラスチック複合管および硬質塩化ビニル管の場合、式(5.4.5)により算出することができる⁴⁶⁾。

$$V = \frac{50(k_3 \cdot q_d + k_4 \cdot q_l)r^3}{EI} \dots\dots\dots (5.4.5)$$

ここで、

V : 曲げ応力度(N/mm²)

k_3 : 埋戻し土に対するたわみ係数(表-5.4.2)

k_4 : 活荷重に対するたわみ係数(表-5.4.2)

EI : 管の曲げ剛性(N・mm²/mm) VP, VU 管の場合 $EI = E \times I$ とする。

E : 硬質塩化ビニルの弾性係数で 2,942N/mm² とする。

I : 管の断面二次モーメント (mm⁴/mm)

q_d : 鉛直土圧(N/mm²) q_l : 活荷重による鉛直土圧(N/mm²)

表-5.4.2 曲げモーメント係数およびたわみ係数

施工支 承角 θ	有効支 承角 2α	管の 位置	曲げモーメント 係数		たわみ係数	
			k_1	k_2	k_3	k_4
90°	60°	管頂	0.132	0.079	0.102	0.030
		管底	0.223	0.011		
180°	90°	管頂	0.120	0.079	0.085	0.030
		管底	0.160	0.011		
360°	120°	管頂	0.107	0.079	0.070	0.030
		管底	0.121	0.011		

硬質塩化ビニル管の施工支承角は 360°を標準する。

- (4) 管厚中心半径、管の断面係数、管の曲げ剛性、管の断面二次モーメントに関する管渠の諸元は付録-4「材料および許容応力度」を参照することができる。
- (5) たわみ性管に関する設計の詳細等については、「道路土工 カルバート工指針」³⁾、「下水道用強化プラスチック複合管(K-2)」⁴⁶⁾等を参考とすることができる。
- (6) 他の構造物に接続する場合は、不同沈下や地震等による相対変位によって接続部分に過大な応力が発生するのを防ぐ対策を行う。
- (7) たわみ性管のレベル 1 およびレベル 2 地震動に対する限界状態や性能照査方法については、

「下水道施設の耐震対策指針と解説」⁴⁷⁾を参考とすることができる。また、地震動が作用する場合の断面力等の設計応答値については、震度法や応答変位法により算出することができ、その詳細について「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照し、「下水道施設の耐震対策指針と解説」⁴⁷⁾を参考とすることができる。

- (8) FRPM 管の許容曲げ応力度や許容たわみ率は、表-5.4.3 を参照することができる⁴²⁾。

表-5.4.3 FRPM 管の許容曲げ応力度

呼び径	B 形および C 形 (N/mm ²)	
	1 種	2 種
200～250	85.0	55.7
300～350	90.0	60.3
400～450	94.6	65.3
500～900	105.0	72.0
1,000～1,500		
1,650～3,000		

表-5.4.4 FRPM 管の許容たわみ率

基礎の種類	碎石基礎	砂基礎
許容たわみ率(%)	5.0	4.0

- (9) 硬質塩化ビニル管(VP 管、VU 管)の許容曲げ応力度、許容たわみ率は、表-5.4.5 に示す値を用いることができる³⁾。

表-5.4.5 硬質塩化ビニル管の許容曲げ応力度および許容たわみ率

許容曲げ応力度	17.7N/mm ²
許容たわみ率(%)	5%

- (10) 第2章「作用」に示す一時荷重とみなす範囲における FRPM 管や VP 管・VU 管の許容曲げ応力度および許容たわみ率は、割増しを考慮し 1.5 倍とすることができる。
- (11) 配水管の上部に荷重が載る場合には、管体強度やたわみ量に関する検討を行なう必要があり、その検討については、「水道施設設計指針」⁴³⁾を参考とすることができる。
- (12) 配水管のレベル 1 地震動に対する性能照査方法については、「水道施設設計指針」⁴³⁾を参考とすることができる。また、地震動が作用する場合の変形量等の設計応答値については、震度法や応答変位法により算定することができ、その詳細については「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照し、「水道施設耐震工法指針・解説」⁴⁸⁾を参考とすることができる。耐震対策は、管本体の構造だけではなく、継ぎ手構造にも配慮する必要がある。

第6章 舗装

6.1 一般

空港の道路舗装には、一般にアスファルト舗装が用いられ、その設計は、舗装の性能指標の値を満足するように、経済性、施工性を考慮して、その層構成、材料、その他の詳細構造を決定する必要がある。

【解 説】

- (1) 空港の場周道路、保安道路、構内道路、駐車場の舗装設計は図-6.1.1 に示す手順で行うことができる。

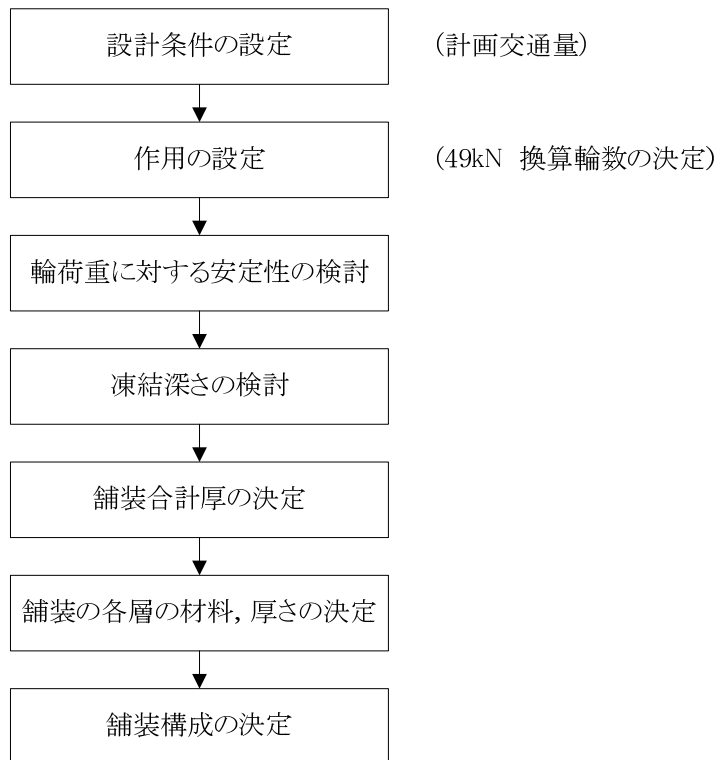


図-6.1.1 舗装の設計手順の例（アスファルト舗装）

- (2) 標準的に設定する舗装の性能指標は、疲労破壊輪数、塑性変形輪数および平坦性等があり、その詳細については、「舗装の構造に関する技術基準・同解説」⁴⁹⁾を参考とすることができる。
- (3) 舗装の設計期間は、当該舗装の施工および管理にかかる費用、施工時の道路交通等への影響を総合的に勘案して、設定する必要がある。
- (4) 舗装の設計に際しては、設計期間に応じた舗装計画交通量や基盤条件を設定する必要がある。特に、基盤は、舗装の出来形、品質および舗装としての性能の確保に大きな影響を与えるため、適切に基盤条件を設定する必要がある。なお、基盤条件として、路床の設計 CBR、弾性係数、設計支持力係数等を設定する必要がある。その際に必要となる試験方法や設定方法の詳細については、「舗装設計便覧」⁵⁰⁾を参考とすることができる。
- (5) 寒冷・準寒冷地域の舗装で凍結の可能性がある場合は、路床土の凍結融解の影響により破損することがあるので、その対策が必要である。凍結融解の影響がある場合、冬季には路

床土の凍上により路面のひび割れや平坦性の悪化を招き、春先には路床土の融解によって支持力が低下して舗装の破損につながる。したがって凍結融解の可能性がある場合は、その場所の凍結深さから求めた必要な置換え深さと荷重の支持性能の面から必要な舗装厚さを算出し、前者が後者よりも大きい場合には、その厚さの差に相当する凍上抑制層を路盤の下に設ける必要がある。

- (6) 空港の道路が臨海部を埋め立てて造成する等軟弱な地盤上に建設される場合は、残留沈下あるいは不同沈下により、舗装が悪影響を受ける可能性があるため、地盤の沈下が舗装に及ぼす影響を考慮する必要がある。

6.2 作用

舗装の性能照査で考慮する主な作用は、車両交通による繰返し載荷重であり、舗装構造を決定するための舗装計画交通量を適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 舗装計画交通量は、舗装の設計期間における大型車の平均的な交通量(台・日・方向)に基づいて設定される交通量であり、「舗装設計便覧」⁵⁰⁾では、表-6.2.1のとおり区分している。

表-6.2.1 舗装計画交通量の区分

舗装計画交通量(単位:台/日)	
3,000 以上	
1,000 以上	3,000 未満
250 以上	1,000 未満
100 以上	250 未満
40 以上	100 未満
15 以上	40 未満
	15 未満

- (2) 舗装計画交通量は、需要予測や交通量調査等に基づき適切に設定することが望ましい。
- (3) 場周道路および保安道路の舗装計画交通量は、一般的な空港においては実態として 100 台/日未満であるが、当該場周道路を使用予定の車両交通量および将来の維持・補修の見通し等を十分に考慮することにより、これ以外の交通量とすることができる。
- (4) 構内道路および駐車場の舗装計画交通量に関する資料が不足している国管理空港および地方管理空港においては、これまでの全国的な実績が概ね 100 台/日以上 250 台/日未満であり、一般にこれを舗装計画交通量として設計している。ただし、大型車両の進入が予想されない従業員駐車場等では、100 台/日未満とすることもできる。

6.3 性能照査

- (1) 舗装構造が荷重支持性能を有していることを確認するため、舗装構造が疲労限界に達しないことについて照査するものとする。
- (2) 路面が安全、円滑かつ快適な走行性を有していることを確認するため、路面の平坦性および塑性変形抵抗性について照査するものとする。

【解 説】

- (1) 舗装構造が疲労限界に達しないことの性能照査は、主たる作用が載荷重である変動状態において、舗装構造が疲労破壊しないことについて確認することとする。
- (2) 路面の平坦性および塑性変形抵抗性の照査は、施工直後の平坦性指標および塑性変形輪数が規定値以下であることについて確認するものとする。
- (3) 舗装構造の疲労限界に関する性能指標として疲労破壊輪数、路面の平坦性や塑性変形抵抗性に関する性能指標として平坦性、塑性変形輪数があり、各性能指標の規定値および性能照査方法の詳細については、「舗装の構造に関する技術基準・同解説」⁴⁹⁾を参考とすることができる。
- (4) 「舗装の構造に関する技術基準・同解説」⁴⁹⁾では、疲労破壊輪数の基準に適合する舗装構造として、必要等値換算厚(T_A)を下回らないよう舗装構造を決定する必要があるとしており、「舗装設計施工指針」⁵¹⁾において、実態調査結果に基づき信頼性を考慮した T_A の算出方法が示されている。
- (5) 疲労破壊輪数は、設計年数 10 年の場合、舗装計画交通量の区分に応じて、表-6.3.1 に示す値とすることができる。

表-6.3.1 疲労破壊輪数の基準値(標準荷重 49kN)

舗装計画交通量 (単位:台/日)		疲労破壊輪数 (単位:回/10年)
3,000 以上		35,000,000
1,000 以上	3,000 未満	7,000,000
250 以上	1,000 未満	1,000,000
100 以上	250 未満	150,000
40 以上	100 未満	30,000
15 以上	40 未満	7,000
	15 未満	1,500

- (6) 空港における道路舗装構造の設定については、一般に信頼性 90%に相当する T_A 式を用いている。

第7章 フェンス構造

7.1 一般

- (1) 空港付帯施設として設置されるフェンス構造には、場周柵やブラストフェンスがある。
- (2) 空港用地の地形、地質、電波干渉の有無、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。
- (3) ブラストフェンスの設計は、航空機の走行経路、空港内外の車両走行道路、歩行者動線等や施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

- (1) 場周柵やブラストフェンス等のフェンス構造の設計は、図-7.1.1 に示す手順で行うことができる。なお、考慮すべき設計地震動や求められる耐震性能の詳細については「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。

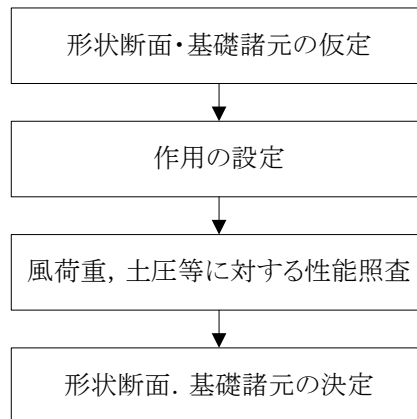


図-7.1.1 フェンス構造の設計手順の例

- (2) 設計に際して設定する基礎形式として、直接基礎、あるいは地盤改良後の直接基礎等が考えられるが、地盤の支持力を十分検討して経済性を考慮する必要がある。

7.2 作用

フェンス構造の性能照査で考慮する主な作用は、風荷重、ブラスト風荷重、自重、土圧、地震動があり、フェンスを設置する場所の諸条件および構造により適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 考慮すべき作用の詳細については、第2章「作用」を参照することができる。
- (2) 場周柵の作用には風荷重の他に波浪や雪、凍上による影響も考えられるため、地域特性に応じて適切な荷重条件を設定する必要がある。
- (3) 場周柵の性能照査における作用の組み合わせは、主たる作用が風荷重である変動状態を考慮する必要がある。また、地震時の性能照査では、レベル1地震動と自重による慣性力を考慮し、土圧等、地震動が影響する作用は、別途検討する必要がある。
- (4) ブラストフェンスの性能照査では、主たる作用がブラスト風荷重または風荷重である変動状態を考慮する必要がある。この際、設計ブラスト風荷重は、想定される航空機のうちで

最もブラストの影響が大きな航空機によるものとする。また、地震時の性能照査では、レベル 1 またはレベル 2 地震動と自重による慣性力とブラスト風荷重および風荷重以外の作用を考慮する必要があり、土圧等、地震動が影響する作用は、別途検討する必要がある。

7.3 性能照査

7.3.1 場周柵

- (1) 場周柵の安全性が確保されていることを確認するため、構造物および構造部材が限界状態に達しないことを照査するものとする。
- (2) 場周柵の安定性が確保されていることを確認するため、転倒に対する危険性が限界値に達しないことを照査するものとする。

【解 説】

- (1) 安全性の性能照査にあたっては、主たる作用が風荷重である変動状態において、支柱および胴縁等の部材に発生する応力度が、付録-4「材料および許容応力度」に規定する許容応力度以下である場合は、求められる性能を満足するとみなすことができる。
- (2) 安定性の性能照査にあたっては、主たる作用が風荷重である変動状態において、転倒の安定性に関して、次式より求められる安全率が 1.0 以上である場合には、求められる性能を満足するとみなすことができる。なお、設置される地盤が平坦でなく、法肩又は法面の途中に設置される場合においては、転倒に対する検討について十分注意する必要がある。

$$Fs = \frac{Mr1 + Mr2}{Me} \dots\dots\dots (7.3.1)$$

ここで、

Fs : 安全率

Me : 転倒モーメント(kN・m)($=M_0 + H_0 \times (h + h_0)$)

$Mr1$: 自重による抵抗モーメント(kN・m)

($= \text{コンクリートの単位体積重量} \times (h + h_0) \times b \times d \times d/2$)

$Mr2$: 側圧抵抗モーメント(kN・m) ($= 1/3 \times h \times (fe' \times h \times B - H_0)$)

M_0 : 基礎上面に作用するモーメント(kN・m)

H_0 : 基礎上面に作用する水平力 (kN)

h : 基礎の根入れ長 (m)

h_0 : 基礎の突出長 (m)

B : 基礎の奥行き (m)

d : 基礎の幅 (m)

fe' : 地盤の短期許容横方向地耐力(kN/m²)

($= 2/3 \times fe$)

fe : 地盤の許容鉛直方向地耐力(kN/m²)

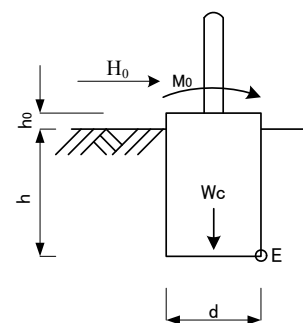


図-7.3.1 基礎に作用する荷重の例

- (3) 基礎地盤が軟弱な場合は、地盤の支持力について検討する必要がある。
- (4) 支柱に作用する曲げモーメントにより基礎の支圧破壊や、基礎地盤の支持力不足が懸念されるような場合等、その他必要な照査を行う必要がある。
- (5) 安全性および安定性における耐震性能の照査は、解説(1)、解説(2)による性能照査を行う場合は、主たる作用がレベル1地震動に関する耐震性能を満足するとみなすことができる。

7.3.2 ブラストフェンス

- (1) ブラストフェンスの安全性が確保されていることを確認するため、構造物および構造部材が限界状態に達しないことを照査するものとする。
- (2) ブラストフェンスの安定性が確保されていることを確認するため、支持、転倒、滑動に対する危険性が限界値に達しないことを照査するものとする。

【解説】

- (1) 安全性の性能照査にあたっては、主たる作用がブラスト風荷重または風荷重である変動状態において、部材に発生する応力度が、付録-4「材料および許容応力度」に規定する許容応力度以下である場合は、求められる性能を満足するとみなすことができる。
- (2) 部材に関する性能照査は構造形式により異なり、斜壁型鋼構造や直壁型複合コンクリート構造の場合は、以下の方法により行うことができる。また、照査方法については、「鉄筋コンクリート構造 計算規準・同解説」⁵²⁾、「鋼構造設計規準」⁵³⁾を参考とすることができる。

1) 斜壁型鋼構造

斜壁型鋼構造の場合の部材の性能照査は、上部構造を構成する各部材の曲げやせん断、たわみ量等に対して行う必要があり、下部構造については、アンカーボルトや底版部等について行う必要がある。なお、上部構造の設計応答値は、骨組み構造解析により算出することができ、下部構造の設計応答値は、上部構造を介してブラスト風荷重等による曲げモーメントが伝達されると考えることができる。

2) 直壁型複合コンクリート構造

直壁型複合コンクリート構造の場合の部材の性能照査は、上部構造を構成する枠材(溶接部を含む)、取付版、支柱、支柱根入れ部等の曲げやせん断、たわみ量等に対して行う必要があり、下部構造については、柱脚部、底版部等について行う必要がある。なお、上部構造の設計応答値は、取付版は4辺を単純支持された版として計算することができ、下部構造の設計応答値は、上部構造を介してブラスト風荷重等による曲げモーメントが伝達されると考えることができる。

- (3) 安定性の性能照査にあたっては、主たる作用がブラスト風荷重または風荷重である変動状態において、支持および転倒、滑動に対する安全性が、所要の安全率以上である場合は、求められる性能を満足するとみなすことができる。
- (4) 直接基礎とする場合の安定性の照査は以下の方法による行うことができる。

1) 支持に関する照査

支持に関する照査では、基礎地盤底面における鉛直地盤反力が、許容鉛直支持力以下であることを確認する必要がある。なお、直接基礎とする場合の許容鉛直支持力は、式(7.3.2)に示す支持力式や平板載荷試験により得られる極限支持力に対して、表-7.3.1に示す安全

率を確保した値とすることができる。式(7.3.2)の支持力式は, Terzaghi の支持力式に対して, 基礎形状, 荷重の偏心傾斜, 支持力係数の寸法効果の影響を考慮したものである。

$$Q_u = \left(\alpha \cdot \kappa \cdot c \cdot N_c \cdot S_c + \kappa \cdot q \cdot N_q \cdot S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \cdot \beta \cdot B_e \cdot N_r \cdot S_r \right) \cdot A_e \quad \dots\dots\dots (7.3.2)$$

ここで,

Q_u : 直接基礎の極限支持力(kN)

c : 地盤の粘着力(kN/m²)

q : 上載荷重(kN/m²)で, $q = \gamma_2 \cdot D_f$

A_e : 有効載荷面積(m²)

γ_1 : 支持力地盤の単位体積重量(kN/m³)

γ_2 : 根入れ部分の土の単位体積重量(kN/m³)

ただし, γ_1, γ_2 地下水位以下では水中単位体積重量を用いる。

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅(m)

$$B_e = B - 2e_B$$

B : 基礎幅. 荷重の偏心がある場合には有効幅 B_e (m)

e_B : 荷重の偏心量(m)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ(m)

α, β : 基礎の形状係数

κ : 根入れ効果に対する割増し係数

N_c, N_q, N_r : 荷重の傾斜を考慮した支持力係数. 「道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」⁴⁰⁾を参考とすることができる。

S_c, S_q, S_r : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数「道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」⁴⁰⁾を参考とすることができる。

表-7.3.1 極限支持力に対する安全率

ブラスト風荷重時	暴風時, レベル1 地震時
3	2

表-7.3.2 形状係数

基礎底面の形状 形状係数	帯状	正方形, 円形	長方形, 楕円形, 小判型
α	1.0	1.3	$1 + 0.3 \frac{Be}{De}$
β	1.0	0.6	$1 - 0.4 \frac{Be}{De}$

注) Be, De は, 有効載荷幅

2) 転倒に関する照査

基礎の転倒モーメントに対する安定性は, 作用による合力の作用位置で照査するものと

する。その際、直接基礎に作用する合力の作用位置は、ブラスト風荷重時には底面の中心より底面幅の 1/6 以内とし、暴風時およびレベル 1 地震時には底面の中心より底面幅の 1/3 以内とする必要がある。

3) 滑動に関する照査

基礎の滑動に関する照査では、想定される作用により発生する荷重の水平成分が、基礎底面のせん断抵抗力に対して表-7.3.3 に示す安全率が確保されていることを確認する必要がある。その際、周囲の舗装体の影響は考慮しなくてもよい。

基礎底面のせん断抵抗力は、地盤条件を十分考慮して求める必要があり、式(7.3.3)で求めることができる。基礎底面と支持地盤の付着および摩擦角(摩擦係数)の一般的な値として、表-7.3.4 に示す値を用いることができる。

表-7.3.3 せん断抵抗力に対する安全率

ブラスト風荷重時	暴風時, レベル 1 地震時
1.5	1.2

$$H_u = c_B \cdot A_e + V \cdot \tan \phi_B \dots\dots\dots (7.3.3)$$

ここで、

H_u : 基礎底面と地盤との間に働くせん断抵抗力(kN)

c_B : 基礎底面と地盤との間の付着力(kN/m²)

ϕ_B : 基礎底面と地盤との間の摩擦角(°)

A_e : 有効載荷面積(m²)

V : 基礎底面に作用する鉛直荷重(kN)。ただし、浮力を差し引いた値。

表-7.3.4 摩擦角と付着力

条 件	摩擦角 ϕ_B (摩擦係数 $\tan \phi_B$)	付着力 c_B
土とコンクリート	$\phi_B = \frac{2}{3} \phi$	$c_B = 0$
土とコンクリートの間に栗石を敷く場合	$\left. \begin{array}{l} \tan \phi_B = 0.6 \\ \phi_B = \phi \end{array} \right\} \text{の小さい方}$	$c_B = 0$
岩とコンクリート	$\tan \phi_B = 0.6$	$c_B = 0$
土と土または岩と岩	$\phi_B = \phi$	$c_B = c$

注) ϕ : 支持地盤のせん断抵抗角(°), c : 支持地盤の粘着力(kN/m²)

- (5) 溶接部分の安全性等が構造物の安定性に大きく影響することが想定される場合や用地の制約等より特殊な基礎形状を採用する場合等、基礎形式に応じて、その他必要な照査を行う必要がある。
- (6) 安全性および安定性における耐震性能の照査は、解説(1)、解説(3)による性能照査を行う場合は、主たる作用がレベル 1 地震動に関する耐震性能を満足するとみなすことができる。なお、主たる作用がレベル 2 地震動である偶発状態において、構造や基礎形式とその限界状態に応じて、適切な方法に基づいて照査するものとする。

第8章 橋梁

8.1 一般

- (1) 橋梁構造は、一般的には進入灯の基盤として設置されることが多いが、道路・駐車場や基本施設の基盤として設置されることもある。
- (2) 橋梁構造の設計は、地形・地質、線形・勾配、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

- (1) 橋梁構造の作用、性能照査方法は、「道路橋示方書・同解説」³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁵⁴⁾を参照することができる。
- (2) 本要領では、空港施設特有の進入灯橋梁を対象とした作用、性能照査について記載している。

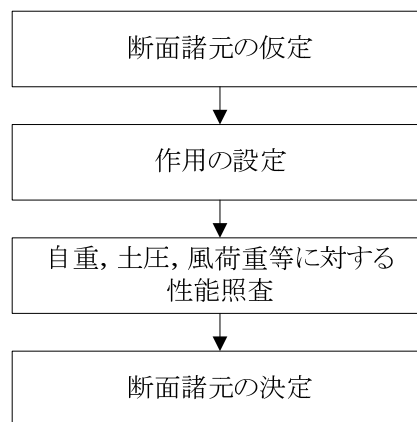


図-8.1.1 進入灯橋梁の設計手順の例

8.2 作用

進入灯橋梁の性能照査で考慮する主な作用は、載荷重、自重、土圧、風荷重、雪、波浪、地震動、環境作用があり、進入灯橋梁を設置する場所の諸条件および構造により作用を適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 考慮すべき作用の詳細や、その組み合わせについては「道路橋示方書・同解説」³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁵⁴⁾を参考とすることができる。
- (2) 自重として、橋梁本体以外に灯器、ケーブル等の重さがある。主なものでは、センターバーは1箇所あたり300kg程度、クロスバーは1箇所あたり1,200kg程度、ケーブルは40kg/m程度である。これら灯器等の重量はその種類によって異なるので、航空灯火担当者と協議して設定する必要がある。
- (3) 維持・点検作業時に発生する載荷重については、作業員3名と台車1台および補修材の計として300kg程度としている事例が多い。空港ごとの実荷重を適切に考慮するため、航空灯火担当者と協議の上決定する必要がある。
- (4) 必要に応じて、橋脚や桁に作用する水平波力や揚圧力を考慮する必要がある。詳細については「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。

- (5) 風荷重については「道路橋示方書・同解説 I 共通編」³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾においては、設計基準風速を40m/sとして設定している。しかし、進入灯橋梁では一般的な橋梁に比べて、風荷重の影響が相対的に大きくなるため、特に強風地域では橋梁が位置する地形等を考慮し設計基準風速について適切な検討を行う必要がある。
- (6) 進入灯橋梁に作用する風により生じる共振等が安全、使用上の問題となることがあるので、架橋位置・地形および地表条件を考慮して橋梁の構造特性・断面形状を適切に決定する必要がある。

8.3 性能照査

進入灯橋梁構造物の性能が確保されていることを確認するため、構造物および構造部材が限界状態に達しないことを照査するものとする。

【解 説】

- (1) 性能照査にあたっては、主たる作用が自重、土圧等である永続状態、主たる作用が風荷重、波浪等である変動状態において、部材に発生する応力度が許容応力度以下であり、その他上部構造、下部構造の形式等に応じた必要な照査、および必要に応じて耐風性による照査、耐震性能の照査を行う場合は、求められる性能を満足するとみなすことができる。
- (2) 上部構造、下部構造を考慮し、風による振動が問題となる場合は、必要な耐風性についての照査を行うものとする。
- (3) 耐震性能の照査は、主たる作用がレベル 1 地震動である変動状態、主たる作用がレベル 2 地震動である偶発状態において、構造や基礎形式とその限界状態に応じて、適切な方法に基づいて行うものとする。
- (4) たわみの許容値については航空灯火の性能等と密接に関連しているため、航空灯火担当者と協議の上決定する必要がある。
- (5) 進入灯橋梁構造物の許容応力度や耐力、性能照査の方法の詳細については、「道路橋示方書・同解説」³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁵⁴⁾を参考とすることができる。
- (6) 地震時を除き、進入灯橋梁の変形の許容値としては、「ICAO ANNEX 14 添付物A」(翻訳版)⁵⁵⁾(添付 A-17, A-18, A-23)の進入灯の設置許容範囲を参考とすることができる。
- (7) たわみやすい構造物は、風によりその周囲に発生する渦による渦励振や構造物と共振し振動が急激に大きくなる発散振動を起こすことがある。渦励振や発散振動が発現する可能性の推定にあたっては、「道路橋耐風設計便覧」⁵⁶⁾における振動発現の推定結果、表-8.3.1を参考とすることができる。振動発現の可能性が推定される場合は、風洞試験やシミュレーション等の適切な方法を用いて耐風性を検討する必要がある。

表-8.3.1 振動発現の推定結果

橋種			振動の発現風速が照査風速を下回ると概略推定される場合の条件式	発現の可能性のある現象
吊橋・斜張橋	トラス		$L \times U_d / B > 347$	ねじれ発散振動(フラッター)
	箱げた	開断面	$L \times U_d / B > 200$ ただし、 $I_u < 0.20$	たわみ渦励振
			$L \times U_d / B > 333$	たわみ発散振動 (ギャロッピング)
			ただし、鋼げたで $B/d < 5$ かつ $I_u < 0.15$	
			$L \times U_d / B > 347$	ねじれ発散振動(フラッター)
		閉断面	$L \times U_d / B > 200$ ただし、 $I_u < 0.20$	たわみ渦励振
			$L \times U_d / B > 333$	たわみ発散振動 (ギャロッピング)
			ただし、鋼げたで $B/d < 5$ かつ $I_u < 0.15$	
		$L \times U_d / B > 521$	ねじれ発散振動(フラッター)	
鋼げた橋	箱げた	$L \times U_d / B > 200$ ただし、 $I_u < 0.20$		たわみ渦励振
		$L \times U_d / B > 333$		たわみ発散振動 (ギャロッピング)
		ただし、 $B/d < 5$ かつ $I_u < 0.15$		
	I げた	$L \times U_d / B > 292$ ただし、 $1.9 \leq B/d < 5$ かつ $I_u < 0.15$		たわみ発散振動 (ギャロッピング)
		$L \times U_d / B > (6.0 - B/d) \cdot 76$ ただし、 $1.9 \leq B/d < 3.5$		ねじれ発散振動 (フラッター)
		$L \times U_d / B > 191$ ただし、 $3.5 \leq B/d < 4.5$		
		$L \times U_d / B > (3.5 - 0.62(B/d)) \cdot 110$ ただし、 $1.9 \leq B/d < 3.5$ かつ $I_u < 0.20$		ねじれ渦励振
		$L \times U_d / B > 146$ ただし、 $3.5 \leq B/d < 4.5$ かつ $I_u < 0.20$		

ここに、 L ：最大支間長(m) B ：総幅(m) d ：有効高(m)
 U_d ：設計基準風速(m/s) I_u ：風の乱れ強さ

- (8) 上部工の防錆については耐用年数とライフサイクルコストを比較して適切なものとする。防錆方法として「鋼道路橋塗装・防食便覧」⁵⁷⁾における代表的な鋼道路橋の防食法は表-8.3.2を参考とすることができる。
- (9) 耐震性能の照査方法については「空港土木施設耐震設計要領」²⁾による他、「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」⁵⁴⁾を参考とすることができる。
- (10) 落橋防止システムを設置する場合, その詳細については、「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」⁵⁴⁾を参考とすることができる。

表-8.3.2 代表的な鋼道路橋の防食法

防食法	塗装		耐候性鋼材	溶融亜鉛めっき	金属溶射
	一般塗装	重防食塗装			
防食原理	塗膜による環境遮断	塗膜による環境遮断とジンクリッチペイントによる防食	ちみつなさび層による腐食速度の低下	亜鉛皮膜による環境遮断と亜鉛による防食	溶射皮膜による環境遮断と亜鉛による防食
劣化因子	紫外線, 塩分, 水分(湿潤状態の継続)	紫外線, 塩分, 水分(湿潤状態の継続)	塩分, 水分(湿潤状態の継続)	塩分, 水分(湿潤状態の継続)	塩分, 水分(湿潤状態の継続)
防食材料	塗料	塗料	腐食速度を低下する合金元素の添加	亜鉛	亜鉛, 亜鉛・アルミニウム
施工方法	スプレーやはけ, ローによる塗付	スプレーやはけ, ローによる塗付	製鋼時に合金元素を添加	めっき処理槽への浸漬(めっき工場)	溶射ガンによる溶射
構造, 施工上の制限(原則)	温度, 湿度等施工環境条件の制限	温度, 湿度等施工環境条件の制限	滞水・湿気対策	めっき処理槽による寸法制限と熱ひずみ対策	溶射ガンの運行上の制限
外観(色彩)	色彩は自由	色彩は自由	色彩は規定(茶褐色)	色彩は限定(灰白色)	色彩は限定(梨地状の銀白色)
維持管理	さびの発生や塗膜の消耗, 変退色の調査. 塗膜劣化が進行した場合は塗替え.	さびの発生や塗膜の消耗, 変退色の調査. 塗膜劣化が進行した場合は塗替え.	異常なさびが形成されていないことの確認. 腐食が進行した場合は塗装による防食※	亜鉛層の追跡調査. 亜鉛層の消耗後は塗装による防食※	亜鉛・アルミニウム層の追跡調査. 溶射皮膜の消耗後は金属溶射もしくは塗装による防食※
複合防食	—	—	—	塗装との併用	塗装との併用

注) 1.※印は実績が少なく, 塗装にあたっては注意が必要である.

2.耐候性鋼材は JIS G3114(W 仕様)に規定する溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材を示す.

第9章 土構造物・護岸

9.1 一般

空港用地の基盤となる土構造物や護岸は、その目的に適合し、安全かつ経済的でなければならない。土構造物や護岸の設計は、設計供用期間内において、設定された要求性能を満足することを照査するものとするが、実験や解析もしくは経験的に設定された要求性能を満足することが確認されている場合には、要求性能を満足すると見なすことができる。

9.2 盛土地盤

9.2.1 一般

盛土地盤の設計は、地形・地質、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

(1) 盛土地盤の設計は、図-9.2.1 に示す手順で行うことができる。

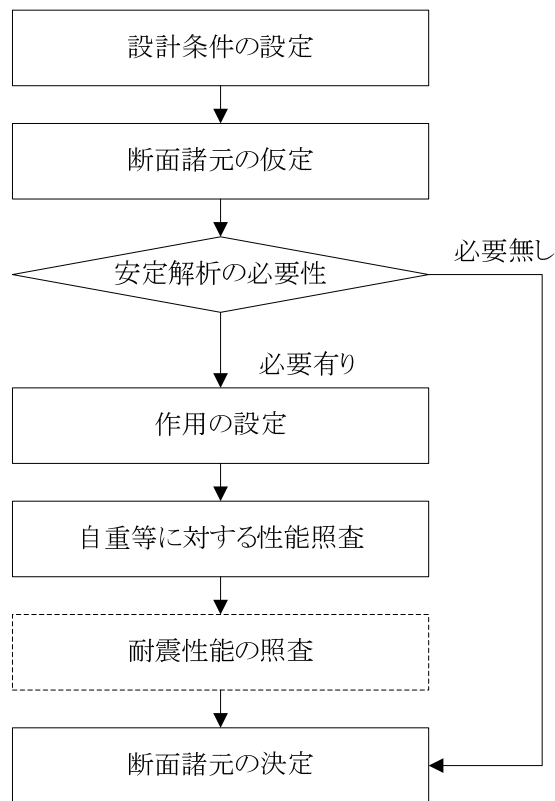


図-9.2.1 盛土地盤の設計手順の例

(2) 盛土地盤の設計は、以下の項目について検討する必要がある。

- 1) 法面勾配
- 2) 法面の安定および小段の設置高さ・幅員
- 3) 排水性の確保
- 4) 法面保護

なお、盛土の安定検討に際し、一般的な盛土は安定解析の必要性がなく、「道路土工 盛

土工指針」⁴⁾等に示される標準法面勾配を参考とすることができるが、標準法面勾配が適用できる高さを超える場合、盛土材料の間隙水圧が増加しやすい土の場合、地山からの湧水の影響を受けやすい場合、基礎地盤が軟弱地盤や地すべり地のような不安定な場合、または崩壊により隣接する施設等に重大な損害を与える恐れがある場合等には、安定解析を行う必要がある。なお、安定解析にあたり、高盛土は検討が多岐にわたるため、各設計段階における着眼点や相互の関連性を十分に理解したうえで、計画地の気象・地形・地質条件や地下水条件、周辺環境等の自然条件を把握する必要がある⁴⁾。

- (3) 高盛土の法面勾配は、安定計算の結果のみを重視して決定することは避け、近隣あるいは類似土質条件の地点の法面施工実績・災害事例等を十分に調査し、総合的な観点から判断する必要がある。なお、盛土高が極端に高い場合は、法尻に近い程勾配を緩くした方が経済的であるが、盛土材料の材質や盛土斜面の安定・法面保護等について留意する必要がある。
- (4) 高盛土の安定には小段の設置が有効であり、以下のことに配慮して高さ 5～7m 毎に設置することが望ましい⁴⁾。
 - 1) 点検・管理、必要に応じた維持補修あるいは災害復旧などの足場用地の確保
 - 2) 降雨による法面浸食を防止するための排水溝の設置

このため、法長に応じて、図-9.2.2 に示すように点検・管理用道路を設け、一般に温暖地域では大型車の通行が予想されない場合の保安道路と同様に 3.0m、寒冷・準寒冷地域では除雪や堆雪の余裕幅を考慮して 4.0m の有効幅員とし安全管理上の柵を備えることとしている。なお、盛土体が岩砕材料によって構成され、盛土表面が岩座張り(リップラップ)のように法面が流下する表面水によって浸食される恐れのない場合には、必ずしも排水溝を設ける必要はなく、小段幅は管理に必要な幅 1.5m とすることが望ましい。また、岩座張り以外の小段幅は、法面の降雨排水に必要な溝幅に、管理に必要な 1.5m を加えた数値とするが、小段延長が短い狭小な谷を埋める高さ 20m 程度の高盛土法面においては、小段幅 1.5m の中に溝幅を含めることができる。なお、小段の法尻と排水溝の間には、凍上や越流を考慮して必要な余裕幅を設けることが望ましい。

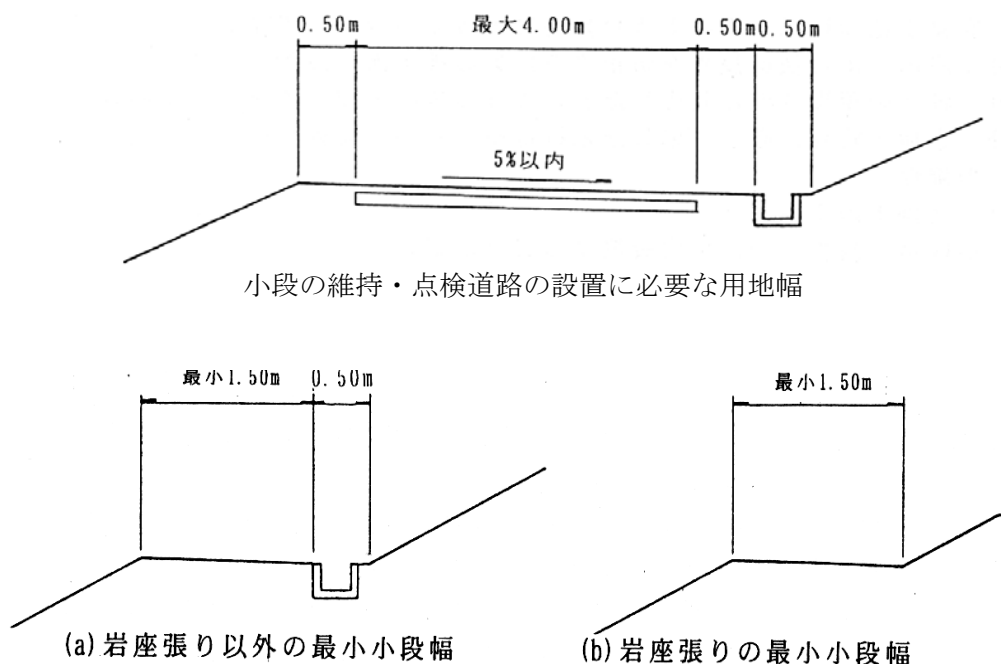


図-9.2.2 小段の設置幅

- (5) 考慮すべき設計地震動や、求められる耐震性能の照査については、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。

9.2.2 作用

盛土地盤の設計で考慮する主な作用は、自重、地震動があり、盛土場所の諸条件により適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 考慮すべき作用の詳細については、第2章「作用」を参照することができる。また、第2章「作用」に記載していない影響については「道路土工 盛土工指針」⁴⁾を参考とすることができる。

9.2.3 性能照査

- (1) 盛土地盤に設置される空港施設の機能が確保されていることを確認するため、盛土地盤が平坦性を有することを照査するものとする。
- (2) 盛土地盤および基礎地盤の安定性が確保されていることを確認するため、地盤の安定が損なわれないことを照査するものとする。

【解 説】

- (1) 盛土地盤の平坦性の照査にあたっては、主たる作用が自重である永続状態において発生する沈下が、限界値以下である場合は、求められる性能を満足するとみなすことができる。
- (2) 盛土地盤の安定性の照査にあたっては、主たる作用が自重である永続状態において、地盤のすべり破壊の生じる危険性が限界値以下であり、かつ、耐震性能の照査を行う場合には、求められる性能を満足するとみなすことができる。

- (3) 盛土地盤の安定性の耐震性能の照査は、主たる作用がレベル 1 地震動である変動状態において、地盤のすべり破壊の生じる危険性が限界値以下であること、または主たる作用がレベル 2 地震動である偶発状態において、発生する残留変形量が限界値以下であること。
- (4) 盛土地盤の表面勾配の限界値は、常時においては「空港土木施設の設置基準解説」¹⁾に定める値を満足するとともに、それ以外については、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾に示される耐震性能に係る性能を考慮して適切に設定する必要がある。なお、平坦性に影響を及ぼす盛土の沈下は、通常、施工期間中に終了するが、沈下の規模によっては、地中埋設物に影響が及ぶ場合もあり、必要に応じて検討を行う必要がある。また、基礎地盤の土層構成や分布状況および盛土高が変化する場合は、不同沈下の影響があるため、空港機能を損なうことのないように慎重に検討を行い、必要に応じて余盛りなどの対策を講じる必要がある。
- (5) 盛土の安定性の性能照査に際して用いる地盤定数は解析結果に直接関与し、大きな影響を及ぼす要因であるため、地形・地質状況、盛土体と基礎地盤の土質、設計条件、解析方法、施工条件、すべり安全率等の解析等の照査方法に応じて最も適切と考えられる調査・試験によって設定する必要がある。
- (6) 一般の盛土地盤においては、「道路土工 盛土工指針」⁴⁾を参考とすることができる。
- (7) 高盛土地盤の沈下量等は、以下の方法により算出することができるが、残留沈下量が、盛土上の施設や地下構造物が許容する範囲に収まらない場合には、対策工を検討する必要がある。また、埋設物等への影響が考えられる場合や、拡張等における既設構造物との接合部などでは、その機能を損なわないような許容する沈下量を規定する必要がある。なお、沈下解析では多くの仮定や不確定要素が含まれているため、解析で求めた沈下量が小さい場合には、解析値は一つを目安値にとどめ、施工段階で動態観測を行って沈下量の予測値を修正していくことが合理的である。
- 1) 即時沈下量は、「道路土工 軟弱地盤対策工指針」⁵⁸⁾あるいは「設計要領第一集 土工編」⁴¹⁾に示される方法を参考とすることができる。
- 2) 圧密沈下量は、式(9.2.1)に示すとおり、 $e-\log p$ 法によって算出することができる。ただし、正規圧密土からなる軟弱層の場合で、区分された圧密層毎に圧縮指数 C_c 、または体積圧縮係数 m_v が求められている場合には、それぞれ式(9.2.2)、式(9.2.3)によって圧密沈下量を求めることができる。

$$S_c = \sum \frac{e_0 - e}{1 + e_0} \cdot H \quad \dots\dots\dots (9.2.1)$$

$$S_c = \sum H \cdot \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \quad \dots\dots\dots (9.2.2)$$

$$S_c = \sum m_v \cdot \Delta p \cdot H \quad \dots\dots\dots (9.2.3)$$

ここで、

S_c : 圧密沈下量

e_0 : 圧密層の初期間隙比

e : 圧密層の圧密後の間隙比で、中央深度の $p_0 + \Delta p$ に対して設計 $e-\log p$ 曲線から求める。

H : 圧密層厚

c_c : 圧縮指数

p_0 : 盛土前土かぶり厚

Δp : 盛土荷重による増加応力

m_v : 体積圧縮係数

- 3) 設計条件や土質条件等から長期沈下が無視できない場合には、長期沈下を考慮する必要がある。

長期沈下とは二次圧密沈下とも呼ばれ、土中の過剰間隙水圧の消散過程を主要因とする一次圧密沈下の終了後も長期に続くクリープ沈下のことをいうが、一次圧密沈下と二次圧密沈下を明確に区分する方法は未だ確立していない。しかし、二次圧密沈下は、時間の対数と比例関数にあることが経験的に知られており、沈下実測データから長期沈下量を推定する場合には、「設計要領第一集 土工編」⁴¹⁾に示される推定式を利用することが望ましい。なお、二次圧密沈下を含めた全沈下量の推定が困難な場合には、「道路土工 軟弱地盤対策工指針」⁵⁸⁾に示されるように基準時 t (盛土の場合、舗装完成時または供用開始時) から時間 Δt 経過するまでに生ずる圧密沈下量 ΔS をとって残留沈下量とすることができる。

- 4) 飽和粘性土の圧密沈下速度は、Terzaghi の一次元圧密理論から求めることができ、鉛直方向の排水のみによる一次元圧密の場合、平均圧密度は、図-9.2.3 から求めることができる。なお、時間係数と実際の時間との関係は、式(9.2.4)で示されるが、圧密係数の異なる層が互層となっている場合の圧密沈下速度は、換算層厚法から求めることができる。

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H^2} \dots\dots\dots (9.2.4)$$

ここで、

T_v : 時間係数

C_v : 圧密係数

t : 実際の時間

H : 最大排水長さ

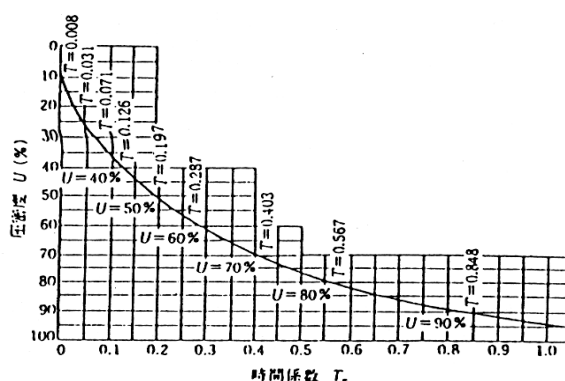


図-9.2.3 U と T_v の関係 ($\Delta u_0 = \text{一定}$)

(「道路土工 軟弱地盤対策工指針」⁵⁸⁾)

- 5) 高盛土が設置されている部分等基礎地盤にかかる荷重が数年におよび、漸増载荷過程を特に考慮しなければならない場合には、三笠の一次元圧密理論による方法を用いることがで

きる。

- 6) 変形と圧密沈下速度の関係を有限要素法によって求める場合には、圧密連成解析により検討することができる。
- 7) 施工中あるいは施工後に雨水が地盤内へ浸透することによって、盛土材料が脆弱化(スレーキング現象)し、細粒化することによる沈下や、土粒子(あるいは岩塊)の接触点でのスリップによる沈下(コラプス現象)が発生することがある。これら沈下を水浸沈下というが、室内あるいは現場の水浸沈下試験により推定することができる。
- (8) 常時や地震時の盛土のすべり安定性の照査は、円弧すべり面法や有限要素法によって行うことができ、施工中や完成後等の検討条件に応じて適切な方法により行う必要がある。なお、すべり面法による安定解析は、以下に示す方法により行うことができる。

1) すべり面法による常時の安定解析

すべり面法による常時の安定解析は、式(9.2.5)に示す円弧すべり面を仮定した場合を基本とするが、盛土体の材質、盛土と地山の形状により、円弧すべり面による方法で適切に判断できない場合には直線すべり面、あるいは円弧と円弧、円弧と直線等を組み合わせた複合すべり面を仮定して計算を行うことができる。なお、式(9.2.5)は、各分割片間の鉛直面に作用する力の釣り合いを無視しているが、これ以外にも円弧すべり面に対しては Bishop, Spencer による解析法、任意のすべり面形状に対しては Janbu, Morgenstern and Price などの解析法がある。

$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha)} \dots\dots\dots (9.2.5)$$

ここで、

F_s : 安全率

c : 土の粘着力(k N/m^2)

ϕ : 土のせん断抵抗角(度)

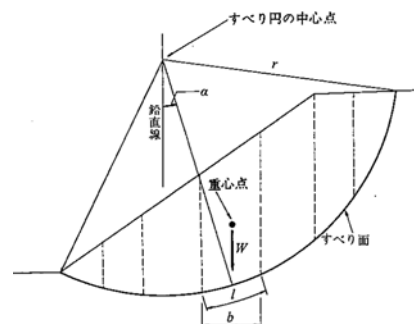
l : 分割片で切られたすべり面の長さ(m)

W : 分割片の全重量(k N/m), 載荷重を含む

u : 間隙水圧(k N/m^2)

b : 分割片の幅(m)

α : 分割片で切られたすべり面の midpoint とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(度)



2) すべり面法による地震時の安定解析

常時の安定解析と同様に、地震時の安定解析は、式(9.2.6)に示す円弧すべり面を仮定した場合を基本として、震度法による安定解析を行うこととするが、盛土の材質、盛土と地山の形状により、円弧すべり面による方法で適切に判断できない場合には、直線すべり面、あるいは円弧と円弧、円弧と直線等を組み合わせた複合すべり面を仮定して計算を行うこ

とができる.

$$F_s = \frac{\sum \{ c \cdot l + [(W - u \cdot b) \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha] \tan \phi \}}{\sum \left(W \cdot \sin \alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W \right)} \quad \dots\dots\dots (9.2.6)$$

ここで,

F_s : 安全率

c : 土の粘着力 (k N/m²)

ϕ : 土のせん断抵抗角(度)

l : 分割片で切られたすべり面の長さ(m)

W : 分割片の全重量 (k N/m), 載荷重を含む

u : 間隙水圧 (k N/m²)

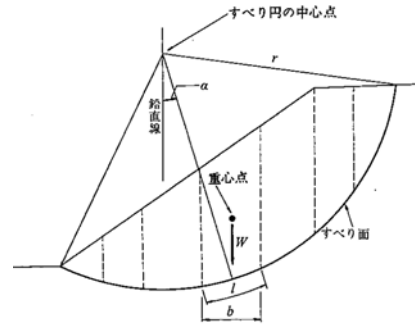
b : 分割片の幅(m)

α : 分割片で切られたすべり面の中点とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(度)

k_h : 設計水平震度

h : 各分割片の重心とすべり円の中心との鉛直距離(m)

r : すべり円弧の半径(m)



3) すべり安全率

すべり安全率は, 一般的に常時の場合は 1.2 以上, 地震時の場合は 1.0 以上とすることができるが, 構造物の重要度, 解析モデルの作成条件や地盤定数等の設計条件と密接な関係があるため, それらの条件を総合的に勘案して設定する必要がある. なお, 盛土施工範囲が広く, 盛土高が高くなるために種々の不確定要素がある場合, あるいはすべり破壊により人的被害や公共施設等への影響が大きい場合等には, すべり安全率を大きく取ることが望ましい.

- (9) すべり面法による安定解析の結果, 所要のすべり安全率が得られないことにより, 対策工を考慮した上で構造物全体の安定性を照査する必要がある場合や, レベル 2 地震動に対する安定性を照査する必要がある場合は, 盛土体の変形が許容できる範囲に収まっていることを確認するため, 有限要素法等を用いて, 許容変位量やせん断ひずみ量等の指標により安定性を評価することができる. また, この評価の結果を踏まえ, 効率的な改良等の対策を検討し, その効果を評価する必要がある.
- (10) 地盤に緩い飽和砂質土層等, 地震時に液状化を生じるような土層が存在する場合は, 液状化の影響を照査する必要がある, 「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる.
- (11) 地盤の安定解析の結果, 必要に応じ液状化対策を講じるが, 対策工法の選定にあたっては, 施工期間の長短・対策工に使用する機材入手の難易度・施工機械のトラフィカビリティ・施工深度等の施工条件・施工中の騒音・振動・周辺地盤の変動・地下水の変化・排泥水あるいは使用する粉体や薬液による地下水の汚染などの液状化対策が周辺に及ぼす影響につ

いて検討する必要がある。

9.2.4 構造細目

盛土地盤の安定性を確保するためには、排水性の確保および法面保護が必要である。
--

9.2.4.1 排水性の確保

- (1) 盛土の崩壊原因の多くは、地下水や雨水等の浸透水によるものであることから、盛土高が高いほど排水対策が重要になり、地形・地質等の条件に応じて、盛土内排水対策と法面排水対策を講ずる必要がある。
- (2) 盛土天端の平坦地から盛土体内部に浸透する表面水に対しては、法面への影響も含めて検討を行う必要がある。特に、凍結融解のおそれがある地域では、盛土体内部への浸透水の凍結融解によって法面崩壊を引き起こす可能性があるため、十分検討する必要がある。
- (3) 盛土内の浸透水を排除するためには水平排水層を設け、地山から盛土への水の浸透を防止するためには地山表面に基盤排水層を設ける必要がある。水平排水層は、高い排水機能を有する不織布や碎石や砂等を小段毎に設置することが標準とされている。また、基盤排水層には、透水性が高くせん断強さの大きい碎石や砂等の土質材料を用いる。基盤排水層は一般的に 50cm 程度とされている。地下排水工の詳細は「道路土工 盛土工指針」⁴⁾を参考とすることができる。

9.2.4.2 法面保護

- (1) 法面保護は、法面の浸食・洗掘や風化等を防止するための植生・岩座張(リップラップ)もしくは法枠等の構造物による法面の被覆、または排水構造物の設置および法尻の洗掘を防止するための法留工の設置によって法面の安定を図ることを目的として行う。また、凍結融解の可能性がある地域の盛土法面は、凍結融解作用を受けて、脆弱化(劣化)することが避けられないため、適性材料の選択・利用や法面保護によって、その影響を緩和すること、外部からの誘因を抑制することなど必要な対策を講じる必要がある。
- (2) 法面保護工としては「道路土工 盛土工指針」⁴⁾を参考にすることができる。

9.3 切土地盤

9.3.1 一般

切土地盤の設計は、地形・地質、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

- (1) 切土地盤の設計は、図-9.3.1 に示す手順で行うことができる。なお、切土地盤の法面はその構造によって多くの種類に分類されるが、本要領においては、一般的に用いられる自立する切土法面を対象としている。

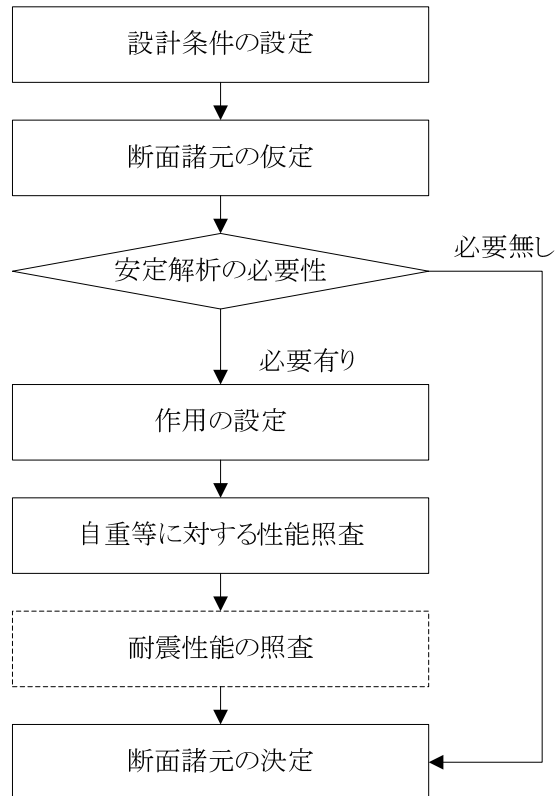


図-9.3.1 切土地盤の設計手順の例

- (2) 自立する切土法面の設計では、以下の項目について検討を行う必要がある。
- 1) 法面勾配
 - 2) 法面の安定(長大法面や崩壊した場合の被害が大きい法面の場合)
 - 3) 排水性の確保
 - 4) 法面保護
- (3) 切土法面は、地盤を構成する地層の種類、状態および切土高等に応じた適切な勾配とする必要があり、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」³⁵⁾を参考とすることができる。
- (4) 考慮すべき設計地震動や、求められる耐震性能の詳細については、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。
- (5) 切土法面がそれ自体で自立しない場合には、土圧に抵抗するためにコンクリート擁壁やブ

ロック積擁壁，またコンクリート枠工等により切土法面を構成することとなるが，この場合には，「道路土工 切土工・斜面安定工指針」³⁵⁾を参考とすることができる．

9.3.2 作用

切土地盤の設計で考慮する主な作用は，自重，地震動があり，切土場所の諸条件により適切に設定する必要がある．

【解 説】

- (1) 考慮すべき作用の詳細については，第 2 章「作用」を参照することができる．また，第 2 章「作用」に記載していない影響については「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」⁵⁹⁾を参考とすることができる．

9.3.3 性能照査

切土地盤の安定性が確保されていることを確認するため，地盤の安定が限界状態に達しないことを照査するものとする．

【解 説】

- (1) 切土地盤の安定性の照査にあたっては，主たる作用が自重である永続状態において，地盤のすべり破壊が生じる危険性が限界値以下であり，かつ，耐震性の照査を行う場合には，求められる性能を満足するとみなすことができる．
- (2) 切土地盤の安定性の耐震性能の照査は，主たる作用がレベル 1 地震動である変動状態，主たる作用がレベル 2 地震動である偶発状態において，適切な方法に基づいて行うものとする．
- (3) 切土法面を構成する土質が比較的均質で単純な地層構造であり，土質試験(室内試験，原位置試験)によって強度定数が求められる場合は，式(9.3.1)に示すように，複数のすべり面を仮定してすべり面法によって最小安全率を求めることができる．なお，切土法面では時間とともに地盤の強度が低下するので長期の安定性について解析を行う必要があり，式(9.3.1)で用いる地盤定数，間隙水圧分布は，切土後長期間経過した状態に対応するものを用いる必要がある．

$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - ub) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \dots\dots\dots (9.3.1)$$

ここで，

F_s ：安全率

c ：土の粘着力(k N/m²)

ϕ ：土のせん断抵抗角(度)

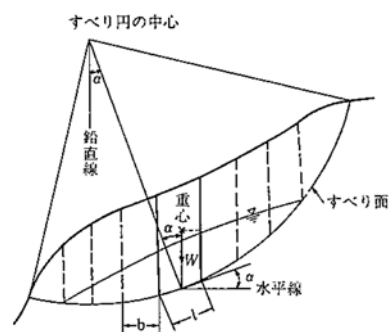
l ：分割片で切られたすべり面の長さ(m)

W ：分割片の全重量(k N/m)

u ：間隙水圧(k N/m²)

b ：分割片の幅(m)

α ：分割片で切られたすべり面の midpoint とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(度)



- (4) 旧地すべり地形や崩壊地跡のようにすべり面が明瞭に推定できる場合は、現在の安全率を仮定してすべり面上のせん断強さを逆算した後、その強度定数を用いて切土後のすべり安全率を求めることができる。なお、詳細な地すべりの安定解析については、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」³⁵⁾を参考とすることができる。
- (5) 切土法面の安定解析におけるすべり安全率は、法面の規模、すべり崩壊時の被害の程度、他機関での基準値などを総合的に考慮して設定する必要がある、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」³⁵⁾、「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」⁵⁹⁾を参考とすることができる。なお、岩盤切土斜面の安定解析については、「岩盤斜面の安定解析と計測」⁶⁰⁾を参考とすることができる。
- (6) 切土地盤の法面のレベル 1 およびレベル 2 地震動に対する限界状態や照査方法については、「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」⁵⁹⁾を参考とすることができるほか、有限要素法等による応力・変形解析を行い、その結果に基づいて評価を行うこともできる。

9.3.4 構造細目

切土地盤の安定性を確保するためには、排水性の確保および法面保護を行う必要がある。

9.3.4.1 排水性の確保

- (1) 切土地盤の法面の排水性を確保するためには、地形・地質等の条件に応じて、法面表面水の排水対策もしくは地下排水対策(湧水対策)を講じる必要があり、9.2.4「構造細目」、0「排水性の確保」を参照することができる。
- (2) 転移表面を確保するための切土地盤の法面は、勾配が 1 : 7 と緩やかなため、長大な緩斜面になる場合には、表面浸食を防止するために縦排水溝を適切な間隔で設置する等の対策を講じる必要がある。
- (4) 浸食に弱い土質、透水層と不透水層の互層、崩積土地帯、地山と盛土の境界等は一般に湧水が多く、切土を行うと不安定になることが多いため、注意する必要がある。地表面に近い浸透水に対しては、目詰まりを起こしにくい材料を用い、法面蛇かご、暗渠などで排水対策を行う必要がある。なお、深部から湧水が浸出する場合には、孔口付近を蛇かごやコンクリート壁で保護した上で、水抜きボーリング工を行い、有孔管を挿入した水平排水孔等で排水を行う必要がある。
- (5) 地すべり地のように、浸透水が法面安定に著しい悪影響を及ぼす場合には、浸透経路の途中に遮水壁を設ける等の対策を講じることもある。

9.3.4.2 法面保護

- (1) 法面保護工の種類には、植生工、張工、法枠工、モルタル吹付工等があり、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」³⁵⁾を参考とすることができる。なお、ターミナル地区進入道路、場周道路等で切土法面と道路が近接している場合に、切土法面と交通の状況によっては、落石防止網の併用を検討する必要がある。

9.4 埋立地盤

9.4.1 一般

埋立地盤の設計は、埋立材料、海象条件、地盤条件、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

- (1) 埋立地盤の設計は、図-9.4.1 に示す手順で行うことができる。

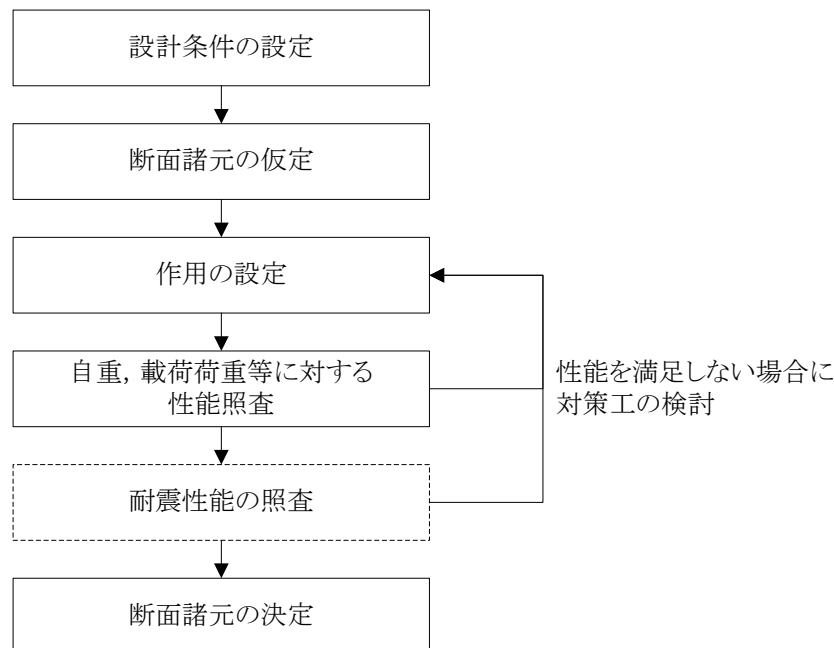


図-9.4.1 埋立地盤の設計手順の例

- (2) 埋立地盤の沈下により発生する舗装、埋設物等の構造物の破損、地表勾配の変化等が、航空機の航行の障害や空港の排水機能の低下等の原因になる可能性があるため、地盤改良工法や埋立材料等について検討する必要がある。特に、既設の空港の拡張を埋立により行う場合には、拡張部の地盤が沈下すると新旧地盤間に高低差が生じ、基本施設等の勾配規定に抵触するなど施設の利用に支障をきたす可能性があることから、あらかじめ適切な沈下対策を講じる必要がある。また、拡張の埋立においては、空港運用に重大な支障を及ぼすことがないように注意し、既設護岸の処置などにも注意する必要がある。

9.4.2 作用

埋立地盤の設計で考慮する主な作用は、自重、載荷重、地震動等があり、埋立場所の諸条件により適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 考慮すべき作用の詳細については、第2章「作用」を参照することができる。また、第2章「作用」に記載していない影響については「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。

9.4.3 性能照査

埋立地盤の安定性が確保されていることを確認するため、地盤の沈下が限界値以下であることを照査するものとする。

【解 説】

- (1) 埋立地盤の安定性の耐震性能の照査は、主たる作用がレベル 1 地震動である変動状態、主たる作用がレベル 2 地震動である偶発状態において、適切な方法に基づいて行うものとする。
- (2) 埋立地盤の沈下限界値は、「空港土木施設の設置基準解説」¹⁾に示される基本施設等の勾配や沈下が空港の機能に与える影響を考慮して適切に設定する必要がある。
- (3) 埋立地盤の沈下対策は広範囲に及ぶことが多いことから、経済性を検討し、対策範囲および対策工法を決定する必要がある。なお、対策工法については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³⁾を参考とすることができる。また、検討にあたっては、異なる対策工法による地盤の不同沈下を起こさないように注意する必要がある。
- (4) 埋立地盤では地盤改良等の対策を実施した場合であっても、残留沈下が発生することが多いため、地下構造物(ハイドラント、排水施設等)は、沈下による変化を吸収できる構造とするか、沈下が設定した程度に収束するまで暫定的な施設にする等の検討をする必要がある。また、表面排水についても、排水勾配が確保できなくなることや、排水施設が破損する恐れがあるため、あらかじめ残留沈下量を予測し対策を講じる必要がある。
- (5) 埋立材料に砂質土を用いる場合、砂質土が十分締固められていない状態では地震時に埋立地盤が液状化する恐れがあるので、地震の地域特性を十分考慮し液状化の検討を行う必要がある。なお、液状化の可能性のある埋立地盤は、空港機能が確保できるよう、液状化対策を行う必要がある。
- (6) 通常の埋立地盤の沈下については「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³⁾を参考にすることができ、レベル 1 およびレベル 2 地震動に対する埋立地盤の液状化については、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。

9.4.4 構造細目

埋立地盤の機能を確保するためには降雨、越波等に対する排水性を確保する必要がある。

【解 説】

- (1) 埋立地盤の排水は、できるだけ速やかに空港外に排出する観点から、直接海域に排水することが望ましい。なお、この場合において、放流口の高さは設計潮位以上とし、波浪により逆流することがないようにする必要がある。
- (2) 海象条件、地盤の勾配、護岸の構造、環境への配慮等から、直接海域に排水できない場合には、**第Ⅱ編 第 1 章「排水施設」**を参考に、着陸帯側に排水施設を設置する必要がある。なお、この場合の降雨の流出量は、10 年確率降雨量と、10 年確率波による越波量を比較し、大きい流出量に合わせて排水施設を設置する必要がある。ただし、降雨と越波が同時に起こる頻度が多い地域等特別の事情がある場合には、降雨量と越波量の双方を考慮した流出量にあわせて設置する必要がある。

- (3) 着陸帯側に排水施設を設置する必要がある場合であっても、埋立地盤においては、ポンディングは極力避けることが望ましい。ただし、降雨量あるいは越波量が多いと、排水施設の規模が極端に大きくなる場合があるため、一時的なポンディングについて検討することができる。なお、この場合、着陸帯の洗掘、芝枯れが生じないように配慮する必要がある。

9.5 護岸

9.5.1 一般

護岸の設計は、地形・地質、海象条件、施工方法等を考慮し、安全かつ経済的に行う必要がある。

【解 説】

- (1) 護岸の設計は、図-9.5.1 に示す手順で行うことができる。なお、護岸は、その構造形式により多くの種類に分類されるが、本要領においては、一般的に用いられている重力式護岸を対象としている。

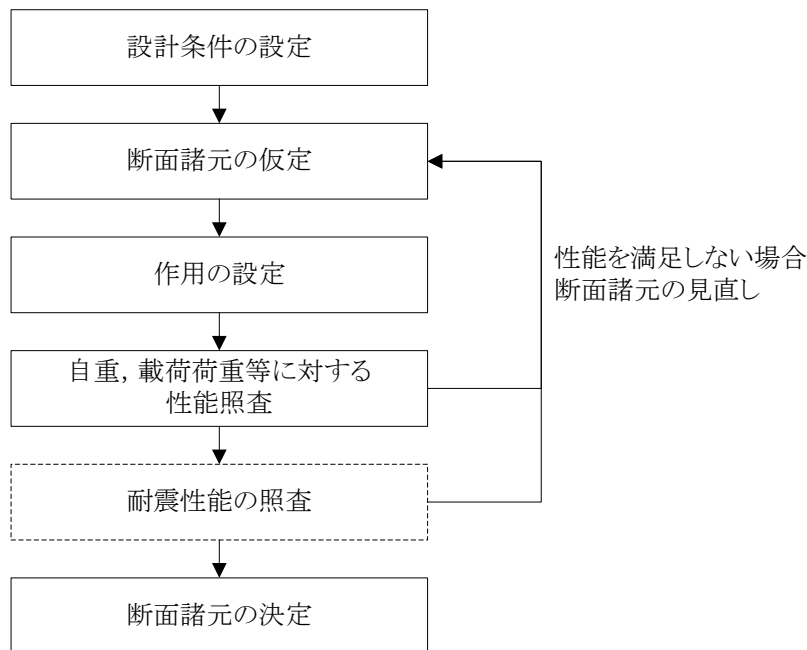


図-9.5.1 護岸の設計手順の例

- (2) 重力式護岸の設計では、以下の項目について検討する必要がある³¹⁾。
- 1) 基礎地盤における地質・土質条件
 - 2) 構造物の安定
 - 3) 基礎地盤の支持力
- (3) 重力式護岸の設計では、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。なお、考慮すべき設計地震動や求められる耐震性能の詳細については、「空港土木施設耐震設計要領」²⁾を参照することができる。

9.5.2 作用

重力式護岸の設計で考慮する主な作用は、自重、載荷重、土圧、波圧、地震動等があり、重力式護岸を設置する場所の諸条件等により適切に設定する必要がある。

【解 説】

- (1) 考慮すべき作用の詳細については、第 2 章「作用」を参照することができる。また、第 2 章「作用」に記載していない影響については「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾等を参考とすることができる。
- (2) 重力式護岸の完成時の載荷重は、背後の土地利用状況にもよるが、道路敷には常時 10kN/m^2 、地震時 5kN/m^2 程度を考慮する必要がある。

9.5.3 性能照査

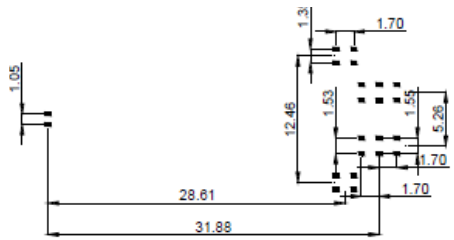
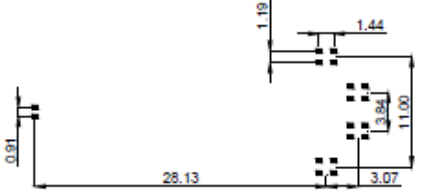
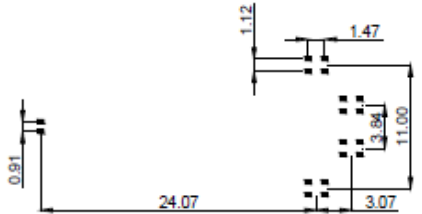
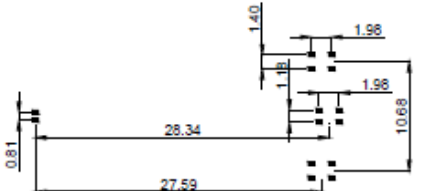
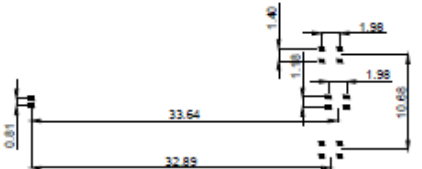
- (1) 重力式護岸の安定性が確保されていることを確認するため、構造物や構造部材が限界状態に達しないことを照査するものとする。
- (2) 重力式護岸を支持する地盤が限界状態に達しないことを照査するものとする。

【解 説】

- (1) 重力式護岸の安定性の照査にあたっては、主たる作用が土圧である永続状態において、構造物の滑動、転倒による破壊の生じる危険性が限界値以下であり、かつ、耐震性の照査を行う場合には、求められる性能を満足するとみなすことができる。
- (2) 支持地盤の照査にあたっては、主たる作用が自重、土圧である永続状態において、基礎地盤の支持力不足による破壊の生じる危険性、地盤のすべり破壊の生じる危険度、および沈下が限界値以下であり、かつ、耐震性の照査を行う場合には、求められる性能を満足するとみなすことができる。
- (3) 重力式護岸の安定性および支持地盤の安定性における耐震性能の照査は、レベル 1 地震動である変動状態、主たる作用がレベル 2 地震動である偶発状態に対して、適切な方法に基づいて行うものとする。
- (4) 重力式護岸の設計においては、構造物の滑動・転倒、基礎地盤の支持力、円弧すべり、沈下の検討を行う必要があり、その設計にあたっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³¹⁾を参考とすることができる。

付録－1 航空機荷重の諸元

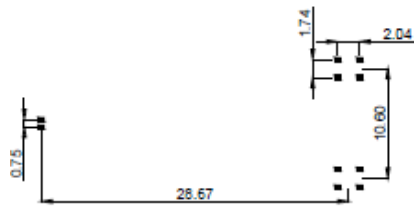
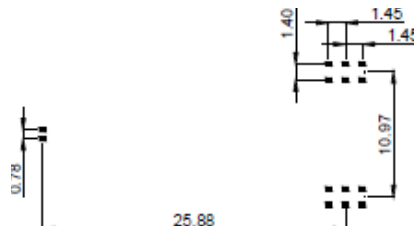
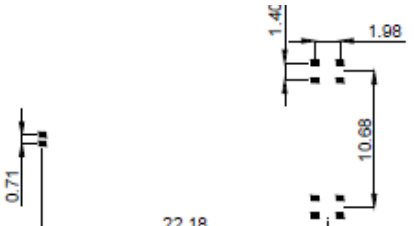
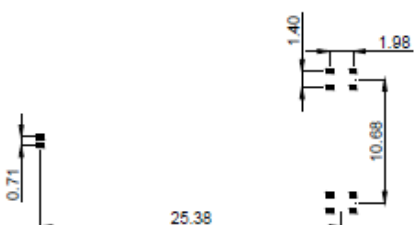
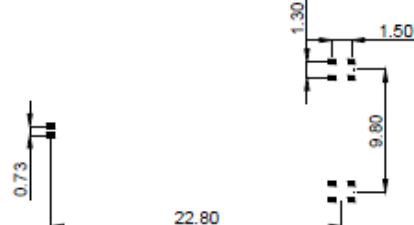
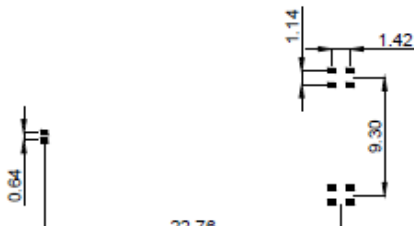
付図-1.1 航空機荷重の諸元 (1)

コード	機材	脚・車輪の配置	総質量 (t)	脚荷重/輪荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)
F	A380-800		571.0	W-1056/264 B-1584/264	1.50
F	B747-8		443.6	1030/258	1.50
E	B747-400		397.8	910/228	1.38
E	A340-500		381.2	W-1183/296 C-1079/270	1.61
E	A340-600		381.2	W-1187/297 C-1076/269	1.61

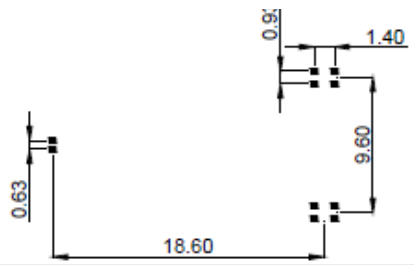
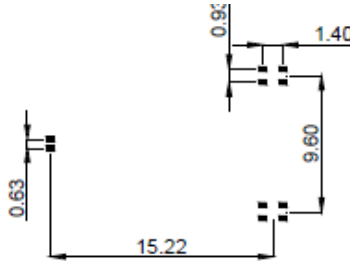
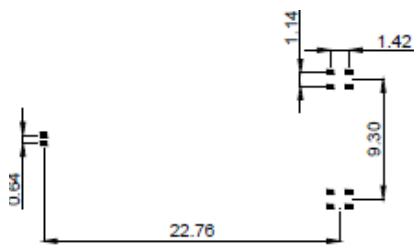
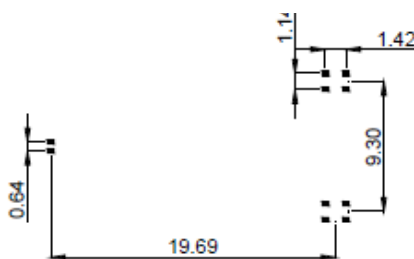
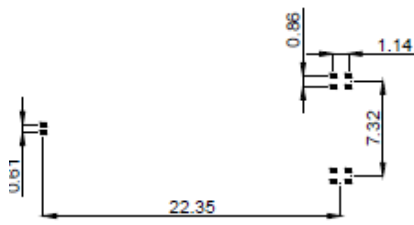
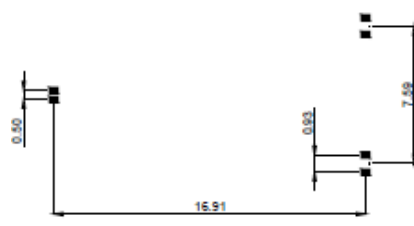
付図-1.2 航空機荷重の諸元 (2)

コード	機材	脚・車輪の配置	総質量 (t)	脚荷重/輪荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)
E	B777-300ER		352.4	1598/266	1.52
E	B747-SP		318.9	685/171	1.40
E	B777-300		300.3	1396/233	1.48
E	B777-200ER		298.5	1344/224	1.41
E	B747-400D		278.3	658/165	1.13
E	A340-300		277.4	W-1080/270 C-394/197	W-1.42 C-1.20

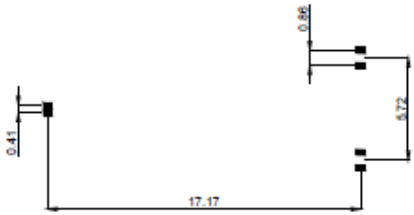
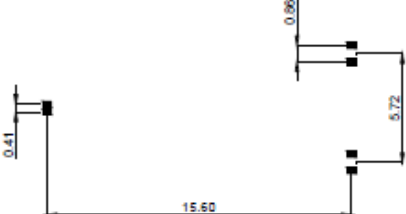
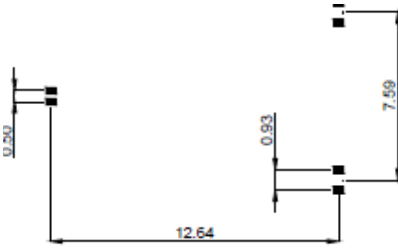
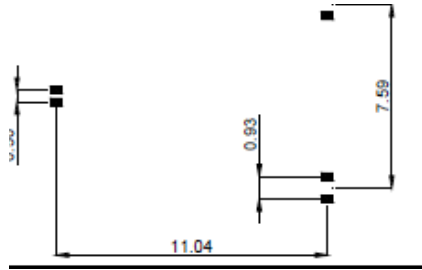
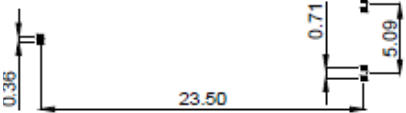
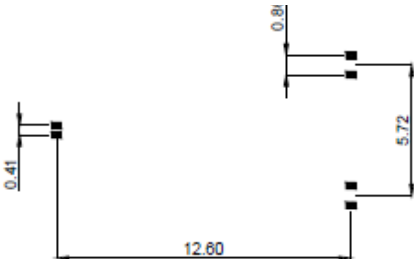
付図-1.3 航空機荷重の諸元 (3)

コード	機材	脚・車輪の配置	総質量 (t)	脚荷重/輪荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)
E	A350-900		268.9	1235/309	1.66
E	B777-200		248.1	1140/190	1.25
E	A330-200		233.9	1083/271	1.42
E	A330-300		233.9	1096/274	1.45
E	B787-8		228.4	1023/256	1.57
D	B767-300ER		187.3	849/212	1.38

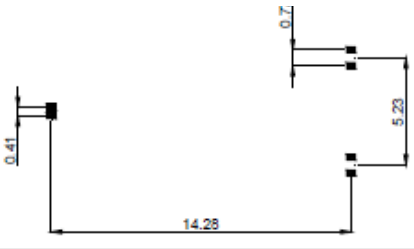
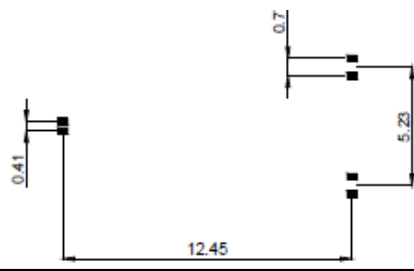
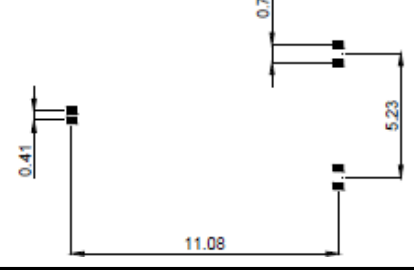
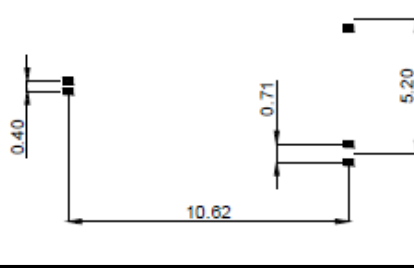
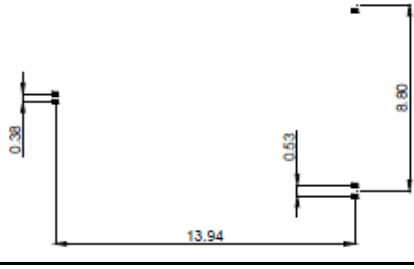
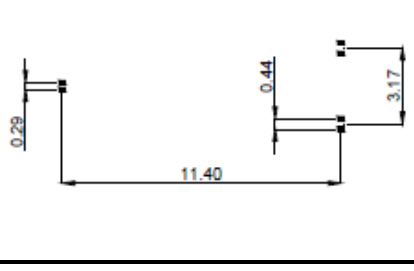
付図-1.4 航空機荷重の諸元 (4)

コード	機材	脚・車輪の配置	総質量 (t)	脚荷重/輪荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)
D	A300-600		172.6	804/201	1.34
D	A310-300		164.9	764/191	1.29
D	B767-300		159.7	722/181	1.34
D	B767-200		143.8	651/163	1.31
D	B757-300		122.9	558/140	1.34
C	A321-200		93.9	439/220	1.50

付図-1.5 航空機荷重の諸元 (5)

コード	機材	脚・車輪の配置	総質量 (t)	脚荷重/輪荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)
C	B737-900ER		85.4	396/198	1.52
C	B737-800		79.2	363/182	1.41
C	A320-200		78.4	357/179	1.44
C	A319-100		76.9	346/173	1.38
C	MD90-30		71.2	337/169	1.38
C	B737-700		70.3	316/158	1.41

付図-1.6 航空機荷重の諸元 (6)

コード	機材	脚・車輪の配置	総質量 (t)	脚荷重/輪荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)
C	B737-400		68.3	314/157	1.28
C	B737-300		63.5	283/142	1.39
C	B737-500		60.8	275/138	1.34
C	ERJ-170		36.2	166/83	0.986 (内圧) 0.896
D	DHC8-Q400		28.8	132/66	1.52
B	CRJ100/200		21.6	101/51	1.21

付録－2 弾性解析による鉛直方向地中応力の算出方法の例

本編において、航空機による鉛直方向地中応力は、主脚全車輪を考慮し、着目深度における鉛直方向地中応力の最大値としている。以下に弾性解析による地中応力の算出として、舗装の構造解析理論で使用される多層弾性理論を用いた算出例を示す。

2.1. 弾性解析方法による算出例（A350-900 の例）

(1) 解析プログラム

ひずみ、応力及び変位を計算する多層弾性理論プログラムには、ELSA, GAMES 等があり、多層弾性理論およびソフトの利用法については「多層弾性理論による舗装構造解析入門」（平成 17 年 4 月：土木学会）⁶¹⁾を参考とすることができる。

ダウンロードサイト <http://www.jsce.or.jp/committee/pavement/downloads/>（平成 26 年 1 月現在）

(2) 対象航空機の諸元の設定

多層弾性解析による算出において必要となる対象航空機の輪荷重、主脚車輪の配置、タイヤ接地半径*の諸元を設定する。

※多層弾性解析では、タイヤの接地形状を円として模擬するため接地半径を設定する。

各航空機の諸元は、付録－1 に示すものが参考となるが、最新の諸元については、航空機メーカーの airplane characteristics より入手する。

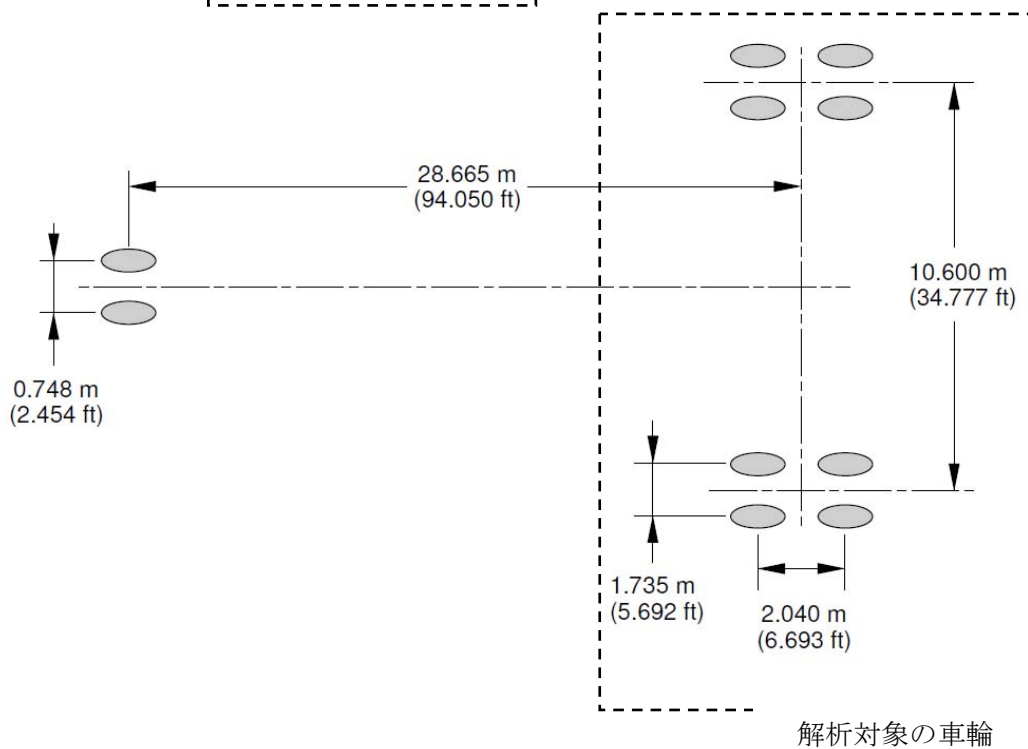
例えばボーイング社とエアバス社の航空機であれば、以下の場所より入手することができる。（平成 26 年 1 月現在）

「BOEING : http://www.boeing.com/commercial/airports/plan_manuals.html」

「AIRBUS : <http://www.airbus.com/support/maintenance-engineering/technical-data/aircraft-characteristics/>」

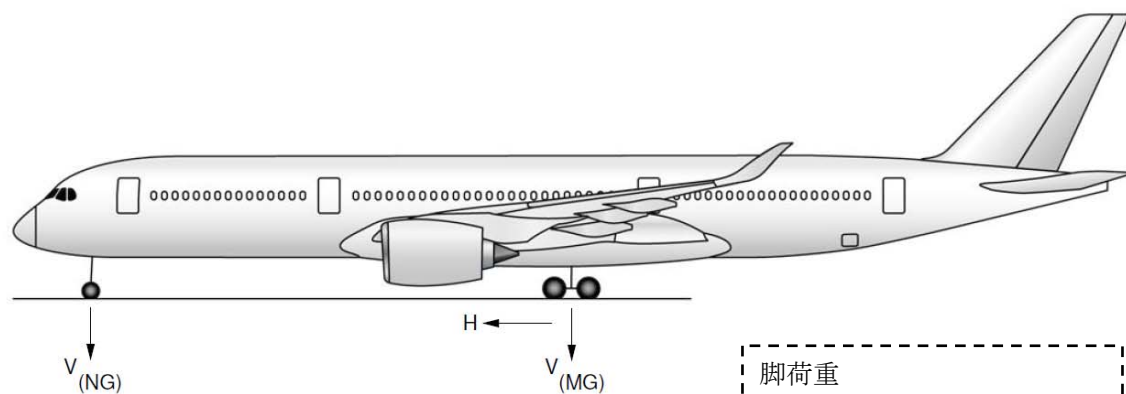
MAXIMUM RAMP WEIGHT	268 900 kg (592 825 lb)
PERCENTAGE OF WEIGHT ON MAIN GEAR GROUP	SEE SECTION 7-4-0
NOSE GEAR TIRE SIZE	1050x395R16 28PR
NOSE GEAR TIRE PRESSURE	12.2 bar (177 psi)
MAIN GEAR TIRE SIZE	1400x530R23 42PR
MAIN GEAR TIRE PRESSURE	16.6 bar (241 psi)

メインギアタイヤ接地圧
1.66N/mm²



付図-2.1 A350-900 の荷重諸元 (1)

「airplane characteristics」抜粋



脚荷重
 $125,960\text{kg} \times 0.00981 = 1,236\text{kN}$
 輪荷重 (1脚4輪)
 $1,236\text{kN} \div 4 \text{ 輪} = 309\text{kN/輪}$

1	2		3		4		5		6			
			VNG				VMG (PER STRUT)		H (PER STRUT)			
MODEL	MAXIMUM RAMP WEIGHT		STATIC LOAD AT MOST FWD C.G. (1)		STATIC BRAKING @ 10 ft/s ² DECELERATION		STATIC LOAD AT MAX AFT C.G. (2)		STEADY BRAKING @ 10 ft/s ² DECELERATION		AT INSTANTANEOUS BRAKING COEFFICIENT = 0.8	
	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
-900	592 825	268 900	51 575	23 400	85 500	38 780	277 700	125 960	92 125	41 790	222 150	100 770

V_(NG) MAXIMUM VERTICAL NOSE GEAR GROUND LOAD AT MOST FORWARD CG

V_(MG) MAXIMUM VERTICAL MAIN GEAR GROUND LOAD AT MOST AFT CG

H MAXIMUM HORIZONTAL GROUND LOAD FROM BRAKING

(1) MRW = 268 900 kg FWD CG = 25.5 % MAC AT A/C WEIGHT=268 900 kg

(2) MRW = 268 900 kg AFT CG = 33 % MAC AT A/C WEIGHT=268 900 kg

NOTE: ALL LOADS CALCULATED USING AIRCRAFT MAXIMUM RAMP WEIGHT

【メインギア 輪荷重諸元】

輪荷重：309kN/輪

タイヤ接地圧：1.66N/mm²

タイヤ接地面積：309÷0.166=1,861cm²

タイヤ設置半径：(1,861/π)^{0.5}=24.3cm

付図-2.2 A350-900 の荷重諸元 (2)

「airplane characteristics」抜粋

(3) 地盤条件の設定

地盤特性として検討断面の各層の弾性係数とポアソン比を設定し土被り毎の鉛直方向地中応力の算定を行う。

本算定例では、地中構造物がコンクリートスラブ等の荷重分散効果が高い構造下に埋設される場合とアスファルト舗装や着陸帯等の荷重分散効果が期待できない構造下に埋設される場合の2ケースとした。コンクリート舗装下部の地中応力算定用の地盤条件を付図-2.3に示す。

舗装版等による荷重分散効果を期待しないアスファルト舗装や着陸帯等における地中応力算定を行う場合には、一層系で解析するか、各層の弾性係数、ポアソン比を同一にすればよい。

NC版 42cm	E=34,000N/mm ² , ポアソン比0.15
アスファルト安定処理路盤 10cm	E=3,100N/mm ² , ポアソン比0.35
粒状路盤 39cm	E=200N/mm ² , ポアソン比0.35
路床	E=100N/mm ² , ポアソン比0.35

付図-2.3 地盤条件の例（コンクリート舗装下部の地中応力計算時）

(4) 解析着目点

鉛直方向地中応力の最大値となる点は、深度、車輪や脚の配置により異なるため、最大応力となる点を解析着目点とする必要がある。舗装構造設計においては、路床やアスファルト混合物層に生じる最大ひずみへの、他の主脚の影響は小さく、車輪直下、脚中心で生じるが、地中応力は、深度が深くなるにしたがい、他脚の影響は無視できなくなり、最大値が生じる平面的位置も変化することになる。

そこで、GAMESの初期設定画面の【グラフィック】を選択し、解析を行う。この解析機能では、車輪間隔、接地半径を考慮して、解析着目点の平面位置が自動的に設定される。

なお、深度は、変化の大きい土被り1m程度までは10cm間隔で、土被り1m以深では50cm程度が望ましい。

(5) 解析結果の整理

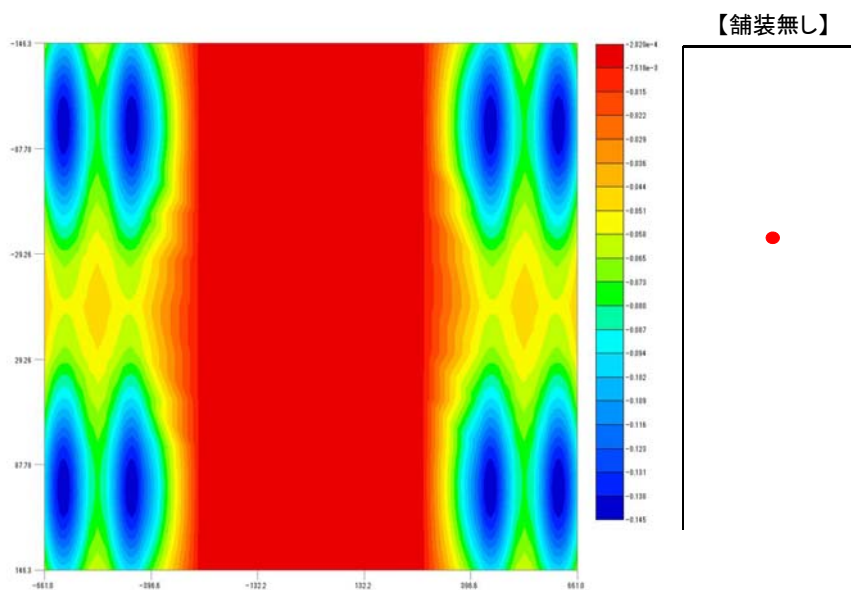
GAMESは舗装構造解析を主目的しているため、画面上には、着目深度における水平ひずみまたは鉛直ひずみの最大値のみが表示され、鉛直方向の応力は出力されないが、初期設定で選択したフォルダ内に「GAMES_VB.BRE」というテキストファイルが作成され、それには変位、応力を含む全ての計算結果が出力されている。そのファイルより鉛直応力の最大値を抽出すれば、その深度における鉛直方向地中応力が得られる。

(6) 解析結果の例

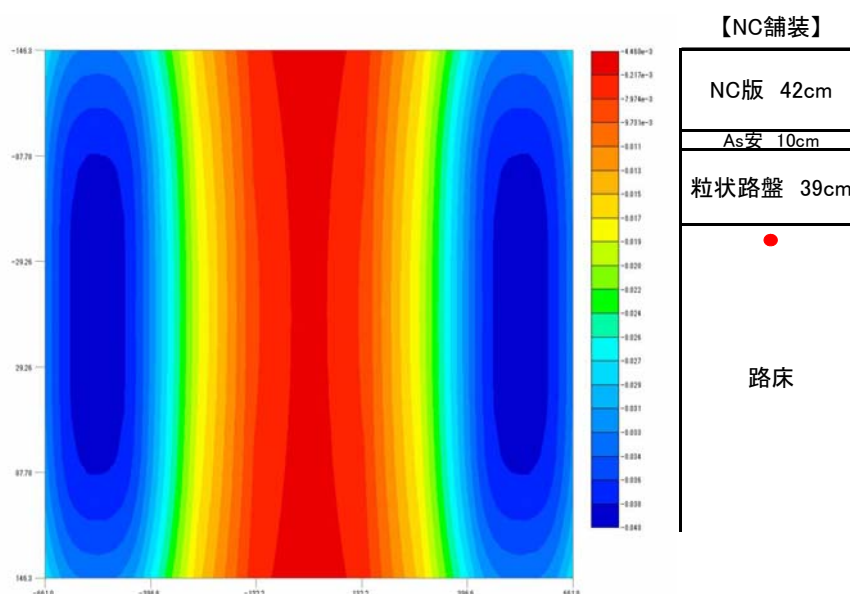
深度 100cm における算定結果より作成した地中応力の平面コンターを以下に示す。

なお、多層弾性解析の場合には、特定の地中構造物が存在する場合の応力増加を反映した算定が難しいため、これを反映した割り増し分を考慮する必要がある。

FEM 解析において地下構造物をモデル化した場合の例では、コンクリート舗装版の有無およびコンクリート舗装版の厚さによって、地中構造物に作用する鉛直方向地中応力の増加率が異なる傾向が見られた。具体的には、コンクリート舗装版がない場合には、多層弾性解析結果の 1.3 倍、コンクリート舗装版厚が 42cm の場合には 1.8 倍、コンクリート舗装版厚が 24cm の場合に 1.6 倍程度となったことから、地中構造物が剛性構造物の場合には、GAMES の解析結果にコンクリート舗装版の有無、コンクリート舗装版厚に応じて、割増しする。



付図-2.4 アスファルト舗装，着陸帯下部 深度 100cm 最大応力：145.37kPa



付図-2.5 NC 舗装下部 深度 100cm 最大応力：39.55kPa

付表-2.1 地中応力表(1) 単位 : kPa

深度 (m)	A380-800			A330-200			A330-300		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	177.2	97.4	112.2	173.1	67.0	89.6	175.1	67.8	90.6
1.5	114.2	87.3	97.1	102.2	57.1	74.4	103.3	57.8	75.3
2.0	95.5	78.6	84.5	78.3	48.3	60.9	79.2	48.8	61.6
2.5	81.5	71.1	74.2	63.4	40.9	49.9	64.1	41.4	50.4
3.0	70.2	64.7	65.7	51.2	35.0	41.2	51.7	35.3	41.6
3.5	61.2	59.2	58.9	41.4	30.1	34.4	41.9	30.4	34.8
4.0	54.0	54.5	53.2	33.9	26.2	29.0	34.3	26.5	29.4
4.5	48.2	50.5	48.4	28.1	22.9	24.8	28.4	23.2	25.1
5.0	43.5	46.9	44.4	23.7	20.3	21.4	23.9	20.5	21.6
5.5	39.7	43.7	40.9	20.2	18.1	18.7	20.4	18.3	18.9
6.0	36.4	40.6	38.0	17.4	16.2	16.4	17.6	16.4	16.6
6.5	33.7	37.8	35.3	15.2	14.7	14.6	15.4	14.8	14.8
7.0	31.3	35.3	32.8	13.5	13.4	13.1	13.6	13.5	13.3
8.0	27.2	30.7	28.4	10.8	11.3	10.8	10.9	11.4	10.9
9.0	23.7	26.9	24.8	8.9	9.7	9.1	9.0	9.8	9.2
10.0	20.8	23.6	21.7	7.6	8.6	7.9	7.7	8.6	8.0

深度 (m)	A340-300			A340-500			A340-600		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	172.6	68.1	89.5	189.7	77.1	98.4	190.4	77.1	98.8
1.5	102.1	58.5	74.7	115.1	67.8	82.7	114.6	67.6	83.0
2.0	78.4	49.9	61.5	86.5	59.7	68.8	86.8	59.6	69.0
2.5	63.7	42.8	50.8	70.7	53.1	57.7	71.0	53.0	57.9
3.0	51.7	37.1	42.4	58.0	47.7	49.8	58.2	47.6	49.7
3.5	42.3	32.4	35.9	48.2	43.2	43.9	48.2	43.2	43.8
4.0	35.0	28.6	30.7	41.4	39.4	39.1	41.3	39.4	39.1
4.5	29.4	25.5	26.7	36.2	36.1	35.3	36.2	36.1	35.2
5.0	25.1	22.9	23.4	32.2	33.2	32.0	32.2	33.2	32.0
5.5	21.8	20.7	20.8	29.0	30.6	29.2	29.0	30.6	29.2
6.0	19.1	18.9	18.6	26.3	28.3	26.8	26.3	28.3	26.8
6.5	17.0	17.4	16.8	24.1	26.2	24.7	24.1	26.2	24.7
7.0	15.2	16.0	15.3	22.1	24.3	22.8	22.1	24.3	22.8
8.0	12.6	13.9	13.0	18.9	21.0	19.6	18.9	21.0	19.6
9.0	10.8	12.3	11.2	16.3	18.3	16.9	16.3	18.3	16.9
10.0	9.5	10.9	10.0	14.2	16.0	14.7	14.2	16.0	14.7

深度 (m)	B747-400			B747-400D			B747-SP		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	168.4	82.4	101.3	122.3	59.6	73.3	127.5	61.8	76.0
1.5	116.6	72.0	83.7	84.4	52.1	60.6	87.6	54.0	62.8
2.0	91.8	63.8	70.4	66.5	46.2	51.0	68.9	47.8	52.9
2.5	72.8	57.3	60.7	52.7	41.5	43.9	54.7	43.0	45.5
3.0	59.6	52.0	53.3	43.1	37.7	38.6	44.7	39.0	40.0
3.5	50.3	47.4	47.6	36.4	34.3	34.5	37.8	35.6	35.7
4.0	43.7	43.3	42.9	31.6	31.3	31.0	32.8	32.5	32.2
4.5	38.8	39.6	38.8	28.1	28.7	28.0	29.1	29.7	29.1
5.0	34.9	36.3	35.2	25.3	26.3	25.5	26.2	26.8	26.4
5.5	31.7	33.4	32.1	22.9	24.2	23.2	23.8	24.6	24.0
6.0	28.8	30.8	29.3	20.9	22.3	21.2	21.6	22.7	22.0
6.5	26.3	28.5	26.9	19.0	20.6	19.5	19.7	21.0	20.2
7.0	24.2	26.4	24.8	17.5	19.1	18.0	18.1	19.4	18.6
8.0	20.5	22.7	21.2	14.9	16.5	15.3	15.4	16.8	15.9
9.0	17.6	19.7	18.3	12.8	14.3	13.2	13.2	14.6	13.7
10.0	15.3	17.2	15.9	11.1	12.5	11.5	11.5	12.7	11.9

付表-2.2 地中応力表(2) 単位：kPa

深度 (m)	B747-8			B777-200			B777-200ER		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	185.6	91.8	113.2	138.2	67.9	90.1	162.6	80.1	106.2
1.5	127.8	80.9	94.0	95.0	57.5	74.0	112.0	67.8	87.3
2.0	101.9	71.8	79.4	77.8	48.8	60.7	91.7	57.5	71.5
2.5	81.5	64.2	68.5	62.8	41.5	50.0	74.0	48.9	58.9
3.0	67.0	57.8	60.3	50.7	35.6	41.5	59.8	42.0	49.0
3.5	56.7	52.5	53.9	41.3	30.8	34.8	48.7	36.3	41.1
4.0	49.4	48.0	48.5	34.1	26.8	29.6	40.2	31.6	34.8
4.5	43.9	44.0	43.9	28.4	23.5	25.3	33.5	27.8	29.9
5.0	39.5	40.4	39.8	24.0	20.8	21.9	28.3	24.6	25.9
5.5	35.8	37.2	36.3	20.6	18.6	19.2	24.3	21.9	22.6
6.0	32.6	34.3	33.2	17.8	16.7	16.9	21.0	19.7	19.9
6.5	29.8	31.7	30.5	15.6	15.1	15.1	18.4	17.8	17.7
7.0	27.3	29.4	28.0	13.8	13.8	13.5	16.3	16.2	15.9
8.0	23.2	25.3	24.0	11.1	11.6	11.1	13.1	13.7	13.1
9.0	20.0	22.0	20.7	9.2	10.0	9.4	10.9	11.8	11.1
10.0	17.3	19.2	17.9	7.9	8.7	8.1	9.3	10.2	9.6

深度 (m)	B777-300			B777-300ER			MD11		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	169.2	83.3	110.4	191.5	94.6	125.3	180.3	74.7	101.8
1.5	116.5	70.6	90.8	131.9	80.2	103.0	113.4	63.0	82.5
2.0	95.4	59.8	74.4	108.1	68.0	84.5	90.9	53.2	66.6
2.5	77.0	50.9	61.3	87.4	57.9	69.7	71.9	45.3	54.4
3.0	62.2	43.6	50.9	70.6	49.7	57.9	56.8	39.1	45.1
3.5	50.7	37.7	42.7	57.6	43.0	48.6	45.6	34.1	37.9
4.0	41.8	32.9	36.2	47.5	37.5	41.3	37.3	30.1	32.4
4.5	34.9	28.9	31.1	39.7	32.9	35.4	31.2	26.8	28.1
5.0	29.5	25.5	26.9	33.6	29.1	30.6	26.5	24.1	24.6
5.5	25.2	22.8	23.5	28.8	26.0	26.8	22.9	21.9	21.8
6.0	21.9	20.4	20.7	24.9	23.3	23.6	20.1	20.0	19.6
6.5	19.2	18.5	18.5	21.8	21.1	21.0	17.9	18.4	17.7
7.0	17.0	16.9	16.6	19.3	19.2	18.9	16.1	17.0	16.2
8.0	13.6	14.2	13.6	15.5	16.2	15.6	13.4	14.9	13.7
9.0	11.3	12.2	11.5	12.9	13.9	13.1	11.5	13.1	12.0
10.0	9.6	10.6	9.9	11.0	12.2	11.3	10.1	11.6	10.6

深度 (m)	B787-8			A350-900			A310-300		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	176.1	71.2	100.8	189.0	71.2	91.6	157.8	57.4	84.2
1.5	115.4	58.9	80.1	103.3	61.7	78.2	107.0	46.4	64.7
2.0	91.3	48.8	63.5	77.5	52.7	65.2	78.7	38.0	50.3
2.5	70.3	40.9	51.0	65.3	45.1	54.1	57.9	31.5	39.8
3.0	54.4	34.6	41.5	54.1	38.8	45.1	43.6	26.6	32.1
3.5	42.8	29.7	34.3	44.6	33.5	37.9	33.7	22.7	26.4
4.0	34.4	25.7	28.8	36.9	29.3	32.2	26.8	19.6	22.0
4.5	28.2	22.5	24.5	30.9	25.7	27.6	21.8	17.1	18.7
5.0	23.5	19.9	21.1	26.2	22.8	24.0	18.1	15.1	16.0
5.5	20.0	17.7	18.4	22.5	20.3	21.0	15.3	13.5	14.0
6.0	17.2	16.0	16.2	19.5	18.3	18.5	13.1	12.1	12.3
6.5	15.0	14.5	14.4	17.1	16.6	16.5	11.4	11.0	10.9
7.0	13.2	13.2	12.9	15.1	15.1	14.8	10.0	10.0	9.8
8.0	10.6	11.2	10.7	12.2	12.8	12.2	8.1	8.4	8.1
9.0	8.9	9.6	9.1	10.2	11.0	10.4	6.7	7.3	6.9
10.0	7.6	8.6	7.9	8.7	9.7	9.0	5.8	6.5	6.0

付表-2.3 地中応力表(3) 単位 : kPa

深度 (m)	A300-600			A300-B4			B757-200		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	166.0	60.4	88.6	143.3	52.0	76.3	123.0	41.7	62.4
1.5	112.6	48.9	68.1	97.0	42.1	58.7	85.7	33.2	46.7
2.0	82.8	39.9	52.9	71.3	34.4	45.6	59.6	27.1	35.9
2.5	60.9	33.2	41.9	52.5	28.6	36.1	42.4	22.5	28.3
3.0	45.9	27.9	33.8	39.5	24.1	29.1	31.4	19.1	22.8
3.5	35.5	23.9	27.8	30.6	20.5	23.9	24.1	16.5	18.8
4.0	28.2	20.6	23.2	24.3	17.7	20.0	19.1	14.4	15.8
4.5	22.9	18.0	19.6	19.7	15.5	16.9	15.6	12.8	13.5
5.0	19.0	15.9	16.9	16.4	13.7	14.5	13.0	11.4	11.8
5.5	16.1	14.2	14.7	13.8	12.2	12.6	11.1	10.2	10.4
6.0	13.8	12.7	12.9	11.9	11.0	11.1	9.6	9.3	9.2
6.5	12.0	11.5	11.5	10.3	9.9	9.9	8.5	8.6	8.4
7.0	10.6	10.5	10.3	9.1	9.0	8.9	7.6	8.0	7.6
8.0	8.5	8.9	8.5	7.3	7.6	7.3	6.3	6.9	6.5
9.0	7.1	7.7	7.2	6.1	6.6	6.2	5.4	6.0	5.6
10.0	6.1	6.8	6.3	5.2	5.9	5.4	4.7	5.2	4.8

深度 (m)	B757-300			B767-300			B767-300ER		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	132.5	44.9	67.1	133.4	52.5	75.8	155.5	61.5	88.7
1.5	92.3	35.8	50.3	91.5	43.0	59.2	107.1	50.3	69.3
2.0	64.1	29.2	38.6	69.9	35.4	46.4	81.8	41.4	54.4
2.5	45.7	24.3	30.4	52.5	29.5	37.0	61.5	34.5	43.3
3.0	33.8	20.5	24.6	40.0	24.9	30.0	46.9	29.2	35.1
3.5	26.0	17.7	20.2	31.3	21.4	24.7	36.6	25.0	29.0
4.0	20.6	15.5	17.0	25.0	18.5	20.7	29.2	21.7	24.3
4.5	16.8	13.7	14.6	20.4	16.2	17.6	23.9	19.0	20.6
5.0	14.0	12.3	12.7	17.0	14.3	15.2	19.9	16.8	17.8
5.5	12.0	11.0	11.2	14.4	12.8	13.2	16.8	15.0	15.5
6.0	10.4	10.0	10.0	12.4	11.6	11.6	14.5	13.5	13.6
6.5	9.2	9.2	9.0	10.8	10.5	10.4	12.7	12.3	12.2
7.0	8.2	8.6	8.2	9.6	9.6	9.3	11.2	11.2	10.9
8.0	6.8	7.4	7.0	7.7	8.1	7.7	9.0	9.5	9.1
9.0	5.8	6.4	6.0	6.4	7.1	6.6	7.6	8.3	7.7
10.0	5.0	5.6	5.2	5.6	6.3	5.8	6.5	7.4	6.8

深度 (m)	B767-200			A321-200			A320-200		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	120.4	47.3	68.3	165.7	39.0	60.6	135.4	31.8	49.4
1.5	82.4	38.7	53.3	95.1	29.8	43.2	77.6	24.3	35.2
2.0	63.0	31.9	41.8	59.3	23.8	32.3	48.3	19.4	26.3
2.5	47.3	26.6	33.3	40.0	19.6	25.0	32.6	15.9	20.4
3.0	36.1	22.5	27.0	28.7	16.5	20.0	23.3	13.4	16.3
3.5	28.2	19.2	22.3	21.6	14.1	16.3	17.6	11.5	13.3
4.0	22.5	16.7	18.7	16.8	12.3	13.6	13.7	10.0	11.1
4.5	18.4	14.6	15.9	13.6	10.8	11.6	11.1	8.8	9.4
5.0	15.3	12.9	13.6	11.2	9.6	10.0	9.2	7.8	8.2
5.5	13.0	11.6	11.9	9.5	8.6	8.8	7.7	7.0	7.2
6.0	11.2	10.4	10.5	8.2	7.8	7.8	6.7	6.4	6.4
6.5	9.7	9.5	9.4	7.2	7.1	7.0	5.9	5.8	5.7
7.0	8.6	8.6	8.4	6.4	6.6	6.4	5.2	5.4	5.2
8.0	6.9	7.3	7.0	5.3	5.7	5.4	4.3	4.7	4.4
9.0	5.8	6.4	6.0	4.5	5.0	4.7	3.6	4.1	3.8
10.0	5.0	5.7	5.2	3.9	4.3	4.0	3.2	3.5	3.3

付表-2.4 地中応力表(4) 単位 : kPa

深度 (m)	A319-100			MD90-30			B737-300		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	130.8	30.7	47.7	151.3	32.4	49.0	122.4	26.9	40.8
1.5	75.0	23.5	34.0	80.0	24.9	34.7	66.1	20.7	29.0
2.0	46.7	18.8	25.4	48.3	20.3	26.2	40.2	16.9	21.8
2.5	31.5	15.4	19.7	32.3	17.1	20.6	26.9	14.2	17.2
3.0	22.6	12.9	15.7	23.2	14.7	16.8	19.4	12.2	14.0
3.5	17.0	11.1	12.8	17.7	12.8	14.1	14.7	10.6	11.7
4.0	13.3	9.7	10.7	14.1	11.3	12.2	11.7	9.4	10.1
4.5	10.7	8.5	9.1	11.7	10.3	10.7	9.7	8.5	8.8
5.0	8.9	7.6	7.9	9.9	9.3	9.5	8.2	7.7	7.9
5.5	7.5	6.8	6.9	8.7	8.4	8.6	7.2	7.0	7.1
6.0	6.5	6.1	6.1	7.7	7.6	7.7	6.4	6.3	6.4
6.5	5.7	5.6	5.5	6.9	6.9	6.9	5.7	5.8	5.7
7.0	5.0	5.2	5.0	6.3	6.3	6.3	5.2	5.3	5.2
8.0	4.1	4.5	4.2	5.1	5.3	5.2	4.3	4.4	4.3
9.0	3.5	3.9	3.7	4.3	4.5	4.3	3.5	3.7	3.6
10.0	3.1	3.4	3.2	3.6	3.8	3.6	3.0	3.2	3.0

深度 (m)	B737-400			B737-500			B737-700		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	134.8	29.7	45.0	118.9	26.2	39.6	126.2	29.1	44.4
1.5	72.8	22.9	32.0	64.2	20.2	28.1	70.7	22.4	31.6
2.0	44.3	18.7	24.1	39.0	16.4	21.2	43.6	18.2	23.8
2.5	29.7	15.7	19.0	26.1	13.8	16.7	29.3	15.2	18.6
3.0	21.4	13.6	15.5	18.8	11.9	13.6	21.1	13.0	15.1
3.5	16.3	12.0	13.0	14.3	10.5	11.4	16.0	11.4	12.5
4.0	13.0	10.7	11.1	11.4	9.4	9.8	12.7	10.1	10.7
4.5	10.7	9.7	9.7	9.4	8.5	8.6	10.4	9.1	9.3
5.0	9.1	8.8	8.7	8.0	7.7	7.6	8.8	8.3	8.2
5.5	7.9	8.0	7.8	7.0	7.0	6.9	7.6	7.6	7.4
6.0	7.0	7.2	7.0	6.2	6.3	6.2	6.7	6.9	6.7
6.5	6.3	6.6	6.4	5.6	5.8	5.6	6.0	6.3	6.1
7.0	5.7	6.0	5.8	5.0	5.2	5.1	5.4	5.8	5.5
8.0	4.7	5.0	4.8	4.1	4.4	4.2	4.5	4.9	4.6
9.0	3.9	4.2	4.0	3.4	3.7	3.5	3.8	4.1	3.9
10.0	3.3	3.6	3.4	2.9	3.2	2.9	3.2	3.5	3.3

深度 (m)	B737-800			B737-900			ERJ-170		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	144.9	33.5	51.0	157.6	36.4	55.5	75.2	15.9	24.2
1.5	81.3	25.8	36.4	88.4	28.1	39.6	39.6	12.2	17.1
2.0	50.2	20.9	27.4	54.6	22.8	29.8	23.8	9.9	12.8
2.5	33.8	17.5	21.4	36.7	19.0	23.3	15.9	8.4	10.1
3.0	24.3	15.0	17.4	26.4	16.3	18.9	11.4	7.2	8.2
3.5	18.5	13.1	14.4	20.1	14.3	15.7	8.7	6.4	6.9
4.0	14.6	11.7	12.3	15.9	12.7	13.4	6.9	5.7	5.9
4.5	12.0	10.5	10.7	13.1	11.4	11.6	5.7	5.1	5.2
5.0	10.1	9.6	9.5	11.0	10.4	10.3	4.8	4.7	4.6
5.5	8.7	8.7	8.5	9.5	9.5	9.2	4.2	4.2	4.1
6.0	7.7	8.0	7.7	8.4	8.7	8.4	3.7	3.8	3.7
6.5	6.9	7.3	7.0	7.5	7.9	7.6	3.4	3.5	3.4
7.0	6.3	6.6	6.4	6.8	7.2	6.9	3.0	3.2	3.1
8.0	5.2	5.6	5.3	5.7	6.1	5.8	2.5	2.6	2.5
9.0	4.4	4.7	4.4	4.8	5.2	4.8	2.1	2.2	2.1
10.0	3.7	4.1	3.8	4.0	4.4	4.1	1.7	1.9	1.8

付表-2.5 地中応力表 (5) 単位 : kPa

深度 (m)	CRJ100			CRJ700			DHC8-300		
	舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り		舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm		版厚42cm	版厚24cm
1.0	55.7	11.7	16.7	41.2	9.4	14.4	48.7	8.6	13.6
1.5	26.9	9.3	12.2	23.0	7.3	10.2	23.3	6.3	9.4
2.0	16.0	8.0	9.6	14.2	5.9	7.7	13.5	5.0	6.9
2.5	10.9	6.9	8.0	9.5	4.9	6.0	8.8	4.1	5.3
3.0	8.2	6.0	6.8	6.8	4.2	4.9	6.1	3.4	4.2
3.5	6.6	5.2	5.8	5.2	3.7	4.1	4.6	2.9	3.4
4.0	5.5	4.5	4.9	4.1	3.3	3.5	3.5	2.5	2.8
4.5	4.7	4.0	4.2	3.4	3.0	3.0	2.8	2.2	2.4
5.0	4.0	3.5	3.7	2.8	2.7	2.7	2.3	2.0	2.0
5.5	3.4	3.1	3.2	2.5	2.4	2.4	2.0	1.7	1.8
6.0	3.0	2.8	2.8	2.2	2.2	2.2	1.7	1.6	1.6
6.5	2.6	2.5	2.5	1.9	2.0	2.0	1.5	1.5	1.4
7.0	2.3	2.2	2.2	1.8	1.9	1.8	1.3	1.3	1.3
8.0	1.8	1.8	1.8	1.5	1.6	1.5	1.1	1.2	1.1
9.0	1.4	1.5	1.4	1.2	1.3	1.2	0.9	1.0	0.9
10.0	1.2	1.3	1.2	1.0	1.1	1.1	0.8	0.9	0.8

深度 (m)	DHC8-400		
	舗装無し	舗装有り	
		版厚42cm	版厚24cm
1.0	69.1	12.5	19.8
1.5	33.7	9.2	13.7
2.0	19.6	7.3	10.0
2.5	12.8	5.9	7.7
3.0	9.0	4.9	6.1
3.5	6.6	4.2	4.9
4.0	5.1	3.6	4.1
4.5	4.1	3.1	3.4
5.0	3.4	2.8	2.9
5.5	2.8	2.5	2.5
6.0	2.4	2.2	2.2
6.5	2.1	2.0	2.0
7.0	1.8	1.8	1.8
8.0	1.5	1.6	1.5
9.0	1.2	1.4	1.3
10.0	1.1	1.2	1.1

付録-3 ポストンコード法を利用した鉛直方向地中応力の考え方の例

ポストンコード法を用いて、下式により鉛直方向地中応力を算出する。

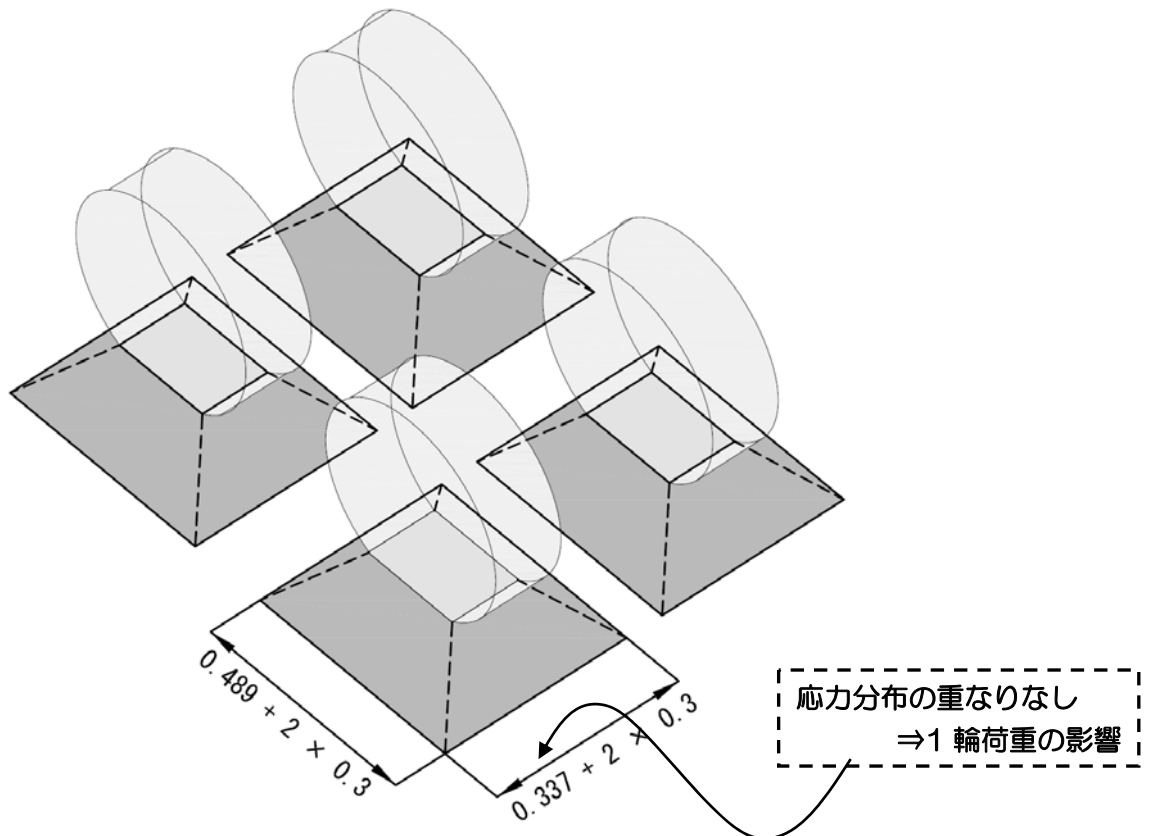
$$\text{鉛直方向地中応力 (kN/m}^2\text{)} = \frac{\text{輪荷重}}{(\text{タイヤ接地幅} + 2 \times \text{深度}) \times (\text{タイヤ接地長} + 2 \times \text{深度})} \times \text{求める深度に影響する車輪数}$$

【例題】

(条件)	対象機種	: B747-400
	脚荷重	: 910 k N (1 脚 4 輪)
	輪荷重	: 910/4 = 227.5 k N
	タイヤの接地幅	: 0.337 m
	タイヤの接地長	: 0.489 m

(1) 土被り 0.3m

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向地中応力 (kN/m}^2\text{)} &= \frac{227.5}{(0.337 + 2 \times 0.3) \times (0.489 + 2 \times 0.3)} \times 1 \\ &= \frac{227.5}{0.937 \times 1.089} \times 1 \\ &= 222.95 \text{ k N/m}^2 \end{aligned}$$

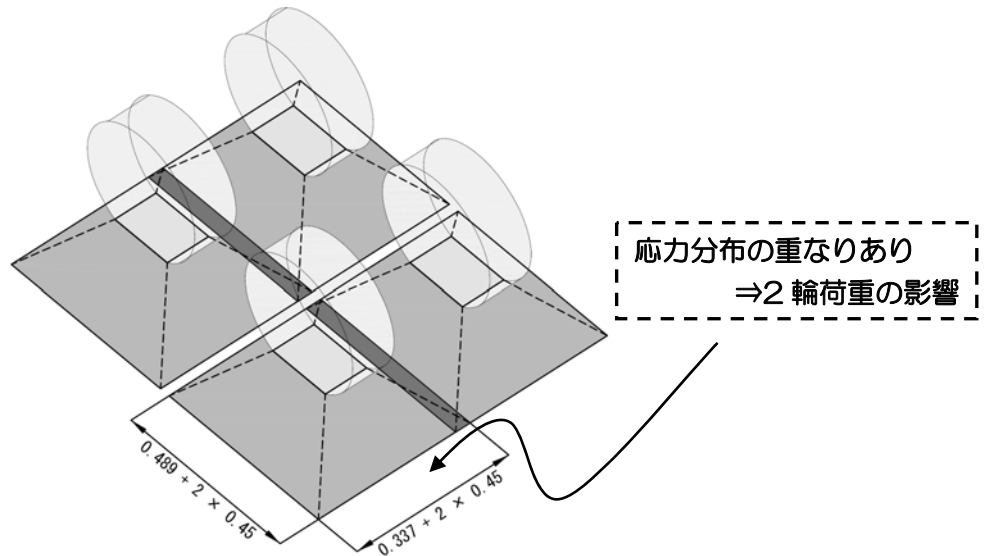


付図-3.1 土被り 0.3mでの分布状況

(2) 土被り 0.45m

鉛直方向地中応力
(kN/m²)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{227.5}{(0.337 + 2 \times 0.45) \times (0.489 + 2 \times 0.45)} \times 2 \\
 &= \frac{227.5}{1.237 \times 1.389} \times 2 \\
 &= 264.81 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

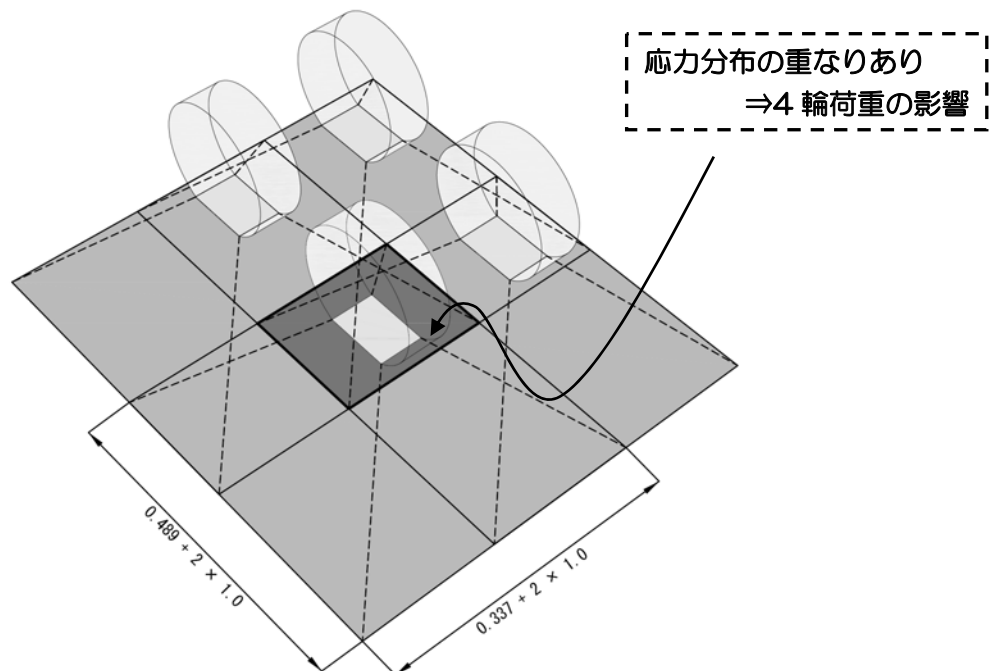


付図-3.2 土被り 0.45mでの分布状況

(3) 土被り 1.0m

鉛直方向地中応力
(kN/m²)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{227.5}{(0.337 + 2 \times 1.0) \times (0.489 + 2 \times 1.0)} \times 4 \\
 &= \frac{227.5}{2.337 \times 2.489} \times 4 \\
 &= 156.44 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



付図-3.3 土被り 1.0mでの分布状況

付録－4 材料および許容応力度

4.1. コンクリート

(1) 鉄筋コンクリート部材

許容応力度法により鉄筋コンクリート部材の性能照査を行う場合のコンクリートの許容応力度は、普通コンクリートの圧縮強度の特性値に基づき、以下の値を用いることができる。なお、鉄筋コンクリートの許容応力度は、「コンクリート標準示方書(構造性能照査編)」³⁷⁾に準じて定められており、許容せん断応力度および許容付着応力度は、圧縮強度の特性値が表の中間の値の場合は比例計算によって求めることができる。

1) 許容曲げ圧縮応力度(軸方向力を伴う場合を含む)

付表-4.1 許容曲げ圧縮応力度 σ'_{ca}

項 目	圧縮強度の特性値 $f'_{ck}(\text{N/mm}^2)$			
	18	24	30	40
許容曲げ圧縮応力度 $\sigma'_{ca}(\text{N/mm}^2)$	7	9	11	14

2) 許容せん断応力度

付表-4.2 許容せん断応力度

項 目		圧縮強度の特性値 $f'_{ck}(\text{N/mm}^2)$			
		18	24	30	40 以上
斜め引張鉄筋の計算をしない場合の許容せん断応力度 $\tau_{a1}(\text{N/mm}^2)$	はりの場合	0.4	0.45	0.5	0.55
	スラブの場合*1	0.8	0.9	1.0	1.1
斜め引張鉄筋の計算をする場合の許容せん断応力度 $\tau_{a2}(\text{N/mm}^2)$	せん断力のみの場合*2	1.8	2.0	2.2	2.4

*1 押抜きせん断に対する値である。

*2 ねじりの影響を考慮する場合にはこの値を割増することができる。

3) 許容付着応力度

付表-4.3 許容付着応力度

項 目		圧縮強度の特性値 $f'_{ck}(\text{N/mm}^2)$			
		18	24	30	40 以上
許容付着応力度 (N/mm^2)	普通丸鋼	0.7	0.8	0.9	1.0
	異形鉄筋	1.4	1.6	1.8	2.0

4) 許容支圧応力度

許容支圧応力度は、式(付-4.1)、式(付-4.2)により求めることができる。

(a) 全面載荷の場合

$$\sigma'_{ca} \leq 0.3 f'_{ck} \cdots \cdots \cdots (\text{付-4.1})$$

(b) 局部的載荷の場合

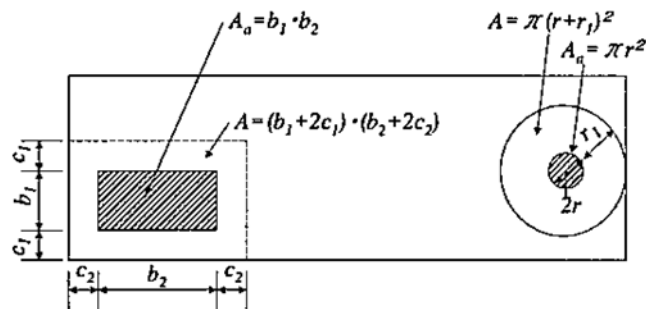
$$\sigma'_{ca} \leq (0.25 + 0.05 \frac{A}{A_a}) f'_{ck} \dots\dots\dots(\text{付-4.2})$$

ただし、 $\sigma'_{ca} \leq 0.5 f'_{ck}$

σ'_{ca} ：許容支圧応力度

A ：コンクリート面の全面積

A_a ：支圧を受ける面積



なお、この場合、 A と A_a の図心は一致し、 A_a が多数あるときは、おのこの A は重複を避け、また、支圧面の付近は適切に配筋する必要がある。

(c) 支圧を受ける部分が十分補強されている場合

試験によって安全率が3以上となる範囲内で、許容支圧応力度を定めることができる。

(2) 無筋コンクリート部材

許容応力度法により無筋コンクリート部材の性能照査を行う場合のコンクリートの許容応力度は、普通コンクリートの圧縮強度の特性値に基づき、以下を用いることができる。なお、無筋コンクリートの許容応力度は、「コンクリート標準示方書(構造性能照査編)」³⁷⁾に準じて定めている。

1) 許容圧縮応力度(偏心軸方向荷重を受ける場合を含む)

許容圧縮応力度は、式(付-4.3)により求めることができる。

$$\sigma'_{ca} \leq \frac{f'_{ck}}{4} \dots\dots\dots(\text{付-4.3})$$

$$\leq 5.4 \text{N/mm}^2$$

f'_{ck} はコンクリートの圧縮強度の特性値

2) 許容曲げ引張応力度

許容曲げ引張応力度は、式(付-4.4)により求めることができる。

$$\sigma_{ca} \leq \frac{f_{tk}}{7} \dots\dots\dots(\text{付-4.4})$$

$$\leq 0.29 \text{N/mm}^2$$

または、目安として式(付-4.5)により求めることができる。

$$\sigma_{ca} \leq \frac{f'_{ck}}{80} \dots\dots\dots(\text{付-4.5})$$

f_{tk} はコンクリートの引張強度の特性値(JIS A1113 によって定める)

3) 許容支圧応力度

許容支圧応力度は、式(式-4.6)、式(付-4.7)により求めることができる。

(a) 全面載荷の場合

$$\begin{aligned} \sigma'_{ca} &\leq 0.3f'_{ck} \dots\dots\dots(\text{付-4.6}) \\ &\leq 5.9\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

特に支圧面にらせん状の鉄筋その他を配置して支圧強度を高めた場合には、 σ'_{ca} を 6.9N/mm^2 まで高めることができる。

(b) 局部載荷の場合

$$\begin{aligned} \sigma'_{ca} &\leq (0.25 + 0.05 \frac{A}{A_a}) f'_{ck} \dots\dots\dots(\text{付-4.7}) \\ &\leq 11.7\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

σ'_{ca} : 許容支圧応力度

A : 分布面積

A_a : 支圧力作用面積

4) 地震の影響を考えた場合の許容応力度

地震の影響を考えた場合の許容応力度は、前各項に規定した許容応力度の 1.5 倍までとすることができる。

(3) 許容応力度の割増

一時荷重とみなす範囲におけるコンクリートの許容応力度は、2.0 倍とすることができる。

耐久性から問題ない場合やあまり強度を必要としない部材では、圧縮強度の特性値が 18N/mm^2 未満のコンクリートを使用することもでき、その許容応力度は、式(付-4.8)により求めることができる³⁷⁾。

$$\sigma'_{ca} = \frac{f'_{ck}}{18} \sigma'_{ca} (f'_{ck}=18) \dots\dots\dots(\text{付-4.8})$$

σ'_{ca} : 使用するコンクリートの許容応力度

f'_{ck} : 使用するコンクリートの圧縮強度の特性値

$\sigma'_{ca} (f'_{ck}=18)$: 圧縮強度の特性値 18N/mm^2 の許容応力度

なお、鉄筋コンクリートの水中での曲げおよびせん断強度は、気中のものに比較して低下する場合もあるので、この場合には、許容応力度を低めに設定する必要がある。

4.2. 鋼材

(1) 機械的性質

付表-4.4 構造用鋼材の機械的性質³⁸⁾

鋼種	引張試験				
	降伏点または耐力(N/mm ²)				引張強さ (N/mm ²)
	鋼材の厚さ(mm)				
	16 以下	16 をこえ 40 以下	40 をこえ 75 以下	75 を こえるもの	
SS400	245 以上	235 以上	215 以上	215 以上	400～510
SM400	245 以上	235 以上	215 以上	215 以上	400～510
SMA400W	245 以上	235 以上	215 以上	215 以上	400～540
SM490	325 以上	315 以上	295 以上	295 以上	490～610
SM490Y	365 以上	355 以上	335 以上	325 以上	490～610
SMA490W	365 以上	355 以上	335 以上	325 以上	490～610
SM520	365 以上	355 以上	335 以上	325 以上	520～640
SM570	460 以上	450 以上	430 以上	420 以上	570～720
SMA570W	460 以上	450 以上	430 以上	420 以上	570～720

付表-4.5 構造用鋼管の機械的性質^{38),39),40)}

材質	種類 の記号	引張試験	
		降伏点又は耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
一般構造用炭素鋼管	STK400	235 以上	400 以上
	STK490	315 以上	490 以上

付表-4.6 鋳鋼造品の機械的性質^{38),39),40)}

材質	機械的性質 種類の記号	引張試験(14A 号試験片又は 4 号試験片)	
		降伏点又は耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
炭素鋼鍛鋼品	SF490A	245 以上	490～590
	SF540A	275 以上	540～640
炭素鋼鋳鋼品	SC450	225 以上	450
溶接構造用鋳鋼品	SCW410	235 以上	410
	SCW480	275 以上	480
構造用高張力炭素鋼 及び低合金鋼鋳鋼品 (低マンガン鋼鋳鋼品)	SCMn1A	275 以上	540
	SCMn2A	345 以上	590
機械構造用炭素鋼鋼材	S35CN	305 以上	510
	S45CN	345 以上	570
ねずみ鋳鉄品	FC250	—	250
球状黒鉛鋳鉄品	FCD400	250 以上	400
	FCD450	280 以上	450

(2) 許容応力度

許容応力度法により鉄筋コンクリート部材の性能照査を行う場合の鉄筋の許容応力度は、以下を用いることができる。なお、鉄筋の許容応力度は、「コンクリート標準示方書(構造性能照査編)」³⁷⁾に準じて定めている。

1) JIS G3112 に適合する鉄筋の引張応力度は、構造物の置かれる状況に応じて**付表-4.7**の許容引張応力度以下とする必要がある。

(a) ひび割れの影響を考慮する一般の構造物の場合は、**付表-4.7**の(a)一般の場合の許容引張応力度の値以下とする必要がある。なお、コンクリートに生じるひび割れが特に有害な場合には、**付表-4.7**の(a)一般の場合の許容引張応力度以下でこれを定める必要がある。

(b) 繰り返し荷重の影響が著しい部材の場合には、一般に**付表-4.7**の(b)疲労強度より定まる許容引張応力度の値を超えないことが必要である。ただし、特に疲労度の高いことが証明された異形鉄筋では、十分な検討を行った後、その許容引張応力度をこれより高めることができる。

(c) ひび割れによる影響を考慮しない場合には、鉄筋の許容引張応力度は**付表-4.7**の(c)降伏強度より定まる許容引張応力度の値を用いる必要がある。

付表-4.7 鉄筋の許容引張応力度 σ_{sa} (N/mm²)

鉄筋の種類	SR235	SR295	SD295 A,B	SD345	SD390
(a)一般の場合	137	157	176	196	206
(b)疲労強度より定まる場合	137	157	157	176	176
(c)降伏強度より定まる場合	137	176	176	196	216

注 1) (a)の場合の許容引張応力度は、一般の部材で繰り返し荷重の影響が著しくない場合に許容しうる値を示したものである。

注 2) (b)の場合の許容引張応力度は、変動応力が大きく繰り返し回数が 2×10^6 程度の場合を考えた値であるが、一般に空港の地下構造物の設計においては、航空機荷重による繰り返し回数が少ないため、構内道路のように自動車荷重による繰り返し回数の影響が著しい場合を除き、繰り返し荷重を考慮する必要がない。

注 3) (c)の場合の許容引張応力度は、一般には地震の影響を考える場合の許容応力度の基本とする値、鉄筋の重ね継手の重ね合わせ長さまたは鉄筋の定着長を算出する場合の値として用いるものである。

2) コンクリートの圧縮強度の特性値が 18N/mm^2 未満の場合の鉄筋の許容引張応力度は、付表-4.7 によらず普通丸鋼の場合 117N/mm^2 以下、異形鉄筋の場合 157N/mm^2 以下とすることができる。

3) JIS G3112 に適合する鉄筋の許容圧縮応力度は付表-4.7 の(c)降伏強度より定まる場合の許容引張応力度の値とすることができる。

4) 付表-4.7 に定める以外の鉄筋を用いるときは、必ず試験の結果に基づき許容応力度を設定する必要がある

(3) 許容応力度の割増

一時荷重とみなす範囲における鉄筋の許容応力度は、1.65 倍とすることができる。

4.3. 管材

(1) 設計に用いる諸数値

付表-4.8 設計に用いる諸数値(遠心力鉄筋コンクリート管)³⁾

呼び	管の自重 W (kN/m)		管厚中心半径 r (m)	
	B,NB 形管	NC 形管	B,NB 形管	NC 形管
150	0.35	—	0.0880	—
200	0.46	—	0.1135	—
250	0.59	—	0.1390	—
300	0.75	—	0.1650	—
350	0.92	—	0.1910	—
400	1.15	—	0.2175	—
450	1.40	—	0.2440	—
500	1.72	—	0.2710	—
600	2.45	—	0.3250	—
700	3.31	—	0.3790	—
800	4.31	—	0.4330	—
900	5.51	—	0.4875	—
1000	6.69	—	0.5410	—
1100	7.88	—	0.5940	—
1200	9.28	—	0.6475	—
1350	11.28	—	0.7265	—
1500	13.61	17.31	0.8060	0.8200
1650	16.01	20.36	0.8850	0.9000
1800	18.45	23.64	0.9635	0.9800
2000	23.45	28.70	1.0725	1.0875
2200	28.47	34.24	1.1800	1.1950
2400	33.98	40.26	1.2875	1.3025
2600	39.97	46.78	1.3950	1.4100
2800	46.45	53.78	1.5025	1.5175
3000	53.41	61.26	1.6100	1.6250

付表-4.9 設計に用いる諸数値(プレストレストコンクリート管)³⁾

呼び	管の自重 W (kN/m)			管厚中心半径 r (m)		
	S 形管	C 形管	NC 形管	S 形管	C 形管	NC 形管
150	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—
250	—	—	—	—	—	—
300	—	—	—	—	—	—
350	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	—	—
450	—	—	—	—	—	—
500	3.14	—	—	0.278	—	—
600	3.82	—	—	0.330	—	—
700	4.51	—	—	0.381	—	—
800	5.49	—	—	0.433	—	—
900	6.86	7.55	—	0.485	0.495	—
1000	7.84	8.92	—	0.538	0.549	—
1100	9.12	10.30	—	0.590	0.602	—
1200	10.88	11.96	—	0.643	0.655	—
1350	12.94	14.22	—	0.720	0.734	—
1500	16.47	16.87	20.69	0.800	0.814	0.828
1650	18.93	19.61	24.03	0.880	0.893	0.908
1800	21.97	22.36	27.65	0.958	0.971	0.988
2000	26.77	27.75	33.15	1.063	1.080	1.095
2200	—	33.24	39.13	—	1.188	1.203
2400	—	39.22	45.50	—	1.295	1.310
2600	—	45.60	52.27	—	1.403	1.418
2800	—	52.46	60.02	—	1.510	1.525
3000	—	59.71	67.66	—	1.618	1.633

付表-4. 10 設計に用いる諸数値(遠心力鉄筋コンクリート管のひび割れ荷重)³⁾

形		呼び	ひび割れ荷重(kN/m)		
			1 種	2 種	3 種
B 形	NB 形	150	16.7	23.6	—
		200	16.7	23.6	—
		250	16.7	23.6	—
		300	17.7	25.6	—
		350	19.7	27.5	—
		400	21.6	32.4	—
		450	23.6	36.3	—
		500	25.6	41.3	—
		600	29.5	49.1	—
		700	32.4	54.0	—
		800	35.4	58.9	—
		900	38.3	63.8	—
	1000	41.3	68.7	—	
	1100	43.2	72.6	—	
	1200	45.2	75.6	—	
	1350	47.1	79.5	—	
NC 形	1500	50.1	83.4	110	
	1650	53.0	88.3	117	
	1800	56.0	93.2	123	
	2000	58.9	98.1	130	
	2200	61.9	104	137	
	2400	64.8	108	143	
	2600	67.7	113	150	
	2800	70.7	118	155	
	3000	73.6	123	162	

付表-4.11 設計に用いる諸数値(プレストレストコンクリート管のひび割れ荷重)³⁾

呼び	ひび割れ荷重(kN/m)					
	高圧 1 種	高圧 2 種	高圧 3 種	1 種	2 種	3 種
500	—	—	—	112	97	80
600	—	—	—	110	95	78
700	—	—	—	113	96	79
800	—	—	—	120	102	84
900	240	200	170	130	110	88
1000	240	200	170	138	117	94
1100	240	200	170	144	121	100
1200	240	200	170	151	128	105
1350	240	200	170	157	133	108
1500	300	240	200	169	143	118
1650	300	240	200	180	155	127
1800	300	240	200	190	161	129
2000	300	250	230	200	165	137
2200	300	250	230	210	177	143
2400	—	300	250	220	185	149
2600	—	300	250	230	193	155
2800	—	—	300	240	201	161
3000	—	—	300	250	209	167

付表-4.12 設計に用いる諸数値 (VP 管および VU 管)³⁾

種類	呼び径	管厚中心半径 r (mm)	断面係数 Z (mm ³ /mm)	断面二次 モーメント I (mm ⁴ /mm)
VP	100	53.45	8.40	29.80
	125	66.25	9.38	35.20
	150	77.70	15.40	73.70
	200	102.50	20.20	111.00
	250	126.70	30.80	210.00
	300	150.90	43.70	354.00
VU	100	55.25	2.04	3.57
	125	67.75	3.38	7.59
	150	79.75	5.04	13.90
	200	104.50	8.17	28.60
	250	129.30	11.80	49.40
	300	154.10	16.30	80.90
	350	179.40	20.90	117.00
	400	203.70	26.50	167.00
	450	228.00	33.10	234.00
	500	252.20	40.60	316.00
	600	305.40	61.40	589.00
	700	354.70	85.10	962.00

付表-4.13 設計に用いる諸数値 (FRPM 管 (B 形および C 形))⁴²⁾

呼び径	管厚中心半径 r (mm)	管の曲げ剛性 EI ($\text{N} \cdot \text{mm}^2/\text{mm}$)		断面係数 Z (mm^3/mm)
		1 種	2 種	
200	103.50	491,630	322,990	8.17
250	128.75	604,690	397,270	9.38
300	154.00	793,600	524,800	10.67
350	179.25	951,890	629,480	12.04
400	204.50	1,190,700	801,900	13.50
450	229.75	1,400,400	943,110	15.04
500	255.00	1,841,700	1,225,000	16.67
600	306.00	3,182,400	2,116,800	24.00
700	357.00	5,053,500	3,361,400	32.67
800	408.00	7,543,500	5,017,600	42.67
900	459.00	10,741,000	7,144,200	54.00
1,000	510.00	14,733,000	9,800,000	66.67
1,100	561.00	19,610,000	13,044,000	80.67
1,200	612.00	25,459,000	16,934,000	96.00
1,350	688.50	36,250,000	24,112,000	121.50
1,500	765.00	49,725,000	33,075,000	150.00
1,650	841.50	66,184,000	44,023,000	181.50
1,800	918.00	85,925,000	57,154,000	216.00
2,000	1,020.00	117,870,000	78,400,000	266.67
2,200	1,122.00	156,880,000	104,350,000	322.67
2,400	1,224.00	203,670,000	135,480,000	384.00
2,600	1,326.00	258,950,000	172,240,000	450.67
2,800	1,428.00	323,430,000	215,130,000	522.67
3,000	1,530.00	397,800,000	264,600,000	600.00

(2) 許容応力度等

付表-4.14 FRPM 管の許容曲げ応力度⁴²⁾

呼び径	B 形および C 形 (N/mm^2)	
	1 種	2 種
200～250	85.0	55.7
300～350	90.0	60.3
400～450	94.6	65.3
500～900	105.0	72.0
1,000～1,500		
1,650～3,000		

付表-4. 15 FRPM 管の許容たわみ率⁴²⁾

基礎の種類	砕石基礎	砂基礎
許容たわみ率(%)	5.0	4.0

付表-4. 16 VP 管・VU 管の許容曲げ応力度および許容たわみ率³⁾

許容曲げ応力度	17.7N/mm ²
許容たわみ率(%)	5%

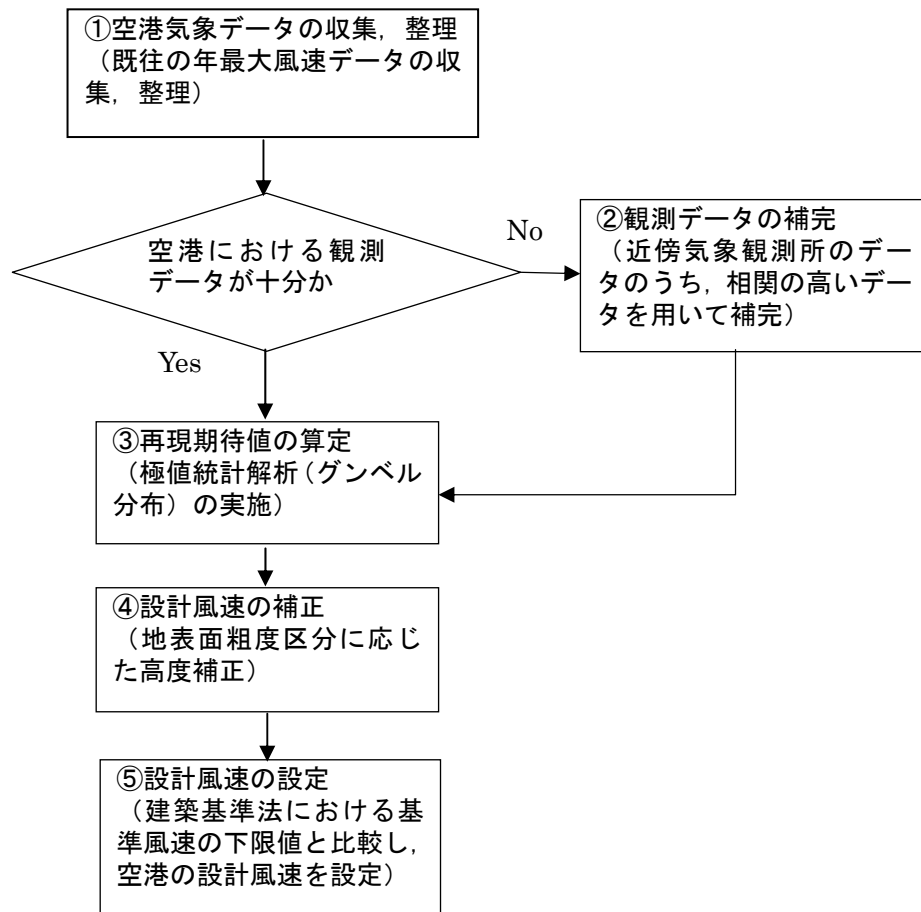
(3) 許容応力度等の割増

一時荷重とみなす範囲における FRPM 管や VP 管・VU 管の許容曲げ応力度および許容たわみ率は、割増しを考慮し 1.5 倍とすることができる。

付録ー5 設計風速の設定例

5.1. 算定フロー

各空港における既往観測データを用いた設計風速の算定は、付図-5.1 に示すフローに基づき行う。



付図-5.1 実測風速による設計風速の算定

5.2. 設計風速の算定例

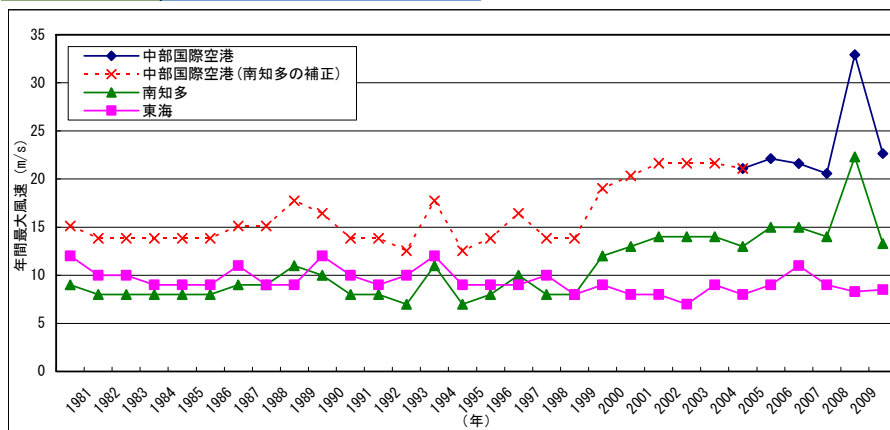
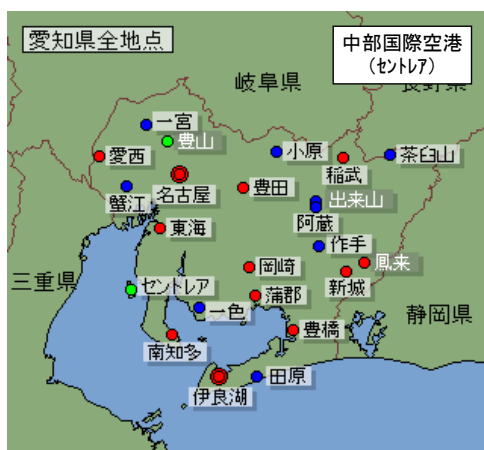
(1) 空港気象データの収集, 整理

各空港測候所で観測している気象データをもとに既往の風速データ（年最大風速：10 分間平均風速）を収集、整理し、データが統計解析に必要なデータ数を満足しているか確認を行う。一般的に数十年の値を用いることから、必要なデータ数を約 30 年分とする。

(2) 観測データの補足

空港での観測データが不足する場合には、近傍の気象観測データ（アメダスデータなど）をもとに補足を行う。

空港周辺の複数点の気象観測データを収集整理し、空港観測データとの相関を求めることにより、相関の高い観測地点のデータを抽出する。空港観測データの不足分のデータについて、相関性の高い観測地点のデータを用いて、当該空港のデータに補正し使用する。



	中部国際空港	南知多	東海
	空港観測所	過年度選定観測所	
	空港気象	アメダス	アメダス
1981	15.1	9	12
1982	13.8	8	10
1983	13.8	8	10
1984	13.8	8	9
1985	13.8	8	9
1986	13.8	8	9
1987	15.1	9	11
1988	15.1	9	9
1989	17.7	11	9
1990	16.4	10	12
1991	13.8	8	10
1992	13.8	8	9
1993	12.5	7	10
1994	17.7	11	12
1995	12.5	7	9
1996	13.8	8	9
1997	16.4	10	9
1998	13.8	8	10
1999	13.8	8	8
2000	19.0	12	9
2001	20.3	13	8
2002	21.6	14	8
2003	21.6	14	7
2004	21.6	14	9
2005	21.1	13	8
2006	22.1	15	9
2007	21.6	15	11
2008	20.6	14	9
2009	32.9	22.3	8.3
2010	22.6	13.3	8.5

※青字はデータがないため南知多より補完した値

空港名	(x) 観測所 (y)	データ数	線形近似	相関係数	R ²
9-中部国際	中部国際空港 — 南知多※	6	$y = 1.2992x + 3.4412$	0.963	0.9267
	— 東海		$y = -1.316x + 35.293$	0.301	0.0908

付図-5.2 空港周辺の気象観測データによる補足（中部国際空港の例）

(3) 再現期待値の算定

観測データ（補完データ）を用いて、極値統計解析（I型分類 Gunbel 分布）により、再現期待値を算出する。再現期間は対象とする構造物を考慮し、適宜設定する。

付表-5.1 再現年別確率風速（中部国際空港の例）

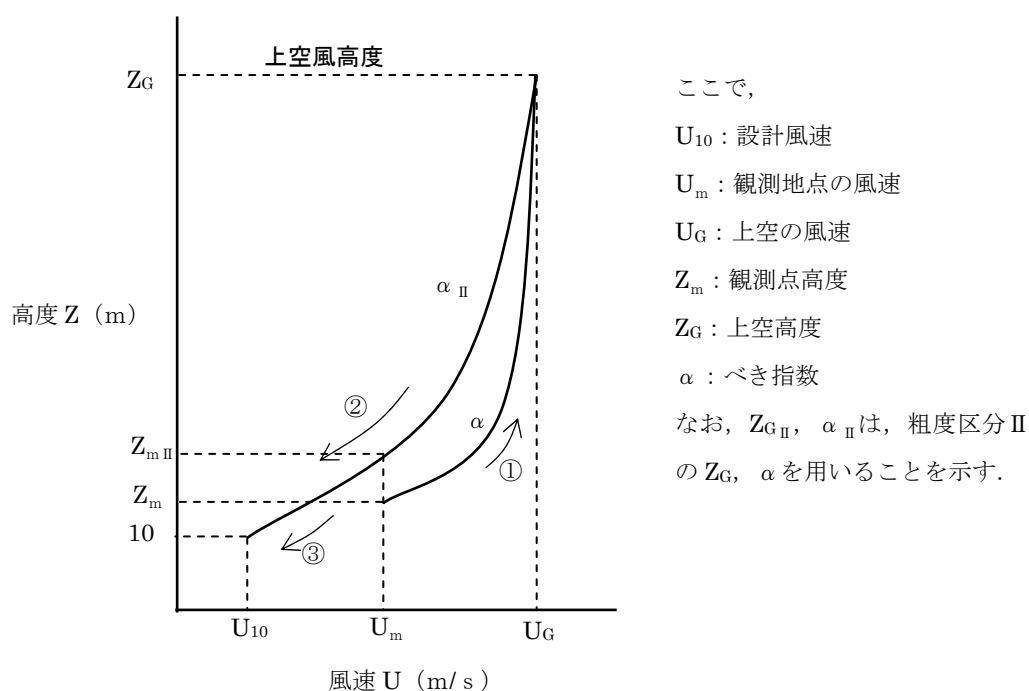
空港名	再現年別確率風速 (m/s) (ゲンベル分布)			
	10年	30年	50年	100年
中部国際	23	27	29	31

(4) 設計風速の高度補正

再現期待値をもとに，観測場所の立地条件（高度，地表粗度）を考慮した補正を行い，建築基準法における基準風速と同様の条件（地表粗度区分Ⅱ，高度 10m に補正）による設計風速を算出する．

高度補正の前提として，風速は上空（地表の地物や障害の影響を受けない）では一定という考え方のもと，空港の地表面粗度区分が設計風速とする地表面粗度区分（Ⅱ）と異なる場合，地表面の風速を上空の風速に一旦換算し，その後，設計風速の地表面粗度区分（Ⅱ）及び高さ（10m）に再度変換するという方法で補正を行う．（付図-5.3 の①，②の手順）

なお，空港の地表面粗度区分がⅡの場合には，高度補正のみを行うこととなる．（付図-5.3 の③の手順）



付図-5.3 高度補正の概念図

なお，空港の地表面粗度区分の設定は，空港の立地条件に応じて以下の区分に分類する．

- ・地表面粗度区分Ⅰ：海上および海岸に接する空港
- ・地表面粗度区分Ⅱ：Ⅰに属さない空港

a) 地表面粗度区分Ⅰの場合

地表面の風速を上空の風速に換算（①手順の計算）

$$U_G \text{（上空の風速）} = U_m \times (Z_G / Z_m)^\alpha$$

設計風速の地表面粗度区分（Ⅱ）及び高さ（10m）に換算（②手順の計算）

$$U_{10} \text{（設計風速）} = U_G \times (10 / Z_{GⅡ})^{\alphaⅡ}$$

b) 地表面粗度区分Ⅱの場合

高度補正のみで設計風速の高さ（10m）に換算（③手順の計算）

$$U_{10} \text{（設計風速）} = U_m \times (10 / Z_{mⅡ})^{\alphaⅡ}$$

なお、地表粗度の影響を受けない上空高度（ Z_G ）、べき指数（ α ）は、付表-5.2 の値を用いる。

付表-5.2 地表粗度区分に対するパラメータ

地表面粗度区分	Z_b	Z_G	α	Gf
区分Ⅰ：海上及び海岸に接する空港	5	250	0.10	2.0
区分Ⅱ：区分Ⅰ以外の空港	5	350	0.15	2.2

※ Cf , Er , Gf は、高さ5m以下の構造物に対しての値を示しており、5m以上の場合には「平成12年建設省告示第1454号」により設定する。

【中部国際空港の例】

海上空港のため地表面粗度区分をⅠとする。まず、再現年別確率風速（30年確率）の上空風速への換算を行う。

U_m : 27m/s（付表-5.1の30年再現確率風速より）

Z_G : 250m（付表-5.2の地表面粗度区分Ⅰより）

Z_m : 10m（空港気象観測地点の高さより）

α : 0.10（付表-5.2の地表面粗度区分Ⅰより）

以上より、

$$\begin{aligned} U_G \text{（上空の風速）} &= U_m \times (Z_G / Z_m)^\alpha \\ &= 27 \times (250 \div 10)^{0.10} = 37.25 \text{m/s} \end{aligned}$$

次に、設計風速である地表面粗度区分（Ⅱ）、高さ（10m）への換算を行なう。

$Z_{GⅡ}$: 350m（付表-5.2の地表面粗度区分Ⅱより）

$\alpha^{Ⅱ}$: 0.15（付表-5.2の地表面粗度区分Ⅱより）

以上より、

$$\begin{aligned} U_{10} \text{（設計風速）} &= U_G \times (10 / Z_{GⅡ})^{\alpha^{Ⅱ}} \\ &= 37.25 \times (10 \div 350)^{0.15} = 21.85 \text{m/s} \approx 22 \text{m/s} \end{aligned}$$

（5） 設計風速の設定

建築基準法の基準風速は、解析では扱うことが困難な気象要因による強風の影響を考慮し30m/sを下限值としていることから、同様の考え方のもと空港の設計風速についても30m/sを下限值とする。

5.3. 各空港における設計風速の算定例

主要空港における設計風速の算定例を付表-5.3 に示す。

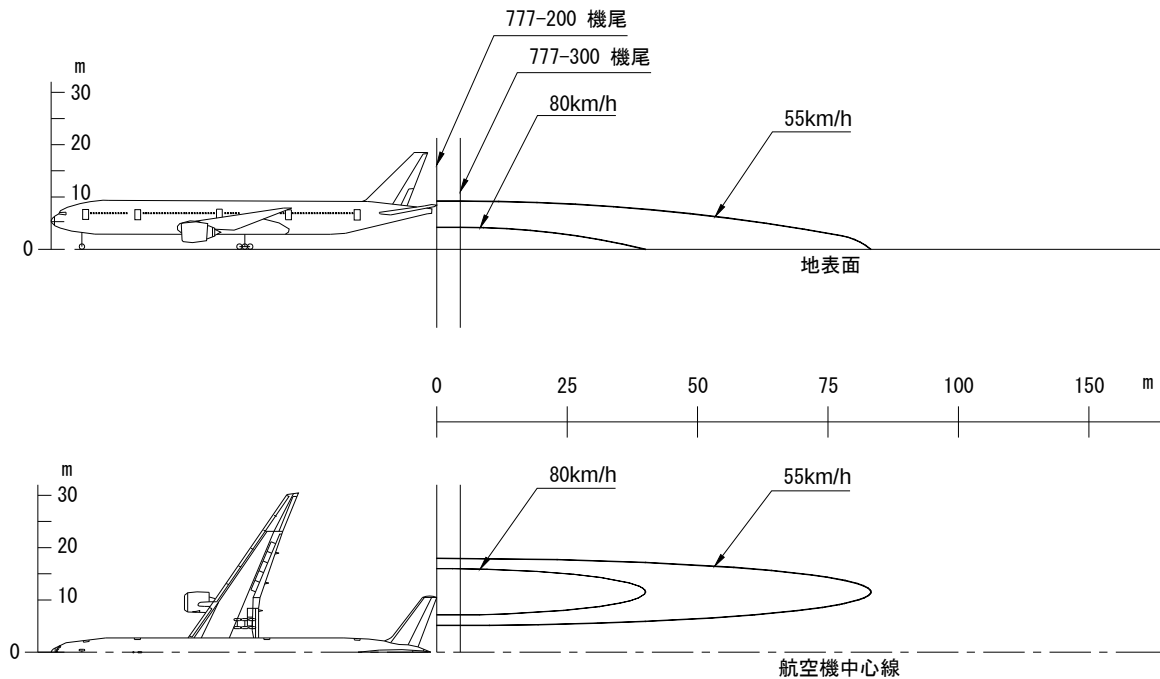
付表-5.3 各主要空港における設計風速の算定結果

空港名	再現年別確率風速 (ゲンベル分布)				風速計 の高さ (m)	地表面 粗度 区分	設計風速(m/s) (粗度区分Ⅱ) (地上10m)			
	10年	30年	50年	100年			10年	30年	50年	100年
稚内	24	25	25	26	8	Ⅱ	24	26	26	27
釧路	18	19	20	21	9.4	Ⅱ	18	19	20	21
新千歳	21	23	24	25	9.8	Ⅱ	21	23	24	25
函館	21	22	23	24	10.1	Ⅱ	21	22	23	24
仙台	22	23	24	24	8.2	Ⅱ	23	24	24	25
新潟	24	26	27	28	8.4	I	20	22	22	23
成田国際	23	26	27	29	11.1	Ⅱ	23	25	27	28
東京国際	27	31	33	35	10	I	22	25	26	28
中部国際	23	27	29	31	10	I	19	22	23	25
大阪国際	19	21	22	23	10	Ⅱ	19	21	22	23
関西国際	26	28	29	31	10.2	I	21	23	24	25
広島	19	20	21	22	10.2	Ⅱ	18	20	21	22
高松	19	20	21	22	10.2	Ⅱ	19	20	21	22
松山	22	23	24	24	10.2	I	17	18	19	20
高知	24	27	29	31	8.3	Ⅱ	25	28	30	31
北九州	32	36	39	41	8	I	26	30	32	34
福岡	26	30	32	35	8	Ⅱ	27	31	33	36
長崎	31	35	37	40	9.9	I	25	29	30	33
大分	28	34	36	39	8	I	23	28	30	32
熊本	20	24	25	27	7.5	Ⅱ	21	25	26	29
宮崎	31	36	39	42	7.6	I	26	30	32	35
鹿児島	25	29	31	33	8	Ⅱ	26	30	32	34
那覇	37	43	46	49	6.7	I	31	36	38	42
札幌	19	22	23	25	59.5	Ⅱ	14	17	18	19
三沢	12	14	15	16	7.9	I	10	11	12	13
百里	11	12	12	13	10	Ⅱ	11	12	12	13
小松	13	14	15	15	10	Ⅱ	13	14	15	15
美保	14	15	16	17	11.6	I	11	12	13	14
岩国	12	14	15	16	10	I	10	11	12	13
徳島	22	26	27	30	17.4	I	17	20	21	23

付録－6 航空機ブラストコンター

B777 のブラストコンターの例
エンジン出力状態が BREAKAWAY の場合

【発進時】B777ブラスト図



上図は B777 のブラストコンターの参考図であり，実際の使用にあたっては最新版の Characteristics を入手する必要がある．

最新版の Characteristics については，主に以下の場所より入手し参考とすることができる．

エアバス社

<http://www.airbus.com/support/maintenance-engineering/technical-data/aircraft-characteristics/>

ボーイング社

http://www.boeing.com/commercial/airports/pln_manuals.html

付録ー7 確率降雨年数に対するタルボット式における係数

空港	3年確率		5年確率		7年確率		10年確率		20年確率		30年確率		50年確率	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
稚内	2200	22.7	2640	23.8	2896	24.2	3151	24.7	3612	25.2	3882	25.7	4165	25.7
旭川	2135	22.1	2548	21.4	2814	21.1	3091	20.7	3590	19.6	3889	19.2	4258	18.7
帯広	1660	26.0	1798	24.0	1874	22.9	1934	21.6	2045	19.9	2086	18.7	2156	18.1
釧路	2616	43.8	2993	44.3	3160	42.6	3333	41.0	3553	36.3	3640	33.1	3699	28.5
新千歳	1969	24.5	2186	23.1	2321	22.3	2455	21.3	2731	20.1	2897	19.8	3105	19.2
函館	2361	26.5	2795	27.9	3072	28.8	3386	30.3	4013	33.1	4371	34.6	4890	37.6
秋田	2579	19.1	3084	19.9	3421	20.5	3779	21.1	4494	22.3	4912	22.7	5489	23.8
山形	2631	23.8	3169	25.2	3526	26.2	3929	27.9	4707	30.7	5193	32.4	5843	35.0
仙台	2760	25.7	3169	24.5	3411	23.8	3656	23.1	4140	22.3	4409	21.8	4740	21.3
新潟	3027	28.5	3990	35.0	4750	40.0	5735	46.8	8411	64.6	10670	79.3	15092	109.0
成田	3627	30.0	4154	30.3	4455	30.0	4763	29.7	5373	29.7	5704	29.4	6121	29.1
羽田	4450	31.0	5245	31.7	5713	31.7	6219	32.0	7112	32	7618	32.0	8225	32.0
中部国際	4853	35.9	6100	41.5	6923	44.9	7794	48.1	9472	53.3	10445	55.8	11761	59.4
大阪	3168	23.6	3784	26.2	4210	27.9	4698	30.0	5719	33.9	6411	36.7	7283	39.5
広島	3020	20.1	3343	19.6	3549	19.4	3772	19.4	4192	19.4	4431	19.4	4728	19.6
山口宇部	4154	30.7	4716	30.7	5060	31.0	5369	30.7	5915	30.3	6180	29.7	6508	29.4
高松	2904	22.5	3435	24.2	3818	26.0	4246	27.9	5147	32.4	5740	35.5	6570	40.0
松山	3296	27.9	3822	29.1	4135	29.7	4443	30.3	4961	30.7	5259	31.3	5594	31.7
高知	7041	47.5	8698	54.9	10106	62.5	11607	69.4	15630	90.0	18775	106.3	23977	132.9
北九州	4154	30.7	4716	30.7	5060	31.0	5369	30.7	5915	30.3	6180	29.7	6508	29.4
福岡	4352	30.3	5158	33.1	5754	35.9	6435	39.0	7965	46.2	9048	51.7	10679	60.4
長崎	5979	43.8	7618	51.7	8764	56.7	10106	62.5	13582	79.3	15990	90.0	20027	109.0
大分	4561	38.5	5297	39.0	5732	39.0	6137	38.5	6862	37.2	7319	37.2	7777	35.9
熊本	5919	40.5	6842	43.2	7427	44.9	8031	46.8	9063	48.8	9676	50.2	10399	51.7
鹿児島	5762	39.0	6696	41.0	7259	42.0	7854	43.0	8969	45.0	9654	46.0	10503	48.0
宮崎	5598	40.5	6944	44.9	7869	47.5	8915	50.2	11088	54.9	12477	57.6	14279	60.4
那覇	7186	44.9	8541	50.2	9449	53.3	10549	57.6	13092	68.1	14790	74.7	17500	86.2

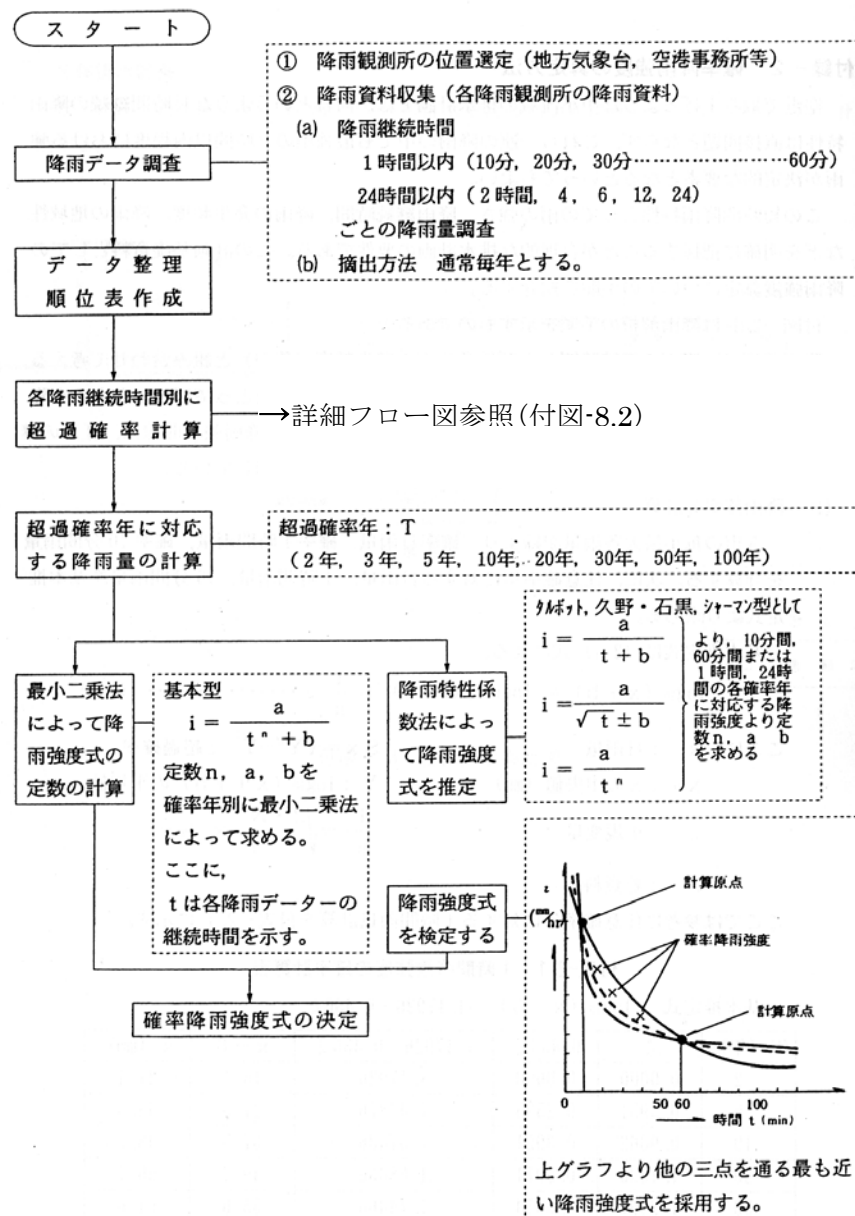
(1979～2008 年の統計データ)

付録－8 排水施設設計に係る確率降雨強度の設定例

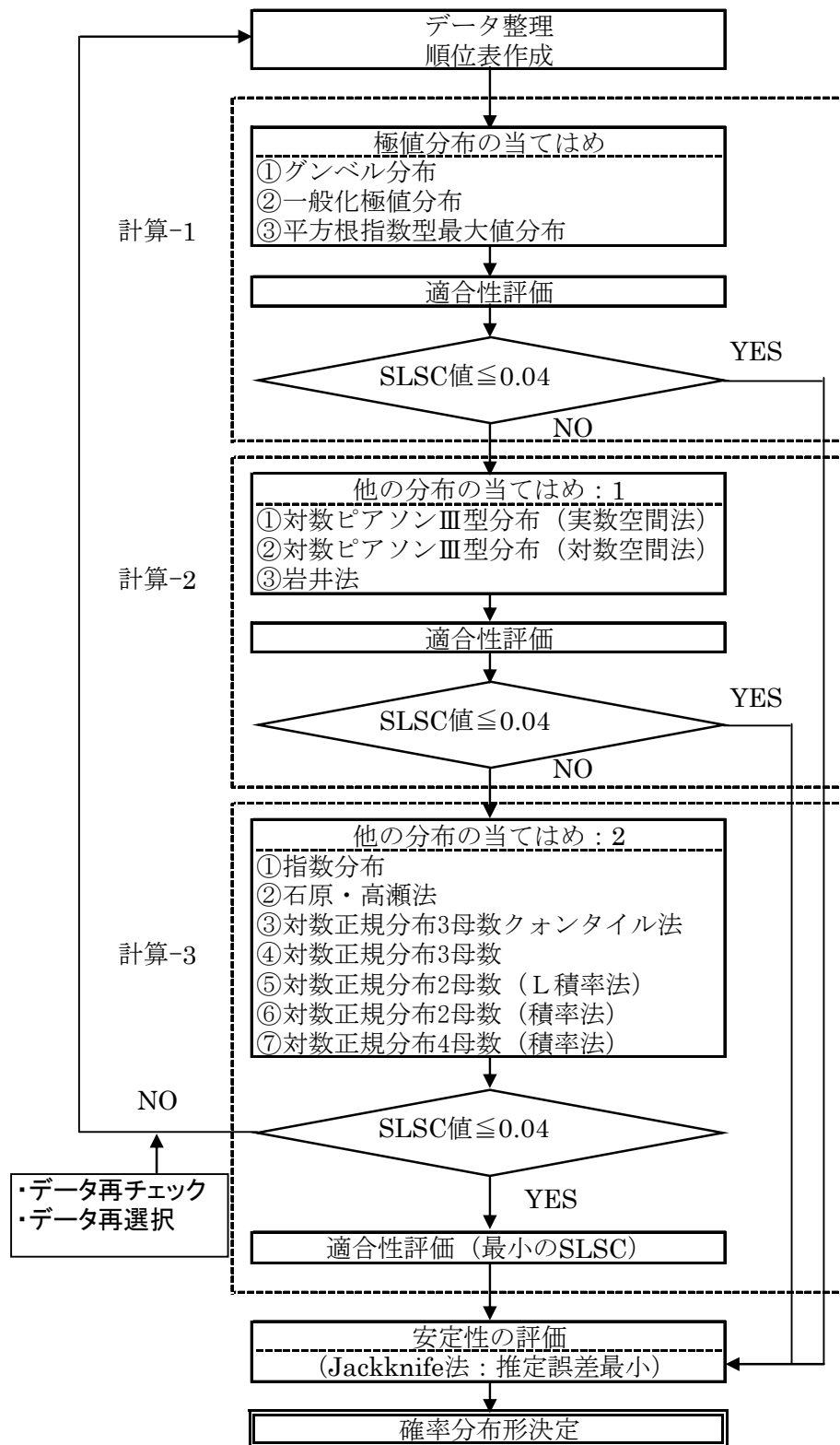
空港で取り上げるような中小流域の排水計画では、何日というような長時間継続の降雨特性は直接問題とならず、これら一連の降雨の中でも最強雨の2時間以内程度における強雨が決定的な要素となるといってもよい。この短時間降雨特性としての雨の強さ、降雨継続時間、降雨の発生頻度、降雨の地域性などを明確に把握することが合理的な排水計画の要件である。この計画基礎資料としての降雨強度算定についての手順を紹介する。

付図-8.1は降雨解析の手順を示すものである。

降雨強度は、降雨の継続時間および任意強度の発生頻度(確率)と組み合わせて考える降雨強度式があり、この式を横軸に継続時間、縦軸に降雨強度をとって図示したものを降雨強度曲線(Intensity-Frequency Curve)と呼んでいる。この降雨強度曲線は、任意の継続時間に対する降雨強度がいくらの確率をもって発生するかを示している。



付図-8.1 降雨解析の手順



付図-8.2 詳細フロー図

付録－9 地方自治体別降雨強度式例

都道府県	地区名 (近隣空港名)	5年	10年	30年	50年
北海道	稚内 (稚内空港)	$I = \frac{34.13}{t^{0.68} + 0.15}$	$I = \frac{50.96}{t^{0.79} + 0.40}$	$I = \frac{63.11}{t^{0.78} + 0.37}$	$I = \frac{73.25}{t^{0.80} + 0.44}$
	旭川 (旭川空港)	$I = \frac{35.86}{t^{0.69} + 0.16}$	$I = \frac{51.68}{t^{0.77} + 0.37}$	$I = \frac{73.55}{t^{0.81} + 0.48}$	$I = \frac{96.38}{t^{0.90} + 0.73}$
	帯広 (帯広空港)	$I = \frac{33.01}{t^{0.67} + 0.34}$	$I = \frac{36.98}{t^{0.67} + 0.25}$	$I = \frac{47.25}{t^{0.71} + 0.23}$	$I = \frac{54.32}{t^{0.75} + 0.28}$
	釧路 (釧路空港)	$I = \frac{28.97}{t^{0.49} + 0.01}$	$I = \frac{41.53}{t^{0.59} + 0.20}$	$I = \frac{51.15}{t^{0.61} + 0.17}$	$I = \frac{55.80}{t^{0.62} + 0.17}$
	札幌 (新千歳空港)	$I = \frac{14.08}{t^{0.30} - 0.46}$	$I = \frac{19.11}{t^{0.33} - 0.38}$	$I = \frac{15.59}{t^{0.22} - 0.59}$	$I = \frac{9.85}{t^{0.13} - 0.76}$
	函館 (函館空港)	$I = \frac{57.90}{t^{0.82} + 0.75}$	$I = \frac{97.78}{t^{1.00} + 1.44}$	$I = \frac{127.57}{t^{1.00} + 1.52}$	$I = \frac{141.21}{t^{1.00} + 1.53}$
秋田県	秋田 (秋田空港)	$I = \frac{817.66}{t^{0.7} + 2.940}$	$I = \frac{1674.16}{t^{0.8} + 7.968}$	$I = \frac{2040.73}{t^{0.8} + 7.255}$	$I = \frac{3812.44}{t^{0.9} + 16.566}$
宮城県	県南部 (仙台空港)	$I = \frac{821}{t^{2/3} + 4.13}$	――	$I = \frac{1761}{t^{2/3} + 7.33}$	$I = \frac{2127}{t^{2/3} + 8.46}$
新潟県	新潟 (新潟空港)	――	$I = \frac{719}{t^{2/3} + 2.5}$	$I = \frac{880}{t^{2/3} + 2.4}$	――
千葉県	我孫子 (新東京国際空港)	$I = \frac{766}{t^{2/3} + 2.8}$	$I = \frac{586}{t^{3/5} + 0.7}$	$I = \frac{741}{t^{3/5} + 1.1}$	$I = \frac{817}{t^{3/5} + 1.3}$
東京都	地区分け無し (東京国際空港)	$I = \frac{1200}{t^{2/3} + 5.0}$	――	$I = \frac{1800}{t^{2/3} + 4.5}$	――
愛知県	名古屋 (中部国際空港)	$I = \frac{1547.1}{t^{0.74} + 8.805}$	$I = \frac{2095.0}{t^{0.75} + 11.717}$	$I = \frac{3587.2}{t^{0.78} + 20.475}$	$I = \frac{4444.3}{t^{0.79} + 25.181}$
大阪府	豊能 (大阪国際空港)	$I = \frac{577}{(\sqrt{t} + 1.278)^{1.114}}$	$I = \frac{461}{(\sqrt{t} + 0.698)^{0.968}}$	$I = \frac{402}{(\sqrt{t} + 0.161)^{0.835}}$	$I = \frac{392}{(\sqrt{t} - 0.008)^{0.793}}$
	泉南 (関西国際空港)	$I = \frac{529}{(\sqrt{t} + 1.278)^{1.114}}$	$I = \frac{425}{(\sqrt{t} + 0.698)^{0.968}}$	$I = \frac{372}{(\sqrt{t} + 0.161)^{0.835}}$	$I = \frac{363}{(\sqrt{t} - 0.008)^{0.793}}$
	河内 (八尾空港)	$I = \frac{511}{(\sqrt{t} + 1.278)^{1.114}}$	$I = \frac{409}{(\sqrt{t} + 0.698)^{0.968}}$	$I = \frac{357}{(\sqrt{t} + 0.161)^{0.835}}$	$I = \frac{348}{(\sqrt{t} - 0.008)^{0.793}}$
広島県	広島 (広島空港)	$I = \frac{385.394}{t^{0.534}}$	$I = \frac{398.905}{\sqrt{t} + 0.040}$	$I = \frac{544.556}{\sqrt{t} + 0.793}$	$I = \frac{626.814}{\sqrt{t} + 1.243}$
山口県	防府 (山口宇部空港)	$I = \frac{943}{t^{2/3} + 3.857}$	$I = \frac{1074}{t^{2/3} + 3.699}$	$I = \frac{1267}{t^{2/3} + 3.496}$	$I = \frac{1354}{t^{2/3} + 3.411}$
香川県	地区分け無し (高松空港)	$I = \frac{316.49}{t^{1/2} + 0.09}$	$I = \frac{384.44}{t^{1/2} + 0.23}$	$I = \frac{487.63}{t^{1/2} + 0.38}$	$I = \frac{534.98}{t^{1/2} + 0.43}$
愛媛県	中予 (松山空港)	$I = \frac{635}{t^{2/3} + 2.88}$	$I = \frac{590}{t^{5/8} + 1.94}$	$I = \frac{491}{t^{5/9} + 0.76}$	$I = \frac{389}{t^{1/2} + 0.05}$
高知県	高知 (高知空港)	$I = \frac{2620.72}{t^{0.729} + 15.16}$	$I = \frac{3722.48}{t^{0.756} + 20.73}$	$I = \frac{5509.29}{t^{0.782} + 28.03}$	$I = \frac{7014.01}{t^{0.808} + 34.7}$
福岡県	北九州 (北九州空港)	$I = \frac{631.9}{t^{0.60} + 1.86}$	$I = \frac{549.8}{t^{0.55} + 0.83}$	$I = \frac{378.5}{t^{0.45} - 0.30}$	$I = \frac{407.0}{t^{0.45} - 0.30}$
	福岡 (福岡空港)	$I = \frac{508.4}{t^{0.55} + 1.15}$	$I = \frac{793.3}{t^{0.60} + 2.62}$	$I = \frac{1712.7}{t^{0.70} + 7.47}$	$I = \frac{1884.0}{t^{0.70} + 8.06}$
長崎県	諫早・大村 (長崎空港)	$I = \frac{2336.760}{t^{0.771} + 12.597}$	$I = \frac{3102.620}{t^{0.788} + 16.122}$	$I = \frac{4626.338}{t^{0.817} + 22.524}$	$I = \frac{5238.823}{t^{0.824} + 24.405}$
大分県	中津 (大分空港)	$I = \frac{885.2}{t^{2/3} + 4.513}$	$I = \frac{1044.7}{t^{2/3} + 4.640}$	$I = \frac{1288.7}{t^{2/3} + 4.846}$	$I = \frac{1399.6}{t^{2/3} + 4.894}$
熊本県	熊本Ⅱ-A (熊本空港)	$I = \frac{713}{t^{0.551} + 2.79}$	$I = \frac{647}{t^{0.501} + 1.94}$	$I = \frac{590}{t^{0.445} + 1.18}$	$I = \frac{581}{t^{0.427} + 1.00}$
鹿児島県	鹿児島 (鹿児島空港)	$I = \frac{1224.8}{t^{2/3} + 5.534}$	$I = \frac{1417.0}{t^{2/3} + 5.908}$	$I = \frac{1711.3}{t^{2/3} + 6.381}$	$I = \frac{1846.4}{t^{2/3} + 6.555}$
宮崎県	宮崎 (宮崎空港)	$I = \frac{615}{\sqrt{t} + 1.745}$	$I = \frac{761}{\sqrt{t} + 2.281}$	$I = \frac{1015}{\sqrt{t} + 3.196}$	$I = \frac{1147}{\sqrt{t} + 3.659}$
沖縄県	地区分け無し (那覇空港)	――	$I = \frac{8700}{t + 48}$	――	――

参考文献および参考書

- 1) 国土交通省航空局・国土交通省国土技術政策総合研究所：「空港土木施設の設置基準解説」(「空港土木施設の設置基準・同解説」)，港湾空港建設技術サービスセンター，2008.10 (2010.5 一部改訂) および 2011.7 一部改訂 (新旧対照表)
- 2) 国土交通省航空局・国土交通省国土技術政策総合研究所：「空港土木施設耐震設計要領」(「空港土木施設耐震設計要領及び設計例」)，港湾空港建設技術サービスセンター，2008.10 (2010.5 一部改訂) および 2011.7 一部改訂 (新旧対照表)
- 3) 日本道路協会：「道路土工 カルバート工指針」，日本道路協会，2010.3
- 4) 日本道路協会：「道路土工 盛土工指針」，日本道路協会，2010.4
- 5) 農林水産省農村振興局：「土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」」，農業農村工学会，2001.3
- 6) 日本河川協会：「防災調節池等技術基準(案)解説と設計実例」，日本河川協会，2007.9
- 7) 日本下水道協会：「下水道雨水調整池技術基準(案)解説と計算例」，日本下水道協会，1984.11
- 8) 建設省河川局・日本河川協会：「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 調査編」，日本河川協会，1997.10
- 9) FAA, 「UNIFIED FACILITIES CRITERIA—SURFACE DRAINAGE DESIGN」, FAA, 2006
- 10) 日本道路協会：「道路土工要綱」，日本道路協会，2009.6
- 11) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社：「設計要領第一集(排水編)」，高速道路総合技術研究所，2011.7
- 12) 建設省河川局・日本河川協会：「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編[Ⅰ]」，日本河川協会，1997.10
- 13) 土木学会：「水理公式集」，土木学会，1999.11
- 14) 航空局内部資料：「空港内道路・駐車場照明施設設置基準」，1978.3
- 15) 日本道路協会：「道路照明施設設置基準・同解説」，日本道路協会，2007.10
- 16) 交通工学研究会：「改訂 路面表示設置の手引」，交通工学研究会，2012.1
- 17) 日本道路協会：「道路構造令の解説と運用」，日本道路協会，2004.2
- 18) 日本道路協会：「道路トンネル技術基準(換気編)・同解説」，日本道路協会，2008.10
- 19) 日本道路協会：「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説」，日本道路協会，2001.10
- 20) 日本道路協会：「共同溝設計指針」，日本道路協会，1986.3
- 21) 電気書院：「電気設備技術基準とその解釈」，電気書院，2011.8
- 22) 運輸省航空局飛行場部：「消防水利の基準」，1988.7
- 23) 総務省消防庁：「消防水利の基準」，消防法第 20 条第 1 項
- 24) 航空局：「場周柵保安対策強化について」，2004.12
- 25) ICAO：「ICAO Aerodrome Design Manual Part2」，ICAO，2005
- 26) 航空局内部資料：「飛行場灯火設置要領」
- 27) 日本道路協会：「防護柵の設置基準・同解説」，日本道路協会，2008.1
- 28) 国土交通省航空局：「飛行方式設定基準」，鳳文書林出版販売(株)，2011.2
- 29) 航空局内部資料：「進入灯用地の設計要領」
- 30) 国土交通省航空局：「空港土木施設施工要領」，港湾空港建設技術サービスセンター，2009.4

および 2011.7 一部改訂（新旧対照表）

- 31) 日本港湾協会：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」，日本港湾協会，2007.9
- 32) 全国海岸協会：「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」，全国海岸協会，2004.6
- 33) 日本港湾協会：「公有水面埋立実務便覧」，日本港湾協会，2002.12
- 34) 航空局内部資料：「飛行場灯火設置要領」
- 35) 日本道路協会：「道路土工 切土工・斜面安定工指針」，日本道路協会，2009.6
- 36) 土木学会：「コンクリート標準示方書(設計編)」，土木学会，2012.12
- 37) 土木学会：「コンクリート標準示方書(構造性能照査編)」，土木学会，2002.3（絶版：閲覧可）
- 38) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説 I 共通編Ⅱ鋼橋編」，日本道路協会，2002.3
- 39) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説 I 共通編Ⅲコンクリート橋編」，日本道路協会，2002.3
- 40) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説 I 共通編Ⅳ下部構造編」，日本道路協会，2002.3
- 41) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社：「設計要領第一集(土工編)」，高速道路総合技術研究所，2013.7
- 42) 強化プラスチック複合管協会・国土開発技術研究センター：「下水道用強化プラスチック複合管 道路埋設指針」，国土開発技術研究センター，1999.3
- 43) 日本水道協会：「水道施設設計指針」，日本水道協会，2000.3
- 44) 日本下水道協会規格：「下水道用鉄筋コンクリート管 (JSWAS A-1)」，日本下水道協会，2011.12
- 45) 全国ヒューム管協会：「ヒューム管設計施工要覧」，全国ヒューム管協会，2009.7
- 46) 日本下水道協会規格：「下水道用強化プラスチック複合管 (JSWAS K-2)」，日本下水道協会，2013
- 47) 日本下水道協会：「下水道施設の耐震対策指針と解説」，日本下水道協会，2006.8
- 48) 日本水道協会：「水道施設耐震工法指針・解説」，日本水道協会，2009.7
- 49) 日本道路協会：「舗装の構造に関する技術基準・同解説」，日本道路協会，2001.9
- 50) 日本道路協会：「舗装設計便覧」，日本道路協会，2006.2
- 51) 日本道路協会：「舗装設計施工指針」，日本道路協会，2006.2
- 52) 日本建築学会：「鉄筋コンクリート構造—計算規準・同解説」，日本建築学会，2010.2
- 53) 日本建築学会：「鋼構造設計規準」，日本建築学会，2005.9
- 54) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」，日本道路協会，2002.3
- 55) ICAO：「ICAO ANEX 14 添付物 A」，（翻訳版），航空振興財団，2004.7
- 56) 日本道路協会：「道路橋耐風設計便覧」，日本道路協会，2008.1
- 57) 日本道路協会：「鋼道路橋塗装・防食便覧」，日本道路協会，2005.12
- 58) 日本道路協会：「道路土工 軟弱地盤対策工指針」，日本道路協会，1986.11
- 59) 鉄道総合技術研究所：「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」，丸善(株)，2007.1
- 60) 土木学会：「岩盤斜面の安定解析と計測」，土木学会，1994.12
- 61) 土木学会：「多層弾性理論による舗装構造解析入門」，土木学会，2005.4（絶版：閲覧可）