

## 6. モバイルレビーの設計

モバイルレビーは、治水目標に対して堤防高が局所的に不足する区間の越水防止を目的とした治水施設、あるいは堤防決壊の危険性や堤内地施設の浸水の可能性を低減するための水防施設である。このため、施設設計では、目標条件となる外力（設計水深）に対して、設置目的に応じた要求機能を確保させるとともに、モバイルレビー設置により既存堤防や周辺施設に影響が生じない構造であることが必要条件となる。

本章では、開発したモバイルレビーを対象に、設計外力、照査方法について検討事例を示した。

なお、安全率や照査指標についてはあくまで参考値を示したものであり、施設の要求機能や場の状況に応じて、施設管理者と十分協議のうえ設定することが必要である。

### 6.1 設計の基本的な考え方

#### 6.1.1 代表的なモバイルレビーの適用区分

本書で対象とするモバイルレビーの適用区分は、下表のとおり、治水施設や水防施設としてパラペット的な擁壁構造となるハイブリットパネル構造と、水防施設となる土のう型の機能を有する三角水のう構造に区分される。

なお、水衝部や急流河川などの高流速区間や流木などの流下物が課題となる河川では、流下物の衝撃等の特殊荷重が掛かるため、本施設の適用には、各対象河川の特徴を踏まえ、十分に留意して判断することが必要である。

表 6.1 代表的なモバイルレビーの適用の考え方

モバイルレビーの構造	ハイブリットパネル構造		三角水のう構造
モバイルレビーの位置づけ	治水施設	水防施設	
構造特性から見た適用区分	本構造は、人力により設置するため、設置に必要なとなる時間が確保できる箇所(到達時間の長い河川・湖・堤内地、及び設置に必要な時間前に水位上昇が予測できる河川・湖・堤内地)に適用する。	本構造は、人力により設置するため、設置に必要なとなる時間が確保できる箇所(到達時間の長い河川・湖・堤内地、及び設置に必要な時間前に水位上昇が予測できる河川・湖・堤内地)に適用する。	本構造は、人力により設置するため、設置に必要なとなる時間が確保できる箇所(到達時間の長い河川・湖・堤内地及び、設置に必要な時間前に水位上昇が予測できる河川・湖・堤内地)で、かつ、起伏に必要なとなる水源及び給水設備が確保できる場合に適用する。
適用高さ	部材の強度を確保することで様々な高さに対応することが可能である。河川堤防として用いる場合は、特殊堤の構造原則に従い、余裕高以下を基本とする。	部材の強度を確保することで様々な高さに対応することが可能である。	製品の規格により規定されるが、原則、余裕高以下とする。なお、安全な水防活動が可能となるスペースを確保することが必要となる。

### 6.1.2 モバイルレビーの安全照査指標

モバイルレビーの構造は、河川区域や堤内地などに設置する自立構造であり、特殊堤と類似している。『河川砂防技術基準(案)設計編 I (P9)』では、特殊堤に求められる性能を以下の通り規定している。

特殊堤は、河川特性、地形、地質等を考慮してその形式を選定するとともに、堤防としての機能と安全性が確保される構造となるよう設計する。

本構造を河川区域に使用する場合は、特殊堤と同様に計画高水位以上の余裕高部分に用いることが望ましいが、モバイルレビー適用の緊急度が高い区間は、計画高水位よりも堤防が低い箇所であると想定される。また、堤内地に利用する場合も想定浸水深より低い箇所にモバイルレビーが適用されると想定される。

そこで、モバイルレビーの設計は、河川や堤内地の水理特性に応じた設計条件の検討を行い、想定される荷重条件下において自立し、沈下、滑動、転倒に対して安全な構造となる設計を行い、ならびに構造物周辺の洗掘、浸食に対しても安全を確保するものとする。

また、既存堤防上に設置する構造の場合は、モバイルレビーによる嵩上げを考慮した条件でも既存施設（堤防、護岸等）の安全基準を満足できるようにする。

ただし、モバイルレビーは、擁壁タイプの特殊堤と異なり恒久的でなく、復旧が容易な施設であることから、地震外力は考慮しない。

モバイルレビー構造体及び既存堤防に対する設計上の安全率や照査指標は、施設管理者と協議して設定する。暫定的な治水施設における安全照査指標の参考として、恒久施設の場合によく用いられる基準値を表 6.2 に示す。一方水防施設は、経験的な要素が強いため参考となるような基準値はないが、表 6.2 より安全度を下げて設定することが妥当である。

表 6.2 恒久施設によく用いられる安全照査指標（参考値）

項 目		安全率・照査指標
モバイルレビー本体  (出典：河川砂防技術 基準(案)設計編 I、 P82)	基礎	3
	転倒	合力の作用点が中央 1/3 以内
	滑動	1.5
	曲げ圧縮応力度	使用部材の許容応力度以下
	せん断応力度	使用部材の許容応力度以下
既存堤防 (モバイルレビーによ る水位上昇考慮)	すべり破壊（裏のり）	安全率 $F \geq 1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2$ $\alpha_1$ ：築堤履歴による割増係数 $\alpha_2$ ：基礎地盤による割増係数
	すべり破壊（表のり）	安全率 $F \geq 1.0$
(出典：河川堤防の構造 検討の手引き、P47)	パイピング破壊（砂質土）	局所動水勾配 $i < 0.5$
	パイピング破壊（粘性土）	安全率 $G/W > 1.0$

また、構造検討時の設計・土質定数は、適切に調査を実施して設定することが望ましいが、調査資料等が不足している場合は、下表の値を参考に設定する。

表 6.3 地盤支持力および摩擦係数

基礎地盤の種類		許容支持力 (kN/m <sup>2</sup> )		摩擦係数	備考	
		常時	地震時		qu (k N/m <sup>2</sup> )	N 値
岩盤	亀裂の少ない均一な硬岩	981	1470	0.7	9810 以上	-
	亀裂の多い硬岩	558	883	0.7	9810 以上	-
	軟岩、土丹	294	441	0.7	981 以上	-
礫層	密なもの	558	883	0.6	-	-
	密でないもの	294	441	-	-	-
砂質	密なもの	294	441	0.6	-	30~50
	中位なもの	196	294	0.5	-	15~30
粘性土	非常に堅いもの	196	294	0.5	196~392	15~30
	堅いもの	98.1	147	0.45	98.1~196	8~15
	中位なもの	49	73.5	-	49~98.1	4~8

出典：河川砂防技術基準(案)設計編Ⅰ P80

表 6.4 コンクリートの許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>) {kgf/cm<sup>2</sup>}

使用場所	設計基準強度	許容曲げ圧縮応力度	許容付着応力度	許容せん断応力度
現場打ち鉄筋コンクリート	24 {240}	8.0 {80}	1.6 {16.0}	0.39 {3.9}
現場打ち無筋コンクリート	18 {180}	4.5 {45}	許容引張応力度 0.23 {2.25}	0.33 {3.3}
プレキャスト	30 {300}	-	-	-

出典：土木構造物設計マニュアル P25

表 6.5 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>) {kgf/cm<sup>2</sup>}

応力度、部材の種類		鉄筋の種類	SD345
引張応力	荷重の組合せに衝突荷重を含まない場合	一般の部材 <sup>(※1)</sup>	180 {1800}
		厳しい環境下の部材 <sup>(※2)</sup>	160 {1600}
	荷重の組合せに衝突の影響を含む場合の許容応力度の基本値		200 {2000}
	鉄器の重ね継手長あるいは定着長を計算する場合		200 {2000}

※1 通常的环境や常時水中、土中の場合

※2 一般的环境に比べて乾湿の繰り返しが多い場合や有害な物質を含む地下水水位以下の土中の場合

出典：土木構造物設計マニュアル P25

## 6.2 設計外力

### 6.2.1 治水施設における設計外力

一般的な設計外力は、平常時、洪水時、地震時などに分類されるが、モバイルレビーは、施設機能時は洪水時が対象となるため、洪水時の荷重に対して安全性を確保することを基本とする。

ここでは、治水施設の代表的な構造形式であるハイブリットパネル構造における設計外力について、下表に示す通り整理した。

表 6.6 モバイルレビー設計外力

計画規模	治水施設
構造タイプ	ハイブリットパネル構造
自重	○
土圧	○(下部工)
静水圧	○
波圧	△(湛水域、川幅の大きい河川、湖沼)
揚圧力	○
群集荷重	×
衝撃荷重	×
風荷重	●(静水圧と比較)
雪荷重	×
温度変化	×

※ ○：考慮すべき荷重、●：比較して考慮すべき荷重、△：適用場所に応じて考慮すべき荷重、▲：地域、設置環境、構造、利用目的に応じて考慮すべき荷重、×：考慮する必要のない荷重

### (1) 自重

モバイルレビーの材料単体重量により計算する。なお、材料等が明確でない場合の設計時には、下表の値を参考に設定する。

表 6.7 材料の単位体積重量(参考)

材料名	単位体積重量
鉄筋コンクリート	24.52kN/m <sup>3</sup>
無筋コンクリート	23.05kN/m <sup>3</sup>
土(空中)	17.65kN/m <sup>3</sup>
土(水中)	9.81kN/m <sup>3</sup>
鋼、铸鋼、鍛鋼	76.98kN/m <sup>3</sup>
铸鉄	71.10kN/m <sup>3</sup>
砂、砂利、碎石	18.63kN/m <sup>3</sup>
セメントモルタル	21.08kN/m <sup>3</sup>
石材	25.50kN/m <sup>3</sup>
木材	7.85kN/m <sup>3</sup>
瀝青材	10.79kN/m <sup>3</sup>
瀝青舗装	22.56kN/m <sup>3</sup>

出典：河川砂防技術基準 設計編 I P82

### (2) 土圧

モバイルレビーは、堤防天端に設置する自立構造を基本とすることから、考慮しないが、下部工を設置する構造では、その背面に働く土圧をクーロン式等により算定する。

### (3) 静水圧

モバイルレビーの設置箇所の平常時、洪水時の水位について検討して設定することも考えられるが、施設特性上、設置高さまでの安全性を有する必要があるものと判断し、壁体上端までの水位を対象とする。

また、本書では、モバイルレビーの設置箇所として、水衝部などの流況の乱れが大きく、高流速区間を対象としていないことから、動水圧は考慮する必要はない。

$$P = W_0 h$$

ここに、P:静水圧、W<sub>0</sub>:水の単位体積重量、h:水深

### (4) 波圧

河口部、湖岸部など供用期間中に風波による衝撃砕波圧等の発生が懸念される箇所は、考慮する必要があるが、通常部では、静水圧のみで問題ないと判断することが多い。

### (5) 揚圧力

揚圧力は、水位差が生じる場合に考慮する。

## (6) 風荷重

仮設時の風速を算定し、荷重計算を実施するものとするが、静水圧と風荷重の大きい方で構造照査の対象荷重とする。なお、風荷重は、『河川砂防技術基準(案) 設計編 I P79』を参考に  $300\text{kgf/m}^2$  ( $2942\text{N/m}^2$ ) とすることが多い。

### 6.2.2 水防施設の設計外力

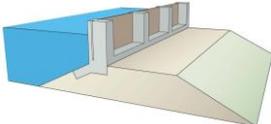
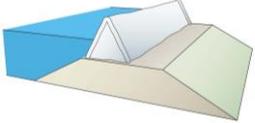
水防活動で用いる土のうは、緊急時に仮設堤防として設置する構造であり、また、これまでも安定計算などを実施した上で設置していない構造である。このため、本書に記載した三角水のうやハイブリッドパネル(水防施設)は、洪水時水位に対して安定性が確保されていれば、同等施設となることから、設計外力は、静水圧、揚圧力と自重を対象とする。

## 6.3 構造照査方法

### 6.3.1 構造照査項目

モバイルレビエーの構造照査は、構造タイプに応じて以下の通り実施する。各構造照査方法については、次項にまとめる構造照査事例を参考にされたい。

表 6.8 構造タイプ別構造照査項目

構造タイプ	構造特性	照査方法
<p>・ハイブリットパネル方式</p> 	外水圧を壁状構造で受け、基礎部に伝達し、安定を図る。	<p>■擁壁（下部工）の安定照査 （滑動・転倒・支持力）</p> <p>■柱体の応力照査</p> <p>※パネルは製品の適用水深を確認することとし、照査は省略してもよいものとする。</p>
<p>・三角水のうち方式</p> 	外水圧を堤体自重で受け、安定を図る。	<p>■本体の安定計算 （滑動・転倒・支持力）</p>

### 6.3.2 構造照査事例

2種類のモバイルレビーについて行った構造照査事例を以下に示す。ハイブリッドパネルについては治水施設と水防施設の位置付けで、三角水のうについては水防施設の位置付けで照査をおこなった。

表 6.9 照査事例一覧表

事例番号	形状	位置付け	設計水深	摩擦係数の仮定値*	粘着力の仮定値*	滑動安全率の仮定値*
1	ハイブリッドパネル (前垂れ有り)	治水	0.8m	0.6	見込まない	1.5
2	ハイブリッドパネル (前垂れ無し)	治水	0.6m	0.6	見込まない	1.5
3	ハイブリッドパネル (前垂れ無し)	水防	0.8m	見込まない	5kN/m <sup>2</sup>	1.2
4	ハイブリッドパネル (前垂れ無し)	水防	0.6m	見込まない	5kN/m <sup>2</sup>	1.2
5	三角水のう (標準型)	水防	0.5m	0.5	見込まない	1.2
6	三角水のう (大型)	水防	0.8m	0.5	見込まない	1.2

※上記の摩擦係数、粘着力、安全率は本書で仮定した値であり、数値や考え方は施設管理者と十分協議して設定する必要がある

#### (1) ハイブリッドパネル方式計算例 (前垂れ有り、治水施設、設計水深 0.8m)

前垂れが有る治水施設の場合のパラペット擁壁タイプの設計例を以下に示す。構造照査項目は、下部工の安定計算となる。設計水深は 0.8m とする。

##### 1) 設計条件

- ・ 基礎と地盤の摩擦係数； $\mu=0.6$
- ・ 粘着力は考慮しない
- ・ 滑動安全率；1.5
- ・ パネル自重；無視(安全側)
- ・ パネル寸法 1500×800
- ・ 最小部材厚は 400mm と設定
- ・ 底面高さは地盤高より 350mm と設定

2) 断面形状

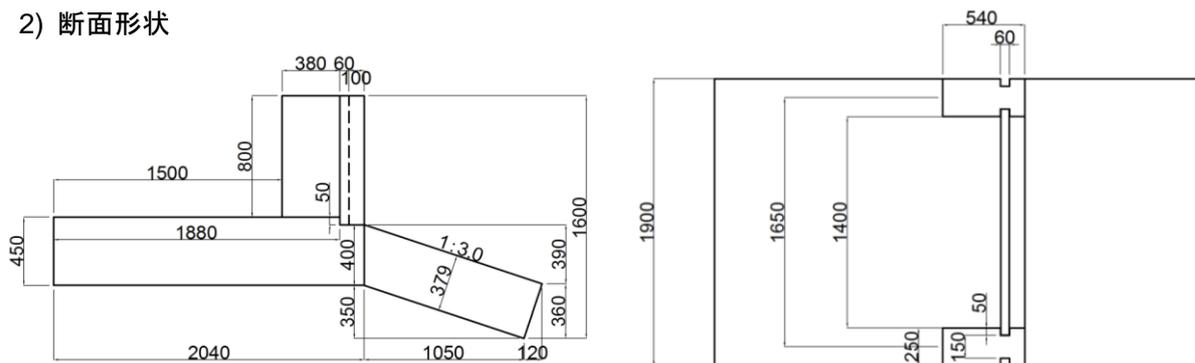


図 6.1 断面形状

3) 下部工の安定検討

① 滑動に対する安定

$$\frac{\gamma \cdot A \cdot \mu}{H} \geq 1.5$$

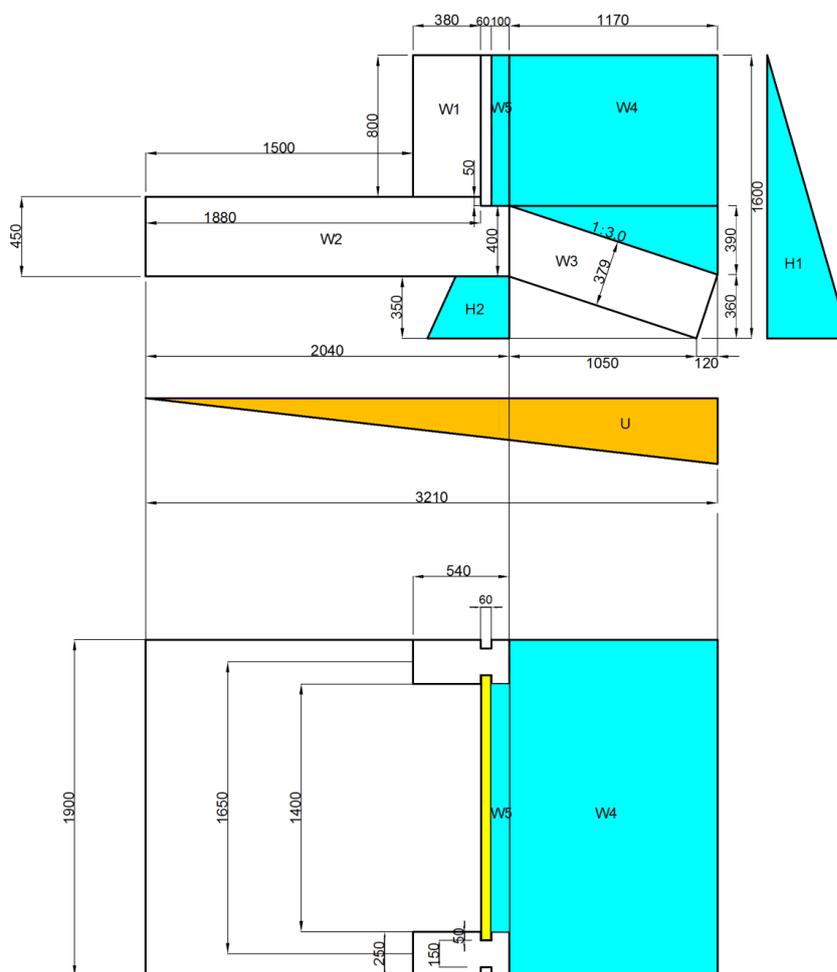


図 6.2 自重計算模式図

$$W_1 = (0.85 \times 0.38 \times 0.25 + 0.85 \times 0.06 \times 0.15 + 0.85 \times 0.10 \times 0.25) \times \frac{23.05}{1.65} = 1.4654 \text{ kN/m}$$

$$W_2 = (0.45 \times 2.04 - 0.05 \times 0.16) \times 23.05 = 20.9755 \text{ kN/m}$$

$$W_3 = \left\{ \frac{(0.35 + 0.40 + 0.36) \times 1.17}{2} - \frac{0.35 \times 1.05}{2} - \frac{0.36 \times 0.12}{2} \right\} \times 23.05 = 10.2342 \text{ kN/m}$$

$$W_4 = \frac{(0.85 + 0.85 + 0.39) \times 1.17}{2} \times 9.81 = 11.9942 \text{ kN/m}$$

$$W_5 = 0.85 \times 0.10 \times 1.4 \times \frac{9.81}{1.65} = 0.7075 \text{ kN/m}$$

$$U = -\frac{1}{2} \times H_{up} \times B \times W_o = -\frac{1}{2} \times 1.60 \times 3.21 \times 9.81 = -25.1921 \text{ kN/m}$$

$$\sum W = 1.4654 + 20.9755 + 10.2342 + 11.9942 + 0.7075 - 25.1921 = 20.1847 \text{ kN/m}$$

$$H_1 = \frac{1}{2} \times W_o \times h^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 1.60^2 = 12.5568 \text{ kN/m}$$

$$H_2 = -\frac{1}{2} \times 9.81 \times 1.60 \times \left( \frac{2.04}{3.21} + 1.0 \right) \times 0.35 = -4.4924 \text{ kN/m}$$

$$\sum H = 12.5568 - 4.4924 = 8.0644 \text{ kN/m}$$

以下より、 $F_s = \frac{20.1847 \times 0.60}{8.0644} = 1.502 \geq 1.5$

∴ OK

## ② 転倒に対する安定

合力の作用点の底版中央からの偏心距離  $e$  が底版幅  $B$  の  $1/3$  以内にあること。つまり、 $|e| \leq \frac{B}{6}$  となるか、確認する。

つま先から合力の作用点までの距離  $d$

$$\begin{aligned} d &= \frac{\sum M_r - \sum M_o}{\sum W} \\ &= \frac{(W_1 \times 1.7668 + W_2 \times 1.0117 + W_3 \times 2.5955 + W_4 \times 2.6614 + W_5 \times 1.9900 + U \times 2.14) - H \times 0.1807}{\sum W} \\ &= \frac{(2.5891 + 21.2217 + 26.5633 + 31.9212 + 1.4079 - 53.9111) - 1.4575}{20.1847} \\ &= \frac{28.3346}{20.1847} = 1.4038 \end{aligned}$$

$$|e| = \frac{B}{2} - d = \frac{2.04 + 1.05}{2} - 1.4038 = 0.14$$

$$\frac{B}{6} = \frac{2.04 + 1.05}{6} = 0.52$$

よって、 $|e| \leq \frac{B}{6}$

∴ OK

## (2) ハイブリットパネル方式計算例（前垂れ無し、治水施設、設計水深 0.6m）

前垂れが無い治水施設のパラペット擁壁タイプの設計例を以下に示す。構造照査項目は、下部工の安定計算となる。設計水深は 0.6m とする。

### 1) 設計条件

- ・ 基礎と地盤の摩擦係数； $\mu=0.6$
- ・ 粘着力は考慮しない
- ・ 滑動安全率；1.5
- ・ パネル自重；無視（安全側）
- ・ パネル寸法 1500×600
- ・ 最小部材厚は 400mm と設定

### 2) 断面形状

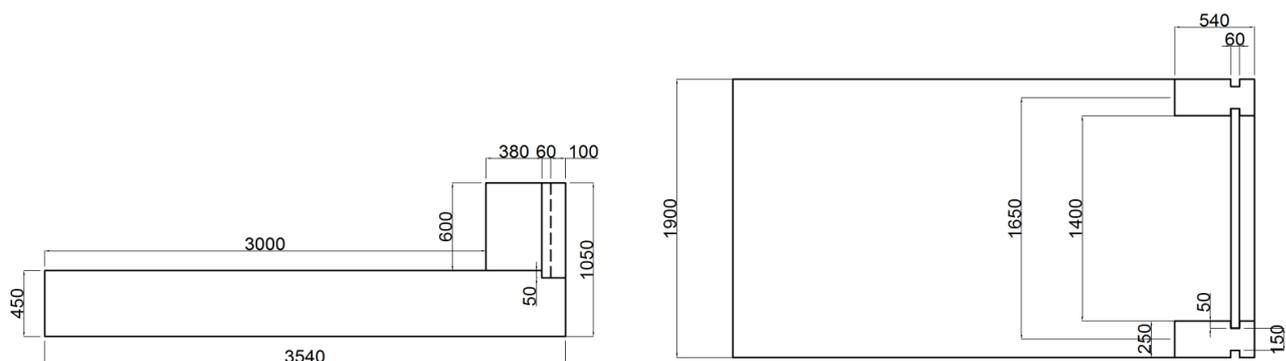


図 6.3 断面形状

### 3) 下部工の安定検討

#### ① 滑動に対する安定

$$\frac{\gamma \cdot A \cdot \mu}{H} \geq 1.5$$

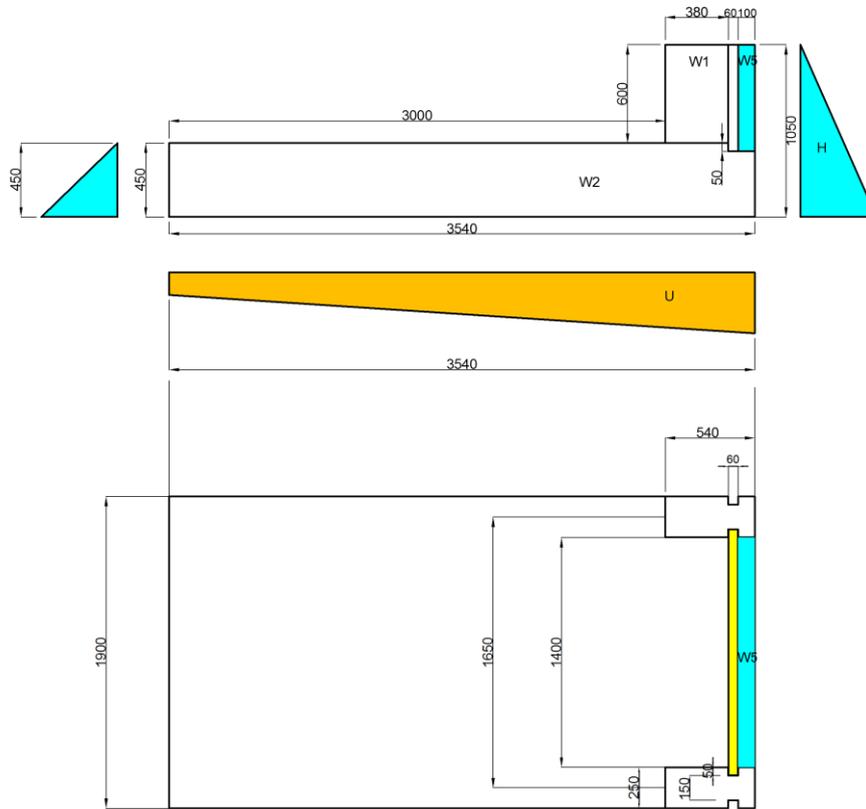


图 6.4 自重計算模式図

$$W_1 = (0.6 \times 0.38 \times 0.25 + 0.65 \times 0.06 \times 0.15 + 0.65 \times 0.10 \times 0.25) \times \frac{23.05}{1.65} = 1.1050 \text{ kN/m}$$

$$W_2 = (0.45 \times 3.54 - 0.05 \times 0.16) \times 23.05 = 36.5343 \text{ kN/m}$$

$$W_5 = 0.65 \times 0.10 \times 1.4 \times \frac{9.81}{1.65} = 0.5410 \text{ kN/m}$$

$$U = -\frac{1}{2} \times B \times (h_1 + h_2) \times W_0 = -\frac{1}{2} \times 3.54 \times (0.45 + 1.05) \times 9.81 = -26.0456 \text{ kN/m}$$

$$\sum W = 1.1050 + 36.5343 + 0.5410 - 26.0456 = 12.1347 \text{ kN/m}$$

$$H_A = \frac{1}{2} \times W_0 \times h_1^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 0.45^2 = 0.9933 \text{ kN/m}$$

$$H_B = \frac{1}{2} \times W_0 \times h_2^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 1.05^2 = 5.4078 \text{ kN/m}$$

以下より、 $F_s = \frac{12.1347 \times 0.60}{5.4078 - 0.9933} = 1.65 \geq 1.5$

∴ OK

② 転倒に対する安定

合力の作用点の底版中央からの偏心距離  $e$  が底版幅  $B$  の  $1/3$  以内にあること。つまり、 $|e| \leq \frac{B}{6}$  となるか、確認する。

つま先から合力の作用点までの距離  $d$

$$\begin{aligned}d &= \frac{\sum M_r - \sum M_o}{\sum W} \\&= \frac{(W_1 \times 3.2679 + W_2 \times 1.7615 + W_5 \times 3.4900 + U \times 2.0060) - H_B \times 0.35 + H_A \times 0.15}{\sum W} \\&= \frac{(3.6110 + 64.3552 + 1.8881 - 52.2475) - 1.8927 + 0.1490}{12.1347} \\&= \frac{15.8631}{12.1347} = 1.31\end{aligned}$$

$$|e| = \frac{B}{2} - d = \frac{3.54}{2} - 1.31 = 0.46$$

$$\frac{B}{6} = \frac{3.54}{6} = 0.59$$

よって、 $|e| \leq \frac{B}{6}$

∴ OK

### (3) ハイブリットパネル方式計算例（前垂れ無し、水防施設、設計水深 0.8m）

前垂れが無い水防施設の場合のパラペット擁壁タイプの設計例を以下に示す。構造照査項目は、下部工の安定計算となる。設計水深は 0.8m とする。

#### 1) 設計条件

- ・ 基礎と地盤の摩擦係数；考慮しない
- ・ 粘着力； $c=5\text{kN/m}^2$
- ・ 滑動安全率；1.2
- ・ パネル自重；無視（安全側）
- ・ パネル寸法 1500×800
- ・ 最小部材厚は 400mm と設定

#### 2) 断面形状

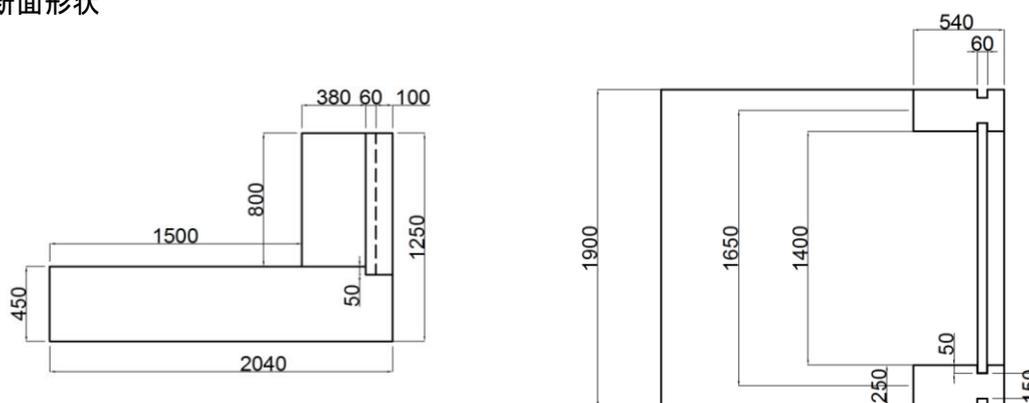


図 6.5 断面形状

#### 3) 下部工の安定検討

##### ① 滑動に対する安定

$$\frac{c \cdot B}{H} \geq 1.2$$

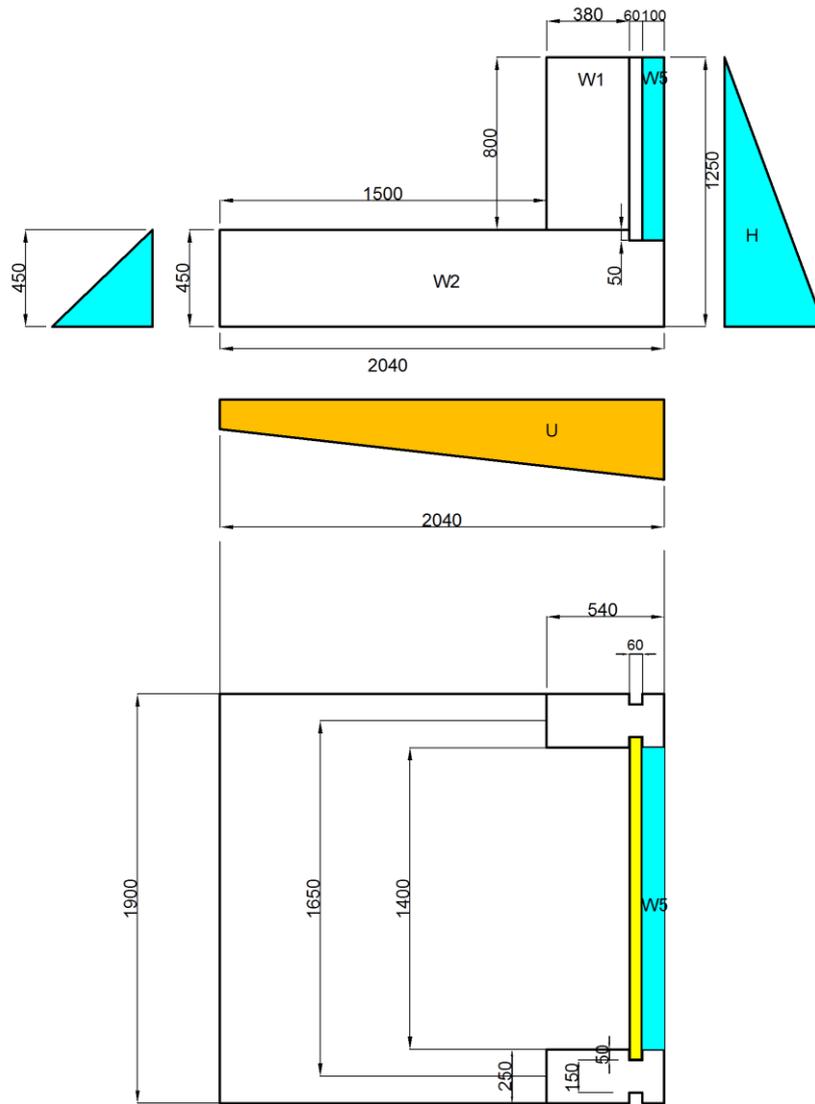


图 6.6 自重計算模式図

$$H_A = \frac{1}{2} \times W_o \times h_1^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 0.45^2 = 0.9933 \text{ kN/m}$$

$$H_B = \frac{1}{2} \times W_o \times h_2^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 1.25^2 = 7.6641 \text{ kN/m}$$

$$C \times B = 5.00 \times 2.04 = 10.200 \text{ kN/m}$$

$$\text{以下より、} F_s = \frac{5.00 \times 2.04}{7.6641 - 0.9933} = 1.53 \geq 1.2$$

∴ OK

② 転倒に対する安定

合力の作用点の底版中央からの偏心距離  $e$  が底版幅  $B$  の  $2/3$  以内にあること。つまり、 $|e| \leq \frac{B}{3}$  となるか、確認する。

本体の重量  $\Sigma W(\gamma \cdot A)$  は、

$$W_1 = (0.8 \times 0.38 \times 0.25 + 0.85 \times 0.06 \times 0.15 + 0.85 \times 0.10 \times 0.25) \times \frac{23.05}{1.65} = 1.4654 \text{ kN/m}$$

$$W_2 = (0.45 \times 2.04 - 0.05 \times 0.16) \times 23.05 = 20.9755 \text{ kN/m}$$

$$W_3 = 0.85 \times 0.10 \times 1.4 \times \frac{9.81}{1.65} = 0.7075 \text{ kN/m}$$

$$U = -\frac{1}{2} \times B \times (h_1 + h_2) \times W_o = -\frac{1}{2} \times 2.04 \times (0.45 + 1.25) \times 9.81 = -17.0105 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma W = 1.4654 + 20.9755 + 0.7075 - 17.0105 = 6.1379 \text{ kN/m}$$

つま先から合力の作用点までの距離  $d$

$$d = \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma W}$$

$$= \frac{(W_1 \times 1.7668 + W_2 \times 1.0117 + W_3 \times 1.9900 + U \times 1.1800) - H_B \times 0.4167 + H_A \times 0.1500}{\Sigma W}$$

$$= \frac{(2.5891 + 21.2209 + 1.4079 - 20.0724) - 3.1936 + 0.1490}{6.1379}$$

$$= \frac{2.1009}{6.1379} = 0.342$$

$$|e| = \frac{B}{2} - d = \frac{2.04}{2} - 0.342 = 0.678$$

$$\frac{B}{3} = \frac{2.04}{3} = 0.680$$

よって、 $|e| \leq \frac{B}{3}$

∴ OK

#### (4) ハイブリットパネル方式計算例（前垂れ無し、水防施設、設計水深 0.6m）

前垂れが無い水防施設の場合のパラペット擁壁タイプの設計例を以下に示す。構造照査項目は、下部工の安定計算となる。設計水深は 0.6m とする。

##### 1) 設計条件

- ・ 基礎と地盤の摩擦係数；考慮しない
- ・ 粘着力； $c=5\text{kN/m}^2$
- ・ 滑動安全率；1.2
- ・ パネル自重；無視（安全側）
- ・ パネル寸法 1500×800
- ・ 最小部材厚は 400mm と設定

##### 2) 断面形状

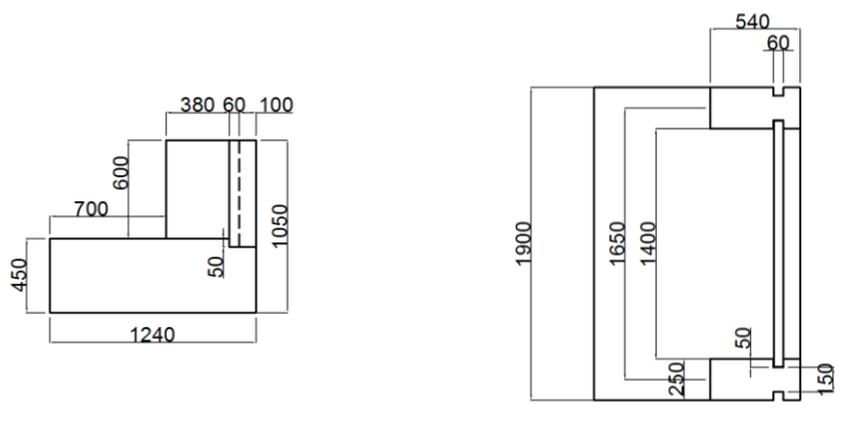


図 6.7 断面形状

##### 3) 下部工の安定検討

###### ① 滑動に対する安定

$$\frac{c \cdot B}{H} \geq 1.2$$

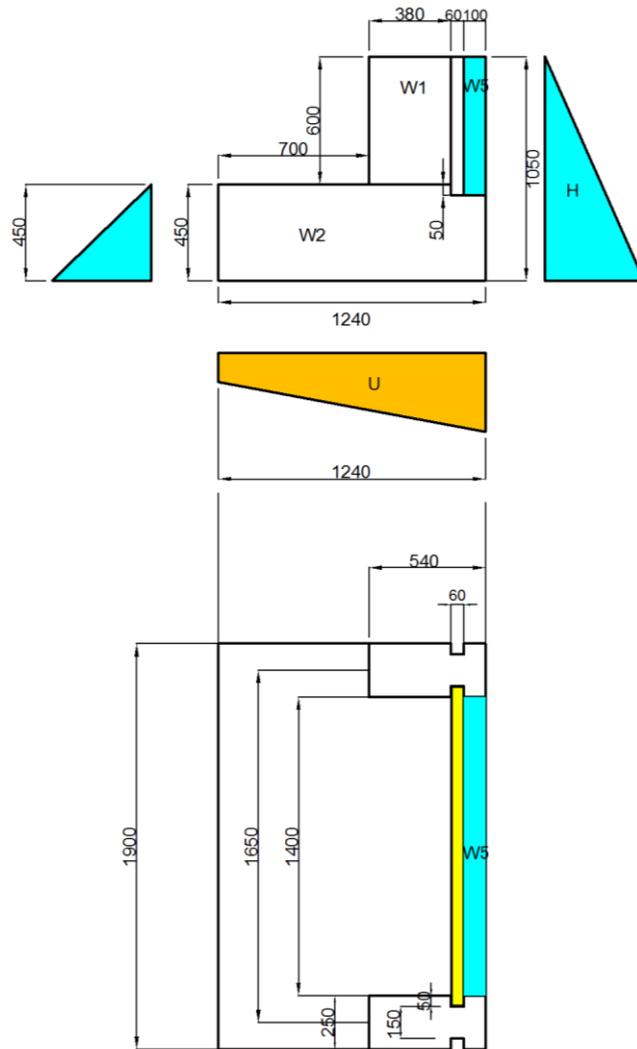


図 6.8 自重計算模式図

$$H_A = \frac{1}{2} \times W_o \times h_1^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 0.45^2 = 0.9933 \text{ kN/m}$$

$$H_B = \frac{1}{2} \times W_o \times h_2^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 1.05^2 = 5.4078 \text{ kN/m}$$

$$C \times B = 5.00 \times 1.24 = 6.200 \text{ kN/m}$$

以下より、 $F_s = \frac{5.00 \times 1.24}{5.4078 - 0.9933} = 1.40 \geq 1.2$

∴ OK

② 転倒に対する安定

合力の作用点の底版中央からの偏心距離  $e$  が底版幅  $B$  の  $2/3$  以内にあること。つまり、 $|e| \leq \frac{B}{3}$  となるか、確認する。

本体の重量  $\Sigma W(\gamma \cdot A)$  は、

$$W_1 = (0.6 \times 0.38 \times 0.25 + 0.65 \times 0.06 \times 0.15 + 0.65 \times 0.10 \times 0.25) \times \frac{23.05}{1.65} = 1.1050 \text{ kN/m}$$

$$W_2 = (0.45 \times 1.24 - 0.05 \times 0.16) \times 23.05 = 12.6775 \text{ kN/m}$$

$$W_3 = 0.65 \times 0.10 \times 1.4 \times \frac{9.81}{1.65} = 0.5410 \text{ kN/m}$$

$$U = -\frac{1}{2} \times B \times (h_1 + h_2) \times W_o = -\frac{1}{2} \times 1.24 \times (0.45 + 1.05) \times 9.81 = -9.1233 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma W = 1.1050 + 12.6775 + 0.5410 - 9.1233 = 5.2002 \text{ kN/m}$$

つま先から合力の作用点までの距離  $d$

$$d = \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma W}$$

$$= \frac{(W_1 \times 0.9679 + W_2 \times 0.6121 + W_3 \times 1.1900 + U \times 0.7027) - H_B \times 0.3500 + H_A \times 0.1500}{\Sigma W}$$

$$= \frac{(1.0695 + 7.7599 + 0.6438 - 6.4109) - 1.8927 + 0.1490}{5.2002}$$

$$= \frac{1.3186}{5.2002} = 0.254$$

$$|e| = \frac{B}{2} - d = \frac{1.24}{2} - 0.254 = 0.366$$

$$\frac{B}{3} = \frac{1.24}{3} = 0.413$$

よって、 $|e| \leq \frac{B}{3}$

∴ OK

(5) パネル取付け部の断面照査（設計水深 0.8m）

パネルの設置部のコンクリート断面照査を実施する。照査方法は、せん断力を算定し、許容せん断力以下であることを確認する。

- ・ 全静水圧 PH がパネルの両端の固定工に作用するものとして検討する。
- ・ 全静水圧：  $PH = 1/2 \times 9.81 \times 0.8^2 \times 1.5 = 4.71$  (kN)

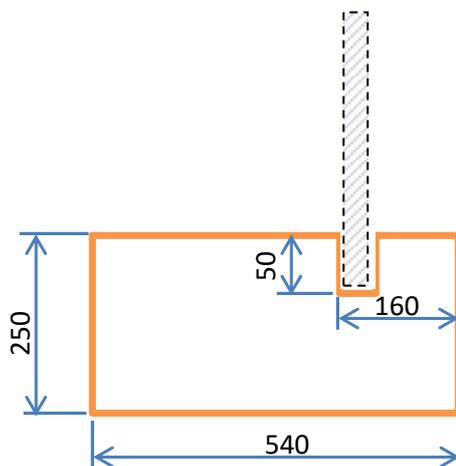


図 6.9 パネル設置部の構造（上面から）

$$\tau_c = \frac{S}{A} < \tau_{ca} = 0.39 \text{ N/mm}^2$$

$$S = \frac{PH}{2} = 2.355 \text{ (kN)}, A = 0.38 \times 0.05 = 0.019 \text{ m}^2$$

$$\tau_c = \frac{2355}{19000} = 0.124 < \tau_{ca} = 0.39 \text{ N/mm}^2$$

・・・OK

## (6) ハイブリッドパネル設計における留意事項

構造検討における留意事項を以下にまとめる。

### ① 立込み部とパネルの性能

構造検討にあたっては、以下の要求性能に留意して、材料を選定する。

なお、立込み部については、コンクリート構造を基本とするが、景観面、利用面から、鋼材を使用する場合は、表 6.12 に示す事項に留意する。

表 6.9 部材材料の選定における要求性能(案)

要求性能	パネル	立込み部（軽量形鋼）
耐久性	屋外に常時保管した場合、紫外線劣化が起こるため、平常時は、水防倉庫に保管する。	亜鉛溶融めっき処理を行い、防食対策とする。
可搬性	パネル重量は、1枚当たり10kg程度とする。	軽量溝形鋼とし、1本当たりの重量は10kg以下とする。
防水性	水圧により、軽量形鋼との取り合い部には、水密ゴムを使用するため防水性に優れる。	—
平常時の利用	水防倉庫に保管	水防倉庫に保管
コスト	長期間にわたり、繰り返し使用できることで安価	汎用品を利用するため比較的安価

### ② 支持地盤の支持力に対する安定

荷重が堤防の設計荷重（上載荷重）に対して小さい場合は、省略しても問題ないが、堤防の設計荷重を超過する鉛直過重が発生する場合や設置位置の地盤が軟弱の場合は、別途検討すること。

### ③ 滑動で不安定になる場合の対策

滑動照査の結果、所定の安全率を満足しない場合には、水重が作用するつま先側の底版を長くすることが最も効果的である。

## (7) 三角水のう方式計算例

### 1) 安定条件

三角水のうは、堤防を越水する水圧についてその安定を保つため、以下の転倒、滑動、設置地盤について、以下の条件を満たしていることを照査する。

- ① 三角水のうの自重及び外力の作用線が底部の中央 1/3 に入ること
- ② 三角水のうと設置地盤との間で滑動を起さないこと（滑動に対する安全率  $N$  は、 $N=1.2$  とする。）
- ③ 設置地盤の受ける最大圧が設置地盤の許容支持力内であること

### 2) 設計条件

三角水のうの構造検討における設計条件を下表に整理した。なお、安定性確保及び浮き上り防止のために河川側に前垂れ（抑えゴム）300、500mm の設置は、必須条件とする。

なお、自重計算は、変形前の形状で実施する。（膨張による変形であるため）

表 6.10 安定計算の設計条件

項目	数値		備考	
	小型	大型		
【三角水のう形状】				
三角水のう高 $H$ (m)	0.700	1.100		
三角水のう有効高 $H_e$ (m)	0.600	1.000	膨張低下率=	7.7%
三角水のう斜辺長 $A_1$ (m)	0.922	1.487	$m1=0.86(0.91)$	$\theta1=49.4^\circ$ ( )内大型
三角水のう斜辺長 $A_2$ (m)	0.922	1.487	$m2=0.86(0.91)$	$\theta2=49.4^\circ$ ( )内大型
三角水のう底辺長 $B$ (m)	1.200	2.000		
堤防越流水深 $h$ (m)	0.500	0.800		
前垂れ延長 $Bt$ (m)	0.300	0.500		
【物性値】				
水の単位体積重量 $w_0$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	9.807			
設置地盤の摩擦係数 $\mu$	0.50			
【安全率・許容応力】				
滑動の安全率 $N$	1.2			
設置地盤の許容支持力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	200		砂質土	

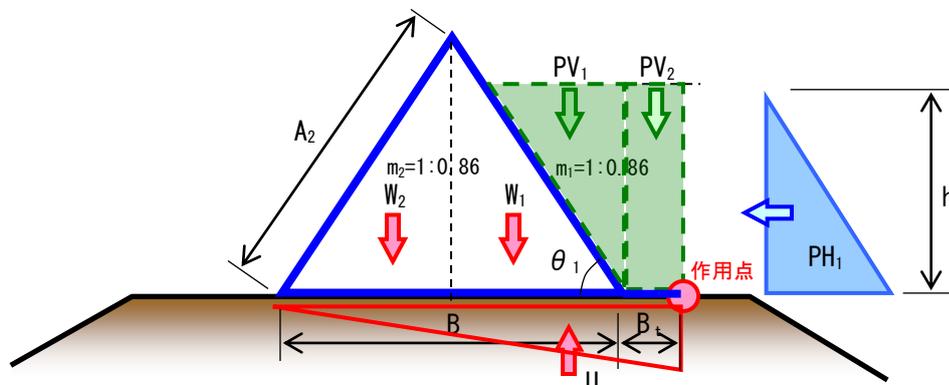


図 6.10 三角水のう荷重図

### 3) 設置地盤の摩擦係数

設置地盤の摩擦係数は、土木研究所の実験場（2011/12/10）にて実施した実測値から、土と水のう本体の摩擦係数が下図の通り  $\mu = 0.57$  程度であったことを踏まえ、安全側に考えて  $\mu = 0.5$  とする。

表 6.11 試験結果一覧表

	最大静止摩擦力 F(N)	垂直抗力 N(N)	静止摩擦係数 $\mu (=F/N)$
山砂	109.28	196.20	0.56
	161.96	294.30	0.55
	222.69	392.40	0.57
アスファルト	137.14	196.20	0.70
	202.48	294.30	0.69
	244.66	392.40	0.62
コンクリート	109.68	196.20	0.56
	163.24	294.30	0.55
	231.61	392.40	0.59

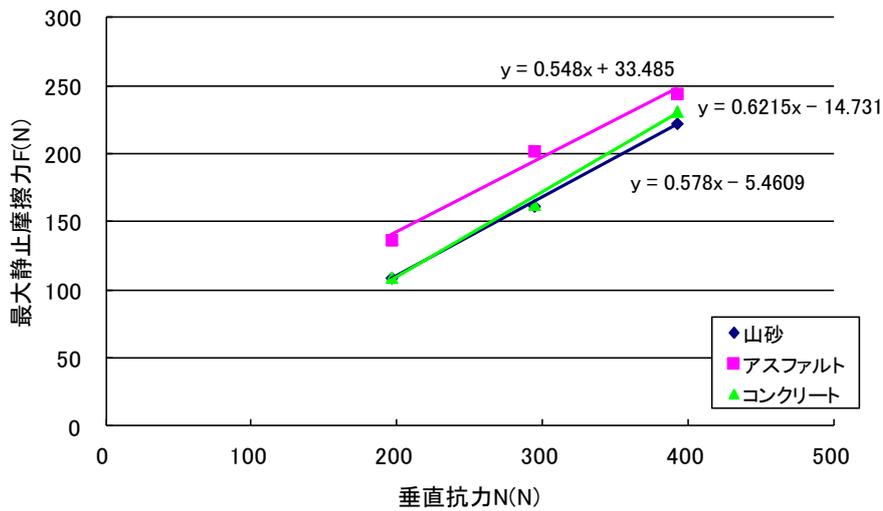


図 6.11 摩擦係数算定図

4) 単位幅あたり断面に作用する力（基点堤外地側端部）

三角水のうに作用する荷重を下表に整理した。

$$\begin{aligned}
 \text{三角水のう自重} \quad W_1 &= \frac{1}{2} \times w_0 \times m_1 \times H^2 & W_{x1} &= \frac{2}{3} \times m_1 \times H + Bt \\
 & & W_{x2} &= \left( m_1 + \frac{1}{3} \times m_1 \right) \times H + Bt \\
 \text{静水圧鉛直力} \quad PV_1 &= \frac{1}{2} \times w_0 \times m_1 \times h^2 & PV_{x1} &= \frac{1}{3} \times m_1 \times h + bt \\
 \text{静水圧鉛直力} \quad PV_2 &= \frac{1}{2} \times w_0 \times Bt \times h & PV_{x2} &= \frac{1}{3} \times Bt \\
 \text{静水圧水平力} \quad PH_1 &= \frac{1}{2} \times w_0 \times m_1 \times h^2 & PH_{x1} &= \frac{1}{3} \times h \\
 \text{揚圧力} \quad U &= \frac{1}{2} \times w_0 \times (B + Bt) \times h & PH_{x1} &= \frac{1}{3} \times B + bt
 \end{aligned}$$

表 6.12 三角水のう単位幅あたり断面に作用する力（標準型）

荷重	記号	計算式	鉛直力	水平力	三角水のう低内地側端からの作用位置		モーメント (kN・m/m)
			(kN/m)	(kN/m)	計算式	距離(m)	
三角水のう自重	W <sub>1</sub>	1/2×9.81×0.86×0.7 <sup>2</sup>	2.07	-	2/3×0.86×0.7+0.3	0.70	1.45
	W <sub>2</sub>	1/2×9.81×0.86×0.7 <sup>2</sup>	2.07	-	(0.86+1/3×0.86)×0.70+0.3	1.10	2.28
静水圧	PV <sub>1</sub>	1/2×9.81×0.86×0.5 <sup>2</sup>	1.05	-	1/3×0.86×0.5+0.3	0.44	0.47
	PV <sub>2</sub>	9.81×0.5×0.3	1.47	-	1/2×0.3	0.15	0.22
	PH <sub>1</sub>	1/2×9.81×0.5 <sup>2</sup>	-	1.23	1/3×0.5	0.17	-0.20
揚圧力	U	-1/2×9.81×0.5×1.5	-3.68	-	1/3×1.5	0.50	-1.84
<b>合計</b>			<b>2.98</b>	<b>1.23</b>			<b>2.37</b>

表 6.13 三角水のう単位幅あたり断面に作用する力（大型）

荷重	記号	計算式	鉛直力	水平力	三角水のう低内地側端からの作用位置		モーメント (kN・m/m)
			(kN/m)	(kN/m)	計算式	距離(m)	
三角水のう自重	W <sub>1</sub>	1/2×9.81×0.91×1.1 <sup>2</sup>	5.40	-	2/3×0.91×1.1+0.5	1.17	6.30
	W <sub>2</sub>	1/2×9.81×0.91×1.1 <sup>2</sup>	5.40	-	(0.91+1/3×0.91)×1.1+0.5	1.83	9.91
静水圧	PV <sub>1</sub>	1/2×9.81×0.91×0.8 <sup>2</sup>	2.86	-	1/3×0.91×0.8+0.5	0.74	2.12
	PV <sub>2</sub>	9.81×0.8×0.5	3.92	-	1/2×0.5	0.25	0.98
	PH <sub>1</sub>	1/2×9.81×0.8 <sup>2</sup>	-	3.14	1/3×0.8	0.27	-0.84
揚圧力	U	-1/2×9.81×0.8×2.5	-9.81	-	1/3×2.5	0.83	-8.18
<b>合計</b>			<b>7.77</b>	<b>3.14</b>			<b>10.30</b>

5) 安定計算（標準型）

$$\text{水平力合計} = \sum H = 1.23(kN/m)$$

$$\text{鉛直力合計} = \sum V = 2.98(kN/m)$$

$$\text{モーメント合計} = \sum M = 2.37(kN/m)$$

① 滑動に対する安定計算

$$F_s = \frac{\mu \times \sum V}{\sum H} = 1.21 \geq 1.2 \quad \text{より} \dots \dots \text{OK}$$

ここに、 $F_s$ ：安全率

$\sum V$ ：単位体積当たり断面に作用する鉛直力の合計(kN/m)

$\sum H$ ：単位体積当たり断面に作用する水平力の合計(kN/m)

$\mu$ ：三角水のうと設置地盤との摩擦係数=0.5

② 転倒に対する安定計算

Middle Third の条件により

$$x = \frac{\sum M}{\sum V} = 0.80(m) \quad \text{安定条件} \frac{B}{3} = 0.5 < x < \frac{2B}{3} = 1.0 \quad \dots \text{OK}$$

$x$ ：荷重の合力の作用線と三角水のう底との交点から三角水のうの堤外地側端部までの距離

$\sum M$ ：三角水のうの堤外地側端部を支点として、単位幅当たり断面に作用する荷重モーメントの合計(kN/m)

$\sum V$ ：単位面積当たり断面に作用する鉛直力の合計(kN/m)

$B$ ：三角水のう底辺長(m)=1.50

③ 設置地盤の地耐力照査

$$e = x - \frac{B}{2} = 0.05$$

三角水のう堤外地側端部における応力

$$\sigma_1 = \frac{\sum V}{B} \left( 1 - \frac{6 \times e}{B} \right) = 1.97(kN/m^2) \quad \text{安定計算} \sigma_1 > 0 \quad \dots \text{OK}$$

三角水のう堤外地側端部における応力

$$\sigma_2 = \frac{\sum V}{B} \left( 1 + \frac{6 \times e}{B} \right) = 2.14(kN/m^2) \quad \text{安定計算} \sigma_2 < 200 \quad \dots \text{OK}$$

6) 安定計算 (大型)

$$\text{水平力合計} = \sum H = 3.14(kN/m)$$

$$\text{鉛直力合計} = \sum V = 7.77(kN/m)$$

$$\text{モーメント合計} = \sum M = 10.30(kN/m)$$

① 滑動に対する安定計算

$$F_s = \frac{\mu \times \sum V}{\sum H} = 1.23 \geq 1.2 \text{ より} \dots \dots \text{OK}$$

ここに、 $F_s$  : 安全率

$\sum V$  : 単位体積当たり断面に作用する鉛直力の合計(kN/m)

$\sum H$  : 単位体積当たり断面に作用する水平力の合計(kN/m)

$\mu$  : 三角水のうち設置地盤との摩擦係数=0.5

② 転倒に対する安定計算

Middle Third の条件により

$$x = \frac{\sum M}{\sum V} = 1.33(m) \quad \text{安定条件} \frac{B}{3} = 0.77 < x < \frac{2B}{3} = 1.53 \quad \dots \text{OK}$$

$x$  : 荷重の合力の作用線と三角水のうち底との交点から三角水の中の堤外地側端部までの距離

$\sum M$  : 三角水の中の堤外地側端部を支点として、単位幅当たり断面に作用する荷重モーメントの合計(kN/m)

$\sum V$  : 単位面積当たり断面に作用する鉛直力の合計(kN/m)

$B$  : 三角水のうち底辺長(m)=1.50

③ 設置地盤の地耐力照査

$$e = x - \frac{B}{2} = 0.08$$

三角水のうち堤外地側端部における応力

$$\sigma_1 = \frac{\sum V}{B} \left( 1 - \frac{6 \times e}{B} \right) = 2.52(kN/m^2) \quad \text{安定計算} \sigma_1 > 0 \quad \dots \text{OK}$$

三角水のうち堤外地側端部における応力

$$\sigma_2 = \frac{\sum V}{B} \left( 1 + \frac{6 \times e}{B} \right) = 3.70(kN/m^2) \quad \text{安定計算} \sigma_2 < 200 \quad \dots \text{OK}$$

## 6.4 モバイルレビー設置時の堤防の安全性評価

### (1) 既設堤防安全性照査の必要性

モバイルレビーは、局所的な越水を防止するための治水もしくは水防施設であり、長期間にわたる安全性を保障するものではない。

しかし、短時間であっても所要の安全性が確保できないなど、既存堤防の安全性低下を招く可能性もあるため、設計時には安全性に対する照査・検討が必要である。

モバイルレビーの設計時に注意する箇所としては、以下のような場所が考えられる。

#### ① 浸透に対する安全性が相対的に小さい箇所

- ・旧河道等の要注意地形が分布する箇所
- ・破堤、漏水、のり崩れ等の被災履歴がある箇所
- ・高水位と堤内地盤高の比高が大きい、あるいは堤防の敷幅が小さい等、平均動水勾配が相対的に大きい箇所

#### ② 流水による外力が大きい箇所

- ・河道の湾曲部の外側などの水衝部、河床勾配が大きい急流区間等、大きな流水圧が作用する可能性がある箇所
- ・流木等の流下物が多く、これらから大きな衝撃力を受ける可能性がある箇所

ただし、①に該当する箇所のうち、既に浸透対策が施工されている箇所については、モバイルレビーの設置に伴う浸透安定上の問題は小さいと考えられる。

### (2) 堤防の安全性照査方法

モバイルレビーを設置する場合には、一時的であっても河川水位が堤防天端以上に上昇することになるため、それが堤防の安全性に及ぼす影響を事前に検討する必要がある。

浸透に対する安全性照査のために必要な調査・試験の項目については、「河川堤防の構造検討の手引き」（平成14年7月、財団法人国土技術研究センター）を参考に、対象河川における既往の調査・点検の実施状況等を踏まえて検討することが必要である。

また、事前検討により安全性が懸念される場合には、事前に浸透対策を施したり、水防体制を強化したりするなど、適切な処置を講じておく必要がある。

### (3) モバイルレビー設置時の浸透に対する安全性に関する試算

参考のために、モバイルレビーを設置した場合の浸透に対する安全性について、試算を行った結果を以下に示す。

これらの結果からモバイルレビー天端まで水位が上昇した場合には、計画高水位に対する値と比較して川裏すべり安全率は 0.05 前後低下すること、またピーク水位到達時の安全率とピーク水位 3 時間経過後の安全率を比較すると、やはり 0.05 程度低下することがわかる。

したがって、モバイルレビーを設置する場合には、堤防の形状や構造、堤内地の微地形、堤体や基礎地盤の土質条件等を十分に考慮した上で浸透に対する安全性について照査を行い、適用性を判断することが望ましいと考えられる。

なお、ここで示した安全率等の数値については、多くの仮定条件にもとづいて算出した結果であり、一つの目安（参考値）として扱う必要がある。

#### 1) 堤防断面と地盤条件

中規模堤防と小規模堤防の標準的な断面を想定し、以下の条件を設定した。

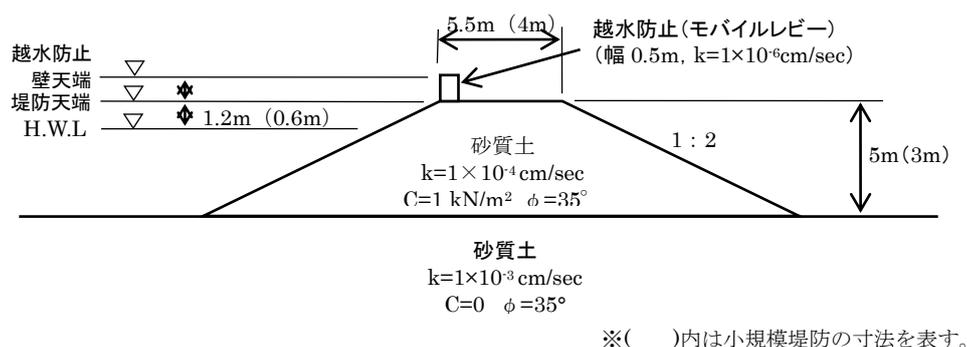


図 6.12 試算に用いた堤防モデル

#### 2) 外力条件

「河川堤防の構造検討の手引き」に準じて、降雨と河川水位の上昇を考慮するとともに、以下の仮定値を用いた。

- ・ 事前降雨：1mm/hr×200hr=200mm
- ・ 出水時降雨：10mm/hr×30hr=300mm
- ・ 水位上昇速度：1m/3hr
- ・ ピーク水位：H.W.L, 堤防天端, 越水防止壁天端の3ケース

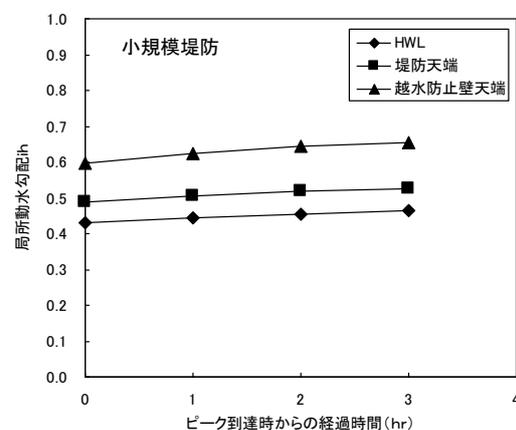
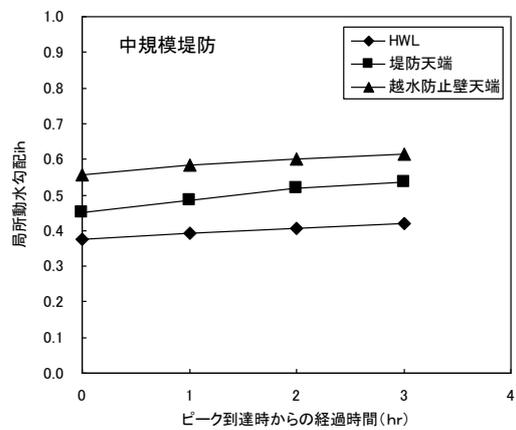
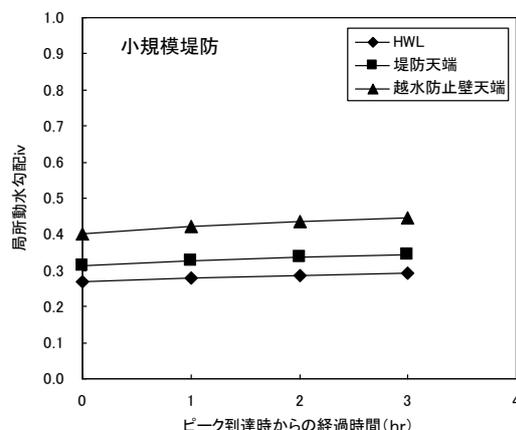
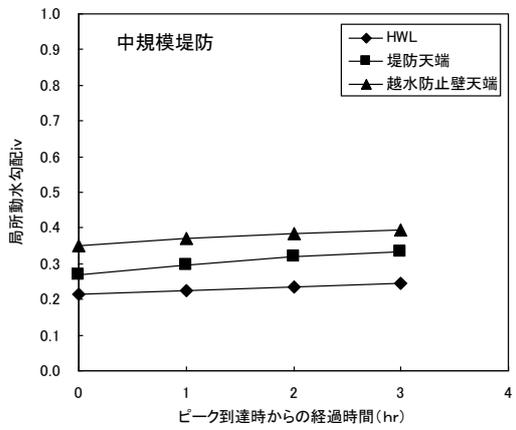
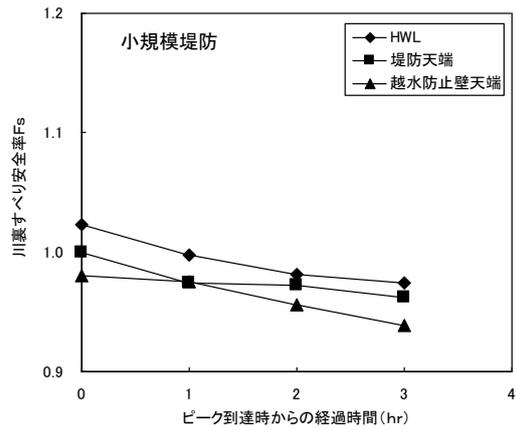
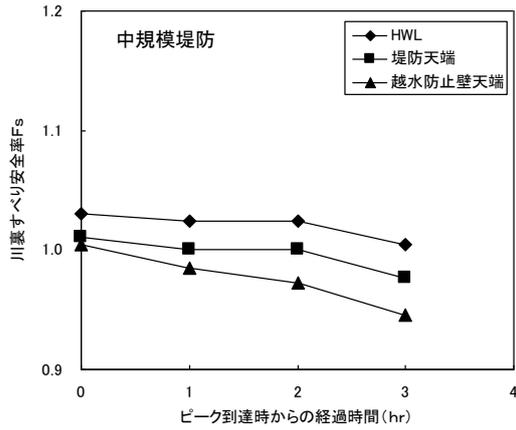
#### 3) 計算の手順

- ・ 飽和・不飽和非定常浸透流計算により、河川水位がピーク水位に達した後の裏法尻部の局所動水勾配と浸潤面の位置を時系列的に求める。

- ・計算の出力時間は、ピーク水位到達時、ピーク到達から1時間後、同2時間後、同3時間後とする。
- ・各々の時間における浸潤面の位置をもとに、川裏のすべり安全率を算出する。
- ・ピーク水位のケースごとに、局所動水勾配とすべり安全率の経時変化を整理する。

#### 4) 計算結果

計算結果を次図に示す。これらの結果をみると、ピーク水位が高くなるほど、また高水位継続時間が長くなるほど、川裏のすべり安全率は低下し、裏のり尻部の局所動水勾配は大きくなる（パイピングの危険性が増す）傾向が認められる。



中規模堤防：計画高水流量は 2、000~5、000m<sup>3</sup>/s

小規模堤防：計画高水流量は 200m<sup>3</sup>/s 未満

図 6.13 河川水位がピークに達した後の経過時間と川裏すべり安全率、局所動水勾配 (iv, ih) との関係