

高規格堤防時の照査

【No. 4 完成時 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

- 地震時すべり安定計算における地震外力
 ΔU 法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液状化判定に使用
 Kh 法 : $K_h=0.15$ (強震帯)

■円弧検索条件

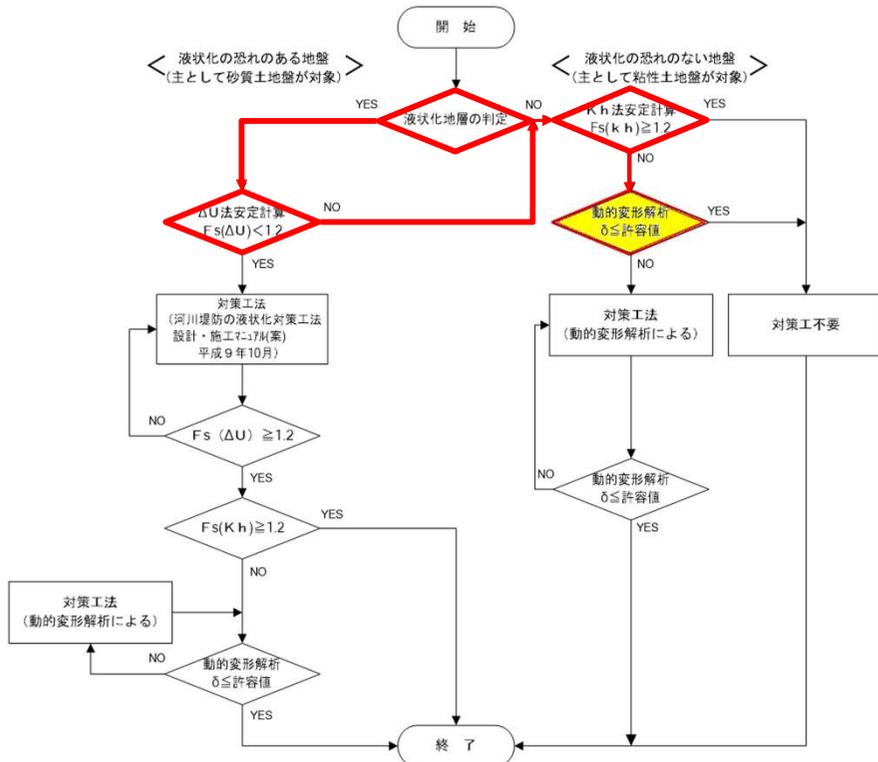
- ・格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
- ・ ΔU 法は地下水位で浅にテンションクラックを考慮
- ・ Kh 法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

【解析結果に対する考察】

ΔU 法については, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した。一方, Kh 法については, 川表側, 川裏側ともにすべり安全率が照査基準を下回る結果となった。このため, マニュアルに準拠して, 動的変形解析による照査を実施した上で, 最終的な高規格堤防における安全性検証を行う。

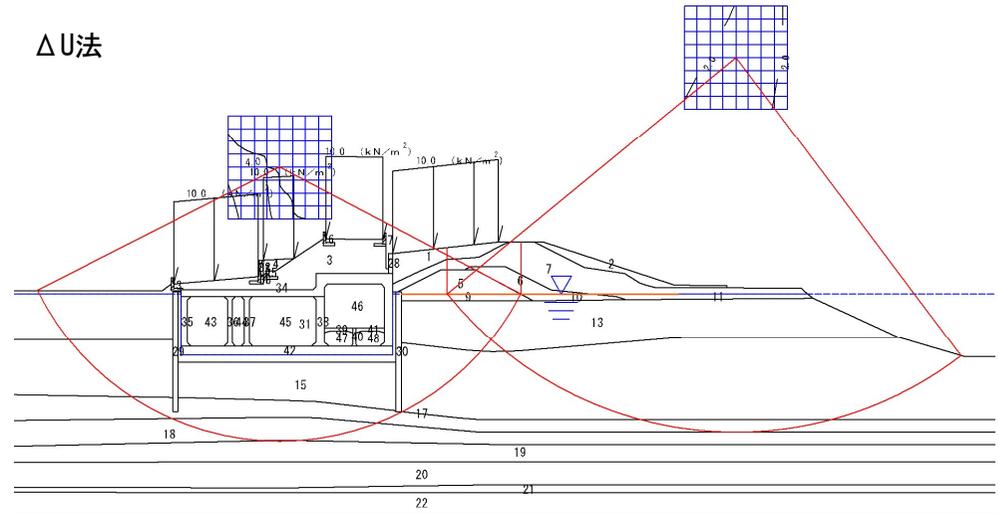
【解析結果および照査結果】

解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.4	ΔU 法	2.953	1.2	OK	1.891	1.2	OK
	Kh 法	1.192	1.2	NG	0.980	1.2	NG

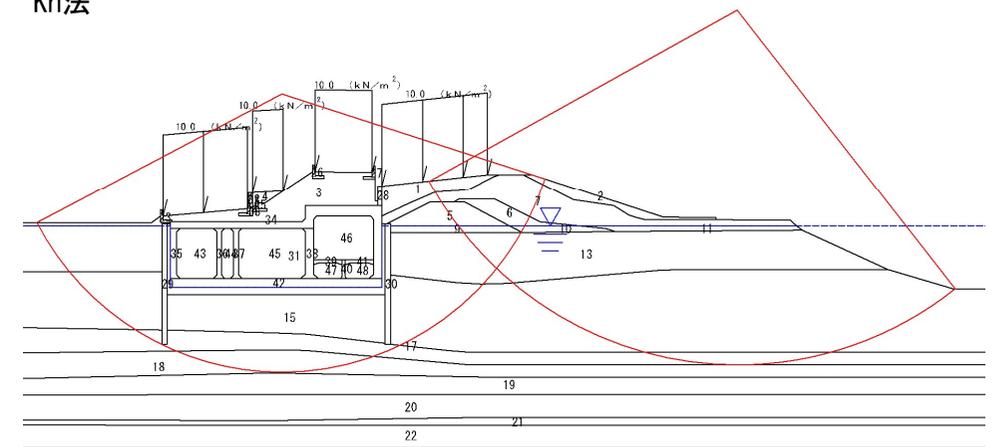


(注1) Δu 法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

ΔU 法

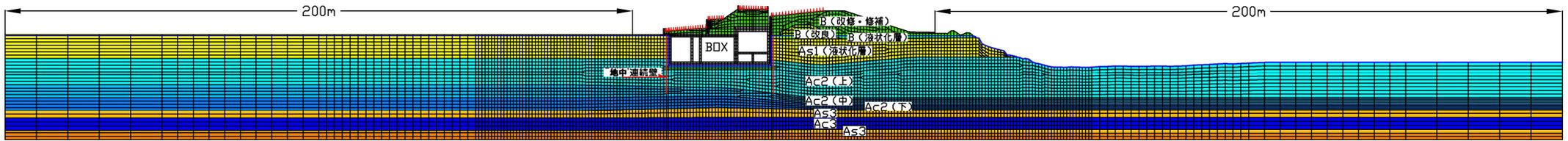


Kh 法

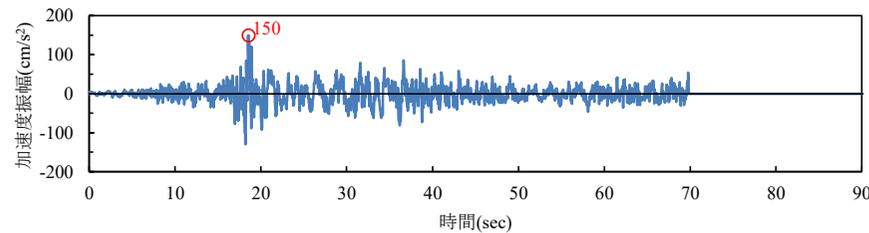


【解析入力条件 19-㉓】

解析メッシュ (No. 4 完成時 (高規格堤防考慮))



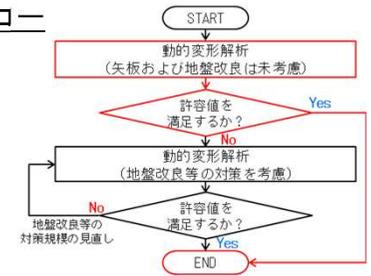
入力地震動 (高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)



境界条件

- ・ 底面：粘性境界
- ・ 側方：疑似自由地盤境界
- ・ 水位境界：地下水位面は水頭固定境界, 構造物境界, 底面境界および側方境界は非排水境界
- ・ 地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

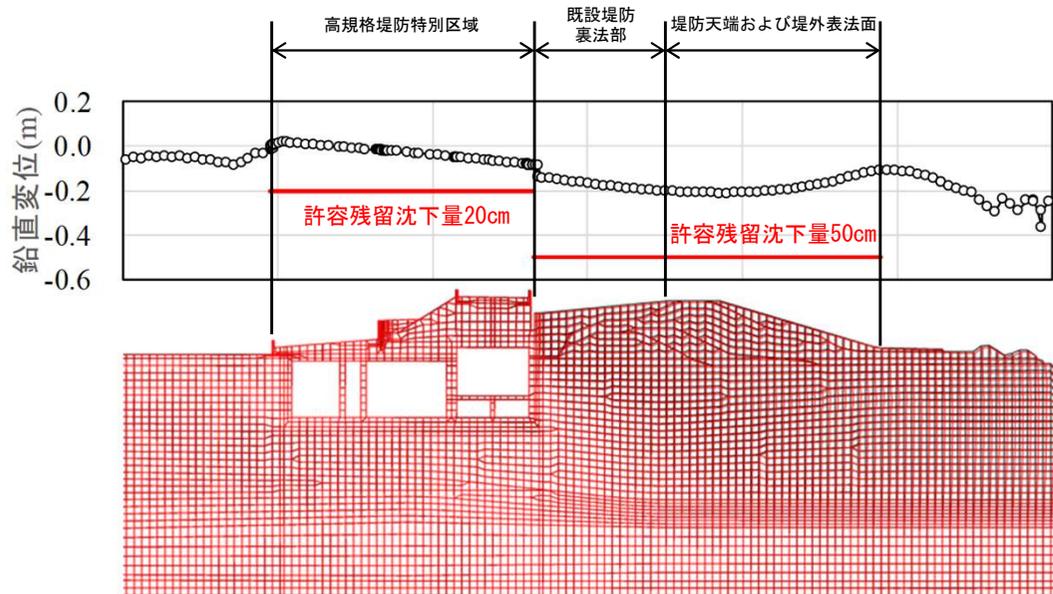
検討フロー



【解析結果および照査結果】 (No. 4 完成時 (高規格堤防考慮)) 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

解析結果に対する考察

- ・ 動的変形解析LIQCAによる沈下量は, 堤防天端および堤外側表法面, 既設堤防裏法部 (許容残留沈下量50cm), 高規格堤防特別区域 (許容残留沈下量20cm) の両者に対して許容残留沈下量を下回る結果となった. このため, 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上であると評価できる.



高規格堤防の耐震性能と許容残留変位量の目安

(高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)

位置	堤防天端および堤外側表法面	高規格堤防特別区域
許容残留変位量等		
現行の設計震度に相当する地震動レベルに対する耐震性能	治水機能の確保を前提とし、堤防天端については長期復旧を要しない程度の被害に留めることとする。	宅地の機能に重大な支障が生じないこととする。(すなわち、想定したレベルの地震動によって引き起こされた盛土の変状により、通常の維持管理の範疇を上回る補強工事や改築工事等の対策を要しないこととする。)
許容残留変位量の目安	堤防天端の許容残留沈下量50cm	許容残留沈下量20cm

注) 既設堤防裏法部については、公園・緑地等の長期にわたる利用が特定でき、地震による変位の影響が少ない場合に限り、堤防天端および堤外側表法面と同等の耐震性能とすることができる。

【No. 14 完成時 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

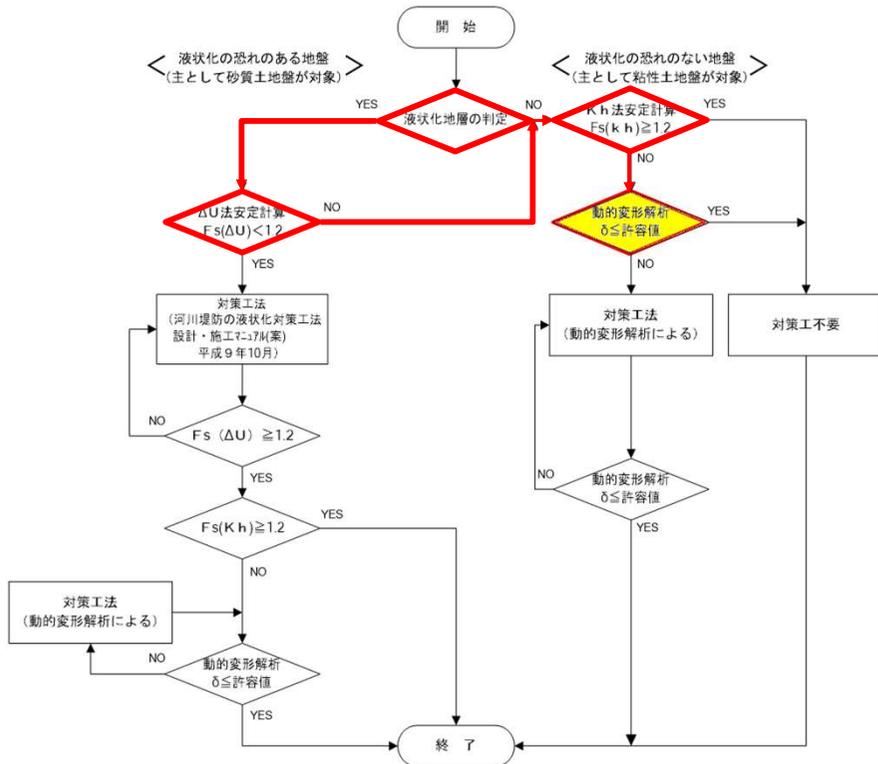
- 地震時すべり安定計算における地震外力
 - △U法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液化化判定に使用
 - Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)
- 円弧検索条件
 - ・格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
 - ・△U法は地下水位で浅にテンションクラックを考慮
 - ・Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

【解析結果に対する考察】

△U法については, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した。一方, Kh法については, 川表側のすべり安全率が照査基準を下回る結果となった。このため, マニュアルに準拠して, 動的変形解析による照査を実施した上で, 最終的な高規格堤防における安全性検証を行う。

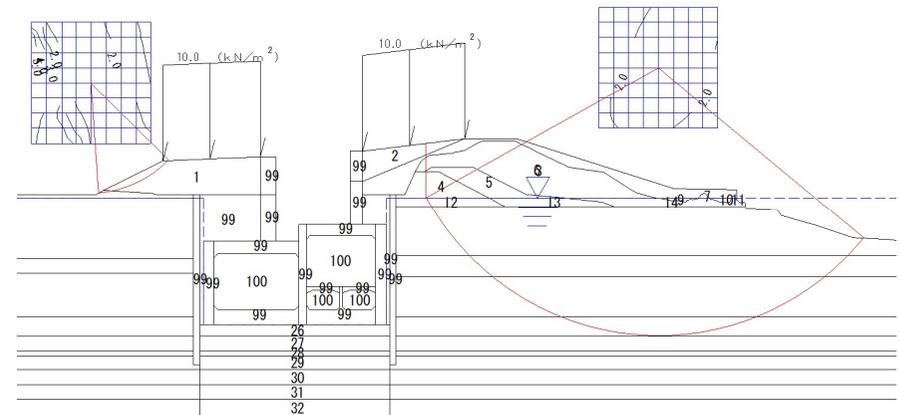
【解析結果および照査結果】

解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.14	△U法	1.554	1.2	OK	1.877	1.2	OK
	Kh法	1.210	1.2	OK	1.031	1.2	NG

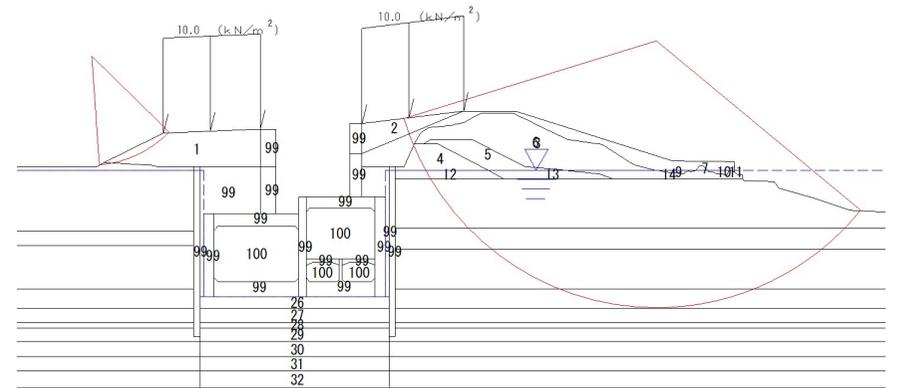


(注1) △u法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液化化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液化化の恐れのない地盤として検討を行う。

△U法

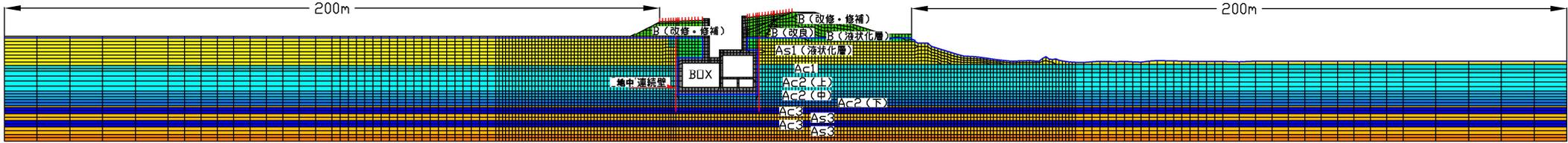


Kh法

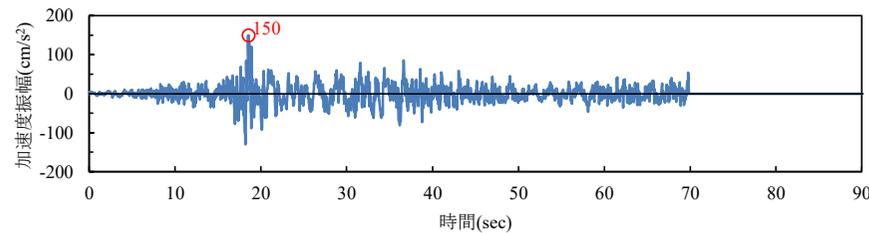


【解析入力条件 19-㉓】

解析メッシュ (No. 14 完成時 (高規格堤防考慮))



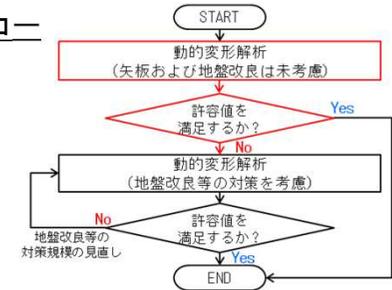
入力地震動 (高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)



境界条件

- ・ 底面：粘性境界
- ・ 側方：疑似自由地盤境界
- ・ 水位境界：地下水位面は水頭固定境界, 構造物境界, 底面境界および側方境界は非排水境界
- ・ 地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

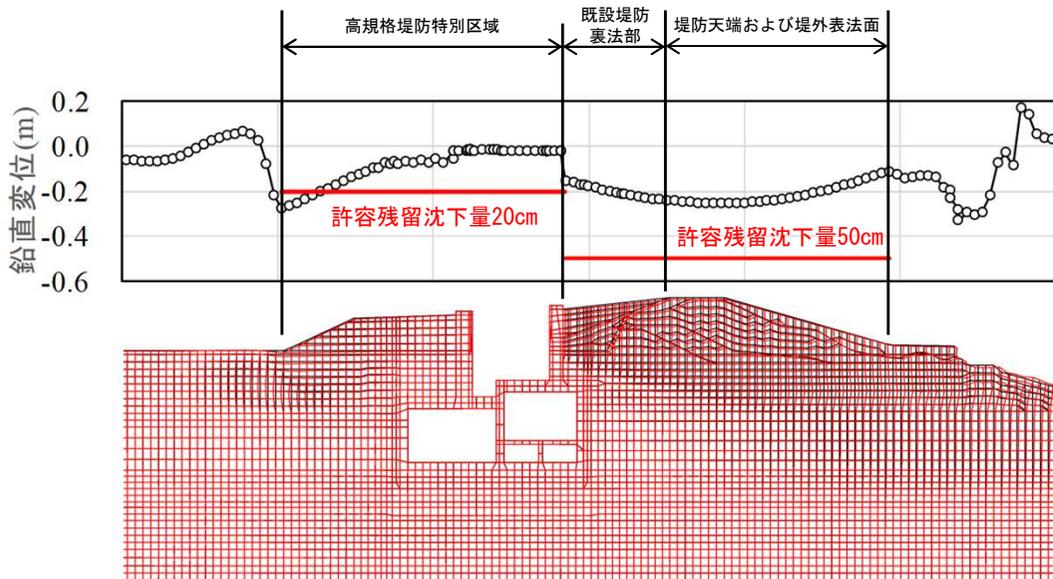
検討フロー



【解析結果および照査結果】 (No. 14 完成時 (高規格堤防考慮)) 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

解析結果に対する考察

- ・ 動的変形解析LIQCAによる沈下量は, 堤防天端および堤外側表法面, 既設堤防裏法部 (許容残留沈下量50cm) に対しては許容残留沈下量を下回る結果となった。一方, 高規格堤防特別区域 (許容残留沈下量20cm) に対しては裏法尻付近で許容残留沈下量を上回る結果となった。



高規格堤防の耐震性能と許容残留変位量の目安

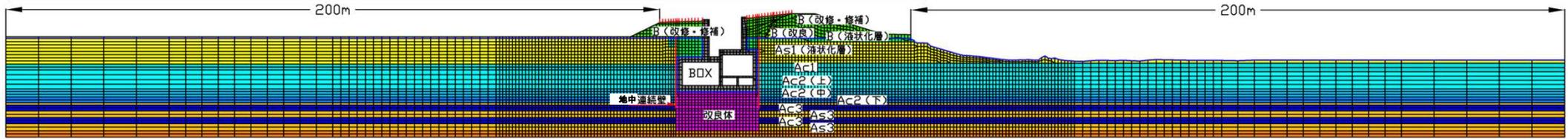
(高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)

位置	堤防天端および堤外側表法面	高規格堤防特別区域
許容残留変位量等		
現行の設計震度に相当する地震動レベルに対する耐震性能	治水機能の確保を前提とし、堤防天端については長期復旧を要しない程度の被害に留めることとする。	宅地の機能に重大な支障が生じないこととする。(すなわち、想定したレベルの地震動によって引き起こされた盛土の変状により、通常の維持管理の範疇を上回る補強工事や改築工事等の対策を要しないこととする。)
許容残留変位量の目安	堤防天端の許容残留沈下量50cm	許容残留沈下量20cm

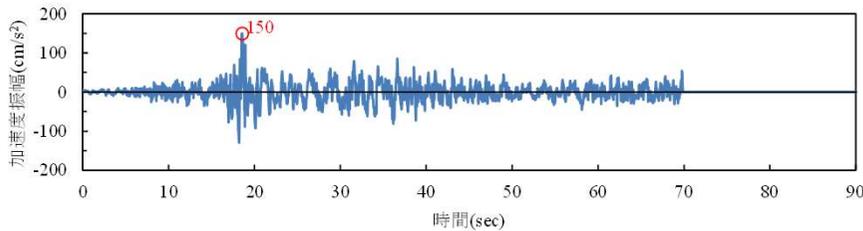
注) 既設堤防裏法部については、公園・緑地等の長期にわたる利用が特定でき、地震による変位の影響が少ない場合に限り、堤防天端および堤外側表法面と同等の耐震性能とすることができる。

【解析入力条件 19-㉓】

解析メッシュ (No. 14 完成時 (高規格堤防考慮)) 地盤改良 (改良範囲: 道路構造物の直下)



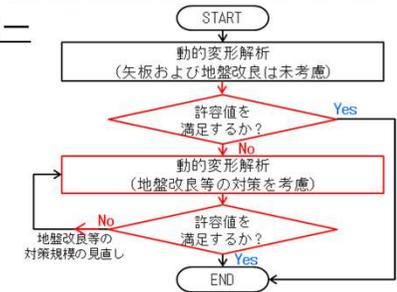
入力地震動 (高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)



境界条件

- ・底面: 粘性境界
- ・側方: 疑似自由地盤境界
- ・水位境界: 地下水位面は水頭固定境界, 構造物境界, 底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面: ジョイント要素

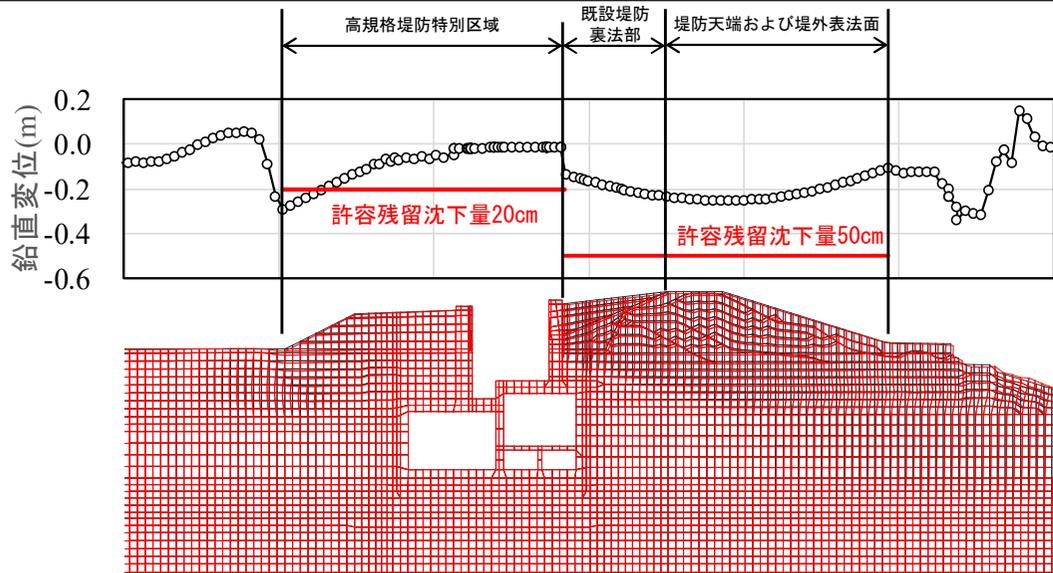
検討フロー



【解析結果および照査結果】 (No. 14 完成時 (高規格堤防考慮)) 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

解析結果に対する考察

- ・道路構造物直下の地盤改良を考慮した動的変形解析LIQCAIによる沈下量は, 地盤改良を考慮しなケースと同様, 堤防天端および堤外側表法面, 既設堤防裏法部 (許容残留沈下量50cm) に対しては許容残留沈下量を下回る結果となったが, 高規格堤防特別区域 (許容残留沈下量20cm) に対しては, **裏法尻付近で許容残留沈下量を上回る結果**となった。理由としては, 当該断面の道路構造物直下には液状化層がなく, 液状化対策としての効果が発揮されなかったためと考えられる。



高規格堤防の耐震性能と許容残留変位量の目安

(高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)

位置	堤防天端および堤外側表法面	高規格堤防特別区域
許容残留変位量等		
現行の設計震度に対する耐震性能	治水機能の確保を前提とし、堤防天端については長期復旧を要しない程度の被害に留めることとする。	宅地の機能に重大な支障が生じないこととする。(すなわち、想定したレベルの地震動によって引き起こされた盛土の変状により、通常の維持管理の範疇を上回る補強工事や改築工事等の対策を要しないこととする。)
許容残留変位量の目安	堤防天端の許容残留沈下量50cm	許容残留沈下量20cm

注) 既設堤防裏法部については、公園・緑地等の長期にわたる利用が特定でき、地震による変位の影響が少ない場合に限り、堤防天端および堤外側表法面と同等の耐震性能とすることができる。

【No. 15 完成時 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

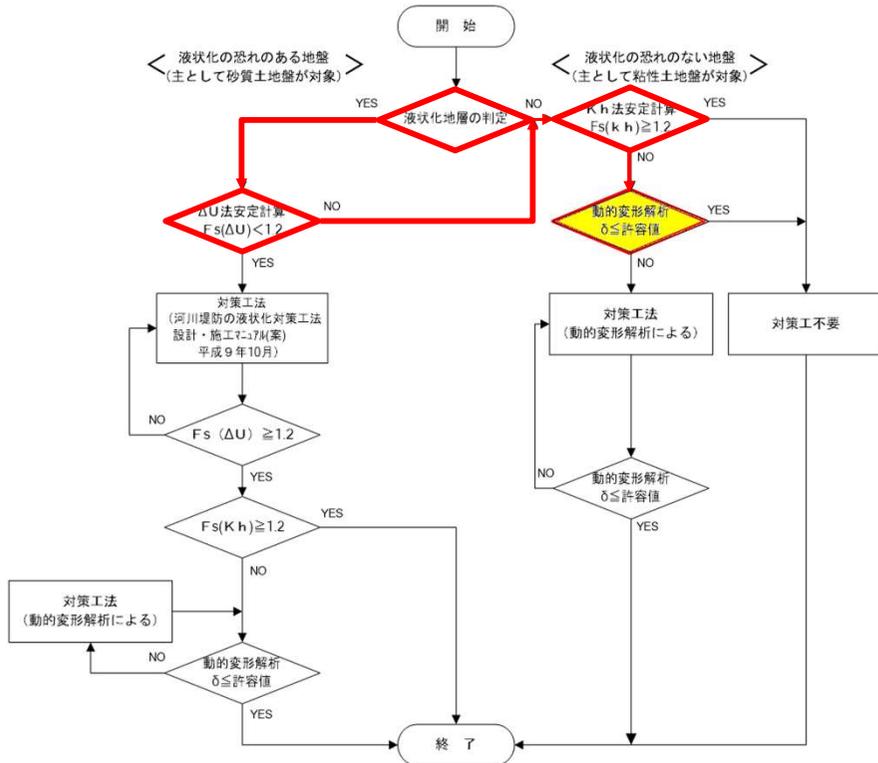
- 地震時すべり安定計算における地震外力
 - △U法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液化化判定に使用
 - Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)
- 円弧検索条件
 - ・格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
 - ・△U法は地下水位で浅にテンションクラックを考慮
 - ・Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

【解析結果に対する考察】

△U法については, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した. 一方, Kh法については, 川表側のすべり安全率が照査基準を下回る結果となった. このため, マニュアルに準拠して, 動的変形解析による照査を実施した上で, 最終的な高規格堤防における安全性検証を行う.

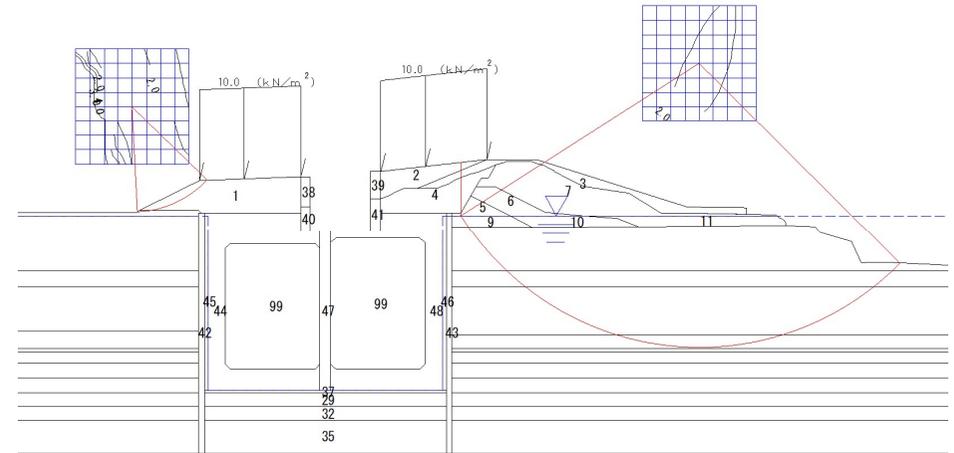
【解析結果および照査結果】

解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.15	△U法	1.555	1.2	OK	1.924	1.2	OK
	Kh法	1.210	1.2	OK	1.034	1.2	NG

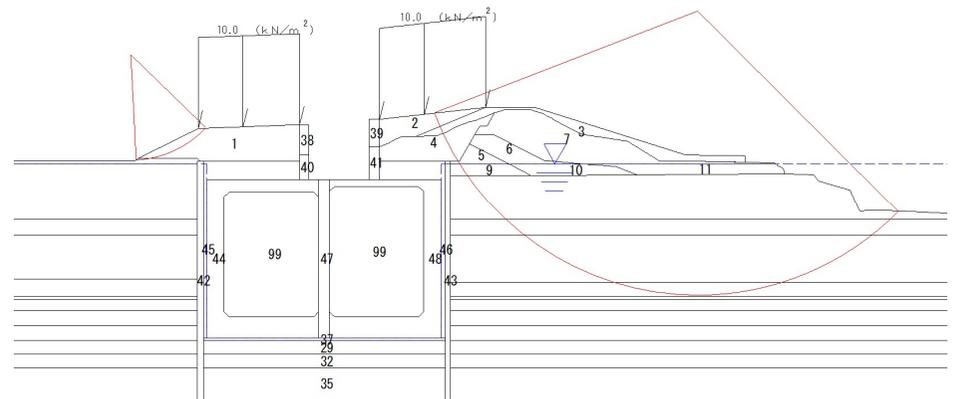


(注1) △u法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

△U法

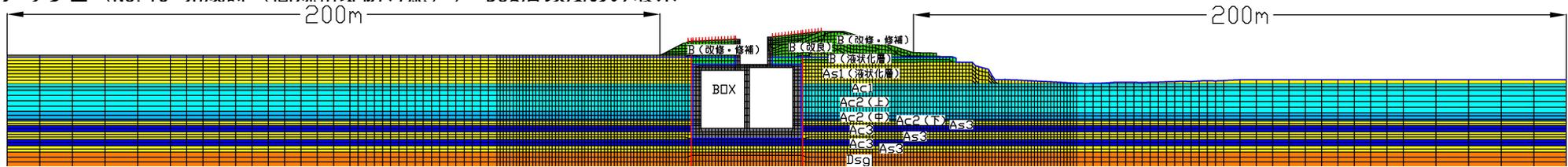


Kh法

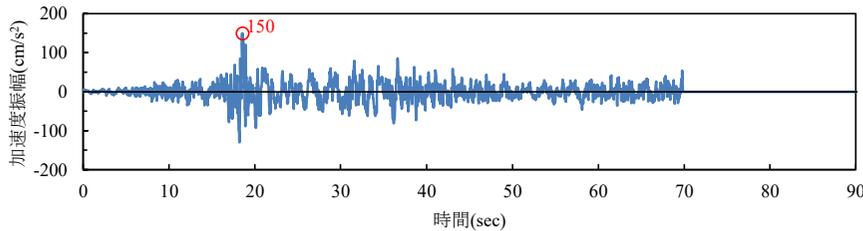


【解析入力条件 19-㉓】

解析メッシュ (No. 15 完成時 (高規格堤防考慮)) Dsg層以浅のみ表示



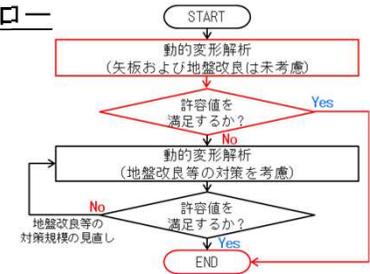
入力地震動 (高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)



境界条件

- ・ 底面：粘性境界
- ・ 側方：疑似自由地盤境界
- ・ 水位境界：地下水位面は水頭固定境界, 構造物境界, 底面境界および側方境界は非排水境界
- ・ 地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

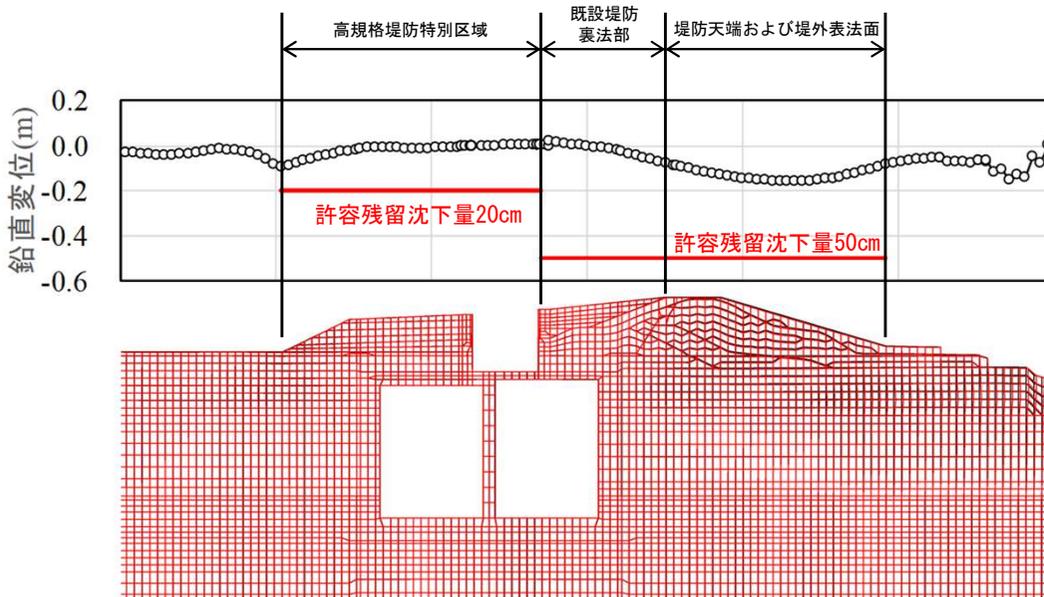
検討フロー



【解析結果および照査結果】 (No. 15 完成時 (高規格堤防考慮)) 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

解析結果に対する考察

- ・ 動的変形解析LIQCAによる沈下量は, 堤防天端および堤外側表法面, 既設堤防裏法部 (許容残留沈下量50cm), 高規格堤防特別区域 (許容残留沈下量20cm) の両者に対して許容残留沈下量を下回る結果となった. このため, 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上であると評価できる.



高規格堤防の耐震性能と許容残留変位量の目安

(高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)

位置	堤防天端および堤外側表法面	高規格堤防特別区域
許容残留変位量等		
現行の設計震度に相当する地震動レベルに対する耐震性能	治水機能の確保を前提とし、堤防天端については長期復旧を要しない程度の被害に留めることとする。	宅地の機能に重大な支障が生じないこととする。(すなわち、想定したレベルの地震動によって引き起こされた盛土の変状により、通常の維持管理の範疇を上回る補強工事や改築工事等の対策を要しないこととする。)
許容残留変位量の目安	堤防天端の許容残留沈下量50cm	許容残留沈下量20cm

注) 既設堤防裏法部については、公園・緑地等の長期にわたる利用が特定でき、地震による変位の影響が少ない場合に限り、堤防天端および堤外側表法面と同等の耐震性能とすることができる。

【No. 23 完成時 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

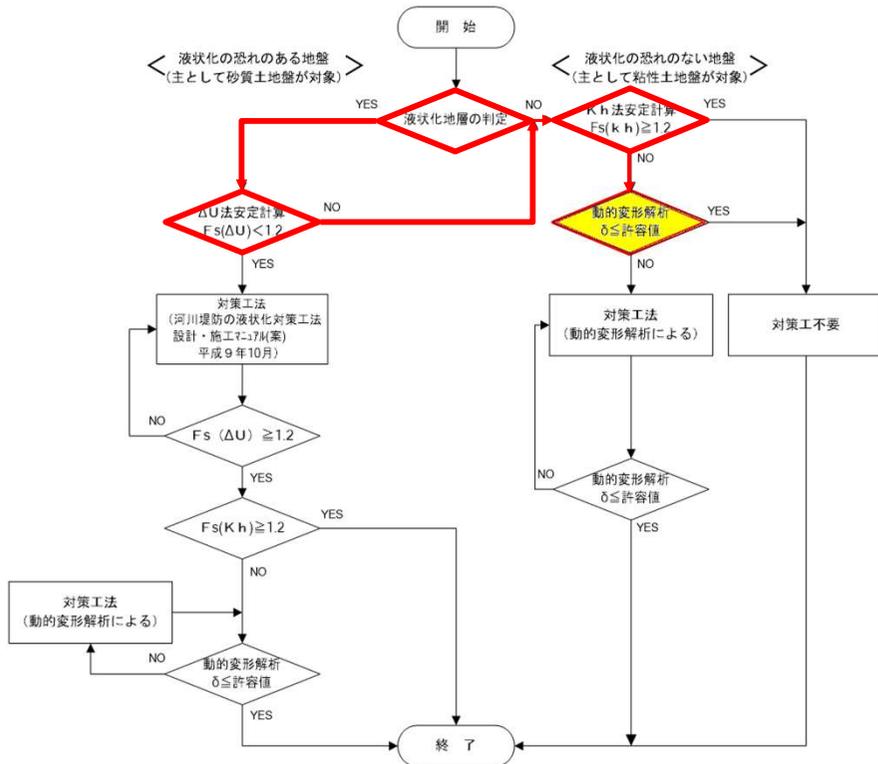
- 地震時すべり安定計算における地震外力
 - △U法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液化化判定に使用
 - Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)
- 円弧検索条件
 - ・格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
 - ・△U法は地下水水位で浅にテンションクラックを考慮
 - ・Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

【解析結果に対する考察】

△U法については, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した. 一方, Kh法については, 川表側のすべり安全率が照査基準を下回る結果となった. このため, マニュアルに準拠して, 動的変形解析による照査を実施した上で, 最終的な高規格堤防における安全性検証を行う.

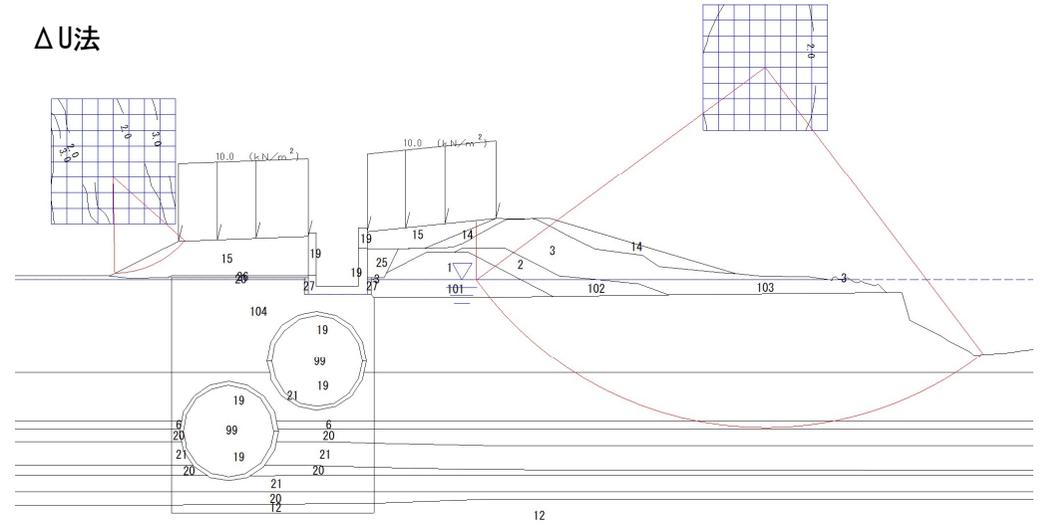
【解析結果および照査結果】

解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.23	△U法	1.561	1.2	OK	1.896	1.2	OK
	Kh法	1.210	1.2	OK	1.023	1.2	NG

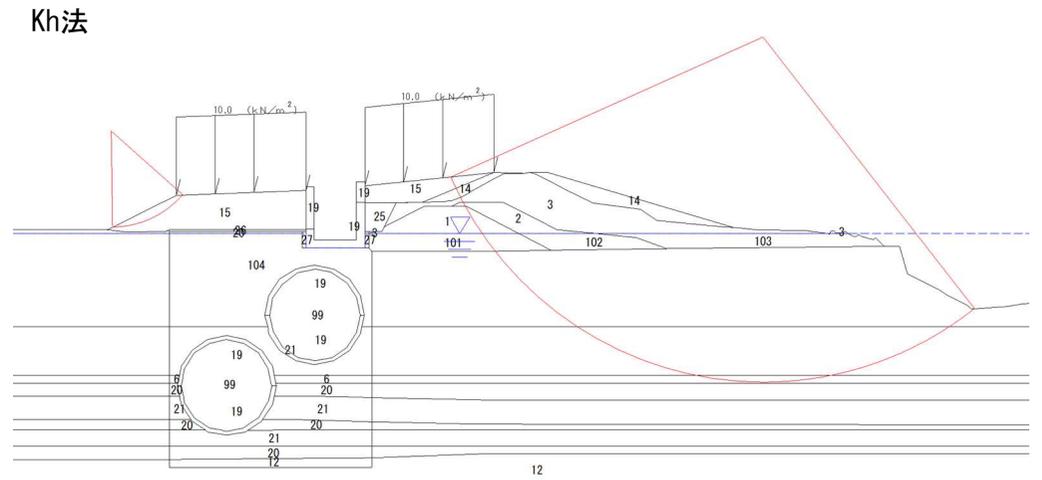


(注1) △u法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

△U法

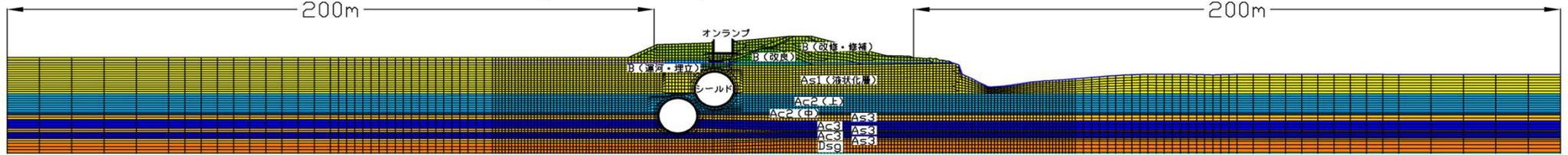


Kh法

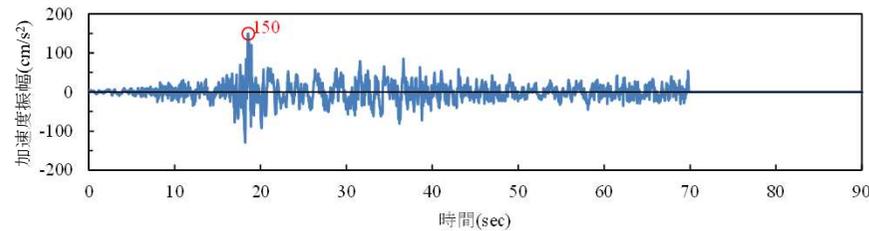


【解析入力条件 19-㉓】

解析メッシュ (No. 23 完成時 (高規格堤防考慮)) Dsg層以浅のみ表示



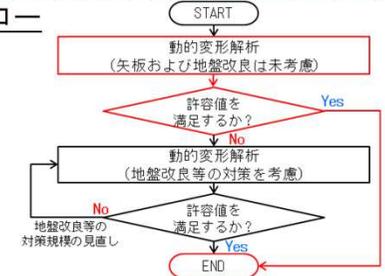
入力地震動 (高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)



境界条件

- ・底面: 粘性境界
- ・側方: 疑似自由地盤境界
- ・水位境界: 地下水位面は水頭固定境界, 構造物境界, 底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面: ジョイント要素

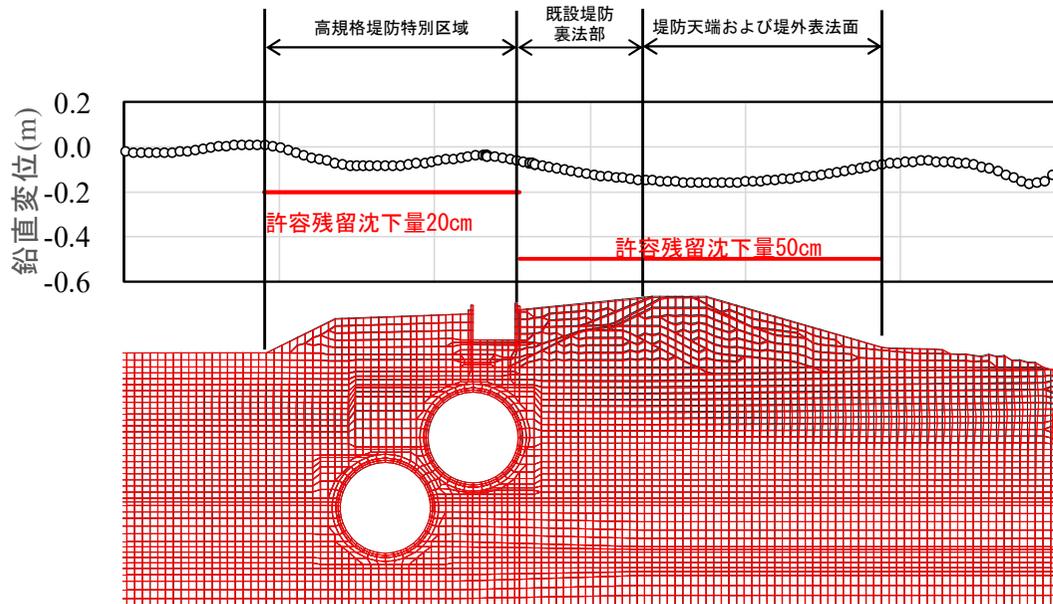
検討フロー



【解析結果および照査結果】 (No. 23 完成時 (高規格堤防考慮)) 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

解析結果に対する考察

- ・動的変形解析LIQCAによる沈下量は, 堤防天端および堤外側表法面, 既設堤防裏法部 (許容残留沈下量50cm), 高規格堤防特別区域 (許容残留沈下量20cm) の両者に対して許容残留沈下量を下回る結果となった. このため, 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上であると評価できる.



高規格堤防の耐震性能と許容残留変位量の目安

(高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)

許容残留変位量等	位置	堤防天端および堤外側表法面	高規格堤防特別区域
現行の設計震度に対応する地震動レベルに対する耐震性能		治水機能の確保を前提とし, 堤防天端については長期復旧を要しない程度の被害に留めることとする。	宅地の機能に重大な支障が生じないこととする。(すなわち, 想定したレベルの地震動によって引き起こされた盛土の変状により, 通常の維持管理の範疇を上回る補強工事や改築工事等の対策を要しないこととする。)
許容残留変位量の目安		堤防天端の許容残留沈下量50cm	許容残留沈下量20cm

注) 既設堤防裏法部については, 公園・緑地等の長期にわたる利用が特定でき, 地震による変位の影響が少ない場合に限り, 堤防天端および堤外側表法面と同等の耐震性能とすることができる。

【No. 26 完成時 砂質土地盤 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

- 地震時すべり安定計算における地震外力
 - △U法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液状化判定に使用
 - Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)
- 円弧検索条件
 - ・格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
 - ・△U法は地下水位以浅にテンションクラックを考慮
 - ・Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

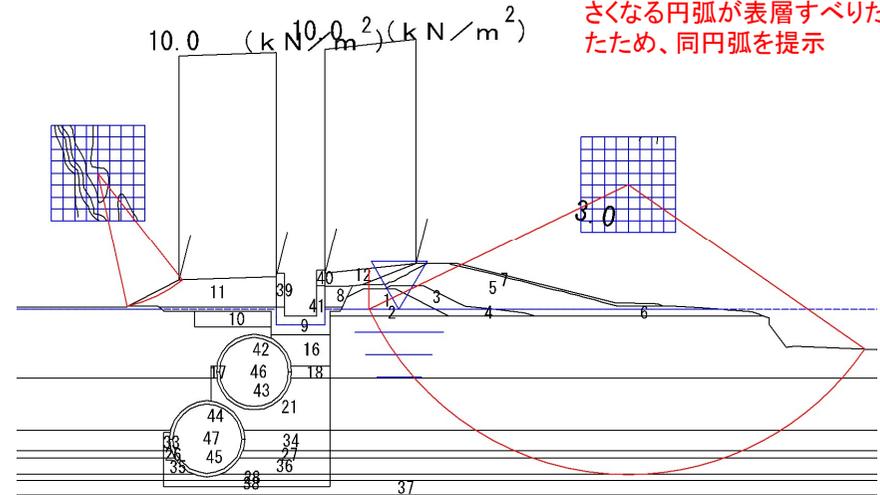
【解析結果に対する考察】

△U法およびKh法に対して, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した. このため, 高規格堤防における耐震性は確保されているものと判断する.

【解析結果および照査結果】

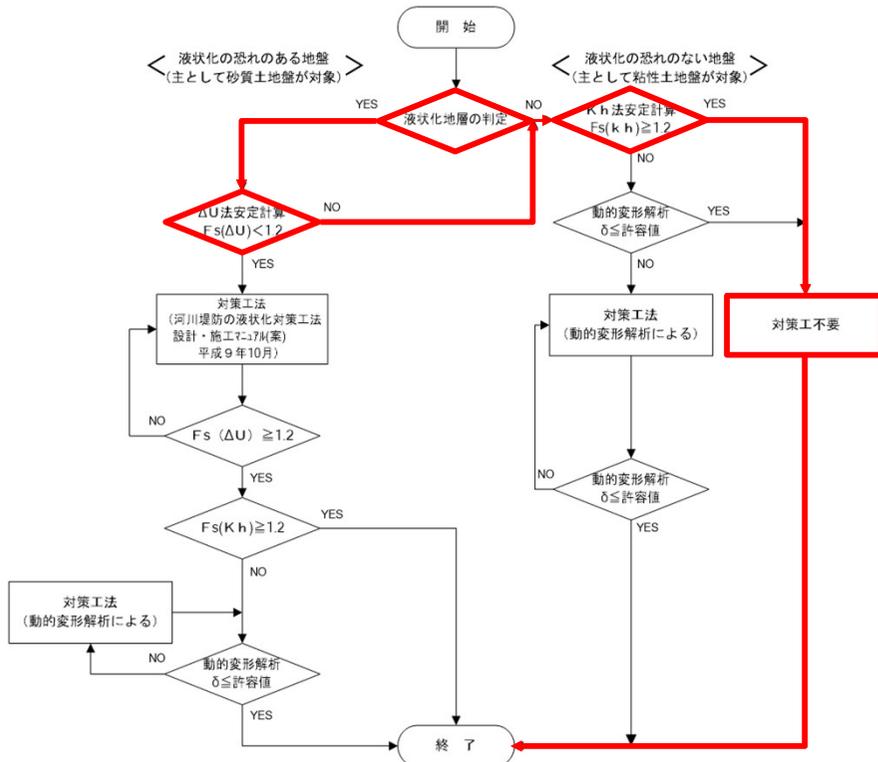
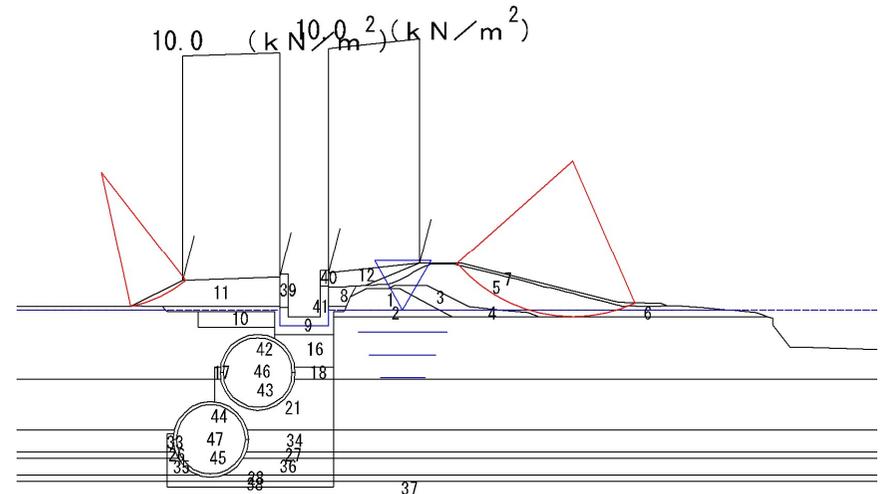
解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.26 (砂質土地盤)	△U法	1.597	1.2	OK	2.983	1.2	OK
	Kh法	1.245	1.2	OK	1.820	1.2	OK

△U法



川裏すべりは、最も安全率が小さくなる円弧が表層すべりだったため、同円弧を提示

Kh法



(注1) △u法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

【No. 26 完成時 粘性土地盤 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

■地震時すべり安定計算における地震外力

ΔU法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液化化判定に使用

Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)

■円弧検索条件

・格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索

・ΔU法は地下水水位以浅にテンションクラックを考慮

・Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

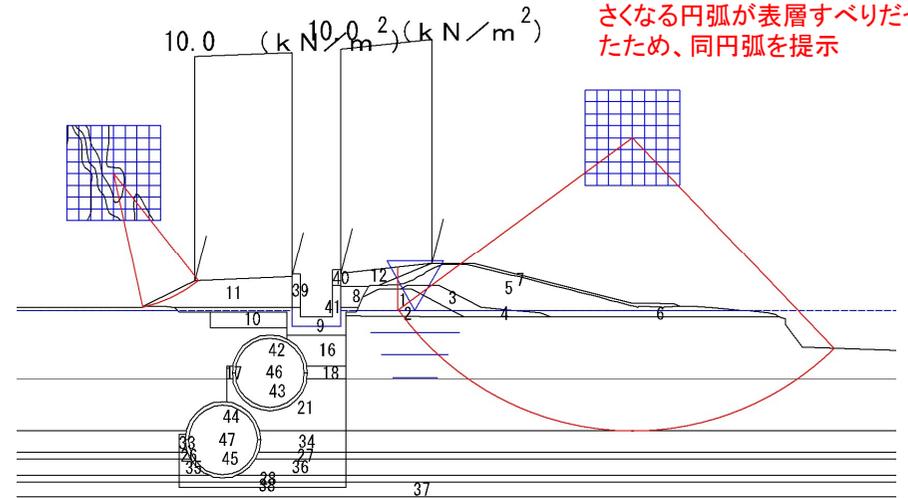
【解析結果に対する考察】

ΔU法については, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した. 一方, Kh法については, 川表側のすべり安全率が照査基準を下回る結果となった. このため, マニュアルに準拠して, 動的変形解析による照査を実施した上で, 最終的な高規格堤防における安全性検証を行う.

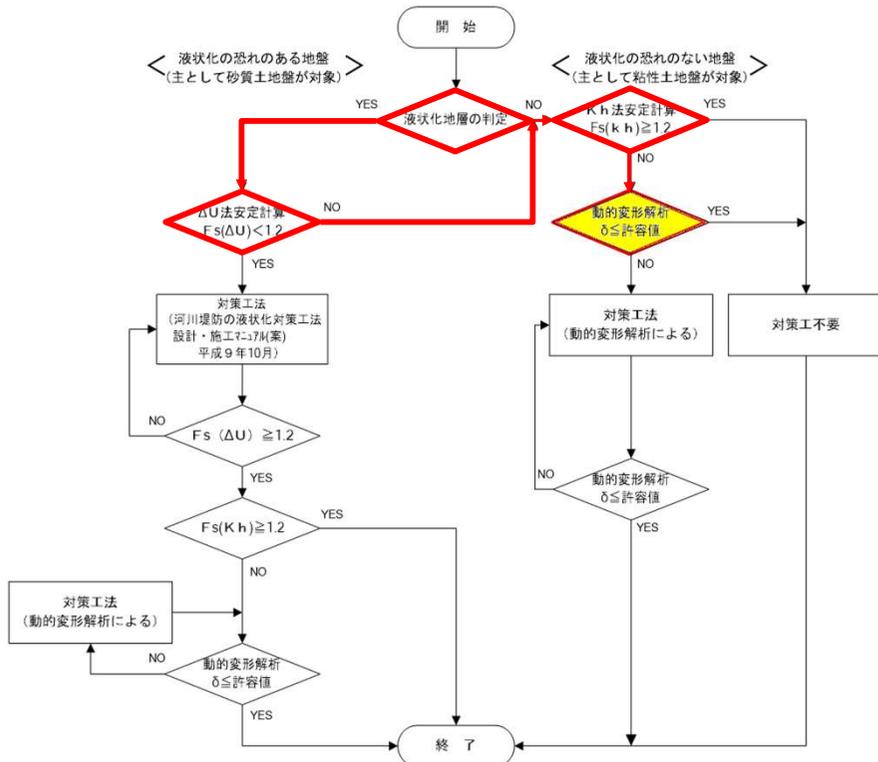
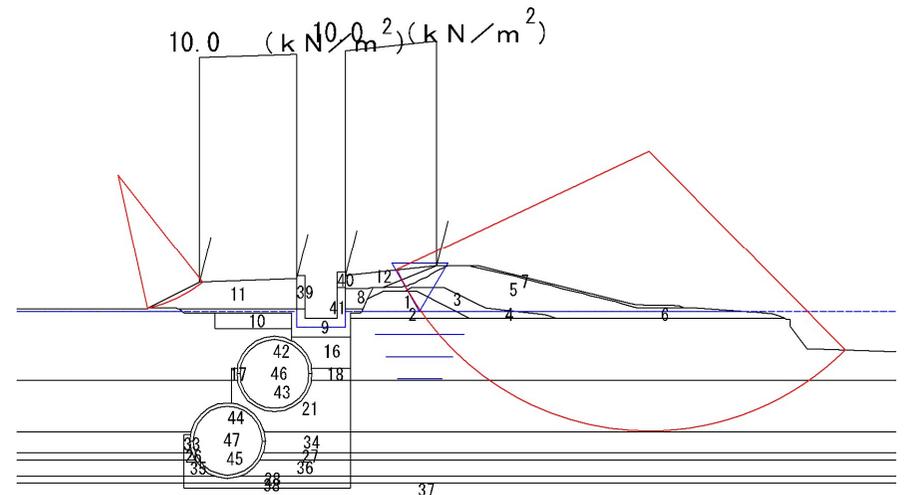
【解析結果および照査結果】

解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.26 (粘性土地盤)	ΔU法	1.597	1.2	OK	2.086	1.2	OK
	Kh法	1.245	1.2	OK	1.050	1.2	NG

ΔU法



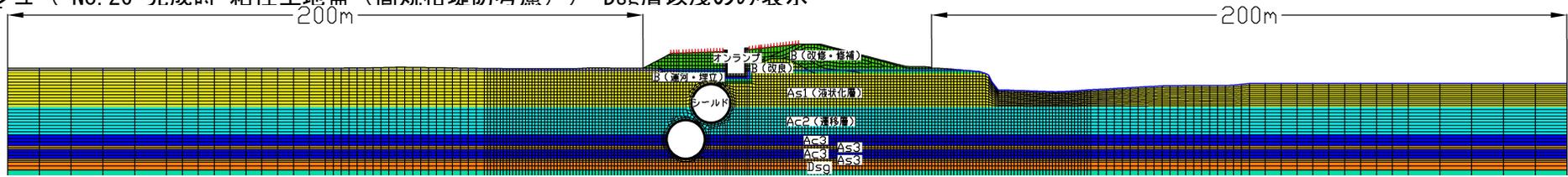
Kh法



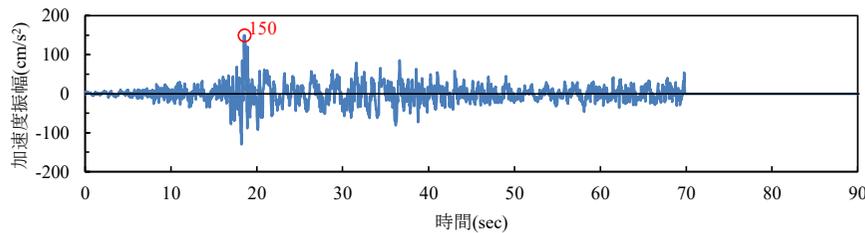
(注1) Δu法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液化化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液化化の恐れのない地盤として検討を行う。

【解析入力条件 19-㉓】

解析メッシュ (No. 26 完成時 粘性土地盤 (高規格堤防考慮)) Dsg層以浅のみ表示



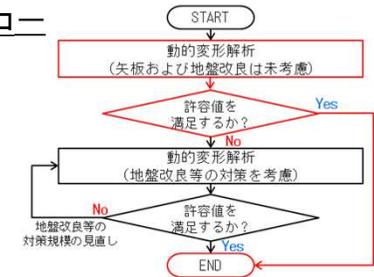
入力地震動 (高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)



境界条件

- ・ 底面: 粘性境界
- ・ 側方: 疑似自由地盤境界
- ・ 水位境界: 地下水位面は水頭固定境界, 構造物境界, 底面境界および側方境界は非排水境界
- ・ 地盤と構造物の接触面: ジョイント要素

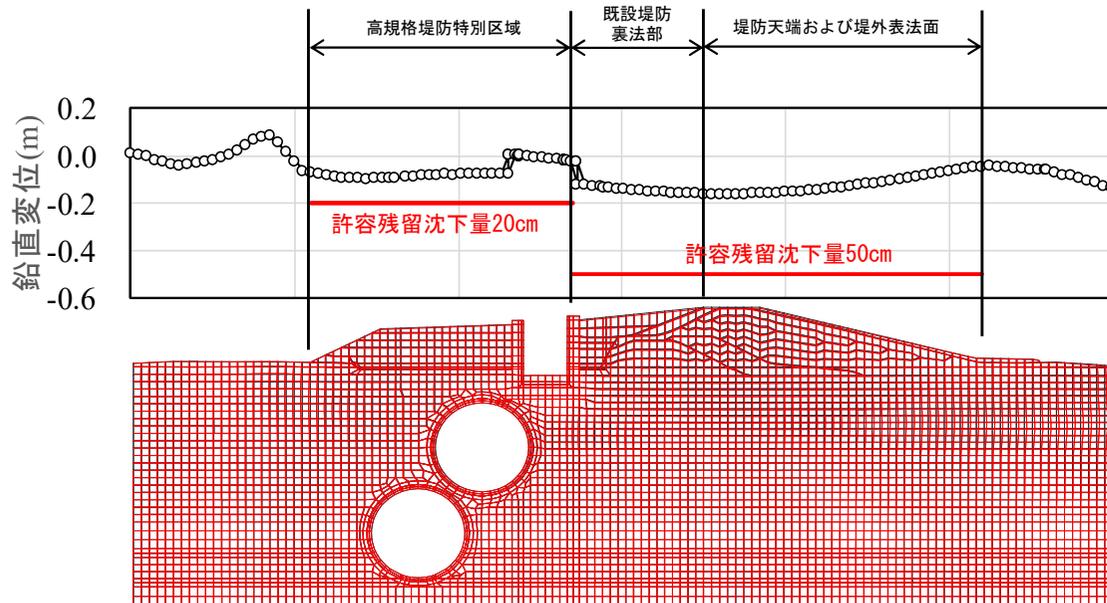
検討フロー



【解析結果および照査結果】 (No. 26 完成時 粘性土地盤 (高規格堤防考慮)) 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

解析結果に対する考察

- ・ 動的変形解析LIQCAによる沈下量は, 堤防天端および堤外側表法面, 既設堤防裏法部 (許容残留沈下量50cm), 高規格堤防特別区域 (許容残留沈下量20cm) の両者に対して許容残留沈下量を下回る結果となった. このため, 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上であると評価できる.



高規格堤防の耐震性能と許容残留変位量の目安

(高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)

許容残留変位量等	位置	堤防天端および堤外側表法面	高規格堤防特別区域
現行の設計震度に相当する地震動レベルに対する耐震性能		治水機能の確保を前提とし、堤防天端については長期復旧を要しない程度の被害に留めることとする。	宅地の機能に重大な支障が生じないこととする。(すなわち、想定したレベルの地震動によって引き起こされた盛土の変状により、通常の維持管理の範疇を上回る補強工事や改築工事等の対策を要しないこととする。)
許容残留変位量の目安		堤防天端の許容残留沈下量50cm	許容残留沈下量20cm

注) 既設堤防裏法部については、公園・緑地等の長期にわたる利用が特定でき、地震による変位の影響が少ない場合に限り、堤防天端および堤外側表法面と同等の耐震性能とすることができる。

【No. 27 完成時 砂質土地盤 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

- 地震時すべり安定計算における地震外力
 - △U法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液状化判定に使用
 - Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)
- 円弧検索条件
 - ・格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
 - ・△U法は地下水水位で浅にテンションクラックを考慮
 - ・Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

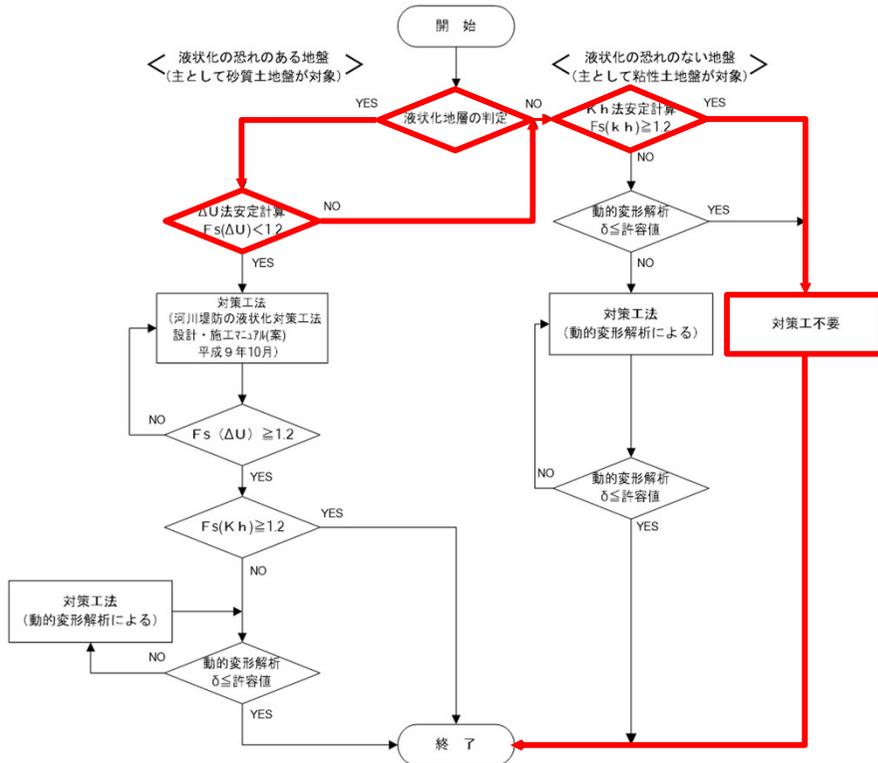
【解析結果に対する考察】

△U法およびKh法に対して, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した. このため, 高規格堤防における耐震性は確保されているものと判断する.

【解析結果および照査結果】

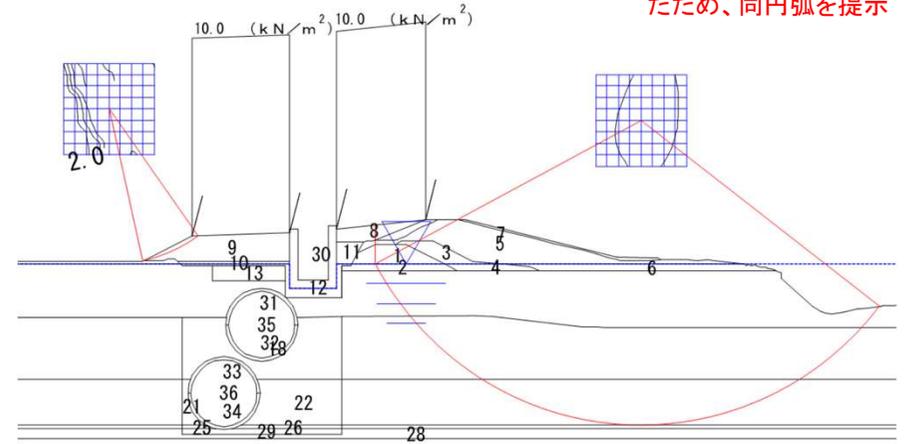
解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.27 (砂質土地盤)	△U法	1.611	1.2	OK	2.897	1.2	OK
	Kh法	1.259	1.2	OK	1.815	1.2	OK

川裏すべりは, 最も安全率が小さくなる円弧が表層すべりだったため, 同円弧を提示

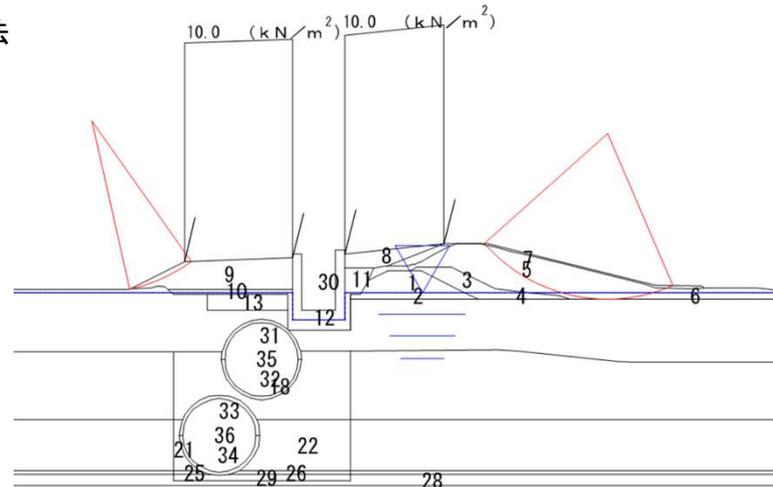


(注1) △u法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

△U法



Kh法



【No. 27 完成時 粘性土地盤 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

■地震時すべり安定計算における地震外力

ΔU法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液化判定に使用

Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)

■円弧検索条件

- 格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
- ΔU法は地下水位で浅にテンションクラックを考慮
- Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

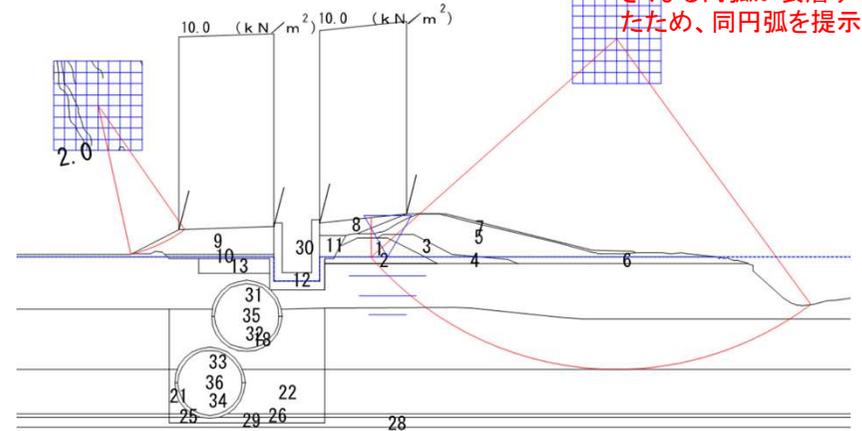
【解析結果に対する考察】

ΔU法については, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した. 一方, Kh法については, 川表側のすべり安全率が照査基準を下回る結果となった. このため, マニュアルに準拠して, 動的変形解析による照査を実施した上で, 最終的な高規格堤防における安全性検証を行う.

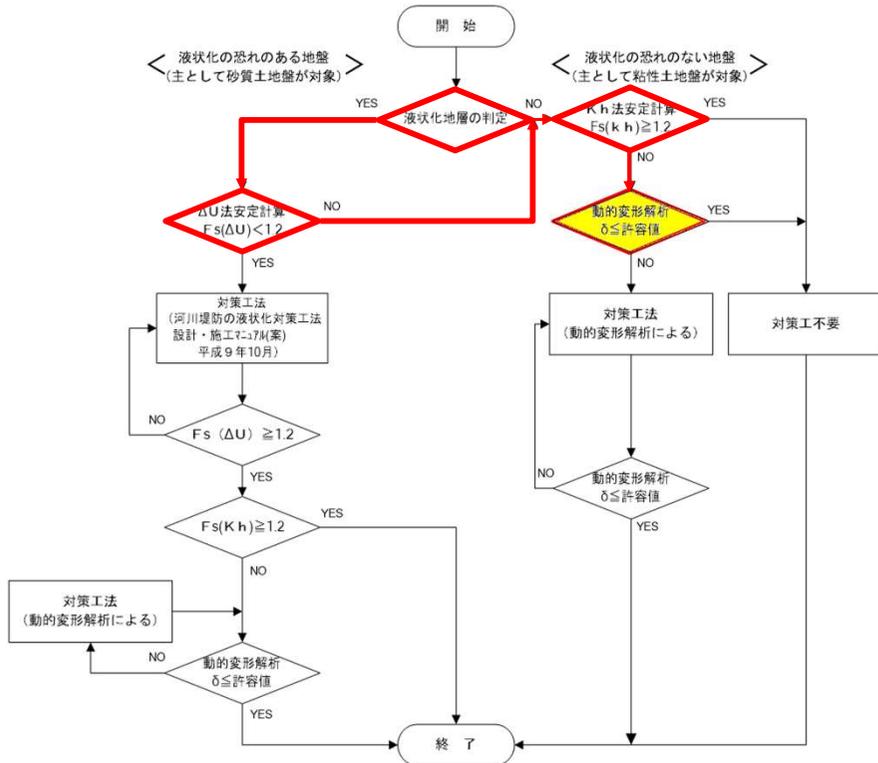
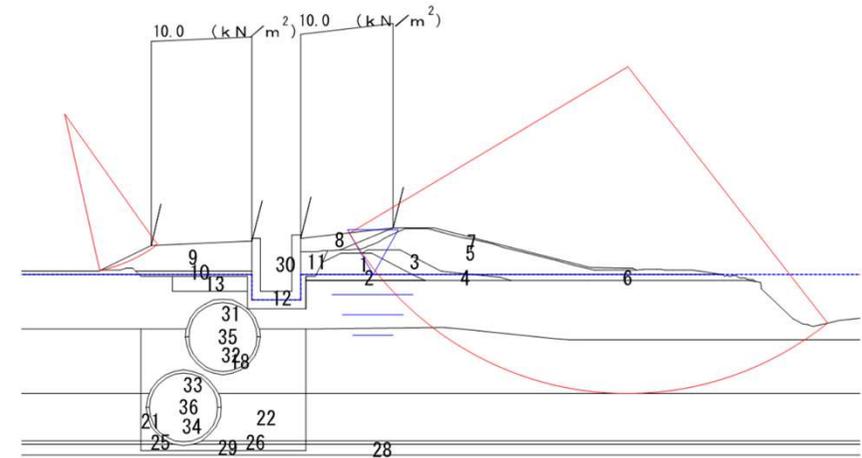
【解析結果および照査結果】

解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.27 (粘性土地盤)	ΔU法	1.611	1.2	OK	2.099	1.2	OK
	Kh法	1.259	1.2	OK	1.020	1.2	NG

ΔU法



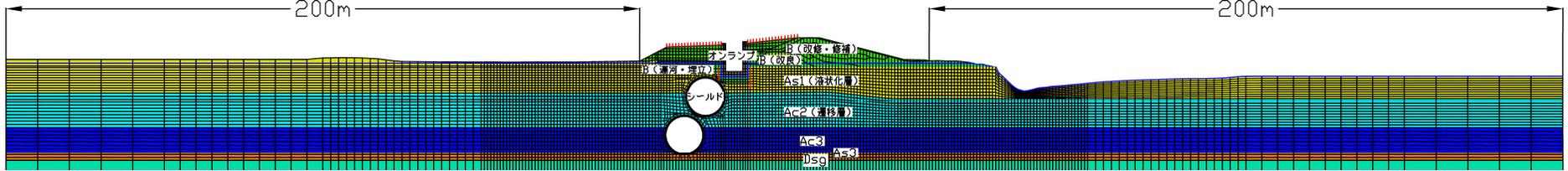
Kh法



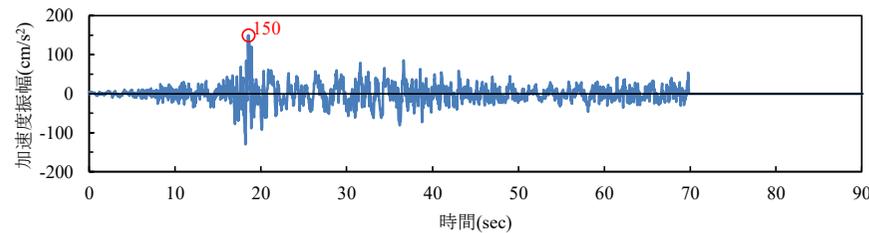
(注1) Δu法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

【解析入力条件 19-㉓】

解析メッシュ (No. 27 完成時 粘性土地盤 (高規格堤防考慮)) Dsg層以浅のみ表示



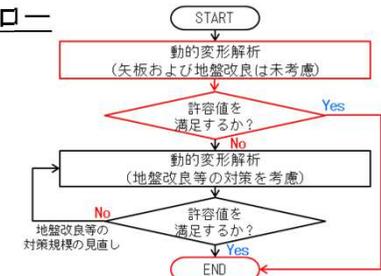
入力地震動 (高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)



境界条件

- ・底面: 粘性境界
- ・側方: 疑似自由地盤境界
- ・水位境界: 地下水位面は水頭固定境界, 構造物境界, 底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面: ジョイント要素

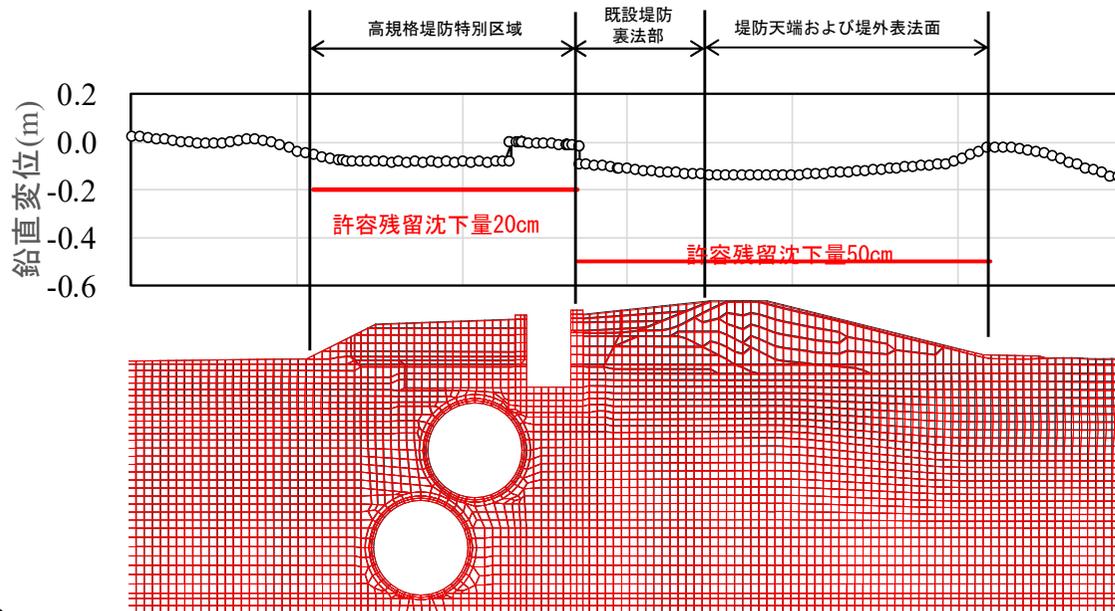
検討フロー



【解析結果および照査結果】 (No. 27 完成時 粘性土地盤 (高規格堤防考慮)) 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

解析結果に対する考察

- ・動的変形解析LIQCAによる沈下量は, 堤防天端および堤外側表法面, 既設堤防裏法部 (許容残留沈下量50cm), 高規格堤防特別区域 (許容残留沈下量20cm) の両者に対して許容残留沈下量を下回る結果となった. このため, 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上であると評価できる.



高規格堤防の耐震性能と許容残留変位量の目安

(高規格堤防盛土設計・施工マニュアル, 平成12年3月)

位置	堤防天端および堤外側表法面	高規格堤防特別区域
許容残留変位量等		
現行の設計震度に相当する地震動レベルに対する耐震性能	治水機能の確保を前提とし、堤防天端については長期復旧を要しない程度の被害に留めることとする。	宅地の機能に重大な支障が生じないこととする。(すなわち、想定したレベルの地震動によって引き起こされた盛土の変状により、通常の維持管理の範疇を上回る補強工事や改築工事等の対策を要しないこととする。)
許容残留変位量の目安	堤防天端の許容残留沈下量50cm	許容残留沈下量20cm

注) 既設堤防裏法部については、公園・緑地等の長期にわたる利用が特定でき、地震による変位の影響が少ない場合に限り、堤防天端および堤外側表法面と同等の耐震性能とすることができる。

【No. 35 完成時 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

- 地震時すべり安定計算における地震外力
 - ΔU法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液状化判定に使用
 - Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)
- 円弧検索条件
 - ・格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
 - ・ΔU法は地下水位以浅にテンションクラックを考慮
 - ・Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

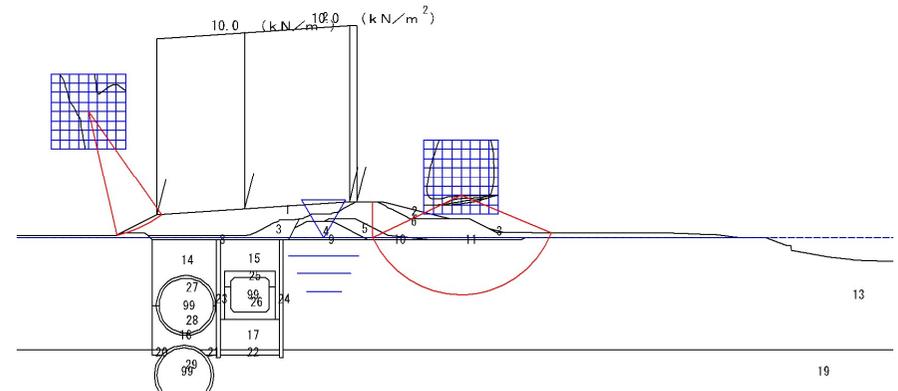
【解析結果に対する考察】

ΔU法およびKh法に対して, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した。このため, 高規格堤防における耐震性は確保されているものと判断する。

【解析結果および照査結果】

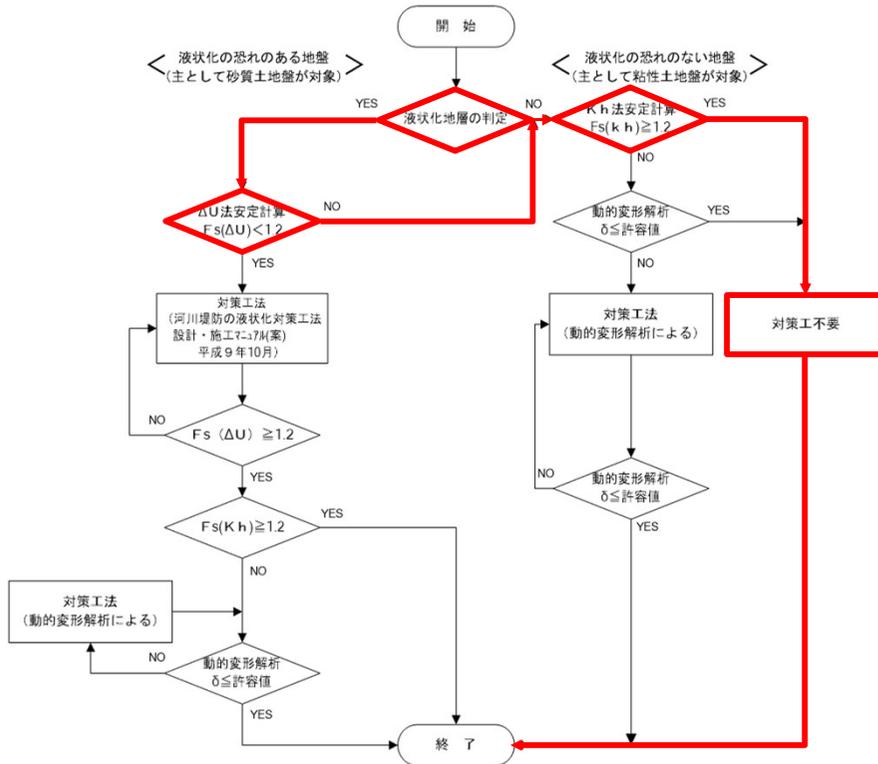
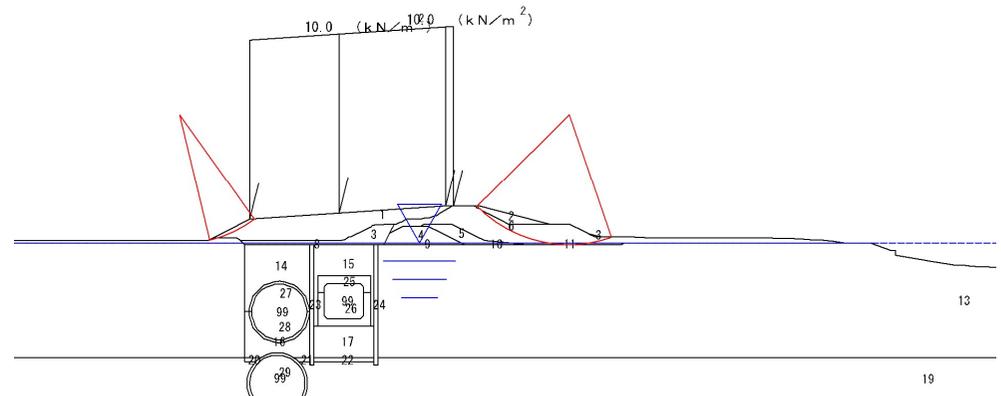
解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.35	ΔU法	1.601	1.2	OK	1.772	1.2	OK
	Kh法	1.254	1.2	OK	1.929	1.2	OK

ΔU法



川裏すべりは、最も安全率が小さくなる円弧が表層すべりだったため、同円弧を提示

Kh法



(注1) Δu法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

【No. 41 完成時 (高規格堤防考慮)】 19-㉓ 嵩上げ・拡幅等の対応の容易性が土堤と同等以上である設計の確認

【解析条件】

■地震時すべり安定計算における地震外力

ΔU法 : $K_h=0.18$ (強震帯) ※液状化判定に使用

Kh法 : $K_h=0.15$ (強震帯)

■円弧検索条件

- 格子間隔2.0mピッチ, 半径ピッチ0.1mで確認し, 安全率が最も小さい円弧を探索
- ΔU法は地下水水位で浅にテンションクラックを考慮
- Kh法は大円弧を回避するため限定円弧法を採用

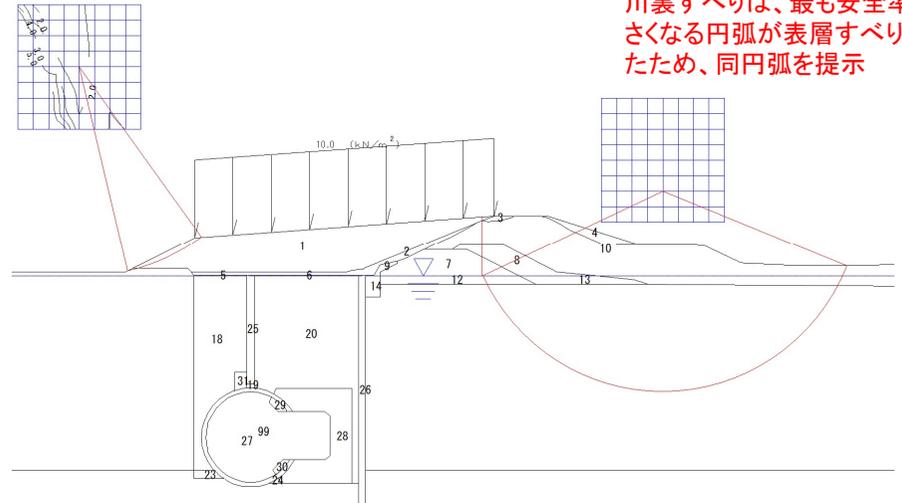
【解析結果に対する考察】

ΔU法およびKh法に対して, すべり安全率が照査基準を上回ることを確認した. このため, 高規格堤防における耐震性は確保されているものと判断する.

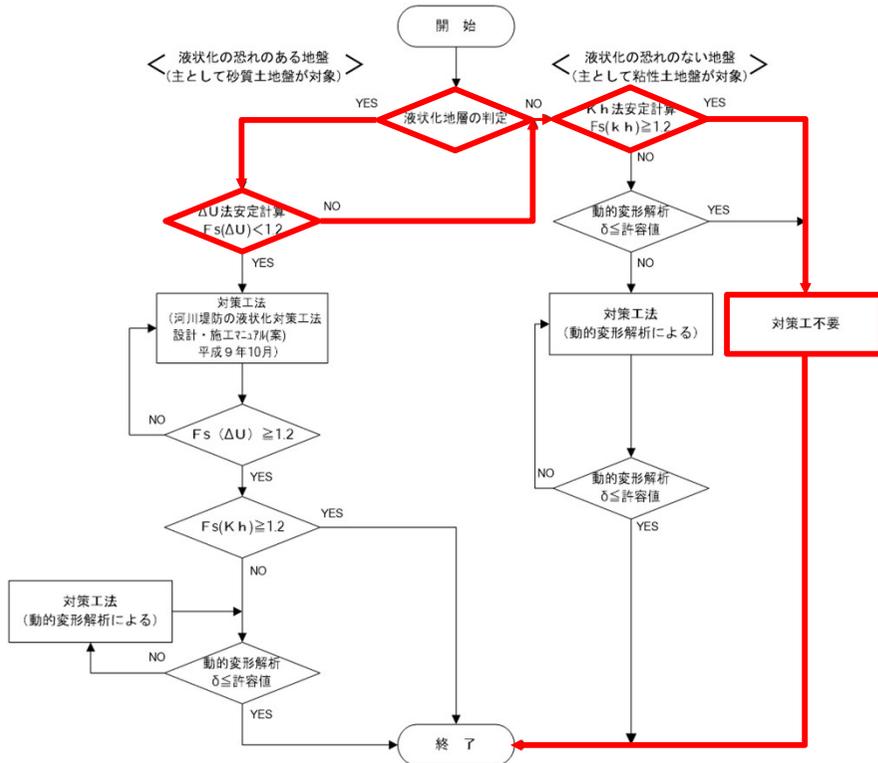
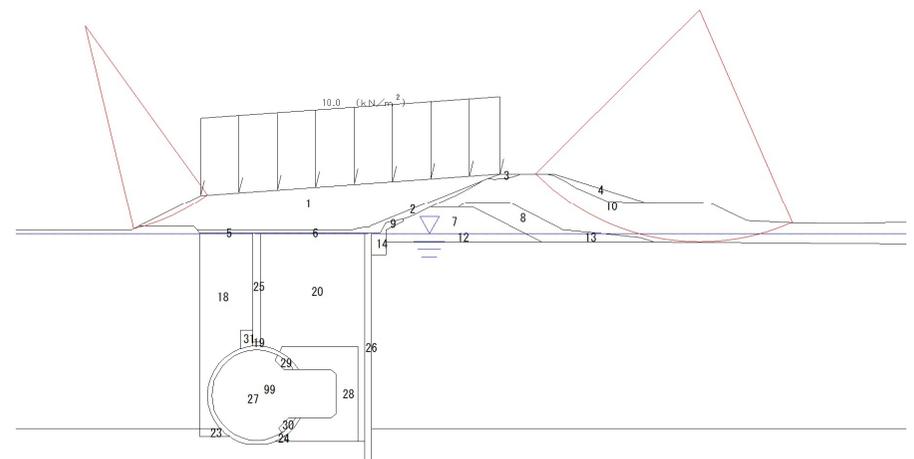
【解析結果および照査結果】

解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.41	ΔU法	1.613	1.2	OK	5.067	1.2	OK
	Kh法	1.260	1.2	OK	1.975	1.2	OK

ΔU法



Kh法



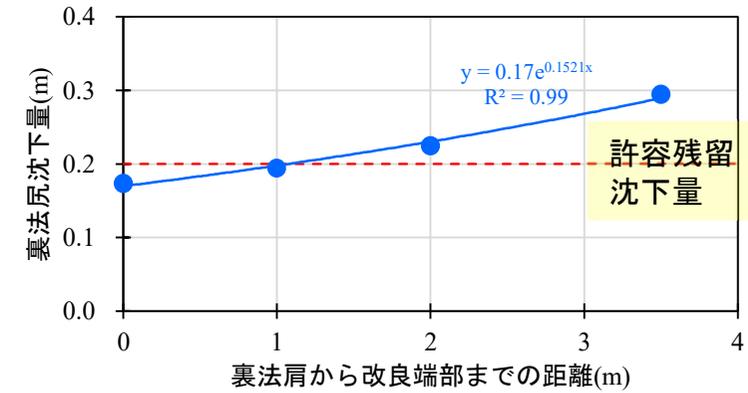
(注1) Δu法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。
 (注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

【追加検討内容】

- ・No.14断面(完成時高規格堤防)に対して、高規格堤防特別区域の許容沈下量を満足する改良幅を把握するための感度解析を行った。
- ・許容沈下量は高規格堤防特別区域内で最も大きかった裏法尻部で評価した。
- ・4ケース(土留め壁からの改良幅:5m, 4m, 3m, 1.5m)
(裏法肩から改良端部までの距離:0m, 1m, 2m, 3.5m)

【追加検討結果】

- ・土留め壁からの改良幅を5mおよび4mとしたケース(土留め壁から裏法肩まで改良したケース)では、許容沈下量を満足する結果となった。それ以外のケースでは許容値を満足しなかった。
- ・裏法肩から改良端部までの距離と裏法尻部の沈下量の関係より、裏法肩から改良端部までの距離が1.0mまでであれば、許容沈下量を満足すると判断する。



検討ケース	ケース1 改良幅: 土留め壁から5m 改良深度: 液状化層下端	ケース2 改良幅: 土留め壁から4m 改良深度: 液状化層下端	ケース3 改良幅: 土留め壁から3m 改良深度: 液状化層下端	ケース4 改良幅: 土留め壁から1.5m 改良深度: 液状化層下端
解析モデル				
解析結果 残留変形図				

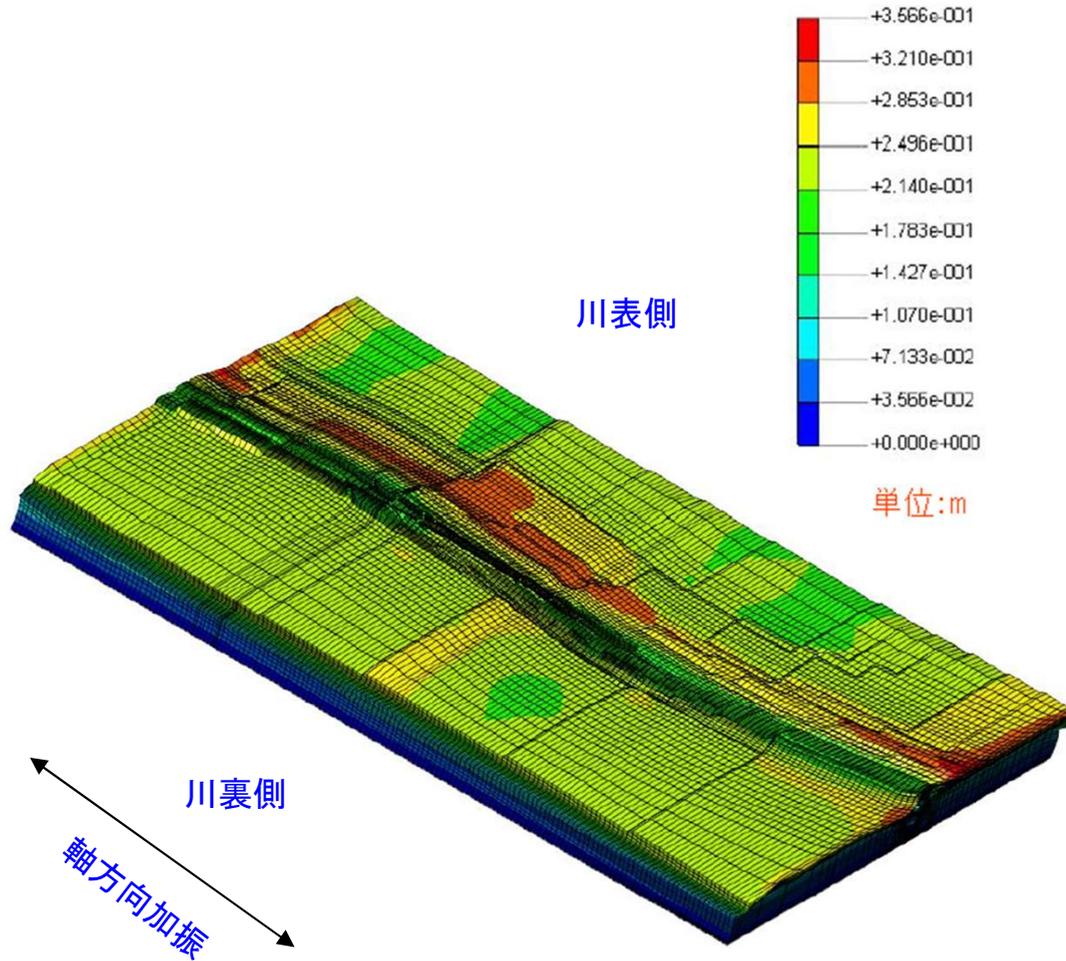
No.14完成時 (高規格堤防考慮) の地盤改良範囲について

- ・道路構造物側に地盤改良を配置するのではなく, **裏法尻側に地盤改良を配置した場合**の検討を実施.
- ・道路構造物側に地盤改良を配置した場合の改良幅は4mであったのに対して, **裏法尻側に地盤改良を配置した場合は改良幅が3mでも許容値を満足することを確認した.**

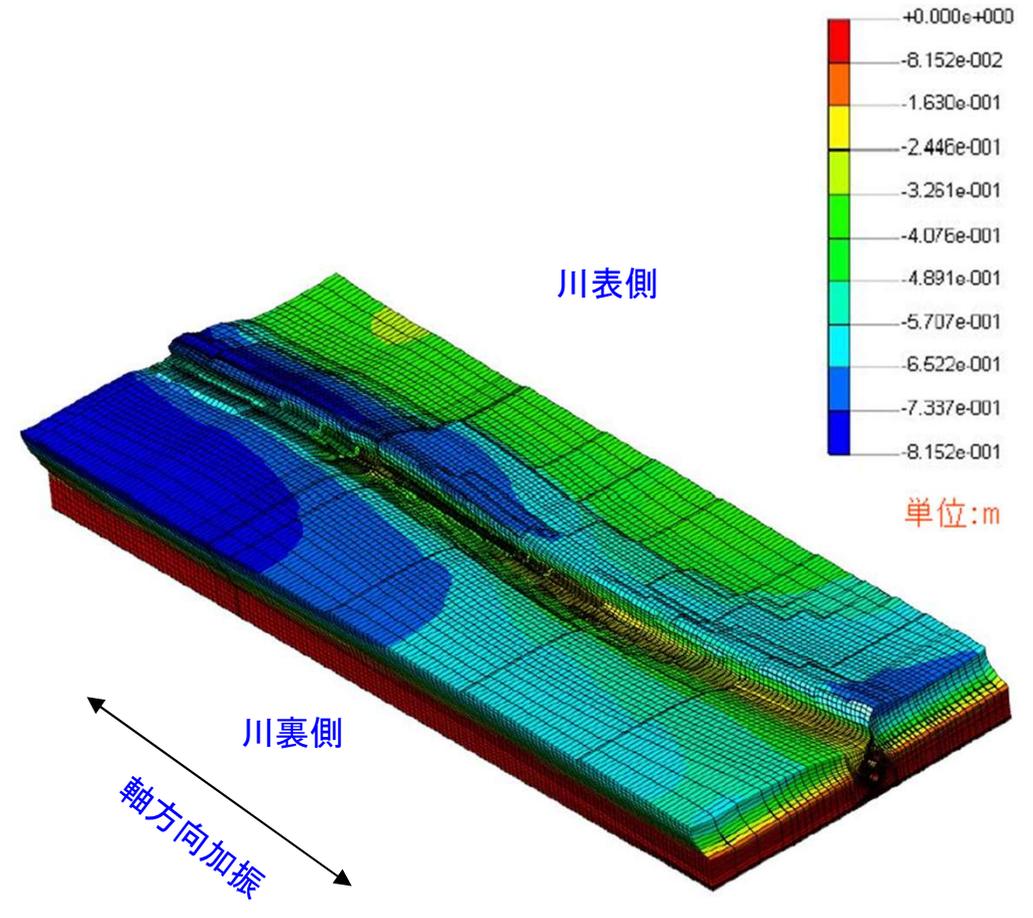
検討 ケース	無対策	対策後	
		①道路構造物側に地盤改良を配置 (改良幅4m)	②裏法尻側に地盤改良を配置 (改良幅3m)
解析 モデル			
解析 結果 残留 変形図	<p>高規格堤防特別区域での最大沈下量: 0.278m > 0.2m NG</p>	<p>高規格堤防特別区域での最大沈下量: 0.127m < 0.2m OK</p>	<p>高規格堤防特別区域での最大沈下量: 0.049m < 0.2m OK</p>

【変位】

構造物の軸方向変位は開削トンネル区間、地盤条件の変化点で比較的変位が大きくなり、構造物周辺では0.3m程度であった。モデル下方から天端に向けて変位応答が増幅しており、中央部付近で変位分布の変化点が認められるが、これは地盤条件の変化が影響したものと考えられる。



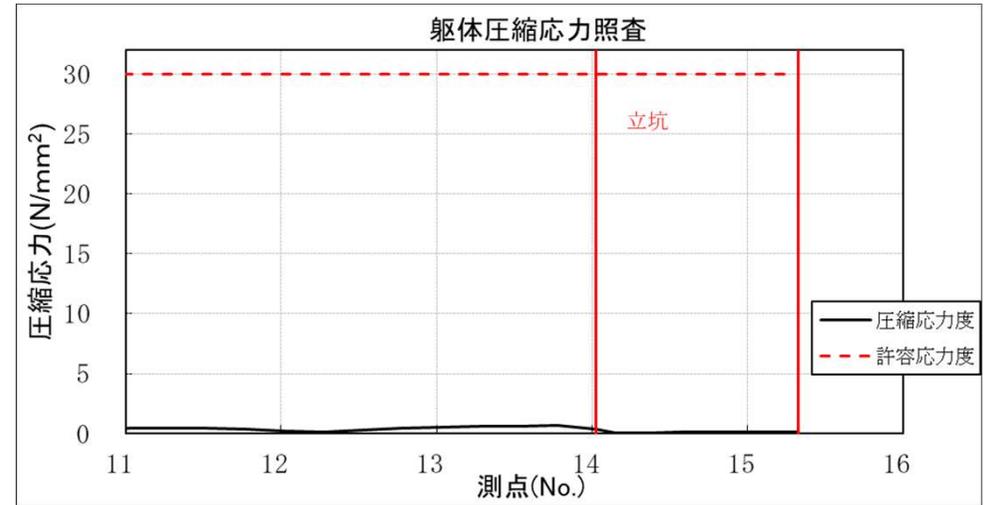
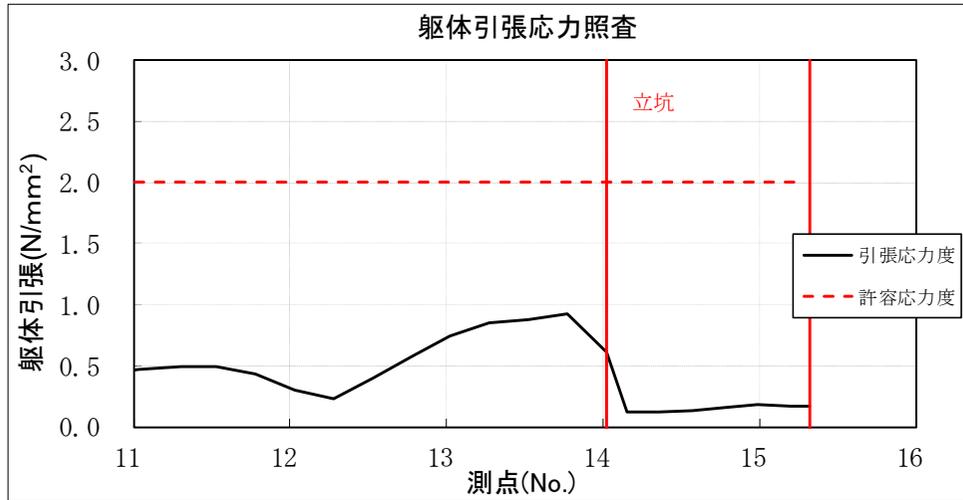
軸方向加振時最大応答変位分布



軸方向加振時最小応答変位分布

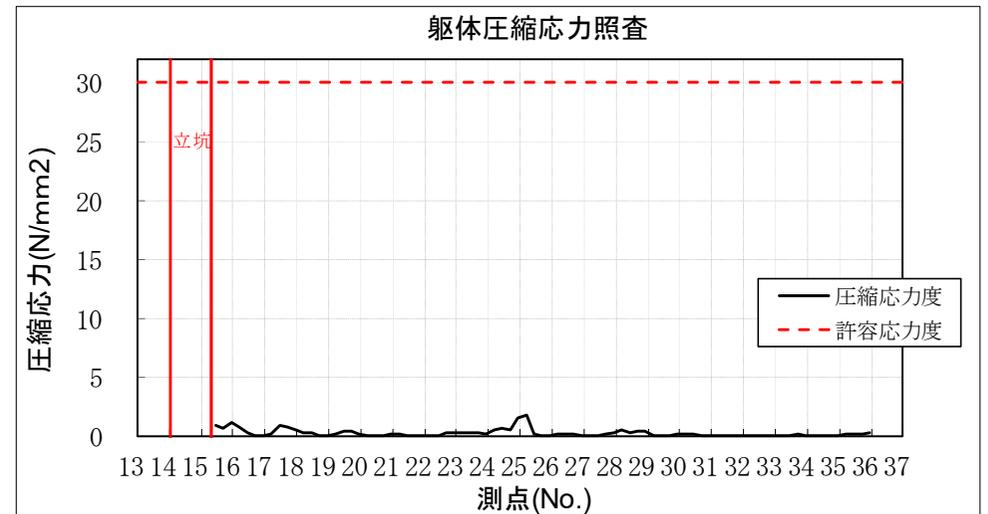
【開削トンネル本線・ランプ躯体の照査】

照査項目である引張・圧縮応力の照査を行った。本線ではそれぞれ照査項目を満足することを確認した。ランプ部では圧縮応力は許容値を満足するものの引張応力では許容値を満足しない結果となった。一方で、2期から引張応力についてはコンクリートの引張応力について照査を実施しており、超過後も鉄筋が抵抗するため、RC部材の曲げ耐力照査を次項で実施した。



引張応力度照査(開削トンネル本線)

圧縮応力度照査(開削トンネル本線)

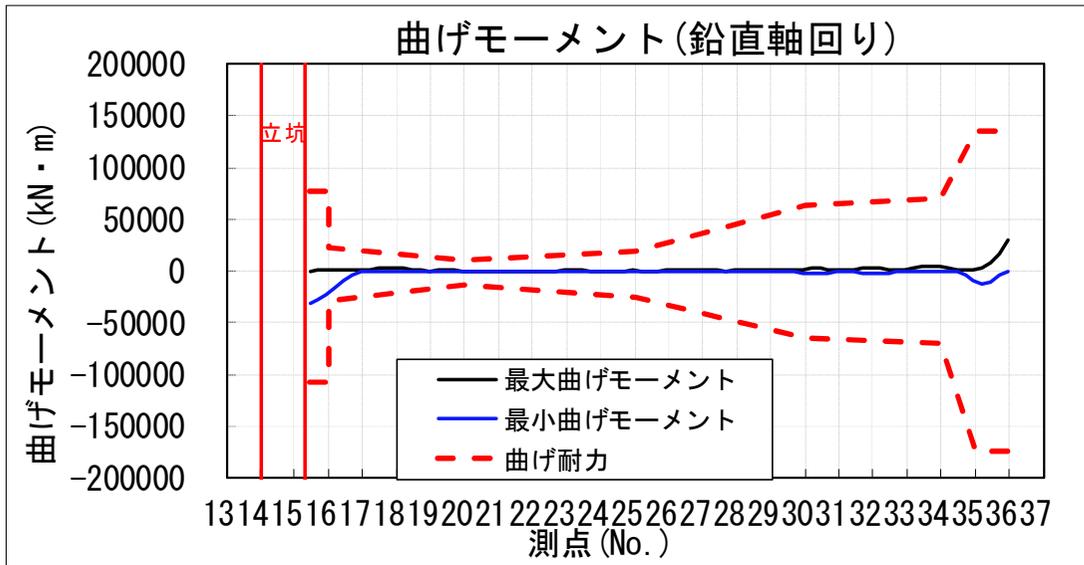


引張応力度照査(ランプ)

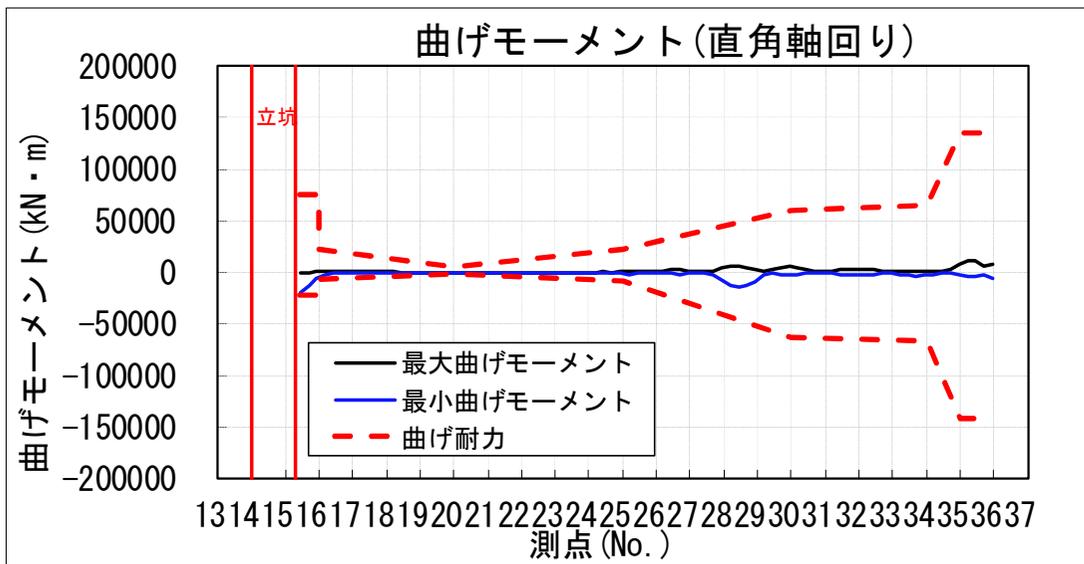
圧縮応力度照査(ランプ)

【開削トンネル本線・ランプ躯体の照査】

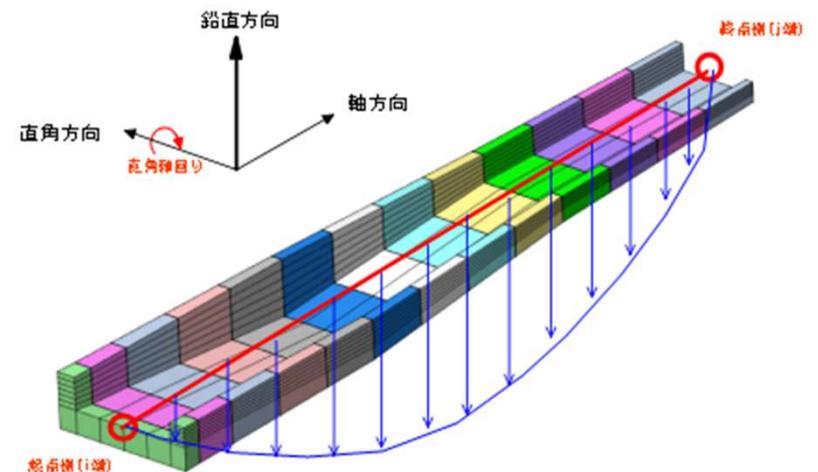
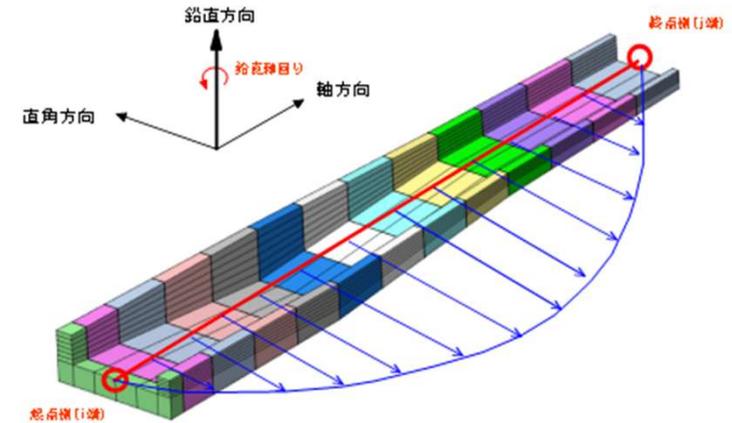
曲げ照査を実施し、許容値以下であることを確認した。この結果より躯体の安全性については問題ないと判断する。



鉛直方向の曲げモーメント照査(ランプ)

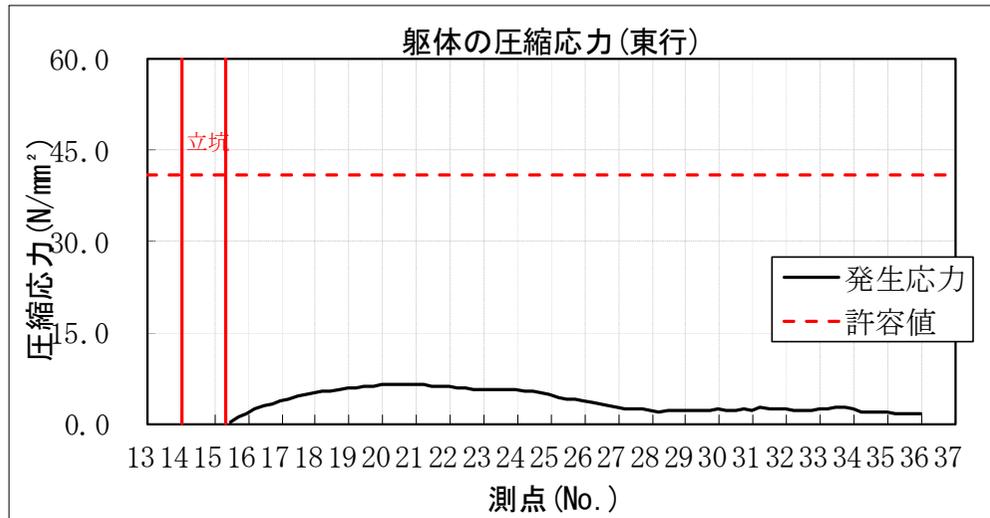


直角方向の曲げモーメント照査(ランプ)

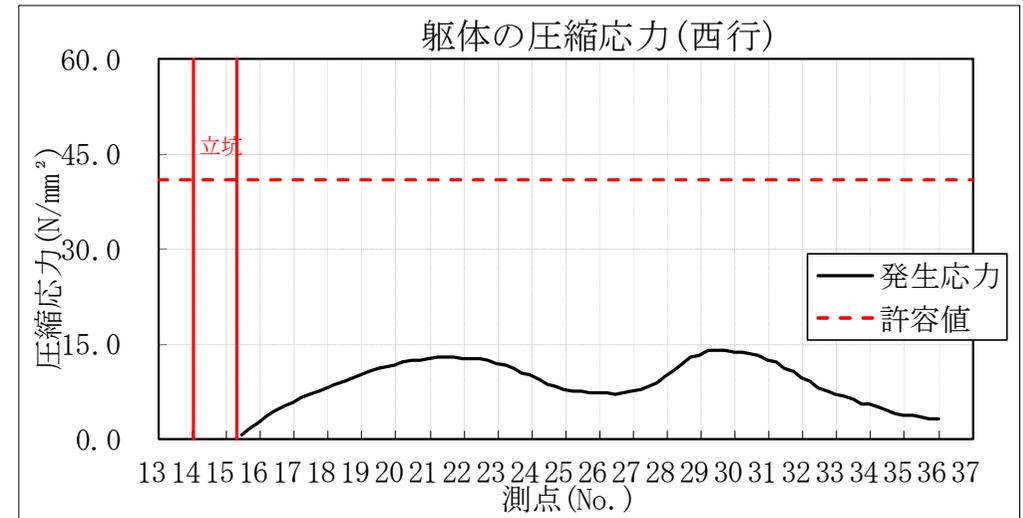


【シールドトンネル躯体の照査】

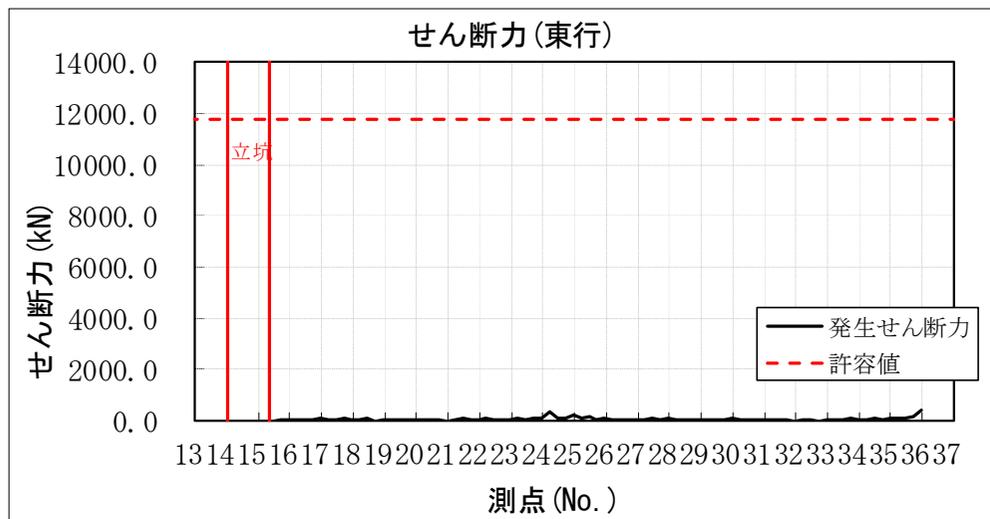
照査項目である圧縮応力とせん断力の照査を行った。シールドトンネル躯体の照査については許容値内であることを確認した。



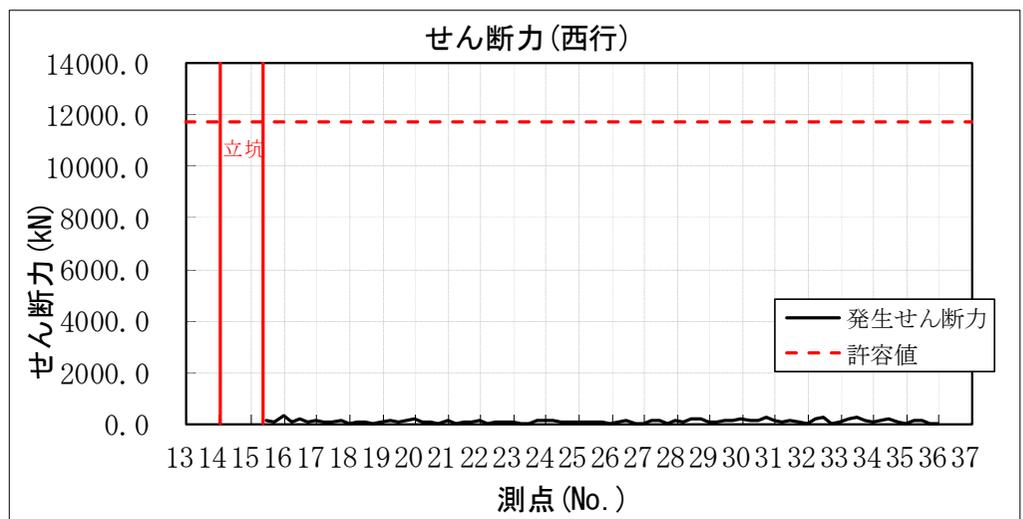
圧縮応力度照査(東行)



圧縮応力度照査(西行)



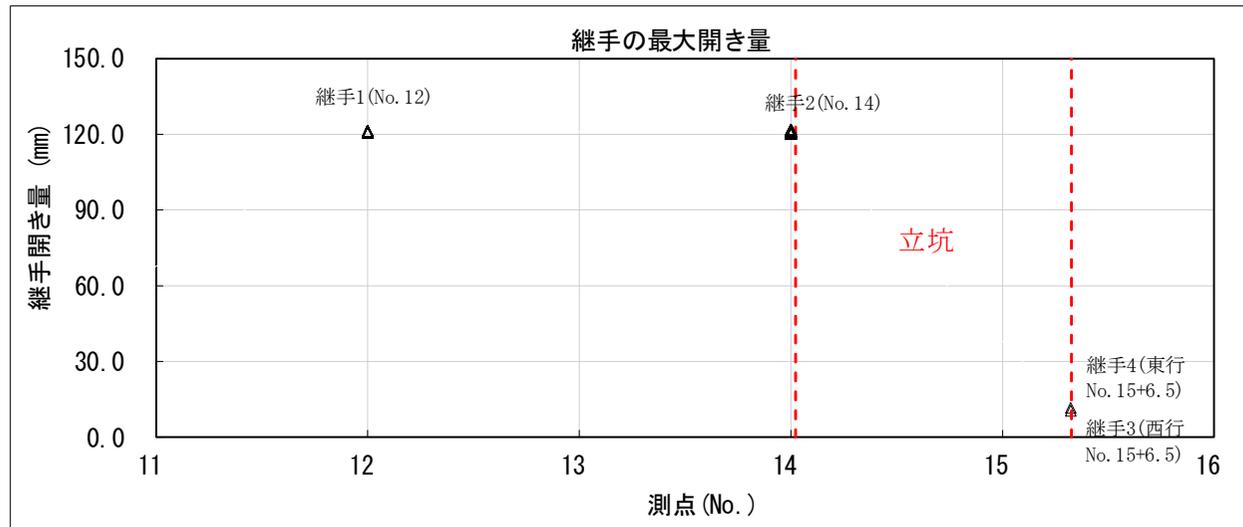
せん断力照査(東行)



せん断力照査(西行)

【開削トンネル本線の継手部目開き量の照査】

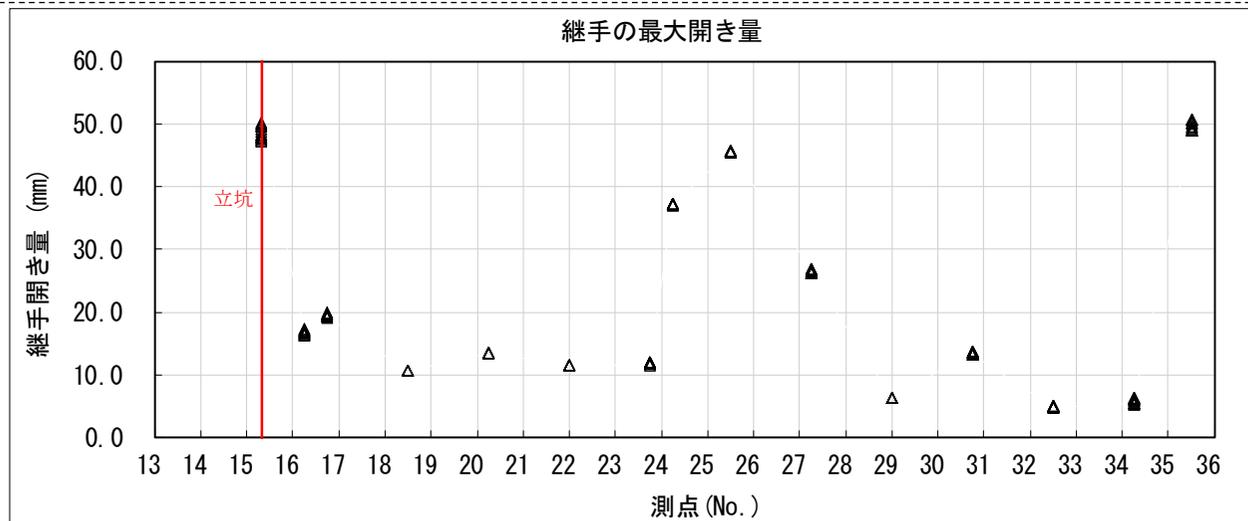
軸方向加振時は立坑接続位置において最大で122mmの開きが生じている。これは、可とう継手を用いることで対応可能な目開き量と考える。
立坑とシールドトンネル間の継手(継手3, 継手4)については可とうセグメントで対応可能な目開き量と考える。



軸方向加振時の継手の最大開き量

【ランプ部の継手部目開き量の照査】

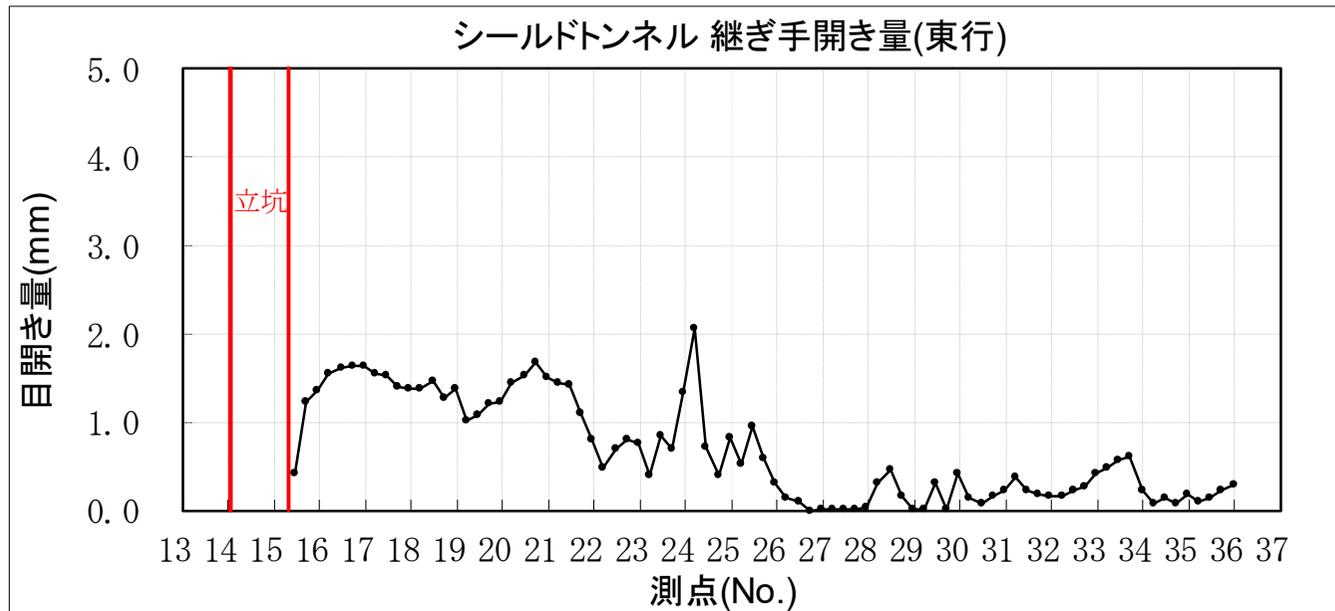
軸方向加振時のランプ部継手目開き量は4~50mm程度であり、立坑との接続部で最大となっている。これは耐震型止水板で対応可能な変形量と考える。



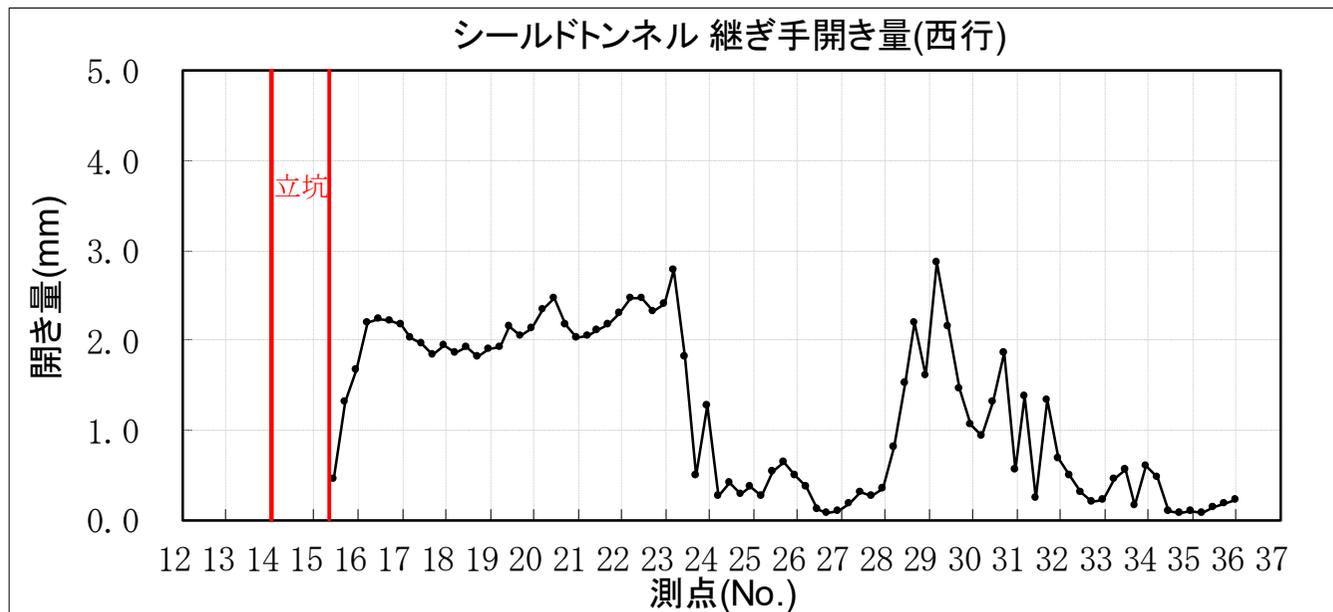
軸方向加振時のランプ部の継手の最大目開き量

【シールドトンネルの継手部目開き量の照査】

軸方向加振時のシールドトンネルの目開き量は東行きで最大2.1mm, 西行きで最大2.8mm程度となっている。これは一般的なシール材で対応可能な変形量と考える。



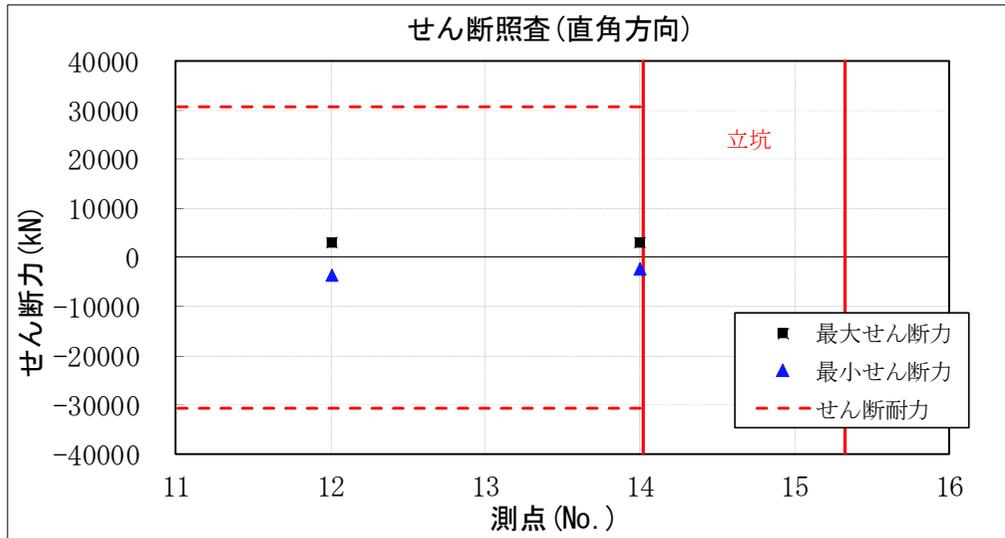
シールドトンネル(東行)目開き量



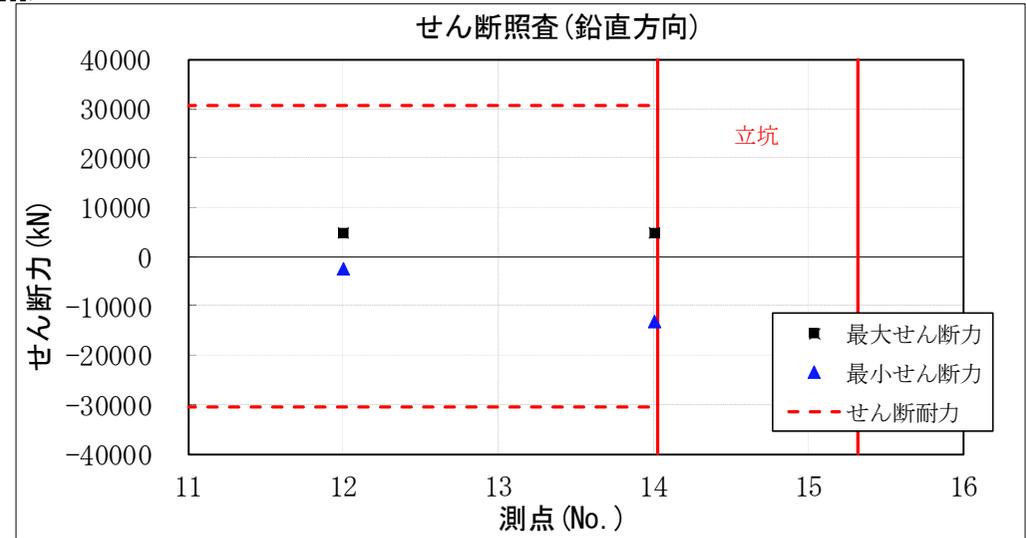
シールドトンネル(西行)目開き量

【開削トンネル本線・ランプの継手部せん断力の照査】

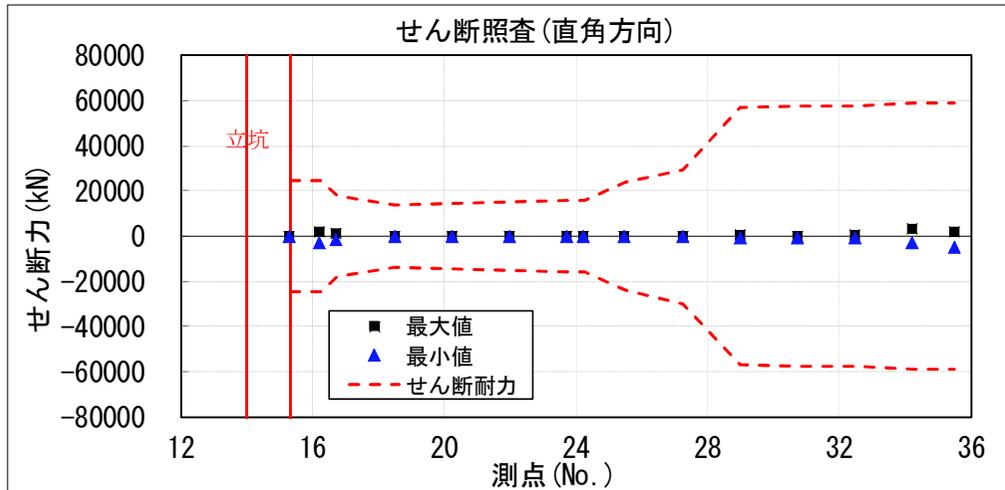
・開削トンネル本線・ランプの継手部せん断力が許容値以下であることを確認した。



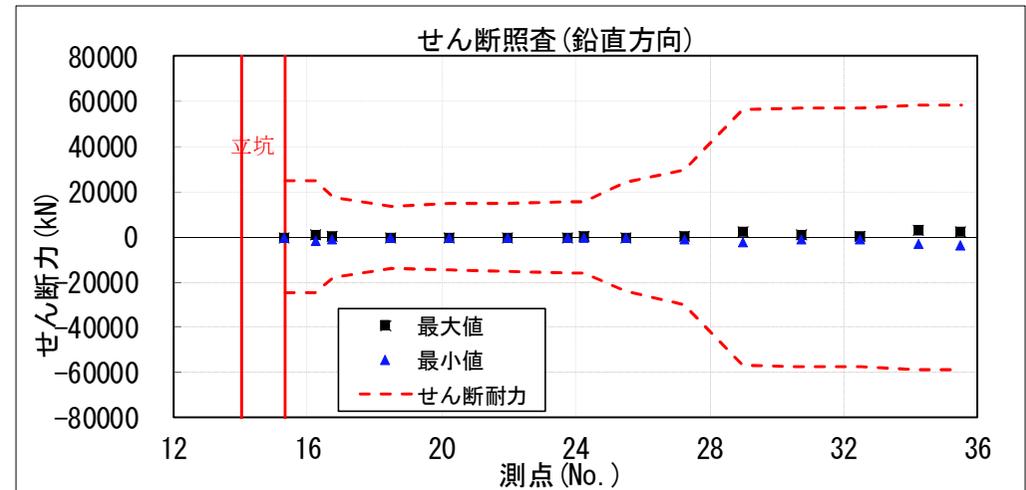
直角方向の継手部せん断応力(開削トンネル)



鉛直方向の継手部せん断応力(開削トンネル)



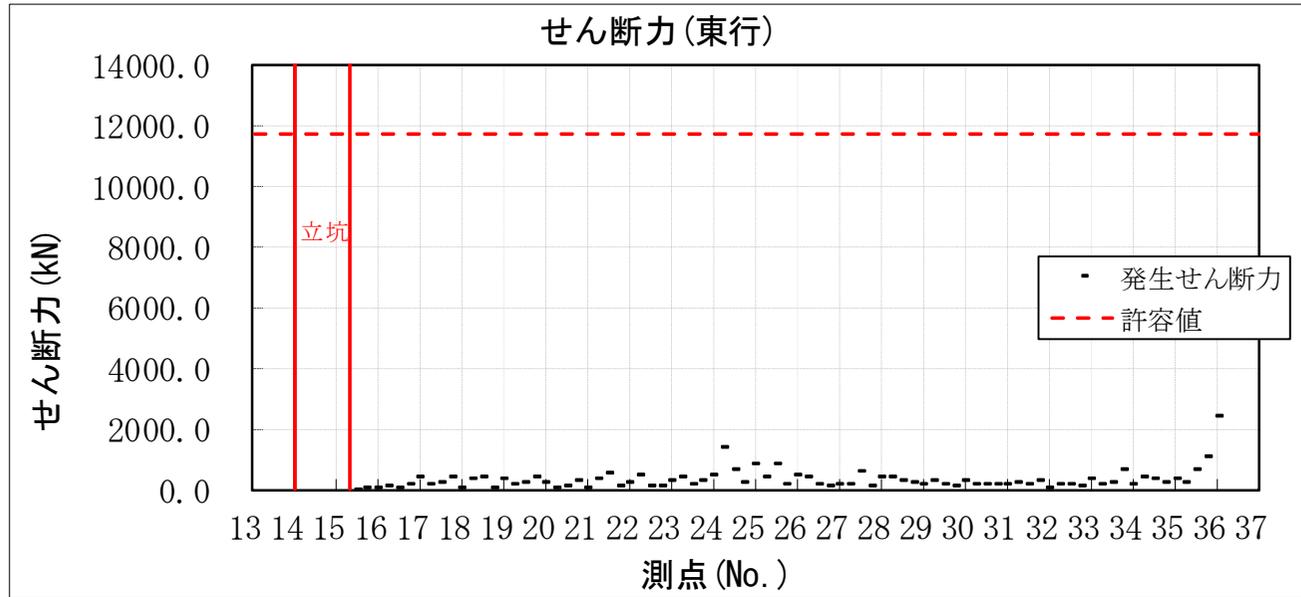
直角方向の継手部せん断応力(ランプ)



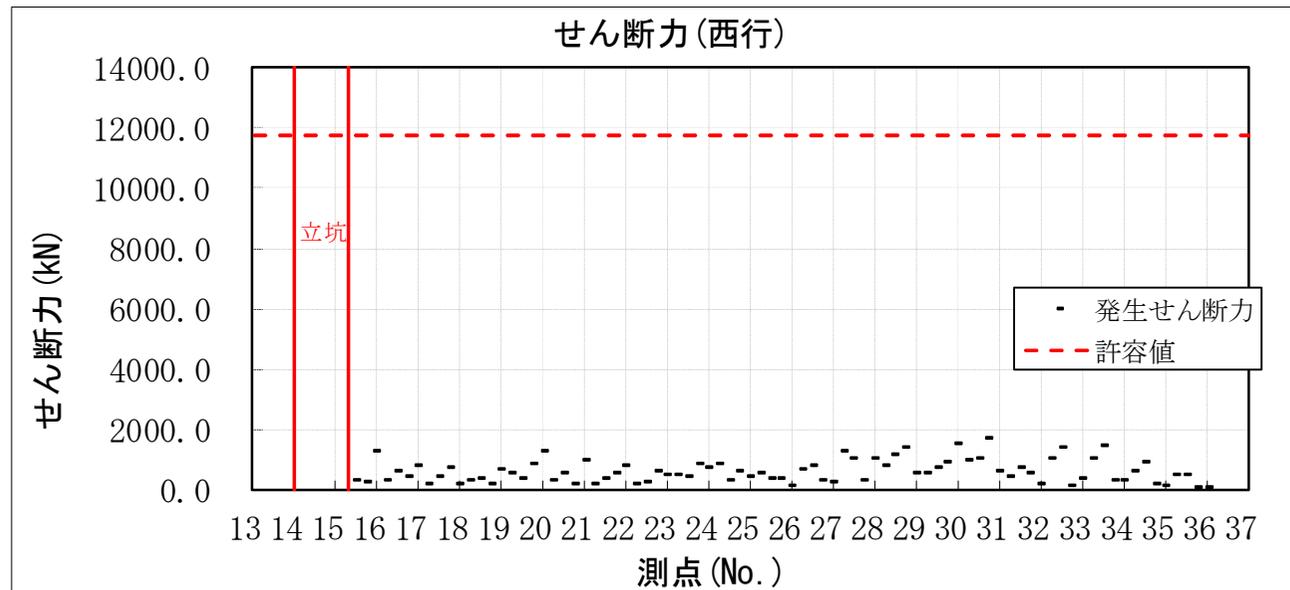
鉛直方向の継手部せん断応力(ランプ)

【シールドトンネルの継手部せん断力の照査】

・シールドトンネルの継手部せん断力が許容値以下であることを確認した。



軸方向加振時の継手部せん断応力(東行)

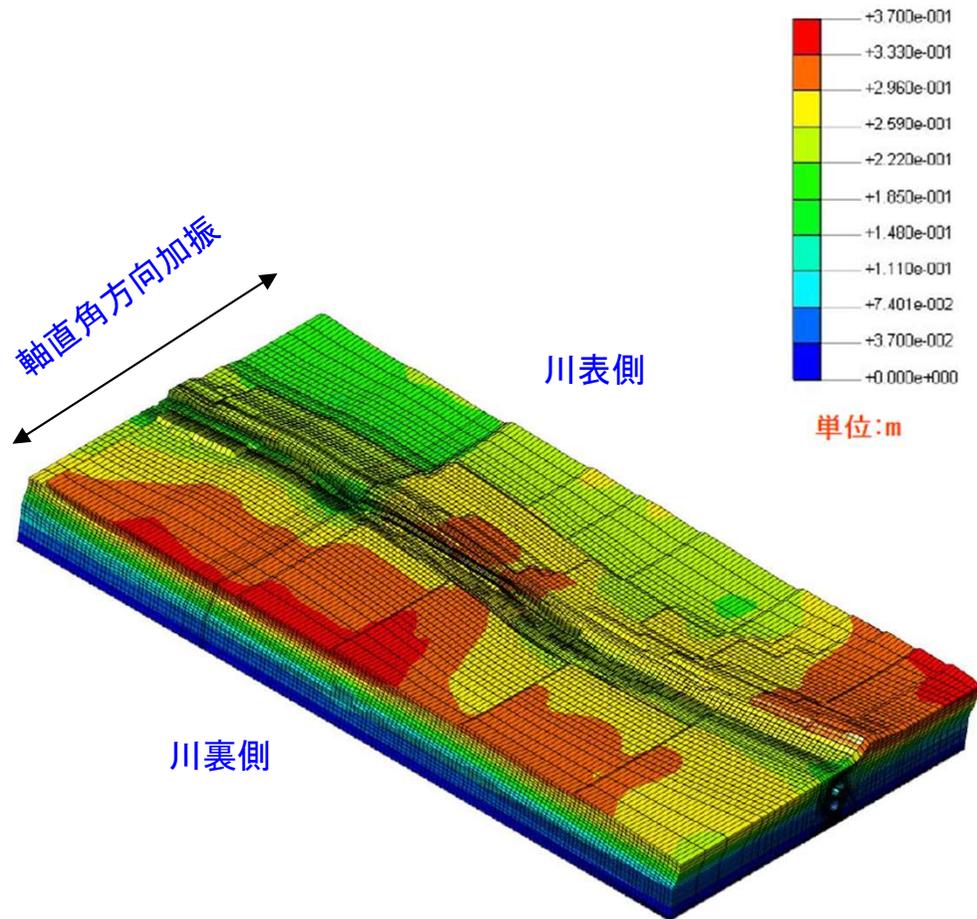


軸方向加振時の継手部せん断応力(西行)

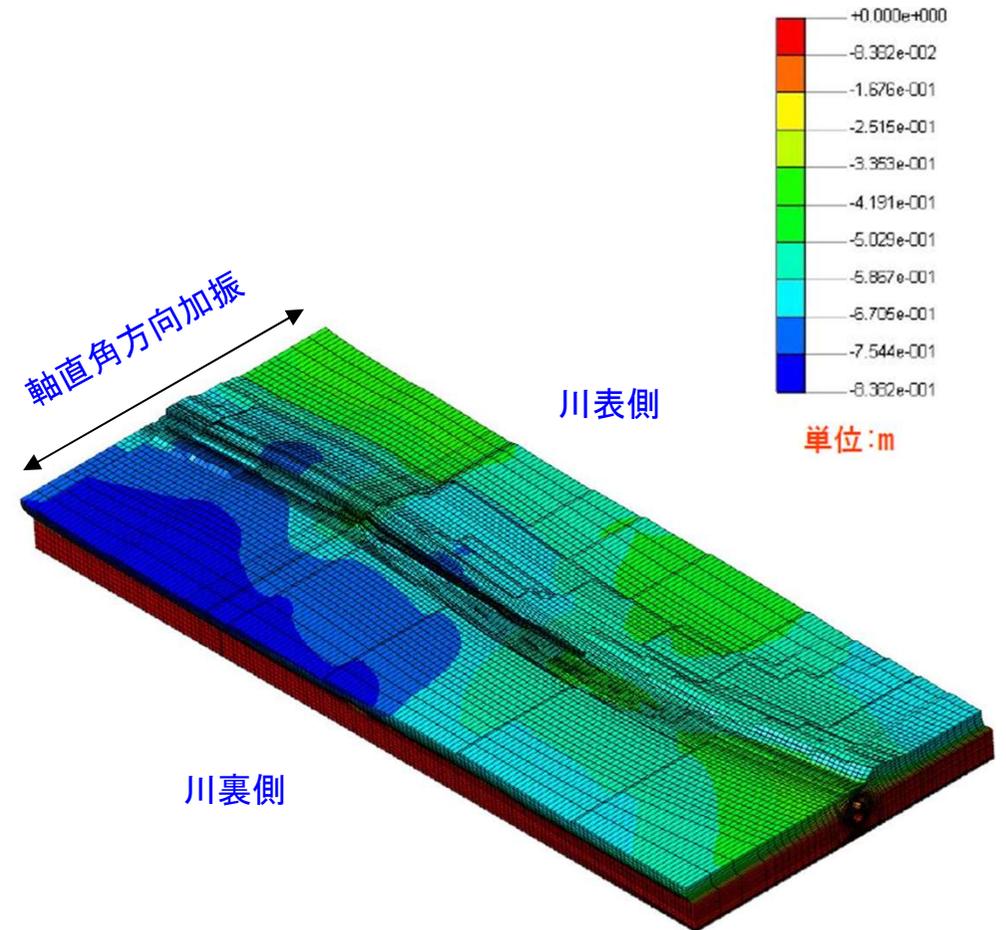
軸直角方向加振時の照査

【変位】

遠方では比較的大きな変位が生じているが、構造物周辺では0.1m程度であり、地盤条件の変化点で0.3m程度であった。モデル下方から天端に向けて変位応答が増幅しているが、中央部付近で変位分布の変化点が認められるが、これは地盤条件の変化が影響したものと考えられる。軸方向の変位の変化について、極端な変化点は見られなかった。



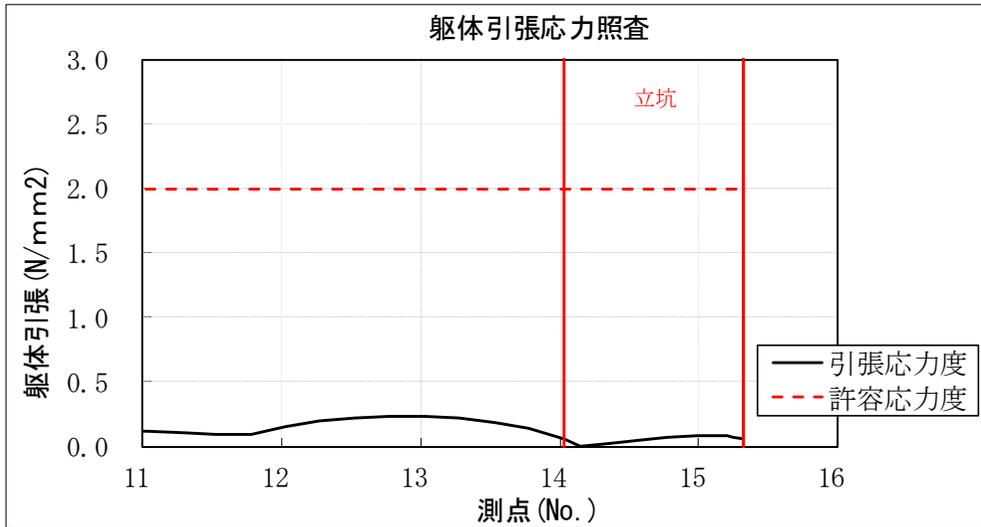
軸直角方向加振時最大応答変位分布



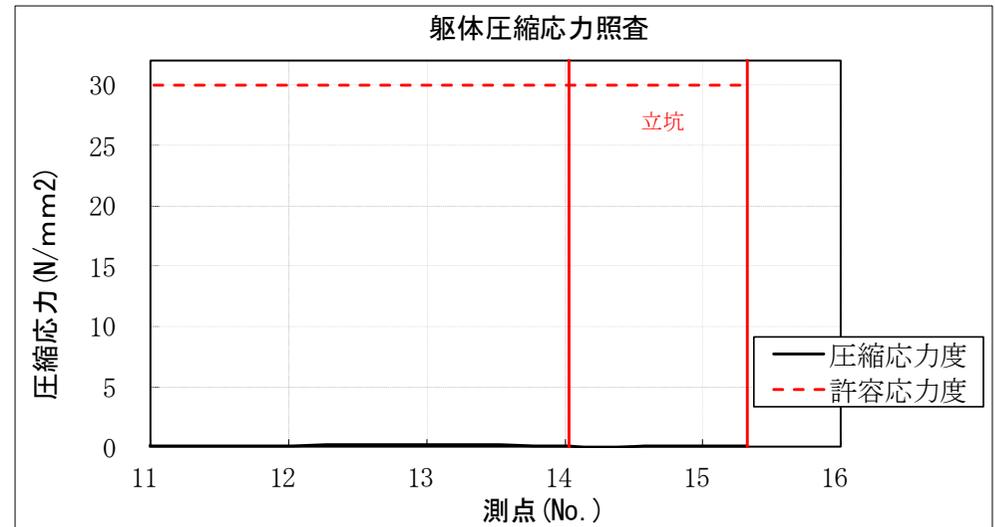
軸直角方向加振時最小応答変位分布

【開削トンネル本線・ランプ躯体の照査】

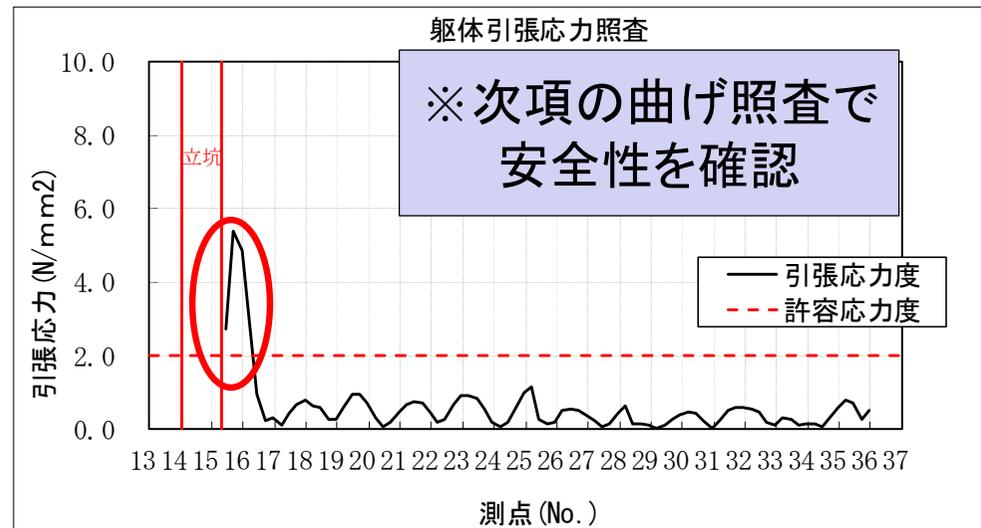
照査項目である引張・圧縮応力の照査を行った。本線ではそれぞれ照査項目を満足することを確認した。ランプ部では圧縮応力は許容値を満足するものの引張応力では許容値を満足しない結果となった。一方で、2期から引張応力についてはコンクリートの照査を実施しており、超過後も鉄筋が抵抗するため、RC部材の曲げ耐力照査を次項で実施した。



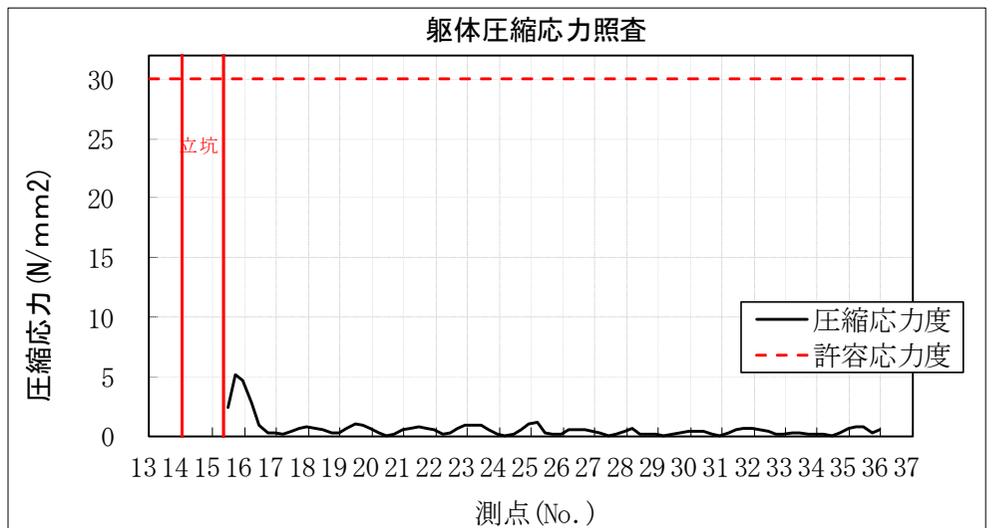
引張応力度照査(開削トンネル本線)



圧縮応力度照査(開削トンネル本線)



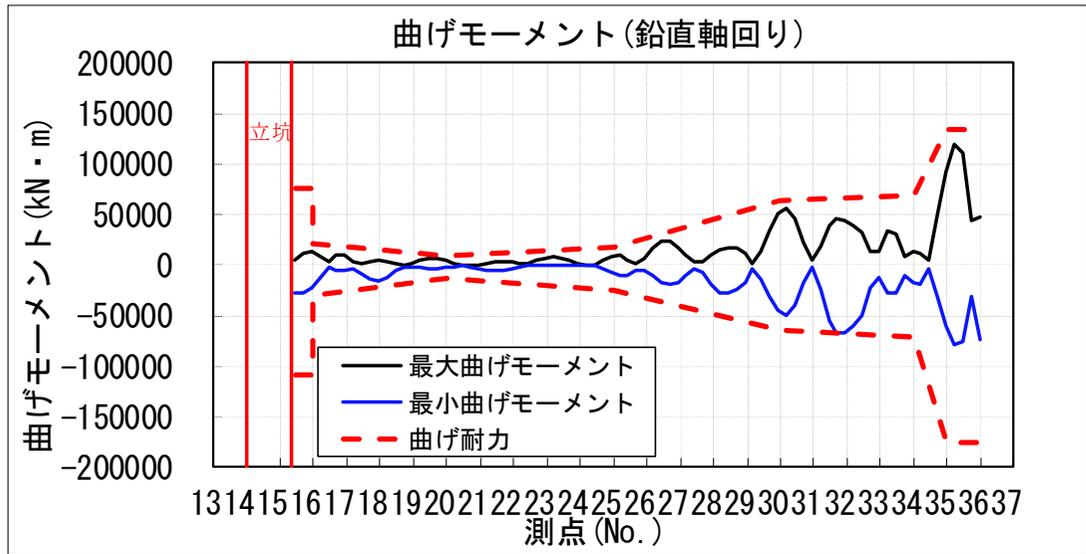
引張応力度照査(ランプ)



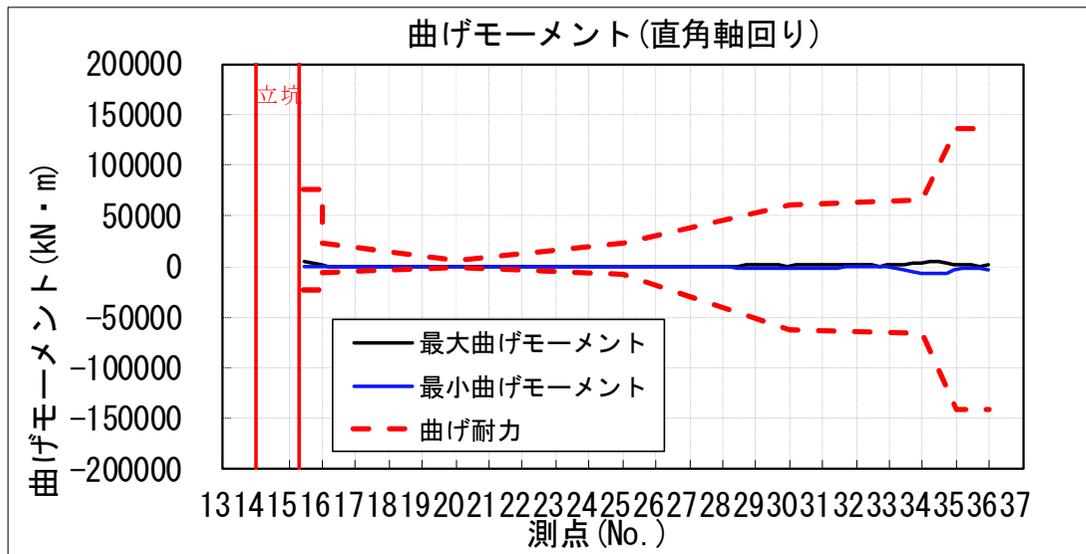
圧縮応力度照査(ランプ)

【開削トンネル本線・ランプ躯体の照査】

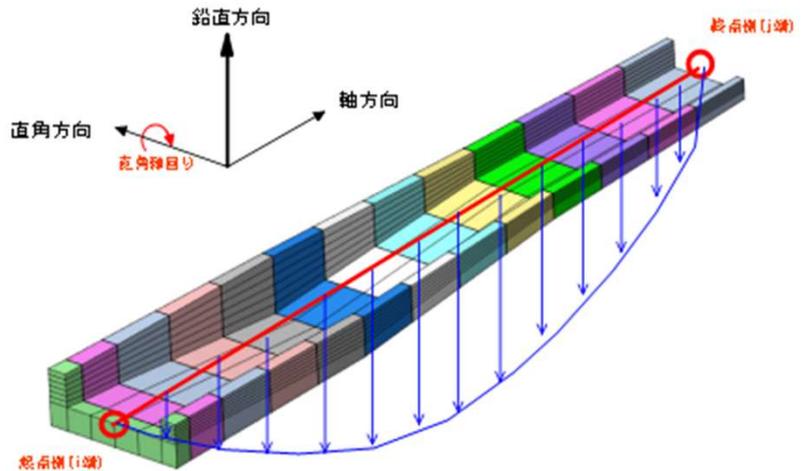
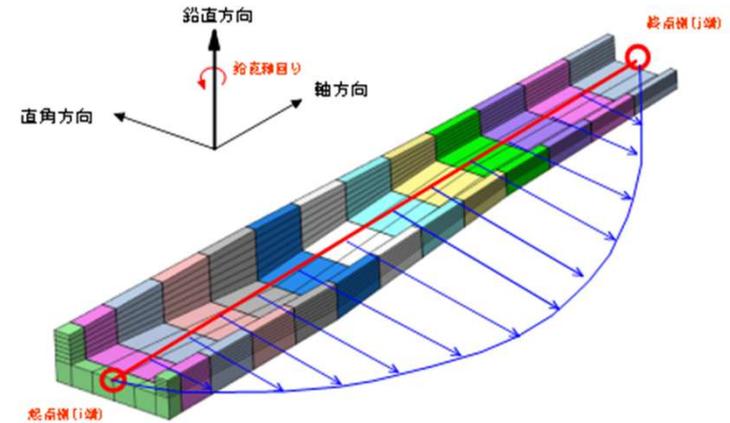
曲げ照査を実施し、許容値以下であることを確認した。



鉛直方向の曲げモーメント照査(ランプ)

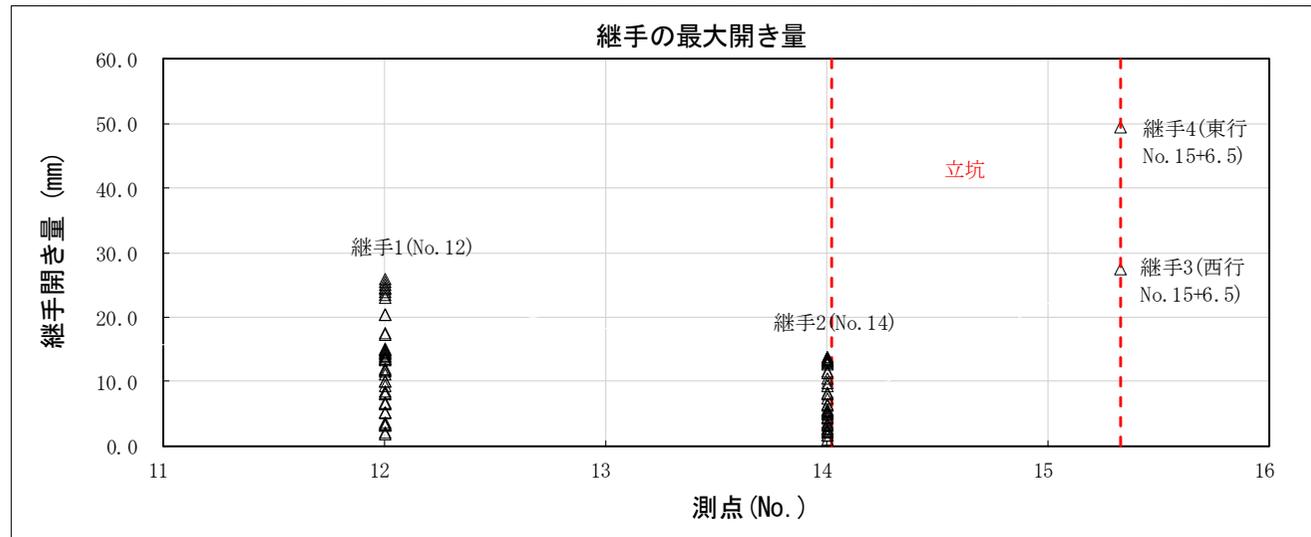


直角方向の曲げモーメント照査(ランプ)



【開削トンネル本線の継手部目開き量の照査】

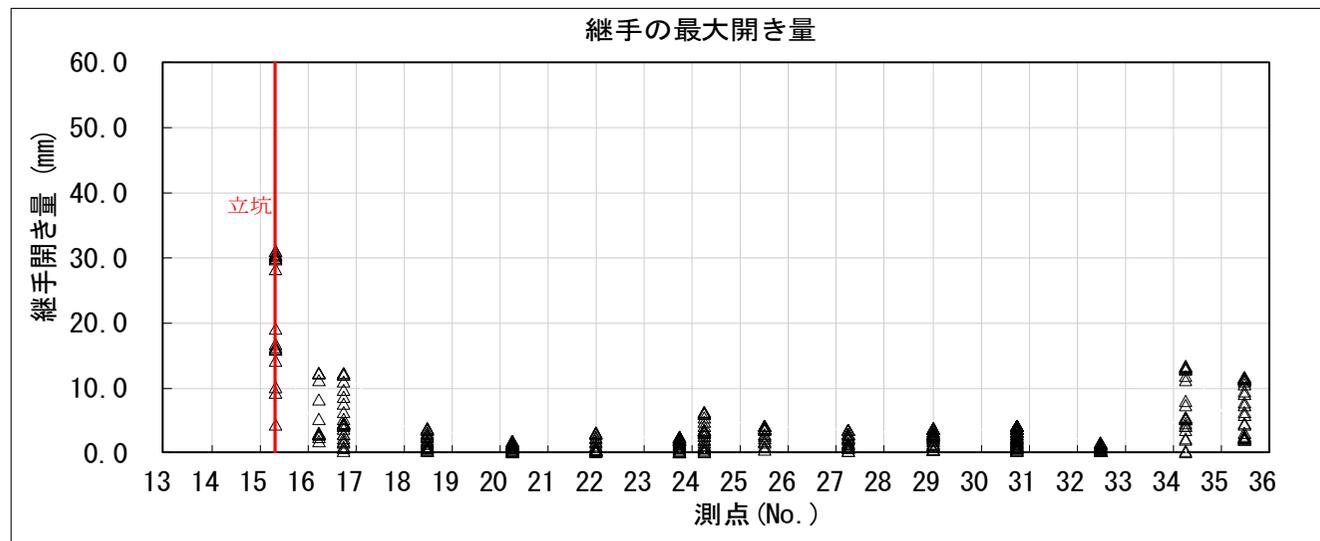
- ・立坑より西側の本線開削トンネルでは軸直角方向加振時は最大で約28mmの開きが生じている。これは、一般的な継手に対応可能な目開き量と考える。
- ・立坑とシールドトンネル間の継手(継手3, 継手4)については可とうセグメントに対応可能な目開き量と考える。



軸直角方向加振時の開削トンネル本線の継手の最大開き量

【ランプ部の継手部目開き量の照査】

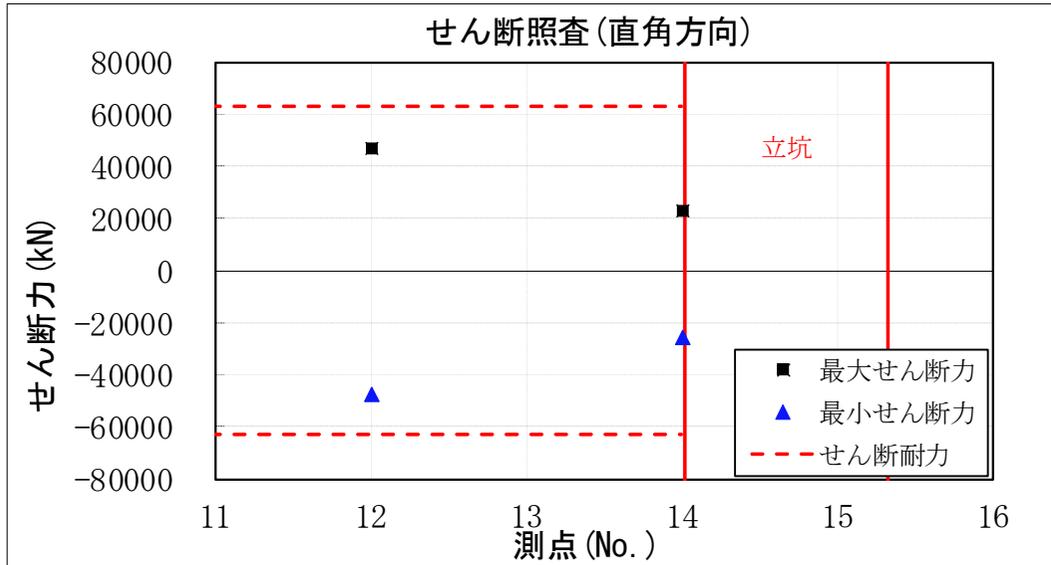
- ・軸直角方向加振時のランプ部継手目開き量は最大で30mm程度であり、立坑接続位置で最大となっている。これは耐震型止水板に対応可能な変形量と考える。



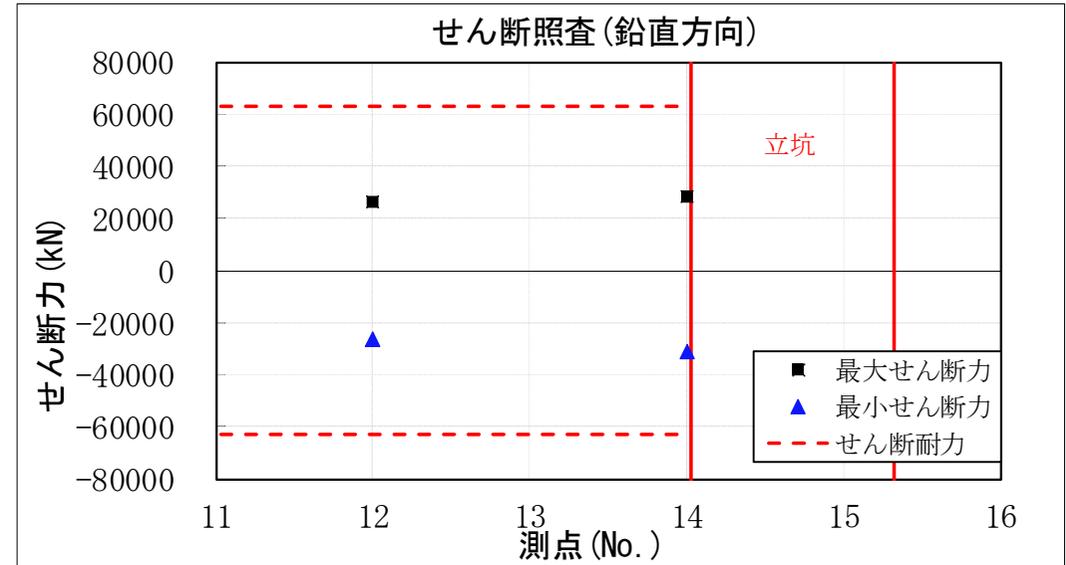
軸方向加振時のランプ部の継手の最大目開き量

【開削トンネル本線の継手部せん断応力の照査】

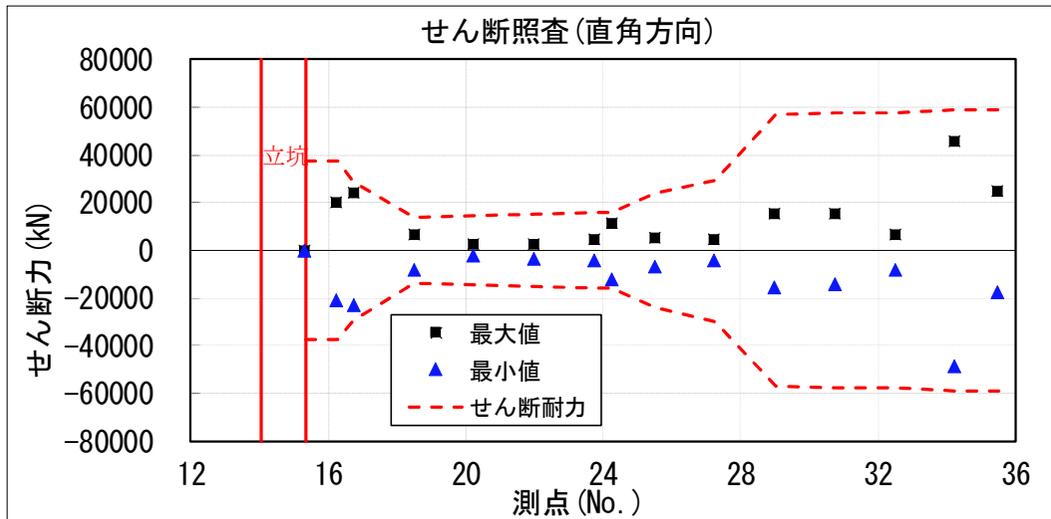
・開削トンネル本線部については、せん断力について、許容値を満足することを確認した。一方でランプ部については立坑接続部で大きなせん断力が生じることが判明した。



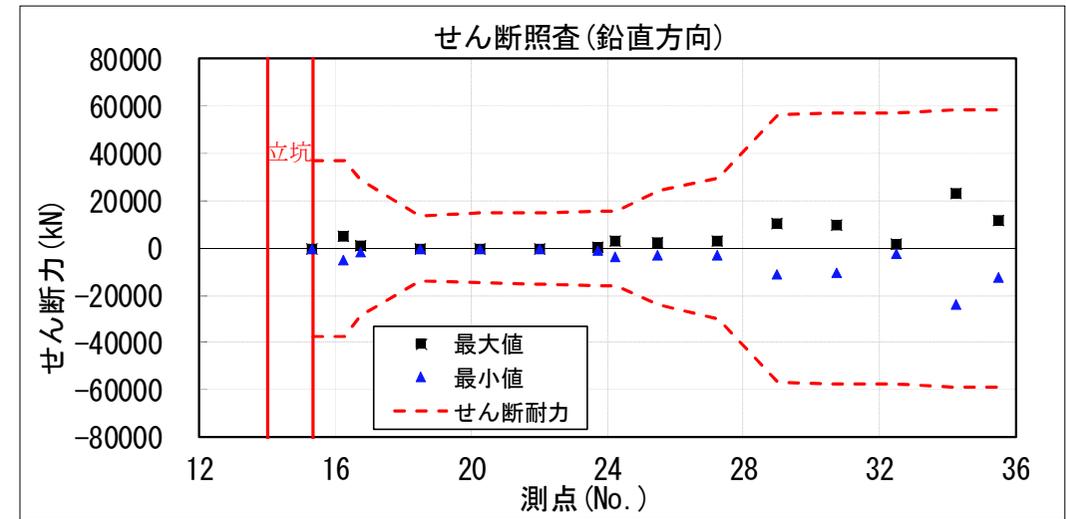
直角方向の継手部せん断応力(開削トンネル)



鉛直方向の継手部せん断応力(開削トンネル)



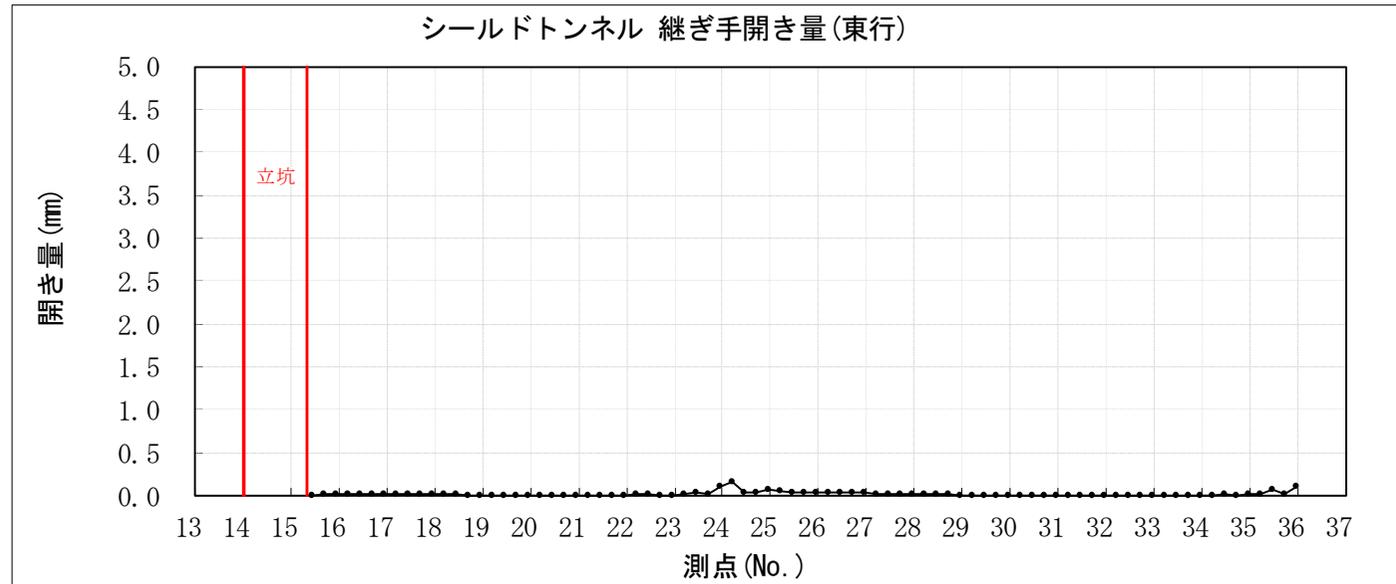
直角方向の継手部せん断応力(ランプ)



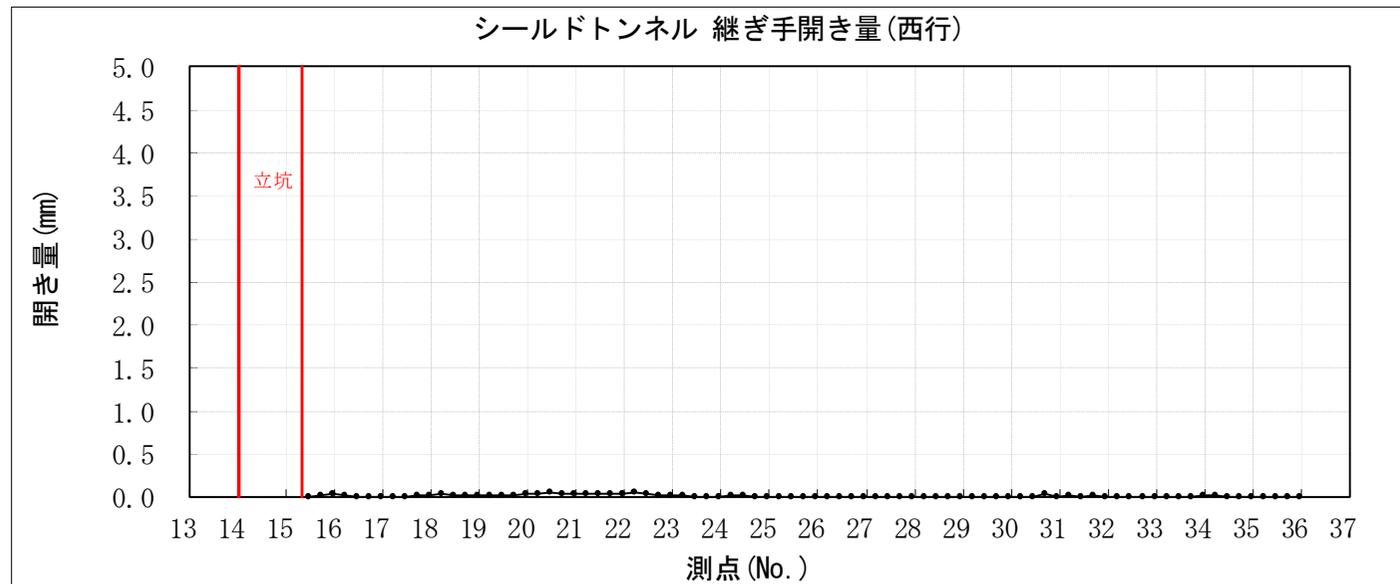
鉛直方向の継手部せん断応力(ランプ)

【シールドトンネルの継手部目開き量の照査】

軸直角方向加振時のシールドトンネルの目開き量は東行きで最大0.16mm, 西行きで最大0.06mm程度となっている. これは一般的なシール材で対応可能な変形量と考える.



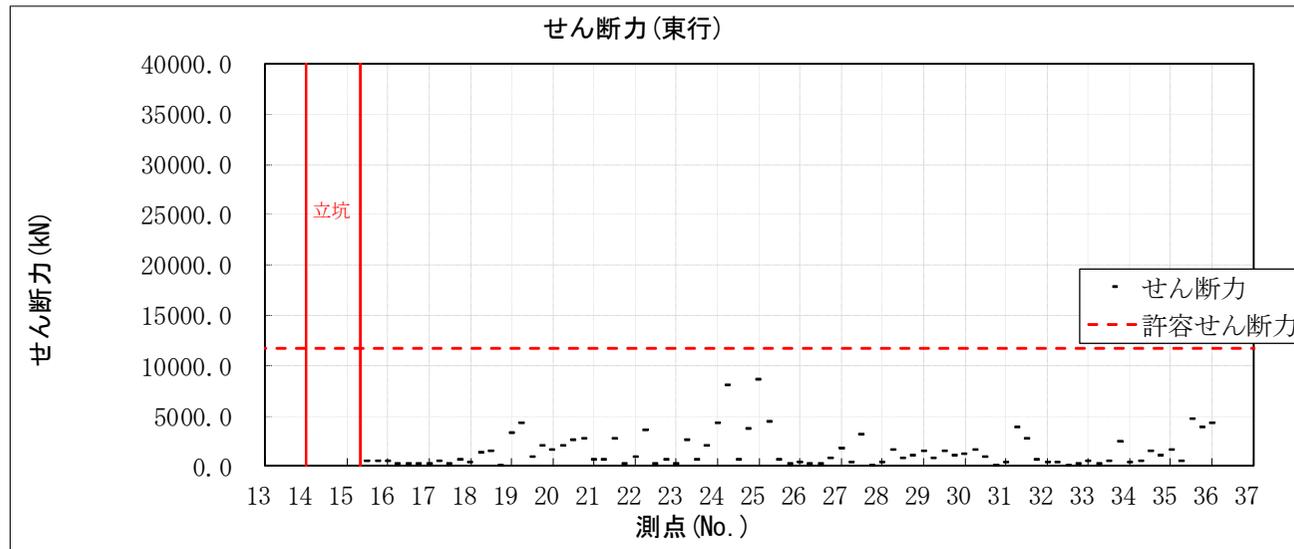
シールドトンネル(東行)目開き量



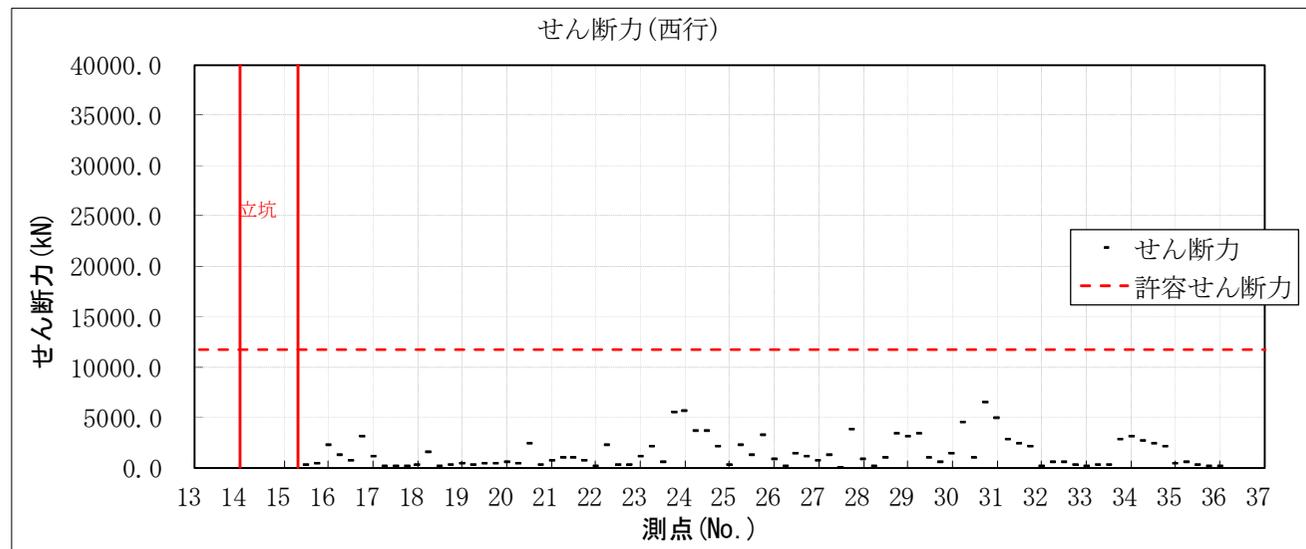
シールドトンネル(西行)目開き量

【シールドトンネルの継手部せん断力の照査】

・シールドトンネルの継手部せん断力について、地質条件が変化するNo.24やU型擁壁からBOX構造に変化する坑口付近(No.30)でせん断力が大きくなる傾向にはあるが、すべての断面で許容値以下であることを確認した。



軸直角方向加振時の継手部せん断力(東行)



軸直角方向加振時の継手部せん断力(西行)

不同沈下に対する修復の容易性検証

1次元圧密解析

【解析目的】

道路構造物の継手からの漏水・土砂流入に対する安全性を大局的に評価することを目的に、縦断方向に一次元圧密沈下解析を実施する。

解析結果より、道路構造物中央部の縦断方向の相対変位差を確認し、縦断方向の段差が局所的に大きく生じないかを把握する。

【解析条件】

- 地盤条件：無対策地盤（構造物なし）
- （延伸区間の圧密沈下対策工：固結工法が計画）
- 上載荷重：南岸線の道路利用を想定した荷重（淀川左岸線（2期）と同等の上載荷重）
- 解析地点：道路構造物中央に位置する地点

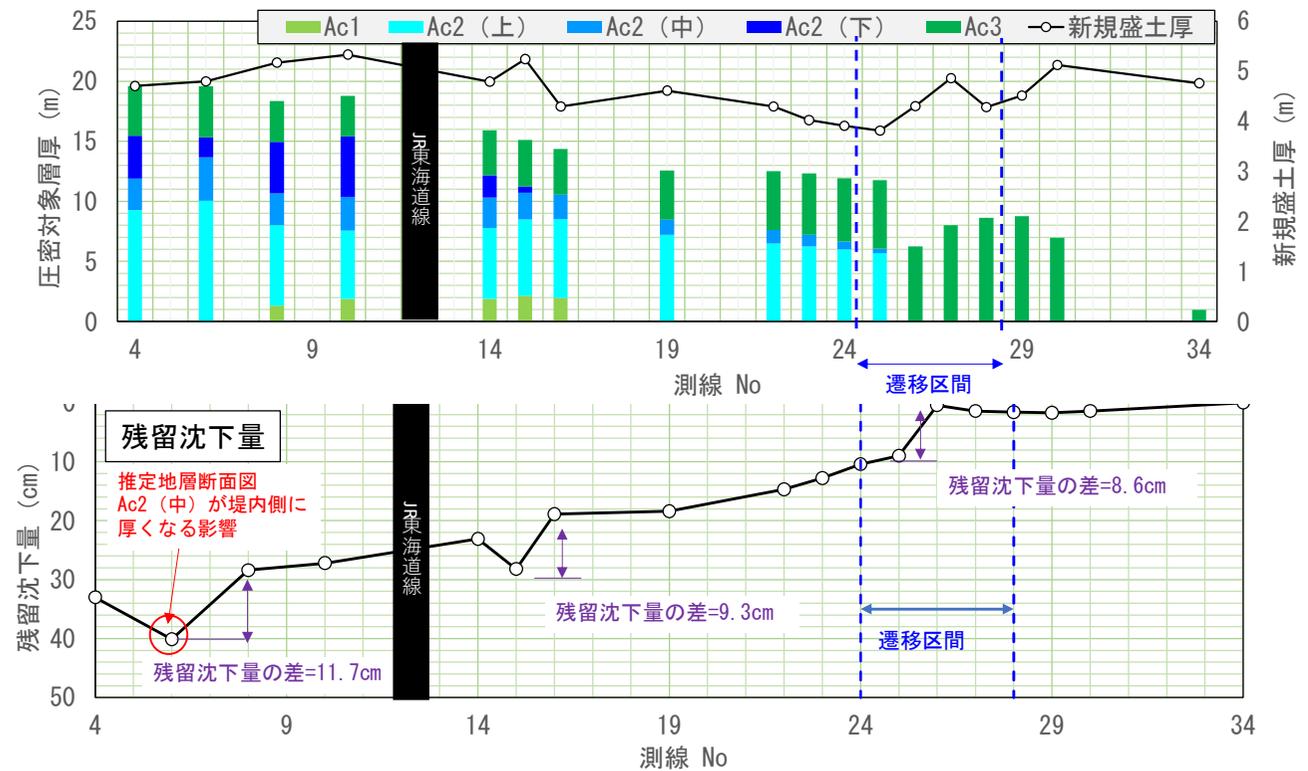
【検討結果の概要】

圧密沈下に伴う基礎地盤の地盤変状は、上載荷重、沖積粘性土層厚が変形量に大きく起因する。本検討では、上載荷重は概ね5m前後で一定である。一方、沖積層粘性土層厚は、No.4からNo.34に向かって徐々に減少する。

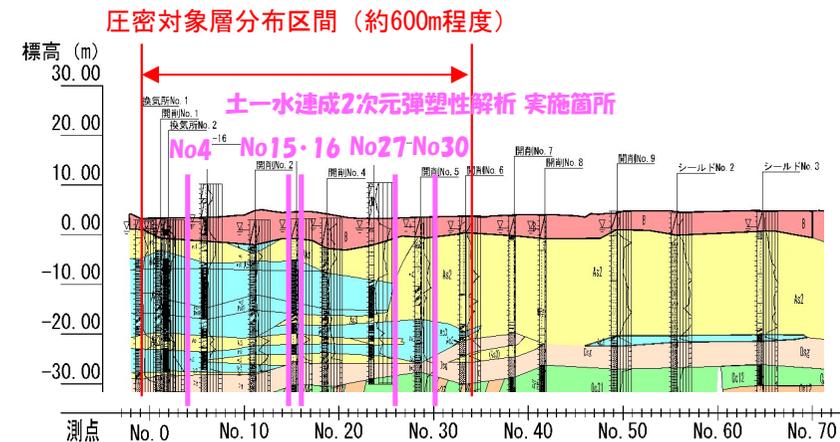
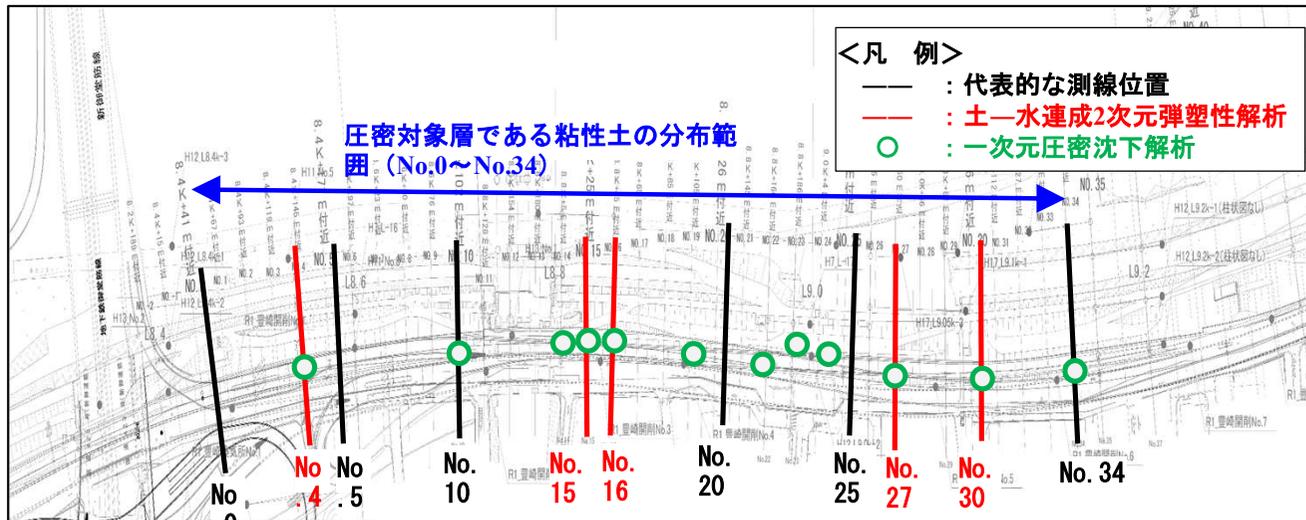
縦断方向の一次元圧密沈下解析した結果、圧密による残留沈下量はNo.6で最も大きく40cm程度であり、終点側に近づくほど残留沈下量は小さく傾向となる。

残留沈下量が急変している箇所は、No6, No15, No26付近である。No6付近は、圧密しやすいAc2(上)・(中)が特に厚く、前後断面に比べてやや沈下量が大きく発生している。

【新規盛土厚・圧密対象層厚・残留沈下量】



注）新規盛土厚・圧密対象層厚は、計算実施地点のみ表示



2次元圧密解析

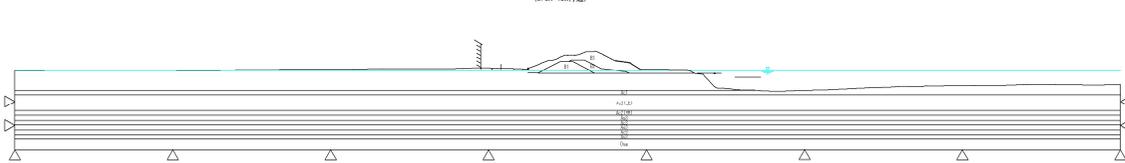
■解析断面：No. 16(遷移層：粘性土) (道路本線：シールドトンネル区間)

【境界条件図・解析モデル図】

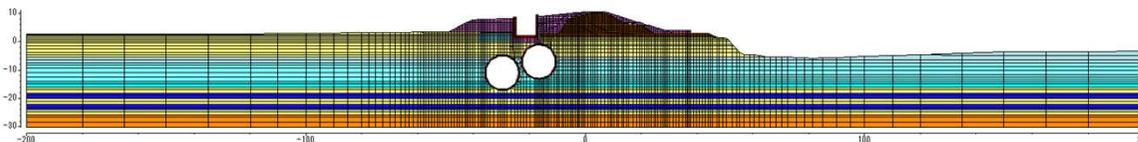
- ・解析モデル下端：洪積砂礫土(Dsg層)
- ・モデル化範囲：モデル高さの5倍程度に設定
- ・境界条件：底面境界は固定し、側方境界には鉛直ローラー
- ・上載荷重：南岸線の道路利用を想定した荷重(淀川左岸線(2期)と同等の上載荷重)
- ・排水条件：モデル下端および左右端の水頭を固定

<境界条件図>

図 No. 16-00 (B: 80×45m²位)



<解析モデル図>



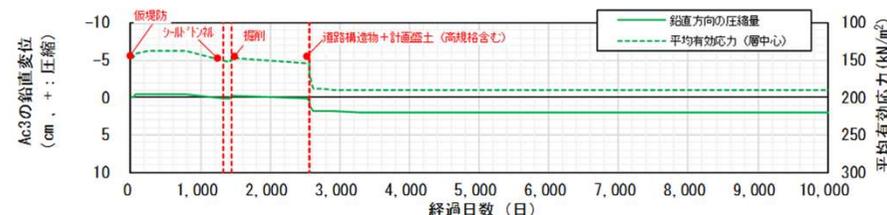
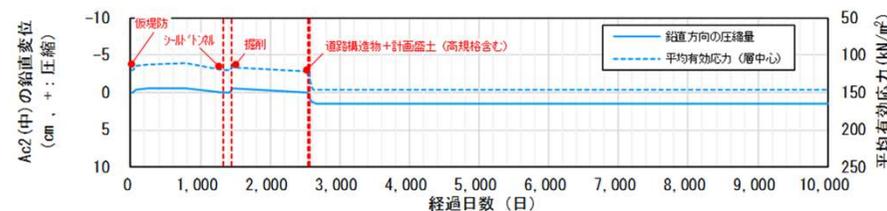
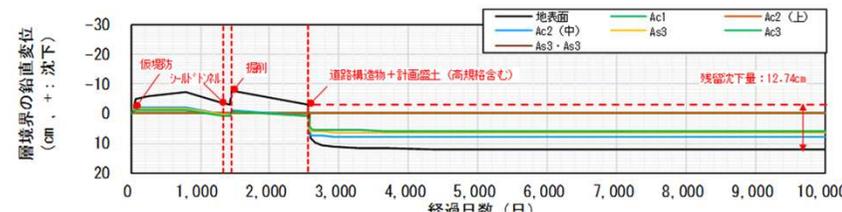
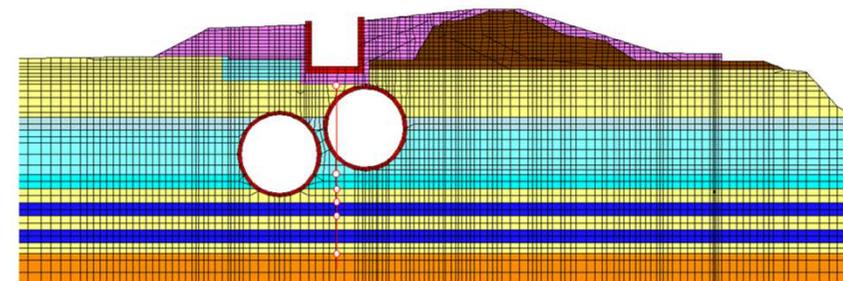
【解析に用いる土質パラメータ】

設定土質	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	変形係数 E_m (kN/m ²)	圧密特性		
			圧縮指数 C_c	膨潤指数 C_s	過圧密比 OCR
B (改修・修補)	18.2	12,600	-	-	-
B (改良)	20.0	12,600	-	-	-
B (運河埋立)	20.0	9,100	-	-	-
As1	19.2	9,585	-	-	-
Ac1	17.8	-	0.270	0.027	2.91
Ac2 (上)	16.8	-	0.682	0.068	1.30
Ac2 (中)	17.1	-	0.386	0.039	1.63
As3	19.5	14,700	-	-	-
Ac3	18.1	-	0.410	0.041	1.38
Dsg	20.0	48,700	-	-	-

【解析結果：道路構造物の沈下に対する安全性・供用性 (U-④)】

■土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 16 評価位置 道路構造物(中央) 評価項目 地盤変状・応力

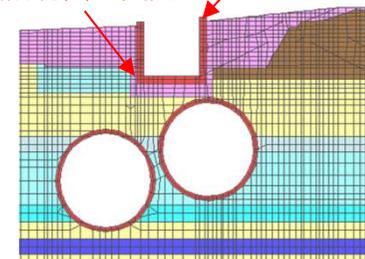


【考察】

計画盛土(高規格盛土を含む)を瞬間載荷した場合の沈下量は、第4回委員会で示した沈下量(13.9cm)に比べ、やや少ないの12.7cmである。

これは、ランプ幅が約1.5m程度広がったことにより、高規格堤防の盛土荷重が分散された影響と考える。

【主な変更点】 ランプ幅の変更
掘削範囲の変更



・圧密沈下に伴う堤防高の確保 (18-⑬, 19-⑥)

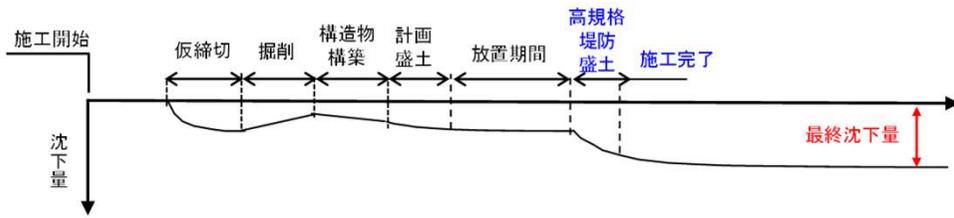
圧密沈下による堤防の変形および変形による道路構造物の損傷はもとより、道路構造物を取り囲む地盤部での水みちの発生や周辺地盤の引き込み沈下が生じると考え、施工ステップを考慮した地盤挙動を精緻に評価することのできる土-水連成2次元弾塑性解析により堤防の最終沈下量を照査する。

【照査基準 (既往の基準)】

- 高規格堤防盛土設計・施工マニュアル (平成12年度 (財) リバーフロント整備センター)
- 道路土工軟弱地盤対策工指針 (平成24年度 (公社) 日本道路協会)
- 開削トンネル設計指針 (平成20年10月一部改訂阪神高速道路株式会社)
- 設計基準第3部構造物設計 (土構造物編) 第8編シールドトンネル (平成29年4月 阪神高速道路株式会社)

【照査項目：圧密沈下に伴う堤防高の確保 (18-⑬, 19-⑥)】

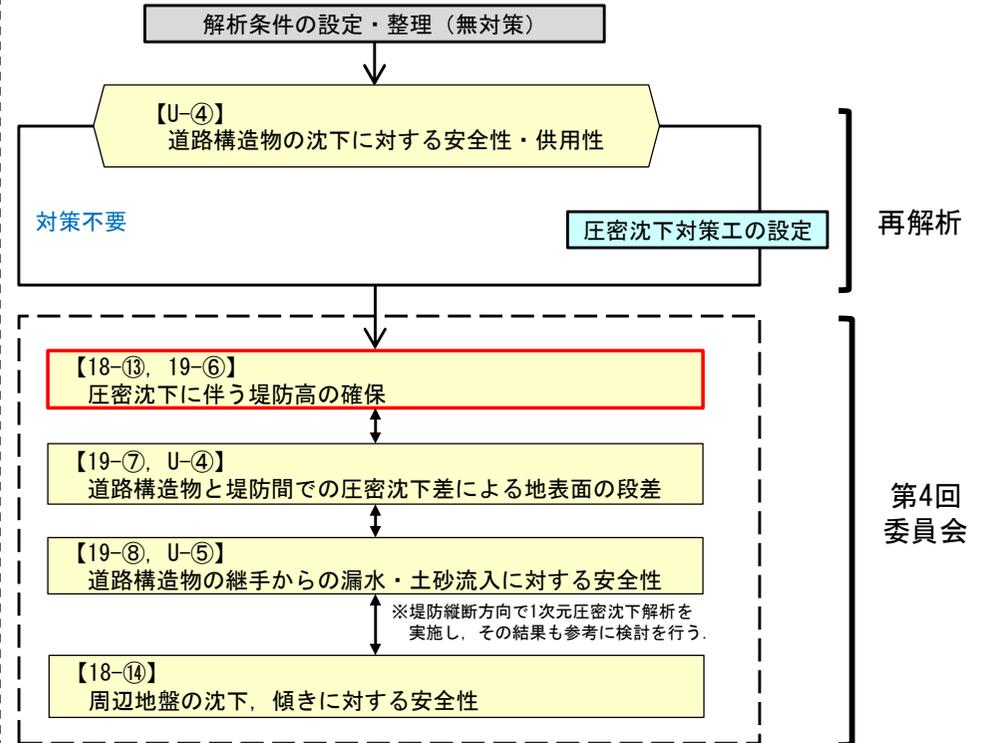
- ・残留沈下量
- 余盛高を考慮した解析における堤防天端位置の最終沈下量
- < 地盤変状予測により設定した余盛高



【照査手法の検討】

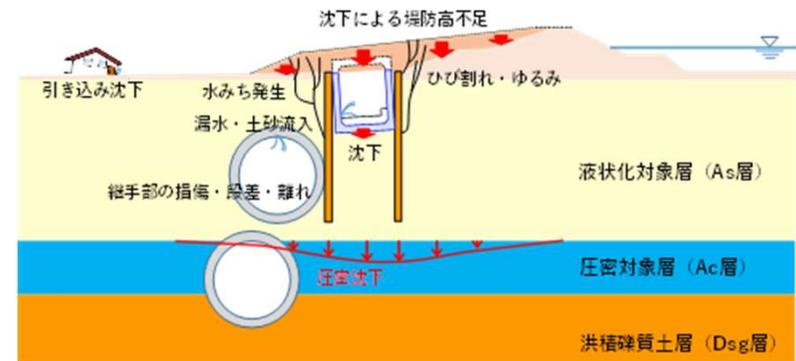
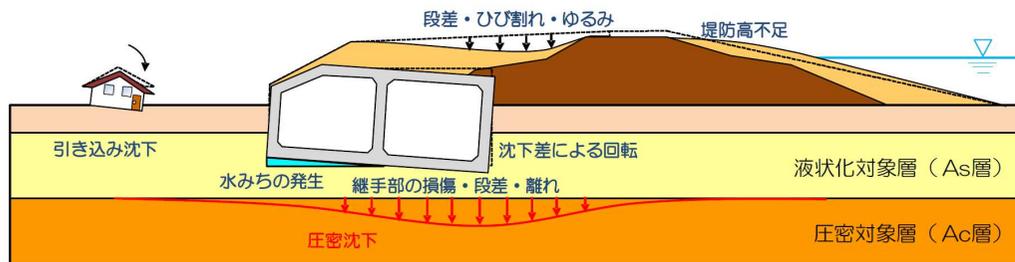
解析にあたっては、施工時から完成時の時間変化を考慮した堤防高を把握する必要があることから、**施工ステップに応じた荷重増減と変位の時系列を考慮できる土-水連成2次元弾塑性解析**を用いる。

【検討フロー図】



※高規格堤防の施工はシールドトンネルの施工後と想定して、シールドトンネルは既設構造物 (初期条件) としたうえで不同沈下を検討する。

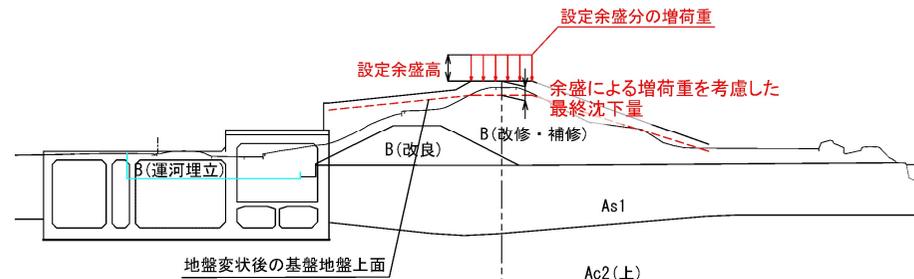
被害シナリオごとの被害想定



【照査結果：圧密沈下に伴う堤防高の確保（18-⑬，19-⑥）】

照査の結果，高規格堤防盛土を考慮した施工完了後の最終沈下量が，設定余盛高を満足したことから，堤防機能に影響するほどの大きな不同沈下が生じないことや，たとえ不同沈下が生じても容易に修復できる範囲に収まると考えられる。

解析断面		地盤条件	堤防天端の最終沈下量 (cm)	設定余盛高 (cm)	判定	
完成	No. 4	矢板なし	11.6	30	OK	
		矢板あり	12.2	30	OK	
高規格	No. 4	矢板なし	11.6	30	OK	
		矢板あり	12.3	30	OK	
	No. 15 (立坑)		無対策	27.7	30	OK
	No. 16		対策工	3.4	30	OK
	No. 27※	粘性土	対策工	9.7	30	OK
砂質土		対策工	8.5	30	OK	
No. 30		対策工	9.4	30	OK	

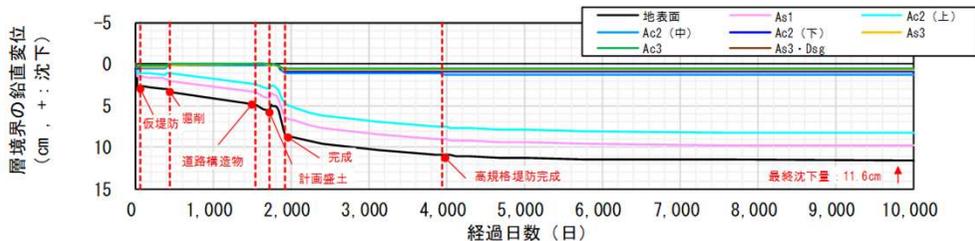
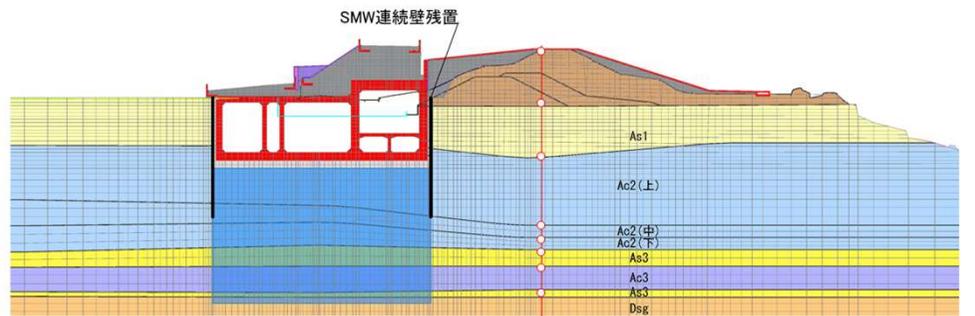


※No. 27断面のAs1層の下位にある地層は，遷移層と評価して粘性土Ac2（上）と砂質土As2とそれぞれで評価

【解析結果：No. 4断面】

第4回委員会で報告済み

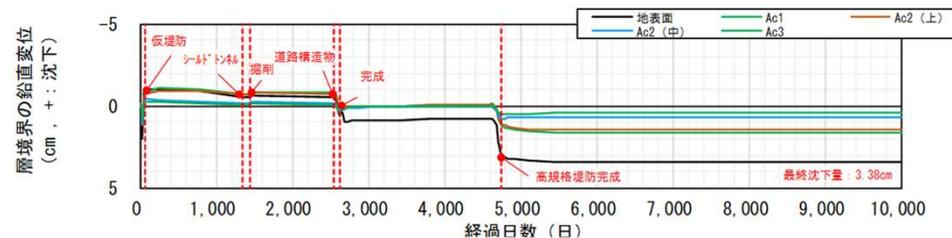
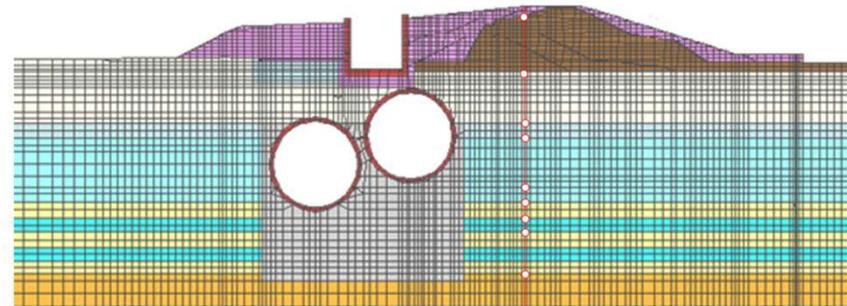
■土-水連成弾塑性解析結果
 解析断面 No. 4 鋼管矢板なし 評価位置 川裏側法肩 評価項目 地盤変状・応力



仮堤防の構築時より圧密沈下が進行し，道路構造物の構築および上部盛土の施工時の荷重により圧密沈下がさらに進行している。堤防のり肩部の最終沈下量は11.6cm，高規格堤防完成以降の残留沈下量は3.2cm程度であり，許容値を満足する。

【解析結果：No. 16断面】

■土-水連成弾塑性解析結果
 解析断面 No. 16 評価位置 川裏側法肩 評価項目 地盤変状・応力



高規格堤防整備前にはほとんど圧密沈下は生じず，高規格堤防整備に伴う荷重に伴い，圧密沈下が進行している。のり肩部の最終沈下量は3.4cmで，高規格堤防完成以降の残留沈下量は2.8cm程度であり，許容値を満足する。

・道路構造物と堤防間での圧密沈下差による地表面の段差 (19-⑦, U-④)

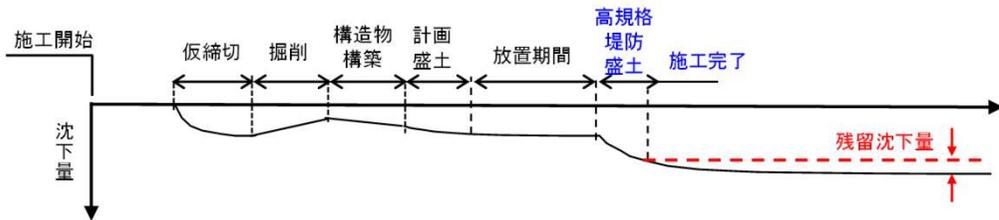
圧密沈下による堤防の変形および変形による道路構造物の損傷はもとより、道路構造物を取り囲む地盤部での水みちの発生や周辺地盤の引き込み沈下が生じると考え、施工ステップを考慮した地盤挙動を精緻に評価することのできる土-水連成2次元弾塑性解析により堤防の最終沈下量を照査する。

【照査基準 (既往の基準)】

- 高規格堤防盛土設計・施工マニュアル (平成12年度 (財) リバーフロント整備センター)
- 道路土工軟弱地盤対策工指針 (平成24年度 (公社) 日本道路協会)
- 開削トンネル設計指針 (平成20年10月一部改訂阪神高速道路株式会社)
- 設計基準第3部構造物設計 (土構造物編) 第8編シールドトンネル (平成29年4月 阪神高速道路株式会社)

【照査項目: 道路構造物と堤防間での圧密沈下差による地表面の段差 (19-⑦, U-④)】

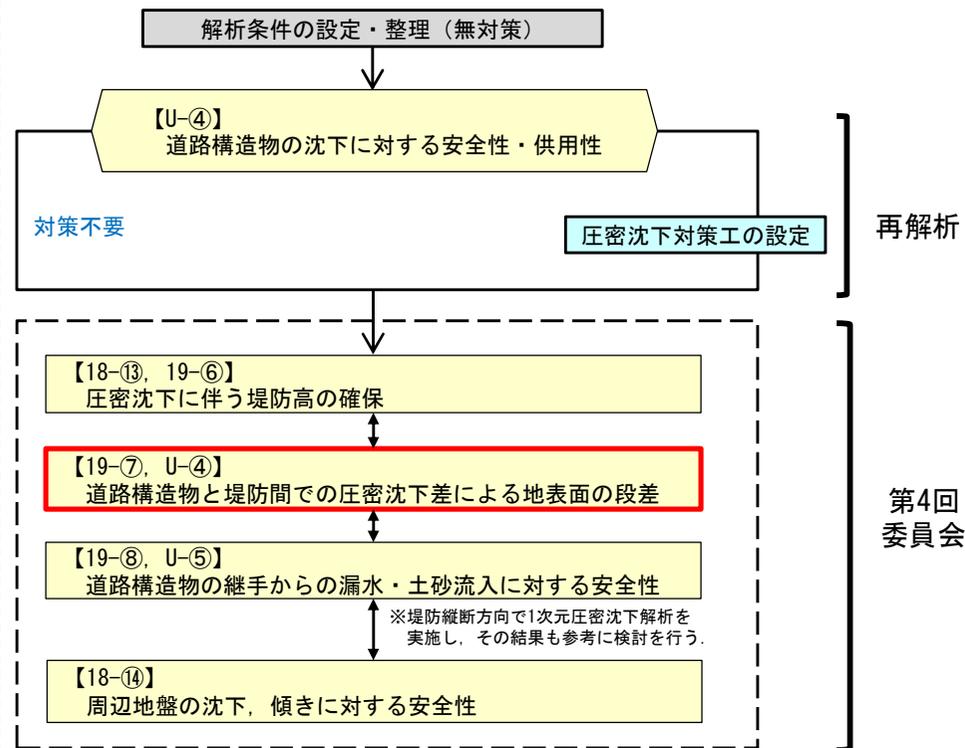
- ・残留沈下量
圧密沈下対策工を考慮した解析における道路構造物の残留沈下量 < 許容残留沈下量 (10cm)
- ・傾斜勾配
圧密終了時の道路構造物の傾斜勾配 < 許容傾斜勾配 (2%)



【照査手法の検討】

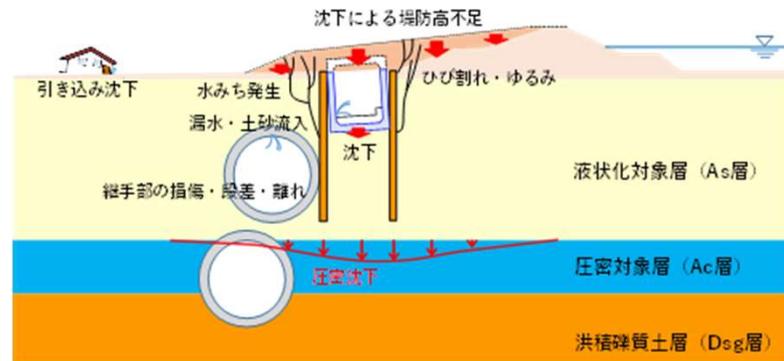
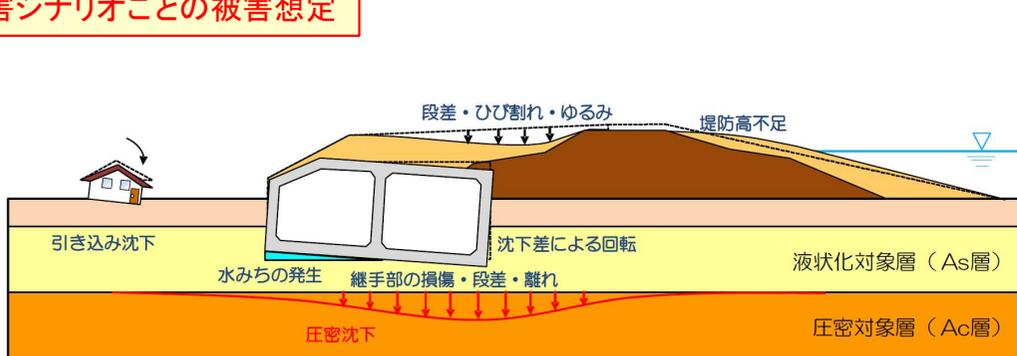
解析にあたっては、施工時から完成時の時間変化を考慮した堤防高を把握する必要があることから、施工ステップに応じた荷重増減と変位の時系列を考慮できる土-水連成2次元弾塑性解析を用いる。

【検討フロー図】



※高規格堤防の施工はシールドトンネルの施工後と想定して、シールドトンネルは既設構造物 (初期条件) としたうえで不同沈下を検討する。

被害シナリオごとの被害想定



【照査結果：道路構造物と堤防間での圧密沈下差による地表面の段差（19-⑦，U-④）】

道路構造物における残留沈下量は1cmを下回る非常に小さい値となり，許容値（10cm）を**満足する**。傾斜勾配についても0.1%と非常に小さな値であり，許容値（2%）を大きく**満足する**。

解析断面		地盤条件	道路構造物の安全性，供用性						
			残留沈下量 (cm)	許容値 (cm)	判定	傾斜勾配 (%)	許容値 (%)	判定	
完成	No. 4	矢板なし	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK
		矢板あり	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK
高規格	No. 4	矢板なし	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK
		矢板あり	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK
	No. 15 (立坑)		無対策	0.1	10	OK	0.1	2	OK
	No. 16		対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK
	No. 27※	粘性土	0.3	10	OK	0.4	2	OK	
砂質土		0.0	10	OK	0.3	2	OK		
No. 30		対策工	0.1	10	OK	0.2	2	OK	

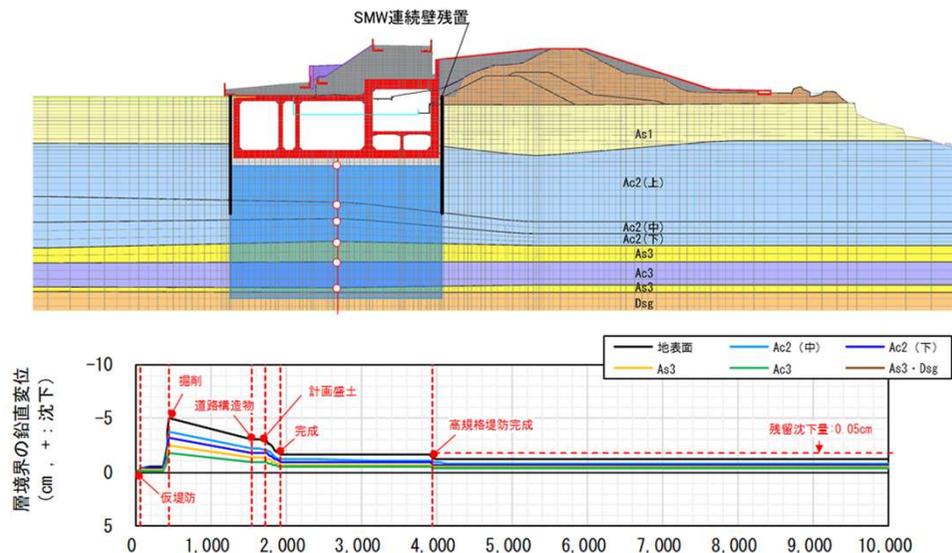
※No. 27断面のAs1層の下位にある地層は，遷移層と評価して粘性土Ac2（上）と砂質土As2とそれぞれで評価

【解析結果：No. 4断面】

第4回委員会で報告済み

■土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 4 鋼管矢板なし 評価位置 道路構造物（中央） 評価項目 地盤変状・応力

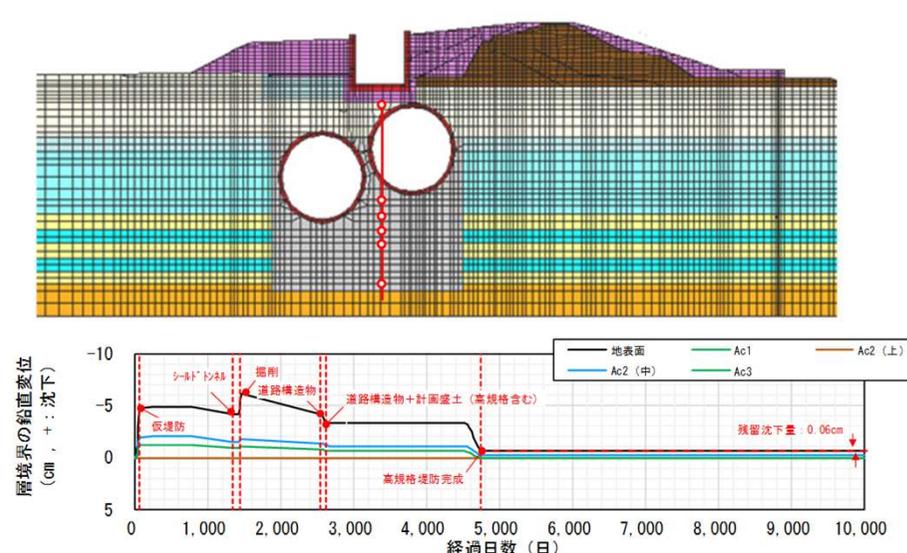


道路構造物の下部は，固結工法による地盤改良を施工しており，計画盛土および高規格堤防整備後の圧密沈下量は1cm未満である。

【解析結果：No. 16断面】

■土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 16 評価位置 道路構造物（中央） 評価項目 地盤変状・応力



道路構造物の下部は，固結工法による地盤改良を施工しており，計画盛土および高規格堤防整備後の圧密沈下量は1cm未満である。

【照査結果：道路構造物と堤防間での圧密沈下差による地表面の段差（19-⑦，U-④）】

基礎地盤を固結工法により地盤改良した場合、道路構造物端部とデルタ部の残留沈下差は、全ての断面において、許容残留沈下差（10cm）を満足する。残留沈下量は、最大で1cm程度と微小であるため、残留変形による水みちは発生しないと考えられる。

解析断面	地盤条件	残留沈下量				道路構造物右端とデルタ部の残留沈下差 (cm)	許容値 (cm)	判定		
		道路構造物 左端 (cm)	道路構造物 中央 (cm)	道路構造物 右端 (cm)	デルタ部 (cm)					
完成	No. 4	矢板なし	対策工	0.1	0.1	0.2	1.8	1.6	10	OK
		矢板あり	対策工	0.1	0.1	0.3	2.0	1.7	10	OK
高規格	No. 4	矢板なし	対策工	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	10	OK
		矢板あり	対策工	0.1	0.1	0.1	0.6	0.5	10	OK
	No. 15 (立坑)		無対策	0.1	0.1	0.1	1.7	1.6	10	OK
	No. 16		対策工	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	10	OK
	No. 27*	粘性土	対策工	0.2	0.3	0.4	1.1	0.7	10	OK
		砂質土	対策工	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	10	OK
No. 30		対策工	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	10	OK	

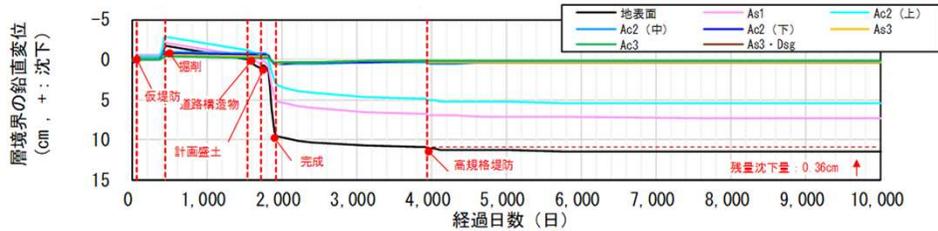
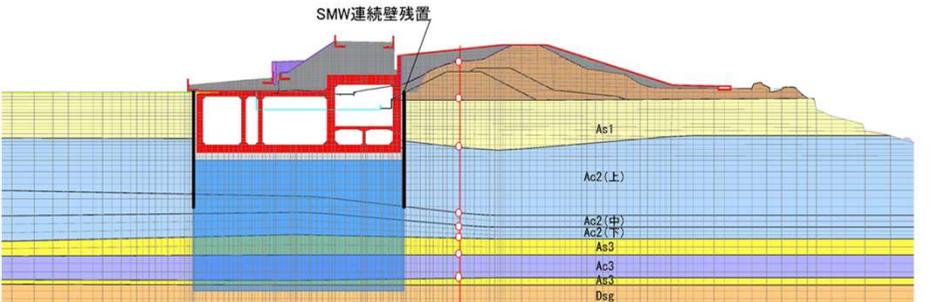
※No.27断面のAs1層の下位にある地層は、遷移層と評価して粘性土Ac2（上）と砂質土As2とそれぞれで評価

【解析結果：No. 4断面】

■土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 4 鋼管矢板なし 評価位置 デルタ部 評価項目 地盤変状・応力

第4回委員会で報告済み

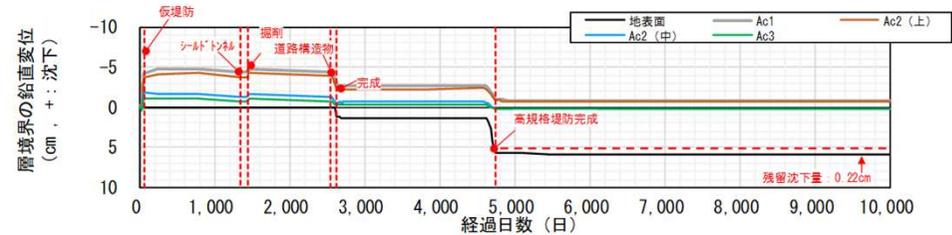
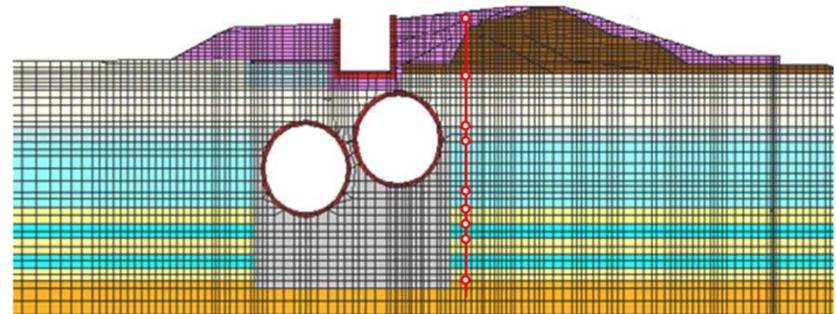


デルタ部では、計画盛土施工時にAs1層の即時沈下とAc2（上）層の圧密沈下によって、大きく沈下が発生している。計画盛土施工後からの残留沈下量は2cmで、高規格堤防整備後の残留沈下量は0.4cmである。

【解析結果：No. 16断面】

■土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 16 評価位置 デルタ部 評価項目 地盤変状・応力



デルタ部では、高規格堤防整備時にAs1層の即時沈下とAc2（上）層の圧密沈下によって大きく沈下している。高規格堤防整備後の残留沈下量は、主にAc2（上）の圧密沈下のみであり、残留沈下量0.7cmである。

・道路構造物の継手からの漏水・土砂流入に対する安全性 (19-⑧, U-⑤)

圧密沈下に伴う道路構造物の継手からの漏水・土砂流入は、圧密沈下に対する縦断方向の相対変位にて照査を行う。

【照査基準（既往の基準）】

開削トンネル設計指針（平成20年10月一部改訂阪神高速道路株式会社）
 設計基準第3部構造物設計（土構造物編）第8編シールドトンネル
 （平成29年4月 阪神高速道路株式会社）

【照査項目：道路構造物と堤防間での圧密沈下差による地表面の段差 (19-⑦, U-④)】

・残留沈下量
 圧密沈下対策工を考慮した解析における圧密沈下に対する縦断方向の相対変位
 < 許容残留沈下量 (5cm)

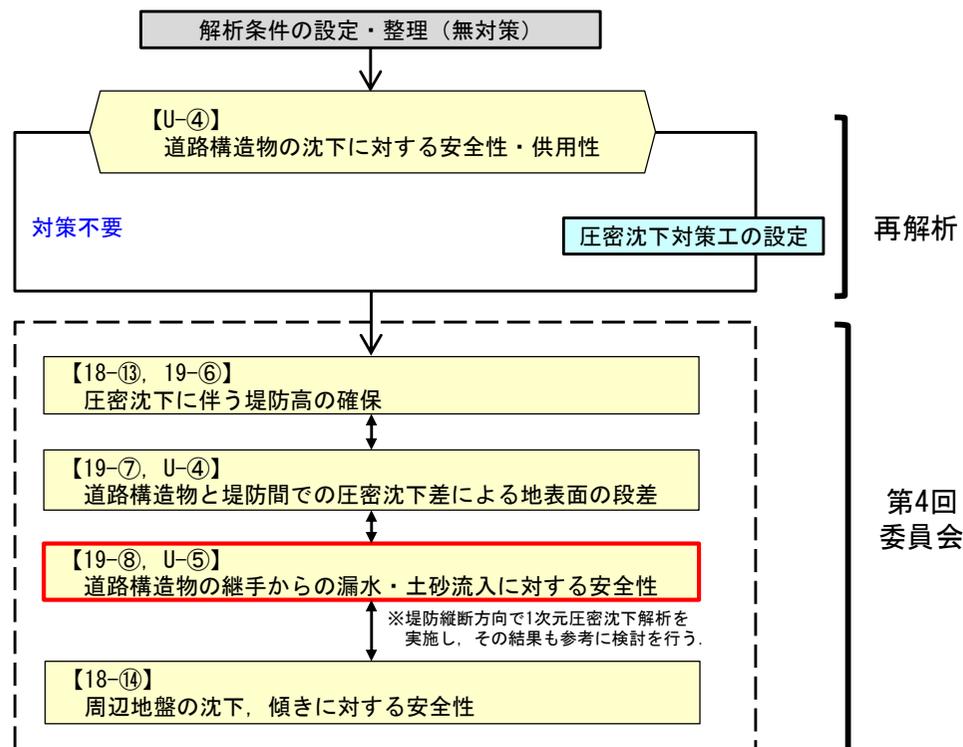
【照査基準：許容残留沈下量の考え方（淀川左岸線（2期）の照査基準と同様）】

躯体、継手、地盤を弾性床上の梁モデルとした解析から求めた結果、継手のせん断力が許容値を満足する地盤沈下量（相対変位量）は10cm程度となる。地震時の地盤変位が別途発生することから、圧密沈下に伴う道路の機能確保のために継手部の許容相対変位量は5cmと設定する。

【照査手法の検討】

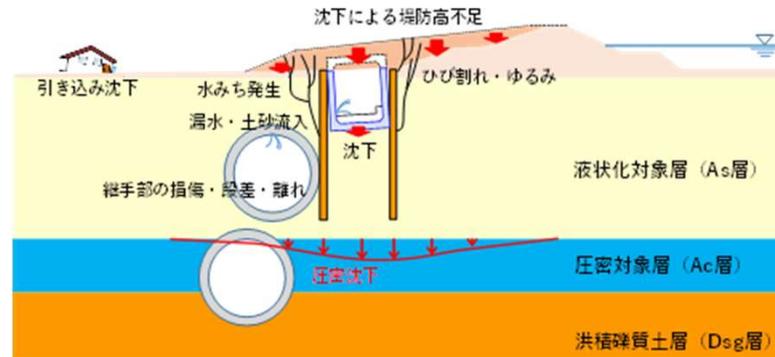
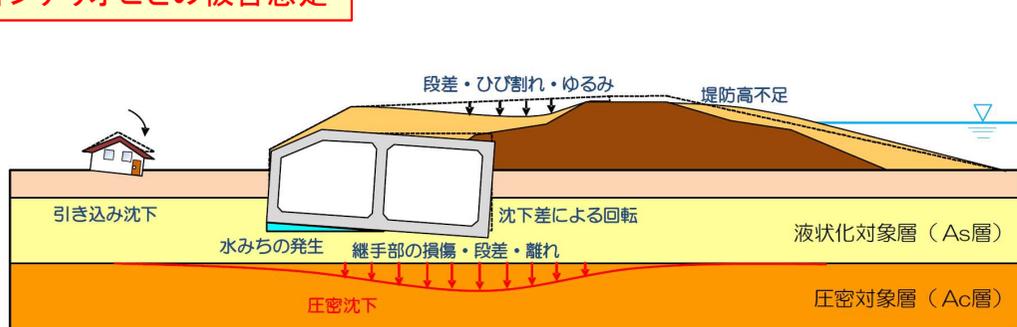
解析にあたっては、施工時から完成時の時間変化を考慮した堤防高を把握する必要があることから、施工ステップに応じた荷重増減と変位の時系列を考慮できる土一水連成2次元弾塑性解析を用いる。

【検討フロー図】



※高規格堤防の施工はシールドトンネルの施工後と想定して、シールドトンネルは既設構造物（初期条件）としたうえで不同沈下を検討する。

被害シナリオごとの被害想定



【照査結果：道路構造物の継手からの漏水・土砂流入に対する安全性（19-⑧，U-⑤）】

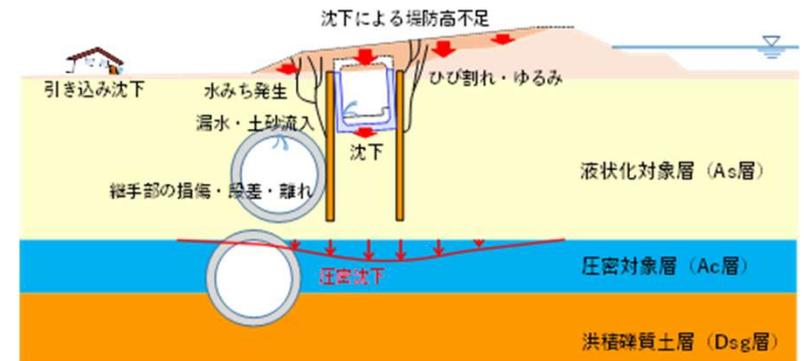
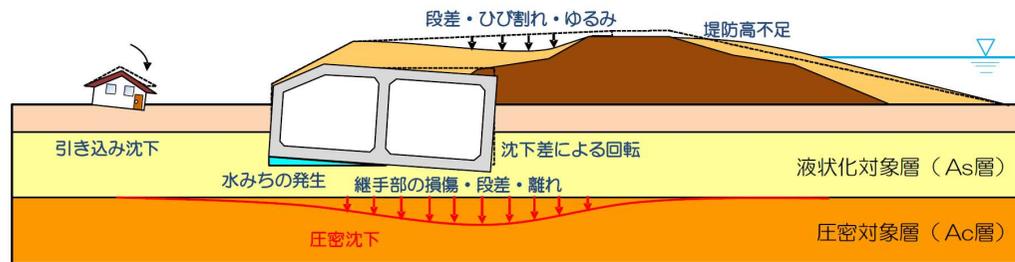
基礎地盤を固結工法により地盤改良した場合，圧密沈下対策工を考慮した解析における圧密沈下に対する縦断方向の相対変位は，全ての断面において，許容残留沈下差（5cm）を満足する。圧密沈下に対する相対変位は許容値（5cm）を満足するとともに，継手部は変形性能が高い仕様の構造継手が存在するため，余裕度は非常に大きい。

圧密沈下に伴う変形に対する継手部からの漏水・土砂が流入する可能性は極めて低いといえ，安全性が確保できるものとする。

完成	解析断面	地盤条件	道路構造物の安全性，供用性						継手部の安全性，供用性			
			残留沈下量 (cm)	許容値 (cm)	判定	傾斜勾配 (%)	許容値 (%)	判定	躯体沈下量の相対変位 (cm)	許容値 (cm)	判定	
完成	No. 4	矢板なし	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK			
		矢板あり	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK			
高規格	No. 4	矢板なし	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK			
		矢板あり	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK	矢板なし：0.0 矢板あり：0.0	5	OK
	No. 15（立坑）		無対策	0.1	10	OK	0.1	2	OK	0.0	5	OK
	No. 16		対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK	粘性土：0.2 砂質土：0.1	5	OK
	No. 27※	粘性土	対策工	0.3	10	OK	0.4	2	OK	粘性土：0.2 砂質土：0.1	5	OK
		砂質土	対策工	0.0	10	OK	0.3	2	OK	粘性土：0.2 砂質土：0.1	5	OK
No. 30		対策工	0.1	10	OK	0.2	2	OK				

※No. 27断面のAs1層の下位にある地層は，遷移層と評価して粘性土Ac2（上）と砂質土As2とそれぞれで評価

被害シナリオごとの被害想定



・周辺地盤の沈下、傾きに対する安全性 (18-⑭)

地盤変状による周辺環境への影響に焦点を当て、施工開始直後から発生する近接家屋位置の傾斜角を評価し、不同沈下の設計目標値の参考値 3/1000 を満足することを照査する。

【照査基準（既往の基準）】

- 小規模建築物基礎設計指針（平成20年度（社）日本建築学会）
- 道路土工軟弱地盤対策工指針（平成24年度（公社）日本道路協会）
- 開削トンネル設計指針（平成20年10月一部改訂阪神高速道路株式会社）
- 設計基準第3部構造物設計（土構造物編）第8編シールドトンネル
（平成29年4月 阪神高速道路株式会社）

【照査項目：周辺地盤の沈下、傾きに対する安全性 (18-⑭)】

- ・傾斜角
最大傾斜角発生時および圧密沈下終了時の傾斜角 < 3 / 1000

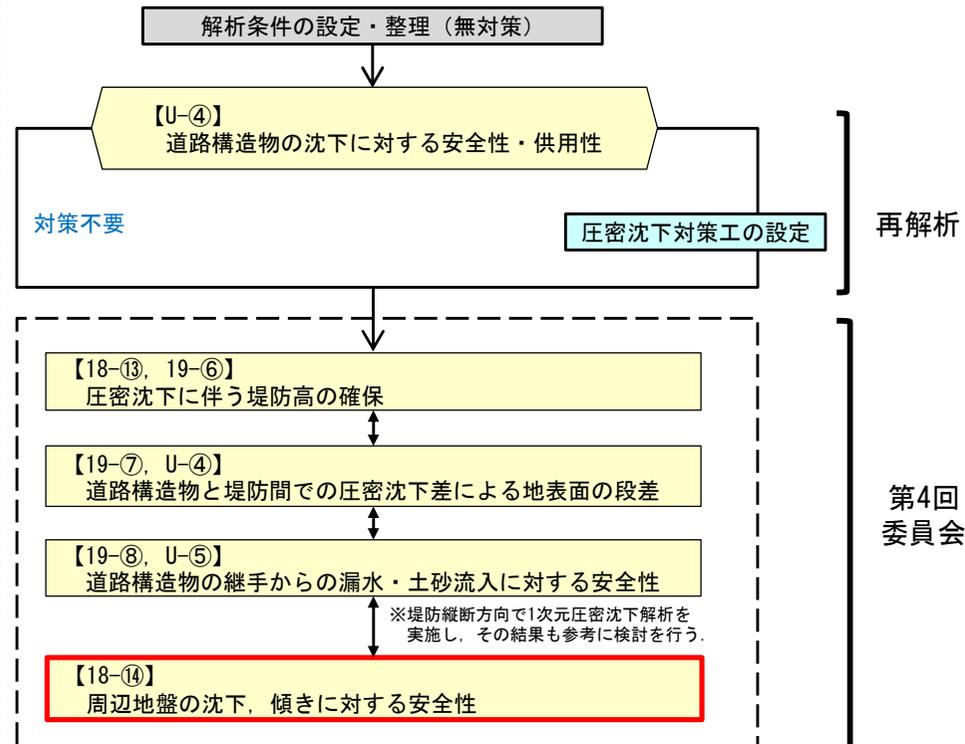
【照査基準：許容傾斜角の考え方（淀川左岸線（2期）の照査基準と同様）】

施工開始直後から発生する近接家屋位置の傾斜角を評価し、許容値3/1000を下回ることを照査する。着目する時間は、最大傾斜角発生時および圧密沈下終了時とする。

【照査手法の検討】

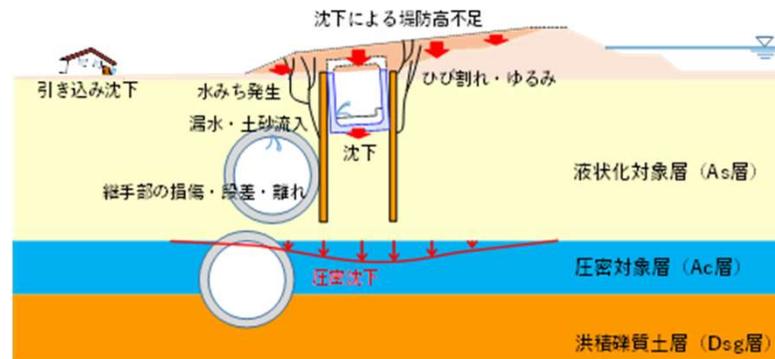
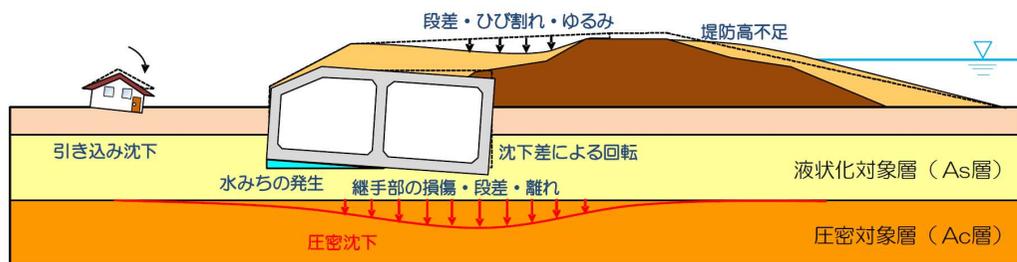
解析にあたっては、施工時から完成時の時間変化を考慮した堤防高を把握する必要があることから、施工ステップに応じた荷重増減と変位の時系列を考慮できる土一水連成2次元弾塑性解析を用いる。

【検討フロー図】



※高規格堤防の施工はシールドトンネルの施工後と想定して、シールドトンネルは既設構造物（初期条件）としたうえで不同沈下を検討する。

被害シナリオごとの被害想定



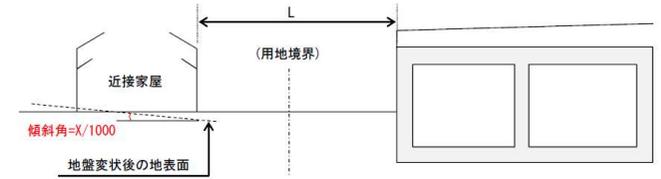
【調査結果：周辺地盤の沈下，傾きに対する安全性（18-⑭）】

家屋の傾斜角は許容値3 / 1000 を満足する。

完成	解析断面	地盤条件	家屋の傾斜角 X / 1000		許容値 Xa / 1000	判定	
			最大傾斜角発生時	圧密沈下終了時			
完成	No. 4	矢板なし	対策工	0.26	0.25	3	OK
		矢板あり	対策工	0.26	0.25	3	OK
高規格	No. 4	矢板なし	対策工	0.26	0.24	3	OK
		矢板あり	対策工	0.26	0.25	3	OK
	No. 15 (立坑)		無対策	1.22	1.18	3	OK
	No. 16		対策工	0.42	0.42	3	OK
	No. 27※	粘性土	対策工	0.10	0.10	3	OK
砂質土		対策工	0.10	0.10	3	OK	
No. 30		対策工	0.34	0.34	3	OK	

<周辺地盤の沈下，傾きに対する安全性>

本検討では，最も危険状態である高規格盛土ののり尻に家屋端部があると想定し，盛土・構造物設置に伴う地盤変状による家屋の傾斜角を評価する。



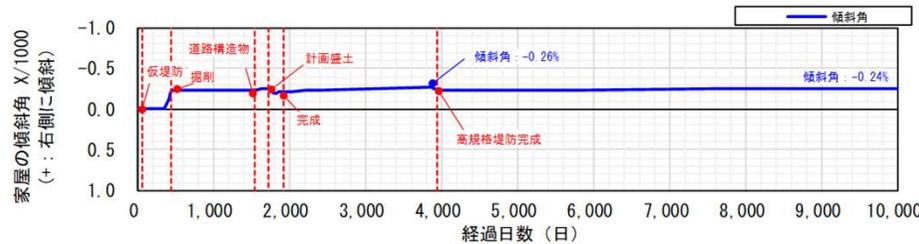
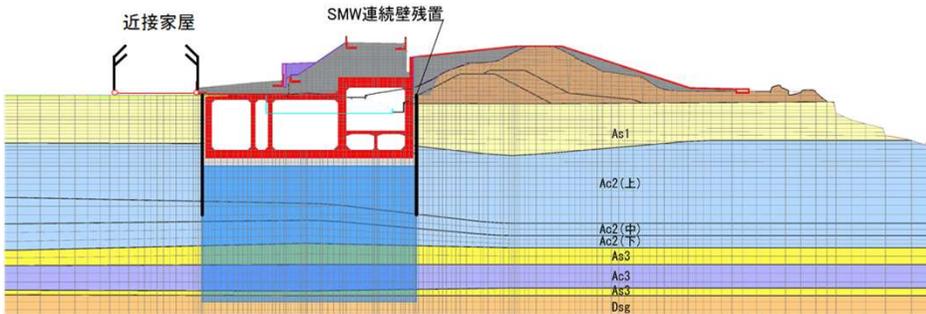
※No. 27断面のAs1層の下位にある地層は，遷移層と評価して粘性土Ac2（上）と砂質土As2とそれぞれで評価

【解析結果：No. 4断面】

第4回委員会で報告済み

■土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 4 鋼管矢板なし 評価位置 川表側法尻 評価項目 沈下量・傾斜角

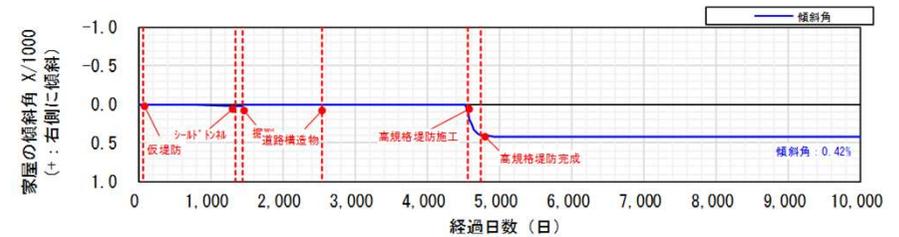
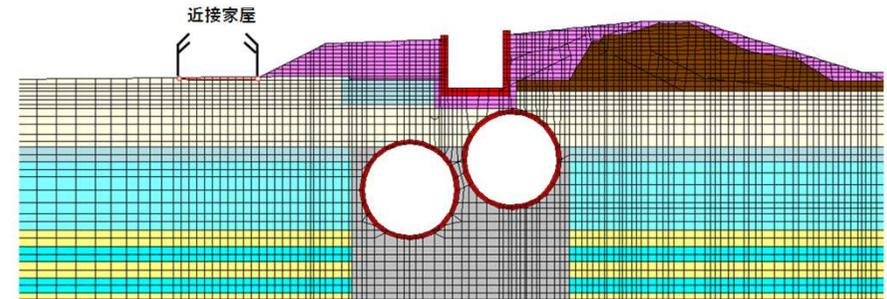


掘削時に傾斜が発生するが傾斜角は0.25%程度であり，以降の計画盛土や高規格堤防整備では地盤傾斜は悪化していない。圧密沈下が周辺環境を悪化させる可能性は低いと考える。

【解析結果：No. 16断面】

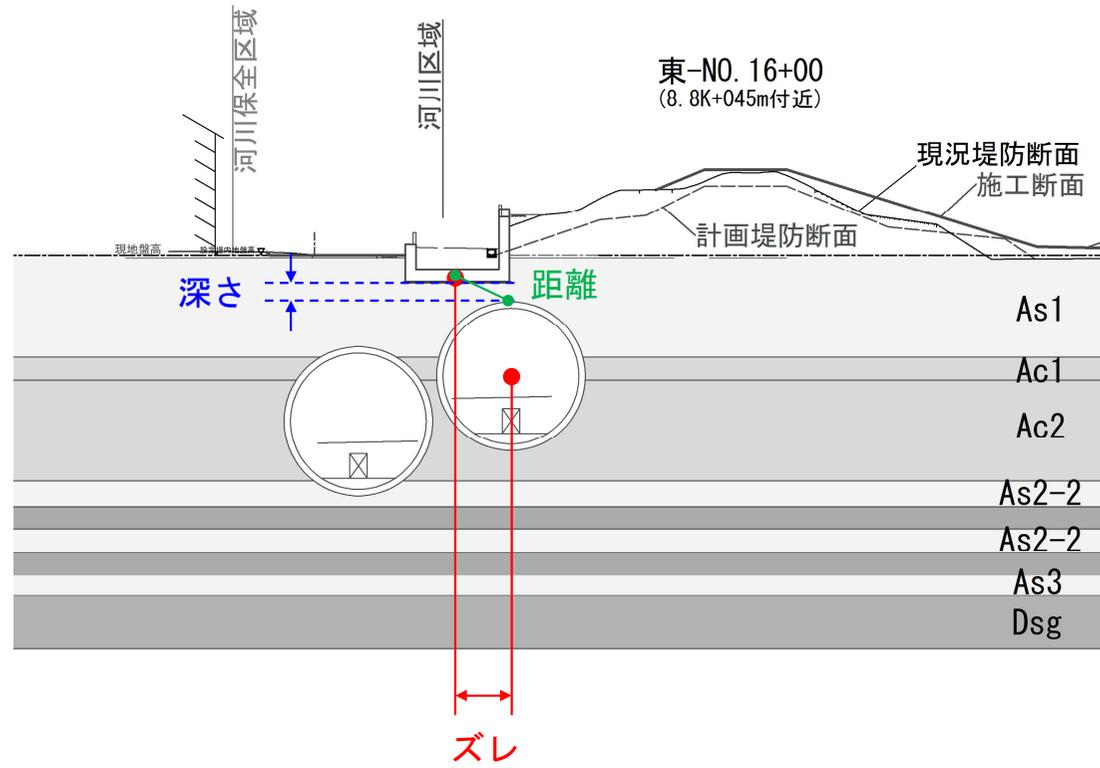
■土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 16 評価位置 近接家屋 評価項目 沈下量・傾斜角



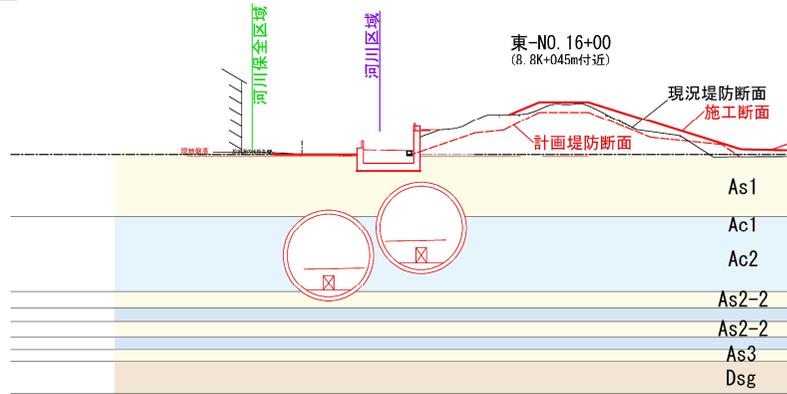
高規格堤防の施工とともに圧密沈下しているが傾斜角は1%未満であり，圧密沈下が周辺環境を悪化させる可能性は低いと考える。

交通振動

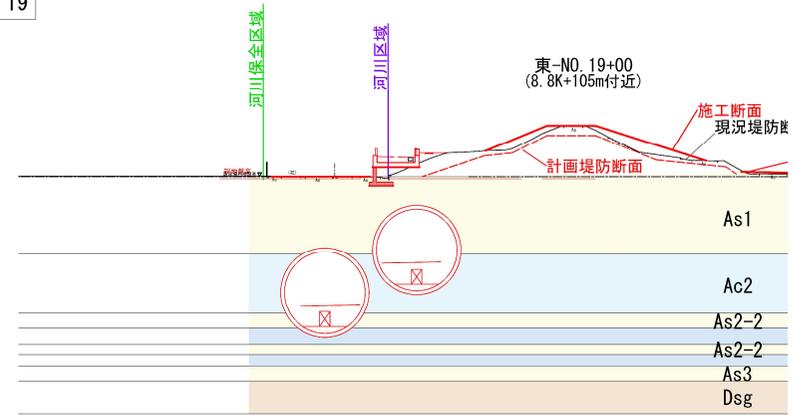


No	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
ズレ	4610	4340	3807	2984	1880	575	931	2636	4494	6276	7900	9129	11347	11764
深さ	1623	4176	5377	5454	5454	5454	5453	5445	4997	1984	1423	-213	-1676	-3045
距離	4888	6021	6589	6217	5769	5484	5532	6050	6720	6582	8027	9131	11470	12152

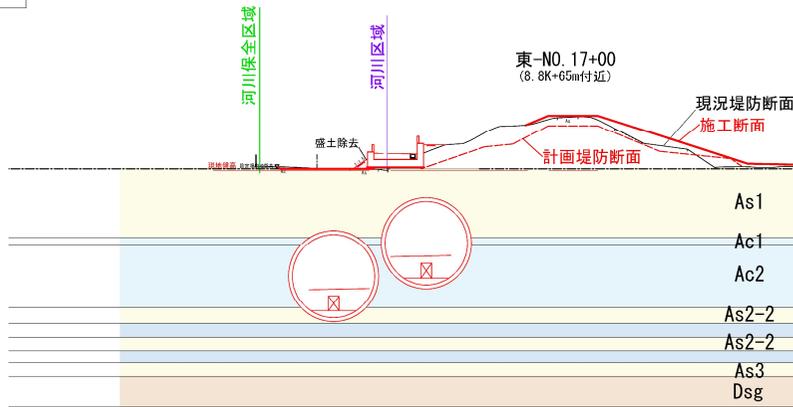
No. 16



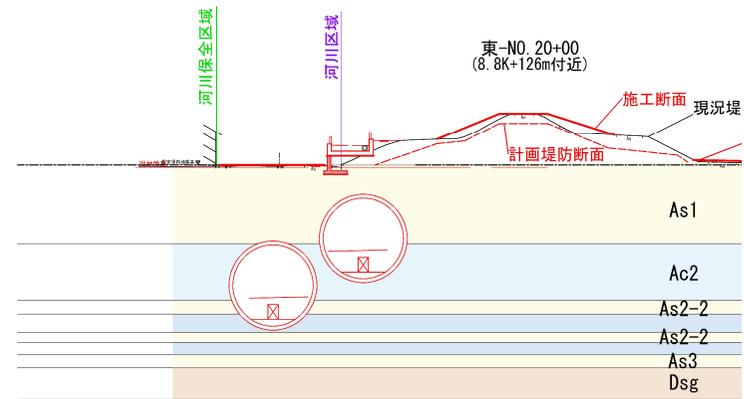
No. 19



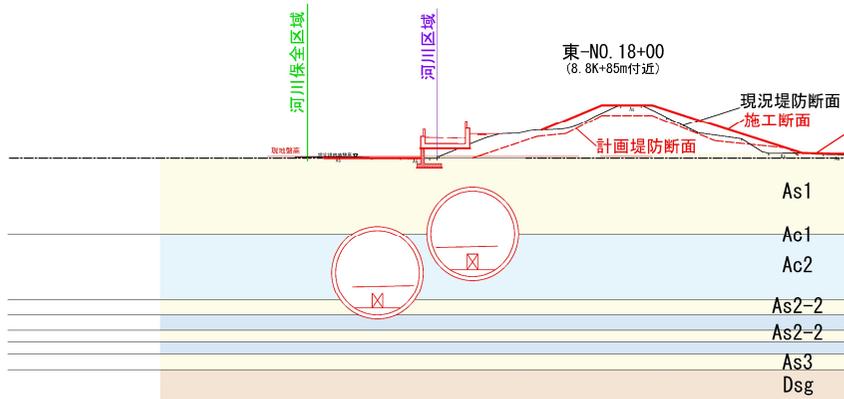
No. 17



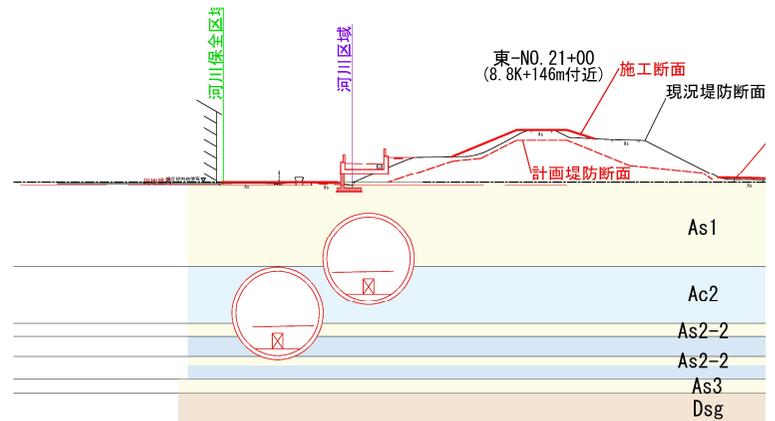
No. 20



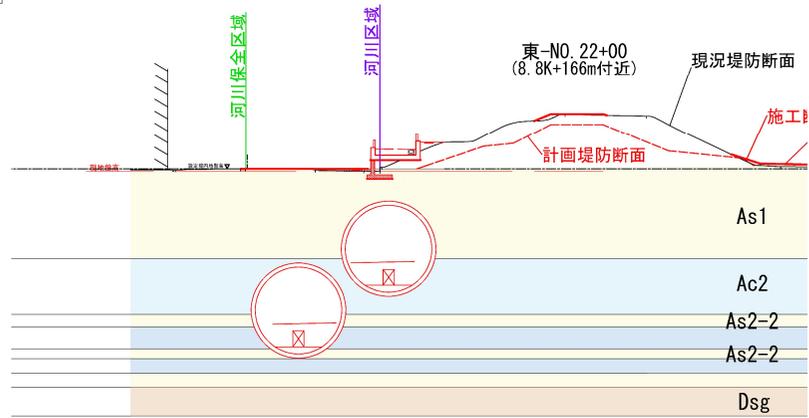
No. 18



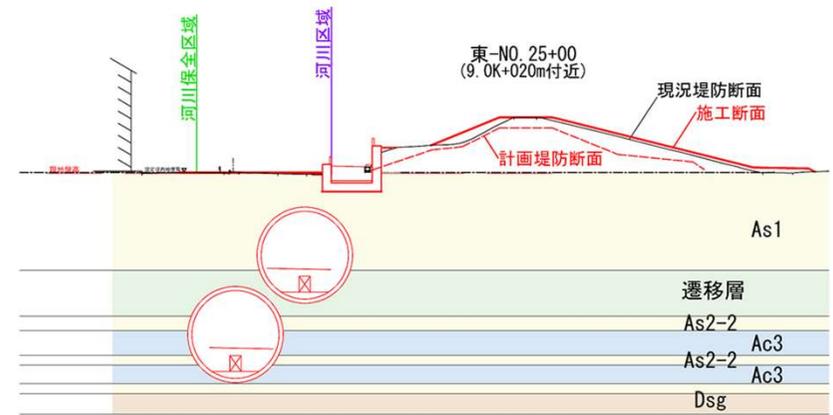
No. 21



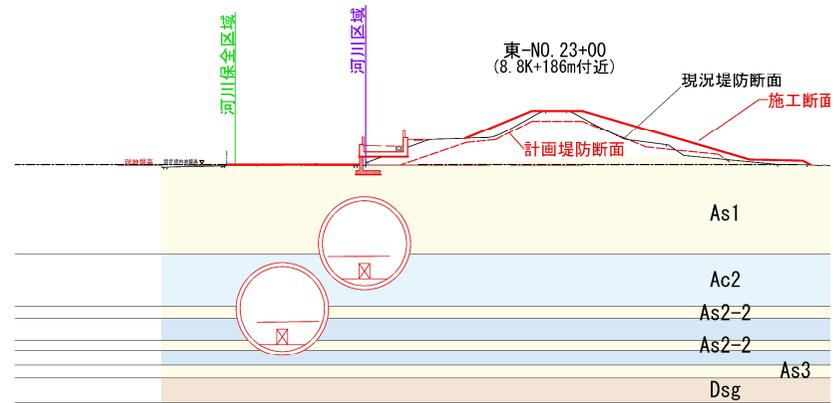
No. 22



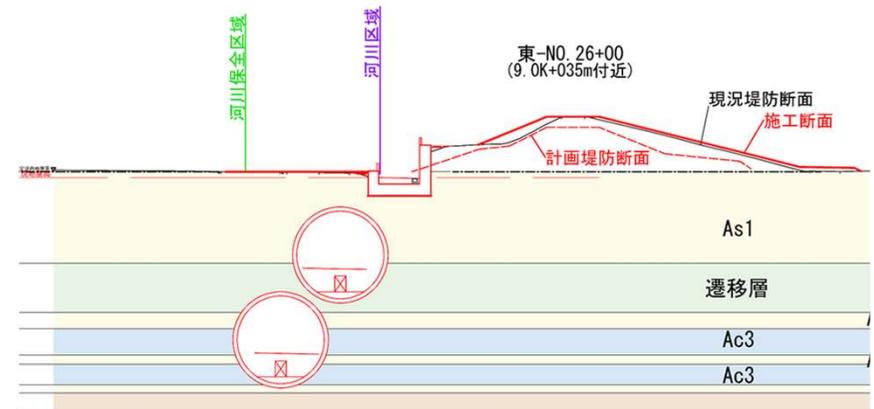
No. 25



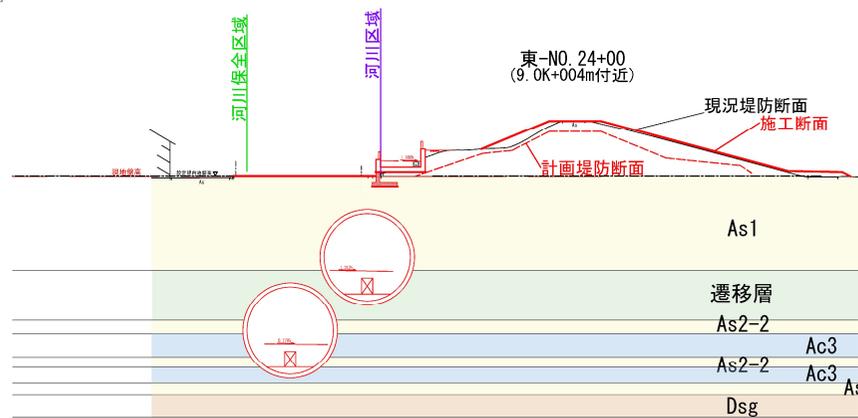
No. 23



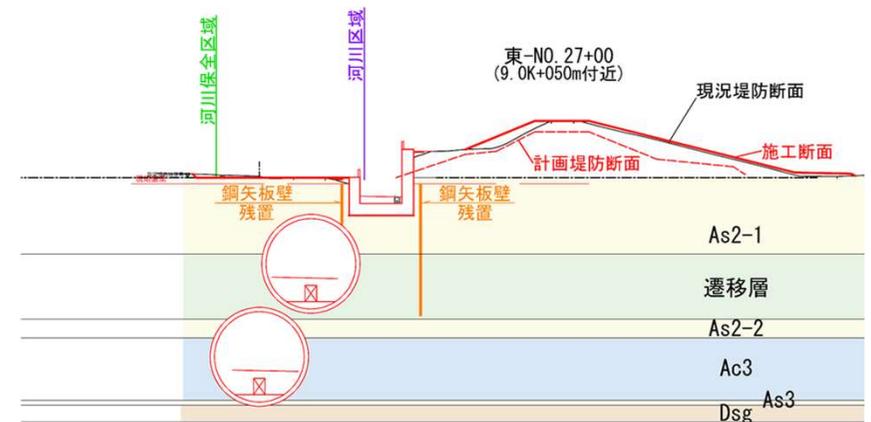
No. 26



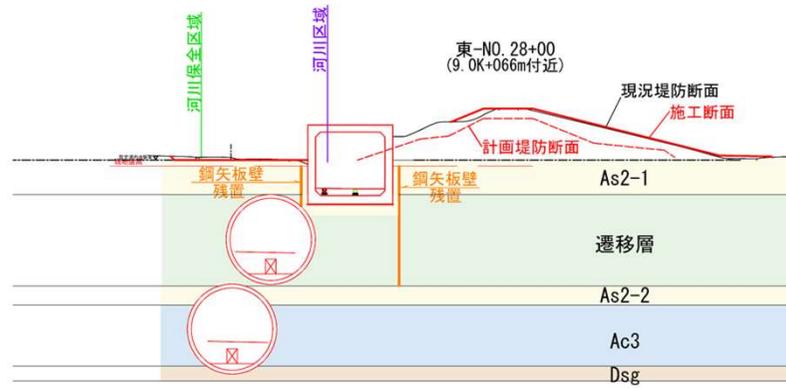
No. 24



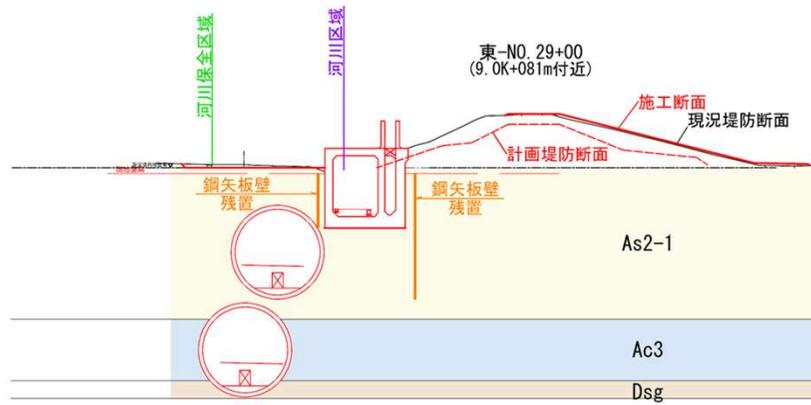
No. 27



No. 28



No. 29



【照査項目：交通振動による水みち発生を起こさないこと（18-24）】
地盤-道路構造物間の剥離が全周に連続して発生しない

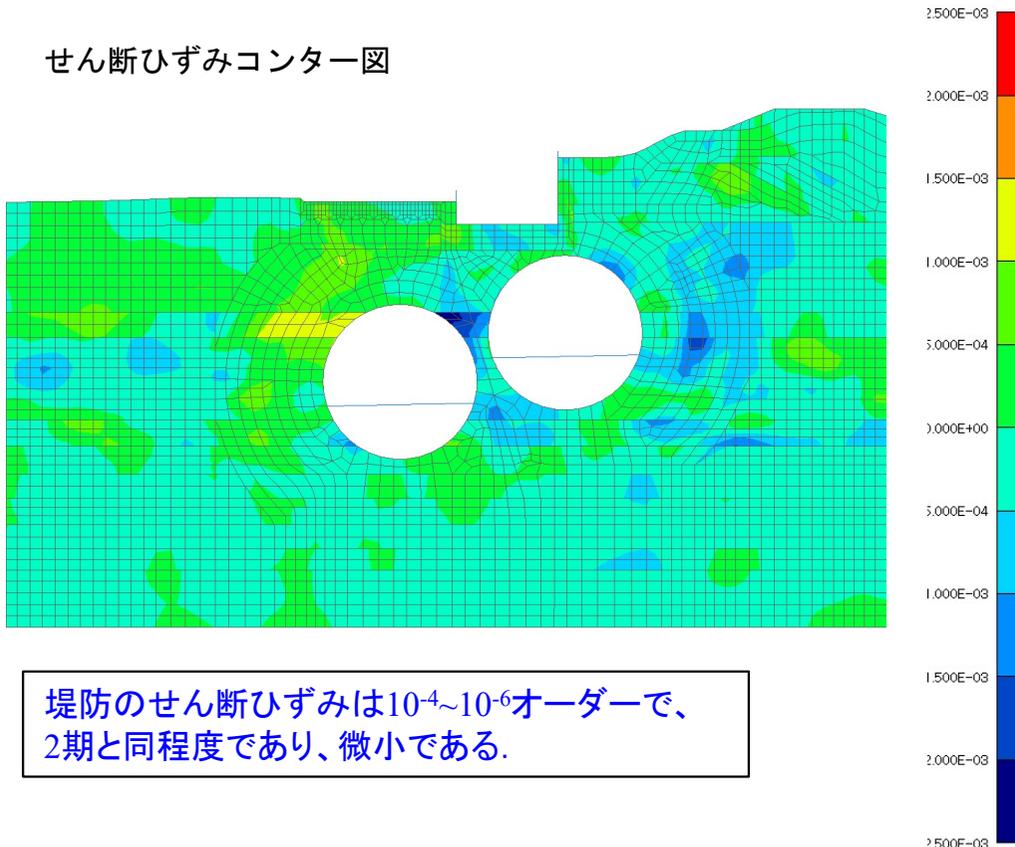
【照査結果】

U型擁壁 : OK (照査項目を満足する)
シールドトンネル : OK (照査項目を満足する)

東行きシールド及びU型擁壁の一部で剥離が生じるが、全周にわたって連続して発生しないことを確認した。

また、地盤に発生するせん断ひずみは、概ね $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度であり、堤体に影響を与える量ではない。

せん断ひずみコンター図

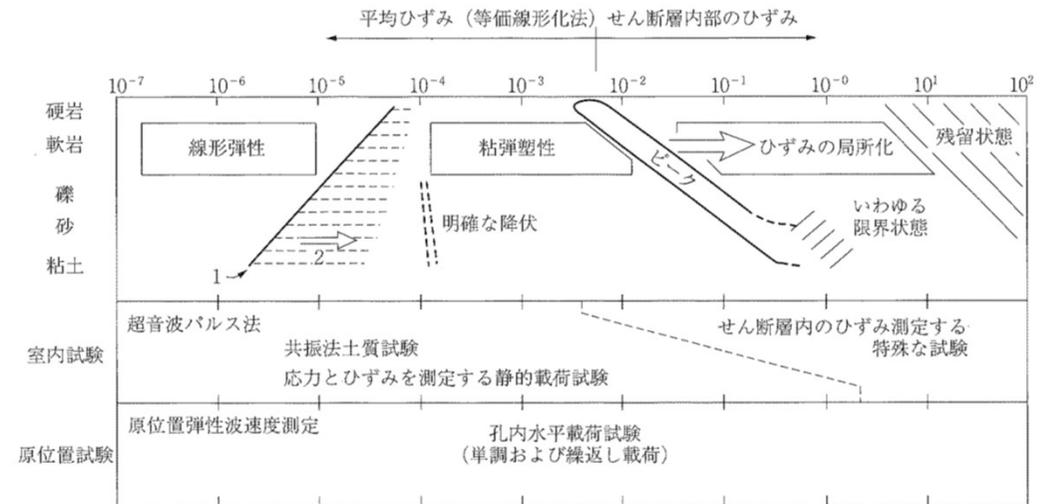


堤防のせん断ひずみは $10^{-4} \sim 10^{-6}$ オーダーで、2期と同程度であり、微小である。

【道路ボックスと周辺地盤の剥離状態の判定

(淀川左岸線(2期)の照査基準と同様)】

淀川左岸線(2期)では、地震時の懸念事項である水みちの発生は交通振動に起因して生じると考え、数値解析による検証を実施している。検証については、地震時の検討と同様に、道路ボックスと周辺地盤の剥離状態の判定を行い、道路ボックスを一周するような構造系全体での剥離が生じないかの評価を行っている。



1. 単調載荷試験を受ける正規圧密供試体
2. 過圧密比あるいは繰返し載荷による増加

発生しているひずみ($10^{-4} \sim 10^{-6}$)が概ね弾性域に収まっていることを確認