

| |
|----------------------------|
| 資料3-2 (確定版) |
| 第3回 |
| 淀川左岸線(2期)事業 に関する技術検討委員会 |

一体構造物の安全性に関する定量的評価について (その1)

平成23年11月29日

目 次

| | 頁 |
|----------------------------------|----|
| 1. 検討条件の設定 | 1 |
| 1-1 検討断面及び解析ケースの設定 | 1 |
| 1-2 土質定数 | 5 |
| 1-3 仮締切堤防の設定 | 10 |
| 2. 一体構造物の検討フロー | 11 |
| 3. 各要求機能に対する定量的評価 | 13 |
| 3-1 堤防（土堤）の機能を満たすこと（完成時） | 13 |
| 3-1-1 耐浸透機能 | 13 |
| 3-1-2 耐侵食機能 | 19 |
| 3-1-3 耐震機能 | 21 |
| 3-1-4 経年変化（圧密沈下） | 28 |
| 3-2 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること（完成時） | 32 |
| 3-2-1 耐震機能 | 32 |
| 3-2-2 構造的安全性・周辺影響の抑制、低減 | 36 |
| 3-3 堤防（土堤）の機能を満たすこと（施工時） | 40 |
| 3-3-1 耐浸透機能 | 40 |
| 3-3-2 耐震機能 | 43 |
| 3-4 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること（施工時） | 47 |
| 3-4-1 耐震機能 | 47 |
| 3-4-2 構造的安全性・周辺影響の抑制、低減 | 51 |
| 4. 機能毎の確保機能評価と道路ボックス形状の比較 | 53 |

1. 検討条件の設定

第2回委員会では、堤防と道路構造物の一体構造物の被害想定（シナリオ）等から、堤防（土堤）および道路（構造物）として確保すべき機能を導いた。本委員会では、全線の中から代表的な2断面を抽出し、耐浸透、耐侵食、耐震及び経年変化に係わる定量的な評価を行った。

以下、2断面の抽出条件、解析に用いる土質定数及び仮締切堤防の設定について整理する。

1-1 検討断面及び解析ケースの設定

本検討で用いる断面は、以下の考え方にに基づき設定した。

道路ボックスの位置は、道路側の制約条件として、鉄道等の既存構造物を避ける形で都市計画決定された道路線形及びランプ位置、また、道路構造物を満足することを条件としている。一方、河川側の制約条件として、河川管理施設等構造物に基づき、土堤の断面を極力確保するために堤防より道路ボックスを極力離す位置に設定している。その中で、事業区間全線（L=4.3km）の安全性評価を行うための、代表断面の一部として先行断面を設定した。

1) 代表断面は第1回委員会において堤防に影響が大きいと予想される下記の5断面が抽出されており、これらの断面から比較検討を行う断面として、一般部標準断面(No. 204)とランプ部優先断面(No. 77)の2断面を設定した。

① 一般部断面（標準断面）

土堤部（道路：No. 204、河川：7.4K+185m）：前回委員会断面（7.8k）に近く、詳細点検でNGとなる7.4kに近い断面

② ランプ部優先断面

海老江北入路（道路：No. 77、河川：5.0K+55m）：抵触高が大きく、堤防からの離隔が小さい。

ランプ部で土堤に抵触する案（平面形状） 抵触を軽減する案（階段形状）

大淀出路（道路：No. 132、河川：6.0K+139m）

豊崎出路（道路：No. 219、河川：7.8K+106m）

③ 交差部優先断面

阪急電鉄（道路：No. 176、河川：7.0K+9m）

2) 先行する2断面を用いた解析は、下記に示す2つの課題に着目し、比較検討を行った。

以下に課題と検討項目を示す。

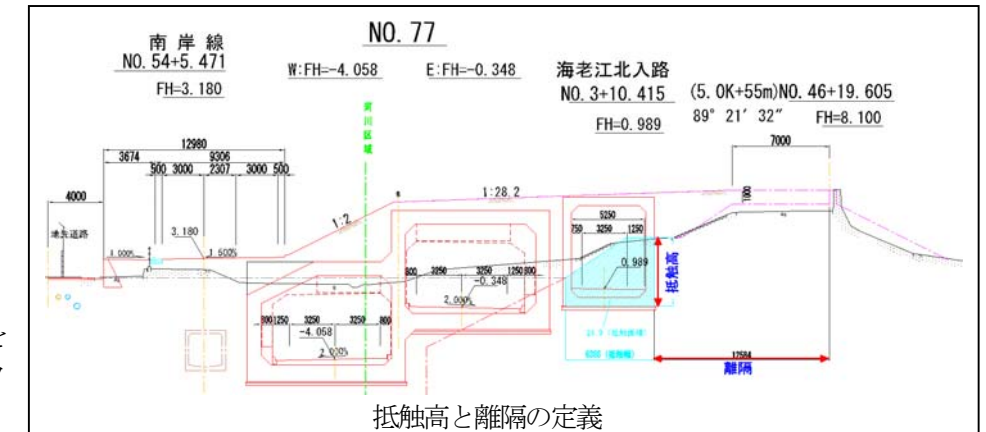
課題①：以下の検討項目の比較検討…一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定

- ・ 基礎地盤の液状化対策工法（S.C.P地盤改良）の有無
- ・ 完成形状（現況断面に復元、5割堤）の比較

課題②：最適なボックス形状の構造要件抽出（階段2連と平面2連の比較検討）…特殊部(No. 77)を選定

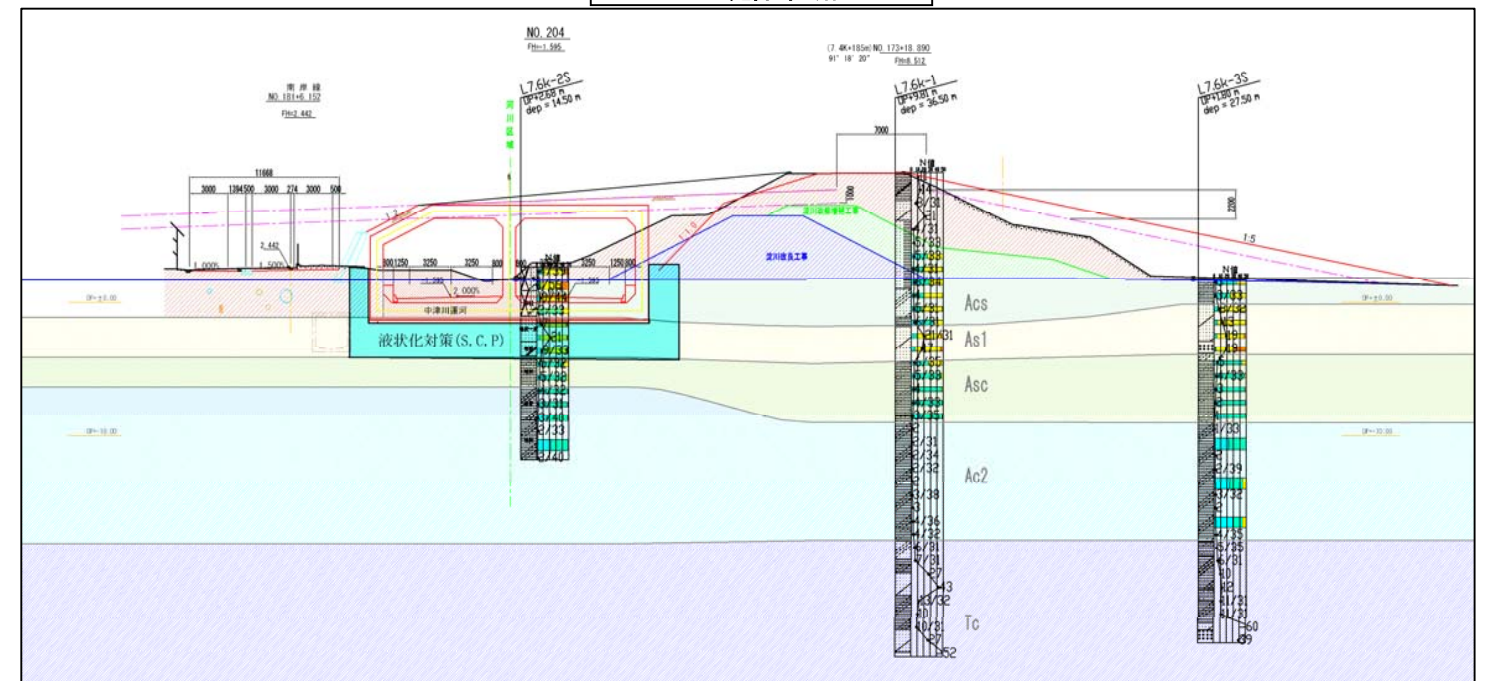
- ・ 道路ボックス形状として優位となる基本断面の比較（平面2連、階段2連）

なお、施工時に設置される土留鋼矢板は、完成時には撤去することを前提としているが、引き抜き時の堤体への影響から残置することが想定されるため、比較検討では土留め矢板の残置が堤体に及ぼす影響を考慮した解析ケースを設定した。

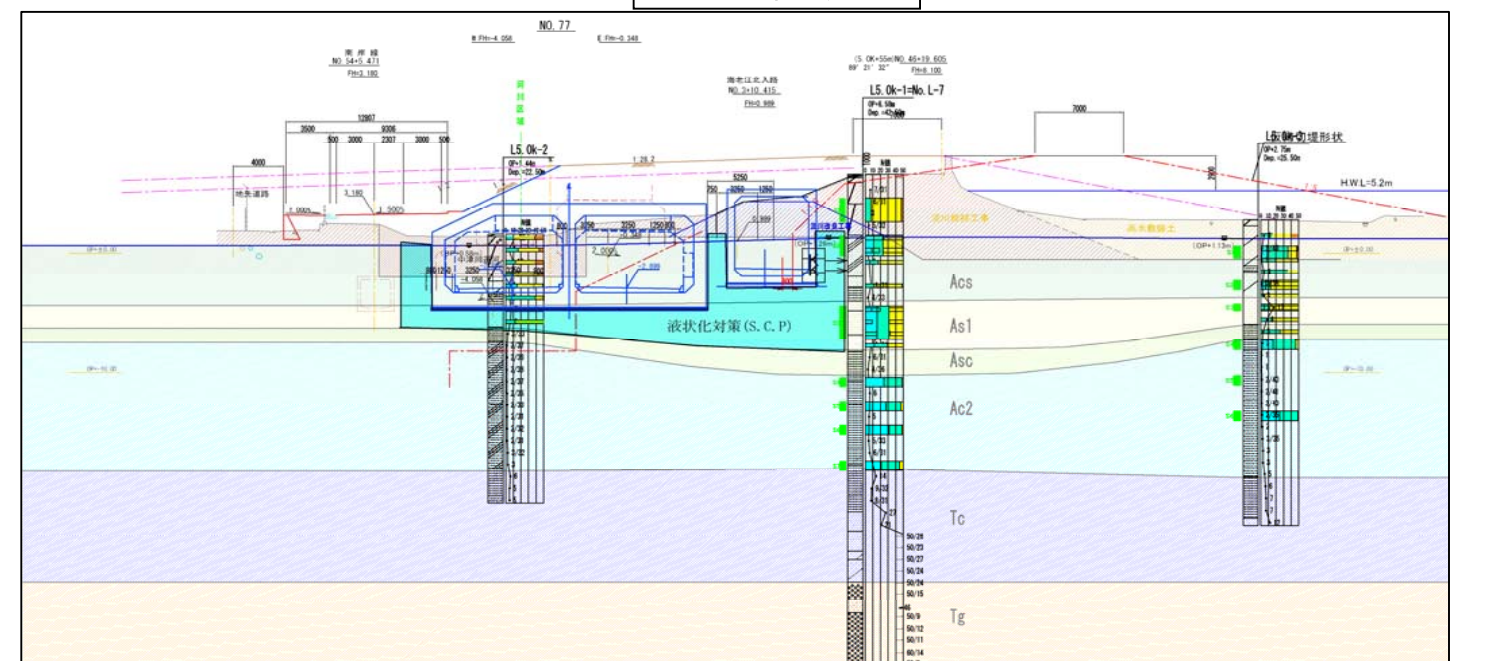


抵触高と離隔の定義

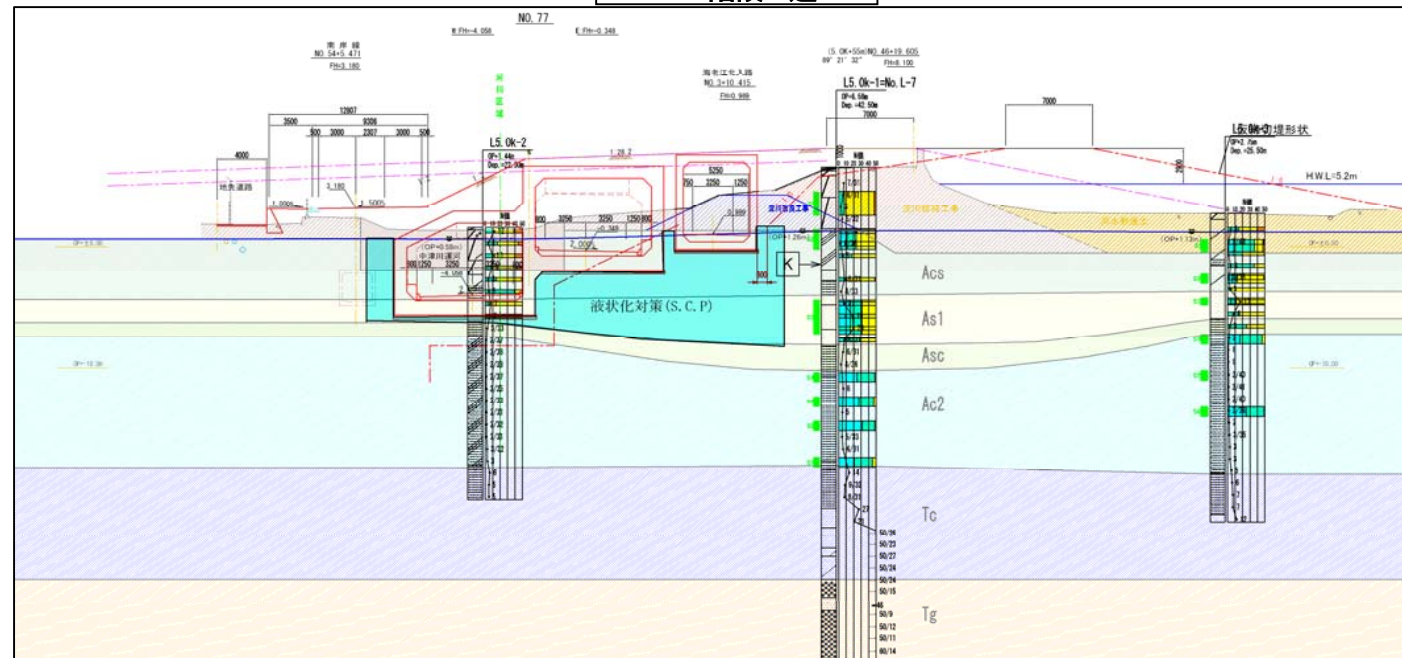
No. 204 土堤標準断面



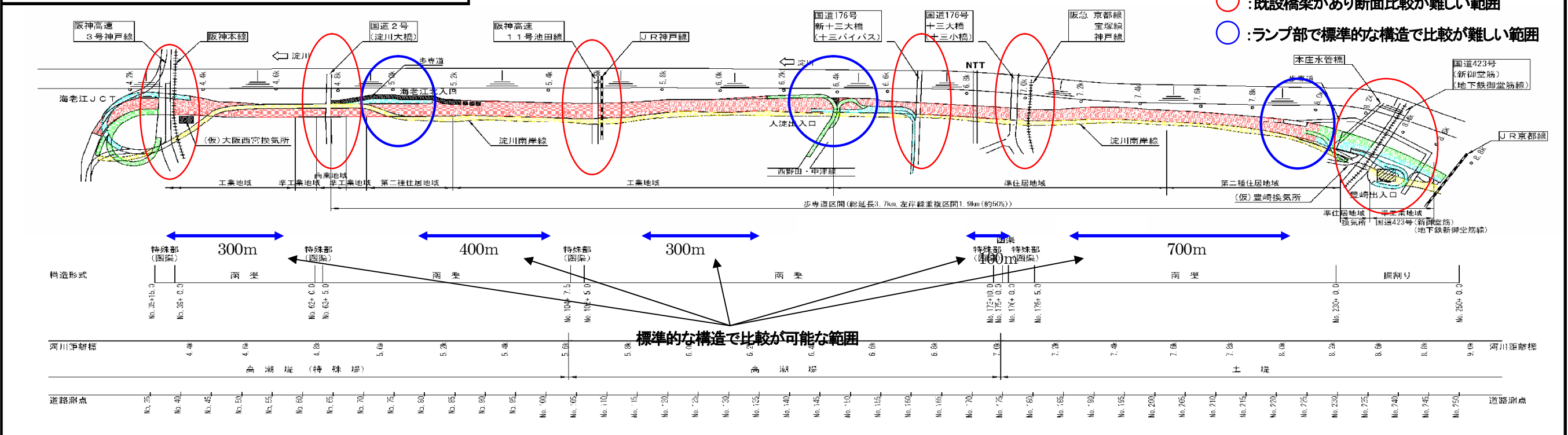
No. 77 平面2連



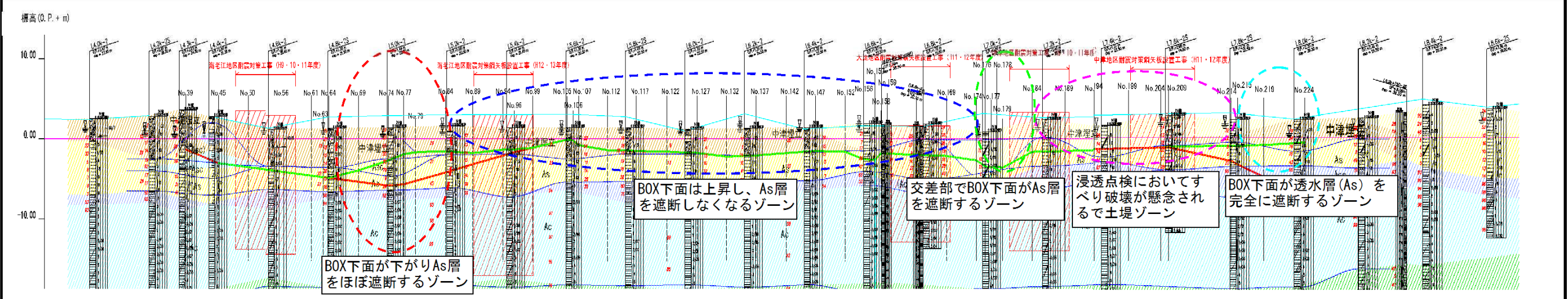
No. 77 階段2連



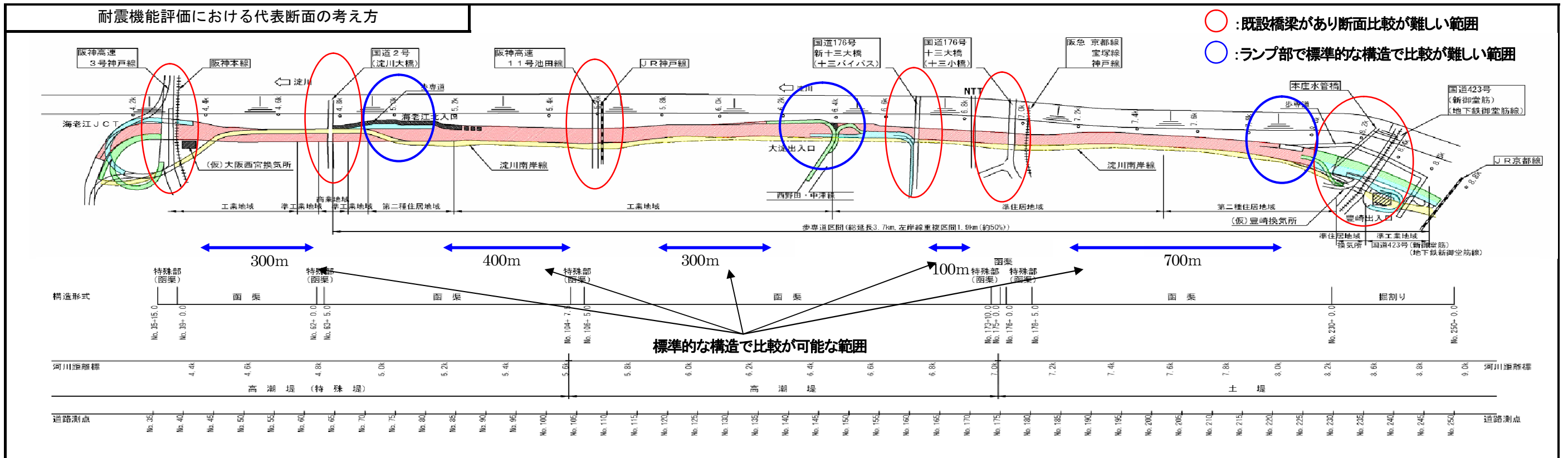
耐浸透機能評価における代表断面の考え方



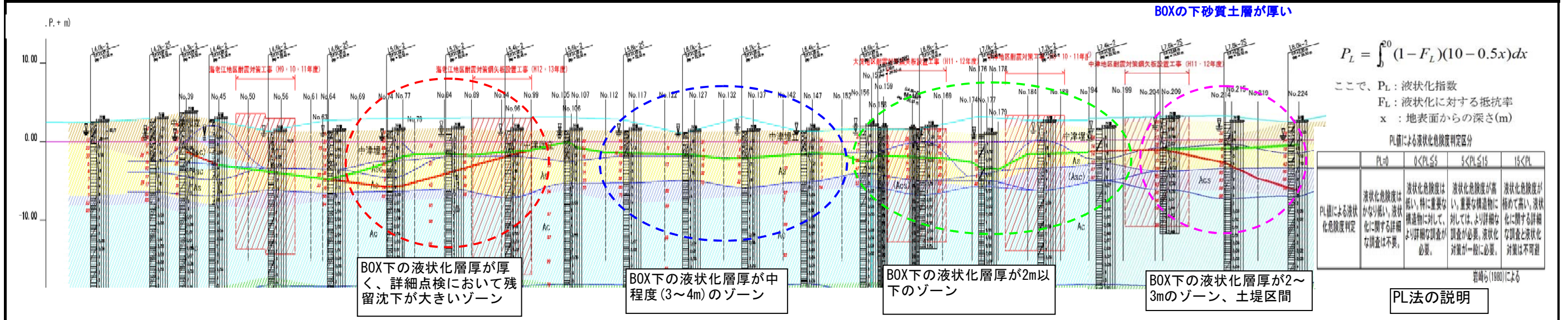
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|--------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 河川定規への抵触範囲 | 抵触回避範囲 | 抵触回避範囲 | 抵触回避範囲 | 抵触回避範囲 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 現況堤防と構造物の離隔(m) | 15.0 | 26.8 | 29.8 | 30.4 | 27.8 | 26.5 | 25.8 | 20.9 | 20.4 | 12.6 | 18.0 | 21.5 | 19.1 | 17.0 | 23.0 | 32.3 | 32.3 | 31.8 | 24.2 | 16.8 | 17.5 | 14.4 | 11.1 | 13.9 | 12.1 | 12.8 | 15.6 | 19.0 | 19.5 | 18.6 | 20.9 | 21.4 | 24.5 | 25.6 | 19.4 | 15.8 | 16.9 | 18.0 | 21.7 | 22.3 | 19.3 | 13.7 | 15.7 | 23.2 |
| 構造物による現況堤防の抵触高(m) | 2.9 | 1.2 | 0.7 | 1.7 | 2.2 | 2.5 | 3.2 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 2.4 | 2.7 | 3.6 | 3.6 | 3.9 | 4.0 | 3.9 | 4.0 | 4.2 | 4.1 | 3.3 | 3.2 | 3.7 | 3.4 | 2.3 | 1.5 | 3.4 | 3.7 | 3.8 | 3.7 | 3.3 | 3.3 | 3.8 | 4.6 | 4.5 | 1.9 | | | | | | | | |
| 詳細点検結果(浸透) | 一連区間(3.6~5.2k)(照査箇所5.0k) すべり破壊:○、ハ化ソク破壊:○ | | | | | | | | | | 一連区間(6.0~7.0k)(照査箇所6.4k) すべり破壊:○、ハ化ソク破壊:○ | | | | | | | | | | 一連区間(7.2~8.5k)(照査箇所7.4k) すべり破壊:×(川裏のり面)、ハ化ソク破壊:○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 構造物による遮断が支配的な地層の透水係数(As層) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| | | | | | |
|--------------|----------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| 全線評価のための代表断面 | No77(5.0k+55m) | No132(6.0k+139m) | No176(7.0k+9m) | No204(7.4k+185m) | No219(7.8k+106m) |
| | ● | ○ | ○ | ● | ○ |
| | 第3回委員会報告 | 第4回委員会報告 | 第4回委員会報告 | 第3回委員会報告 | 第4回委員会報告 |



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 河川定規への抵触範囲 | 抵触回避範囲 | | 抵触回避範囲 | | | | | | | | | | 抵触回避範囲 | | | | | | | | | | 抵触回避範囲 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 現況堤防と構造物の離隔(m) | 15.0 | 26.8 | 29.8 | 30.4 | 27.8 | 26.5 | 25.8 | 20.9 | 20.4 | 12.6 | 18.0 | 21.5 | 19.1 | 17.0 | 23.0 | 32.3 | 32.3 | 31.8 | 24.2 | 16.8 | 17.5 | 14.4 | 11.1 | 13.9 | 12.1 | 12.8 | 15.6 | 19.0 | 19.5 | 18.6 | 20.9 | 21.4 | 24.5 | 25.6 | 19.4 | 15.8 | 16.9 | 18.0 | 21.7 | 22.3 | 19.3 | 13.7 | 15.7 | 23.2 |
| 構造物による現況堤防の抵触高(m) | 2.9 | 1.2 | 0.7 | 1.7 | 2.2 | 2.5 | 3.2 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 2.4 | 2.7 | 3.6 | 3.6 | 3.9 | 4.0 | 3.9 | 4.0 | 4.2 | 4.1 | 3.3 | 3.2 | 3.7 | 3.4 | 2.3 | 1.5 | 3.4 | 3.7 | 3.8 | 3.7 | 3.3 | 3.3 | 3.8 | 4.6 | 4.5 | 1.9 | | | | | | | | |
| 詳細点検結果(耐震) | 沈下後堤高 | | 5.62 | | 4.83 | | 4.69 | | 7.09 | | 7.91 | | 8.35 | | 6.28 | | 8.93 | | 7.02 | | 7.62 | | - | | 14.5 | | 43.6 | | 17.2 | | 11.9 | | | | | | | | | | | | | |
| | 照査外水位 | | 4.39 | | 4.45 | | 4.51 | | 4.57 | | 4.58 | | 4.49 | | 4.49 | | 4.5 | | 4.5 | | 4.51 | | - | | 11.3 | | 24.5 | | 24.1 | | 5.32 | | | | | | | | | | | | | |
| 構造物下の液状化層厚 Z(m) | 3.6 | 1.8 | 1.4 | 4.2 | 7.5 | 5.2 | 6.0 | 2.8 | 4.4 | 3.2 | 4.2 | 3.6 | 1.5 | 1.9 | 1.0 | 1.4 | 1.4 | 2.5 | 3.0 | 3.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 液状化指数 PL | 堤体 | | 29.4 | | 30.6 | | 24.1 | | 20.2 | | 13.2 | | 27.9 | | 23.4 | | 26.6 | | 26.5 | | 6.4 | | 24.2 | | 26.8 | | 39.3 | | 18.9 | | - | | 14.5 | | 43.6 | | 17.2 | | 11.9 | | | | | |
| | 堤内 | | 40.2 | | 46.2 | | 31.2 | | 28.7 | | 13.6 | | 31.5 | | 33.8 | | 14.2 | | 46.2 | | 38.4 | | 32.1 | | 16.8 | | 27 | | 20.6 | | 37.4 | | 40.4 | | 11.3 | | 24.5 | | 24.1 | | 5.32 | | | |



$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx$

ここで、 P_L : 液状化指数
 F_L : 液状化に対する抵抗率
 x : 地表面からの深さ(m)

P_L による液状化危険度判定区分

| $P_L=0$ | $0 < P_L \leq 5$ | $5 < P_L \leq 15$ | $15 < P_L$ |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| 液状化危険度はかなり低い、液状化に関する詳細な調査は不要。 | 液状化危険度は低い、特に重要な構造物に対しては、より詳細な調査が必要。 | 液状化危険度が高い、重要な構造物に対しては、より詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。 | 液状化危険度が極めて高い、液状化に関する詳細な調査と液状化対策が不可欠。 |

岩崎ら(1980)による

| | | | | | |
|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 全線評価のための代表断面 | No77 (5.0k+55m) | No132 (6.0k+139m) | No176 (7.0k+9m) | No204 (7.4k+185m) | No219 (7.8k+106m) |
| | ● | ○ | ○ | ● | ○ |
| | 第3回委員会報告 | 第4回委員会報告 | 第4回委員会報告 | 第3回委員会報告 | 第4回委員会報告 |

各要求機能に対する定量的評価に用いた解析ケースを表2-1に示す。

表2-1 定量的評価に用いた解析ケース一覧

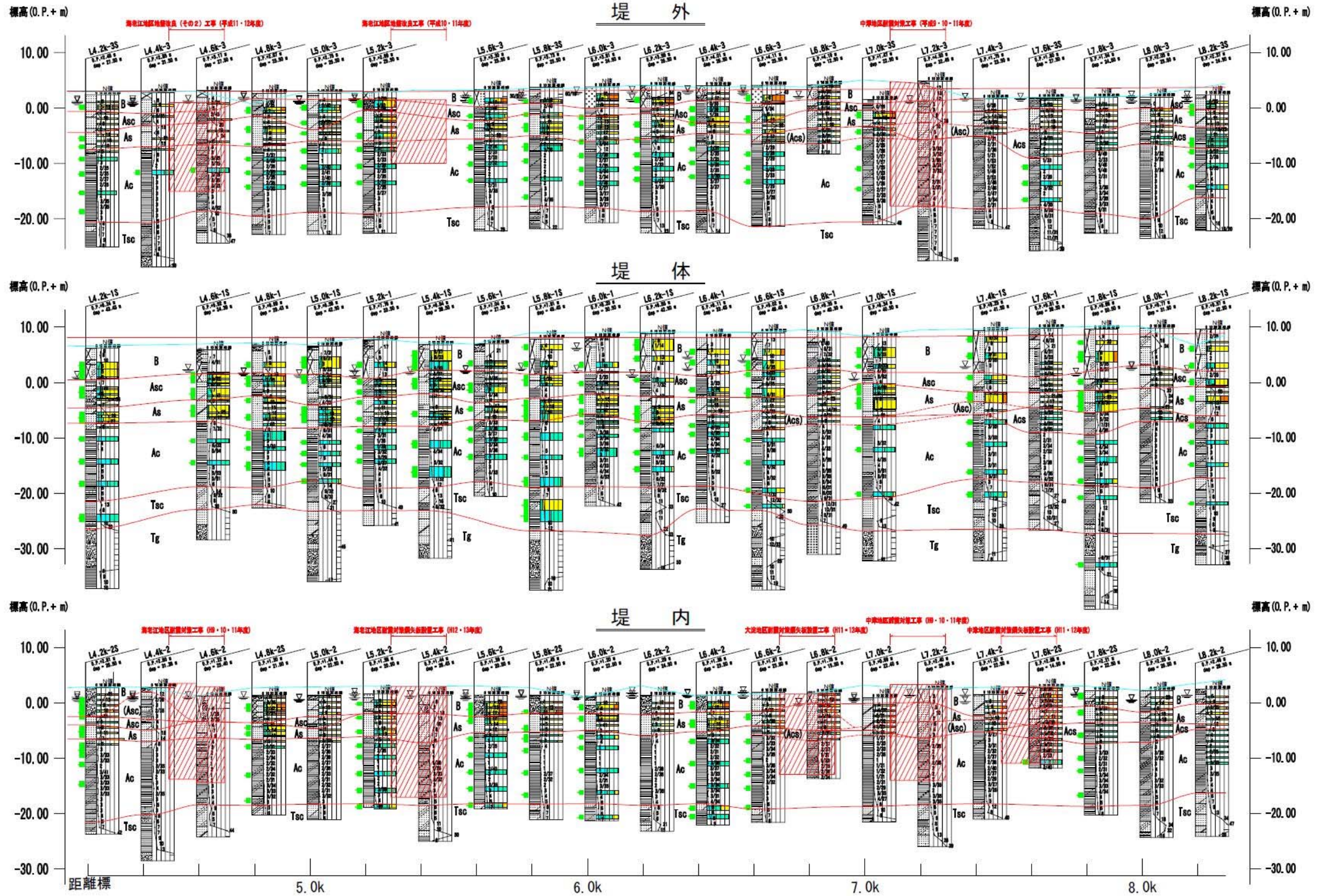
| 検討断面 | 構造形状 | 完成形状 | モデル図 | ※1 耐浸透 | 耐侵食 | 耐震 | | 経年変化 | |
|----------------------------|------|-----------------|-----------------|-----------|-----|--------|--------|------|---|
| | | | | | | 地盤改良なし | 地盤改良有り | | |
| No.77 (5.0k+55) 高潮堤 | 階段2連 | 現況堤防 | | ○ | ○ | ○ | | - | |
| | | 川表現況堤 | | ○ | - | - | - | ○ | |
| | | | | ○ | - | - | - | ○ | |
| | | 完成堤防 (川表5割堤) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 施工時 (スライド堤) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 平面2連 | 川表現況堤 | | ○ | - | - | - | ○ |
| | | | | | ○ | - | - | - | ○ |
| | | | 完成堤防 (川表5割堤) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 施工時 (スライド堤防) | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| No.204 (7.4k+185) 土堤 | 平面2連 | 現況堤防 | | ○ | ○ | ○ | | - | |
| | | 川表現況堤 | | ○ | - | - | - | ○ | |
| | | | | ○ | - | - | - | ○ | |
| | | 完成堤防 (川表5割堤) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 施工時 (スライド堤) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |

※ 仮設土留鋼矢板の取り扱いについて
 土留鋼矢板は仮設であることから撤去を原則とするが、矢板の引き抜き・撤去による堤防への影響もこれまでの知見により懸念される。
 そのため、「完成形で土留鋼矢板を残置した場合」のモデルケースの解析を行い、鋼矢板残置の影響を定量的に評価するものとする。

※ 地盤改良の設定について
 道路構造物の液状化対策として、ボックス下部砂層の地盤改良（SCP）を検討しているが、地盤改良の効果を定量的に評価するため、耐震機能の検討では地盤改良の有無について、両方での評価を行うものとする。
 なお、耐浸透機能の検討では、地盤改良により地盤が締めり透水性が下がるため、解析では地盤改良を見込まず、現況の透水係数で検討を行うものとする。

1-2 土質定数

淀川左岸線（2期）の全体の土層構成は200mピッチの堤体・堤外・堤内のボーリング調査結果から下図に示す土質縦断面を設定した。



淀川左岸線2期区間地質想定縦断面図

浸透流解析に使用するパラメーター

| 土層区分 | γ (kN/m ³) | γ_{sat} (kN/m ³) | C (kN/m ²) | Φ (deg) | k (cm/s) |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------|-----------|
| 淀川改良工事 (明治29年~43年) | 17.5 | 19.2 | 3.9 | 34.9 | (1.0E-03) |
| γ, C, Φ は L5.0k-1:S1 の CD 試験結果 k は暫定値、現場透水試験実施予定、 γ_{sat} は上下流データ平均 | | | | | |
| 淀川補修工事 (大正7年 ~昭和7年) | 16.5 | 17.7 | 6.4 | 37.6 | (1.0E-03) |
| γ, C, Φ は代表断面での試験結果なし。上下流ランタの平均値を採用。 k は透水試験を実施する。 | | | | | |
| 高水敷盛土 (昭和29年 ~45年) | 18.4 | 18.7 | 11.8 | 26.0 | (1.0E-03) |
| γ は L5.0k-3:S1 の試験結果。 $F_c=20\sim60\%$ の中間土であることから L5.0K-3:S1 の UU 試験結果は、試験条件が不適と判断し、 C, Φ は該当土層の CU 試験結果の平均値を採用する。 k は、透水試験を実施する。 | | | | | |
| Asc 層 | 18.4 | 18.7 | 10.8 | 32.8 | 4.96E-04 |
| γ, C, Φ は L5.0k-1:S2. CD 試験結果。L0.5k-1 における透水試験結果は、局所的に 1σ を逸脱することから、 k は、上下流データの平均値。 | | | | | |
| As1 層 | 17.9 | 17.9 | 3.9 | 33.3 | 2.95E-03 |
| γ, C, Φ は L5.0k-1:S3 の試験結果。 k は上下流(L4.8k-1, L5.3k-1) の試験結果の平均値。 | | | | | |
| Acs 層 | 17.1 | 17.1 | 43.6 | 0.0 | 1.0E-05 |
| γ, C は L5.2K-1S:NSS4 の試験結果 | | | | | |
| Ac2 層 | 16.3(堤体) 16.2(堤内) 16.2(堤外) | 16.3(堤体) 16.2(堤内) 16.2(堤外) | 48.5(堤体) 32.3(堤内) 32.3(堤外) | 0.0 | 1.0E-05 |
| C は OP-10m の値 堤体の γ, C は L5.0k-1 の試験結果。堤内の γ, C は上下流(L4.8k-1, L5.2K-2) の試験結果。堤外は近傍に試験値がないので堤内値とする。 | | | | | |

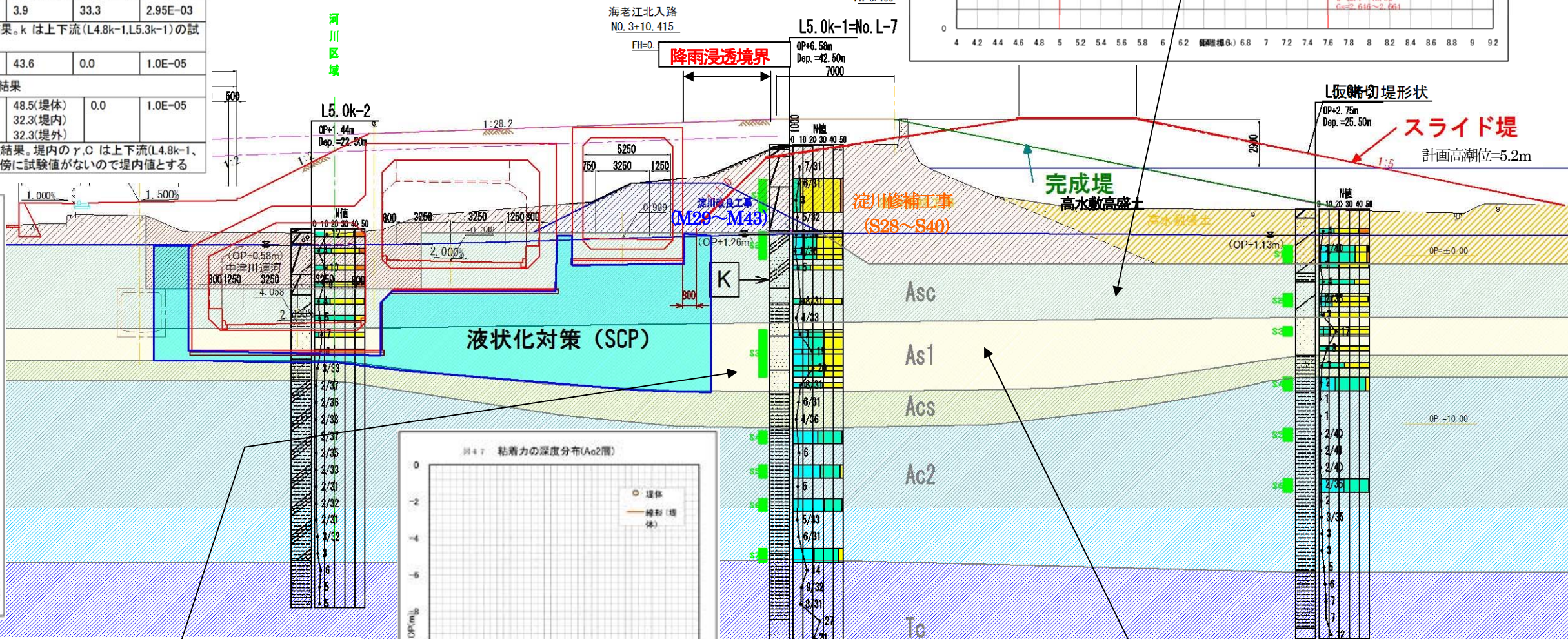
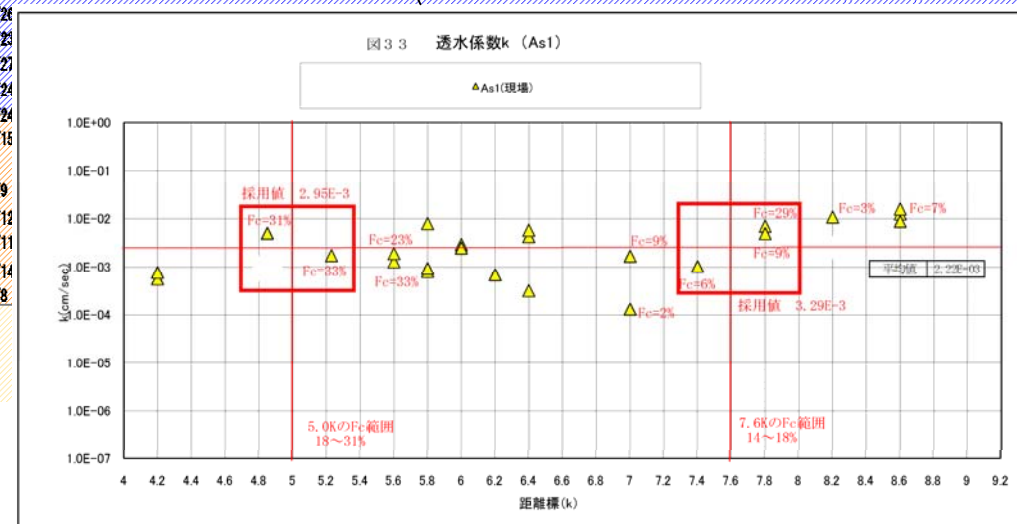
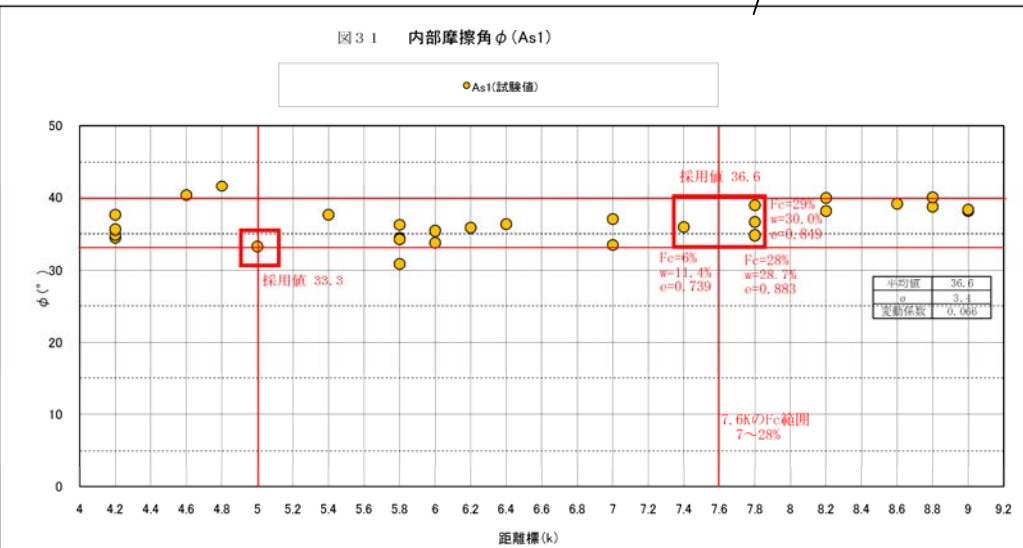
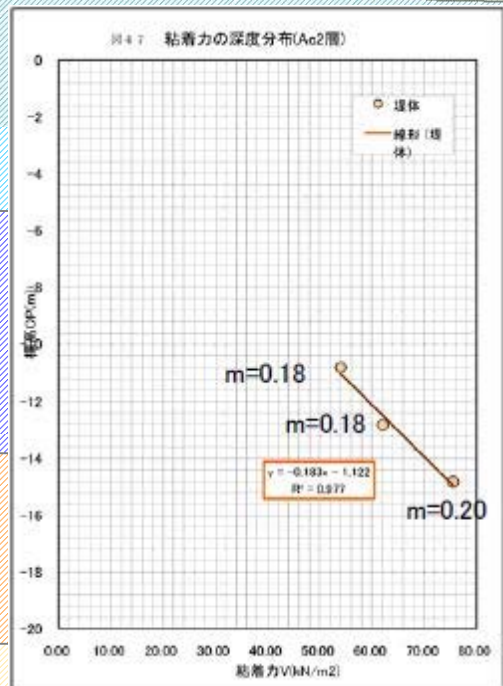
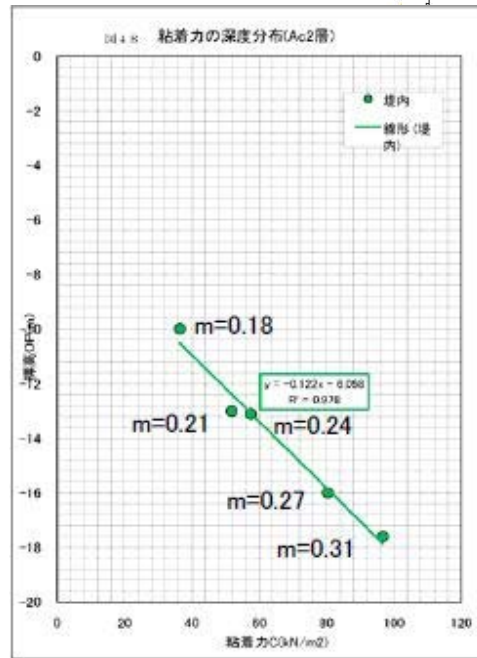
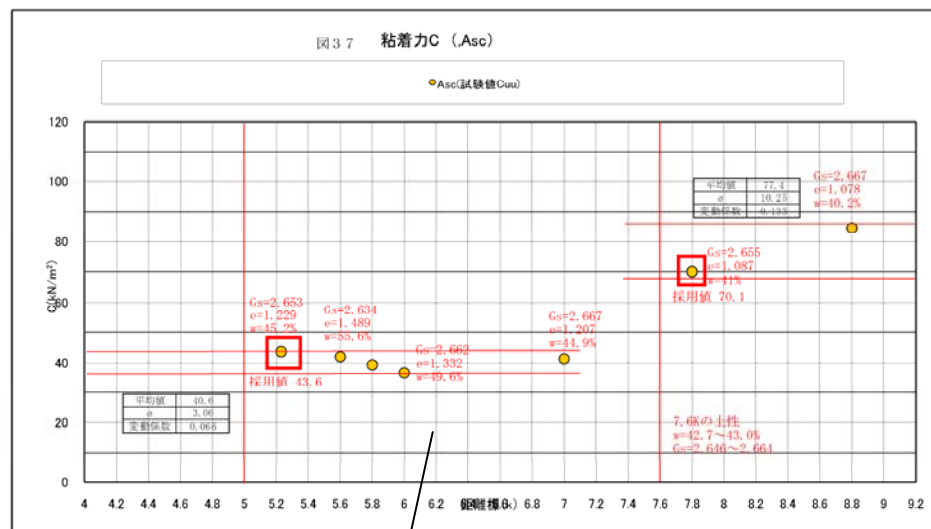
No.77(左岸 5.0K)

土質定数設定の基本方針

土層における調査データの縦断的な連続性を勘案し、代表断面の試験値を用いるが、上流下流の試験結果の平均値を採用する。代表断面の近傍に試験結果がない場合には、対象土層の平均値など適宜設定する。

No. 77

W: FH=-4.058 E: FH=-0.348



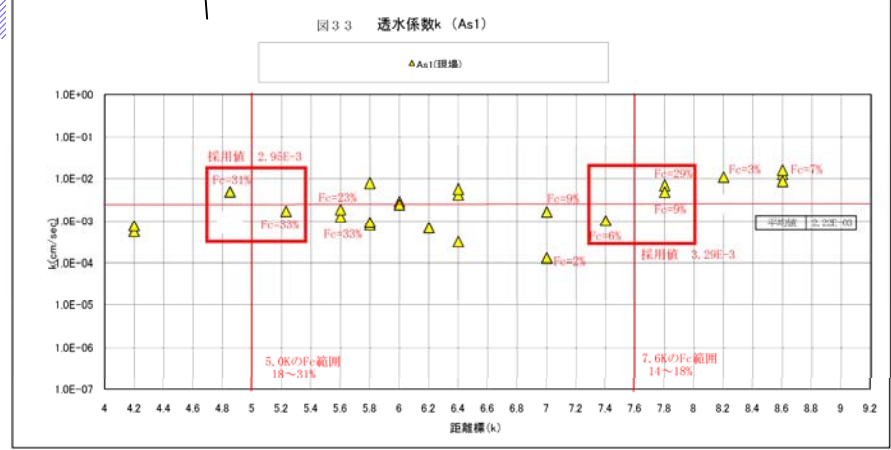
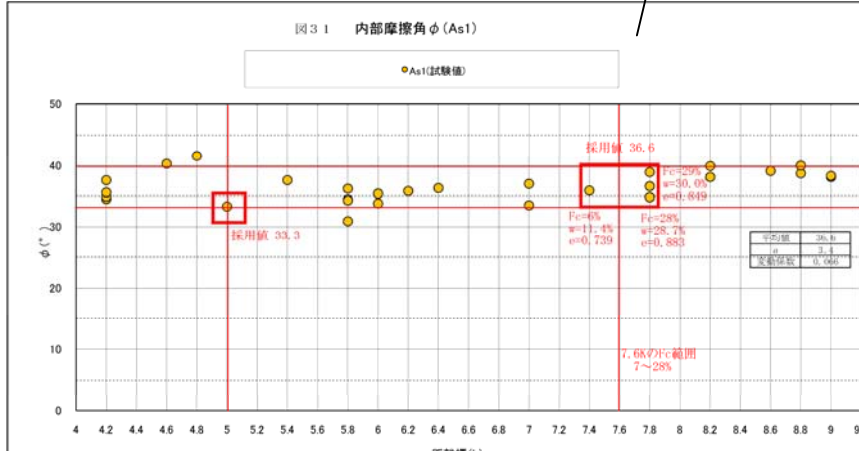
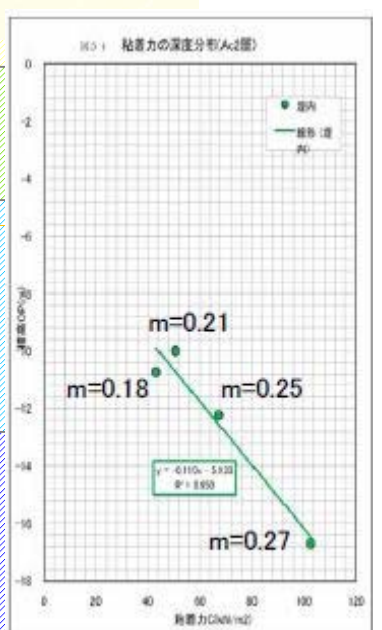
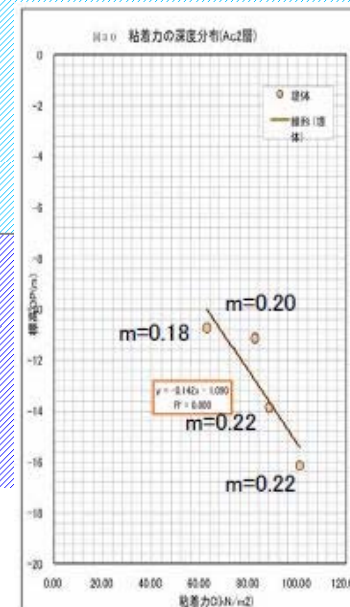
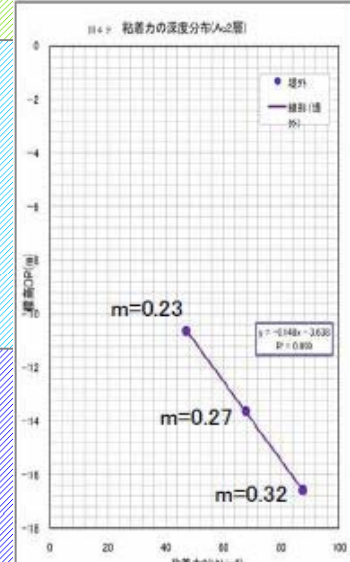
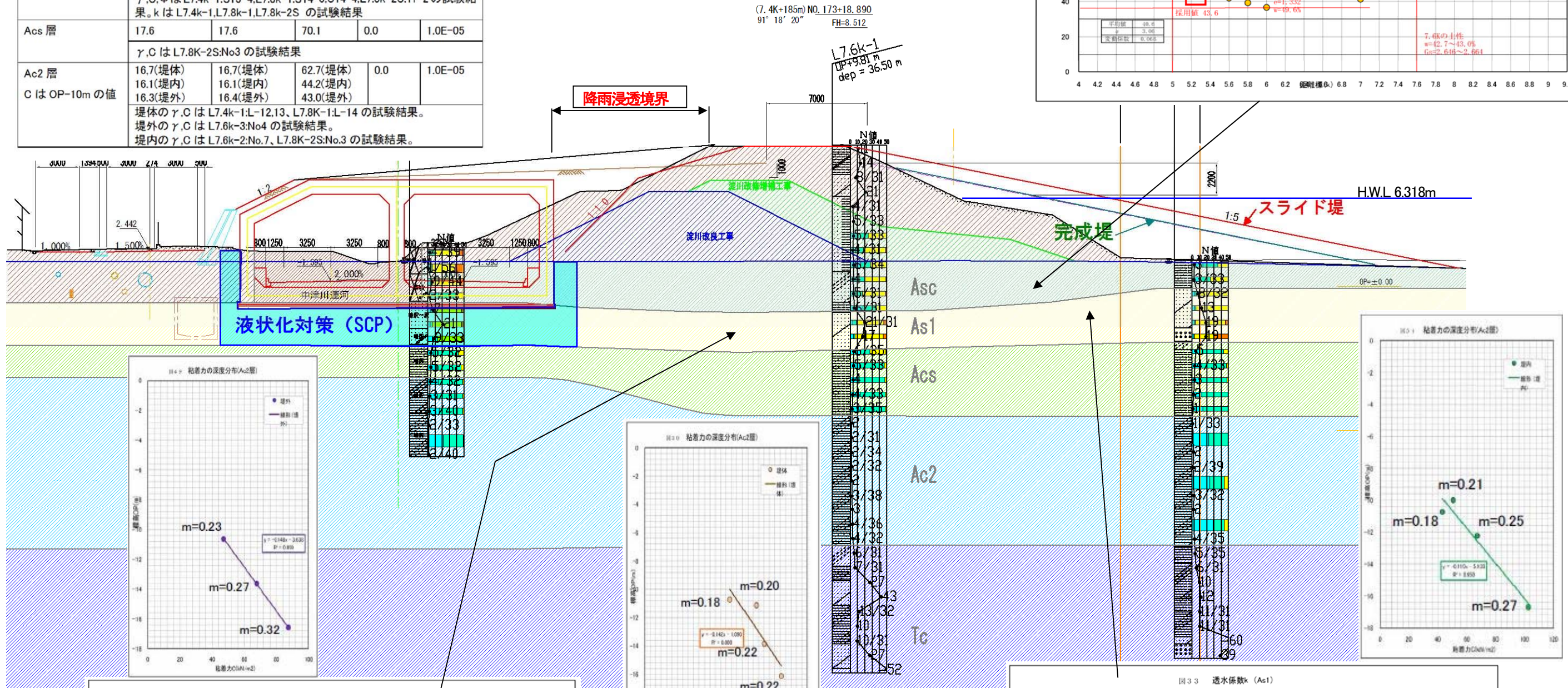
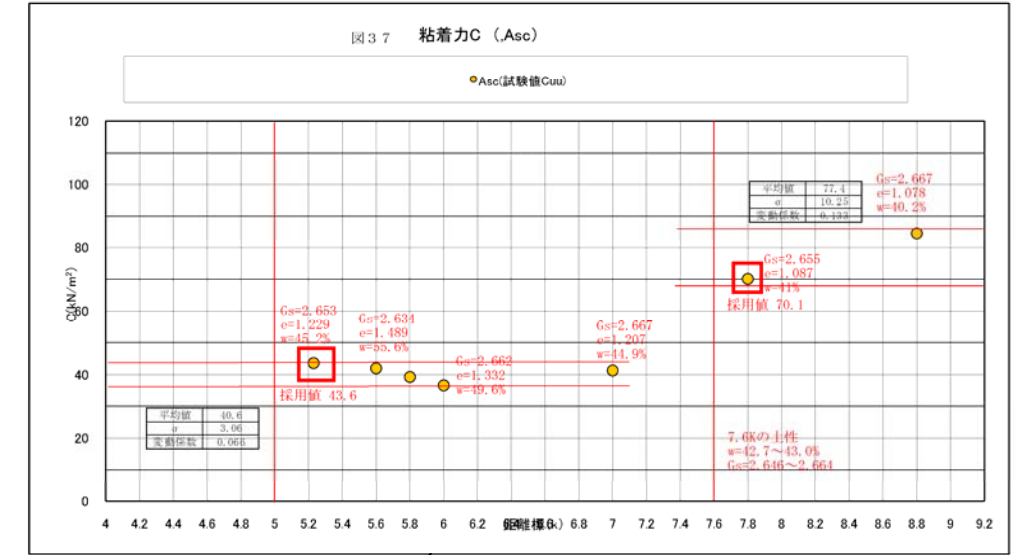
浸透流解析に使用するパラメーター

| 土層区分 | γ (kN/m ³) | γ_{sat} (kN/m ³) | C(kN/m ²) | Φ (deg) | k(cm/s) |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------|-----------|
| 淀川改良工事 (明治29年~43年) | 17.1 | 18.7 | 0.0 | 33.9 | (1.0E-03) |
| γ, C, Φ はL7.0k-1:S2の試験結果 kはL5.6k-1の試験結果(当該断面で試験実施提案) | | | | | |
| 淀川改修基本計画 (昭和29年~45年) | 17.9 | 19.4 | 7.0 | 41.0 | (1.0E-03) |
| γ, C, Φ はL7.0k-1:S1の試験結果 kはL6.4k-1の試験結果(当該断面で試験実施提案) | | | | | |
| Asc層 | 18.8 | 19.3 | 6.1 | 33.2 | (1.0E-03) |
| γ, C, Φ はL6.2k-1:S3の試験結果(当該断面で試験実施提案) kはL6.6k-1の試験結果(当該断面で試験実施提案) | | | | | |
| As1層 | 17.9 | 18.9 | 11.1 | 36.6 | 3.29E-03 |
| γ, C, Φ はL7.4k-1:S13-4, L7.8k-1:S14-3, S14-4, L7.8k-2S:Tr-2の試験結果 kはL7.4k-1, L7.8k-1, L7.8k-2Sの試験結果 | | | | | |
| Acs層 | 17.6 | 17.6 | 70.1 | 0.0 | 1.0E-05 |
| γ, C はL7.8k-2S:No.3の試験結果 | | | | | |
| Ac2層 | 16.7(堤体) 16.1(堤内) 16.3(堤外) | 16.7(堤体) 16.1(堤内) 16.4(堤外) | 62.7(堤体) 44.2(堤内) 43.0(堤外) | 0.0 | 1.0E-05 |
| CはOP-10mの値 堤体の γ, C はL7.4k-1:L-12,13, L7.8k-1:L-14の試験結果。 堤外の γ, C はL7.6k-3:No.4の試験結果。 堤内の γ, C はL7.6k-2:No.7, L7.8k-2S:No.3の試験結果。 | | | | | |

No.204 (左岸 7.6K)

土質定数設定の基本方針

土層における調査データの縦断的な連続性を勘案し、代表断面の試験値を用いるが、試験結果がない場合は、上流下流の試験結果の平均値を採用する。代表断面の近傍に試験結果がない場合には、対象土層の平均値など適宜設定する。



No.77(左岸 5.0K)

圧密沈下解析(弾粘塑性解析)パラメーター

定数設定の基本方針

弾粘塑性モデルのパラメータは、代表断面(5.0K)及び4.8Kの試験値(圧密試験、三軸 UU 試験)から設定を行った。また二次圧密特性は縦断的な連続性を勘案し、対象土層の平均値から設定した。

NO. 77

E: FH=0.348

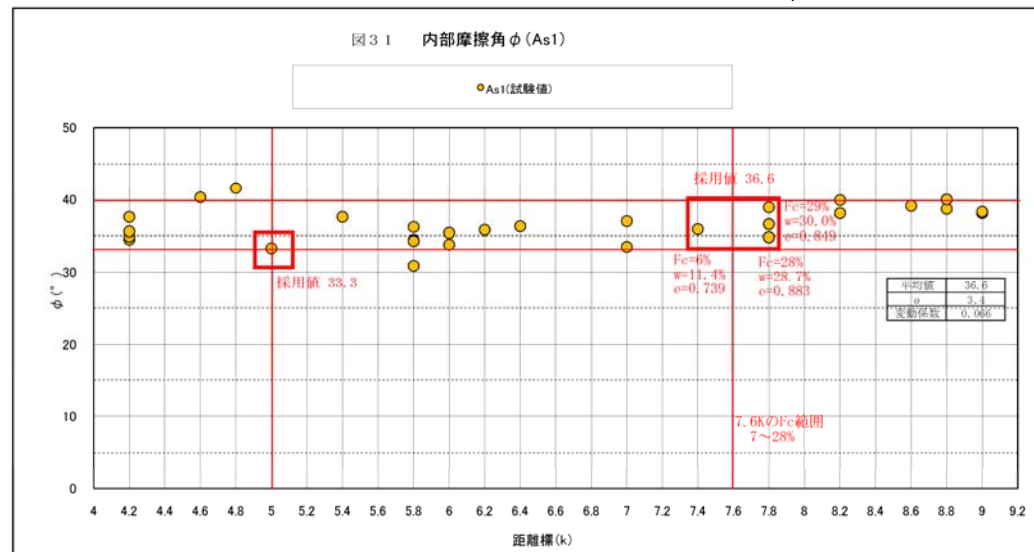
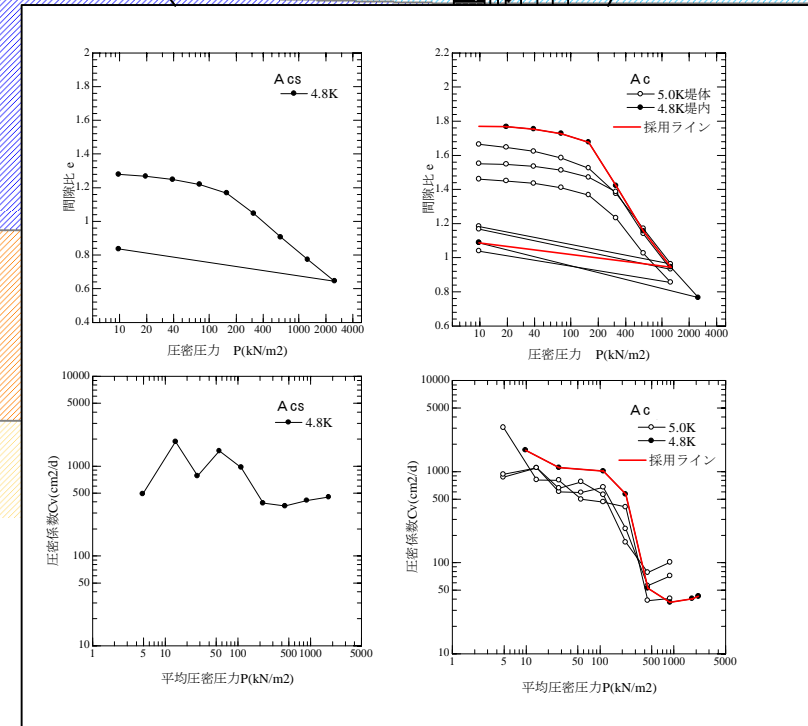
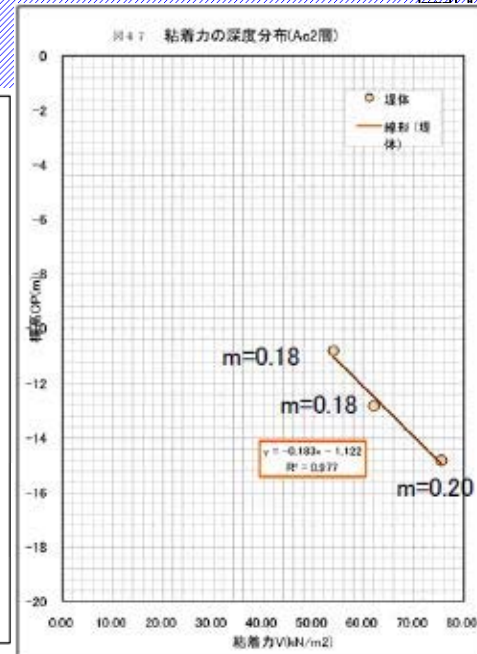
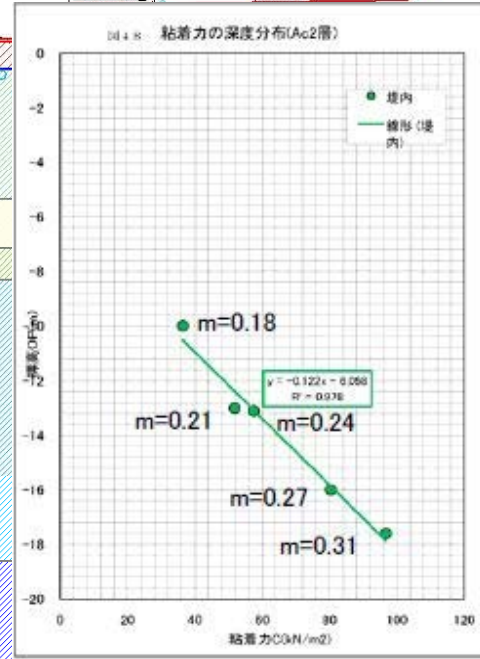
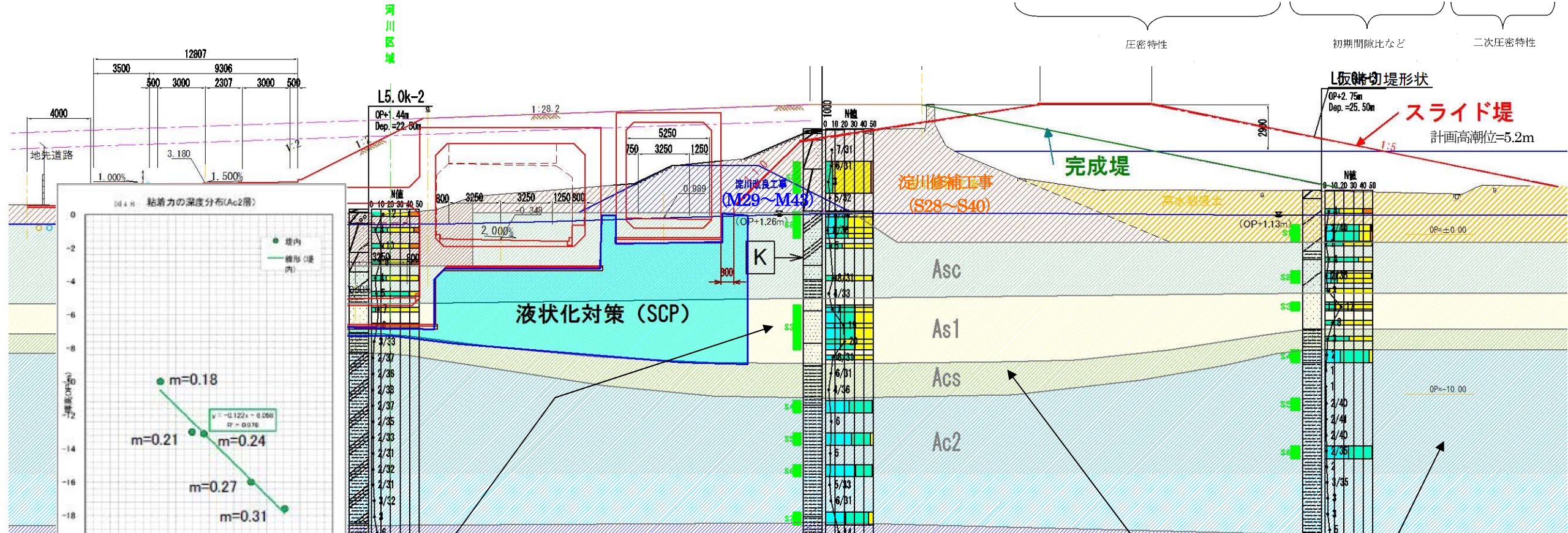
南岸線
NO. 54+5.471
FH=3.180

| 地層分類 | 材料モデル | 弾性 | | | 弾粘塑性(関口・太田モデル) | | | | | | | | | | | |
|------|--------|---------------|--------------------|-------------------------|----------------|-------------|----------|----------------|---------------|---------|------------|-------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------|
| | | ポアソン比 ν_s | ヤング率 $E_s(kN/m^2)$ | 単位体積重量 $\gamma(kN/m^3)$ | 透水係数 $k(cm/s)$ | 初期間隙比 e_i | 過圧密比 OCR | 圧縮指数 λ | 膨張指数 κ | ダイレタンシー | 塑性指数 I_p | 先行間隙比 e_o | 先行応力 $P_o(kN/m^2)$ | 二次圧縮指数 α | 初期体積ひずみ速度 $(1/hr)$ | |
| 堤体 | 淀川改良工事 | 0.33 | 106803 | 17.5 | 1.00E-03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 淀川補修工事 | 0.33 | 100700 | 16.5 | 1.00E-03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 高水敷盛土 | 弾性モデル | 0.33 | 112295 | 18.4 | 1.00E-03 | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| 基礎地盤 | Asc | 0.33 | 86961 | 18.4 | 4.96E-04 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | As | 0.33 | 84598 | 17.9 | 2.95E-03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | Acs | 弾粘塑性モデル | 0.33 | 80817 | 17.1 | 1.00E-05 | 1.284 | 1.95 | 0.174 | 0.033 | 0.079 | 45.2 | 1.464 | 214 | 0.0070 | 1.00E-07 |
| | Ac | 堤内 | 弾粘塑性モデル(関口・太田) | 0.33 | 108312 | 16.2 | 1.00E-05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 堤外 | 0.33 | 108980 | 16.3 | 1.00E-05 | 1.771 | 1.394 | 0.367 | 0.058 | 0.084 | 52.7 | 1.552 | 287 | 0.0118 | 1.00E-07 |
| Tc | 弾性モデル | 0.33 | 254506 | 18.7 | 1.00E-05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |

圧密特性

初期間隙比など

二次圧密特性



No.204 (左岸 7.6K)

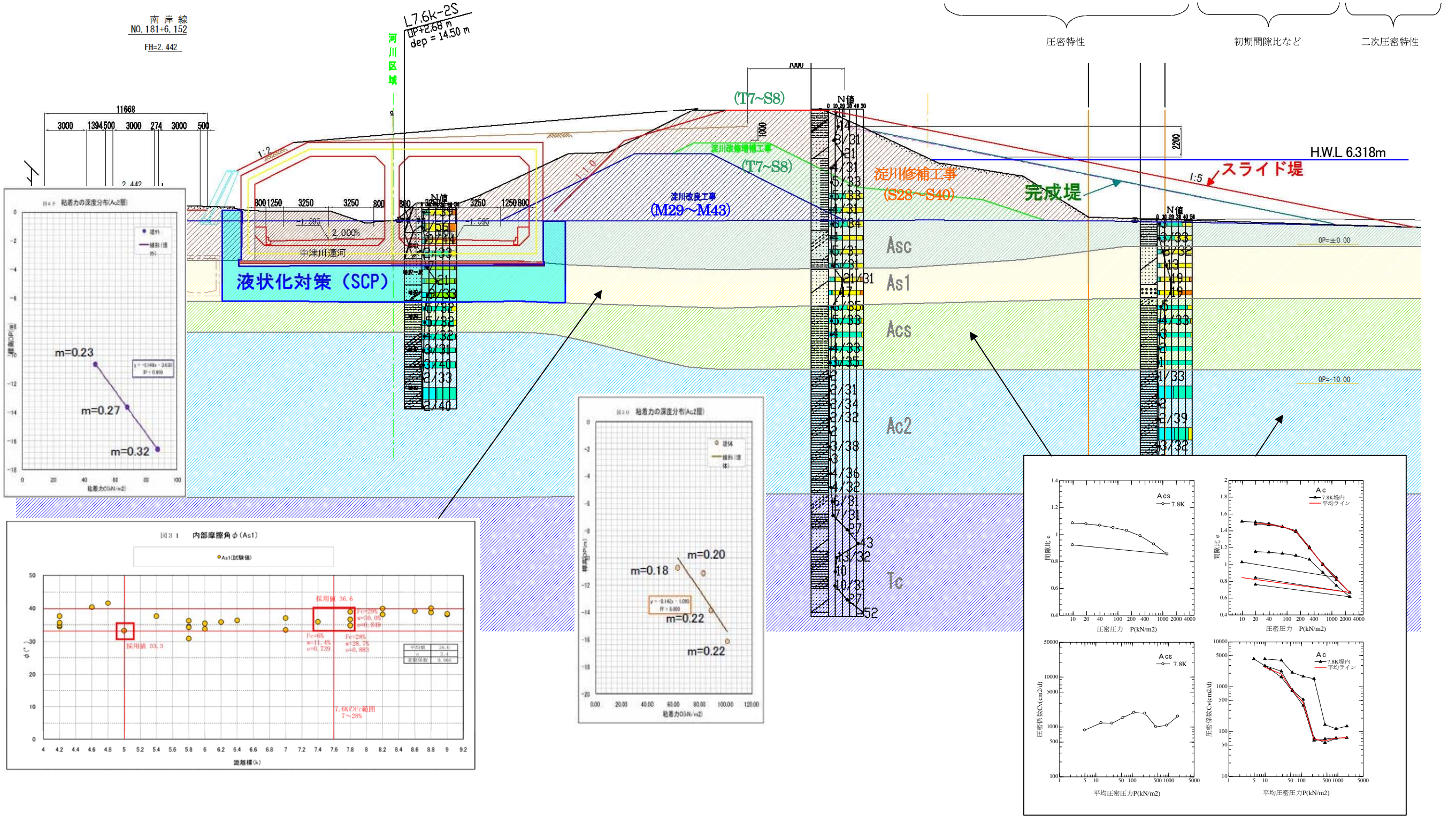
圧密沈下解析(弾粘塑性解析)パラメーター

定数設定の基本方針

弾粘塑性モデルのパラメータは、代表断面近傍の7.8Kの試験値(圧密試験、三軸UU試験)から設定を行った。また二次圧密特性は縦断的な連続性を勘案し、対象土層の平均値から設定した。

NO. 204
FH=L.595

| 地層分類 | 材料モデル | 弾性 | | | 弾粘塑性(関口・太田モデル) | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----------------|--------------------|-------------------------|----------------|-------------|----------|----------------|---------------|----------|------------|-------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------|
| | | ポアソン比 ν/s | ヤング率 $E_s(kN/m^2)$ | 単位体積重量 $\gamma(kN/m^3)$ | 透水係数 $k(cm/s)$ | 初期間隙比 e_i | 過圧密比 OCR | 圧縮指数 λ | 膨張指数 κ | ダイレタンシーD | 塑性指数 I_p | 先行間隙比 e_o | 先行応力 $P_o(kN/m^2)$ | 二次圧縮指数 α | 初期体積ひずみ速度 $(1/hr)$ | |
| 堤体 | 淀川改良工事 | 0.33 | 104361 | 17.1 | 1.00E-03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 淀川補修工事 | 0.33 | 109244 | 17.9 | 1.00E-03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| 基礎地盤 | Acs | 0.33 | 88852 | 18.8 | 1.00E-03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | As1 | 0.33 | 84598 | 17.9 | 3.29E-03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | Asc | 弾粘塑性モデル(関口・太田) | 0.33 | 83180 | 17.6 | 1.00E-05 | 1.097 | 5.480 | 0.109 | 0.014 | 0.061 | 27.8 | 1.091 | 340 | 0.0048 | 1.00E-07 |
| | | 堤内 | 0.33 | 107643 | 16.1 | 1.00E-05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 堤体 | 0.33 | 111655 | 16.7 | 1.00E-05 | 1.507 | 1.507 | 0.292 | 0.037 | 0.077 | 43.4 | 1.388 | 273 | 0.0130 | 1.00E-07 |
| | Ac2 | 0.33 | 108980 | 16.3 | 1.00E-05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Tc | 弾性モデル | 0.33 | 246340 | 18.1 | 1.00E-05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |



1-3 仮締切堤防の設定

1-3-1 施工時堤防断面の形状の考え方

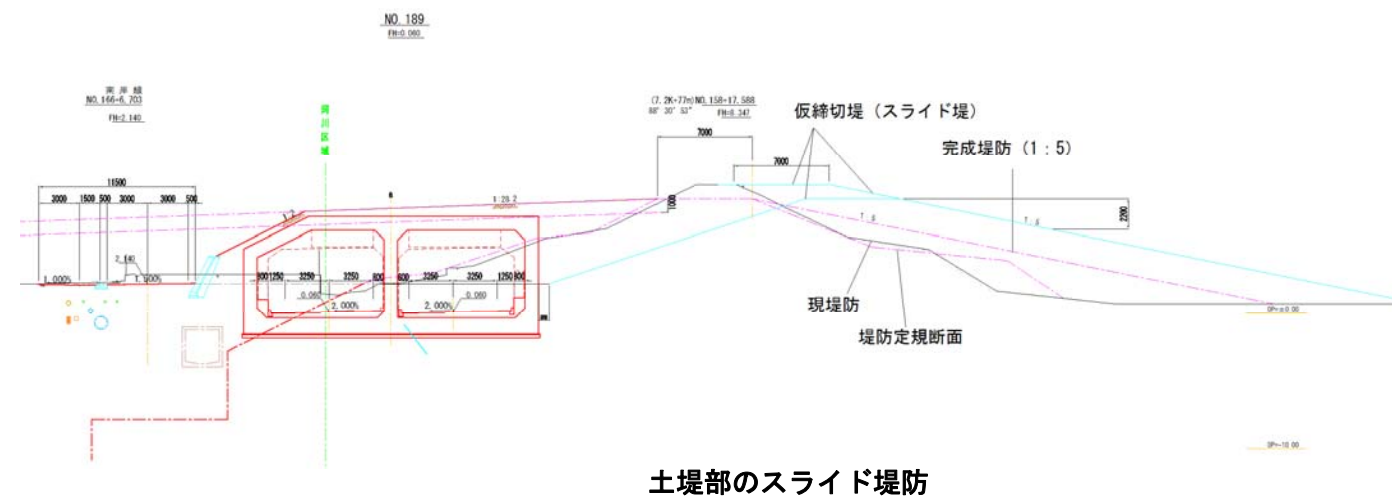
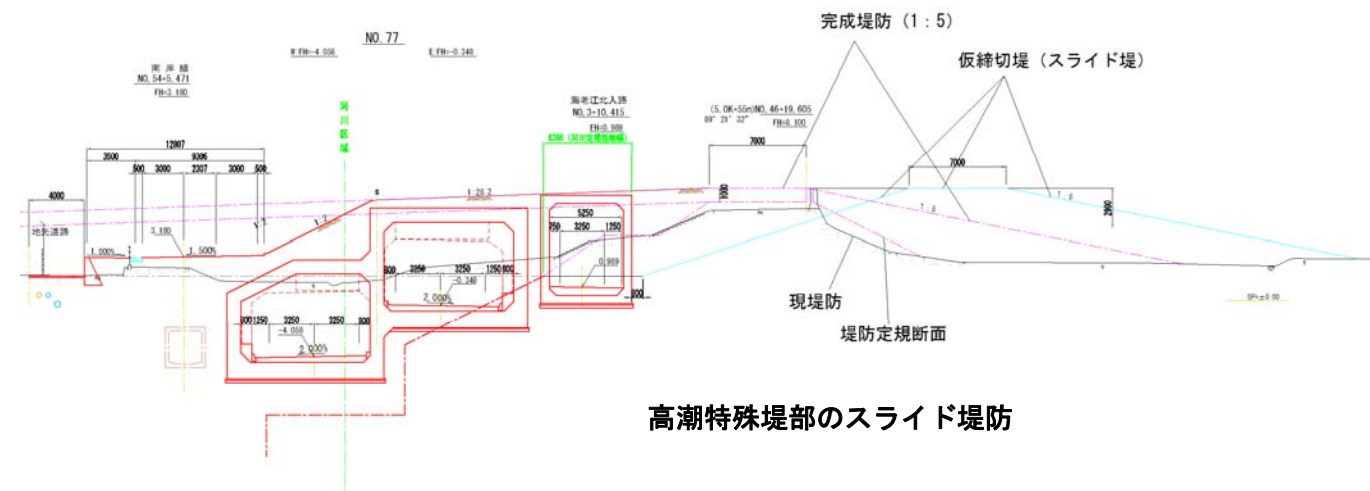
淀川左岸4.3k~8.3kで建設が予定されている淀川左岸線(2期)事業において、施工時に確保すべき堤防断面の考え方をとりまとめる。

【施工時に確保すべき断面】

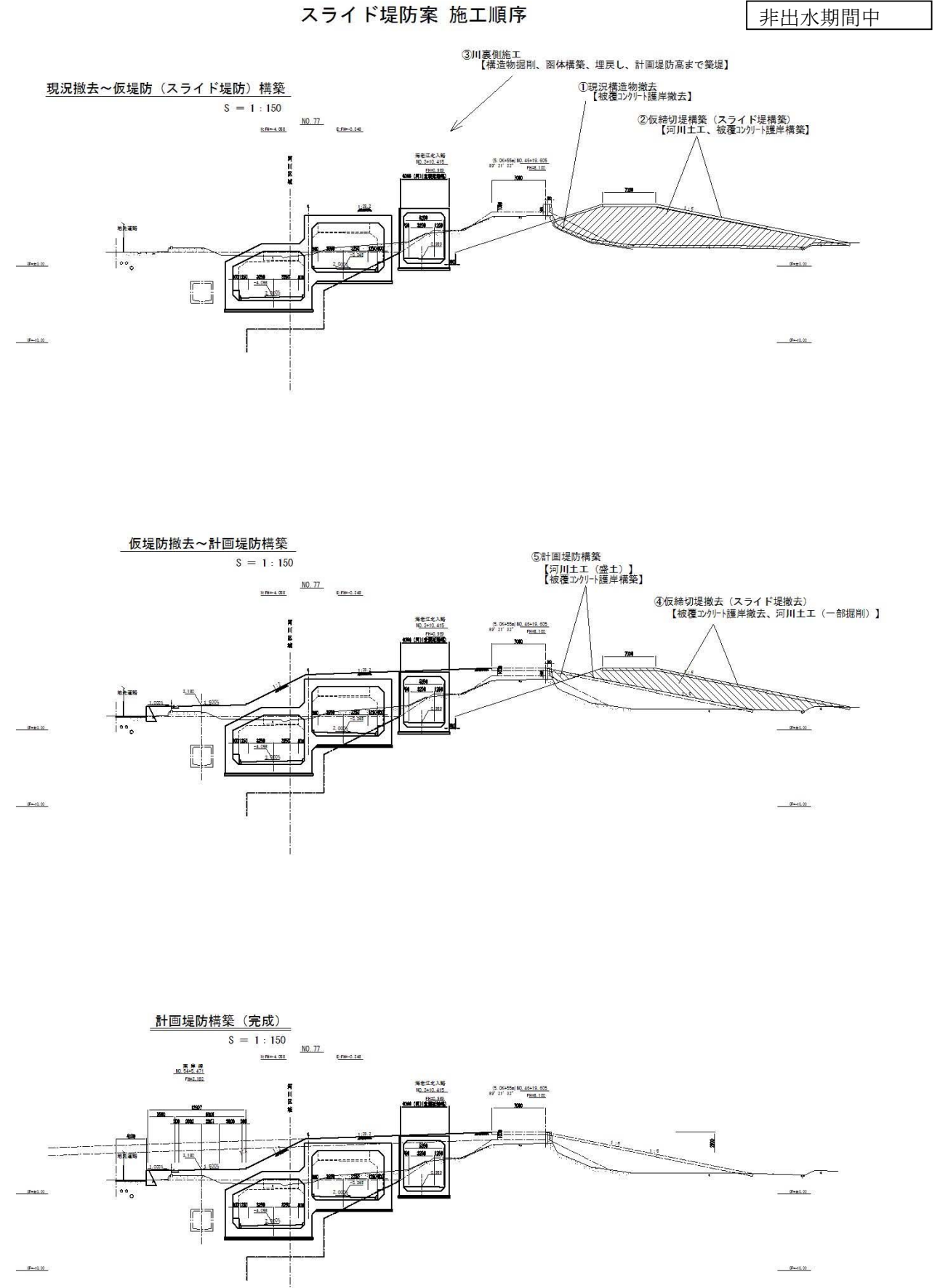
仮締切り期間および延長が長大であるため、本堤防と同様、土堤を原則とし、同等の形状、構造要件を有するものとする。

(1) 仮締め切り堤の形状に関する規定

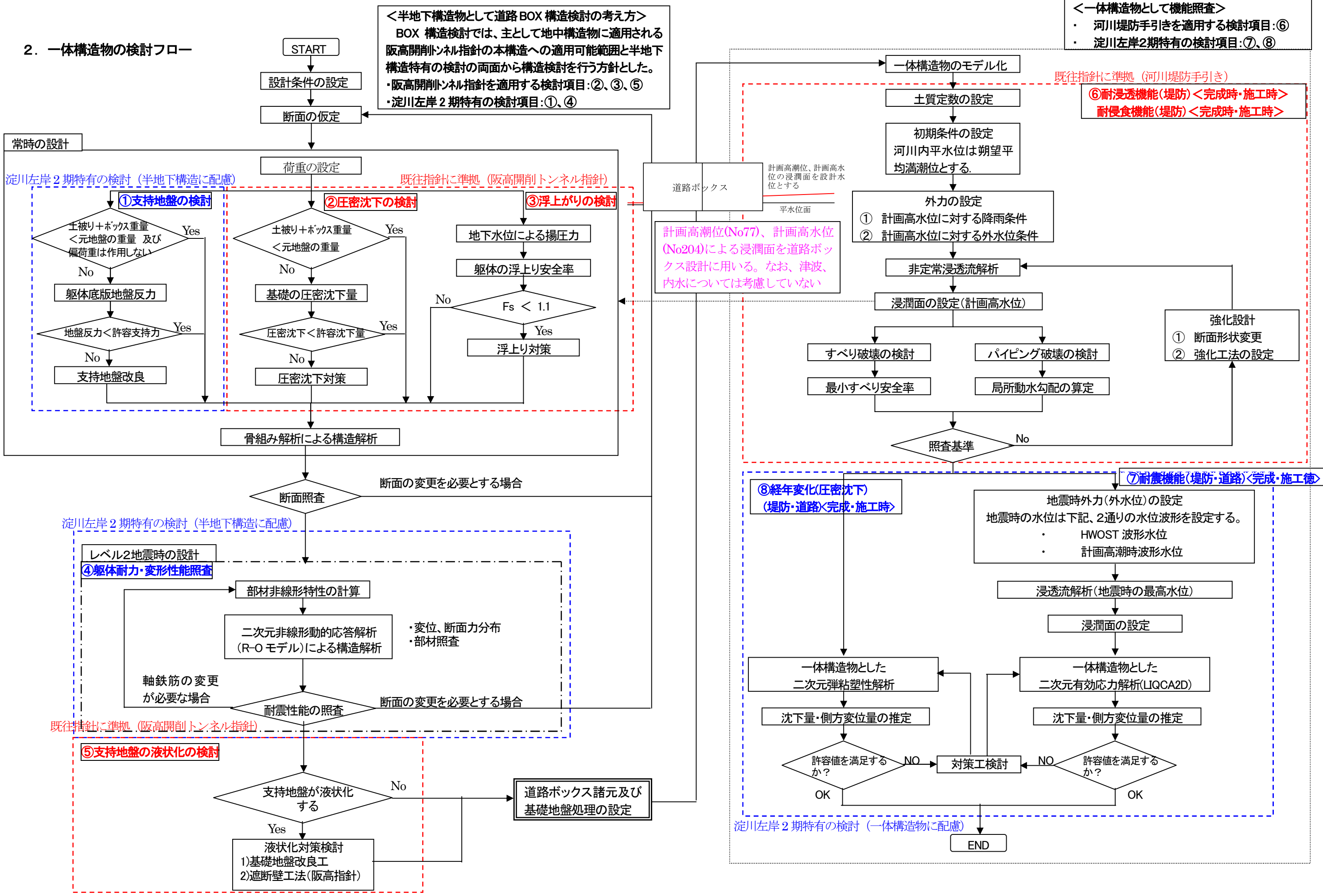
- 堤防天端幅は7mを確保する(河川構造令第21条)
- 堤防天端高は、現況天端高相当とする。(仮締切堤設置基準(案))
- 川表形状は、勾配1:5の一枚のりとする。
- 川裏形状は、河川区域内において可能な限り緩やかな勾配の一枚のりとする。(河川構造令第22条1.のり勾配)
- 左岸線に関わる構造物が、旧定規断面相当に抵触しないこと。
- 河積阻害により計画流量を満足しない場合には、河床掘削等により対応する。



1-3-2 スライド堤防の設定 (形状、位置、範囲等)



2. 一体構造物の検討フロー

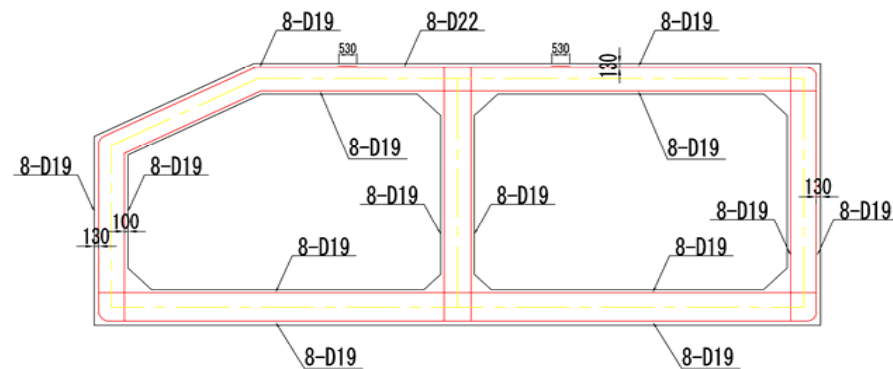


道路ボックス諸元及び基礎地盤処理の設定

(1) 道路ボックス諸元

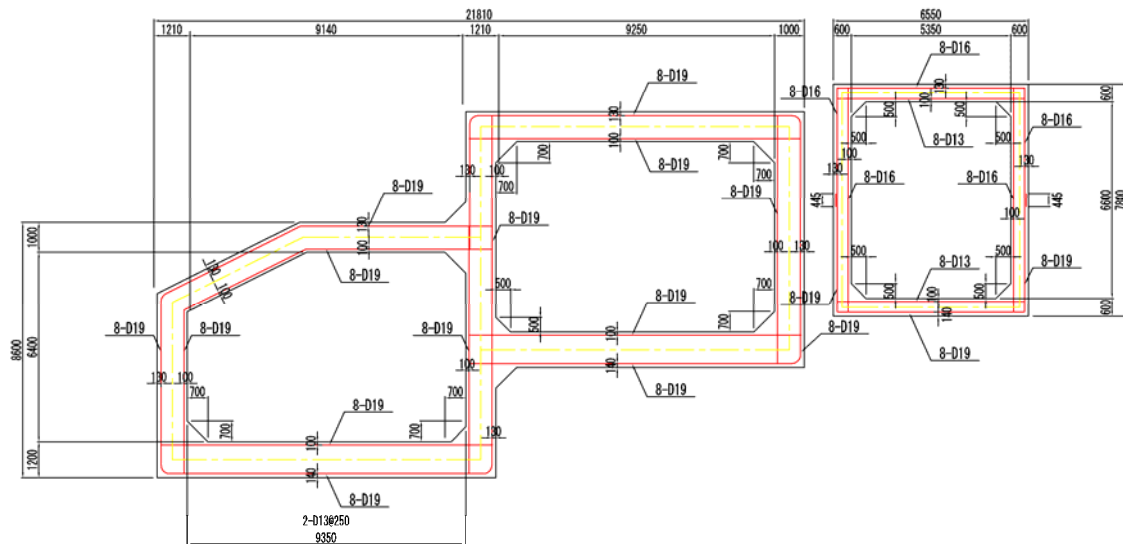
常時設計及び耐震設計（レベル2地震）により設定したボックス形状を下記に示す。

No.204



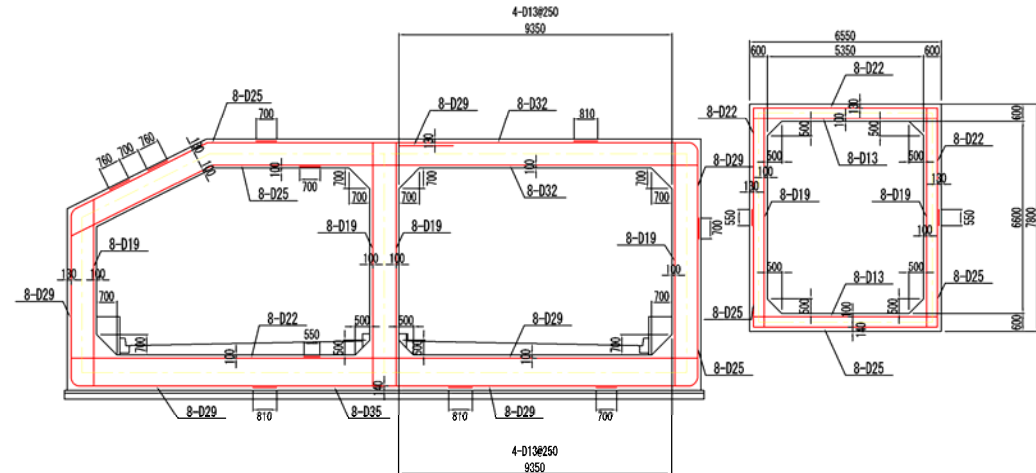
※スターラップは全部材に2-D13@500ピッチで配置すること
(計算上は不要。構造細目上の最小配置)

No.77 階段2連



※表記のない箇所については、スターラップは全部材に2-D13@500ピッチで配置すること
(表記のない箇所は計算上スターラップ不要。構造細目上の最小配置。)

No.77 平面2連



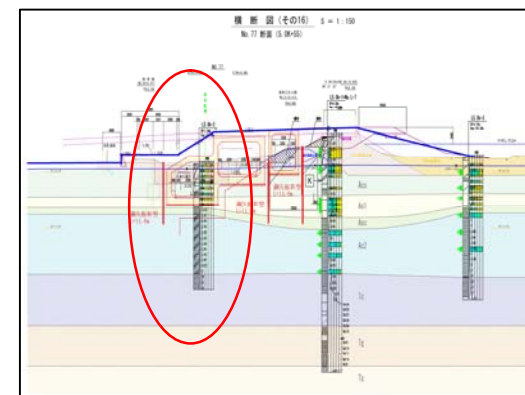
※表記のない箇所については、スターラップは全部材に2-D13@500ピッチで配置すること
(表記のない箇所は計算上スターラップ不要。構造細目上の最小配置。)

(2) 基礎地盤処理の設定

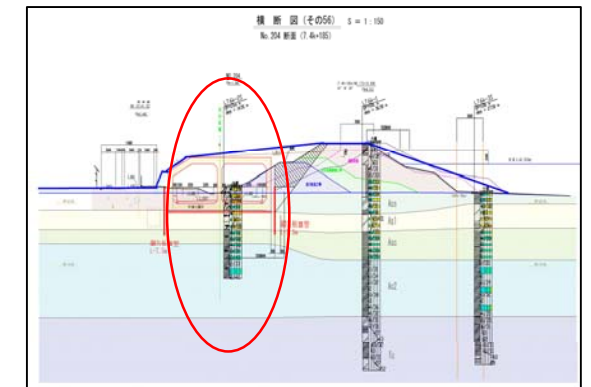
1) 液状化判定

道路ボックス支持地盤のレベル1地震時の液状化判定結果を下表に示す。表より、いずれの断面も支持地盤のFLは1.0以下となり液状化の可能性が高いと判断された。

<No. 77 断面>



<No. 204 断面>



| 地点名 | | | No77(5.0K-2) 境内 | | |
|---------------|--|--|---------------------------|--|--|
| 基準名 | | | 河川堤防の液状化対策工法(案) | | |
| 判定方法 | | | 設計震度と、実測N値(簡易式) | | |
| PL値 | | | 5.859 | | |
| 水の単位体積重量 | | | 10.0 (kN/m ³) | | |
| 上載荷重 | | | 0.0 (kN/m ²) | | |
| 地下水位面 | | | 0.96 (m) | | |
| 液状化判定用震度 | | | 0.18 | | |
| 注:##1~##7 判定外 | | | | | |

| 層 | 厚 | 土質特性 | | | | 実測N値 | 液状化判定 | 地盤動揺修正係数 | 液状化の判定 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|-------|----------|--------|----------------|----------------|-------|-------|----|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|---|---|----|---|---|---|--|
| | | γ _{sat} | γ _{sat} | γ _{sat} | γ _{sat} | | | | FL | C _r | R ₁ | R | L | FL | 0 | 1 | 2 | | | | | | | | | |
| (a) | (a) | (a) | (a) | (a) | (a) | (a) | | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | e _v | F _c | D ₅₀ | C _w | R _L | R | L | FL | 0 | 1 | 2 | |
| 0 | D | h | γ _t | γ _{sat} | x | N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.3 | 砂質土 | 3.00 | 18.4 | 4.00 | 19.7 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.3 | 砂質土 | 3.50 | 18.4 | 5.00 | 23.4 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | 砂質土 | 3.50 | 18.4 | 9.00 | 37.1 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.30 | 砂質土 | 3.90 | 18.4 | 4.00 | 45.8 | 0.00 | 0.168 | 1.00 | 0.201 | 0.201 | 0.205 | 0.203 | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.85 | 粘性土 | 2.05 | 18.4 | 5.00 | 54.5 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.3 | 砂質土 | 7.00 | 18.4 | 7.00 | 62.9 | 8.90 | 0.211 | 1.00 | 0.202 | 0.202 | 0.204 | 0.666 | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.3 | 砂質土 | 6.00 | 17.9 | 6.00 | 78.8 | 24.20 | 0.142 | 1.00 | 0.215 | 0.215 | 0.206 | 0.702 | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.3 | 粘性土 | 3.00 | 17.1 | 3.00 | 78.2 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.95 | 粘性土 | 1.15 | 17.1 | 2.00 | 95.5 | 0.50 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 粘性土 | 1.35 | 16.2 | 2.00 | 91.2 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 地点名 | | | No204 境内 L7.6K-2S | | |
|--|--|--|---------------------------|--|--|
| 基準名 | | | 河川堤防の液状化対策工法(案) | | |
| 判定方法 | | | 設計震度と、実測N値(簡易式) | | |
| PL値 | | | 12.025 | | |
| 水の単位体積重量 | | | 10.0 (kN/m ³) | | |
| 上載荷重 | | | 0.0 (kN/m ²) | | |
| 地下水位面 | | | 0.96 (m) | | |
| 液状化判定用震度 | | | 0.18 | | |
| 注:##1~##7 判定外 | | | | | |
| 表記のない箇所については、スターラップは全部材に2-D13@500ピッチで配置すること (表記のない箇所は計算上スターラップ不要。構造細目上の最小配置。) | | | | | |

| 層 | 厚 | 土質特性 | | | | 実測N値 | 液状化判定 | 地盤動揺修正係数 | 液状化の判定 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|-------|----------|--------|----------------|----------------|-------|-------|----|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|---|---|----|---|---|---|
| | | γ _{sat} | γ _{sat} | γ _{sat} | γ _{sat} | | | | FL | C _r | R ₁ | R | L | FL | 0 | 1 | 2 | | | | | | | | |
| (a) | (a) | (a) | (a) | (a) | (a) | (a) | | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | e _v | F _c | D ₅₀ | C _w | R _L | R | L | FL | 0 | 1 | 2 |
| 0 | D | h | γ _t | γ _{sat} | x | N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.3 | 砂質土 | 3.00 | 18.4 | 4.00 | 19.7 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.3 | 砂質土 | 3.50 | 18.4 | 5.00 | 23.4 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | 砂質土 | 3.50 | 18.4 | 9.00 | 37.1 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.30 | 砂質土 | 3.90 | 18.4 | 4.00 | 45.8 | 0.00 | 0.168 | 1.00 | 0.201 | 0.201 | 0.205 | 0.203 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.85 | 粘性土 | 2.05 | 18.4 | 5.00 | 54.5 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.3 | 砂質土 | 7.00 | 18.4 | 7.00 | 62.9 | 8.90 | 0.211 | 1.00 | 0.202 | 0.202 | 0.204 | 0.666 | | | | | | | | | | | | |
| | 7.3 | 砂質土 | 6.00 | 17.9 | 6.00 | 78.8 | 24.20 | 0.142 | 1.00 | 0.215 | 0.215 | 0.206 | 0.702 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.3 | 粘性土 | 3.00 | 17.1 | 3.00 | 78.2 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.95 | 粘性土 | 1.15 | 17.1 | 2.00 | 95.5 | 0.50 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 粘性土 | 1.35 | 16.2 | 2.00 | 91.2 | 0.00 | 0.000 | しない | | | | | | | | | | | | | | | | |

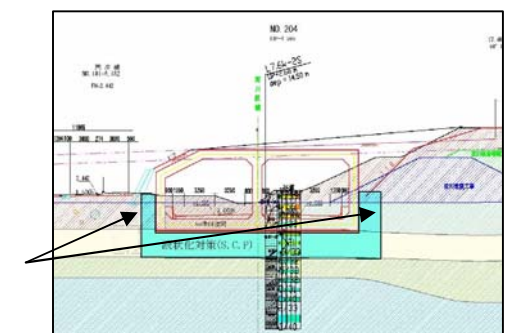
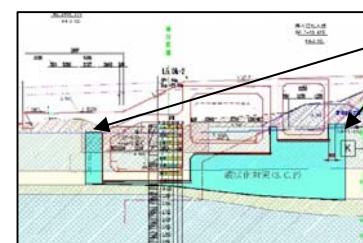
2) 液状化対策工法

地震時の液状化対策工法は、工法実績、過去の震災において対策効果が確認されている工法、河川堤防への適用性を勘案し、工法比較を行い、道路ボックス基礎地盤を対象とした締め固め工法を採用した。

改良後の目標N値は、液状化判定から FL>1.0 になるN値を求め、各断面における改良仕様を以下のように設定した。

- ① No.77 断面 S.C.P Φ700mm、正方形配置口1.4m
- ② No.204 断面 S.C.P Φ700mm、正方形配置口1.8m

- ③ 改良深度 液状化層 As 層下端まで
- ④ 改良範囲 構造物側面からボックス下面液状化層厚の 1/2 の範囲以上を改良範囲とする (建築基礎構造物設計指針より)



3. 各要求機能に対する定量的評価と最適な構造要件の抽出

3-1 堤防（土堤）の機能を満たすこと（完成時）

3-1-1 耐浸透機能（完成時）

| 河川 | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析（2D）、円弧すべり解析 | |
|-------------|---|---------|---|--|
| 確保機能と評価ポイント | 堤防（土堤）の機能を満たすこと | LC-1 | 確保機能 | 地下水流動阻害（堤体内浸潤面上昇）により水みち発生を起こさないこと |
| | | | 機能低下の要因 | 浸透圧の上昇により、土堤内の構造物近傍の土粒子の移動が進行し、水みちを形成しパイピング破壊に繋がる |
| | | | 評価ポイント | 浸透圧に対して構造物周辺の土粒子が横断方向に移動しないことを確認 |
| | | LC-3 | 確保機能 | 基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること |
| | | | 機能低下の要因 | 浸透圧の上昇により、堤内側基礎地盤表面から土粒子を伴った浸透水が進行性を伴って流出し、パイピング破壊に繋がる |
| | | | 評価ポイント | 浸透圧に対して基礎地盤土粒子が移動しないことを確認 |
| | | LC-4 | 確保機能 | すべり破壊に対する安全性を確保すること |
| | | | 機能低下の要因 | 堤体内浸潤面上昇により内部摩擦角が低下し、堤体のすべり破壊が発生する |
| | | | 評価ポイント | 強度低下時においてすべり破壊が生じないことを確認 |
| | LC-5 | 確保機能 | 土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと | |
| | | 機能低下の要因 | 上記、LC-1～LC-4の要因による評価 | |
| | | 評価ポイント | 上記、LC-1～LC-4のポイントによる評価 | |
| 検討断面 | 比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定 ボックス形状の構造決定に用いる断面（階段2連、平面2連の比較検討）・・・特殊部(No. 77)を選定 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| 外力の設定 | <p>[完成時] 検討対象となる外力は、浸透流解析に用いる洪水、降雨による水位外力となる。</p> <p>① 事前降雨 事前降雨として降雨強度 1mm/hr で 200 時間を作用させる。</p> <p>② 計画高水位に対する降雨条件 計画降雨として降雨強度 1mm/hr で 2 時間、降雨強度 10mm/hr で 30 時間、計 32 時間(302mm)を採用する。</p> <p>③ 計画高水位による外水位条件 代表地点を枚方地点(淀川左岸～26.0K)と考え、各検討断面の計画高水位に対応した外水波形を設定する。</p> <p>④ 初期地下水位 初期地下水位については、河道内平水位は期望平均満潮位(OP.+2.2m)を平水位として設定する。また堤内側の初期地下水位は、解析モデル端部において OP.-1.4m(野田観測井)として設定する。</p> | | | |
| | | | | |
| 照査内容 | <p>◆堤防と道路構造物の一体構造物は、材料の取得の容易性、構造物としての劣化現象が起きにくいこと、災害復旧の容易性などを理由に、堤防（土堤）の機能を確保することを前提条件としている。このため、盛土により築造される本施設は、通常の土堤と同様、降雨及び河川水の上昇時の耐浸透機能を確保する必要がある。土堤として機能低下の要因として挙げられる浸潤による堤体の強度低下や浸透圧に対する構造物周辺の土粒子の移動を解析するため、非定常の飽和・不飽和浸透流解析に基づく浸潤面の時系列変化、局所動水勾配、堤体内の流速分布および円弧すべり安定計算により、確保機能に対する定量的な評価を行う。</p> | | | |
| | <p>◆浸透によるすべり破壊に対する安定性の評価は、「河川堤防の構造検討の手引き」に基づき、照査基準は、堤外側:Fs≥1.0、堤内側:Fs≥1.2×α1×α2=1.58 とする。(ここで、α1:築堤履歴の複雑さに対する割増係数 α1=1.2(築堤履歴が複雑な場合)、α2:基礎地盤の複雑さに対する割増係数 α2=1.1(被災履歴あるいは要注意地形がない場合))。これは淀川河川の詳細点検と合わせている。</p> | | | |

耐浸透機能 (完成時)

| | | | |
|------|------------------|------|--|
| 河川 | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析 (2D)、円弧すべり解析 |
| 確保機能 | 堤防 (土堤)の機能を満たすこと | LC-1 | ●地下水流動阻害 (堤体内浸潤面上昇) により水みち発生を起こさないこと |
| | | LC-3 | ●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること |
| | | LC-4 | ●すべり破壊に対する安全性を確保すること |
| | | LC-5 | ●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと |

(+): 上昇

| 検討断面 | 構造形状 | 完成形状 | 現況堤防との浸潤面の変化量(m) |
|----------------------|------|--------|------------------|
| No.77 (5.0k+55) 高潮堤 | 現況堤防 | | — |
| | 階段2連 | 現況堤 | + 0.78 |
| | | 5割堤 | + 0.32 |
| | 平面2連 | 現況堤 | + 0.76 |
| 5割堤 | | + 0.31 | |
| No.204 (7.4K+185) 土堤 | 現況堤防 | | — |
| | 平面2連 | 現況堤 | + 0.93 |
| | | 5割堤 | + 0.91 |

*) 地盤改良はAs層(10-3cm/s)を対象としており、より透水性の高いSCP(10-2cm/s)との複合地盤となるが、透水係数の上昇量は非常に小さいため、安全側である現況地盤のみとした。

- ① 完成時の浸潤面は、0.31~0.93mの水位上昇が発生する。
- ② No.77の特殊堤区間では、完成形状が現況堤(護岸の遮水性有り)の場合は約0.8m、5割堤の場合は約0.3~0.4m水位上昇になって5割堤が有効に作用している。
- ③ 一方、No.204の一般堤防区間では、完成形状(現況堤防、5割堤)による水位上昇の違いが見られない。

No.77 断面 階段2連

No.77 断面 平面2連

No.204 断面

| | |
|------------|--|
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能LC-1</p> <p>道路ボックスの設置により、堤体内浸潤面は、約0.3m~1.0mの上昇が発生する。No.204断面の方がNo.77断面よりも堤体内浸潤面の水位上昇量大きい。これはAsc層の透水性の違いと構造物と堤防の接する位置の深さが影響していると推定される。今後、Asc層の透水特性を把握するための調査を実施するとともに、特殊部などの他の断面や上下流方向の検証により、浸潤面の上昇量を大きくする傾向を分析し、全線の浸透に対する弱点部を推定する。これらの結果を踏まえて、堤体内の浸潤面を低下させる対策を検討する。</p> |
|------------|--|

耐浸透機能 (完成時)

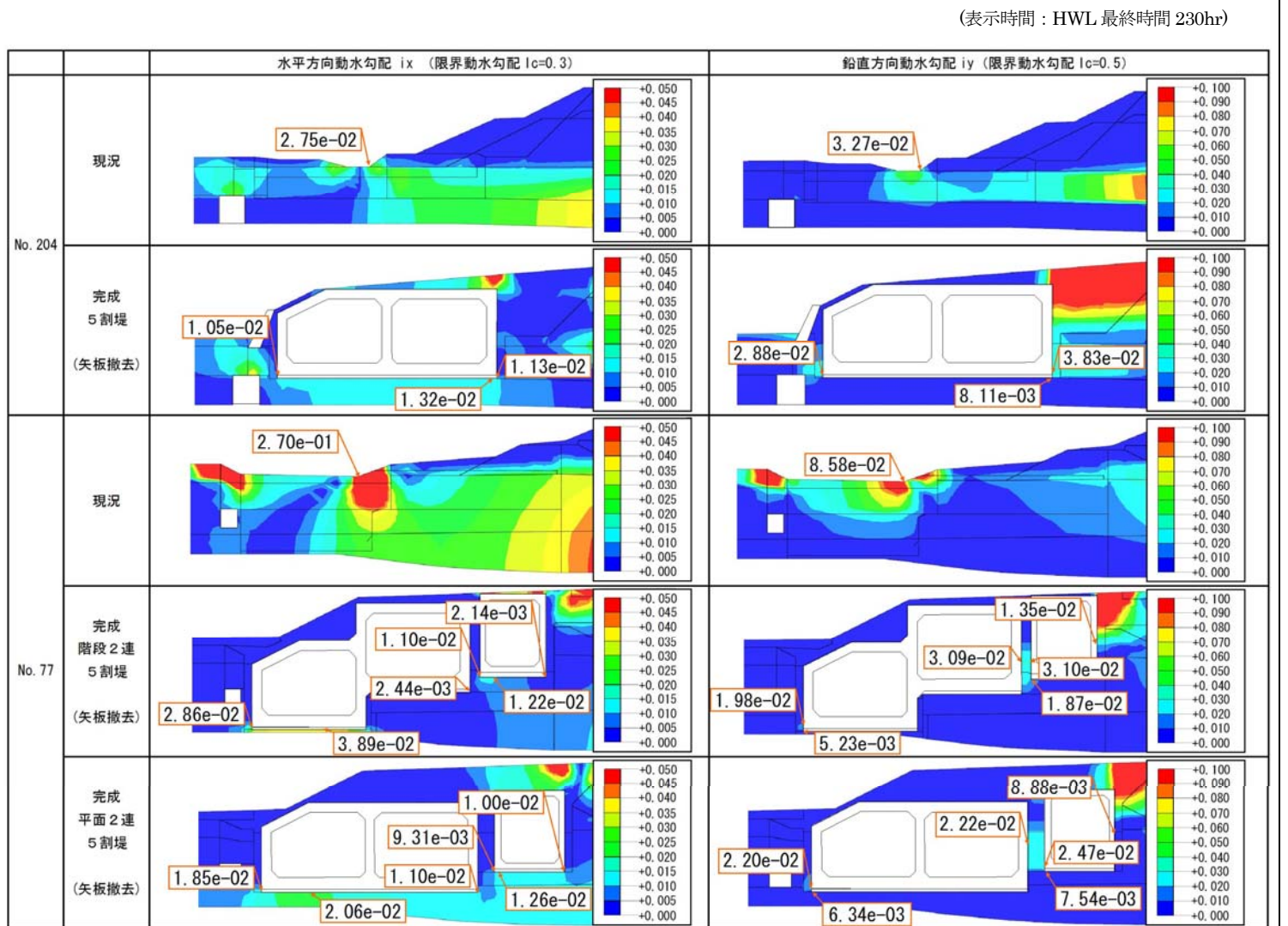
| | | | |
|------|------------------|------|--|
| 河川 | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析 (2D)、円弧すべり解析 |
| 確保機能 | 堤防 (土堤)の機能を満たすこと | LC-1 | ●地下水流動阻害 (堤体内浸潤面上昇) により水みち発生を起こさないこと |
| | | LC-3 | ●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること |
| | | LC-4 | ●すべり破壊に対する安全性を確保すること |
| | | LC-5 | ●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと |

解析結果と考察

| 検討断面 | 構造形状 | 完成形状 | 局所動水勾配の最大値 | | 評価 | |
|----------------------------|------|------|------------|-------|-----|---|
| | | | 計算値 | 基準値 | | |
| No.204 (7.4K+185) 土堤 | 現況堤防 | | 鉛直方向 | 0.033 | 0.5 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.028 | 0.3 | ○ |
| | 平面2連 | 現況堤 | 鉛直方向 | 0.036 | 0.5 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.016 | 0.3 | ○ |
| | | 5割堤 | 鉛直方向 | 0.038 | 0.5 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.013 | 0.3 | ○ |
| No.77 (5.0k+55) 高潮堤 | 現況堤防 | | 鉛直方向 | 0.086 | 0.5 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.270 | 0.3 | ○ |
| | 階段2連 | 現況堤 | 鉛直方向 | 0.067 | 0.5 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.078 | 0.3 | ○ |
| | | 5割堤 | 鉛直方向 | 0.031 | 0.5 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.039 | 0.3 | ○ |
| | 平面2連 | 現況堤 | 鉛直方向 | 0.060 | 0.5 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.041 | 0.3 | ○ |
| | | 5割堤 | 鉛直方向 | 0.025 | 0.5 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.021 | 0.3 | ○ |

: 現況より機能アップ
 : 現況より機能低下

鉛直方向の動水勾配の基準値は、河川基準 (手引き) に基づき $i < 0.5$ を設定する。一方、水平方向については鉛直方向とは異なるメカニズム (せん断強度で水平流に抵抗する) のため鉛直方向よりも小さくなるとされている。しかし、定量的な基準が示されていない現状であるため、既往研究成果 (赤井の式、久保田の式) を参考として、鉛直方向と同様に安全率を考慮して、本検討では $i < 0.3$ を設定する。



① 確保機能 LC-3
 現況堤防の局所動水勾配は、水平、鉛直方向とも堤内側の法尻部の値が高くなり相対的に若干大きな値となっていることが分かる。これに対し、一体構造物では道路躯体が堤体内の浸透を遮断していることから、堤内側法尻部の局所動水勾配は相対的に高くない。このことから、基礎地盤のパイピング破壊については生じない可能性が高い。

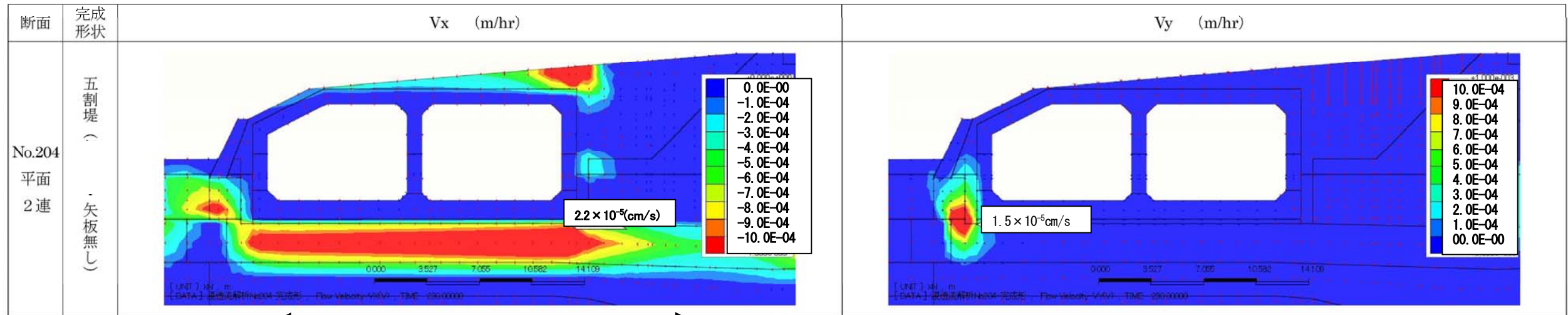
② 確保機能 LC-5
 一方、一体構造物の場合には堤防と道路躯体間の盛土部分で、局所動水勾配が高い値を示している。これは道路躯体により堤体内の水の浸透が遮断されていることに加え、天端からの雨水の浸透が原因と考えられる。土堤の場合の基準とする動水勾配 (鉛直方向 0.5、水平方向 0.3) と比べると、鉛直で 0.025~0.067、水平で 0.013~0.078 と基準とする値より小さな値となっており、土の浸透破壊に直結する影響は小さいと推定されるが、構造物と土堤との間に剥離などが生じている場合には水みちの発生や土粒子の移動を助長させる懸念がある。今後、特殊部などの他の断面や上下流方向の検証により、全線の天端からの浸透に対する弱点部を推定する。これらの結果を踏まえて、堤体内の弱体化や水みち発生への対策を検討する。

耐浸透機能 (完成時)

| | | | |
|-----------------------|-------|--|--------------------|
| 河川 | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析 (2D)、円弧すべり解析 |
| 確保機能 (土堤)の機能を満たすこと | LC-1 | ●地下水流動阻害 (堤体内浸潤面上昇) により水みち発生を起こさないこと | |
| | LC-3 | ●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること | |
| | LC-4 | ●すべり破壊に対する安全性を確保すること | |
| | LC-5 | ●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと | |

<No. 204 断面 構造物周りの流速分布図>

(表示時間: HWL 最終時間 230hr)



解析結果と考察

ボックス底面沿いに流速の高いゾーンが分布し、河川側に近づくほど流速は高くなる傾向にある。浸透流解析から得られた流速 $2.2E-05\text{cm/s}$ を限界流速とし、その流速で移動する粒径を Rubey 式に当てはめて求めると、 0.00005mm の粒子径が得られた。7.4k~7.8k の As1 層の平均粒径は、以下に示すように、 $0.15\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$ であり、Rubey 式で計算される粒径 (0.00005mm) よりも、大きく、また、平均粒径よりも小さい細粒分も流される可能性は低いと考えられる。

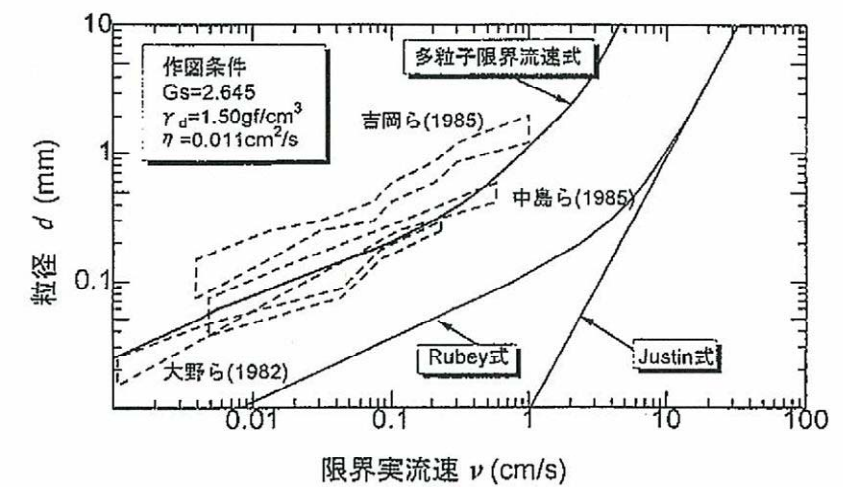
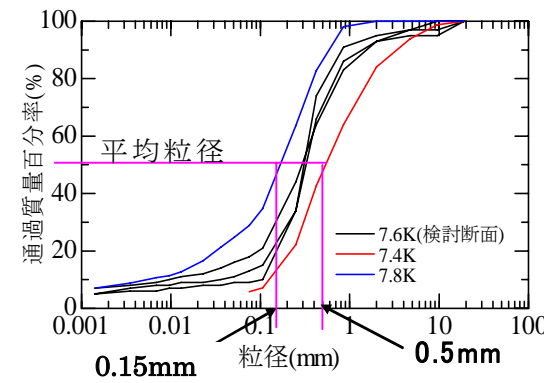


図-8 粒径と限界実流速との関係(その2)

浸透破壊における粒子群を考慮した限界流速
(杉井俊夫、宇野尚雄、山田公夫、山田謹吾)地下水技術:1997 代39巻台8号より抜粋

確保機能に対する評価

- ① 確保機能 LC-3
構造物下面位置での流速は 10^{-5}cm/s であり、一般的な砂質土の限界流速 ($10^{-1} \sim 10^{-2} \text{cm/s}$) に比べて小さいものである。また、ここで発生する流速により流される粒子径を求めると道路ボックス下の地盤材料の粒子径よりもかなり小さく、当地の地盤を構成する材料が流される可能性は低いと考えられる。
- ② 確保機能 LC-5
堤体内の浸潤面上昇は発生するが、浸透に伴う構造物周りの流速は小さく、当地の地盤材料が流されて水みちとなる可能性は低いと考えられる。しかし、構造物と土堤との間に剥離などが生じている場合には水みちの発生や土粒子の移動を助長させる懸念がある。今後、特殊部などの他の断面や上下流方向の検証により、全線の天端からの浸透に対する弱点部を推定する。これらの結果を踏まえて、堤体内の弱体化や水みち発生への対策を検討する。

耐浸透機能 (完成時)

| | | | |
|-----------------------|-------------|---|--------------------|
| 河川 | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析 (2D)、円弧すべり解析 |
| 確保機能 (土堤)の機能を満たすこと | LC-1 | ●地下水流動阻害 (堤体内浸潤面の上昇) により水みち発生を起こさないこと | |
| | LC-3 | ●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること | |
| | LC-4 | ●すべり破壊に対する安全性を確保すること | |
| | LC-5 | ●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと | |

解析結果と考察

<No. 77 断面 構造物周りの流速分布図>

- ・ボックス底面沿いに流速の高いゾーンが分布し、河川側に近づくほど流速は高くなる傾向にある。
- ・ボックス形状に着目すると、階段2連、平面2連とも河川から離れたボックス左端部に流速の高いゾーンが発生する傾向は同様であるが、流速の大きさは階段2連の方が、平面2連に比べて2倍の流速を発生している。

(表示時間: HWL 最終時間 230hr)

断面

完成形状

No.77 平面2連

五割堤 (無対策・矢板無し)

$3.0 \times 10^{-5}(\text{cm/s})$

断面

完成形状

No.77 階段2連

五割堤 (無対策・矢板無し)

$5.7 \times 10^{-5}(\text{cm/s})$

← 堤内側

河川側 →

◆No.77 階段形状: 浸透流解析から得られた流速 $5.7\text{E-}05\text{cm/s}$ を限界流速とし、その流速で移動する粒径を Rubey 式に当てはめて求めると、 0.00008mm の粒子径が得られた。No.77 平面形状では、 0.00006mm となる。

4.8k~5.2k の As1 層の平均粒径は、左記に示すように、 0.10mm であり、Rubey 式で計算される粒径 ($0.00006\sim 0.00008\text{mm}$) よりも、大きく、また、平均粒径よりも小さい細粒分も流される可能性は低いと考えられる。

通過質量百分率(%)

0.10mm 粒径(mm)

— 5.0K(検討断面)
— 4.8K
— 5.2K

| | |
|------------|---|
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能 LC-3 階段2連の下に生じる流速は平面2連で生じる流速の2倍ほどであるが、その流速は $10^{-5}(\text{cm/s})$ であり、一般的な砂質土の限界流速 ($10^{-1}\sim 10^{-2} \text{cm/s}$) に比べて小さいものである。また、ここで発生する流速により流される粒子径を求めると道路ボックス下の地盤材料の粒子径よりもかなり小さく、当地の地盤を構成する材料が流される可能性は低いと考えられる。</p> <p>② 確保機能 LC-5 堤体内の浸潤面の上昇は発生するが、浸透に伴う構造物周りの流速は小さく、当地の地盤材料が流されて水みちとなる可能性は低いと考えられる。しかし、構造物と土堤との間に剥離などが生じている場合には水みちの発生や土粒子の移動を助長させる懸念がある。今後、特殊部などの他の断面や上下流方向の検証により、全線の天端からの浸透に対する弱点部を推定する。これらの結果を踏まえて、堤体内の弱体化や水みち発生への対策を検討する。</p> |
|------------|---|

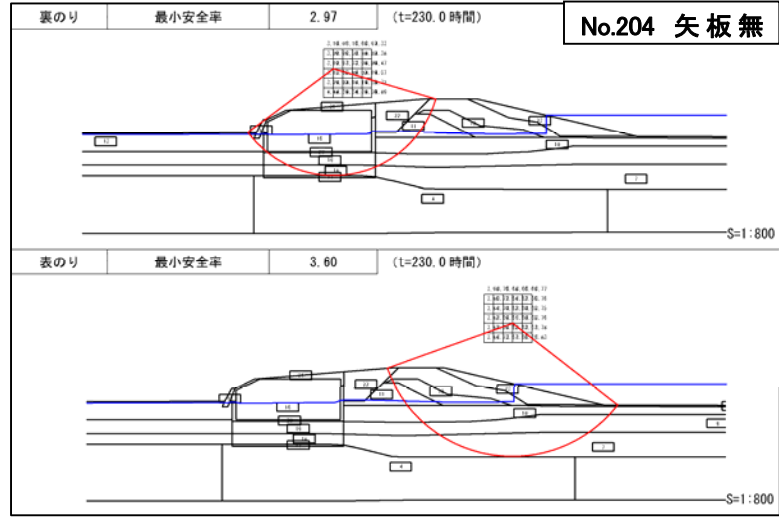
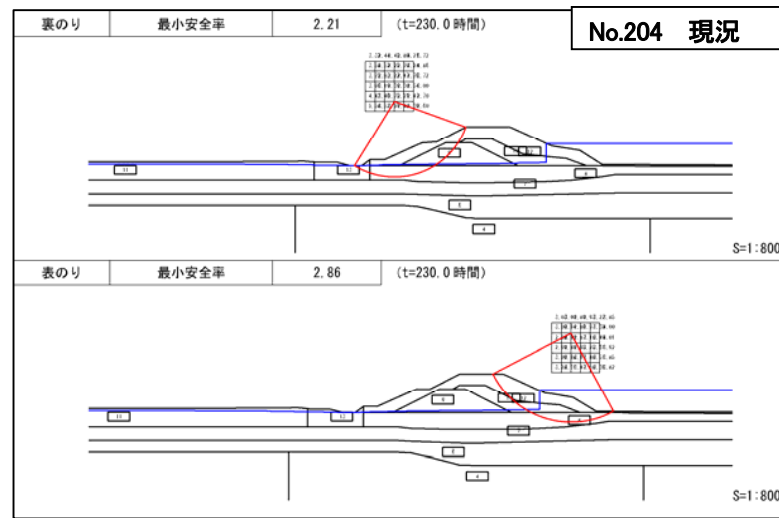
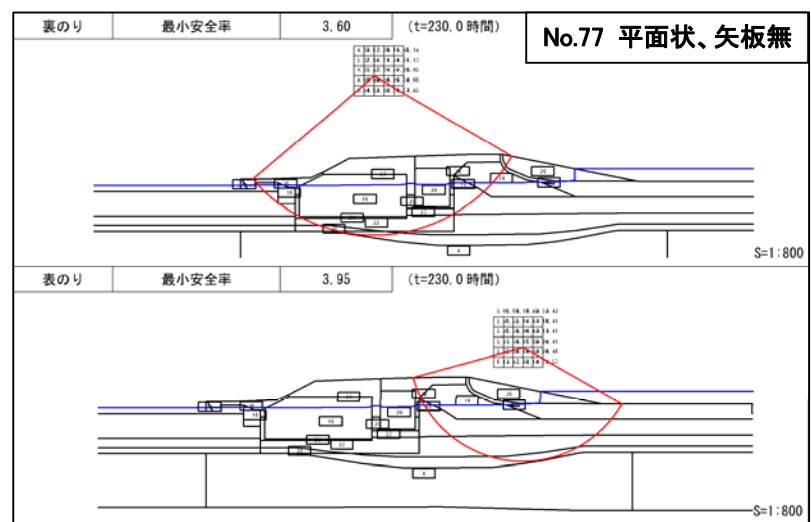
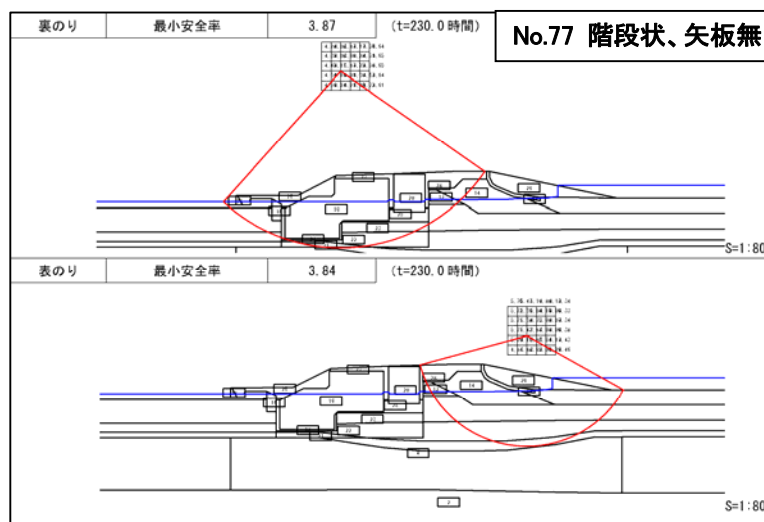
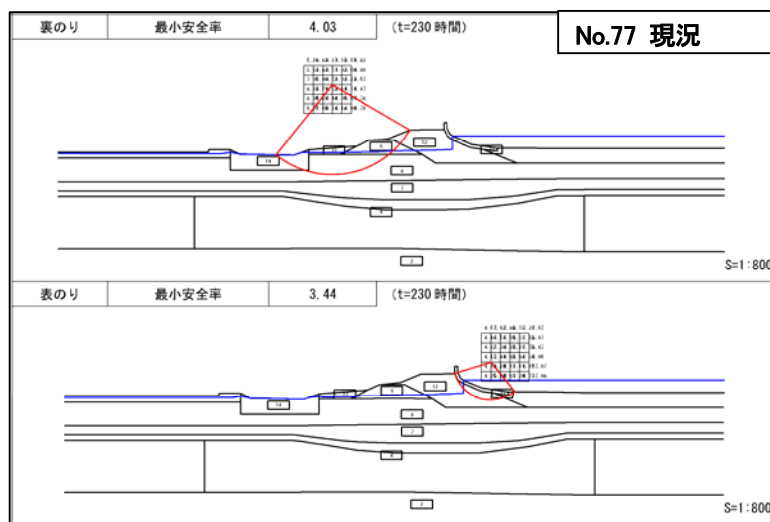
耐浸透機能 (完成時)

| | | | |
|-----------------------|-------|--|--------------------|
| 河川 | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析 (2D)、円弧すべり解析 |
| 確保機能 (土堤)の機能を満たすこと | LC-1 | ●地下水流動阻害 (堤体内浸潤面上昇) により水みち発生を起こさないこと | |
| | LC-3 | ●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること | |
| | LC-4 | ●すべり破壊に対する安全性を確保すること | |
| | LC-5 | ●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと | |

解析結果と考察

| 検討断面 | 構造形状 | 完成形状 | すべり破壊 | | | 評価 |
|----------------------------|------|------|-------|------|-------------|----|
| | | | すべり位置 | 計算値 | 許容値 (手引きより) | |
| No.204 (7.4K+185) 土堤 | 現況堤防 | | 川表のり面 | 2.86 | 1.00 | ○ |
| | | | 川裏のり面 | 2.21 | 1.58 | ○ |
| | 平面2連 | 現況堤 | 川表のり面 | 2.85 | 1.00 | ○ |
| | | | 川裏のり面 | 2.92 | 1.58 | ○ |
| | | 5割堤 | 川表のり面 | 3.60 | 1.00 | ○ |
| | | | 川裏のり面 | 2.97 | 1.58 | ○ |
| No.77 (5.0k+55) 高潮堤 | 現況堤防 | | 川表のり面 | 3.44 | 1.00 | ○ |
| | | | 川裏のり面 | 4.03 | 1.58 | ○ |
| | 階段2連 | 現況堤 | 川表のり面 | 2.53 | 1.00 | ○ |
| | | | 川裏のり面 | 3.83 | 1.58 | ○ |
| | | 5割堤 | 川表のり面 | 3.84 | 1.00 | ○ |
| | | | 川裏のり面 | 3.87 | 1.58 | ○ |
| | 平面2連 | 現況堤 | 川表のり面 | 2.48 | 1.00 | ○ |
| | | | 川裏のり面 | 4.13 | 1.58 | ○ |
| | | 5割堤 | 川表のり面 | 3.95 | 1.00 | ○ |
| | | | 川裏のり面 | 3.60 | 1.58 | ○ |

■ : 現況より機能アップ ■ : 現況より機能低下



確保機能に対する評価

① 確保機能 LC-4
 一体構造物には土堤の川裏側に道路躯体を設置するため、すべり安全率は 2.92~4.13 と大きな値となる。土堤のすべり安全率 1.58 と比べても大きな値となり、道路躯体や基礎地盤を包括する円弧となることから、すべり破壊が発生する可能性は低いものと考えられる。
 一方、川表では、すべり安全率は 2.48~3.95 となり、川表面を現況堤の状態よりも 5 割堤とした方がすべり安全率が高い傾向となっている。川表の場合でも土堤のすべり安全率 1.00 より大きな値となり、すべり破壊が発生する可能性は低いものと考えられる。

② 確保機能 LC-5
 堤体内の浸潤面上昇は発生するが、浸透に伴う基礎地盤、構造物周りの水の流れは少なく、またすべりに対する許容値を満足し、堤体の弱体化や水みち発生の可能性は低いと考えられる。

3-1-2 耐侵食機能
(完成時)

| 河川 | | 耐侵食機能 | 照査方法 | 代表流速に基づく評価、1回洪水量の侵食量 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|----------------|--|-------------------------------------|------|--|------|--|-----|----------------|-----|-----|----|--|-----|--|---|----|---|-----|--|--|-----|---|-----|--|--|----|--|--|---|---|
| 確保機能 | 堤防(土堤)の機能を満たすこと | LC-6 | 確保機能 | 直接侵食に対する安全性を確保すること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 洪水時の流水によるせん断力より、堤防の表のりが侵食される | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 侵食外力と表面侵食耐力以下であることを確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | LC-7 | 確保機能 | 主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 洪水時の流水によるせん断力より高水敷が侵食され、表のり基部が洗掘される | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 高水敷幅が洪水1回で侵食される幅以上であることを確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | LC-8 | 確保機能 | 道路からの雨水排水による堤防侵食を起ささないこと | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 道路からの排水により堤防自体が侵食を受ける | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 雨水排水施設の適切な整備 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 検討断面 | <p>断面は計画断面形状とし、川表のり勾配は1:5の緩傾斜一枚法とした。下流から7.0kまでは高潮堤防であり、7.0kより上流は一般堤防である。代表的な形状を下図に示す。</p> <p>絵</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(a) 高潮堤(特殊堤)区間</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(b) 一般堤防区間</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外力の設定 | <p>堤防の侵食に対する安全性照査の外力として代表流速V0と設定する。代表流速V0は計画高水位以下の水位時において、最も速い平均流速Vmに湾曲等による補正係数を乗じて算出する。</p> <p>淀川計画高水流量：12000m³/s</p> | | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">補正項目</th> <th colspan="2">低水護岸</th> <th colspan="2">高水護岸</th> </tr> <tr> <th>直線部</th> <th>湾曲部 内岸側 外岸側</th> <th>直線部</th> <th>湾曲部</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>湾曲</td> <td></td> <td>○ ○</td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>洗掘</td> <td>○</td> <td>○ ○</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>根固め</td> <td>○</td> <td>○ ○</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>干渉</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> | 補正項目 | 低水護岸 | | 高水護岸 | | 直線部 | 湾曲部 内岸側 外岸側 | 直線部 | 湾曲部 | 湾曲 | | ○ ○ | | ○ | 洗掘 | ○ | ○ ○ | | | 根固め | ○ | ○ ○ | | | 干渉 | | | ○ | ○ |
| 補正項目 | 低水護岸 | | 高水護岸 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 直線部 | 湾曲部 内岸側 外岸側 | 直線部 | 湾曲部 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 湾曲 | | ○ ○ | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 洗掘 | ○ | ○ ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 根固め | ○ | ○ ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 干渉 | | | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 照査内容 | <p>1. 護岸工がない場合における安全性評価</p> <p>侵食による堤防の破壊のメカニズムは、護岸がない場合には図1.2に示すとおりで、堤防表のり面やのり尻付近に流水が直接作用して表面を被覆する植生が削剥し、堤体を構成する土砂が流失して破壊に至るものと、低水路等の主流路からの側方侵食、洗掘により破壊にいたるものとに大別できる。このことから、侵食に対する堤体の安全性照査の項目を次のように規定している。</p> <p>① 堤防表のり面、のり尻の直接侵食に対する安全性</p> <p>② 主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性</p> <p>2. 護岸工がある場合における安全性評価</p> <p>護岸工がある場合の安全性照査は、のり覆工、基礎工および根固工のそれぞれについて、設定した外力のもとで力学的に安定性が確保されているかを照査する。のり覆工については、工種ならびに構造、想定される破壊の要因や形態、および設置状況を考慮して構造モデルを選定し、代表流速V0を外力として控え厚(重量)や石径等が不足していないかを照査する。基礎工については、最深河床高の評価値(推定最大洗掘深)をもとに、基礎工の天端高やその構造、あるいは根固工の構造を考慮して安定性が確保されているかを照査する。既設護岸の安全性照査にあたっては、力学的な安定性の照査の結果を踏まえた上で、設定した河道条件の妥当性、河道の形状や河床の状況、護岸の変状状況、被災履歴等を十分に考慮し、総合的に安全性を評価する必要がある。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

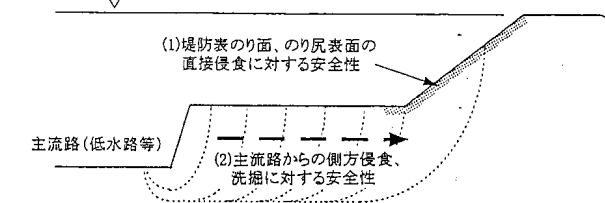


表 1-2 侵食に対する堤防の安全性の照査基準

| | |
|------------------------------|--|
| ①堤防表のり面およびのり尻表面の直接侵食に対する安全性。 | 表面侵食耐力>代表流速V ₀ から評価される侵食外力。 |
| ②主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性。 | 高水敷幅>照査対象時間で侵食される高水敷の幅。 |

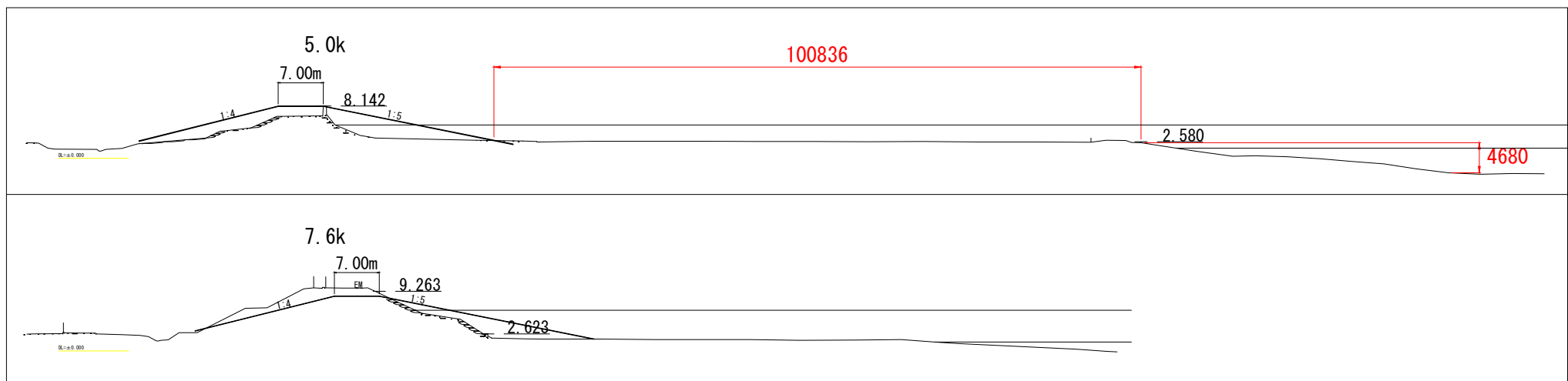
①の照査に関しては代表流速が2.0m/s以下であれば、耐侵食性は確保されているものと考えられる。(手引きp.92)

| 河道のセグメント分類 | 照査基準(1洪水で侵食される高水敷幅の目安) |
|------------|------------------------|
| 1 | 40m程度 |
| 2-1 | 高水敷幅b>低水河岸高Hの5倍 |
| 2-2および3 | 高水敷幅b>低水河岸高Hの2~3倍 |



| | | | |
|------|---------------------|------|------------------------------------|
| 河川 | 耐侵食機能 | 照査方法 | 代表流速に基づく評価、1回洪水量の侵食量 |
| 確保機能 | 堤防 (土堤)の機能を満たすこと | LC-6 | ●直接侵食に対する安全性を確保すること |
| | | LC-7 | ●主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること |
| | | LC-8 | ●道路からの雨水排水による堤防侵食を起こさないこと |

| 距離標 | 堤防の諸条件 | | | 平均流速 | | | | 侵食における照査項目 | | | | 備考 |
|-----|--------|---------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------|-----------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | セグメント | 高水敷幅 b (m) | 低水河岸高 H (m) | 高水敷平均流速 (計画断面) | 高水敷平均流速 (参考現況断面) | 低水路平均流速 (計画断面) | 低水路平均流速 (参考現況断面) | 低水部の照査 | | 高水部の照査 | | |
| | | | | | | | | 側方侵食の照査 | | 直接侵食の照査 | | |
| | | | | | | | | 高水敷幅b/低水河岸高H | 判定(b/H>3) | 高水路代表流速V ₀ | 判定(V ₀ <2.0) | |
| 4.4 | 3 | 21.6 | 1.5 | 1.929 | 1.852 | 3.24 | 3.222 | 14.808 | ○ | 1.681 | ○ | |
| 4.6 | 3 | 23.2 | 2.2 | 1.787 | 1.728 | 3.066 | 3.052 | 10.540 | ○ | 1.692 | ○ | |
| 4.8 | 3 | - | - | - | 1.942 | 3.073 | 3.130 | - | - | 1.866 | ○ | 淀川大橋付近の特殊部である。 |
| 5.0 | 3 | 100.8 | 4.7 | 1.886 | 1.843 | 3.255 | 3.247 | 21.546 | ○ | 1.938 | ○ | 高潮堤防区間 |
| 5.2 | 3 | 97.0 | 3.1 | 1.876 | 1.863 | 3.162 | 3.159 | 31.403 | ○ | 1.995 | ○ | |
| 5.4 | 3 | 98.2 | 4.9 | 1.835 | 1.793 | 3.141 | 3.136 | 20.036 | ○ | 1.996 | ○ | |
| 5.6 | 3 | 80.7 | 4.7 | 1.853 | 1.793 | 3.101 | 3.098 | 17.018 | ○ | 2.016 | - | 阪神高速池田線、JR東海道線の橋梁付近にあたるため、護岸施工区間である。 |
| 5.8 | 3 | 90.6 | 4.5 | 1.816 | 1.777 | 3.223 | 3.223 | 20.085 | ○ | 1.808 | ○ | |
| 6.0 | 3 | 88.1 | 5.2 | 1.796 | 1.750 | 3.297 | 3.297 | 16.973 | ○ | 1.849 | ○ | |
| 6.2 | 3 | 87.5 | 5.2 | 1.756 | 1.708 | 3.252 | 3.255 | 16.933 | ○ | 1.778 | ○ | |
| 6.4 | 3 | 84.9 | 4.5 | 1.734 | 1.689 | 3.255 | 3.255 | 18.856 | ○ | 1.746 | ○ | |
| 6.6 | 3 | 87.5 | 4.5 | 1.681 | 1.656 | 3.288 | 3.291 | 19.546 | ○ | 1.73 | ○ | |
| 6.8 | 3 | 85.7 | 3.6 | 1.680 | 1.664 | 3.186 | 3.190 | 23.570 | ○ | 1.825 | ○ | |
| 7.0 | 3 | - | - | 2.035 | 1.999 | 2.835 | 2.824 | - | - | 2.107 | - | 阪急電鉄の橋梁付近にあたるため、護岸施工区間である。 |
| 7.2 | 3 | - | - | 1.518 | 1.486 | 2.914 | 2.900 | - | - | 1.528 | ○ | |
| 7.4 | 3 | - | - | 1.355 | 1.336 | 3.018 | 3.003 | - | - | 1.269 | ○ | 一般堤防区間 |
| 7.6 | 3 | - | - | 1.331 | 1.309 | 2.941 | 2.923 | 高水敷なし | - | 1.363 | ○ | |
| 7.8 | 3 | - | - | 1.465 | 1.443 | 3.279 | 3.262 | 高水敷なし | - | 1.600 | ○ | |
| 8.0 | 3 | - | - | 1.698 | 1.681 | 3.668 | 3.649 | 高水敷なし | - | 2.062 | - | 上流の本庄水管橋、地下鉄御堂筋線の影響を受ける区間で護岸施工区間である。 |
| 8.2 | 3 | - | - | 1.847 | 1.855 | 3.773 | 3.770 | 高水敷なし | - | 2.181 | - | 本庄水管橋付近にあたるため、護岸施工区間である。 |



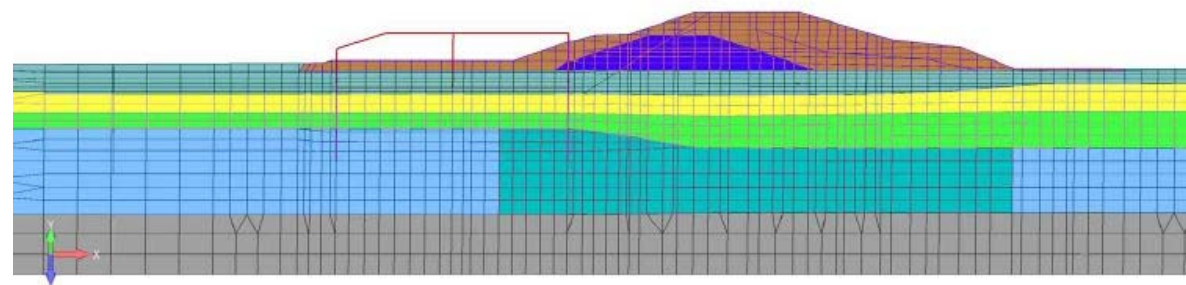
確保機能に対する評価

上記照査結果より、側方侵食に対しては高水敷を有している箇所は高水敷幅 b/低水河岸高 H が判定基準となる $b/H > 3$ を十分に満足していることから安全性が確保していると判断できる。直接侵食に対しては不等流計算の結果、5.6k、7.0k、8.0k、8.2k で渡河橋梁の影響から 2.000m/s を若干上回る流速となっている。これら橋梁箇所は河川構造令において護岸設置が義務づけられている。この箇所を除く一般部では流速が 2.000m/s 未満であることから、張芝を施すことにより直接侵食に対する安全性を満足できると判断できる。

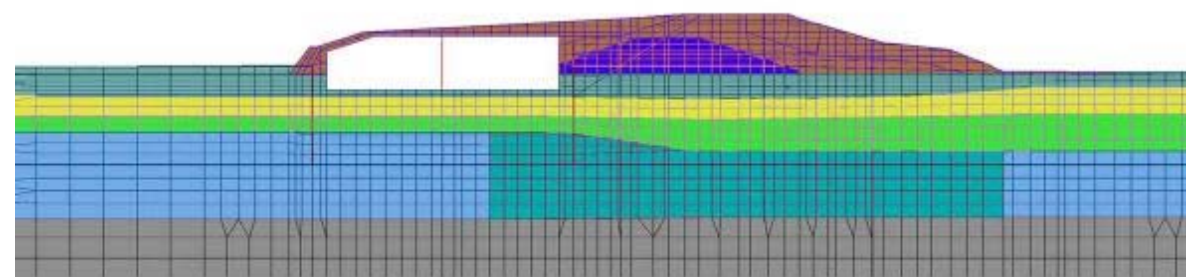
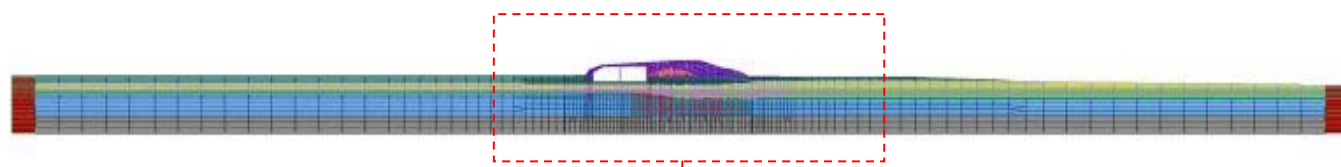
3-1-3 耐震機能
耐震機能（完成時）

| 河川 | | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） |
|-------|-----------------|---|---------|--|
| 確保機能 | 堤防（土堤）の機能を満たすこと | LC-9 | 確保機能 | 地震後の河川外への越流を防止すること |
| | | | 機能低下の要因 | 液状化により堤体が変形し、堤防高が外水位を下回り越流する |
| | | | 評価ポイント | 液状化後の堤防高が基準評価水位以下(14日間 1/10 水位、津波)であることを確認 |
| | | LC-10 | 確保機能 | 土と構造物間が地震時の変形や剥離（液状化）より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと |
| | | | 機能低下の要因 | 地震時の地盤と道路構造物の応答の相違により、構造物と地盤に剥離が生じ、将来の水みちを形成する |
| | | | 評価ポイント | 剥離の範囲と剥離量を確認 |
| 検討断面 | | <p>(1) 比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・・・一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定</p> <p>(2) ボックス形状の構造決定に用いる断面（階段2連、平面2連の比較検討）・・・特殊部(No. 77)を選定</p> | | |
| 検討断面 | | | | |
| 外力の設定 | | <p>(1) 動的応答解析に用いる入力地震動（レベル2地震動）は、堤防・道路構造物にとって厳しい下記4波形を選定する。</p> <p>①「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」H19.3 指針で示される地表面での標準加速度応答スペクトルに適合させた2波形、レベル2タイプI、IIとする。</p> <p>②開削トンネル耐震設計指針,H20.10 阪神高速 淀川左岸線の地域特性を考慮して設定された地震動。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 阪高基準 L2 波プレート境界型 ・ 阪高基準 L2 波_最大級シナリオ波を採用する。 <p>(2) 地震時の外水位条件 地震時の河川外水位条件は、河川構造物の耐震性能照査指針に準じて朔望平均満潮位を設定する。</p> | | |
| 照査内容 | | <p>一体構造物としての動的挙動を照査するため、道路ボックスと堤体地盤の動的相互作用、基礎地盤の液状化、構造物と地盤間の剥離等の挙動を定量的に評価する方法が必要である。従来の河川基準で採用されている静的照査法（ALID）や、阪高耐震指針で採用されている地盤応答震度法では前述した挙動を適正に評価することが難しい。本検討では、一体構造物としての定量的に照査が可能な動的有効応力解析を用いた。</p> | | |
| | | | | |

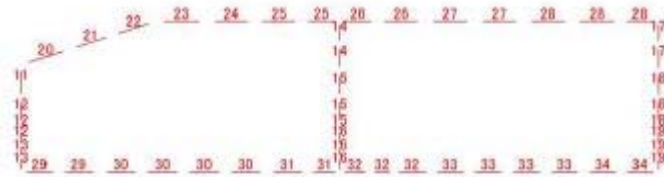
No.204 断面



初期応力用地盤モデル



完成モデル

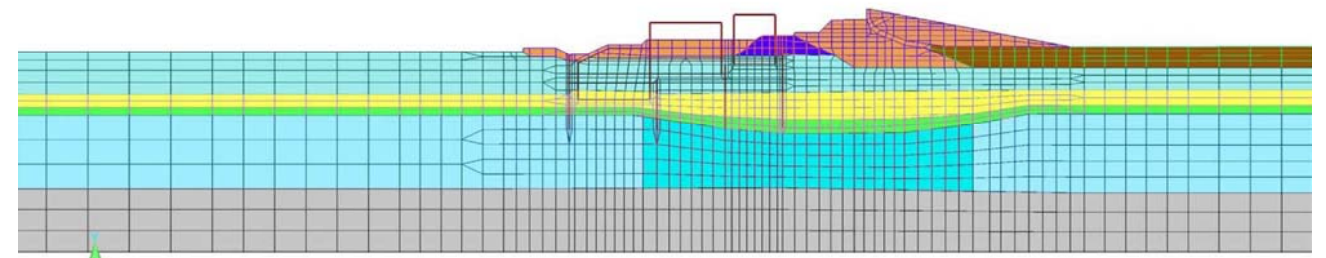


初期応力解

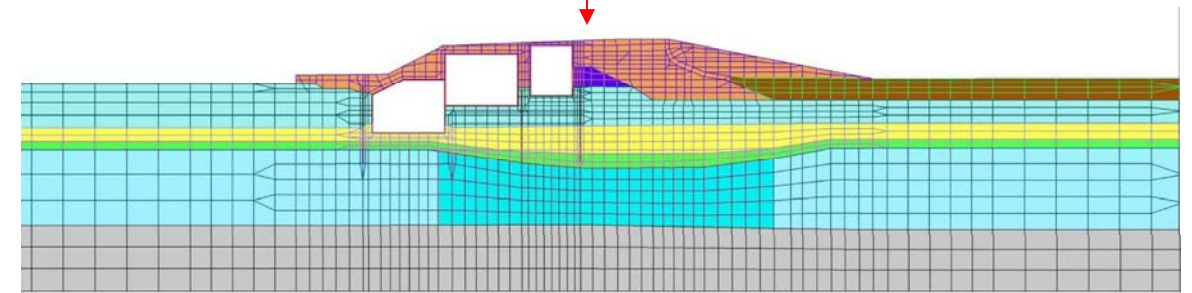
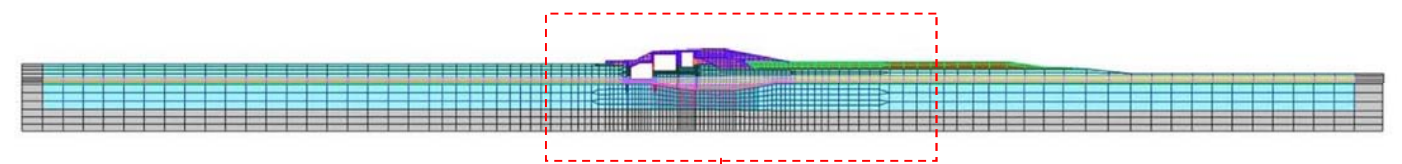
| | |
|------------|---------------|
| 初期応力用地盤モデル | 自重解析 |
| 矢板設置、掘削時 | 施工ステップ解析 |
| ボックス設置 | ボックス底版に分布荷重載荷 |
| 上載荷重載荷 | ボックス上の荷重載荷 |

解析モデル及び初期応力解析モデル

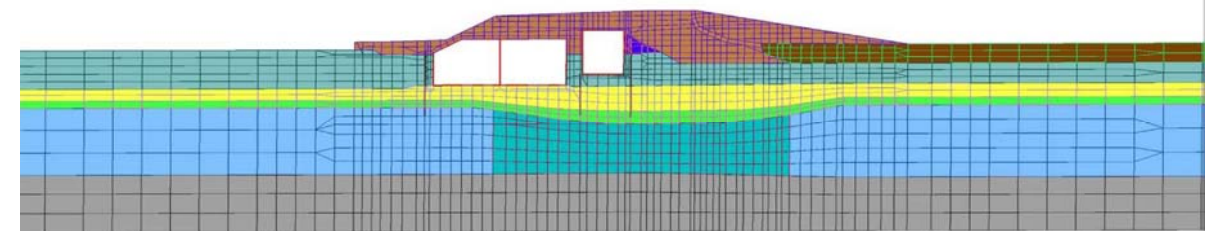
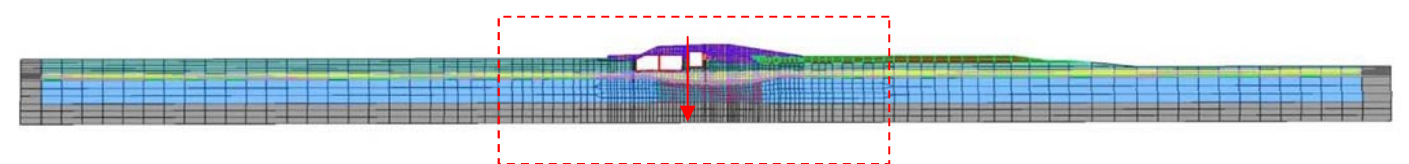
No.77 断面



初期応力用地盤モデル



完成モデル (階段 2 連)



完成モデル (平面 2 連)

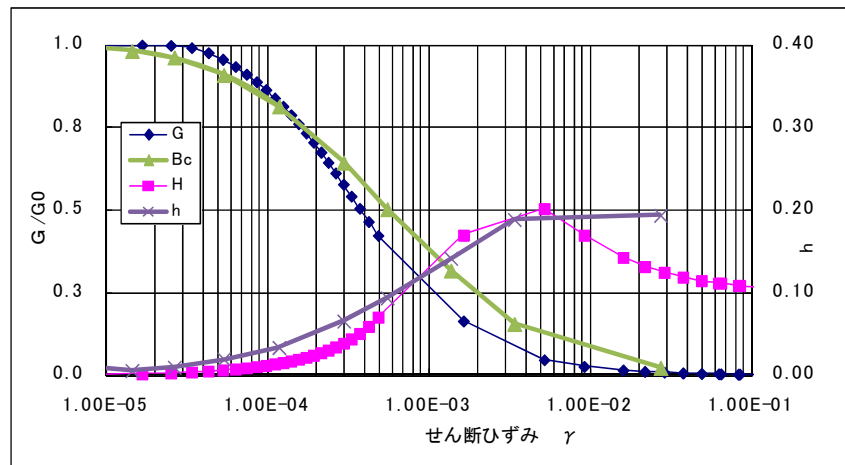
解析パラメータの設定

堤体及び液状化対象層である砂層 (Acs, As1) は砂の弾塑性モデル(岡モデル)を用いた。物性設定方法の考え方を以下に示す。

| パラメータ名 | 物理的意味・役割 | 設定方法 | 備考 |
|---------------|--------------------|----------------------|----------|
| 密度 | ρ | 混合体の密度 | 密度試験 |
| 透水係数 | k | 透水性を表す係数 | 透水試験 |
| 初期間隙比 | e_0 | 体積弾性係数、過圧密境界面の移動に関係 | 密度試験 |
| 砂の弾塑性モデル | | | |
| 圧縮指数 | λ | 過圧密境界面の移動に関係 | 等方圧縮膨潤試験 |
| 膨潤指数 | κ | 体積弾性係数、過圧密境界面の移動に関係 | (圧密試験) |
| 擬似過圧密比 | OCR^* | 過圧密境界面の大きさに関係 | 圧密試験 |
| 無次元化初期せん断係数 | G_0/σ'_{m0} | せん断剛性に関係 | PS検層よりVs |
| 変相応力比 | M^*_{mc} | 変相線を示す応力比 | せん断試験 |
| 破壊応力比 | M^*_f | 破壊線を示す応力比 | |
| 硬化関数中のパラメータ | B^*_0 | 塑性せん断係数の初期値に関係 | 動的変形試験 |
| " | B^*_1 | 塑性せん断係数の最終値に関係 | 液状化試験に |
| " | C_f | 1サイクル中の塑性せん断係数の変化を制御 | フィッティング |
| 規準ひずみ (塑性剛性) | γ^P_r | 変相線到達後の塑性剛性低下を制御 | |
| 規準ひずみ (弾性剛性) | γ^E_r | 変相線到達後の弾性剛性低下を制御 | |
| ダレイン係数 | D^*_0 | ダレイン量を制御 | |
| ダレイン係数 | n | 応力接線に応じたダレイン量を制御 | |
| 異方性消失のパラメータ | C_d | 初期応力の異方性消失を制御 | |
| R-0モデル | | | |
| ポアソン比 | ν | 弾性定数 | せん断試験 |
| 粘着力 | c | 強度定数 | " |
| 内部摩擦角 | ϕ | 強度定数 | " |
| せん断弾性係数のパラメータ | a | せん断剛性の大きさに関係 | PS検層よりVs |
| " | b | せん断剛性の拘束圧依存性に関係 | " |
| R-0パラメータ | α | せん断剛性のひずみ依存性に関係 | 動的変形試験に |
| " | r | 最大減衰定数に関係 | フィッティング |

(1) 堤防 (B) のパラメータ

乾燥砂としての弾塑性モデルを適用し、試験および LIQCA マニュアルの推奨値により、要素シミュレーションを実施し、下図のように試験結果の動的変形曲線が再現できるパラメータセットを設定した。初期間隙比 e_0 、 G_0/σ'_{m0} 、透水係数 k 、破壊応力比 M_f は試験結果から、 λ 、 κ 、 M_m' はマニュアルの推奨値とし、あとのパラメータは推奨値を元に要素シミュレーションで設定した。



(2) 上部の砂層 (Acs, As1) のパラメータ

Acs, As1 は液状化対象層として、湿潤砂の弾塑性モデルを適用した。試験および LIQCA マニュアルの推奨値により、要素シミュレーションを実施し、下図のように試験結果の液状化曲線が再現できるパラメータセットを設定した。初期間隙比 e_0 、 G_0/σ'_{m0} 、透水係数 k 、破壊応力比 M_f は試験結果から、 λ 、 κ 、 M_m' はマニュアルの推奨値とし、あとのパラメータは推奨値を元に要素シミュレーションで設定した。

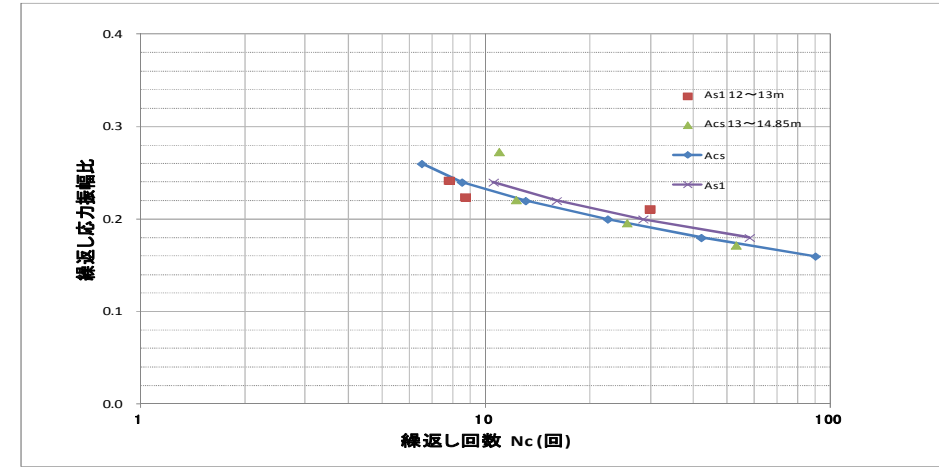


表3.1 西島粘土層Ac2 の材料パラメータ

| Test No. | T-1(Ac2-U) | | T-2 (Ac2-M) | |
|--|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| | #1: CSR=0.370 | #2: CSR=0.250 | #1: CSR=0.370 | #2: CSR=0.250 |
| Initial void ratio | e_0 | 1.25 | 1.65 | |
| Compression index | λ | 0.341 | 0.593 | |
| Swelling index | κ | 0.019 | 0.027 | |
| Normalized initial shear modulus | G_0/σ'_{m0} | 75.2 | 58.95 | |
| Stress ratio at compression | M^*_{mc} | 1.24 | 1.18 | |
| Stress ratio at extension | M^*_{me} | 0.94 | 0.915 | |
| Viscoplastic parameter | m' | 24.68 | 28.2 | |
| Viscoplastic parameter (1 s) | C_1 | 1.00×10^{-5} | 1.00×10^{-5} | |
| Viscoplastic parameter (1 s) | C_2 | 3.83×10^{-6} | 1.85×10^{-6} | |
| Structural parameter | $n = \sigma^*_{mf} / \sigma^*_{mai}$ | 0.30 | 0.325 | |
| Structural parameter | β | 3.6 | 3.8 | |
| Hardening parameter | B^*_0 | 100 | 180 | |
| Hardening parameter | B^*_1 | 40 | 3 | |
| Hardening parameter | C_f | 10 | 3 | |
| Reference value of viscoplastic strain (%) | $\gamma^{vp}_{(0)r}$ | 1.25 | 1.25 | |
| Strain-dependent parameter | α | 10 | 20 | |
| Scalar hardening parameter | A^*_2 | 5.9 | 5.9 | |
| Scalar hardening parameter | B^*_2 | 1.8 | 1.8 | |

(3) 粘土の弾粘塑性パラメータ

粘土層 Asc, Ac2 は粘土に用いられる弾粘塑性モデルを使用した。このパラメータは岡教授らによる西島の粘土に対する繰返し三軸試験の結果を元に設定された。パラメータセットは「スーパー堤防の変形防止技術に関する研究、平成 22 年度国土交通省近畿地方整備局新技術研究開発成果報告書」より右表に示しパラメータが設定されている。本検討では、同一堆積層であるこれらの値を適用することとし、上部粘土を Asc とし、下部粘土を Ac2 として採用した。

検討に用いた解析パラメータ一覧

砂の弾塑性モデル

| 材料番号 | 初期間隙比 | λ | κ | G_0/σ'_{m0} | K/γ_w | g | ρ | | M_m | M_f | B_0 | B_1 | C_f | K_f | t | C_d | OCR | DO | n | γ^P | γ^E |
|------|-------|-----------|----------|--------------------|--------------|----------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|------------|------------|
| | | | | | | | t/m^3 | m | | | | | | | | | | | | | |
| 堤体1 | 1 | 0.831 | 0.018 | 0.0018 | 1200 | - | 9.8 | 1.8 | 0.909 | 1.268 | 5000 | 1 | 0 | 0.0 | 1.0 | 2000 | 1.0 | 1 | 5 | 0.0035 | 0.05 |
| 堤体2 | 2 | 0.831 | 0.018 | 0.0018 | 1200 | - | 9.8 | 1.8 | 0.909 | 1.268 | 5000 | 1 | 0 | 0.0 | 1.0 | 2000 | 1.0 | 1 | 5 | 0.0035 | 0.05 |
| Acs | 3(35) | 0.801 | 0.020 | 0.001 | 2000 | 2.43E-07 | 9.8 | 1.9 | 0.909 | 1.088 | 4000 | 40 | 0 | 0.0 | 1.0 | 2000 | 1.0 | 1 | 5 | 0.004 | 0.05 |
| As1 | 4(36) | 0.810 | 0.020 | 0.015 | 1700 | 3.36E-06 | 9.8 | 2.0 | 0.909 | 1.209 | 5000 | 50 | 0 | 0.0 | 1.0 | 2000 | 1.0 | 0.6 | 5 | 0.002 | 0.01 |

()は側方境界番号

粘土の弾粘塑性モデル

| 材料番号 | 初期間隙比 | λ | κ | G_0/σ'_{m0} | K/γ_w | g | ρ | | M_m | M_f | B_0 | B_1 | C_f | K_f | t | OCR | C01 | C02 | mo |
|---------|-------|-----------|----------|--------------------|--------------|----------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|----------|----------|-------|
| | | | | | | | t/m^3 | m | | | | | | | | | | | |
| Asc | 5(37) | 1.250 | 0.341 | 0.019 | 75.200 | 5.87E-11 | 9.8 | 1.7 | 1.24 | 1.24 | 100 | 40 | 10 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.00E-05 | 3.86E-06 | 24.68 |
| Ac2(堤内) | 6(38) | 1.650 | 0.593 | 0.027 | 58.950 | 3.93E-11 | 9.8 | 1.6 | 1.18 | 1.18 | 180 | 3 | 3 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.00E-05 | 1.85E-06 | 28.2 |
| Ac2(堤体) | 7 | 1.650 | 0.593 | 0.027 | 58.950 | 3.93E-11 | 9.8 | 1.6 | 1.18 | 1.18 | 180 | 3 | 3 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.00E-05 | 1.85E-06 | 28.2 |
| Ac2(堤外) | 8(39) | 1.650 | 0.593 | 0.027 | 58.950 | 3.93E-11 | 9.8 | 1.6 | 1.18 | 1.18 | 180 | 3 | 3 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.00E-05 | 1.85E-06 | 28.2 |

()は側方境界番号

R-0モデル

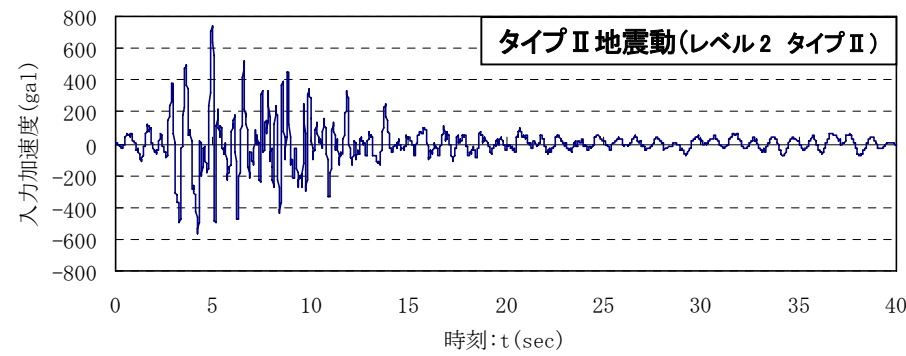
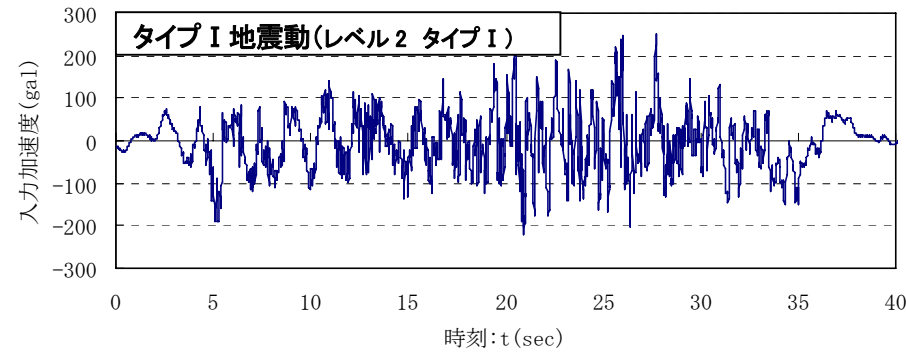
| 材料番号 | 初期間隙比 | ポアソン比 | K/γ_w | g | ρ | C | ϕ | α | r | 正:軸差 無視 | K_f | t | a | b | |
|------|-------|-------|--------------|----------|---------|----------|--------|----------|-------|------------|-------|-----|-----|--------|---|
| | | | | | t/m^3 | kN/m^2 | rad | | | | | m | | | |
| Tc | 9(40) | 0.800 | 0.3 | 3.93E-11 | 9.8 | 1.6 | 149.71 | 0 | 1.788 | 1.838 | 1 | 0.0 | 1.0 | 83.174 | 0 |

入力地震動の概要

動的応答解析に用いる入力地震動（レベル2地震動）は、堤防・道路構造物にとって厳しい下記4波形を選定する。

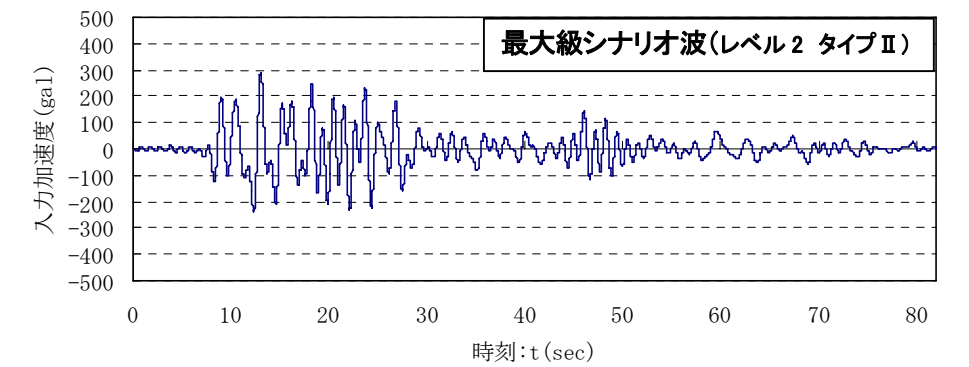
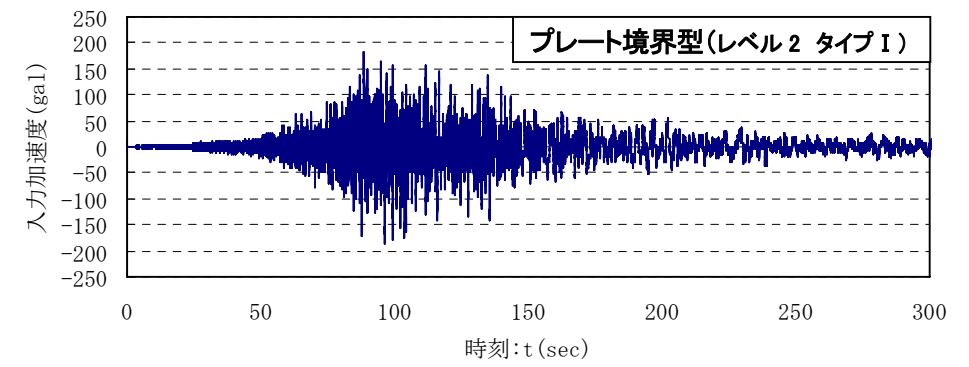
① 「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」 H19.3

指針で示される地表面での標準加速度応答スペクトルに適合させた2波形、タイプI、IIとする。



土堤の地震波

No. 204 断面



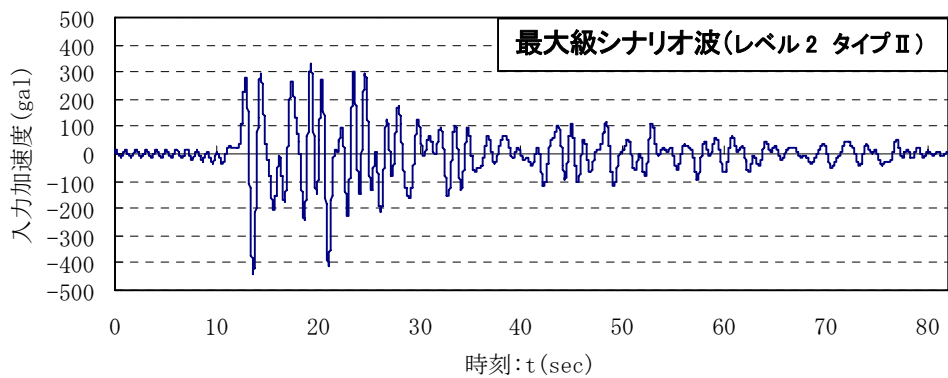
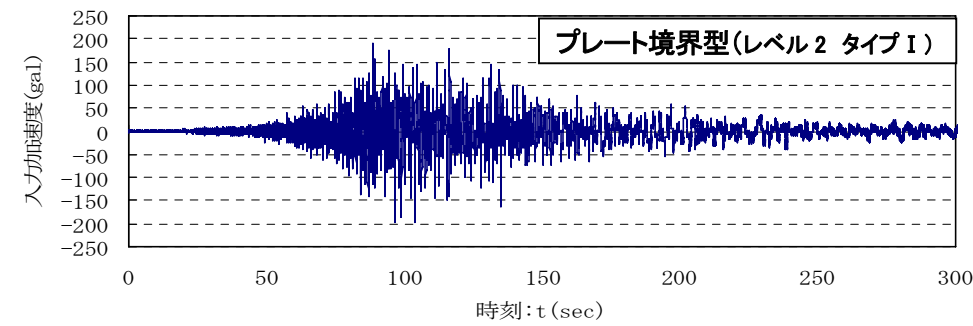
加速度応答スペクトルの比較

② 開削トンネル耐震設計指針, H20.10 阪神高速

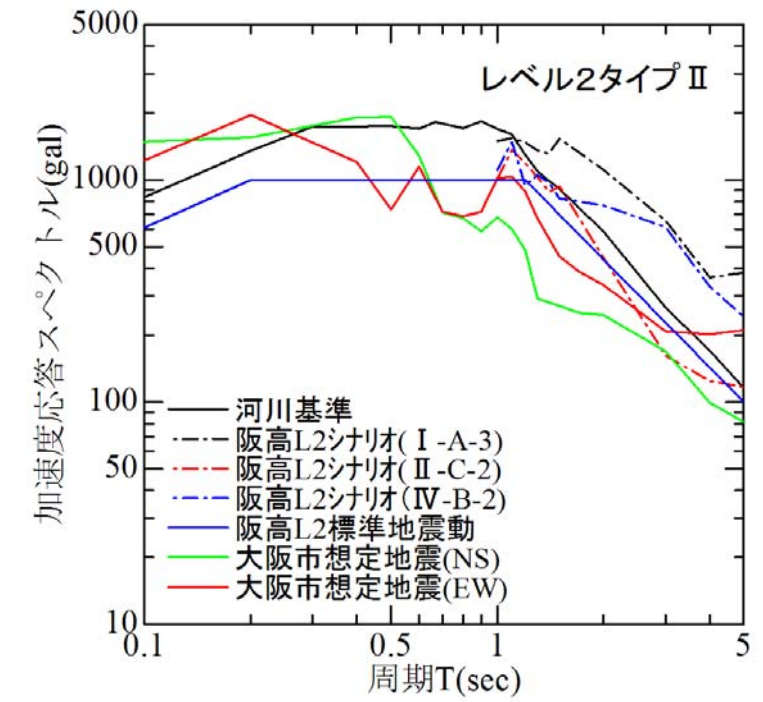
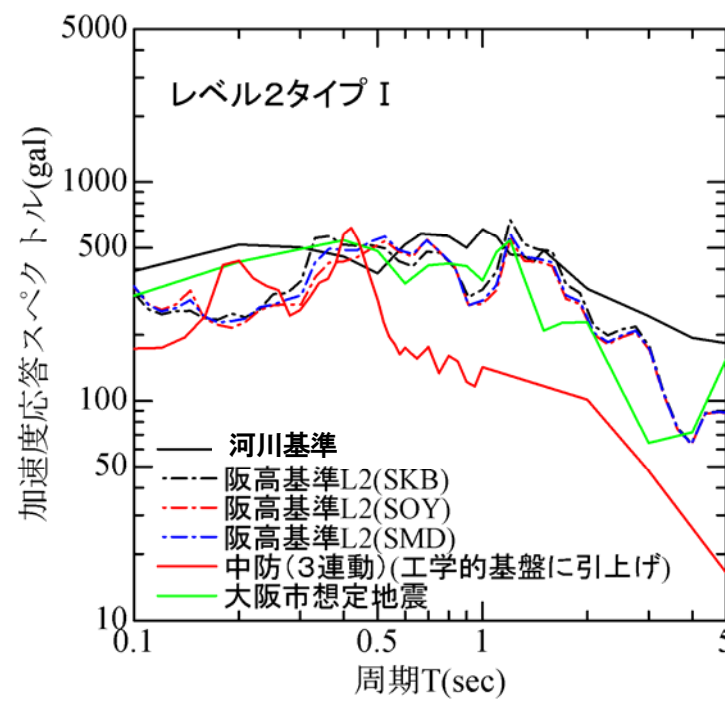
淀川左岸線の地域特性を考慮して設定された地震動。

- ・ 阪高基準 L2 波プレート境界型 [レベル2 タイプI]
(継続時間が長く、①の指針波より残留変形がかなり大きくなることが予測される波形)
- ・ 阪高基準 L2 波_最大級シナリオ波を採用する。[レベル2 タイプII]

No. 77 断面



道路構造物としての地震波



耐震機能（完成時）

| | | | |
|-----------------------|-------|---|------------|
| 河川 | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） |
| 確保機能 (土堤)の機能を満たすこと | LC-9 | ●地震後の河川外への越流を防止すること | |
| | LC-10 | ●土と構造物間が地震時の変形や剥離（液状化）より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと | |

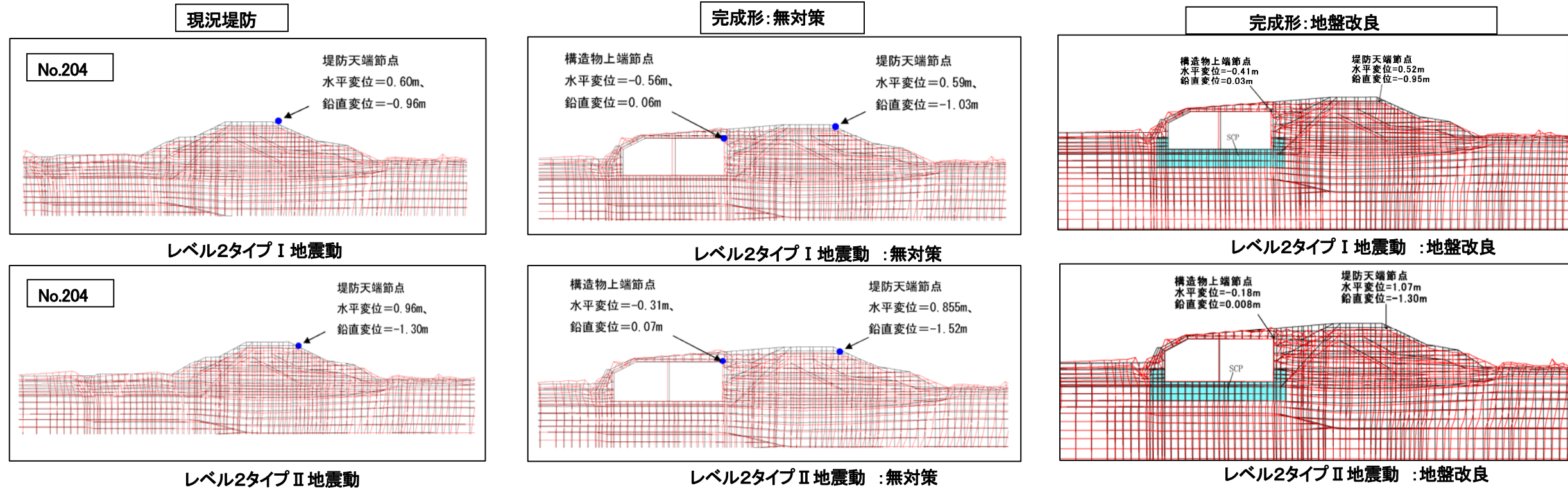
<No. 204断面>

| | 現況堤防 | | 完成形 | | | | | | | |
|--------|-----------|------------|-----------|-------|------------|-------|--------|------|----------|------|
| | 河川基準 | | 河川基準 | | | | 阪高基準 | | | |
| | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | | 東南海南海波 | | 最大級シナリオ波 | |
| | | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 堤防天端高 | 9.81m | | | | | | | | | |
| 照査外水位 | 4.50 | 2.24 | 4.50 | 4.50 | 2.24 | 2.24 | 4.50 | 4.50 | 2.24 | 2.24 |
| 堤防沈下量 | -0.96 | -1.30 | -1.03 | -0.95 | -1.52 | -1.31 | 未検討 | | | |
| 沈下後天端高 | 8.85 | 8.51 | 8.78 | 8.86 | 8.29 | 8.50 | | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | | | |

(参考)土留鋼矢板の影響 (OP.:m)

| | 完成形(土留鋼矢板を残置した場合) | | | |
|--------|-------------------|----------------|-------------|---------------|
| | 河川基準 | | 阪高基準 | |
| | レベル2タイプ I 地震動 | レベル2タイプ II 地震動 | 淀川左岸線東南海南海波 | 淀川左岸線最大級シナリオ波 |
| | | | | |
| 堤防天端高 | 9.81 | | | |
| 照査外水位 | 4.50 | 2.24 | 4.50 | 2.24 |
| 堤防沈下量 | -0.97 | -1.40 | 未検討 | |
| 沈下後天端高 | 8.84 | 8.41 | | |
| 判定 | OK | OK | | |

解析結果と考察



確保機能に対する評価

① 確保機能LC-9
 <河川基準波>
 地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で 0.95~1.0m、タイプ II 地震動で 1.3~1.5mであり、地震後の堤防天端高は、タイプ I 地震動で照査外水位(OP+4.5m)、タイプ II 地震動で照査外水位(OP+2.24m)以上が確保されており、河川外への越流は生じない。
 現況堤防との比較では、完成形において道路ボックス下面の地盤改良(S.C.P)を行うことで、現況堤防と同等の機能を確保することができる。

耐震機能（完成時）

| | | | |
|------|-----------------|-------|---|
| 河川 | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） |
| 確保機能 | 堤防（土堤）の機能を満たすこと | LC-9 | ●地震後の河川外への越流を防止すること |
| | | LC-10 | ●土と構造物間が地震時の変形や剥離（液状化）より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと |

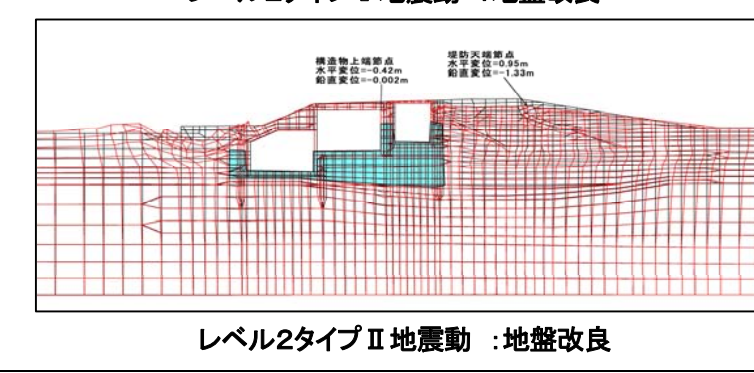
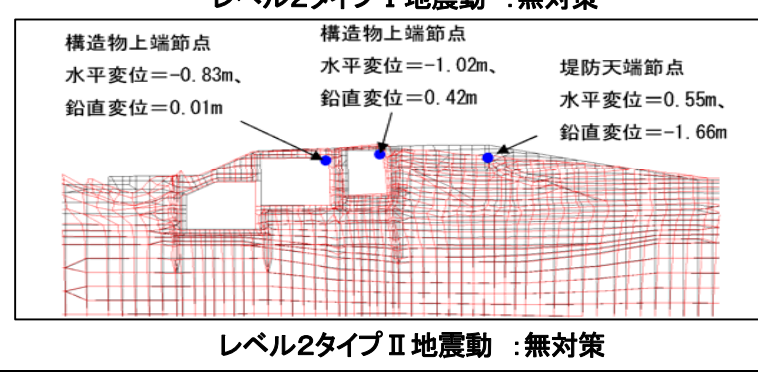
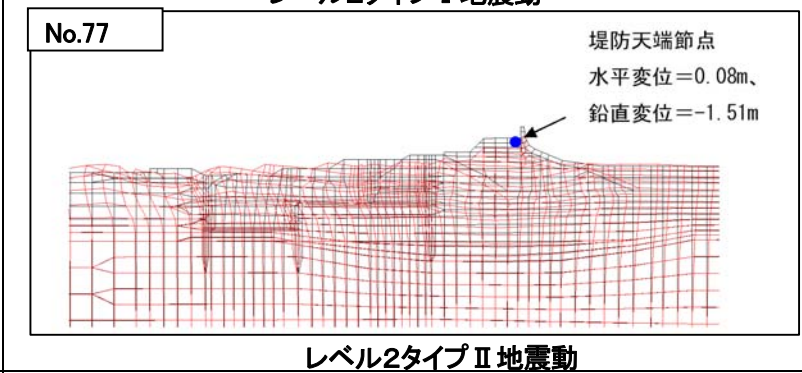
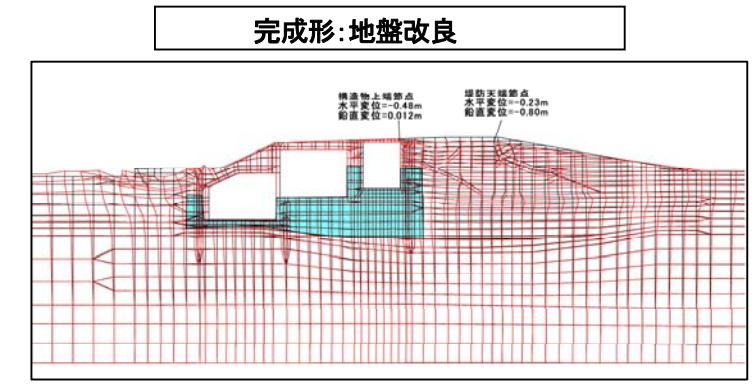
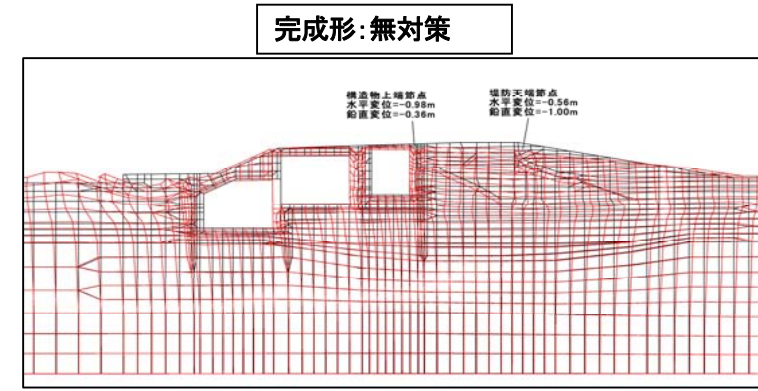
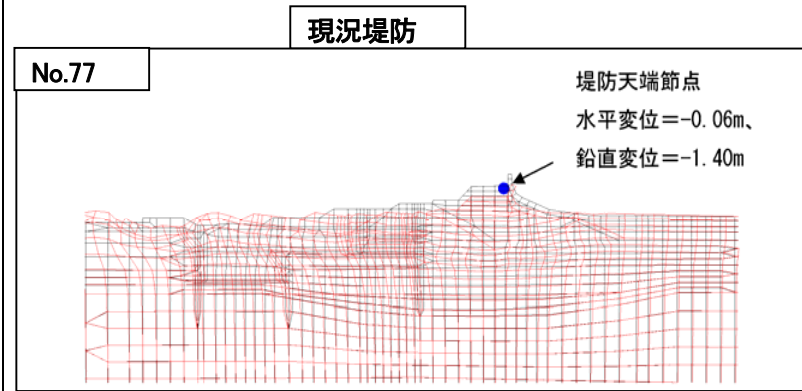
<No. 77 断面 階段2連>

| | 現況堤防 | | 完成形(階段2連) (OP.:m) | | | | | | | |
|--------|-----------|------------|-------------------|-------|------------|-------|--------|------|---------|------|
| | 河川基準 | | 河川基準 | | | | 阪高基準 | | | |
| | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | | 東南海南海波 | | 最大級シリカ波 | |
| | | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 堤防天端高 | 8.1m | | | | | | | | | |
| 照査外水位 | 4.45 | 2.16 | 4.45 | 4.45 | 2.16 | 2.16 | 4.45 | 4.45 | 2.16 | 2.16 |
| 堤防沈下量 | -1.40 | -1.51 | -1.00 | -0.80 | -1.66 | -1.33 | 未検討 | | | |
| 沈下後天端高 | 6.70 | 6.59 | 7.10 | 7.30 | 6.44 | 6.77 | | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | | | |

(参考)土留鋼矢板の影響

| | 完成形(階段2連)(土留鋼矢板を残置した場合) (OP.:m) | | | |
|--------|---------------------------------|------------|--------|---------|
| | 河川基準 | | 阪高基準 | |
| | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | 東南海南海波 | 最大級シリカ波 |
| | | | | |
| 堤防天端高 | 8.1 | | | |
| 照査外水位 | 4.45 | 2.16 | 4.45 | 2.16 |
| 堤防沈下量 | -1.26 | -1.51 | 未検討 | |
| 沈下後天端高 | 6.84 | 6.59 | | |
| 判定 | OK | OK | | |

解析結果と考察



確保機能に対する評価

② 確保機能LC-9

地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で 1.2m、タイプ II 地震動で 1.3~1.6m であり、地震後の堤防天端高は、タイプ I 地震動で照査外水位(OP+4.45m)、タイプ II 地震動で照査外水位(OP+2.16m)以上が確保されており、河川外への越流は生じない。

耐震機能（完成時）

| | | | |
|------|-----------------|-------|---|
| 河川 | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） |
| 確保機能 | 堤防（土堤）の機能を満たすこと | LC-9 | ●地震後の河川外への越流を防止すること |
| | | LC-10 | ●土と構造物間が地震時の変形や剥離（液状化）より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと |

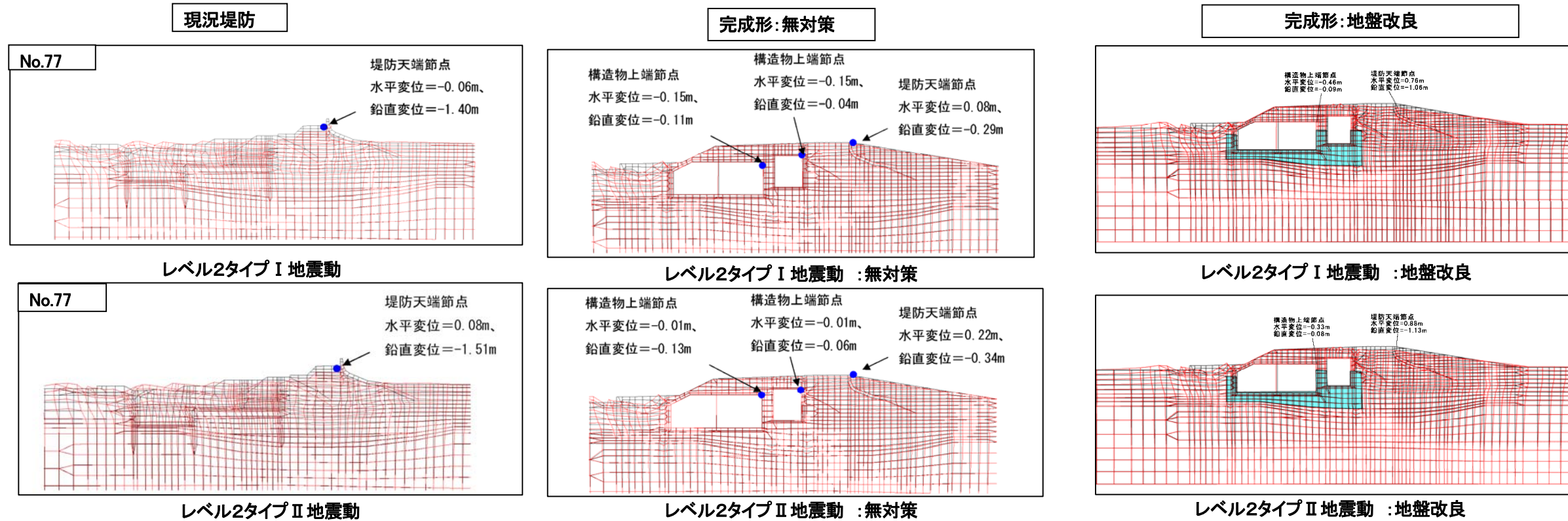
<No. 77断面 平面2連>

| | 現況堤防 | | 完成形(平面2連) (OP.:m) | | | | | | | |
|--------|-----------|------------|-------------------|-------|------------|-------|--------|------|----------|------|
| | 河川基準 | | 河川基準 | | | | 阪高基準 | | | |
| | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | | 東南海南海波 | | 最大級シナリオ波 | |
| | | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 堤防天端高 | 8.1m | | | | | | | | | |
| 照査外水位 | 4.45 | 2.16 | 4.45 | 4.45 | 2.16 | 2.16 | 4.45 | 4.45 | 2.16 | 2.16 |
| 堤防沈下量 | -1.40 | -1.51 | -0.29 | -1.06 | -0.34 | -1.13 | 未検討 | | | |
| 沈下後天端高 | 6.70 | 6.59 | 7.81 | 7.04 | 7.76 | 6.97 | | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | | | |

(参考)土留鋼矢板の影響

| | 完成形(平面2連)(土留鋼矢板を残置した場合) (OP.:m) | | | |
|--------|---------------------------------|------------|--------|----------|
| | 河川基準 | | 阪高基準 | |
| | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | 東南海南海波 | 最大級シナリオ波 |
| | | | | |
| 堤防天端高 | 8.1 | | | |
| 照査外水位 | 4.45 | 2.16 | 4.45 | 2.16 |
| 堤防沈下量 | -1.02 | -0.65 | 未検討 | |
| 沈下後天端高 | 7.08 | 7.45 | | |
| 判定 | OK | OK | | |

解析結果と考察



確保機能に対する評価

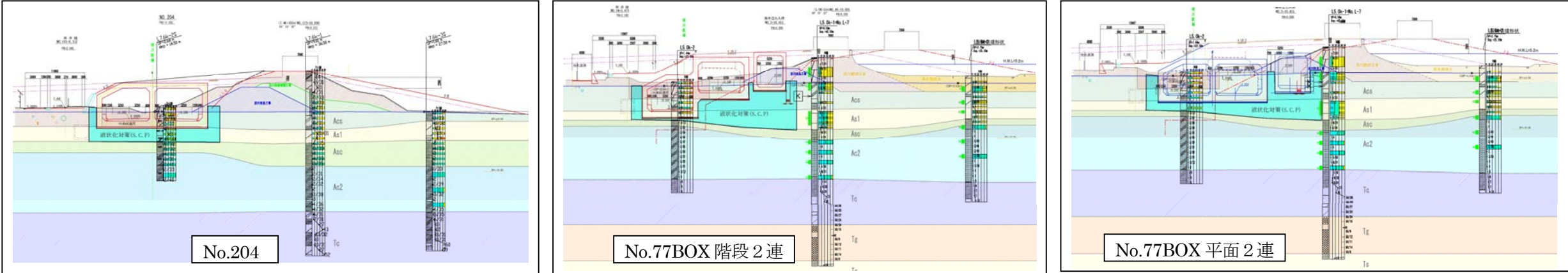
③ 確保機能LC-9

<河川基準>

地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で0.3~1.0m、タイプ II 地震動で0.3~0.65mであり、地震後の堤防天端高は、タイプ I 地震動で照査外水位(OP+4.45m)、タイプ II 地震動で照査外水位(OP+2.16m)以上が確保されており、河川外への越流は生じない。

現況堤防との比較では、完成形（平面2連）において現況堤防と同等以上の機能を確保することができる。

3-1-4 経年変化（圧密沈下）

| 河川 | | 堤体本体・構造物 周辺の点検強化 | 照査方法 | 弾粘塑性解析（2D） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|--|--|--|--|-------|----------|----------|---------|----|----|----|-----------------|-----|-----|-----|----------|----|-----|----|---------|----|----|------|
| 確保機能 | 堤防 (土堤)の機能を満たすこと | LC-11 | 確保機能 | 圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 構造物重量，盛土重量により基礎地盤に圧密が発生し，堤防に変形，沈下が発生する | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 圧密による堤防沈下量が許容値を超えないことを確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | LC-12 | 確保機能 | 圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 構造物重量，盛土重量により基礎地盤に圧密が発生し，堤防に変形，沈下が発生する | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 圧密による堤防沈下量が許容値を超えないことを確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | LC-13 | 確保機能 | 道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 構造物重量，盛土重量により基礎地盤に圧密が発生し，構造物下に隙間が生じ水みちを形成する | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 構造物直下の基礎地盤と構造物の相対沈下量 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | LC-16 | 確保機能 | 圧密沈下による周辺影響を防止すること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 構造物重量，盛土重量により基礎地盤に圧密が発生し，周辺地盤・構造物に変形，沈下が発生する | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 周辺地盤と構造物の変形モード、沈下量の確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 検討モデル | | 比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定 ボックス形状の構造決定に用いる断面（階段2連、平面2連の比較検討）・・・特殊部(No. 77)を選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外力の設定 | 構造物重量+盛土重量 施工ステップ（掘削、築堤）を解析ステップとして反映していくことが必要であり、以下の施工ステップを考慮した。 ① 現況堤防での初期応力 ② 仮締切り堤（スライド堤）の施工 ③ 地盤改良（As層のみSCP工法）、土留め施工・構造物掘削 ④ 道路ボックス施工 ⑤ 堤防完成形施工 ⑥ 完成後1年、3年、5年、10年の経年変化 | | 各施工ステップの期間（日） <table border="1" data-bbox="1893 1465 2558 1642"> <thead> <tr> <th></th> <th>No204</th> <th>No77階段2連</th> <th>No77平面2連</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>スライド堤施工</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>地盤改良、土留施工、構造物掘削</td> <td>110</td> <td>120</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td>道路ボックス施工</td> <td>70</td> <td>100</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>堤防完成形施工</td> <td>80</td> <td>70</td> <td>150*</td> </tr> </tbody> </table> *：収束しないため長くした | | | No204 | No77階段2連 | No77平面2連 | スライド堤施工 | 30 | 40 | 30 | 地盤改良、土留施工、構造物掘削 | 110 | 120 | 140 | 道路ボックス施工 | 70 | 100 | 80 | 堤防完成形施工 | 80 | 70 | 150* |
| | No204 | No77階段2連 | No77平面2連 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| スライド堤施工 | 30 | 40 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地盤改良、土留施工、構造物掘削 | 110 | 120 | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 道路ボックス施工 | 70 | 100 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 堤防完成形施工 | 80 | 70 | 150* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 照査内容 | 一体構造物としての沈下挙動を照査するため、圧密による堤防沈下量、周辺地盤と構造物の変形モード、沈下量、構造物と地盤間の剥離、当該地の沖積粘性土の特性（長期的な圧密沈下）等の挙動を定量的に評価する方法が必要である。従来の河川基準や道路基準で一般に採用されている一次元圧密計算では前述した挙動を適正に評価することが難しい。本検討では、一体構造物としての定量的に照査が可能で、二次元圧密を考慮できる弾粘塑性解析を用いた。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

経年変化（圧密沈下）

| | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| 河川 | 堤体本体・構造物 周辺の点検強化 | 照査方法 | 弾粘塑性解析（2D） |
| 確保機能 (土堤)の機能を満たすこと | LC-11 | ●圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと | |
| | LC-12 | ●圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること | |
| | LC-13 | ●道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと | |
| | LC-16 | ●圧密沈下による周辺影響を防止すること | |

<No. 204断面>

盛土完成 1年後 構造物周囲 変位量

1年剥離・すべり抽出結果

盛土完成 10年後 構造物周囲 変位量

10年剥離・すべり抽出結果

盛土完成 1年後 変形図

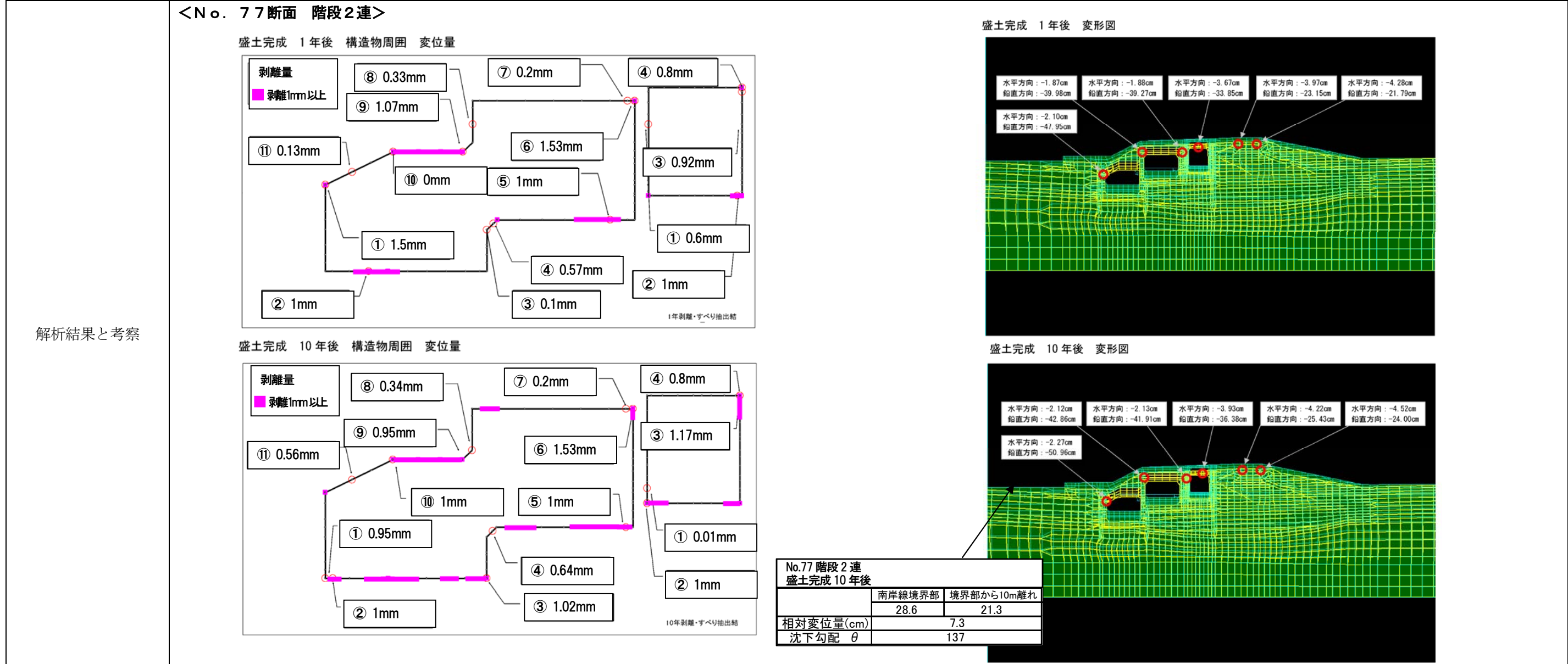
盛土完成 10年後 変形図

| | | |
|------------------|--------|------------|
| No.204 盛土完成 10年後 | | |
| | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ |
| 相対変位量(cm) | 15.9 | 8.8 |
| 沈下勾配 θ | 7.1 | |
| | 141 | |

| | |
|------------|---|
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能LC-11、LC12 盛土完成10年後の全圧密沈下量は、20~25cm程度発生し、施工断面として余盛高を加える必要がある。</p> <p>② 確保機能LC-13 盛土完成10年後における構造物と地盤間の剥離・すべり量は、1mm程度の剥離が発生する。</p> <p>③ 確保機能LC-16 周辺部での盛土完成10年後の相対沈下量(10m区間)は7.1cm(沈下勾配θ=1/141)となり、建築構造物の沈下勾配目安(θ=3/1000=1/333)を抵触する。建物の位置関係により対策工の検討が必要である。</p> |
|------------|---|

経年変化（圧密沈下）

| | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| 河川 | 堤体本体・構造物 周辺の点検強化 | 照査方法 | 弾粘塑性解析（2D） |
| 確保機能 (土堤)の機能を満たすこと | LC-11 | ●圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと | |
| | LC-12 | ●圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること | |
| | LC-13 | ●道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと | |
| | LC-16 | ●圧密沈下による周辺影響を防止すること | |



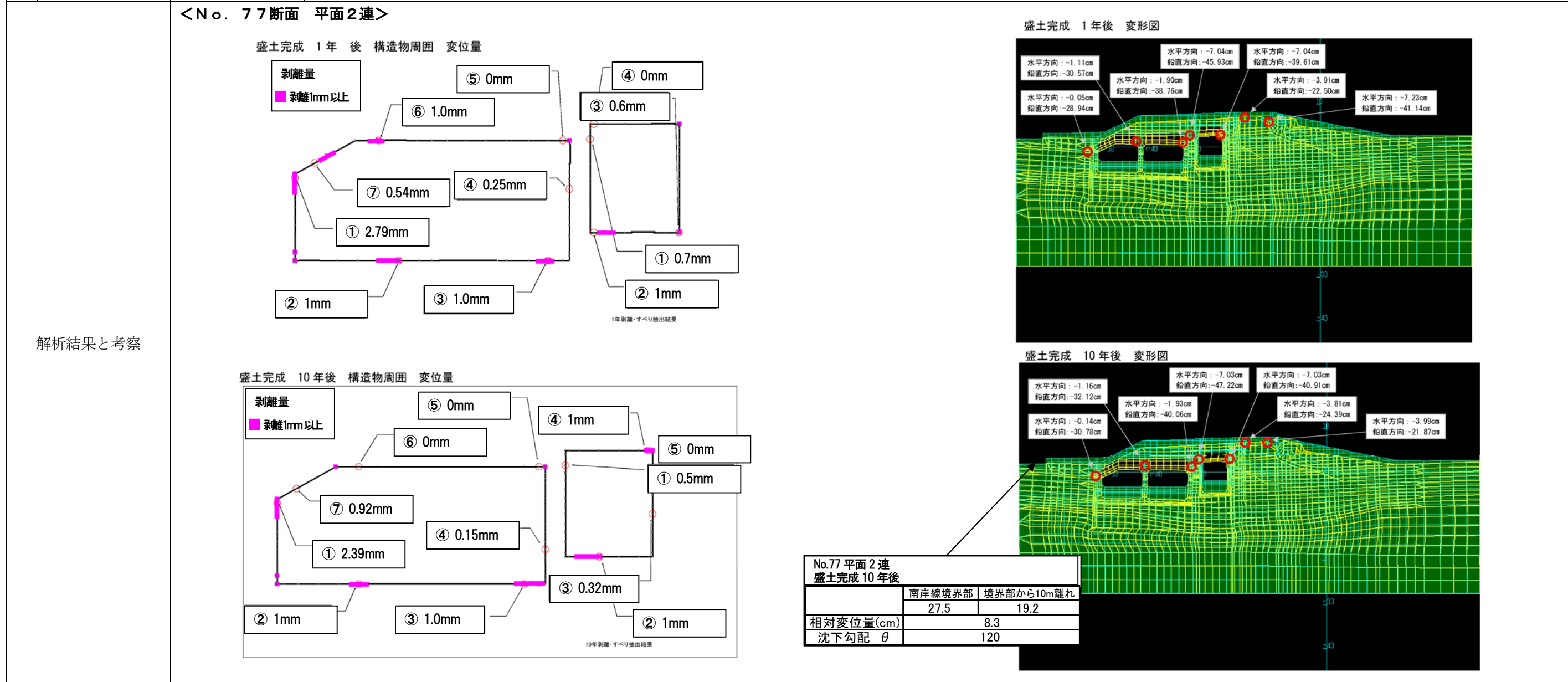
解析結果と考察

確保機能に対する
評価

- ① 確保機能 LC-11、LC12
盛土完成 10 年後の全圧密沈下量は、25cm 程度発生し、施工断面として余盛高を加える必要がある。
- ② 確保機能 LC-13
盛土完成 10 年後における構造物と地盤間の剥離・すべり量は、本線、ランプ部とも構造物周り全体に 1mm~3mm 程度の剥離が発生する。特にランプと本線の沈下差が異なり、堤防にクラックが入る恐れがあり、対策が必要になる。
- ③ 確保機能 LC-16
周辺部での盛土完成 10 年後の相対沈下量(10m 区間)は 7.3cm (沈下勾配 $\theta=1/137$) となり、建築構造物の沈下勾配目安 ($\theta=3/1000=1/333$) を抵触する。建物の位置関係により対策工の検討が必要である。

経年変化（圧密沈下）

| | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| 河川 | 堤体本体・構造物 周辺の点検強化 | 照査方法 | 弾粘塑性解析（2D） |
| 確保機能 (土堤)の機能を満たすこと | LC-11 | ●圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと | |
| | LC-12 | ●圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること | |
| | LC-13 | ●道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと | |
| | LC-16 | ●圧密沈下による周辺影響を防止すること | |

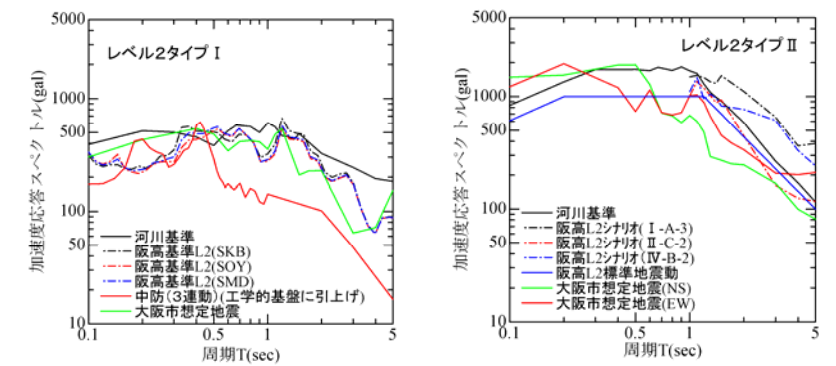


| | |
|----------------|---|
| 確保機能に対する 評価 | ④ 確保機能LC-11、LC12 盛土完成10年後の全圧密沈下量は、21~24cm程度発生し、施工断面として余盛高を加える必要がある。 |
| | ⑤ 確保機能LC-13 盛土完成10年後における構造物と地盤間の剥離・すべり量は、ボックス底面に1mmの剥離が発生する。頂版、底版では大きな剥離は発生しない。階段2連との比較では、構造物周りに発生する剥離量は少ない。ランプと本線の沈下差が異なり、堤防にクラックが入る恐れが有り、対策が必要になる。 |
| | ⑥ 確保機能LC-16 周辺部での盛土完成10年後の相対沈下量(10m区間)は8.3cm(沈下勾配θ=1/120)となり、建築構造物の沈下勾配目安(θ=3/1000=1/333)を抵触する。建物の位置関係により対策工の検討が必要である。 |

3-2 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること（完成時）

3-2-1 耐震機能（完成時）

| 道路 | | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D）、非線形全応力解析（2D）＜横断方向＞ |
|-------|-------------------------|--|---------|---|
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BC-1 | 確保機能 | 地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること |
| | | | 機能低下の要因 | 地震時に発生する地盤内のせん断変形や地震時動土圧が作用し、ボックスの部材が損傷し崩壊に至る。液状化が発生した場合は支持力が失われ、縦断的な連続性、水平性が失われる。偏土圧を受ける区間においてはボックスが回転し、路面の水平性、縦断的な連続性が失われる。地震動の位相差による影響を受け構造継手が損傷し、堤体材料の流入が発生する |
| | | | 評価ポイント | 地震に起因する外力に対して、部材が一定の損傷に留まる。構造継ぎ間隔を適切に設定し、目開きを許容変位内に抑える |
| | | BC-2 | 確保機能 | 偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること |
| | | | 機能低下の要因 | BC-1と同様 |
| | | | 評価ポイント | ボックスに回転が生じないことを確認。液状化は発生しないことが前提 |
| | | BC-3 | 確保機能 | 補助工法（液状化対策）を実施する |
| | | | 機能低下の要因 | BC-1と同様 |
| | | | 評価ポイント | 必要な液状化対策を実施する。 |
| 検討断面 | | <p>(1) 比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・一般部(No.204)、特殊部(No.77)を選定</p> <p>(2) ボックス形状の構造決定に用いる断面（階段2連、平面2連の比較検討）・・・特殊部(No.77)を選定</p> | | |
| 検討断面 | | | | |
| 外力の設定 | | <p>(1) 動的応答解析に用いる入力地震動（レベル2地震動）は、堤防・道路構造物にとって厳しい下記4波形を選定する。</p> <p>①「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」H19.3 指針で示される地表面での標準加速度応答スペクトルに適合させた2波形、レベル2タイプI、IIとする。</p> <p>②開削トンネル耐震設計指針,H20.10 阪神高速 淀川左岸線の地域特性を考慮して設定された地震動。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 阪高基準 L2 波プレート境界型 ・ 阪高基準 L2 波_最大級シナリオ波を採用する。 <p>(2) 地震時の外水位条件 地震時の河川外水位条件は、河川構造物の耐震性能照査指針に準じて朔望平均満潮位を設定する</p> | | |
| 照査内容 | | <p>一体構造物としての動的挙動を照査するため、道路ボックスと堤体地盤の動的相互作用、基礎地盤の液状化、構造物と地盤間の剥離等の挙動を定量的に評価する方法が必要である。従来の河川基準で採用されている静的照査法（ALID）や、阪高耐震指針で採用されている地盤応答震度法では前述した挙動を適正に評価することが難しい。本検討では、一体構造物としての定量的に照査が可能な動的有効応力解析を用いた。</p> | | |



耐震機能（完成時）

| | | | |
|------|-------------------------|------|---|
| 道路 | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D）、非線形全応力解析（2D）＜横断方向＞ |
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BC-1 | ●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること |
| | | BC-2 | ●偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること |
| | | BC-3 | ●補助工法（液状化対策）を実施すること |

<No. 204断面>
 以下の検討結果はLIQCAの検討結果より、整理したものである。
 道路ボックスの部材照査結果（曲げ、せん断、層間変形：各部材の最大値）

| | 完成形 本線 河川基準 | | | | |
|-----------------------------------|-------------|-------|----------|-------|-------|
| | タイプI地震動 | | タイプII地震動 | | |
| | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 | |
| 曲げ照査 ($\Phi_d/\Phi_a < 1.0$) | 左側壁 | 0.014 | 0.023 | 0.031 | 0.050 |
| | 右側壁 | 0.048 | 0.014 | 0.354 | 0.367 |
| | 頂版 | 0.061 | 0.066 | 0.249 | 0.239 |
| | 底版 | 0.003 | 0.003 | 0.010 | 0.014 |
| | 中壁 | 0.010 | 0.013 | 0.037 | 0.043 |
| せん断照査 ($V_d/V_{yd} < 1.0$) | 左側壁 | 0.574 | 0.611 | 0.658 | 0.638 |
| | 右側壁 | 0.408 | 0.392 | 0.397 | 0.482 |
| | 頂版 | 0.615 | 0.635 | 0.613 | 0.679 |
| | 底版 | 0.573 | 0.573 | 0.562 | 0.667 |
| 層間変形角 ($1/\theta > 50$) | 側壁 | 214 | 314 | 195 | 263 |
| | 中壁 | 182 | 276 | 166 | 234 |
| 中壁の破壊モード | | 曲げ先行 | 曲げ先行 | 曲げ先行 | 曲げ先行 |

| | 完成形 本線 河川基準 | | | | |
|-----------------------------------|-------------|-------|----------|------|--|
| | タイプI地震動 | | タイプII地震動 | | |
| | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 | |
| 曲げ照査 ($\Phi_d/\Phi_a < 1.0$) | 左側壁 | 0.015 | 0.093 | | |
| | 右側壁 | 0.065 | 0.351 | | |
| | 頂版 | 0.062 | 0.230 | | |
| | 底版 | 0.004 | 0.033 | | |
| | 中壁 | 0.013 | 0.040 | | |
| せん断照査 ($V_d/V_{yd} < 1.0$) | 左側壁 | 0.651 | 0.762 | | |
| | 右側壁 | 0.504 | 0.254 | | |
| | 頂版 | 0.670 | 0.581 | | |
| | 底版 | 0.642 | 0.824 | | |
| 層間変形角 ($1/\theta > 50$) | 側壁 | 344 | 143 | | |
| | 中壁 | 294 | 116 | | |
| 中壁の破壊モード | | 曲げ先行 | 曲げ先行 | | |

層間変形角の基準値は、阪高開削トンネル耐震指針に準じて $1/\theta > 50$ とした。

道路ボックス函体底面回転角 (cm)

| | 完成形 河川基準 | | | |
|---------------------|----------|------|----------|------|
| | タイプI地震動 | | タイプII地震動 | |
| | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| BOX両下端の相対変位 | 5.79 | 2.74 | 1.60 | 1.22 |
| 躯体回転角($1/\theta$) | 358 | 756 | 1294 | 1704 |

| | 完成形 河川基準 | |
|---------------------|-------------|----------|
| | タイプI地震動 | タイプII地震動 |
| | BOX両下端の相対変位 | 5.79 |
| 躯体回転角($1/\theta$) | 358 | 1294 |

道路ボックス設計で決定した構造諸元(L2対応:阪高基準 最大級シナリオ波で決定)

※旗上げのない箇所のスターラップは全部材に2-D13@500で配置すること

本線ボックス底盤部 A点とB点間の相対変位

| | |
|------------|--|
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能 BC-1 道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査（曲げ、せん断、層間変形角）はいずれの条件においてボックスの安全性、供用性は確保されている。</p> <p>② 確保機能 BC-2 偏土圧下での地盤変形（液状化）に対してボックス底面の鉛直変位による回転角に着目すると、ボックス下面の地盤改良により変形性能は向上し、安全性、供用性を確保することができる。</p> <p>③ 確保機能 BC-3 補助工法（液状化対策）を実施することで、道路ボックスの安全性、供用性を向上させる。</p> |
|------------|--|

耐震機能 (完成時)

| | | | |
|------|---------------------------|------|--|
| 道路 | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析 (2D)、非線形全応力解析 (2D) <横断方向> |
| 確保機能 | 道路 (構造物) の安全性、通行機能を確保すること | BC-1 | ●地震に対するボックスの安全性, 供用性を確保すること |
| | | BC-2 | ●偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する道路ボックスの安全性, 供用性を確保すること |
| | | BC-3 | ●補助工法 (液状化対策) を実施すること |

<No. 77断面 階段2連>

道路ボックスの部材照査結果 (曲げ、せん断、層間変形: 各部材の最大値)

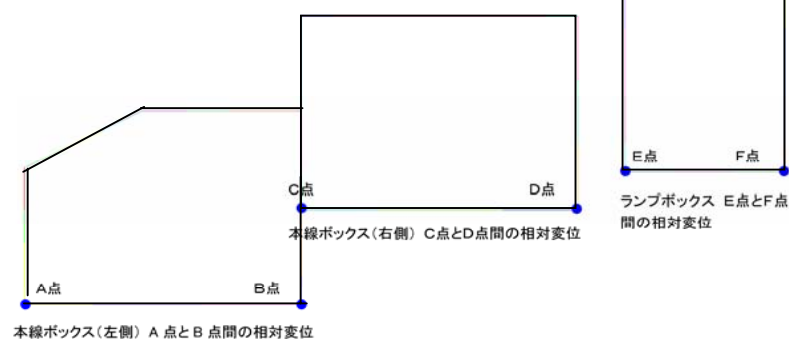
| | | 完成形 (階段2連) 本線部 | | | |
|-------------------------------------|-----|----------------|-------|------------|-------|
| | | 河川基準 | | | |
| | | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 曲げ照査 ($\Phi d / \Phi a < 1.0$) | 左側壁 | 0.042 | 0.013 | 0.113 | 0.068 |
| | 右側壁 | 0.145 | 0.036 | 0.372 | 0.181 |
| | 頂版 | 0.098 | 0.040 | 0.241 | 0.135 |
| | 底版 | 0.234 | 0.130 | 0.691 | 0.376 |
| | 中壁 | 0.191 | 0.106 | 0.327 | 0.173 |
| せん断照査 ($Vd / Vy d < 1.0$) | 左側壁 | 0.754 | 0.802 | 0.450 | 0.499 |
| | 右側壁 | 0.680 | 0.784 | 0.626 | 0.570 |
| | 頂版 | 0.597 | 0.605 | 0.618 | 0.523 |
| | 底版 | 0.543 | 0.819 | 0.599 | 0.662 |
| 層間変形角 ($1 / \theta > 50$) | 側壁 | 54 | 239 | 56 | 131 |
| | 中壁 | 112 | 99 | 107 | 72 |
| 中壁の破壊モード | | 曲げ先行 | 曲げ先行 | 曲げ先行 | 曲げ先行 |

(参考) 土留鋼矢板の影響 (残置した場合)

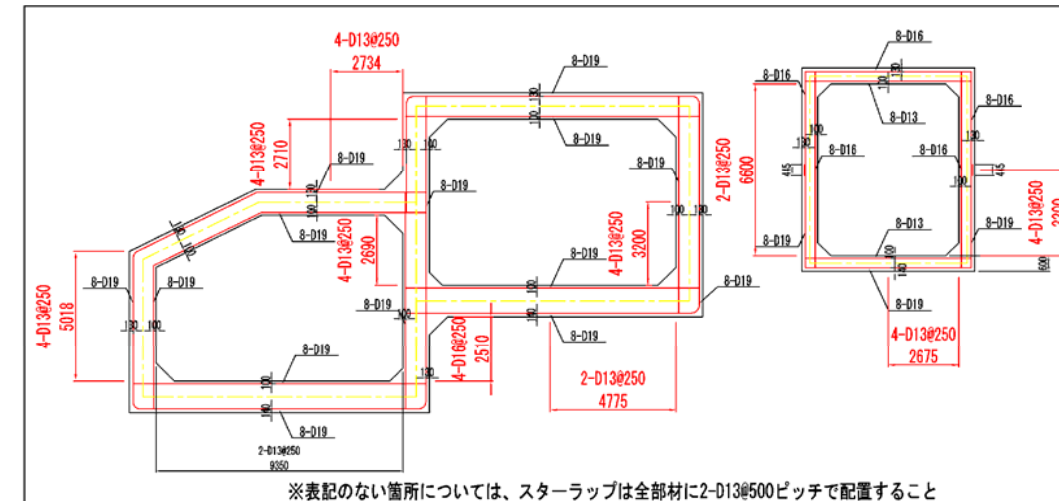
| | | 完成形 (階段2連) 本線部 | |
|-------------------------------------|-----|----------------|------------|
| | | 河川基準 | |
| | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 |
| | | 無対策 | 地盤改良 |
| 曲げ照査 ($\Phi d / \Phi a < 1.0$) | 左側壁 | 0.058 | 0.490 |
| | 右側壁 | 0.034 | 0.118 |
| | 頂版 | 0.040 | 0.215 |
| | 底版 | 0.079 | 0.618 |
| | 中壁 | 0.133 | 0.619 |
| せん断照査 ($Vd / Vy d < 1.0$) | 左側壁 | 0.549 | 0.571 |
| | 右側壁 | 0.661 | 0.511 |
| | 頂版 | 0.494 | 0.540 |
| | 底版 | 0.763 | 0.937 |
| 層間変形角 ($1 / \theta > 50$) | 側壁 | 52 | 54 |
| | 中壁 | 93 | 83 |
| 中壁の破壊モード | | 曲げ先行 | 曲げ先行 |

| | | 完成形 (階段2連) ランプ部 | | | |
|-------------------------------------|-----|-----------------|-------|------------|-------|
| | | 河川基準 | | | |
| | | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 曲げ照査 ($\Phi d / \Phi a < 1.0$) | 左側壁 | 0.087 | 0.046 | 0.251 | 0.066 |
| | 頂版 | 0.135 | 0.013 | 0.314 | 0.060 |
| | 底版 | 0.097 | 0.085 | 0.217 | 0.080 |
| せん断照査 ($Vd / Vy d < 1.0$) | 左側壁 | 0.359 | 0.248 | 0.433 | 0.440 |
| | 頂版 | 0.398 | 0.244 | 0.402 | 0.475 |
| | 底版 | 0.326 | 0.412 | 0.390 | 0.415 |
| 層間変形角 ($1 / \theta > 50$) | 側壁 | 135 | 503 | 17 | 149 |

| | | 完成形 (階段2連) ランプ部 | |
|-------------------------------------|-----|-----------------|------------|
| | | 河川基準 | |
| | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 |
| | | 無対策 | 地盤改良 |
| 曲げ照査 ($\Phi d / \Phi a < 1.0$) | 左側壁 | 0.016 | 0.103 |
| | 頂版 | 0.006 | 0.059 |
| | 底版 | 0.011 | 0.080 |
| せん断照査 ($Vd / Vy d < 1.0$) | 左側壁 | 0.265 | 0.271 |
| | 頂版 | 0.282 | 0.326 |
| | 底版 | 0.478 | 0.434 |
| 層間変形角 ($1 / \theta > 50$) | 側壁 | 96 | 91 |



道路ボックス設計で決定した構造諸元 (L2対応: 阪高基準 最大級シナリオ波で決定)



道路ボックス函体底面回転角

| | | 完成形 (階段2連) (cm) | | | |
|---------|------------------------|-----------------|-------|------------|-------|
| | | 河川基準 | | | |
| | | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 本線 (左側) | 相対変位 | 2.55 | 0.05 | 3.00 | 0.06 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 445 | 22255 | 378 | 18917 |
| 本線 (右側) | 相対変位 | 22.10 | 6.01 | 26.00 | 7.07 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 44 | 161 | 37 | 136 |
| ランプ | 相対変位 | 33.15 | 1.22 | 39.00 | 1.44 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 20 | 535 | 17 | 455 |

| | | 完成形 (階段2連) (cm) | |
|---------|------------------------|-----------------|------------|
| | | 河川基準 | |
| | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 |
| | | 無対策 | 地盤改良 |
| 本線 (左側) | 相対変位 | 11.00 | 2.00 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 103 | 568 |
| 本線 (右側) | 相対変位 | 17.00 | 5.00 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 57 | 193 |
| ランプ | 相対変位 | 3.00 | 5.00 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 218 | 131 |

解析結果と考察

確保機能に対する評価

- ① 確保機能 BC-1
道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査 (曲げ、せん断、層間変形角) は、層間変形角が基準値を満足しないためボックスの安全性、供用性が確保出来ない。
- ② 確保機能 BC-2
偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対して、No204 や No77 平面2連と比較して変形性能を劣っている。ボックス下面の地盤改良により変形性能は向上させ、安全性、供用性を確保する必要がある。
- ③ 確保機能 BC-3
補助工法 (液状化対策) を実施することで、道路ボックスの安全性、供用性を向上させる。

耐震機能 (完成時)

| | | | |
|------|---------------------------|------|---|
| 道路 | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析 (2D)、非線形全応力解析 (2D) <横断方向> |
| 確保機能 | 道路 (構造物) の安全性、通行機能を確保すること | BC-1 | ●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること |
| | | BC-2 | ●偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること |
| | | BC-3 | ●補助工法 (液状化対策) を実施すること |

<No. 77断面 平面2連>

道路ボックスの部材照査結果 (曲げ、せん断、層間変形: 各部材の最大値)

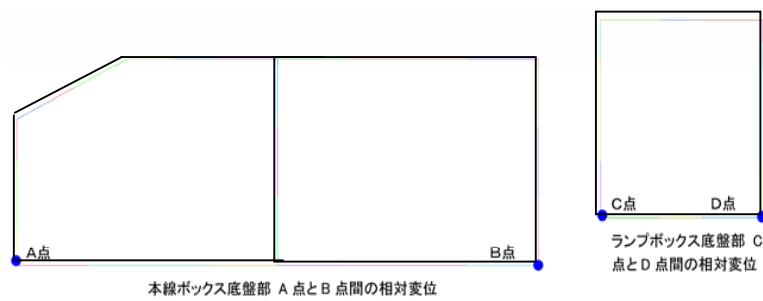
| | | 完成形 (平面2連) 本線部 | | | |
|-------------------------------------|-----|----------------|-------|------------|-------|
| | | 河川基準 | | | |
| | | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 曲げ照査 ($\Phi d / \Phi a < 1.0$) | 左側壁 | 0.018 | 0.022 | 0.047 | 0.056 |
| | 右側壁 | 0.123 | 0.070 | 0.214 | 0.310 |
| | 頂版 | 0.036 | 0.018 | 0.039 | 0.028 |
| | 底版 | 0.029 | 0.016 | 0.064 | 0.062 |
| | 中壁 | 0.043 | 0.050 | 0.102 | 0.156 |
| せん断照査 ($Vd / Vy d < 1.0$) | 左側壁 | 0.461 | 0.488 | 0.748 | 0.522 |
| | 右側壁 | 0.473 | 0.514 | 0.922 | 0.773 |
| | 頂版 | 0.516 | 0.454 | 0.568 | 0.508 |
| | 底版 | 0.474 | 0.420 | 0.498 | 0.427 |
| | 中壁 | 0.690 | 0.343 | 0.404 | 0.430 |
| 層間変形角 ($1 / \theta > 50$) | 側壁 | 165 | 257 | 163 | 212 |
| | 中壁 | 141 | 227 | 134 | 174 |
| 中壁の破壊モード | | 曲げ先行 | 曲げ先行 | 曲げ先行 | 曲げ先行 |

(参考)土留鋼矢板の影響 (残置した場合)

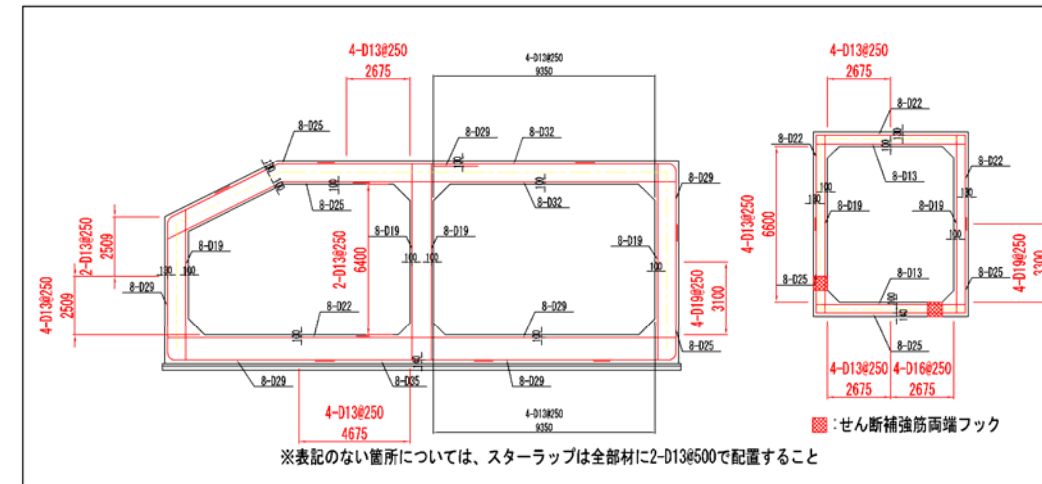
| | | 完成形 (平面2連) 本線部 | |
|-------------------------------------|-----|----------------|------------|
| | | 河川基準 | |
| | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 |
| | | 無対策 | 地盤改良 |
| 曲げ照査 ($\Phi d / \Phi a < 1.0$) | 左側壁 | 0.029 | 0.132 |
| | 右側壁 | 0.068 | 0.787 |
| | 頂版 | 0.017 | 0.101 |
| | 底版 | 0.027 | 0.155 |
| | 中壁 | 0.070 | 0.600 |
| せん断照査 ($Vd / Vy d < 1.0$) | 左側壁 | 0.612 | 0.711 |
| | 右側壁 | 0.364 | 0.302 |
| | 頂版 | 0.464 | 0.441 |
| | 底版 | 0.480 | 0.526 |
| | 中壁 | 0.379 | 0.558 |
| 層間変形角 ($1 / \theta > 50$) | 側壁 | 101 | 75 |
| | 中壁 | 84 | 71 |
| 中壁の破壊モード | | 曲げ先行 | 曲げ先行 |

| | | 完成形 (平面2連) ランプ部 | | | |
|-------------------------------------|-----|-----------------|-------|-------------------|-------|
| | | 河川基準 | | | |
| | | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 曲げ照査 ($\Phi d / \Phi a < 1.0$) | 左側壁 | 0.123 | 0.044 | 0.143 | 0.256 |
| | 頂版 | 0.297 | 0.168 | 0.447 | 0.720 |
| | 底版 | 0.038 | 0.027 | 0.122 | 0.073 |
| せん断照査 ($Vd / Vy d < 1.0$) | 左側壁 | 0.664 | 0.445 | 0.799 | 0.598 |
| | 頂版 | 0.647 | 0.688 | 0.825 | 0.747 |
| | 底版 | 0.705 | 0.732 | 0.942 (せん断補強筋アップ) | 0.996 |
| 層間変形角 ($1 / \theta > 50$) | 側壁 | 149 | 316 | 252 | 353 |

| | | 完成形 (平面2連) ランプ部 | |
|-------------------------------------|-----|-----------------|------------|
| | | 河川基準 | |
| | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 |
| | | 無対策 | 地盤改良 |
| 曲げ照査 ($\Phi d / \Phi a < 1.0$) | 左側壁 | 0.039 | 0.162 |
| | 頂版 | 0.133 | 0.360 |
| | 底版 | 0.028 | 0.108 |
| せん断照査 ($Vd / Vy d < 1.0$) | 左側壁 | 0.522 | 0.542 |
| | 頂版 | 0.687 | 0.603 |
| | 底版 | 0.839 | 0.602 |
| 層間変形角 ($1 / \theta > 50$) | 側壁 | 92 | 118 |



道路ボックス設計で決定した構造諸元 (L2対応: 阪高基準 最大級シナリオ波で決定)



解析結果と考察

道路ボックス函体底面回転角

| | | 完成形 (平面2連) (cm) | | | |
|-----|------------------------|-----------------|------|------------|------|
| | | 河川基準 | | | |
| | | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | | 無対策 | 地盤改良 | 無対策 | 地盤改良 |
| 本線 | 相対変位 | 6.00 | 3.50 | 10.00 | 3.92 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 362 | 620 | 217 | 554 |
| ランプ | 相対変位 | 2.00 | 0.29 | 2.00 | 1.40 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 353 | 2431 | 353 | 502 |

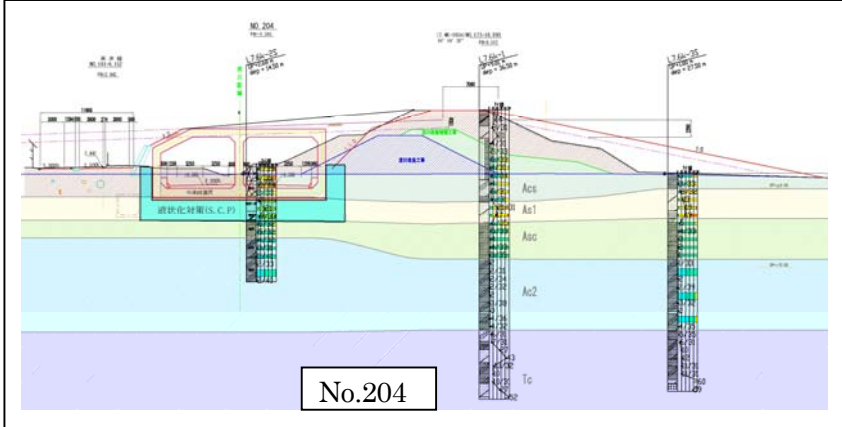
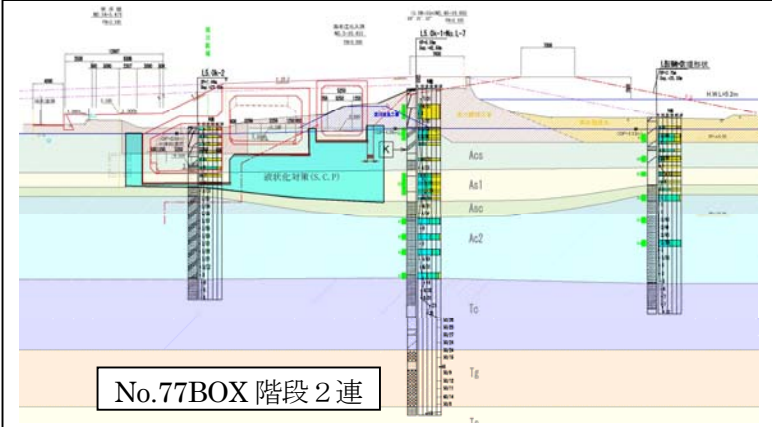
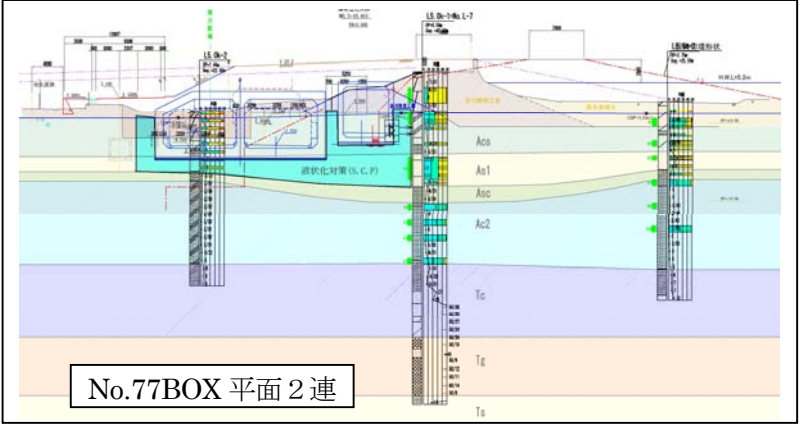
(参考)土留鋼矢板の影響 (残置した場合) (cm)

| | | 完成形 (平面2連) | |
|-----|------------------------|------------|------------|
| | | 河川基準 | |
| | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 |
| 本線 | 相対変位 | 6.00 | 10.00 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 362 | 217 |
| ランプ | 相対変位 | 2.00 | 2.00 |
| | 躯体回転角 ($1 / \theta$) | 353 | 353 |

確保機能に対する評価

- ① 確保機能 BC-1
道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査 (曲げ、せん断、層間変形角、底面回転角) はいずれの条件においてボックスの安全性、供用性は確保されている。
- ② 確保機能 BC-2
偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対して、ボックス下面の地盤改良により変形性能は向上させる。
- ③ 確保機能 BC-3
補助工法 (液状化対策) を実施することで、道路ボックスの安全性、供用性を向上させる。

3-2-2 構造的安全性・周辺影響の抑制、低減
(完成時)

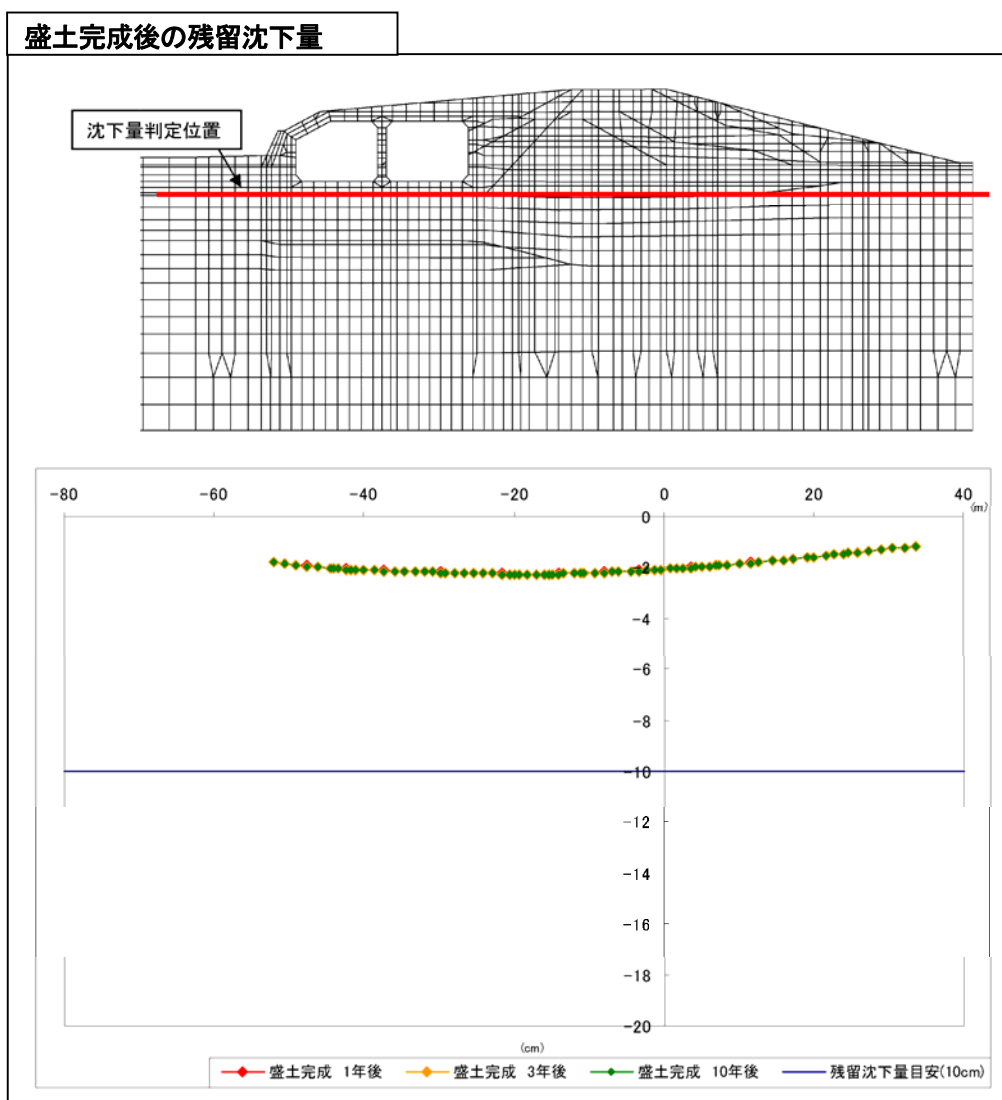
| 道路 | | 構造安全性 周辺影響の抑制・低減 | 照査方法 | 弾粘塑性解析（2D） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|--|----------|--|--|--|-------|----------|----------|---------|----|----|----|-----------------|-----|-----|-----|----------|----|-----|----|---------|----|----|------|
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BC-4 | 確保機能 | 道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | ボックス荷重，盛土荷重によりボックスに不等沈下が発生し，水平性が損なわれる．不等沈下により構造物に損傷が発生する． | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 圧密沈下による水平方向の傾き | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | BC-8 | 確保機能 | 圧密沈下による周辺影響を防止すること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | ボックス荷重，盛土荷重の影響で引込み沈下が発生し，橋梁等の周辺構造物に影響を与える | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 圧密沈下に伴う引込み沈下の影響範囲 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | BC-7 | 確保機能 | 洪水，大雨などによるボックスの安全性，供用性を確保すること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 洪水，大雨により大量の水が出入口より流入し，供用不能や人命の損失につながる | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 排水施設の整備 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 検討モデル | | 比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・・・一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定 ボックス形状の構造決定に用いる断面（階段2連、平面2連の比較検討）・・・特殊部(No. 77)を選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | |  | |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外力の設定 | | 構造物重量+盛土重量 施工ステップ（掘削、築堤）を解析ステップとして反映していくことが必要であり、以下の施工ステップを考慮した。 ① 現況堤防での初期応力 ② 仮締切り堤（スライド堤）の施工 ③ 地盤改良（As層のみSCP工法）、土留め施工・構造物掘削 ④ 道路ボックス施工 ⑤ 堤防完成形施工 ⑥ 完成後1年、3年、5年、10年の経年変化 | | 各施工ステップの期間（日） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>No204</th> <th>No77階段2連</th> <th>No77平面2連</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>スライド堤施工</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>地盤改良、土留施工、構造物掘削</td> <td>110</td> <td>120</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td>道路ボックス施工</td> <td>70</td> <td>100</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>堤防完成形施工</td> <td>80</td> <td>70</td> <td>150*</td> </tr> </tbody> </table> | | | No204 | No77階段2連 | No77平面2連 | スライド堤施工 | 30 | 40 | 30 | 地盤改良、土留施工、構造物掘削 | 110 | 120 | 140 | 道路ボックス施工 | 70 | 100 | 80 | 堤防完成形施工 | 80 | 70 | 150* |
| | No204 | No77階段2連 | No77平面2連 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| スライド堤施工 | 30 | 40 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地盤改良、土留施工、構造物掘削 | 110 | 120 | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 道路ボックス施工 | 70 | 100 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 堤防完成形施工 | 80 | 70 | 150* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 照査内容 | | 一体構造物としての沈下挙動を照査するため、圧密による堤防沈下量、周辺地盤と構造物の変形モード、沈下量、構造物と地盤間の剥離、当該地の沖積粘性土の特性（長期的な圧密沈下）等の挙動を定量的に評価する方法が必要である。従来の河川基準や道路基準で一般に採用されている一次元圧密計算では前述した挙動を適正に評価することが難しい。本検討では、一体構造物としての定量的に照査が可能で、二次圧密を考慮できる弾粘塑性解析を用いた。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*:収束しないため長くした

構造的安全性・周辺影響の抑制、低減（完成時）

| | | | |
|------|-------------------------|------|--------------------------------|
| 道路 | 構造安全性 周辺影響の抑制・低減 | 照査方法 | 弾粘塑性解析（2D） |
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BC-4 | ●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること |
| | | BC-8 | ●圧密沈下による周辺影響を防止すること |
| | | BC-7 | ●洪水、大雨などによるボックスの安全性、供用性を確保すること |

<No. 204断面>



上図、横軸の基準点は川表側のり肩をゼロとしている

道路躯体の底面回転角

No204
本線BOX

| | 沈下量(cm) | | 相対変位量 (m) | 距離 (m) | 底板回転角 (=1/θ) |
|------|----------|----------|--------------|-----------|-----------------|
| | BOX下端左 | BOX下端右 | | | |
| 1年後 | -22.2585 | -23.7039 | 0.014 | 21.700 | 1501 |
| 3年後 | -23.2864 | -24.3403 | 0.011 | 21.700 | 2059 |
| 5年後 | -23.3078 | -24.3521 | 0.010 | 21.700 | 2078 |
| 10年後 | -23.3084 | -24.3524 | 0.010 | 21.700 | 2079 |

周辺部での沈下の影響

No.204
盛土完成 10 年後

| | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ |
|--------|-----------|------------|
| | 相対変位量(cm) | 15.9 |
| 沈下勾配 θ | 7.1 | |
| | 141 | |

確保機能に対する
評価

- ① 確保機能BC-4
盛土完成 10 年後の残留沈下量は、道路躯体において 2cm 程度の沈下であり、底面での回転角も小さく、安全性及び供用性を確保できる。
- ② 確保機能BC-8
周辺部での盛土完成 10 年後の相対沈下量(10m区間)は 7.1cm（沈下勾配 $\theta=1/141$ ）となり、建築構造物の沈下勾配目安($\theta=3/1000=1/333$)を抵触する。建物の位置関係により対策工の検討が必要である。

構造的安全性・周辺影響の抑制、低減（完成時）

| | | |
|------|---------------------|--------------------------------|
| 道路 | 構造安全性 周辺影響の抑制・低減 | 照査方法 弾粘塑性解析（2D） |
| 確保機能 | BC-4 | ●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること |
| | BC-8 | ●圧密沈下による周辺影響を防止すること |
| | BC-7 | ●洪水、大雨などによるボックスの安全性、供用性を確保すること |

<No. 77断面 階段2連>

盛土完成後の残留沈下量

上図、横軸の基準点は川表側のり肩をゼロとしている

道路躯体の底面回転角

No77 階段2連
本線BOX堤内側

| | 沈下量(cm) | | 相対変位量 (m) | 距離 (m) | 底版回転角 (=1/θ) |
|------|----------|----------|--------------|-----------|-----------------|
| | BOX下端左 | BOX下端右 | | | |
| 1年後 | -50.6826 | -56.8709 | 0.062 | 11.350 | 183 |
| 3年後 | -51.7080 | -57.5938 | 0.059 | 11.350 | 193 |
| 5年後 | -52.3041 | -57.9908 | 0.057 | 11.350 | 200 |
| 10年後 | -53.3239 | -58.6155 | 0.053 | 11.350 | 214 |

本線BOX堤外側

| | 沈下量(cm) | | 相対変位量 (m) | 距離 (m) | 底版回転角 (=1/θ) |
|------|----------|----------|--------------|-----------|-----------------|
| | BOX下端左 | BOX下端右 | | | |
| 1年後 | -50.7378 | -37.4399 | 0.133 | 9.650 | 73 |
| 3年後 | -51.4670 | -38.0003 | 0.135 | 9.650 | 72 |
| 5年後 | -51.8687 | -38.3125 | 0.136 | 9.650 | 71 |
| 10年後 | -52.4939 | -38.7897 | 0.137 | 9.650 | 70 |

ランプ

| | 沈下量(cm) | | 相対変位量 (m) | 距離 (m) | 底版回転角 (=1/θ) |
|------|----------|----------|--------------|-----------|-----------------|
| | BOX下端左 | BOX下端右 | | | |
| 1年後 | -29.8764 | -18.7451 | 0.111 | 6.550 | 59 |
| 3年後 | -30.4158 | -19.1592 | 0.113 | 6.550 | 58 |
| 5年後 | -30.7194 | -19.3967 | 0.113 | 6.550 | 58 |
| 10年後 | -31.1855 | -19.7593 | 0.114 | 6.550 | 57 |

周辺部での沈下の影響

No.77 階段2連
盛土完成10年後

| | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ |
|-----------|--------|------------|
| 相対変位量(cm) | 28.6 | 21.3 |
| 沈下勾配 θ | 7.3 | |
| | 137 | |

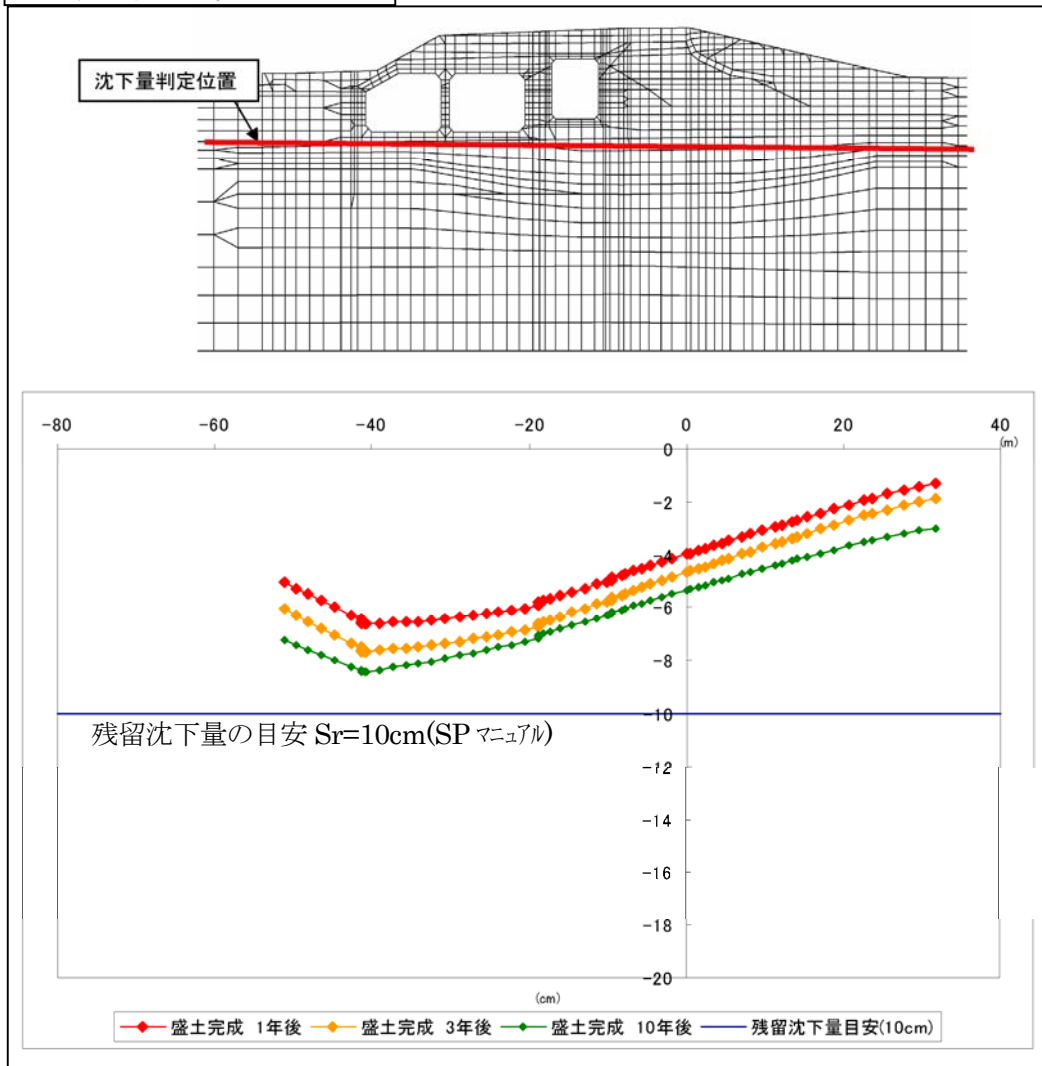
| | |
|------------|--|
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能BC-4 盛土完成10年後の残留沈下量は、道路躯体において14~18cm程度の沈下を発生する。残留沈下量の目安値(Sr=10cm)を超過すること、またボックス底版における変形性能（回転角）がNo204やNo77平面2連に比べ劣っている。</p> <p>② 確保機能BC-8 周辺部での盛土完成10年後の相対沈下量(10m区間)は7.3cm（沈下勾配θ=1/137）となり、建築構造物の沈下勾配目安(θ=3/1000=1/333)を抵触する。建物の位置関係により対策工の検討が必要である。</p> |
|------------|--|

構造的安全性・周辺影響の抑制、低減（完成時）

| | | |
|------|---------------------|--------------------------------|
| 道路 | 構造安全性 周辺影響の抑制・低減 | 照査方法 弾粘塑性解析（2D） |
| 確保機能 | BC-4 | ●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること |
| | BC-8 | ●圧密沈下による周辺影響を防止すること |
| | BC-7 | ●洪水、大雨などによるボックスの安全性、供用性を確保すること |

<No. 77断面 平面2連>

盛土完成後の残留沈下量



上図、横軸の基準点は川表側のり肩をゼロとしている

解析結果と考察

道路躯体の底面回転角

No77 平面2連
本線BOX

| | 沈下量(cm) | | 相対変位量 (m) | 距離 (m) | 底版回転角 (=1/θ) |
|------|----------|----------|--------------|-----------|-----------------|
| | BOX下端左 | BOX下端右 | | | |
| 1年後 | -38.8764 | -47.1299 | 0.083 | 21.700 | 263 |
| 3年後 | -40.2836 | -49.0100 | 0.087 | 21.700 | 249 |
| 5年後 | -41.3847 | -50.4101 | 0.090 | 21.700 | 240 |
| 10年後 | -43.4299 | -52.9109 | 0.095 | 21.700 | 229 |

ランプ

| | 沈下量(cm) | | 相対変位量 (m) | 距離 (m) | 底版回転角 (=1/θ) |
|------|----------|----------|--------------|-----------|-----------------|
| | BOX下端左 | BOX下端右 | | | |
| 1年後 | -41.0494 | -36.4888 | 0.046 | 7.050 | 155 |
| 3年後 | -42.9049 | -38.2635 | 0.046 | 7.050 | 152 |
| 5年後 | -44.2898 | -39.5919 | 0.047 | 7.050 | 150 |
| 10年後 | -46.7725 | -41.9840 | 0.048 | 7.050 | 147 |

周辺部での沈下の影響

No.77 平面2連
盛土完成 10 年後

| | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ |
|-----------|--------|------------|
| | | 27.5 |
| 相対変位量(cm) | 8.3 | |
| 沈下勾配 θ | 120 | |

確保機能に対する
評価

- ① 確保機能BC-4
盛土完成 10 年後の残留沈下量は、道路躯体において 6~8cm 程度の沈下であり、またボックス底版における回転角も小さく安全性、供用性を確保できる。
- ② 確保機能BC-8
周辺部での盛土完成 10 年後の相対沈下量(10m区間)は 8.3cm (沈下勾配 θ=1/120) となり、建築構造物の沈下勾配目安(θ=3/1000=1/333)を抵触する。建物の位置関係により対策工の検討が必要である。

3-3 堤防（土堤）の機能を満たすこと（施工時）

3-3-1 耐浸透機能

| 河川 | | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析（2D）、円弧すべり解析 |
|-------------|---|-------|---------|---|
| 確保機能と評価ポイント | 堤防（土堤）の機能を満たすこと | LP-1 | 確保機能 | 地下水流動による土留変形を起こさないこと |
| | | | 機能低下の要因 | 浸透圧の上昇により、仮設土留に作用する荷重が増加し、土留の変形により堤防にひび割れ、陥没等の機能低下が生じる |
| | | | 評価ポイント | 土留壁の影響による水位上昇の考慮して土留壁の照査を実施 |
| | | LP-2 | 確保機能 | 洪水時の浸透水により現況堤防及び所要の堤防の機能低下を防ぐこと |
| | | | 機能低下の要因 | ・浸透圧の上昇により、堤体のり尻付近から土粒子を伴った浸透水が進行性を伴って流出し、パイピング破壊に繋がる。 ・堤体内浸潤面の上昇により内部摩擦角が低下し、堤体のすべり破壊が発生する" |
| | | | 評価ポイント | ・土留壁の影響による水位上昇浸透圧に対して基礎地盤土粒子が移動しないことを確認 ・強度低下時においてすべり破壊が生じないことを確認" |
| | | LP-3 | 確保機能 | 水圧を低減すること |
| | | | 機能低下の要因 | — |
| | | | 評価ポイント | 浸透流解析により水圧上昇を把握 |
| | | LP-4 | 確保機能 | 堤体内の水位上昇量を計測すること |
| | | | 機能低下の要因 | — |
| | | | 評価ポイント | 施工時の周辺地下水位測定の手法の検討 |
| 検討断面 | 比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・・・一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定 ボックス形状の構造決定に用いる断面（階段2連、平面2連の比較検討）・・・特殊部(No. 77)を選定 | | | |
| | | | | |
| 外力の設定 | <p>[施工時]「河川堤防の構造検討の手引き（H14.7）（財）国土技術研究センター」に準じる 検討対象となる外力は、浸透流解析に用いる洪水、降雨による水位外力となる。</p> <p>① 事前降雨 事前降雨として降雨強度 1mm/hr で 200 時間を作用させる。</p> <p>② 計画高水位に対する降雨条件 計画降雨として降雨強度 1mm/hr で 2 時間、降雨強度 10mm/hr で 30 時間、計 32 時間(302mm)を採用する。</p> <p>③ 計画高水位による外水位条件 代表地点を枚方地点(淀川左岸～26.0K)と考え、各検討断面の計画高水位に対応した外水波形を設定する。</p> <p>④ 初期地下水位 初期地下水位については、河道内平水位は朔望平均満潮位(OP.+2.2m)を平水位として設定する。また堤内側の初期地下水位は解析モデル端部において OP.-1.4m(野田観測井)として設定する。</p> | | | |
| 照査内容 | 照査は、一体構造物として浸透圧に対して構造物周辺の土粒子が移動しないことを確認すること、強度低下時においてすべり破壊が生じないことを確認することであるため、「河川堤防の構造検討の手引き」を適用し、浸透流解析及びすべり安定解析を用いた照査方法により実施した。また土留め壁の安定計算については、掘削過程が考慮でき、土留め壁背面地盤の塑性化が考慮できる弾塑性法を用いた。 | | | |

耐浸透機能 (施工時)

| | | | |
|------|-------------------|------|----------------------------------|
| 河川 | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析 (2D)、円弧すべり解析 |
| 確保機能 | 堤防 (土堤) の機能を満たすこと | LP-1 | ●地下水流動による土留変形を起こさないこと |
| | | LP-2 | ●洪水時の浸透水により現況堤防及び所要の堤防の機能低下を防ぐこと |
| | | LP-3 | ●水圧を低減すること |
| | | LP-4 | ●堤体内の水位上昇量を計測すること |

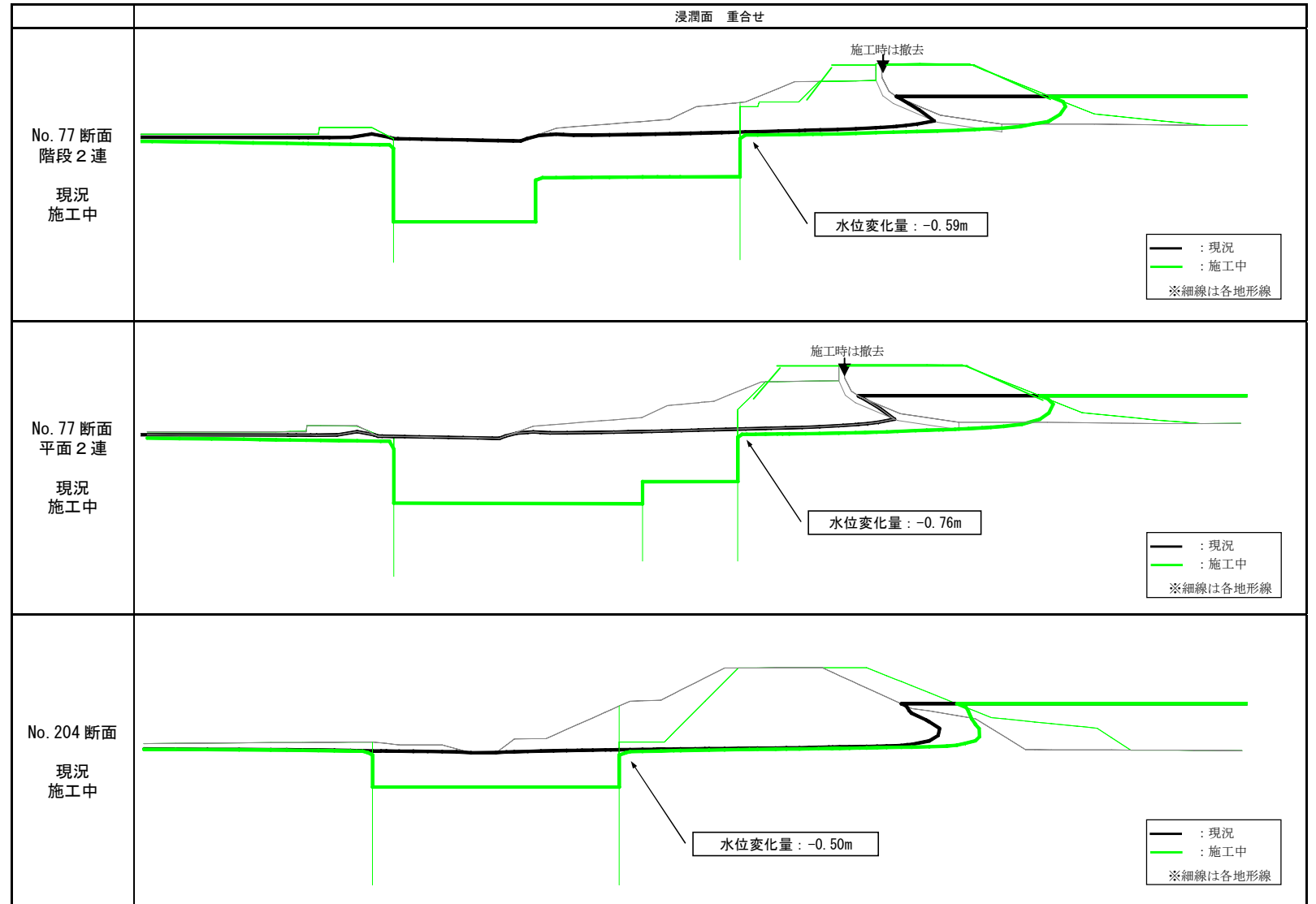
解析結果と考察

| 構造形状 | 土留鋼矢板 | 現況堤防との浸潤面の変化量(m) |
|------|-------|------------------|
| 現況堤防 | | - |
| 階段2連 | 有り | -0.59 |
| 平面2連 | 有り | -0.76 |
| 現況堤防 | | - |
| 平面2連 | 有り | -0.5 |

土留工計算結果 一覧

| 検討断面 | No. 204 | No.77 | | | 備考欄 |
|----------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 検討土留壁 | 本線 堤内地側 (左側) | 本線 堤体外側 (右側) | 本線 堤内地側 (左側) | 本線 堤体外側 (右側) | 海老江出入口路 (右側) |
| 検討ケース | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 基本計画 | 堤体の一部カットによる偏土圧の低減 偏土圧分 (土載荷重 4.7kn/m ²) | | 堤体の一部カットにより偏土圧なし | | 同左 |
| 掘削深さ | 4.2m | 4.3m | 7.8m | 4.1m | 5.2m |
| 土留壁諸元 | (統一性を考慮) | 決定断面 | 決定断面 | (統一性を考慮) | 決定断面 |
| 土留壁 | 鋼矢板Ⅲ型 -7.5m | 鋼矢板Ⅲ型 -7.5m | 鋼矢板Ⅳ型-11.0m | 鋼矢板Ⅳ型-7.5m | 鋼矢板Ⅲ型 -8.5m |
| 覆起し | H-400×400 | H-400×400 | H-400×400 | H-400×400 | H-350×350 |
| 切梁 | H-350×350 | H-350×350 | H-350×350 | H-350×350 | H-300×300 |
| 中間杭 | H-300×300 | H-300×300 | H-300×300 | H-300×300 | H-300×300 |
| 計算結果 | | | | | |
| 土留壁供入れ長 | 3.3m | 3.2m | 3.2m | 3.4m | 3.3m |
| 土留壁応力度 | 145 N/mm ² | 146 N/mm ² | 121 N/mm ² | 64 N/mm ² | 75 N/mm ² |
| 覆起曲げ応力度 | 148 N/mm ² | 159 N/mm ² | 207 N/mm ² | 130 N/mm ² | 138 N/mm ² |
| 座屈照査 | 0.71 | 0.76 | 0.99 | 0.62 | 0.66 |
| 切梁曲げ応力度 | 18 N/mm ² | 18 N/mm ² | 18 N/mm ² | 18 N/mm ² | 30 N/mm ² |
| 座屈照査 | 0.59 | 0.62 | 0.75 | 0.54 | 0.82 |
| 土留壁最大変位量 | 34.1mm 一次掘削時 | 47.6mm 一次掘削時 | 33.5mm 最終掘削時 | 27.6mm 一次掘削時 | 10.9mm 最終掘削時 |
| | | | | | <50mm (弾塑性計算結果) |

*) 仮設時の安全性は、土留め鋼矢板を打設した状態で、弾塑性法による掘削解析を実施。なお計算水位は施工時の浸透流解析から得られた水位面を用いている。



確保機能に対する評価

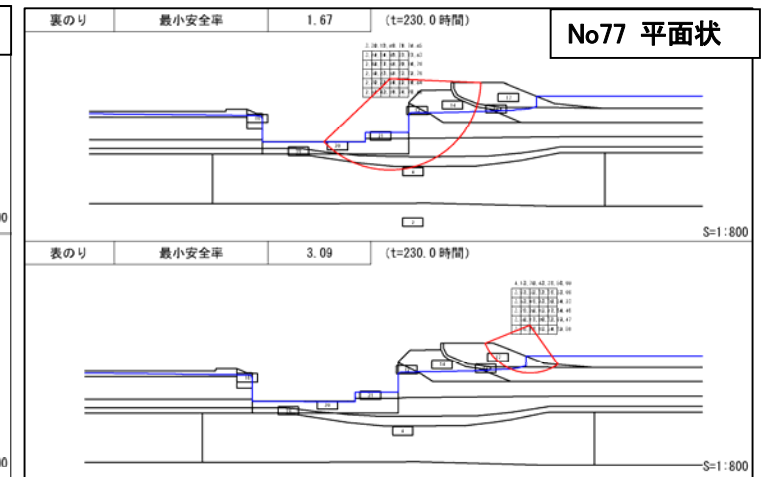
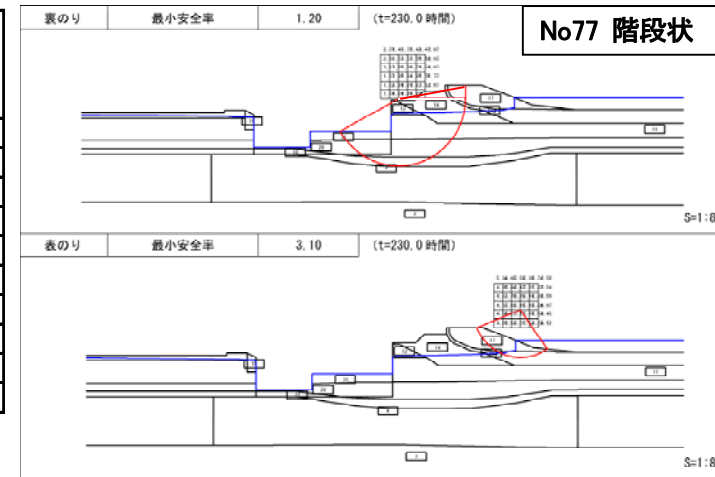
- ① 確保機能 LP-1
土留め壁の変形は、最大 50mm 以下となり許容値に対して満足していると判断される。
- ② 確保機能 LP-3
施工時の堤体内浸潤面は、現況堤防に比較して-0.5~-0.76m 低下し、現況堤防への機能低下は発生しない。
- ③ 確保機能 LP-4
施工時に堤体内への水位観測孔を設置し、水位状況を確認する。

耐浸透機能（施工時）

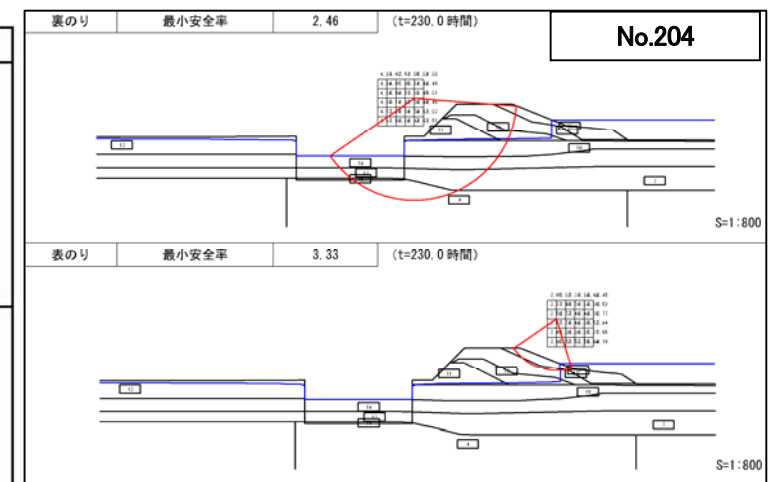
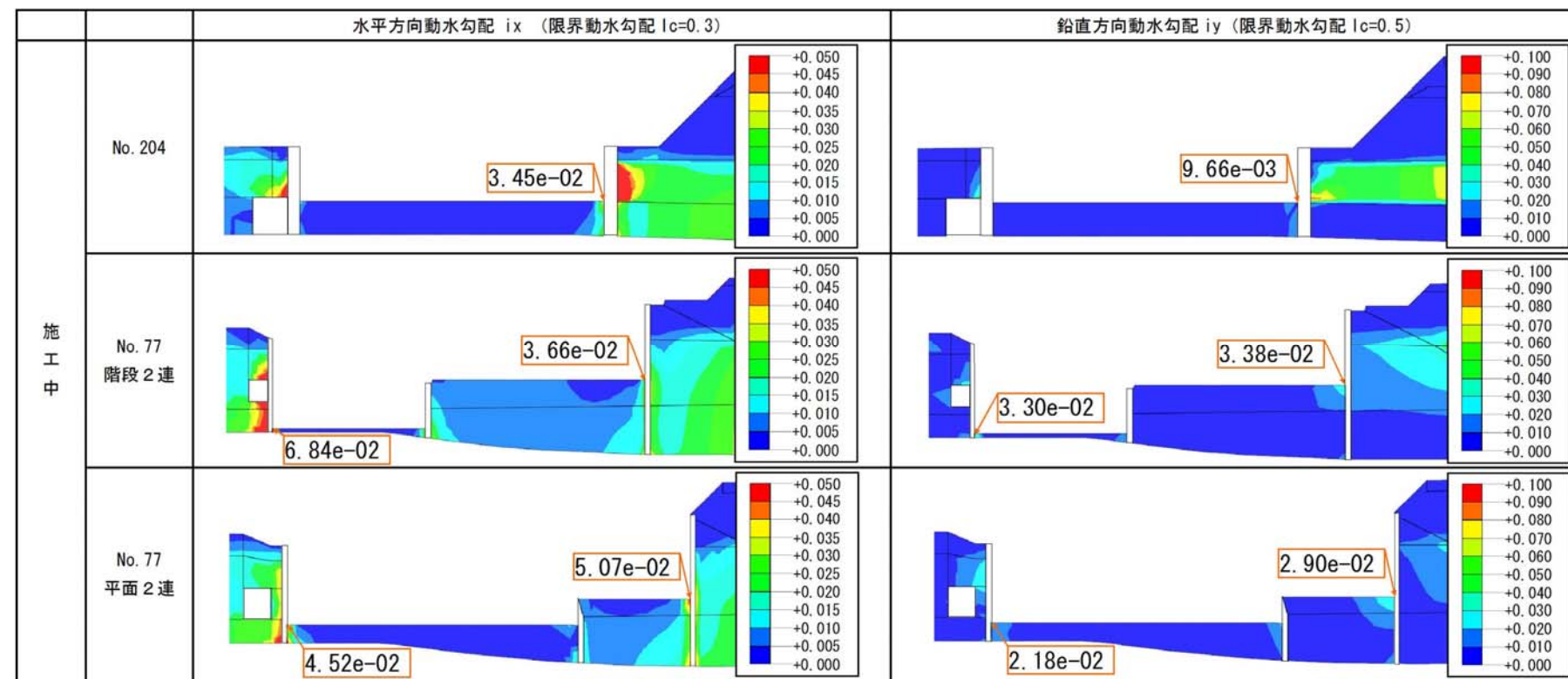
| | | | |
|------|-----------------|------|----------------------------------|
| 河川 | 耐浸透機能 | 照査方法 | 浸透流解析（2D）、円弧すべり解析 |
| 確保機能 | 堤防（土堤）の機能を満たすこと | LP-1 | ●地下水流動による土留変形を起こさないこと |
| | | LP-2 | ●洪水時の浸透水により現況堤防及び所要の堤防の機能低下を防ぐこと |
| | | LP-3 | ●水圧を低減すること |
| | | LP-4 | ●堤体内の水位上昇量を計測すること |

| 検討断面 | 構造形状 | 矢板有無 | 局所動水勾配の最大値 | | | すべり破壊 | | | | |
|----------------------------|------|------|------------|-------|-----|-------|-------|------|----------------|----|
| | | | | 計算値 | 基準値 | 評価 | すべり位置 | 計算値 | 許容値 (手引きより) | 評価 |
| No.204 (7.4k+185) 土堤 | 現況堤防 | | 鉛直方向 | 0.030 | 0.5 | ○ | 川表のり面 | 2.86 | 1.0 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.030 | 0.3 | ○ | 川裏のり面 | 2.21 | 1.2 | ○ |
| | 平面2連 | 有り | 鉛直方向 | 0.010 | 0.5 | ○ | 川表のり面 | 3.33 | 1.0 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.035 | 0.3 | ○ | 川裏のり面 | 2.46 | 1.2 | ○ |
| No.77 (5.0k+55) 高潮堤 | 現況堤防 | | 鉛直方向 | 0.086 | 0.5 | ○ | 川表のり面 | 3.44 | 1.0 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.270 | 0.3 | ○ | 川裏のり面 | 4.03 | 1.2 | ○ |
| | 階段2連 | 有り | 鉛直方向 | 0.034 | 0.5 | ○ | 川表のり面 | 3.10 | 1.0 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.068 | 0.3 | ○ | 川裏のり面 | 1.20 | 1.2 | △ |
| | 平面2連 | 有り | 鉛直方向 | 0.029 | 0.5 | ○ | 川表のり面 | 3.09 | 1.0 | ○ |
| | | | 水平方向 | 0.051 | 0.3 | ○ | 川裏のり面 | 1.67 | 1.2 | ○ |

■ : 現況より機能アップ ■ : 現況より機能低下



解析結果と考察

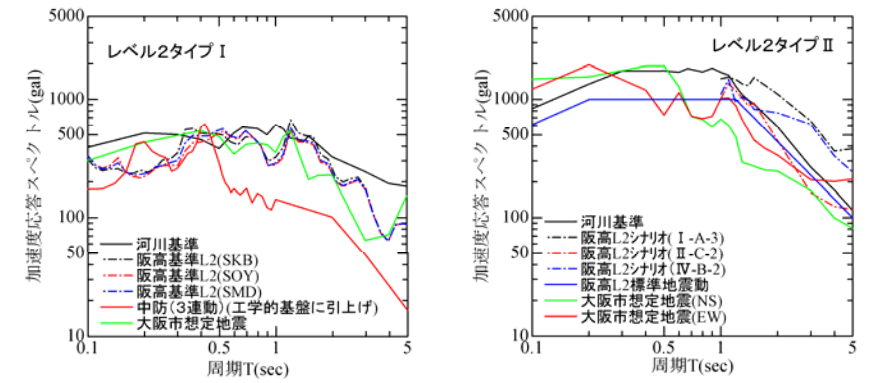


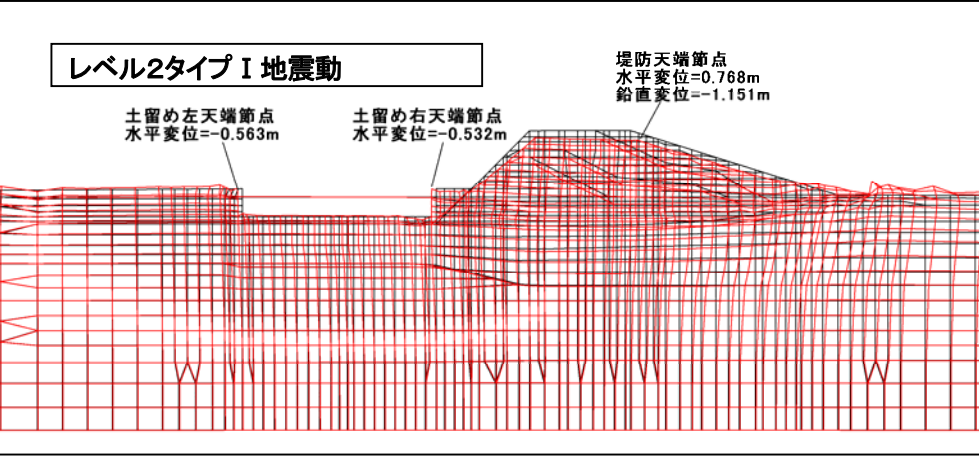
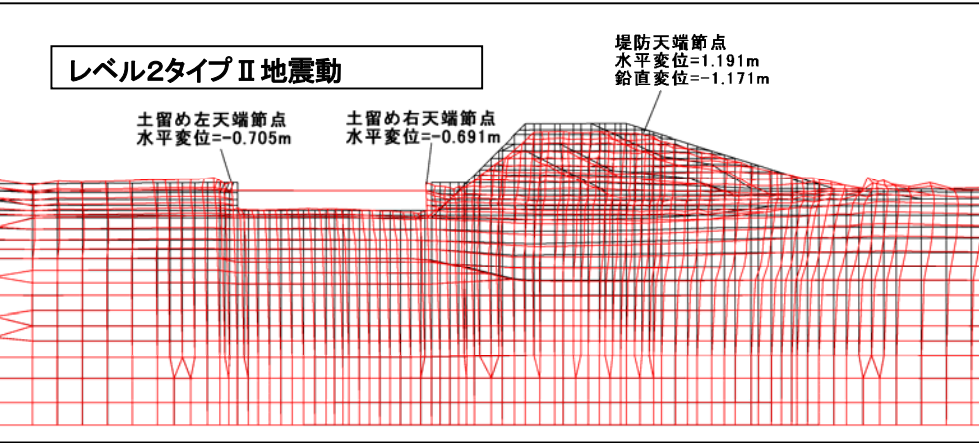
確保機能に対する評価

① 確保機能LP-2
 施工時のすべり破壊に対する許容値は満足される。また掘削底面での動水勾配は、限界動水勾配以下であり、パイピング破壊に対する基準値に対して満足される。No.77 階段形状での川裏のり面の安全率が低いため土留め壁延長などの施工時の安全性向上が必要である。

3-3-2 耐震機能 (施工時)

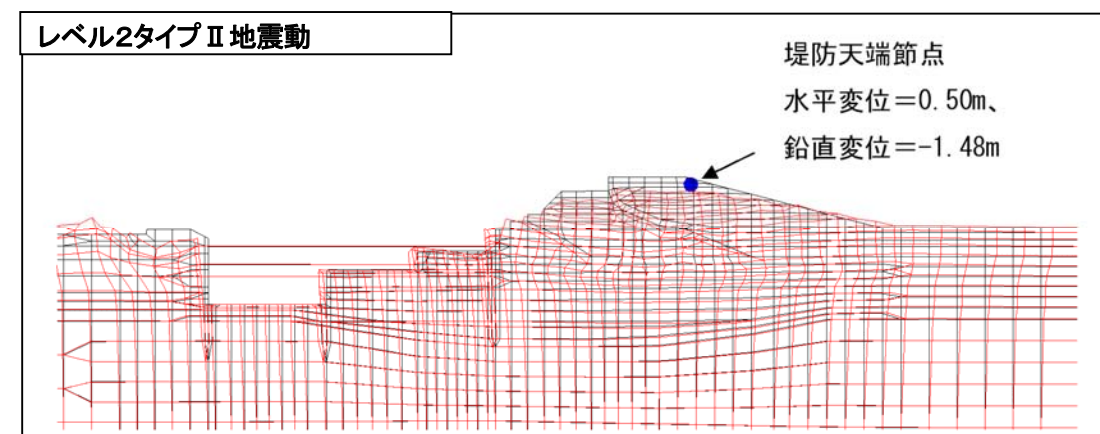
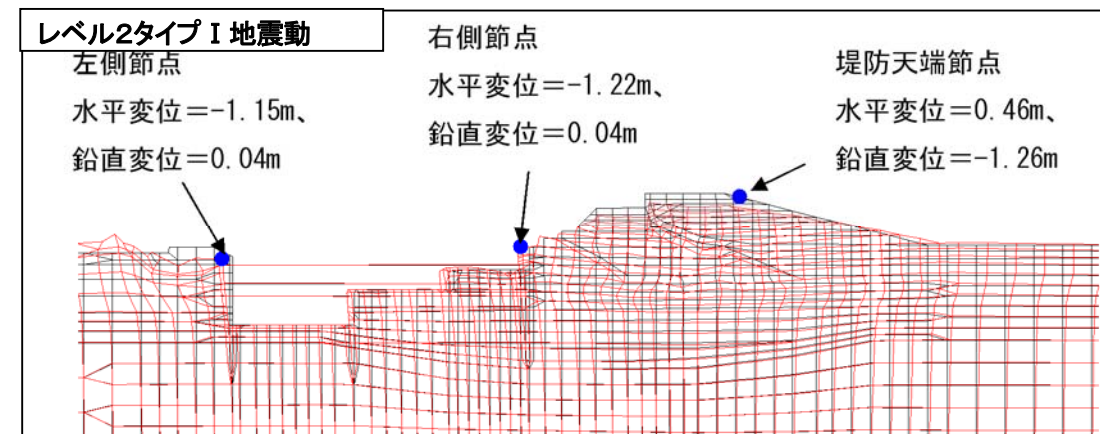
| 河川 | | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析 (2D) |
|-------|-------------------|--|---------|---|
| 確保機能 | 堤防 (土堤) の機能を満たすこと | LP-7 | 確保機能 | 地震時の仮堤防や土留の変形による現況堤防機能の低下を防ぐこと |
| | | | 機能低下の要因 | 液状化により堤体, 土留壁が変形し, 堤防高が外水位を下回り越流する |
| | | | 評価ポイント | 液状化後の堤防高が基準評価水位以下(14日間 1/10 水位, 津波)であることを確認 |
| | | | | |
| 検討断面 | | <p>(1) 比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定</p> <p>(2) ボックス形状の構造決定に用いる断面 (階段2連、平面2連の比較検討)・・・特殊部(No. 77)を選定</p> | | |
| | | | | |
| 外力の設定 | | <p>(1) 動的応答解析に用いる入力地震動 (レベル2地震動) は、堤防・道路構造物にとって厳しい下記4波形を選定する。</p> <p>① 「河川構造物の耐震性能照査指針 (案)・同解説」 H19.3 指針で示される地表面での標準加速度応答スペクトルに適合させた2波形、レベル2タイプ I、II とする。</p> <p>② 開削トンネル耐震設計指針, H20.10 阪神高速 淀川左岸線の地域特性を考慮して設定された地震動。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 阪高基準 L2 波プレート境界型 ・ 阪高基準 L2 波_最大級シナリオ波を採用する。 <p>(2) 地震時の外水位条件 地震時の河川外水位条件は、河川構造物の耐震性能照査指針に準じて朔望平均満潮位を設定する。</p> | | |
| 照査内容 | | <p>一体構造物としての動的挙動を照査するため、土留め壁と堤体地盤の動的相互作用、基礎地盤の液状化の挙動を定量的に評価する方法が必要である。従来の河川基準で採用されている静的照査法 (ALID) や、阪高耐震指針で採用されている地盤応答震度法では前述した挙動を適正に評価することが難しい。本検討では、一体構造物としての定量的に照査が可能な動的有効応力解析を用いた。</p> | | |



| 河川 | | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析 (2D) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------|--------------|--|-------------|--|-----------|------------|-----------|------------|-------|------|--|--|--|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|---|--|
| 確保機能 | 堤防 (土堤) の機能を満たすこと | LP-7 | ●地震時の仮堤防や土留の変形による現況堤防機能の低下を防ぐこと | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <No. 204断面> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 解析結果と考察 | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">現況堤防 河川基準</th> <th colspan="2">施工時 河川基準</th> </tr> <tr> <th>タイプ I 地震動</th> <th>タイプ II 地震動</th> <th>タイプ I 地震動</th> <th>タイプ II 地震動</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>堤防天端高</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">9.81</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td>4.50</td> <td>2.24</td> <td>4.50</td> <td>2.24</td> </tr> <tr> <td>堤防沈下量</td> <td>0.96</td> <td>1.30</td> <td>1.15</td> <td>1.17</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td>8.85</td> <td>8.51</td> <td>8.66</td> <td>8.64</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> | | | 現況堤防 河川基準 | | 施工時 河川基準 | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | 堤防天端高 | 9.81 | | | | 照査外水位 | 4.50 | 2.24 | 4.50 | 2.24 | 堤防沈下量 | 0.96 | 1.30 | 1.15 | 1.17 | 沈下後天端高 | 8.85 | 8.51 | 8.66 | 8.64 | 判定 | OK | OK | OK | OK |  <p>レベル2タイプ I 地震動</p> <p>土留め左天端節点 水平変位=-0.563m 土留め右天端節点 水平変位=-0.532m 堤防天端節点 水平変位=0.768m 鉛直変位=-1.151m</p> | |
| | | 現況堤防 河川基準 | | 施工時 河川基準 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 堤防天端高 | 9.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 照査外水位 | 4.50 | 2.24 | 4.50 | 2.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 堤防沈下量 | 0.96 | 1.30 | 1.15 | 1.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 沈下後天端高 | 8.85 | 8.51 | 8.66 | 8.64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>施工ステップを反映した解析</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 現況堤防での初期応力 ② 仮締切り堤 (スライド堤) の構築 ③ 土留め矢板施工 ④ 切梁施工による基礎掘削底面まで掘削 ⑤ ④の段階で動的解析の実施 (地盤改良はなし) | |  <p>レベル2タイプ II 地震動</p> <p>土留め左天端節点 水平変位=-0.705m 土留め右天端節点 水平変位=-0.691m 堤防天端節点 水平変位=1.191m 鉛直変位=-1.171m</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能 LP-7</p> <p>地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で 1.15m、タイプ II 地震動で 1.17mであり、地震後の堤防天端高は、タイプ I 地震動では照査外水位(OP+4.5m)、タイプ II 地震動では照査外水位(2.24m)が確保されており、河川外への越流は生じない。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

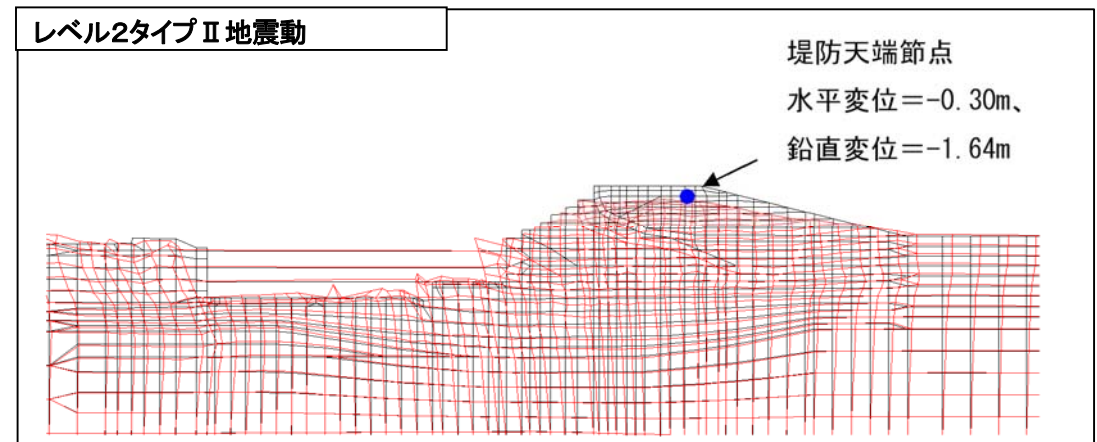
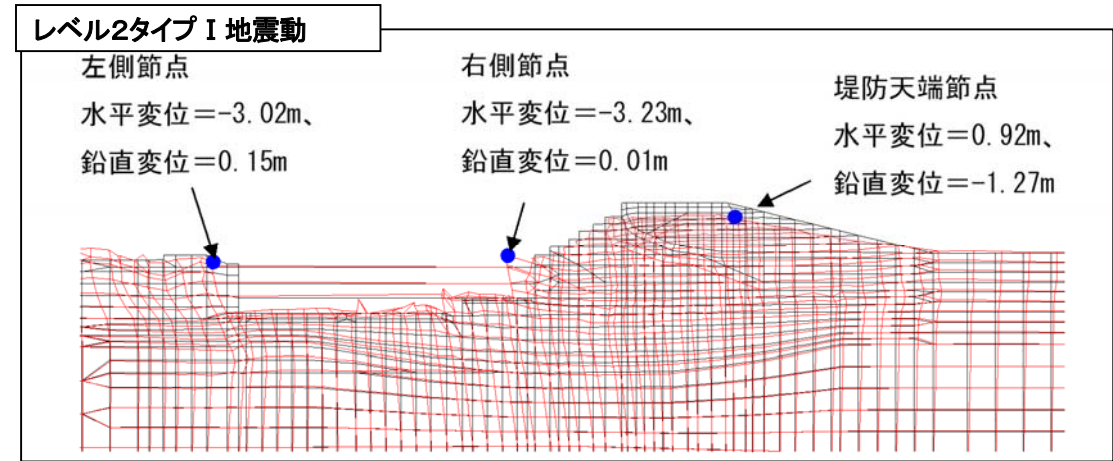
耐震機能（施工時）

| 河川 | | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--|---------------------------------|------------|--|--------|--|--|--|--------------|--|-------------------|--|-----------|------------|-----------|------------|-------|------|--|--|--|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|
| 確保機能 | 堤防（土堤）の機能を満たすこと | LP-7 | ●地震時の仮堤防や土留の変形による現況堤防機能の低下を防ぐこと | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>解析結果と考察</p> <p><No. 77断面 階段2連></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="4" style="text-align: center;">(OP m)</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">現況堤防 河川基準</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">施工時(階段2連) 河川基準</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">タイプ I 地震動</th> <th style="text-align: center;">タイプ II 地震動</th> <th style="text-align: center;">タイプ I 地震動</th> <th style="text-align: center;">タイプ II 地震動</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>堤防天端高</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">8.10</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td style="text-align: center;">4.45</td> <td style="text-align: center;">2.16</td> <td style="text-align: center;">4.45</td> <td style="text-align: center;">2.16</td> </tr> <tr> <td>堤防沈下量</td> <td style="text-align: center;">1.40</td> <td style="text-align: center;">1.51</td> <td style="text-align: center;">1.26</td> <td style="text-align: center;">1.48</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td style="text-align: center;">6.70</td> <td style="text-align: center;">6.59</td> <td style="text-align: center;">6.84</td> <td style="text-align: center;">6.62</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td style="text-align: center;">OK</td> <td style="text-align: center;">OK</td> <td style="text-align: center;">OK</td> <td style="text-align: center;">OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>施工ステップを反映した解析</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 現況堤防での初期応力 ② 仮締切り堤（スライド堤）の構築 ③ 土留め矢板施工 ④ 切梁施工による基礎掘削底面まで掘削 ⑤ ④の段階で動的解析の実施（地盤改良はなし） | | | | | | (OP m) | | | | 現況堤防 河川基準 | | 施工時(階段2連) 河川基準 | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | 堤防天端高 | 8.10 | | | | 照査外水位 | 4.45 | 2.16 | 4.45 | 2.16 | 堤防沈下量 | 1.40 | 1.51 | 1.26 | 1.48 | 沈下後天端高 | 6.70 | 6.59 | 6.84 | 6.62 | 判定 | OK | OK | OK | OK |
| | (OP m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 現況堤防 河川基準 | | 施工時(階段2連) 河川基準 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 堤防天端高 | 8.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 照査外水位 | 4.45 | 2.16 | 4.45 | 2.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 堤防沈下量 | 1.40 | 1.51 | 1.26 | 1.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 沈下後天端高 | 6.70 | 6.59 | 6.84 | 6.62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確保機能に対する評価 | | <p>① 確保機能 LP-7</p> <p>地震後の堤防の沈下量は、河川基準ではタイプ I 地震動で 1.26m、タイプ II 地震動で 1.48m となり地震後の堤防天端高は、タイプ I 地震動では照査外水位(OP+4.45m)、タイプ II 地震動では照査外水位(OP+2.16m) が確保されており、河川外への越流は生じない。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



耐震機能（施工時）

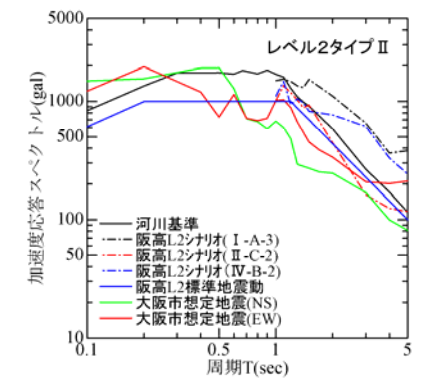
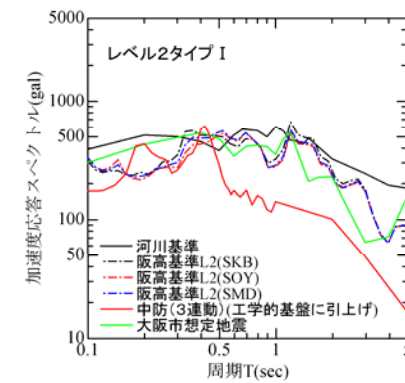
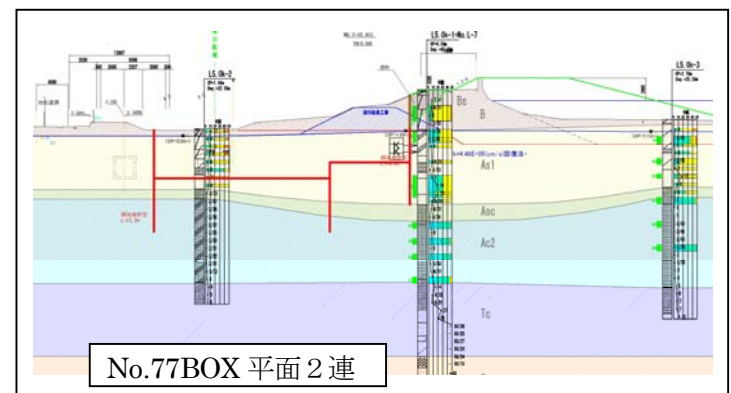
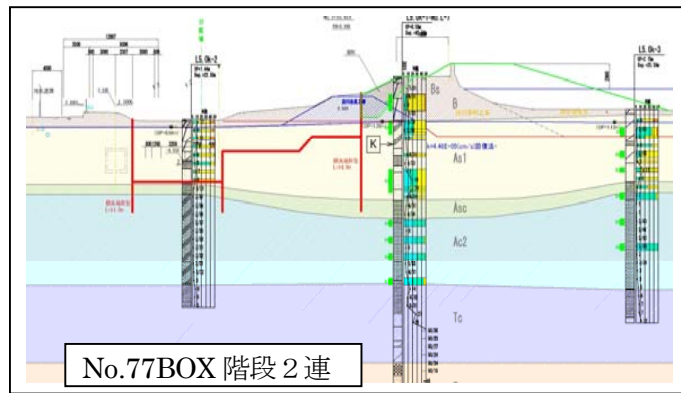
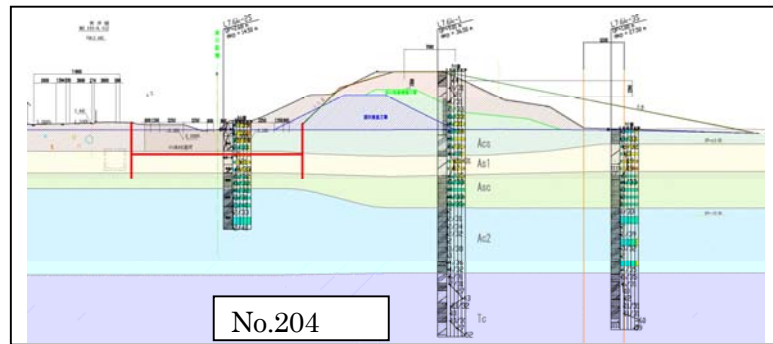
| 河川 | | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--|--------------|---------------------------------|-------------------|--|--------------|--|-------------------|--|-----------|------------|-----------|------------|-------|------|--|--|--|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|
| 確保機能 | 堤防（土堤）の機能を満たすこと | LP-7 | ●地震時の仮堤防や土留の変形による現況堤防機能の低下を防ぐこと | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 解析結果と考察 | <p><No. 77断面 平面2連> (OP m)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">現況堤防 河川基準</th> <th colspan="2">施工時(平面2連) 河川基準</th> </tr> <tr> <th>タイプ I 地震動</th> <th>タイプ II 地震動</th> <th>タイプ I 地震動</th> <th>タイプ II 地震動</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>堤防天端高</td> <td colspan="4">8.10</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td>4.45</td> <td>2.16</td> <td>4.45</td> <td>2.16</td> </tr> <tr> <td>堤防沈下量</td> <td>1.40</td> <td>1.51</td> <td>1.27</td> <td>1.64</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td>6.70</td> <td>6.59</td> <td>6.83</td> <td>6.46</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>施工ステップを反映した解析</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 現況堤防での初期応力 ② 仮締切り堤（スライド堤）の構築 ③ 土留め矢板施工 ④ 切梁施工による基礎掘削底面まで掘削 ⑤ ④の段階で動的解析の実施（地盤改良はなし） | | | | | 現況堤防 河川基準 | | 施工時(平面2連) 河川基準 | | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | 堤防天端高 | 8.10 | | | | 照査外水位 | 4.45 | 2.16 | 4.45 | 2.16 | 堤防沈下量 | 1.40 | 1.51 | 1.27 | 1.64 | 沈下後天端高 | 6.70 | 6.59 | 6.83 | 6.46 | 判定 | OK | OK | OK | OK |
| | | 現況堤防 河川基準 | | 施工時(平面2連) 河川基準 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | タイプ I 地震動 | タイプ II 地震動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 堤防天端高 | 8.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 照査外水位 | 4.45 | 2.16 | 4.45 | 2.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 堤防沈下量 | 1.40 | 1.51 | 1.27 | 1.64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 沈下後天端高 | 6.70 | 6.59 | 6.83 | 6.46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能 LP-7</p> <p>地震後の堤防の沈下量は、河川基準ではタイプ I 地震動で 1.27m、タイプ II 地震動で 1.64m となり地震後の堤防天端高は、タイプ I 地震動では照査外水位(OP+4.45m)、タイプ II 地震動では照査外水位(2.16m)を確保しされており、河川外への越流は生じない。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



3-4 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること（施工時）

3-4-1 耐震機能（施工時）

| 道路 | | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） |
|-------|-------------------------|---|---------|--------------------------|
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BP-1 | 確保機能 | 地震後に変状が生じた場合に補修、補強ができること |
| | | | 機能低下の要因 | 地震外力により、土留壁の変位、崩壊が発生する。 |
| | | | 評価ポイント | 地震外力を受けた場合の損傷が限定的であるか否か。 |
| | | | | |
| 検討断面 | | <p>(1) 比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・・・一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定</p> <p>(2) ボックス形状の構造決定に用いる断面（階段2連、平面2連の比較検討）・・・特殊部(No. 77)を選定</p> | | |
| 外力の設定 | | <p>(1) 動的応答解析に用いる入力地震動（レベル2地震動）は、堤防・道路構造物にとって厳しい下記4波形を選定する。</p> <p>①「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」H19.3 指針で示される地表面での標準加速度応答スペクトルに適合させた2波形、レベル2タイプI、IIとする。</p> <p>②開削トンネル耐震設計指針,H20.10 阪神高速 淀川左岸線の地域特性を考慮して設定された地震動。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 阪高基準 L2 波プレート境界型 ・ 阪高基準 L2 波_最大級シナリオ波を採用する。 <p>(2) 地震時の外水位条件 地震時の河川外水位条件は、河川構造物の耐震性能照査指針に準じて朔望平均満潮位を設定する。</p> | | |
| 照査内容 | | <p>一体構造物としての動的挙動を照査するため、土留め壁と堤体地盤の動的相互作用、基礎地盤の液状化の挙動を定量的に評価する方法が必要である。従来の河川基準で採用されている静的照査法（ALID）や、阪高耐震指針で採用されている地盤応答震度法では前述した挙動を適正に評価することが難しい。本検討では、一体構造物としての定量的に照査が可能な動的有効応力解析を用いた。</p> | | |



耐震機能（施工時）

| | | | |
|------|-------------------------|------|---------------------------|
| 道路 | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） |
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BP-1 | ●地震後に変状が生じた場合に補修、補強ができること |
| | | | |

解析結果と考察

<No. 204断面> 単位：(m)

| | 土留め壁の地震時変形量 (m) | | | |
|----------|-----------------|-------|------------|-------|
| | 河川基準 | | | |
| | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | 右壁 | 左壁 | 右壁 | 左壁 |
| 天端水平変位 | 0.532 | 0.563 | 0.691 | 0.705 |
| 掘削底面水平変位 | 0.557 | 0.489 | 0.555 | 0.527 |
| 相対変位 | 0.025 | 0.074 | 0.135 | 0.178 |

| | 土留め壁の部材照査 | | | |
|-----------------|-----------|-------|------------|-------|
| | 河川基準 | | | |
| | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | 右壁 | 左壁 | 右壁 | 左壁 |
| 最大曲げモーメント(kN・m) | 245.1 | 395.9 | 377.2 | 380.7 |
| 降伏モーメント(kN・m) | 445.0 | | | |
| 全塑性モーメント(kN・m) | 534.0 | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK |

施工ステップを反映した解析

- ① 現況堤防での初期応力
- ② 仮締切り堤（スライド堤）の構築
- ③ 土留め矢板施工
- ④ 切梁施工による基礎掘削底面まで掘削
- ⑤ ④の段階で動的解析の実施（地盤改良はなし）

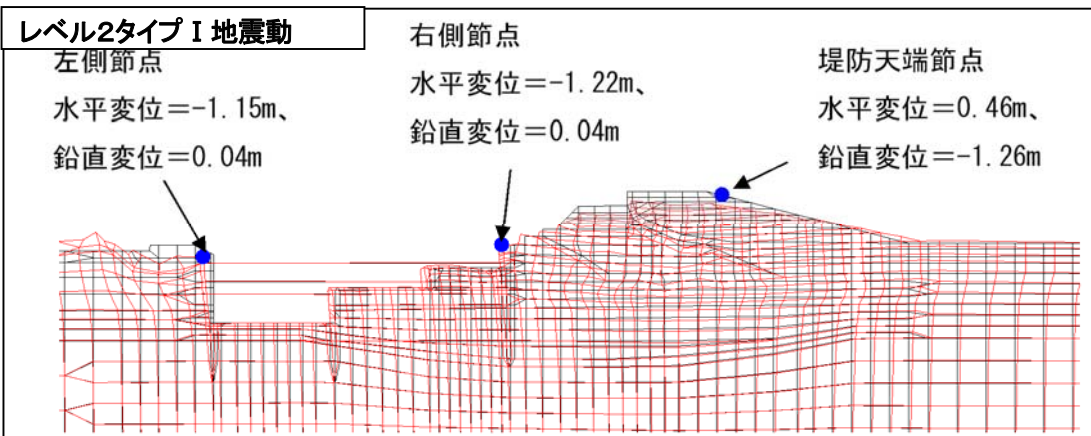
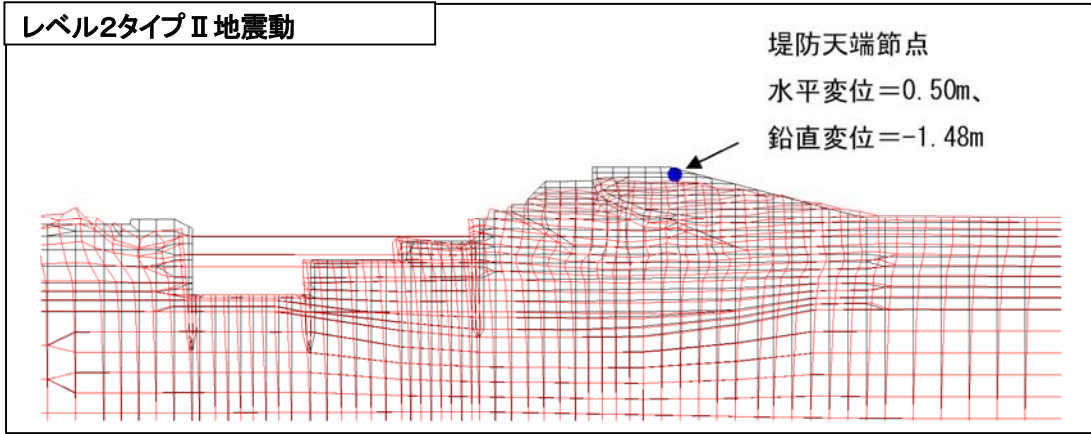
レベル2タイプ I 地震動

レベル2タイプ II 地震動

| | |
|------------|---|
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能 BP-1</p> <p>土留め矢板の最大発生曲げモーメントは、部材の降伏モーメント以下であり、大きな損傷は生じないと判断される。地震後に変状が生じた場合でも補修、補強ができる範囲である。</p> |
|------------|---|

耐震機能（施工時）

| 道路 | | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|-------------------|---------------------------|------------|--|-------------------|--|--|--|------|--|--|--|-----------|--|------------|--|--|----|----|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|------|-------|-------|-------|-------|--|-----------------|--|--|--|------|--|--|--|-----------|--|------------|--|--|----|----|----|----|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|--|--|--|----------------|-------|--|--|--|----|----|----|----|----|
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BP-1 | ●地震後に変状が生じた場合に補修、補強ができること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 解析結果と考察 | <p><No. 77断面 階段2連></p> <p style="text-align: right;">単位：(m)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="4">土留め壁の地震時変形量(階段2連)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">河川基準</th> </tr> <tr> <th colspan="2">タイプ I 地震動</th> <th colspan="2">タイプ II 地震動</th> </tr> <tr> <th></th> <th>右壁</th> <th>左壁</th> <th>右壁</th> <th>左壁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>天端水平変位</td> <td>-1.152</td> <td>-1.215</td> <td>-1.155</td> <td>-1.219</td> </tr> <tr> <td>掘削底面水平変位</td> <td>-0.464</td> <td>-1.026</td> <td>-0.559</td> <td>-1.043</td> </tr> <tr> <td>相対変位</td> <td>0.688</td> <td>0.189</td> <td>0.596</td> <td>0.176</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="4">土留め壁の部材照査(階段2連)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">河川基準</th> </tr> <tr> <th colspan="2">タイプ I 地震動</th> <th colspan="2">タイプ II 地震動</th> </tr> <tr> <th></th> <th>右壁</th> <th>左壁</th> <th>右壁</th> <th>左壁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最大曲げモーメント(kN・m)</td> <td>328.4</td> <td>397.4</td> <td>559.0</td> <td>319.0</td> </tr> <tr> <td>降伏モーメント(kN・m)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">759.5</td> </tr> <tr> <td>全塑性モーメント(kN・m)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">911.4</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>施工ステップを反映した解析</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 現況堤防での初期応力 ② 仮締切り堤（スライド堤）の構築 ③ 土留め矢板施工 ④ 切梁施工による基礎掘削底面まで掘削 ⑤ ④の段階で動的解析の実施（地盤改良はなし） | | | | | 土留め壁の地震時変形量(階段2連) | | | | 河川基準 | | | | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | | | 右壁 | 左壁 | 右壁 | 左壁 | 天端水平変位 | -1.152 | -1.215 | -1.155 | -1.219 | 掘削底面水平変位 | -0.464 | -1.026 | -0.559 | -1.043 | 相対変位 | 0.688 | 0.189 | 0.596 | 0.176 | | 土留め壁の部材照査(階段2連) | | | | 河川基準 | | | | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | | | 右壁 | 左壁 | 右壁 | 左壁 | 最大曲げモーメント(kN・m) | 328.4 | 397.4 | 559.0 | 319.0 | 降伏モーメント(kN・m) | 759.5 | | | | 全塑性モーメント(kN・m) | 911.4 | | | | 判定 | OK | OK | OK | OK |
| | | 土留め壁の地震時変形量(階段2連) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 河川基準 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 右壁 | 左壁 | 右壁 | 左壁 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 天端水平変位 | -1.152 | -1.215 | -1.155 | -1.219 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 掘削底面水平変位 | -0.464 | -1.026 | -0.559 | -1.043 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 相対変位 | 0.688 | 0.189 | 0.596 | 0.176 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 土留め壁の部材照査(階段2連) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 河川基準 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 右壁 | 左壁 | 右壁 | 左壁 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最大曲げモーメント(kN・m) | 328.4 | 397.4 | 559.0 | 319.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 降伏モーメント(kN・m) | 759.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 全塑性モーメント(kN・m) | 911.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能 BP-1</p> <p>土留め矢板の最大発生曲げモーメントは、部材の降伏モーメント以下であり、大きな損傷は生じないと判断される。地震後に変状が生じた場合でも補修、補強ができる範囲である。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



耐震機能（施工時）

| | | | |
|------|-------------------------|------|---------------------------|
| 道路 | 耐震機能 | 照査方法 | 有効応力解析（2D） |
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BP-1 | ●地震後に変状が生じた場合に補修、補強ができること |
| | | | |

解析結果と考察

<No. 77断面 平面2連>

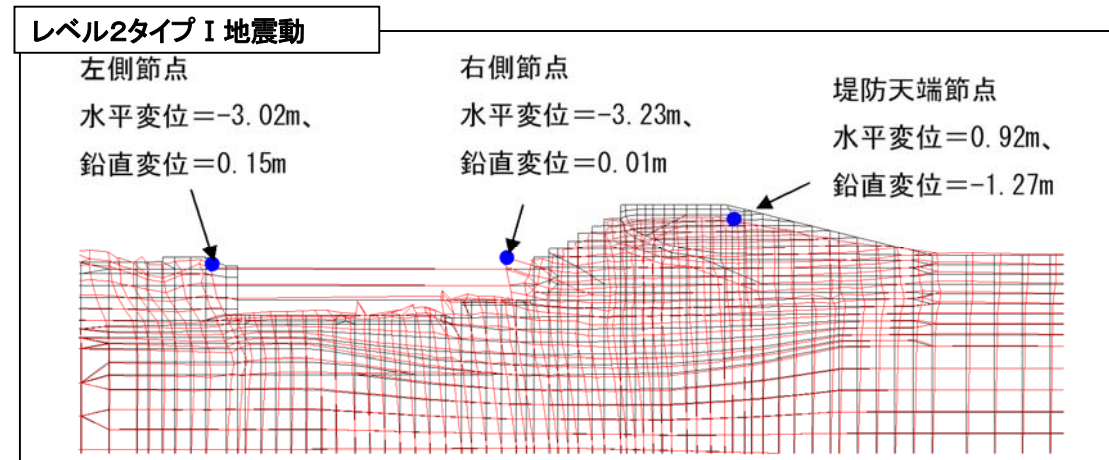
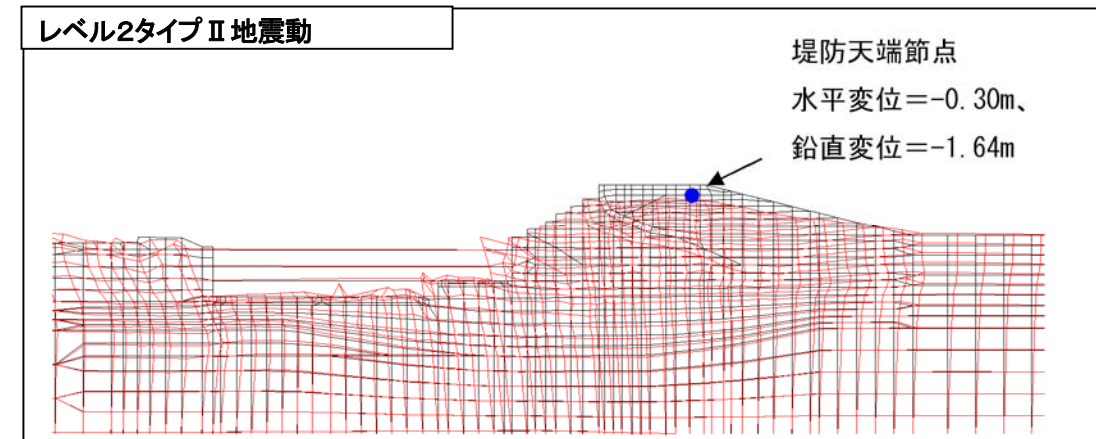
単位：(m)

| | 土留め壁の地震時変形量(平面2連) | | | |
|----------|-------------------|--------|------------|--------|
| | 河川基準 | | | |
| | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | 右壁 | 左壁 | 右壁 | 左壁 |
| 天端水平変位 | -3.022 | -3.232 | -3.046 | -3.348 |
| 掘削底面水平変位 | -1.368 | -2.349 | -1.095 | -2.127 |
| 相対変位 | 1.654 | 0.883 | 1.951 | 1.221 |

| | 土留め壁の部材照査(平面2連) | | | |
|-----------------|-----------------|-------|------------|-------|
| | 河川基準 | | | |
| | タイプ I 地震動 | | タイプ II 地震動 | |
| | 右壁 | 左壁 | 右壁 | 左壁 |
| 最大曲げモーメント(kN・m) | 758.8 | 751.7 | 751.6 | 750.2 |
| 降伏モーメント(kN・m) | 759.5 | | | |
| 全塑性モーメント(kN・m) | 911.4 | | | |
| 判定 | OK | OK | OK | OK |

施工ステップを反映した解析条件

- ① 現況堤防での初期応力
- ② 仮締切り堤（スライド堤）の構築
- ③ 土留め矢板施工
- ④ 切梁施工による基礎掘削底面まで掘削
- ⑤ ④の段階で動的解析の実施（地盤改良はなし）

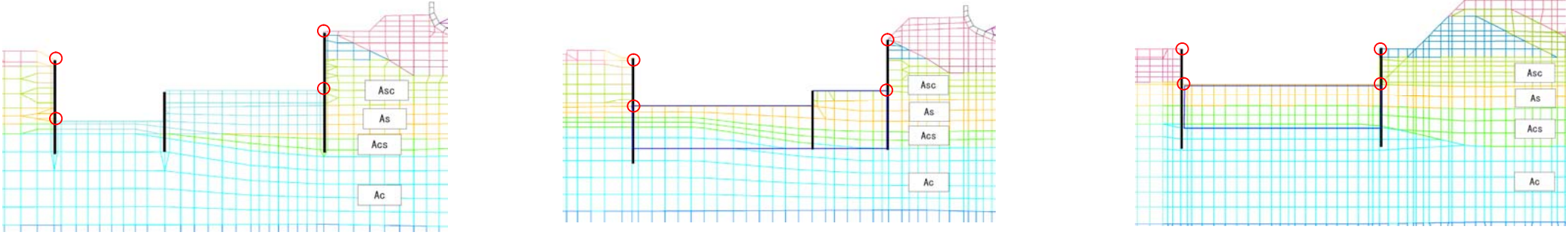


① 確保機能 BP-1
土留め矢板の最大発生曲げモーメントは、部材の降伏モーメント以下であり、大きな損傷は生じないと判断される。地震後に変状が生じた場合でも補修、補強ができる範囲である。

確保機能に対する評価

3-4-2 構造的安全性・周辺影響の抑制、低減（施工時）

| 道路 | | 構造安全性 周辺影響の抑制・低減 | 照査方法 | 弾粘塑性解析（2D） | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|--|---------------|--|--|--|--|-------|----------|----------|---------|----|----|----|-----------------|-----|-----|-----|
| 確保機能 | 道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること | BP-2 | 確保機能 | 土留時に鋼矢板の変形を抑制すること | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | <ul style="list-style-type: none"> ・施工時の盛土による荷重増による沈下する ・鋼矢板の地下水遮断に伴う水位低下に起因して沈下する | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | <ul style="list-style-type: none"> ・盛土荷重により圧密沈下が土留壁に与える影響 ・地下水低下による圧密沈下が土留壁に与える影響 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | BP-3 | 確保機能 | 地下水汲み上げにより周辺地盤に影響が生じないこと | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 施工時に地下水を汲み上げた場合に、周辺に地盤沈下が発生する | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 圧密沈下に伴う引込み沈下の影響範囲 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | BP-4 | 確保機能 | 土留め変形により周辺地盤に影響が生じないこと | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 機能低下の要因 | 地震や圧密により土留壁が変形することにより、周辺地盤が沈下する | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 評価ポイント | 土留め変形時の周辺地盤の沈下量と範囲 | | | | | | | | | | | | | | |
| 検討モデル | | <p>比較検討・構造決定に用いる断面・・・・・・・・一般部(No. 204)、特殊部(No. 77)を選定 ボックス形状の構造決定に用いる断面（階段2連、平面2連の比較検討）・・・特殊部(No. 77)を選定</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外力の設定 | | <p>構造物重量+盛土重量 施工ステップ（掘削）を解析ステップとして反映していくことが必要であり、以下の施工ステップを考慮した。</p> <p>① 現況堤防での初期応力 ② 仮締切り堤（スライド堤）の施工 ③ 土留め施工・構造物掘削</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4">各施工ステップの期間（日）</th> </tr> <tr> <th></th> <th>No204</th> <th>No77階段2連</th> <th>No77平面2連</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>スライド堤施工</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>地盤改良、土留施工、構造物掘削</td> <td>110</td> <td>120</td> <td>140</td> </tr> </tbody> </table> | 各施工ステップの期間（日） | | | | | No204 | No77階段2連 | No77平面2連 | スライド堤施工 | 30 | 40 | 30 | 地盤改良、土留施工、構造物掘削 | 110 | 120 | 140 |
| 各施工ステップの期間（日） | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | No204 | No77階段2連 | No77平面2連 | | | | | | | | | | | | | | | |
| スライド堤施工 | 30 | 40 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地盤改良、土留施工、構造物掘削 | 110 | 120 | 140 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 照査内容 | | <p>一体構造物としての沈下挙動を照査するため、圧密による堤防沈下量、周辺地盤と構造物の変形モード、沈下量、当該地の沖積粘性土の特性（長期的な圧密沈下）等の挙動を定量的に評価する方法が必要である。従来の河川基準や道路基準で一般に採用されている一次元圧密計算では前述した挙動を適正に評価することが難しい。本検討では、一体構造物としての定量的に照査が可能で、二次圧密を考慮できる弾粘塑性解析を用いた。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 道路 | 構造安全性 周辺影響の抑制・低減 | 照査方法 | 弾粘塑性解析 (2D) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|------------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----|-------|------|------|------|------|------|------|-------|----------|----------|----------|----------|----|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----|-----|------|-------|------|------|------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----|-----|------|------|------|------|------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----|------|------|------|------|------|------|-------|--------------|--|--|--|--------|------------|--|-----|-----|-----------|-----|--|--------|------|--|--------------|--|--|--|--------|------------|--|-----|-----|-----------|-----|--|--------|------|--|-----------|--|--|--|--------|------------|--|-----|-----|-----------|-----|--|--------|------|--|
| 確保機能 | 道路(構造物)の安全性、通行機能を確保すること | BP-2 | ●土留時に鋼矢板の変形を抑制すること | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | BP-3 | ●地下水汲み上げにより周辺地盤に影響が生じないこと | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | BP-4 | ●土留め変形により周辺地盤に影響が生じないこと | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 解析結果と考察 | <p>基礎掘削底面まで掘削時の土留め壁の変位量を示す。 なお。相対変位 着目時期は以下の通りである。 (切り梁施工後)</p> <p>◆土留施工後 65日 No77 階段2連</p> <table border="1" data-bbox="537 726 1196 835"> <tr><th>左側土留め</th><th>水平変位(cm)</th><th>相対変位(cm)</th><th>鉛直変位(cm)</th><th>土留め深さ(m)</th></tr> <tr><td>上端</td><td>-1.27</td><td rowspan="2">2.22</td><td>1.04</td><td rowspan="2">7.40</td></tr> <tr><td>掘削底面</td><td>0.96</td><td>1.10</td></tr> </table> <table border="1" data-bbox="537 869 1196 978"> <tr><th>右側土留め</th><th>水平変位(cm)</th><th>相対変位(cm)</th><th>鉛直変位(cm)</th><th>土留め深さ(m)</th></tr> <tr><td>上端</td><td>5.05</td><td rowspan="2">5.53</td><td>16.71</td><td rowspan="2">6.90</td></tr> <tr><td>掘削底面</td><td>-0.48</td><td>16.36</td></tr> </table> <p>◆土留施工後 75日 No77 平面2連</p> <table border="1" data-bbox="1240 726 1899 835"> <tr><th>左側土留め</th><th>水平変位(cm)</th><th>相対変位(cm)</th><th>鉛直変位(cm)</th><th>土留め深さ(m)</th></tr> <tr><td>上端</td><td>1.9</td><td rowspan="2">3.00</td><td>-10.5</td><td rowspan="2">6.23</td></tr> <tr><td>掘削底面</td><td>-1.1</td><td>-13.2</td></tr> </table> <table border="1" data-bbox="1240 869 1899 978"> <tr><th>右側土留め</th><th>水平変位(cm)</th><th>相対変位(cm)</th><th>鉛直変位(cm)</th><th>土留め深さ(m)</th></tr> <tr><td>上端</td><td>-0.7</td><td rowspan="2">1.69</td><td>-12.4</td><td rowspan="2">6.71</td></tr> <tr><td>掘削底面</td><td>-2.4</td><td>-14.2</td></tr> </table> <p>◆土留施工後 55日 No204 平面形状</p> <table border="1" data-bbox="1944 726 2623 835"> <tr><th>左側土留め</th><th>水平変位(cm)</th><th>相対変位(cm)</th><th>鉛直変位(cm)</th><th>土留め深さ(m)</th></tr> <tr><td>上端</td><td>0.9</td><td rowspan="2">1.30</td><td>-6.9</td><td rowspan="2">4.25</td></tr> <tr><td>掘削底面</td><td>-0.4</td><td>-10.5</td></tr> </table> <table border="1" data-bbox="1944 869 2623 978"> <tr><th>右側土留め</th><th>水平変位(cm)</th><th>相対変位(cm)</th><th>鉛直変位(cm)</th><th>土留め深さ(m)</th></tr> <tr><td>上端</td><td>-0.2</td><td rowspan="2">0.11</td><td>-8.5</td><td rowspan="2">4.25</td></tr> <tr><td>掘削底面</td><td>-0.3</td><td>-14.9</td></tr> </table>  <p>周辺部への沈下の影響</p> <table border="1" data-bbox="602 1356 1181 1581"> <tr><th colspan="3">No77階段2連 施工時</th></tr> <tr><td></td><th>南岸線境界部</th><th>境界部から10m離れ</th></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> <tr><th>相対変位量(cm)</th><td colspan="2">0.4</td></tr> <tr><th>沈下勾配 θ</th><td colspan="2">2500</td></tr> </table> <table border="1" data-bbox="1308 1356 1887 1581"> <tr><th colspan="3">No77平面2連 施工時</th></tr> <tr><td></td><th>南岸線境界部</th><th>境界部から10m離れ</th></tr> <tr><td></td><td>0.5</td><td>0.2</td></tr> <tr><th>相対変位量(cm)</th><td colspan="2">0.3</td></tr> <tr><th>沈下勾配 θ</th><td colspan="2">3333</td></tr> </table> <table border="1" data-bbox="2021 1356 2599 1581"> <tr><th colspan="3">No204 施工時</th></tr> <tr><td></td><th>南岸線境界部</th><th>境界部から10m離れ</th></tr> <tr><td></td><td>0.3</td><td>0.1</td></tr> <tr><th>相対変位量(cm)</th><td colspan="2">0.2</td></tr> <tr><th>沈下勾配 θ</th><td colspan="2">5000</td></tr> </table> | | | 左側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | 上端 | -1.27 | 2.22 | 1.04 | 7.40 | 掘削底面 | 0.96 | 1.10 | 右側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | 上端 | 5.05 | 5.53 | 16.71 | 6.90 | 掘削底面 | -0.48 | 16.36 | 左側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | 上端 | 1.9 | 3.00 | -10.5 | 6.23 | 掘削底面 | -1.1 | -13.2 | 右側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | 上端 | -0.7 | 1.69 | -12.4 | 6.71 | 掘削底面 | -2.4 | -14.2 | 左側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | 上端 | 0.9 | 1.30 | -6.9 | 4.25 | 掘削底面 | -0.4 | -10.5 | 右側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | 上端 | -0.2 | 0.11 | -8.5 | 4.25 | 掘削底面 | -0.3 | -14.9 | No77階段2連 施工時 | | | | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ | | 0.6 | 0.2 | 相対変位量(cm) | 0.4 | | 沈下勾配 θ | 2500 | | No77平面2連 施工時 | | | | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ | | 0.5 | 0.2 | 相対変位量(cm) | 0.3 | | 沈下勾配 θ | 3333 | | No204 施工時 | | | | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ | | 0.3 | 0.1 | 相対変位量(cm) | 0.2 | | 沈下勾配 θ | 5000 | |
| 左側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上端 | -1.27 | 2.22 | 1.04 | 7.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 掘削底面 | 0.96 | | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 右側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上端 | 5.05 | 5.53 | 16.71 | 6.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 掘削底面 | -0.48 | | 16.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 左側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上端 | 1.9 | 3.00 | -10.5 | 6.23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 掘削底面 | -1.1 | | -13.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 右側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上端 | -0.7 | 1.69 | -12.4 | 6.71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 掘削底面 | -2.4 | | -14.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 左側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上端 | 0.9 | 1.30 | -6.9 | 4.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 掘削底面 | -0.4 | | -10.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 右側土留め | 水平変位(cm) | 相対変位(cm) | 鉛直変位(cm) | 土留め深さ(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上端 | -0.2 | 0.11 | -8.5 | 4.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 掘削底面 | -0.3 | | -14.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No77階段2連 施工時 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.6 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 相対変位量(cm) | 0.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 沈下勾配 θ | 2500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No77平面2連 施工時 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 相対変位量(cm) | 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 沈下勾配 θ | 3333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No204 施工時 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 南岸線境界部 | 境界部から10m離れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.3 | 0.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 相対変位量(cm) | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 沈下勾配 θ | 5000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確保機能に対する評価 | <p>① 確保機能 BP-2 圧密沈下を考慮した土留め壁の変形は、No204、No77 平面2連では最大 50mm 以下となり許容値に対して満足する。一方、No77 階段2連では堤防側の土留め変位量が 50mm 以上となり目安値を抵触し、対策が必要である。</p> <p>② 確保機能 BP-3、BP-4 今回の検討断面では周辺部の相対沈下量(10m区間)は0.2~0.4cm (沈下勾配 θ=1/2500~5000) であり建築構造物の沈下勾配目安(θ=3/1000=1/333)よりも小さい。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4. 機能毎の確保機能評価と道路ボックス形状の比較

一体構造物とした場合に必要とされる堤防（土堤）、道路（構造物）の機能に対して、代表2断面で各確保機能（耐浸透、耐浸食、耐震、経年変化）の定量的評価と今後の課題を整理した。また、今回の定量的評価をもとに階段2連、平面2連の道路ボックス形状の比較を整理した。以下にその結果を示す。

4-1 定量的な評価が可能か項目【完成時】

(1) 堤防（土堤）の機能を満たすこと

| | 確保機能に対する評価 | 確保機能に対する今後の課題 | 道路ボックス形状の比較 |
|-----------------|--|---|---|
| 堤防(土堤)の機能を満たすこと | <p>耐浸透</p> <p>① LC-1: ●地下水流動阻害(堤体内浸潤面上昇)により水みち発生を起こさないこと: (P. 14 参照) 道路ボックスの設置により、<u>0.3~1.0mの堤体内浸潤面上昇</u>が見られる。また、構造物と堤体地盤間での動水勾配は基準値（限界動水勾配の1/2）に対して小さいが、経年変化（圧密沈下）により構造物と地盤間に剥離が発生することから<u>水みちの発生が懸念</u>される。</p> <p>② LC-2: ●地下水流動阻害により、構造物に沿った縦断方向の水みち発生を起こさないこと 今回の検討では実施していない。</p> <p>③ LC-3: ●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること: (P. 15~17 参照) 基礎地盤及び構造物下面・側面位置での動水勾配は、限界動水勾配以下であり、<u>パイピング破壊に対する基準値に対して満足される</u>。また構造物下面位置での流速は10^{-6}(cm/s)であり、一般的な砂質土の限界流速(10^{-1}~10^{-2}cm/s)に比べ小さなものである。</p> <p>④ LC-4: ●すべり破壊に対する安全性を確保すること: (P. 18 参照) 堤体川表、川裏の円弧すべりによる<u>最小すべり安全率は、許容安全率を満足する</u>。</p> <p>⑤ LC-5: ●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと</p> <p><まとめ> 浸透に伴う基礎地盤、構造物周りの流速は小さく、また、すべりに対する安全性は許容値に対して満足される。但し、道路ボックスの設置により、堤体内の浸潤面上昇は発生するため、後述する経年変化（圧密沈下）において構造物と地盤間に剥離が発生していることから、水みちの発生が懸念される。</p> | <p>① LC-1 <u>水位上昇を抑制する対策工の検討が必要</u>である。</p> <p>② LC-2 次回以降の課題である。</p> <p>③ LC-3 LC-1と同様に、<u>現況より水位上昇</u>、LC-10で地震による剥離の発生が予想されており、<u>対策工に対する検討が必要</u>である。</p> <p>④ LC-4 <u>現況堤防より安全率が低下する場合の対応</u>。</p> <p>⑤ LC-5 <u>現況堤防に対する安全率が低下する場合の対応（対策の必要性）</u>。</p> | <p>階段2連、平面2連とも<u>ボックス底面沿いに流速の高いゾーンが発生</u>する。ボックス最下面の流速の大きさは<u>階段2連の方が、平面2連に比べて2倍の流速を発生</u>する。これは階段2連の方は、透水層を遮断する深度が深くなるためである。ただその絶対量は小さい。</p> <p>一方、階段2連は、堤体内（定規断面内）の浸透水の排水性に優れ、堤防構造上は有利な形状であり、<u>堤体に近いボックス部では階段2連の方が、平面2連よりも流速分布が小さくなり</u>その優位性もある。</p> <p>耐浸透機能について、階段2連、平面2連の比較では、<u>横断方向での評価からはそれぞれの構造の優位性は判断できないため、LC-2の縦断方向での評価を踏まえることが必要</u>である。</p> |
| | <p>耐浸食</p> <p>① LC-6: ●直接侵食に対する安全性を確保すること: (P. 19~20 参照) 特殊部を除いていずれの断面でも、高水敷が広いため、<u>側方侵食に対して安全性が確保される</u>。</p> <p>② LC-7: ●主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること: (P. 19~20 参照) 特殊部を除いていずれの断面でも高水路の代表流速は2.0m/sを下回るため、<u>直接侵食に対しても安全性が確保される</u>。一般部での川表被覆は張芝で侵食安全性を満足する。</p> <p>③ LC-8: ●道路からの雨水排水による堤防侵食を起こさないこと</p> <p><まとめ> 高水敷が広く、側方侵食及び直接侵食に対しても安全性が確保される。</p> | <p>③ LC-8 次回以降の課題である。</p> | <p>—</p> |
| | <p>耐震</p> <p>① LC-9: ●地震後の河川外への越流を防止すること: (P. 21~27 参照) 地震後の堤防は、<u>河川準拠基準の地震動においては、堤防天端高は照査外水位以上が確保され、河川外への越流は生じない</u>。</p> <p>② LC-10: ●土と構造物間が地震時の変形や剥離(液状化)より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと 今回の検討では実施していない。</p> <p><まとめ> 河川準拠基準の地震動では、堤防天端高は照査外水位以上が確保され、河川外への越流は生じない。</p> | <p>① LC-9 道路基準の地震動など、<u>継続時間の長い地震動に対する影響評価を行うことが必要</u>である。</p> <p>② LC-10 次回以降の課題である。</p> | <p>耐震機能は、<u>ボックス平面2連、基礎地盤の液状化対策(SCP)を行うことで、堤防の変形を抑制し、一体構造物としての機能が確保</u>される構造要件である。</p> |

青：検討でわかったこと。 赤：課題

| | | 確保機能に対する評価 | 確保機能に対する今後の課題 | 道路ボックス形状の比較 |
|-------------------------|------|---|---|---|
| 堤防(土堤) の機能を満 たすこと | 経年変化 | <p>①LC-11:●圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと: (P. 28~31 参照) 埋戻 10 年後の全圧密沈下量は、<u>10~30cm 程度発生するため、計画堤防高不足のため余盛が必要</u>になる。また本線上部とランプ部の沈下の差をみると、20cm 以上におよび、堤体への亀裂等の影響が懸念されるため、機能確保上、対策が必要である。</p> <p>②LC-12:●圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること: (P. 28~31 参照) LC-11と同様である。</p> <p>③LC-13●道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと(P. 28~31 参照) 埋戻10年後における構造物と地盤間の剥離は、No77ボックス<u>階段2連において1mm~3mm程度の剥離が構造物周り全体に発生する。</u>ただしNo. 204、No77ボックス平面2連では局所的な剥離が発生するのみである。</p> <p>④LC-14:●交通振動による水みち発生を起こさないこと 今回の検討では実施していない</p> <p>⑤LC-16●圧密沈下による周辺影響を防止すること 周辺部での圧密沈下量は、築構造物の沈下勾配目安($\theta=3/1000=1/333$)を抵触する箇所があるため、建物の位置関係により対策工の検討が必要である。</p> <hr/> <p><まとめ> 堤防では、埋戻10年後に10~30cm程度の圧密沈下が発生するため計画堤防高を確保及び本線上部とランプ部間の不等沈下による機能確保の対策、モニタリング検討が必要である。 またボックス形状が階段2連の断面では、構造物周りの剥離に対して対策、モニタリングが必要である。</p> | <p>① LC-11 本線上部とランプ部間の不等沈下による機能確保の対策、モニタリング検討が必要である。</p> <p>③ LC-13 剥離量の定量的な評価は困難だが、剥離が構造物の周囲に連続的に発生し、水みちの発生につながる恐れがあるため、対策、モニタリングの検討が必要である。</p> <p>④ LC-14 次回以降の課題である。</p> | <p>経年変化機能は、<u>ボックス平面2連が地盤間の剥離発生量、盛土完成後の残留沈下量が小さいため、一体構造物としての安定性を高める</u>ことができる構造要件である。</p> |

青：検討でわかったこと。 赤：課題

(2) 道路（構造物）の安全性、供用性を確保すること

| | 確保機能に対する評価 | 確保機能に対する今後の課題 | 道路ボックス形状の比較 |
|------------------------|--|---|--|
| 道路（構造物）の安全性・供用性を確保すること | 耐震 <p>① BC-1: ●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること: (P. 32~35 参照) No.204、No.77 ボックス平面 2 連は、道路設計で決定した構造諸元において、レベル 2 地震時の構造部材照査（曲げ、せん断、層間変形角）はいずれの条件においてボックスの安全性、供用性は確保される。 一方、No.77 ボックス階段 2 連では、道路設計で決定した構造諸元において、レベル 2 地震時の構造部材照査（曲げ、せん断、層間変形角）は、地盤改良など液状化対策を行わなければ、層間変形角が基準値を満足しておらずボックスの安全性、供用性は確保出来ない。</p> <p>② BC-2: ●偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること: (P. 32~35 参照) 偏土圧下での地盤変形（液状化）に対してボックス底面の鉛直変位による回転角に着目し、底面回転角の照査を行った。No.204 と No.77 ボックス平面 2 連は、変形性能に対して安全性・供用性を確保出来るが、No.77 ボックス階段 2 連の無対策では変形性能を確保出来ない。ただし、ボックス下面の液状化対策（地盤改良等）により変形性能は向上し、安全性、供用性を確保することができる。</p> <p>③ BC-3: ●補助工法（液状化対策）を実施すること 補助工法（液状化対策）の実施により道路ボックスの安全性、供用性を向上できる</p> <p><まとめ> 土堤標準及び平面 2 連は、レベル 2 地震動（河川基準）において部材照査（曲げ、せん断）、変形性能（層間変形角、底面回転角）は基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性が確保される。一方、階段 2 連は、平面 2 連に比べて変形性能（層間変形角、底面回転角）に劣るため、ランプ部等で部分的に適用する場合は対策工やモニタリングを行い、安全性、供用性を確保する必要がある。</p> | <p>① BC-1, 2 道路ボックス部の地震後の残留変形も LC-9 と同様に、道路基準の地震動など、<u>継続時間の長い地震動に対する影響評価を行うことが必要である。</u></p> <p>③ BC-3 <u>阪高基準地震波に対しては、地盤改良諸元について細部検討が必要である。</u></p> | <p>耐震機能は、<u>ボックス平面 2 連、基礎地盤の液状化対策(SCP)を行うことで、構造物の変形を抑制し、ボックスの安全性・供用性を確保する</u>ため、一体構造物としての安定性を高めることができる構造要件である。</p> |
| | 経年変化 | <p>① BC-4: ●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること: (P. 36~39 参照) 盛土完成 10 年後の残留沈下量は、No.204、No.77 ボックス平面 2 連において残留沈下量の目安値(Sr=10cm)以下に収まっており、ボックス底版における底面回転角が目安値以上であり安全性、供用性を確保できる。一方、No.77 階段 2 連は、残留沈下量の目安値(Sr=10cm)を超過し、またボックス底版における底面回転角が目安値に近い大きな値となり、<u>安全性・供用性に問題がある。</u></p> <p>② BC-5: ●道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性、供用性を確保すること 本検討では実施していない。</p> <p>③ BC-6: ●道路躯体の浮き上がりに対する安全性、供用性を確保すること 浮き上がりに対して浮き上がる結果が得られており、道路ボックス機能の観点から液状化対策を行う。</p> <p>④ BC-7: ●洪水、大雨などによるボックスの安全性、供用性を確保すること 本検討では実施していない。</p> <p>⑤ BC-8: ●圧密沈下による周辺影響を防止すること 今回の検討断面では周辺部の圧密沈下量は数cm程度でありその影響は小さい</p> <p>⑥ BC-9: ●周辺地盤沈下計測 本検討では実施していない。</p> <p>⑦ BC-10: ●堤内地の地下水変動を抑制すること 本検討では実施していない。</p> <p>⑧ BC-11: ●補修、補強ができること 本検討では実施していない。</p> <p>⑨ BC-12: ●道路躯体の本体・継手部の止水性を確保すること 本検討では実施していない。</p> | <p>② BC-5 全線の評価を含めて次回課題である。</p> <p>⑤ BC-8 今後、<u>周辺構造物が近接する他断面での検討が必要である。特に交差点での検討が重要</u>である。</p> <p>⑥ BC-9~BC-12 次回以降の課題である。</p> |

青：検討でわかったこと。 赤：課題

4-2 定量的な評価が可能な項目【施工時】

| | | 確保機能に対する評価 | 確保機能に対する今後の課題 | 道路ボックス形状の比較 |
|------------------------|------|---|--|---|
| 堤防(土堤)の機能を満たすこと | 浸透 | <p>① LP-1: ●地下水変動による土留変形を起こさないこと: (P. 40~41 参照) 土留め壁の変形は、最大 50mm 以下となり許容値に対して満足する。</p> <p>② LP-2: ●洪水時の浸透水により現況堤防及び所要の堤防の機能低下を防ぐこと: (P. 42 参照) 施工時のすべり破壊に対する許容値は満足される。また、掘削底面での動水勾配は、局所動水勾配以下であり、パイピング破壊に対する基準値に対して満足される。ただし、No.77 階段 2 連の川裏円弧すべりの安全率が施工時の安全率ぎりぎりなので、施工時は、土留め壁延長などの安全性向上が必要である。</p> <p>③ LP-3: ●水圧を低減すること: (P. 40~41 参照) 施工時の堤体内浸潤面は、現況堤防に比較して-0.5~-0.76m 低下し、現況堤防への機能低下は発生しない。</p> <p>④ LP-4: ●堤体内の水位上昇量を計測すること 施工時に堤体内への水位観測孔を設置し、水位状況を確認する。</p> <p><まとめ> 施工時のすべり破壊、掘削底面の動水勾配は、限界動水勾配以下であり、パイピング破壊に対する基準値に対して満足している。また、土留め壁の変形も目標とした許容値50mm以下を満足している。</p> | <p>② LP-2 川裏の対する許容安全率1.20は指針に準拠した安全率を採用しているが、本堤相当の許容安全率(Fs=1.440)の必要性。</p> | <p>ボックス階段 2 連、平面 2 連を比較した場合、耐浸透機能に対しては、両者に大きな差異はない。</p> |
| | 侵食 | <p>① LP-5: ●直接侵食に対する安全性を確保すること LC-6の断面は、施工時も含めて最も河積阻害を受ける流速で評価しているため、施工時においても機能を確保していると考えられる</p> <p>② LP-6: ●主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること LC-6の断面は、施工時も含めて最も高水敷幅が最も短くなる断面で評価しているため、施工時においても機能を確保していると考えられる。</p> <p><まとめ> 施工時において側方侵食及び直接侵食に対しても安全性が確保される。</p> | | — |
| | 耐震 | <p>① LP-7: ●地震後の仮堤防や土留の変形による現況堤防機能の低下を防ぐこと: (P. 43~46 参照) 地震後の堤防は、河川準拠基準の地震動においては堤防天端高が照査外水位以上を確保でき、河川外への越流は生じない。</p> | <p>① LP-7 LC-9と同様である。</p> | — |
| | 経年変化 | <p>① BP-8: ●地震後の堤防、土留鋼矢板等の変形量を計測すること モニタリング計画を策定する。</p> | | — |
| 道路(構造物)の安全性・供用性を確保すること | 耐震 | <p>① BP-1: ●地震後に変状が生じた場合に補修、補強ができること: (P. 47~50 参照) 土留め矢板の最大発生曲げモーメントは、河川基準では部材の降伏モーメント以下であり、大きな損傷は生じない。地震後に変状が生じた場合でも補修・補強ができる範囲である。一方、阪高基準では部材の降伏モーメントは超過するが、全塑性モーメントには至っていない。</p> | <p>① BP-1 BC-1, 2と同様である。</p> | |
| | 経年変化 | <p>① BP-2: ●土留時に鋼矢板の変形を抑制すること(P. 51~52 参照) 圧密沈下を考慮した土留め壁の変形は、最大 50mm 以下となり許容値に対して満足する。 また、発生応力は許容応力度に対して満足する。</p> <p>② BP-3: ●地下水汲み上げにより周辺地盤に影響が生じないこと 今回の検討断面では周辺部の圧密沈下量は数cm程度でありその影響は小さい</p> <p>③ BP-4: ●土留変形により周辺地盤に影響が生じないこと 今回の検討断面では周辺部の圧密沈下量は数cm程度でありその影響は小さい</p> <p>④ BP-5: ●周辺地下水、土留変形量の計測 本検討では実施していない。</p> <p><まとめ> 圧密沈下を考慮した土留め壁の変形は、最大 50mm 以下で許容値に対して満足し、また土留め壁の発生応力は許容応力度を満足する。</p> | <p>② BP-3 今後、周辺構造物が近接する他断面での検討が必要である。</p> <p>④ BP-5 施工時の堤体内への水位観測孔、土留め壁への変位計、応力計等の計測計画を今後検討が必要である。</p> | |

青: 検討でわかったこと。 赤: 課題

4-3 仮設土留め矢板について

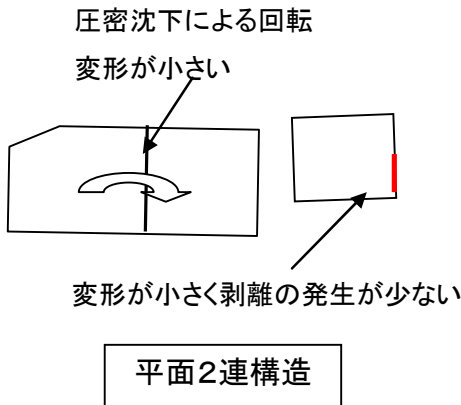
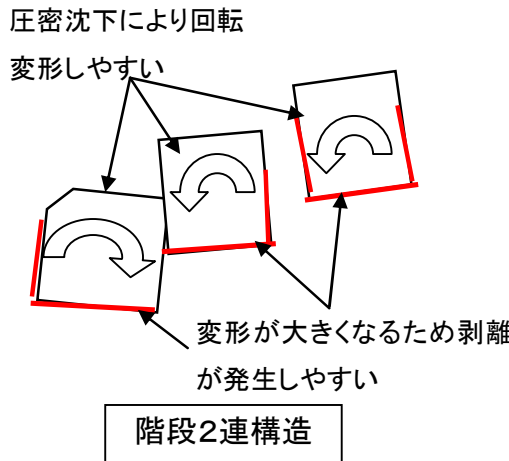
今回の定量的評価をもとに土留鋼矢板を残置した場合の堤体への影響を整理した結果は、以下の通りである。

| | | 土留矢板残置の堤体への影響 | 今後の課題 |
|------------------------|------|---|--|
| 堤防(土堤)の機能を満たすこと | 耐浸透 | <ul style="list-style-type: none"> ・堤体内の浸潤面は、矢板を残置した場合と無い場合を比較すると、川表側の構造物境界部分で<u>3~10cm上昇</u>する。 ・構造物周りの局所動水勾配については、矢板有無で大きな差異は見られない。 ・構造物周りの横断方向の流速に着目すると、<u>矢板を残置した場合は無い場合と比較して流速が、$1/2 \sim 1/5$程度小さくなる</u>傾向にあり、矢板の残置によりボックス底面の流速を軽減できる可能性がある。 ・<u>すべり破壊については、矢板を残置した場合の方が無い場合に比べて、安全率があがっている。</u> | <ul style="list-style-type: none"> ・一部の施工時すべり安全率が、許容値上限付近のものがあり、安全率向上のために土留矢板の根入れを深くする必要があるが、その場合の浸透影響に対する検証が必要である。 ・矢板周囲の剥離など水みち発生の定量的評価ができていない。 ・<u>剥離発生に起因する水みちの発生に対して、定量的評価手法をどう設定するか課題</u>である。 ・<u>縦断方向の耐浸透機能の検討が未実施</u>のため、残置による縦断方向の水みち発生の影響が不明である。 ・<u>矢板の引き抜きによる基礎地盤の乱れに伴う水みちの発生が、これまでの知見から明らかとなっており課題</u>である。 |
| | 耐震 | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>矢板を残置した場合は、無い場合に対して地震時液状化による堤防沈下を抑制</u>する効果がみられる。 ・液状化対策としての地盤改良した場合と矢板を残置した場合を比較すると、<u>ともに堤防沈下を抑制する効果がみられるが、地盤改良の方が若干その抑制効果は大きい傾向</u>にある。 | <ul style="list-style-type: none"> ・地震時の構造物周りの<u>剥離の評価が未実施のため、矢板有無の影響の評価もできていない。</u> |
| | 経年変化 | <ul style="list-style-type: none"> ・矢板の残置した場合と撤去した場合で大きな差異はない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>矢板の引き抜きによる空隙発生に伴う周辺地盤の沈下の影響が、これまでの知見で明らかとなっており課題</u>である。 |
| 道路(構造物)の安全性・供用性を確保すること | 耐震 | <ul style="list-style-type: none"> ・河川基準の地震動では、矢板の残置した場合と無い場合で道路ボックスの滑動、浮上がりで大きな差異はない。 ・道路ボックス完成時の<u>構造部材照査(曲げ、せん断、層間変形角)、変形性能(底面回転角)に対して矢板を残置した場合としない場合で大きな差異はない。</u> | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>道路基準の地震動での照査が未実施であるため、矢板有無の影響の評価ができていない。</u> |
| | 経年変化 | <ul style="list-style-type: none"> ・矢板の残置した場合と撤去した場合で大きな差異はない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・構造物の液状化対策として、鋼矢板を用いて構造物下の液状化層を遮断し土粒子の回り込み等による構造部への影響を抑制する工法がある。しかし、<u>堤防との一体構造物として考えるには、矢板の長期的な健全性(腐食等の経年劣化)、維持管理などの課題があり、評価を行う必要がある。</u> |

青：検討でわかったこと。 赤：課題

4-4 中間とりまとめ

本検討で実施した先行2断面の解析及び機能評価から得られた中間とりまとめを以下に示す。

| 道路ボックス形状（階段2連・平面2連）の比較 | | 道路ボックス形状（階段2連・平面2連）の比較 | | |
|---------------------------------|--|--|---|---|
| 各確保機能 の定量的 評価から 得られた知見 | <p>① 耐浸透機能</p> <p><u>平面2連構造は、ボックス底面全体にわたり比較的流速の高いゾーンが発生する。</u></p> <p>一方、<u>階段2連構造では、下段側のボックスが透水層を大きく遮断するため、そのボックス底面沿いに局部的に流速の高いゾーンが発生</u>し、今回の解析断面では、階段2連の方が、平面2連に比べて2倍程度の流速の差が確認できた。ただ、<u>いずれもその絶対量は小さい。</u></p> <p>また、<u>局所動水勾配についても、いずれも絶対量は小さく</u>、横断的な耐浸透機能の定量的評価からは、<u>それぞれの構造の優位性は判断できない。</u></p> <p>② 耐震機能</p> <p>地震時のボックスの安全性、供用性に対して、構造部材照査結果（曲げ、せん断、層間変形角）、ボックス底面の鉛直変位による回転角に着目した底面回転角による変形照査から、<u>平面2連の方が、階段2連に比べ、安全性・供用性に優れる</u>と判断できる。</p> <p>また基礎地盤改良(S.C.P)を行うことで、地震時の変形性能が大きく向上し、堤体と構造物間の剥離の発生を抑制できる。</p> <p>③ 経年変化（圧密沈下）</p> <p>階段2連構造では剥離箇所が構造物全周におよび水みちの要因となる可能性が高い。</p> <p>一方、<u>平面2連構造は、地盤間の剥離発生箇所・発生量、盛土完成後の残留沈下量が小さいため、一体構造物としての安定性は高い</u>ことが判った。</p> | <p>① 耐浸透に対して</p> <p><u>縦断方向の浸透影響の評価の比較ができていない。</u></p> <p>また、現況と比較して<u>浸潤面が上昇するため、対策工の検討が必要</u>である。</p> <p>② 耐震に対して</p> <p>道路基準の地震動など、<u>継続時間の長い地震動に対する比較ができていない。</u></p> <p>③ 経年変化に対して</p> <p>平面2連構造の方が安定性は高いが、<u>構造物と地盤間の剥離の発生は懸念されるため、対策工の検討が必要</u>である。</p> | <p>① 平面2連構造とした場合に、<u>堤防の維持管理や災害復旧時に支障とならないか、確認が必要</u>である。</p> <p>② 道路ボックス上部の<u>堤防上部利用、環境、景観への悪影響がないか確認が必要</u>である。</p> | <p>構造物の安定と復旧性に考慮した場合、堤防への道路構造物の食い込みは大きくなるが、地震時での変形が小さく、圧密沈下による影響が少ない<u>平面2連を道路ボックス形状の基本形</u>として考える方針とする。</p> <p>但し、特殊区間（ランプ部）では部分的に階段2連を採用する必要があり、今回の解析結果を反映した対策工、モニタリング等の検討を今後実施する必要がある。</p> |
| | <p>圧密沈下による回転 変形が小さい</p>  <p>変形が小さく剥離の発生が少ない</p> <p>平面2連構造</p> | <p>圧密沈下により回転 変形しやすい</p>  <p>変形が大きくなるため剥離が発生しやすい</p> <p>階段2連構造</p> | <p>① 平面2連構造とした場合に、<u>堤防の維持管理や災害復旧時に支障とならないか、確認が必要</u>である。</p> <p>② 道路ボックス上部の<u>堤防上部利用、環境、景観への悪影響がないか確認が必要</u>である。</p> | <p>道路施設を構築する上で、<u>ランプ部は物理的に階段構造とならざるを得ず、全線を平面2連構造で設定することは困難</u>である。</p> <p>部分的に階段2連の構造を採用することが必要になるため、<u>機能確保のための対策工検討が今後の課題</u>である。</p> <p>また、縦断的な検討が未実施のため、今後の課題である。</p> |
| | <p>① 耐浸透機能</p> <p><u>平面2連構造は、ボックス底面全体にわたり比較的流速の高いゾーンが発生する。</u></p> <p>一方、<u>階段2連構造では、下段側のボックスが透水層を大きく遮断するため、そのボックス底面沿いに局部的に流速の高いゾーンが発生</u>し、今回の解析断面では、階段2連の方が、平面2連に比べて2倍程度の流速の差が確認できた。ただ、<u>いずれもその絶対量は小さい。</u></p> <p>また、<u>局所動水勾配についても、いずれも絶対量は小さく</u>、横断的な耐浸透機能の定量的評価からは、<u>それぞれの構造の優位性は判断できない。</u></p> <p>② 耐震機能</p> <p>地震時のボックスの安全性、供用性に対して、構造部材照査結果（曲げ、せん断、層間変形角）、ボックス底面の鉛直変位による回転角に着目した底面回転角による変形照査から、<u>平面2連の方が、階段2連に比べ、安全性・供用性に優れる</u>と判断できる。</p> <p>また基礎地盤改良(S.C.P)を行うことで、地震時の変形性能が大きく向上し、堤体と構造物間の剥離の発生を抑制できる。</p> <p>③ 経年変化（圧密沈下）</p> <p>階段2連構造では剥離箇所が構造物全周におよび水みちの要因となる可能性が高い。</p> <p>一方、<u>平面2連構造は、地盤間の剥離発生箇所・発生量、盛土完成後の残留沈下量が小さいため、一体構造物としての安定性は高い</u>ことが判った。</p> | <p>① 耐浸透に対して</p> <p><u>縦断方向の浸透影響の評価の比較ができていない。</u></p> <p>また、現況と比較して<u>浸潤面が上昇するため、対策工の検討が必要</u>である。</p> <p>② 耐震に対して</p> <p>道路基準の地震動など、<u>継続時間の長い地震動に対する比較ができていない。</u></p> <p>③ 経年変化に対して</p> <p>平面2連構造の方が安定性は高いが、<u>構造物と地盤間の剥離の発生は懸念されるため、対策工の検討が必要</u>である。</p> | <p>① 平面2連構造とした場合に、<u>堤防の維持管理や災害復旧時に支障とならないか、確認が必要</u>である。</p> <p>② 道路ボックス上部の<u>堤防上部利用、環境、景観への悪影響がないか確認が必要</u>である。</p> | <p>構造物の安定と復旧性に考慮した場合、堤防への道路構造物の食い込みは大きくなるが、地震時での変形が小さく、圧密沈下による影響が少ない<u>平面2連を道路ボックス形状の基本形</u>として考える方針とする。</p> <p>但し、特殊区間（ランプ部）では部分的に階段2連を採用する必要があり、今回の解析結果を反映した対策工、モニタリング等の検討を今後実施する必要がある。</p> |
| | <p>① 耐浸透機能</p> <p><u>平面2連構造は、ボックス底面全体にわたり比較的流速の高いゾーンが発生する。</u></p> <p>一方、<u>階段2連構造では、下段側のボックスが透水層を大きく遮断するため、そのボックス底面沿いに局部的に流速の高いゾーンが発生</u>し、今回の解析断面では、階段2連の方が、平面2連に比べて2倍程度の流速の差が確認できた。ただ、<u>いずれもその絶対量は小さい。</u></p> <p>また、<u>局所動水勾配についても、いずれも絶対量は小さく</u>、横断的な耐浸透機能の定量的評価からは、<u>それぞれの構造の優位性は判断できない。</u></p> <p>② 耐震機能</p> <p>地震時のボックスの安全性、供用性に対して、構造部材照査結果（曲げ、せん断、層間変形角）、ボックス底面の鉛直変位による回転角に着目した底面回転角による変形照査から、<u>平面2連の方が、階段2連に比べ、安全性・供用性に優れる</u>と判断できる。</p> <p>また基礎地盤改良(S.C.P)を行うことで、地震時の変形性能が大きく向上し、堤体と構造物間の剥離の発生を抑制できる。</p> <p>③ 経年変化（圧密沈下）</p> <p>階段2連構造では剥離箇所が構造物全周におよび水みちの要因となる可能性が高い。</p> <p>一方、<u>平面2連構造は、地盤間の剥離発生箇所・発生量、盛土完成後の残留沈下量が小さいため、一体構造物としての安定性は高い</u>ことが判った。</p> | <p>① 耐浸透に対して</p> <p><u>縦断方向の浸透影響の評価の比較ができていない。</u></p> <p>また、現況と比較して<u>浸潤面が上昇するため、対策工の検討が必要</u>である。</p> <p>② 耐震に対して</p> <p>道路基準の地震動など、<u>継続時間の長い地震動に対する比較ができていない。</u></p> <p>③ 経年変化に対して</p> <p>平面2連構造の方が安定性は高いが、<u>構造物と地盤間の剥離の発生は懸念されるため、対策工の検討が必要</u>である。</p> | <p>① 平面2連構造とした場合に、<u>堤防の維持管理や災害復旧時に支障とならないか、確認が必要</u>である。</p> <p>② 道路ボックス上部の<u>堤防上部利用、環境、景観への悪影響がないか確認が必要</u>である。</p> | <p>道路施設を構築する上で、<u>ランプ部は物理的に階段構造とならざるを得ず、全線を平面2連構造で設定することは困難</u>である。</p> <p>部分的に階段2連の構造を採用することが必要になるため、<u>機能確保のための対策工検討が今後の課題</u>である。</p> <p>また、縦断的な検討が未実施のため、今後の課題である。</p> |

青：検討でわかったこと。 赤：課題

| 仮設土留め鋼矢板の取り扱いについて | |
|---------------------|---|
| 各確保機能の定量的評価から得られた知見 | <p>① 耐浸透に対して 土留め矢板の残置により、<u>堤体内浸潤面が上昇し、現況堤防に対して機能低下となる。</u>また水位上昇が大きいほど、<u>地震時や圧密沈下による構造物と地盤間の剥離発生に起因する水みちの発生が懸念</u>される。</p> <p>② 耐震に対して 地震時には、<u>矢板を残置しない断面では河川堤防側の側面に顕著な剥離が発生</u>し、水みちの発生が懸念されるが、<u>矢板の残置により剥離量を若干ではあるが低減される傾向</u>にある。</p> <p>③ 経年変化に対して 矢板残置と矢板撤去のケースで、大きな差異はなかった。</p> |
| 矢板の引き抜きによる影響 | <p>施工後、土留め矢板の撤去により、以下のような堤体への影響が懸念される</p> <p>① 矢板撤去に伴い、<u>堤体のゆるみゾーンの発生と地表面沈下の発生が予測される。</u></p> <p>② 矢板と道路ボックスの離隔は 80cm 程度であるため、<u>矢板の撤去によりボックス側面の地盤にゆるみが発生し、浸透に伴う水みちがより発生しやすい条件</u>となる。</p> |
| 現時点での方向性 | <p>代表断面での解析により、<u>土留鋼矢板の残置により耐震等の安全性が向上することは確認</u>できた一方で、<u>浸潤面が上昇するなどの現象が確認</u>された。</p> <p>仮設構造物であれば撤去が原則であるが、矢板撤去による基礎地盤の乱れ、水みちの発生などが懸念される面もある。</p> <p>現時点での定量的評価からその良否の判断は難しいため、以下に示す課題の評価を行い、総合的に判断を行うものとする。</p> |
| 課題 | <p>耐震機能の検討で道路基準の地震動での検討もを行い、評価を加える必要がある。また、今回は横断方向に対する評価しかできておらず、<u>縦断方向での影響評価</u>も必要である。</p> <p>また、堤防との一体構造物として考えるには、<u>矢板の長期的な健全性（腐食等の経年劣化）が課題</u>となるため、これまでに知見等から評価を行うとともに、残置する場合の影響については維持管理・点検・モニタリングの検討、引き抜く場合は、その後処理の手法などの検討も行った上で、総合評価し判断する必要がある。</p> |

青：検討でわかったこと。 赤：課題