

## 第4章 安全性に関する検討

### 4.1 検討方針

安全性に関する検討について、各被害シナリオに対する確保機能と検討方針を以下に示し、表 4.1.1 のとおり整理する。整理した確保機能について、本章で解析を実施し安全性を確認する。

#### (1) 豪雨・洪水（高潮）などによる被災に対する機能

浸透水、地下水に関連して、豪雨・洪水（高潮）などに対する堤防および道路の確保すべき機能、配慮すべき事項として、以下の5項目が挙げられる。

##### 1) 耐浸透機能

外力（豪雨・洪水）に対し、基礎地盤のパイピング破壊やすべり破壊に対して、所要の安全率等を有している必要がある。

このため、浸透流解析を実施し、一体構造物整備に伴う地下水流動阻害により堤体内浸潤面が上昇することによって発生する構造物に沿った縦断方向あるいは横断方向の水みちに対し、堤防の弱体化に繋がらない機能が確保できるか検討する。

##### 2) 耐侵食機能

洪水時において、直接侵食あるいは低水路等からの側方侵食、洗掘に対して安全性を有している必要がある。このため、洪水時の流速や堤防形状から耐侵食性能について検討する。

また、堤防天端付近に整備される道路（淀川南岸線等）の排水によって洗掘や堤防侵食が生じないよう構造検討を行う。

##### 3) 構造的安定性

堤体内浸透水により道路ボックスが浮上り、継手部に段差が生じることによる交通安全性、供用性を損なわない構造検討が必要である。

このため、越水により上載土が流出し、道路ボックスが浮き上がり、堤防機能を損なうことがないように土留構造の検討や浮上りの照査を実施する。

##### 4) 構造物の止水性

一体構造物として堤体内に道路ボックスが設置されることから、道路ボックス内への漏水、土砂流入が堤防の弱体化に大きく起因するため、構造物、特に継手部の止水性を確保する必要がある。

##### 5) 周辺影響の抑制・低減

一体構造物整備により、地下水流動阻害による周辺地盤の地下水低下による地盤沈下が発生する可能性があるため、その影響が生じないよう地下水の透水性を確保する必要がある。

## (2)地震による被災に対する機能

地震に対する堤防および道路の確保すべき機能、配慮すべき事項としては、以下のとおりである。

### 1) 河川堤防の機能

地震発生後、河川水の河川外への越流を防止する必要がある。地震経験後においても構造物周辺の剥離や変形により堤防の陥没や水みちが発生し、堤防の弱体化が生じないように検討する。

### 2) 道路ボックスの機能

道路機能として人命を失うような構造物の損傷、変形、移動が生じないよう部材設計、液状化に対する浮上り、継手部の検討を行う。

## (3)地盤変形による被災に対する機能

地盤変形に対する堤防および道路の確保すべき機能、配慮すべき事項としては、以下のとおりである。

### 1) 河川堤防の機能確保

盛土による圧密沈下による堤防の沈下・変形を抑制し、完成後や施工中においても河川堤防として必要な堤防高が確保される必要がある。また、道路ボックス底盤と基礎地盤との間に隙間が生じると水みちとなるおそれがあることから、剥離を抑止する構造とすることが求められる。このため、地盤変状解析を実施し、施工中や完成後の堤防形状の予測を行い、堤防高の変化を照査する。変状が大きく対策工が必要となる場合は、地盤と構造物との間の剥離を抑止できる対策工を選定する。

### 2) 道路ボックスの機能確保

基礎地盤の沈下・変形に対し、道路の交通上の安全性、供用性を確保する。また、継手部の段差や道路ボックス間の離れの抑制、道路ボックス間からの漏水防止のための止水機能を確保することが求められる。このため、上記の地盤変状解析により道路ボックスの変化を照査する。

### 3) 周辺への影響

周辺は家屋が近接する区間もあることから、圧密沈下による周辺家屋への影響に配慮する必要がある。家屋への影響についても、地盤変状解析による近傍家屋位置での変位を確認することにより照査を行うものとする。

## (4)経年変化による被災に対する確保機能

経年変化に対する堤防および道路の確保すべき機能、配慮すべき事項としては、以下のとおりである。

河川堤防と道路ボックスに共通して、老朽化による構造物の損傷の拡大を防ぐ必要がある。河川堤防に対して、交通振動による道路ボックス周辺の剥離を抑制し、水みちの発生を防ぐ必要がある。

表 4.1.1 想定される確保機能（完成時）

| ・被害シナリオ |       |                                             |                                                    |
|---------|-------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| シナリオ    |       |                                             |                                                    |
| ①洪水・降雨  | 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 |                                                    |
|         | 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                    |                                                    |
|         | 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                |                                                    |
|         | 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               |                                                    |
|         | BC-12 | 道路躯体の本体・継手部の止水性を確保すること                      |                                                    |
| ②地下水変動  | 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-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        |                                                    |
|         | 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                |                                                    |
|         | BC-12 | 道路躯体の本体・継手部の止水性を確保すること                      |                                                    |
|         | BC-10 | 堤内地の地下水変動を抑制すること                            |                                                    |
| ③地震     | 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より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと       |                                                    |
|         | 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  | 土と構造物間が地震時の変形や剥離により、堤防沈下や水みち発生をおこさないこと      |                                                    |
|         | 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            |                                                    |
|         | BC-15 | 非常時に交通規制を行う                                 |                                                    |
| ④地盤変形   | 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隙間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（BC-8と共通）                 |                                                    |
|         | 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-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            |                                                    |
|         | BC-12 | 道路躯体の本体・継手部の止水性を確保すること                      |                                                    |
|         | BC-8  | 圧密沈下による周辺影響を防止すること（LC-16と共通）                |                                                    |
| 経年変化    | ⑤交通振動 | LC-14                                       | 交通振動による水みち発生を起こさないこと                               |
|         | ⑥老朽化  | LC-24                                       | 構造物周辺については、連通試験、開削調査等の個別調査を行い、異常のレベルに応じて補修・補強を行うこと |
|         |       | BC-16                                       | 老朽化による構造物の損傷の拡大を防ぐこと                               |
|         |       | BC-14                                       | 損傷で段差が生じた場合に構造物・舗装の補修ができること                        |

## 4.2 被害シナリオごとの検討結果

### 4.2.1 豪雨・洪水（高潮）などによる影響検討

河川堤防の浸透による被害は、降雨および河川水の浸透により堤体内浸潤面が上昇することによるすべり破壊および基礎地盤の浸透圧の上昇によるパイピング破壊が主なものとされている。完成時における洪水・豪雨による影響検討は、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」平成 24 年 2 月 財団法人国土技術センター（以降、「構造検討の手引き」とする）、「改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説」2008 年 7 月 建設省河川局監修 社団法人日本河川協会編（以降、「河川砂防技術基準」とする）、を基本として、浸透によるパイピング破壊およびすべり破壊に対する安全性検討を行う。

本検討では、淀川左岸線（2 期）完成時における、洪水・豪雨により想定される被害シナリオから導いた一体構造物の確保機能を照査することを目的として、堤防形式、道路形式、堤防と道路との近接度に着目し検討対象断面の抽出を行い、構造検討の手引きで示されている外力条件を適用し、飽和－不飽和浸透流解析を用いて堤体内の浸潤挙動をシミュレートする。降雨および河川水の浸透に伴う基礎地盤の浸透圧上昇におけるパイピング破壊に対する安全性の照査、堤体内浸潤面が上昇することによるすべり破壊に対する安全性の照査を行う。

また、豪雨・洪水（高潮）などの被害シナリオから導いた確保機能は、以下のとおりである。

#### ■耐浸透機能に必要な確保機能

|       |                                             |
|-------|---------------------------------------------|
| LC－1  | 地下水流動阻害（堤体内浸潤面の上昇）により水みちを起こさないこと            |
| 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        |
| 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 |
| BC－6  | 道路躯体の浮上がりに対する安全性、供用性を確保すること                 |
| 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               |
| BC－10 | 堤内地の地下水変動を抑制すること                            |
| BC－12 | 道路躯体の本体・継手部の止水性を確保すること                      |

#### ■耐侵食機能に必要な確保機能

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| 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          |



#### 4.2.1.1 耐浸透機能に対する検討

淀川左岸線（2期）完成時における豪雨・洪水により堤体内の水位が上昇し、堤体での水みちの発生や、パイピング破壊、すべり破壊による被害が想定されている。

本節では、鉛直二次元断面モデルによる飽和－不飽和浸透流解析を用いて堤体内の浸潤挙動をシミュレートし、基礎地盤の浸透圧上昇におけるパイピング破壊に対する安全性の照査、堤体内浸潤面が上昇することによるすべり破壊に対する安全性の照査を行う。さらに、道路ボックスが、地下水や堤体内の浸透水の流動を阻害することによる水みちの発生に対する検討を行う。なお、構造物に沿った縦断方向の水みちの発生の照査にあたっては、鉛直三次元断面モデルによる飽和－不飽和浸透流解析を用いる。

また、被害シナリオから導いた耐浸透機能に対する確保機能は以下のとおりである。

##### (1) 豪雨・洪水による一体構造物に対する浸透挙動予測に用いる解析手法

土は一般に土粒子（固体）、間隙水（液体）、間隙空気（気体）からなる三相系である。ここでは、河川堤防、基礎地盤、道路ボックスは変形しない状態を仮定し、豪雨・洪水を外力条件とした場合の堤体内浸透挙動を解析することを目的とすることから、本検討に用いる解析手法は、飽和－不飽和状態の地盤中を浸透する水の運動を解析することとし、この浸透水の連続式は質量保存則より導かれた支配方程式を用い、地盤中の浸透水の流速は層流状態であることから流速項に Darcy 則を適用した次式による。この解析手法は構造検討の手引きにも示されている。

$$-\frac{\partial \psi}{\partial x} \left( k \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial \psi}{\partial z} + k \right) = (C + \alpha \cdot S_s) \frac{\partial \psi}{\partial t}$$

ここに、  
x：堤防横断面の水平方向の軸  
z：堤防横断面の鉛直方向の軸  
k：透水係数(m/hr)  
 $\psi$ ：圧力水頭(m)  
C：比水分容量(1/m)  
 $\alpha$ ：1の場合飽和領域、0の場合不飽和領域  
 $S_s$ ：比貯留係数(1/m)  
t：時間(hr)

### 1) 飽和－不飽和浸透流解析に用いるパラメータとその設定方針

淀川左岸線（2期）事業は、淀川左岸 4k 付近から 8k 付近を対象としているが、浸透問題において特に重要となる透水係数について、現場透水試験より得られた透水係数の縦断分布を見ると大きなバラツキはなく、概ねワンオーダー以内となっていることから、本検討においては全ての解析断面で同じパラメータを設定する。透水係数の縦断分布の例を図 4.2.1 に示す。

各土層の土質定数については、表 4.2.1 の設定値を用いて解析を行っており、各パラメータの設定方針を以下に示す。

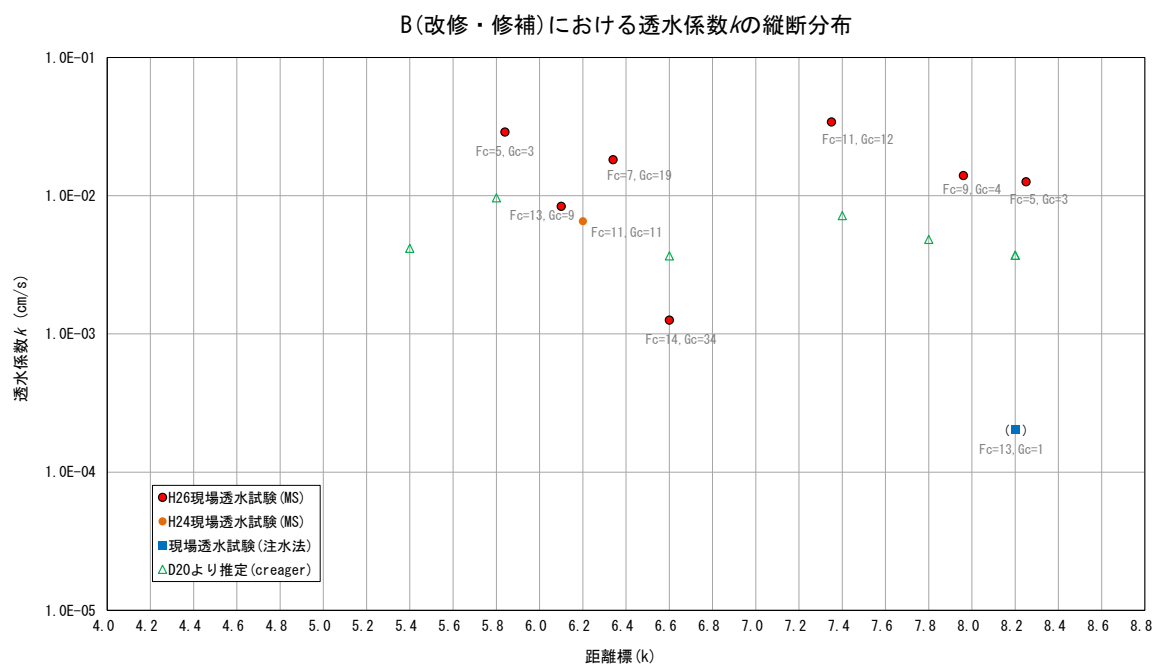


図 4.2.1 透水係数の縦断分布 B（改修・修補）

表 4.2.1 地盤定数の設定一覧表

| 土層<br>(分類)          | 物理特性        |                         |                |                   | 力学特性【浸透検討】           |                                                                              |                            |         |
|---------------------|-------------|-------------------------|----------------|-------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|
|                     | 平均N値        | ポアソン比<br>$\nu$          | 単位体積重量 (kN/m3) |                   | 透水係数<br>$k$ (cm/s)   | 粘着力<br>$c$ (kN/m <sup>2</sup> )                                              | 内部摩擦角 $\Phi$ (deg)         |         |
|                     |             |                         | 湿潤 $\gamma_t$  | 飽和 $\gamma_{sat}$ |                      |                                                                              | $\phi$                     | $\phi'$ |
| 新規築堤                | —           | 0.33                    | 19.0           |                   | 1.00E-03             | 0.0                                                                          | 38.2                       | —       |
|                     | 設定不要        | 地盤の一般値                  | 盛土(砂質土)の一般値    |                   | 新規盛土の一般値(手引き)        | 現況盛土相当B層(改修・修補)                                                              |                            |         |
| スーパー堤防<br>(No45,53) | —           | 0.33                    | 19.0           |                   | 1.00E-03             | 0.0                                                                          | 38.2                       | —       |
|                     | 設定不要        | 地盤の一般値                  | 盛土(砂質土)の一般値    |                   | 新規盛土の一般値(手引き)        | 現況盛土相当B層(改修・修補)                                                              |                            |         |
| B(改修・修補)            | 7           | 0.33                    | 17.0           | 18.6              | 3.12E-02             | 1.0                                                                          | 38.2                       | —       |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 現場透水試験結果より決定         | 手引きに準拠(CD試験の平均値=4.7)                                                         | 区間内における三軸圧縮試験(CD条件)の平均値を設定 |         |
| B(改良工事)             | 5           | 0.33                    | 17.7           | 18.6              | 1.56E-03             | 13.6                                                                         | 25.5                       | —       |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 現場透水試験結果より決定         | 区間内における三軸圧縮試験(CU条件)の平均値を設定                                                   |                            |         |
| B(高水敷整備)            | 5           | 0.33                    | 18.4           | 19.7              | 4.42E-04             | 11.8                                                                         | 26.0                       | —       |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 現場透水試験結果より決定         | 区間内における三軸圧縮試験(CU条件)の平均値を設定                                                   |                            |         |
| B(中津埋立)             | 7           | 0.33                    | 19.7           | 20.5              | 2.53E-05             | 31.4                                                                         | 18.5                       | —       |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 現場透水試験結果より決定         | 区間内における三軸圧縮試験(CU条件)の平均値を設定                                                   |                            |         |
| Asc1                | 8           | 0.33                    | 18.1           | 18.5              | 4.36E-03             | 23.7                                                                         | 27.9                       | —       |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 現場透水試験結果より決定         | 区間内における三軸圧縮試験(CU条件)の平均値を設定                                                   |                            |         |
| Acs1                | 5           | 0.33                    | 16.8           | 16.9              | 7.84E-05             | 区間内の三軸圧縮試験結果(UU条件)を整理し、当該位置(層中心)における有効上載圧を考慮した $c$ を設定(手引きに準拠し $\phi=0$ とする) | 25.6                       |         |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 現場透水試験結果より決定         |                                                                              | Acと同値を設定                   |         |
| Ac                  | 2           | 0.33                    | 16.2           | 16.2              | 1.06E-07             |                                                                              | 25.6                       |         |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 室内透水試験結果より決定         |                                                                              | CUb試験の下限値( $\sigma_c$ )    |         |
| Acs2                | 4           | 0.33                    | 17.1           | 17.1              | 1.05E-07             |                                                                              | 29.4                       |         |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 室内透水試験結果より決定         |                                                                              | CUb試験の下限値( $\sigma_c$ )    |         |
| Asc2                | 8           | 0.33                    | 17.9           | 18.0              | 4.71E-05             | 66.1                                                                         | 13.6                       | —       |
|                     | 標準貫入試験の平均値  | 地盤の一般値                  | 室内試験の平均値       |                   | 現場透水試験結果より決定         | 区間内における三軸圧縮試験(CU条件)の平均値を設定                                                   |                            |         |
| Dg1                 | N $\geq$ 50 | —                       | —              | —                 | —                    | —                                                                            | —                          | —       |
|                     | N値50以上の砂礫層  | 耐震性能照査上の基盤面以深であるためモデル化し |                |                   |                      |                                                                              |                            |         |
| コンクリート              | —           | 0.17                    | 24.5           |                   | 1.00E-08             | —                                                                            | —                          | —       |
|                     | 設定不要        |                         |                |                   | 難透水層としてAc層の透水係数以下を設定 |                                                                              |                            |         |

## ■内部摩擦角： $\phi$

地盤の内部摩擦角は以下に示す方針で設定する。

- ・ 細粒分含有率が少なく、主に砂分で構成される地盤（B（改修・修補））については、透水性が高い排水条件の砂質土として捉え、三軸圧縮試験（CD 条件）の試験結果より、粒度特性から想定される一般値と大きく異なる結果を除外したうえで平均値を設定値とする。なお、この層に対して CUB 試験は実施されていない。
- ・ 細粒分含有率が多い砂層（B（改良）、B（高水敷整備）、B（運河埋立）、Asc1 層）については、透水性が低い排水条件の層（中間土）とし、三軸圧縮試験（CU 条件）の試験結果より、粒度特性から想定される一般値と大きく異なる結果を除外したうえで平均値を設定値とする。

表 4.2.2 浸透に対する堤防の安全性確認に必要な土質定数

| 必要な土質定数       |                           | 用 途                   | 備 考                                                                                                                                                                              |
|---------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 飽和透水係数 $k_s$  |                           | 非 定 常<br>浸透流計算        | 現場および室内での透水試験結果にもとづいて設定する                                                                                                                                                        |
| 不 飽 和<br>浸透特性 | 比透水係数 $\theta \sim k_r$   |                       | 体積含水率 $\theta$ と比透水係数 $k_r$ (不飽和透水係数/飽和透水係数) の関係、および体積含水率 $\theta$ と負の圧力水頭 $\phi$ の関係(水分特性曲線)を示すもので、実際に求める場合には特別な試験が必要で、本手引きでは原則として後出の図 4.3.5 および図 4.3.6 に設定される不飽和浸透特性を利用することとする |
|               | 水分特性曲線 $\theta \sim \phi$ |                       |                                                                                                                                                                                  |
| 湿潤密度 $\rho_t$ |                           | 安 定 計 算 <sup>①)</sup> | 原則として室内試験結果にもとづいて設定する                                                                                                                                                            |
| 粘 着 力 $c$     |                           |                       | 粘性土については CU 試験または UU 試験の結果に基づいて設定する。<br>砂質土については CUB 試験、CD 試験または CU 試験の結果にもとづいて設定する                                                                                              |
| 内部摩擦角 $\phi$  |                           |                       |                                                                                                                                                                                  |

注) 安定計算は一般全応力法にもとづいて実施

表 4.2.3 一般全応力法に用いる強度定数と間隙水圧

| 分割片底面の条件            | 強度定数                                                                         |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 非排水条件<br>(透水性が低い場合) | 粘着力 $c_U$ (内部摩擦角 $\phi_U \approx 0$ )<br>または、粘着力 $c_{CU}$ 、内部摩擦角 $\phi_{CU}$ |
| 排水条件<br>(透水性が高い場合)  | 粘着力 $c_d \approx c'$ 、内部摩擦角 $\phi_d \approx \phi'$                           |

出典：「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月」p.50, P57

- ・ 新規築堤の盛土材料については、構造検討の手引きに準拠し、既設堤防と同等以上のせん断強度を有することを想定し、断面拡大側の既設堤防材（B（改修・修補））の内部摩擦角  $\phi$  の同値を設定値とする。

なお、Ac 層より下位の土層については、堆積深度が G.L. - 25m と深いため、すべり破壊の円弧が通過しないと推察し、せん断強度を設定しないものとする。

### ■粘着力： $c$

地盤の粘着力は以下に示す方針で設定する。

- ・ 細粒分含有率が少なく、主に砂分で構成される地盤（B（改修・修補））については、三軸圧縮試験（CD 条件）の試験結果を参考に粘着力を設定する。
- ・ 細粒分含有率が多い砂層（B（改良）、B（高水敷整備）、B（運河埋立）、Asc1 層）については、内部摩擦角と同様の考え方で、三軸圧縮試験（CU 条件）の試験結果より、粒度特性から想定される一般値と大きく異なる結果を除外したうえで平均値を設定値とする。
- ・ 粘性土層については、上載荷重によるせん断強度の変化を考慮するため、有効土被り圧と非排水せん断強度  $c_u$ （三軸圧縮試験（UU 条件）の試験結果）の関係を整理したうえで、検討断面における当該粘性土層の層中心位置の有効土被り圧に相当する非排水せん断強度を評価し設定値とする。

### ■飽和透水係数： $k^s$

地盤の透水係数は現場透水試験を用いて次に示す方針で設定する。

- ・ 検討対象区間（淀川本川左岸 4.3k 付近～8.6k 付近）における基礎地盤の堆積層序は上方から沖積シルト質砂 Asc、沖積砂質シルト Acs、沖積粘土質シルト Ac と成っており、これら基礎地盤モデルは粒度特性より区分する。
- ・ 盛土層は、昭和 49 年に編集された「淀川百年史」により、新淀川放水路設置を目的とした淀川改良工事（明治 31 年～43 年）、この工事における不用土砂を河口に運搬投棄するために中津川の一部を利用して開削し、後に埋戻した長柄運河、大正 6 年 10 月 1 日の大洪水により実施された淀川改修増補工事における新淀川方面工事（大正 14 年～昭和 3 年）、昭和 13 年 6 月～7 月の出水により実施された淀川修補工事（昭和 14 年～43 年）における新淀川の工事、昭和 46 年以降の淀川水系工事実施基本計画により整備された高水敷に区分する。

なお、既設堤防天端付近で実施されたボーリング調査結果より淀川改良工事、淀川改修増補工事、淀川修補工事は明確に区分できないが、淀川改良工事は基礎地盤掘削土を用いたことが明記されていることから、堤外側地盤調査における低水路相当地盤の地盤特性を用いてこの工事盛土層をモデル化する。

- ・ 現場透水試験の結果から得られた各層の透水係数は、B（運河埋立）を除いてワンオーダー程度内で大きなバラツキはないことから、本検討に用いる設定値は、試験結果と土層を勘案して、設定する。なお、B（運河埋立）の現場透水試験の結果はバラツキがあったため、安全側の検討に配慮し、透水係数を低く設定した。

次に本検討における設定値を表 4.2.4 に示す。

表 4.2.4 本検討における設定値

| 設定土層         | 飽和特性係数 (cm/sec)       |
|--------------|-----------------------|
| B (改良)       | $1.56 \times 10^{-3}$ |
| B (改修・修補)    | $3.12 \times 10^{-2}$ |
| B (高水敷整備)    | $4.42 \times 10^{-4}$ |
| B (運河埋立)     | $2.53 \times 10^{-5}$ |
| Asc1 沖積シルト質砂 | $4.36 \times 10^{-3}$ |
| Acs 沖積砂質シルト  | $7.84 \times 10^{-5}$ |
| Ac 沖積粘土質シルト  | $1.00 \times 10^{-6}$ |

次に示す部材は構造検討の手引き，現地状況を考慮して設定する。

- |               |                                                  |       |
|---------------|--------------------------------------------------|-------|
| ・ 特殊堤コンクリート護岸 | $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$               | 降雨浸透無 |
| ・ コンクリートブロック  | モデル化しない                                          | 降雨浸透無 |
| ・ アスファルト舗装    | モデル化しない                                          | 降雨浸透無 |
| ・ 市街地         | モデル化しない                                          | 降雨浸透無 |
| ・ 遮水シート       | モデル厚さ 1cm に対し $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ |       |
| ・ 土留鋼矢板       | モデル厚さ 1cm に対し $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ |       |
| ・ 礫置換(液状化対策)  | $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$               |       |

#### ■ 不飽和浸透特性

体積含水率  $\theta$  と比透水係数  $K_r$  の関係，および体積含水率  $\theta$  と負の圧力水頭  $\psi$  の関係は，「河川堤防の構造検討の手引き」に示されている設定値を適用する。

## (2) 鉛直二次元断面モデルによる検討対象断面の抽出と検討条件の設定

### 1) 検討対象断面の抽出

検討対象断面の抽出にあたっては、堤防形式（パラペット形式特殊堤、特殊堤、土堤）、道路形式（一般部、ランプ部）、堤防と道路との近接度（道路計画平面線形）、基礎地盤の透水層厚に着目する。

基礎地盤の透水層厚および堤防と道路の近接度の縦断分布を図 4.2.2 に示す。この図を参考に抽出した検討対象断面の整理表を表 4.2.5 に示す。

表 4.2.5 検討対象断面の抽出一覧

| 堤防形式       | 一般部           | ON ランプ部 | OFF ランプ部  | 高規格堤防 |
|------------|---------------|---------|-----------|-------|
| パラペット形式特殊堤 | No.94         | No.79   | —         | No.53 |
| 特殊堤        | No.117,No.152 | No.142  | No.130    | —     |
| 土堤         | No.190        | No.233  | No.221+15 | —     |

各断面は以下に示す理由により選定した。

- ・ No.53 は、パラペット形式特殊堤の海老江高規格堤防区間（一般部）において、透水層厚が比較的薄いことから選定した。
- ・ No.94 は、パラペット形式特殊堤区間（一般部）において、西行非常駐車帯が道路平面線形上のコントロールとなり堤防に近接することから選定した。
- ・ No.117 は、特殊堤（一般部）の下流区間において、西行非常駐車帯が道路平面線形上のコントロールとなり堤防に近接することから選定した。
- ・ No.152 は、透水層厚が同程度である特殊堤区間（一般部）の上流区間において、堤防と道路が近接していることから選定した。
- ・ No.190 は土堤区間（一般部）において、道路平面線形において西行非常駐車帯がコントロールとなり堤防に近接していることにくわえ、区間内において透水層が比較的薄いことから選定した。
- ・ No.79 は、パラペット形式特殊堤区間の中でも海老江北入路となるランプ区間であり、ランプ構造が単独道路ボックスと本線道路ボックス一体との境界付近となり、道路平面線形において堤防と道路が近接することから選定した。
- ・ No.130 は、特殊堤区間の中でも大淀出路となるランプ区間であり、No.79 同様の事由より選定した。
- ・ No.142 は、特殊堤区間の中でも大淀入路となるランプ区間であり、堤防と道路がもっとも近接することから選定した。
- ・ No.221+15 は、土堤区間の中でも豊崎出路となるランプ区間であり、No.79 同様の事由より選定した。この当断面は道路縦断線形が東西分離となっている。
- ・ No.233 は、土堤区間の中でも豊崎入路となるランプ区間であり、西行き道路ボックスが基礎地盤の浸透流を大きく阻害することから選定した。No.221+15 と同様、道路縦断線形は東西で分離している。

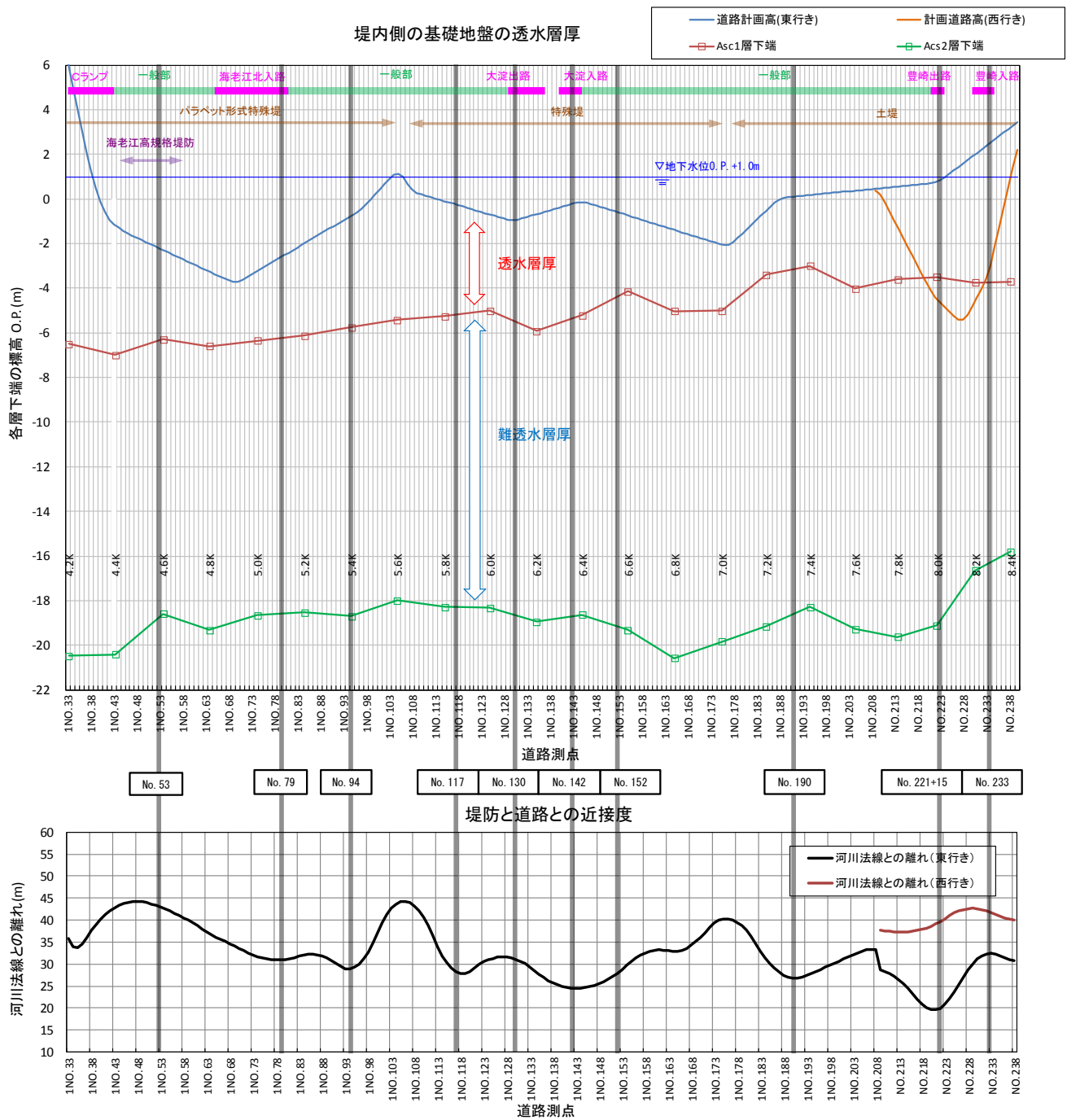


図 4.2.2 堤防と道路の近接度および基礎地盤の透水層厚を縦断分布

検討対象断面の平面位置の模式図を図 4.2.3 に示す。





## 2) 解析モデルの作成

二次元飽和－不飽和浸透流解析に用いる検討対象断面の解析モデル図を作成する。解析モデルの作成にあたり、淀川左岸線（2期）を堤防形式の異なる3区間に分け、豪雨・洪水の境界条件を設定する。

川表法勾配については、後述するように、堤体内浸潤面の上昇抑制の観点から、1:4を基本とする。

### ■ パラペット形式特殊堤区間（河川距離標 5.6k+50 より下流）

高潮堤区間であり、川表には張コンクリート式護岸が計画堤防高まで設置されており、川裏法面にはコンクリートブロックが設置されている。堤防天端はアスファルトで舗装され、堤内地側は家屋、工場が建ち並ぶ市街地が広がっている。

現況においては、川表の特殊堤コンクリート護岸は遮水性が高いと考え、河川水、降雨の堤体内への浸透は考慮しない。また、川裏法面にはコンクリートブロック、堤防天端にはアスファルト舗装が設置されているため、堤体内への降雨浸透は考慮せず、堤内地側の市街地には広範囲でアスファルト舗装が敷設されていることから降雨浸透を考慮しない。

完成時は、高規格堤防の護岸復旧の考えに基づき川表に遮水シートを設置するため、河川水、降雨は浸透せず、堤防天端、堤内地側については現況堤防と同様、降雨浸透を考慮しない。

### ■ 特殊堤区間（河川距離標 5.6k+50～7.0k+50）

下流のパラペット形式特殊堤区間と同様に高潮堤区間である。川表は計画堤防高までは張コンクリート式護岸が設置されており、計画堤防高から堤防天端高までは土羽である。川裏法面は土羽、堤防天端は地盤が露出し、堤内地側は家屋、工場が建ち並ぶ市街地である。

現況においては、下流のパラペット形式特殊堤区間と同様に、川表の護岸から堤体内への河川水、降雨の浸透は考慮しない。また、川表・川裏の土羽部については、法面が緩勾配（小段の勾配程度）であれば降雨浸透を考慮するが、それ以上の勾配では降雨が堤体内に浸透する前に法面表層を流出すると考え、降雨浸透を考慮しないものとする。地盤が露出している堤防天端には降雨浸透を考慮し、アスファルト舗装されている堤内地側には降雨浸透を考慮しない。

完成時における境界条件は、パラペット形式特殊堤区間と同様である。

### ■ 土堤区間（河川距離標 7.0k+50 より上流）

下流2区間とは異なり河川堤防区間である。川表法面の計画高水位以深は張ブロック式護岸が設置されており、計画高水位以浅は土羽である。川裏法面は土羽、堤防天端は地盤が露出している。堤内地側は家屋、工場が建ち並ぶ市街地である。

張コンクリート式護岸に比べ張ブロック式護岸の方が遮水性は低いと考え、当該区間において現況では河川水の浸透は考慮する。ただし、降雨については堤体内に浸透する前に法面表層を流出すると考え、降雨は浸透しないものとする。川表・川裏の土羽部、堤防天端および堤内側については、特殊堤区間と同様の降雨浸透条件とする。

完成時においては、川表の護岸形式が現況と同様であるため、河川水は浸透するが、降雨は浸透しないものとする。川裏については、緩勾配の法面に降雨浸透を考慮した場合においても洪水時の堤体内水位は現況よりも低くなるため、降雨浸透対策工を設置しない場合においても、現況堤防以上の機能が

確保される。しかし、堤体内水位が上昇すると構造物に沿った水みち発生の可能性が増大するため、豪雨時における堤体内水位の上昇を抑制することを目的として当該区間においても降雨浸透対策工を設置する方針とする。

なお、最上流部の No.233 は橋梁に近づくことから、法先部はやや緩い法面勾配となる。このため、区間内の一般的な形状となるよう法尻形状を補正してモデル化した。

以上より、設定した境界条件を表 4.2.6 に整理する。

表 4.2.6 降雨，河川水の堤体内への浸透の有無

| 堤防形式           |    | 降雨  |                  |      |    |    | 河川水 |
|----------------|----|-----|------------------|------|----|----|-----|
|                |    | 堤内地 | 川裏               |      | 天端 | 川表 | 川表  |
|                |    |     | 緩勾配(小段<br>の勾配以下) | 左記以外 |    |    |     |
| パラペット<br>形式特殊堤 | 現況 | ×   | ×                | ×    | ×  | ×  | ×   |
|                | 完成 | ×   | ×                | ×    | ×  | ×  | ×   |
| 特殊堤            | 現況 | ×   | ○                | ×    | ○  | ×  | ×   |
|                | 完成 | ×   | ×                | ×    | ×  | ×  | ×   |
| 土堤             | 現況 | ×   | ○                | ×    | ○  | ×  | ○   |
|                | 完成 | ×   | ○                | ×    | ×  | ×  | ○   |

※表中の「○」は堤体内への浸透を考慮すること、「×」は考慮しないことを示す

次に、検討対象断面の解析モデル図を作成する。解析上の境界条件，現況・施工時・完成時の断面形状，当該断面の外力条件を整理し，解析モデル図とする。

例として，No.94 の解析モデル図を図 4.2.4 に示す。解析モデル図下端は，Ac 層厚が解析結果に影響を及ぼさないことから，Ac 層下端より上部を設定する。モデル化する範囲は，川表側は計画高水位発生時の河道中心位置までとし，川裏側は川表側と同程度とした。構造検討の手引きでは，裏法尻から堤防の高さの 10 倍程度の範囲をモデル化すればよいとしており，本検討における堤内側のモデル化する範囲は，全検討対象断面においてこれを満足する距離である。

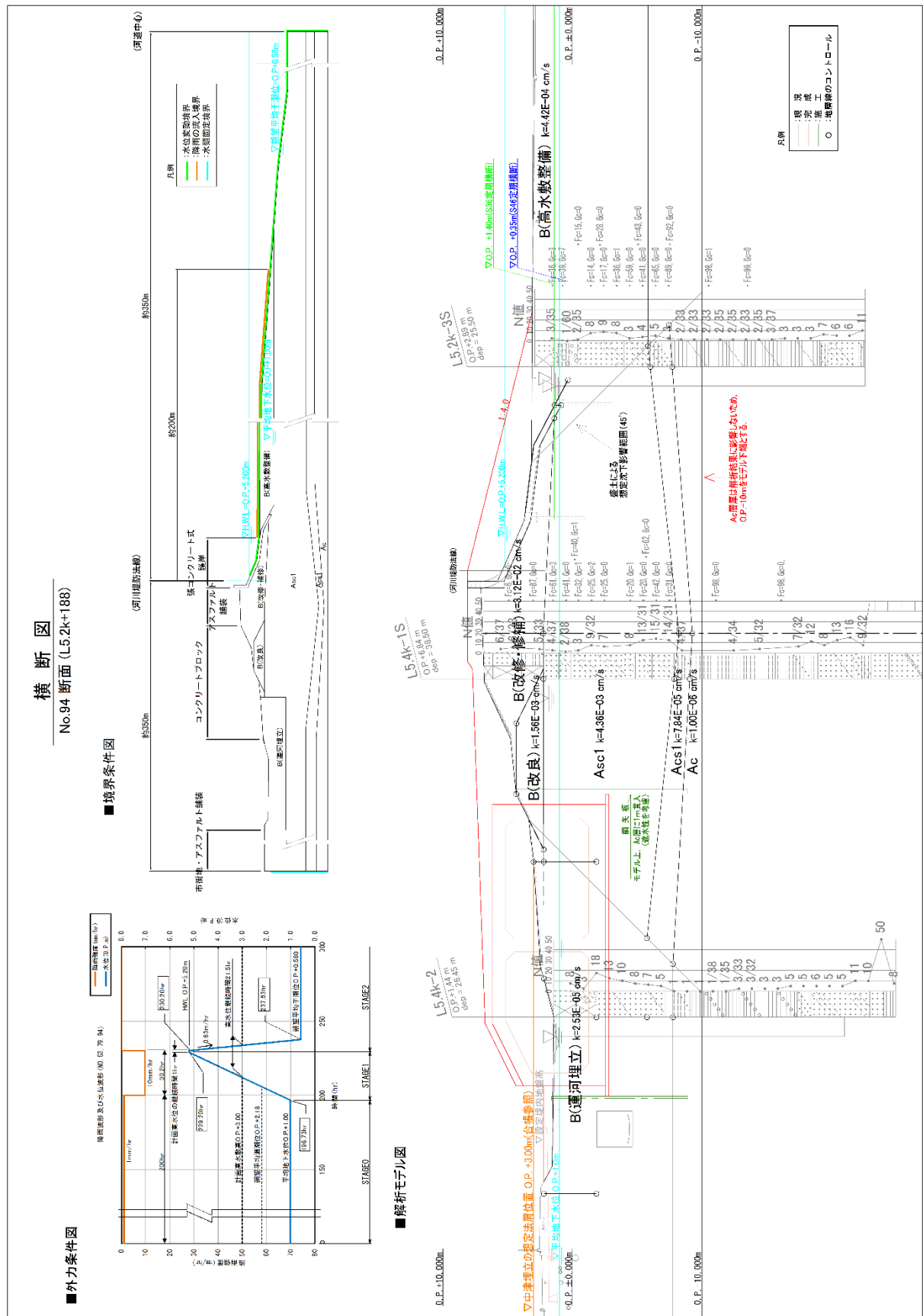


図 4.2.4 No.94 における解析モデル

### 3) 外力条件の設定

検討対象とする外力条件は、降雨と河川水位とし、その設定にあたっては、構造検討の手引きに準拠する。堤防への降雨の浸透は、河川水位と同様に堤体内の浸潤面を上昇させる要因となることから対象外力とされている。降雨量は、次の手順で設定している。

- ① 原則として当該河川の計画降雨量を用いる
- ② 降雨強度は 10mm/hr を目安とする
- ③ ①で設定した総降雨量と②で設定した降雨強度をもとに長方形の降雨波形を設定する

淀川本川では、枚方地点 (26.0k) が基準点となっており、この地点の計画降雨量は 302mm であるため、降雨強度 10mm/hr を 30.2 時間作用させる。なお、この設定条件は、淀川本川における河川堤防の浸透に対する安全性照査で用いられており、計画降雨量は河川整備基本方針で定められたものである。

河川水位の設定は、河川堤防の浸透に対する安全性の照査において重要な、波形面積（基準となる波形で囲まれる面積）、高水位の継続時間、洪水末期の水位低下速度（波形の勾配）により設定する。河川水位波形は、河川の流域特性などにより異なり、また同一河川においても上下流で差異がある。このことから、計画降雨にもとづいて基準地点ごとに算定した複数の水位波形（ダムなどの治水施設が配置されることを条件とした計画高水波形など）、または当面の整備目標として設定する洪水時の降雨にもとづいて基準地点ごとに算定した複数の水位波形をもとに、安全性の照査に用いる河川水位波形（これを基本水位波形と呼ぶ）を設定する。河川水位波形の水位低下勾配は、淀川本川では、昭和 35 年 8 月 30 日台風 16 号 (6016) における水位低下速度が最大となり、0.63m/hr である。

地下水位は、図 4.2.5 の「平成 15 年度地下水情報に関する報告書、地下水地盤環境に関する研究協議会、H16.6」をもとに整理する。淀川左岸線（2 期）の最も近傍にある観測点として、高見小学校観測井、対象区間の上流には大東小学校観測井がある（対象区間下流の西島小学校観測井は欠測）。これら観測結果より堤内側の初期地下水位については、以下の理由により O.P.+1.0m とする。

- ・ 近傍の高見小学校観測井の地下水位は O.P.+0.0m～1.0m 程度の範囲で変化している。
- ・ 区間上流に位置している大東小学校観測井の地下水位は O.P.+1.0m～1.5m 程度の範囲で変化している。
- ・ 淀川左岸線（2 期）区間の地下水位は高見小学校観測井よりも高く、大東小学校観測井よりも低いと考えられる。設定値としては高見小学校観測井の最大値程度が妥当と考えられる。

これより設定した外力条件として、降雨波形と水位波形の設定例を図 4.2.6 に示す。

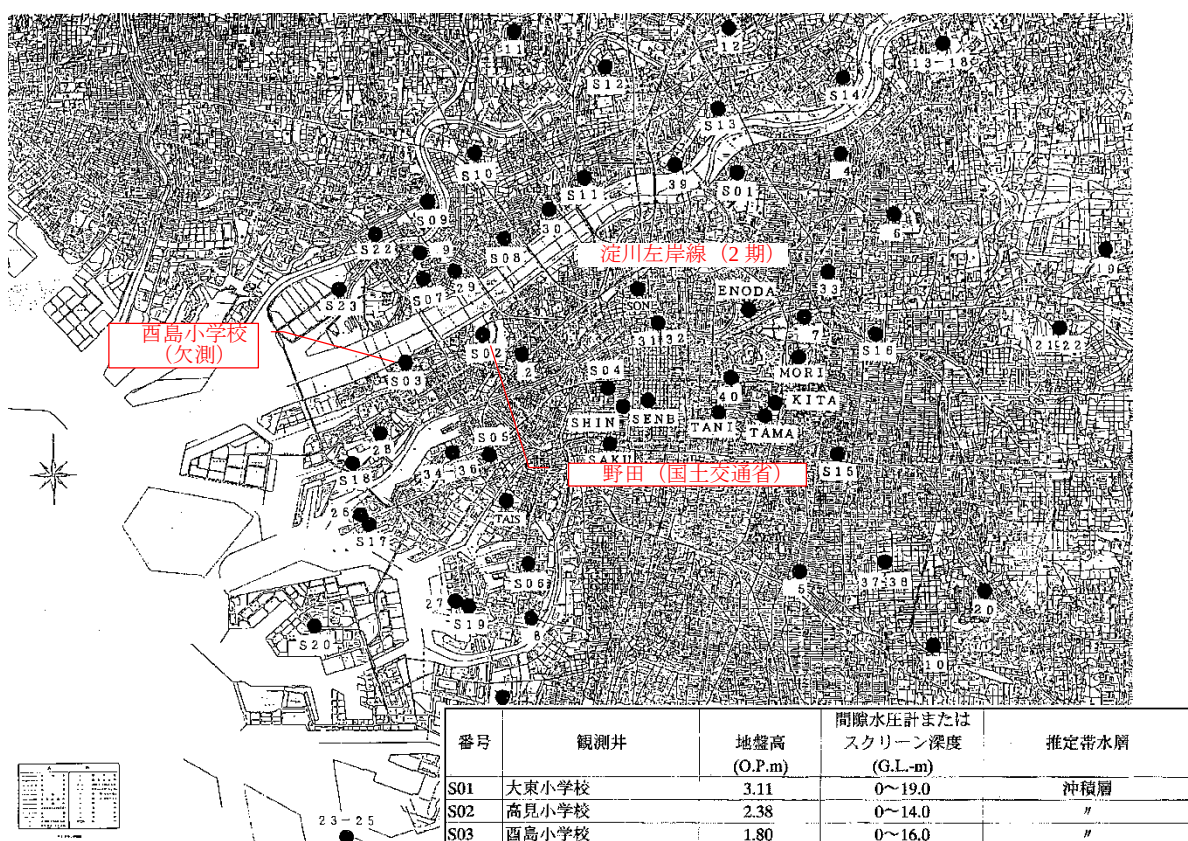


図 4.2.5 地下水位観測井位置図(出典：「平成 15 年度 地下水情報に関する報告書」)

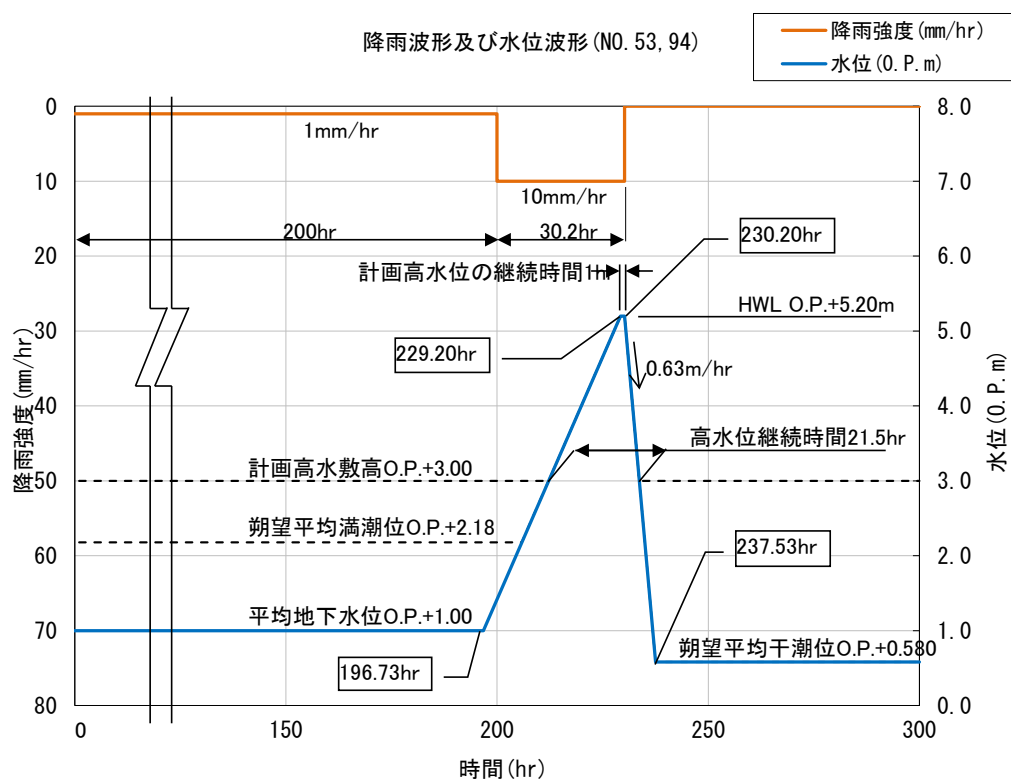


図 4.2.6 外力条件の設定例

#### 4) 照査基準

照査基準値は、表 4.2.7 構造検討の手引きおよび河川砂防技術基準を参考に設定する。基礎地盤のパイピング破壊を起こさないことを照査するため、鉛直二次元の飽和－不飽和浸透流解析により洪水中の構造物周辺の局所動水勾配、レーンの加重クリープ比を評価する。局所動水勾配は鉛直方向  $i_v$  が構造検討の手引きにより許容値 0.5 を下回ること、水平方向  $i_h$  が局所的な破壊を照査するために、既往研究成果（赤井の式<sup>2)</sup>）により許容値 0.3 を下回ること、加重クリープ比  $C$  は河川砂防技術基準により許容値 6.0 以上となることを照査する。

- ・局所動水勾配の照査基準

$$i_v < 0.5 \text{ (鉛直方向)}, i_h < 0.3 \text{ (水平方向)}$$

- ・レーンの加重クリープ比の照査基準

$$C > 6.0$$

表 4.2.7 レーンの加重クリープ比の許容値設定

| 地盤の土質区分       | C   | 地盤の土質区分  | C   |
|---------------|-----|----------|-----|
| 極めて細かい砂またはシルト | 8.5 | 粗 砂 利    | 4.0 |
| 細 砂           | 7.0 | 中 砂 利    | 4.0 |
| 中 砂           | 6.0 | 栗石を含む粗砂利 | 3.0 |
| 粗 砂           | 5.0 | 栗石と砂利を含む | 2.5 |

出典：「河川砂防技術基準」第 1 章 河川構造物の設計 第 3 節 高規格堤防

一般堤防における川表のすべり破壊に対する安全率は、本来は 1.0 であるが、この基準は土堤を対象としたもので、一体構造物への適用性には課題があること、淀川左岸線（2 期）は大都市を背後に控えるきわめて重要な区間であるとともに、川表側のすべり破壊が一体構造物の不安定化を誘起する可能性があることを鑑み、形状規定で増築してきた現況堤防の安全率以上であることを照査する。淀川左岸線（2 期）では、経年的に複雑な築堤履歴を重ねていること、要注意地形はみられないことから、 $\alpha_1=1.2$ 、 $\alpha_2=1.0$  を用い、 $Fs=1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2=1.2 \times 1.2 \times 1.0=1.44$  とする。現況安全率が、1.44 を下回る場合は、1.44 を照査基準とする。

すべり破壊に対する安全率の照査基準

$$Fs \geq 1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2$$

$Fs$ ：すべり破壊に対する安全率

$\alpha_1$ ：築堤履歴の複雑さに対する割増係数

築堤履歴が複雑な場合  $\alpha_1=1.2$

築堤履歴が単純な場合  $\alpha_1=1.1$

新設堤防の場合  $\alpha_1=1.0$

$\alpha_2$ ：基礎地盤の複雑さに対する割増係数

被災履歴あるいは要注意地形がある場合  $\alpha_2=1.1$

被災履歴あるいは要注意地形がない場合  $\alpha_2=1.0$

さらに、堤体内水位が上昇すると水みちの発生が懸念されるため、堤体中央付近における浸潤域が現況堤防と比較して増加していないことも照査基準とする。

文献 2) 赤井浩一：浸透水流による盛土裏法面の局部破壊について，土木学会論文集，NO. 36，1956，pp. 44～49



#### 4.2.1.2 パイピング破壊・横断方向の照査

水みち、パイピングおよびすべり破壊の検討に対して、設定した検討対象断面に対して評価を行う。検討に際し、降雨の堤体内の流入、川表法勾配について整理を行う。

##### 1) 鉛直二次元断面モデルによる飽和－不飽和浸透流解析結果

|      |                                 |
|------|---------------------------------|
| LC-1 | 地下水流動阻害（堤体内浸潤面上昇）により水みちを起こさないこと |
|------|---------------------------------|

完成時の川裏法面は緩勾配であるため、降雨浸透を考慮することを初期の条件とする。しかし、二次元飽和－不飽和浸透流解析の結果、完成時の堤体内水位が現況を顕著に上回る結果となった。堤体内水位が上昇すると水みち発生の可能性が増大するため、洪水時における堤体内水位の上昇を抑制することを目的に、完成時の川裏法面に図 4.2.7 に示すように降雨浸透対策工を設置することを条件とし、解析上川裏法面には降雨が浸透しないものとする。なお、降雨浸透対策工は、耐久性や施工性、経済性等を勘案し設定する必要がある。

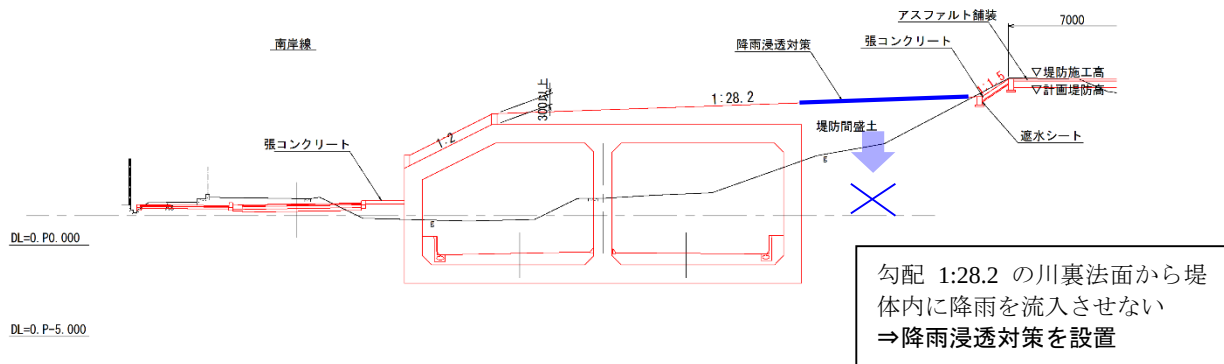


図 4.2.7 降雨浸透対策

代表的な解析結果として、検討対象断面 No.94 における現況と完成時の堤体内水位の経時変化比較図を図 4.2.8 に示す。完成時については、川裏法面に降雨浸透を考慮する場合（図中の凡例「降雨流入あり」）と考慮しない場合の 2 ケースを検討した。堤体内水位の評価位置として、道路ボックス前面位置、天端中心位置に着目する。完成時の川裏法面に降雨浸透を考慮する場合（図中の緑線）は、堤体内水位が現況（図中の橙線）に対して道路ボックス前面位置では最大 1.5m 程度、天端中心位置では 0.6m 程度と顕著に上昇する結果を得た。一方、堤体内への降雨浸透を考慮しない場合（図中の青線）は、両位置ともに現況の堤体内水位を下回る結果となった。

以下の検討では、降雨浸透対策を実施したモデルでの結果を示す。



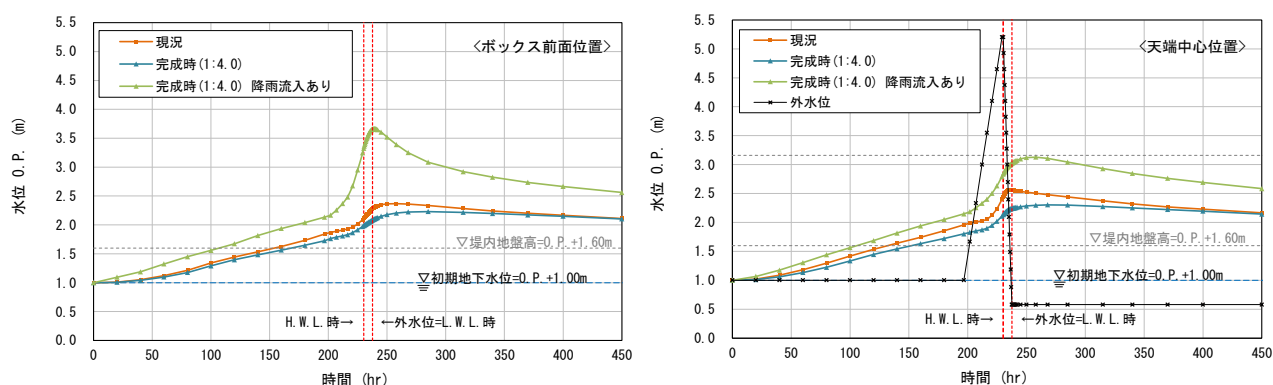


図 4.2.8 洪水時の堤体内水位の評価（川裏法面からの降雨浸透の有無）

次に、川表法勾配として 1:3, 1:4, 1:5 の 3 ケース想定した完成時の堤体内水位の経時変化比較を行う。前述の検討結果を踏襲し、完成時の検討においては降雨浸透対策を実施したモデルにより浸透流解析を行う。計算結果比較を以下に示す。

完成時の川表法勾配を 1:3 とした場合、図 4.2.9 より堤体の安定性に影響の大きい天端中心位置における堤体内水位が現況相当以上となるため、完成時の断面形状として川表法勾配 1:4 以上とする。

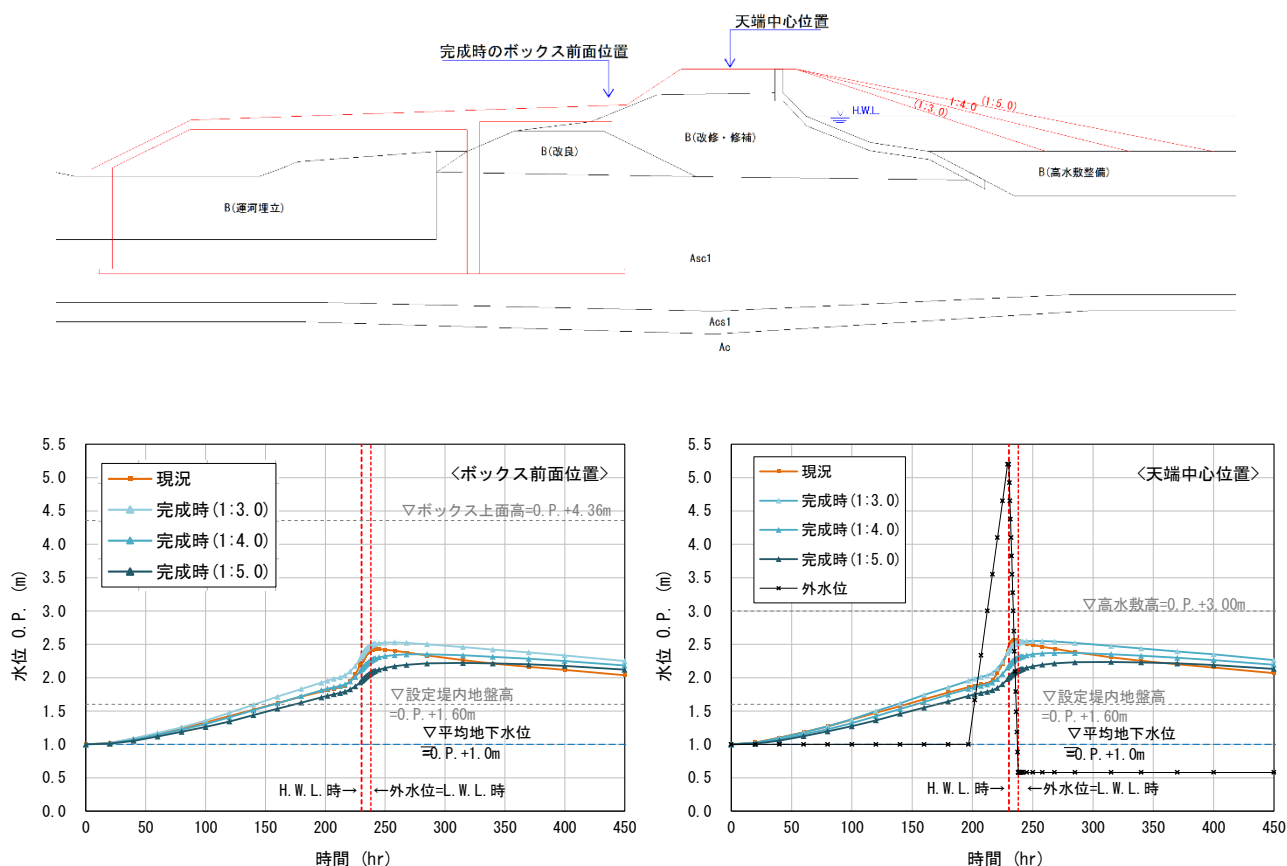


図 4.2.9 洪水時の堤体内水位の評価（川表法勾配の異なる 3 ケース）

川表法勾配を 1:4, 1:5 とすると、天端中心位置において現況の堤体内水位を下回る結果となる。こ

のため、以下の検討に用いる完成時の断面形状としては、川表法勾配 1 : 4 を基本する。

なお、川表法勾配を 1 : 5 とした場合は、川表断面拡大となるため、堤防の耐浸透機能は、川表法勾配 1 : 4 の場合と比べて向上すると言える。

## ■ 評価及び考察

川表勾配を 1 : 4 で整備し、堤防上面に降雨浸透対策を実施することにより、現況堤防の堤体内水位を下回る結果となり、堤体内浸潤面上昇による浸透機能の低下はないと判断する。

また、降雨浸透対策の永続的な機能維持を担保するため、堤体内及び堤内側の水位のモニタリングを行い、問題が生じれば速やかに対応を行う必要がある。

### 2) 横断方向の水みち、パイピング破壊に対する安全性の検討結果

|      |                            |
|------|----------------------------|
| 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 |
|------|----------------------------|

水みち、パイピング破壊に対する安全性を照査するため、ここでは完成時における構造物周辺の鉛直方向・水平方向の局所動水勾配の最大値が照査基準以下 ( $i_v < 0.5$ ,  $i_h < 0.3$ ) であることを評価する。

検討対象断面のうち、断面 No.94 の結果に着目し考察する。No.94 の構造物周辺における堤体内水位ピーク時の流水ベクトル図を図 4.2.10 に示す。図より、透水性の比較的高い Asc1 層において、本線道路ボックス部を回り込む流水ベクトルが発生していることが分かる（図中の赤点線）。当該箇所（ボックス下面位置）での流速は  $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{ m/s}$  であり、一般的な砂質土の限界流速 ( $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{ m/s}$ ) に比べ小さなものであるため、浸透破壊が起こる可能性は低いと考えられる。

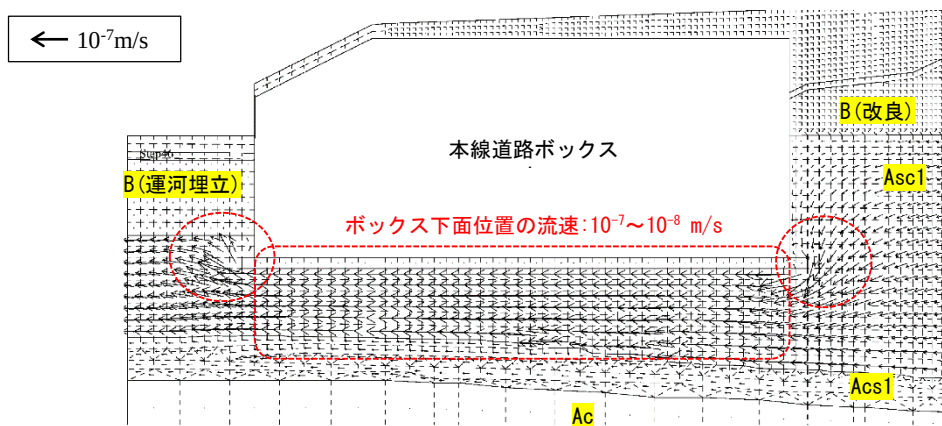


図 4.2.10 堤体内水位ピーク時における流水ベクトル図 (No.94)

次に、当該箇所の局所動水勾配を照査するため、同時刻における構造物周辺の局所動水勾配のコンター図を作成する。当該断面における水平方向および鉛直方向の局所動水勾配のコンター図を図 4.2.11 に示す。コンター図は、局所動水勾配が照査基準を上回った箇所は赤色を示す。図より、鉛直・水平ともに構造物周辺の局所動水勾配は最大で 0.02 程度以下と極小さく、照査基準を満足することが分かる。

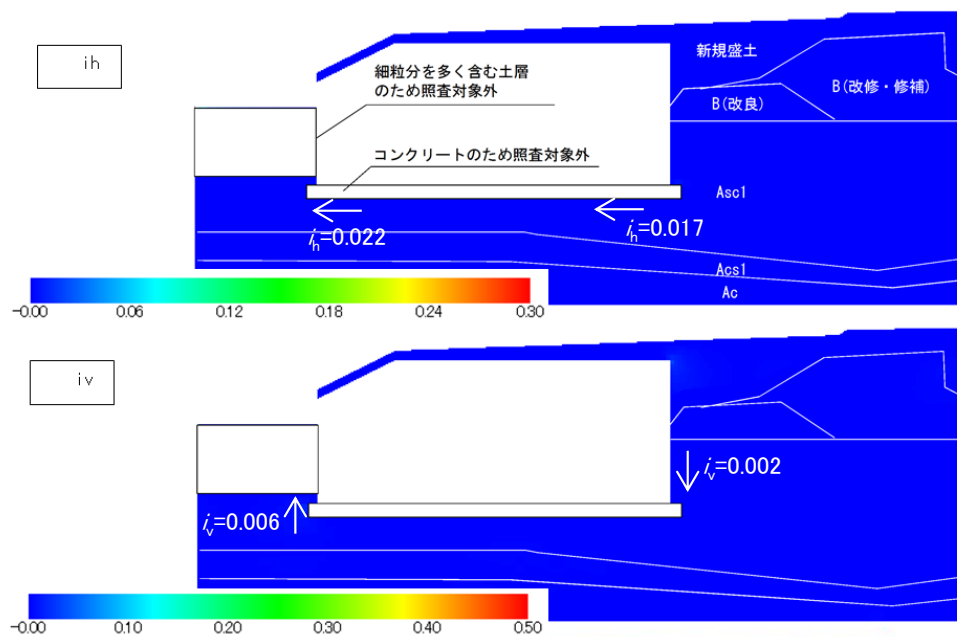


図 4.2.11 堤体内ピーク水位時の局所動水勾配コンター図 (No.94)

次に、パイピング破壊に対する安全性を照査するため、レーンの加重クリープ比が許容値を上回ることを評価する。レーンの加重クリープ比は、下式で評価するものとし、レーンの加重クリープ比算出の考え方を図 4.2.12 に示す。

$$C = (Le + \sum l) / \Delta H = (L_1 + L_2 / 3 + \sum l) / \Delta H$$

ここに、

$Le$  : 水平方向の有効浸透路長

$L_1$  : 水平方向の堤防と堤防の地盤の接触長さ(m)

$L_2$  : 水平方向の堤防の地盤と地下構造物の接触長さ(m)

$\sum l$  : 鉛直方向の地盤と構造物の接触長さ (通常 0 とする) (m)

$\Delta H$  : 水位差(m)

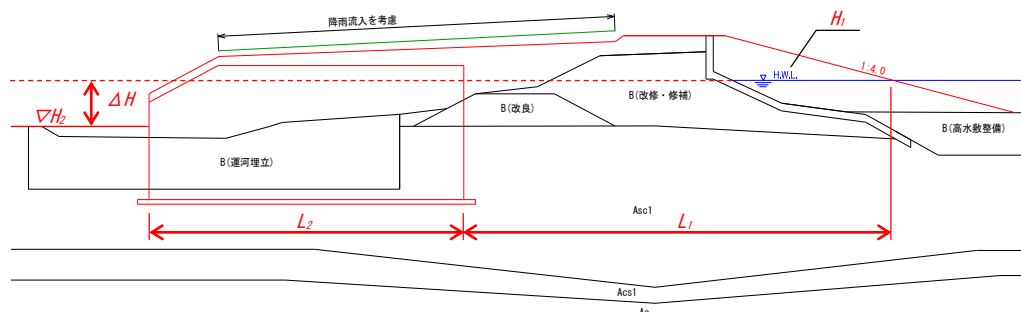


図 4.2.12 レーンの加重クリープ比算出の考え方

レーンの加重クリープ比の評価結果一覧を表 4.2.8 に示す。下表より、全ての断面で許容値を上回っていることから、完成断面のパイピング破壊に対する安全性は確保できると判断する。

表 4.2.8 レーンの加重クリープ比の評価結果一覧

|                |       | 断面No | 距離標        | 浸透路長                     |                       | 水位差                        |                            |           | レーンの<br>加重<br>クリープ比<br>C | 照査基準 |
|----------------|-------|------|------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|--------------------------|------|
|                |       |      |            | L <sub>1</sub><br>(m)    | L <sub>2</sub><br>(m) | H <sub>1</sub><br>(O.P.,m) | H <sub>2</sub><br>(O.P.,m) | ΔH<br>(m) |                          |      |
| バラベット形式<br>特殊堤 | 高規格堤防 | 53   | 4.4k+191   | 高規格堤防区間のため、十分安全性を有すると考える |                       |                            |                            |           |                          | 6.0  |
|                | ランプ部  | 79   | L5.0k+95m  | 22.8                     | 30.5                  | 5.2                        | 1.6                        | 3.6       | 14.8                     |      |
|                | 一般部   | 94   | L5.2k+188m | 29.6                     | 21.7                  | 5.2                        | 1.6                        | 3.6       | 14.3                     |      |
| 特殊堤            | 一般部   | 117  | 5.8k+38m   | 29.0                     | 21.7                  | 5.5                        | 1.6                        | 3.9       | 13.0                     |      |
|                | ランプ部  | 130  | 6.0k+100m  | 22.9                     | 30.2                  | 5.6                        | 1.6                        | 4.0       | 13.3                     |      |
|                |       | 142  | L6.2k+139m | 24.6                     | 29.9                  | 5.7                        | 1.6                        | 4.1       | 13.3                     |      |
|                | 一般部   | 152  | L6.4k+139m | 28.2                     | 21.5                  | 5.8                        | 1.6                        | 4.2       | 11.8                     |      |
| 土堤             | 一般部   | 190  | L7.2k+97m  | 27.0                     | 21.7                  | 6.3                        | 1.9                        | 4.4       | 11.1                     |      |
|                |       | 206  | L7.6+29m   | 33.7                     | 21.7                  | 6.5                        | 2.1                        | 4.4       | 12.6                     |      |
|                | ランプ部  | 221  | L7.8k+162m | 24.8                     | 32.5                  | 6.6                        | 2.8                        | 3.8       | 15.1                     |      |
|                |       | 233  | L8.2k+46m  | 37.5                     | 21.9                  | 6.8                        | 2.9                        | 3.9       | 15.2                     |      |

## ■評価及び考察

- 基礎地盤及び構造物下面・側面位置での動水勾配は最大でも 0.02 程度と小さく、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（水平  $ih < 0.3$ 、鉛直  $iv < 0.5$ ）を満足する。また、構造物下面位置での流速は  $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{m/s}$  であり、一般的な砂質土の限界流速（ $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{m/s}$ ）に比べ小さなものであり、浸透破壊が起こる可能性は低いと考えられる。
- レーンの加重クリープ比（ $C > 6$ ）は、10 以上（道路ボックス周辺が水みちとなった場合でも 7 以上）となり浸透破壊（パイピング）が起こる可能性は低いと考えられる。

#### 4.2.1.3 パイピング破壊・縦断方向の水みち照査

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| 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 |
|------|--------------------------------------|

耐浸透機能に対する構造要件として，地下水流動阻害により構造物縦断方向に水みち発生を起こさないことが挙げられている。三次元モデルによる飽和—不飽和浸透流解析を行い，洪水時の縦断的な水位挙動に着目した照査を実施する。

##### 1) 検討断面

検討に用いる範囲は，縦断的な浸透阻害の要因となる構造物として堤体に位置する橋台を含む橋梁交差部を対象とする。

検討箇所は，水位変動が大きくなる堤体部に橋台があり，本工事後においても存置が計画されている，「阪急電鉄交差部(阪急神戸線，阪急宝塚線，阪急京都線)」を対象とする。図 4.2.13 に阪急電鉄交差部の現況写真を示す。



図 4.2.13 阪急電鉄交差部



## 2) 検討モデルおよび検討条件

解析条件を以下に整理する。解析範囲は透水層である沖積砂質土層(Asc1 層)より上部とする。

検討に用いる土質定数は表 4.2.9 に示し横断方向における二次元飽和一不飽和浸透流解析と同様とする。検討に用いた土質定数を以下に整理する。なお、本検討は構造物の有無による河川縦断方向、横断方向の堤体内水位の変化に着目することを目的とし、堤防断面および地層構成は二次元解析よりも簡略化したモデル化とした。図 4.2.14 に解析モデル図を図 4.2.15 に解析メッシュ図を示す。

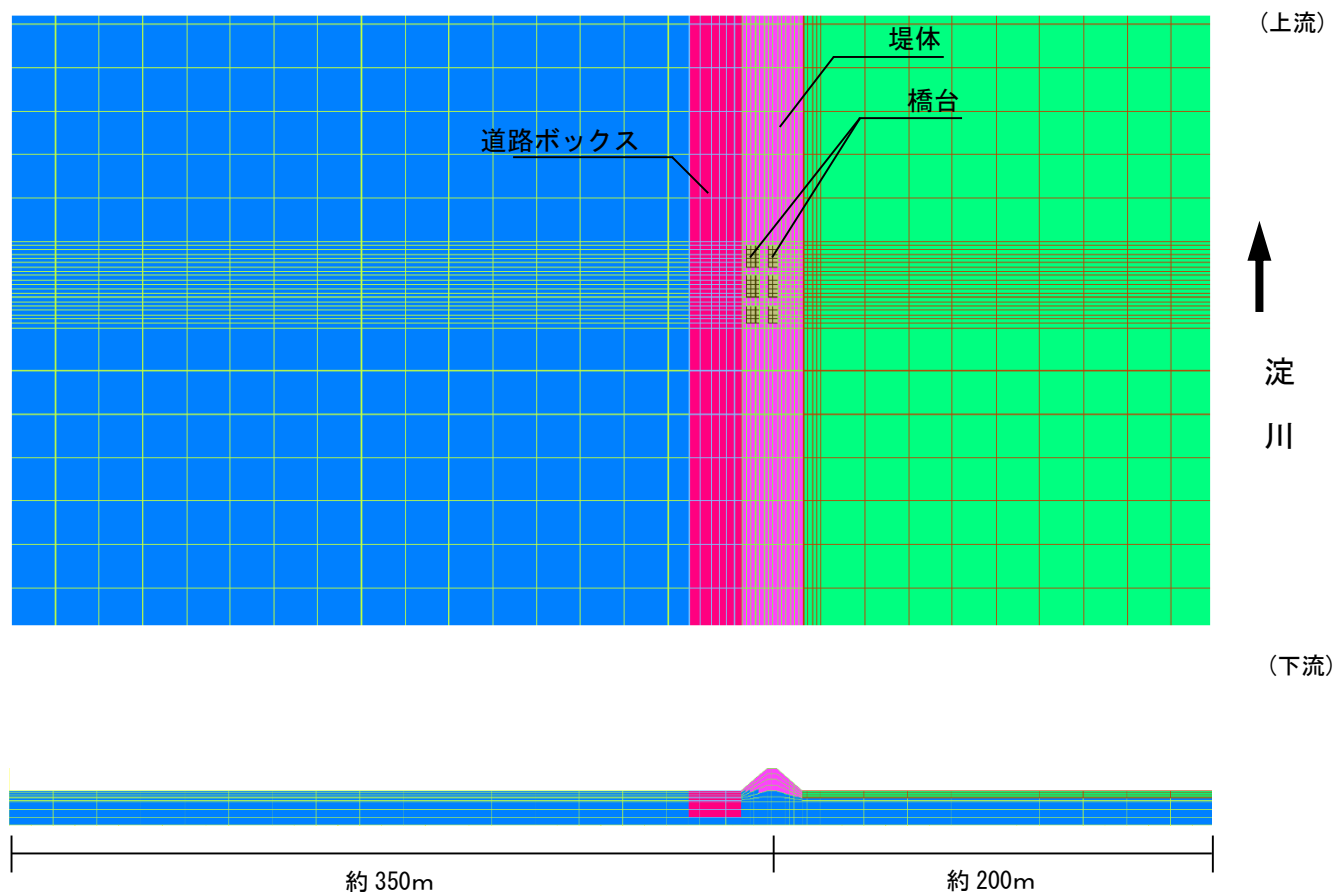


図 4.2.15 解析メッシュ

表 4.2.9 土質定数

| 土層       | 透水係数 (cm/sec)         | 備考       |
|----------|-----------------------|----------|
| 盛土層(堤体)  | $6.98 \times 10^{-3}$ | 堤体盛土の平均値 |
| Asc1 層   | $4.36 \times 10^{-3}$ |          |
| 盛土層(高水敷) | $4.42 \times 10^{-4}$ |          |

外力条件として、図 4.2.16 に示すとおり河川水位は河川縦断方向の水位勾配を考慮した水位ハイドロを設定する。堤内側が二次元浸透流解析と同様、O.P.+1.0m とし、上下流部はそれぞれの堤内外水位を考慮した二次元浸透流解析による水位を境界条件とする。図 4.2.17 に外力条件のイメージ図を示す。



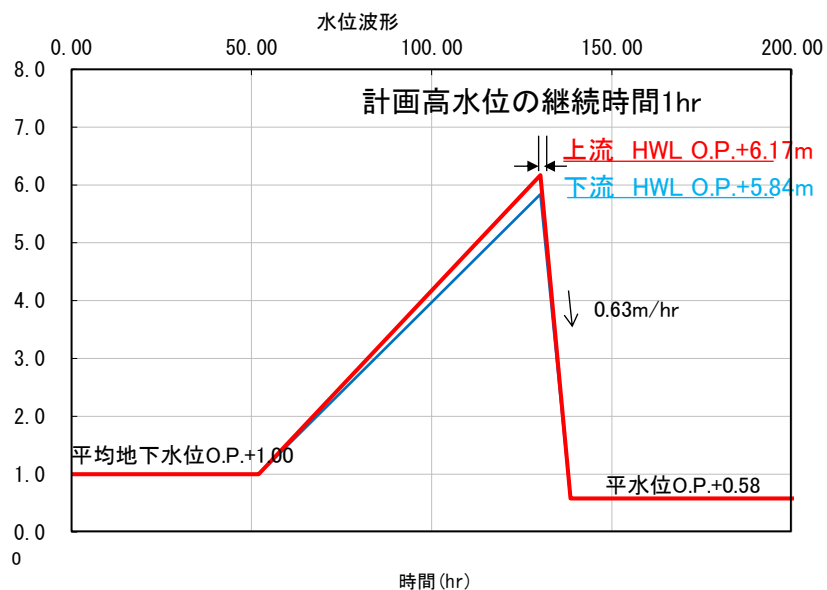


図 4.2.16 上下流の水位勾配を考慮した水位ハイドロ

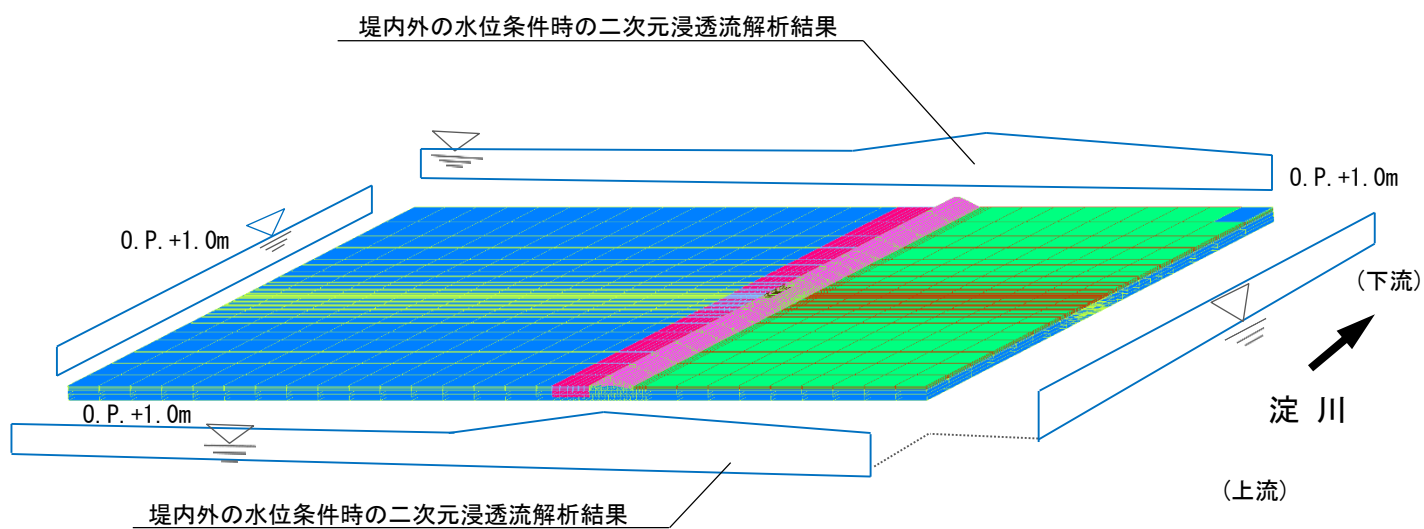


図 4.2.17 外力条件のイメージ図

検討ケースを表 4.2.10 に整理する。道路ボックス完成時および現況時について実施する。さらに、橋台の有無による違いを照査するため、それぞれのケースについて橋台を考慮しないケースをあわせて実施する。



表 4.2.10 解析ケース

|            | 道路ボックス | 橋台 |
|------------|--------|----|
| CASE1(完成時) | 有      | 有  |
| CASE2(現況時) | 無      | 有  |
| CASE 参考-1  | 有      | 無  |
| CASE 参考-2  | 無      | 無  |

検討結果の整理にあたり以下の事項に着目し、検討結果を取りまとめる。評価にあたっては、主として道路ボックスの有無による水位や動水勾配の変化に留意し、それぞれ堤体の安定性に与える影響について考察する。図 4.2.18 に照査ポイントの整理を示す。

① 動水勾配の卓越方向

縦断方向の堰上げが懸念される橋台上流側の橋台周りの局所動水勾配(横断方向, 縦断方向)を評価する。照査は道路ボックス直近(照査 POINT①-1)および橋台中間部(照査 POINT①-2)について実施する。

② 裏法尻位置に置ける傾向

通常の堤防において、横断方向にパイピング破壊の可能性がある堤内側法尻の動水勾配を評価する。照査は現況堤防における法尻位置(照査 POINT②-1)と完成形における法尻位置となる道路ボックス川裏側(照査 POINT②-2)について行う。

③ 堤外側の水位変化

橋台部は構造物が堤体内に存置しており土堤部より安定性は高いと考えるものの、橋台前面の水位は土堤部より水位が上昇することが想定されるため、橋台による堰上げの程度を把握するため橋台近傍(照査 POINT③-1)、縦断的に離れた個所(照査 POINT③-2)における水位変化を評価する。

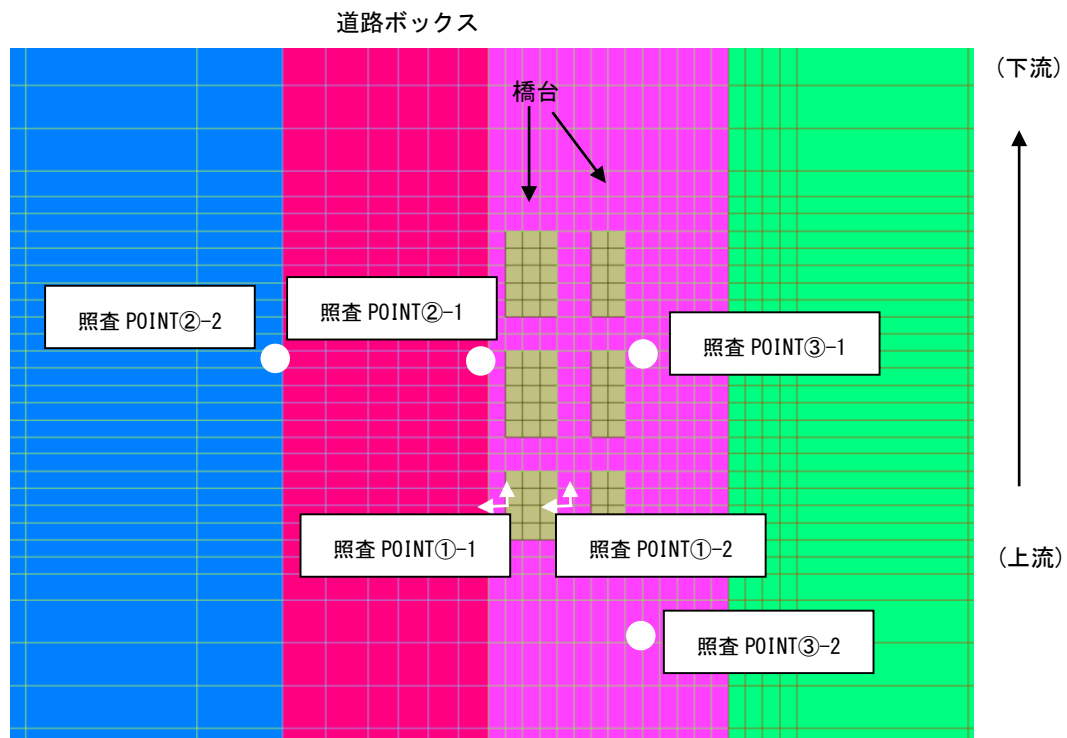


図 4.2.18 照査ポイントの整理

### 3) 照査結果

橋台周りの動水勾配として各照査位置における動水勾配の最大値の一覧を表 4.2.11 に示す。完成時(CASE1)と現況(CASE2)を比較することにより、道路ボックスにより橋台周りへの動水勾配の影響を考察する。

照査 POINT①-2 で完成時に、現況より縦断方向の動水勾配は大きくなる。これは道路ボックスにより縦断方向の流れが大きくなるためと考える。しかしながら、完成後の縦断方向の動水勾配は 0.1 以下であり、横断方向とくらべて小さい値を示す。水位ベクトル図をみると、縦断方向の顕著な流れはみられない。これは、外力である水頭差が横断方向に卓越しているためと考えられる。これより、縦断的な水位勾配によりパイピング破壊や水みちが発生する可能性は低いと判断する。なお、構造物周りの鉛直方向の動水勾配は、構造物を考慮するため鉛直方向の水の動きが最も大きい CASE1 において照査 POINT ①-1 で 0.069、照査 POINT①-2 で 0.036 となり、いずれも横断方向の値と比べると小さい値を示す。

表 4.2.11 橋台周りの局所動水勾配の最大値

|            | 照査POINT①-1 |       | 照査POINT①-2 |       |
|------------|------------|-------|------------|-------|
|            | 横断方向       | 縦断方向  | 横断方向       | 縦断方向  |
| CASE1（完成時） | －          | 0.067 | 0.123      | 0.056 |
| CASE2（現況時） | 0.110      | 0.077 | 0.152      | 0.050 |
| CASE 参考-1  | －          | 0.003 | 0.112      | 0.003 |
| CASE 参考-2  | 0.100      | 0.004 | 0.142      | 0.002 |

次に、川裏側のパイピング破壊の可能性に着目し、法尻付近における地中内の動水勾配の変化を示す。表 4.2.12 に完成時(CASE1)と現況(CASE2)の法尻付近における動水勾配を整理する。

これより完成形(CASE1)の方が現況(CASE2)より動水勾配は顕著に小さくなる。これは道路ボックス設置に伴い、法尻位置が川から離れたこと、道路ボックスによる遮水による効果と考えられ、道路ボックスによりパイピング破壊に対する安全度は高くなると判断する。

表 4.2.12 川裏における動水勾配(横断方向)

|            | CASE1(完成時) |      | CASE2(現況時) |      |
|------------|------------|------|------------|------|
|            | 動水勾配       | 照査位置 | 動水勾配       | 照査位置 |
| 法尻における動水勾配 | 0.003      | ②-2  | 0.020      | ②-1  |

橋台部における浸透に対する堤体の安定性について考察するため、橋台周りの水位変化に着目する。橋台部における道路ボックスによる水位上昇量は、表 4.2.13 に示すとおり約 3cm と極めて小さい。橋台の有無による水位変動に着目すると、縦断的に離れた個所や橋台のないケースと比較して、約 50cm 程度の水位上昇がみられる。橋台前面の水位上昇による影響として川表側のすべりが想定されるが、橋台部は堤体が杭基礎で支持された橋台部に挟まれた構造であり堤体全体のすべり破壊に対する危険性は小さいと考える。

表 4.2.13 橋台周りのピーク水位 (O. P. +m)

|             | 照査POINT③-1(橋台部) | 照査POINT③-2 |
|-------------|-----------------|------------|
| CASE1 (完成時) | 5. 10           | 4. 62      |
| CASE2 (現況時) | 5. 07           | 4. 51      |
| CASE 参考-1   | 4. 59           | 4. 61      |
| CASE 参考-2   | 4. 45           | 4. 47      |

これより、縦断方向より水頭差の大きい横断方向の方が卓越する結果を得たこと、完成後の顕著な水位上昇は見られないことから、橋台等による縦断的な局所流況や水位上昇による堤体の安全性は問題ないと判断する。

検討結果として、水位ピーク時の水位分布図、流速ベクトル図、および縦断方向の堰上げが懸念される橋台上流側の橋台周りの動水勾配(横断、縦断)を図 4.2.19 から図 4.2.22 に整理する。

#### ■評価及び考察

- ・浸潤面は、降雨浸透防止対策を実施することで横断方向において 20cm 程度の上昇に抑制され、縦断方向の水頭差も少なくなる。
- ・横断方向の動水勾配（洪水時）は  $10^{-1}$  程度、縦断方向の動水勾配は  $10^{-2} \sim 10^{-3}$  程度で、横断方向が卓越している。また、局所動水勾配  $i_v < 0.5$ 、 $i_h < 0.3$  も満足しており、パイピング破壊に対する基準値も満足している。
- ・動水勾配は横断方向が支配的であるが、道路機能上約 300m ピッチで非常口が計画されており、この非常口が縦断方向の地下水流動阻害に影響を与えることが懸念される。そこで、河川側の非常口計画箇所に通水孔を設置することとする。
- ・縦断方向の水みちに対するモニタリングの検討が課題である。  
通水孔については、フィルターが目詰まり、通水機能の確認を目的としたモニタリングが課題として残る。

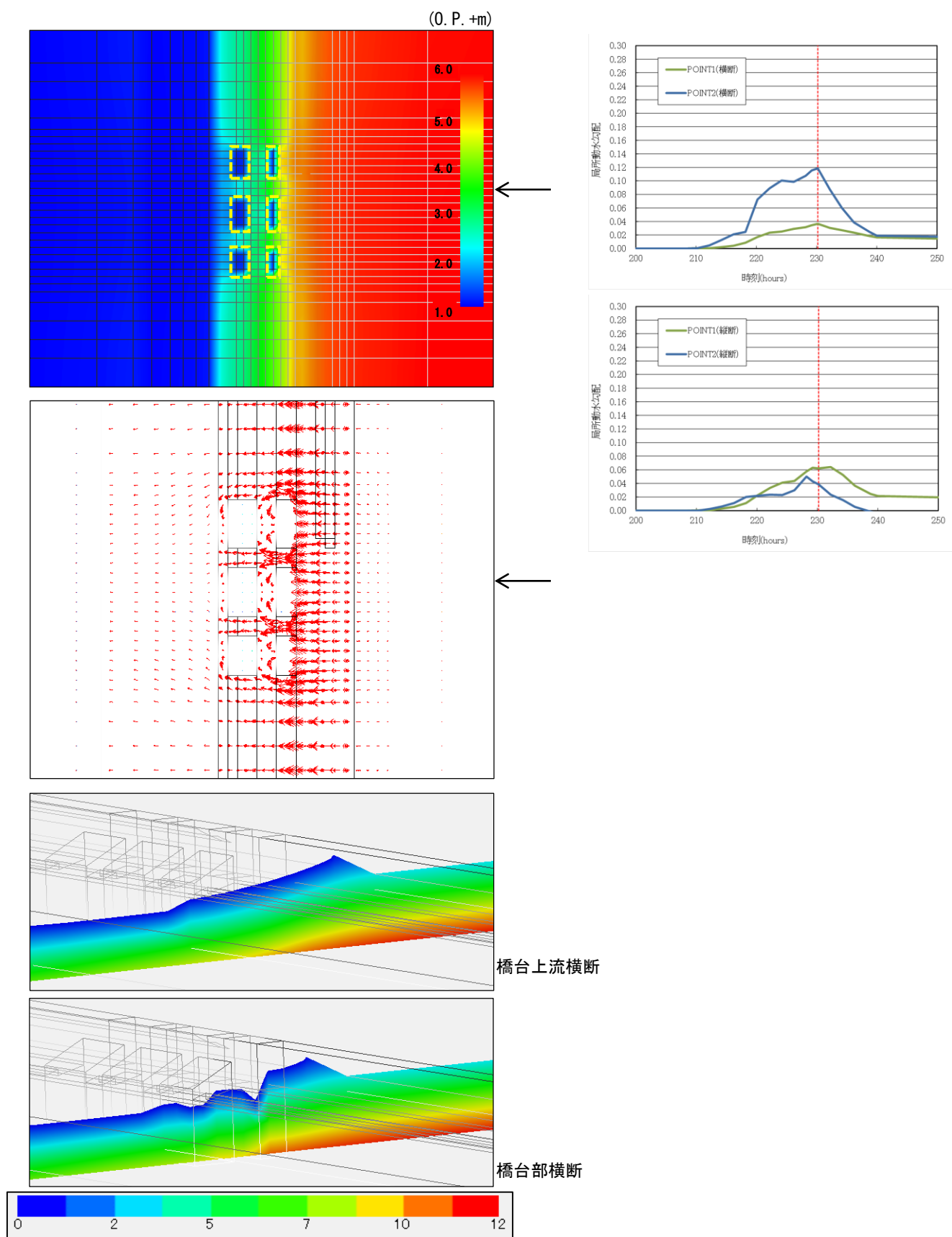


図 4.2.19 解析結果図 (CASE1 完成(道路ボックス有, 橋台有)) 水位ピーク時  
 (左上段: 水位コンター図, 中断: 流水ベクトル図, 下段: 横断方向圧力水頭分布図  
 (右上段: 横断方向動水勾配経時変化, 下段: 縦断方向動水勾配経時変化))

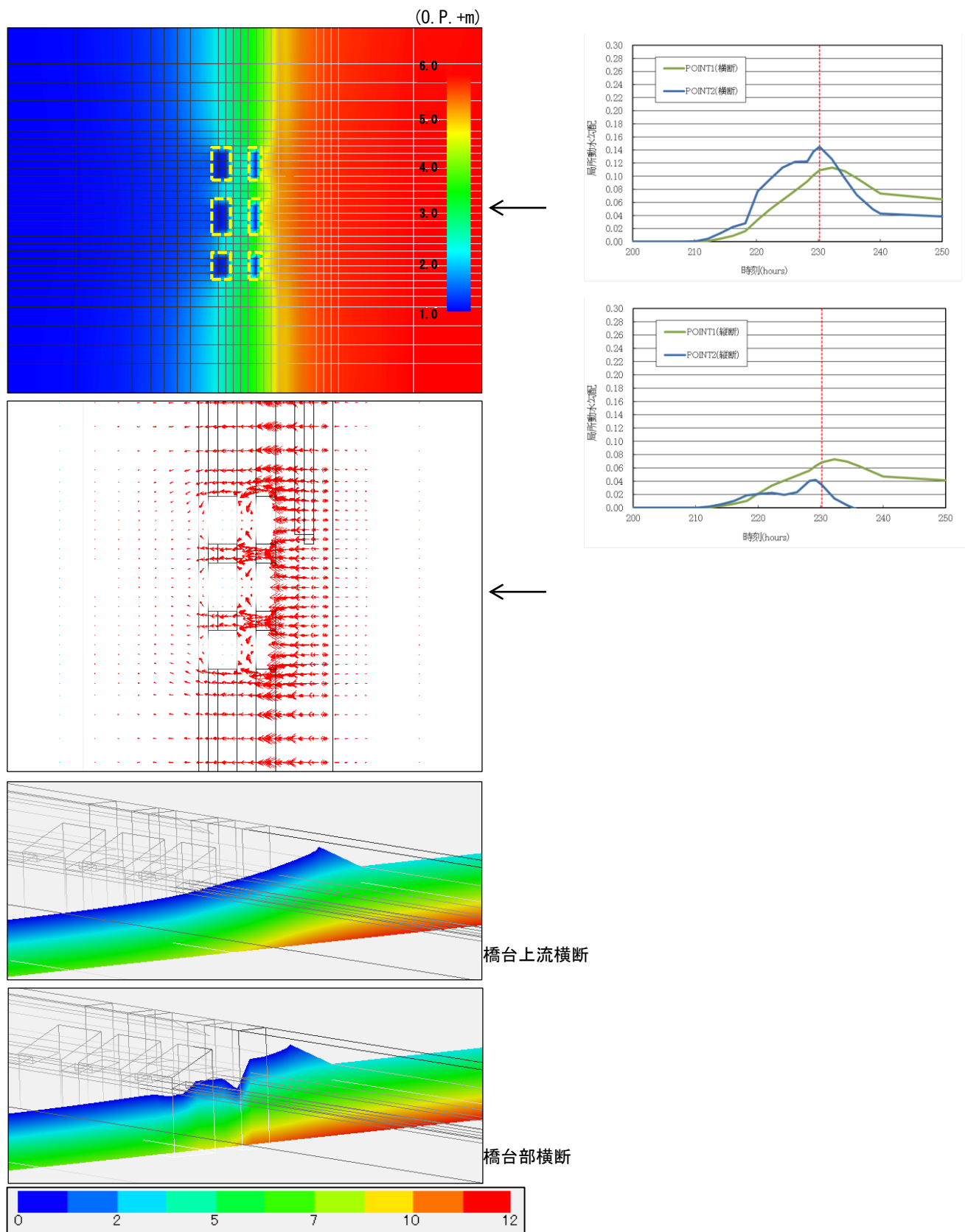
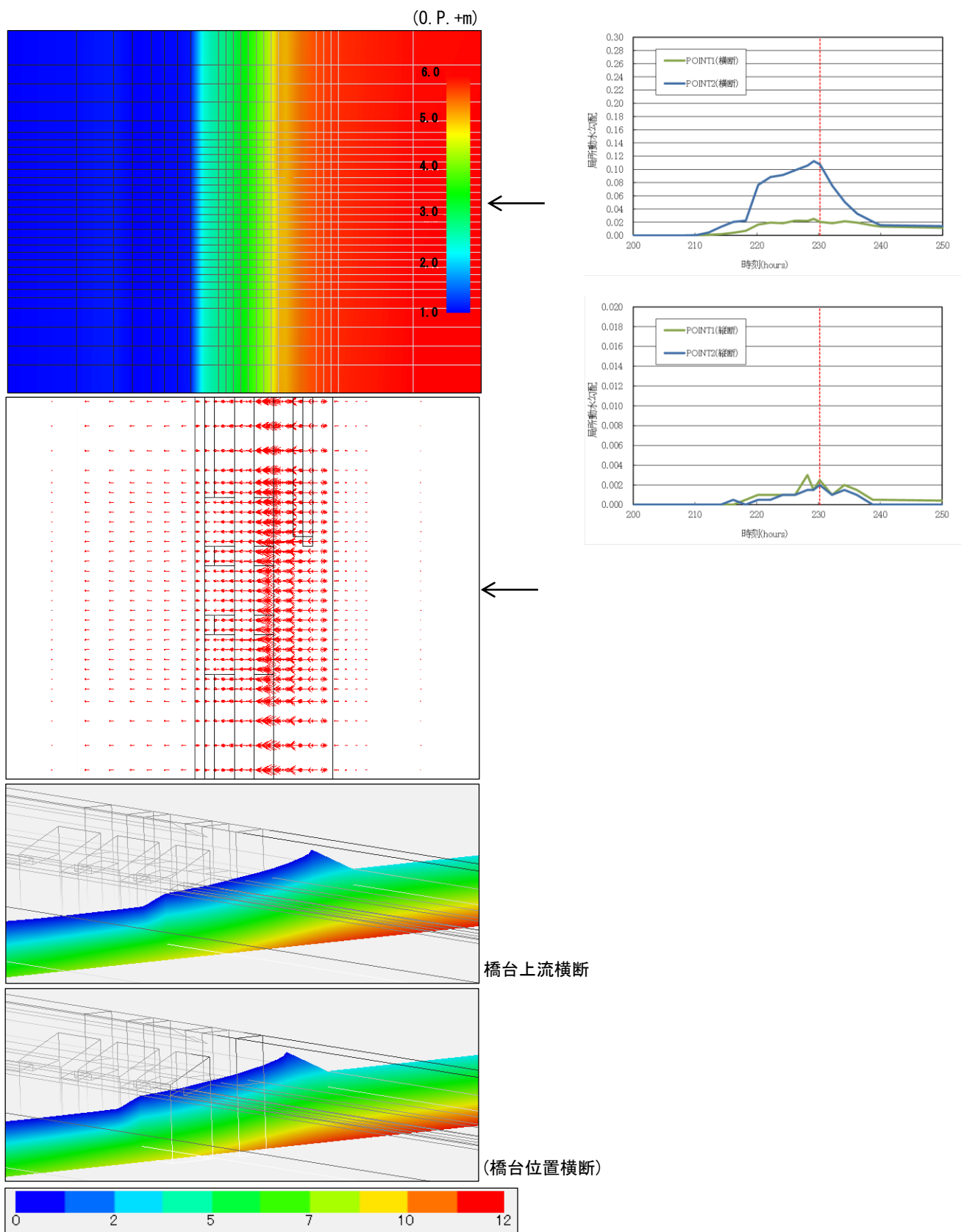


図 4.2.20 解析結果図 (CASE2 現況 (道路ボックス無, 橋台有)) 水位ピーク時  
 (左上段: 水位コンター図, 中断: 流水ベクトル図, 下段: 横断方向圧力水頭分布図  
 (右上段: 横断方向動水勾配経時変化, 下段: 縦断方向動水勾配経時変化)



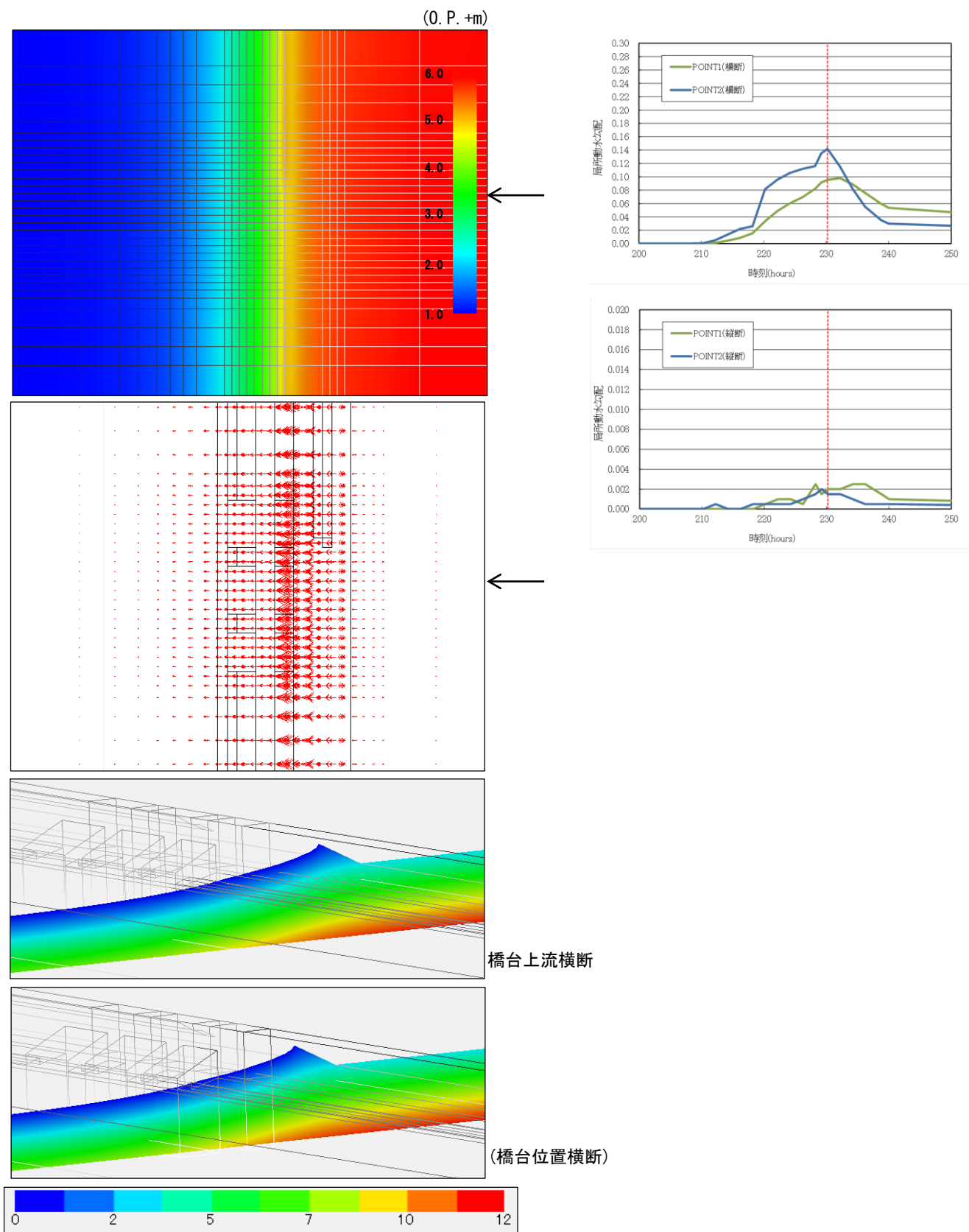


図 4.2.22 解析結果図 (CASE 参考 2 (道路ボックス無, 橋台無)) 水位ピーク時  
 (左上段: 水位コンター図, 中断: 流水ベクトル図, 下段: 横断方向圧力水頭分布図  
 (右上段: 横断方向動水勾配経時変化, 下段: 縦断方向動水勾配経時変化)

#### 4.2.1.4 「すべり破壊」に対する安全性照査

|      |                     |
|------|---------------------|
| LC-4 | すべり破壊に対する安全性を確保すること |
|------|---------------------|

すべり破壊に対する安全性の照査では，飽和－不飽和浸透流解析より得られた堤体内浸潤線を円弧すべり計算に用い，最小すべり安全率を求め，川表側のすべり破壊に対する照査を実施する。検討結果一覧を表 4.2.14 に示す。全ての断面で所要安全率（現況以上かつ  $F_s=1.44$ ）を確保する結果となる。これより，淀川左岸線（2 期）の完成断面において，堤体のすべりに対する安定性は確保できると判断する。

表 4.2.14 すべり破壊に対する安全率の検討結果一覧

|                |       | 断面No | 距離標        | 川表          |                  |                 |
|----------------|-------|------|------------|-------------|------------------|-----------------|
|                |       |      |            | 現況<br>(基準値) | 完成<br>(法勾配1:4.0) | 既往基準による<br>照査基準 |
| パラペット形式<br>特殊堤 | 高規格堤防 | 53   | 4.4k+191   | 2.057       | 2.570            | 1.44            |
|                | ランブ部  | 79   | L5.0k+95m  | 2.266       | 3.092            |                 |
|                | 一般部   | 94   | L5.2k+188m | 1.990       | 3.297            |                 |
| 特殊堤            | 一般部   | 117  | 5.8k+38m   | 2.346       | 3.342            |                 |
|                | ランブ部  | 130  | 6.0k+100m  | 2.456       | 3.231            |                 |
|                |       | 142  | L6.2k+139m | 2.410       | 3.160            |                 |
|                | 一般部   | 152  | L6.4k+139m | 2.098       | 2.907            |                 |
| 土堤             | 一般部   | 190  | L7.2k+97m  | 1.380       | 1.482            |                 |
|                | ランブ部  | 221  | L7.8k+162m | 1.378       | 1.577            |                 |
|                |       | 233  | L8.2k+46m  | 1.492       | 1.578            |                 |

- なお，すべり破壊に対する安全性検討にあたっては，図 4.2.23 に示すとおり様々な破壊モードのうち最小となる安全率で評価した。

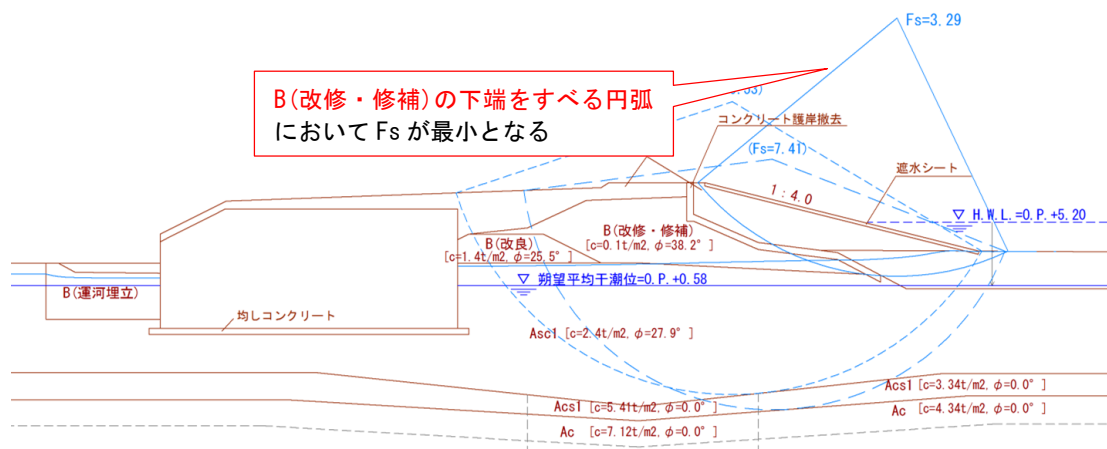


図 4.2.23 すべり破壊に対する安定性検討結果 (No.94)



- 川表側のすべり破壊に対する安定計算においては、堤体内浸潤面と外水位とのバランスにより安全率が変化することから、図 4.2.24、図 4.2.25 に示すとおり水位低下時に各ステップにおいて安定計算を実施し、最小安全率を算出した。

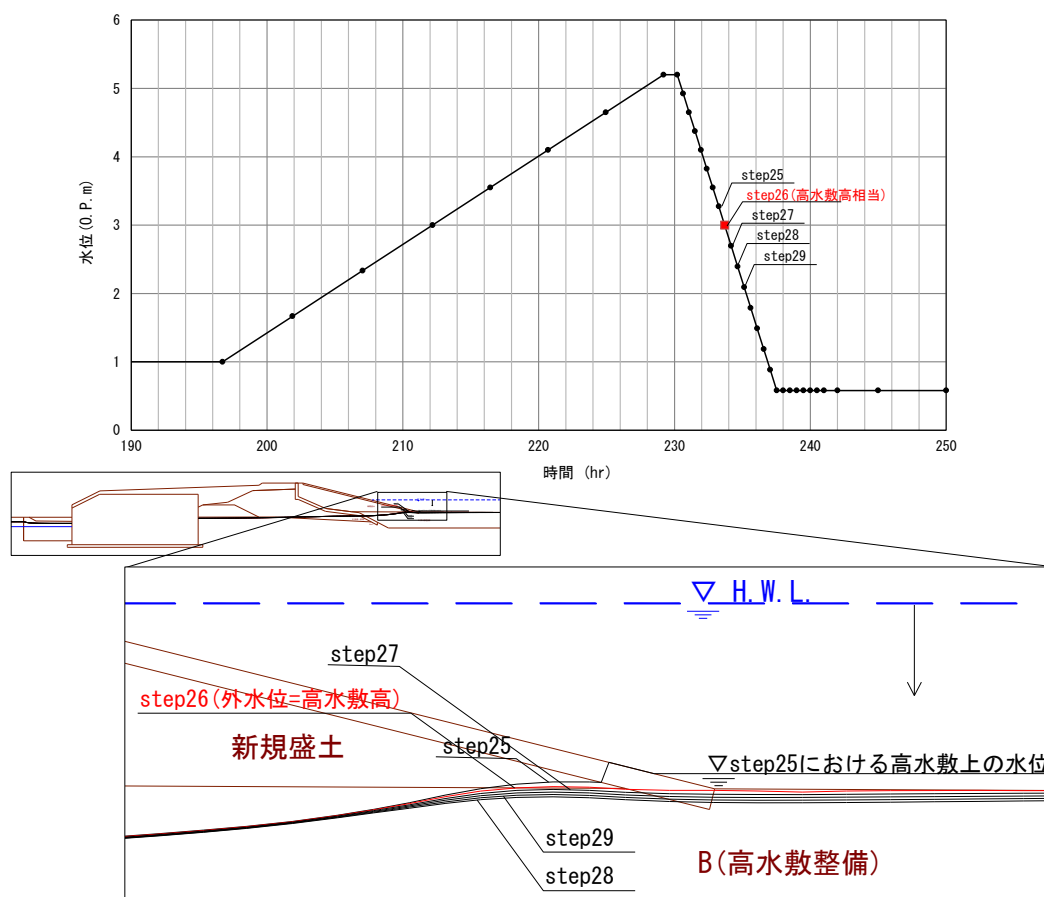


図 4.2.24 川表法尻付近における浸潤面の経時変化 (No.94)

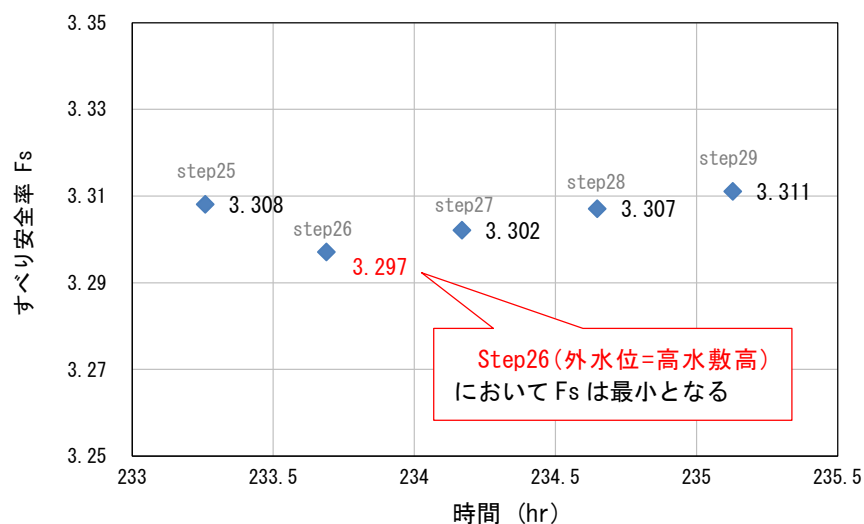


図 4.2.25 浸潤面の経時変化に伴う安全率の変化 (No.94)

## ■評価及び考察

川表の円弧すべりによる最小すべり安全率は、現行指針 (1.44) を満足することから、すべり破壊に対する安定性は満足すると判断する。

#### 4.2.1.5 G/W（裏法堤内地）

本検討対象区間においては，川裏側の土質は透水性地盤地盤であり，粘性土による被覆土層はみられないことから，盤ぶくれ(G/W)による照査は行わない。

#### 4.2.1.6 「侵食」に対する安全性照査

本節では，洪水時の流水による侵食に対する照査を実施する。照査は，堤防表法面および法尻表面の直接侵食に対する安全性（直接侵食）と主流路（低水路等）からの側方侵食を対象に実施する。

##### (1) 侵食に対する照査手法

本設時の侵食に対する検討は，構造検討の手引きに準じて行うものとする。

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 4.2.26 に示す，堤防表法面や法尻付近に流水が直接作用して表面を被覆する植生が剝剥し，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。

- ① 堤防表法面，法尻の直接侵食に対する安全性
- ② 主流路（低水路等）からの側方侵食，洗掘に対する安全性

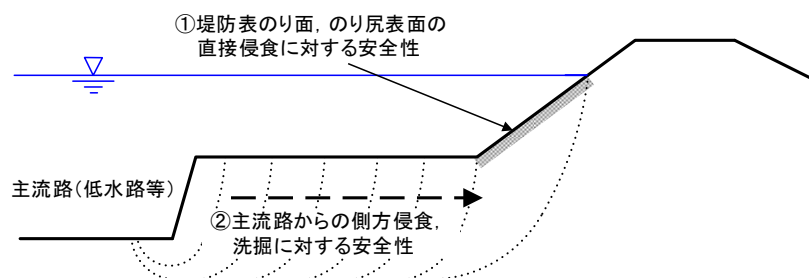


図 4.2.26 護岸がない場合の堤防崩壊メカニズム

出典) 河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月

侵食に対する照査基準は表 4.2.15 のとおりである。

同表における①直接侵食の照査に関しては代表流速が 5.0m/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（「美しい山河を守る災害復旧基本方針 平成 26 年 3 月（以下「災害復旧基本方針」という）」における連節ブロックの適用流速）。また，②側方侵食の照査は表 4.2.16 に示す様に高水敷幅により照査する。ここで，淀川 0.0km～9.8km 区間はセグメント 3 である。

表 4.2.15 侵食に対する堤防の安全性の照査基準

|                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| ①堤防表法面および法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        |

出典) 河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月

表 4.2.16 表法尻部の洗掘に対する安全性の照査基準

| 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 $b >$ 低水路河岸高 $H$ の 5 倍     |
| 2－2 および 3  | 高水敷幅 $b >$ 低水路河岸高 $H$ の 2 ～ 3 倍 |

出典）河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月

## (2) 代表流速の算出

準二次元不等流解析より得られるエネルギー勾配を用いて護岸近傍の流速を算出し、直接侵食の照査に用いる代表流速を算定する。

### 1) 計算条件

不等流計算条件は整備計画検討時と同様の値を用いる。

- 対象流量：10,700  $\text{m}^3/\text{s}$ （整備計画流量）
- 出発水位：O.P.+2.29m
- 断面：H13 測量断面（整備計画は H13 断面で検討が行われている。）

：検討断面として、図 4.2.27 に示す、淀川左岸線（2 期）完成時堤防（表法勾配 1:4.0）

を対象とする。

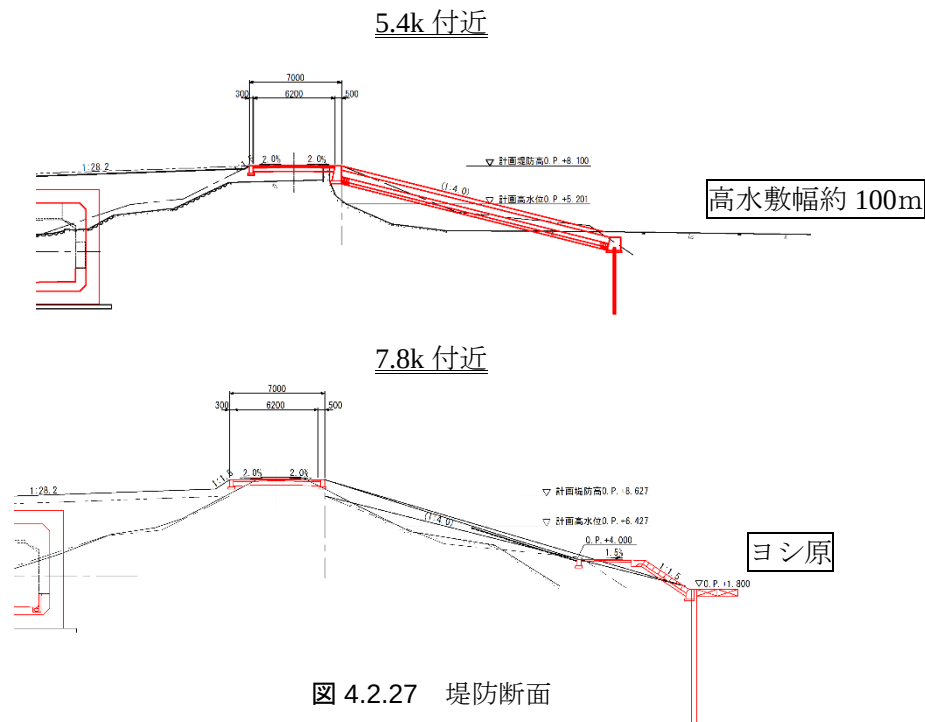


図 4.2.27 堤防断面

- 低水路粗度係数（整備計画検討時と同様）

| 区間            | 粗度係数  |
|---------------|-------|
| 0.0km～9.8km   | 0.015 |
| 9.8km～22.8km  | 0.022 |
| 22.8km～35.0km | 0.025 |

- 高水敷粗度係数

計画流量時の水深として HWL 水深を用いた  $h/h_v$  から推定（整備計画検討時と同様）

| 区間          | 左岸高水敷<br>粗度係数 | 区間          | 右岸高水敷<br>粗度係数 |
|-------------|---------------|-------------|---------------|
| 0.0km～7.0km | 0.020         | 0.0km～7.6km | 0.020         |
| 7.2km～8.4km | 0.055         | 7.8km～9.4km | 0.055         |

- 不等流計算断面は河川距離標（約 200m ピッチ）と橋梁位置とする。
- 橋梁位置は図 4.2.28 のように死水域を設定する。

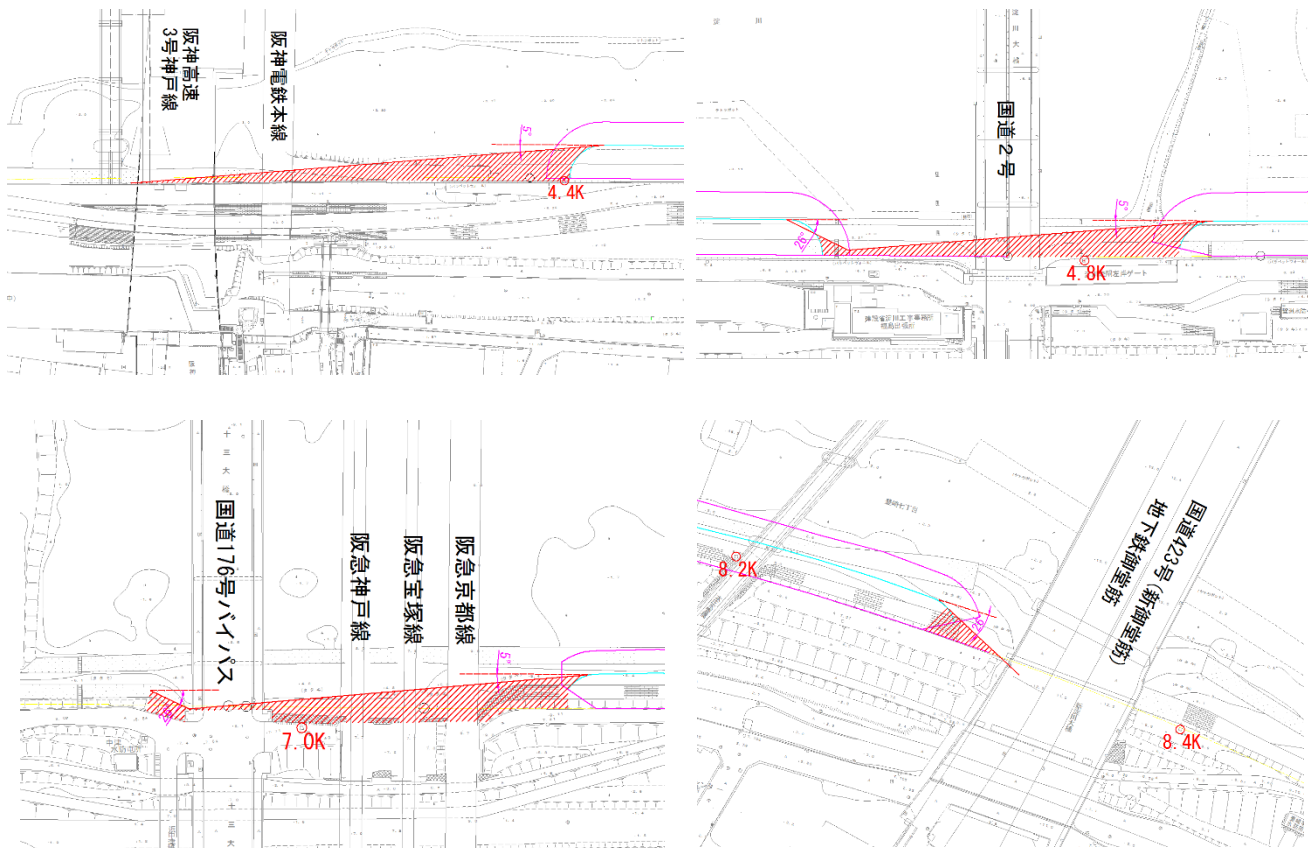


図 4.2.28 死水域

注) 新十三大橋（国道 176 号バイパス），NTT 連絡橋位置は緩傾斜堤防とする。

## 2) 橋脚堰上げ量の算出方法

橋脚の堰上げはドビソン公式により算定する。緩傾斜堤防により水面幅が狭くなる箇所は、水面幅の減少を考慮するものとする。

計算に使用している橋梁データを表 4.2.17 に示す。

表 4.2.17 橋梁データ

| 測点       | 現況      |               |        | 左岸線完成時  |               |        | 名称            |
|----------|---------|---------------|--------|---------|---------------|--------|---------------|
|          | 川幅(m)   | ピア幅を控除した川幅(m) | ピア幅(m) | 川幅(m)   | ピア幅を控除した川幅(m) | ピア幅(m) |               |
| 2.8+40 P | 768.626 | 697.426       | 71.200 | 768.626 | 730.195       | 38.431 | 阪神電鉄(なんば線)    |
| 4.2+70 P | 733.379 | 699.379       | 34.000 | 732.791 | 698.791       | 34.000 | 阪神高速道路(神戸線)   |
| 4.2+100P | 730.837 | 708.837       | 22.000 | 728.108 | 706.108       | 22.000 | 阪神電鉄本線橋梁      |
| 4.8-27 P | 723.831 | 657.431       | 66.400 | 716.681 | 650.281       | 66.400 | 淀川大橋(国道2号線)   |
| 5.6K P   | 702.310 | 675.910       | 26.400 | 694.981 | 668.581       | 26.400 | 阪神高速道路(池田線)   |
| 5.6+25 P | 701.696 | 668.696       | 33.000 | 692.980 | 659.980       | 33.000 | JR東海道本線       |
| 6.6+80 P | 684.875 | 662.075       | 22.800 | 679.552 | 656.752       | 22.800 | 新十三大橋(十三バイパス) |
| 6.8+56 P | 684.018 | 666.018       | 18.000 | 677.901 | 659.901       | 18.000 | NTT十三専用橋      |
| 7.0K P   | 697.180 | 648.380       | 48.800 | 695.842 | 647.042       | 48.800 | 十三大橋(国道176号線) |
| 7.0+15 P | 695.706 | 636.206       | 59.500 | 693.296 | 633.796       | 59.500 | 阪急神戸線         |
| 7.0+35 P | 693.741 | 639.741       | 54.000 | 691.333 | 637.333       | 54.000 | 阪急宝塚線         |
| 7.0+55 P | 691.775 | 636.575       | 55.200 | 689.370 | 634.170       | 55.200 | 阪急京都線         |

※阪神電鉄なんば線の河積阻害率 5%として設定している。

## 3) 代表流速の算出

### ■平均流速 $V_m$

平均流速  $V_m$  は下式により求める。(護岸の力学設計法 H19.11 p.36 より)

$$V_m = \frac{1}{n} \cdot H_d^{2/3} \cdot I_e^{1/2}$$

$n$  : マニングの粗度係数

$H_d$  : 設計水深(m)

$I_e$  : エネルギー勾配

### ■エネルギー勾配 $I_e$

エネルギー勾配  $I_e$  は、不等流計算から求まるエネルギー勾配を用いる。 $I_e$  を求める際には、隣接する断面間のエネルギー勾配を求めるのではなく、 $I_e$  がほぼ同様の一定とみなせる一連区間を設定し、その区間内では同一の  $I_e$  値を用いる。(護岸の力学設計法 H19.11 p.41 より)

図 4.2.29 にエネルギー勾配縦断図を示す。同図より、淀川左岸線(2期)区間は大きなエネルギー勾配の変化はなく、4.4k~8.2k の平均値を採用する( $I_e=0.000201$ )。

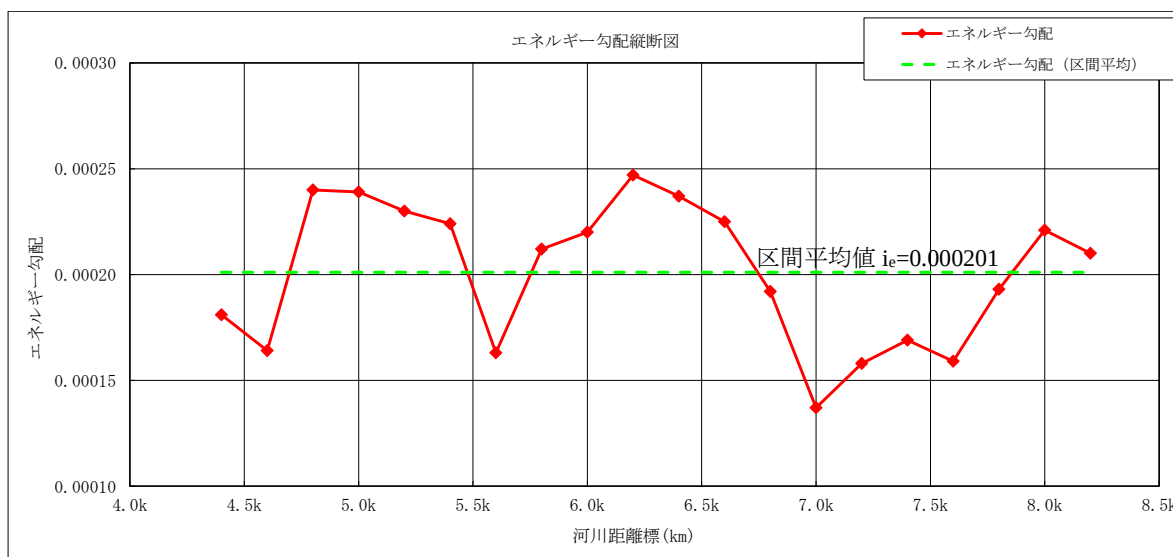
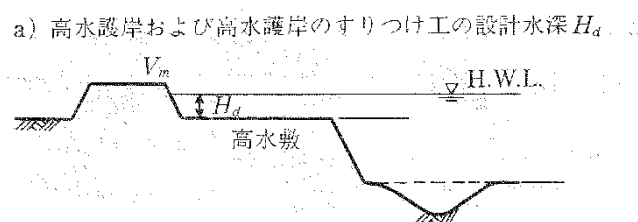


図 4.2.29 エネルギー勾配縦断図

### ■設計水深 $H_d$

設計水深  $H_d$  は HWL と高水敷高の差とする。(図 4.2.30 参照)



(出典：護岸の力学設計法 H19.11 p.37)

図 4.2.30 設計水深  $H_d$

### ■補正係数 $\alpha$

淀川左岸線（2 期）区間では高水敷と低水路の流れの干渉による補正係数を乗じるものとする（護岸の力学設計法 H19.11 p.45）。高水敷幅が狭い場合、低水路の流れの影響を受けるため高水敷の流速が大きくなるための補正である。また、当区間は直線区間とみなされ、湾曲による補正は行わない。

■代表流速  $V_0$

代表流速  $V_0$  の算定結果を表 4.2.18 に示す。

表 4.2.18 代表流速  $V_0$  の算定

| 測点    | 不等流計算結果                           |           |                   | 河道諸元等            |                      |                         |                         |                         |                             |                      |                      |
|-------|-----------------------------------|-----------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
|       | 計算水位<br>(O. P. m)                 | エネルギー勾配   | エネルギー勾配<br>(区間平均) | HWL<br>(O. P. m) | 高水敷幅<br>$b_{rp}$ (m) | 堤防法尻<br>高さ<br>(O. P. m) | 低水路部<br>高さ<br>(O. P. m) | 低水路部水<br>深 $H_{mc}$ (m) | 高水敷部水<br>深 $H_d=H_{rp}$ (m) | 低水路粗<br>度係数 $n_{rp}$ | 高水敷粗<br>度係数 $n_{mc}$ |
|       | Q=10700m <sup>3</sup> /s (整備計画流量) |           |                   |                  |                      |                         |                         |                         |                             |                      |                      |
| 4. 4k | 4. 417                            | 0. 000181 | 0. 000201         | 5. 200           | 21. 6                | 2. 89                   | -3. 56                  | 8. 76                   | 2. 310                      | 0. 015               | 0. 020               |
| 4. 6k | 4. 472                            | 0. 000164 |                   | 5. 200           | 23. 2                | 3. 09                   | -3. 53                  | 8. 73                   | 2. 110                      |                      |                      |
| 4. 8k | 4. 606                            | 0. 000240 |                   | 5. 200           | 80. 6                | 2. 30                   | -3. 52                  | 8. 72                   | 2. 900                      |                      |                      |
| 5. 0k | 4. 640                            | 0. 000239 |                   | 5. 200           | 100. 8               | 2. 73                   | -3. 50                  | 8. 70                   | 2. 470                      |                      |                      |
| 5. 2k | 4. 712                            | 0. 000230 |                   | 5. 200           | 97. 0                | 2. 75                   | -3. 48                  | 8. 68                   | 2. 450                      |                      |                      |
| 5. 4k | 4. 762                            | 0. 000224 |                   | 5. 200           | 98. 2                | 3. 08                   | -3. 46                  | 8. 66                   | 2. 120                      |                      |                      |
| 5. 6k | 4. 978                            | 0. 000163 |                   | 5. 250           | 80. 7                | 3. 18                   | -3. 44                  | 8. 69                   | 2. 070                      |                      |                      |
| 5. 8k | 5. 025                            | 0. 000212 |                   | 5. 360           | 90. 6                | 3. 40                   | -3. 42                  | 8. 78                   | 1. 960                      |                      |                      |
| 6. 0k | 5. 060                            | 0. 000220 |                   | 5. 470           | 88. 1                | 3. 69                   | -3. 40                  | 8. 87                   | 1. 780                      |                      |                      |
| 6. 2k | 5. 074                            | 0. 000247 |                   | 5. 570           | 87. 5                | 3. 85                   | -3. 38                  | 8. 95                   | 1. 720                      |                      |                      |
| 6. 4k | 5. 135                            | 0. 000237 |                   | 5. 680           | 84. 9                | 3. 90                   | -3. 36                  | 9. 04                   | 1. 780                      |                      |                      |
| 6. 6k | 5. 189                            | 0. 000225 |                   | 5. 790           | 87. 5                | 4. 17                   | -3. 34                  | 9. 13                   | 1. 620                      |                      |                      |
| 6. 8k | 5. 317                            | 0. 000192 |                   | 5. 890           | 85. 7                | 4. 07                   | -3. 32                  | 9. 21                   | 1. 820                      |                      |                      |
| 7. 0k | 5. 635                            | 0. 000137 |                   | 6. 000           | 94. 0                | 1. 47                   | -3. 30                  | 9. 30                   | 4. 530                      |                      |                      |
| 7. 2k | 5. 924                            | 0. 000158 |                   | 6. 110           | 18. 0                | 1. 82                   | -3. 28                  | 9. 39                   | 4. 290                      | 0. 055               |                      |
| 7. 4k | 5. 958                            | 0. 000169 |                   | 6. 210           | 49. 1                | 1. 70                   | -3. 26                  | 9. 47                   | 4. 510                      |                      |                      |
| 7. 6k | 6. 010                            | 0. 000159 |                   | 6. 320           | 47. 9                | 1. 78                   | -3. 24                  | 9. 56                   | 4. 540                      |                      |                      |
| 7. 8k | 6. 035                            | 0. 000193 |                   | 6. 430           | 57. 5                | 1. 90                   | -3. 22                  | 9. 65                   | 4. 530                      |                      |                      |
| 8. 0k | 6. 097                            | 0. 000221 |                   | 6. 530           | 56. 4                | 1. 99                   | -4. 05                  | 10. 58                  | 4. 540                      |                      |                      |
| 8. 2k | 6. 195                            | 0. 000210 |                   | 6. 640           | 46. 4                | 2. 21                   | -5. 16                  | 11. 80                  | 4. 430                      |                      |                      |

| 測点    | 代表流速の算定             |                          |                          |                             |                             |                           |                               |               |                              |
|-------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|------------------------------|
|       | 平均流速<br>$V_m$ (m/s) | 高水敷部<br>摩擦損失<br>係数 $F_w$ | 低水路部<br>摩擦損失<br>係数 $F_m$ | 低水路流<br>速<br>$u_{w0}$ (m/s) | 高水敷流<br>速<br>$u_{m0}$ (m/s) | 境界部の<br>流速<br>$u_b$ (m/s) | 水平渦動<br>粘性係数<br>$\varepsilon$ | 補正係数 $\alpha$ | 護岸近傍の<br>代表流速<br>$V_0$ (m/s) |
| 4. 4k | 1. 239              | 0. 0033                  | 0. 0010                  | 4. 017                      | 1. 239                      | 3. 368                    | 39. 055                       | 1. 407        | 1. 744                       |
| 4. 6k | 1. 166              | 0. 0034                  | 0. 0009                  | 4. 008                      | 1. 166                      | 3. 388                    | 41. 550                       | 1. 415        | 1. 650                       |
| 4. 8k | 1. 442              | 0. 0031                  | 0. 0013                  | 4. 004                      | 1. 442                      | 3. 293                    | 31. 957                       | 1. 182        | 1. 704                       |
| 5. 0k | 1. 295              | 0. 0033                  | 0. 0011                  | 3. 998                      | 1. 295                      | 3. 331                    | 36. 304                       | 1. 151        | 1. 491                       |
| 5. 2k | 1. 288              | 0. 0033                  | 0. 0011                  | 3. 992                      | 1. 288                      | 3. 328                    | 36. 309                       | 1. 158        | 1. 492                       |
| 5. 4k | 1. 170              | 0. 0034                  | 0. 0009                  | 3. 986                      | 1. 170                      | 3. 366                    | 40. 481                       | 1. 159        | 1. 357                       |
| 5. 6k | 1. 152              | 0. 0035                  | 0. 0009                  | 3. 996                      | 1. 152                      | 3. 382                    | 41. 637                       | 1. 201        | 1. 383                       |
| 5. 8k | 1. 110              | 0. 0035                  | 0. 0008                  | 4. 023                      | 1. 110                      | 3. 426                    | 44. 668                       | 1. 182        | 1. 312                       |
| 6. 0k | 1. 041              | 0. 0036                  | 0. 0008                  | 4. 051                      | 1. 041                      | 3. 484                    | 49. 439                       | 1. 193        | 1. 242                       |
| 6. 2k | 1. 018              | 0. 0037                  | 0. 0007                  | 4. 075                      | 1. 018                      | 3. 519                    | 51. 978                       | 1. 198        | 1. 219                       |
| 6. 4k | 1. 041              | 0. 0036                  | 0. 0007                  | 4. 102                      | 1. 041                      | 3. 535                    | 52. 089                       | 1. 207        | 1. 257                       |
| 6. 6k | 0. 978              | 0. 0038                  | 0. 0007                  | 4. 129                      | 0. 978                      | 3. 593                    | 57. 415                       | 1. 205        | 1. 178                       |
| 6. 8k | 1. 057              | 0. 0036                  | 0. 0007                  | 4. 153                      | 1. 057                      | 3. 578                    | 53. 921                       | 1. 210        | 1. 279                       |
| 7. 0k | 1. 941              | 0. 0027                  | 0. 0018                  | 4. 180                      | 1. 941                      | 3. 374                    | 25. 158                       | 1. 135        | 2. 204                       |
| 7. 2k | 0. 681              | 0. 0027                  | 0. 0128                  | 4. 207                      | 0. 681                      | 2. 562                    | 34. 336                       | 1. 382        | 0. 940                       |
| 7. 4k | 0. 704              | 0. 0027                  | 0. 0133                  | 4. 231                      | 0. 704                      | 2. 549                    | 34. 953                       | 1. 288        | 0. 906                       |
| 7. 6k | 0. 707              | 0. 0027                  | 0. 0133                  | 4. 258                      | 0. 707                      | 2. 567                    | 35. 619                       | 1. 292        | 0. 914                       |
| 7. 8k | 0. 706              | 0. 0027                  | 0. 0131                  | 4. 286                      | 0. 706                      | 2. 591                    | 36. 299                       | 1. 272        | 0. 898                       |
| 8. 0k | 0. 707              | 0. 0027                  | 0. 0116                  | 4. 556                      | 0. 707                      | 2. 820                    | 43. 591                       | 1. 298        | 0. 918                       |
| 8. 2k | 0. 695              | 0. 0027                  | 0. 0098                  | 4. 899                      | 0. 695                      | 3. 141                    | 54. 441                       | 1. 354        | 0. 942                       |

ヨシ原区間は粗度係数が大きく、流速が小さくなる。

### (3) 侵食に対する照査結果

#### 1) 直接侵食に対する照査結果

|      |                    |
|------|--------------------|
| LC-6 | 直接侵食に対する安全性を確保すること |
|------|--------------------|

淀川左岸線（2期）の川表護岸構造は、下流部～7kまでは高潮区間で大型連節ブロックを設置し、7k～上流は連節ブロックを敷設する計画となっている。災害復旧基本方針では、護岸構造の種別に対して設計流速が設定されており、この流速と先に算出した護岸近傍の洪水時の流速（代表流速）の比較で照査を行う。ここで、淀川左岸線（2期）の川表護岸構造は大型連節ブロック、連節ブロックであることから表4.2.19より設計流速を5m/sとする。

表4.2.20に直接侵食に対する照査結果を示す。設計流速が代表流速を上回っていることから、表面侵食耐力が代表流速 $V_0$ 以上であると評価し、直接侵食に対す安全性を確保していると判断する。

表 4.2.19 護岸形式と設計流速

護岸工法設計流速関係表（C表）

護岸の法勾配が1：1.5より緩い場合に適用する工法例  
（他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

| セグメント |               |              | 復旧工法例   |             |                       | 設計流速  |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|-------|---------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| 山間地河川 | 砂漠平野<br>扇状地河川 | 自然堤防帯<br>三角州 | 素材      | 構造          | 工法                    | (m/s) |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             |                       | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | ～ |
|       |               |              | 石系      | 自然石(練)      | 1 巨石張(練)              | 4～8   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 2 野面石張(練)             | 4～8   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 3 間知石張(練)             | 4～8   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         | 自然石(空)      | 4 巨石張(空)              | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 5 野面石張(空)             | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 6 間知石張(空)             | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 7 連結自然石(空張)           | 4～8   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              | コンクリート系 | コンクリートブロック張 | 8 コンクリートブロック張         | 4～8   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 9 ボーラス<br>コンクリートブロック張 | 4～8   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 10 法枠工                | 4～8   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         | 連結ブロック      | 11 連節ブロック             | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 12 大型連節ブロック           | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 13 ボーラス連節ブロック         | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              | かご系     | 蛇籠          | 14 植生蛇籠               | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         | かご(平張)      | 15 鉄線籠型平張り工           | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         | 袋体          | 16 連結袋体張(雑)           | 5     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              | 木系      | 丸太格子        | 17 丸太格子<br>(片法枠工合)    | 4     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 18 粗袋法枠               | 4     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 19 粗袋構工               | 4     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 20 木製格子工              | 4     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         | 杭柵          | 21 杭柵                 | 4     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 22 板柵                 | 4     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              | シート系    | ジオテキスタイル    | 23 ジオテキスタイル           | 3     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 24 植生マット              | 3     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         | ブロックマット     | 25 ブロックマット            | 4     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              |         |             | 26 植生ネット              | 4     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|       |               |              | 植生系     | 植生          | 27 張芝                 | 2     |   |   |   |   |   |   |   |    |   |



表 4.2.20 直接侵食に対する照査結果

| 距離標 | 検討条件;緩傾斜堤防1:4.0, 整備計画流量 $Q=10700\text{m}^3/\text{s}$ 流下時 |                        |    | 備考                                               |
|-----|----------------------------------------------------------|------------------------|----|--------------------------------------------------|
|     | 高水敷代表流速 $V_o(\text{m/s})$                                | 護岸設計流速( $\text{m/s}$ ) | 判定 |                                                  |
| 4.4 | 1.744                                                    | 5                      | ○  | 既設低水護岸(矢板)あり                                     |
| 4.6 | 1.650                                                    | 5                      | ○  | 既設低水護岸(消波ブロック)あり                                 |
| 4.8 | 1.704                                                    | 5                      | ○  | 淀川大橋(R2)付近の緩傾斜堤防としない区間であり, 既設特殊堤設置済み区間           |
| 5.0 | 1.491                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 5.2 | 1.492                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 5.4 | 1.357                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 5.6 | 1.383                                                    | 5                      | ○  | 阪神高速池田線, JR東海道線の橋梁付近の緩傾斜堤防としない区間であり, 既設特殊堤設置済み区間 |
| 5.8 | 1.312                                                    | 5                      | ○  | 高潮堤防区間                                           |
| 6.0 | 1.242                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 6.2 | 1.219                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 6.4 | 1.257                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 6.6 | 1.178                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 6.8 | 1.279                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 7.0 | 2.204                                                    | 5                      | ○  | ▲既急電鉄の橋梁付近の緩傾斜堤防としない区間であり, 既設特殊堤設置済み区間           |
| 7.2 | 0.940                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 7.4 | 0.906                                                    | 5                      | ○  | 一般堤防区間                                           |
| 7.6 | 0.914                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 7.8 | 0.898                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 8.0 | 0.918                                                    | 5                      | ○  |                                                  |
| 8.2 | 0.942                                                    | 5                      | ○  |                                                  |

## ■評価及び考察

直接侵食に対しては高水護岸近傍の代表流速が  $2.0\text{m/s}$  を下回る流速となっている。淀川左岸線(2期)の川表護岸構造は大型連節ブロック, 連節ブロックであることから, 護岸設計流速は  $5\text{m/s}$  となり, 直接侵食に対して十分な安全性が確保される。

## 2) 側方侵食に対する照査結果

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| 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 |
|------|-----------------------------------|

側方侵食に対する照査は，1回の洪水に対して高水敷が侵食される幅が高水敷幅以下であれば，堤防が側方侵食に対して安全性を満足していると判断する。高水敷を有している 4.4k～6.8k（4.8k を除く）を対象に高水敷幅(b)／低水河岸高(H)が判定基準となる  $b/H > 2 \sim 3$  を満足しているかの照査を行なった。ここで，ヨシ原区間（7.0～8.2k）は高水敷が無く，側方侵食の照査は行わないが，前述の直接侵食の照査で安全性を照査している。照査の結果を表 4.2.21 に示す。全ての断面で  $b/H > 2 \sim 3$  を満足していることから，側方侵食に対する安全性を満足していると判断する。

表 4.2.21 側方侵食に対する照査結果

| 距離標 | 堤防の諸条件 |                       |                         | 検討条件;緩傾斜堤防1:4.0, 整備計画流量 $Q=10700\text{m}^3/\text{s}$ 流下時 |                     | 備考     |
|-----|--------|-----------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|--------|
|     | セグメント  | 高水敷幅<br>$b(\text{m})$ | 低水河岸高<br>$Hd(\text{m})$ | 高水敷幅 $b$ /低水河岸高 $H$                                      | 判定 ( $b/H>2\sim3$ ) |        |
|     |        |                       |                         |                                                          |                     |        |
| 4.4 | 3      | 21.6                  | 8.76                    | 2.47                                                     | ○                   | 高潮堤防区間 |
| 4.6 | 3      | 23.2                  | 8.73                    | 2.65                                                     | ○                   |        |
| 4.8 | 3      | -                     | -                       | 高水敷なし                                                    | -                   |        |
| 5.0 | 3      | 102.5                 | 8.70                    | 11.78                                                    | ○                   |        |
| 5.2 | 3      | 108.5                 | 8.68                    | 12.50                                                    | ○                   |        |
| 5.4 | 3      | 99.9                  | 8.66                    | 11.54                                                    | ○                   |        |
| 5.6 | 3      | 92.9                  | 8.69                    | 10.69                                                    | ○                   |        |
| 5.8 | 3      | 94.9                  | 8.78                    | 10.81                                                    | ○                   |        |
| 6.0 | 3      | 92.5                  | 8.87                    | 10.43                                                    | ○                   |        |
| 6.2 | 3      | 92.4                  | 8.95                    | 10.33                                                    | ○                   |        |
| 6.4 | 3      | 88.5                  | 9.04                    | 9.79                                                     | ○                   | 一般堤防区間 |
| 6.6 | 3      | 90.8                  | 9.13                    | 9.95                                                     | ○                   |        |
| 6.8 | 3      | 89.0                  | 9.21                    | 9.66                                                     | ○                   |        |
| 7.0 | 3      | -                     | -                       | 高水敷なし                                                    | -                   |        |
| 7.2 | 3      | -                     | -                       |                                                          | -                   |        |
| 7.4 | 3      | -                     | -                       |                                                          | -                   |        |
| 7.6 | 3      | -                     | -                       |                                                          | -                   |        |
| 7.8 | 3      | -                     | -                       |                                                          | -                   |        |
| 8.0 | 3      | -                     | -                       |                                                          | -                   |        |
| 8.2 | 3      | -                     | -                       | -                                                        | -                   |        |

### ■評価及び考察

側方侵食に対して，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  $b/H > 2 \sim 3$  を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。

### 3) 道路からの雨水排水による堤防侵食

|      |                          |
|------|--------------------------|
| 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 |
|------|--------------------------|

道路（淀川左岸線（2期）、南岸線）に流入する雨水については、排水計画を実施し堤防に流出しない排水施設を設置する。

また、道路ボックス上面の排水は、堤内側へ片勾配を設けるなど、堤防と道路ボックス間に雨水が溜まらないよう工夫する。

#### 4.2.1.7 道路ボックス構造継手の止水性評価

BC-12 道路躯体の本体・継手部の止水性を確保すること

道路ボックスの構造継手における止水性に関して検討を行う。道路ボックスの構造継手は、「開削トンネル設計指針」（平成17年9月(平成20年10月一部改訂) 阪神高速道路株式会社 以下「開削トンネル指針」という）に図4.2.31に示す標準構造を基本とする。構造継手は、変形性能に対するスリップバーと防水性能に対する止水板より構成されている。スリップバーはせん断、曲げに対して抵抗し、実験結果等からL2地震時の継手の目開き量が概ね100mm以上の性能を確保しており、それ以上に対しても埋め込み長の増加により許容する変形性能を引き上げることが可能である。止水板はブチルゴムを用いたセンターバルブ型で埋設深度に応じた使用により耐水圧性能を確保しており、耐水圧性能は、 $0.1 \sim 0.2 \text{ N/mm}^2$ の性能を確保出来る。

また、道路ボックスには、止水を目的とした防水工を設置し、継手部にも後防水工法により設置することから、止水性を確保することが可能である。構造継手に関しては、河川堤防近接付近で阪神高速大和川線等で実績があり、止水性は確保出来ていると考えられる。

標準継手構造を以下に示す。

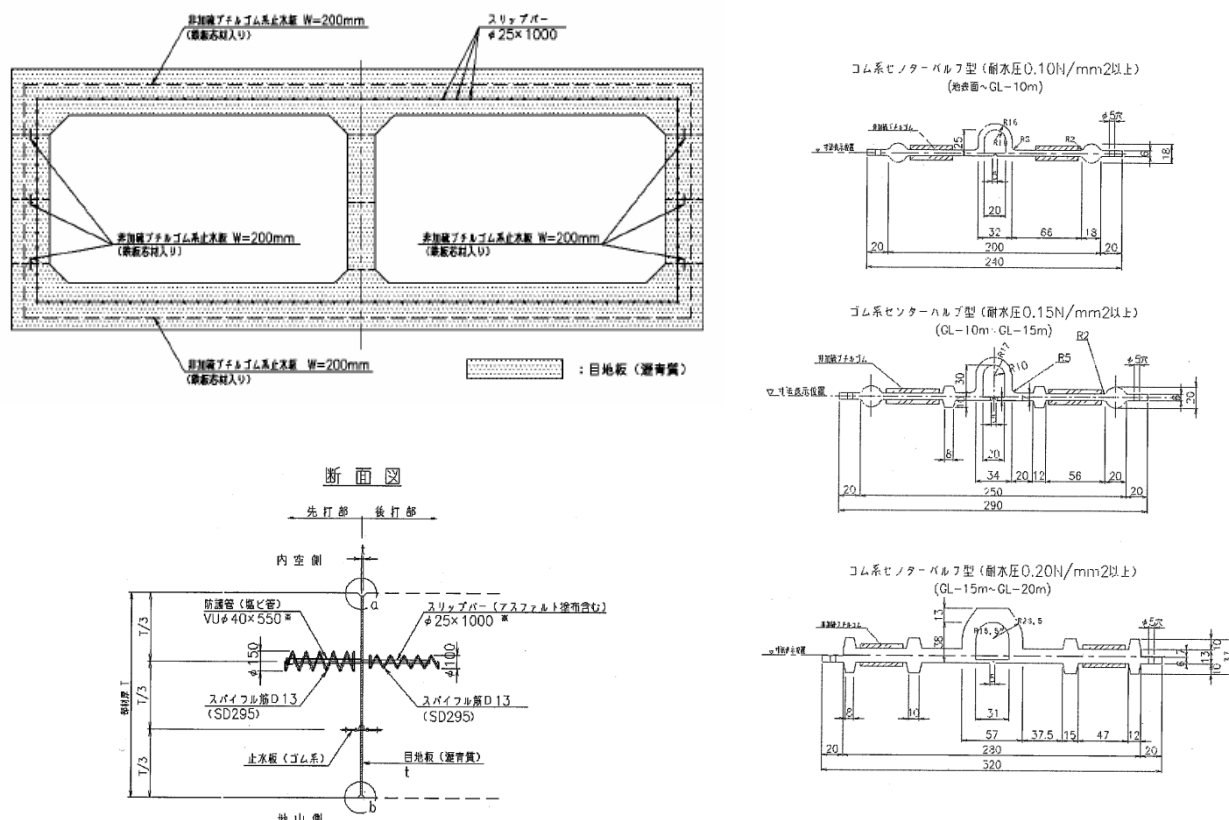


図 4.2.31 継手構造

## ■評価及び考察

後述する地震時の目開きや，圧密沈下による継ぎ手部の段差の解析結果において，いずれも 10cm 未満となり，阪神高速の設計指針にある標準的な継ぎ手部構造で問題がないことが確認できた。

なお，供用後は定期的な点検を実施し，継ぎ手部に異常がないか確認を行う。

#### 4.2.1.8 道路ボックスの浮き上がり照査

淀川左岸線（２期）は地下水位以下に建設される開削トンネルであるため水圧による影響を考慮し、浮力に対する構造物の安定性を検討する。ここで、浮力の検討に用いる水位は、考えられる最高水位を対象に検討を行うこととし、飽和－不飽和浸透流解析結果の道路ボックス前面における時刻歴最高水位、および淀川が氾濫した場合の想定水位（H18、浸水想定区域図より）について把握する。

|      |                              |
|------|------------------------------|
| 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 |
|------|------------------------------|

##### (1) 適用基準

浮上りの検討には「開削トンネル指針」に準拠し次式を用いる。なお、次式に示す通り上載土の重量を見込んでいるが、降雨時にも上載土が流出しないように、図 4.2.32 に示すように、道路ボックス端部に土砂流出防止壁を設置する。

$$F_S = (W_S + W_B) / U$$

ここに、

$F_S$  : 安全率  $\geq 1.1$

$W_S$  : 上載土の重量 (kN)

$W_B$  : トンネル躯体の重量，路床材の重量 (kN)

$U$  : トンネル躯体底面に作用する揚圧力 (kN)

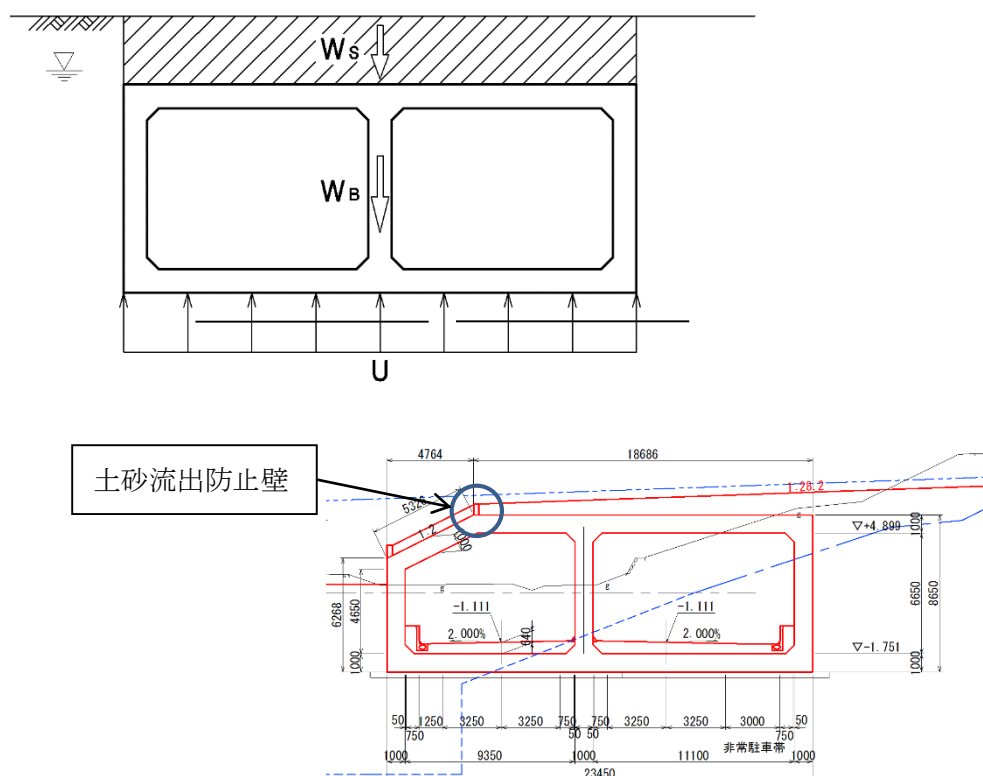


図 4.2.32 土砂流出防止壁

## (2) 検討水位の設定

検討水位は，完成時浸透流解析結果の道路ボックス河川側前面位置(以下，ボックス前面位置)における時刻歴最高水位を用いる。

検討水位：浸透流解析結果のボックス前面における最高水位（図 4.2.33 参照）

（各断面位置での解析結果による，また堤内外同水位で検討する）

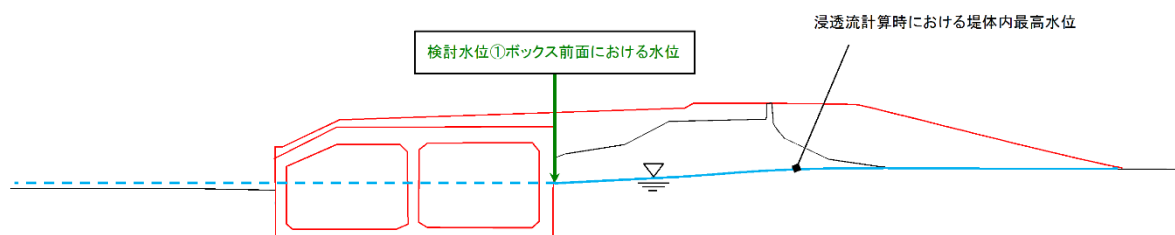


図 4.2.33 検討水位

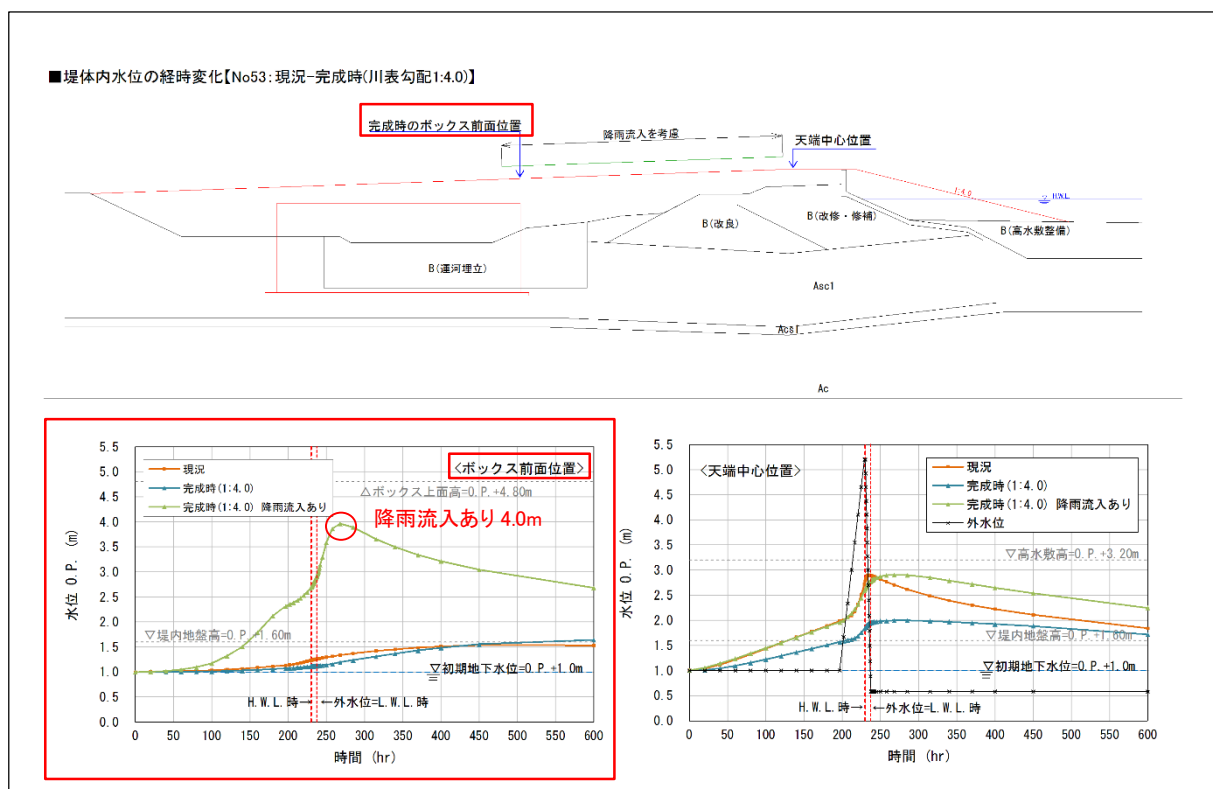
### (3) 検討結果

設定した水位における検討結果を以下に示す。

#### ■ 検討条件

完成時浸透流解析結果では、堤体上面からの降雨流入の有無について検討しており、本施設は降雨浸透対策を行い堤体内に直接降雨が流入しない構造とするが、浮き上がりの検討においては安全側を考慮し降雨が流入した場合のボックス前面水位を対象とする。なお、水位は0.5m ラウンドで切り上げた値を用いる。

検討断面は、浸透流解析で検討した本線道路ボックスの代表10断面（1層2連ボックス）とし、以下にNo. 53の検討位置の解析結果を代表として図4.2.34に示す。表4.2.22に検討水位1の設定結果と各代表断面の適用範囲を示す。



対象範囲：No.38～No.68

図 4.2.34 No53 の検討位置の解析結果



表 4.2.22 検討水位 1 の設定結果と適用範囲

| 検討断面   | 検討水位 1<br>(O.P.+m) | 適用範囲              |
|--------|--------------------|-------------------|
| No.53  | 4.0                | No.38(始点)～No.68   |
| No.79  | 3.0                | No.69～No.86       |
| No.94  | 4.0                | No.87～No.105      |
| No.117 | 4.0                | No.106～No.123     |
| No.130 | 4.0                | No.124～No.136     |
| No.142 | 3.5                | No.137～No.147     |
| No.152 | 4.0                | No.148～No.171     |
| No.190 | 4.0                | No.172～No.205     |
| No.221 | 4.0                | No.206～No.222     |
| No.223 | 4.5                | No.223～No.238(終点) |

### ■ 検討結果

表 4.2.23 に検討結果を示す。全ての検討断面において浮き上がりに対する安全率を満足する。(NO.79 の安全率が低いのは、縦断勾配の関係で底盤設置高が低くなっており、揚圧力の値が大きいためあり、このような箇所は注意を要する。)ただし、上載土の流出による浮上りの可能性があることから、道路ボックス上面の堤内側に土砂留め擁壁を設置することとする。

表 4.2.23 検討結果

| 検討断面   | 検討水位 1<br>O.P.+m | 上載土荷重<br>(kN) | 躯体重量<br>(kN) | 揚圧力<br>(kN) | 安全率<br>$F_s \geq 1.1$ |
|--------|------------------|---------------|--------------|-------------|-----------------------|
| No.53  | 4.0              | 916.1         | 1788.7       | 1683.6      | 1.607                 |
| No.79  | 3.0              | 329.8         | 1760.4       | 1767.2      | 1.183                 |
| No.94  | 4.0              | 329.8         | 1734.6       | 1433.1      | 1.441                 |
| No.117 | 4.0              | 329.8         | 1731.0       | 1228.2      | 1.678                 |
| No.130 | 4.0              | 329.8         | 1734.6       | 1439.4      | 1.434                 |
| No.142 | 3.5              | 430.6         | 2494.9       | 1662.5      | 1.760                 |
| No.152 | 4.0              | 536.0         | 1775.0       | 1284.4      | 1.799                 |
| No.190 | 4.0              | 329.8         | 1738.7       | 1147.1      | 1.803                 |
| No.221 | 4.0              | 474.0         | 3699.7       | 2637.5      | 1.582                 |
| No.223 | 4.5              | 110.2         | 1014.0       | 641.4       | 1.753                 |

#### 4.2.1.9 越水、大雨、津波など道路ボックス内への流入水に対する影響照査

BC-7 洪水、豪雨などによるボックスの安全性、供用性を確保すること

##### ■ 検討条件

H18.3 浸水想定区域図より確認した氾濫時の想定浸水位を検討水位2とする。想定浸水位は O.P.+7.5m となる。浸水想定区域図に用いた降雨は、昭和 28 年 9 月洪水(台風 13 号)の 2 倍の降雨(総雨量 500mm)とし、この降雨は平成 12 年 9 月に発生した東海地方で観測された過去 100 年間で最大級の豪雨級の降雨である。

この降雨を対象に淀川が氾濫した場合の浸水想定区域図を図 4.2.35 に示す。

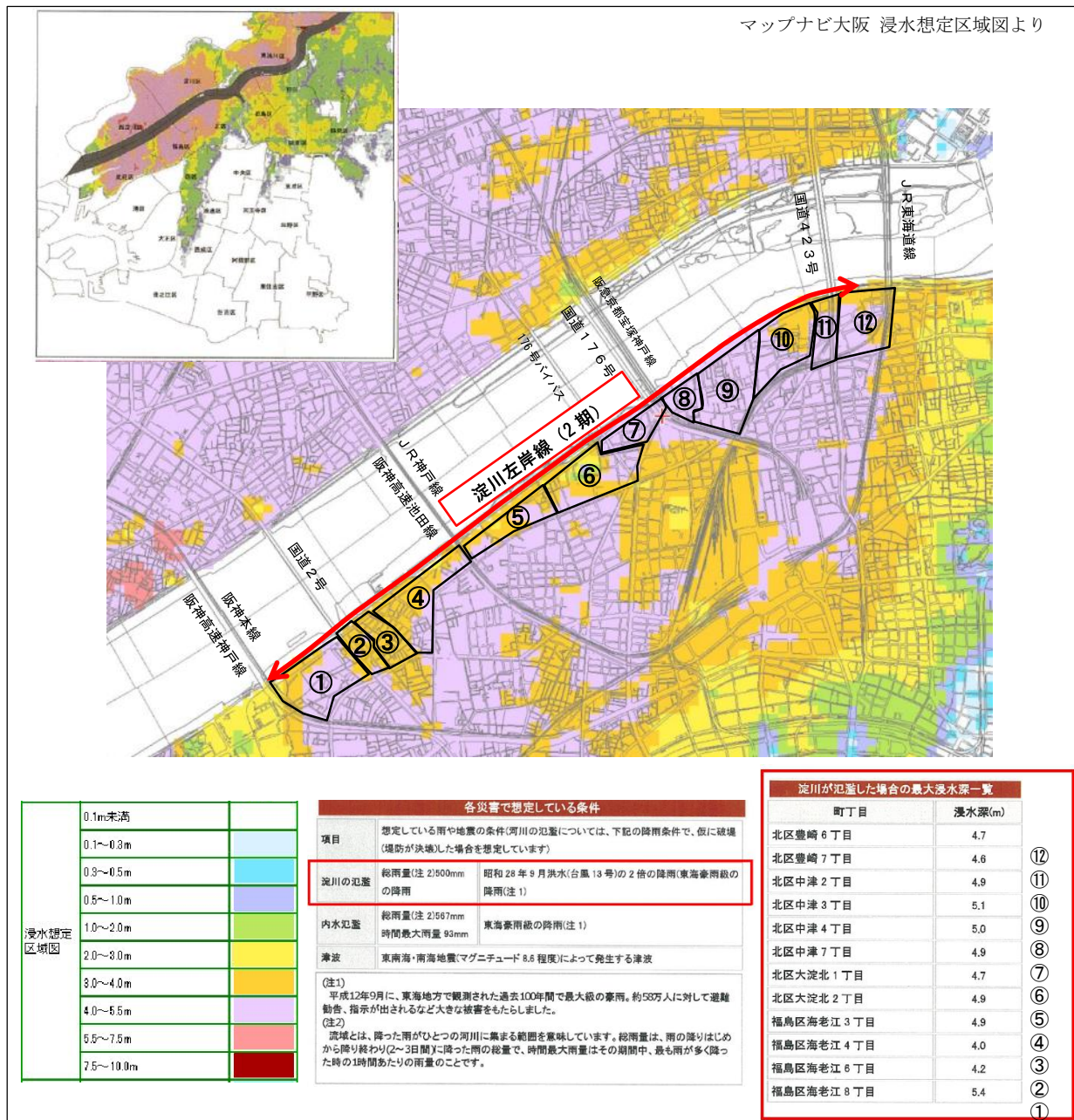


図 4.2.35 淀川が氾濫した場合の浸水被害想定図と最大浸水深一覧

## ■ 検討結果

淀川左岸線（２期）は対象区間内に複数のランプを設置する計画である。表 4.2.24 に各ランプの天端高を示す。検討水位 2 は、検討水位 1 と異なり堤内側が浸水した場合を想定しているが、想定浸水位が O.P.+7.5m 程度（図 4.2.37 参照）であり高い水位を確認している。（淀川の高潮区間までの計画高水位 O.P.+5.2m）この水位を対象にした場合、図 4.2.36 に示すとおり、ランプ出入口からの道路ボックス内浸水が想定されることから、各ランプの出入口の U 型擁壁の天端高を以下に整理する。B・C ランプは O.P.+2.0m、豊崎入路は O.P.+3.0m で道路ボックス内に流入することとなり、検討水位 1 よりも低い水位で流入し、流入した場合は道路ボックス全線に亘り浸水する状態となる。想定浸水位で検討した場合、道路ボックスが満水状態となるが、満水状態になった場合は水の比重（ $\rho_w=1.0$ ）に対してコンクリートの比重（ $\rho_c=2.3$ ）が明らかに大きいことから浮き上がりが発生することはない。

大津波警報発令時など、道路ボックス内へ浸水する恐れがある場合は、非常用出口等を利用し、利用者が速やかに道路ボックス外へ避難できるよう情報提供するとともに、交通規制をかけ、車両の進入を禁止するなどの運用計画が必要である。

表 4.2.24 各ランプ天端高

| 測点     | ランプ名称       | ランプ天端高<br>O.P.+(m) |
|--------|-------------|--------------------|
| No.40  | B ランプ・C ランプ | 2.0                |
| No.77  | 海老江北入路      | 5.5                |
| No.132 | 大淀出路        | 7.5                |
| No.143 | 大淀入路        | 3.0                |
| No.223 | 豊崎出路        | 3.5                |
| No.232 | 豊崎入路        | 3.0                |

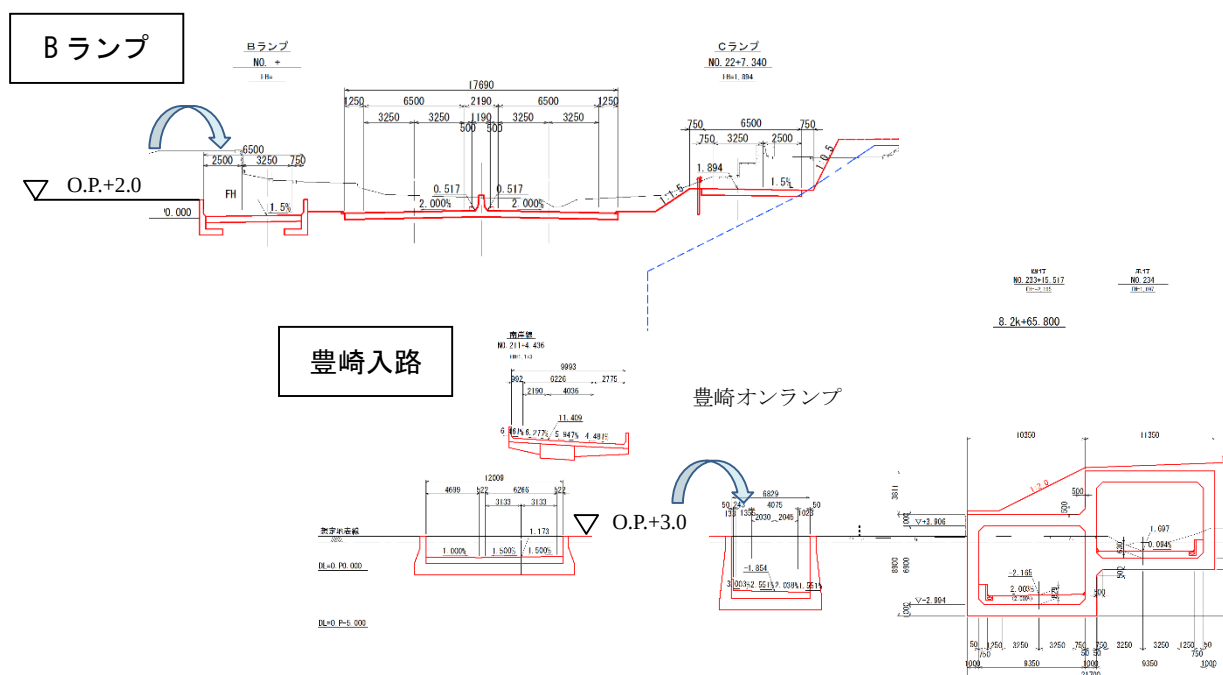


図 4.2.36 出入路の浸水箇所

検討水位 2：淀川氾濫時に想定される最大水位  
(O.P.+7.5m 程度)

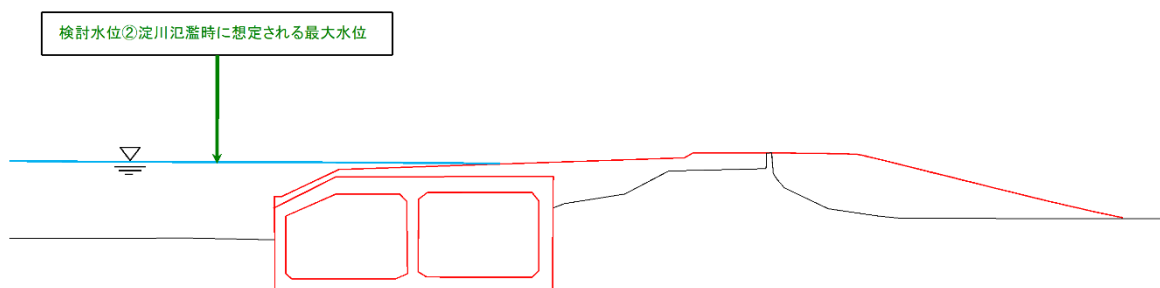


図 4.2.37 検討水位

### ■評価及び考察

検討水位 1 では、全ての検討断面において浮き上がりに対する安全率を満足する。ただし、上載土の流出による浮上りの可能性があることから、道路ボックス上面の堤内側に土砂留め擁壁を設置する必要がある。

検討水位 2 では、想定浸水位が O.P.+7.5m 程度（図 4.2.37 参照）と堤内側が浸水した場合を想定しており、ランプ出入口からの道路ボックス内浸水が想定され、道路ボックス全線に亘り浸水し、道路ボックスが満水状態となるが、満水状態になった場合は水の比重に対してコンクリートの比重が大きいことから浮き上がりが発生することはない。

大津波警報発令時など、道路ボックス内へ浸水する恐れがある場合は、非常用出口等を利用し、利用者が速やかに道路ボックス外へ避難できるよう情報提供するとともに、交通規制をかけ、車両の進入を禁止するなどの運用計画が必要である。

#### 4.2.2 地震による影響検討

淀川左岸線（２期）の地震による被害は、河川堤防の機能に対する評価と道路ボックスの機能に対する評価に分けて評価する必要があるため、各既往指針に準じて検討を行う。河川堤防に対しては「河川構造物の耐震性能照査指針・解説」平成 24 年 2 月（以下河川耐震指針）に示されている標準加速度応答スペクトルに適合したレベル 2-1 地震動、レベル 2-2 地震動に対して河川堤防の応答性状を時刻歴有効応力地震応答解析により、照査外水位と応答解析における残留堤防高とを比較し残留堤防高が照査外水位を上回っていることを照査する。なお参考として南海トラフによる地震動に対してレベル 2-1 の照査外水位以上であるかを検討した。

また、一体構造物としての特性を踏まえ、土（河川堤防）と構造物（道路ボックス）間が地震時の変形や剥離により堤防沈下や水みち発生を起こさないことを照査することを目的に、時刻歴有効応力地震応答解析により剥離箇所を評価する。

道路ボックスに対しては、「開削トンネル耐震設計指針－横断方向の耐震設計－平成 20 年 10 月 阪神高速道路株式会社」（以下、道路耐震指針）に示されている入力地震動のうち、プレート境界型地震動である南海・東南海地震の断層モデルにより作成された基盤面での加速度波形と、上町断層の破壊シナリオを反映して作成された最大級シナリオ地震動を用い、地震に対する道路ボックスの安全性、供用性、偏土圧下での地盤変形に対する道路ボックスの安全性、供用性、道路ボックスの沈下に対する安全性、供用性を確保すること、道路ボックスの継手部の段差、離れに対する安全性、供用性を確保することを照査する。なお、参考として南海トラフによる地震動に対する、道路ボックスの安全性供用性について検討を行う。

被害シナリオから導いた耐震透機能に対する確保機能は以下のとおりである。

##### ■耐震機能に必要な確保機能

|       |                                          |
|-------|------------------------------------------|
| 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により、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと   |
| 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                       |
| 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         |
| BC－15 | 非常時に交通規制を行う                              |

ここで、「BC－3 補助工法（液状化対策）を実施すること」について、淀川左岸線（２期）事業区間における、道路ボックスの基礎地盤は液状化すると判定されており、液状化が発生した場合、道路ボックスの安全性、供用性が確保できないと考えられることから、液状化対策を実施することを前提とする。

## (1) 検討手法の概要

一般的な堤防における耐震性能照査は、液状化に起因すると考えられる被災事例が主体となっていることから、液状化による地盤のせん断剛性の低下を考慮した自重変形解析（静的解析）が主に用いられている。

開削トンネル（道路ボックス）に対する一般的な耐震性能照査法は、応答震度法（静的解析）が用いられている。応答震度法は、成層地盤に道路ボックスが設置された状態を想定し、一次元重複反射解析による応答加速度より地盤の応答震度を算定し、この振動に対応する物体力を函体に作用させて部材の評価を実施している。

淀川左岸線（2期）では、河川堤防の定規断面内に道路ボックスを設置する特殊な構造となっている。そのため、河川堤防に対しては残留堤防高に加えて、構造物周辺の剥離による水みち発生の照査が必要となる。道路ボックスは、通常の完全に地中内に設置される構造と異なり、部材の評価に加えて安定性に対する評価が必要となる。

河川堤防の従来手法は土堤に対して適応できるものであり、定規断面内の剛性が大きく異なる道路ボックスの影響を適切に評価できない可能性があるとともに、道路ボックス周辺の剥離の把握も困難である。道路ボックスの従来手法は一次元地盤内での加速度応答を外力とするが、淀川左岸線（2期）の道路ボックスは河川堤防の内に設置される半地下構造物であるため、二次元挙動となることから応答震度の評価が困難となる。さらに、堤防と道路ボックスが隣接しているため、それぞれの挙動が相互に影響を及ぼすため、構造物と地盤の動的相互作用を考慮した解析手法を選択する必要がある。

解析手法の選定において、堤防の被害が見られた事例として直下型地震の兵庫県南部地震の被災事例（図 4.2.38 参照）と海溝型地震の東北地方太平洋沖地震の被災事例（図 4.2.39 参照）の再現解析を行い、より精度が高い手法を採用することとした。

兵庫県南部地震の被災事例は淀川左岸 1.4k の西島地区と淀川左岸 3.5k の高見地区を対象とし、ALID、FLIP、LIQCA の 3 手法について比較検討を行なった。比較検討の結果、実際の被害 4m 程度の堤防沈下が発生したのに対し、ALID で 0.04m～0.09m、FLIP で 5.0～5.4m、LIQCA で 3.8～4.5m の沈下となり、3 手法は概ね被災事例の再現は可能であったが、FLIP の沈下がやや大きくなる傾向を示した。

継続時間が長い大規模地震動の適応性を確認するため、東北地方太平洋沖地震の被災事例の再現解析を実施した。被災事例は利根川左岸 18.5k+325m で、地震動の継続時間は 200 秒以上である。実際の被害 0.2m 程度の沈下に対し、ALID で 0.04m～0.09m、FLIP で 0.23～0.34m、LIQCA で 0.35～0.39m の沈下となり、3 手法は概ね被災事例の再現は可能であったが、ALID の沈下がやや小さくなる傾向を示した。

以上を踏まえ、直下型地震、海溝型地震の双方に対して精度よく実被害を再現できた、LIQCA を解析手法として採用し、残留堤防高、剥離、道路ボックスの安定性評価、部材照査を実施する。



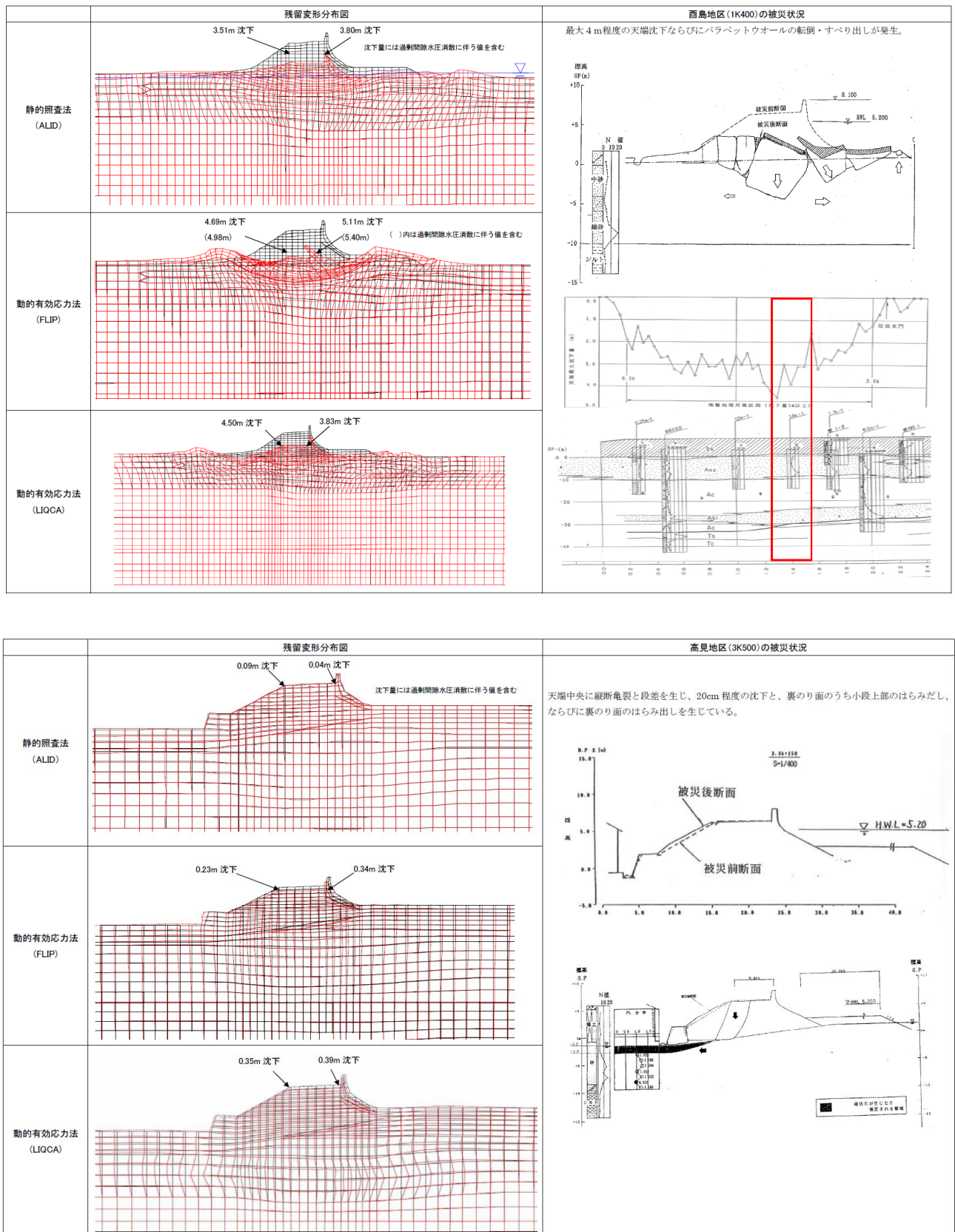


図 4.2.38 過去の地震の被災事例の再現（兵庫県南部地震）

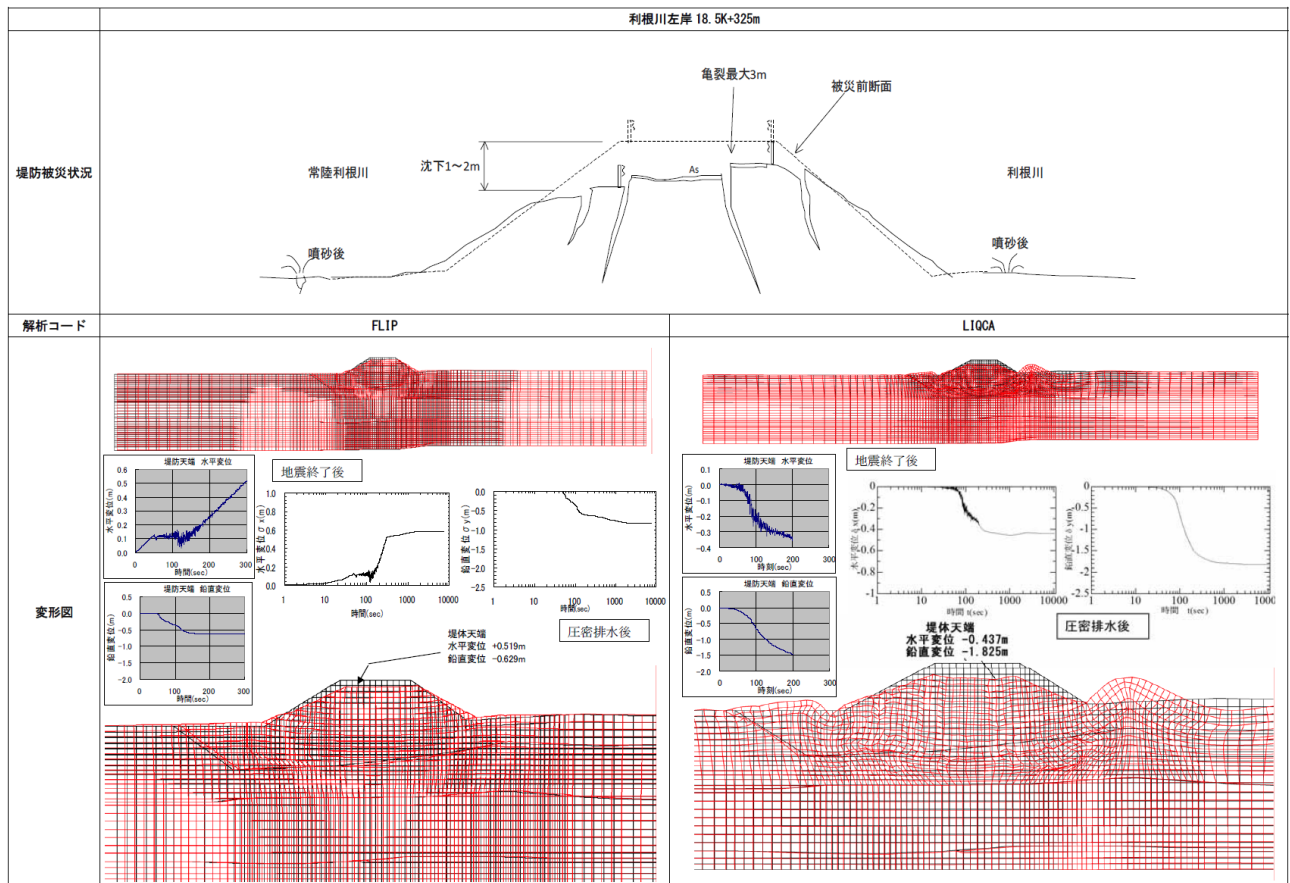


図 4.2.39 過去の地震の被災事例の再現（東北地方太平洋沖地震）

## (2) 地盤の液状化特性

淀川左岸線（2期）では、道路ボックス下部の地層において液状化が生じる可能性があることから、土質試験結果を基に液状化判定を行う。本施設は道路ボックスとなることから、設計基準は「道路土工—カルバート工指針（平成21年度版）」（平成22年3月 公益社団法人日本道路協会）を基本とするが、具体的な液状化判定についてはカルバート工指針に示す通り「道路土工—軟弱地盤対策工指針（平成24年度版）」（平成24年8月 公益社団法人日本道路協会）に準じて行う。

液状化の判定は、淀川左岸線（2期）の道路ボックス設置位置に該当する堤内側の地質調査結果を対象として、地盤の $F_L$ を算出し行う。 $F_L$ とは、ある土層の液状化に対する抵抗率を表し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなす指標である。

$$F_L = R/L \cdots \cdots \cdots \text{(解 5-21)}$$

$$R = C_w \cdot R_L \cdots \cdots \cdots \text{(解 5-22)}$$

$$L = r_d \cdot k_h \cdot (\sigma_v / \sigma_v') \cdots \cdots \cdots \text{(解 5-23)}$$

$$r_d = 1.0 - 0.015x \cdots \cdots \cdots \text{(解 5-24)}$$

$F_L$ ：液状化に対する抵抗率

$R$ ：動的せん断強度比

$L$ ：地震時せん断応力比

$C_w$ ：地震動特性による補正係数

$R_L$ ：繰返し三軸強度比で、(iii)の規定により求める。



$r_d$ : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

$k_h$ : 解表 5-1 において規定する液状化判定用設計水平震度

$\sigma_v$ : 地表面からの深さ  $x$  (m) における全上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_v$ : 地表面からの深さ  $x$  (m) における有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$x$ : 地表面からの深さ (m)

解表 5-1 液状化判定を行う際に用いる設計水平震度の標準値

| 地震動       |        | 地盤種別 |      |       |
|-----------|--------|------|------|-------|
|           |        | I 種  | II 種 | III 種 |
| レベル 1 地震動 |        | 0.12 | 0.15 | 0.18  |
| レベル 2 地震動 | タイプ I  | 0.30 | 0.35 | 0.40  |
|           | タイプ II | 0.80 | 0.70 | 0.60  |

出典:「道路土工—軟弱地盤対策工指針 (平成 24 年度版)」、平成 24 年 8 月、公益社団法人日本道路協会」

各地層を対象とした液状化判定結果より、液状化対象層は Asc1 層のみとなる。Asc1 層の液状化判結果を図 4.2.40 及び図 4.2.41 に示す。判定結果によっては  $F_L > 1.0$  となる箇所が僅かに見られるものの、全体的には  $F_L < 1.0$  となり液状化が発生することから、Asc1 層を対象に液状化対策工が必要となる。

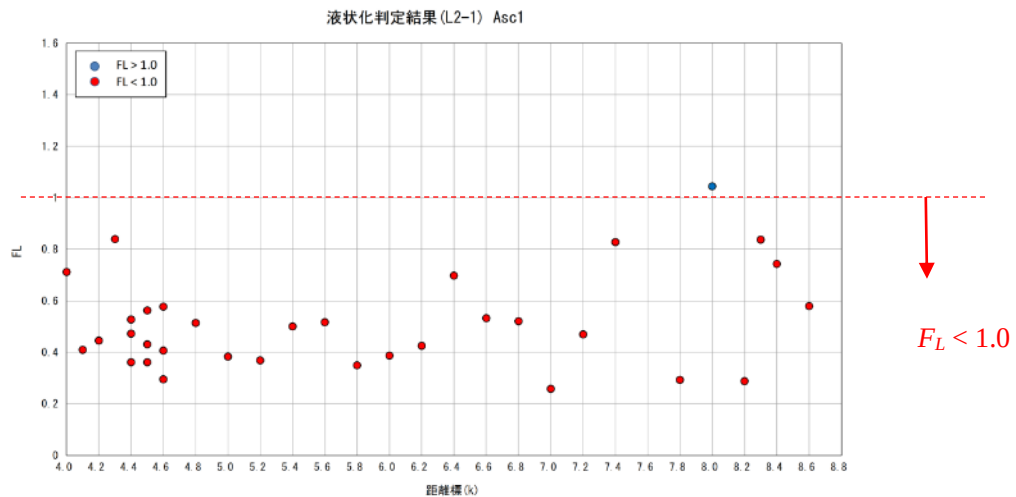


図 4.2.40 液状化判定結果 レベル 2 地震動 (タイプ I)

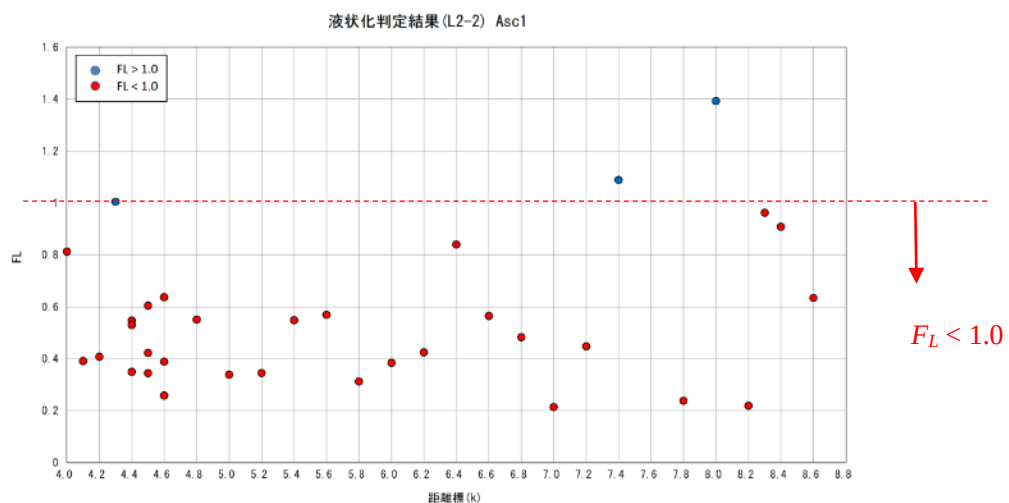


図 4.2.41 液状化判定結果 レベル 2 地震動 (タイプ II)

### (3) 動的解析に用いるパラメータの整理

堤防の耐震性能を評価する上で最も重要な基礎地盤条件は、液状化層の評価（強度と対象層厚）となるため、PL 値※を縦断方向に整理したものを、表 4.2.25 に示す。表より対象区間全域にわたり PL 値は概ね 15 以上（液状化対策が必要）を示しており、液状化の影響は全線に一樣であると言える。これより、本検討においては全ての解析断面で同じパラメータを設定する。なお、設定した解析パラメータを用いて、兵庫県南部地震での被災状況について、2 断面（No.77, No.204）を対象として再現計算を実施し、概ね被害状況を再現できていることを確認している。

（※）PL 値とは、地盤の液状化の激しさの程度を表す指標であり、値に応じて以下のように判断する。

$P_L = 0$  の時……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一般に不要。  
 $0 < P_L \leq 5$  の時……液状化危険度は低い。特に重要な構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要。  
 $5 < P_L \leq 15$  ……液状化危険度が高い。重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。  
 $15 < P_L$  ……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は不可避。

出典：「地震時地盤液状化の程度の予測について、地盤工学会，1980 4 月 No.1164，岩崎敏男，龍岡丈夫，常田賢一，安田進」

表 4.2.25 PL 値の縦断方向分布

| 距離標    | 堤体天端     |       |       | 堤内地      |       |       | 備考                             |
|--------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|--------------------------------|
|        | ボーリング名   | PL値   |       | ボーリング名   | PL値   |       |                                |
|        |          | タイプⅠ  | タイプⅡ  |          | タイプⅠ  | タイプⅡ  |                                |
| L4. 4k | L4. 4k-1 | —     | —     | L4. 4k-2 | 37.96 | 40.24 |                                |
| L4. 6k | L4. 6k-1 | 28.14 | 29.35 | L4. 6k-2 | 44.02 | 46.19 |                                |
| L4. 8k | L4. 8k-1 | 28.50 | 30.56 | L4. 8k-2 | 31.16 | 31.08 |                                |
| L5. 0k | L5. 0k-1 | 22.72 | 24.09 | L5. 0k-2 | 28.73 | 26.41 |                                |
| L5. 2k | L5. 2k-1 | 7.35  | 8.13  | L5. 2k-2 | 32.24 | 31.52 | L5. 2k-1 : Asc, As層は<br>細粒分が多い |
| L5. 4k | L5. 4k-1 | 26.15 | 27.91 | L5. 4k-2 | 33.78 | 30.64 |                                |
| L5. 6k | L5. 6k-1 | 21.84 | 23.37 | L5. 6k-2 | 16.09 | 14.17 | L5. 6k-2 : 中津埋立土が良好            |
| L5. 8k | L5. 8k-1 | 24.22 | 26.61 | L5. 8k-2 | 35.11 | 34.56 |                                |
| L6. 0k | L6. 0k-1 | 25.34 | 26.52 | L6. 0k-2 | 38.37 | 36.13 |                                |
| L6. 2k | L6. 2k-1 | 35.00 | 31.30 | L6. 2k-2 | 32.06 | 28.90 |                                |
| L6. 4k | L6. 4k-1 | 23.17 | 24.15 | L6. 4k-2 | 16.76 | 14.62 |                                |
| L6. 6k | L6. 6k-1 | 25.29 | 26.77 | L6. 6k-2 | 26.96 | 26.77 |                                |
| L6. 8k | L6. 8k-1 | 38.66 | 39.33 | L6. 8k-2 | 19.86 | 20.62 |                                |
| L7. 0k | L7. 0k-1 | 16.76 | 18.94 | L7. 0k-2 | 36.00 | 37.37 |                                |
| L7. 2k | L7. 2k-1 | —     | —     | L7. 2k-2 | 38.29 | 40.42 |                                |
| L7. 4k | L7. 4k-1 | 14.17 | 14.46 | L7. 4k-2 | 11.34 | 9.68  | 液状化判定対象層が<br>他に比べ薄い            |
| L7. 6k | L7. 6k-1 | 43.59 | 38.57 | L7. 6k-2 | 23.89 | 24.48 |                                |
| L7. 8k | L7. 8k-1 | 15.52 | 17.23 | L7. 8k-2 | 24.08 | 22.74 |                                |
| L8. 0k | L8. 0k-1 | 10.82 | 11.92 | L8. 0k-2 | 5.32  | 4.62  | As層が良好                         |
| L8. 2k | L8. 2k-1 | 17.48 | 19.02 | L8. 2k-2 | 19.05 | 18.98 |                                |

※赤字はPL>15を示す

時刻歴有効応力地震応答解析（LIQCA）に用いる地盤パラメータのうち、密度、透水係数、せん断波速度、粘着力、内部摩擦角、圧縮指数、膨潤指数は、本委員会を対象とした既往地質調査結果より設定する。

地下水位以上の砂質土層：B 層（改修・修補，改良，高水敷整備），新規盛土層は，Ramberg-Osgood（R-O モデル）を適用する。この R-O モデルに適用するパラメータ（ $\alpha$ ， $r$ ）は，堤体の主体となる B 層（改修・修補）で行われた動的変形試験結果へのフィッティングにより設定する。

液状化層である Asc1 層には砂の繰返し弾塑性モデル，沖積粘性土層である Acs1 層，Ac 層，Acs2 層は繰返し弾粘塑性モデルを適用している。液状化対象層である Asc1 層の繰返し弾塑性パラメータは，当該地盤で実施された非排水三軸繰返し試験（液状化試験）結果へのフィッティングにより決定されたパラメータを用いる。弾粘塑性モデルに用いるパラメータは，「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）」に示されている，西島地区の Ac2 層の材料パラメータを適用する。

なお，旧中津川埋立部の B 層は，透水試験結果より透水性が比較的低く，粒度特性は Acs1 層に近いことから，Acs1 層と同様の繰返し弾粘塑性モデルパラメータを適用する。

表 4.2.26 に解析パラメータ表を示す。なお，断面毎に初期平均有効応力が異なるため，No.90 を代表として示す。

表 4.2.26 解析パラメータ表（No.90 の例）

|                               |                                 | 新規盛土   |          | B<br>(改修・修補) | B<br>(改良工事) | B<br>(高水敷整備) | B<br>(中津埋立) | Asc1   | Asc1<br>(改良部) | Acs1     | Ac       | Acs2     | Asc2   |
|-------------------------------|---------------------------------|--------|----------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------|---------------|----------|----------|----------|--------|
| 初期間隙比                         | e <sub>0</sub>                  | 0.831  |          |              |             |              |             | 0.801  |               | 1.250    | 1.650    | 1.250    | 0.800  |
| 透水係数(m/sec)                   | k                               | -      | 1.56E-05 | 3.12E-04     | 4.42E-06    | 2.53E-07     | 4.36E-05    |        | 7.84E-07      | 1.06E-09 | 1.82E-09 | 1.00E-06 |        |
| 重力加速度(m/sec <sup>2</sup> )    | g                               | 9.8    |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          |        |
| 密度(t/m <sup>3</sup> )         | ρ                               | 1.73   |          |              |             |              |             | 1.89   |               | 1.72     | 1.65     | 1.74     | 1.84   |
| せん断波速度(m/sec)                 | V <sub>s</sub>                  | 168.0  |          |              |             |              |             | 151.0  |               | 147.8    | 155.4    | 209.7    | 212.2  |
| 初期せん断弾性係数(kN/m <sup>2</sup> ) | G <sub>0</sub>                  | 48,744 |          |              |             |              |             | 43,043 |               | 37,674   | 39,944   | 76,747   | 82,723 |
| 水の体積圧縮係数                      | K <sub>f</sub>                  | 0      |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          |        |
| 繰返し弾塑性モデル                     |                                 |        |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          |        |
| 圧縮指数                          | λ                               |        |          |              |             | 0.187        | 0.025       |        | 0.187         | 0.334    | 0.265    |          |        |
| 膨潤指数                          | κ                               |        |          |              |             | 0.019        | 0.003       |        | 0.019         | 0.033    | 0.026    |          |        |
| 無次元化初期せん断係数                   | G <sub>0</sub> /σ <sub>m0</sub> |        |          |              |             | 543          | 872         |        | 543           | 402      | 501      |          |        |
| 変相応力比                         | M* <sub>m</sub>                 |        |          |              |             | 1.24         | 0.909       |        | 1.24          | 1.18     | 1.24     |          |        |
| 破壊応力比                         | M* <sub>f</sub>                 |        |          |              |             | 1.24         | 1.201       |        | 1.24          | 1.18     | 1.24     |          |        |
| 硬化関数中のパラメータ                   | B* <sub>0</sub>                 |        |          |              |             | 1,850        | 2,500       |        | 1,850         | 1,800    | 1,850    |          |        |
| 硬化関数中のパラメータ                   | B* <sub>1</sub>                 |        |          |              |             | 40           | 50          |        | 40            | 3        | 40       |          |        |
| 硬化関数中のパラメータ                   | C <sub>f</sub>                  |        |          |              |             | 10           | 0           |        | 10            | 0        | 10       |          |        |
| 異方消失のパラメータ                    | C <sub>d</sub>                  |        |          |              |             | 2,000        | 2,000       |        | 2,000         | 2,000    | 2,000    |          |        |
| 擬似過圧密比                        | OCR                             |        |          |              |             | 1            | 1           |        | 1             | 1        | 1        |          |        |
| ダイレイタンス係数                     | D* <sub>0</sub>                 |        |          |              |             | -            | 1           | -      | -             | -        | -        |          |        |
| ダイレイタンス係数                     | n                               |        |          |              |             | -            | 9           | -      | -             | -        | -        |          |        |
| 規準ひずみ（塑性剛性）                   | γ <sup>p*</sup> <sub>f</sub>    |        |          |              |             | -            | 0.015       | -      | -             | -        | -        |          |        |
| 規準ひずみ（弾性剛性）                   | γ <sup>E*</sup> <sub>f</sub>    |        |          |              |             | -            | 0.1         | -      | -             | -        | -        |          |        |
| R-Oモデル                        |                                 |        |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          |        |
| ポアソン比                         | ν                               | 0.333  |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          | 0.333  |
| 粘着力(kN/m <sup>2</sup> )       | c                               | 1.0    |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          | 66.1   |
| 内部摩擦角(°)                      | φ                               | 30     |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          | 11     |
| せん断弾性係数のパラメータ                 | a                               | 11,693 |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          | 7,445  |
| せん断弾性係数のパラメータ                 | b                               | 0.5    |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          | 0.5    |
| R-0パラメータ                      | α                               | 3.02   |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          | 3.02   |
| R-0パラメータ                      | r                               | 2.29   |          |              |             |              |             |        |               |          |          |          | 2.29   |

#### 4.2.2.1 検討対象箇所の抽出と外力条件

##### (1) 検討対象断面の抽出

地震による一体構造物の応答性状は、液状化層を含む軟弱地盤層厚などの基礎地盤特性、堤防盛土形状、道路ボックス形状・深さにより異なると考えられる。

本検討では、堤内側盛土形状、液状化対象層厚に着目して検討対象断面を抽出する。なお、川表護岸は、概ね 1:4 の一枚法で計画されることから着目項目としない。

堤内側盛土形状の区分として堤内側盛土荷重を用いる。堤内側盛土荷重は、ランプ部を含む既設堤防と道路ボックス間の盛土（堤防間盛土）、道路ボックス縦断線形、高規格堤防盛土により異なる。この荷重の違いによる区分を行うにあたり、堤内側の掘削、道路ボックス、盛土の単位奥行き当たりの総荷重を増加荷重とし、断面変化位置で算出する。あわせて、河川法線と道路計画中心線の離れ、縦断線形を考慮する。

- ・ 荷重区分① ～No.62 付近（4.8k 付近） 海老江地区高規格堤防
- ・ 荷重区分② No.62 付近～No.98 付近（5.4k+100m 付近） 国道 2 号～阪神高速 11 号池田線下流
- ・ 荷重区分③ No.98 付近～No.110 付近（5.8k 付近） ～JR 神戸線上流
- ・ 荷重区分④ No.110 付近～No.222 付近（8.0k 付近） ～豊崎出入路、国道 423 号新御堂筋下流
- ・ 荷重区分⑤ No.222 付近～

なお、上記は道路計画中心線で区分していることから、海老江北入路（No.80 付近,5.0k+115m）、大淀出路（No.129 付近,6.0k+80m）、大淀入路（No.142 付近,6.2k+139m）は考慮していない。

液状化対象層厚は、河川距離標毎に堤内側で実施されたボーリング調査結果より、本検討で設定した地下水位 O.P.+1.0m と沖積粘性土層上面間の沖積砂質土層厚により次の 3 区分とする。

- ・ 地層区分① 7.0m 程度 ～5.6k（No.105 付近）
- ・ 地層区分② 6.0m 程度 5.6k～7.0k（No.175 付近）
- ・ 地層区分③ 4.0m 程度 7.0k～

これら特性を表 4.2.27、図 4.2.42 に示す。完成形に対する耐震性能照査断面は 10 断面とする。

表 4.2.27 完成時における検討対象断面

| 荷重区分          | 地層区分             | 道路構造          | 検討対象断面            |
|---------------|------------------|---------------|-------------------|
| ①<br>海老江高規格堤防 | ①<br>液状化層厚<br>7m | ランプ部（海老江 JCT） | No.45（4.4k+31m）   |
|               |                  | 一般部           | No.53（4.4k+191m）  |
| ②             |                  | ランプ部（海老江北入路）  | No.80（5.0k+115m）  |
|               |                  | 一般部           | No.90（5.2k+107m）  |
| ③             |                  | 一般部（堤防掘削無）    | No.103（5.4k+166m） |
| ④             | ②<br>6m          | 一般部           | No.121（5.8k+120m） |
|               |                  | ランプ部（大淀出路）    | No.129（6.0k+80m）  |
|               |                  | ランプ部（大淀入路）    | No.142（6.2k+139m） |
| ⑤             | ③<br>4m          | 一般部           | No.208（7.6k+69m）  |
|               |                  | ランプ部（豊崎出路）    | No.228（8.0k+116m） |

時刻歴有効応力地震応答解析に用いる No.90 の解析モデル図を代表として図 4.2.43 に示す。図 4.2.43 より、道路ボックスの左右で土圧が異なり、ボックスに偏土圧が作用することが懸念されるため、4.2.2.3 では偏土圧下での地盤変形の健全度評価を行う。

耐震性能照査上の基盤面は、Dg1 層上端を設定する。モデル化する範囲は、側方境界が盛土・構造物の変形に影響を及ぼさない十分な距離として、モデル高さの 5 倍程度に設定する。解析モデルの底面境界は、弾性基盤（底面粘性境界）を適用し、側方境界は疑似自由地盤境界を用いる。

完成時の盛土、道路ボックスの形状を赤線で示す。道路ボックス下部の液状化層には、液状化対策を実施するため、非液状化層として取り扱う。既設対策工は、完成時に断面が変わり、液状化に対する効果を見込めなくなることから、液状化層として取り扱う。

解析にあたっては、はじめに自重解析を実施し、地盤の初期応力状態を把握したうえで、Asc1 層を液状化対象層とした時刻歴有効応力地震応答解析を実施する。

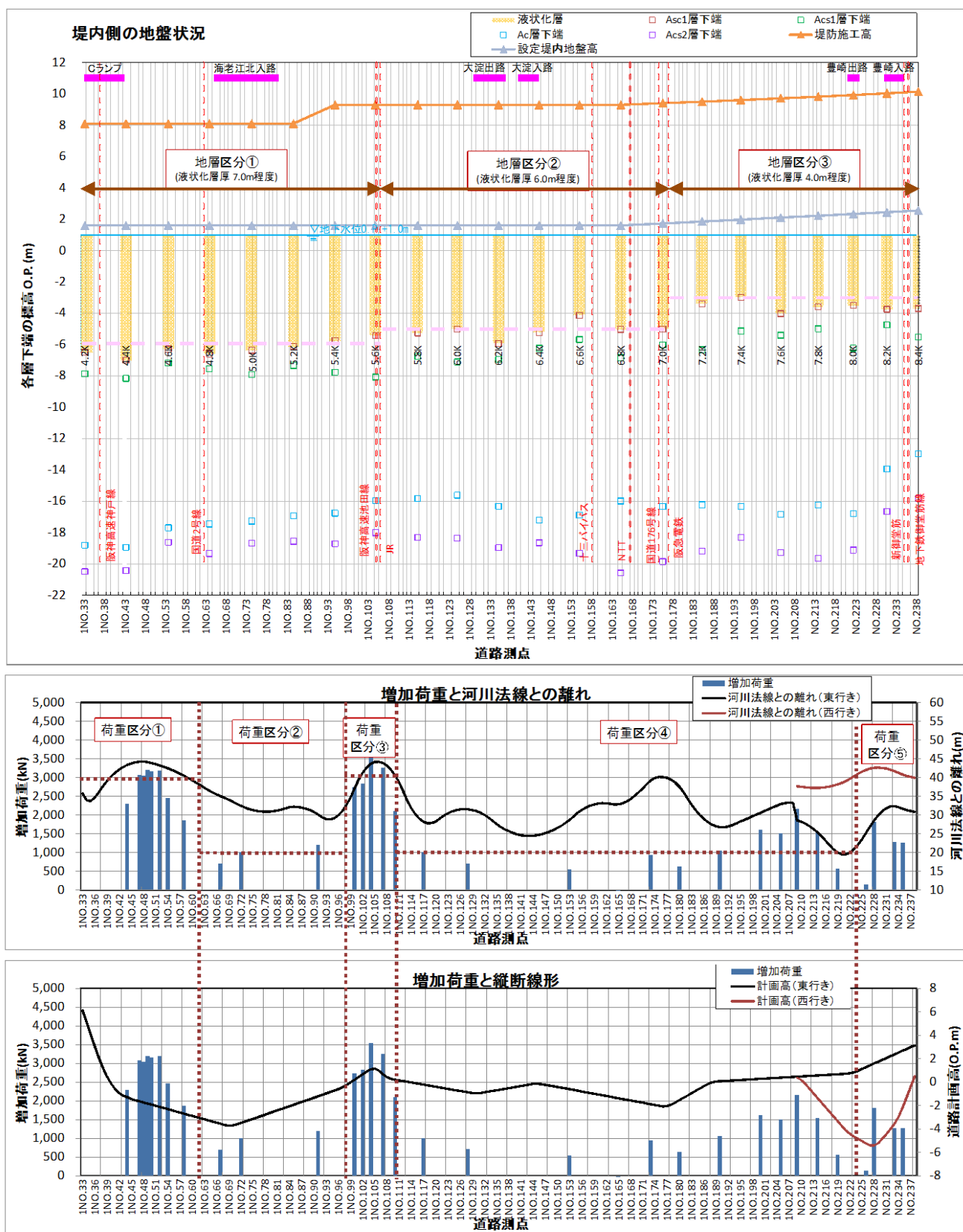
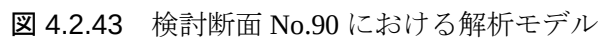
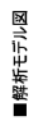


図 4.2.42 地盤条件と荷重特性

### ■境界条件図



## (2) 外力条件

検討に用いる外力条件は、河川堤防としての機能評価に用いるものと、道路ボックスの機能評価に用いるものについて、それぞれ、既往の指針に記載されている地震外力を基本とし、河川堤防については南海トラフによる想定地震も参考として外力条件に設定する。

### 1) 河川堤防としての機能評価に用いる外力

#### ①河川耐震指針による地震外力

河川耐震指針に示された標準加速度応答スペクトルに適合した時刻歴応答波形を用いる。河川耐震指針には時刻歴応答波形の記載がないため、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 14 年 3 月（以下、道路橋示方書）に掲載されている動的解析に用いる地震動を用いる。

道路橋示方書に掲載のレベル 2 地震動の時刻歴波形は、地震動のタイプ別 (L2-1, L2-2)、地盤種別 (I, II, III) に対して位相の異なる 3 波形の合計 18 波形である。これら波形は、地表面での波形として定義されていることから、本検討では良好な洪積地盤及び岩盤上の入力地震動に対応する I 種地盤波形を用いる。地震後の堤防変形量に与える影響を考慮して、L2-1 地震動に対する解析に用いる地震動は、I 種地盤波形の 3 波の中で、継続時間が最も長いものを選定し、L2-2 地震動に対する解析に用いる地震動は最大加速度が最も大きい波形を選定する（図 4.2.44 及び図 4.2.45 参照）。

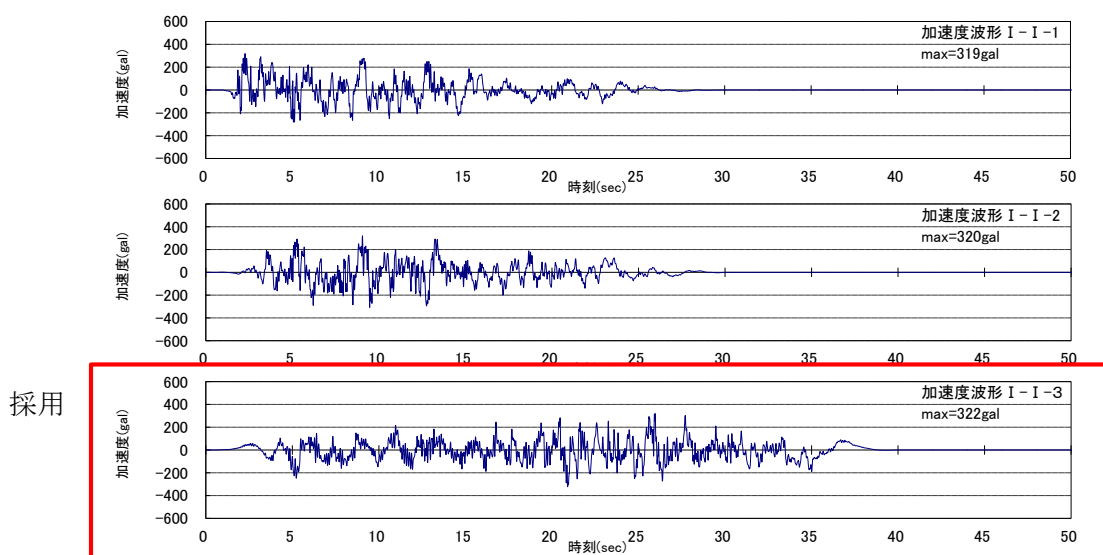


図 4.2.44 L2-1 I 種地盤の入力地震波形（「道路橋示方書」）



採用

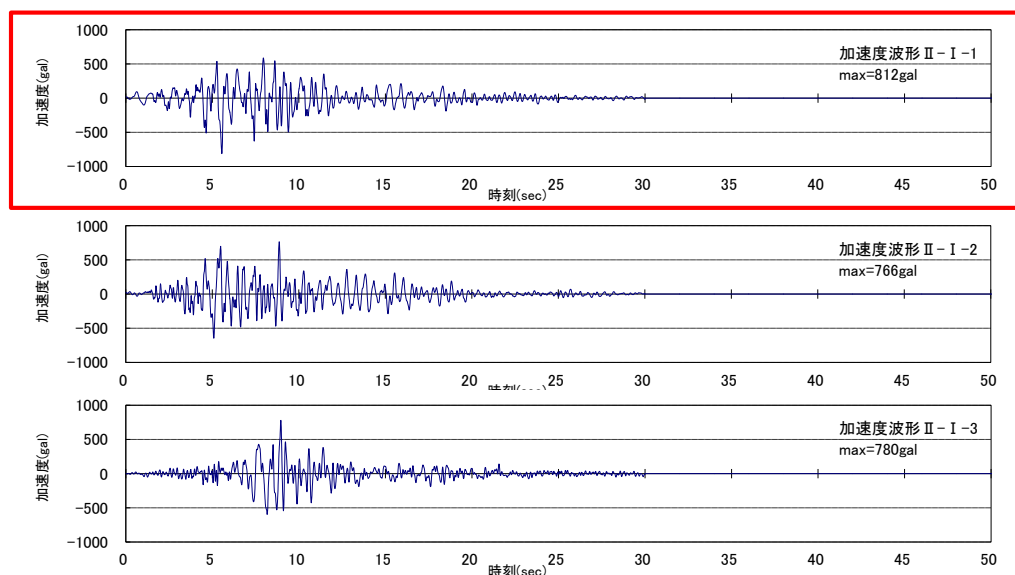


図 4.2.45 L2-2 I 種地盤の入力地震波形（「道路橋示方書」）

## ②南海トラフによる地震外力

南海トラフでは約 100～200 年の間隔で大地震が発生しており，前回発生した昭和南海地震（1946 年）から約 70 年が経過している。地震調査研究推進本部では，今後 30 年で 70%以上の確率で M8～9 クラスの南海トラフ地震が発生すると予測されていることから，その地震が河川堤防に与える影響を評価する。

評価に用いる地震動は，平成 24 年に内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」より公表された淀川左岸線（2 期）位置（地域メッシュコード：52350327）での工学的基盤波形（東南海＋南海 同時発生）を用いる。図 4.2.46 に入力地震波形を示す。

このような継続時間が長い地震の場合に，堤防が大きく変形する可能性があるため，動的解析を行い評価する。

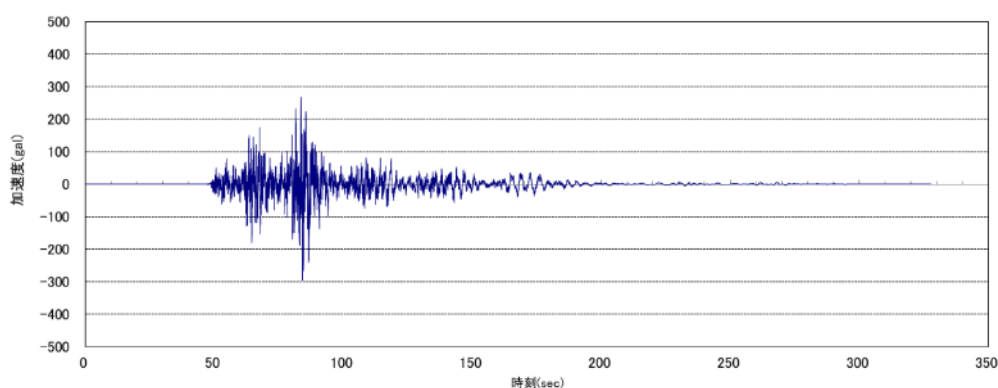


図 4.2.46 南海トラフ巨大地震による入力地震波形

## 2) 道路ボックスの機能評価に用いる外力

道路ボックスの機能評価に用いる外力は、道路耐震指針に示されている入力地震動のうち、プレート境界型地震動である南海・東南海地震の断層モデルにより作成された基盤面での加速度波形と、上町断層の破壊シナリオを反映して作成された最大級シナリオ地震動を用いる。

### ① 南海・東南海地震の断層モデルによる地震外力

淀川左岸線（2期）区間では、3つの地点で地震外力がNS成分とEW成分で作成されている。各断面で用いる地震動は、最も近い地点でのNS成分、ES成分を比較して、最大加速度が大きい方を選定した。表4.2.28及び図4.2.47に断面と地震動を選定した地点名称を示す。

表 4.2.28 地点名称と断面

| 地点名称     | 断面                          |
|----------|-----------------------------|
| 神戸線取付部   | No.45 No.53 No.80 No.90     |
| 大淀ランプ出口部 | No.103 No.121 No.129 No.142 |
| 新御堂取付部   | No.208 No.228               |

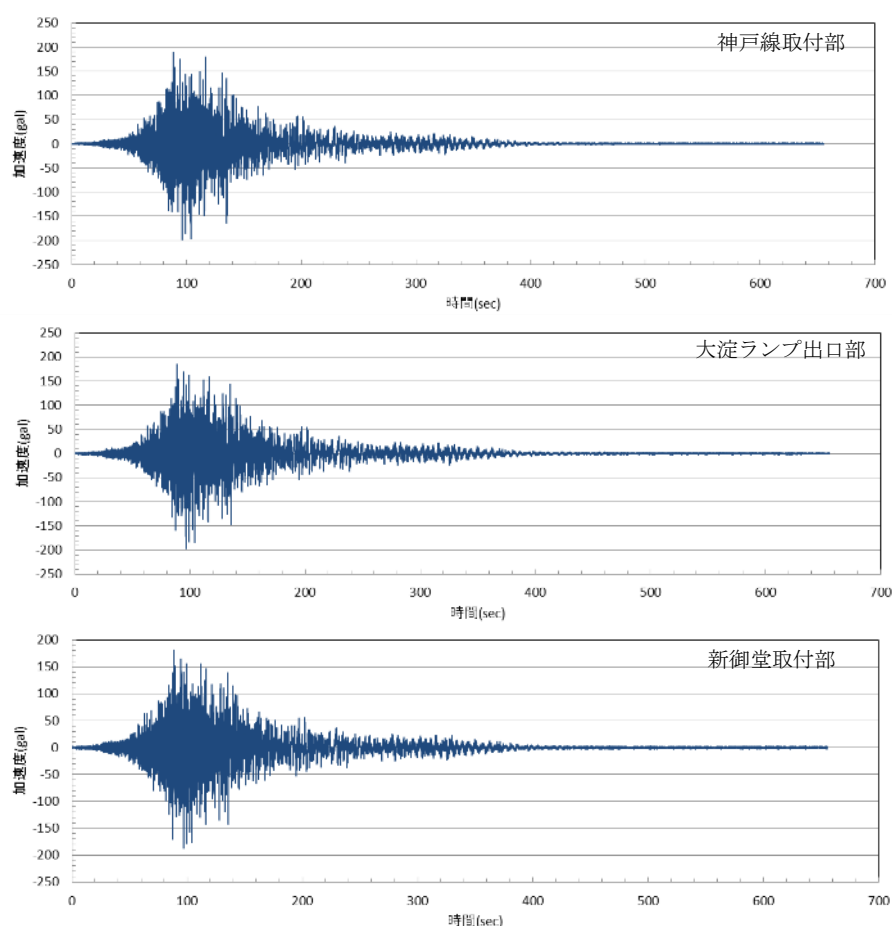


図 4.2.47 南海・東南海地震の断層モデルによる入力地震波形

## ② 最大級シナリオによる地震外力

最大級シナリオ地震動は、複数のアスペリティモデルにより上町断層が破壊した場合を想定し、3つの地震波形が作成されている。3つの地震動を加速度応答スペクトルで比較したとき、どの周期でも応答加速度の大きい地震波形を入力地震動として選定した（図 4.2.48 参照）。

採用

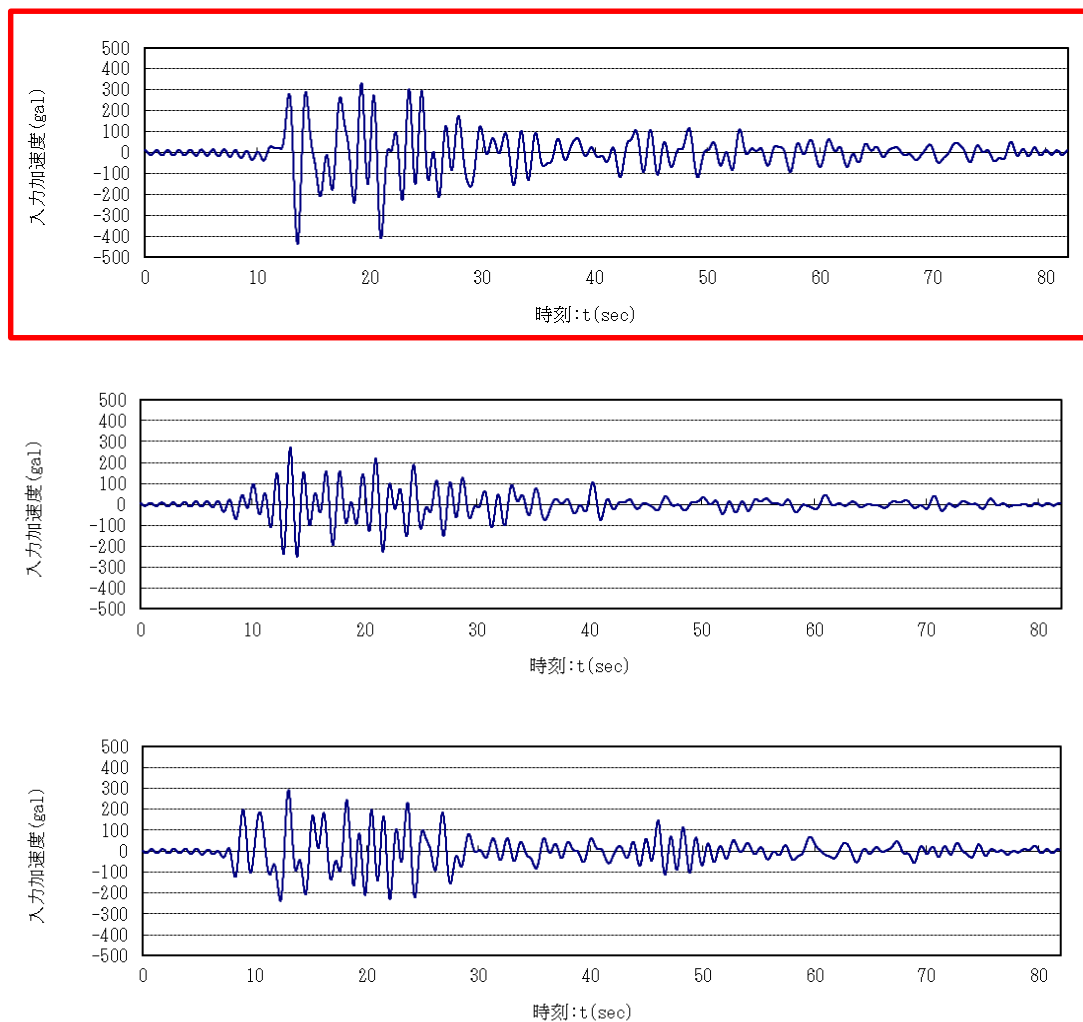


図 4.2.48 最大級シナリオによる入力地震波形

#### 4.2.2.2 河川堤防の機能に対する評価

地震時に求める河川堤防の機能として、河川の流水の河川外への越流を防止する機能と、土と構造物間が地震時の変形や剥離により水みち発生を起こさないこととする。

越流を防止する機能の評価にあたっては、解析による地震後の残留堤防高と照査外水位の比較により行う。水みち発生の評価にあたっては、解析による構造物周辺の剥離状況より行う。

##### (1) 越流防止機能に対する評価

|      |                    |
|------|--------------------|
| LC-9 | 地震後の河川外への越流を防止すること |
|------|--------------------|

##### 1)照査外水位

照査外水位は河川耐震指針に従って設定する。河川耐震指針で規定されている照査外水位は、平常時の最高水位とし、河口部では朔望平均満潮位および波浪の影響を考慮するものとし、また、地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合には、施設計画上の津波高についても考慮するものとしている。

L2-1 地震に対する照査外水位は津波の影響を考慮し、大阪府想定 of 昭和南海トラフ地震（M8.4：施設計画上の津波）の検討結果に基づき設定している。L2-2 地震に対する照査外水位は、淀川の朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮した 14 日間 1/10 水位としている。一体構造物整備後の応急復旧が 14 日間以内で行えるようルートを確認した施設計画を行う。表 4.2.29 に検討断面に対する照査外水位を示す。この照査外水位は、表 4.2.30 に示す淀川河口部の河川距離標での照査外水位より設定している。

表 4.2.29 検討対象断面における照査外水位

| 道路測点    | 河川距離標      | 参照距離標 | 照査外水位 (O.P. +m) |      |
|---------|------------|-------|-----------------|------|
|         |            |       | L2-1            | L2-2 |
| No. 45  | L 4. 4+33  | L4. 4 | 4.55            | 2.16 |
| No. 53  | L 4. 4+191 | L4. 6 | 4.55            | 2.16 |
| No. 80  | L 5. 0+115 | L5. 2 | 4.55            | 2.17 |
| No. 90  | L 5. 2+107 | L5. 4 | 4.55            | 2.17 |
| No. 103 | L5. 4k+166 | L5. 6 | 4.55            | 2.19 |
| No. 121 | L5. 8k+120 | L6. 0 | 4.55            | 2.19 |
| No. 129 | L6. 0k+80  | L6. 2 | 4.56            | 2.19 |
| No. 142 | L6. 2k+139 | L6. 4 | 4.56            | 2.20 |
| No. 208 | L7. 6k+69  | L7. 6 | 4.57            | 2.25 |
| No. 228 | L8. 0k+116 | L8. 2 | 4.58            | 2.26 |

表 4.2.30 淀川における耐震性能照査上の照査外水位（0.0k～9.8k）：赤枠は淀川左岸線（2期）区間

|                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 河川距離標              |      | 0.0  | 0.2  | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 2.2  | 2.4  |
| 照査外水位<br>(O. P. +) | L2-1 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 4.51 | 4.51 | 4.51 | 4.51 | 4.51 | 4.52 | 4.52 | 4.52 | 4.52 |
|                    | L2-2 | 3.63 | 3.63 | 3.63 | 3.63 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | 2.11 | 2.11 |
| 河川距離標              |      | 2.6  | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.6  | 3.8  | 4.0  | 4.2  | 4.4  | 4.6  | 4.8  | 5.0  |
| 照査外水位<br>(O. P. +) | L2-1 | 4.52 | 4.52 | 4.53 | 4.53 | 4.53 | 4.53 | 4.53 | 4.54 | 4.54 | 4.54 | 4.54 | 4.54 | 4.55 |
|                    | L2-2 | 2.11 | 2.13 | 2.13 | 2.13 | 2.14 | 2.14 | 2.14 | 2.15 | 2.15 | 2.16 | 2.16 | 2.16 | 2.16 |
| 河川距離標              |      | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.6  |
| 照査外水位<br>(O. P. +) | L2-1 | 4.55 | 4.55 | 4.55 | 4.55 | 4.55 | 4.56 | 4.56 | 4.56 | 4.56 | 4.56 | 4.57 | 4.57 | 4.57 |
|                    | L2-2 | 2.17 | 2.17 | 2.19 | 2.19 | 2.19 | 2.19 | 2.20 | 2.20 | 2.21 | 2.23 | 2.24 | 2.24 | 2.25 |
| 河川距離標              |      | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.6  | 8.8  | 9.0  | 9.2  | 9.4  | 9.6  | 9.8  |      |      |
| 照査外水位<br>(O. P. +) | L2-1 | 4.57 | 4.57 | 4.58 | 4.58 | 4.58 | 4.58 | 4.58 | 4.58 | 4.59 | 4.58 | 4.58 |      |      |
|                    | L2-2 | 2.25 | 2.26 | 2.26 | 2.27 | 2.27 | 2.28 | 2.29 | 2.30 | 2.31 | 2.34 | 3.00 |      |      |

## 2)時刻歴応答解析による残留堤防高と照査結果

時刻歴応答解析による堤防沈下量より算定した残留堤防高と照査外水位を比較した結果、解析を実施した全ての断面において、地震後の越流防止機能を満足する結果となった。表 4.2.31 に L2-1 地震動に対する照査結果を示す。表 4.2.32 に L2-2 地震動に対する照査結果を示す。

荷重区分、地層を考慮して選定した代表 10 断面の結果、堤防の沈下量は最大で 1m 程度で、照査外水位に対して 2.5m 程度の余裕があることから、淀川左岸線（2期）区間の堤防は、河川耐震指針の地震外力に対して、越流防止機能を確保していると推定する。

表 4.2.31 越流防止に対する照査結果（L2-1 地震動）

| 解析断面    | 完成堤防高<br>(O. P. +m) | 堤防天端沈下量(m) |      |      |       | 残留堤防高<br>(O. P. +m)<br>① | 照査外水位<br>(O. P. +m)<br>② | 判定<br>①>② |
|---------|---------------------|------------|------|------|-------|--------------------------|--------------------------|-----------|
|         |                     | 川裏         | 中央   | 川表   | 平均沈下量 |                          |                          |           |
| No. 45  | 8.10                | 0.47       | 0.51 | 0.52 | 0.50  | 7.60                     | 4.55                     | O.K.      |
| No. 53  | 8.10                | 0.51       | 0.50 | 0.47 | 0.49  | 7.61                     | 4.55                     | O.K.      |
| No. 80  | 8.10                | 0.50       | 0.59 | 0.73 | 0.60  | 7.50                     | 4.55                     | O.K.      |
| No. 90  | 8.10                | 0.65       | 0.69 | 0.71 | 0.68  | 7.42                     | 4.55                     | O.K.      |
| No. 103 | 8.10                | 0.60       | 0.58 | 0.54 | 0.57  | 7.53                     | 4.55                     | O.K.      |
| No. 121 | 9.30                | 0.63       | 0.66 | 0.65 | 0.64  | 8.66                     | 4.55                     | O.K.      |
| No. 129 | 9.30                | 0.43       | 0.51 | 0.66 | 0.53  | 8.77                     | 4.56                     | O.K.      |
| No. 142 | 9.30                | 0.49       | 0.56 | 0.60 | 0.55  | 8.75                     | 4.56                     | O.K.      |
| No. 208 | 9.76                | 0.50       | 0.52 | 0.52 | 0.51  | 9.25                     | 4.57                     | O.K.      |
| No. 228 | 10.04               | 0.55       | 0.58 | 0.62 | 0.58  | 9.46                     | 4.58                     | O.K.      |

表 4.2.32 越流防止に対する照査結果（L2-2 地震動）

| 解析断面    | 完成堤防高<br>(O. P. +m) | 堤防天端沈下量 (m) |      |      |       | 残留堤防高<br>(O. P. +m)<br>① | 照査外水位<br>(O. P. +m)<br>② | 判定<br>①>② |
|---------|---------------------|-------------|------|------|-------|--------------------------|--------------------------|-----------|
|         |                     | 川裏          | 中央   | 川表   | 平均沈下量 |                          |                          |           |
| No. 45  | 8.10                | 0.46        | 0.47 | 0.48 | 0.47  | 7.63                     | 2.16                     | O.K.      |
| No. 53  | 8.10                | 0.42        | 0.43 | 0.42 | 0.42  | 7.68                     | 2.16                     | O.K.      |
| No. 80  | 8.10                | 0.54        | 0.70 | 0.76 | 0.67  | 7.43                     | 2.17                     | O.K.      |
| No. 90  | 8.10                | 0.65        | 0.67 | 0.70 | 0.67  | 7.43                     | 2.17                     | O.K.      |
| No. 103 | 8.10                | 0.51        | 0.49 | 0.45 | 0.48  | 7.62                     | 2.19                     | O.K.      |
| No. 121 | 9.30                | 0.59        | 0.61 | 0.58 | 0.59  | 8.71                     | 2.19                     | O.K.      |
| No. 129 | 9.30                | 0.42        | 0.50 | 0.61 | 0.51  | 8.79                     | 2.19                     | O.K.      |
| No. 142 | 9.30                | 0.50        | 0.55 | 0.57 | 0.54  | 8.76                     | 2.20                     | O.K.      |
| No. 208 | 9.76                | 0.50        | 0.51 | 0.50 | 0.50  | 9.26                     | 2.25                     | O.K.      |
| No. 228 | 10.04               | 0.47        | 0.48 | 0.56 | 0.50  | 9.54                     | 2.26                     | O.K.      |

### 3)南海トラフ巨大地震

南海トラフ巨大地震の地震外力に対する越流防止機能を確保しているかを参考として算出するために、液状化層が最も厚く堆積している No.90 断面に対して時刻歴応答解析を行った。

堤防沈下量より算定した残留堤防高と L2-1 の照査外水位を比較した結果、地震後の越流防止機能を満足する結果となった。表 4.2.33 に照査結果を示す。

堤防の沈下量は 1.5m 程度で、L2-1 の照査外水位に対して 2.0m 程度の余裕があると推定される。

表 4.2.33 越流防止に対する照査結果（南海トラフ地震動）

| 解析断面  | 現況堤防高<br>(O. P. +m) | 堤防天端沈下量 (m) |      |      |       | 残留堤防高<br>(O. P. +m)<br>① | 照査外水位<br>(O. P. +m)<br>② | 判定<br>①>② |
|-------|---------------------|-------------|------|------|-------|--------------------------|--------------------------|-----------|
|       |                     | 川裏          | 中央   | 川表   | 平均沈下量 |                          |                          |           |
| No.90 | 8.10                | 1.10        | 1.19 | 1.24 | 1.18  | 6.92                     | 4.55                     | O.K.      |

### ■評価及び考察

本照査では、平成 14 年 3 月版の道路橋示方書に記載されている L2-1 地震動、L2-2 地震動と、平成 24 年に内閣府より公表された南海トラフ地震動にて照査を実施した。

L2-1 地震動（プレート境界型）では表 4.2.31 に示すように、照査外水位 O. P. +4.55m～O. P. +4.58m に対し、残留堤防高が O. P. +7.42m～O. P. +9.46m、L2-2 地震動（直下型）では表 4.2.32 に示すように、照査外水位 O. P. +2.16m～O. P. +2.26m に対し、残留堤防高が O. P. +7.43m～O. P. +9.54m、南海トラフ地震では表 4.2.33 に示すように、照査外水位 O. P. +4.55m に対し、残留堤防高が O. P. +6.92m となっている。

いずれの地震動においても、残留堤防高が照査外水位を上回る結果となったため、越流防止機能を確保していると考えられる。

## (2) 堤体と道路ボックス間の「剥離に伴う水みちの発生」に対する評価

|       |                                        |
|-------|----------------------------------------|
| LC-10 | 土と構造物間が地震時の変形や剥離により、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと |
|-------|----------------------------------------|

地震により道路ボックスと地盤に残留剥離が発生した場合、水みちの形成につながることを懸念されることから、剥離箇所の評価を実施した。

剥離の発生する箇所は主として、道路ボックスの川表側の側壁と地盤の境界となっている。これは、堤防部のモードが液状化による沈下と川表側への流動化を示していること、地盤と構造物の衝突（圧縮）が繰り返し起こり、局所的な地盤の大きな塑性化による残留剥離が発生すると考えられる。図 4.2.49 に地震後の道路ボックスと剥離の一例を示す。各断面の剥離箇所は、表 4.2.34、表 4.2.35 に整理した。南海トラフ巨大地震による地震外力に対する剥離箇所を表 4.2.36 に整理した。

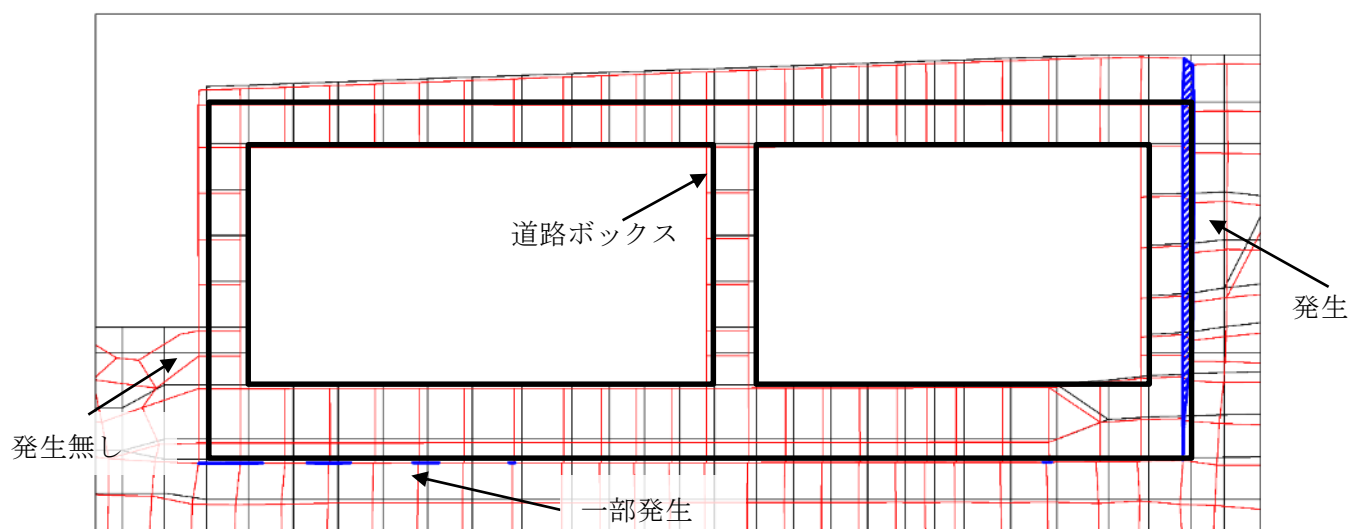


図 4.2.49 地震後の剥離の一例

剥離の状況を、左右側壁横、底版下に分けて表に示す。状況は「発生無し」「一部発生」「発生」の 3 つに分類した。「一部発生」は、剥離が発生しているが、側壁横・底版下の一部にとどまる場合、「発生」は、側壁横・底版下の全体に剥離が生じた場合とした。

表 4.2.34 剥離状況（L2-1 地震動）

L2-1地震動（プレート境界型）

| 解析断面        | 左側壁横  | 右側壁横 | 底版下  |
|-------------|-------|------|------|
|             | 剥離の状況 |      |      |
| No.45       | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.53       | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.80       | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.90       | 発生無し  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.103      | 発生無し  | 発生   | 一部発生 |
| No.121      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.129      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.142      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.208      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.228(西行き) | 一部発生  | 発生無し | 一部発生 |
| No.228(東行き) | 発生無し  | 一部発生 | 一部発生 |

表 4.2.35 剥離状況（L2-2 地震動）

L2-2地震動（直下型）

| 解析断面        | 左側壁横  | 右側壁横 | 底版下  |
|-------------|-------|------|------|
|             | 剥離の状況 |      |      |
| No.45       | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.53       | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.80       | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.90       | 発生無し  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.103      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.121      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.129      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.142      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.208      | 一部発生  | 一部発生 | 一部発生 |
| No.228(西行き) | 一部発生  | 発生無し | 一部発生 |
| No.228(東行き) | 発生無し  | 一部発生 | 一部発生 |

表 4.2.36 剥離状況（南海トラフ地震動）

南海トラフ地震動（プレート境界型）

| 解析断面  | 左側壁横  | 右側壁横 | 底版下  |
|-------|-------|------|------|
|       | 剥離の状況 |      |      |
| No.90 | 剥離無   | 一部発生 | 一部発生 |



## ■評価及び考察

解析の結果、地震による大きな剥離が発生することが懸念される。剥離は道路ボックスの隅角部では発生していないため、道路ボックスの全周に発生する状況にはないが、水みち形成の誘因となる可能性がある。本解析手法では道路ボックスと地盤の境界において、ジョイント要素を用いて剥離の箇所を評価しているが、剥離量については信頼性が低いと考えられるため、その量に対する評価は行っていない。

以上の水みち形成の可能性と解析手法の信頼性を考慮し、地震発生後には、道路ボックス周辺の亀裂・陥没の発生に留意した点検を速やかに実施し、亀裂や陥没の発生により、剥離や水みちの発生が懸念される場合には詳細調査等を実施して、必要な対策を実施することにより剥離に対応する。

#### 4.2.2.3 道路ボックスの機能に対する評価

地震時に求める道路ボックスの機能として、地震に対する道路ボックスの安全性、供用性、偏土圧下での地盤変形に対する道路ボックスの安全性、供用性、道路ボックスの沈下に対する安全性、供用性を確保すること、道路ボックスの継手部の段差、離れに対する安全性、供用性を確保することとする。

道路ボックスの安全性、供用性の評価については、解析による地震後の道路ボックスの底面回転角の評価と、レベル 2 地震時の構造部材照査を行う。道路ボックスの継手部の段差、離れに対する評価は三次元応答解析により行う。道路ボックスの浮き上がりについては、道路ボックス下基礎地盤の液状化層に対策を実施することで、安全性、供用性を確保する。

##### (1) 道路ボックスの部材耐力の照査

|      |                           |
|------|---------------------------|
| 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 |
|------|---------------------------|

道路ボックスの安全性の評価は、構造部材の照査により行う。

道路ボックスのレベル 2 地震動時の構造物の照査は、開削トンネル設計指針（阪神高速道路株式会社：平成 20 年 10 月）に準じて実施する。

同基準に設定されているレベル 2 地震動は、兵庫県南部地震の内陸直下型地震動と南海・東南海地震の断層モデルをもとに規定したプレート境界型の地震動があり、さらに最大級のシナリオとして、上町断層の断層破壊シナリオを反映した地震動がある。

このうち、本報告書では、最大級シナリオ地震動が最も大きな影響を及ぼすため、この最大級シナリオ地震動を用いて、NO.90 断面を照査した結果を整理する。

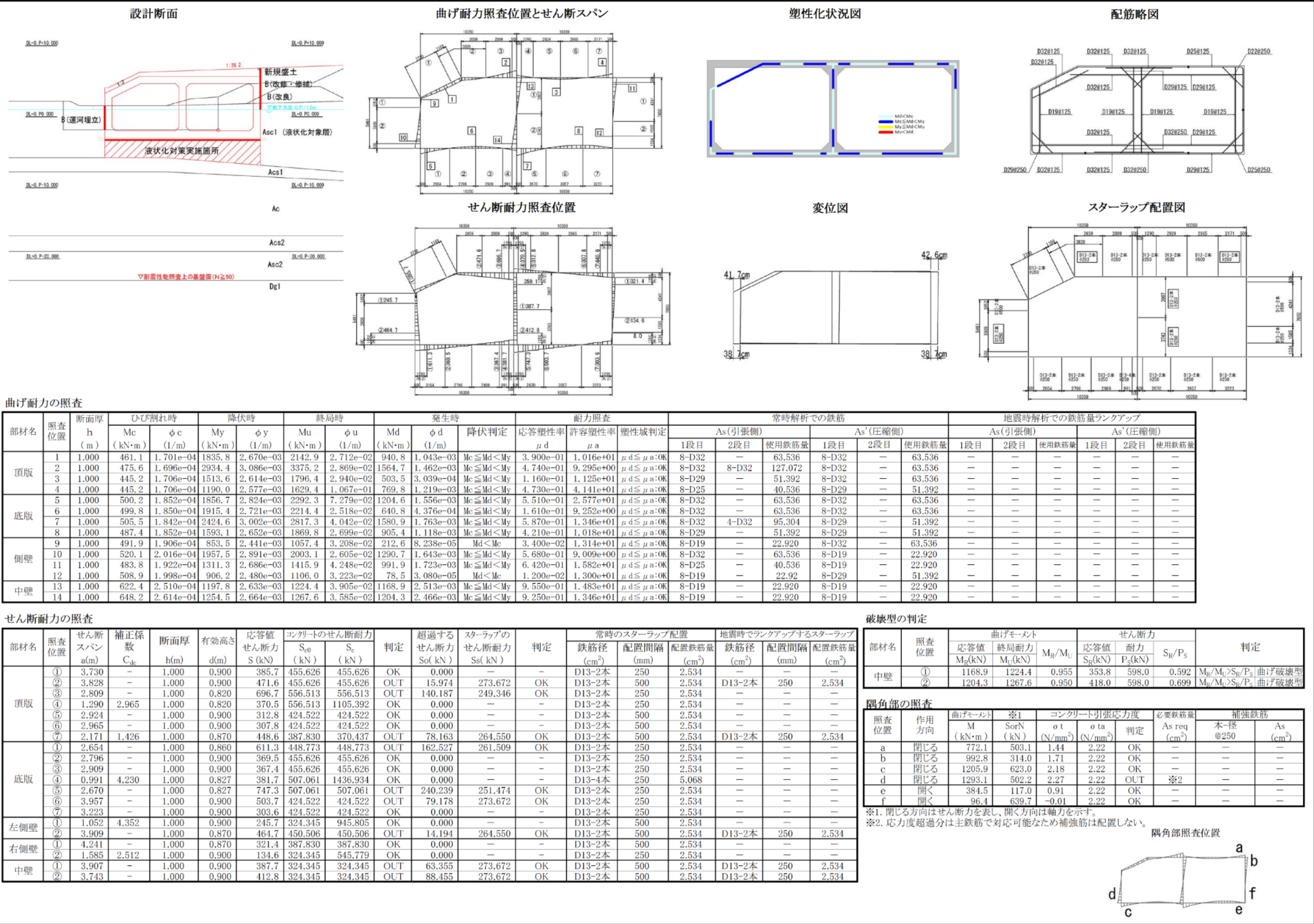
照査項目は、同基準に基づき、以下の項目について照査を行う。

- ①曲げモーメントに対する照査は、部材の最大曲応答塑性率 $\mu_{\phi R}$ が許容曲率塑性率 $\mu_{\phi a}$ 以下になることを確認。
- ②せん断に対する照査は、発生せん断力がせん断耐力以下になることを確認。
- ③中壁は、曲げ破壊型になることを確認。
- ④隅角部には、必要に応じて補強鉄筋を配筋。

#### ■評価及び考察

照査の結果を図 4.2.50 及び図 4.2.51 に示す、震度方向北向き、南向きの 2 ケースいずれも、道路ボックスは常時で設計した部材寸法、配筋に対して必要な耐力を有しており、安全性を確保していると評価する。

函体工照査結果 L2地震時(最大級シナリオ地震動) Case1(震度方向→)





函体工照査結果 L2地震時(最大級シナリオ地震動) Case1(震度方向←)

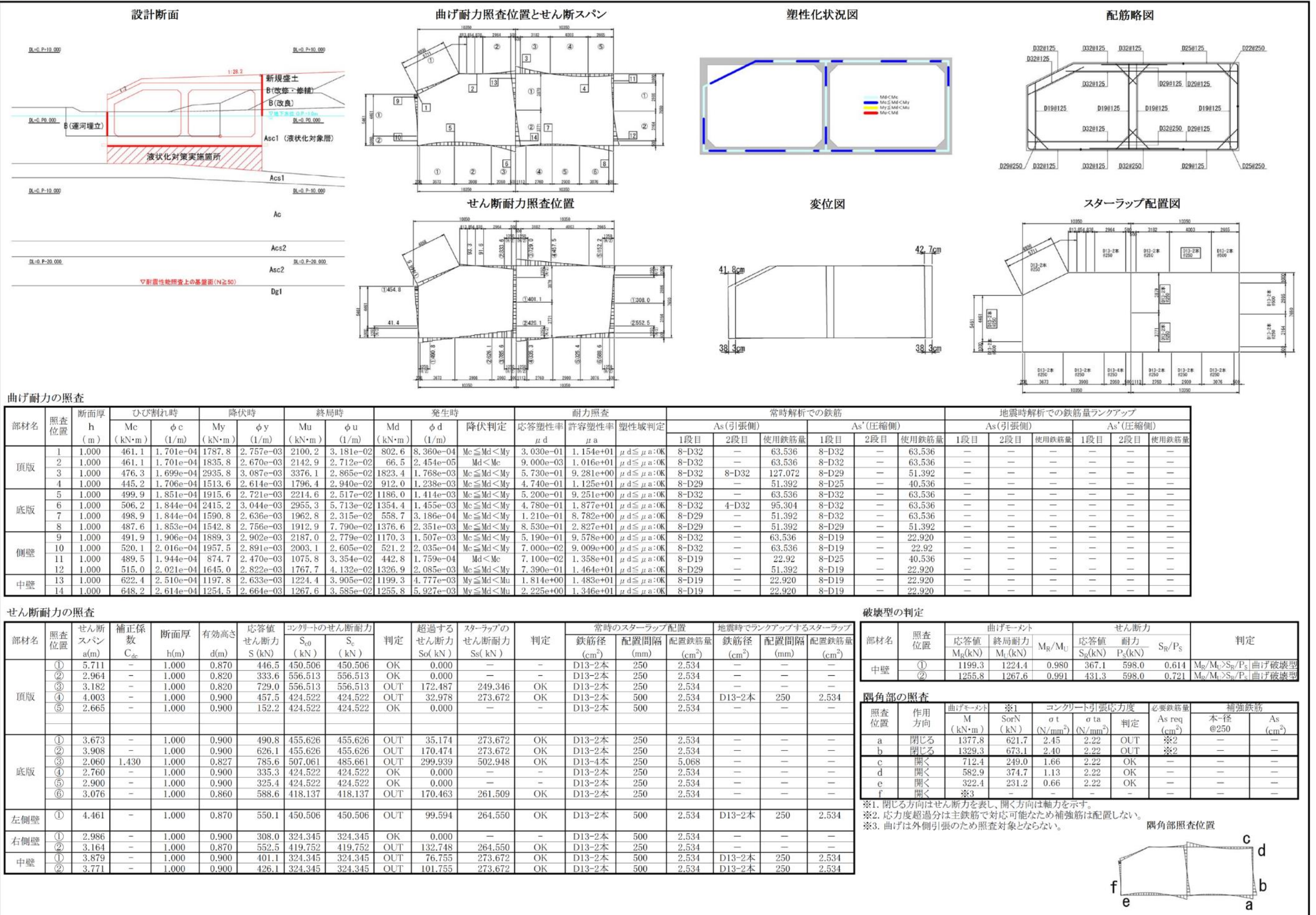


図 4.2.51 道路ボックス 最大級シナリオ地震動 照査結果 (震度方向 南向き)

## (2) 偏土圧下での地盤変形に対する健全性照査

|      |                                          |
|------|------------------------------------------|
| 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 |
|------|------------------------------------------|

道路ボックスは、図 4.2.43 に示すように、堤外側から堤防による土圧が作用し、偏土圧状態となっているため、偏土圧状態を考慮して検討を行う。

### 1) 底面回転角による評価

道路ボックスの供用性の評価は、解析による地震後の底面回転角の評価により行う（図 4.2.52 参照）。道路の路面は、排水のため横断方向に 2%の勾配がついている。地震後の道路ボックスの底面回転角と、排水勾配を比較した結果を表 4.2.37、表 4.2.38 に示す。その結果、全ての断面で 2%を下回っており、供用性を確保していると評価する。

南海トラフ巨大地震による地震外力に対する評価結果を表 4.2.39 に示す。底面回転角は 2%を下回っており、供用性を確保していると評価する。

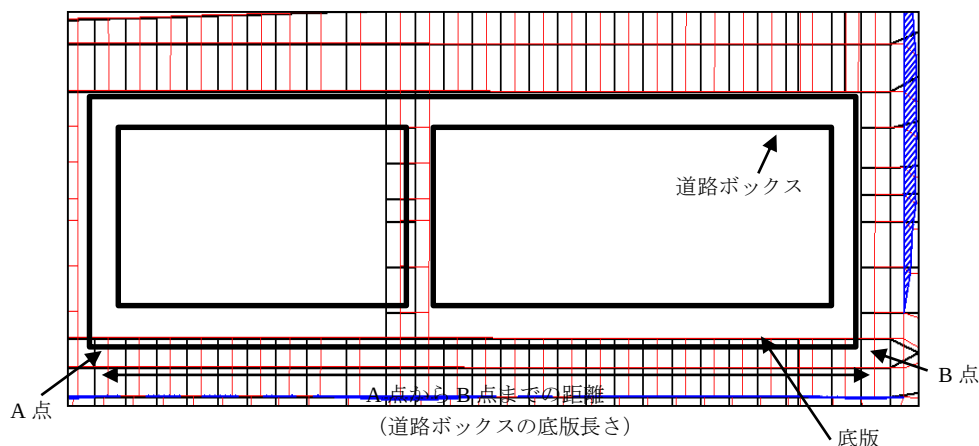


図 4.2.52 底面回転角の評価方法（No.45）

表 4.2.37 底面回転角の評価（L2 地震動-プレート境界型）

L2地震動タイプ I

| 解析断面   |     | A点での鉛直変位<br>(m) | B点での鉛直変位<br>(m) | 距離<br>(m) | 底面回転角<br>(%)<br>① | 許容値<br>② | 判定<br>①>② |
|--------|-----|-----------------|-----------------|-----------|-------------------|----------|-----------|
| No.45  |     | 0.11            | -0.10           | 29.36     | 0.72              | 2        | O.K.      |
| No.53  |     | 0.15            | -0.11           | 23.45     | 1.11              | 2        | O.K.      |
| No.80  |     | -0.06           | 0.26            | 29.40     | 1.09              | 2        | O.K.      |
| No.103 |     | 0.32            | 0.02            | 23.45     | 1.28              | 2        | O.K.      |
| No.121 |     | -0.06           | 0.31            | 21.70     | 1.71              | 2        | O.K.      |
| No.129 |     | -0.06           | 0.25            | 29.10     | 1.07              | 2        | O.K.      |
| No.142 |     | 0.04            | 0.20            | 30.06     | 0.53              | 2        | O.K.      |
| No.208 |     | 0.04            | 0.27            | 21.70     | 1.06              | 2        | O.K.      |
| No.228 | 西行き | -0.08           | 0.07            | 15.99     | 0.94              | 2        | O.K.      |
|        | 東行き | 0.07            | 0.20            | 11.41     | 1.14              | 2        | O.K.      |

表 4.2.38 底面回転角の評価（最大級シナリオ地震動）

最大級シナリオ地震動

| 解析断面   |     | A点での鉛直変位<br>(m) | B点での鉛直変位<br>(m) | 距離<br>(m) | 底面回転角<br>(%)<br>① | 許容値<br>② | 判定<br>①>② |
|--------|-----|-----------------|-----------------|-----------|-------------------|----------|-----------|
| No.45  |     | -0.01           | 0.00            | 29.36     | 0.03              | 2        | O.K.      |
| No.53  |     | 0.01            | 0.01            | 23.45     | 0.00              | 2        | O.K.      |
| No.80  |     | -0.03           | 0.14            | 29.40     | 0.58              | 2        | O.K.      |
| No.90  |     | -0.01           | 0.17            | 21.70     | 0.83              | 2        | O.K.      |
| No.103 |     | 0.11            | 0.10            | 23.45     | 0.04              | 2        | O.K.      |
| No.121 |     | 0.00            | 0.12            | 21.70     | 0.55              | 2        | O.K.      |
| No.129 |     | -0.02           | 0.14            | 29.10     | 0.55              | 2        | O.K.      |
| No.142 |     | 0.03            | 0.09            | 30.06     | 0.20              | 2        | O.K.      |
| No.208 |     | 0.02            | 0.14            | 21.70     | 0.55              | 2        | O.K.      |
| No.228 | 西行き | -0.07           | 0.06            | 15.99     | 0.81              | 2        | O.K.      |
|        | 東行き | 0.07            | 0.12            | 11.41     | 0.44              | 2        | O.K.      |

表 4.2.39 底面回転角の評価（南海トラフ地震動）

南海トラフ地震動（プレート境界型）

| 解析断面  | A点での鉛直変位<br>(m) | B点での鉛直変位<br>(m) | 距離<br>(m) | 底面回転角<br>(%)<br>① | 許容値<br>② | 判定<br>①>② |
|-------|-----------------|-----------------|-----------|-------------------|----------|-----------|
| No.90 | 0.04            | 0.20            | 21.70     | 0.74              | 2        | O.K.      |

## ■評価及び考察

地震による地盤変形に対する道路ボックスの安全性、供用性の照査については、阪神高速基準である L2 プレート境界型地震動、最大級シナリオ地震動にて、底面回転角の照査を行い、全ての箇所において許容値の 2 %を下回っており、許容性を確保していると評価する。

また、偏土圧下での液状化により、道路ボックスの浮き上がり、側方変位、鉛直変位の発生により、健全性が損なわれることが懸念されたが、道路ボックス直下を液状化対策するため、道路ボックスには大きな変形は発生せず、健全性は確保されると判断する。

### (3) 道路ボックスの継手部の段差、離れに対する評価

|      |                                  |
|------|----------------------------------|
| 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 |
|------|----------------------------------|

道路ボックスの縦断方向変位に着目し、継手部の離れについて照査を行う。

#### 1) 解析手法（三次元動的応答解析・応答変位法）

駐車場設計・施工指針同解説，銅製土留め壁を用いた半地下道路構造の設計マニュアル，大和川線開削トンネルにおける縦断耐震検討事例などを参考とし，応答変位法による構造部材の照査を実施する。そのため，地盤のみを三次元でモデル化した等価線形法による三次元動的応答解析による応答変位分布を求め，得られた応答変位を用いて，躯体と地盤を梁バネモデル，継手部をバネモデルで表現した応答変位法を適用する（図 4.2.53 参照）。なお，入力地震動については，地震時の加速度応答が大きく，構造物の応答に最も厳しい，阪高基準の最大級シナリオ波を用いる。

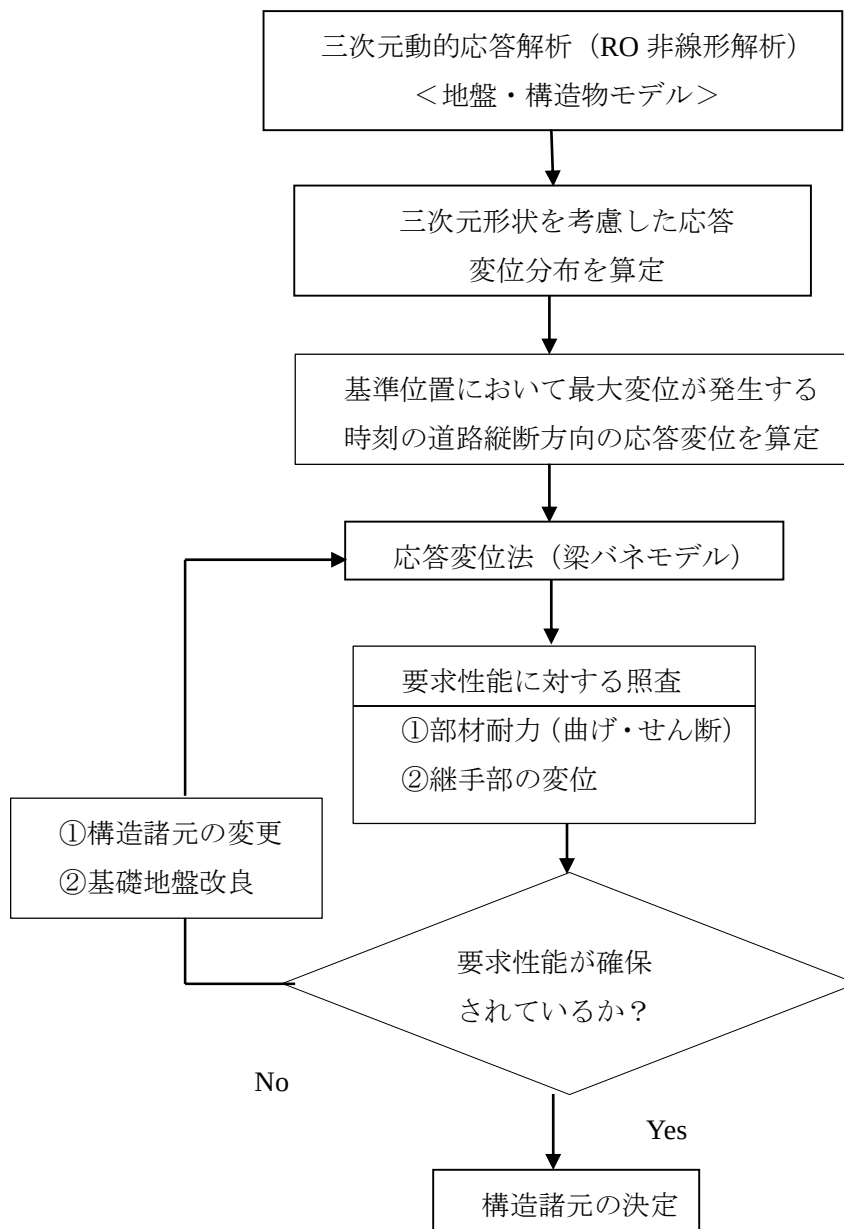


図 4.2.53 縦断耐震設計フロー



## 2) 範囲選定

縦断方向の液状化特性より以下のことが整理できる。

- ① 液状化の危険度は縦断全線にわたり同じである。
- ② 詳細点検における地震後の残留沈下量から算定した、堤防の余裕高は 4.6～5.4k の区間で極めて低い。
- ③ 一次元動的応答解析（非液状化とした時の応答値）から得られる地震時応答変位は 5.0～5.4k の区間が他区間に比べると 10～15cm 程度大きい。また応答加速度も 5.4～5.8k の区間が他区間に比べて大きくなる。

以上の特性を踏まえ縦断方向の区間選定は、既存堤防詳細耐震点検結果から堤防の余裕高が低い区間、地震時の応答値が卓越する区間、道路構造特性（交差部、ランプ部、一般部が連続する区間で道路縦断に構造物変化が多いこと）に着目し、4.8～5.8k 区間（交差部＋ランプ部＋一般部が連続する）を選定する。

## 3) 検討条件（縦断方向・三次元解析）

### ■ 三次元動的解析（地盤・構造物のモデル化）

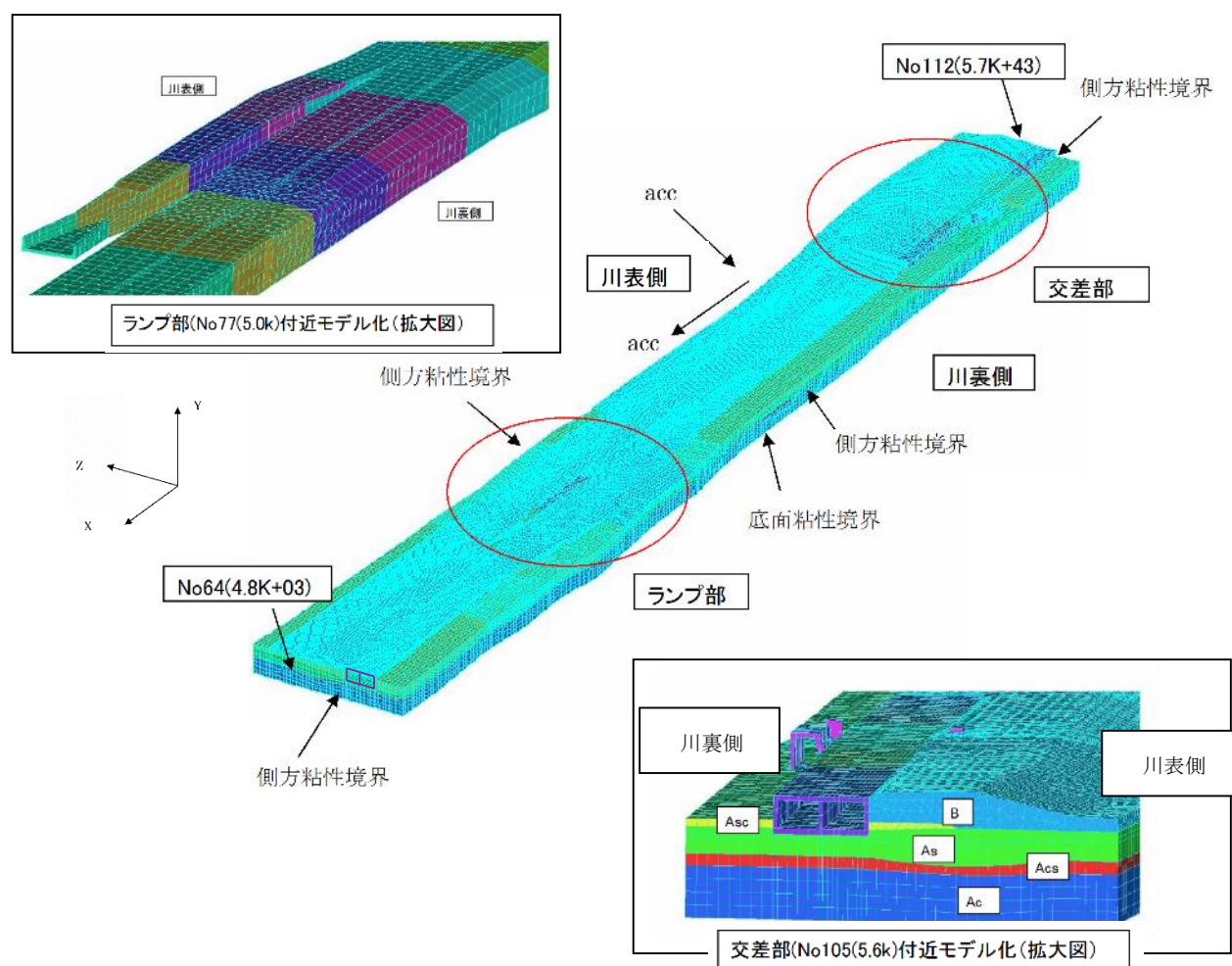


図 4.2.54 地盤・構造物のモデル化



## ■縦断解析（梁バネモデル）のモデル化

### i)モデル化の範囲

本線および交差部，ランプ部からなる三次元梁～バネモデルとする。4.8k～5.8k 区間を対象とする。また継手間隔 40m を基本として図 4.2.55 に示す位置に構造継手を配置する。

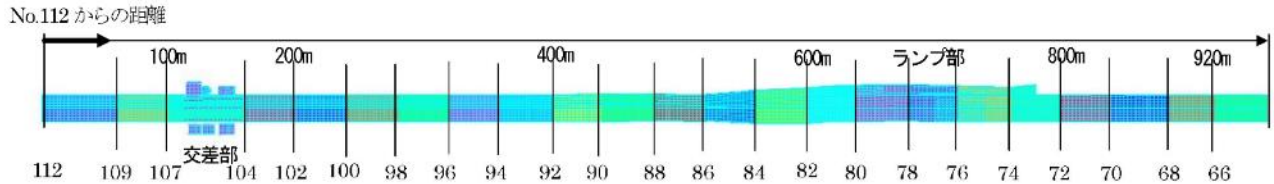


図 4.2.55 構造継手位置

### ii)梁バネモデル化

本解析では，道路ボックス本体を直線の梁にモデル化し，道路ボックス間の継手部および地盤にバネを設置することで梁バネモデルを作成した。継手については，道路ボックス軸方向，軸直角方向（せん断方向），回転方向(水平方向の回転)，地盤については，道路ボックス軸方向，軸直角方向にバネを設定した。

図 4.2.56 に梁バネモデル化の概念図を示す。

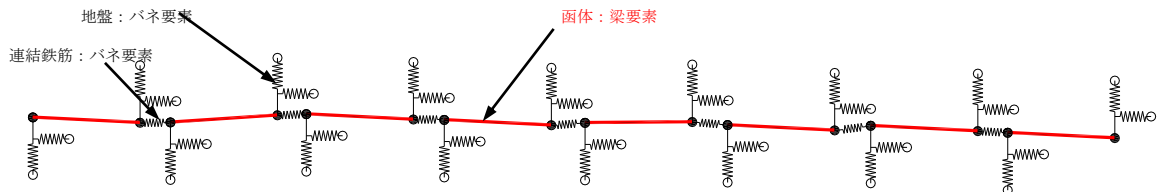


図 4.2.56 梁バネモデルの概念図

#### ① 道路ボックス函体のモデル化

道路ボックス躯体にはひび割れを発生させないこととし，全断面有効の軸剛性（EA0），曲げ剛性（鉛直軸回り  $EIy0$ ）を有する線形の梁モデルとする。ここで，曲げ剛性は，トンネル幅の中央部を図心軸とする値とし，考慮する部材は頂版，底版，側壁のみとする。道路ボックス函体は三次元梁要素で，弾性体としてモデル化した。コンクリートの設計基準強度  $f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$  より解析に用いる弾性係数は  $E_c=2.8 \times 10^4\text{N/mm}^2$  とした。またランプ分岐部は，本線とランプ部を剛な梁で一体にしたモデルとした。

#### ②継手部のモデル化

##### a)軸方向バネ

継手軸方向バネの非線形特性は，以下に従い設定する。

- ・スリップバーを配置するため，軸方向への変位はフリーとする。
  - ・遊間閉合後のバネ剛性は剛とする。
- 解析上は，解析が可能な範囲でできる限り大きな勾配とする。
- ・遊間 20mm（ $\phi 19$  型のスリップバーの許容変位から設定）

### b) せん断バネ

継手せん断の非線形バネは、荷重～変位関係の初期勾配および縦軸を当該断面の連結鉄筋量で換算して設定する。なお、非線形バネ特性については、連結鉄筋を用いた実験値（連結鉄筋量  $A_s=2746.828\text{cm}^2$ ）を参考値とした。（東京外環自動車道事例）

### c) 回転バネ

鉛直軸回り回転バネは、図 4.2.57 に示すように、軸方向非線形特性を有した連結鉄筋のみを配置したモデルについて、剛梁を介して回転モーメントを与え、その回転角との関係を  $M\sim\theta$  曲線として設定した。 $M\sim\theta$  曲線は基本的に曲線となるが、バイリニアで近似できる形状のため、バイリニアモデルで設定した。

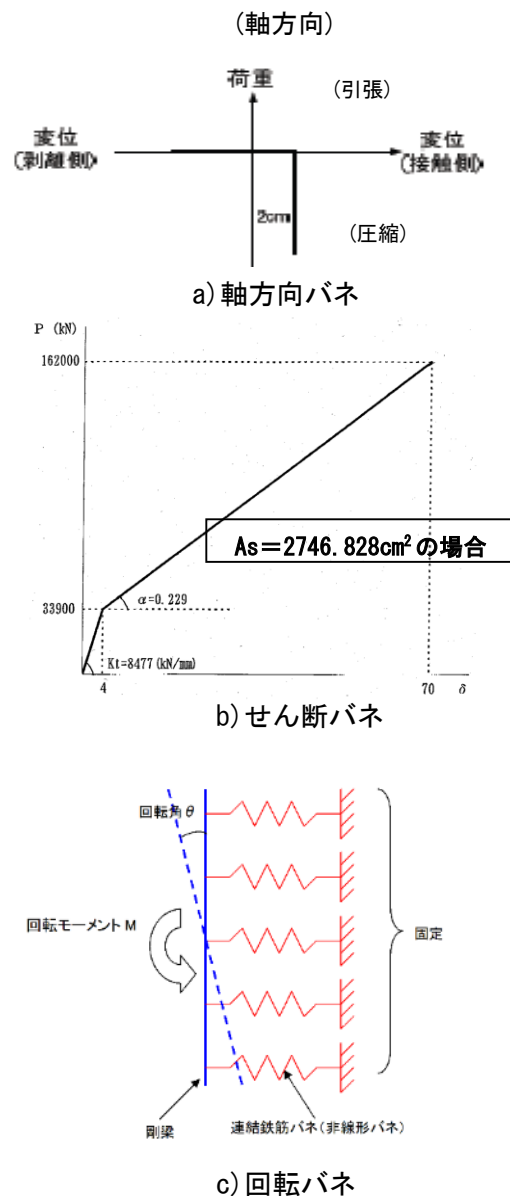


図 4.2.57 継手部モデル化概念図

#### 4) 完成時の道路（構造物）の安全性、通行機能の評価（縦断方向）

##### ■ 動的応答性状

図 4.2.58 に最大応答変位分布図（全体モデル）を示す。図 4.2.58 に示すように、各方向とも 1m～1.4m 程度の最大応答変位を示している。交差部は杭基礎構造のため変位が拘束され、応答変位が小さいことがわかる。

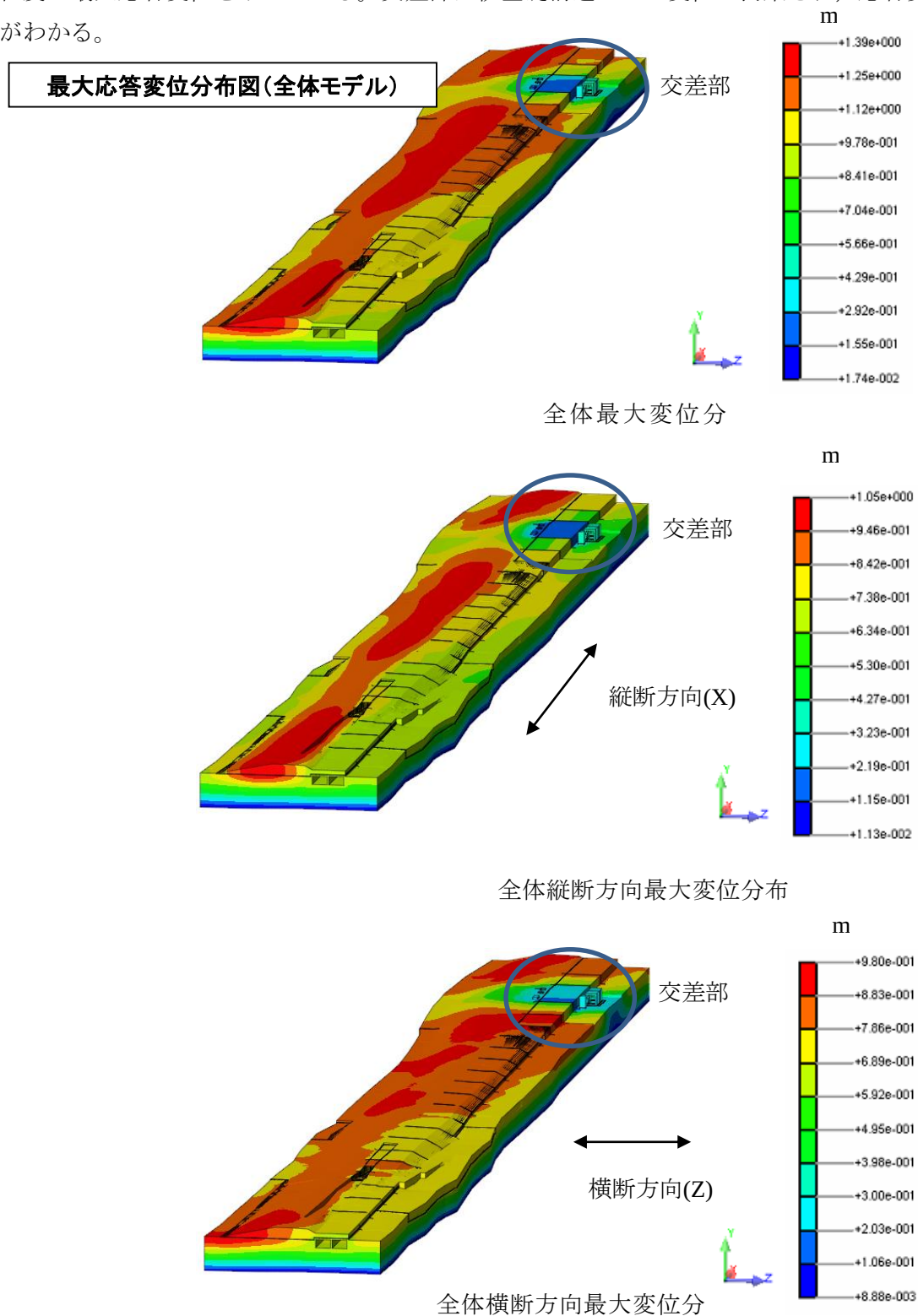
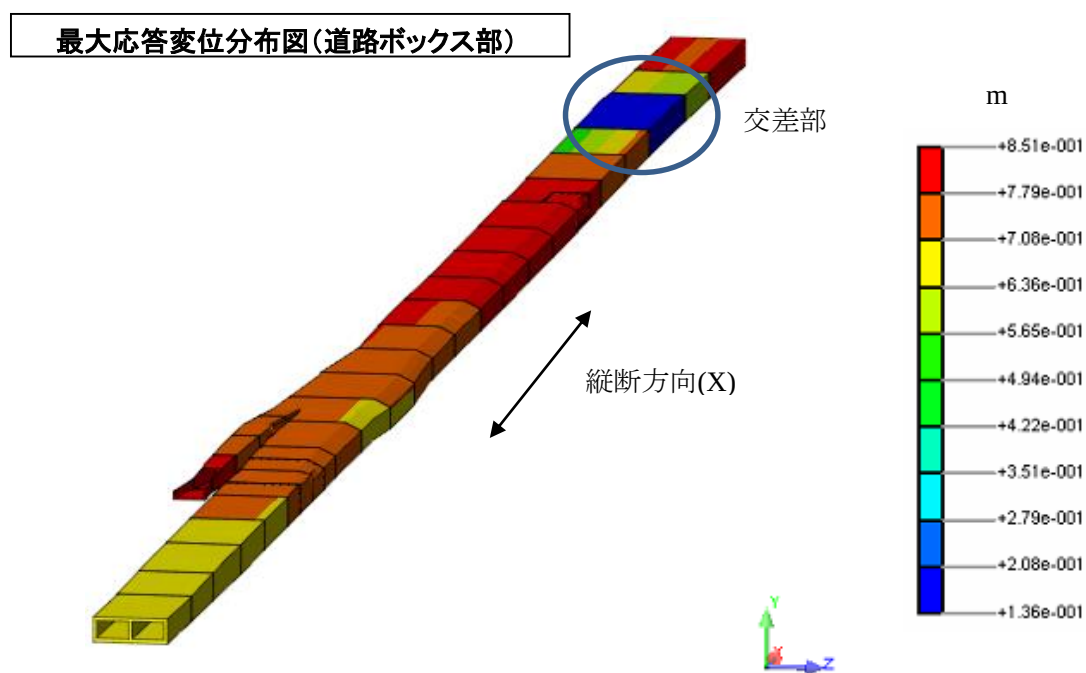
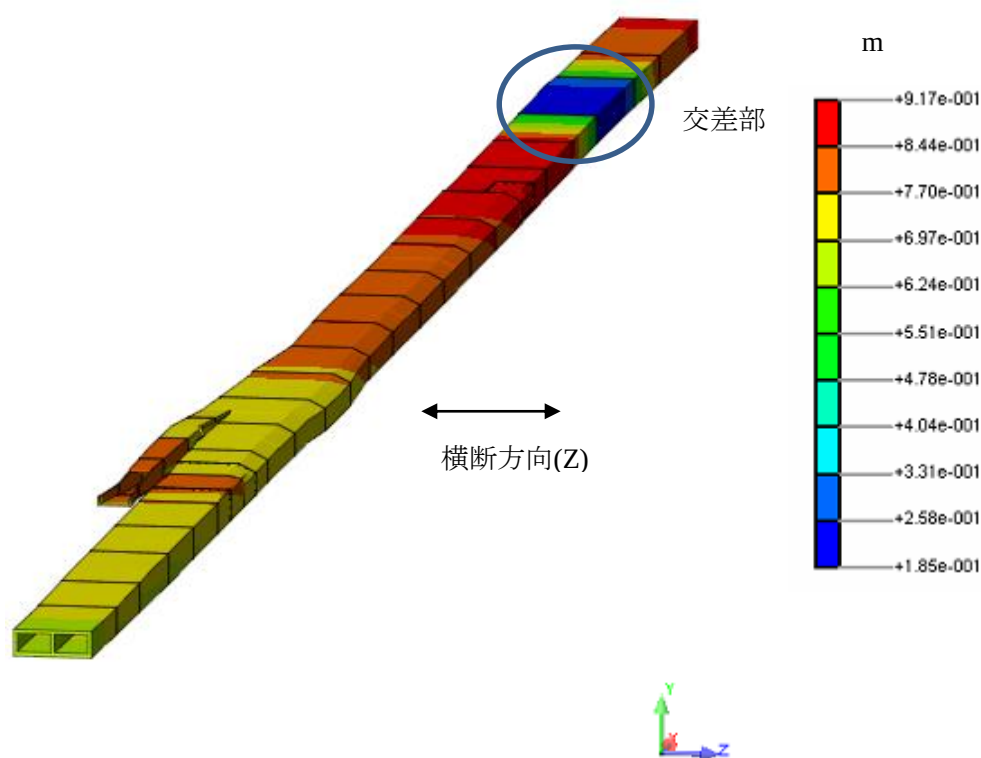


図 4.2.58 最大応答変位分布図（全体モデル）

図 4.2.59 に最大応答変位分布図（道路ボックス部）を示す。図 4.2.59 に示す道路ボックスの変位をみると、交差部と隣接道路ボックスとの間で、大きな相対変位が発生していることがわかる。



構造物縦断方向変位分布図



構造物横断方向変位分布図

図 4.2.59 最大応答変位分布図（道路ボックス部）

ii) 最大応答加速度

図 4.2.60 に最大応答加速度分布図（全体モデル）を示す。

地表面の全体最大加速度応答は、5～7m/sec<sup>2</sup> となっており、河川耐震指針で示される地盤面の設計水平震度と同程度となっている。

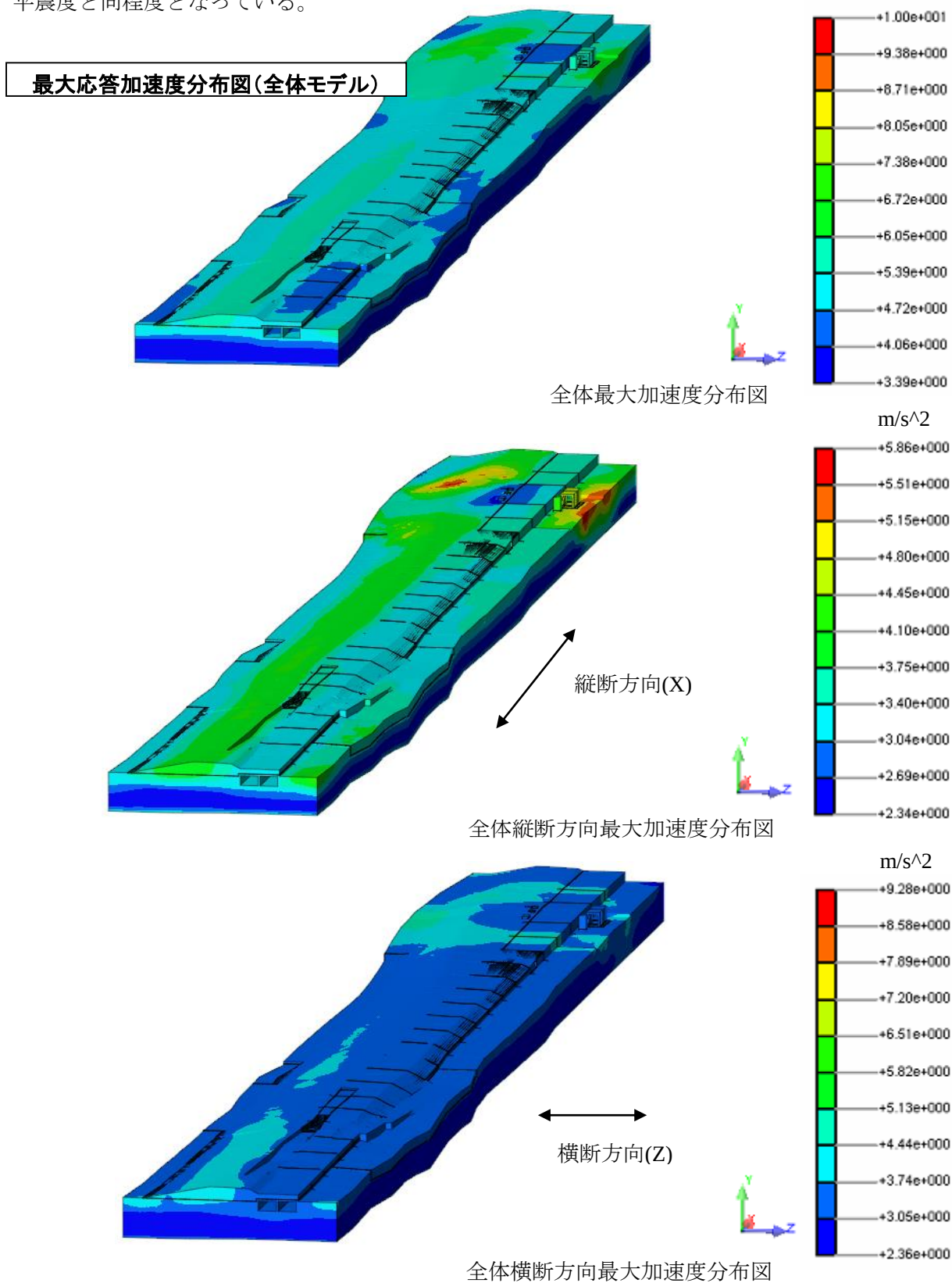


図 4.2.60 最大応答加速度分布図（全体モデル）

## ■評価及び考察

### iii) 横断方向の応答値分布

道路ボックスに着目した横断方向の代表的な位置における最大応答変位・加速度分布図及び構造物中壁位置での応答変位、応答加速度の時刻歴波形を以下に示す。なお横断方向の応答に着目したため、河川上流側からの視点でモデルを描いている。図 4.2.61 に着目した断面位置を示す。

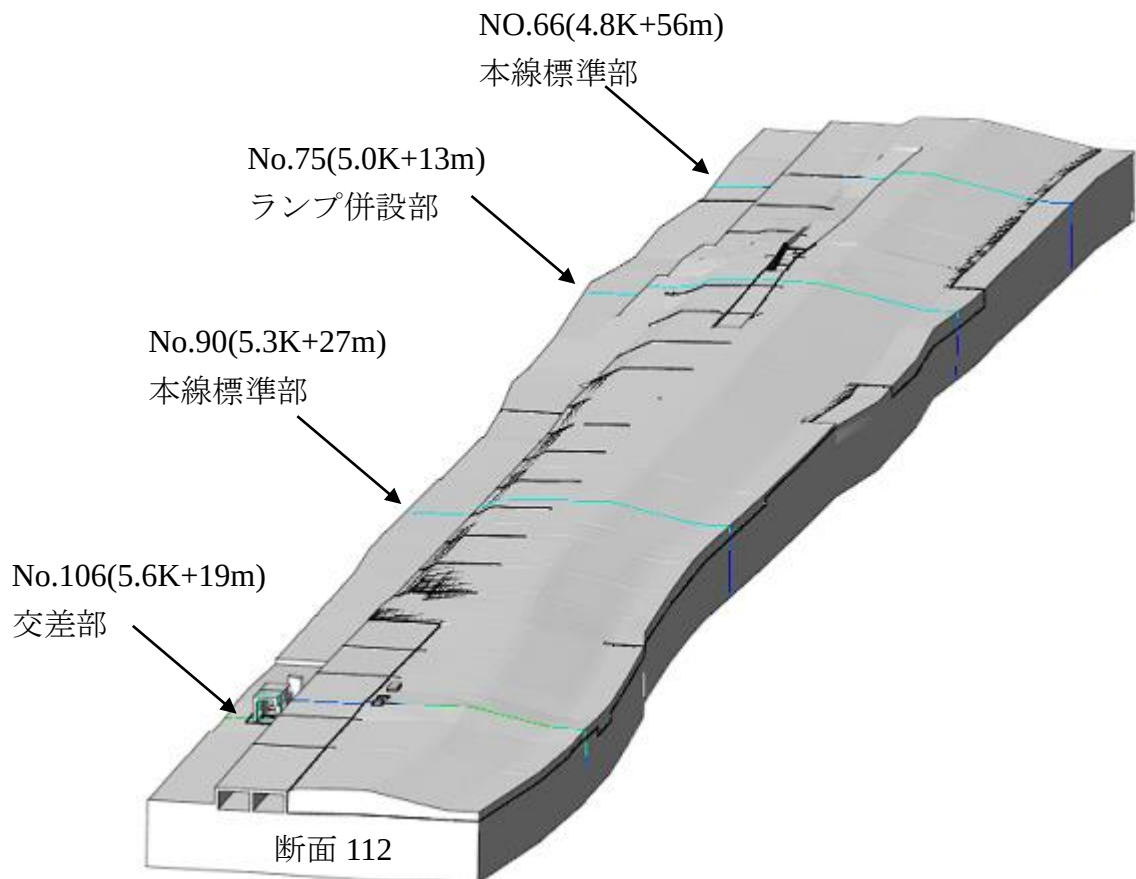


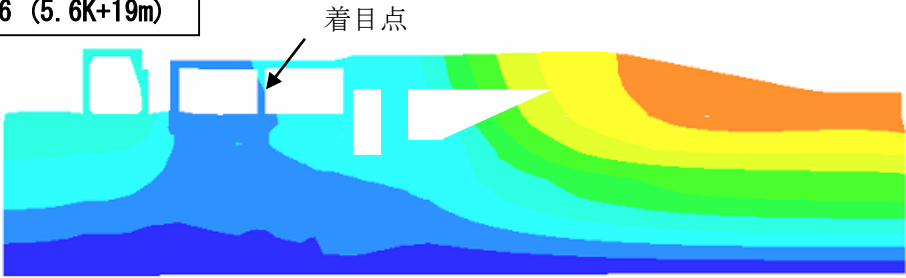
図 4.2.61 横断方向応答値分布モデル図

図 4.2.62～図 4.2.65 に各断面における最大変位・応答変位時刻歴を示す。図 4.2.62～図 4.2.65 に示す、各断面の道路ボックスに発生している最大変位は、交差部（NO.106）では 0.15m～0.20m であるが、その他断面では、0.4m～0.7m 程度で、大きな相対変位が発生していることがわかる。

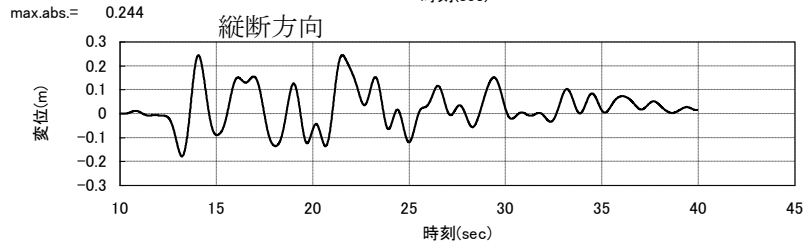
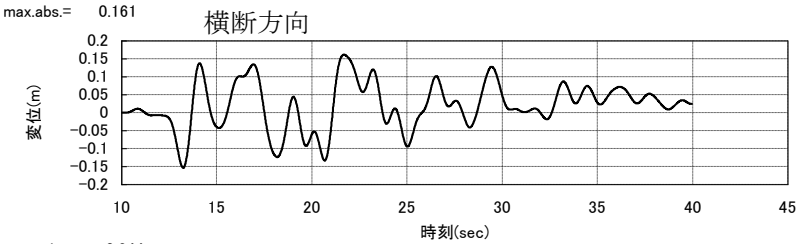
図 4.2.66～図 4.2.69 に各断面における最大加速度・応答加速度時刻歴を示す。図 4.2.66～図 4.2.69 に示すように最大加速度は、各断面で大きな差はなく、最大で  $4\text{m/sec}^2$  となっている。



No. 106 (5.6K+19m)



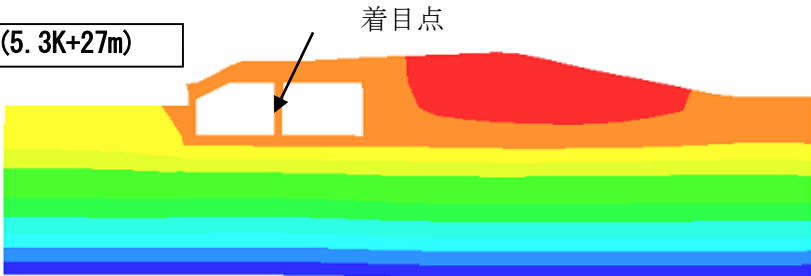
最大変位分布図



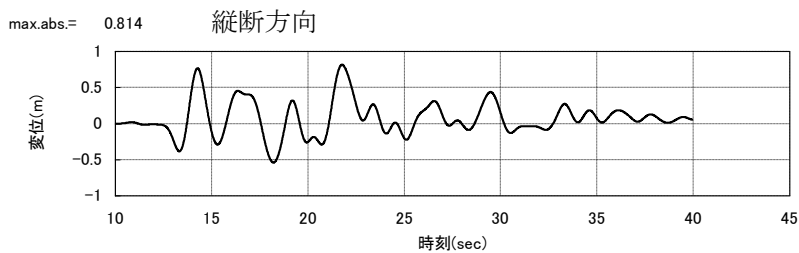
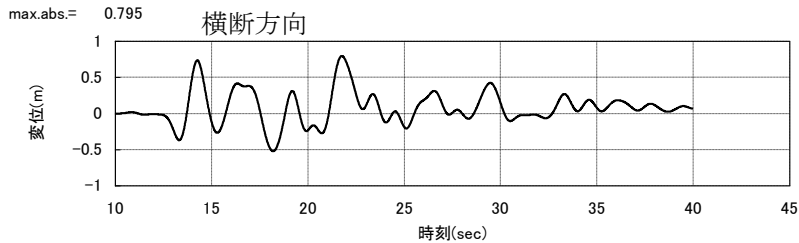
道路ボックス中壁位置の応答変位時刻歴

図 4.2.62 No.106(5.6k+19m)最大変位・応答変位時刻歴

No. 90 (5.3K+27m)

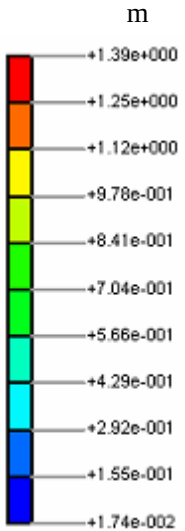


最大変位分布図

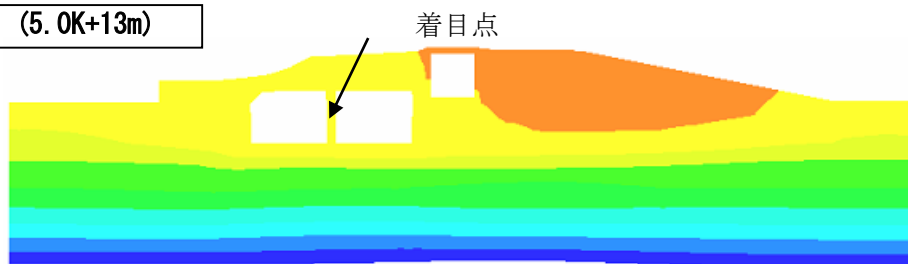


道路ボックス中壁位置の応答変位時刻歴

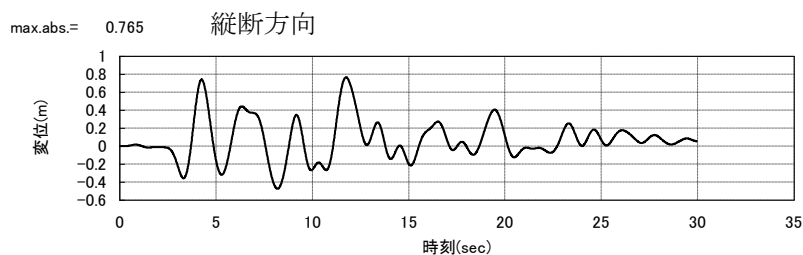
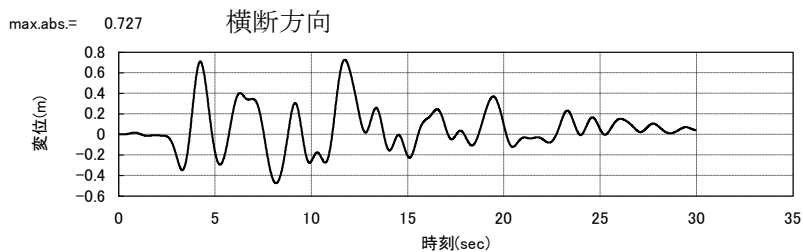
図 4.2.63 No.90 (5.3k+27m)最大変位・応答変位時刻歴



No. 75 (5.0K+13m)



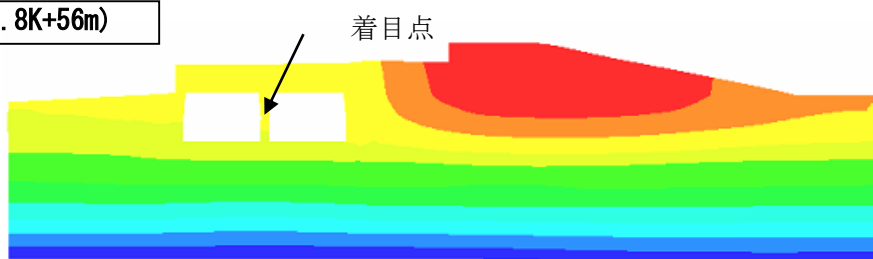
最大変位分布図



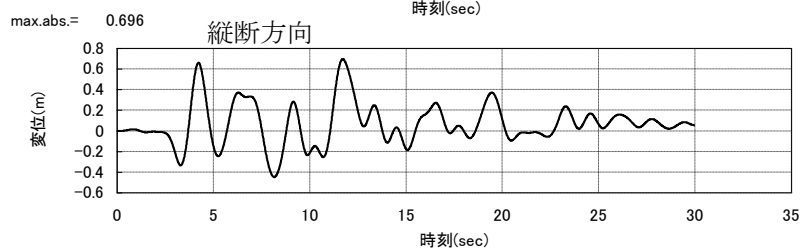
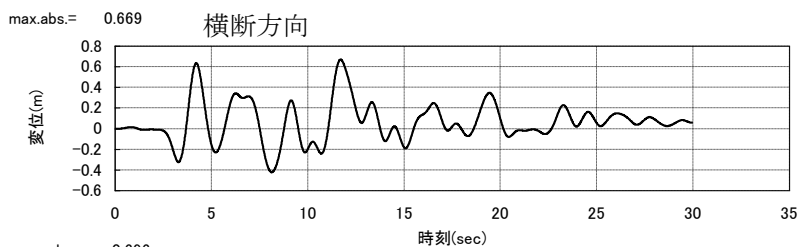
道路ボックス中壁位置の応答変位時刻歴

図 4.2.64 No.75 (5.0k+13m)最大変位・応答変位時刻歴

No. 66 (4.8K+56m)

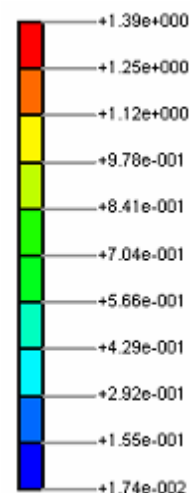


最大変位分布図



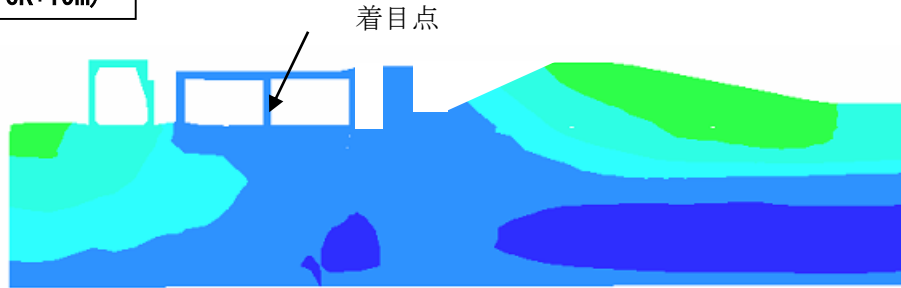
道路ボックス中壁位置の応答変位時刻歴

図 4.2.65 No.66 (4.8k+56m)最大変位・応答変位時刻歴

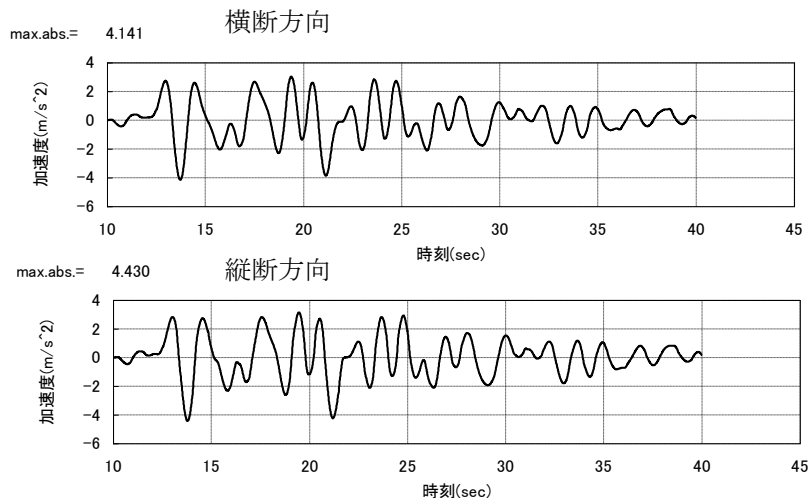




No. 106 (5.6K+19m)



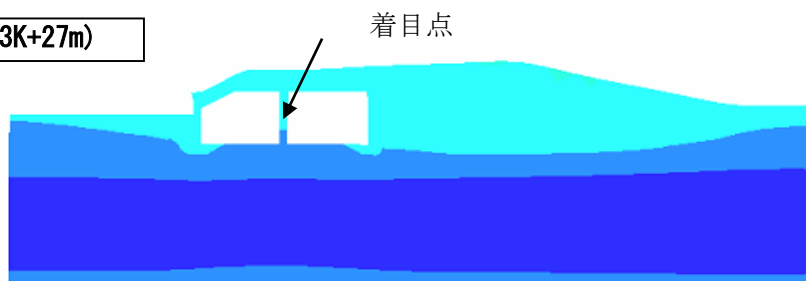
最大加速度分布図



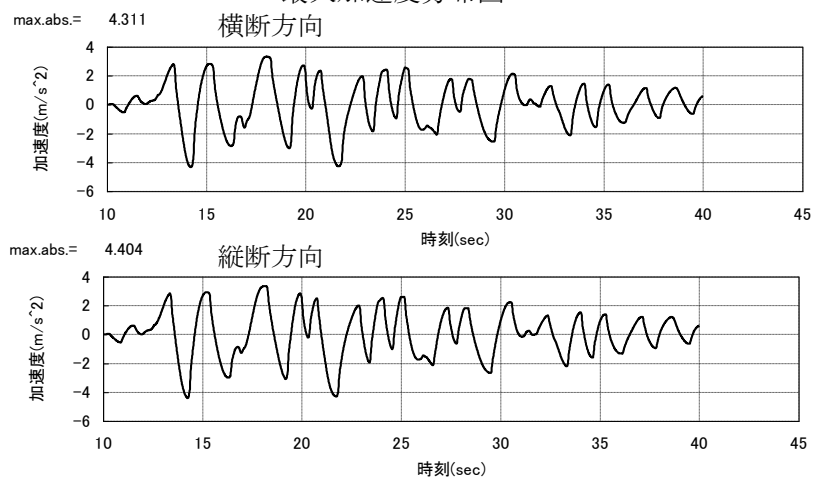
道路ボックス中壁位置の応答加速度時刻歴

図 4.2.66 No.106(5.6k+19m)最大加速度・応答加速度時刻歴

No. 90 (5.3K+27m)



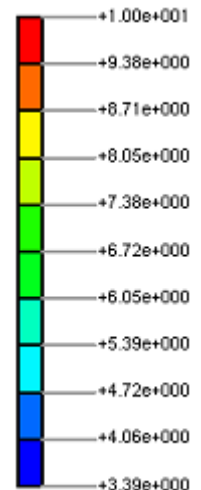
最大加速度分布図



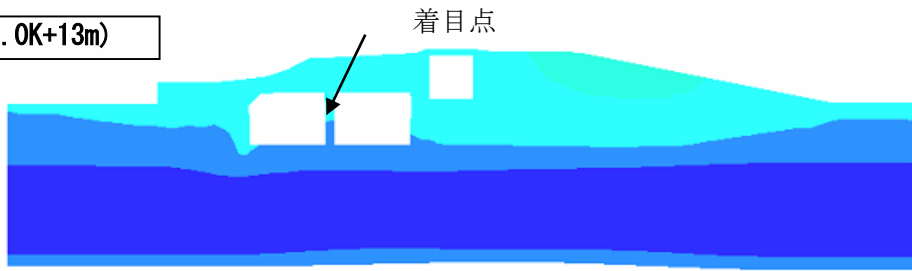
道路ボックス中壁位置の応答加速度時刻歴

図 4.2.67 No.90(5.3k+27m)最大加速度・応答加速度時刻歴

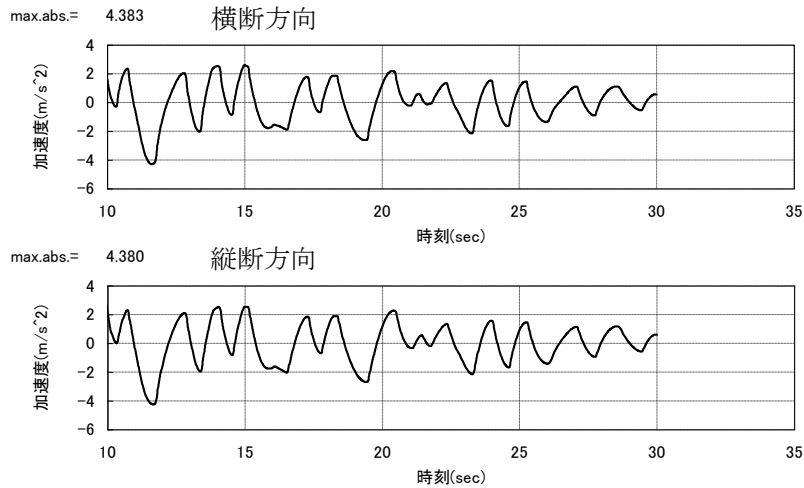
m/s<sup>2</sup>



No. 75 (5.0K+13m)



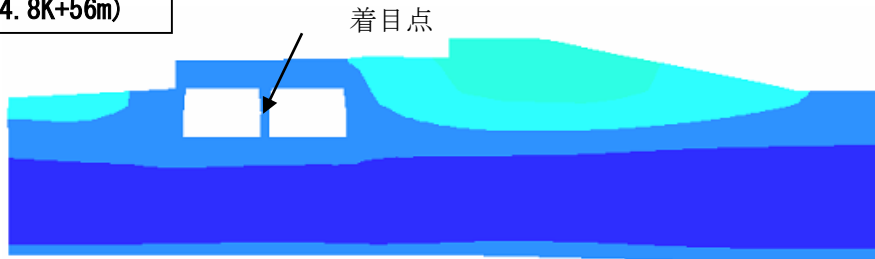
最大加速度分布図



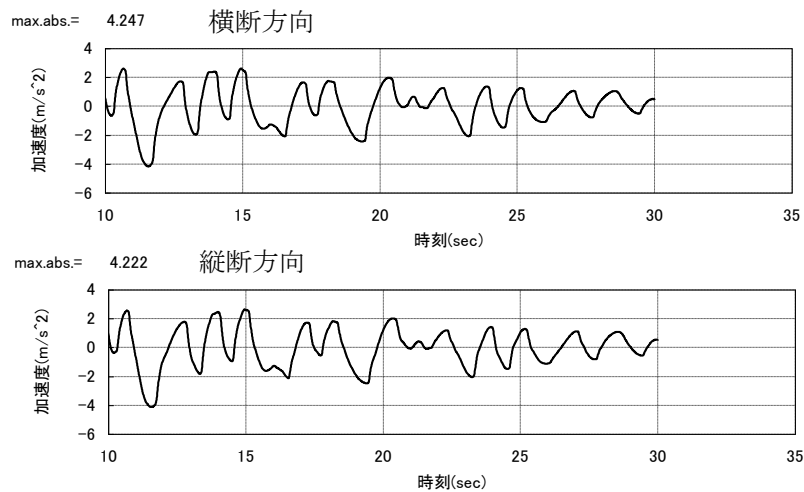
道路ボックス中壁位置の応答加速度時刻歴

図 4.2.68 No.75(5.0k+13m)最大加速度・応答加速度時刻歴

No. 66 (4.8K+56m)

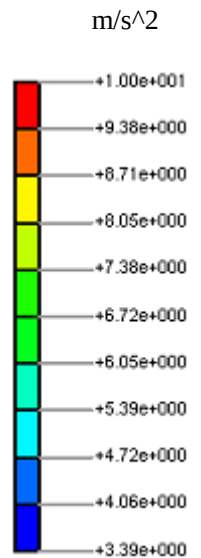


最大加速度分布図



道路ボックス中壁位置の応答加速度時刻歴

図 4.2.69 No.66(4.8k+56m)最大加速度・応答加速度時刻歴



## ■ 躯体部材耐力照査結果

道路設計で決定した構造諸元において、縦断方向のレベル2地震時の構造部材照査（曲げ圧縮応力、曲げ引張応力）の結果を図 4.2.70 及び図 4.2.71 に示す。結果は許容値を満足し、道路ボックスの安全性、供用性は確保されている。

なお、部材許容値はL2地震時であるため部材耐力として曲げ圧縮強度については開削トンネル指針に準拠し 30Mpa、曲げ引張強度はコンクリート標準示方書より 2.2Mpa とした。

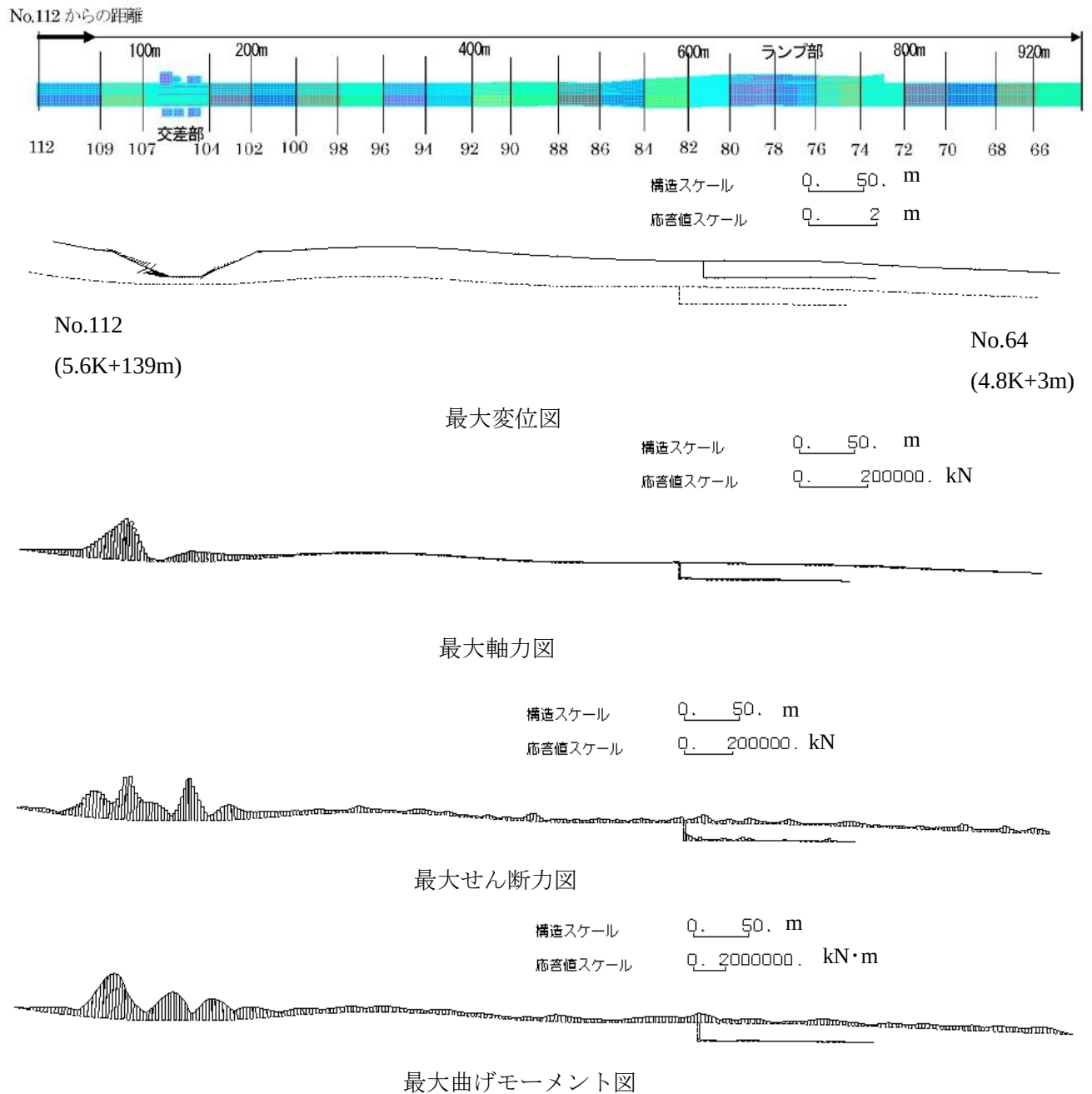
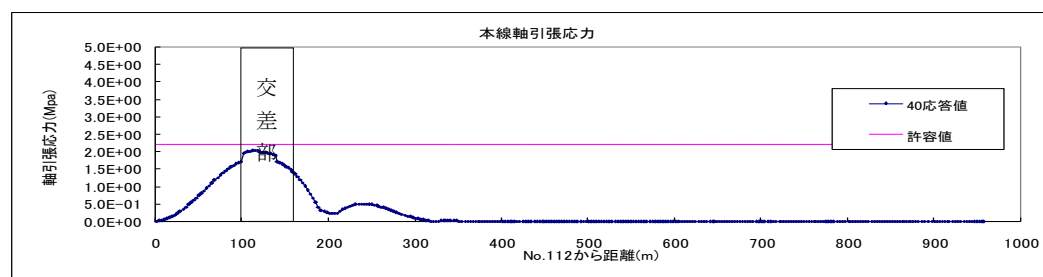
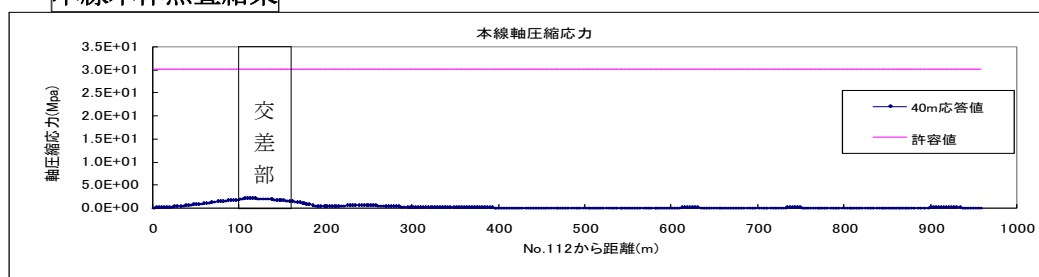


図 4.2.70 躯体部材耐力照査結果（発生断面力）

### 本線本体照査結果



### ランプ部照査結果

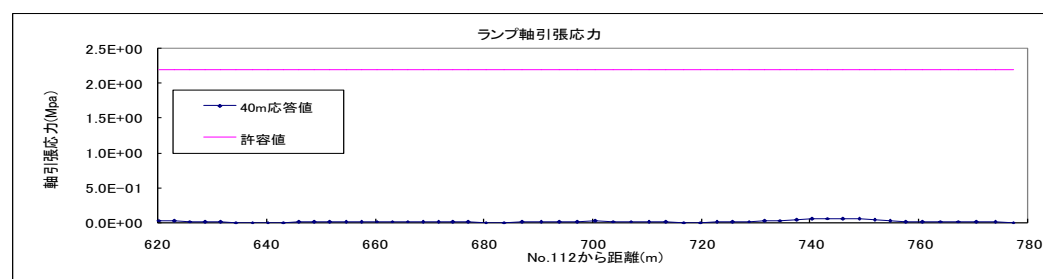
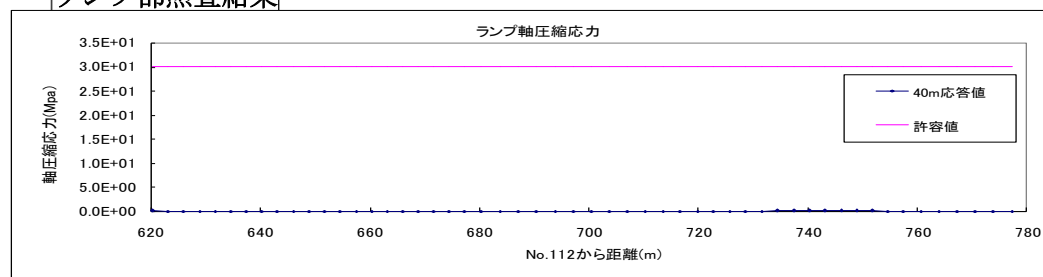
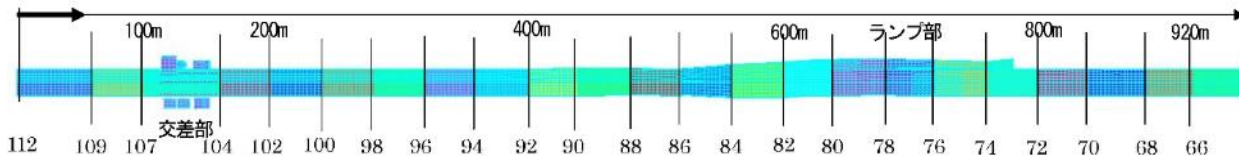
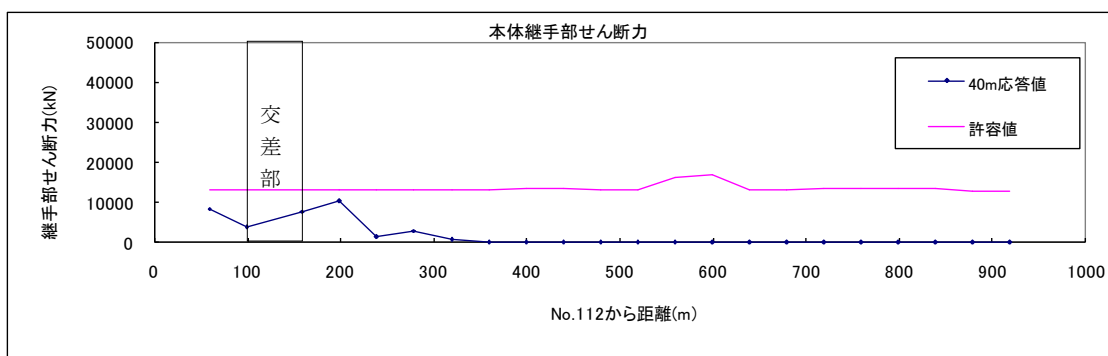
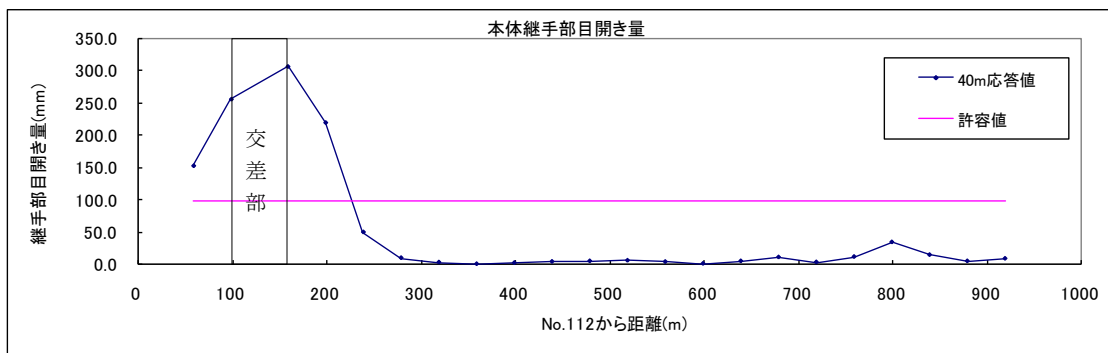


図 4.2.71 躯体部材耐力照査結果

No.112 からの距離



### 本線本体照査結果



### ランプ部照査結果

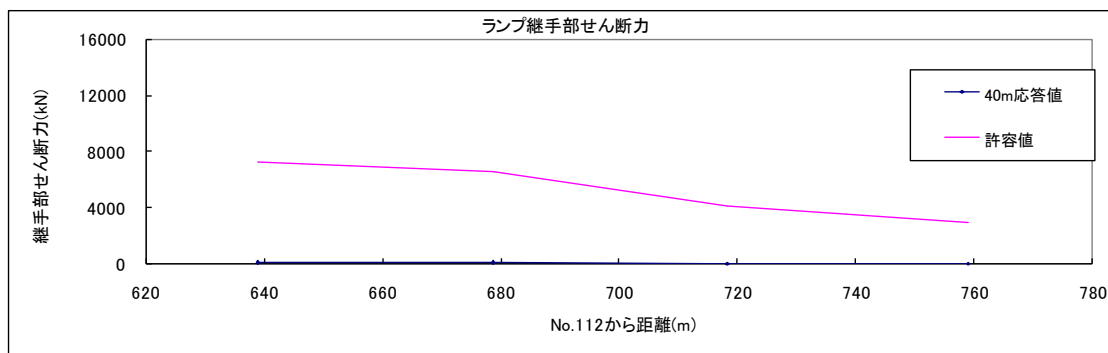
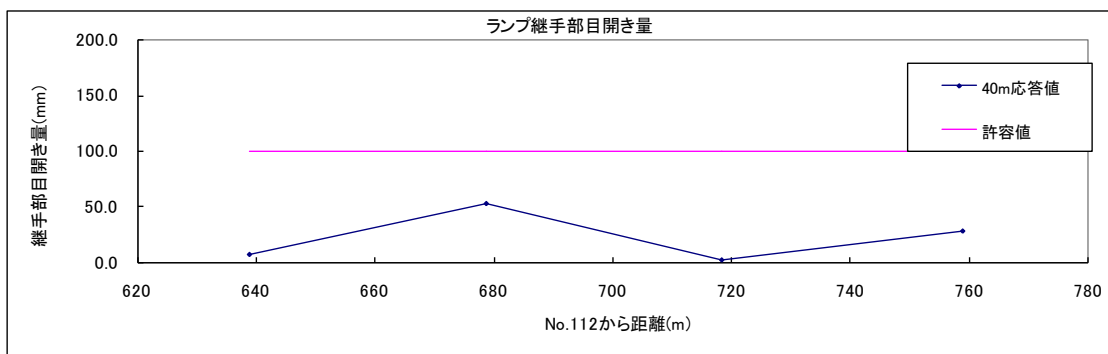


図 4.2.72 継手部の変位照査結果

## ■照査結果

### ①道路ボックスの躯体に対する照査

継手間隔を 40mとした場合の縦断方向の照査の結果，図 4.2.71 に示すように，道路ボックスに発生する圧縮応力，引張応力は許容値以下となっている。

### ②道路躯体の継手部の段差・離れに対する照査

- ・継手間隔を 40mとした場合の縦断方向の照査の結果，図 4.2.72 に示すように，継手部のせん断力はせん断耐力以下となっている。
- ・継手間隔を 40mとした場合の縦断方向の照査の結果，図 4.2.72 に示すように，目開きは，交差部前後の継手において最も大きくなり，最大で 300mm の目開きが発生する。本線交差部の道路ボックスと隣接する道路ボックスの継手部において，継手の開きが許容値を満足せず，継手構造の安全性，使用性を確保出来ていない。なお継手の目開き量は，標準的な構造継手のレベル 2 地震時の目安値である 100mm とした。（開削トンネル指針）交差部と一般部の地震時応答変形に対して，交差部に隣接する道路ボックス下面の地盤改良による変形性能の向上が必要である。  
使用性確保のための対策工検討を，5) 道路ボックスの継手部の対策検討で実施する。

## 5) 道路ボックス継手部の対策検討

4) 完成時の道路（構造物）の安全性、通行機能の評価（縦断方向）で示したように、交差部では、既設構造物への影響を軽減することを目的として、現設計では道路ボックスを杭基礎で支持する計画となっている。そのため交差部と交差部前後において道路ボックスの挙動が異なる。

この挙動の違いは、圧密沈下による沈下差や、地震時に発生する相対変位により生じることが全線評価の結果から判明している。また、前述した三次元 FEM 動的応答解析による地盤変形を用いた三次元梁ばねモデルによる解析により、相対変形が許容値を上回ることが判明しており、対策工が必要である結果となっている。

ここで、圧密促進工法による対策を用いた場合、杭にネガティブフリクションが作用し、交差構造物の基礎に悪影響を及ぼす危険性がある。また、地盤変形を伴い堤体に影響を及ぼす可能性のある工法や振動・騒音により周辺家屋への影響が懸念される工法も採用はできない。

よって、道路ボックス継手部の対策としては、発生する沈下量を抑制することができ、堤体への影響が少なく、振動、騒音が小さい、圧密抑制工法を選定する。

圧密抑制工法の上面は、凹凸が出来ること、道路ボックス下面に荷重を均等に伝達すること等を考慮し、液状化対策として使用されている砕石を敷設することとする。砕石厚さについては、現在使用を検討している土留め工の規模が変わらない最大の厚さで、かつ、ある程度の透水性を確保できる厚さとして 1.5m とする。

### ■交差部の縦断耐震対策の検討

前述した縦断耐震結果より、道路ボックス縦断方向では交差部（杭基礎）と一般部との境界で継手部において 300mm に及ぶ目開きが発生することが確認された。継手構造は、L2 地震時の継手の目開き量が概ね 100mm を目安としているため、構造上での対応が難しいと判断し、基礎地盤における地震時変位を抑制する方法を検討した。

検討の結果、基礎構造の違いによる応答特性の相違を緩和することを目的に、すりつけ区間として交差部（杭基礎）ブロックの前後の 60m 区間の基礎地盤を、セメント系深層混合処理工法により地盤改良を行う方法が有効であるとの結果を得た。詳細設計時には、この案を含む複数案の比較により、交差部の継手の変位を許容値以下とすることとする。

### ＜すりつけ区間の考え方＞

図 4.2.74 に、基礎地盤における対策範囲及び対策断面の概念図を示す。

道路土工カルバート指針による不同沈下が生じる縦断方向の緩和区間（1:4）の考え方に基づき、当該箇所軟弱地盤層厚  $H$  に対して 1:4 の勾配範囲を最大すりつけ区間長とした（図 4.2.73）。ここでは軟弱層厚  $H=17\text{m}$  であるため  $17 \times 4=68\text{m}$  を最大すりつけ区間長とした。計算結果として当該区間では 60m のすりつけ区間を採用した（図 4.2.74 参照）。

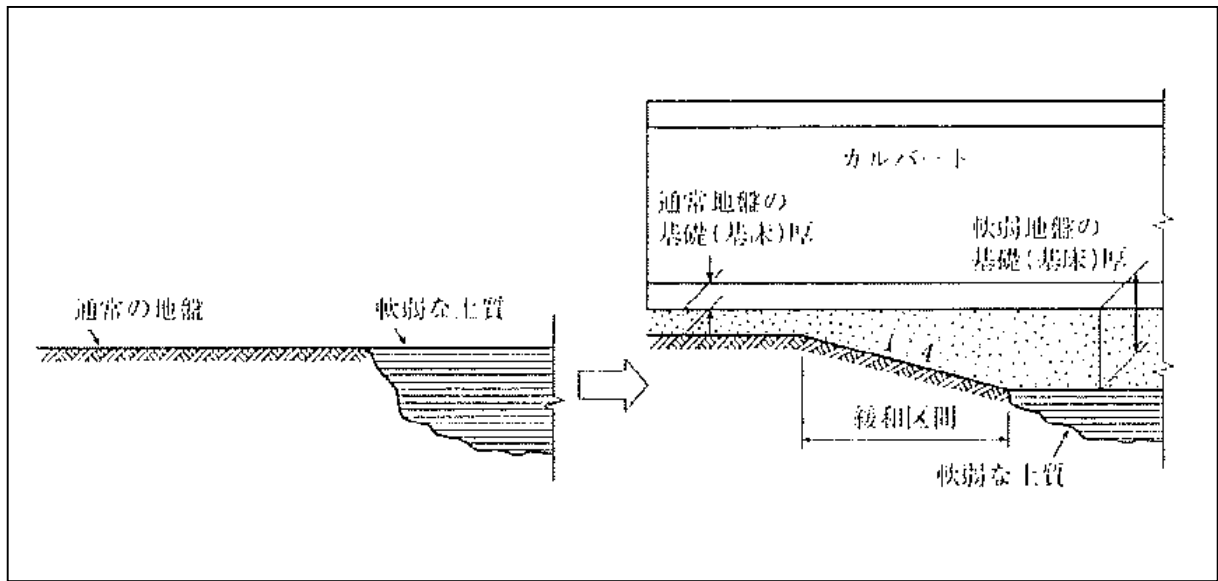


図 4.2.73 すりつけ区間の考え方

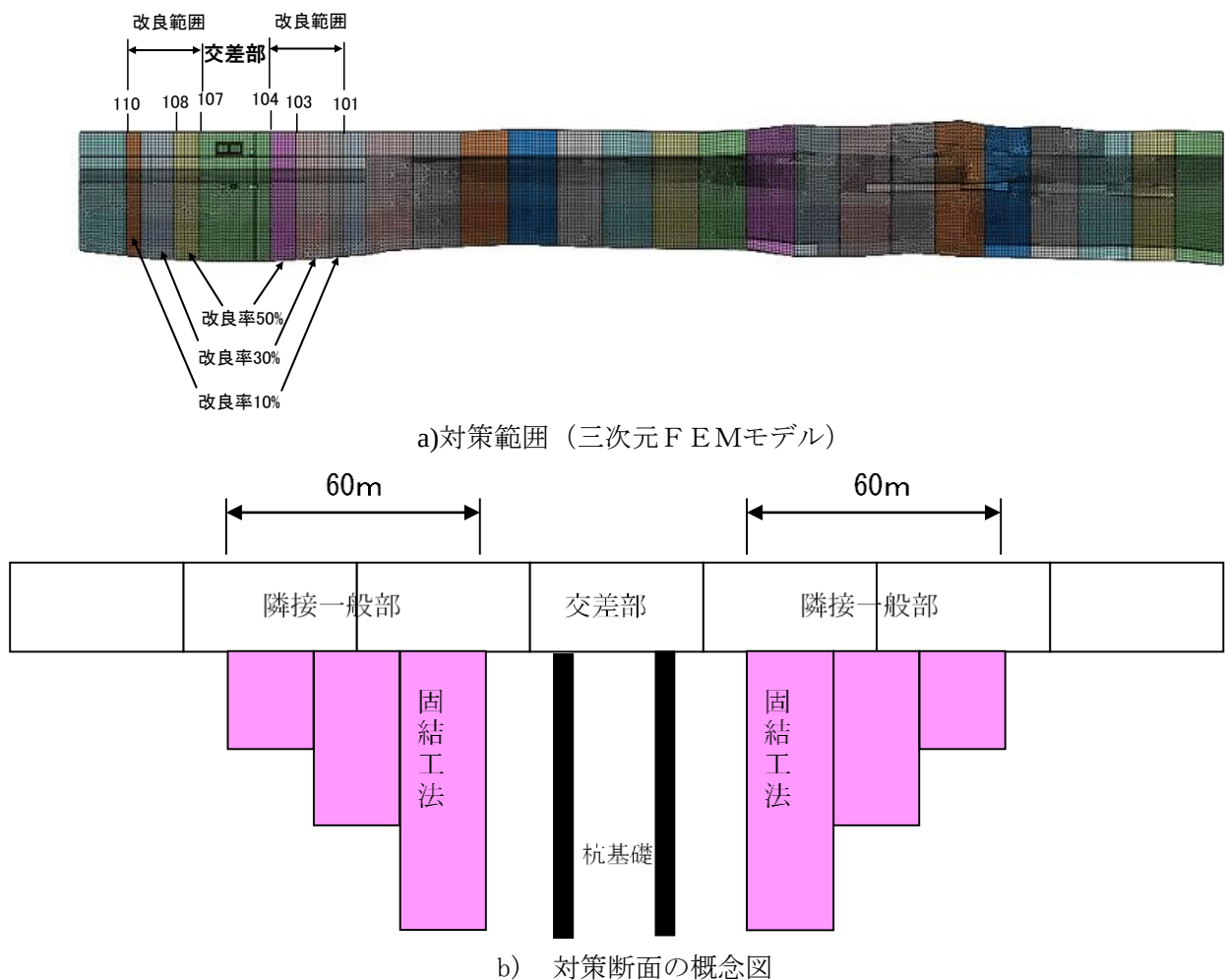


図 4.2.74 道路ボックス継手部の対策範囲及び対策断面概念図



## ■対策効果の確認及び対策範囲の設定

図 4.2.75 は交差部前後の基礎地盤対策断面図を示したものである。この対策諸元に基づいて対策前と同様に三次元梁ばねモデルによる解析を実施し、対策効果を評価した。

図 4.2.76 に地盤改良前後の道路ボックス軸方向の応答変位を示し、図 4.2.77 に基礎地盤対策後の照査結果を示す。図より、地盤改良の効果により交差部（断面 112 からの距離 180m）以降の道路ボックス間の相対変位が大きく低減されていることが分かる。また、対策前の継手部目開き量は許容値を超えていたものが、許容値に収まっている。

以上より縦断方向のレベル 2 地震時の構造部材照査（軸圧縮、引張）、継手部のせん断力、目開き量は許容値を満足し、道路ボックスの安全性、供用性は確保されることが確認された。

なお、ここでは、交差部前後の変位が最も厳しくなる条件として、交差部を固定とした対象モデルの結果を示している。

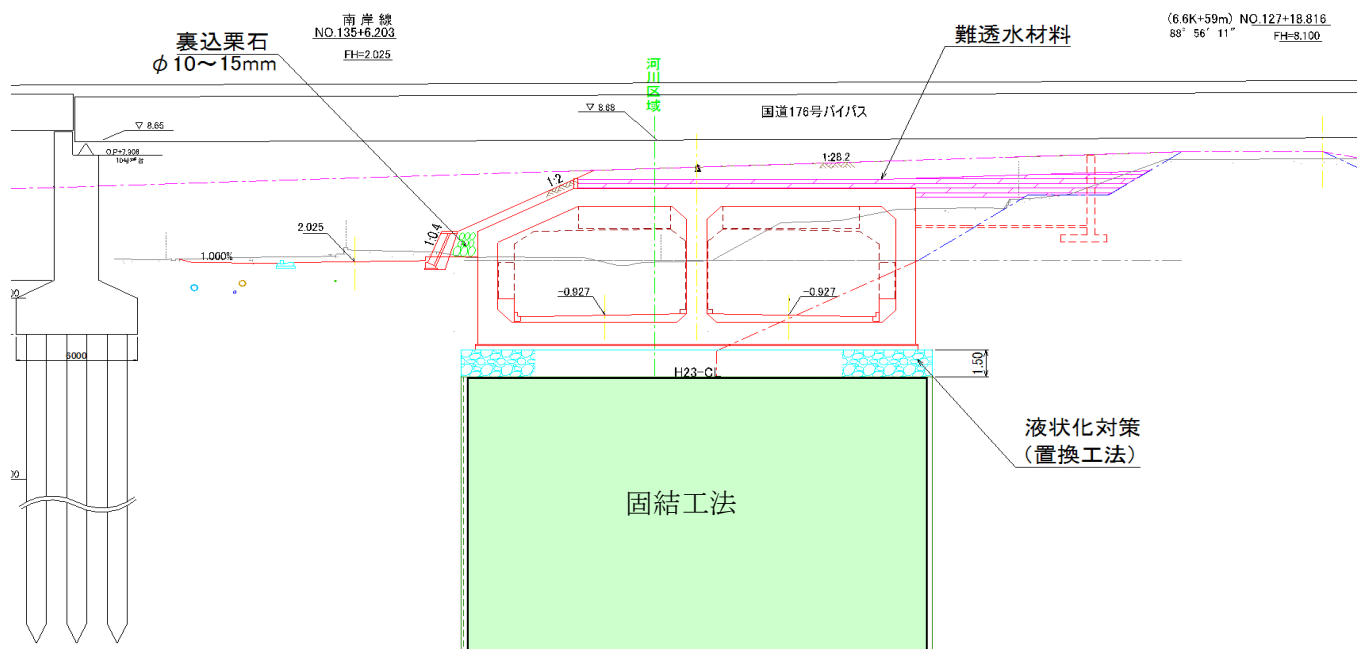


図 4.2.75 基礎地盤対策工図

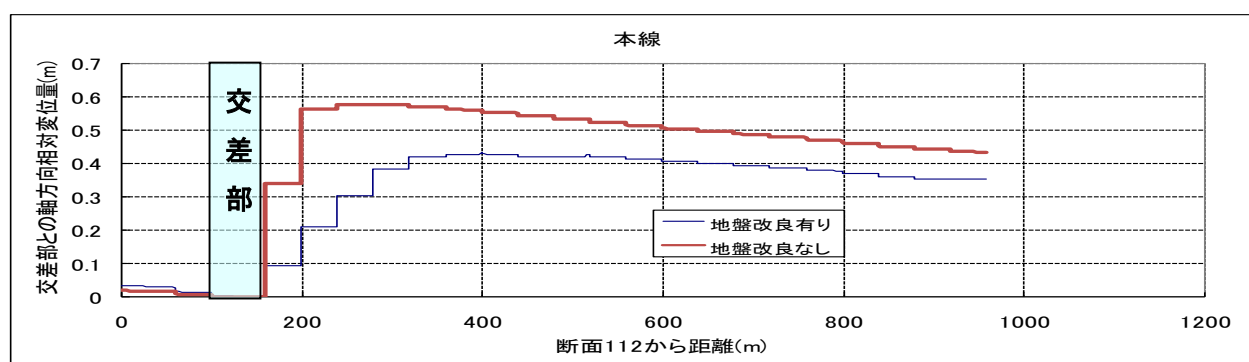


図 4.2.76 地盤改良前後の道路ボックス軸方向の応答変位（ボックス軸方向変位に着目した対策効果）

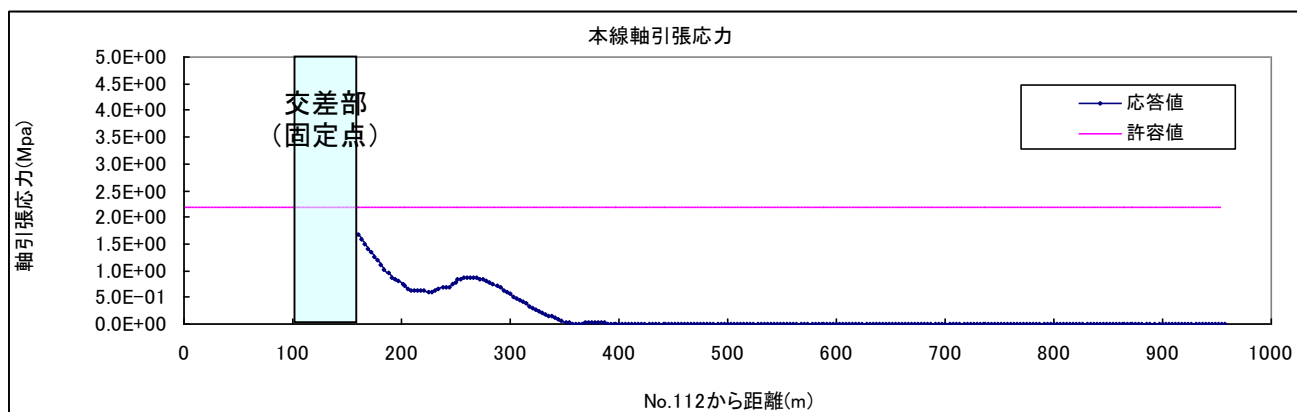
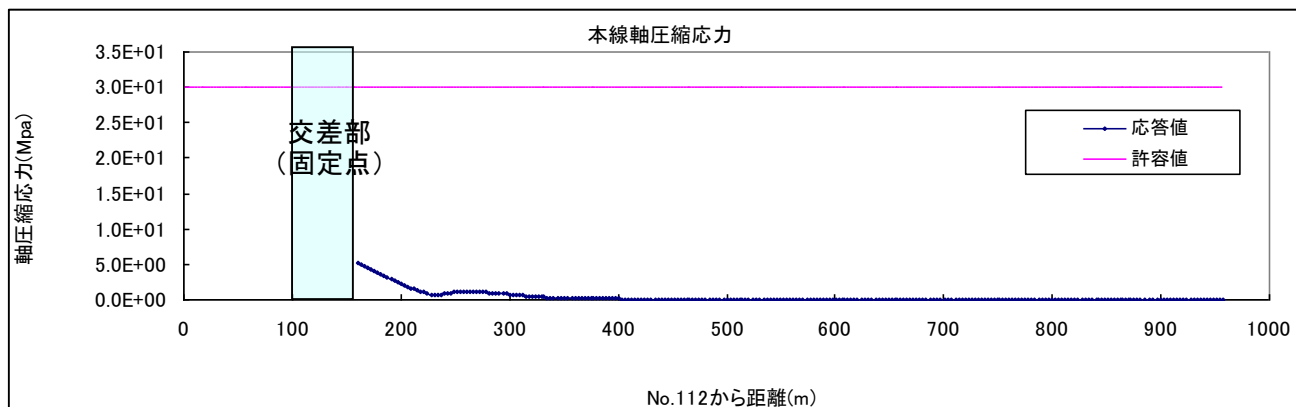
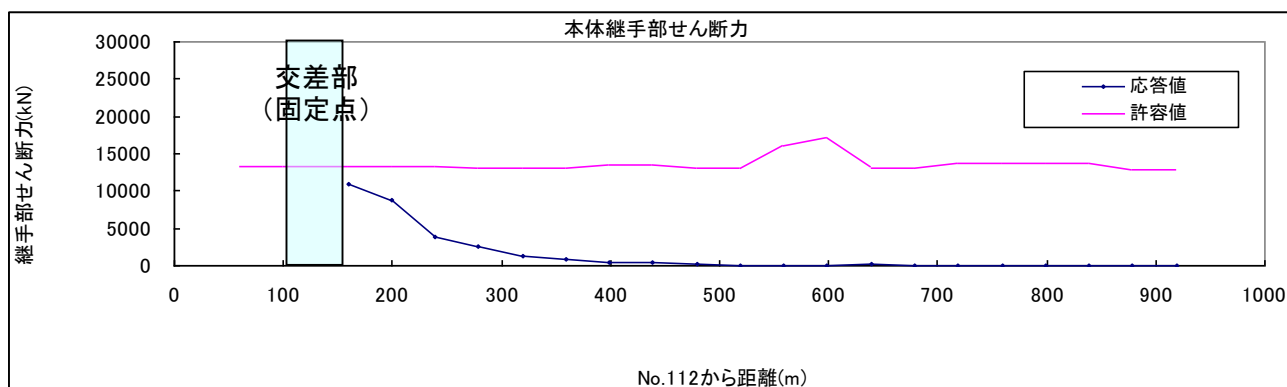
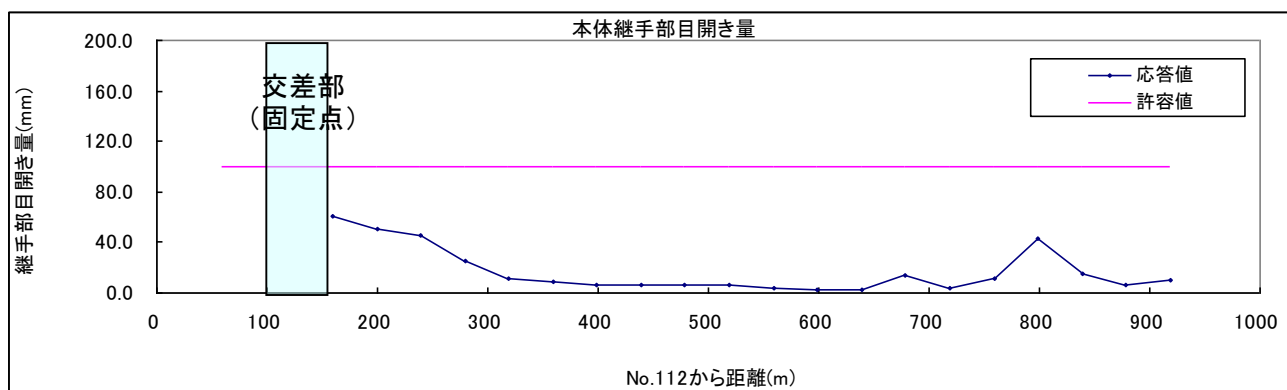


図 4.2.77 基礎地盤対策後の照査結果

## ■評価及び考察

道路ボックスの継手部の段差・離れに対する安全性，供用性については，三次元動的応答解析にて縦断方向の耐震検討を実施し，継手部の目開き量及びせん断力を照査した。

照査の結果，図 4.2.72 に示すように，せん断力は許容値以下となっているが，交差部周辺部の目開き量において，許容値の 10 cm を超える結果となったため，図 4.2.74 に示す対策を実施することにより，許容値を満足し，道路ボックスの安全性，供用性は確保されることを確認した。

### (4) 補助工法の検討

|      |                    |
|------|--------------------|
| 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）を実施すること」について，淀川左岸線（2 期）事業区間における，道路ボックスの基礎地盤は液状化すると判定されており，液状化が発生した場合，道路ボックスの安全性，供用性が確保できないと考えられることから，液状化対策を実施することを前提とする。

#### 4.2.2.4 災害復旧（リスク対応）の検討

堤防及び道路は、災害から人命を守ることや人命救助・維持のためのライフラインとして、極めて重要な役割を担っている。淀川左岸線（2期）は、このような重要な役割を持つ堤防と道路ボックスが一体構造となっている特殊区間であるが、自然災害を受けた場合にはすみやかな復旧が必要である。そのため、災害（リスク）対応を予め検討し、非常時における対応と復旧方法を検討する。

対象とする災害は地震と地震による津波、ならびに洪水とする。

地震による被災に対する緊急復旧期間は、14日間で行えることを目標とする。この期間で緊急復旧を行うため、堤内側から河川への復旧ルート及び、堤防縦断方向の復旧用作業ルートを確認し、堤防高不足分の盛土及び、堤防欠損等の復旧作業に関して検討を行う。

洪水時（内水はん濫）の避難経路として堤内側から河川への避難ルートの検討を行う。

洪水時、津波発生時の連絡体制、洪水予報の伝達方法、非常時交通規制、津波警報発令時の二次被害防止のための施設操作の検討を行う。

|       |             |
|-------|-------------|
| BC-15 | 非常時に交通規制を行う |
|-------|-------------|

#### (1) 一体構造の災害リスクへの対応方針

一体構造の災害リスクへの対応方針として、下記に着目した検討を行う。

##### 【対象とする自然災害】

堤防及び道路ボックスの一体構造に影響を及ぼすと考えられる自然災害を、地震、地震による津波、ならびに洪水とする（図4.2.78参照）。

なお、ここでは地震に対する緊急復旧の検討を示す。

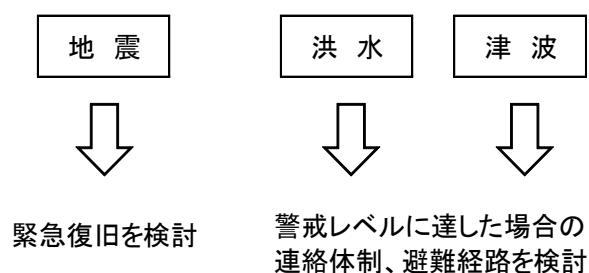


図 4.2.78 対象とする自然災害

## (2) 大規模地震時の緊急復旧対応（案）

### 【復旧シナリオ】

兵庫県南部地震で被災した淀川堤防（西島地区）の実績（図 4.2.79 参照）を踏まえて、復旧シナリオを想定する。第 1 次緊急復旧として、14 日以内を目標に盛土による緊急復旧を行う（図 4.2.80 参照）。

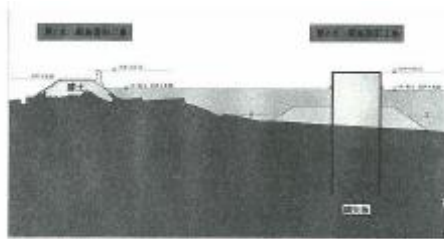


図5.3.1 緊急復旧工事断面図



写真5.3.1 第一次緊急復旧工事

図 4.2.79 緊急復旧事例（平成 7 年 1 月 兵庫県南部地震 西島堤防）

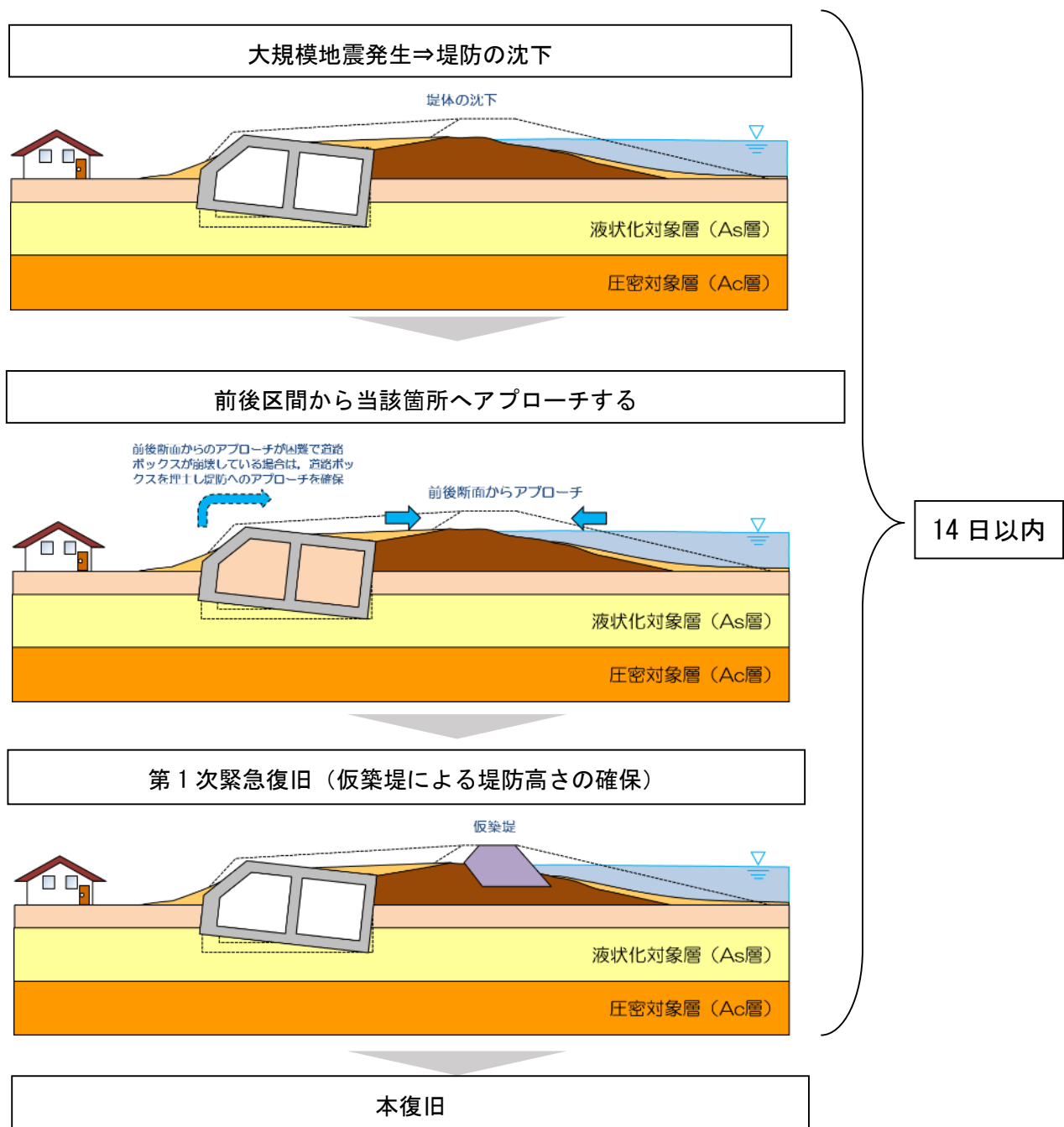


図 4.2.80 第一次緊急復旧

### (3) 復旧用作業ルートの確保

- ・ 大規模な損傷を受けた堤防の復旧を行えるよう、緊急復旧時の作業、土砂運搬等のルートを確保。  
（地震後の点検、堤防高不足分の盛土時も同様のルート）
- ・ 堤防復旧位置へのアクセスルート
  - ① 緊急用河川敷道路 （W=7.0m）
  - ② 河川管理用通路 （W=7.0m）
  - ③ 淀川南岸線の1車線を利用し、仮設坂路を設置（W=4.0m）
  - ④ 左岸線道路ボックス上は通行可能（崩壊している場合は安全確保のうえ必要に応じて埋土により確保）

検討した各区分での復旧ルートについては、図 4.2.81 及び図 4.2.82 に示す。

【阪神高速神戸線・阪神電鉄～国道2号】



【国道2号～阪神高速池田線・JR神戸線】



南岸線1車線のスペースに仮設坂路を設置

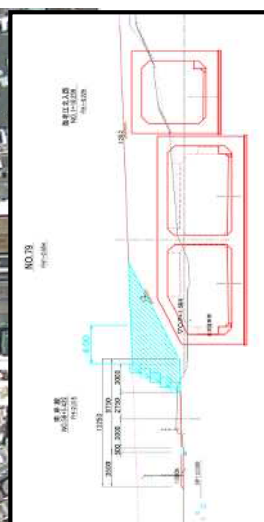
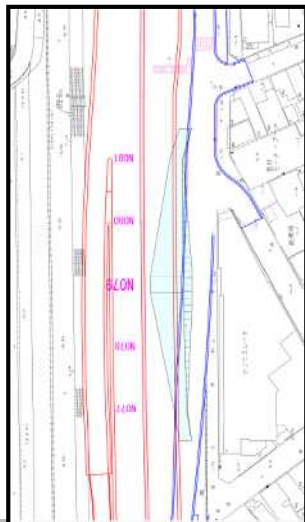
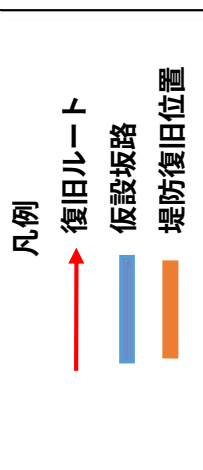


図 4.2.81 復旧ルート図



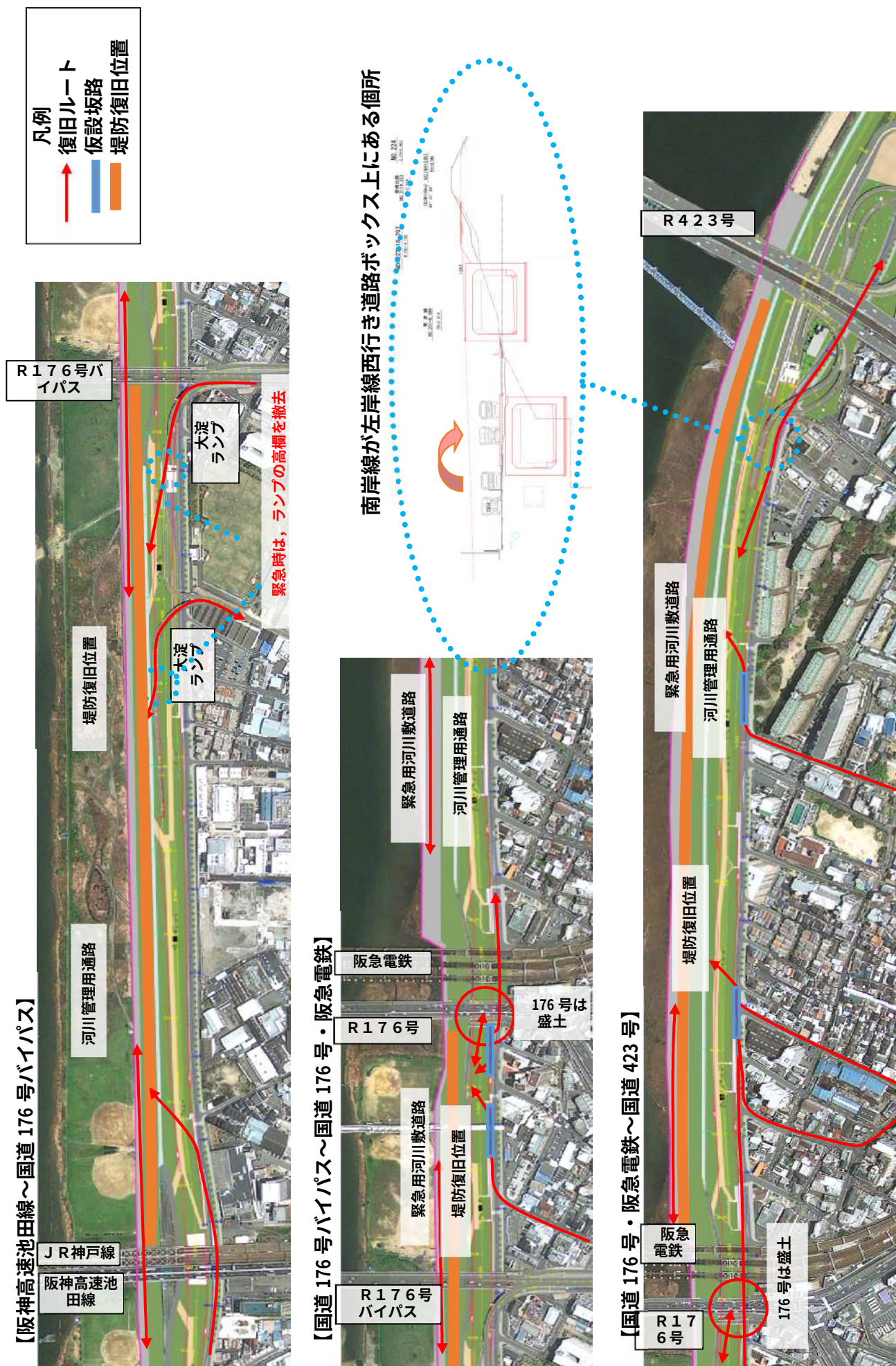


図 4.2.82 復旧ルート図