

資料 4 - 2
第 4 回
淀川左岸線（2期）事業 に関する技術検討委員会

全線の定量的評価結果に基づく基本構造（案）

平成 25 年 2 月 8 日

# 目 次

	頁
<b>1 全線の基本構造（案）について</b> .....	1
1-1 耐浸透機能に対する対策検討 .....	1
1-2 耐震機能に対する対策検討 .....	6
1-3 経年変化に対する対策検討 .....	10
1-4 対策工を考慮した機能評価 .....	13
1-5 仮設土留め矢板の取り扱いについて .....	18
<b>2 基本構造のまとめ</b> .....	22

# 1. 全線の基本構造（案）について

## 1-1. 耐浸透機能に対する対策検討

本委員会においては、完成時の耐浸透機能に対し以下の5つの確保機能を満足する必要がある。

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

耐浸透機能に対する検討では、道路構造物と堤体を一体構造物としたモデルにおいて、「河川堤防の構造検討の手引き」に基づいた外力条件（降雨、洪水）に対し、飽和不飽和浸透流解析を用いた検討手法により、堤体内浸潤面上昇することによる安全性を照査した結果、照査外水位（計画高水位）、照査降雨（計画規模の洪水時の降雨）に対して、川表、川裏のすべり破壊に対する安全率、高水時のパイピング破壊（動水勾配、レーンの加重クリープ比）に対する安全性は、全線で、淀川左岸線(2期)で設定した許容値 ( $F_s > 1.44$ ,  $i_v < 0.5$ ,  $i_h < 0.3$ ,  $C > 6$ ) を満足した。

しかしながら、道路構造物設置に伴う浸透阻害により、堤体内浸潤面は現況堤防と比較して、川表側矢板前面で水位上昇することとなった。

つまり、LC-3、LC-4 については、確保機能を満足しているが、LC-1、LC-2 に対しては、現況堤防における浸潤面と同等程度とすることで、これらの確保機能を満足することとした場合、この堤体内浸潤面上昇に対する対策が必要となる。LC-5 は、この耐浸透対策、後述する耐震対策、経年劣化に対する対策を考慮したモデルにおいて、一連の浸透に対する検討を行い対策効果を確認する。

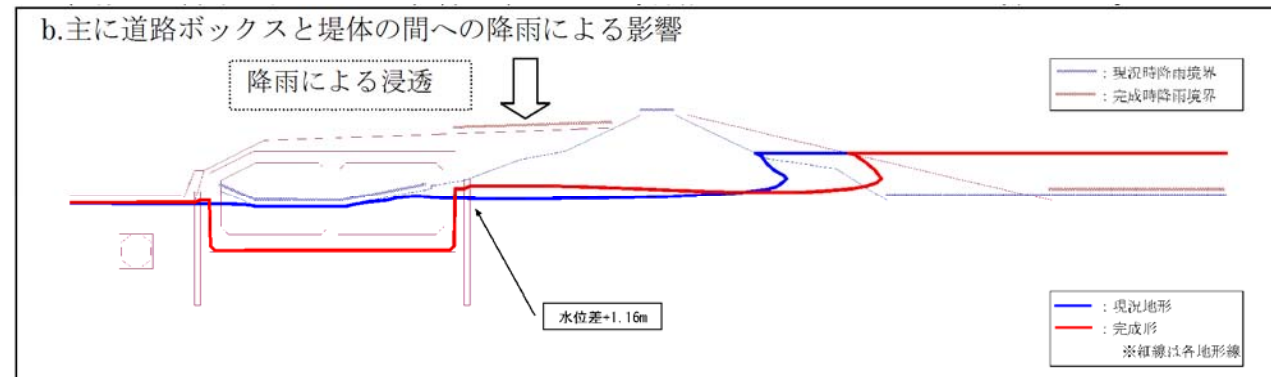
### (1) 浸潤面上昇抑制対策

耐浸透機能（LC-1、LC-2）に対する課題である**浸潤面上昇を抑制する対策工法**について検討を行う。

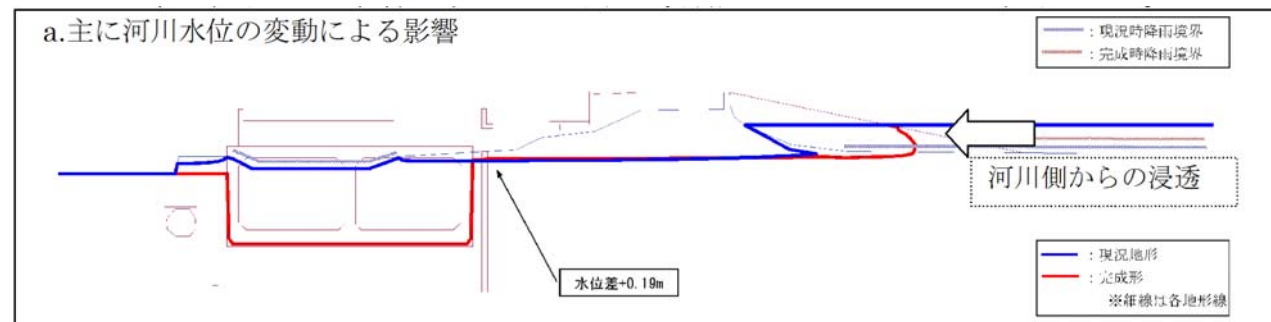
この堤体内浸潤面上昇が顕著となる No.184 における検討結果を下図に示す。

①は降雨と洪水による H.W.L 時の現況堤防との比較図で、②は水位上昇における外力の要因分析を目的として、高水のみに対する比較検討した結果を示す。

①主として堤体とボックス間の降雨による浸潤面上昇（上昇量 +0.11m~+1.16m）



②主として川表側からの河川水位の変動による浸潤面上昇（上昇量 +0.12m~+0.19m）



この耐浸透検討結果から、浸潤面上昇する要因を外力条件に着目すると、①の浸潤面上昇（上昇量 +11cm~+116cm）、②の浸潤面上昇（上昇量 +12cm~+19cm）より顕著であることから、降雨による堤体浸透が主要因と判断できる。

しかしながら、高水による浸潤面上昇も若干ではあるが生じている。

そこで、対策工法として表 1-1 の工法を選定した。

- i) 遮水シートによる表面被覆
- ii) 難透水性材料による浸透防止

浸潤面抑制対策としては、まず、浸潤面上昇量が多い、①降雨流入に対する対策が最優先される。

一方、②河川水位の変動による浸潤面上昇量は 20cm 以下と小さいことから、対策の優先度は低い。

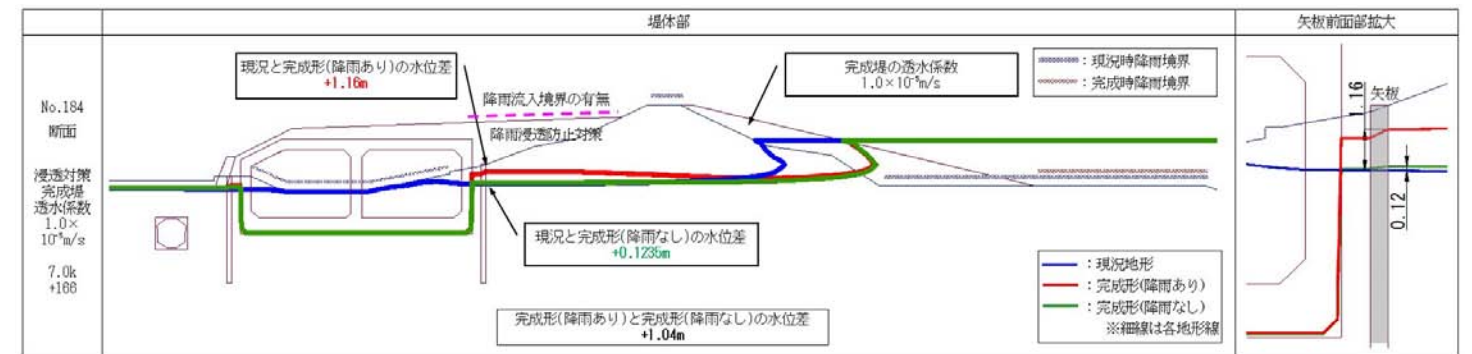
以上の結果を踏まえ、全線に渡る浸潤面抑制対策は、堤体とボックス間の降雨による降雨浸透防止対策を提案する。ただし、対策を実施した場合でも浸潤面は最大 20cm 程度上昇することが想定されており、想定以上の水位上昇とならないかを水位観測孔を設置しモニタリングを実施する。なお、20cm 程度の水位上昇に対して、対策工を計画しないことは、LC-3、LC-4 に対する安全性が確保されており、LC-1、LC-2 の水みちの発生要因としては、高水によるものが低いと考えたことによる。

### (2) 横断方向に対する浸潤面上昇抑制対策効果

浸潤面上昇量の最も大きい No. 184 断面(+1.16m 上昇)について対策効果を分析した。

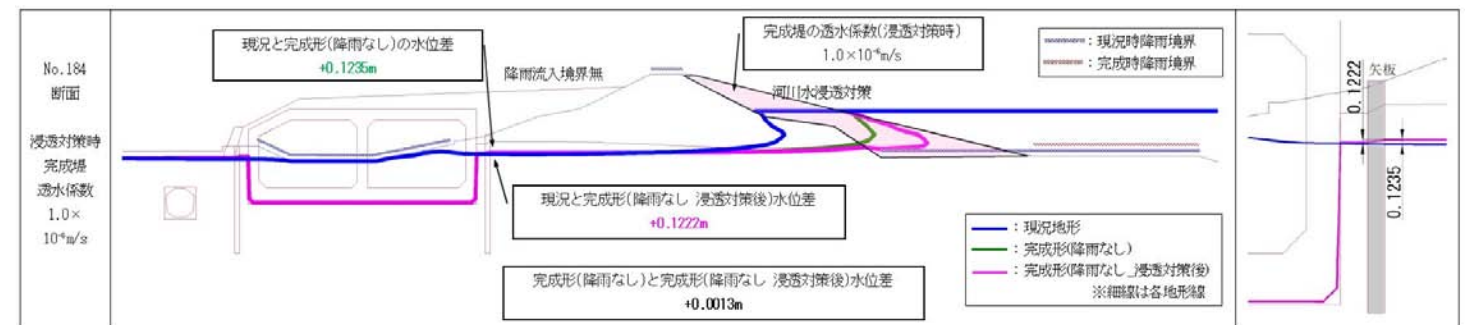
#### 1) 降雨に対する浸潤面上昇抑制対策効果

道路ボックスと堤体の降雨に対する浸潤面上昇抑制対策を実施した場合、下図に示すように最大 1.04m の浸潤面上昇が抑制される。ただし、降雨に対する浸潤面上昇抑制対策を実施した場合でも浸潤面は 12cm 上昇する。



#### 2) 高水による浸潤面上昇抑制対策効果

高水の浸潤面上昇抑制対策を実施した場合、下図に示すように現況堤防に対しては 0.13cm の浸潤面上昇が抑制されるが、これは緩傾斜堤防による効果によるもので、難透水性材料によるものではない。



そこで、堤防天端から降雨に対する浸潤面上昇抑制対策を行うことで、ボックス脇の浸潤面上昇が抑制される効果があることを確認した。

### 3) 対策に対する留意点

- ・ 道路ボックス下面の対策として十分な締固め管理と透水係数の確認を行う必要がある。
- ・ 降雨に対する浸潤面上昇抑制対策及び河川水位の変動による浸潤面上昇抑制対策の両者とも水位上昇すると考えられるため、モニタリングを行い水位変動に注視する必要がある。

表 1-1 対策工法比較表（降雨浸透の防止）

工法名	遮水シートによる表面被覆	難透水性材料による浸透防止
概略図		
仕様	遮水シート：13.55m ブロックマット：13.55m	難透水性材料：13.05m（厚さ 1.0m）
工法概要	河川堤防とボックスの間等、降雨の浸透を遮水材（遮水シート）により抑制する。	河川堤防とボックスの間等降雨の浸透を難透水性材料により抑制する。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 遮水材料を使用する場合は、継ぎ目端部の施工に留意する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 堤体とのなじみを良くするための対策（段切り等）留意する。</li> </ul>
工法の得失	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 遮水シートやアスファルト等の遮水材を使用する。</li> <li>・ 洪水時や異常出水時の浮き上がりや劣化を防止する。</li> <li>・ 堤体内に存在する空気の排気対策を考慮する。</li> <li>・ 長期的には健全性（破れや破損）に課題がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 難透水性材料は、密度管理や透水係数確保の品質管理が必要である。</li> <li>・ 淀川河川堤防でも実績がある。</li> <li>・ 堤体土とのなじみが良いため、堤体土と一体となる。</li> <li>・ ボックスとの境界に工夫が必要。</li> </ul>
堤防への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上部利用において損傷を受ける可能性がある。</li> </ul>	ボックスと既設堤体の間及び既設堤体の沈下により、クラックの発生による堤体の緩みなど生じないように沈下観測を行う必要がある。
総合評価	施工実績・工法の得失において他工法より優れるが、遮水シートだけでは破損の恐れがあるため、上部に被覆材が必要	難透水性材料の品質管理、施工管理が重要である。 堤体土とのなじみが良いため、堤体土と一体化が図れる。

### (3) 縦断方向に対する流動阻害対策検討とモニタリング計画(案)

資料 4-1 で示したパイピング破壊に対する評価では、縦断方向の動水勾配は、 $10^{-5} \sim 10^{-2}$ 、流速は  $10^{-10} \sim 10^{-7}$  m/s となり、本委員会で設定した基準値（動水勾配 0.3、流速  $10^{-5}$  m/s）を満足しており、パイピング破壊の生じる可能性は低く、水みちの発生も同様に低いとなった。

しかしながら、淀川左岸線(2期)計画においては道路機能として約 300m 毎に非常口が設置する計画となっており、この非常口は川表側、堤内側ともに設置され、道路ボックスから局所的に突出した形状となり、この突出箇所においては、縦断方向の浸透流に対し流動阻害となると考えられ、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）の確保機能に対する安全性を確保する必要があると考えられる。

これまでの浸透に対する検討から、降雨・高水に対する浸透流は、横断方向と縦断方向を比較すると、縦断方向の動水勾配は横断方向と比較して 1/10 程度となり、浸透流況は横断方向が支配的となると考えられ、この非常口箇所における縦断方向の局所的な流動阻害はパイピング破壊、水みちの発生に至る可能性は低いと考えることもできる。しかしながら、これまで河川堤防に近接して連続した RC 構造物が設置された事例がないことから、可能性は低いものの、この非常口箇所において道路構造物と一体となる通水孔の設置を計画する。

なお、道路構造物と一体の通水孔の計画にあたっては、まず、前述した流動阻害対策としての目的もあるが、従来、非常口は階段工を直接地盤に接する施工が行われており、この階段工の下方に空隙ができることが考えられ、この空隙部に堤体盛土が流動した場合、堤体に空洞や亀裂が発生することが懸念されるため、階段工下方においても構造物を設置することで空隙が発生し難い構造となることを目的として計画したものである。その際、次頁に構造概要を示すが、下流方向には擦り付けを設け局所的な流速の変化を抑制する形状とした。この様に非常口箇所を矩形構造とすることで、階段工下方において空間ができることから、この空間を活用することにより、定量的な評価が難しい構造物と地盤間の挙動を対象としたモニタリング空間としての利用を計画した。

これらの背景から、次頁に示す、非常口部完成形対策工（案）と次回委員会においても審議事項となるモニタリング計画（案）を計画した。以下に、非常口部完成形対策工（案）とモニタリング計画（案）の概要を示す。

#### 1) 通水孔の計画

通水孔計画における基本方針を次に示す。

- ① 非常口設置形状は、階段工下方に空隙が発生した場合、その空隙が進行し堤体の亀裂や陥没が発生することも考えられることから、この空隙を抑制する目的から矩形形状とする。
- ② 非常口下流側面は、局所的な浸透流速の変化を抑制する目的から、擦り付け形状とする。
- ③ 非常口設置に伴う局所的な地下水流動阻害対策として横断的な通水エリアを設置する。
- ④ 構造物周辺部における地下水流況を目視できる構造とする。（→ 構造物と一体となる通水孔）
- ⑤ 人が入ることが可能な空間とする目的から、道路ボックス底版下に幅 1000mm、深さ 800mm の通水孔を計画する。地下水が高く平常時も通水していることから、ゲートを設置する。
- ⑥ 集水部分には、地下水保全対策工で適用した実績のあるスクリーンフィルターを設置する。
- ⑦ 集水部は、局所的流動阻害に対して水位上昇箇所となる非常口上流側面と非常口川表側側面の下方に設置する。

#### 2) モニタリング計画（案）

前述した様にここで示すモニタリング計画（案）は、次回委員会で審議する内容の基礎資料として作成している。つまり、計測方法、計測器、設置箇所は詳細な検討を踏まえたものではない。

計測項目を次に示す。

- 道路構造物、対策工設置による地下水流況の把握を目的として、構造物の川表側、堤内側における水位の計測
- 構造物周辺に発生の可能性のある剥離の有無の把握を目的とした土圧の計測
- 構造物と堤体間の盛土による各基礎地盤層の沈下量の把握を目的とした層別沈下の計測
- 盛土荷重による地盤沈下に伴う側方流動量の把握を目的とした地盤の側方変位の計測
- 構造物の変位、堤体地表面の変状把握を目的とした測量調査

##### ■ 水位計測

水位計測は、水位計を用いて計測を行う。水位計の設置にあたっては水位計の形状を考慮して VP60 管を埋設する。ここでは、不圧地下水となる浸潤面の計測を行うことから、帯水層を対象として開口率 13% のストレーナ管を用い、目詰まり防止として VP フィルターを巻く。なお、計測は自動計測とする。

##### ■ 土圧の計測

剥離の計測にあたっては、剥離量を直接計測する方法は無いと考え、土圧計を設置し、土圧の変化を継続的に計測し地盤の緩みを捉え、土圧が 0 となった場合、剥離の発生と判断する。この土圧計の設置にあたっては、コンクリート打設時、型枠に土圧計を設置し、構造物壁面と土圧計測定面がフラットになるものとする。この土圧計を多点設置することにより剥離の連続性の判断を行う。なお、計測は自動計測とする。この計測の課題は、計器が故障した場合、交換することができないことである。

##### ■ 沈下の計測

沈下の計測にあたっては、設置孔に連続沈下計を設置するロッドを建て込み、各層の層境界に連続沈下計を設置する、なお、計測精度の向上を目的として層中央部にも連続沈下計を設置する。各連続沈下計は 1 本の計測ケーブルで接合される。設置孔に各計器を設置した後、設置孔を保護するケーシングを撤去し、各連続沈下計が地盤となじみその後地盤と追随することで各計器の沈下量を計測することにより各層の沈下量を把握する。なお、この計測は自動計測とする。

##### ■ 側方変位の計測

側方変位の計測は、傾斜計ガイド管を埋設し、1m ピッチで多段式傾斜計を設置する。計測にあたっては、ガイド管が地盤変状と追随して変状することから、傾斜計設置箇所における傾斜角が計測され、この傾斜角と計器設置間の距離により水平方向の変位を求めるものである。なお、この計測は自動計測とする。

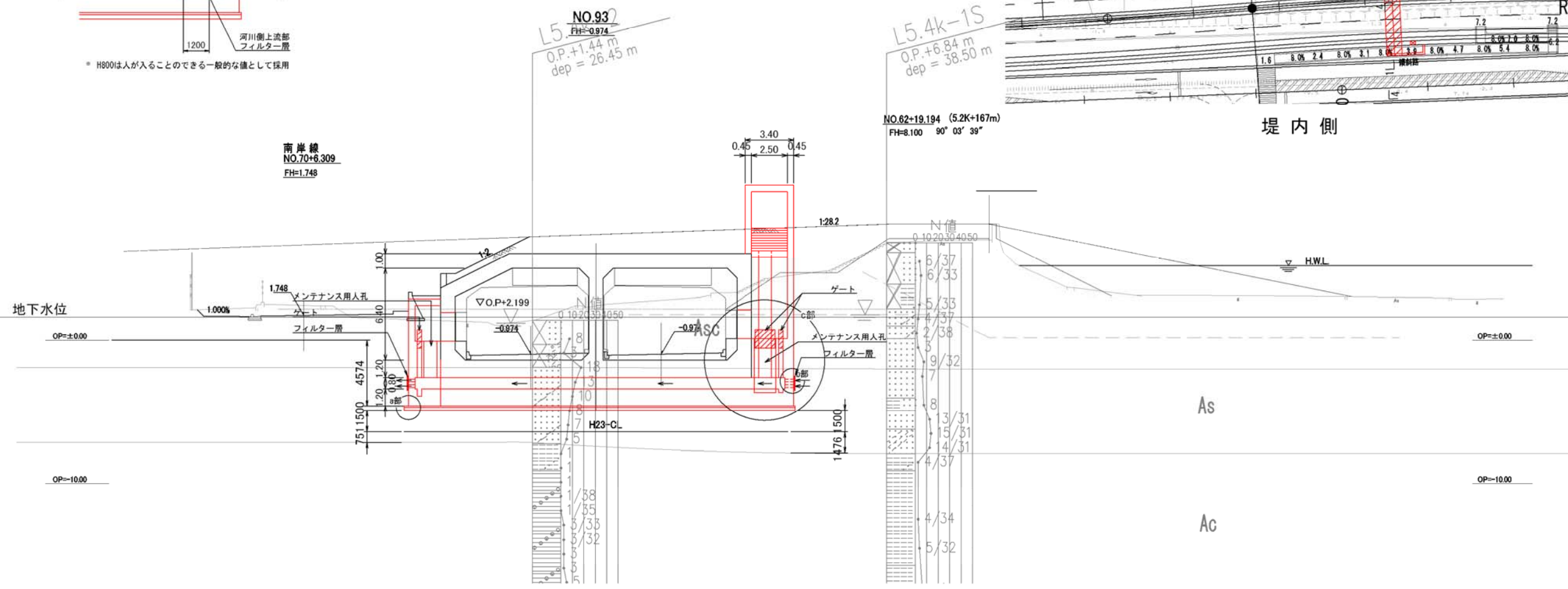
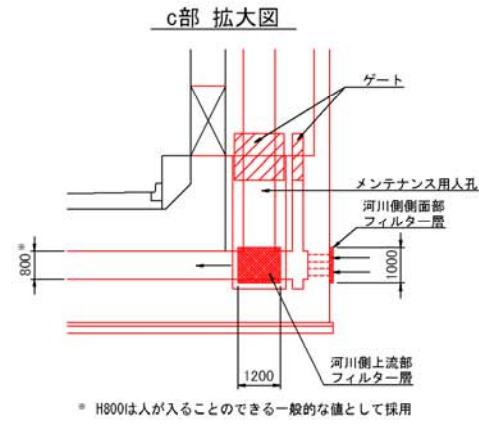
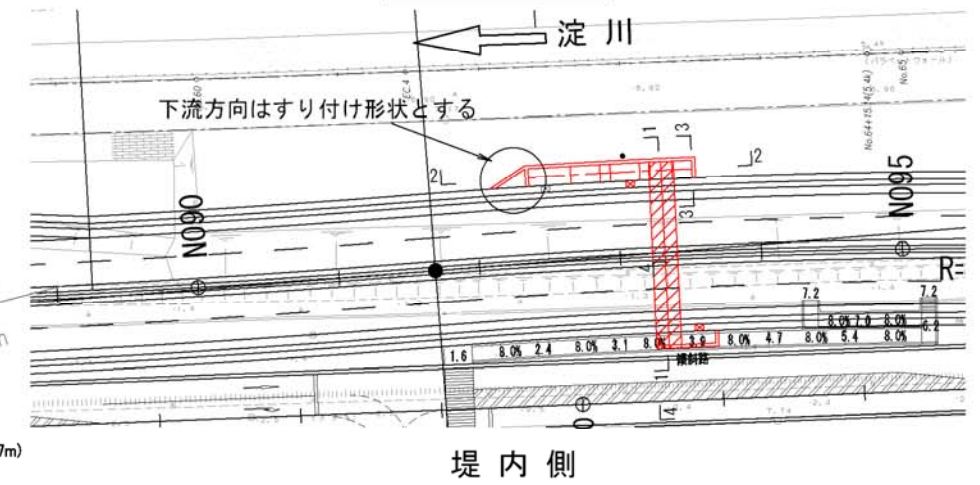
モニタリングにあたり、基礎地盤の可視化を検討したが、当該地盤は地下水が高いため、構造物の大半は地下水位以下となり、可視化を目的とした孔口の設置にあたっては、平常時地下水位より上方に設置しなければならないものとなり、高水時の事後における限定された箇所の状況把握に限られる。

# No. 92付近非常口部完成形対策工(案)

## 横断図 (1-1断面)

※ No. 92の横断図がなかったためNo. 93の横断図を準用。

## 平面図

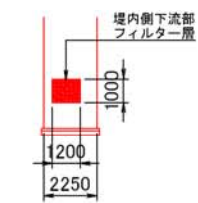
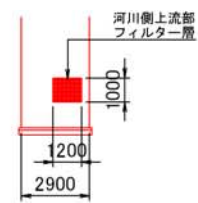
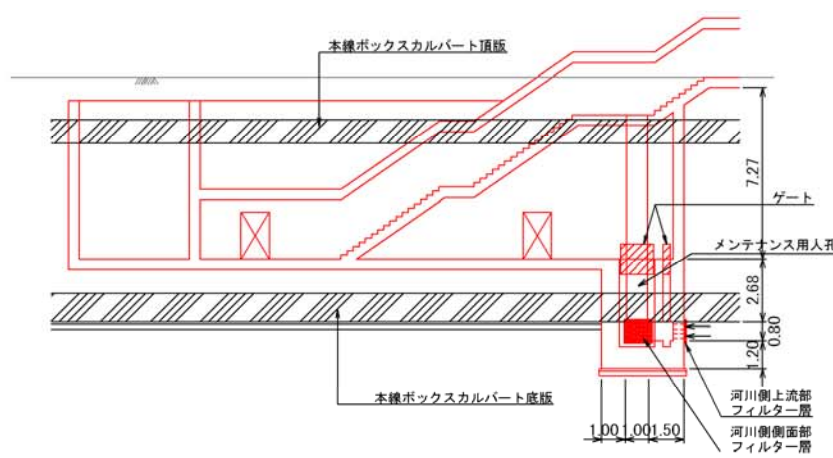
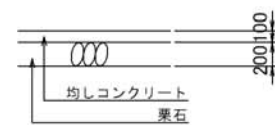


## 側面図 (2-2断面)

## 3-3断面

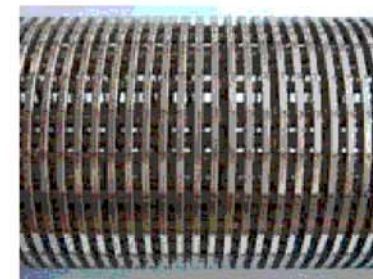
## 4-4断面

### a部詳細図

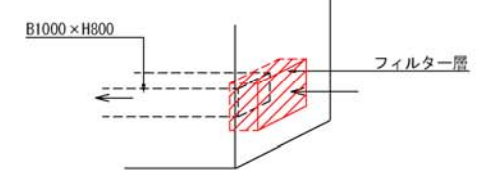


フィルター層：巻線型スクリーン同等

(参考) 巻線型スクリーン

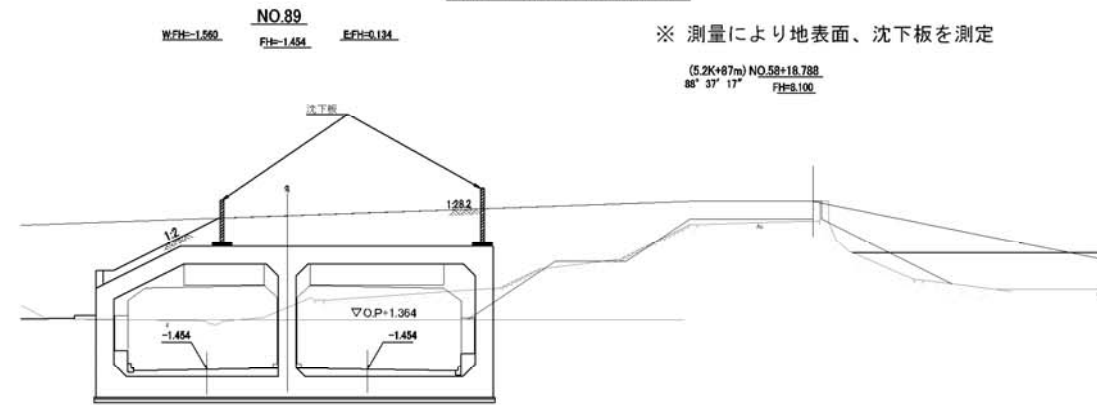


### b部詳細図

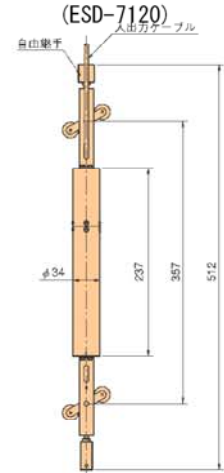


# モニタリング計画(案)

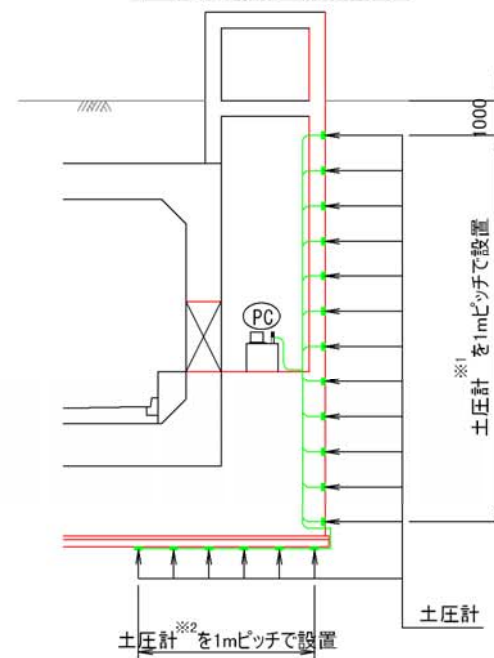
## 沈下板設置概要



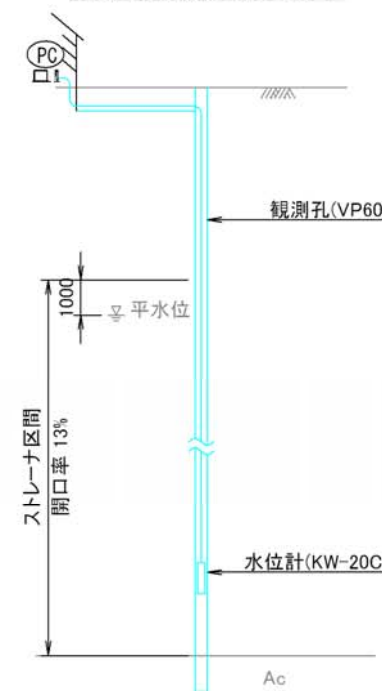
## 多段式傾斜計詳細図 (ESD-7120)



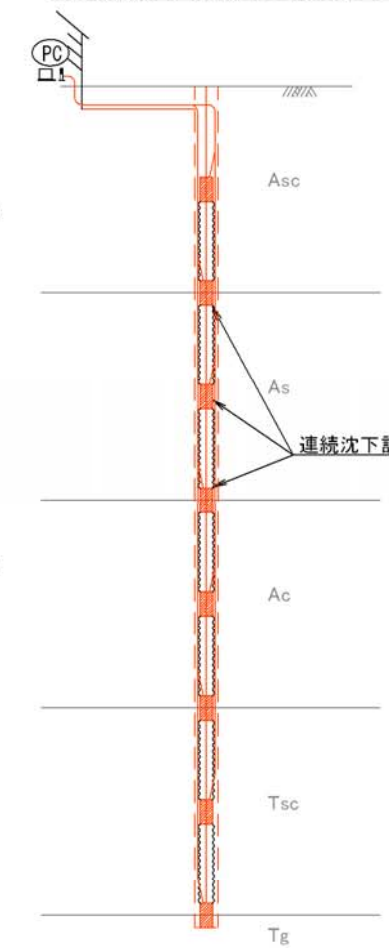
## 土圧計設置模式図



## 水位計設置模式図

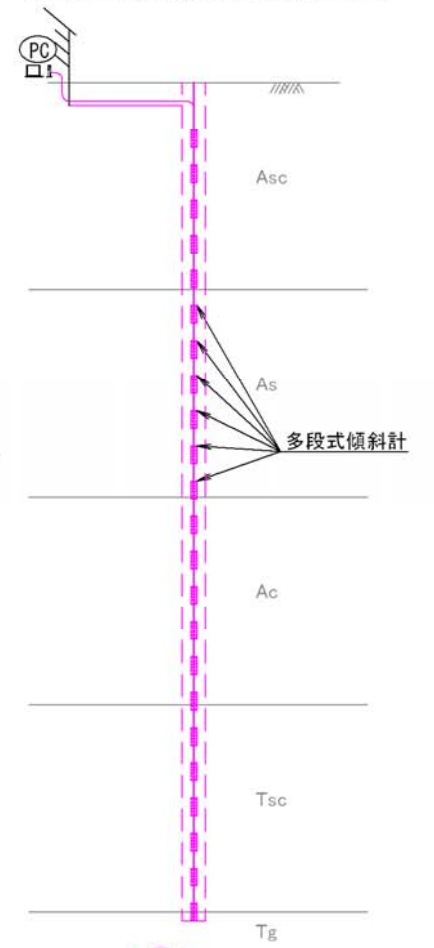


## 連続沈下計設置模式図



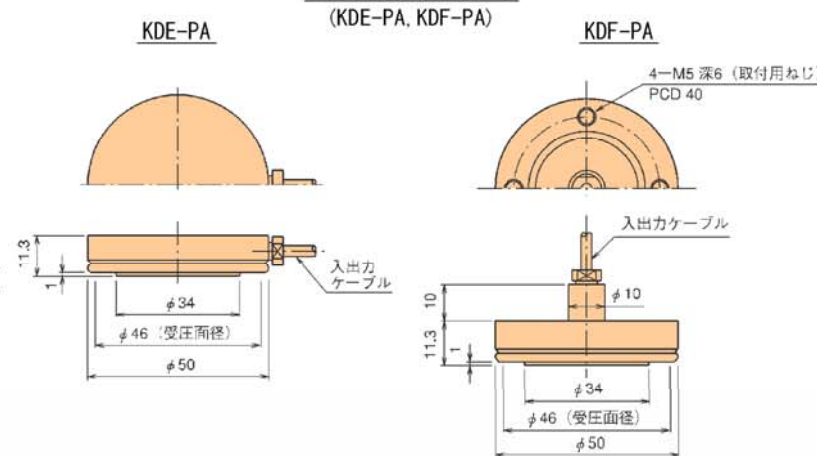
※ 連続沈下計は層境界と層中央部に設置する

## 多段式傾斜計設置模式図

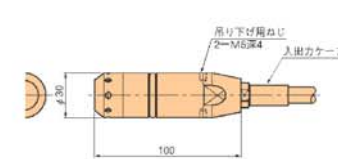


※ 多段式傾斜計は1mピッチで設置する

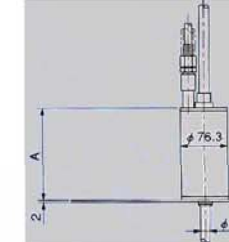
## 土圧計詳細図 (KDE-PA, KDF-PA)



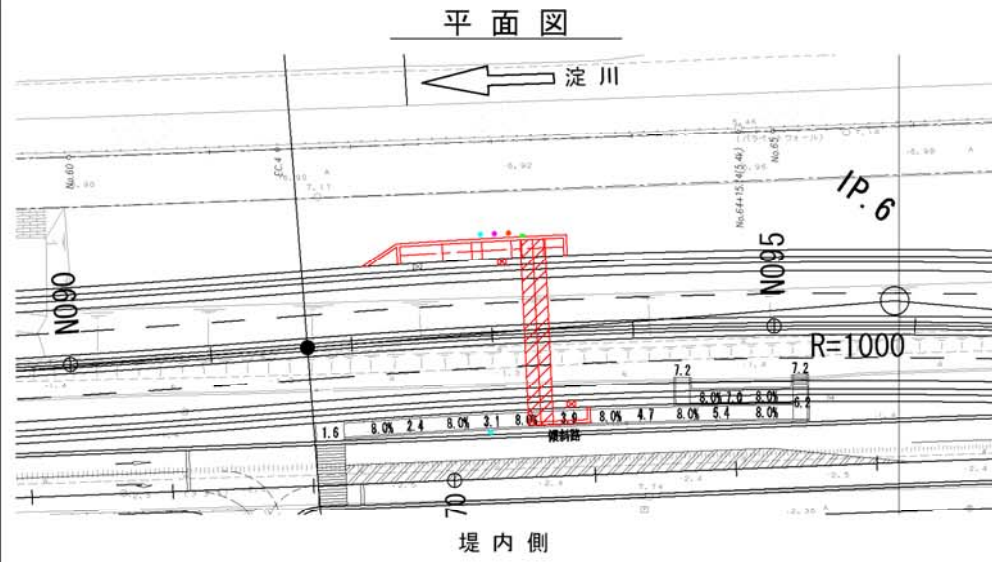
## 水位計詳細図 (KW-20C)



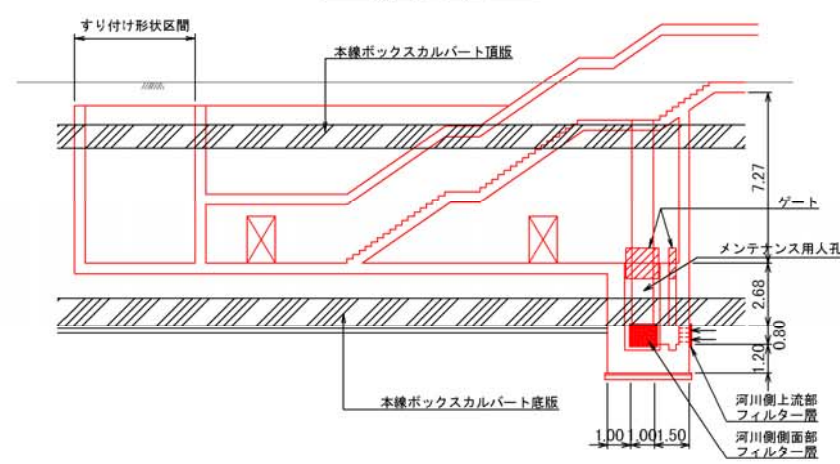
## 連続沈下計詳細図 (ESD-7120)



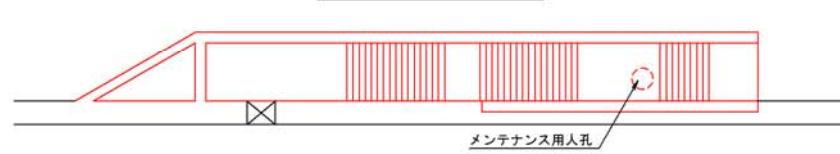
形式	寸法 A
ESD-7120	152



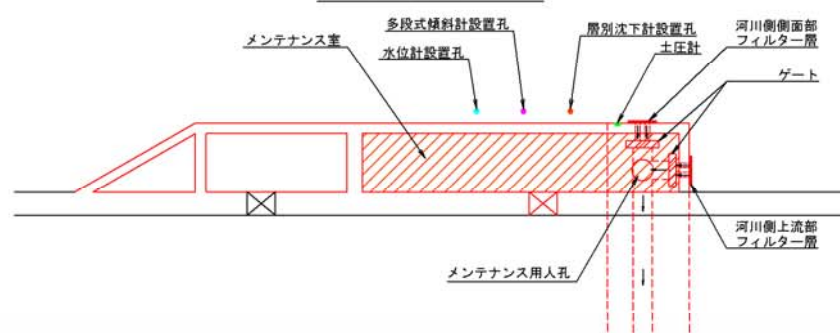
## 側面図



## 平面模式図 1



## 平面模式図 2



## 1-2. 耐震機能に対する対策検討

### (1) 耐震機能検討結果

ボックス基礎地盤の支持力、構造物の剥離、道路構造物の継手部について検討した結果、それぞれ下記に示すように対策が必要であることが確認された。

対策工法選定においては以下の事項に留意する。

- ・ 周辺騒音、振動低減
- ・ 地下水保全対策

#### 1) 基礎地盤の液状化対策

道路ボックスの基礎地盤に対する検討結果から、全線のボックスの基礎地盤は、レベル1及びレベル2地震に対する液状化判定の結果、いずれの断面も基礎地盤の液状化抵抗率 FL は 1.0 以下、さらに液状化指数  $PL > 15$  (液状化の危険度が高く、液状化対策が不可避) となり、基礎地盤の液状化対策が必要である。

#### 2) 道路構造物継手部の対策

- ・ 道路ボックス横断方向の安全性・供用性 (構造部材照査、変形性能) は確保される。
- ・ 交差部前後の道路ボックス縦断方向の継手部の段差、離れに対する安全性・供用性が確保できないため、交差部前後の地盤変形性能、継手構造の改善を図ることが道路ボックスの機能確保の上で必要がある。

#### 3) 構造物としての剥離

道路構造物と堤体を一体構造物としたモデルにおいて、同一モデル、同一解析手法で河川堤防、道路構造物それぞれの基準で設定される地震動を用いた検討から、構造物毎に要求される性能を照査した結果、以下のことが確認できた。

- ・ 地震後の堤防高は、照査外水位以上が確保でき、河川外への越流を生じない。
- ・ 道路ボックス側面と地盤間に剥離が生じることが確認された。この剥離は、部分的なものであり連続はしていないことから、水みちの問題はないと考えられるが、定量的評価ができないことから、モニタリングを行う必要がある。

### (2) 対策工法検討

#### 1) 基礎地盤の液状化対策工法選定

騒音・振動及び地下水保全を鑑みた当該地に考えられる液状化対策は、以下のものを選定した。

- ① 静的締固め工法
- ② 置換工法

##### i) 締固め工法

現位置の土を締め固めて液状化を防止する工法であり、工法の多くは振動で締固める工法がほとんどである。

近年では、静的に締め固める工法が開発されており当該地に適用できる。

当該地における道路ボックス構築により浸潤面上昇が見られるので、透水性確保の面からも、締固め工法を選定する。

##### ii) 置換工法の適用性について

当該地の地盤条件で考えると、ボックス下の砂質土や中間土の層厚は、3m 程度である。

したがって、ボックスの構築により、液状化層が薄くなった場合は、置換工法が選定される。

置換工法の場合は、土留め鋼矢板を打設後、さらに深く掘ることになり、その分、鋼材が大きくなり、3m 程度以上の液状化層厚になれば、経済的に不利となり、静的締固め工法が適している。

置換層厚が約 1.5m 以下の場合には、静的締固め工法よりも、経済性に優れる結果となることから、置換工法は、置換層厚 1.5m 以下の場合に適用する。

なお、置換材料は、砂が一般的であるが、ボックス下の通水性を確保する目的で、礫による置換とする。

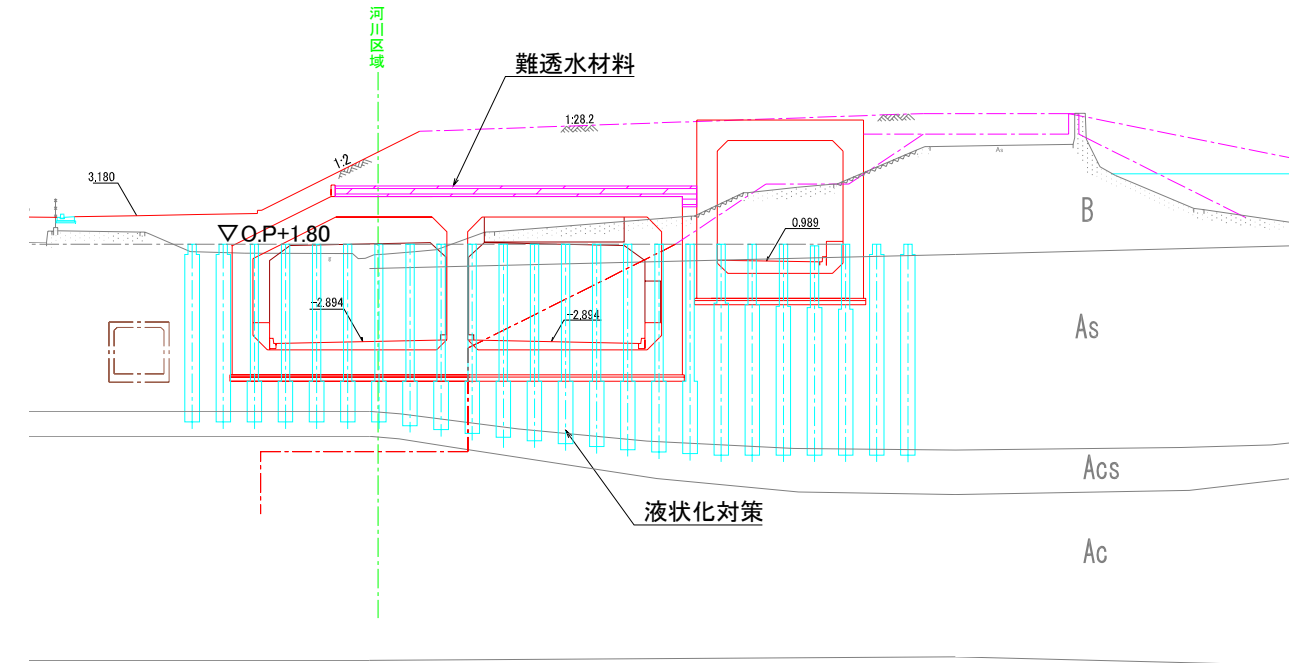


図 1-1 静的締固め工法横断面図

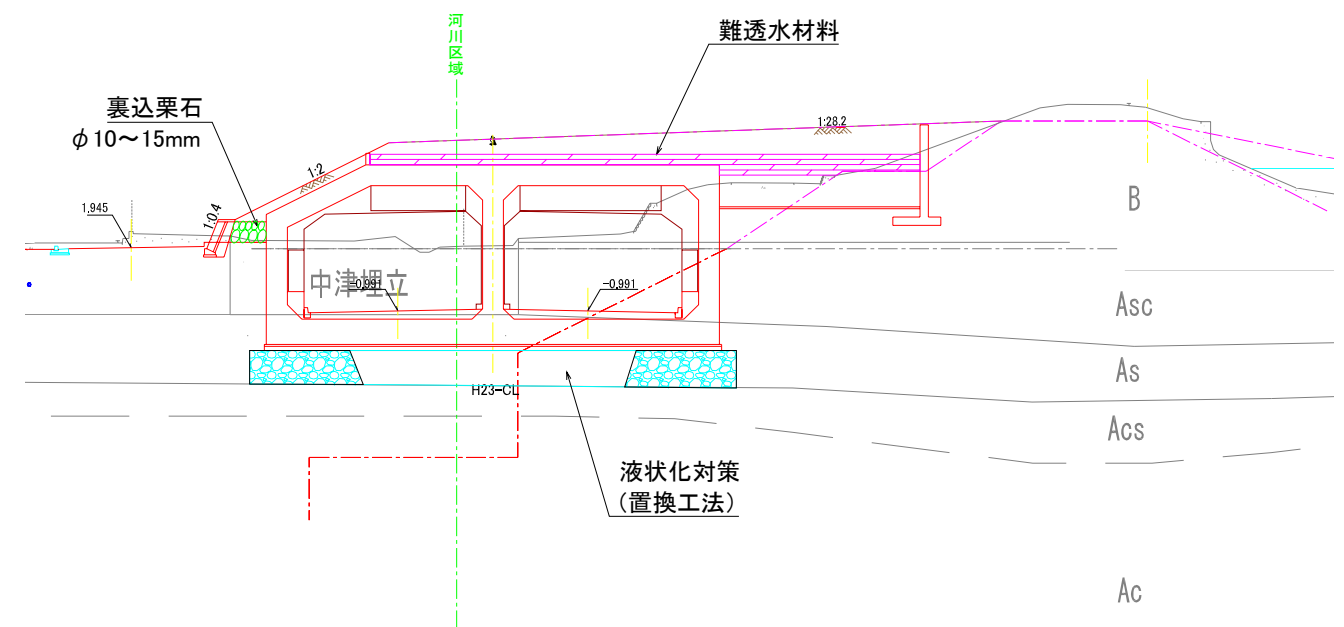


図 1-2 置換工法横断面図



## 2) 道路構造物継手部の対策検討

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、現設計ではボックスカルバート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1章の全線評価の結果から判明している。また、3次元FEM動的応答解析による地盤変形を用いた3次元はり-バネモデルによる解析により、相対変形が許容値を超えることが判明しており、対策工が必要であることが明らかとなっている。

ここで、沈下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て、交差部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、道路構造物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て、堤体への影響が少なく、振動、騒音が小さい、固結工法を選定する。

固結工法の上面は、凹凸が出来ること、ボックス下面に荷重を均等に伝達すること等を考慮して、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。

### i) 交差部の縦断耐震対策の検討

資料 4-1 (P63~64) に示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採用した。

図4-1-3には、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。

対策は、交差部（杭基礎）ブロックの前後、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とする。

杭基礎で施工されたボックス前後の隣接ボックスでは、ボックス間の段差を小さくするため、「すりつけ区間」を設けることとする。

#### <すりつけ区間の考え方>

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、当該箇所の軟弱地盤層厚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。ここでは軟弱層厚H=17mであるため17×4=68m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。

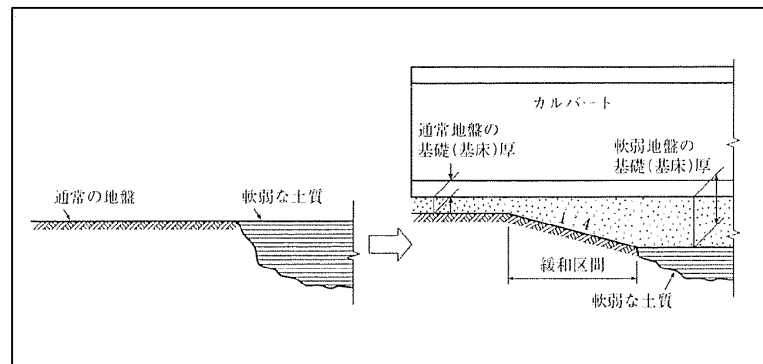
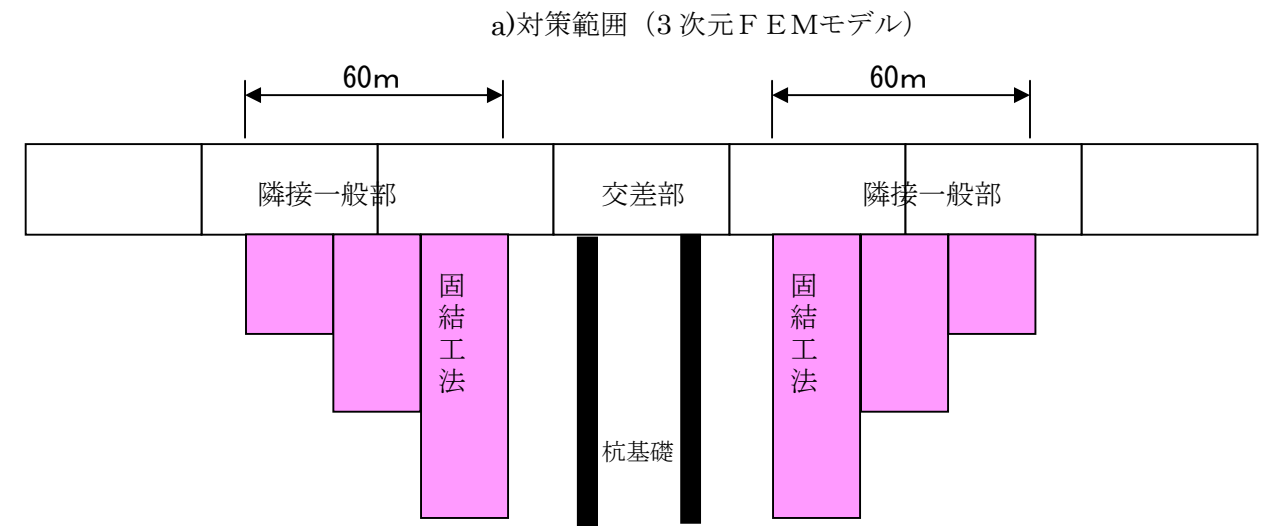
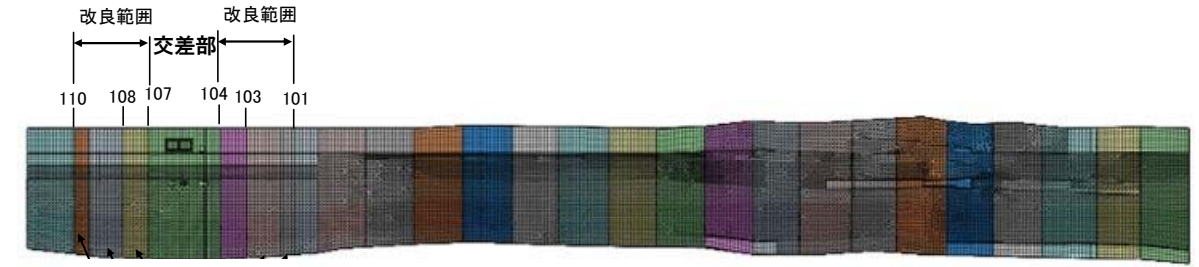


図1-4 すりつけ区間の考え方



b) 対策断面の概念図

図1-3 道路構造物継手部の対策範囲及び対策断面概念図

### ii) 対策効果の確認及び対策範囲の設定

図1-5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3次元はり-バネモデルによる解析を実施し、対策効果を評価した。

図1-6に地盤改良前後のボックス軸方向の応答変位を示し、図1-7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、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。

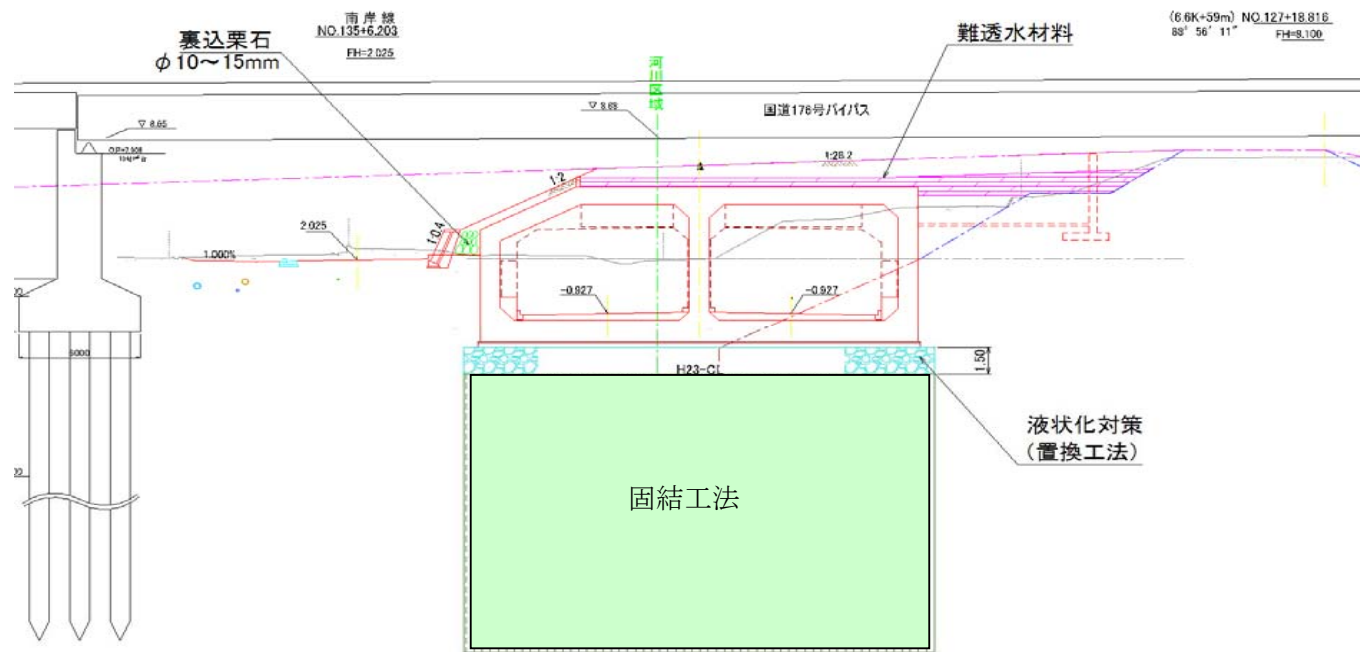


図 1-5 基礎地盤対策工図

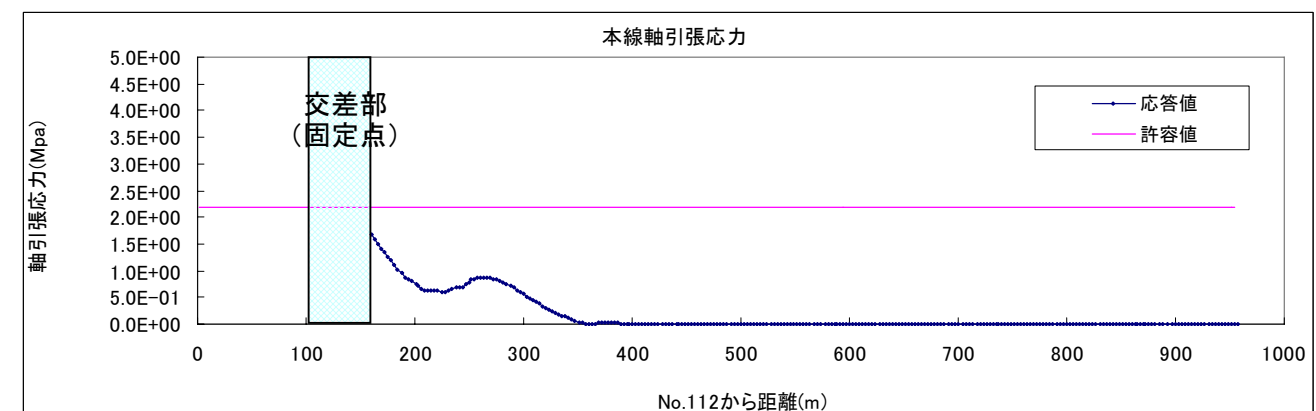
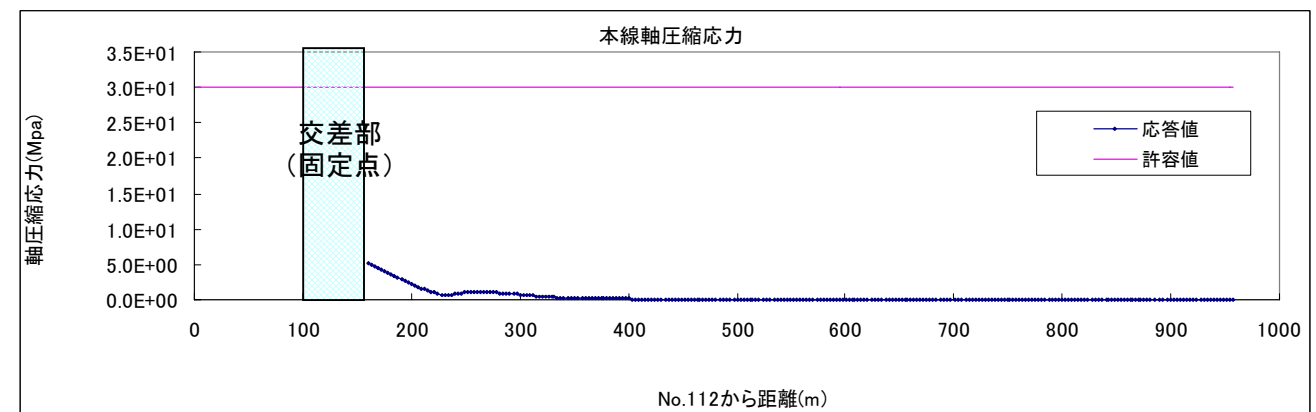
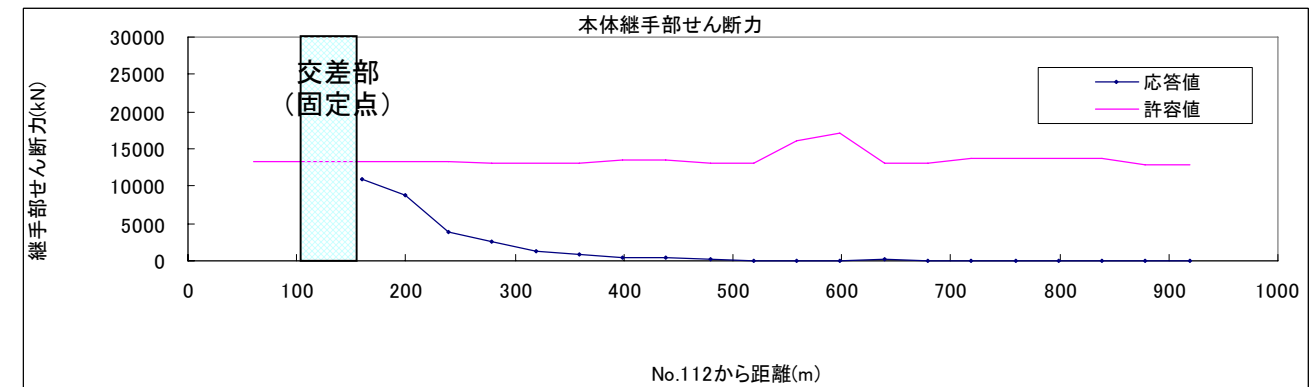
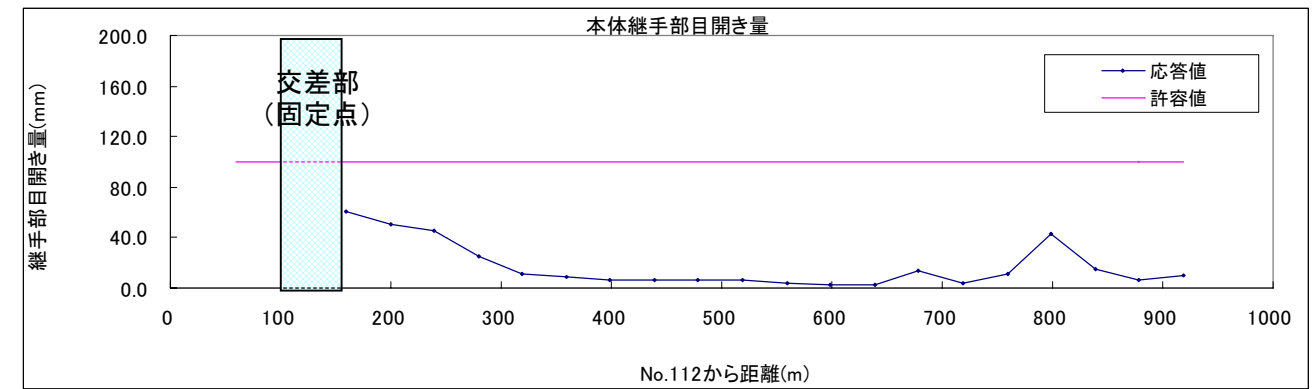


図 1-7 基礎地盤対策後の照査結果

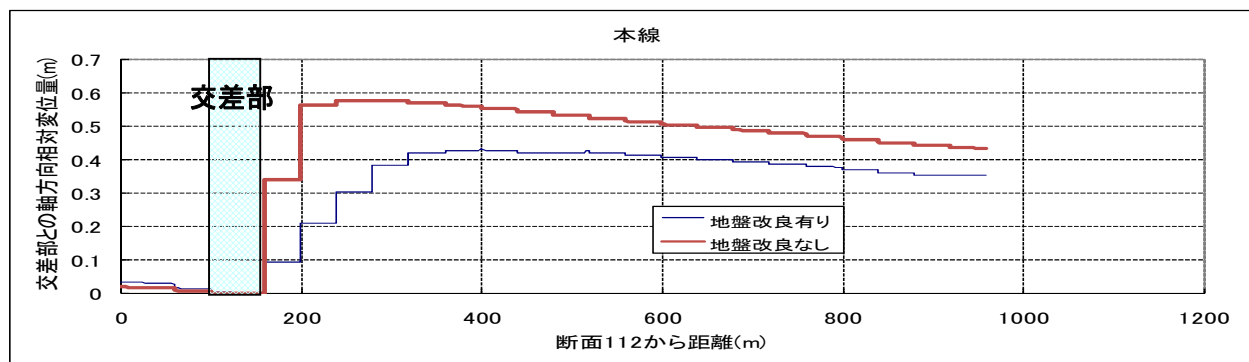


図 1-6 地盤改良前後のボックス軸方向の応答変位 (ボックス軸方向変位に着目した対策効果)

以上の結果に基づき設定した交差部に対する対応方針を以下に示す。

また、その対策区間を図 1-8 に示す。

交差部に対する対応方針

- ・ L2 地震時縦断方向の耐震性能を確保するため交差部前後のボックス基礎地盤は、深層混合処理工法による地震時変位抑制対策を行うものとする。
- ・ 対象区間は、以下のとおりである。  
No105~106 JR・阪神高速交差部 (上述検討箇所：沈下対策と併用)  
No152~158 大淀入路交差部  
No174~No178 国道 176 号、阪急線交差部

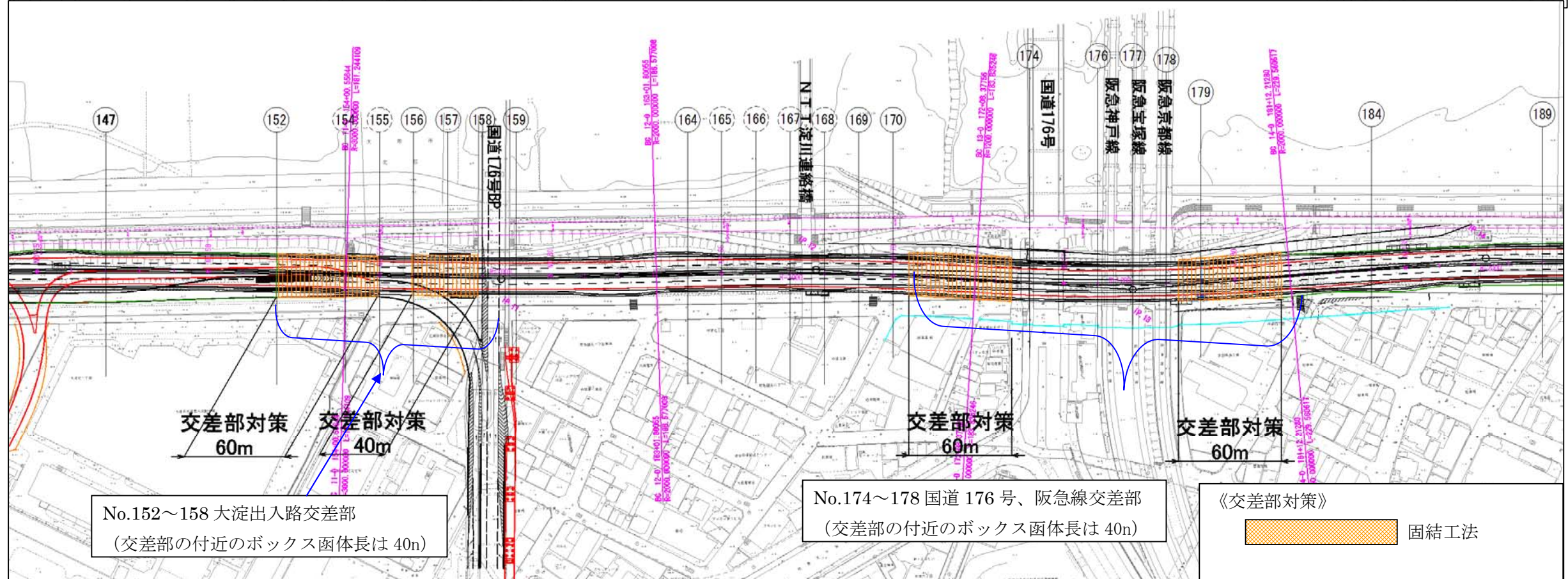
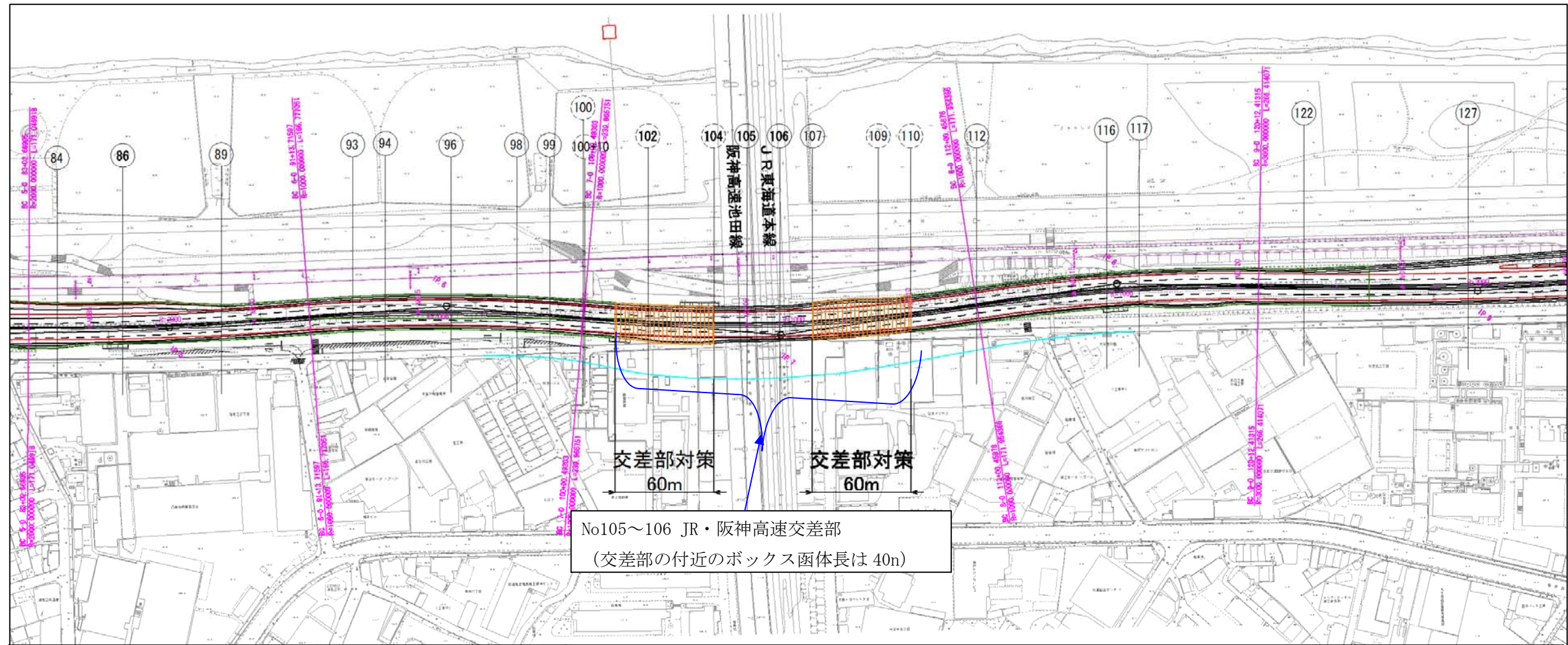


図 1-8 対策位置平面図

### 1-3 経年変化に対する対策検討

道路構造物と堤体を一体構造物としたモデルにおいて、圧密沈下による道路構造物の回転変形、不等沈下、堤防高の確保、周辺構造物への変形に関して安全性を照査した結果、以下のことが確認できた。

#### ①堤体とボックス間の沈下対策

- ・ 完成堤盛土施工開始後の残留沈下量は、最大 30cm 程度発生するため、計画堤防高不足のため、余盛りが必要になる。また、本線ボックスと既設堤体の沈下差も 20cm 以上となり、堤体への亀裂などの影響が懸念されるため、機能確保上、対策が必要である。
- ・ 当該地においては、圧密沈下に要する日数は約 2～3 年で圧密度が 90% となり、ほぼ沈下が終了することから、ボックスと堤体間の沈下に対しては、ボックスの施工が複数年要することを勘案し、盛土完了後の施工期間あるいは道路供用後において、沈下による堤防への影響の把握と対策について検討を行う。

#### ②道路ボックス下の沈下対策

- ・ 完成堤盛土施工開始後の残留沈下量は、無対策の場合、基準値（10cm）を上回る区間があり沈下対策が必要である。
- ・ 完成堤盛土施工開始後の縦断方向の相対沈下量は、無対策の場合、許容値（5cm）を上回る区間があり沈下対策が必要である。

以上より、道路ボックス下の沈下対策について以下に示す。

### (1) 道路ボックス下の圧密沈下対策の種類

#### 1) 工法選定

経年変化（圧密）対策を講じる上で、今回は、一次元圧密沈下の結果を用いて、対策工の方針を決める。一次元圧密沈下解析では、「荷重分散」、「せん断変形」、「クリープ」、「二次圧密」が考慮できないので、次回委員会において、これらの事項を考慮できる二次元弾粘塑性 FEM 解析を実施し、一次元圧密沈下解析を比較して両者が同等となるような補正を行う。

道路ボックス下の沈下対策としては、①交差部前後、縦断方向の相対変位（圧密沈下）を抑制する対策、②一般部、ランプ部、道路ボックス横断方向の相対変位（圧密沈下）を抑制する対策が必要である。

沈下対策としては、圧密沈下の促進と沈下量自体を低減させて段差を解消する沈下量低減工法の 2 工法がある。

- i) 圧密促進工法
- ii) 沈下量低減工法

#### i) 圧密促進工法

圧密促進工法に代表されるバーチカルドレーン工法は、施工中に沈下時間を短縮させて施工中や完成後の沈下を生じないようにするものである。

当地において、圧密沈下促進を行うためには、プレロードが必要となる。周辺に交差構造物や家屋などがある場合、プレロードによる周辺の引き込み沈下が生じる危険性がある。また、圧密促進効果を確実なものとするため、3～6 ヶ月の放置期間が必要である。

- ・ 当地において、プレロードによる周辺への引き込み沈下や用地の制約等の問題がない箇所あるいは、工程上、放置期間が確保できる場合に採用できる。

#### ii) 沈下低減工法

沈下低減工法は、固結工法や締固め工法のように土中に剛性の高い物を築造し、大半の荷重をその部分に応力分担させ支持地盤まで伝える事で、軟弱な部分に荷重を伝えない方法である。

沈下低減工法は、構築物の応力分担比（SCP が 3～5、固結工法が 10～20）により沈下量を低減する工法であるため、適用する構築物の仕様により、改良率が異なることになる。

一般に、サンドコンパクションでは、応力分担比が小さいため、許容沈下量を満足するため改良ピッチを狭くする必要があり、ほぼ接円配置となり、不経済であり、効果の面でも固結工法に劣る。

一方、深層混合処理工法等の固結工法は、最近では口径が 1000mm～2500mm まで変化させることができ、改良率も 30%程度に小さくすることができ、経済化を図ることができるとともに、沈下低減効果は大きい。

- ・ 当地では、プレロードによる周辺への引き込み沈下や用地の制約等の問題がある箇所や工程上厳しい場合に採用できる。

### 2) 圧密沈下対策比較

当該地で圧密沈下対策を講じる上での留意点として、圧密沈下対策対象層の上に液状化層が存在し、その液状化層は静的締固め工法、置換え工法が選定されている。

よって、その下の圧密沈下対策としては、液状化対策と併用あるいは、兼用できる事が前提条件である。

組合せとしては、以下の 3 通りである。

- ①静的締固め工法(液状化対策) + サンドドレーン(圧密沈下対策：圧密促進工法)
- ②静的締固め工法一連（液状化対策、圧密沈下対策：沈下低減）
- ③置換え工法(液状化対策)+ 固結工法(圧密沈下対策：沈下低減)

以上より表 1-2 に対策工法の比較を行った。

現時点では、工程及び周辺構造物への影響範囲が明確に確定していないことから、固結工法（深層混合処理工法）とバーチカルドレーン工法の両者が選定される。

- ◆採用にあたっては、工程、周辺影響を踏まえて適切に工法を決定する。

なお、バーチカルドレーン工法においては、液状化対策として使用する騒音、振動の小さい静的締固め工法の機械を利用したサンドドレーン（以下、静的サンドドレーンとよぶ）を念頭に入れる。

表 1-2 沈下対策工法比較表

工法名		圧密促進工法	沈下低減工法	
		第1案 静的サンドドレーン工法+载荷重	第2案 静的締固め工法	第3案 固結工法 (深層混合処理工法)
概略図				
仕様		□1.5m×1.5m (改良率 as=17.1%) □2.1m×2.1m (Ac層) ドレーン打設長: 19.8m	□1.5m×1.5m (改良率 as=17.1%) 打設長 13.5~15.5m	改良径φ1.0m、改良率 50% 打設長 13.5~15.5m
工法概要		サンドドレーン工法は、軟弱な粘性土地盤中に透水性のよい砂の鉛直ドレーンを多数設置して、水平方向の排水距離を短縮して、圧密沈下の促進を図る工法である。プレロード盛土や真空圧密等を併用して計画荷重より大きな载荷重で圧密させておく必要がある。	サンドコンパクションパイル (静的締固め) を下部粘土層(Ac層) まで打設し、原地盤と改良杭の応力分担比の違いによる、沈下低減を図る工法である。	深層混合処理工法は、セメント系安定材と軟弱土を地盤中の原位置で攪拌混合し、安定材と土との化学的な結合作用を利用して軟弱土を固結する地盤改良工法である。沈下対策として深層混合処理工法を用いる場合には、30%~50%の改良率が多く用いられている
施工性		○振動に頼らない無振動・低騒音工法で施工可能である。 ○締固めを行わず、砂を地盤内に置換するので、地盤変位は生じない。	○振動に頼らない無振動・低騒音工法で施工可能である。 ●締固めにより、地盤変位が生じるので、近接構造物がある箇所については、鋼矢板等で遮断が必要である。	○振動に頼らない無振動・低騒音工法で施工可能である。 ●ボックス底版部 (深層混合天端部) は掘削により、凹凸があるので、透水層を確保するために置換層を設ける。 ○縦断方向の不等沈下に対して、改良率を変更することにより沈下緩和区間を設けることができる。
工法の得失		○施工実績は多く、信頼性が高い。 ○ボックス部の砂杭は容易に掘削可能で築堤にも使用できる。 ●確実な圧密促進を図るため、3~6ヶ月程度の放置期間が必要である。 ○液状化対策として使用する静的締固め (SCP) 工法と同じ施工機で施工可能。サンドドレーン+サンドコンパクションパイルの複合杭の造成が可能である。 ●周辺構造物引き込み沈下が生じる場合は、鋼矢板と併用となる。	○施工実績は多く、信頼性が高い。 ●対象地盤の沈下量 35cm 程度を 10cm 以下に低減させるような沈下低減効果はない。沈下量 15cm 程度であれば、10cm 以下への低減は可能。 ○ボックス部の砂杭は容易に掘削可能で築堤にも使用できる。	○施工実績は多く、信頼性が高い。 ●応力分担比 (10~20) が大きいので、軟弱地盤の場合、沈下低減効果が大きい。 ○圧密沈下対象層を地盤改良することから、将来の二次圧密等の沈下に対して確実な工法である。
堤防への影響		●圧密沈下による堤防、周辺施設への引き込み沈下が発生する。 ○プレロード载荷時に堤防への影響が出る可能性があるが、堤体部の沈下促進になる。	○堤内側においても異物とはならず、ボックスの支持力向上にも寄与する。 ○堤内側に構築することで、堤体内浸潤線への影響は小さいと考えられる。	●堤体内の浸潤線上昇が懸念されることから、ボックス下面に透水層 (礫置換) を設ける。 ○堤防法尻に計画するので、ボックスの支持力向上、沈下低減効果がある。
総合評価	周辺構造物有	圧密放置期間が確保できない場合は採用できない。	沈下量の大きさによっては、効果が出ない。	この工法単独で、沈下対策、周辺への応力遮断効果を兼ねることができる。
	周辺構造物無	周辺構造物の影響が無く、工程上圧密放置期間を確保できる場合に採用可能である。	沈下量の大きさによっては、効果が出ない。	施工期間が確保できない場合に優位となる

3) ボックス下の対策工法（案）

ボックス下の沈下対策について、ボックス直下の改良を固結工法（深層混合処理工法）、静的サンドドレーン工法、静的締固め工法とした場合の概念図を示す。

図1-9には、固結工法（深層混合処理工法）を採用した例を示す。

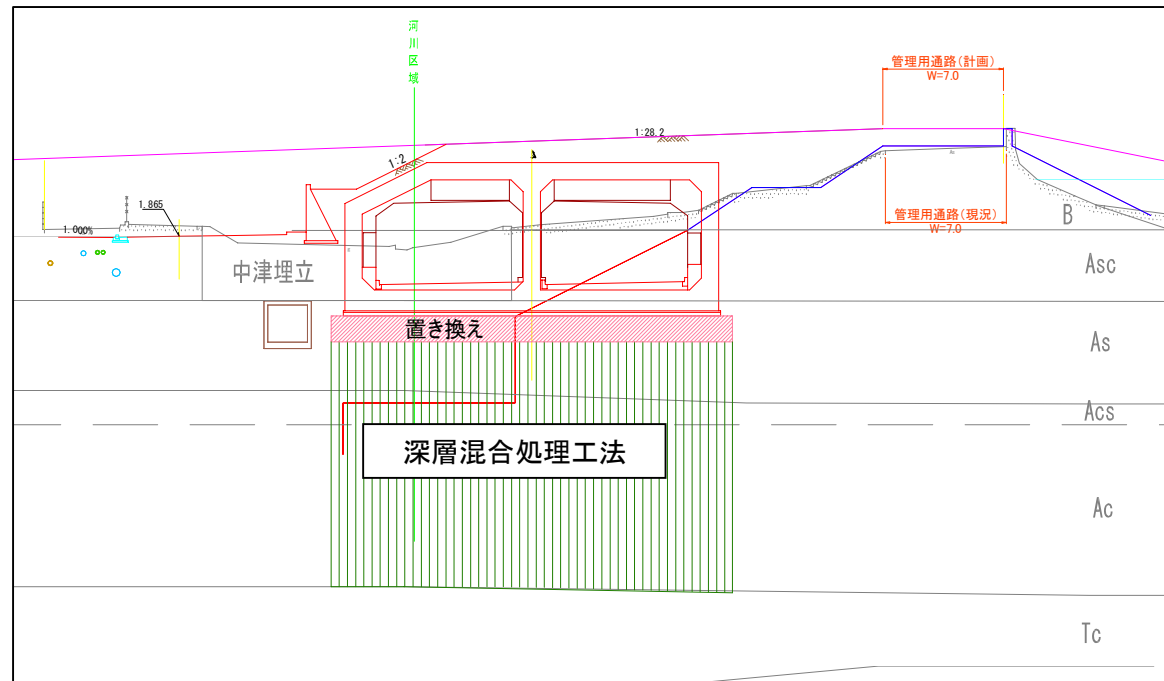


図 1-9 沈下対策概念図（固結工法（深層混合処理工法））

図 1-10 には、静的ドレーン工法を採用した例を示す。

図 1-11 に、静的締固め工法を採用した例を示す。

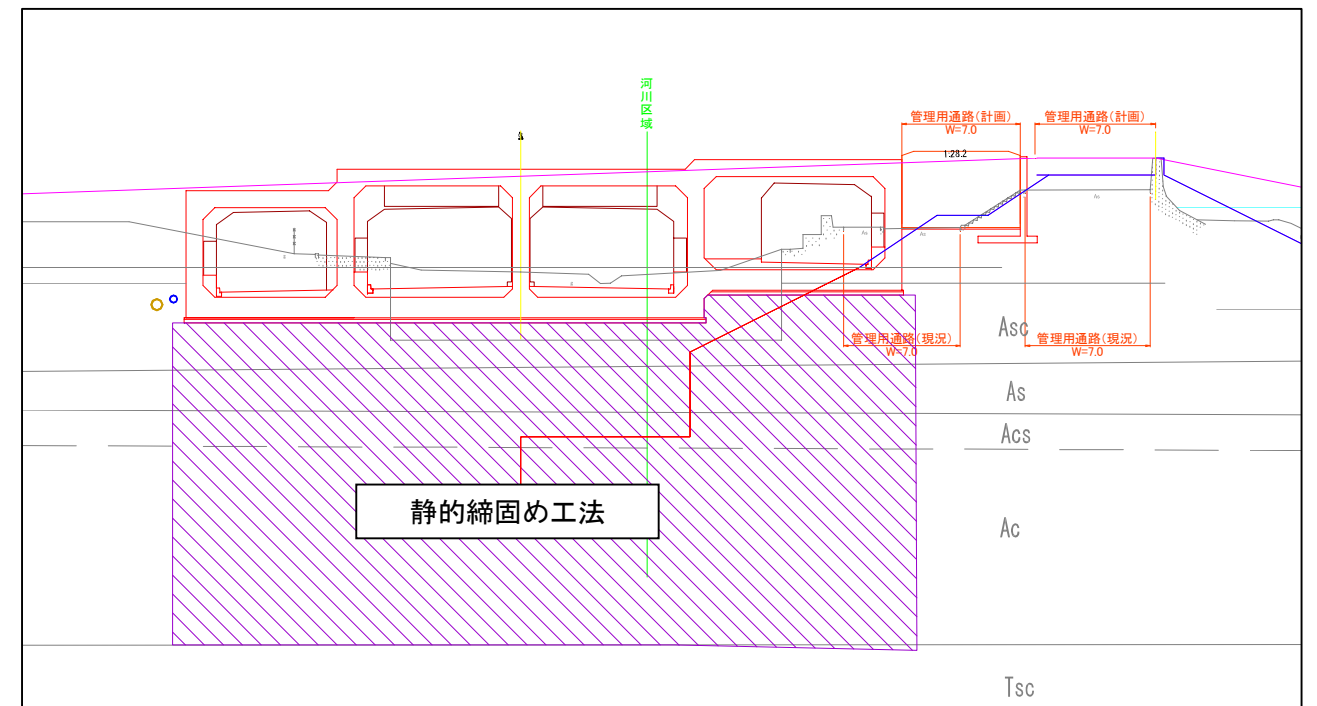


図 1-11 沈下対策概念図（静的締固め工法）

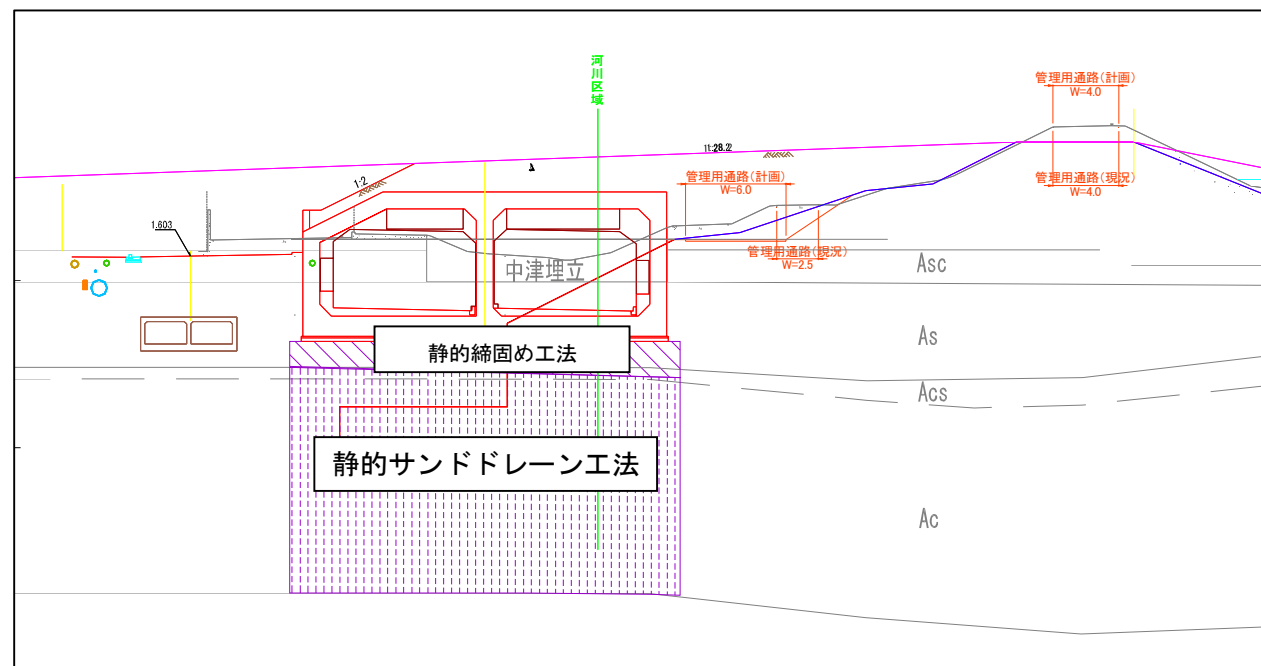


図 1-10 沈下対策概念図（静的サンドドレーン）+載荷重

## 1-4 対策工を考慮した機能評価

耐浸透機能における LC-5「土と構造物が洪水・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」の確保機能に対する検討として、前述の浸潤面上昇抑制対策（難透水性材料による降雨浸透防止）、液状化対策（静的締固め工法、置換工法、交差部における固結工法）、経年変化対策（圧密促進工法、締固め工法、固結工法）で計画した対策工を施した断面に対して、一連の浸透に対する検討により、安全性を確認する。

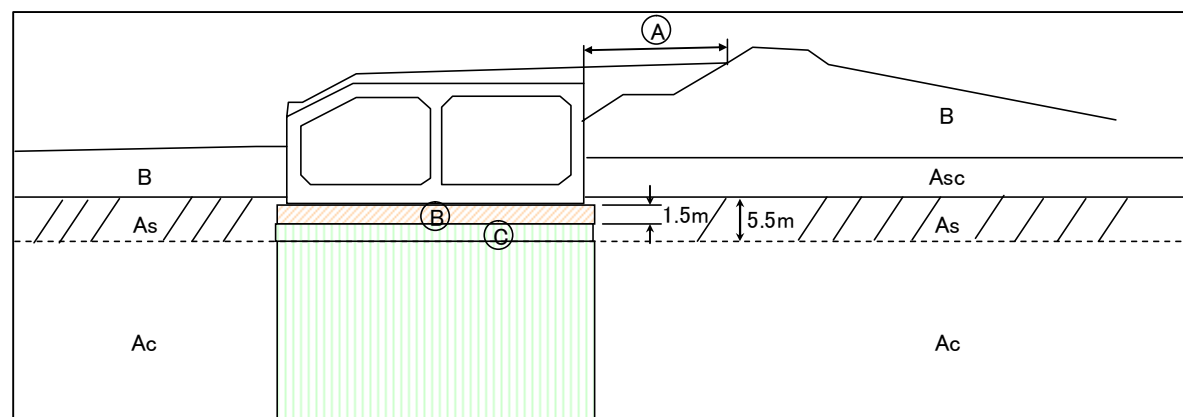
### (1) 検討断面

対策工施工後の影響について以下の断面での検討を行った。

検討断面は、地盤改良（固結工法）を実施することで滞水層である As 層の遮蔽の影響が大きいと考えられる（As 層（透水層）が薄くなる）断面（No94）、およびボックスが As 層を遮断する箇所で礫置換により通水性を確保する断面（No219）の 2 断面とした。

①As 層を固結工法で改良し透水層が薄くなる場合の影響について

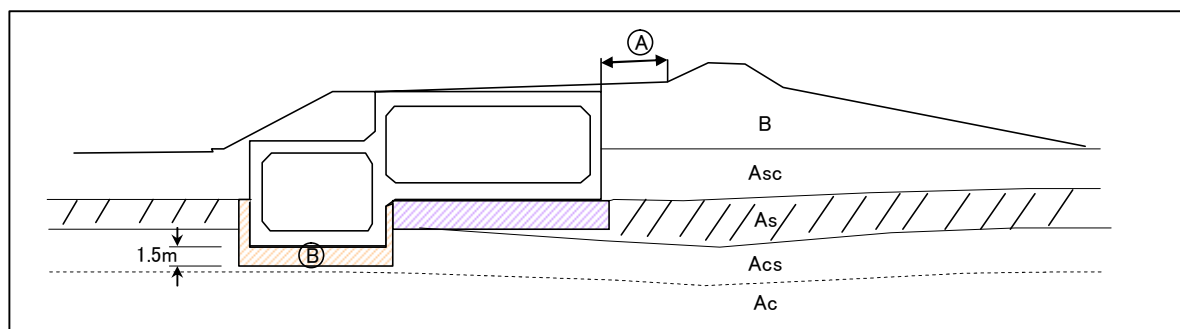
→No. 94



No. 94 模式図

②構造物が As 層を遮断している断面で、構造物下を礫置換した場合の影響について

→No. 219



No.219 模式図

### (2) 検討条件

検討条件を以下に示した。

①As 層の固結工法（DMM）の影響について検討する。

改良によりボックス下の As 層厚は、5.5m から 4.0m 程度遮蔽されることになる。

砂層の層厚が薄くなると流速が速くなることが、既存の検討結果より分かっておりその影響について確認する。

【解析条件】

①降雨浸透防止対策は考慮する（降雨は入れない境界条件とする）。

②液状化対策の礫置換部分は、As 層と同じ透水係数（ $1.63 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ）とする。

③ As 層の改良部分は、「河川堤防の構造検討の手引き（H24.2）（財）国土技術研究センター」の粘土」と同等として、透水係数（ $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ ）とする。

②構造物が As 層を遮断している断面で、構造物の下を礫置換した場合の影響について検討する。

ボックスにより As 層が完全に遮断されるため、ボックス下に礫置換（1.5m）を確保する。

【解析条件】

①降雨浸透防止対策は考慮する。（降雨は入れない境界条件とする）

②液状化対策の締固め工法および礫置換部分は、As 層と同じ透水係数（ $1.63 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ）とする。

### (3) 検討結果

一連の浸透流解析結果は、（4）解析結果に示す。

この解析は、完成/無対策（浸潤面上昇抑制対策は実施済み）における LC-1～LC-4 結果を踏まえて行ったものである。

浸潤面の挙動は、No. 94 断面で礫置換対策により、2cm の上昇抑制となり、No. 219 では、締固め工法と礫置換により、5cm の上昇抑制となった。

パイピング破壊は、一般的な砂質土の限界流速（ $4.0 \times 10^{-5} \text{m/s} \sim 6.0 \times 10^{-3} \text{m/s}$ ）と比較して BOX 周辺、As 層で対策工の有無に関わらず、 $1.0 \times 10^{-7} \text{m/s}$  程度となり、このパイピング破壊に対しては、安全と考えられる。

同様にレーンの荷重クリープ比についても、基準値 6 以上に対して 10 程度となり、安全と判断できる。

すべり破壊は、対策の有無で同程度となり、基準値を満足している。

なお、剥離については、耐震検討で局所的に発生するものの連続はしないことから、局所的な剥離から水みちへの進展の可能性は低いと考え、ここでは一連の浸透に対する検討で機能評価を実施した。

これらの結果から、LC-5 に対する確保機能は、完成形/無対策（浸潤面上昇抑制対策は実施済み）と完成形/対策（浸潤面上昇抑制対策及び耐震対策、経年変化対策実施済み）を比較して、同等機能を有していると判断し、LC-1～LC-4 に関する検討を踏まえると、この機能は確保していると考えられる。

(4) 解析結果

浸潤面挙動、パイピング破壊（動水勾配、限界流速）、すべり破壊について以下に示す。

①浸潤面の評価

地盤改良により、透水層（As層）を遮断し、透水層（As層）が薄くなった場合でも、降雨浸透防止対策及び礫置換で透水層を確保した場合は、対策前より浸潤面が上昇しないことを確認した。

堤防形式	距離標	断面	構造	現況浸潤面 O.P(m)	現況堤防との離隔 (m)	ボックス下の砂質土層厚 (m)	完成形			備考	
							無対策		対策		
							完成時浸潤面 O.P(m)	完成時浸潤面 O.P(m)	浸潤面変化量 (m)		
高潮特殊堤	L5.2k+188	94	一般部	1.695	16.5	4.3	1.745	1.725	-0.02	対策時は矢板なし	
土堤	L7.8k+105	219	ランプ部	2.254	13.7	2.3	1.964	1.914	-0.05	対策時は矢板なし	

※ 無対策：降雨による浸潤面上昇抑制対策は実施済み

※ 対策：降雨による浸潤面上昇抑制対策及び耐震対策、経年変化対策実施済み

②パイピング破壊に対する評価

i) 横断方向 局所動水勾配

完成時の局所動水勾配は、構造物周辺の値を抽出するため参考値となるが、検討の結果、いずれの対策工施工においても基準値（ih<0.3、iv<0.5）に対して小さな値を示す。

断面No	距離標	現況形		完成形						完成時の評価
		鉛直方向 基準値0.5	水平方向 基準値0.3	無対策		対策				
				鉛直方向 基準値0.5	水平方向 基準値0.3	鉛直方向 基準値0.5	変化量	水平方向 基準値0.3	変化量	
94	5.2k+ 188	0.362	0.261	0.058	0.024	0.020	-0.038	0.023	-0.001	参考値 (構造物周辺の値を抽出)
219	7.8k+ 105	0.075	0.083	0.013	0.002	-	-	-	-	

ii) 縦断方向 局所動水勾配

耐浸透に対する確保機能の検討において、横断方向の動水勾配が支配的となり、縦断方向では横断方向より1オーダー小さい結果が得られている。

上述に示したように、横断方向の局所動水勾配は、基準値（ih<0.3、iv<0.5）に対して小さな値を示しており、基準値は満足している。

よって、縦断方向の局所動水勾配についても影響はないものと考えられる。

③実流速

実流速は、No219の現況で10<sup>-5</sup>m/sオーダーとやや大きな値を示すが、検討の結果、いずれの対策工施工においても最大流速は、10<sup>-7</sup>m/sのオーダーであり、実流速も同程度であり、当地の地盤材料が流されて水みちになる可能性は低いと考えられる。

断面No	距離標	検討ケース	BOX周辺				一般的な砂質土の限界流速 (m/s)
			現況形		完成形		
			鉛直方向 (m/s)	水平方向 (m/s)	鉛直方向 (m/s)	水平方向 (m/s)	
94	5.2k+ 188	無対策	7.27E-07	5.25E-07	5.22E-07	3.94E-07	4.0E-5 ~6.0E-3
		対策	-	-	2.06E-07	3.61E-07	
219	7.8k+ 105	無対策	2.09E-05	2.74E-05	5.81E-07	1.28E-07	
		対策	-	-	5.81E-07	4.86E-07	

断面No	距離標	検討ケース	As層				一般的な砂質土の限界流速 (m/s)
			現況形		完成形		
			鉛直方向 (m/s)	水平方向 (m/s)	鉛直方向 (m/s)	水平方向 (m/s)	
94	5.2k+ 188	無対策	2.96E-07	5.99E-07	3.42E-07	3.81E-07	4.0E-5 ~6.0E-3
		対策	-	-	1.72E-07	3.61E-07	
219	7.8k+ 105	無対策	1.83E-06	3.47E-06	3.34E-09	1.28E-07	
		対策	-	-	5.81E-07	2.35E-07	

④レーンの加重クリープ比

検討の結果、いずれの対策工施工においてもレーンのクリープ比は10以上であり、浸透破壊が（パイピング）が起こる可能性は低いと考えられる。

⑤浸透によるすべり破壊に対する評価

検討の結果、いずれの対策のケースにおいても基準値（1.44）に対して大きな値を示す。

断面No	距離標	検討ケース	すべり安全率		基準値 (手引きより)
			川表		
			現況形	完成形	
94	5.2k+ 188	無対策	2.40	3.72	1.44
		対策	-	3.83	
219	7.8k+ 105	無対策	2.63	3.19	
		対策	-	3.20	

断面No	距離標	検討ケース	すべり安全率		基準値 (手引きより)
			川裏		
			現況形	完成形	
94	5.2k+ 188	無対策	2.73	2.57	1.44
		対策	-	3.80	
219	7.8k+ 105	無対策	2.34	3.36	
		対策	-	2.98	

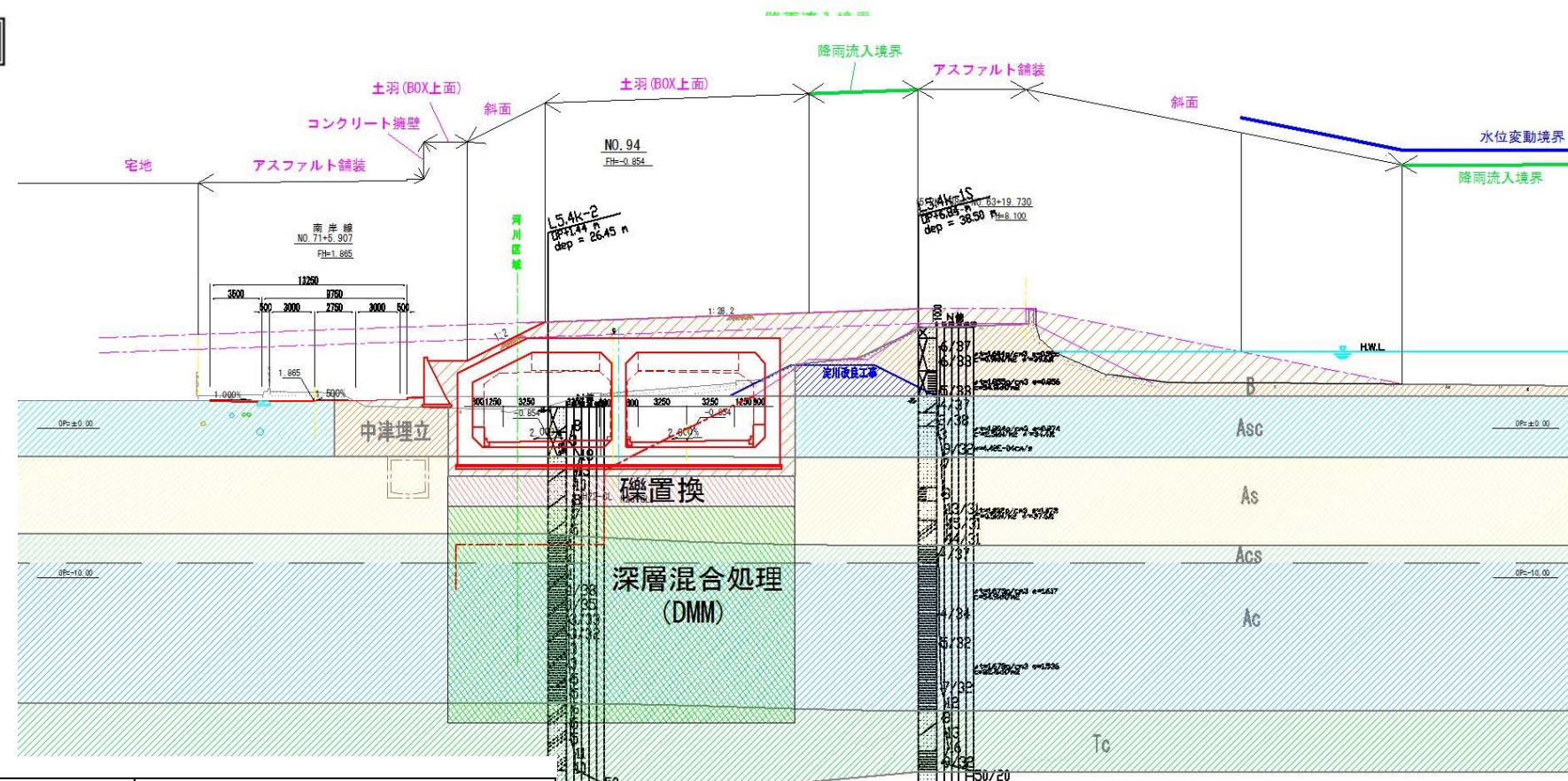


①No94

淀川 左岸 5.2km+188 (No. 94) 完成形

水系名	淀川水系	河川名	淀川	詳細調査対象区間	—	検討対象断面	左岸 5.2k+188	堤体形状	完成(矢板有)	堤防横断方向土質モデル図
-----	------	-----	----	----------	---	--------	-------------	------	---------	--------------

地層断面図 (完成形) S=1:400



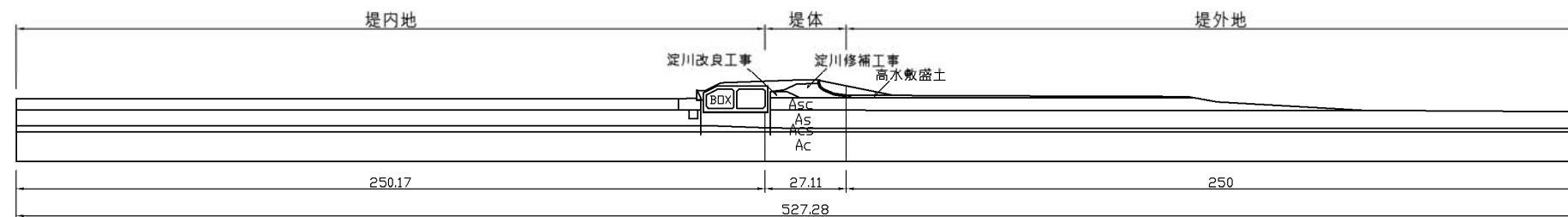
モデル化方針

位置	種類	取り扱い			
		境界条件	透水係数		
地表	川表	コンクリートブロック	川表法面 降雨流入境界としない	堤体と同等とする	
	天端	アスファルト舗装	天端道路 降雨流入境界としない	1 × 10 <sup>-5</sup> (cm/s) とする	
	川裏	コンクリートブロック	川裏法面 降雨流入境界としない	堤体と同等とする	
		施工部	堤内地	降雨流入境界としない	—
		コンクリート舗装	道路境界	降雨流入境界としない	1 × 10 <sup>-5</sup> (cm/s) とする
		アスファルト舗装	地先道路	降雨流入境界としない	1 × 10 <sup>-5</sup> (cm/s) とする
宅地	堤内地	降雨流入境界としない	堤体と同等とする		
地中	既設矢板	—	—	モデル化しない	
	改良体	—	礫置換 (1.63 × 10 <sup>-3</sup> (cm/s))	—	
		改良率50%	SCP (1.63 × 10 <sup>-3</sup> (cm/s))	DMM (1.0 × 10 <sup>-6</sup> (cm/s))	—
新規盛土・埋め戻し土	—	—	—	1 × 10 <sup>-3</sup> (cm/s) とする	

※「河川堤防の構造検討の手引き」より設定  
新規盛土・埋め戻し土は手引き、淀川堤防強化工事(浸透・侵食対策)標準設計要領より

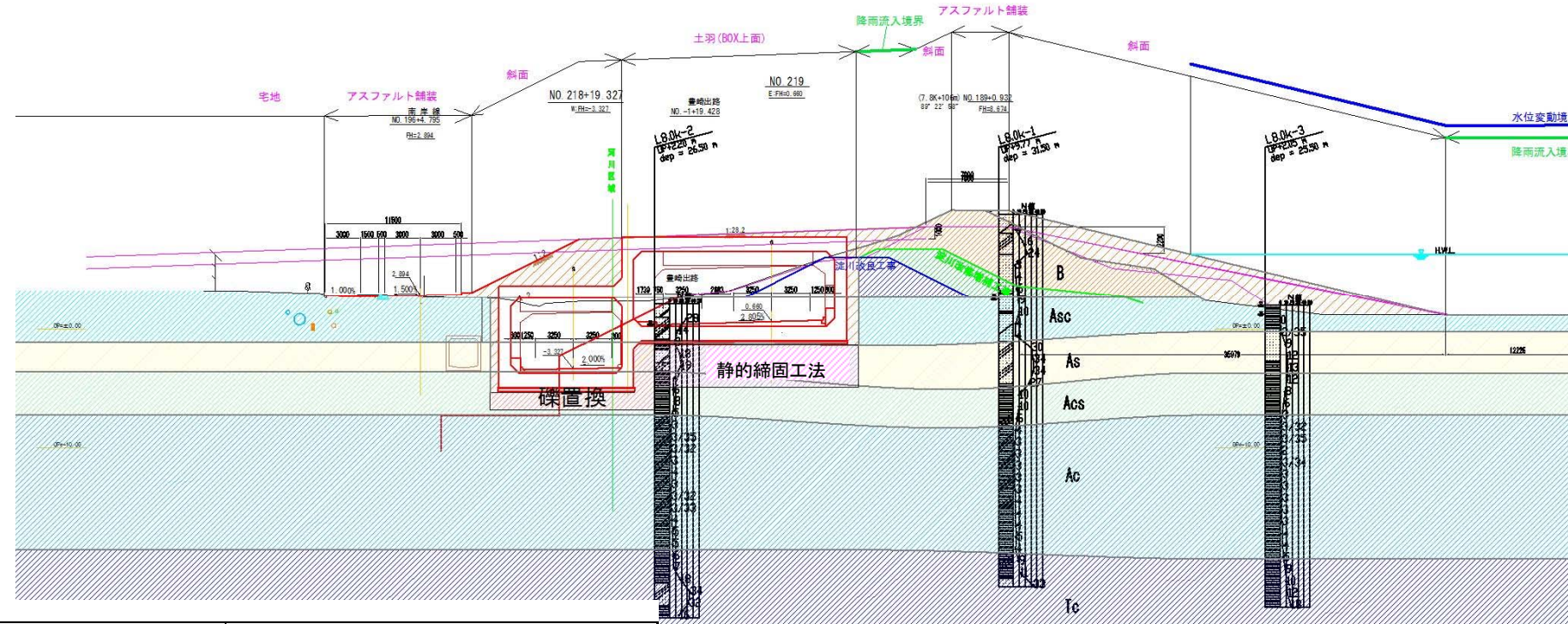
地層名	飽和透水係数	体積含水率	比貯留係数	不飽和特性	湿潤密度	飽和密度	粘着力	内部摩擦角
	k (cm/s)	$\theta_s$	$S_s$ (1/m)	(分類特性)	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
淀川改良工事	1.10E-03	0.2	1.00E-04	S	18.2	18.7	18.3	18.9
淀川修補工事	6.53E-03	0.2	1.00E-04	S	15.7	18.4	1.0	39.6
淀川改修増補工事	6.53E-03	0.2	1.00E-04	S	15.7	18.4	1.0	39.6
淀川改修基本計画	6.53E-03	0.2	1.00E-04	S	15.7	18.4	1.0	39.6
埋立盛土	1.00E-03	0.2	1.00E-04	S	16.8	18.4	6.4	37.3
スライド堤	1.00E-03	0.2	1.00E-04	S	16.8	18.4	6.4	37.3
完成堤(5割堤)	1.00E-03	0.2	1.00E-04	S	16.8	18.4	6.4	37.3
高水敷盛土	1.82E-03	0.2	1.00E-04	S	18.3	18.6	11.8	26.0
Asc	4.42E-04	0.2	1.00E-04	SF	17.9	18.6	2.5	34.4
As	1.62E-03	0.1	1.00E-04	S	17.7	17.8	0.5	37.6
Acs	1.00E-05	0.1	1.00E-03	M	17.0	17.1	42.8	—
Ac(堤内)	—	—	—	—	16.0	16.0	-40.3+7.37·Z	—
Ac(堤体)	1.0E-05	0.1	1.00E-03	C	16.4	16.3	-5.3+5.45·Z	—
Ac(堤外)	—	—	—	—	16.3	16.3	-45.2+8.01·Z	—
Tsc	1.00E-05	0.1	1.00E-03	C	18.5	18.6	91.8	—
中津埋立	2.01E-04	0.2	1.00E-04	G	19.3	19.7	4.7	40.3

モデル断面図 (完成形) S=1:2,000



水系名	淀川水系	河川名	淀川	詳細調査対象区間	—	検討対象断面	左岸 7.8km+106	堤体形状	完成(矢板有)	堤防横断方向土質モデル図
-----	------	-----	----	----------	---	--------	--------------	------	---------	--------------

地層断面図 (完成形) S=1:400



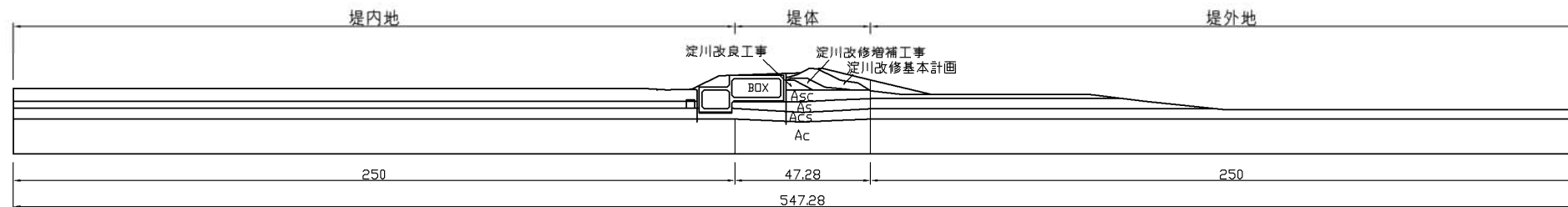
モデル化方針

位置	種類	取り扱い		
		境界条件	透水係数	
地表	川表	コンクリートブロック	川表法面 降雨流入境界としない	堤体と同等とする
	天端	アスファルト舗装	天端道路 降雨流入境界としない	$1 \times 10^{-5}$ (cm/s) とする
		コンクリートブロック	川裏法面 降雨流入境界としない	堤体と同等とする
	川裏	施工部	堤内地 降雨流入境界としない	—
		コンクリート舗装	道路境界 降雨流入境界としない	$1 \times 10^{-5}$ (cm/s) とする
		アスファルト舗装	地先道路 降雨流入境界としない	$1 \times 10^{-5}$ (cm/s) とする
地中	宅地	堤内地 降雨流入境界としない	堤体と同等とする	
	既設矢板	—	モデル化しない	
	改良体	改良率50%	礫置換 ( $1.63 \times 10^{-3}$ (cm/s)) SCP ( $1.63 \times 10^{-3}$ (cm/s)) DMM ( $1.0 \times 10^{-6}$ (cm/s))	
	新規盛土・埋め戻し土	—	$1 \times 10^{-3}$ (cm/s) とする	

※「河川堤防の構造検討の手引き」より設定  
 新規盛土・埋め戻し土は手引き、淀川堤防強化工事(浸透・侵食対策)標準設計要領より

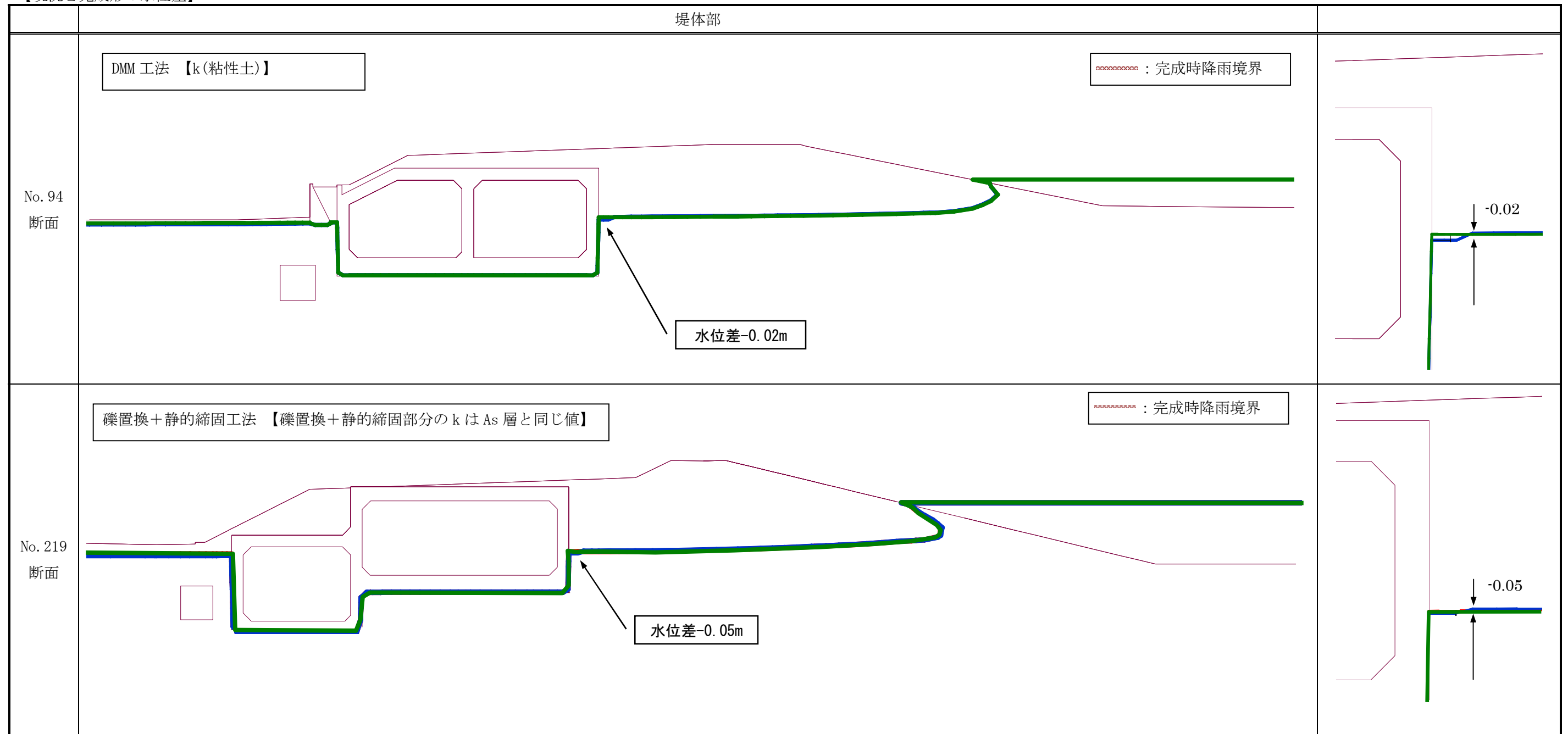
地層名	飽和透水係数	体積含水率	比貯留係数	不飽和特性	湿潤密度	飽和密度	粘着力	内部摩擦角
	k (cm/s)	$\theta_s$	$S_s$ (1/m)	(分類特性)	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
淀川改良工事	8.64E-03	0.2	1.00E-04	S	17.5	18.6	3.0	34.1
淀川修補工事	1.15E-03	0.2	1.00E-04	S	17.1	18.6	6.9	37.7
淀川改修増補工事	1.15E-03	0.2	1.00E-04	S	17.1	18.6	6.9	37.7
淀川改修基本計画	1.15E-03	0.2	1.00E-04	S	17.1	18.6	6.9	37.7
埋立盛土	1.00E-03	0.2	1.00E-04	S	16.8	18.4	6.4	37.3
スライド堤	1.00E-03	0.2	1.00E-04	S	16.8	18.4	6.4	37.3
完成堤(5割堤)	1.00E-03	0.2	1.00E-04	S	16.8	18.4	6.4	37.3
高水敷盛土	0.00E+00	0.2	1.00E-04	S	0.0	0.0	0.0	0.0
Asc	4.29E-03	0.2	1.00E-04	SF	18.6	18.8	2.6	35.5
As	7.19E-03	0.1	1.00E-04	S	18.3	19.3	6.6	37.7
Acs	1.00E-05	0.1	1.00E-03	M	17.3	17.5	77.4	—
Ac (堤内)	1.0E-05	0.1	1.00E-03	C	16.6	16.7	13.7+7.03·Z	—
Ac (堤体)	1.0E-05	0.1	1.00E-03	C	16.9	17.0	4.7+5.58·Z	—
Ac (堤外)	1.0E-05	0.1	1.00E-03	C	16.5	16.6	-21.6+6.61·Z	—
Tsc	1.00E-05	0.1	1.00E-03	C	17.6	17.7	145.2	—
中津埋立	2.79E-02	0.2	1.00E-04	G	19.7	20.4	17.5	36.2

モデル断面図 (完成形) S=1:2,000



【現況と完成形の水位差】

$k(\text{粘性土}) = 3.6 \times 10^{-5} \text{m/hr}$     $k(\text{As層}) = 5.85 \times 10^{-2} \text{m/hr}$



— : 完成形 (無対策)降雨による浸潤面上昇抑制対策は実施済み

— : 完成形 (対策)降雨による浸潤面上昇抑制対策及び耐震対策、経年変化対策実施済み

※細線は各地形線

1-5 仮設土留め矢板の取り扱いについて

(1) 堤外側（河川堤防側）の矢板の取り扱い

堤外側のボックス構築時に打設される土留め鋼矢板は、完成形において河川堤防定規内にあり、仮設物であるため、**撤去することが原則**となる。しかし、延長約 4.3km に亘る長いものとなるため、引き抜き時に堤体へ悪影響を及ぼすことが懸念される。

ここでは、土留め矢板の撤去により生じる影響について、数編の文献を委員よりご提供いただいたことから、それら知見を参考に、影響の度合いを想定し、またその対応方法を提案する。

1) 矢板の引抜きによる沈下量及び影響範囲の予測

鋼矢板引抜きに伴う最大沈下量および影響範囲の推定方法について、「森麟、杉本隆男、田代郁夫、田中禎、軟弱粘性土地盤における矢板の引抜きに伴う地盤変形に関する研究、土木学会論文集 No. 454/Ⅲ-20, pp. 113~122, 1992.9」と道路土工指針「仮設構造物設計指針」の2つの文献資料の手法を用いて、矢板引き抜きにより生じる沈下量と周辺への影響範囲を算定した。ここで、後者による算定の仮定条件としては、引き抜き時の影響を安全側に最大限見込むために、引き抜きにより矢板の幅（IV型、幅40cm）の土砂が矢板と共上がりすることとした。これらの推定方法による算定結果を、以下に示す。

表 1-3 矢板引き抜きにより予想される沈下量及び影響範囲

断面	河川距離標	堤防構造	矢板引き抜き延長 (m)	軟弱粘性土地盤における矢板壁の引き抜きに伴う地盤変形に関する研究 (森・杉本・田代・田中:土木学会論文集No.454/Ⅲ-20, pp.113~122, 1992.9)		道路土工指針「仮設構造物設計指針」	
				沈下量 (cm)	影響範囲 (m)	沈下量 (cm)	影響範囲 (m)
77	5.0k+55	高潮特殊堤ランプ部	12.7	14.98	10.22	19.80	10.91
89	5.2k+87	高潮特殊堤一般部	11.71	13.39	10.22	17.80	11.16
132	6.0k+139	高潮堤防ランプ部	9.53	10.15	10.22	17.40	9.33
204	7.4k+185	土堤一般部	10.08	10.93	10.22	15.00	11.40

※全線の平均値  $\gamma t=16.3\text{kN/m}^2$ 、粘着力  $C=50\text{kN/m}^2$  として算定した。

上表に示すとおり、各参考文献の予測手法によれば、鋼矢板引き抜きによる沈下量は、それぞれ若干異なるが、おおよそ **10cm~20cm 程度の沈下**が予想される。

また、**矢板引抜きによる影響範囲は、10m~11m 程度と予測される。**

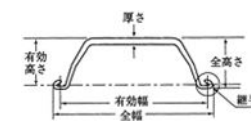
当地の堤防における最大沈下箇所と影響範囲のイメージを以下に示す。

2) 実測されている沈下量及び影響範囲の整理

矢板引き抜きにより生じた実際の沈下量は、文献では、4cm~約 15cm、影響範囲は 9m~40m 程度ということが掲載されている。軟弱地盤の場合は、矢板長の 2~3 倍まで、影響することもあるとされている。

矢板引き抜きによる実測沈下量と影響範囲

型式	矢板諸元 有効高さ (cm)	引抜き長 (m)	実測沈下量 (cm)	沈下観測点	観測時期	影響範囲 (m)	地盤状況	参考文献名
不明	不明	9.0	4.0~5.0	矢板直近	引抜き後7日~10日	9.0以内	東京江東デルタ粘土、細砂、シルト	第20回土質工学研究発表会、昭和60年6月、矢板引抜き時の立坑における現場計測、安井和夫、田中孝二
IV	17.0	8.5	0.4	矢板から6m	不明	14.0	シルト混じり砂	土留鋼矢板引抜きによる背面地盤の沈下計測調査、池村房雄、岩切直哉、清水正義、角田安史
II	10.0	10.5	1.1	矢板から2m	不明	19.0	粘土、砂、砂礫	
IV		13.5	11.3	矢板直近	約80日	31.0	粘土、シルト混じり砂	
IV	17.0	15.0	15.5	矢板直近	30	26.0	砂	地下空間シンポジウム論文・報告集、第4巻、土木学会【一般投稿論文】鋼矢板山留壁の引抜きに伴う周辺への影響、堀内孝英、清水正義
IV		13.0	10.0	矢板直近	約50日	40.0	粘土、シルト混じり砂	
III	12.5	10.0	3.3 <sup>*</sup>	矢板から0.65m	20時間	-	シルト混じり砂、砂	平成21年度土木学会関西支部年次講演会、第IV部門鋼矢板の引抜きに伴う周辺地盤の沈下とその対策、市川晃央、居森春樹、藤丸敏秋、鶴岡逸郎
			2.4 <sup>*</sup>	矢板から1.15m				
			1.6 <sup>*</sup>	矢板から1.63m				
			0.7 <sup>*</sup>	矢板から2.63m				
II型	10.0	8.0	6.0	矢板背面60cm	引抜き後3日	-	シルト	下水道技術報告書No.4(S57年3月)(大阪市下水道局)
			8.0	矢板背面60cm	引抜き後30日	-	(地下水位GL-2m)	



※砂の水締め充填対策を実施した場合の沈下量。その他は無対策。

これらより、淀川左岸線（2期）事業においては、施工後に鋼矢板を引き抜くことによる影響は問題ないと判断は出来ないため、引き抜きに伴う影響を事前に試験施工により把握し、その対応を行うこととする。

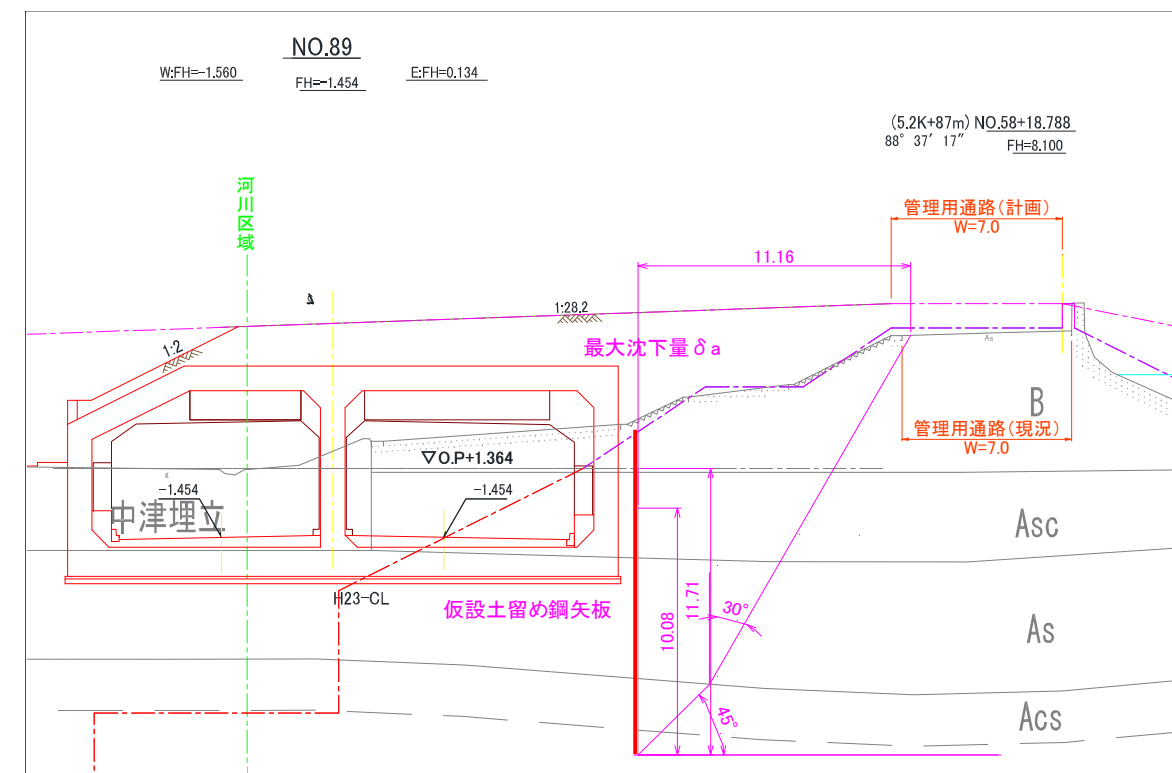


図 1-12 矢板引抜きによる緩みゾーン（道路土工指針「仮設構造物設計指針」）

### 3) 鋼矢板引抜きの影響把握のための対応

河川堤防定規に抵触する堤外側の土留め鋼矢板は、撤去を行うことを基本とする。しかし前述したような影響が懸念されることから、工事に先立って、鋼矢板を引き抜いたときの影響を試験施工により把握し、本施工の際の対策にフィードバックさせることを提案する。

試験施工は、当該区間で施工されている堤防の耐震対策工法で打設されている既存の鋼矢板を利用できる。当該矢板はボックスの構築時に、支障となるため引き抜く必要があるため、試験施工としてこの鋼矢板引抜き時に計測を行い、堤体に及ぼす影響を確認する。

また対策工法選定の参考とするため、引き抜き孔への埋め戻し材（砂、流動化砂など）の効果確認も同時に実施するものとする。

これらの試験施工の結果から、以下の対応を施工時に検討とする。

#### ① 引き抜きによる影響が少ない場合

■ 通常の引抜きを行い、砂を投入し、水締めを行う。

#### ② 引き抜きによる影響がある場合

影響度を確認し、以下の対応方法について検討する。

■ 剥離促進剤を矢板に塗布する方法。

■ 鋼矢板引き抜き穴の対処法案

河川堤防内にある鋼矢板を引き抜いて薬液注入やグラウト材などセメント系固化材を注入すると、堤防下の地盤内及び堤体内に透水性の悪い異物が入ることになり浸透機能に悪影響を与える可能性もあるので、砂で埋め戻しを行う。

なお、既設の河川堤防において耐震対策を目的とした矢板を撤去しても、道路機能の確保のために必要となる液状化対策（静的締固め工法、置換工法）を実施するため、堤防の耐震機能は満足する。

(2) 堤内側（民地側）の矢板の取り扱い

土留め鋼矢板は仮設物なので、原則、引抜を行う。しかし、交差部の既設構造物や周辺家屋が近接する箇所については、引抜による悪影響が考えられ、引抜き困難な箇所が出てくる可能性がある。

土留め鋼矢板を残置する場合は、地下水流動阻害の恐れもあり、部分的に引抜くなどの対策を講じる必要がある。

一方で、土留め鋼矢板を残置することで、道路ボックスの耐震性の向上もあるので、これら土留め鋼矢板を残置する場合の課題については、今後、個別箇所において詳細設計で判断する必要がある。

現時点で、想定される引抜が不可能となる可能性が高い箇所は以下の地点と想定している。

■ 矢板の残置が必要とされる箇所

- ・ **圧密沈下による周辺家屋の引き込み沈下が発生する箇所の矢板は残置する。**

右図に示すように、先行2断面による弾粘塑性 FEM 解析結果では、No.77 で 7.3cm (沈下勾配  $\theta=1/137$ )、No.204 で 7.1cm (沈下勾配  $\theta=1/141$ ) となり、建築構造物の沈下勾配目安 ( $\theta=3/1000=1/333$ ) を満足していない結果が得られている。

他にも、家屋が近接している場合、この影響を評価する必要がある。

影響を軽減する方法としては、以下の2つの方法がある。

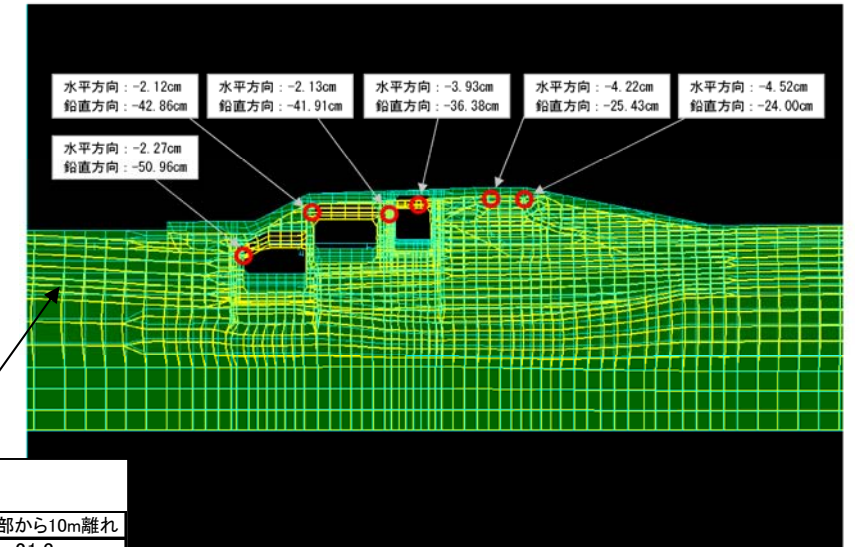
- ① 周辺への影響が出ないように応力を遮断する方法
  - ② トータル沈下量を小さくして、周辺への影響を低減する方法
- ① に示す盛土の荷重が周辺に伝わらないように応力を遮断する工法は、施工実績も豊富である。

当該地においては、土留め鋼矢板を必要に応じて、長くすることにより、応力を遮断することができる可能性がある。今後、弾粘塑性 FEM 解析により、その適用性を評価する。

ここで、交差部の既設構造物や周辺家屋への影響が及ぶと予想される範囲を図 1-13 に示す。

今後の検討結果にもよるが、図 1-13 に示した範囲については、土留め鋼矢板と上述した応力を遮断のための矢板を打設する可能性がある範囲なので、将来的に鋼矢板が残置される可能性がある、

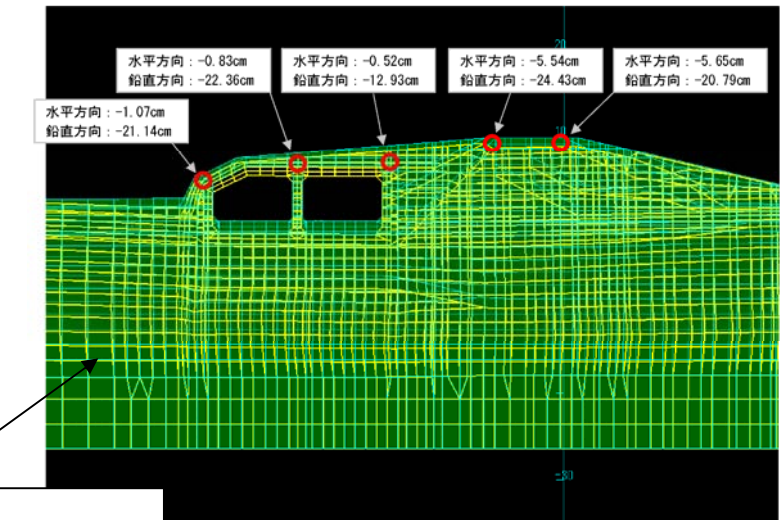
盛土完成 10年後 変形図



No77階段2連 盛立完成10年後		
	南岸線境界部	境界部から10m離れ
	28.6	21.3
相対変位量(cm)	7.3	
沈下勾配 $\theta$	137	

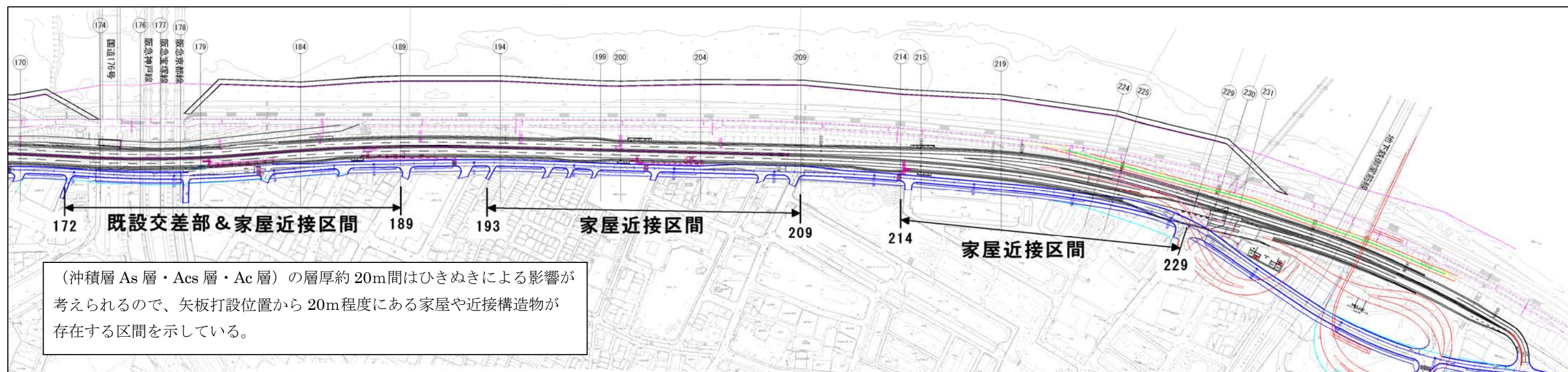
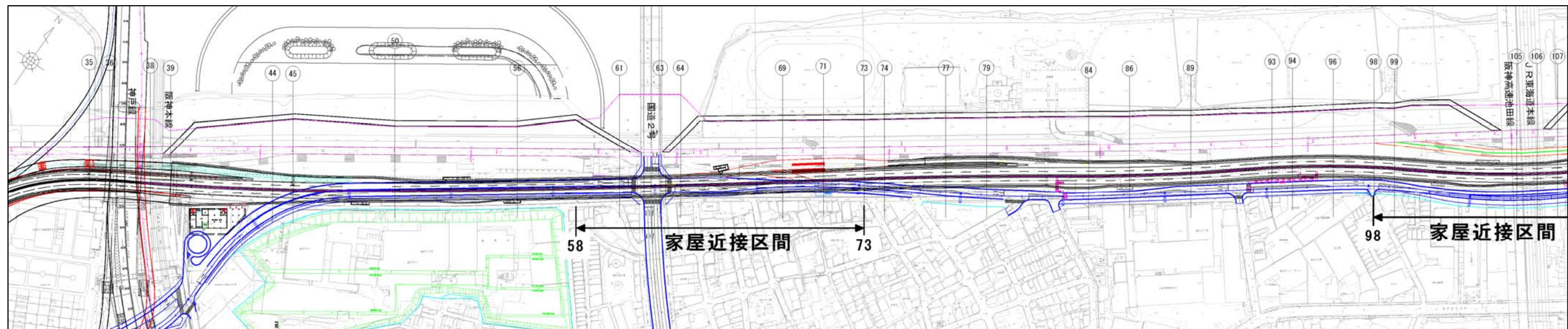
No.77 圧密沈下解析（弾粘塑性 FEM 解析）による周辺への影響

盛土完成 10年後 変形図



No204 盛立完成10年後		
	南岸線境界部	境界部から10m離れ
	15.9	8.8
相対変位量(cm)	7.1	
沈下勾配 $\theta$	141	

No.204 圧密沈下解析（弾粘塑性 FEM 解析）による周辺への影響



(沖積層 As 層・Acs 層・Ac 層) の層厚約 20m 間はひきぬきによる影響が考えられるので、矢板打設位置から 20m 程度にある家屋や近接構造物が存在する区間を示している。

2 基本構造のまとめ

(1) 定量的な評価が可能な項目【完成時】

① 堤防（土堤）の機能を満たすこと

		確保機能に対する評価	実施する対策工
堤防(土堤) の機能を満 たすこと	耐浸透	<p>① LC-1: ●地下水流動障害(堤体内浸潤面上昇)により水みち発生を起こさないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>道路ボックスの設置により、<u>+0.11m~+1.16m</u>の堤体内浸潤面の変動が見られる。特に、堤体と道路ボックスの間(盛土)から浸透する降雨の影響や河川水位の変動による影響により浸潤面が上昇する。</li> <li>矢板の残置による浸潤面上昇は最大<u>0.10m</u>程度である。</li> <li>道路ボックス周辺の動水勾配は、浸潤面が上昇した場合でも今回淀川左岸線(2期)で設定した基準値(水平ih&lt;0.3、鉛直iv&lt;0.5)に対して小さな値を示す。</li> </ul> <p>② LC-2: ●地下水流動障害により、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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>横断方向の動水勾配(洪水時)は<math>10^{-3} \sim 10^{-2}</math>程度、縦断方向の動水勾配は<math>10^{-5} \sim 10^{-2}</math>程度で、横断方向が卓越している。</li> <li>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障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。</li> </ul> <p>③ LC-5: ●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地震や経年変化(圧密沈下)により剥離が発生し、水みちとなる可能性があるため、その確認と対応について検討が必要である。</li> <li>液状化や経年変化(圧密沈下)対策としてのボックス下面の基礎地盤改良が、透水層(砂質土層)を遮断することから、その影響を確認するために、「堤体内浸潤線の上昇」、「洪水時パイピング破壊」、「川表・川裏円弧すべり破壊」の安全性照査を行った結果、淀川左岸線(2期)で設定した許容値(iv&lt;0.5、ih=0.3、C&gt;6)を満足することを確認した。</li> <li>構造物下方の地盤対策(地盤沈下対策、液状化対策)範囲は構造物下面のみとしている為、剥離の発生の状況が確認できるようモニタリング等の検討が必要である。</li> </ul>	<p>① LC-1</p> <p>降雨浸透防止対策を実施した場合でも20cm程度の水位上昇が予想されることから、<u>浸潤面上昇に対するモニタリングや堤内側地下水低下に対するモニタリング等の実施検討が課題</u>である。(LC-17)</p> <p>② LC-2</p> <p>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。(LC-17、18) 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を行う必要がある。</p> <p>③ LC-5</p> <p>耐震対策や経年変化対策を講じるが、これら変形により、土と構造物間の<u>水みち発生に対するモニタリングの検討が課題</u>である。(LC-15、LC-17、BC-10)</p>
	耐侵食	<p>① LC-6: ●直接侵食に対する安全性を確保すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>直接侵食に対しては高水護岸近傍の代表流速が2.0m/sを下回る流速となっている。張芝を施すことにより、<u>直接侵食に対して安全性が確保される。</u></li> </ul>	<p>① LC-6</p> <p>—</p>
	耐震	<p>① LC-9: ●地震後の河川外への越流を防止すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>道路機能の確保のために必要となる液状化対策(静的締固め工法、置換工法)により、<u>河川準拠基準の地震動における残留堤防高は、堤防機能としての照査外水位以上を確保しており、河川外への越流は生じない。</u></li> <li>なお、既設河川堤防における耐震対策を目的とした矢板を撤去しても、上記の液状化対策を実施するため、堤防の耐震機能は満足する。</li> </ul> <p>② 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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化対策(静的締固め工法、置換工法)を講じたとしても、<u>ボックス側壁部には剥離の発生する可能性がある。</u></li> <li>ジョイント要素を考慮した解析結果では、側壁部に剥離が不連続で発生することから、連続した水みちの発生の可能性は低いと考え、地震後、ボックス周りの状況が確認できるようモニタリング等を実施する必要がある。</li> </ul> <p>③ LC-14: ●交通振動による水みちを発生させないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>交通振動による剥離はほとんど発生しない</u>結果である。</li> </ul>	<p>① LC-10</p> <p>地震による剥離の発生が予想されており、地震後、ボックス回りの状況が確認できるよう<u>モニタリング等の検討が課題</u>である。(LC-18、LC-22)</p>
	構造物周辺の堤防の点検と強化	<p>① LC-13: ●道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(第3回委員会の先行2断面の結果より、わずかに剥離が生じる可能性がある)</li> </ul>	<p>① LC-13</p> <p>液状化対策を含め<u>基礎処理(締固め)</u>管理方法について検討する課題がある。</p>



② 道路（構造物）の安全性、供用性を確保すること

		確保機能に対する評価	実施する対策工
道路（構造物）の安全性・供用性を確保すること	耐震	<p>① BC-1: ●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査（曲げ、せん断、層間変形角、縦断方向の軸圧縮・引張）はいずれの条件においても基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性を確保できる。</li> </ul> <p>② BC-2: ●偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>偏土圧下での地盤変形（液状化）に対してボックス底面の鉛直変位による回転角に着目し、底面回転角の照査を行った。一般部・ランプ部、交差部は、ボックス下面の液状化対策（静的締固め工法、置換工法）により変形は抑制され、安全性・供用性を確保出来る。</li> </ul> <p>③ BC-3: ●補助工法（液状化対策）を実施すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化対策（静的締固め工法、置換工法）の実施により道路ボックスの安全性、供用性を確保できる。</li> </ul> <p>④ BC-5: ●道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性、使用性を確保すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本線交差部ボックスと隣接ボックスの継手部において、継手の目開きが許容値（100mm）を満足せず、継手構造の安全性を確保出来ない。そこで、交差部前後において、変位抑制のための地盤改良（固結工法）を採用することで、安全性を確保できる。</li> </ul>	<p>① ② BC-1、2</p> <p>—</p> <p>③ BC-3</p> <p>—</p> <p>④ BC-5</p> <p>交差部前後において、地盤変位抑制のための地盤改良（固結工法）を採用することで、継手部の目開きを抑止できたが、今後、道路ボックス本体継手部の止水性の確保が課題である。これについては、今後、モニタリングや維持管理等と止水対策の検討が課題となる。（BC-12）</p>
	構造的安定性	<p>①BC-4: ●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>完成堤盛土施工開始後の残留沈下量は、無対策の場合、22断面の検討断面のうち9断面が基準値（10cm）を上回ることから、沈下対策が必要である。</li> <li>当該地においては、効率的かつ効果的な対策工選定にあたり、施工期間、施工性を考慮した場合、多様な対策工の選定が考えられる。</li> <li>一次元圧密沈下解析の結果を用いて対策工法必要範囲を設定した。なお、二次元弾粘塑性解析により精査する。</li> </ul> <p>②BC-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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>完成堤盛土施工開始後の縦断方向の相対沈下量は、無対策の場合、22断面の検討断面のうち7断面が許容値（5cm）を上回る区間があり沈下対策が必要である。</li> <li>当該地においては、効率的かつ効果的な対策工選定にあたり、施工期間、施工性を考慮した場合、多様な対策工の選定が考えられる。</li> <li>一次元圧密沈下解析の結果を用いて対策工法必要範囲を設定した。なお、二次元弾粘塑性解析により精査する。</li> </ul>	<p>①BC-4</p> <p>ボックス直下の残留沈下量を抑制することで、残留沈下量の基準値(10cm)を満足することを確認した。ただし、二次元弾粘塑性解析を実施し対策範囲の絞り込みを行う必要がある。</p> <p>また、変形の挙動を把握することは重要であり、モニタリング等の検討が課題である。</p> <p>②BC-5</p> <p>BC-4と同様である。</p>
	周辺影響の抑制・低減	<p>① BC-8 : ●圧密沈下による周辺影響を防止すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本検討では実施していない。</li> </ul>	<p>① BC-8</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>次回の課題である。二次元弾粘塑性 FEM 解析により検討する必要がある。</li> </ul>

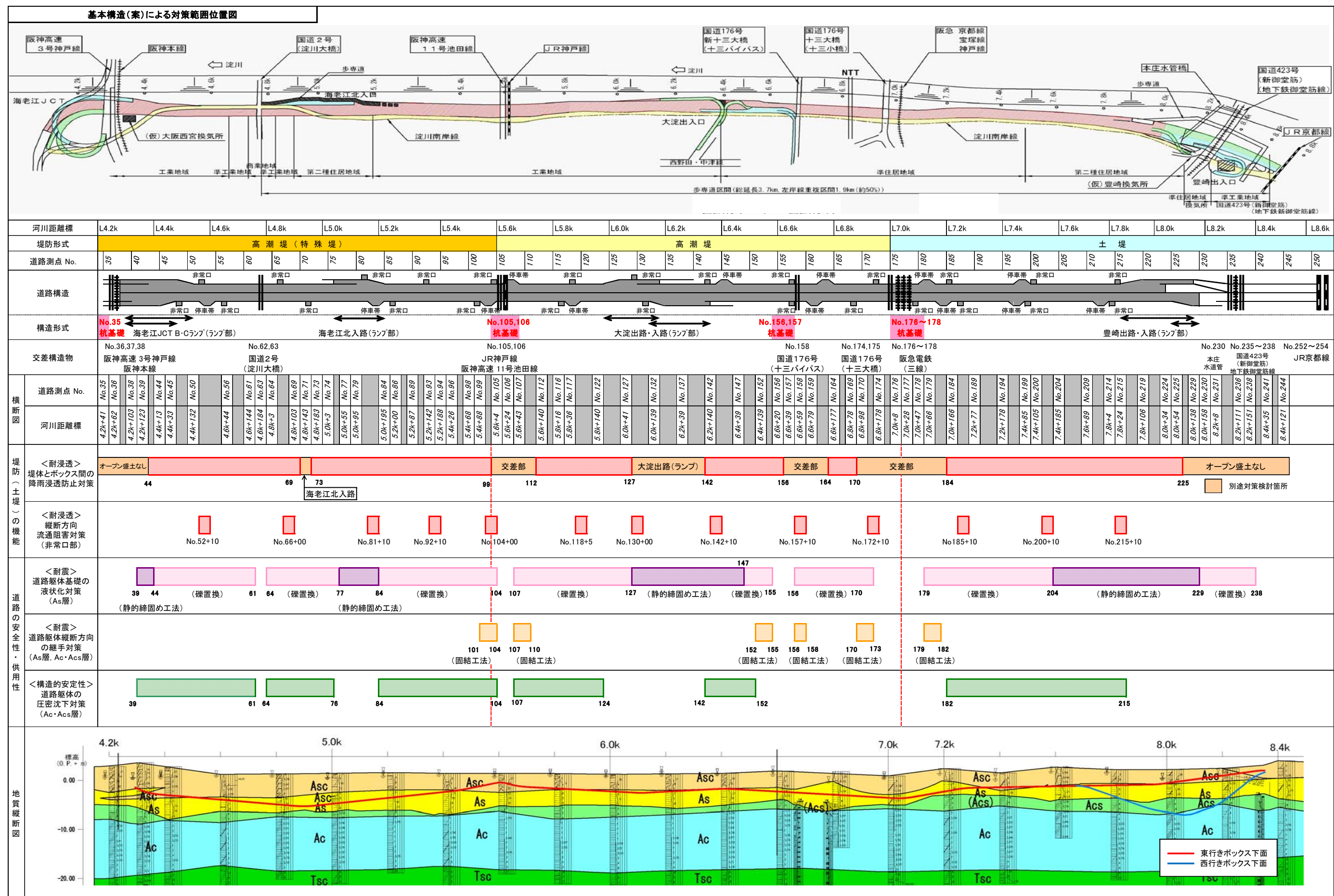
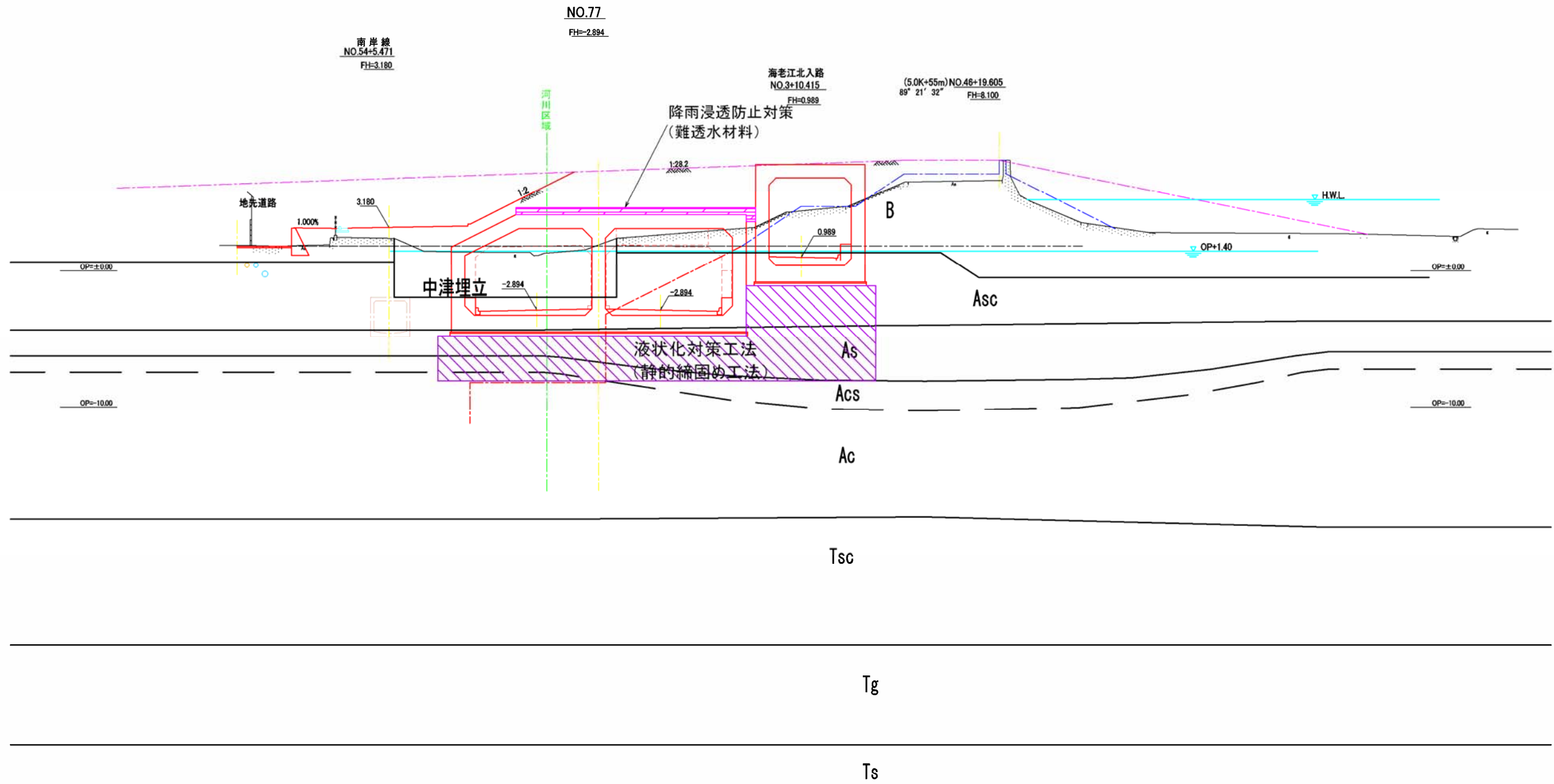


図4-2-1 基本構造(案)の対策位置

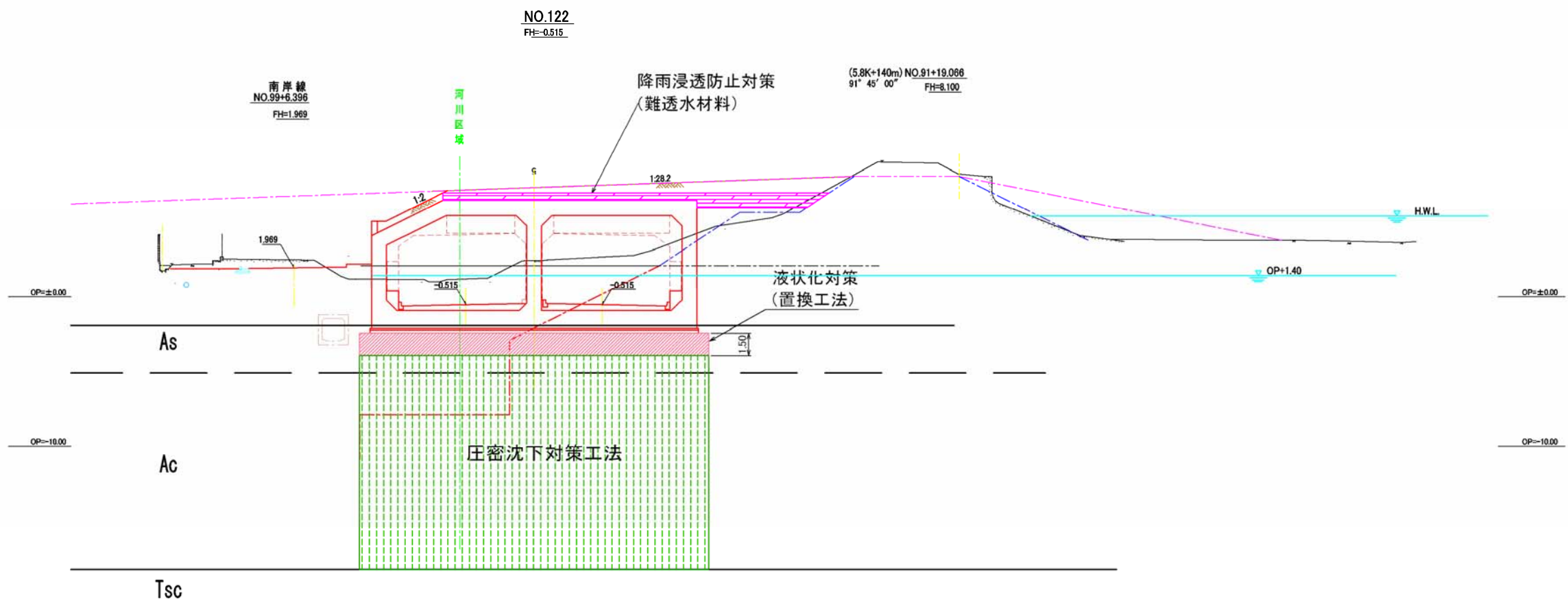
基本構造(案) 標準断面図 S = 1:150

No.77 断面



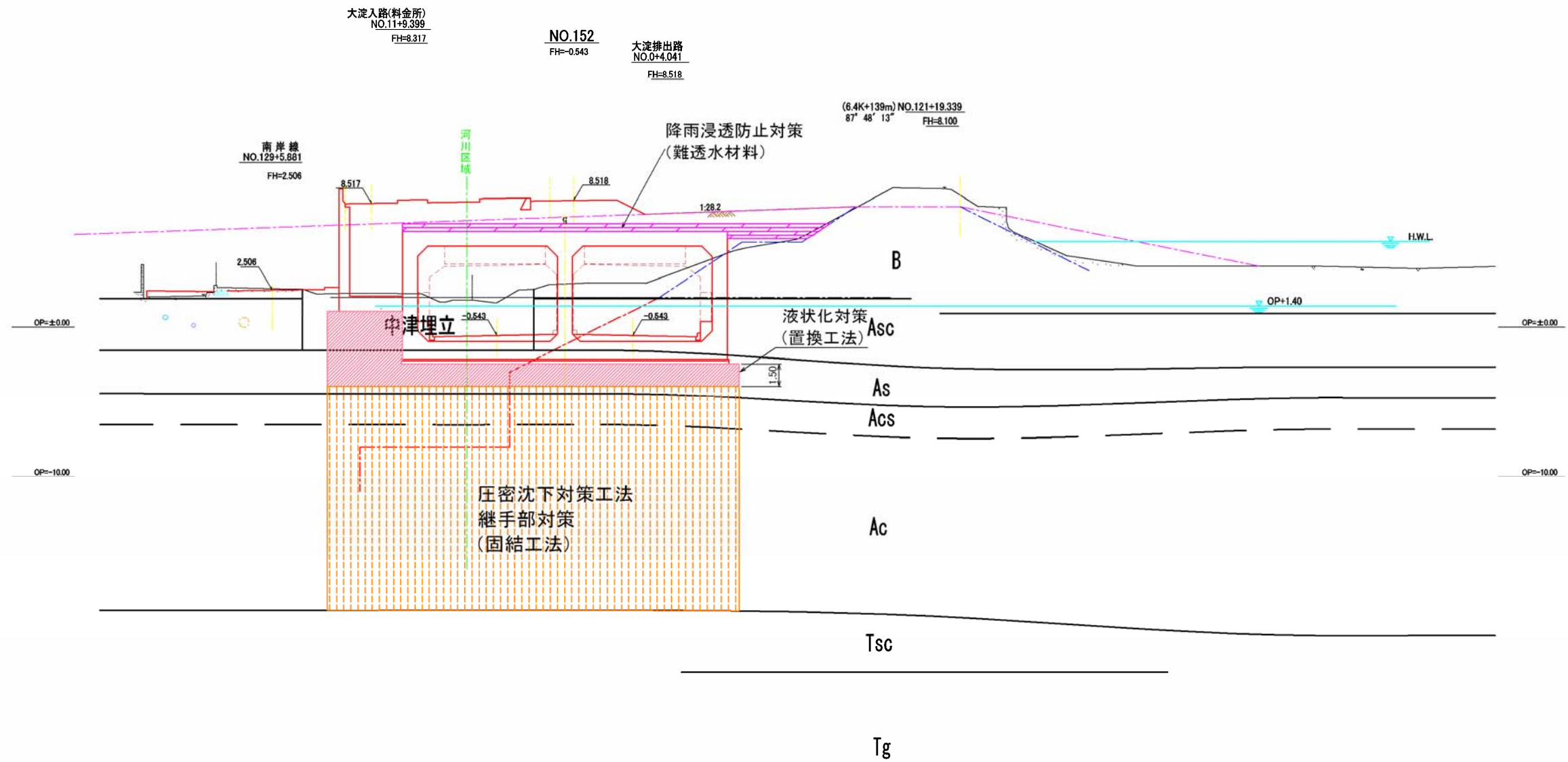
基本構造(案) 標準断面図 S = 1:150

No.122 断面

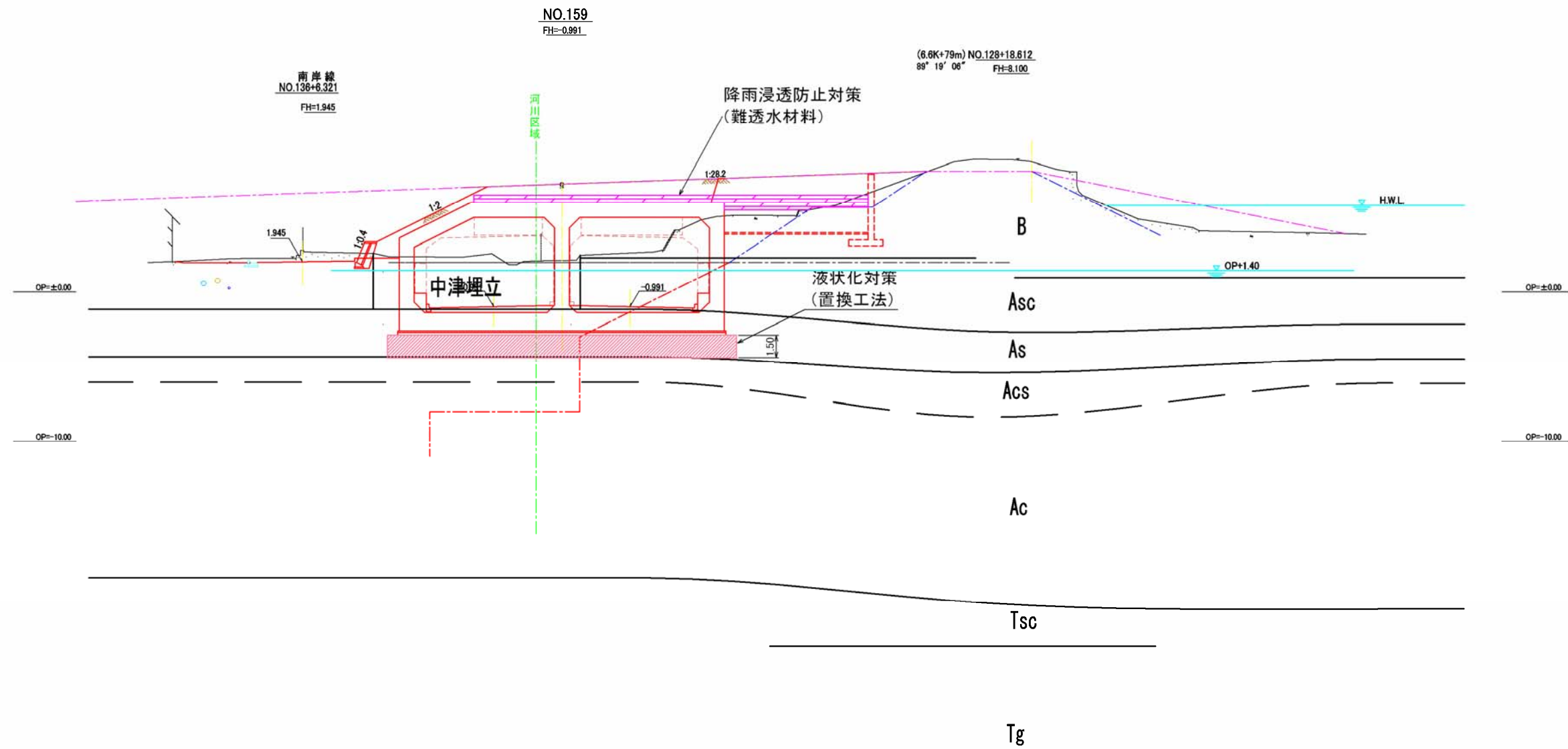


基本構造(案) 標準断面図 S = 1:150

No.152 断面



基本構造(案) 標準断面図 S = 1:150  
No.159 断面



基本構造(案) 標準断面図 S = 1:150

No.219 断面(東行)

