

(2) 鉄道構造形式の検討について

ラーメン高架橋形式における 検討状況報告

検討内容

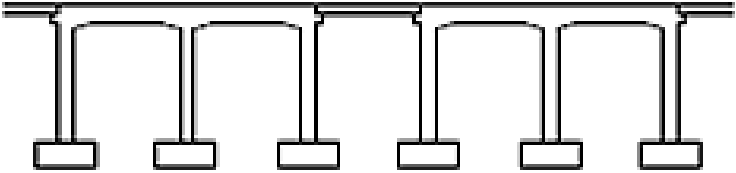
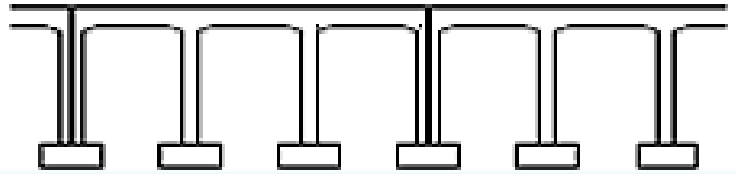
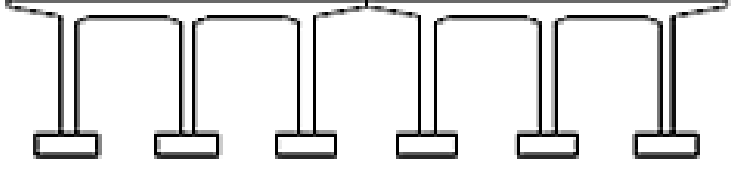
上町断層による影響を考慮する場合には、通常のラーメン高架橋では構造的に対応が困難であるため、成立する構造形式を検討する必要がある

落橋に対する安全性の向上、工事費の縮減等を目的として、構造検討としてラーメン高架橋形式の概略設計を行う

設計方針(1/4)

1. 接続方式

落橋を防止する観点あるいは断層変位の追従性の観点から張り出し式を基本とする。

| | | |
|-------|--|-------------------|
| ゲルバー式 |  | 落橋防止の 観点 → NG |
| 背割り式 |  | 断層変位の 追従性 → NG |
| 張り出し式 |  | OK |

設計方針(2/4)

2. 径間数

断層変位に対する**追従性**

1径間が有利であるが、維持管理や高架下利用あるいは経済性や工期の面で有利となる3径間でまず検討を行う

断層変位に対する**検討**

追従性の低いと考えられる3径間構造での成立性を検討し、これが成立しない場合には1径間構造とする

3. 軌道構造

不等沈下が発生した際の維持管理や地震発生時の追従性、復旧性の観点から**バラスト構造**を基本とする

4. 張出し長

張出し長を長くすると

列車走行時の張り出し部の不動変位やたわみが大きくなり、構造上の弱点となるため、
張り出し長は実績にある3mを基本

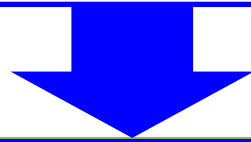
ただし、1径間構造を検討する場合には

高架下利用や工期、経済性の面での弱点を解消する為、
張り出し長は5mとし、ラーメンの径間長と張り出し部の径間長が同一となるような検討も実施

設計方針(4/4)

5. 基礎形式

完成時を含めて基礎杭のみで支持する構造とした場合杭の剛性が高くなりすぎて、断層変位に引きずられてしまう可能性があるため、完成時には基礎杭の損傷を許容した上で、剛性の高いフーチングで構造物を支持するような設計を行う



杭基礎と直接基礎のハイブリッド構造である
パイルドラフト基礎の採用も検討

§ 1. 高架橋構造物の概略設計

検討位置図

事業区間のうち、
浅香山7号踏切～
堺大和高田線の
高架橋を構築する
区間を検討対象とする



基本方針 (1/2)

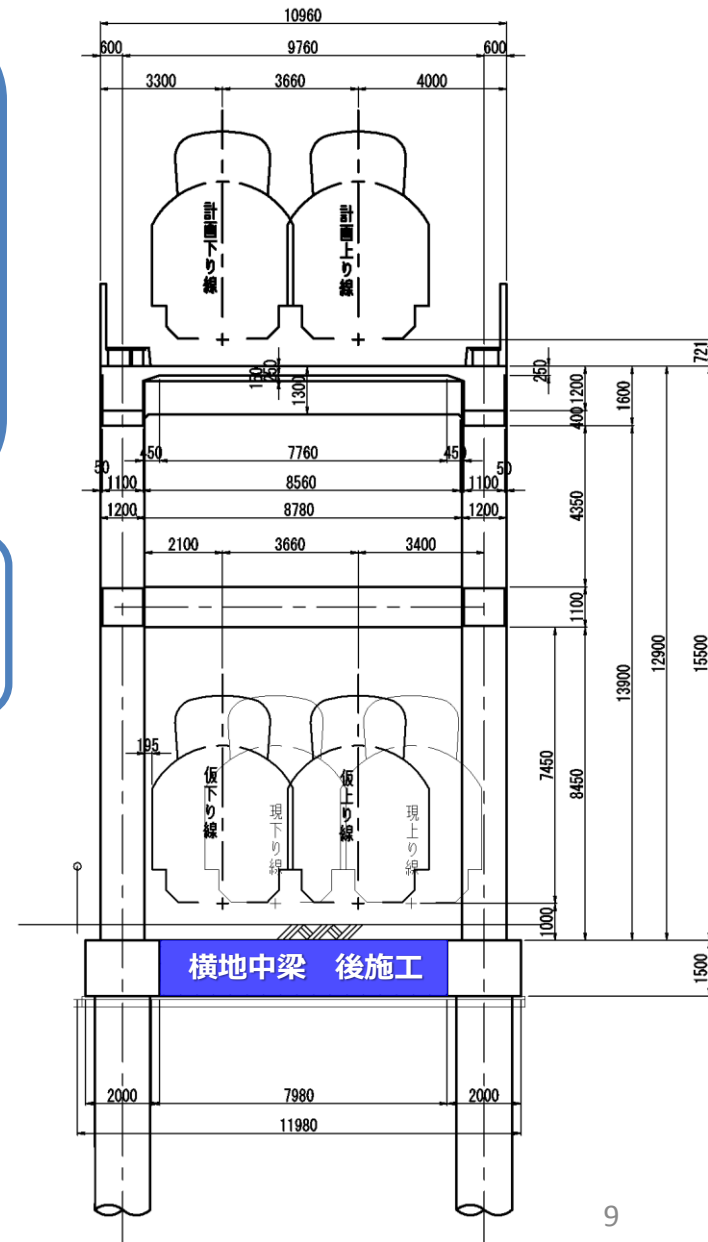
浅香山7号踏切～堺大和高田線を対象とした本区間は、営業線直上にて高架橋を構築する区間

➡ **横地中梁は計画線切替後に設置する段階施工となる**

高架橋の高さが高い場合、断層変位の影響を大きく受ける

【構造性能照査】

完成形(地中梁あり)のみならず、暫定供用時(横地中梁無)の構造系に対しても構造性能を照査する



基本方針 (2/2)

構造検討手順

①完成形の耐震設計(杭基礎＋地中梁)

・・・標準的な構造寸法の把握

②完成形の断層変位解析(杭基礎＋直接基礎)

②-1 想定標準変位→性能レベルⅡ or 安全性の確保

②-2 想定最大変位→構造物が倒壊しないことを確認

③暫定供用時の耐震設計(杭基礎)

③-1 ①の部材断面での成立性を検証

③-2 ①の部材で不成立となる場合には、成立する構造寸法を設定

③-3 線路方向に本数を増やす等により杭径、杭長の縮小ができないかを検証

設計条件

| | |
|-------|---------------------------------|
| 構造形式 | 2柱式2層RCラーメン高架橋 |
| 軌道構造 | バラスト軌道 |
| 接続形式 | 張り出し式 |
| 設計速度 | V=130km/h |
| 列車荷重 | 南海土木関係設計標準 列車荷重 (軸重:P=165kN) |
| 基礎構造 | 場所打ち杭 (リバーズ工法) |
| 想定地震動 | L1地震動、L2地震動スペクトルⅡ (地盤種別G4地盤) |
| 準拠基準 | 鉄道構造物等設計標準・同解説 |

設計方針

構造物の要求性能

- 完成時については、L2地震動に対して復旧性を確保する
- 暫定供用時については、L2地震動に対して安全性を確保する

基礎杭

- 完全支持杭として設計する

(基礎杭の軽減については【断層変位を考慮した基礎形式の概略検討】で別途検討する)

地盤条件(1/3)

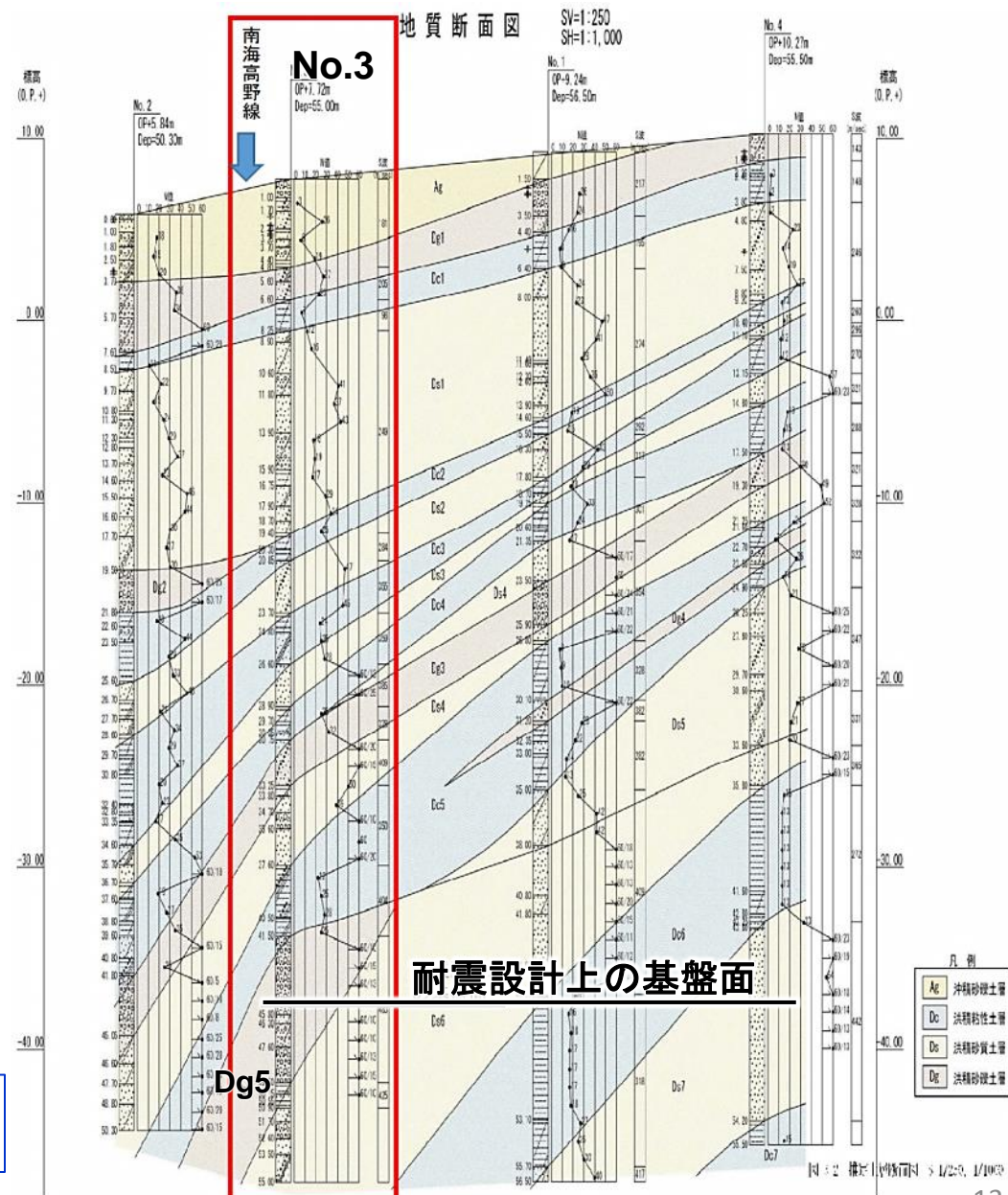
1. 適用ボーリング

過年度に当該区間にて断層を横断して実施された4本のボーリングのうちBorNo.3を用いた

2. 耐震設計上の基盤面

BorNo.3における耐震設計上の基盤面は、
N値 ≥ 50 、Vs ≥ 400 (m/s)
が連続しているDg5層上面とする。

ボーリング柱状図と
断層横断方向地質想定順断面



地盤条件(2/3)

3. 地表面設計地震動(1/2)

BorNo.3の表層地盤に対するモード解析により算定した固有周期は $T_g=0.552(s)$ であることから、鉄道標準による地盤種別はG4地盤(普通～軟弱地盤)に分類される。

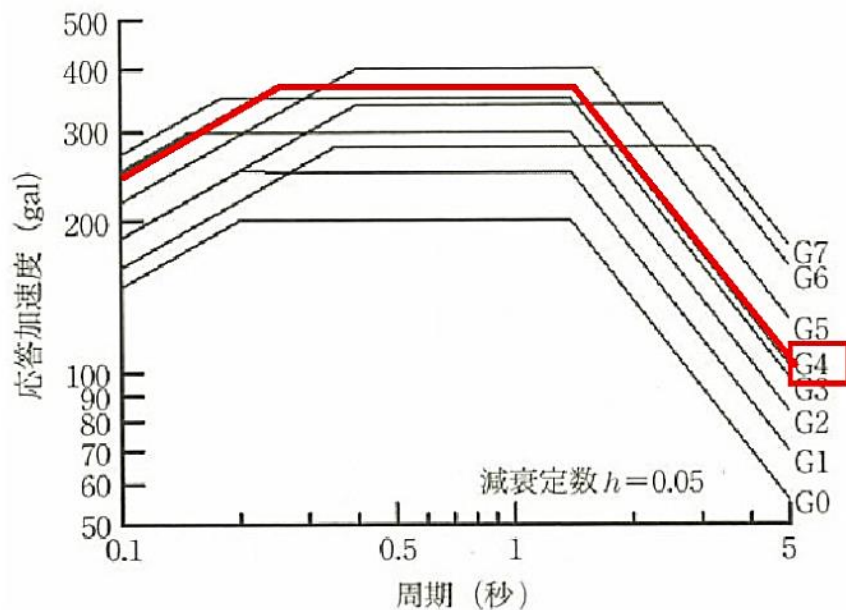
G4地盤に対する地表面設計地震動を以下に示す。

地表面設計地震動の弾性加速度応答スペクトル(G4地盤)

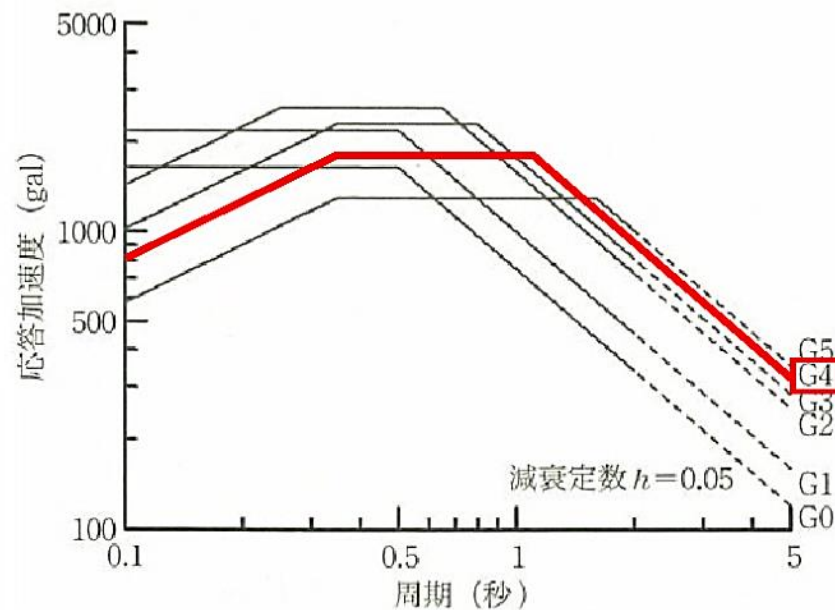
| 地盤種別 | 設計地震動 | 固有周期T(sec) | 応答加速値(gal) (減衰5%) |
|------|--------------------|------------------------|----------------------------|
| G4地盤 | L1 地震動 | $T < 0.25$ | $681 \times T^{0.44}$ |
| | | $0.25 \leq T \leq 1.4$ | 370 |
| | | $1.4 < T$ | $518 \times T^{-1}$ |
| | L2 地震動 (スペクトルⅡ) | $0.1 \leq T < 0.35$ | $3561.46 \times T^{0.65}$ |
| | | $0.35 \leq T \leq 1.1$ | 1800 |
| | | $1.1 < T \leq 2.0$ | $2006.02 \times T^{0.137}$ |

地盤条件(3/3)

3. 地表面設計地震動(2/2)



(a) L1 地震動

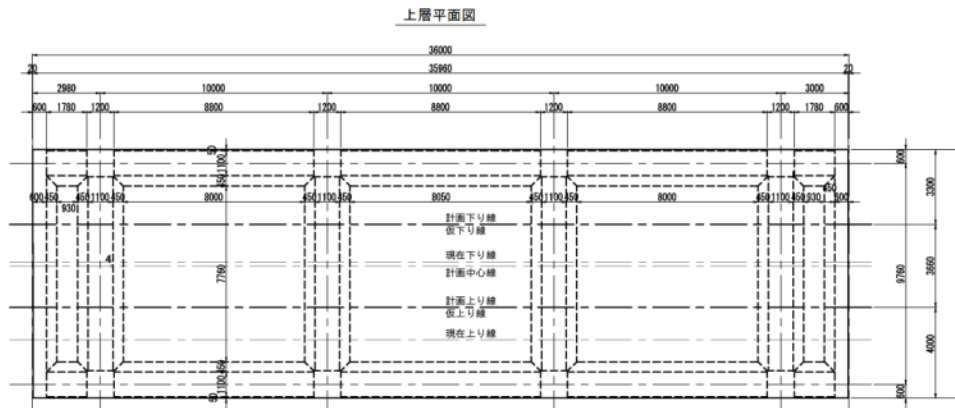
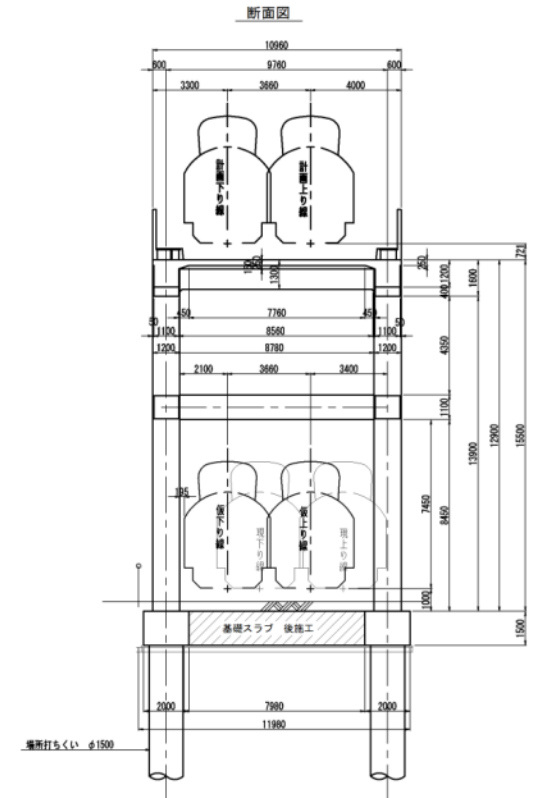
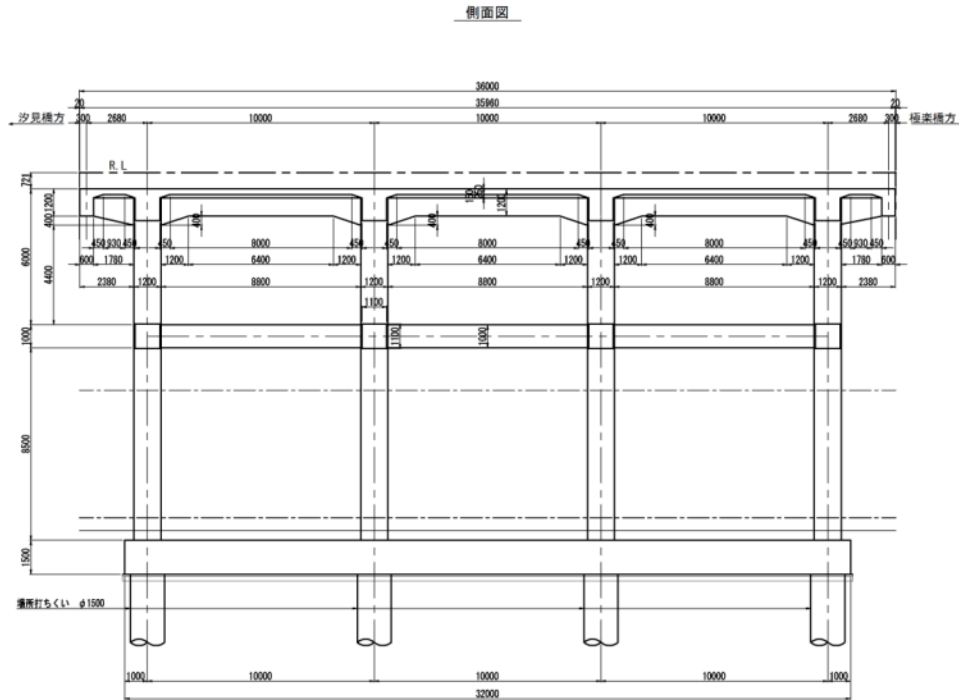


(b) L2地震動

地表面設計地震動の弾性加速度応答スペクトル

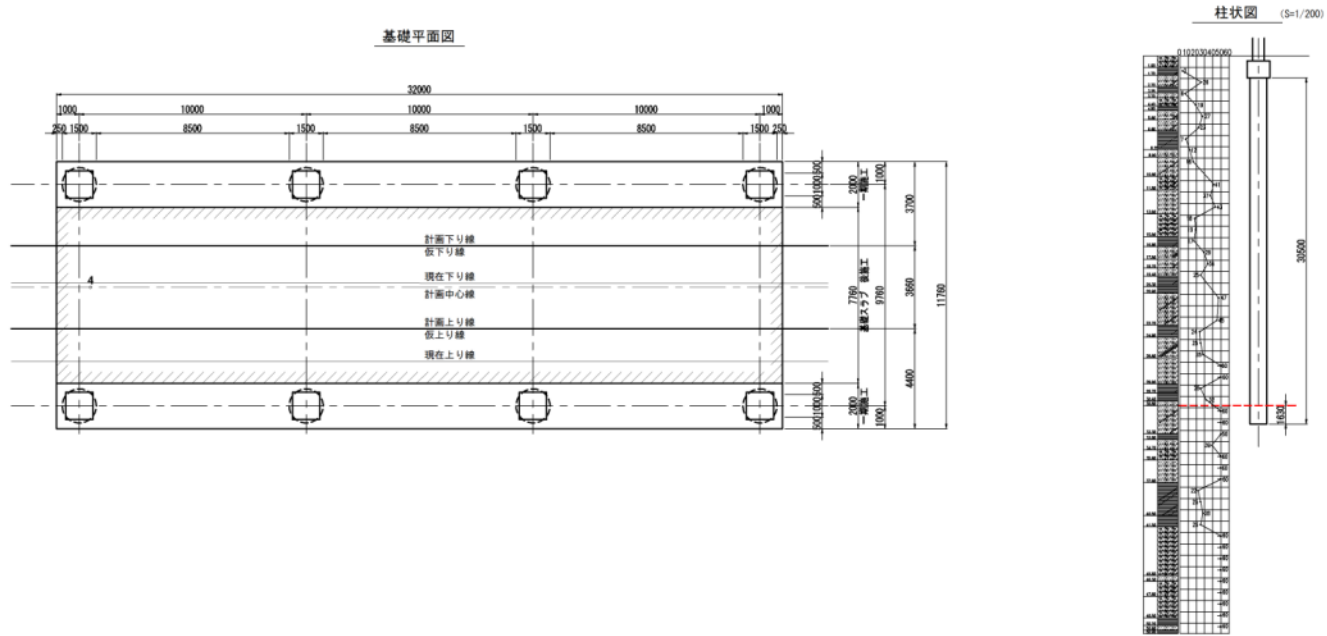
概略設計結果 (1/3)

構造一般図 (その1) (S=1/100)



概略設計結果 (2/3)

構造一般図 (その2) (S=1/100)



概略設計結果 (3/3)

今回の検討では、完成形の照査結果から各部材断面を決定した。

しかし、横地中梁がない暫定供用時の検討において、若干照査を満足しない部材(主に柱及び基礎杭)が発生した。

暫定供用時の検討により基礎杭の剛性を増加することは、基本方針に示した基礎杭の剛性をできるだけ低くするという内容に反する。

以上を勘案し、暫定供用時の検討によって基礎杭の剛性を増加させることのないよう、今後詳細な検討を実施する。

§ 2. 断層変位を受ける高架橋の解析

検討の概要

【§ 1. 高架橋構造物の概略設計】で設計した構造物に断層変位が生じた場合の影響について、3次元静的非線形骨組解析により検討する。

高架橋が断層変位の影響を受ける場合についての着眼点

- 部材に過大な断面力が発生し、高架橋が倒壊するような大きな損傷が生じないか？あるいは、倒壊しない限界の断層変位はどの程度か？
- 構造物の要求性能(性能レベルⅡ)を満足できる断層変位はどの程度か？
- 高架橋全体が剛体的に挙動することを保証するフーチング厚、配筋はどの程度か？
- 基礎杭による拘束の影響はどの程度か？

解析モデルおよび解析手法

1. 解析モデルの概要(1/2)

鉄道構造物と断層ラインとが斜めに交差する場合は、より構造物に厳しい結果となるため、以下2ケースの検討を行う

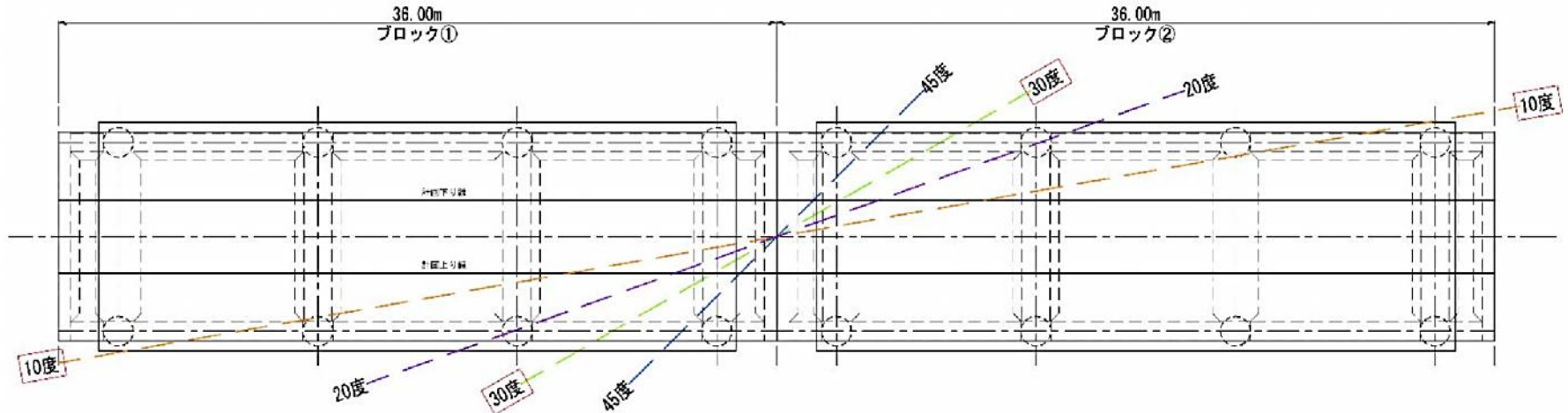
- 断層ラインが高架橋ブロックを跨いで生じる場合
- 1ブロック内で生じる場合

断層変位の入力方法

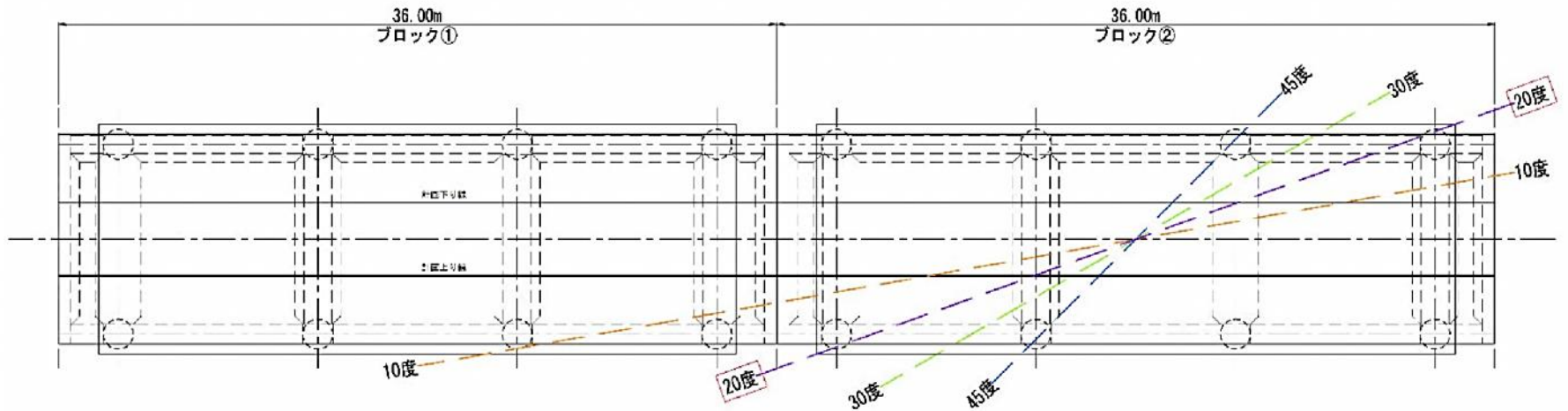
基礎位置に強制変位として与えることとなるが、地盤と構造物との相互作用を考慮するため、周辺地盤をばねによりモデル化し、ばねを介して入力する。

1. 解析モデルの概要(2/2)

● ブロックを跨いで断層変位が生じる場合



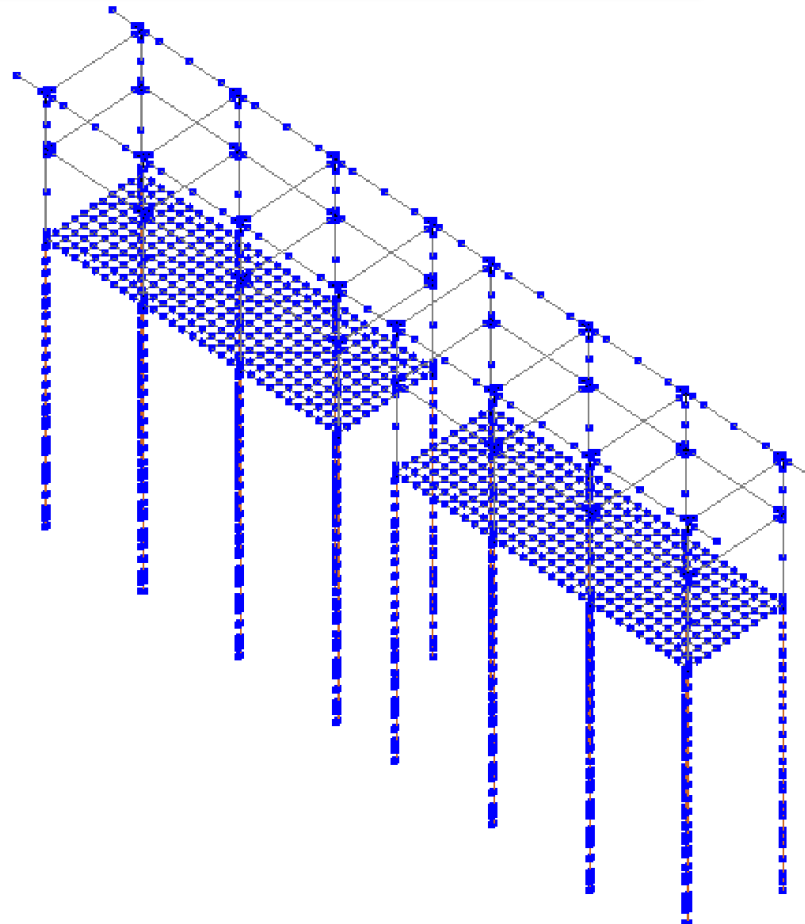
● 1ブロック内で断層変位が生じる場合



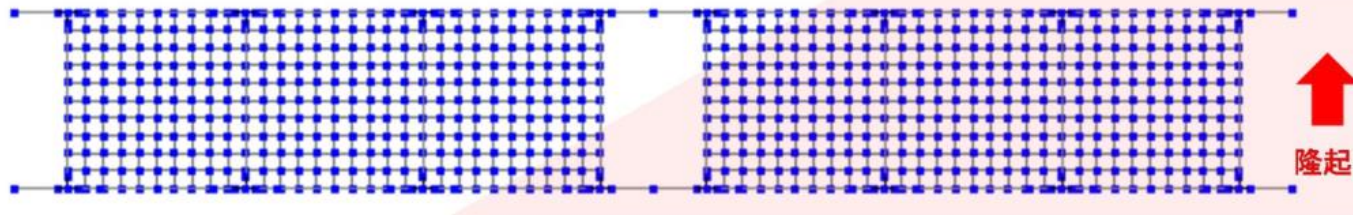
断層ラインと高架橋の交差パターン

解析モデル図

全体図



基礎平面図



§ 3. 杭基礎の検討

検討の概要

【§ 1. 高架橋構造物の概略設計】で設計した完成形高架橋の杭基礎は鉄道RCラーメン高架橋として最も一般的

- ・ 1柱1杭式の完全支持杭
- ・ 杭径 $D=1.5\text{m}$
- ・ 杭長 $L=30.5\text{m}$



細径杭を採用した場合に必要な本数について検討

検討の方法(1/2)

1. 杭の諸元

| | |
|----|----------------|
| 種類 | 場所打ち杭 |
| 杭径 | D=800mm |
| 工法 | リバーズ工法(自然泥水施工) |

2. 検討の手順

1) 暫定供用時の検討

- 暫定施工時の杭の最小中心間隔である
2.5D(=2.0m)で配置可能な本数配置
- 【§ 1. 高架橋構造物の概略設計】で算定した
暫定供用時における死荷重時杭頭反力に対し、必要な杭長を算定

検討の方法(2/2)

1. 杭の諸元

| | |
|----|----------------|
| 種類 | 場所打ち杭 |
| 杭径 | D=800mm |
| 工法 | リバーズ工法(自然泥水施工) |

2. 検討の手順

2) 完成時の検討

- 【高架橋構造物の概略設計】の検討算定した**完成時**における死荷重時杭頭反力に対し、**1)**で算定した暫定供用時に必要な杭長および杭本数で不足する支持力を算定
- 不足する支持力を補う、同じ長さの必要杭本数を算定

検討結果 (1/2)

【 杭径D=800mmの必要本数、杭長 】

| | 杭本数(本) | | 杭長L |
|-------|--------|-----|------|
| | 暫定供用時 | 完成時 | |
| パターン1 | 32 | 44 | 14.0 |
| パターン2 | 20 | 30 | 19.0 |

死荷重に対して必要な杭本数は44本(L=14.0m)、あるいは30本(L=19.0m)で、必要な杭本数の大半が暫定供用時に対して必要であった。

検討結果 (2/2)

本検討では、死荷重時に必要な支持力に対して、杭本数を増加することにより、杭径および杭長がどれだけ縮小可能かの概略検討を行った。

この結果、本数は増加するものの、杭径 $\phi 1500 \rightarrow \phi 800$ 、杭長 $30.5\text{m} \rightarrow 14\text{m} \sim 19\text{m}$ 程度に縮小できる可能性があることが分かった。

引き続き、地震に対する検討を行い杭本数や杭長縮小の可能性について精査する。

さらに、直接基礎(フーチング)の効果についても検証し、パイルドラフト基礎としての成立性についても検証する。

杭径縮小案構造一般図(1/2)

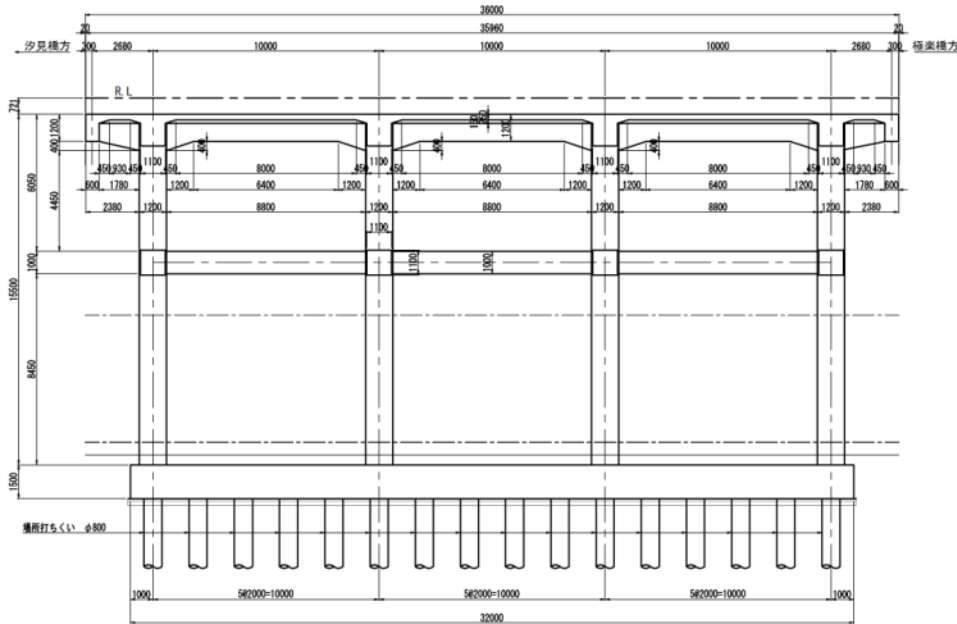
杭径縮小案構造一般図(その1)

(S=1/100)

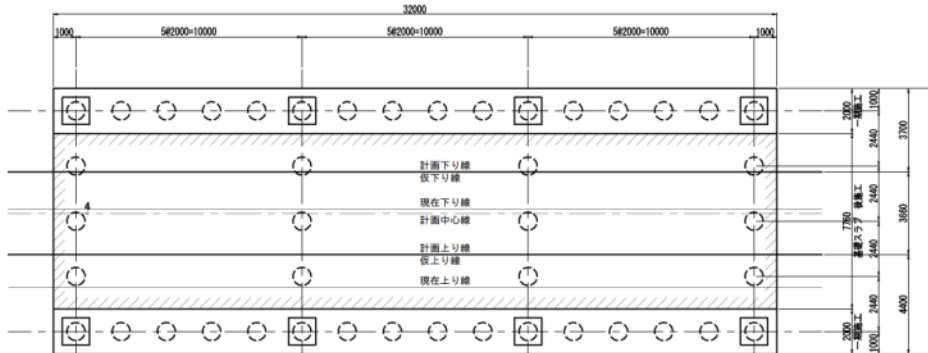
(杭径D=0.8m, 杭長L=14.0m, 摩擦杭)

【完成時】

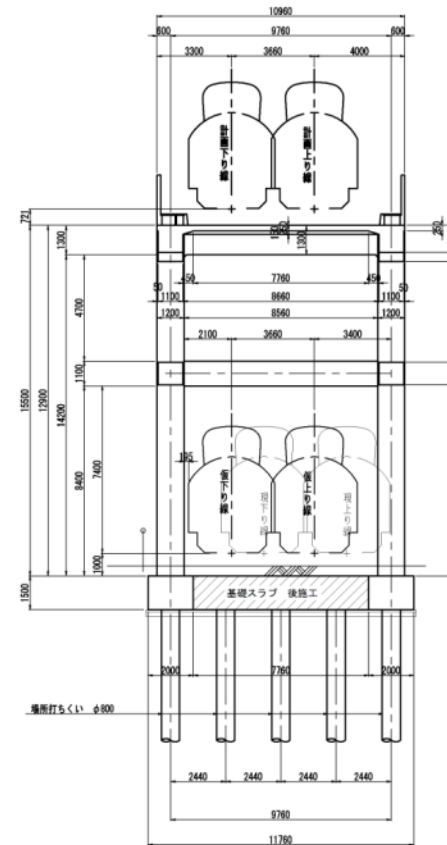
側面図



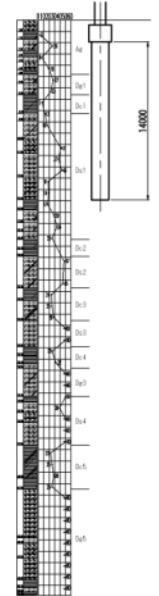
基礎平面図



断面図



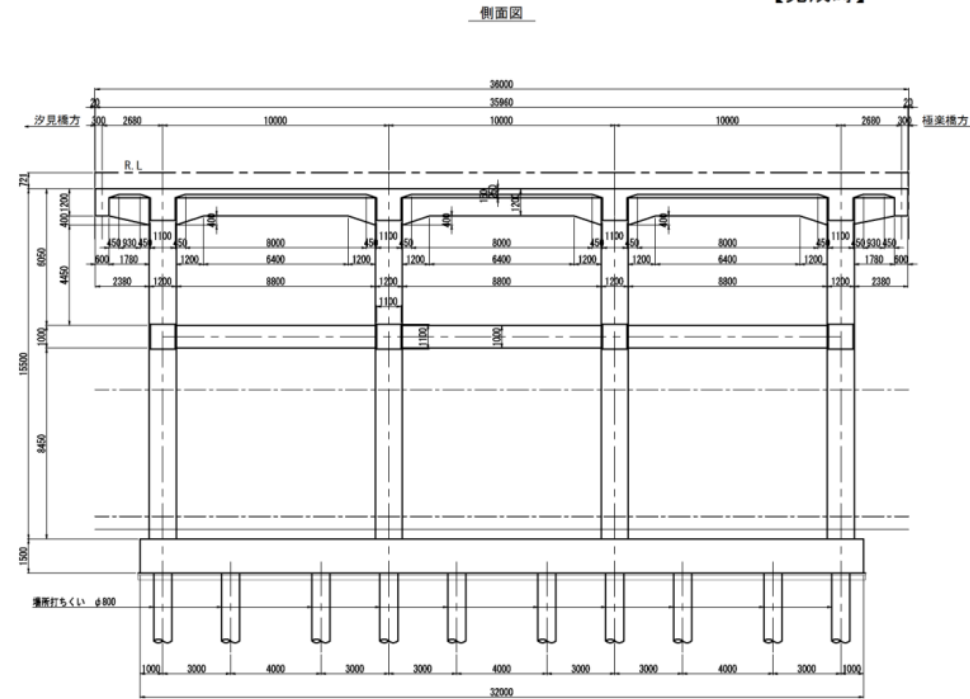
柱状図 (S=1/200)



杭径縮小案構造一般図(2/2)

杭径縮小案構造一般図(その1)
(杭径D=0.8m, 杭長L=19.0m, 摩擦杭)
【完成時】

(S=1/100)



基礎平面図

