

資料－2

平成29年度第一回
大阪モノレール技術審議会

主な構造物に対する
課題の検討資料

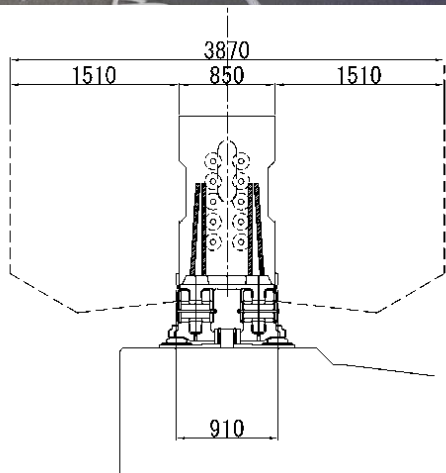
平成29年7月11日（火）

目次

- 1. 支柱構造の検討
- 2. 基礎構造の検討
- 3. 軌道桁構造の検討
- 4. 支承構造の検討

■ 1. 支柱構造の検討

◆ RC支柱



RC支柱の課題

平成24年の道路橋示方書に準じて柱断面を検討したところ、平成8年の道路橋示方書で設計された営業線と比べて柱断面が大きくなり、それに伴い支承形状が大きくなり、モノレールの建築限界に支障となる恐れがある。

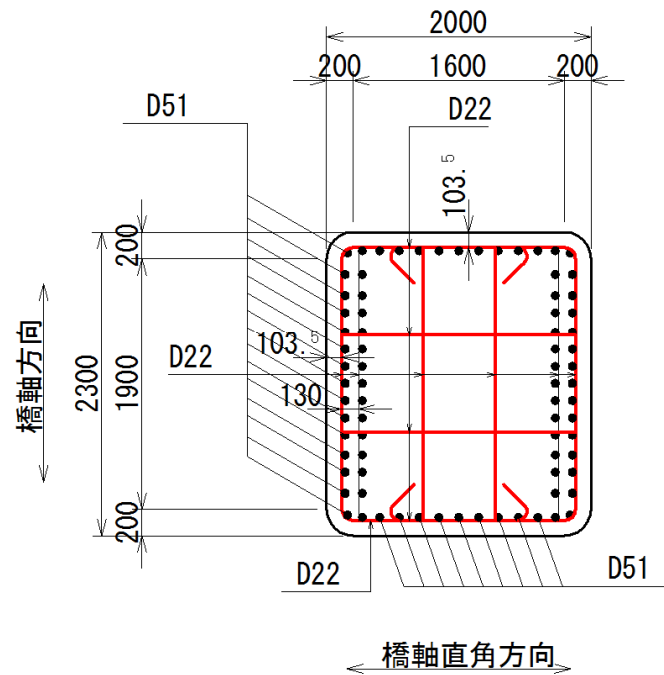
使用材料の変更を検討

構造検討

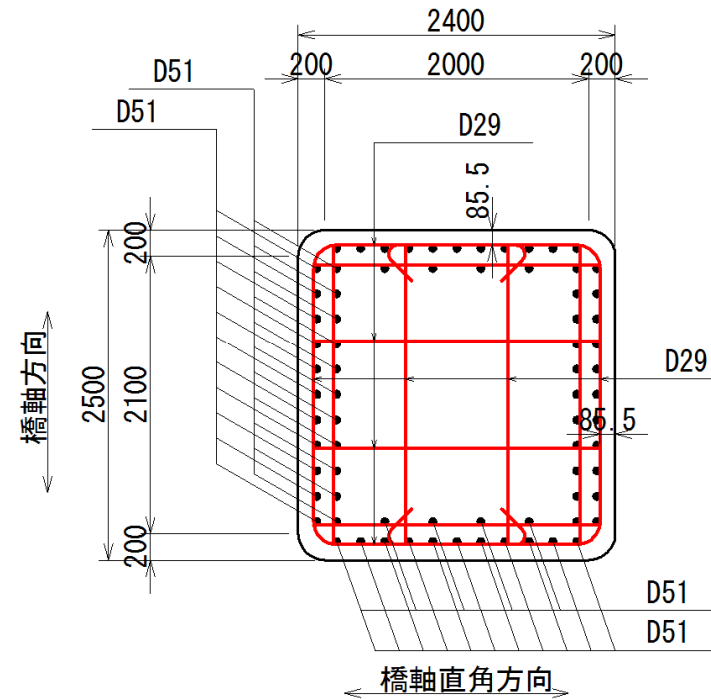
RC支柱の仕様決定

■ 1. 支柱構造の検討

◆ RC支柱断面例（支柱高 $h=14.0\text{m}$ ）



H8年道路橋示方書
に準拠した支柱断面



H24年道路橋示方書
に準拠した支柱断面

※ RC支柱の内、約2割が支柱高 $h > 14.0\text{m}$

■ 1. 支柱構造の検討

◇ RC支柱

RC支柱の課題

平成8年の道路橋示方書
支柱断面



平成24年の道路橋示方書
支柱断面



支承設計用荷重 \geq 支柱終局耐力

支柱終局耐力 ≤ 0.90 [震度換算](目標)

道路橋示方書(V耐震設計編): 支承設計用荷重を支柱終局耐力以上とする。

目的 \Rightarrow $H > 14\text{m}$ で構成可能なRC支柱を設計する

■ 1. 支柱構造の検討

支柱断面の検討

検討の目的: 支柱終局震度を0.90以下とする断面構成抽出する。

検討条件 (検討ケース)

上部構造	支持する上部構造		備考	
	ケースA	PC軌道桁+PC軌道桁	L=22.0m+22.0m	
	ケースB	PC軌道桁+鋼軌道桁	L=22.0m+50.0m	

使用材料	TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3	備考	
	コンクリート 梁・柱(σ_{ck})	27	30	30	単位: N/mm ²
	鉄筋	SD345	SD390	SD490	

支柱高さ	支柱高							備考
	8.0m	10.0m	12.0m	14.0m	16.0m	18.0m	20.0m	
	RC支柱	○	○	○	○	○	○	○

1. 支柱構造の検討

支柱断面の検討結果(上部工: ケースA; PC軌道桁+PC軌道桁)

	コンクリート			$\sigma_{ck}=27\text{ N/mm}^2$				$\sigma_{ck}=30\text{ N/mm}^3$				$\sigma_{ck}=30\text{ N/mm}^4$				
	鉄筋			SD345				SD390				SD490				
	項目		単位	橋軸方向		直角方向		橋軸方向		直角方向		橋軸方向		直角方向		
				タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	
8m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D38 - 7本 (1.0段配置)		D38 - 24本 (2.0段配置)		D35 - 7本 (1.0段配置)		D35 - 26本 (1.5段配置)		D32 - 7本 (1.0段配置)		D32 - 32本 (2.0段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-4本@150 (有効長700mm)		D19-3本@150 (有効長1000mm)		D19-4本@150 (有効長700mm)		D19-3本@150 (有効長1000mm)		D16-4本@150 (有効長700mm)		D16-3本@150 (有効長1000mm)	
	終局震度		khu	—	0.88		0.65		0.90		0.67		1.03		0.80	
10m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D38 - 10本 (1.5段配置)		D38 - 32本 (2.0段配置)		D38 - 8本 (1.5段配置)		D38 - 28本 (2.0段配置)		D35 - 10本 (1.5段配置)		D35 - 32本 (2.0段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-4本@150 (有効長700mm)		D19-4本@150 (有効長1000mm)		D19-4本@150 (有効長700mm)		D19-5本@150 (有効長700mm)		D19-4本@150 (有効長700mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)	
	終局震度		khu	—	0.90		0.70		0.87		0.68		1.05		0.82	
12m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 7本 (1.0段配置)		D51 - 19本 (1.5段配置)		D38 - 10本 (1.5段配置)		D38 - 32本 (2.0段配置)		D51 - 5本 (1.0段配置)		D51 - 19本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D16-4本@150 (有効長850mm)		D16-3本@150 (有効長1000mm)		D19-4本@150 (有効長800mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)		D19-4本@150 (有効長750mm)		D19-3本@150 (有効長1000mm)	
	終局震度		khu	—	0.83		0.76		0.83		0.73		1.04		0.88	
14m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 11本 (1.5段配置)		D51 - 20本 (1.5段配置)		D51 - 9本 (1.0段配置)		D51 - 20本 (1.5段配置)		D51 - 7本 (1.0段配置)		D51 - 19本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-4本@150 (有効長950mm)		D19-4本@150 (有効長1000mm)		D19-4本@150 (有効長900mm)		D19-3本@150 (有効長1000mm)		D19-4本@150 (有効長850mm)		D19-3本@150 (有効長1000mm)	
	終局震度		khu	—	0.83		0.82		0.88		0.83		0.96		0.89	
16m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 17本 (1.5段配置)		D51 - 17本 (1.5段配置)		D51 - 13本 (1.5段配置)		D51 - 19本 (1.5段配置)		D51 - 11本 (1.5段配置)		D51 - 20本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-5本@150 (有効長750mm)		D19-5本@150 (有効長680mm)		D19-5本@150 (有効長680mm)		D19-5本@150 (有効長680mm)		D19-5本@150 (有効長800mm)		D19-5本@150 (有効長680mm)	
	終局震度		khu	—	0.79		0.80		0.82		0.83		0.96		0.96	
18m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 16本 (1.5段配置)		D51 - 23本 (1.5段配置)		D51 - 16本 (1.5段配置)		D51 - 22本 (1.5段配置)		D51 - 16本 (1.5段配置)		D51 - 19本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-5本@150 (有効長810mm)		D19-5本@150 (有効長820mm)		D19-5本@150 (有効長780mm)		D19-5本@150 (有効長780mm)		D19-5本@150 (有効長780mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)	
	終局震度		khu	—	0.82		0.83		0.87		0.89		0.97		1.00	
20m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 20本 (1.5段配置)		D51 - 26本 (1.5段配置)		D51 - 19本 (1.5段配置)		D51 - 25本 (1.5段配置)		D51 - 19本 (1.5段配置)		D51 - 22本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D22-5本@200 (有効長930mm)		D22-5本@200 (有効長930mm)		D19-5本@150 (有効長900mm)		D19-5本@150 (有効長900mm)		D19-5本@150 (有効長900mm)		D19-5本@150 (有効長960mm)	
	終局震度		khu	—	0.85		0.87		0.90		0.91		1.01		1.05	

1. 支柱構造の検討

支柱断面の検討結果(上部工: ケースB; PC軌道桁+鋼軌道桁)

コンクリート					$\sigma_{ck}=27 \text{ N/mm}^2$				$\sigma_{ck}=30 \text{ N/mm}^3$				$\sigma_{ck}=30 \text{ N/mm}^4$			
鉄筋					SD345				SD390				SD490			
項目			単位	橋軸方向		直角方向		橋軸方向		直角方向		橋軸方向		直角方向		
				タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II	
8m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D38 - 10 本 (1.5段配置)		D38 - 28 本 (2.0段配置)		D35 - 10 本 (1.5段配置)		D35 - 32 本 (2.0段配置)		D35 - 9 本 (1.5段配置)		D35 - 32 本 (2.0段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D16-4本@150 (有効長700mm)		D16-5本@150 (有効長700mm)		D19-4本@150 (有効長700mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)		D16-4本@150 (有効長700mm)		D16-4本@150 (有効長1000mm)	
	終局震度			khu	—	0.78		0.60		0.80		0.65		0.94		0.78
10m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D38 - 14 本 (2.0段配置)		D38 - 32 本 (2.0段配置)		D38 - 13 本 (1.5段配置)		D38 - 32 本 (2.0段配置)		D38 - 10 本 (1.5段配置)		D38 - 32 本 (2.0段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-4本@150 (有効長800mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)		D19-4本@150 (有効長750mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)		D19-4本@150 (有効長700mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)	
	終局震度			khu	—	0.74		0.69		0.81		0.71		0.91		0.77
12m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 11 本 (1.5段配置)		D51 - 20 本 (1.5段配置)		D51 - 9 本 (1.0段配置)		D51 - 20 本 (1.5段配置)		D51 - 9 本 (1.5段配置)		D51 - 19 本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-4本@150 (有効長950mm)		D19-4本@150 (有効長1000mm)		D19-4本@150 (有効長900mm)		D19-3本@150 (有効長1000mm)		D19-4本@150 (有効長850mm)		D19-4本@150 (有効長1000mm)	
	終局震度			khu	—	0.74		0.79		0.80		0.81		0.93		0.90
14m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 16 本 (1.5段配置)		D51 - 19 本 (1.5段配置)		D51 - 21 本 (1.5段配置)		D51 - 11 本 (1.0段配置)		D51 - 13 本 (1.5段配置)		D51 - 17 本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-5本@150 (有効長780mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)		D19-4本@150 (有効長750mm)		D19-5本@150 (有効長680mm)		D19-5本@150 (有効長680mm)		D19-5本@150 (有効長680mm)	
	終局震度			khu	—	0.75		0.84		0.77		0.83		0.87		0.93
16m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 16 本 (1.5段配置)		D51 - 25 本 (1.5段配置)		D51 - 16 本 (1.5段配置)		D51 - 23 本 (1.5段配置)		D51 - 15 本 (1.5段配置)		D51 - 22 本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D19-5本@150 (有効長960mm)		D19-5本@150 (有効長900mm)		D19-5本@150 (有効長780mm)		D19-5本@150 (有効長810mm)		D19-5本@150 (有効長720mm)		D19-5本@150 (有効長780mm)	
	終局震度			khu	—	0.80		0.86		0.85		0.88		0.94		1.01
18m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 19 本 (1.5段配置)		D51 - 28 本 (1.5段配置)		D51 - 17 本 (1.5段配置)		D51 - 26 本 (1.5段配置)		D51 - 16 本 (1.5段配置)		D51 - 26 本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D22-5本@150 (有効長900mm)		D22-5本@150 (有効長900mm)		D22-5本@150 (有効長960mm)		D22-5本@150 (有効長960mm)		D19-5本@150 (有効長780mm)		D19-5本@150 (有効長960mm)	
	終局震度			khu	—	0.87		0.85		0.88		0.86		1.01		0.99
20m	配置鉄筋	主鉄筋	As	—	D51 - 30 本 (2.0段配置)		D51 - 25 本 (1.5段配置)		D51 - 32 本 (1.5段配置)		D51 - 17 本 (1.0段配置)		D51 - 26 本 (2.0段配置)		D51 - 22 本 (1.5段配置)	
		帯鉄筋	Aw	—	D22-5本@150 (有効長900mm)		D22-5本@150 (有効長960mm)		D22-4本@150 (有効長900mm)		D22-5本@150 (有効長900mm)		D19-5本@150 (有効長960mm)		D19-5本@150 (有効長890mm)	
	終局震度			khu	—	0.87		0.89		0.89		0.89		1.00		1.07

■ 1. 支柱構造の検討

◇ RC支柱

目的: 支柱終局耐力を震度換算0.90以下に低減

平成24年道路橋示方書: RC断面耐震性能2の制限値を設定
平成8年道路橋示方書準拠より低い耐力



断面寸法⇒材料強度で対応

- ・高強度コンクリート使用
- ・高強度鉄筋の使用



結果 ⇒ 精査の結果、 $H > 14\text{m}$ で設計可能
・高強度材料を使用した場合
→ 支柱の終局震度が高くなる
= 震度換算0.90以上となり、支承寸法 大

■ 2. 基礎構造の検討

◇ 基礎構造

延伸区間の課題

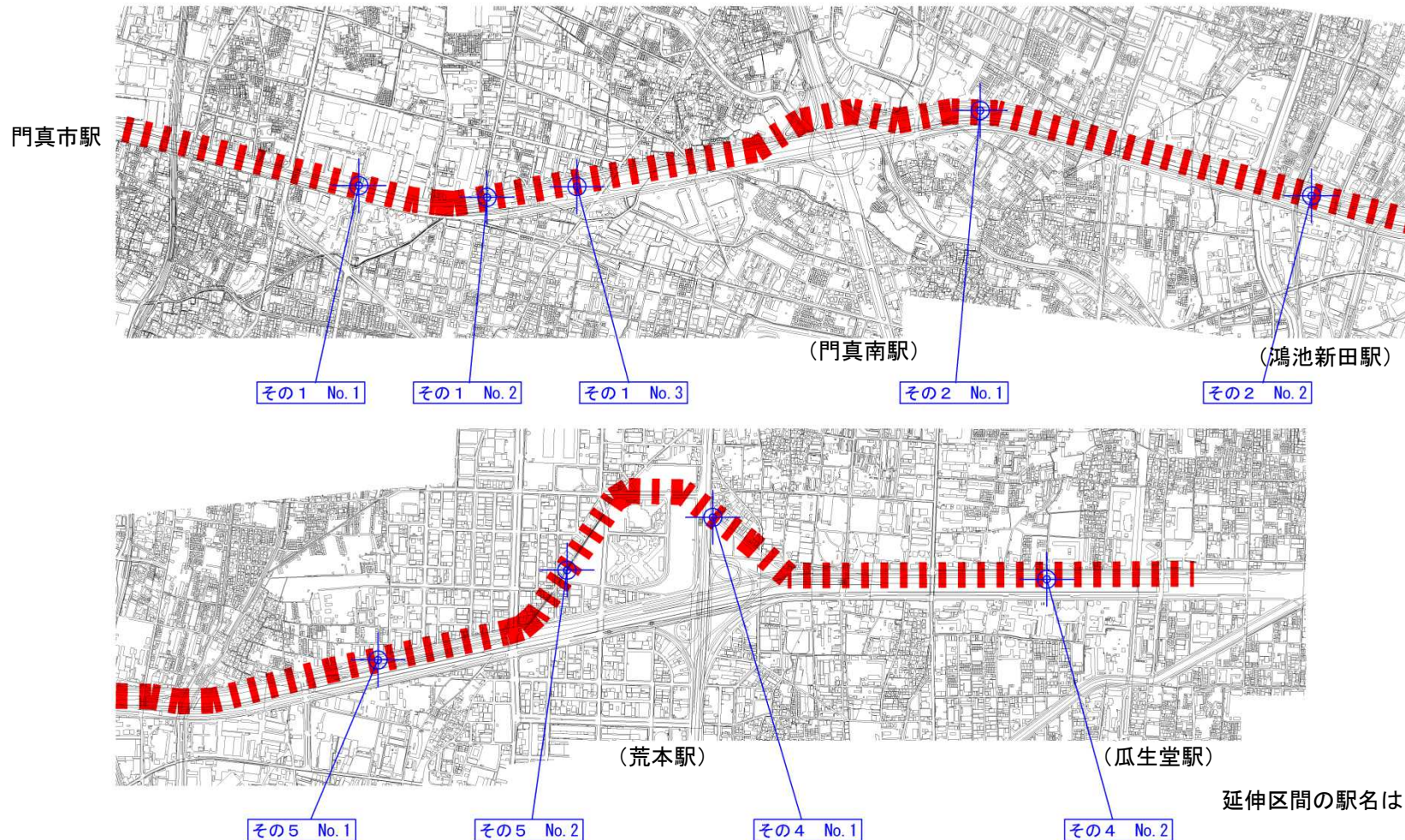
- ・軟弱地盤地域： 営業線に比較して支持地盤が深くなる。

前回審議会開催時においてはボーリング調査を実施中であったため、結果について報告する。

■ 2. 基礎構造の検討

2-1. 延伸区間の土質調査

土質調査は、下記9箇所を先行調査しています。



延伸区間の駅名は、仮称。

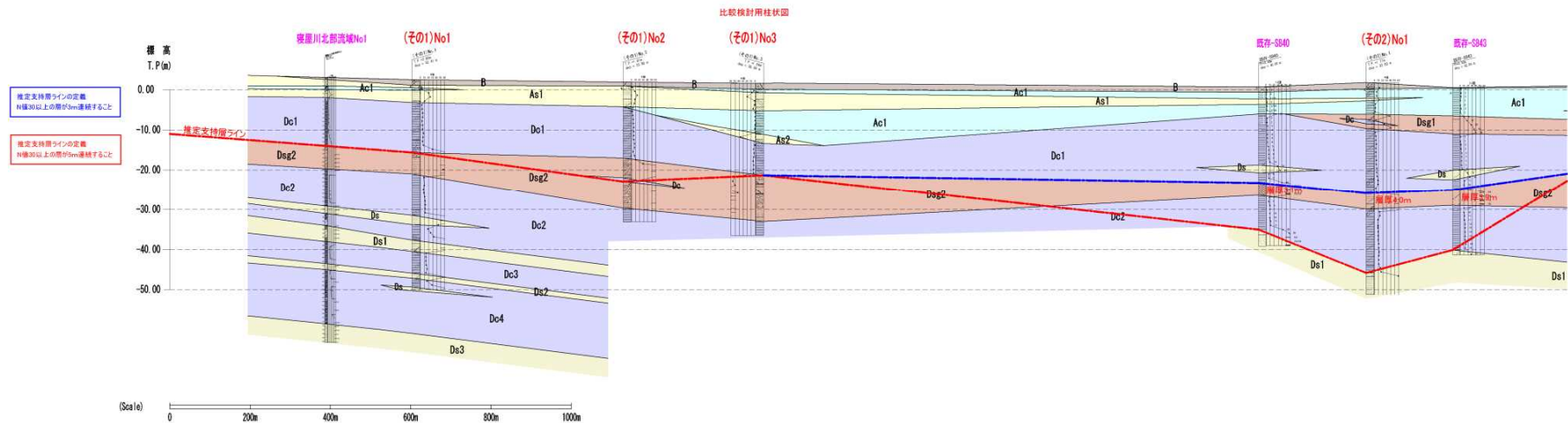
2. 基礎構造の検討

2-1. 延伸区間の土質調査

土層状況(その1)

地層推定断面図

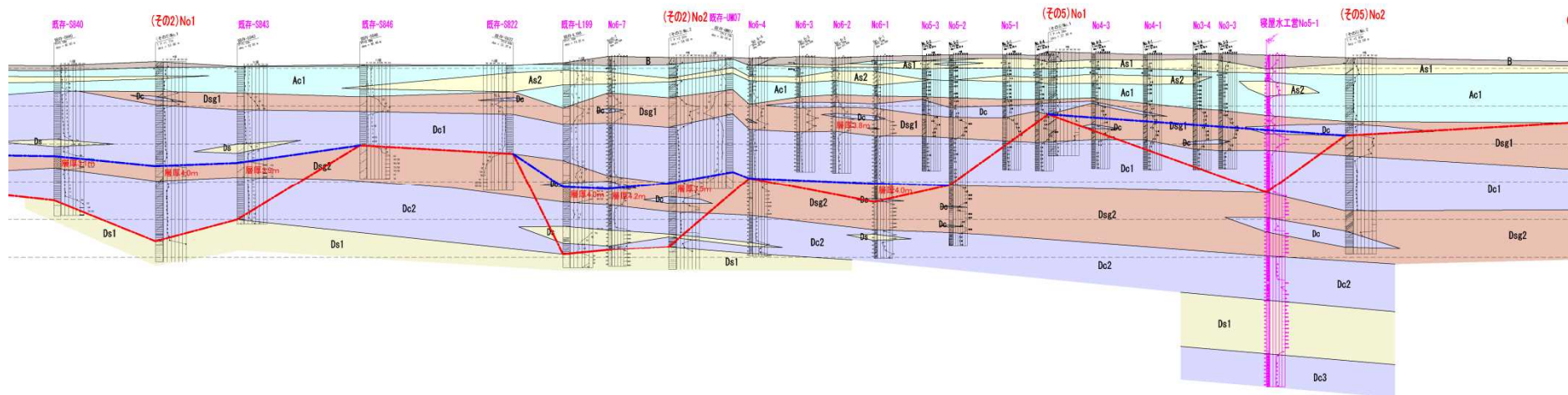
H=1:10000
V=1:1000



■ 2. 基礎構造の検討

2-1. 延伸区間の土質調査

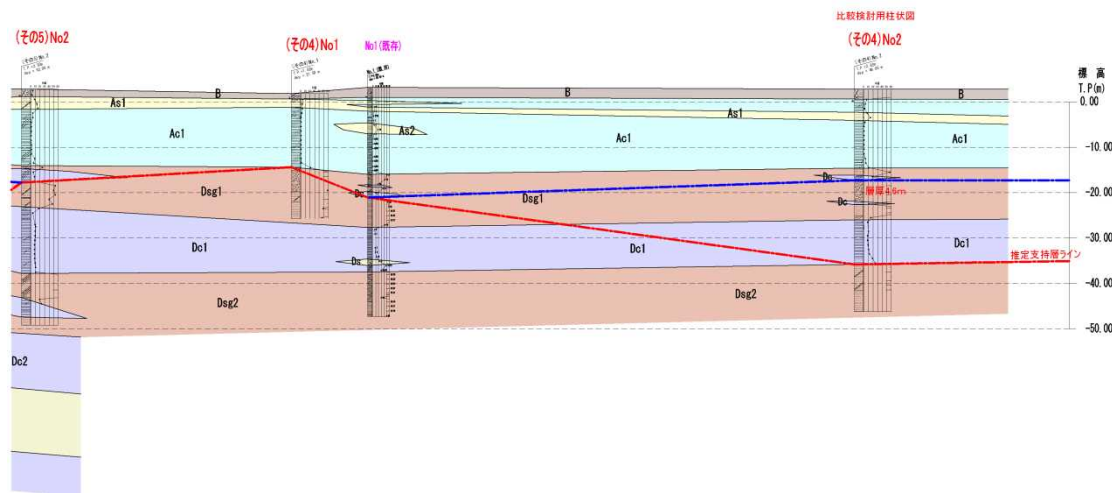
土層状況(その2)



■ 2. 基礎構造の検討

2-1. 延伸区間の土質調査

土層状況(その3)



地質区分・着色凡例

地質時代	地層名	記号
現世	盛土・表土層	B
新生代	沖積層	粘性土層 Ac
		砂質土層 As
		礫質土層 Ag
第四紀	洪積層	粘性土層 Dc
		砂質土層 Ds
		礫質土層 Dsg

■ 2. 基礎構造の検討

◇ 基礎構造

目的: 延伸区間における『支持杭』の成立を検証

地質調査: 9箇所データ

N値、層厚、PS検層(V_s)

支持層の選定

- ・ N値30以上の層が3m以上連続する層を支持層※1
もしくは
- ・ せん断波速度 $V_s=300\text{m/s}$ 以上※2

結果 ⇒ Dsg1, Dsg2: 洪積砂礫層で支持層が確認できた

※1. 大阪モノレール構造物設計要領(案)より

※2. 道路橋示方書 V編より

■ 2. 基礎構造の検討

◇ 基礎構造

目的: 延伸区間における『支持杭』の成立を検証



2-1. 延伸区間の土層状況において『支持杭』が成立するかを検証した。

2. 基礎構造の検討

2-2. 基礎形式の抽出

道示IV (P613)より抜粋

基礎形式		杭基礎													深礎基礎	ケン基礎	鋼管矢板基礎(打込み工法)	地中連続壁基礎								
		打込み杭工法			中掘り杭工法						場所打ち杭工法															
		PHC杭・SC杭	鋼管杭	パイプロ	PHC杭・SC杭	鋼管杭		鋼管杭		鋼管ソイルセメント杭工法	プレボーリング杭工法	オールケーシング工法	リバース工法	アースドリル工法					回転杭工法	柱状体深礎	ニューマチック	オーブン				
適用条件	直接基礎	PHC杭・SC杭	鋼管杭	パイプロ	最終打撃方式	噴出攪拌方式	打設方式	コンクリート	最終打撃方式	噴出攪拌方式	打設方式	コンクリート	鋼管ソイルセメント杭工法	プレボーリング杭工法	オールケーシング工法	リバース工法	アースドリル工法	回転杭工法	柱状体深礎	ニューマチック	オーブン	鋼管矢板基礎(打込み工法)	地中連続壁基礎			
地	支持層までの状態	表層近傍又は中間層にごく軟弱層がある	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		中間層にごく硬い層がある	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		中間層にれきがある	れき径 50mm以下	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			れき径 50~100mm	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	れき径 100~500mm	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	液状化する地盤がある	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	深さ	支持層の状態	5m未満	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
			5~15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			15~25m	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			25~40m	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			40~60m	×	△	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		60m以上	×	×	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		土質	砂・砂れき (30 ≤ N)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			粘性土 (20 ≤ N)	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
			軟岩・土丹	○	×	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
硬岩			○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
傾斜が大きい、層面の凹凸が激しい等、支持層の位置が同一深度では無い可能性が高い	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
地下水の状態	地下水位が地表に近い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	湧水量が極めて多い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	地表より2m以上の被圧地下水	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	地下水流速3m/min以上	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
支持形式	支持杭	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	摩擦杭	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
施工条件	水上施工	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
	作業空間が狭い	水深5m未満	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		水深5m以上	×	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
	斜杭の施工	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
	有害ガスの影響	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
周辺環境	振動騒音対策	○	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
	隣接構造物に対する影響	○	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		

○：適合性が高い △：適合性がある ×：適合性が低い

- ### 基礎形式の抽出
- ・一般陸上部
 - ・支持層は、GL-20m以下
 - ・支持杭
 - ・振動、騒音対策必要
(隣接構造物への影響小)



杭基礎形式
従来形式：場所打ち杭

- ### 新技術(新工法)
- ・鋼管ソイルセメント杭
 - ・鋼管杭(回転工法)

■ 2. 基礎構造の検討

◇ 基礎構造

目的: 延伸区間における『支持杭』の成立を検証



2-1. で想定した支持層に対し、『支持杭』が成立するかを検証した。



支持杭形式

- ①. 場所打ち杭(オールケーシング工法): 従来工法
- ②. 鋼管杭(回転工法): 新工法、杭耐力高、環境性高
- ③. 鋼管ソイルセメント杭: 新工法、杭耐力高、環境性高

■ 2. 基礎構造の検討

支持層Dsg1 (GL-20m程度)における基礎形式の検討

検討結果・・・コスト面で【鋼管ソイルセメント杭】の優位性を確認

支持層Dsg2 (GL-40m程度)における基礎形式の検討

検討結果・・・コスト面で【場所打ち杭】の優位性を確認

延伸区間の想定支持層における支持杭の成立と、経済比較により各支持杭形式の優位性を確認した。

今後、詳細設計段階においては現場条件を鑑み、支持杭が使用できない場合には、地盤改良を併用した摩擦杭・深礎杭等を含めて検討を進めていく。

■ 3. 軌道桁構造の検討

◇ PC軌道桁

延伸区間の課題

- ① PC鋼材定着具の製造中止：使用PC鋼材の選定
→ PC軌道桁断面変更なしで最適材料選定
- ② 桁端部 鋼材が過密配置
→ せん断補強鉄筋増(L2地震対応)
支承载着鉄筋増(L2地震対応)
伸縮装置定着鋼材

■ 3. 軌道桁構造の検討

◇ PC軌道桁

目的：PC鋼材の選定、桁端部の過密構造改良

営業線採用鋼材：12φ8(マルチ鋼線) 6～12本配置



- ① PC鋼材の選定：シングルストランド、マルチストランドより
コンクリート強度： $\sigma_{ck} = 45\text{N/mm}^2, 60\text{N/mm}^2$
PC鋼材 シングルストランド 1S28.6
 マルチストランド 7S12.7, 12S12.7
- ② 支承载着鉄筋の改良
伸縮装置定着鋼材の改良

■ 3. 軌道桁構造の検討

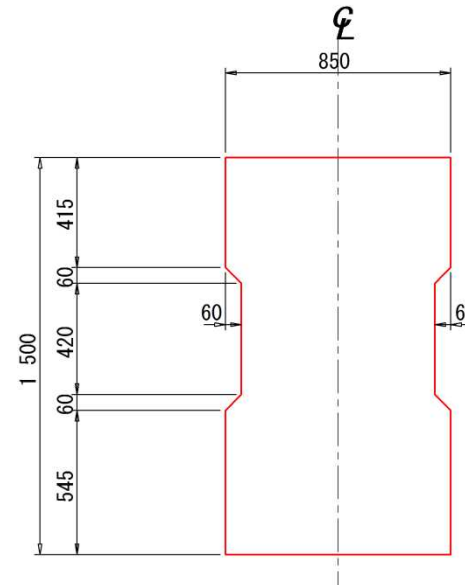
3-1. PC鋼材の選定

前提条件:

項目	諸元 (数値・図)
橋長	L=22.0m
曲率半径	R=100m

桁幅×桁高：850×1500mm

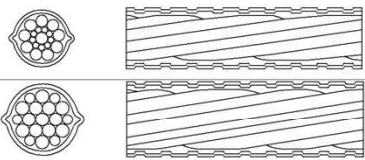
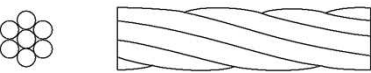
桁断面



■ 3. 軌道桁構造の検討

3-1. PC鋼材の選定

検討条件：伸縮装置（既往）と定着具が干渉しないPC鋼材の選定

緊張システム	イメージ PC鋼材	tendon 線径・ 構成	緊張材の 断面積 (mm ²) A	質 緊張材 の量 (kg/m) W	引 張荷 重 (kN) Pu	降 伏点 重 (kN) Py	適 応 性
シングル ストランド		1S17.8	208.4	1.652	387	330	×
		1S19.3	243.7	1.931	451	387	×
		1S21.8	312.9	2.482	573	495	×
		1S28.6	532.4	4.229	949	807	○
マルチ Vシステム ストランド		7S12.7	690.97	5.418	1281	1092	○
		12S12.7	1184.52	9.288	2196	1872	○
		12S15.2	1664.4	13.212	3132	2664	×
既往		12φ8	603.24	4.740	947	829	製造中止

3. 軌道桁構造の検討

3-1. PC鋼材の選定

構造検討: PC鋼材本数の試算

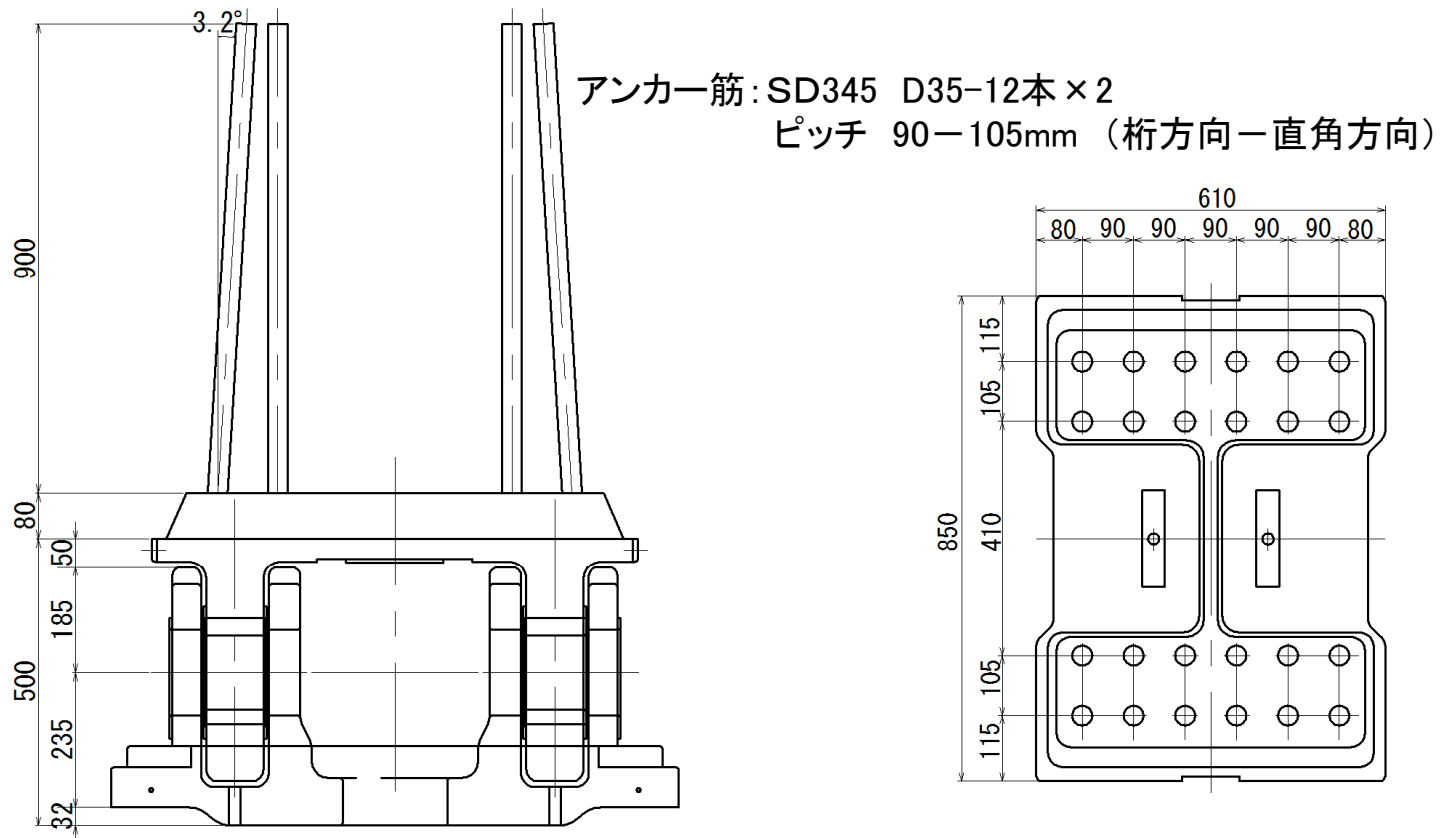
配置検討: 伸縮装置との干渉確認

種別	1S28.6(シングルストランド)	7S12.7(マルチストランド)	12S12.7(マルチストランド)
断面略図	<p>アンカープレートとフィンガープレートアンカーが干渉</p>	<p>アンカープレートとフィンガープレートアンカーが干渉</p>	<p>アンカープレートとフィンガープレートアンカーが干渉</p>
	<p>案内面 (桁上側)</p> <p>安定面 (桁下側)</p>	<p>案内面 (桁上側)</p> <p>安定面 (桁下側)</p>	<p>案内面 (桁上側)</p> <p>安定面 (桁下側)</p>
定着配置	12本配置は困難	10本配置は、可能	6本の配置は支承位置の変更が必要

■ 3. 軌道桁構造の検討

3-2. 桁端部の改良(支承定着鉄筋)

現状構造:ピン・ローラー支承



■ 3. 軌道桁構造の検討

3-2. 桁端部の改良(支承定着鉄筋)

鉄筋種別	公称断面積(mm ²)	ケース1			ケース2		
		本数	総面積(mm ²)	既存鉄筋との比率	本数	総面積(mm ²)	既存鉄筋との比率
D35(既存)	956.6	12	11479.2	1.000	—	—	
D38	1140	10	11400	0.993	12	13680	1.192
D41	1340	8	10720	0.934	10	13400	1.167
D51	2027	5	10135	0.883	6	12162	1.059

ケース1: 既存アンカー筋程度の配置ケース、ケース2: 既存アンカー筋以上の配置ケース

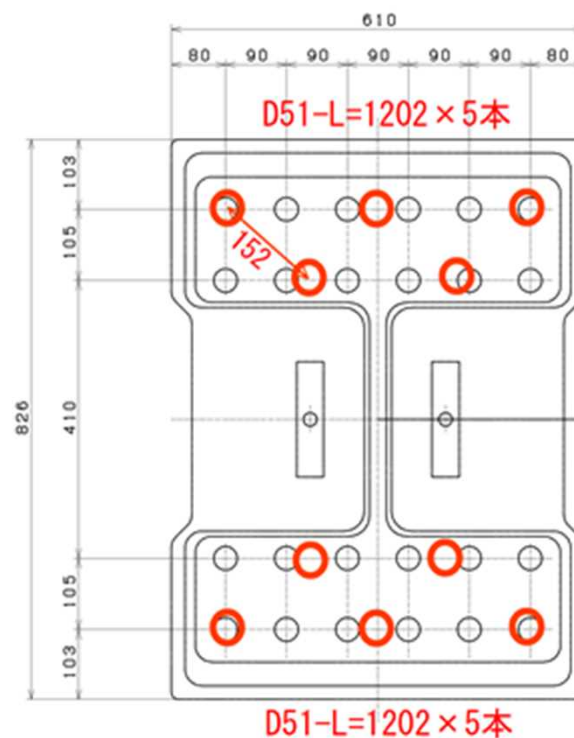
■ 3. 軌道桁構造の検討

3-2. 桁端部の改良(支承定着鉄筋)

目的は、桁端部の鋼材の過密配置を解消する
(コンクリートの品質確保)。

構造検討結果

	単位	計算値	制限値	安全度
アンカー鉄筋	—	D51-5 = 10135 mm ²		—
せん断応力度	N/mm ²	130	< 153	0.850
転倒モーメントによる 必要鉄筋量	mm ²	1327.1	< 2027	0.655
付着応力度	N/mm ²	2.0	< 3.0	0.667



■ 3. 軌道桁構造の検討

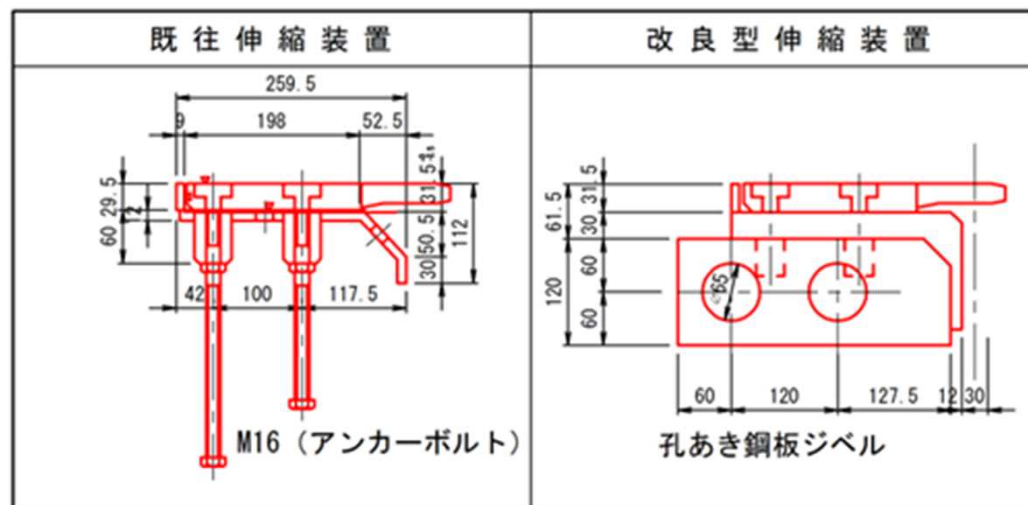
3-2. 桁端部の改良(伸縮装置定着鋼材)

目 的: 桁端部の鋼材の過密配置を解消する(コンクリートの品質確保)。

改訂案: アンカーボルト方式

→ 道路橋伸縮装置で採用されている

孔あき鋼板ジベル方式に変更



■ 3. 軌道桁構造の検討

3-2. 桁端部の改良(伸縮装置定着鋼材)

◇設計条件

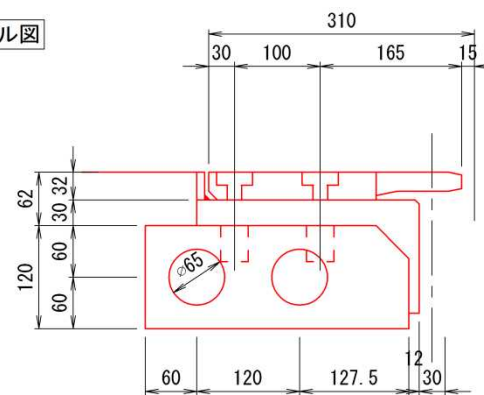
【走行面】

	記号	数 値
軸 重	P	110 kN
タイヤ接地面積	A	545 cm ²
1タイヤ当り 接 地 圧	$\frac{P}{2A}$	10.09 kN/m ² →11.0 kN/m ²
衝撃係数	i	0.40
設計荷重強度	W	15.4 kN/m ²

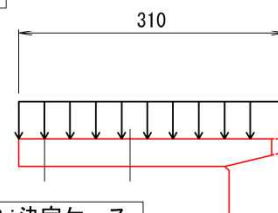
設計荷重は、等分布荷重として作用させる。

◇载荷モデル

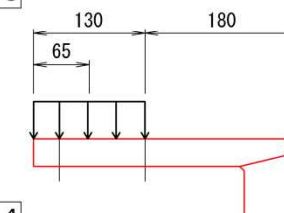
計算モデル図



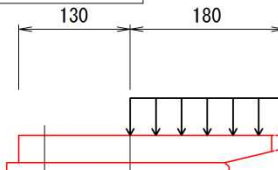
载荷ケース1



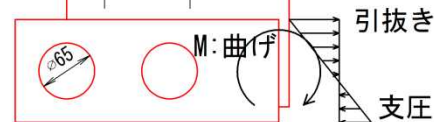
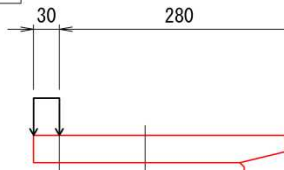
载荷ケース3



载荷ケース2: 決定ケース



载荷ケース4



■ 3. 軌道桁構造の検討

3-2. 桁端部の改良(伸縮装置定着鋼材)

構造検討結果 仕様(寸法)

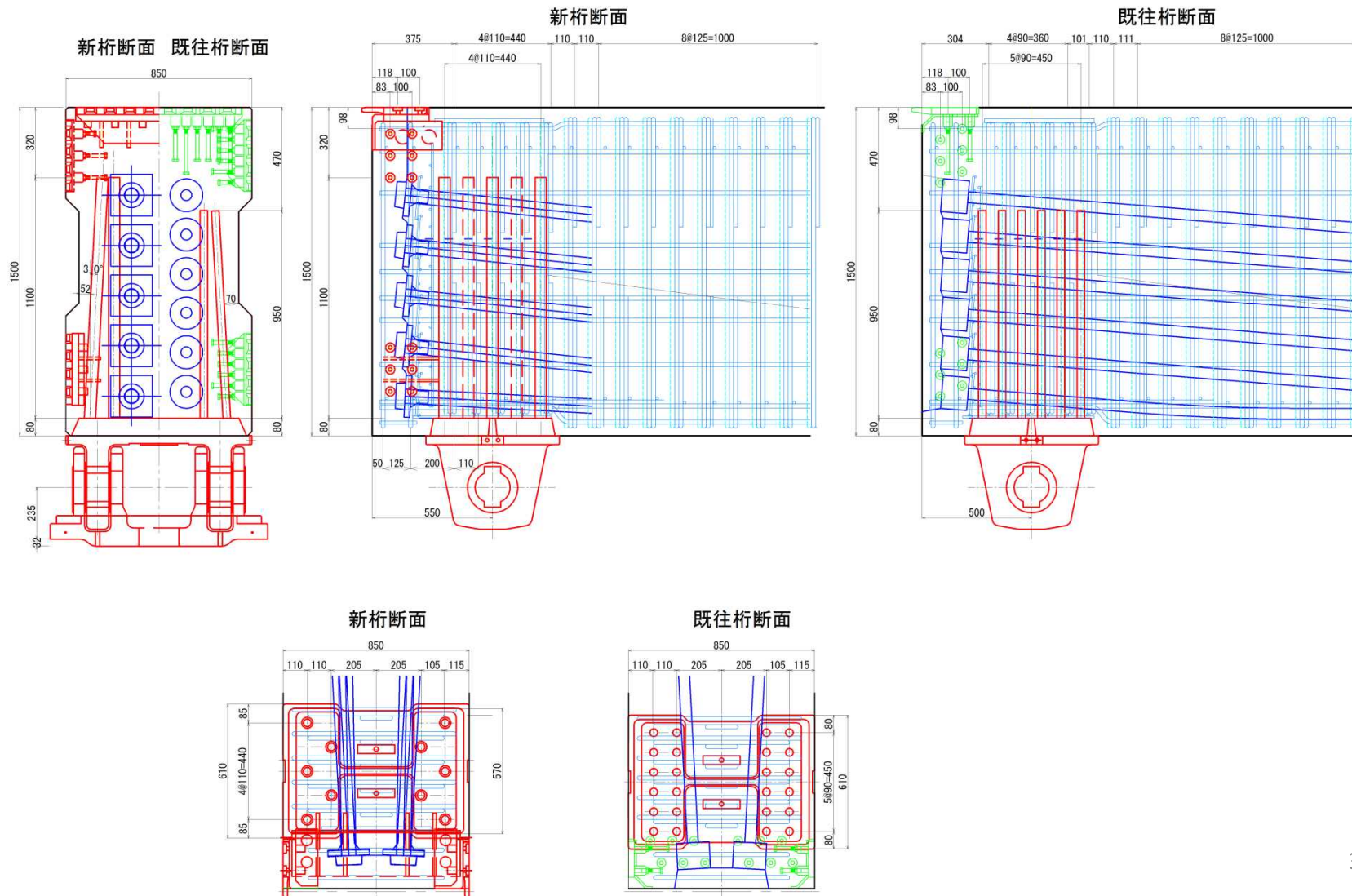
		単位	走行面	側面	備考
鋼板	t	mm	16	12	
	h	mm	120	100	
	材質	—	SM400A	SM400A	
孔径	φ	mm	65	50	
必要孔数		個	2	2	最小

部材照査結果

項目	単位	走行面		側面(安定面)	
		計算値	制限値	計算値	制限値
コンクリート 圧縮応力度	N/mm ²	5.4	< 13.5	5.1	< 13.5
鋼板引張応力度	N/mm ²	107.3	< 140	105.8	< 140
孔引き断面の照査	N/mm ²	109.9	< 140	108.8	< 140
孔あき鋼板ジベル 間隔	mm	96.9	< 120	77.9	< 120
必要孔数	個	0.2	< 2	0.2	< 2

3. 軌道桁構造の検討

3-2. 桁端部の改良(結果)



■ 3. 軌道桁構造の検討

◇ PC軌道桁

目的: PC鋼材の選定、桁端部の過密構造改良

営業線採用鋼材: 12φ8(マルチ鋼線) 6~12本配置



- ① PC鋼材の選定: シングルストランド、マルチストランドより
コンクリート強度: $\sigma_{ck} = 45\text{N/mm}^2, 60\text{N/mm}^2$

PC鋼材	シングルストランド	1S28.6
	マルチストランド	7S12.7, 12S12.7
- ② 支承定着鉄筋の改良
伸縮装置定着鋼材の改良



結果 ⇒ PC鋼材: マルチストランド 7S12.7 採用案
桁端過密構造改良
◇ 支承定着鉄筋: 2x12-D35 → 2x5-D51
◇ 伸縮装置定着鋼材: 孔あき鋼板ジベル

■ 4. 支承構造の検討

◇ 鋼軌道桁用支承の改良

営業線の課題

- ・不具合の発生：可動支承で回転・水平移動用ガイド部位に破損
固定ボルトの破断等

【処置・対応】

損傷の早期把握のため目視点検を毎年実施
損傷部位の補修工事が高価

- ・回転・水平移動用ガイド部位：必要（軌道桁の挙動が不規則）

■ 4. 支承構造の検討

4-1. 鋼軌道桁用支承の不具合

不具合事例

- ・異音の発生
- ・ラック固定ボルトゆるみ
- ・ラック固定ボルト破損
- ・ピニオンの抜け(固定くさびの抜け)
- ・ラック/ピニオンの歯破損

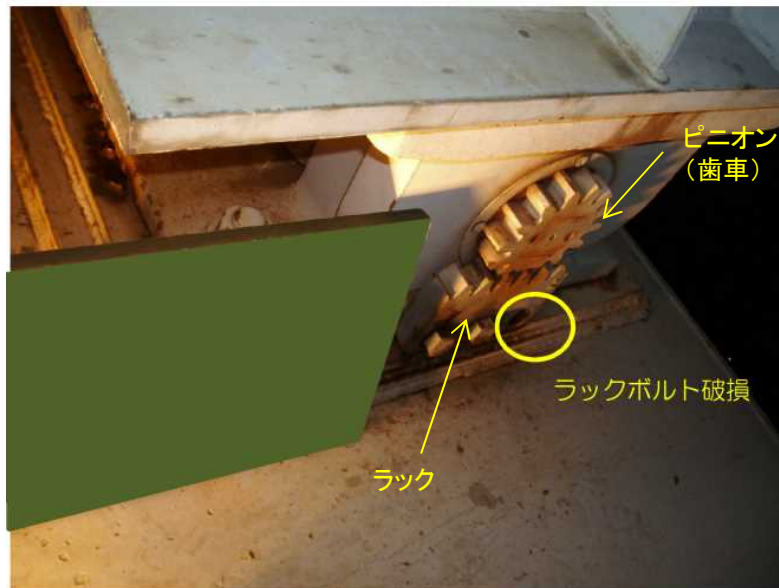


写真-1. ラックボルトの破損例



写真-2. 歯車の破損例

■ 4. 支承構造の検討

◇ 鋼軌道桁用支承

目的: 損傷原因の究明

営業線形式: ピン・ローラー支承



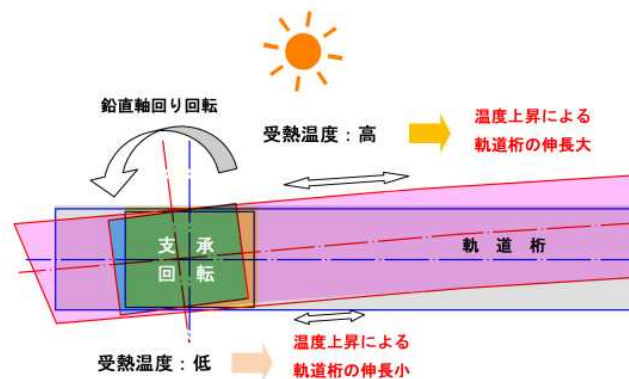
損傷の原因: ① ウェブ毎に受熱温度が異なる変位差
支承部で鉛直軸廻り回転発生
② 支承セット方向と主桁挙動方向の差異

■ 4. 支承構造の検討

4-1. 鋼軌道桁用支承の不具合

不具合の原因(想定)

1. 鋼軌道桁の受熱温度差により
可動支承部に鉛直軸廻り回転発生



→ 特に曲線桁において顕著に発生

抜本的な対策

- ガイドを無くす → 軌道として挙動が不安定となる。(廃案)
- ガイド形式 → 歯車形式をやめる。

↓
新型支承の採用

■ 4. 支承構造の検討

4-2. 鋼軌道桁用支承の改善

新型支承

◆ 要求性能

- ・水平移動が滑らか(低摩擦)
- ・回転移動が滑らか(低摩擦)
- ・上揚力に対抗できる
- ・維持管理が容易
- ・モノレールでの使用実績

◆ 設定性能

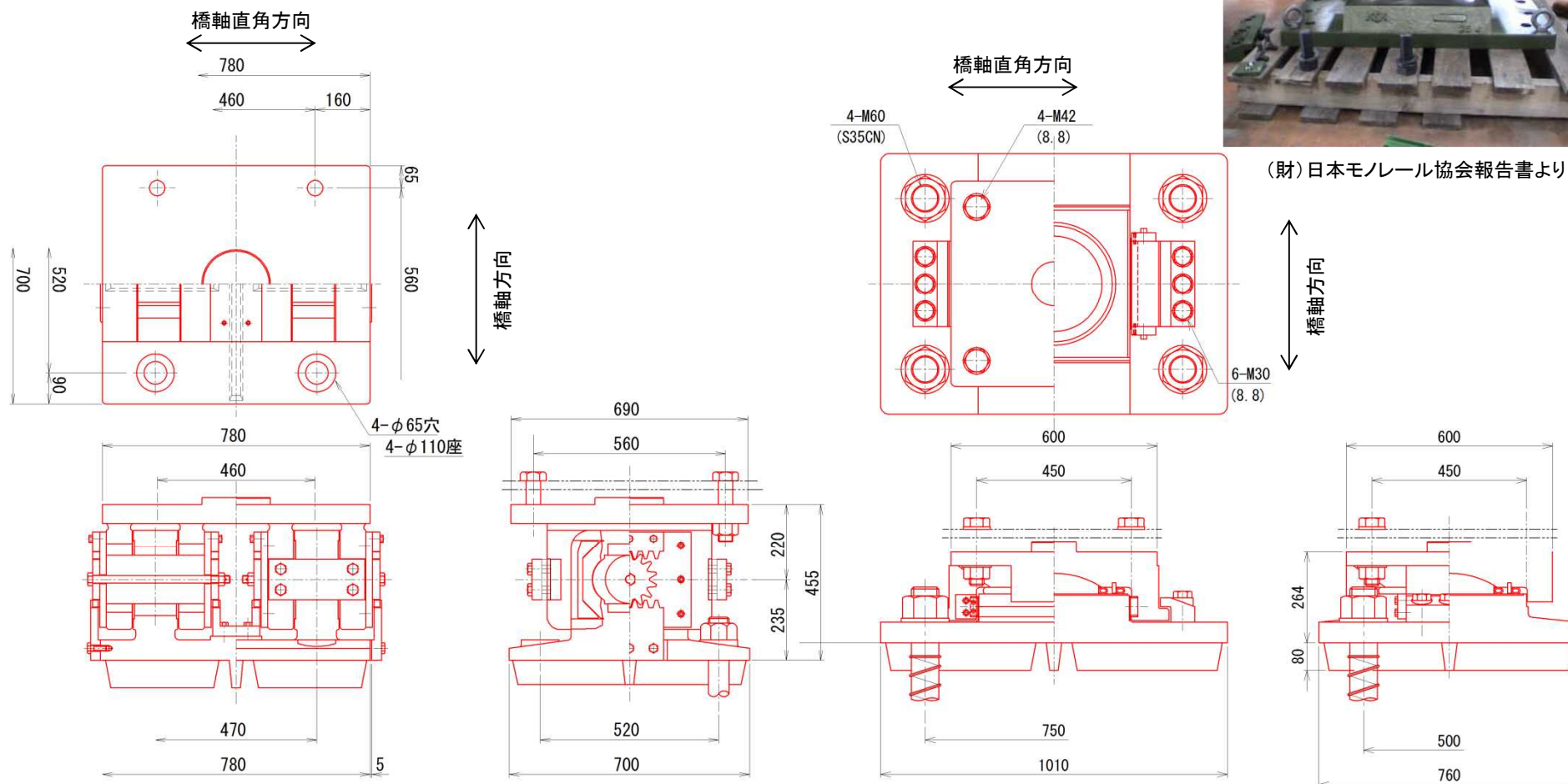
- ・設計摩擦係数 0.15
- ・許容回転角 1/125 rad
- ・移動可能量 ±135 mm

■ 4. 支承構造の検討

4-3. 新型支承の概要(改良支承板支承)



(財)日本モノレール協会報告書より



【ピン・ローラ支承;可動】

【新支承;可動】

■ 4. 支承構造の検討

◇ 鋼軌道桁用支承

目的: 新型支承の採用

営業線形式: ピン・ローラー支承



損傷の原因: ① ウェブ毎に受熱温度が異なる変位差
支承部で鉛直軸廻り回転発生
② 支承セット方向と主桁移動方向の差異



提 案 : 改良型支承板支承

採用実績あり(東京モノレール、沖縄モノ延伸部導入)

上揚力抵抗あり、ガイド機構が単純