

<追加説明資料>

鋼軌道桁用支承について

大阪府

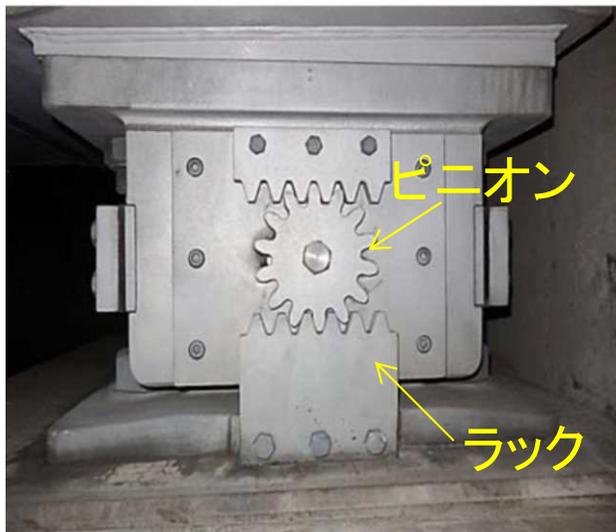
鋼軌道桁用支承について

課題

営業線の鋼軌道桁用支承（ピン・ローラー）のうち、一部に不具合が発生していた。このため、延伸区間では、支承形式の見直しを行う。

不具合の発生要因

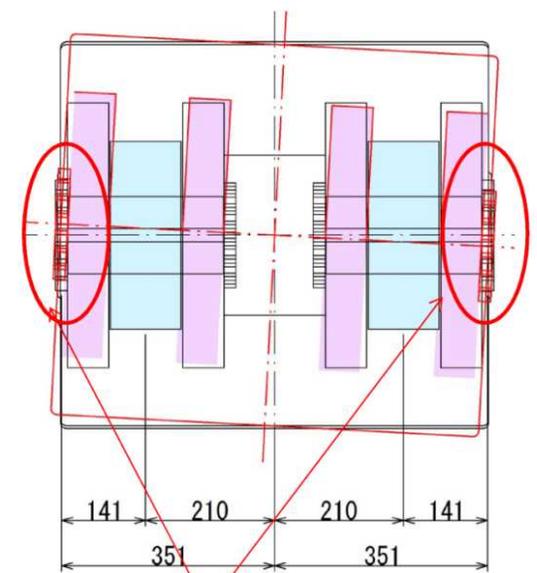
ピン・ローラー支承は、鉛直軸回りの回転機能を持たないが、風や温度等による影響で発生した回転により、不具合が発生したものとする。



正常時（可動支承）



損傷例



ラック、ピニオンが片当たりする。

鋼軌道桁用支承について

支承形式の選定

支承形式について比較検討を行い、特に鉛直軸回りの回転機能を有する支承を選定した。

支承形式の比較表

支承タイプ	水平移動		回転			抽出結果
	橋軸方向	橋軸直角方向	橋軸方向回り	橋軸直角方向回り	鉛直軸回り	
ピン・ローラー支承	○ 可動	× 拘束	× 拘束	○ 可動	× 拘束	○※
線支承	○ 可動	× 拘束	× 拘束	○ 可動	× 拘束	×
支承板支承	○ 可動	× 拘束	○ 可動	○ 可動	△ 条件付き追随	○
ローラー支承	○ 可動	× 拘束	× 拘束	○ 可動	× 拘束	×
ゴム支承	○ 可動	× 拘束, (○可動可)	○ 可動	○ 可動	△ 条件付き追随	○

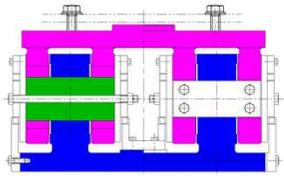
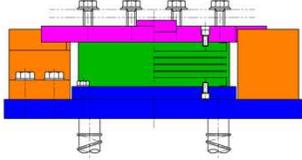
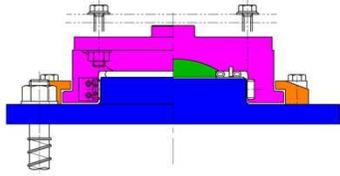
以上より、比較する支承形式は、次のとおりとした。

- ①ピンローラ支承
- ②支承板支承
- ③ゴム支承

この中から、最適な支承形式を選定する。

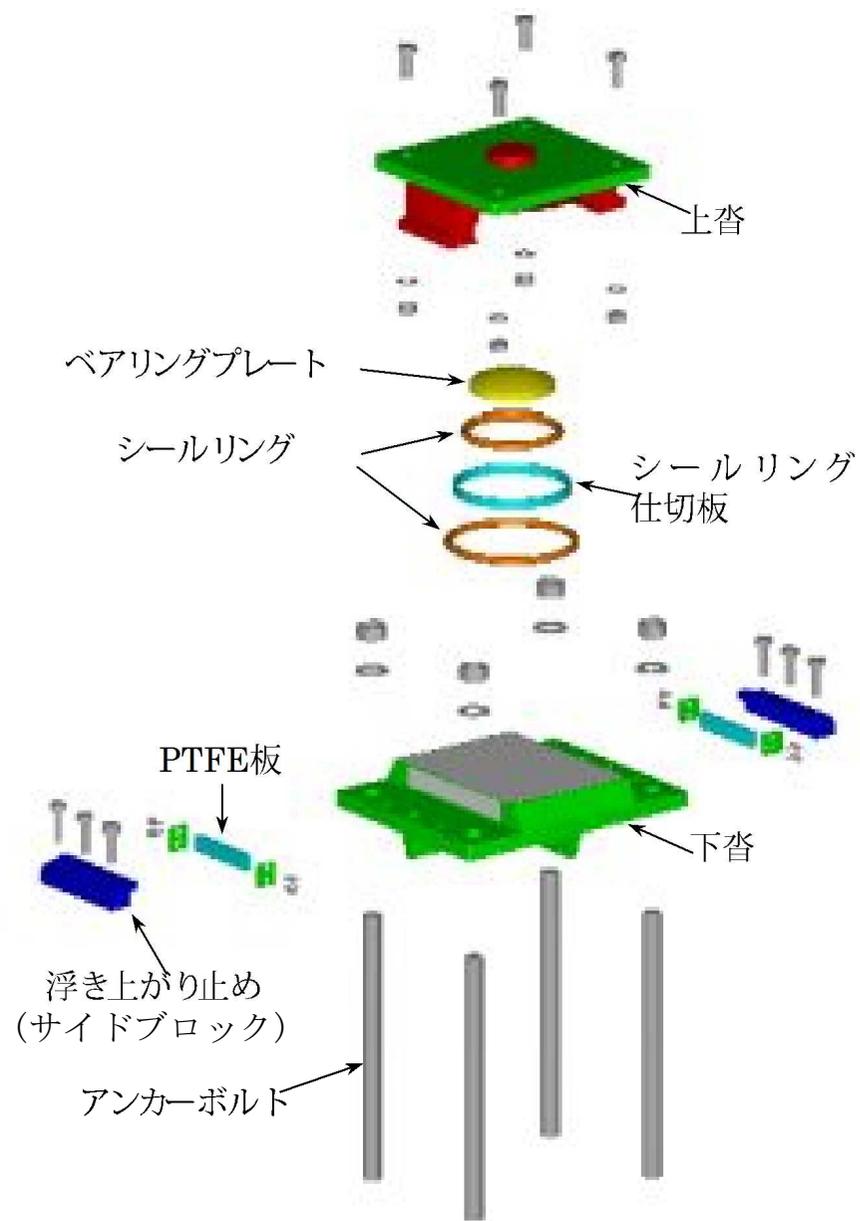
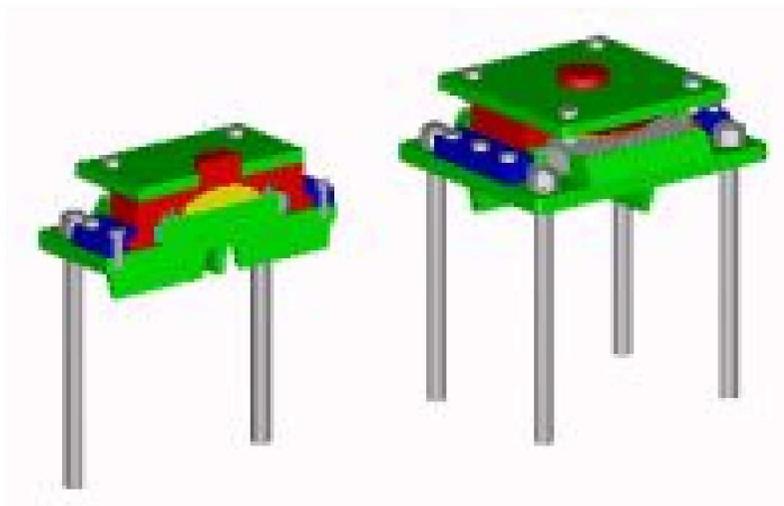
支承形式の選定

支承形式について、採用実績・不具合の発生・コスト等を比較した結果を下表のとおり、まとめた。この結果、支承板支承を採用することとした。

	ピン・ローラー支承	ゴム支承	支承板支承
支承構造			
採用実績	大阪モノレール営業線や他の都市モノレールで採用実績あり。 ◎	大阪モノレールや沖縄モノレールの車庫内の軌道で試験的使用実績あり。 △	東京モノレールや沖縄モノレール延伸区間（建設中）で採用実績あり。 ○
不具合	大阪モノレール営業線の一部の支承においてロック、ピニオン部の破損、ゆるみ等が発生。 △	支承定着アンカーボルトのゆるみが発生。 ×	これまで、東京モノレールでの不具合の発生はない。 ※東京モノレールへのヒアリング結果。 ○
コスト面	他の支承形式に比べ大型であり、また部品点数が多く、かなり高価。 △	鋼製部材、部品点数が少ないためピン・ローラー支承より安価。 ○	ピン・ローラー支承より、かなり安価。 ○
上揚力への対応	ピン・ローラにより上沓と下沓を固定する。構造部材で支持する形式。 ○	上揚力対応は、ゴム支圧力を確保できなくなるため困難。 ×	上揚力対応は、支点位置の変更、付加鉛直力による対応、サイドブロックでの対応が可能。 ○
耐震性	交換が困難なピン、ローラーが主要部品であるため復旧性に劣る。 △	交換可能なサイドブロック周りであるため、損傷後の復旧性に優れる。 ○	交換可能なサイドブロック周りであるため、損傷後の復旧性に優れる。 ○
維持管理性	部品数が多く、保管品が多い。ピン、ローラーの交換が困難。 △	オゾン劣化等の発生しやすい。ゴム本体の交換は困難。 △	各部品の交換が可能。すべり面の防塵対策必要。 ○
判定	不具合原因の解消困難	不具合原因の解消困難	採用 実績もあり、不具合の発生なし。

支承板支承の照査

支承板支承 等角投影図



可動支承の3次元表示

支承板支承の照査

支承板支承の回転機能（鉛直軸回り）の照査

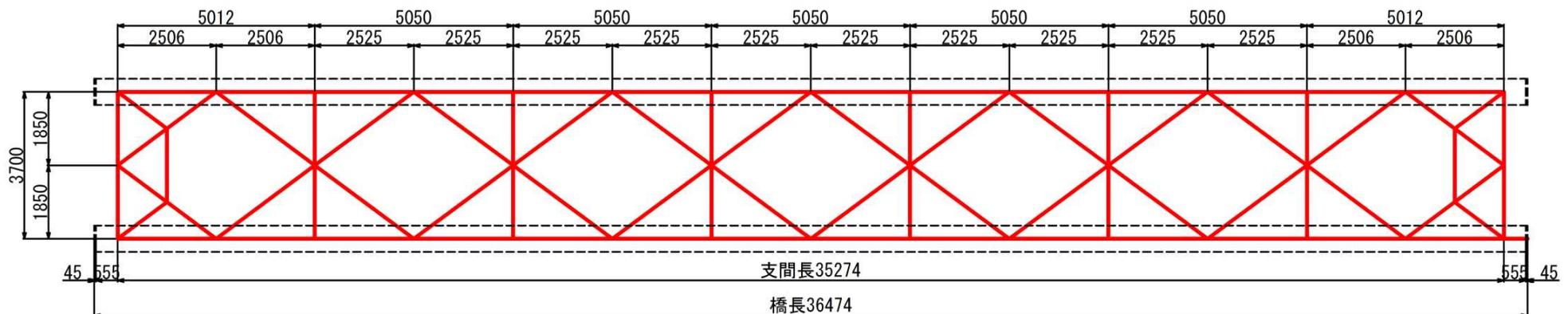
支承板支承について、鉛直軸回りの回転への追従性はあるのか、検証を行った。まず、鉛直軸回りの回転の発生要因となる作用（荷重）について、下表のとおり、まとめた。

作用		主な作用方向			発生要因
荷重	細目	鉛直方向	橋軸方向	橋軸直角方向	
死荷重 (D)		○			作用方向が異なるため要因外とする。
活荷重 (L)		○			作用方向が異なるため要因外とする。
衝撃の影響 (I)		○			作用方向が異なるため要因外とする。
遠心荷重 (CF)				○	直線桁での発生もあり要因外
風荷重 (W)	死荷重時 (WS)			○	要因の可能性あり
	活荷重時 (WL)			○	要因の可能性あり
温度変化の影響 (TH)		○	○	○	要因の可能性あり
地震の影響 (EQ)		○	○	○	要因の可能性あり
制動荷重及び始動荷重 (BK)	制動荷重 (BK1)		○		作用方向が異なるため要因外とする。
	始動荷重 (BK2)		○		作用方向が異なるため要因外とする。
車両横荷重 (LF)				○	要因の可能性あり

支承板支承の照査

支承板支承の回転機能（鉛直軸回り）の照査

回転（鉛直軸回り）の発生要因と想定する作用（荷重）で、過去に支承挙動計測データがあり、また、延伸区間と同じ南北方向で日照条件が同等と考えられる山麓線橋を対象とし、回転角を算定した。

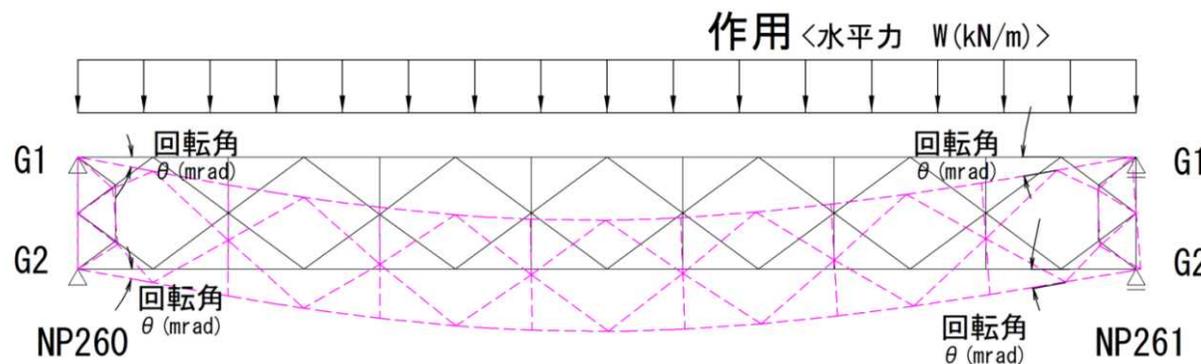


平面骨組図

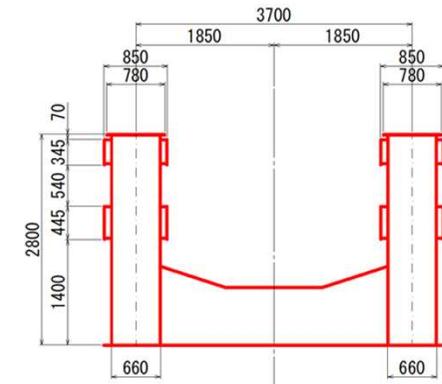
支承板支承の照査

支承板支承の回転機能（鉛直軸回り）の照査

試算した結果、想定される作用による回転角（鉛直軸回り）は、 1.0 mrad [L 2 地震時（列車あり）] となった。



載荷作用と回転角算定略図



桁断面図

表 作用の特性値

作用	細目	特性値
風荷重 (W)	桁	風上側 $W11=8.40\text{kN/m}$
		風下側 $W12=4.20\text{kN/m}$
	列車	風上側 $W21=6.55\text{kN/m}$
		風下側 $W22=1.40\text{kN/m}$
温度変化の影響 (TH)	桁 橋軸方向	$TH=\pm 10^\circ\text{C}$
地震の影響 (EQ)	桁	$EQ1=3.93 \text{ kN/m}$
	列車	$EQ2=22.50 \text{ kN/m}$
地震の影響 (EQ)	桁	$EQ1=14.13 \text{ kN/m}$
	列車	$EQ2=81.00 \text{ kN/m}$
制動荷重及び始動荷重 (BK)	橋軸方向	$BK=16.50 \text{ kN/m}$
車両横荷重 (LF)	列車	$LF=27.50 \text{ kN/m}$

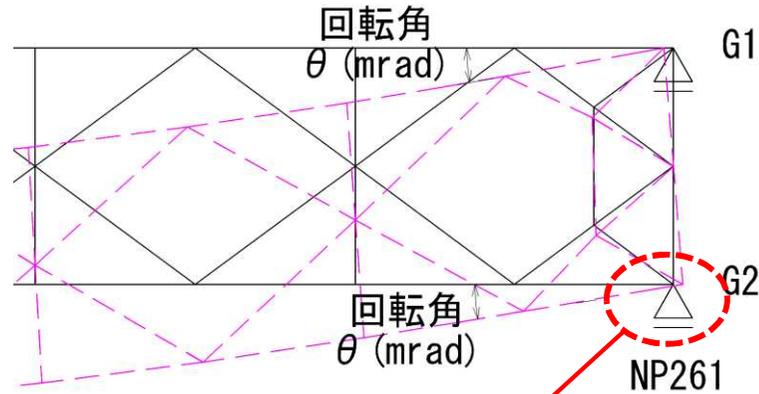
【試算結果】

- 風荷重（列車なし） : $\theta=0.204\text{mrad}$
- L 1 地震時（列車あり） : $\theta=0.207\text{mrad}$
- L 2 地震時（列車なし） : $\theta=0.476\text{mrad}$
- L 2 地震時（列車あり） : $\theta=0.922\text{mrad}$

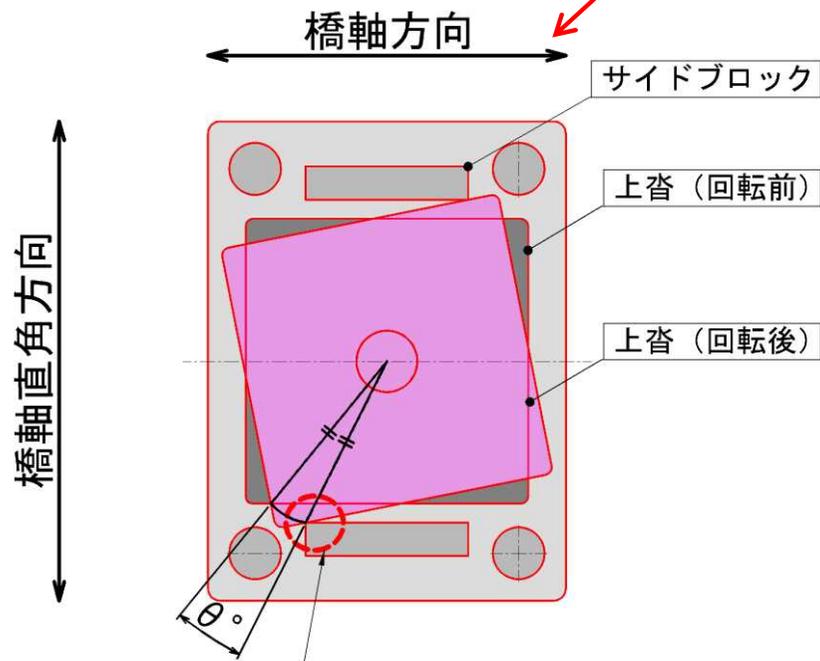
想定される作用による回転角
 $\theta \doteq 1.0 \text{ mrad}$

支承板支承の照査

支承板支承の許容回転角の算定



$$\theta_a = \theta^\circ \times \pi / 180 \text{ [mrad]}$$



沓が鉛直軸回りに回転し、サイドブロックと干渉する。

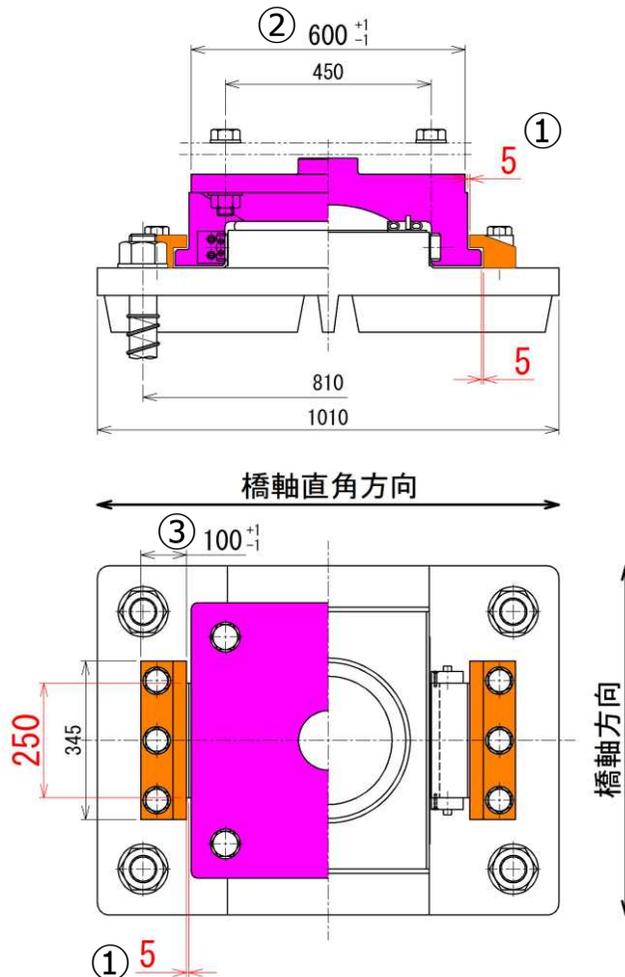
許容回転角一覧

上沓-サイドブロック隙間 (mm)	θ (°) [CAD計測値]	θ_a (mrad)
3	1.41806	24.74
2	0.93545	16.32
1	0.46312	8.08

支承板支承の照査

支承板支承の回転機能（鉛直軸回り）の照査

支承板支承の許容回転角（鉛直軸回り）は構造上、 $\theta a = 24.74 \text{ mrad}$ であり、想定される作用による回転角 $\theta = 1.0 \text{ mrad}$ より大きいいため、鉛直軸回りの回転機能を有しているものとする。



【許容回転角（鉛直軸回り）の算定】

- ①上沓とサイドブロックとの隙間 5mm
- ②上沓の製作誤差 1mm
- ③サイドブロックの製作誤差 1mm

⇒ 鉛直軸回りの回転に使用できる隙間は、3mm。
これを回転角に置き換えると $\theta a = 24.74 \text{ (mrad)}$ となる。

サイドブロック長 B (mm)	製作許容隙間量 WW (mm)	許容回転角 a (mrad)	算定上の所要回転角 C (mrad)	判定 C/a
250	3	24.74	1.0	0.040 < 1.0 OK