

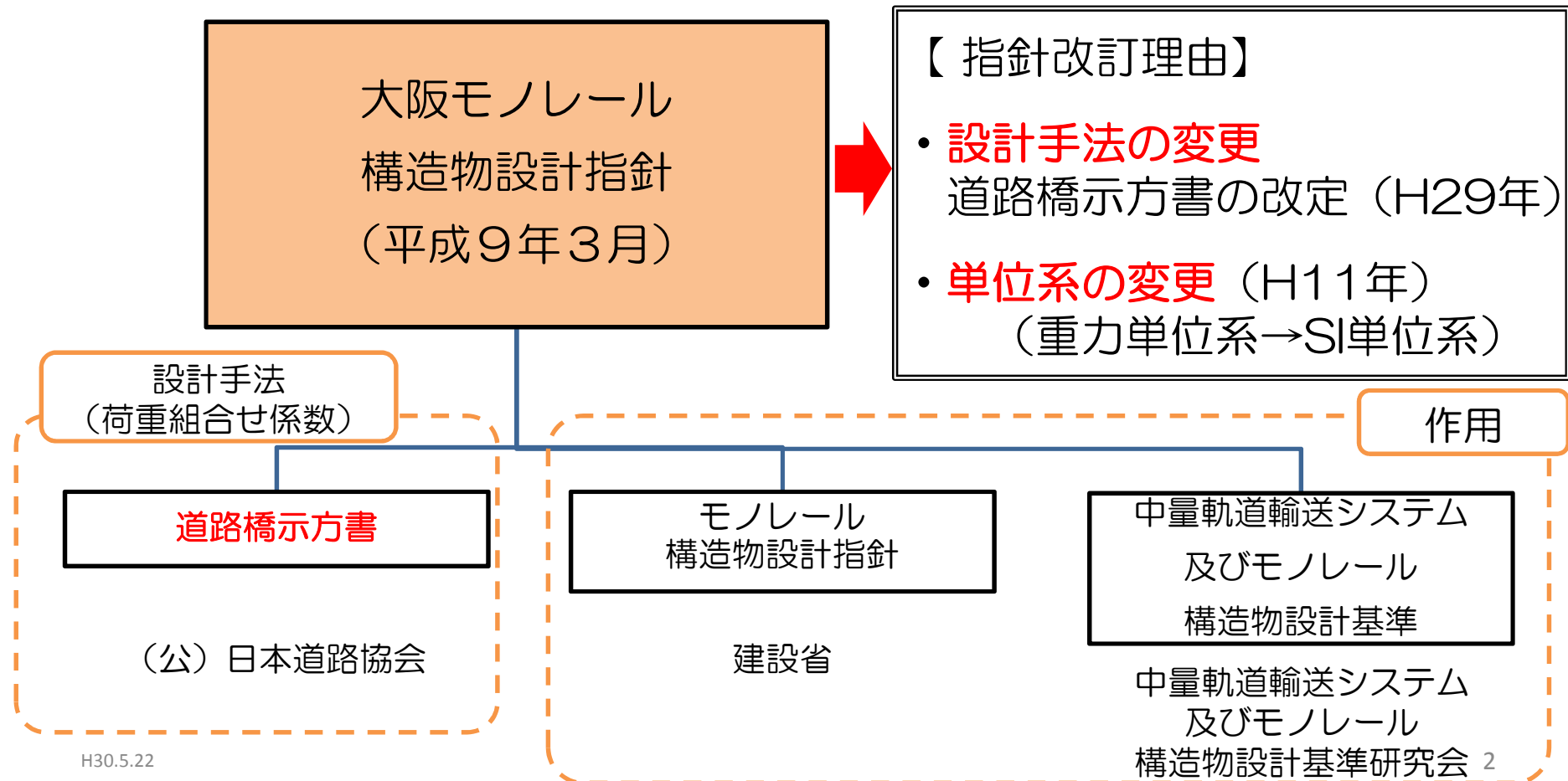
大阪モノレール構造物設計指針の改定（案）について

1. 道示と指針の変更点の整理 ……P. 2
2. 活荷重に関する係数について ……P. 4
3. 風荷重について ……P. 5
4. 地震時の残留変位の制限値について ……P. 8

大阪府

1. 道示と指針の変更点の整理

- 「大阪モノレール構造物設計指針」は道路橋示方書、モノレール構造物設計指針、中量軌道輸送システム及びモノレール構造物設計基準等に準拠し作成され、**設計手法・作用(荷重)**を規定している。
- 平成29年7月21日に国交省より道路橋示方書の改訂が通知されたことにより、「大阪モノレール構造物設計指針」を改定する必要性が生じた。



1. 道示と指針の変更点の整理

<第3回資料再掲>

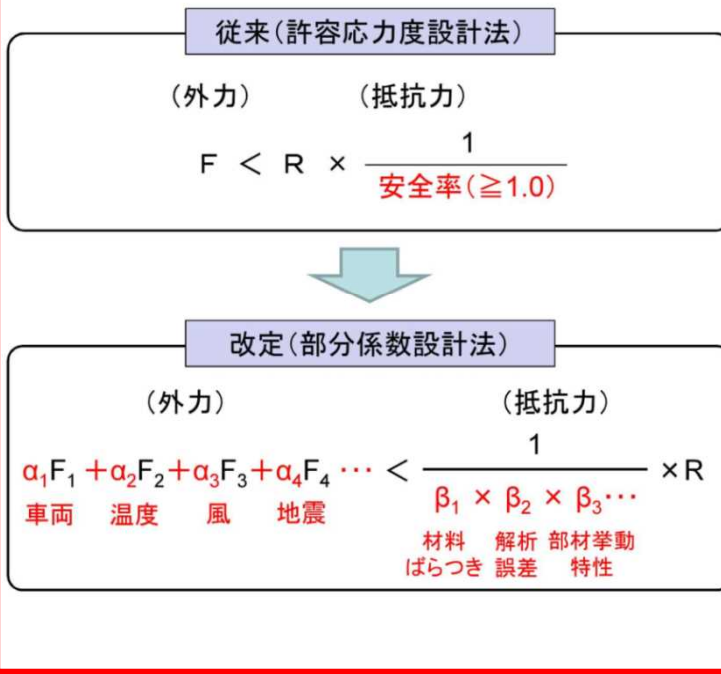
① 多様な構造や新材料に対応する設計手法の導入

- 国土交通省では平成28年を「生産性革命元年」と位置づけており、建設及び維持管理コストを削減する多様な構造や新材料の開発が期待されている。
- 必要な橋の性能を確保しつつ、多様な構造や新材料の導入促進を図るため、諸外国でも運用実績を積んできている設計手法を導入。

設計手法

■ 部分係数設計法の導入

外力、抵抗力それぞれに対して、安全率を要因毎に細分化して設定することで、安全性が向上するとともに、きめ細やかな設計が可能となり、構造の合理化によるコスト縮減が期待される。



性能

■ 限界状態設計法の導入

大地震や様々な荷重に対して橋の限界状態(1~3)を定義し、複数の限界状態に対して安全性や機能を確保することで、橋に求める共通的な性能が明確となり、多様な構造や新材料の導入が可能となる。

橋の限界状態

| | |
|---------|---|
| 橋の限界状態1 | 橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない限界の状態 |
| 橋の限界状態2 | 部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としての荷重を支持する能力に及ぼす影響は限定的であり、荷重を支持する能力があらかじめ想定する範囲にある限界の状態 |
| 橋の限界状態3 | これを超えると構造安全性が失われる限界の状態 |

荷重と橋の限界状態の関係

| | |
|----------------------------------|--|
| 通常作用する荷重 (自重、自動車荷重、温度や風の影響など) | 橋の限界状態1 かつ 橋の限界状態3 に対して安全性を確保 |
| 減多に作用しない荷重 (大地震) | 橋の限界状態2 かつ 橋の限界状態3 に対して安全性を確保 |

2. 活荷重に関する係数について

モノレール主構造は、道路構造物として位置付けし、設計するため、設計指針の改訂では、道路橋示方書の設計手法を採用し、作用・制限値に考慮する係数は道路橋示方書に準拠する。

〔荷重組合せ係数 γ_p 、荷重係数 γ_q 〕

| 作用の組合せ | | 設計状況 の区分 | 荷重組合せ係数 γ_p と荷重係数 γ_q の値 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------------|--------------|--|------------|------------|------------|------------------|------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | D | | L | | PS, CR, SH | | E, HP, u | | TH | | TF | | SW | | GD SD | | CF BK | | WS | | WL | | WP | | EQ | | CO | |
| | | | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q | γ_p | γ_q |
| ① | D | 永続作用 支配状況 | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| ② | D+L | 変動作用 支配状況 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| ③ | D+TH | | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| ④ | D+TH+WS | | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | 0.75 | 1.25 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| ⑤ | D+L+TH | | 1.00 | 1.05 | 0.95 | 1.25 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | |
| ⑥ | D+L+WS+ WL | | 1.00 | 1.05 | 0.95 | 1.25 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.25 | 0.50 | 1.25 | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| ⑦ | D+L+TH+W S+WL | | 1.00 | 1.05 | 0.95 | 1.25 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.25 | 0.50 | 1.25 | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| ⑧ | D+WS | | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.25 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| ⑨ | D+TH+EQ | | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | - | - |
| ⑩ | D+EQ | | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | - |
| ⑪ | D+EQ | | 偶発作用 支配状況 | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | - | - | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | - |
| ⑫ | D+CO | 1.00 | 1.05 | - | - | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 | - | - | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | |

3. 風荷重について

<風速の考え方>

- 【構造物（駅舎・軌道桁）に作用する風荷重】・・・前回審議内容と同様
- ・道路橋示方書に準拠し、設計基準風速40m/sとして算出する。

【車両載荷状態の軌道桁及び車両に作用する風荷重】

- ・前回審議会では営業線の観測結果を基に設計基準風速を35m/sとして設計する方針であった。
- ・審議会より観測結果の確実性に関し、意見が出されたため、再考した。

[結果]

- ・モノレール構造物設計指針に準拠し、
風上側部材に対して1.0kN/m²
風下側部材に対して0.5kN/m²

⇒ 1. で述べたモノレール構造物設計指針における設計手法と作用の関連性を再考し、モノレール車両に作用する風荷重についてはモノレール構造物設計指針に準拠することとした。

新旧対比表 P16 / 17抜粋

改訂案

現行

3-2. 7 風荷重 (W)

構造物及びモノレール車両に作用する風荷重（設計基準風速 $V_0=40\text{m/s}$ ）は、次のとおりとする。

(1) 軌道構造物（停留場を除く）に負載する風荷重

1) 活荷重を負載しないときの風荷重 (WS)

風上側構造物の有効鉛直投影面積に対して 風上側部材 $3.0 (V_0/40)^2 \text{ kN/m}^2$

風下側構造物の有効鉛直投影面積に対して 風下側部材 $1.5 (V_0/40)^2 \text{ kN/m}^2$

2) 活荷重を負載するときの風荷重 (WL)

風上側モノレール車両及び構造物の有効鉛直投影面積に対して

風上側部材 1.0 kN/m^2

風下側構造物の有効鉛直投影面積に対して 風下側部材 0.5 kN/m^2

ただし、モノレール車両と重なる構造物の鉛直投影面に対しては、風荷重を考慮しないものとする。

部材の断面形状が円形である場合は、その部材に限り風荷重の大きさは、上記の値を $1/2$ としてよいものとする。ただし、風下側の部材に対しても風上側の風荷重が作用するものとする。

(2) 停留場部に負載する風荷重

1) 活荷重を負載しないときの風荷重 (WS)

風上側構造物の垂直投影面積に対して 風上側部材 $3.0 (V_0/40)^2 \text{ kN/m}^2$

風下側構造物の垂直投影面積に対して 風下側部材 $1.5 (V_0/40)^2 \text{ kN/m}^2$

停留場の上屋に作用する風荷重は、「建築基準法」に基づいて算出し、これを負載する。

2) 活荷重を負載するときの風荷重 (WL)

風上側構造物の垂直投影面積に対して 風上側部材 $3.0 (V_0/40)^2 \text{ kN/m}^2$

風下側構造物の垂直投影面積に対して 風下側部材 $1.5 (V_0/40)^2 \text{ kN/m}^2$

停留場の上屋に作用する風荷重は、「建築基準法」に基づいて算出し、これを負載する。

3) 暴風時、モノレール車両が避難する停留場においては空車荷重を負載し、(2) 1) 項の風荷重を負担する。

4) 上記に依り難い場合（分岐桁のように床版を有する構造物等）、道路橋示方書 I 共通編 8.17 による。

2-8 風荷重 (W)

構造物及びモノレール車両に作用する風荷重は、次のとおりとする。

(1) 軌道構造物（停留場部を除く）に負載する風荷重

活荷重を負載しないときの風荷重 (W_1)

風上側構造物の有効鉛直投影面積に対して 300 kg f/m^2

風下側構造物の有効鉛直投影面積に対して 150 kg f/m^2

活荷重を負載するときの風荷重 (W_2)

風上側モノレール車両及び構造物の有効鉛直投影面積に対して

100 kg f/m^2

風下側構造物の有効鉛直投影面積に対して 50 kg f/m^2

ただし、モノレール車両と重なる構造物の鉛直投影面に対しては、風荷重を考慮しないものとする。

部材の断面形状が円形である場合は、その部材に限り風荷重の大きさは、上記の値を $1/2$ としてよいものとする。ただし、風下側の部材に対しても風上側の風荷重が作用するものとする。

(2) 停留場部に負載する風荷重

1) 活荷重を負載しないときの風荷重 (W_1)

風上側構造物の垂直投影面積に対して 300 kg f/m^2

風下側構造物の垂直投影面積に対して 150 kg f/m^2

停留場の上屋に作用する風荷重は、「建築基準法」に基づいて算出し、これを負載する。

2) 活荷重を負載するときの風荷重 (W_2)

風上側構造物の垂直投影面積に対して 100 kg f/m^2

風下側構造物の垂直投影面積に対して 50 kg f/m^2

停留場の上屋に作用する風荷重は、「建築基準法」に基づいて算出し、これを負載する。

3) 暴風時、モノレール車両が非難する停留場においては空車荷重を負載し、(2) 1) 項の風荷重を負担するものとする。

4) 上記に依り難い場合（分岐桁のように床版を有する構造物等）、「道路橋示方書 I 共通編」の 2.1.10 によるものとする。

3. 風荷重について

< PC軌道桁試設計結果 >

条件：

- ①道路橋示方書（平成29年12月）に準拠（作用組合せ係数）
- ②モノレール構造物設計基準に準拠（風荷重1.0kN/m²）とする。
- ③線形への適用曲率半径 R=100m以上 とする。

曲げの検討結果によるPC軌道桁の標準仕様（案）

| | | 延伸線 | |
|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| コンクリートの設計基準強度 | | 45 N/mm ² | 60 N/mm ² |
| 曲線による橋長 | L=22m | R=∞ ~ R=500 | R=∞ ~ R=100 |
| | L=20m | R=∞ ~ R=100 | R=∞ ~ R=100 |

4. 地震時の残留変位の制限値について

<作用（地震の影響）に対する設計照査項目（地震の影響に対する構造物の制限値）>

| 設計基準 | 規定制定の方針 | 照査項目 | L1 | L2 |
|--------------------|---------|-------|-----------|----------------------|
| 大阪モノレール 構造物設計指針 | 昭和57年3月 | 基礎の変位 | 4/1000rad | 作用規定なし |
| | 昭和62年1月 | | 4/1000rad | 作用規定なし |
| | 平成2年4月 | | 4/1000rad | 作用規定なし |
| | 平成9年3月 | | --- | 7/1000rad +70(mm) |

4. 地震時の残留変位の制限値について

＜残留変位の制限値＞

偶発作用支配状況においては、耐荷性能2とする。

耐荷性能2は、

偶発作用支配状況において、直後に橋に求められる荷重を支持する能力を速やかに確保できる状態を実現すること。

橋としての荷重を支持する能力の低下が生じているものの、橋として落橋等の致命的ではない状態を実現すること。



1. 支柱の塑性化は、生じているものの落橋等の致命的でない状態を実現すること。
2. L2地震後は、速やかな列車運行を実現させること。



残留変位の制限は、列車運行を実現できる軌道折れ角として $7/1000$ radを採択する。

4. 地震時の残留変位の制限値について

<第3回審議会 性能規定>

橋軸直角方向の“残留変位の制限値”整理

例 着目する橋脚の起終点支間間隔
L1, L2が22mとなるとき
の橋軸直角方向 許容残留変位の算出

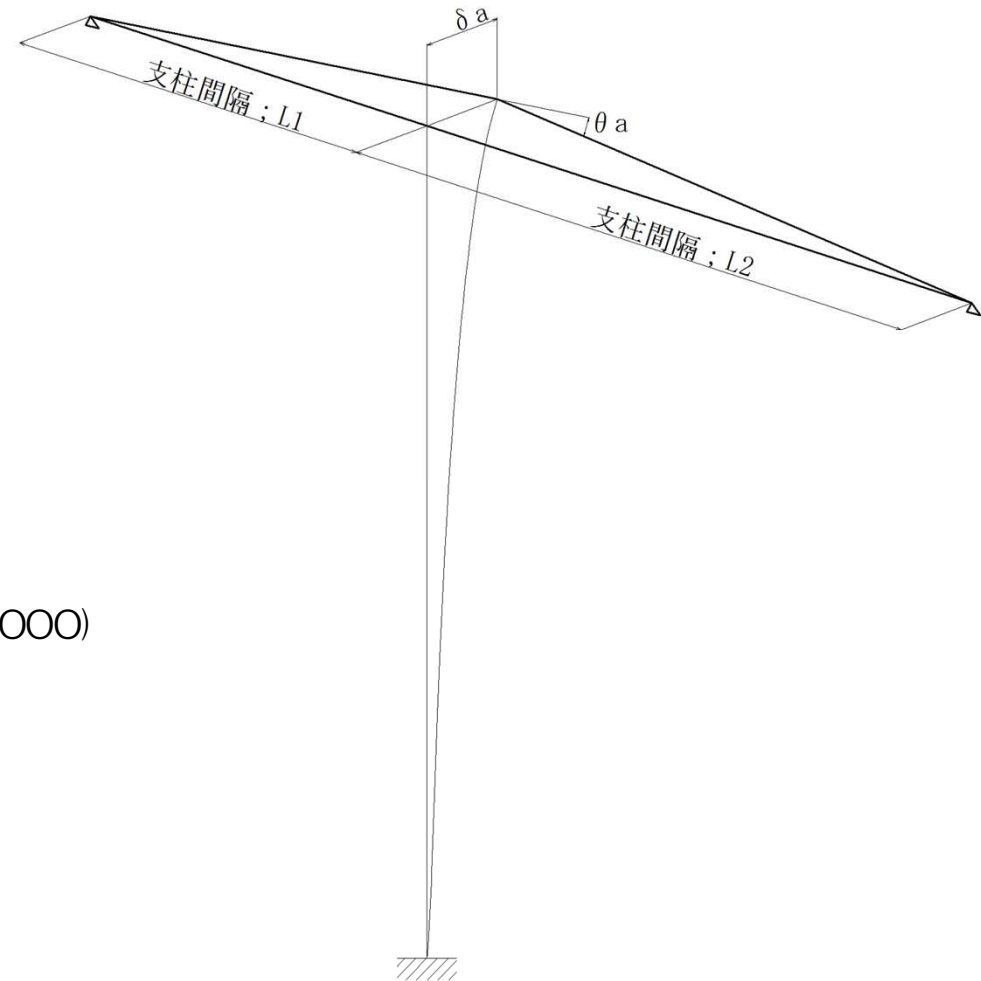
①下部工と下沓の隙間 : 55mm

②軌道据付け公差 : 77mm

$$\begin{aligned} \text{算定式} &: \delta a \\ &= \theta a * L1 * L2 / (L1 + L2) \\ \theta a &: 7/1000(\text{rad}) \\ &= 7/1000 * 22000 * 22000 / (22000 + 22000) \\ &= 77\text{mm} \end{aligned}$$

③橋軸直角方向 残留変位の制限値

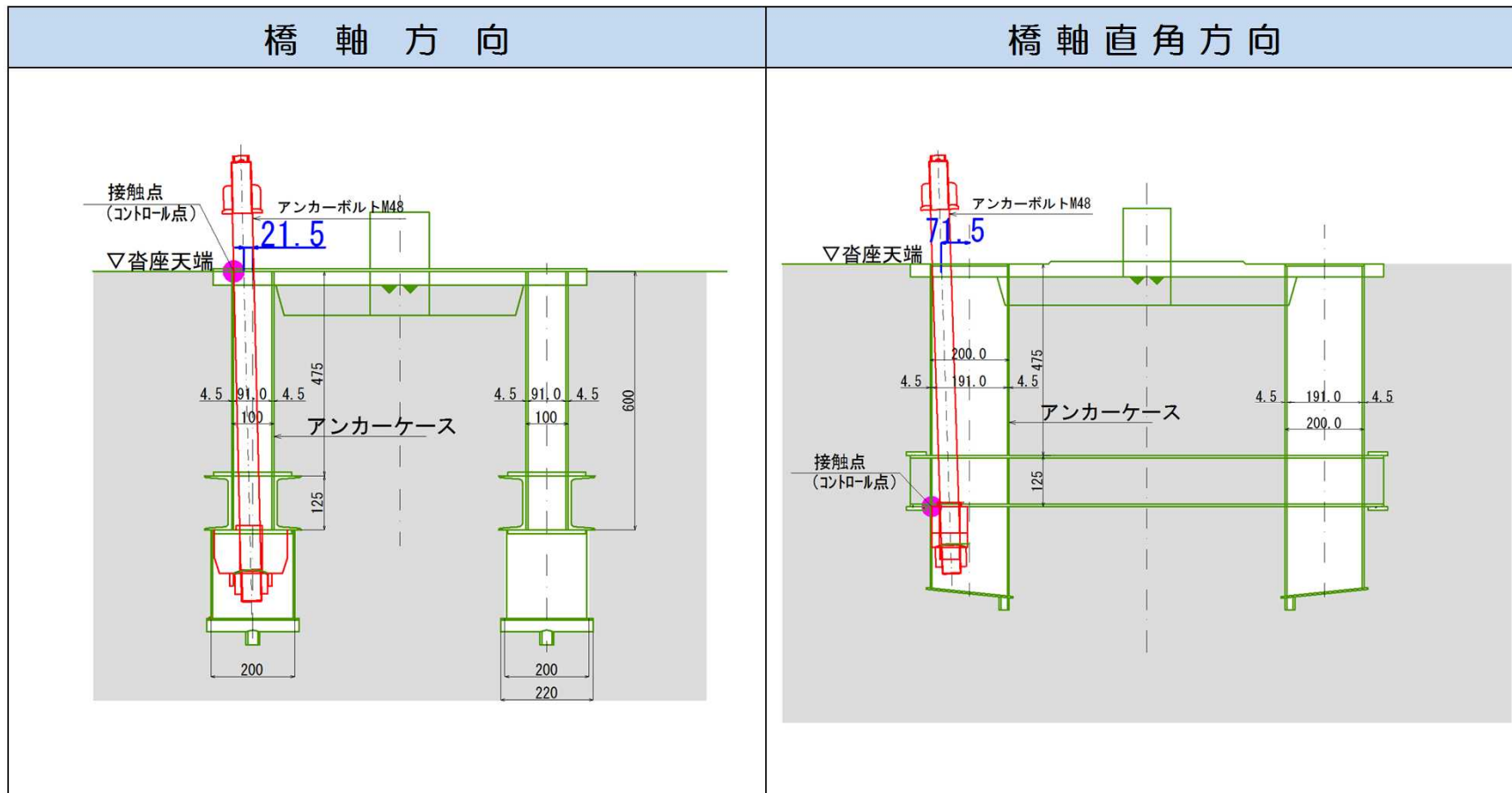
$$\begin{aligned} &① + ② \\ &= 55\text{mm} + 77\text{mm} \\ &= \underline{132\text{mm}} \end{aligned}$$



4. 地震時の残留変位の制限値について

＜現行の指針における橋軸直角方向残留変位の考え方＞

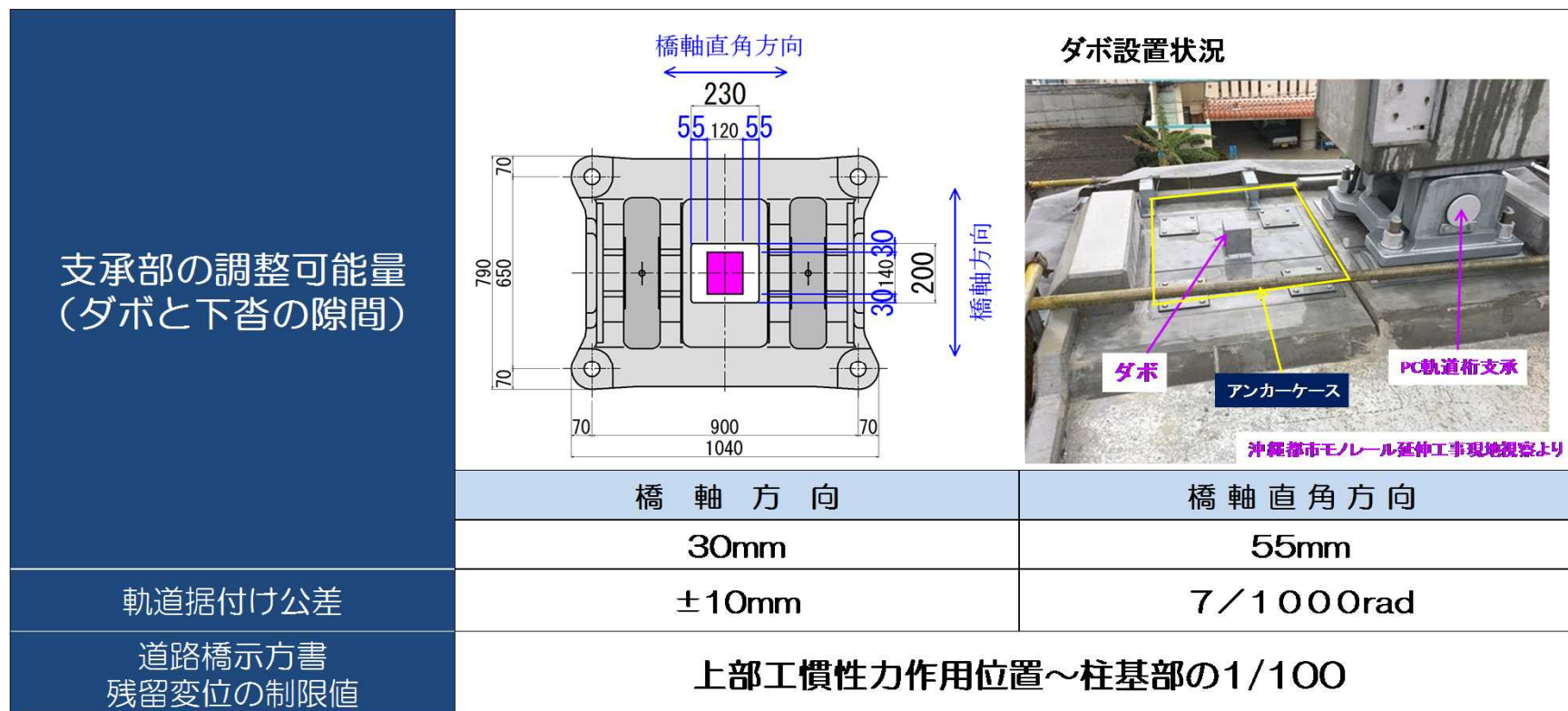
アンカーケース内可能移動量（70mm）に軌道据付け公差（7/1000rad）を加えた値として設定している。



4. 地震時の残留変位の制限値について

＜残留変位の制限値の見直し＞

指針の改訂では、アンカーケース内移動量より接触変位量の小さいダボと下沓の隙間（55mm）を制限値と考え、残留変位の制限値を見直した。



残留変位の制限値は、7/1000rad+55mmとする。