

# D滑走路 棧橋部プレキャスト床版構造の設計 ～ 世界最大規模の床版の計画・設計 ～

JV 工務・設計監理Gr.

南浩郎 輿石正己 南郷健太郎 原田慎 前田利光

## ◆ 棧橋部の規模・諸条件

約1,085m

約525m

### 施工条件

- ・ 短工期
- ・ 海上施工

### 要求性能

- ・ 100年間の設計供用期間  
→ 長期耐久性・疲労耐久性の確保

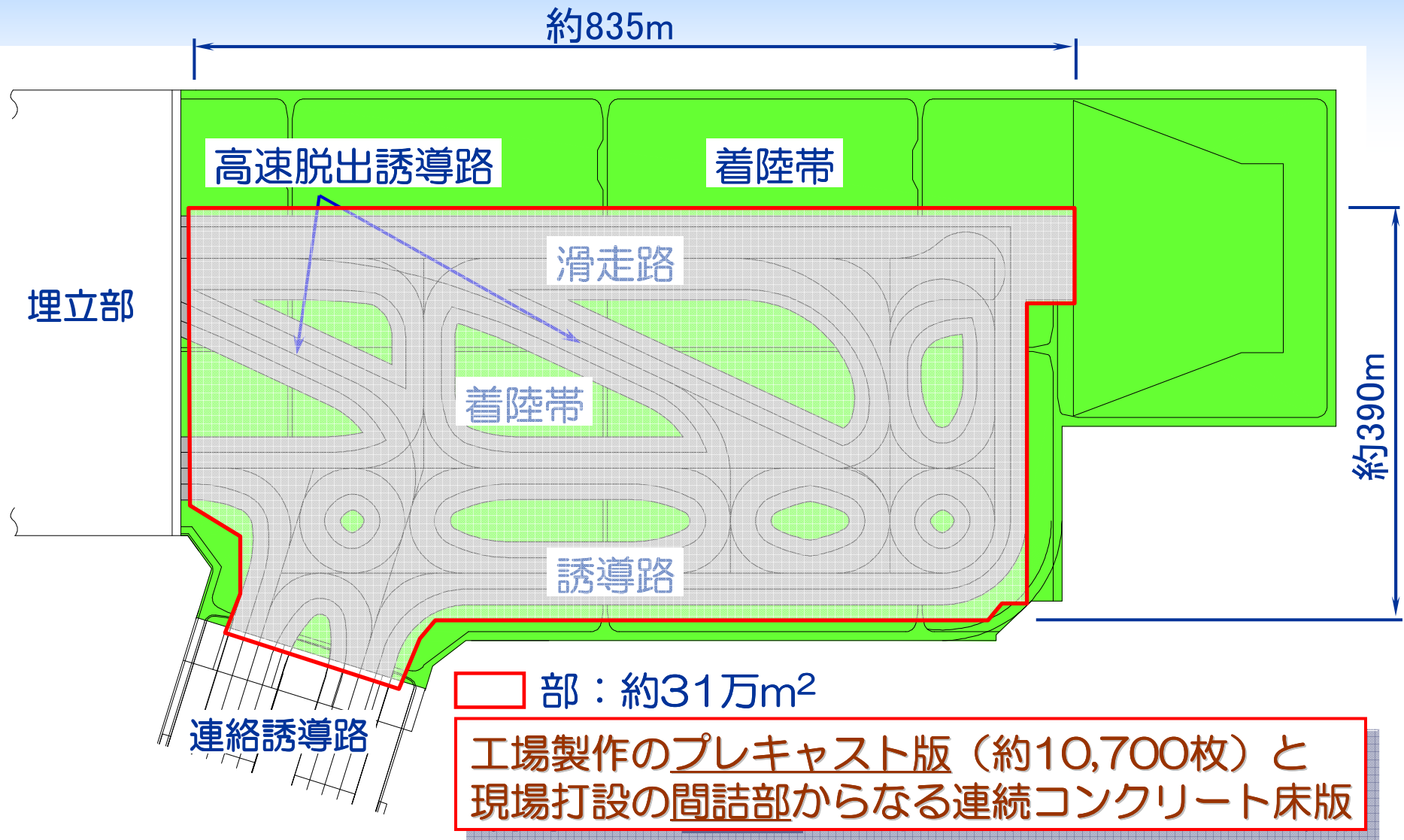
埋立部

誘導路

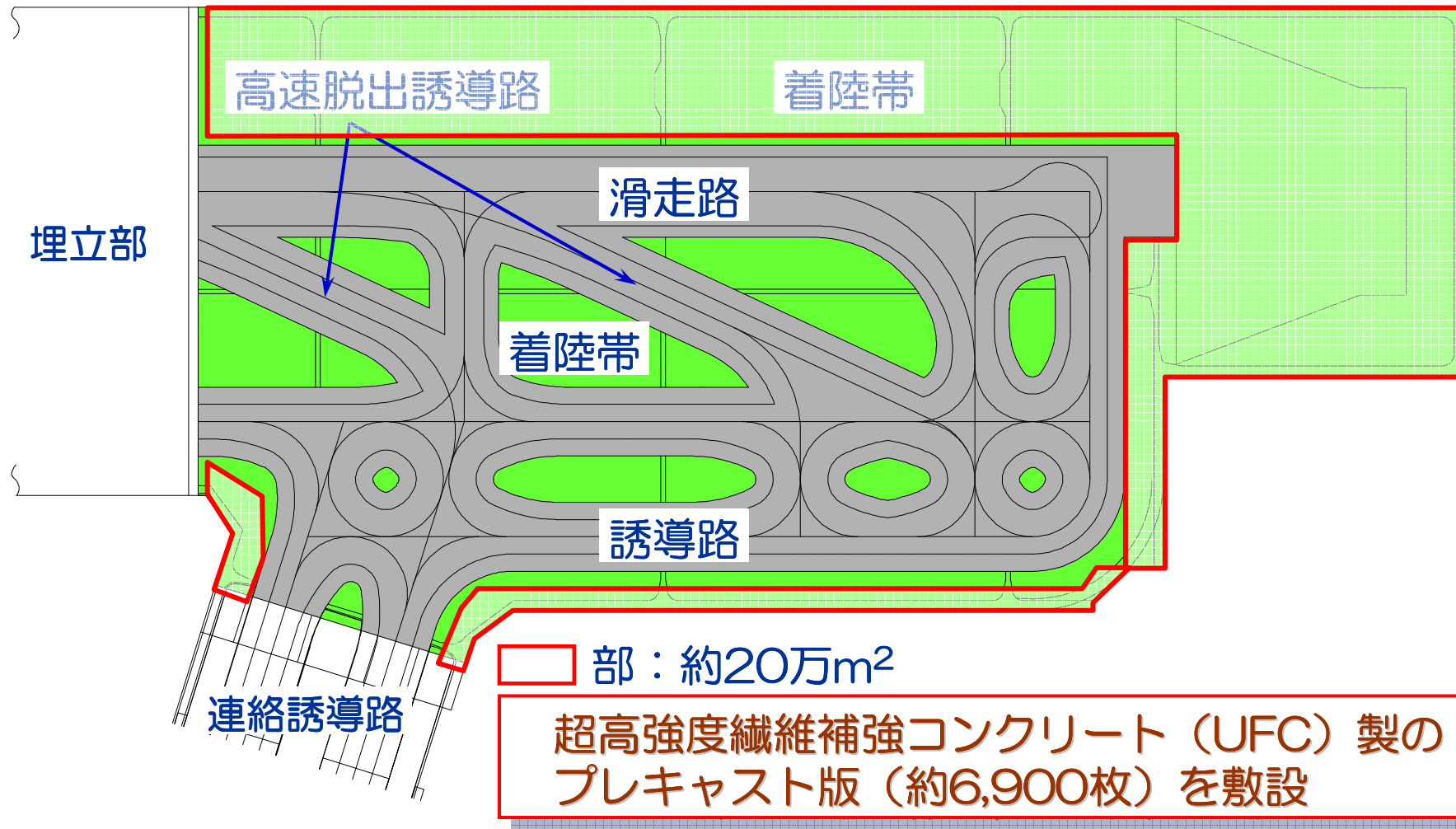
連絡誘導路

面積 約51万m<sup>2</sup>  
ジャケット 全198基

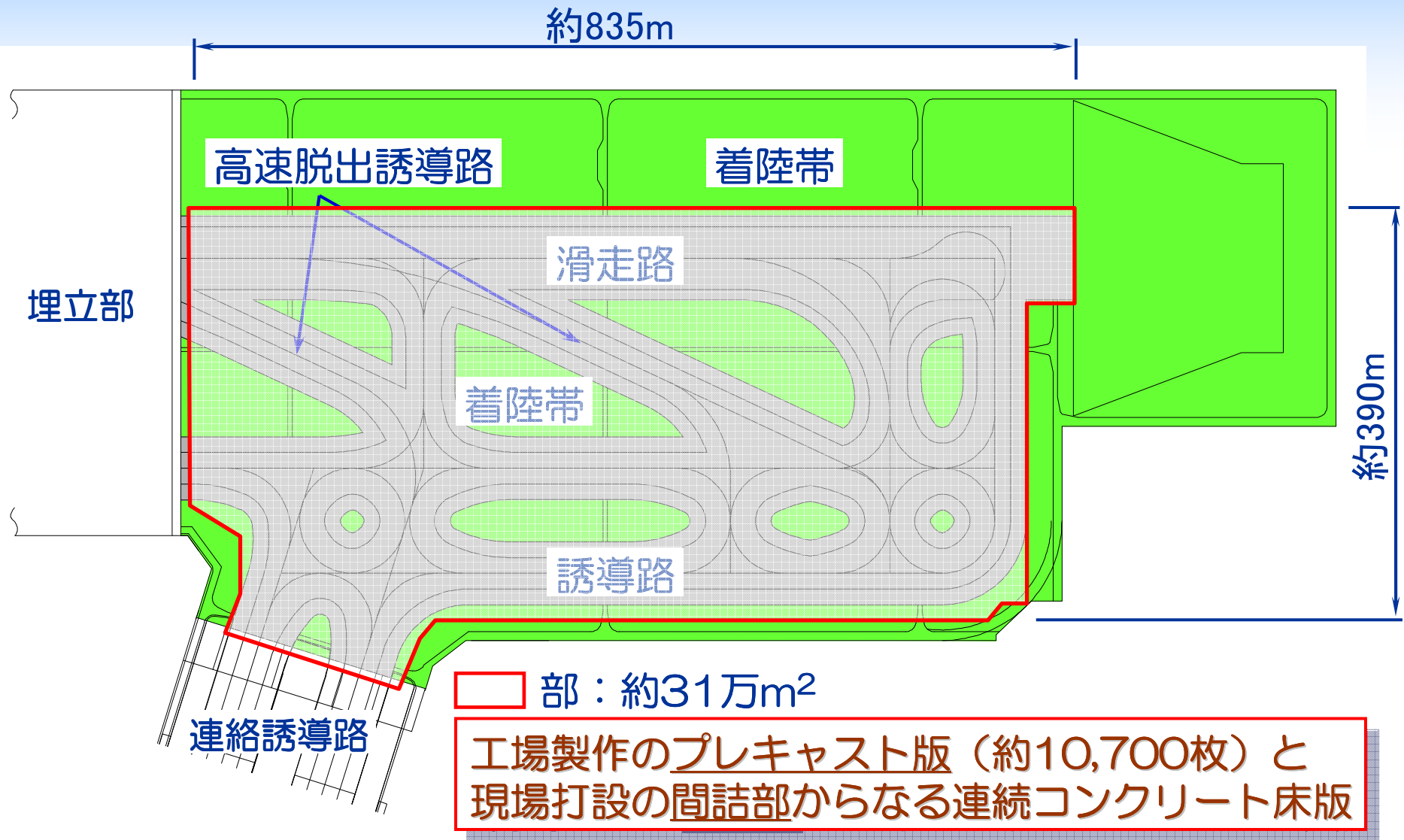
# ◆ 棧橋部の床版構造



## ◆ 棧橋部の床版構造

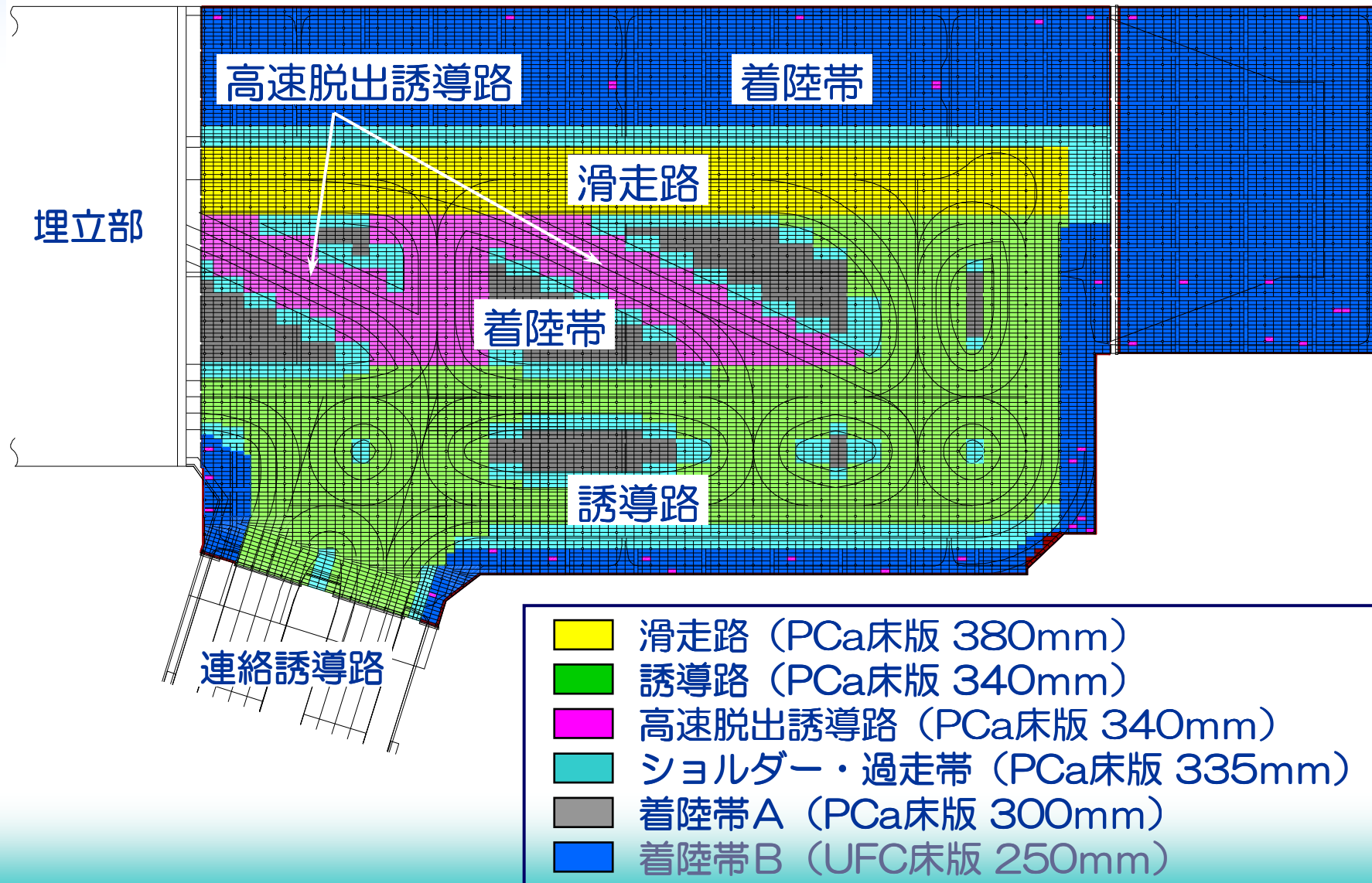


# ◆ 報告内容



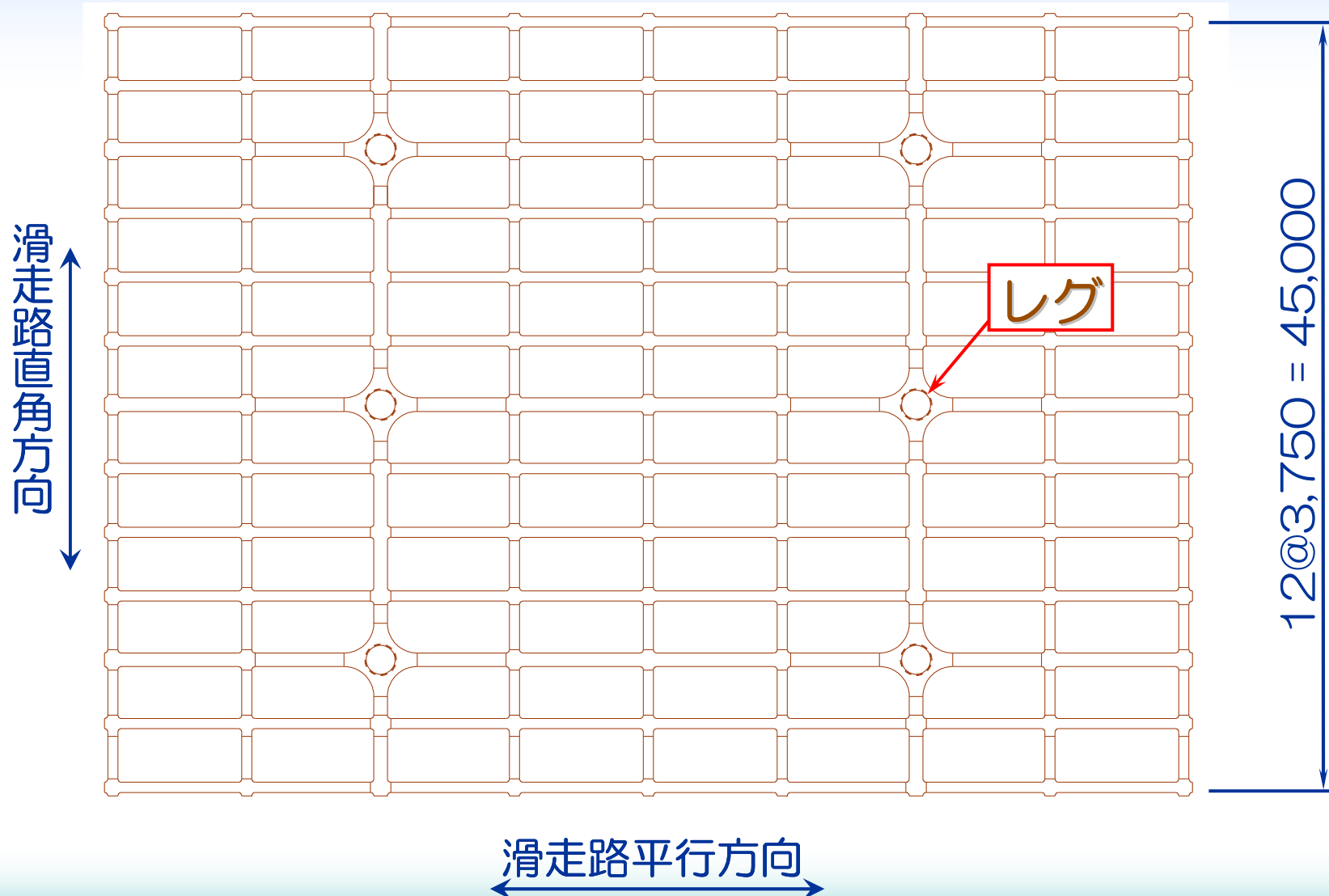
# ◆空港施設区分とプレキャスト床版区分

施設毎の要求性能に対し、床版厚、PC鋼材量、補強鋼材量を設定

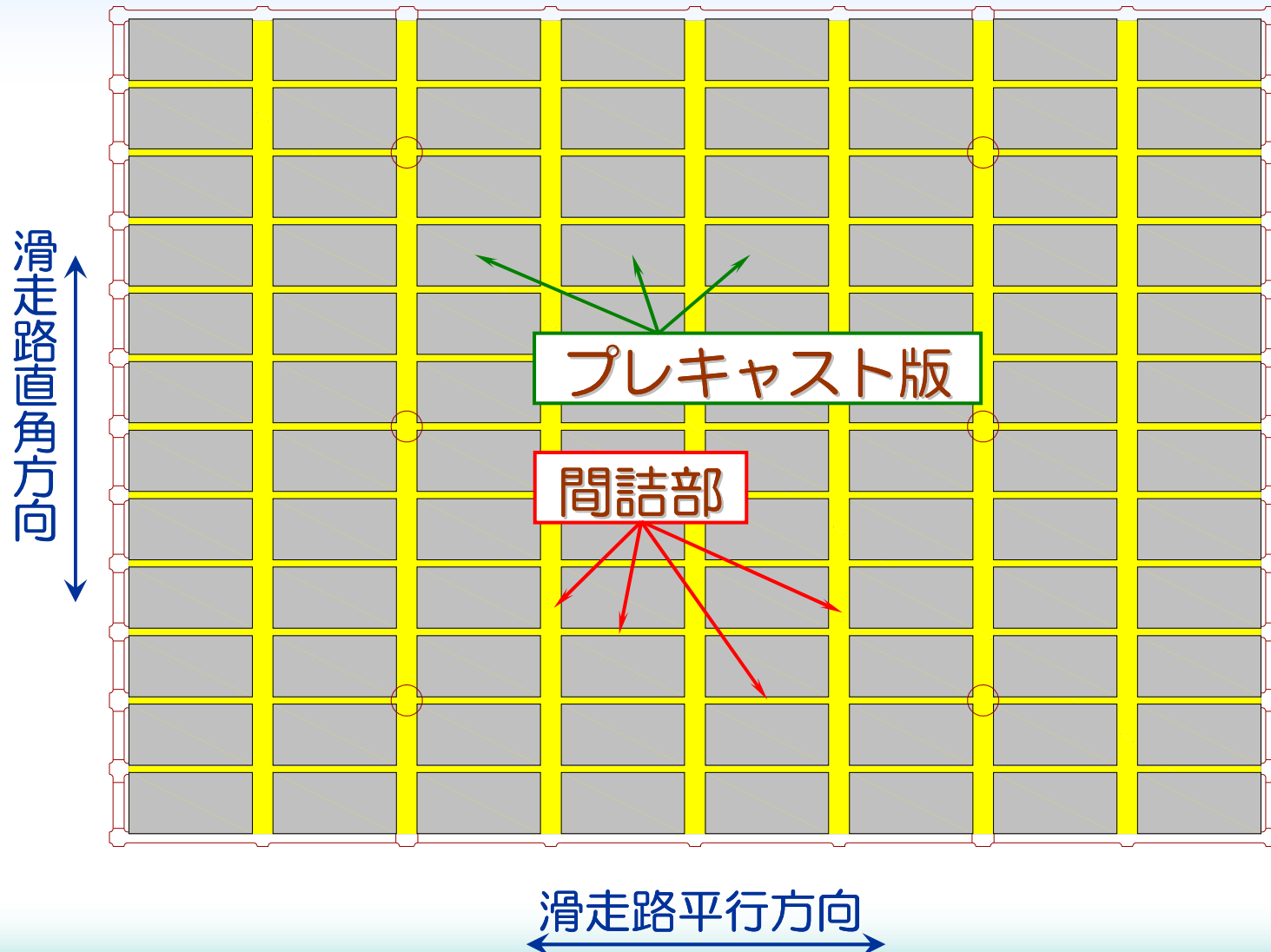


# ◆プレキャスト床版構造の概要

$8@7,875 = 63,000$

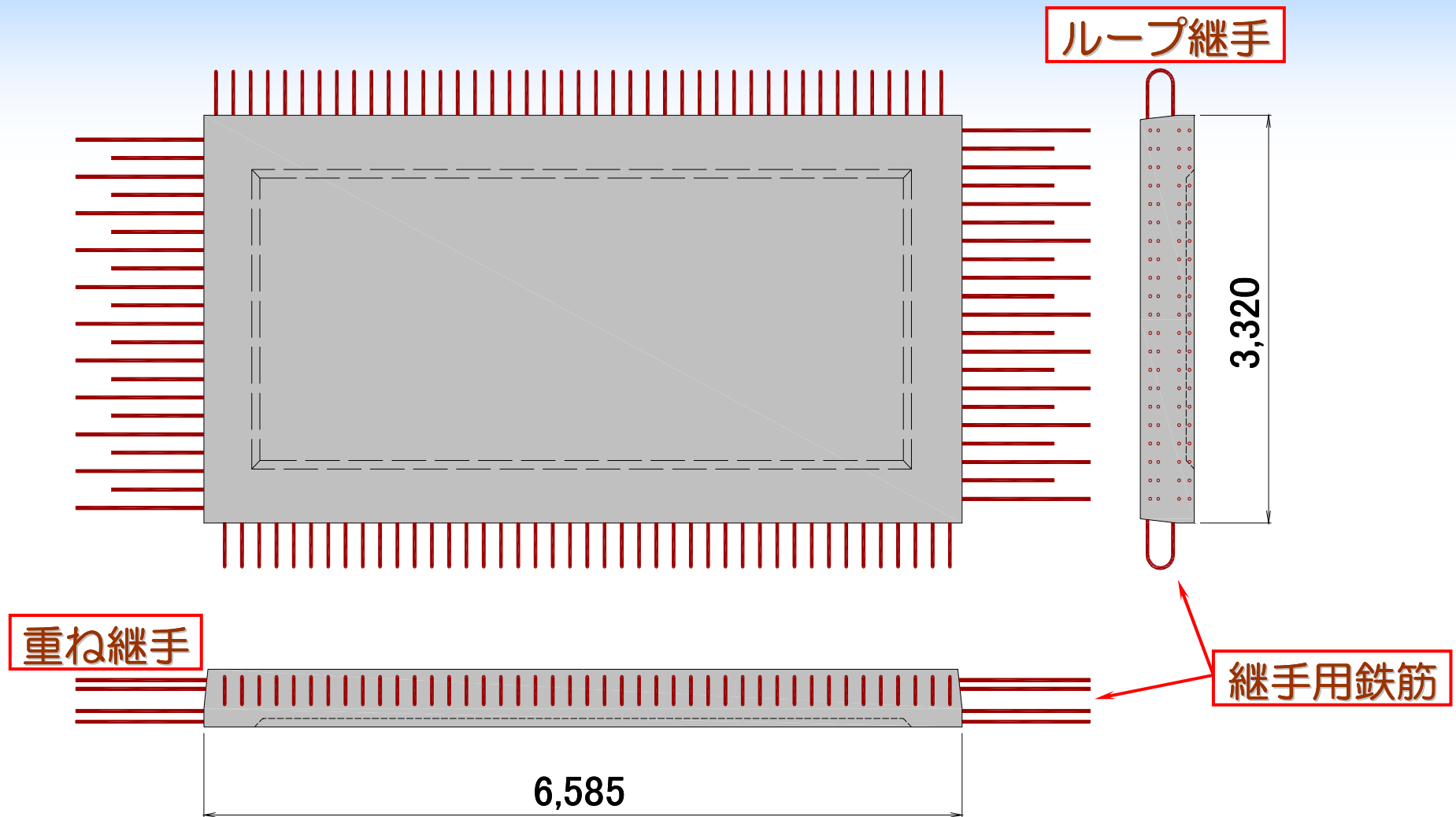


## ◆プレキャスト床版構造の概要



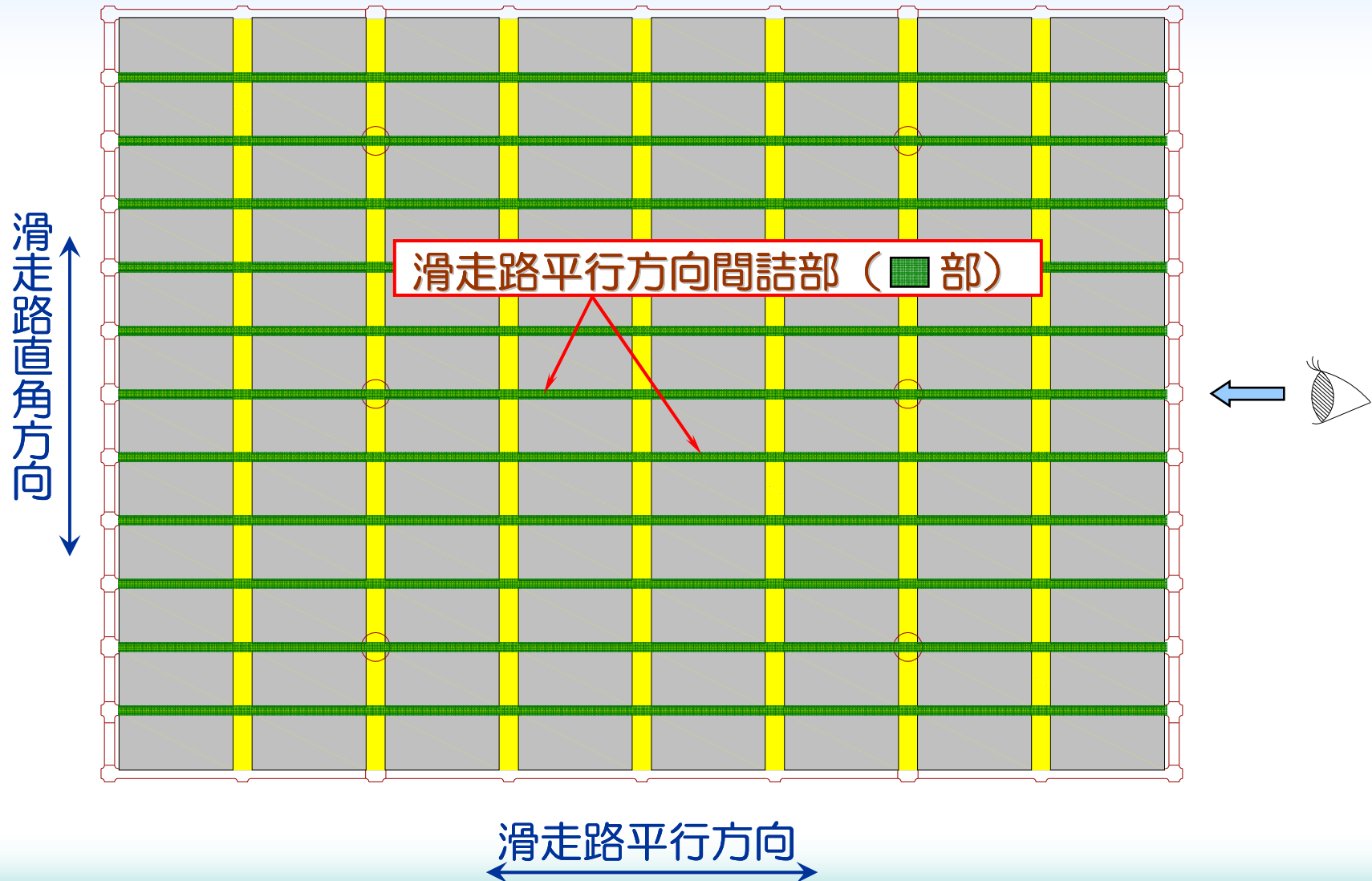


## ◆プレキャスト版の構造

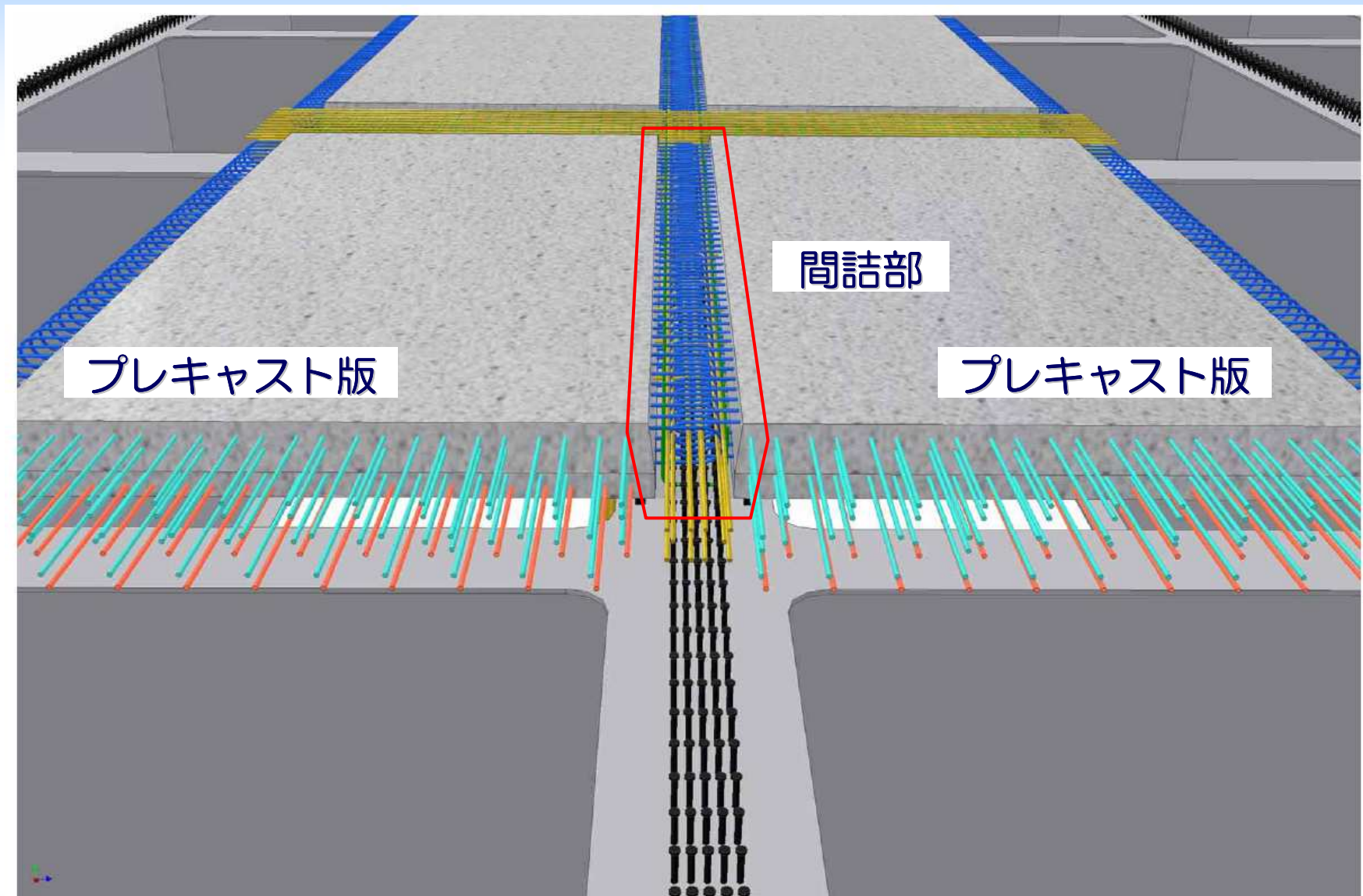


製作時に直交2方向にプレストレスを導入（杭頭補強版を除く）  
厚さ 300~380mm、最大重量 約25 t /枚

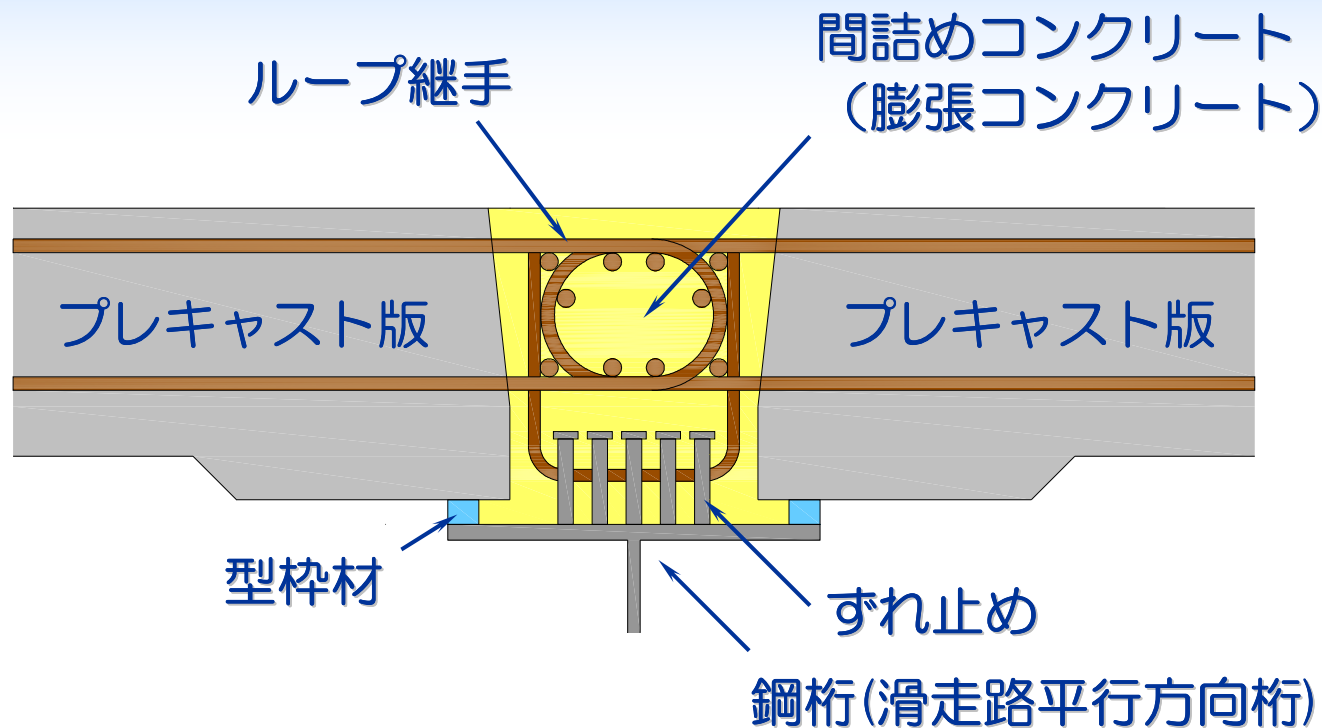
# ◆間詰部の構造（滑走路平行方向間詰部）



## ◆間詰部の構造（滑走路平行方向間詰部）



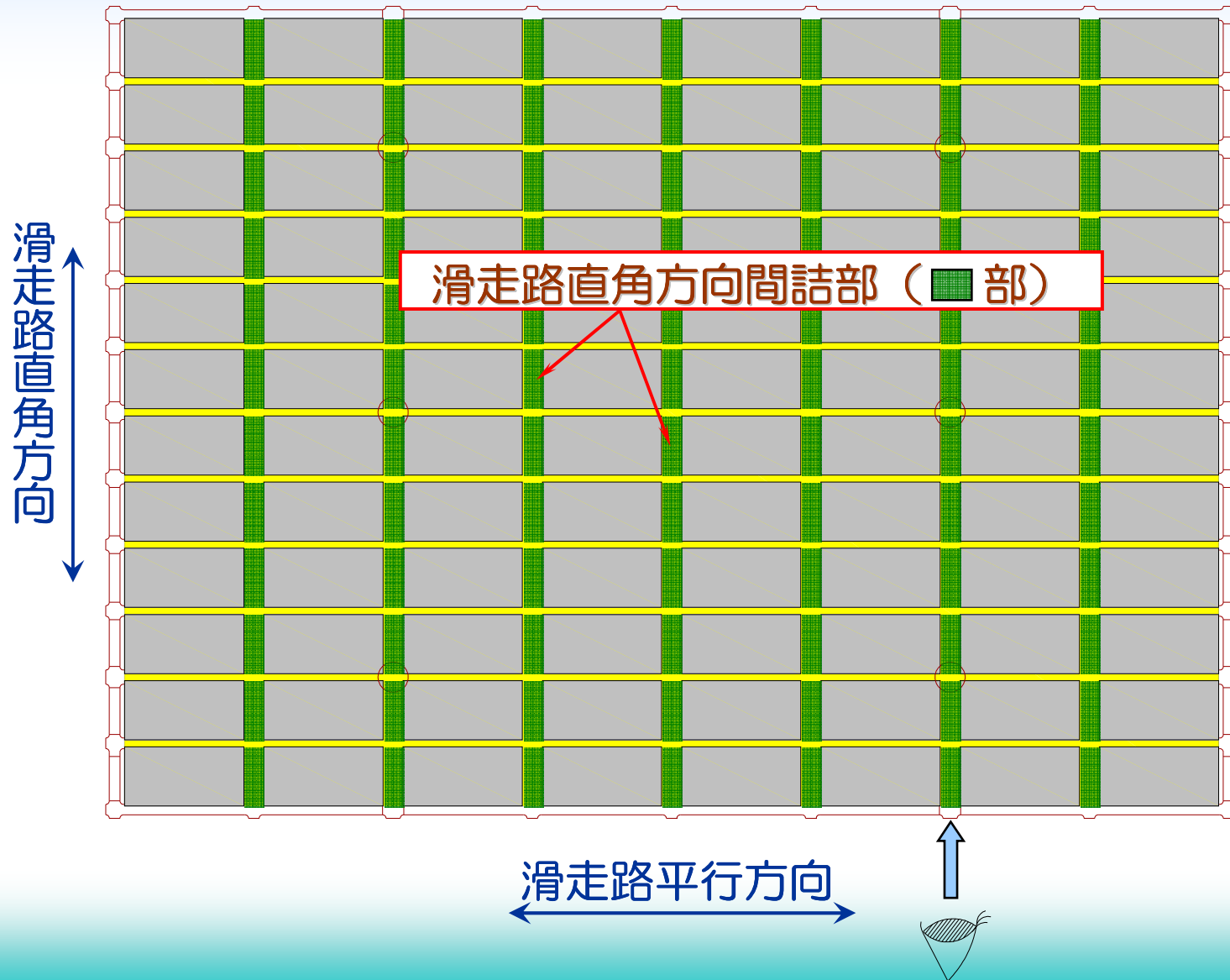
## ◆間詰部の構造（滑走路平行方向間詰部）



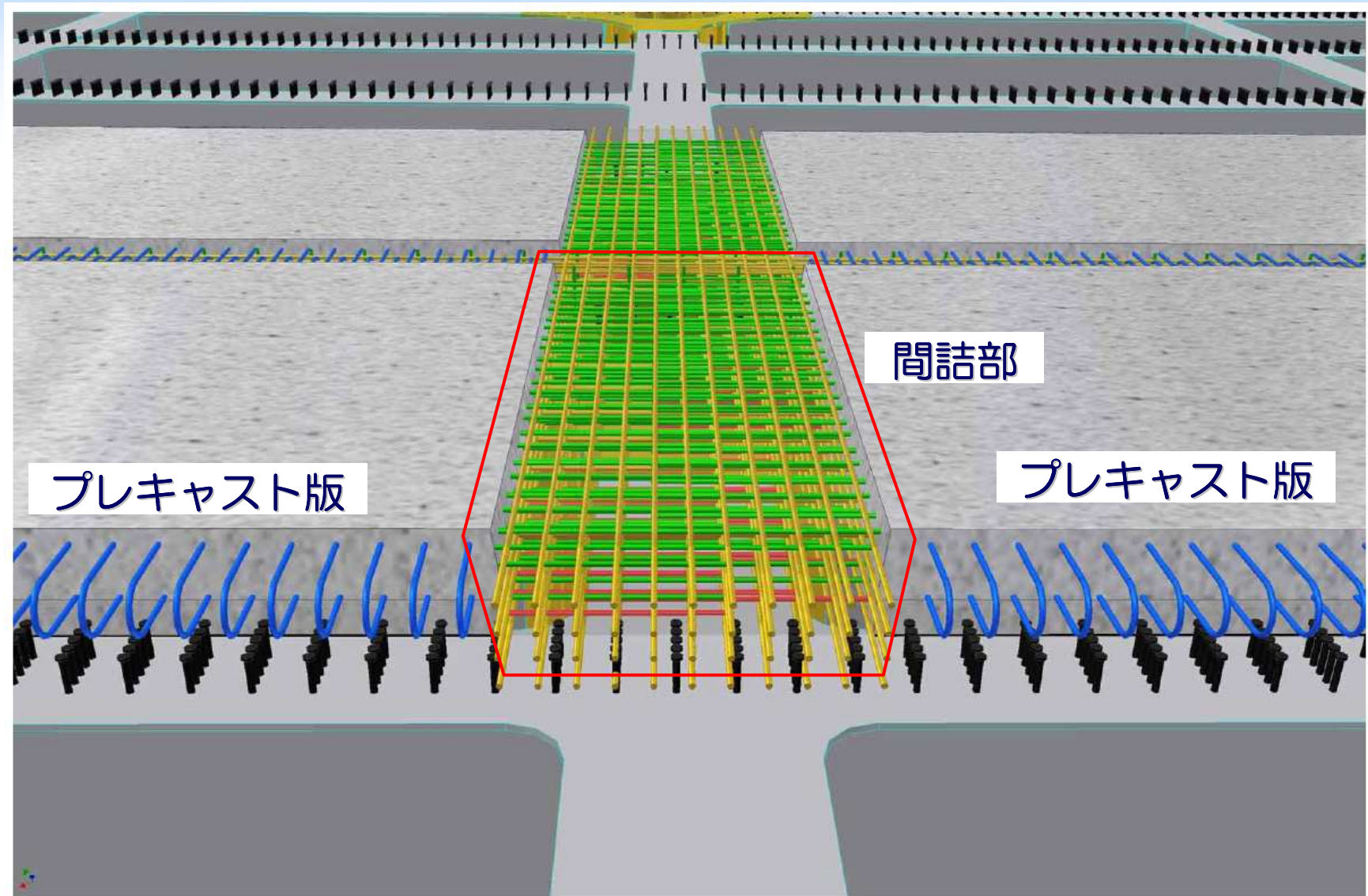
プレキャスト版と鋼桁を、ずれ止めと  
間詰めコンクリートを介して一体化

→ 床版と鋼桁からなる合成桁として挙動

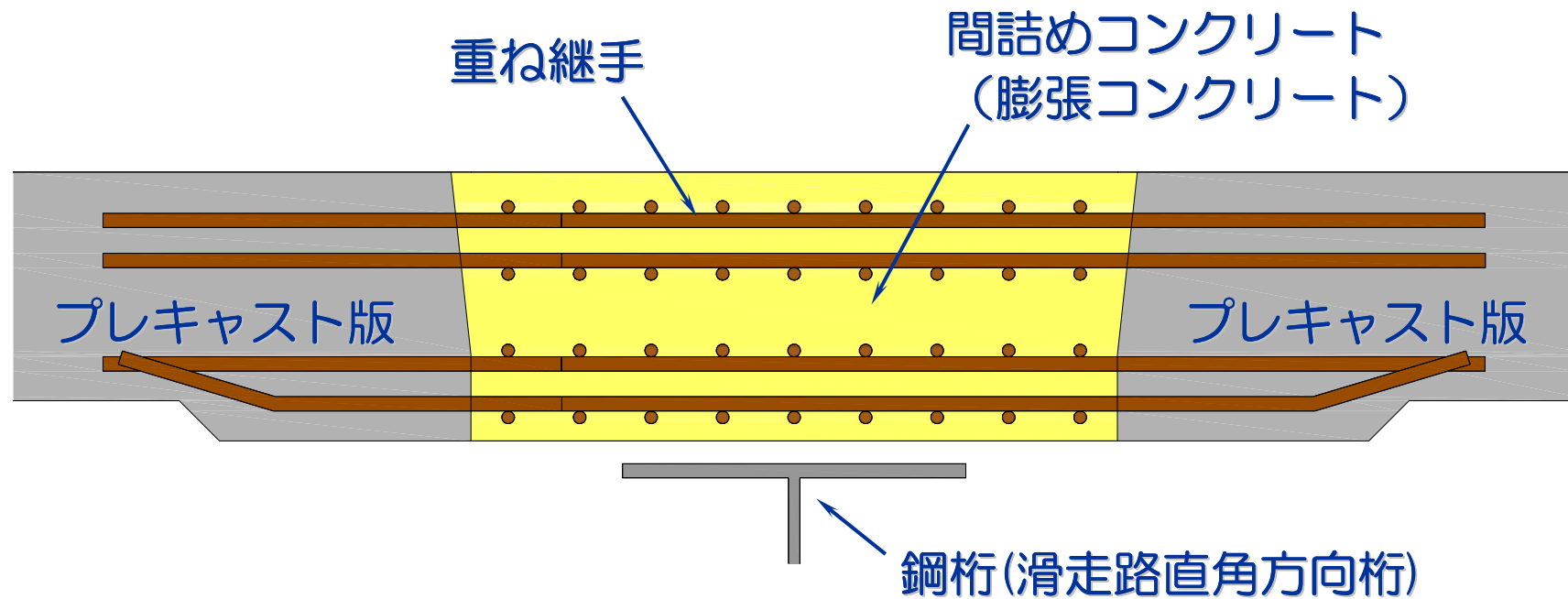
# ◆間詰部の構造（滑走路直角方向間詰部）



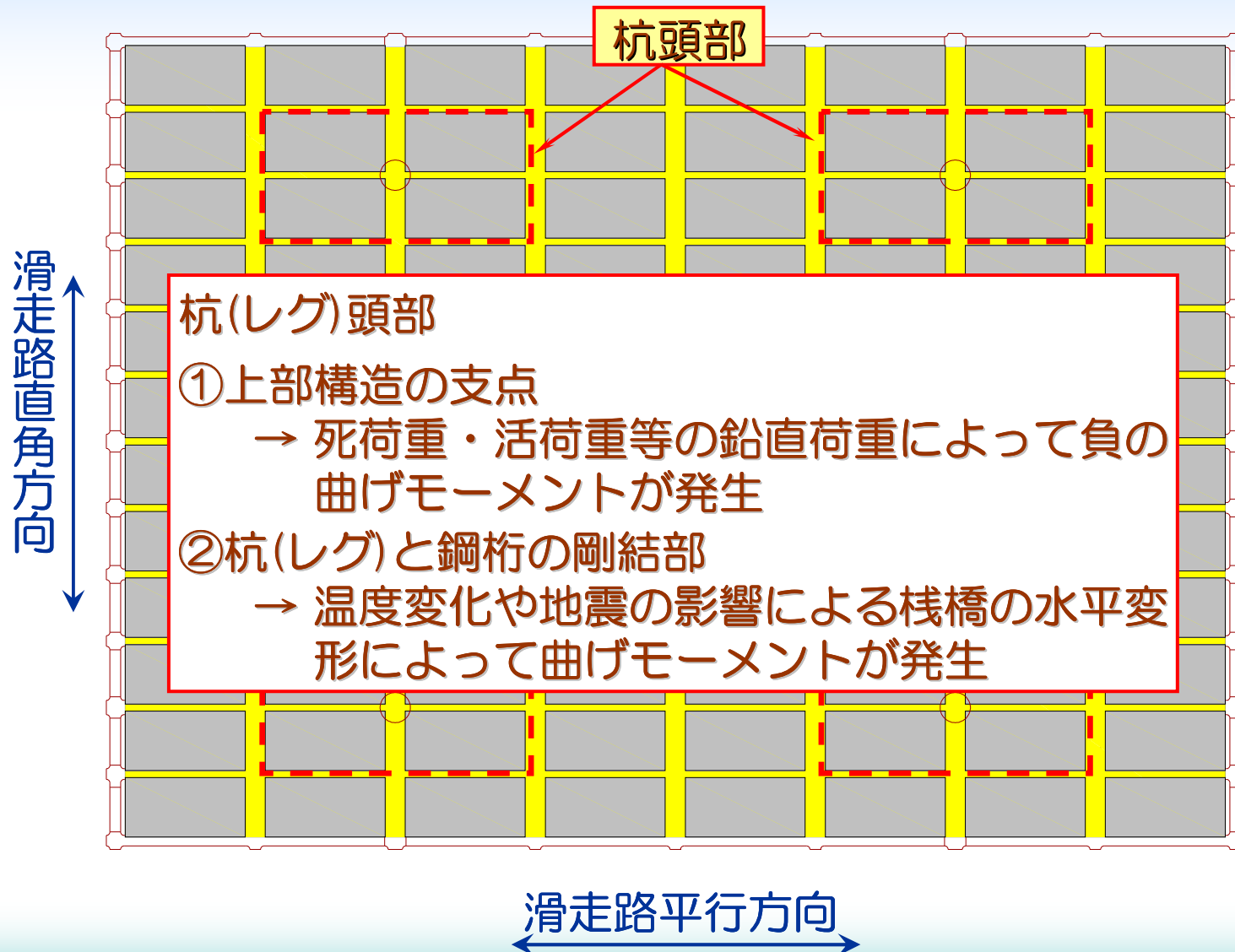
## ◆間詰部の構造（滑走路直角方向間詰部）



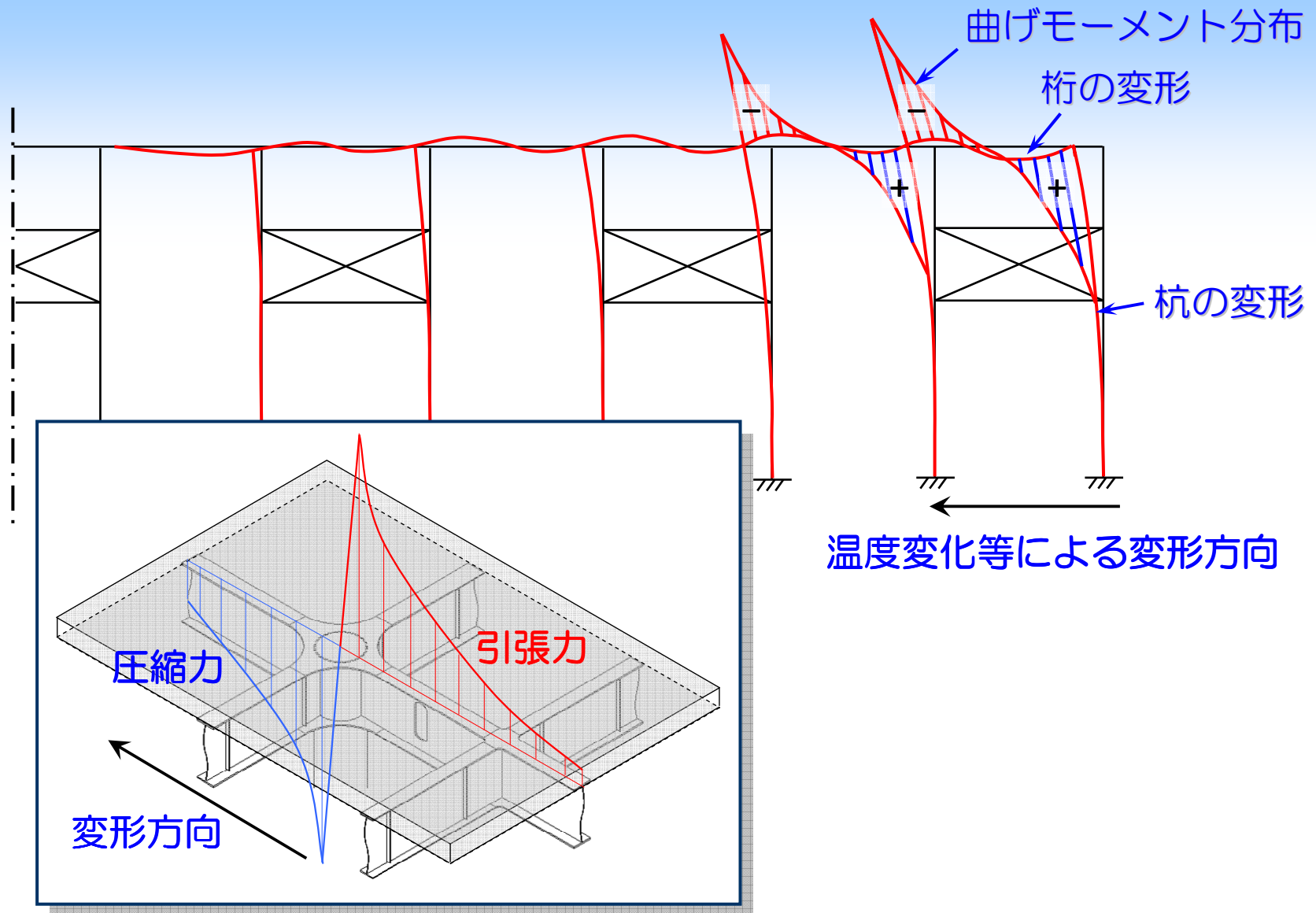
## ◆間詰部の構造（滑走路直角方向間詰部）



## ◆杭頭部



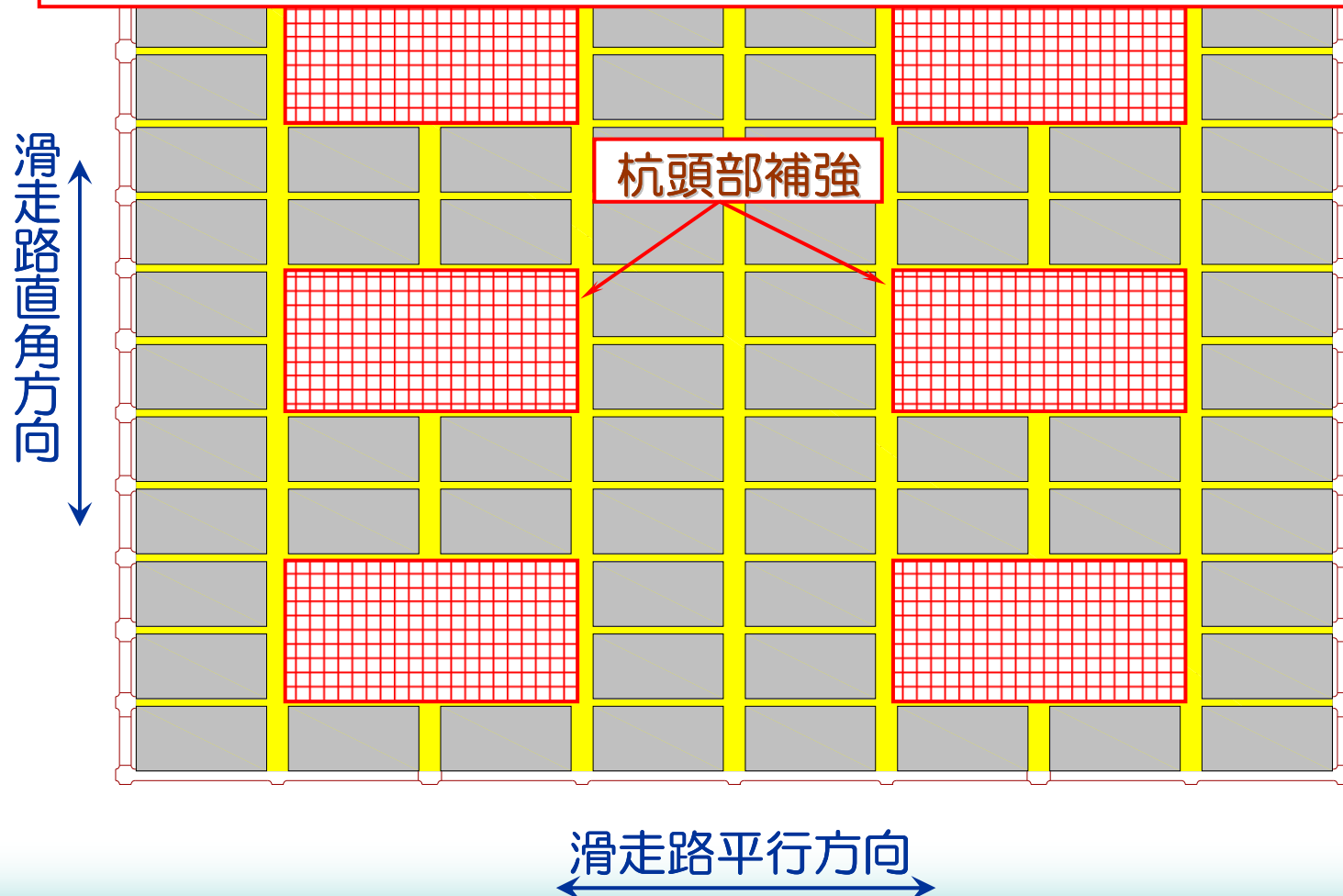




杭(レグ)頭部の床版に発生する断面力の例  
(温度変化の影響による軸力の模式図)

## ◆杭頭補強部

レグ頭部に配置した4枚のプレキャスト版とプレキャスト版に囲まれる間詰部を現場施工のプレストレスで直交2方向に補強する。



## ◆プレキャスト床版構造の検討

### 「構造設計のポイント」

- ・ 広大な構造物の構造解析  
～ 温度変化、クリープ・乾燥収縮等の不静定力の評価
- ・ 間詰部の安全性・耐久性  
～ ひび割れ幅の評価、航空機荷重に対する疲労耐久性

### 「間詰部に関する各種試験」

- ① 実物大模型試験
  - ・ ひび割れ幅の確認 → 静的載荷試験
  - ・ 疲労耐久性の確認 → 疲労載荷試験
  - ・ ひび割れ点検・補修方法の確認 → ひび割れ点検・補修試験
- ② 防水性能確認試験
  - ・ 床版防水層へのひび割れ負荷に対する耐久性の確認

## ◆構造設計 「構造解析」

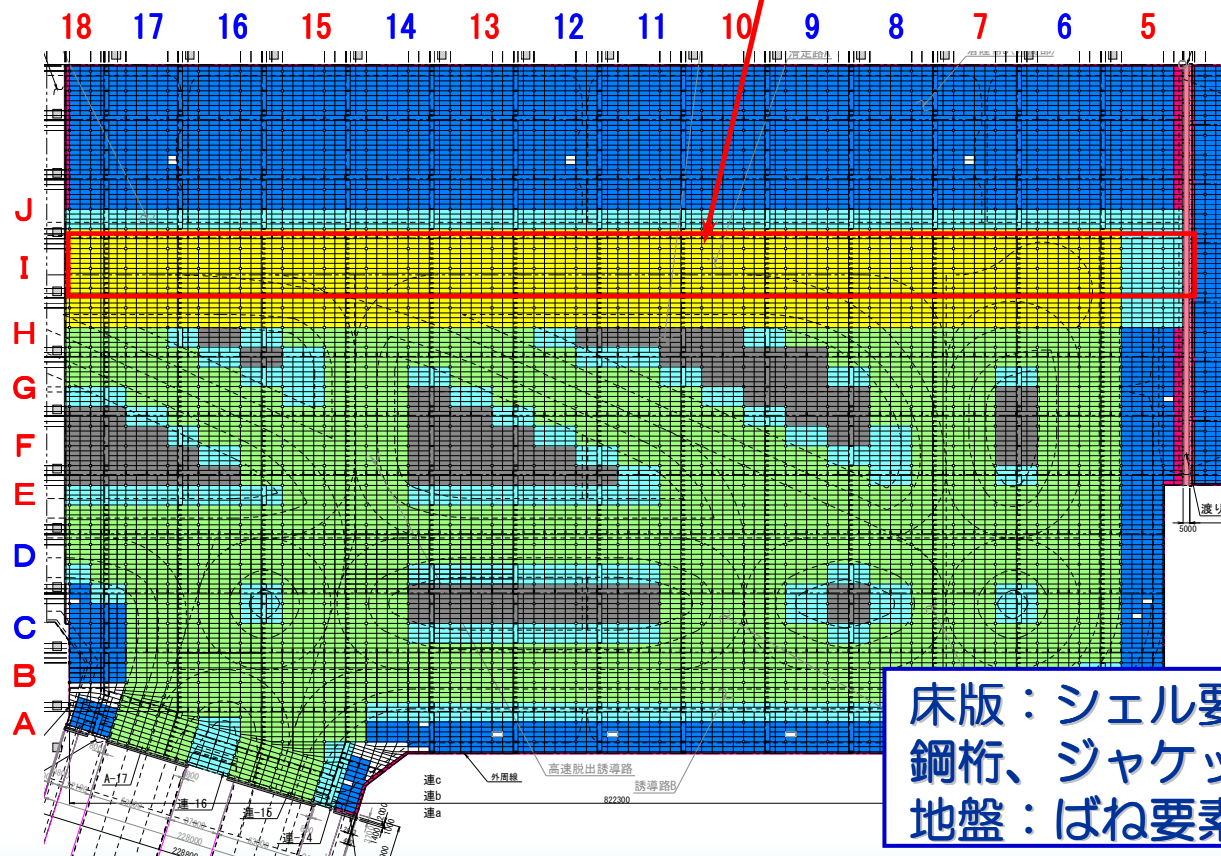
各種荷重に対する栈橋全体挙動も含めた床版への影響を適切に把握するため、複数の解析モデルを使用

モデル名	対象断面力(荷重)
床版自重モデル	プレキャスト版自重
鉛直荷重算出モデル	間詰部自重 切削代自重 舗装自重 積雪荷重 航空機荷重 自動車荷重
クリープ・乾燥収縮算出モデル	クリープ・乾燥収縮
不静定力算出モデル	温度変化の影響 地震の影響

# ◆構造設計 「構造解析」

不静定力算出モデルの例

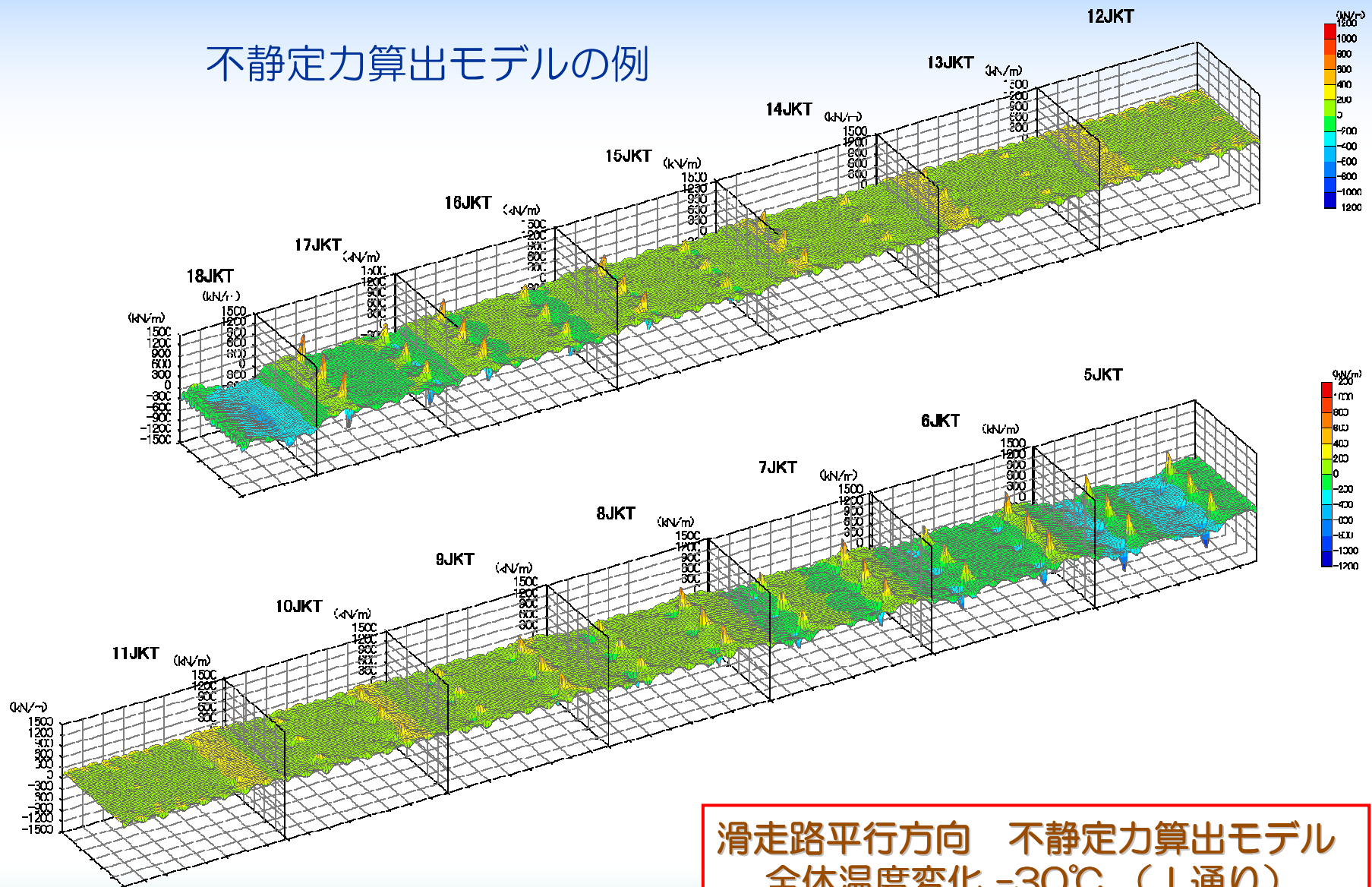
滑走路平行方向 不静定力算出モデル  
JKT 1×14基、7種類 (A,B,E,F,G,H,I,J列)



床版：シェル要素  
鋼桁、ジャケット、杭：ビーム要素  
地盤：ばね要素

# ◆ 構造設計 「構造解析」

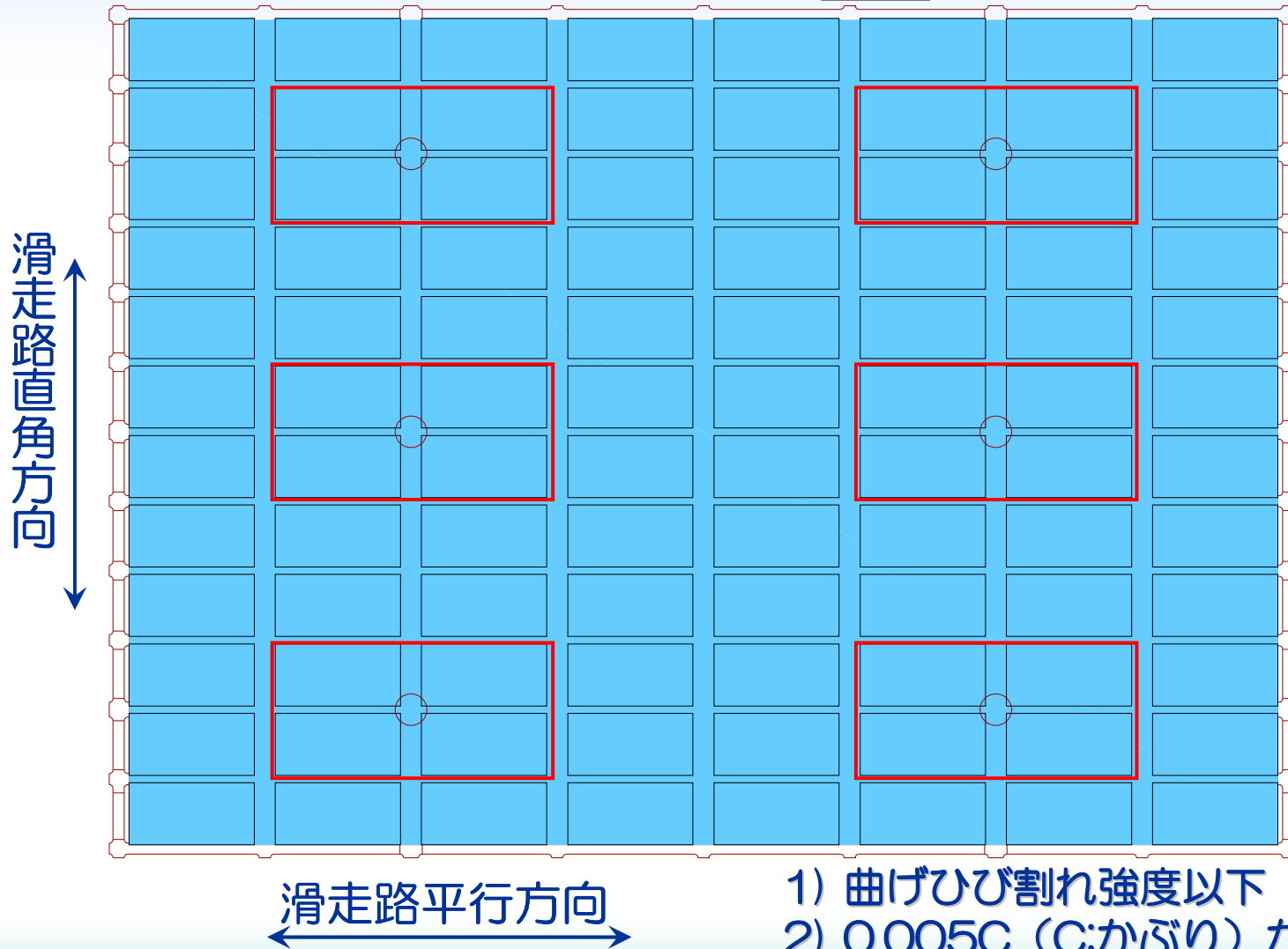
## 不静定力算出モデルの例



# ◆ 構造設計 「ひび割れに対する制限値」

## ① 死荷重時

- ひび割れを発生させない<sup>1)</sup>
- 許容ひび割れ幅<sup>2)</sup>以下

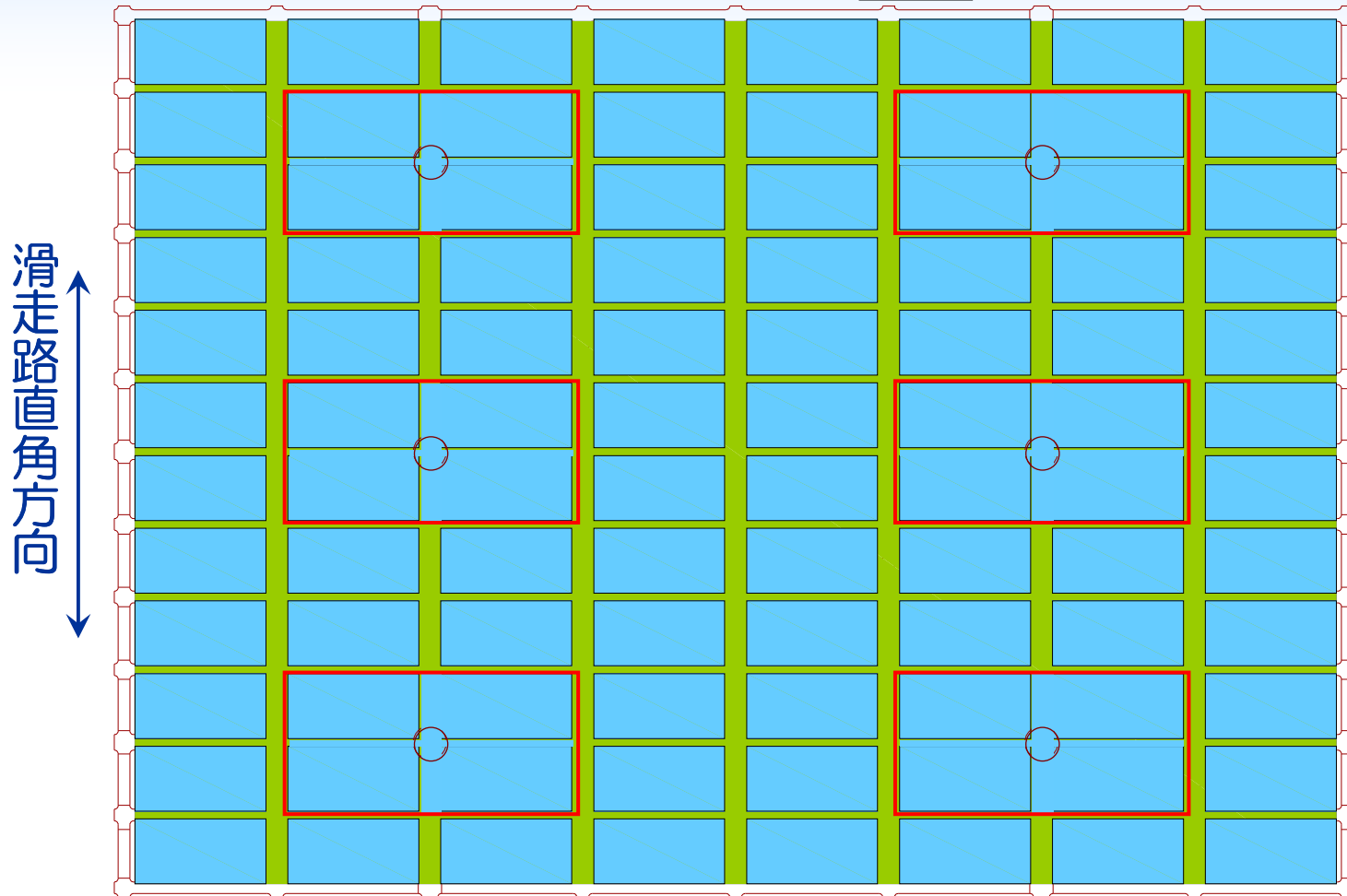


- 1) 曲げひび割れ強度以下
- 2)  $0.005C$  (C:かぶり) かつ  $0.2\text{mm}$

# ◆ 構造設計 「ひび割れに対する制限値」

② 死荷重+温度、死荷重+活荷重

■ ひび割れを発生させない<sup>1)</sup>  
■ 許容ひび割れ幅<sup>2)</sup>以下



滑走路平行方向

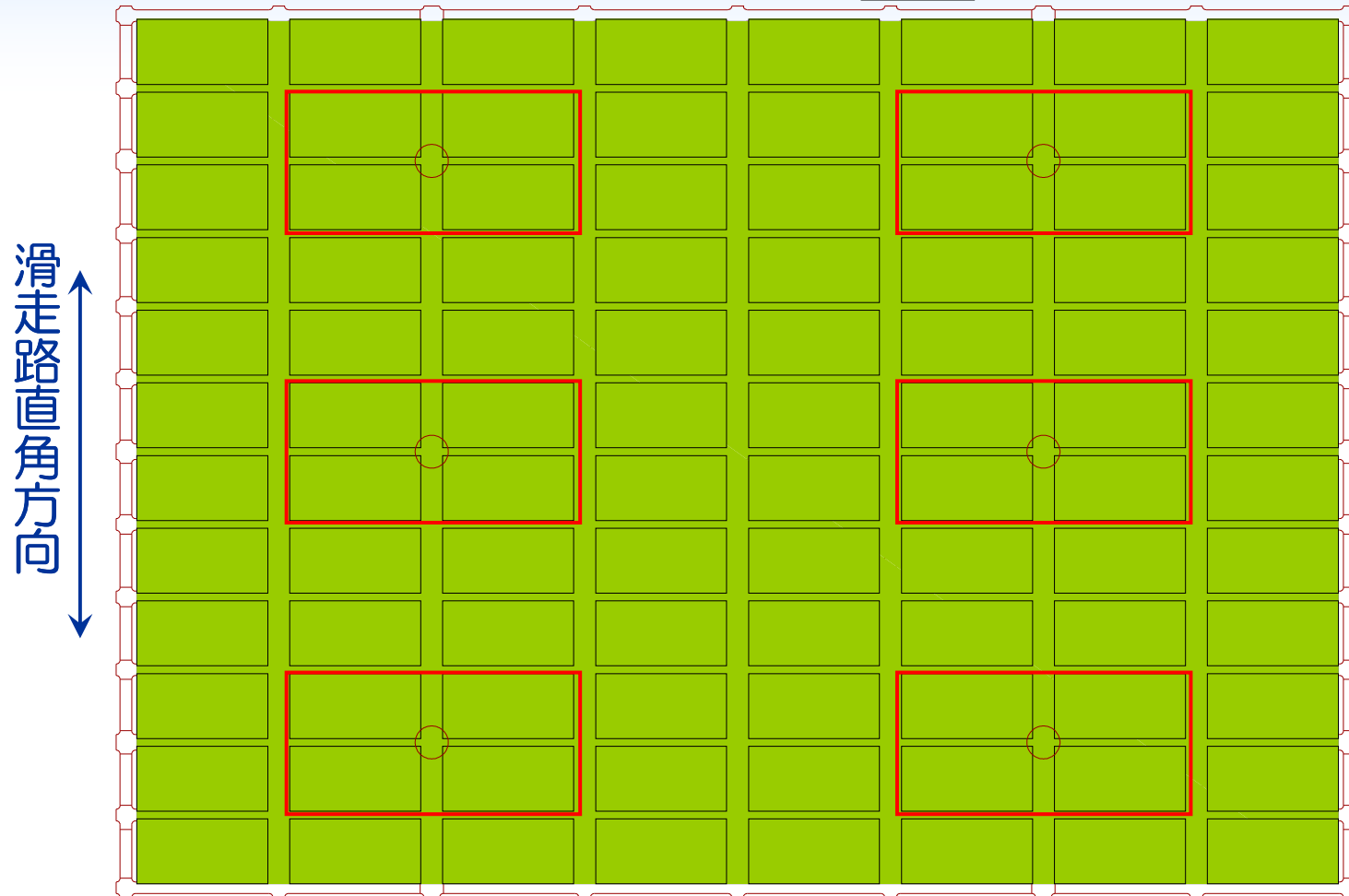
- 1) 曲げひび割れ強度以下
- 2)  $0.005C$  ( $C$ :かぶり) かつ  $0.2\text{mm}$



# ◆ 構造設計 「ひび割れに対する制限値」

③ 死荷重+温度+活荷重

- ひび割れを発生させない<sup>1)</sup>
- 許容ひび割れ幅<sup>2)</sup>以下



滑走路平行方向

- 1) 曲げひび割れ強度以下
- 2)  $0.005C$  (C:かぶり) かつ  $0.2\text{mm}$

## ◆間詰部に関する各種試験

### ①-1 静的載荷試験（実物大模型試験）

目的：プレキャスト版と間詰部との境界部に発生するひび割れに着目し、設計で使用するひび割れ幅評価式の適用性を確認

試験体（計4体）：

ループ継手試験体（滑走路平行方向間詰部）：2体

重ね継手試験体（滑走路直角方向間詰部）：2体

試験結果：

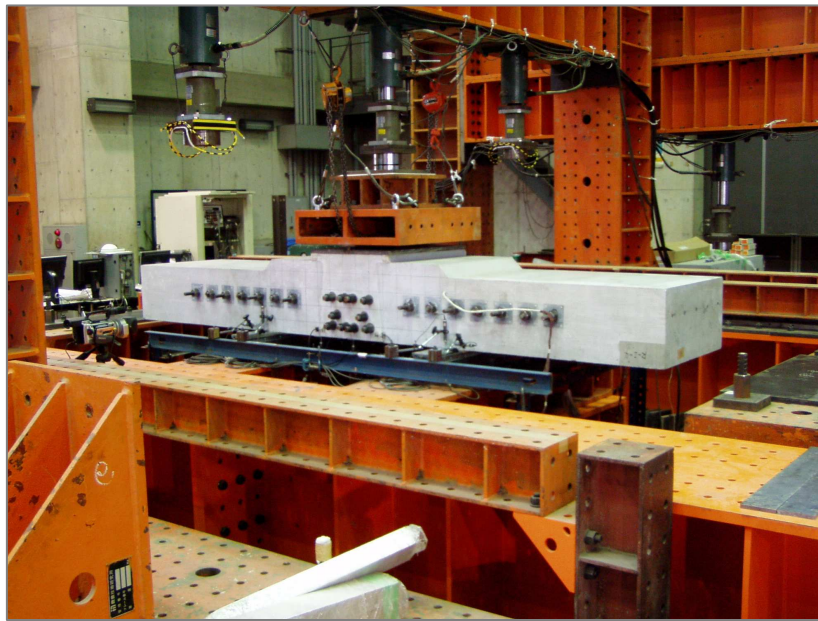
載荷試験で計測されたひび割れ幅

< ひび割れ幅評価式から算出されるひび割れ幅

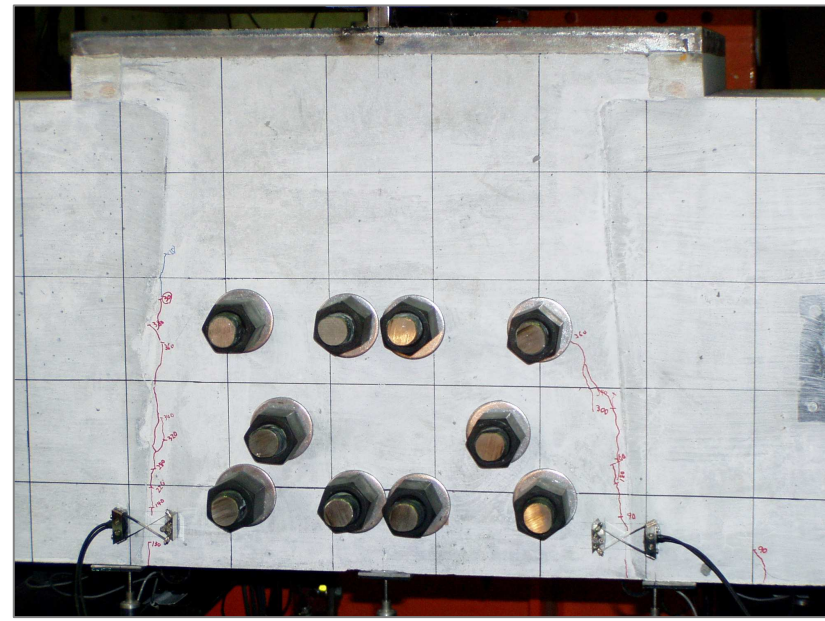
## ◆間詰部に関する各種試験

### ①-1 静的載荷試験（実物大模型試験）

#### ループ継手試験体（滑走路平行方向間詰部）



載荷状況

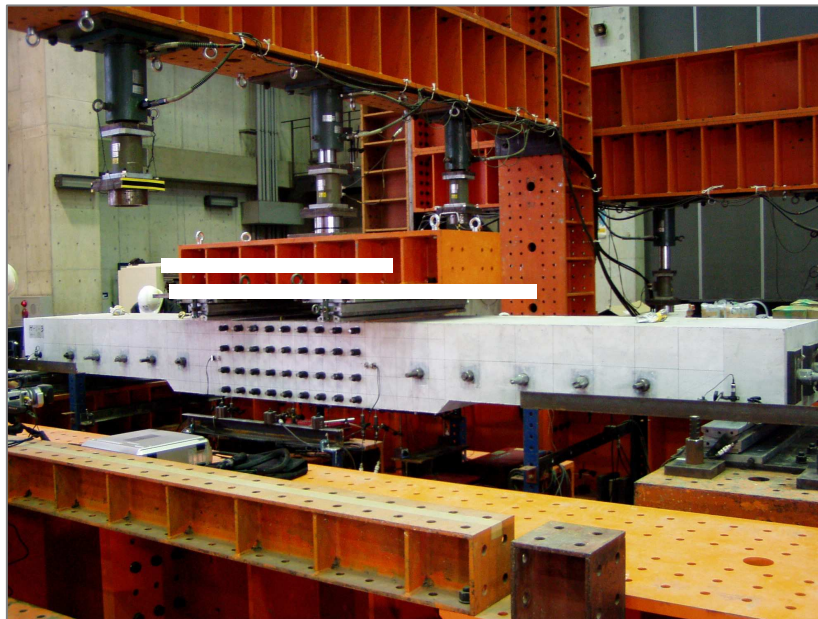


ひび割れ状況

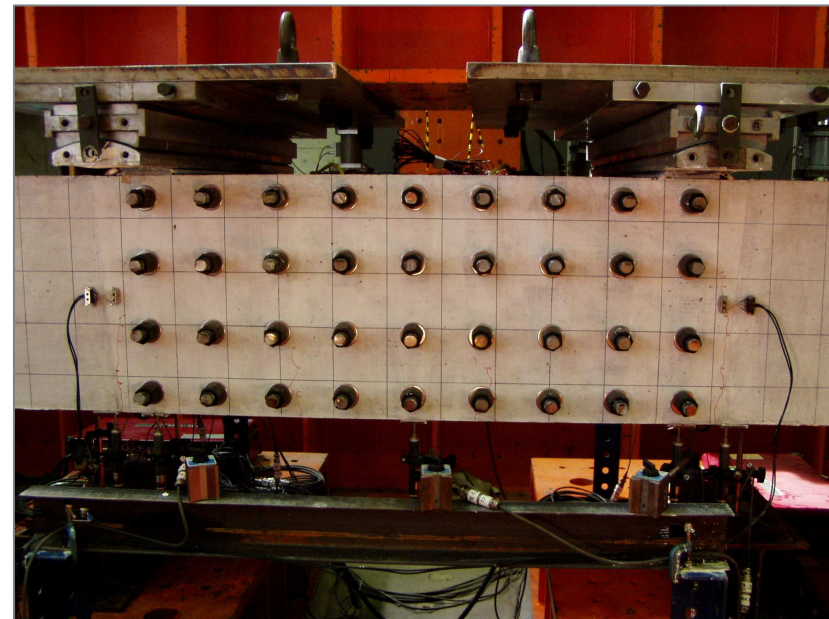
## ◆間詰部に関する各種試験

### ①-1 静的載荷試験（実物大模型試験）

重ね継手試験体（滑走路直角方向間詰部）



載荷状況



ひび割れ状況

## ◆間詰部に関する各種試験

### ①-2 疲労载荷試験（実物大模型試験）

目的：航空機荷重が繰返し载荷されることによって疲労破壊に至らないことを確認  
疲労試験後の耐荷性状も併せて確認

試験体（計2体）：

ループ継手試験体（滑走路平行方向間詰部）：1体

重ね継手試験体（滑走路直角方向間詰部）：1体

繰返し载荷回数

100万回（試験ではさらに200万回まで载荷）

（設計供用期間100年間の走行回数と等価な载荷回数）

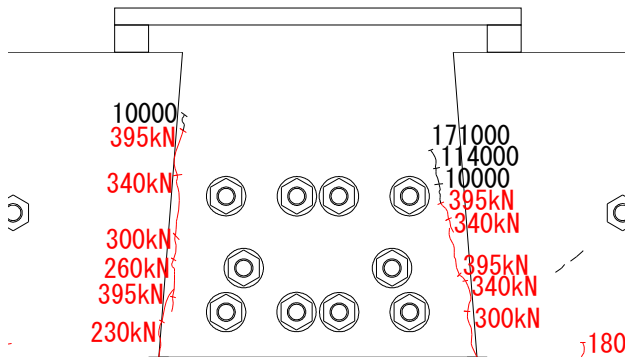
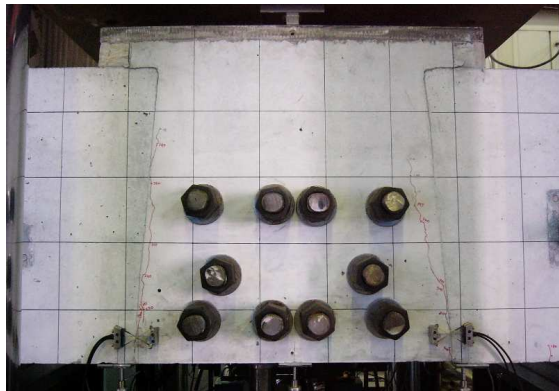
試験結果：

ひび割れ幅やたわみが急激に増加することなく、疲労破壊には至らなかった。

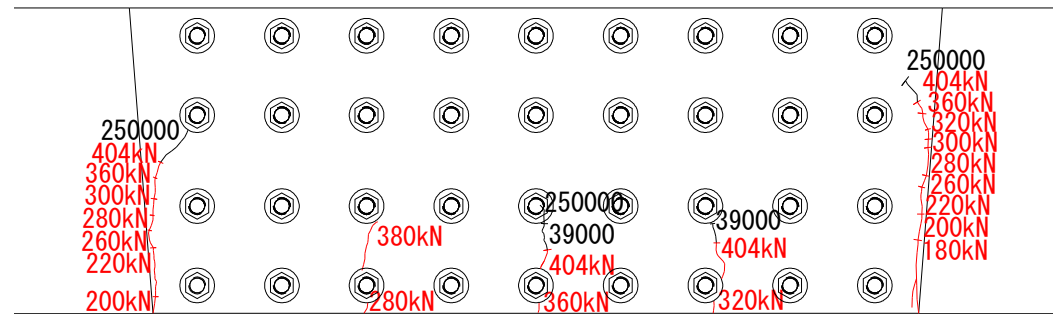
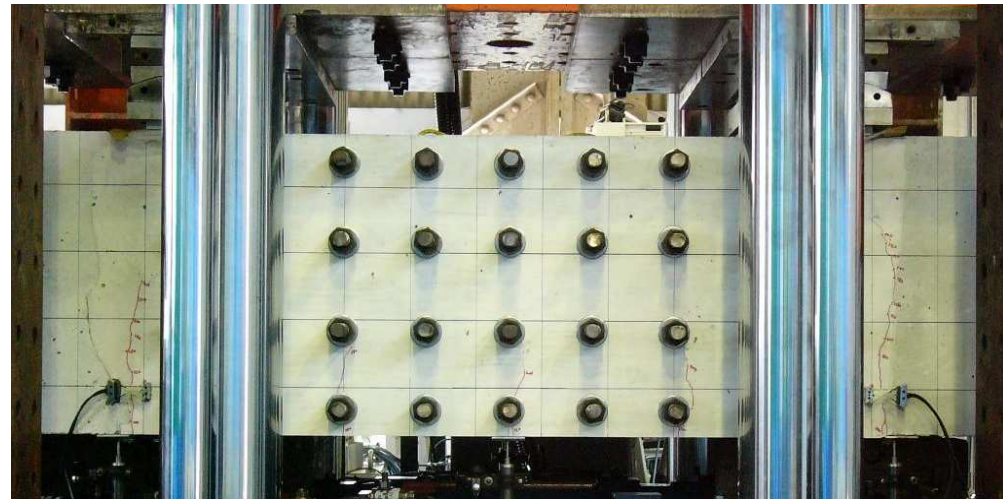
疲労試験後も剛性低下が見られず、十分な耐力を確認した。

# ◆間詰部に関する各種試験

## ①-2 疲労载荷試験（実物大模型試験）



ループ継手試験体



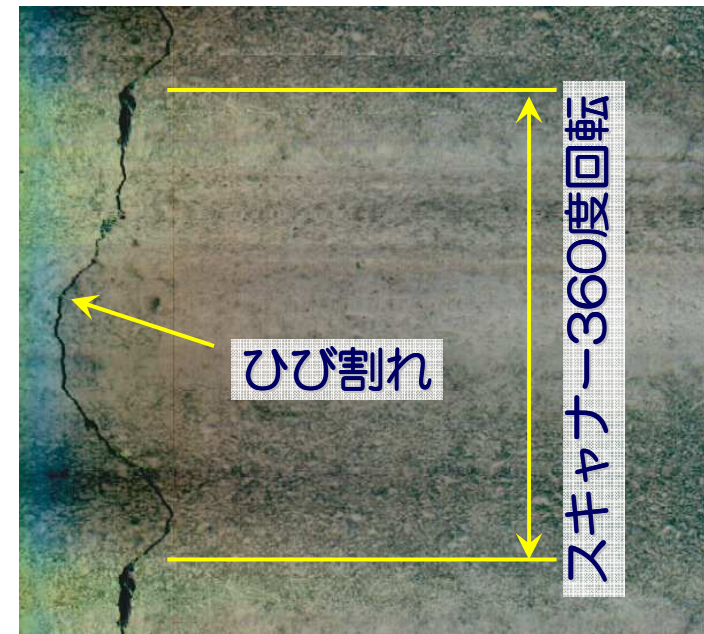
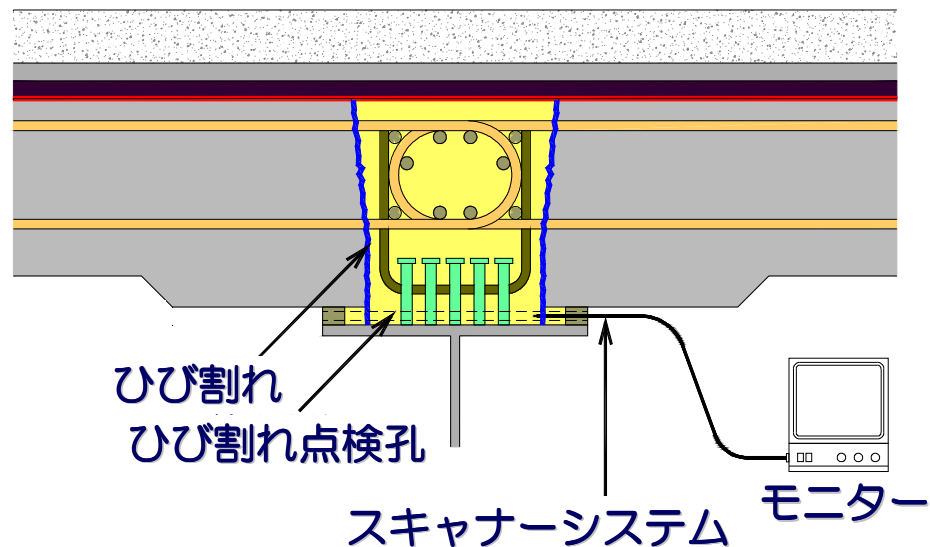
重ね継手試験体

疲労载荷試験後のひび割れ状況

## ◆間詰部に関する各種試験

### ①-2 ひび割れ点検・補修試験（実物大模型試験）

目的：プレキャスト床版間詰部におけるひび割れ確認方法とひび割れが発生した場合の補修方法の実現性を確認

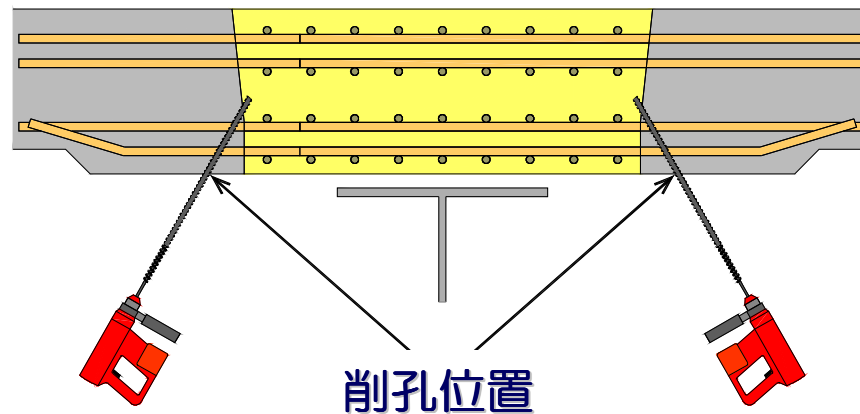


ひび割れ点検孔及び棒状スキャナーシステムの画像

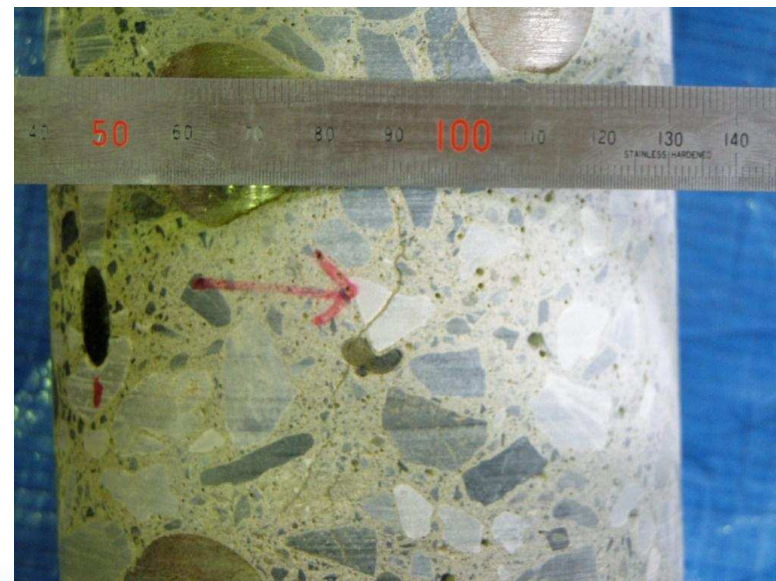
# ◆間詰部に関する各種試験

## ①-2 ひび割れ点検・補修試験（実物大模型試験）

削孔要領



ひび割れ補修材注入状況



ひび割れ補修材充填状況

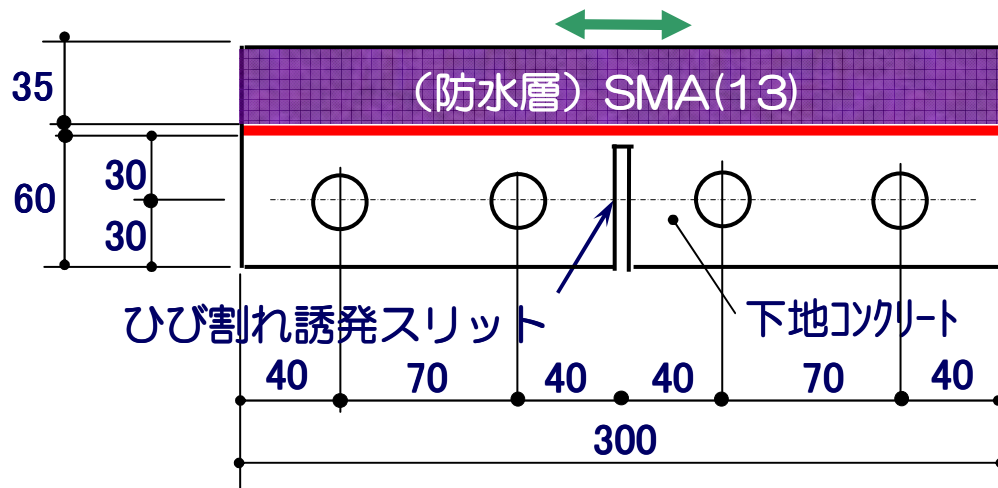


# ◆間詰部に関する各種試験

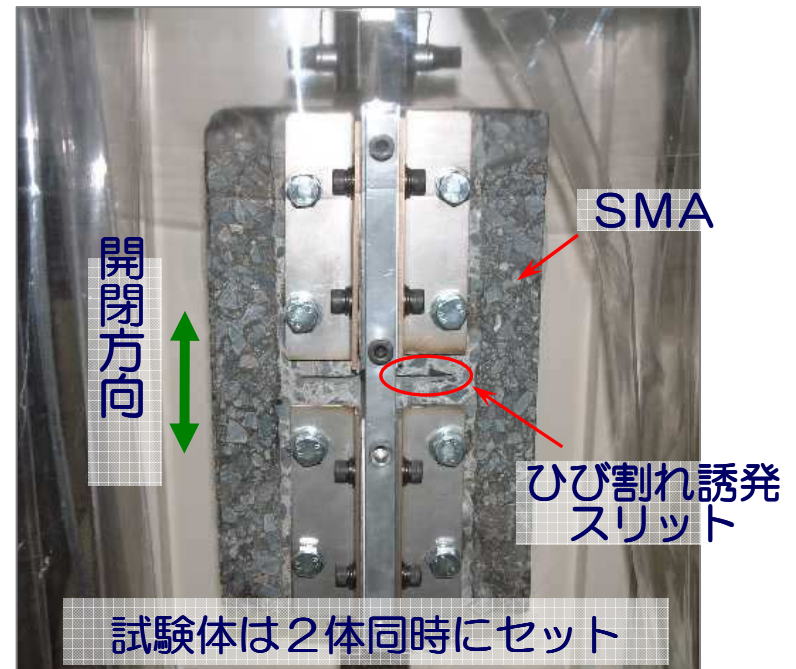
## ② 防水性能確認試験

目的：床版上面に生じるひび割れが、床版防水層に与える影響を確認

ひび割れ開閉  
345万回(30年分)  
0.25±0.15mm(0.1~0.4mm)



試験体形状



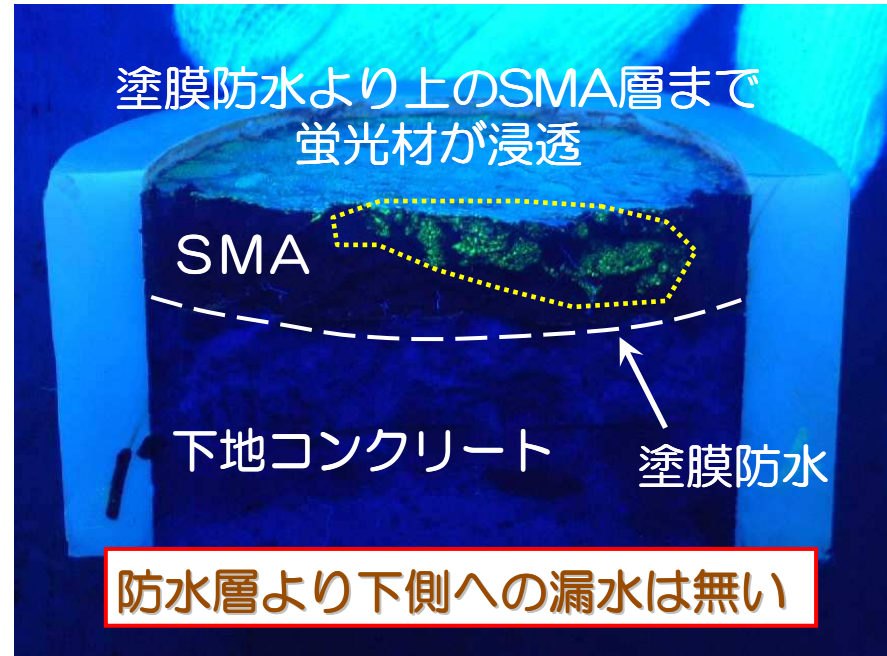
ひび割れ負荷状況

# ◆間詰部に関する各種試験

## ② 防水性能確認試験



ひび割れ開閉負荷後の状況



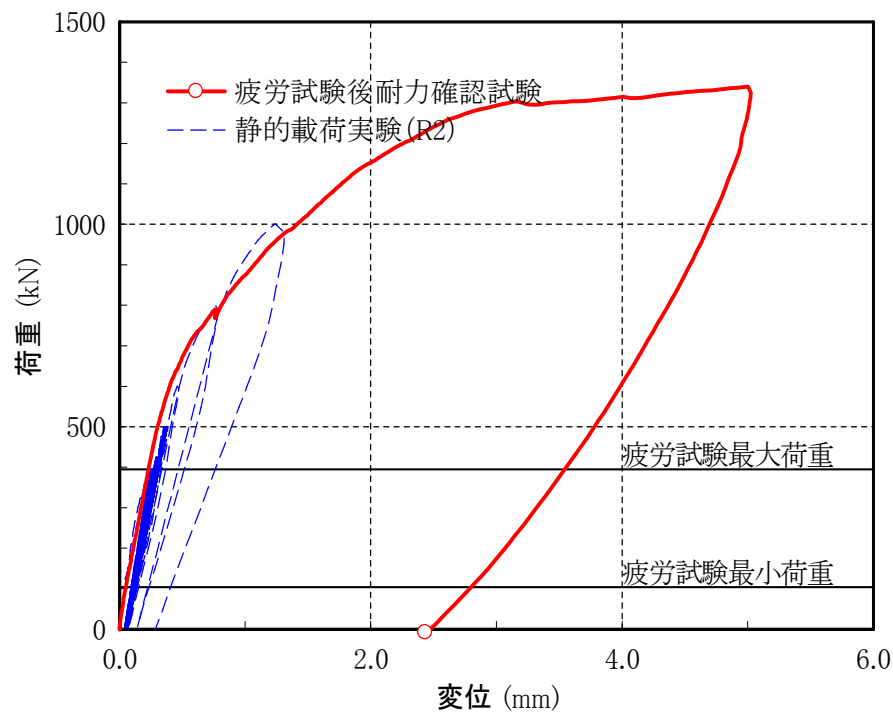
防水性能確認試験  
(防水層上面から蛍光材を含んだ水を加圧負荷後、ブラックライトを照射)

## ◆最後に

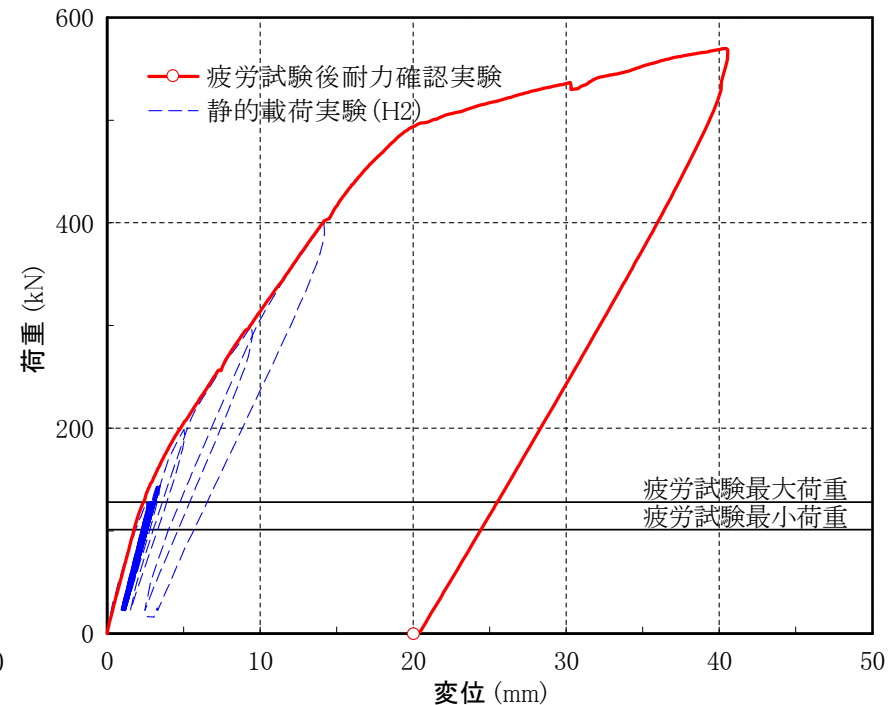
- D滑走路 棧橋部プレキャスト床版の構造概要・設計概要・各種試験概要を報告した。
- 今回の実施設計で想定した性能を確保するため、施工上の留意点等を踏まえた施工計画を策定中である。

# ◆間詰部に関する各種試験

## ①-2 実物大模型試験（疲労载荷試験）



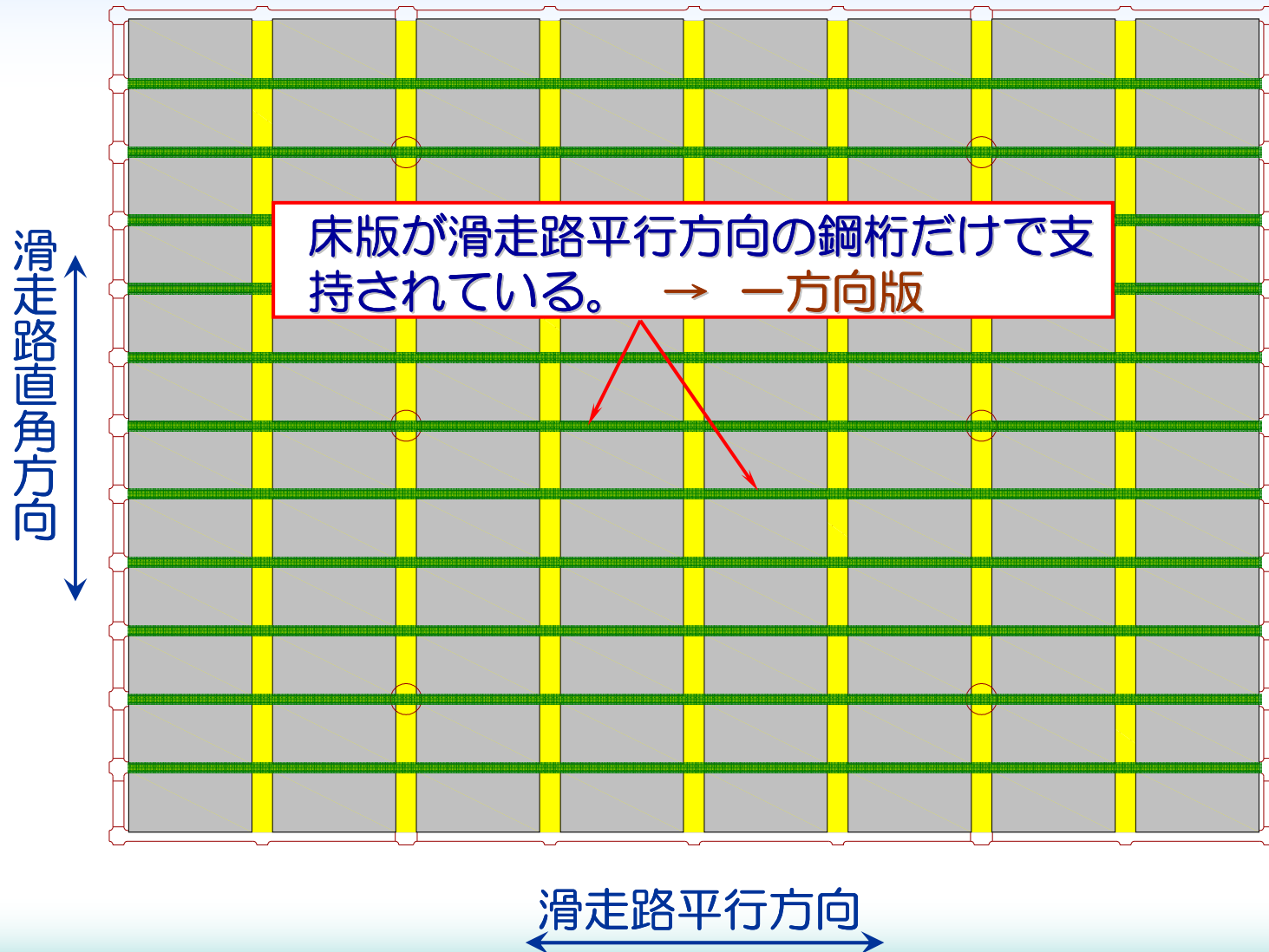
ループ継手試験体



重ね継手試験体

疲労载荷試験後の残存耐力確認試験

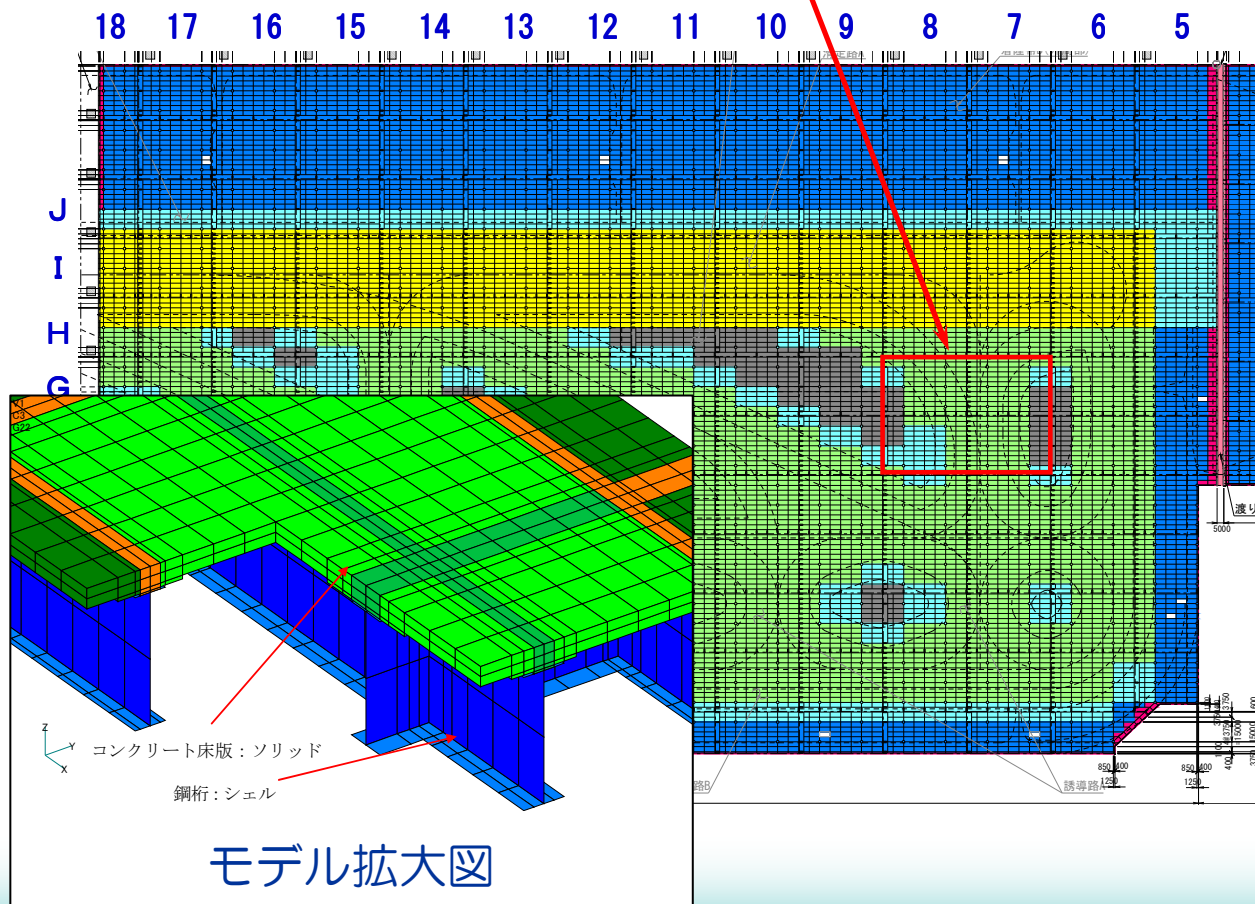
## ◆床版の支持方向



# ◆構造設計 「構造解析」

クリープ・乾燥収縮算出モデルの例

クリープ・乾燥収縮 算出モデル  
JKT 2×2基、5種類(滑、誘、高脱、シ、着)

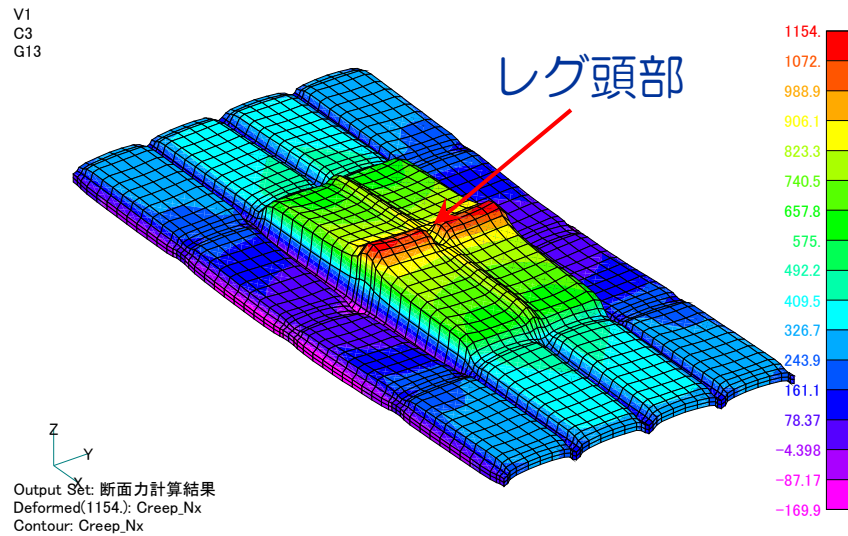


床版: ソリッド要素  
鋼筋: シェル要素

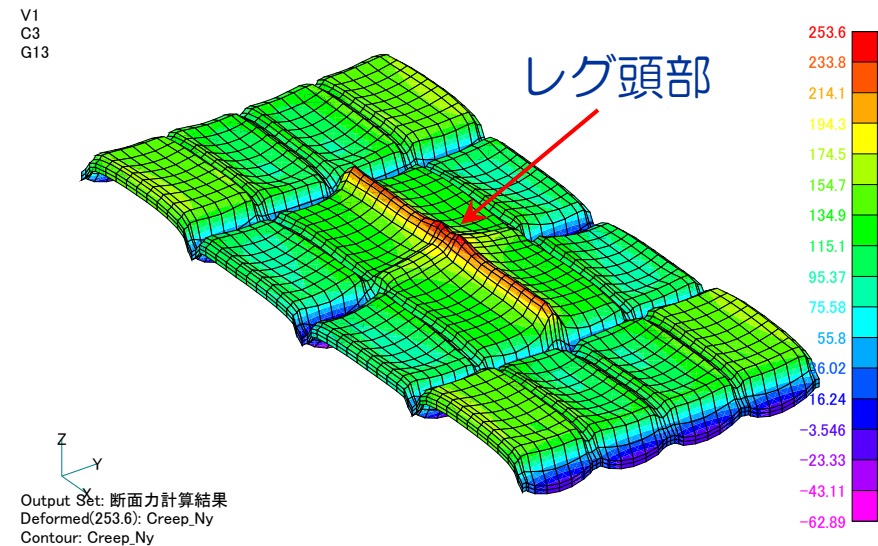
モデル拡大図

# ◆ 構造設計 「構造解析」

クリープ・乾燥収縮算出モデルの例



滑走路平行方向軸力分布



滑走路直角方向軸力分布

クリープ・乾燥収縮算出モデル  
クリープによる不静定力（滑走路部）