



多様な地震動に備える次世代 高機能免震構造の開発

— 免震積層ゴムの三次元画像計測手法の開発 —

北方建築総合研究所 建築研究部 建築システムグループ
齊藤 隆典



本発表の関連研究

研究課題名：多様な地震動に備える次世代
高機能免震構造の開発

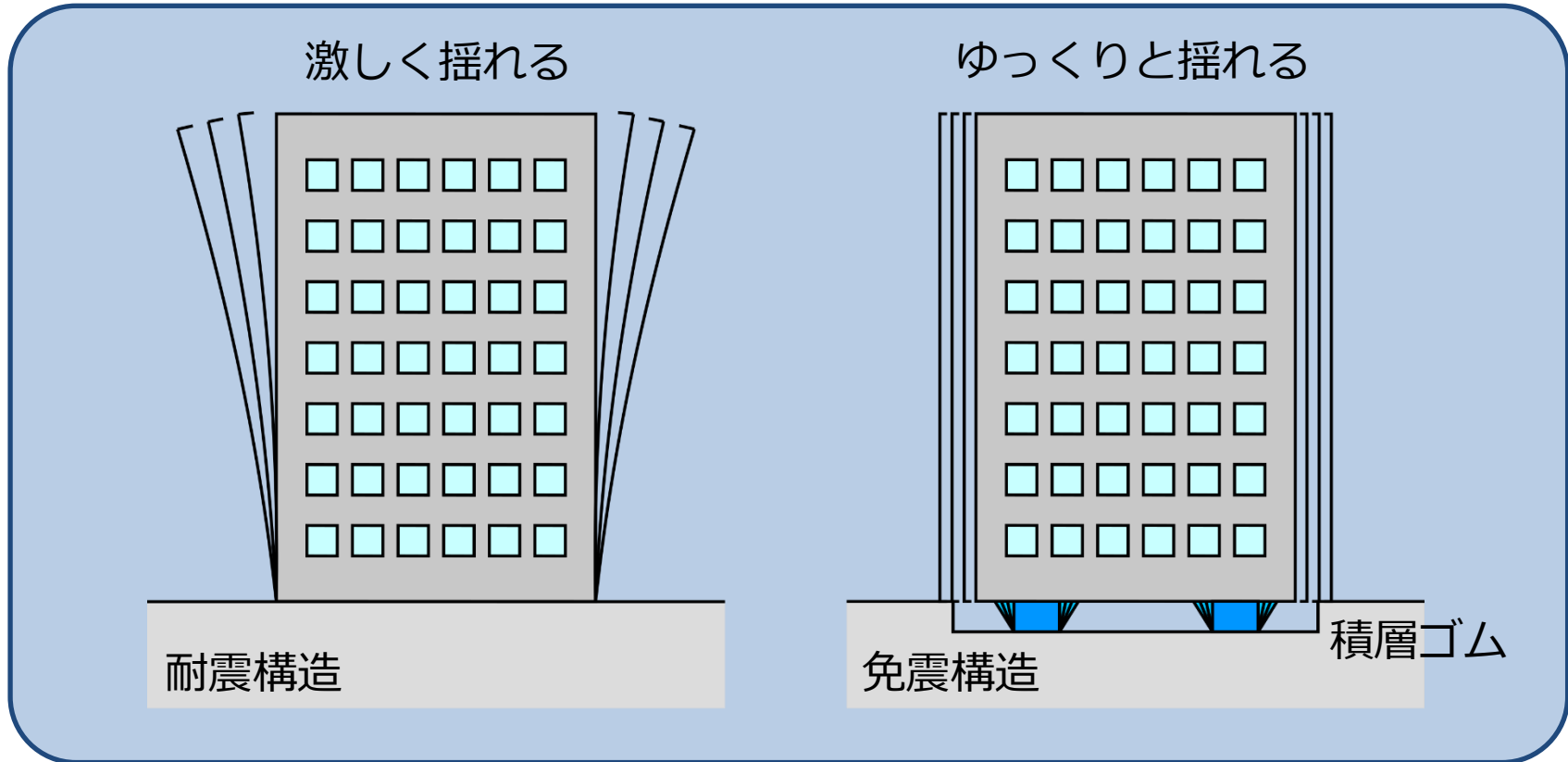
実施年度：R1-R3年度

研究区分：公募型研究・科研費・基盤A
(分担)

共同研究機関：北海道大学大学院（研究代表）
清水建設技術研究所
大崎総合研究所

背景

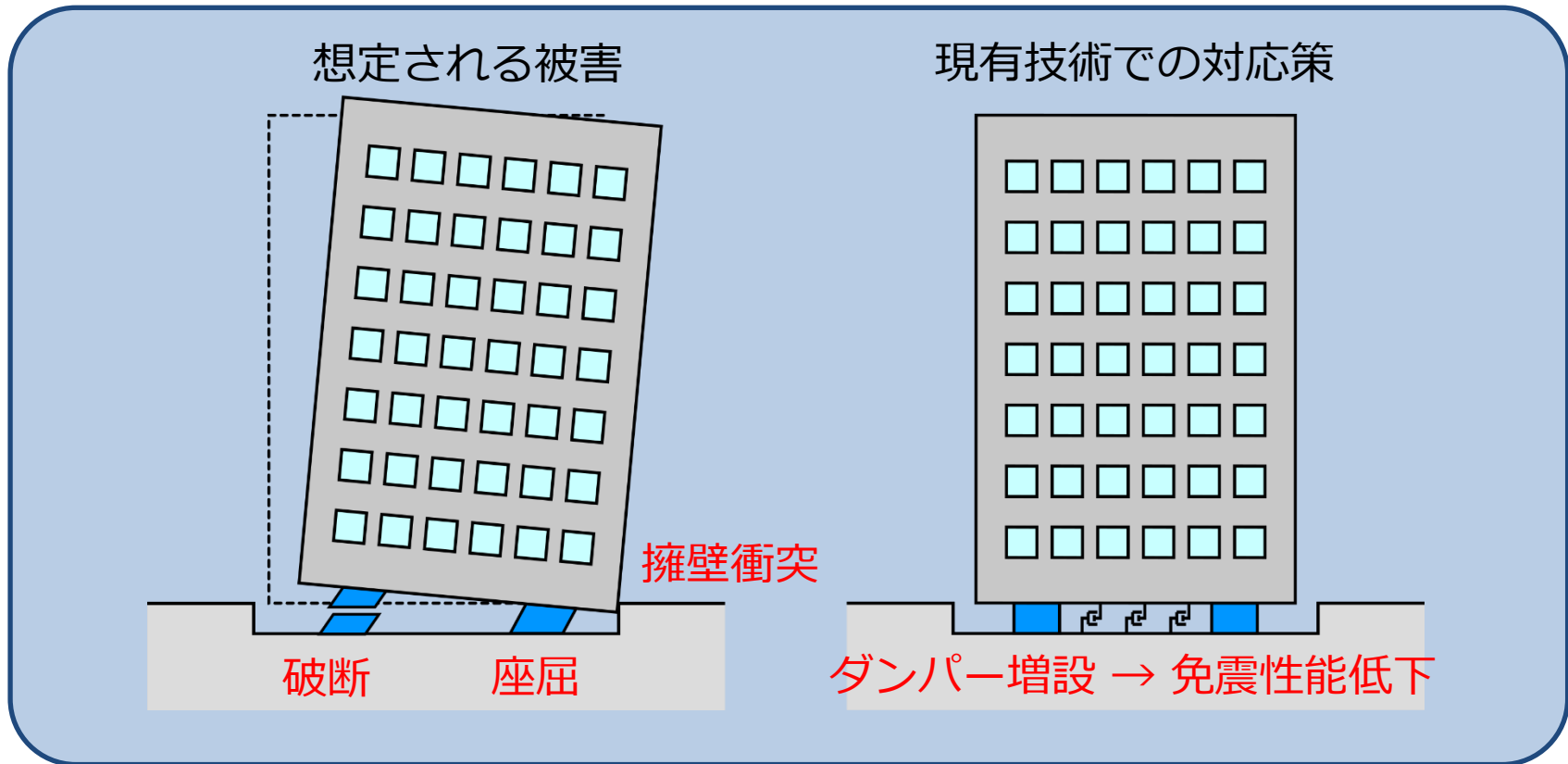
免震構造



建物への地震力の伝わりを低減 → 建物の被害軽減・機能維持

背景・目的

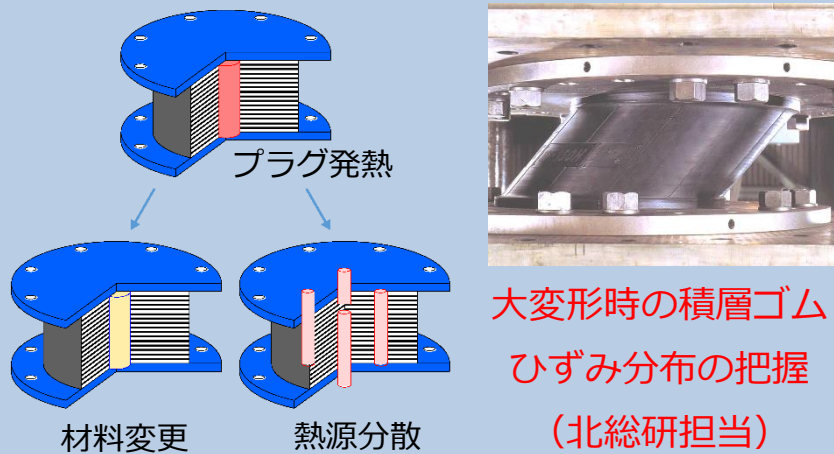
長周期地震動や大振幅パルス性地震動を受けると…



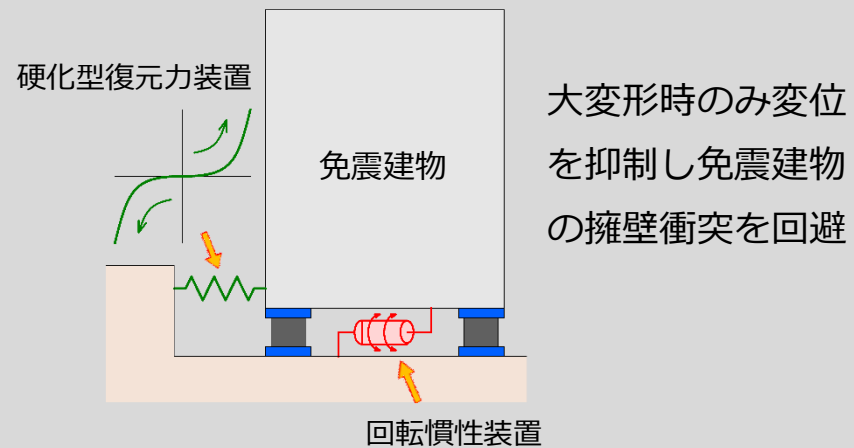
多様な地震動に備える次世代型高機能免震構造の開発

研究項目

1) 高耐久免震構造の開発 担当：北海道大学／北総研



2) 変位抑制免震構造の開発 担当：北海道大学／清水建設技術研究所



試験結果・数値解析結果・復元力モデル

3) 地震動予測

担当：大崎総合研究所

- ・長周期パルス性地震動の予測
- ・南海トラフ／千島海溝等の広帯域地震動の予測

入力
地震

4) 高機能免震構造の設計体系化

担当：北海道大学／清水建設技術研究所

- ・免震建物の試設計
- ・予測地震動を用いた地震応答解析
- ・設計法や評価手法の体系化

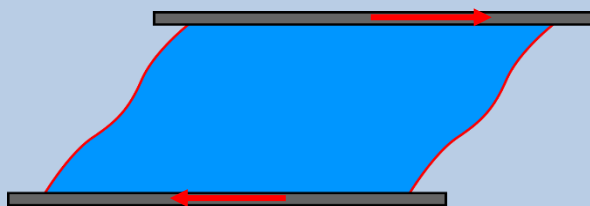
積層ゴム変形計測の課題

■ 積層ゴムの変形計測の現状



上下間相対変位から変形を評価
→ ゴム部分の変形は**均一と仮定**

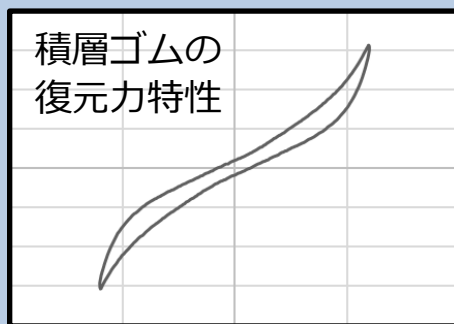
■ 実際の積層ゴムの変形



変形分布が均一にはならない
(大変形 / 熱影響 / 局所変形など)



現状の計測機器で直接測ることは困難
積層ゴムの復元力特性評価に影響



**免震積層ゴムの変形分布を把握
できる新たな計測手法が必要**

積層ゴムの三次元画像計測

1. 多視点同時撮影手法

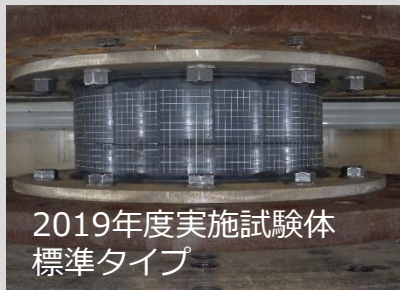


動画撮影

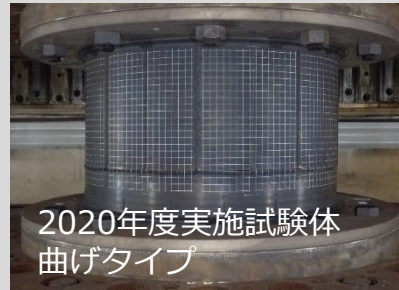
2. 三次元画像解析手法

- ①積層ゴム三次元座標の計算
 - ②三次元座標の統合
 - ③積層ゴムひずみ分布の可視化
- 画像解析プログラムの開発

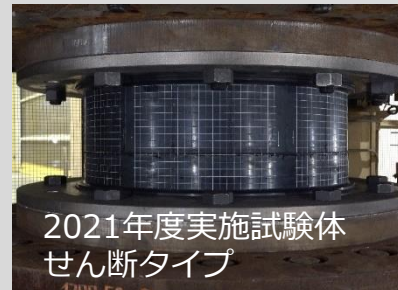
実大積層ゴムの加力試験



2019年度実施試験体
標準タイプ



2020年度実施試験体
曲げタイプ



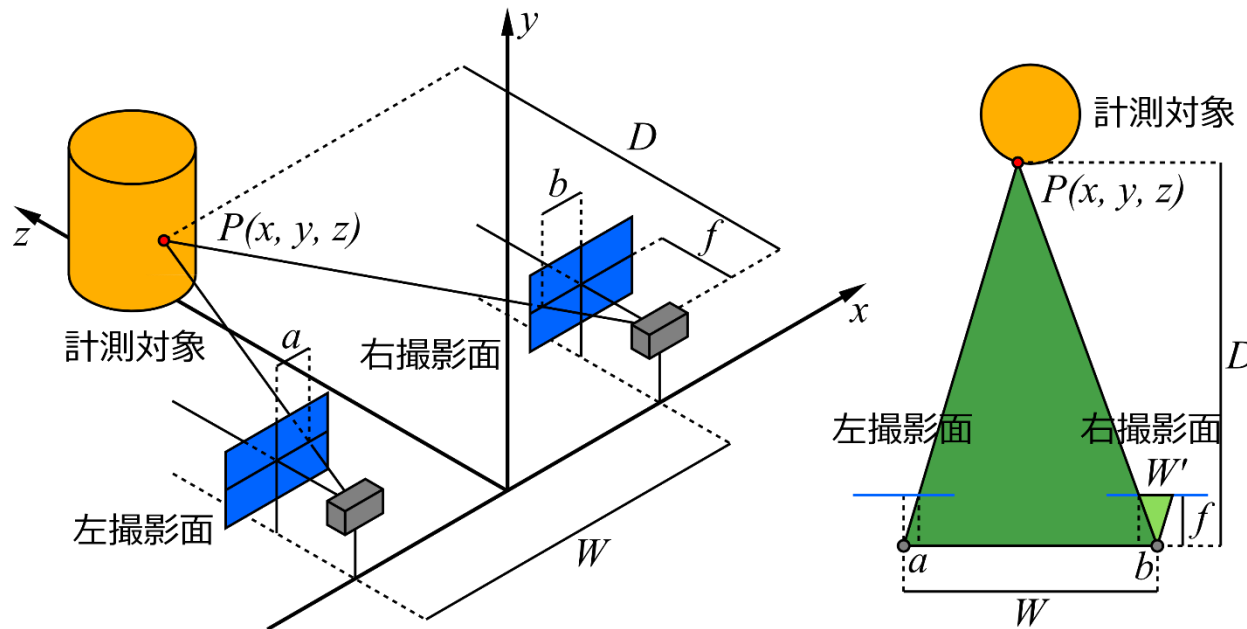
2021年度実施試験体
せん断タイプ

- 標準タイプ : S2 = 5.0
曲げタイプ : S2 = 3.0
せん断タイプ : S2 = 7.5

■ 加力パラメータ

面圧 : 7.5~30MPa せん断ひずみ : ±10~300% (各3サイクル加力)

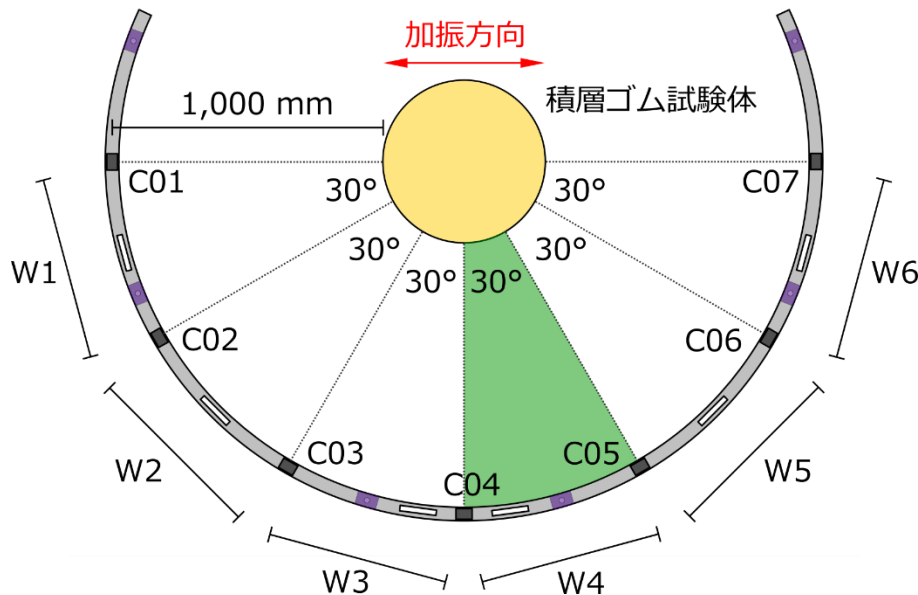
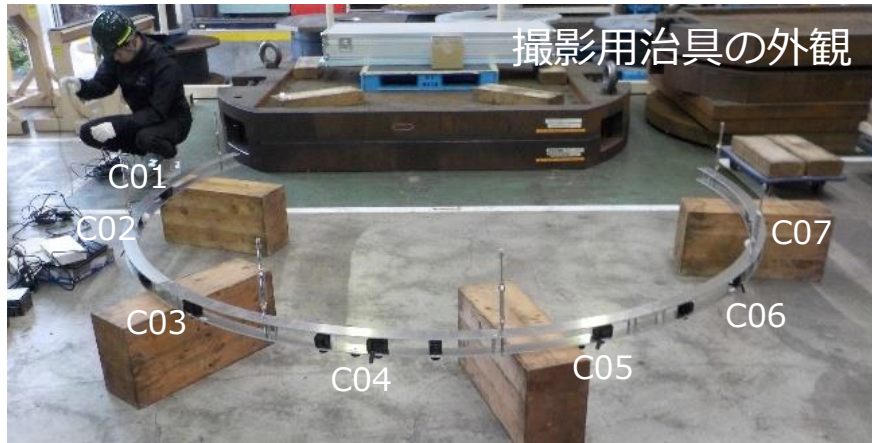
三次元画像計測の基本原則



- カメラ補正情報
- 位置・角度の推定
 - レンズ歪補正

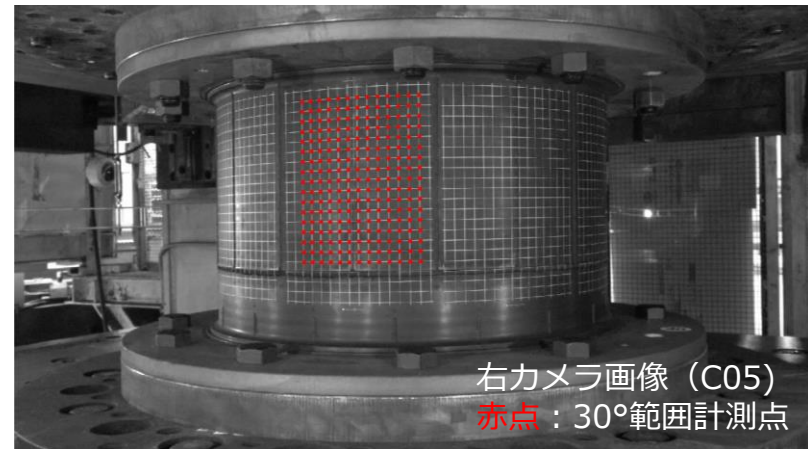
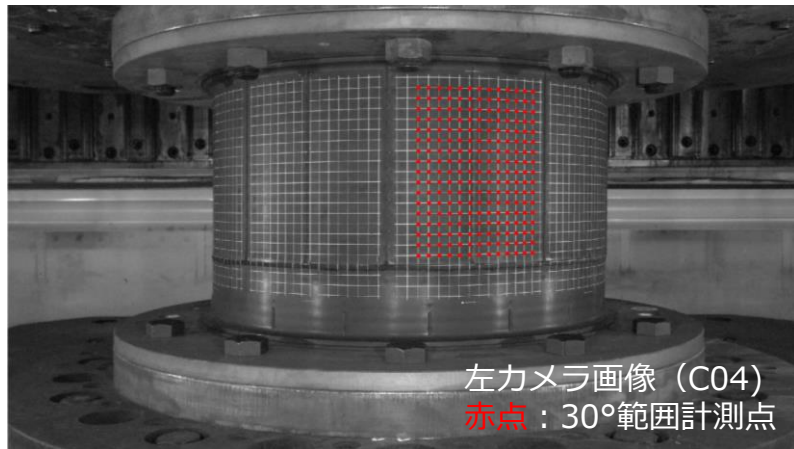
- 2台以上のカメラ（ステレオカメラ）で対象を同時撮影
- 計測位置とカメラの幾何学的関係から三次元座標を計算
- 事前キャリブレーションからカメラ補正情報を取得

1. 多視点同時撮影手法



- 加力試験機内でのカメラ撮影用治具を設計・製作
- 小型カメラ7台を円周状に配置して積層ゴム半周部を同時撮影

2.① 三次元座標の計算



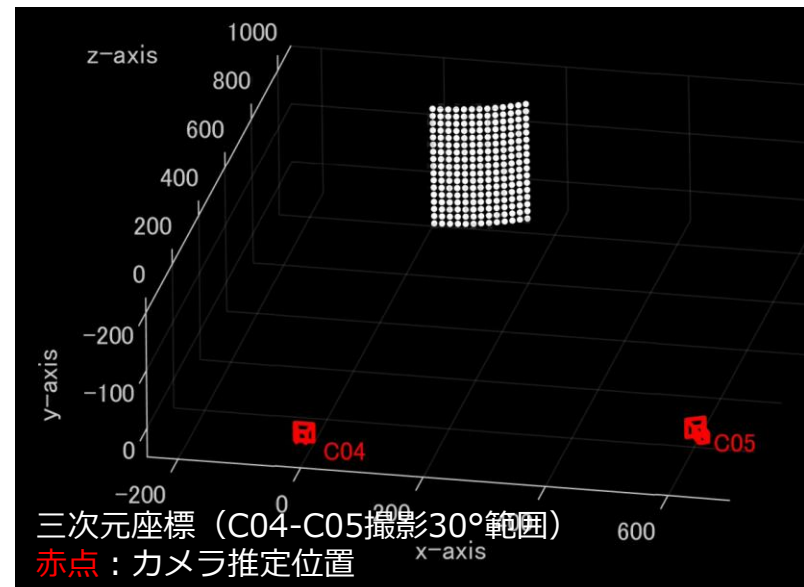
三次元座標の計算プロセス

左右撮影画像の計測点を
画像解析で追跡

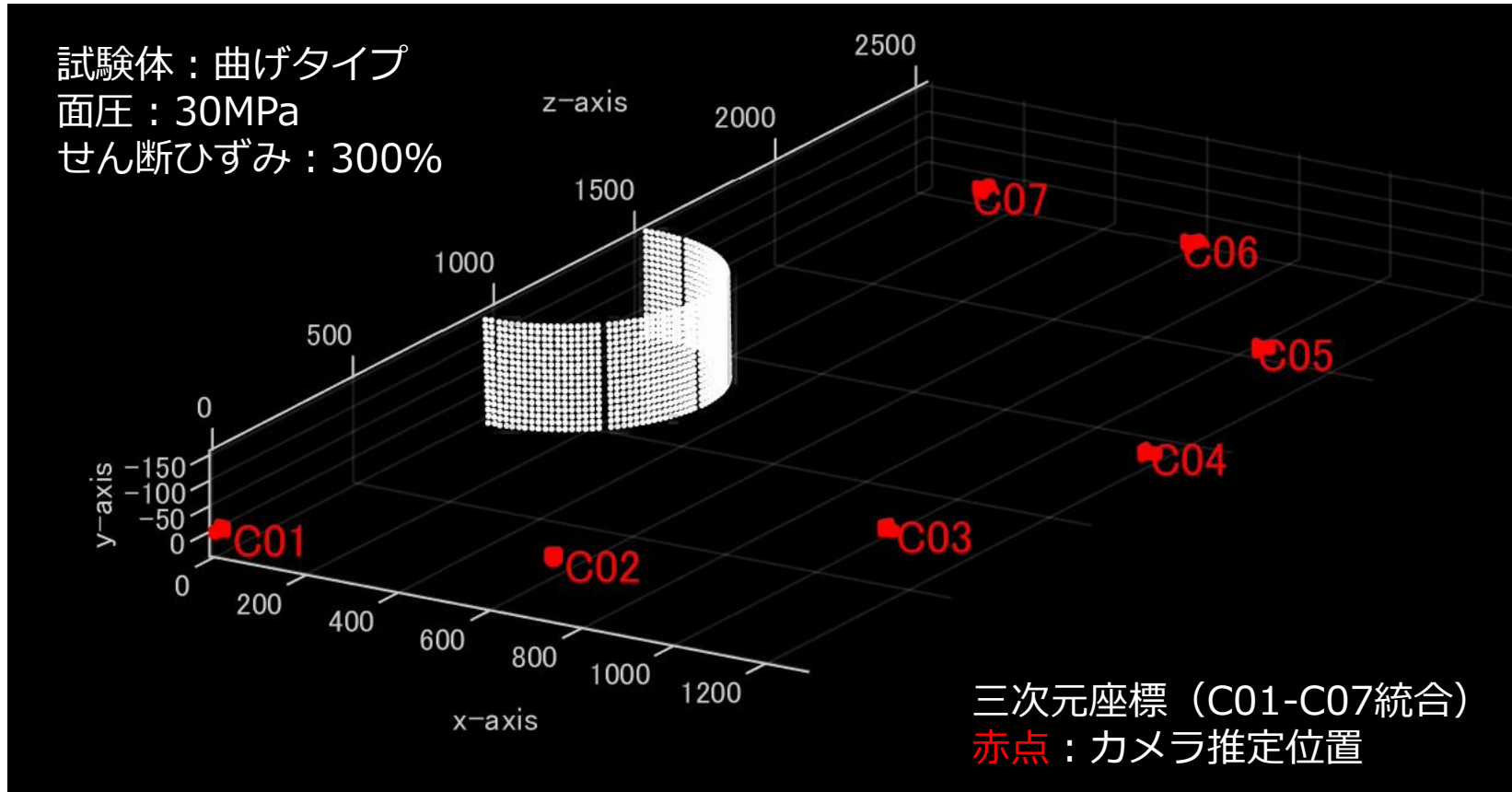
計測点三次元座標の計算
左右カメラ位置の推定

試験体30°範囲の
三次元曲面を表示

動画フレーム数で繰返し



2.② 三次元座標の統合



三次元座標の統合プロセス

7台のカメラ位置を
世界座標系に変換



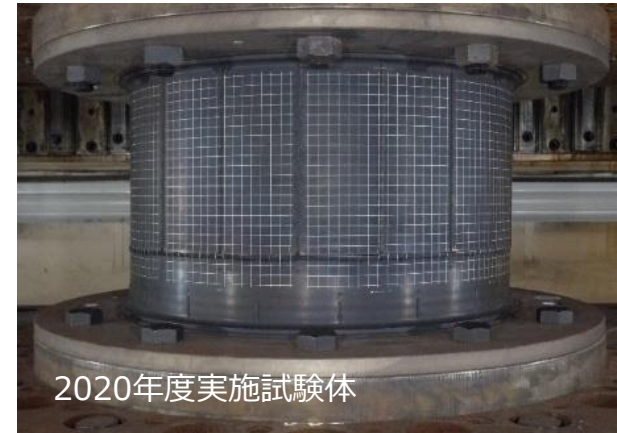
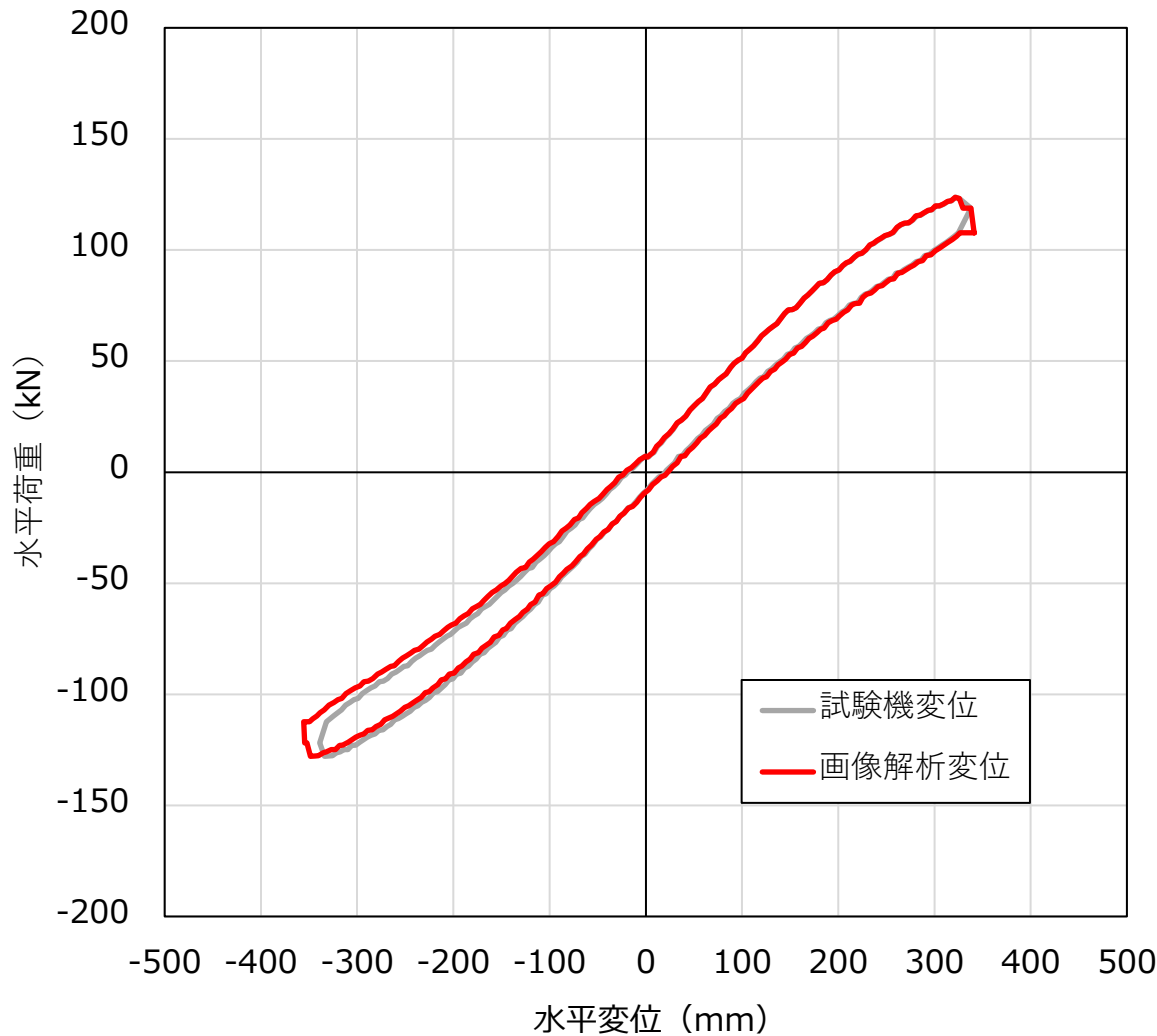
各30°範囲曲面を
世界座標系に変換



画像処理により
180°範囲曲面に統合

画像計測結果の検証

曲げタイプ試験体の計測結果（水平荷重－水平変位）の比較

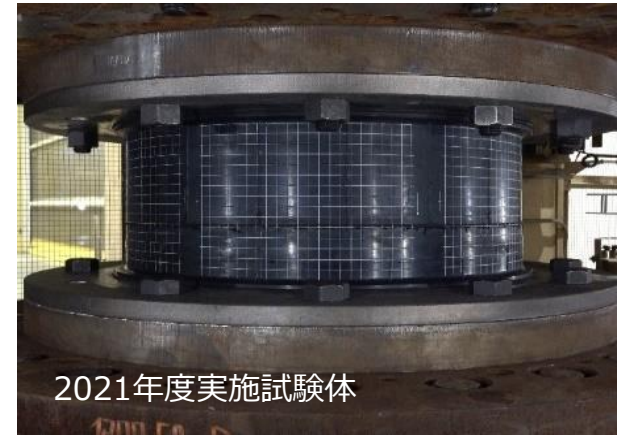
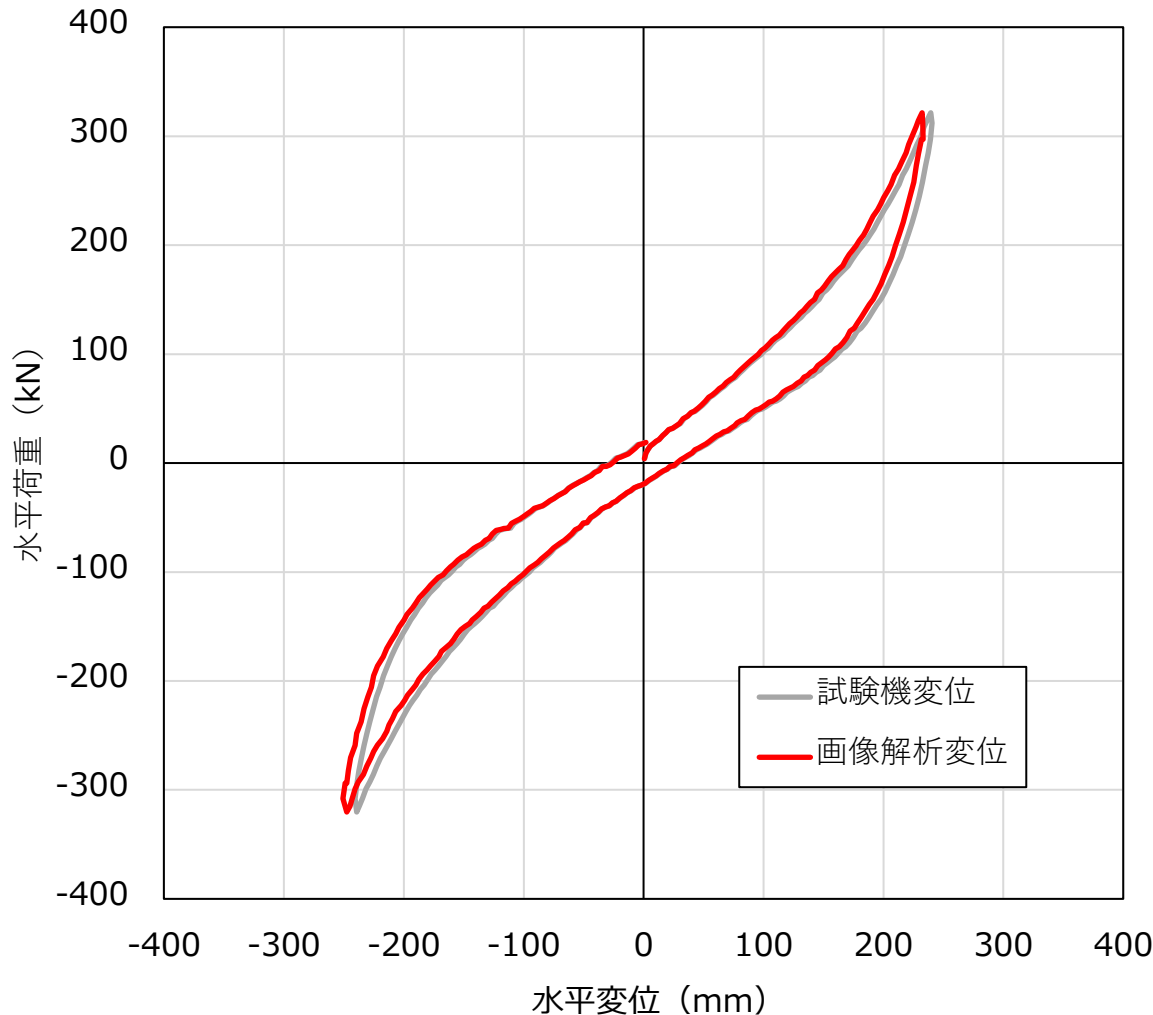


試験体：曲げタイプ
面圧：12MPa
せん断ひずみ：±169%

■ 画像計測結果
加力軸方向計測点の
奥行方向変位から表示

画像計測結果の検証

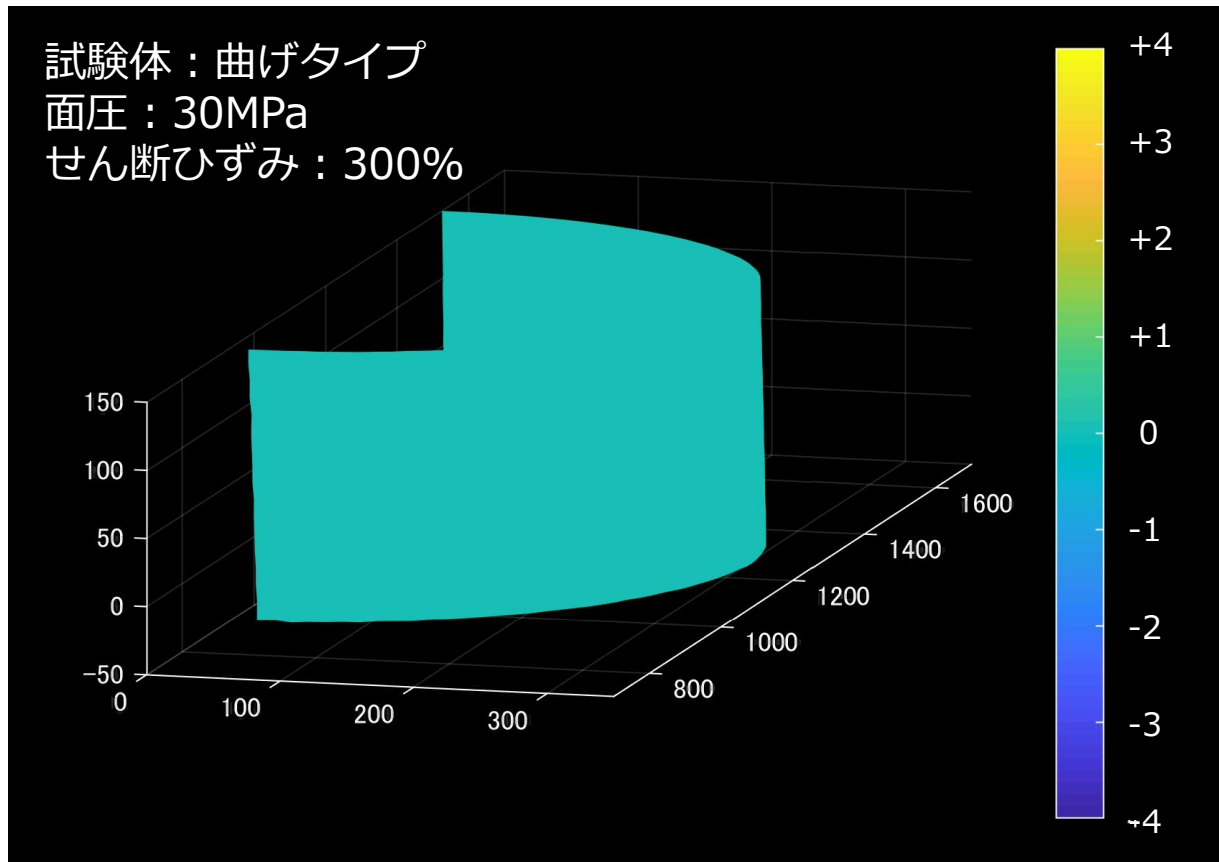
せん断タイプ試験体の計測結果（水平荷重－水平変位）の比較



試験体：せん断タイプ
面圧：30MPa
せん断ひずみ：±300%

■ 画像計測結果
加力軸方向計測点の
奥行方向変位から表示

2.③ ひずみ分布の可視化



ひずみ分布の計算プロセス

動画フレーム間の座標
差分から変位を計算



Greenひずみの計算
(大ひずみに対応した計算方法)



統合曲面にひずみ分布
を可視化表示

研究成果と活用策

【研究成果】

北総研担当分

- 免震積層ゴムの三次元画像計測手法を構築

研究全体

- 多様な地震動に対処できる高機能免震構造の開発
- 高機能免震構造の設計法・評価法の確立

【成果の活用策】（北総研担当分）

- 積層ゴムの局所変形等の計測手法として活用
- 撮影画像から三次元変形を計測する方法は、建築構造分野での計測や研究への展開を図っていく