

株式会社国元商会  
耐力壁及び水平構面強度試験  
試験報告書

2007年12月10日(月)

特定非営利活動法人WOOD AC

河本和義 今西亨

岐阜県立森林文化アカデミー

木造建築スタジオ

講師 小原勝彦

## 目 次

1 . 実験概要 .....	P 1
1 . 1  実験一般事項	
1 . 2  実験目的	
1 . 3  実験方法	
1 . 4  加力・計測システム	
1 . 5  計測方法	
1 . 5 . 1  高感度変位計	
1 . 5 . 2  巻込型変位計	
2 . 供試体概要及び変位計計測位置 .....	P 5
2 . 1  供試体仕様	
2 . 2  実験供試体	
3 . 計測結果 .....	P 10
3 . 1  荷重 - 変位曲線	
3 . 2  実験供試体改良版コボット1P-1	
3 . 3  実験供試体改良版コボット2P-1	
3 . 4  実験供試体改良版コボット3P-1	
3 . 5  実験供試体改良版コボット3P-2	
3 . 6  実験供試体改良版コボット3P-3	
3 . 7  実験供試体改良版コボット4P-1	
4 . 破壊概要 .....	P 16
4 . 1  各供試体の破壊概要	
4 . 2  実験供試体改良版コボット1P-1	
4 . 3  実験供試体改良版コボット2P-1	
4 . 4  実験供試体改良版コボット3P-1	
4 . 5  実験供試体改良版コボット3P-2	
4 . 6  実験供試体改良版コボット3P-3	
4 . 7  実験供試体改良版コボット4P-1	
5 . 実験結果 .....	P 22
5 . 1  算定方法	
5 . 1 . 1  基本せん断耐力基準値	
5 . 1 . 2  完全弾塑性モデルの作成	
5 . 2  短期許容耐力と壁倍率及び床倍率	
5 . 3  等価粘性減衰定数	
5 . 3 . 1  等価粘性減衰定数の定義とその算定法	
5 . 3 . 2  等価粘性減衰定数	
6 . まとめ .....	P 34
6 . 1  荷重 - 変位曲線について	
6 . 2  破壊概要について	
6 . 3  短期許容耐力と壁倍率及び床倍率について	
6 . 4  等価粘性減衰定数について	
6 . 5  各供試体の比較	

## 1. 実験概要

### 1. 1 実験一般事項

本構造試験の概要について表 1.1.1 に示す。

表 1.1.1 構造試験概要

構造試験の名称	耐力壁及び水平構面試験
構造試験の申込者の名称及び住所	株式会社 国元商会 大阪市鶴見区今津北3丁目4番27号
担当者	古川 様
構造試験責任者	岐阜県立森林文化アカデミー 木造建築スタジオ 岐阜県美濃市曾代88
実験協力者	講師 小原 勝彦  特定非営利活動法人 WOOD AC 理事 河本 和義 今西 亨
構造試験実施期間及び実施場所	2007年11月11(日)～12日(月) 実験実施日：2007年11月11(日)～12日(月) 岐阜県立森林文化アカデミー 木材開放試験室 岐阜県美濃市曾代88

### 1. 2 実験目的

国元商会仕様の筋かい端部金物(改良版コボット)を用いた耐力壁及び水平構面の強度試験を行い、その構造性能を確認することが目的である。

### 1.3 実験方法

耐力床を鉄骨基礎に図 1.3.1 の様に設置し、アクチュエータ型加力機を用いて耐力壁及び水平構面のせん断耐力を求める。

試験の方法は、(財)日本住宅・木材技術センターが定める「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」中の「2章 木造軸組工法住宅の各部要素の試験方法と評価方法」、「3章 3.1 床倍率を算定するための水平構面の面内せん断試験」に準拠する。試験は無載荷式及び載荷式で行った。

(1) 試験体は、土台を試験装置に 2-M16 ボルトを用いナットで固定する。同時に土台左右両端部に土台水平移動固定金物のベースを 2-M24 ボルトを用いナットで固定する。

(2) 荷重の加力は頂部梁左右両端部に加力冶具を設置し、それらを 2-M16 ボルトを用いナットで固定し、その加力冶具左端に加力機をのばし、連結して行った。

(3) 荷重載荷の繰り返しは、見かけの変形制御で、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad.、破壊までの正負交番とする。

(4) 繰り返し加力は同ステップで耐力壁試験では 3 回、水平構面試験では 1 回とする。但し、最終サイクルでは、併に単調加力とする。

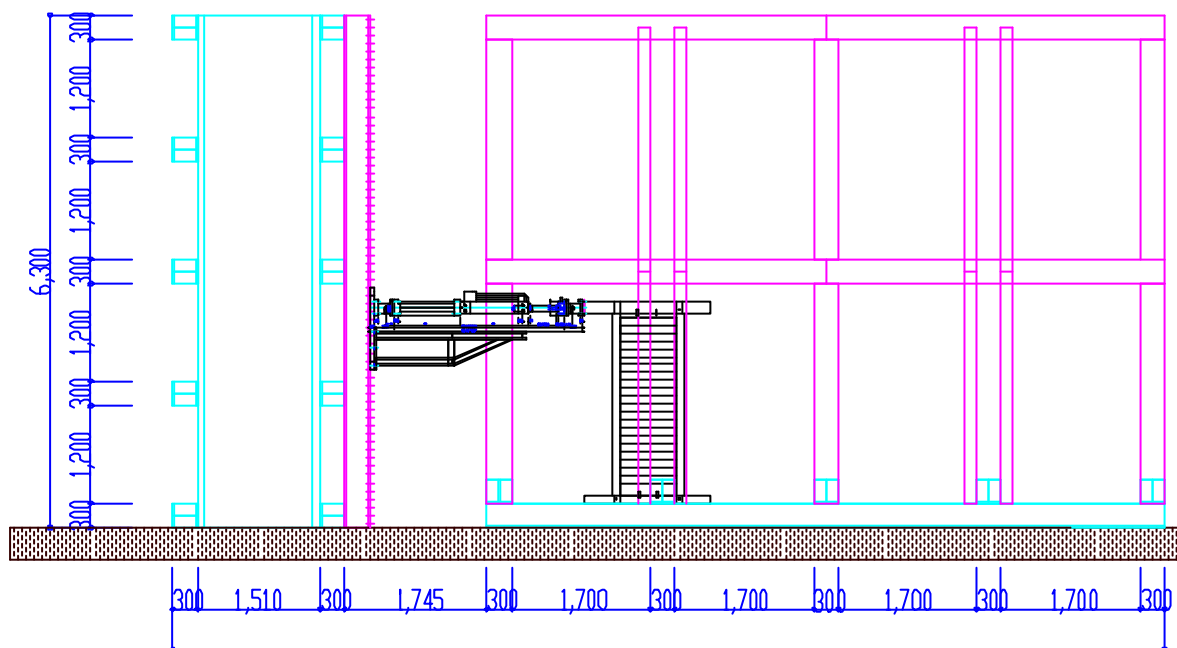


図 1.3.1 供試体設置位置立面図

### 1.4 加力・計測システム

アクチュエータ型加力機（島津サーボパルサー EHF-JM100kN-110L 形（株）島津製作所製）の加力はパソコンを用い、制御ソフト（GLUON（株）島津製作所製）にて制御した。計測荷重及び計測変位を LAN ケーブルを介してパソコンに取り込み、スイッチボックス（SHW-50D（株）東京測器製）を中継し、高速自動デジタルひずみ測定器（THS1100（株）東京測器製）で計測した。計測ソフト（TDS/THS-7120（株）東京測器製）にて、各部のデータを計測した。

また、供試体の随所に設置した変位計で各部の変位を計測し、GP-IB ケーブルを介してパソコンに取り込んだ。

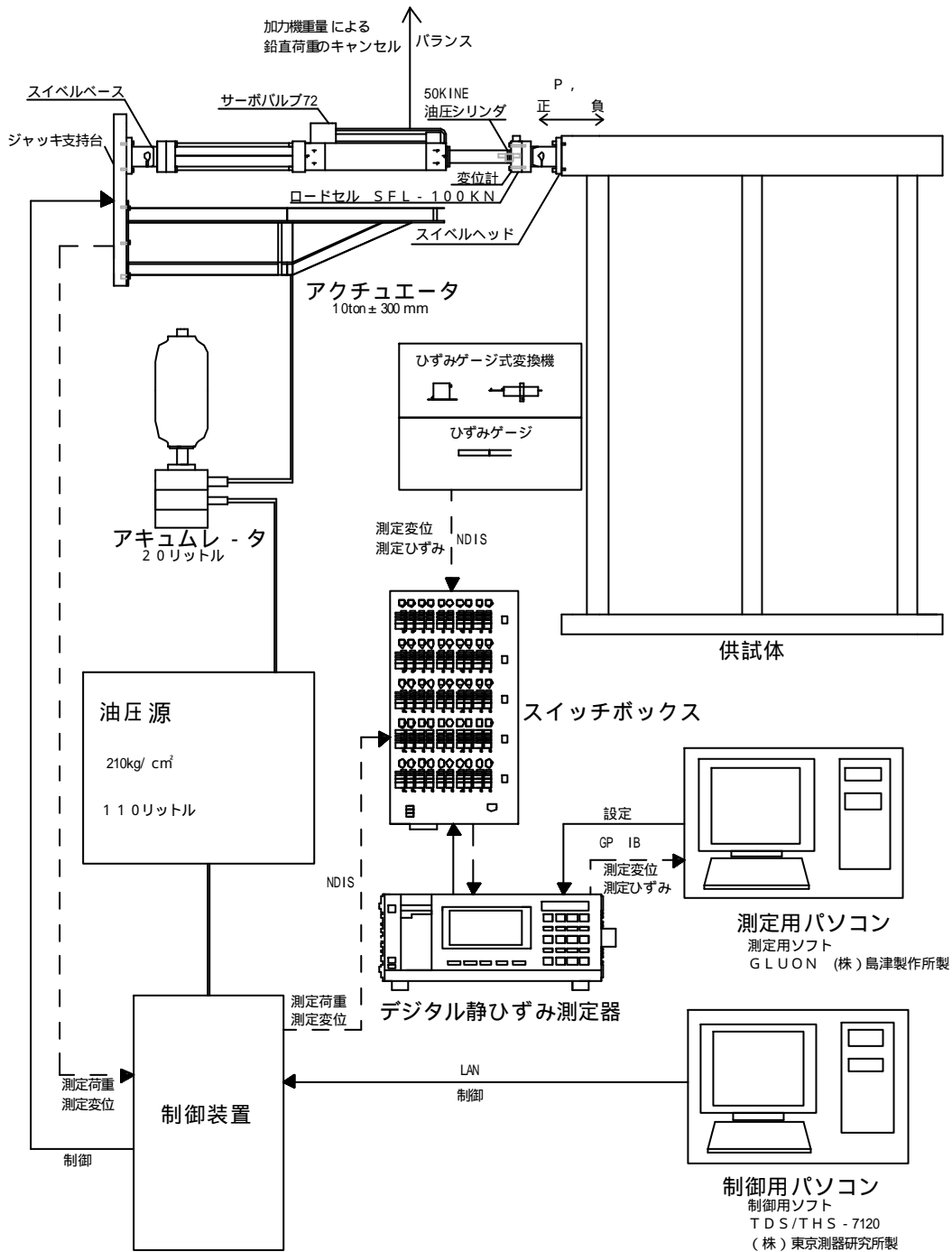


図 1.4.1 加力・計測システム概要図

## 1.5 計測方法

本実験で使用した計測センサーは、高感度変位計、巻込型変位計である。以下に計測方法を示す。

### 1.5.1 高感度変位計 (CDP型変位計 (株)東京測器製)

図 1.5.1 に示すように、厚さ 3[mm]の亚克力板で制作した変位計受けに、高感度変位計のピストンをあて、変位計の本体の設置には専用のホルダやマグネットスタンドを用いて、A 点 - B 点間の距離を計測する。計測値の正の値はピストンが伸びる向きである。各部の絶対変位及び相対変位の計測に用いた。

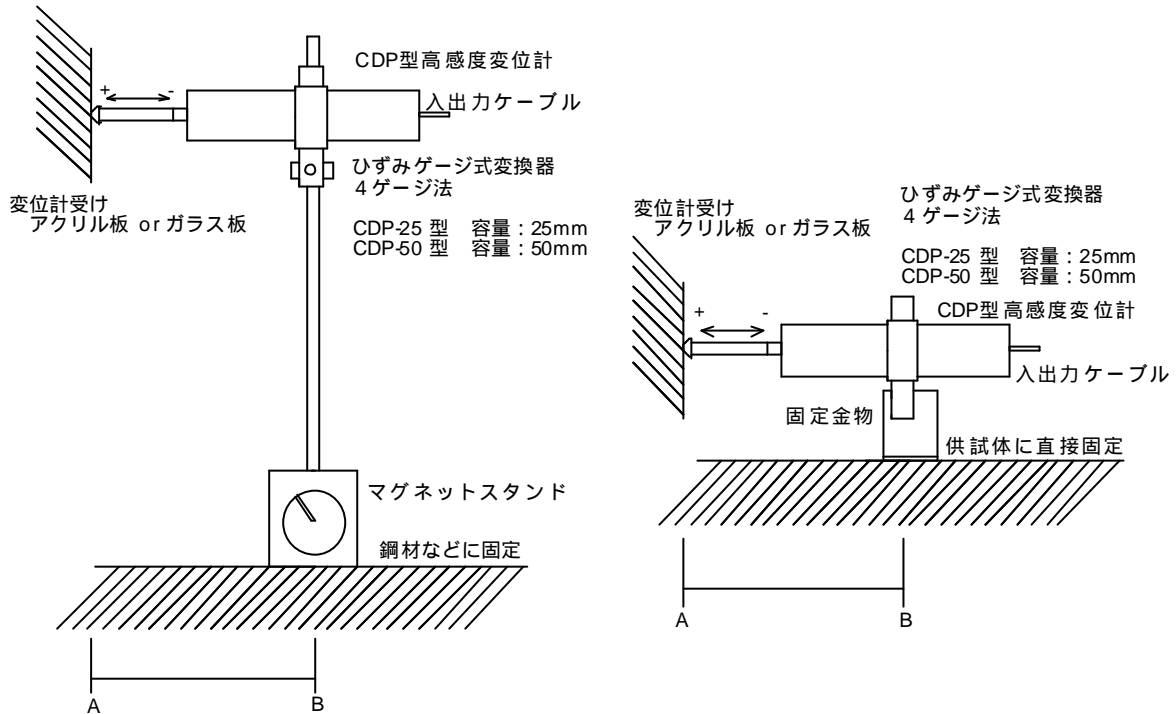


図 1.5.1 高感度変位計設置の方法と計測概要比較

### 1.5.2 巻込型変位計 ((株)東京測器製)

図 1.5.2 に示すように、フックを供試体に設置し、変位形のワイヤーの先端を取り付けて、A 点 - B 点間の距離を計測する。計測値の正の値はワイヤーが伸びる向きである。頂部水平変位及び中間部水平変位の計測に用いた。



図 1.5.2 高感度変位計設置の方法と計測概要

## 2. 供試体概要及び変位計計測位置

### 2.1 供試体仕様

供試体の仕様について以下にまとめる。(詳細については、2.2章の各供試体仕様を参照のこと)

- ・上部材： スギ(KD) 105 × 150mm
- ・縦材： スギ(KD) 105 × 150mm
- ・下部材： スギ(KD) 105 × 150mm
- ・上下接合部： S-HD15、 S-HD25

#### 供試体改良版コボット 1P-1

- ・梁材： ベイマツ(KD)105 × 180mm
- ・柱材： スギ(KD) 105 × 105mm
- ・土台材：スギ(KD) 105 × 105mm
- ・柱頭柱脚：S-HD15、 S-HD25

本報告書内での供試体の名称について、以下のように定義した。

表 2.1.1 本報告書内での供試体記号の定義

本報告書内 供試体記号	形式	概要	試験実施日
改良版コボット 1P-1	耐力壁	供試体寸法：910 × 2730mm 筋かい端部金物：改良版コボット 金物ビス：コボット専用コーチスクリュー 9本	平成19年11月12日(月)
改良版コボット 2P-1	水平構面	供試体寸法：1820 × 2730mm 筋かい端部金物：改良版コボット 金物ビス：コボット専用コーチスクリュー 9本	平成19年11月12日(月)
改良版コボット 3P-1 ~ 3	水平構面	供試体寸法：2730 × 2730mm 筋かい端部金物：改良版コボット 金物ビス：コボット専用コーチスクリュー 9本	平成19年11月11日(日)
改良版コボット 4P-1	水平構面	供試体寸法：3640 × 2730mm 筋かい端部金物：改良版コボット 金物ビス：コボット専用コーチスクリュー 9本	平成19年11月12日(月)

供試体記号の意味は以下のように定義した。

供試体記号の意味

改良版コボット 1P-1

└──────────┬──────────┘  
                  供試体長さ - index1 ~ 3

## 2.2 実験供試体

実験供試体の概要を図 2.2.1 ~ 4 に示す。

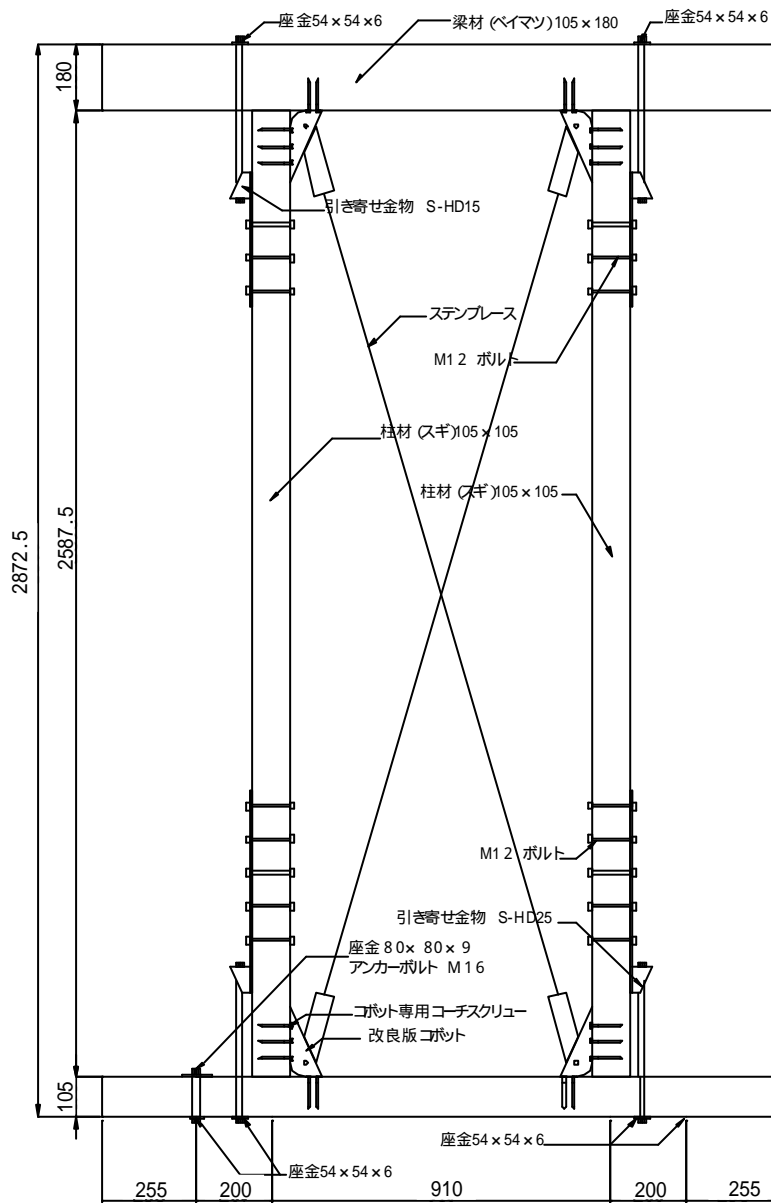


図 2.2.1 供試体改良版コボット 1P-1 の概要



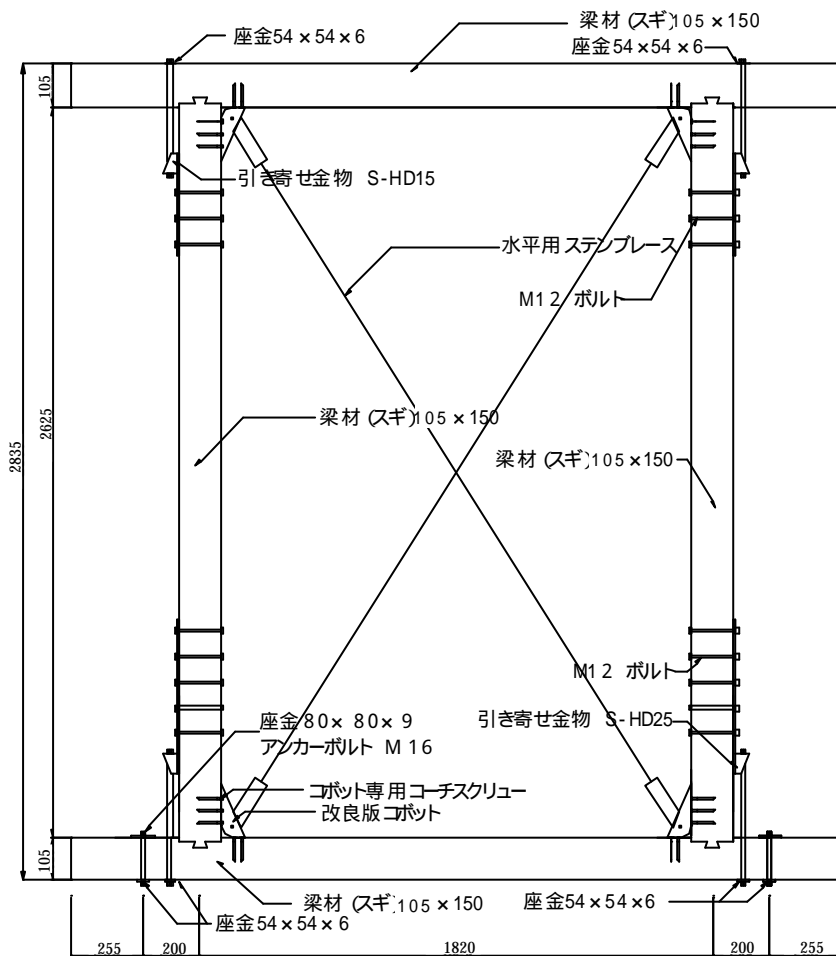


図 2.2.2 供試体改良版ロボット 2P-1 の概要

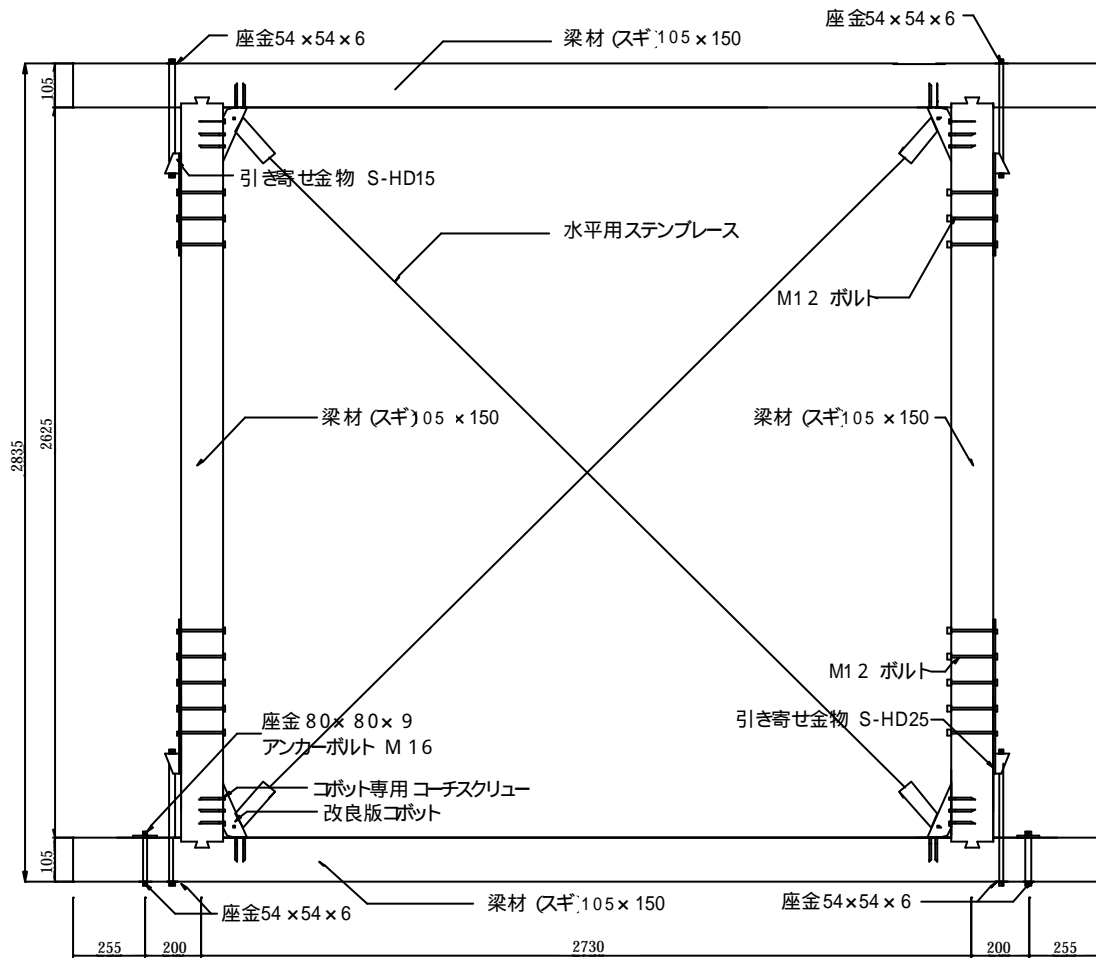


図 2.2.3 供試体改良版コボット 3P-1 ~ 3 の概要

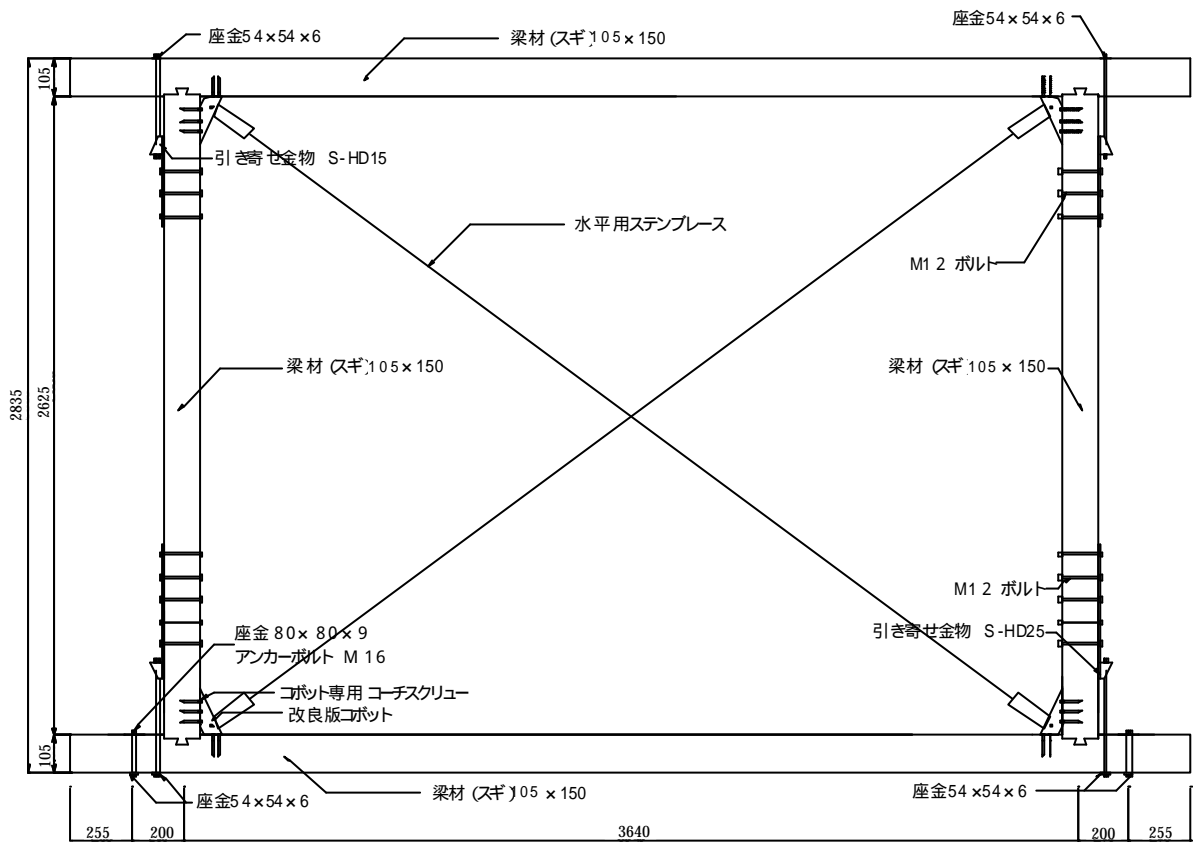


図 2.2.4 供試体改良版コボット 4P-1 の概要

### 3. 計測結果

#### 3.1 荷重 - 変位曲線

#### 3.2 実験供試体改良版コボット1P-1

実験供試体改良版コボット 1P-1 の荷重 - 各部変位関係を図 3.2.1 ~ 図 3.2.5 に示す。

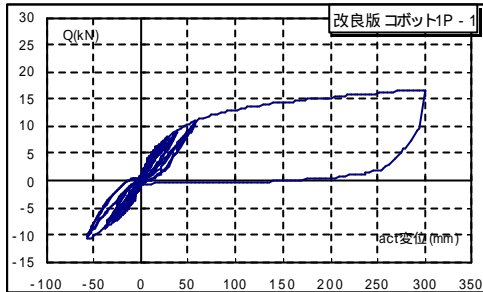


図 3.2.1 加力機ストローク

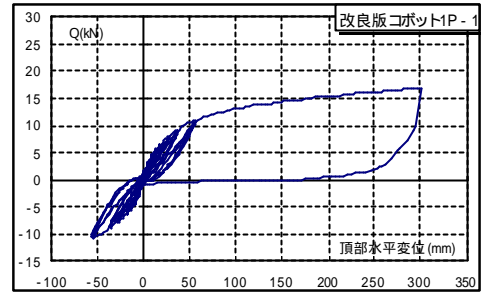


図 3.2.2 頂部水平変位

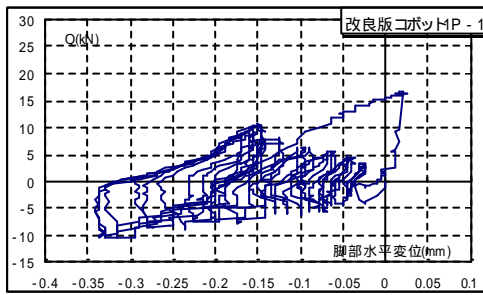


図 3.2.3 脚部水平変位

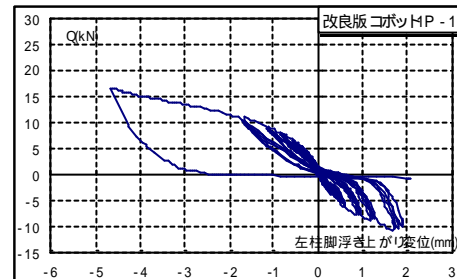


図 3.2.4 左柱脚浮き上がり変位

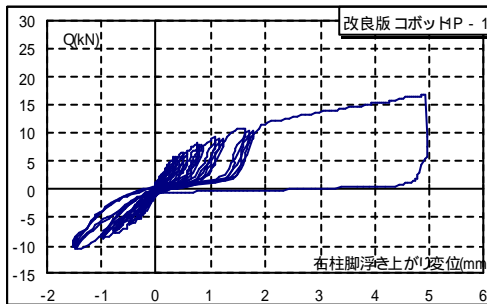


図 3.2.5 右柱脚浮き上がり変位

### 3.3 実験供試体改良版コボット2P-1

実験供試体改良版コボット2P-1の荷重 - 各部変位関係を図 3.3.1 ~ 図 3.3.5 に示す。

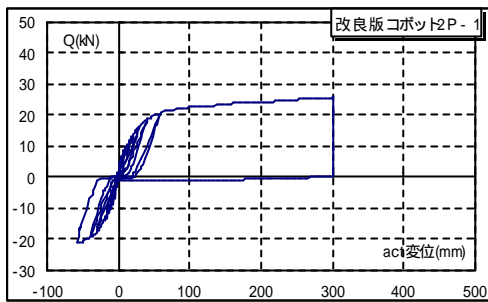


図 3.3.1 加力機ストローク

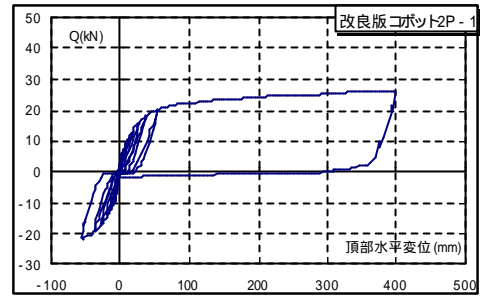


図 3.3.2 頂部水平変位

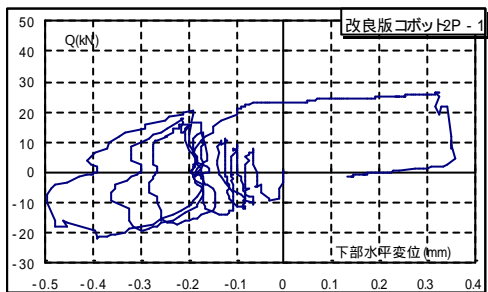


図 3.3.3 下部水平変位

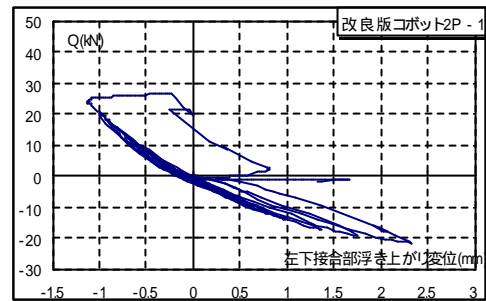


図 3.3.4 左下接合部浮き上がり変位

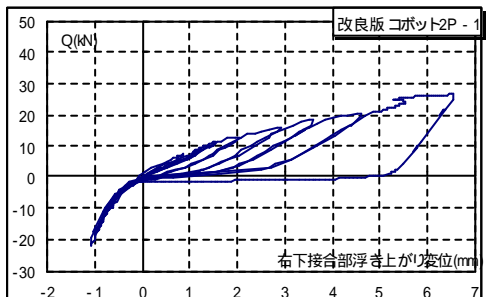


図 3.3.5 右下接合部浮き上がり変位

### 3.4 実験供試体改良版コボット3P-1

実験供試体改良版コボット3P-1の荷重 - 各部変位関係を図 3.4.1 ~ 図 3.4.5 に示す。

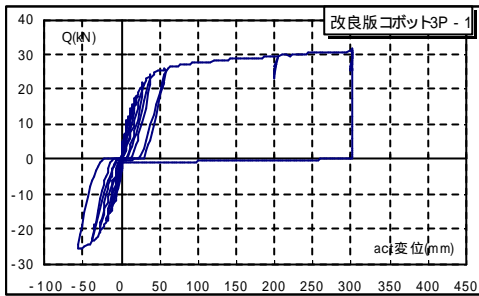


図 3.4.1 加力機ストローク

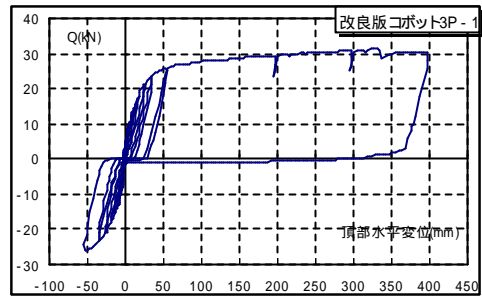


図 3.4.2 頂部水平変位

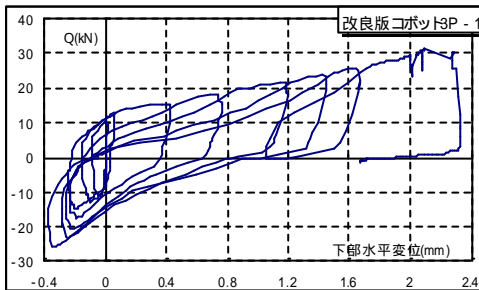


図 3.4.3 下部水平変位

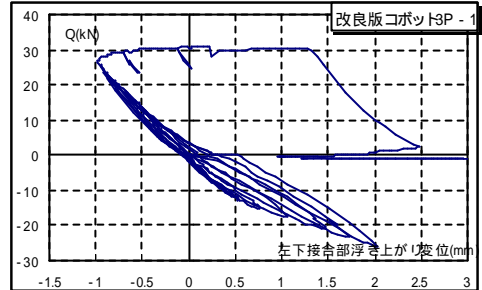


図 3.4.4 左下接合部浮き上がり変位

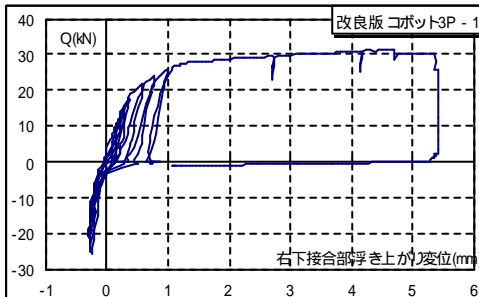


図 3.4.5 右下接合部浮き上がり変位

### 3.5 実験供試体改良版コボット3P-2

実験供試体改良版コボット3P-2の荷重 - 各部変位関係を図 3.5.1 ~ 図 3.5.5 に示す。

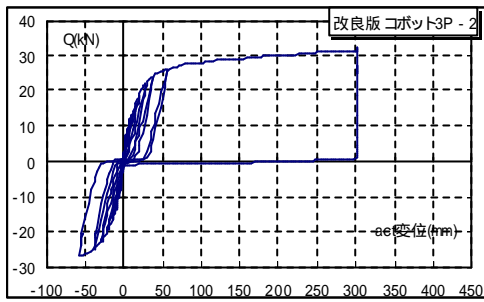


図 3.5.1 加力機ストローク

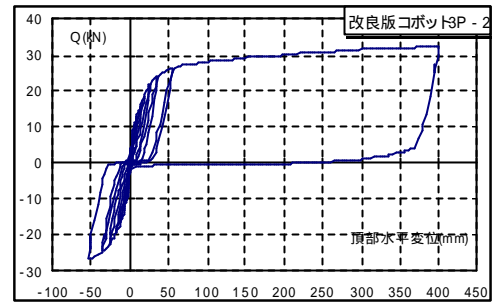


図 3.5.2 頂部水平変位

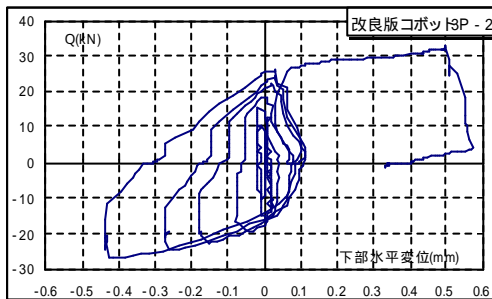


図 3.5.3 下部水平変位

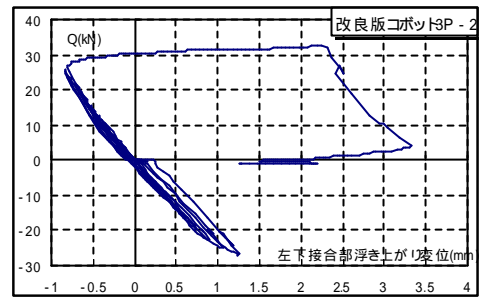


図 3.5.4 左下接合部浮き上がり変位

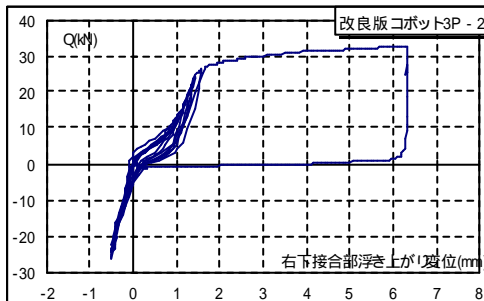


図 3.5.5 右下接合部浮き上がり変位

### 3.6 実験供試体改良版コボット3P-3

実験供試体改良版コボット3P-3の荷重 - 各部変位関係を図 3.6.1 ~ 図 3.6.5 に示す。

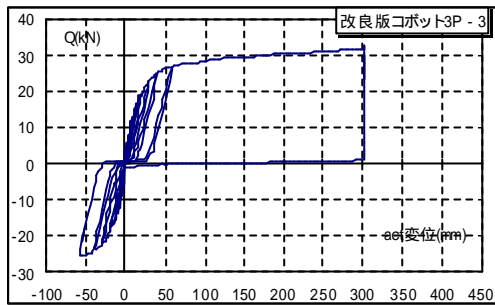


図 3.6.1 加力機ストローク

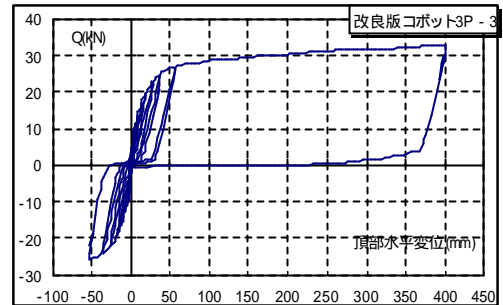


図 3.6.2 頂部水平変位

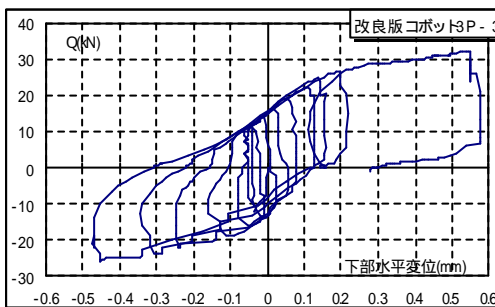


図 3.6.3 下部水平変位

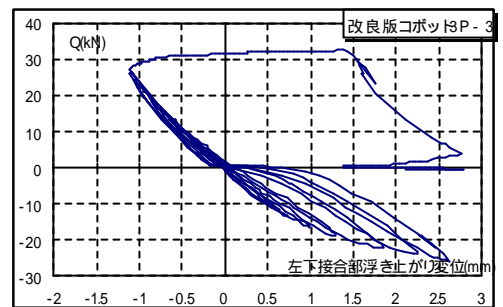


図 3.6.4 左下接合部浮き上がり変位

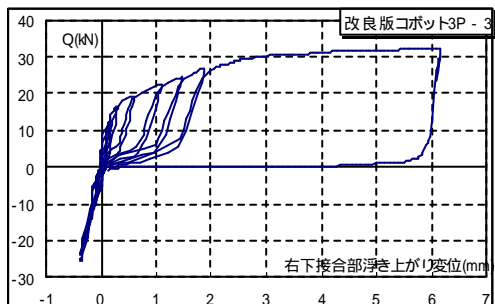


図 3.6.5 右下接合部浮き上がり変位



### 3.7 実験供試体改良版コボット4P-1

実験供試体改良版コボット4P-1の荷重 - 各部変位関係を図 3.7.1 ~ 図 3.7.5 に示す。

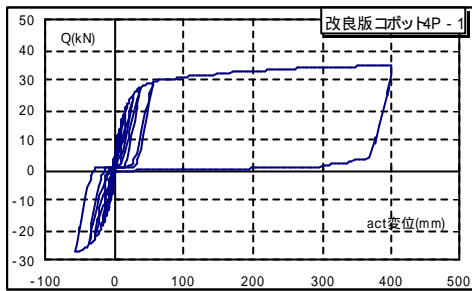


図 3.7.1 加力機ストローク

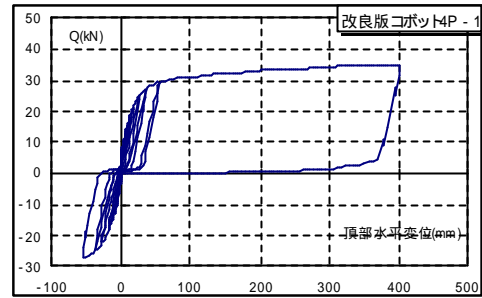


図 3.7.2 頂部水平変位

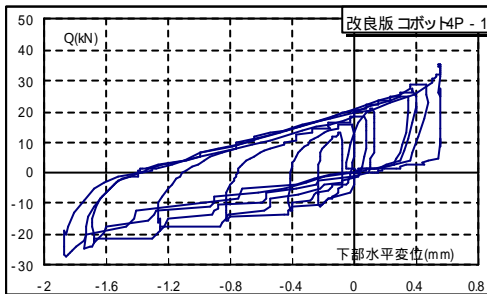


図 3.7.3 下部水平変位

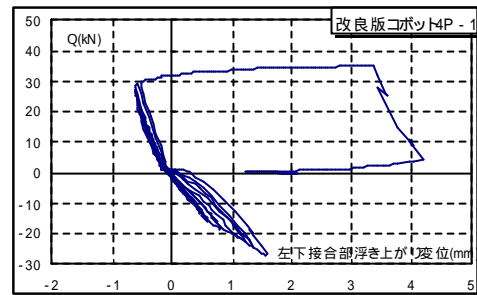


図 3.7.4 左下接合部浮き上がり変位

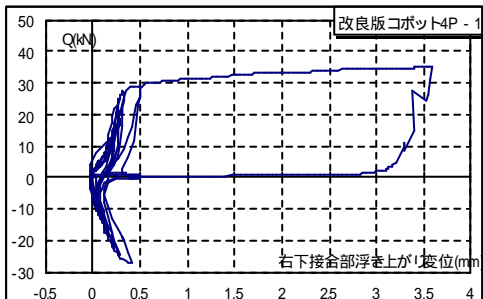


図 3.7.5 右下接合部浮き上がり変位

#### 4.1 破壊概要

#### 4.2 実験供試体改良版コボット1P-1

実験供試体改良版コボット 1P-1 の主な破壊概要を写真 4.2.1 ~ 写真 4.2.5 に示す。



写真 4.2.1 実験供試体（初期状態）



写真 4.2.2 実験供試体（最大変形時）



写真 4.2.3 右柱脚部（最大変形時）



写真 4.2.4 左柱脚部金物の変形（最大変形時）



写真 4.2.5 左柱頭部（最大変形時）

#### 4.3 実験供試体改良版コボット2P-1

実験供試体改良版コボット2P-1の主な破壊概要を写真4.3.1～写真4.3.6に示す。



写真 4.3.1 実験供試体（初期状態）



写真 4.3.2 実験供試体（最大変形時）



写真 4.3.3 右下接合部（最大変形時）



写真 4.3.4 下部材の割れ（最大変形時）



写真 4.3.5 金物ビスの引き抜け（最大変形時）



写真 4.2.6 上部材の割れ（最大変形時）

#### 4.4 実験供試体改良版コボット3P-1

実験供試体改良版コボット 3P-1 の主な破壊概要を写真 4.4.1 ~ 写真 4.4.4 に示す。



写真 4.4.1 実験供試体（初期状態）



写真 4.4.2 実験供試体（最大変形時）



写真 4.4.3 実験供試体（最大変形時）



写真 4.4.4 左下接合部（最大変形時）

#### 4.5 実験供試体改良版コボット3P-2

実験供試体改良版コボット 3P-2 の主な破壊概要を写真 4.5.1 ~ 写真 4.5.6 に示す。



写真 4.5.1 実験供試体（初期状態）



写真 4.5.2 実験供試体（最大変形時）



写真 4.5.3 右下接合部（最大変形時）



写真 4.5.4 左下接合部（最大変形時）



写真 4.5.5 金物ビスの抜け（最大変形時）



写真 4.5.6 左下接合部金物の変形（最大変形時）

#### 4.6 実験供試体改良版コボット3P-3

実験供試体改良版コボット 3P-3 の主な破壊概要を写真 4.6.1 ~ 写真 4.6.6 に示す。



写真 4.6.1 実験供試体（初期状態）



写真 4.6.2 実験供試体（最大変形時）



写真 4.6.3 右下接合部（最大変形時）



写真 4.6.4 左下接合部（最大変形時）



写真 4.6.5 上部材の割れ（最大変形時）

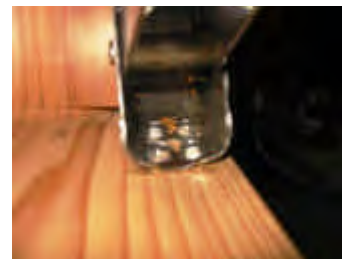


写真 4.6.6 左下接合部金物の変形  
（最大変形時）

#### 4.7 実験供試体改良版コボット4P-1

実験供試体改良版コボット4P-1の主な破壊概要を写真4.7.1～写真4.7.6に示す。



写真 4.7.1 実験供試体（初期状態）



写真 4.7.2 実験供試体（最大変形時）



写真 4.7.3 右下接合部（最大変形時）



写真 4.7.4 右上接合部（最大変形時）



写真 4.7.5 右上接合部金物の変形  
（最大変形時）



写真 4.7.6 上部材の割れ（最大変形時）

## 5. 実験結果

### 5.1 算定方法

耐力壁、水平構面の許容せん断耐力は、実験曲線に基づき、剛性、最大耐力、靱性、エネルギーの観点から評価を行い決定する。

#### 5.1.1 基本せん断耐力基準値

基本せん断耐力  $P_0$  は以下の ~ で求めた値の最小値に実験結果のばらつきを考慮したばらつき係数を乗して求める。ばらつき係数は信頼性水準 75%における 50%下限値による係数、または、3/4とする。

##### 剛性

せん断変形角が基準変形に達したときの荷重で示す。

載荷式・日本式(+柱脚固定)：見かけのせん断変形角 1/120rad.時の荷重( $P_{120}$ )

タイロッド式：真のせん断変形角 1/150rad.時の荷重( $P_{150}$ )

軸組挿入式：構法特性や設計方針により決定した変形角に対応する荷重

##### 降伏耐力

実験曲線により求めた降伏耐力( $P_y$ )の値。降伏耐力の求め方は完全弾塑性モデルによる方法であり、5.1.2章「完全弾塑性モデルの作成」による。

実験から得られた包絡線は、終局加力を行った側の荷重 - 変位曲線より求めたものとする。

##### 最大耐力

最大荷重を安全率で除した荷重で示す。安全率は通常 1.5 にとる。従って、 $P_{max}/1.5$  若しくは  $2/3 \cdot P_{max}$  で与えられる。

##### 終局耐力、エネルギー

壁量計算及び品確法における床倍率計算は中地震時(許容応力度レベル)について建物の安全性について検討する方法であり、必ずしも大地震時の挙動について保証しているわけではない。そこで、 $D_s$ (構造特性係数)を利用して、大地震時について建物の安全性について間接的に保証する方法として、エネルギーから求めた荷重で示す。

$$0.2 \quad 2 \mu - 1 \cdot P_u \quad \text{若しくは} \quad (0.2/D_s) \cdot P_u$$

##### 許容せん断耐力

許容せん断耐力( $P_a$ )は次式により算定する。

$$P_a = P_0 \times \quad \times$$

：構成材料の耐久性・使用環境、施工性、正負繰り返し荷重等の影響を評価する係数

：建物内に設置されている状態の影響を評価する係数

##### 壁倍率、床倍率の決定方法

倍率  $n$  は上述の許容せん断耐力から、次式により算出する。

$$n = P_a[\text{kN}] \times (1/1.96[\text{kN}]) \times (1/L[\text{m}])$$

##### ばらつき係数

ばらつき係数は以下による。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - (\text{標準偏差} / \text{平均値}) \times \text{定数 } K$$



### 5.1.2 完全弾塑性モデルの作成

実験で得られた荷重 - 変形関係から求めた包絡線から、以下の手順により完全弾塑性モデルを作成する。

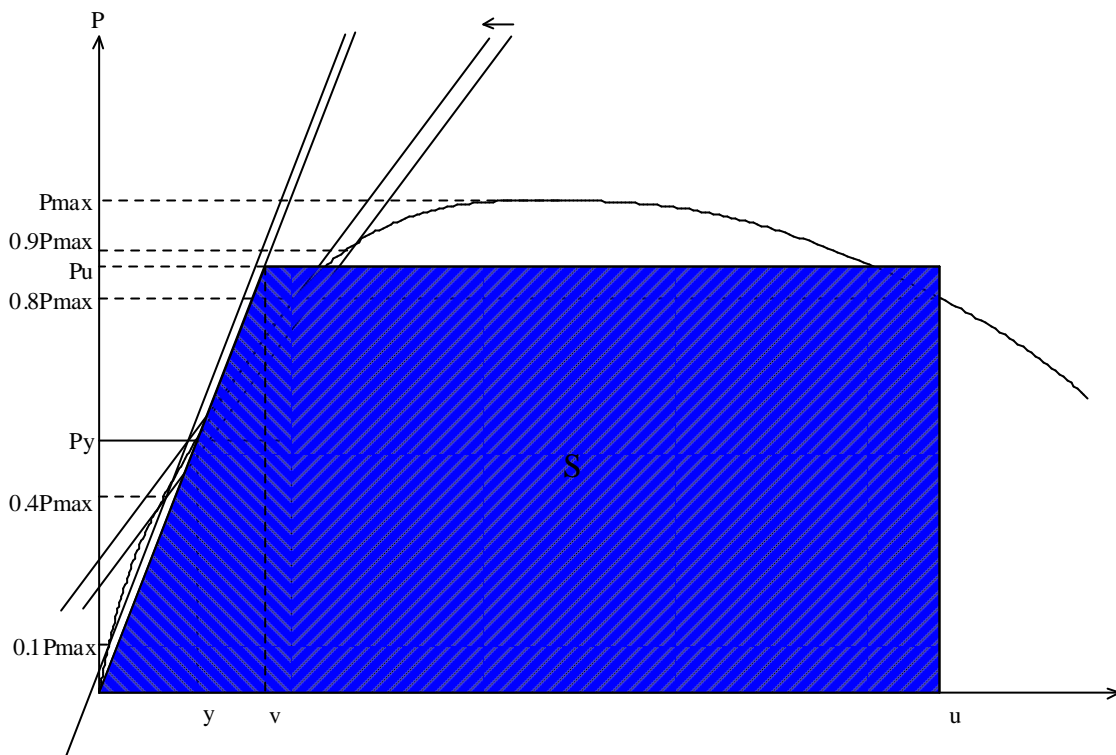


図 5.1.1 完全弾塑性モデルの作成方法

- a) 包絡線上の  $0.1P_{max}$  と  $0.4P_{max}$  を結ぶ直線を第 1 直線とする。
- b) 包絡線上の  $0.4P_{max}$  と  $0.9P_{max}$  を結ぶ直線を第 2 直線とする。
- c) 第 1 直線を包絡線に接するまで平行移動し、これを第 3 直線とする。
- d) 第 3 直線と第 2 直線との交点の荷重を降伏耐力  $P_y$  とし、この点から X 軸に平行な直線を第 4 直線とする。
- e) 第 4 直線と包絡線との交点の変位を降伏変位  $y$  とする。
- f) 原点と  $(y, P_y)$  を結ぶ直線を第 5 直線として、これを初期剛性  $K$  とする。
- g) 最大荷重後の  $0.8P_{max}$  荷重低下域の包絡線上の変位を終局変位  $u$  とする。
- h) 包絡線、X 軸及び  $u$  で囲まれる面積を  $S$  とする。
- i) 第 5 直線、X 軸、 $u$  及び X 軸と平行な直線で囲まれる台形の面積が  $S$  と等しくなるような X 軸に平行な直線を第 6 直線とする。
- j) 第 6 直線と第 3 直線との交点を完全弾塑性モデルの終局耐力  $P_u$  とし、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位  $v$  とする。
- k) 塑性率(靱性率)  $\mu = (u / v)$  とする。
- l) 構造特性係数  $D_s$  は塑性率  $\mu$  を用い、 $D_s = 1 / (2\mu - 1)$  とする。

## 5.2 短期許容耐力と壁倍率及び床倍率

短期許容せん断耐力及び壁倍率及び床倍率は、前項の計算方法により評価した。表 5.2.1 ~ 2 に各実験供試体の算定結果を示す。

包絡線は荷重 - みかけのせん断変形関係より、履歴の最大荷重を結んで作成する。

上記の包絡線より完全弾塑性モデルによる降伏耐力、降伏変形角、終局耐力、終局変形角を求める。

表 5.2.1 実験供試体の短期許容耐力と壁倍率及び床倍率

試験実施日	07.11.12	07.11.12	07.11.11	07.11.11	07.11.11	07.11.12
試験体記号	改良版ロボットP-1	改良版ロボットP-1	改良版ロボットP-1	改良版ロボットP-2	改良版ロボットP-3	改良版ロボットP-1
形式	耐力壁	水平構面	水平構面	水平構面	水平構面	水平構面
面内せん断試験方法	柱脚柱頭固定式	柱脚柱頭固定式	柱脚柱頭固定式	柱脚柱頭固定式	柱脚柱頭固定式	柱脚柱頭固定式
柱脚、柱頭部接合金物	S-HD25、S-HD15	S-HD25、S-HD15	S-HD25、S-HD15	S-HD25、S-HD15	S-HD25、S-HD15	S-HD25、S-HD15
最大耐力 Pmax(kN/実長m)	15.12	24.04	29.40	29.83	30.14	32.73
最大荷重時変形角 pmax(10 <sup>-3</sup> rad)	67	67	67	67	67	67
降伏耐力 Py(kN/実長m)	8.73	15.91	19.38	19.64	19.22	21.15
降伏変形角 y(10 <sup>-3</sup> rad)	12.09	10.00	6.96	7.38	6.57	6.21
終局耐力 Pu(kN/実長m)	13.35	22.15	27.42	27.77	28.02	30.57
終局変形角 u(10 <sup>-3</sup> rad)	67	67	67	67	67	67
降伏点変形角 v(10 <sup>-3</sup> rad)	18	14	10	10	10	9
剛性 K(MN/10 <sup>-3</sup> rad)	0.72	1.59	2.78	2.66	2.93	3.40
塑性率 μ	3.68	4.85	6.85	6.46	7.01	7.51
構造特性係数 Ds	0.40	0.34	0.28	0.29	0.28	0.27
Pu(0.2/Ds) (kN/実長m)	6.73	13.06	19.54	19.17	20.22	22.89
2/3Pmax (kN/実長m)	10.08	16.03	19.60	19.88	20.10	21.82
見かけ真P <sub>1/150rad</sub>	6.24	12.93	18.90	18.48	19.25	21.58
見かけP <sub>1/120rad</sub>	7.29	14.57	20.95	20.85	21.25	24.02
終局時破壊モード	金物の変形	金物の変形	金物の変形	金物の変形	金物の変形	金物の変形
実床長(m)	0.91	1.82	2.73	2.73	2.73	3.64
決定因子						
許容耐力 (kN/実長m)	6.73	13.06	19.38	19.17	19.22	21.15
許容耐力 (kN/m)	7.40	7.18	7.10	7.02	7.04	5.81
ばらつき係数	1	1	1	1	1	1
試験環境、材料、施工上 による低減係数	1	1	1	1	1	1
壁倍率及び床倍率	3.77	3.66	3.62	3.58	3.59	2.96

表 5.2.2 実験供試体改良版コボット 3P-1 ~ 3 のばらつきを考慮した床倍率

試験荷重と50%下限値	試験荷重平均値	標準偏差	ばらつき評価		
			K	ばらつき係数	50%下限値
降伏耐力 P <sub>v</sub> (kN/実長m)	19.41	0.21	0.471	0.99	19.31
P <sub>u</sub> (0.2/Ds) (kN/実長m)	19.65	0.53	0.471	0.99	19.40
2/3P <sub>max</sub> (kN/実長m)	19.86	0.25	0.471	0.99	19.74
見かけ P <sub>1</sub> /120rad	21.02	0.21	0.471	1.00	20.92
許容耐力 (kN/実長m)				19.31	
許容耐力 (kN/m)				7.07	
試験環境, 材料, 施工 上による低減係数				1.00	
床倍率(実長あたり)				3.61	

各実験供試体の包絡線と完全弾塑性モデルを、図 5.2.1 ~ 図 5.2.6 に示す。

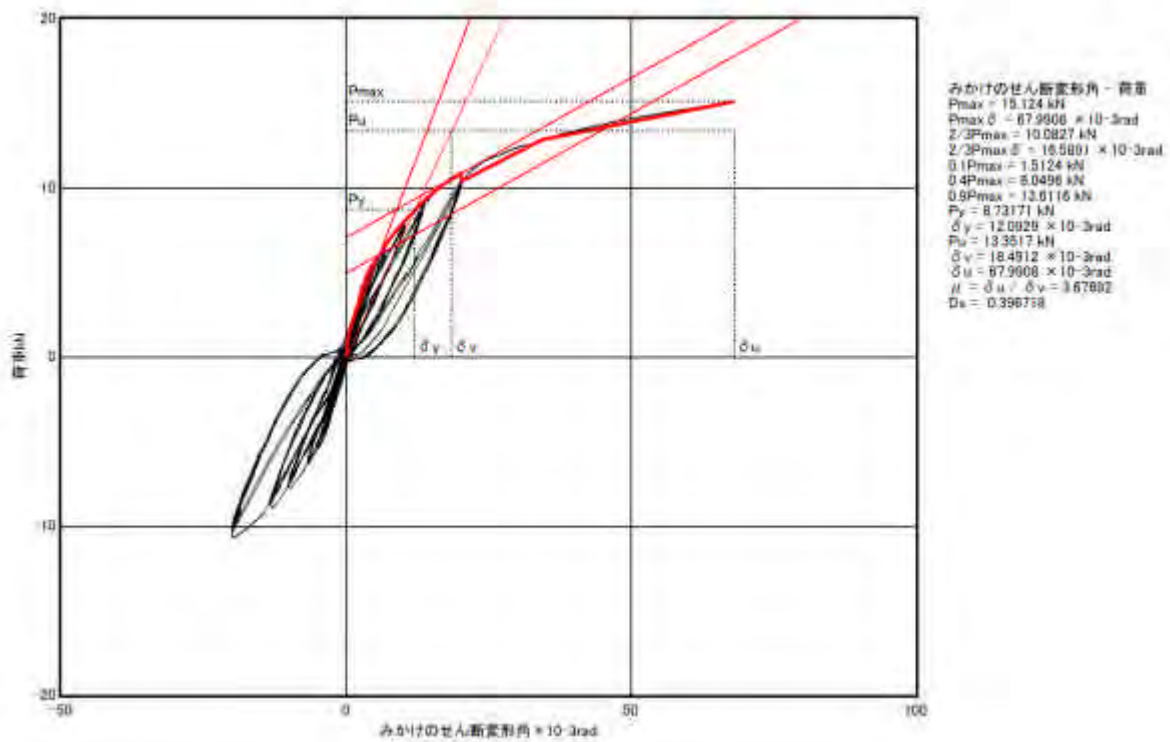


図 5.2.1 実験供試体改良型コボット 1P-1 の包絡線と完全弾塑性モデル

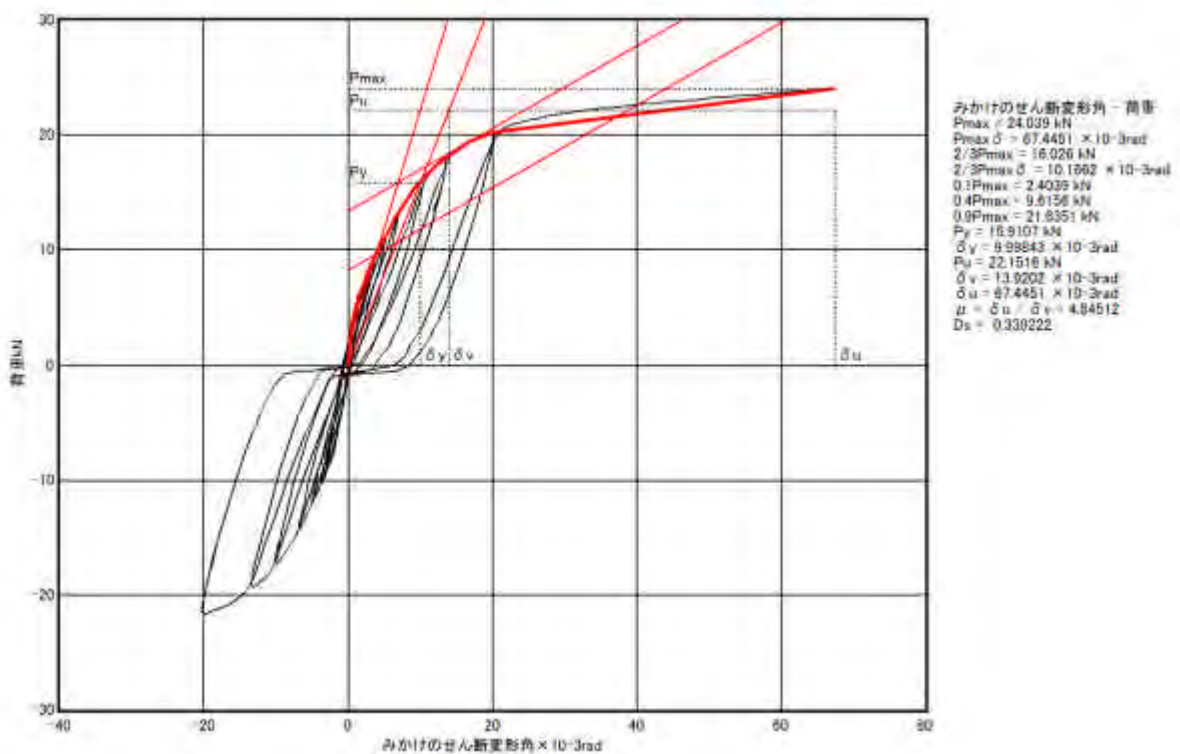


図 5.2.2 実験供試体改良型コボット 2P-1 の包絡線と完全弾塑性モデル

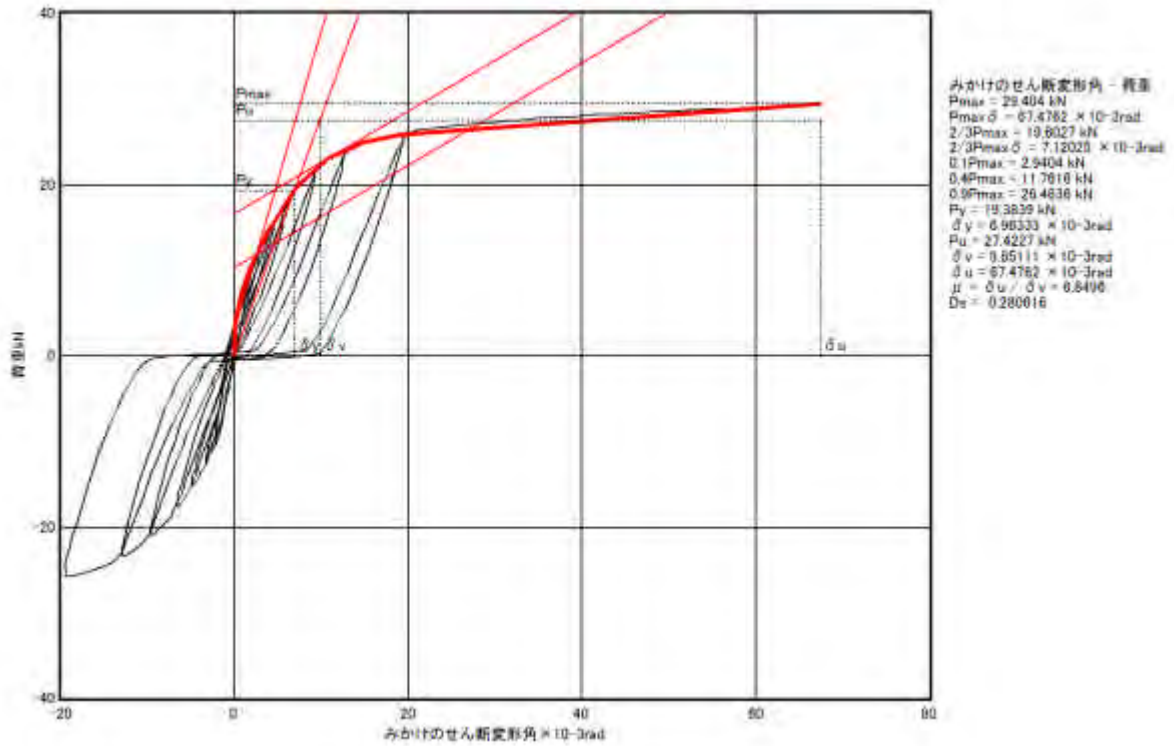


図 5.2.3 実験供試体改良型コボット 3P-1 の包絡線と完全弾塑性モデル

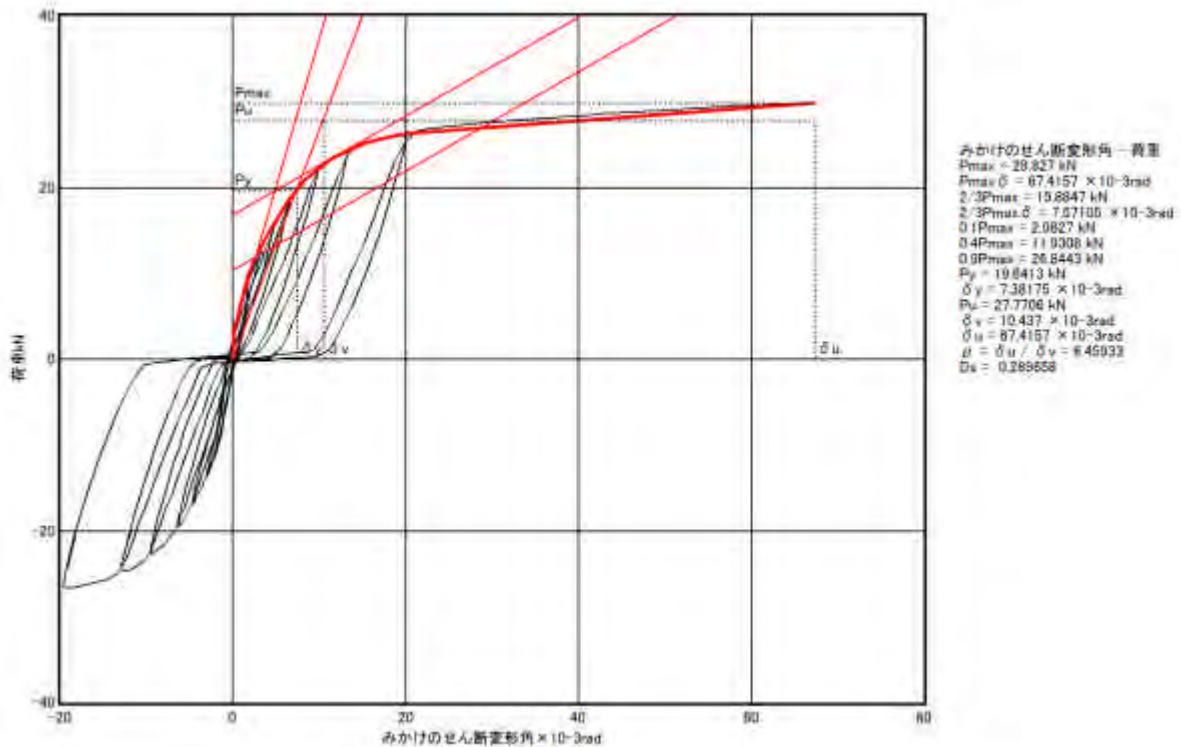


図 5.2.4 実験供試体改良型コボット 3P-2 の包絡線と完全弾塑性モデル

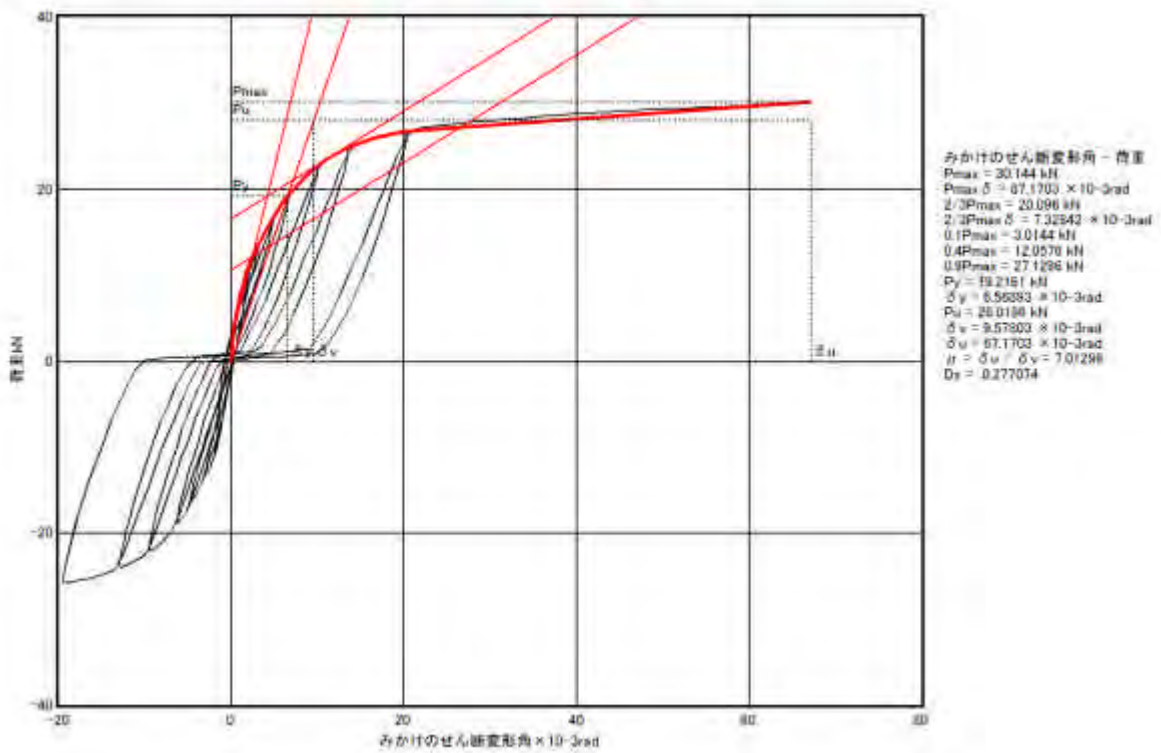


図 5.2.5 実験供試体改良型コボット 3P-3 の包絡線と完全弾塑性モデル

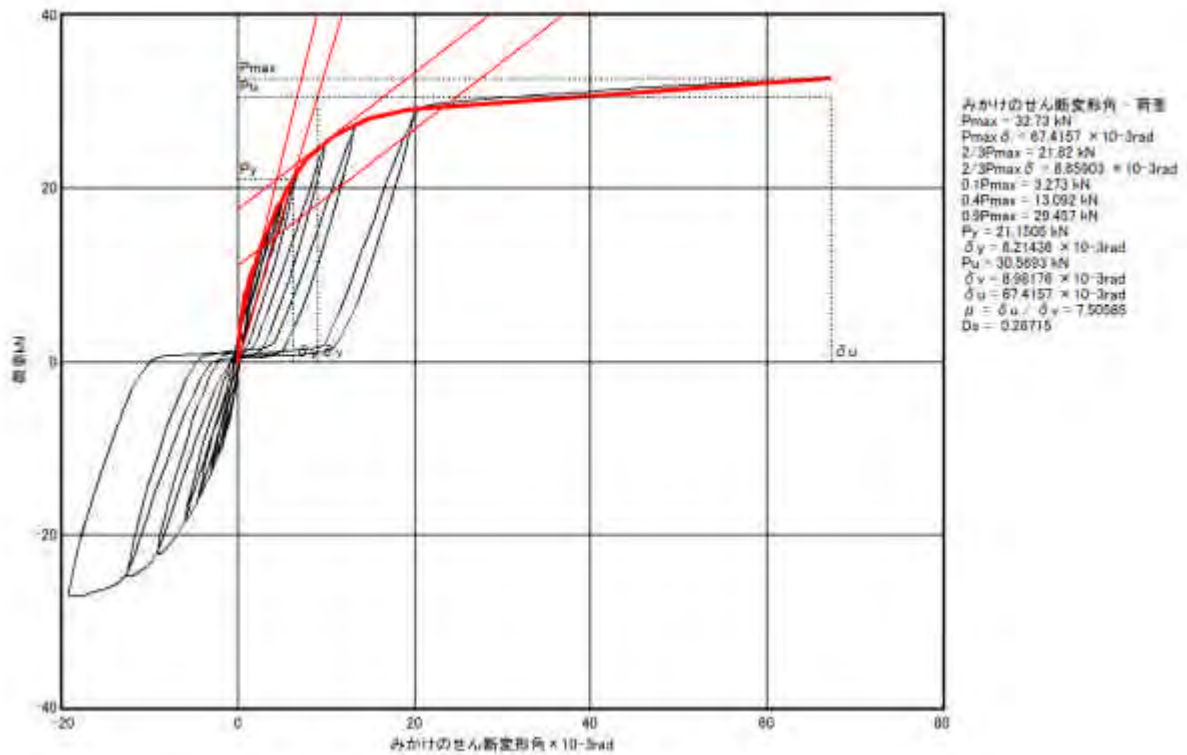


図 5.2.6 実験供試体改良型コボット 4P-1 の包絡線と完全弾塑性モデル

### 5.3 等価粘性減衰定数

#### 5.3.1 等価粘性減衰定数の定義と算定方法

等価粘性減衰定数 ( $H_{eq}$ ) は図 5.3.1 に示すように定義される。履歴ループ内で吸収されるエネルギーが等価剛性によるポテンシャルエネルギーに対して、その供試体がどれだけエネルギー量を有しているかを示す指標である。

各供試体、各加力サイクルごとの履歴ループを抽出し、それぞれに対して、履歴ループのピーク点 (最大荷重、最大変位)、等価剛性、等価剛性によるポテンシャルエネルギー、履歴吸収エネルギーを算出し、等価粘性減衰定数を求める。

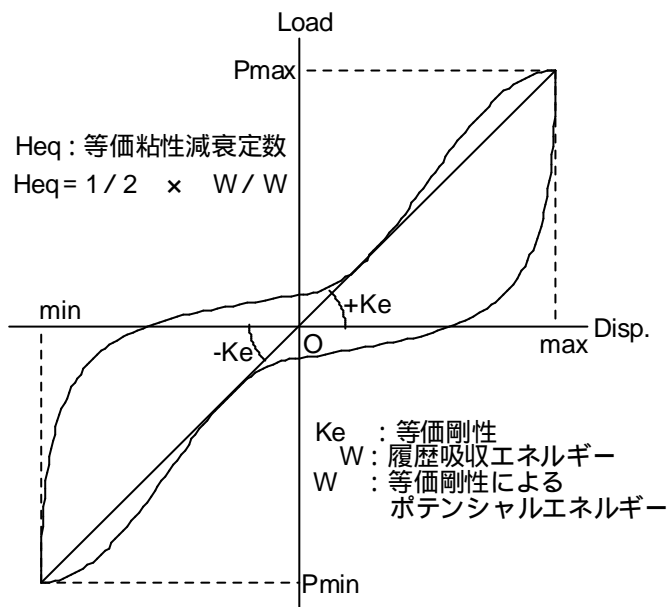


図 5.3.1 等価粘性減衰定数の定義

### 5.3.2 等価粘性減衰定数

各サイクルごとの実験から求めた等価粘性減衰定数(Heq)を表 5.3.1 ~ 15 に示す。  
等価粘性減衰定数、等価剛性、履歴エネルギーについて各供試体の比較を図 5.3.2 ~ 16 に示す。

表 5.3.1 実験供試体改良版コボット 1P-1 の各サイクルの等価粘性減衰定数

cycle	Pmax	max	+ Ke	Pmin	min	- Ke	verKe	W	W	Heq
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	3.305	6.030	0.548	-3.933	-8.775	0.448	0.489	27.221	10.275	0.060
2	2.663	4.630	0.575	-2.892	-6.155	0.470	0.515	15.065	5.243	0.055
3	3.307	6.025	0.549	-2.690	-5.755	0.467	0.509	17.703	5.605	0.050
4	4.326	8.640	0.501	-4.538	-10.150	0.447	0.472	41.719	12.530	0.048
5	4.496	9.045	0.497	-4.389	-9.535	0.460	0.478	41.258	11.267	0.043
6	4.561	9.245	0.493	-4.334	-9.530	0.455	0.474	41.735	11.472	0.044
7	5.612	13.660	0.411	-5.428	-13.725	0.395	0.403	75.580	25.138	0.053
8	5.703	14.265	0.400	-5.420	-13.720	0.395	0.397	77.858	22.325	0.046
9	5.588	13.870	0.403	-5.364	-13.710	0.391	0.397	75.523	21.205	0.045
10	6.503	18.290	0.356	-6.338	-18.300	0.346	0.351	117.463	39.870	0.054
11	6.511	18.495	0.352	-6.241	-18.285	0.341	0.347	117.269	32.568	0.044
12	6.470	18.705	0.346	-6.213	-18.270	0.340	0.343	117.266	33.161	0.045
13	7.995	27.725	0.288	-7.765	-27.425	0.283	0.286	217.308	88.255	0.065
14	7.869	27.725	0.284	-7.612	-27.600	0.276	0.280	214.130	61.915	0.046
15	7.856	27.945	0.281	-7.501	-27.375	0.274	0.278	212.438	59.604	0.045
16	9.264	36.955	0.251	-8.843	-36.365	0.243	0.247	331.963	132.447	0.063
17	9.005	36.760	0.245	-8.634	-36.120	0.239	0.242	321.442	92.429	0.046
18	8.945	37.370	0.239	-8.500	-36.325	0.234	0.237	321.519	87.524	0.043
19	10.891	55.350	0.197	-10.684	-54.870	0.195	0.196	594.524	326.273	0.087
20	10.403	55.545	0.187	-10.290	-54.685	0.188	0.188	570.272	160.076	0.045
21	10.399	55.545	0.187	-10.123	-54.670	0.185	0.186	565.518	147.614	0.042

表 5.3.2 実験供試体改良版コボット 2P-1 の各サイクルの等価粘性減衰定数

cycle	Pmax	max	+ Ke	Pmin	min	- Ke	verKe	W	W	Heq
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	7.384	6.265	1.179	-9.165	-8.170	1.122	1.146	60.569	26.767	0.070
2	9.266	9.900	0.936	-10.284	-10.135	1.015	0.976	97.981	36.594	0.059
3	11.104	13.925	0.797	-12.020	-13.720	0.876	0.836	159.769	62.645	0.062
4	13.052	18.970	0.688	-14.174	-18.470	0.767	0.727	254.695	102.260	0.064
5	16.088	28.200	0.570	-17.332	-27.570	0.629	0.599	465.762	233.774	0.080
6	18.009	37.215	0.484	-19.380	-36.700	0.528	0.506	690.725	345.087	0.080
7	20.253	55.190	0.367	-21.678	-55.410	0.391	0.379	1159.471	762.409	0.105

表 5.3.3 実験供試体改良版コボット 3P-1 の各サイクルの等価粘性減衰定数

cycle	Pmax	max	+ Ke	Pmin	min	- Ke	verKe	W	W	Heq
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	10.674	5.790	1.844	-11.133	-7.365	1.512	1.658	71.899	33.200	0.073
2	12.732	8.350	1.525	-12.607	-9.300	1.356	1.436	111.779	42.638	0.061
3	15.610	12.590	1.240	-15.192	-13.400	1.134	1.185	200.051	83.086	0.066
4	18.302	17.065	1.072	-17.731	-18.210	0.974	1.021	317.603	135.433	0.068
5	21.637	25.425	0.851	-20.999	-26.585	0.790	0.820	554.190	303.566	0.087
6	23.862	34.555	0.691	-23.352	-35.345	0.661	0.675	824.964	443.803	0.086
7	25.872	52.945	0.489	-25.785	-53.240	0.484	0.486	1371.293	968.754	0.112



表 5.3.4 実験供試体改良版コボット 3P-2 の各サイクルの等価粘性減衰定数

cycle	Pmax	max	+ Ke	Pmin	min	- Ke	verKe	W	W	Heq
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	10.654	5.810	1.834	-10.467	-5.395	1.940	1.885	59.185	27.042	0.073
2	12.768	8.590	1.486	-13.541	-8.415	1.609	1.547	111.812	43.514	0.062
3	15.591	12.815	1.217	-16.714	-12.805	1.305	1.261	206.911	85.477	0.066
4	18.536	17.805	1.041	-19.454	-17.550	1.108	1.075	335.726	142.642	0.068
5	21.976	26.580	0.827	-22.736	-26.240	0.866	0.846	590.357	326.780	0.088
6	24.167	36.170	0.668	-24.761	-35.340	0.701	0.684	874.587	480.512	0.087
7	26.168	54.770	0.478	-26.733	-53.775	0.497	0.487	1435.394	1026.186	0.114

表 5.3.5 実験供試体改良版コボット 3P-3 の各サイクルの等価粘性減衰定数

cycle	Pmax	max	+ Ke	Pmin	min	- Ke	verKe	W	W	Heq
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	11.576	6.045	1.915	-10.935	-5.570	1.963	1.938	65.442	26.760	0.065
2	13.750	9.010	1.526	-13.575	-8.590	1.580	1.553	120.248	43.868	0.058
3	16.669	13.380	1.246	-16.408	-12.950	1.267	1.256	217.757	86.797	0.063
4	19.310	18.345	1.053	-18.972	-17.295	1.097	1.074	341.181	142.476	0.066
5	22.504	27.290	0.825	-22.062	-25.960	0.850	0.837	593.432	333.546	0.089
6	24.696	37.055	0.666	-23.968	-35.495	0.675	0.671	882.927	484.229	0.087
7	26.652	55.600	0.479	-25.745	-53.350	0.483	0.481	1427.673	993.743	0.111

表 5.3.6 実験供試体改良版コボット 4P-1 の各サイクルの等価粘性減衰定数

cycle	Pmax	max	+ Ke	Pmin	min	- Ke	verKe	W	W	Heq
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	7.390	6.185	1.195	-7.853	-6.205	1.266	1.230	47.217	28.725	0.097
2	9.636	9.325	1.033	-9.679	-9.440	1.025	1.029	90.613	66.667	0.117
3	11.956	13.475	0.887	-11.571	-13.855	0.835	0.861	160.712	127.681	0.126
4	13.599	17.820	0.763	-13.142	-18.275	0.719	0.741	241.252	193.060	0.127
5	15.941	26.950	0.592	-14.933	-27.500	0.543	0.567	420.134	381.699	0.145
6	17.419	35.680	0.488	-16.954	-36.330	0.467	0.477	618.725	553.190	0.142

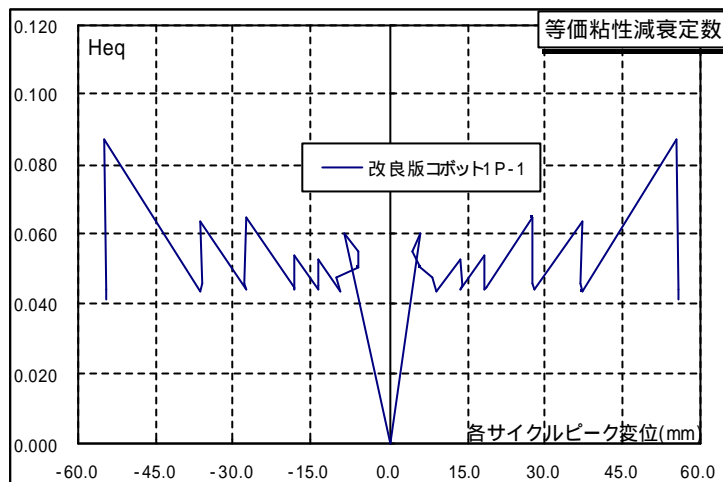


図 5.3.2 供試体改良版ロボット 1P-1 の等価粘性減衰定数

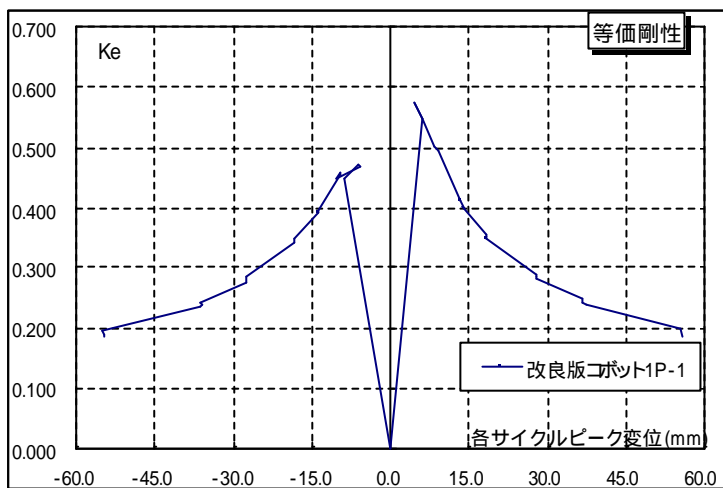


図 5.3.3 供試体改良版ロボット 1P-1 の等価剛性

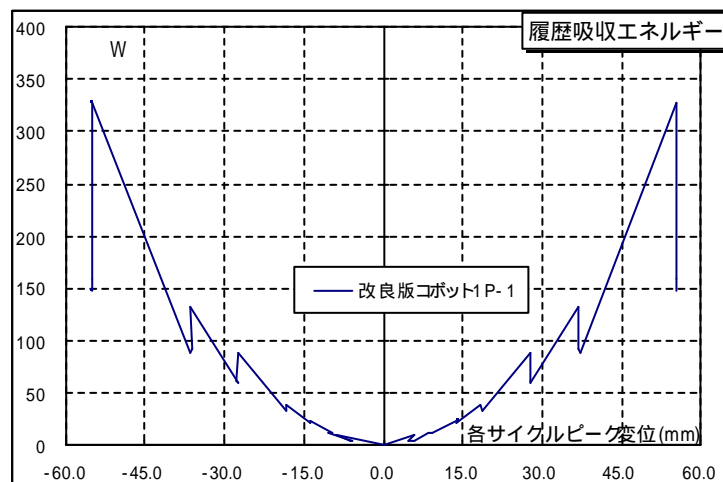


図 5.3.4 供試体改良版ロボット 1P-1 の等価剛性

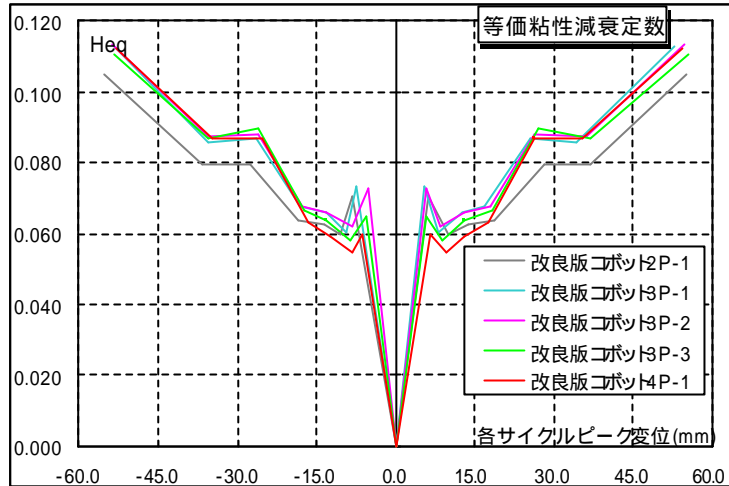


図 5.3.5 各供試体の等価粘性減衰定数

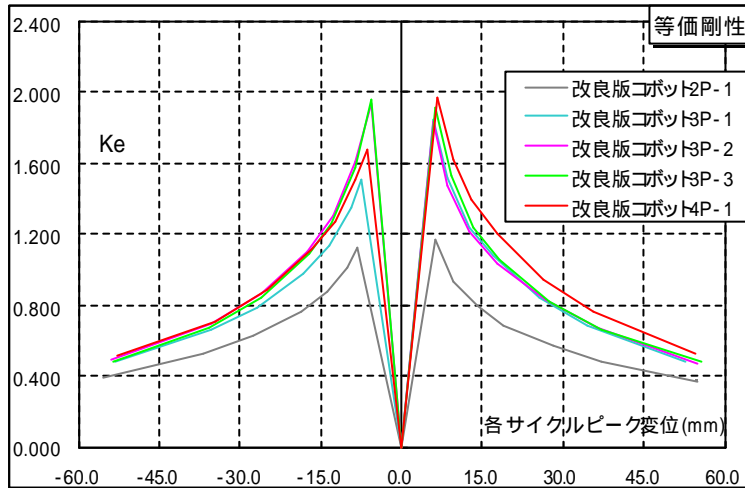


図 5.3.6 各供試体の等価剛性

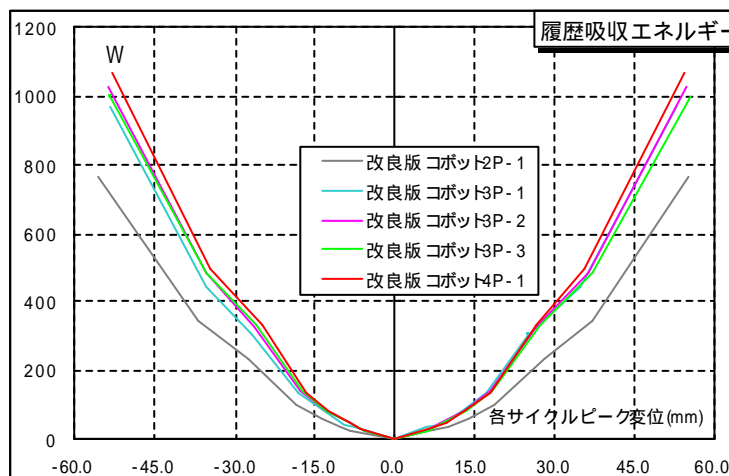


図 5.3.7 各供試体の等価剛性

## 6. まとめ

### 6.1 荷重 - 変位曲線について

荷重 - 頂部水平変位関係によると、実験供試体改良版コボット 1P-1 のみかけの 1/120rad.時耐力は 7.29kN であった。

荷重 - 頂部水平変位関係によると、実験供試体改良版コボット 2P-1 のみかけの 1/120rad.時耐力は 14.57kN であった。

荷重 - 頂部水平変位関係によると、実験供試体改良版コボット 3P-1 のみかけの 1/120rad.時耐力は 20.95kN であった。

荷重 - 頂部水平変位関係によると、実験供試体改良版コボット 3P-2 のみかけの 1/120rad.時耐力は 20.85kN であった。

荷重 - 頂部水平変位関係によると、実験供試体改良版コボット 3P-3 のみかけの 1/120rad.時耐力は 21.25kN であった。

荷重 - 頂部水平変位関係によると、実験供試体改良版コボット 4P-1 のみかけの 1/120rad.時耐力は 24.02kN であった。

### 6.2 破壊概要について

主要な破壊概要として各供試体において、金物の変形が確認できた。

### 6.3 短期許容耐力と壁倍率及び床倍率について

実験供試体改良版コボット 1P-1 では、短期許容耐力 (1m 当たり) は 7.40kN、算定壁倍率は 3.77 倍 (1m 当たり) であり、壁倍率算定時の決定因子は終局耐力  $P_u(0.2/D_s)$  である。

実験供試体改良版コボット 2P-1 では、短期許容耐力 (1m 当たり) は 7.18kN、算定床倍率は 3.66 倍 (1m 当たり) であり、床倍率算定時の決定因子は終局耐力  $P_u(0.2/D_s)$  である。

実験供試体改良版コボット 3P-1 では、短期許容耐力 (1m 当たり) は 7.10kN、算定床倍率は 3.62 倍 (1m 当たり) であり、床倍率算定時の決定因子は降伏耐力  $P_y$  である。

実験供試体改良版コボット 3P-2 では、短期許容耐力 (1m 当たり) は 7.02kN、算定床倍率は 3.58 倍 (1m 当たり) であり、床倍率算定時の決定因子は終局耐力  $P_u(0.2/D_s)$  である。

実験供試体改良版コボット 3P-3 では、短期許容耐力 (1m 当たり) は 7.04kN、算定床倍率は 3.59 倍 (1m 当たり) であり、床倍率算定時の決定因子は降伏耐力  $P_y$  である。

実験供試体改良版コボット 4P-1 では、短期許容耐力 (1m 当たり) は 5.81kN、算定床倍率は 2.96 倍 (1m 当たり) であり、床倍率算定時の決定因子は降伏耐力  $P_y$  である。

同仕様の実験供試体 3P-1 ~ 3 について、3 体のばらつきを考慮した短期許容耐力と床倍率の算定を行った。短期許容耐力 (1m 当たり) は 7.07kN、算定床倍率は 3.61 倍 (1m 当たり) であった。

### 6.4 等価粘性減衰定数について

各供試体における等価粘性減衰定数は、供試体改良版コボット 1P-1 で 0.04 ~ 0.09 程度であり、供試体改良版コボット 2P-1 で 0.06 ~ 0.10 程度であり、供試体改良版コボット 3P-1 で 0.06 ~ 0.11 程度であり、供試体改良版コボット 3P-2 で 0.06 ~ 0.11 程度であり、供試体改良版コボット 3P-3 で 0.06 ~ 0.11 程度であり、供試体改良版コボット 4P-1 で 0.05 ~ 0.11 程度であった。

一般的な構造用合板耐力壁の場合 0.12 ~ 0.19 程度である。

供試体改良版コボット 1P-1 で 0.19 ~ 0.52MN/rad 程度であり、供試体改良版コボット 2P-1 で 0.38 ~ 1.15MN/rad 程度であり、供試体改良版コボット 3P-1 で 0.49 ~ 1.66MN/rad 程度であり、供試体改良版コボット 3P-2 で 0.49 ~ 1.88MN/rad 程度であり、供試体改良版コボット 3P-3 で 0.48 ~ 1.94MN/rad 程度であり、供試体改良版コボット 4P-1 で 0.54 ~ 1.83MN/rad 程度であった。

一般的な構造用合板耐力壁の場合 0.23 ~ 1.29MN/rad 程度である。

各供試体における履歴エネルギーは、正負変形角毎でほぼ同様の値を示している。  
 共試体改良版コボット 1P-1 において 1/50rad.時の履歴エネルギーは 147 ~ 326kN・mm 程度であった。  
 共試体改良版コボット 2P-1 において 1/50rad.時の履歴エネルギーは 762kN・mm 程度であった。  
 共試体改良版コボット 3P-1 において 1/50rad.時の履歴エネルギーは 968kN・mm 程度であった。  
 共試体改良版コボット 3P-2 において 1/50rad.時の履歴エネルギーは 1026kN・mm 程度であった。  
 共試体改良版コボット 3P-3 において 1/50rad.時の履歴エネルギーは 993kN・mm 程度であった。  
 共試体改良版コボット 4P-1 において 1/50rad.時の履歴エネルギーは 1068kN・mm 程度であった。  
 一般的な構造用合板耐力壁の場合 319 ~ 447kN・mm 程度である。

### 6.5 各供試体の比較

各供試体の床倍率及び壁倍率(1 mあたり)は、改良版コボット 1P-1 では 3.77 倍であり、改良版コボット 2P-1 では 3.66 倍であり、改良版コボット 3P-1 ~ 3(3体のばらつき評価)では 3.61 倍であり、改良版コボット 4P-1 では 2.96 倍であった。

耐力壁長さが 1P ~ 3P の供試体では比較的ばらつきの少ない、安定した結果となった。  
 各供試体の包絡線の比較を以下に示す。

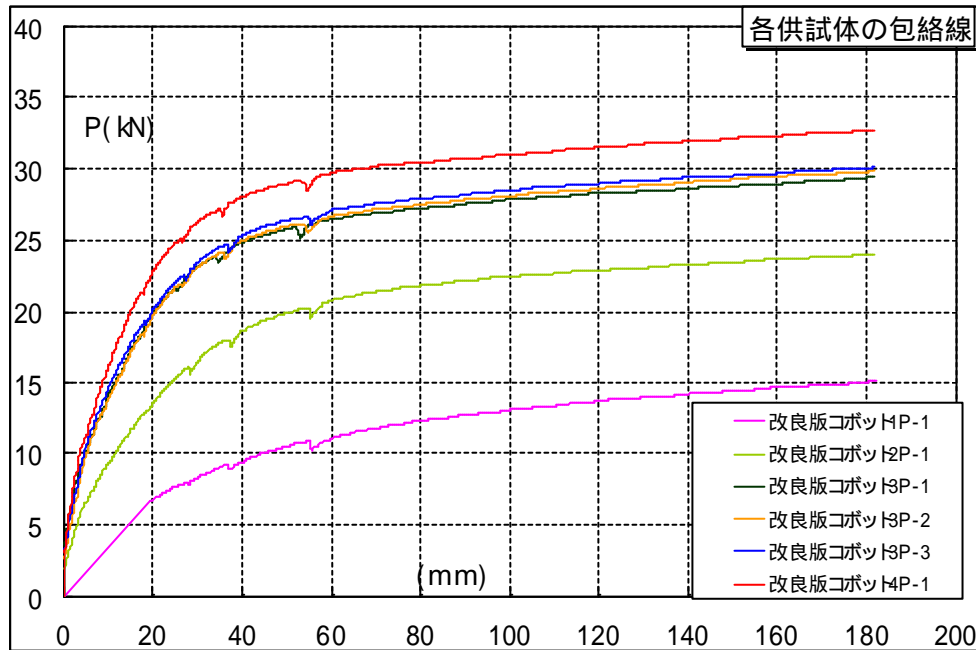


図 6.5.1 各供試体の包絡線