

## 4. 柱脚金物試験

柱脚金物試験はパイロット試験と本試験を実施する。柱脚金物の目標性能は、2章で示した層数1～3の建築物での運用を想定し、短期基準引張耐力で110[kN]を目標とした。

パイロット試験では6仕様の柱脚接合部を計8体、本試験ではパイロット試験結果を踏まえ、4仕様各6体ずつ試験した。

### 4.1 パイロット試験

#### 4.1.1 試験計画

##### (1) 試験体仕様

試験体一覧を表4-1に示す。6仕様の柱脚接合部仕様を計8体実施した(各1体)。金物B-02、E-03は金物と柱をビスで留付ける仕様で、HD-D6, HD-D9, HD-D12はドリフトピンで留付ける仕様である。

試験体④、⑥のアンカーボルトはSNR490Bを使用したが、加力の際破断したためアンカーボルトをSCM435に変更し再試験したものを試験体⑤、⑦とした。

表 4-1 試験仕様一覧

| No | 金物         |                  | アンカーボルト |         | 柱<br>(ヒノキ集成材 E95-F315) |                            |            | 備考             |
|----|------------|------------------|---------|---------|------------------------|----------------------------|------------|----------------|
|    | 試験体名       | 接合具              | サイズ     | 材質      | 寸法                     | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 含水率<br>(%) |                |
| ①  | B-02       | φ8-90ビス:19本      | M24     | SCM435  | 120×120                | 0.52                       | 15.1       |                |
| ②  | B-02(2個対面) | φ8-90ビス:19本(×2体) | M24     | SCM435  | 120×180                | 0.51                       | 16.8       |                |
| ③  | E-03       | φ8-90ビス:10+10本   | M24     | SCM435  | 120×120                | 0.55                       | 14.5       |                |
| ④  | HD-D6      | ドリフトピン φ12:6本    | M20     | SNR490B | 120×120                | 0.54                       | 17.0       |                |
| ⑤  | HD-D6※参考   | ドリフトピン φ12:6本    | M24     | SCM435  | 120×120                | 0.54                       | 17.0       | アンカーを交換しての参考試験 |
| ⑥  | HD-D9      | ドリフトピン φ12:9本    | M24     | SNR490B | 120×120                | 0.53                       | 15.0       |                |
| ⑦  | HD-D9※参考   | ドリフトピン φ12:9本    | M24     | SCM435  | 120×120                | 0.53                       | 15.0       | アンカーを交換しての参考試験 |
| ⑧  | HD-D12     | ドリフトピン φ12:12本   | M27     | SNR490B | 120×120                | 0.54                       | 17.8       |                |

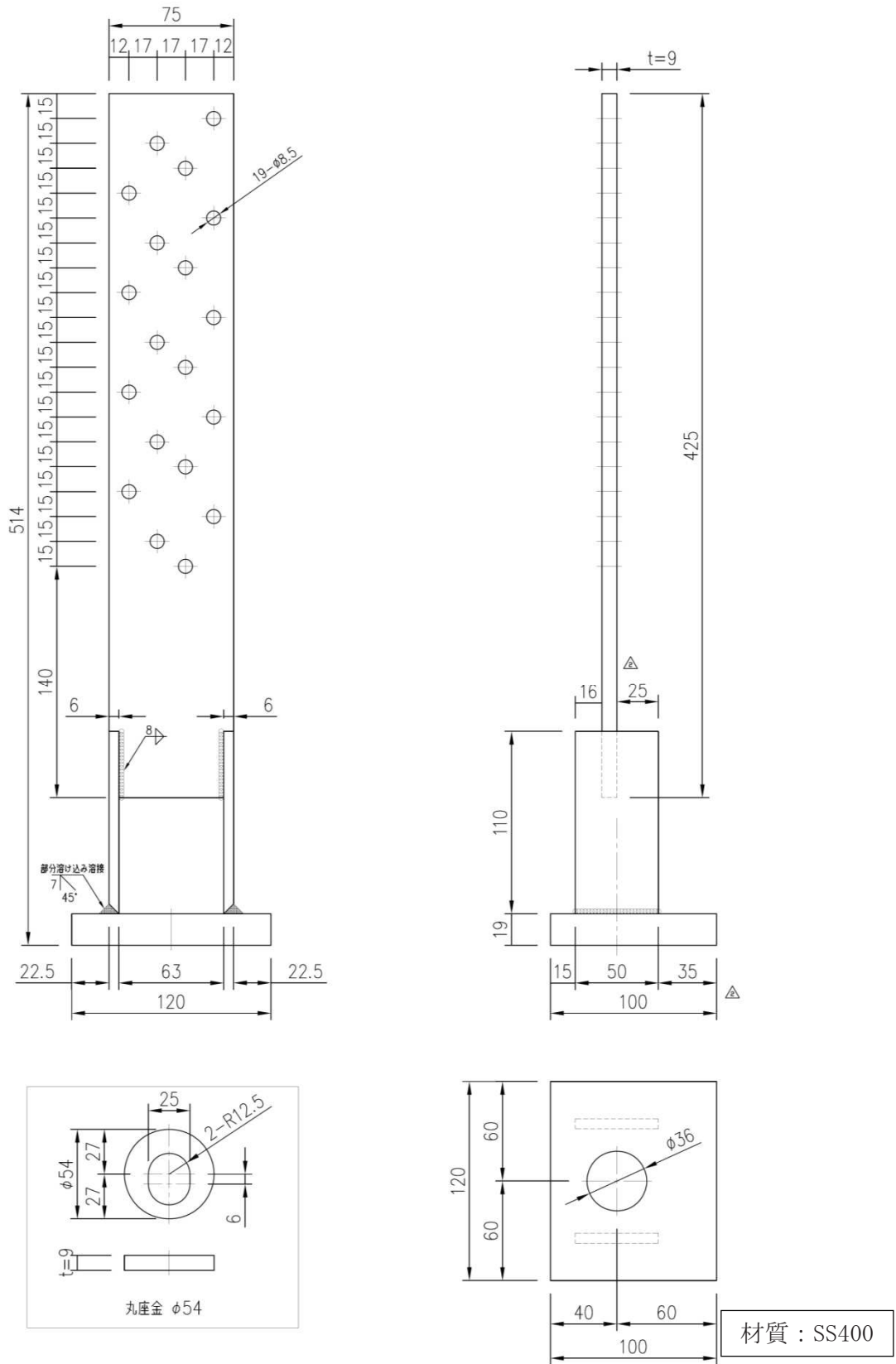


图 4-1 柱脚金物 B-02

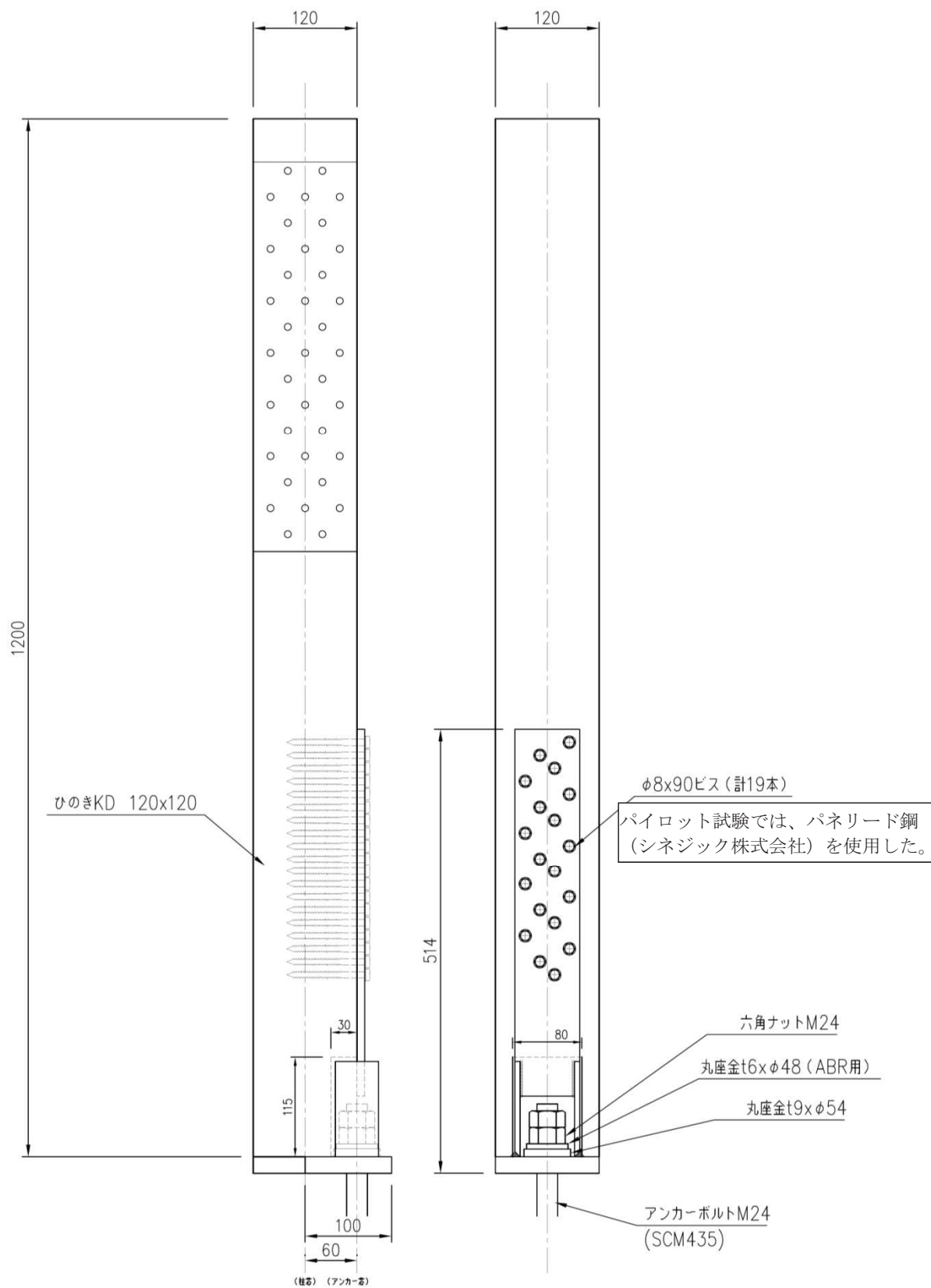


図 4-2 試験体① (柱脚金物 B-02)

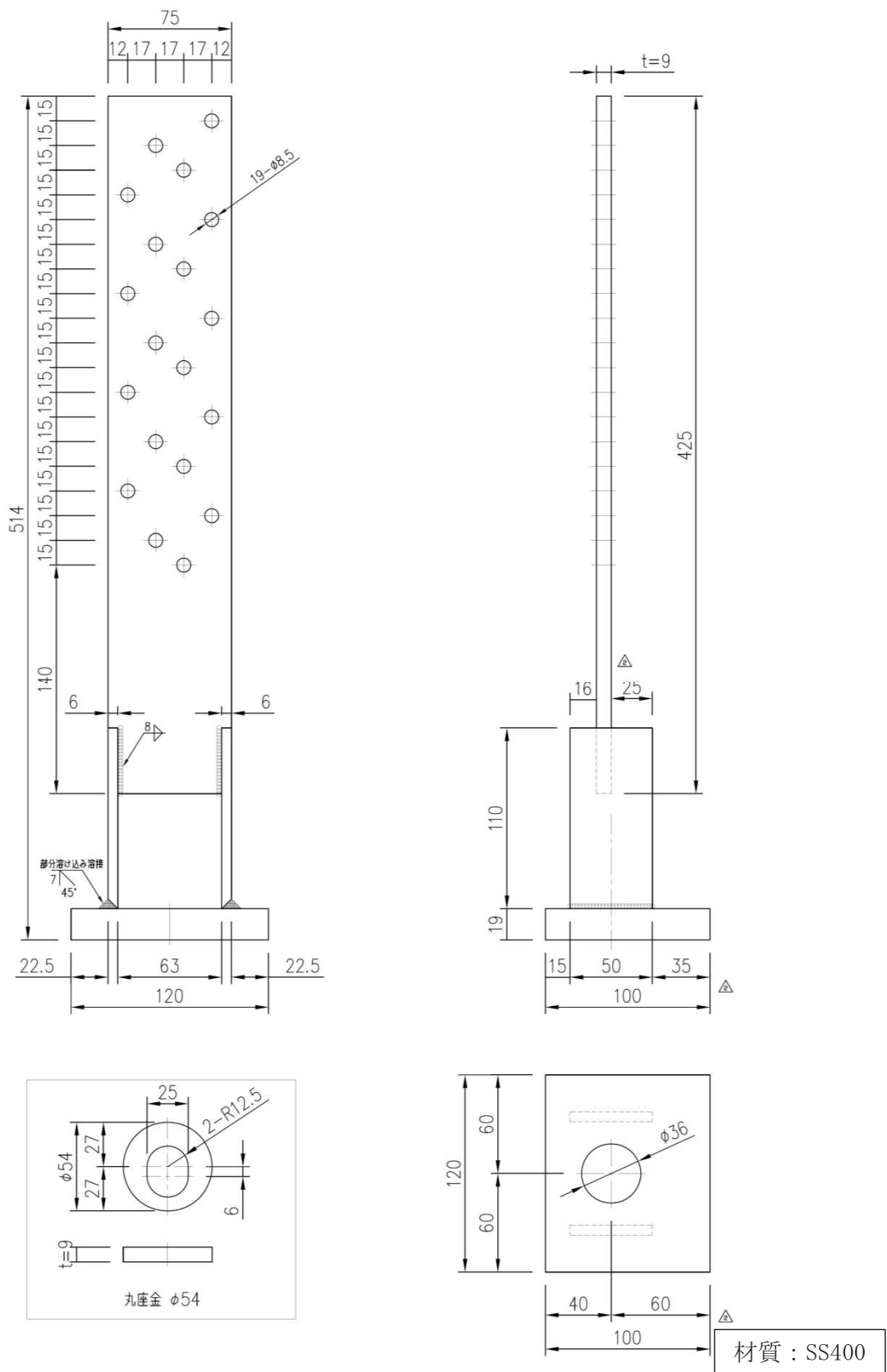


图 4-3 柱脚金物 B-02

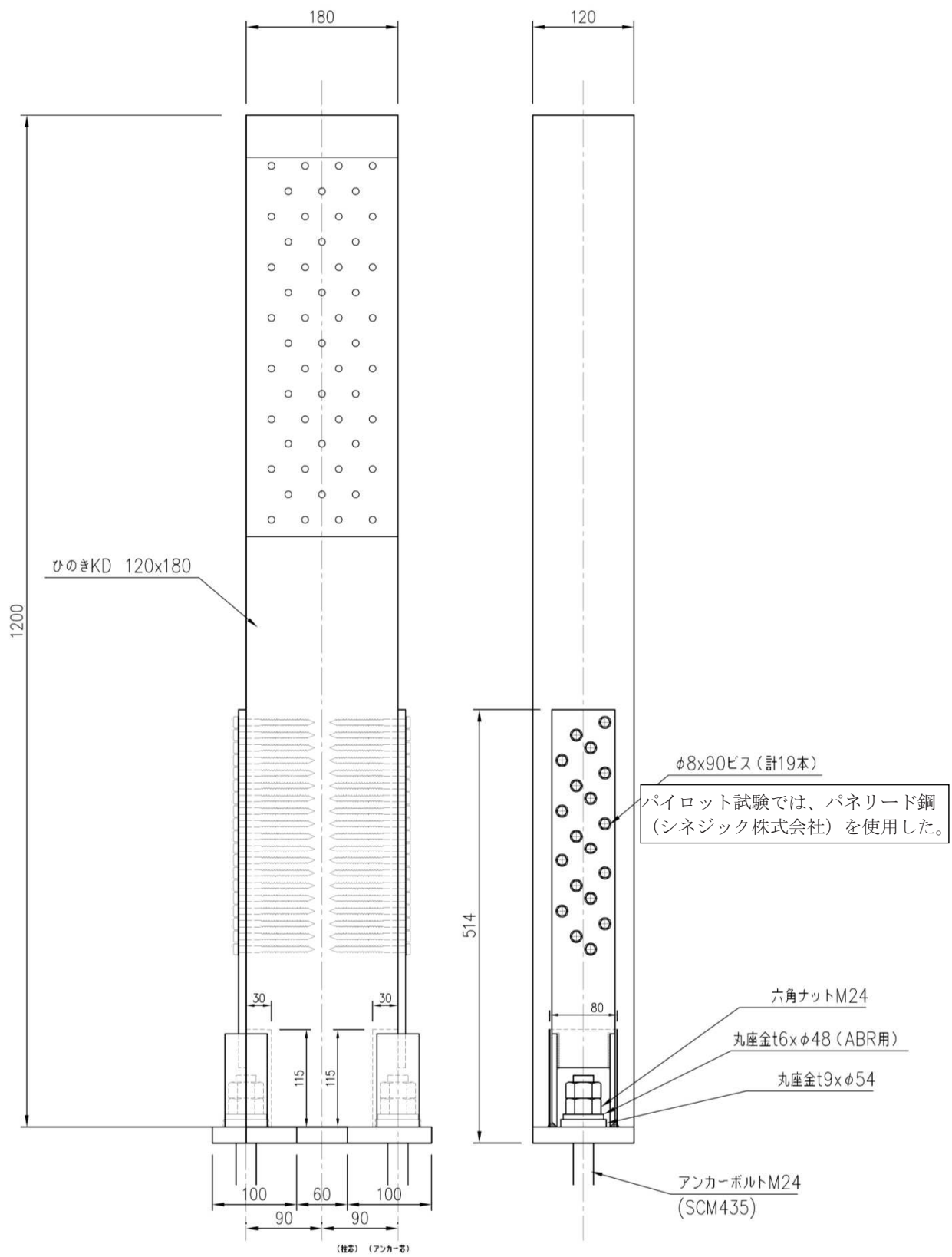


図 4-4 試験体② (柱脚金物 B-02 2 個材面使用)

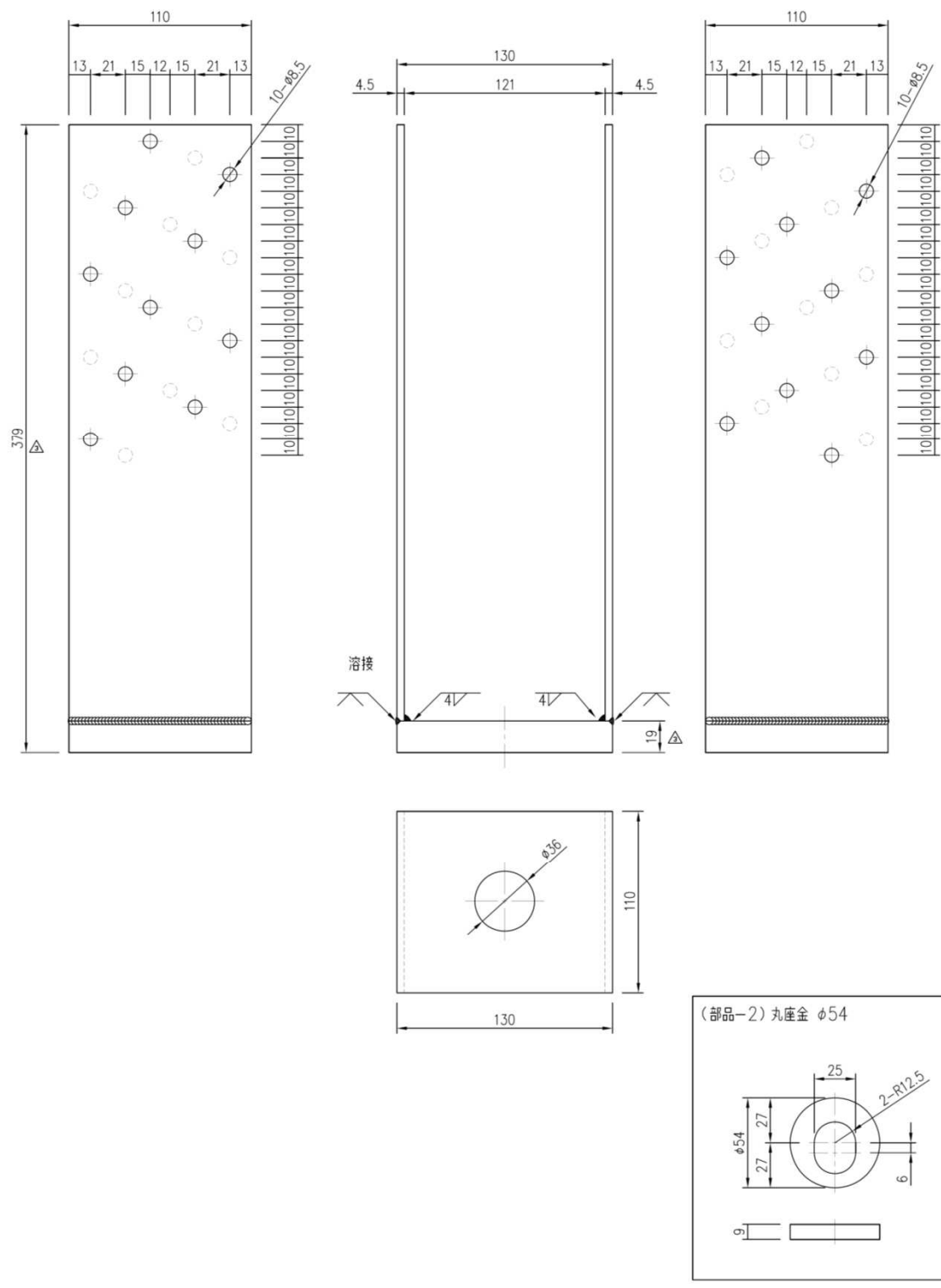


图 4-5 柱脚金物 E-03

材質：SS400

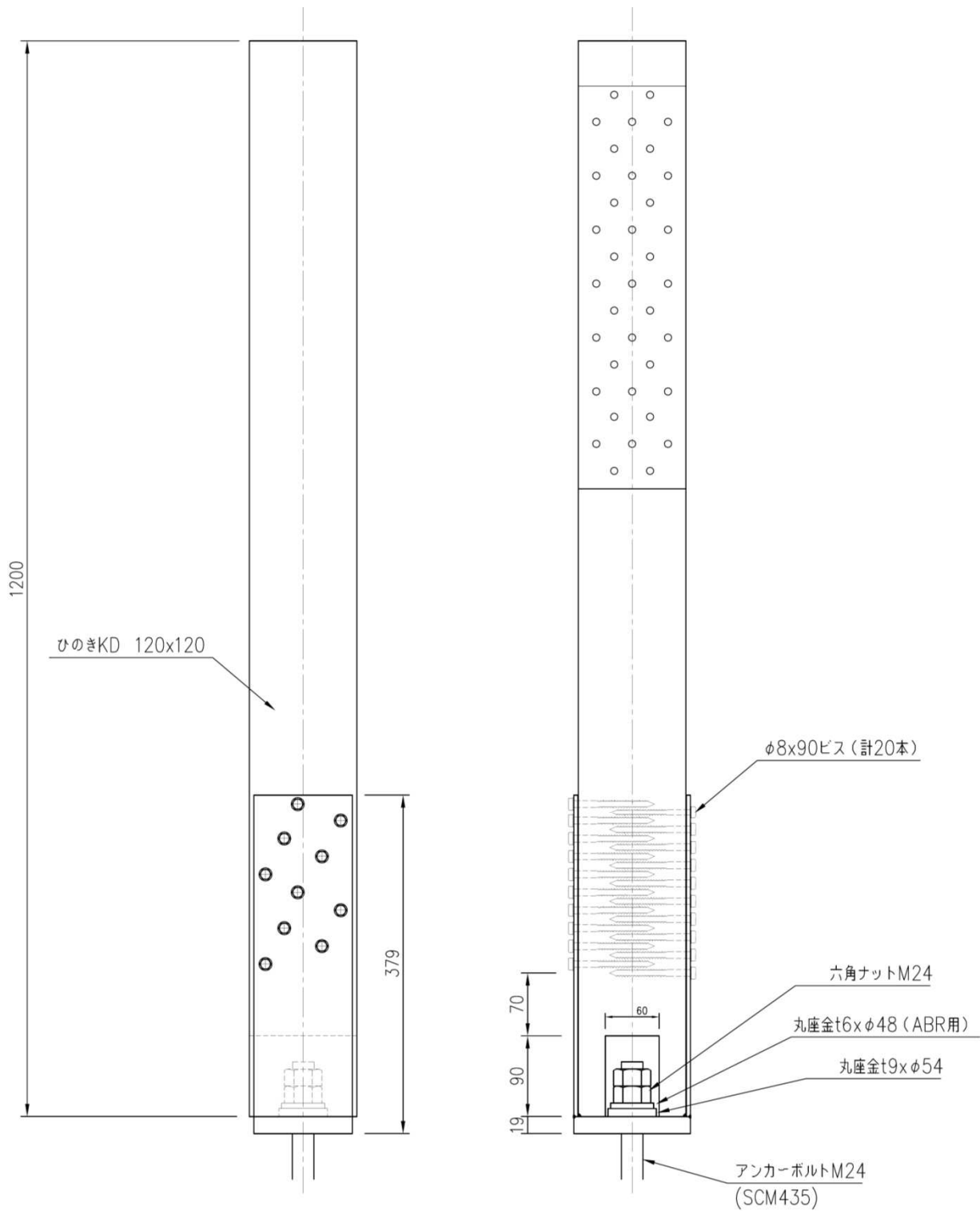


図 4-6 試験体③ (柱脚金物 E-03)

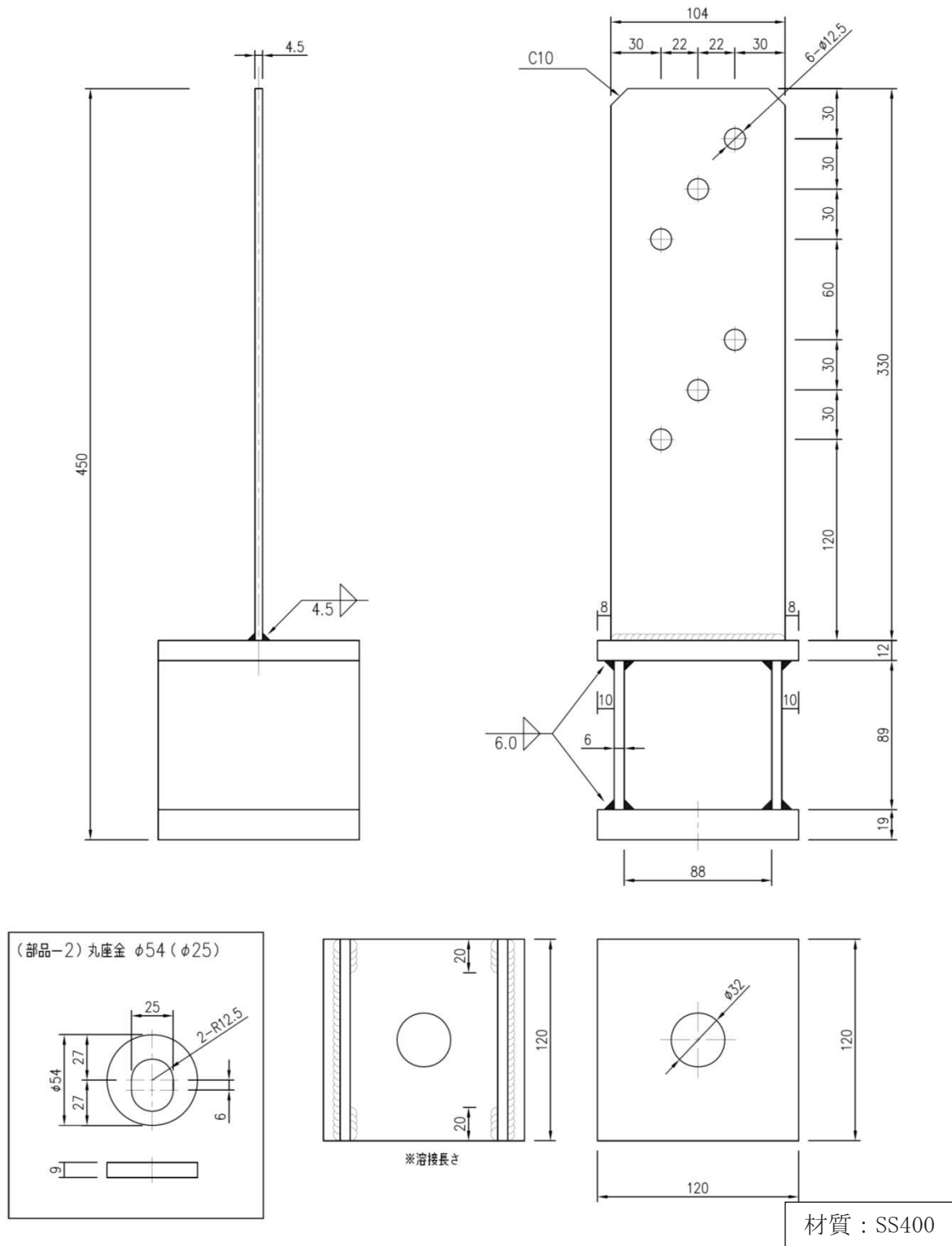
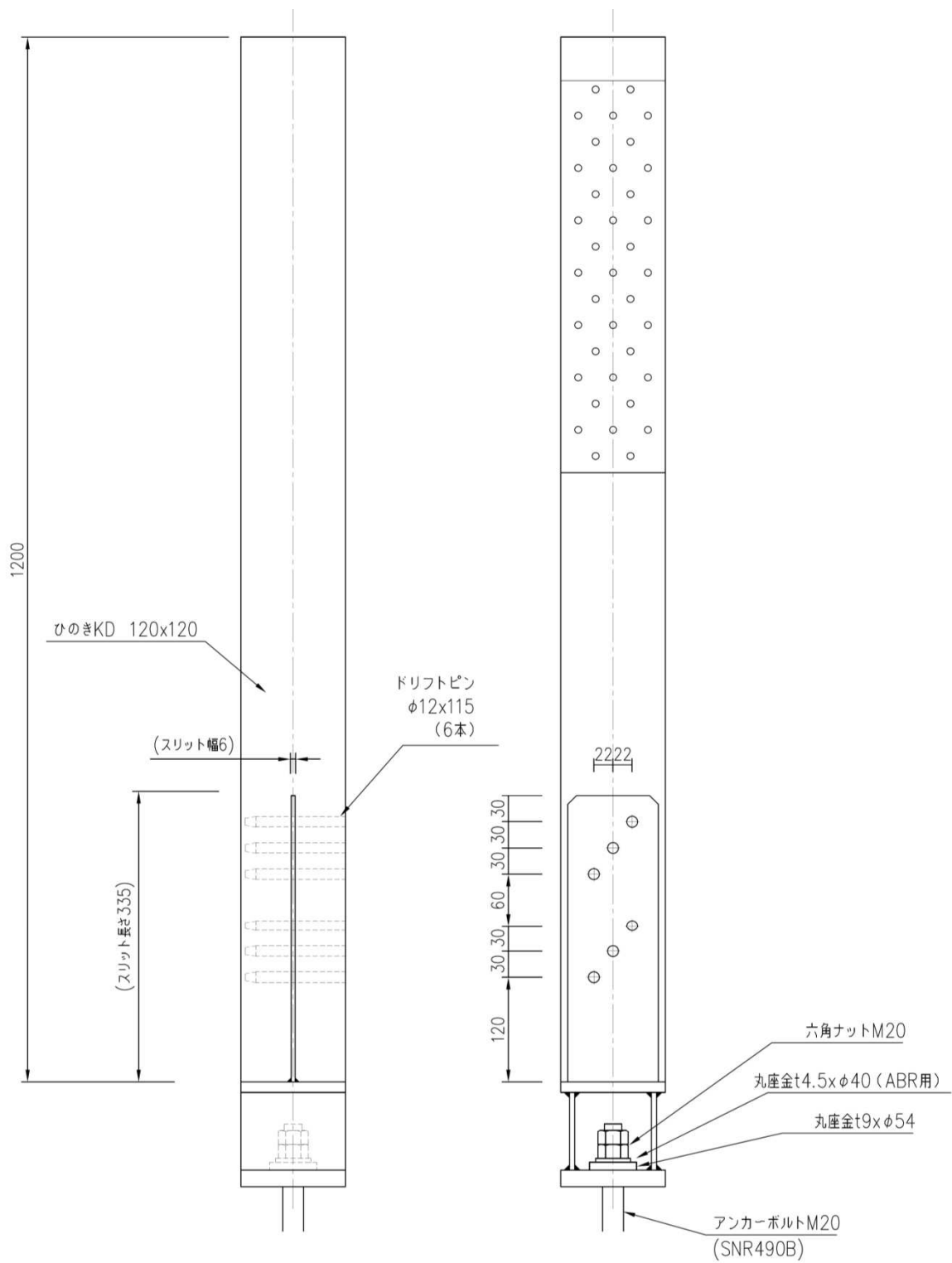


图 4-7 柱脚金物 HD-D6





※試験⑤では  
M24-SCM435  
を使用

図 4-8 試験体④、⑤ (柱脚金物 HD-D6)

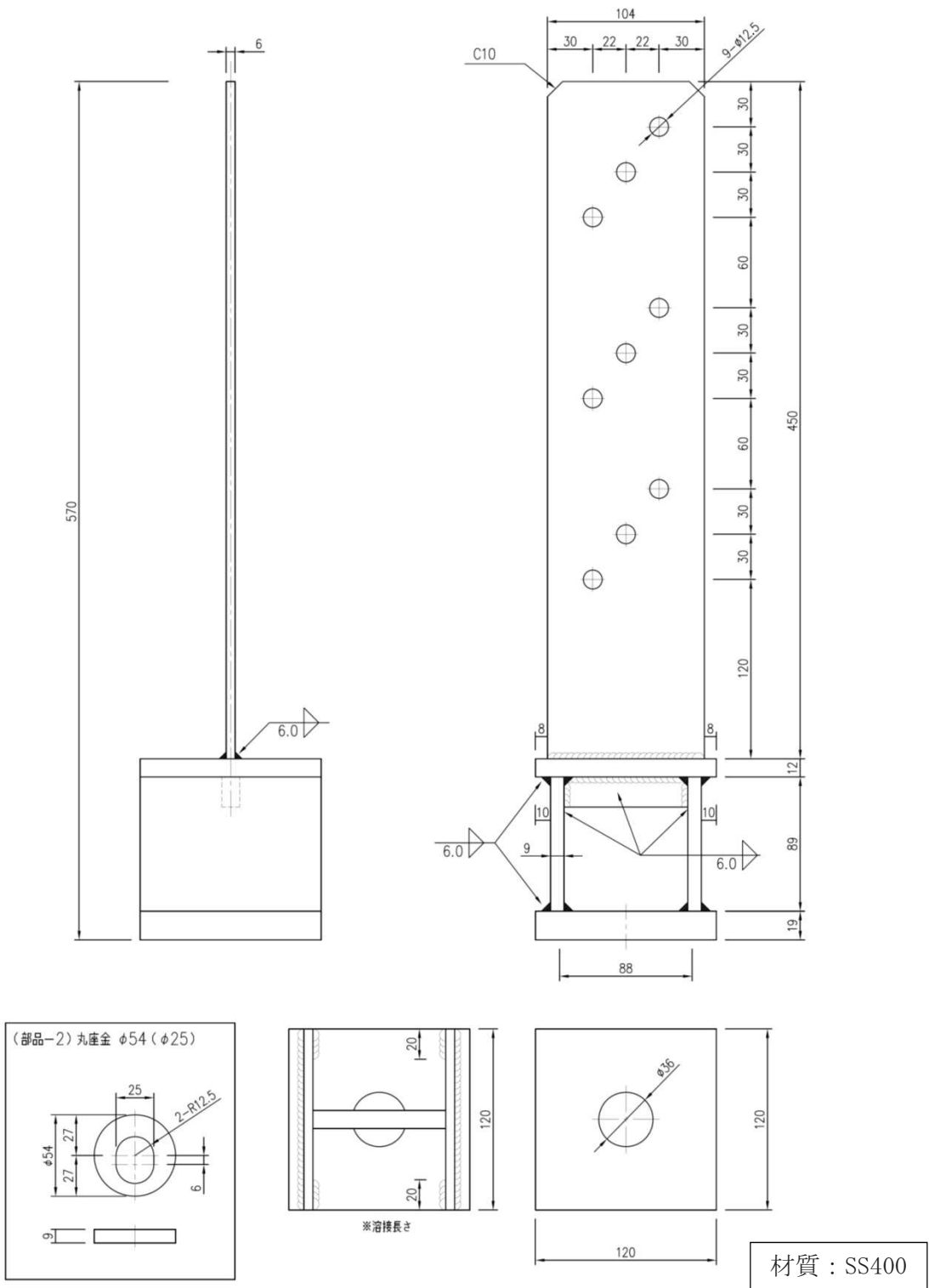


图 4-9 柱脚金物 HD-D9

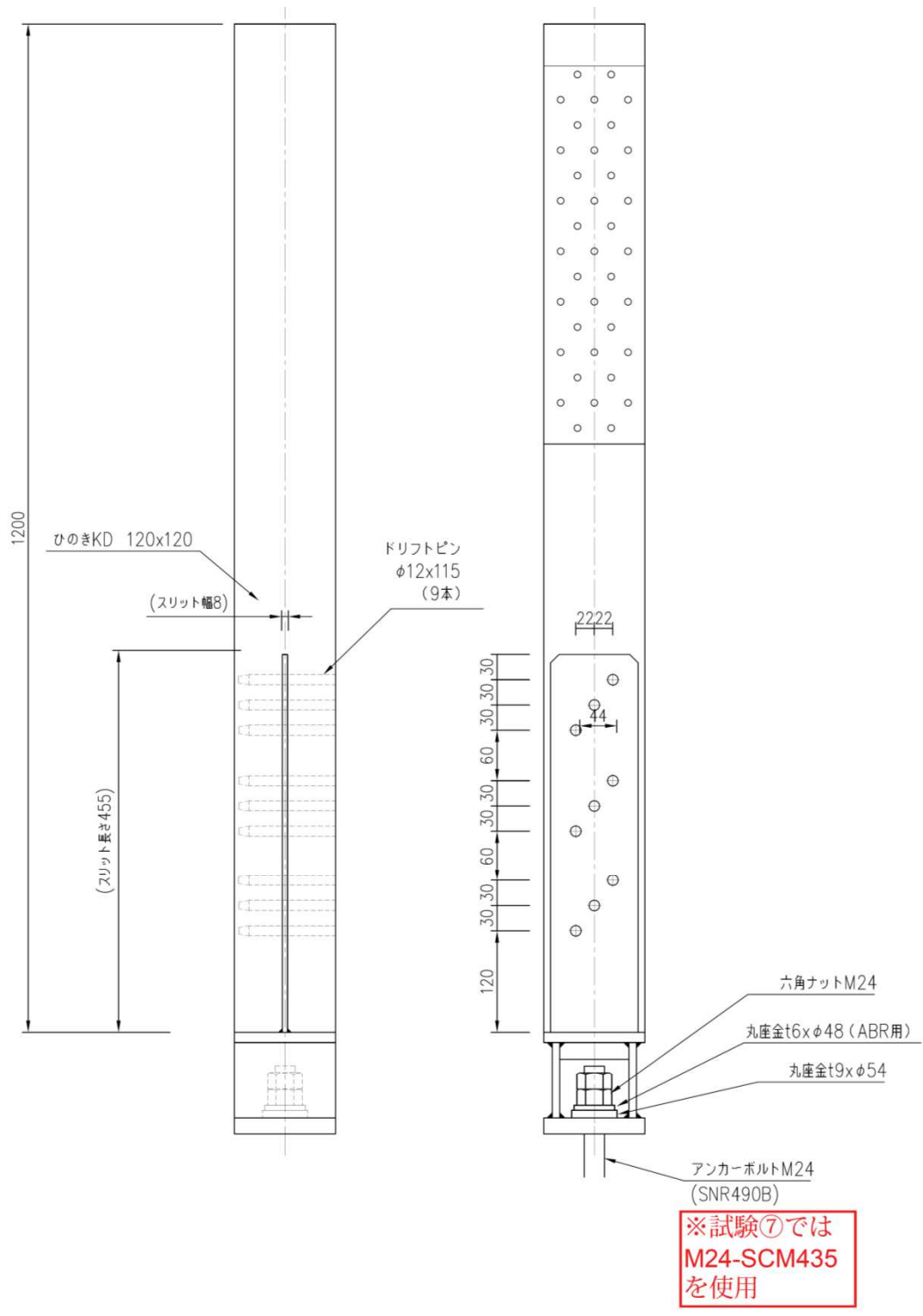


図 4-10 試験体⑥、⑦ (柱脚金物 HD-D9)

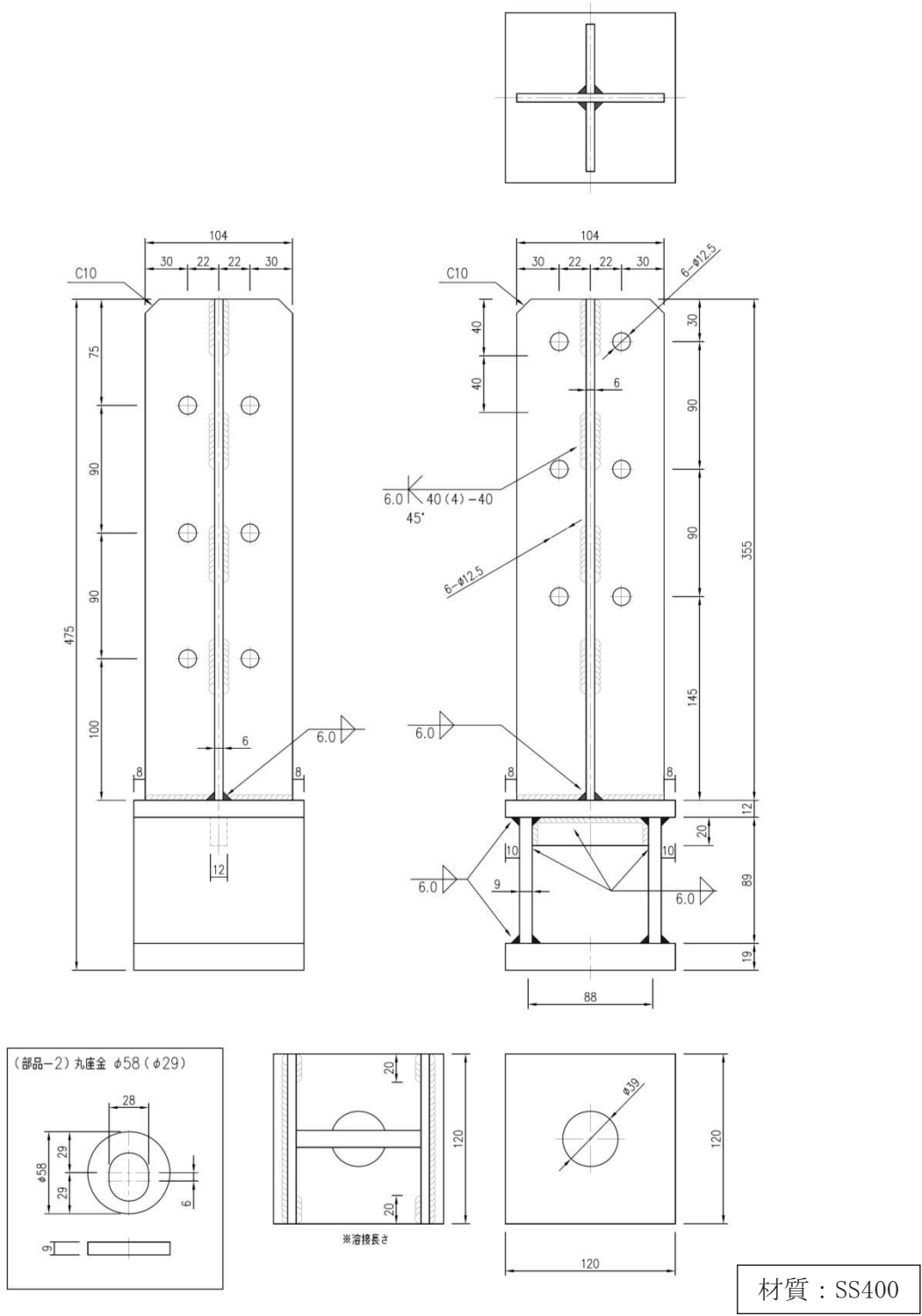


図 4-11 柱脚金物 HD-D12

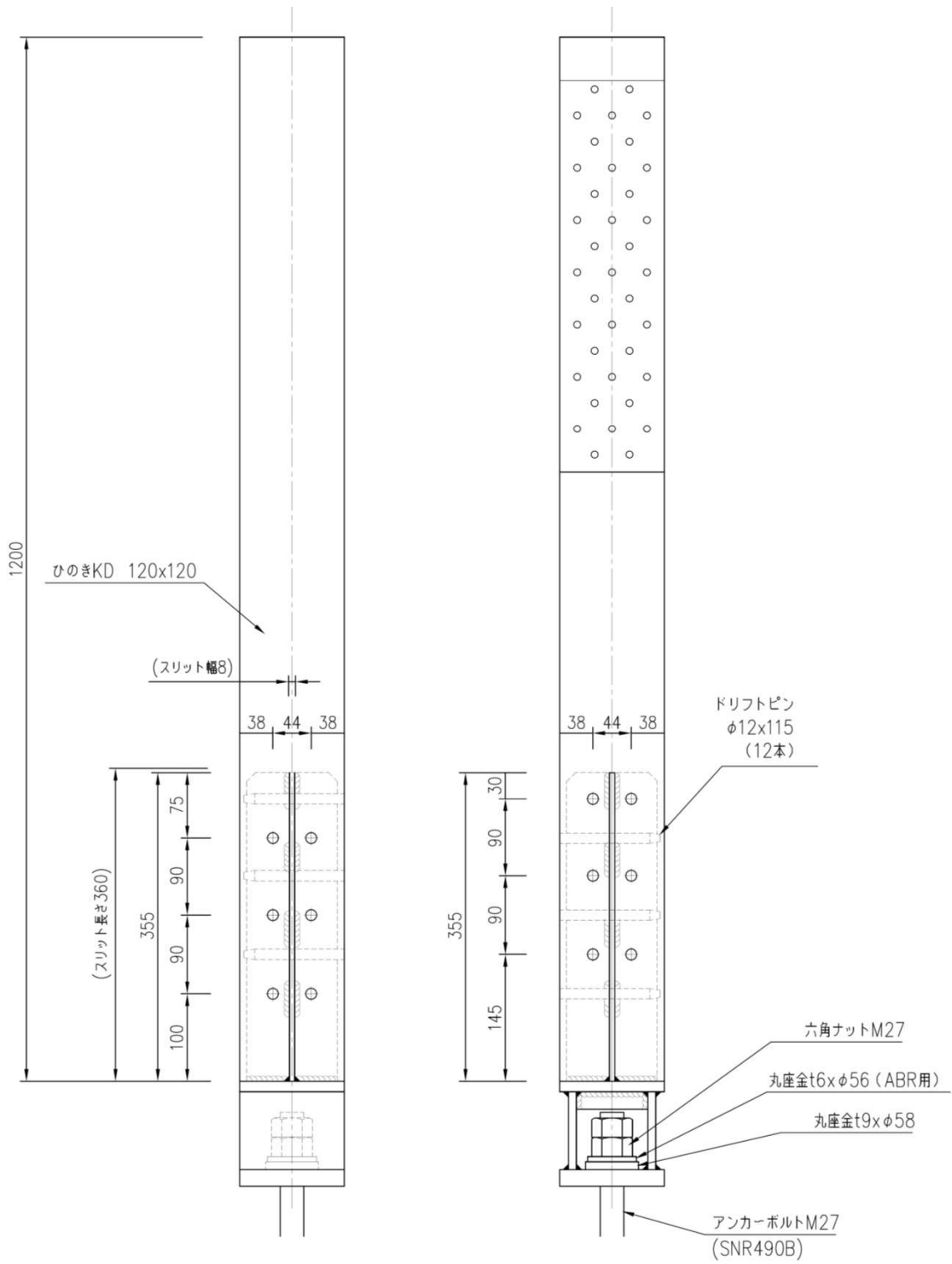


図 4-12 試験体⑧ (柱脚金物 HD-D12)

## (2) 計測計画

計測計画の概要を図 4-13 に示す。計測は加力ジャッキの荷重と、柱の浮き上がりを 2 点とした。

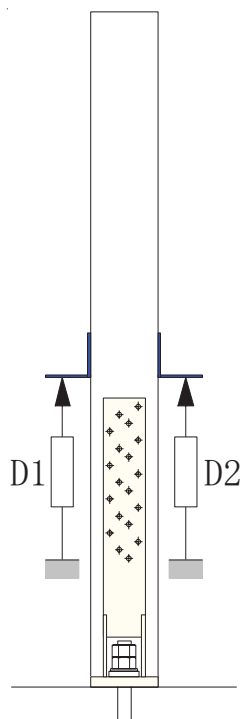


図 4-13 計測概要図

## (3) 加力計画

単調引張载荷（最大荷重の 80%まで低下、または変位 30mm 程度まで）を行う。

#### 4.1.2 試験結果

試験結果一覧を表 4-2 に、荷重変形関係を図 4-14 に示す。また、荷重変形及びバイリニアを図 4-15 に、破壊状況を図 4-16 に示す。

表 4-2 試験結果一覧

| No | 金物         |                  | 試験結果      |         |              |                      |
|----|------------|------------------|-----------|---------|--------------|----------------------|
|    | 試験体名       | 接合具              | Pmax (kN) | Py (kN) | 2/3Pmax (kN) | 終局時 破壊性状             |
| ①  | B-02       | φ8-90ビス:19本      | 202.5     | 120.1   | 135.0        | ビス支圧による柱の割裂          |
| ②  | B-02(2個対面) | φ8-90ビス:19本(×2体) | 362.7     | 201.5   | 241.8        | ビス支圧による柱の割裂          |
| ③  | E-03       | φ8-90ビス:10+10本   | 249.9     | 127.2   | 166.6        | ビス支圧によるせん断破壊、金物変形    |
| ④  | HD-D6      | ドリフトピン φ12:6本    | 139.8     | 83.8    | 93.2         | アンカーボルトの破断           |
| ⑤  | HD-D6※参考   | ドリフトピン φ12:6本    | 164.3     | 132.3   | 109.5        | ドリフトピン支圧による柱の割裂      |
| ⑥  | HD-D9      | ドリフトピン φ12:9本    | 193.5     | 119.1   | 129.0        | アンカーの破断              |
| ⑦  | HD-D9※参考   | ドリフトピン φ12:9本    | 227.4     | 186.0   | 151.6        | ドリフトピン支圧による柱の割裂、金物変形 |
| ⑧  | HD-D12     | ドリフトピン φ12:12本   | 201.7     | 118.1   | 134.5        | ドリフトピン支圧による柱の割裂      |

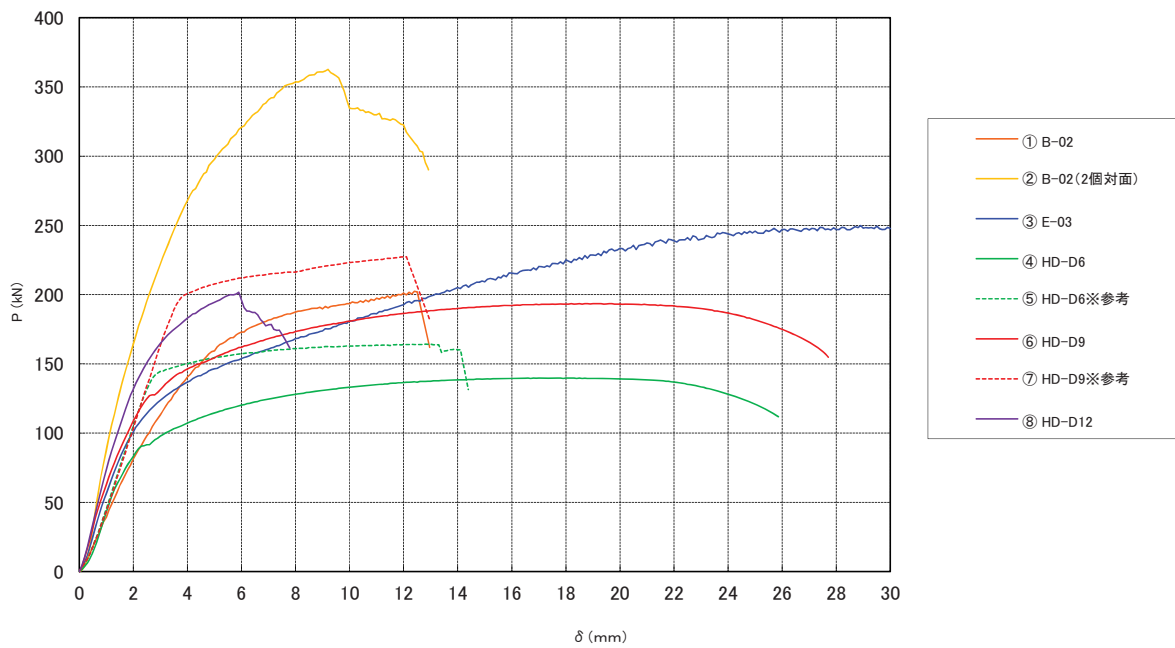


図 4-14 荷重変形関係

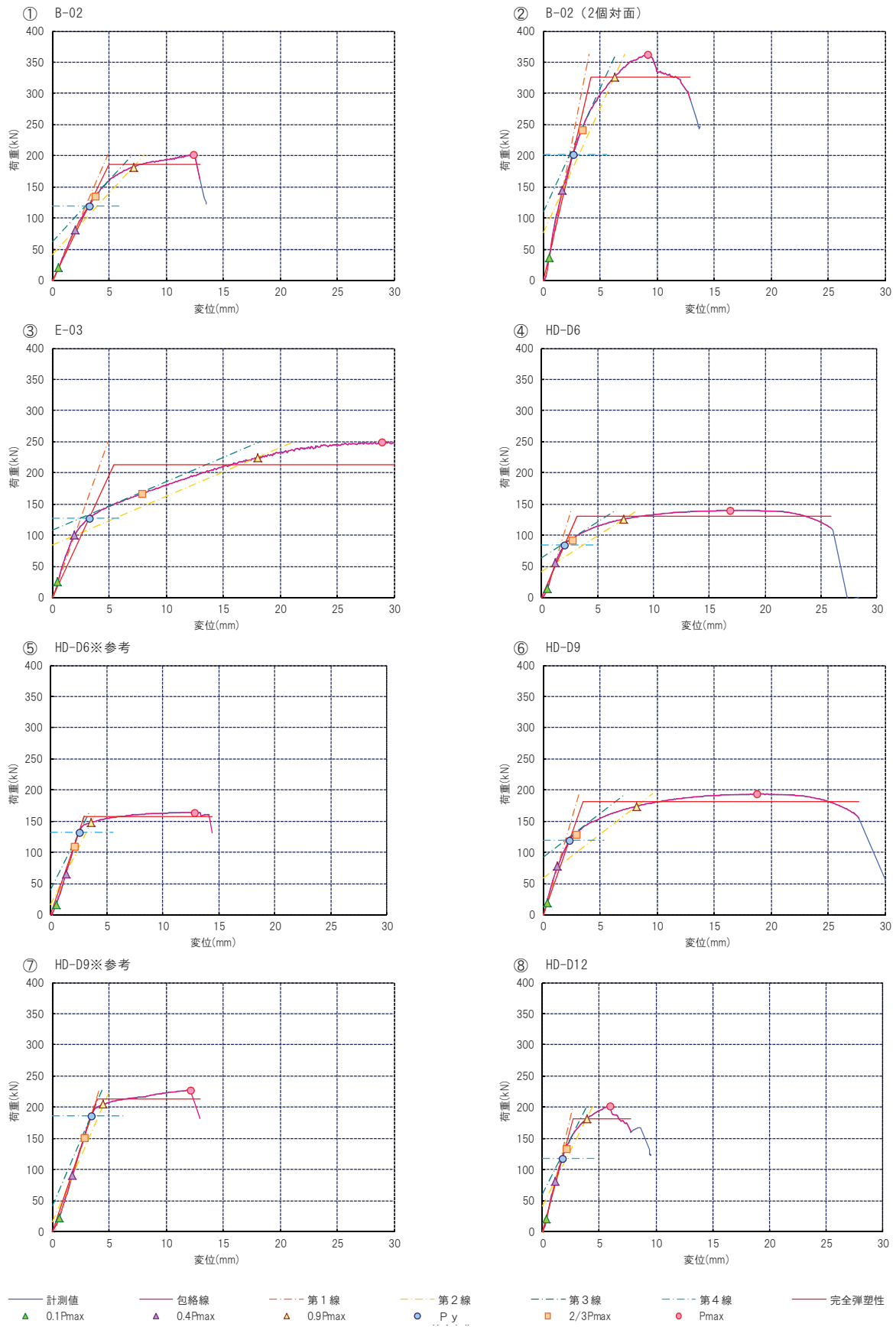


図 4-15 荷重変形関係一覽



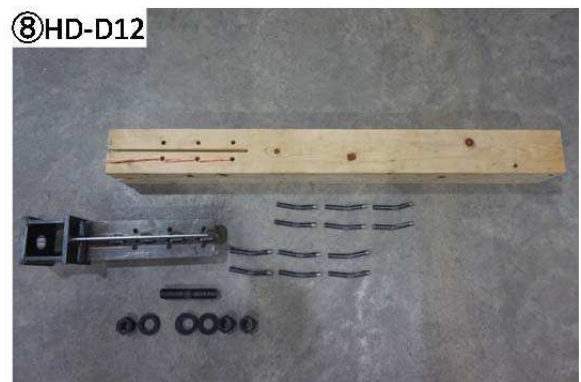


図 4-16 破壊状況

### 4.1.3 考察

#### (1) 試験結果と目標耐力の比較

試験結果と目標耐力の比較を表 4-3 に示す。実験値では HD-D6 以外は層数 1~3 の目標耐力 (110kN) を上回っているが、ばらつき係数を 0.85 と仮定した場合、②B-02 (2 個対面) と⑦HD-D9 の耐力が目標耐力を上回る結果となった。なお、層数 4~5 (目標耐力 370kN) については 1 階の要求性能が高く、柱脚金物以外の手法の提案が必要と考えられる。

表 4-3 試験結果と目標耐力の比較

| No | 試験体名        | 試験結果(kN) (6体平均) |       |       |         | 短期基準引張耐力(kN)         |                    |                     | 目標耐力(kN)       |
|----|-------------|-----------------|-------|-------|---------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------|
|    |             | Pmax            | Pu    | Py    | 2/3Pmax | min<br>{Py, 2/3Pmax} | ばらつき<br>係数<br>(仮定) | ばらつきを考慮した<br>短期基準耐力 | 層数1~3<br>110kN |
| ①  | B-02        | 202.5           | 185.7 | 120.1 | 135.0   | 120.1                | 0.85               | 102.1               | △              |
| ②  | B-02 (2個対面) | 362.7           | 326.7 | 201.5 | 241.8   | 201.5                | 0.85               | 171.3               | ○              |
| ③  | E-03        | 249.9           | 213.9 | 127.2 | 166.6   | 127.2                | 0.85               | 108.1               | △              |
| ④  | HD-D6       | 139.8           | 130.3 | 83.8  | 93.2    | 83.8                 | 0.85               | 71.2                | ×              |
| ⑤  | HD-D6※参考    | 164.3           | 157.7 | 132.3 | 109.5   | 109.5                | 0.85               | 93.1                | ×              |
| ⑥  | HD-D9       | 193.5           | 180.7 | 119.1 | 129.0   | 119.1                | 0.85               | 101.2               | △              |
| ⑦  | HD-D9※参考    | 227.4           | 213.5 | 186.0 | 151.6   | 151.6                | 0.85               | 128.9               | ○              |
| ⑧  | HD-D12      | 201.7           | 181.4 | 118.1 | 134.5   | 118.1                | 0.85               | 100.4               | △              |

○: ばらつき考慮して目標耐力以上

△: 実験値が目標耐力以上

×: 実験値が目標耐力未満

## 4.2 本試験

### 4.2.1 試験計画

#### (1) 試験体仕様

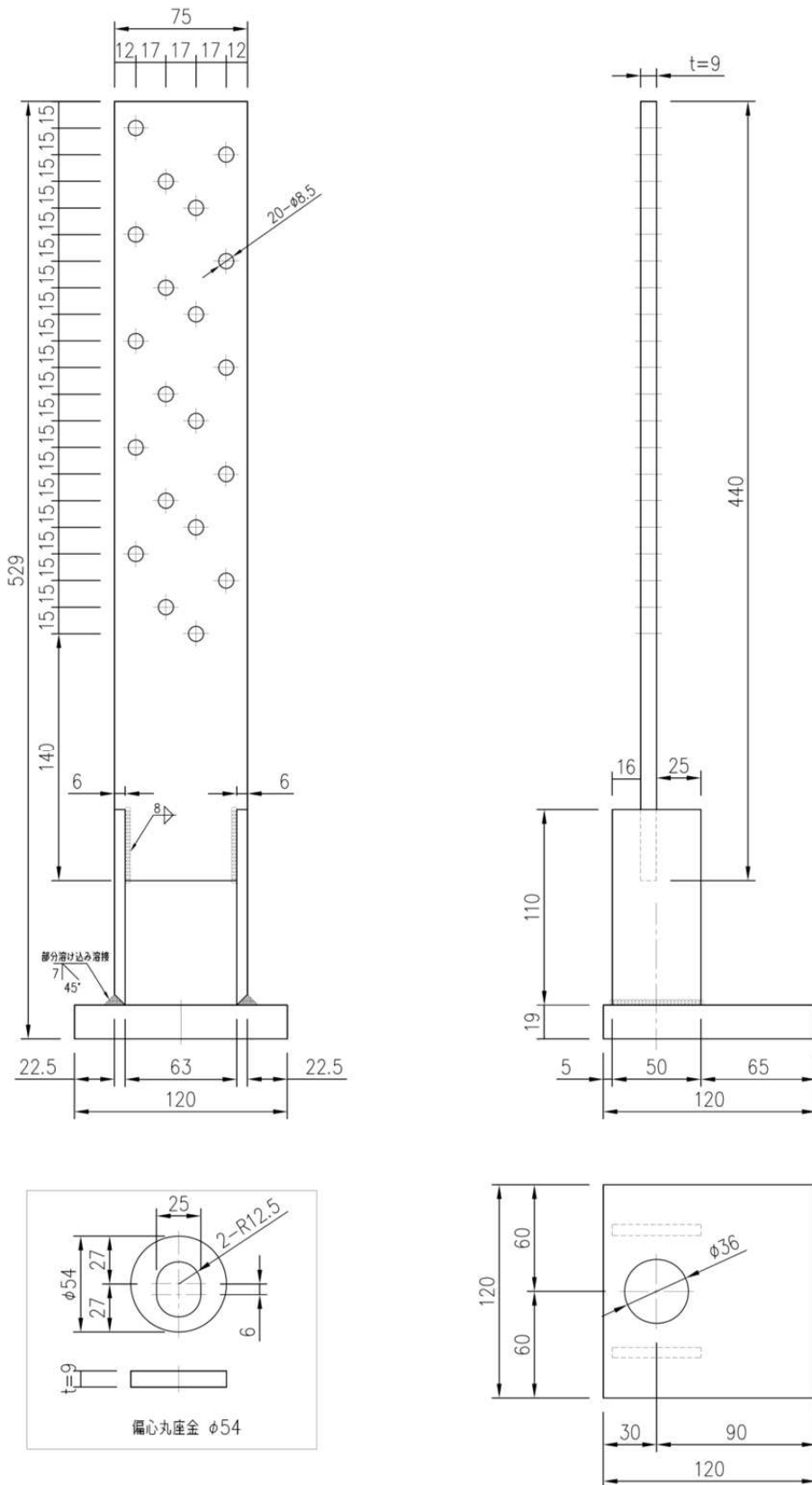
パイロット試験（柱脚金物）の結果を踏まえ、本試験で実施する4仕様を定めた。試験体数はパイロット試験とは別に新たに6体ずつ実施した。

金物と柱をビスで留付ける仕様のB-04は、パイロット試験のB-02を基準とした仕様で、耐力の向上及び、2個使いした場合の柱の納まりを改善する目的でビス本数を増やし（19本 → 20本）し、ベースプレート寸法を大きく（120mm×100mm → 120mm×120mm）したものである。その他の金物は、パイロット試験から仕様の変更はない。

また金物と柱の接合部の性能を把握する事を目的に、本試験に用いるアンカーボルトはSCM435のボルトとした。

表 4-4 試験仕様一覧

| 金物    |                | アンカーボルト |        | 柱<br>(ヒノキ集成材 E95-F315) | 試験体数 |
|-------|----------------|---------|--------|------------------------|------|
| 試験体名  | 接合具            | サイズ     | 材質     | 寸法                     |      |
| B-04  | φ8×90ビス(計20本)  | M24     | SCM435 | 120×120                | 6    |
| E-03  | φ8×90ビス(計20本)  |         |        | 120×180                | 6    |
| HD-D6 | ドリフトピン(φ12、6本) |         |        | 120×120                | 6    |
| HD-D9 | ドリフトピン(φ12、9本) |         |        | 120×120                | 6    |



材質：SS400

图 4-17 柱脚金物 B-04

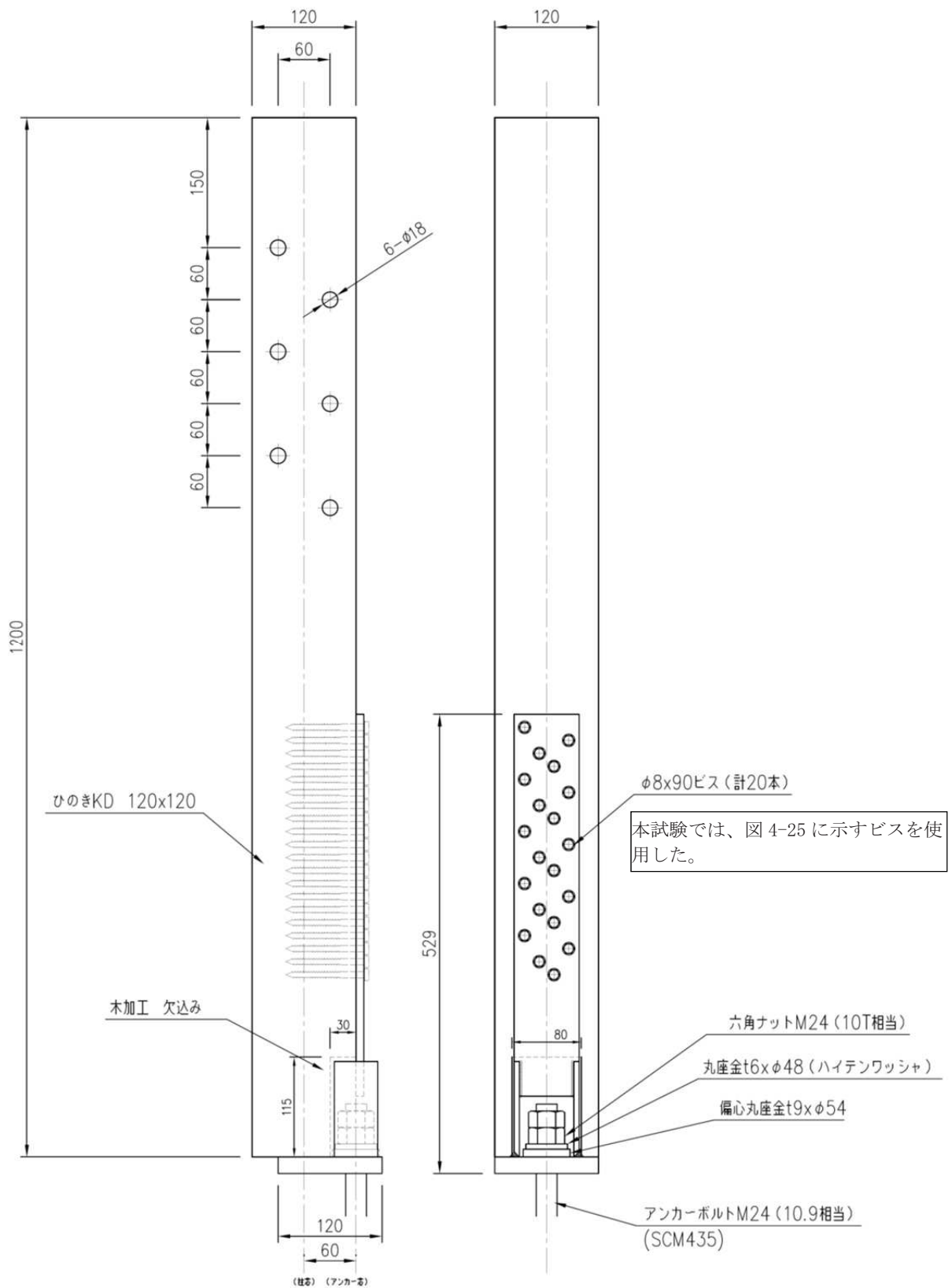
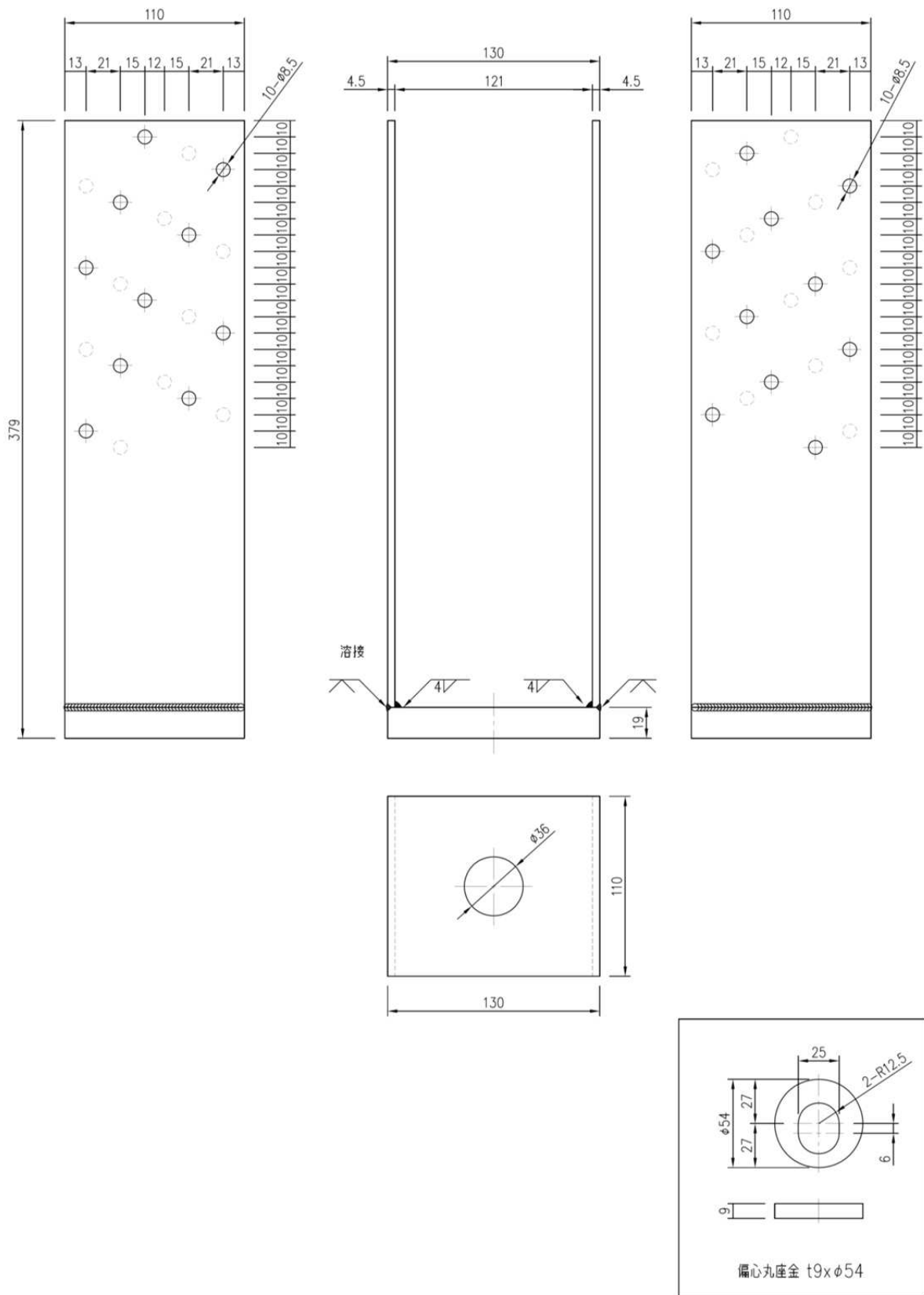


図 4-18 B-04 試験体



材質：SS400

图 4-19 柱脚金物 E-03

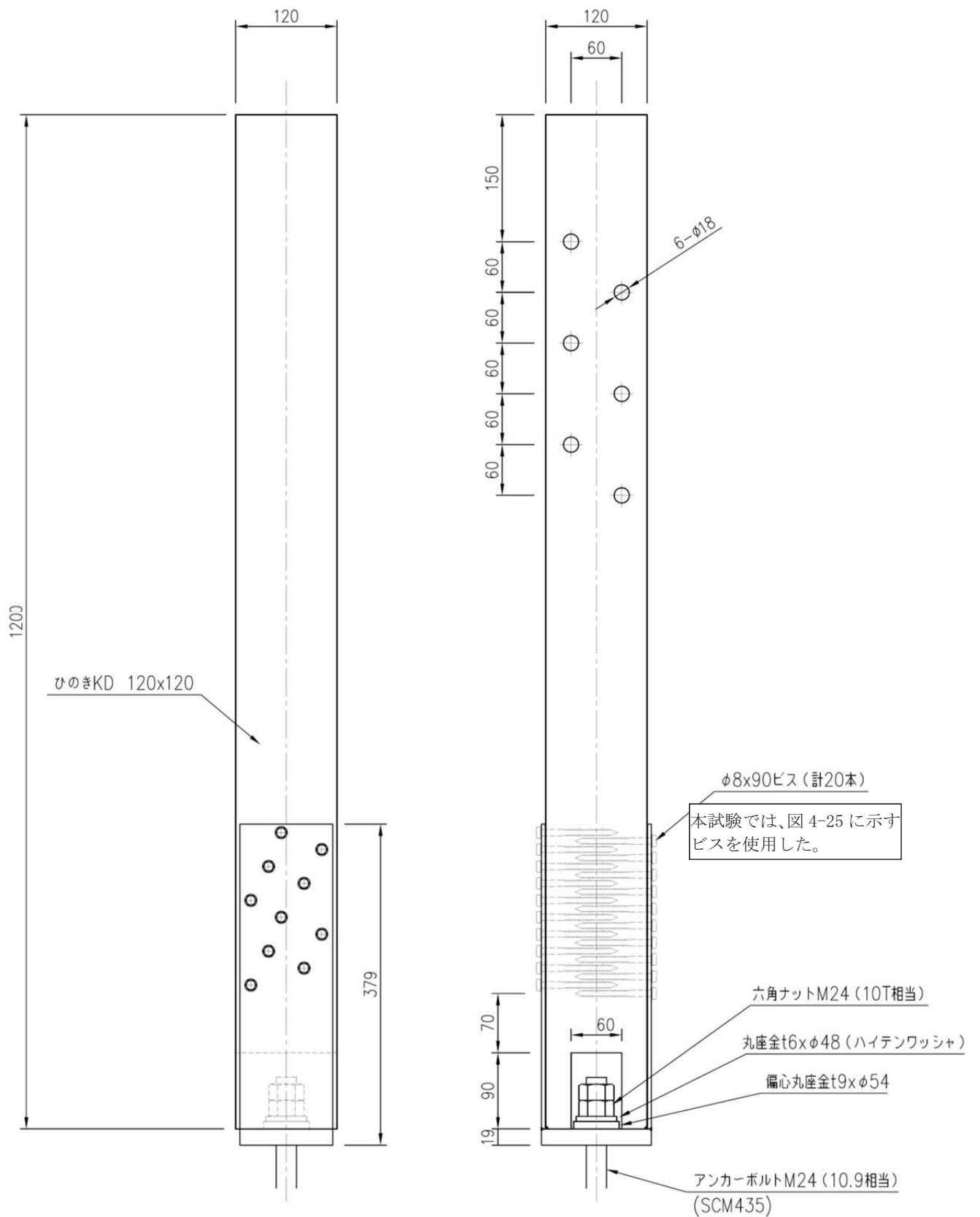
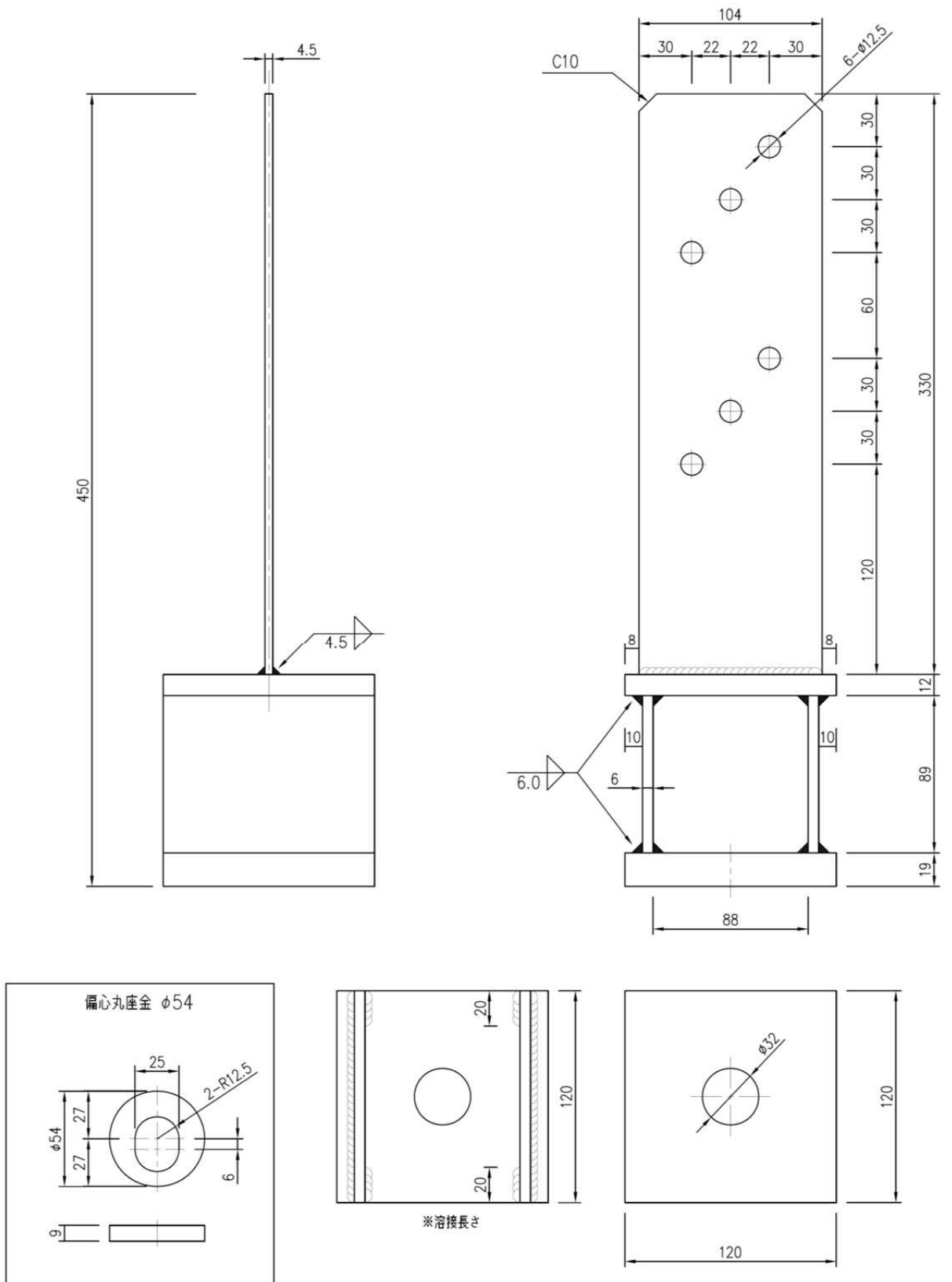


図 4-20 E-03 試験体





材質：SS400

图 4-21 柱脚金物 HD-D6



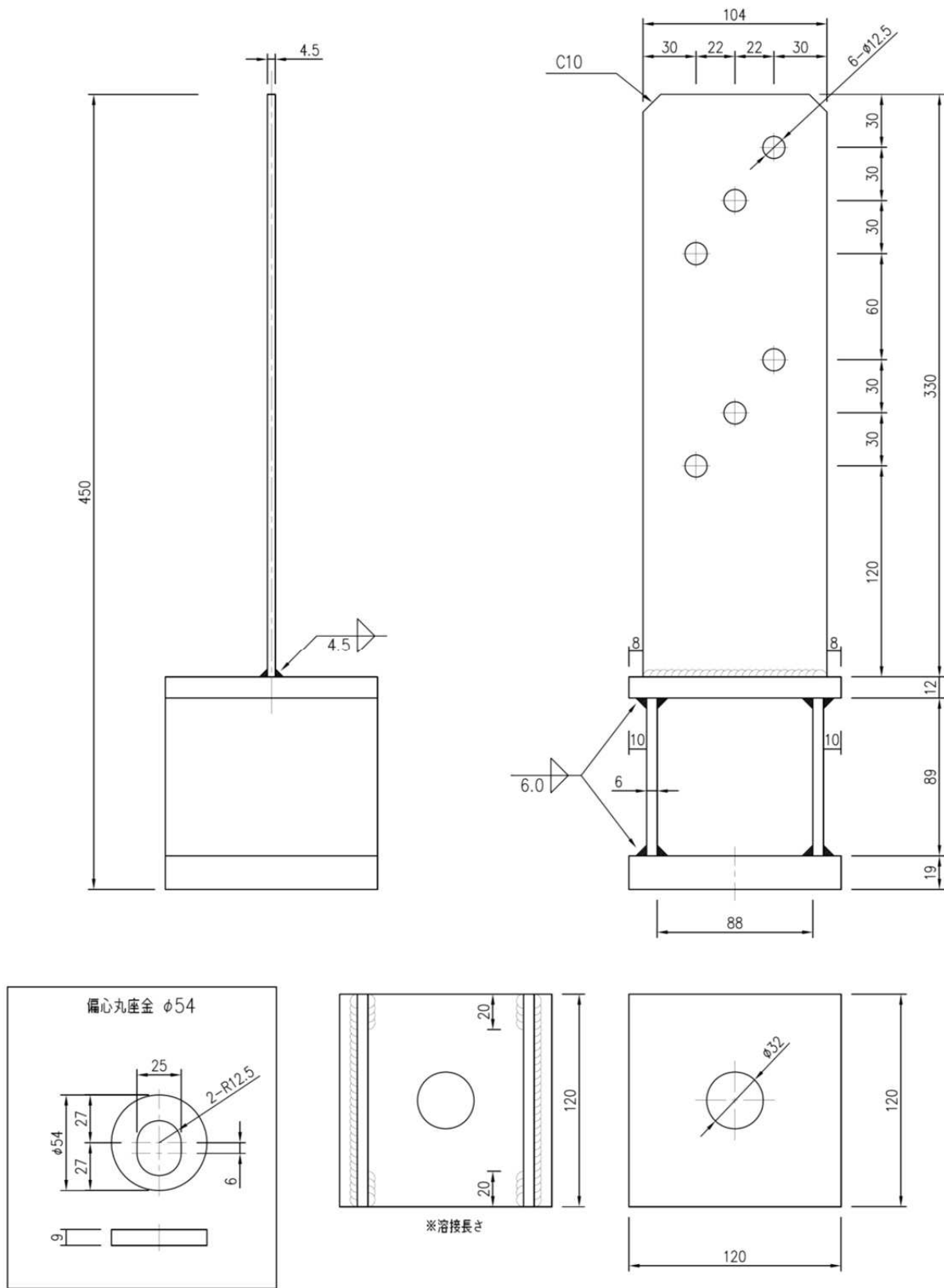


图 4-22 HD-D6 試驗体

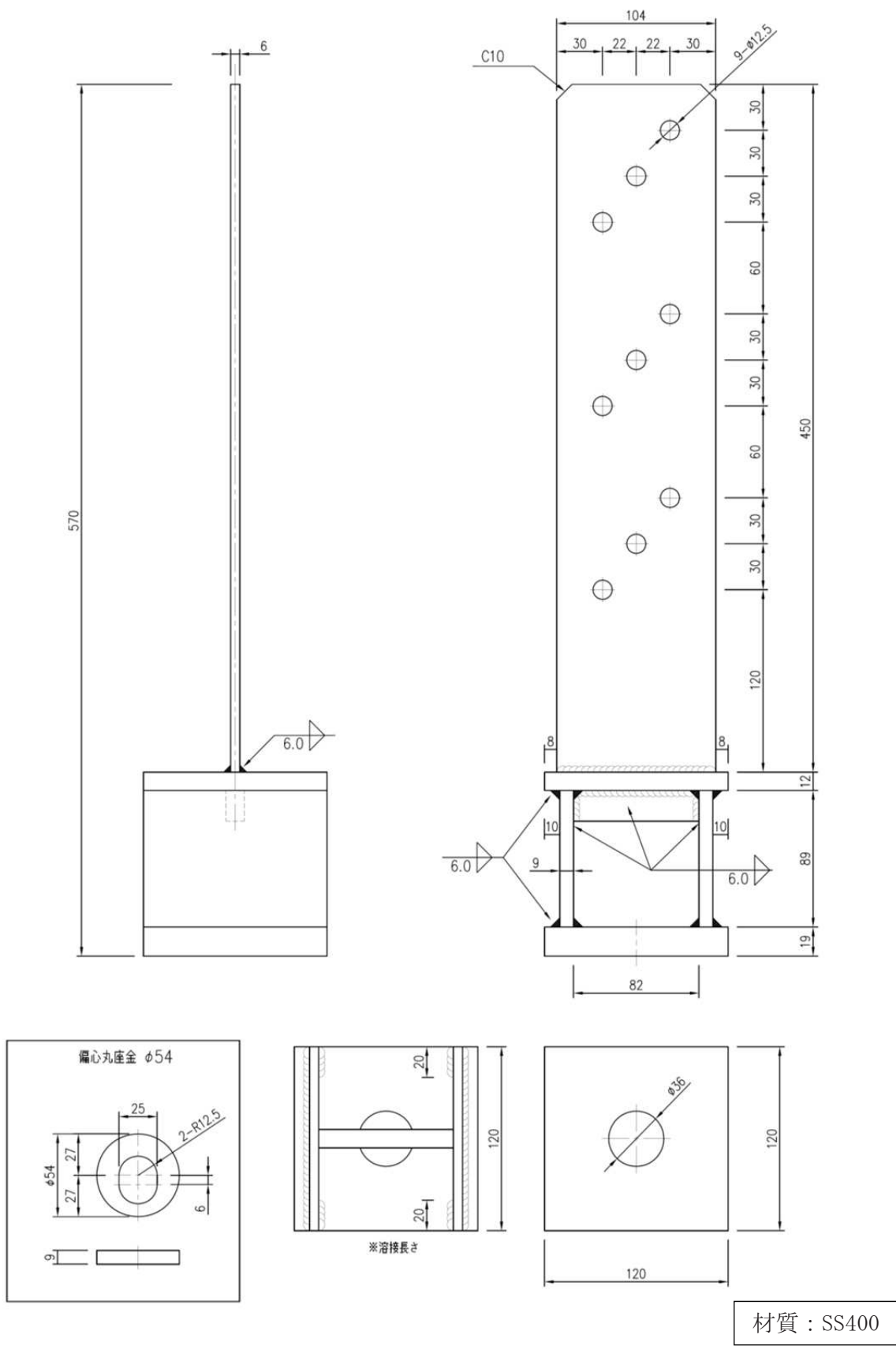


图 4-23 柱脚金物 HD-D9

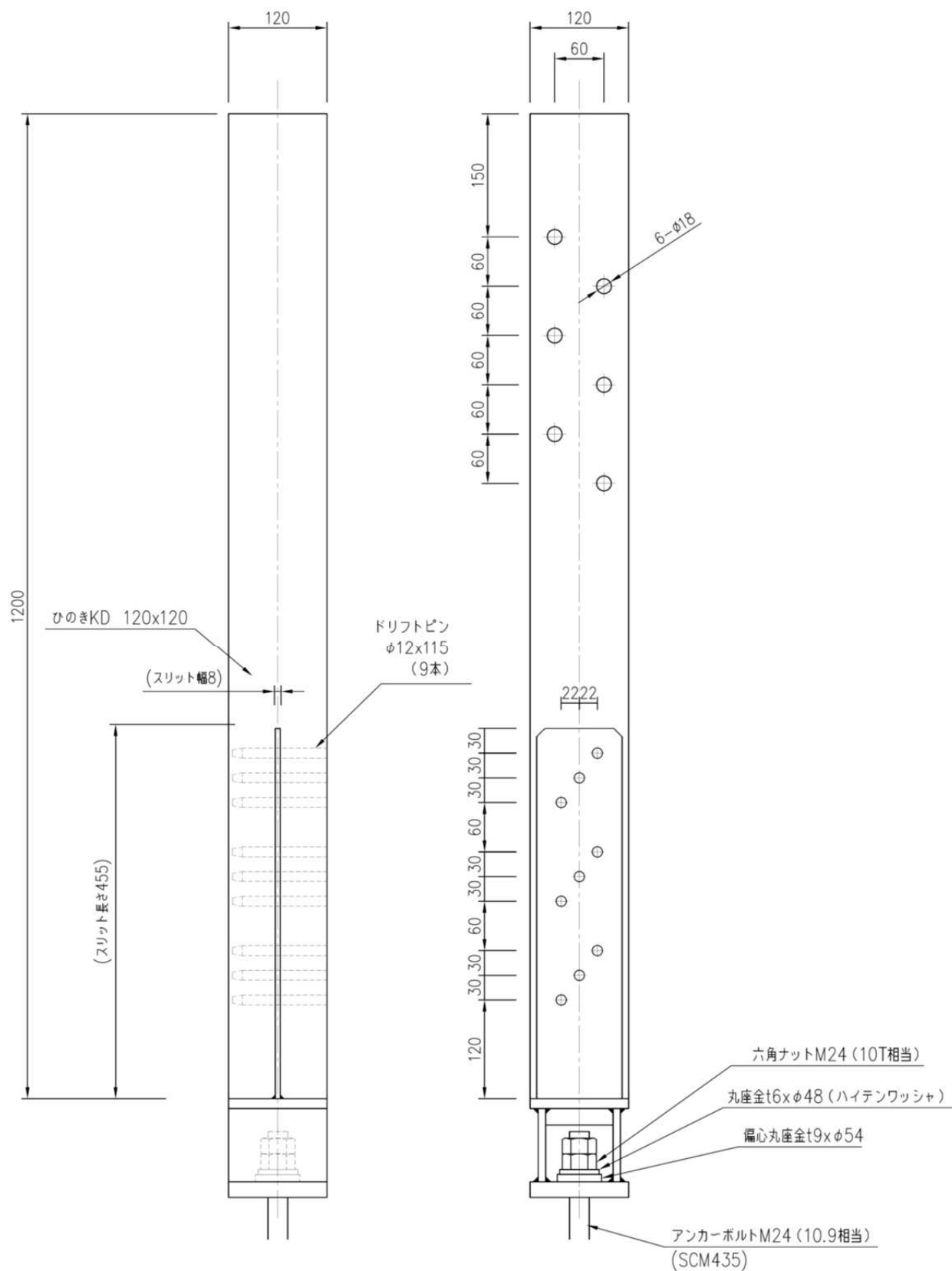


図 4-24 HD-D9 試験体

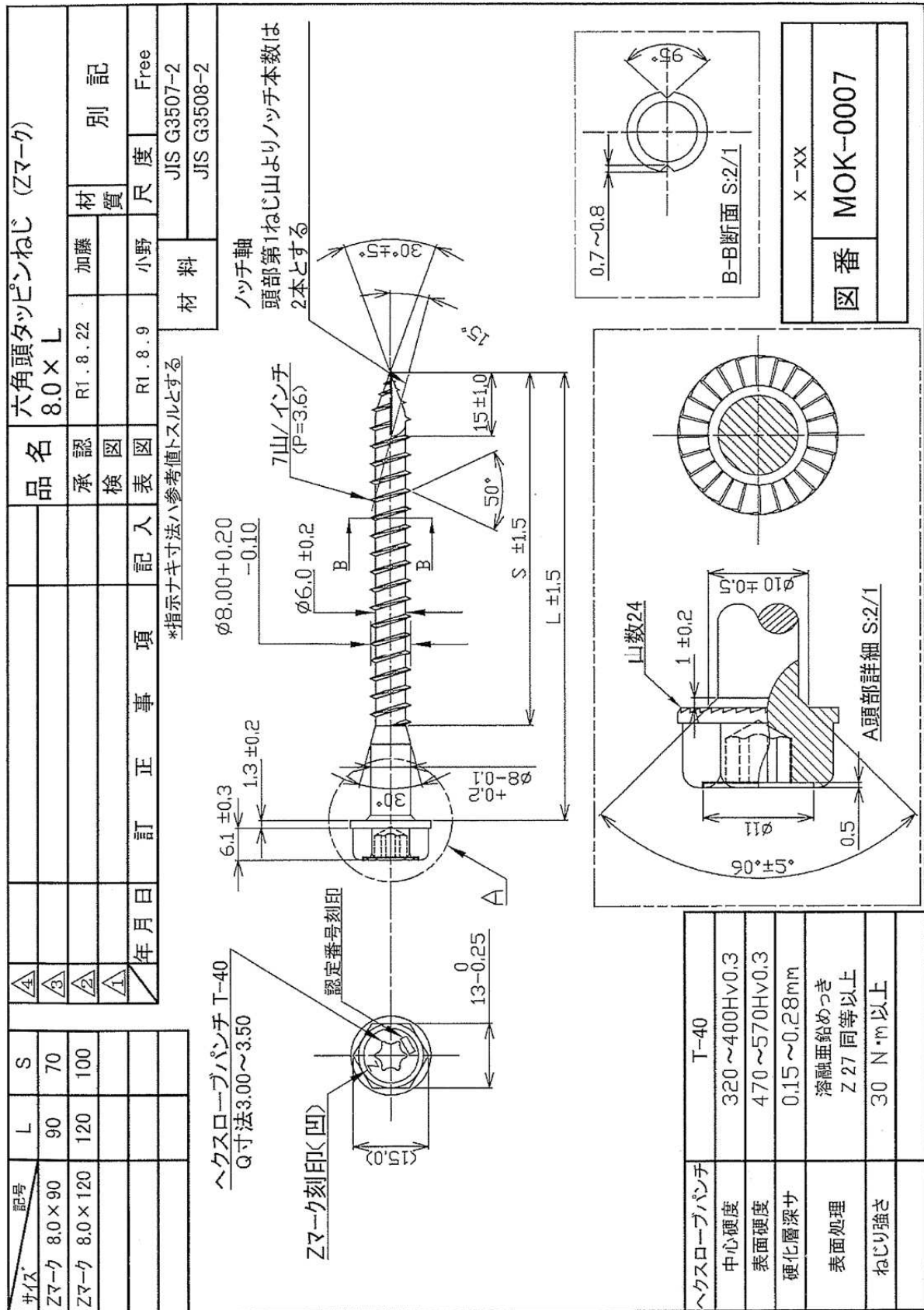


図 4-25 六角頭タッピンねじ

## (2) 計測計画

計測計画の概要を図 4-26 に示す。計測は加力ジャッキの荷重と、柱の浮き上がりを 2 点とした。

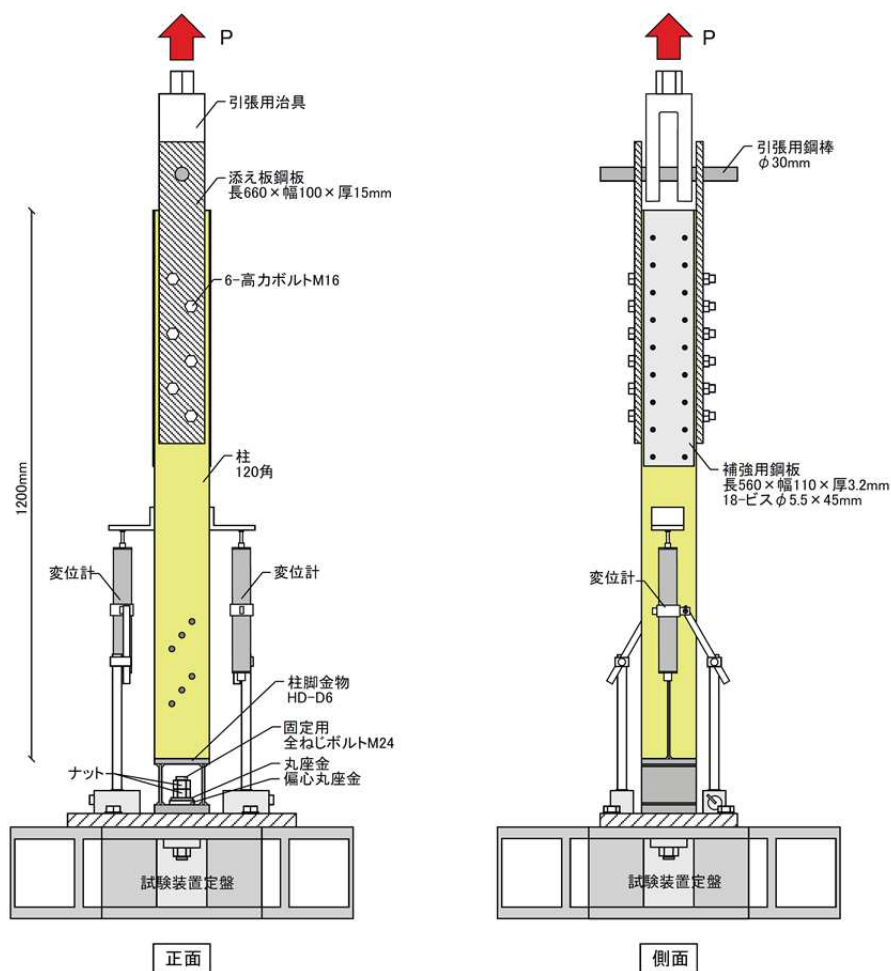


図 4-26 計測概要図

## (3) 加力計画

パイロット試験より降伏耐力  $P_y$  時の変位  $\delta y$  を求め、 $\delta y$  の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍の順に一方向に繰り返し加力を行う。载荷にはハイブリッド型アクチュエーター（容量 500kN）を用い、荷重の検出にはロードセル（容量 500kN、出力  $500 \times 10^{-6}$  ひずみ）を用いる。

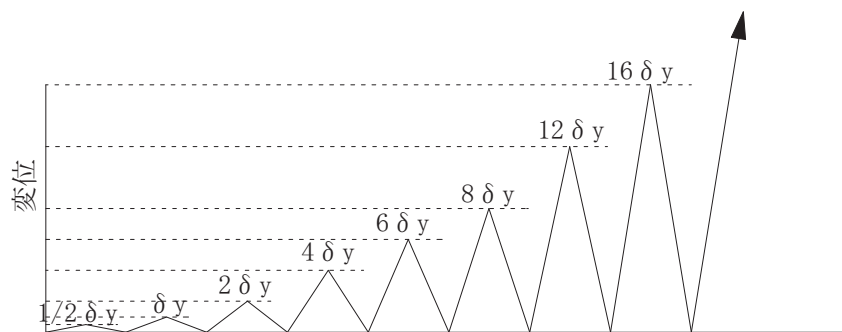


図 4-27 加力サイクル

## 4.2.2 試験結果

### (1) B-04

破壊性状はB-04\_2は金物の溶接部破断し、その他は柱の割裂であった。特性値は降伏耐力 $P_y$ で決まっており、ばらつきを考慮した引張耐力は46.9[kN]であった。

表 4-5 試験結果一覧

| 金物     |               | アンカーボルト |        | 試験結果              |               |                      |  |
|--------|---------------|---------|--------|-------------------|---------------|----------------------|--|
| 試験体名   | 接合具           | サイズ     | 材質     | $P_{max}$<br>(kN) | $P_y$<br>(kN) | $2/3P_{max}$<br>(kN) | 終局時 破壊性状                                     |
| B-04_1 | φ8x90ビス(計20本) | M24     | SCM435 | 162.6             | 82.9          | 108.4                | タッピンねじによる柱の割れ破壊。<br>金物のプレート部と側板部で破断。(B-04-2) |
| B-04_2 |               |         |        | 214.9             | 127.6         | 143.3                |  |
| B-04_3 |               |         |        | 138.3             | 71.6          | 92.2                 |  |
| B-04_4 |               |         |        | 181.9             | 93.8          | 121.2                |  |
| B-04_5 |               |         |        | 198.6             | 103.6         | 132.4                |  |
| B-04_6 |               |         |        | 167.3             | 81.9          | 111.5                |  |

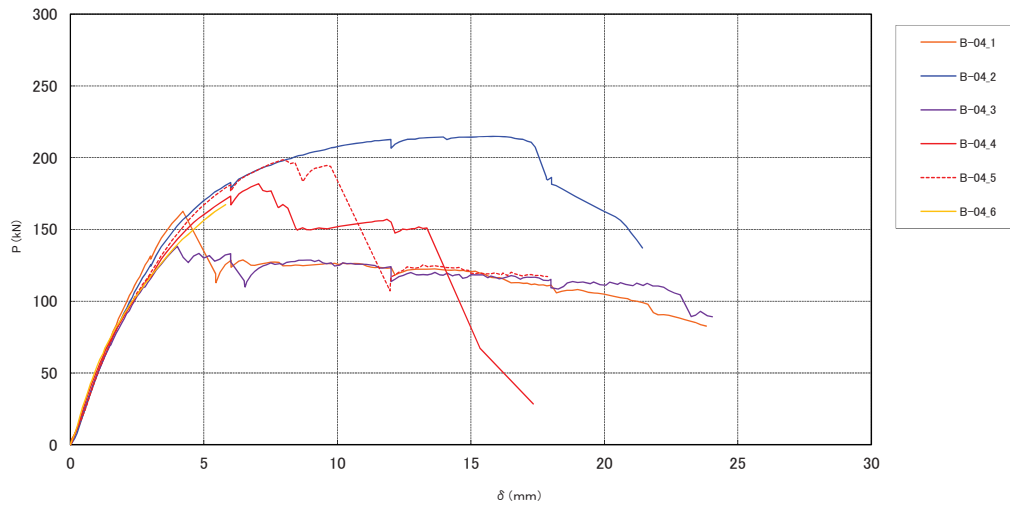


図 4-28 荷重変形関係 (包絡線)

表 4-6 各種特性値

| 項目                              | B-04  |       |       |       |       |       | 平均値   | 標準偏差  | 変動係数  | ばらつき係数 | 5%下限値 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
|                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |       |       |       |        |       |
| 1/10 $P_m$ (kN)                 | 16.3  | 21.5  | 13.8  | 18.2  | 19.9  | 16.7  | 17.7  | 2.75  |       |        |       |
| 1/10 $\delta_m$ (mm)            | 0.38  | 0.48  | 0.30  | 0.36  | 0.45  | 0.31  | 0.38  | 0.07  |       |        |       |
| 2/5 $P_m$ (kN)                  | 65.0  | 86.0  | 55.3  | 72.7  | 79.4  | 66.9  | 70.9  | 10.93 |       |        |       |
| 2/5 $\delta_m$ (mm)             | 1.30  | 1.86  | 1.15  | 1.49  | 1.70  | 1.28  | 1.46  | 0.27  |       |        |       |
| 2/3 $P_m$ (kN)                  | 108.4 | 143.3 | 92.2  | 121.2 | 132.4 | 111.5 | 118.2 | 18.21 | 0.154 | 0.640  | 75.6  |
| 2/3 $\delta_m$ (mm)             | 2.34  | 3.62  | 2.15  | 3.10  | 3.43  | 2.77  | 2.90  | 0.59  |       |        |       |
| 9/10 $P_m$ (kN)                 | 146.3 | 193.4 | 124.5 | 163.7 | 178.7 | 150.6 | 159.5 | 24.55 |       |        |       |
| 9/10 $\delta_m$ (mm)            | 3.50  | 7.26  | 3.34  | 5.24  | 5.78  | 4.64  | 4.96  | 1.48  |       |        |       |
| $P_m$ (kN)                      | 162.6 | 214.9 | 138.3 | 181.9 | 198.6 | 167.3 | 177.3 | 27.30 |       |        |       |
| $\delta_m$ (mm)                 | 4.21  | 15.90 | 4.00  | 7.05  | 7.96  | 5.81  | 7.49  | 4.40  |       |        |       |
| $\delta_u$ 時荷重 (kN)             | 162.6 | 171.9 | 110.6 | 151.0 | 193.9 | 167.3 | 159.6 | 27.82 |       |        |       |
| $\delta_u$ (mm)                 | 4.21  | 19.03 | 6.53  | 13.35 | 9.75  | 5.81  | 9.78  | 5.58  |       |        |       |
| 降伏耐力 $P_y$ (kN)                 | 82.9  | 127.6 | 71.6  | 93.8  | 103.6 | 81.9  | 93.6  | 19.96 | 0.213 | 0.502  | 46.9  |
| $\delta_y$ (mm)                 | 1.70  | 3.07  | 1.55  | 2.14  | 2.43  | 1.70  | 2.10  | 0.58  |       |        |       |
| 終局耐力 $P_u$ (kN)                 | 142.0 | 201.3 | 126.1 | 157.9 | 181.7 | 141.5 | 158.4 | 28.22 |       |        |       |
| 初期剛性 $K$ (kN/mm)                | 48.76 | 41.56 | 46.19 | 43.83 | 42.63 | 48.18 | 45.19 | 2.98  |       |        |       |
| 降伏点変位 $\delta_v$ (mm)           | 2.91  | 4.84  | 2.73  | 3.60  | 4.26  | 2.94  | 3.55  | 0.85  |       |        |       |
| 塑性率 $\mu = \delta_u / \delta_v$ | 1.45  | 3.93  | 2.39  | 3.71  | 2.29  | 1.98  | 2.63  | 0.98  |       |        |       |
| 構造特性係数 $D_s$                    | 0.73  | 0.38  | 0.51  | 0.39  | 0.53  | 0.58  | 0.52  | 0.13  |       |        |       |

1/10 $P_m$ ,0.1 $P_{max}$ 時の荷重

1/10  $\delta_m$ ,0.1 $P_{max}$ 時の変位 注)最大荷重 $P_m$ は変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。

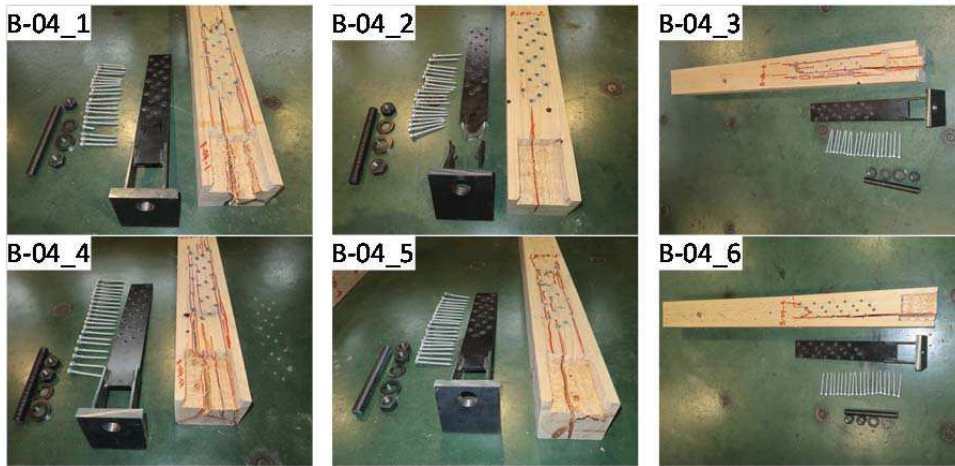


图 4-29 破壞狀況

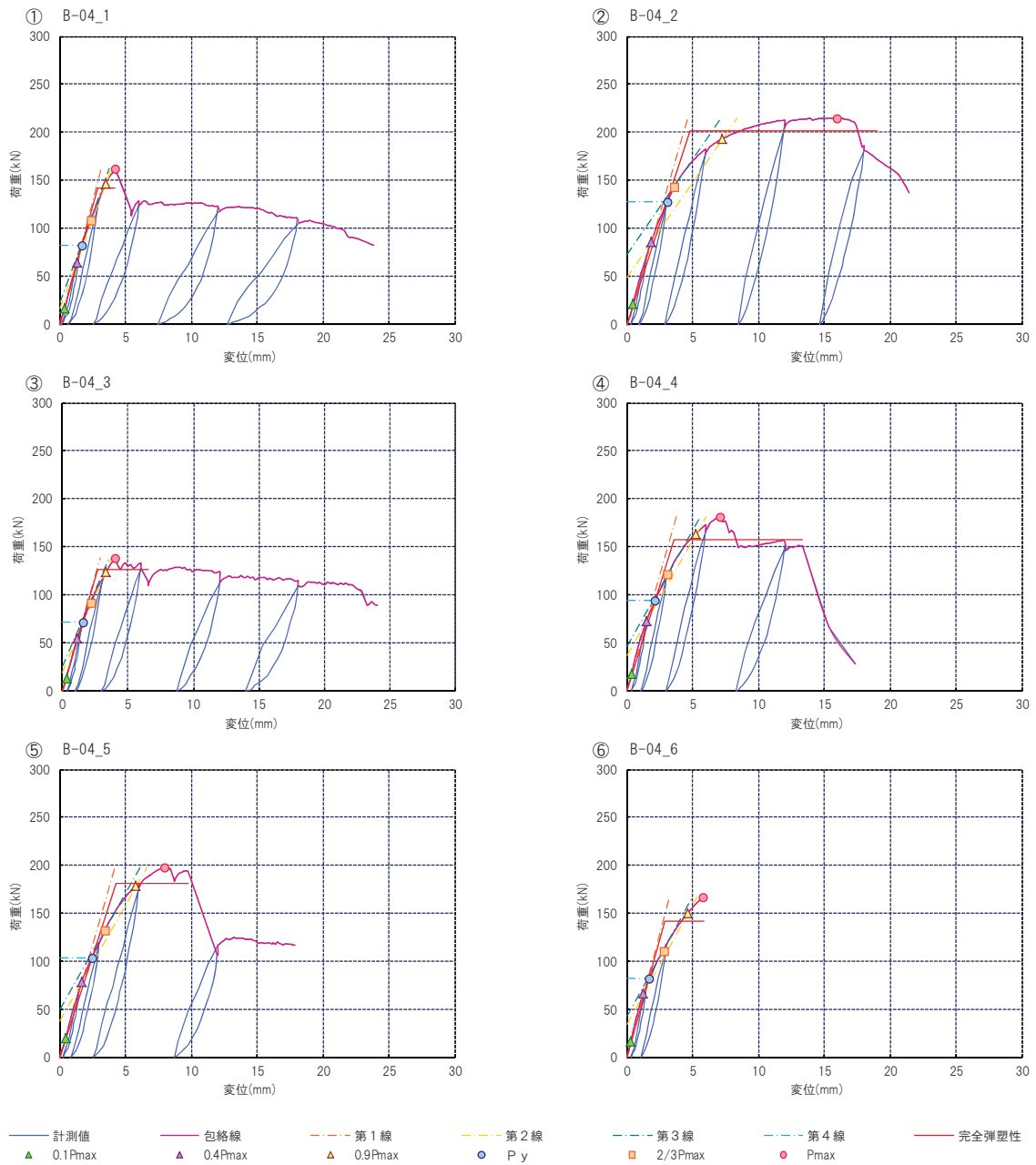


图 4-30 荷重變形關係一覽



(2) E-03

破壊性状は金物のベースプレートの変形及び柱の割裂であった。特性値は降伏耐力  $P_y$  で決まっており、ばらつきを考慮した引張耐力は 97.2[kN]であった。

表 4-7 試験結果一覧

| 金物     |               | アンカーボルト |        | 試験結果              |               |                      |  |
|--------|---------------|---------|--------|-------------------|---------------|----------------------|--|
| 試験体名   | 接合具           | サイズ     | 材質     | $P_{max}$<br>(kN) | $P_y$<br>(kN) | $2/3P_{max}$<br>(kN) | 終局時 破壊性状   |
| E-03_1 | φ8-90ビス(計20本) | M24     | SCM435 | 250.1             | 113.8         | 166.7                | タッピンねじによる柱の割れ破壊及び集合せん断破壊。<br>金物の底板部、座金及びタッピンねじの変形。<br>タッピンねじの破断。(E-03-5) |
| E-03_2 |               |         |        | 236.6             | 110.6         | 157.7                |  |
| E-03_3 |               |         |        | 288.7             | 131.2         | 192.5                |  |
| E-03_4 |               |         |        | 282.1             | 129.0         | 188.0                |  |
| E-03_5 |               |         |        | 264.2             | 121.5         | 176.1                |  |
| E-03_6 |               |         |        | 238.6             | 109.6         | 159.1                |  |

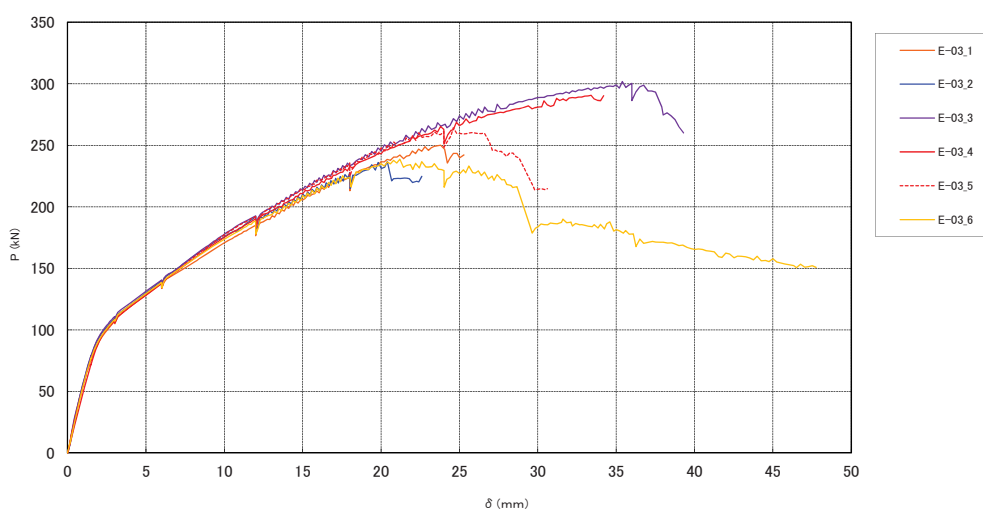


図 4-31 荷重変形関係 (包絡線)

表 4-8 各種特性値

| 項目                              | E-03  |       |       |       |       |       | 平均値   | 標準偏差  | 変動係数  | ばらつき係数 | 5%下限値 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
|                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |       |       |       |        |       |
| 1/10 $P_m$ (kN)                 | 25.0  | 23.7  | 28.9  | 28.2  | 26.4  | 23.9  | 26.0  | 2.20  |       |        |       |
| 1/10 $\delta_m$ (mm)            | 0.41  | 0.42  | 0.45  | 0.56  | 0.45  | 0.43  | 0.45  | 0.05  |       |        |       |
| 2/5 $P_m$ (kN)                  | 100.0 | 94.6  | 115.5 | 112.8 | 105.7 | 95.4  | 104.0 | 8.84  |       |        |       |
| 2/5 $\delta_m$ (mm)             | 2.53  | 2.05  | 3.32  | 3.40  | 2.83  | 2.18  | 2.72  | 0.57  |       |        |       |
| 2/3 $P_m$ (kN)                  | 166.7 | 157.7 | 192.5 | 188.0 | 176.1 | 159.1 | 173.4 | 14.70 | 0.085 | 0.801  | 138.8 |
| 2/3 $\delta_m$ (mm)             | 9.49  | 7.83  | 11.98 | 11.73 | 9.89  | 8.22  | 9.86  | 1.73  |       |        |       |
| 9/10 $P_m$ (kN)                 | 225.1 | 213.0 | 259.8 | 253.9 | 237.8 | 214.7 | 234.1 | 19.84 |       |        |       |
| 9/10 $\delta_m$ (mm)            | 17.92 | 15.57 | 22.16 | 21.84 | 18.67 | 15.89 | 18.68 | 2.83  |       |        |       |
| $P_m$ (kN)                      | 250.1 | 236.6 | 288.7 | 282.1 | 264.2 | 238.6 | 260.1 | 22.06 |       |        |       |
| $\delta_m$ (mm)                 | 23.80 | 20.40 | 30.00 | 29.40 | 24.61 | 21.20 | 24.90 | 4.04  |       |        |       |
| $\delta_u$ 時荷重 (kN)             | 242.2 | 224.8 | 288.7 | 280.9 | 214.3 | 190.9 | 240.3 | 38.34 |       |        |       |
| $\delta_u$ (mm)                 | 25.29 | 22.60 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 29.34 | 27.87 | 3.17  |       |        |       |
| 降伏耐力 $P_y$ (kN)                 | 113.8 | 110.6 | 131.2 | 129.0 | 121.5 | 109.6 | 119.3 | 9.39  | 0.079 | 0.815  | 97.2  |
| $\delta_y$ (mm)                 | 3.51  | 3.08  | 4.99  | 5.10  | 4.25  | 3.07  | 4.00  | 0.92  |       |        |       |
| 終局耐力 $P_u$ (kN)                 | 204.8 | 195.1 | 238.3 | 235.3 | 224.1 | 203.7 | 216.9 | 18.13 |       |        |       |
| 初期剛性 $K$ (kN/mm)                | 32.42 | 35.91 | 26.29 | 25.29 | 28.59 | 35.70 | 30.70 | 4.65  |       |        |       |
| 降伏点変位 $\delta_v$ (mm)           | 6.32  | 5.43  | 9.06  | 9.30  | 7.84  | 5.71  | 7.28  | 1.70  |       |        |       |
| 塑性率 $\mu = \delta_u / \delta_v$ | 4.00  | 4.16  | 3.31  | 3.23  | 3.83  | 5.14  | 3.95  | 0.69  |       |        |       |
| 構造特性係数 $D_s$                    | 0.38  | 0.37  | 0.42  | 0.43  | 0.39  | 0.33  | 0.39  | 0.04  |       |        |       |

1/10 $P_m$ ,0.1 $P_{max}$ 時の荷重

1/10  $\delta_m$ ,0.1 $P_{max}$ 時の変位 注)最大荷重 $P_m$ は変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。





图 4-32 破壞狀況

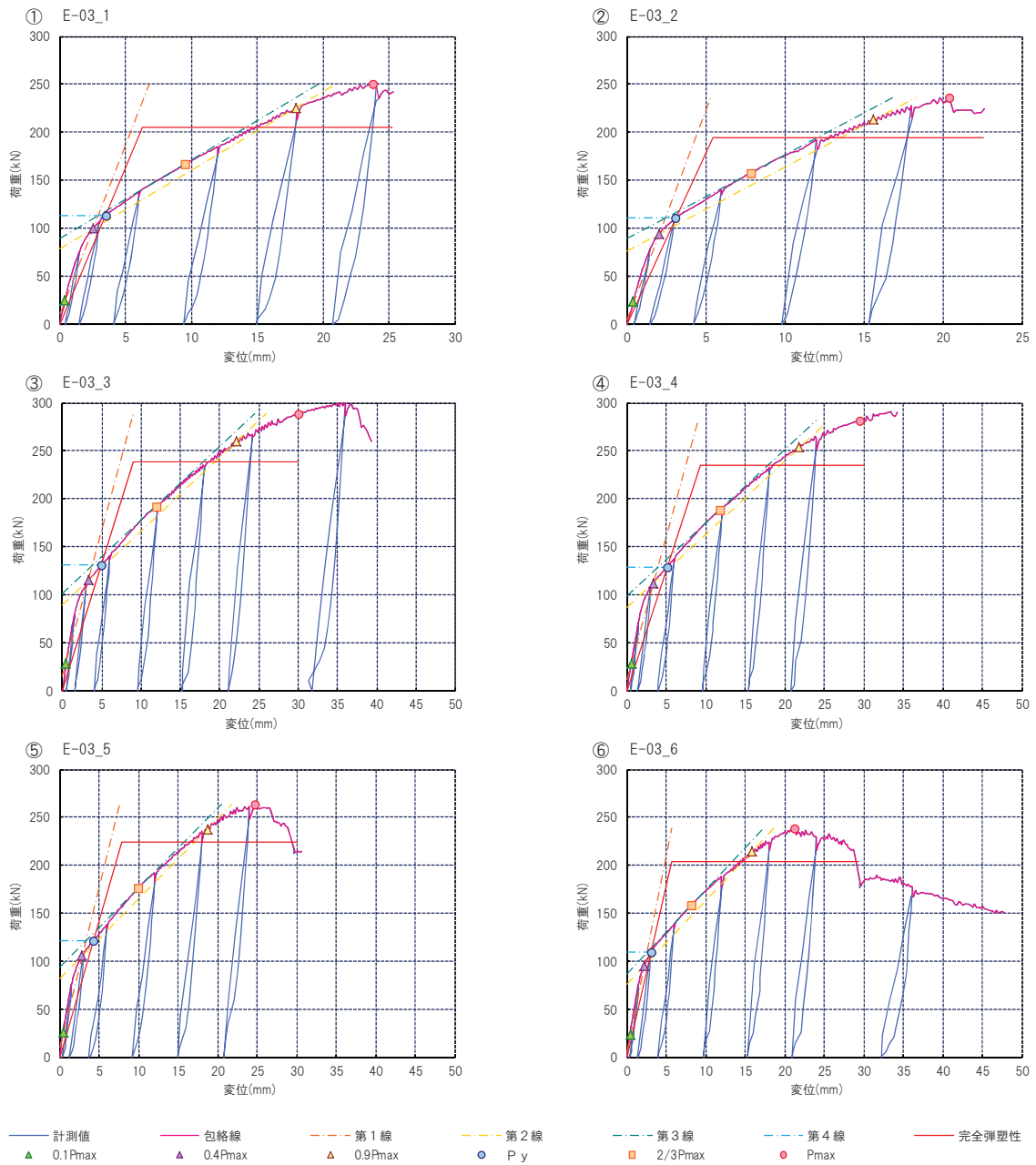


图 4-33 荷重變形關係一覽

### (3) HD-D6

破壊性状は柱の割裂であった。特性値は降伏耐力  $P_y$  で決まっており、ばらつきを考慮した引張耐力は  $63.7$  [kN] であった。

表 4-9 試験結果一覧

| 金物      |                       | アンカーボルト |        | 試験結果              |               |                      |  |
|---------|-----------------------|---------|--------|-------------------|---------------|----------------------|--|
| 試験体名    | 接合具                   | サイズ     | 材質     | $P_{max}$<br>(kN) | $P_y$<br>(kN) | $2/3P_{max}$<br>(kN) | 終局時 破壊性状                                     |
| HD-D6_1 | ドリフトピン $\phi 12$ (6本) | M24     | SCM435 | 135.5             | 76.7          | 90.3                 | ドリフトピンによる柱の割れ破壊。<br>ドリフトピンの変形。<br>金物ピン孔部の変形。 |
| HD-D6_2 |                       |         |        | 170.3             | 104.7         | 113.5                |  |
| HD-D6_3 |                       |         |        | 150.3             | 88.3          | 100.2                |  |
| HD-D6_4 |                       |         |        | 137.3             | 88.4          | 91.5                 |  |
| HD-D6_5 |                       |         |        | 172.3             | 108.7         | 114.9                |  |
| HD-D6_6 |                       |         |        | 149.2             | 85.7          | 99.5                 |  |

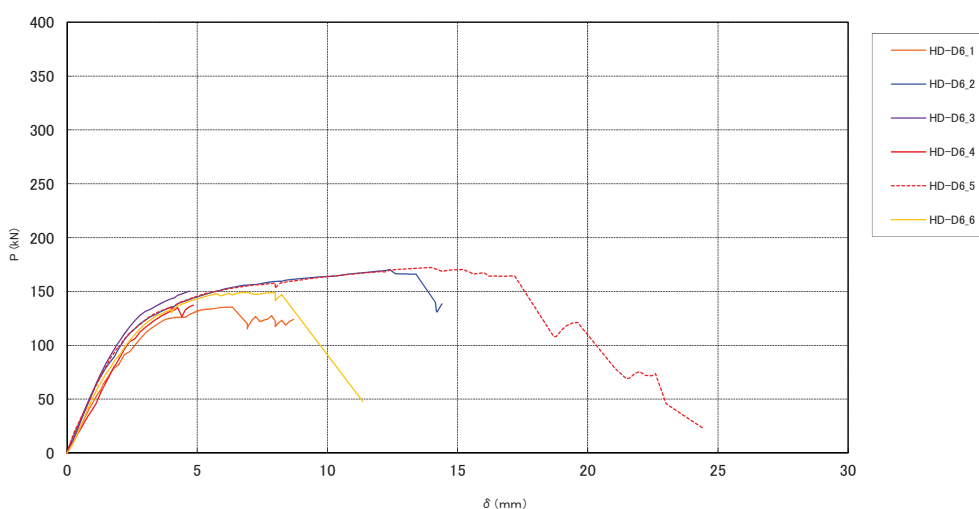


図 4-34 荷重変形関係 (包絡線)

表 4-10 各種特性値

| 項目                              | 試験体記号 HD-D6 |       |       |       |       |       | 平均値   | 標準偏差  | 変動係数  | ばらつき係数 | 5% 下限値 |
|---------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|                                 | 1           | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |       |       |       |        |        |
| 1/10 $P_m$ (kN)                 | 13.5        | 17.0  | 15.0  | 13.7  | 17.2  | 14.9  | 15.2  | 1.58  |       |        |        |
| 1/10 $\delta_m$ (mm)            | 0.26        | 0.27  | 0.29  | 0.45  | 0.24  | 0.34  | 0.31  | 0.08  |       |        |        |
| 2/5 $P_m$ (kN)                  | 54.2        | 68.1  | 60.1  | 54.9  | 68.9  | 59.7  | 61.0  | 6.31  |       |        |        |
| 2/5 $\delta_m$ (mm)             | 1.16        | 1.22  | 1.05  | 1.27  | 1.24  | 1.16  | 1.18  | 0.08  |       |        |        |
| 2/3 $P_m$ (kN)                  | 90.3        | 113.5 | 100.2 | 91.5  | 114.9 | 99.5  | 101.7 | 10.53 | 0.104 | 0.757  | 76.9   |
| 2/3 $\delta_m$ (mm)             | 2.18        | 2.52  | 1.90  | 2.09  | 2.58  | 2.24  | 2.25  | 0.26  |       |        |        |
| 9/10 $P_m$ (kN)                 | 121.9       | 153.3 | 135.3 | 123.5 | 155.1 | 134.3 | 137.2 | 14.24 |       |        |        |
| 9/10 $\delta_m$ (mm)            | 3.62        | 6.25  | 3.33  | 3.39  | 6.89  | 4.08  | 4.59  | 1.57  |       |        |        |
| $P_m$ (kN)                      | 135.5       | 170.3 | 150.3 | 137.3 | 172.3 | 149.2 | 152.5 | 15.78 |       |        |        |
| $\delta_m$ (mm)                 | 6.35        | 12.40 | 4.70  | 4.85  | 14.00 | 6.95  | 8.21  | 3.99  |       |        |        |
| $\delta_u$ 時荷重 (kN)             | 124.0       | 136.2 | 150.3 | 137.3 | 164.3 | 147.0 | 143.2 | 13.87 |       |        |        |
| $\delta_u$ (mm)                 | 8.70        | 14.17 | 4.70  | 4.85  | 17.20 | 8.25  | 9.65  | 5.06  |       |        |        |
| 降伏耐力 $P_y$ (kN)                 | 76.7        | 104.7 | 88.3  | 88.4  | 108.7 | 85.7  | 92.1  | 12.17 | 0.132 | 0.692  | 63.7   |
| $\delta_y$ (mm)                 | 1.73        | 2.19  | 1.62  | 2.01  | 2.31  | 1.83  | 1.95  | 0.27  |       |        |        |
| 終局耐力 $P_u$ (kN)                 | 124.1       | 156.4 | 136.3 | 123.1 | 160.4 | 140.6 | 140.2 | 15.73 |       |        |        |
| 初期剛性 $K$ (kN/mm)                | 44.34       | 47.81 | 54.51 | 43.98 | 47.06 | 46.83 | 47.42 | 3.80  |       |        |        |
| 降伏点変位 $\delta_v$ (mm)           | 2.80        | 3.27  | 2.50  | 2.80  | 3.41  | 3.00  | 2.96  | 0.34  |       |        |        |
| 塑性率 $\mu = \delta_u / \delta_v$ | 3.11        | 4.33  | 1.88  | 1.73  | 5.04  | 2.75  | 3.14  | 1.32  |       |        |        |
| 構造特性係数 $D_s$                    | 0.44        | 0.36  | 0.60  | 0.64  | 0.33  | 0.47  | 0.47  | 0.13  |       |        |        |

1/10 $P_m$ , 0.1 $P_{max}$ 時の荷重

1/10  $\delta_m$ , 0.1 $P_{max}$ 時の変位 注) 最大荷重 $P_m$ は変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。

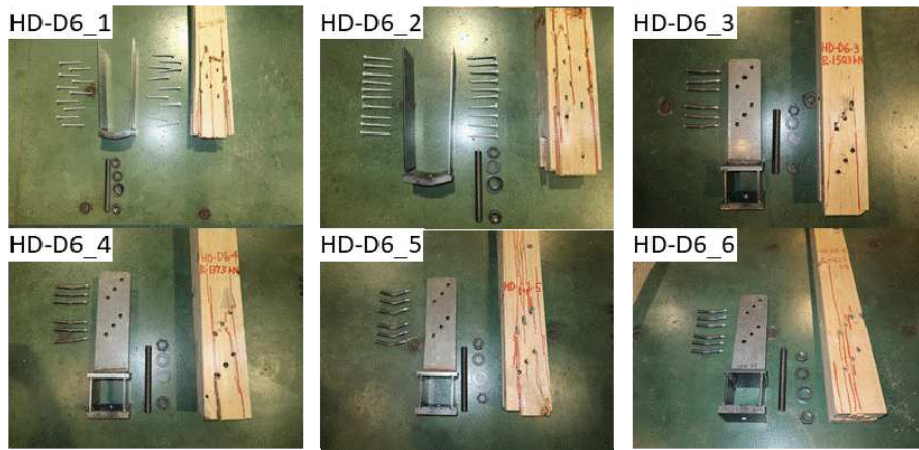


图 4-35 破壞狀況

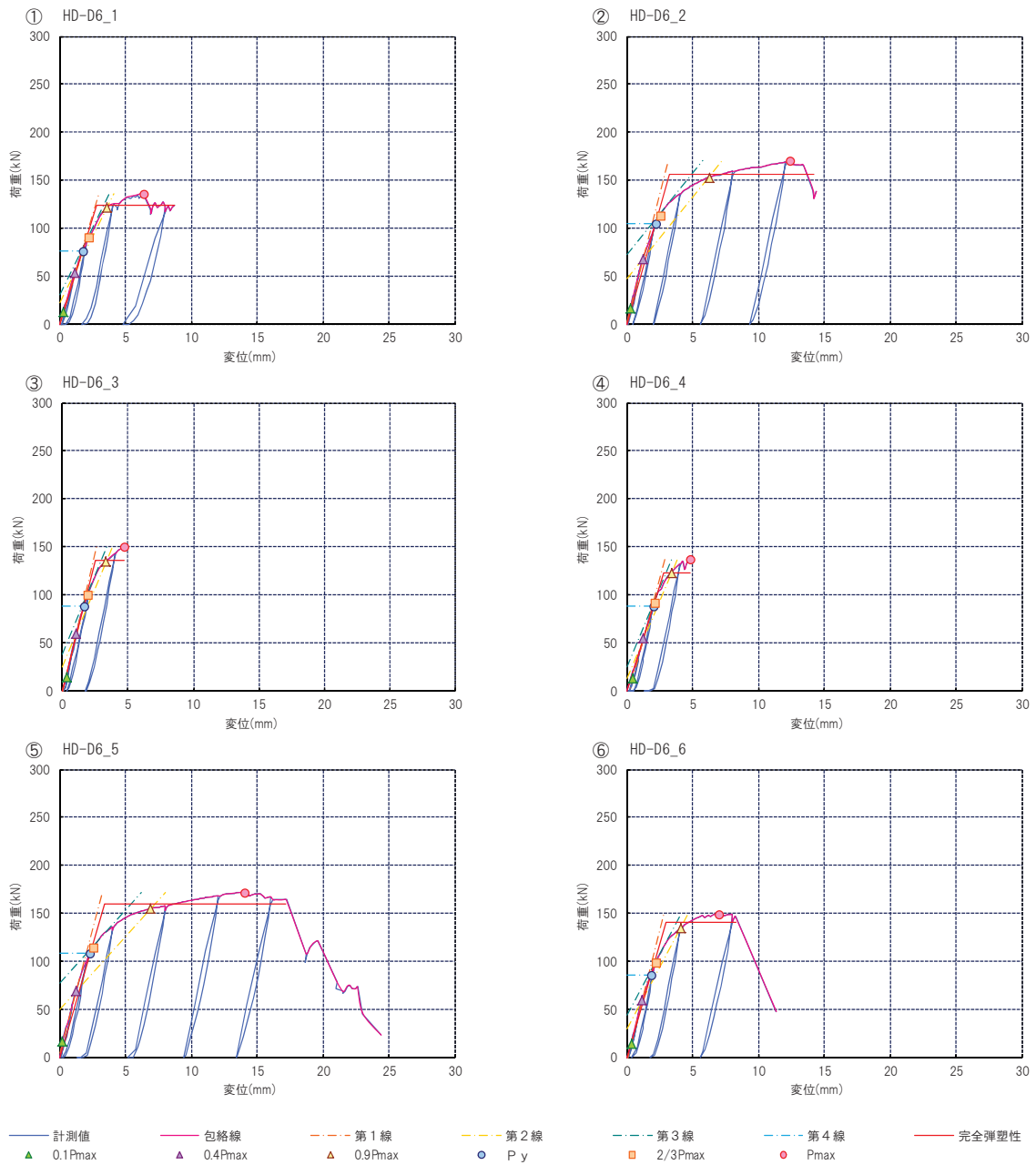


图 4-36 荷重変形関係一覽

#### (4) HD-D9

破壊性状は柱の割裂であった。特性値は降伏耐力  $P_y$  で決まっており、ばらつきを考慮した引張耐力は 113.1[kN]であった。

表 4-11 試験結果一覧

| 金物      |                | アンカーボルト |        | 試験結果              |               |                      |   |
|---------|----------------|---------|--------|-------------------|---------------|----------------------|---|
| 試験体名    | 接合具            | サイズ     | 材質     | $P_{max}$<br>(kN) | $P_y$<br>(kN) | $2/3P_{max}$<br>(kN) | 終局時 破壊性状  |
| HD-D9_1 | ドリフトピン φ12(9本) | M24     | SCM435 | 214.3             | 129.0         | 142.8                | ドリフトピンによる柱の割れ破壊。<br>ドリフトピンの変形。<br>金物ピン孔部及び底板部の変形。 |
| HD-D9_2 |                |         |        | 215.3             | 132.1         | 143.5                |   |
| HD-D9_3 |                |         |        | 210.7             | 135.8         | 140.5                |   |
| HD-D9_4 |                |         |        | 247.9             | 158.2         | 165.3                |   |
| HD-D9_5 |                |         |        | 241.0             | 155.7         | 160.6                |   |
| HD-D9_6 |                |         |        | 229.2             | 141.4         | 152.8                |   |

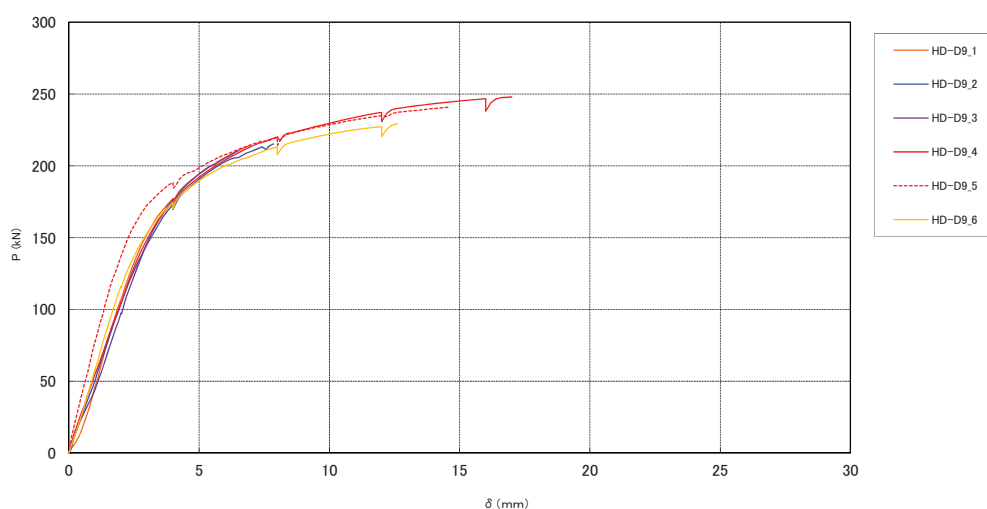


図 4-37 荷重変形関係 (包絡線)

表 4-12 各種特性値

| 項目                              | 試験体記号 |       |       |       |       |       | HD-D9 | 平均値   | 標準偏差  | 変動係数  | ばらつき係数 | 5%下限值 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
|                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |       |       |       |       |        |       |
| 1/10 $P_m$ (kN)                 | 21.4  | 21.5  | 21.1  | 24.8  | 24.1  | 22.9  | 22.6  | 1.55  |       |       |        |       |
| 1/10 $\delta_m$ (mm)            | 0.62  | 0.40  | 0.60  | 0.42  | 0.27  | 0.43  | 0.46  | 0.13  |       |       |        |       |
| 2/5 $P_m$ (kN)                  | 85.7  | 86.1  | 84.3  | 99.2  | 96.4  | 91.7  | 90.6  | 6.21  |       |       |        |       |
| 2/5 $\delta_m$ (mm)             | 1.61  | 1.65  | 1.75  | 1.89  | 1.30  | 1.56  | 1.63  | 0.20  |       |       |        |       |
| 2/3 $P_m$ (kN)                  | 142.8 | 143.5 | 140.5 | 165.3 | 160.6 | 152.8 | 150.9 | 10.33 | 0.068 | 0.841 | 126.9  |       |
| 2/3 $\delta_m$ (mm)             | 2.74  | 2.96  | 2.87  | 3.57  | 2.58  | 2.98  | 2.95  | 0.34  |       |       |        |       |
| 9/10 $P_m$ (kN)                 | 192.8 | 193.7 | 189.6 | 223.1 | 216.9 | 206.3 | 203.7 | 13.96 |       |       |        |       |
| 9/10 $\delta_m$ (mm)            | 4.89  | 5.22  | 4.70  | 8.61  | 7.35  | 6.92  | 6.28  | 1.58  |       |       |        |       |
| $P_m$ (kN)                      | 214.3 | 215.3 | 210.7 | 247.9 | 241.0 | 229.2 | 226.4 | 15.49 |       |       |        |       |
| $\delta_m$ (mm)                 | 6.96  | 7.86  | 6.51  | 17.00 | 14.61 | 12.60 | 10.92 | 4.42  |       |       |        |       |
| $\delta_u$ 時荷重 (kN)             | 214.3 | 215.3 | 210.7 | 247.9 | 241.0 | 229.2 | 226.4 | 15.49 |       |       |        |       |
| $\delta_u$ (mm)                 | 6.96  | 7.86  | 6.51  | 17.00 | 14.61 | 12.60 | 10.92 | 4.42  |       |       |        |       |
| 降伏耐力 $P_y$ (kN)                 | 129.0 | 132.1 | 135.8 | 158.2 | 155.7 | 141.4 | 142.0 | 12.30 | 0.087 | 0.797 | 113.1  |       |
| $\delta_y$ (mm)                 | 2.42  | 2.63  | 2.76  | 3.30  | 2.43  | 2.63  | 2.70  | 0.32  |       |       |        |       |
| 終局耐力 $P_u$ (kN)                 | 189.0 | 196.2 | 188.2 | 228.9 | 221.1 | 209.5 | 205.5 | 17.12 |       |       |        |       |
| 初期剛性 $K$ (kN/mm)                | 53.31 | 50.23 | 49.20 | 47.94 | 64.07 | 53.76 | 53.09 | 5.85  |       |       |        |       |
| 降伏点変位 $\delta_v$ (mm)           | 3.55  | 3.91  | 3.83  | 4.77  | 3.45  | 3.90  | 3.90  | 0.47  |       |       |        |       |
| 塑性率 $\mu = \delta_u / \delta_v$ | 1.96  | 2.01  | 1.70  | 3.56  | 4.23  | 3.23  | 2.78  | 1.03  |       |       |        |       |
| 構造特性係数 $D_s$                    | 0.59  | 0.58  | 0.65  | 0.40  | 0.37  | 0.43  | 0.50  | 0.12  |       |       |        |       |

1/10 $P_m$ , 0.1 $P_{max}$ 時の荷重

1/10  $\delta_m$ , 0.1 $P_{max}$ 時の変位 注)最大荷重 $P_m$ は変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。

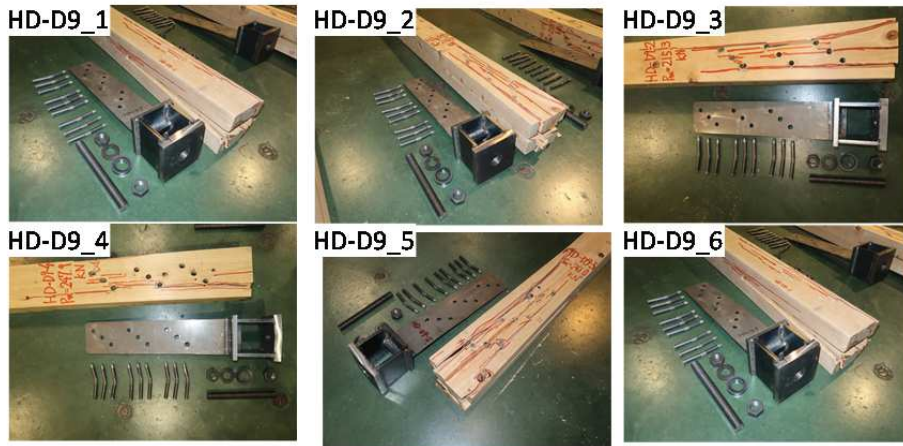


圖 4-38 破壞狀況

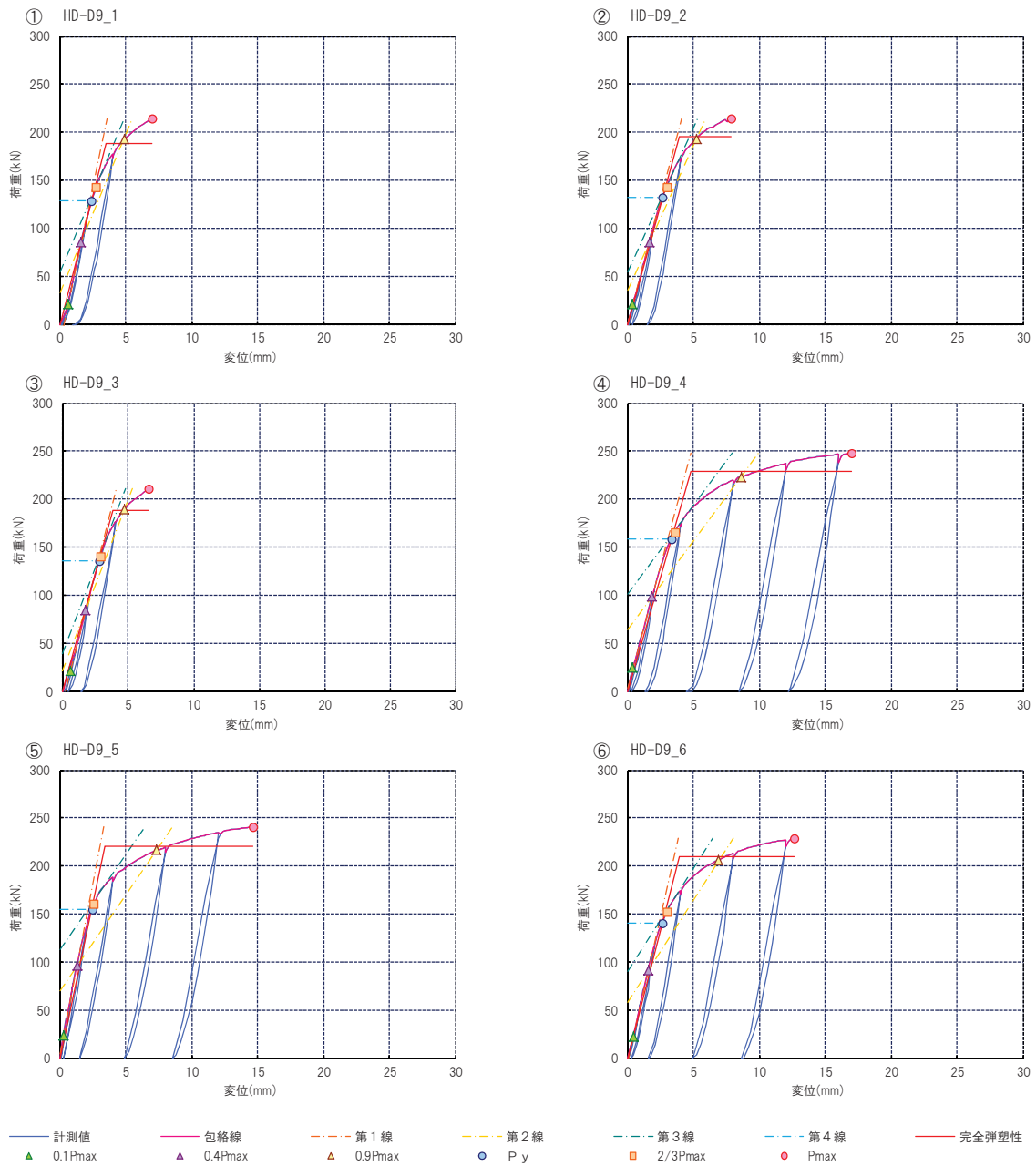


圖 4-39 荷重變形關係一覽

### 4.2.3 考察

#### (1) 試験結果と目標耐力の比較

試験結果と目標耐力の比較を表 4-13 に示す。ばらつきを考慮した短期基準耐力は、HD-D9 のみ目標耐力を上回った。

B-04 はパイロット試験の B-02 からベースプレート寸法を大きく (120mm×100mm → 120mm×120mm) し、ビス本数を増やした (19 本 → 20 本) 仕様であるが、本試験結果はばらつきが大きく、改良した効果については不明である。

各試験体のばらつきが大きいが、これは大半の試験体は木部破壊しており節や乾燥割れなどの影響でばらつきが大きくなったと考えられる。ばらつきは試験体数を増やすことで、ばらつきの影響を小さく評価できると思われる。

またパイロット試験に比べ最大耐力が低い傾向にあるが、これは载荷方法がパイロット試験は単調载荷であるのに対し、本試験は繰り返し载荷の為、耐力が低くなっていると考えられる。

層数 1~3 の目標耐力 (110kN) を確保するためには HD-D9 を用いるか、または E-03 の若干の改良で対応が可能と思われる。

表 4-13 試験結果と目標耐力の比較

| No | 試験体名  | 試験結果(kN) |       |       |        |         |        | ばらつきを考慮した短期基準耐力(kN) | 目標耐力(kN)       |
|----|-------|----------|-------|-------|--------|---------|--------|---------------------|----------------|
|    |       | Pmax     | Pu    | Py    | ばらつき係数 | 2/3Pmax | ばらつき係数 |                     | 層数1~3<br>110kN |
| ①  | B-04  | 177.3    | 158.4 | 93.6  | 0.502  | 118.2   | 0.640  | 46.9                | ×              |
| ②  | E-03  | 260.1    | 216.9 | 119.3 | 0.815  | 173.4   | 0.801  | 97.2                | △              |
| ③  | HD-D6 | 152.5    | 140.2 | 92.1  | 0.692  | 101.7   | 0.757  | 63.7                | ×              |
| ④  | HD-D9 | 226.4    | 205.5 | 142.0 | 0.797  | 150.9   | 0.841  | 113.1               | ○              |

○: ばらつき考慮して目標耐力以上

△: 実験値が目標耐力以上

×: 実験値が目標耐力未満



## 5. 実設計における活用方法について

### 5.1 はじめに

本事業では高倍率、高階高の耐力壁と接合金物（引張金物）の試験を行ったが、これらは別々の試験として実施しているため、実設計にあたり、得られた結果をどのように活用すべきかを考える必要がある。

特に耐力壁試験は、耐力壁単体ではなくピン柱を含む鉛直構面試験体に、引抜き力に抵抗するためのタイロッド及び横架材へのめり込みを軽減するための補強金物（パイロット試験では既製品、本試験では新たに設計・製作した金物）を有するものとしたため（図 5-1）、試験体と同じ材料を用い同じ接合ディテールとしない場合にあつては、本年度得られた結果をそのまま設計に反映させることは原則できないと考えられる。

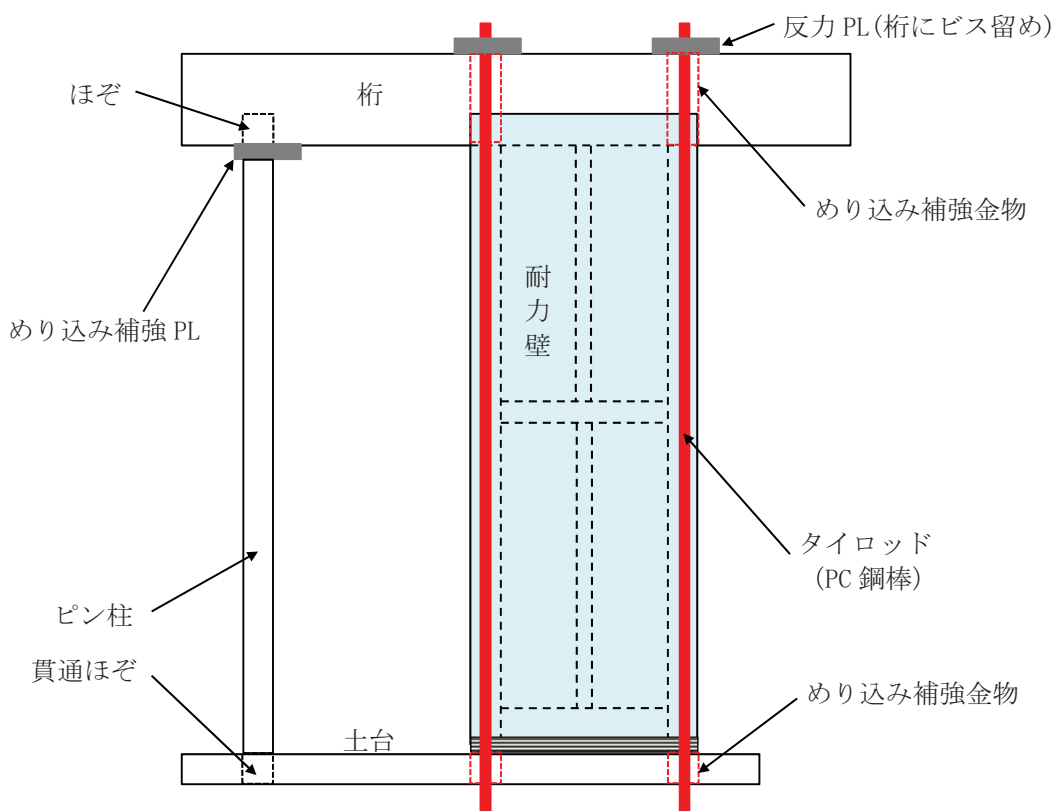


図 5-1 試験体模式図

実際の建築物では、耐力面材の種類と接合具仕様のほか、軸組み材の種類・断面・接合金物など様々な組合せが考えられるが、それらの全ての組合せについて構造試験により構造特性を確認することは現実的ではない(本事業の本試験では耐力壁 2 仕様、接合金物 4 仕様の性能確認にとどまっている)。

本事業で得られた成果を実設計において活用するためには、構面を①耐力壁、②軸組み材、③接合部といった別々の要素と考え、それらを組合せた架構解析を設計で用いることが有効と考えられる。今後は各要素の特性を把握し、実状を精度よく再現できる架構解析モデルの構築が必要である。

本章では、本事業で得られた結果を踏まえ、実設計での運用手続きを提案する(図 5-2、図 5-3)。

なお、今後の試験方法、評価方法及び設計方法に関する注意点としては次のような事項が挙げられる

- ・ 引張金物に対する要求耐力が高ければ、ホールダウン金物を柱に留付けるためのビスの本数が増える
- ・ ビスの本数が増えると、金物自体の高さも高くする必要があり、それに伴い接合部の固定度が高くなり接合金物に生じる曲げモーメントが大きくなる
- ・ 柱が大きな曲げモーメントを負担した状態で、多数のビスが繊維方向にめり込むことになるので使用条件が既往の接合金物に比べて厳しくなる
- ・ 引張接合部の試験方法・評価方法については、引張応力のみならず同時に曲げ応力が作用することを踏まえて適切な方法とする必要がある
- ・ 各接合部の検討においては、引張応力のほか、圧縮応力、せん断応力及び繰返し応力に関する検討も必要である
- ・ 高倍率の耐力壁は梁上耐力壁とはせず、必ず端部の直下を柱又は支持壁・耐力壁で支持させるべきである
- ・ 壁耐力 30 [kN/m] (相当壁倍率 15 倍) 程度までは、『各耐力壁の耐力の重ね合わせ＝層の耐力』が成立するような耐力壁の組合せを選定することが望ましい。
- ・ 壁耐力が 30 [kN/m] (相当壁倍率 15 倍) を超える耐力壁を用いる場合にあっては、各耐力壁の特性を考慮した層の荷重変形関係より構造特性を評価することが望ましい。



## 5.2 これまでの実施内容と実設計での活用の流れ

前章までの実施内容と、実設計における本事業結果の活用の流れを図 5-2 に示す。

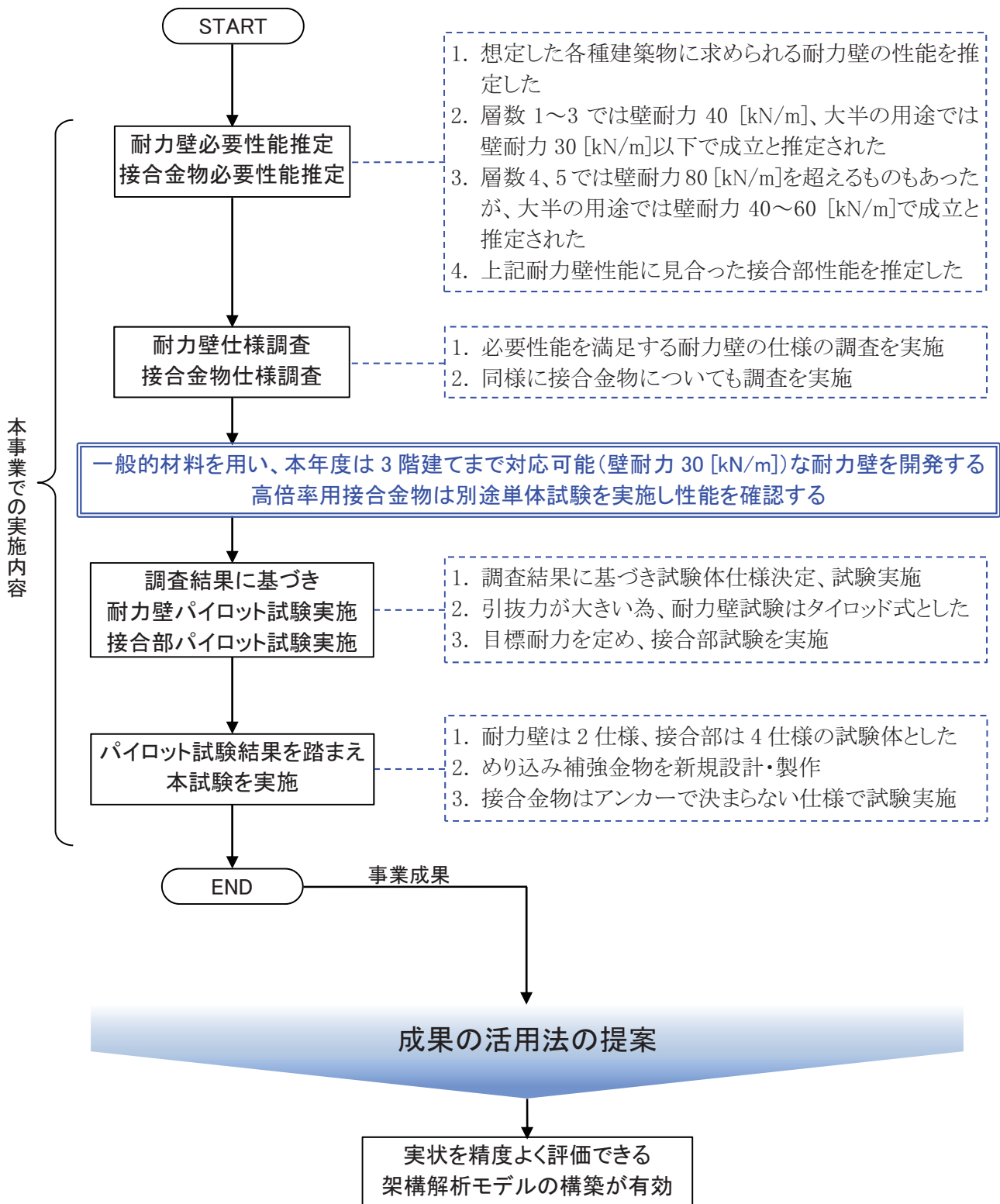
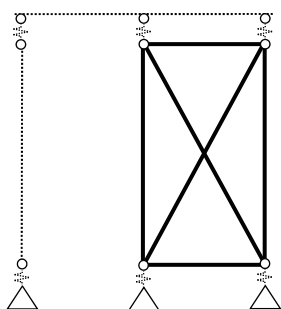


図 5-2 実施設計での活用法提案までの流れ

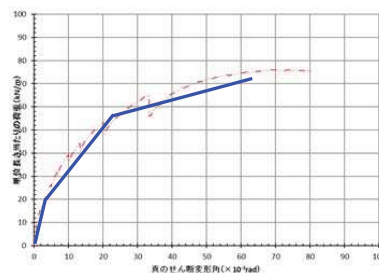
### 5.3 実設計での活用法（案）

#### ① 耐力壁モデル（試験（既往又は新規）結果、若しくは特別な検証により設定）

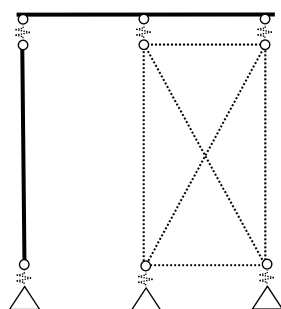


##### 耐力壁モデルの設定方法例

- 例1 本事業で実施した構面試験結果（真の変形角評価）に基づき耐力壁モデルを設定
- 例2 本事業での耐力壁試験を参考に、実際の設計仕様による構造試験を実施して設定



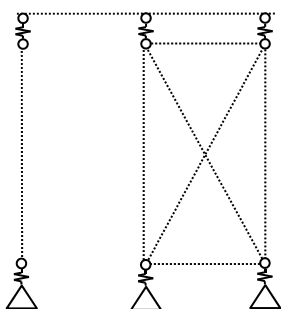
#### ② 軸組みモデル（規格値等）



##### 軸組みモデルの設定方法例

- 例1 EI, EA, GA 等、設計断面と木質構造設計基準により設定
- 例2 実際に用いる材料のヤング係数を指定

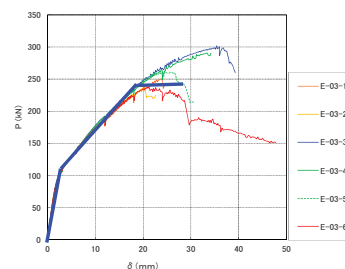
#### ③ 接合部モデル（試験（新規）結果、若しくは特別な検証により設定）



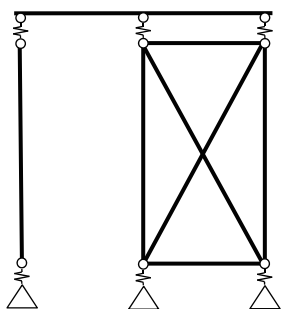
##### 接合部モデルの設定方法例

- 例1 本事業での接合部試験を参考に、実際の仕様による構造試験を実施して設定
- 例2 特別な検証により設定

※ いずれにおいても、接合部に生ずる曲げモーメント等の影響の考慮が必要



#### ④ 実設計用構面モデル（＝①＋②＋③）



実設計用の  
応力・変形計算架構モデルの完成

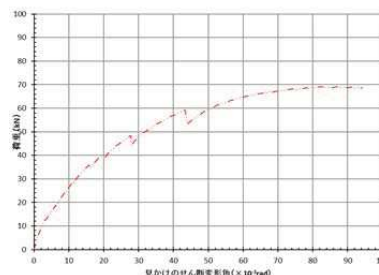


図 5-3 実設計での活用法（案）

## 6. まとめ、課題

本事業では、非住宅の中大規模木造建築物の普及のために欠かせない、高倍率かつ高階高の耐力壁の実用化に向け、耐力壁及び接合金物の構造試験を行い、一定の性能を確保できる仕様を確認することができた。

### 6.1 実施内容明細

#### (1) 必要壁耐力に関する検討

想定した非住宅中大規模木造建築物の用途・層数に着目し、各建築物に求められる耐力壁のせん断耐力を下記の通り推定した。

層数 1～3： 必要な壁耐力は 40 [kN/m] (相当壁倍率 20 倍) 以下であった。また大半は 30 [kN/m] (相当壁倍率 15 倍) 以下で成立すると推定された

層数 4、5： 用途によっては最大 80 [kN/m] (相当壁倍率 40 倍) を超える壁耐力が必要だが、大半の用途では 40～60 [kN/m] (相当壁倍率 20～30 倍) で成立すると推定された。

#### (2) 既往文献調査

既往文献の調査を行い、本事業で実施する耐力壁及び接合金物の仕様や構造試験の方法についての検討を行った。

#### (3) パイロット試験(耐力壁)

本試験 (2 仕様、各 3 体) の仕様を決定する目的でパイロット試験を実施した。

パイロット試験では、幅 910mm の面材張耐力壁 (構造用合板 24mm 厚片面又は MDF9mm 厚両面) 10 仕様各 1 体の試験を実施した。10 体のうち 8 体は非住宅中大規模木造建築物を想定して高さ 3.8m とし、残り 2 体は工場・倉庫建築を想定して高さ 5m とした。柱材の断面は高さ 3.8m の試験体では 120mm×120mm とし、5m の試験体では 120mm×150mm とした。

試験体は幅 1820mm の鉛直構面内に耐力壁、開口及びピン柱を配置した構面試験体とした。

その他のパラメータとして、壁仕様 (大壁 or 真壁)、床仕様 (床勝ち or 壁勝ち)、壁高さ (3.8m or 5m)、柱頭仕様 (めり込み補強の有 or 無)、柱脚仕様 (柱勝ち or 土台勝ち)、壁面材 (構造用合板 24mm 片面 CNZ75@50×2 列千鳥 or MDF 9mm 両面 CNZ65@100×2 列千鳥)、柱材種 (ヒノキ集成材 or ヒノキ製材 or スギ集成材) などを設定した (下波線は標準試験体の仕様)。

なお、タイロッドの軸力は 100kN (ひずみゲージより換算、タイロッド 1 本あたり) 近くに達した。

表 6-1 特性値一覧 (表 3-3 再掲)

表中の短期基準せん断耐力(kN/m)はn=1のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。

| 評価方法                        | 記号                               | 合板大壁 標準 |                 | 合板大壁 壁勝ち |                 | 合板大壁 スギ集 |                 | 合板大壁 補強無し |                 | 合板大壁 5.0m |                 |
|-----------------------------|----------------------------------|---------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
|                             |                                  | No.1-1  | 短期基準せん断耐力(kN/m) | No.2-1   | 短期基準せん断耐力(kN/m) | No.3-1   | 短期基準せん断耐力(kN/m) | No.4-1    | 短期基準せん断耐力(kN/m) | No.5-1    | 短期基準せん断耐力(kN/m) |
| 真<br>γ0                     | 降伏耐力Py (kN)                      | 40.7    | 35.4            | 39.7     | 35.1            | 34.1     | 37.5            | 37.9      | 29.3            | 32.3      | 24.6            |
|                             | $P_u-0.2\sqrt{2\mu-1}$ (kN)      | 32.2    |                 | 31.9     |                 | 36.9     |                 | 26.7      |                 | 22.4      |                 |
|                             | 2/3Pmax (kN)                     | 50.0    |                 | 47.4     |                 | 41.8     |                 | 47.0      |                 | 41.6      |                 |
|                             | $P_{1/150}$ (kN)                 | 38.9    |                 | 41.6     |                 | 35.6     |                 | 35.8      |                 | 38.9      |                 |
|                             | バイリニア剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad) | 5.6     |                 | 6.5      |                 | 5.6      |                 | 5.1       |                 | 6.7       |                 |
| 終局変位 (10 <sup>-3</sup> rad) | 40.3                             | 35.3    | 57.1            | 34.8     | 21.3            |          |                 |           |                 |           |                 |
| 見かけ<br>γ                    | 降伏耐力Py (kN)                      | 41.3    | 29.2            | 39.0     | 30.8            | 34.9     | 25.9            | 30.9      | 23.0            | 33.0      | 24.6            |
|                             | $P_u-0.2\sqrt{2\mu-1}$ (kN)      | 26.6    |                 | 28.0     |                 | 24.0     |                 | 20.9      |                 | 23.0      |                 |
|                             | 2/3Pmax (kN)                     | 47.4    |                 | 46.5     |                 | 41.8     |                 | 38.7      |                 | 40.3      |                 |
|                             | $P_{1/120}$ (kN)                 | 27.0    |                 | 28.1     |                 | 23.6     |                 | 22.0      |                 | 22.4      |                 |
|                             | バイリニア剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad) | 2.6     |                 | 2.8      |                 | 2.3      |                 | 2.0       |                 | 2.3       |                 |
| 終局変位 (10 <sup>-3</sup> rad) | 66.7                             | 66.7    | 66.7            | 66.7     | 66.7            |          |                 |           |                 |           |                 |

| 評価方法                        | 記号                               | MDF大壁 ヒノキ集 |                 | MDF大壁 ヒノキ製 |                 | MDF大壁 5.0m |                 | 合板真壁   |                 | 合板真壁 受材ビス減 |                 |
|-----------------------------|----------------------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|--------|-----------------|------------|-----------------|
|                             |                                  | No.6-1     | 短期基準せん断耐力(kN/m) | No.7-1     | 短期基準せん断耐力(kN/m) | No.8-1     | 短期基準せん断耐力(kN/m) | No.9-1 | 短期基準せん断耐力(kN/m) | No.10-1    | 短期基準せん断耐力(kN/m) |
| 真<br>γ0                     | 降伏耐力Py (kN)                      | 48.5       | 49.3            | 45.5       | 50.0            | 34.2       | 33.5            | 41.0   | 37.3            | 40.0       | 34.8            |
|                             | $P_u-0.2\sqrt{2\mu-1}$ (kN)      | 44.9       |                 | 47.1       |                 | 30.5       |                 | 33.9   |                 | 31.7       |                 |
|                             | 2/3Pmax (kN)                     | 52.1       |                 | 49.5       |                 | 40.9       |                 | 51.0   |                 | 49.6       |                 |
|                             | $P_{1/150}$ (kN)                 | 58.5       |                 | 57.1       |                 | 52.4       |                 | 36.9   |                 | 33.9       |                 |
|                             | バイリニア剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad) | 12.1       |                 | 14.3       |                 | 14.1       |                 | 5.1    |                 | 4.5        |                 |
| 終局変位 (10 <sup>-3</sup> rad) | 32.2                             | 31.0       | 16.7            | 48.4       | 50.0            |            |                 |        |                 |            |                 |
| 見かけ<br>γ                    | 降伏耐力Py (kN)                      | 49.2       | 37.0            | 45.5       | 32.3            | 34.0       | 28.0            | 38.7   | 29.0            | 40.4       | 27.1            |
|                             | $P_u-0.2\sqrt{2\mu-1}$ (kN)      | 33.7       |                 | 29.4       |                 | 25.5       |                 | 26.6   |                 | 25.6       |                 |
|                             | 2/3Pmax (kN)                     | 52.1       |                 | 47.9       |                 | 40.9       |                 | 47.8   |                 | 48.0       |                 |
|                             | $P_{1/120}$ (kN)                 | 35.3       |                 | 30.7       |                 | 25.9       |                 | 26.4   |                 | 24.7       |                 |
|                             | バイリニア剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad) | 3.5        |                 | 3.0        |                 | 2.7        |                 | 2.6    |                 | 2.4        |                 |
| 終局変位 (10 <sup>-3</sup> rad) | 66.7                             | 66.7       | 66.7            | 66.7       | 66.7            |            |                 |        |                 |            |                 |

① 床勝ち仕様と壁勝ち仕様の比較

剛性は壁勝ち仕様の方が若干高かった。

桁へのめり込み、土台及び桁の割裂が生じたが荷重低下は見られなかった。

床勝ち試験体については柱頭での桁材のめり込みによる水平変形が大きく、ジャッキストロークの限界により試験を終了した。

② めり込み補強の有無による比較

剛性、最大耐力ともめり込み補強を施した試験体の方が高い結果となった。特に見かけのせん断変形角のグラフ比較では差が大きく、全体変形に対するめり込みの影響がかなり大きいことが分かった。

③ 軸材の樹種による比較

軸材（土台、桁以外）がヒノキ集成材（E95）の仕様とスギ集成材（E65）の仕様では剛性、最大耐力ともにヒノキ集成材の方が高かった。

桁へのめり込み、土台及び桁の割裂が生じた。

いずれの試験体も柱頭での桁材のめり込みによる水平変形が大きく、ジャッキストロークの限界により試験を終了した。

④ 集成材、製材による比較

軸材（土台、桁以外）がヒノキ集成材（E95）の仕様とヒノキ製材（E90）の仕様では、見かけの変形角評価では剛性、最大耐力とも集成材仕様の方が高かったが、真の変形角評価では1/75[rad]程度までは殆ど差が無く、最大耐力のみ少し集成材仕

様の方が大きかった。面材接合具（くぎ）の保持能力には集成材と製材での差は殆ど確認できなかった。

#### ⑤ 面材種類による比較

面材が構造用合板（t=24mm 片面、CNZ75@50×2 列千鳥）の仕様と MDF（t=9mm 両面 CNZ65@100×2 列千鳥）の仕様では剛性、最大耐力とも MDF 仕様の方が高かった。

構造用合板仕様では柱頭部でのめり込みが、MDF 仕様では柱頭部でのめり込みのほか、面材のパンチングアウトなどが見られた。

柱頭での桁材のめり込みによる水平変形が大きく、構造用合板試験体ではジャッキストロークの限界により試験を終了した。

#### ⑥ 壁高さによる比較（構造用合板）

真の変形角評価による剛性は、高さ 3.8m 仕様と 5.0m 仕様とで殆ど差がなかった。見かけの変形角評価では高さ 3.8m 仕様の方が高い剛性となっているが、これは高さの高い耐力壁の方が同一せん断力時における転倒モーメント（壁回転挙動）が大きく、桁材へのめり込みが大きかったためと考えられる。

#### ⑦ 壁高さによる比較（MDF）

真の変形角評価による剛性は、高さ 3.8m 仕様と 5.0m 仕様とで殆ど差がなかった。見かけの変形角評価では高さ 3.8m 仕様の方が高い剛性となっているが、これは高さの高い耐力壁の方が同一せん断力時における転倒モーメント（壁回転挙動）が大きく、桁材へのめり込みが大きかったためと考えられる。

#### ⑧ 真壁・大壁による比較

大壁仕様の試験体の方がやや剛性が高い傾向があるが、剛性の差の要因と考えられる両試験体の面材幅の差（高さ方向に留付けられている、左右端のくぎ列間の距離の比： $(910-60)\text{mm}/(750-60)\text{mm} = 1.23$  倍）程の違いはなかった。

大壁仕様試験体は、柱頭での桁材のめり込みによる水平変形が大きく、ジャッキストロークの限界により試験を終了した。

#### ⑨ 真壁の受け材ビスピッチによる比較

真壁の受け材を軸組みに留付けるビスのピッチを 100mm とした試験体 No.9 では、試験後の目視で柱材と受け材のズレは見受けられなかったため、試験体 No.10 ではビスのピッチを 75mm とした。両者を比較すると、真の変形角評価では 75mm ピッチの方が剛性は高かったが、見かけの変形角評価では殆ど同じ履歴であった。この程度の仕様の差による特性の違いは、他の部分（柱頭の桁へのめり込み等）の影響に比べて小さな違いであることが分かった。

ただし、100mm ピッチの試験体では、試験後の目視で柱材と受け材が若干ズレたことが確認されている。

#### (4) 本試験(耐力壁)

パイロット試験(耐力壁)の結果を踏まえ、本試験で実施する試験体2仕様(構造用合板張り及びMDF張り、いずれも高さ3.8m)を定めた。

MDFを面材とする試験体No.11は、試験体No.7をベースとした床勝ち大壁仕様で、パイロット試験では十分なせん断耐力が確認できていたため(目標30.0[kN/m]に対し、真の変形角評価で50.0[kN/m]=ばらつき・低減係数非考慮)、施工性やコストなどの観点から両面張りを片面張りに変更して、目標耐力を30[kN/m]ではなく25[kN/m]程度を想定した試験体である。

構造用合板を面材とする試験体No.12は、試験体No.9をベースとした真壁仕様で、パイロット試験では十分なせん断耐力が確認できていたため(ジャッキストローク限界で試験を終了したものの、真の変形角評価で37.3[kN/m]=ばらつき・低減係数非考慮)、接合具の留付けピッチを広くした(CNZ75@50x2列千鳥→CNZ75@75x2列千鳥)ものである。

なお、いずれの試験体も耐力壁の柱頭部及び柱脚部には、新たに設計しためり込み補強金物を配置した結果、殆どめり込みが生じないことが確認できた。また、この補強金物では棒鋼径を21mm、横架材の孔径を22mmとし、精度良く施工ができた。

No.11試験体は真のせん断変形角で短期基準せん断耐力(ばらつき係数、低減係数0.95を考慮)が21.1[kN/m](見かけのせん断変形角では14.8[kN/m])の評価となり、想定した25.0[kN/m]にはやや足りない結果であった。また、終局変形角が1/50[rad]未満となっており、靱性が十分ではなかった。床に構面を平置きした試験方法のため、試験体が面外に変形したことが影響した可能性が考えられる。

No.12試験体は、真のせん断変形角評価で短期基準せん断耐力(ばらつき係数、低減係数0.95を考慮)が31.0[kN/m](見かけのせん断変形角では25.0[kN/m])となっており、3層以下の建築物に必要なせん断耐力の目安、30[kN/m]をクリアした。

表 6-2 特性値一覧 (表 3-25 再掲)

No.11 (MDF片面大壁)

| 評価方法                        | 記号   | No.11 (MDF片面大壁) |      |      | 平均値   | ばらつき係数 | 50%下限値 | 短期基準せん断耐力(kN/m)<br>ばらつき考慮 | 低減係数 $\alpha$ (仮定) |      |
|-----------------------------|--|-----------------|------|------|-------|--------|--------|---------------------------|--------------------|------|
|                             |  | 1               | 2    | 3    |       |        |        |                           | 0.95               | 0.9  |
| 真<br>$\gamma_0$             | 降伏耐力 $P_y$ (kN)                            | 24.6            | 25.4 | 24.3 | 24.8  | 0.989  | 24.5   | 22.3                      | 21.1               | 18.9 |
|                             | $P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$ (kN) | 20.1            | 20.3 | 21.0 | 20.5  | 0.989  | 20.3   |                           |                    |      |
|                             | 2/3 $P_{max}$ (kN)                         | 26.9            | 26.4 | 27.4 | 26.9  | 0.991  | 26.7   |                           |                    |      |
|                             | $P_{1/150}$ (kN)                           | 31.7            | 31.6 | 32.6 | 32.0  | 0.992  | 31.7   |                           |                    |      |
|                             | バイリニア剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)           | 7.9             | 8.1  | 8.4  | 8.2   | 0.984  | 8.0    |                           |                    |      |
| 終局変位 (10 <sup>-3</sup> rad) | 20.1                                       | 20.1            | 20.1 | 20.1 | 1.000 | 20.1   |        |                           |                    |      |
| 見かけ<br>$\gamma$             | 降伏耐力 $P_y$ (kN)                            | 24.8            | 25.1 | 23.5 | 24.5  | 0.984  | 24.1   | 15.6                      | 14.8               | 13.3 |
|                             | $P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$ (kN) | 14.1            | 14.3 | 14.8 | 14.4  | 0.988  | 14.2   |                           |                    |      |
|                             | 2/3 $P_{max}$ (kN)                         | 26.9            | 26.4 | 27.4 | 26.9  | 0.991  | 26.7   |                           |                    |      |
|                             | $P_{1/120}$ (kN)                           | 26.1            | 26.8 | 26.8 | 26.6  | 0.993  | 26.4   |                           |                    |      |
|                             | バイリニア剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)           | 3.2             | 3.4  | 3.4  | 3.3   | 0.986  | 3.3    |                           |                    |      |
| 終局変位 (10 <sup>-3</sup> rad) | 26.8                                       | 26.9            | 27.1 | 26.9 | 0.998 | 26.9   |        |                           |                    |      |

No.12 (合板真壁 釘ピッチ@75 2列千鳥)

| 評価方法                        | 記号   | No.12 (合板真壁 釘@75 2列千鳥) |      |      | 平均値   | ばらつき係数 | 50%下限値 | 短期基準せん断耐力(kN/m)<br>ばらつき考慮 | 低減係数 $\alpha$ (仮定) |      |
|-----------------------------|--|------------------------|------|------|-------|--------|--------|---------------------------|--------------------|------|
|                             |  | 1                      | 2    | 3    |       |        |        |                           | 0.95               | 0.9  |
| 真<br>$\gamma_0$             | 降伏耐力 $P_y$ (kN)                            | 37.0                   | 41.1 | 37.2 | 38.4  | 0.972  | 37.3   | 32.7                      | 31.0               | 27.9 |
|                             | $P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$ (kN) | 32.1                   | 33.9 | 30.9 | 32.3  | 0.978  | 31.6   |                           |                    |      |
|                             | 2/3 $P_{max}$ (kN)                         | 45.4                   | 46.5 | 45.9 | 45.9  | 0.994  | 45.6   |                           |                    |      |
|                             | $P_{1/150}$ (kN)                           | 30.4                   | 32.8 | 28.8 | 30.7  | 0.969  | 29.7   |                           |                    |      |
|                             | バイリニア剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)           | 3.7                    | 3.9  | 3.4  | 3.7   | 0.966  | 3.5    |                           |                    |      |
| 終局変位 (10 <sup>-3</sup> rad) | 66.7                                       | 66.7                   | 66.7 | 66.7 | 1.000 | 66.7   |        |                           |                    |      |
| 見かけ<br>$\gamma$             | 降伏耐力 $P_y$ (kN)                            | 34.2                   | 38.9 | 35.3 | 36.1  | 0.968  | 34.9   | 26.4                      | 25.0               | 22.5 |
|                             | $P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$ (kN) | 25.4                   | 25.6 | 24.1 | 25.0  | 0.985  | 24.6   |                           |                    |      |
|                             | 2/3 $P_{max}$ (kN)                         | 43.8                   | 45.8 | 44.5 | 44.7  | 0.989  | 44.2   |                           |                    |      |
|                             | $P_{1/120}$ (kN)                           | 25.3                   | 25.0 | 23.3 | 24.5  | 0.979  | 24.0   |                           |                    |      |
|                             | バイリニア剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)           | 2.5                    | 2.5  | 2.3  | 2.4   | 0.978  | 2.4    |                           |                    |      |
| 終局変位 (10 <sup>-3</sup> rad) | 66.7                                       | 66.7                   | 66.7 | 66.7 | 1.000 | 66.7   |        |                           |                    |      |



### (5) パイロット試験(接合金物)

本試験(4仕様、各6体)の仕様を決定する目的でパイロット試験を実施した。パイロット試験では金物と柱をビスで留付ける仕様を3仕様、ドリフトピンで留付ける仕様を3仕様の接合金物の試験を実施した(各1体)。なお、ドリフトピンタイプではアンカーボルトの破断で決まった2仕様については、強度の高いアンカーボルトに交換した上で再度試験を行い、ドリフトピン接合部での破壊荷重を確認した。

ばらつき係数0.85を仮定した場合、②と⑦の耐力が層数1~3の建物用接合金物の目標耐力(110kN)を上回る結果となったが、層数4,5の建物用については目標要求性能が高く(370kN)、柱脚金物以外の引張力伝達方法の提案が必要と考えられる。

表 6-3 試験結果と目標耐力の比較(表 4-3 再掲)

| No | 試験体名       | 試験結果(kN)(6体平均) |       |       |         | 短期基準引張耐力(kN)        |                    |                     | 目標耐力(kN)<br>層数1~3<br>110kN |
|----|------------|----------------|-------|-------|---------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
|    |            | Pmax           | Pu    | Py    | 2/3Pmax | min<br>{Py,2/3Pmax} | ばらつき<br>係数<br>(仮定) | ばらつきを考慮した<br>短期基準耐力 |                            |
| ①  | B-02       | 202.5          | 185.7 | 120.1 | 135.0   | 120.1               | 0.85               | 102.1               | △                          |
| ②  | B-02(2個対面) | 362.7          | 326.7 | 201.5 | 241.8   | 201.5               | 0.85               | 171.3               | ○                          |
| ③  | E-03       | 249.9          | 213.9 | 127.2 | 166.6   | 127.2               | 0.85               | 108.1               | △                          |
| ④  | HD-D6      | 139.8          | 130.3 | 83.8  | 93.2    | 83.8                | 0.85               | 71.2                | ×                          |
| ⑤  | HD-D6※参考   | 164.3          | 157.7 | 132.3 | 109.5   | 109.5               | 0.85               | 93.1                | ×                          |
| ⑥  | HD-D9      | 193.5          | 180.7 | 119.1 | 129.0   | 119.1               | 0.85               | 101.2               | △                          |
| ⑦  | HD-D9※参考   | 227.4          | 213.5 | 186.0 | 151.6   | 151.6               | 0.85               | 128.9               | ○                          |
| ⑧  | HD-D12     | 201.7          | 181.4 | 118.1 | 134.5   | 118.1               | 0.85               | 100.4               | △                          |

○:ばらつき考慮して目標耐力以上

△:実験値が目標耐力以上

×:実験値が目標耐力未満

### (6) 本試験(接合金物)

本試験(接合金物)では、パイロット試験(接合金物)の結果を踏まえ、4仕様(各6体)の接合金物について試験を実施した。

アンカーボルトではなく木部で決まるよう試験体仕様を設定したため、本試験結果は試験体によるばらつきが大きく、ばらつき係数を考慮した短期基準耐力 E-03 で 97.2kN、HD-D9 では 113.2kN と、層数1~3の建物用接合金物の目標耐力(110kN)をほぼ満足する結果を得た。

前述のとおり、本試験では、アンカーボルトで耐力が決定しないよう、高強度のアンカーボルト(SCM435)を用いたため、実際の設計では今回の試験結果と実際に用いるアンカーボルトの性能から決まる引張耐力のうち小さい値の方を、接合金物の許容耐力とする必要がある。

表 6-4 試験結果と目標耐力の比較(表 4-13 再掲)

| No | 試験体名  | 試験結果(kN) |       |       |            |         |            | ばらつきを考慮した<br>短期基準耐力(kN) | 目標耐力(kN)<br>層数1~3<br>110kN |
|----|-------|----------|-------|-------|------------|---------|------------|-------------------------|----------------------------|
|    |       | Pmax     | Pu    | Py    | ばらつき<br>係数 | 2/3Pmax | ばらつき<br>係数 |                         |                            |
| ①  | B-04  | 177.3    | 158.4 | 93.6  | 0.502      | 118.2   | 0.640      | 46.9                    | ×                          |
| ②  | E-03  | 260.1    | 216.9 | 119.3 | 0.815      | 173.4   | 0.801      | 97.2                    | △                          |
| ③  | HD-D6 | 152.5    | 140.2 | 92.1  | 0.692      | 101.7   | 0.757      | 63.7                    | ×                          |
| ④  | HD-D9 | 226.4    | 205.5 | 142.0 | 0.797      | 150.9   | 0.841      | 113.1                   | ○                          |

○:ばらつき考慮して目標耐力以上

△:実験値が目標耐力以上

×:実験値が目標耐力未満



## 6.2 必要仕様

### (1) 必要仕様(耐力壁)

耐力壁の構造試験（本試験 2 仕様）を行い、必要な壁耐力が 30.0 [kN/m] の場合及び 20.0 [kN/m] の場合について、条件を満足する耐力壁の仕様を確認した（表 6-5）。

表 6-5 条件を満足した仕様一覧（耐力壁）

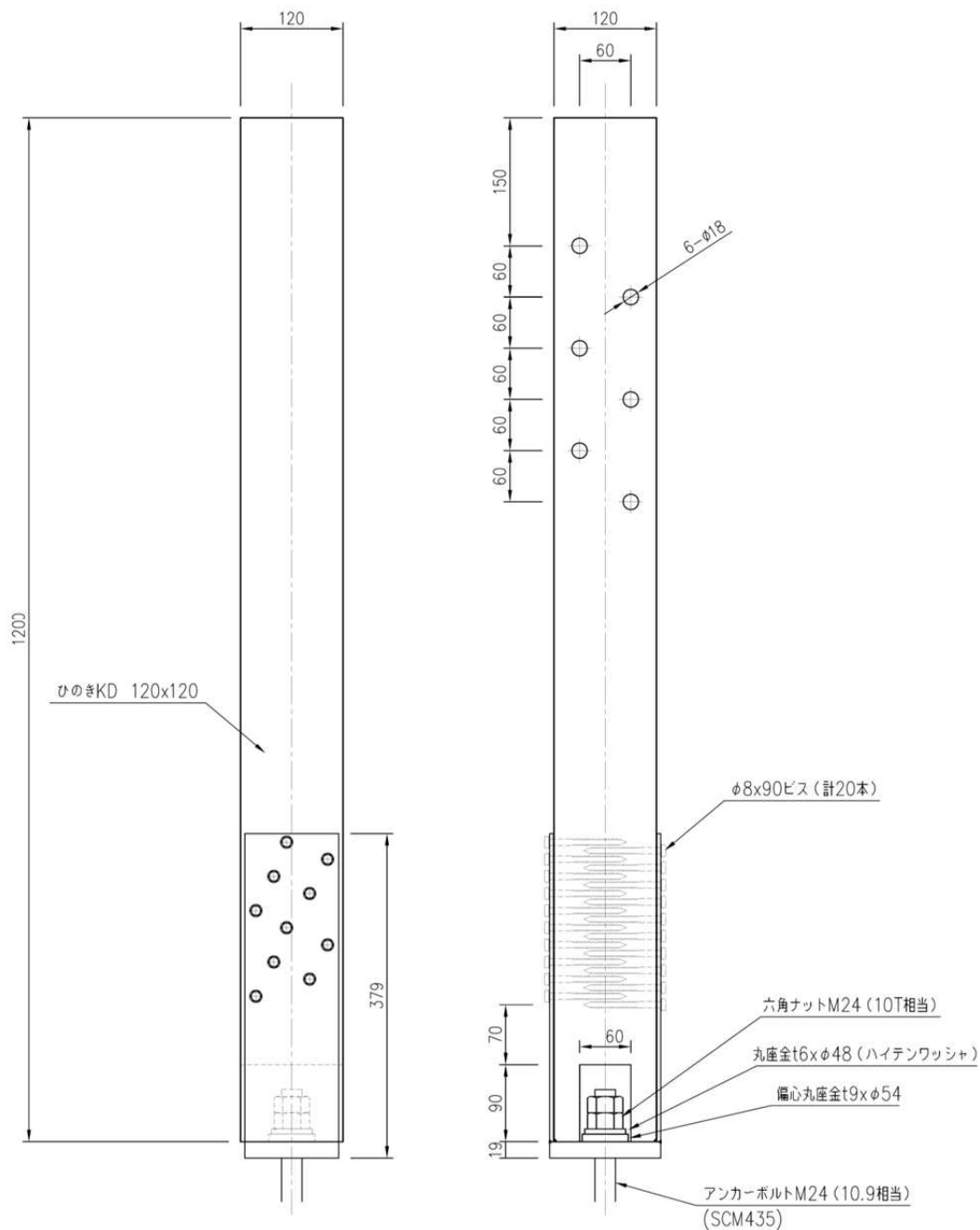
| 必要壁耐力   | 30.0 [kN/m] <sup>※</sup>                         | 20.0 [kN/m] <sup>※</sup>                         |
|---------|--|--|
| 試験体 No. | No. 12   | No. 11   |
| 壁仕様     | 真壁   | 大壁   |
| 床仕様     | 床勝ち  | 床勝ち  |
| 壁高さ     | 3.8m   | 3.8m   |
| 柱頭仕様    | めり込み補強金物設置                                       | めり込み補強金物設置                                       |
| 柱脚仕様    | 柱勝ち  | 柱勝ち  |
| 壁面材     | 構造用合板、特類 2 級<br>全層スギ、t=24mm、片面<br>CNZ75@75×2 列千鳥 | MDF、曲げ強度区分 30 タイプ<br>t=9mm、片面<br>CNZ65@100×2 列千鳥 |
| 柱       | 120mm×120mm、ヒノキ集成材                               | 120mm×120mm、ヒノキ製材                                |
| 受材      | 96×90<br>ヒノキ集成材<br>STS6.5F-180@75                | 120×90（床側）<br>ヒノキ製材<br>STS6.5F-180@75            |
| 間柱      | 95×45、ヒノキ集成材                                     | 120×45、ヒノキ製材                                     |
| 中棧      | 96×120、ヒノキ集成材                                    | 120×120、ヒノキ製材                                    |

なお、面材と軸材のズレや、面材のせん断変形等は計測していないが、有用なデータが得られると考えられるので、今後同様の試験を実施する場合には計測することが望ましい。

※ばらつき係数及び低減係数  $\alpha = 0.95$  を乗じた値

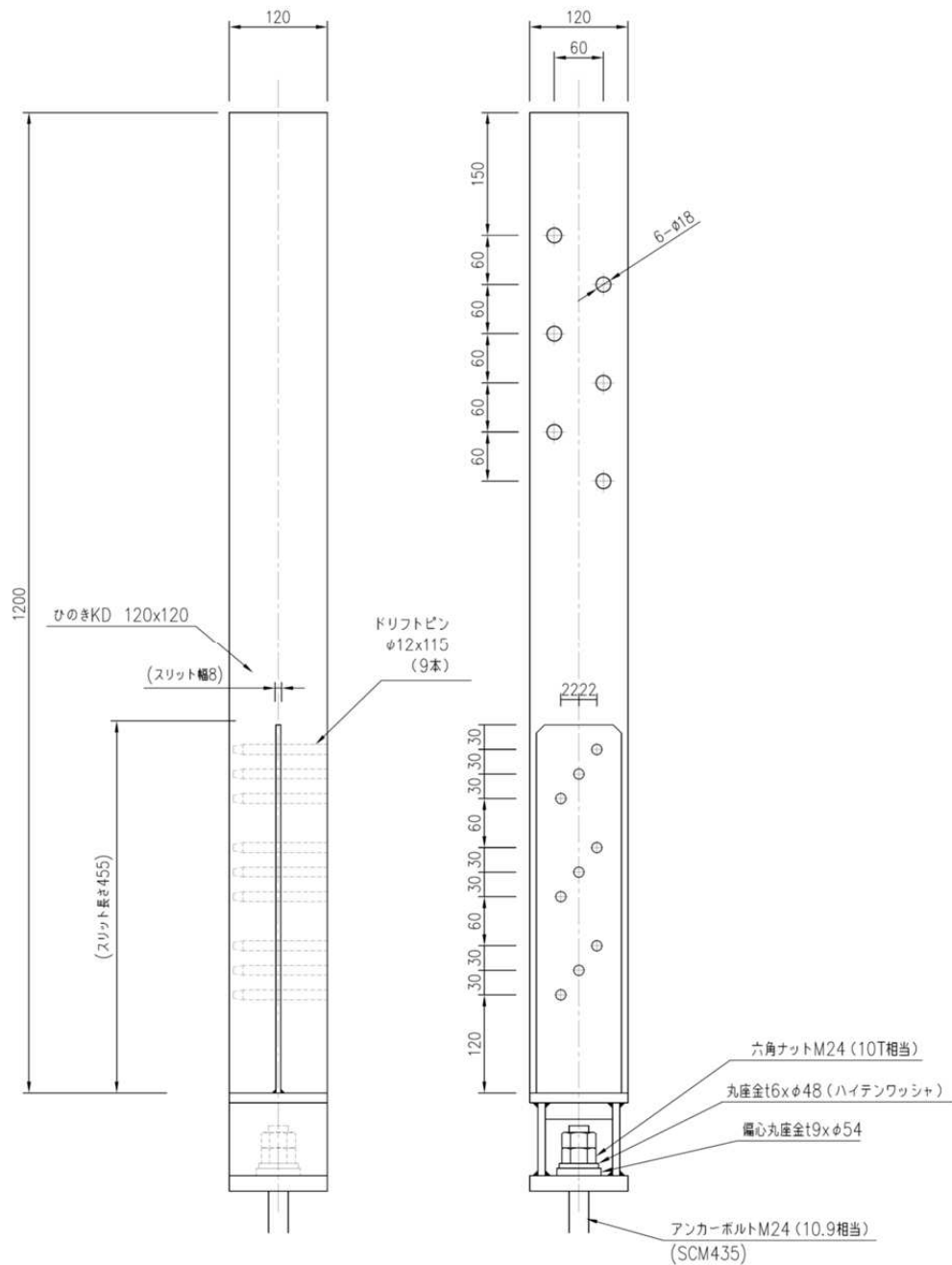
## (2) 必要仕様(接合金物)

接合金物の構造試験(本試験 4 仕様)を行い、各仕様の基準耐力を確認した。E-03 と HD-D9 では、2 章で想定した層数 1~3 の建物に用いる接合金物の必要耐力 (110kN) をほぼ満足することが確認できた。層数 4、5 の建物に用いる接合金物の必要耐力 (370kN) に対応するためには柱脚金物以外の提案が必要と考えられる。



<E-03>

図 6-1 必要耐力を満足した試験体仕様 (E-03)



<HD-D9>

図 6-2 必要耐力を満足した試験体仕様 (HD-D9)

### (3) 実設計における活用方法の提案

- ・ 本事業の結果を実設計において活用するためには、構面を①耐力壁、②軸組み材、③接合部といった別々の要素と考え、それらを組合せた架構解析を設計で用いることが有効と考えられるとの提案を行った

## 6.3 今後の課題

### (1) むり込み対策の確立

柱に対して横架材勝ちの接合部ディテールでは、横架材のむり込みが生じる。特に本事業の対象である、高耐力・高階高の耐力壁では、耐力壁の付加軸力が従前の小規模建築物で生じる付加軸力と比べかなり大きく、実験で確認されたようにむり込みが支配的となりやすい。また層数も多い建物を想定しているので、むり込み対策は必須である。

本実験（耐力壁）では、新たにむり込み補強金物を提案し、良い結果を得られたが、実際の建物にそのまま適用することが難しいディテールとなっているので、今後、実用的な対策の確立が望まれる。

### (2) 複数の応力を同時に受ける接合金物部の性状確認

本事業で対象とした耐力壁の耐力は、一般の低層木造住宅の耐力壁に比べて最低でも2～3倍程度以上高く、建物の層数も多いため、接合金物に要求される耐力も相当に高くなる。

要求耐力が高ければ、ホールダウン金物を柱に留付けるためのビスの本数が多くなる為、金物自体の高さも高くする必要があるが、それに伴い接合金物に生じる曲げモーメント・せん断力も大きくなる。

また、柱にとっても大きな曲げモーメント・せん断力を負担した状態で、多数のビスが繊維方向にむり込むことになるので、複合応力を受けた場合の接合金物部の性状を確認しておく必要がある。

### (3) より高い引抜耐力を有する構造要素(タイダウン等)の一般化

柱断面が120mm×120mmでホールダウン金物タイプの場合、今回実施した範囲を超える耐力（短期基準耐力110kN）の金物の実用化は簡単ではないと考えられる。しかし、想定している4層以上の建築物では370kN以上の引抜耐力が必要となるので、タイダウン金物等、より高い引抜耐力を有する構造要素の開発・一般化が必要である。

### (4) 施工性に関する課題

小規模建物に比べ、階高が高く面材の単位重量も大きくなるため、実際の施工に関して検証が必要である（組み上がった軸組みに面材を立てかけての施工は、これまでと違った工夫が必要と思われる）。

### (5) 材料の調達及びプレカットに関する課題

一般的に流通している材料（木質材料の品質、断面寸法、鋼材の品質など）で構成が出来るかについては、調査を継続してゆくべきである。

プレカットについては、一部手加工が必要な個所があったが、これについては大規模木造用のプレカット機械により対応が可能と考えられる。

#### (6) 耐力壁の開口について

耐力壁試験では無開口状態での性能を確認した。高倍率耐力壁に開口を設けた際の耐力及び剛性、破壊性状等への影響は未知のため、今後の検討課題である。

#### (7) 実設計に向けての課題

本事業での接合金物は最下階引張側の壁脚部を想定したものであり、実際の建物においては、圧縮側脚部や中間層における（上下階耐力壁相互の）接合部などについての検討、構造試験の実施などが今後必要である。関連して上下2連層や梁上配置を想定した耐力壁試験の実施も望まれる。

#### (8) 耐力壁の面材仕様について

合板、MDF 以外の面材（OSB、パーティクルボードなど）についても耐力壁としての性能把握は必要である。また今回、合板仕様には2級構造用合板を用いたが、パイロット試験では面内せん断破壊した仕様もあり、今後は高倍率耐力壁の仕様検討に当たっては面内せん断強度の規定のある1級構造用合板を前提とした方が良い。

#### (9) 高倍率耐力壁の試験方法の確立について

中大規模建築物では小規模建築物に比べ階高（耐力壁の高さ）が高くなるため、既存の試験施設では試験が行えない場合も考えられる。今回は試験体を横に寝かせることで対応した。寝かせた状態では試験体が面外にたわむ場合があったので、試験体中央部も支えるような形式としたい。

## 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討\_\_議事録

| 第1回<br>WG  | 日時     | 2019年6月3日<br>15:00~17:00  | 場所 | 治山治水協会<br>大会議室 |
|--|--------|---|----|----------------|
| 出席者<br><small>(順不同、敬称略)</small>  | 委員長    | 大橋好光  |    |                |
|  | 委員     | 高橋雅司、潮康文、   |    |                |
|  | オブザーバー | 飯島敏夫、後藤隆洋、山田知明、逢坂達男、川原聡   |    |                |
|  | コンサル   | 花井勉、飯田秀年、中村亮太、高岡繭子  |    |                |
|  | 事務局    | 沼田良平、飯野貴、櫻井一也   |    |                |
| 提出資料   | 資料1    | 事業概要(木活協)   |    |                |
|  | 資料2    | 一般的な中大規模建築物の用途、建築規模等の整理他(えびす)   |    |                |
|  | 資料3    | 高倍率耐力壁に関する論文の調査結果(えびす)  |    |                |
|  | 資料4    | ホールダウン金物の規格化について(住木センター)  |    |                |
| 指摘及び検討事項   |        | 回答及び処置  |    | 備考             |
| <p>1. 資料2「一般的な中大規模建築物の用途、建築規模等の整理」は以下の点を修正、追加すること</p> <p>a. 建物用途の事例数を基準にボリュームゾーンを示す。</p> <p>b. 簡易的に3階建てを想定して1階部分の必要な相当壁倍率を算定しているが、2階(3階)部分も同様にまとめる。</p> <p>c. 耐火は固定荷重への影響が大きいので防耐火の有無でまとめる。また固定荷重の具体例(内訳)を示す。</p> <p>d. 層数4~5についても同様にまとめる。</p> <p>e. 試験計画と対応させる(該当箇所に印)。</p> <p>2. 耐力壁試験に関して以下の点を留意すること。</p> <p>a. 目標とする壁耐力は、9.8kN/m(5倍相当)は対象外とする(一般的に普及しているため)。</p> <p>b. 階高さ3、4、5mをパラメータとしているが、3mは住宅系に多いので対象外として良いのでは。壁高さ3.5m、4.5mが妥当な高さではないか。</p> |        | <p>1.</p> <p>a. 営繕のデータベースなどを参考にまとめます。</p> <p>b. 2階(3階)についても同様にまとめます。</p> <p>c. 建築技術や中大規模木造建築物の構造設計の手引きなどを参考にまとめていきます。</p> <p>d. 同様にまとめます。</p> <p>e. 試験計画と対応させるようまとめます。</p> <p>2.</p> <p>a. 29.4kN/m(15倍相当)を目標とした試験計画とします。</p> <p>b. 事務所建築を想定し、天井高さ及び天井懐を2.7m、1m弱と仮定すると必要な試験体壁高さは3.6mとなる。また倉庫建築を想定し、軒高4.6mと仮定すると試験体壁高さは4.6mとなる。以上より試験体の壁高さは3.6m、4.6mとする。</p> |    |                |

| 指摘及び検討事項  | 回答及び処置  | 備考 |
|---|---|----|
| <p>c. 試験体仕様は対象とする建物用途、目標壁耐力等明確にして設定する（資料 2-1 章と対応）。</p> <p>d. 真壁仕様の場合、受け材の接合方法により耐力壁の特性は変わるので注意する。</p> <p>e. 中大規模では、高倍率耐力壁を外周だけでなく中通りにも配置することは考えられるので、床勝ちの仕様も需要がある。</p> <p>f. n = 1 で試験を実施し、試験結果をみて釘ピッチなど調整する方法もあり。最終的には今年度、3 仕様程度（n = 3）は評価したい。</p> <p>g. 試験仕様に関して 3 団体（木住協はWG 参加）の意向を確認しておく。</p> <p>h. 試験場は 7/29～31 及びお盆明けが空いている。</p> | <p>c. 指摘のようにまとめます。</p> <p>d. 受け材の接合方法に留意して試験計画をします。</p> <p>e. 床勝ち仕様についても含めて試験体計画します。</p> <p>f. 耐力壁 3 仕様が評価できるよう計画します。</p> <p>g. PWA 様の回答待ちです。</p> <p>h. 空き期間に合わせて、試験スケジュールの調整を進めます。</p> |    |
| <p>3. 接合部試験に関して以下の点を留意すること。</p> <p>a. 中大規模木造に用いる接合金物の鋼材は構造用鋼材、即ち指定建築材料であるべきと考えられる。よって、JIS に適合するか、大臣の認定を受けたものであることが必要。</p> <p>b. 接合部金物（タイダウン含む）に関する市場調査（金物、鋼種等）を実施する。</p> <p>c. 接合金物の開発は住木センターで開発を進めているもの（資料 4）も候補に、適宜改良して開発を進める。</p> <p>d. タイダウンに関して、本委員会にて標準化を目指す（施工性のよい径・重量としたい）。</p>   | <p>3.</p> <p>a. 接合金物に使用する鋼材についても考慮し検討を進めます。</p> <p>b. 第一弾として各金物メーカーより公開されているデータを調査します。</p> <p>c. 住木センターの金物も考慮して検討を進めます。</p> <p>d. タイダウンの標準化についても考慮し検討を進めます。</p>                         |    |

## 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討\_\_議事録

|                                 |        |                           |    |                |
|---------------------------------|--------|---------------------------|----|----------------|
| 第2回<br>WG                       | 日時     | 2019年6月13日<br>15:00~17:00 | 場所 | 治山治水協会<br>大会議室 |
| 出席者<br><small>(順不同、敬称略)</small> | 委員長    | 大橋好光                      |    |                |
|                                 | 委員     | 潮康文、                      |    |                |
|                                 | オブザーバー | 飯島敏夫、山田知明、逢坂達男、波多野力、川原聡   |    |                |
|                                 | コンサル   | 飯田秀年、中村亮太、山根光、高岡繭子        |    |                |
|                                 | 事務局    | 沼田良平、飯野貴、櫻井一也             |    |                |
| 提出資料                            | 資料1    | 前回議事録(えびす)                |    |                |
|                                 | 資料2    | 試験計画(えびす)                 |    |                |
|                                 | 資料3    | 高耐力用柱脚金物に関する既往技術調査(えびす)   |    |                |
|                                 | 参考資料   | 木質構造書籍等抜粋(えびす)            |    |                |

| 指摘及び検討事項   | 回答及び処置   | 備考 |
|--|--|----|
| 1. 耐力壁試験の目標耐力や部材断面の設定の根拠を示してほしい。最小断面で試験をして結果、梁破壊というのは避けたい。   | 1. 耐力壁の目標性能に対し、梁が先行して破壊しないよう試験計画します。                       |    |
| 2. 真壁仕様では受材部分で破壊しないよう注意。受材の留付けは、面材のせん断耐力と同等くらいを目指さないと高耐力は見込めない。                                    | 2. 受材で先行して破壊しないような試験計画とします。                                |    |
| 3. 耐力壁の特性は横架材仕様(樹種、断面)、受材仕様(樹種、断面、留付け)などに影響を受けると思われる。まずは標準な試験体で性能を確認した上で、各パラメータを解決していった方が良いのでは。    | 3. 大壁仕様で横架材樹種やめり込み補強の有無による影響を確認の後、真壁仕様で受材による性能を確認する計画とします。 |    |
| 4. 真壁仕様で面材と軸材のクリアランスは耐力壁が1/60rad変形した時に接触するくらい設けたい。   | 4. 指摘のような計画とします。   |    |
| 5. 柱脚のめり込みに関して、高耐力になると最終的には柱脚金物等でめり込みを起こさない様な納まりとなるのでは。2階以上についてもカナダのブロックコモンズのように柱を金物で継ぐようなものも考えられる | 5. 2階以上に用いる場合はそのような納まりも含め検討します。                            |    |
| 6. タイダウン単体では初期剛性にはあまり効かないので注意する。耐力が高いものほどホールダウン等もついている場合が多い。                                       | 6. 試験ではタイダウン単体だけでなくHDやかど金物等も併用した試験体も計画します。                 |    |
| 7. 試験の部材発注に関してはPWA 功刀様と相談する  | 7. そのようにします。   |    |
| 8. PWAの試験仕様の意向は、18日の打合せ  | 8. 同席して意向を伺います。  |    |



| 指摘及び検討事項                         | 回答及び処置 | 備考 |
|----------------------------------|--------|----|
| にえびす建築研究所がオブザーバーとして同席して確認してください。 |        |    |

## 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討\_\_議事録

|                                 |          |   |    |                |  |
|---------------------------------|----------|---|----|----------------|--|
| 第1回<br>委員会                      | 日時       | 2019年6月21日<br>10:00~12:00                       | 場所 | 治山治水協会<br>大会議室 |  |
| 出席者<br><small>(順不同、敬称略)</small> | 委員長      | 大橋好光  |    |                |  |
|                                 | 委員       | 逢坂達夫、坂口晴一、青木哲也、功刀友輔、金井邦夫                        |    |                |  |
|                                 | オブザーバー   | 金子弘、飯島敏夫、潮康文、高橋雅司、川原聡                           |    |                |  |
|                                 | コンサル     | 花井勉、飯田秀年、中村亮太、高岡繭子                              |    |                |  |
|                                 | 事務局      | 沼田良平、飯野貴、櫻井一也                                   |    |                |  |
| 提出資料                            | 資料1      | 事業概要(木活協)                                       |    |                |  |
|                                 | 資料2      | 中大規模木造技術開発/第1回委員会(えびす)                          |    |                |  |
|                                 | 資料3      | JBN・PWA 構造 WG における高倍率・高階高耐力壁及び接合金物の開発試験計画案(PWA) |    |                |  |
|                                 | 参考資料 1-1 | 高倍率耐力壁に関する既往技術調査(えびす)                           |    |                |  |
|                                 | 参考資料 1-2 | 高耐力用柱脚金物に関する既往技術調査(えびす)                         |    |                |  |
|                                 | 参考資料 1-3 | かど金物に関する既往技術調査(えびす)                             |    |                |  |
|                                 | 参考資料 2   | ホールダウン金物の規格化について(住木センター)                        |    |                |  |
|                                 | 参考資料 3   | 第1回、2回 WG 議事録(えびす)                              |    |                |  |

| 指摘及び検討事項   | 回答及び処置  | 備考 |
|--|---|----|
| 1. 耐力壁を評価することを考えれば業務方法書に記載されている試験方法とするべきではないか。タイダウンは記載されていないのでは。                       | 1. 実運用でタイダウンを使うことを想定しているため、試験もタイダウン金物が良いと考えています。  |    |
| 2. 標準仕様としてグレー本に掲載されるので使用部材は複数メーカーで取り扱えるものとしたい。   | 2. 留意します。   |    |
| 3. 事務所建築の階高を 3.6m としているが、設備のことを考えると 4.0m は欲しい。   | 3. 事務所建築を想定した試験体の壁高さは 4.0m とします。  |    |
| 4. えびす提案の試験仕様の柱は 150 角だが、3 階までを想定するなら 120 角でもよいのでは。またプレカットの観点からも 150 角だと扱える工場が限られてしまう。 | 4. 120 角 (ヒノキ集成材) とします。   |    |
| 5. 同様にえびす提案の試験仕様の梁は 150×600 についても扱える工場が限られてしまう。  | 5. 相当壁倍率 15 倍で安全率を多めとった検討結果なので梁せいは抑えてもよい。パイロット試験はタイロッド式だが今後柱脚固定式をやることも考慮し、120×360 (ベイマツ集成材) とします。 |    |
| 6. 中大規模となると柱脚のめり込みが耐力壁性能に大きく影響するので、原則柱脚金物 (土台負け) が必須となるのでは。                            | 6. 試験体仕様では原則として柱脚金物有りとなります。   |    |

| 指摘及び検討事項   | 回答及び処置   | 備考 |
|--|--|----|
| <p>7. 釘やビスの 50 ピッチの施工は現場施工も可能だが、監理や人工について難があるのでは。</p> <p>8. えびす提案の試験体仕様で真壁の受材に集成材を用いている理由は</p> <p>9. 耐力壁試験の仕様は JBN・PWA の提案する試験仕様をえびす提案のパイロット試験仕様に追加して調整する。</p> | <p>7. PWA 様の方で人工試算、工場でパネル化可能か検討</p> <p>8. 材料強度のばらつきの点や、受材で破壊しないようするため、集成材としています。</p> <p>9. 本委員会の内容整理した仕様一覧を次回WGで提案します。</p> |    |

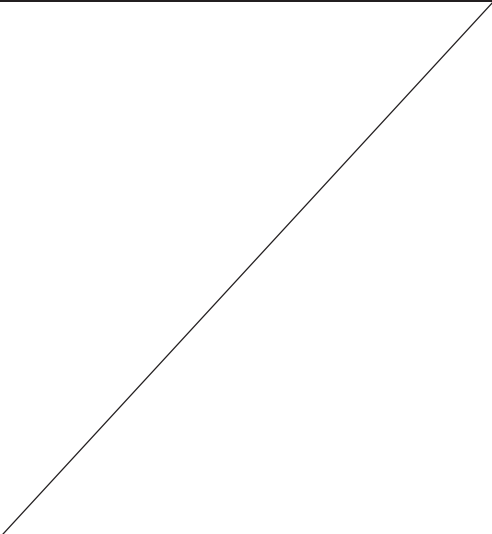
## 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討\_\_議事録

|                                 |        |                                   |    |                |
|---------------------------------|--------|-----------------------------------|----|----------------|
| 第3回<br>WG                       | 日時     | 2019年6月28日<br>15:30~17:30         | 場所 | 治山治水協会<br>大会議室 |
| 出席者<br><small>(順不同、敬称略)</small> | 委員長    | 大橋好光                              |    |                |
|                                 | 委員     | 稲山正弘、高橋雅司、金井邦夫、潮康文、佐藤一成、川原重明、功刀友輔 |    |                |
|                                 | オブザーバー | 飯島敏夫、後藤隆洋、山田知明、川原聡                |    |                |
|                                 | コンサル   | 花井勉、飯田秀年、山根光、中村亮太、高岡繭子            |    |                |
|                                 | 事務局    | 沼田良平、飯野貴                          |    |                |
| 提出資料                            | 資料1    | 試験計画(えびす)                         |    |                |
|                                 | 資料2    | JBN-PWA 開発試験計画案(PWA)              |    |                |
|                                 | 参考資料1  | 前回議事録(えびす)                        |    |                |

| 指摘及び検討事項  | 回答及び処置  | 備考 |
|---|---|----|
| 1. 標準化し広く普及させることを考えると、試験で使用する材の等級区分は低いランクのものとしたい。                               | 1. 低いランクの材で試験を計画します。ただし一般流通材ではないので納期が不明で、8月の試験に間に合うか要確認(PWA)<br>⇒28mm 合板(全層ｽｷﾞ)は未定、そのほかは8月頭には可。 |    |
| 2. 高耐力耐力壁の試験は2Pではなく「耐力壁1P+1Pの位置にピン柱」とした梁の曲げ戻しが期待できる形式が一般的ではないか。                 | 2. 耐力や引抜力の観点からもそのような仕様で実施します。   |    |
| 3. むり込み補強のためだけなら柱脚金物を用いるのではなく、単に柱勝ち(土台負け、試験フレームに接触)で良いのでは。柱頭側もプレートのみの処置でも良いのでは。 | 3. ご指摘のような試験仕様とします。   |    |
| 4. 住木センターでの耐力壁試験は寝かせた状態で実施する。その場合、上側の鉄骨フレームがないので、ターンバックルを用いたタイロッド式試験となる。        | 4. ターンバックル付きタイロッド式の試験で計画します。  |    |
| 5. 試験体は高耐力で壁高さも一般的なものより高いため、ターンバックル付きタイロッドの治具は新規作成する。                           | 5. 住木センター様の方で対応していただきます。  |    |
| 6. 7月実施は試験場、材料納期のこともあり厳しい、試験は8/26~実施予定。   | 6. 試験は8/26からの計画とします。  |    |
| 7. 受け材に集成材120x90など割材を用いているが、割った際に大きく反ることが懸念される。                                 | 7. 試験では2列打ちに必要な最低見付幅で実施して、運用上の受け材は120x120の集成材(ビス長もそれに合わせる)を想定します。                               |    |

## 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討\_\_議事録

|                                 |        |  |    |                          |
|---------------------------------|--------|--|----|--------------------------|
| 第4回<br>WG                       | 日時     | 2019年7月12日<br>15:30~17:30                            | 場所 | スタンダード会議室赤坂サイド店<br>2階会議室 |
| 出席者<br><small>(順不同、敬称略)</small> | 委員長    | 大橋好光   |    |                          |
|                                 | 委員     | 稲山正弘、潮康文、佐藤一成、川原重明                                   |    |                          |
|                                 | オブザーバー | 飯島敏夫、山田知明、逢坂達男、功刀友輔、松浦健二、坂野潤、小野明仁、高浪雄一、波多野力、椎名謙次、川原聡 |    |                          |
|                                 | コンサル   | 飯田秀年、中村亮太、高岡繭子                                       |    |                          |
|                                 | 事務局    | 沼田良平、飯野貴、櫻井一也  |    |                          |
| 提出資料                            | 資料1    | 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討                                |    |                          |
|                                 | 資料2    | 耐力壁1仕様・6仕様図面   |    |                          |
|                                 | 資料3    | 異形 NT 付 W アンカー M16 開発の経緯(木金協)                        |    |                          |
|                                 | 参考資料1  | 前回議事録(えびす)   |    |                          |

| 指摘及び検討事項   | 回答及び処置  | 備考 |
|--|---|----|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 耐力壁試験の H=5m 仕様 (No5、8) の柱断面は、曲げ破壊を懸念し 120×150 (ヒノキ製材) とする。</li> <li>2. 柱脚金物試験についてもパイロット試験を実施し、本試験という流れとする。</li> <li>3. 柱脚金物パイロット試験の試験仕様は PWA 及び住木センターから案を募る。(計5~6仕様)</li> <li>4. タイダウン金物の標準化については、既往の技術(特許)などに抵触しない仕様を検討する。</li> </ol> |  |    |

## 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討\_\_議事録

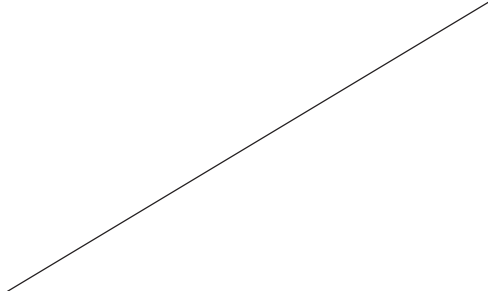
|                                 |        |  |    |             |
|---------------------------------|--------|--|----|-------------|
| 第5回<br>WG                       | 日時     | 2019年8月5日<br>13:30~15:30               | 場所 | 治山治水協会 大会議室 |
| 出席者<br><small>(順不同、敬称略)</small> | 委員長    | 大橋好光                                   |    |             |
|                                 | 委員     | 高橋雅司、佐藤一成、川原重明                         |    |             |
|                                 | オブザーバー | 飯島敏夫、山田知明、功刀友輔、松浦健二、波多野力、濱野裕仁、藤野聡史、川原聡 |    |             |
|                                 | コンサル   | 花井勉、飯田秀年、中村亮太、高岡繭子                     |    |             |
|                                 | 事務局    | 沼田良平、飯野貴、櫻井一也                          |    |             |
| 提出資料                            | 資料 1-1 | 高倍率、高耐力壁及び接合金物の開発検討                    |    |             |
|                                 | 資料 1-2 | 耐力壁パイロット試験仕様について                       |    |             |
|                                 | 資料 1-3 | 耐力壁試験体図面他                              |    |             |
|                                 | 資料 1-4 | 耐力壁部品図                                 |    |             |
|                                 | 資料 2   | 金物試験資料(木金協)                            |    |             |
|                                 | 資料 3   | ホールダウン金物 HD-D12 の開発コンセプト(住木センター)       |    |             |

| 指摘及び検討事項   | 回答及び処置 | 備考 |
|--|--------|----|
| <p>1. 軸組工法用のタイダウンにいても緩み防止機構は必要だが、枠組壁工法に比べめり込み量は小さい（枠組壁工法は床勝ちのためめり込み量大きい）ため、一般流通している枠組壁工法用のタイダウンに比べ、緩み防止の範囲は小さく済むかもしれない。</p> <p>→ 枠組壁工法用の緩み防止機構は25mm程度は追従可能であるが、安全を見て10mmくらいに抑えているとのこと。</p> <p>2. 柱脚金物で使用しているφ8x90のビス（パネリード鋼）は、規格化する。</p> <p>3. 柱脚金物のドリフトピン12本タイプはスリット深さを抑えるため、十字状のスリットとする。</p> <p>4. 中大規模木造建築の設計思想（どこで壊すか等）を明確にしておく。</p> |        |    |

## 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討\_\_議事録

|                                 |        |                                    |    |                |  |
|---------------------------------|--------|------------------------------------|----|----------------|--|
| 第2回<br>委員会                      | 日時     | 2019年 10月 17日<br>15:30~17:30       | 場所 | 治山治水協会<br>大会議室 |  |
| 出席者<br><small>(順不同、敬称略)</small> | 委員長    | 大橋好光                               |    |                |  |
|                                 | 委員     | 稲山正弘、逢坂達夫、坂口晴一、青木哲也、功刀友輔、金井邦夫      |    |                |  |
|                                 | オブザーバー | 増村浩                                |    |                |  |
|                                 | 林野庁    | 小林真大                               |    |                |  |
|                                 | コンサル   | 花井勉、飯田秀年、中村亮太、高岡繭子                 |    |                |  |
|                                 | 事務局    | 沼田良平、飯野貴、櫻井一也                      |    |                |  |
| 提出資料                            | 資料1    | 中大規模木造/柱脚金物および耐力壁の本試験仕様に関する資料(えびす) |    |                |  |
|                                 | 資料2    | 耐力壁予備試験結果(住木センター)                  |    |                |  |
|                                 | 資料2-2  | 耐力壁試験体図(えびす)                       |    |                |  |
|                                 | 資料3    | 金物予備試験結果(カナイ)                      |    |                |  |
|                                 | 資料4    | 耐力壁めり込み補強案(えびす)                    |    |                |  |

| 指摘及び検討事項  | 回答及び処置   | 備考 |
|---|--|----|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 耐力壁試験の特性値は <math>D_s</math> で決まっている物も多く、性能を正しく評価できていないと思われる。柱頭のめり込みが改善されれば、真のせん断変形角制御でも終局状態まで確認できるのではないか。</li> <li>2. 柱頭柱脚のめり込み補強は、桁の加工を考慮し、補強案1の鋼管を丸鋼(圧縮力に耐えられる本数)とする。また金物の納まりは柱が負担するせん断力に耐えられるようなディテールとする。</li> <li>3. 建物を設計する際には大壁と真壁が使えると良い点から、本試験はMDF大壁仕様(製材)と合板真壁仕様をそれぞれ3体ずつ実施する。</li> <li>4. 予備試験で真のせん断変形角評価でMDF大壁(No7)は相当壁倍率25倍、合板真壁(No9)は相当壁倍率19倍と大きいため、本試験ではMDF大壁は両面から片面に、合板真壁は釘ピッチを@50 2列千鳥から@75 2列千鳥に変更する。</li> <li>5. 耐力壁試験の結果は、各試験体のグラフを重ね合わせたもので比較した方が良い。</li> <li>6. 柱脚金物試験は金物部分の評価にはアンカーボルトの伸びが含むと難しくなるため、アンカーボルトを高強度のも</li> </ol> | <div style="text-align: center; height: 100%; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black;"> <span style="font-size: 2em;">/</span> </div> |    |

| 指摘及び検討事項  | 回答及び処置   | 備考 |
|---|--|----|
| <p>にする。実運用の際はアンカーボルトは SNR490 などを使用し、アンカーボルトで決まるような設計とする。</p> <p>7. 柱脚金物の本試験は①B-02、③E-03、⑤HD-D6、⑦HD-D9 の 4 仕様各 6 体とする。</p> |  |    |



## 高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討\_\_議事録

|                                 |        |                              |    |                                      |
|---------------------------------|--------|------------------------------|----|--------------------------------------|
| 第3回<br>委員会                      | 日時     | 2020年1月16日<br>10:00~12:00    | 場所 | 赤坂サイド店3階会議室<br>東京都港区赤坂1-3-13溜池鈴木ビル3階 |
| 出席者<br><small>(順不同、敬称略)</small> | 委員長    | 大橋好光                         |    |                                      |
|                                 | 委員     | 稲山正弘、逢坂達夫、坂口晴一、青木哲也、功刀友輔、潮康文 |    |                                      |
|                                 | オブザーバー | 金子弘、飯島敏夫                     |    |                                      |
|                                 | 林野庁    | 竹本央記                         |    |                                      |
|                                 | コンサル   | 花井勉、飯田秀年、中村亮太、高岡繭子           |    |                                      |
|                                 | 事務局    | 沼田良平、飯野貴、櫻井一也                |    |                                      |
| 資料提出                            | 資料1    | 事業報告書 抜粋版(えびす)               |    |                                      |

| 指摘及び検討事項  | 回答及び処置  | 備考 |
|---|---|----|
| 1. 耐力壁パイロット試験の真壁仕様は壁合板の面内せん断破壊が生じた。今後の課題として、高倍率の耐力壁に用いる合板は2級ではなく、面内せん断強度の規定のある1級の方が良いのではないか。  | 1. —  |    |
| 2. MDF 大壁仕様で本試験 (No. 11) では、パイロット試験では見られなかった面材破壊が確認された。これはMDFのロットが異なることが要因ではないか。  | 2. パイロット試験と本試験では同一ロットであった。面材破壊した要因として壁を寝かせた状態で試験しており、設置状態で試験体がたわんでいたためと考えられる。 |    |
| 3. MDFの大判では、実際に施工は行えるのだろうか。   | 3. MDF 大壁の場合、土台に受材を仮止めして、面材を落とし込む形なら施工しやすいのではないか。                             |    |
| 4. 耐力壁パイロット試験は各仕様1体ずつの試験でばらつき等は考慮されていない旨を中表紙に表記する。  | 4. 指摘のように修正します。   |    |
| 5. 耐力壁の貫通孔については現時点では無しとする(パイロット試験の真壁仕様で面材の面内せん断破壊が生じている)。今後の検討課題とする。  | 5. —  |    |
| 6. (参考) 中大木グレー本では各層の耐力壁の足し合わせを行っており、柱脚が終局状態の時に周辺部材が先行破壊しないことを前提としている。壁の終局と基準耐力の比 ( $a=Pu/Pa$ ) と柱脚の終局と基準耐力の比 ( $b=Tu/Ta$ ) の関係から安全性を確認する。 | 6. —  |    |
| 7. 上記のためにも、柱脚金物試験の検討には終局荷重も併せて記載しておく。   | 7. 指摘のように修正します。   |    |
| 8. 柱脚金物をアンカーボルトで決まるような仕様とすれば、ばらつきが小さくなり耐力をもつ  | 8. —  |    |

| 指摘及び検討事項  | 回答及び処置           | 備考 |
|---|------------------|----|
| <p>と高く評価できるのではないか（例：E-03 金物）。</p> <p>9. 建物の設計思想（柱脚金物：アンカーボルト or ビス、ドリフトピンで破壊、壁で破壊）で、各<br/>部で矛盾が生じない様留意する。</p> | <p>9. 留意します。</p> |    |