

財団保有の試験体設置用の各種治具の種類と説明

財団法人免震研究推進機構は 2023 年春に竣工した E-Isolation の運営を、多くの利用に支えられつつ続けております。毎年の利用が増えていることに感謝しております。

E-Isolation は、プレストレスト鉄筋コンクリートの剛強な反力壁に支えられた上部の反力梁と、下部には、鉛直アクチュエータからの上向き荷重を受けて上下に動く下加振台とその上に設置されたレール上で左右に動く上加振台があり、実大動的試験機として成り立ちます。反力梁下面と上加振台上面の距離は、汎用性と将来の拡張性を考慮して 2,100mm として設計し建設されました。E-Isolation では「免震構造」に用いる各種の免震支承や長ストロークの免震用ダンパー、「制振構造」に用いるオイルダンパーや鋼材ダンパーの試験を行うことができます。

2023 年 6 月にお披露目会を行ってから 2026 年 6 月までの三年間に多くの試験を行なって来ました。この中で利用され、企業の方や研究者のアイデアをもとに汎用的に使用できる治具（アタッチメント）を製作して来ました。これらの治具は財団保有として、次の利用に自由に活用して戴いています。

ここでは、以下に示す A. B. に関する各種治具の種類を紹介とそれぞれの治具について説明します。ぜひ、今後の利用と試験計画の参考にして戴きたいと思えます。

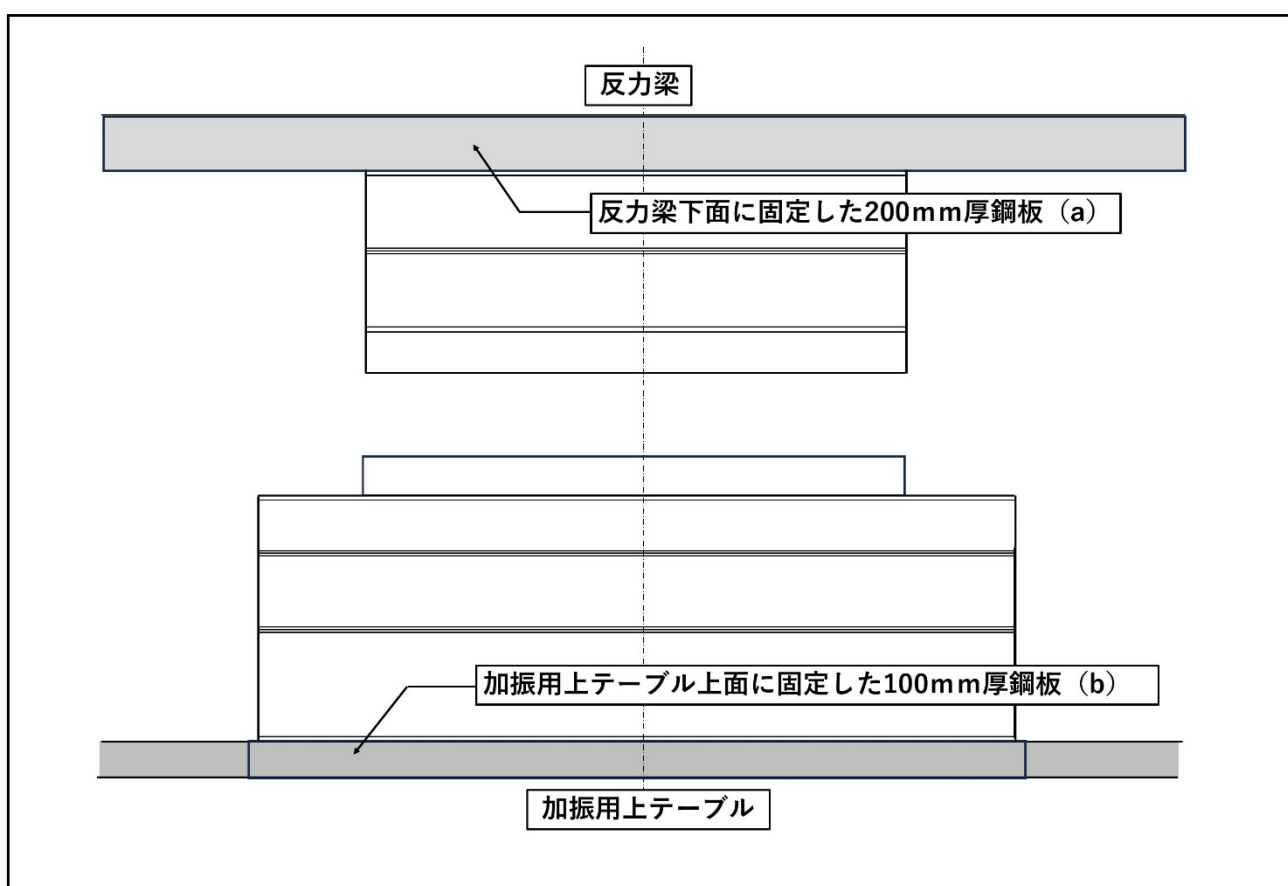
A. 免震支承試験に用いる各種治具

B. 免震・制振ダンパー試験に使用する鉄骨治具

A. 免震支承試験に用いる各種治具

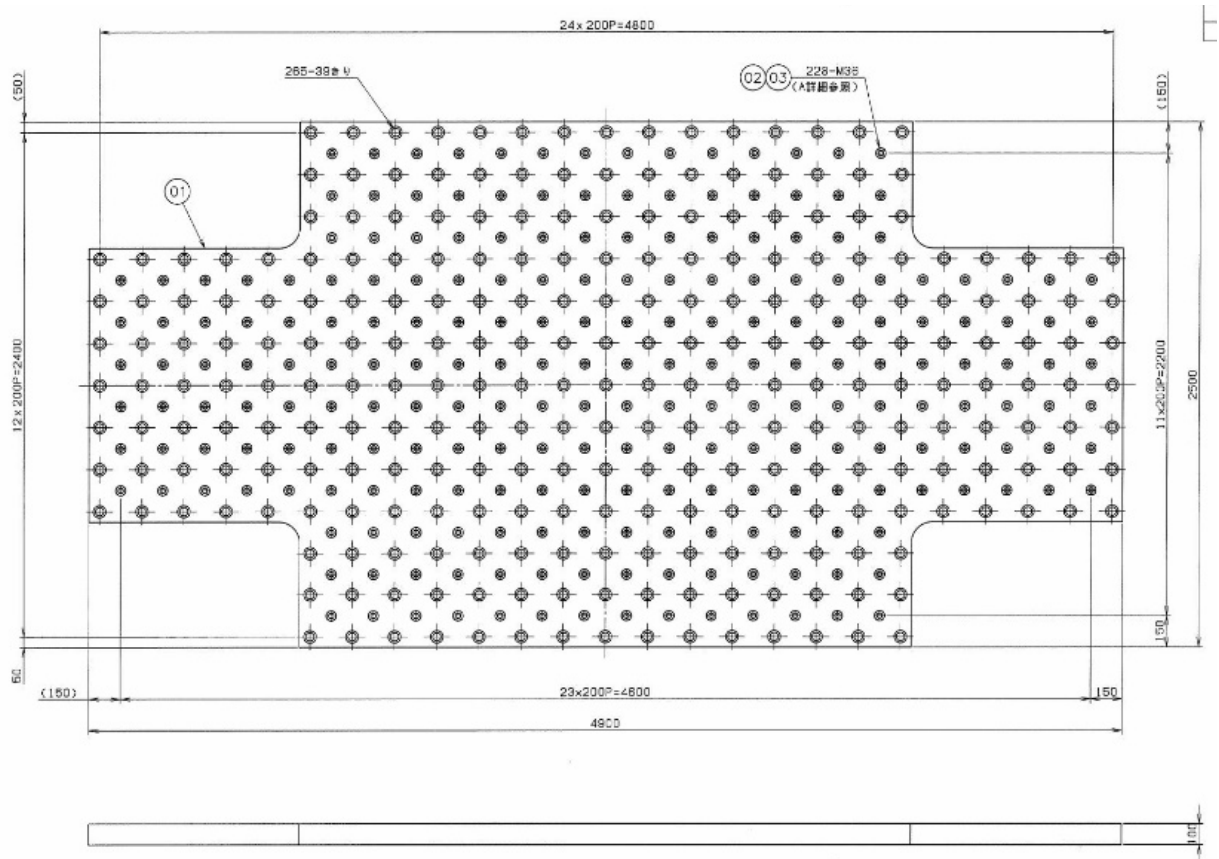
1. 試験機と一体化した鋼板

免震支承試験体を設置するスペースの上端には、反力梁下面に固定した 200mm厚鋼板 (a) が設置され、このスペースの下端には加振用上テーブル上面に固定した 100mm厚鋼板 (b) が設置されています。この上下の鋼板は、試験体および高さ調整用のアタッチメントを取付けるために用いられますが、これらは常時、試験装置と一体化されているため、取り外せません。



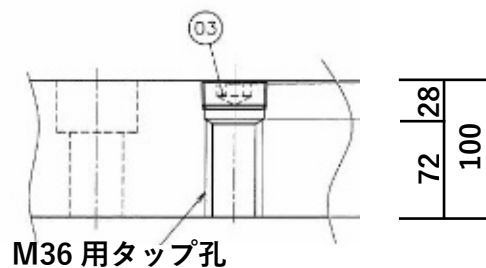
・加振用上テーブルの上面に固定した 100mm 厚鋼板 (b)

100mm 厚鋼板 (b) の上面の形状・ボルト孔の図面を以下に示します。この 100mm 鋼板 (b) は、取り外しすることはできません。



上加振テーブル上部 100mm 厚鋼板 (b)

本鋼板上部に取付けるアタッチメント
あるいは試験体は、M36 タップ孔 (右図)
を使用して下さい。



M36 用タップ孔

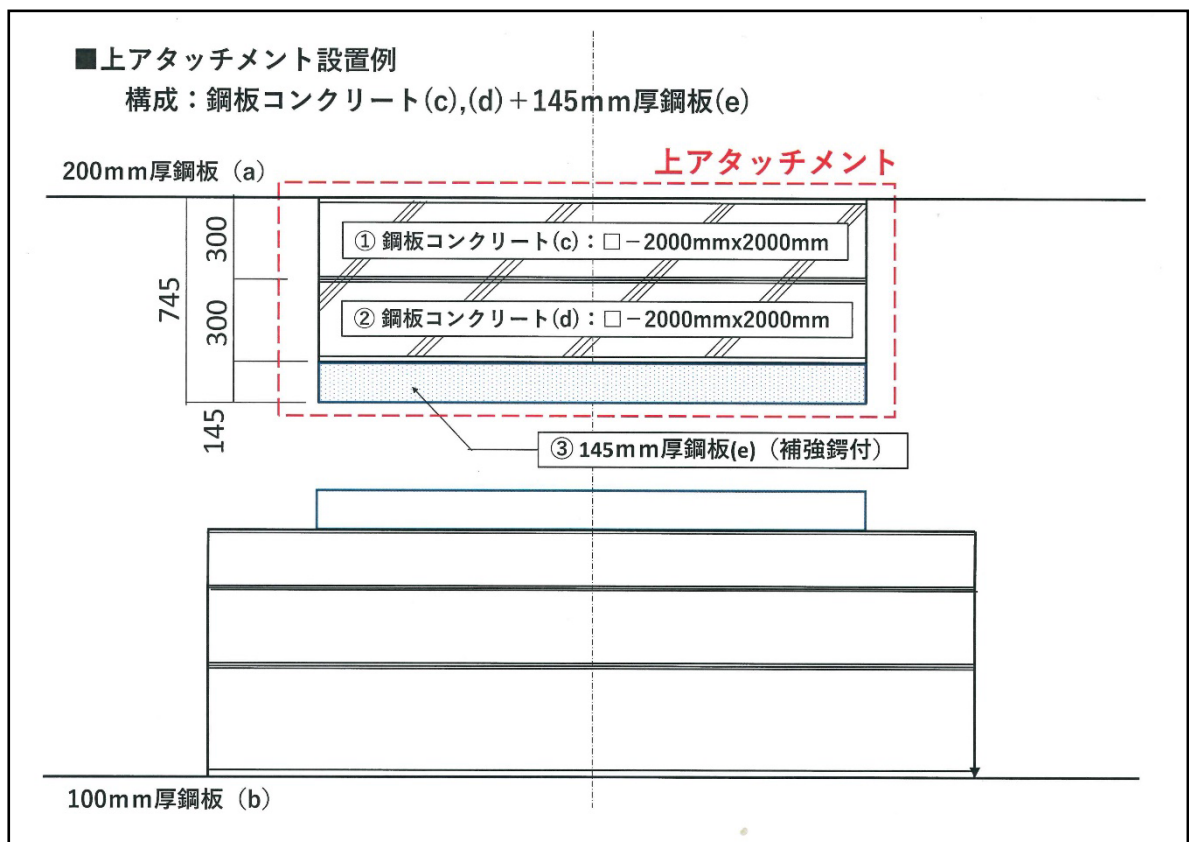
M36 タップ孔詳細

2. 上アタッチメント

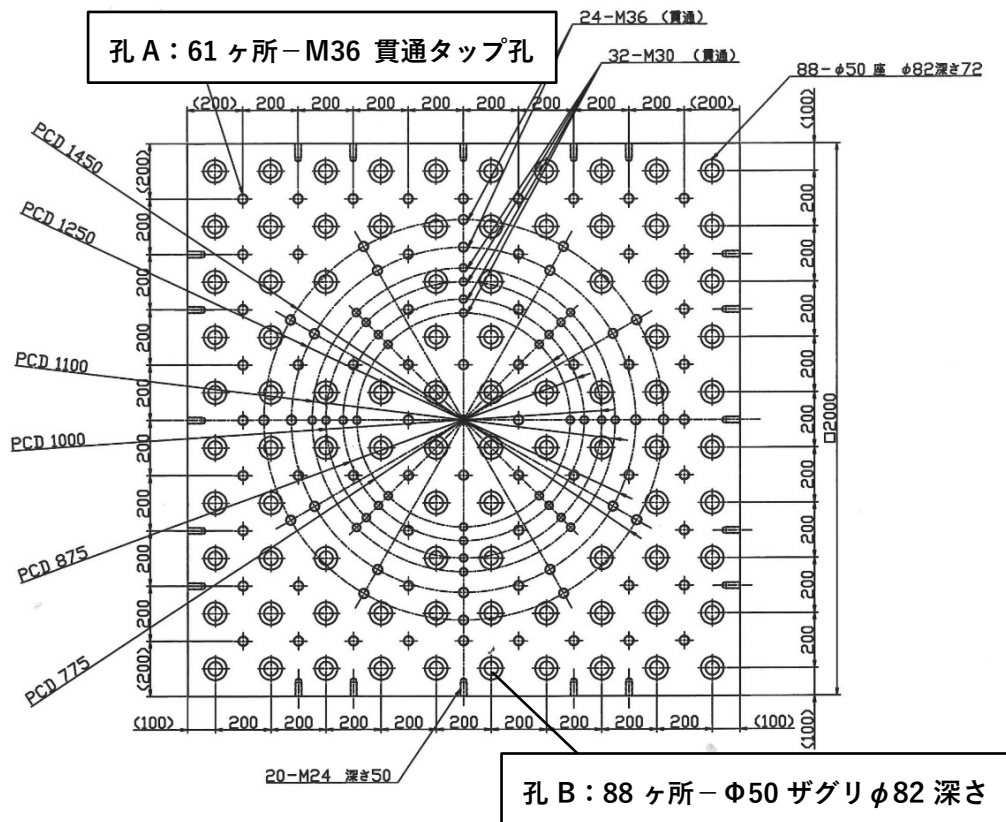
上部の反力梁下面に固定した 200mm 厚鋼板 (a) の下面のタップ穴 (ネジ径 M36) を基本に、二台の 300mm 鋼板コンクリート版 (c、d) と 145mm 鋼板 (e) を組み合わせて、試験体の高さに合わせます。最下層の 145mm 鋼板 (e) 下面のザグリ穴の中に設置するナット (ネジ径 M36) から上部の 200mm 厚鋼板 (a) のタップ穴に向けて、上下端に雄ネジ (ネジ径 M36) のついた鋼棒を用いて、これらを締付けます。

この締め付け力による圧縮面圧によって生じる摩擦抵抗力によって、上部のアタッチメント全体に滑りが生じないように固定しています。

- ① 反力梁下の厚鋼板 (a) に二台の 300mm 鋼板コンクリート版 (c、d) + 145mm 鋼板 (e) を設置した場合、上アタッチメント下面から上加振台上面までの高さは約 1,355mm です。この状態で、各種の免震支承の試験に対応できます。
- ② 特別に成の高い試験体の場合は、300mm 鋼板コンクリート版 (c、d) を順に外すことにより、300mm または 600mm まで試験空間の高さを大きくすることができます。結果として試験空間は約 1,655mm、約 1,955mm に変更できます。



・ t=145mm 鋼板 (e) の取付ボルト用の孔

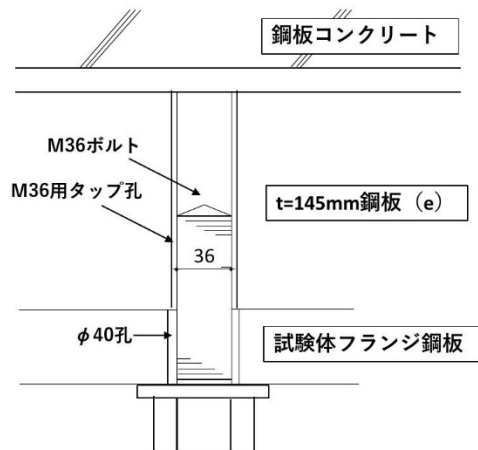


① 孔 A : 61-M36 貫通タップ孔

試験体あるいは鋼板ほかの部材を外部から本鋼板に固定するための用のボルト孔です。

このボルト孔を使用して取付ける試験体フランジあるいは鋼板の厚さは、剛性と強度を確保するため 30mm 程度以上にして下さい。

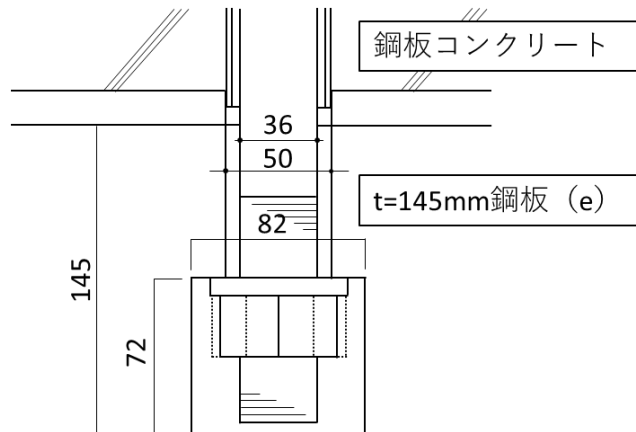
また、取付ボルトの本鋼板への飲み込みネジ深さは、通常 30~60mm 程度です。



② 孔B : 88-Φ50 (ザグリφ82 深さ 72) 通し孔

鋼板コンクリートの通し孔を使用して、上テーブル上鋼板あるいは反力梁下鋼板に固定するための締付用ボルトに使用する孔です。

鋼板表面からボルト頭が突出しないようにザグリ孔にしてあります。



③ 積層ゴム支承試験体の設置用ボルト孔（位置は上図参照）

PCD= 775mm：8-M30 貫通ボルト孔

PCD= 875mm：8-M30 貫通ボルト孔

PCD=1000mm：8-M30 貫通ボルト孔

PCD=1100mm：8-M30 貫通ボルト孔

PCD=1250mm：12-M36 貫通ボルト孔

PCD=1450mm：12-M36 貫通ボルト孔

（PCD＝積層ゴム支承の設置用の対角線上の孔間隔を示します）

このボルト孔を使用して取付ける試験体フランジの厚さは、25mm 程度以上にしてください。

取付ボルトの本鋼板への飲込み深さは、通常 40～60mm 程度です。

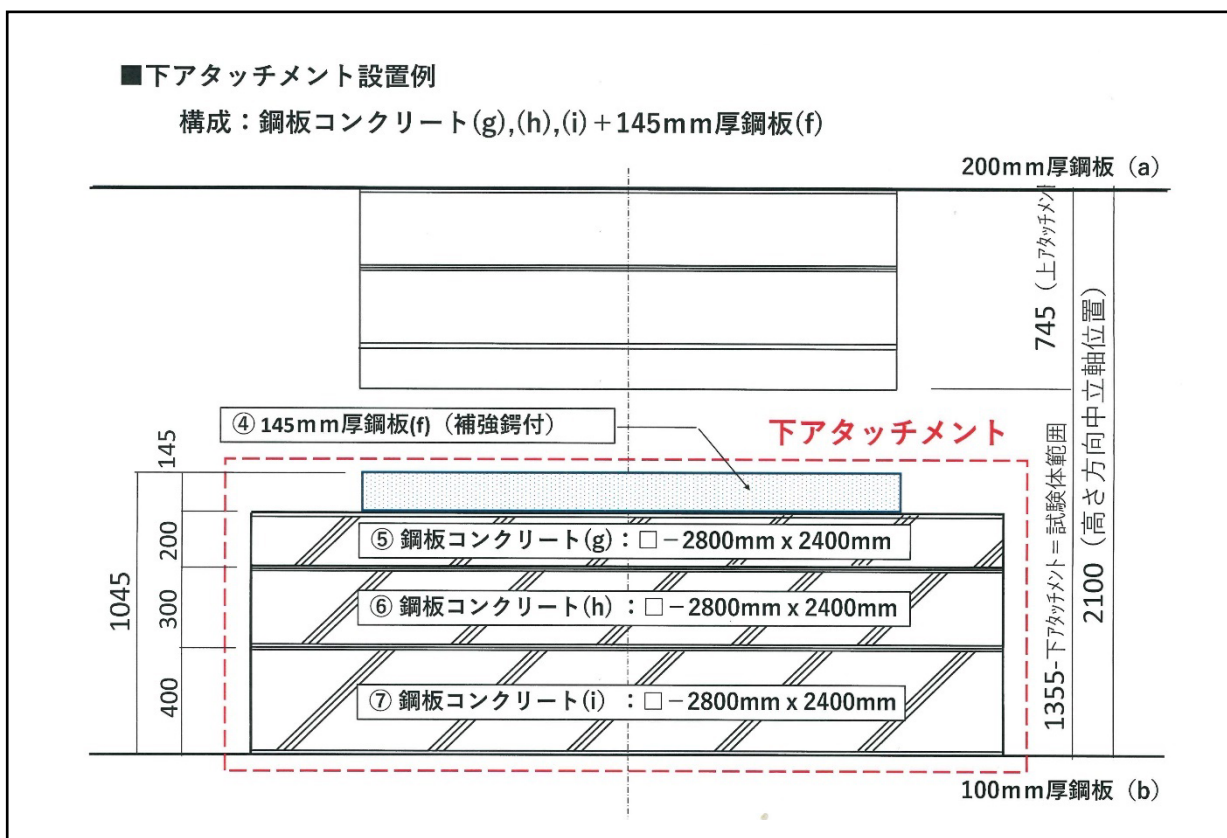
上記を考慮して、設置用ボルトの首下長さを決めてください。

2. 下アタッチメント

加振用上テーブル上面に固定した 100mm 厚鋼板 (b) のタップ穴 (ネジ径 M36) を基本に、高さの異なる三台 (200mm、300mm、400mm) の鋼板コンクリート版 (g)、(h)、(i) の組合せを選択して 145mm 鋼板 (f) と組み合わせて、試験体の高さに合わせます。最上層の 145mm 鋼板 (f) の上面のザグリ穴の中に設置するナット (ネジ径 M36) から下部の 200mm 厚鋼板 (b) のタップ穴に向けて、上下端に雄ネジ (ネジ径 M36) のついた鋼棒を用いて、これらを締付けます。

この締め付け力による圧縮面圧によって生じる摩擦抵抗力によって、下部のアタッチメント全体に滑りが生じないようにすることができます。

- ① 試験体の高さの違いによる対応は、試験体と加振テーブルの間の下アタッチメント (鋼板コンクリート+鋼板) (g)、(h)、(i)の組合せで調整出来ます。



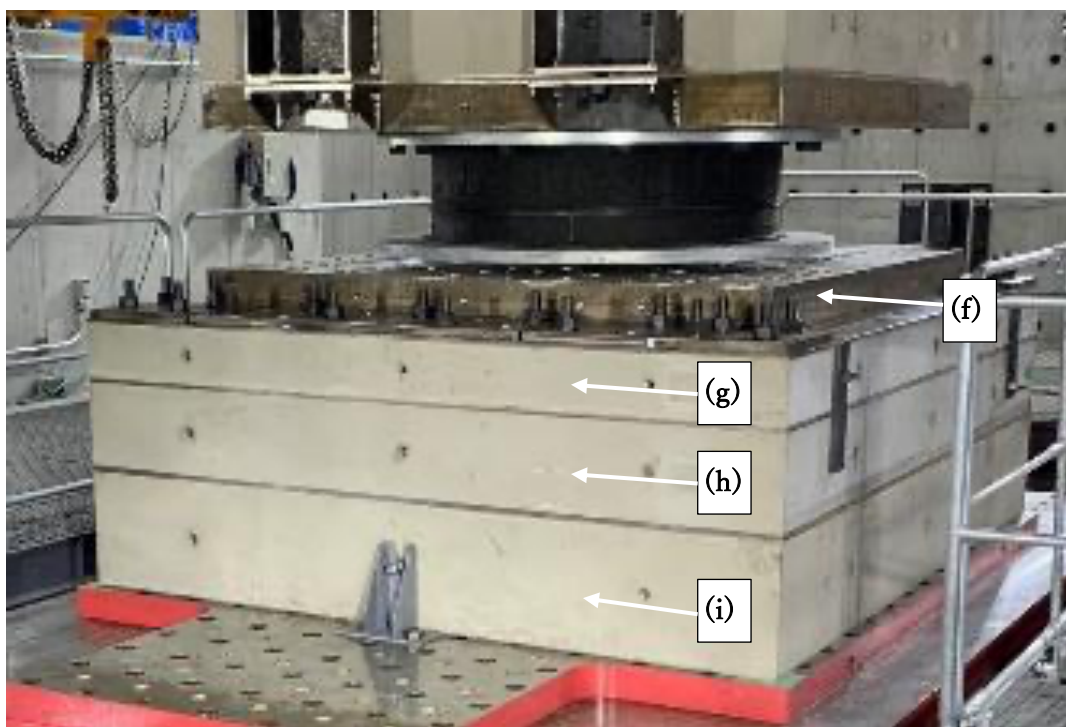


写真1：下アタッチメントに、3枚の鋼板コンクリートと145mm厚鋼板を用いた例

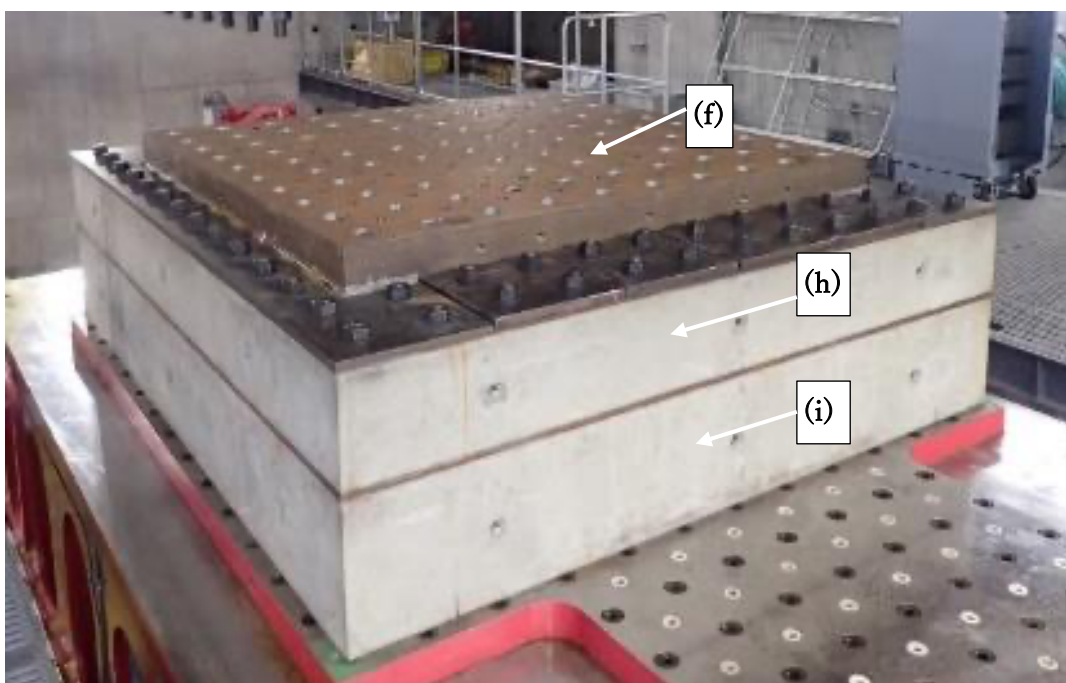
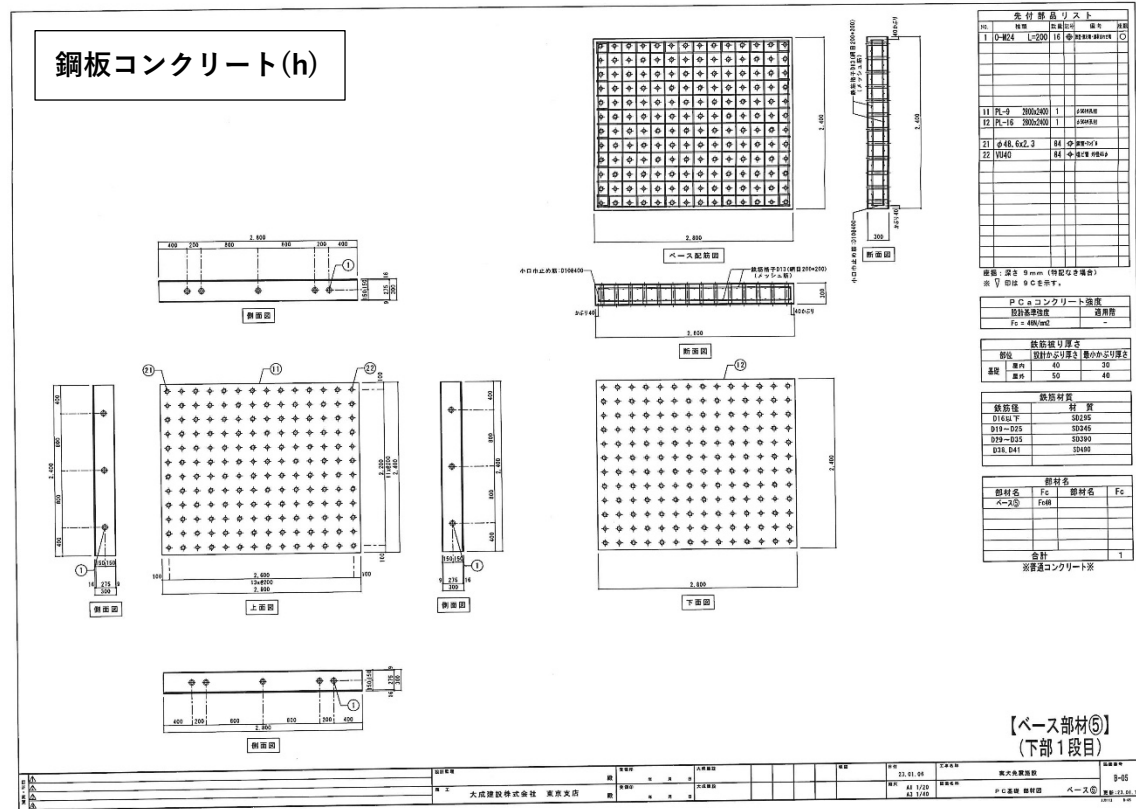
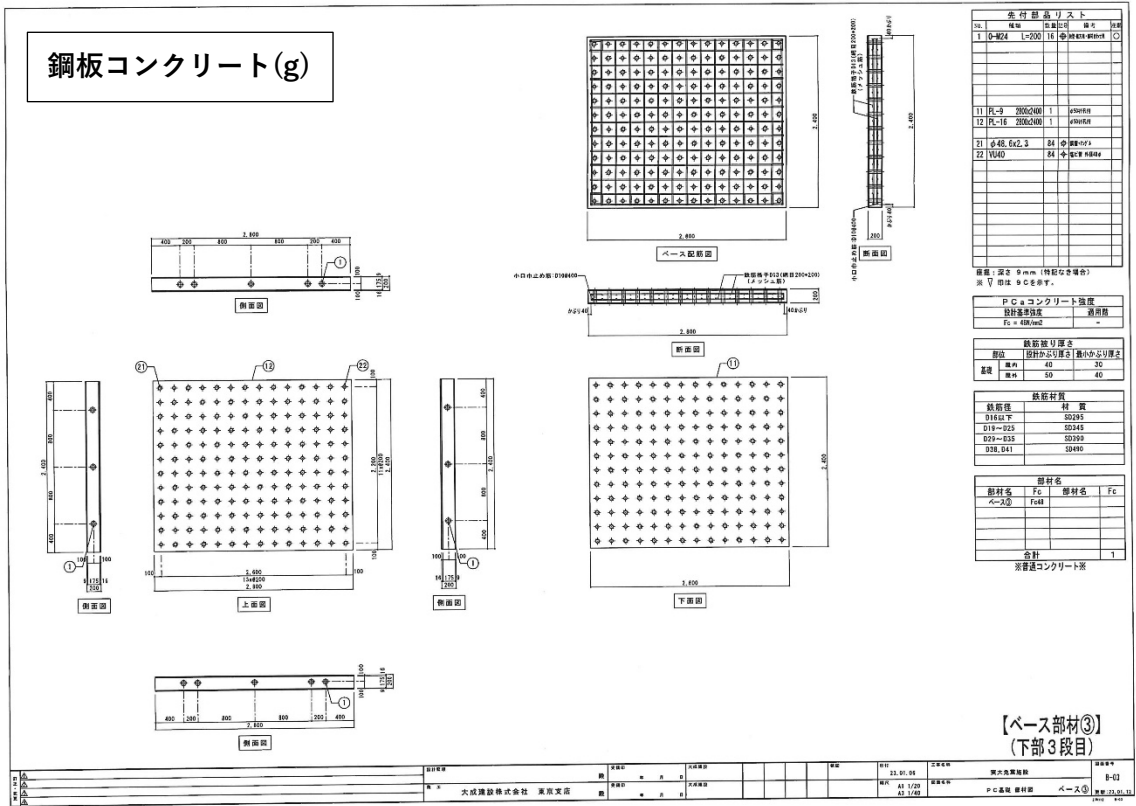
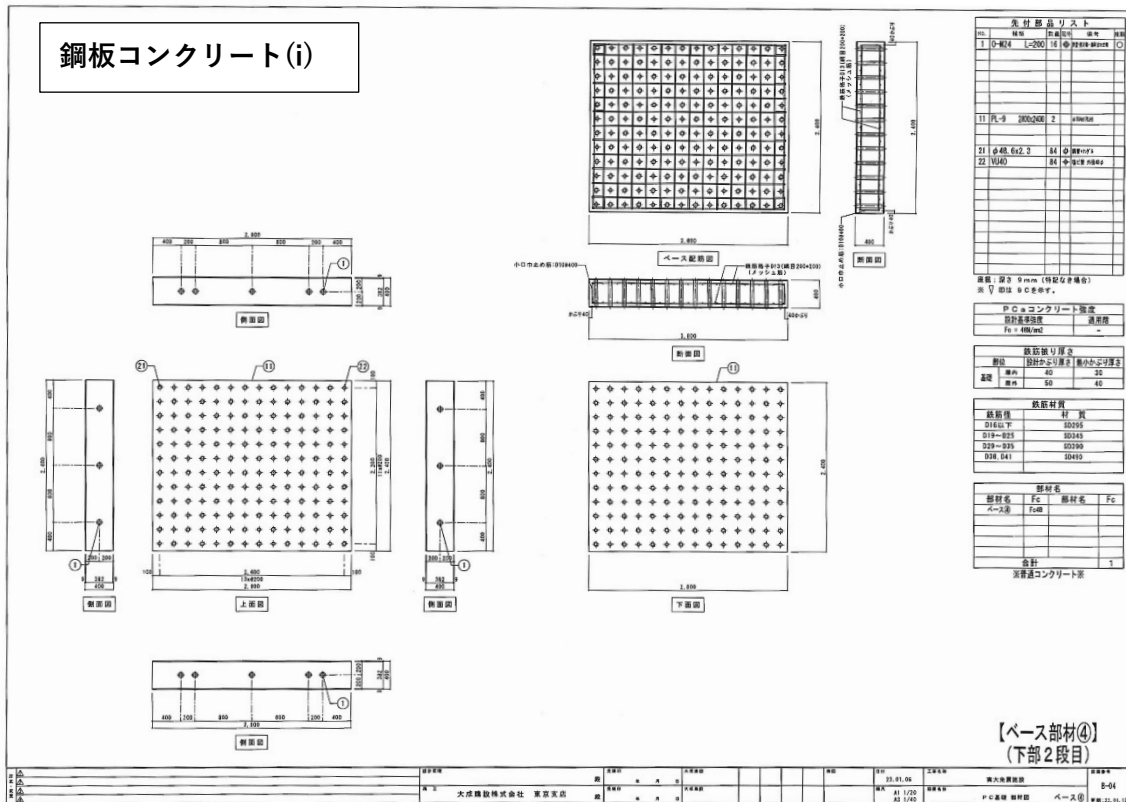


写真2：下アタッチメントに2枚の鋼板コンクリートと145mm厚鋼板を用いた例

・鋼板コンクリート(g)、(h)、(i)の詳細

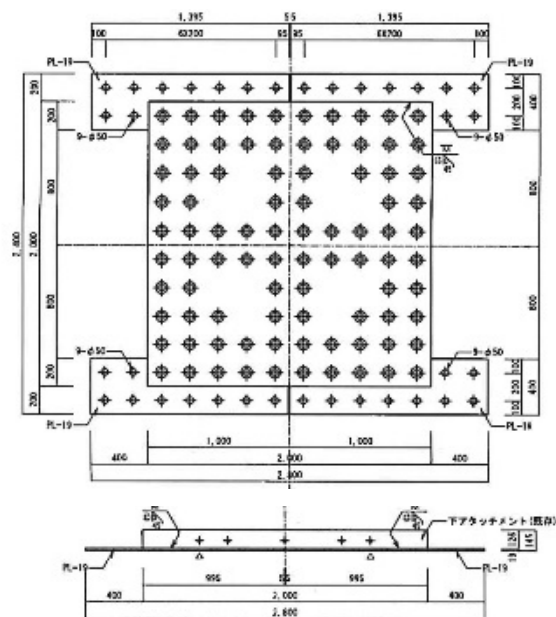




・ t=145mm厚鋼板(f) の詳細

145mm厚鋼板(f)の形状・ボルト孔詳細は上アタッチメントの情報と同じです。役割も上アタッチメントと同様です。

下アタッチメントの補強鰐の形状を、下図に示します。



3. 鋼板コンクリートの選択と組み合わせ

鋼板コンクリートの組合せによって、各種の試験体高さに対応できます。
ここにはいくつかの例を示しますが、他の組合せも可能です。
これに、この後4.で説明する鋼板を使用して、さらに小さな高さ調節を行うことも可能です。

下加振台の下にある鉛直アクチュエータの全ストロークは250mmですが、試験体が水平変位に伴って上下に動く量も考慮して、この試験体設置の高さを検討して下さい。

以下の例示で、「中立位置」とは、下加振台の鉛直アクチュエータのストロークが全ストロークの中央125mm位置にある時の上加振テーブル位置で、反力梁下設置の200mm厚鋼板下面と加振用上テーブル上設置の100mm厚鋼板の間の試験スペース高さが2100mmとなる位置を示します。

a) $t=200+300+400\text{mm}$ 鋼板コンクリート組合せの場合
 $1355\text{mm}-(200+300+400+145)=310\text{mm}$ (中立位置)
可能な試験体高さ範囲： $310\pm 120=190\sim 430\text{mm}$

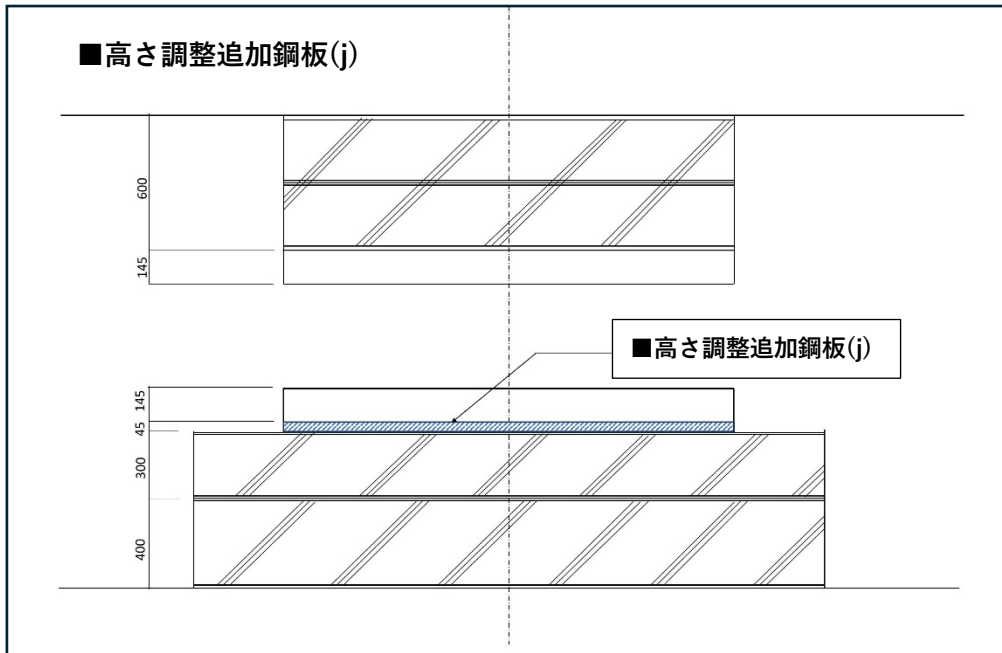
b) $t=300+400\text{mm}$ 鋼板コンクリート組合せの場合
 $1355\text{mm}-(300+400+145)=510\text{mm}$ (中立位置)
可能な試験体高さ範囲： $510\pm 120=390\sim 630\text{mm}$

c) $t=400\text{mm}$ 鋼板コンクリートのみの場合
 $1355\text{mm}-(400+145)=810\text{mm}\pm 120=690\sim 930\text{mm}$ (中立位置)

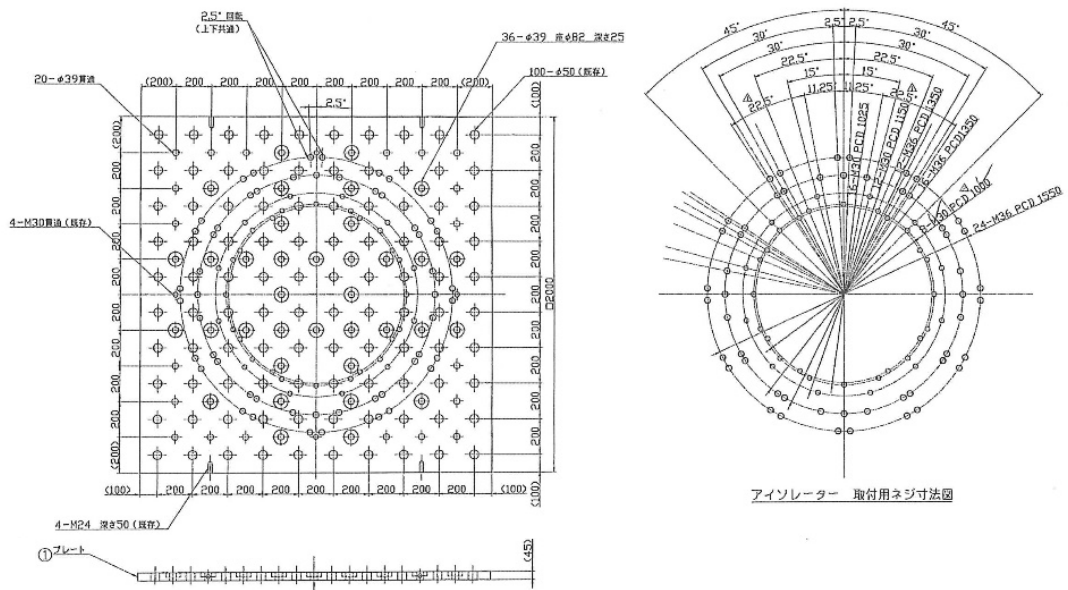
ただし、上記範囲で大きい方の値では、搬入の時に鋼管ローラーを使用する時に、挿入寸法が取れないため、この計算より20mm小さい値を推奨いたします。検討時はこのことに注意してください。

4. 高さ調整あるいは異なるタイプの試験体設置用鋼板

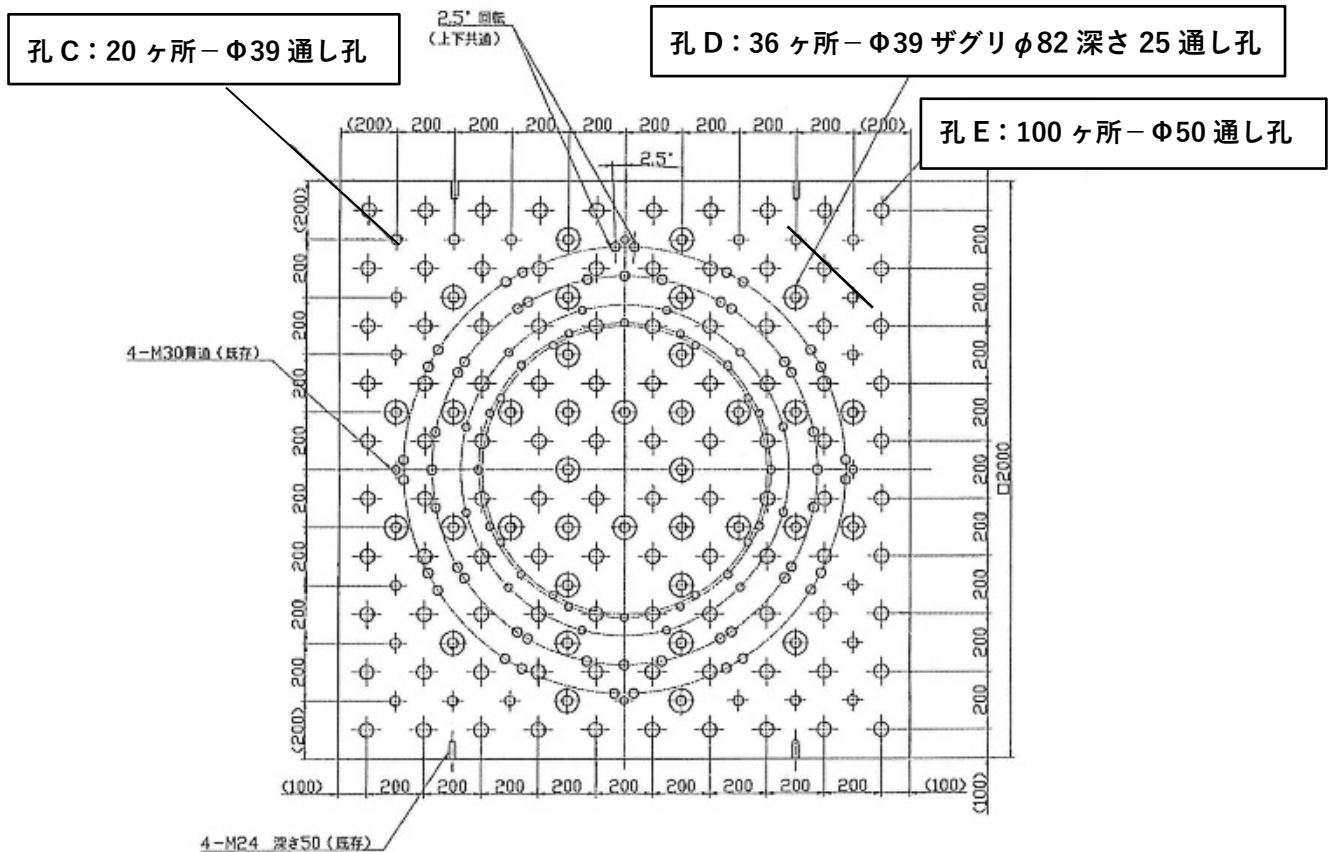
下アタッチメントの 145mm 厚鋼板 (f) の下に 45mm の追加鋼板(j)を挿入することで、高さの微調整ができます。または、145mm 厚鋼板(f)の上に設置して 145mm 厚鋼板に直接取り可能なボルト孔とは異なるボルト孔位置の積層ゴム支承を取り付けることができます。



・高さ調整および異なるタイプの積層ゴム支承設置鋼板(j)の詳細



- ・高さ調整あるいは積層ゴム支承設置用に使用する場合の取付ボルト孔詳細



- ① 孔 C : 20-φ39 通し孔と孔 D : 36-φ39 ザグリφ82 深さ 25
異なる取付孔を持つ積層ゴム試験体の設置用に使用する場合に、本鋼板の下にある 145 厚鋼板に、本鋼板を固定するためのボルト孔です。
このボルト孔を使用して取付ける試験体フランジあるいは鋼板の厚さは、剛性と強度を確保するため 30mm 程度以上にして下さい。
また、取付ボルトの本鋼板への飲みネジ深さは、通常 30~40mm 程度です。
ザグリ孔は積層ゴム支承試験体を取付けるために、ボルトの頭が上部に突出しないようになっています。
- ② 孔 E : 100-φ50 通し孔
本鋼板を高さ調整に使用する場合は、145mm 厚鋼板を加振用上テーブル上部の 100mm 厚鋼板に取付ける締付ボルトを通す孔です。

③ 積層ゴム支承試験体の設置用ボルト孔（位置は下図参照）

PCD= 1000mm：8-M30 貫通ボルト孔（縦横の心軸から各 30°に孔）

PCD= 1025mm：16-M30 貫通ボルト孔

PCD=1150mm：12-M30 貫通ボルト孔（中心軸より 15°回転）

PCD=1100mm：12-M36 貫通ボルト孔

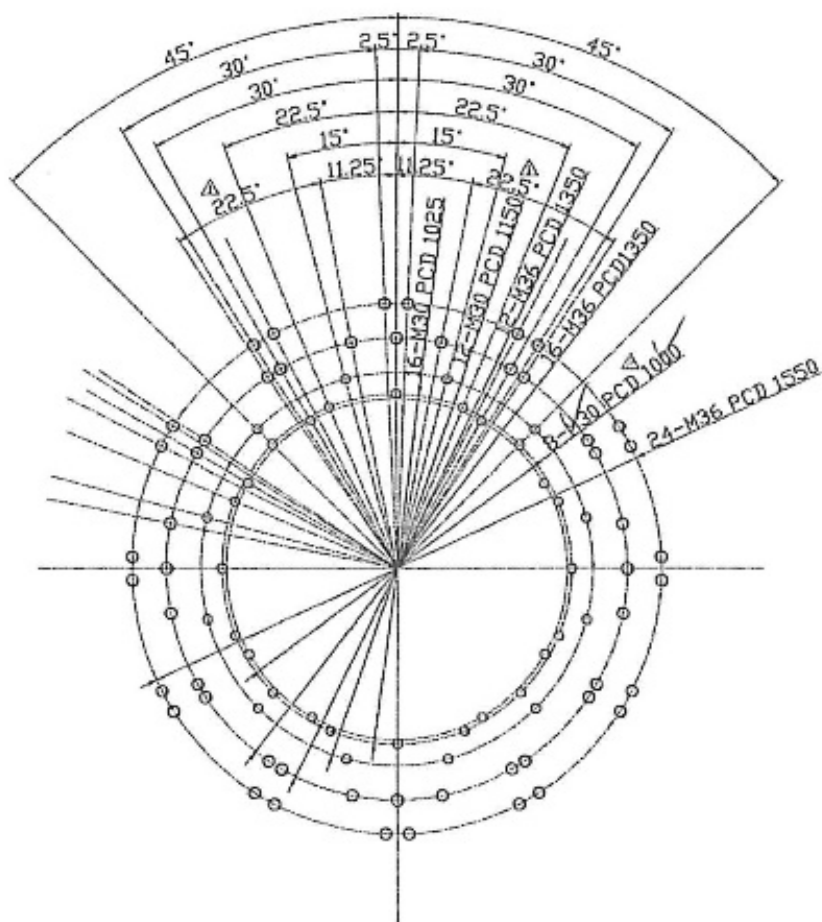
PCD=1350mm：16-M36 貫通ボルト孔（中心軸より 11.25°回転）

PCD=1550mm：12-M36 貫通ボルト孔 x 2 組（中心軸より 2.5°づつ回転）

このボルト孔を使用して取付ける試験体フランジの厚さは、25mm 程度以上に
して下さい。

取付ボルトの本鋼板への飲込み深さは、厚さ 45mm のため、通常 30~40mm 程
度です。

上記を考慮して、設置用ボルトの首下長さを決めて下さい。

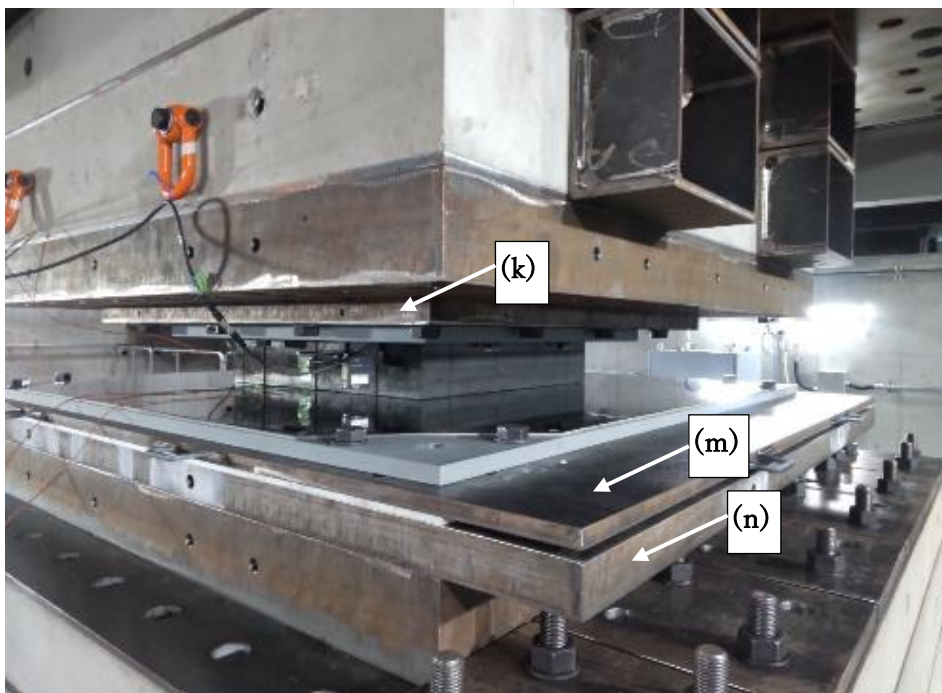
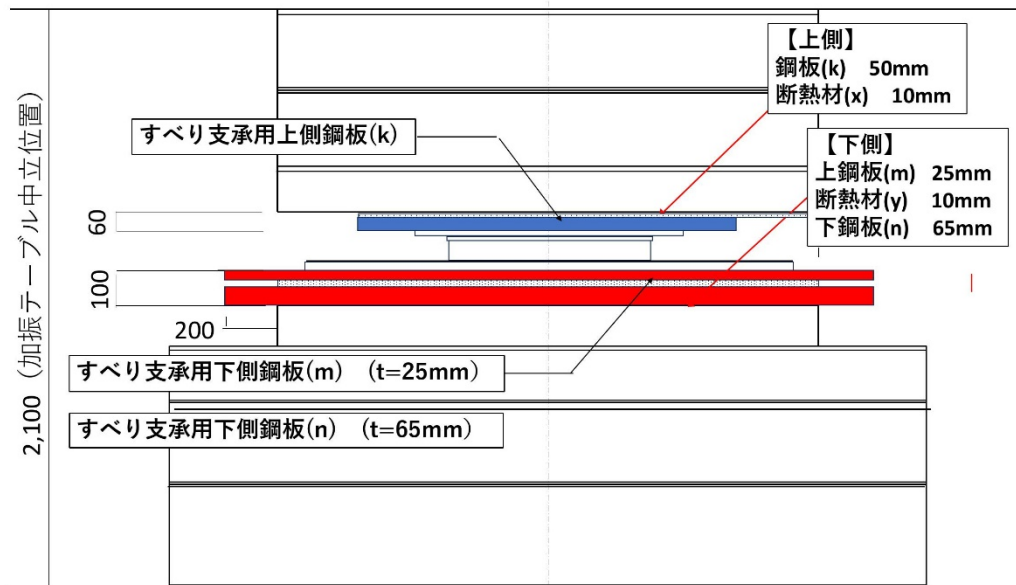


アイソレーター 取付用ネジ寸法図

5. 球面滑り支承、弾性すべり支承などの試験に使用する上下鋼板

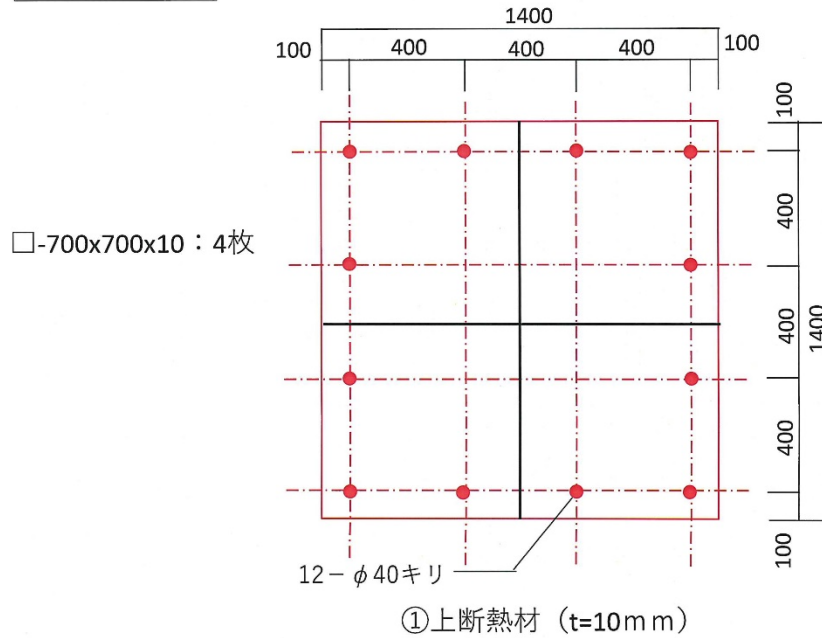
弾性すべり支承などの試験体の設置のために、上下アタッチメントの下、および上に設置して使用する鋼板 (k)、(m)、(n)を以下に示します。このとき滑り面に生じる摩擦熱が試験機側の鋼材に伝達しにくくするための断熱材を準備しています。

■ 弾性すべり支承 鋼板(k), (m), (n) +断熱材(x), (y)

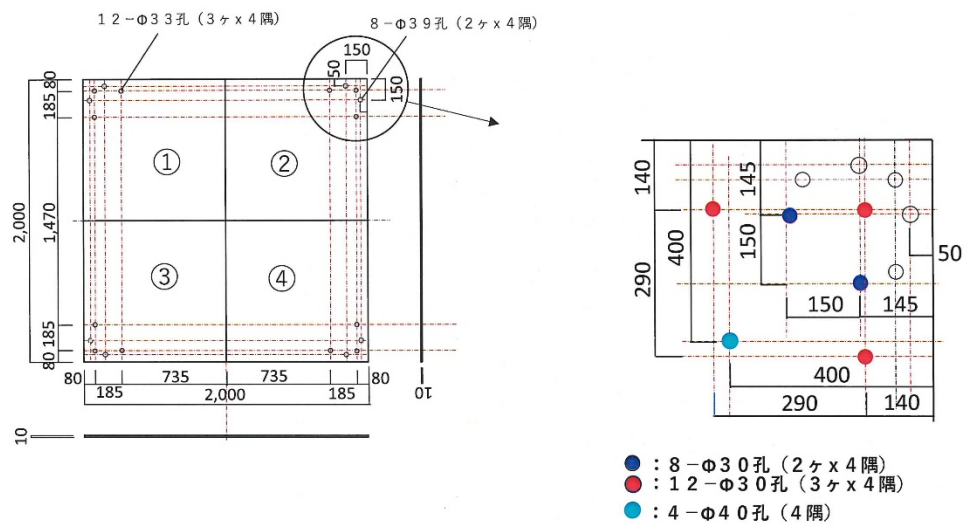


・ すべり支承用断熱材(x),(y)

上側断熱材

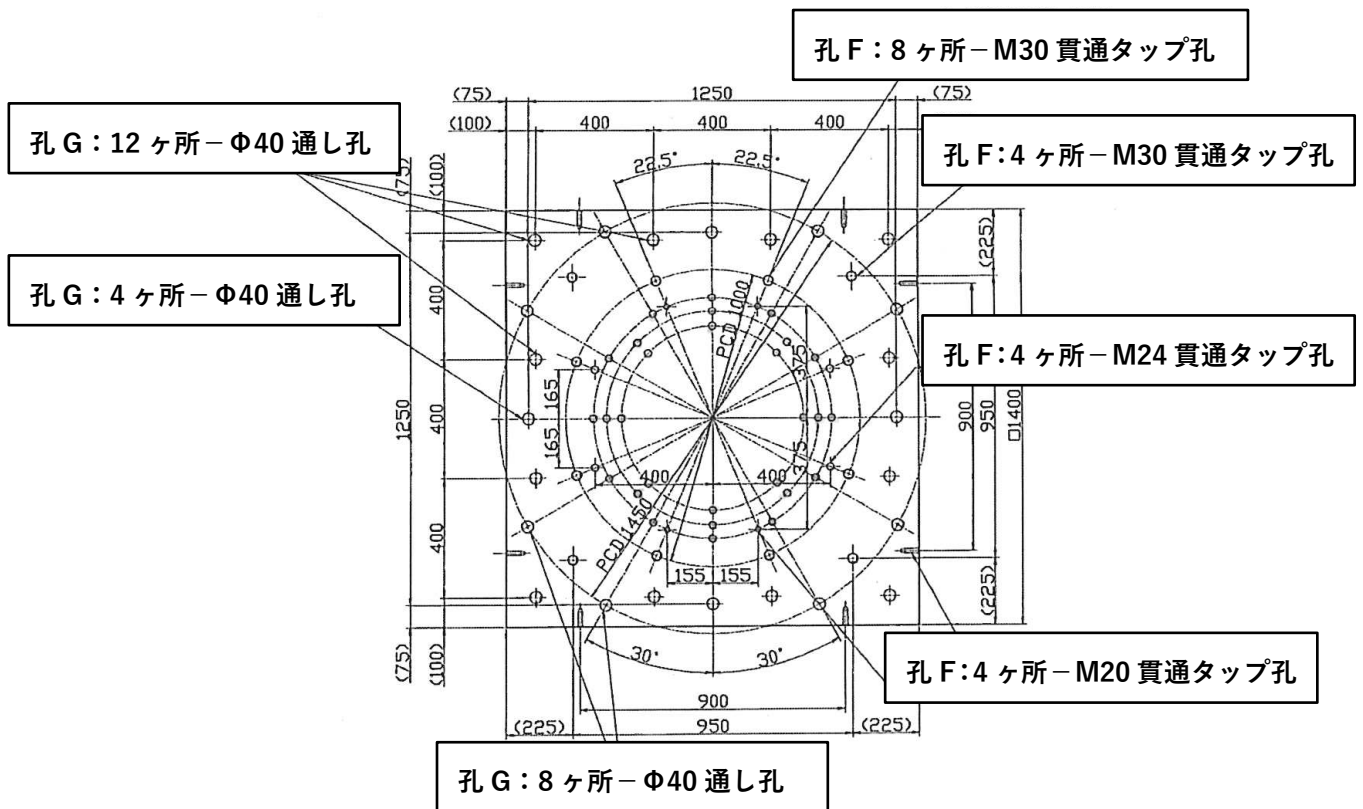


下側断熱材



・ すべり支承用鋼板の取付ボルト孔詳細

1) 上側鋼板(k)



- ① 孔 F : 8-M30、4-M30、4-M24、4-M20 貫通タップ孔
 上すべりゴム支承試験体を、本上側鋼板に設置するためのボルト孔です。
 上すべりゴム支承試験体を設置するボルトの本上側鋼板への埋込長さは、本鋼板厚さが 50mm なので、通常 30mm～45mm 程度になります。
 上記を参考に、設置用ボルトの首下長さを決めて下さい。
- ② 孔 G : 12-φ40、4-φ40、8-φ40 通し孔
 本上鋼板を、t=145mm 鋼板に接続するためのボルト孔です。

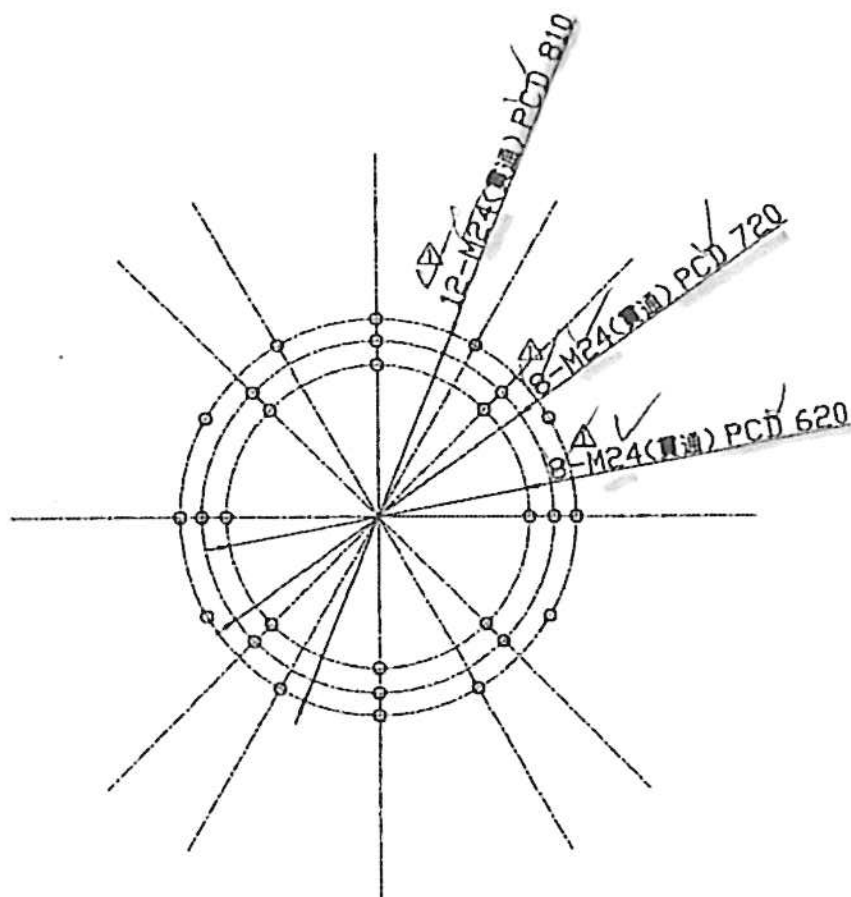
③ 上すべりゴム支承試験体を本上側鋼板に設置するためのボルト孔

(位置は下図参照)

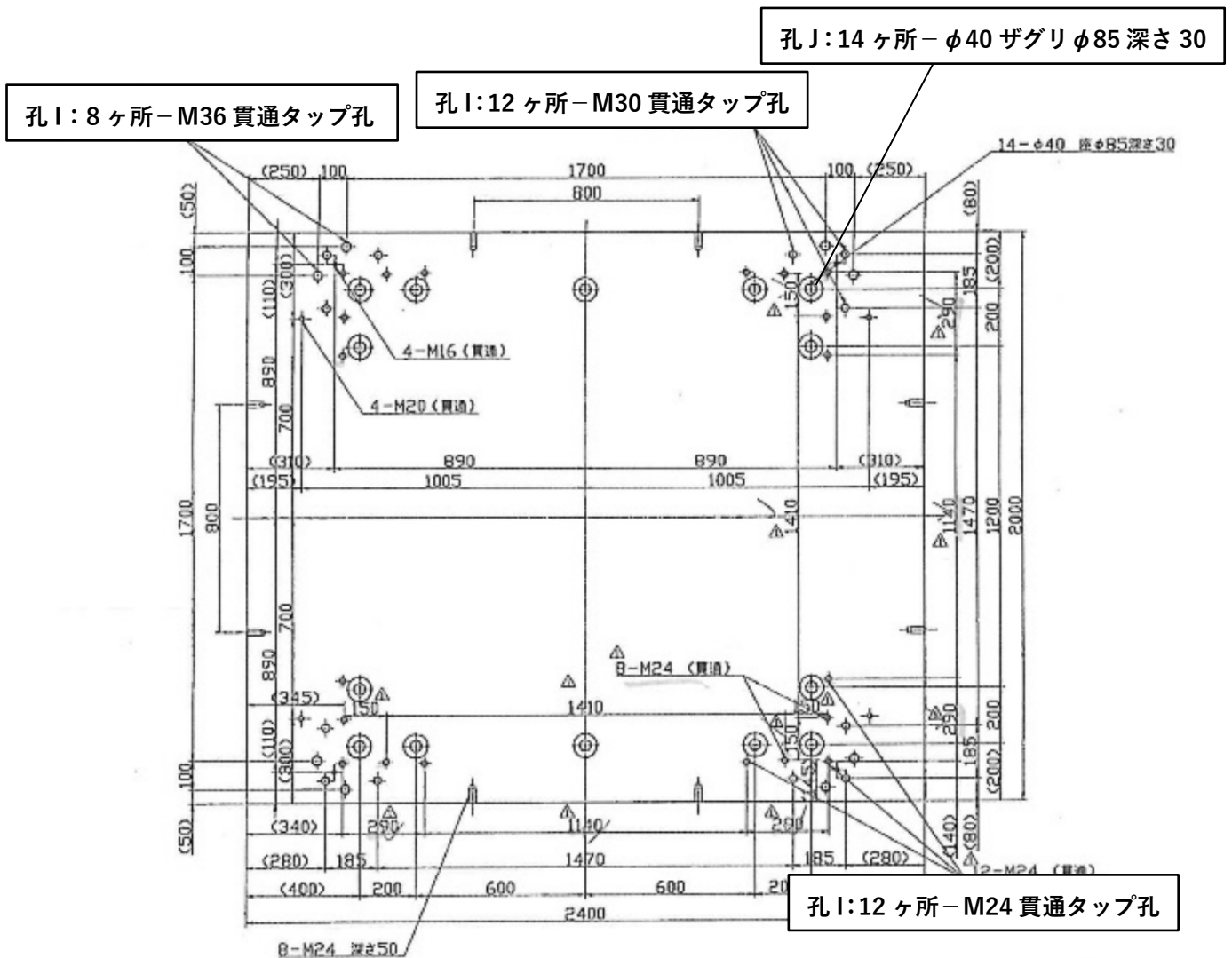
PCD= 620mm : 8-M24 貫通ボルト孔

PCD= 720mm : 8-M24 貫通ボルト孔

PCD= 810mm : 12-M24 貫通ボルト孔



[断熱材の下側に設置する鋼板(n)]



② 孔 I : 8-M36、12-M30、12-M24 貫通タップ孔

断熱材を挟んで上にある上側鋼板を、下側鋼板に接続するためのボルト孔です。

上側鋼板を、断熱材を挟んで本下側鋼板に接続するためのボルトの埋込長さは、本鋼板厚さが 65mm であるため、通常 30mm~60mm になります。

上記を参考に、設置用ボルトの首下長さを決めて下さい。

③ 孔 J : 14 ヶ所 - φ40 ザグリφ85 深さ 30 通し孔

本鋼板を、下に設置している t=145mm 鋼板に取付けるための通し孔です。

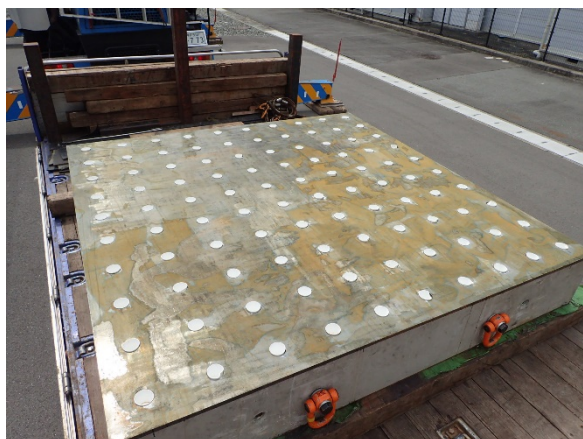
上に設置する断熱材のため、ボルトの頭が突出しないためにザグリ穴があります。

6. 鋼板コンクリートおよび 145mm 厚鋼板のすべり防止

複数の鋼板コンクリートの間および鋼板コンクリートと鋼板 (t=145mm) の間の水平方向のすべり防止のため、以下の対策を実施してあります。

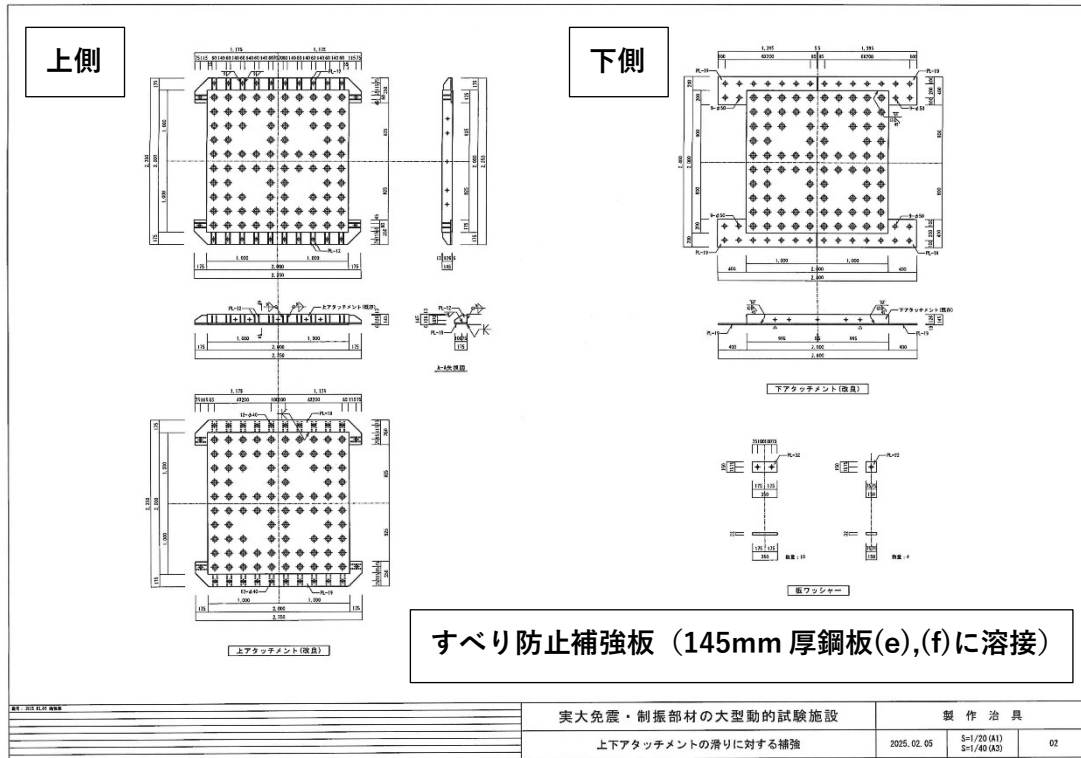
1) 鋼板コンクリート間のすべり防止対策

鋼板の上面および下面の黒皮を除去した後、発錆剤を用いた発錆により表面の摩擦係数の増加対策を行いました。



2) 145mm 厚鋼板(e),(f)のすべり防止

締付ボルトの本数を増やすことにより締付力を増加し摩擦抵抗力を増しました。このために厚鋼板の側面に平鋼板を溶接し、締付ボルトの本数を増しました。



上側補強板

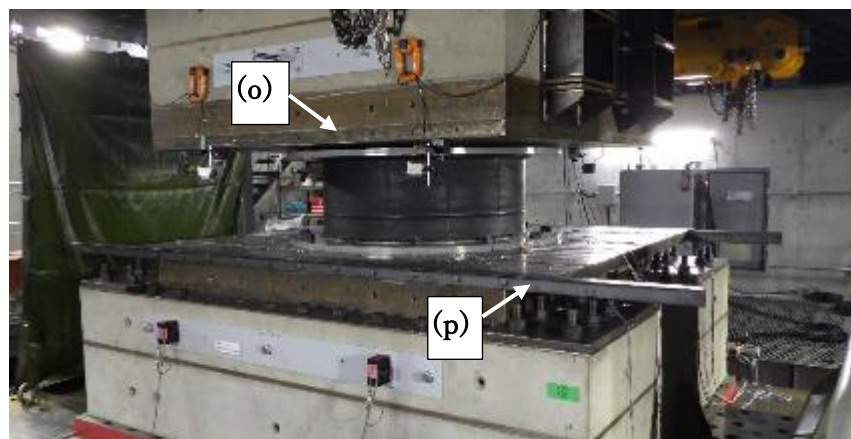
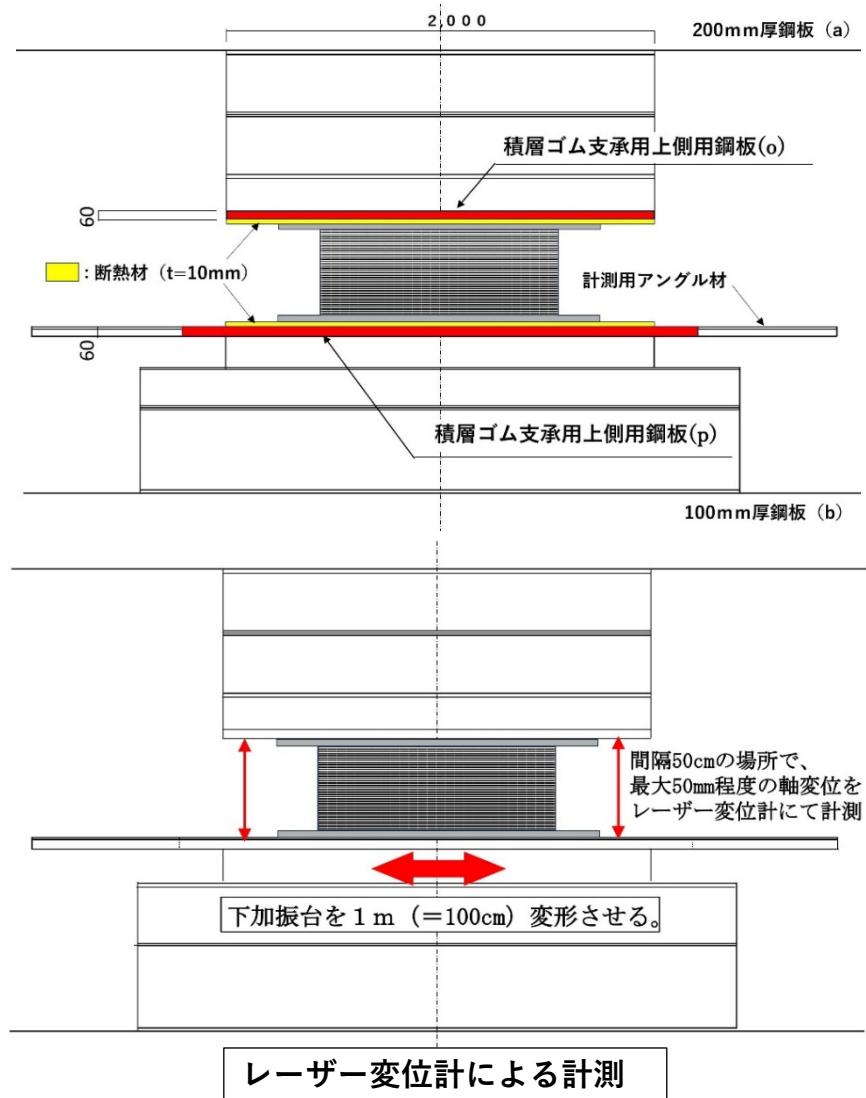


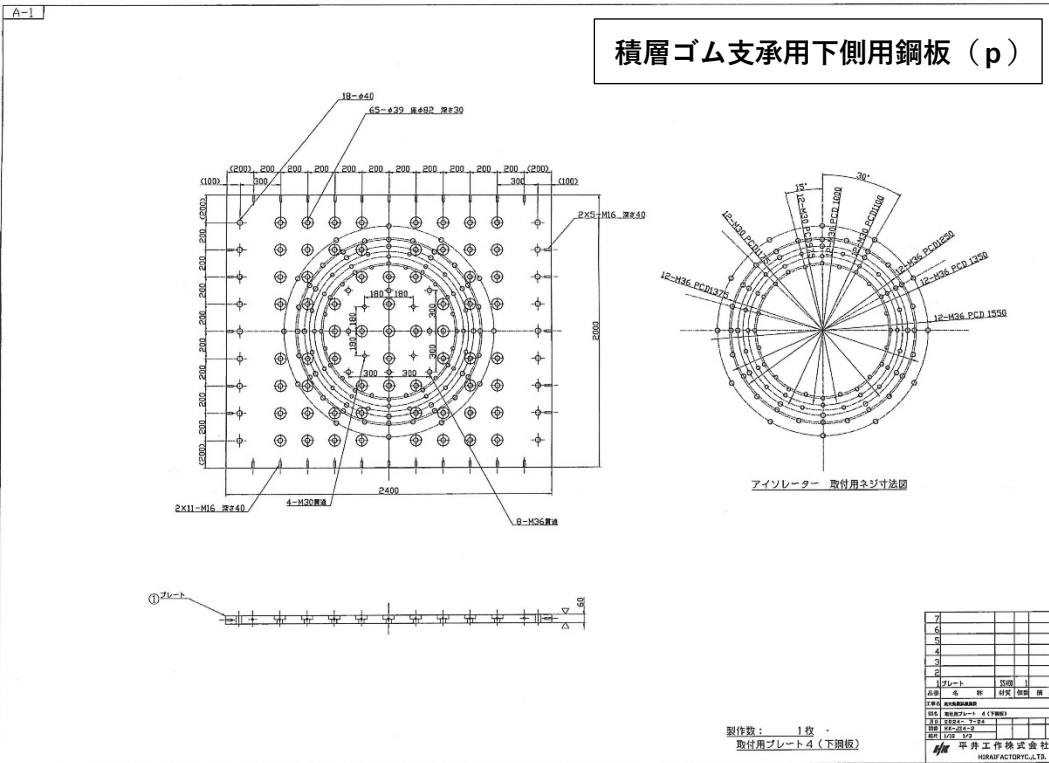
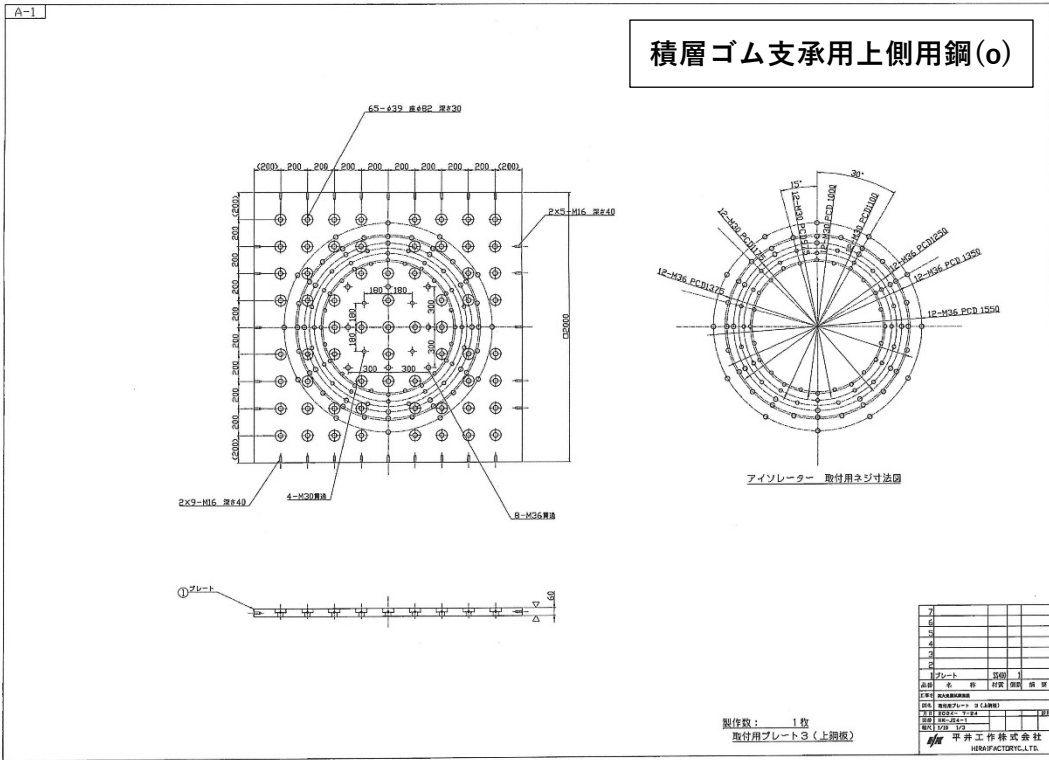
下側補強板



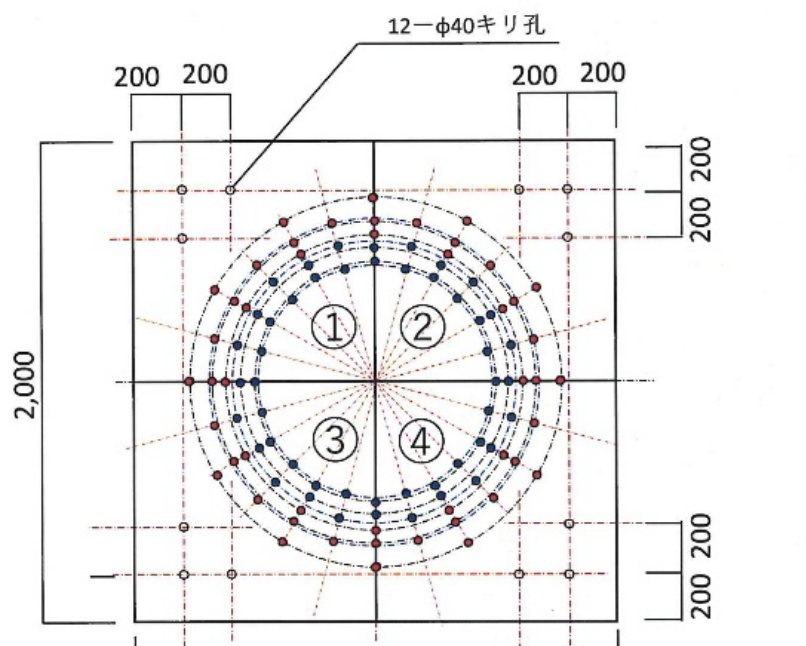
7. 大変形時に鉛直変形を計測する場合用の上下鋼板

2024年度科研費実験において、1m近くの水平方向大変形時に、鉛直変位を計測するために、水平変形方向に下側鋼板を長くした鋼板を使用しました。



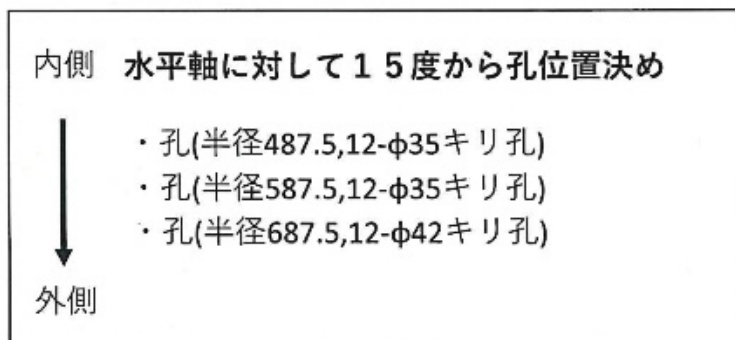
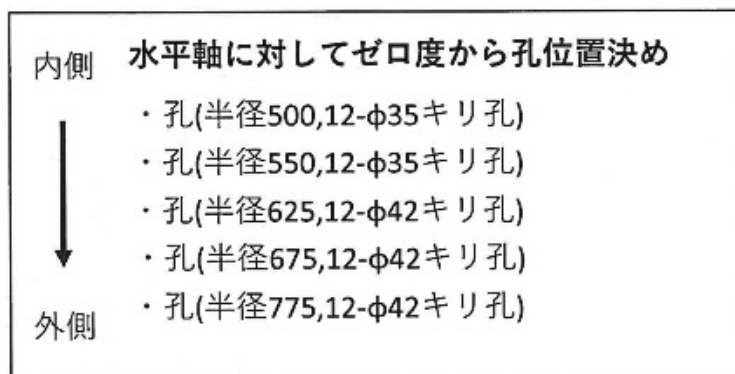


・断熱材（厚さ=10mm）（z）



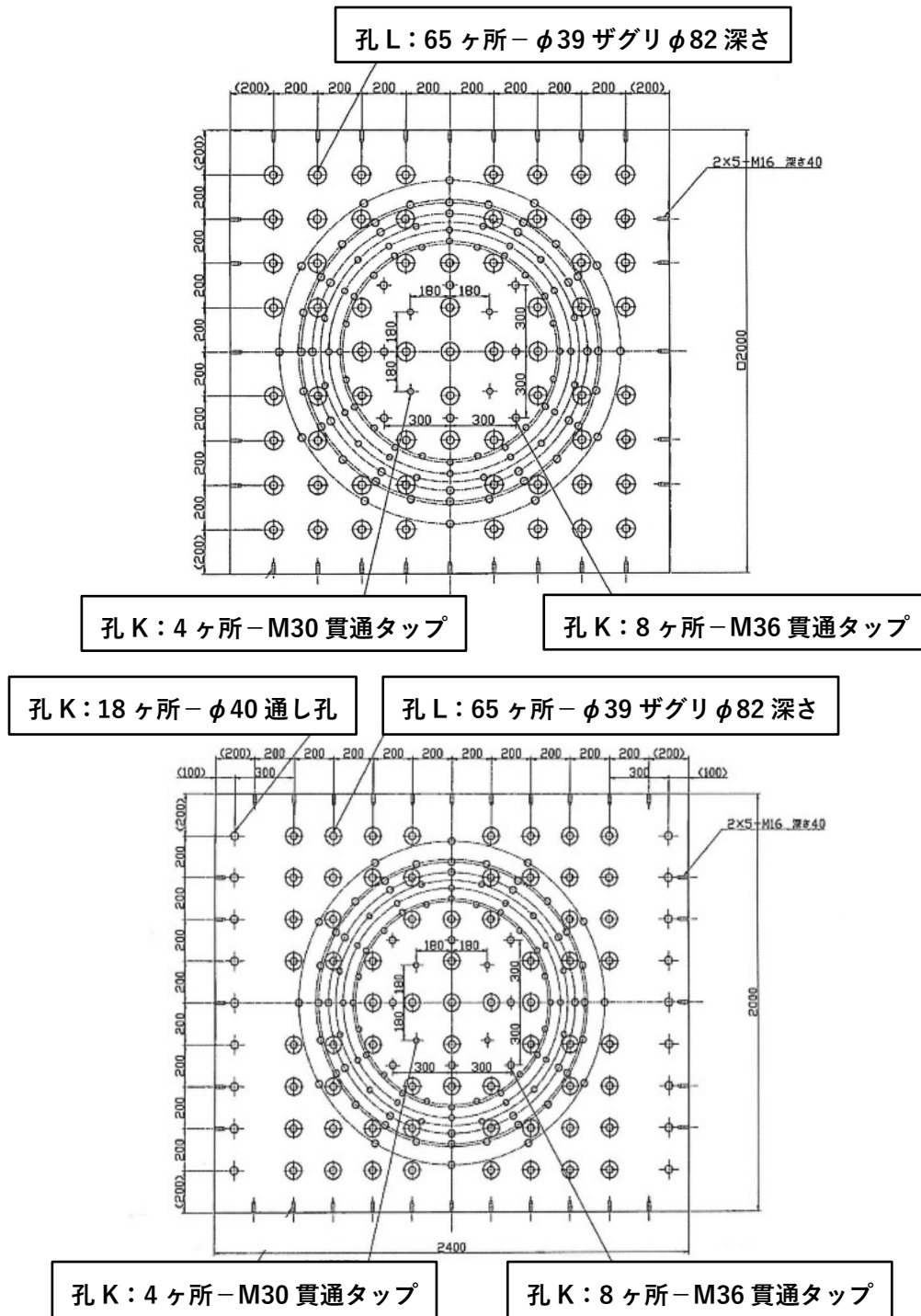
枚数：4枚（□-1000 x 1000 x 10/枚）x 2セット（上下用）

重量：約20kg/枚



・大変形時に鉛直変形を計測する場合用の上下鋼板の取付ボルト孔詳細

上側・下側用鋼板(o)、(p)

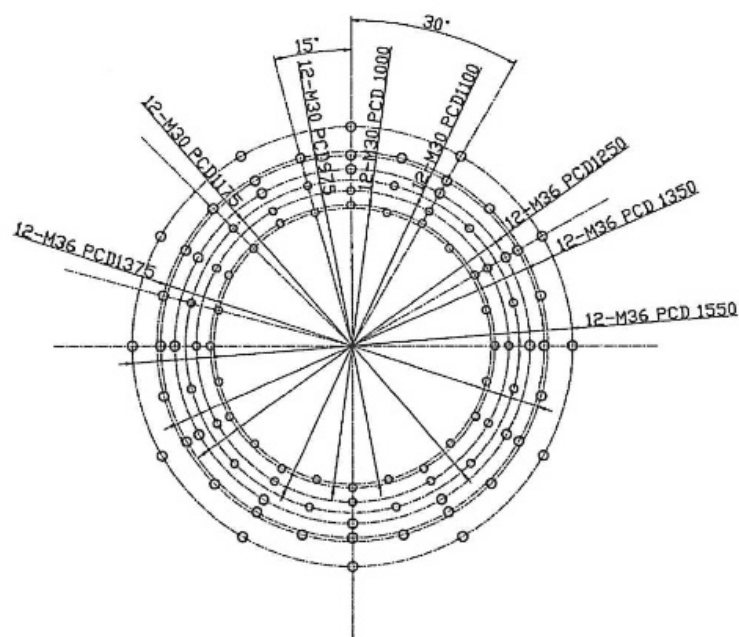


- ① 孔 K : 8-M36、4-M30、12-M24 貫通タップ孔
 試験体を本鋼板に取付けるためのボルト孔です。
 試験体を取付けるボルトの埋込長さは、本鋼板厚さが 60mm であるため、通常 30mm~55mm までとなります。
- ② 孔 L : 65ヶ所-φ39 ザグリφ82 深さ 30mm 通し孔
 本鋼板を、t=145mm 鋼板に取付けるための通し孔です。
 積層ゴム支承設置時にボルトの頭が突出しないためにザグリを用いています。
- ③ 積層ゴム支承試験体の設置用ボルト孔 (位置は下図参照)
 PCD= 975mm : 12-M30 貫通ボルト孔 (中心から 15°回転)
 PCD=1000mm : 12-M30 貫通ボルト孔
 PCD=1100mm : 12-M30 貫通ボルト孔
 PCD=1175mm : 12-M30 貫通ボルト孔 (中心から 15°回転)
 PCD=1250mm : 12-M36 貫通ボルト孔
 PCD=1350mm : 12-M36 貫通ボルト孔
 PCD=1375mm : 12-M36 貫通ボルト孔 (中心から 15°回転)
 PCD=1550mm : 12-M36 貫通ボルト孔

このボルト孔を使用して取付ける試験体フランジの厚さは、25mm 程度以上が望ましい。

また、取付ボルトの本鋼板への飲込み深さは、厚さ 60mm のため、通常 30~55mm 程度です。

上記を参考に、設置用ボルトの首下長さを決めることを推奨します。



アイソレーター 取付用ネジ寸法図

2. 免震用または制振用ダンパー試験に使用する H 形鋼鉄骨と試験体両端鉄骨治具
2000kN までの抵抗力を発揮する各種ダンパーの試験に用いることができます。
試験体の左右のピン間距離は、加振台上治具 (b) の東西方向の位置によって調節できま
す。

・ 試験体両端取付治具(c)の試験体側の内法寸法 X について (下図参照)

最短の場合：約 2,800mm

(条件) ・ ±600mm の変位が可能なように、上加振テーブル位置は中立位置
から西側 (下図左) に 600mm の位置を想定

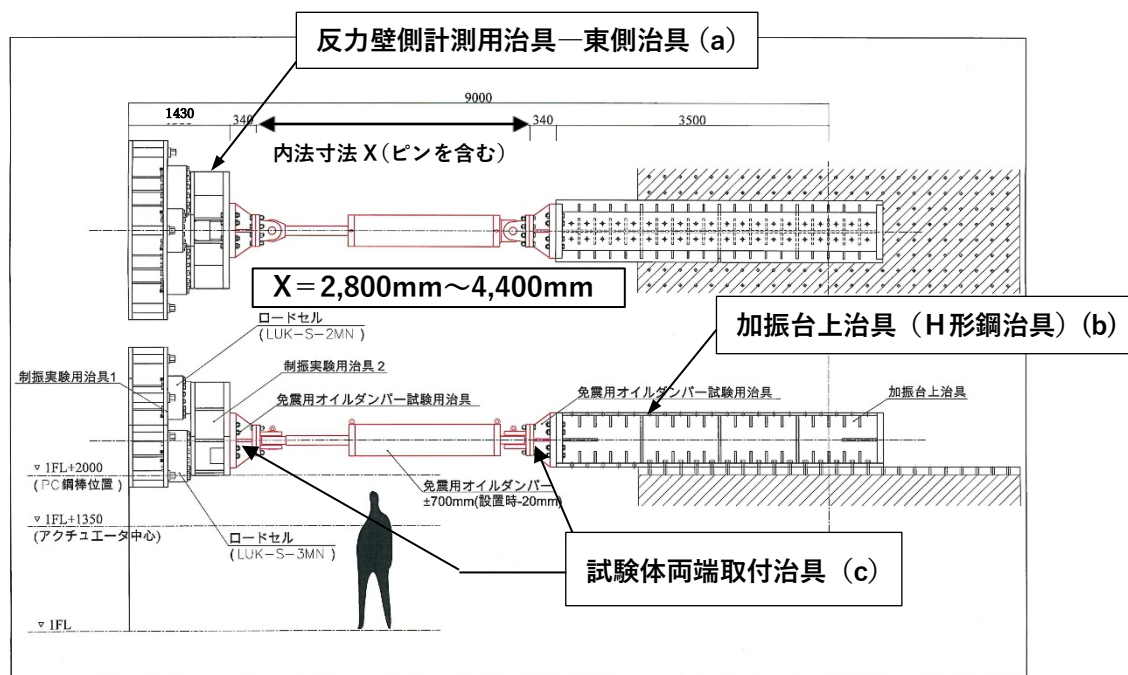
・ 加振台上治具(b)を上加振テーブル端部より 1,000mm 西側に突出
して固定

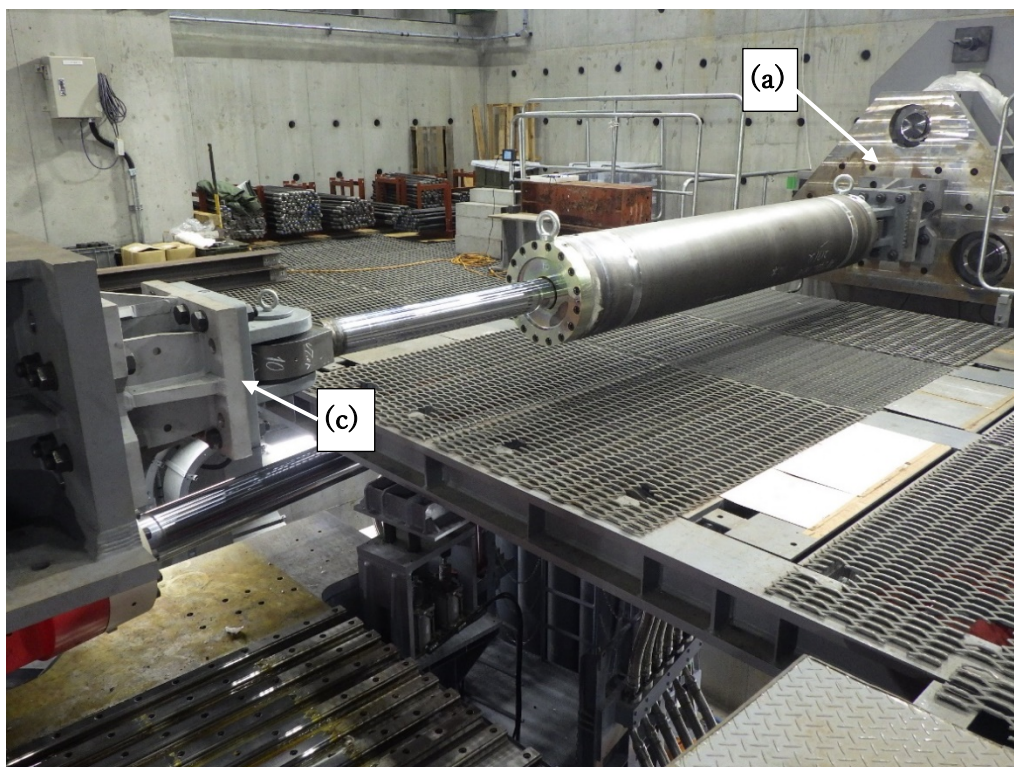
最長の場合：約 4,400mm

(条件) ・ ±600mm の変位が可能なように、上加振テーブル位置は中立位置
から東側 (下図右) に 600mm の位置を想定

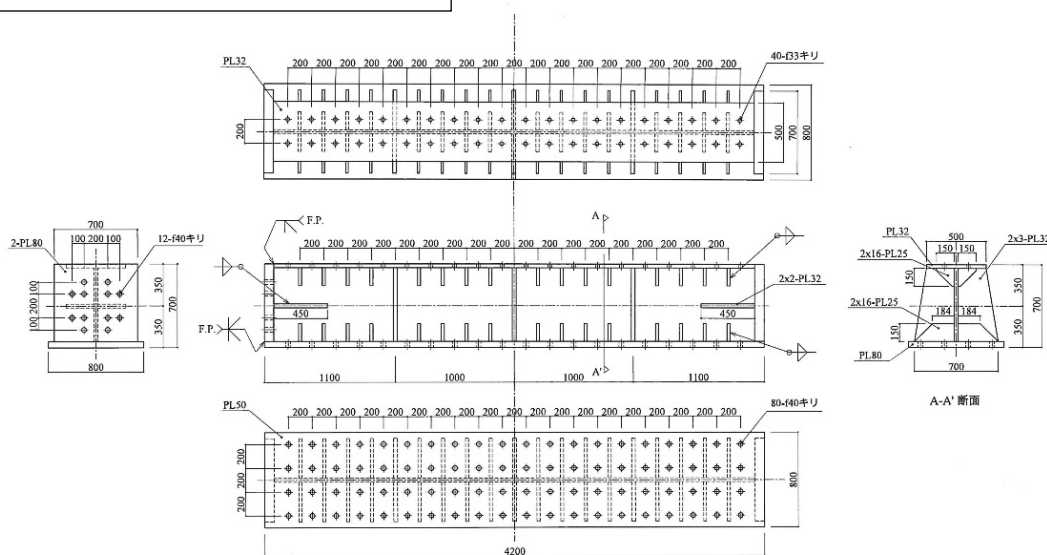
・ 加振台上治具(b)端部を上加振テーブル端部と同じ位置に固定

(注) 実際に取付け可能な試験体寸法は、加力変位等の条件により変わるので、実際の
試験機・治具の寸法により個別に検討してください。





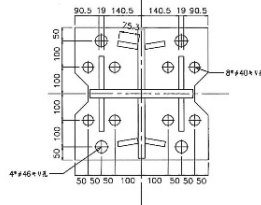
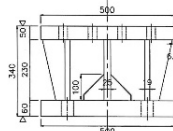
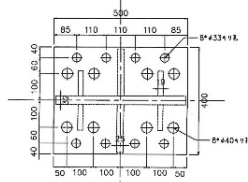
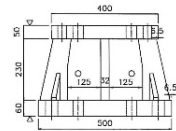
加振台上治具（H形鋼治具）(b)



試験体両端取付治具(c)

試験用治具

加工図



保有台数 : 2台
 接続ボルト : 8-M36
 材種 10.9

3. 制振用オイルダンパー試験用の2と同じH形鋼鉄骨と試験体両端鉄骨治具

2000kN までの抵抗力のダンパーの試験に用いることができます。

試験体の左右のピン間距離は、加振台上治具 (b) の東西方向の位置によって調節できます。

- ・ 制振ダンパー試験体の両端取付治具(d)の内法寸法 L (試験体寸法) について (下図参照)

最短の場合：約 1,200mm

(条件) ・ ±300mm の変位が可能のように、上加振テーブル位置は中立位置から西側 (下図左) に 900mm の位置を想定

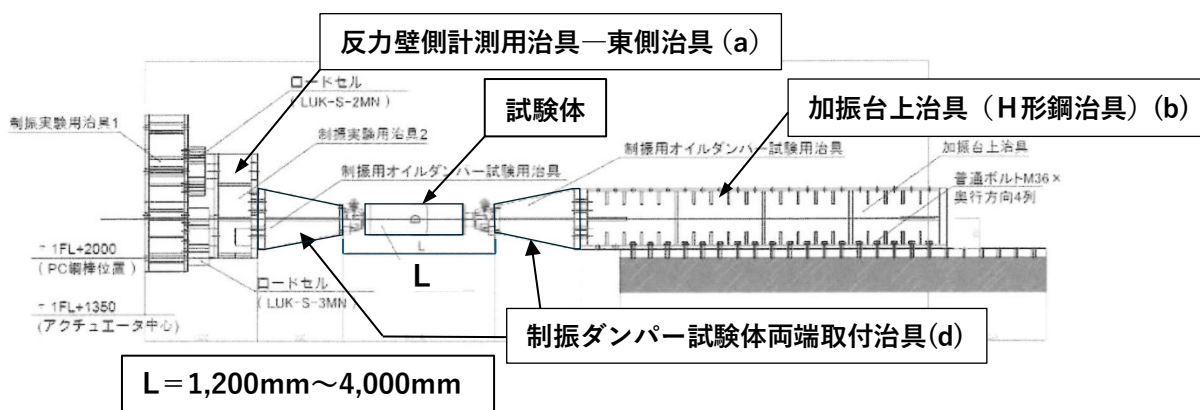
- ・ 加振台上治具(b)を上加振テーブル端部より 1,000mm 西側に突出して固定

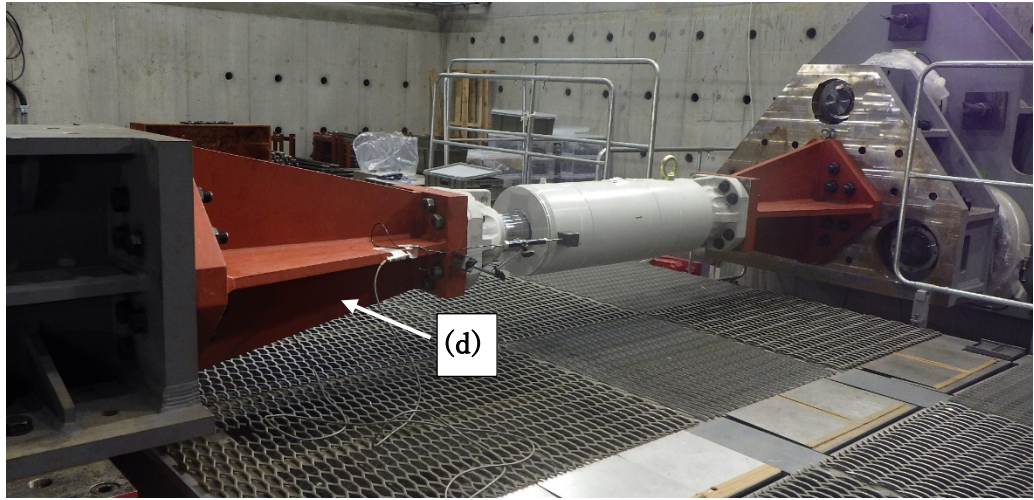
最長の場合：約 4,000mm

(条件) ・ ±300mm の変位が可能のように、上加振テーブル位置は中立位置から東側 (下図右) に 900mm の位置を想定

- ・ 加振台上治具(b)端部を上加振テーブル端部と同じ位置に固定

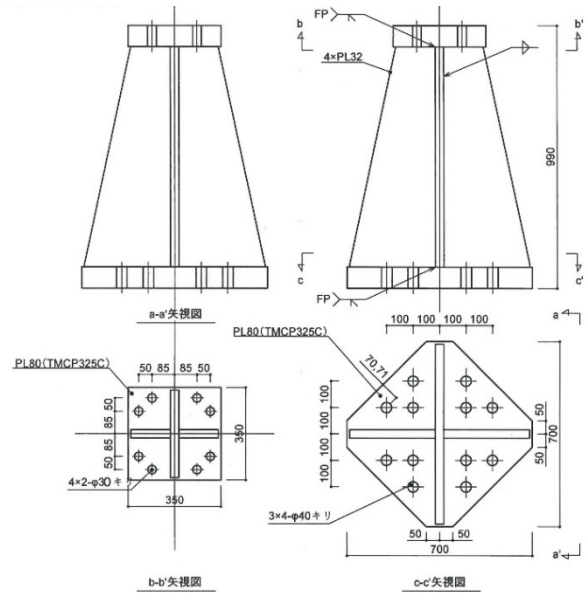
(注) 実際に取付け可能な試験体寸法は、加力変位等の条件により変わるので、実際の試験機・治具の寸法により個別に検討してください。





制振ダンパー試験体両端取付治具(d)

保有台数 : 2 台
 接続ボルト : 12-M36 (右図下側)
 8-M27 (右図上側)
 材種 10.9



4. ブレース型ダンパー試験に使用する H 形鋼鉄骨と試験体両端鉄骨治具

5000kN までの抵抗力のブレース型ダンパーの試験に用いることができます。
上加振台とこの治具の間の滑りを防止するために、積層ゴムを用いて鉛直力を与えます。摩擦係数が 0.33 として 15,000kN の圧縮力を与えれば、5,000kN の水平力まで滑りません。

試験体の（左端と右端）(g) の長さは、加振台上治具 (f) の東西方向の位置によって調節できます。

- ・試験体両端取付治具(g)の内法寸法 Y について（次ページ参照）

最短の場合：約 2,700mm

（条件）・鉛直力用の積層ゴムは、常に上加振テーブルの中央で、軸心が中立位置と一致しています。

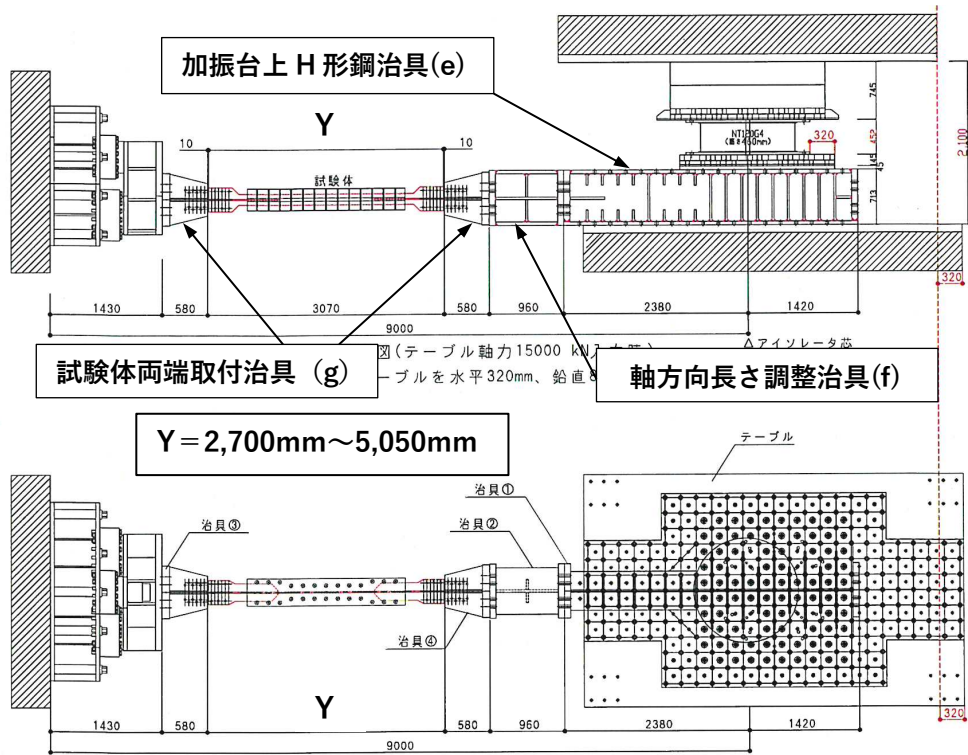
- ・軸方向長さ調整治具(f)を使用する。
- ・加振台上 H 形鋼治具(e)を上加振テーブル端部より 200mm 西側に突出して固定。

最長の場合：約 5,050mm

（条件）・鉛直力用の積層ゴムは、常に上加振テーブルの中央で、軸心が中立位置と一致しています。

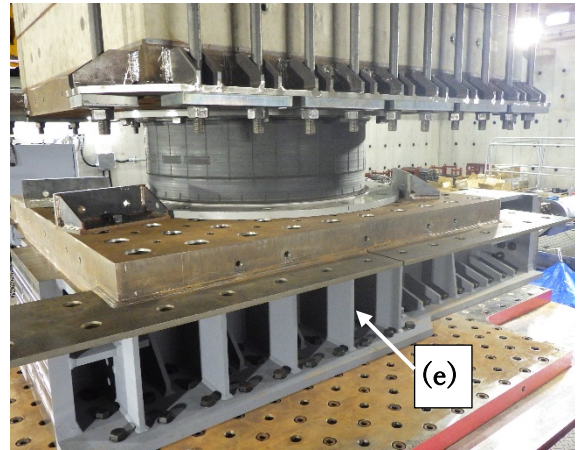
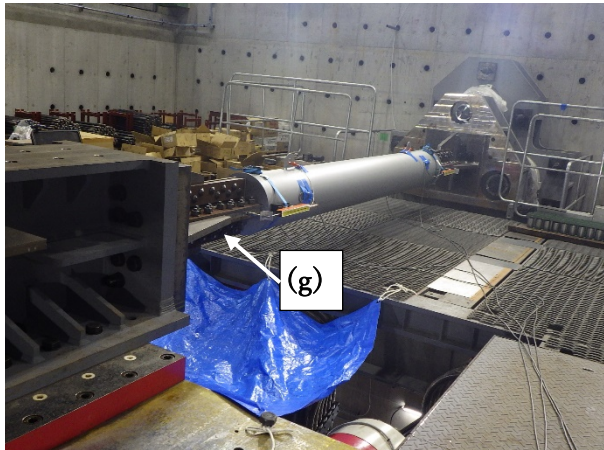
- ・加振台上 H 形鋼治具(e)の東端（図右端）を上加振テーブル東側端部（図右端）と同じ位置に固定。

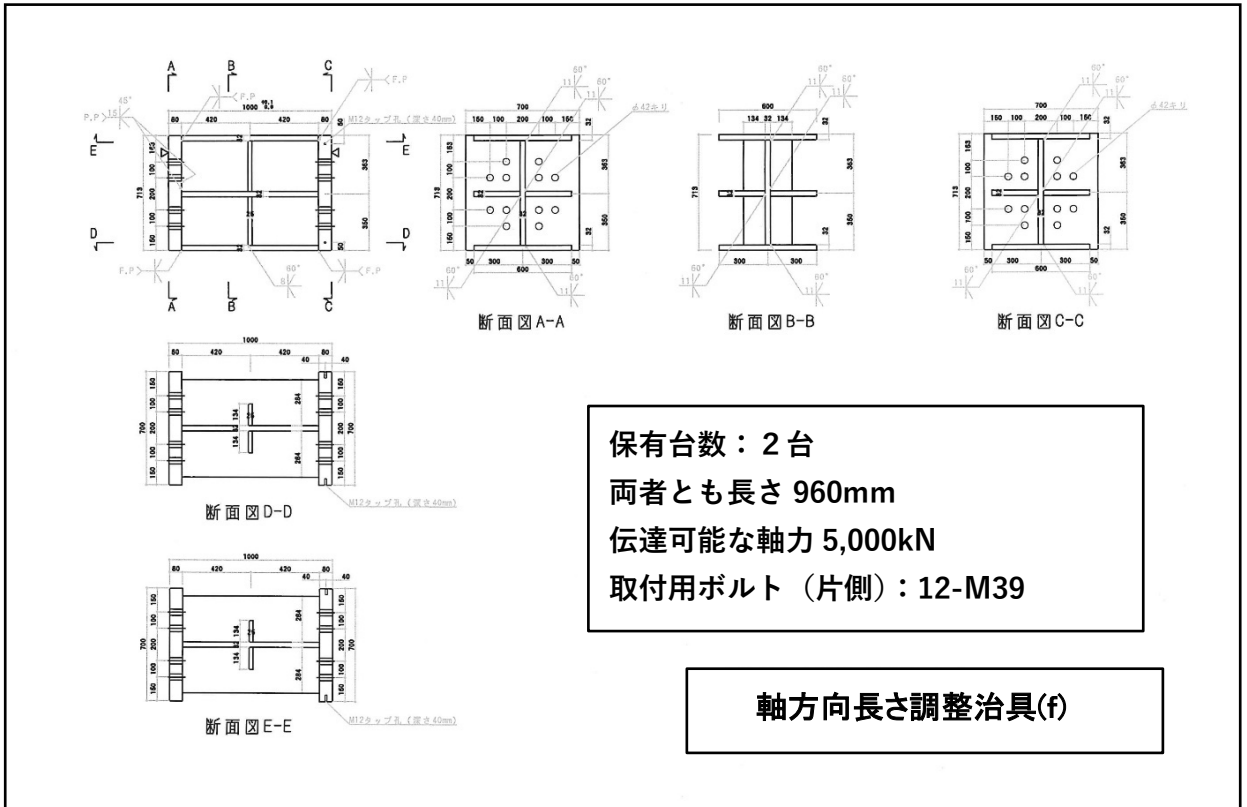
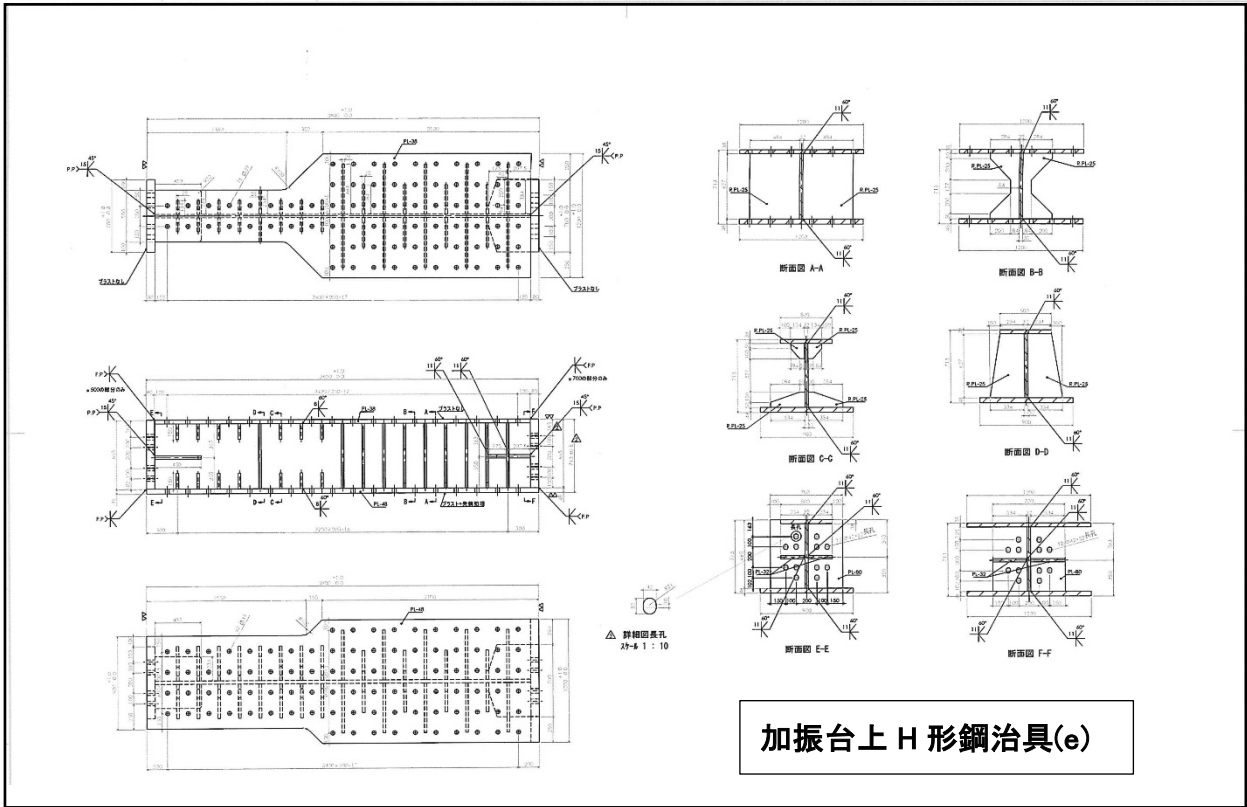
（注）実際に取付け可能な試験体寸法は、加力変位等の条件により変わりますので、実際の試験機・治具の寸法により個別に検討してください。



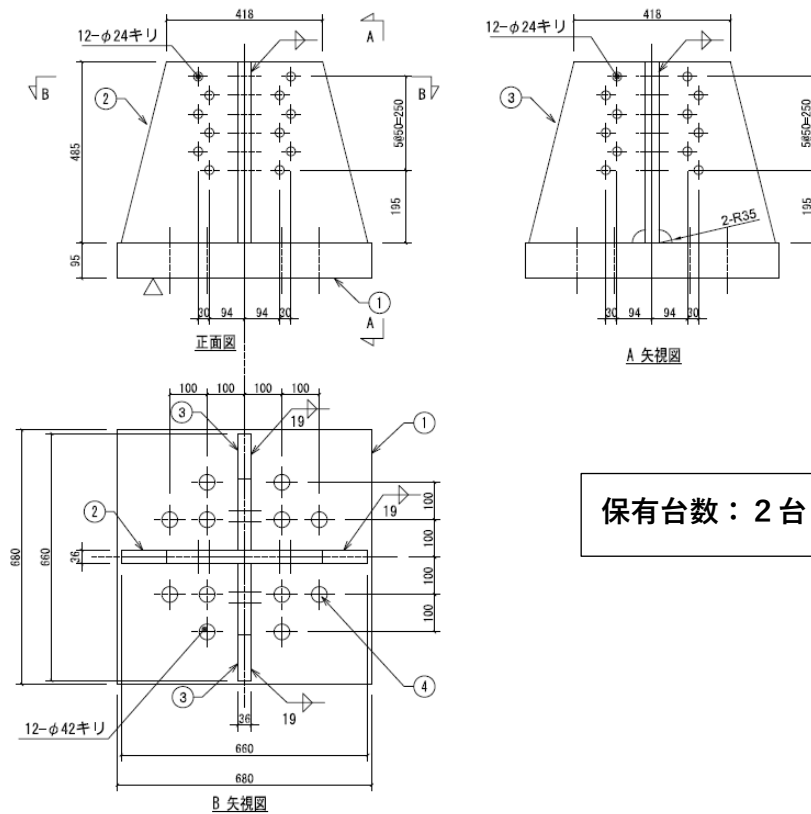
平面図 (3050mm試験体取り付け後)

平面図





試験体両端取付治具(g)



保有台数：2台

ここに挙げた治具を接続するためのボルトは、下記の条件を考慮して決めてください。

ボルト径：12-M39

材種：10.9

首下長さ：接合する鋼板、ワッシャー、ナットの厚さを考慮して下さい。

ボルト間隔が狭いので、締付には締付専用のレンチが必要です。事前にご相談ください。

試験体の端部の十字形接合部の鋼板の板厚が薄い場合は、板厚調整用の板を用意してください。