

## S31.階高が高い小規模鉄骨造建築物の ボルト接合に関する基準の合理化に関する検討

- (イ) 梁継手に関する接合部実験と実大骨組試験体  
による検証実験
- (ロ) ブレース接合部に関する実験と実大骨組試験体  
による検証実験

事業主体

大阪大学  
東京工業大学

宇都宮大学

共同研究機関

(独) 建築研究所

# 調査の概要

鉄骨造建築物や住宅等において、ボルト接合を使用する部位として梁継手やブレース接合部等が考えられる。建築物の層間変形の計算では、ボルト孔の滑り(クリアランス)を考慮する必要がある。実験による検証と滑りを考慮した簡易な計算方法の提案が必要である。そのため、階高が高い小規模鉄骨造建築物を主対象として以下のような接合部の実験と実大骨組試験体による検証実験を行う。

**(イ) 梁継手に関する接合部実験と実大骨組試験体による検証実験：**ボルト接合を使用した梁継手の接合部等の実験を行って、ボルト孔の滑りを伴う履歴性状の確認、梁の塑性変形性能に及ぼす影響等の調査検討を行う。それらの結果に基づいて、骨組の層間変形の簡易な計算方法について検討し、提案する。また実大骨組試験体による検証実験を行う。

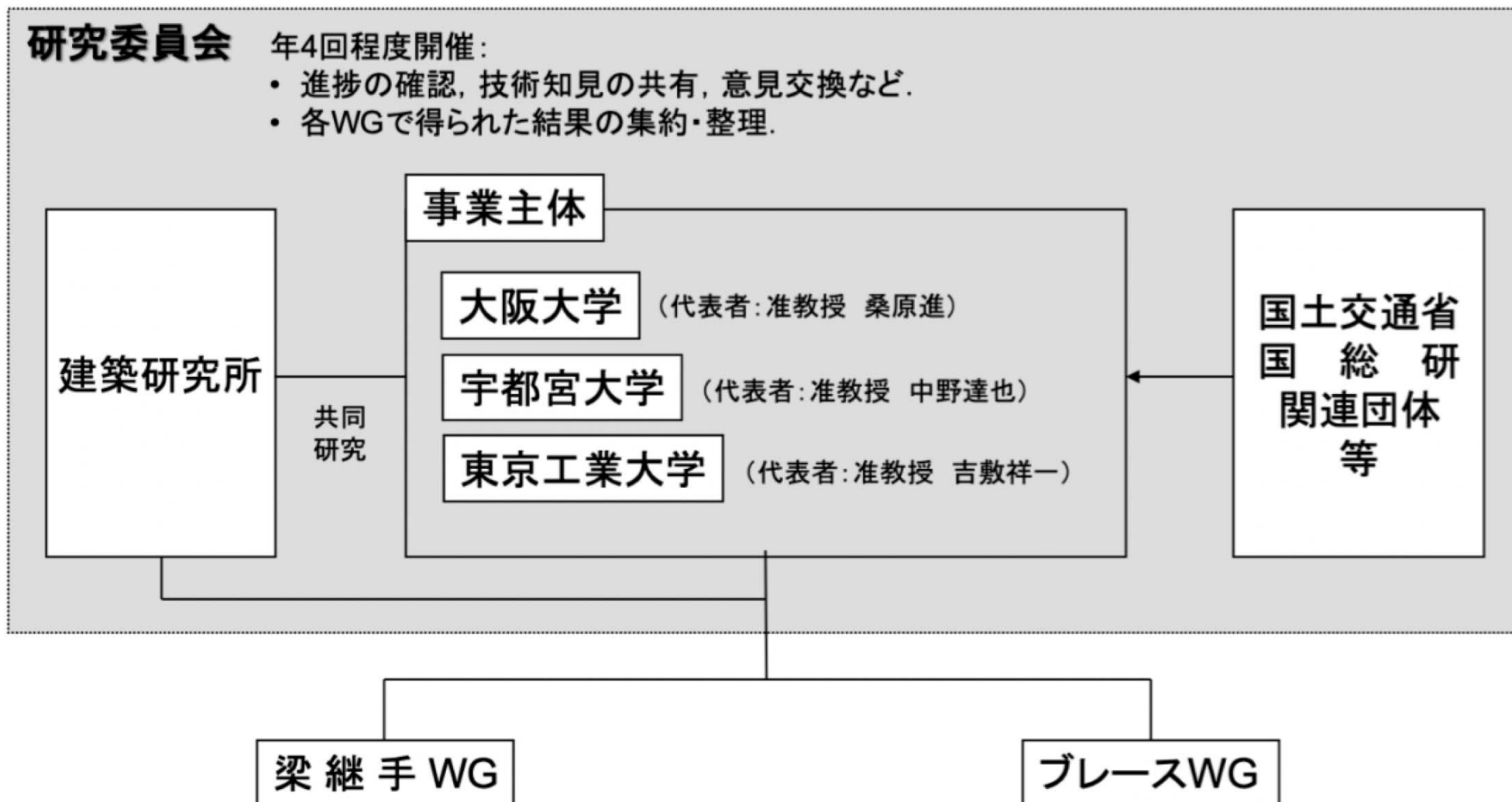
**(ロ) ブレース接合部に関する実験と実大骨組試験体による検証実験：**ボルト接合を使用したブレース接合部等の実験を行って、ボルト孔の滑りを伴う履歴性状の確認、ブレースの塑性変形性能に及ぼす影響等の調査検討を行う。それらの結果に基づいて、ブレース骨組の層間変形の簡易な計算方法について検討し、提案する。また実大骨組試験体による検証実験を行う。

# 実施体制

## 研究委員会

年4回程度開催:

- 進捗の確認, 技術知見の共有, 意見交換など.
- 各WGで得られた結果の集約・整理.



梁継手に関する接合部実験と実大骨組試験体による  
検証実験の計画と実行, 知見の分析. (随時開催)

ブレース接合部に関する接合部実験と実大骨組試験体による  
検証実験の計画と実行, 知見の分析. (随時開催)

# 本成果報告資料の構成

## (イ) 梁継手に関する接合部実験と実大骨組試験体による 検証実験：

第Ⅰ編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験

第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

## (ロ) ブレース接合部に関する実験と実大骨組試験体 による検証実験：

第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの  
適用に関する検討

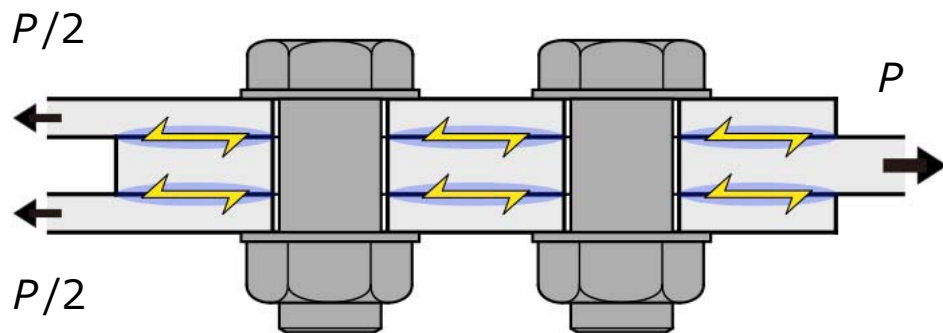
# (イ) 梁継手に関する接合部実験と 実大骨組試験体による検証実験

## 第Ⅰ編

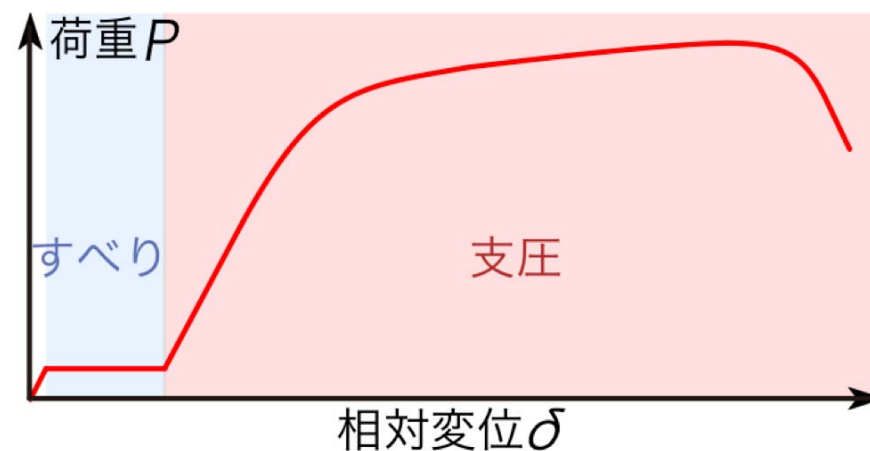
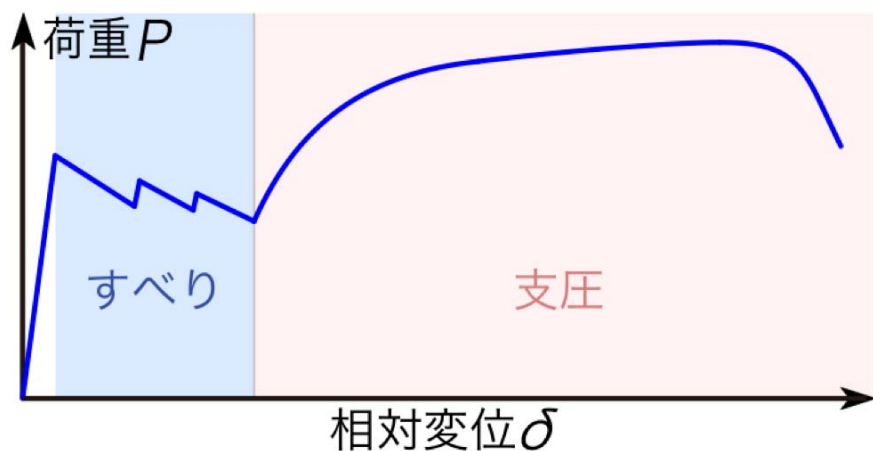
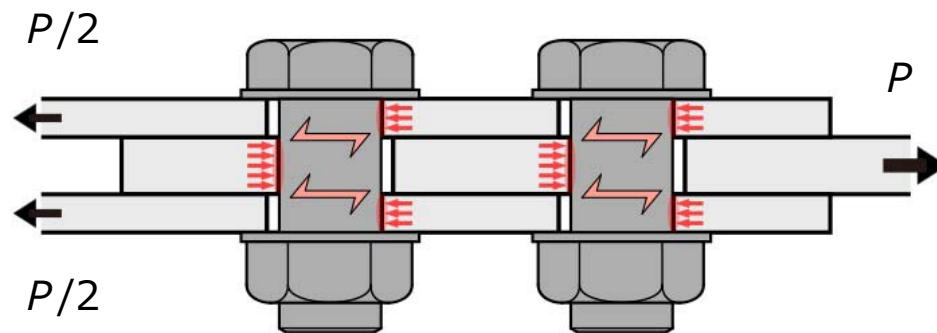
### ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験

# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験 目的

高力ボルト摩擦接合部



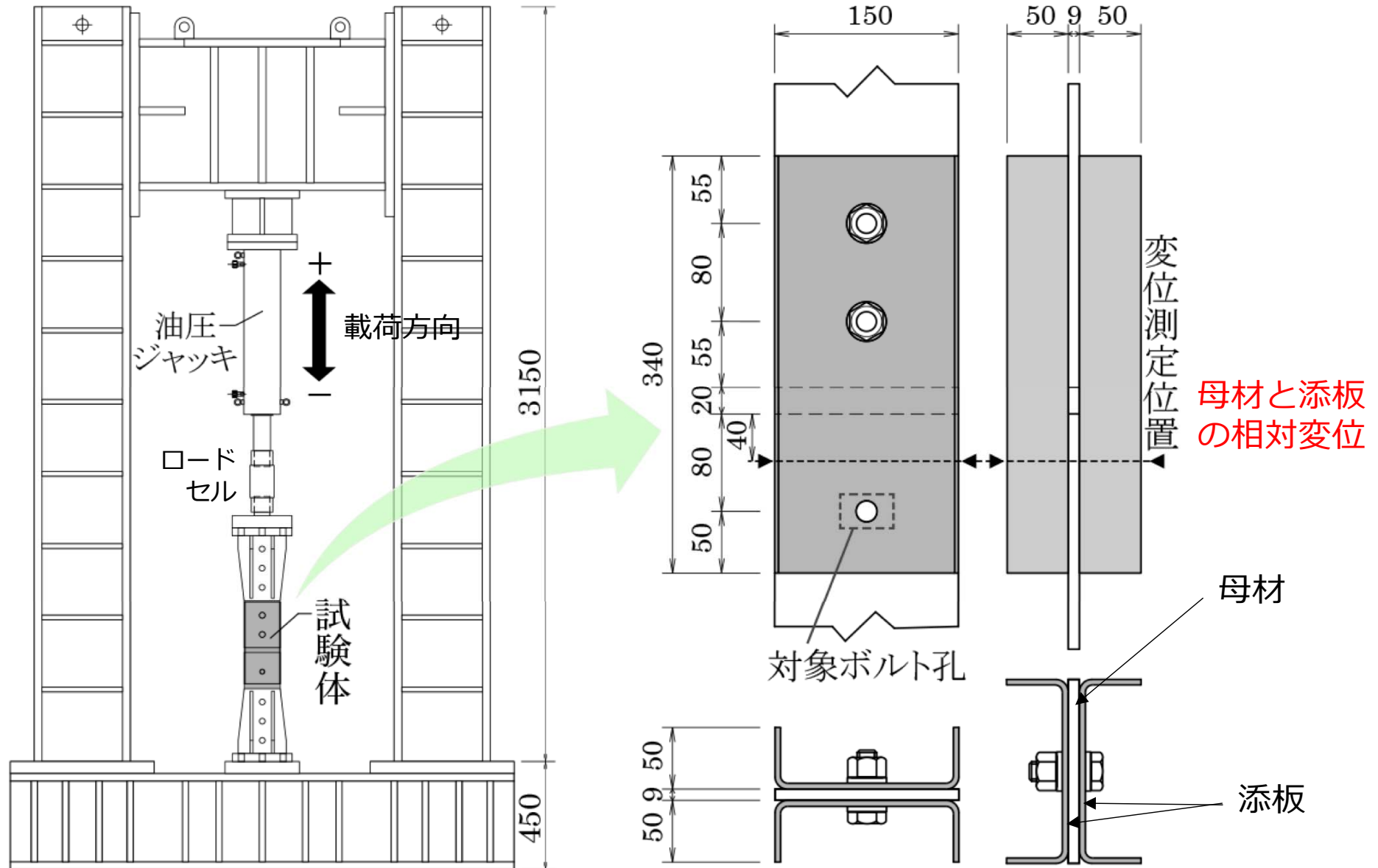
ボルト支圧接合部



ボルト支圧接合で生じるすべり量とその後の支圧状態における履歴性状の把握を，単純な引張試験体の繰返し載荷で実施。

# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験

## 実験概要 — 載荷・計測方法 —



# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験

## 実験概要 ー実験変数ー

### ボルト強度

4.8

引張強度  
400N/mm<sup>2</sup>  
降伏強度が  
その80%

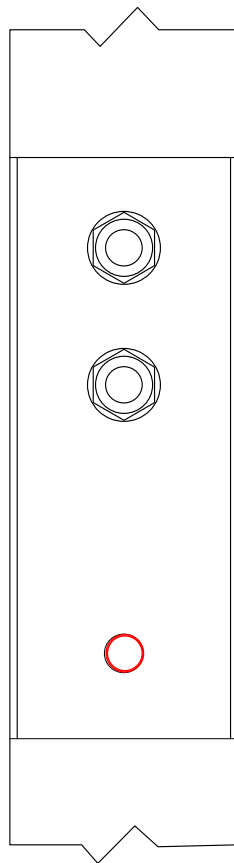
10.9

引張強度  
1000N/mm<sup>2</sup>  
降伏強度が  
その90%



### ボルト径

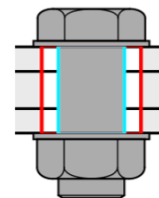
M12, M16, M20



### 添板厚

2.3, 3.2, 4.5, 6, 9mm

### クリアランス(CL)



CL=孔径-ボルト径  
0.5, 1.0, 2.0mm

### 載荷方法

漸増繰返し, 単調

### 締付け

一次締め, 本締め

### ねじ種類

全ねじ, 半ねじ

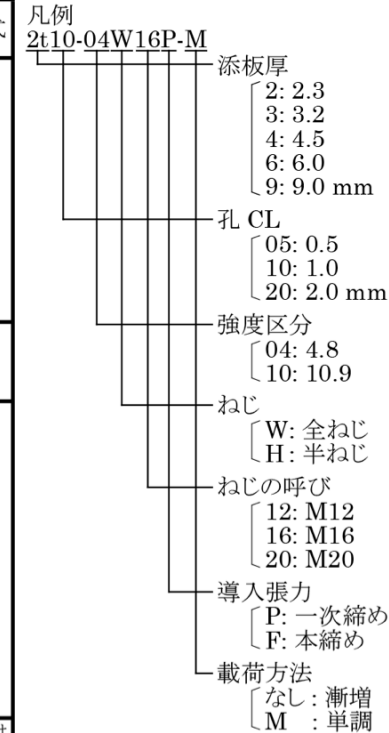
赤字は標準パラメータ

計45体で実験



# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験 試験体一覧と実験結果

No.	試験体名称	板厚 (mm)	ボルト 強度	ねじ	ねじの 呼び	導入張力 (トルク)	CL (mm)	荷重 方法	$cP_{bu}$ (kN)	$cP_u$ (kN)	$P_{max}$ (kN)	破壊形式		
M1	2t10-04W16P-M	2.3	4.8	全ねじ	M16	一次締め (10N・m)	1.0	単調	79.8	139.5	81.8	ボルト せん断		
M2	3t10-04W16P-M	3.2							79.8	153.6	88.7			
M3	4t10-04W16P-M	4.5							79.8	215.9	88.8			
M4	6t10-04W16P-M	6.0							79.8	325.9	88.2			
M5	9t10-04W16P-M	9.0							79.8	463.9	90.8			
1	2t10-04W16P	2.3	4.8	全ねじ	M16	一次締め (10N・m)	1.0	漸増	79.8	142.6	82.1			
2	3t10-04W16P	3.2							79.8	155.1	84.5			
3	4t10-04W16P	4.5							79.8	216.4	87.2			
4	6t10-04W16P	6.0							79.8	312.3	93.3			
5	9t10-04W16P	9.0							79.8	467.0	88.8			
6	2t10-10W16P	2.3	10.9	全ねじ	M16	一次締め (100N・m +ナット 回転角法 で120度)	1.0	漸増	199.4	140.2	106.1		添板 端抜け	
7	3t10-10W16P	3.2							199.4	155.6	140.1			
8	4t10-10W16P	4.5							199.4	214.3	194.7			
9	6t10-10W16P	6.0							199.4	318.8	205.4			
10	9t10-10W16P	9.0							199.4	467.5	239.9			
11	2t10-04H16P	2.3	4.8	半ねじ	M16	一次締め (10N・m)	1.0	漸増	102.1	140.2	74.0	ボルト せん断		
12	3t10-04H16P	3.2							102.1	151.5	92.3			
13	4t10-04H16P	4.5							102.1	216.4	97.7			
14	6t10-04H16P	6.0							102.1	316.1	109.7			
15	9t10-04H16P	9.0							102.1	466.0	112.1			
16	2t10-04W12P	2.3	4.8	全ねじ	M12	一次締め (3N・m)	1.0	漸増	42.8	147.5	49.5		添板 端抜け	
17	3t10-04W12P	3.2							42.8	154.1	49.2			
18	4t10-04W12P	4.5							42.8	217.9	52.7			
19	6t10-04W12P	6.0							42.8	318.8	49.1			
20	9t10-04W12P	9.0							42.8	472.3	49.1			
21	2t10-04W20P	2.3	4.8	全ねじ	M20	一次締め (20N・m)	1.0	漸増	124.5	139.5	104.3			ボルト せん断
22	3t10-04W20P	3.2							124.5	159.2	119.0			
23	4t10-04W20P	4.5							124.5	222.1	131.6			
24	6t10-04W20P	6.0							124.5	317.7	140.6			
25	9t10-04W20P	9.0							124.5	468.6	152.3			
26	2t10-04W16F	2.3	4.8	全ねじ	M16	本締め (70N・m)	1.0	漸増	79.8	140.2	84.6	ボルト せん断		
27	3t10-04W16F	3.2							79.8	147.9	86.1			
28	4t10-04W16F	4.5							79.8	211.7	90.9			
29	6t10-04W16F	6.0							79.8	309.6	97.4			
30	9t10-04W16F	9.0							79.8	464.4	90.0			
31	2t05-04W16P	2.3	4.8	全ねじ	M16	一次締め (10N・m)	0.5	漸増	79.8	140.2	85.7		ボルト せん断	
32	3t05-04W16P	3.2							79.8	168.5	87.3			
33	4t05-04W16P	4.5							79.8	217.9	87.3			
34	6t05-04W16P	6.0							79.8	315.0	84.6			
35	9t05-04W16P	9.0							79.8	466.0	86.0			
36	2t20-04W16P	2.3	4.8	全ねじ	M16	一次締め (10N・m)	2.0	漸増	79.8	138.3	77.3			ボルト せん断
37	3t20-04W16P	3.2							79.8	160.3	87.5			
38	4t20-04W16P	4.5							79.8	216.9	84.0			
39	6t20-04W16P	6.0							79.8	313.9	90.8			
40	9t20-04W16P	9.0							79.8	469.6	93.3			



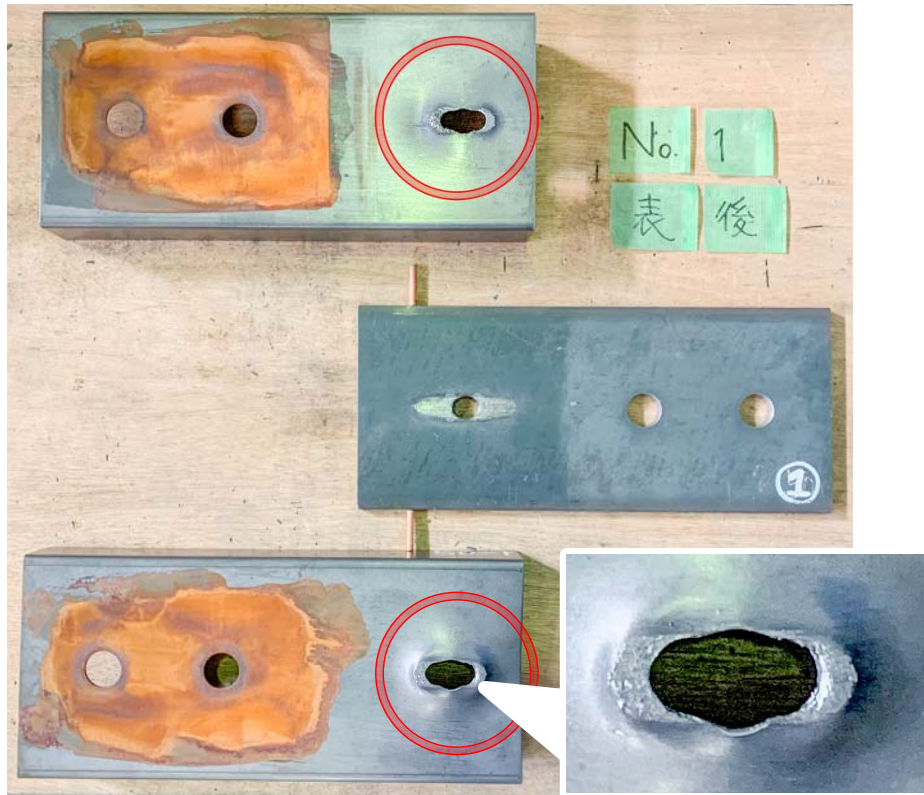
$cP_{bu}$ : ボルトのせん断終局耐力の計算値 (kN)

$cP_u$ : 添板の端抜け耐力の計算値 (kN)

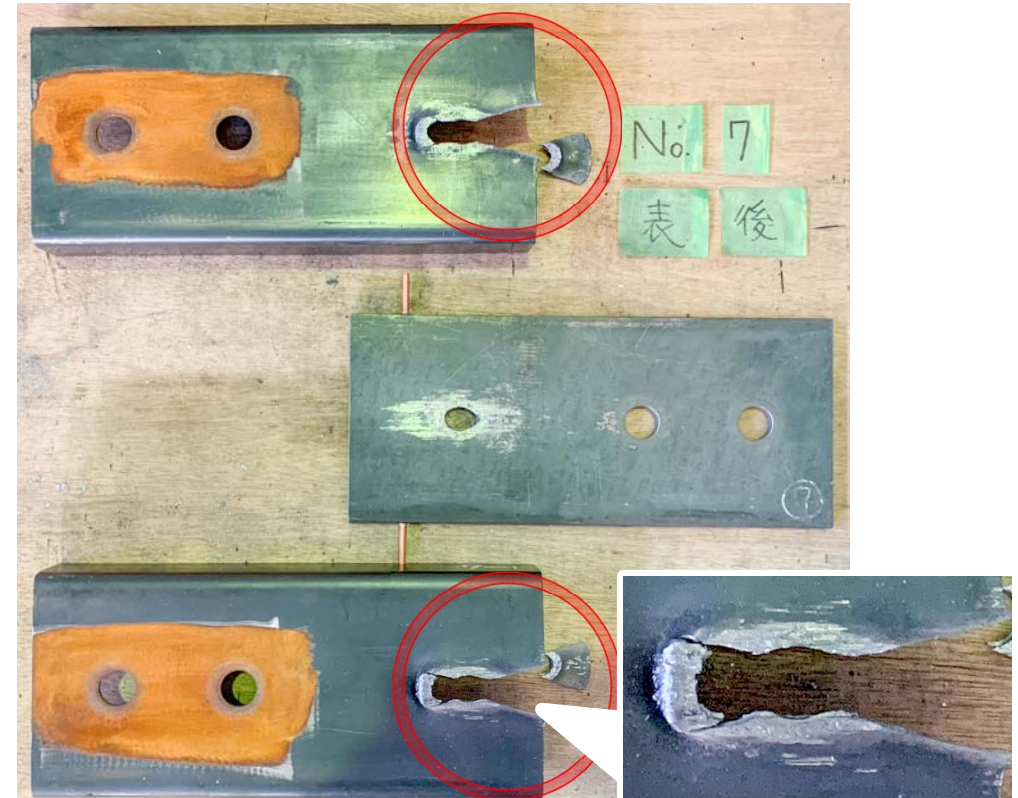
$P_{max}$ : 実験の最大荷重 (kN)

- No.1~5を標準として変更した変数をグレーで表記
- $cP_{bu}$ ,  $cP_u$ の小さい値をグレーで表記

# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験 破壊状況



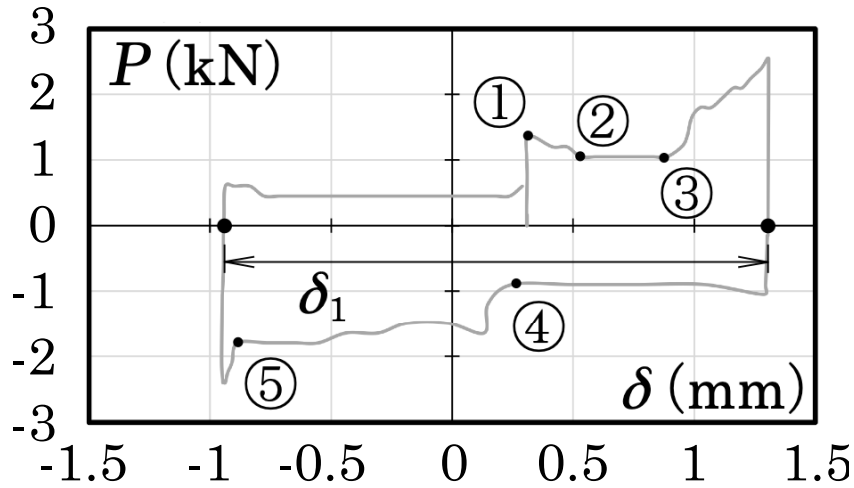
ボルトのせん断破壊



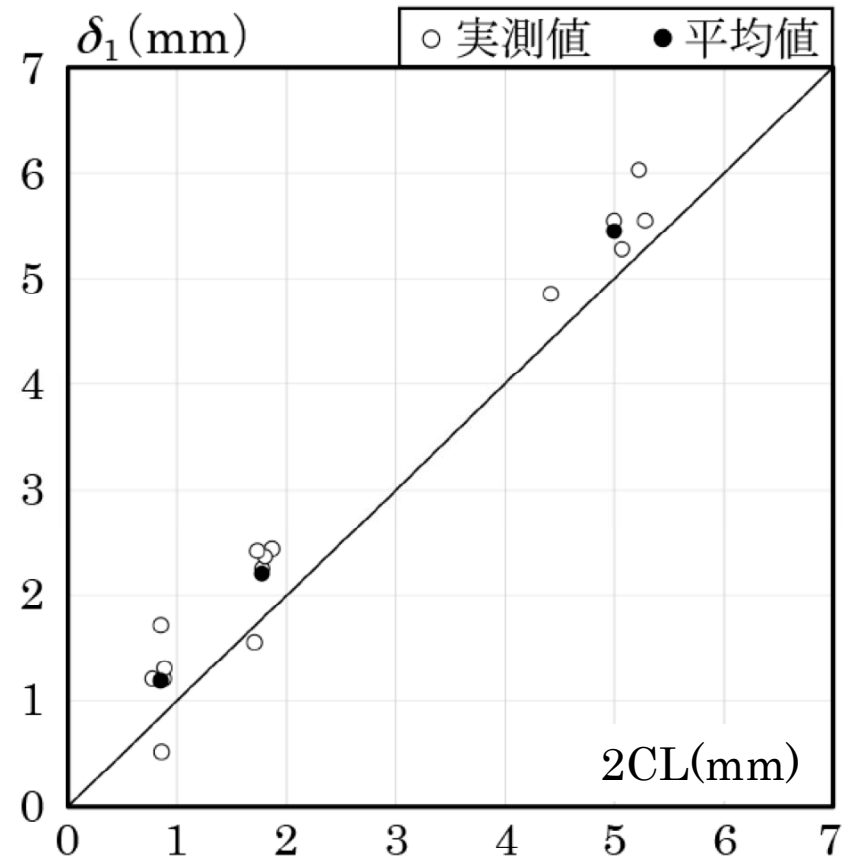
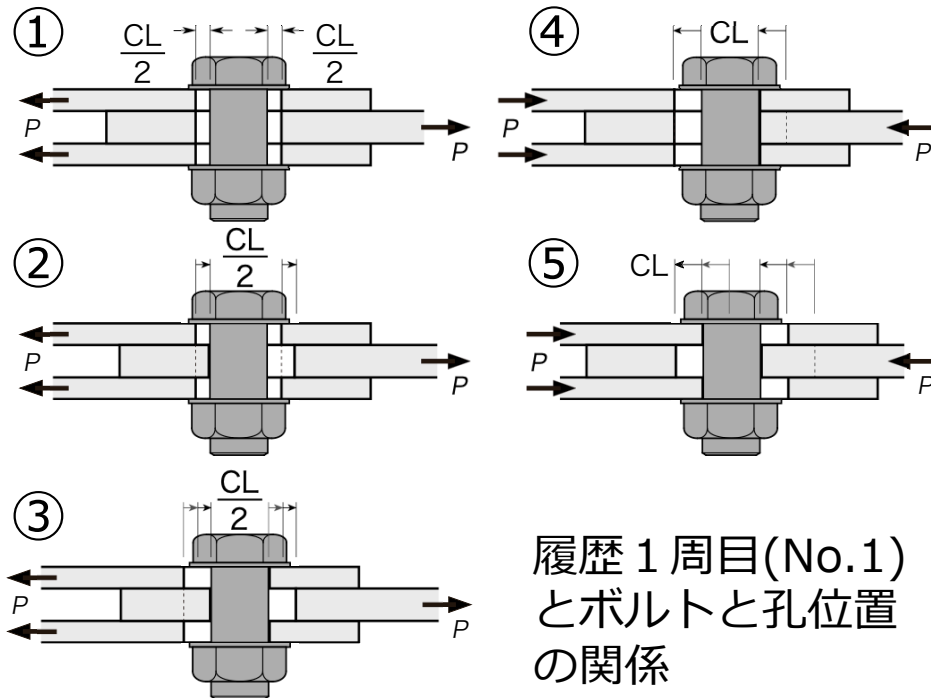
添板の端抜け破断

ボルトのせん断終局耐力 $cP_{bu}$ と添板の端抜け耐力 $cP_u$ の計算値（試験体一覧と実験結果の頁を参照）から類推される破壊性状とほぼ一致。

# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験 すべり量の評価



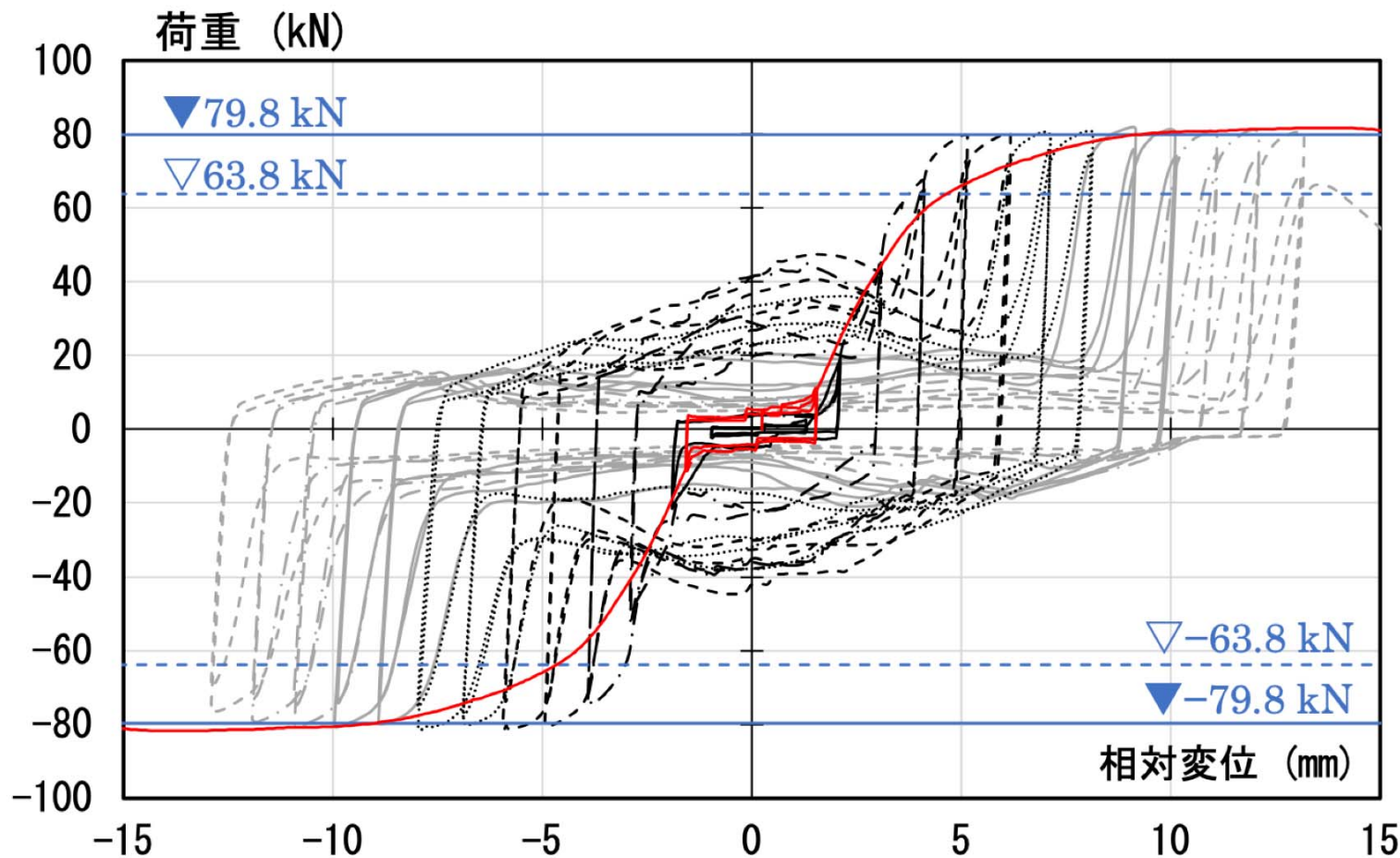
左図中のすべり量 $\delta_1$ はCLの2倍に相当  
下図より、両者がほぼ対応することが  
確認できる。





# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験

## 単調載荷と繰返し載荷



標準試験体

添板厚2.3mm  
ボルト径M16  
強度区分4.8  
全ねじ  
一次締め  
CL1.0mm

— 繰返し  
— 単調

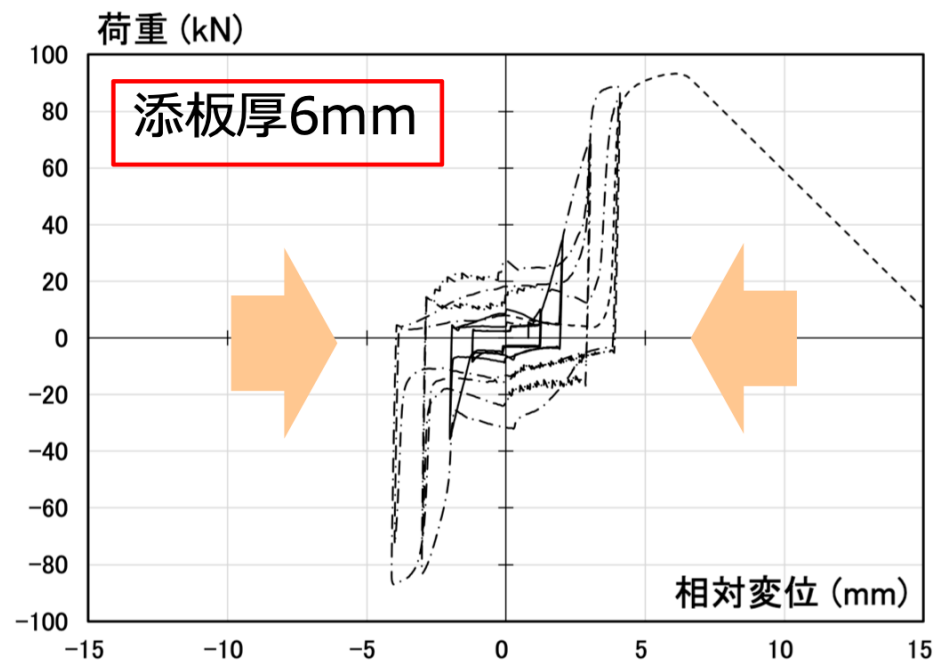
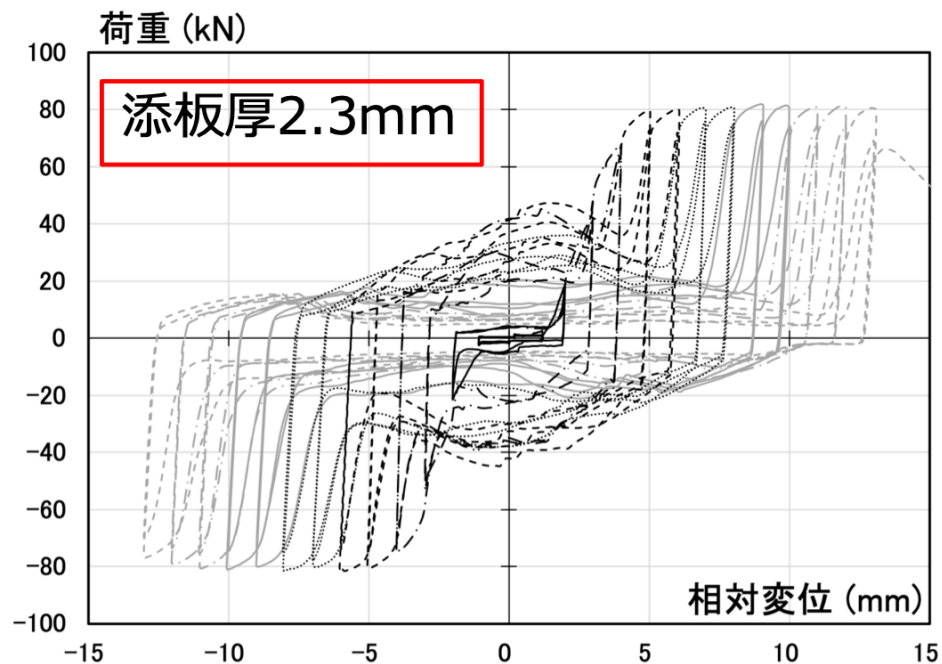
- ボルトの公称せん断最大耐力 (計算値)
- - - ボルトの公称せん断降伏耐力 (計算値)

単調載荷と繰返し載荷の包絡線がよく対応。ボルトのせん断降伏耐力、最大耐力も計算値と対応。

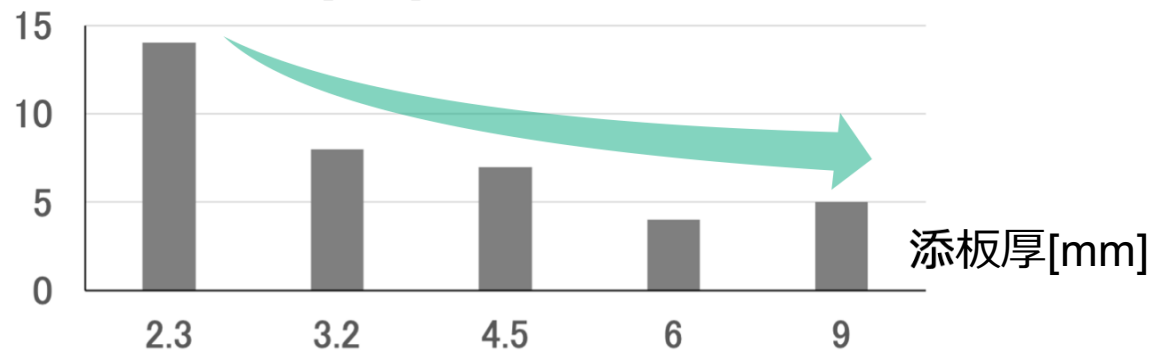
# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験 添板厚と破断時振幅の関係

標準試験体

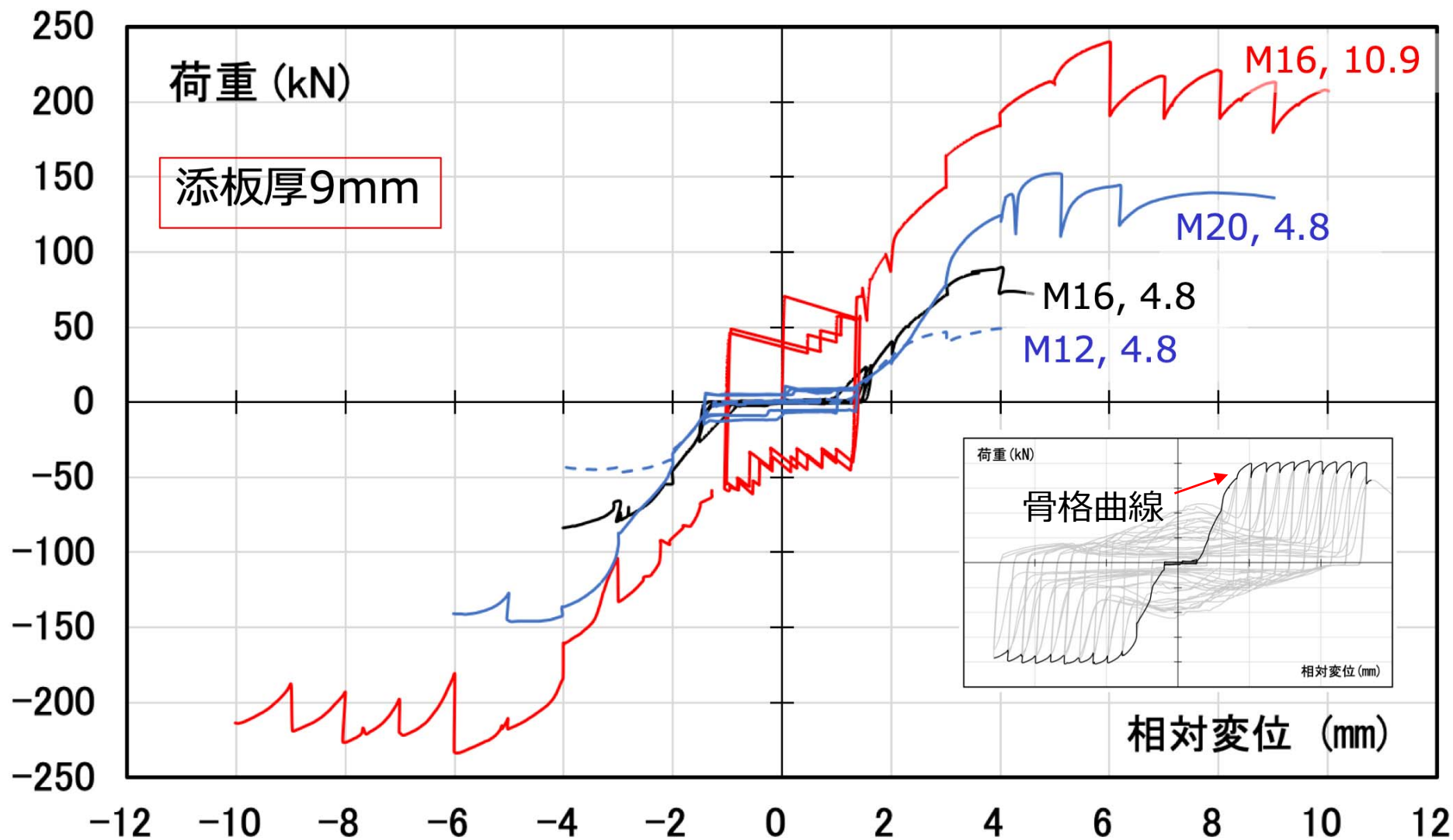
ボルト径M16 強度区分4.8 全ねじ 一次締め CL1.0mm



破断時振幅[mm]

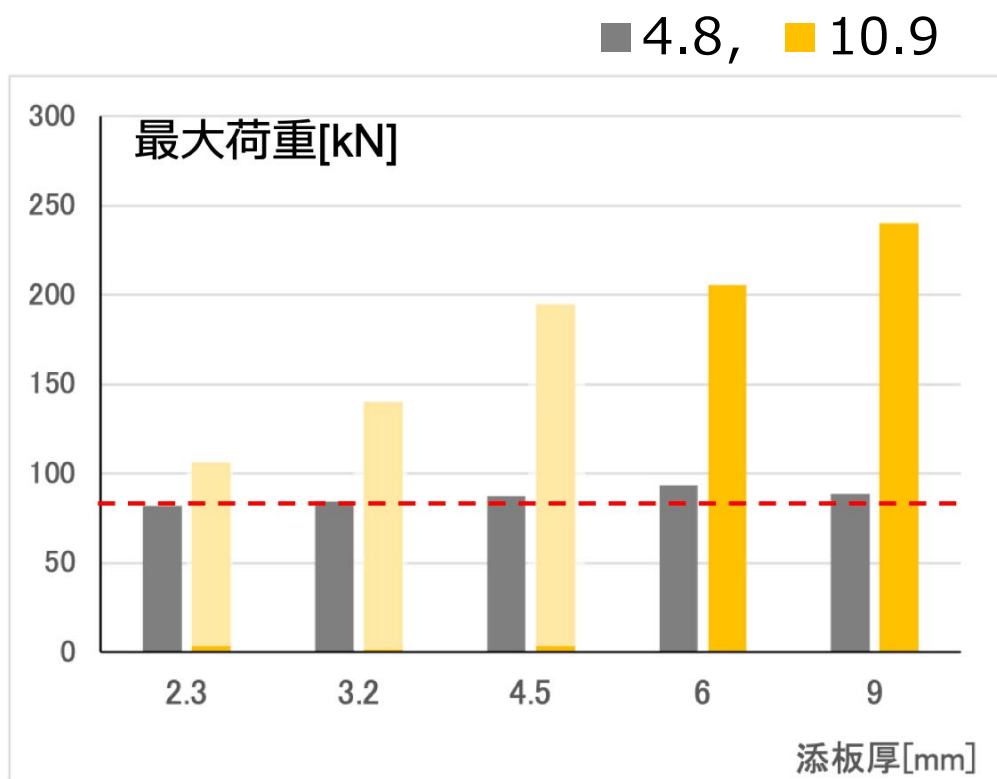


# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験 ボルト強度・ボルト径の影響（骨格曲線）

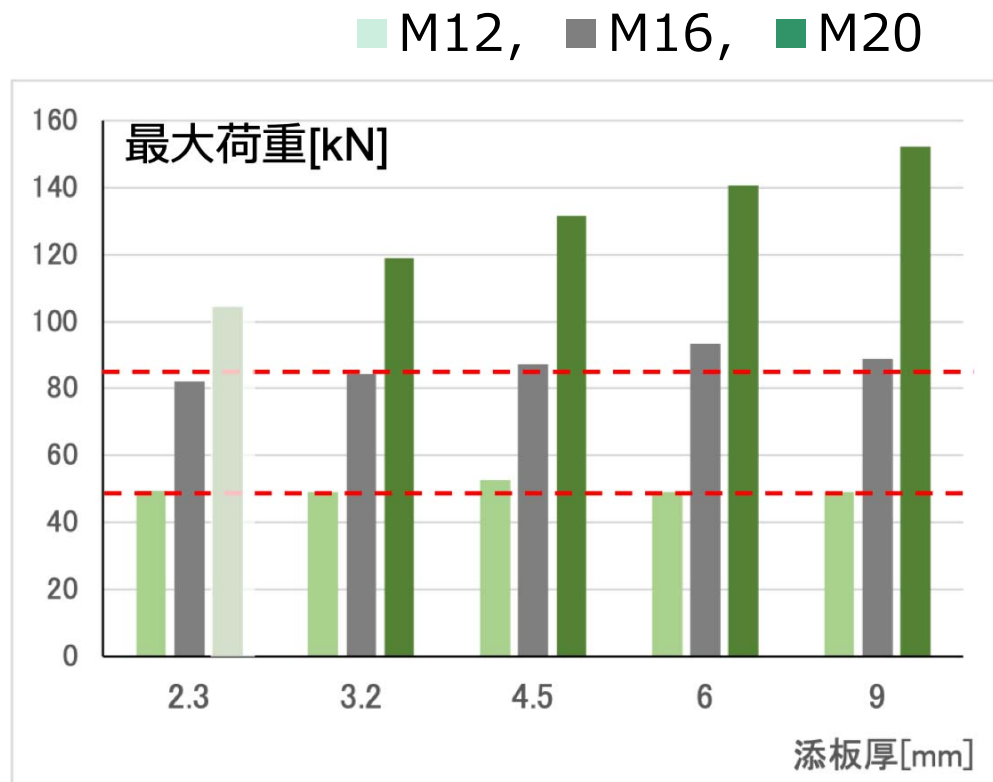


# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験 ボルト強度・ボルト径の影響（最大荷重）

ボルト強度による比較



ボルト径による比較



淡色は端抜け破断，濃色はボルトせん断破断  
ボルトせん断破断の場合，最大荷重はほぼ一定（M20を除く）  
端抜け破断の場合，添板厚に応じて最大荷重が上昇．

# 第 I 編 ボルト接合部の施工性・基本性状の確認実験 まとめ

- 荷重-変形関係は基本的にはスリップ型の履歴性状を示した。
- 実験における最大荷重はボルトのせん断耐力と板材の端抜け耐力の小さい方の値とよく対応した。
- 载荷によりボルト、板材共に塑性変形が生じ、ボルトのせん断破壊および板材の端抜けにより終局状態に至った。
- 破断時の変位振幅は主にボルトの強度や径、添板厚に影響を受ける。特に添板の端抜けにより破壊する場合には、添板厚が薄いほうが破断時の変異振幅が大きくなる傾向が見られた。
- 実験パラメータが同じである試験体について、単調载荷と繰返し漸増载荷の場合で比較すると、単調载荷の荷重-変形関係は、繰返し漸増载荷の荷重-変形関係の骨格曲線（包絡線）とよく対応した。
- ボルトの孔のクリアランスから予想される荷重-変形関係のすべり量と、実験で測定されたすべり量はよく対応した。
- スリップ状態にある変位が0近傍で、荷重が上昇する傾向がみられた。この上昇は载荷振幅が大きくなるほど大きくなる傾向を示した。



# (イ) 梁継手に関する接合部実験と 実大骨組試験体による検証実験

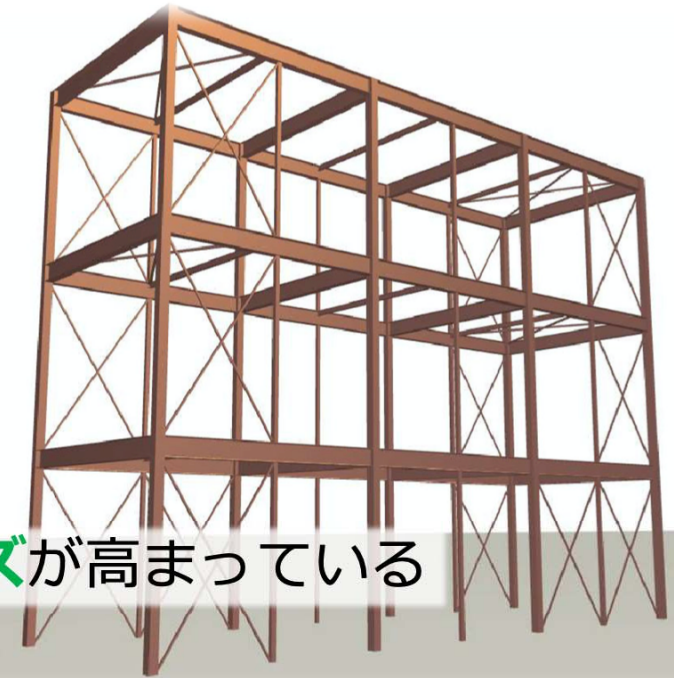
## 第Ⅱ編

### 普通ボルトによる梁継手の力学性状

# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

## 背景と目的

規模制限	階数	軒高 (m)	スパン (m)
普通ボルト	—	9	13
ルート1-1	3	9	6
ルート1-2	2	9	12



近年、天井高の高い居住空間のニーズが高まっている



軒高 9 m を超える場合（現行規定で高度な構造計算が必要）にも普通ボルト接合を用いた建築物が容易に建設できることが要望されている

### すべりによる変形量の把握

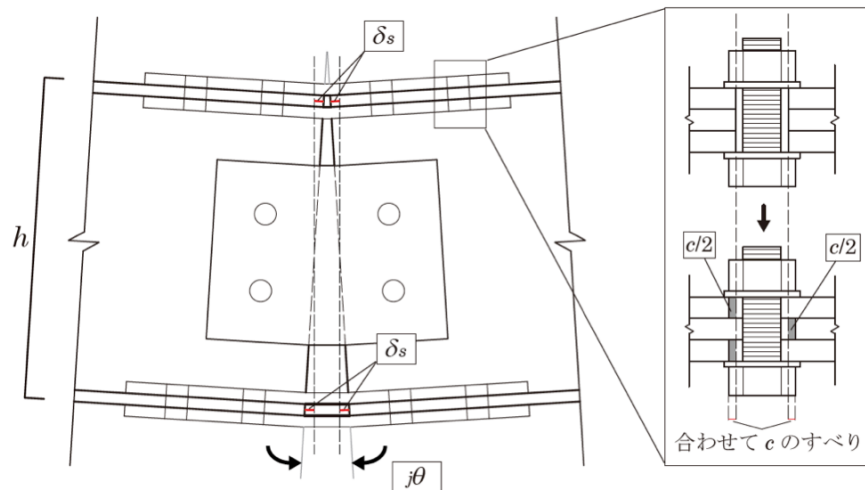
普通ボルト接合部のすべりによる梁継手の回転角および1層1スパン骨組の層間変形角と影響因子を把握

### 梁継手の純曲げ実験

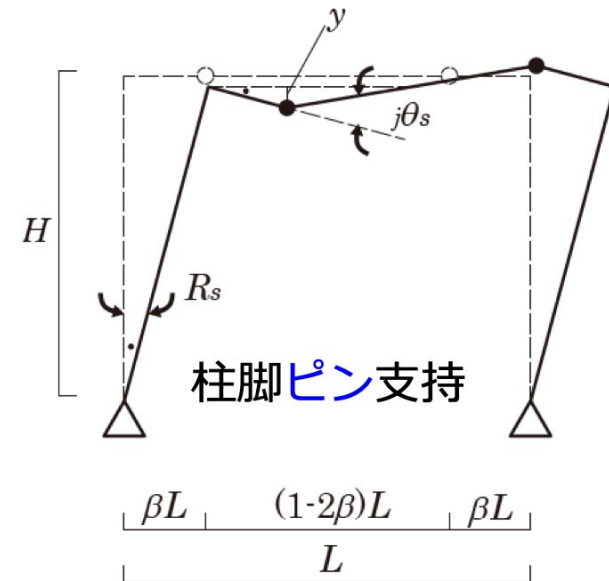
普通ボルト接合を用いた梁継手の力学性状を把握し、クリアランス、梁せいが梁継手のすべり回転角に及ぼす影響を把握

# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

## 理論的検討 – 関係式 –



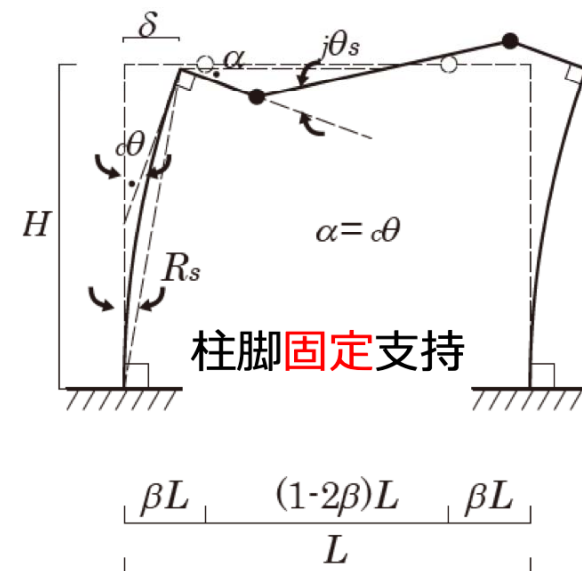
すべりによる梁継手の回転状況



柱脚ピン支持:  $R_s = (1-2\beta) \cdot j \theta_s$

柱脚固定支持:  $R_s = \frac{2}{3} \cdot c \cdot \theta = \frac{2}{3} \cdot (1-2\beta) \cdot j \theta_s$

- 支圧開始点に相当する骨組の層間変形角は、柱脚の支持条件に依存する。
- 柱脚ピン支持の場合の層間変形角は、柱脚固定支持の場合の1.5倍に増大する。

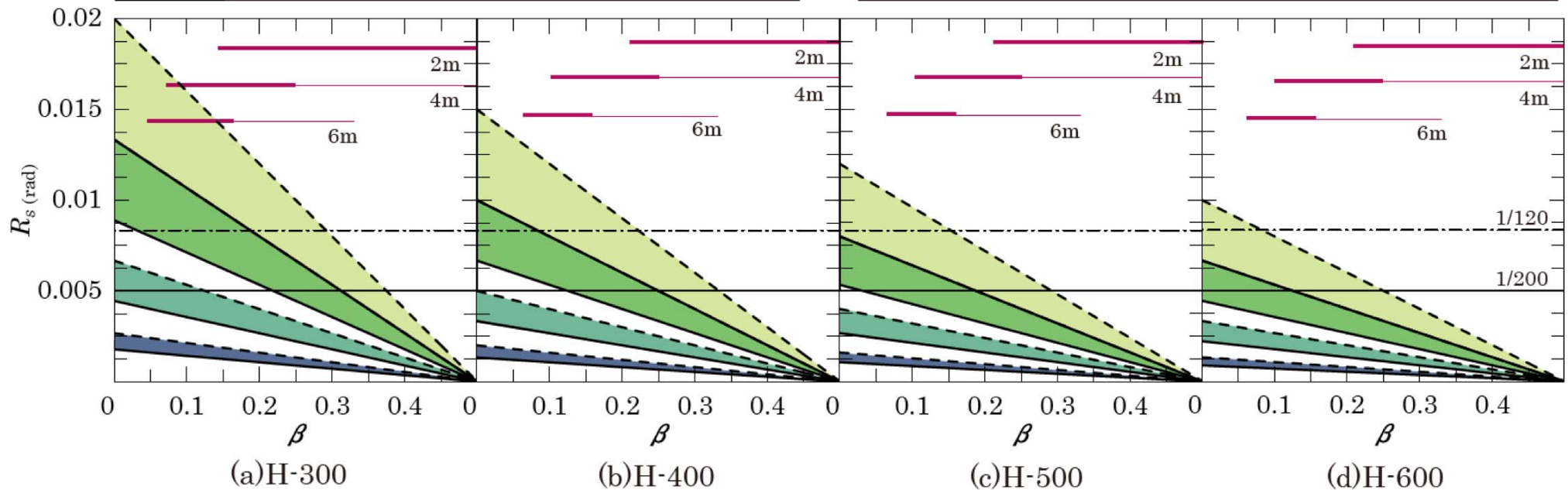


# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

## 理論的検討 – 計算結果 –

クリアランス $c$ (mm)	$pinR_s$	$fixR_s$	ブラケット長さ上限	
1.5	破線 (---)	実線 (—)	ト字形 2m	十字形 1m
1.0				
0.5				
0.2				

クリアランス規定	
文献 1)	1.0mm 以下とする。ただし、呼び径が M20 以上の場合は 1.5mm 以下とする。
文献 2)	0.5mm 以下とする。ただし、0.2mm 以下にした場合は建物規模制限なし。



支圧開始点に相当する層間変形角と継手位置の関係

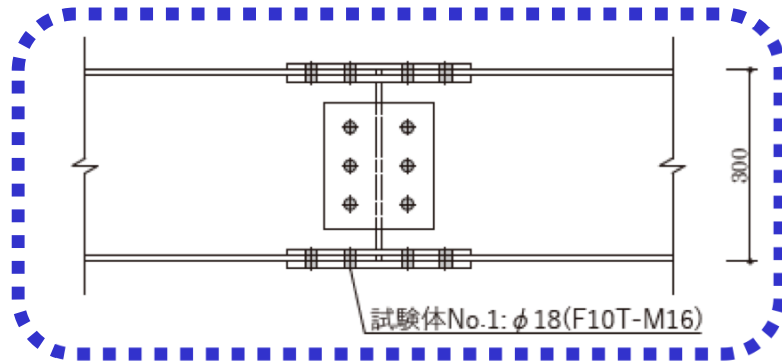
クリアランスの増大，梁せいの減少，継手位置が梁端に近い支圧開始点に相当する層間変形角は増大する。

- 1) 国土交通省：2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書，2015
- 2) 日本建築学会：鋼構造許容応力度設計規準，2019.10

# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

## 梁継手曲げ実験 - 試験体計画 -

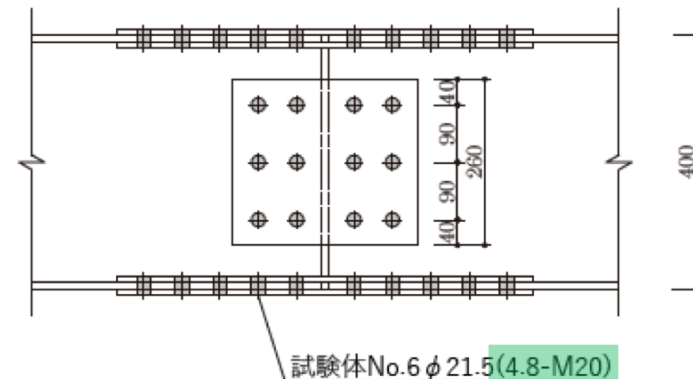
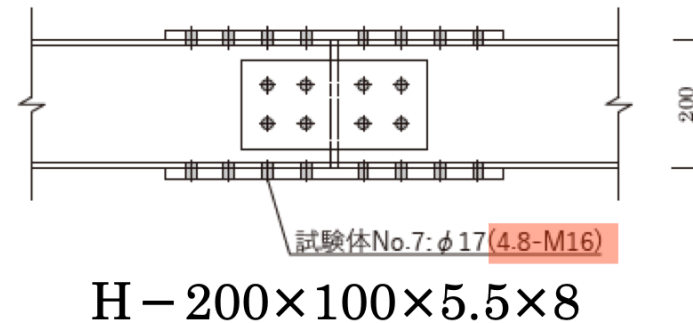
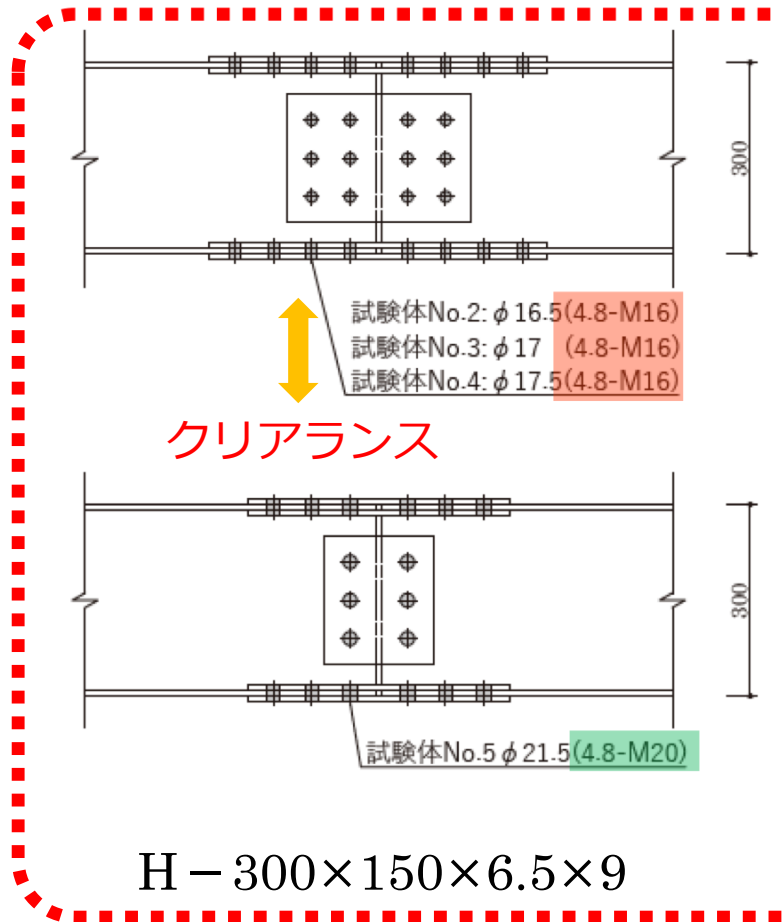
高力ボルト  
試験体



クリアランス  
2.0mm

クリアランス (基準)  
M16 : 1.0mm  
M20 : 1.5mm

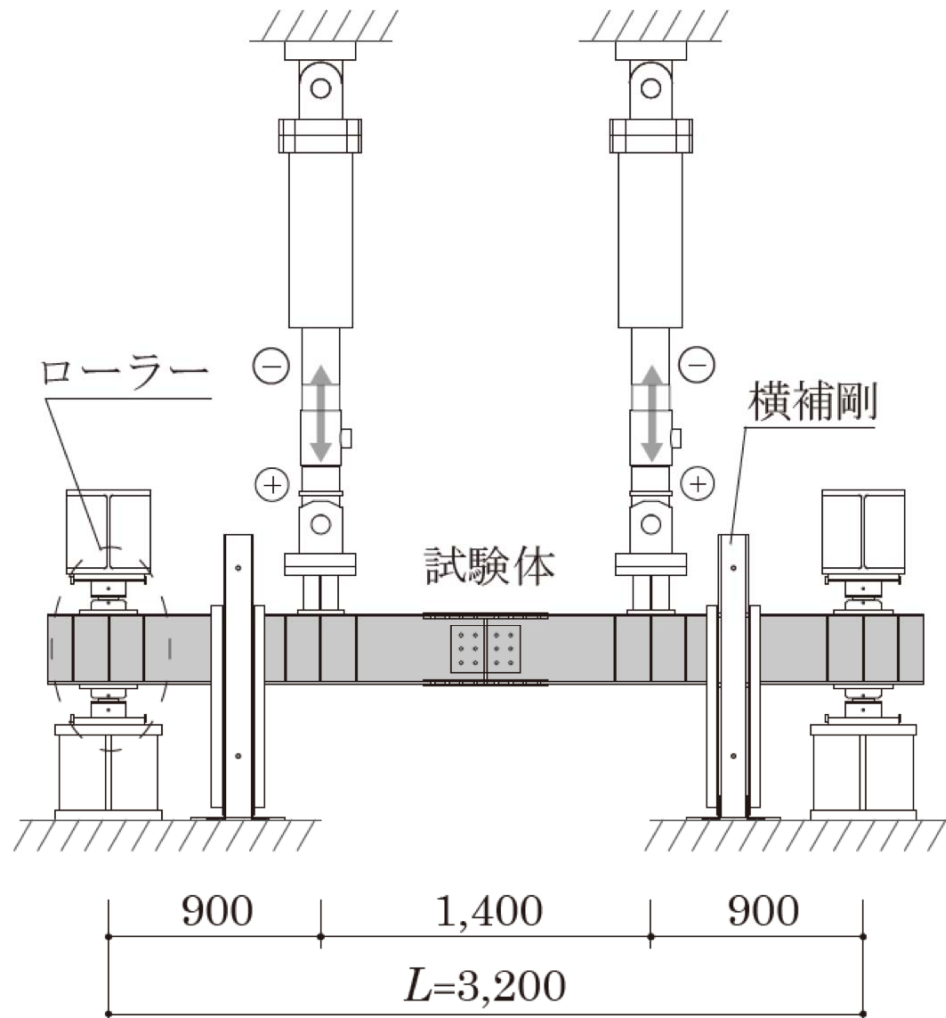
普通ボルト  
試験体



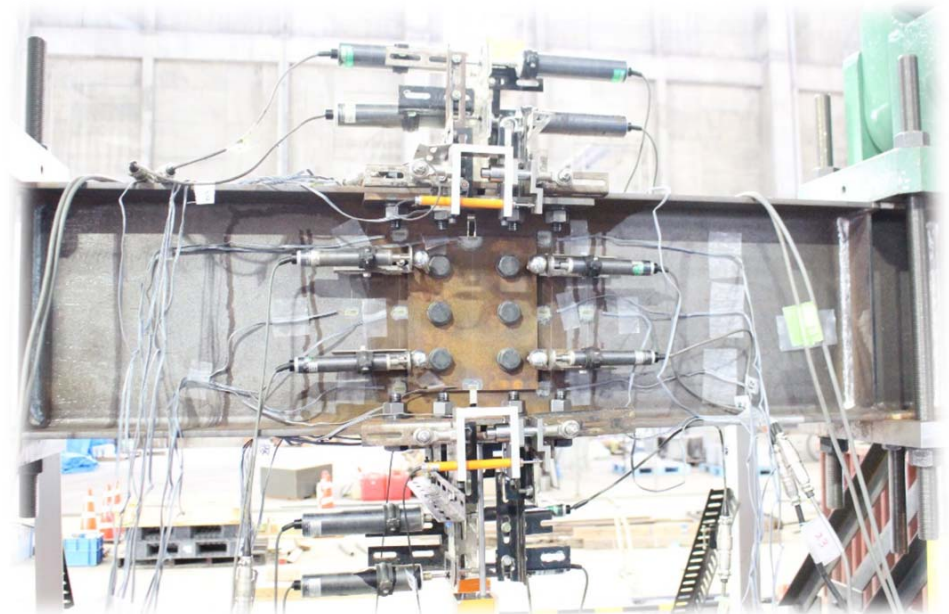


# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

## 梁継手曲げ実験 – 載荷セットアップ –

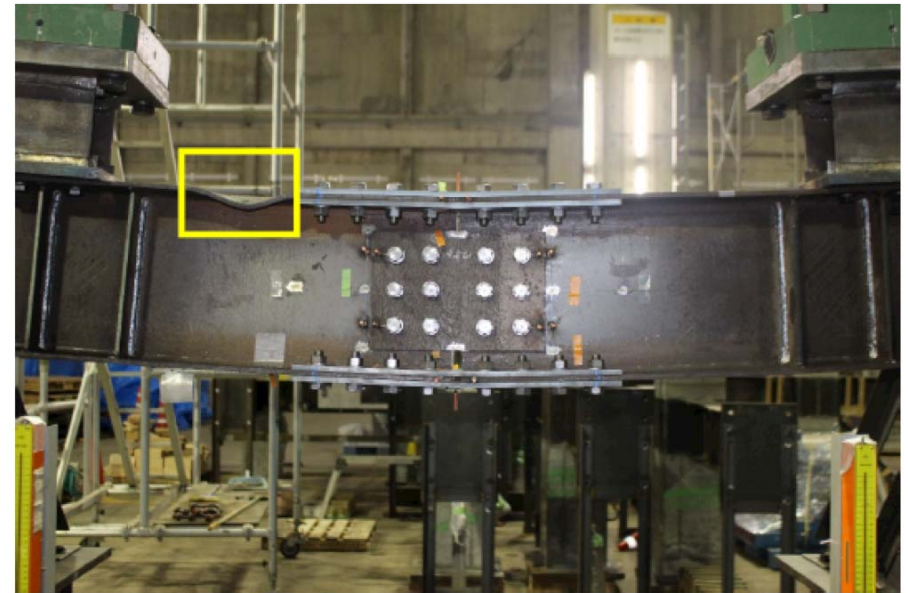
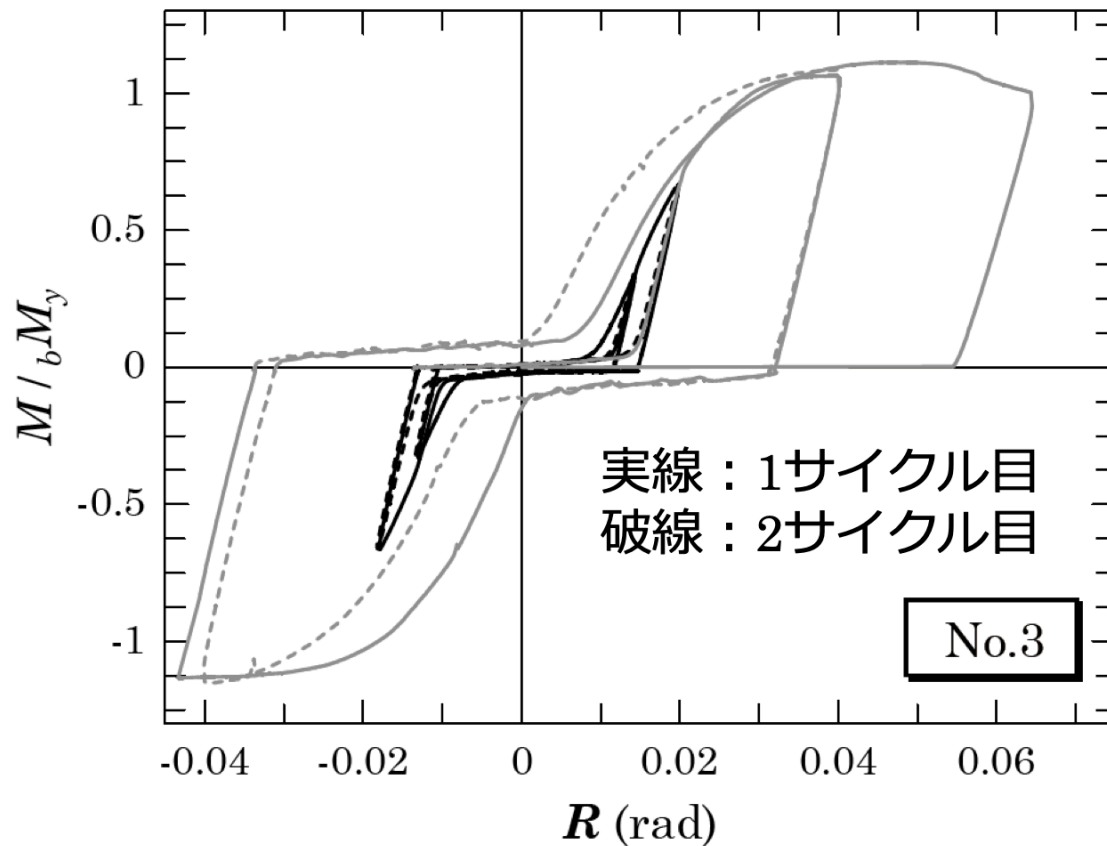


梁の降伏曲げ耐力 $bM_y$ の $1/3 \cdot 2/3$ 倍  
半スパン部材角  $0.02\text{rad} \cdot 0.04\text{rad}$   
各2サイクル



# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

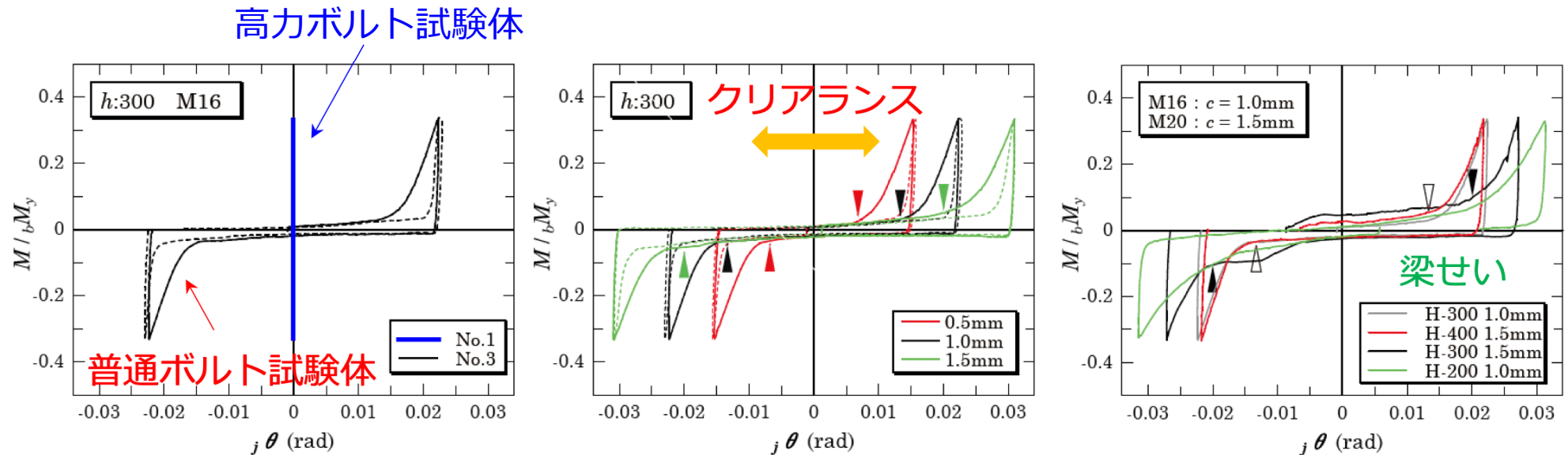
## 梁継手曲げ実験 – 実験結果の一例（試験体No.3） –



SCSS-H97（鉄骨構造標準接合部H形鋼編）に準じて保有耐力接合の条件を満足するように継手を設計した結果，普通ボルト接合部が破断することなく，梁の局部座屈で終局状態に至った。

# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

## 梁継手曲げ実験 –パラメータの影響–

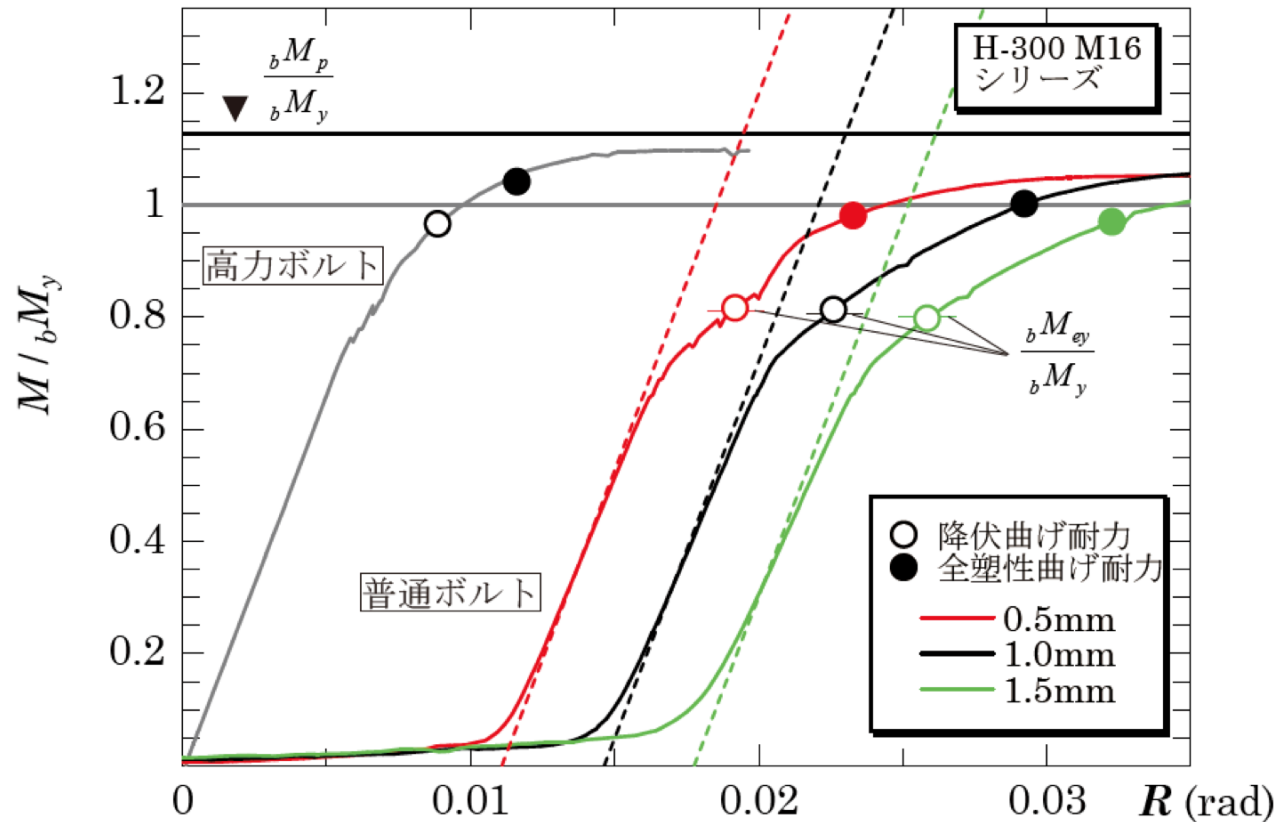


- 普通ボルト試験体は荷重初期からすべりを生じ、低荷重時から大きな変形を生ずる。高力ボルト試験体は梁継手がすべりを生ずることなく、安定した線形挙動を示す。
- クリアランスの増大に伴って、すべり回転角が増大する。支圧開始点までのすべり量は、クリアランスとほぼ同程度である。
- 梁せいの増大に伴って、すべり回転角が減少する。



# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状

## 梁継手曲げ実験 – 包絡線 –



- 降伏曲げ耐力（1/3接線剛性耐力）は，高力ボルト試験体に比べて普通ボルト試験体の方が低い．普通ボルト試験体の降伏曲げ耐力は，梁有効断面の短期許容曲げ耐力と概ね対応している．
- 普通ボルト試験体の支圧後の剛性は，高力ボルト試験体の弾性剛性に比べて低い．

# 第Ⅱ編 普通ボルトによる梁継手の力学性状 まとめ

## 理論的検討

- 普通ボルト接合部のすべりによる梁継手の回転角と骨組の層間変形角の関係式を導出した。
- 普通ボルト接合部の支圧開始点に相当する骨組の層間変形角は、**柱脚の支持条件に依存**し、ピン支持の場合の層間変形角は、固定支持の場合の**1.5倍**に増大する。
- すべりによる骨組の層間変形角は、**クリアランス**、**梁せい**、**梁継手位置**の3因子に依存する。
- 普通ボルト接合部の支圧開始点に相当する骨組の層間変形角と、層間変形角の規定値を比較・検討した。

## 梁継手曲げ実験

- 普通ボルト接合部のすべりに伴う梁継手の**スリップ拳動**を実験的に把握し、高力ボルト梁継手の線形拳動と比較した。
- 普通ボルト接合部の**支圧開始点までのすべり量がクリアランスとほぼ同程度**になることを実験的に示した。
- 「SCSS-H97（鉄骨構造標準接合部H形鋼編）」に準じて**保有耐力接合の条件**を満足するように継手を設計すれば、普通ボルト接合部が破断することなく、梁の局部座屈で終局状態に至ることを実験的に示した。

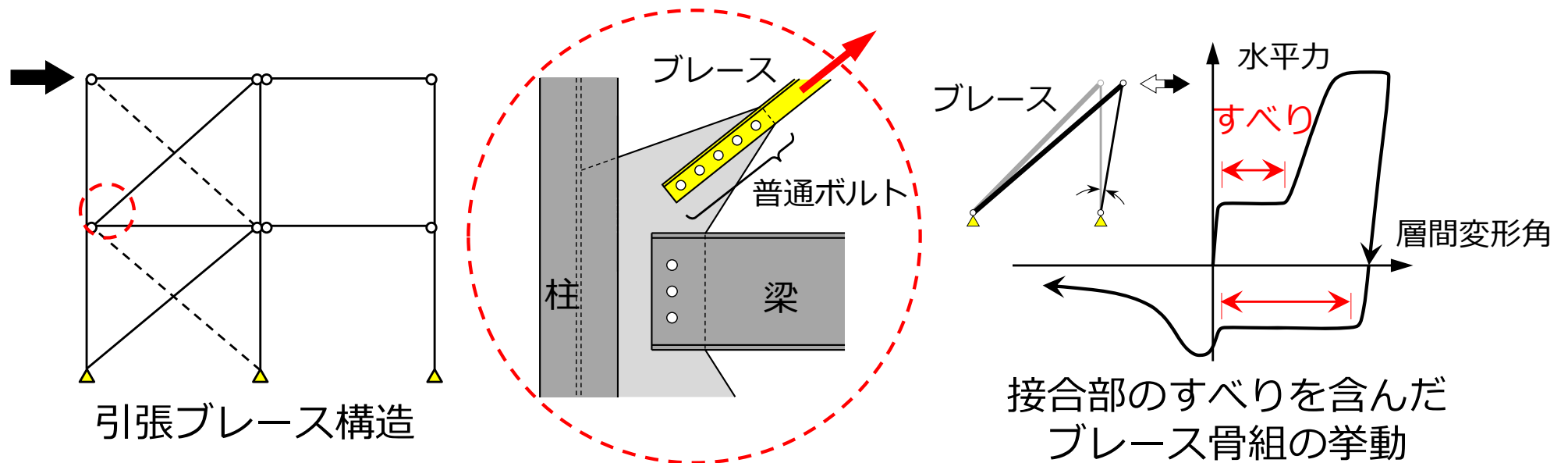
# (ロ) ブレース接合部に関する実験と 実大骨組試験体による検証実験

## 第Ⅲ編

### ブレース接合部における普通ボルトの 適用に関する検討

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 目的

引張ブレース構造のブレース端接合部に普通ボルトを用いた場合、**接合部耐力の確保(保有耐力接合)**と、**すべりによる変形**を考慮する必要がある。



## ブレース端接合部

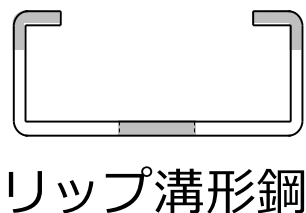
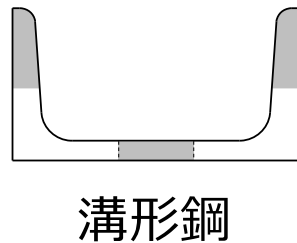
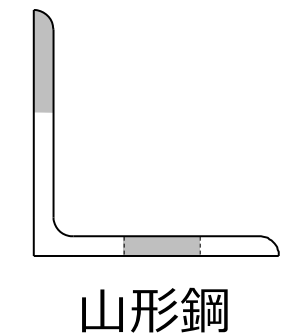
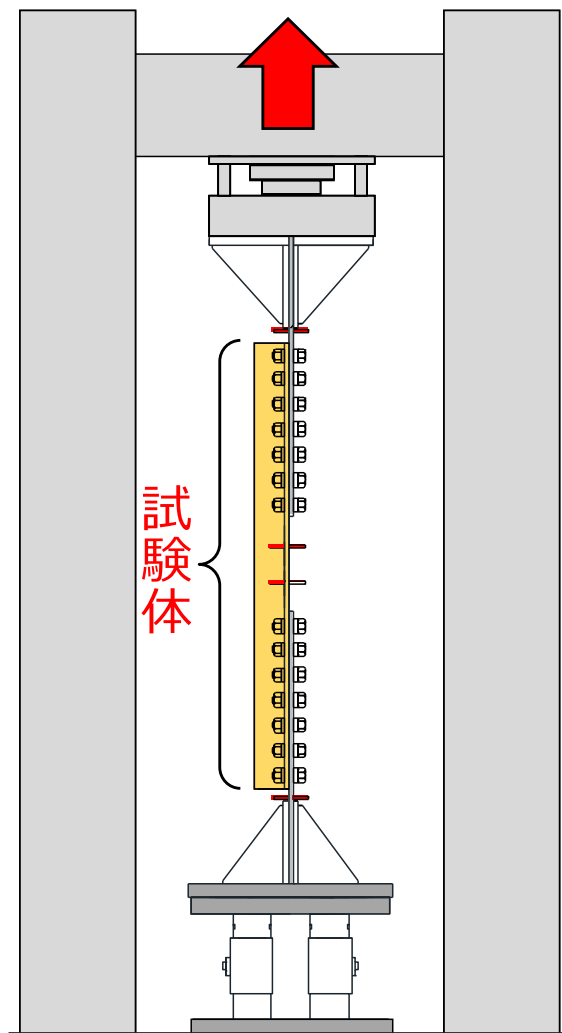
普通ボルトでは**接合部のボルト本数が6本以上必要**となることもある。  
ただし、6本以上の有効断面破断耐力は明らかにされておらず、**実験的に検討する必要がある。**

## ブレース骨組

ボルト接合部のすべりにより、**骨組の層間変形が大きくなる。** 接合部のすべりによる骨組の変形について、**簡易な計算法を構築する必要がある。**

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 ブレース端接合部の実験 —実験目的・方法—

## ブレース端接合部の単調引張载荷実験



対象断面

### <目的>

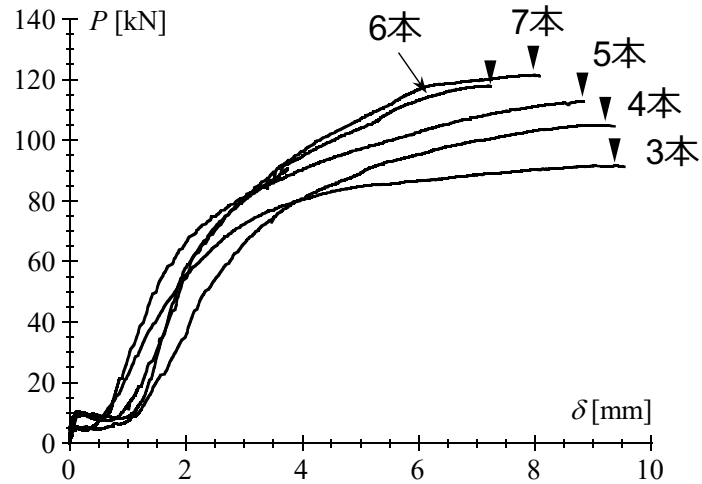
ボルト本数を6本以上とした場合や、母材を薄板とした場合のブレース端接合部の有効断面破断耐力を明らかにする。  
また、接合部に生じるすべり量を把握する。

### <方法>

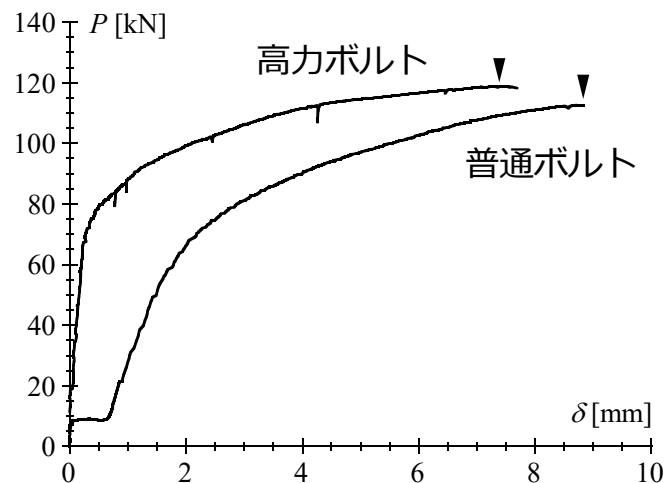
ブレース端接合部に対して、単調引張実験を行う。  
実験パラメータは、  
ブレースの断面形状、  
ブレースの断面寸法、  
接合部のボルト本数、  
ボルトの強度区分とした。

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 ブレース端接合部の実験 —荷重－変形関係，強度区分の影響—

## 【荷重－変形関係】

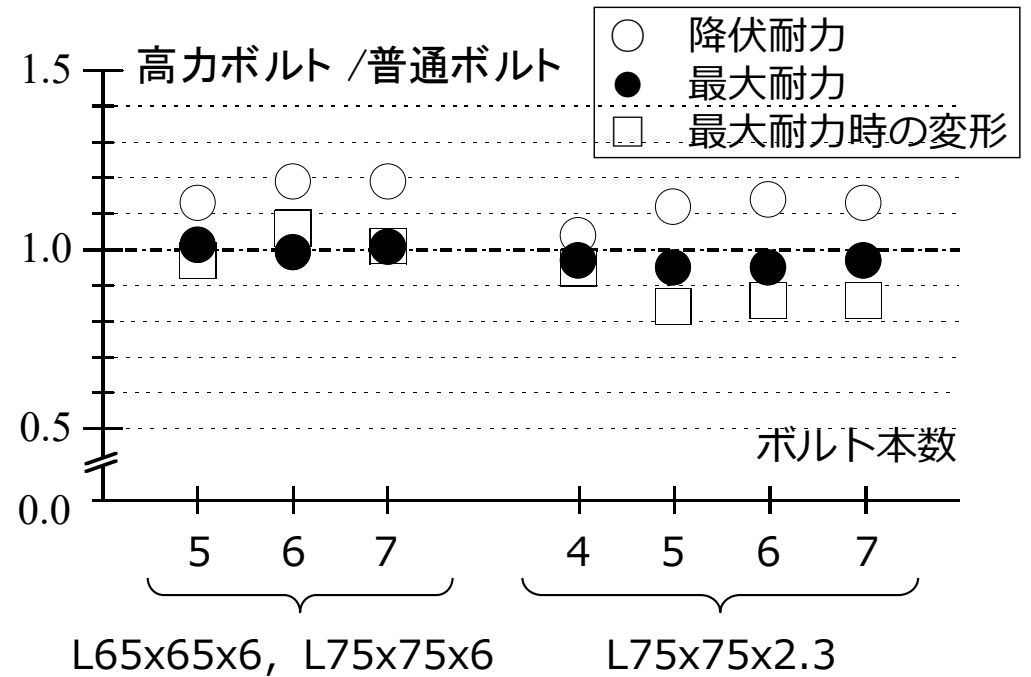


ボルト本数による比較(普通ボルト)



ボルトの強度区分による比較

## 【ボルトの強度区分の影響】



- 普通ボルトを使用した場合：
  - ・ 最大耐力への影響は小さい
  - ・ 降伏耐力は低下する
  - ・ 最大耐力時の変形は増加する

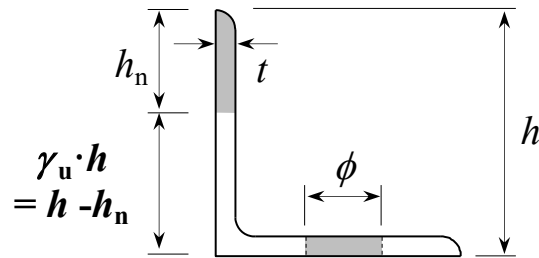
# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 ブレース端接合部の実験 —突出脚有効率—

## 【突出脚有効率 $\gamma_u$ 】

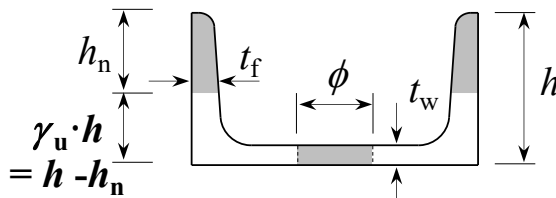
山形鋼：ボルト本数**6本以上では増加しない**

溝形鋼：断面幅が**150mm以上では設計値と対応しない**

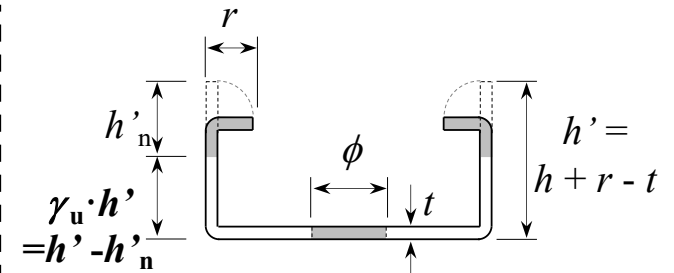
リップ溝形鋼：**溝形鋼の設計値と対応しない**



$$\gamma_u = 1 - \left( A - \frac{P_u}{\sigma_u} - \phi \cdot t \right) \cdot \frac{1}{h \cdot t}$$



$$\gamma_u = 1 - \left( A - \frac{P_u}{\sigma_u} - \phi \cdot t_w \right) \cdot \frac{1}{2ht_f}$$



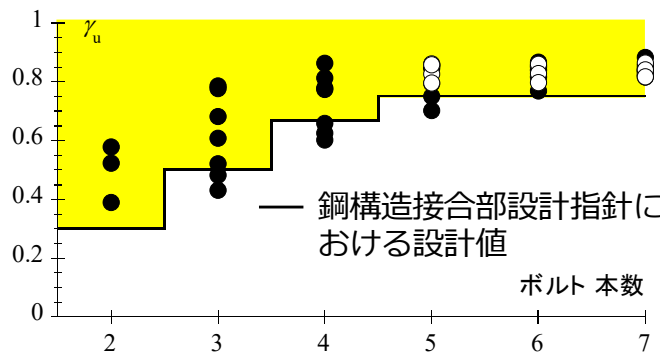
$$\gamma_u = 1 - \left( A - \frac{P_u}{\sigma_u} - \phi \cdot t \right) \cdot \frac{1}{2(h+r-t)t}$$

一般形鋼

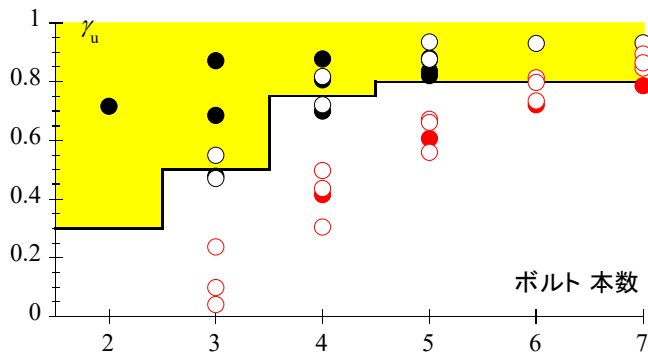
軽量形鋼

- 一般形鋼(板厚6mm以上)
- 軽量形鋼(板厚6mm未満)

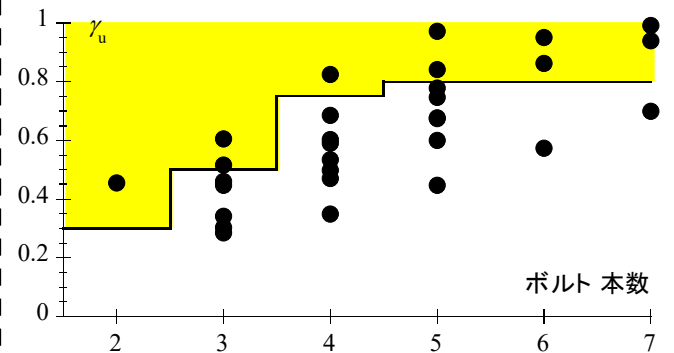
- 幅150mm未満
- 幅150mm未満
- 幅150mm以上
- 幅150mm以上



山形断面



溝形断面



リップ溝形断面

鋼構造接合部設計指針における設計値

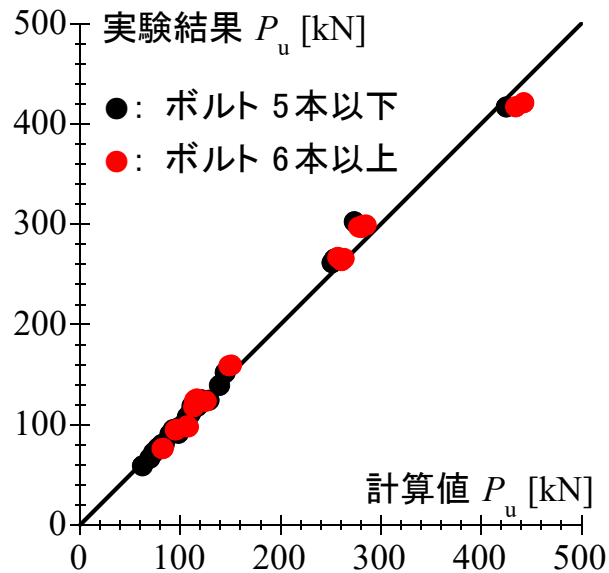
ボルト 本数

ボルト 本数

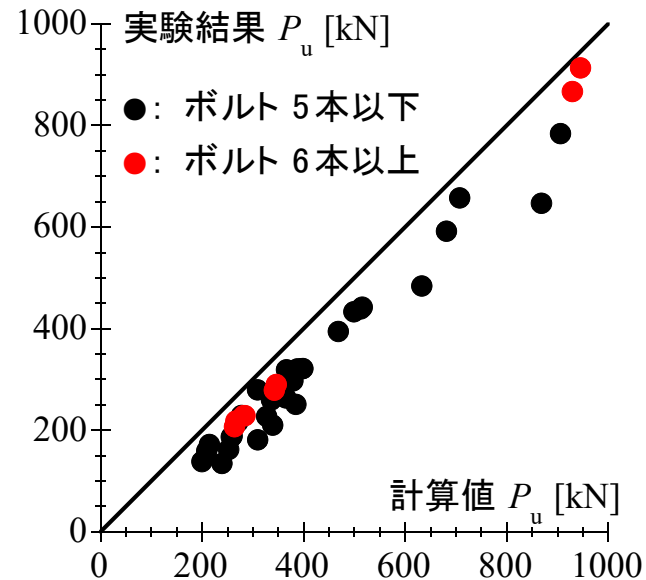
ボルト 本数

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 ブレース端接合部の実験 —既往の評価式との対応—

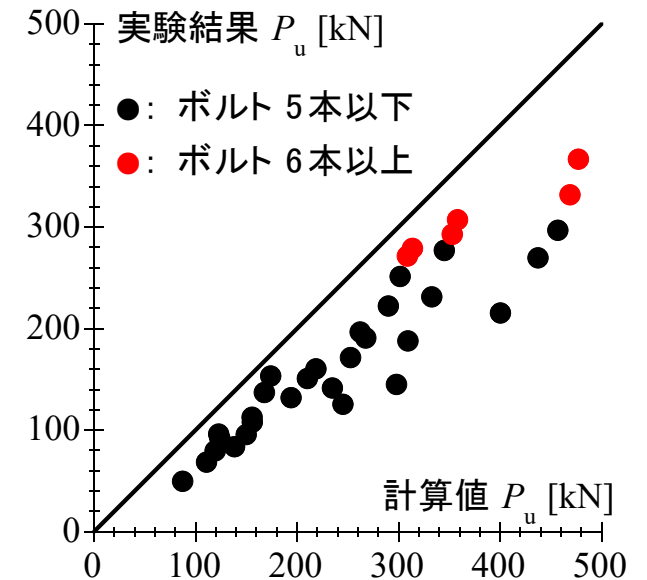
## 【高カボルト接合設計施工ガイドブックにおける既往の評価式との対応】



山形断面



溝形断面



リップ溝形断面  
(計算値:溝形鋼の評価式)

- 山形断面：ボルト本数によらず非常に良い相関を示している。
- 溝形断面：計算値は実験値を過大評価している。一定の低減を行えば安全側に評価できる。
- リップ溝形断面：断面が小さい範囲では対応が良い。



# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 ブレース部分架構の実験 —実験目的, 方法—

## ブレース部分架構の繰り返し载荷実験

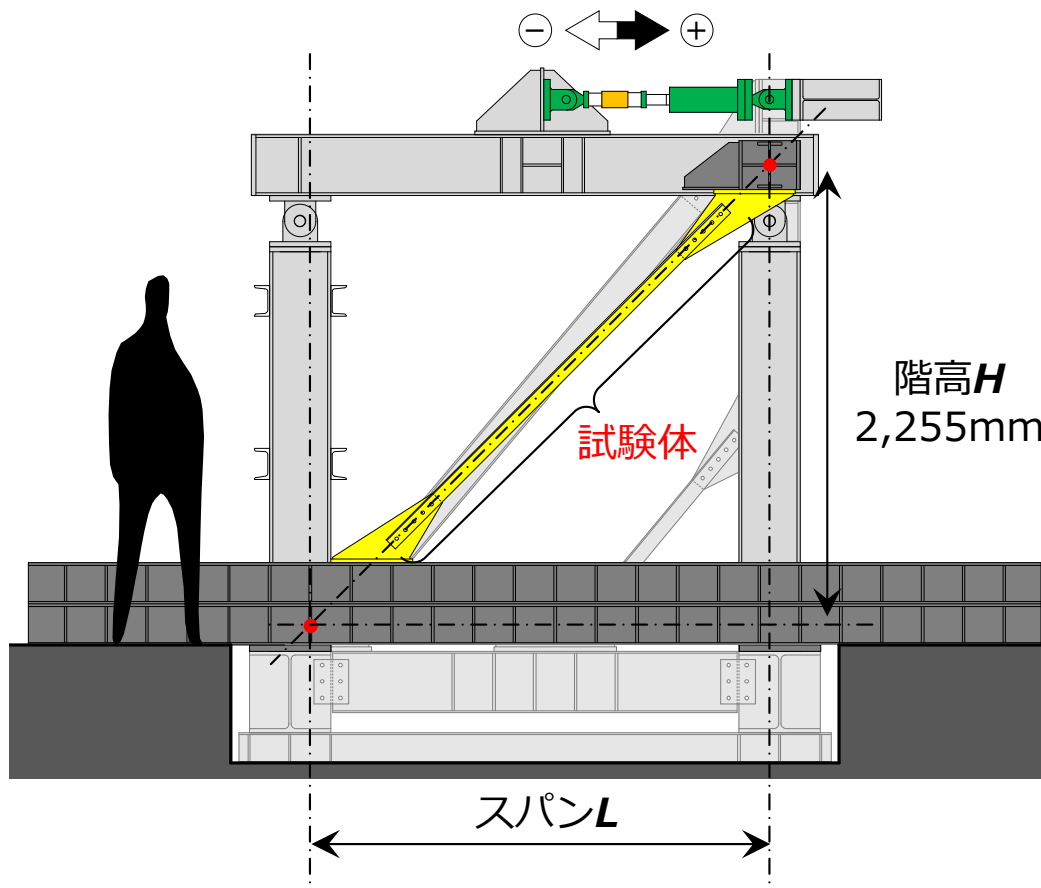
<目的>

接合部に普通ボルトを用いたブレース骨組の挙動を明らかにし、理論的な検討との対応を確認する。

<方法>

接合部を普通ボルトとしたブレース部分架構に対して、繰り返し载荷実験を行う。

実験パラメータは、骨組のスパン、ボルトの強度区分、ブレースの断面とした。



# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 ブレース部分架構の実験 —骨組の挙動に関する理論的検討—

## 【ブレース骨組のスパンと階高が力学挙動に及ぼす影響】

・ 水平剛性

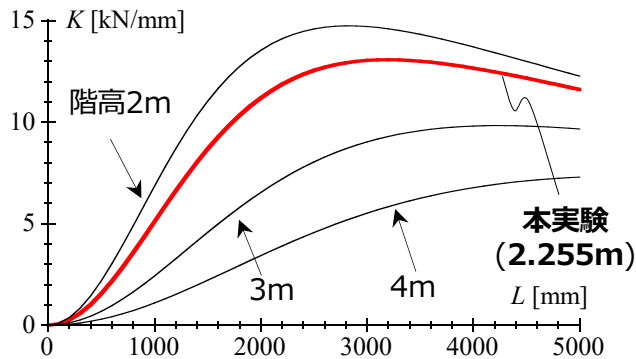
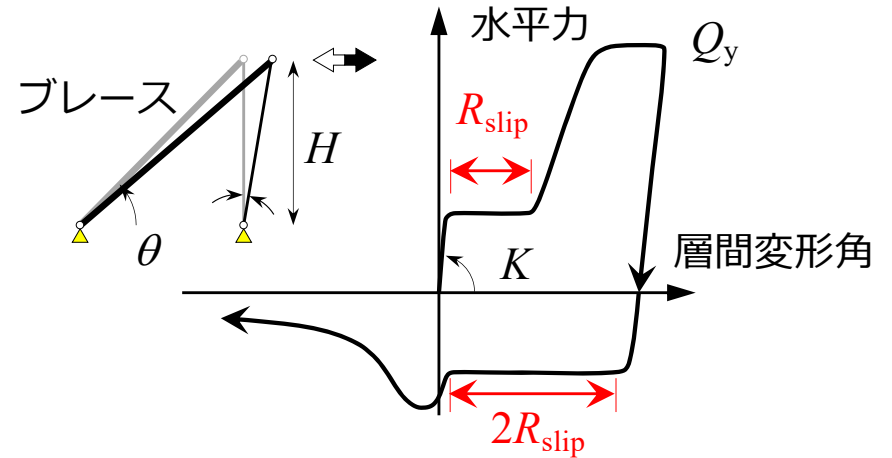
$$K = \frac{EA}{H} \sin \theta \cos^2 \theta \cdots (1)$$

・ 水平耐力

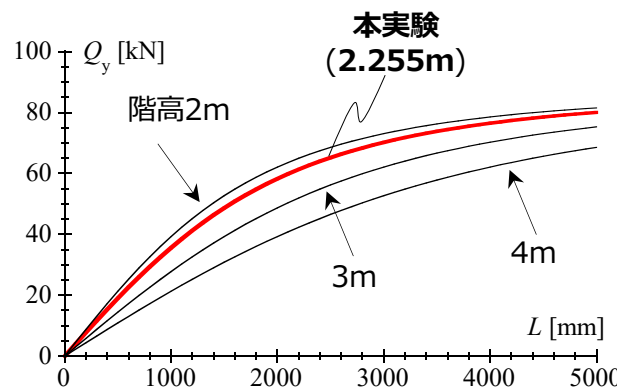
$$Q_y = AF \cos \theta \cdots (2)$$

・ すべりによって生じる層間変形角

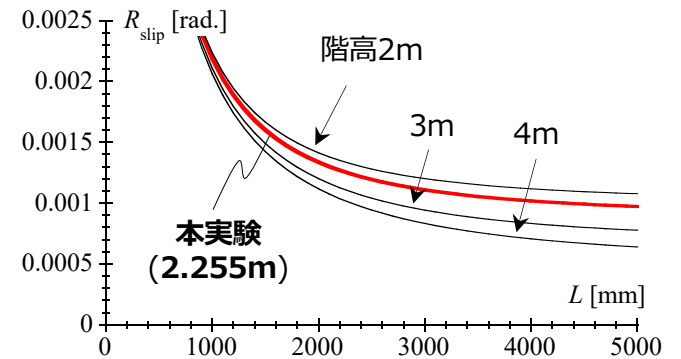
$$R_{slip} = \frac{2c}{H \cos \theta} \cdots (3)$$



水平剛性  
(L60x60x3.2)



水平耐力  
(L60x60x3.2)

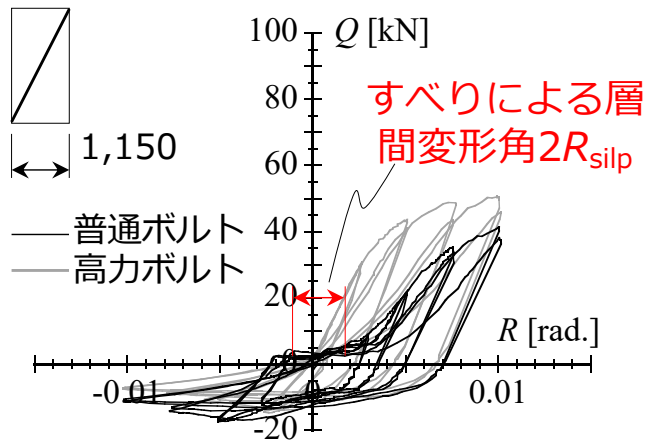


すべりによって  
生じる層間変形角

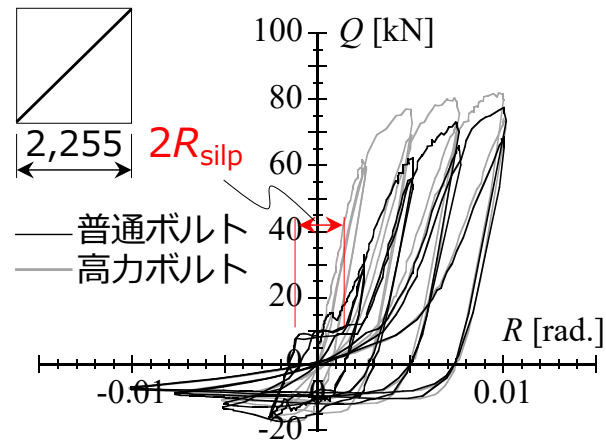
すべりによって生じる層間変形角はスパンが短いほど大きくなる傾向がある。

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 ブレース部分架構の実験 —全体挙動，接合部挙動—

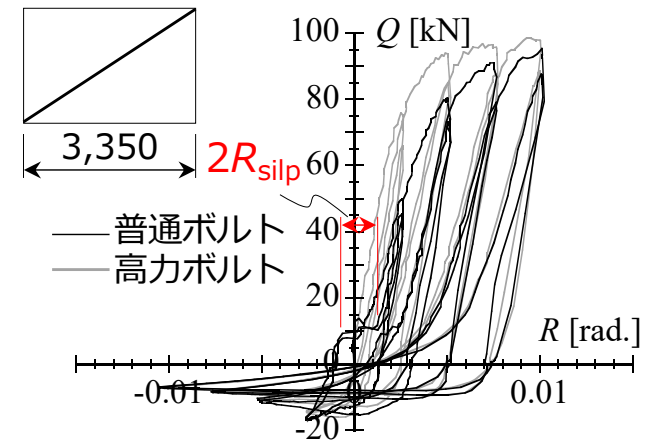
## 【層せん断力－層間変形角関係(ブレース断面L60x60x3.2)】



スパン1,150m

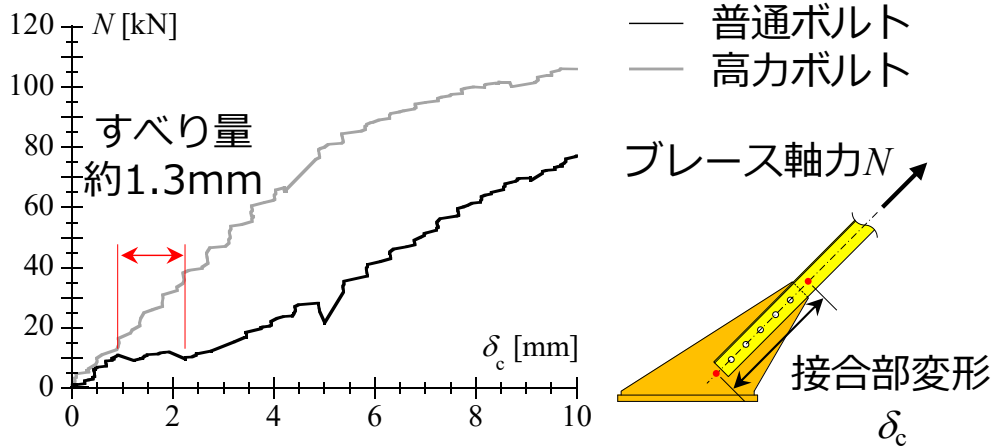


スパン2,250m



スパン3,350m

## 【接合部挙動の正側包絡線】

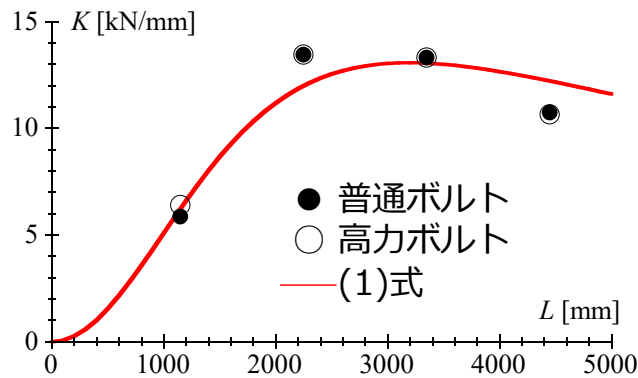


普通ボルトを用いた場合，初期引張時に接合部のすべりが生じ，支圧後の剛性は高力ボルトを用いた場合より低くなっている。

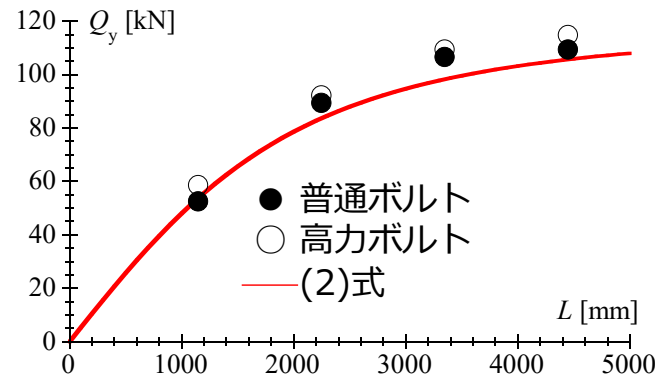
接合部におけるすべり量は，ブレースとガセットプレートのボルト孔クリアランス $\pm 0.5\text{mm}$ の和 $1\text{mm}$ に相当する。

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 ブレース部分架構の実験 —スパンが力学挙動に与える影響—

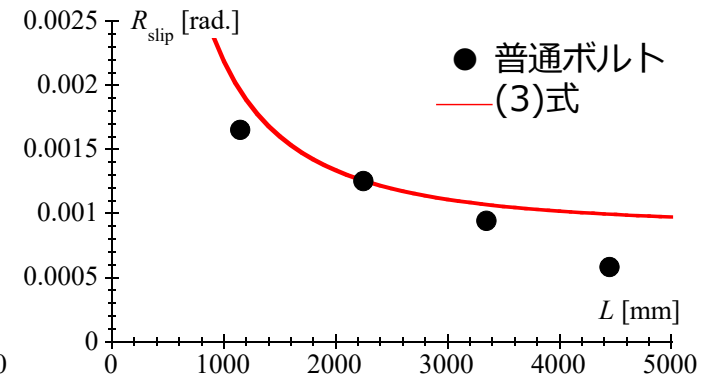
## 【理論値との対応】



水平剛性  
(L60x60x3.2)



最大耐力  
(L60x60x3.2)



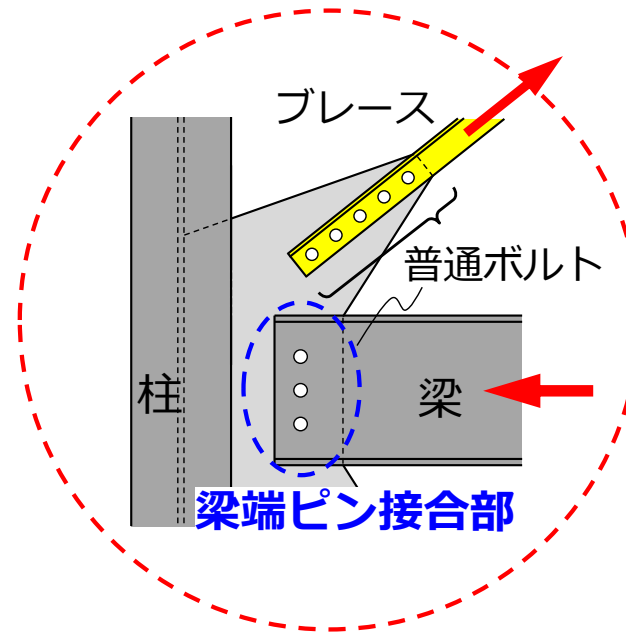
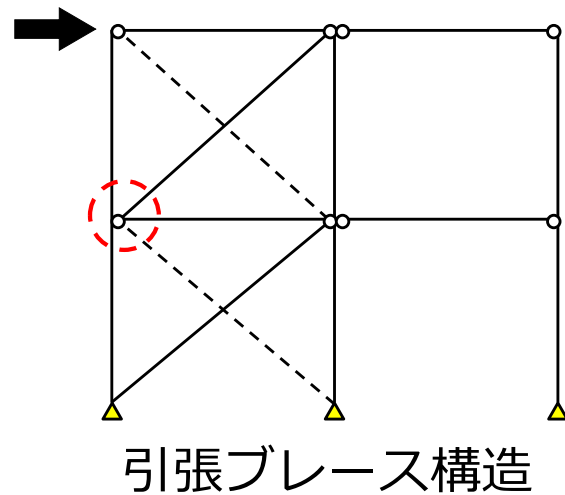
すべりによって  
生じる層間変形角

- ・ **水平剛性**：スパンの変化による実験結果と計算値の傾向が良く対応している。
- ・ **最大耐力**：スパンに応じた増加傾向をよく捉えられている。
- ・ **すべりによって生じる層間変形角**：計算値が実験結果を過大評価する傾向にあるが、実験結果はいずれも概ね計算値の傾向に沿って変化している。

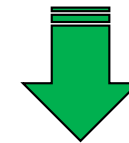
普通ボルトを用いたブレース骨組における接合部のすべりによって生じる層間変形角の大きさは、(3)式により評価できる

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 骨組実験の計画 —実験目的—

## 令和2年度実施予定の実大骨組実験の計画



純ブレース構造の梁端接合部では、ウェブのみを高力ボルト接合したピン接合が採用されることが多い



梁端接合部にも普通ボルトを使用した場合、すべりによる影響が生じる。

### <目的>

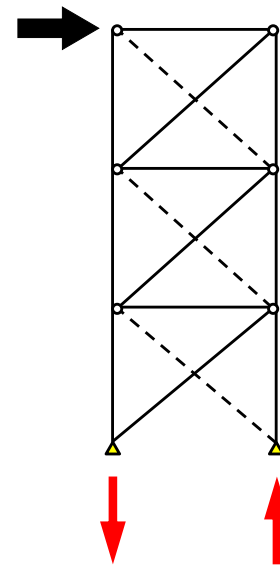
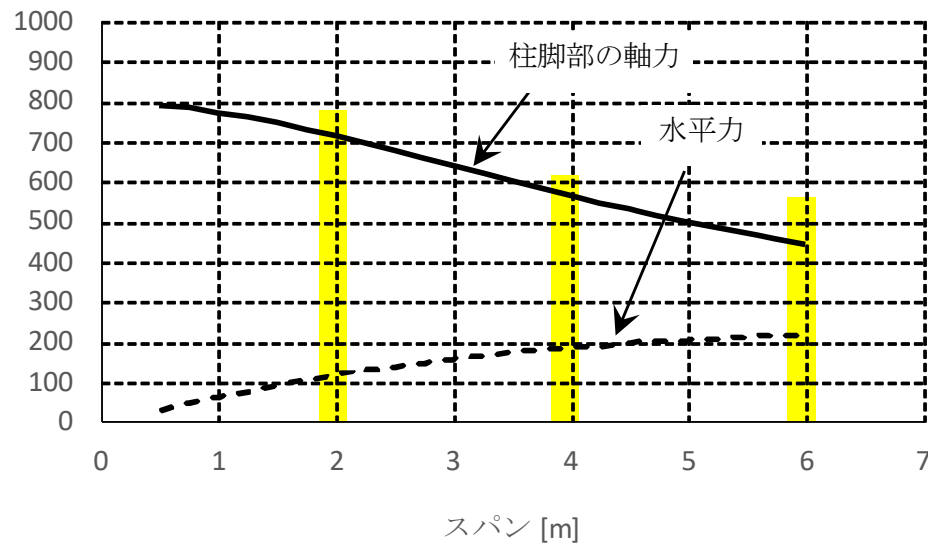
多層骨組となった場合の層間変形に及ぼすボルト接合部のすべりの影響を確認する。

また、梁端ピン接合部におけるすべりの影響を明らかにする。

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 骨組実験の計画 —試験体の規模と制約条件の検討—

## 【実験における制約条件の検討】

- ・ 想定する試験体の最大規模：**層数3**，梁スパン6m，**階高4m**
- ・ ブレース断面：最大でL65x65x6 (軸部降伏耐力**176.9kN**)
- ・ 所有する油圧ジャッキ：最大荷重1000kN，ストローク±250mm
- ・ 所有するクレビスピン(柱脚用)：許容荷重**1000kN**

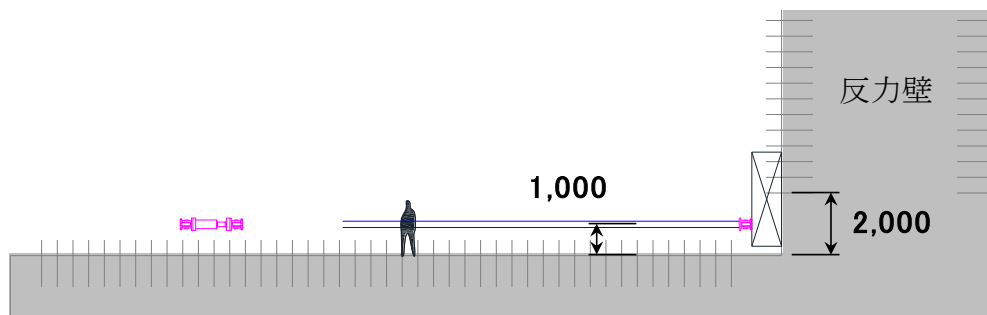
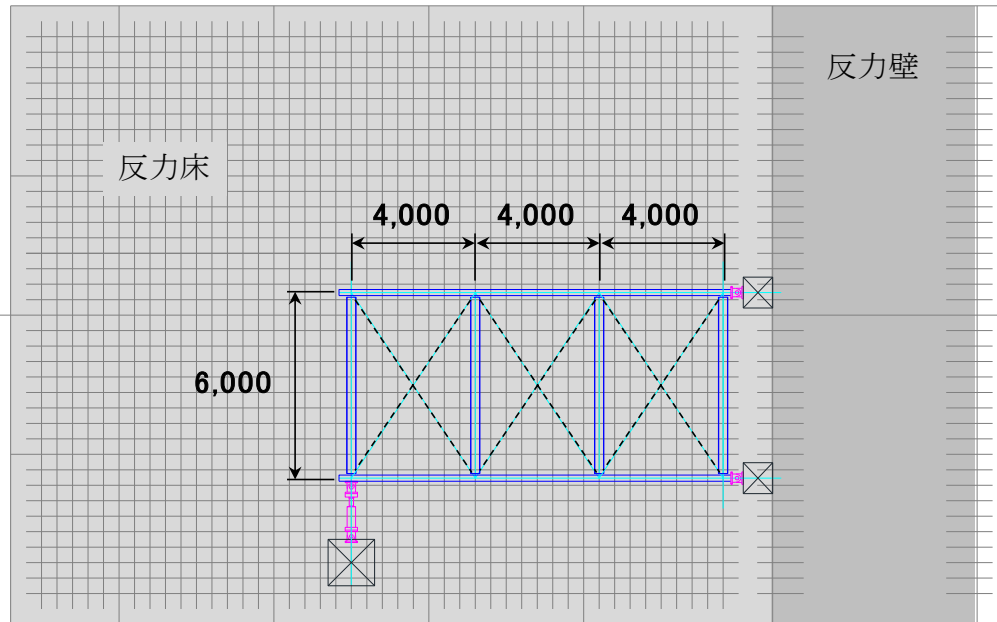


柱脚部に作用する最大軸力はアスペクト比が大きいほど増加するが、スパンが1mの場合でも、**クレビスの許容荷重以下**となっている。

**所有する油圧ジャッキ及びクレビスピンを使用して実験可能であることを確認した。**

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 骨組実験の計画 —実験方法—

## 【セットアップ案】



### ＜方法＞

ブレース端接合部及び梁端接合部に普通ボルトを用いた実大ブレース架構に対し、**繰り返し**荷重実験を行う。

実験を行うための施設には建築研究所「実大構造物実験棟」を使用し、**試験体を水平に寝かせた状態**で設置する。

前述の検討を踏まえ、  
実験パラメータは、  
骨組のスパン(2, 4, 6m)、  
階高(3, 4m)、  
ボルトの強度区分、  
ブレースの断面などを考える。

# 第Ⅲ編 ブレース接合部における普通ボルトの適用に関する検討 まとめ

## 【ブレース端接合部の実験】

- 普通ボルトを用いた場合でも、接合部の**有効断面破断耐力は高力ボルトを用いた場合とほぼ変わらない。**
- ブレースに山形断面を用いた接合部の有効断面破断耐力は、ボルト本数が**6本以上の場合、5本の場合からほとんど増加しない。**
- ブレースに溝形断面を用いた接合部の有効断面破断耐力は、**接合面の幅が150mm以上の断面では鋼構造接合部設計指針の設計値と対応しない。**

## 【ブレース部分架構の実験】

- ブレース端接合部に普通ボルトを用いた骨組では、**接合部のすべりによって層間変形が生じた。** 接合部のボルト孔クリアランスに基づく**(3)式による理論値と実験結果は、概ね良い対応を示した。**

## 【骨組実験の計画】

- 試験体の最大規模を想定し、所有する油圧ジャッキやクレビスピンを用いて**実験可能であることを確認**した。
- 実験方法や実験パラメータ案について検討した。