

論文・報告

屋根ブレース偏心接合の研究開発

～BT 接合ピースを用いた大梁 - 小梁 - 屋根ブレース接合部～

Research and Development of Eccentric Joints in Roof Brace

戸成 建人*1
Tatsuto TONARI

谷ヶ崎 庄二*2
Shoji YAGASAKI

池谷 研一*3
Kenichi IKETANI

中澤 潤*1
Jun NAKAZAWA

川田工業システム建築の鉄骨生産ラインの特徴を活かして製作コストを低減するために、ボルト構造の考案と実施を進めてきた。その結果、二次部材の接合部は、ほぼボルト構造化が実現でき、大梁 - 小梁 - 屋根ブレース接合部には溶接により組み立てられたT形鋼を用いた接合（以下、BT接合）が考案された。

しかし、このBT接合は、屋根ブレースの角度が異なる数だけ種類も増えるといった問題点が発生した。そこで、本研究は、屋根ブレースが偏心接合したBT接合ピースの設計方法を確立するために、解析と実験によりその挙動を明らかにし、BT接合ピースの種類を減らすことを目的に実施した。

キーワード：ボルト構造，BT接合，屋根ブレース，偏心接合

はじめに

大梁 - 小梁 - 屋根ブレースの BT（ビルトティー）接合は、鉄骨製作と別工程で製作された BT 接合ピースを用いた接合方法である（図 1）。この BT 接合ピースは、大梁ウェブに接合される BT フランジ、小梁ウェブに接合される BT ウェブ、さらに屋根ブレースガセットプレートで構成される（図 2）。

通常、屋根ブレースガセットプレートはブレースの引付点と大梁 - 小梁の交点が一致するように製作されている。そのため、屋根ブレースの取付角度が変わると、ガセットプレートの形状も多種になり、工場での工作図作成や鉄骨製作および BT 接合ピースの取付において、コスト増の原因となっている。しかし、ブレースの引付点と大梁 - 小梁の交点をずらすと屋根ブレースに偏心が生じるため、BT 接合部の安全性に対する検証が必要になる。

そこで、解析と実験により屋根ブレースの偏心接合に対する設計方法を確立する。それにより、屋根ブレースガセットプレートを標準化し、BT 接合ピースの種類を減らすことでコスト低減を目指す。ここでは、その方法と結果について報告する。

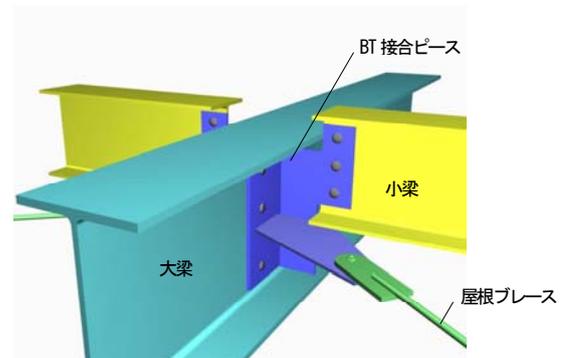


図 1 BT 接合

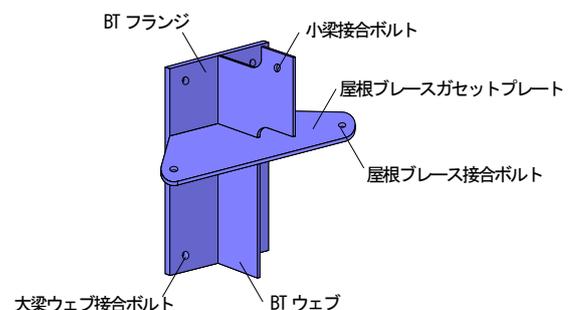


図 2 BT 接合ピース

*1 川田工業株式会社 建築事業部技術部技術一課

*2 川田工業株式会社 建築事業部技術部 部長

*3 川田工業株式会社 建築事業部技術部技術一課 課長

1. 研究内容

屋根ブレースの取付角度は建物ごとにフレーム間隔と小梁間隔で決まる（図3）。しかし、妻側や桁側などの端部ではフレーム間隔、小梁間隔が異なる場合が多く、ブレースの取付角度は変わる。そのため、屋根ブレースのガセットプレートに同じものを使うと、ブレースの引付点と大梁・小梁の交点が一致せず、屋根ブレースに偏心が生じる（図4）。この偏心は、BT接合部に損傷を与える。

そこで、ブレースの偏心接合に対するBT接合部の挙動を解析により明らかにし、次に設計方法を考案し、設計方法の安全性を実験によって検証する。

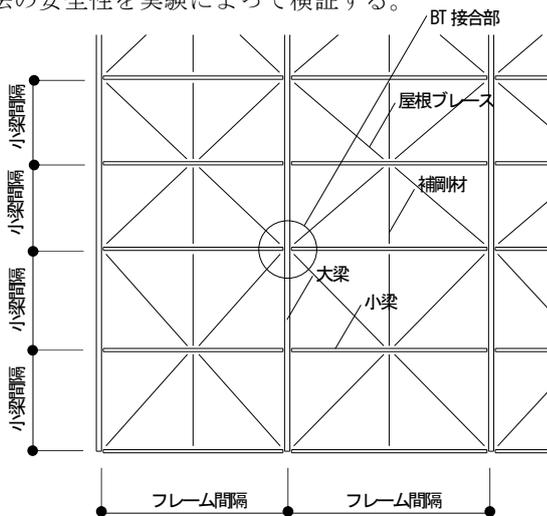


図3 小屋伏図

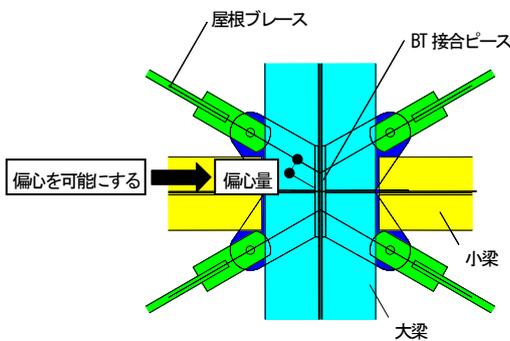


図4 屋根ブレースの偏心

2. BT接合部の挙動

(1) BT接合ピース

屋根ブレースからの引張力 T は、ブレースの取付角度 θ により、 T_G と T_B に分解される（図5）。 T_G は大梁ウェブ接合ボルトを介して大梁ウェブに伝達される。 T_B は小梁接合ボルトを介して小梁に伝達される。さらに、 T と偏心量 e により偏心モーメント M_T が生じ、この M_T はBT接合ピースにねじりを与える。これらの力の流れは平面シェル要素を用いた3次元モデルのFEM解析により確認している。

(2) 大梁ウェブ

偏心モーメントによるBT接合ピースのねじりは、大梁ウェブ接合ボルトで拘束される。したがって、

接合ボルト位置には面外方向に偶力が作用する。

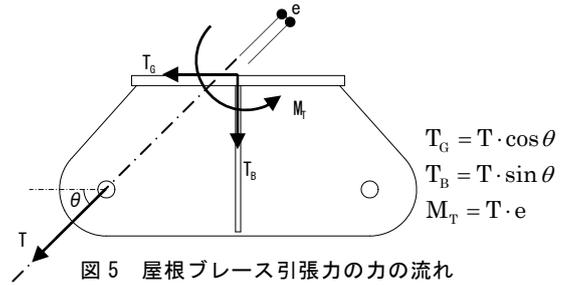


図5 屋根ブレース引張力の力の流れ

3. 設計方法

(1) BT接合ピースのねじりに対する設計

BT接合ピースのねじりは、計算を単純化するために純ねじり（サンブナンねじり）を受けるT形断面として設計する。設計モデルは、接合ボルト位置を固定端とした梁モデルとし、ブレースガセット位置に偏心モーメント M_T を作用させる（図6）。

FEMの結果では、BT接合ピースにねじりせん断応力の他に板曲げ応力も生じている。しかし、板曲げ応力を考慮する降伏荷重は、純ねじりの降伏荷重とほぼ同じであるため、純ねじりによる設計とした。

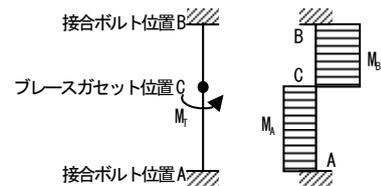


図6 BT接合ピース設計モデル

(2) 大梁ウェブの面外曲げに対する設計

大梁ウェブは接合ボルト位置で面外方向に集中荷重を受ける。設計モデルは、大梁ウェブの上下フランジ芯を支点とする一方向板とし、土木学会「コンクリート標準示方書」¹⁾の有効幅 b_e を用いる。

$$b_e = v + 2.4x(1 - x/L) \quad (1)$$

x ：集中荷重作用点から最も近い支点までの距離

L ：一方向板のスパン

v ：荷重の分布幅

なお、大梁ウェブの上下はフランジのねじり剛性があるため、一方向板の両端はFEMで求めた回転バネを考慮する（図7）。

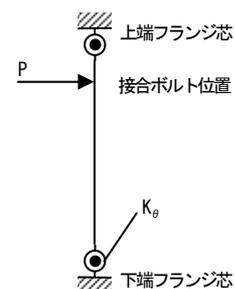


図7 大梁ウェブ設計モデル

4. 実験方法

(1) BTねじり試験

BT接合ピースのねじり挙動を再現し、ねじりモーメント - ねじり角関係を得る (図8)。試験体と試験治具は、座金と同径の鋼管に高力ボルトを通して締め付ける。ねじりの中心となるBTフランジの背面は、ピン支承を設け、ジャッキで荷重Pを加え、試験体に偏心モーメントを与える。試験体は、BT1～BT6の6種類 (表1)、変動因子は、BTフランジ厚、BTウェブ厚、BTフランジ幅、想定部材に応じたBTの成およびガセットプレート位置とする。

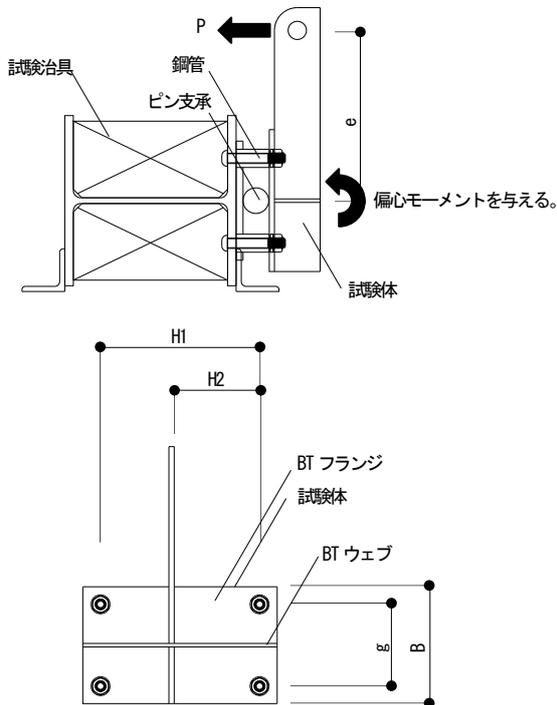


図8 BTねじり試験

表1 BTねじり試験ケース

試験体	BTフランジ厚	BTウェブ厚	B	g	H1	H2	単位 (mm)	
							想定部材	
BT1	9	6	200	140	270	145	大梁 H-400×200 小梁 H-250×125	
BT2	9	6	200	140	470	145	大梁 H-600×200 小梁 H-250×125	
BT3	12	6	200	140	470	145	大梁 H-600×200 小梁 H-250×125	
BT4	12	6	250	190	470	145	大梁 H-600×200 小梁 H-250×125	
BT5	9	9	200	140	640	180	大梁 H-800×300 小梁 H-300×150	
BT6	9	9	200	140	730	360.5	大梁 H-900×300 大梁せいの1/2	



写真1 BTねじり試験

(2) 大梁ウェブ面外曲げ試験

大梁ウェブの面外方向に集中荷重を与え、荷重 - 面外変形関係を得る (図9)。試験方法は、試験体を試験治具に固定し、支点距離の中心に設置した高力ボルトにジャッキで荷重Pを加える。試験体は、G1～G4の4種類 (表2)、変動因子は、大梁サイズ、大梁フランジからの高力ボルト位置、補強プレートの有無とする。高力ボルト位置は、上段と中段の2種類である。中段は、梁成が大きい場合にボルトを3段配置したときの中央のボルトである。G3は、大梁ウェブの両側にBT接合ピースを使用した場合を想定し、大梁ウェブを両側から補強プレートで挟む。

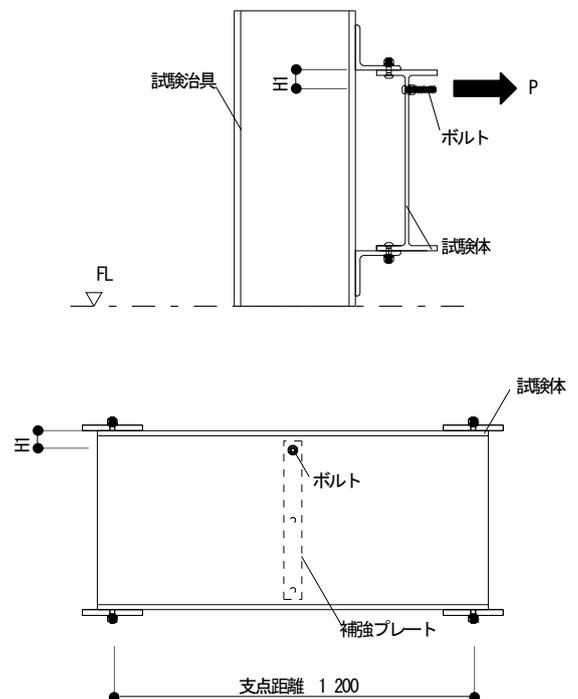


図9 大梁ウェブ面外曲げ試験

表2 大梁ウェブ面外曲げ試験ケース 単位 (mm)

試験体	断面形状	H1	補強プレートの有無	補強プレート厚
G1	H-346×174×6×9	58	なし	-
G2	H-600×200×11×17	65	なし	-
G3	H-346×174×6×9	58	あり	9 (2枚)
G4	H-600×200×11×17	300	なし	-

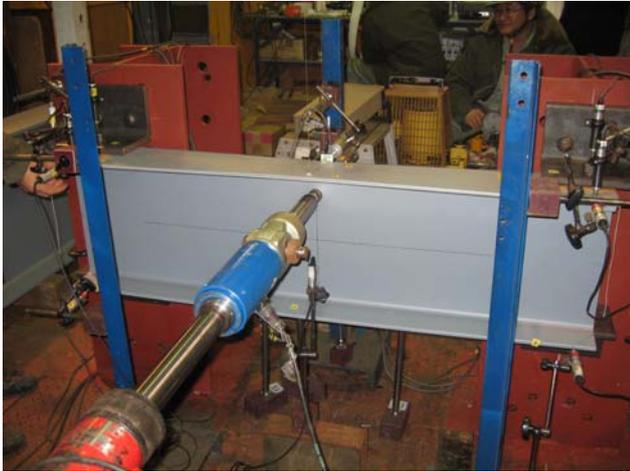


写真2 大梁ウェブ面外曲げ試験



写真3 偏心接合した屋根ブレース構面の試験

(3) 偏心接合した屋根ブレース構面の試験

BT接合部を用いた屋根ブレース構面の試験を再現して、荷重 - 変形関係を得る (図10)。試験方法は、試験体にジャッキで荷重Pを加える。試験体は、1体とし、一部のBT接合部の屋根ブレースを偏心接合にしている。2008年度には屋根ブレースの偏心接合がない同種の実験を実施している。

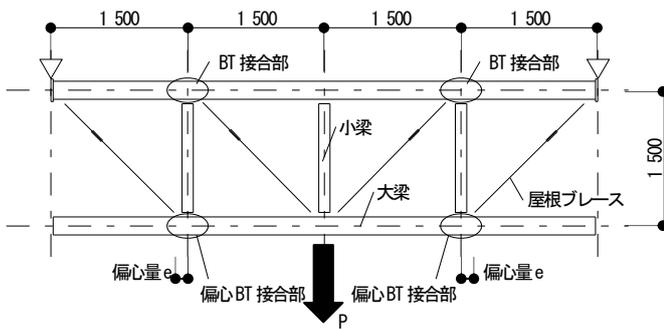


図10 偏心接合した屋根ブレース構面の試験

表3 部材リスト

部材	断面形状
大梁	H-600×200×11×17
小梁	H-248×124×5×8
屋根ブレース	1-M24 (T.B付)

5. 実験結果

(1) BTねじり試験

図11~16にねじりモーメント - ねじり角の関係を示す。なお、同図には設計式およびFEMによる降伏ねじりモーメントを示す。いずれの試験体も設計式およびFEMによる降伏ねじりモーメントはほぼ近い値となり、実験値の弾性域にある。BTの成が大きくなると、設計式は実験値の弾性限界に近づく。

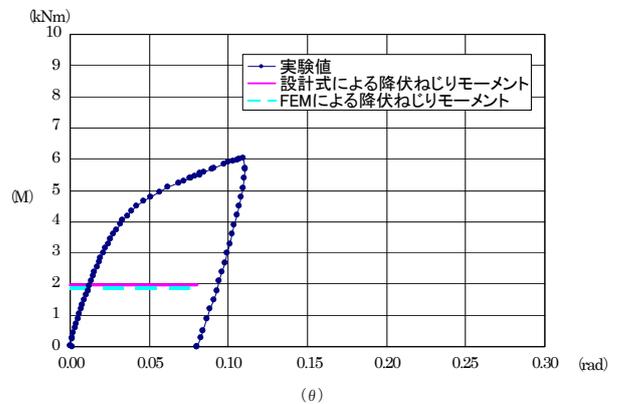


図11 BTねじり試験 (BT1)

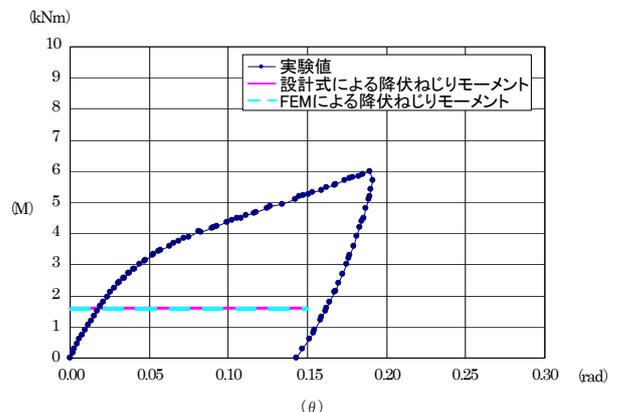


図12 BTねじり試験 (BT2)

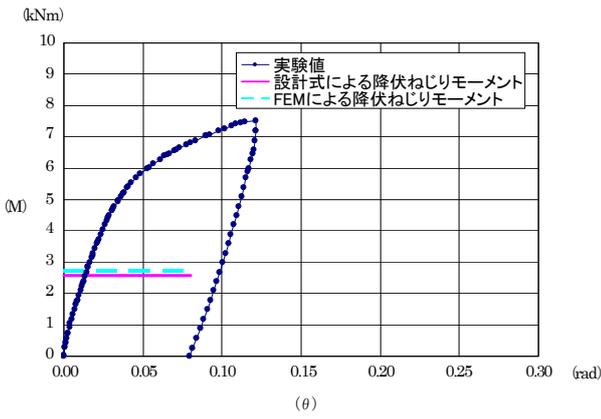


図 13 BTねじり試験 (BT3)

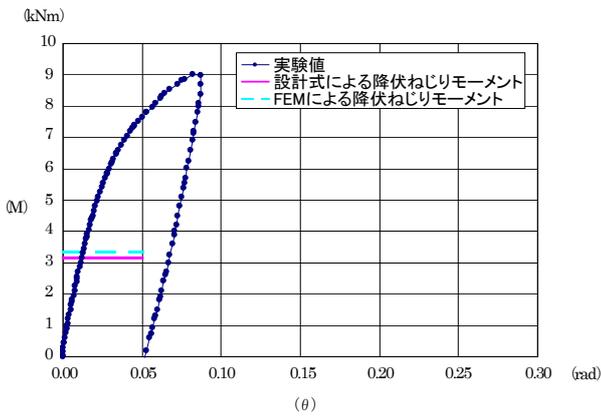


図 14 BTねじり試験 (BT4)

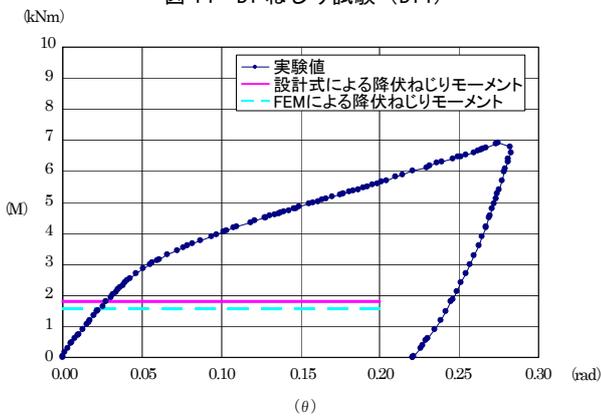


図 15 BTねじり試験 (BT5)

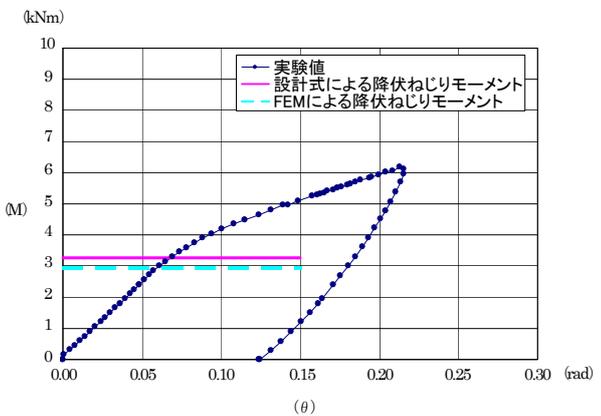


図 16 BTねじり試験 (BT6)

(2) 大梁ウェブ面外曲げ試験

図17~20に荷重点の荷重 - 面外変形関係を示す。同図には設計式およびFEMによる降伏荷重を示す。いずれの試験体も設計式およびFEMによる降伏荷重は実験値の弾性域にある。大梁ウェブの両側に補強プレートが取り付けられたG3の設計式による降伏荷重は、引張側1枚が有効であるとして計算している。しかし、補強プレートによる耐力上昇効果は小さい。

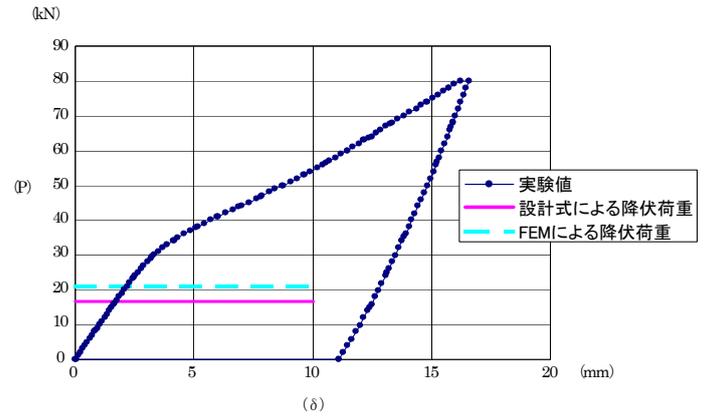


図 17 大梁ウェブ面外曲げ試験 (G1)

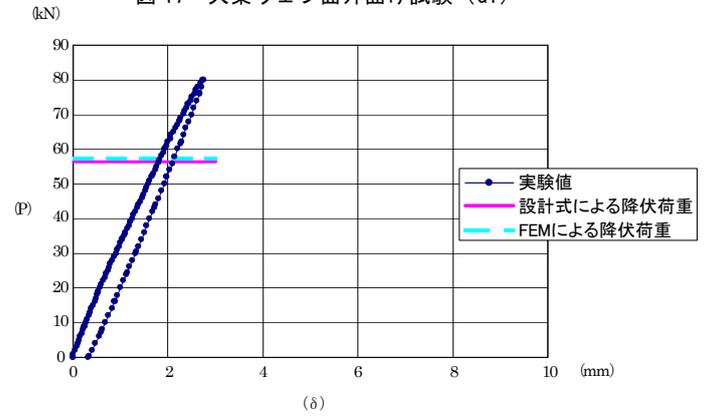


図 18 大梁ウェブ面外曲げ試験 (G2)

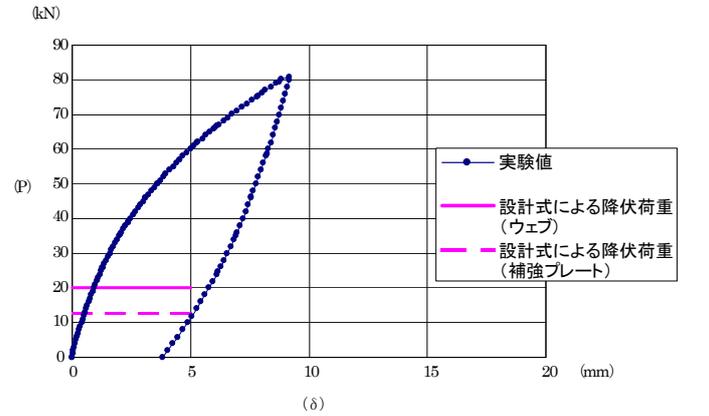


図 19 大梁ウェブ面外曲げ試験 (G3)

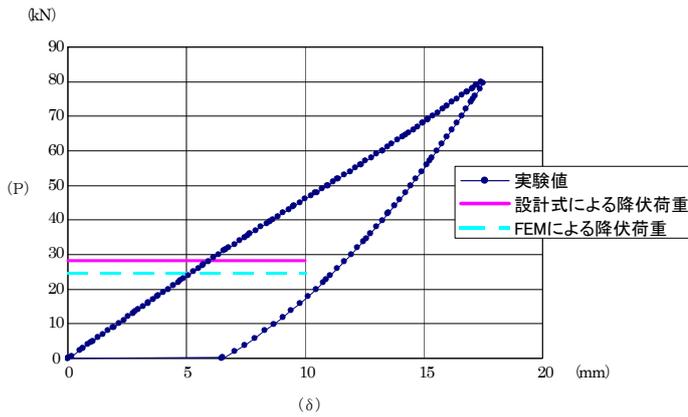


図 20 大梁ウェブ面外曲げ試験 (G4)

(3) 偏心接合した屋根ブレース構面の試験

図21 に荷重点の荷重 - 変形関係を示す。実験ではブレースの降伏後、剛性が低下し、変形が増大した。同図には設計式によるBT接合ピースのねじり降伏荷重を示す。設計式による降伏荷重は実験値の弾性域にある。

図22にブレース偏心がない2008年度の実験との比較を示す。比較するために、荷重をブレース降伏荷重で除して無次元化している。屋根ブレースが偏心したBT接合部においても、ブレース降伏後の剛性低下はほとんど変わらない。

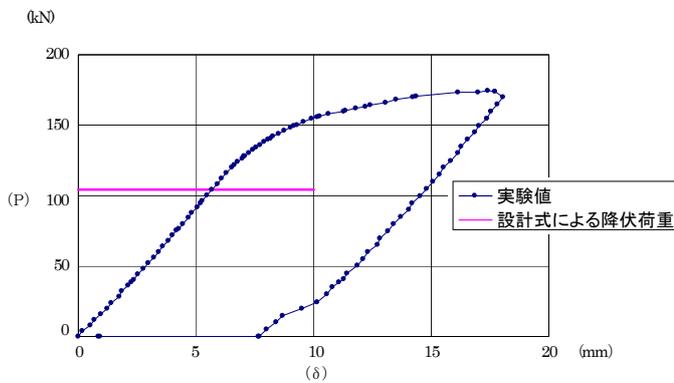


図 21 偏心接合した屋根ブレース構面の試験

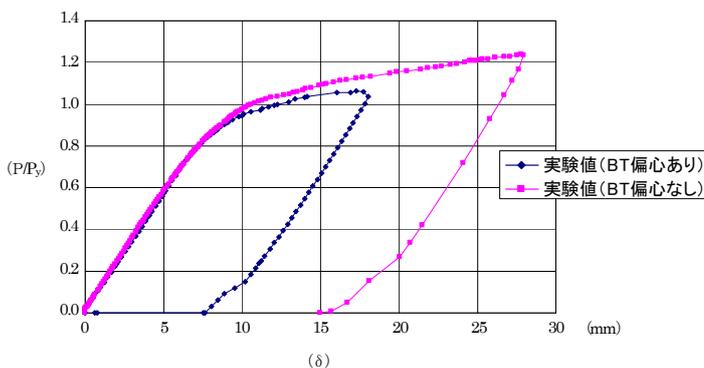


図 22 2008 年度の実験との比較

6. まとめ

各種実験結果をまとめると、以下ようになる。

- ①屋根ブレースの偏心モーメントは、BT接合ピースのねじりで抵抗できる。
- ②BT接合ピースのねじり耐力評価に関しては、純ねじりの設計式でも安全である。
- ③BT接合ピースのねじり挙動は降伏後も耐力が上昇し、急激な耐力低下は起こさない。
- ④大梁ウェブの面外曲げ耐力評価に関しては、一方向板としての有効幅の評価が重要である。設計式での有効幅は、土木学会の「コンクリート標準示方書」¹⁾の式を使用すると、精度がよく安全側である。
- ⑤偏心接合した屋根ブレース構面の試験により、今回提案したBT接合ピースの設計式を使えば、ブレース降伏が保証できる。
- ⑥屋根ブレースの偏心接合に対する設計方法を確立したため、ブレースガセットプレートを標準化し、BT接合ピースの種類を減らせることができる。

謝辞

最後に、実験に協力頂いた日本大学理工学部非常勤講師の八島信良博士、(株)三造試験センターの職員の皆様に感謝する。

参考文献

- 1) 社団法人 土木学会：平成8年制定 コンクリート標準示方書 [設計編] , pp. 180-181, 1996. 3.