北海道のブレース付鋼架構の接合部設計に関するアンケート調査の計画

高田　慎一郎

1.　序論

ブレース付鋼架構は広く採用される耐震構造形式だが、近年の被害調査からも、地震で被害を受けやすいことが確認されている。2011 年東北地方太平洋地震の後も、ブレース接合部に被害を受けた例が幾つも見られた。ブレース接合部には、多様な力学上の設計要求を満たしつつ、柱・梁とブレースの取り合いを配慮した施工性が求められる。数多くある基準や指針でも、ブレース付鋼架構に関する設計法が明快に示されていないために、様々な設計が混在しているのが現状である。このような背景から、2014 年に北海道のブレース付鋼架構の設計に関するアンケート調査を行った [1]。本研究では、前回のアンケート結果を分析し、追加アンケートの計画を進めることを目的とする。

2　前回アンケート

2014 年 8 月から 9 月にかけて、社団法人日本建築構造技術者協会北海道支部の協力を仰ぎ、北海道在住の同協会員 140 名に対してアンケートを実施した。アンケートは、①回答者、②使用範囲、③設計と解析、④ブレース、⑤柱脚、⑥ブレース接合部の 6 項目、合計 25 の質問で構成された。

回答をみると、ブレース付鋼架構は、工場や倉庫、それも一階か二階建ての簡易な構造に使用されることが多い。こうした適用例では、ブレースの引張耐力だけが期待され、圧縮耐力は期待されない使用例がほとんどである。ブレースの圧縮耐力に期待する場合も、「保有耐力時までブレースを座屈させない」設計が志向される。圧縮耐力を期待するブレースには、角形鋼管、円形鋼管、H 形鋼が採用される。ブレースの配置方法は、図 1 に示すように逆 V 字形（K 形）、片流れ、V 字形の順に好まれる。ブレース接合部において、ブレースの軸線と柱梁節点の偏心を避けることへの意識は高い。また、ブレース接合部には、現場で高力ボルト摩擦接合する形式が圧倒的多数である。ブレース接合部の設計には、学会の「鋼構造接合部設計指針 [2]」などが参照されるが、標準図書に頼らず、その都度、計算し、設計するとの回答がほとんどであった。アンケート結果からは、ブレース付鋼架構の設計に対する、設計者の判断や工夫がうかがえたが、その判断が設計者によって様々に異なることも分かった。

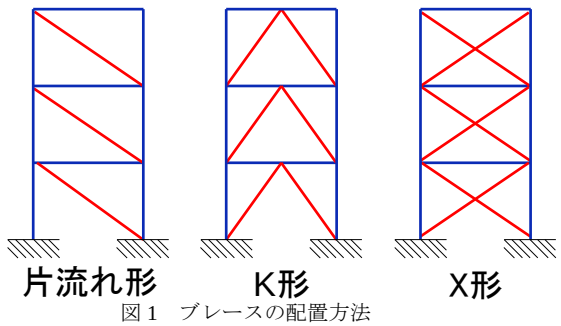

図 1　ブレースの配置方法

3. 追加アンケートの必要

前回アンケートでは、十分に掘り下げられなかった疑問点が残った。工場や倉庫はともかく、ブレースは大型商業施設や駐車場、事務所ビルにも使われるのが現状で、そうした建築物の用途別に、ブレースの断面形状や配置方法、設計法の傾向が異なるものと考えられる。保有水平耐力の算定方法や、その基となるブレースの有効長さの取り方などは、設計者の判断にゆだねられている部分が多い。こうした点について、さまざまな方法が採用されていることが分かったが、その判断の根拠を、十分に把握しきれなかった。

ブレース接合部は、ブレース付鋼架構の耐震性能を作用する重要な要素だが、その設計は「標準形式がなく、会社によっても個人によっても異なる」との指摘を得た。実際に、設計者によって様々な設計法が採用されていることが分かったが、具体的な接合部詳細の選択とその考えについて、十分に掘り下げられなかった。

4. 追加アンケート計画

前回アンケートで問いきれなかった疑問、また、前回アンケートの結果を受けて生じた新たな疑問を解消し、ブレース付鋼架構に対する実務者の考え方や、設計方法の現状を把握するために、追加アンケートを実施する。前回、追加アンケートの実施に同意くださった59名の回答者を主対象に、4月に郵送とEメールの両方の方法で送付し、回答期限は5月中旬を予定している。

ブレース付鋼架構は、駐車場や工場、倉庫に採用する頻度が高いとの回答を得たが、事務所や商業施設に採用される場合は少ないとの回答を得た。そこで、ラーメン架構や制振構造との対比で、どのような条件が揃えばブレース付鋼架構を採用するか、その理由を、重要度（が低い・高い）、平面計画（にブレースを設置する余地がある）、層せん断力の分担率（が低い・高い）、BB材のブレースで設計できる、などで問う。

保有水平耐力の算定方法が、設計者によって大きく異なることが分かった。そこで、どのような状態に対して保有水平耐力を算定するか、圧縮ブレースの耐力（座屈耐力、座屈後の安定耐力、零、座屈耐力の一定割合）や圧縮ブレースの座屈長さの取り方、K形ブレースの不釣合力の処理方法などについて問う。

ブレース接合部に関する質問を重点的に設定する。ブレース接合部には、なるべく固定度を高める、あるいは逆に、なるべくピンに近くする、という両極端の設計思想があり得る。そのどちらを採用するか、その理由を含めて問う。海外では、ガセットプレートに可撓領域を確保し、ブレース接合部の構面外回転を許容する設計が主流だが、この設計は日本では普及していない。設計者が、この思想に懸念を感じるか、感じるとしたらどのような懸念かを問う。

ブレース接合部は、ブレースに採用する部材断面によって形式が異なる。H 形鋼を採用する場合、円形、または角形鋼管を採用する場合について、ブレースを構面内に座屈

Planed Survey on the Design of Steel Braced Frames in Hokkaido

TAKADA Shinichiro

させるか、構面外に座屈させるかによってディテールが異なり、また意図する固定度によって異なる。そこで、それぞれの場合について、典型的な接合部詳細を提示して、いずれの詳細を選択するか、選択するための条件や理由（標準仕様がある、実例が多い・少ない、施工者の要望）についても問う。さらに、それぞれの詳細について、梁や柱の補剛に関する考え（角形鋼管の内ダイアフラム、梁の補剛板を設けるかどうか、その寸法をどのように定めるか）を問う。図２と３に、ブレースがＨ形鋼の場合と円形または角形鋼管の場合のブレース接合部を示す。いずれの接合部詳細も、設計例に提示され[2), 3)]、ある程度、性能が確認されている[4), 5), 6)]ものばかりである。このうちどれを採用するのか、その理由（固定度の高さ・低さ、施工性、経済性、実績、工場の志向など）と共に問う。

前回、ブレースが柱や梁に対して偏心する場合に、断面検討で別途、任意解析プログラムで応力計算する、という回答を複数得たが、その対処方法（曲げモーメント・せん断力に対して梁の断面を大きくする、ダブラープレートを溶接する、補剛板を付加する）を問う[3)]。

前回、参考文献として最も多い86%を集めた「鋼構造接合部設計指針」も、圧縮力に対するブレース接合部の設計を提示しない。そこで、圧縮力に対する考え方（接合部に十分な固定度と断面積を付与するので問題にしない、引張に対して十分な耐力を付与するので問題にしない、接合部の回転を許容する）を問う。

その他、追記的な質問事項として、偏心ブレースを使用方法（一次設計のみ、せん断降伏梁の靭性を生かす、ラーメンの剛性調整に使用する）、などを問う。

5. 結論

前回アンケート調査の結果を考察し、ブレース付鋼架構が多様な建築物に使用されるものの、ブレースの断面形状や配置、必要寸法の算定、接合部詳細などが実に多様であることが分かった。そこで、保有水平耐力の計算方法、とりわけ圧縮ブレースの耐力の算定方法や、ブレース接合部の設計方法およびその考え方について、追加アンケートを実施することとした。２回の調査結果を合わせて、ブレース付鋼架構に関する実務設計者の疑問点や不審を特定め、ブレース付鋼架構の耐震性能を確保するための有効な設計方法の開発につなげたい。

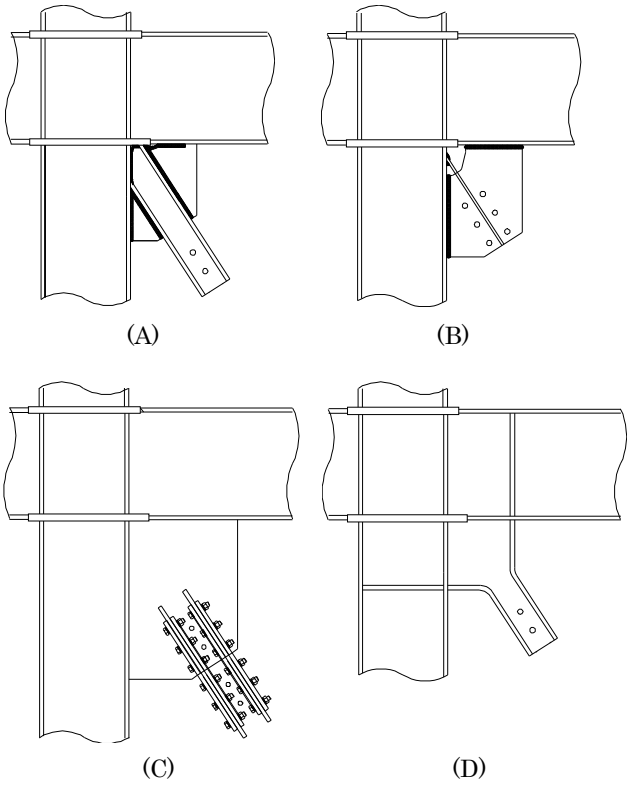

図２　Ｈ形鋼ブレース　柱梁接合部詳細設計

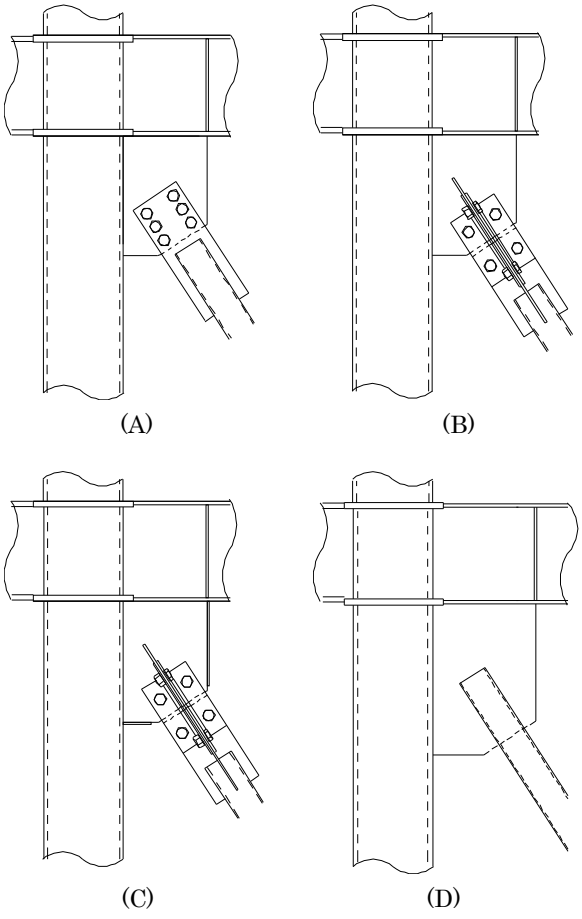

図３　円形鋼管ブレース　柱梁接合部詳細設計

参考文献

1) 岡崎太一郎、亀岡優人、緑川光正、麻里哲広：北海道の筋交い付鋼架構の設計に関するアンケート調査、北海道地区自然災害科学資料センター報告、28巻、pp.11-28, 2015.3
2) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針、丸善出版株式会社、2012年
3) 長谷川隆、増田浩志ら：鉄骨造建築物の接合部ディテール例示資料集-複雑な接合部ディテールの設計・製作の要点、建築研究資料No.143、2013.3、pp.46-55
4) 田中淳夫　榎本憲正：Ｈ形鋼を用いた軸組筋交い材端接合部の力学的性状,日本建築学会構造系論文報告集、第404号、pp.51-63、1989.10
5) 上杉周平：ブレース端部を構面外にピンとしたK形ブレース付鋼架構の繰り返し水平載荷実験、平成28年度北海道大学卒業論文
6) 井上桂輔：接合部形状がK形ブレース付鋼架構の繰り返し水平載荷挙動に及ぼす影響、平成27年北海道大学修士論文