

# 柱部材に着目した鋼材リユースの検討

松田 尚也

## 1. はじめに

鉄鋼部材をリユースできれば、鋼構造建築物の環境負荷を大幅に削減できる。リユースの対象として、図1に示す、柱部材に着目している。梁ブラケットを複層分取り付けられた柱部材は、重量が集中し溶接が集中するために、リユースの経済的効果が大きく、周囲に高力ボルトやアンカーボルトで接合されるために、解体性が高くリユースに適している。目標とするリユースを実現するためには、多くの建物に適用可能な、汎用性が高い寸法モジュールを確立する必要がある。また、大地震による塑性変形を経た鋼材の残存耐震性能を把握する必要がある。前者の課題に対して、佐藤ら<sup>1)</sup>の調査に基づいて、使用頻度が高い鋼材・階高・柱寸法・梁寸法の組合せを見出した。後者の課題に対して、鋼材の単調引張試験とビッカース硬さ試験の相関関係を分析したので、ここに報告する。

## 2. データ分析

佐藤ら<sup>1)</sup>は、2010年から2022年に北海道で建設された鋼構造建築物120件を対象に、図面調査を実施した。そのうち、角形鋼管柱を用いた建物94件のデータに基づいて、本研究で柱と梁の断面寸法や、柱梁接合部の特徴を分析した。建物94件に含まれた柱部材3,699本のうち、全層の階高が同じ柱部材2,114本と、最下層を切断すれば全層の階高を揃えられる柱部材1,201本の合計3,315本は、汎用性の条件を一つ満足する。図2に、この柱部材3,315本の内訳を、階高と建物用途で示す。階高 $3.2 \pm 0.2$  m、 $4.0 \pm 0.2$  m、 $3.6 \pm 0.2$  mの柱が多く、それぞれ685本(3,315本の21%)、536本(同16%)、434本(同13%)であった。建物用途は、階高 $3.2 \pm 0.2$  mにホテルや福祉施設、階高 $4.0 \pm 0.2$  mに事務所が多かった。

表1に、使用頻度が高かった柱梁接合部の取付け類型を示す。図3に、階高 $3.2 \pm 0.2$  mの柱部材685本を例に、建物用途ごとの柱梁接合部の類型を示す。せいが大きい順に、梁に1、2と数字をつけている。梁に数字をつけない場合は、せいの大小を類型に考慮していない。685本は、21件の建物に使用さ

れており、そこに柱梁節点が1,765箇所含まれた。ホテルでは、中柱に1軸偏心-2、側柱に2軸偏心の接合部の使用頻度が高かった。外装材を取り付ける利便性のためと思われるが、外周の柱では、梁が柱に対して偏心している場合がほとんどであった。車庫では、梁を斜めに接合する特殊ない型式も確認されたが、基本的には偏心のない中柱と側柱の使用頻度が高く、車庫と事務所を除くと、偏心を有する形式が多かった。

図4に、建物94件に含まれる柱梁節点7,530箇所について、採取した場合に別の新設建物に転用できる可能性を示す。表1に示す類型のうち、最も使用頻度が高い5つについて、そのまま転用する可能性、あるいは梁を切断するか使用しない、または梁を溶接することで転用する可能性を整理している。この5つの類型は、柱梁接合部7,530箇所の41%を占めた。全ての梁が偏心せず、せいも同一のものは、梁ブラケットが4方から付く中柱、3方から付く側柱、2方から付く隅柱のいずれも、同様の中柱、側柱、隅柱に転用できる。反対に、梁が1軸偏心した側柱や、梁が2軸偏心した隅柱は、異なる接類型に転用しにくい。建物用途別に見ると、ホテルから採取した柱は、梁偏心が原因で転用が困難で、車庫や事務所から採取した

表1 階高 $3.2 \pm 0.2$  mの柱部材にみられた柱梁接合部の類型

	偏心なし	1軸偏心-1	1軸偏心-2	2軸偏心	梁が斜め
中柱				-	
側柱-1			-		
側柱-2			-	-	-
隅柱		-	-		

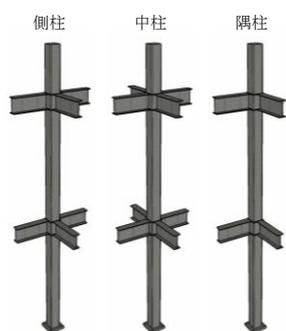


図1 柱部材

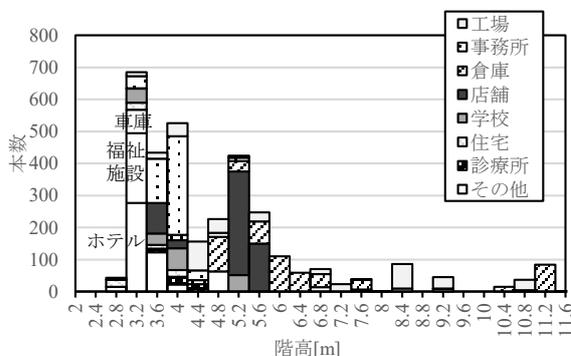


図2 柱部材の階高

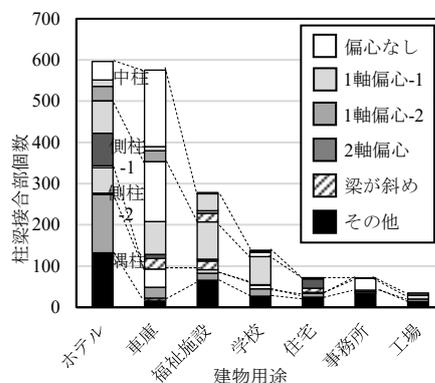


図3 階高 $3.2 \pm 0.2$  mにおける建物用途ごとの柱梁接合パターン

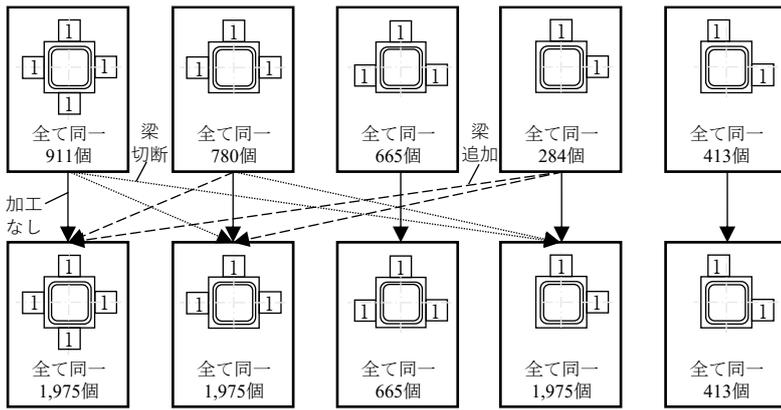


図4 柱梁接合部の転用の可能性

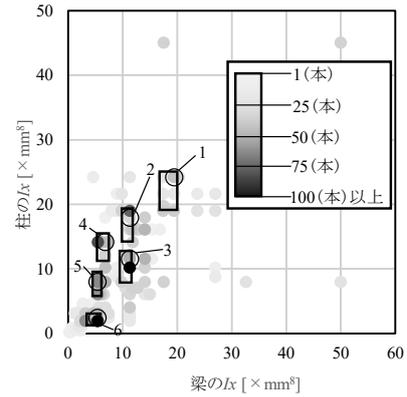


図5 階高 3.2±0.2m の柱と梁の断面二次モーメント

柱は、梁の偏心がなく、転用しやすいものが比較的多い。階高 3.2±0.2m の建物から採取した柱には、梁の偏心、せいの不揃い、軸心の傾きなど特異な柱梁接合部をもつものが多く、これらは転用可能性が低いために、リユースに向かない。

### 3. 部材リユースの検討

階高 3.2±0.2 m、3.6±0.2 m、4.0±0.2 m の柱部材を対象に絞って、使用頻度が高い柱と梁断面の組合せを見出した。図5に、階高 3.2±0.2 m を例に、合計 1,765 箇所 の柱梁節点における柱と梁の断面二次モーメントの組合せを示す。同一節点に梁が複数付く場合は、断面二次モーメントの最大値で代表している。点の濃淡は、個数の多寡を示す。梁を JIS 普及材に限定して、近傍範囲をなるべく多く代表できる、梁と柱断面の組合せを探索した。その結果が、図中の領域 1 から 6 である。

この組合せをリユースに適したモジュールと認識した場合に、建物 94 件に使用された鋼材を、数量と重量でどれだけ占めるかを算出した。重量算出にあたって、柱継手が梁上端から 1.2 m に位置し、梁継手が柱中心から 1 m に位置すると仮定し、柱梁接合部に標準的な通しダイアフラム型式を仮定した。なお、梁の偏心等の特異な接合部類型を含む柱部材は、建物用途が限定され、汎用性が低いため除外した。梁が偏心しない接合部類型を含んだ組合せを、モジュール候補とした。例えば、階高 3.2±0.2m では、柱口-450×450×22 と梁 H-588×300×12×20 組合せ 3 が、全柱部材 (3,699 本) の重量の 2.0% (191 t)、全接合部 (7,530 箇所) の 1.8% (212 箇所) を占めた。これが、寸法モジュール候補の 1 つである。

### 4. 材料科学的分析

SN400B の電炉材のサンプルから、図 6 に示す、外径 10 mm の円形断面をもつ JIS14A 号試験片を採取した。この試験片に単調引張試験で 0% から 8% の予ひずみを与え、一部の試験体には、7 から 90 日間養生したあと、破断に至るまで単調引張試験を実施した。また一部の試験体からは、図 6 に示す試料を切り出し、ビッカース試験を実施した。

図 7 に、試験から得たビッカース硬さと降伏強度、引張強度の関係を示す。図中の点線は、ここに示さないデータを含めて求めた、線形の近似線である。降伏強度には、ビッカース硬さと予ひずみ (ひずみ硬化) の相関を認められたが、7 日以降の養生期間を経て生じたひずみ時効との相関を認められなかった。引張強度には、ひずみ硬化にもひずみ時効にも、ビッカース硬さとの相関を認められなかった。

### 5. 結論

佐藤ら<sup>1)</sup>の調査データを基に、柱梁接合部の類型を把握し、階高・梁断面・柱断面で使用頻度が高い組合せを見出した。この組合せを寸法モジュールと認識することで、リユースを阻む課題の一つ解消できる。材料試験を実施して、ビッカース硬さ試験と引張強度、降伏強度の相関関係を検証した。こうしたデータを蓄積することで、大地震を経験して、塑性変形を生じた可能性のある鋼材の残存性能の検査方法の構築をめざす。

### 参考文献

- 1) 佐藤ら：近年建設された北海道内の鋼構造建築物の実態調査，鋼構造論文集，第 31 巻，第 124 号，pp. 1-11，2025.1

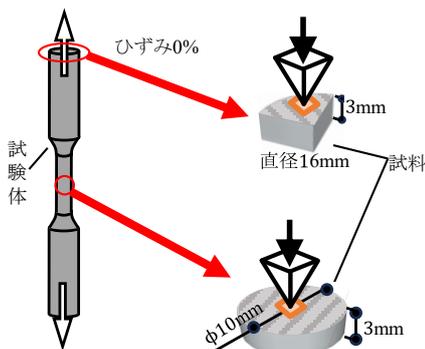


図6 引張試験とビッカース硬さ試験

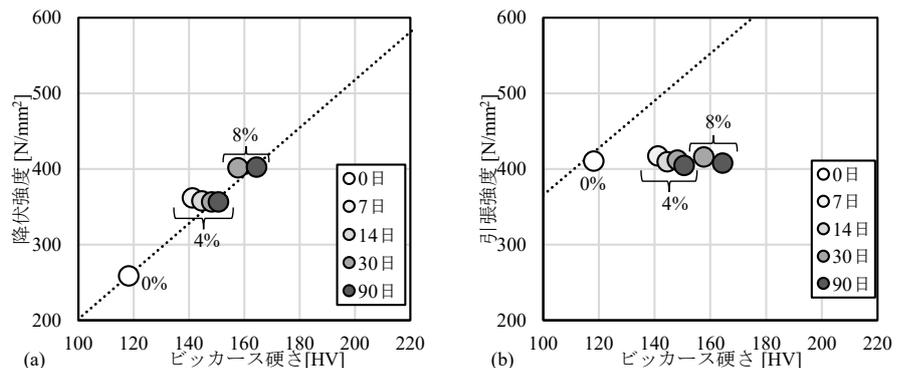


図7 (a) ビッカース硬さと降伏強度の関係；(b) ビッカース硬さと引張強度の関係