

平成 22 年 6 月 17 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007 ～ 2009

課題番号：19360252

研究課題名（和文） 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究

研究課題名（英文） Reuse System of Building Steel Structures

研究代表者

岩田 衛 (IWATA MAMORU)

神奈川大学・工学部建築学科・教授

研究者番号：50322532

研究成果の概要（和文）：本研究では、現在までに市場が成立していない「鋼材のリユース」に関して、設計・加工・施工・維持管理・解体・保管の一連のリユースフローにおいて、ビジネスを成立するためのしくみの構築を目指すものである。そこで、まず、主に鉄鋼メーカーによりプレハブ化された無耐火被覆の工場・倉庫・体育館等に使用されている主要構造部材のうち、その大部分を占める JIS 規格品の圧延 H 形鋼に着目して既存のストックに関してその量と種類を調査した。次に、リユース用部材(将来、リユースされる予定の部材を以降、リユース用部材という)として多くストックされている低層鉄骨造に関して、丁寧な解体工法によって得られた解体材に関して構造実験による性能評価並びにリユース加工方法の提案を行い、その有効性を検証した。さらに、1981 年の建築基準法の改定前後に設計された鉄骨造は、接合部のボルト穴数や添板厚さが異なるため、リユース用部材が現行の設計法を満たすための条件について考察した。また、リユースシステムを導入した鋼材の循環系フローにおける CO<sub>2</sub> 排出量の算出法とそれを使用した CO<sub>2</sub> 排出量の原単位の推定値を示した。最終的には、本研究の総括としてリユース用部材に関するガイドラインを提案することで、建築鋼構造をリユースするにあたっての技術的な方法の道筋をつけた。

研究成果の概要（英文）：The reuse system mentioned in this paper is an overall system for realizing a reuse business in a series of cyclic process in a reuse flow, namely, design, fabrication, construction, maintenance, dismantling, and storage. Here, we take up Rolled H-section steels. It is easy to handle them as reusable members because of manufactured in accordance with Japanese Industrial Standard. Structural members obtained by a reuse dismantling are evaluated by dimensional inspection, mechanical property test, chemical component test, and degradation test and stock diagnosis of reusable members of building steel structures based on performance evaluation is considered. Then, the estimation method of CO<sub>2</sub> emission according to circulation of reuse flow and CO<sub>2</sub> emission intensities based on its method are shown. A trial calculation of CO<sub>2</sub> emission in the reuse flow using mid-rise steel frame building model is conducted. Finally we propose guideline of reusable members of building steel structures based on performance evaluation and evaluate it, applying reusable members obtained by reuse dismantling of low storied steel structure to sustainable structure in fabrication and erection test.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2008年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	13,300,000	3,990,000	17,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学，建築構造・材料

キーワード：建築鋼構造，リユース，性能評価，構造実験，圧延H形鋼，施工実験

1. 研究開始当初の背景

近年，地球環境汚染，天然資源の枯渇，最終処分場等の問題が認識されるにつれ，わが国は従来の消費型社会から循環型社会への転換が求められている。わが国のCO<sub>2</sub>排出量は年間12億トン-CO<sub>2</sub>と推計されており，この内10%の1.2億トンのCO<sub>2</sub>が鉄鋼生産によって排出されている。鉄鉱石をコークスによって還元して鋼材とする高炉鋼においては，1トンの鋼材を製造するためには，1.5トンものCO<sub>2</sub>を排出するからである。

ビル，住宅，体育館，工場，倉庫等に広く用いられている鋼材は，鉄鋼生産量約1億トンの20%を占める最大の需要分野であり，建築鋼構造物は多量のCO<sub>2</sub>排出の結果としてストックされたと言っても過言ではない。しかし，建築鋼構造物の寿命の平均値は約28年と短く，物理的な耐用年数が尽きる前に，意匠的，社会的，あるいは経済的な理由のもとで取り壊されている。解体された鋼部材はスクラップにして電炉鋼として「リサイクル」されているが，この場合でも1トンの鋼材を生産するために，0.8tのCO<sub>2</sub>を排出する。

2. 研究の目的

鋼材は，コンクリートや木材とは違い，完全な「リユース」を考えることのできる構造材料である。すなわち，解体した部材を切断，溶接することにより，殆ど新規鋼材と同じ性能を造ることができ，また，材料としては，錆と大地震時の塑性化以外の経年変化の無い優れた特性を備えている。これらの鋼材の特徴を踏まえて，CO<sub>2</sub>排出量削減を目指して，現在の鉄鋼循環のあり方の再考を目指す。

3. 研究の方法

本研究は，現在までに市場が成立していない「鋼材のリユース」に関して，その実現化

の方法を検討するもので，「建築鋼構造のリユースシステムに関する研究」の一連の研究のうち，1)リユース適合部材の調査，2)解体材の性能評価及び加工方法の提案，3)リユース材のストック診断とCO<sub>2</sub>排出量の推定，4)ガイドラインの提案から構成される。

4. 研究成果

(1)リユース材(将来，リユースされる予定の部材を以降，リユース用部材という)は，主に鉄鋼メーカーがプレハブ化した工場・作業場，倉庫，事務所等に使用した低層鉄骨造の主要構造部材のうち，その大部分を占めるJIS規格品の一般構造用圧延鋼材や溶接構造用圧延鋼材である。これらのうち，圧延H形鋼はビルトアップH形鋼やボックス断面鋼に比べて，JISやISOで規格化されたサイズ体系により製造されているために，リユース用部材として取り扱い易い。特に，無耐火被覆の圧延H形鋼は解体，維持管理が容易であり，リユース用部材に適している。すなわち，これらのストックが十分に存在すれば，建築鋼構造のリユース用部材として利用できる。圧延H形鋼の開発から生産に渡る変遷を概観し，構造種別着工床面積，鉄骨造の用途別床面積，圧延H形鋼の生産量，実施例等のデータより，リユース用部材としてのストックの種類と量を推定した。さらに，それらを基にストックの建屋のタイプ，スパン，軒高，部材サイズ等の諸因子について考察した。その内容は下記の通りである<sup>7)</sup>。

a)リユース用部材の対象として工場・作業場に使用されている無耐火被覆の圧延H形鋼を約100万ton/年と試算した(図1(a))。ただし，無耐火被覆の鉄骨造である工場・作業場の着工床面積の占める割合と同じ程度でスクラップされると仮定する。

b) 圧延H形鋼のストックのうち、細幅系列が最も多く、広幅系列、中幅系列の順となる(図1(b))。

c) 低層鉄骨造における圧延H形鋼は建屋のタイプ(標準・ホイス・クレーン)、スパン、軒高等の条件に対して標準部材としてプレエンジニアリングされている。

d) 築38年の工場用途に使用された低層鉄骨造のリユース用部材を試算した。

(2) 建築鋼構造のリユースフローにおけるICタグの利用領域について概観すると共にリユースビジネスモデルを提案し、資金調達、リユースフローにおけるICタグを利用した情報管理について検討した。さらに、リユース用部材を使用した中層鉄骨造(共同住宅)を例にとってコストシミュレーションを行い、リユースビジネスモデルの事業採算の基準について考察した。その内容は下記の通りである<sup>4)</sup>。

a) ICタグを使用したリユース用部材の証券化および動産担保融資のリユースビジネスモデルを提案した。

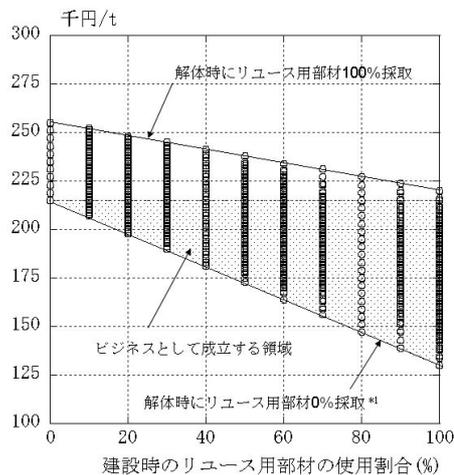


図2 建設時のリユース用部材の使用割合とコスト

b) ICタグの情報は、管理情報・性能情報・検査情報と加工に伴い転移する位置情報に分類できる。これらの情報はメモリを有するICタグの識別番号とそれに対応したデータベースと1対1の関係に対応させる方が望ましい。

c) リユースビジネスモデルに関するコストシミュレーションの結果、ビジネスとして成立する領域を示した(図2)。

d) リユースビジネスの永続性の観点からリユース用部材の使用割合を増加させることで、事業採算性が向上する。

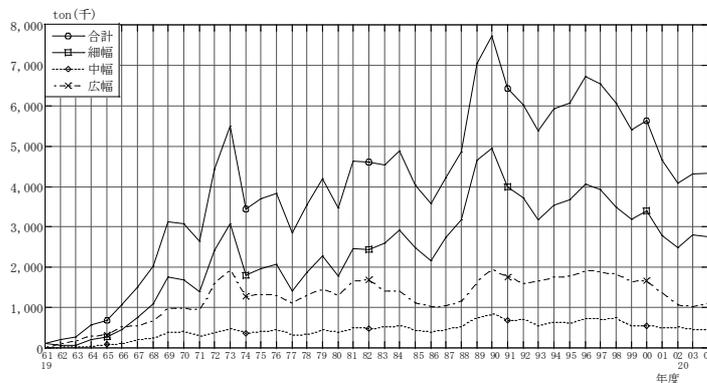
(3) リユース解体によって得られた部材や余剰材等をリユース用部材として使用する際、その性能評価方法を提案した。次に、その性能評価方法を基に解体材から得られたリユース用部材の加工方法を提案した。さらに、加工されたリユース用部材を柱梁接合部に使用した実大実験を行い、その構造性能を検証した。その内容は下記の通りである<sup>6), 8)</sup>。

a) リユース解体によって得られた解体材や端材、余剰材・短尺材をリユース用部材として使用するための性能評価方法を提案した。

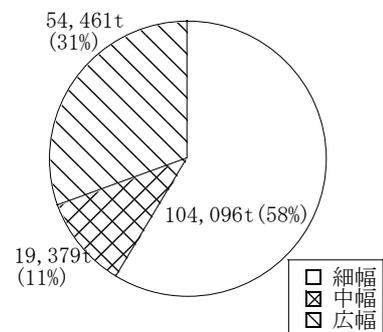
b) リユース用部材の性能評価方法を基に、解体材から得られたリユース用部材の加工方法を示した。解体材の機械的性質及び化学成分はJIS規格を満たしている。

c) リユース用部材として解体材を使用した柱梁接合部の部材実験によれば、高力ボルト摩擦接合による部材継ぎを有する柱梁接合部の破壊性状は新材のそれと同様の傾向を示す。

(4) 工場・作業場等の低層鉄骨造に使用した圧延H形鋼をリユース用部材とする際、その部材の種類と量を把握するためのストック診断法を提案した。まず、低層鉄骨造に使用した部材継手の接合法を分類し、リユース用部材のストック率の算定方法を示した。さらに、ストックの代表的な例として一工場を取り上げて、1981年前後の耐震基準で設計された低層鉄骨造のストック診断を試みた。その



(a) 年度別生産量の推移

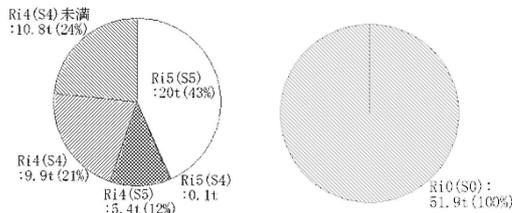


(b) 細幅・中幅・広幅系列の分布

図1 年度別生産量の推移(圧延H形鋼)

内容は下記の通りである<sup>5)</sup>。

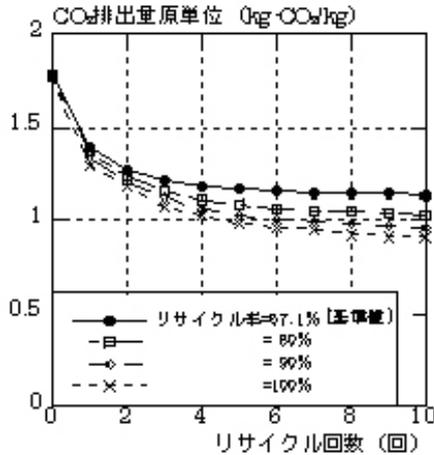
- a) 低層鉄骨造に使用された圧延H形鋼をリユース用部材として使用するためのストック診断法を提案した。
- b) 許容応力度設計された高力ボルト摩擦接合の部材継手は、保有耐力接合のボルト本数や添板形状が異なるものの、ボルト用孔あけ加工で対応できる。
- c) リユース用部材のストック診断法によると、山形のラーメン構造の柱・大梁のストック率は概ね86~94%である。
- d) 1981年前後(1969年と1983年に各々竣工)の耐震基準で設計された建物をストック診断した結果、ストック率は各々70%, 93%である。この場合、1969年竣工の建物では、メンテナンスが十分でなく、減肉による劣化部材が見られた(図3)。しかしながら、建物の柱・大梁のストック率は減肉等による劣化が無ければ、概ね等しい。



(a) 1969年竣工 (b) 1983年竣工  
注) 全部材重量に対する当該等級の部材重量の割合

図3 劣化部材の重量(低層鉄骨造)

(5) リユースシステムを導入した鋼材の循環系フローにおけるCO<sub>2</sub>排出量の算法とそれを使用したCO<sub>2</sub>排出量の原単位の推定値を示した。さらに、推定したCO<sub>2</sub>排出量の原単位を使用して中層ビル構造モデルを用いてケーススタディを行い、リユースシステムの



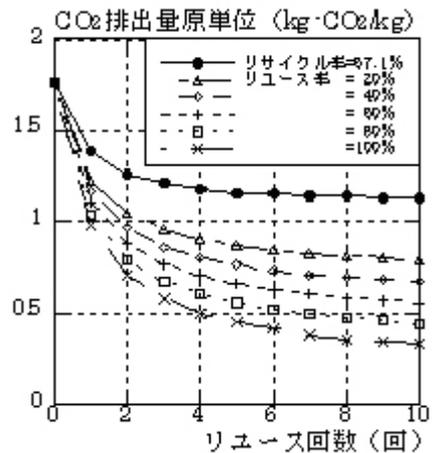
(a) 鋼材の製造(リサイクル)

導入によるCO<sub>2</sub>排出量の削減効果を検討した。その内容は下記の通りである<sup>1)</sup>。

- a) リユースシステムを導入した循環系のフローを基に鋼材のCO<sub>2</sub>排出量の算法を示した。
- b) 鋼材のCO<sub>2</sub>算法を基に循環系のフローに伴うCO<sub>2</sub>排出量の原単位の推定値を示した。さらに、低層鉄骨造より得られた解体材をリユース材として中高層ビル構造への適用を想定して、鋼材の循環に伴うCO<sub>2</sub>排出量を試算した結果、下記の知見が得られた。
- c) 各ケースにおいて鋼材の製造に伴うCO<sub>2</sub>排出量は全体の約80~90%を占める(図4(a))。
- d) リユース(リユース回数: 2回)の場合のCO<sub>2</sub>排出量は、純ラーメン構造において、リサイクル(リサイクル回数: 2回)よりも23.3%の削減となる。また、サステナブルビル構造において、37.0%の削減となる(図4(b))。
- e) CO<sub>2</sub>排出量の削減にあたってはリユース回数を増やすこと、またより多くのリユース材を使用できる構造形式を選択することが有効である。

(6) 本研究の総括として、リユースフローに着目し、リユース用部材のガイドラインの提案および解説、その検証実験を行った。このガイドラインは、適用範囲、採取の対象建築物、対象部材、材料、設計、部材および接合部の算定、調査・性能評価、解体・保管、加工(切断・矯正、部材継溶接、孔あけ加工、塗膜劣化に対する処理、製品検査)、等級から構成される。得られた内容は下記の通りである<sup>2)3)</sup>。

- a) リユース用部材に関するガイドラインの提案とその解説を行った。
- b) リユース用部材に関するガイドラインに基づき、低層鉄骨造より得られた部材をリユース用部材としてサステナブル構造のモデルへ適用できることを検証した。
- c) ガイドラインで示したリユース用部材の性能評価方法を基にその性能を評価し、新材



(b) リユース

図4 鋼材の循環系のCO<sub>2</sub>排出量

と同様に加工および施工できることを検証した。

注) 研究成果の引用文献は雑誌論文に該当する。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計9件)

- ①岡本康司, 藤田正則, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究, 二酸化炭素排出量の推定, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, 第 652 号, 2010.6, pp. 535-542
- ②Masanori FUJITA, Mamoru IWATA, The reuse management model of building steel structures, International Association for Bridge and Structural Engineering, Codes in Structural Engineering Developments and Needs for International Practice, 2010.5, pp.545-552
- ③藤田正則, 岡本康司, 村井正敏, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究-リユース材に関するガイドラインの提案とその検証実験-, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, 第 643 号, 2009.9, pp. 1107-1114
- ④藤田正則, 岡本康司, 中村裕幸, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究-IC タグを利用したリユースビジネスモデルの提案-, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, Vol.74, 第 638 号, 2009.4, pp. 531-537
- ⑤藤田正則, 文蔵亮介, 村井正敏, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究-リユース材のストック診断-, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, 第 630 号, Vol. 73, 2008.8, pp. 1061-1067
- ⑥藤田正則, 文蔵亮介, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究-リユース材の加工とその性能評価-, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, 第 620 号, 2007.10, pp. 97-102
- ⑦藤田正則, 文蔵亮介, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究-リユース材のストック-, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, 第 617 号, 2007.6, pp. 95-101
- ⑧Masanori FUJITA, Mamoru IWATA, Reuse dismantling and structural performance of reusable members, Journal of the International Association for Bridge and Structural Engineering, 査読有, SEI Volume 18, No.3, 2008.8, pp.230-237
- ⑨Masanori FUJITA, Mamoru IWATA, Reuse System of Building Steel Structures, Structure & Infrastructure Engineering, 査読有, Vol.4, No.3, Taylor & Francis, 2008.6, pp.207-220

〔学会発表〕(計9件)

- ①Masanori FUJITA, Mamoru IWATA, The reuse management model of building steel structures, International ECCE Conference Euroinfra 2009, 2009.10
- ②藤田正則, 岡本康司, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究 -低層鉄骨造の接合法の調査-, 日本建築学会 2009 年大会(東北), 2009.8
- ③岡本康司, 藤田正則, 村井正敏, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究 -リユース材を利用した加工・施工実験-, 日本建築学会 2009 年大会(東北), 2009.8
- ④藤田正則, 文蔵亮介, 岩田 衛, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究, 食違いのある部材継部の FEM 解析, 日本建築学会 2008 年度大会(中国), 2008.9
- ⑤岡本康司, 藤田正則, 岩田 衛, リユース材を用いた接合部の耐力実験, 日本建築学会 2008 年度大会(中国), 2008.9
- ⑥前田親範, 藤田正則, 岩田 衛, 文蔵亮介, 建築鋼構造のリユースシステムに関する研究, 設計ガイドラインの提案, 日本建築学会 2008 年度大会(中国), 2008.9
- ⑦文蔵亮介, 藤田正則, 岩田 衛, リユース材を使用した柱梁の実大実験, 日本建築学会 2007 年度大会(九州), 2007.8
- ⑧前田親範, 藤田正則, 岩田 衛, リユース材の加工とその性能評価方法に関する研究, 日本建築学会 2007 年度大会(九州), 2007.8
- ⑨藤田正則, 文蔵亮介, 岩田 衛, リユース材の診断法に関する一考察, 日本建築学会 2007 年度大会(九州), 2007.8

〔雑誌論文〕(計9件)

〔学会発表〕(計8件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:

番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岩田 衛 (IWATA MAMORU)  
神奈川大学・工学部建築学科・教授  
研究者番号：50322532

### (2) 研究分担者

藤田正則 (FUJITA MASANORI)  
神奈川大学・工学研究所・客員研究員  
研究者番号：30449368

### (3) 連携研究者

村井正敏 (MURAI MASATOSHI)  
神奈川大学・工学部建築学科・教務技術職員  
研究者番号：80409929