

梁降伏先行型鋼構造ラーメン骨組の 地震応答性状の解明に関する基礎的研究

研究課題番号 17560512

平成 17 年度～平成 18 年度科学研究費補助金

(基盤研究(C)) 研究成果報告書

平成 19 年 3 月

研究代表者 小 川 厚 治
熊本大学大学院自然科学研究科 教授

目 次

第 1 章 序 1

 1-1 研究目的

 1-2 研究概要

第 2 章 鋼構造骨組の柱梁耐力比が最大層間変位角応答に及ぼす影響 3

 友澤悟史・小川厚治：日本鋼構造協会鋼構造年次論文報告集，Vol.13，pp.593-600，2005.11

第 3 章 繰り返し荷重を受ける合成梁の弾塑性解析法に関する研究 11

 （未発表）

第 4 章 鋼構造骨組の柱梁耐力比が最大層間変位角応答に及ぼす影響 23

 （未発表）

第 5 章 粘性減衰が鋼構造骨組の弾塑性地震応答に及ぼす影響 35

 川島敏夫・小川厚治：日本鋼構造協会鋼構造年次論文報告集，Vol.13，pp.565-572，2005.11

付 録

- 1．任意形平面骨組の非線形解析プログラム解析方法説明書，club.f, Ver.K3.3
- 2．任意形平面骨組の非線形解析プログラム利用説明書，club.f, Ver.K3.3

はしがき

本報告書は、平成 17 年度および平成 18 年度の 2 年間継続して、科学研究費補助金の助成を受けて行った研究課題「梁降伏先行型鋼構造ラーメン骨組の地震応答性状の解明に関する基礎的研究」の研究成果をまとめたものである。

この研究を進めるにあたっては、京都大学大学院工学研究科 井上一朗教授、熊本大学大学院自然科学研究科 山成實助教授を始めとする多くの皆様から貴重なご助言とご協力を頂きました。ここに記して、深謝いたします。

研究組織

研究代表者：小川厚治（熊本大学大学院自然科学研究科・教授）

研究経費

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
平成 17 年度	2,000,000	0	2,000,000
平成 18 年度	1,500,000	0	1,500,000
総 計	3,500,000	0	3,500,000

研究発表

(1) 学会誌等

1. Hiroaki Nakahara, Minoru Yamanari and Koji Ogawa : Plastic Deformation of Beams in Steel Moment-Resistant Frames Subjected to Strong Earthquakes, Proc. of Fourth International Conference on Advances in Steel Structures, Vol.1, pp.203-208, 2005.6
2. 川島敏夫・小川厚治：粘性減衰が鋼構造骨組の弾塑性地震応答に及ぼす影響，日本鋼構造協会鋼構造年次論文報告集，Vol.13, pp.565-572, 2005.11
3. 友澤悟史・小川厚治：鋼構造骨組の柱梁耐力比が最大層間変位角応答に及ぼす影響，日本鋼構造協会鋼構造年次論文報告集，Vol.13, pp.593-600, 2005.11

(2) 口頭発表

1. 永元亮太・小川厚治：合成梁を持つ鋼構造骨組の非線形解析プログラムの開発，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1構造III, pp.1033-1034, 2005.9
2. 木村竜馬・友澤悟史・小川厚治：鋼構造骨組の柱梁耐力比が変形集中に及ぼす影響（その 1 ラーメン骨組），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1構造III, pp.939-940, 2005.9
3. 友澤悟史・小川厚治：鋼構造骨組の柱梁耐力比が変形集中に及ぼす影響（その 2 履歴型ダンパー付骨組），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1構造III, pp.941-94, 2005.9
4. 中原寛章・川島敏夫・小川厚治：鋼構造骨組の粘性減衰が地震応答に及ぼす影響（その 1 粘性減衰の値と型による影響），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1構造III, pp.949-950, 2005.9
5. 川島敏夫・小川厚治：鋼構造骨組の粘性減衰が地震応答に及ぼす影響（その 2 履歴型ダンパー付骨組），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1構造III, pp.951-952, 2005.9
6. 中原寛章・小川厚治：鋼骨組の最大層間変位角応答に及ぼす床スラブの合成効果の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1構造III, pp.725-726, 2006.9
7. 中原寛章・小川厚治：合成梁の弾塑性解析に関する研究，日本建築学会九州支部研究報告，第46号1, pp.537-540, 2007.3

第1章 序

1-1 研究目的

梁の降伏が先行するように骨組を設計することの有効性が唱えられて久しく、多くの耐震設計基準が梁降伏先行型になるように骨組を設計することを規定している。しかし、柱梁耐力比をどの程度にすれば、梁降伏先行型の特性が発揮されるかすら、必ずしも明確にはなっていない。また、コンクリートスラブとの合成効果を考慮した鋼構造骨組の非線形地震応答解析がほとんど行われていない現状では、梁降伏先行型骨組の挙動が十分に解明されているとは言い難い。この研究は、鋼構造骨組の地震応答に及ぼす柱梁耐力比の影響を明らかにすると共に、コンクリートスラブとの合成効果を考慮した鋼構造骨組の非線形解析法の開発を目的とするものである。

合成梁に関しては既に多くの実験的・解析的研究が行われており、種々の解析方法が提案されている。しかし、これらの研究は個々の構造要素に関するものであり、これらの研究を統合して、現実的な規模の鋼構造骨組を解析するプログラムは公開されていない。これに近いものとして、市販の汎用解析プログラムが存在するが、ソースが公開されていないので、個々の研究者が独自の研究成果を組み込むことは困難である。また、各構造要素の最先端の解析方法をインターネット環境下で統合化する構造解析ツールの利用が、大阪大学の多田らによって提案されているが、ここ数年の近未来に多くの研究者がこのツールを利用できる環境が整備されるとは考えられない。

本研究では、鋼構造骨組の精緻な解析方法の確立を目指して、「平面骨組の複合非線形解析プログラム club.f」を改造する。このプログラムは、部材については歪硬化を考慮した一般化ヒンジ法と1次元有限要素法の両方が利用でき、接合部パネルの弾塑性変形や各種の幾何非線形も考慮するように作成したもので、多くの鋼構造の研究者に既によく利用されている。この研究では、club.fを改造して、合成梁の履歴特性を考慮できるようにする。

本研究は、上記プログラムを開発し多くの研究者に提供すること自体を、重要な目的の1つとしている。これによって、鋼構造に関する研究全体を向上させることができると考えるからである。もう1つの目的は、本解析プログラム開発の本来の目的であり、コンクリートスラブの合成効果が鋼構造骨組の地震応答に及ぼす影響を明らかにすることである。広範な地震応答解析を行うことによって梁降伏型骨組の挙動を解明することである。この課題は、着手したばかりというのが現状で、ここではコンクリートスラブの合成効果が最大層間変位角応答に及ぼす影響だけを検討している。

1-2 研究概要

前節で述べた目的にしたがって実施した本研究の成果を次章以降に示すが、ここでは各章の成果を要約しておく。

第2章は、鋼構造骨組の柱梁耐力比が最大層間変位角応答に及ぼす影響について検討したものである。柱梁耐力比が骨組の地震応答に及ぼす影響については既に多くの研究があるが、その研究には柱の塑性変形を抑制することと、各層の層間変位角応答を一様化することの2つの目的があり、どちらの目的を目指しているのかが必ずしも明確でない研究も多い。ここでは、特定層への変形集中を抑制し、各層の最大層間変位角を一様化することだけを目的として、鋼構造骨組に要求される柱梁耐力比を検討している。

第3章では、合成梁の挙動を適切に追跡できる弾塑性解析法を開発した。ここでは、1次元有限要素法でモデル化された鉄骨梁に、コンクリートスラブの挙動を近似する要素を付加することによって、合成梁の弾塑性挙動を解析する方法を提案している。また、この方法による解析結果を既往の実験結果と比較しながら、コンクリートスラブの有効幅やコンクリートの応力度－歪度関係の劣化勾配について検討を行い、解析における合成梁のモデル化の手法を明らかにしている。

第4章では、現行の耐震規定にしたがって設計された現実的な鋼構造骨組を対象に、前章の方法による地震応答解析結果と、合成効果を無視した解析結果を比較して、コンクリートスラブの合成効果の影響を検討した。その結果、コンクリートスラブの合成効果を完全に無視すると、固有周期は5～10%程度長くなり、最大層間変位角も1～1.5倍程度に増大する傾向があることや、鉄骨梁の断面2次モーメントを割増すことで曲げ剛性の増大だけを考慮すると、一般化塑性ヒンジ法を用いても、最大層間変位角については良好な近似が得られることなどを明らかにした。

第5章は、鋼構造骨組の地震応答解析を行う際に用いる粘性減衰の与え方について検討したもので、初期剛性比例型や Rayleigh 型などの減衰型の違いや、減衰定数の影響を検討している。

なお、本研究で開発した「平面骨組の複合非線形解析プログラム club.f, Ver.3.3」の解析方法説明書と利用説明書を、付録としている。