

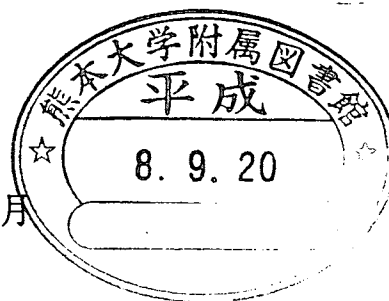
部材の耐力劣化域を考慮に入れた
鋼骨組の耐震安全性評価基準に関する研究

研究課題番号 06650639

平成6,7年度科学研究費補助金（一般研究(C)）

研究成果報告書

平成8年3月



研究代表者

熊本大学工学部 小川厚治

目次

第1章 序

1-1 研究目的	1
1-2 研究概要	1

第2章 骨組構造物の損傷分配則

2-1 強震をうける重層骨組の損傷分布に関する基礎的考察	3
小川厚治・黒羽啓明・上遠野明夫、日本建築学会構造系論文集、第479号、83-92頁、1996.1	
2-2 強震をうける1自由度系の正負2方向の損傷分布に関する研究	13
小川厚治・黒羽啓明・待鳥賢治、日本建築学会構造系論文集、第481号、117-126頁、1996.3	

第3章 復元力特性が損傷分布に及ぼす影響

3-1 第2分枝勾配をもつせん断型多質点系の損傷分布に関する研究	23
待鳥賢治・小川厚治・黒羽啓明、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1構造III、233-234頁、1995.8	
3-2 鋼構造物の変形性能・エネルギー吸収能力の評価基準に関する一考察	25
(未発表)	

第4章 鋼骨組の損傷分布特性および損傷集中要因

4-1 角形鋼管柱ラーメン構造部材の塑性変形応答	35
井上一朗・小川厚治・多田元英・柳原秀和、鋼構造年次論文集、第2巻、9-16頁、1994.11	
4-2 一次設計された中低層鋼構造骨組の強度特性に関する一考察	43
(未発表)	

第5章 鋼骨組の非線形応答解析プログラム

5-1 柱・梁接合部パネルの変形を考慮した静的・動的応答解析プログラムの開発	51
小川厚治・多田元英、第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、79-84頁、1994.12	
5-2 兵庫県南部地震における芦屋浜高層住宅の地震応答	57
小川厚治、日本建築学会 鋼管構造小委員会 トラスWG、資料 No.T20、1996.2	

はしがき

本報告書は、平成6年度および平成7年度の2年間継続して、文部省科学研究費補助金の助成を受けて行った研究課題「部材の耐力劣化域を考慮に入れた鋼骨組の耐震安全性評価基準に関する研究」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、熊本大学工学部 黒羽啓明教授、大阪大学工学部 井上一朗助教授、同 多田元英助手をはじめとする日本建築学会鋼管構造小委員会、建設省建築研究所-鋼材倶楽部耐震性能共同研究 数値解析研究会、および、日本鋼構造協会耐震要素の効果と耐震設計法WGの委員の皆様から貴重なご助言、ご協力を得ました。

研究組織

研究代表者：小川厚治（熊本大学工学部・教授）

研究経費

平成6年度	1,300 千円
平成7年度	600 千円
計	1,900 千円

研究発表

[学会誌等]

1. 井上一朗・小川厚治・多田元英・柳原秀和：角形鋼管柱ラーメン構造部材の塑性変形応答、鋼構造年次論文集、第2巻、1994.11
2. 小川厚治・多田元英：柱・梁接合部パネルの変形を考慮した静的・動的応答解析プログラムの開発、第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、1994.12
3. 小川厚治・黒羽啓明・上遠野明夫：強震をうける重層骨組の損傷分布に関する基礎的考察、日本建築学会構造系論文集、第479号、1996.1
4. 小川厚治・黒羽啓明・待鳥賢治：強震をうける1自由度系の正負2方向の損傷分布に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第481号、1996.3

[口頭発表]

1. 待鳥賢治・小川厚治・黒羽啓明：第2分枝勾配をもつせん断型多質点系の損傷分布に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1構造Ⅲ、1995.8
2. 待鳥賢治・小川厚治・黒羽啓明：強震を受ける構造物の正負2方向への損傷分配に関する一考察、日本建築学会九州支部研究報告、第35号1、1995.3

第1章 序

1-1 研究目的

建築構造用鋼材および構造形式の多様化、構造物の高層化、長大化は、過去の経験に基づく曖昧な工学的判断によって構造物を耐震設計することをますます困難にしている。すなわち、構造物の履歴挙動は、耐震設計では想定しない領域まで硬化を続けるものから弾性限＝最大耐力で脆性的に破壊するものまで、更には、降伏後も安定した耐力を保持するが破断によって急激に耐力を喪失するもの、最大耐力以降非常に緩やかな耐力低下を続けるもの、最大耐力以降急激な耐力低下を起こすがその後は安定した耐力を保持するものなど様々であり、過去に定義されている変形能力というような尺度で構造要素の変形性能・エネルギー吸収能力を評価することが適当とは考え難い。

本研究は、骨組を構成する部材の強度分布に応じて、地震時に生じる動的崩壊機構、各構造要素の損傷を予測する方法を確立し、部材の復元力特性の形状の影響は塑性変形によって部材強度の変化する骨組として扱って、骨組の地震応答を静的手段のみで予測する方法を開発するものである。部材の強度分布および復元力特性と骨組の地震応答の直接的因果関係を明確にすれば、部材の復元力特性に応じて耐震安全性を評価することも、また、部材の必要性能を論じること容易となる。この研究は、少なくとも、最大耐力点までの硬化特性、最大耐力点までの塑性変形量、それ以後の劣化特性の3点を考慮した部材の保有変形性能・必要変形性能の評価基準を確立することを目的として行った。

1-2 研究概要

前項の目的を達成するために、この研究では次の4つの課題を同時並行で進行させた。

- [1] 骨組構造物の損傷分配則の確立
- [2] 復元力特性が損傷分布に及ぼす影響の定量化
- [3] 鋼骨組の損傷分布特性および損傷集中要因の定量化
- [4] 鋼骨組の非線形応答解析プログラムの開発

この4課題に関する研究成果を、それぞれ第2章から第5章に示しているが、各章の成果を以下に要約する。

第2章は、「[1] 骨組構造物の損傷分配則の確立」に関するもので、損傷分布の基本的な法則性を見い出そうとするものである。2-1では、損傷の分配が生じる最も単純な振動系としてせん断型多質点系モデルを対象とし、地震応答解析結果を基にその損傷分配の基本的な法則性について考察し、損傷分配を支配する基本則を提案した。地震応答解析結果によれば、特定層の強度を相対的に弱くすると、その弱い層に損傷は集中すると共に、弱い層に隣接した層の損傷は急激に減少するという傾向が認められる。このような傾向を含め、ここで提案した損傷分配則が種々の強度分布をもつ骨組の損傷分布の良好な近似を与えることは、地震応答解析結果との比較によって示している。

この2-1で得た損傷分配則を正負2方向への損傷分配に適用すれば、正負両方向の復元力特性

が等しい構造物の損傷は正負両方向に均等に配分され、その結果塑性変形の一方方向への片寄りは生じないことになる。しかし、劣化勾配をもつ振動系では塑性変形の一方方向への片寄りが顕著であることは既に報告されている。2-2では、地動によって入力されるエネルギーの一部(1/4)がまず一方方向の塑性変形によって吸収され、それ以降のエネルギーは前述の損傷分配則に従って正負それぞれの弾性限強度に応じて分配されると考えることで、塑性変形の一方方向への片寄りが定量化できることを示している。

第2章の研究は、柱・梁といった個々の構成部材への一般的な損傷分配則を導くことを最終目標に行ったが、未だこの目標には到達していない。

第3章は、「[2] 復元力特性が損傷分布に及ぼす影響の定量化」に関するものであり、第2章で導いた損傷分配則と地震応答解析例の両面から、復元力特性の形状が損傷分布に及ぼす影響を検討している。3-1では、Bi-linear型の履歴特性をもつせん断型多質点系の損傷分布に及ぼす第2分枝剛性比の影響について検討し、相対的弱い層への損傷集中は復元力特性の第2分枝剛性比に非常に敏感であり、第2分枝剛性比が5%程度であれば大幅に軽減されることなどを示している。

3-2は、Tri-linear型の復元力特性をもつ1自由度系を対象に、弾性限耐力が等しい完全弾塑性系より最大塑性変形・残留塑性変形共に小さくなる地動入力エネルギーの上限値を求めることによって、Tri-linear型のエネルギー吸収能力・変形能力の評価式を提案している。

第4章は、「[3] 鋼骨組の損傷分布特性および損傷集中要因の定量化」に関するものであり、4-1では、角形鋼管柱・H形鋼梁で構成される長方形ラーメンの地震応答解析例によって、その損傷分布特性を検討している。その結果、このようなラーメン構造においては、柱に比べると接合部パネルの方が一般的に弱いために、通常は弱パネル構造あるいは弱梁構造となり、特定層に損傷が集中する傾向はほとんど現れないことなどを示している。

4-2では、現行の許容応力度制限と層間変形角制限を満たすように一次設計された鋼骨組を対象に、その強度特性について検討している。その結果、このような骨組は概ね0.3程度以上の構造特性係数に相当する保有水平耐力を有すること、梁と柱の強度比は大部分0.8程度以下となるが、スパンが長い骨組では梁が柱に比べて強い場合も存在することなどを示している。

第5章は、「[4] 鋼骨組の非線形応答解析プログラムの開発」に関するものであり、第2章で目標とした個々の構成部材への一般的な損傷分配則を検討し、検証するためのプログラムとして開発した。5-1はその報告である。このプログラムでは、部材には軸力-曲げモーメント降伏相關条件式や線形歪硬化を考慮した一般化塑性ヒンジ法を用いており、4-1で骨組の地震応答に支配的影響をもつことを示した接合部パネルについては、せん断耐力に及ぼす軸力の影響やBauschinger効果も考慮している。

5-2は、兵庫県南部地震で被害を受けた鋼骨組の地震応答性状を、このプログラムを用いて検討したものであり、プログラムによる解析結果の一例として示している。