

柱梁耐力比に着目した鋼構造骨組の地震応答特性に関する漸増動的解析 (IDA)

徳島大学 賛助会員 ○中通比呂 阿南工業高等専門学校 正会員 井上貴文
徳島大学 正会員 中田成智

1. はじめに

鋼構造骨組に関する弾塑性応答解析は、現在まで数多く行われており、様々な研究成果が得られているが、鋼構造骨組のエネルギー吸収能力を高め、耐震安全性を確保するために、損傷が特定層に集中しエネルギー吸収能力が乏しい部分層崩壊機構を防ぐことを意図して、柱梁耐力比に制限を設ける考え方がある。一方で、終局状態に至るまでの構造物の耐震安全性を評価する手法として漸増動的解析（以下、IDA と呼ぶ）が注目されている。IDA は、地震動の振幅を徐々に大きくしながら構造物の地震応答を確認し耐震安全性を評価する手法であり、多数の地震動を扱うことにより地震動の不確定性を考慮した検討が可能である。本研究では、柱梁耐力比に着目した基礎的な取り組みとして、IDA により鋼構造剛接骨組の耐震性能評価の検討を行った。具体的には、既往の研究を参考に平面骨組モデルを作成し、多数の観測地震動の加速度倍率を徐々に増加させ、ある加速度に至ったときの層間変位、最大層間変形角を評価し、さらに、加速度の変化が各層の最大層間変形角に与える影響について検討・考察した。

2. 解析モデル

図 1 に示す鉄骨ラーメン造 9 層 3 スパン平面骨組の解析モデルを既往の研究を参考に作成する²⁾。階高は全層 4m、スパンはすべて 8m である。また各層の重量は 150ton とし、梁に等分布荷重として作用するものとしている。解析モデルの設計にあたっては、「部材別 Ds 値を用いた耐震設計法」の、必要保有水平耐力に対する設計のみを行う。使用部材の柱は全て溶接組立箱形断面部材、梁は溶接組立 H 形断面部材とする。パネル部は、柱・梁に対し十分剛であるとし、剛体として扱う。また、部材断面は 3 層ごとに同一とする。鋼材は SS400 材(降伏比 65%程度)を用いる。本研究では、構造ランクをⅡに絞り、解析モデルを設計し、地震応答解析を行う。また、部材断面を構造ランクに対する要求塑性変形能力とできるだけ近い塑性変形能力となるように算定(表 1)を行った。構造ランクⅡでの要求塑性変形能力は、柱で 1.5、梁で 0.75 とされている。

3. 解析方法

作成した解析モデルを用いて、IDA を行う。FEMA P695³⁾に記載されている 10 種類の地震波を、100gal, 200gal …1000gal となるように加速度倍率を加え、地震応答解析を行い、構造物の挙動の変化を検討する。10 種類の応答の平均を算出することで応答変化の傾向について包括的な理解を得た。数値積分法は Newmark β 法とし、減衰は 1 次および 2 次モードが 2 %となるレーリー型としている。本解析では、明石海峡大橋の設計でも使用された SeanFEM⁴⁾を使用し、ファイバー要素を用いてモデル化を行った。

4. 解析結果と考察

FEMA P695³⁾に記載されている地震波から、様々な周期特性を持つ 10 波の地震波(表 2)を抜粋し、100gal～1000gal になるよう加速度倍率をかけ、地震応答解析を行った。その解析結果の最大層間変形角の平均を図 2 に

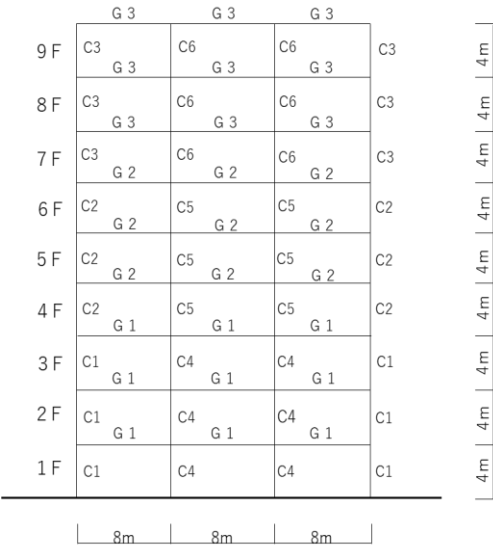


図 1 解析モデル

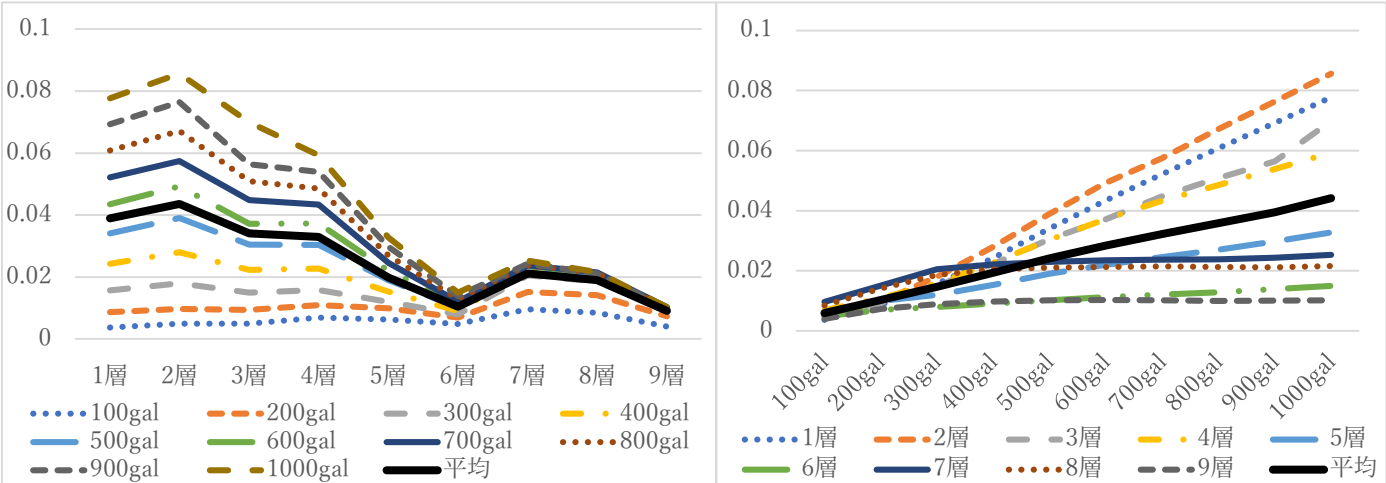
表 1 部材断面(ランクⅡ)

柱部材	
C1	□-65.7×1.8
C2	□-55.8×1.6
C3	□-48.2×1.3
C4	□-62.2×1.7
C5	□-55.8×1.6
C6	□-48.2×1.3
梁部材	
G1	H-90.1×28.3×1.7×2.6
G2	H-84.2×26.5×1.6×2.4
G3	H-66.0×20.7×1.3×1.9

示す。加速度の変化が最大層間変形角に与える影響について考察する。柱基部に変形が集中している地震波は、構造物は1次モードが卓越する傾向があり、上層部に変形が集中している地震波は、構造物は3次モードが卓越する傾向がある。それは、1次モードの挙動は柱基部に応力が集中してしまうのが原因だと考えられる。また、加速度倍率が高倍率時に柱基部に変形が集中する地震波も、加速度倍率が低倍率時は上層部に変形が集中している。それは、加速度倍率を上げることで、構造物は、1次モードの卓越がより強くなっていることが原因だと考える。他に、上層部に変形が集中している地震波は、柱基部に変形が集中している地震波と比較すると、最大層間変形角の値が小さいことが図2より読み取れる。それは、上層部に変形が集中している地震波の加速度応答が、柱基部に変形が集中する地震波よりも小さいことが原因だと考えられる。

表 2 入力地震波の概要

地震名	観測地点	最大加速度応答 (m/s ²)	PGA (gal)
Northridge	Beverly Hills	1.5	443.4
Duzce	Bolu	2.2	725.9
Kobe	Nishi-Akashi	2.0	470.9
Kocaeli	Duzce	1.1	310.3
Landers	Yermo Fire Station	0.55	166.8
Loma Prieta	Capitola	2.0	510.5
Manjil	Abber	0.42	500.3
Chi-Chi	CHY101	0.79	323.7
San Fernando	LA-Hollywood stor	0.35	188.7
Friuli	Tolmezzo	1.2	353.2



5. おわりに 図 2 各地震波の各層(左)・各加速度(右)の最大層間変形角(rad)の平均

今後の課題として、ファイバー要素で鋼構造骨組をモデル化しているが、シェル要素を使いモデル化し、局部座屈を考慮することが必要であると考え。また、本研究では、一つの鋼構造骨組を対象としたが、様々な柱梁耐力比を有する建物について検討することが必要である。

6. 謝辞

本研究では、株式会社地震工学研究開発センターで開発された SeanFEM を使用させていただき、同センター馬越一也様には使用方法について多くのご助言をいただきました。ここに謝意を表します。

7. 参考文献

1) 聲高裕治, 陳逸鴻, 吹田啓一郎: 角型鋼管柱を有する鋼構造立体骨組の地震応答に及ぼす入力方向と柱梁耐力比の影響, 日本建築学会構造系論文集, 第 717 号, 2015 年 11 月

2) 山田哲, 秋山宏: 局部座屈を伴う鋼部材挙動に立脚した多層骨組の弾塑性応答解析, 日本建築学会構造系論文集, 第 463 号, 1994 年 9 月

3) 中澤俊幸, 吉敷祥一, 曲哲, 三好新, 和田章: 免震構造物における耐震安全性の確率論的評価に関する基礎検討, 日本建築学会構造系論文集, 第 76 巻, 第 662 号, 2011 年 4 月

4) 野中哲也, 吉野廣一: パソコンで解く ファイバーモデルによる弾塑性有限変位解析, 2010 年 11 月