

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K06636

研究課題名(和文) 軸力再配分ならびに連続する巨大地震を考慮した鉄筋コンクリート建物の崩壊性状評価

研究課題名(英文) Collapse Behavior Evaluation of Reinforced Concrete Buildings considering Axial Load Redistribution and Successive Huge Earthquakes

研究代表者

中村 孝也 (Nakamura, Takaya)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：50305421

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は鉄筋コンクリート(RC)建物を対象として、脆弱な部材を含む建物の耐震性評価において、柱の軸力保持能力喪失を起因とする層崩壊を視野に入れ、軸力再配分を考慮できる崩壊挙動の評価手法の提案、および連続する巨大地震に対する応答性状評価を目的としたものである。脆性柱を有するRC架構の最大荷重以降の挙動を評価する際に、柱の脆性破壊に伴う軸力再配分後の柱と架構の挙動の変化を実験に基づいて評価した。また連続する地震入力に対して、避難時に重要な情報となる崩壊時間(建物の揺れ初めから崩壊までの時間間隔)の性状を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

RC造建物の耐震性評価および構造設計において、柱の破壊に付随する軸力再配分を考慮することができればより精密な評価が可能となる。そこで、本研究により、軸力再配分を考慮したRC造建物の地震応答解析を実施して検討した結果、倒壊を免れるために必要なベースシア係数等を明らかにした。また、近年問題となっている巨大地震が連続して発生する場合を想定して、地震応答解析により避難時に重要な指標となる崩壊時間について検討し、建物周期の変化と地震動周期の関係等を明らかにした。以上の成果は、RC造建物の耐震性評価および構造設計法の拡張に資するところが大きいと考えている。

研究成果の概要(英文)：Many RC buildings with brittle columns are in danger of story collapse owing to gravity load collapse of columns following shear failure in the future earthquakes. When it comes to the structural frames, once the brittle columns are severely damaged, some of the axial load sustained by them transfers to the neighboring columns through girders. Dynamic analysis is performed for columns with decreased / increased axial load, and responses of the model buildings, including collapse, are studied.

Once buildings are damaged by the large earthquake, it is important to evaluate the effect of subsequent ground motions. In addition, to plan for building evacuation, the time required for such buildings to collapse must be known. This study aims to examine the collapse time of RC buildings considering successive huge earthquakes by conducting dynamic analysis. The effects of a predominant period of ground motion (short-period or long-period) and the collapse time were assessed.

研究分野：建築材料・構造

キーワード：鉄筋コンクリート建物 軸力再配分 崩壊時間 旧耐震基準 地震応答解析

1. 研究開始当初の背景

大地震時に鉄筋コンクリート (RC) 建物に生じる最も危険な破壊形態は、脆性的な柱の崩壊 (軸力保持能力喪失) およびそれに付随して発生する層崩壊 (階の崩落) である。このような被害形態は 1981 年以前の旧耐震基準で設計された建物に生じることが多いが、それ以降の比較的新しい建物にも脆性柱が含まれる場合もあり、これらの安全性を確保する上では、層崩壊に至るまでの大変形領域を含めた挙動をできるだけ正確に考慮して耐震性評価を行うことが重要である。本研究は RC 建物を対象として、柱の軸力保持能力喪失を起因とする層崩壊を視野に入れ、軸力最配分を考慮できる崩壊挙動の評価手法の提案、および連続する巨大地震に対する応答性状評価を目的としたものである。脆性柱を有する RC 架構の最大荷重以降の挙動を評価する場合には、柱の脆性破壊に伴う軸力最配分を考慮することが重要であるが、その場合に必要となる軸力最配分後の柱と架構の挙動の変化の評価法が明らかになっておらず、また近年着目されている連続する地震入力に対して避難時に重要となる崩壊時間の性状も検討されていないことから、実験および解析の両面からのアプローチによって建物の構造性能を検証する。

2. 研究の目的

まずせん断破壊型 RC 柱の軸力再配分に付随する崩壊現象について明らかになっていない点を実験により明らかにし、次に地震応答解析によりせん断破壊型柱を含む建物の挙動を把握し、構造設計に対して知見を提供すること、それが本研究の目的である。具体的には、次の(1)と(2)について、それぞれを研究目的とした。

(1) 軸力再配分を考慮した RC 造建物の地震応答

脆性部材を含む RC 架構において脆弱な柱が先にせん断破壊して鉛直変形が増加したとき、その柱の軸力が減少し、その分の軸力が梁を介して移動し、靱性のある柱の軸力が上昇すると考えられる。そこで、このような軸力再配分を考慮した RC 造建物の地震応答解析を行い、軸力一定の場合との比較を含めた評価を行う。柱の復元力特性は過去の実験結果に基づいて設定する。

(2) 連続する地震動を考慮した RC 造建物の崩壊時間の評価

地震被害を受けた建物を継続利用する上で連続する地震動により建物が崩壊に至るまでの時間 (崩壊時間) を検討することが重要である。そこで、崩壊層する脆弱な RC 造建物をモデル化し、周期特性の異なる連続する地震動に対しての地震応答解析を行う。大きな地震動が続いて発生した場合を想定し、第 1 波での変形 (破壊状況) に応じて、第 2 波の様々な地震動レベルに対して建物が崩壊に至る時間を比較、検討することを目的とする。その際、地震動の周期特性と崩壊時間の関係にも注目する。

3. 研究の方法

2. で前述した 2 つのテーマに分けて、研究結果を含む研究方法の概要を述べる。

(1) 軸力再配分を考慮した RC 造建物の地震応答

(1)-1 解析方法

1) 解析モデルは各層 2 種類の柱からなる 3 層の多質点せん断型モデルとし、各層階高 3,600mm、各層重量 753kN とした (図(1)-1)。はりとは剛と仮定し、はりの損傷による軸力伝達能力の低下は考慮しないものとした。

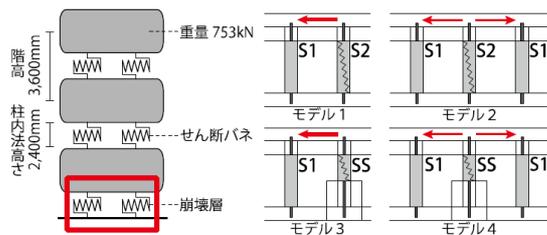
2) 柱はせん断破壊型の S1 柱と S2 柱 1) (内法高さ $h_0=2,400\text{mm}$) および腰壁を持つ SS 柱 ($h_0=1,200\text{mm}$) とした。柱断面寸法は全て 600mm×600mm とした。より脆弱な S2 柱と SS 柱を軸力減少、比較的靱性のある S1 柱を軸力上昇の検討対象とした。S2 柱と S1 柱の本数を 1 対 1・1 対 2 で配置したものをモデル 1・2、SS 柱と S1 柱を 1 対 1・1 対 2 の割合で配置したものをモデル 3・4 とした (図(1)-2)。それぞれのモデルで軸力増減 (軸力再配分) ありとなしのケースを検討した。軸力増減ありの場合はモデル 1・3 では S2、SS 柱の軸力比が減少しその分が S1 柱に移動する。モデル 2・4 では S2、SS 柱の軸力比が減少しその分が両側の S1 柱に半分ずつ移動する。建物の耐力と初期剛性は全 3 層で同一と仮定した。また各柱の最大耐力と初期剛性の割合は柱の本数の比に応じて決めた。1 次固有周期は、モデル 1・2 ではベースシア係数 C_B が 0.4 の場合に 0.22 秒とした ($0.02 \times \text{建物高さ} [\text{m}]$)。モデル 3・4 では SS 柱の初期剛性が高くなるため、 $C_B=0.4$ の時に 0.18 秒となる。

3) 柱の復元力スケルトンは過去の崩壊実験による一定軸力の S2、S1 柱、および過去の論文に示された方法で定めた SS 柱を基とした。それら一定軸力 (軸力比 0.2) の場合の復元力スケルトンを図(1)-3 に実線で示す。水平力は最大耐力を 1 に基準化して示す。崩壊水平変形 δu (層間変形角で示す) は S2 柱で 3.6%、S1 柱で 8.9%、SS 柱で 0.5% である。また、軸力増減を考慮した場合の復元力スケルトンを図(1)-3 に点線・破線で示す。表(1)-1 に解析条件を示す。

軸力減少では一定軸力の S2 柱、SS 柱をもとに、崩壊近くで鉛直変形が急増して軸力が減少すると考え、水平力が最大耐力の 1 割まで減少した時点で軸力減少点 (第 4 折れ点) を設けた。また崩壊水平変形推定式から、軸力比を 0.1 に減少させた場合の δu (S2 柱で 7.8%、SS 柱で 1.3%) を設定した。これより S2 柱は S1 柱の最大耐力後、SS 柱は最大耐力前に軸力減少が生じる。

軸力上昇では他方の柱の軸力減少点と同じ変形で軸力が移動するとして軸力上昇点(第4折れ点)を設けた。ただし、モデル3,4では最大耐力前に軸力上昇するため、第4折れ点は設けない。 δu は過去の実験を基に設定した。モデル1では軸力比0.2から0.3に上昇させた試験体N2-30Aの軸力上昇点と δu の比から δu (3.8%)を設定した。モデル2では軸力比0.2から0.25に上昇させた試験体N2-25Aからモデル1と同様に δu (5.8%)を設定した。モデル3では軸力比0.2から0.3に上昇させた試験体N2-30Bと同じ δu (1.3%)とした。モデル4では上昇後の軸力比0.25から崩壊水平変形推定式が適用できると仮定し、 δu (5.5%)を設定した。

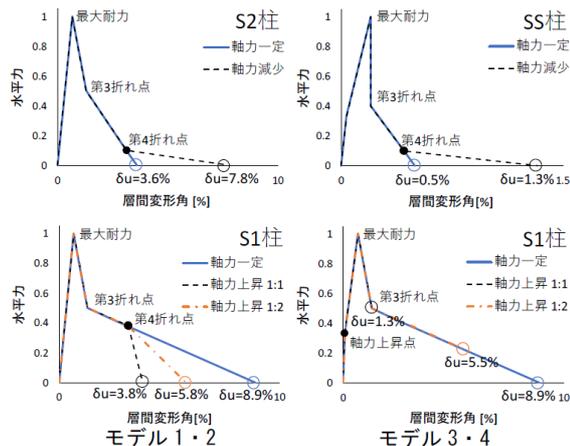
4)入力地震動は神戸海洋気象台NS(JMA, 1995年 兵庫県南部地震),大阪ガス葺合供給所N330E(FKI,同),EL Centro NS(ELC,1940年 Imperial Valley 地震),東北大学NS(TOH,1978年 宮城県沖地震),八戸港湾EW(HAC,1968年 十勝沖地震)を地動最大速度50cm/sに基準化して用いた。減衰は初期剛性比例型で、減衰定数は2%とした。



図(1)-1 解析モデル 図(1)-2 柱配置イメージ(立面)

表(1)-1 解析条件

解析モデル	軸力再配分点(減少:増加)	柱配置	柱モデル				
			軸力減少対象		軸力増加対象		
			柱	δu (一定→減少)	耐力と初期剛性の負担比率	柱	δu (一定→減少)
モデル1 最大耐力前	1:1	S2	3.6%→7.8%	50%	S1	8.9%→3.8%	50%
モデル2 最大耐力前	1:2	S2	3.6%→7.8%	33%	S1	8.9%→5.8%	66%
モデル3 最大耐力後	1:1	SS	0.5%→1.3%	50%	S1	8.9%→1.3%	50%
モデル4 最大耐力後	1:2	SS	0.5%→1.3%	33%	S1	8.9%→5.5%	66%



図(1)-3 各柱復元力モデル

(1)-3 解析結果

全ての場合で1層変形が最大であったため以降その結果を示す。建物の崩壊変形 δu は柱の δu の小さい方と同じとした(表(1)-1の1重下線が軸力増減なしの δu ,2重下線が軸力増減ありの δu)。解析結果の一例として C_B が0.4のときのモデル4にTOHを入力した場合の層間変形角の時刻歴と荷重変形関係を図(1)-4に示す。建物の δu は軸力増減なし,ありでそれぞれ0.5%,1.3%である。このケースでは軸力増減なしで崩壊し,軸力増減ありで崩壊しなかった。

(1)-3.1 倒壊を免れた C_B

C_B を0.2から0.8まで0.05刻みで変化させて解析を行った。一例としてモデル4にTOHを入力した場合の C_B と倒壊危険率の関係を図(1)-5に示す。倒壊危険率は最大応答変形を建物の崩壊変形で除したものであり,倒壊(100%)にどの程度近いかを示している。軸力増減なしの場合 C_B が0.4から0.45のときにかけて倒壊危険率が100%から低下し倒壊を免れている。軸力増減ありの場合だとそれよりも早い段階の C_B が0.35から0.4のときにかけて倒壊危険率が低下し,倒壊を免れている。また,例えば C_B が0.45のときにおいては軸力増減ありとなして倒壊危険率に20.7%の開きが生じており,軸力再配分を考慮すると倒壊を免れる C_B が小さくなり,かつ同じ C_B でも倒壊危険率が小さくなるのがわかる。その他のモデル・地震動においても同様の傾向が見られた。

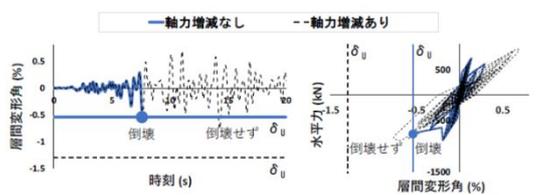
(1)-3.2 倒壊危険率を30%に抑えるために必要な C_B

モデル4に各地震動を入力した場合の,倒壊危険率を30%に抑えるために必要な C_B を図(1)-6に示す。この30%は,建物の損傷度合を示す一つの指標として設定した。 C_B が0.8のときの倒壊危険率が30%より高い場合は C_B が0.825のときに倒壊危険率が30%であると仮定した。全ての地震動で軸力増減ありの場合のほうが必要 C_B が小さく,構造的に有利な評価ができると考えられる。

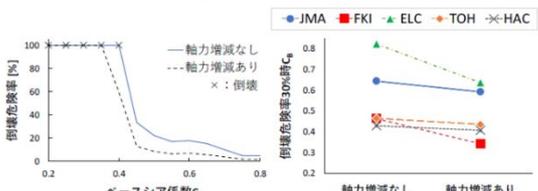
(1)-3.3 倒壊危険率30%時 C_B 比

軸力増減ありの場合の倒壊危険率30%時 C_B を軸力増減なしの場合のそれで除したもので比較した。以降これを C_B 比とする。モデル2と4,モデル3と4での比較を図(1)-7にそれぞれ示す。モデル2と4は柱配置が同一で軸力減少対象の柱が異なり,いずれの地震動においてもモデル2よりもモデル4の C_B 比の方が小さい。軸力減少する柱がより脆性的なモデル4の方がモデル2よりも軸力増減ありとした場合の建物の δu の上昇幅が大きくなり(表(1)-1),より影響が表れたといえる。モデル3と4は柱の種類は同一で柱配置が異なるが,ELCを除いた地震動においてモデル3とモデル4の C_B 比はほぼ同じである(表(1)-1)。これはモデル4の方が靱性的な柱の割合は大きくなるものの,軸力増減なしと軸力増減ありのそれぞれで両モデルとも建物の

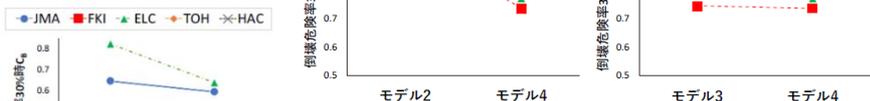
δu が同じであるためと考えられる。



図(1)-4 層間変形角の時刻歴と荷重変形関係 (モデル4, TOH)



図(1)-5 C_B -倒壊危険率関係 (モデル4, TOH)

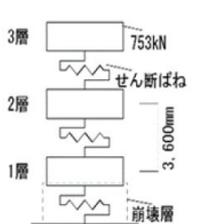


図(1)-6 倒壊危険率 30%時 C_B (モデル4)

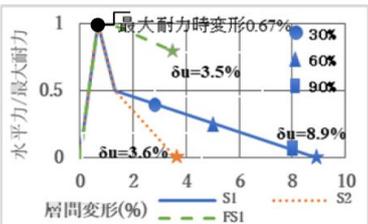
(2) 連続する地震動を考慮した RC 造建物の崩壊時間の評価

(2)-1 解析方法

- 解析モデルは 3 層と 9 層の多質点せん断系とした(図(2)-1)。耐力は旧基準耐力分布を基本とし、上部 3 層が同一となるように一旦仮定し、上から 3 層目を崩壊層として 80%まで低減した。ここで、崩壊は柱が軸力保持能力を喪失することを意味する。構造耐震指標 I_s は崩壊層(上から 3 層目)で 0.4 とした。外力分布による I_s 値の補正係数として A_i の逆数を用いた。1 次固有周期は 3 層建物で 0.22s, 9 層建物で 0.65s とした。
- 柱モデルは過去の実験で性状が示されたせん断破壊型の S1 柱と S2 柱, 曲げ降伏後せん断破壊型の FS1 柱を使用した。復元力スケルトンを図(2)-2 に示す(水平力は最大耐力で基準化)。すべての柱最大耐力時変形 0.67%とし、崩壊変形 u は S1 柱で 8.9%, S2 柱で 3.6%, FS1 柱 3.5%とした。崩壊時の水平力は S1 柱, S2 柱でゼロ, FS1 柱では最大耐力の 80%とした。
- 減衰は初期剛性比例型で、減衰定数は 0.01 とした。
- 入力地震動を表(2)-1 に示す。本論では加速度応答スペクトルのピークが固有周期 1s 以下のものを短周期地震, 1s 以上のものを長周期地震と区分する(表(2)-1 参照)。解析では、第 1 波に続けて第 2 波を入力した。それらの大きさは適宜変更した(後述)。



図(2)-1 3層解析モデル



図(2)-2 復元力スケルトン

表(2)-2 入力地震動

名称	方向	地震	地動最大速度 (cm/s)	継続時間 (s)	区分
JMA	NS	1995 兵庫県南部地震	82.6	8.3	短周期
ELC	NS	1940 Imperial Valley 地震	33.6	24.4	
仙台	NS	2011 東北地方太平洋沖地震	31.5	98.0	
宇土	EW	2016 熊本地震	83.2	10.4	長周期
苫小牧	NS	2003 十勝沖地震	23.4	92.4	
十勝	NS	2003 十勝沖地震	16.3	67.0	
柏崎	NS	2007 新潟県中越沖地震	129.1	6.6	
メキシコ	EW	1958 メキシコ地震	60.6	38.9	

(2)-2 解析結果

1) 第 1 波での変形度合と崩壊時間の関係

解析では、第 1 波での変形度合を最大耐力時、崩壊変形の 30%, 60%, 90%の変形時(図(2)-2)となるよう地震レベルを調節し、第 2 波での地震動レベルを変化させて、第 2 波での崩壊時間を求めた。また、「単独」として第 1 波での損傷がないケースを想定し、第 2 波のみを入力した(第 1 波の変形度合 0%)。図(2)-3 に、S1 柱による 3 層建物への苫小牧波入力为例として、第 1 波変形度合が崩壊変形の 30%となる地震動レベルの場合に(地動最大速度 72.5cm/s)、第 2 波として地動最大速度 100cm/s を入力したときの地動加速度時刻歴(上段)及び層間変形時刻歴(下段)を示す。ここで、地震動の継続時間は、加速度パワーが地震終了時の 5%から 95%となるまでの時間とし(表(2)-1)、崩壊時間は、第 2 波での 5%時を揺れ始め起点として、建物が崩壊するまでの時間とした。この場合の崩壊時間は 20.3s となった。3 層建物について、S1 柱と S2 柱に短周期の JMA と長周期の苫小牧を入力した場合の第 1 波の変形度合と第 2 波(地動最大速度 125cm/s)による崩壊時間の関係を図 4 に示す。9 層建物については 4)で後述する。

S1 柱では、短周期の JMA では第 1 波での変形度合が大きくなると、崩壊時間が長くなり(つまり崩壊しにくい)、右上がりの傾向を示した。反対に、長周期の苫小牧は第 1 波での変形度合が大きくなると崩壊時間が短くなり、右下がりの傾向が見てとれた。これは、第 1 波での変形度合が大きくなるにつれて、塑性化により建物の剛性が小さくなるため固有周期が長くなり、短周期では共振しにくく、長周期では共振しやすくなるためであると考えられる。

また、S2 柱では短周期でも長周期でも明確な傾向が見られなかった。これは S2 柱の崩壊変形が小さく、第 1 波の変形度合による影響が出にくいいためと考えられる。

2) 第2波地震動レベルと崩壊時間の関係

3層建物のS1柱に短周期のJMA, 長周期の苫小牧を入力した場合の第2波地動最大速度と崩壊時間の関係を図(2-5)に示す。第2波地動最大速度は50cm/sから150cm/sまで25cm/s刻みで変化させた。地震波の周期特性にかかわらず, 第2波地動最大速度が大きくなるにつれて, 崩壊時間が短くなることからわかる。

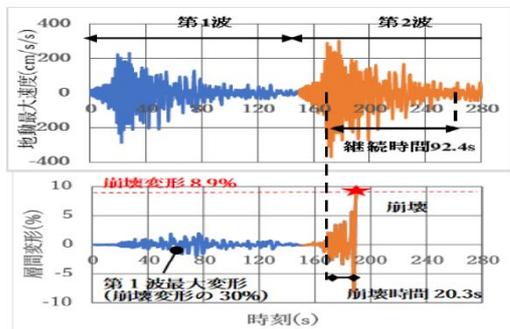
S1柱では短周期のJMAによると, 第1波での変形が最大耐力時の場合の崩壊時間が最も短かった。反対に, 長周期の苫小牧によると, 第1波での変形が崩壊変形の90%の場合の崩壊時間が最も短かった。この理由は前述の通りである。図には示さないが, S2柱とFS1柱では, ほぼすべての地震動に対して, 第1波の変形が崩壊変形の90%のとき, 崩壊時間が一番短かった。この理由は, S2柱とFS1柱との崩壊変形が小さく, 第1波での変形割合による影響が出にくいからであると考えられる。

3) 地震動の継続時間と崩壊時間の関係

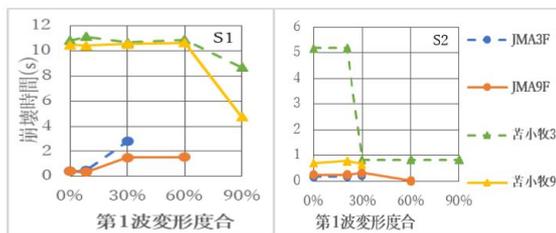
3層建物のS1柱を例として, 各地震動の継続時間と第2波(地動最大速度100cm/s)による崩壊時間の関係を図(2-6)に示す。ほぼすべての地震動で, 継続時間が長いほど崩壊時間が長くなる傾向が見られた。なお, S2柱とFS1柱でも同様の結果が見られた。

4) 建物の層数と崩壊時間の関係

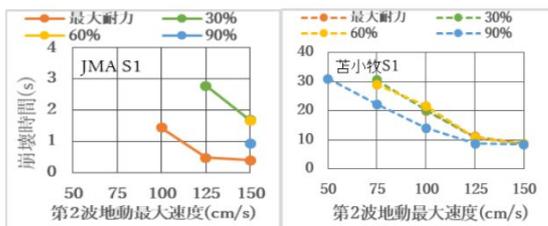
S1柱に対して, 短周期のJMAと長周期の苫小牧を例として, 第1波の変形割合と崩壊時間の関係について, 3層建物と9層建物の比較を行う(図(2-4))。9層建物の第1波変形割合と崩壊時間の関係の傾向は3層建物と同様であった。ただし, 3層建物より9層建物の崩壊時間は相対的に短かった。これは先行研究より, 層崩壊する多層建物では各層の変形が層崩壊に集中するため, 層数が多くなるほど集中する変形が大きく, 崩壊しやすくなるためだと考えられる。なお, S2柱とFS1柱も同様の結果であった。



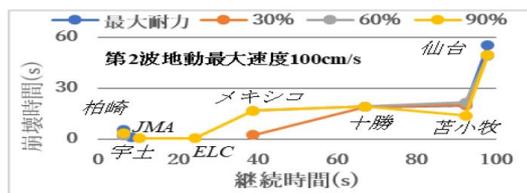
図(2-3) 地動加速度時刻歴と層間変形時刻歴 (苫小牧, S1柱, 3層建物)



図(2-4) 第1波の変形割合と崩壊時間 (3層建物と9層建物)



図(2-5) 第2波地動最大速度と崩壊時間 (3層建物, S1柱)



図(2-6) 継続時間と崩壊時間 (3層建物, S1柱)

4. 研究成果

以上, 2テーマに分けて研究の概要を示した。それぞれについて得られた成果をまとめる。

1) 軸力再配分を考慮したRC造建物の地震応答

軸力増減ありの場合は軸力増減なしの場合に比べて, 倒壊を免れるC_Bおよび倒壊危険率を30%に抑えるために必要なC_Bは同じ, 若しくは小さくなった。軸力再配分を考慮すると軸力減少する柱の崩壊変形が大きくなり, 結果として建物の崩壊変形が大きくなるため, 構造性能を高く評価できると考えられる。また, 軸力再配分を考慮した場合に, 軸力増減なしと比較して建物の崩壊変形の伸びが大きいモデルでは, その影響がより大きく表れる。

2) 連続する地震動を考慮したRC造建物の崩壊時間の評価

第1波によって変形が大きくなり, 建物の固有周期が伸びるほど, 長周期地震の第2波では共振しやすくなり, 崩壊時間が短くなる。一方, 短周期地震では, 反対の結果となる。また, 地震動の継続時間が長いほど崩壊時間が長くなる。さらに, 層崩壊する多層建物では各層の変形が層崩壊に集中するため, 層数が多くなるほど集中する変形が大きく, 崩壊時間が短くなる。

以上の成果は, RC造建物の耐震性評価および構造設計法の拡張に資するところが大きいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山本郁, 中村孝也	4. 巻 42
2. 論文標題 主筋量の多いせん断破壊型鉄筋コンクリート柱の破壊性状評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 121-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 熊耳慶太郎, 中村孝也	4. 巻 67B
2. 論文標題 市街地を対象とした旧基準中低層鉄筋コンクリート建物の耐震性能評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 39-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村孝也, 宮嶋恭平	4. 巻 41
2. 論文標題 軸力増加を考慮した曲げ降伏後せん断破壊型RC柱の崩壊実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 127-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村孝也	4. 巻 Vol.65B
2. 論文標題 軸力再配分を考慮した鉄筋コンクリート建物の崩壊性状評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 357-363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村孝也, 宮嶋恭平, 武田尚之	4. 巻 第41巻, 第2号
2. 論文標題 軸力増加を考慮した曲げ降伏後せん断破壊型RC柱の崩壊実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takaya Nakamura and Manabu Yoshimura	4. 巻 vol.17, no.3
2. 論文標題 Collapse Time of Reinforced Concrete Buildings with Brittle Columns	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Asian Architecture and Building Engineering	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村孝也, 井森大介	4. 巻 40
2. 論文標題 既存鉄筋コンクリート建物が崩壊に至る時間に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 武田尚之, 中村孝也	4. 巻 64B
2. 論文標題 せん断破壊型鉄筋コンクリート柱の軸力増加を考慮した崩壊性状評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 357-364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 森田一輝, 中村孝也
2. 発表標題 主筋量が多いせん断破壊型柱を利用したRC造建物の地震応答解析
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部大会研究報告集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原匠吾, 中村孝也
2. 発表標題 新基準RC建物の改修における壁量減少が耐震性能に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部大会研究報告集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村孝也
2. 発表標題 RC建物が限界変形に至る時間の解析
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yijun Guo and Takaya Nakamura
2. 発表標題 Collapse Time of Reinforced Concrete Buildings considering Successive Earthquakes
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Takaya Nakamura, Kyohei Miyajima, and Iku Yamamoto
2. 発表標題 Structural Performance Evaluation of Shear-failing RC Columns with Large Longitudinal Reinforcement Ratio
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 郭 怡君, 中村孝也
2. 発表標題 連続する地震動を考慮したRC造建物の崩壊時間の解析
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部大会研究報告集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日本建築学会北陸支部大会研究報告集
2. 発表標題 主筋量が多いせん断破壊型柱を含むRC造建物の耐震性評価 その1 静的加力実験
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 郁, 中村孝也, 宮島恭平
2. 発表標題 主筋量が多いせん断破壊型柱を含むRC造建物の耐震性評価 その2 地震応答解析
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 郭 怡君, 中村孝也
2. 発表標題 連続する地震動を考慮したRC造建物の崩壊時間の解析
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部大会研究報告集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮嶋恭平, 下川禎生, 中村孝也
2. 発表標題 軸力上昇を考慮した曲げ降伏後せん断破壊型RC柱の崩壊性状 その1 実験結果の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下川禎生, 宮嶋恭平, 中村孝也
2. 発表標題 軸力上昇を考慮した曲げ降伏後せん断破壊型RC柱の崩壊性状 その2 有限要素解析による検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下川禎生, 宮嶋恭平, 中村孝也
2. 発表標題 有限要素解析による鉄筋コンクリート柱の軸力上昇を考慮した崩壊性状評価
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮嶋恭平, 下川禎生, 中村孝也
2. 発表標題 軸力上昇する曲げ降伏後せん断破壊型RC 柱の崩壊性状 その1 実験結果の検討
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部大会研究報告集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下川禎生, 宮嶋恭平, 中村孝也
2. 発表標題 軸力上昇する曲げ降伏後せん断破壊型RC 柱の崩壊性状 その2 有限要素解析による検討
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部大会研究報告集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takaya Nakamura and Takayuki Takeda
2. 発表標題 Seismic Performance Variation of Reinforced Concrete Columns with Increased Axial Load
3. 学会等名 Proceedings of the New Zealand Society for Earthquake Engineering 2017 Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村孝也
2. 発表標題 連続する地震動に対する層崩壊型RC造建物の応答解析 - 2016年熊本地震に対する考察 -
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------