

応募課題S5 構造スリットを設けない有壁鉄筋コンクリート造
建築物の構造計算の合理化に資する検討

鉄筋コンクリート造壁付き部材からなる 建築物の強度・剛性・変形能に関する調査

事業主体

前田建設工業、安藤・間、熊谷組、佐藤工業
戸田建設、西松建設、フジタ
名古屋大学 横浜国立大学

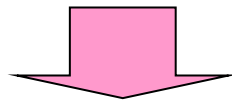
共同研究機関

(独)建築研究所

鉄筋コンクリート造壁付き部材からなる 建築物の強度・剛性・変形能に関する調査 —全体概要—

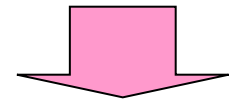
調査の背景

RC造の**非耐力壁**(開口周比 >0.4)が、柱、梁部材に相応の**強度、剛性、変形能**の影響を及ぼす。

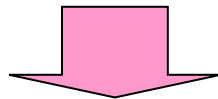


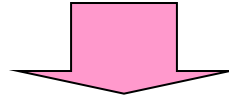
近年、壁付きの柱、梁**部材単体**の構造性能に関する知見は蓄積されてきているが、**架構**としての接続部、境界条件による影響を含めた性能の確認が必要。

調査の概要



RC造壁付き部材からなる建築物の地震力作用時の強度、剛性、変形能を把握するため、**部分架構試験体**を用いた**構造実験**を実施する。





調査の目的

RC造壁付き部材からなる建築物について、その強度、剛性、変形能に関する知見を構造実験により収集することで、構造計算の合理化を目指す。

構造実験の目的

具体的に、以下の資料を収集することを目的とする。

- (1) ベースシアークoefficient 0.6 相当の水平加力時の状況
- (2) 耐力－変形関係
- (3) 剛域設定 (主筋ひずみ、部材曲率)
- (4) 損傷限界 (ひび割れ幅、圧壊、鉄筋降伏)

既往の架構実験

2.5層1スパン試験体

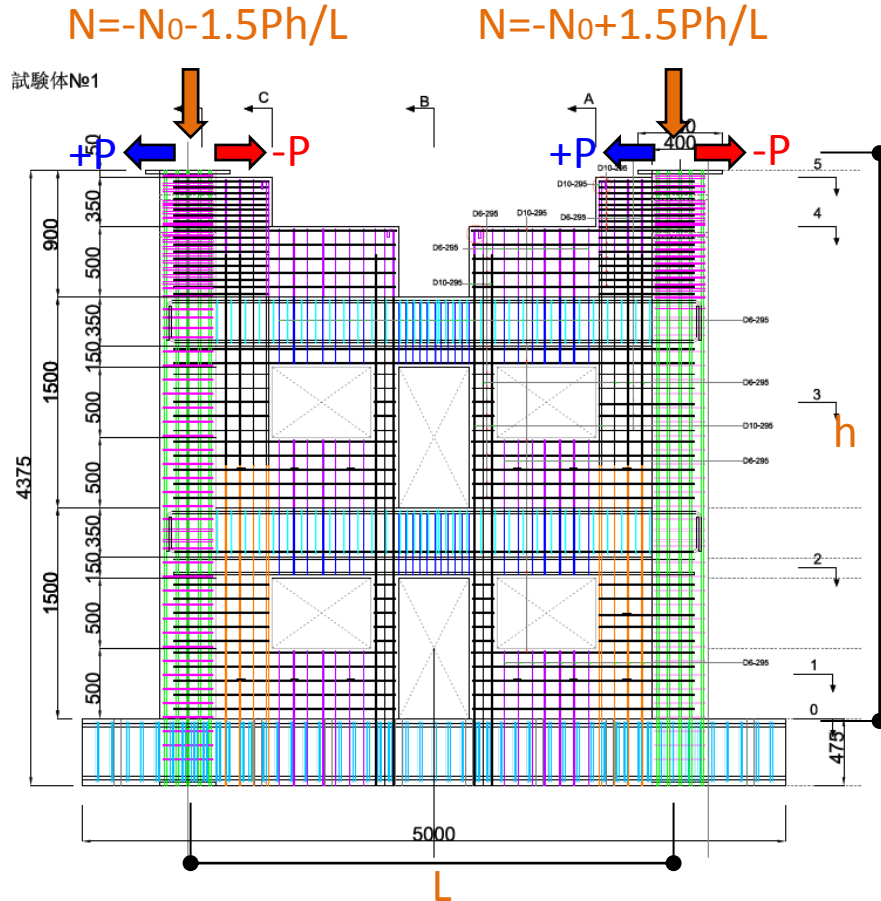


図1 既往の架構実験試験体

H25年建築研究所実施

- ・6階建物の最下層2.5層
- ・1/2模型
- ・壁厚100
- ・変数は完全スリットの有無

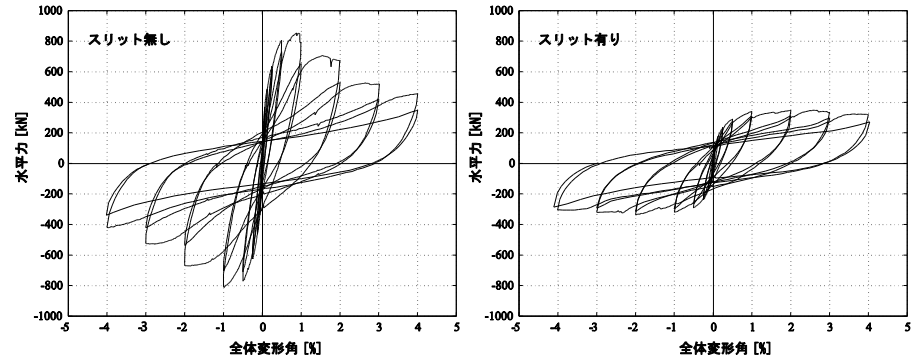


図2 P-R関係



スリット無し



スリット有り

図3 R=4%の状況

既往架構実験のフレーム解析

$L_G=1,350$: 最大耐力を評価
 $=1,200$: 方立壁破壊後を評価
 $=200$: スリット無し耐力を評価

線材モデルによる増分解析

解析ソフト: 市販RESP-3
 解析条件: 2次元増分解析
 柱・梁断面:
 袖壁、垂れ壁、腰壁を考慮
 剛域長さ(L_G): 変数とした

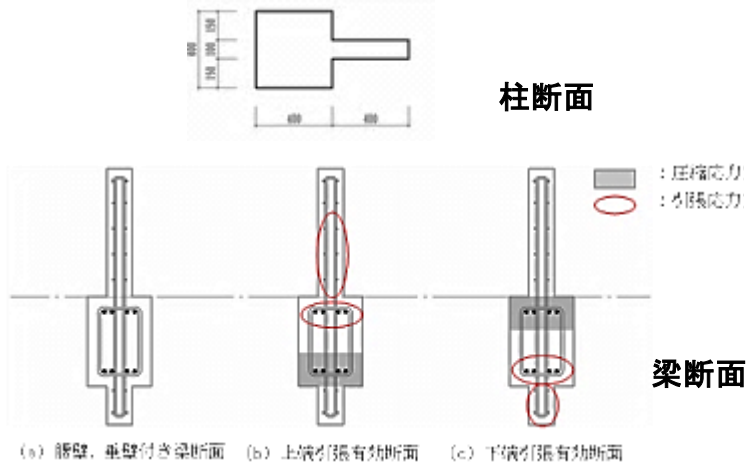
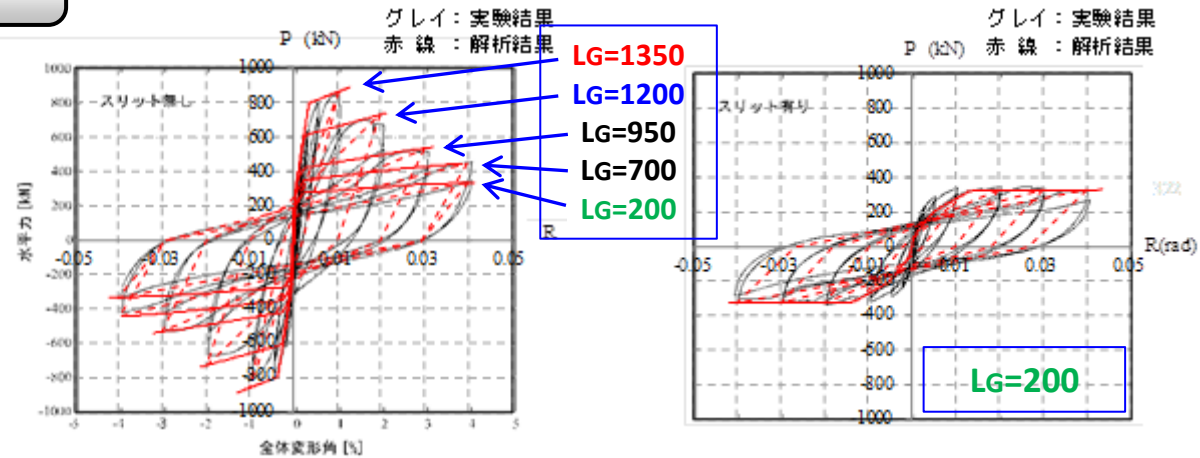


図4 柱、梁部材断面のモデル化

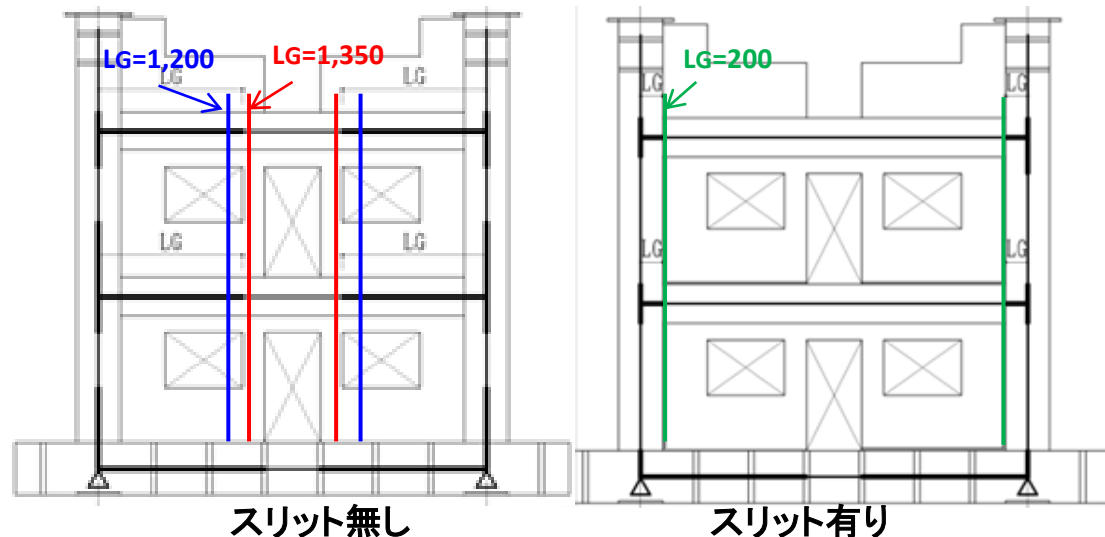
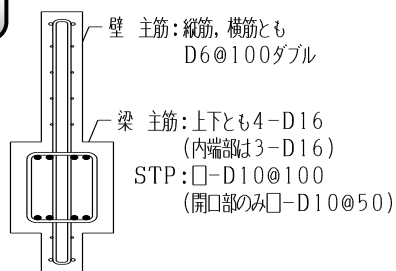


図5 フレームモデルとスケルトン比較

部分架構実験の概要

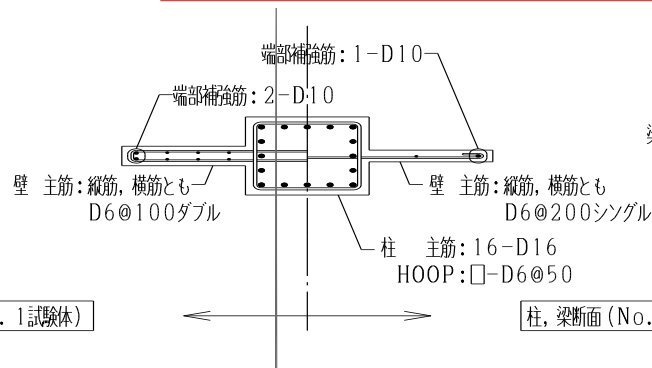
試験体



柱, 梁断面 (No. 1 試験体)

No.1 壁厚100mm(pw0.64%)

No.2 壁厚 60mm(pw0.27%)



柱, 梁断面 (No. 2 試験体)

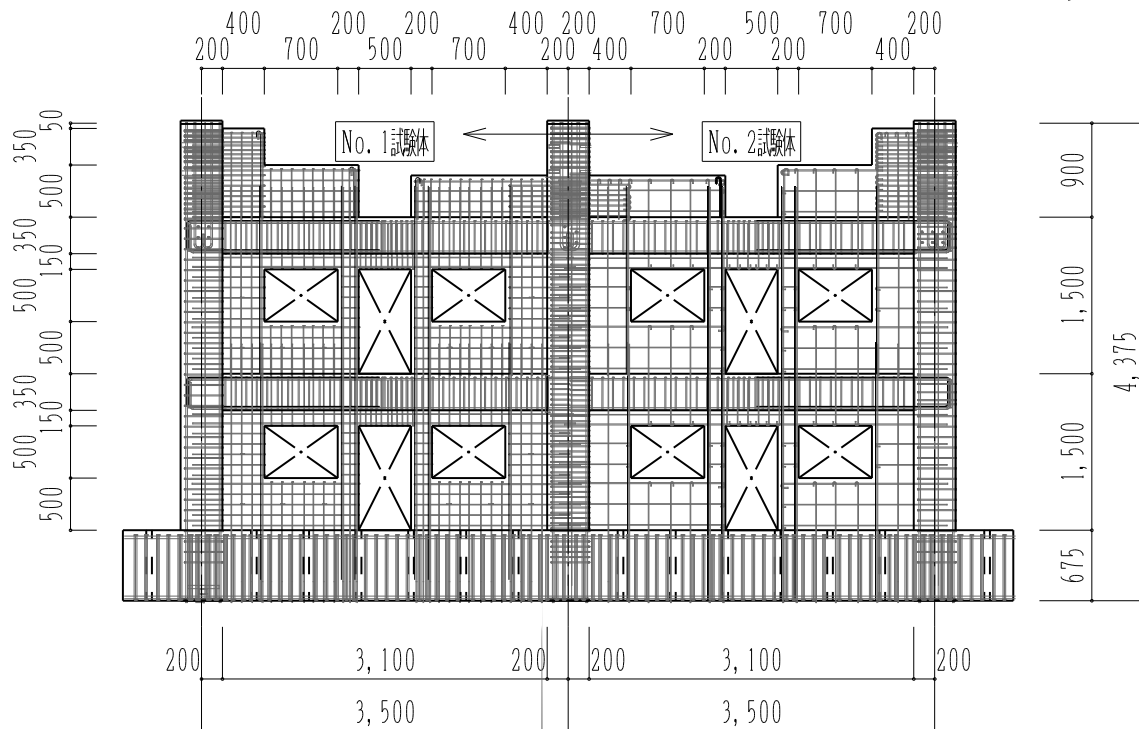
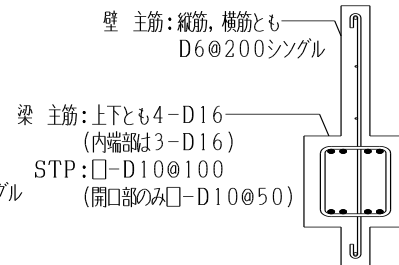
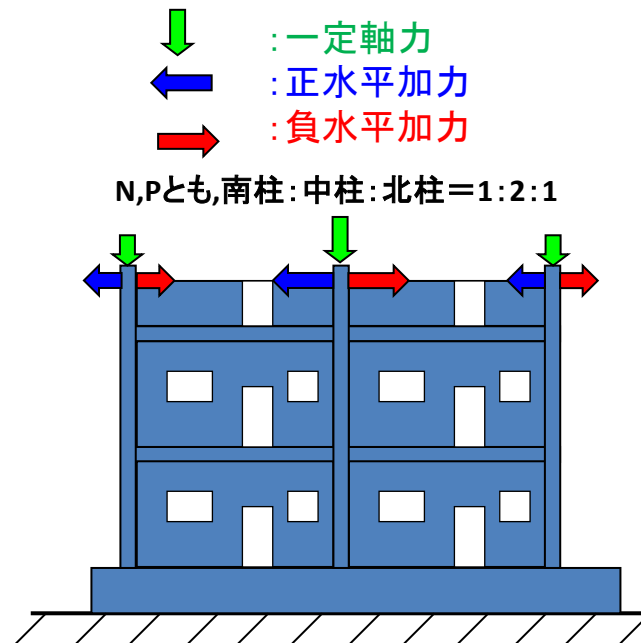


図3.1-3 試験体の形状と配筋



加力方法

破壊状況

R=±1/200までは
2階の変形が先行



R=+1/200rad

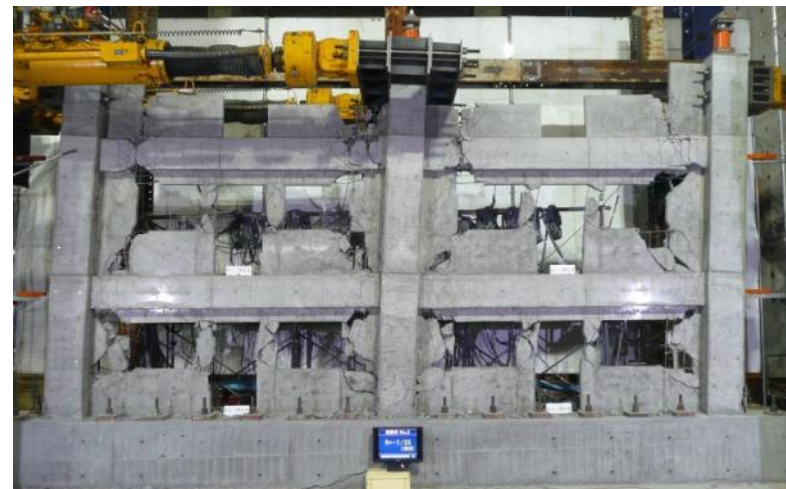


R=+1/200rad



終局は2階の部分崩壊

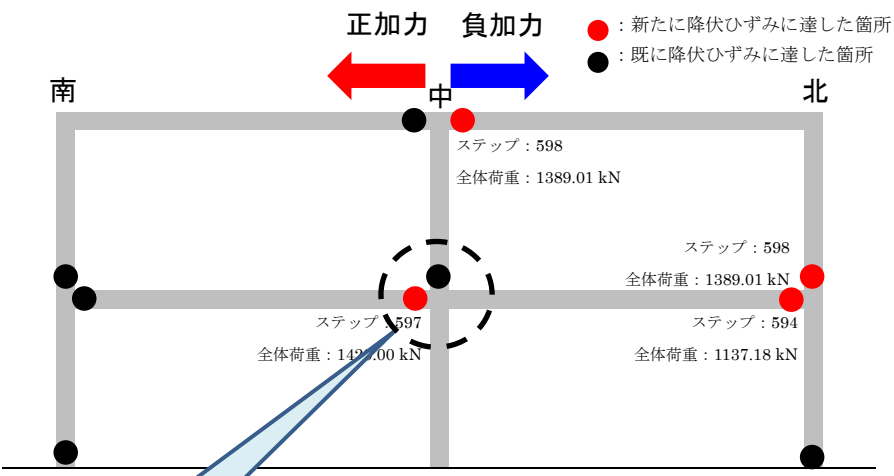
R=-1/50rad
No.1試験体



終局は全体崩壊

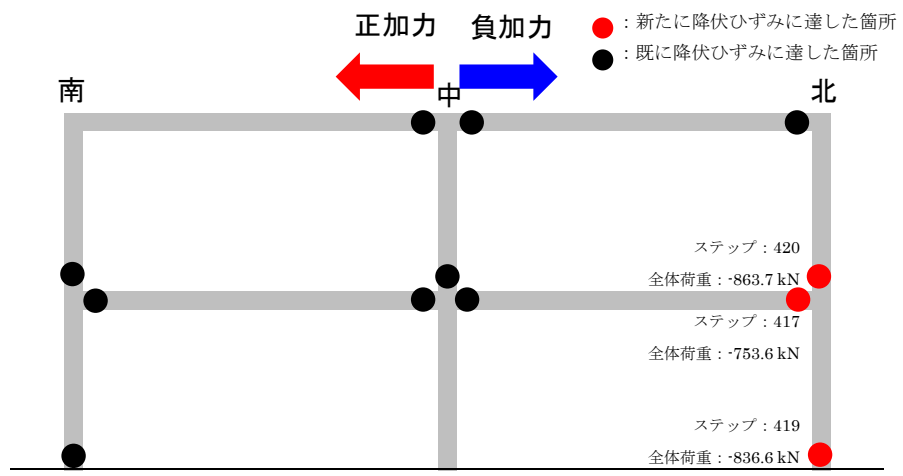
R=-1/25rad
No.2試験体

架構降伏位置

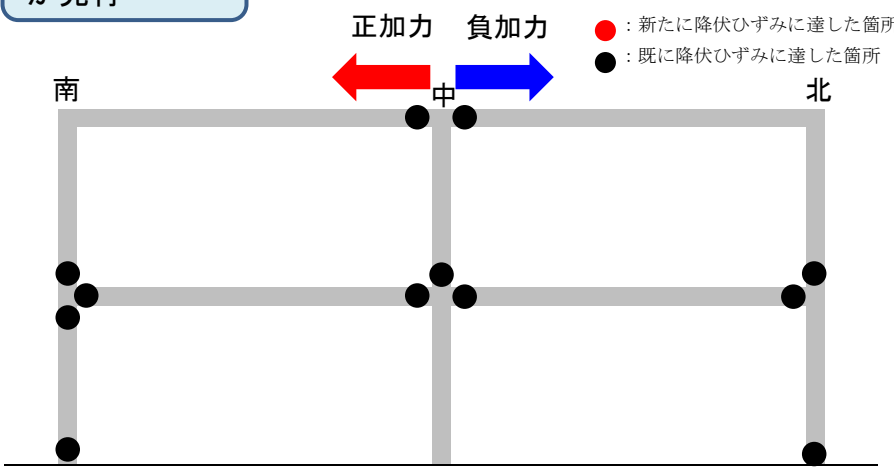


R=+1/100rad

2階柱脚降伏
が先行

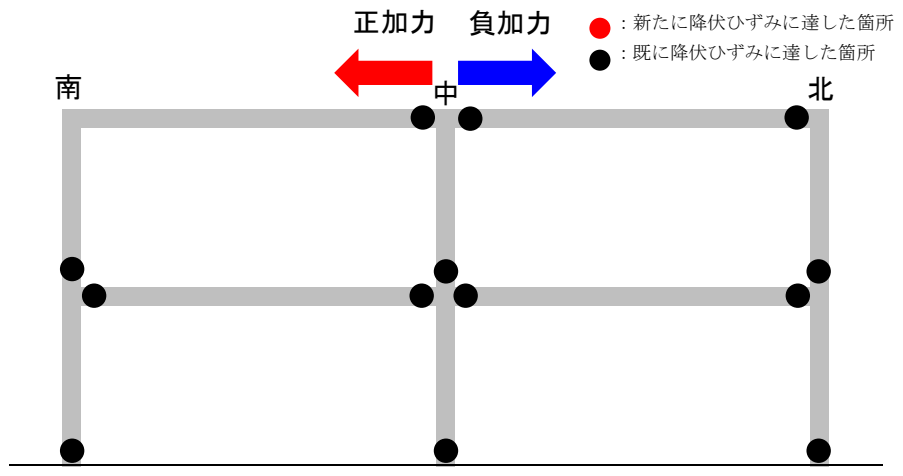


R=+1/100rad



R=-1/50rad

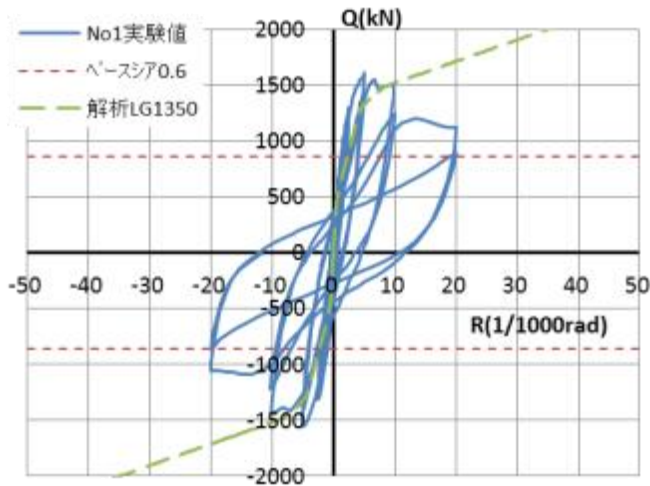
No.1試験体



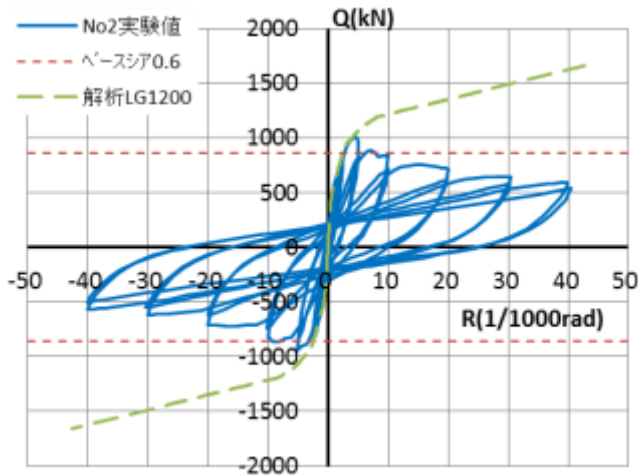
R=-1/50rad

No.2試験体

荷重－変形



No.1試験体



No.2試験体

最大耐力(ベースシア換算)

No.1試験体 1.10

No.2試験体 0.70

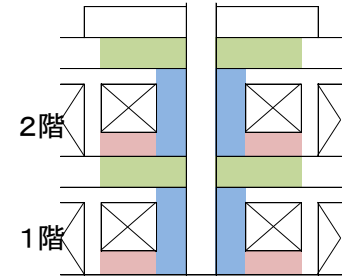
フレーム解析モデル

No.1試験体 LG=1,350

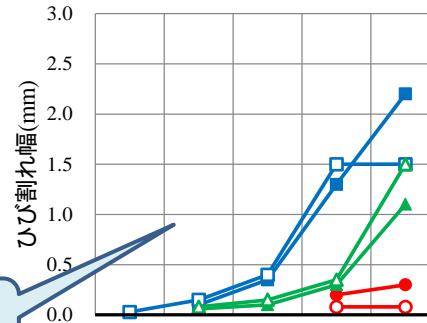
No.2試験体 LG=1,200

表 最大耐力

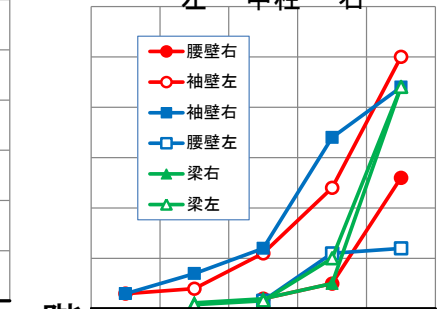
	正加力		負加力	
	Q(kN)	R(rad)	Q(kN)	R(rad)
No.1	1,605	0.0050	-1,562	-0.0049
No.2	1,010	0.0046	-945	-0.0052



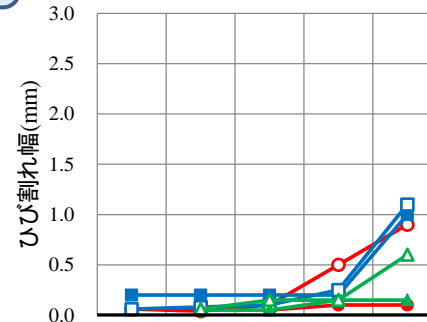
左 中柱 右



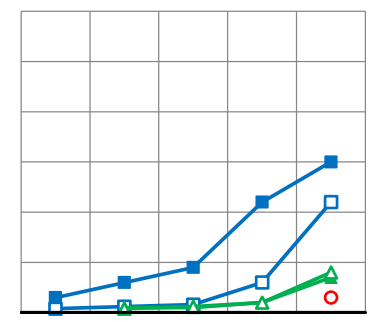
2階のとくに袖壁が先行



2階



No.1試験体



1階

No.2試験体

図 Q－全体R関係

ピーク時ひび割れ幅

1階、2階の変形割合

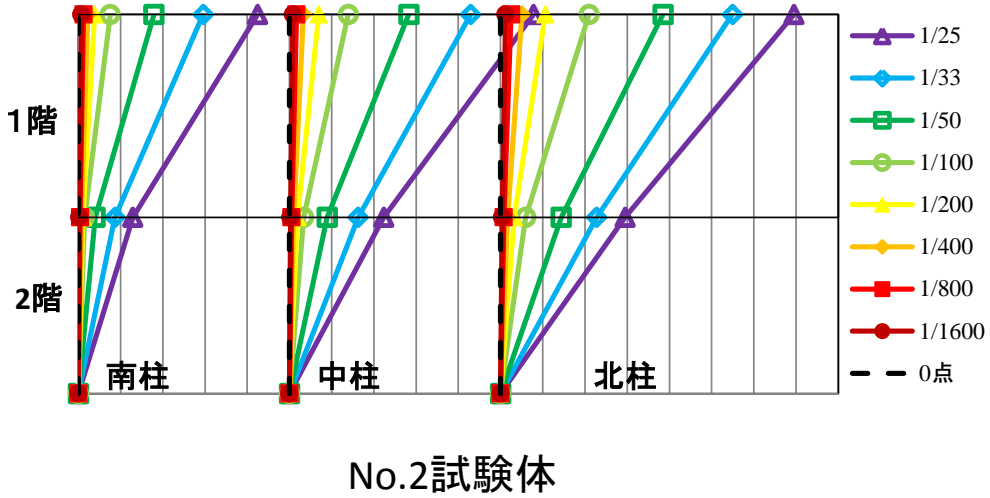
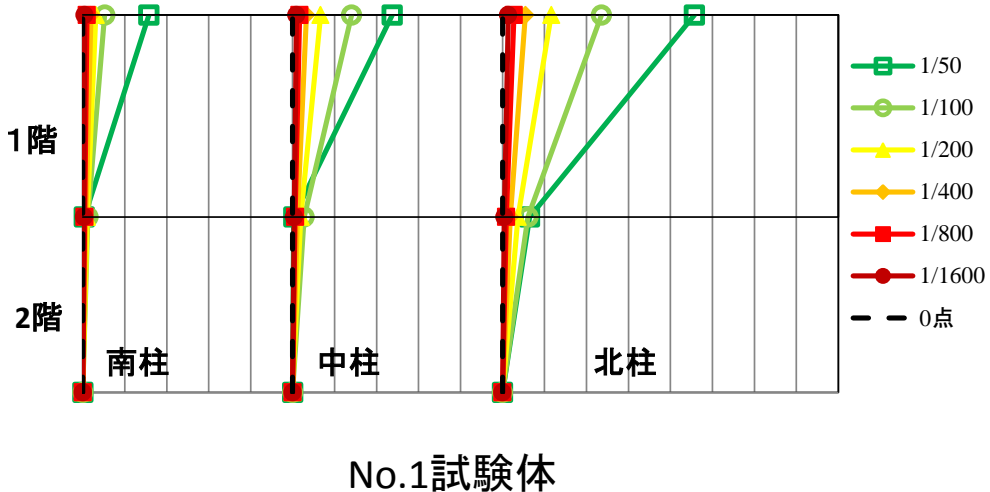


図 柱の水平方向変形分布

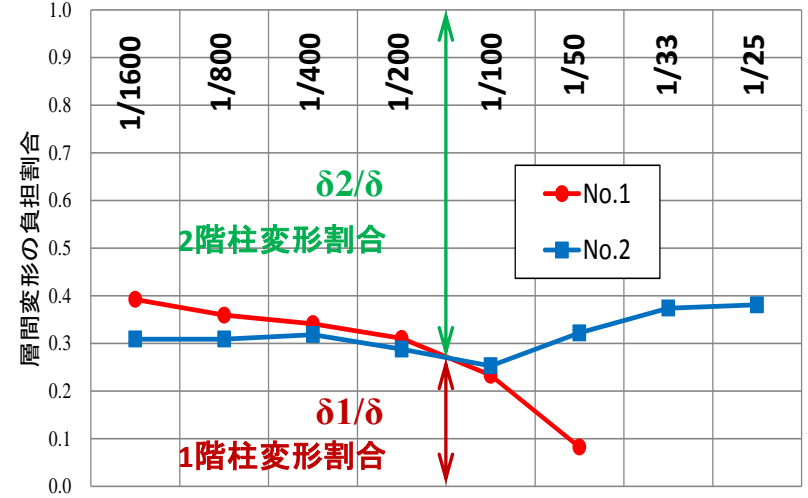


図 1,2階の層間変形割合の推移

最大耐力時 (R=1/200) まで
 No.1、No.2とも1階柱変形は全体変形の0.3~0.4
 最大耐力以降
 No.1は、2階柱に変形が集中
 No.2は、1階柱の変形が徐々に増加

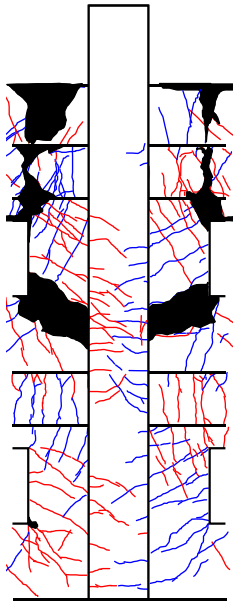
中柱と袖壁の曲率分布

No.1試験体

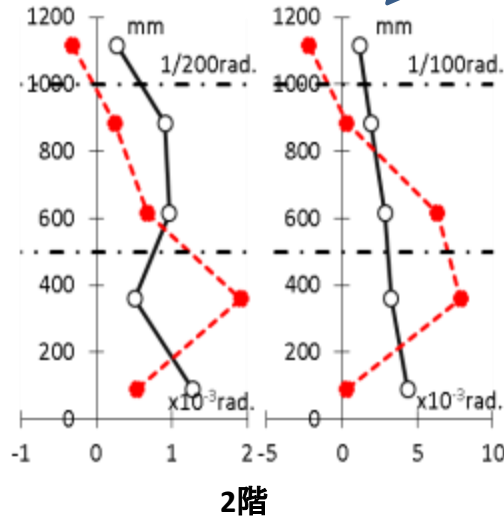
2階は腰壁直下の袖壁の曲率大
1階は柱、袖壁とも曲率小

No.2試験体

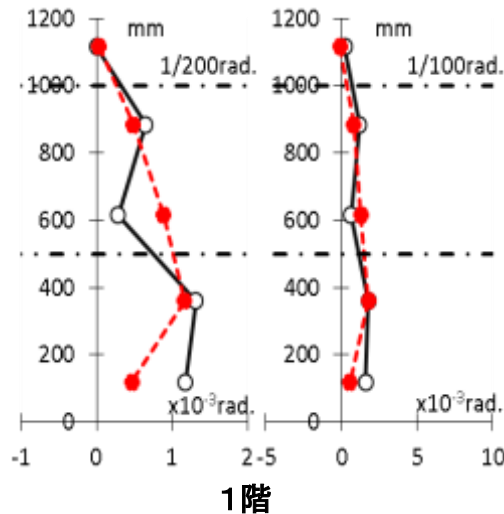
2階は柱脚の袖壁の曲率大
1階は腰壁直下の袖壁の曲率大



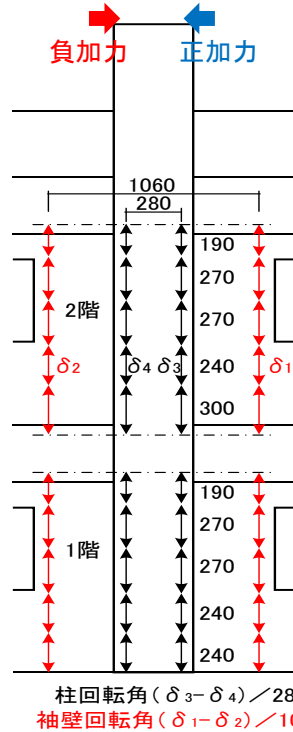
損傷状況
R=1/50



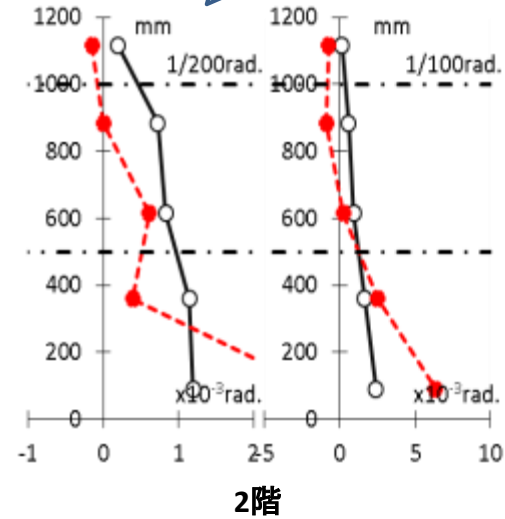
2階



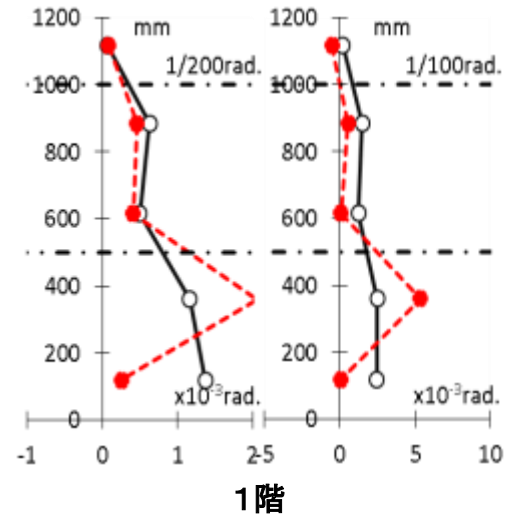
1階



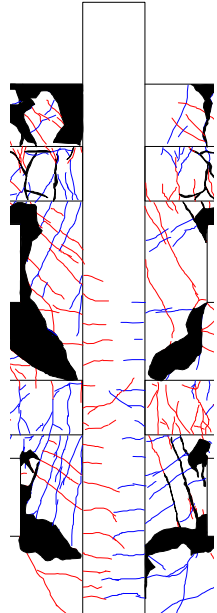
柱回転角 $(\delta_3 - \delta_4) / 280$
袖壁回転角 $(\delta_1 - \delta_2) / 1060$



2階



1階



損傷状況
R=1/50

No.1試験体

No.2試験体

図 中柱および袖壁の曲率分布

水平筋のひずみ

・圧縮側の中立軸はほぼすべて梁部材の外

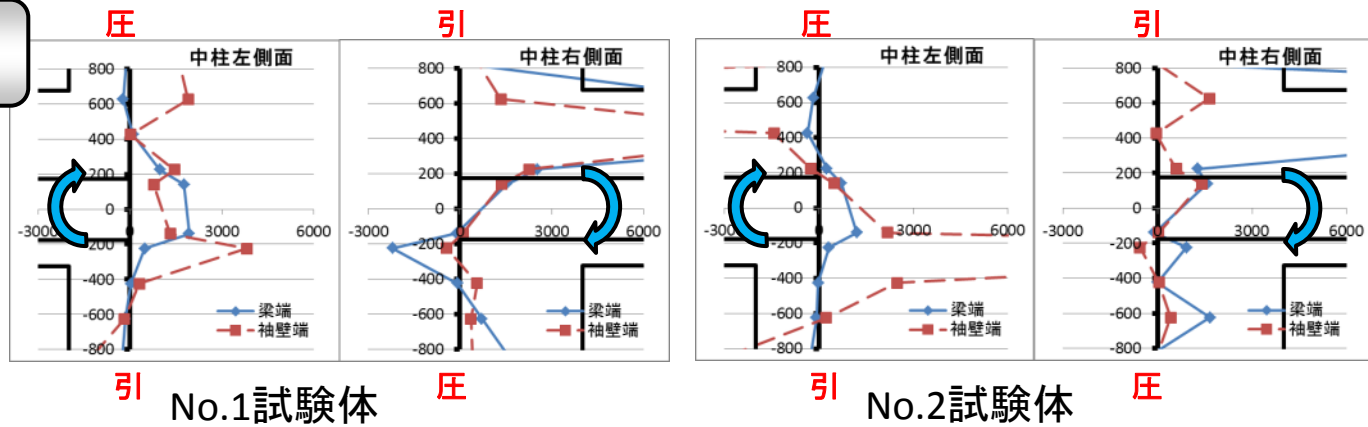


図 2階中柱左右の水平筋(梁筋、壁横筋)ひずみ(+1/200)

・梁主筋の引張りひずみから、危険断面は、袖壁端
 ・圧縮側主筋もほとんど引張りひずみ→中立軸が梁部材の外

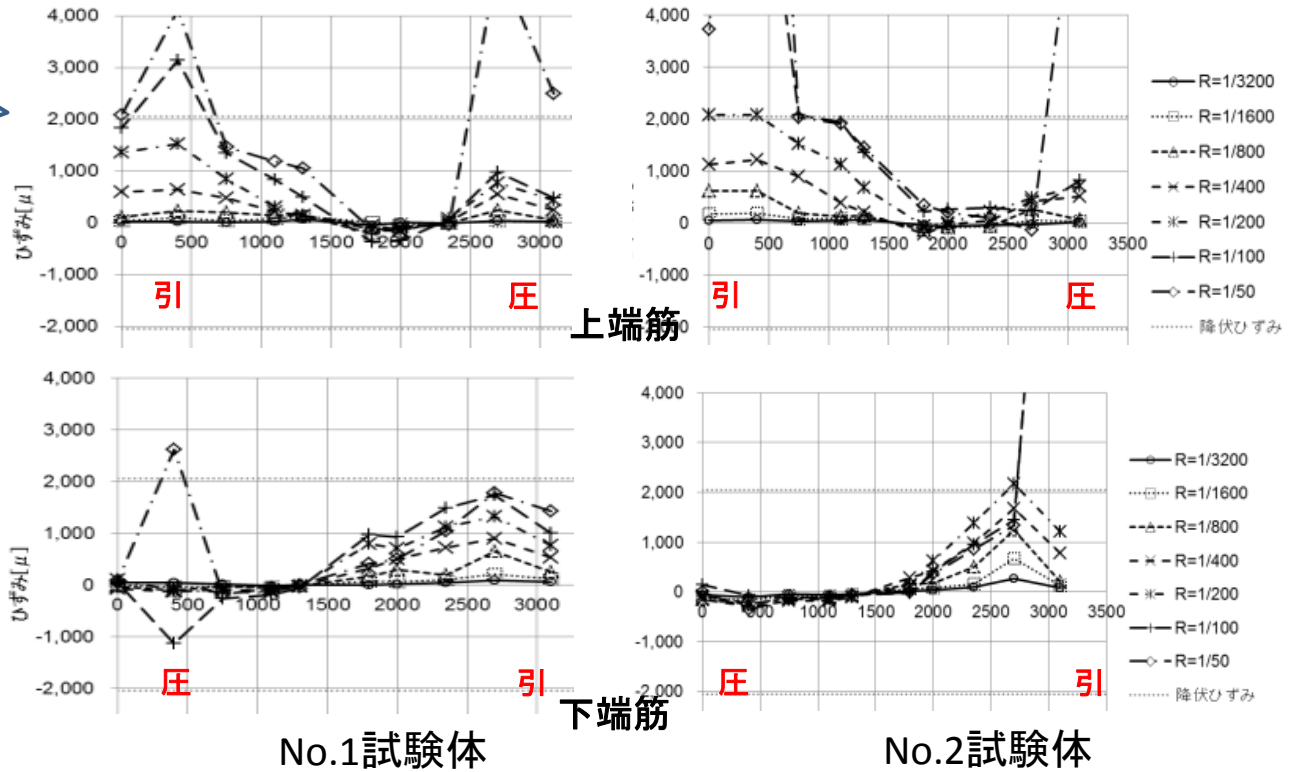
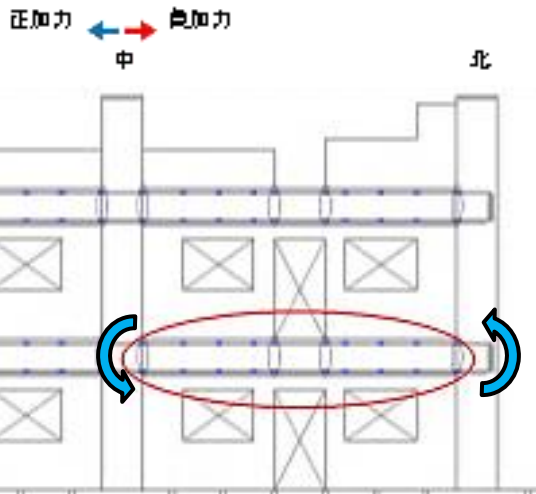
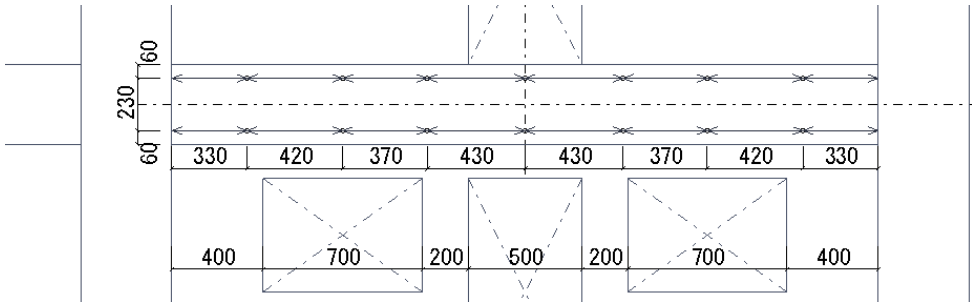
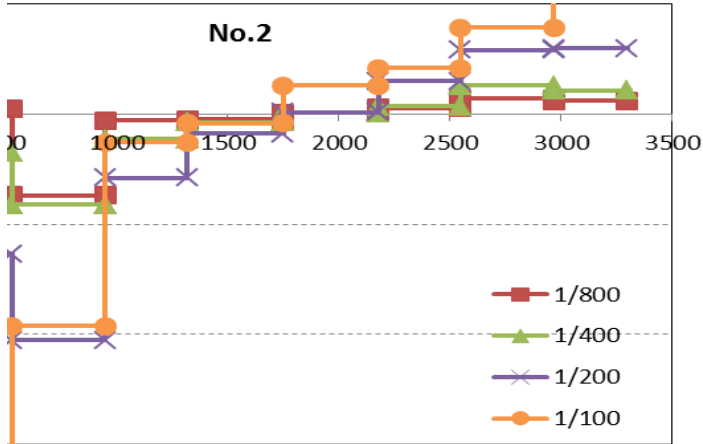
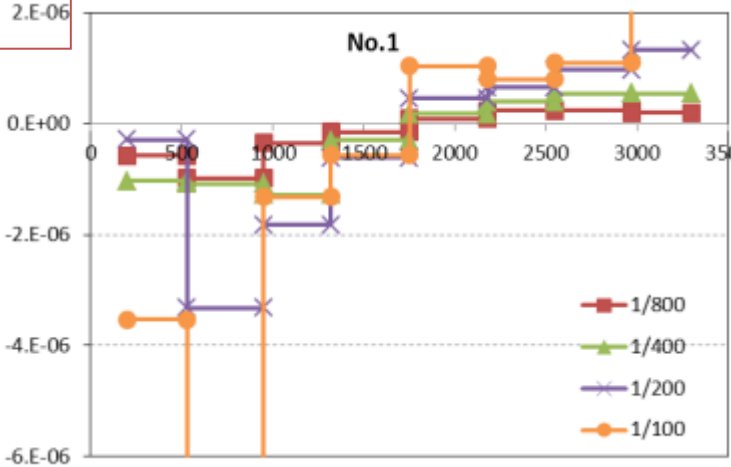
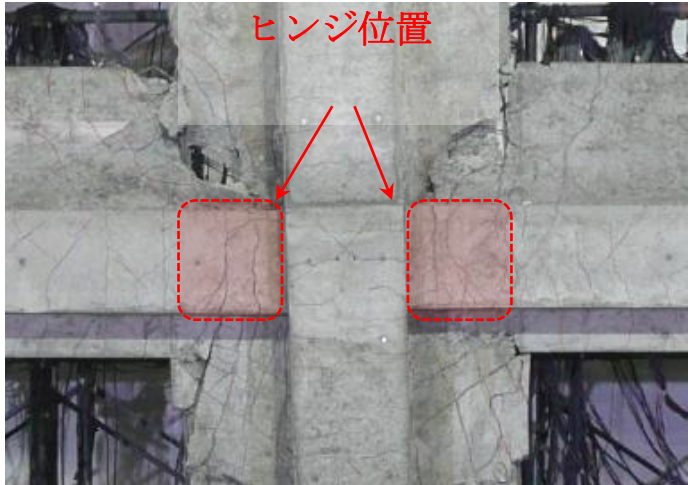
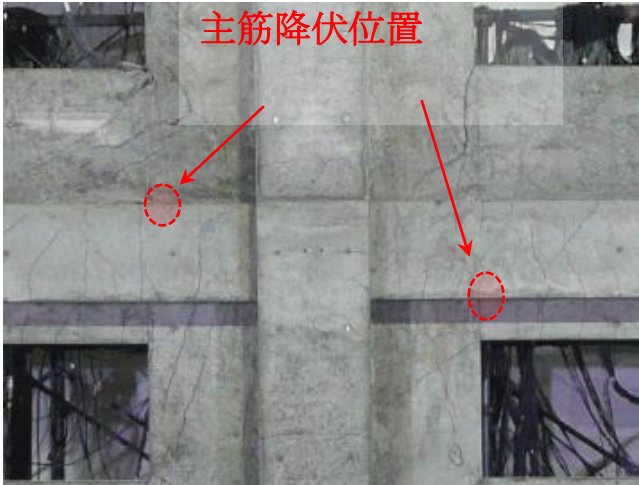


図 2階右梁主筋ひずみ分布

梁の曲率分布



曲率の極大区間
 <No.1試験体>
 袖壁端
 <No.2試験体>
 1/200まで
 袖壁端
 1/100以降
 梁端



No.1試験体

No.2試験体

図 2階右梁の曲率分布

部分架構実験のまとめ

1. 想定建物(6階建て共同住宅)のベースシア $\mu=0.6$ の水平力に対し、No.1試験体が1.9倍、No.2試験体が1.2倍の耐力。
2. 非耐力壁の壁厚、壁筋量を変数とすることで、耐力、破壊モードに大きな影響があることを確認

また、以下の情報を収集した

1. 本実験により、フレーム解析、FEM解析のモデル化の妥当性に資する情報
2. 弾性剛性、メカニズム時の剛域の検討に必要な情報
3. ひび割れ幅などの損傷評価に必要な情報

FEM解析による検討

FEM解析の目的

FEM解析により壁厚の違いによる実験結果の相違を把握する。

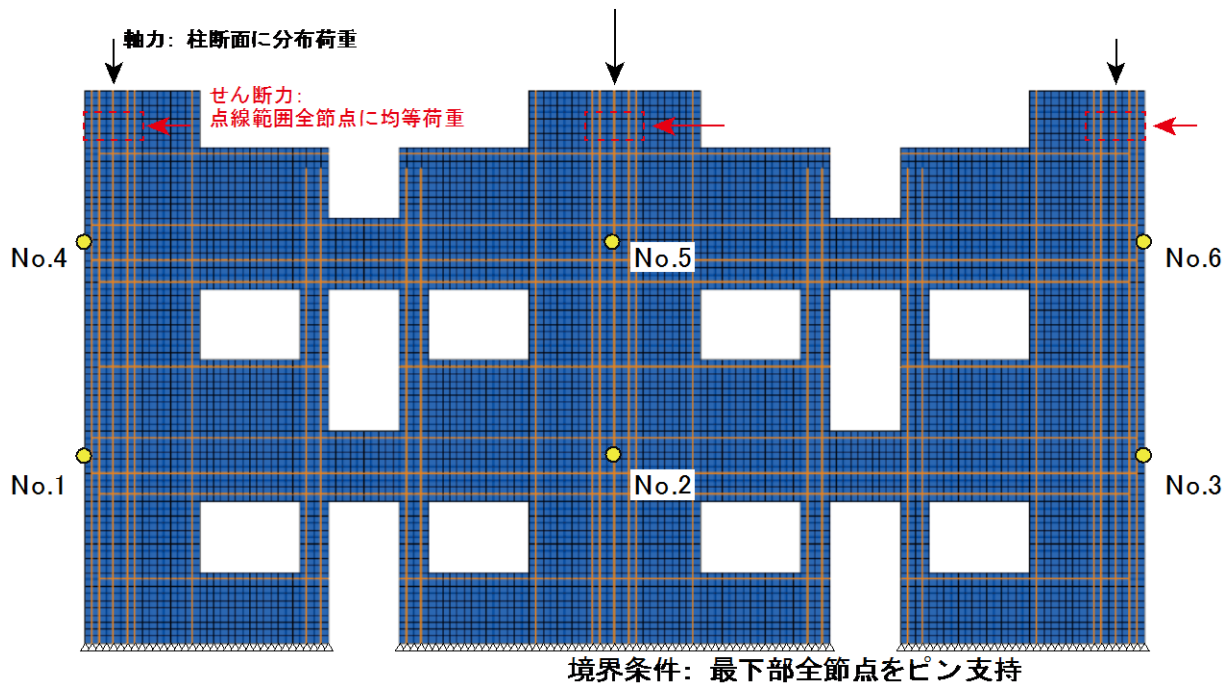


図7.1.-1 解析モデル

解析ソフト: 市販FINAL

解析条件:

二次元非線形
平面応力場

コンクリート:

4節点4辺形要素

柱・梁主筋:

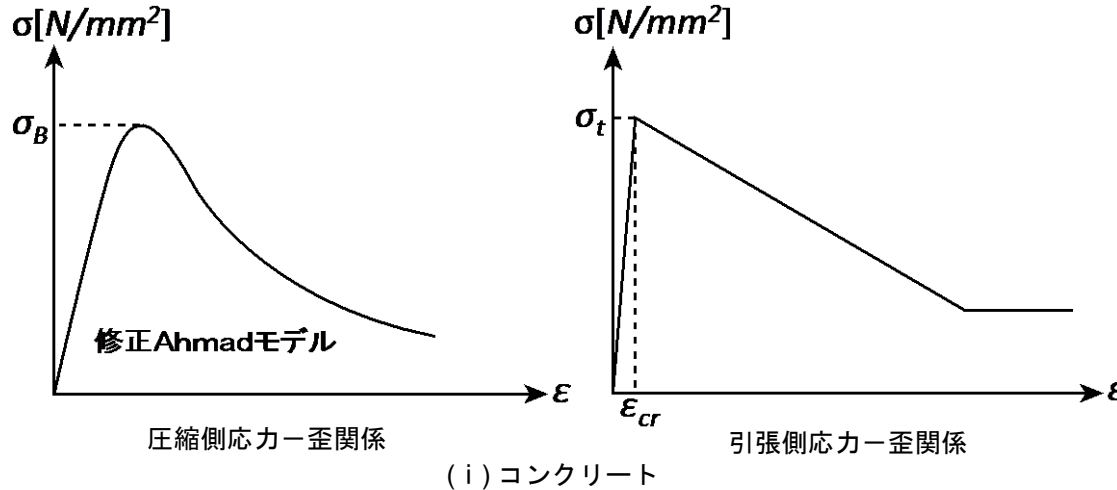
2節点トラス要素

せん断補強筋・壁筋:

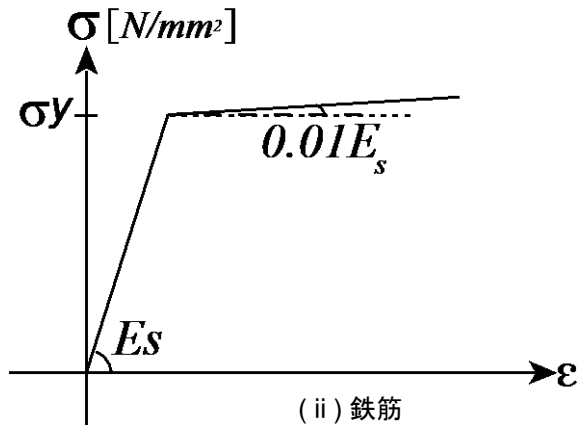
要素内均一分布置換

材料構成則

コンクリート



圧縮：
修正Ahmadモデル
Kupferの破壊条件
引張り：
tension stiffening考慮
ひび割れ後のせん断：
長沼モデル



鉄筋

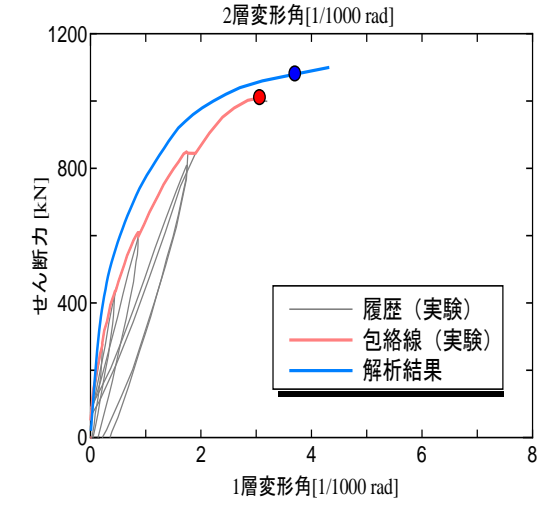
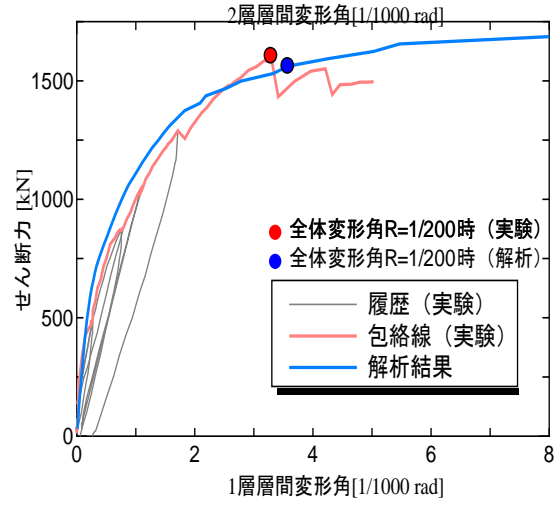
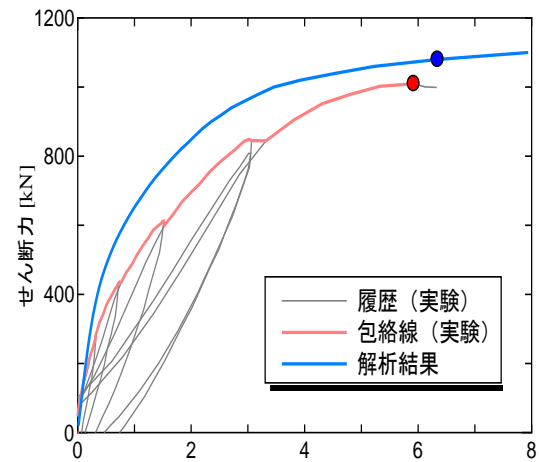
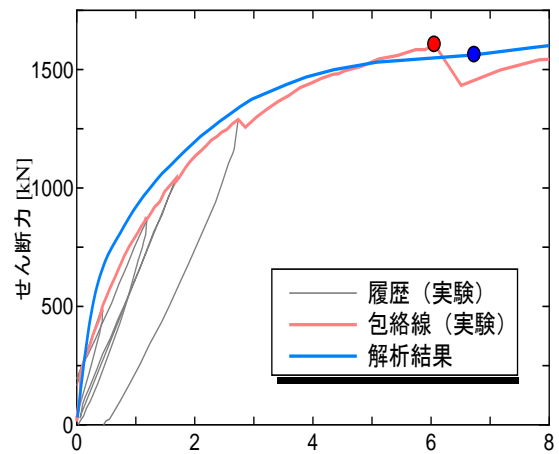
bi-linear

降伏後剛性 $E_s/100$

図7.1.-2 材料モデル

荷重—変形

- ・初期剛性、最大耐力時 (No.1、No.2とも $R=1/200\text{rad}$) の荷重と変形はほぼ対応
- ・壁厚の違いによる1,2階の変形割合をよく再現



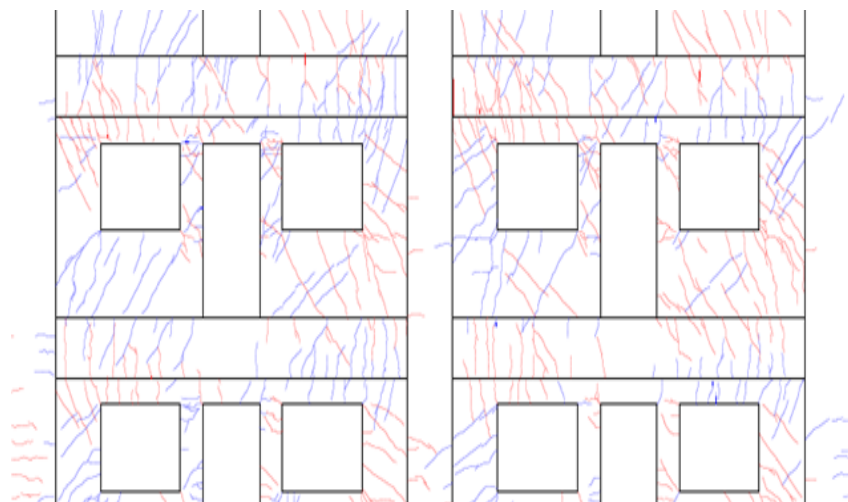
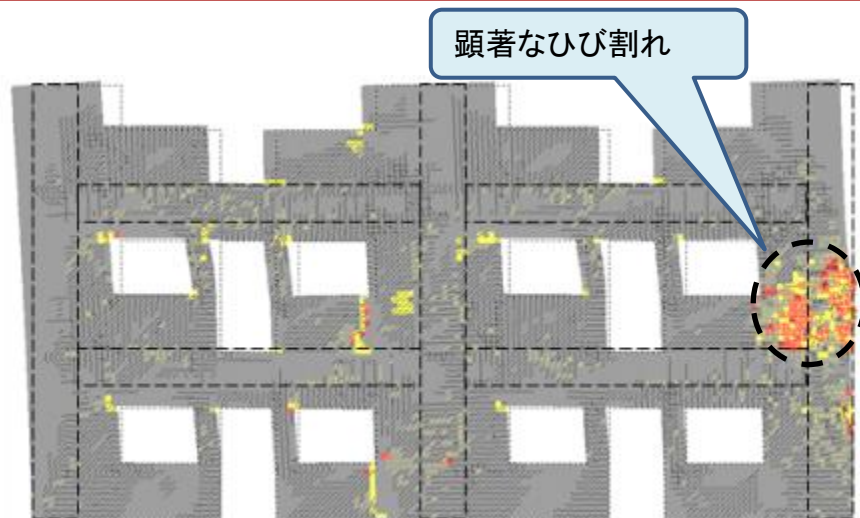
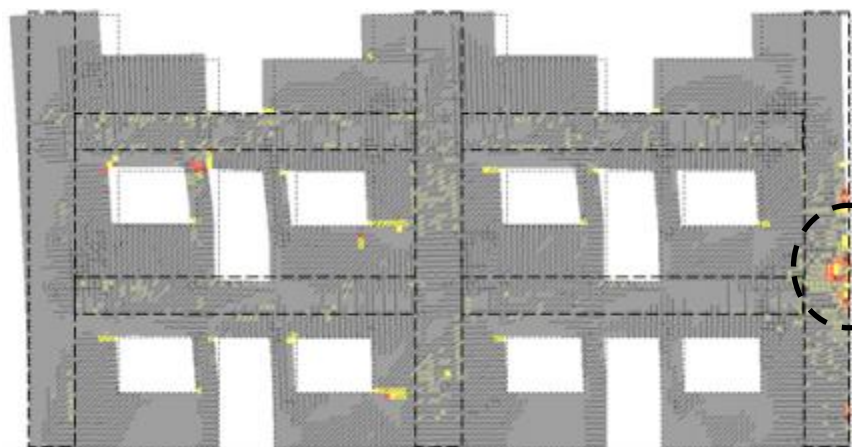
No.1試験体

No.2試験体

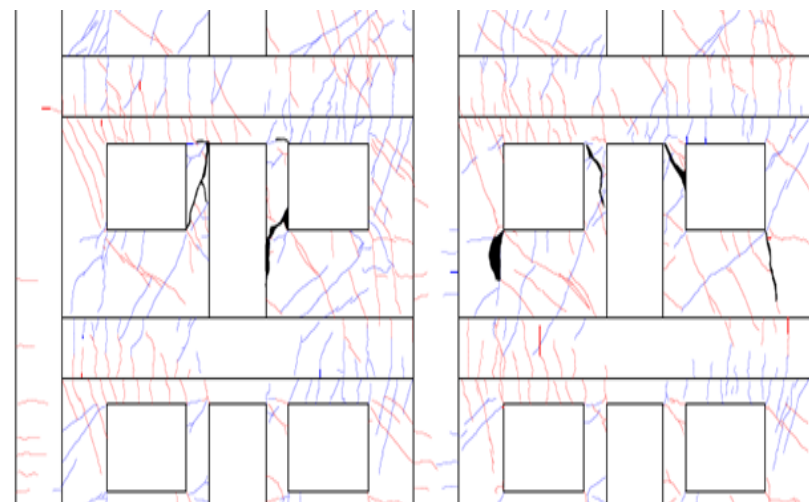
図7.2.-1 せん断力—層間変形角関係

損傷状況

- ・ひび割れが1階より2階に顕著な傾向は模擬
- ・実験と異なり、解析は2階引張り柱が大きく損傷



No.1試験体

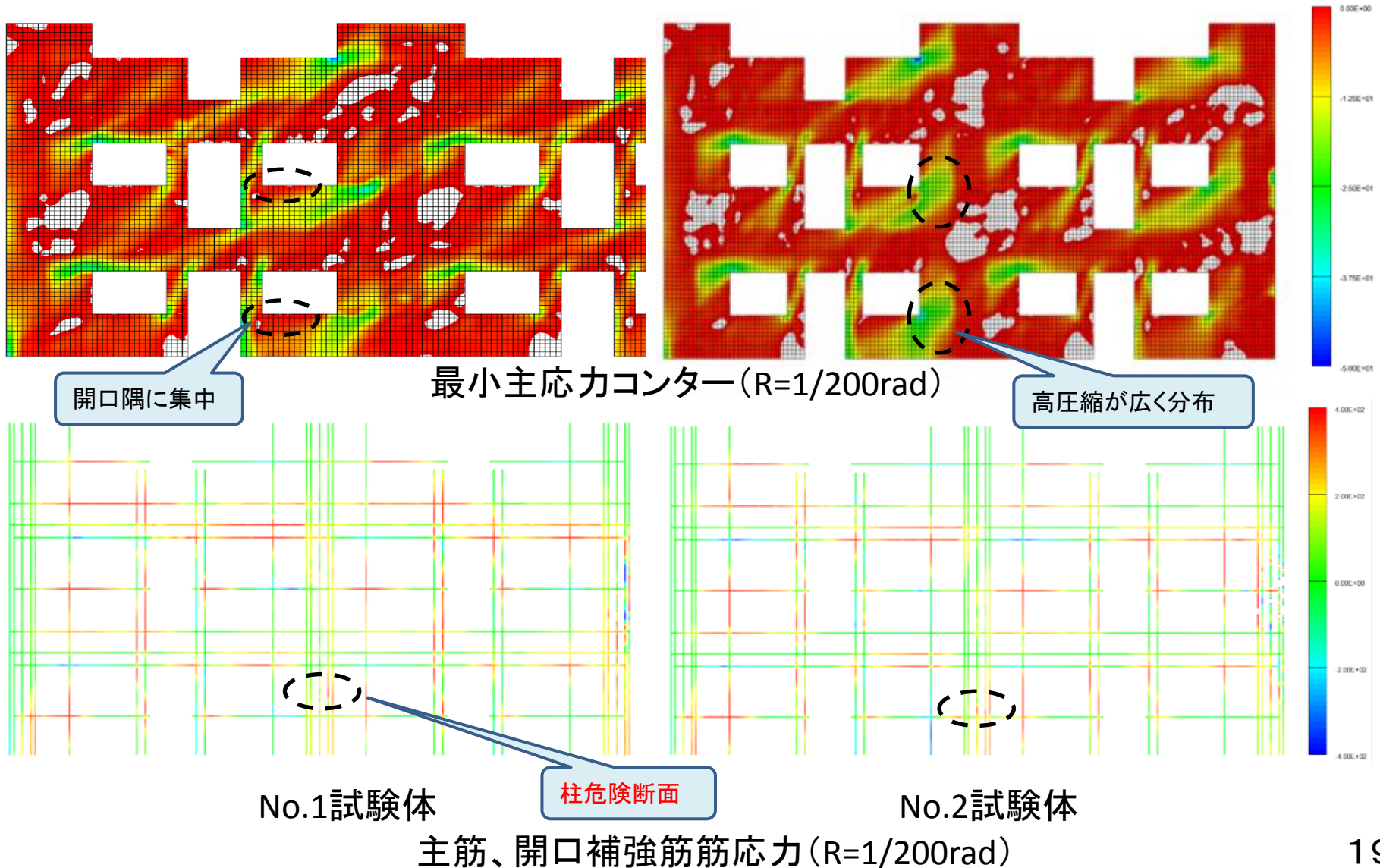


No.2試験体

ひび割れ・変形状況 (R=1/200rad)

応力分布

- ・1階中柱近傍のCon圧縮力はNo.1は腰壁高さに集中
No2.は袖壁、腰壁全体に高圧縮力が発生
- ・1階中柱の危険断面位置がNo.2の方が下がっている



FEM解析のまとめ

部分架構実験の2体の試験体の全体的な挙動を把握するため、2次元非線形FEM解析を実施した結果をまとめる。

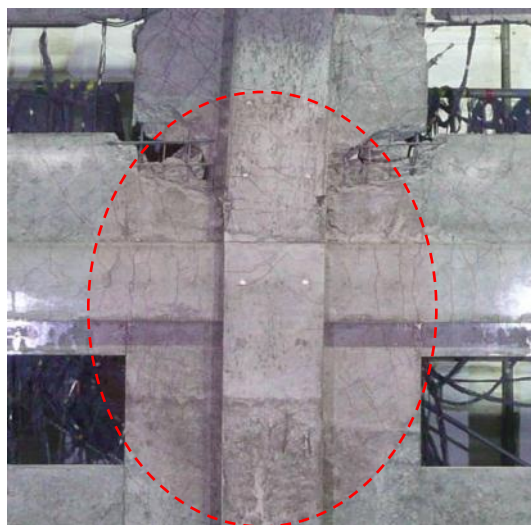
1. 初期剛性、実験最大耐力時の $R=1/200\text{rad}$ の荷重と変形は実験結果とほぼ対応している。
2. No.1試験体がNo.2試験体に比べ、1階より2階の変形割合が大きく、ひび割れが多くなる傾向は、実験結果と対応している。
3. 応力分布、降伏の発生状況は、全体的に実験結果と食い違いが見られる。これは、解析が一方向であるため、繰り返しによる局所的な破壊の進行が再現できない可能性があるが、さらなる検討が必要である。

パラメータ実験計画

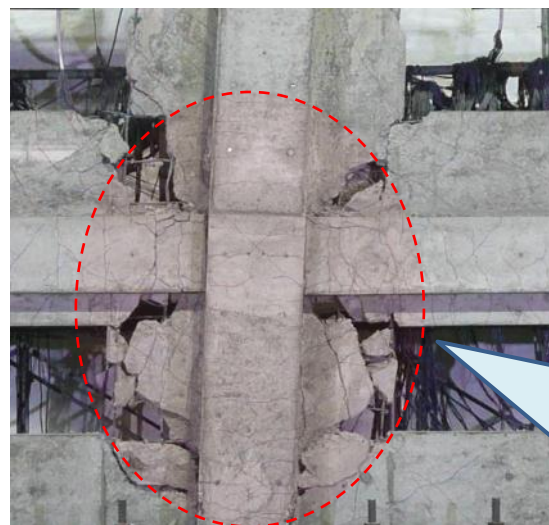
部分架構実験では、壁の仕様の違いにより、非耐力壁の挙動に相違が見られ、架構のメカニズムにまで影響を与えた。

実験計画の提案

- ・非耐力壁が取り付く柱梁接合部の部材実験
- ・壁仕様もしくは開口形状を変えた部分架構実験



No.1試験体



No.2試験体

接合部近傍の壁の破壊性状の違いのさらなる情報収集が必要

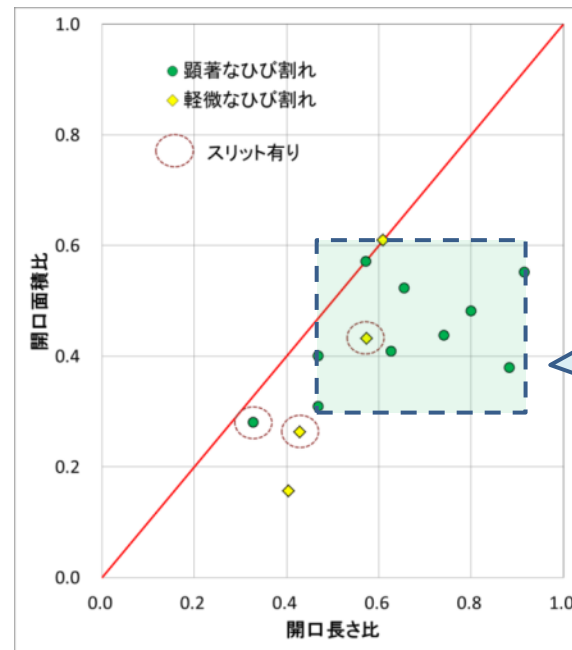
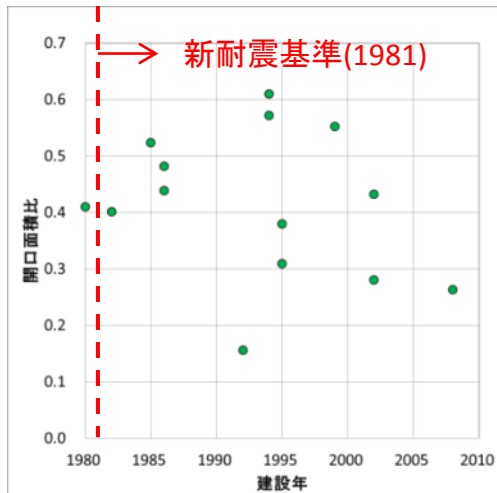
構造スリットを設けない有壁RC造建築物に関する調査

既往建物地震被害調査

No.	1	2	3	4	5	6	7
建物名称	Aマンション	Bマンション	マンション(SRC構造)	Mマンション	Mマンション	事務所	共同住宅
建物規模	地上8階	地上12階	地上13階、地下0階、PH1階	地上7階、地下0階、PH1階	地上7階、地下0階、PH1階	地上8階、PH1階	地上8階、PH2階
建設年	1999	1985	1982	1984	1984	1995	1980
延床面積[m ²]	2838.59	9740		1982	1982	5246	1559
部屋名称	住戸、折行廊下(5階)	住戸、折行バルコニー(4階)	住戸、共用廊下側(北構面)の壁	住戸(賃貸住宅・洋室)	住戸(賃貸住宅・洋室)	エレベータホール外壁	中廊下玄関

No.	8	9	10	11	12	13	14
建物名称	A集合住宅	Bマンション	Cマンション	Dマンション	K共同住宅	K共同住宅	
建物規模	地上14階、地下1階	地上14階、地下0階、PH1階	地上10階、地下0階、PH2階	地上14階、地下0階、PH0階	地上8階、地下0階、PH1階	地上8階、地下0階、PH1階	
建設年	2002	1992	2002	2008	1986	1986	
延床面積[m ²]	3480	6000	7000	8000	7000	4484	
部屋名称	住戸、折行外壁(7階Y3通りX3-X4間ほか)	住戸、張間外壁、バルコニー側	住戸、折行外壁、バルコニー側	住戸、折行外壁、共用廊下側	住戸、折行外壁、バルコニー側	居室(2階~8階B通りX1-X2間、X9-X10通り)	居室(2階~8階B通りX2-X5間、X6-X9通り)

調査実施社が設計or施工し、阪神淡路大震災(1995)or東日本大震災(2011)で被災した建物



$$\text{開口長さ比} = \sum \ell_0 / \ell_0$$

$$\text{開口面積比} = \sum A_0 / A_0$$

構造スリット無しのみを包含
 開口長さ比
 0.47~0.92
 開口面積比
 0.31~0.61