

# 損傷を受けたRC造耐震壁の構造性能における壁筋比が及ぼす影響の検討

## Investigation of influence of reinforcement ratio on structural performance of damaged RC shear walls

性能制御システム学研究室 半沢 守

Structural Performance Control System Laboratory Mamoru HANZAWA

### 1. はじめに

建築防災協会の被災度区分判定基準では、地震力を受け損傷が生じた構造物の残存耐震性能について損傷状況に基づき定量的に評価する方法が採用されているが、耐震壁の評価に関する既往の実験データが不足している。筆者が所属する研究室は2015年度に壁筋比1.32%のRC造せん断破壊先行型耐震壁(以下、せん断壁)の静的載荷実験を行い、事前加力により経験した損傷の大きさと構造性能低下の関係を検討した<sup>1)</sup>。しかし、損傷による終局性能に大きな影響は見られなかった。これは、壁筋比( $P_s=1.32\%$ )が大きいため、壁筋の負担水平力が小さく壁筋の降伏が遅かったこと、また、それに伴い残留変形が小さく、消費エネルギーが小さかったことなどが要因として考えられる。そこで本研究では、壁筋比を $P_s=0.66\%$ としたせん断壁について静的載荷実験を実施し、事前加力による損傷度合の違いと、構造性能低下との関係を検討する。また、昨年度の実験と比較することで壁筋比が構造性能に与える影響を明らかにすることを目的としている。

### 2. 実験概要

表1に試験体諸元、図1に配筋図を示す。S-06は形状、配筋ともに、S-13と同一とし、壁筋比のみを変更したせん断破壊先行型の耐震壁4体とした。本実験では、実験パラメータであり異なる損傷レベルを与える「事前加力」と全試験体を比較し構造性能の低下を調べる「本加力」に分けて加力を行った。この際、事前加力のない無損傷試験体の破壊経過や荷重-変形関係を考慮しながら、事前加力を行う有損傷試験体に与える損傷レベル(事前加力の最大層間変位)を決定した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 無損傷試験体の荷重-変形関係と損傷度の判定

図2に最終破壊状況を、図3に無損傷試験体の荷重-変形関係を示す。本研究では、被災度区分判定基準<sup>2)</sup>を参考にするとともに、無損傷試験体の荷重-変形関係、剛性低下の推移などの実験データと比較・検討しつつ、損傷度を判定した(図4参照)。この結果から、S-06-DIIには $2/1000\text{rad}$ 、S-06-DIIIには $4/1000\text{rad}$ 、S-06-D4には $6/1000\text{rad}$ の層間変形角をと事前加力として与えた後、本加力を行った。

#### 3.2 事前損傷が最大耐力、層せん断力へ与える影響の検討

S-13, S-06の荷重-変形関係の包絡線を図5、層せん断力の推移を図6に示す。層せん断力比は、本加力時の各加力サイクルにおいて、無損傷試験体の層せん断力に対する有損傷試験体の層せん断力の比とする。図5から読み取れるように、S-13については、事前に受けた損傷の大小に関わらず、最大耐力に差は殆ど見られなかった。一方で、S-06については、損傷度II程度の損傷を受ける場合、最大耐力に差は生じ

表1 試験体諸元

試験体記号	2015年度試験体(S-13)					2016年度試験体(S-06)			
	S-13-D0	S-13-DI	S-13-DII	S-13-DIII	S-13-DIV	S-06-D0	S-06-DII	S-06-DIII	S-06-DIV
比較項目	損傷度								
	無損傷					無損傷			
壁	壁高さ(mm)								
	1000								
	全長(mm)								
	1800								
	壁厚(mm)								
	120								
	縦筋								
	D6@40(SD295)					Double D6@80(SD295)		Double	
	1.32					0.66			
	D6@40(SD295)					Double D6@80(SD295)		Double	
	1.32					0.66			
コンクリート強度 $F_c$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )									
27									
せん断スパン比									
0.29									
断面 $b \times D$ ( $\text{mm} \times \text{mm}$ )									
200×200									
柱	主筋								
	12-D16(SD345)								
	帯筋								
	2-D10(SD345)@60								
スタブ	断面 $b \times D$ ( $\text{mm} \times \text{mm}$ )								
	400×400								
	主筋								
	12-D16(SD390)								
	あばら筋								
	2-D10(SD390)@100								
せん断ひび割れ強度(靱性指針)(kN)									
	326					301			
せん断終局強度(靱性指針)(kN)									
	1499					1370			
せん断終局強度(修正荒川式)(kN)									
	915					739			
曲げひび割れ強度(RC基準)(kN)									
	647					599			
曲げ終局強度(RC基準)(kN)									
	2802					2452			

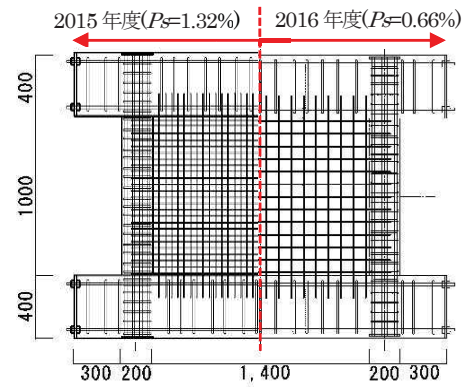


図1 試験体配筋図

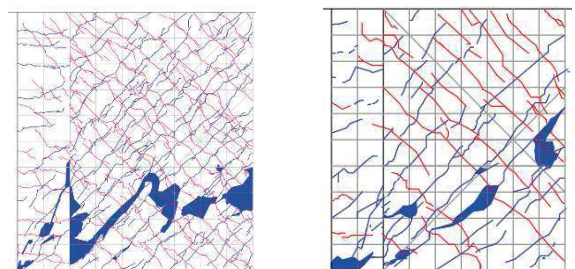


図2 最終破壊状況(左:2015年度, 右:2016年度)

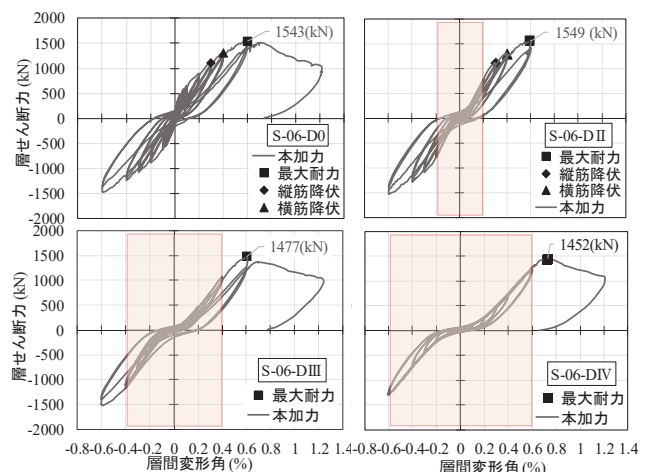


図3 2016年度試験体の荷重-変形関係

なかったが、損傷度Ⅲ以上の損傷を受けると、5%程度の低下が確認された。特に、S-06-DIVは、他の試験体において層間変形角0.6%で最大耐力を発揮していたのに対し、2割ほど層せん断力が大幅に低下し、層間変形角0.8%付近で最大耐力が確認された。これは、事前損傷により壁板の剛性大きく低下した最大耐力の発揮が遅れたためと考えられる。また、事前損傷を経験した変形においても負担できる層せん断力が低下しており、特に、壁筋比の小さい(0.66%)S-06試験体では、その傾向が顕著にみられ、小変形時では、無損傷試験体に対し、2割程度しか層せん断力を負担できなくなっている。更に、未経験変形に近づくにつれ、層せん断力比の値は上昇し、無損傷試験体との差が小さくなるが、前述したように、S-06-DIII, DIVでは、それぞれ5%と20%ほどの耐力低下が確認できた。

### 3.3 剛性低下に与える影響の検討

図7にS-13, S-06の剛性低下率の推移を示す。S-13, S-06ともに事前加力で経験している変形レベルでは、損傷が大きいほど剛性が低下しており、一方で未経験の変形レベルでは、無損傷試験体とほとんど変わらない値となった。ただし、同程度の損傷度同士を比較すると、全ての層間変形角においてS-13よりS-06の剛性低下が激しいことが確認された。

### 3.4 エネルギー吸収能力へ与える影響の検討

事前に受けた損傷の大きさが減衰能力へ及ぼす影響を検討するために、無損傷試験体の1サイクルのループ面積に対する有損傷試験体のループ面積の比率により、エネルギー吸収能力の比較を行う(図8参照)。小変形時において、S-06・S-13ともに有損傷試験体は、2割ほどまでエネルギー吸収能力が低下する。事前加力時に未経験の変形範囲におけるループ面積比は、1程度となりエネルギー吸収能力は無損傷試験体と変わらなくなる傾向がみられるが、S-06-DIIIは未経験領域でも、2割程度小さくなった。また、事前損傷が大きくなるほどエネルギー吸収能力の低下度合は大きくなることが示された。

## 4. まとめ

壁筋比が損傷を受けたせん断破壊先行型耐震壁の構造性能に及ぼす影響を検討した結果、以下の知見を得た。

- (1)壁筋比が1.3%以上と大きい場合、事前に受けた損傷の大きさが最大耐力や終局変形に影響は殆ど無い。一方で、壁筋比が0.6%程度と小さくなる場合、損傷度Ⅲ・Ⅳ以上の損傷を経験すると20%程度以上の耐力が低下する。
- (2)事前加力で経験した変形では、エネルギー吸収能力が低下し、その度合いは損傷が大きくなるほど増加し、S-06-DIVでは層間変形角0.6%時に4割ほど低下した。未経験の変形領域において、S-06-DIIIでは、2割程度小さくなっており、壁筋比が小さくなることで、事前に受けた損傷の大きくなるほど、エネルギー吸収能力が低下する。

### 参考文献

- (1) 細谷典弘, 小池拓矢, 前田匡樹, 鈴木裕介: 「損傷を受けた鉄筋コンクリート造せん断壁の構造性能低下に関する研究」, 東北大学卒業論文, 2015年
- (2) 日本建築防災協会: 震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針, 2016年

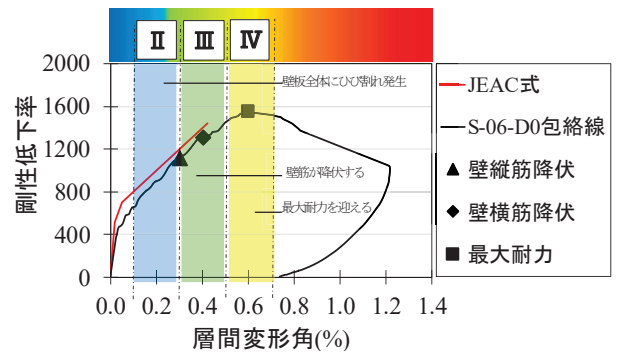


図4 損傷度と荷重-変形関係

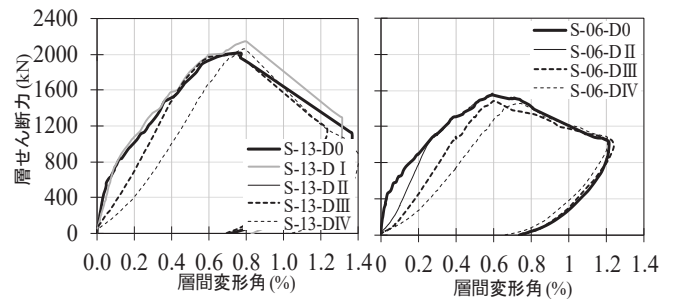


図5 荷重-変形関係の包絡線

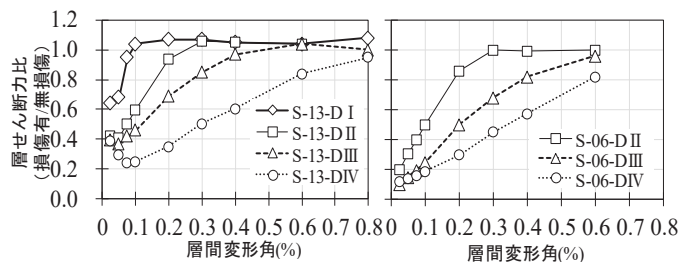


図6 層せん断力比の推移

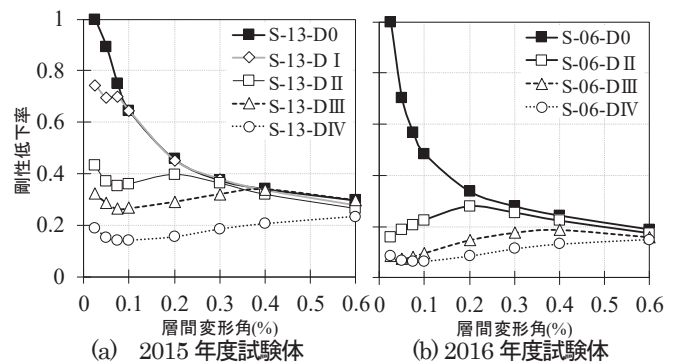


図7 剛性低下率の推移

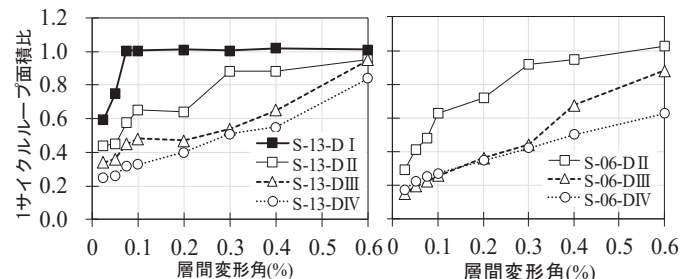


図8 1サイクルループ面積比の推移