

地震により損傷を受けた鉄筋コンクリート造耐震壁の残存耐震性能に関する研究

その8 曲げ破壊先行型の耐震壁についての静的載荷実験計画

正会員 ○田所 麻衣 5* 同 半沢 守 1* 同 西田 智康 1* 同 前田 匡樹 2*
同 晉 沂雄 3* 同 尾形 芳博 4* 同 相澤 直之 5* 同 細谷 典弘 6*

耐震壁 曲げ破壊 損傷度
残存耐震性能 損傷量評価 ひび割れ幅

1. はじめに

既報^{1,2)}では耐震壁の壁筋比を($p_s=0.66\%$, 1.32%)と2つのレベルに設定したせん断破壊先行型耐震壁(以下, せん断壁)に対し事前損傷レベルをパラメータとした静的載荷実験を行った。その結果, $p_s=0.66\%$ の耐震壁は損傷度III及び損傷度IV程度を受けたものは最大耐力の低下が見られ, 事前に経験した最大変形時における層せん断力が最大で2割程度低下した。一方で終局変形性能には大きな影響は見られなかった。(図-1参照)

本稿のその8~10では, 壁筋比 $p_s=0.66\%$ で破壊形式を曲げ破壊先行型とした耐震壁(以下, 曲げ壁)について静的載荷実験を実施する。事前加力により構造物の地震後の損傷度合を再現し, その後全試験体共通の本加力を行うことで, その損傷度合の大小と構造性能低下との関係を明らかにする。また, 試験体に生じたひび割れの計測結果を用いて, 耐震壁の総ひび割れ幅に基づく損傷量評価法の有用性について検討する。

2. 曲げ破壊先行型耐震壁の静的載荷実験

2.1 実験概要

2017年度(以下, F-06シリーズ)の実験で検討対象とする試験体は, 2016年度(以下, S-06シリーズ)の実験試験体と同一諸元のものを用い, 加力点の高さを調整することで破壊形式を曲げ破壊先行型とする。なお, 試験体の詳細は2.2節に後述する。本実験のパラメータは事前加力で与える損傷度, すなわち変形レベルとし, 無損傷の試験体1体, 予め損傷度IからIVを経験するように事前加力を加えた試験体4体の, 計5体とする。但し, 損傷度IVを与える試験体(F-06-DIV)の事前加力は, 損傷度I(F-06-DI)を与える試験体の「事前加力+本加力(損傷度IVまで)」とし, 試験体を兼用した。これは昨年度までの検討結果から, 壁筋が降伏する以前の損傷度I程度の損傷では, その後の構造性能にはほとんど影響がないと判断できるためである。事前加力時に各損傷度に応じて与える層間変形角の大きさは, 後述の通り無損傷試験体の載荷実験における損傷状況に基づき決定することとした。

2.2 試験体計画

表-1に試験体の諸元及び耐力の計算値を示す。終局せん断力は, トラス・アーチ機構に基づくせん断強度式

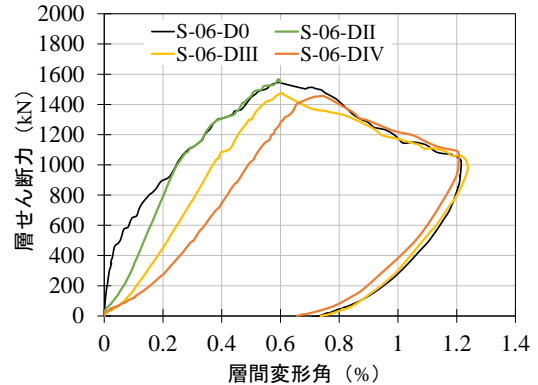


図-1 荷重-変形関係包絡線 (S-06 シリーズ)

表-1 試験体諸元

比較項目	損傷度	2017年度試験体(F-06)					2016年度試験体(S-06)			
		F-06-D0	F-06-DI	F-06-DII	F-06-DIII	F-06-DIV	S-06-D0	S-06-DII	S-06-DIII	S-06-DIV
壁	壁高さ(mm)	1000								
	全長(mm)	1800								
	壁厚(mm)	120								
	壁筋	D6@40(SD295) Double								
	壁筋比(%)	0.66								
	軸応力度(N/mm ²)	0.5								
	せん断スパン比		0.58					0.29		
柱	断面b×D(mm)	200×200								
	主筋	12-D16(SD345)								
	帯筋	2-D10(SD345)@60								
コンクリート強度 f_c (N/mm ²)		27								
せん断ひび割れ強度(靱性指針)(kN)		326					326			
せん断終局強度(靱性指針)(kN)		1371					1371			
せん断終局強度(修正荒川式)(kN)		1386					1386			
曲げひび割れ強度(RC基準)(kN)		185					647			
曲げ終局強度(RC基準)(kN)		1044					3654			

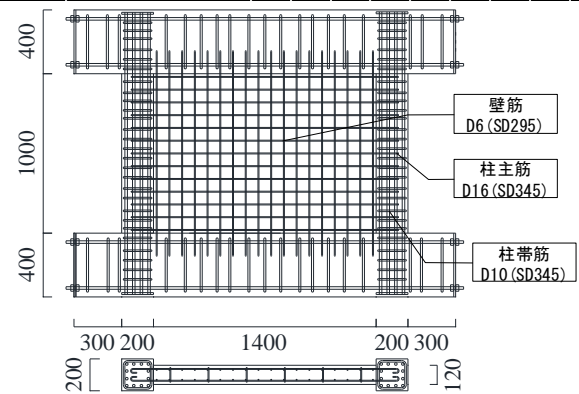


図-2 試験体配筋図(単位:mm)

(式(1)~(3))³⁾により算出した。また, 図-2に試験体配筋図を示す。本研究の試験体は, 形状・寸法がS-06シリ

ーズの試験体と同一の両側柱付き耐震壁とし、壁筋比0.66%のものとする。コンクリートの設計基準強度は全試験体共通で $F_c=27\text{N/mm}^2$ である。

$$V_u = t_w l_{wb} P_s \sigma_{sy} \cot \phi + \tan \theta (1 - \beta) t_w l_{wa} v \sigma_B / 2 \quad (1)$$

$$\beta = \{(1 + \cot^2 \phi) P_s \sigma_{sy}\} / v \sigma_B, \quad (2)$$

$$\tan \theta = \sqrt{(h_w / l_{wa})^2 + 1} - h_w / l_{wa} \quad (3)$$

ここで、 t_w ：耐震壁の壁厚(mm)、 l_{wa} 、 l_{wb} ：等価壁長さ(mm)、 p_s ：壁板のせん断補強筋比、 v ：有効圧縮強度係数、 h_w ：耐震壁の高さ(mm)、 σ_{sy} ：壁板のせん断補強筋の強度(N/mm²)、 ϕ ：トラス機構のコンクリート圧縮束の角度、 σ_B ：コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

2.3 加力計画

図-3 に本実験における加力装置を、図-4 に繰り返し加力サイクルのルールを示す。破壊形式を曲げ破壊先行型とするため、試験体の反曲点が常時試験体上部の鉄骨梁の中心になるよう水平ジャッキ2本を制御し、加力を行った。また、2本の鉛直ジャッキを用いて軸応力度 0.5N/mm^2 の一定軸力を入力した。事前加力および本加力の加力スケジュールの詳細をそれぞれ表-2、表-3に示す。実験はまず無損傷試験体の加力から行い、その結果に基づき判定した各損傷度の变形レベルを有損傷試験体に事前加力として与える。無損傷試験体の損傷度判定の詳細は次報(その9)で述べる。なお、事前加力は小変形(層間変形角 $R=0.025\%$)から正負交番で2回ずつ繰り返し、目標とする損傷度に対応する層間変形角の载荷は確実に各損傷度の損傷状態を再現するため5回繰り返し、その後一度除荷して残留変形を0にし、本加力を実施する。

2.4 計測計画

図-5 に変位計測位置図を示す。変位計測は、層間変形、せん断変形(壁・柱)、曲率変形、柱-壁間の目開き変形及びすべり変形を計測した。鉄筋の歪は、壁筋、柱主筋、柱帯筋に歪ゲージを貼り付け計測した。ひび割れ計測は、試験体の北面を計測面とし、正側加力で生じたひび割れを青線、負側加力で生じたひび割れを赤線で記録した。ひび割れ幅は、試験体F-06-D0の結果をもとに損傷度分類を明確化するために、各サイクルのピーク時と除荷時ともに、全てのひび割れの幅を計測した。

3. まとめ

本論文では2017年度に行われた曲げ破壊先行型耐震壁の静的载荷実験の概要について述べた。実験結果及び構造性能低下に関する考察等はその9に示す。その10では試験体F-06-D0の各サイクルで計測したひび割れ幅を用いて、総合ひび割れ幅に基づいた損傷量評価法の有用性についての検討を行う。

表-2 事前加力スケジュール

目標部材角	F-06-D0	F-06-DI	F-06-DII	F-06-DIII	F-06-DIV
%	サイクル数				
±0.025	2	2	2	2	F-06-DIを再利用
±0.05	2	2	2	2	
±0.075	5	2	2	2	
±0.10		2	2	2	
±0.20		2	2	2	
±0.30		2	2	2	
±0.40		5	2	2	
±0.60			2	2	
±0.80			5	2	
±1.0				2	
±1.2				5	
±1.0				2	
±0.80				2	
±0.60				2	
±0.40				2	
±0.30				2	
±0.20				2	
±0.10				2	
±0.075				2	
±0.05	2	2	2	2	
±0.025	2	2	2	2	

表-3 本加力スケジュール

試験体	回数													
目標部材角(%)	±0.025	±0.05	±0.075	±0.10	±0.20	±0.30	±0.40	±0.60	±0.80	±1.0	±1.2	±1.5	±2.0	押切
F-06-D0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
F-06-DI														
F-06-DII	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	押切
F-06-DIII														
F-06-DIV														

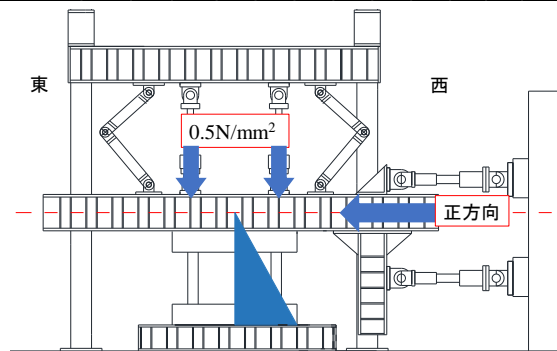


図-3 加力装置図

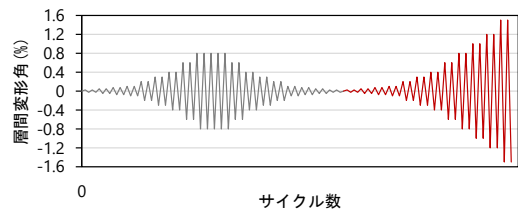


図-4 加力概念図

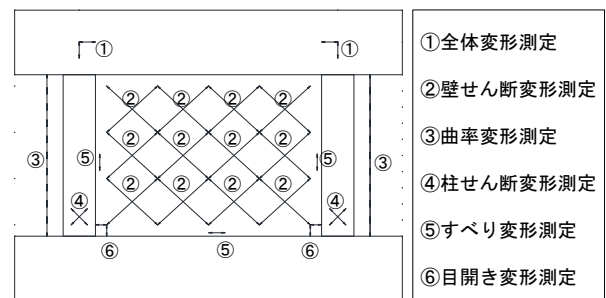


図-5 変形計測位置図

*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程

*2 東北大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

*3 明治大学理工学部建築学科 専任講師・博士(工学)

*4 東北電力(株)・博士(工学)

*5 東北電力(株)、*6 戸田建設(株)

*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku University

*2 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.

*3 Assistant Professor, Department of Architecture, Meiji University, Dr. Eng.

*4 Tohoku Electric Power Co., Inc, Dr. Eng.

*5 Tohoku Electric Power Co., Inc, *6 Toda Co., Inc