

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12 直交壁付き耐震壁についての静的載荷実験結果

正会員 ○半沢 守2\* 同 孫 憬玥1\* 同 前田 匡樹3\*  
同 Hamood ALWASHALI 4\* 同 相澤 直之5\* 同 佐藤 真俊5\*

残存耐震性能 せん断破壊 損傷度  
耐震壁 端部拘束条件 直交壁

1. はじめに

その11では直交壁付きRC造耐震壁の静的載荷実験の概要について述べた。本報では、試験体の静的載荷実験結果から事前損傷の大きさが構造性能に与える影響について比較・検討する。また、直交壁付きの試験体(以下、SF-13シリーズ)の実験結果と、本報その1~その2で報告した側柱付き(以下、SC-13シリーズ)の実験結果を比較することで拘束条件が構造性能に与える影響について検討する。

2. 実験結果

2.1 損傷及び拘束条件が荷重—変形関係に及ぼす影響

側柱付きRC造耐震壁SC-13シリーズと直交壁付きRC造耐震壁SF-13シリーズ荷重—変形関係をそれぞれ図—1、図—2に示す。層間変形角は、水平変形と壁板内法高さで除して求めた。どの試験体も破壊過程は無損傷試験体と同様の傾向を示し、0.25/1000rad.サイクル時に壁板にひび割れが発生、6/1000rad.サイクル時に壁板筋が降伏し、8/1000rad.付近でせん断滑り破壊を発生し、終局を迎えた。グラフに示した赤点線は、材料実験データに基づくせん断強度(靱性指針<sup>3)</sup>)の計算結果である。両シリーズの損傷試験体最大耐力の実験値(図—1・図—2)をみると、SFシリーズはSCシリーズの8割程度であるが、これはSFシリーズのコンクリートの実圧縮強度 $\sigma_B$ が低かったことによると考えられ、これは2.2項に後述する。

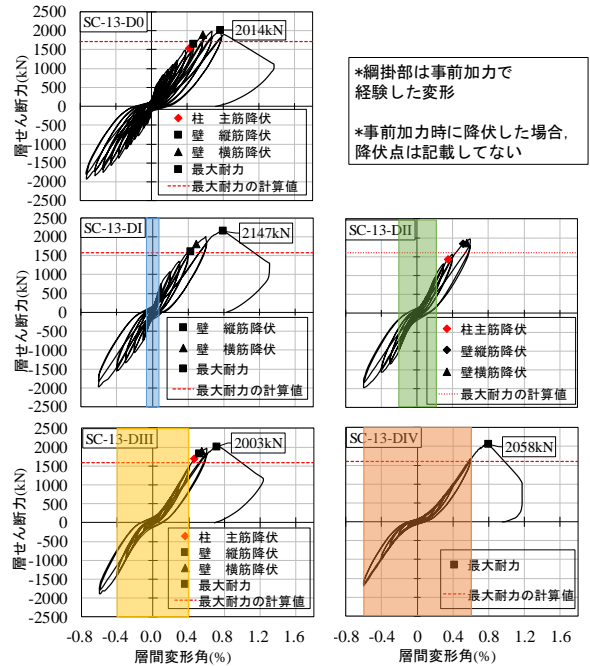
2.2 損傷及び拘束条件が最大耐力に及ぼす影響

前項において、実圧縮強度 $\sigma_B$ の大きさは各シリーズ試験体の最大耐力に影響があるか否かを確認するために、各試験体の断面平均応力度 $\tau$ を用い、検討を行った。まず、図—3、式(1)に示すように最大耐力と試験体の断面面積(図—4に示す)の比を断面平均応力度 $\tau$ とする。

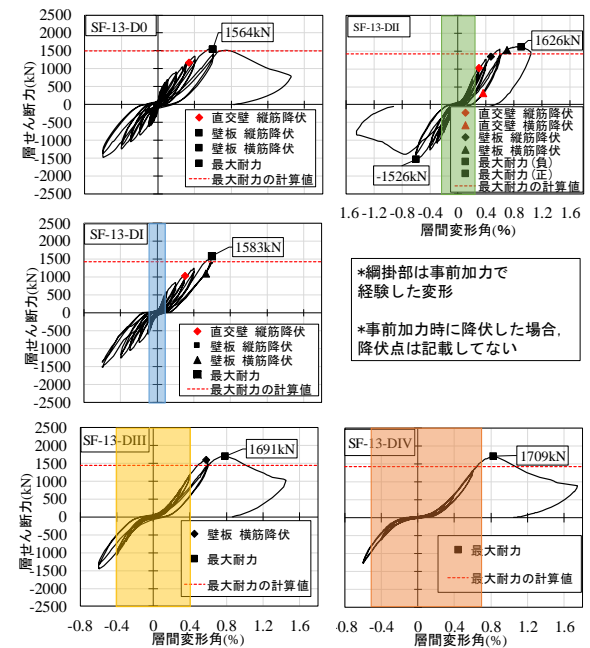
$$\tau = \frac{Q_u}{A_w} \quad (1)$$

ここで、 $Q_u$ : 実最大耐力(N)、 $A_w$ : 試験体の断面積(mm<sup>2</sup>)

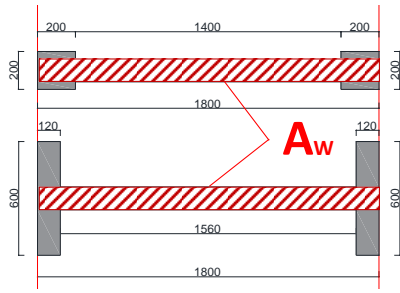
また、試験体が大きな損傷を受けてコンクリートのせん断ひび割れなどが発生した場合、コンクリートの圧縮強度が低下することが知られている。この低下した応力度を正確に測定することはできないが、参考のためAIJ靱性



図—1 荷重—変形関係(SC-13シリーズ)



図—2 荷重—変形関係(SF-13シリーズ)



図—3  $A_w$ の説明図

指針の圧縮強度有効係数<sup>3)</sup>  $\nu$  を乗じ低減させて計算したせん断応力と低減係数  $\nu = 1$  とした場合の2通りの平均応力度  $\tau$  と圧縮強度  $\sigma_B$  の比を算出する。表—1の結果により、試験体の事前損傷レベルと端部拘束条件による影響はほとんど見られなかった。

表—1  $\tau/\nu\sigma_B$ の算出値

試験体	Qu(kN)	$A_w(\text{mm}^2)$	$\tau(\text{N}/\text{mm}^2)$	$\nu$	$\sigma_B(\text{N}/\text{mm}^2)$	$\tau/\sigma_B$	$\tau/\nu\sigma_B$
SC-13-D0	2017	216000	9.34	0.50	40.2	0.23	0.47
SC-13-DI	2147	216000	9.94	0.49	41.2	0.24	0.49
SC-13-DIII	2003	216000	9.27	0.49	41.3	0.22	0.45
SC-13-DIV	2058	216000	9.53	0.49	41.6	0.23	0.47
SF-13-D0	1564	216000	7.24	0.55	30	0.24	0.44
SF-13-DII	1626	216000	7.53	0.53	34.5	0.22	0.41
SF-13-DIII	1691	216000	7.83	0.53	35	0.22	0.43
SF-13-DIV	1709	216000	7.91	0.52	36.7	0.22	0.42

### 2.3 損傷及び拘束条件が最終破壊状況に及ぼす影響

SF-13 シリーズは、事前損傷レベルによらず、最終的に壁板にせん断すべり破壊が生じた(図—4)。その際に、直交壁が面外に少し孕み出したが圧壊が生じなかった。SC-13 シリーズの結果<sup>5)</sup>と比較すると、同様な壁板のすべり破壊が発生しており、拘束条件が最終破壊状況に及ぼす大きい影響は見られなかった。



壁板のすべり破壊

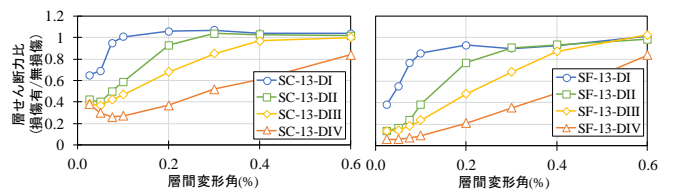
図—4 最終破壊状況 (SF-13 シリーズ 直交壁付き)

### 2.4 損傷及び拘束条件が層せん断力比に及ぼす影響

図—5 に層間変形角に対する層せん断力比の推移を示す。層せん断力比は、式(2)に示すように、同一なサイクルにおける、事前損傷を受けた試験体の本加力における層せん断力と無損傷試験体の層せん断力の比とした。

$$\text{層せん断力比} = \frac{\text{有損傷試験体のせん断力 } Q_D}{\text{無損傷試験体のせん断力 } Q_{D0}} \quad (2)$$

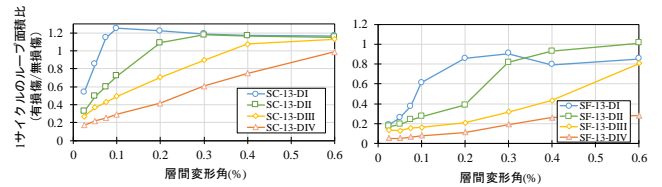
SF-13 シリーズ、SC-13 シリーズの層せん断力比の推移を比較すると、事前の損傷を受けたため、両シリーズとも剛性が低下し、壁板が負担できるせん断力が下がる。事前载荷で経験した小変形のサイクルにおいて、直交壁試験体 SF-13 シリーズが負担できるせん断力は、柱付き壁試験体 SC-13 シリーズより低い傾向であった。しかし、未経験変形に近づくにつれ層せん断力比の値が徐々に上がり、無損傷試験体との差が小さくなることが確認された。



図—5 層せん断力の推移図

### 2.5 損傷及び拘束条件がエネルギー吸収能力に及ぼす影響

ループ面積比は同一サイクルにおける有損傷試験体のループ面積と無損傷試験体の比で表す。両シリーズの結果(図—6)をみると、ともに、事前損傷レベルが大きいほど、小変形時の範囲で、エネルギー吸収能力の低下を示しているものの、変形が大きくなり、未経験変形に近づくにつれて、各事前損傷レベルの試験体のエネルギー吸収能力は、同程度の値になり、最終的なエネルギー吸収能力は変わらないことが確認された。一方で、SF-13 シリーズの試験体の経験変形領域でのエネルギー吸収能力は SC-13 シリーズより全体的に低く、特に SF-13-DIV は SC-13-DIV と比べて、経験変形の 0.6% サイクルの際に、エネルギー吸収能力は7割程の低下が確認された。



図—6 ループ面積比の推移図

まとめと【謝辞】及び【参考文献】本稿のその 13 にまとめて示す。

\*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程

\*2 清水建設株式会社 修士 (工学)

\*3 東北大学大学院工学研究科 教授・博士 (工学)

\*4 東北大学大学院工学研究科 助教・博士 (工学)

\*5 東北電力 (株)

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

\*2 SHIMIZU CORPORATION, Master. Eng

\*3 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr.Eng

\*4 Assistant. Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr.Eng

\*5 Tohoku Electric Power Co., Inc.