

平成21年度住宅市場整備等推進事業
(建築基準整備促進補助金事業)

9. 鉄筋コンクリート造の
耐力壁周辺架構の条件設定に関する実験

第一章 はじめに

はじめに

本研究の目的

- 鉄筋コンクリート造耐力壁周辺架構条件設定に関して、主に**枠梁と枠柱の省略条件**に関する調査を行うことを目的とする。

年度別テーマ

- 平成20年度：「連層耐力壁の枠柱の省略に関する調査」
「連層耐力壁の枠梁の省略に関する調査」
- 平成21年度：「耐力壁の枠柱の形状等が耐力壁のせん断抵抗機構に及ぼす影響の評価に資する実験」
(耐震壁の枠フレームの設定条件に関するせん断実験) [第二章]
「耐力壁の枠柱の形状等が変形性状に及ぼす影響の評価に資する実験」
(枠柱のない耐震壁の変形性能に関する実験) [第三章]

研究組織

- 研究代表
勅使川原 正臣(名古屋大学), 市之瀬 敏勝(名古屋工業大学), 真田 靖士(豊橋技術科学大学), 神谷 隆(矢作建設工業株式会社)
- 共同研究
福山 洋, 諏訪田 晴彦(独立行政法人 建築研究所)

平成21年度住宅市場整備等推進事業
(建築基準整備促進補助金事業)

9. 鉄筋コンクリート造の
耐力壁周辺架構の条件設定に関する実験

第二章

耐震壁の枠フレームの設定条件に関するせん断実験

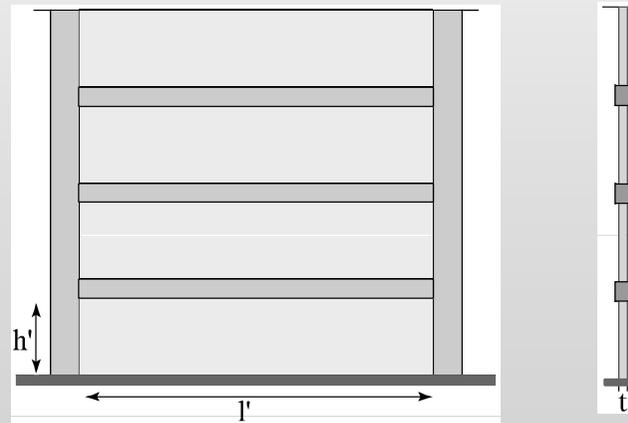
研究背景

- 現在，鉄筋コンクリート造耐震壁の壁板は周囲を剛強な枠フレーム（枠梁・枠柱）で拘束することが，RC規準で推奨されている。

枠フレームの断面形状に関する推奨条件

柱及び梁の断面積	$st/2$
柱及び梁の最小径	$\sqrt{st/3}$ 以上，かつ $2t$ 以上

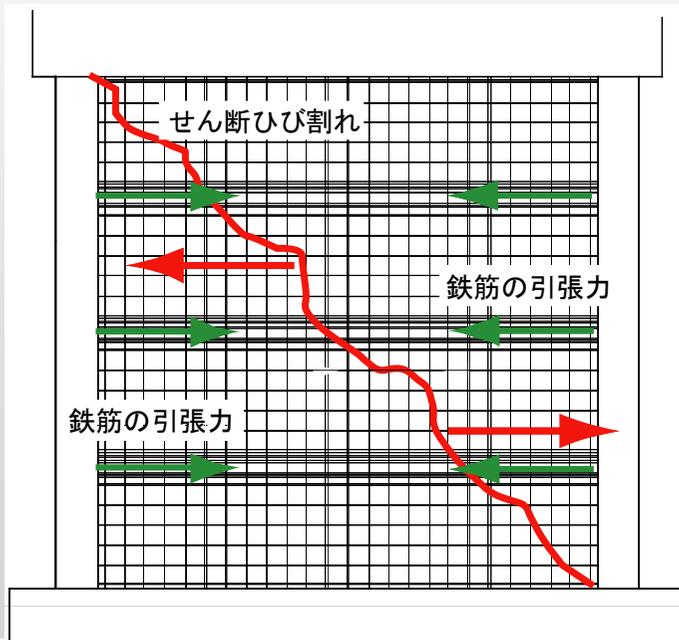
$s = \min(h', l')$ (h' : 壁板の内法高さ, l' : 壁板の内法長さ), t : 壁厚



研究背景

■ 規定の背景

- 1) 壁板配筋が最小配筋比 (0.25%) 程度であっても、壁板にせん断ひび割れ発生後もせん断ひび割れの拡がりを防止する。
- 2) 壁板のスリップ破壊、または壁板の斜め圧縮破壊まで水平せん断力に耐えることができる。



壁板のせん断抵抗機構として考えているアーチ・トラス機構を協働させるために、壁板のせん断ひび割れの拡がりを抑制する。

壁板のせん断ひび割れの拡がりを防止するには



枠フレームによる耐震壁周辺からの拘束効果よりも、壁板に配筋される横筋の引張力の方が重要

研究の目的・方法

■ 研究の目的

連層耐震壁のせん断強度に及ぼす枠フレームの効果（せん断ひび割れの拡がりに対する枠フレームの効果）を実験的に明らかにし、枠フレームの省略条件の提示。

■ 研究方法

1) 枠梁の効果の検証（昨年度）

枠梁の大きさのみをパラメータとした3試験体のせん断実験

2) 枠柱・横筋の引張力,シアスパン比の検証（本年度）

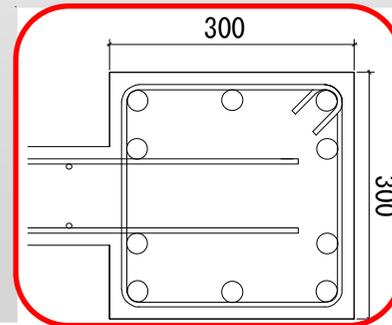
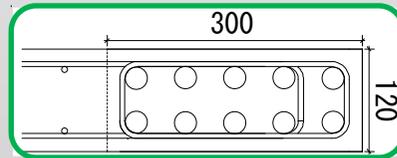
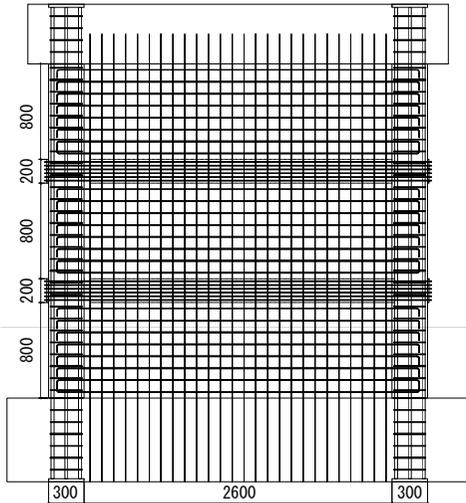
枠柱の有無,横筋量の大小をパラメータとしたせん断実験

3) 枠フレームの省略条件

せん断ひび割れの拡がり量から枠フレームの省略条件を提示

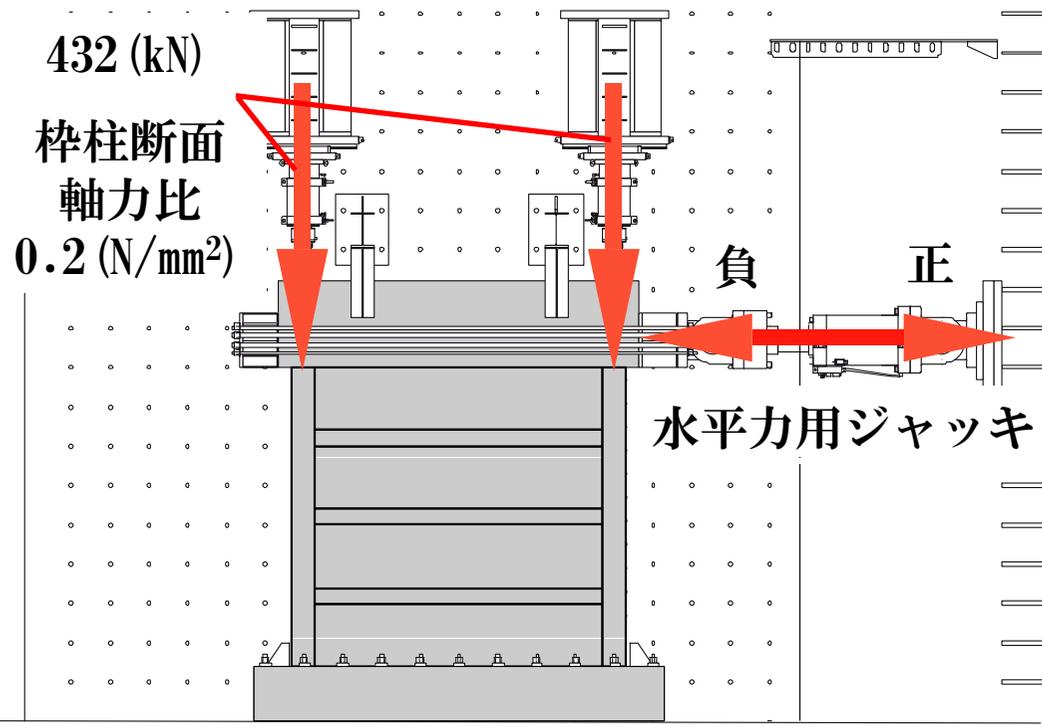
試験体一覽

	試験体名	枠柱	枠梁	梁筋	壁筋比	Pwhe	M/Qd
本年度	BC-W90-1.3	有	無	6-D13	0.53%	0.90%	1.3
	NC-W90-1.3	無					
	BC-W90-2.1	有		4-D13	0.21%	0.48%	2.1
	BC-W48-1.3	有					
	NC-W48-1.3	無					
昨年度	NF	有	無	4-D10	0.23%	0.50%	1.0
	SF		有				
	LF		有	4-D13	0.72%		



加力方法

加力方法は，軸力一定下での片持ち梁形式の正負交番載荷



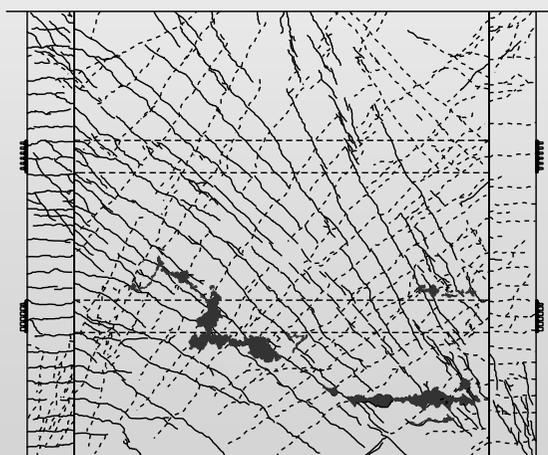
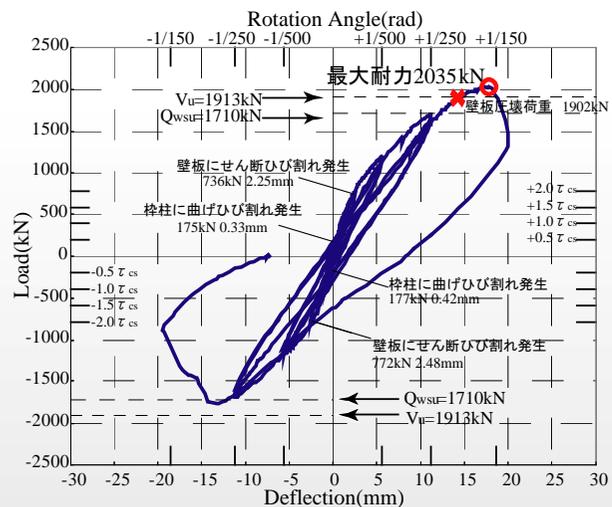
載荷装置図



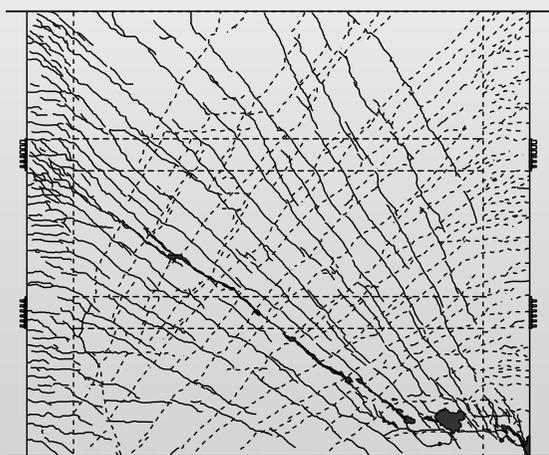
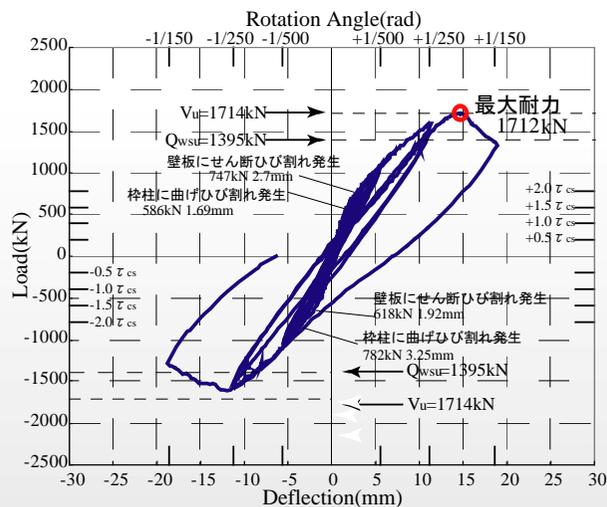
載荷の様子

実験結果

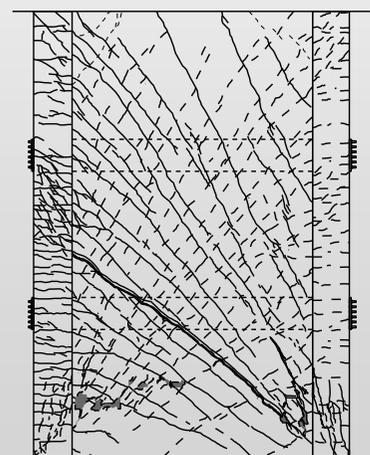
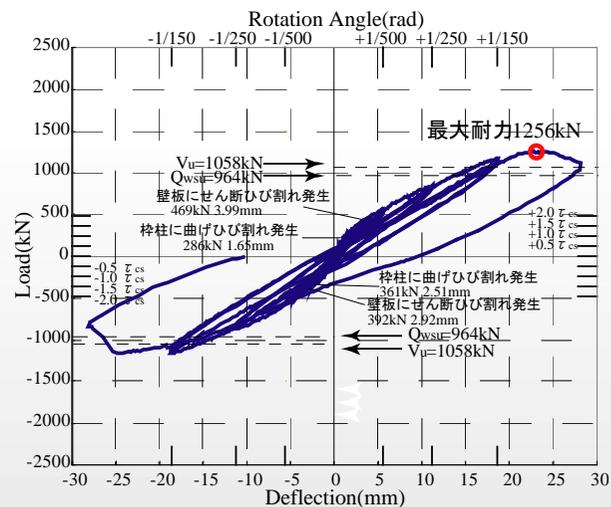
BC-W90-1.3



NC-W90-1.3

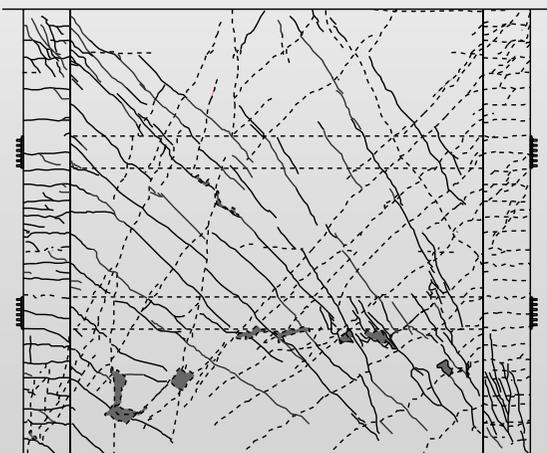
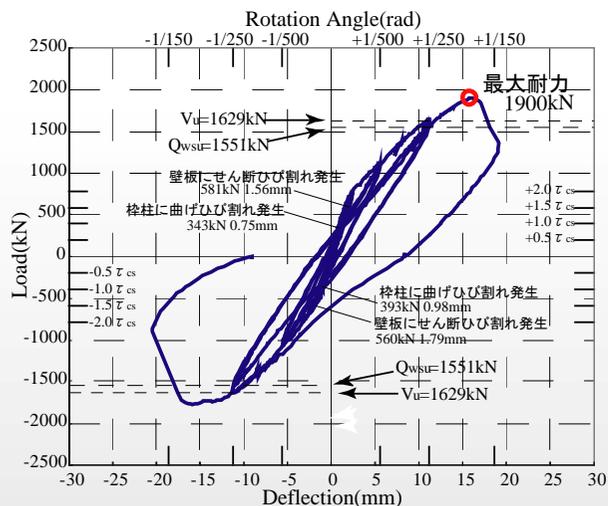


BC-W90-2.1

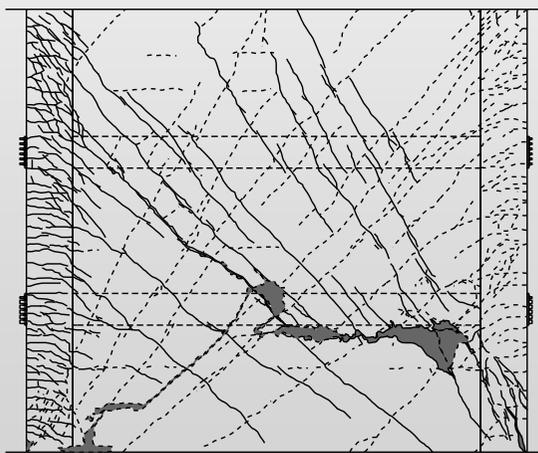
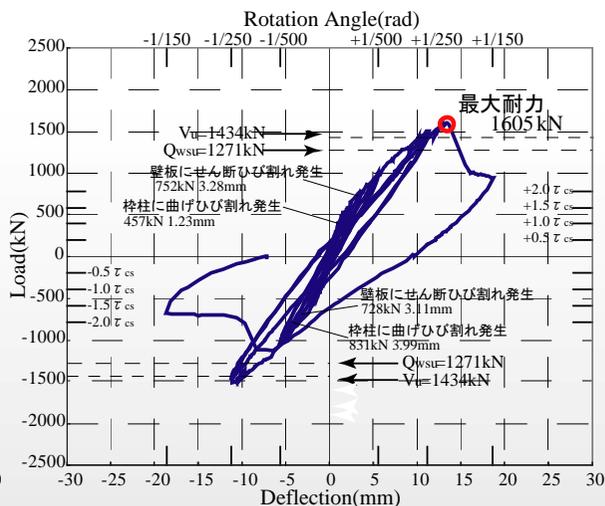


実験結果

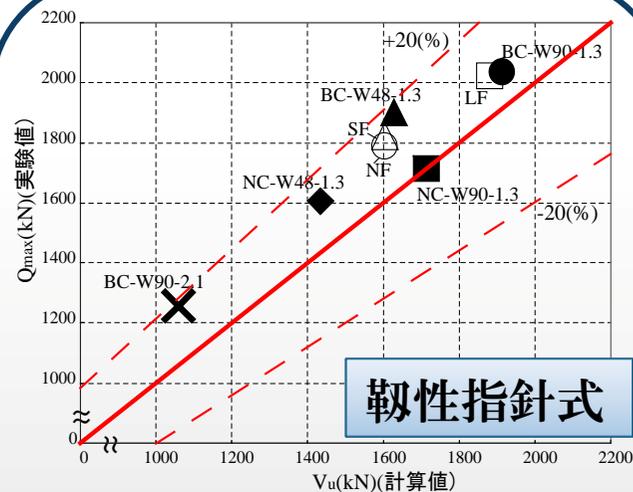
BC-W48-1.3



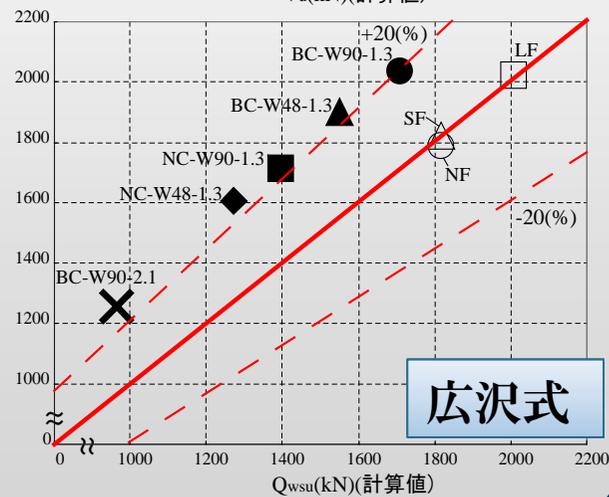
NC-W48-1.3



終局強度評価

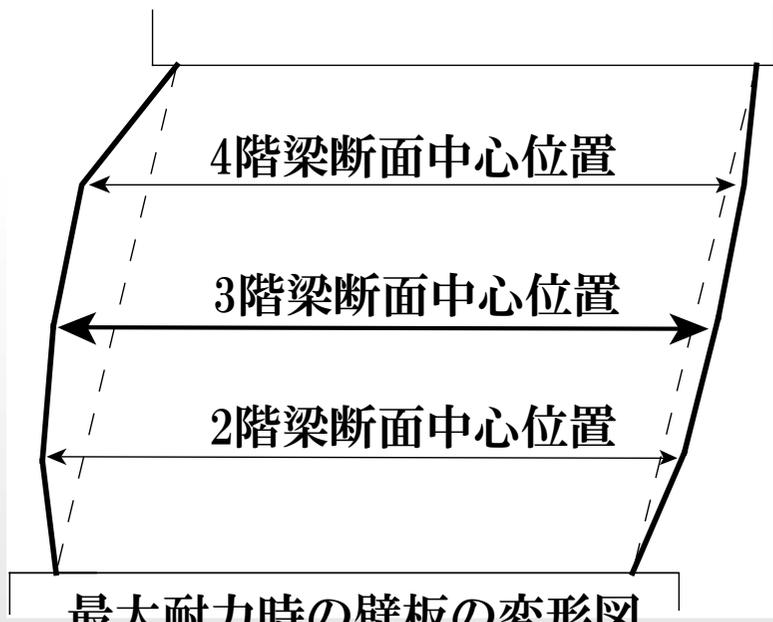


靱性指針式



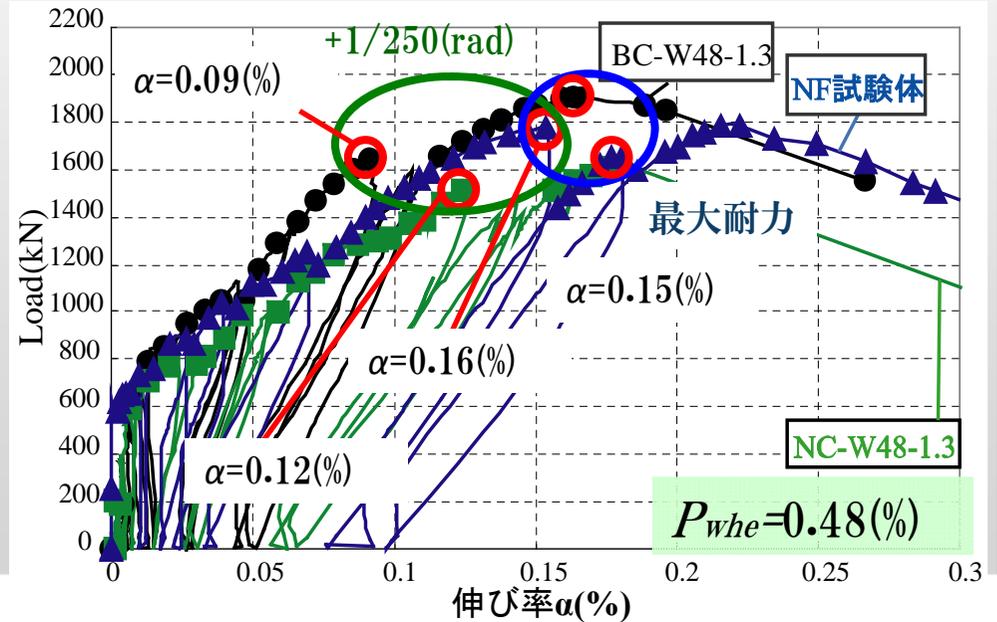
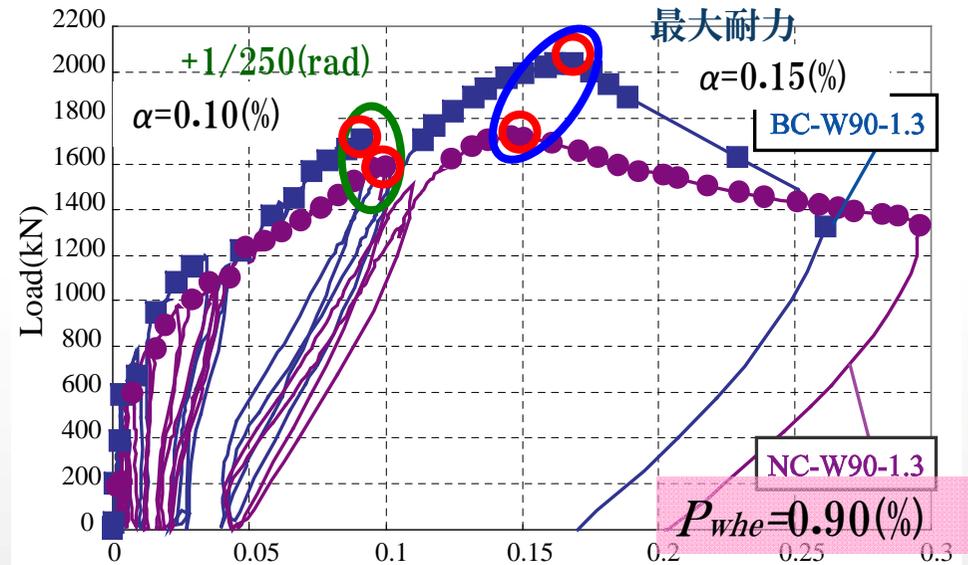
広沢式

壁板の拡がり



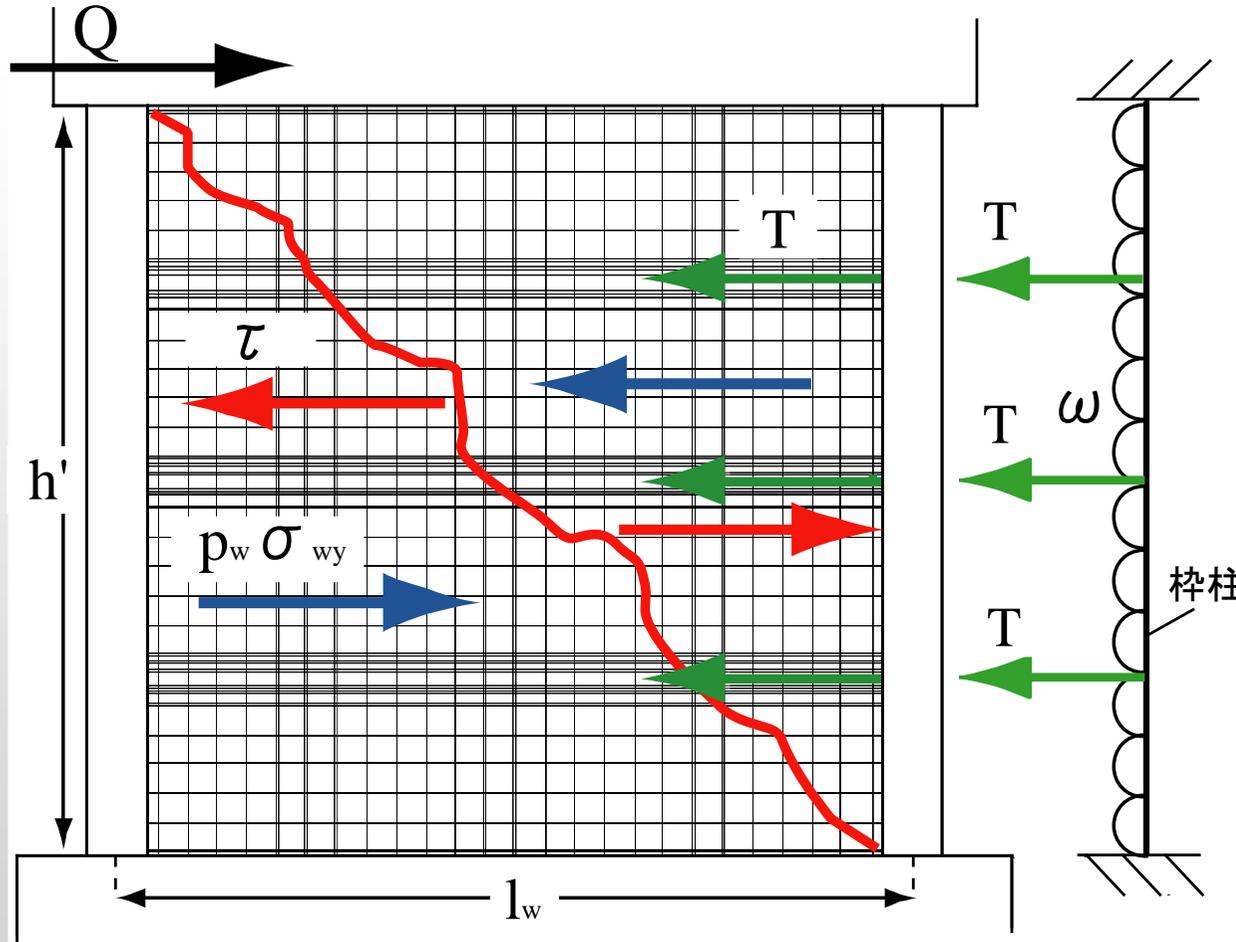
最大耐力時の壁板の変形図
例 (NF試験体)

壁板の拡がり量を表す指標として、壁板の最大伸び量の壁長さに対する比を伸び率 α とする。



壁板の拡がりに関する考察 (壁板の応力モデル)

- せん断ひび割れ発生後の壁板の応力状態



ω : 枠柱から壁板に作用する
分布荷重 ($= (\tau - P_w \sigma_{wy}) \times t_w$)

T : 梁主筋の引張力

枠柱の最大たわみ量の
計算値 δ_{all}

$$\delta_{all} = \delta_{\omega} + \delta_T$$

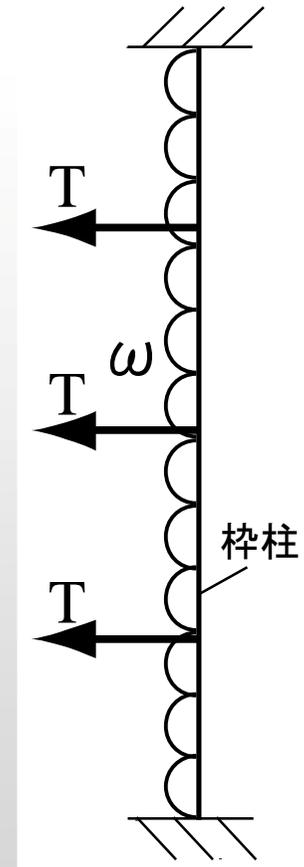
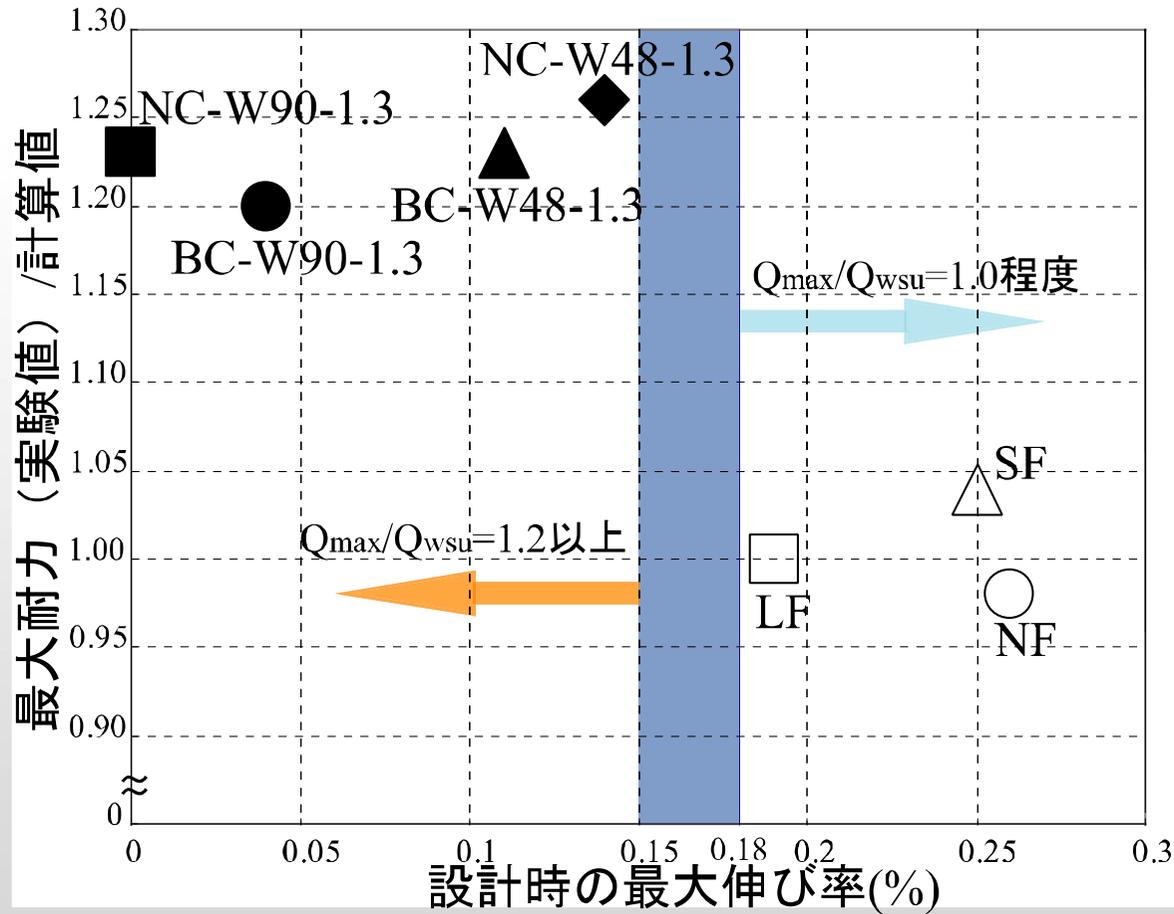
$\delta_{\omega} = (\tau - P_w \sigma_{wy})$ が壁板
から枠柱に分布荷重 ω と
して作用した時のたわみ

δ_T = 梁主筋の引き戻し力
によるたわみ

壁板の最大伸び量の
計算値 $\delta_{F(cal)}$

$$\delta_{F(cal)} = 2 \times \delta_{all}$$

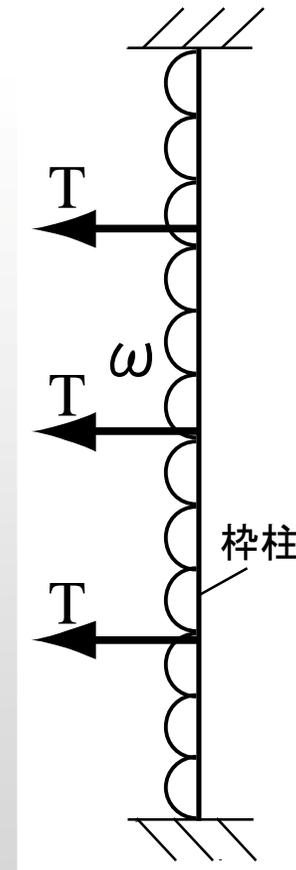
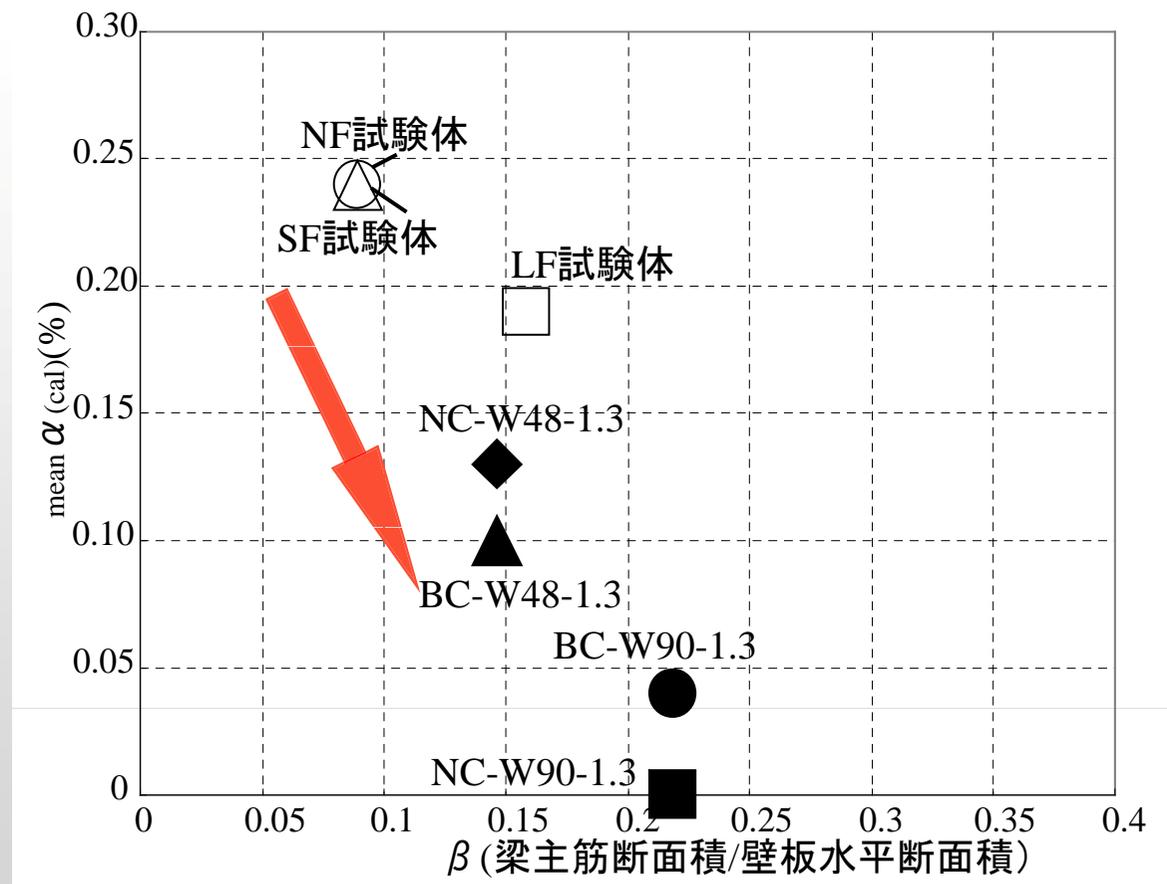
設計時に許容できる壁板の伸び率



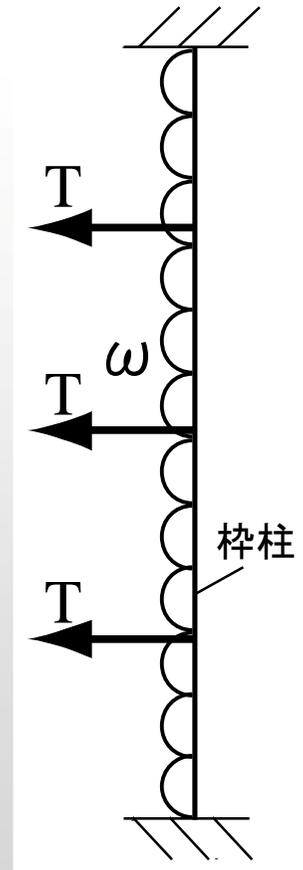
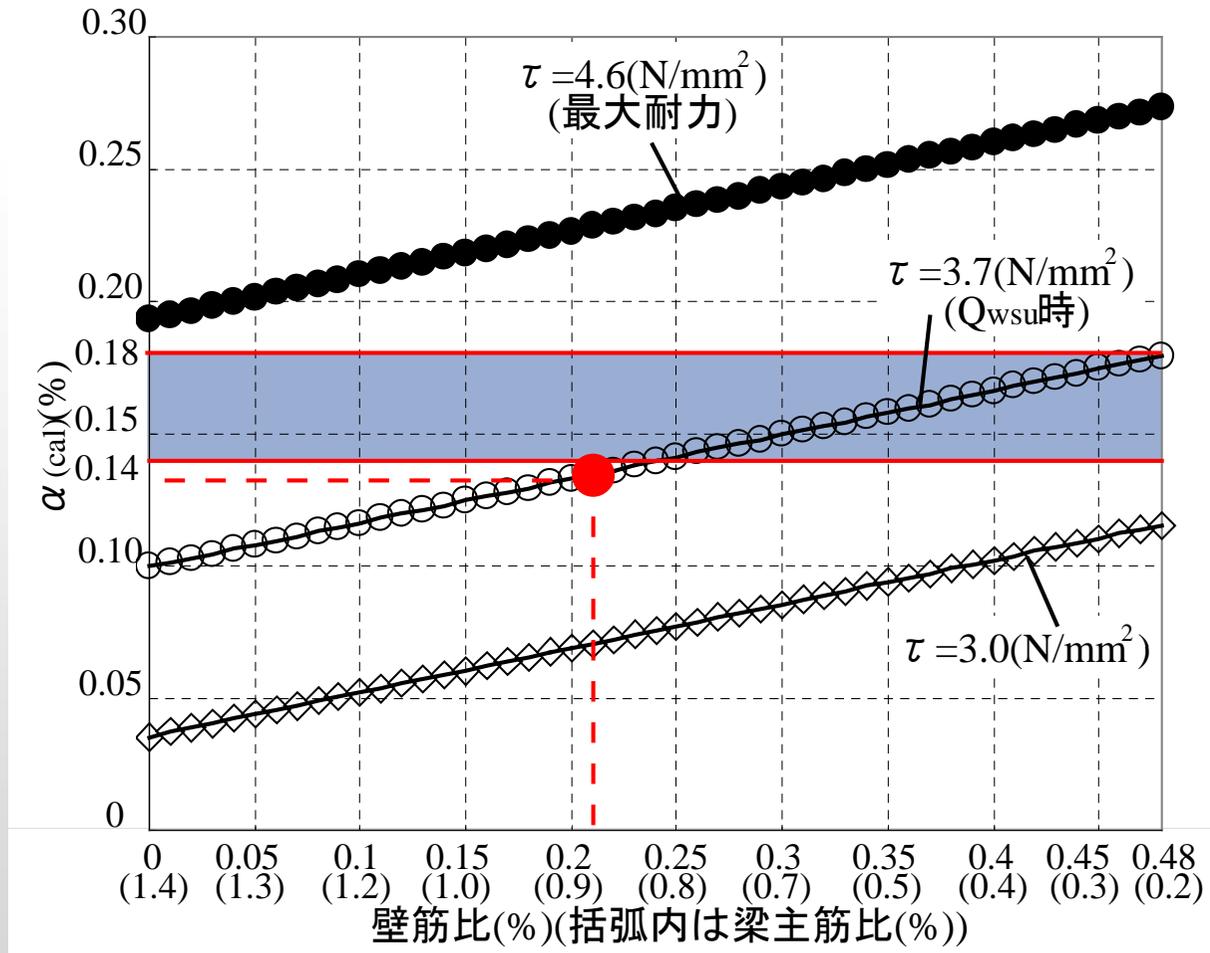
枠柱を弾性状態とした場合の伸び率で0.15 (%) ~ 0.18 (%)

梁主筋の効果

梁主筋量が多く、軸剛性が大きい方が、設計時の壁板の伸び率を小さくでき、壁板が設計時のせん断強度を発揮できる可能性は高まる。

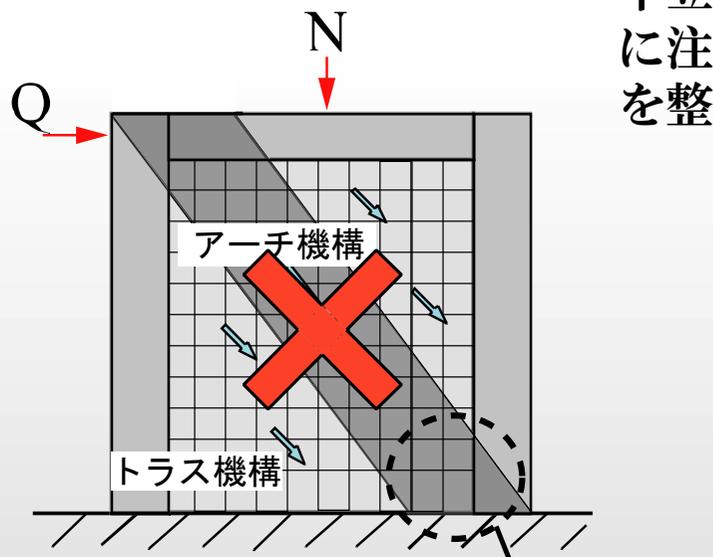


壁板の伸び率を考慮した設計

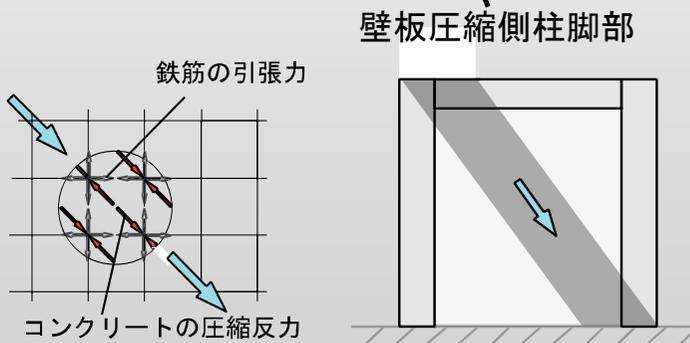


破壊メカニズムモデル

せん断破壊



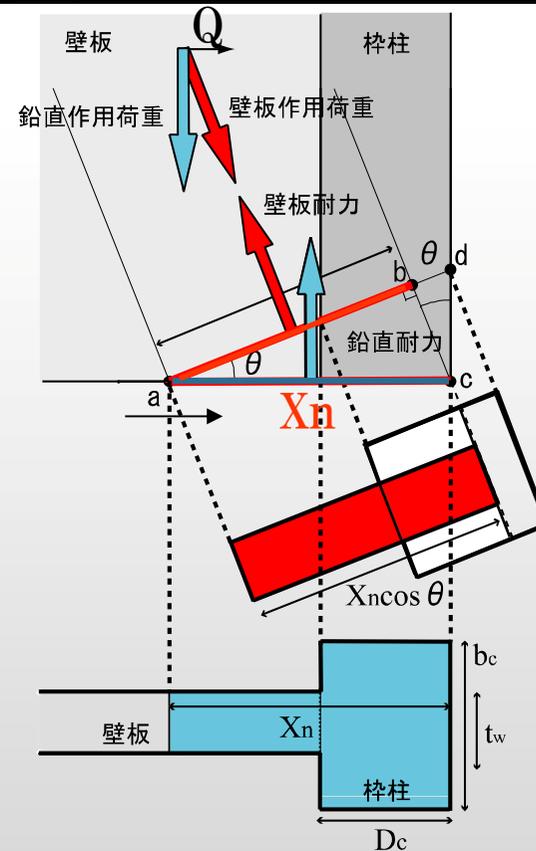
中立軸位置 X_n の変化に注目して終局条件を整理する



トラス機構

アーチ機構

破壊メカニズムモデル



どちらの危険断面でコンクリートが圧壊するかで破壊形式が変化する

枠柱・壁板の同時圧壊

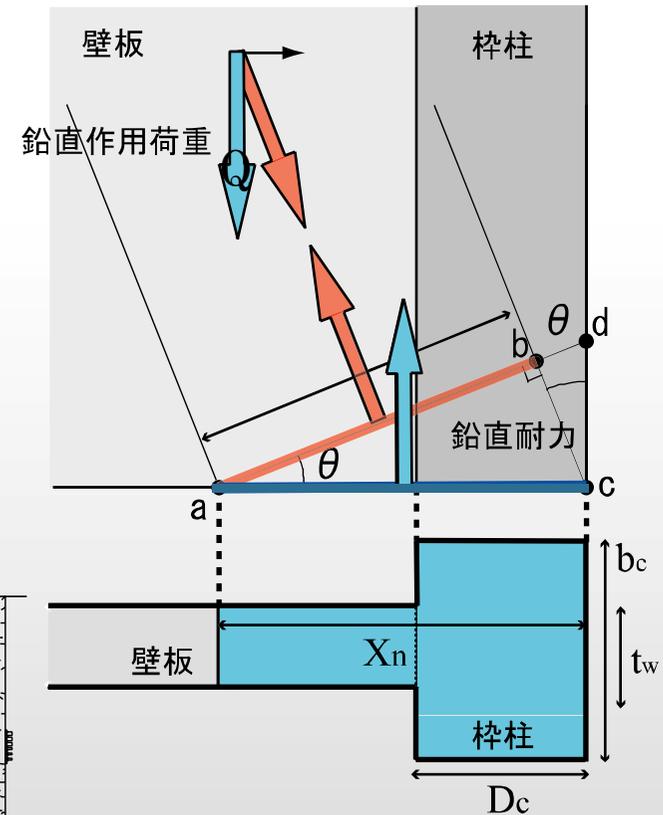
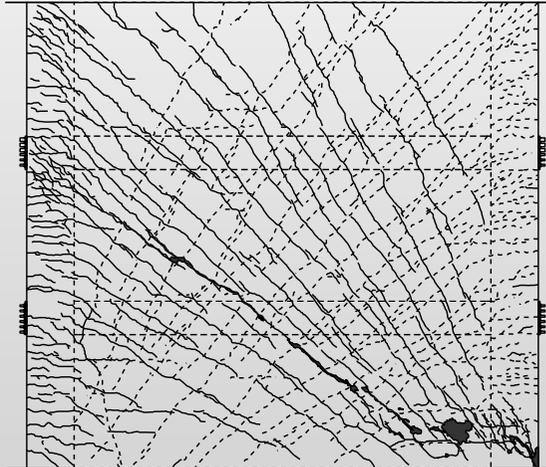
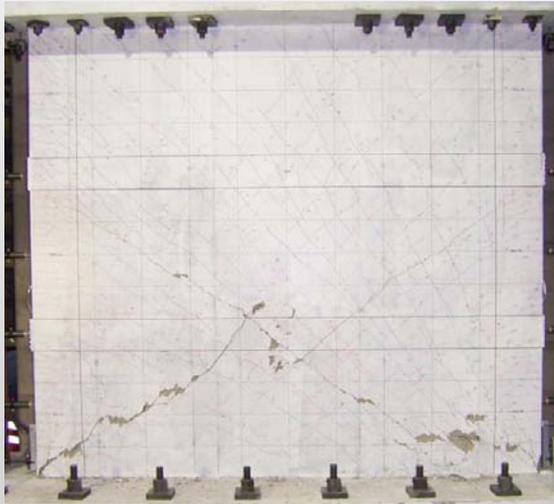
a-c断面でコンクリートが圧壊する場合

→ 枠柱・壁板の同時圧壊

$$\frac{Q_{\max}}{\tan \theta} = (t_w (X_n - D_c) + b D_c) \sigma_B + a_t \sigma_y$$

鉛直荷重

鉛直耐力



NC-W90-1.3

壁板の圧壊

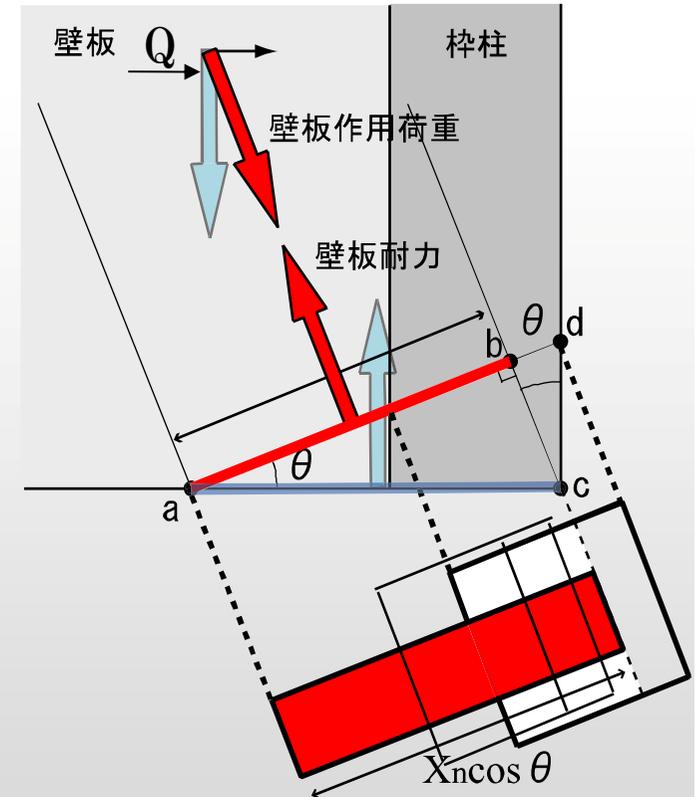
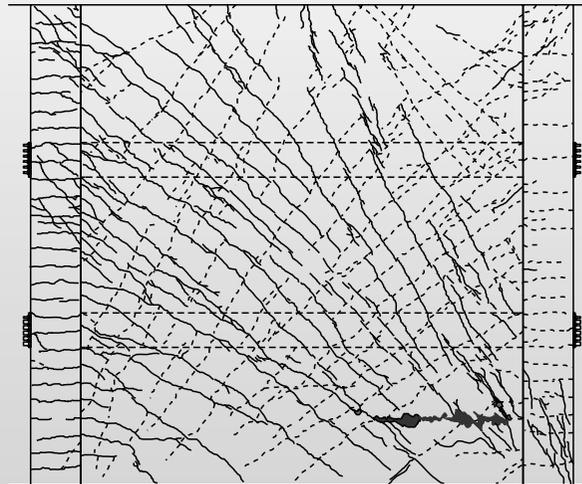
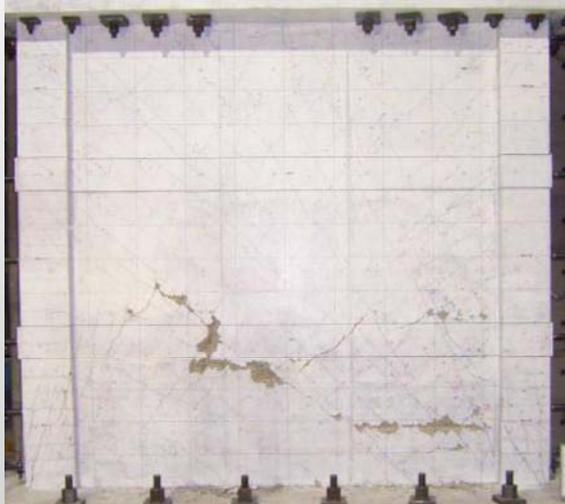
a-b断面でコンクリートが圧壊する場合

→壁板の圧壊

$$\frac{Q_{\max}}{\sin \theta} = t_w \sigma_B X_n \cos \theta + (b_c - t_w) \left(X_n \cos \theta - \frac{X_n - D_c}{\cos \theta} \right) \sigma_B$$

壁板荷重

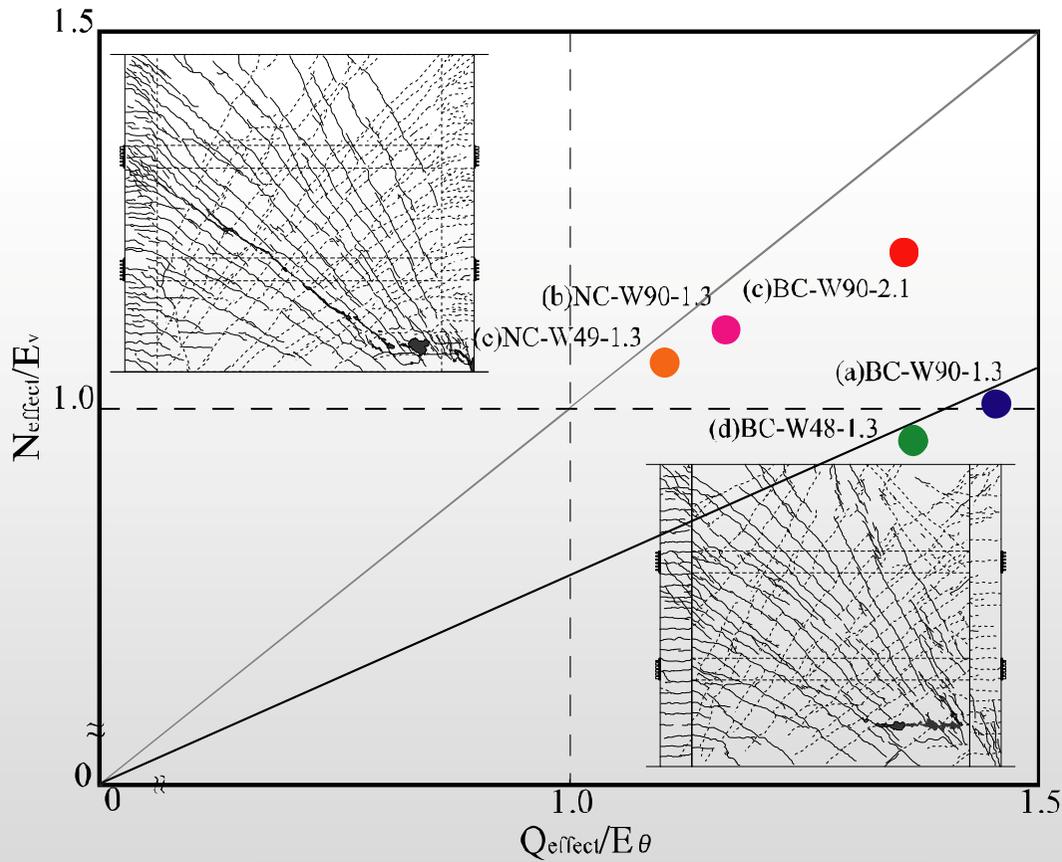
鉛直耐力



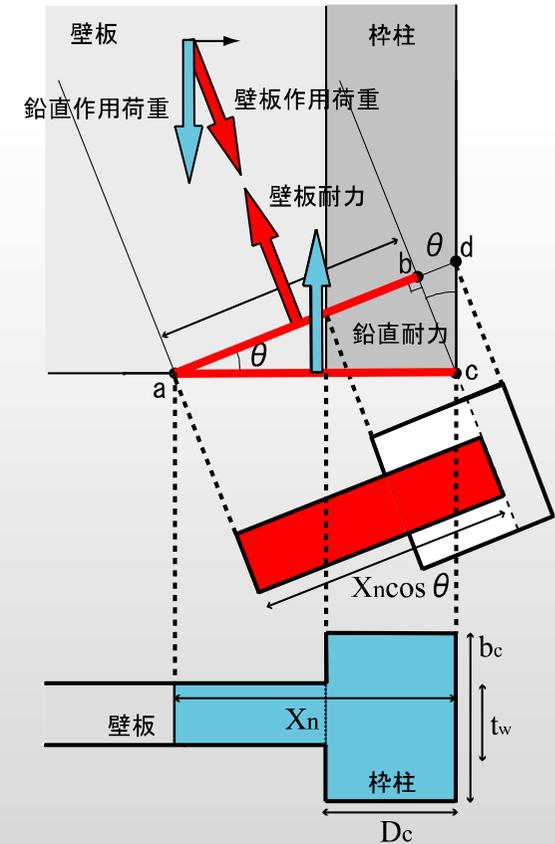
BC-W90-1.3

破壊形式の判別

a-c断面の作用荷重 / 耐力



a-b断面の作用荷重 / 耐力



結論

- 壁板が最大耐力前拡がる傾向が見られた。
- 壁長さに対する壁板の拡がり量の割合を伸び率 α とすると、 α を0.15%以下に抑えることで最大耐力を発揮出来る。
- 壁板の拡がりを抑えるには、枠梁部分に集中的に配筋した方が効果的である。
- 破壊メカニズムモデルを提案し、柱・壁板の同時圧壊と壁板の圧壊を判別する方法を検討した。

平成21年度住宅市場整備等推進事業
(建築基準整備促進補助金事業)

9. 鉄筋コンクリート造の
耐力壁周辺架構の条件設定に関する実験

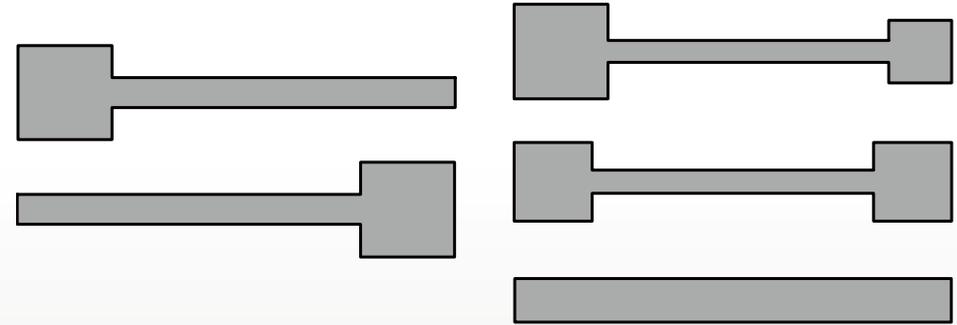
第三章

枠柱のない耐震壁の変形性能に関する実験

研究目的

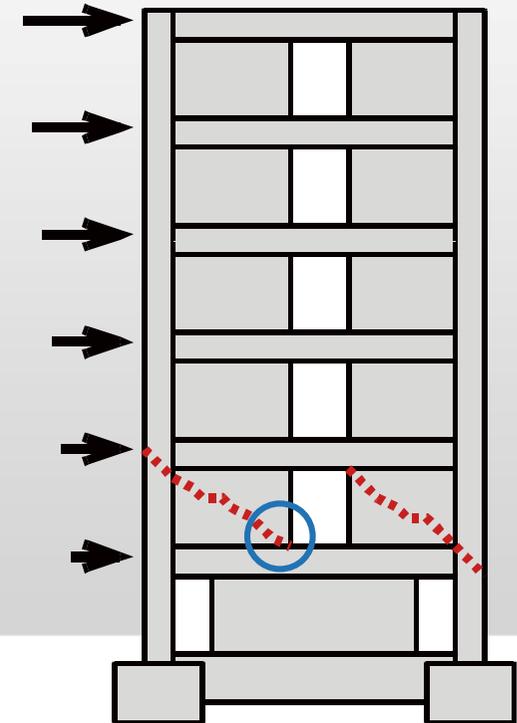
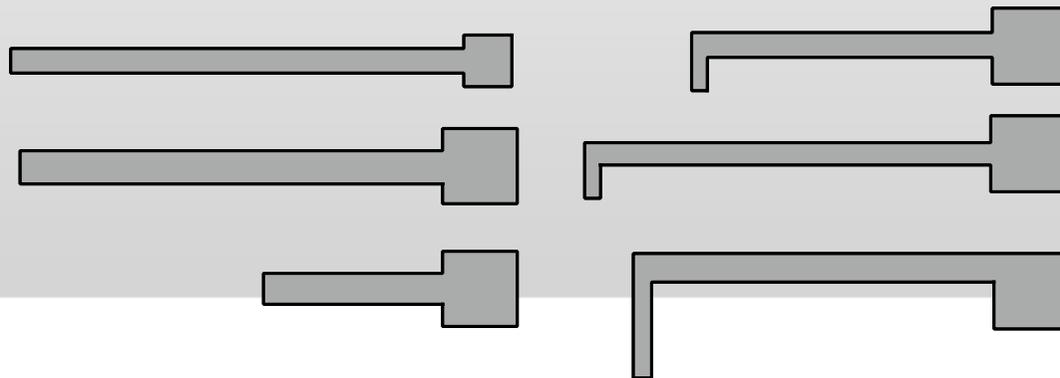
[2008年度]

せん断破壊型の実験を行い、
実用的なせん断強度評価法
を提案した



[2009年度]

圧縮側に柱がない壁の曲げ降
伏後の挙動を観察し、変形性能
を調査する

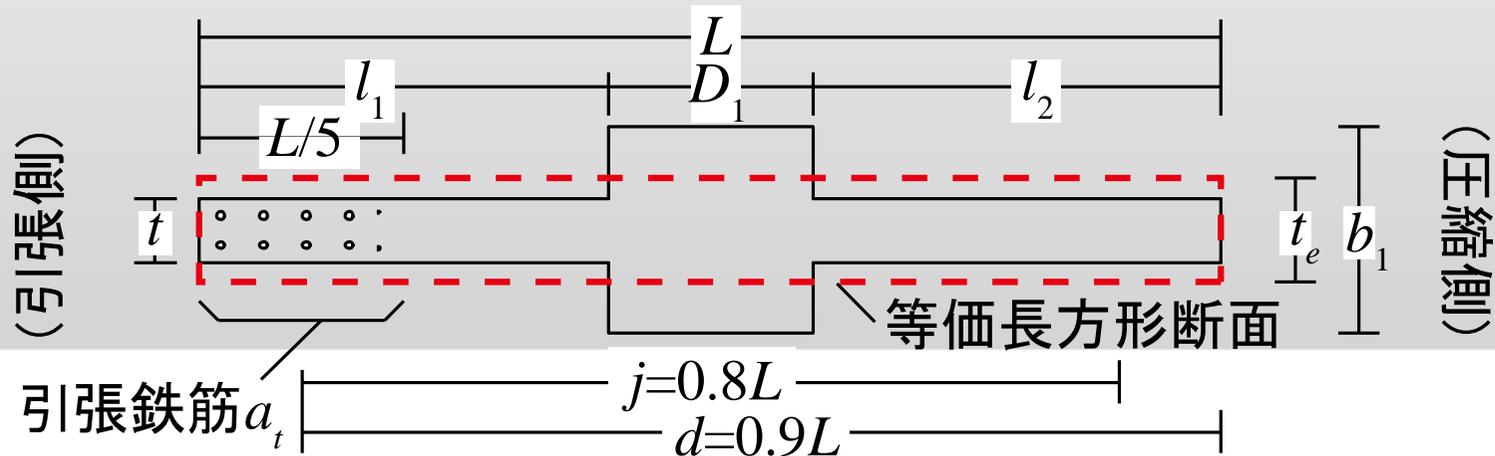


せん断強度 ～せん断強度評価法の提案～

$$Q_{wsu} = \left\{ \frac{0.068 p_{te}^{0.23} (F_c + 18)}{\sqrt{M / (Q \cdot L) + 0.12}} + 0.85 \beta \sqrt{\sigma_{wh} \cdot p_{wh}} + 0.1 \sigma_0 \right\} t_e \cdot j$$

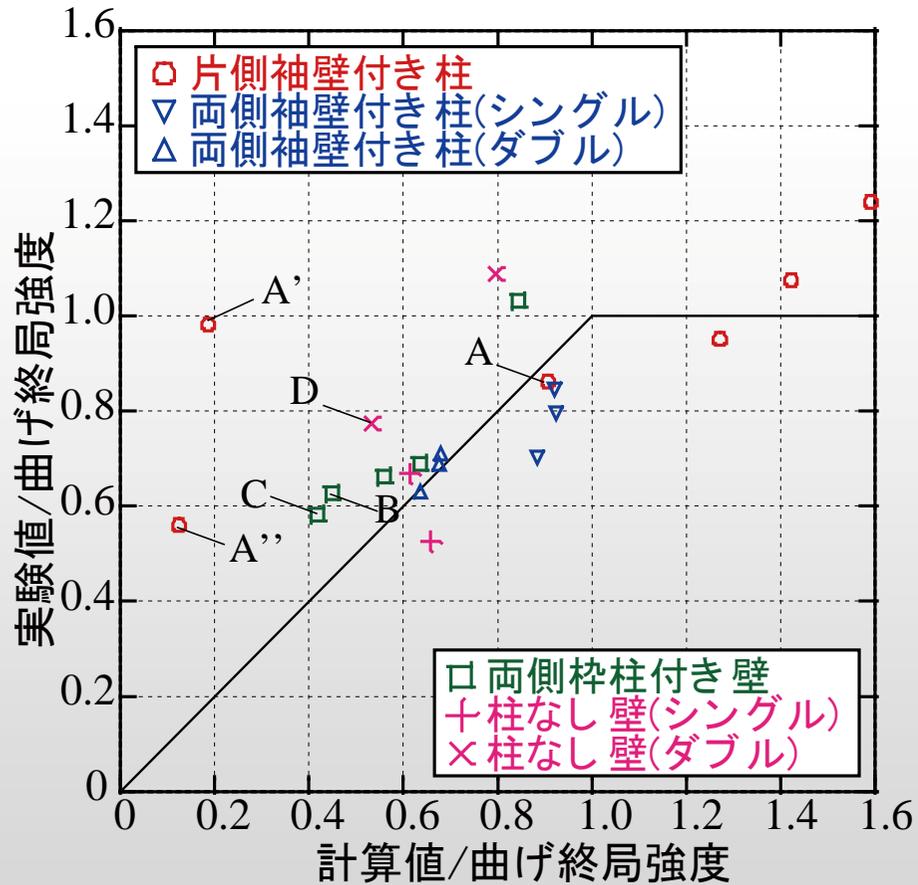
{ ダブル配筋
 両側に一辺2t以上の柱がある } $\beta=1$
 それ以外 $\beta=0.5$

$$\sigma_{wh} \cdot p_{wh} = \sum \sigma_w p_w \left(\frac{tl}{A} \right) + \sum \sigma_s p_s \left(\frac{bD}{A} \right)$$

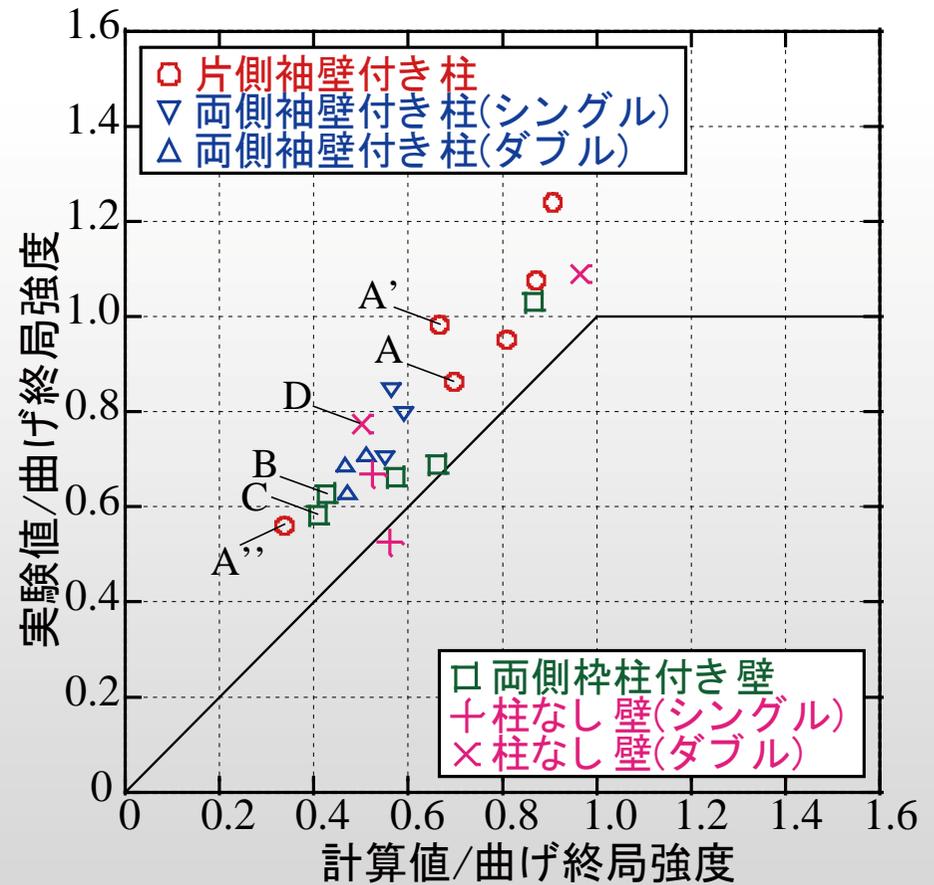


せん断強度

～ 現行の方法と提案方法の比較～



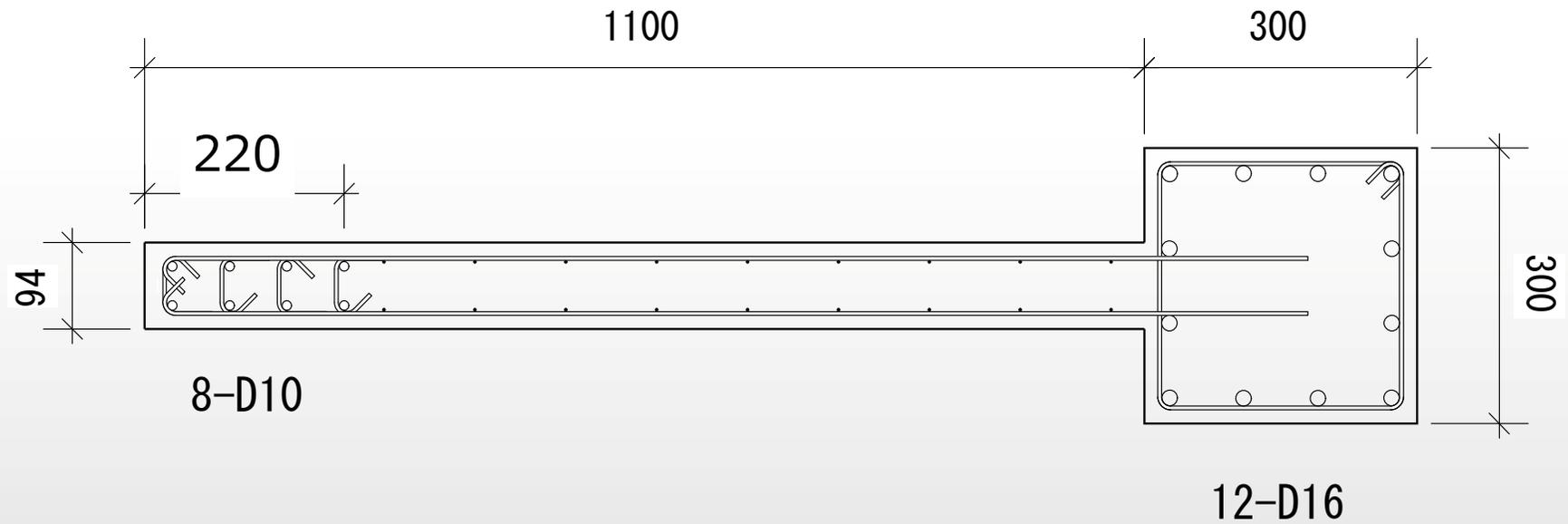
現行の方法



提案方法

変形性能

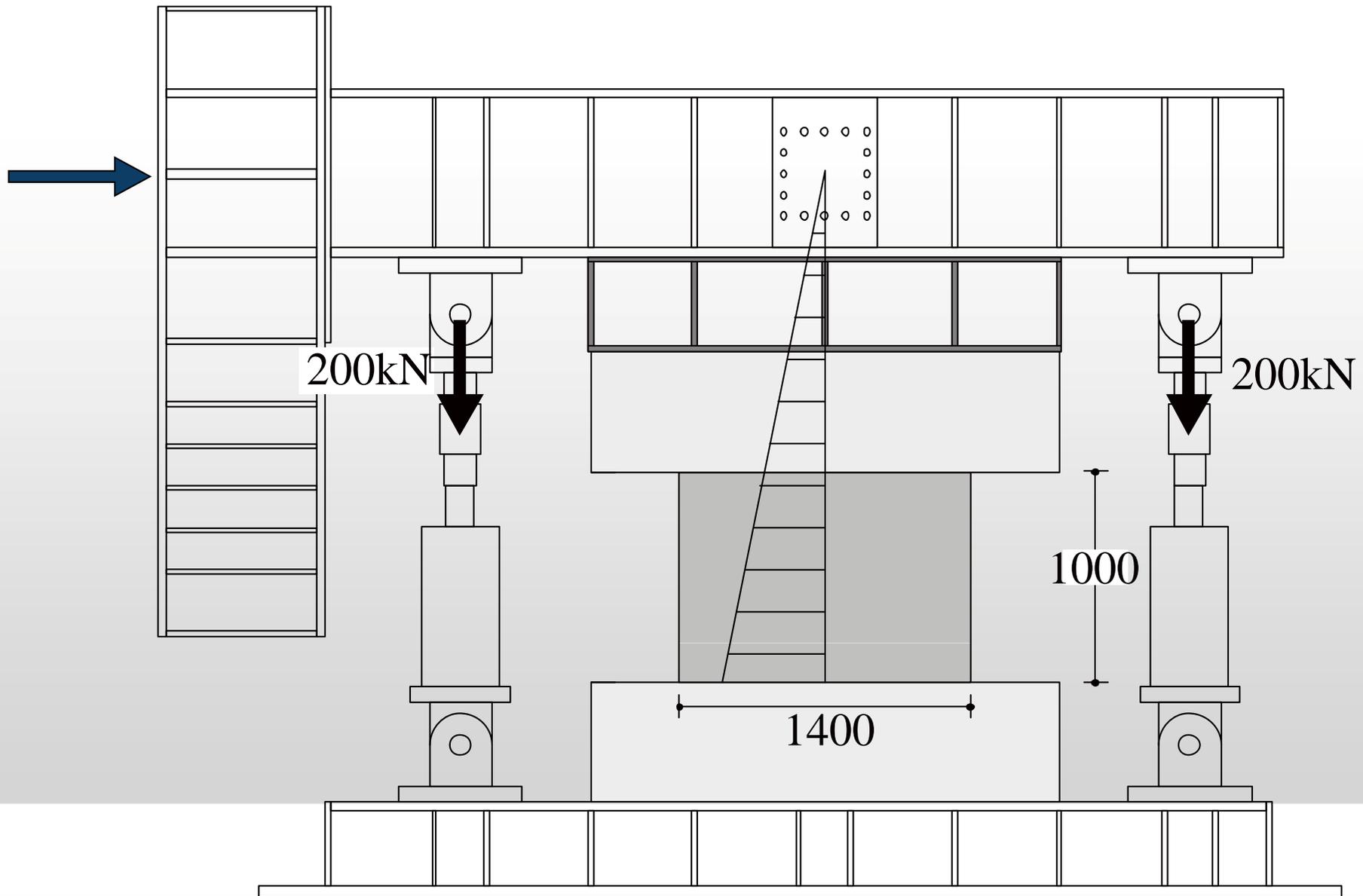
～軸力をパラメータとした実験～



試験体名	軸力	Xn/t	破壊形式
NM6	400 kN	6	曲げ破壊先行型
NM4	0 kN	4	

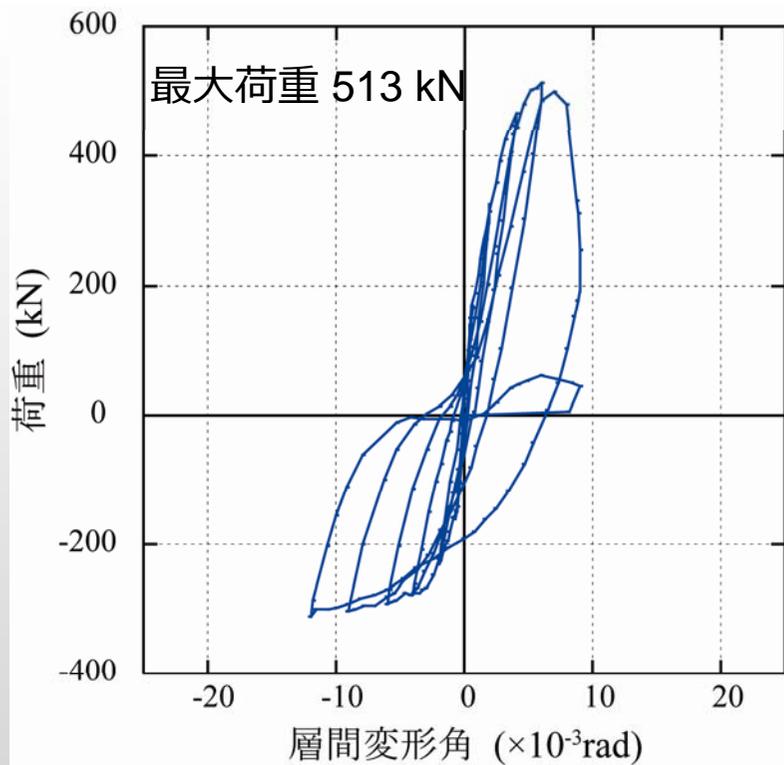
変形性能

～加力方法～

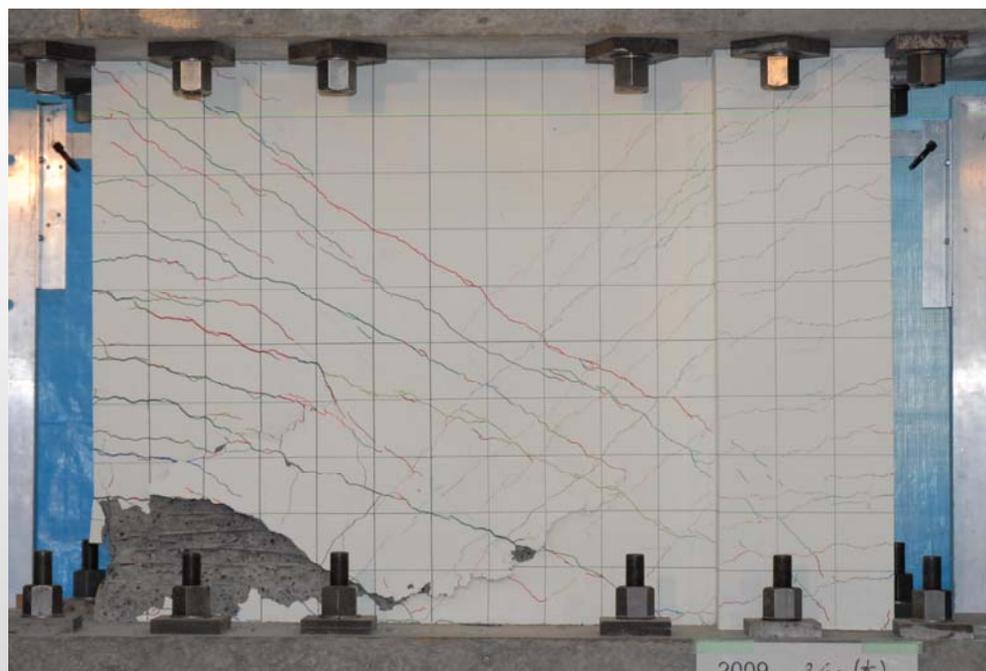


変形性能 ～実験結果[NM6]～

荷重 - 変形関係



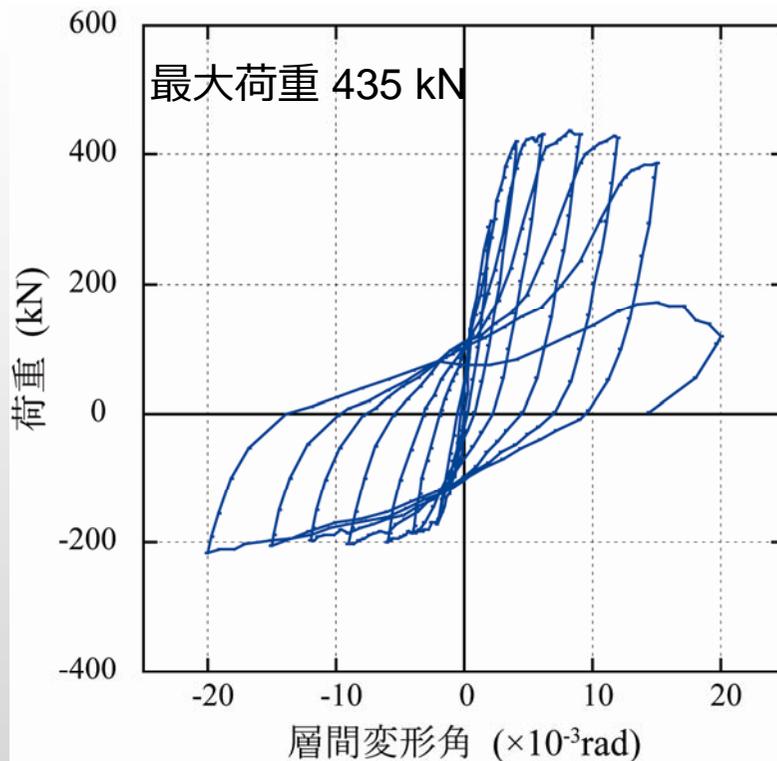
破壊状況



変形性能 ～実験結果[NM4]～

荷重 - 変形関係

破壊状況



- x_n/t が小さいほど，変形性能が大きくなる
- 直交壁がある場合は，変形性能が大きくなる

変形性能

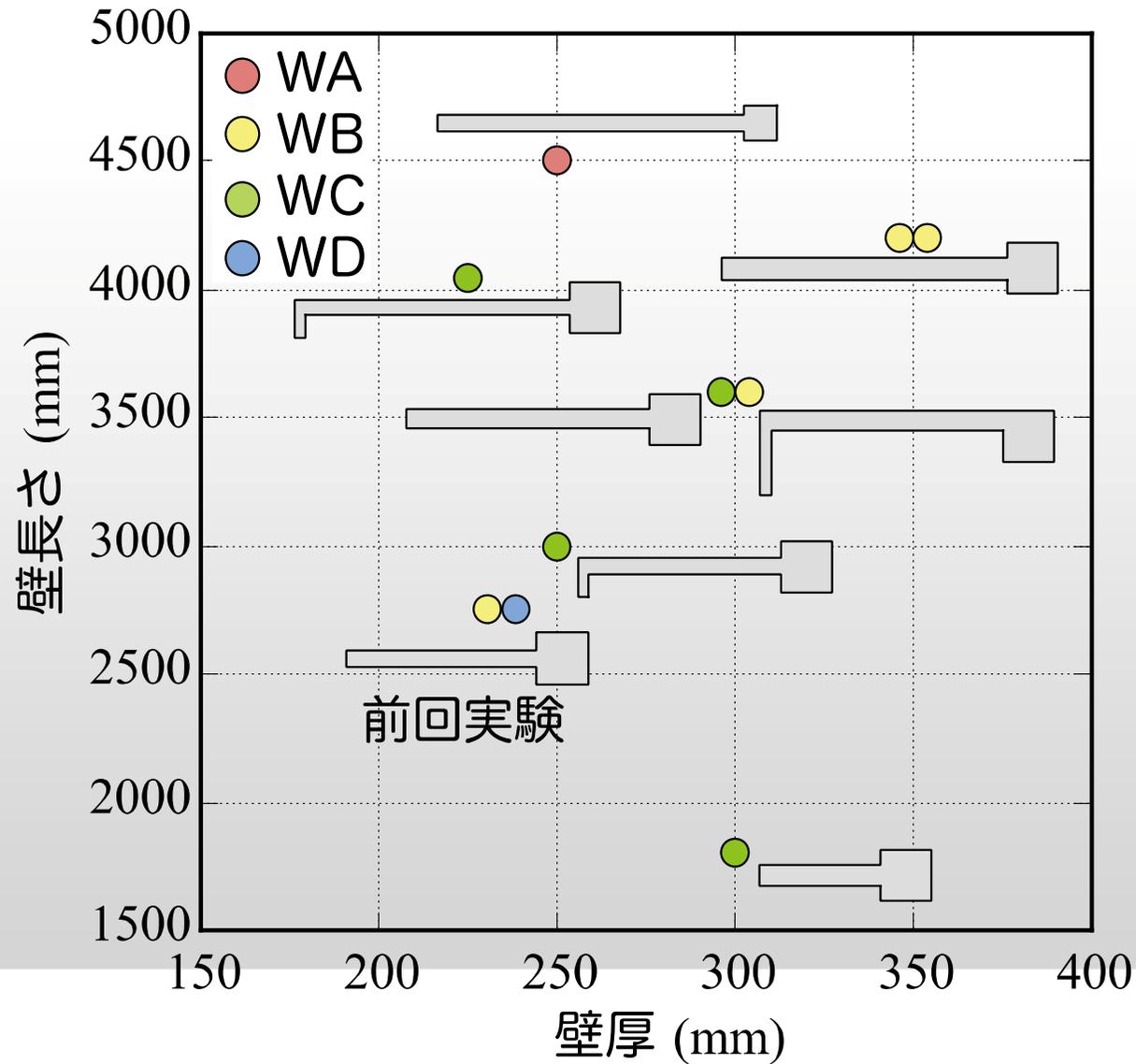
～チリ地震での被害～



出典 : http://peer.berkeley.edu/publications/chile_2010/

変形性能

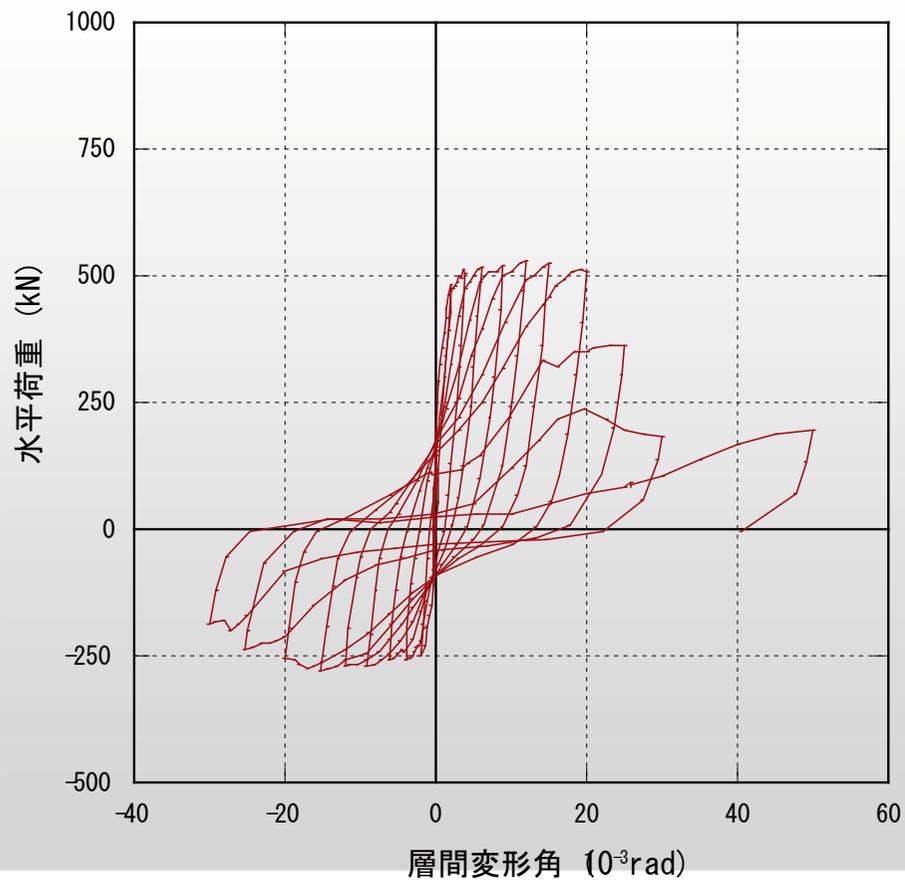
～断面形状を変化させた実験～



変形性能 ~実験結果[NL3]~

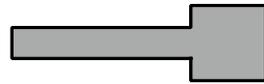


$$x_n / t = 3.0$$

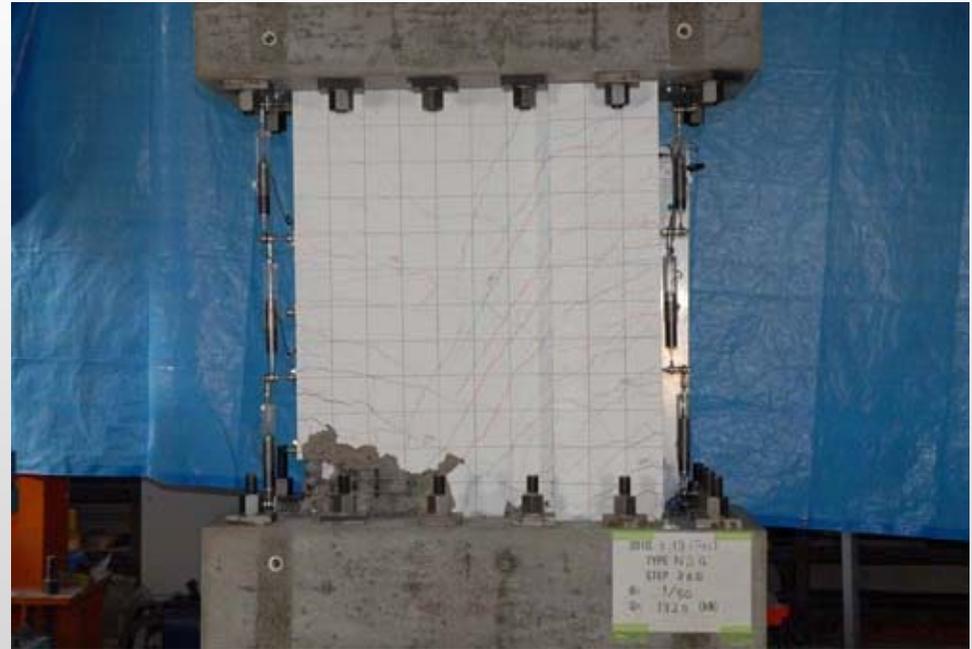
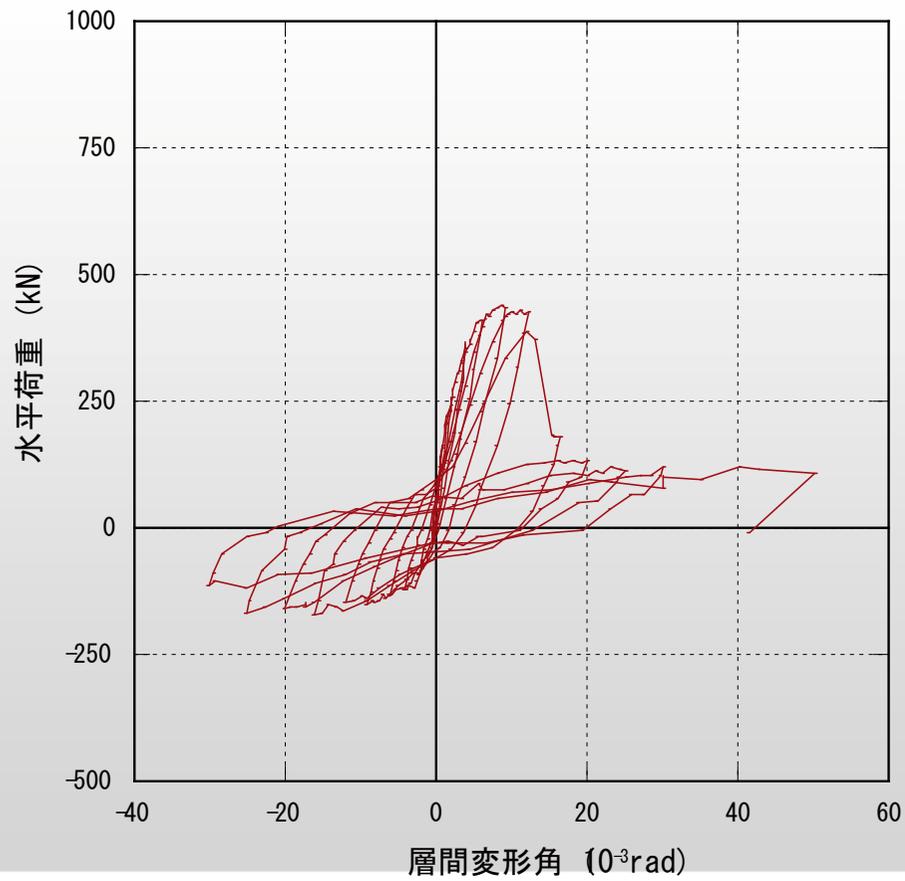


変形性能

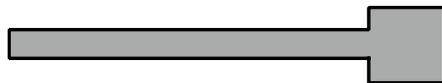
～実験結果[NS4]～



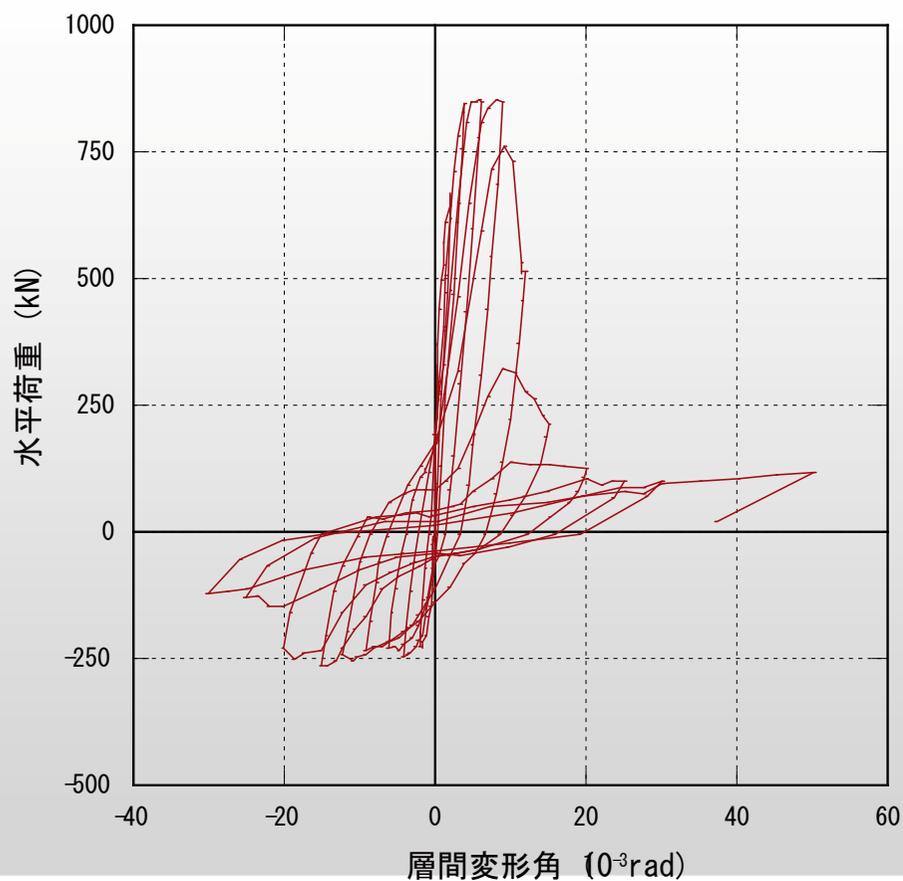
$$x_n / t = 3.9$$



変形性能 ~実験結果[NM4]~



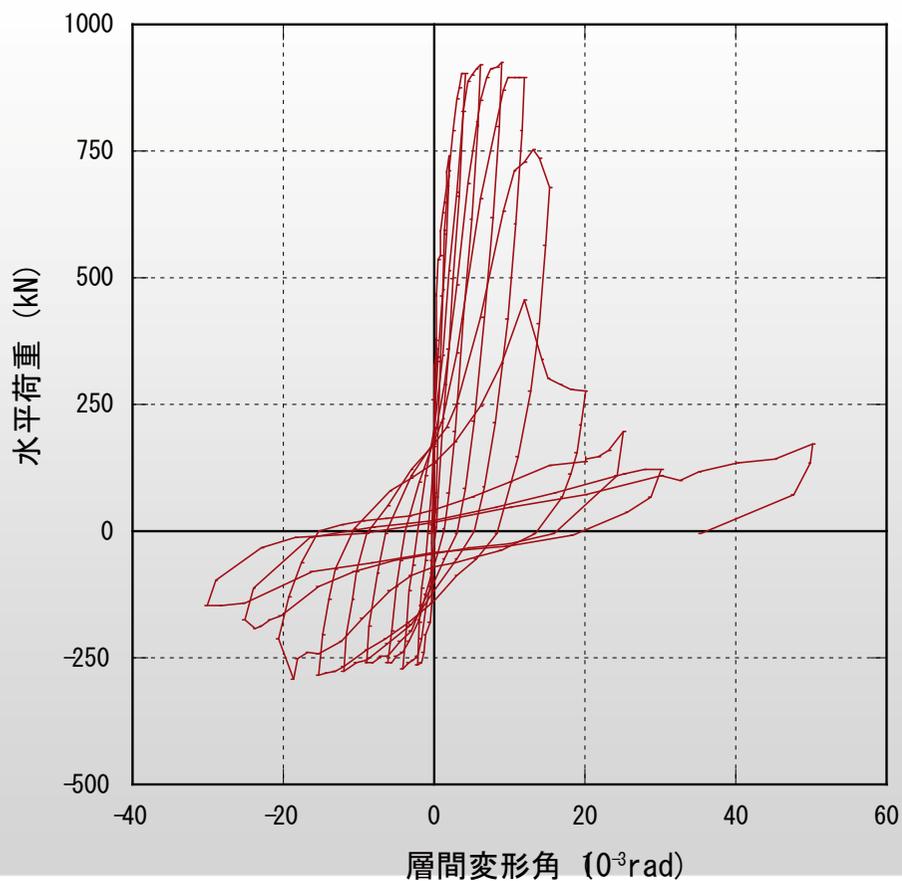
$$x_n / t = 4.1$$



変形性能 ~実験結果[PM2]~



$$x_n / t = 2.8$$



まとめ

- 圧縮側に柱型がない耐震壁でもWA相当の変形性能(1/50)を有する場合があることを確認した。
- すべての試験体で、曲げ降伏後に壁端部が圧縮破壊した
- 壁端部の圧縮破壊が進行していき、壁板が機能しなくなった後も、すべての試験体である一定の水平力（柱の強度 + α ）を負担している。

平成21年度住宅市場整備等推進事業
(建築基準整備促進補助金事業)

9. 鉄筋コンクリート造の
耐力壁周辺架構の条件設定に関する実験

第四章 まとめ

まとめ

平成20年度，平成21年度の研究により，耐震壁の枠フレームに関して次の結論を得た。

- 連層耐震壁の中間階の梁は不要である。ただし，十分な梁筋と壁横筋は必要である。
(第二章，昨年度報告書)
- せん断強度の観点からは，耐震壁の枠柱は不要である。枠柱がないとせん断ひび割れは壁版端部まで貫通する。
(第二章，昨年度報告書)
- 枠柱がない耐震壁のヒンジ領域長さは壁厚の2～3倍程度であり，このことを利用して変形能は大きくないが曲げ変形性能を予測できる。大地震時に壁版の圧縮破壊を許容する設計もあり得る。
(第三章)