

論文 拡張された修正圧縮場理論による片袖壁付き RC 柱のせん断耐力の検討

松本 豊^{*1}・島津 勝^{*2}・東 康二^{*3}・栗原 和夫^{*4}

要旨：RC はり部材の断面解析に適用できるように拡張された修正圧縮場理論の解析モデルを用いて、片側袖壁付き RC 柱のせん断耐力の求解を試みた。得られた解析結果と既往の片側袖壁付き RC 柱の曲げせん断実験結果 (25 試験体) との比較により、本解析モデルの片側袖壁付き RC 柱のせん断耐力解析への適用性を検討した。次に、現行のせん断終局強度式による計算結果と既往実験結果および本解析結果との比較により、せん断終局強度式の適用性を検証した。

キーワード：片袖壁付き RC 柱、断面解析、せん断耐力、修正圧縮場理論

1. はじめに

1981 年に施行された新耐震基準 (以後、新基準と呼ぶ) 以降の RC 造建物にも、袖壁に構造スリットを設けず、架構内に袖壁付き柱が存在する場合がある。2007 年に刊行された「2007 年版建築物の構造関係技術基準解説書」¹⁾に基づいて設計された RC 造建物では、袖壁、腰壁および垂れ壁に構造スリットを設けて、建物の耐震性能を向上させている。さらに、2010 年に改訂された鉄筋コンクリート構造計算規準²⁾ (以後、RC 規準と呼ぶ) では、これまでに示されなかった袖壁付き RC 柱の許容応力度の評価法が示された。これにより許容応力度等設計においては袖壁などの 2 次部材を構造設計に取り入れることが可能となった。

しかし、袖壁付き柱を設けることは建物の耐震性能を向上させるのに有効であるが、構造計画の煩雑さや、柱の剛性評価、袖壁が引張側となるときにせん断終局強度式が確立されていないことから、積極的に採用されることは少ない。

一方、2011 年の東日本大震災³⁾では、被災した新基準以降の RC 造建物には、構造部材の脆性的なせん断破壊はほとんど見られなかった。しかし、構造的に注目してこなかった袖壁付き柱の袖壁には、スリットの有無に係わらず、せん断破壊が多く見受けられた。このような非構造壁の損傷による建物の大破・倒壊はなかったものの、建物の継続使用ができなくなる等の支障が生じていると考えられる。また、2015 年の日本建築学会大会のパネルディスカッション⁴⁾では、これまでの日本建築学会の規準・指針等における袖壁付き柱の非構造部材の損傷の評価法や 2 次部材の有用的な利用方法などの今後の課題が報告された。

上述の課題を解決するために、近年、袖壁付き柱の強度特性や破壊性状の把握^{5),6)}、せん断ひび割れ等による袖壁付き柱の損傷軽減に関する研究^{7),8)}が行われている。著者らも、文献 9), 10)において、RC 部材の断面解析に適用できるように拡張された修正圧縮場理論の解析モデル¹¹⁾を用いて、両側および片側の袖壁付き RC 柱に関する既往実験^{12)~16)}のせん断耐力評価を行い、限られた範囲ではあるが本解析モデルのせん断耐力への適用性について検証してきた。しかしながら、片側袖壁付き RC 柱 (以後、片袖壁付柱と呼ぶ) については、解析対象とした試験体数が少なかったため、十分な検討に至っていない。また、RC 規準では「片側柱付き壁については、未解明な問題が多い。今後のさらなる研究が待たれるところである。」と述べられている。

そこで、本研究では、文献 9)で行った 7 試験体の片袖壁付柱の既往実験結果^{12)~16)}と本解析モデルによる解析結果との比較に、新たに文献 8), 17)~23)の 18 試験体を加えた合計 25 体の実験結果により、本解析モデルの片袖壁付柱のせん断耐力解析への適用性を検討する。また、現行のせん断終局強度式による片袖壁付柱の計算値と既往実験結果および本解析結果との比較により、現行の設計式の適用性を検証する。

2. 解析モデル

2.1 拡張された修正圧縮場理論

Vecchio らの提案した修正圧縮場理論²⁴⁾は、RC 部材の一部を RC 平板要素として取り出し、これを一様な応力とひずみを受ける要素として捉え、鉄筋とコンクリートに分離し、ひずみの適合条件、力の釣合い条件および鉄筋とコンクリートの応力-ひずみ関係を用いて RC 平板

*1 エス・エー・アイ構造設計(株) 修士(工学) (正会員)

*2 崇城大学助教 工学部建築学科 博士(工学) (正会員)

*3 崇城大学教授 工学部建築学科 博士(工学)

*4 崇城大学名誉教授 工博

要素の弾塑性性状を予測することができる手法である。しかしながら、この理論は、一様なせん断応力、軸応力の作用を受け、一様なひずみが生じている部材のみ予測可能であり、RC はり部材のように曲げモーメント、せん断力を受けると断面に応力勾配やひずみ勾配が生じるため、一要素としては扱えず、このままでは適用できない¹¹⁾。したがって、Vecchio らは、RC はり部材の断面を薄い層に分割して、各々の層が一様なせん断応力、軸応力の作用を受ける RC 平板要素とみなして各層に修正圧縮場理論を適用し、曲げモーメント、せん断力および軸力を受ける RC はり部材の断面解析に適用可能な積層の解析モデルに拡張した¹¹⁾。

本研究では、このように拡張された修正圧縮場理論の解析モデル¹¹⁾を用いて袖壁付き RC 柱のせん断耐力について解析を行った。なお、本解析モデルの詳細は文献 11), 24), 25) を参照して頂きたい。また、本解析では片袖壁付柱の断面を図-1 に示すように 18 層の長方形に分割した。

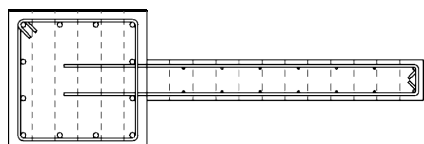


図-1 片袖壁付柱の積層モデル

2.2 材料モデル

ひび割れ後のコンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮領域では、放物線の関係式に修正圧縮場理論の特徴の一つである主引張ひずみ ϵ_1 の関数で表わされる圧縮強度低減係数 β を乗じた式(1) を用いた。引張領域では、コンクリートのひび割れ以後におけるテンション・ステイフニング効果を考慮した式(2)の関係式を用いた。

なお、鉄筋の応力-ひずみ関係は、降伏応力を折点とする完全弾塑性型の関係式を用いた。

$$\text{圧縮領域: } f_2 = f_c \cdot \beta \cdot \left[2 \cdot \frac{\epsilon_2}{\epsilon_0} - \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_0} \right)^2 \right] \quad \dots \dots (1)$$

$$\text{引張領域: } f_1 = \frac{f_{cr}}{1 + \sqrt{200 \cdot \epsilon_1}} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、

$$\beta = \frac{1.0}{0.62 - 0.38 \cdot \frac{\epsilon_1}{\epsilon_0}} \quad f_{cr} = 0.33 \cdot \sqrt{f_c}$$

f_1 : 主引張応力 ϵ_0 : 圧縮強度時のひずみ
 f_2 : 主圧縮応力 ϵ_1 : 主引張ひずみ
 f_c : 圧縮強度 ϵ_2 : 主圧縮ひずみ
 f_{cr} : ひび割れ応力 β : 圧縮強度低減係数

3. せん断終局強度式

袖壁付き RC 柱のせん断終局強度を求める現行の設計式には、「2001 年改訂版既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」²⁶⁾の式(以後、耐震診断式と呼ぶ)、「2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書」²⁷⁾の式(以後、構造技術式と呼ぶ)がある。なお、構造技術式は 2015 年の改訂に伴い、片袖壁付柱に適用したせん断終局強度式が新たに記載されている。本論では、耐震診断式と構造技術式を用いて比較、検討を行う。

3.1 耐震診断式

耐震診断式では、片袖壁付柱のせん断終局強度を、図-2 に示すように、引張側の袖壁を無視し、圧縮側の袖壁と柱の断面積を等価な長方形断面に置換して修正荒川式に基づいた式(3)により求めている。式中の記号については文献 26) を参照して頂きたい。

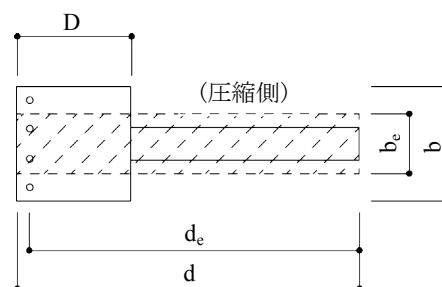


図-2 耐震診断式の置換方法

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \cdot p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M / (Q \cdot d_e) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_{we} \cdot \sigma_{wy} + 0.1 \cdot \sigma_{0e}} \right\} \cdot b_e \cdot j_e \quad \dots (3)$$

ここで、

d_e : 柱の引張鉄筋の中心から圧縮側袖壁の最外縁までの距離
 b_e : (柱断面積+圧縮側袖壁断面積)/(柱せい+圧縮側袖壁長さ)
 j_e : $7d_e/8$
 d : 柱せい+袖壁長さ

3.2 構造技術式

構造技術式では、片袖壁付柱のせん断終局強度を、図-3 に示すように、壁部分と壁厚さを差し引いた柱残余部分とに分割して各々のせん断終局強度を修正荒川式に基づいた式(4), (5)より求め、式(6)のように累加してせん

断終局強度を求めている。式中の記号等詳細については、文献 27) を参照して頂きたい。

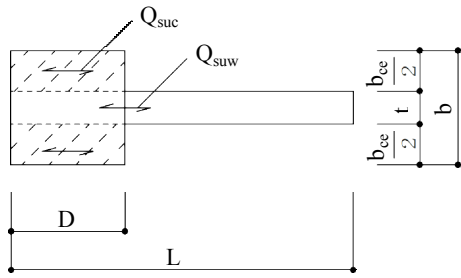


図-3 構造技術式の累加方法

$$Q_{suc} = \left\{ \frac{0.053 \cdot p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M / (Q \cdot d_{ce}) + 0.12} + \sqrt{p_{cwe} \cdot \sigma_{cwy}} \right\} \cdot b_{ce} \cdot j_{ce} \quad \cdot \cdot (4)$$

$$Q_{suw} = \left\{ \frac{0.053 \cdot p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M / (Q \cdot d_w) + 0.12} + \sqrt{p_{wh} \cdot \sigma_{why}} \right\} \cdot t \cdot j_w \quad \cdot \cdot (5)$$

$$Q_{su} = Q_{suw} + Q_{suc} + 0.1 \cdot N \quad \cdot \cdot (6)$$

ここで、

d_{ce} : 柱有効せい (=0.95D) b_{ce} : (柱幅－袖壁厚さ)

d_w : 壁有効せい (=0.95L) L : 部材全せい

j_{ce} : $7d_{ce}/8$

j_w : $7d_w/8$

4. 結果の比較および検討

本解析モデルによる片袖壁付柱のせん断耐力解析への適用性を検討するため、既往の片袖壁付柱の曲げせん断実験結果と本解析結果との比較を行った。次に、耐震診断式と構造技術式の適用性を検討するため、これらの計算結果と既往実験結果および本解析結果との比較を行った。比較に用いた片袖壁付柱の試験体は、25体^{8), 12)~23)}である。これらの試験体の形状は、柱幅 b 、柱せい D : 200~400mm、片側袖壁長さ : 300~1800mm、袖壁厚さ : 50~140mm、主筋比 : 0.45~2.65%、帯筋比 : 0.26~0.80%、袖壁一般部の縦筋比、横筋比 : 0.20~1.87%、0.31~1.27%、 M/QD : 0.15~8.58 の範囲であった。なお、軸力比は、0.15~0.20 であり、正負繰返しの載荷実験である。

また、破壊形式については、文献 13), 14)において片袖壁付柱は、柱と袖壁部分の大きな剛性および挙動の差により、一義的に定義することは難しく、比較的初期に破壊する袖壁と柱部分とに分けて実験結果を述べている。したがって、本論では文献 15), 29)を参考にして、袖壁端部の曲げひび割れが最初に発生し、その後せん断ひび割れが進展した、または壁縦筋に先行して壁横筋が降伏した試験体を袖壁の「初期せん断破壊」と呼び、曲げ破壊性状などが先行する試験体を袖壁の「初期曲げ破壊」と

と呼ぶことにする。

なお、片袖壁付柱の正負繰返し載荷実験の加力方向は文献 12), 14), 16)を参考にして、図-4 に示すように、片袖壁側が引張になる場合を正加力、柱側が引張になる場合を負加力とした。また、本解析結果、耐震診断式および構造技術式の計算結果も同様にした。

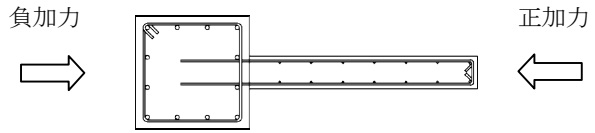


図-4 片袖壁付柱の加力方向

4.1 実験結果と解析結果との比較

図-5(a)は、既往の片袖壁付柱の正負繰返し載荷実験^{8), 12)~23)}における全試験体 25 体の実験結果と本解析結果とを比較したものである。なお、図中に耐力比(実験値/本解析値)の平均値、変動係数を示し、既往実験において袖壁の初期せん断破壊した正加力、負加力の試験体を○, △, 初期曲げ破壊した正加力、負加力を●, ▲で表した。

この図より、全試験体の正および負加力の耐力比の平均値は各々1.06, 1.08 で、変動係数は 0.23, 0.12 となることが分かる。これより既往実験において初期せん断破壊、初期曲げ破壊となった全試験体 25 体の解析結果は、正および負加力ともに実験結果との差が小さく、バラツキは正加力に若干あるが負加力は小さく、概ね実験結果を捉えていると言える。なお、本解析結果と既往実験結果とは同じような破壊性状を示し、既往文献 15), 29)において定義された初期せん断破壊、初期曲げ破壊の破壊形式に概ね分けることができた。

図-5(b)は、初期せん断破壊に着目し初期曲げ破壊したものを除いた既往実験結果と本解析結果とを比較したものであり、正加力で 12 体、負加力で 16 体の計 28 プロットである。なお、図中に耐力比(実験値/本解析値)の平均値、変動係数を示し、既往実験において袖壁の初期せん断破壊した正加力、負加力の試験体を○, △で表した。

この図より、初期せん断破壊の正および負加力の耐力比の平均値は各々1.11, 1.06 で、変動係数は 0.23, 0.13 となることが分かる。これより初期曲げ破壊を除いた初期せん断破壊だけの本解析結果は、正および負加力ともに実験結果と差は小さく、バラツキは正加力に若干あるが負加力は小さく、初期曲げ破壊も含めた図-5(a)と同様に概ね実験結果を捉えていると言える。

4.2 実験結果と計算結果との比較

図-6(a)および(b)は、既往実験結果と耐震診断式および構造技術式による計算結果とを比較したものである。なお、図中に耐力比(実験値/計算値)の平均値、変動係数

を示し、既往実験において袖壁の初期せん断破壊した正加力、負加力の試験体を○, △で、初期曲げ破壊した正加力、負加力を●, ▲で表した。

これらの図より分かるように、耐震診断式の正および負加力の耐力比の平均値は各々1.85, 1.05 で、変動係数は0.49, 0.17 となった。また、構造技術式の正および負加力の耐力比の平均値は各々0.93, 1.26 で、変動係数は0.34, 0.20 となった。

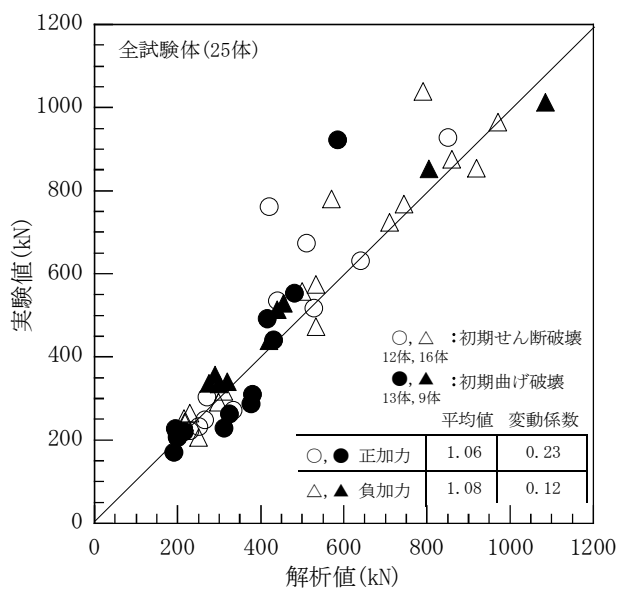
以上より、耐震診断式の耐力比の平均値、変動係数ともに正加力と負加力との差があり、正加力は負加力に比べて実験結果との差が大きくバラツキも大きいと言える。これは、3.1 節で述べたように、耐震診断式では引張側の袖壁を無視して残りの断面を等価な長方形断面へ置換し

ており、正加力は負加力に比べて等価断面積が小さくなるためと考えられる。

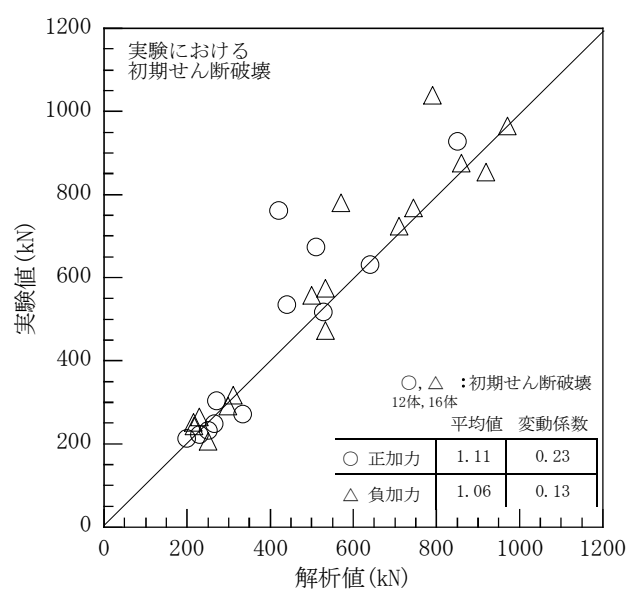
一方、構造技術式の計算結果は、既往実験結果に比べて正加力では若干大きくなり、負加力では小さくなった。これは、実験において負加力では片袖壁付柱の柱位置が加力側にあり、柱が引張りに大きく抵抗すると考えられる。これより、既往実験結果の負加力の値は正加力に比べ大きくなるが、構造技術式では正加力と負加力の計算結果が同じ値であるためと考えられる。

4.3 解析結果と計算結果との比較

図-7 (a) および (b) は、本解析結果と耐震診断式および構造技術式による計算結果とを比較したものである。図中に耐力比(本解析値/計算値)の平均値および変動係

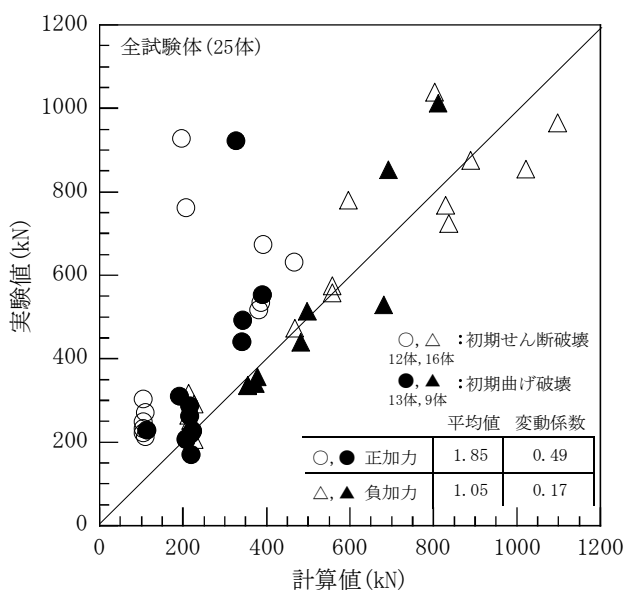


(a) 全試験体

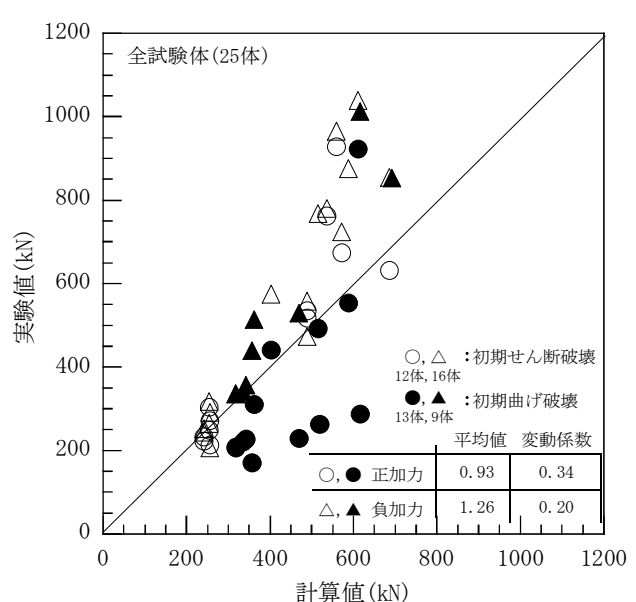


(b) 初期せん断破壊の試験体

図-5 既往実験結果と本解析結果との比較

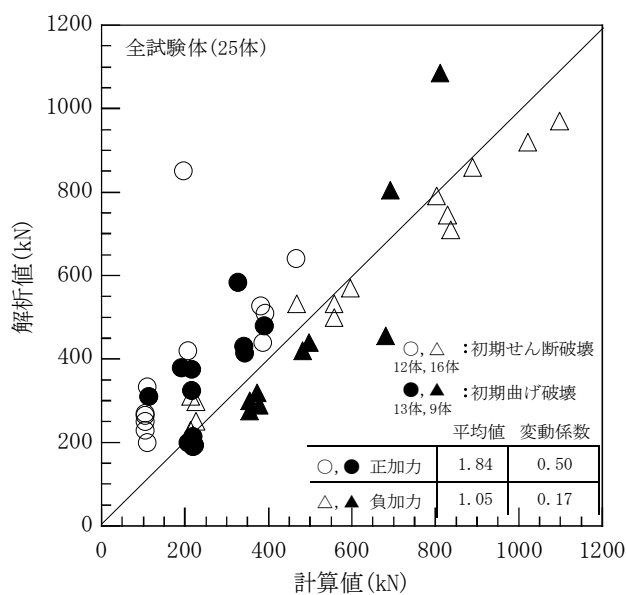


(a) 耐震診断式

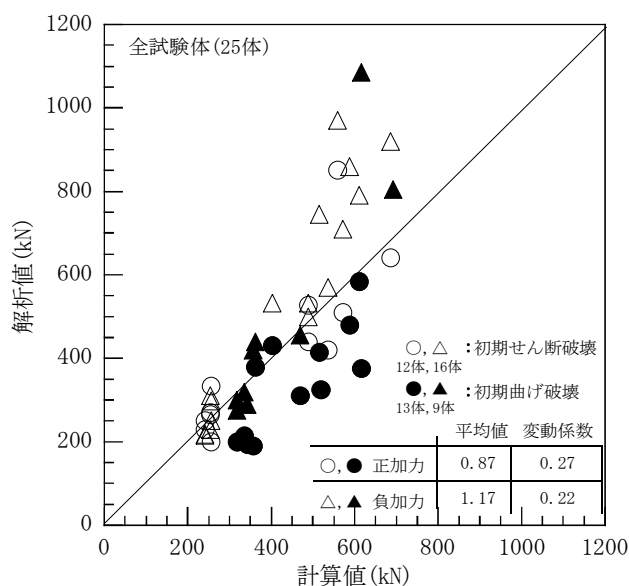


(b) 構造技術式

図-6 既往実験結果と計算結果との比較



(a) 耐震診断式



(b) 構造技術式

図ー7 本解析結果と計算結果との比較

数を示した。本解析結果において片袖壁付柱の初期せん断破壊となった正加力、負加力の試験体を○, △で、初期曲げ破壊の正加力、負加力を●, ▲で表した。

これらの図より分かるように、耐震診断式の正および負加力の耐力比の平均値は各々1.84, 1.05 で、変動係数は0.50, 0.17 となった。また、構造技術式の正および負加力の耐力比の平均値は各々0.87, 1.17 で、変動係数は0.27, 0.22 となった。

以上より、耐震診断式の正加力の計算結果は、負加力の場合と比べて解析結果との差およびバラツキともに大きくなった。これは、3.1 節および4.2 節で述べたように、耐震診断式の正加力は負加力に比べて等価断面積が小さくなるためと考えられる。

一方、構造技術式の計算結果は、解析結果に比べて正加力では大きくなり、負加力では小さくなった。これは、4.2 節で述べたように、解析では負加力において柱が引張りに大きく抵抗し、構造技術式は正加力と負加力の計算結果が同じ値であるためと考えられる。

5. まとめ

拡張された修正圧縮場理論の解析モデルを用いて、片袖壁付柱のせん断耐力の求解を試み、本解析モデルによる片袖壁付柱のせん断耐力解析および耐震診断式、構造技術式の適用性を検討した。

限られた範囲ではあるが、本検討により得られた結果をまとめて以下に示す。

- 1) 本解析モデルによる解析結果は、全体的には実験結果の最大耐力との差は小さく、概ね実験結果を捉えている。したがって、本解析は片袖壁付柱の曲げせん断耐

力の予測が可能と考えられる。

- 2) 本解析結果は、既往実験結果と同じような破壊形式を示し、既往文献で定義された初期せん断破壊と初期曲げ破壊に概ね分けることができた。
- 3) 耐震診断式による計算結果は、実験結果および本解析結果と比較すると正加力の耐力比は負加力より大きくなった。これは片袖壁付柱の等価断面積が負加力に比べ正加力の場合が小さくなるためと考えられた。
- 4) 構造技術式による計算結果は、実験結果および本解析結果と比較すると正加力の計算結果は大きくなり、負加力では小さくなった。これは、実験結果および本解析結果では、負加力において柱が引張りに大きく抵抗し、構造技術式では正加力と負加力の計算結果が同じ値であるためと考えられた。

謝辞

本研究においては、福井大学 磯雅人准教授に貴重な助言を頂きました。本研究を行うにあたり元崇城大学学生 角 梢氏、松尾 太士氏、坂上 友紀氏のご協力を頂きました。また、文献 8), 12)~23)の貴重な実験結果を使用させて頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会：2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書，全国官報販売共同組合，pp.641-663，2008.5
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，pp.402-425，2010.2
- 3) 日本建築学会：東日本大震災合同調査報告 建築編

- 1 鉄筋コンクリート造建築物, pp.110-112, 2015
- 4) 日本建築学会: RC 構造設計の現状と課題ー阪神・淡路大震災から 20 年の歩みー, 2015 年度日本建築学会大会 (RC 構造) パネルディスカッション資料, pp.37-44, 2015.9
- 5) 中村聡宏, 稲井栄一, 勅使川原 正臣: 鉄筋コンクリート造袖壁付き骨組の耐力・破壊形式評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道), pp. 587-588, 2013. 8
- 6) 田中準一, 三島直生, 畑中重光: 低強度コンクリートが使用された両側袖壁付き RC 柱の破壊性状に関する実験的研究ー反曲点高さ比の影響ー, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.2, pp.709-714, 2014
- 7) 加藤大介, 小林正英, 高松恭, 大塩謙一: 袖壁付き柱に着目した RC 造学校建物の被害の検討, 日本建築学会構造系論文集, 第 718 号, pp.1931-1939, 2015.12
- 8) 木原智美, 鈴木卓, 倉本真, 倉本洋: 片側袖壁付き RC 柱における壁板の損傷軽減に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp.103-108, 2015
- 9) 松本豊, 栗原和夫, 大嶺斎, 島津勝: 拡張された修正圧縮場理論による袖壁付き RC 柱のせん断耐力の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.613-618, 2013
- 10) 松本豊, 栗原和夫, 東康二, 島津勝, 林美貴: 修正圧縮場理論による片袖壁付き RC 柱のせん断耐力の検討 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.117-118, 2015.9
- 11) Vecchio, F. J. and Collins, M. P. :Predicting the Response of Reinforced Concrete Beams Subjected to Shear Using Modified Compression Field Theory, ACI Structural Journal, May-June, pp.258-268, 1988
- 12) 裴根國, 壁谷澤寿海, 金裕錫, 壁谷澤寿一: 片側袖壁付き柱と両側袖壁付き柱のせん断耐力算定法の比較, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.169-174, 2009
- 13) 裴根國, 壁谷澤寿海, 金裕錫, 壁谷澤寿一: 袖壁付き柱の構造特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp.115-120, 2010
- 14) PHAN Van Quang, 壁谷澤寿海, 金裕錫, 壁谷澤寿一, 裴根國, 石井貴子, 福山洋, 田尻清太郎: 高強度鉄筋コンクリート造片側袖壁付き柱の耐震性能に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), pp.121-124, 2009.8
- 15) 磯雅人, 上原正敬, 福山洋, 田尻清太郎: 袖壁付き RC 柱のせん断挙動に与える袖壁の出幅の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp.109-114, 2010
- 16) 裴根國, 壁谷澤寿海, 金裕錫, 壁谷澤寿一, PHAN Van Quang, 石井貴子: 鉄筋コンクリート造片側袖壁付き柱の終局強度に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.55B, pp.385-390, 2009.3
- 17) 山田貴大, 磯雅人, 河南孝典, 小川敦久: 袖壁付き RC 柱の高靱性化に関する研究 (その 3, その 4), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), pp.287-290, 2014.9
- 18) 祖父江美枝, 高橋之, 真田靖士, 一之瀬敏勝: 鉄筋コンクリート耐震壁のせん断耐力と破壊性状における枠柱の影響, コンクリート論文集, Vol.32, No.2, pp.427-432, 2010
- 19) 高橋之, 吉田和也, 一之瀬敏勝, 真田靖士, 松本健規, 福田洋, 諏訪田晴彦: 圧縮側に柱型がない RC 耐震壁の曲げ変形性能, 日本建築学会構造系論文集, No660, pp371-377, 2011
- 20) S.Takahashi, K.Yoshida, T.Ichinose, Y.Sanada, K.Matsumoto, H.Fukuyama, H.Suwada: Flexural Drift Capacity of Reinforced Concrete Wall with Limited Confinement, ACI Structural Journal, January-February, 2013
- 21) 加藤大介, 大塚祐二: RC 増設袖壁付き柱の静加力実験, コンクリート論文集, Vol.25, No.2, pp.1471-1476, 2003
- 22) 本田良政, 加藤大介, 本間敦, 南部昌隆: PCa 袖壁で簡略補強された既存 RC 柱に関する実験, コンクリート論文集, Vol.26, No.2, pp.253-258, 2004
- 23) 加藤大介, 本田良政, 田中寛徳: 接着型鋼板を用いた RC 造増設壁付き柱の静加力実験, コンクリート論文集, Vol.27, No.2, pp.1039-1044, 2005
- 24) Vecchio, F. J. and Collins, M. P. :The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear, ACI Journal, Proceedings V. 83, No.2, Mar. - Apr. , pp.219-231, 1986
- 25) 中村光, 檜貝勇: 拡張した修正圧縮場理論による RC はり断面のせん断耐力評価, 土木学会論文集, No490, V-23, pp.157-166, 1994.5
- 26) 日本建築防災協会: 2001 年改訂版 既存鉄筋コンクリート建築物の耐震診断基準・同解説, pp.191-195, 229-238, 2002.1
- 27) 建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会: 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書, 全国官報販売共同組合, pp.677-678, 2015.6
- 28) 裴根國, 壁谷澤寿海, 金裕錫, 壁谷澤寿一, PHAN Van Quang, 石井貴子, 福山洋, 田尻清太郎: 高強度鉄筋コンクリート造両側袖壁付き柱の耐震性能に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), pp.117-120, 2009.8
- 29) 澤井謙彰, 磯雅人, 田尻清太郎: 破壊モードを変化させた場合の袖壁付 RC 柱の曲げせん断性状に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.133-138, 2008