論文　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

裵 根國[*1]・壁谷澤 寿海[*2]・金 裕錫[*3]・壁谷澤 寿一[*4]

要旨：著者らが実施してきた袖壁付き柱に関する一連の実験結果（曲げ型両側袖壁試験体 4 体，せん断型両側袖壁試験体 4 体，片側袖壁試験体 4 体）の中からせん断耐力が比較可能な合計 7 体の両側袖壁付き試験体および片側袖壁付き柱試験体について実用設計式によるせん断耐力評価法を比較検討した。実用設計式としては，既往のせん断計算式および既往の研究で提案した分割累加によるせん断耐力評価式についてそれぞれ考察を行った。実験結果におけるせん断力負担のメカニズムを再検討するとともに，せん断耐力の実験値に対して一定の安全率を確保するために必要な評価式の修正法を示した。

キーワード：鉄筋コンクリート，片側袖壁付き柱，両側袖壁付き柱，せん断耐力，分割累加

1. はじめに

鉄筋コンクリート造建物における袖壁付き柱は，過去の実験や地震被害調査などにより，柱の剛性，耐力を上昇させるため有効な耐震部材となりうることが実証されている。しかし，袖壁付き柱は耐震要素として設計されず，耐震スリットなどにより構造部材と切り離されることが多い。その理由としては，①袖壁付き柱の挙動が柱とも壁とも異なる，②一般に終局強度以降に若干の耐力低下が生じる，③耐力および靭性の評価法の詳細が確立していない，などであり，実務設計上の取り扱いが困難であったためである。しかし，袖壁付き柱は建物の水平耐力に明らかに寄与するものであり，耐震スリットなどによる設計は，特に強度型の設計が可能な中低層の建物では必ずしも合理的な選択とはいえない場合も多い。

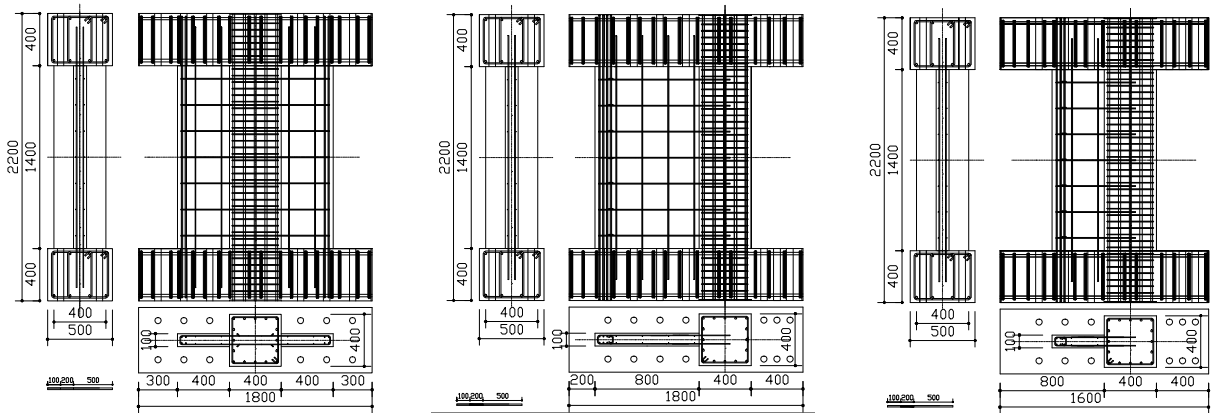
現在，袖壁付き柱の設計に関する評価式は，日本建築防災協会の耐震診断基準 [5]，日本建築センターの構造関係技術解説書 [6]（以下構造技術基準）によるものがある。しかし，これらの終局強度や靭性（部材ランク，靭性指標）の評価式の力学的な根拠や背景は必ずしも明快でない上に評価式の精度にも疑問がある。さらに，これらの評価式では，両側に袖壁がある場合を前提にしており，片側袖壁付き柱では，具体的な適用方法が明確になってないなど，特有の問題も残されている。

本研究は，今後の構造設計において袖壁付き柱が積極的に耐震部材と設計されることを目標としてこれまで著者らが実施してきた袖壁付き柱に関する一連の実験（曲げ型両側袖壁試験体 4 体，せん断型両側袖壁試験体 4 体，片側袖壁試験体 4 体）[1)-4)]の中からせん断耐力が比較可能な合計 7 体の両側袖壁付き試験体および片側袖壁付き柱試験体について実用設計式によるせん断耐力評価法を比較検討した。実用設計式としては，既往のせん断計算式 [5),6)]および既往の研究で提案した分割累加によるせん断耐力評価式 [7)]についてそれぞれ考察を行った。実験結果におけるせん断力負担のメカニズムを再検討するとともに，せん断耐力の実験値に対して一定の安全率を確保するために必要な評価式の修正法を示した。

表-1　対象試験体の一覧

試験体 (単位 kN ,mm)	柱			袖壁					軸力 (柱軸力比)	M/Q (M/Qd)
	断面	主筋	帯筋	長さ	厚	縦筋	端部縦筋	横筋		
SW(M)	400 * 400	16-D16 (2.0%)	2-D6@50 (0.32%)	400*2	100	D6@200 Double (0.32%)	4-D10	D6@200 Double (0.32%)	800 (0.2)	1400 (1.17)
SW(S)										700 (0.58)
SWW(M)			4-D6@50 (0.64%)			D6@100 Double (0.64%)		D6@100 Double (0.64%)		1400 (1.17)
SWW(S)										700 (0.58)
SWT-L			2-D6@50 (0.32%)	800*1		D6@200 Double (0.32%)	8-D10	D6@200 Double (0.32%)		1000(0.83)
SWT-SC				400*1			6-D10			1000(1.25)
SWT-LW			4-D6@50 (0.64%)	800*1		D6@100 Double (0.64%)	8-D10	D6@100 Double (0.64%)		1000(0.83)

*1 東京大学　工学系研究科　建築学専攻　大学院生　(正会員)
*2 東京大学　地震研究所　教授　工博　(正会員)
*3 東京大学　地震研究所　助教　工博　(正会員)
*4 東京大学　工学系研究科 都市持続再生研究センター　特任助教　工博　(正会員)



SW 試験体　　SWT-L 試験体　　SWT-SC 試験体

図-1　対象試験体の配筋図

2. 対象試験体

2.1 試験体概要

この論文で比較検討の対象とする試験体は，文献 [1)2)3)] の 12 体の試験体のなか表-1 に示す 7 体とする。文献 [1),2)] での SW，SWW 試験体は，同じ断面，配筋，試験体名となっているが，加力において表-1 に示すようにせん断スパン比が異なるため破壊モードが異なる別の試験体である。この論文では，これらの試験体を区別するため各試験体の名前の後ろに，曲げ型となった文献 [2)] の試験体を（M），せん断型となった文献 [1)] の試験体を（S）と付ける。

全ての試験体は，6～7 階建物の 1 階の柱を 1/2 スケールにモデル化したもので，標準となる試験体 SW の具体的な形状は，柱 b×D 400mm×400mm，袖壁は壁厚 100mm，袖壁長さ 400mm，内法高さは 1400mm である。柱主筋は 16-D16（Pg=0.2%）とし，帯筋は 2-D6@50（Pw=0.32%），袖壁の壁縦横筋は複配筋として 2-D6@200（Psh=0.32%），端部縦筋は 4-D10 である。この試験体 SW の袖壁（合計長さ）を片側に配置した試験体 SWT-L，試験体 SW の袖壁が片側のみの場合に相当する試験体 SWT-SC である。図-1 にこれらの試験体 SW，SWT-L，SWT-SC の配筋図および寸法を示す。また試験体 SW，SWT-L に対して，試験体の断面形状は同じとし，柱帯筋や袖壁の縦横補強筋を 2 倍にした試験体 SWW，SWT-LW として計 7 体の試験体である。

2.2 載荷方法

図-2 に載荷装置図を示す。加力には容量 1000kN，ストローク±200mm の油圧式ジャッキを水平方向に 1 台，鉛直方向に 2 台使用した。加力方向としては，片側袖壁の場合袖壁が引張となる方向を正とする。水平方向には変位制御で正負繰り返し載荷を行い，鉛直方向には試験体の柱の中心位置に軸力を加えた（ただし制御のミスより試験体 SWT-L, SWT-LW は、柱中心から正側に 100mm ずれたところになる）。全ての試験体は，鉛直方向に合計 800kN（柱軸力比 0.2）の一定軸力を与え，M/Q（反曲点高さ）は両端の鉛直ジャッキによる付加モーメントを

表-2 材料特性

試験体	コンクリート (N/mm²)	鉄筋の降伏強度 (N/mm²)		
		D6	D10	D16
SW(M)	25	405	385	365
SW(S)	28			
SWW(M)	27			
SWW(S)	25			
SWT-L	32-33	340	363	372
SWT-SC				
SWT-LW				

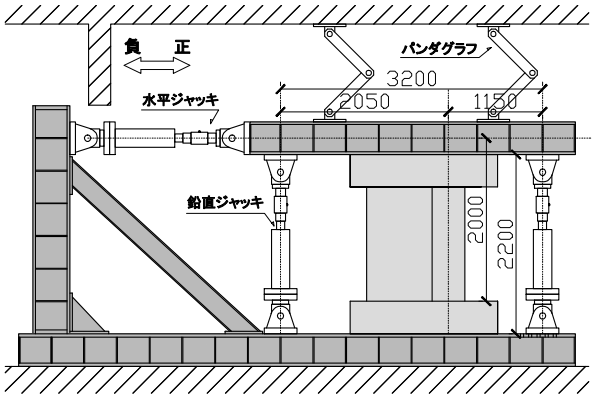


図-2　載荷装置

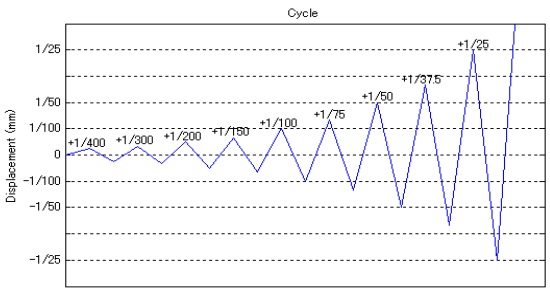


図-3　加力サイクル

水平力に比例させ、軸力中心位置で制御することにより維持した。せん断型両側袖壁試験体の M/Q（反曲点高さ）は 700mm，曲げ型両側袖壁試験体の場合は 1400mm，片側袖壁試験体の M/Q は 1000mm である。（表-1）各試験体の M/Q（反曲点高さ）の決め方はそれぞれの文献 [1)-4)] に記されているため略する。

図-3 に加力サイクルを示す。載荷履歴は変位制御により部材変形角 (試験体頂部変形 / 柱内法寸法(1400mm)) 1/400，1/300，1/200，1/150，1/100，1/75，1/50，1/37.5，1/25 を正負交番繰り返し載荷で各 1 サイクルずつ行い，最終はジャッキのストローク（ +1/12.5 程度） まで押し切った。さらに，水平載荷実験終了後，水平荷重を除荷して軸圧縮試験も行われているが，本論文ではその結果は省略する。使用した鉄筋およびコンクリートの材料特性は表-2 に示す。

3. 実験結果の比較検討

表-3 に試験体の実験から得られた最大水平耐力および文献 [5)-7)] から計算した曲げ略算 [6)]、完全塑性理論 [5)] および耐震診断 [5)]、構造技術 [6)]、分割累加 [7)] によるせん断の計算値を示す。試験体の破壊形式は，最大耐力到達時の鉄筋のひずみ状況から，試験体の引張鉄筋と横補強筋のどちらが先に降伏するかによって試験体の破壊形式を曲げ型（M）せん断型（S）とした。復元力特性や破壊経過の詳細は既往の文献 [1)-4)] に示したので省略した。

3.1 袖壁の配置が異なる試験体の比較

試験体 SWT-L，SWT-LW は試験体 SW，SWW の袖壁を片側に配置した（合計壁長さが同じな）試験体である。そして試験体 SWT-L は SW と，試験体 SWT-LW は SWW と試験体の断面形状や鉄筋量（主筋，帯筋，壁筋，壁端部縦筋）が同じである。これらの試験体の結果を比較することにより，袖壁付き柱の袖壁の配置（断面形状）による耐力の影響がわかる。M/Q （反曲点高さ）が異なるため直接的に比較することは不可能であるが，せん断耐力に注目し可能な範囲で比較してみた。

試験体 SW の M/Q（反曲点高さ）を 1000mm とし実験を行うと SW（S），SW（M）の実験結果から，せん断耐力は 459~652kN の範囲になると考えられる。しかし M/Q（反曲点高さ）を 1000mm にした片側袖壁試験体 SWT-L のせん断耐力（負側）は 768kN で，先ほど予想した両側袖壁試験体のせん断耐力の範囲の最大値である 652kN よりもおよそ 2 割高い結果を示している。試験体 SW を M/Q=1000mm に実験するとせん断耐力が 652kN より小さくなるのは明らかで，片側袖壁試験体 SWT-L は両側袖壁 SW より少なくとも２割以上せん断耐力を保有していると考えられる。この結果は，横補強筋を倍にした試験体 SWW と SWT-LW の間でも同じ結果が確認できる。片側袖壁の非対称性のため，柱引張方向（負側）のみの結果ではあるが，これにより袖壁の配置（断面形状）はせん断耐力に大きい影響を与えることが確認できた。

その原因として試験体 SWT-L のような片側袖壁は，柱の位置が端部になるため，柱が引張となる方向（負側）において，試験体 SW である両側袖壁より柱が曲げに大きく抵抗するからと思われる。柱が圧縮になる反対方向（正側）においても，耐震壁の実験などから適用することができるように柱がせん断力を大きく負担することにより，より大きいせん断耐力を示すと予想される。

3.2 引張となる袖壁の有無による比較

試験体 SWT-SC は試験体 SW の片側がない試験体（ただし，袖壁端部縦筋が 4 本ではなく 6 本）である。これ

表－3　実験値および計算値

0.053	方向	M/Q	実験値	破壊形式	曲げ				せん断					
					曲げ略算[6)]	実験／計算	完全塑性理論[5)]	実験／計算	耐震診断[5)]	実験／計算	構造技術[6)]	実験／計算	分割累加[7)]	実験／計算
			kN		kN		kN		kN		kN		kN	
SW(M)	+	1400	459	M	481	0.95	485	0.95	495	0.93	439	1.04	477	0.96
	−	1400	502	M	481	1.04	485	1.04	495	1.01	439	1.14	477	1.05
SW(S)	+	700	652	S	962	0.68	970	0.67	660	0.99	577	1.13	642	1.02
	−	700	647	S	962	0.67	970	0.67	660	0.98	577	1.12	642	1.01
SWW(M)	+	1400	487	M	471	1.03	512	0.95	578	0.84	515	0.95	551	0.88
	−	1400	532	M	471	1.13	512	1.04	578	0.92	515	1.03	551	0.96
SWW(S)	+	700	748	S	937	0.80	1024	0.73	730	1.03	641	1.17	703	1.06
	−	700	842	S	937	0.90	1024	0.82	730	1.15	641	1.31	703	1.20
SWT-L	+	1000	492	M	202	2.44	532	0.92	308	1.60	216	2.28	537	0.92
	−	1000	768	S	1197	0.64	1268	0.61	847	0.91	891	0.86	537	1.43
SWT-SC	+	1000	441	M	223	1.98	380	1.16	306	1.44	308	1.43	407	1.08
	−	1000	576	S	720	0.80	943	0.61	567	1.02	579	0.99	407	1.42
SWT-LW	+	1000	555	M	202	2.75	573	0.97	355	1.56	249	2.23	610	0.91
	−	1000	875	S	1197	0.73	1281	0.68	965	0.91	1008	0.87	610	1.43

らの試験体を比較することにより，耐震診断基準[5]などの計算方法である引張側の壁を無視する算出方法の評価および引張側となる袖壁が与えるせん断耐力への影響を調べることができる。

両側・片側袖壁試験体の M/Q（反曲点高さ）がそれぞれ異なるため直接比較はできないが，前節と同じく，試験体 SW の反曲点高さを 1000mm にしたときの水平耐力は 459~652kN の範囲になると予想して比較する。SWT-SC のせん断耐力（負側）は 576kN であり，ちょうど予想した範囲の中の結果であり，試験体 SW と SWT-SC のせん断耐力の差が大きくない結果が得られる。これにより引張となる袖壁はせん断耐力に寄与しないという推論もありうるが，実際の破壊モードからは柱が端部にくることによるせん断耐力の向上や，圧縮となる袖壁から引張となる袖壁まで壁全体にわたってせん断破壊した様子などからは，引張側袖壁の効果を無視するのは妥当でないと判断される。柱が圧縮となる方向（正側）でせん断破壊する片側袖壁実験により検証する必要があるが，片側袖壁であることで向上したせん断耐力と，壁量が少ないことによって低下したせん断耐力がほぼ同等であったために得られた結果であると推定される。

4. せん断計算式の考察

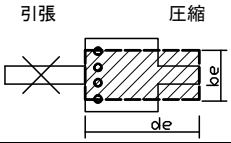
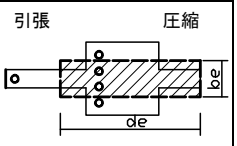
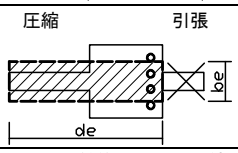
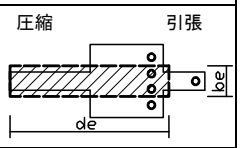
表-3 に計算した評価式のうち，耐震診断基準[5]や構造技術基準[6]は袖壁の断面を等価置換しせん断耐力を算定したもので，分割累加式では断面を縦に分割し算定する方法である。いずれの計算式も計算が簡易な荒川式（1）式を用いている。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{\ 0.23}(F_c + 18)}{M/Qd_e + 0.12} + 0.85\sqrt{p_{we}\sigma_{wy}} \right\} b_e j_e + 0.1N \qquad (1)$$

4.1 既往式

文献[7]にも示されているが，耐震診断基準や構造技術基準が定めている袖壁のせん断耐力の計算方法は，等価断面置換において以下のような問題点がある。①コンクリートの応力度負担が過大になる端部の断面幅が等価置面より小さい。②端部が拘束されていないので耐震壁のように単に等価壁厚に置換するのは危険側の評価になる。③等価な補強筋効果の算定式の過大評価となる。このような理由で過大評価となり，荒川式そのものが安全率を持っているにも関わらず，**表-3** のように計算値が実験値に近い値、あるいは計算値が実験値を上回る結果となる。

表-4 既往式の等価断面置換法

加力方向	耐震診断基準	構造技術基準
→（正）		
←（負）		
de	柱の引張鉄筋中心から圧縮縁	引張鉄筋群中心から圧縮縁
be	（柱断面積＋圧縮壁断面積）/（柱せい＋圧縮壁長さ）	断面積 / 全せい

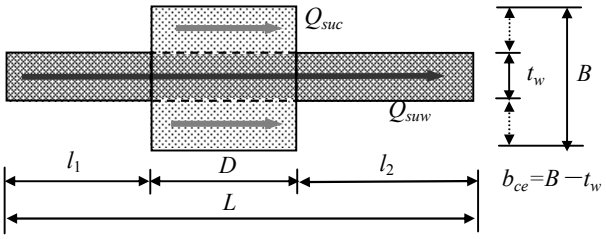


図-4 分割累加式の説明図

$$Q_{su} = Q_{suw} + Q_{suc} + 0.1N \qquad (2)$$

$$Q_{suw} = \left\{ \frac{0.053 p_{twe}^{\ 0.23}(F_c + 18)}{M/Qd_w + 0.12} + 0.85\sqrt{p_{wh}\sigma_{why}} \right\} t_w j_w \qquad (3)$$

$$Q_{suc} = \left\{ \frac{0.053 p_{tce}^{\ 0.23}(F_c + 18)}{M/Qd_{ce} + 0.12} + 0.85\sqrt{p_{cwe}\sigma_{cwy}} \right\} b_{ce} j_{ce} \qquad (4)$$

一方 3.2 節の実験結果比較から確認できるよう，結果的に引張側の袖壁の有無はせん断耐力に大きな影響を与えないため、**表-4** に示すように de の算定において引張側の壁を無視するか（耐震診断基準）引張鉄筋群にすることで引張側の壁の影響を小さくする（構造技術基準）方法から算出する既往のせん断計算式は，異なる断面形状（片側・両側）にも対応できることが確認できる。（**表-3** 参照）。

4.2 分割累加式

分割累加式の考え方は，**図-4** に示すように，壁と柱の断面を縦（壁長さ）方向に分割して，それぞれのせん断耐力を算出し，累加することによりせん断強度を算出する方法である（(2)(3)(4)式による）。この方法は，矩形断面の実験式を基本にして，等価断面置換による既往式の問題点を改善する方法として提案された。

この分割累加式により計算した結果を実験値と比較すると，両側袖壁の場合，実験値とほぼ同じ値になって安全率が小さいのに対して，片側袖壁の場合はおよそ 4 割の安全率がある結果となっている。

分割累加式による計算では，壁の長さ方向に分割するため，袖壁の合計長さが同じであれば，片側・両側関係なく同じ計算結果となる。試験体 SW と SWT-L がその関係であるが，試験体 SWT-L が SW に比べせん断耐力が 2-3 割大きい結果（**3-1** 節）を示しているため，分割累加式では，試験体 SW，SWT-L の耐力の違いを適切に評価

しているとはいえない。

また，分割累加式のもう一つの問題として，左右非対称の試験体においても正負の方向に関係なく計算値が同じとなることである。非対称試験体である片側袖壁が正負共にせん断破壊しなかったため，実験結果による直接的に検証はできないが改善の必要があると考えられる。このような問題点を踏まえて，次節で分割累加式の修正法を検討し，実験結果の再評価を行う。

5. 修正分割累加式

5.1 分割累加式の修正

前節で示したように，分割累加式の問題点は，柱と壁について最大せん断耐力を発揮する変形の相違が考慮されずに累加していることであると考えられる。柱と袖壁が最大耐力に到達する変形は，袖壁部と柱部の形状や配筋の影響を受ける。一般には，縦に分割した袖壁の長さは長いため剛性が高いので，壁がせん断破壊するときには柱は最大耐力に到達していない可能性が高い。しかし，柱が端部にくる片側袖壁の場合は，方向によってメカニズムは異なるが，いずれの方向に対しても柱の負担せん断力が上昇し，より高い剛性および耐力を発揮するようになると考えられる。

そこで，袖壁と柱のプロポーションがせん断耐力に与える影響を以下に示す(1) (2)の二つの方法により考慮し計算する。(1) (2)の計算値のうち大きい値を袖壁付き柱のせん断耐力とする。

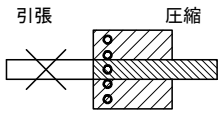
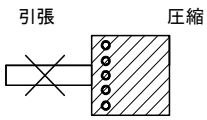
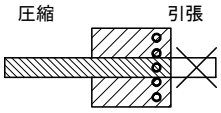
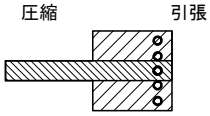
(1) 強度寄与係数による修正

分割された柱部の Qsuc（式 1）に柱と袖壁のプロポーションにより決定される強度寄与係数 α を導入することにより，袖壁付き柱の最大耐力の柱部の強度寄与を考慮する。（式（5））

$$Q_{su} = Q_{suw} + \alpha \cdot Q_{suc} + 0.1N \qquad (5)$$

現状では，強度寄与係数 α を，すべての変動要因を合理的に考慮して，理論的に，あるいは実験的に評価することは難しい。そこで本研究では具体的に α を評価する方法は今後の課題として，強度寄与係数 α による分割累加式の適用性を調べることを目的として，以下のように単純に仮定して実験結果と比較した。柱が袖壁の中心にあるときは α=0.5, 柱が端部にあるときは α=1.0 とする。すなわち，片側袖壁は柱部と壁部が同時に最大耐力に到達すると仮定し（α=1.0），これを基準にして柱が中央にある場合は低減するが，低減率は現状で得られている実験結果に対して概ね妥当な結果になるように α を設定したことになる。

表-5 引張壁無視による分割累加式の計算法

加力方向	両側袖壁付き柱	片側袖壁付き柱
→（正）		
←（負）		

(2) 引張袖壁の無視による修正

前節で設定した強度寄与係数 α は，今回対象とした試験体の断面形状で，さらに片側袖壁の場合は負側のみの値であるため，あらゆる断面形状に一般的に適用可能ではない。とくに柱の寸法に対する袖壁の長さ（出張比），厚さのよる影響が考慮されていないため，袖壁が比較的小さく，柱のせん断耐力が全体のせん断耐力を大きく左右する場合，柱部（Qsuc）に強度寄与係数 α を適用させるのは，過小評価となる可能性がある。

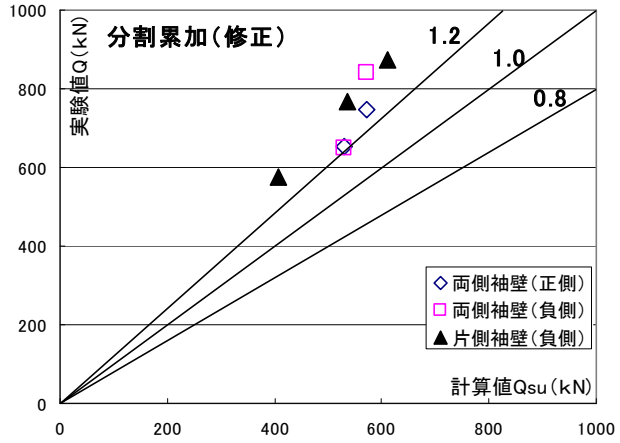
それで 3-2，4-1 節で示したように，既往式のように引張側の袖壁部を無視して計算した値が結果として柱の累加による低減の効果を概ね表していることから，当面分割累加式による評価でも引張側袖壁の無視する方法を併用して，強度寄与係数による計算方法の仮定の不確かさを補うことにした。**表-4** に引張側袖壁の無視および分割の方法を示す。

5.2 修正式による実験値の再評価

表-6，**図-5** に修正分割累加式の計算値と実験値を示す。

表－6　修正分割累加式による実験値との比較

			SW(S)	SWW(S)	SWT-L	SWT-LW	SWT-SC
実験値		+	652	748			
		−	647	842	768	875	576
修正前	Qsu		642	703	537	610	407
	実験/計算	+	1.02	1.06			
		−	1.01	1.20	1.43	1.43	1.42
強度寄与係数αによる修正	Qsu		529	571	537	610	407
	実験/計算	+	1.23	1.31			
		−	1.22	1.47	1.43	1.43	1.42
引張壁無視による修正	Qsu		485	541	537	610	407
	実験/計算	+	1.34	1.38			
		−	1.33	1.56	1.43	1.43	1.42
分割累加式（修正）	Qsu		529	571	537	610	407
	実験/計算	+	1.23	1.31			
		−	1.22	1.47	1.43	1.43	1.42



図－5　分割累加式（修正）による計算値との比較

片側袖壁の値はいずれの修正式においても，柱部が最大耐力に全部寄与する仮定や引張壁が存在しないことから修正前後に違いがない。しかし両側袖壁の場合，いずれの修正式でも値が小さくなる結果となり，計算値が実験値に対して２～４割の安全率を示した。これにより分割累加式でも断面形状によるせん断耐力を考慮できるようになった。

今回対象とした袖壁試験体は，設定したαに対して，柱のせん断耐力が支配的になる試験体ではなかったため，強度寄与係数α(1)によりせん断耐力が決まる結果となった。設定した強度寄与係数αは，あらゆる断面形状に対しても適用できる値ではないため，今後検討が必要であるが，強度寄与係数αと引張側袖壁無視の併用による分割累加式の修正が妥当な方向であることが確認できた。

6. まとめ

本研究では，これまで行った一連の袖壁付き柱の実験結果について，両側袖壁 4 体，片側袖壁 3 体の実験結果を比較し，既往のせん断耐力評価法を検討した結果，以下の結論を得た。

(1) 同じ断面積，鉄筋量を有する（柱の位置のみ異なる）両側袖壁（SW, SWW）と片側袖壁（SWT-L, SWT-LW）のせん断耐力は，片側袖壁の方が両側袖壁に比べて 2 割程度以上に高くなる結果が得られた。

(2) 両側袖壁（SW）とその試験体の片側の壁がない片側袖壁（SWT-SC）のせん断耐力を比較すると，壁の量が半分であるにも関わらず，柱が端部にくることにより結果としてのせん断耐力は大きな差がみられなかった。

(3) 耐震診断基準や構造技術基準による袖壁付き柱のせん断式は，等価断面置換法の問題点により過大評価され，実験値とほぼ同じ計算値または実験値を上回る計算結果となった。しかし既往式は引張側の壁がせん断耐力に与える影響を少なくすることにより，異なる断面形状にも対応できることが確認できた。

(4) 分割累加式は，縦に（長さ方向）分割するため，壁の長さが同じであれば，断面形状・方向に関係なく同じ値となる問題点があり，片側・両側袖壁共に精度よく評価することができなかった。

(5) 分割累加式を以下の計算の内，大きい方を袖壁付き柱のせん断耐力とするように修正し評価を行ったところ，片側・両側袖壁（異なる断面形状）共に，実験値に対して２~４割の安全率で評価できた。

a)　柱の位置により異なる強度寄与係数αを導入することにより，柱部と壁部の最大耐力到達時期の相違を考慮し，せん断耐力を算出する

b)　強度寄与係数αに一般性がないことを補完するため，引張袖壁を無視し分割累加により算出する

以上により，分割累加式を用いる場合，修正の方向の妥当性は確認されたが，より一般的な強度寄与係数αの設定など，さらに詳細な検討が必要である。

謝辞

本研究および一連の実験は科学研究費補助金基盤研究 B「袖壁付き柱を有する鉄筋コンクリート建物の耐震性能評価法に関する研究」（代表者壁谷澤寿海, 19360246, 平成 19-22 年度）により実施された。

参考文献

1) 壁谷澤寿成，壁谷澤寿海，東條有紀子，壁谷澤寿一：せん断破壊型袖壁付き柱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.115-120, 2008

2) 東條有紀子，壁谷澤寿成，壁谷澤寿海，金祐錫：曲げ降伏型袖壁付き柱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，p.109-114，2008

3) 裵根國, 壁谷澤寿海, 金祐錫, 壁谷澤寿成, PHAN Van Quang，石井貴子：片側袖壁付き柱の実験的研究，日本地震工学会大会 2008 梗概集，pp.28-29，2008

4) 裵根國, 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，日本建築学会構造工学論文集 Vol.55B，2009.3（投稿中）

5) 日本建築防災協会：既存コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説，pp.229-244，2001

6) 日本建築センター：2007 年版建築物の構造関係技術基準解説書，pp.641-663，2007 年 8 月

7) 壁谷澤寿海，壁谷澤寿成：袖壁付き柱の実用せん断強度式，地震工学会，pp.115-120，2007