

## Appendix B 非ヒンジ部材の耐力割増係数

### B.1 概要

非ヒンジ部材（本論では柱に限定する）の部材耐力は、建物の全体としての耐力設定後、想定した降伏形以外の形状とならないような強度設計をする必要がある。このためには、降伏ヒンジ形成部以外の部外は不確定要因を考慮して、応力を適切に割り増して設計する必要がある。Pressの指針\*1においては、主要な応力割り増しの要因を以下のように定めている。

- 1)材料強度の上昇に対する割り増し
- 2)建物に対する地震入力の方角性に基づく割り増し
- 3)動的効果による割り増し

これ以外にも、歪み速度による部材の強度差、設計式の精度、施工精度等に起因するものが考えられるが、ここでは考慮しない。

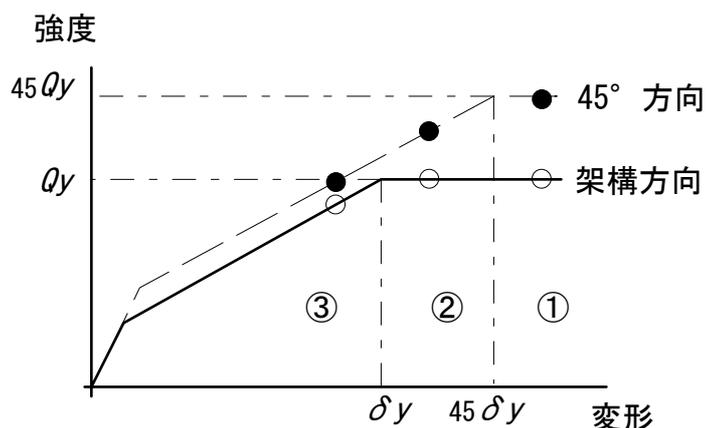
このうち、材料強度によるものについては、梁の強度上昇として考えるべきものであり、鉄筋の降伏強度の規定値との相違の他に、鉄筋の歪み硬化や、スラブ有効幅の上昇等の効果も考えられる。梁部材の曲げ耐力を上限強度とすることによりこの係数は1.0とすることができる。従って、ここでは2)3)についての検討を行う。特に3)については、60層建物を例にして具体的な数値の検討を試みるものとする。

---

\*1 プレキャストコンクリートラーメン構造に関する研究報告書、建設省建築研究所、建築業協会、プレファブ建築協会、日本建築センター、1993年

## B.2 地震入力方向性

これについては、Pressにおいて応答レベルに応じて $45^\circ$  方向入力時の割増係数を定めている。純ラーメン形式の建物の架構方向と $45^\circ$  方向の強度と変形の関係は図-B.1に示したようになる。純ラーメン形式の高層建物においては、 $45^\circ$  方向でも周期は変わらないので、応答変位一定則がなりたつ。この時、図中の①、②、③のそれぞれの領域で架構方向の応答値が白丸であるとすると、 $45^\circ$  方向での応答値は黒丸となる。①の領域の建物は、 $45^\circ$  方向入力に関しても降伏するため、梁が両方向降伏した時の柱のモーメントは、 $\sqrt{2}$  倍となり、柱軸力は2倍となる。②の領域の場合は、 $45^\circ$  方向時には降伏しないことになるので、柱モーメントは架構方向の応力状態によって1.0~1.4倍程度となり、柱軸力は1.4~2.0倍となる。③の領域の時には、柱モーメントの割り増しは1倍で良いが、柱軸力は1.4倍となる。Pressでは、高層建物は応答レベルは③の領域にあるので柱モーメントの割増係数は1.0でよいとしている。しかし、短スパン梁のあるような建物では、本論で示した推定法により応答のレベルを求め、それにより割増係数を定めればよい。

図-B.1  $45^\circ$  方向の応答

### B.3 動的効果

動的効果に対する応力割増係数は、どの応力に対して定めるかで値が変わってくる。想定する柱の応力状態としては、以下の3種に分類できる。

- 1) 梁の降伏モーメントを上下層の柱に分配
  - a) 上下1/2づつに分配
  - b) 弾性応力比で分配
  - c) a)とb)の組み合わせ
- 2) 設定した外力分布での増分解析により、想定する変形時での応力
- 3) 想定した設計外力に対する柱の弾性モーメント

設計の簡便性から言えば、梁降伏モーメントより定められたほうがよいと考えられるが、値が高次モードの影響で大きく変動する可能性がある。Pressでは設計保証変形時の柱応力に対して、応答解析結果を参考に、中柱、外柱に対し節点の柱頭柱脚のモーメントの内、大きな方の値に対して1.0~1.2の値を与えている。この場合には、静的増分解析が終わらないと割増係数の設定ができないので、断面の設定には用いることが難しい。3)は、基本的には1)のb)に近いが、梁耐力が過大な時に梁にヒンジができることを保証するのではなく、柱にヒンジができないことを保証することが主目的である。すなわち、想定する地震動に対し、梁の降伏の如何にかかわらず、柱にヒンジができないようにしようとするものである。

高層建物においては、高次モードの影響が大きく、モーメント変動がより大きくなる可能性がある。3)の立場に立てば、この効果は、弾性剛性と設計用応答スペクトルを用いたSRSSにより求めることが可能となる。しかし、SRSSで求めた柱モーメントは、梁降伏モーメントとは関係がないので、梁の降伏により節点モーメントが制約される場合への適用については注意が必要である。

固有モードと柱モーメントの関係のイメージ図を1次と2次モードについて図-B.2に示す。1次モードの柱モーメントはせん断力に応じて下層ほど大きくなる。最下層においては、梁の剛性に比べ脚部の固定度が高いため片持ち梁に近い形状となり脚部のモーメントが増し柱の反曲点が上方に移動する。中間層では、剛性

が変化する層の近辺を除けば、反曲点は層中央にある。2次モードの柱モーメントもせん断力に応じた値となり、反曲点の移動が無ければ、図に示したようになる。これらのモーメントのSRSSから求まるモーメントは、せん断力が各次せん断力のSRSSで求まっておれば、そのせん断力から求めた柱モーメントと同じとなる。従って、高次モードモーメントの反曲点が移動しなければ、設計用せん断力に高次モードの影響を加味することで動的効果を考慮できる。反曲点が移動する場合には、モーメントのSRSSにより高次モードの影響を考慮することになる。

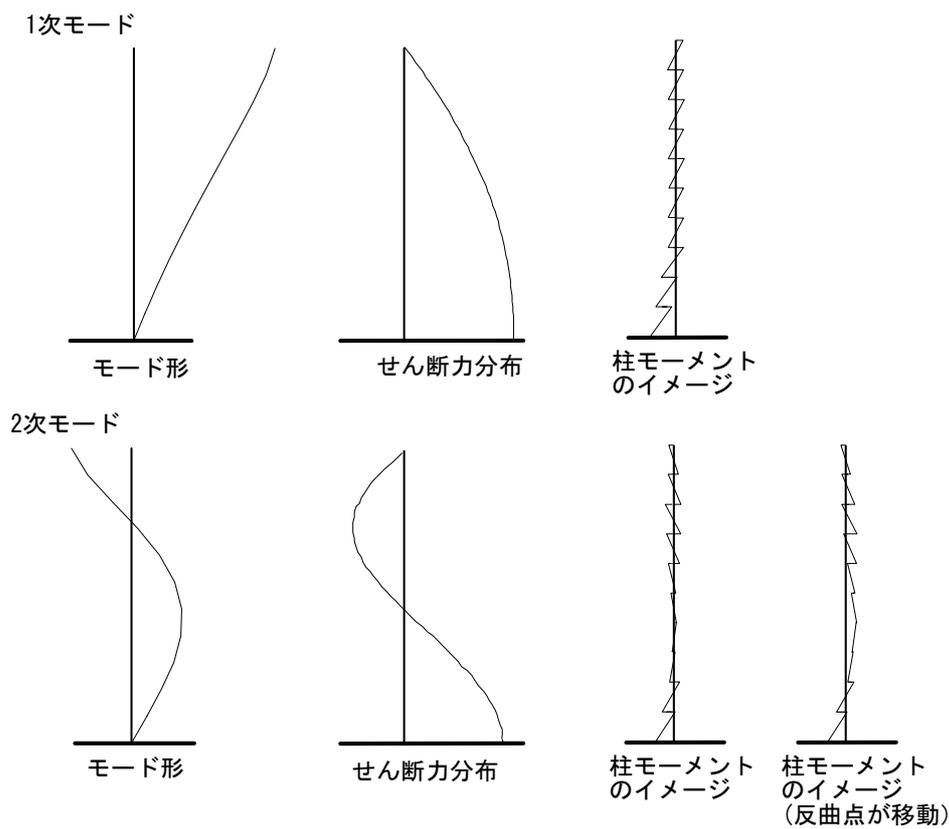


図-B.2 モード形による柱モーメント分布のイメージ図

#### B.4 60層建物の例

図-B.3に、60層建物の1～5次モード外力時の外柱（フレーム外端）と内柱（フレーム中央）のモーメントの分布を示した。ここで、設計用応答スペクトルは、周期1秒で加速度一定領域と速度一定領域に別れる形状のものとした。各モーメント分布はせん断力分布に対応しており、反曲点の移動はモードによる顕著な差は見られない。

図-B.4にSRSSにより求めた設計用外力分布での柱モーメントと、図-B.3に示した各次のモーメントからSRSSによって求めたモーメントの比較を示した。両者はよく一致している。この両者の比をとって割増係数として示したのが図-B.5(a)である。外柱の上層の柱脚で大きな値となっているが、これはモーメントの絶対値が小さいので無視するものとする、内柱では1.0、外柱では1.2程度の割増係数を考えればよさそうである。同図(b)は、Pressにならない、節点での最大モーメントに対する割増係数で示したものである。この場合には、内柱で1.0以下、外柱で1.2以下であり、Pressで割増係数を1.0～1.2としていることに対応している。

図-B.6(a)にSRSSにより求めた設計用外力分布での梁モーメントを柱に1/2に振り分けた時のモーメントに対するSRSSによって求めたモーメントの比による割増係数を示した。外柱の上層の柱脚と断面の変化する層の近辺を除けば、ほとんど1.0であり、割り増し係数としては、内柱で1.2、外柱で1.5倍程度としておけばよさそうである。つまり、設計用せん断力分布に高次モードの影響が考慮されている時には、梁モーメントの1/2振り分けモーメントに対し、最下層を除き1.5倍程度の割り増しをみておけばよさそうである。

同図-B.6(b)には、SRSSにより求めた設計用外力分布と同じベースシアーとなる1次モード外力を外力分布とした柱モーメントと各次のモーメントのSRSSによって求めたモーメントの比による割増係数を示した。上層部1/3で外柱の割増率が極端に増加している。実際には、梁が降伏するためこれほど大きな値にはならないとしても、設計用せん断力分布に高次モードの影響を考慮した時とはまったく異なった様相となっている。この場合には、詳細な割増係数の検討が必要となる。

実際の応答時には、部材は弾塑性挙動を示し、剛性が変化する。梁降伏型に設計された建物においては、剛性低下は梁で大きく、相対的に柱の剛性が大きくなる。図-B.7は、梁の剛性を低下させたときに、柱のモーメント割り増し係数がどのように変化するかを示したものである。割り増し係数は、梁の剛性を低下させて求めたモード形を用いて、各次モードの柱モーメントを求め、そのSRSSモーメントを、弾性時のSRSSせん断力によるモーメントで除して求めた。この時、梁の剛性が低下すると周期が延び、SRSSせん断力が小さくなるので弾性時のSRSSせん断力と同じになるようにSRSSモーメントを割り増してある。梁の剛性の低下の度合いに応じて下層部と上層部の割り増し係数が大きくなっている。外柱では、中間層でも大きくなっており、梁剛性を1/10にしたときには、1.5倍程度となっている。

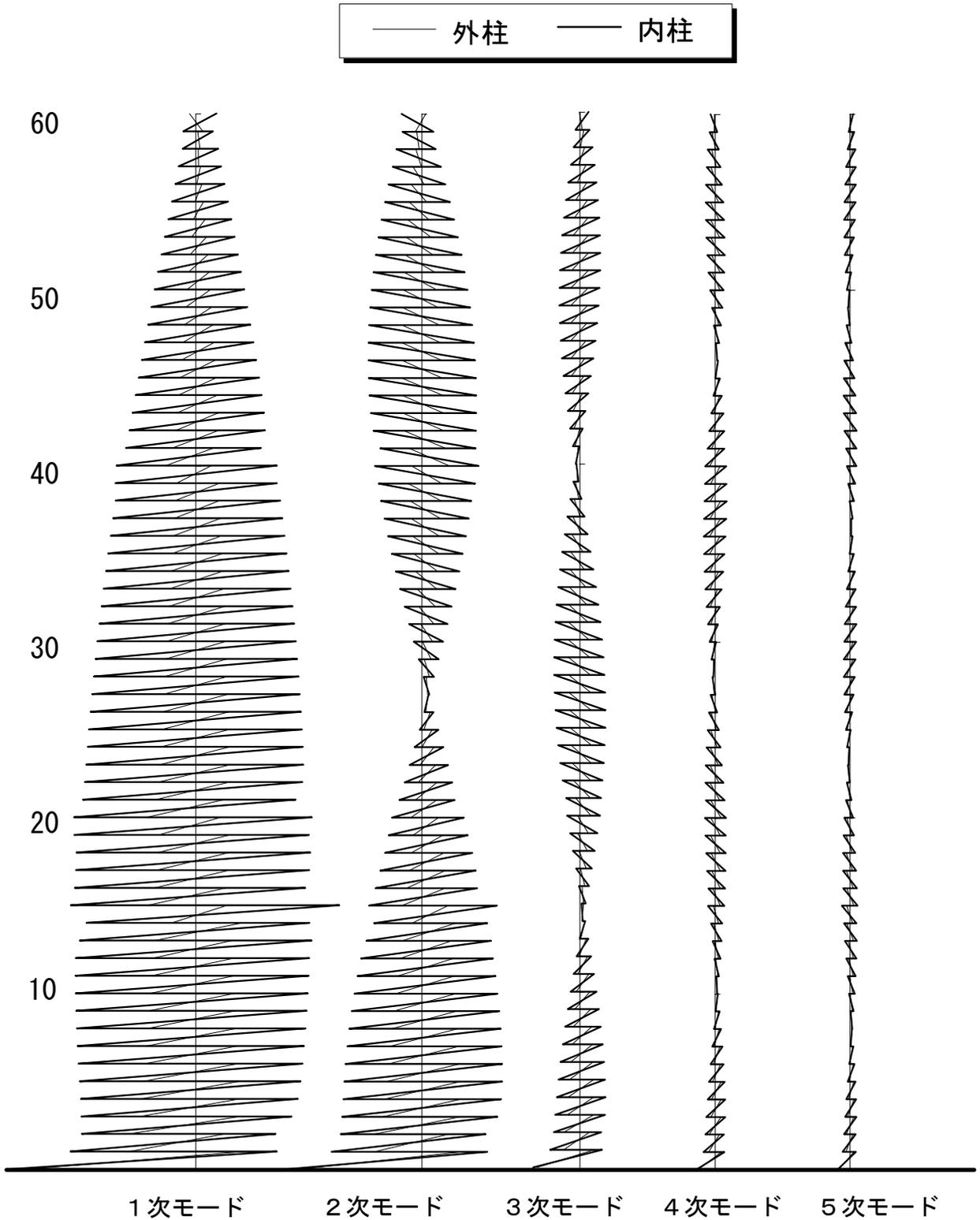


図-B.3 60層建物のモード形による柱モーメント分布

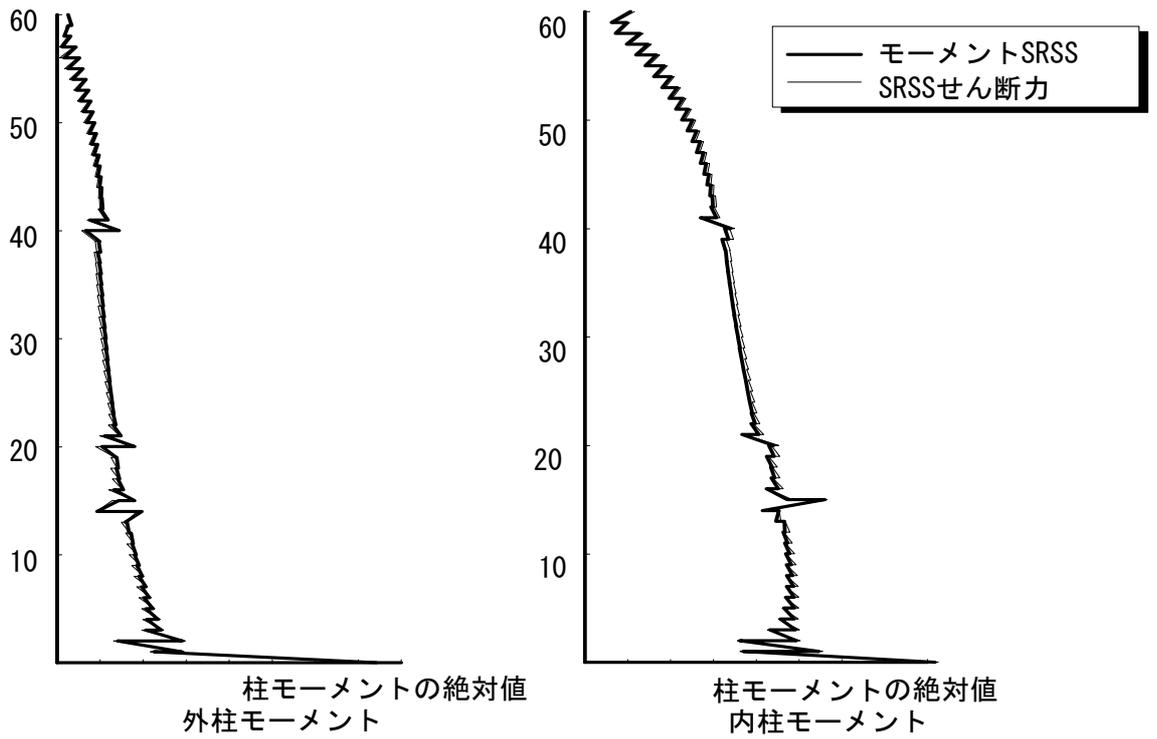


図-B.4 60層建物のSRSSによる柱モーメント分布

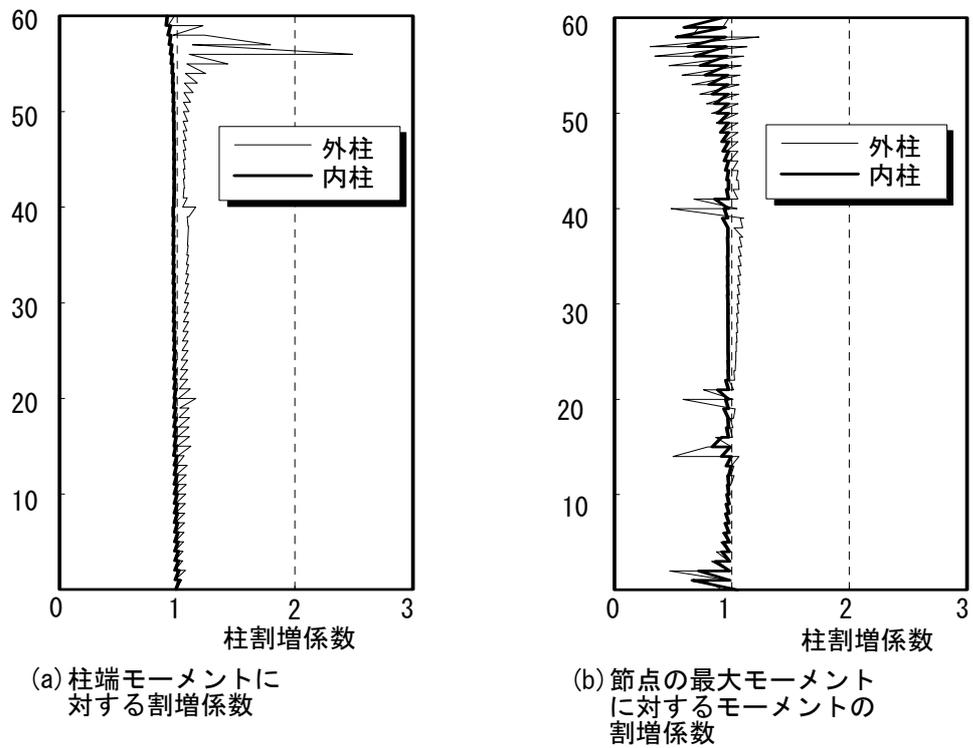


図-B.5 60層建物のSRSSによる柱モーメント割増係数

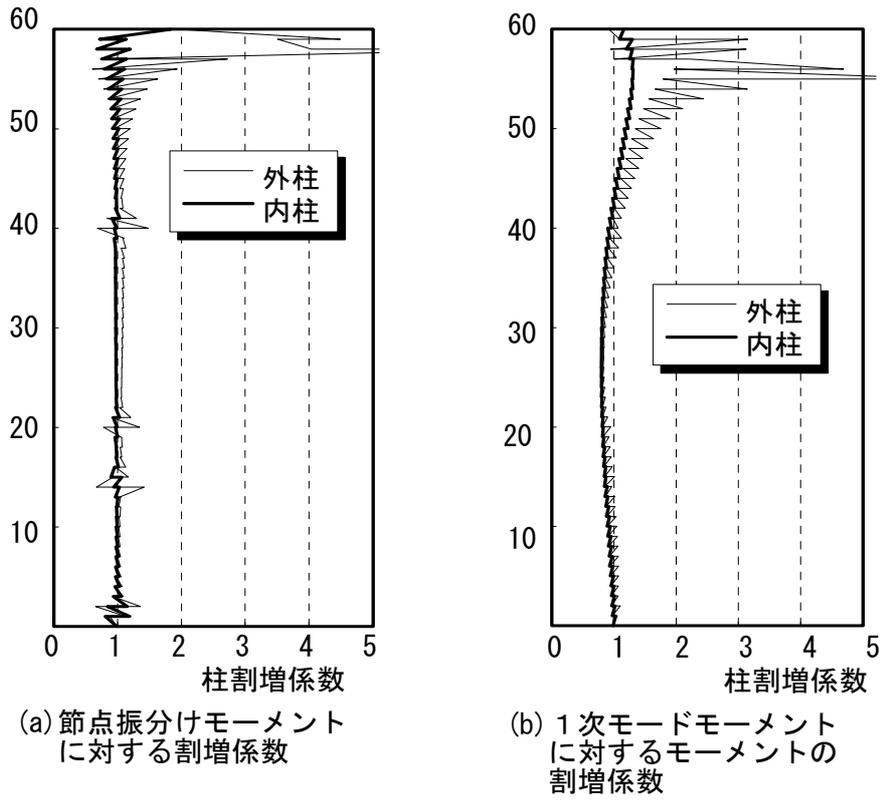


図-B.6 60層建物の略算値に対するSRSSによる柱モーメント割増係数

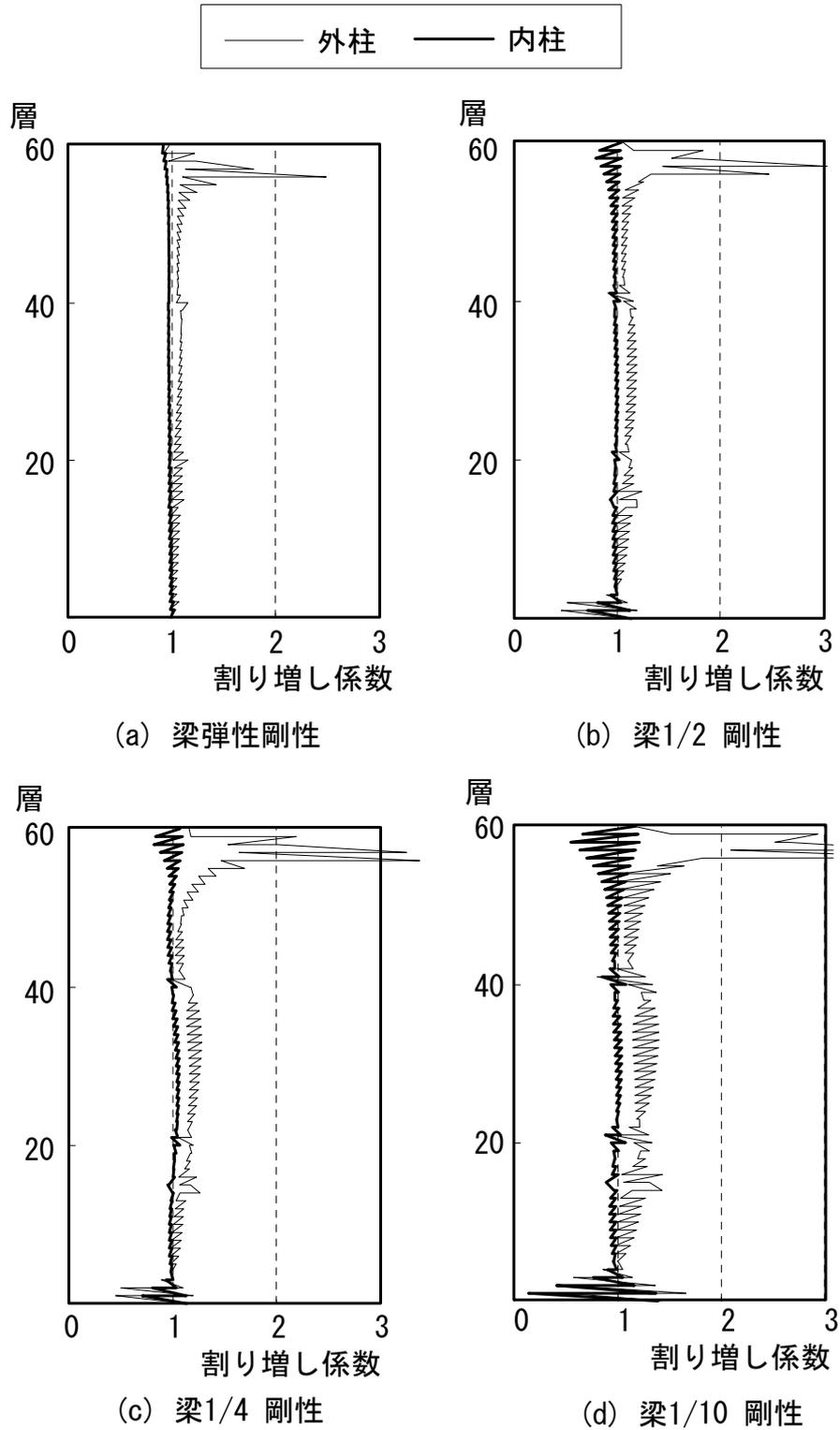


図-B.7 60層建物の梁剛性の変化による柱モーメント割増係数の相違

図-B.1	45° 方向の応答 .....	208
図-B.2	モード形による柱モーメント分布のイメージ図 .....	210
図-B.3	60 層建物のモード形による柱モーメント分布 .....	213
図-B.4	60 層建物の SRSS による柱モーメント分布 .....	214
図-B.5	60 層建物の SRSS による柱モーメント割増係数 .....	214
図-B.6	60 層建物の略算値に対する SRSS による柱モーメント割増係数 .....	215
図-B.7	60 層建物の梁剛性の変化による柱モーメント割増係数の相違 .....	216