

第4章 超高層建築物の地震応答計算

4-1 はじめに

本WGは、本事業に(社)日本建築構造技術者協会(以降、JSCAと略す)が共同研究者として参画するにあたって、事業者が作成した長周期地震動提案波によるJSCA超高層建物モデルを用いた応答解析を行い、その検討結果に基づき構造設計者の立場から長周期地震動作成法及び提案波に対する意見を集約することを目的として、JSCA内に設けられたワーキンググループである。そのため、超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討委員会のうち、長周期地震動・応答WGの下位組織として位置づけられているが、活動報告をまとめるにあたっては、「JSCA長周期地震動WG-II」として、独立した意見等もまとめることをも視野に入れて作業を行っている。そのため、設計者の立場から共通に合意できることを中心にまとめるが、重要と思われるものについては少数意見であっても各委員個人の意見を併記する場合もある。

本年度における本WGの検討事項は、以下の通りである。

第3章で作成された波形による超高層建築物等の地震応答計算

- 1) 作成された長周期地震動を用いた超高層建築物等の応答評価を行う。
 - ・ H21年度建築基準整備事業で用いた(社)日本建築構造技術者協会作成のモデルによる再検討(条件により主要なもので集約)
- 2) 地震動レベルや長周期地震動による超高層建築物等の応答性状を踏まえた耐震設計クライテリアの検討を行う。
 - ・ 応答解析に基づく、耐震設計クライテリアの検討

本章では、1節に事業者の作成した三連動地震による長周期地震動の応答スペクトルとエネルギースペクトル、加速度波形を示す。さらに、その中から選定した本年度検討用地震動(2011)と平成21年度に作成された検討用地震動(2009)を比較する。2節および3節にJSCA超高層建物モデルを用いた2011地震動および2009地震動による応答解析結果を示す。4-4節に応答解析結果に基づき、耐震設計クライテリアに対する検討とそれをもとにした意見、課題をまとめる。

4-1-1 地震動概要

本基準整備事業の提案する観測データによる方法で作成された東海-東南海-南海3連動地震を想定した地震動(2011)の一覧を次頁表4.1-1に示す。地震波種別の平均は観測データによる方法の平均値を、平均+ σ は平均値+標準偏差で作成された地震波を表す。地震波は時間刻みを0.02秒とし波形長さは739.82秒となっている。表4.1-1中の f 値は、地震波がEl Centro NS波などの標準波何波分の入力エネルギーを持つかを示す係数であり、減衰定数 $h=0.1$ のときの周期0~10秒間のエネルギースペクトルの平均値 $\overline{V}_{E,h=0.1}$ と、速度応答スペクトルの平均値 $\overline{S}_{V,h=0.1}$ から求める。

1) また、地震動の加速度波形のパワーの累積値 $\int_0^t f^2(t)dt$ を求め全体のパワーの5%となる点と95%となる点の時間を継続時間 ${}_e t_o$ と定義し示している。

各地震動の平均と平均+ σ の速度応答スペクトル($h=5\%$)とエネルギースペクトル($h=10\%$)および各地点の加速度時刻歴波形を次頁以降の図に示す。エネルギースペクトルは、入力エネルギーの速度換算値 V_E と建物周期 T の関係で示される。²⁾ V_E は次式により求められる。

$$V_E = \sqrt{2E/M}$$

ここに、 E ：総入力エネルギー入力、 M ：建物の総質量

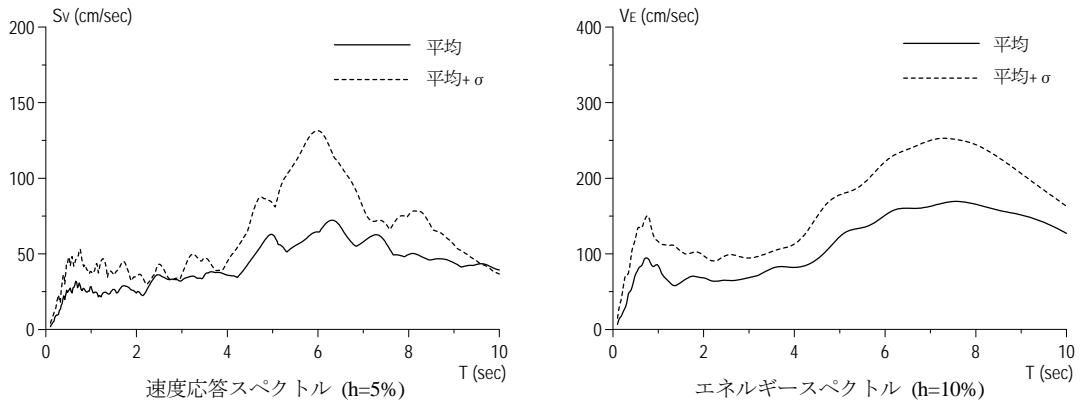
建物に対する応答検討は、2009年時に大阪地区で影響の大きい南海地震のなかで比較的大きな応答スペクトル値を示す此花波(N-OSKH02)、名古屋地区では東南海地震と東海地震が連動する東南海・東海地震のなかで名古屋市内に近い津島波(T-TN-AIC003)と名古屋波(T-TN-AIC004)、東京地区では継続時間の長い観測記録が計測されている新宿工学院大学のデータを利用した東南海・東海地震の新宿工学院大学波(T-TN-KGIN1F)の4波(以下提案波(2009))を対象として検討を行い此花波(N-OSKH02)、津島波(T-TN-AIC003)のいずれかの応答が卓越することが確認された。今回は(2009)で比較的小さかった名古屋波に替えて東海地域で大きな応答スペクトル値を示す浜松波(SZ0024)を採用し、此花波(OSKH02)、津島波(AIC003)、新宿波(KGIN)と計4波による検討を行った。また今回の応答結果を比較のため2009地震動による結果とあわせて示す。なお、解析時間は残留変形を求めるため地震終了後自由震動を十分な長さで行うように、地震波のデータ末尾に200秒程度0を追加した波形で時刻歴応答解析を行っている。

参考文献

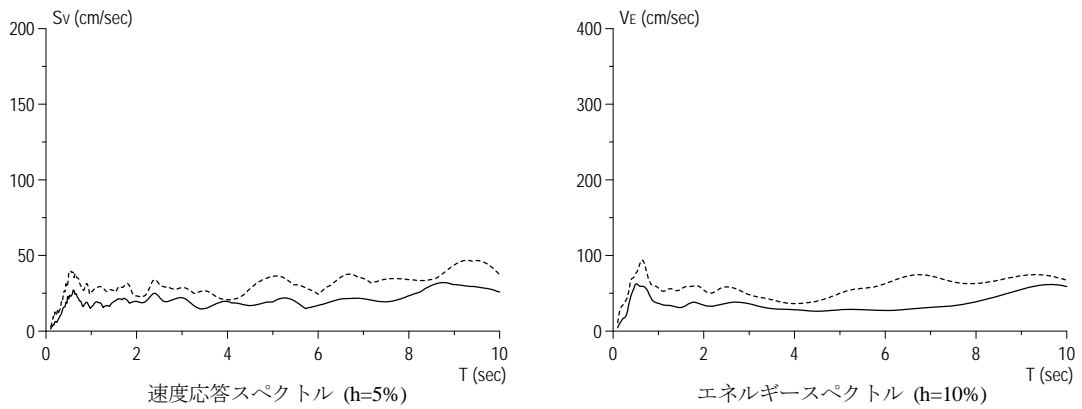
1. 秋山宏, 北村春幸: エネルギースペクトルと速度応答スペクトルの対応, 日本建築学会構造系論文集, 第608号, pp. 37-43, 2006年10月
2. 秋山宏: エネルギーの釣り合いに基づく建築物の耐震設計, 技報堂出版, 1999.1

表 4. 1-1 2011 地震動一覽

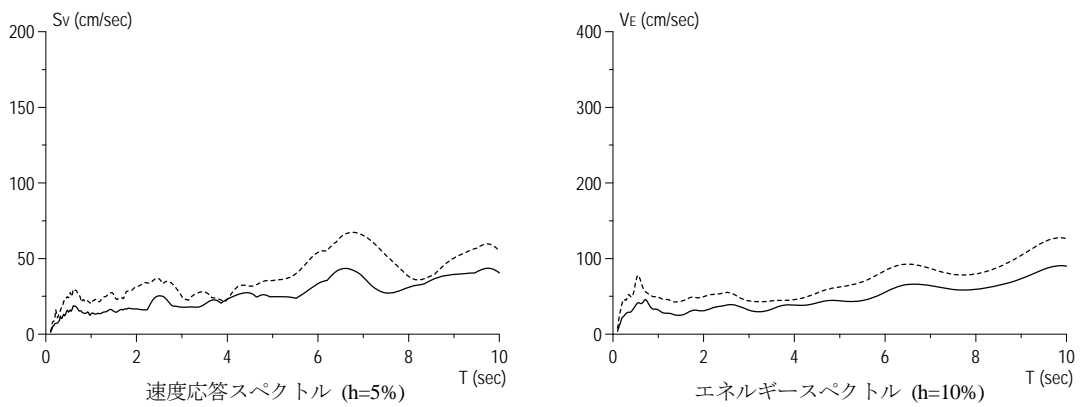
観測地点	都市名	地震波種別	最大加速度振幅 (cm/s ²)	\overline{S}_v	\overline{V}_E	f 値	継続時間 $e^{\cdot}t_o$ (sec)
E62	千葉	平均	89.27	43.0	113.9	2.83	374.16
		平均+ σ	160.92	63.3	165.9	3.04	362.50
CHB009	千葉	平均	69.91	21.0	36.7	1.12	339.06
		平均+ σ	136.07	31.4	58.9	1.32	322.74
CHB024	稲毛	平均	53.19	26.9	49.4	1.35	345.40
		平均+ σ	93.77	39.1	70.1	1.22	351.30
SIT003	久喜	平均	56.54	34.6	67.2	1.55	298.26
		平均+ σ	103.55	48.1	106.6	1.94	279.40
SIT008	春日部	平均	74.18	23.5	41.9	1.19	363.14
		平均+ σ	132.93	34.6	66.8	1.40	364.22
SIT010	大宮	平均	93.17	29.7	56.4	1.39	348.30
		平均+ σ	179.40	44.6	88.3	1.49	361.32
51C	さいたま	平均	103.83	38.0	82.2	1.89	306.24
		平均+ σ	164.29	57.3	133.3	2.44	352.68
SIT011	川口	平均	101.58	35.4	66.9	1.40	298.26
		平均+ σ	202.70	53.5	107.7	1.63	361.36
E4E	大手町	平均	168.52	54.5	109.2	1.45	359.36
		平均+ σ	345.49	79.2	172.5	1.87	375.94
KGIN	新宿	平均	42.11	59.9	136.7	2.23	417.88
		平均+ σ	77.24	86.9	220.9	2.77	429.22
TKY016	東雲	平均	55.84	54.6	123.5	2.19	427.72
		平均+ σ	94.56	79.9	175.6	2.06	399.90
E56	横浜	平均	232.10	47.3	97.6	1.79	338.90
		平均+ σ	402.20	70.3	158.5	2.05	344.36
KNG002	横浜	平均	115.85	37.5	65.6	1.12	315.80
		平均+ σ	219.95	58.7	110.9	1.45	354.18
SZO024	浜松	平均	576.78	66.4	154.7	2.05	113.32
		平均+ σ	1069.40	101.2	263.0	2.58	247.20
E34	JMA 名古屋	平均	355.04	38.5	95.3	2.31	259.92
		平均+ σ	622.71	59.3	156.8	2.77	322.34
AIC004	名古屋	平均	494.87	45.2	109.1	2.20	254.74
		平均+ σ	1355.84	67.2	186.5	3.14	343.30
AIC003	津島	平均	199.40	60.6	140.1	2.11	226.22
		平均+ σ	380.37	90.2	224.1	2.57	257.68
MIE003	四日市	平均	393.03	58.9	128.6	1.93	263.88
		平均+ σ	824.96	86.0	208.4	2.34	337.54
E64	四日市	平均	366.57	62.3	148.6	2.35	269.18
		平均+ σ	720.65	93.0	232.1	2.48	301.88
OSK005	大阪	平均	128.74	29.9	74.5	2.23	244.38
		平均+ σ	246.63	45.0	118.9	2.60	323.08
OSKH02	此花	平均	98.49	84.2	203.4	2.24	162.64
		平均+ σ	147.15	125.6	307.8	2.34	196.90
OSK006	堺	平均	241.17	63.1	147.7	2.11	272.64
		平均+ σ	442.63	94.1	232.5	2.47	333.00



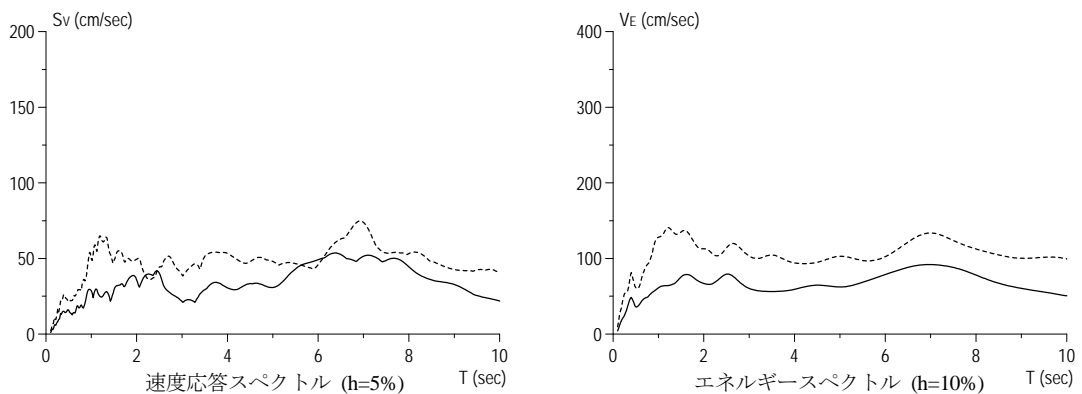
(a) E62 地点のスペクトル



(b) CHB009 地点のスペクトル

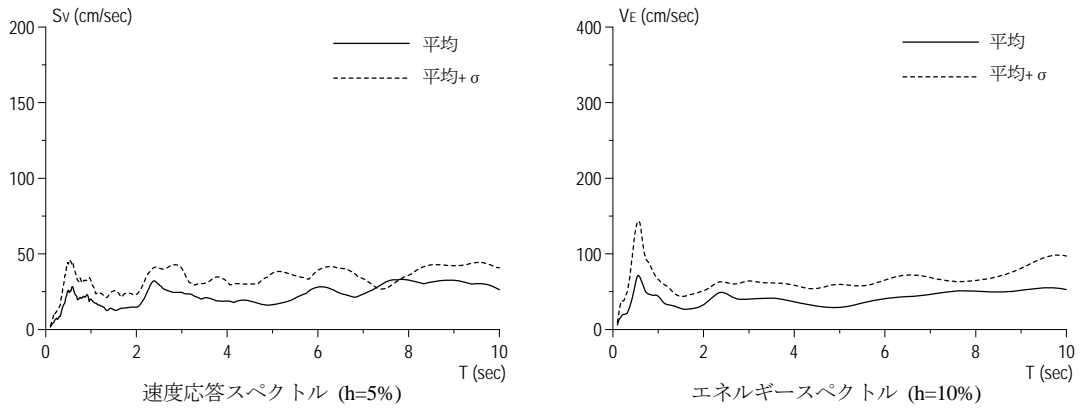


(c) CHB024 地点のスペクトル

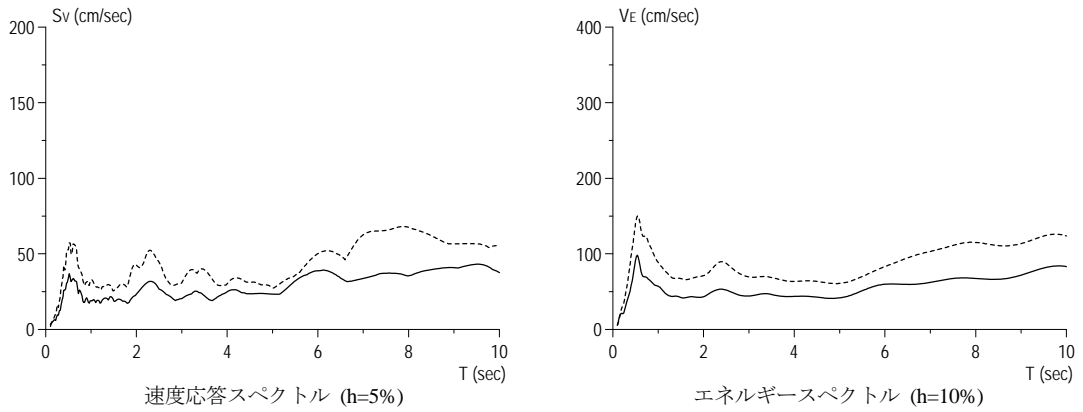


(d) SIT003 地点のスペクトル

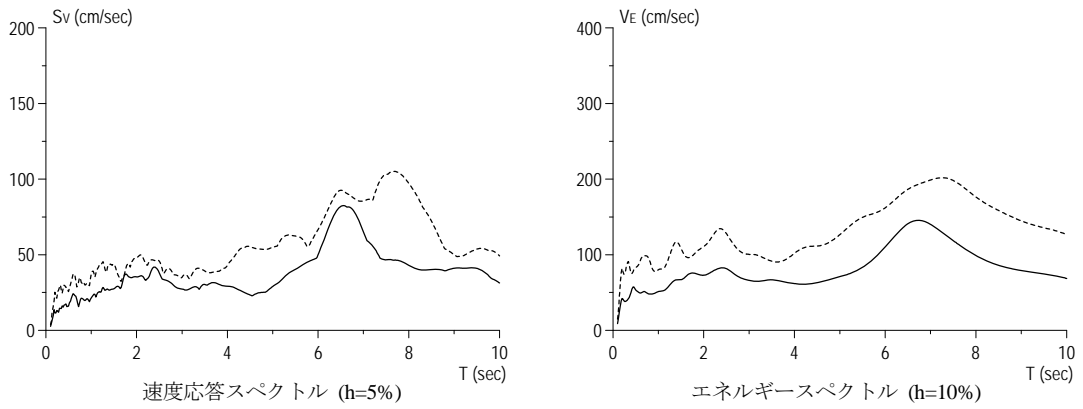
図 4.1-1 応答スペクトルとエネルギースペクトル (1)



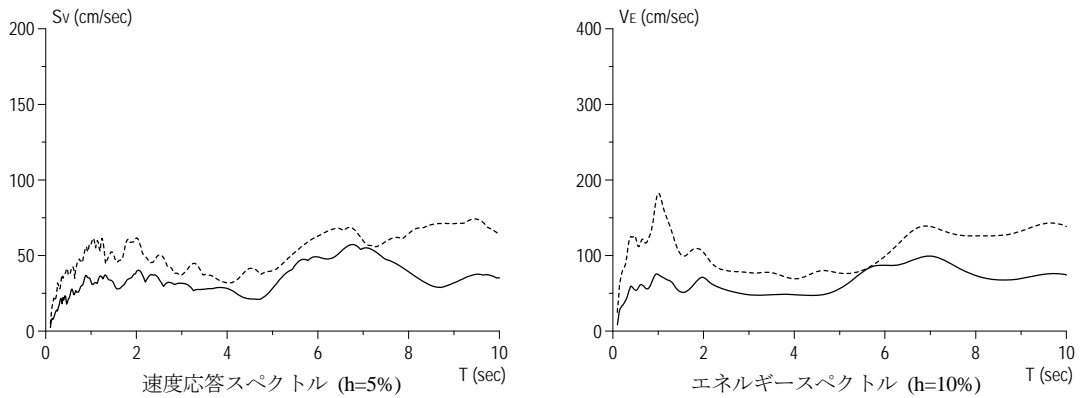
(e) SIT008 地点のスペクトル



(f) SIT010 地点のスペクトル

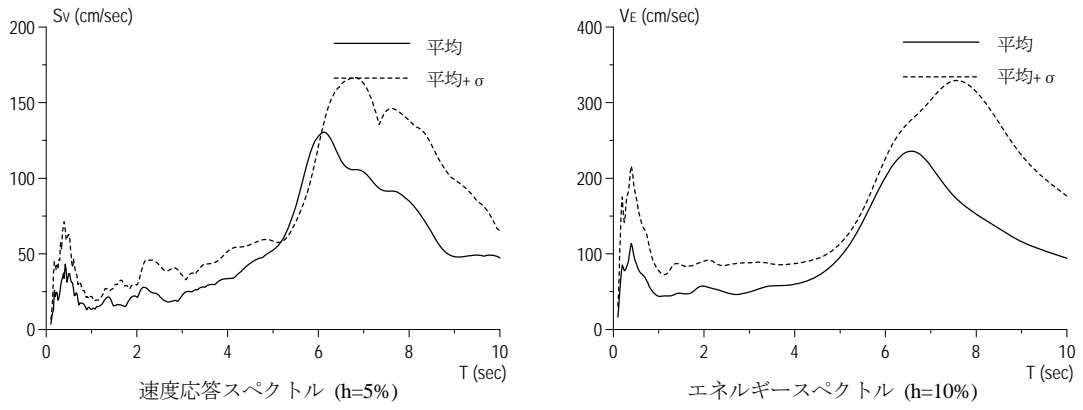


(g) 51C 地点のスペクトル

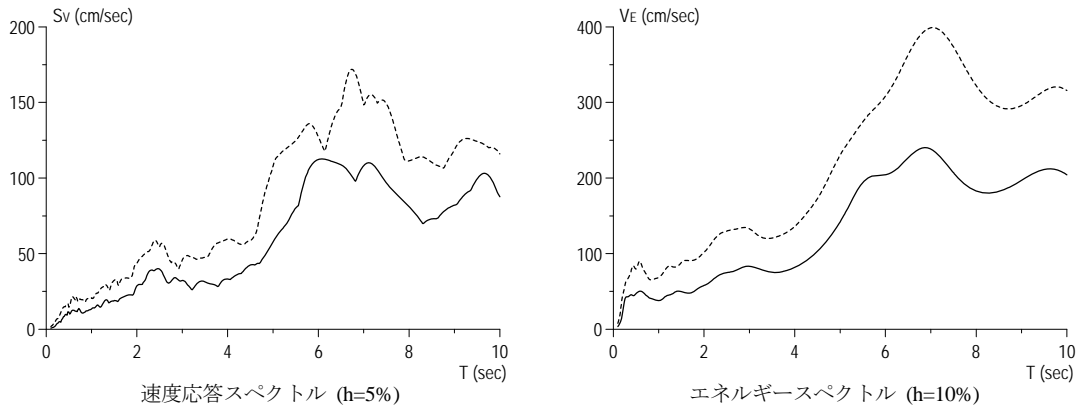


(h) SIT011 地点のスペクトル

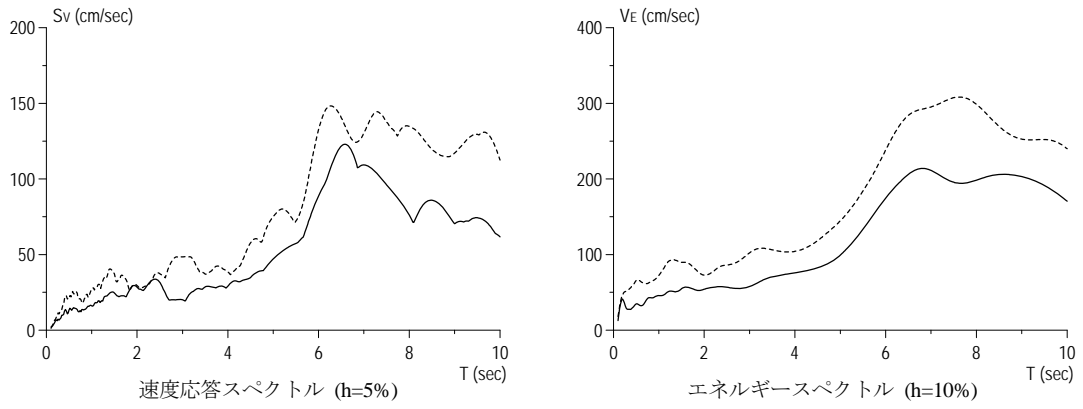
図 4.1-2 応答スペクトルとエネルギースペクトル (2)



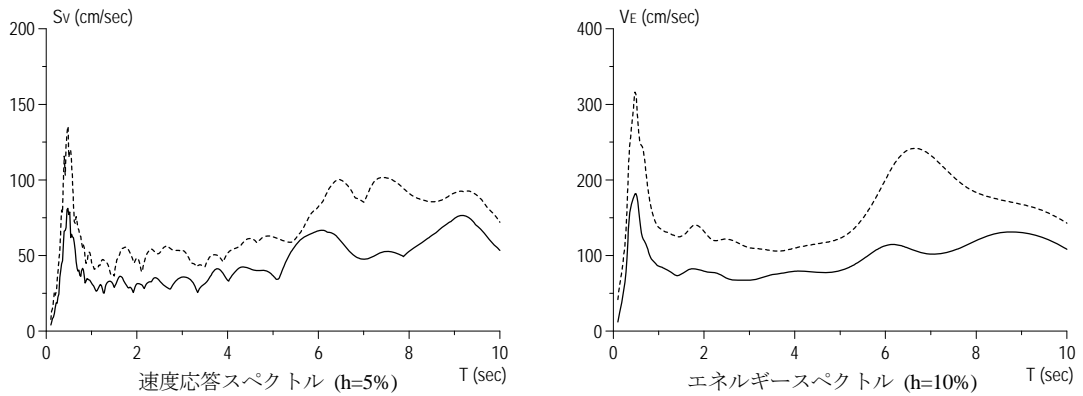
(i) E4E 地点のスペクトル



(j) KGIN 地点のスペクトル

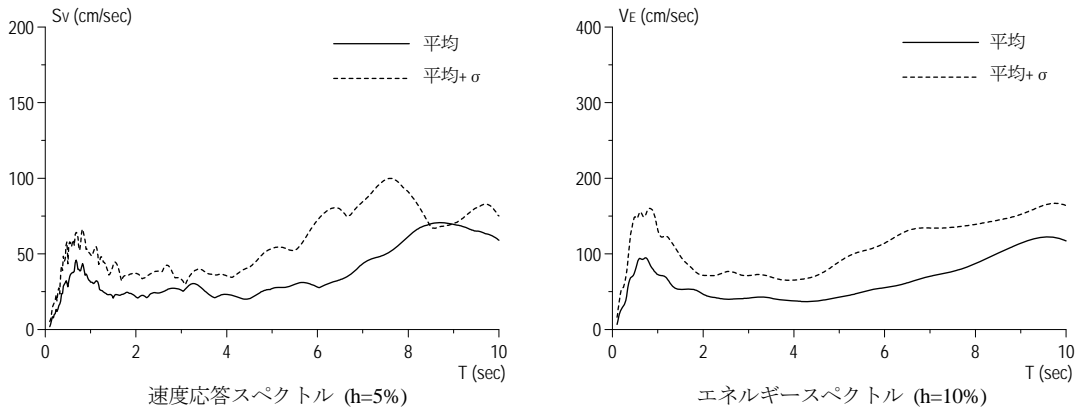


(k) TKY016 地点のスペクトル

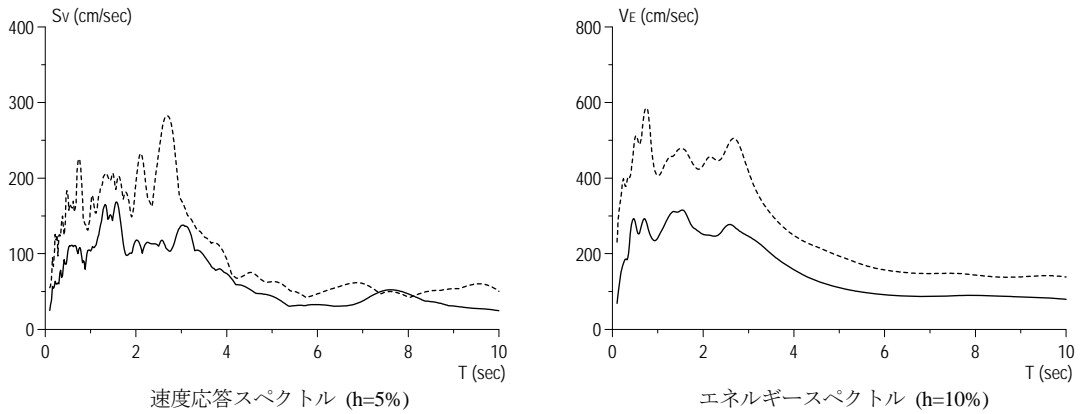


(l) E56 地点のスペクトル

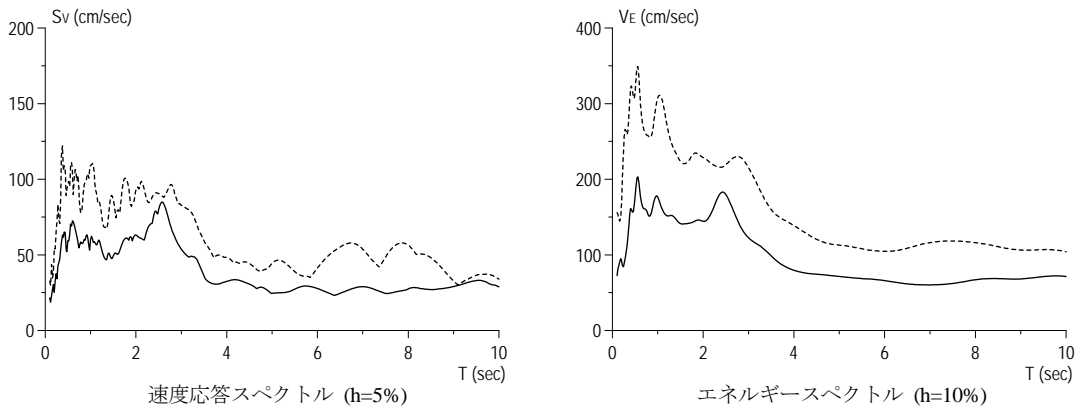
図 4.1-3 応答スペクトルとエネルギースペクトル (3)



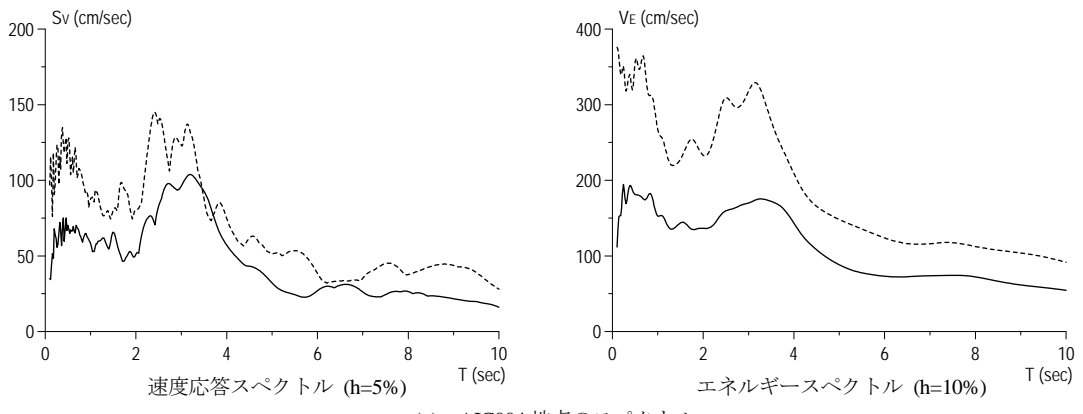
(m) KNG002 地点のスペクトル



(n) SZO024 地点のスペクトル

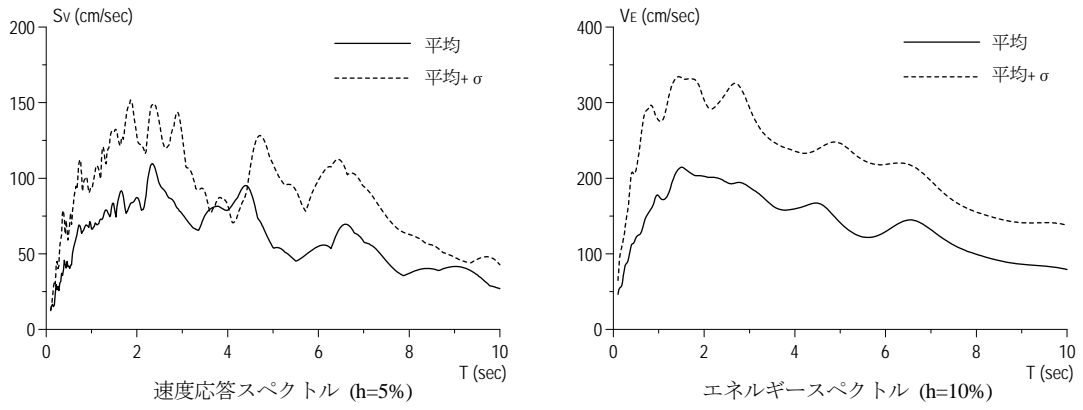


(o) E34 地点のスペクトル

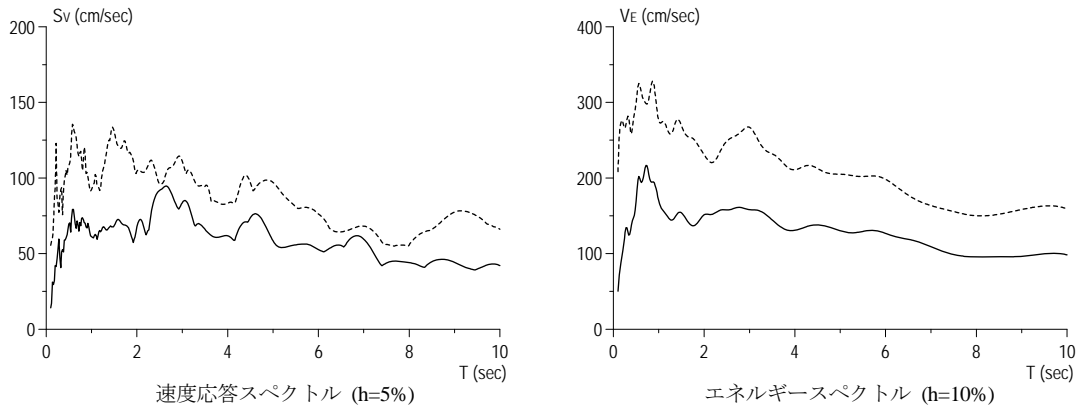


(p) AIC004 地点のスペクトル

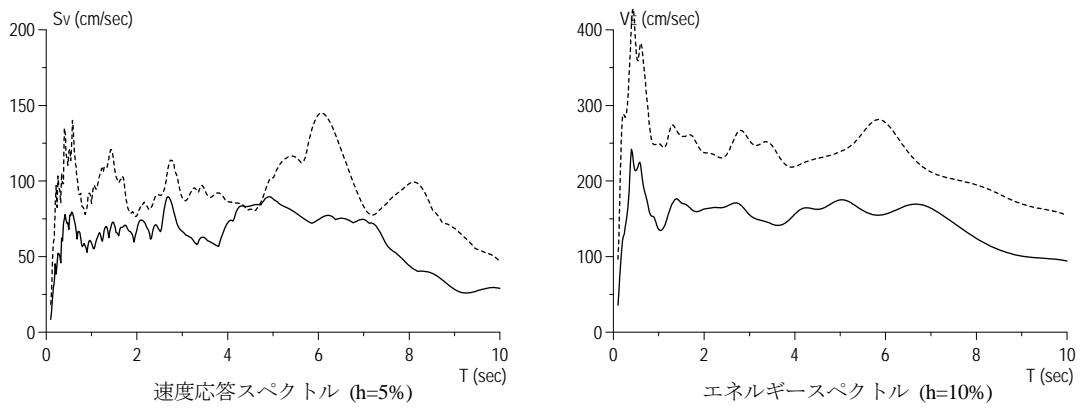
図 4.1-4 応答スペクトルとエネルギースペクトル (4)



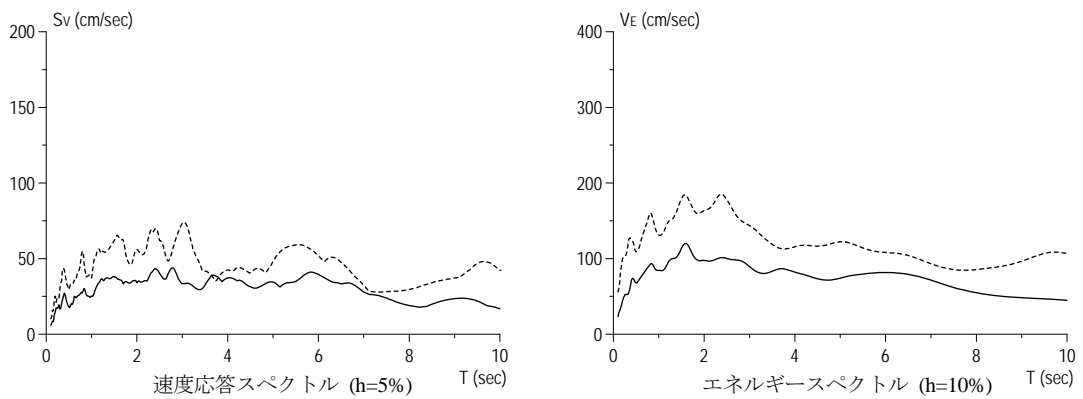
(q) AIC003 地点のスペクトル



(r) MIE003 地点のスペクトル

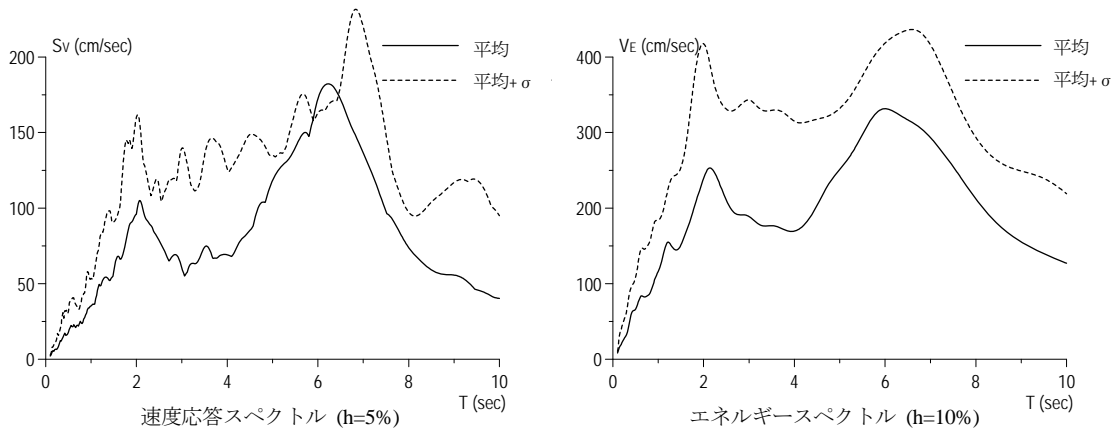


(s) E64 地点のスペクトル

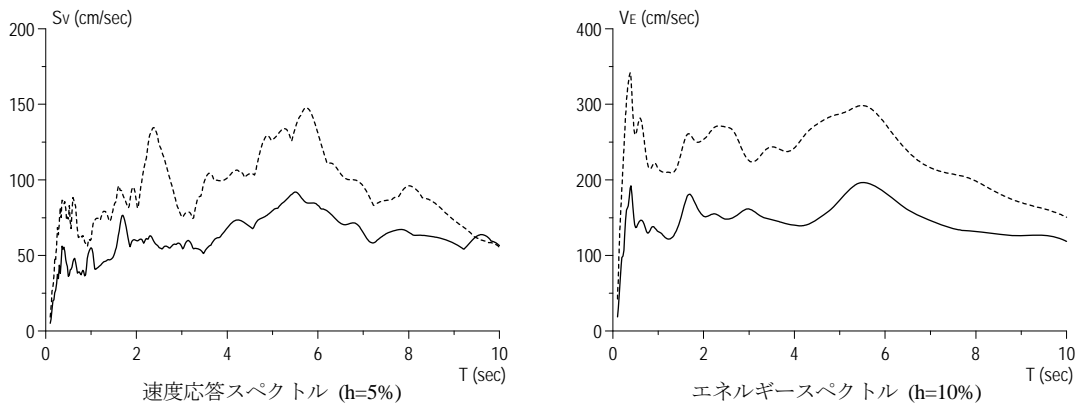


(t) OSK005 地点のスペクトル

図 4.1.5 応答スペクトルとエネルギースペクトル (5)



(u) OSKH02 地点のスペクトル



(v) OSK006 地点のスペクトル

図 4.1-6 応答スペクトルとエネルギースペクトル (6)

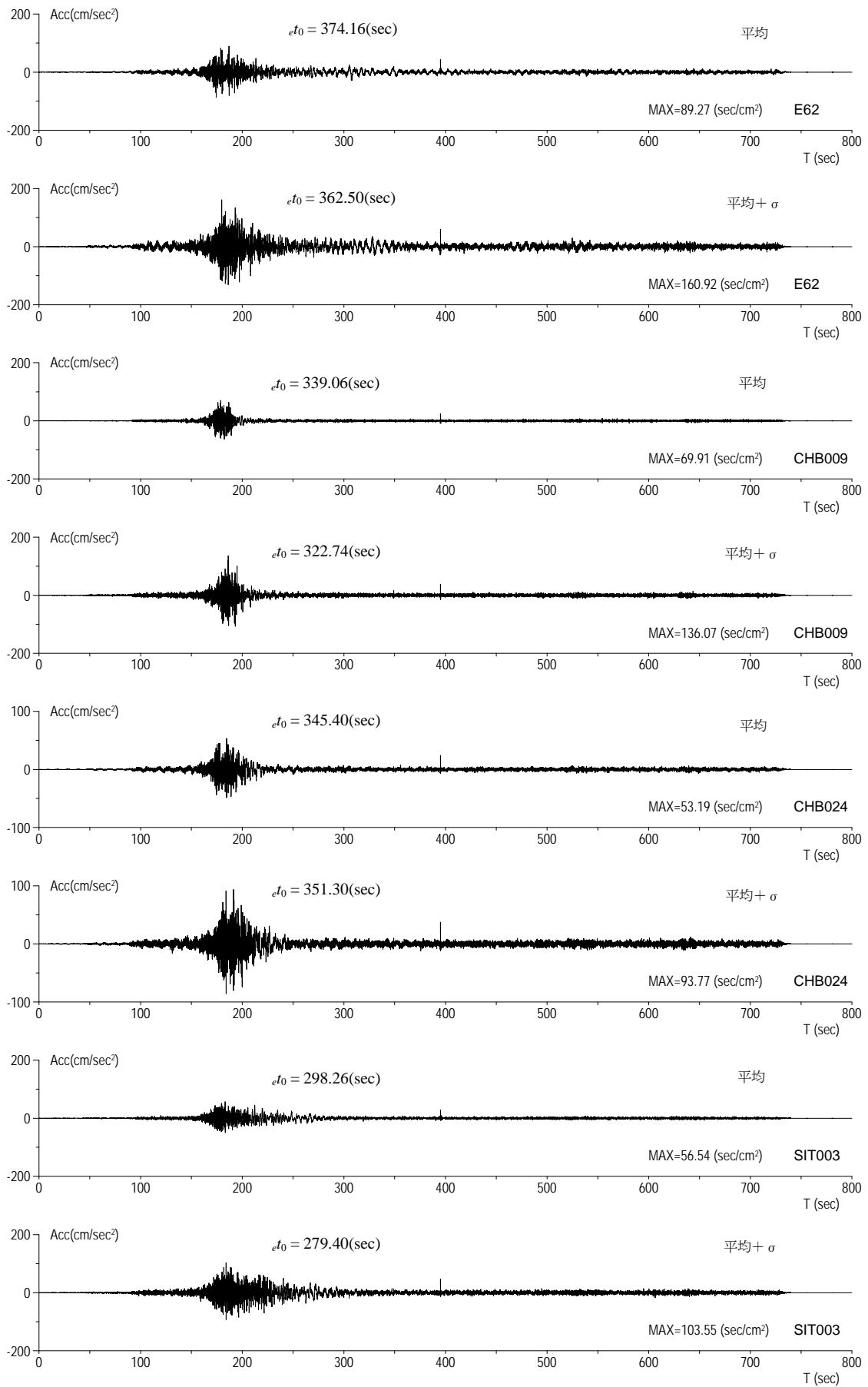


図 4.1-7 各地点の加速度波形 (1)

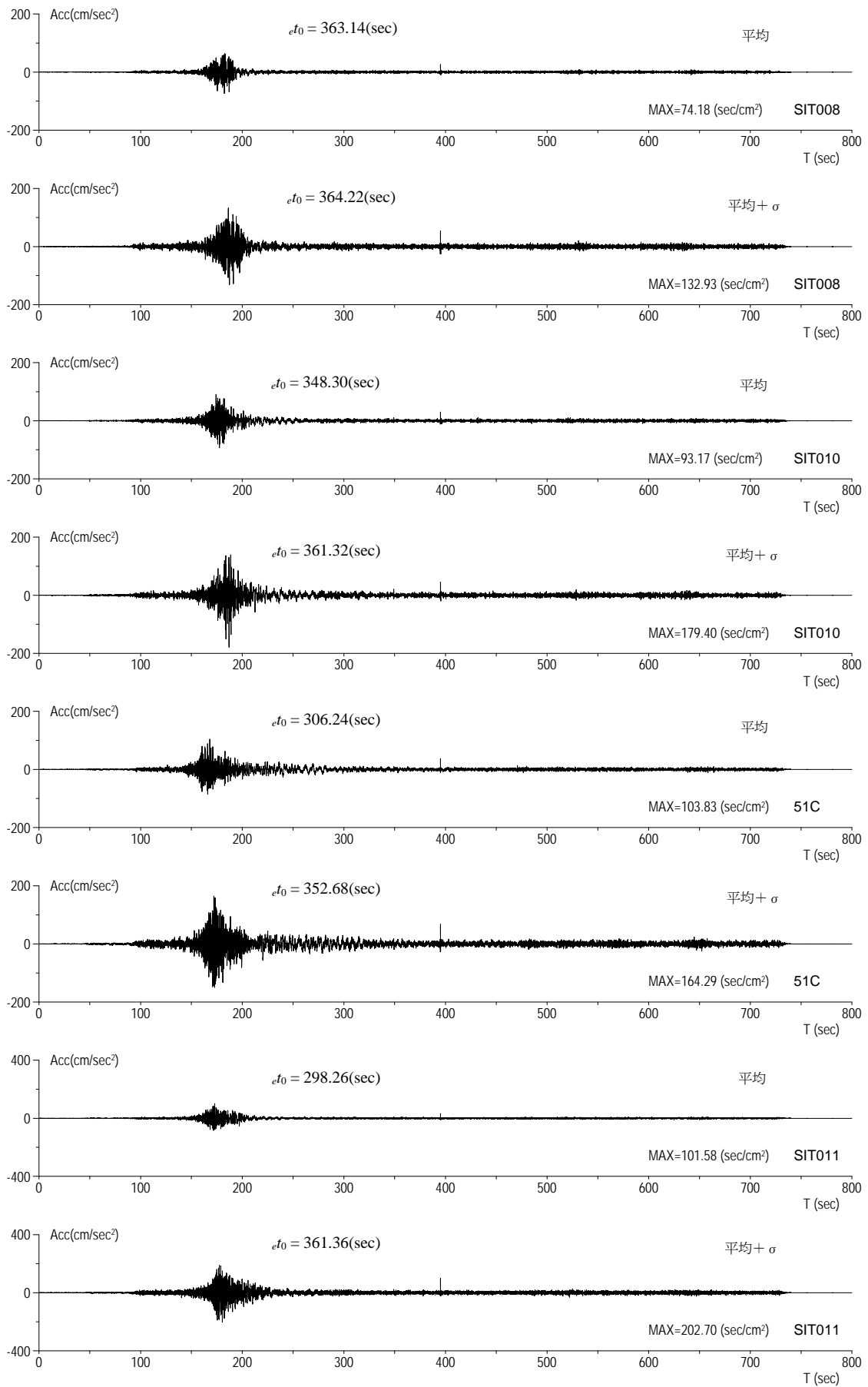


図 4.1-8 各地点の加速度波形 (2)

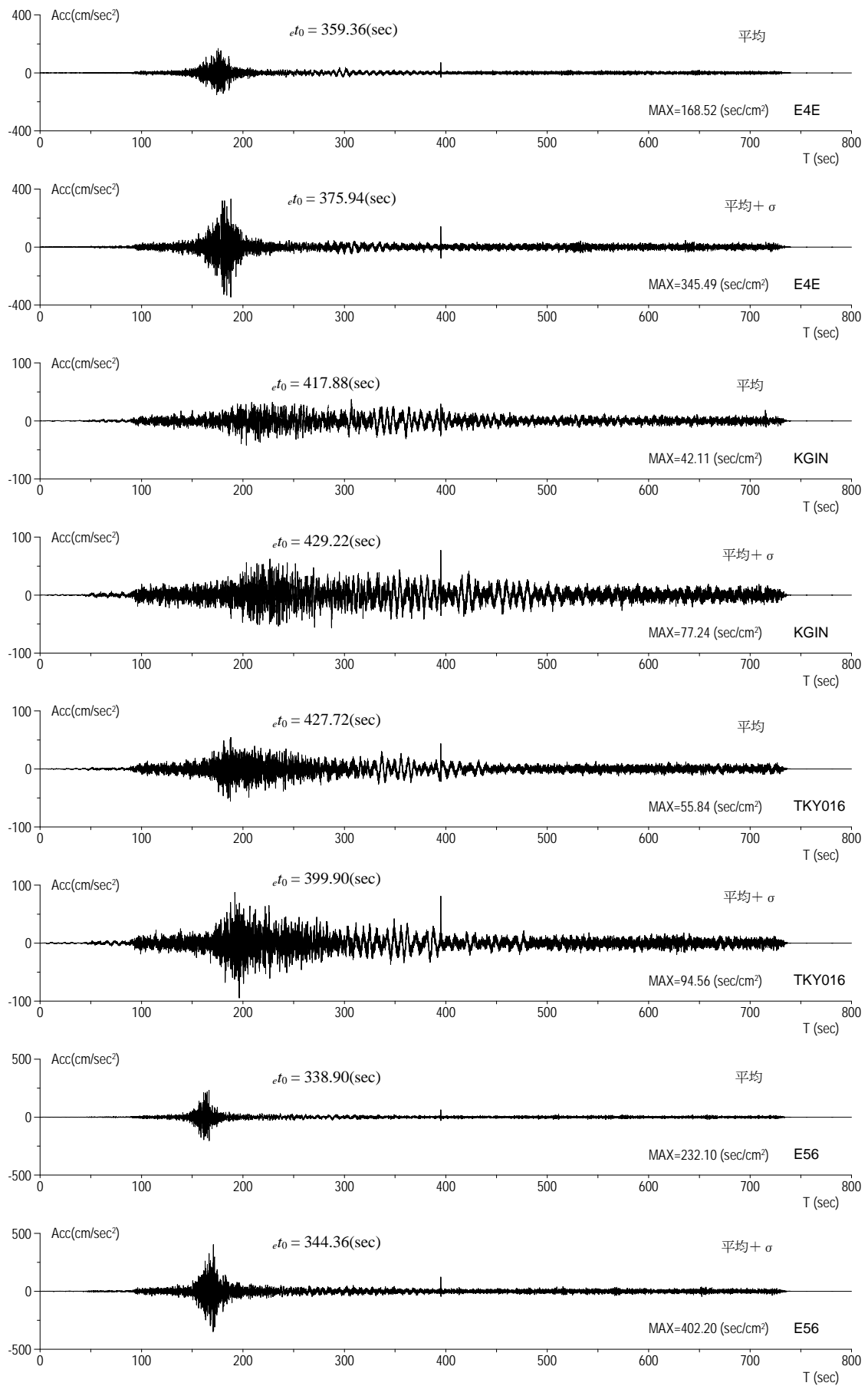


図 4.1-9 各地点の加速度波形 (3)

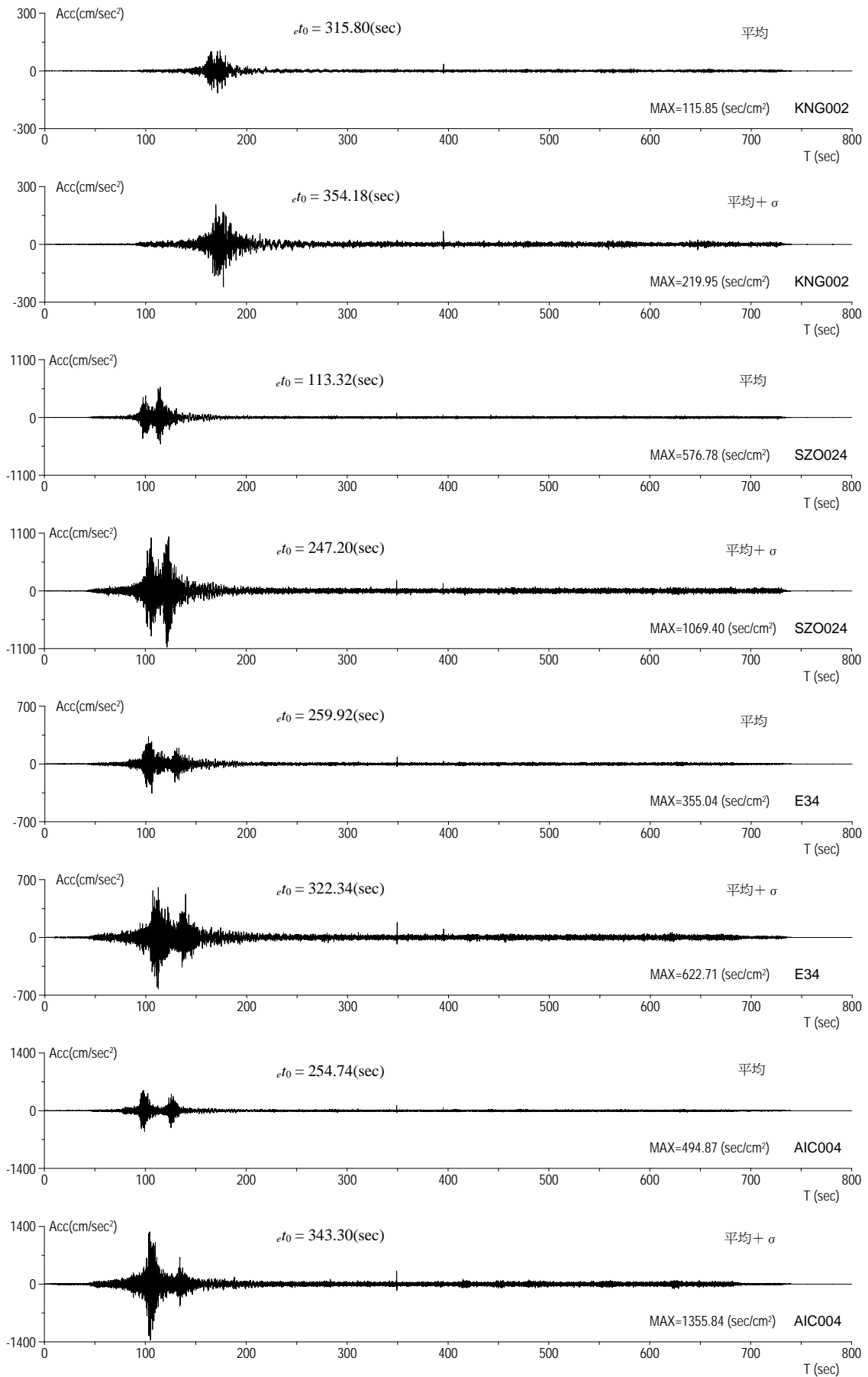


図 4. 1-10 各地点の加速度波形 (4)

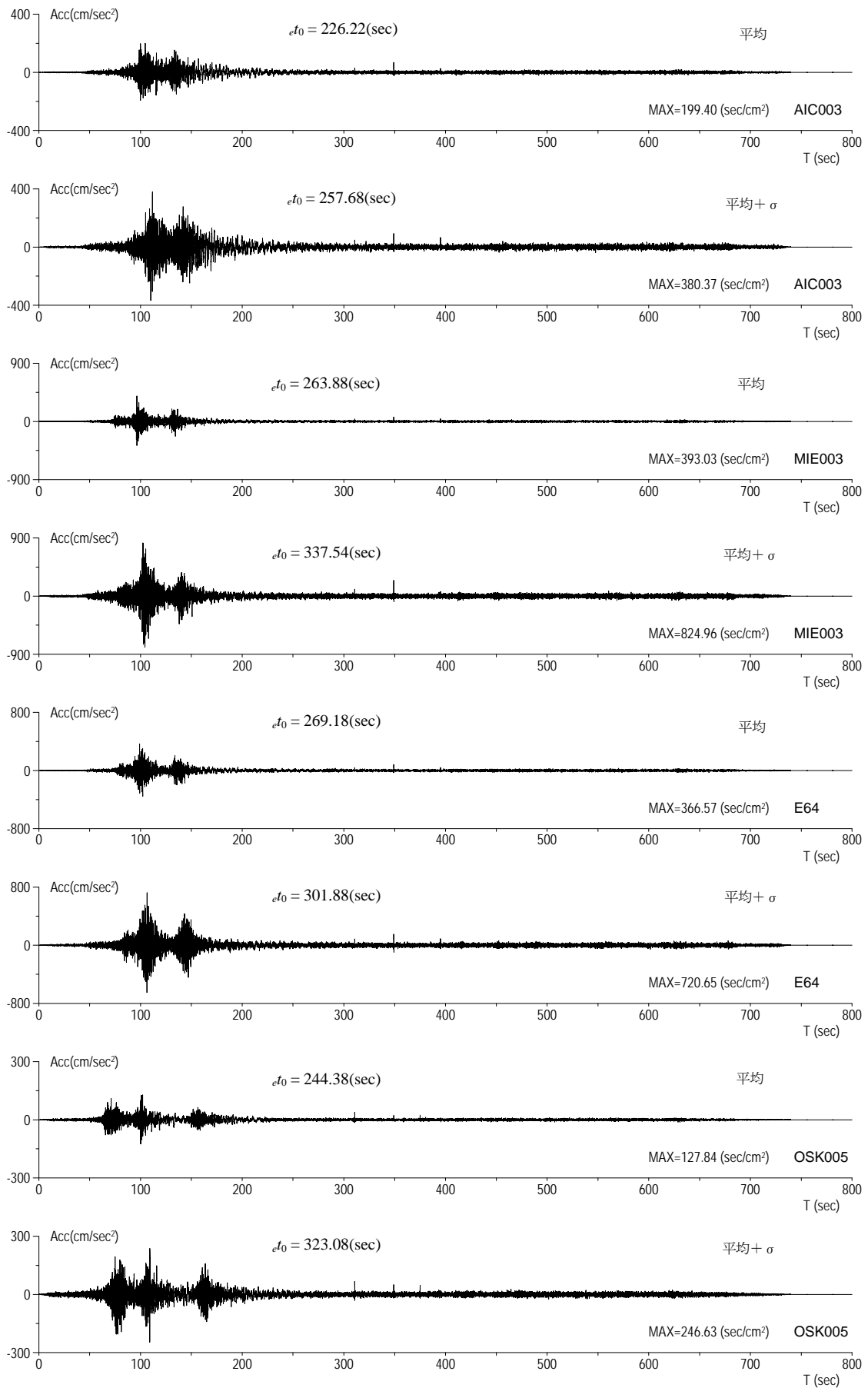


図 4.1-11 各地点の加速度波形 (5)

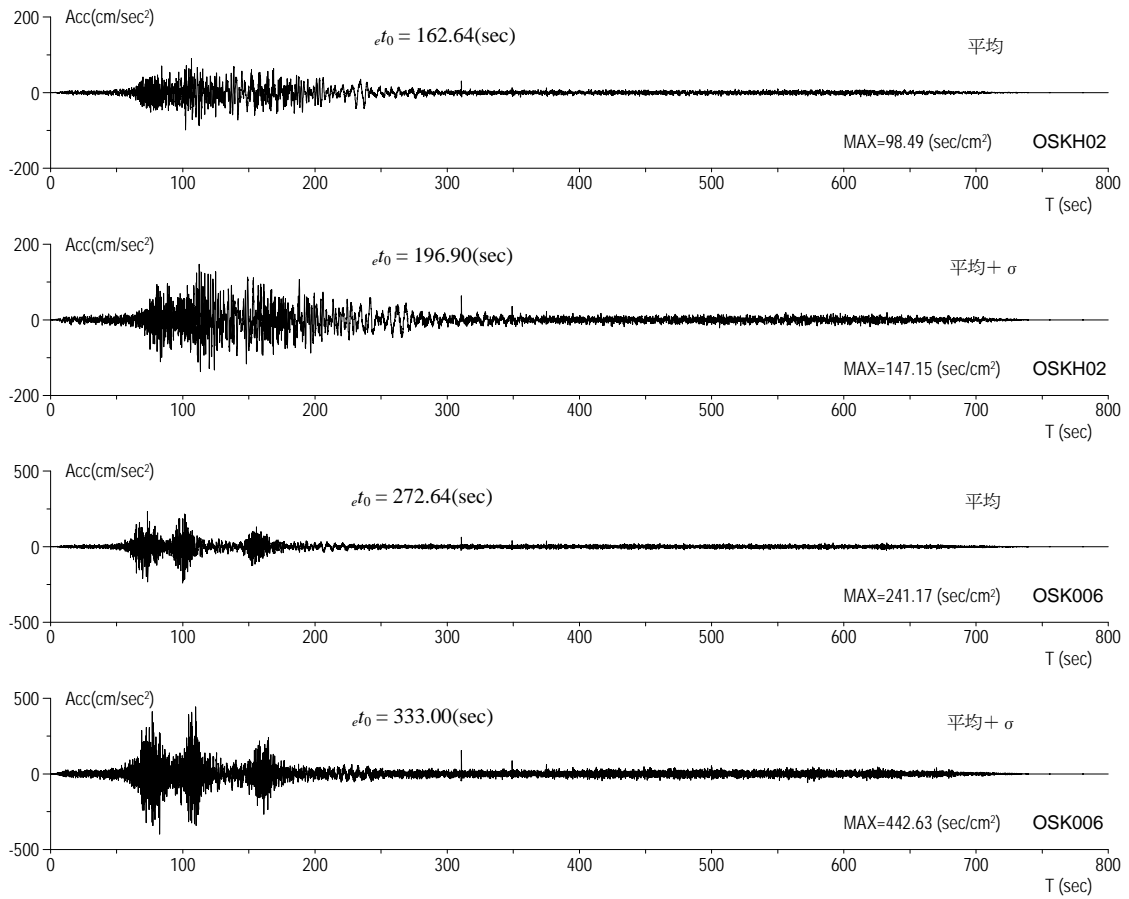
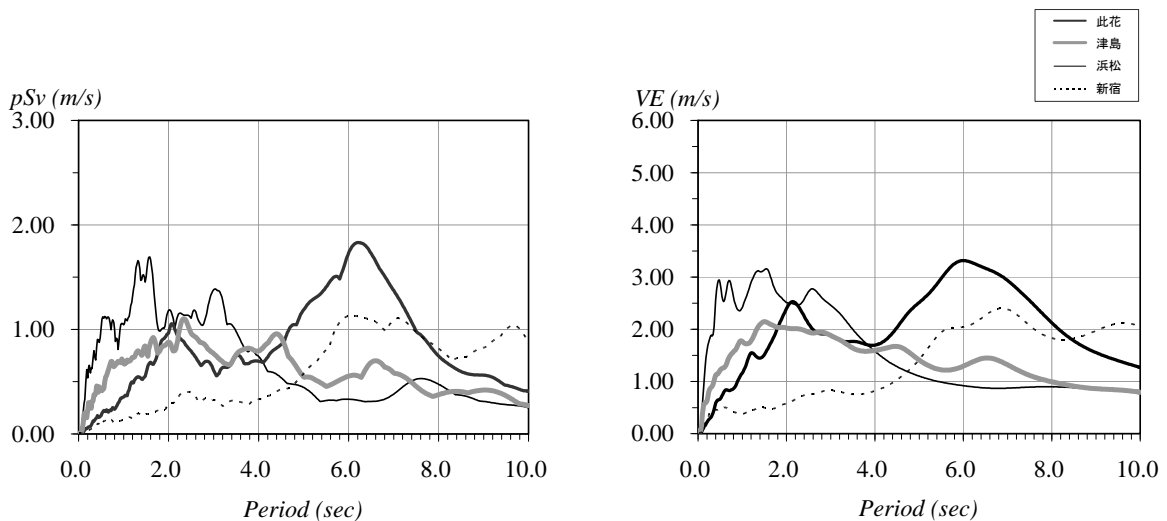


図 4. 1-12 各地点の加速度波形 (6)

検討に用いた4波の各地震動の平均波と平均+ σ 波の速度応答スペクトル(h=5%)およびエネルギースペクトル(h=10%)を下図に示す。また、今回の2011地震動と2009地震動で検討に用いた地震動の速度応答スペクトル(h=5%)およびエネルギースペクトル(h=10%)の比較を次頁図に示す。

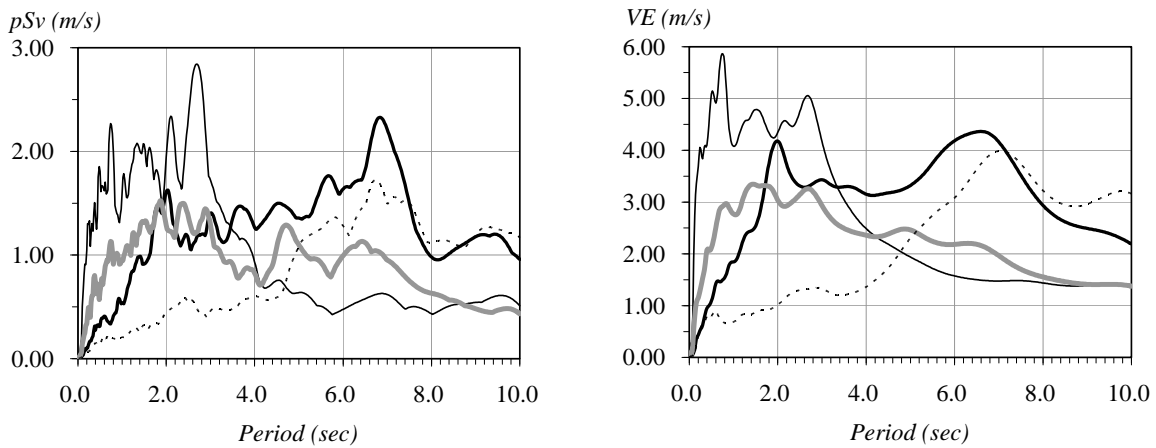
2011地震動は2009地震動と比較して、平均波はスペクトルに多少変動は見られるが傾向は概ね一致している。平均+ σ 波では、此花波の2.0~4.0秒付近でエネルギースペクトルに増大が見られ、津島波の2.0~4.0秒付近で減少している。新宿波のエネルギースペクトルは1.0~4.0秒付近で減少し6.0~10.0秒で増大している。



速度応答スペクトル (h=5%)

速度エネルギースペクトル (h=10%)

(a) 平均波

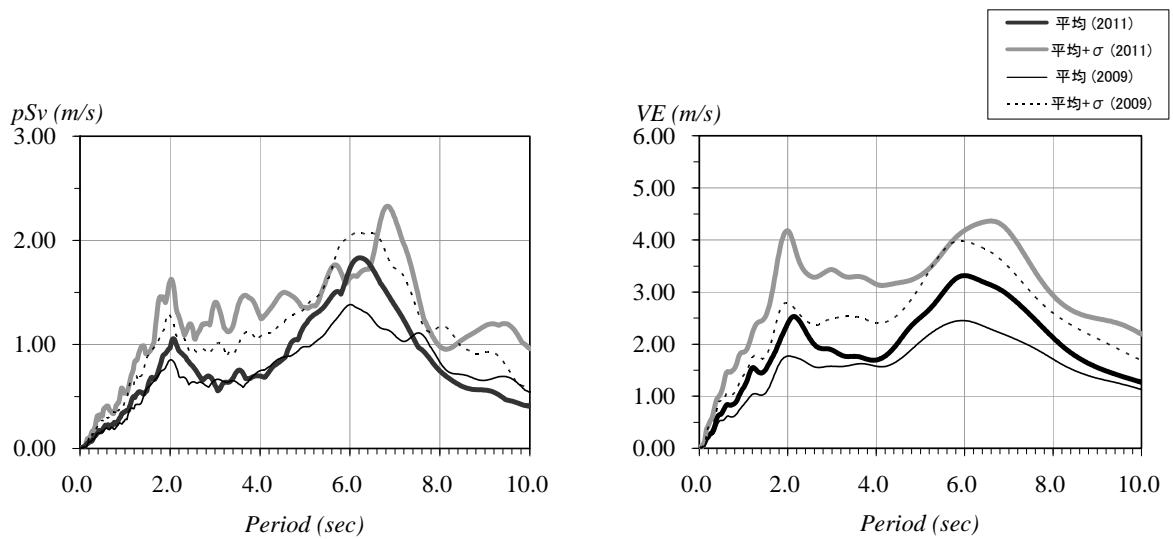


速度応答スペクトル (h=5%)

速度エネルギースペクトル (h=10%)

(b) 平均+標準偏差

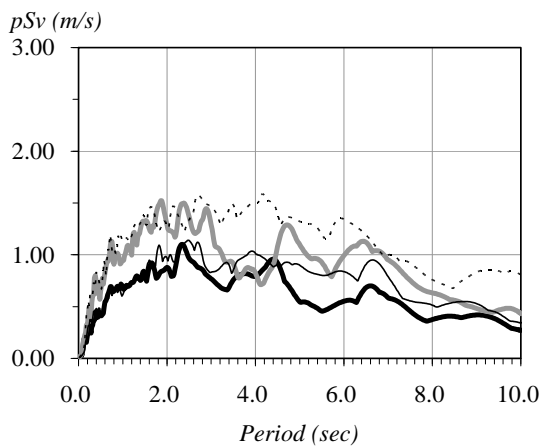
図 4.1-13 検討に用いた2011地震動のスペクトル



速度応答スペクトル (h=5%)

速度エネルギースペクトル (h=10%)

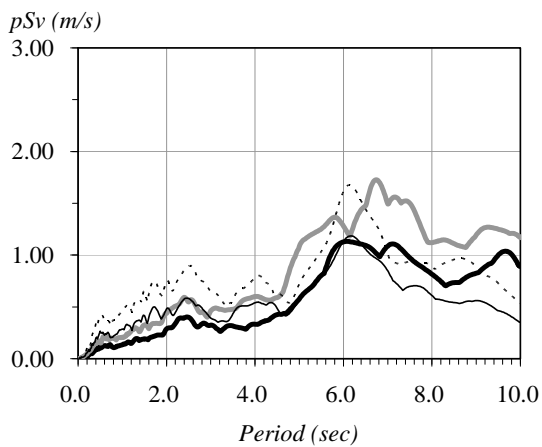
(a) 此花 (OSKH02)



速度応答スペクトル (h=5%)

速度エネルギースペクトル (h=10%)

(b) 津島 (AIC003)



速度応答スペクトル (h=5%)

速度エネルギースペクトル (h=10%)

(c) 新宿 (KGIN)

図 4.1-14 2011 地震動と 2009 地震動のスペクトル

4-1-2 検討建物概要

2 節および 3 節で検討に用いた建物は、スパンや階高を適宜調整しているものの、国内に実存する超高層建物に相当する（S 造 80m 級を除く）といえるものばかりである。建設地や建設年代、設計者は特に統一していないランダムサンプリングであるが、その建設時点での最新の知見にて設計されてきた高層建物であり、法規上も評定や大臣認定等の所定の手続きを踏まえている。

次頁表に鉄骨造 7 棟分、鉄筋コンクリート造 7 棟分の建物概要を示す。具体的なプロポーシヨンや略伏軸組図等は 2, 3 節を参照して頂きたい。なお、表に記す S 造 80m 級の建物は耐震構造と制振構造の応答比較を含め、部材レベルでの検討を行ったモデル建物としている。

表 4.1-2 検討用超高層 S 造建物一覧 (諸元)

S 造	高さ	階	架構形式	平面形状 代表スパン	一次固有周期	柱代表断面(最大厚) 梁代表断面(最大厚)	鋼材種	特徴他
100m級	102m	25	純ラーメン構造	43.2m×43.2m 3.6m, 16.8m	X 方向 : 2.3sec Y 方向 : 2.8sec	□-700×700(50) H-800×350(40)	SM490 SM520	センターコア 外周 X@3600Y@4200 チューブ型
120m級	120m	26	制振部材付ラーメン構造	56.0m×27.0m 6.4m, 15.8m	X 方向 : 2.6sec Y 方向 : 2.9sec	□-700x700(60) H-900x350(40)	SN490	片コア 低降伏点鋼壁パネル・H 型間柱
140m級	142m	35	ブレース付きラーメン構造	36.0m×72.0m 7.2m, 14.4m	X 方向 : 3.7sec Y 方向 : 3.8sec	□-700x700(70) H-800x300(28)	SM490 SM490	センターコア コア・外壁面に連層 K 型ブレース
200m級	200m	46	制振部材付ラーメン構造	53.5m×68.0m 7.2m, 17.5m	X 方向 : 5.7sec Y 方向 : 5.1sec	□-800×800:CFT (60) H-900×400(40)	HBL355 SN490	センターコア (コの字型プラン) 座屈拘束ブレース, 粘性系ダンパー
230m級	240m	53	制振部材付ラーメン構造	54.0m×75.6m 7.2m, 19.8m	X 方向 : 6.5sec Y 方向 : 5.5sec	□-800×800:CFT (80) H-1000×400(36)	SN490 SM520 SA440	センターコア (ロの字型プラン) アンボンドブレース, 粘性系シム 36 階で構造切替
250m級	256m	55	X ; 純ラーメン構造 Y ; ブレース付きラーメン構造	35.0m×70.0m 3.2m, 9.6m	X 方向 : 5.8sec Y 方向 : 5.3sec	□-650×800 (70) H-900×400(40)	SM490 SM520	センターコア 一部に大組的な架構
80m級	81m	21	純ラーメン構造 制振部材付ラーメン構造	30.0m×24.0m 6.0m, 9.0m	耐震 : 2.41sec 制振 : 1.75sec	□-600x600(40) H-800x200(32)	SM490	耐震、制振架構の検討用建物 座屈拘束ブレース

表 4.1-3 検討用超高層 RC 造建物一覧 (諸元)

RC 造	高さ	階	架構形式	平面形状 代表スパン	一次固有周期	柱代表断面 梁代表断面	Fc	主筋強度 せん断補筋強度	特 徴 他
90m 級	93.1m	30	チューブ構造	27.6m×31.8m 6.1m, 6.4m	X 方向 : 1.99sec Y 方向 : 1.86sec	1000×1000~1100×1100 900×900~1000×650	Fc30~Fc60	SD345~SD685 SD390~SPR785	センターコア
115m 級	114.5m	36	ラーメン構造	30.0m×30.0m 6.0m	X 方向 : 2.16sec Y 方向 : 2.16sec	900×900~1000×1000 550×800~550×900	Fc30~Fc60	SD490 SD295~KSS785	検討建物
130m 級	132.0m	43	ラーメン構造	32.5m×32.5m 3.25m, 6.5m	X 方向 : 3.12sec Y 方向 : 3.04sec	750×850~1200×1200 440×850~680×1200	Fc30~Fc70	SD345~SD685 SD295~KSS785	中ボイド
150m 級 (その 1)	150.5m	47	ラーメン構造	22.6m×62.0m 5.7m, 5.1m	X 方向 : 2.37sec Y 方向 : 3.48sec	1000×1000 700×1100, 700×850	Fc30~Fc100	SD345~SD685 SD295~SD785	中廊下 タワー、
150m 級 (その 2)	151.5m	44	ラーメン構造 一部耐震壁	31.2m×45.0m 6.5m, 6.1m, 9.5m	X 方向 : 2.92sec Y 方向 : 3.28sec	1000×1000~1200×1200 700×900~650×1200	Fc30~Fc80	SD390~SD490 SD295~KSS785	センターコア
180m 級	180.8m	54	ラーメン構造	44.0m×42.4m 6.0m, 8.4m, 10.0m	X 方向 : 4.23sec Y 方向 : 4.31sec	900×900~1000×1000 650×750~650×1400	Fc30~Fc160	SD390, SD490, USD685A SBPD1275/1420	中ボイド
240m 級	242.3m	70	チューブ構造	48.0m×48.0m 4.0m, 5.0m	X 方向 : 5.44sec Y 方向 : 5.44sec	900×900 600×850~600×1000	Fc48~Fc120	SD490, SD685 SD390~SPR785	中ボイド 試設計建物

4-2 鉄骨造超高層建築物の応答

4-2-1 S100m級建物

4-2-1-1 対象建物概要

構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
S	1990	25	102.4	2.30(X) 2.75(Y)	X、Y	単純な耐震構造

(次頁に略伏図と略軸組図を示す)

- ・ J S C A波および標準観測波において層間変形角 1/100 以下となるよう調整を行っている建物である。
- ・ 制振部材がなく、単純にフレームによるエネルギー吸収に期待した耐震構造の建物である。
- ・ X方向は、外周部とコア部の柱を 3.6m ピッチに設けているため剛性が高い。また、均等スパンで構成しており梁が同時に降伏するため、荷重変形曲線の折れ曲がりが見やすい。
- ・ Y方向は、長スパン方向のため剛性が低く下層部での変形を抑えるため耐震間柱を付加している。コア部 9.6m の両側のスパン構成を外側フレームで 4.2m×4 スパン、内側フレームで 16.8m スパンとしているため、荷重の増加に伴う梁の降伏が分散されることから荷重変形曲線がなだらかである。

4-2-1-2 モデル化の方針

項目		
系のモデル化	質点系	<input type="checkbox"/> せん断多質点系 <input checked="" type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系
	骨組系	<input type="checkbox"/> 平面骨組 <input type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数 [2%]	<input checked="" type="checkbox"/> 初期剛性比例 <input type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
解析プログラム	<input checked="" type="checkbox"/> 市販 [RESP-M II (質点系)]	<input type="checkbox"/> 自社開発
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P-δ 効果考慮 <input type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input type="checkbox"/> 鉛直部材 (柱・壁) の軸力・曲げ非線形相互作用考慮	
当時の一般規定*の 解析上の扱い	幅厚比：F A、横補剛：第 1 種保有耐力横補剛 接合部：第 1 種保有耐力接合	
その他		

* (幅厚比、ボルト、横補剛等)

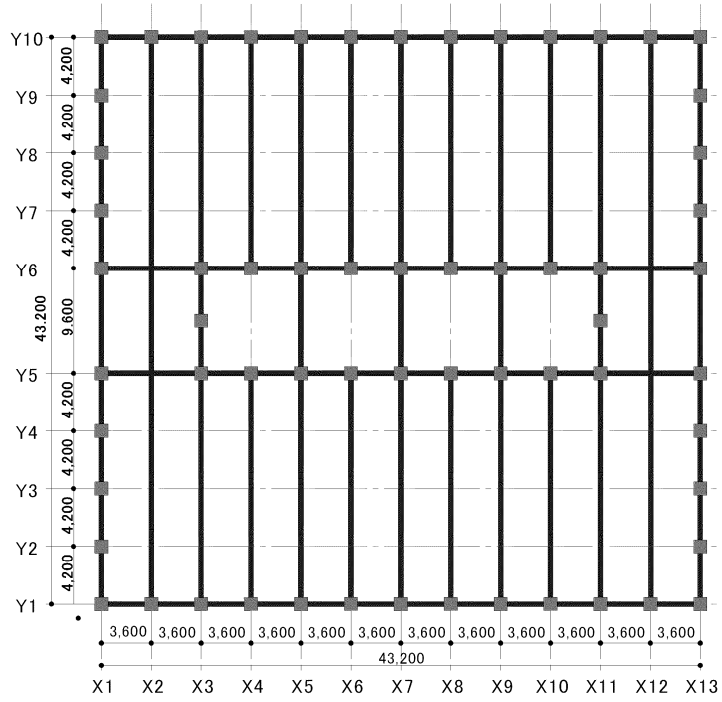


图 4.2.1-1 基准階架構平面图

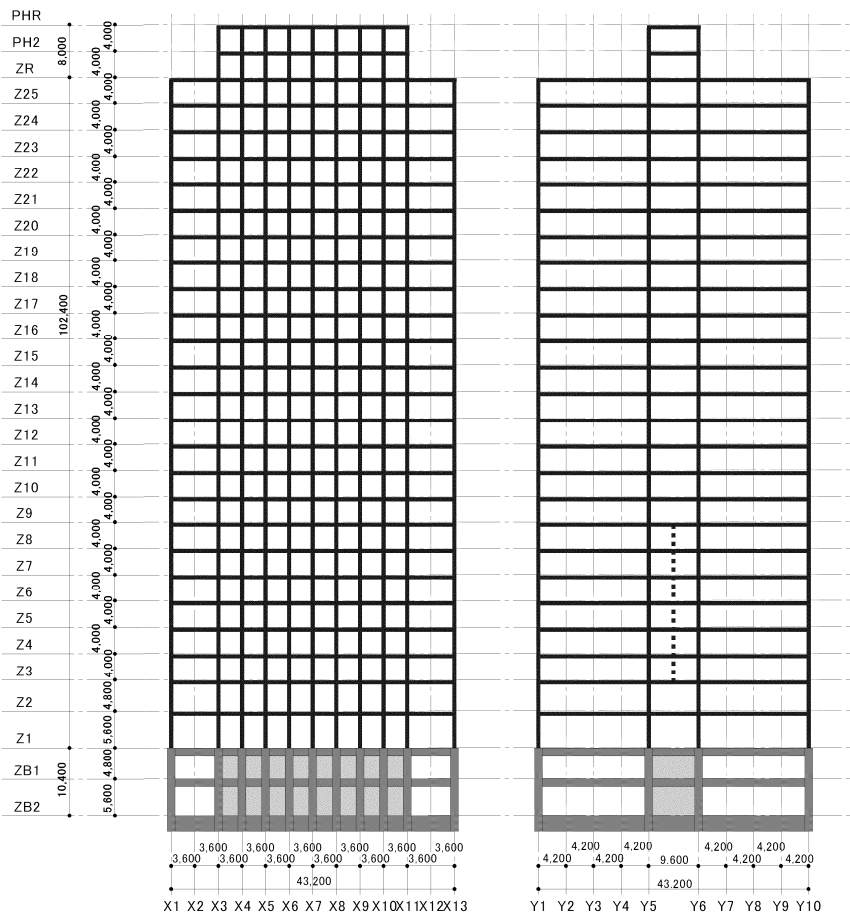


图 4.2.1-2 主要軸組图

4-2-1-3 静的漸増解析結果

(1) 各層の荷重変形関係 (層間変位・層せん断力の関係)

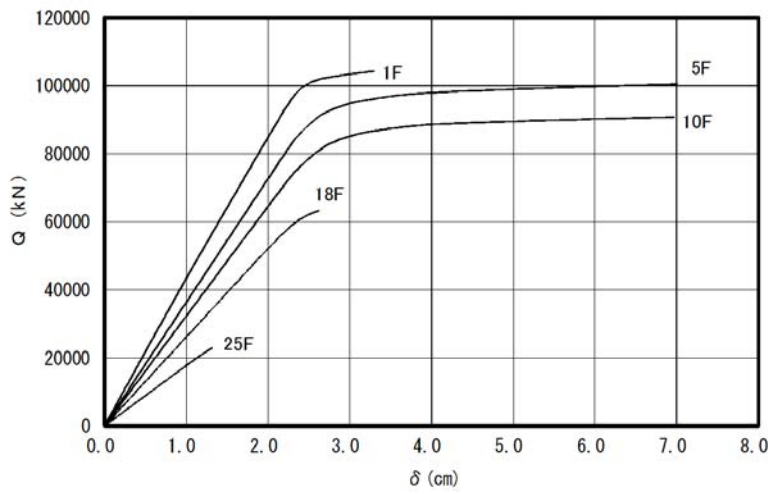


図 4. 2. 1-3 X方向荷重変形関係図

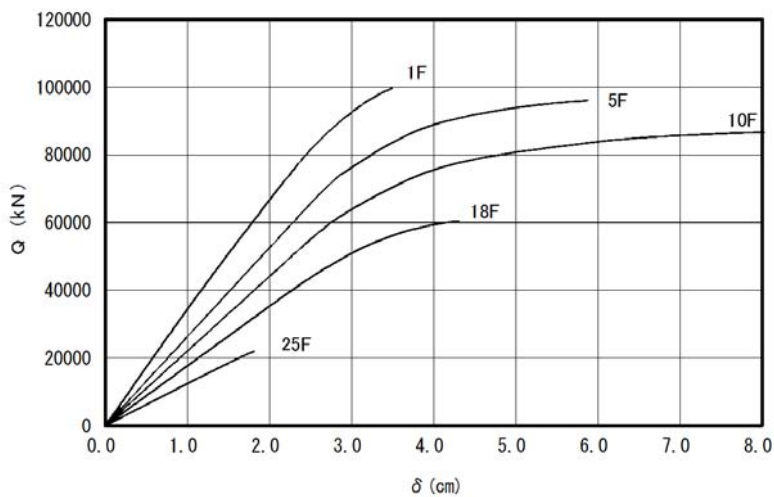


図 4. 2. 1-4 Y方向荷重変形関係図

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力 (係数) の一覧表 (最大層間変形角 約 1/ 50 時点)

階	ΣW (kN)	X方向 (長手方向)		Y方向 (短手方向)	
		層せん断力 (kN)	層せん断力係数	層せん断力 (kN)	層せん断力係数
25F	28204	23037	0.817	21926	0.777
18F	137651	63527	0.462	60463	0.439
10F	266522	91172	0.342	86775	0.326
5F	349660	100931	0.289	96063	0.275
1F	420886	104716	0.249	99666	0.237

4-2-1-4 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 100m級	X	此花平均	470.9	56.7	1/137	1.086	10.73	0.329
		津島平均	508.7	59.5	1/125	1.301	9.30	1.950
		浜松平均	457.7	61.5	1/120	1.376	7.61	3.190
		新宿平均	217.2	29.2	1/276	0.603	0.19	0.007
	Y	此花平均	264.6	50.8	1/159	0.960	2.31	0.019
		津島平均	363.6	65.9	1/115	1.319	10.58	2.009
		浜松平均	339.8	71.1	1/106	1.430	16.14	0.798
		新宿平均	136.7	24.5	1/333	0.459	0.00	0.001

2011 地震動の平均+σ波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 100m級	X	此花平均+σ	504.9	60.7	1/121	1.384	22.91	0.627
		津島平均+σ	546.5	68.9	1/96	1.723	24.77	7.460
		浜松平均+σ	862.8	72.9	1/82	2.094	71.83	4.050
		新宿平均+σ	267.7	33.4	1/249	0.659	0.38	0.003
	Y	此花平均+σ	466.1	81.1	1/87	1.757	32.97	0.222
		津島平均+σ	495.1	77.9	1/87	1.766	37.16	0.418
		浜松平均+σ	656.6	93.3	1/67	2.287	87.88	0.877
		新宿平均+σ	231.4	43.9	1/186	0.815	0.55	0.022

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを第一折れ点の層せん断力と層間変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max}/δ_p) なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

- ・層間変形角は、平均波では全ての地震波で層間変形角が 1/100 以下であるが、平均+σ波では 1/100 より大きくなっている地震波が多く、最大で Y 方向の浜松平均+σ波で 1/67 となっている。
- ・塑性率は、層間変形角と同様に Y 方向の浜松平均+σ波が最大で 2.287 であるが、浜松平均+σ波以外は 2.0 以下である。
- ・累積塑性変形倍率も Y 方向の浜松平均+σ波が最大で 87.88 であるが、浜松平均+σ波以外は 50 以下である。

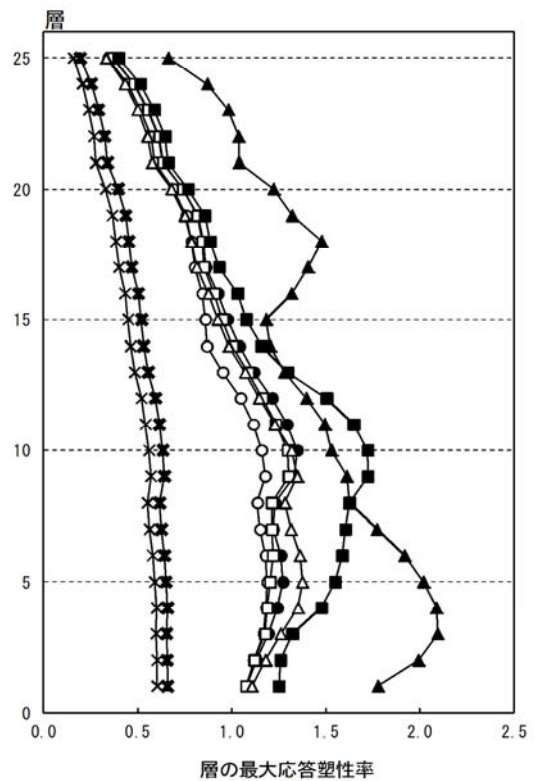
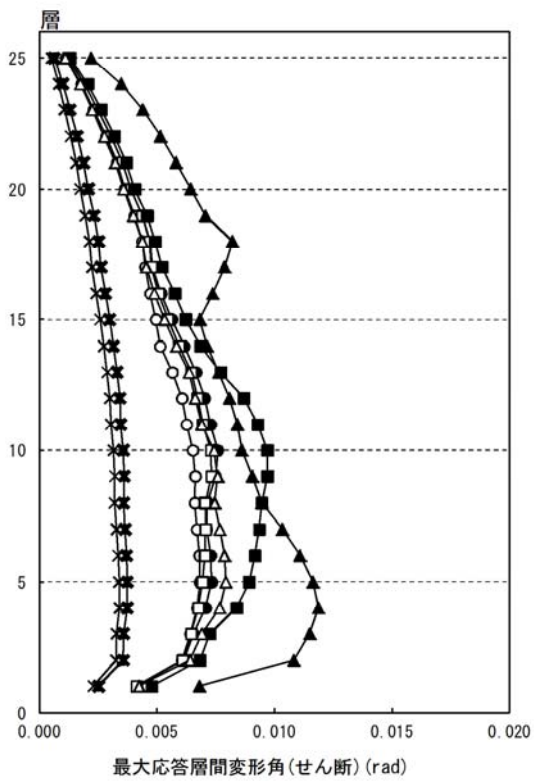
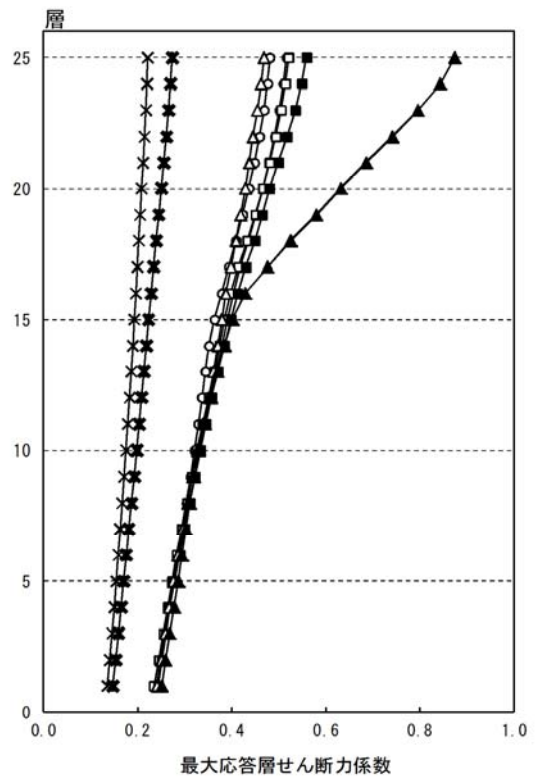
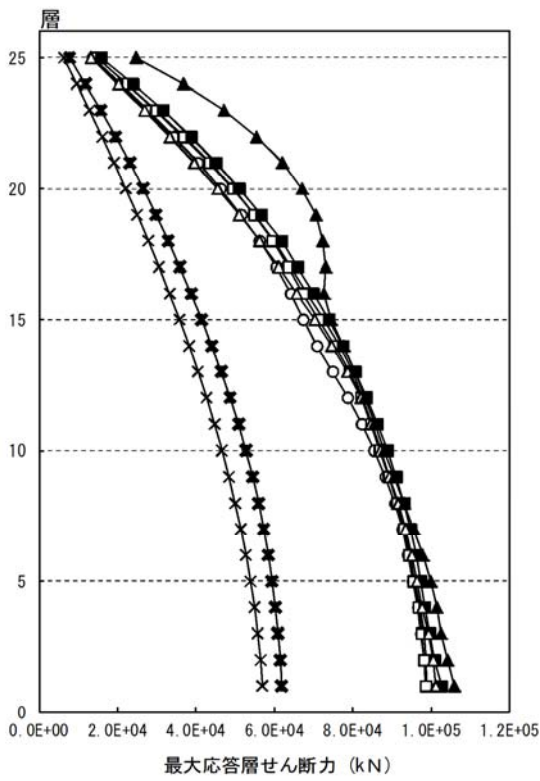
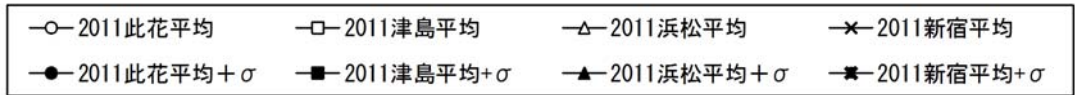


図 4. 2. 1-5 X方向最大応答値(1)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

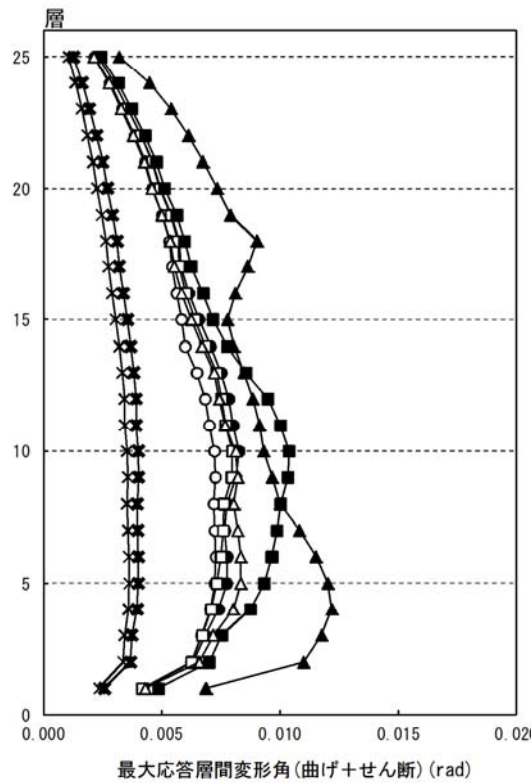
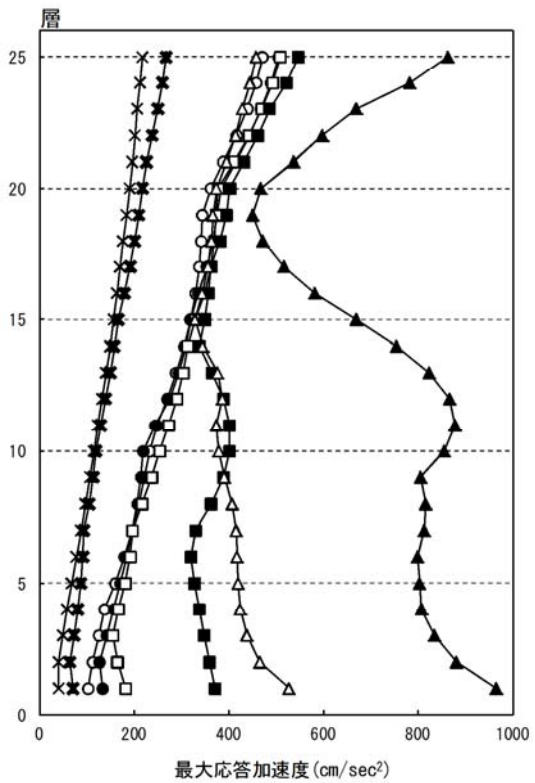
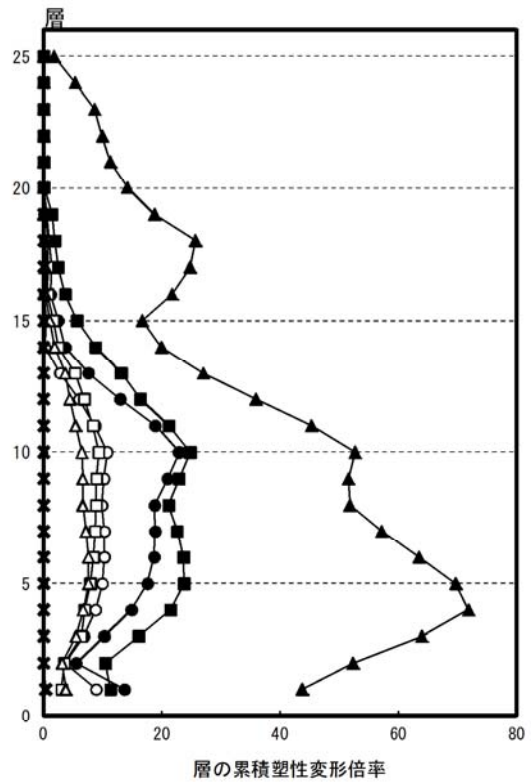
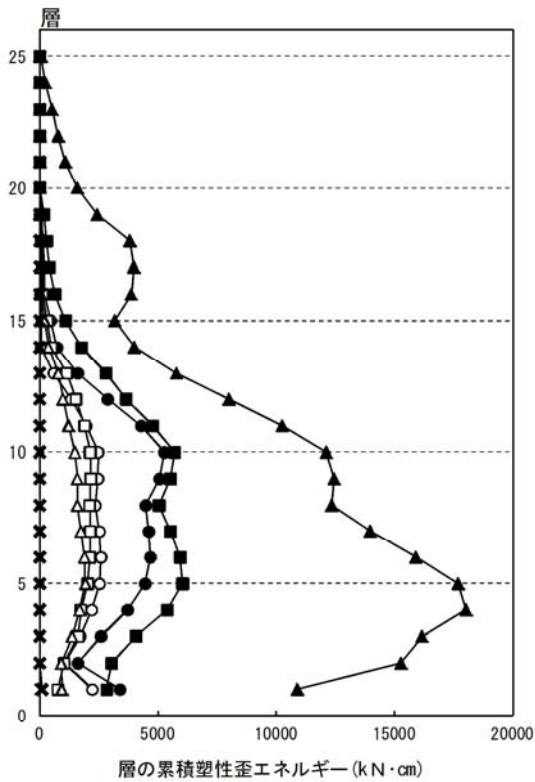
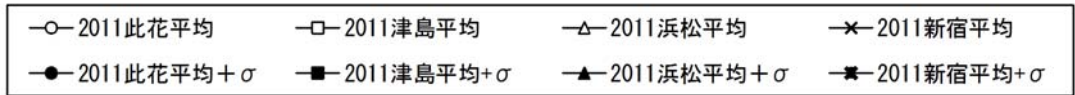


図 4. 2. 1-6 X方向最大応答値(2) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

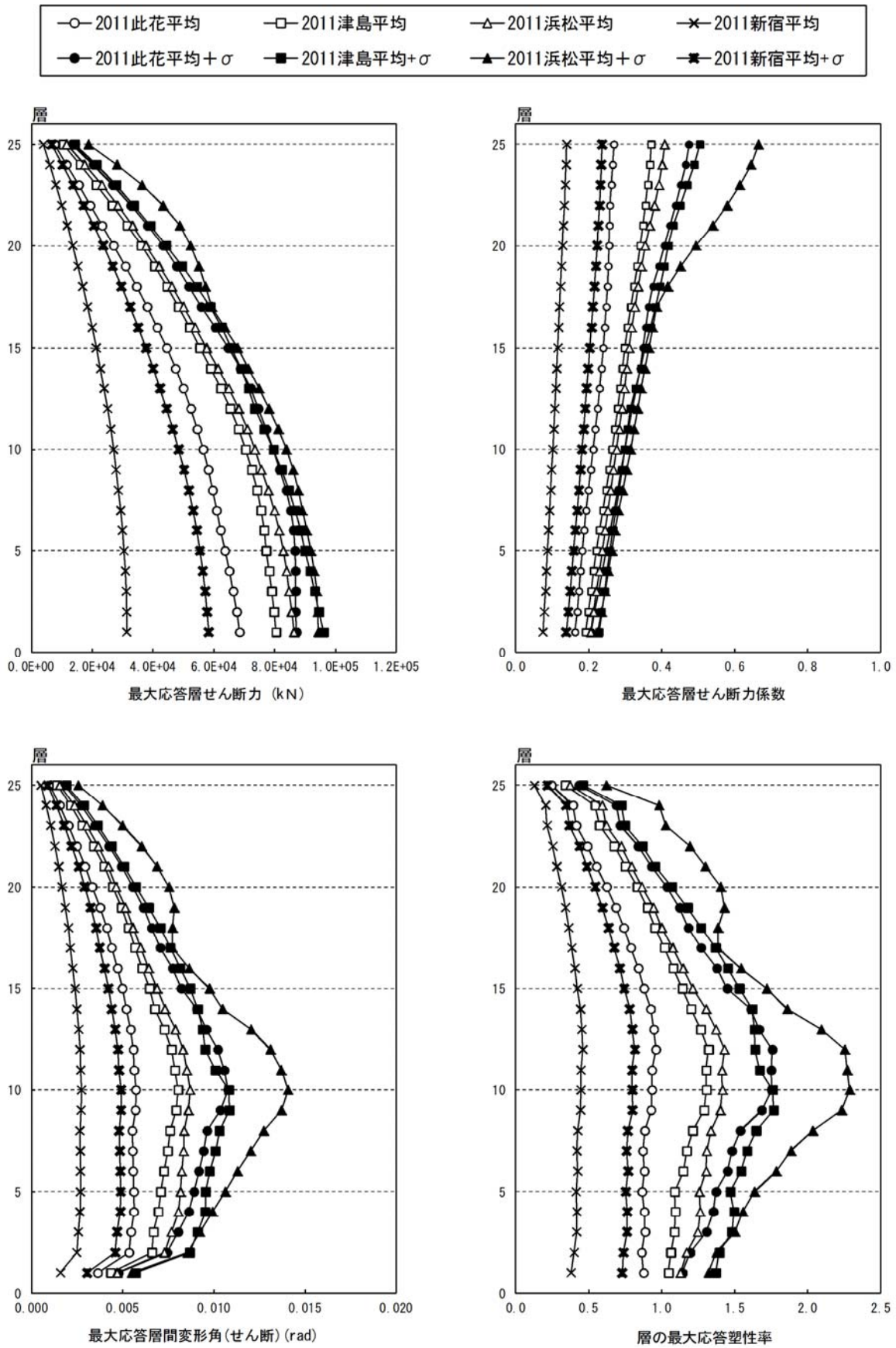


図 4. 2. 1-7 Y方向最大応答値(1)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

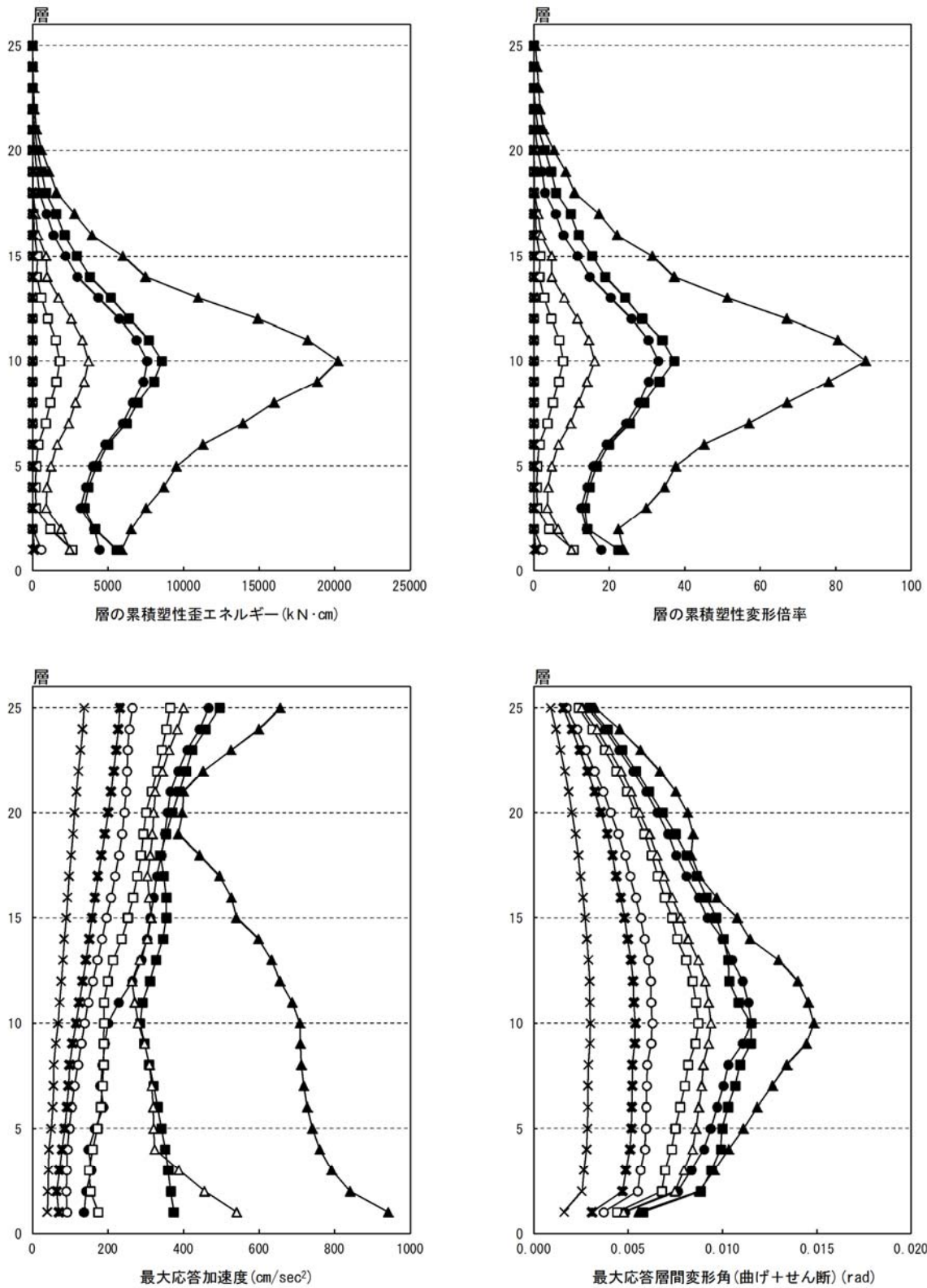
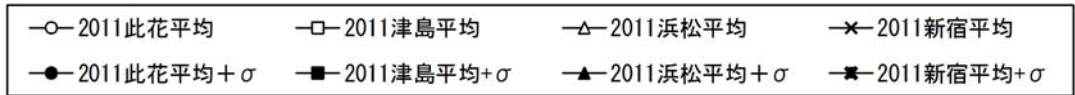


図 4. 2. 1-8 Y方向最大応答値(2)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-2-1-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 100m級	X	此花平均	470.9	56.7	1/137	1.086	10.73	0.329
		津島平均	508.7	59.5	1/125	1.301	9.30	1.950
		新宿平均	217.2	29.2	1/276	0.603	0.19	0.007
	Y	此花平均	264.6	50.8	1/159	0.960	2.31	0.019
		津島平均	363.6	65.9	1/115	1.319	10.58	2.009
		新宿平均	136.7	24.5	1/333	0.459	0.00	0.001

2009 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 100m級	X	此花平均	346.8	46.8	1/176	0.958	5.20	0.005
		津島平均	479.3	59.1	1/123	1.338	10.60	1.540
		新宿平均	232.5	31.6	1/258	0.643	0.33	0.002
	Y	此花平均	258.2	49.3	1/164	0.924	1.85	0.005
		津島平均	399.9	76.4	1/97	1.580	13.66	0.604
		新宿平均	264.4	50.2	1/162	0.939	3.21	0.001

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを第一折れ点の層せん断力と層間変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max} / δ_p) なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

- ・2011 地震動と 2009 地震動の平均波を比較すると、全般的に此花波は 2011 地震動の応答が大きく、津島波は 2011 地震動がやや小さく、新宿波は大幅に小さくなっている。
- ・層間変形角は、2009 地震動では津島波 Y 方向で 1/97 と 1/100 より大きくなっていたが、2011 地震動では全て 1/100 以下となっている。

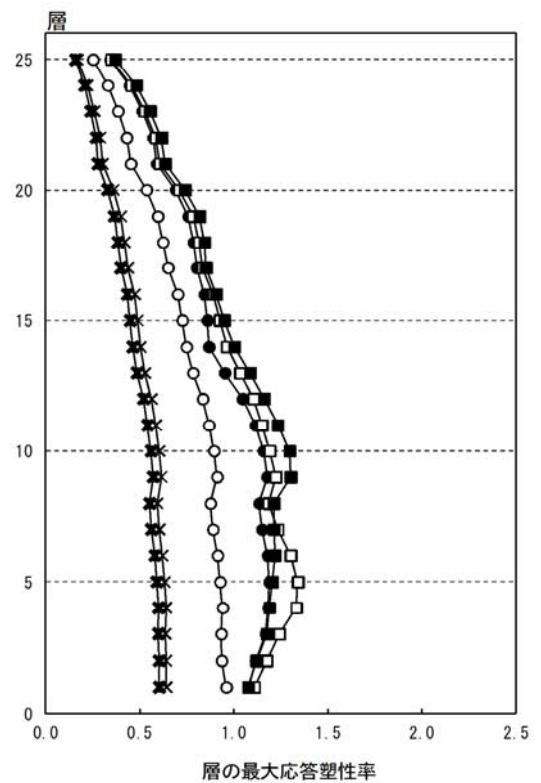
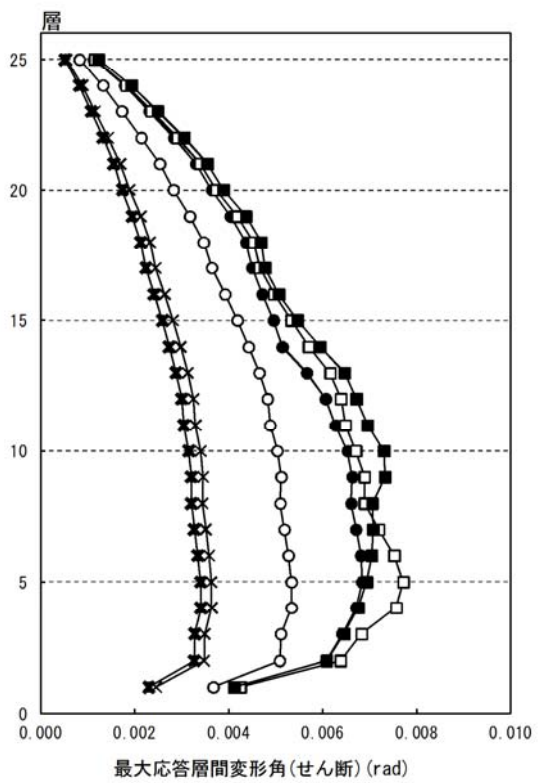
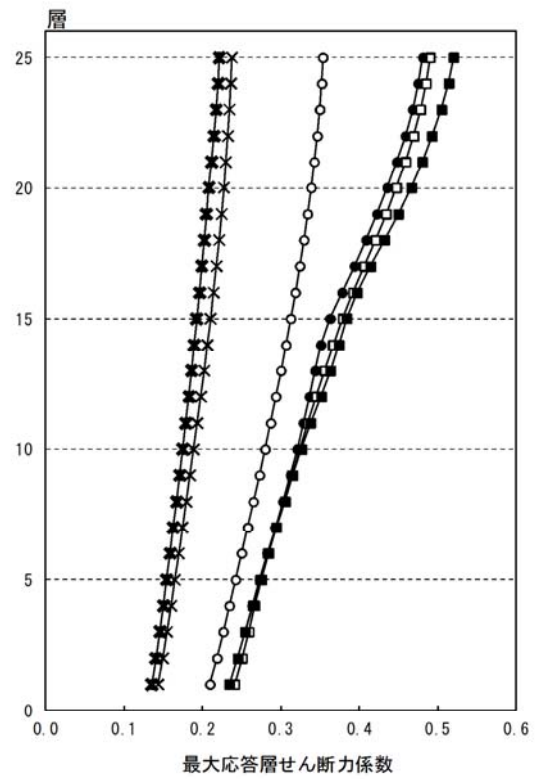
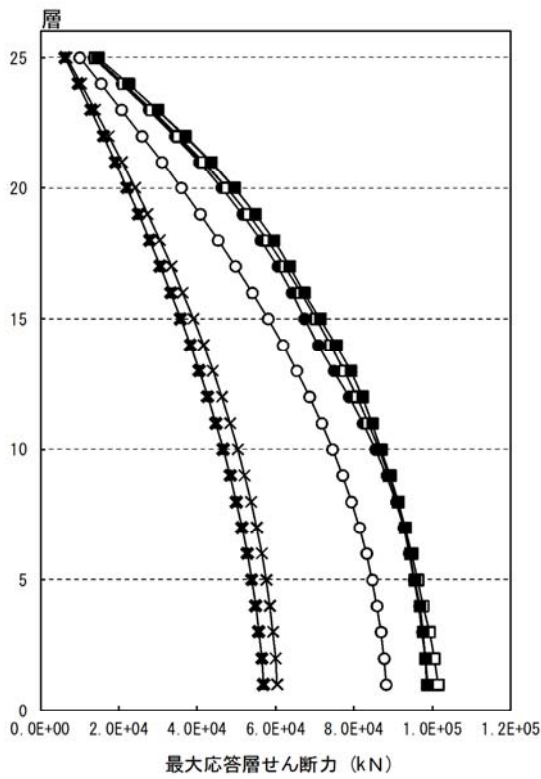


図 4. 2. 1-9 X方向最大応答値(1) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】



図 4. 2. 1-10 X方向最大応答値(2) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

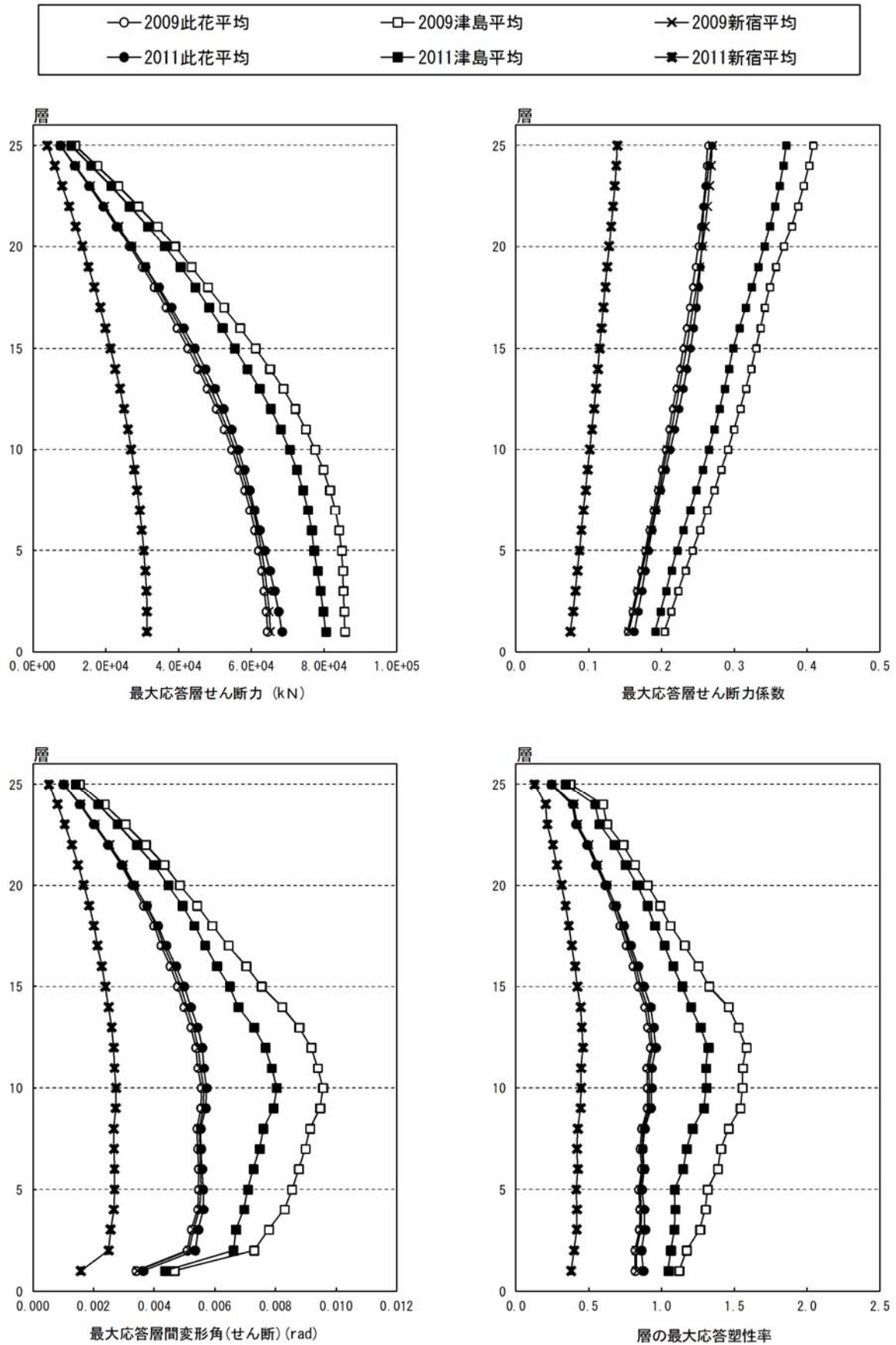


図 4. 2. 1-11 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

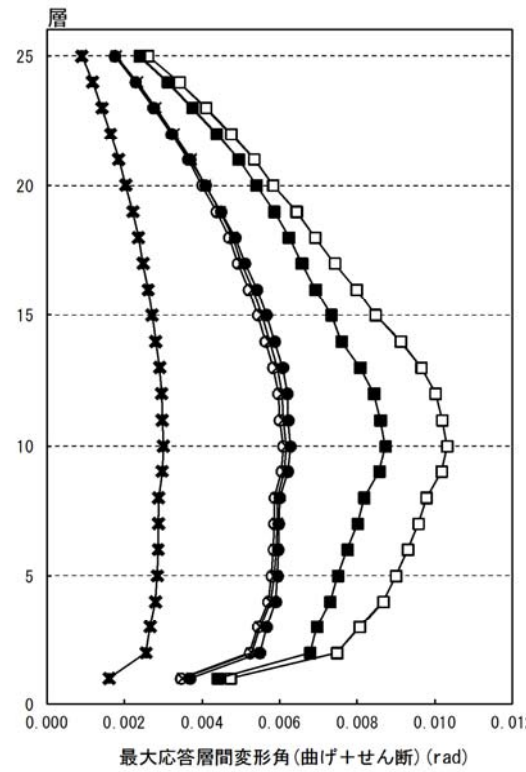
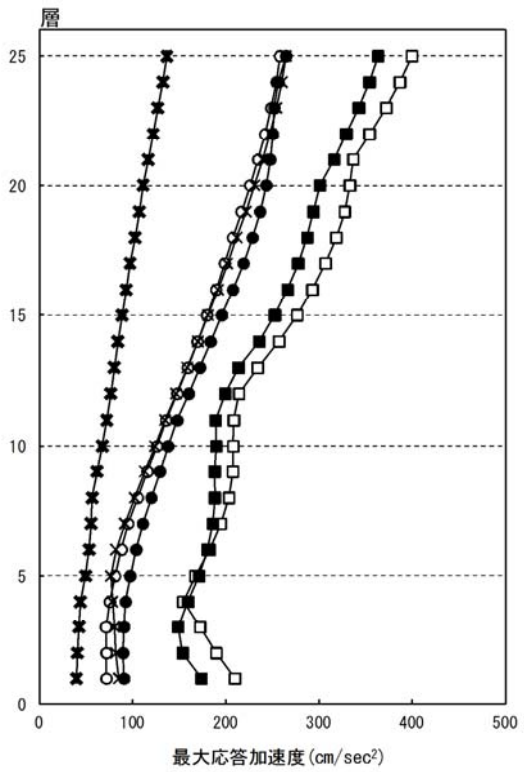
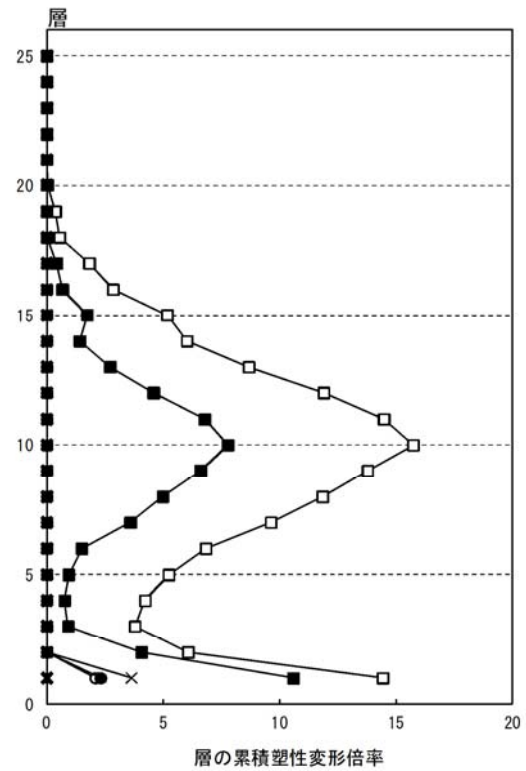
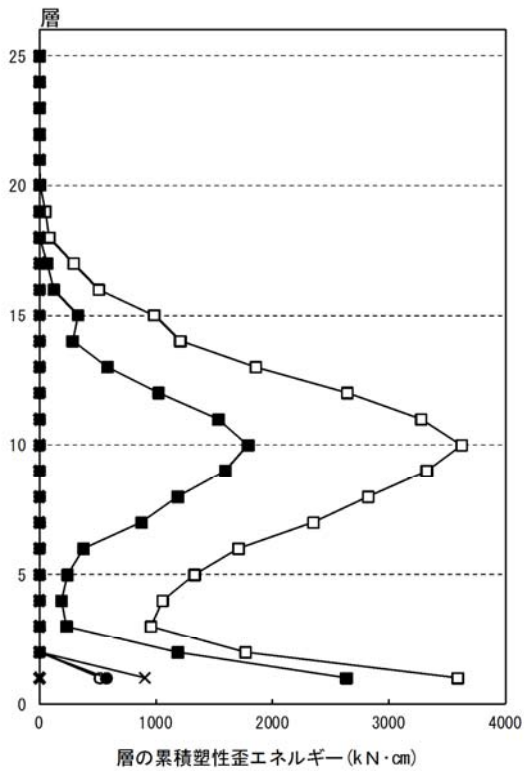


図 4. 2. 1-12 Y方向最大応答値(2) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

4-2-1-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波との比較

2011 地震動の平均+σ波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 100m級	X	此花平均+σ	504.9	60.7	1/121	1.384	22.91	0.627
		津島平均+σ	546.5	68.9	1/96	1.723	24.77	7.460
		新宿平均+σ	267.7	33.4	1/249	0.659	0.38	0.003
	Y	此花平均+σ	466.1	81.1	1/87	1.757	32.97	0.222
		津島平均+σ	495.1	77.9	1/87	1.766	37.16	0.418
		新宿平均+σ	231.4	43.9	1/186	0.815	0.55	0.022

2009 地震動の平均+σ波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 100m級	X	此花平均+σ	346.8	46.8	1/176	0.958	5.20	0.005
		津島平均+σ	479.3	59.1	1/123	1.338	10.60	1.540
		新宿平均+σ	232.5	31.6	1/258	0.643	0.33	0.002
	Y	此花平均+σ	366.6	68.0	1/110	1.370	9.81	0.704
		津島平均+σ	486.8	93.1	1/70	2.212	46.03	3.250
		新宿平均+σ	355.2	64.9	1/118	1.275	9.85	0.161

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを第一折れ点の層せん断力と層間変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max}/δ_p) なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

- 2011 地震動と 2009 地震動の平均+σ波を比較すると、全般的に此花波は X・Y 両方向とも 2011 地震動の方が大きく、津島波は X 方向では 2011 地震動の方が大きく、Y 方向では 2011 地震動の方が小さく、新宿波は X 方向ではほぼ同等、Y 方向では大幅に小さくなっている。
- 層間変形角は、2009 地震動では津島波 Y 方向だけが 1/70 と 1/100 をより大きくなっていたが、2011 地震動では津島波 X 方向 1/96、津島波 Y 方向 1/87、此花波 Y 方向 1/87 で 1/100 を超えている。

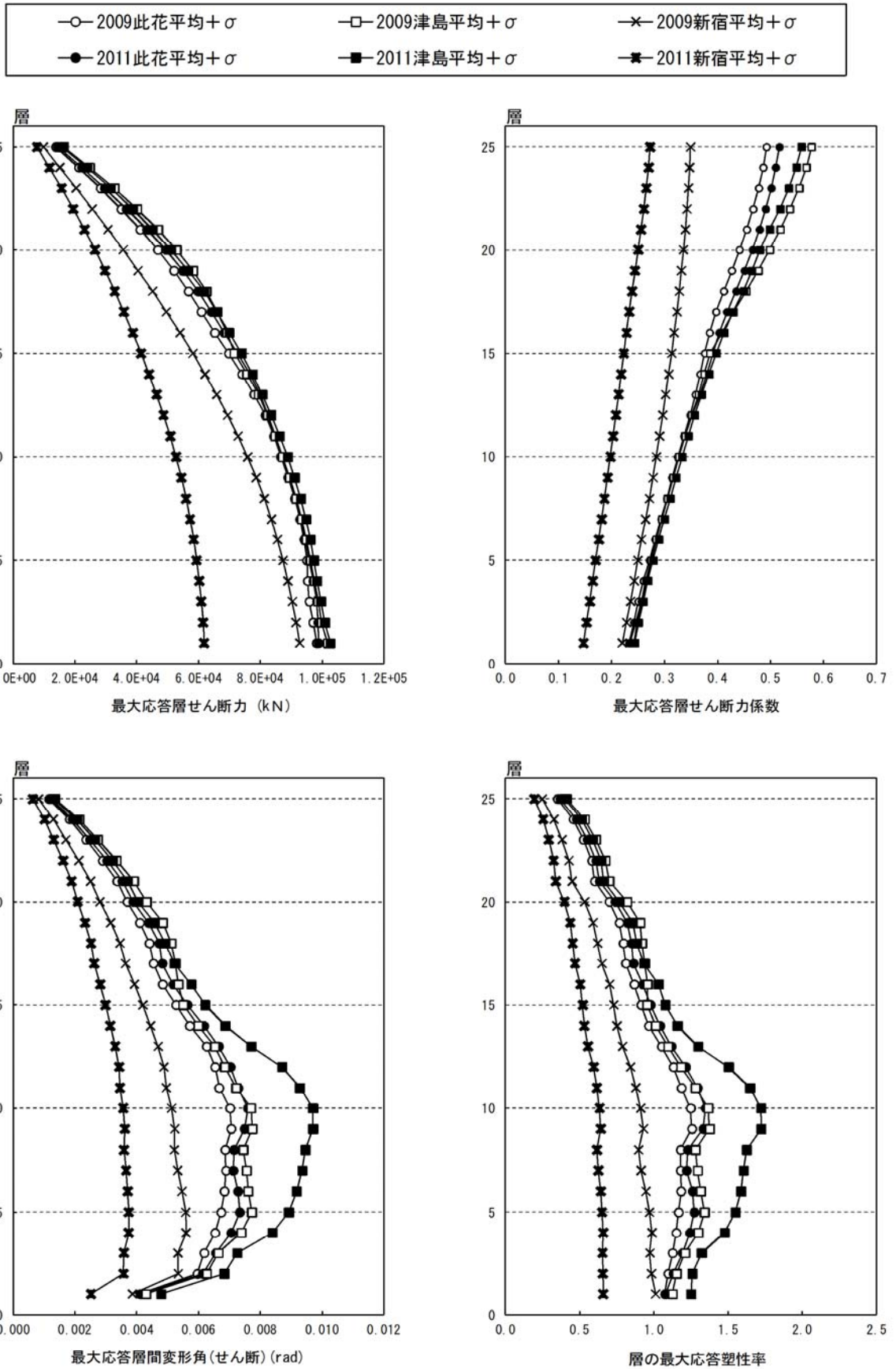


図 4. 2. 1-13 X方向最大応答値(1)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

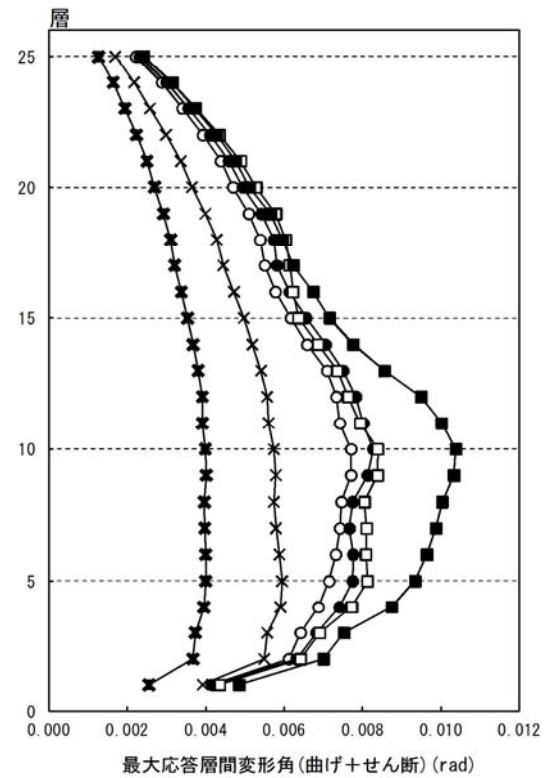
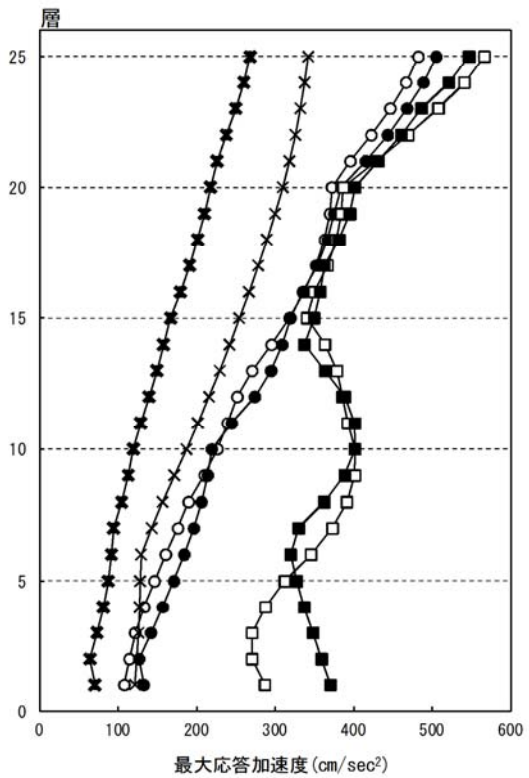
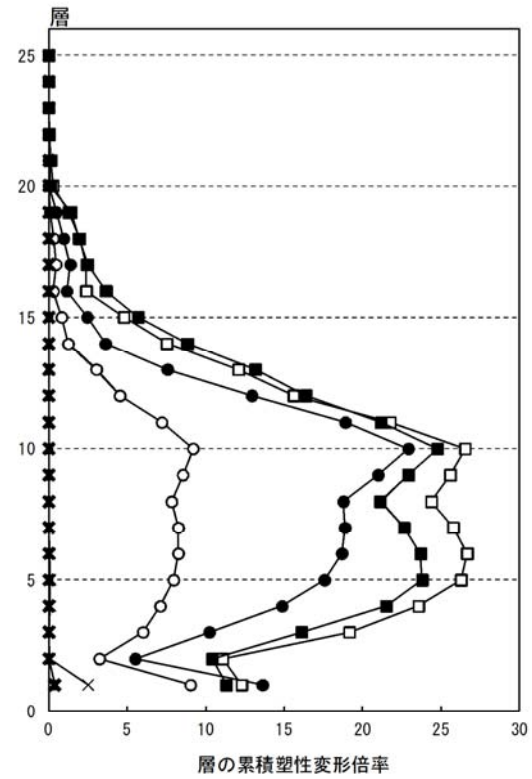
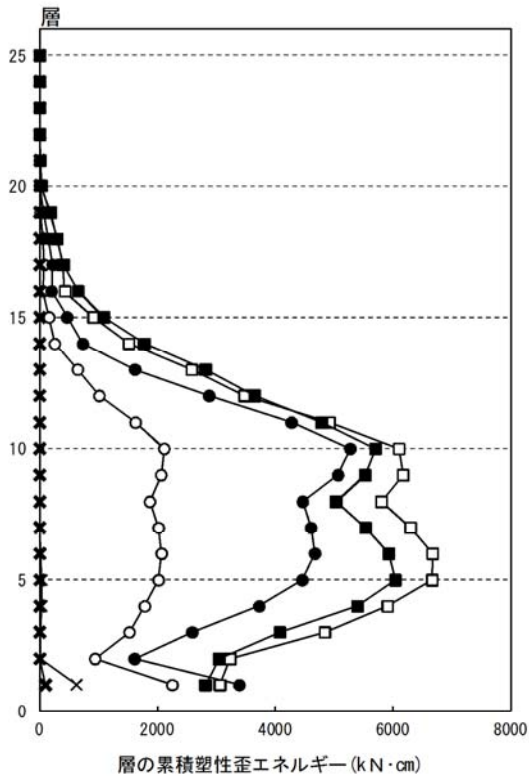
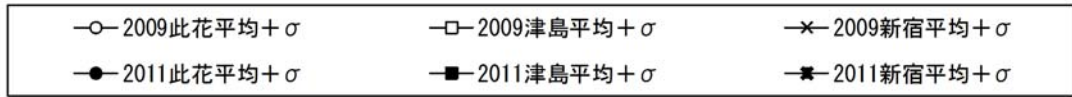


図 4. 2. 1-14 X方向最大応答値(2)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

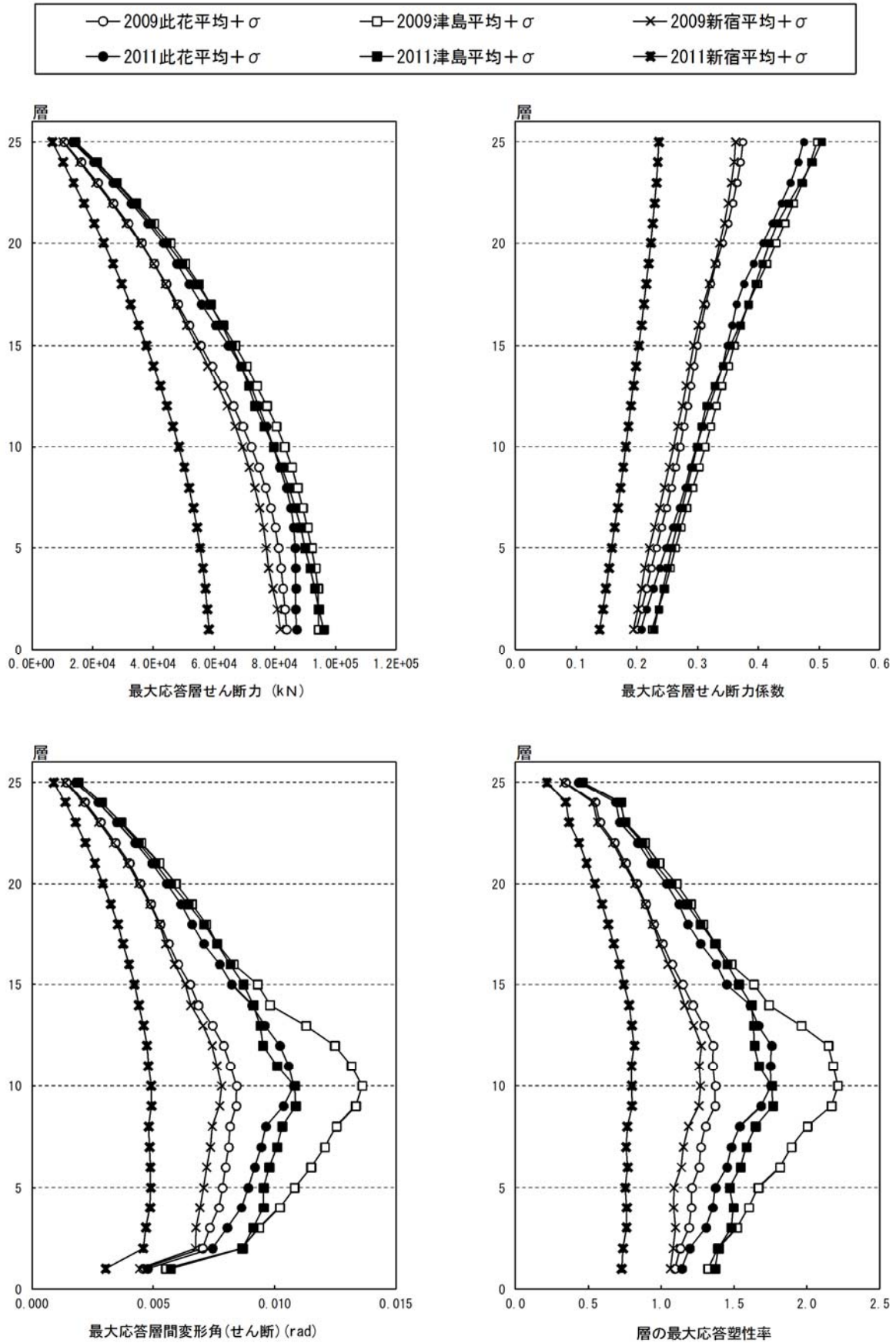


図 4. 2. 1-15 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

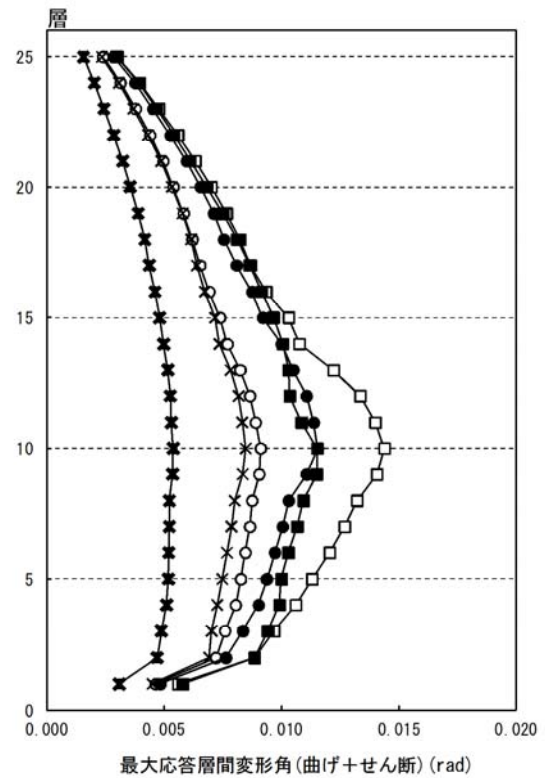
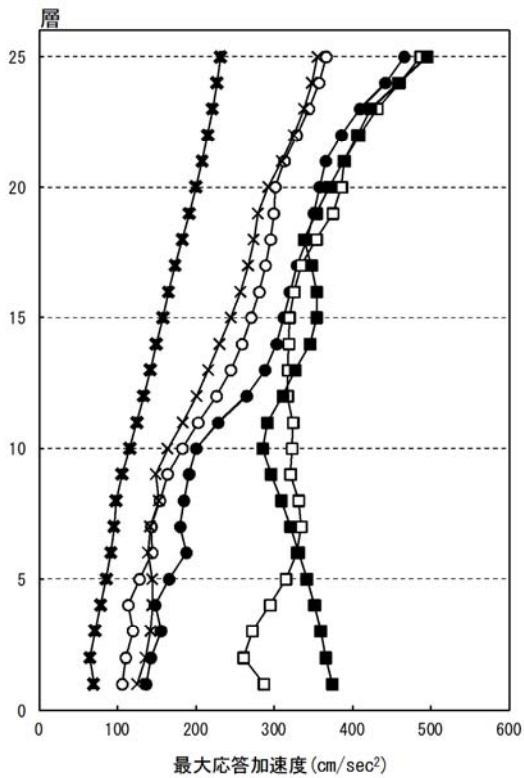
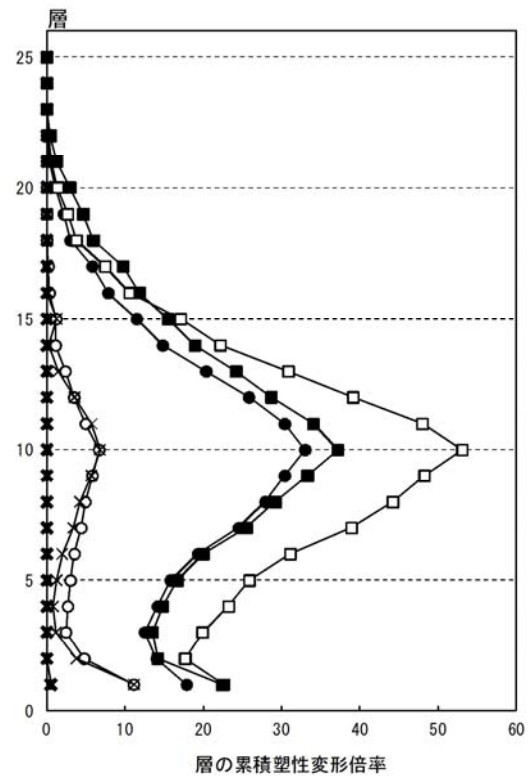
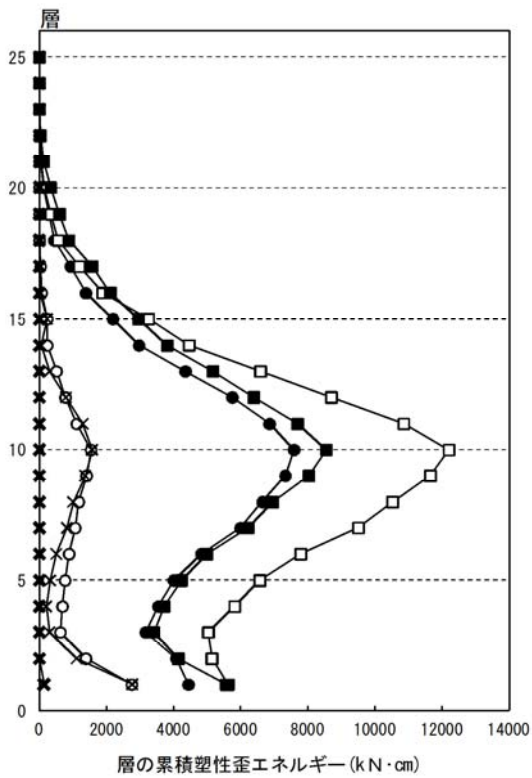
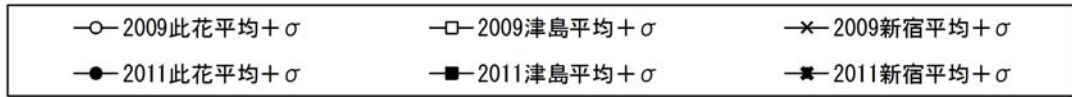


図 4. 2. 1-16 Y方向最大応答値(2) 【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

4-2-2 S 120m級建物

4-2-2-1 対象建物概要

構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
鉄骨造	2001	26	120.0m	長手 2.6 短手 2.9	長手 (X) 短手 (Y)	低降伏点鋼の壁型および 間柱型制振ダンパー付鉄骨 フレーム

(次頁に略伏図と略軸組図を示す)

・建物概要および設計方針

本建物は地上 26 階、軒高 120m のオフィスビルである。平面形は片側コアの整形な形状としている。構造形式は X、Y 方向ともに、低降伏点鋼材を壁形状および間柱形状に設けた制振構造である。

耐震クライテリアは、極めて稀に起こる可能性のある地震に対して層間変形角 1/100 以下、主架構の層塑性率 2.0 以下と設定し、制振構造とすることによりこのクライテリアに対して十分な余裕を持たせている。

4-2-2-2 モデル化の方針

項目		
系のモデル化	質点系	<input type="checkbox"/> せん断多質点系 <input checked="" type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系
	骨組系	<input type="checkbox"/> 平面骨組 <input type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数	<input checked="" type="checkbox"/> 初期剛性比例 <input type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
	[2%]	
解析プログラム	<input checked="" type="checkbox"/> 市販 [SNAP V4]	<input type="checkbox"/> 自社開発
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P-δ 効果考慮 <input type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input type="checkbox"/> 鉛直部材 (柱・壁) の軸力・曲げ非線形相互作用考慮	
当時の一般規定*の 解析上の扱い		
その他		

* (幅厚比、ボルト、横補剛等)

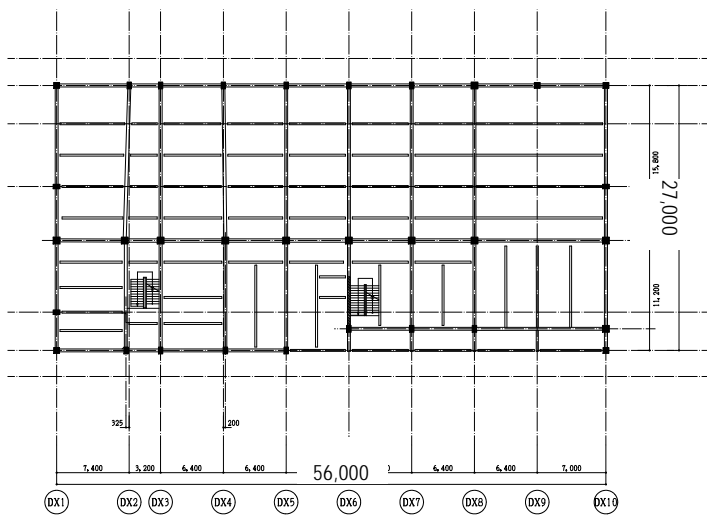
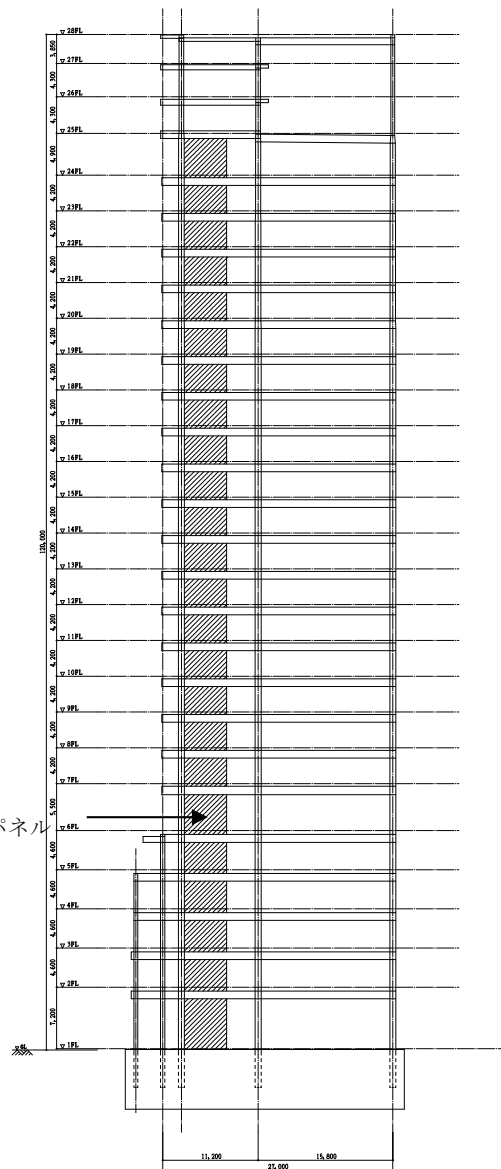


図 4.2.2-1 基準階床伏図



低降伏点鋼制振パネル

図 4.2.2-2 軸組図

4-2-2-3 静的漸増载荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係（層間変位・層せん断力の関係）

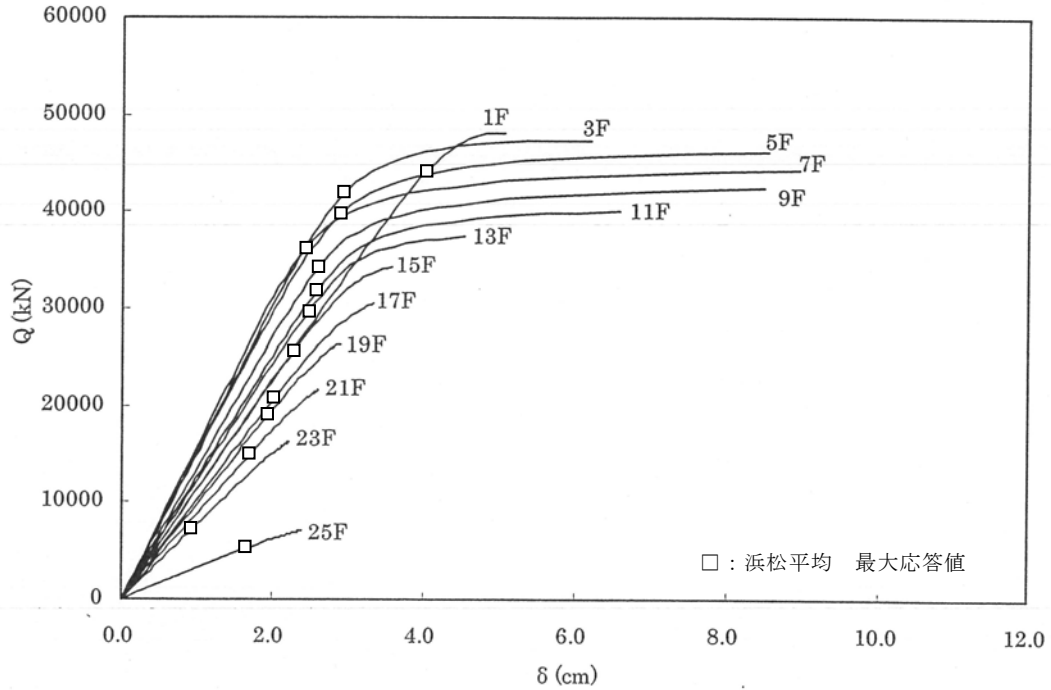


図 4. 2. 2-3 X方向荷重変形関係図

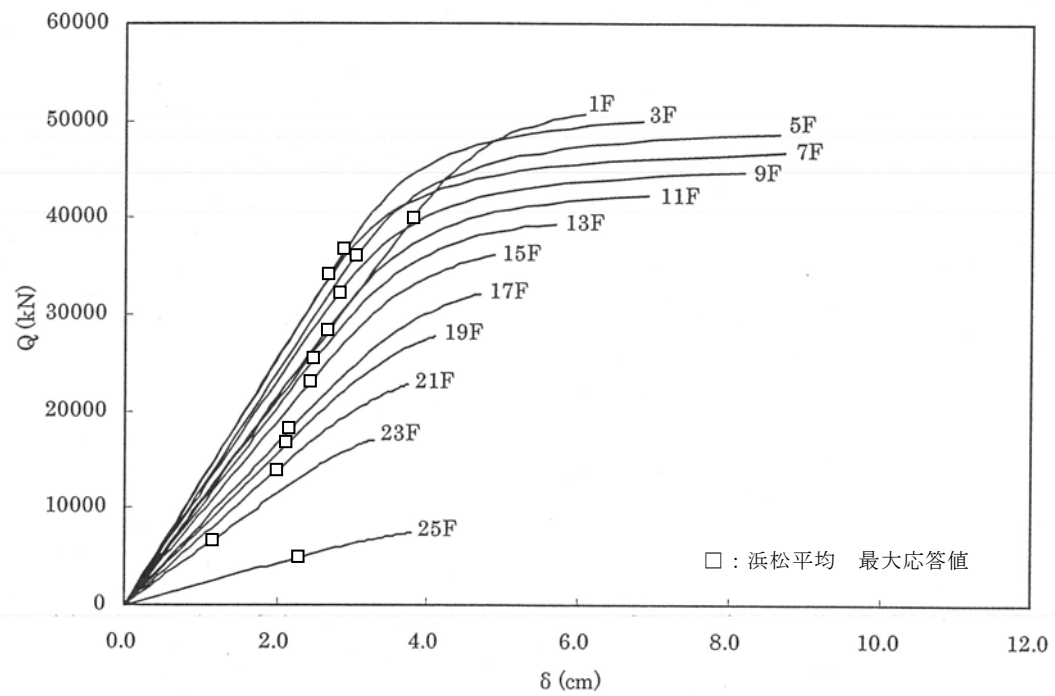


図 4. 2. 2-4 Y方向荷重変形関係図

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力（係数）の一覧表（最大層間変形角 約 1/ 75 時点）

表 4. 2. 2-1 主要階の層せん断力と層せん断力係数

階	ΣW (kN)	X 方向（長手方向）		Y 方向（短手方向）	
		層せん断力 (kN)	層せん断力係数	層せん断力 (kN)	層せん断力係数
26	6537	4000	0.612	5000	0.765
19	94703	26000	0.275	28000	0.296
11	197091	40000	0.203	42500	0.216
7	248132	44000	0.177	47000	0.189
1	345166	48000	0.139	51000	0.148

4-2-2-3 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 120m級	此花(OSKH02)平均	252.2	40.1	1/247	0.92	187.3	0.27
	津島(AIC003)平均	380.0	46.0	1/220	1.03	209.4	0.30
	浜松(SZO024)平均	564.4	61.0	1/153	1.45	354.1	0.74
	新宿(KGIN) 平均	139.3	22.4	1/475	0.49	33.3	0.40
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	273.5	43.4	1/264	0.84	317.4	0.17
	津島(AIC003)平均	396.2	48.3	1/220	1.02	262.8	0.03
	浜松(SZO024)平均	648.5	71.6	1/147	1.52	293.5	1.26
	新宿(KGIN) 平均	170.7	28.3	1/414	0.56	117.8	0.24

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 120m級	此花(OSKH02)平均+σ	380.6	65.3	1/147	1.55	749.3	0.73
	津島(AIC003)平均+σ	533.5	72.6	1/138	1.64	559.7	1.01
	浜松(SZO024)平均+σ	795.0	86.3	1/93	2.58	830.5	2.84
	新宿(KGIN) 平均+σ	197.9	31.1	1/318	0.70	105.4	0.07
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ	401.7	76.1	1/132	1.75	789.2	1.97
	津島(AIC003)平均+σ	552.2	78.7	1/147	1.62	526.5	0.98
	浜松(SZO024)平均+σ	872.9	97.1	1/114	2.03	647.8	0.77
	新宿(KGIN) 平均+σ	200.1	33.4	1/311	0.75	263.0	0.12

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを等価降伏耐力と等価降伏変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：制振部材を除く主体架構の塑性率とする。第一折れ点からの変形増大倍率（ δ_{max} / δ_p ）とし、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間

変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

最大応答値は前表に示すとおりであり、次頁以降に高さ方向の最大応答値分布を示す。また以下に応答値の特徴を記す。

- (1) 最大応答層せん断力：建物の固有周期（X方向 2.6 秒、Y方向 2.9 秒）と地震波の卓越周期の関係から、津島波以外の長周期波に対する最大応答は小さい。津島波と JSCA 波の応答はほぼ同程度となっている。
- (2) 最大応答層せん断力係数：JSCA 波では上層階の応答が大きく振られる現象が見られるが、長周期波では見られない。
- (3) 最大応答層間変形角（せん断変形成分）：クライテリア 1/100 に対して、各波ともに小さな最大応答値となっている。
- (4) 層の最大応答塑性率：制振部材の有効な働きにより、主架構の塑性率は小さく、津島波以外の長周期波に対しては弾性範囲（塑性率 1.0 以下）の応答となっている。
- (5) 層の累積塑性歪エネルギー：長周期波では履歴形制振部材が多くのエネルギーを吸収している。許容される累積塑性歪エネルギーを精度よく評価することが求められる。
- (6) 層の累積塑性変形倍率：長周期波では履歴形制振部材の累積塑性変形倍率が大きくなっている。許容される累積塑性変形倍率を精度よく評価することが求められる。
- (7) 最大応答加速度：各階で、長周期波よりも JSCA 波の最大応答が大きくなっている。
- (8) 最大応答層間変形角：長周期波、JSCA 波ともにクライテリアに比較して小さな応答となっている。

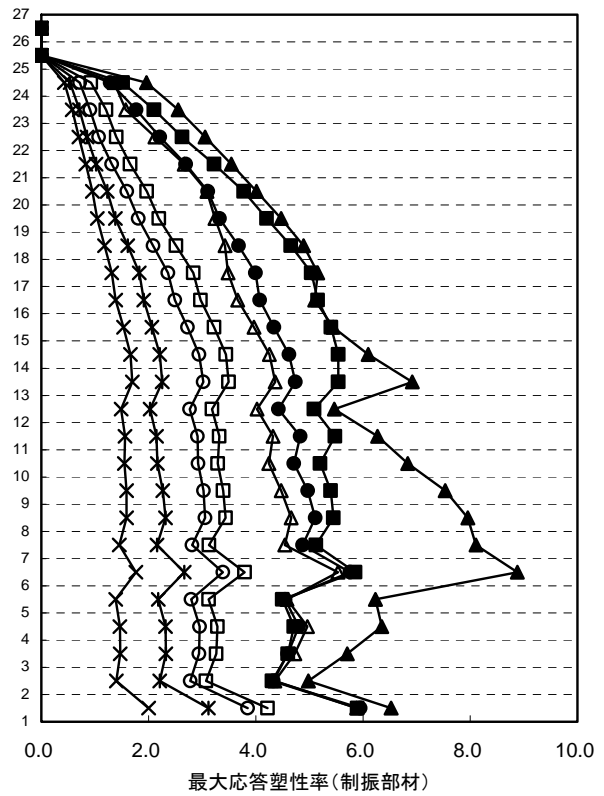
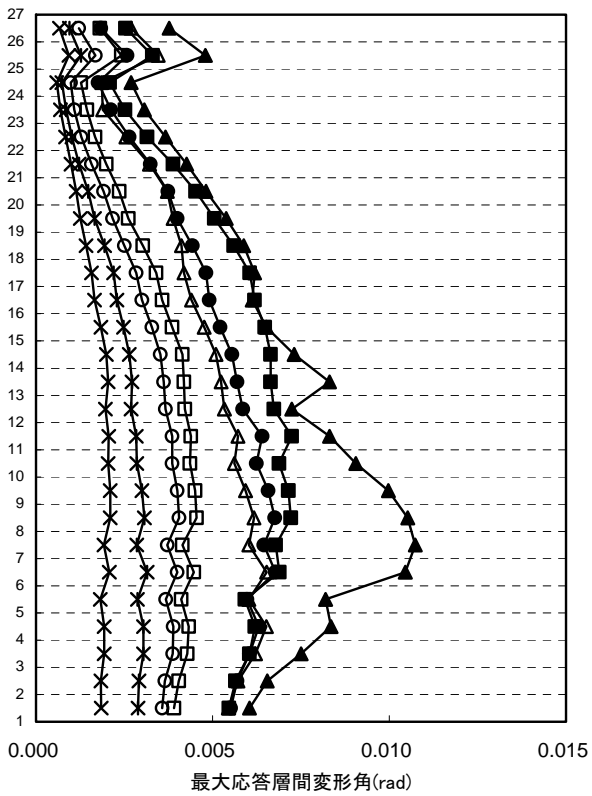
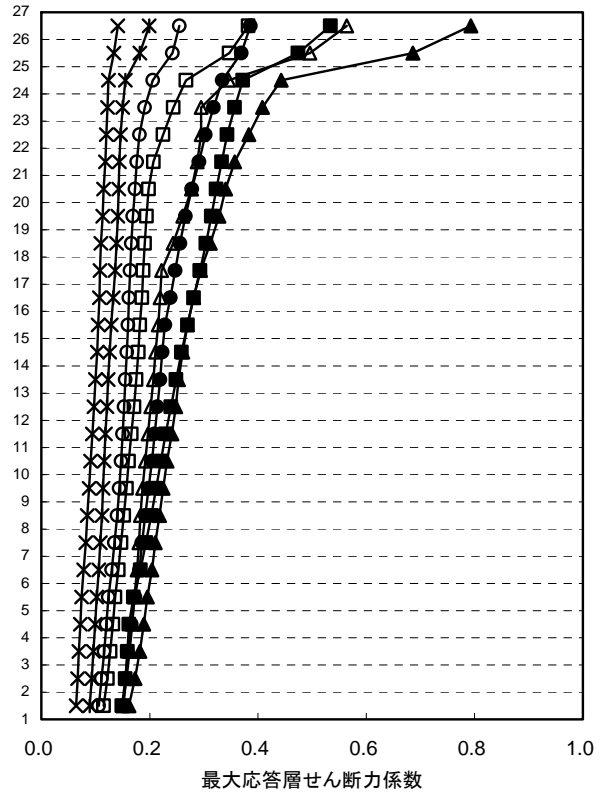
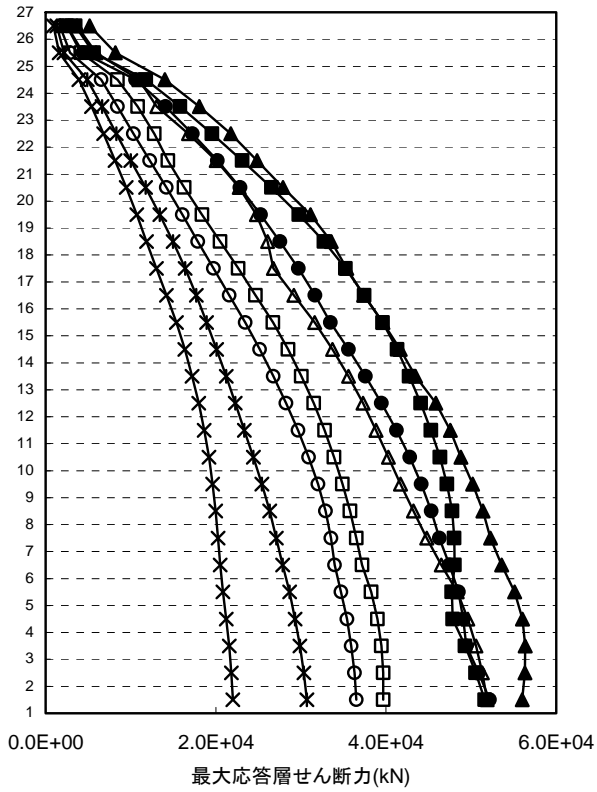
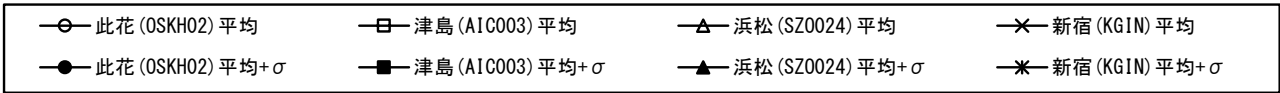


図 4.2.2-5 X 方向最大応答値(1)【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

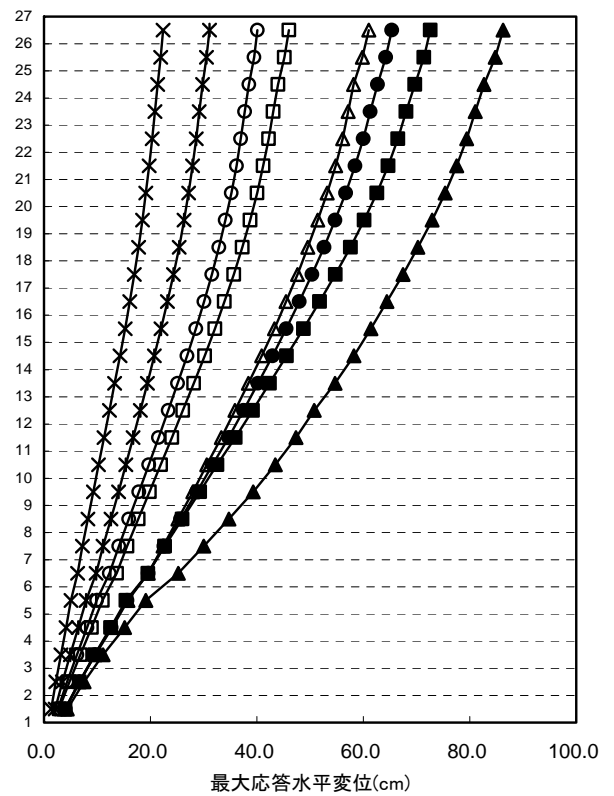
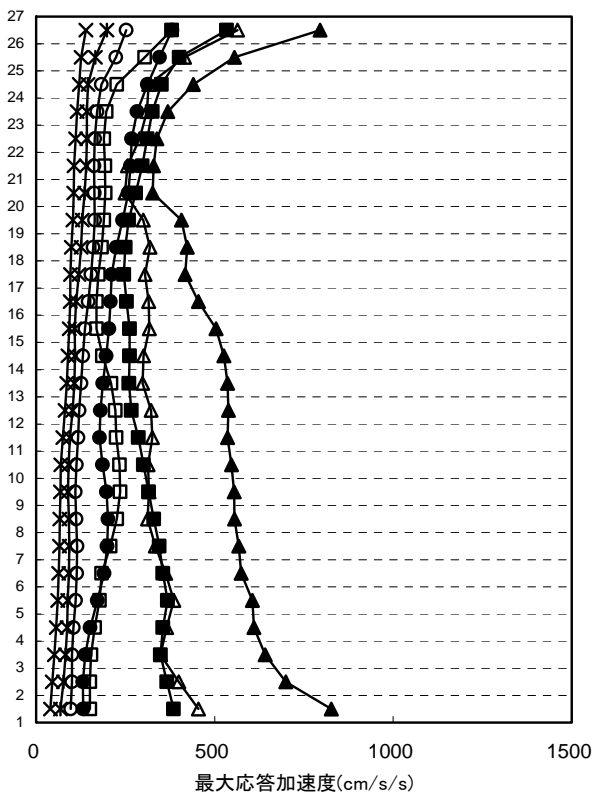
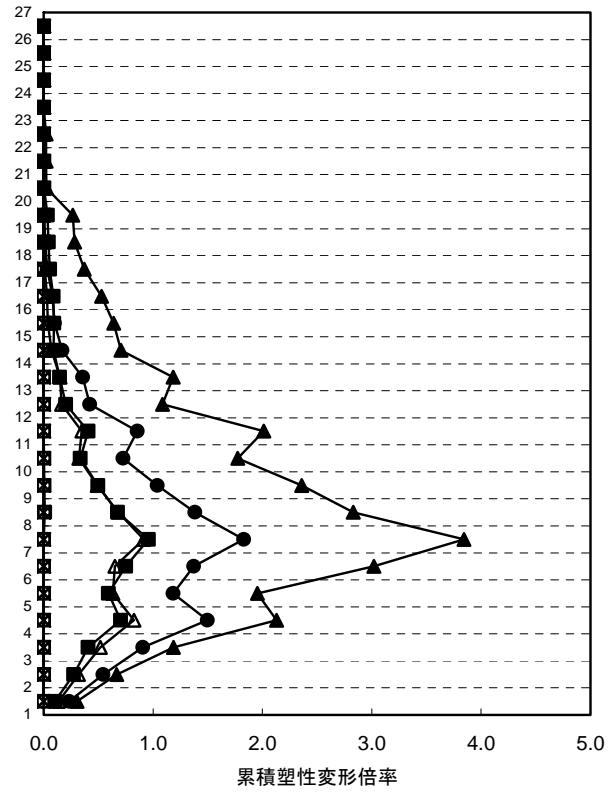
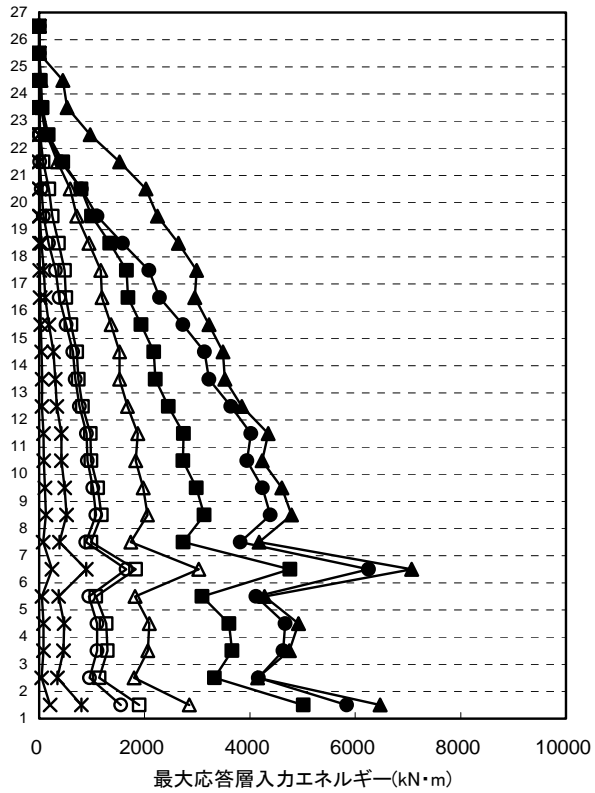


図 4.2.2-6 X 方向最大応答値(2)【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

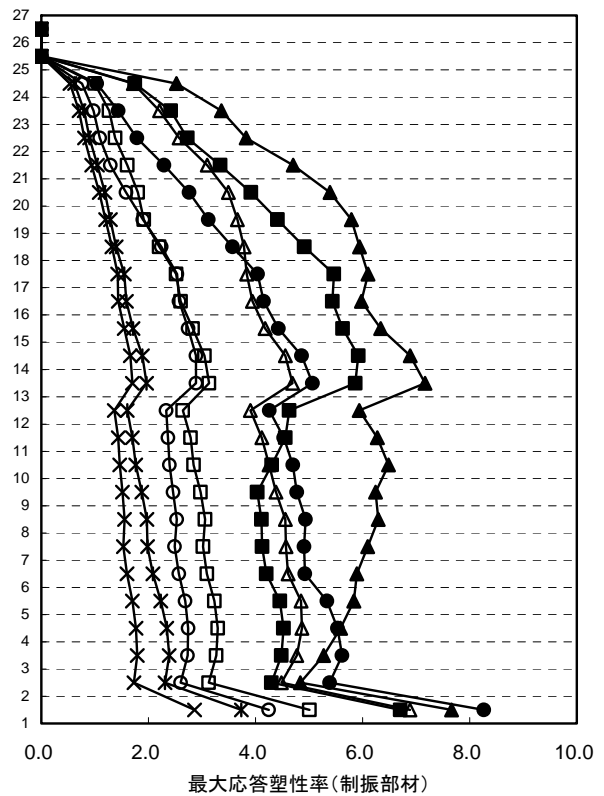
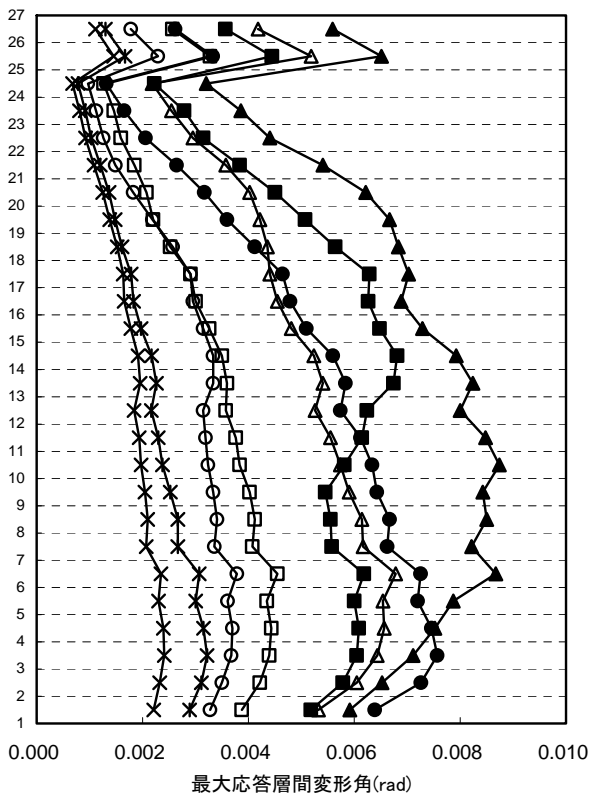
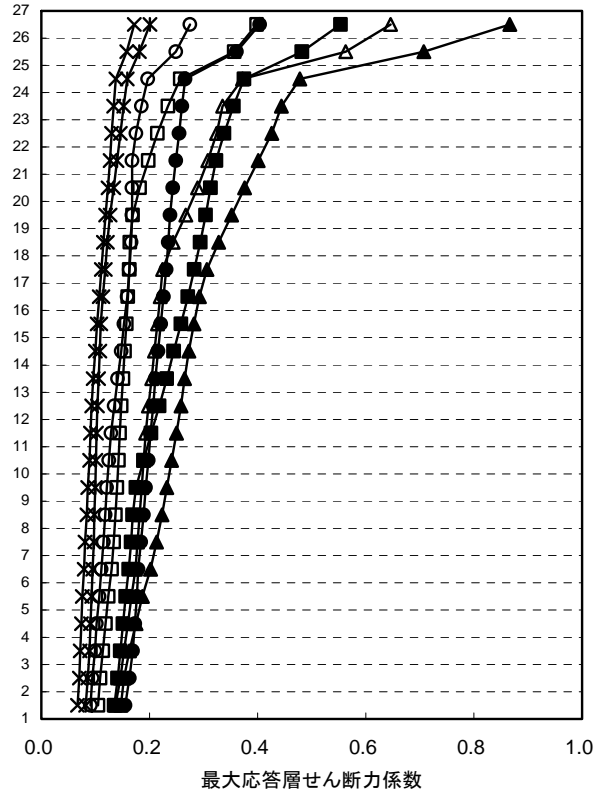
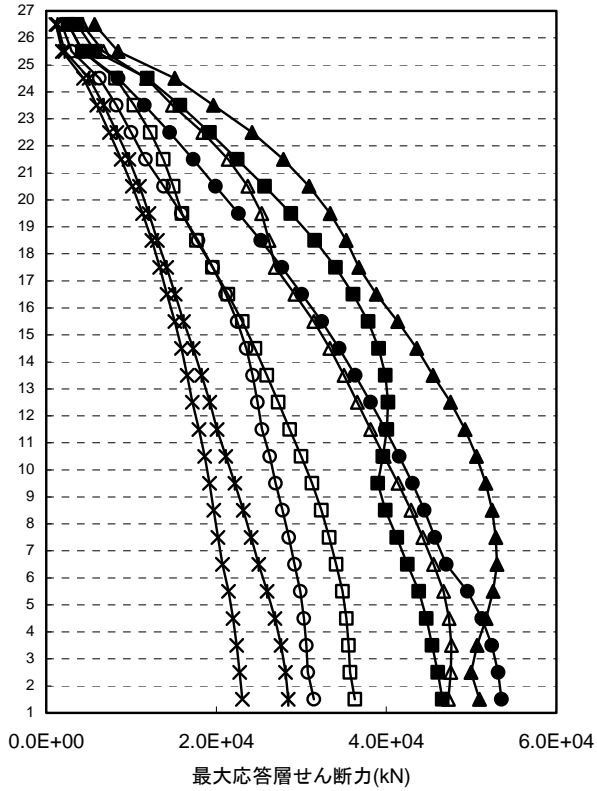
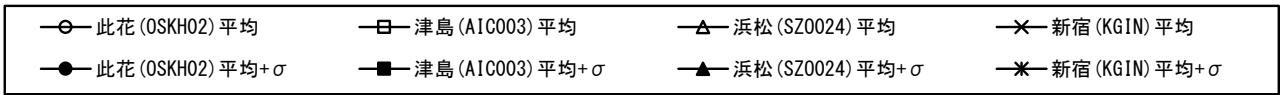


図 4.2.2-7 Y 方向最大応答値(1)【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

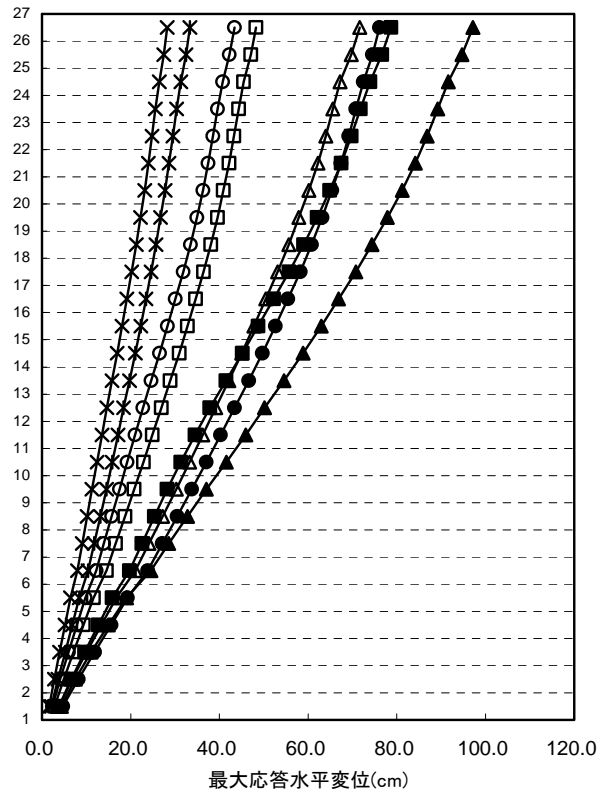
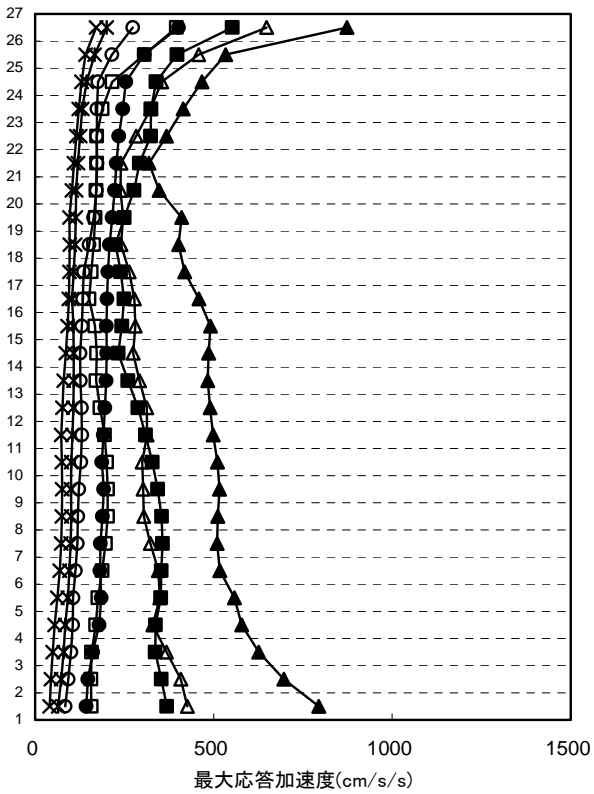
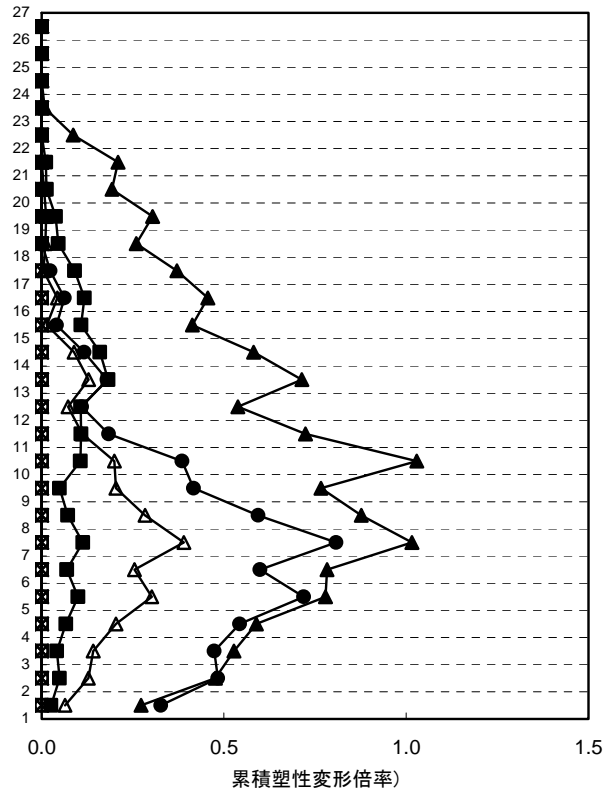
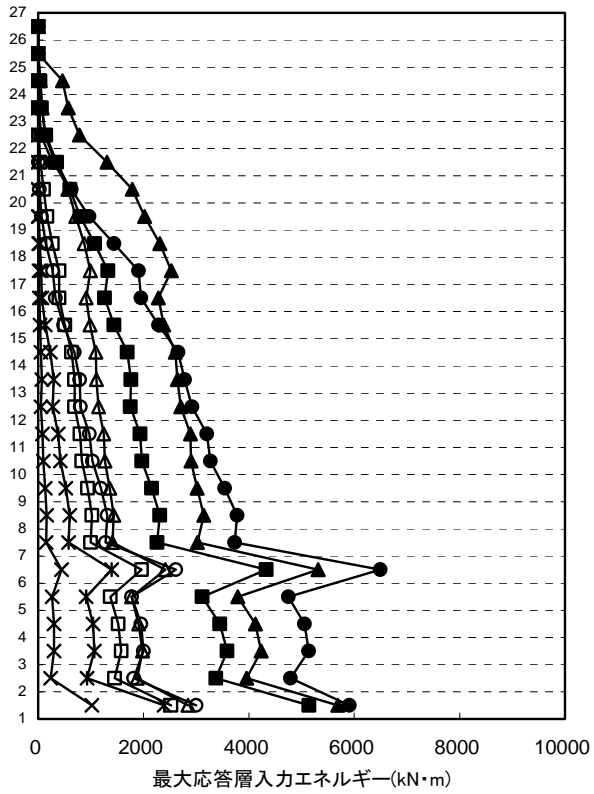
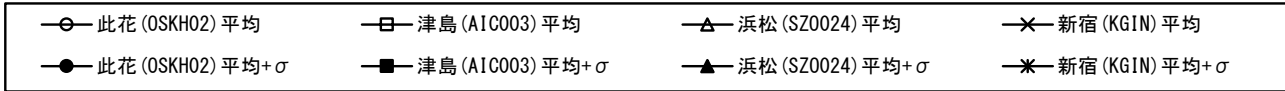


図 4.2.2-8 Y 方向最大応答値(2) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-2-2-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 120m 級	此花(OSKH02)平均	252.2	40.1	1/247	0.92	187.3	0.27
	津島(AIC003)平均	380.0	46.0	1/220	1.03	209.4	0.30
	新宿(KGIN) 平均	139.3	22.4	1/475	0.49	33.3	0.40
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	273.5	43.4	1/264	0.84	317.4	0.17
	津島(AIC003)平均	396.2	48.3	1/220	1.02	262.8	0.03
	新宿(KGIN) 平均	170.7	28.3	1/414	0.56	117.8	1.26

2009 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 120m 級	此花(OSKH02)平均	207.2	36.6	1/258	0.88	182.8	0.06
	津島(AIC003)平均	422.9	53.2	1/176	1.27	363.0	0.06
	新宿(KGIN) 平均	215.1	31.6	1/311	0.72	92.5	0.05
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	189.3	42.7	1/231	1.01	200.2	0.36
	津島(AIC003)平均	376.3	59.9	1/173	1.37	272.8	0.00
	新宿(KGIN) 平均	234.6	31.7	1/367	0.60	89.9	0.35

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを等価降伏耐力と等価降伏変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：制振部材を除く主体架構の塑性率とする。第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max} / δ_p) とし、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

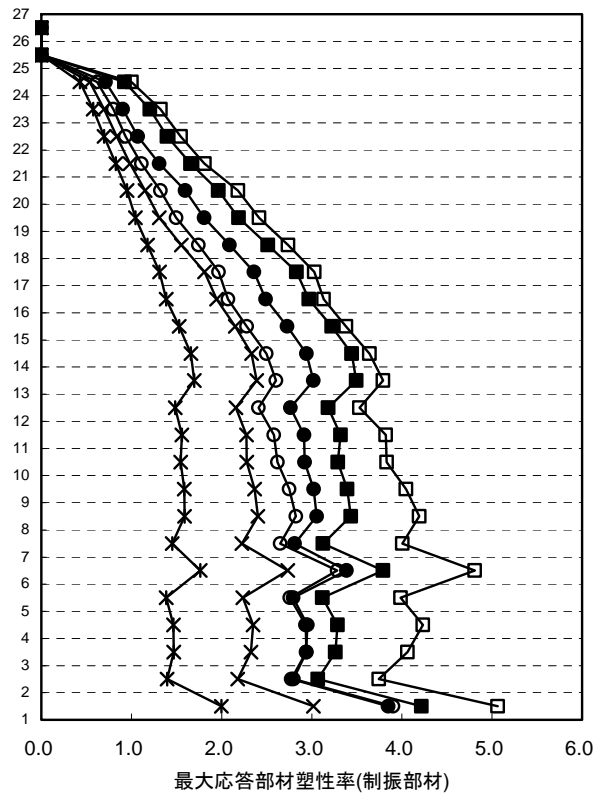
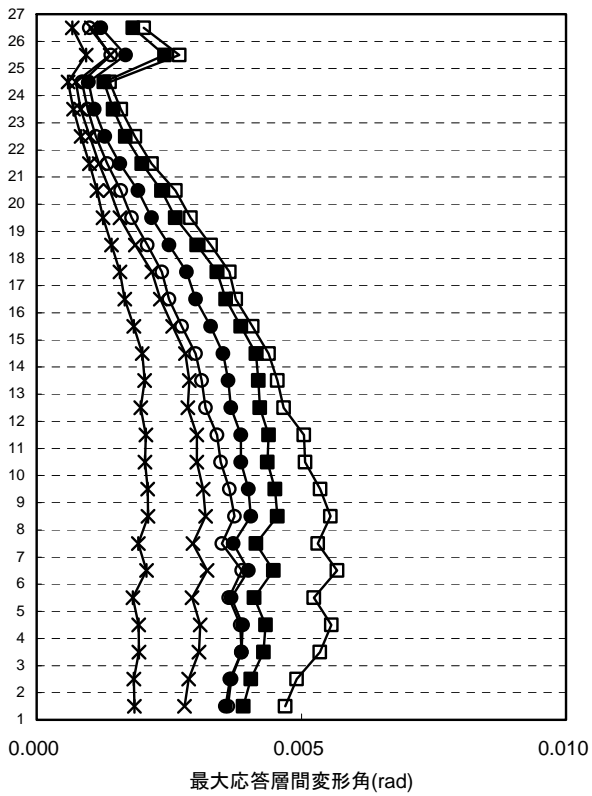
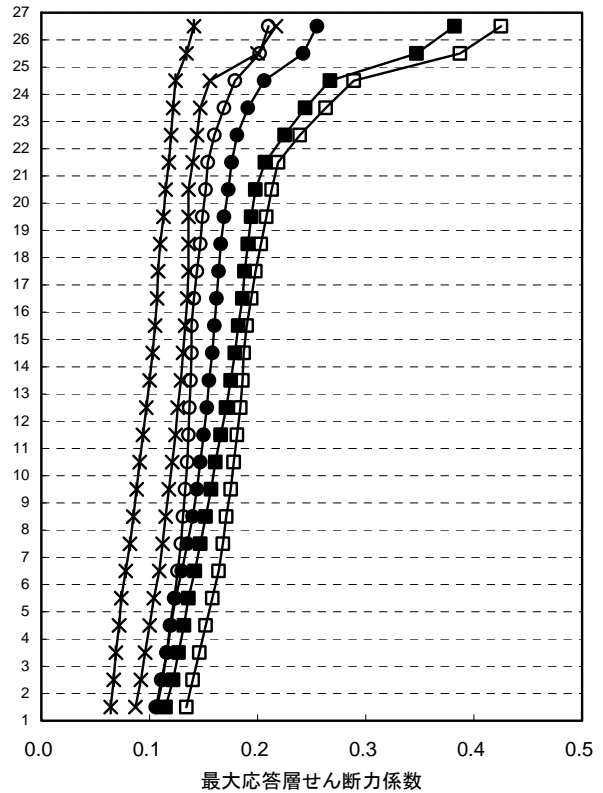
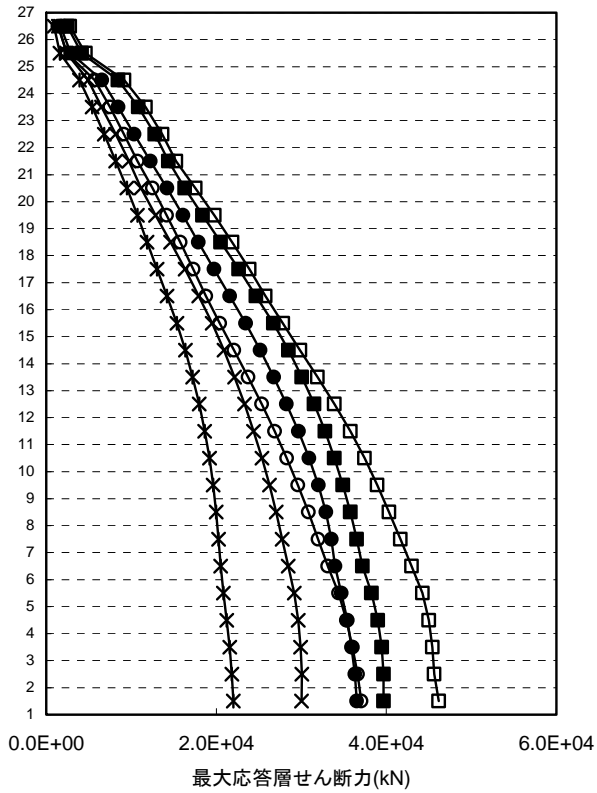
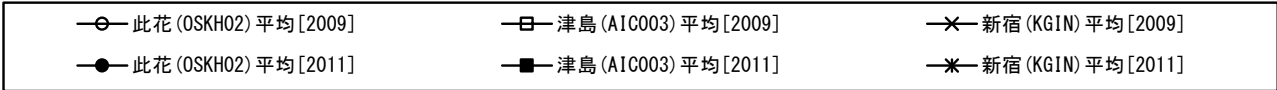


図 4.2.2-9 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

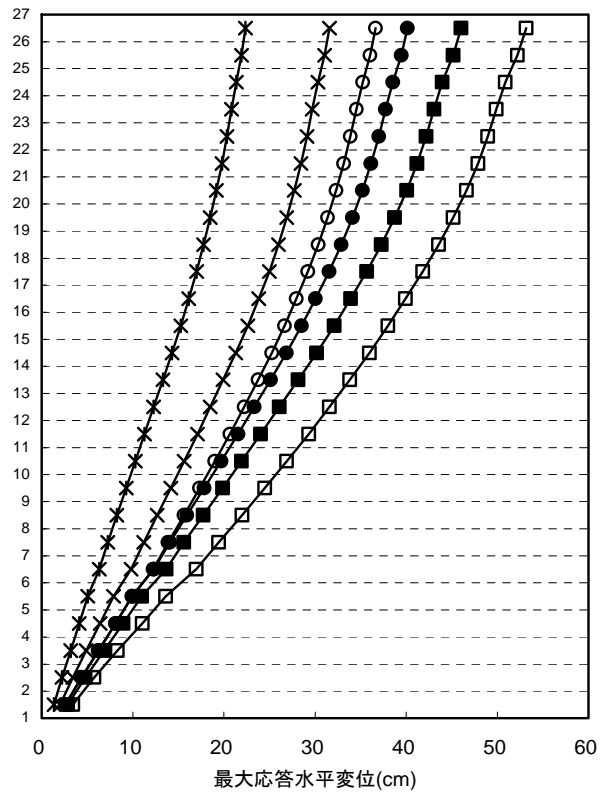
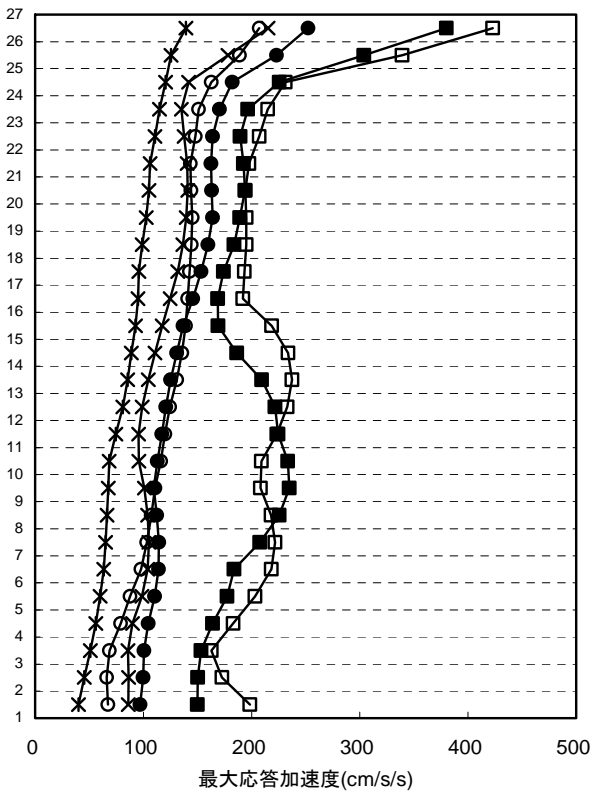
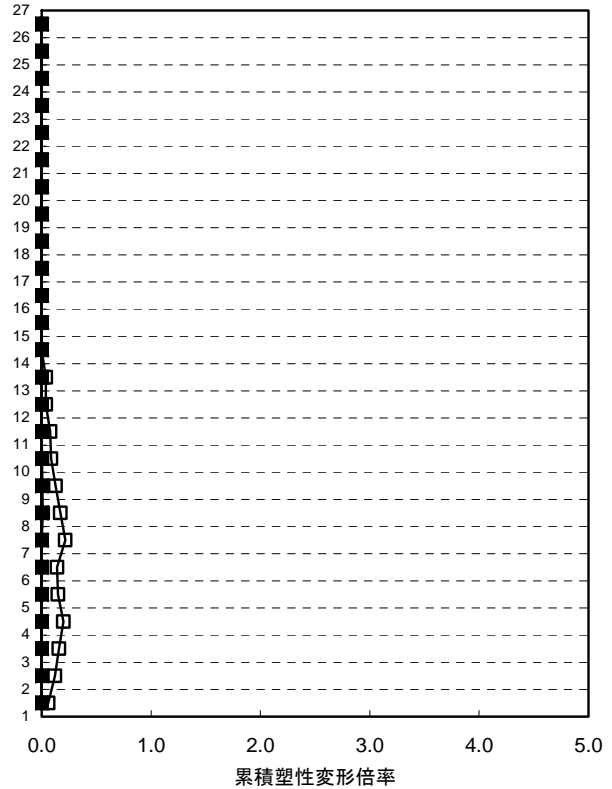
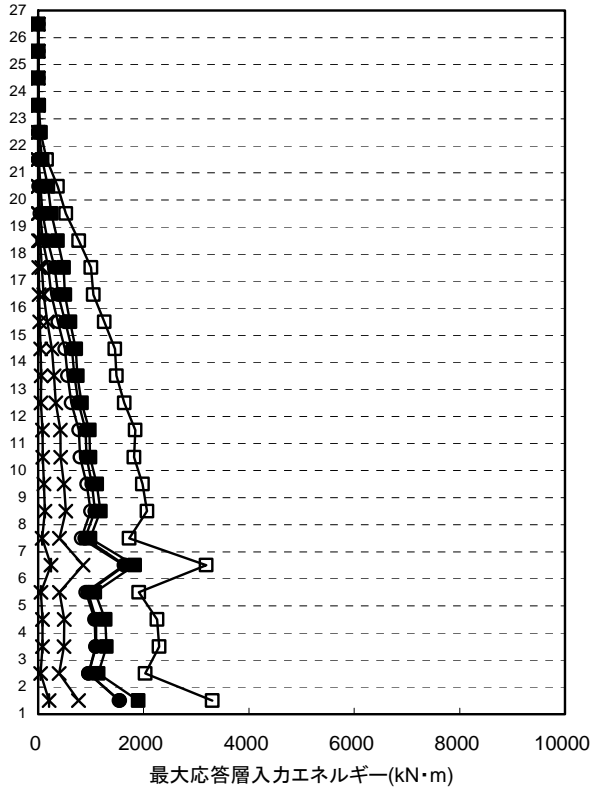
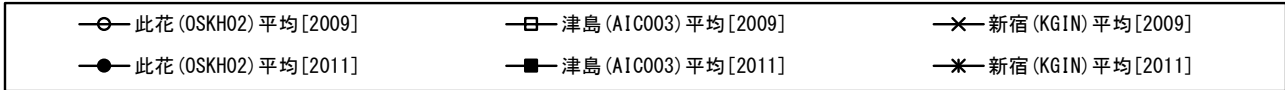


図 4.2.2-10 X 方向最大応答値 (2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

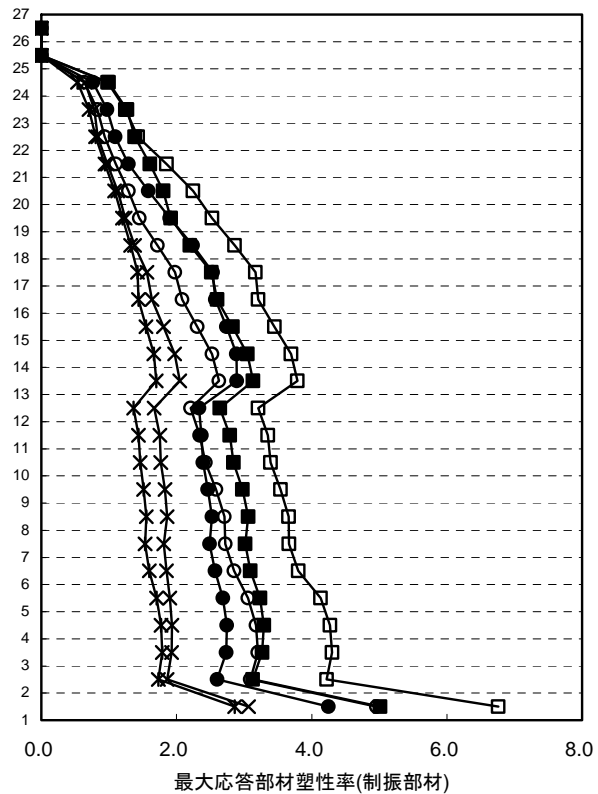
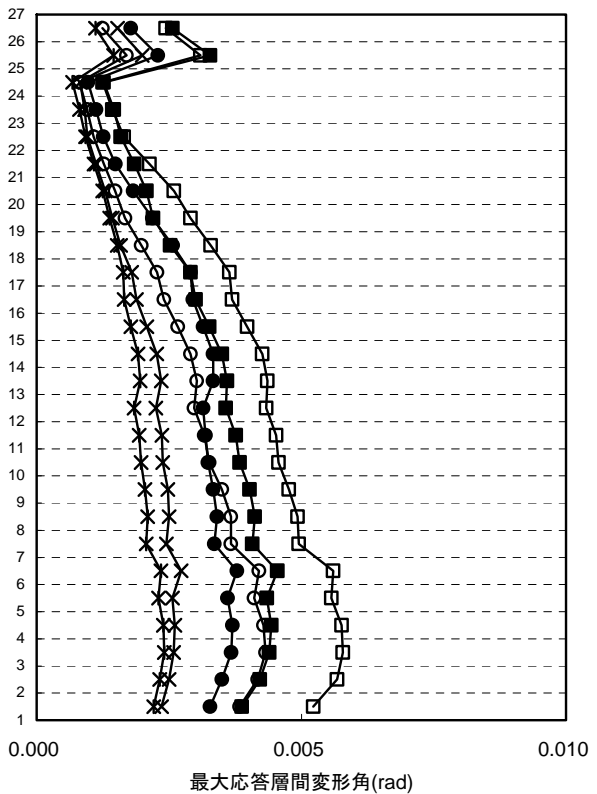
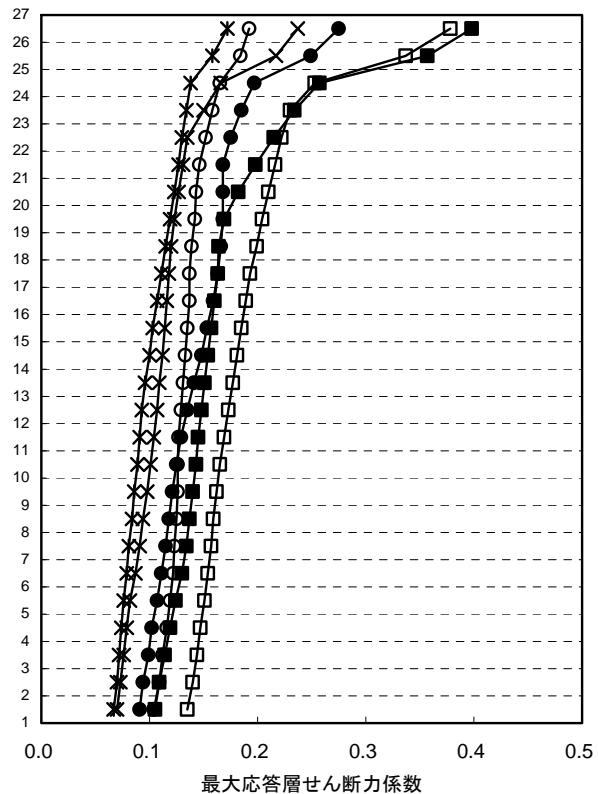
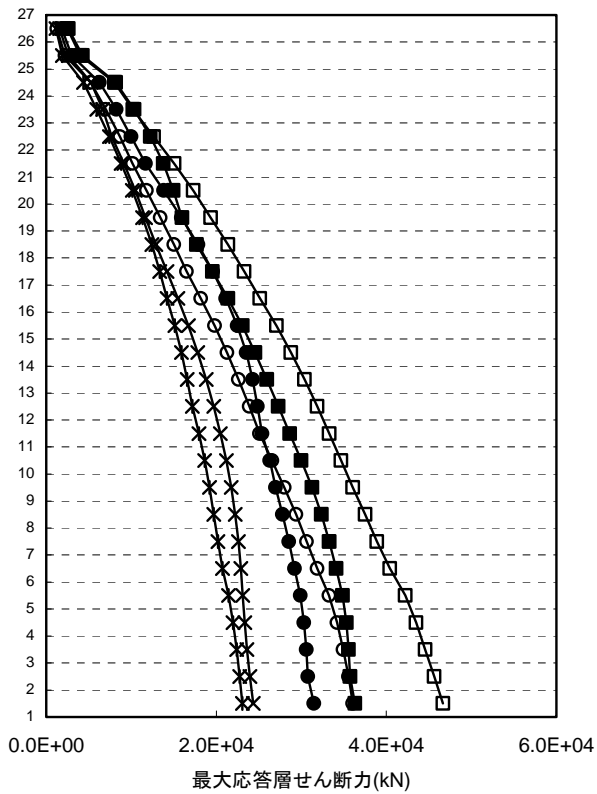
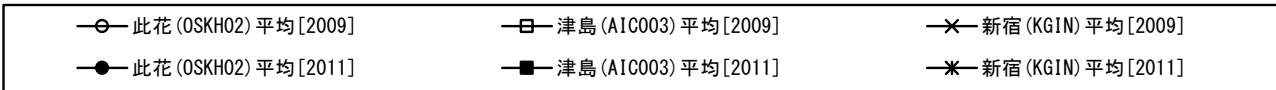


図 4.2.2-11 Y 方向最大応答値(1)【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

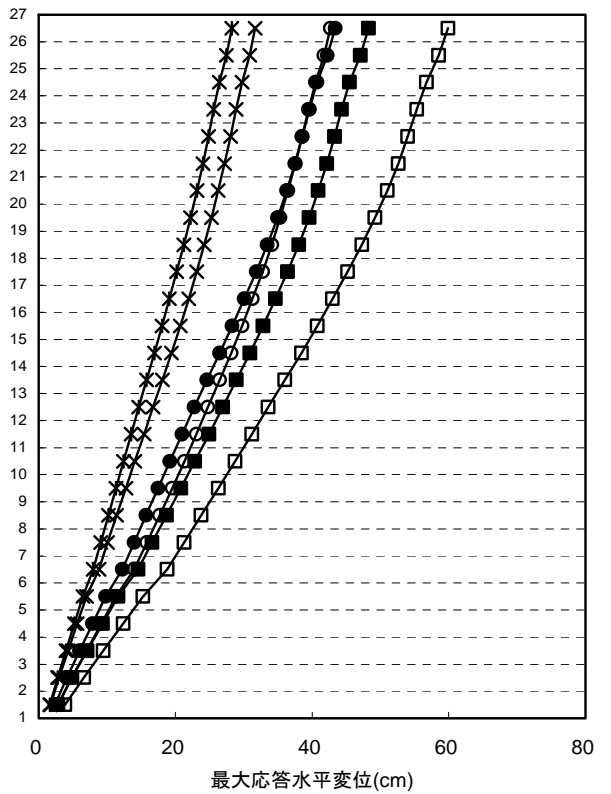
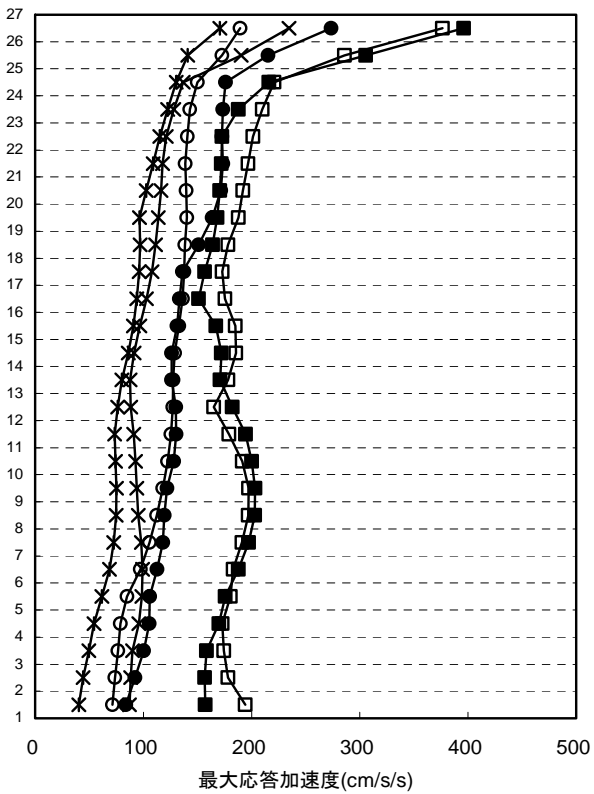
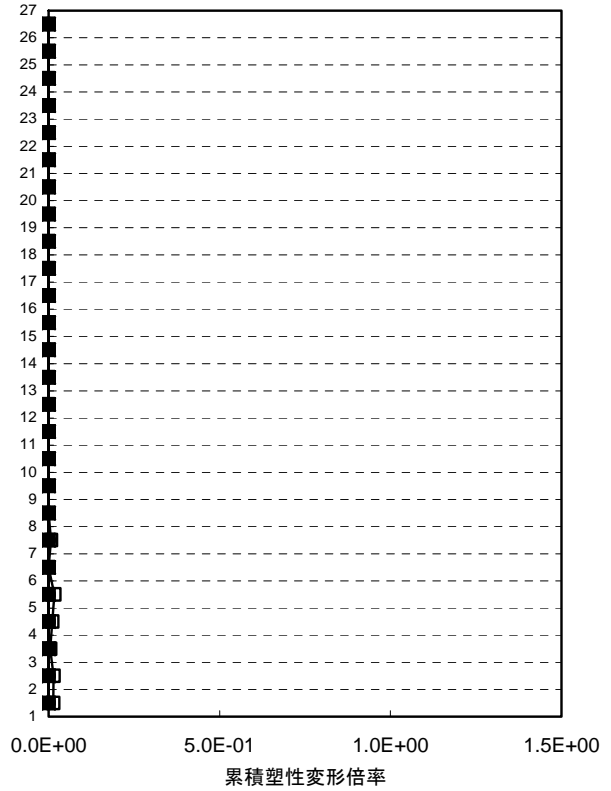
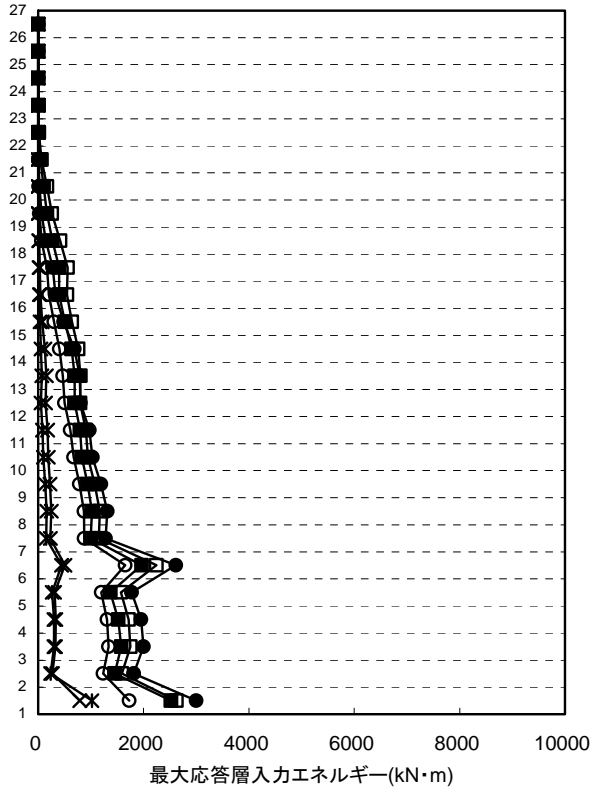
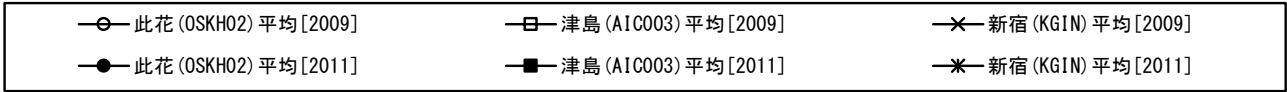


図 4.2.2-12 Y 方向最大応答値 (2)【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

4-2-2-5 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波の比較

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)						
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
S 120m級	此花(OSKH02)平均+σ	380.6	65.3	1/147	1.55	749.3	0.73	
	津島(AIC003)平均+σ	533.5	72.6	1/138	1.64	559.7	1.01	
	新宿(KGIN) 平均+σ	197.9	31.1	1/318	0.70	105.4	0.07	
	入力地震波	最大応答値(Y方向)						
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
		此花(OSKH02)平均+σ	401.7	76.1	1/132	1.75	789.2	1.97
		津島(AIC003)平均+σ	552.2	78.7	1/147	1.62	526.5	0.98
	新宿(KGIN) 平均+σ	200.1	33.4	1/311	0.75	263.0	0.77	

2009 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)						
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
S 120m級	此花(OSKH02)平均+σ	256.6	51.8	1/180	1.24	441.1	0.97	
	津島(AIC003)平均+σ	584.4	75.7	1/114	2.10	769.5	3.47	
	新宿(KGIN) 平均+σ	352.9	41.3	1/238	0.95	200.5	1.18	
	入力地震波	最大応答値(Y方向)						
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
		此花(OSKH02)平均+σ	302.8	65.7	1/156	1.49	498.8	0.50
		津島(AIC003)平均+σ	615.8	79.2	1/136	1.70	707.1	2.33
	新宿(KGIN) 平均+σ	382.2	44.3	1/239	0.96	161.3	0.12	

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを等価降伏耐力と等価降伏変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：制振部材を除く主体架構の塑性率とする。第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max} / δ_p) とし、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

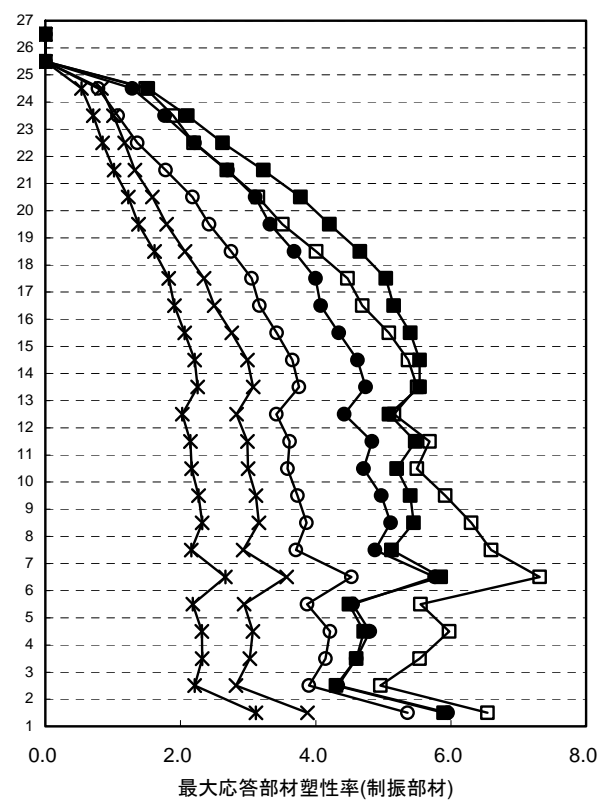
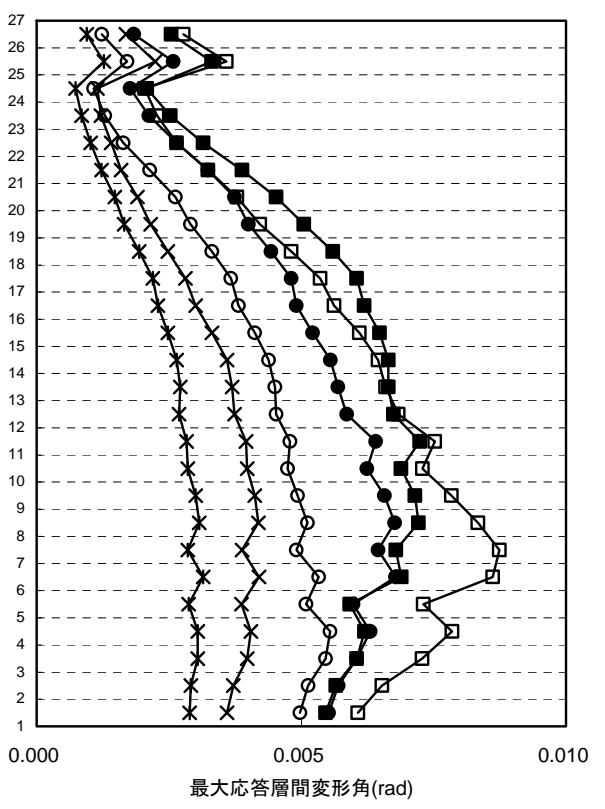
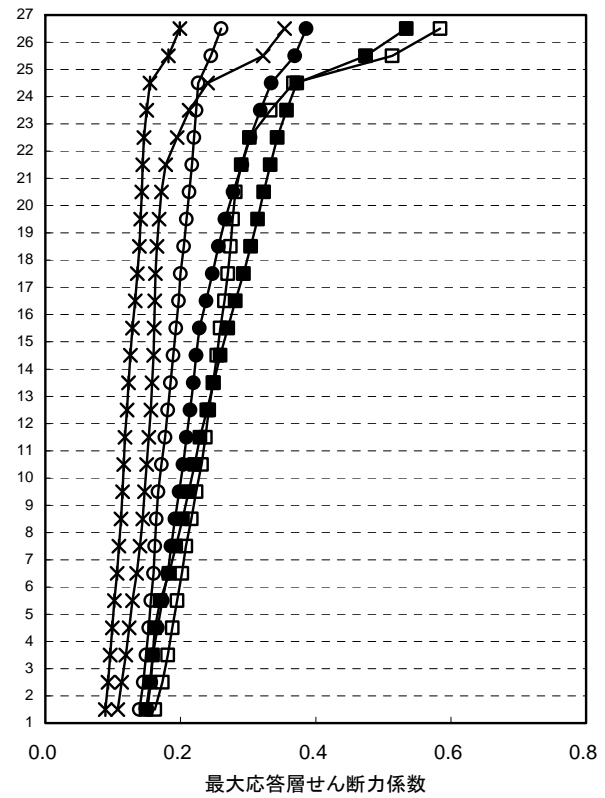
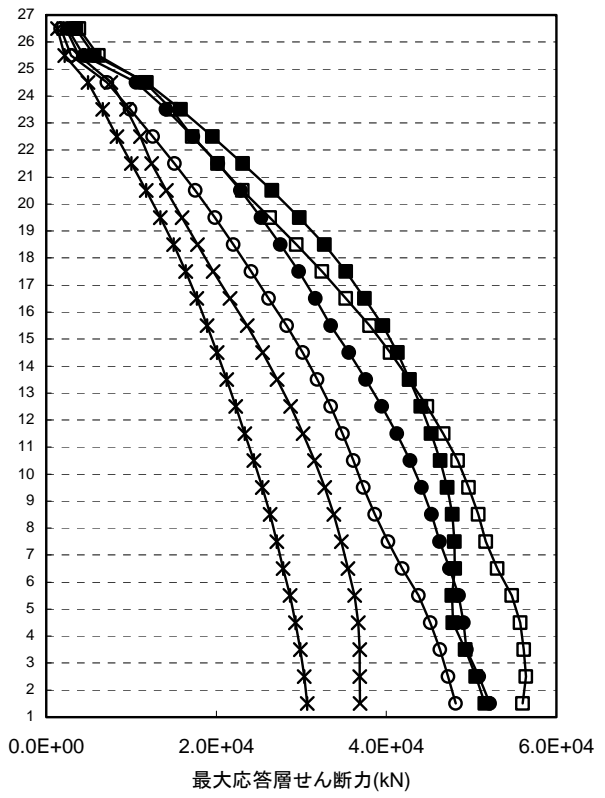
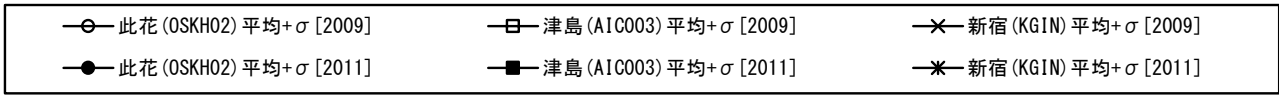


図 4. 2. 2-13 X 方向最大応答値 (1) 【2011 地震動平均+σ 波と 2009 地震動平均+σ 波の比較】

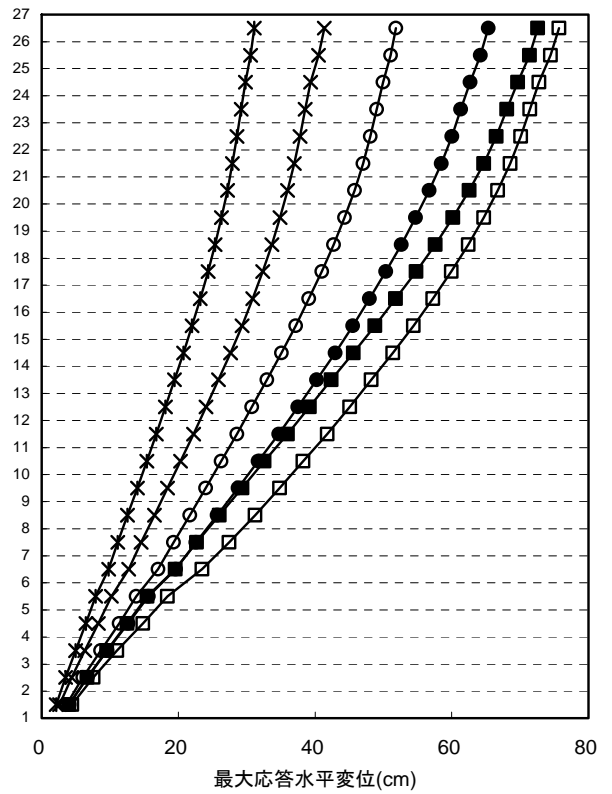
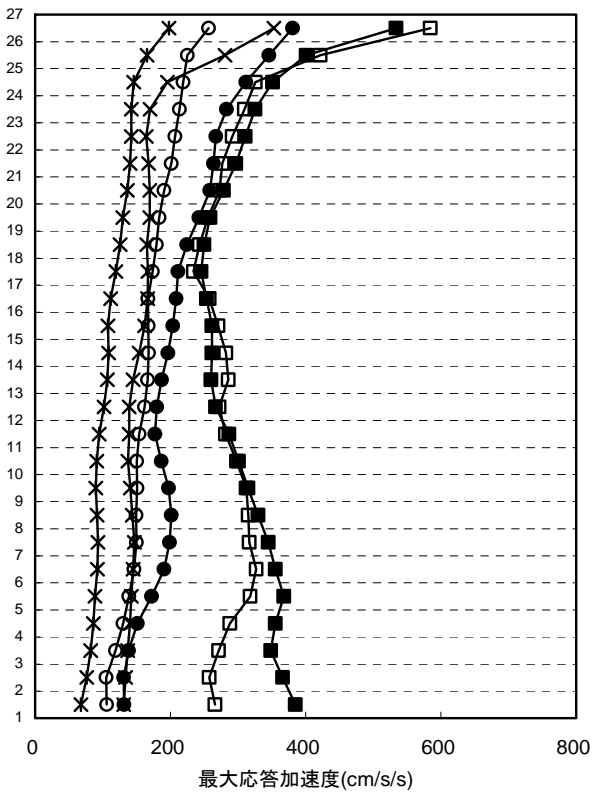
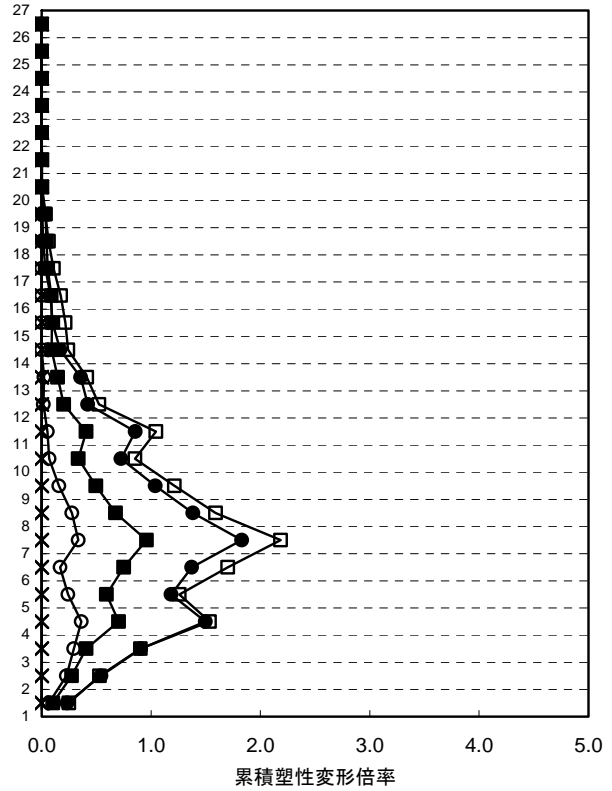
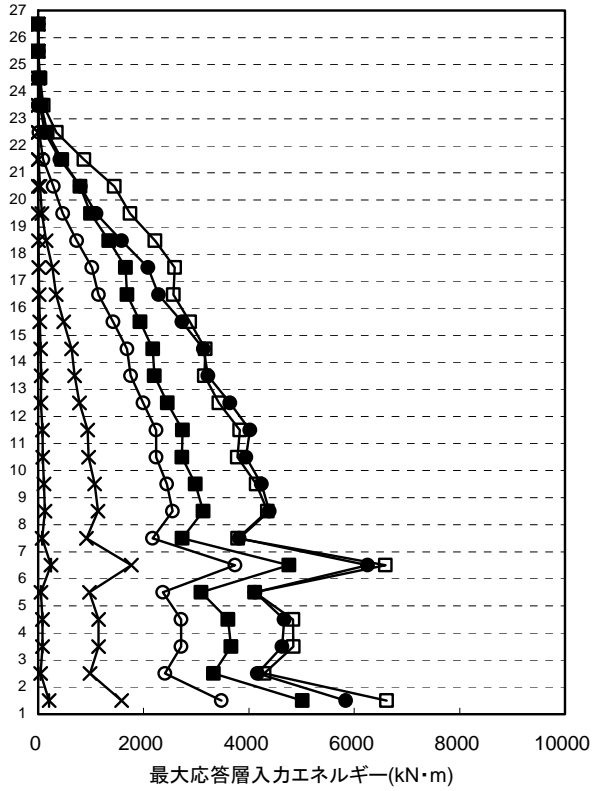
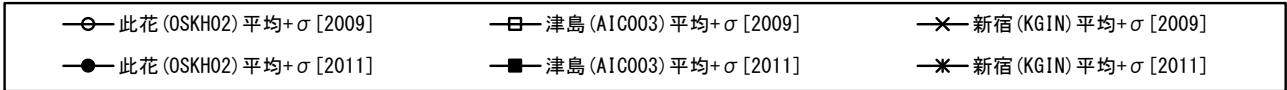


図 4. 2. 2-14 X 方向最大応答値 (2) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

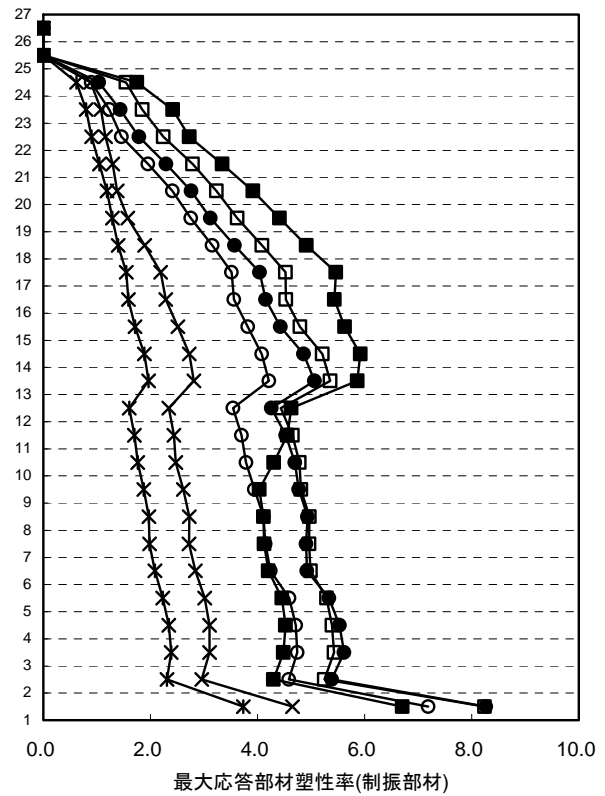
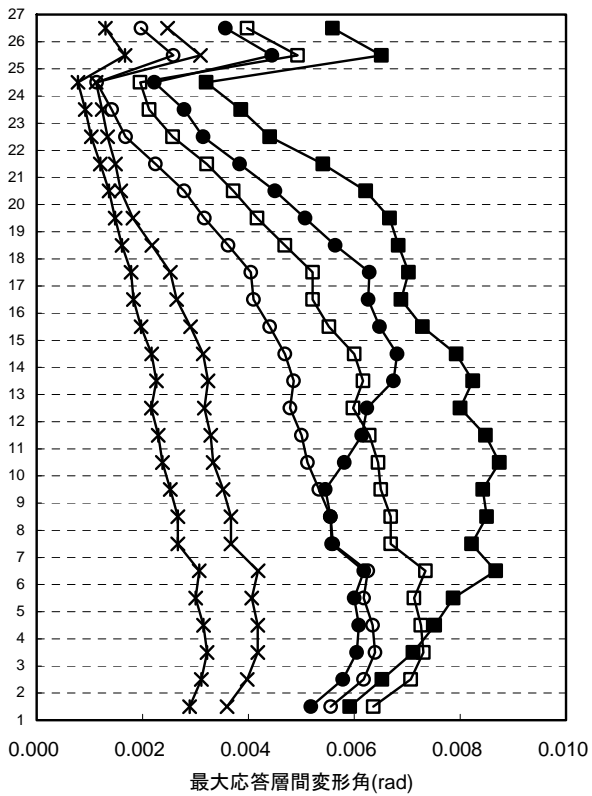
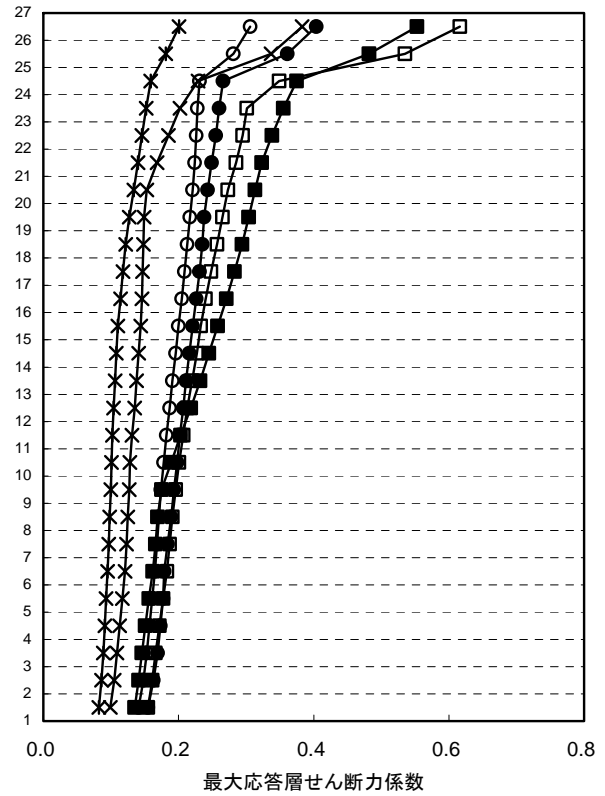
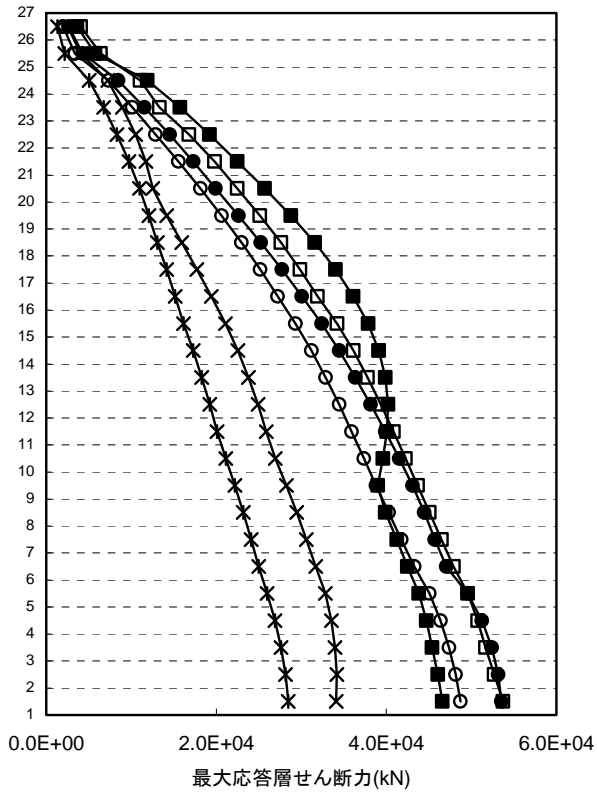
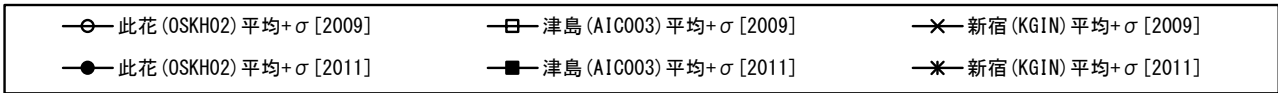


図 4.2.2-15 Y 方向最大応答値(1)【2011 地震動平均+σ 波と 2009 地震動平均+σ 波の比較】

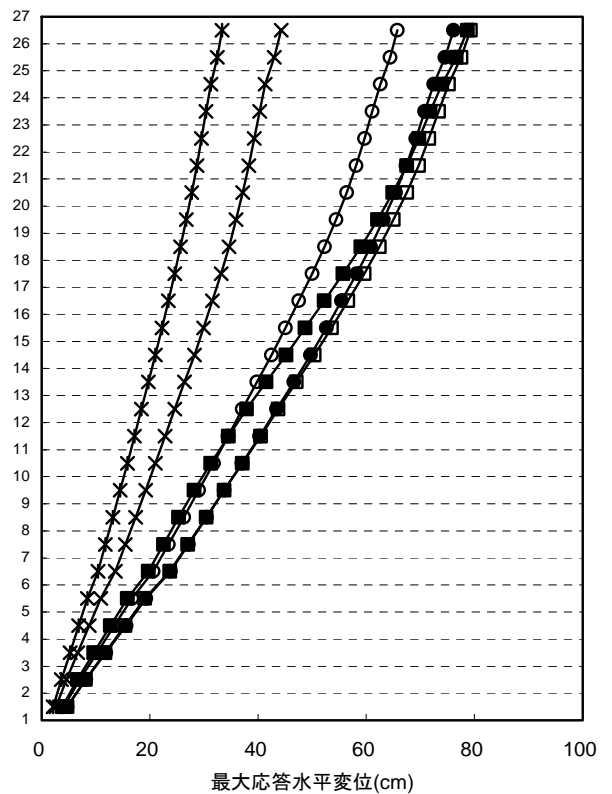
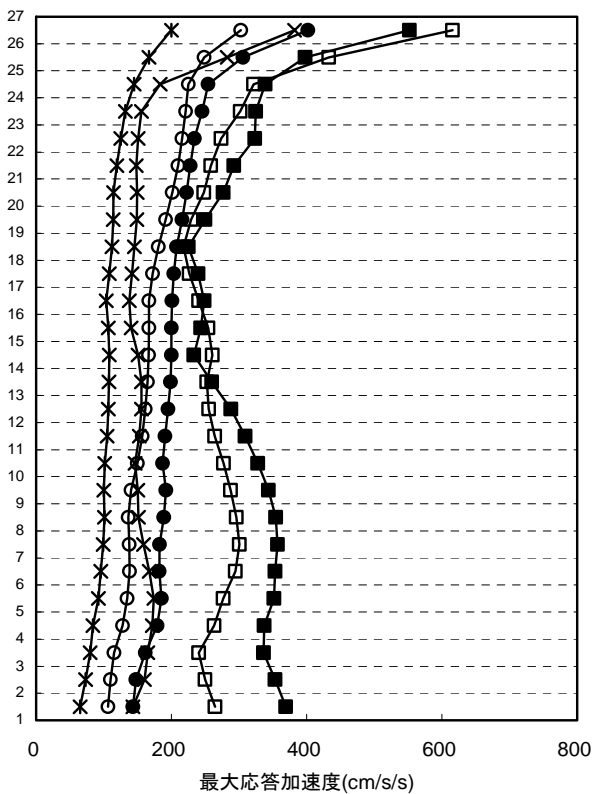
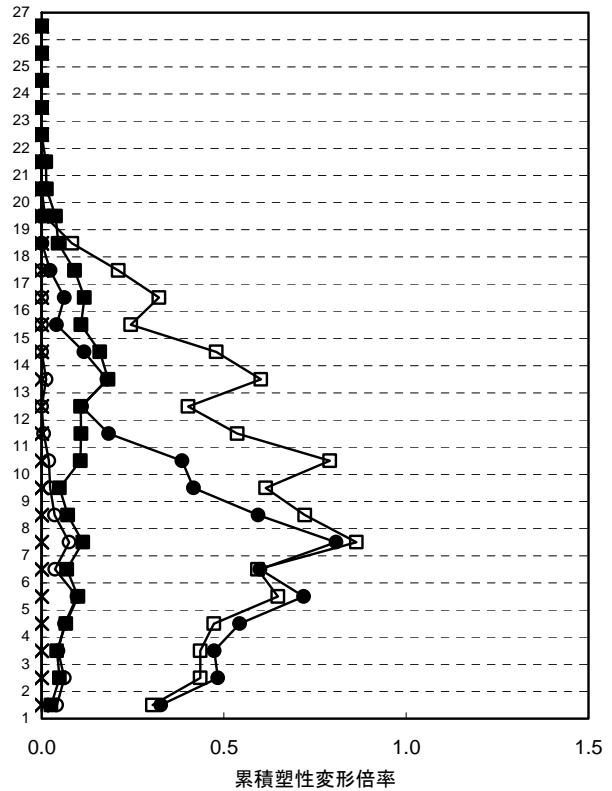
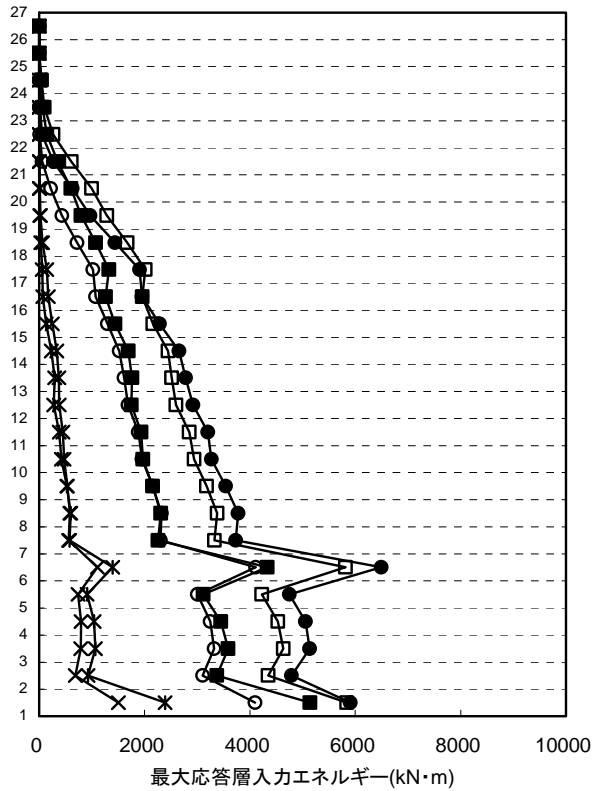
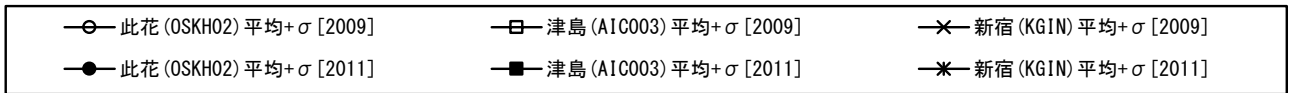


図 4.2.2-16 Y 方向最大応答値 (2) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

4-2-3 S 140m級建物

4-2-3-1 対象建物概要

本建物はセンターコア形式でコア部及び短手方向外周フレームに連層 K 型ブレースを配置したブレース付きラーメン構造となっている。短手方向外周のブレース構面は中間層 3 箇所において、せん断間柱を設け 1 層分のフィレンディール梁を構成して、構面全体の水平剛性を高めている。

なお、本検討においては JSCA 波に対する最大応答層間変形角が 1/100 程度となるように部材断面等の調整を行っている。

構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
S	1990 年代	35F/B4/P2	142.2m	長手 3.69 短手 3.79	長手 (X) 短手 (Y)	ブレース付きラーメン構造

(次頁に略伏図と略軸組図を示す)

・代表部材断面、使用材料

柱：□-700x700 (最大板厚 70mm)、SM490A (40mm 超は TMCP 鋼)

大梁：H-800x300 (最大板厚 28mm)、SM490A

4-2-3-2 モデル化の方針

項目		
系のモデル化	質点系	<input type="checkbox"/> せん断多質点系 <input checked="" type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系
	骨組系	<input type="checkbox"/> 平面骨組 <input type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数 [2%]	<input checked="" type="checkbox"/> 初期剛性比例 <input type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
解析プログラム	<input checked="" type="checkbox"/> 市販 [RESP-M2]	<input type="checkbox"/> 自社開発
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P-δ 効果考慮 <input type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input checked="" type="checkbox"/> 鉛直部材 (柱・壁) の軸力・曲げ非線形相互作用考慮	
当時の一般規定*の 解析上の扱い	幅厚比規定は、柱・梁ともに FA 保有耐力接合、保有耐力横補剛となっている。	
その他		

* (幅厚比、ボルト、横補剛等)

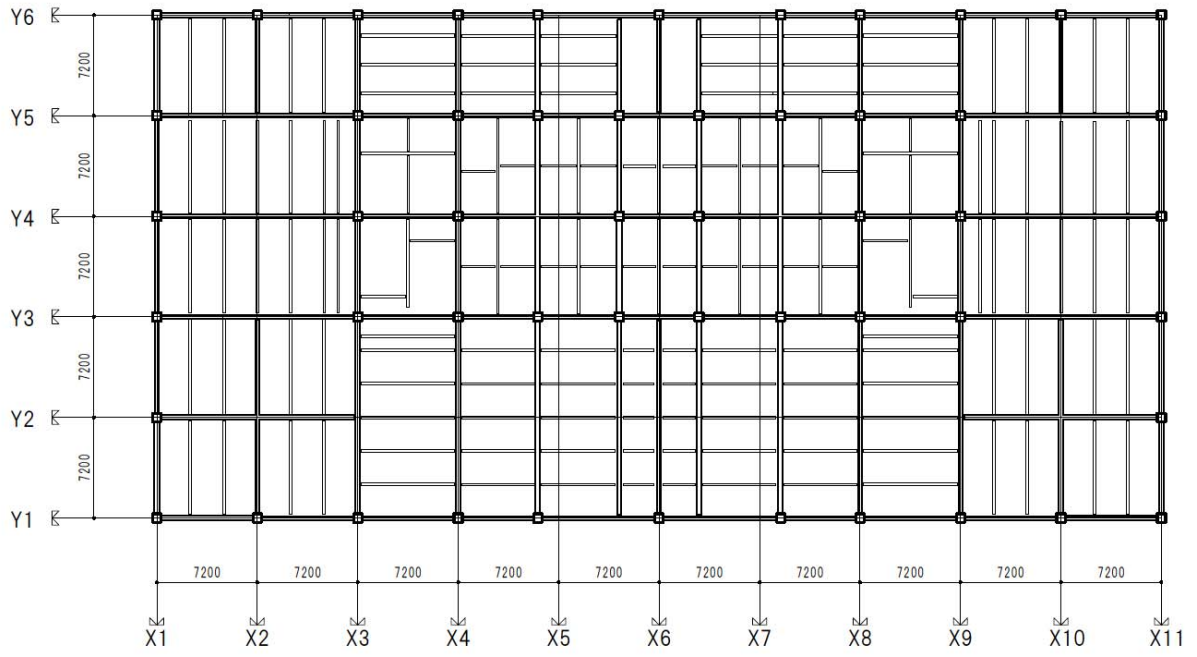


圖 4. 2. 3-1 基準階架構平面圖

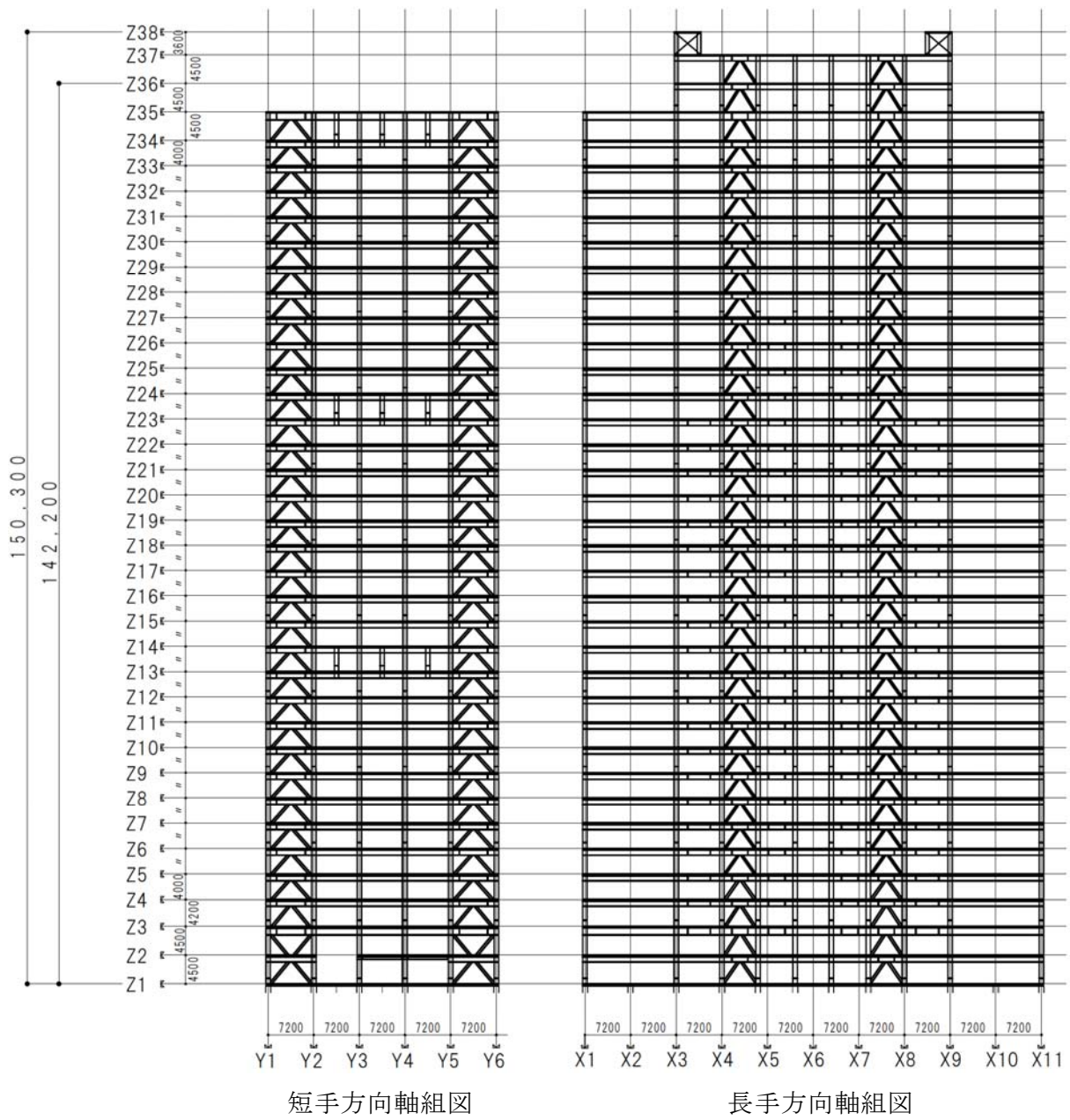


図 4.2.3-2 軸組図

4-2-3-3 静的漸増載荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係 (層間変位・層せん断力の関係)

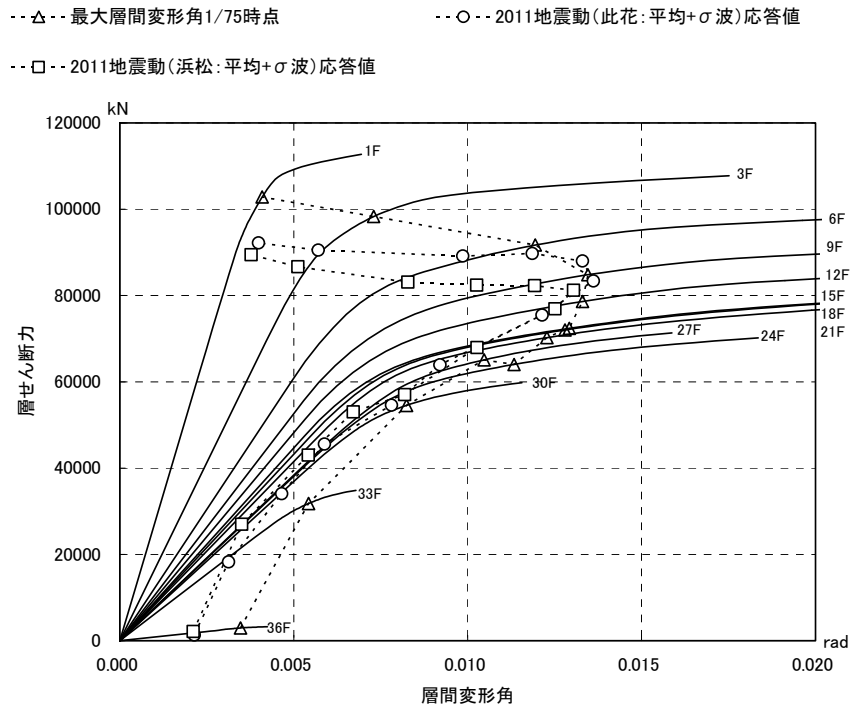


図 4. 2. 3-3 X方向荷重変形関係図

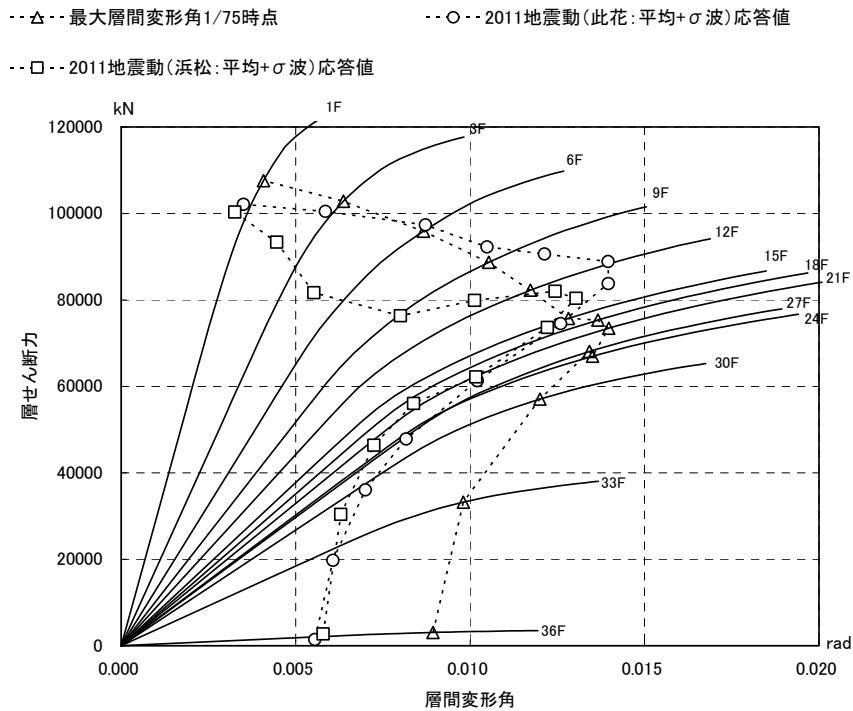


図 4. 2. 3-4 Y方向荷重変形関係図

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力（係数）の一覧表（最大層間変形角 約 1/ 75 時点）

階	ΣW (kN)	X 方向（長手方向）		Y 方向（短手方向）	
		層せん断力 (kN)	層せん断力係数	層せん断力 (kN)	層せん断力係数
33F	67430	31779	0.471	33242	0.493
24F	228419	64028	0.280	66976	0.293
12F	446779	78617	0.176	82237	0.184
6F	557737	91707	0.164	95929	0.172
1F	658017	102867	0.156	107603	0.164

4-2-3-4 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 140m 級	此花(OSKH02)平均	247.8	67.4	1/135	1.62	0.63	0.47
	津島(AIC003)平均	220.0	75.2	1/125	1.74	0.45	0.39
	新宿(KGIN)平均	89.5	31.0	1/341	0.62	0.00	0.01
	浜松(SZO024)平均	406.1	76.1	1/119	1.82	1.16	3.61
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
	頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
	此花(OSKH02)平均	267.8	78.0	1/136	1.38	0.11	0.57
	津島(AIC003)平均	266.6	88.7	1/113	1.72	0.40	1.04
	新宿(KGIN)平均	102.9	38.7	1/291	0.63	0.00	0.01
	浜松(SZO024)平均	538.9	93.9	1/104	1.90	0.86	2.22

2011 地震動の平均+σ 波

S 140m 級	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
		此花(OSKH02)平均	381.4	114.6	1/73	3.04	8.63
津島(AIC003)平均	359.2	78.2	1/118	1.83	1.79	1.54	
新宿(KGIN)平均	175.2	60.1	1/171	1.24	0.10	0.17	
浜松(SZO024)平均	652.7	108.9	1/75	2.98	2.51	2.23	
S 140m 級	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
		此花(OSKH02)平均	437.5	134.0	1/68	3.06	5.09
津島(AIC003)平均	415.3	97.2	1/101	1.97	1.77	1.12	
新宿(KGIN)平均	184.2	63.5	1/176	1.03	0.00	0.04	
浜松(SZO024)平均	846.5	119.8	1/75	2.76	1.19	1.88	

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：静的荷重増分解析から得られる各層の荷重－変形関係を、限界層間変形（R=1/75 程度）時までの履歴面積が等しくなるように設定した、完全弾塑性型の復元力特性をもとに下式により算出する。

$$\eta_{eq_i} = W_{p_i} / (\delta_{eq_i} \cdot Q_{eq_i})$$

η_{eq_i} : i 層の累積塑性変形倍率

W_{p_i} : 時刻歴解析による i 層の塑性履歴エネルギー

δ_{eq_i} : i 層の置換完全弾塑性型復元力特性の降伏変位

Q_{eq_i} : i 層の置換完全弾塑性型復元力特性の降伏耐力

注 2) 塑性率の定義：曲げ変形成分とせん断変形成分を分離し、せん断変形成分を対象に、各層のいずれかの部材端が全塑性モーメントに達した時点の層間変位を基点として算出する。なお、曲げ変形成分（曲げ剛性）は弾性とした。

- ・層間変形角は、平均波では全ての地震波で 1/100 以下であるが、平均+σ の此花波、浜松波では X, Y 両方向ともに 1/100 を超えており、最大は Y 方向の此花波で 1/68 となっている。
- ・層塑性率も、平均波では全ての地震波で 2.0 以下であるが、平均+σ の此花波、浜松波では X, Y 両方向ともに 2.0 を超えており、最大は Y 方向の此花波で 3.06 となっている。
- ・累積塑性変形倍率は、平均波では概ね 1.0 程度であるが、平均+σ 波では 1.0～9.0 程度の値となっており、最大は X 方向の此花波で 8.63 となっている。

- 此花(OSKH02)平均 □ 津島(AIC003)平均 △ 浜松(SZO024)平均 × 新宿(KGIN)平均
- 此花(OSKH02)平均+ σ ■ 津島(AIC003)平均+ σ ▲ 浜松(SZO024)平均+ σ * 新宿(KGIN)平均+ σ

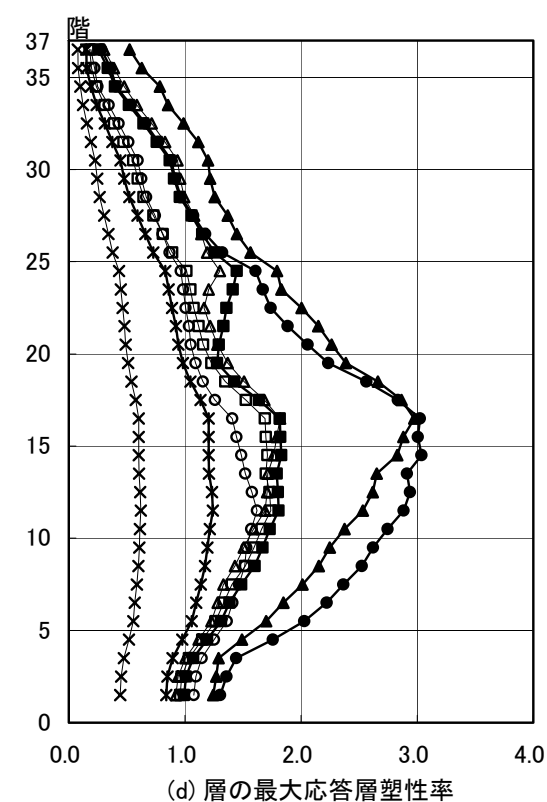
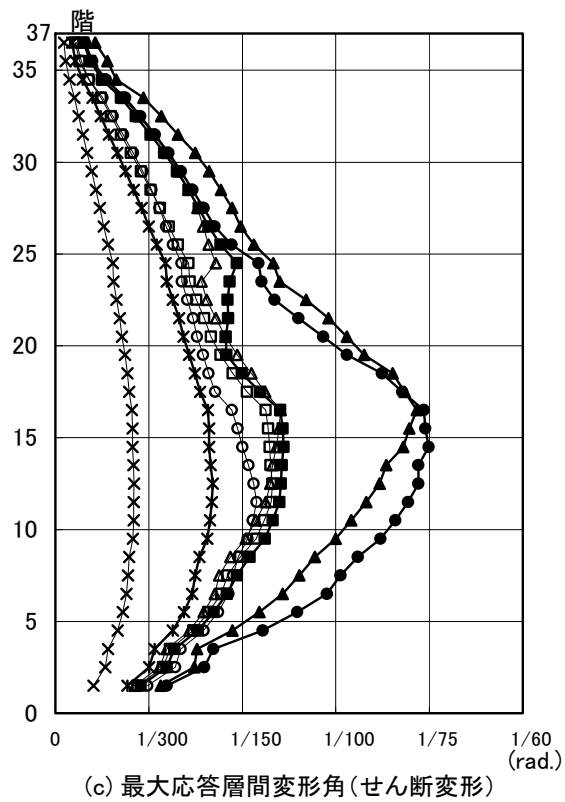
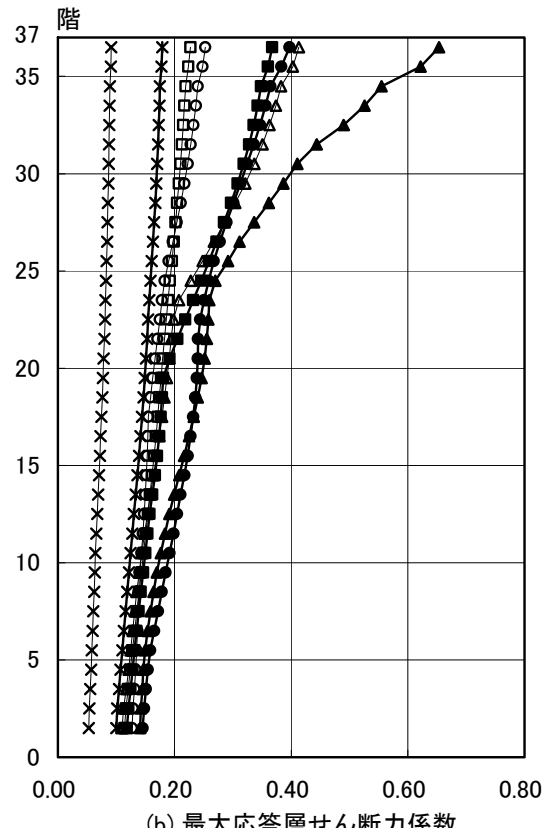
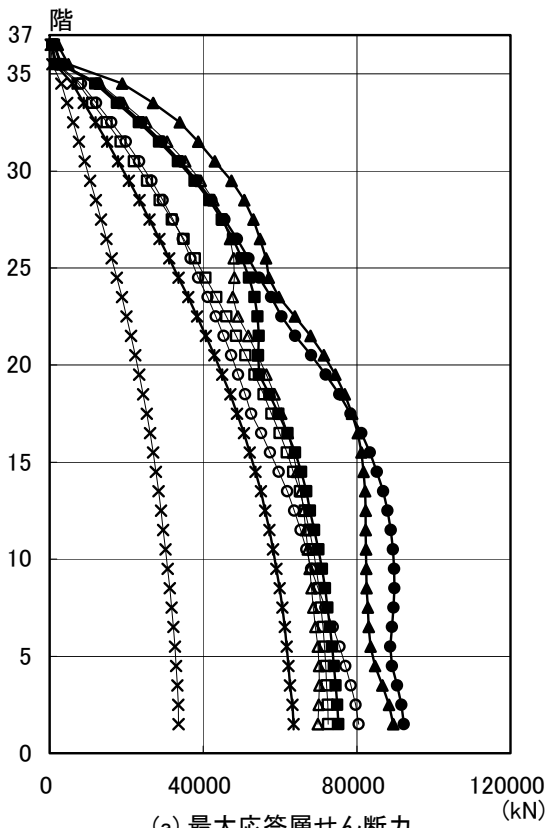


図 4. 2. 3-5 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

- 此花(OSKH02)平均 □ 津島(AIC003)平均 △ 浜松(SZO024)平均 × 新宿(KGIN)平均
- 此花(OSKH02)平均+ σ ■ 津島(AIC003)平均+ σ ▲ 浜松(SZO024)平均+ σ * 新宿(KGIN)平均+ σ

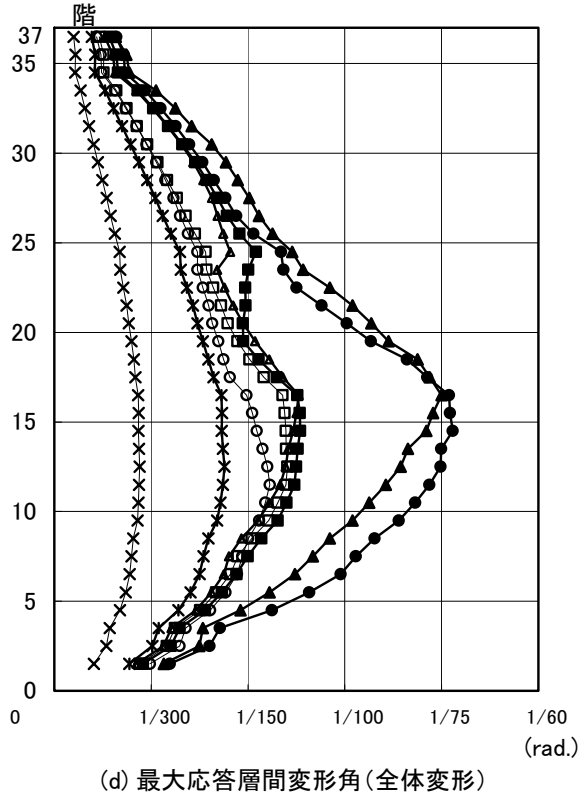
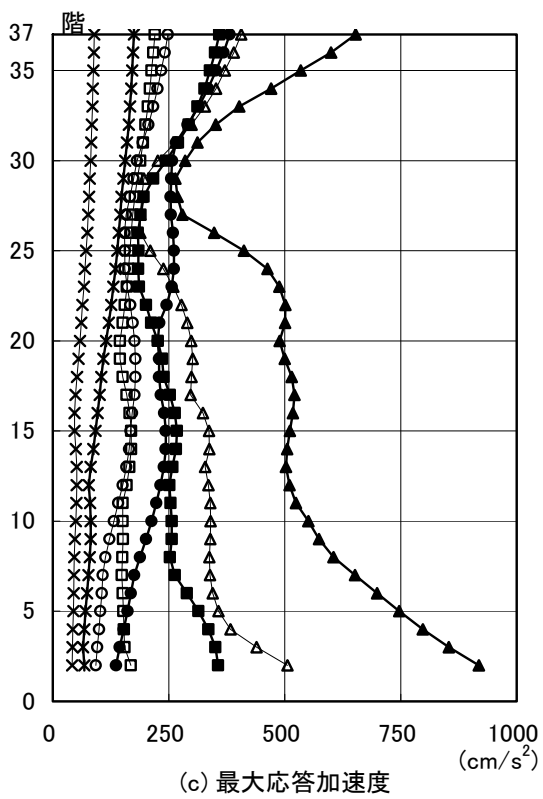
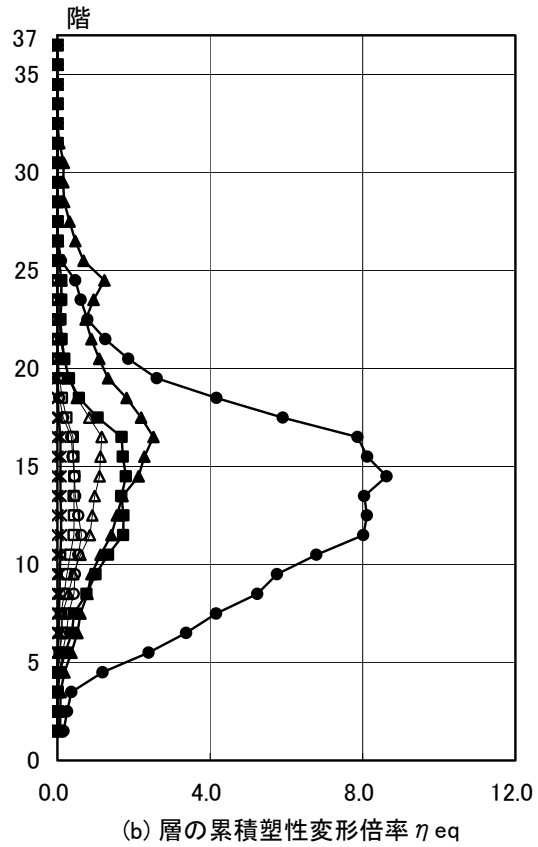
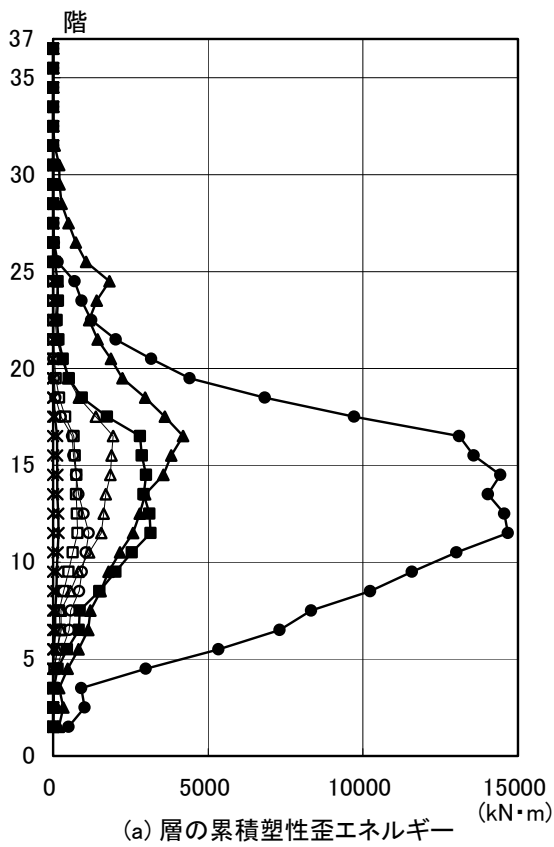


図 4.2.3-6 X 方向最大応答値(2) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

- 此花(OSKH02)平均 □—津島(AIC003)平均 △—浜松(SZO024)平均 ×—新宿(KGIN)平均
- 此花(OSKH02)平均+ σ ■—津島(AIC003)平均+ σ ▲—浜松(SZO024)平均+ σ *—新宿(KGIN)平均+ σ

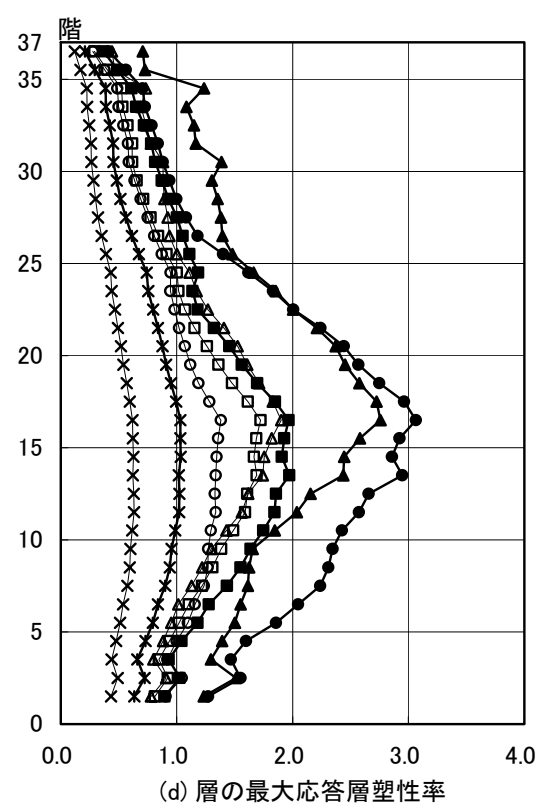
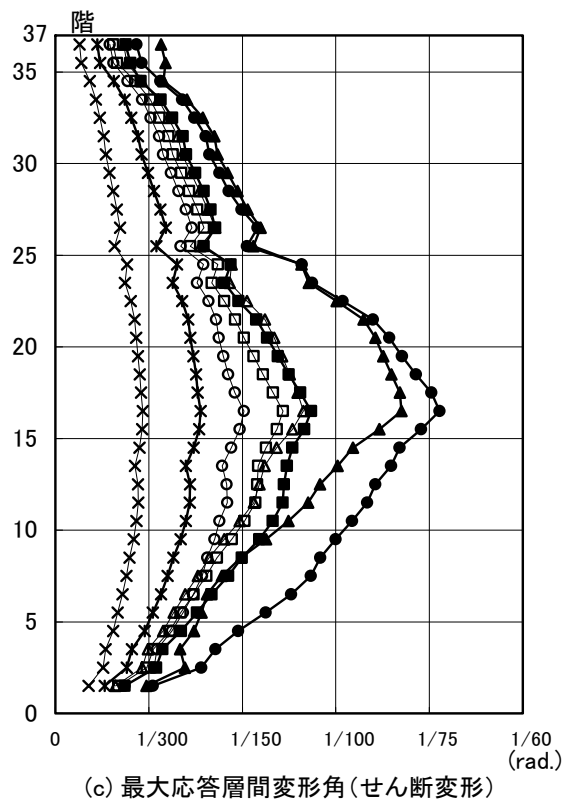
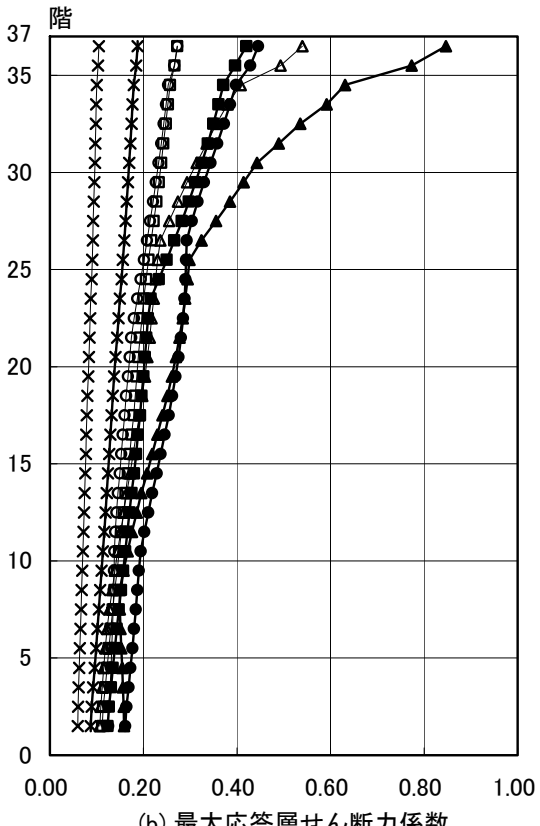
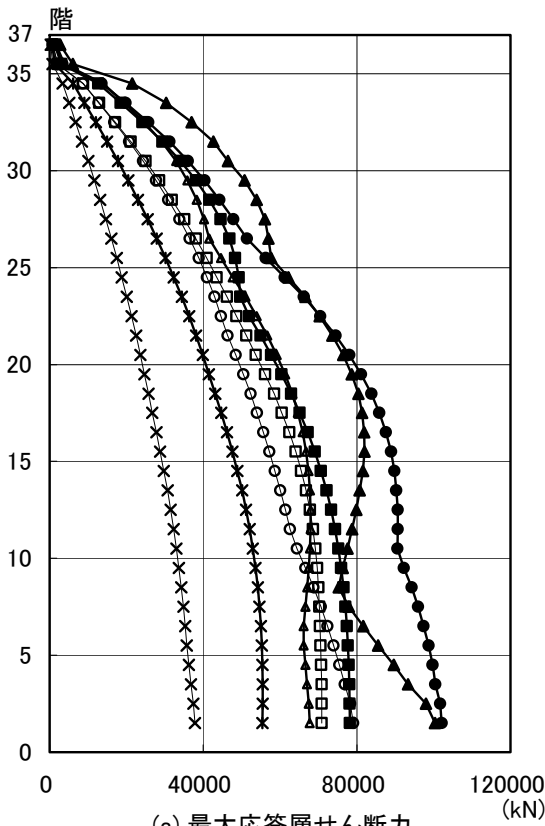


図 4. 2. 3-7 Y 方向最大応答値(1)【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

- 此花(OSKH02)平均 □— 津島(AIC003)平均 △— 浜松(SZO024)平均 ×— 新宿(KGIN)平均
- 此花(OSKH02)平均+ σ ■— 津島(AIC003)平均+ σ ▲— 浜松(SZO024)平均+ σ *— 新宿(KGIN)平均+ σ

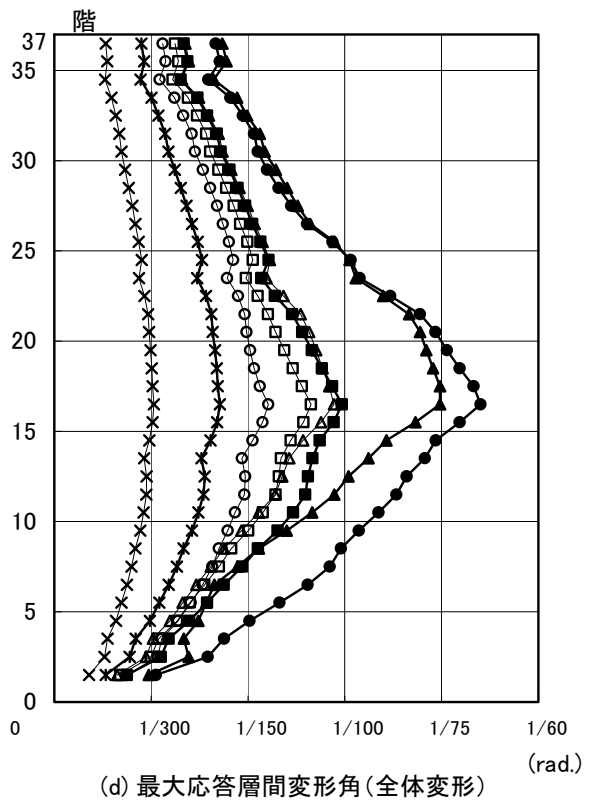
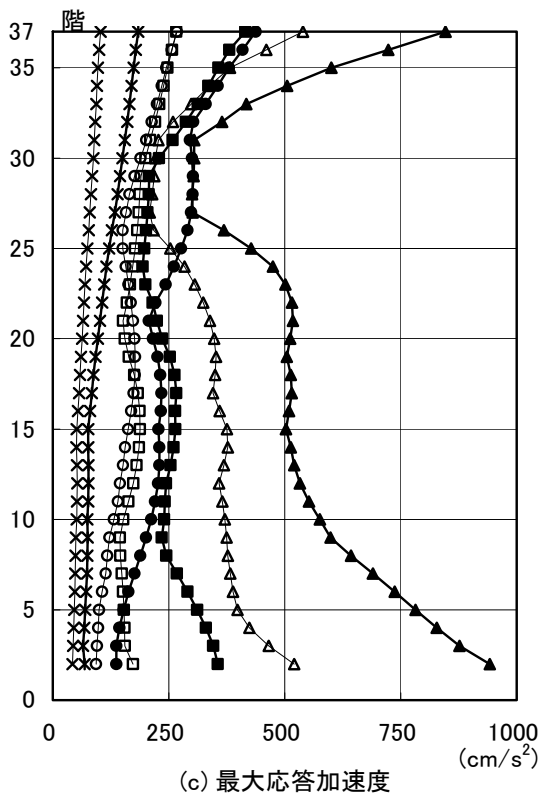
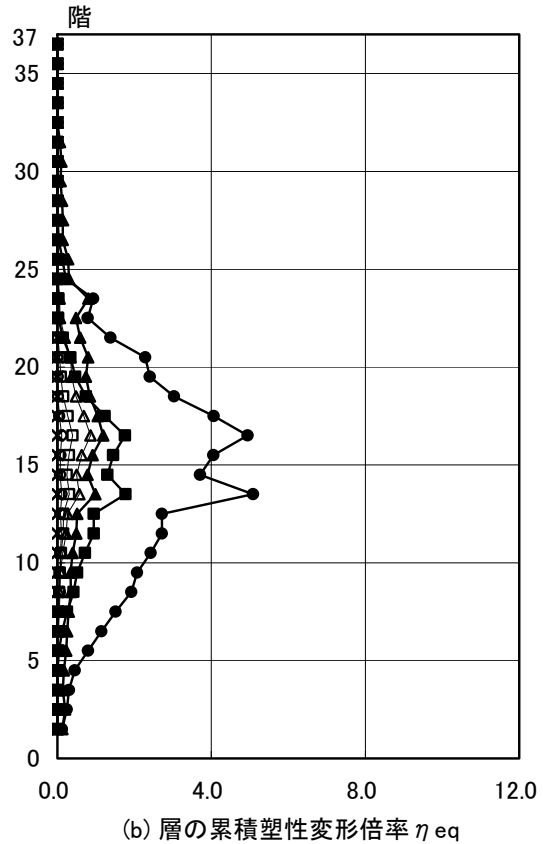
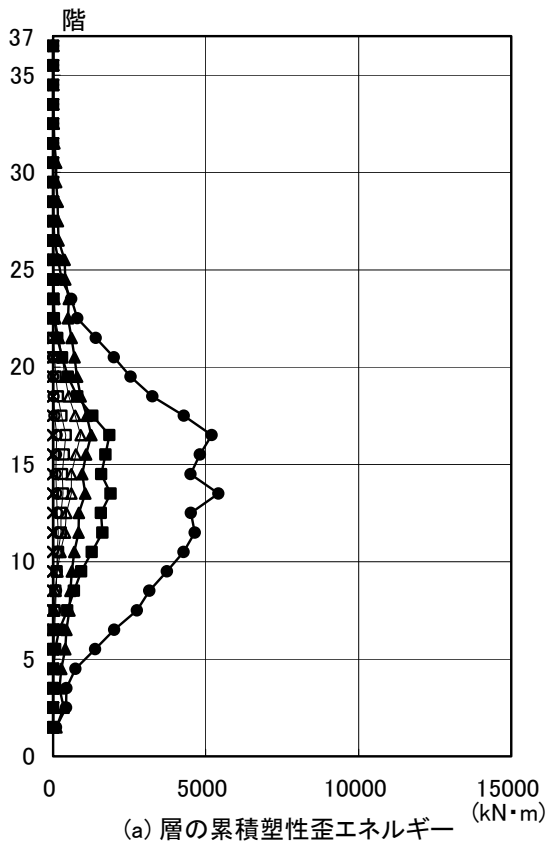


図 4.2.3-8 Y方向最大応答値(2)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-2-3-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 140m 級	此花(OSKH02)平均	247.8	67.4	1/135	1.62	0.63	0.47
	津島(AIC003)平均	220.0	75.2	1/125	1.74	0.45	0.39
	新宿(KGIN)平均	89.5	31.0	1/341	0.62	0.00	0.01
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	267.8	78.0	1/136	1.38	0.11	0.57
	津島(AIC003)平均	266.6	88.7	1/113	1.72	0.40	1.04
	新宿(KGIN)平均	102.9	38.7	1/291	0.63	0.00	0.01

2009 地震動の平均波

	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 140m 級	此花(OSKH02)平均	205.4	72.1	1/129	1.69	1.07	1.27
	津島(AIC003)平均	326.1	84.4	1/104	2.09	1.96	0.11
	新宿(KGIN)平均	154.5	54.7	1/189	1.12	0.02	0.13
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	232.3	81.5	1/127	1.52	0.58	2.20
	津島(AIC003)平均	349.6	102.6	1/93	2.16	1.59	0.25
	新宿(KGIN)平均	149.8	55.3	1/202	0.90	0.00	0.00

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：静的荷重増分解析から得られる各層の荷重－変形関係を、限界層間変形 (R=1/75 程度) 時までの履歴面積が等しくなるように設定した、完全弾塑性型の復元力特性をもとに下式により算出する。

$$\eta_{eq_i} = W_{p_i} / (\delta_{eq_i} \cdot Q_{eq_i})$$

η_{eq_i} : i 層の累積塑性変形倍率

W_{p_i} : 時刻歴解析による i 層の塑性履歴エネルギー

δ_{eq_i} : i 層の置換完全弾塑性型復元力特性の降伏変位

Q_{eq_i} : i 層の置換完全弾塑性型復元力特性の降伏耐力

注 2) 塑性率の定義：曲げ変形成分とせん断変形成分を分離し、せん断変形成分を対象に、各層のいずれかの部材端が全塑性モーメントに達した時点の層間変位を基点として算出する。
なお、曲げ変形成分（曲げ剛性）は弾性とした。

- 2011 地震動と 2009 地震動の平均波を比較すると、全般的に此花波は 2011 地震動の応答が大きく、津島波は 2011 地震動が小さく、新宿波では大幅に小さくなっている。
- 層間変形角は 2009 地震動では津島波 Y 方向で 1/93 と 1/100 を超える応答を示していたが、2011 地震動では全て 1/100 以下の応答となっている。

○—此花(OSKH02)平均_2009 □—津島(AIC003)平均_2009 ×—新宿(KGIN)平均_2009
 ●—此花(OSKH02)平均_2011 ■—津島(AIC003)平均_2011 *—新宿(KGIN)平均_2011

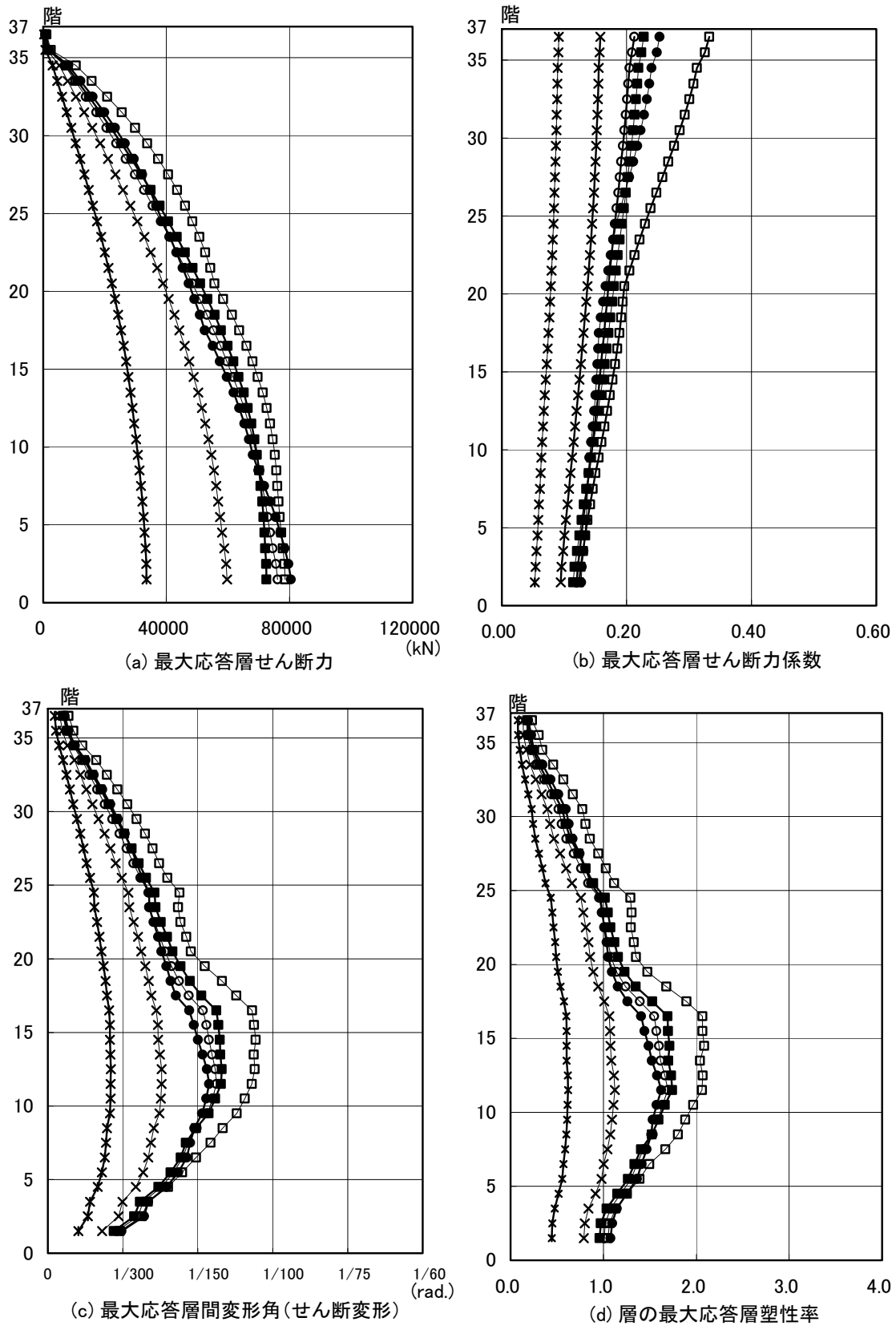


図 4. 2. 3-9 X方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

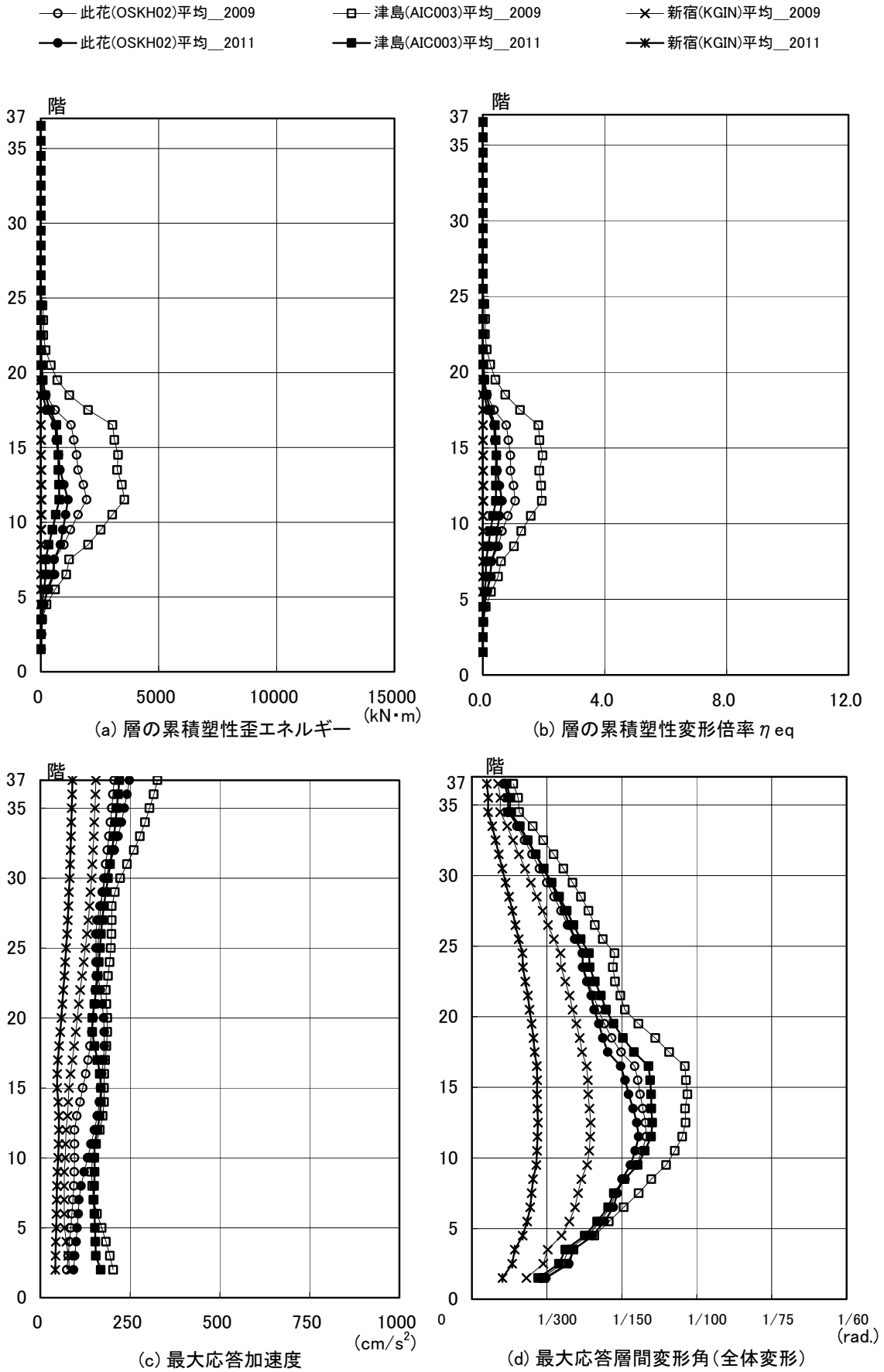


図 4.2.3-10 X 方向最大応答値(2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

○—此花(OSKH02)平均_2009 □—津島(AIC003)平均_2009 ×—新宿(KGIN)平均_2009
 ●—此花(OSKH02)平均_2011 ■—津島(AIC003)平均_2011 *—新宿(KGIN)平均_2011

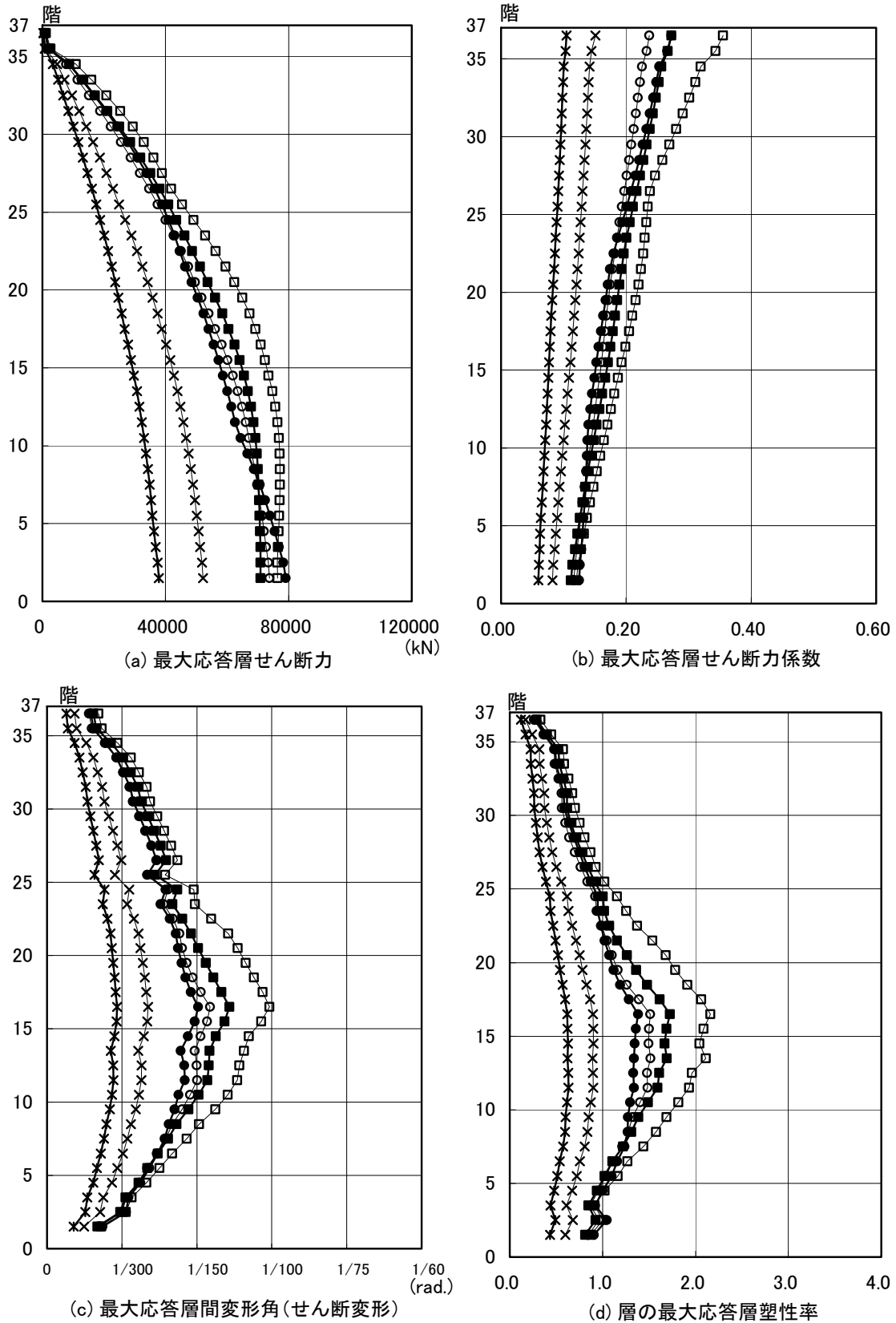


図 4.2.3-11 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

- 此花(OSKH02)平均_2009
- 津島(AIC003)平均_2009
- × 新宿(KGIN)平均_2009
- 此花(OSKH02)平均_2011
- 津島(AIC003)平均_2011
- ✱ 新宿(KGIN)平均_2011

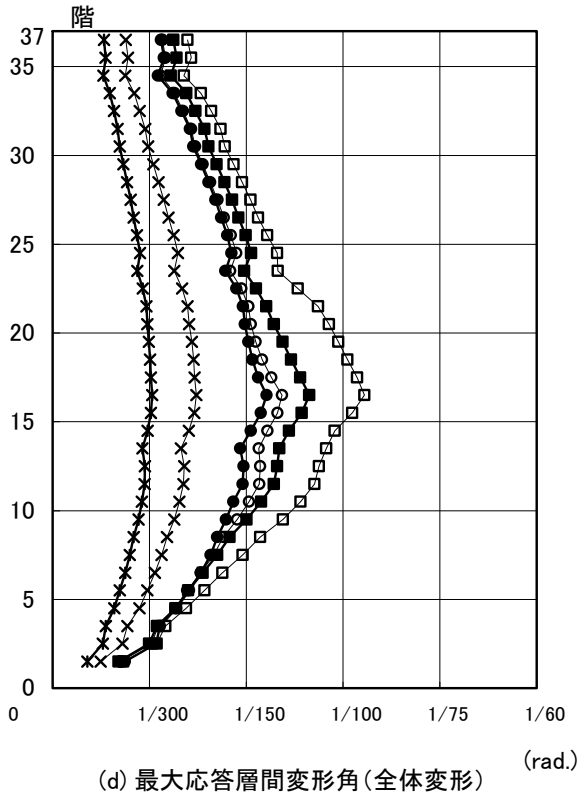
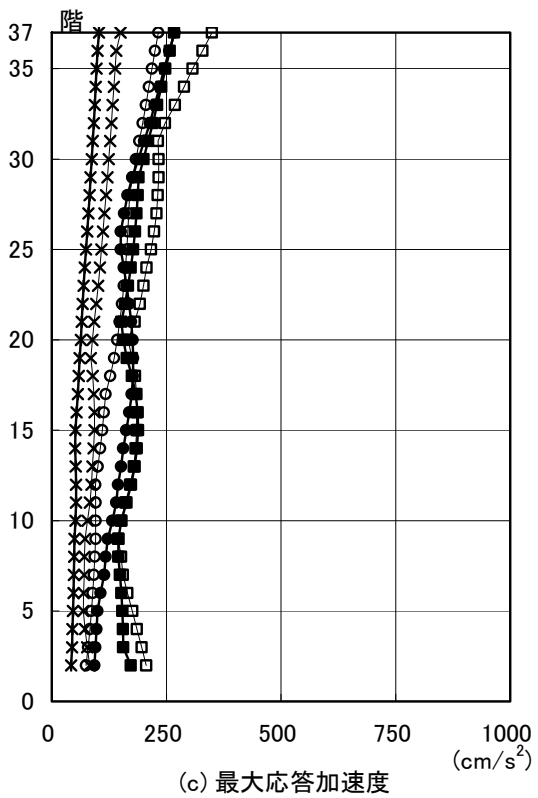
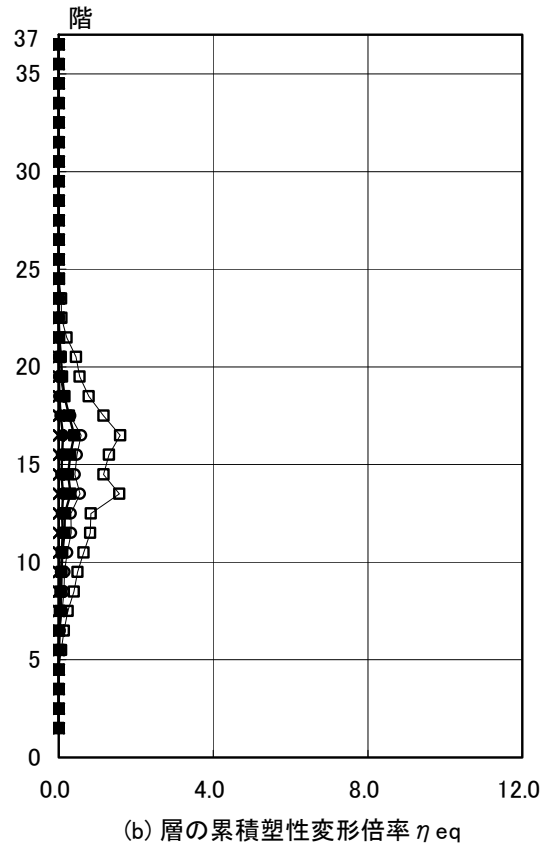
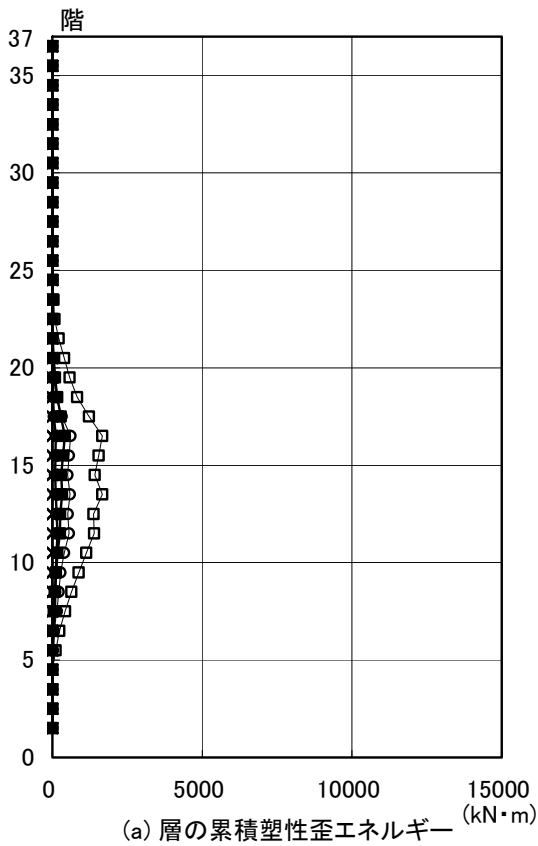


図 4. 2. 3-12 Y 方向最大応答値 (2)【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

4-2-3-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波の比較

2009 地震動の平均+σ波

	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 140m 級	此花(OSKH02)平均	278.7	92.0	1/93	2.35	4.21	4.99
	津島(AIC003)平均	382.5	98.3	1/88	2.53	6.95	1.77
	新宿(KGIN)平均	192.3	67.5	1/145	1.49	0.22	0.46
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	314.6	108.4	1/87	2.37	2.31	2.08
	津島(AIC003)平均	501.9	119.1	1/80	2.71	3.50	0.01
新宿(KGIN)平均	208.1	70.0	1/160	1.14	0.03	0.15	

2011 地震動の平均+σ波

	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 140m 級	此花(OSKH02)平均	381.4	114.6	1/73	3.04	8.63	1.16
	津島(AIC003)平均	359.2	78.2	1/118	1.83	1.79	1.54
	新宿(KGIN)平均	175.2	60.1	1/171	1.24	0.10	0.17
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	437.5	134.0	1/68	3.06	5.09	0.65
	津島(AIC003)平均	415.3	97.2	1/101	1.97	1.77	1.12
新宿(KGIN)平均	184.2	63.5	1/176	1.03	0.00	0.04	

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：静的荷重増分解析から得られる各層の荷重－変形関係を、限界層間変形 (R=1/75 程度) 時までの履歴面積が等しくなるように設定した、完全弾塑性型の復元力特性をもとに下式により算出する。

$$\eta_{eq_i} = W_{p_i} / (\delta_{eq_i} \cdot Q_{eq_i})$$

η_{eq_i} : i 層の累積塑性変形倍率

W_{p_i} : 時刻歴解析による i 層の塑性履歴エネルギー

δ_{eq_i} : i 層の置換完全弾塑性型復元力特性の降伏変位

Q_{eq_i} : i 層の置換完全弾塑性型復元力特性の降伏耐力

注 2) 塑性率の定義：曲げ変形成分とせん断変形成分を分離し、せん断変形成分を対象に、各層のいずれかの部材端が全塑性モーメントに達した時点の層間変位を基点として算出する。
なお、曲げ変形成分（曲げ剛性）は弾性とした。

- 2011 地震動と 2009 地震動の平均 + σ 波を比較すると、全般的に此花波は 2011 地震動の応答が大きく、津島波、新宿波では 2011 地震動で応答が小さくなっている。
- 層間変形角は 2009 地震動では此花波、津島波で 1/100 を超えていたが、2011 地震動では此花波のみが 1/100 を超えており、最大は Y 方向で 1/68 となっている。

○ 此花(OSKH02)平均+ σ _2009 □ 津島(AIC003)平均+ σ _2009 × 新宿(KGIN)平均+ σ _2009
 ● 此花(OSKH02)平均+ σ _2011 ■ 津島(AIC003)平均+ σ _2011 * 新宿(KGIN)平均+ σ _2011

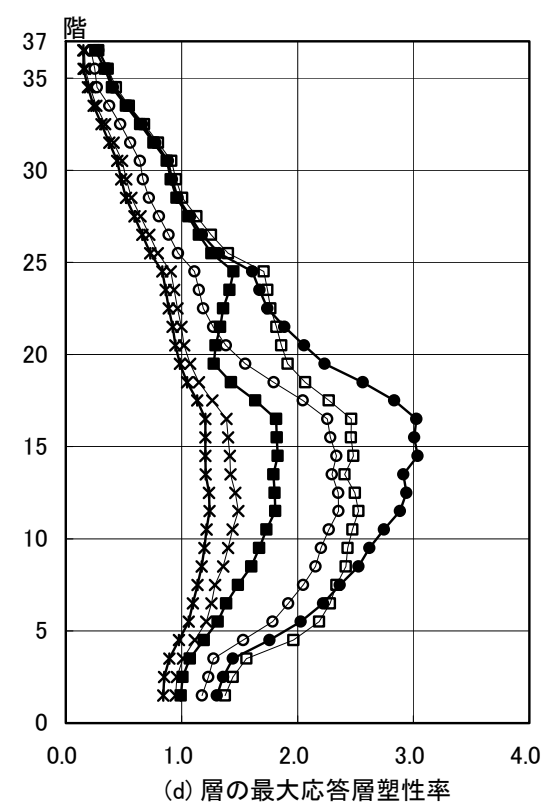
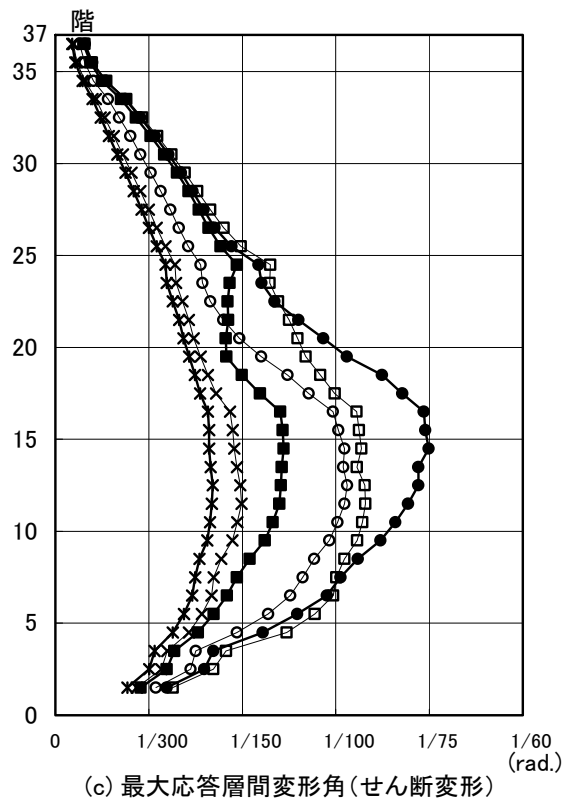
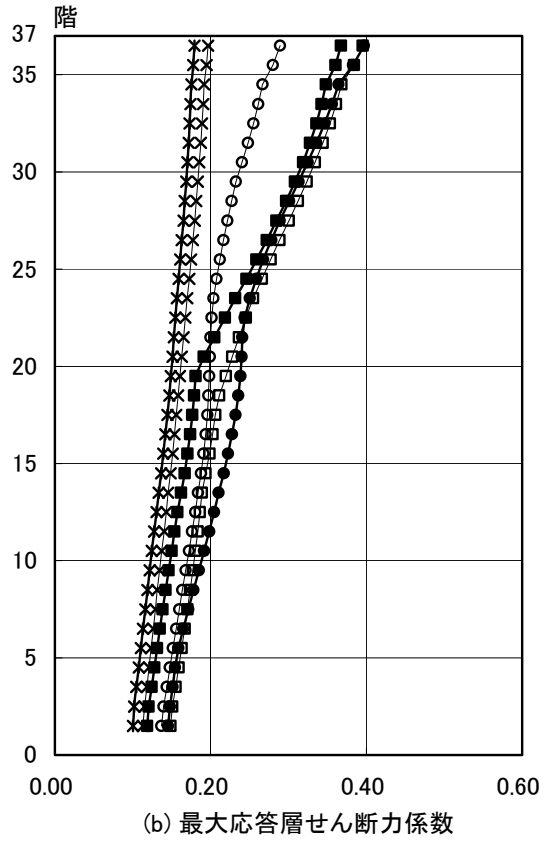
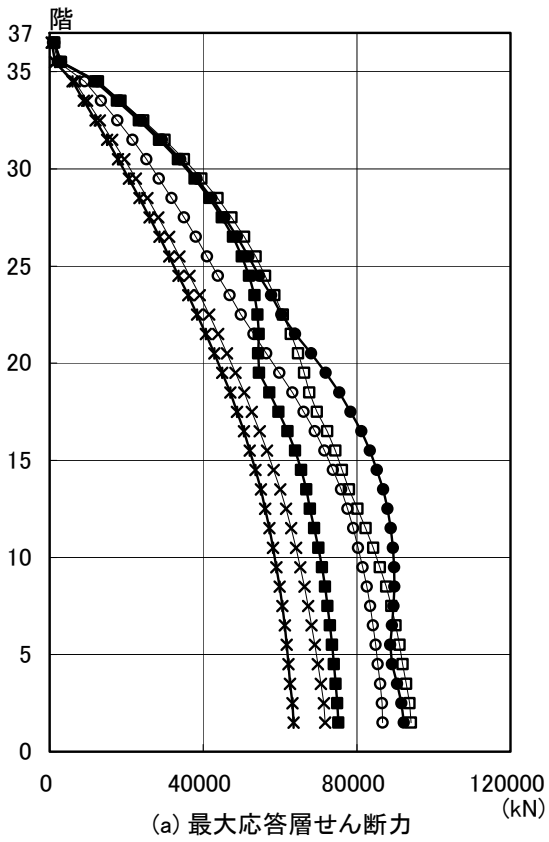


図 4.2.3-13 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

○ 此花(OSKH02)平均+ σ _2009 □ 津島(AIC003)平均+ σ _2009 × 新宿(KGIN)平均+ σ _2009
 ● 此花(OSKH02)平均+ σ _2011 ■ 津島(AIC003)平均+ σ _2011 * 新宿(KGIN)平均+ σ _2011

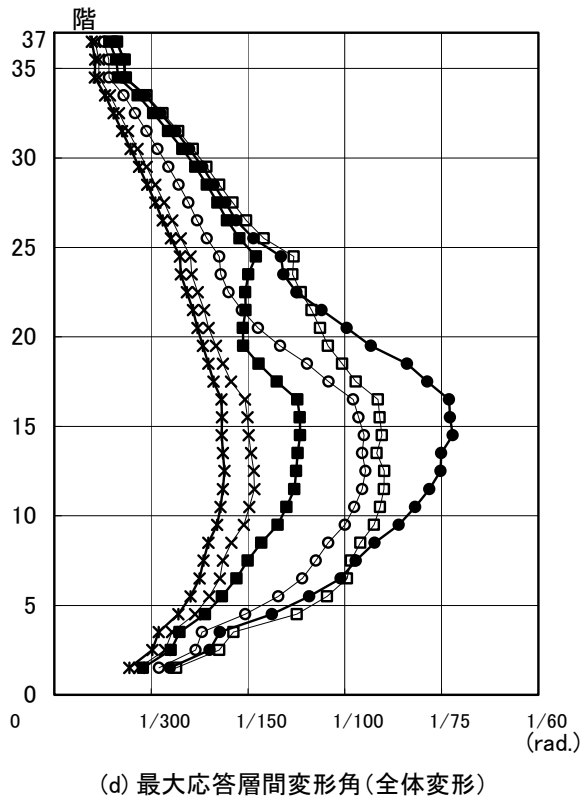
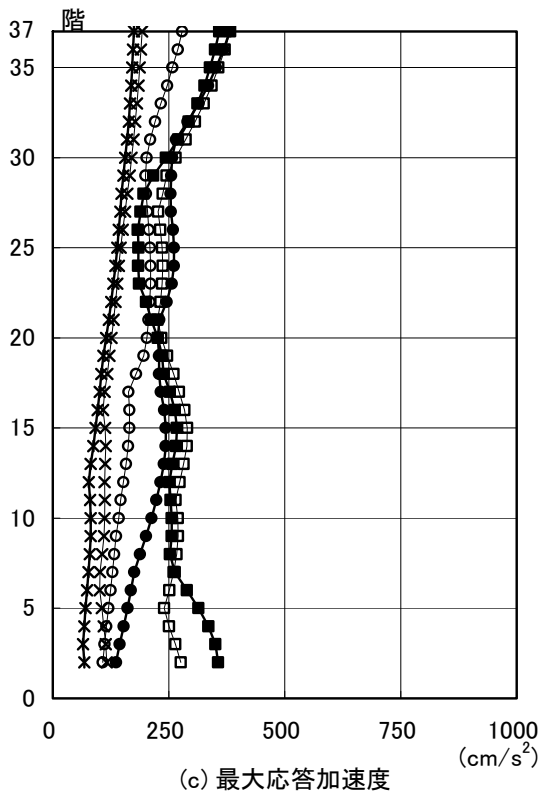
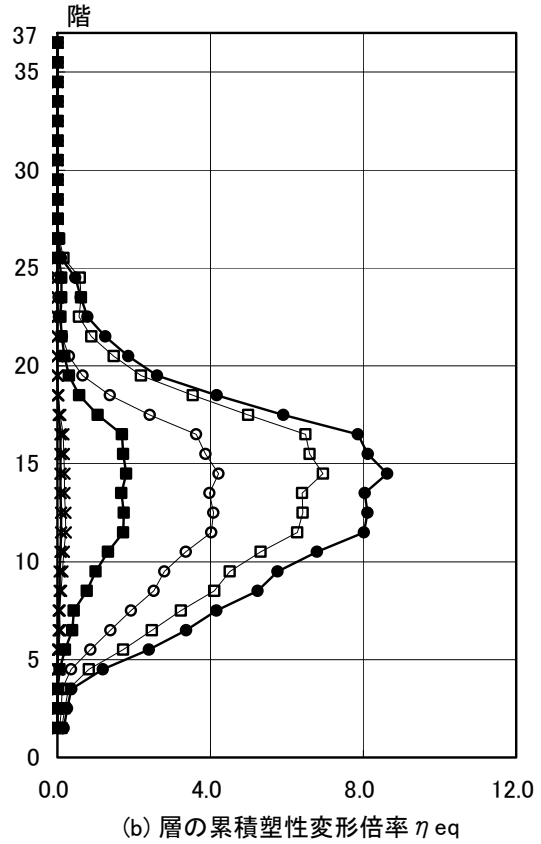
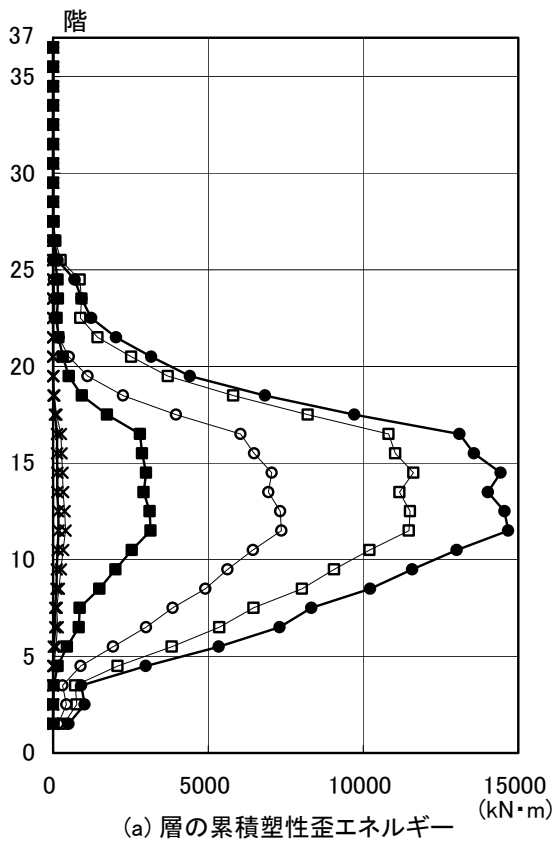


図 4.2.3-14 X 方向最大応答値(2)【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

○ 此花(OSKH02)平均+ σ _2009 □ 津島(AIC003)平均+ σ _2009 × 新宿(KGIN)平均+ σ _2009
 ● 此花(OSKH02)平均+ σ _2011 ■ 津島(AIC003)平均+ σ _2011 * 新宿(KGIN)平均+ σ _2011

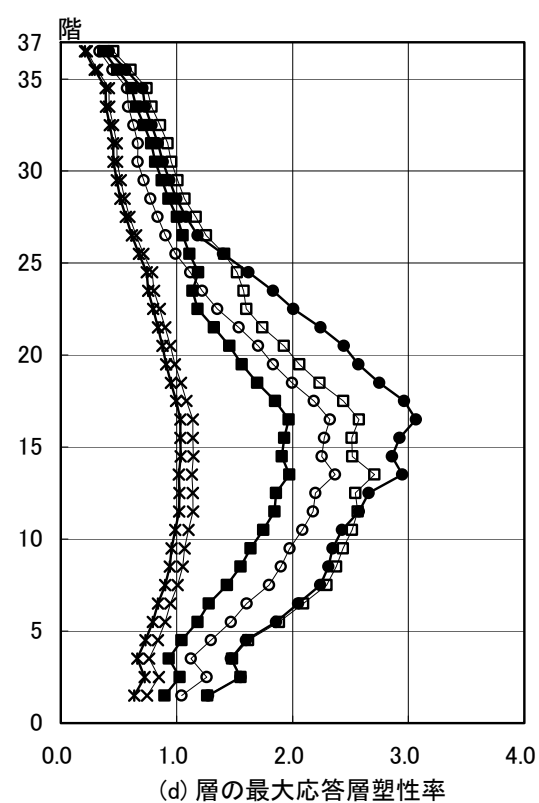
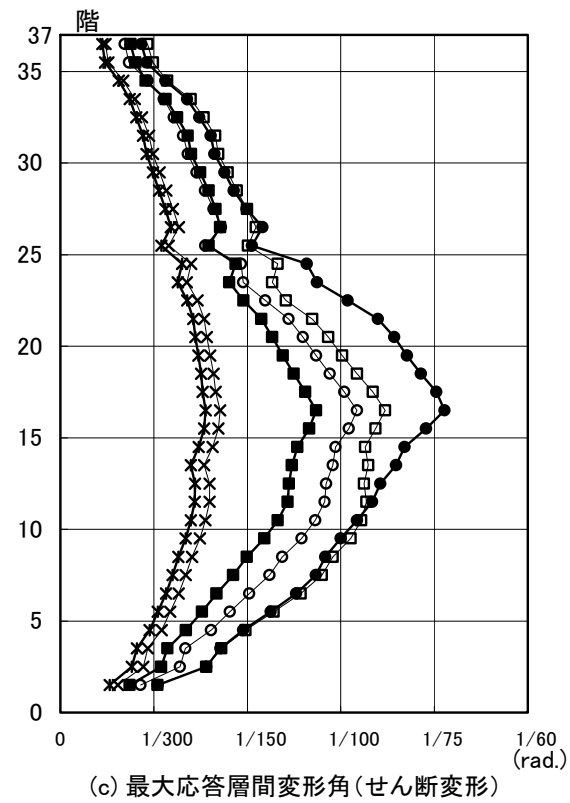
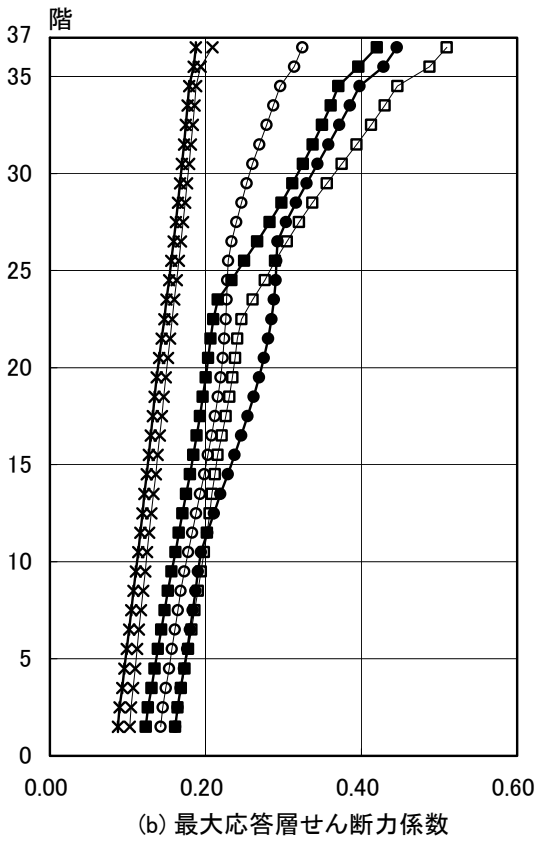
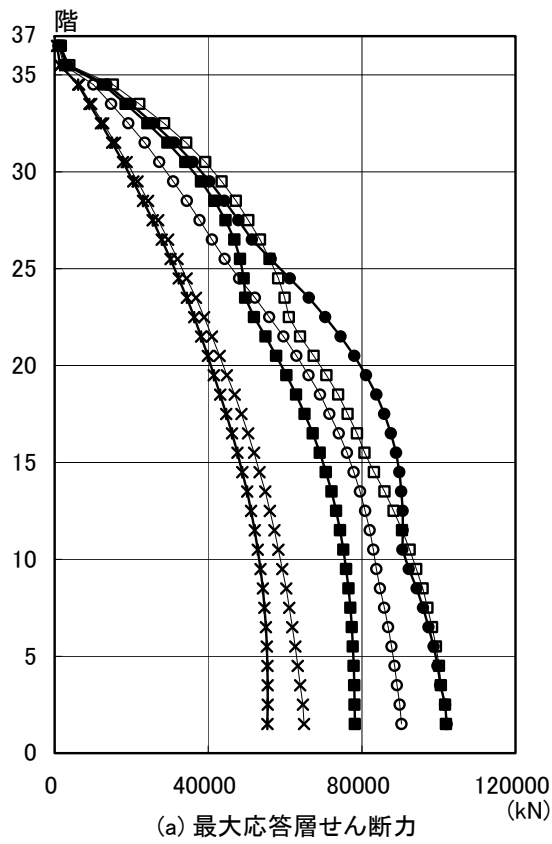


図 4.2.3-15 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

○—此花(OSKH02)平均+ σ _2009 □—津島(AIC003)平均+ σ _2009 ×—新宿(KGIN)平均+ σ _2009
 ●—此花(OSKH02)平均+ σ _2011 ■—津島(AIC003)平均+ σ _2011 *—新宿(KGIN)平均+ σ _2011

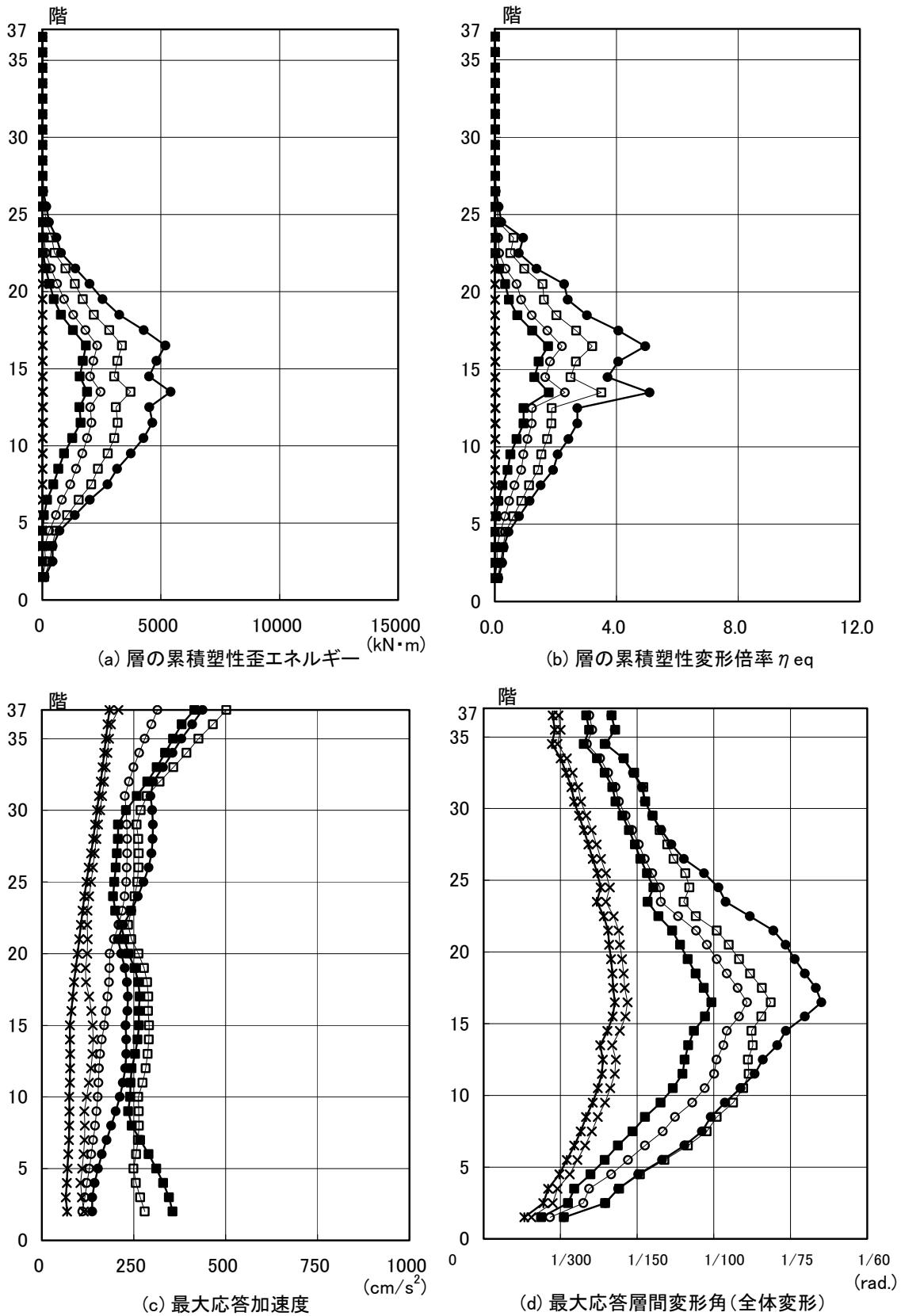


図 4.2.3-16 Y 方向最大応答値(2)【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

4-2-4 S200m 級建物

4-2-4-1 対象建物概要

本建物はセンターコア形式の 46F 建て事務所ビルであり、制振部材として、LY225 の履歴系ダンパーと粘性系ダンパーを組み合わせた柱 CFT の鉄骨高層建物である。

建設地	構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
東京都	S 造	2004 年	46 階	203.7m	X:5.74s Y:5.08s	X,Y	履歴系ダンパー (低降伏点鋼の座 屈拘束ブレース) +粘性系ダンパー 付 C F T 柱鉄骨フ レーム

(次頁に略伏図と略軸組図を示す)

4-2-4-2 モデル化の方針

項目		
系のモデル化	質点系	<input type="checkbox"/> せん断多質点系 <input checked="" type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系
	骨組系	<input type="checkbox"/> 平面骨組 <input type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数 [0.02]	<input checked="" type="checkbox"/> 初期剛性比例 <input type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
解析プログラム	<input checked="" type="checkbox"/> 市販 [T-DAP III] <input type="checkbox"/> 自社開発	
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P- δ 効果考慮 <input type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input type="checkbox"/> 鉛直部材 (柱・壁) の軸力・曲げ非線形相互作用考慮	
当時の一般規定(*1) 解析上の扱い	幅厚比 : FA、横補剛 : 第 1 種保有耐力横補剛、接合部 : 第 1 種保有耐力接合、すべてを満足している。	
その他		

(*1) 幅厚比、ボルト、横補剛等

【建物概要】

規模 B3F/46F/PH2F

構造 SRC+S 造 (CFT 柱、FC80)、座屈拘束ブレース+粘性系ダンパー

柱 : □-800、梁 : H=900

軒高 203.7m

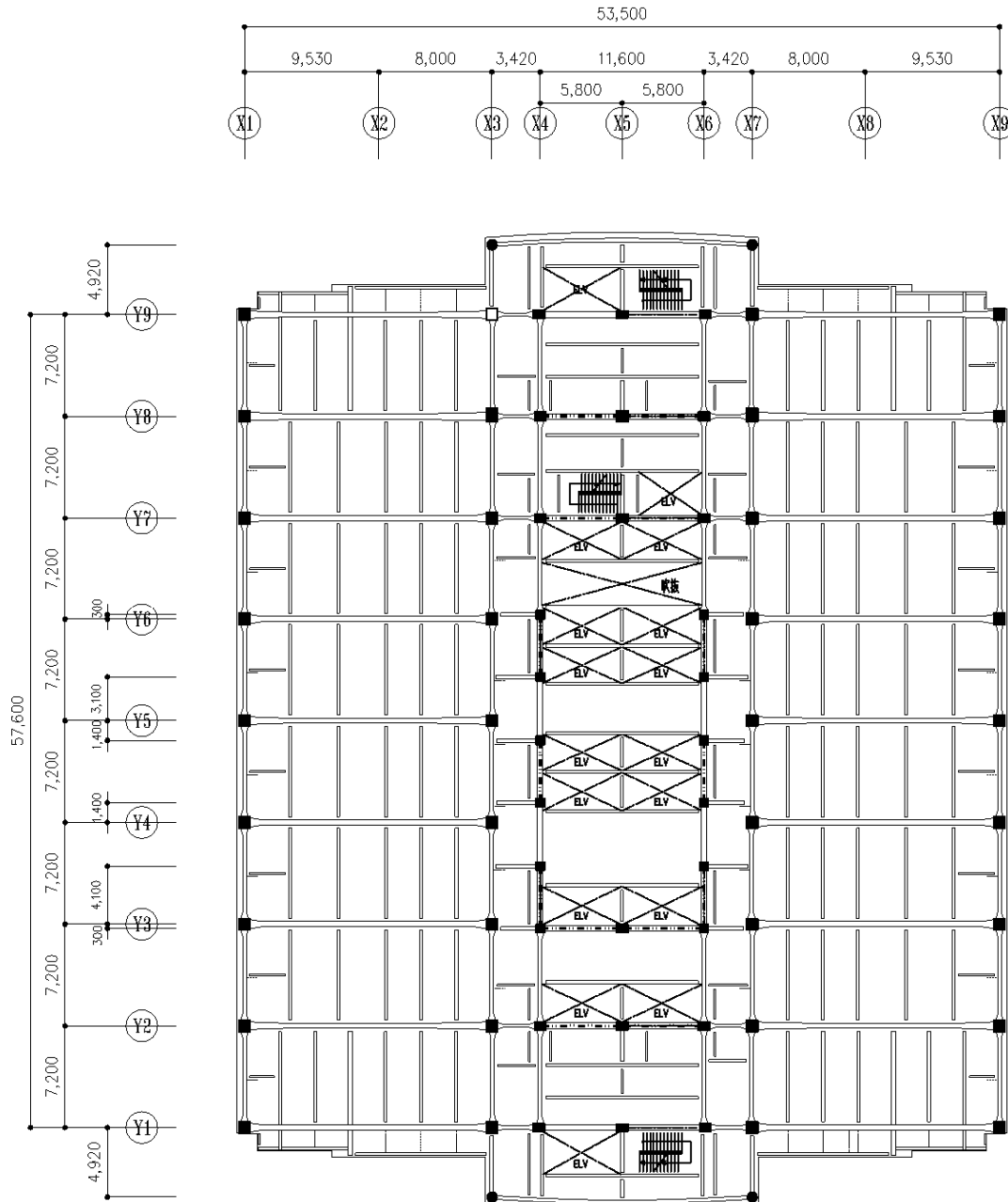


图 4.2.4-1 基準階伏図

201.920

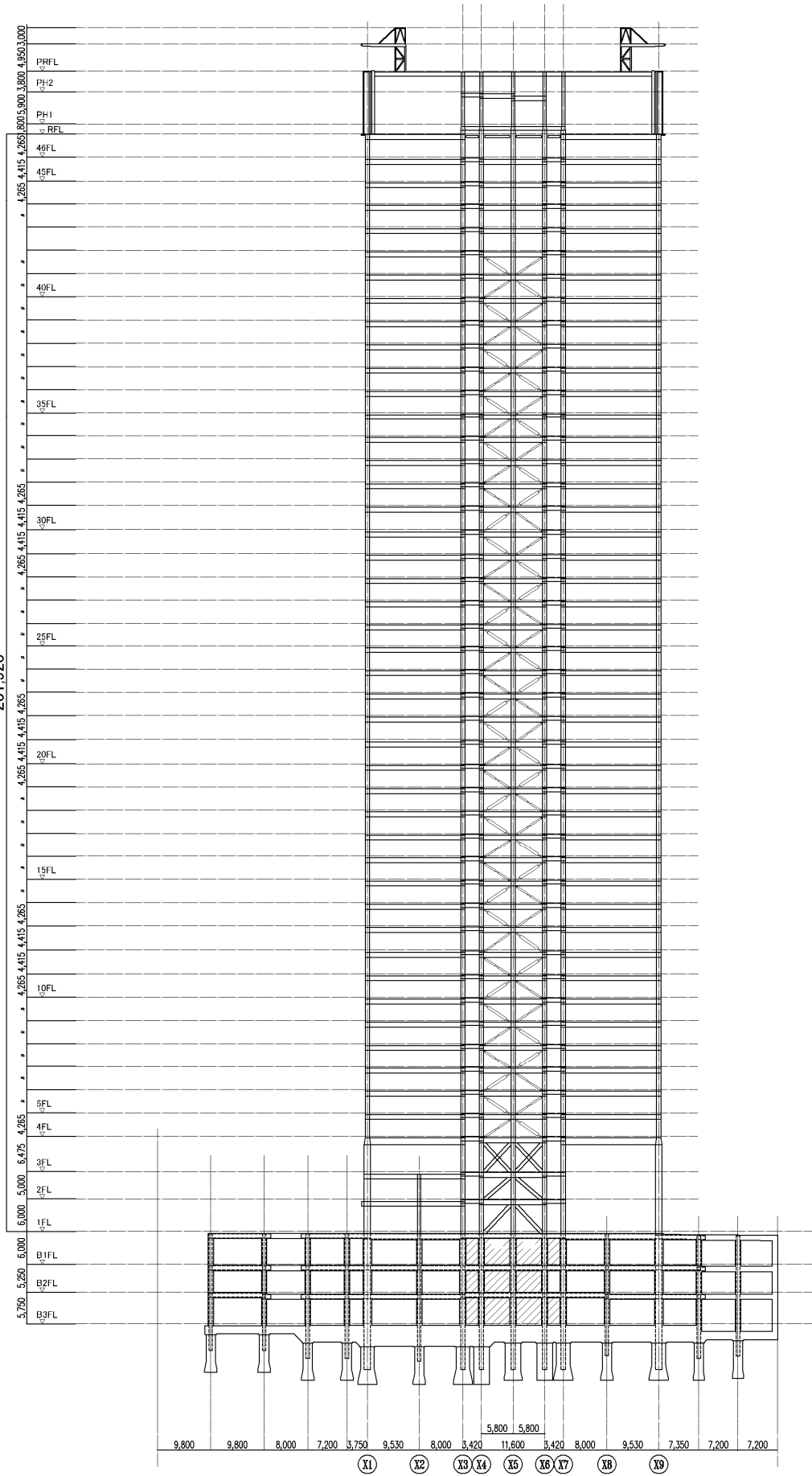


图 4.2.4-2 X 方向轴组图

4-2-4-3 静的漸増載荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係 (層間変位・層せん断力の関係)

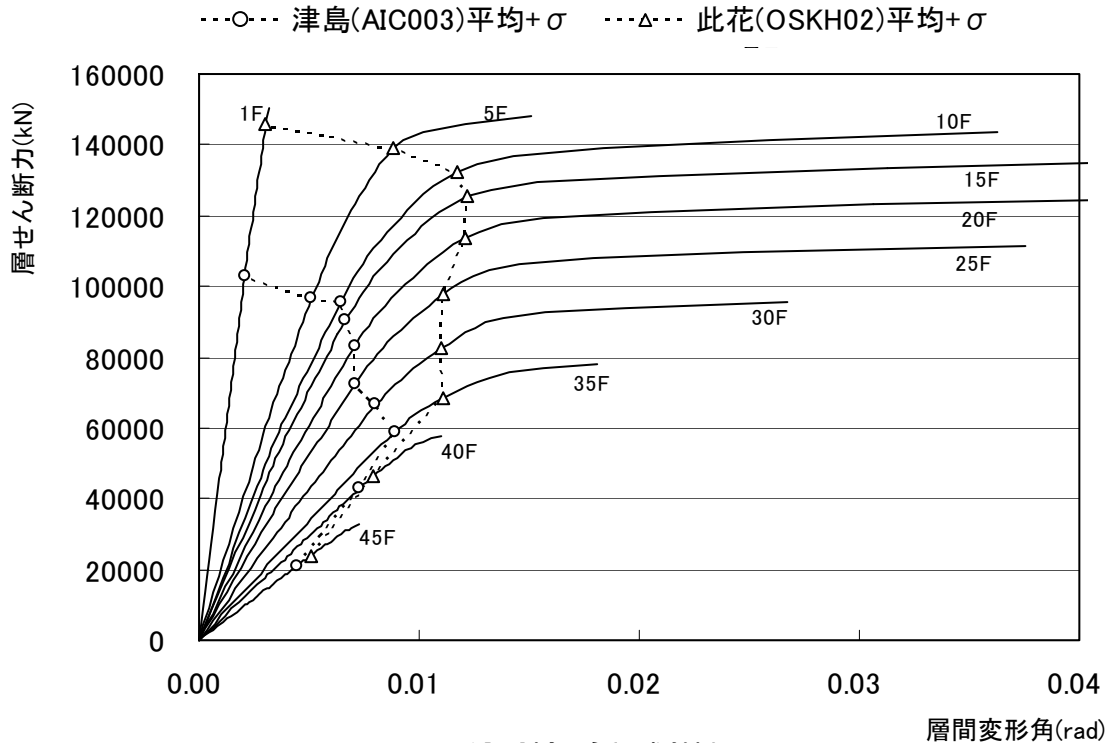


図 4. 2. 4-3 X方向荷重変形関係図

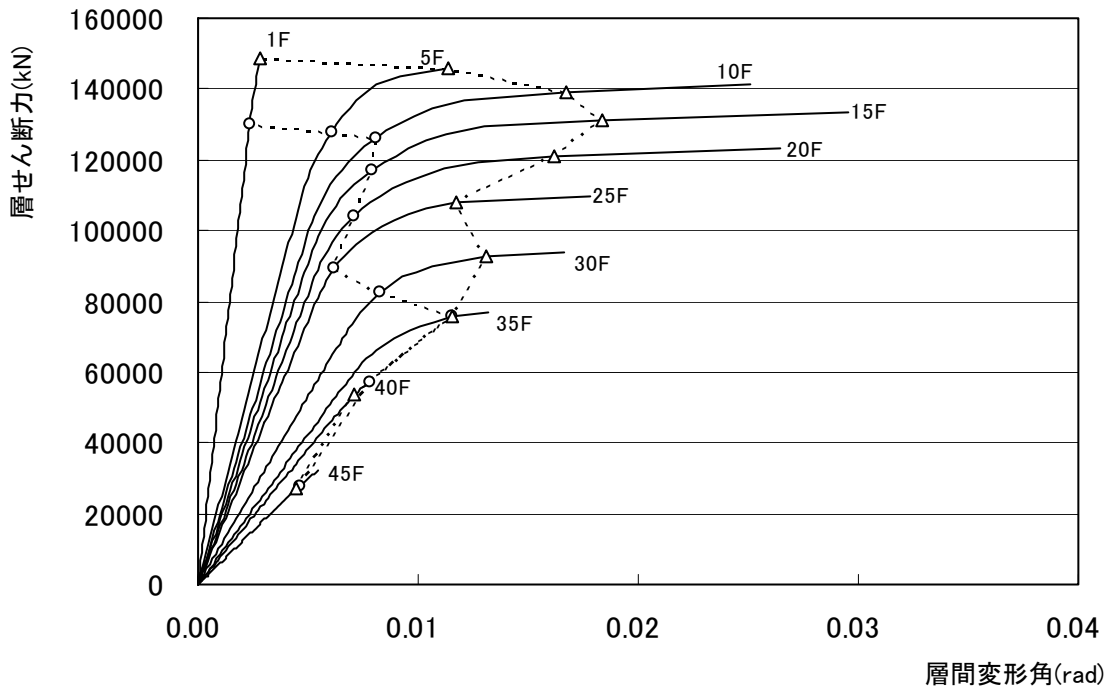


図 4. 2. 4-4 Y方向荷重変形関係図

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力（係数）の一覧表

階	ΣW (kN)	X 方向		Y 方向	
		層せん断力 (1/100) (kN)	層せん断力係数	層せん断力 (1/100) (kN)	層せん断力係数
46F	41666	66169	1.588	55546	1.333
23F	725173	92388	0.127	81577	0.112
1F	1476345	397950	0.270	431224	0.292

4-2-4-4 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値 (X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 200m 級	此花(OSKH02)平均	245.3	161.3	1/81	2.160	6.83	7.65
	津島(AIC003)平均	186.0	73.6	1/155	1.129	0.40	0.65
	浜松(SZ0024)平均	215.3	49.5	1/156	1.134	0.43	0.56
	新宿(KGIN)平均	160.8	137.7	1/115	1.652	1.79	2.78
	入力地震波	最大応答値 (Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	234.0	153.6	1/92	2.466	9.85	0.60
	津島(AIC003)平均	247.0	75.9	1/155	1.138	0.50	0.06
	浜松(SZ0024)平均	253.2	58.3	1/148	1.196	0.56	0.12
	新宿(KGIN)平均	139.0	91.6	1/170	1.215	0.61	0.69

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値 (X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 200m 級	此花(OSKH02)平均+σ	262.6	183.1	1/78	2.423	8.24	2.35
	津島(AIC003)平均+σ	264.9	117.5	1/111	1.581	0.80	0.23
	浜松(SZ0024)平均+σ	318.9	72.2	1/100	1.766	1.80	2.29
	新宿(KGIN)平均+σ	185.3	157.2	1/97	1.948	4.06	2.21
	入力地震波	最大応答値 (Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ	286.4	212.8	1/56	4.069	39.31	68.5
	津島(AIC003)平均+σ	337.0	122.6	1/88	1.993	3.90	5.05
	浜松(SZ0024)平均+σ	341.6	87.2	1/104	1.615	1.91	0.80
	新宿(KGIN)平均+σ	203.2	122.6	1/122	1.815	4.77	1.03

注 1) 塑性率、累積塑性変形倍率は以下の通り定義する。

$$\text{塑性率 } f_{\mu i} = \delta_{mi} / \delta_{ei}$$

$$\text{累積塑性変形倍率 } f_{\eta i} = W_{mi} / (Q_{ei} \cdot \delta_{ei})$$

δ_{ei}, Q_{ei} : 静的増分解析から得られる i 層の復元力特性をトリリニアにモデル化したときの第 1 折点

δ_{mi} : 時刻歴解析による i 層の最大応答層間変位

W_{mi} : 時刻歴解析による i 層の累積塑性履歴エネルギー

- ・ 此花波では平均、平均+σ に対して変形角 1/100 および層塑性率 2.0 を上回った。
- ・ 此花+σ 波形では、変形角 1/56 (Y 方向) の大きな応答を示した。

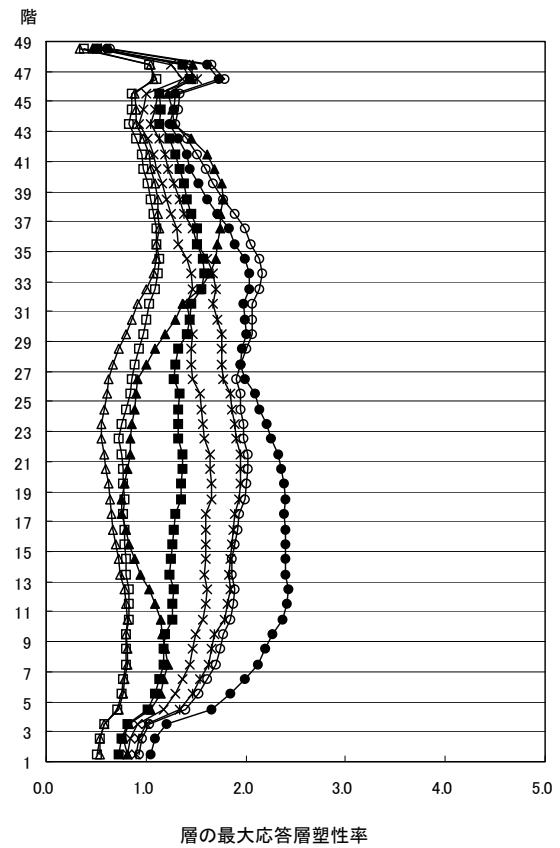
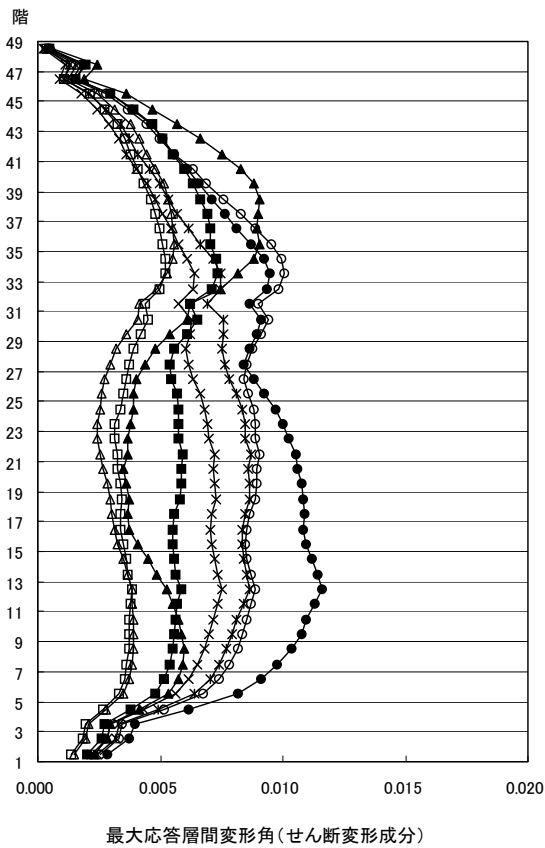
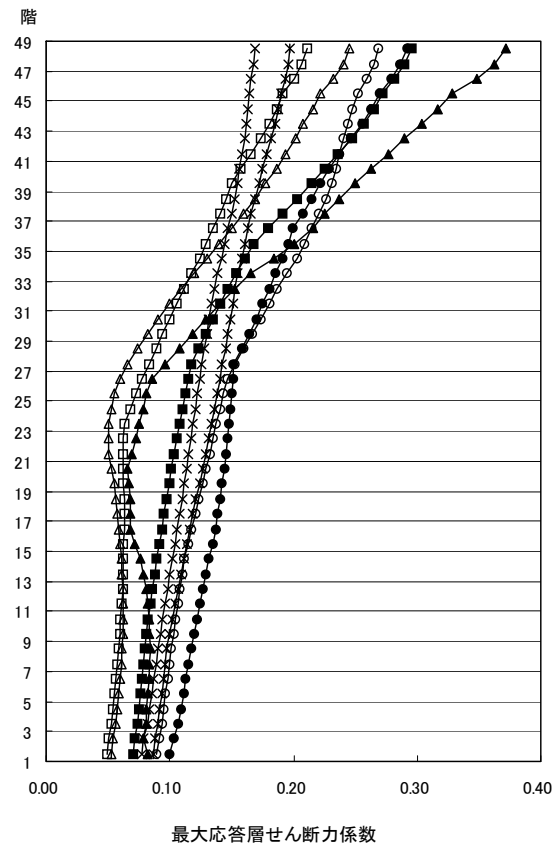
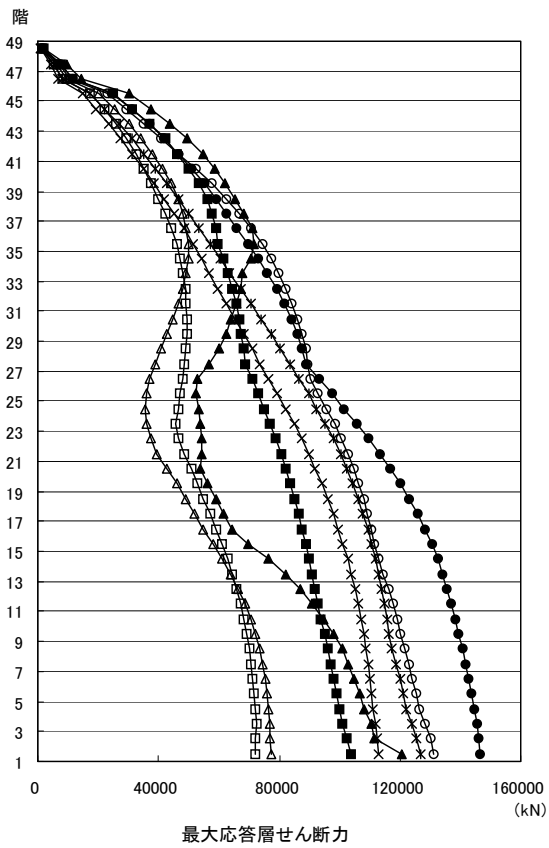
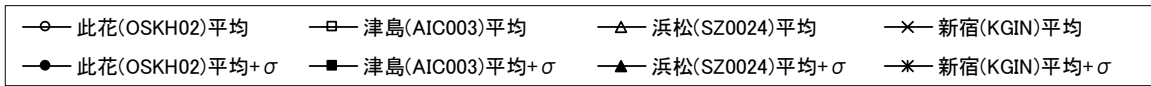


図 4. 2. 4-5 X 方向最大応答値(1)【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

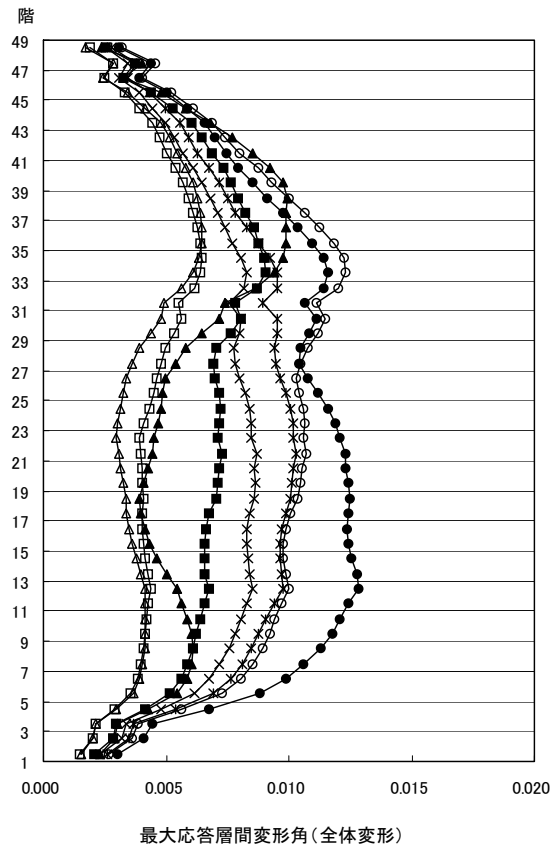
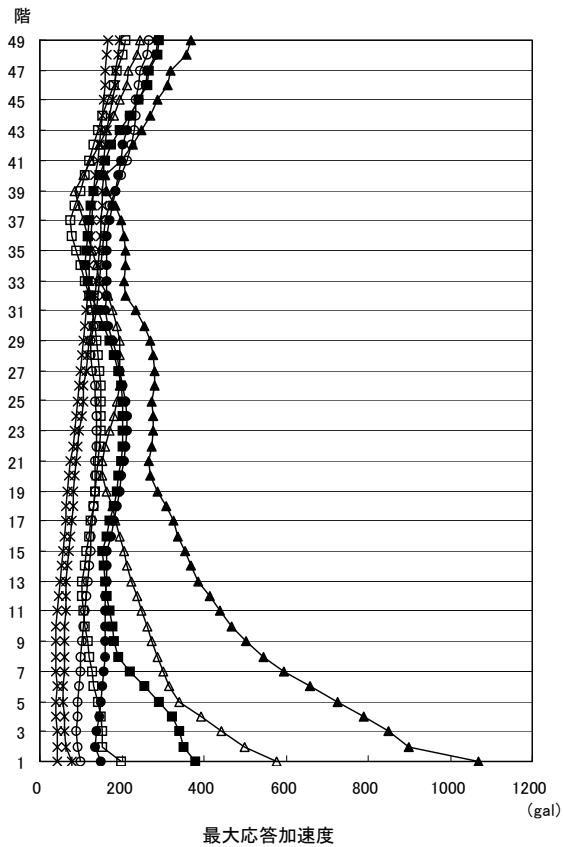
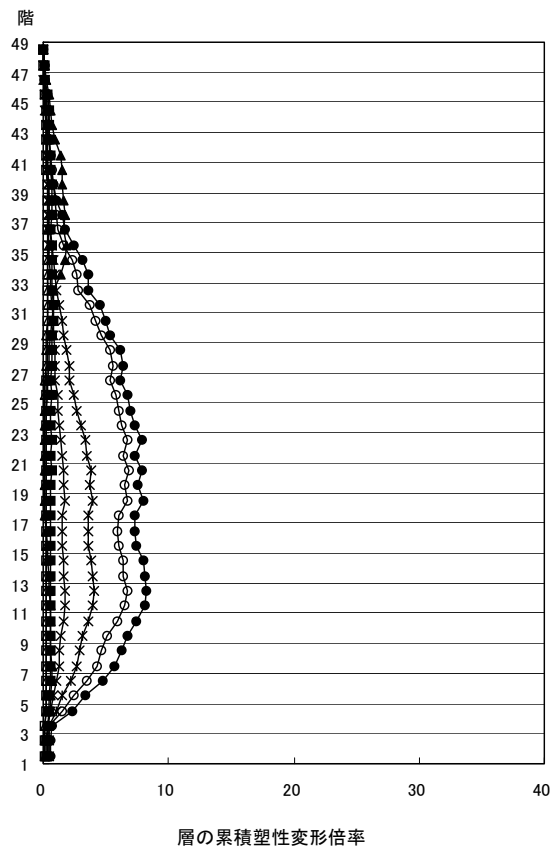
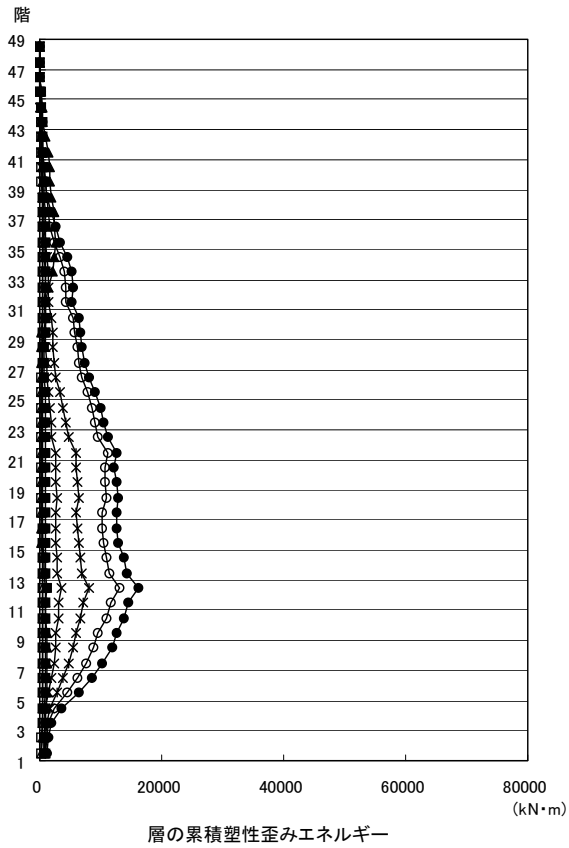
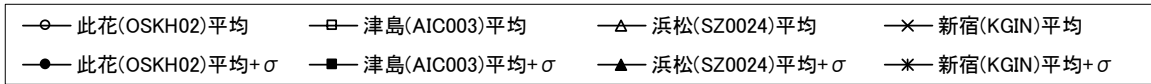


図 4.2.4-6 X 方向最大応答値(2)【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

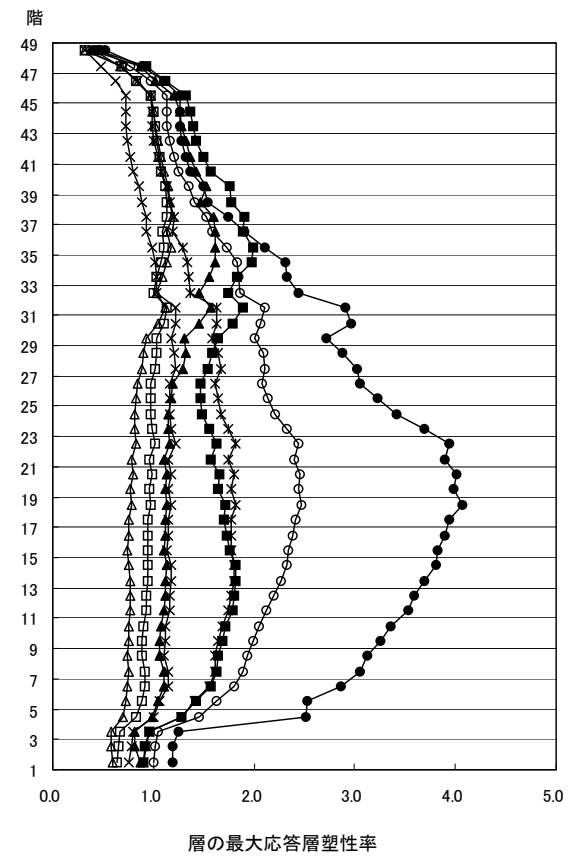
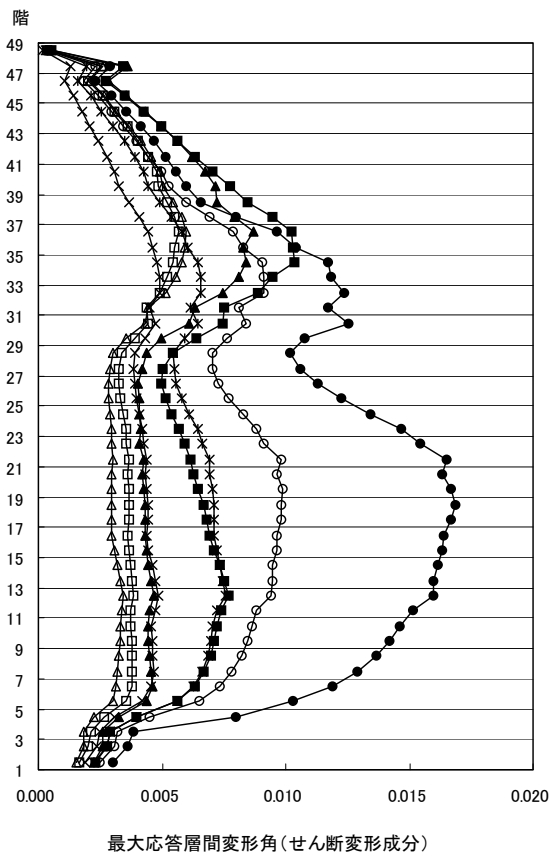
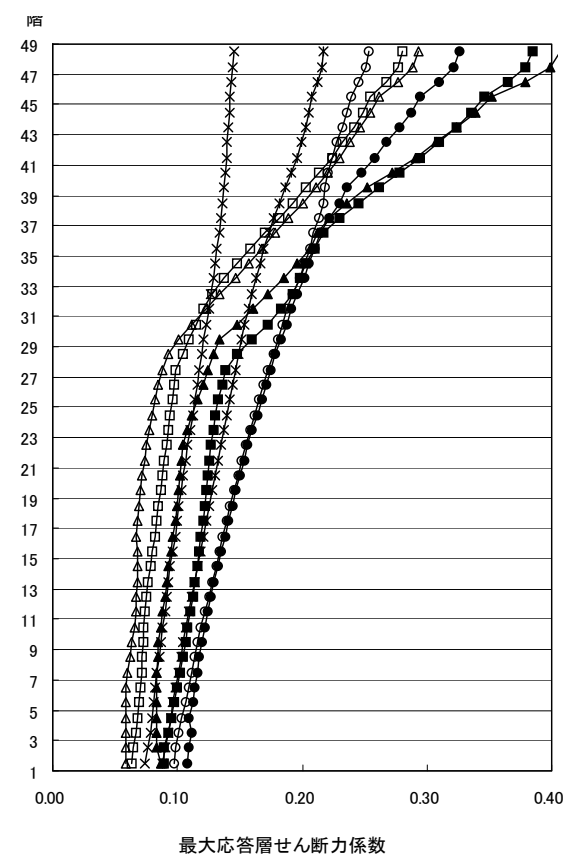
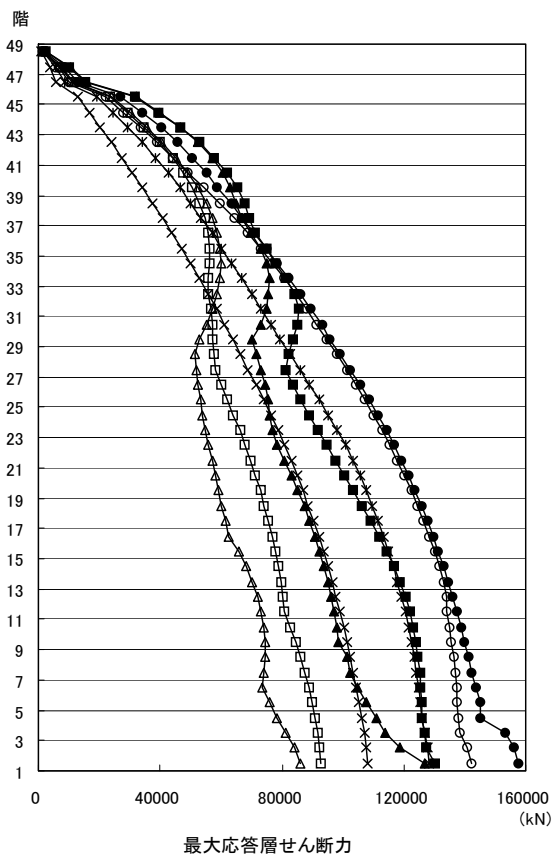
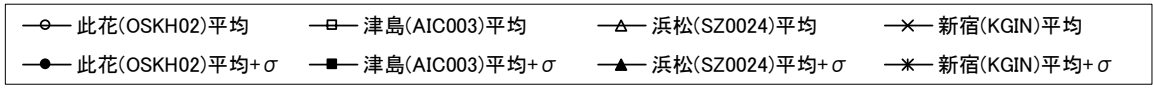


図 4. 2. 4-7 Y 方向最大応答値(1)【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

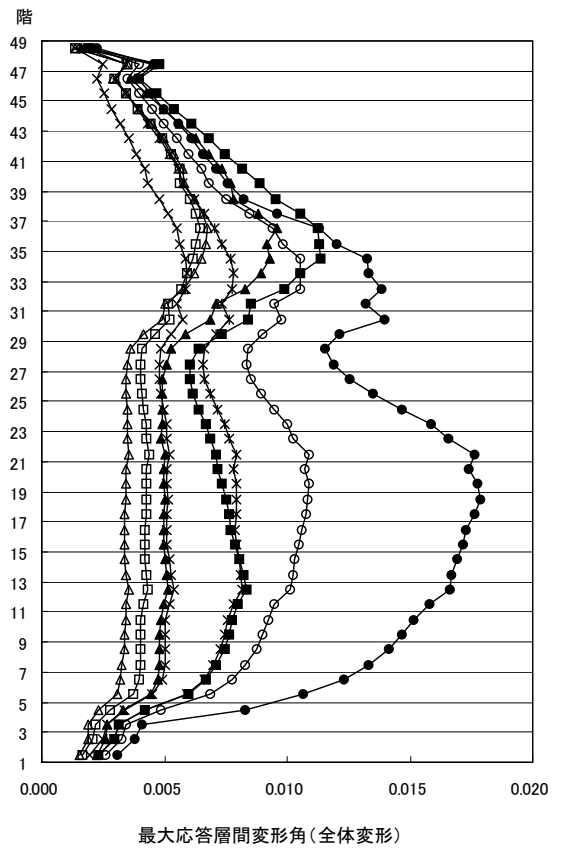
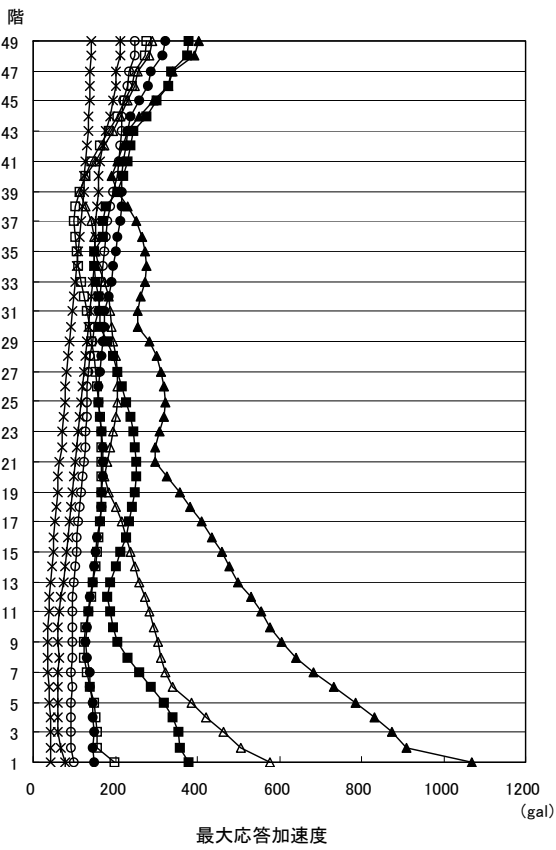
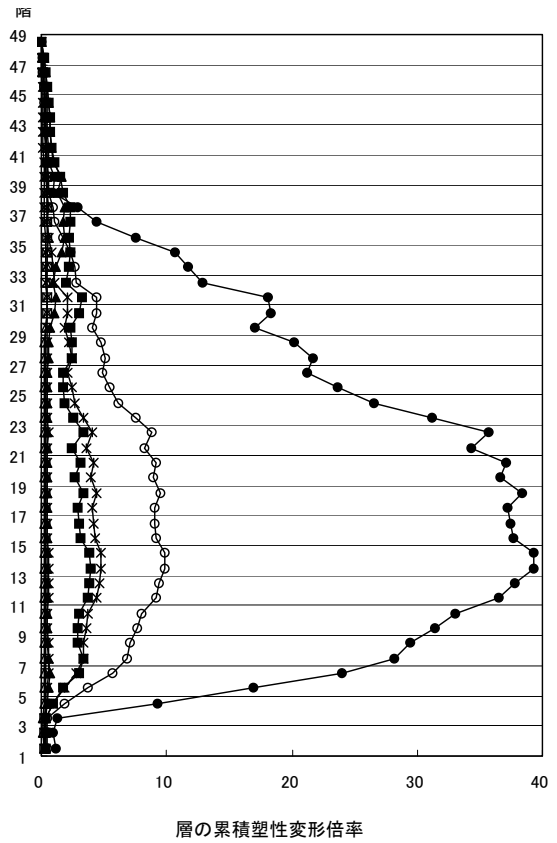
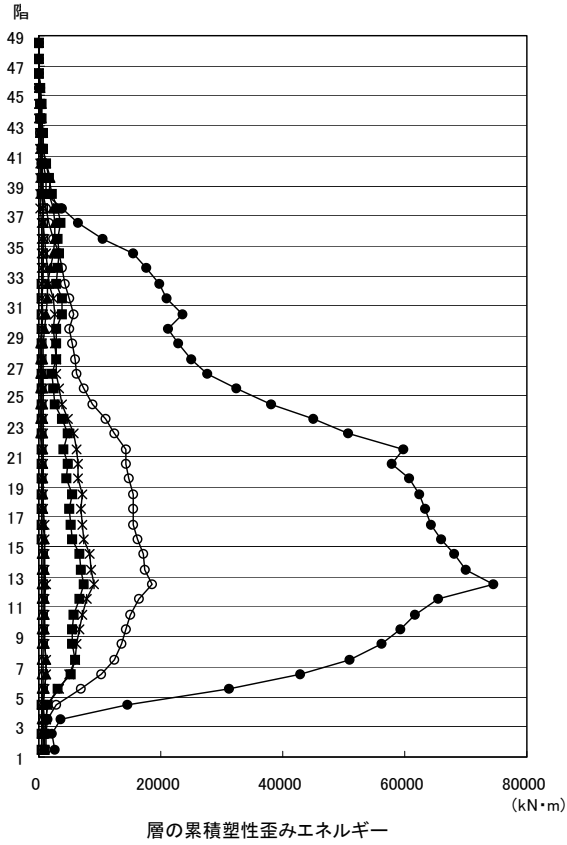
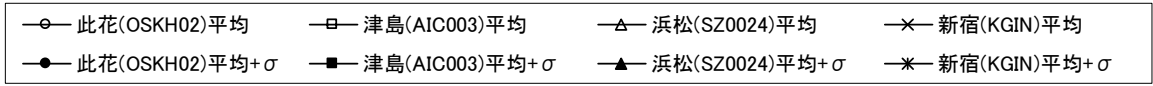


図 4.2.4-8 Y 方向最大応答値(2) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-2-4-5 2011 地震 平均波の 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値 (X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 200m 級	此花(OSKH02)平均	245.3	161.3	1/81	2.160	6.83	7.65
	津島(AIC003)平均	186.0	73.6	1/155	1.129	0.40	0.65
	新宿(KGIN)平均	160.8	137.7	1/115	1.652	1.79	2.78
	入力地震波	最大応答値 (Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	234.0	153.6	1/92	2.466	9.85	0.60
	津島(AIC003)平均	247.0	75.9	1/155	1.138	0.50	0.06
新宿(KGIN)平均	139.0	91.6	1/170	1.215	0.61	0.69	

2009 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値 (X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 200m 級	此花(OSKH02)平均	172.3	142.5	1/108	1.754	2.90	1.84
	津島(AIC003)平均	231.9	115.6	1/114	1.539	0.770	2.97
	新宿(KGIN)平均	137.2	122.8	1/133	1.425	0.921	0.50
	入力地震波	最大応答値 (Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	203.5	110.3	1/139	1.536	2.76	0.08
	津島(AIC003)平均	236.8	117.0	1/109	1.795	1.62	0.18
新宿(KGIN)平均	143.5	95.5	1/164	1.290	0.62	1.43	

注 1) 塑性率、累積塑性変形倍率は以下の通り定義する。

$$\text{塑性率 } f_{\mu i} = \delta_{mi} / \delta_{ei}$$

$$\text{累積塑性変形倍率 } f_{\eta i} = W_{mi} / (Q_{ei} \cdot \delta_{ei})$$

δ_{ei}, Q_{ei} : 静的増分解析から得られる i 層の復元力特性をトリリニアにモデル化したときの第 1 折点

δ_{mi} : 時刻歴解析による i 層の最大応答層間変位

W_{mi} : 時刻歴解析による i 層の累積塑性履歴エネルギー

- 2009 年平均（此花、津島、新宿）では、変形角、層塑性率とも 1/100、2.0 を下回った。
- 2011 年平均では此花のみが目安値を上回る応答を示している。

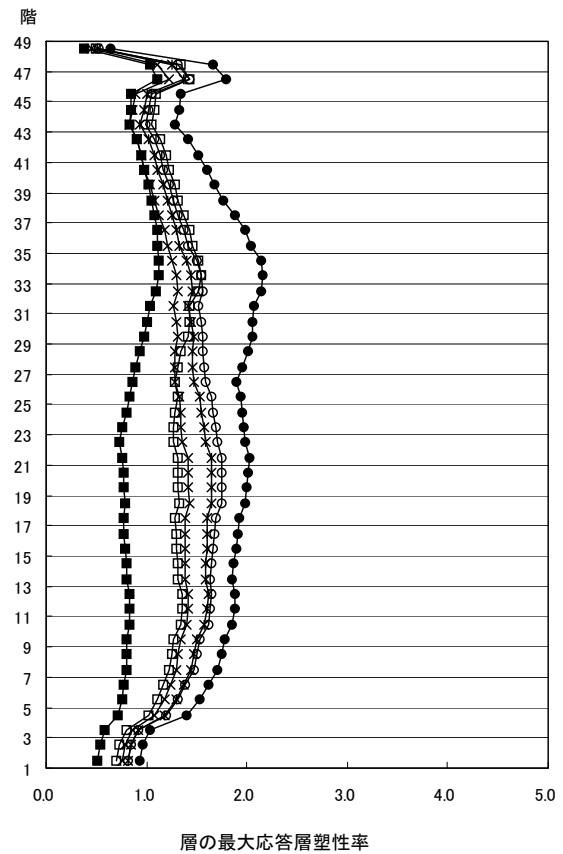
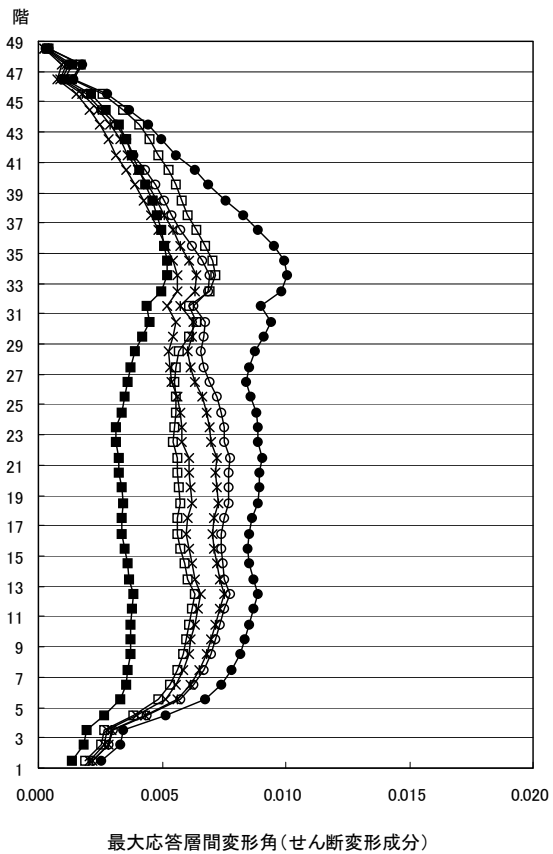
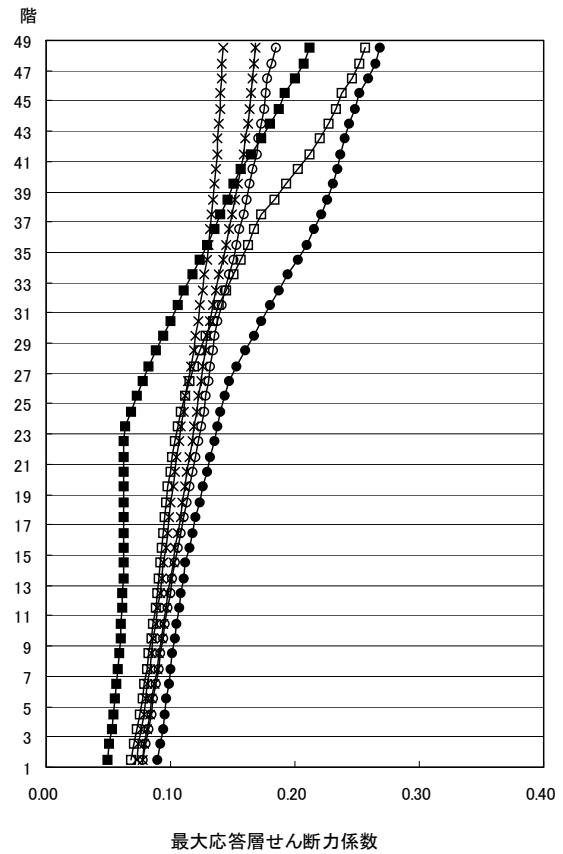
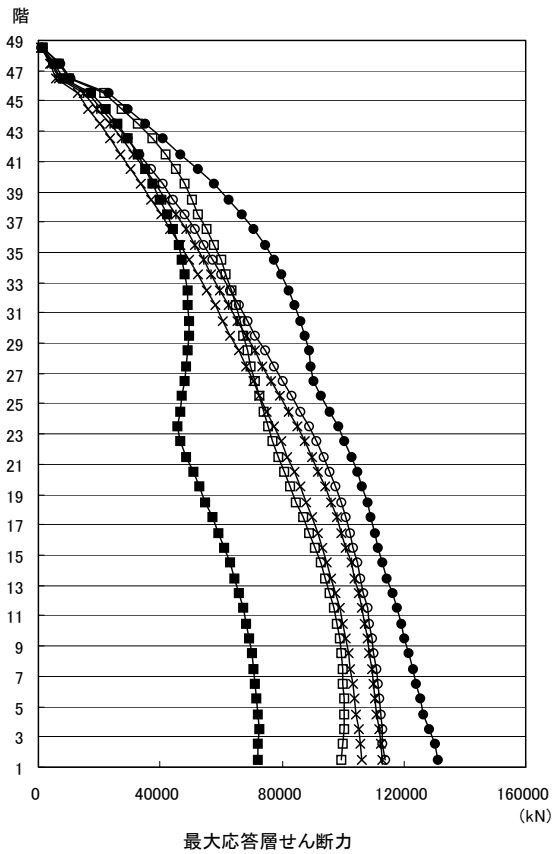
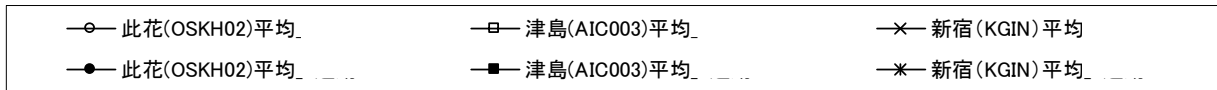


図 4. 2. 4-9 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

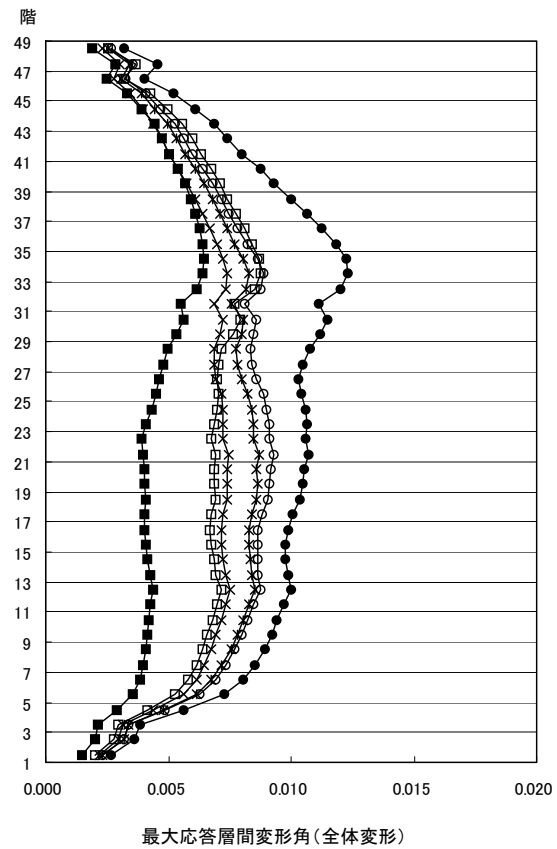
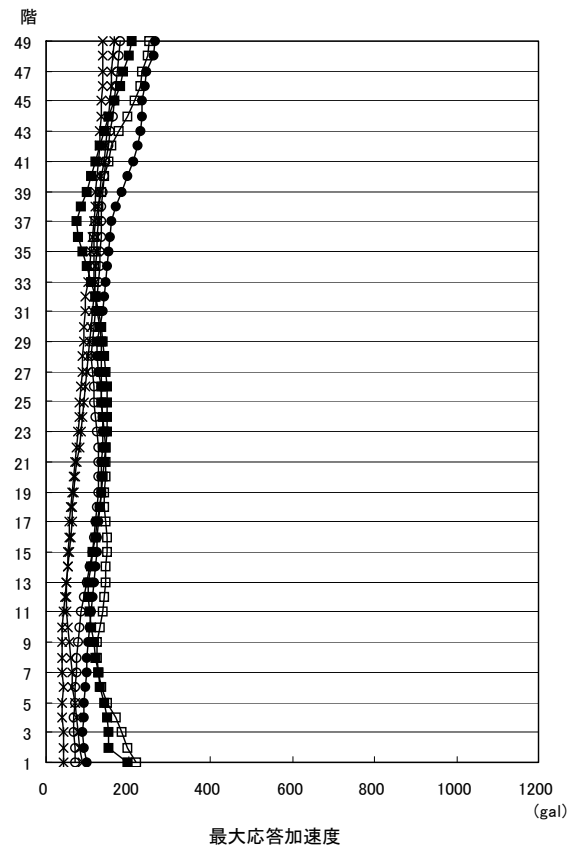
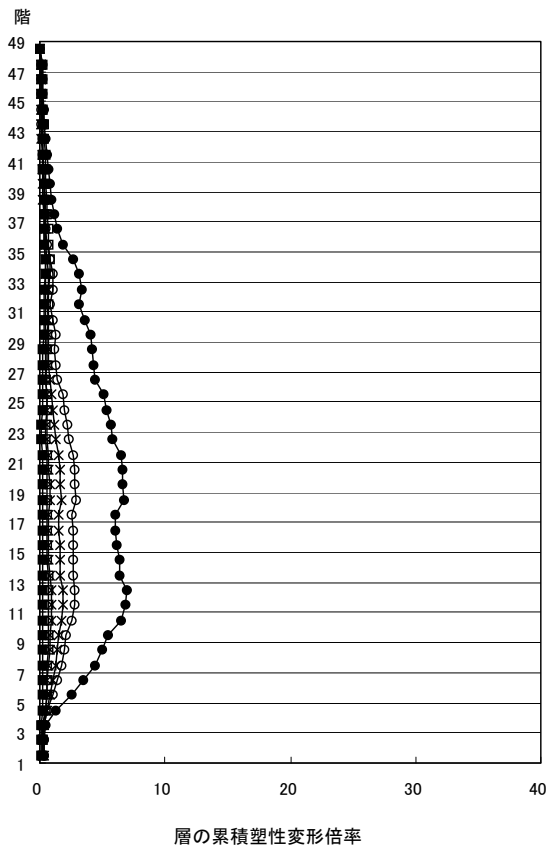
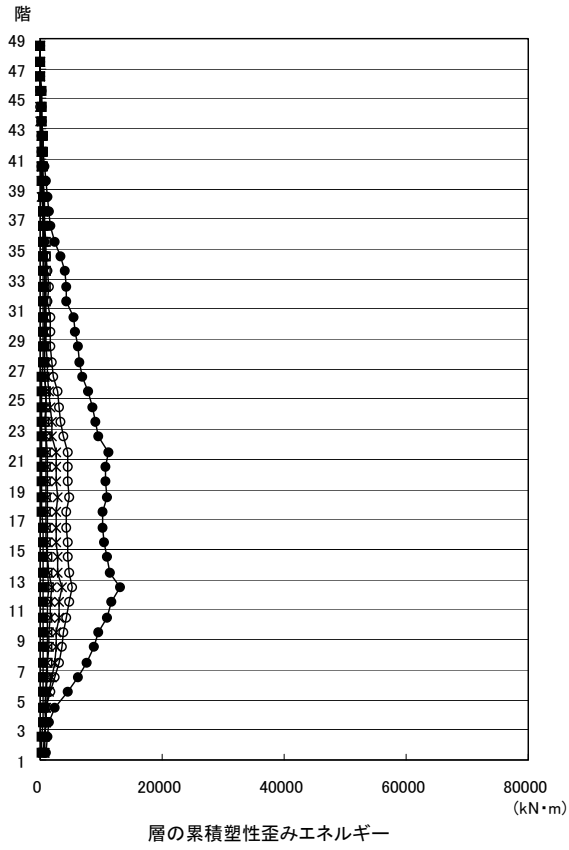
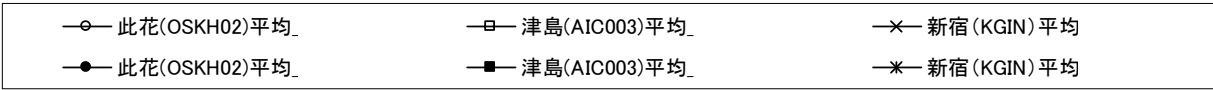


図 4. 2. 4-10 X 方向最大応答値 (2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

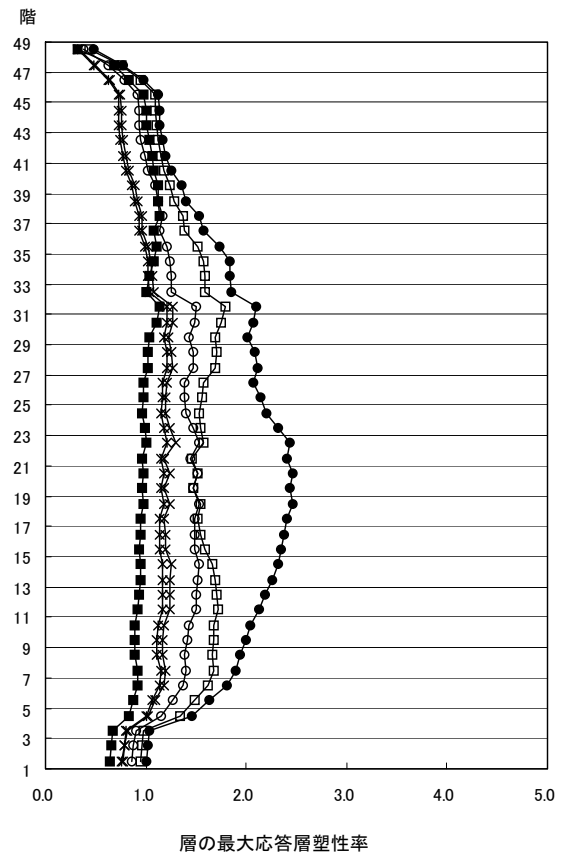
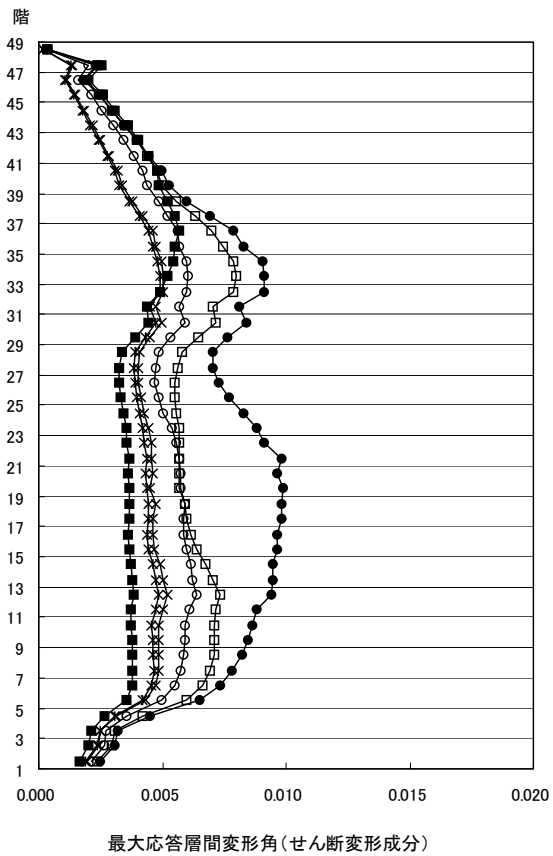
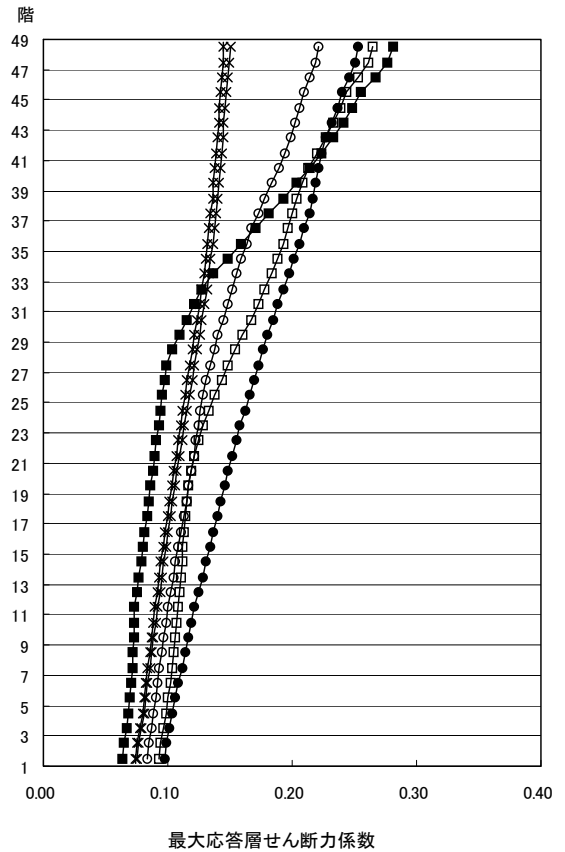
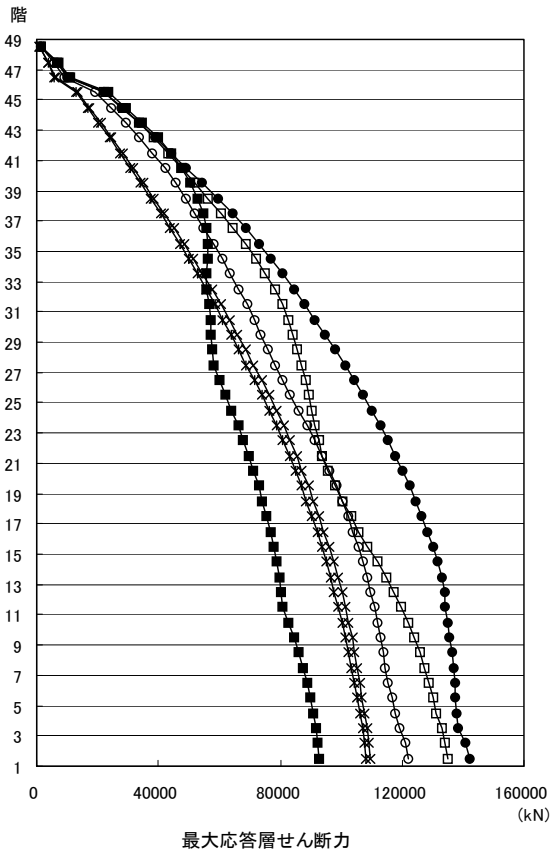
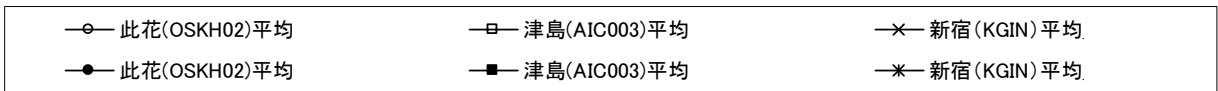


図 4.2.4-11 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

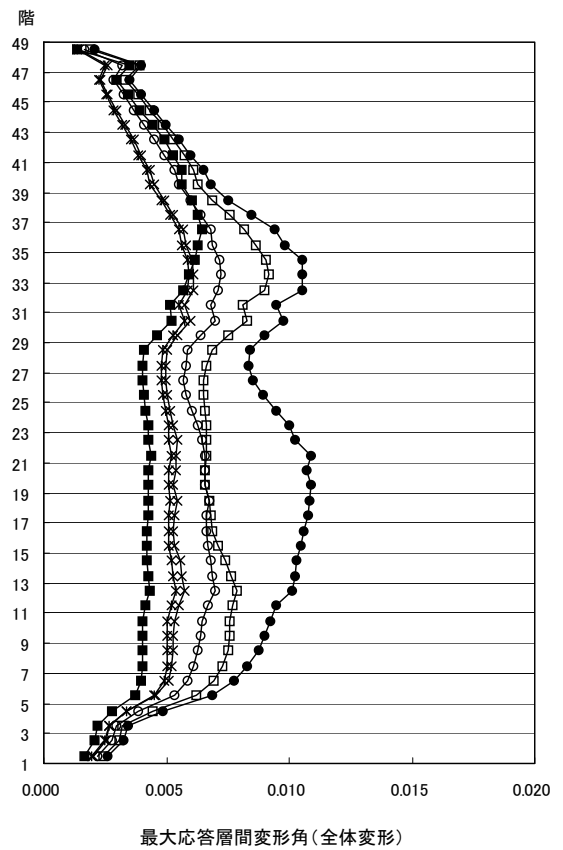
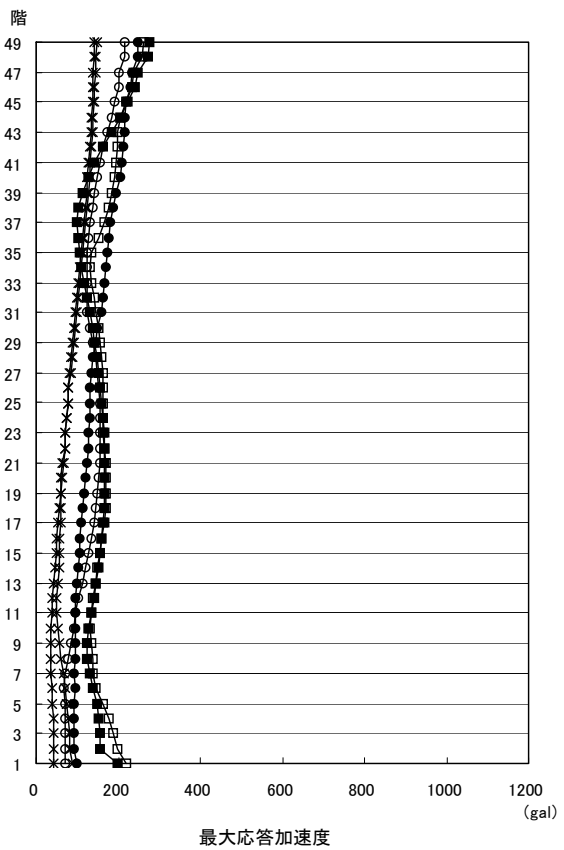
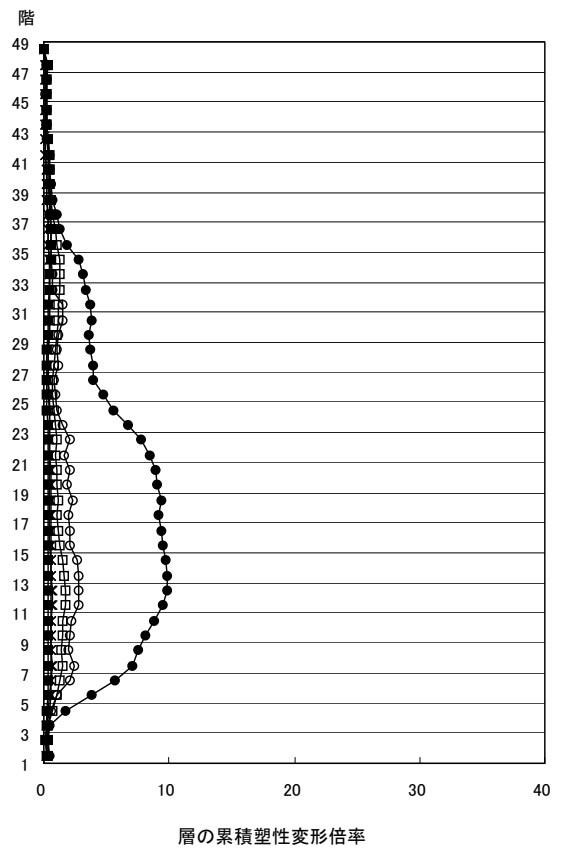
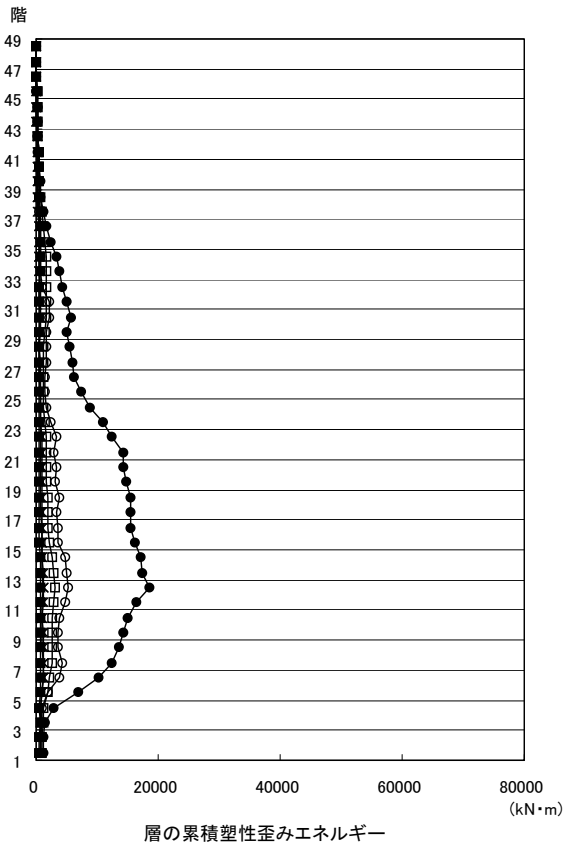
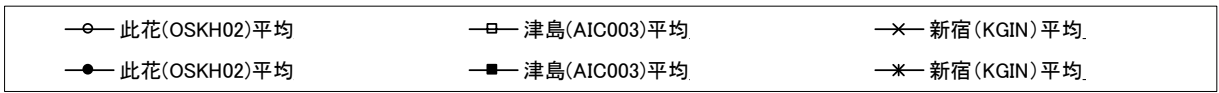


図 4. 2. 4-12 Y 方向最大応答値(2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

4-2-4-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波との比較

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値 (X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 200m 級	此花(OSKH02)平均+σ	262.6	183.1	1/78	2.423	8.24	2.35
	津島(AIC003)平均+σ	264.9	117.5	1/111	1.581	0.80	0.23
	新宿(KGIN)平均+σ	185.3	157.2	1/97	1.948	4.06	2.21
	入力地震波	最大応答値 (Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ	286.4	212.8	1/56	4.069	39.31	68.5
	津島(AIC003)平均+σ	337.0	122.6	1/88	1.993	3.90	5.05
新宿(KGIN)平均+σ	203.2	122.6	1/122	1.815	4.77	1.03	

2009 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値 (X 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 200m 級	此花(OSKH02)平均+σ	209.9	196.4	1/71	2.725	11.37	3.62
	津島(AIC003)平均+σ	278.4	157.6	1/92	2.074	2.62	1.33
	新宿(KGIN)平均+σ	175.2	152.6	1/96	1.977	3.57	1.96
	入力地震波	最大応答値 (Y 方向)					
		頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ	282.7	131.3	1/100	2.182	10.77	0.02
	津島(AIC003)平均+σ	298.8	145.8	1/76	2.302	4.60	10.35
新宿(KGIN)平均+σ	164.6	106.1	1/149	1.455	1.91	0.37	

注 1) 塑性率、累積塑性変形倍率は以下の通り定義する。

$$\text{塑性率 } f_{\mu i} = \delta m_i / \delta e_i$$

$$\text{累積塑性変形倍率 } f_{\eta i} = W_{mi} / (Q_{ei} \cdot \delta e_i)$$

$\delta e_i, Q_{ei}$: 静的増分解析から得られる i 層の復元力特性をトリリニアにモデル化したときの第 1 折点

δm_i : 時刻歴解析による i 層の最大応答層間変位

W_{mi} : 時刻歴解析による i 層の累積塑性履歴エネルギー

- 2009 年平均+σ (此花、津島、新宿) では、変形角が 1/100 を上回った。(X 方向)
- 2011 年平均+σ に対する変形角は 2009 年平均+σ より Y 方向では大きくなったが、X 方向では、わずかながら小さくなった。

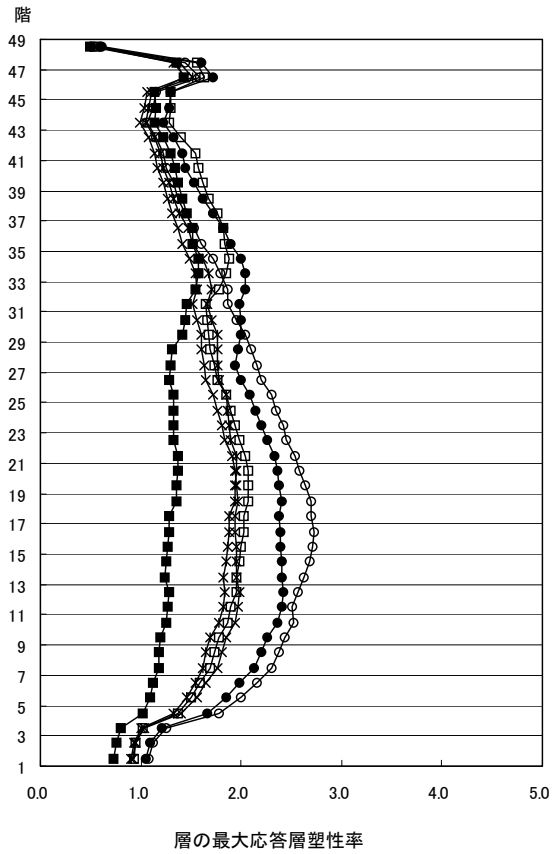
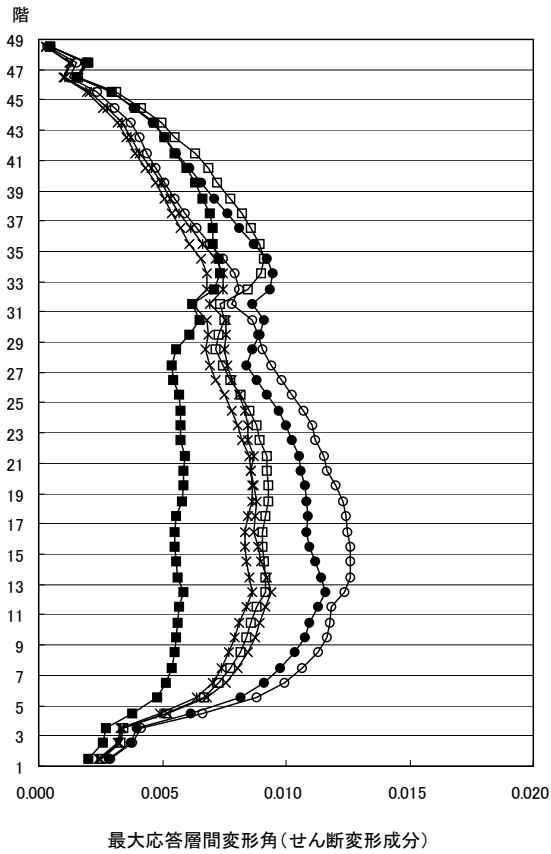
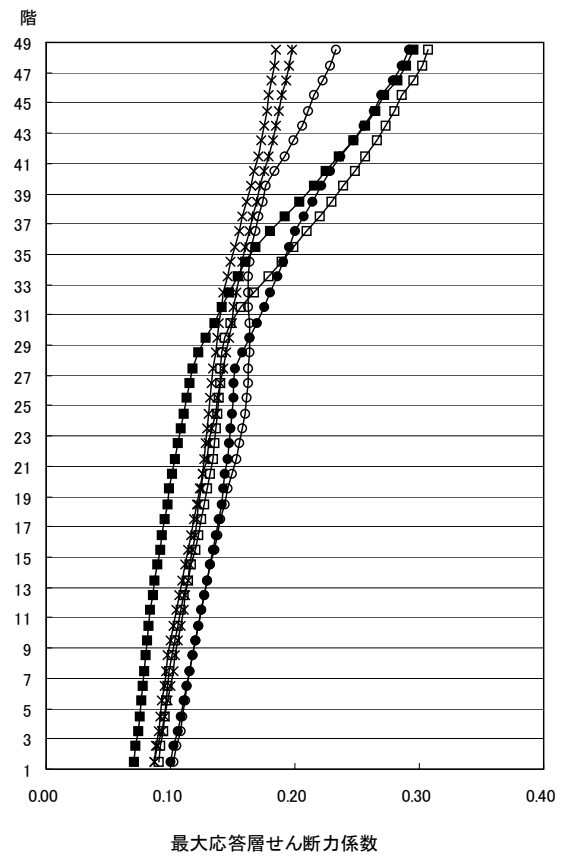
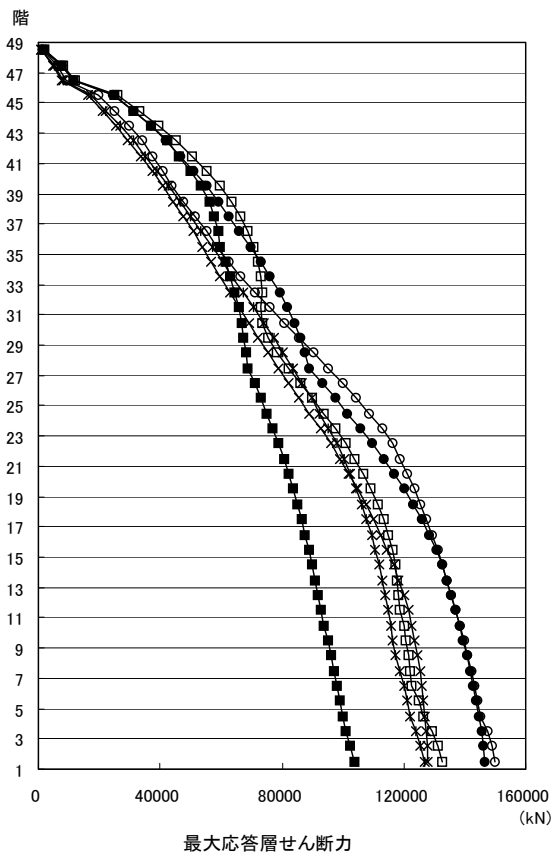
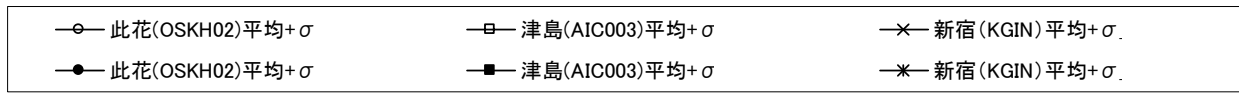


図 4.2.4-13 X 方向最大応答値(1)【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

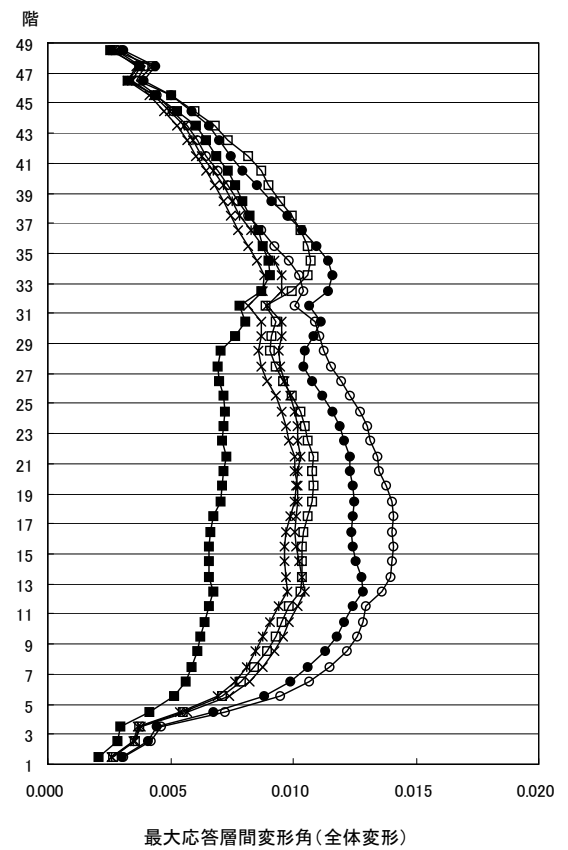
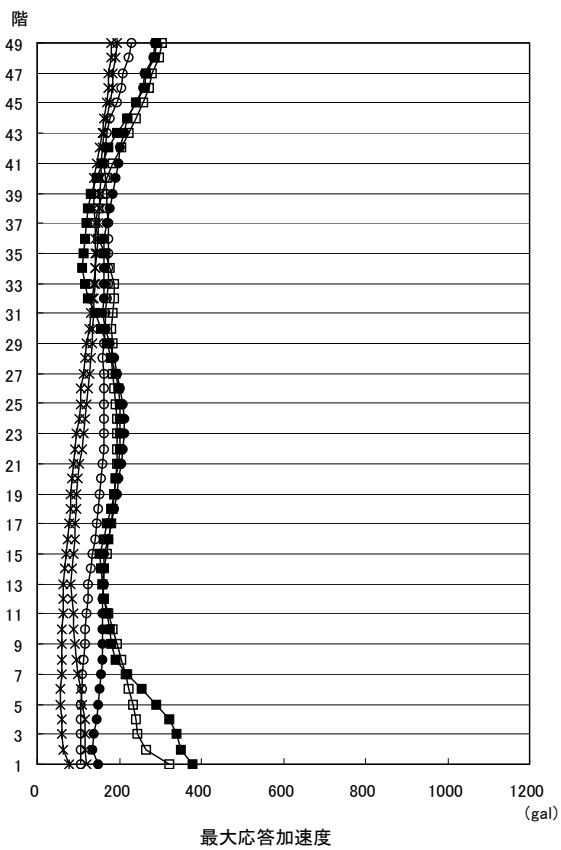
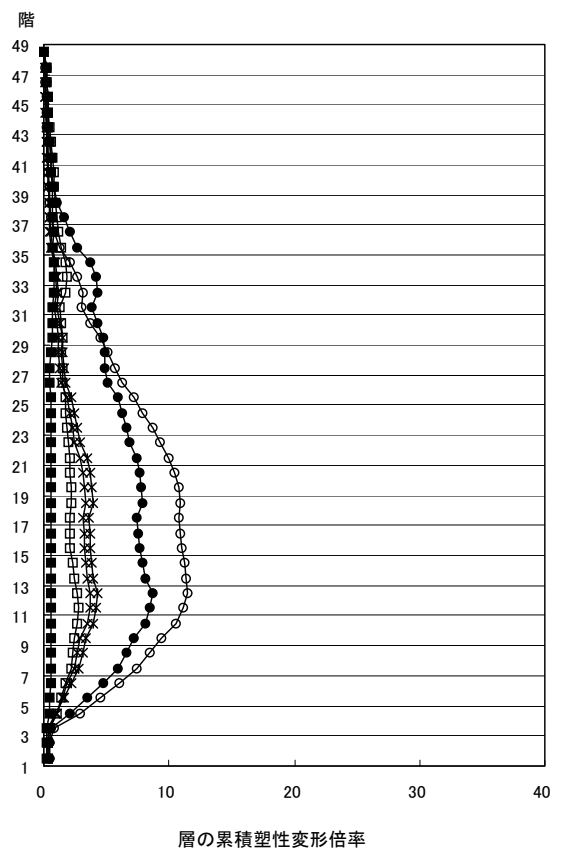
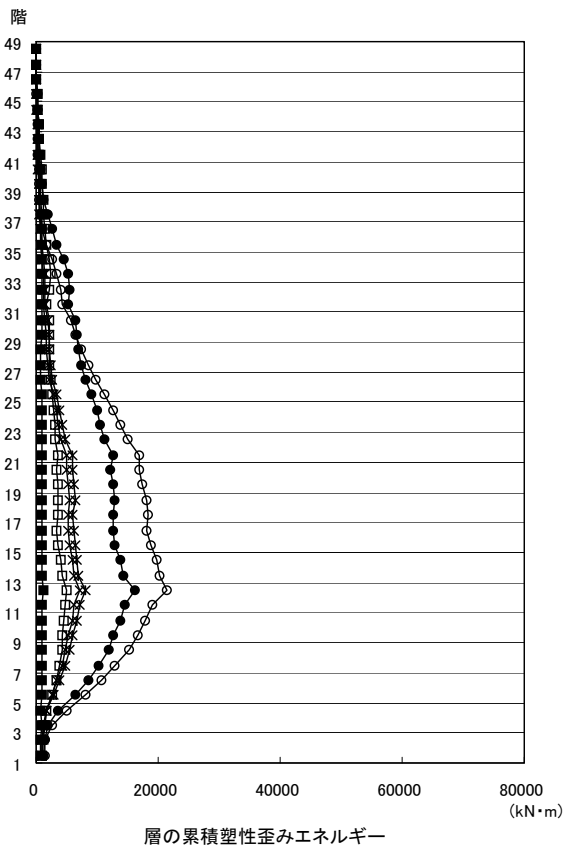
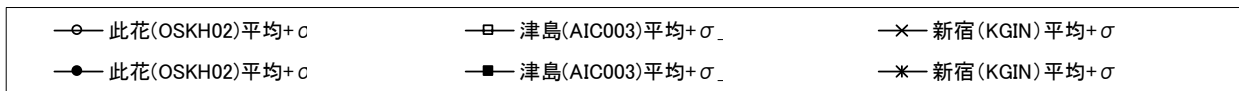


図 4.2.4-14 X 方向最大応答値(2)【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

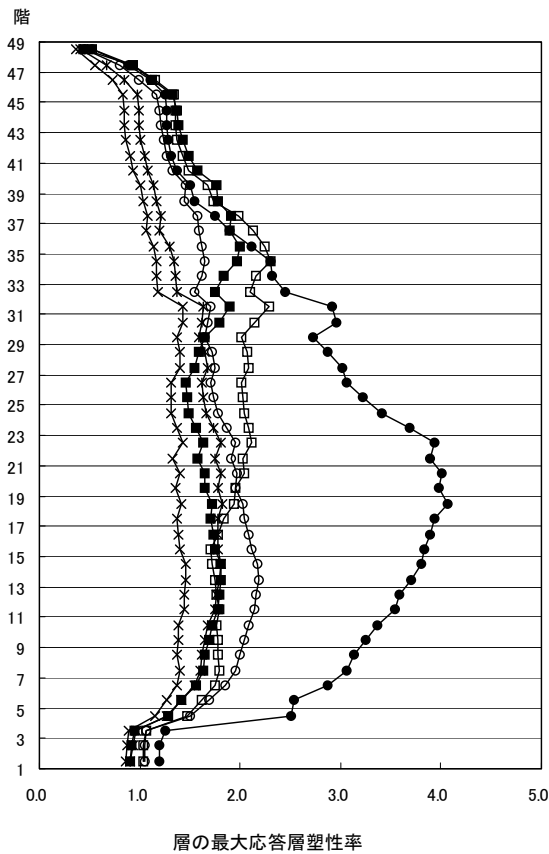
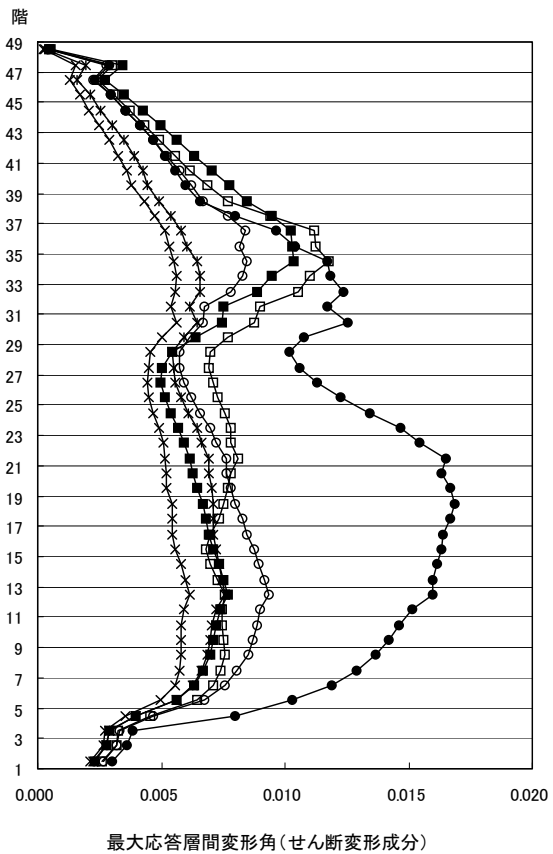
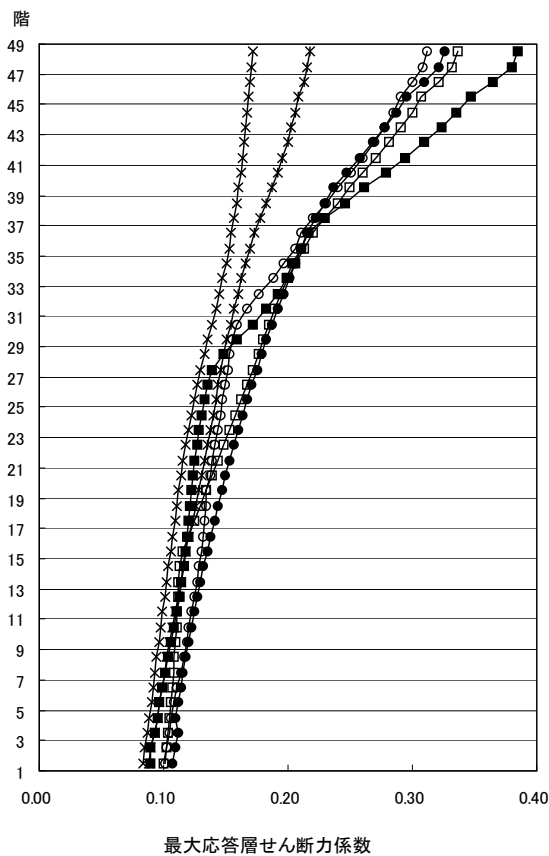
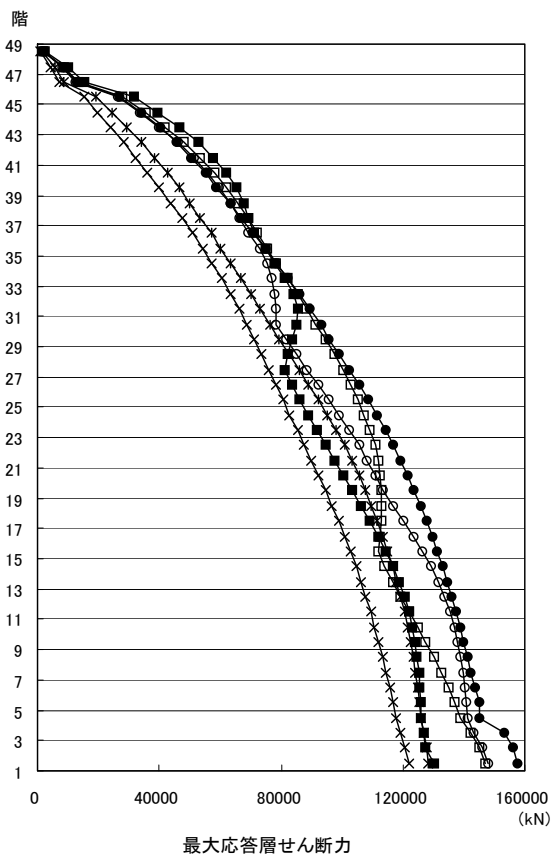
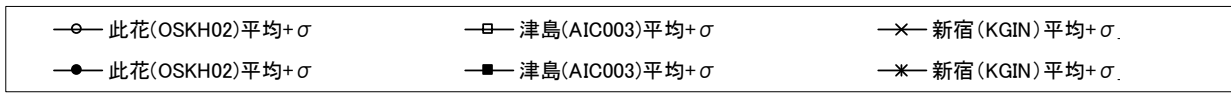


図 4.2.4-15 Y 方向最大応答値(1)【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

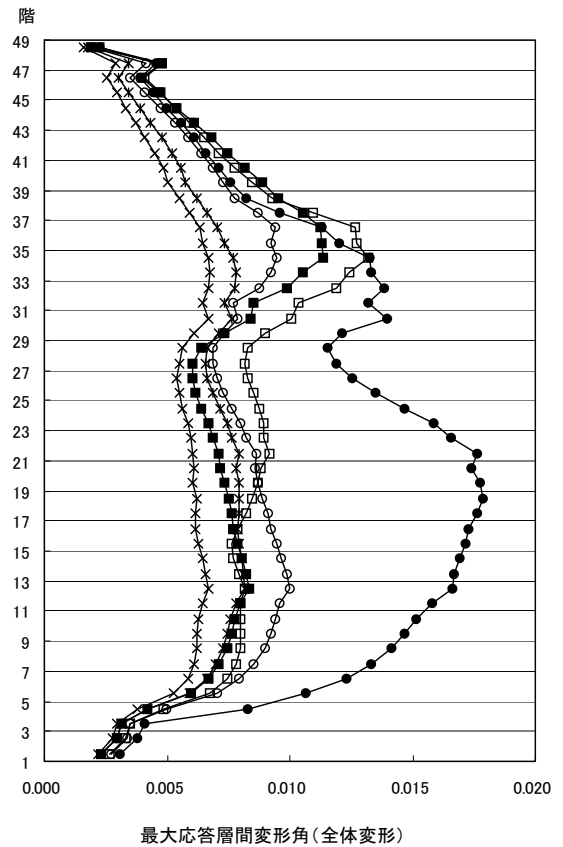
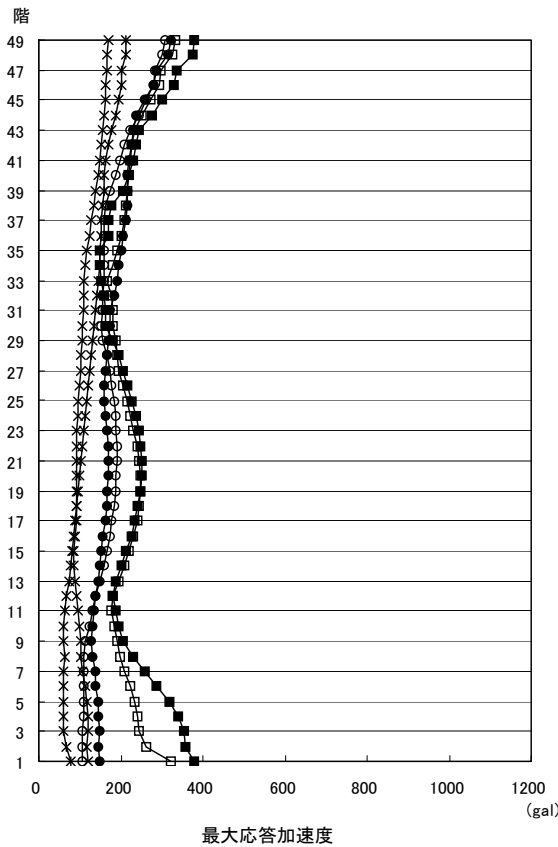
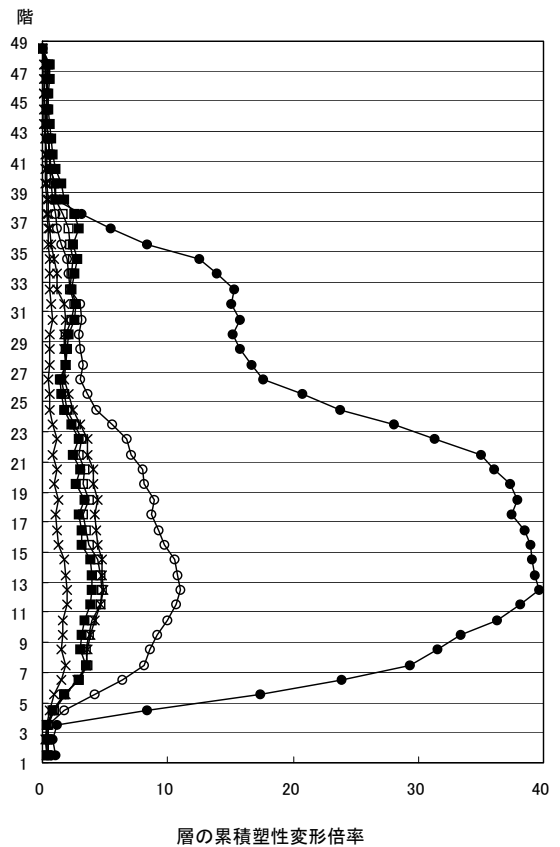
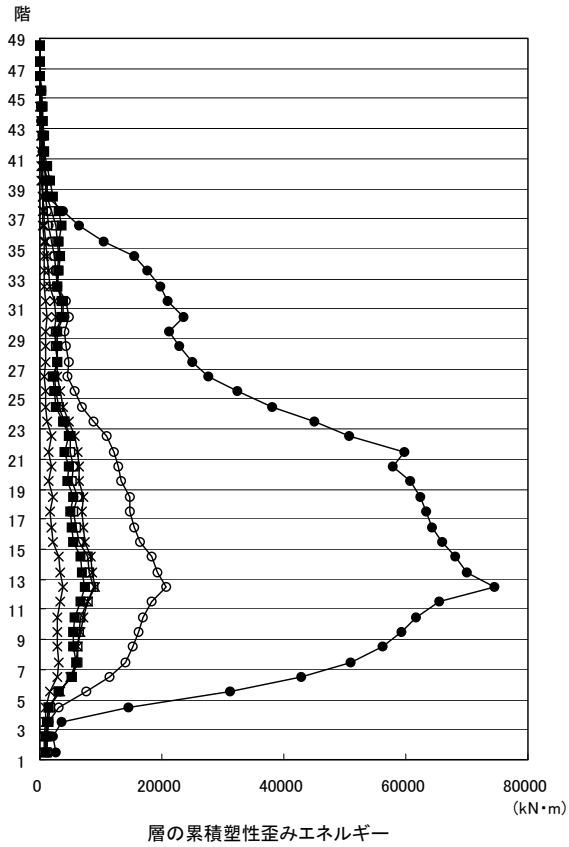
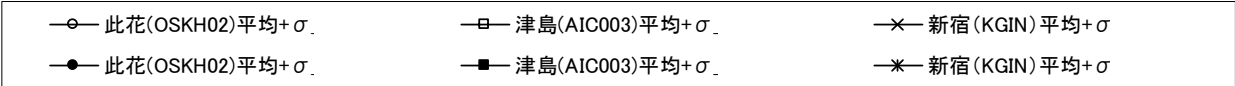


図 4.2.4-16 Y 方向最大応答値(2) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

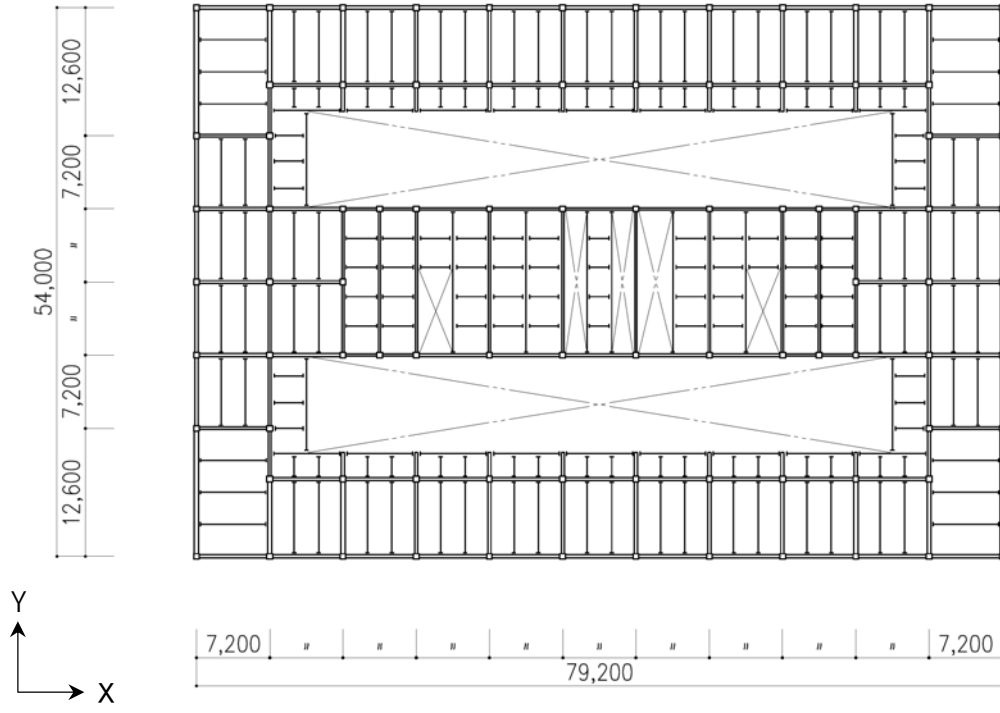


图 4.2.5-1 基准階架構平面图 (高層階)

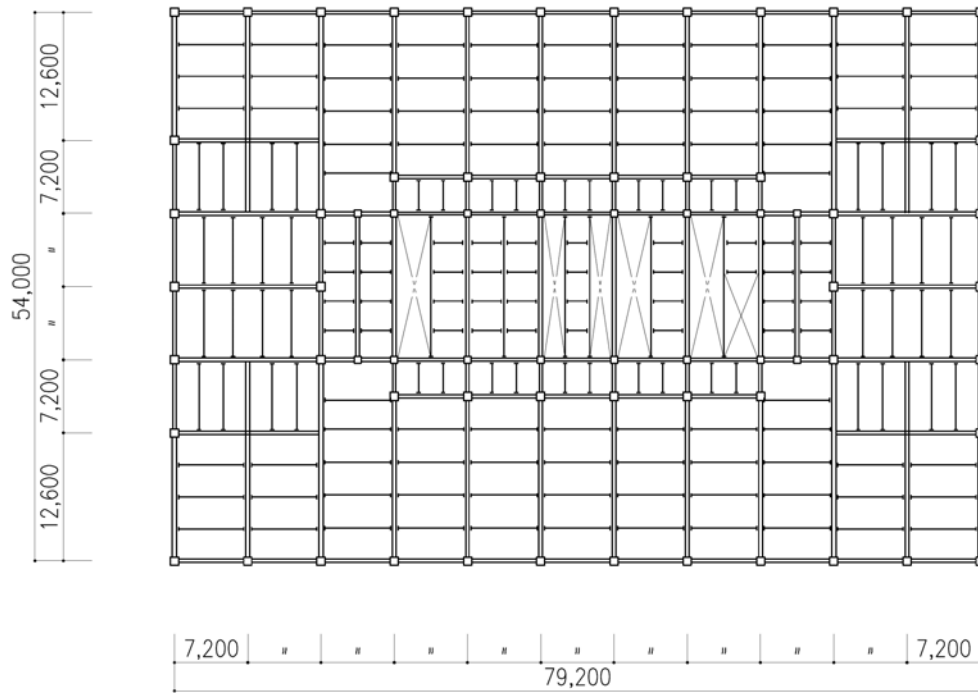


图 4.2.5-2 基准階架構平面图 (低層階)

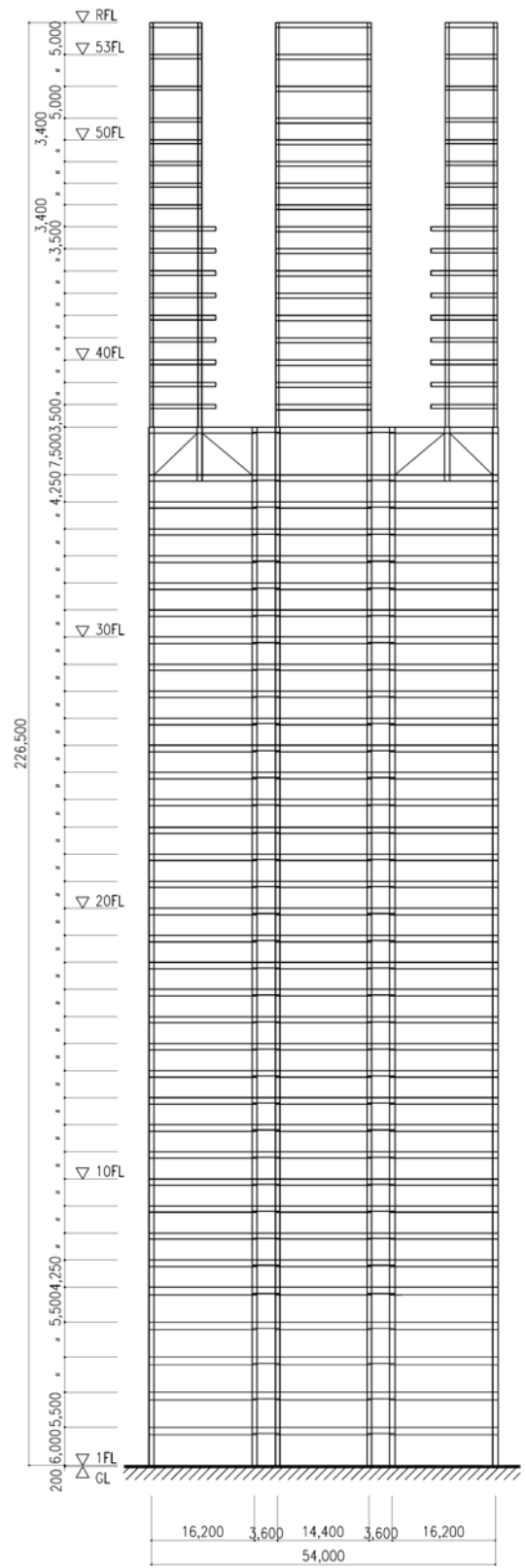
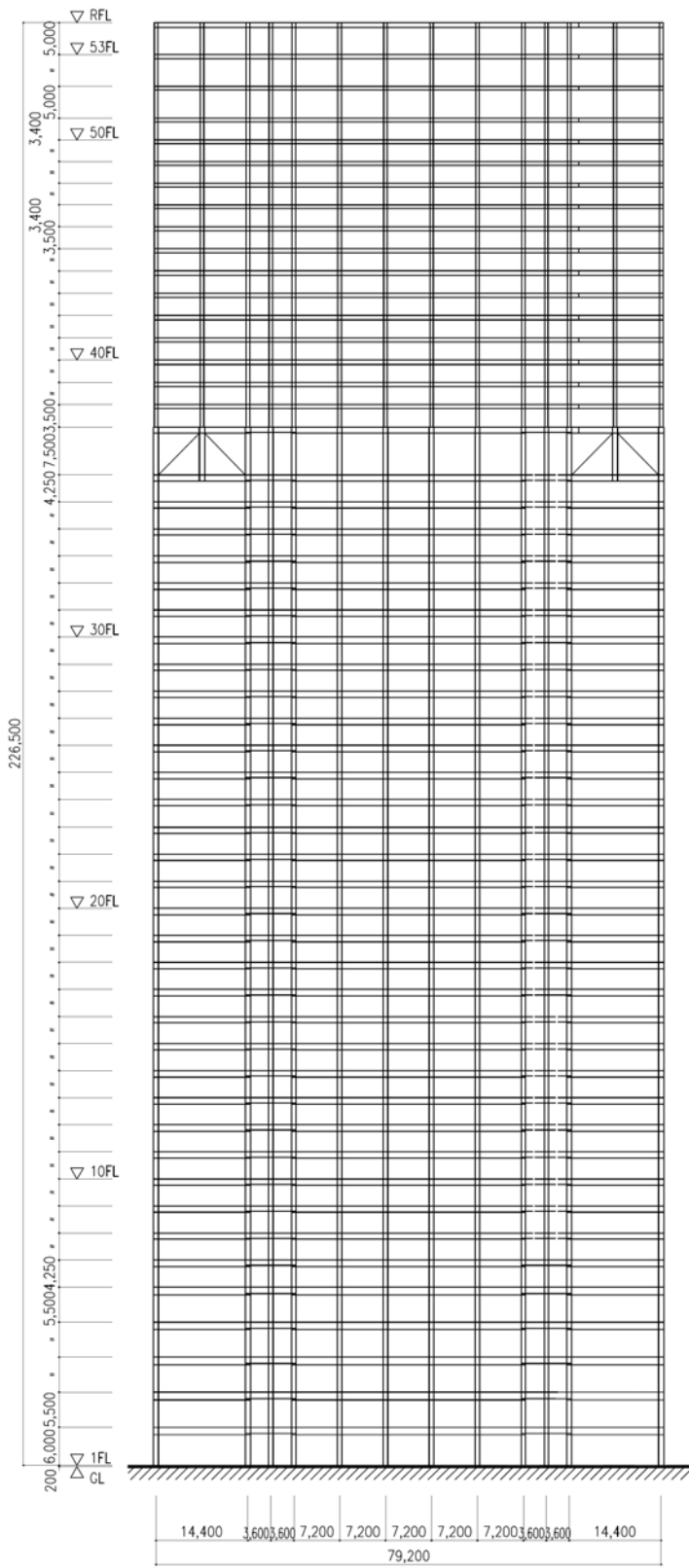


图 4.2.5-3 代表轴组图

4-2-5-3 静的漸増載荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係（層間変位・層せん断力の関係）

○：JSCA（神戸）応答値、●：此花(OSKH02)平均応答値

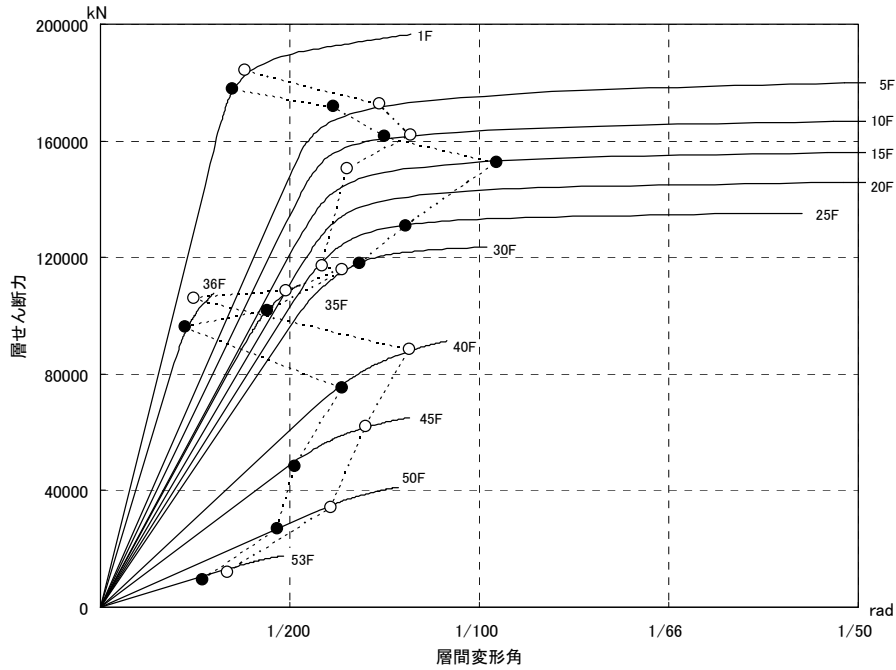


図 4.2.5-4 X方向荷重変形関係図

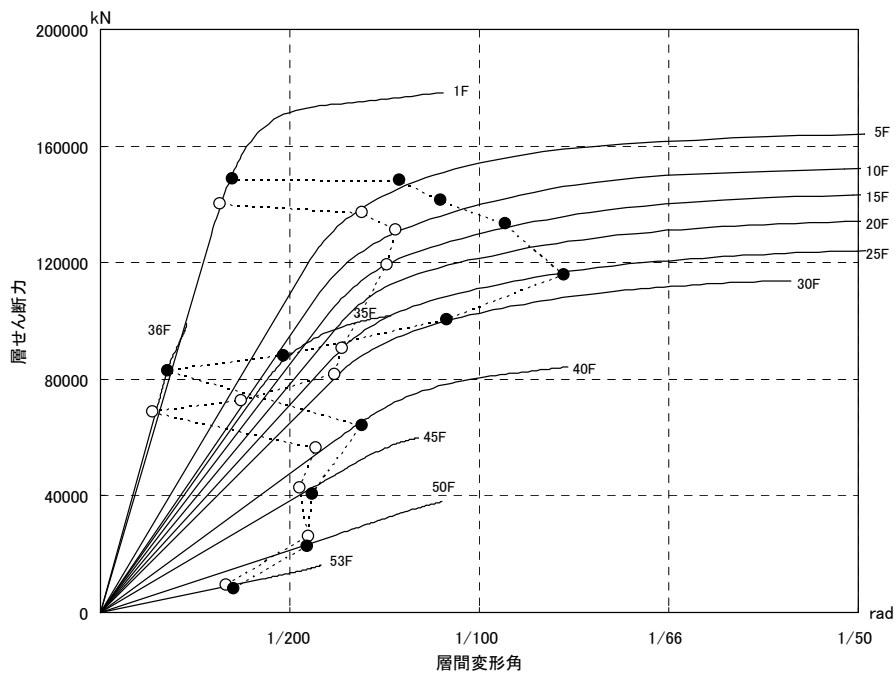


図 4.2.5-5 Y方向荷重変形関係図

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力（係数）の一覧表（最大層間変形角 約 1/50 時点）

階	ΣW (kN)	X 方向（長手方向）		Y 方向（短手方向）	
		層せん断力 (kN)	層せん断力係数	層せん断力 (kN)	層せん断力係数
53F	39259	17367	0.442	15872	0.404
40F	455772	89622	0.197	81908	0.180
20F	1191554	144431	0.121	131999	0.111
10F	1539883	166540	0.108	152205	0.099
1F	1888018	192098	0.102	174023	0.092

4-2-5-4 2011 地震動平均波、平均+σ 波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 230m級	X	2011 此花平均	306.2	196.4	1/69	3.1	11.2	0.7
		2011 津島平均	274.8	85.2	1/185	1.1	0.0	0.0
		2011 浜松平均	364.6	82.6	1/144	1.5	0.0	0.4
		2011 新宿平均	175.0	125.0	1/135	1.5	2.9	0.4
	Y	2011 此花平均	253.1	212.8	1/66	2.7	5.6	7.9
		2011 津島平均	221.5	143.2	1/123	1.3	0.4	1.1
		2011 浜松平均	330.9	89.0	1/141	1.3	0.0	0.0
		2011 新宿平均	166.0	161.8	1/97	1.7	2.5	1.5

2011 地震動の平均+σ 波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 230m級	X	2011 此花平均+σ	344.7	195.2	1/69	3.0	13.5	10.7
		2011 津島平均+σ	363.8	158.9	1/104	2.1	1.8	3.8
		2011 浜松平均+σ	426.0	109.5	1/122	1.8	4.9	1.1
		2011 新宿平均+σ	206.4	163.9	1/72	2.8	8.5	6.8
	Y	2011 此花平均+σ	323.4	241.1	1/62	2.9	10.8	17.8
		2011 津島平均+σ	287.6	172.2	1/101	1.7	2.4	2.9
		2011 浜松平均+σ	425.4	148.1	1/83	2.4	8.5	3.2
		2011 新宿平均+σ	183.5	188.3	1/74	2.4	8.9	0.4

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の荷重－変形関係を、最大層間変形 δ_{imax} 時の履歴面積が等しくなるように完全弾塑性型復元力特性に置換する。この等価降伏耐力を f_{Qeqi} 、等価降伏変形を $f_{\delta eqi}$ 、架構の塑性履歴エネルギーを f_{Wpi} として、累積塑性変形倍率 $f_{\eta i}$ を次式で定義する。なお δ_{imax} は、層間変形角を 1/80 としたときの変形とする。

$$f_{\eta i} = f_{Wpi} / (f_{\delta eqi} \cdot f_{Qeqi})$$

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max} / δ_p) なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

- ・ 最大応答層せん断力：X方向は比較的滑らかな分布形となっており、構造切替階から下部では此花 (OSKH02) が最大値を示す傾向にある。Y方向では浜松 (SZ0024) の平均 + σ で 40 階以上の階で大きな値を示している。
- ・ 最大応答層せん断力係数：X、Y方向共に構造切替階から下部では直線的な分布となっているが、構造切替階から上部ではチューブ状に吹き抜けている分、剛性が低下するため、振られる傾向がある。この傾向は 2009 地震動と同様である。
- ・ 最大応答層間変形角(せん断変形成分)：X、Y方向共に此花 (OSKH02) の応答値が大きく、X方向が 1/72(14 階)、Y方向が 1/69(12 階)となっている。下層階は上層階に比べ第 3 勾配の降伏棚が緩やかであるため、第 3 勾配に達した後の変形が大きくなる。
- ・ 層の最大応答塑性率：平均波では此花 (OSKH02) 以外は 2.0 以下となっているが、平均 + σ 波では浜松 (SZ0024) 以外の地震波で 2.0 以上となっている。
- ・ 層の累積塑性歪エネルギー：X、Y方向共に 15 階～25 階での値が大きく、塑性化が進んでいるが、36 階以上の階での値は小さい。
- ・ 層の累積塑性変形倍率：層の累積塑性歪エネルギーと同様の傾向である。
- ・ 最大応答加速度：X、Y方向共に、浜松 (SZ0024) の平均 + σ で最大値を記録している。浜松 (SZ0024) 以外の地震波においては、10 階～40 階の間では加速度に大きな変化はない。
- ・ 最大応答層間変形角：X、Y方向共に此花 (OSKH02) の応答値が大きく、X方向が 1/69(14 階)、Y方向が 1/62(12 階)となっている。最大応答を記録した階の全体応答に対するせん断変形成分の比率は、X方向が 96% (14 階)、Y方向が 96% (12 階) である。

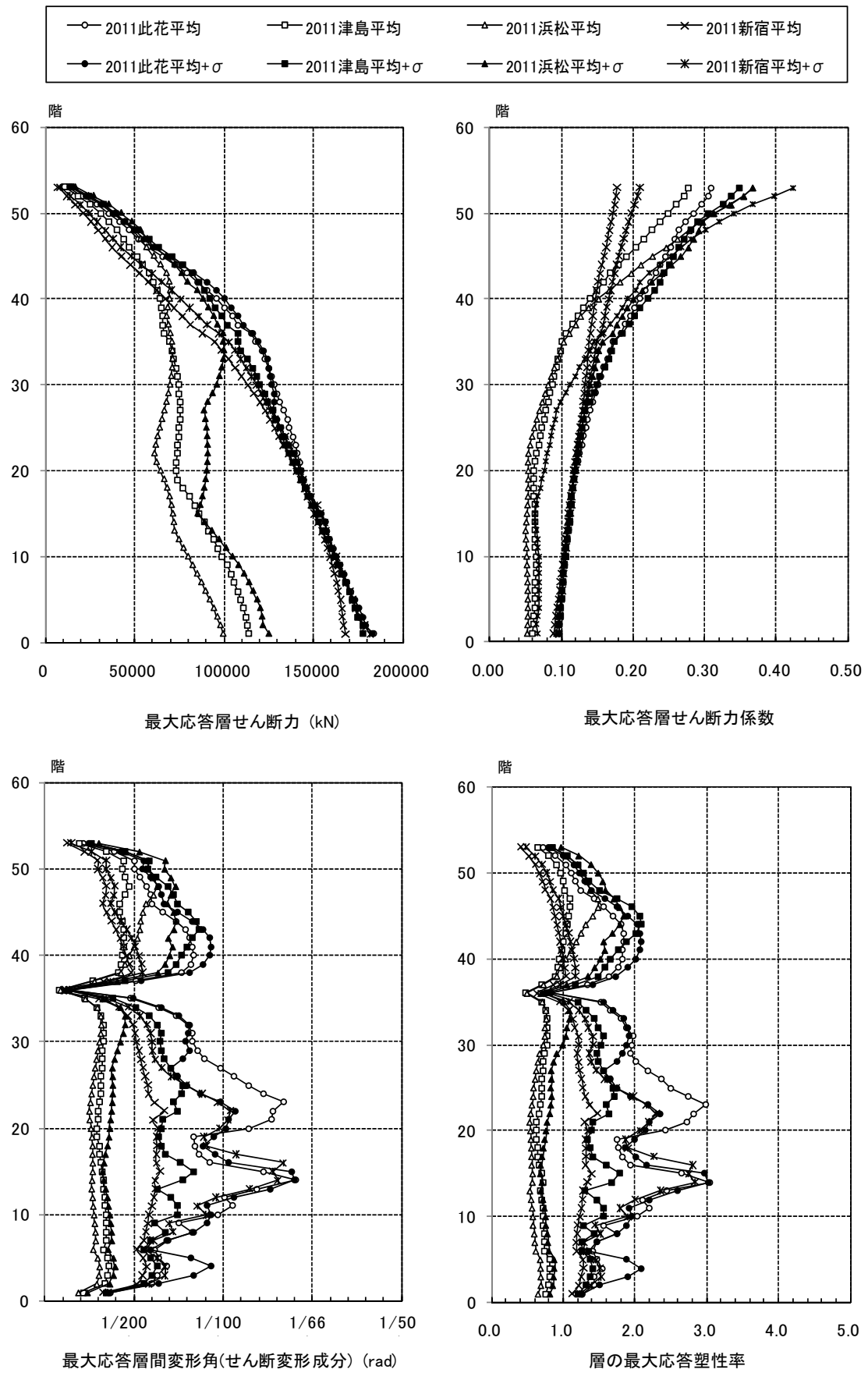


図 4.2.5-6 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

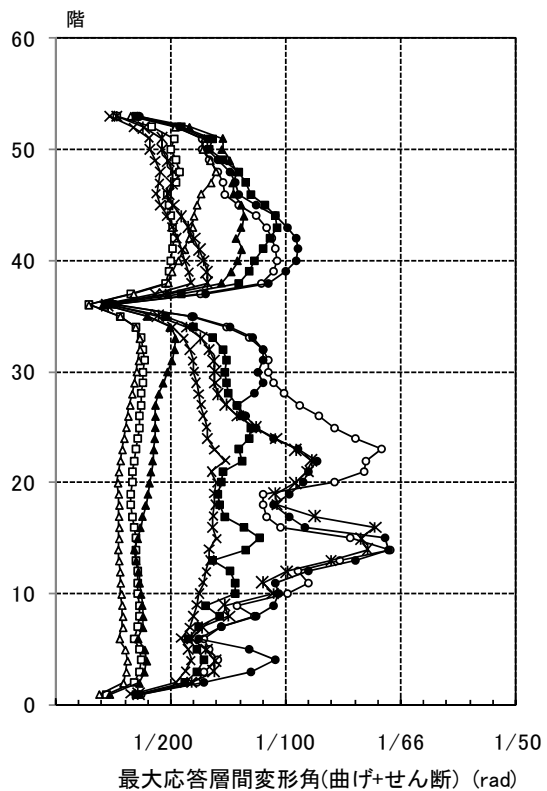
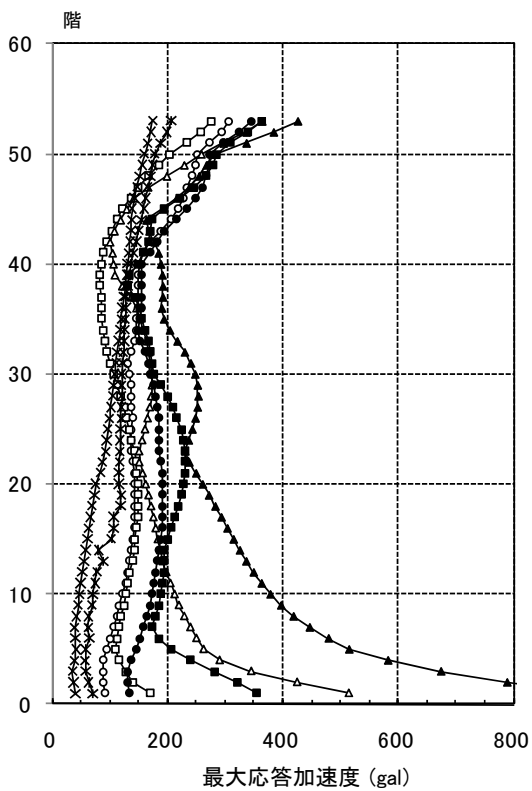
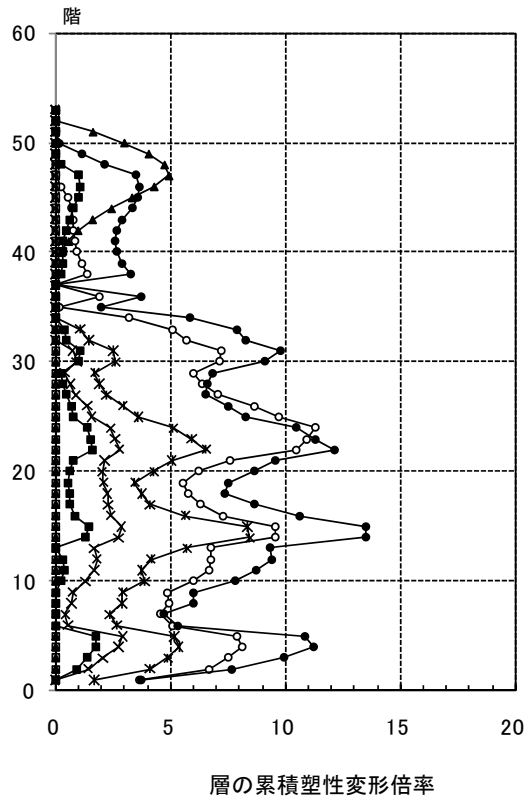
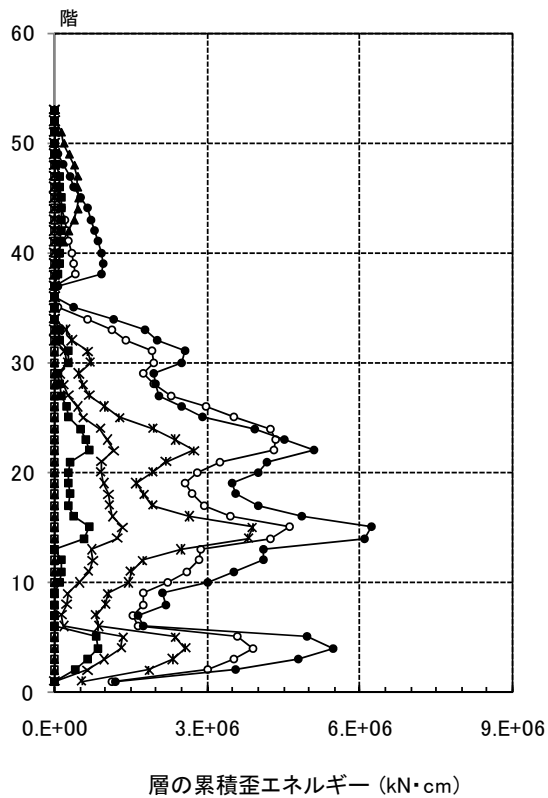
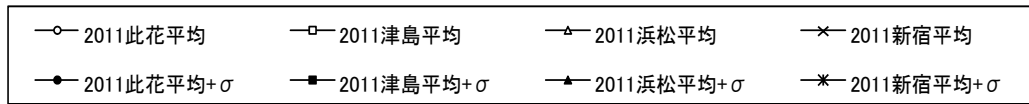


図 4. 2. 5-7 X方向最大応答値(2)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

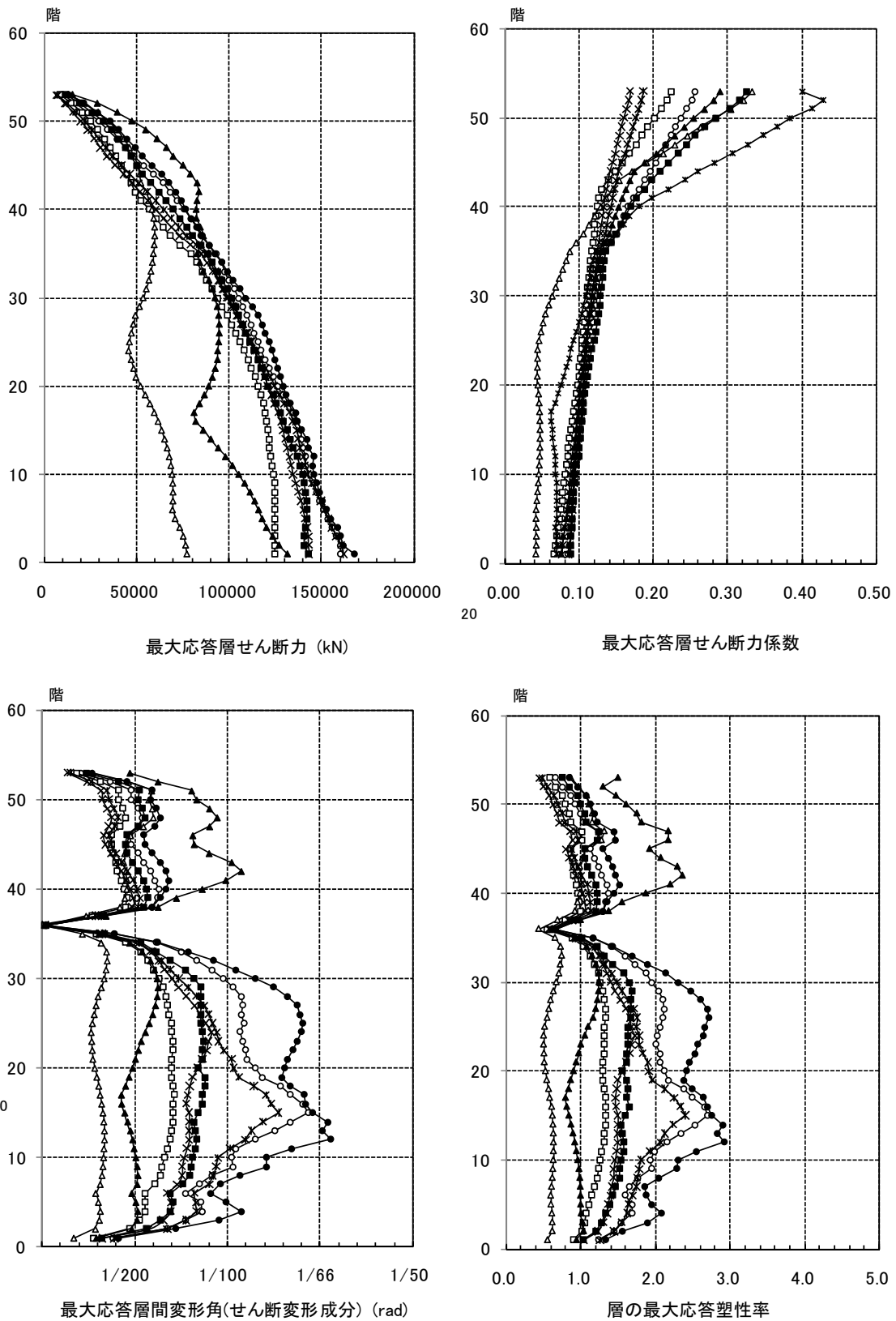
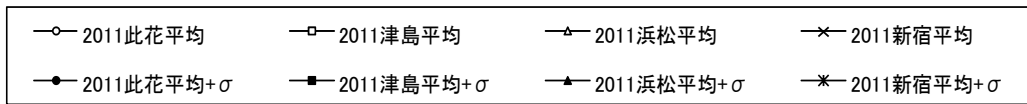


図 4.2.5-8 Y方向最大応答値(1)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

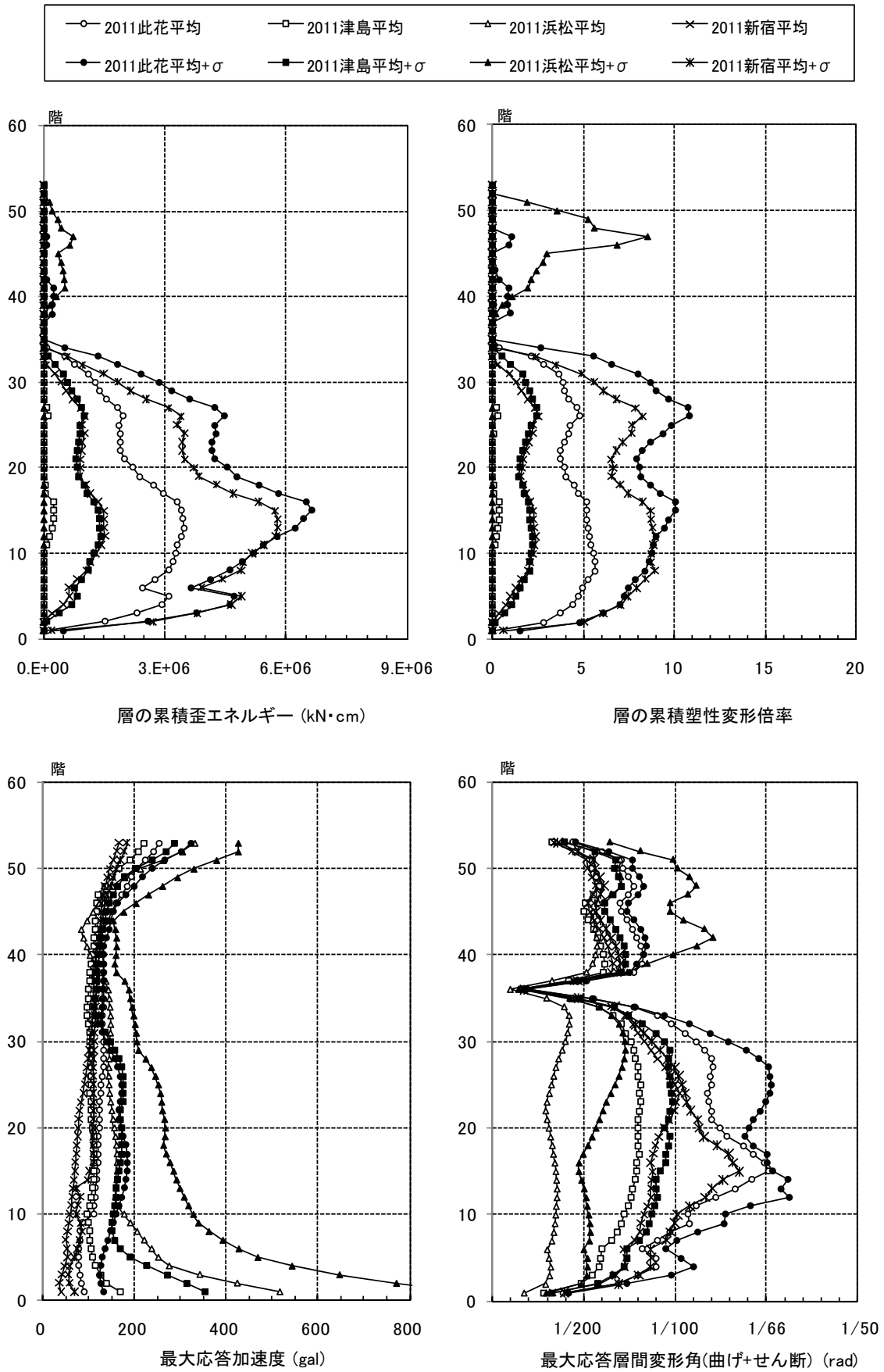


図 4. 2. 5-9 Y 方向最大応答値(2)【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-2-5-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 230m級	X	2011 此花平均	306.2	196.4	1/69	3.1	11.2	0.7
		2011 浜松平均	364.6	82.6	1/144	1.5	0.0	0.4
		2011 新宿平均	175.0	125.0	1/135	1.5	2.9	0.4
	Y	2011 此花平均	253.1	212.8	1/66	2.7	5.6	7.9
		2011 津島平均	221.5	143.2	1/123	1.3	0.4	1.1
		2011 新宿平均	166.0	161.8	1/97	1.7	2.5	1.5

2009 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 230m級	X	2009 此花平均	230.5	146.5	1/96	2.1	5.4	1.4
		2009 津島平均	281.9	130.6	1/131	1.4	0.0	1.3
		2009 新宿平均	148.4	111.1	1/164	1.2	0.0	0.1
	Y	2009 此花平均	196.0	186.1	1/76	2.3	2.8	10.4
		2009 津島平均	250.5	167.5	1/105	1.6	1.2	3.0
		2009 新宿平均	156.1	159.6	1/99	1.7	1.2	1.3

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の荷重－変形関係を、最大層間変形 δ_{imax} 時の履歴面積が等しくなるように完全弾塑性型復元力特性に置換する。この等価降伏耐力を f_{Qeqi} 、等価降伏変形を $f_{\delta eqi}$ 、架構の塑性履歴エネルギーを f_{Wpi} とし、累積塑性変形倍率 $f_{\eta i}$ を次式で定義する。なお δ_{imax} は、層間変形角を 1/80 としたときの変形とする。

$$f_{\eta i} = f_{Wpi} / (f_{\delta eqi} \cdot f_{Qeqi})$$

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max} / δ_p) なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

- ・ 2011 地震動と 2009 地震動の平均波を比較すると、全般的に此花波は 2011 地震動の応答が大きく、津島波は 2011 地震動がやや小さく、新宿波はほぼ同じ応答を示す。
- ・ 最大層間変形角は、2009 地震動では此花波 Y 方向が 1/76 と 1/100 より大きくなっていたが、2011 地震動でも同様に此花波 Y 方向が 1/66 となっている。

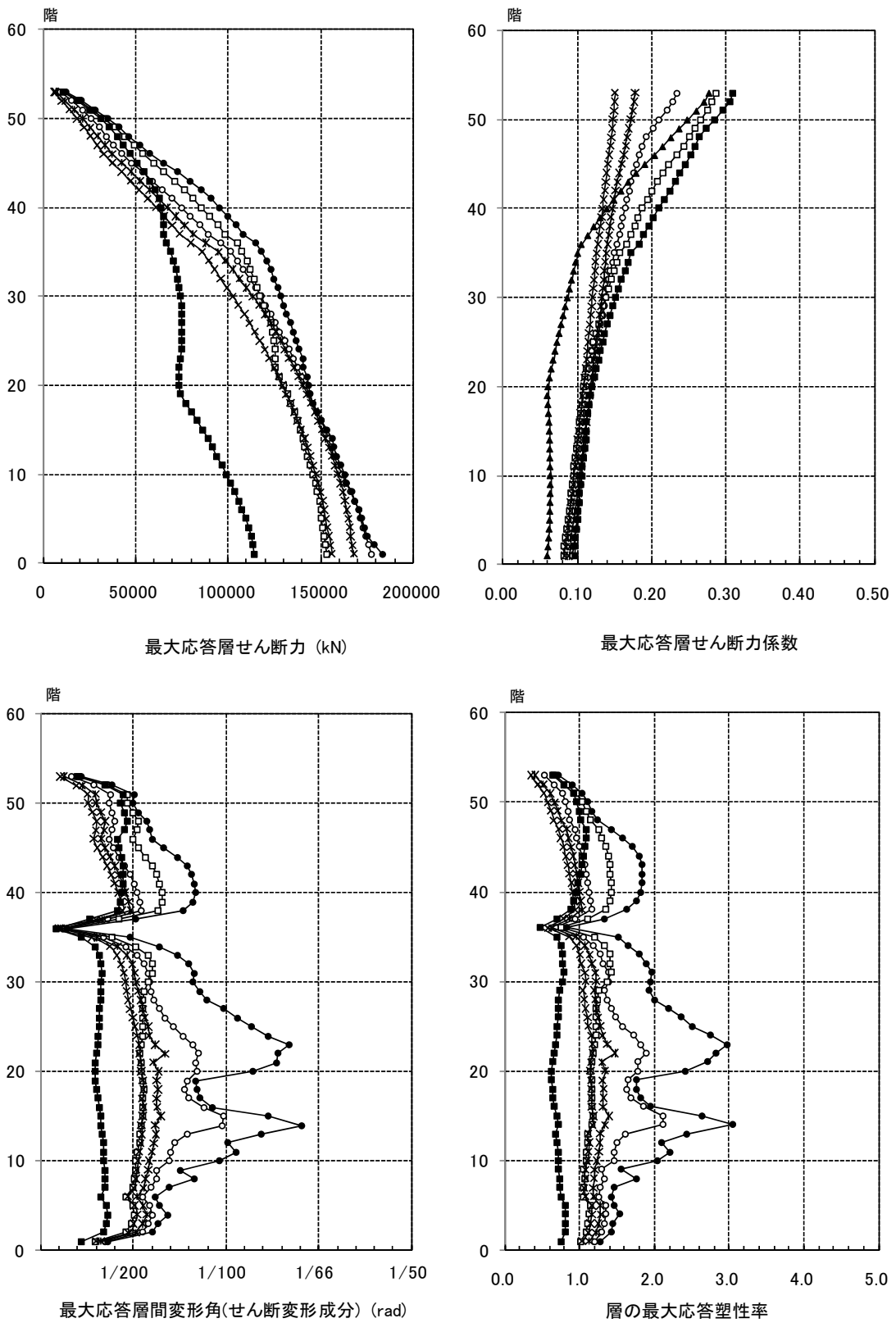
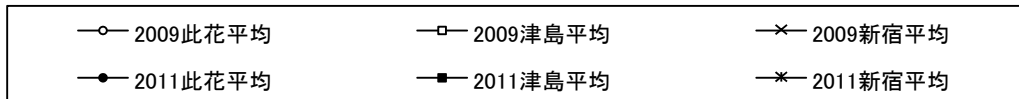


図 4.2.5-10 X 方向最大応答値(1)【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

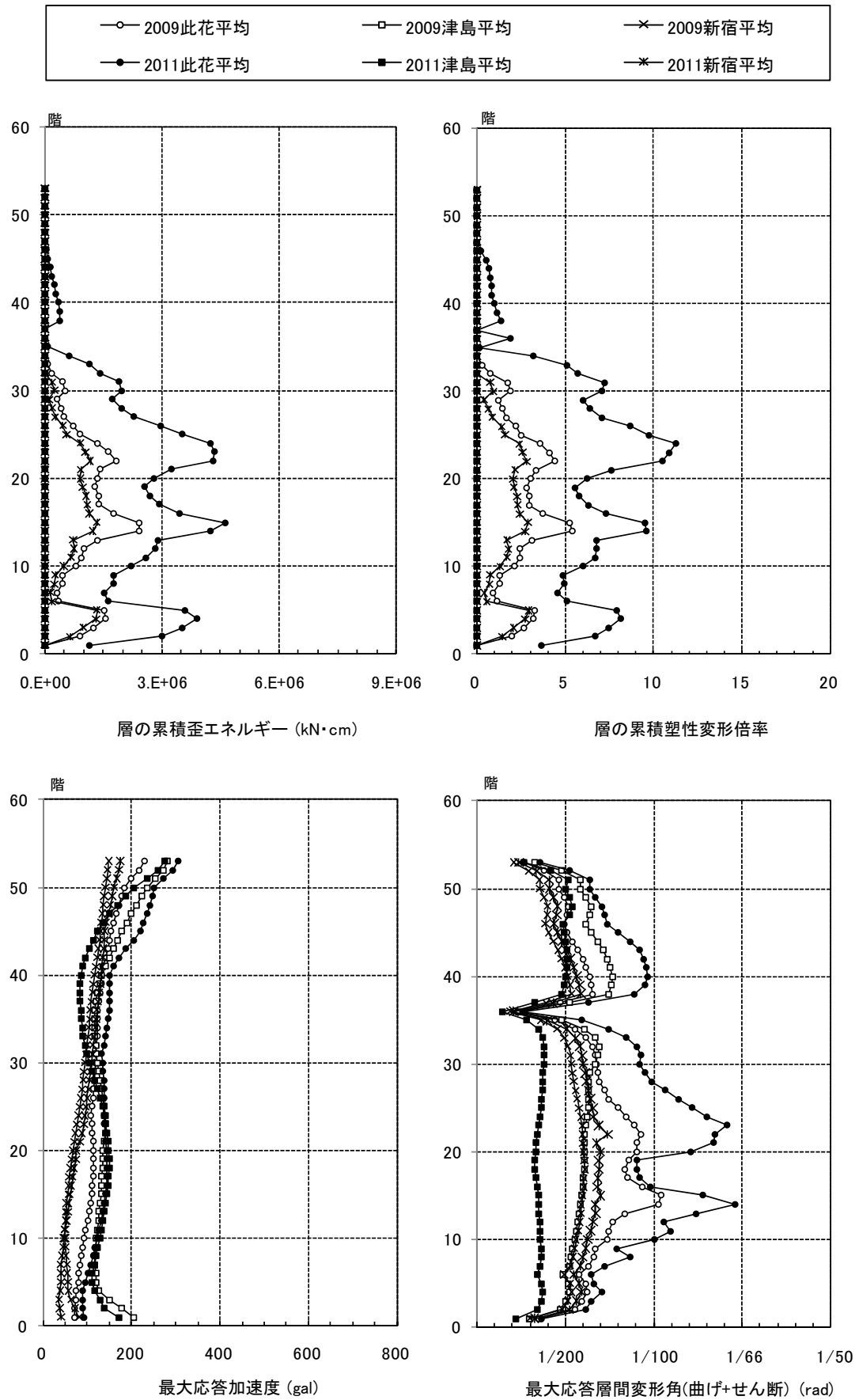


図 4.2.5-11 X 方向最大応答値(2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

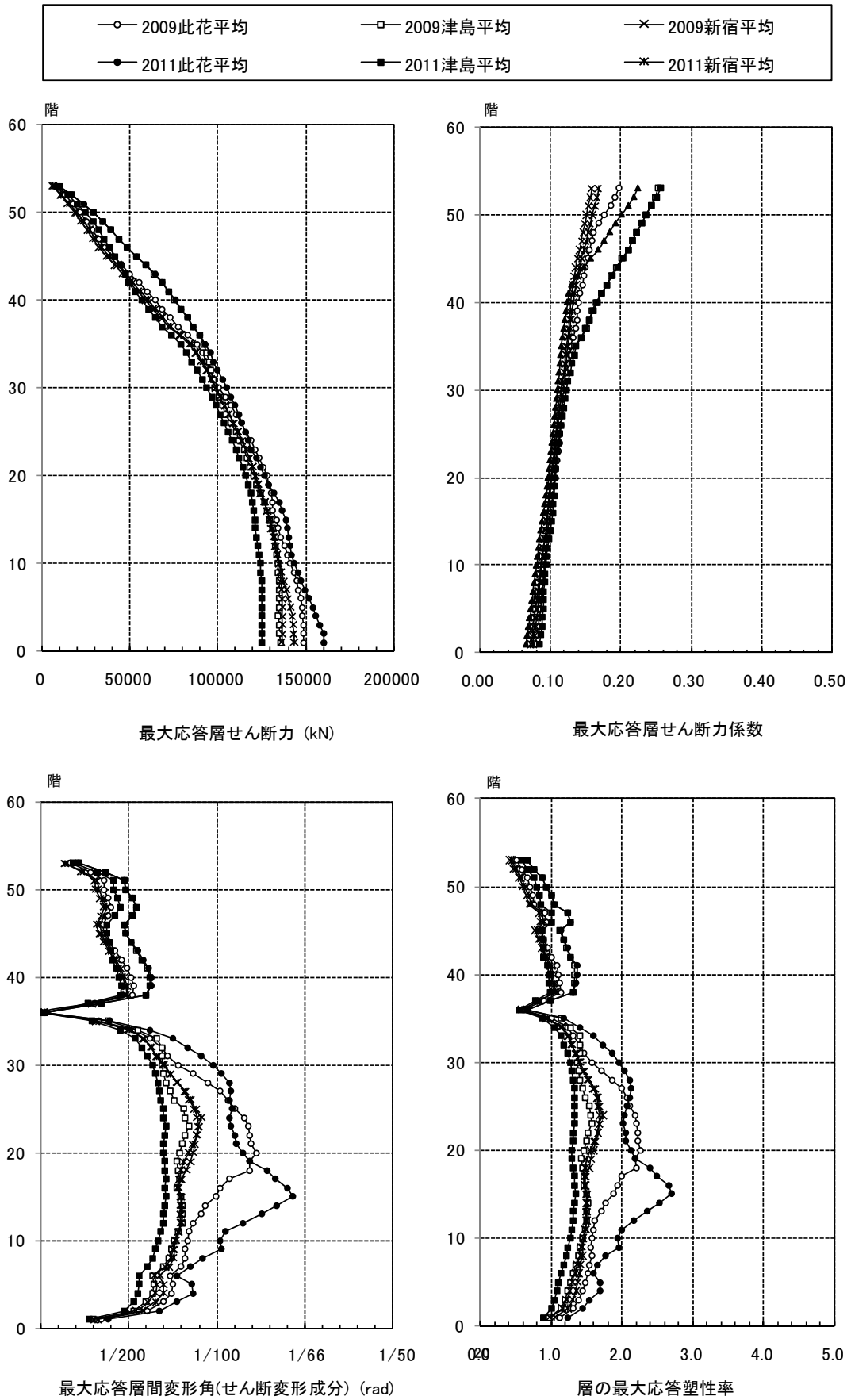


図 4.2.5-12 Y 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

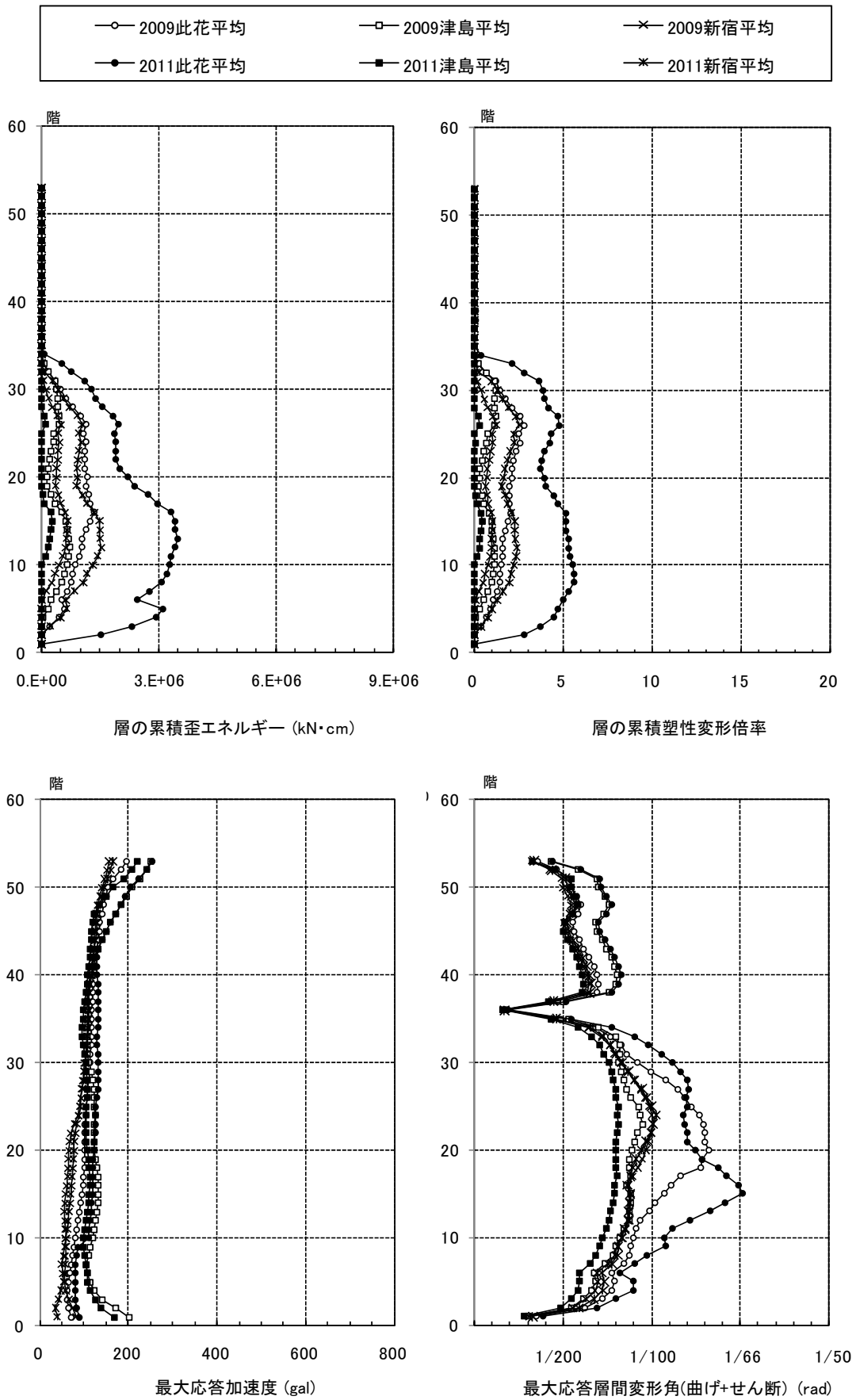


図 4.2.5-13 Y 方向最大応答値(2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

4-2-5-6 2011 地震動平均+σ と 2009 地震動平均+σ 波の比較

2011 地震動の平均+σ 波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部 残 留 変 形 cm
S 230m級	X	2011 此花平均+σ	344.7	195.2	1/69	3.0	13.5	10.7
		2011 津島平均+σ	363.8	158.9	1/104	2.1	1.8	3.8
		2011 新宿平均+σ	206.4	163.9	1/72	2.8	8.5	6.8
	Y	2011 此花平均+σ	323.4	241.1	1/62	2.9	10.8	17.8
		2011 津島平均+σ	287.6	172.2	1/101	1.7	2.4	2.9
		2011 新宿平均+σ	183.5	188.3	1/74	2.4	8.9	0.4

2009 地震動の平均+σ 波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値					
			頂部加速 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 230m級	X	2009 此花平均+σ	299.6	182.7	1/61	3.4	15.5	5.5
		2009 津島平均+σ	360.7	187.7	1/82	2.5	3.9	9.7
		2009 新宿平均+σ	180.6	133.9	1/101	2.0	3.5	5.3
	Y	2009 此花平均+σ	283.4	223.6	1/61	3.0	7.7	1.5
		2009 津島平均+σ	307.3	192.1	1/77	2.3	1.1	13.1
		2009 新宿平均+σ	175.3	166.6	1/90	1.9	5.2	6.9

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の荷重－変形関係を、最大層間変形 δ imax 時の履歴面積が等しくなるように完全弾塑性型復元力特性に置換する。この等価降伏耐力を fQeqi、等価降伏変形を fδ eqi、架構の塑性履歴エネルギーを fWpi として、累積塑性変形倍率 fηi を次式で定義する。なお δ imax は、層間変形角を 1/80 としたときの変形とする。

$$f_{\eta i} = f_{Wpi} / (f_{\delta eqi} \cdot f_{Qeqi})$$

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率 (δ max / δ p) なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

- ・ 2011 地震動と 2009 地震動の平均+σ 波を比較すると、全般的に此花波と新宿波は 2011 地震動の応答がやや大きく、津島波は 2011 地震動がやや小さい応答を示す。
- ・ 最大層間変形角は、2009 地震動では此花波両方向が 1/61 と 1/100 より大きくなっていましたが、2011 地震動でも同様に此花波 Y 方向が 1/62 となっている。

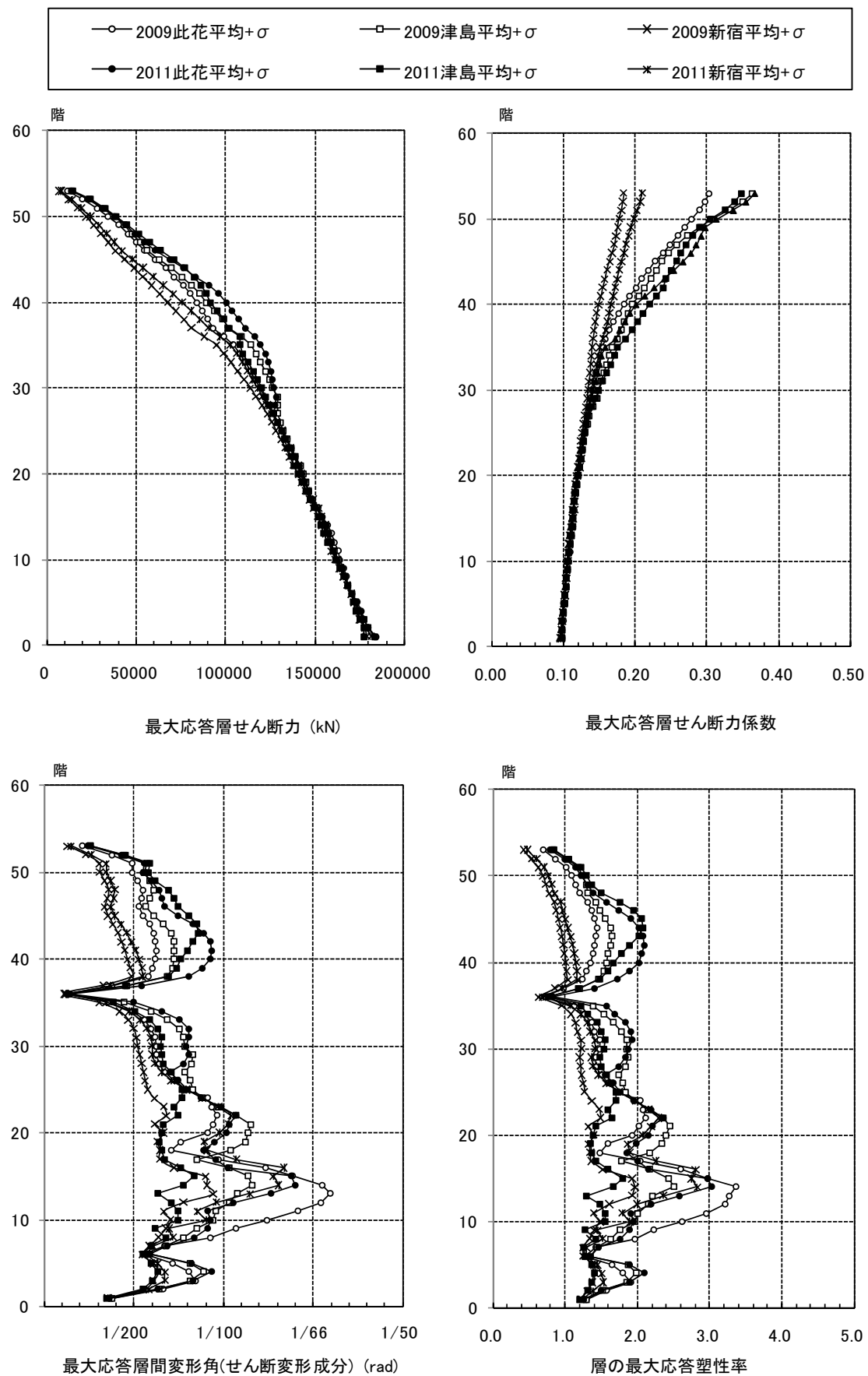


図 4.2.5-14 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

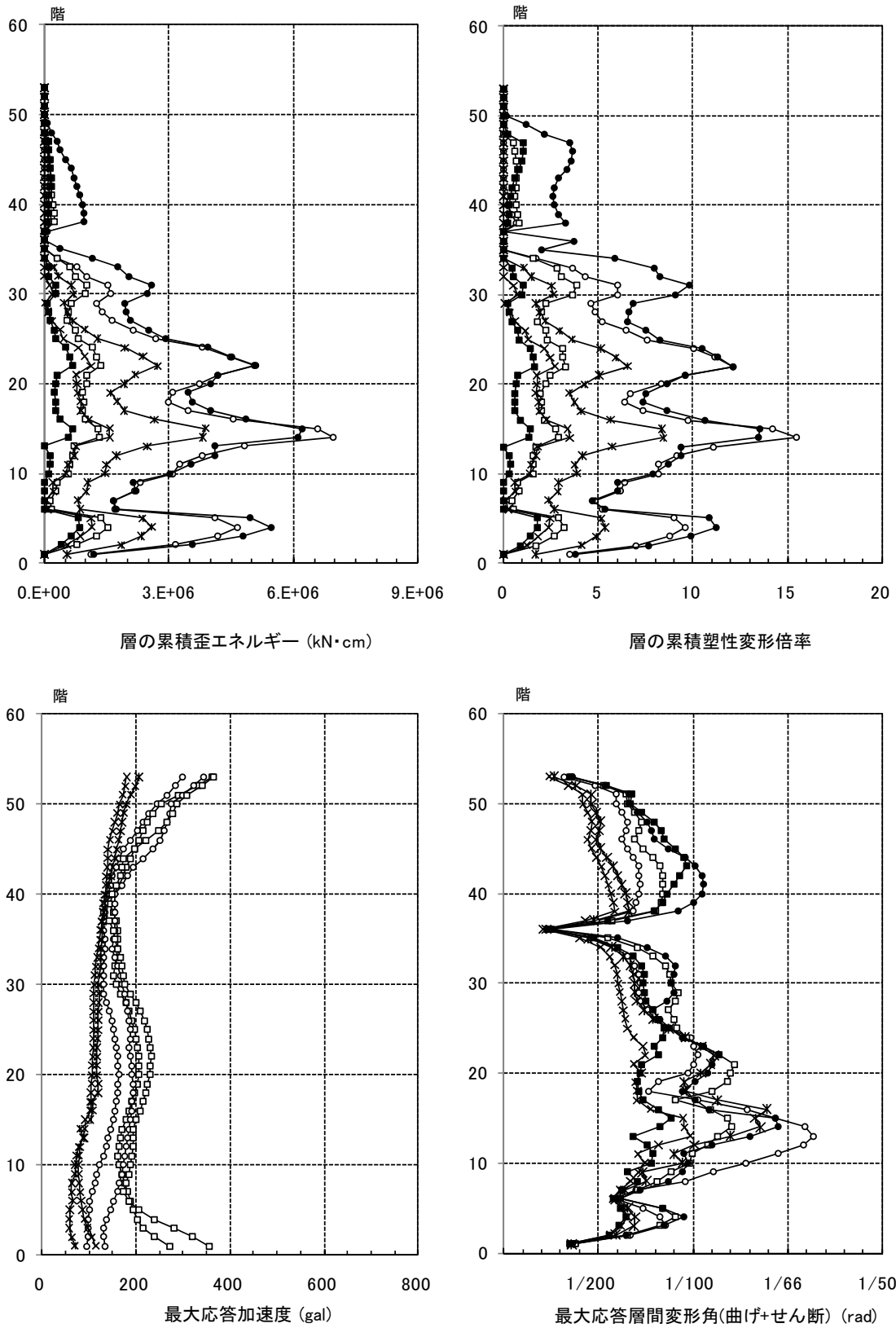
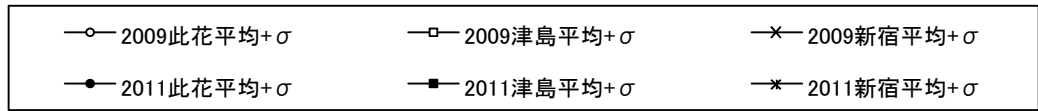


図 4.2.5-15 X 方向最大応答値(2) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

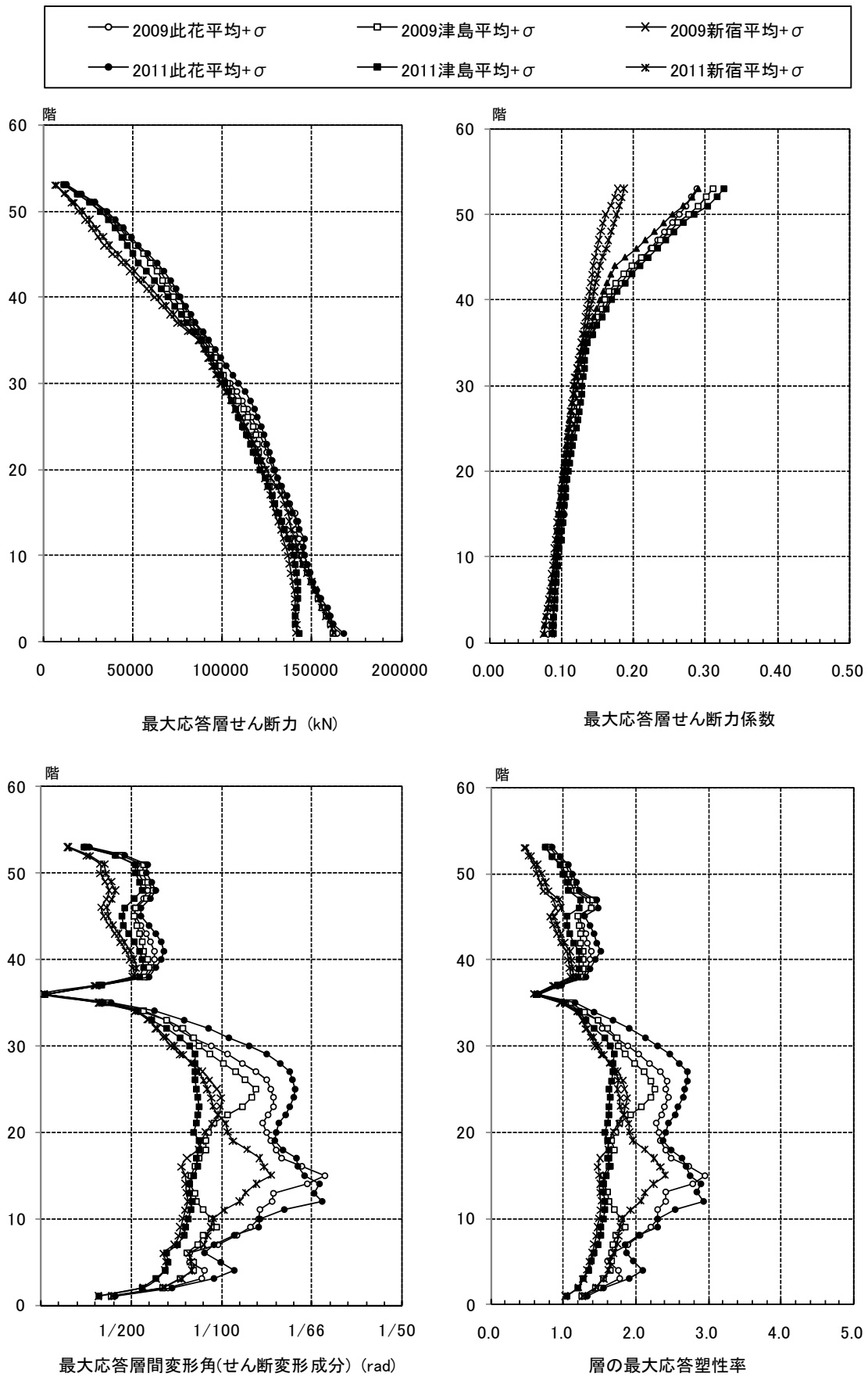


図 4.2.5-16 Y 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

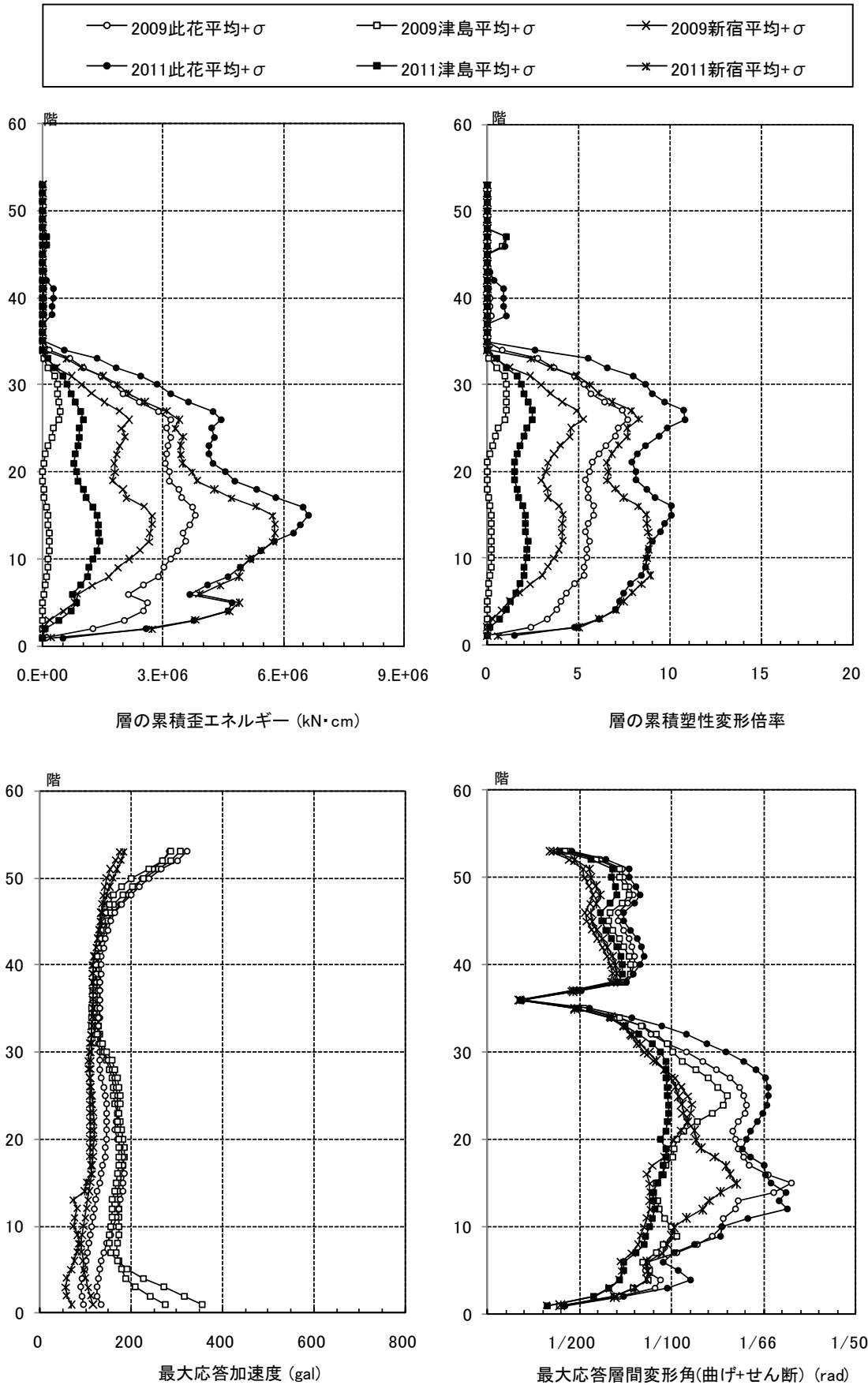


図 4.2.5-17 Y方向最大応答値(2) 【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

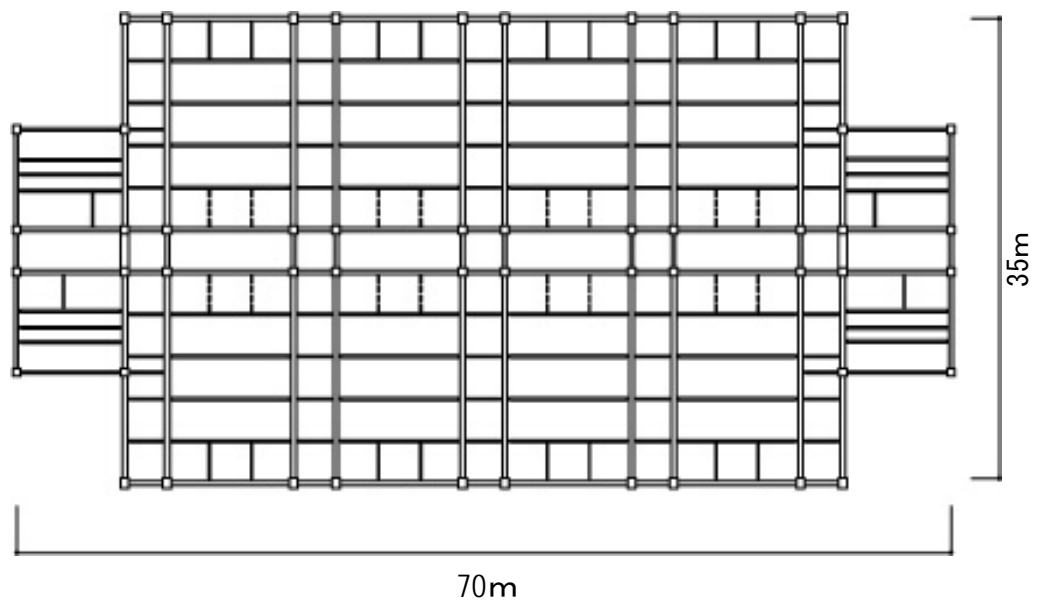
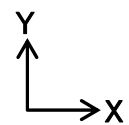


图 4.2.6-1 基准階略伏図



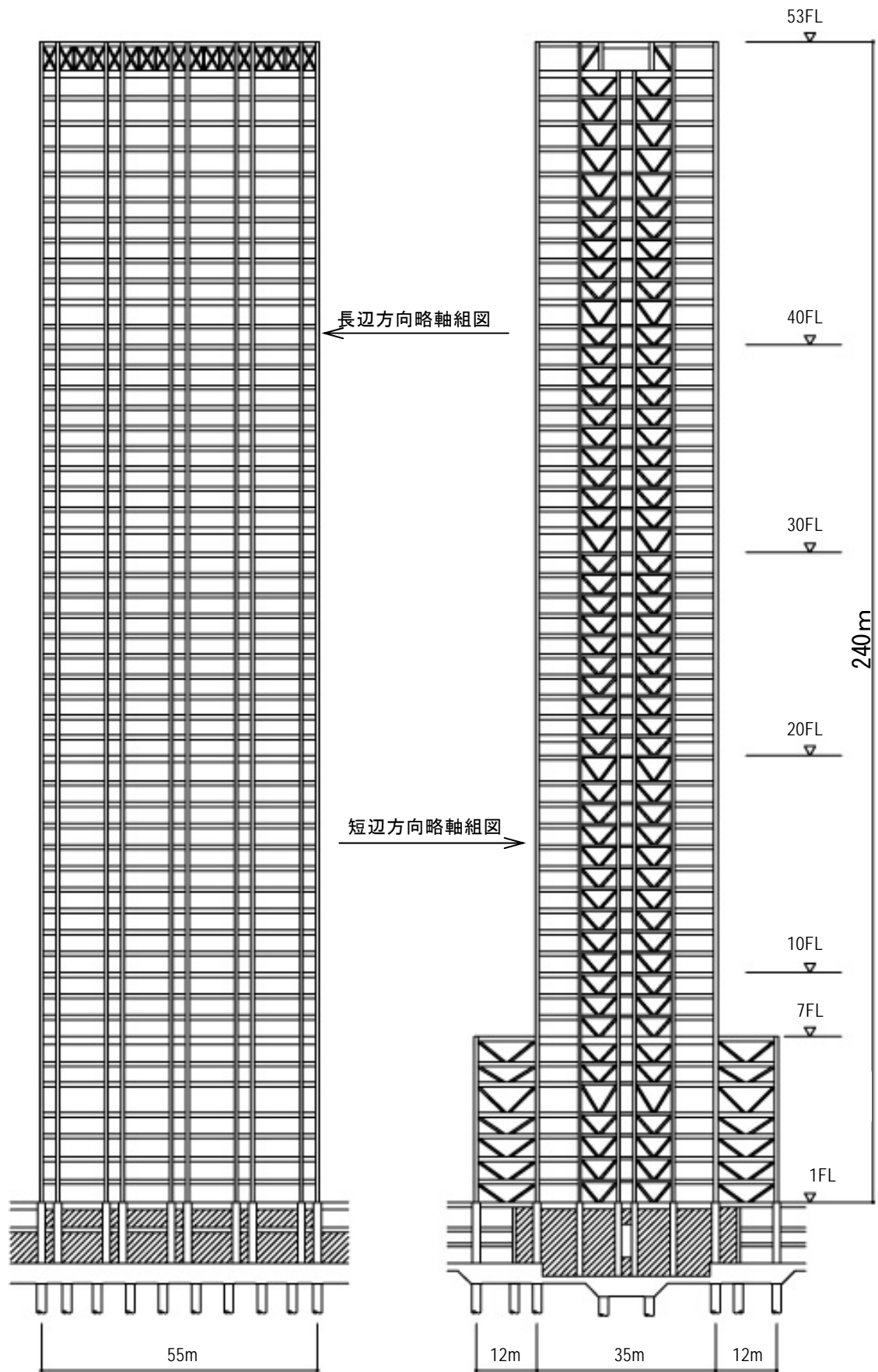


图 4.2.6-2

4-2-6-3 静的荷重増分解析結果

(1) 各層の荷重変形関係 (層間変位・層せん断力の関係)

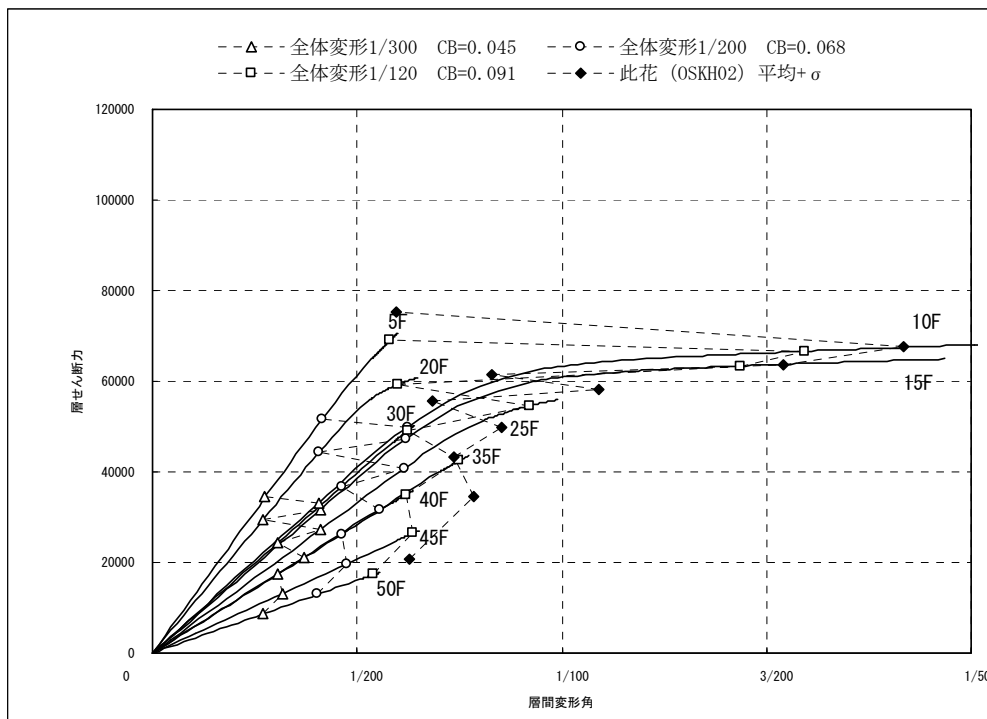


図 4.2.6-3 X方向荷重変形関係図

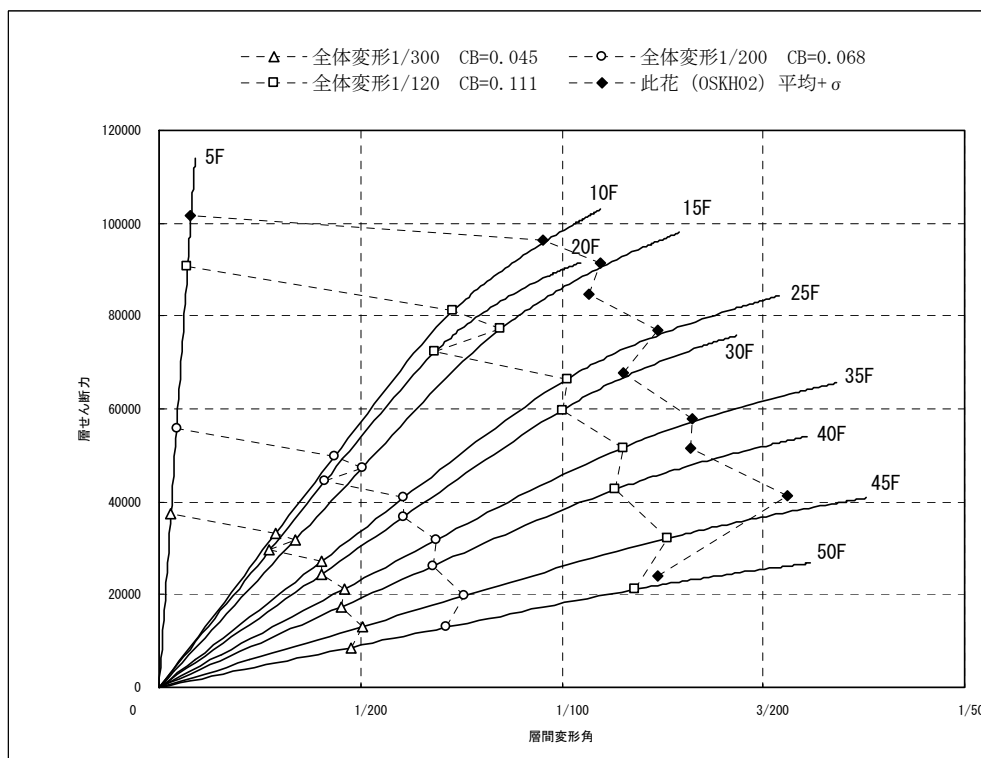


図 4.2.6-4 Y方向荷重変形関係図

(2) 最終載荷時の層間変形角および層せん断力（係数）

静的荷重増分解析では層間変形角が最大値を示す階を 1/50～1/60 程度まで加力し、そのときの各階の変形を δ_{imax} とした。よって下表のように各階で異なる値となっている。

階	ΣW (kN)	X 方向（長手方向）			Y 方向（短手方向）		
		層間 変形角 (rad)	層せん断力 (kN)	層せん断力 係数	層間 変形角 (rad)	層せん断力 (kN)	層せん断力 係数
52F	37498.	1/451	13268.	0.353	1/102	20009.	0.534
40F	179605.	1/157	35865.	0.200	1/62	54088.	0.301
20F	449512.	1/124	60730.	0.135	1/76	91587.	0.204
10F	603381.	1/48	68279.	0.113	1/91	102973.	0.171
1F	772176.	1/89	71770.	0.093	-	108237.	0.140

4-2-6-4 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 250m級	此花(OSKH02)平均	314.	173.	1/65	2.54	12.3	9.72
	津島(AIC003)平均	271.	88.	1/148	0.85	0.00	0.06
	浜松(SZO024)平均	640.	54.	1/180	0.68	0.00	0.04
	新宿(KGIN) 平均	212.	158.	1/84	1.94	2.49	0.03
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	370.	211.	1/70	1.61	0.96	2.43
	津島(AIC003)平均	341.	77.	1/127	0.87	0.00	0.00
	浜松(SZO024)平均	642.	56.	1/127	0.95	0.00	0.00
	新宿(KGIN) 平均	185.	137.	1/122	0.83	0.00	0.04

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 250m級	此花(OSKH02)平均+σ	341.	185.	1/52	3.17	14.2	5.32
	津島(AIC003)平均+σ	409.	150.	1/100	1.63	1.81	0.68
	浜松(SZO024)平均+σ	1180.	78.	1/104	1.16	0.13	0.02
	新宿(KGIN) 平均+σ	251.	163.	1/69	2.38	7.57	5.03
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ	494.	225.	1/64	1.84	1.73	2.29
	津島(AIC003)平均+σ	466.	186.	1/79	1.47	0.05	1.77
	浜松(SZO024)平均+σ	1270.	95.	1/81	1.40	0.00	3.25
	新宿(KGIN) 平均+σ	278.	202.	1/83	1.28	0.61	0.91

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを等価降伏耐力と等価降伏変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率（ δ_{max} / δ_p ）なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

最大応答値は前表に示した通りであり、次頁以降の図に高さ方向の分布をX→Y方向の順に掲載する。加えて、下記に図の順序に合わせて特徴的な部分の考察を加える。

- (1) 最大応答層せん断力： X、Y方向の復元力特性は4-2-6-3節に示すように性状が大きく異なる。X方向応答の一部は復元力の最終勾配付近にある一方、Y方向はまだ弾性勾配付近にあるといったことから、Y方向の応答値が2割程度大きくなっている。
- (2) 最大応答層せん断力係数： Y方向の頂部の値には新宿（KGIN）以外の地震動入力においてむち振り現象が現れている。
- (3) 最大応答層間変形角（せん断変形成分）： X、Y方向とも中間階のくびれが生じているのは、4-2-6-1節でも記述した大組架構的性状が現れているためである。最大値を(8)と比べるとX方向のせん断変形成分は曲げを含めた変形の9割以上である一方、Y方向はせん断変形成分のみでは曲げを含めた変形の6割程度となっている。
- (4) 最大応答塑性率： 此花（OSKH02）のX方向においては平均波ですでに塑性率が2を超過している。なお、一部に塑性率が0と算定されているのは、第一折れ点が増分解析の中で求められていない（分母が求められていない）ための便宜上の措置であり、弾性域にあるという解釈ができる部位である。
- (5) 累積塑性歪エネルギー： 此花のX方向10～20階の値が大きく、エネルギー吸収部材の設置やこの損傷をもっと上下層に分散するような設計的工夫が考えられる。
- (6) 累積塑性変形倍率： 同上
- (7) 最大応答加速度： 浜松（SZ0024）の値が極めて大きいですが、これは入力地震動レベルが他の地震波に比較して大きいことが主な要因と考えられる。
- (8) 最大応答層間変形角（曲げ+せん断）： (3)参照

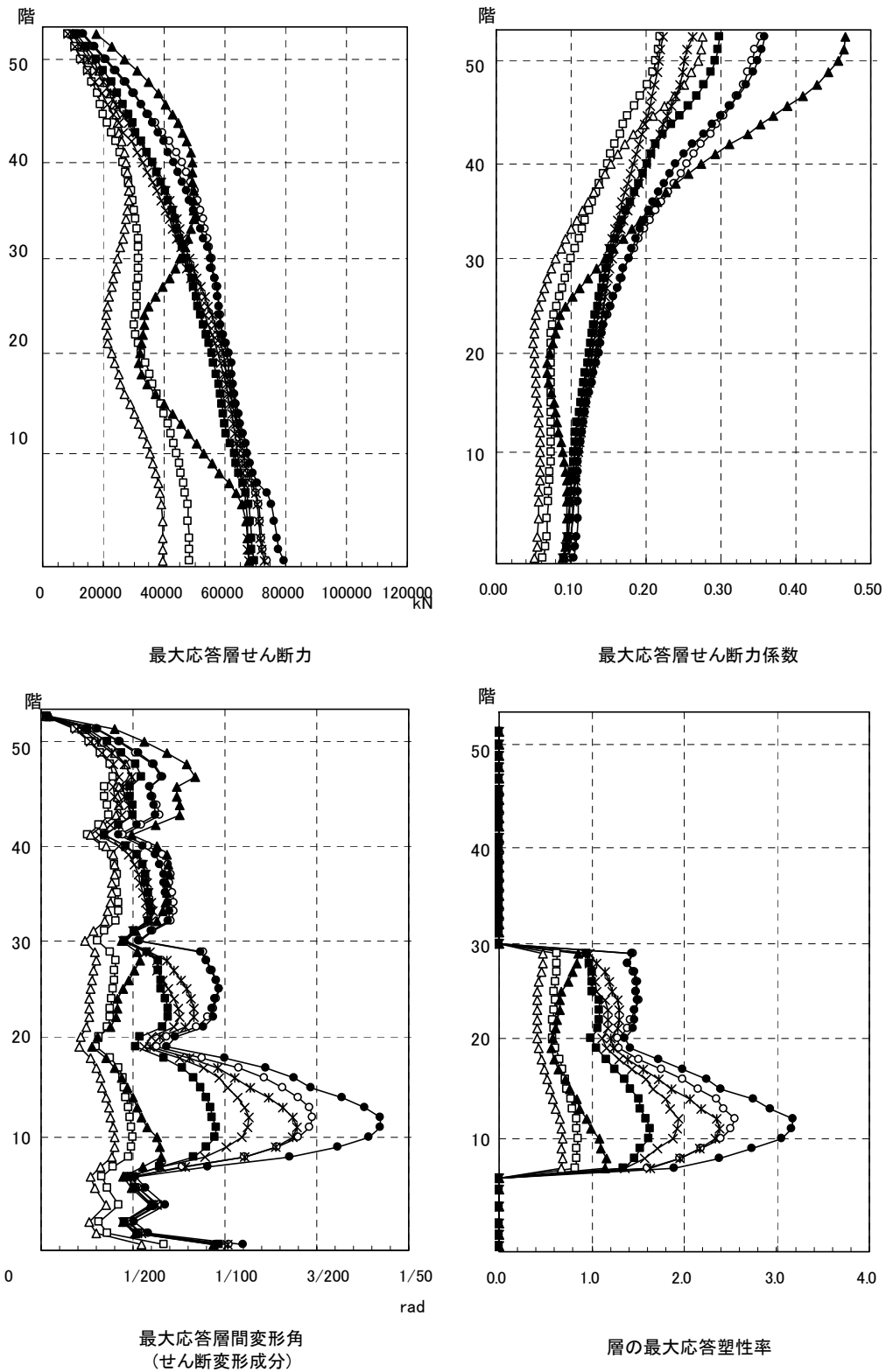
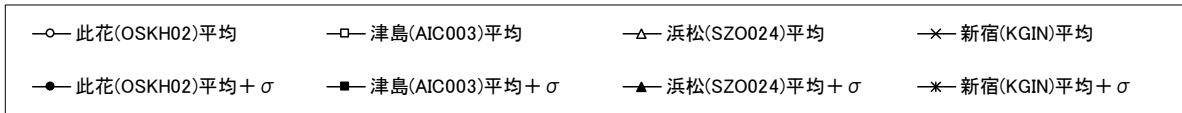


図 4.2.6-5 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

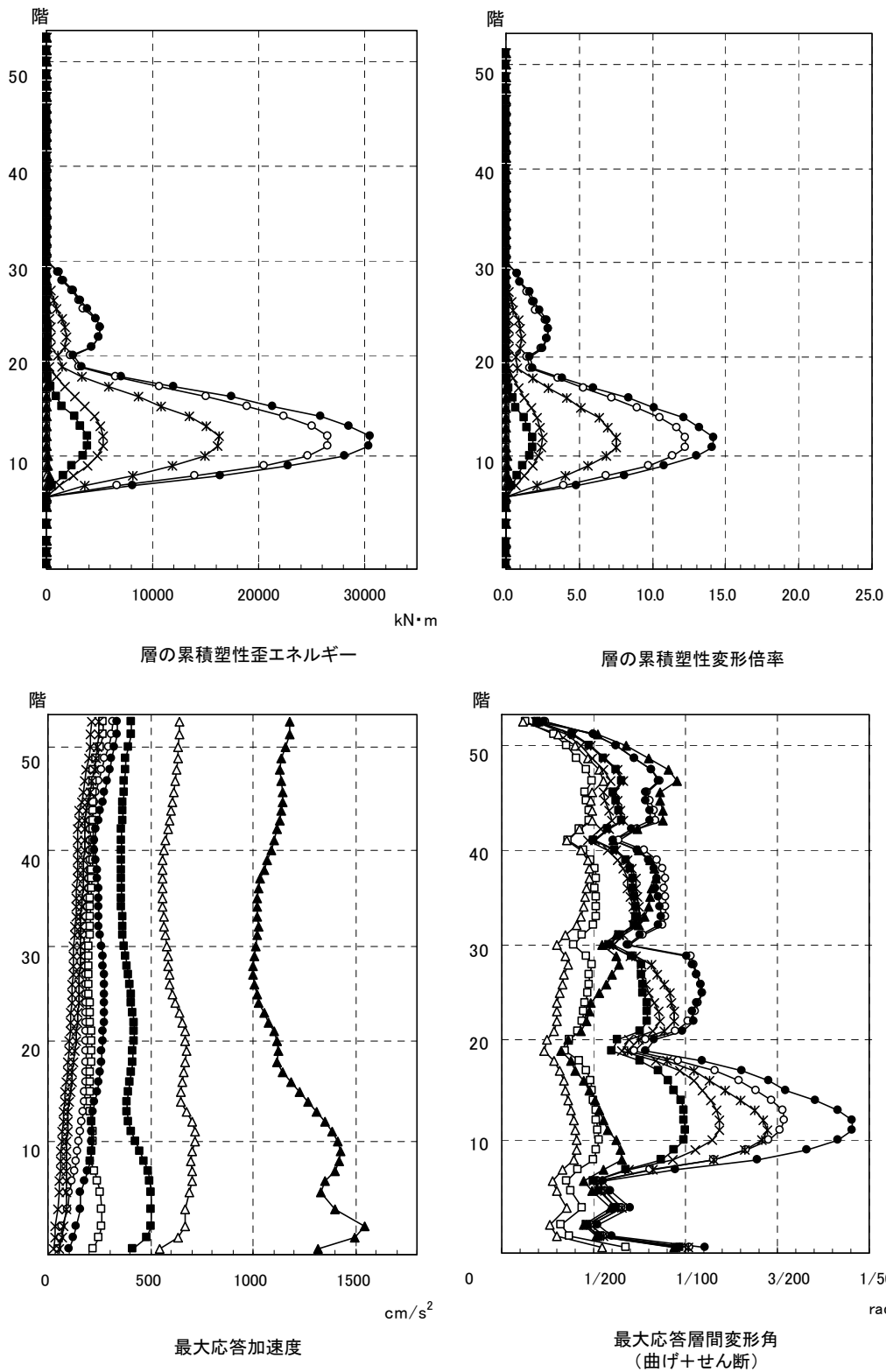
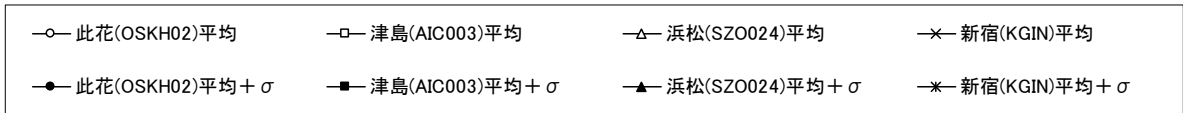


図 4.2.6-6 X 方向最大応答値(2) 【2011 地震動の平均波と平均+σ 波地震応答解析結果】

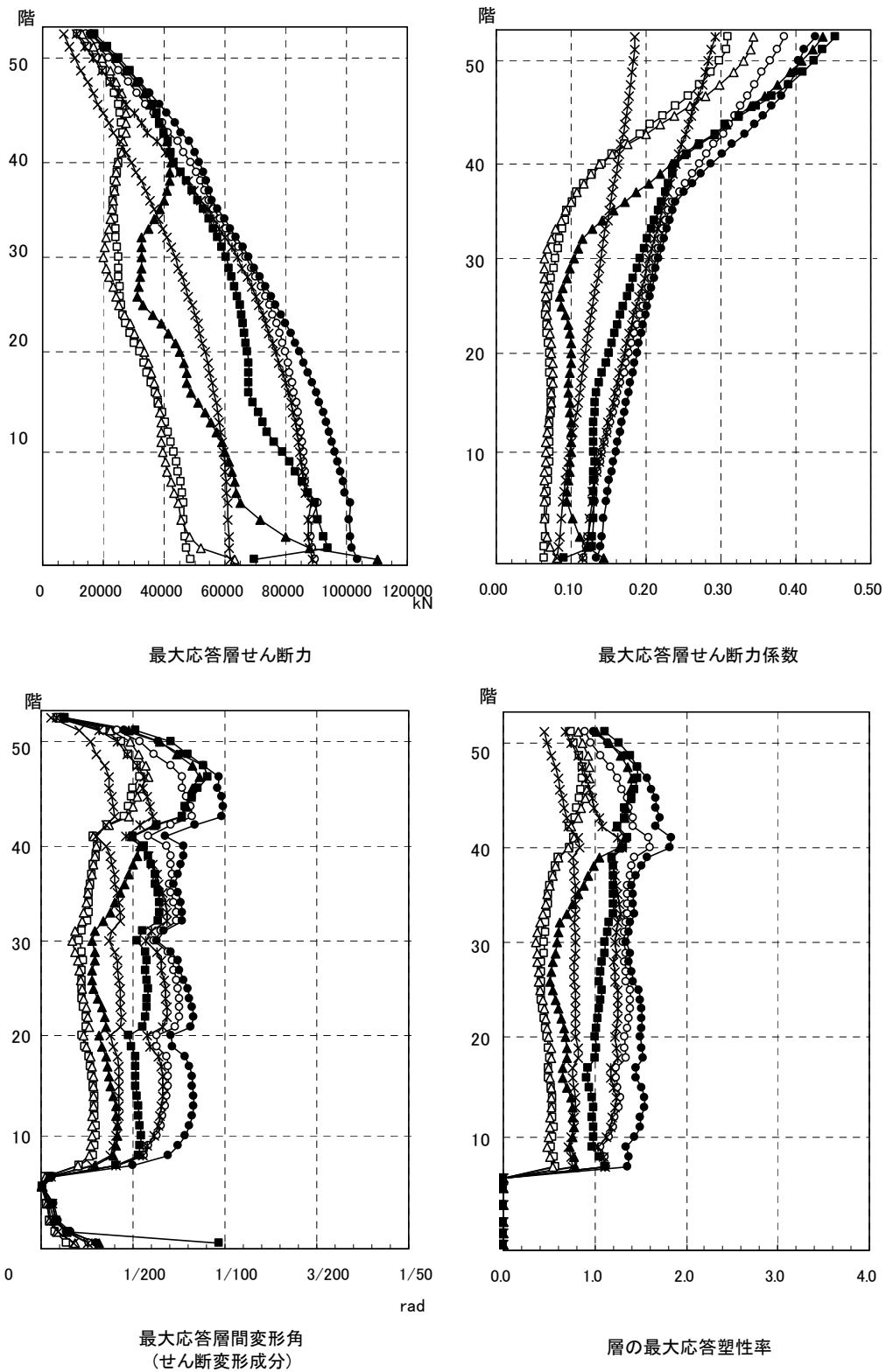
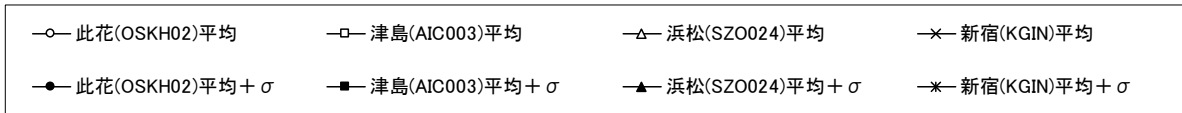


図 4.2.6-7 Y 方向最大応答値(1) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

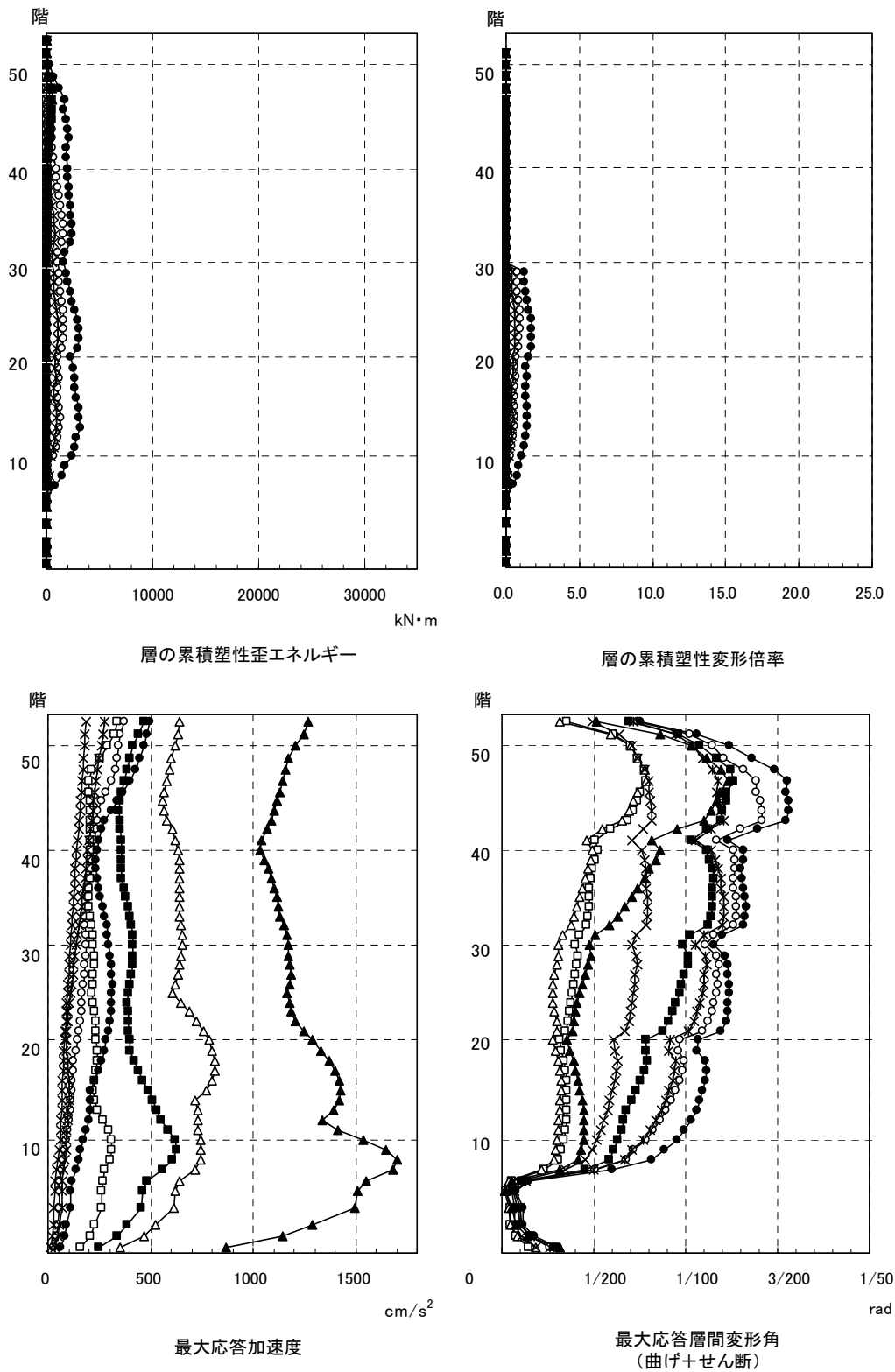
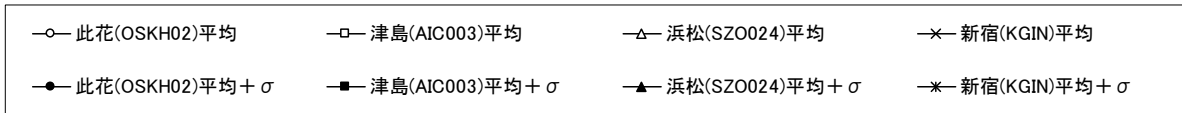


図 4.2.6-8 Y 方向最大応答値(2) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-2-6-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 250m級	此花 平均	314.	173.	1/65	2.54	12.3	9.72
	津島 平均	271.	88.	1/148	0.85	0.00	0.06
	新宿 平均	212.	158.	1/84	1.94	2.49	0.03
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花 平均	370.	211.	1/70	1.61	0.96	2.43
	津島 平均	341.	77.	1/127	0.87	0.00	0.00
	新宿 平均	185.	137.	1/122	0.83	0.00	0.04

2009 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 250m級	此花 平均	237.	160.	1/80	2.05	5.55	2.91
	津島 平均	279.	139.	1/104	1.55	0.35	4.42
	新宿 平均	188.	147.	1/95	1.71	2.20	1.00
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花 平均	268.	175.	1/94	1.11	0.05	0.63
	津島 平均	386.	132.	1/91	1.19	0.00	0.39
	新宿 平均	174.	129.	1/129	0.80	0.00	0.22

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを等価降伏耐力と等価降伏変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max} / δ_p) なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

最大応答値は前表に示した通りであり、次頁以降の図に高さ方向の分布をX→Y方向の順に掲載する。加えて、下記に図の順序に合わせて特徴的な部分の考察を加える。

全体的な傾向として、2011 地震動の最大応答値は 2009 地震動に比較して津島で小さく、此花で大きくなっている。新宿はほぼ等しいか、2011 地震動の結果がやや大きい。

- (1) 最大応答層せん断力：2009 地震動の応答はほぼ同様のレベルとなっている。
- (2) 最大応答層せん断力係数：2009 地震動の X 方向においては 2011 地震動においてみられた頂部のむち振り現象がほとんどみられない。
- (3) 最大応答層間変形角(せん断変形成分)：4-2-6-4 節の場合と同様、最大値を(8)と比べると X 方向のせん断変形成分は曲げを含めた変形の 9 割以上である一方、Y 方向はせん断変形成分のみでは曲げを含めた変形の 6 割程度となっている。Y 方向では曲げ変形の影響が大きい。
- (4) 最大応答塑性率：2009 地震動の X 方向は最大でも此花の 2.05 であり、従来のクライテリアにほぼ収まっているが、2011 地震動では此花で 2.54 とやや大きな値を示す。Y 方向については 2009 地震動は 40 階付近を除いてほぼ 1.0 より小さく、塑性化が顕著でないかもしくは弾性域にとどまっている。
- (5) 累積塑性歪エネルギー：2011 および 2009 地震動ともに此花の X 方向 10～20 階の値が大きく、エネルギー吸収部材の設置やこの損傷をもっと上下層に分散するような設計的工夫が考えられる。
- (6) 累積塑性変形倍率：同上
- (7) 最大応答加速度：地震動による応答値の大きさに大きな違いはみられない。
- (8) 最大応答層間変形角(曲げ+せん断)：(3)参照

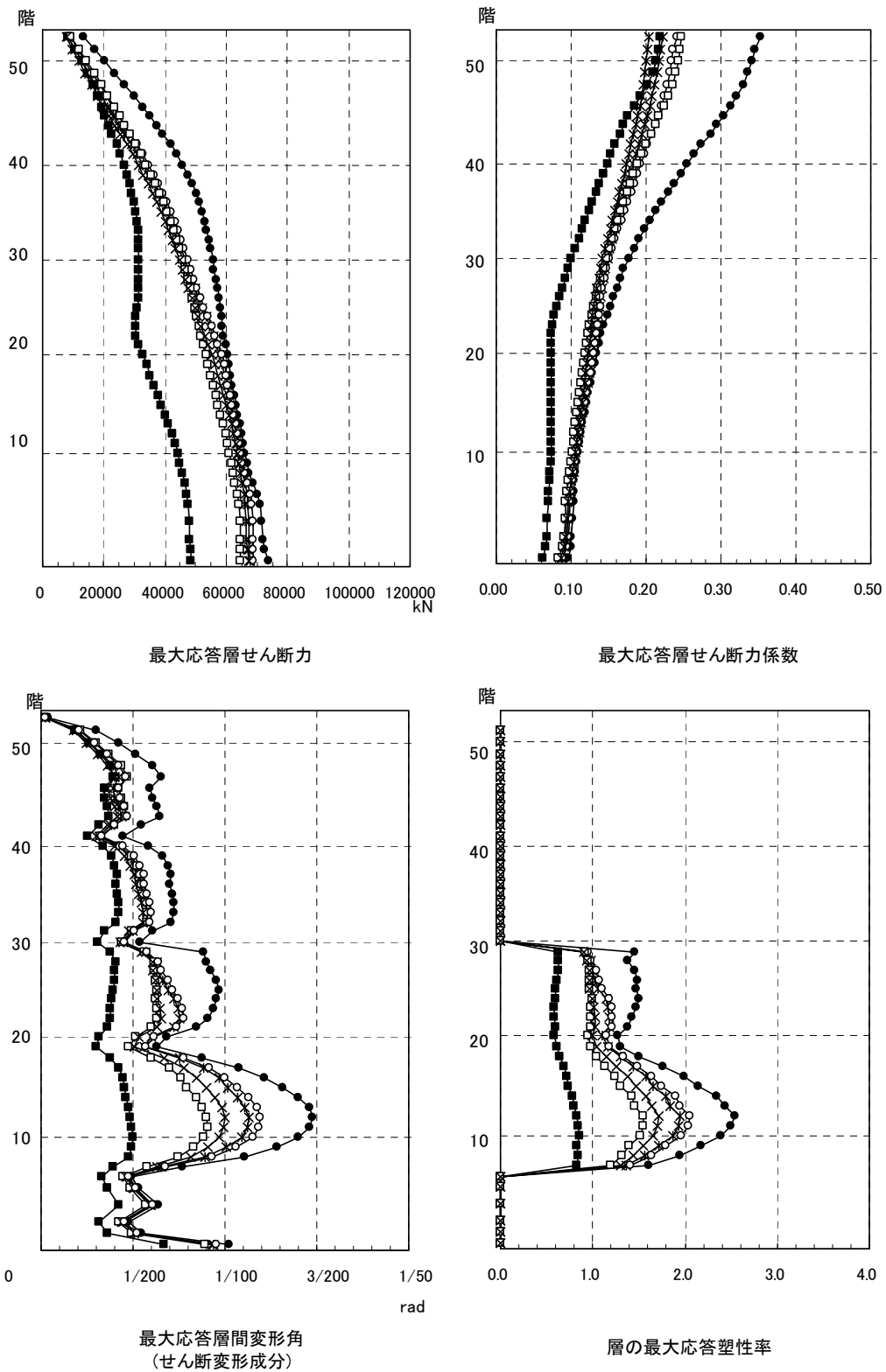
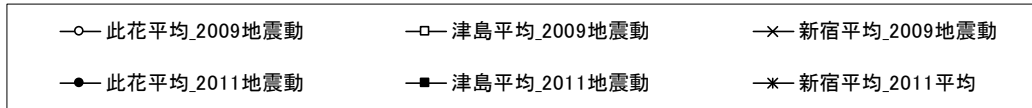


図 4. 2. 6-9 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動の平均波と 2009 地震動平均波の比較】

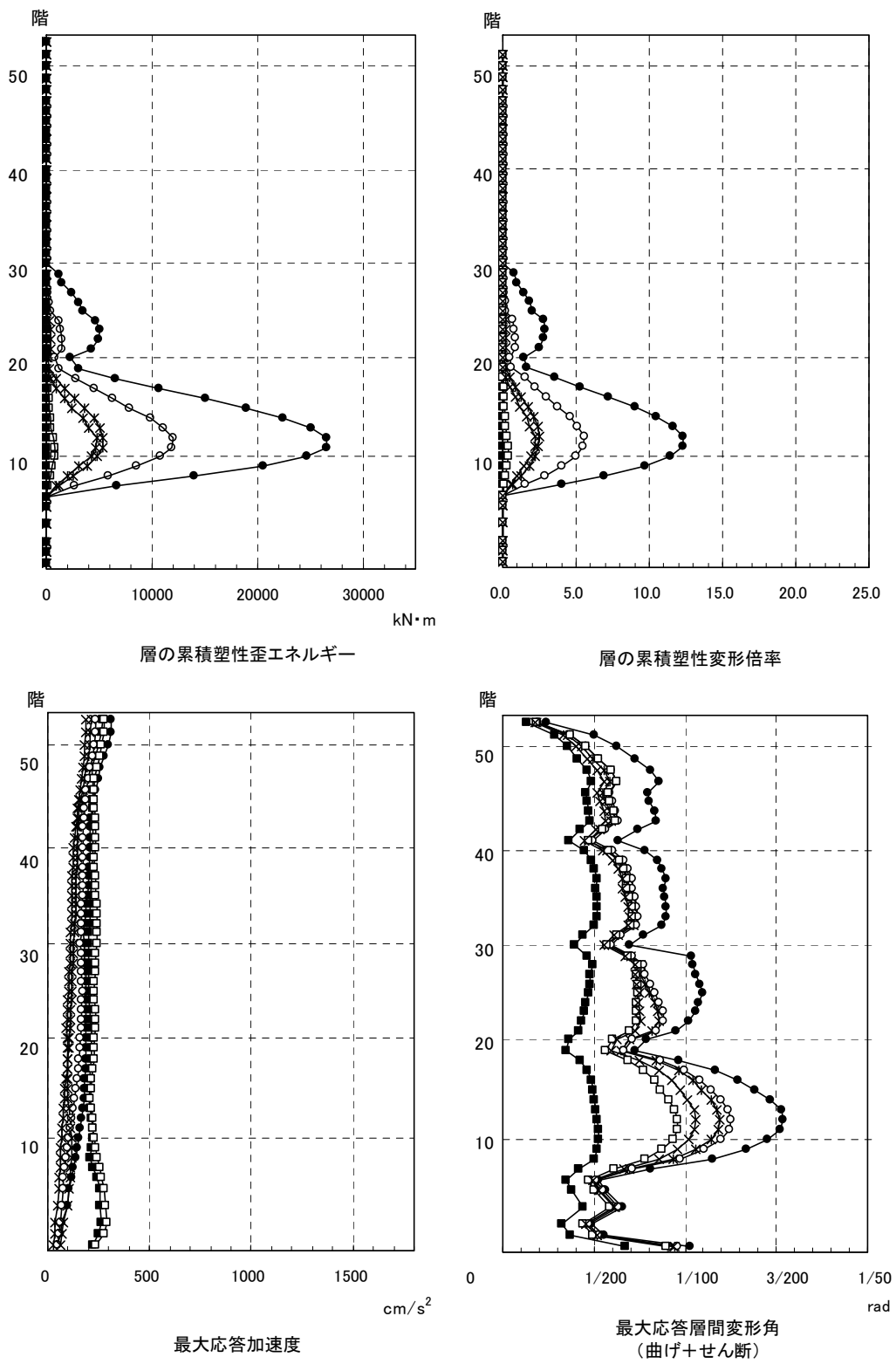
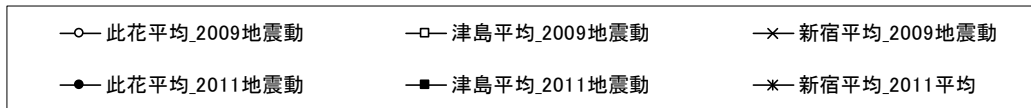


図 4.2.6-10 X 方向最大応答値(2)【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

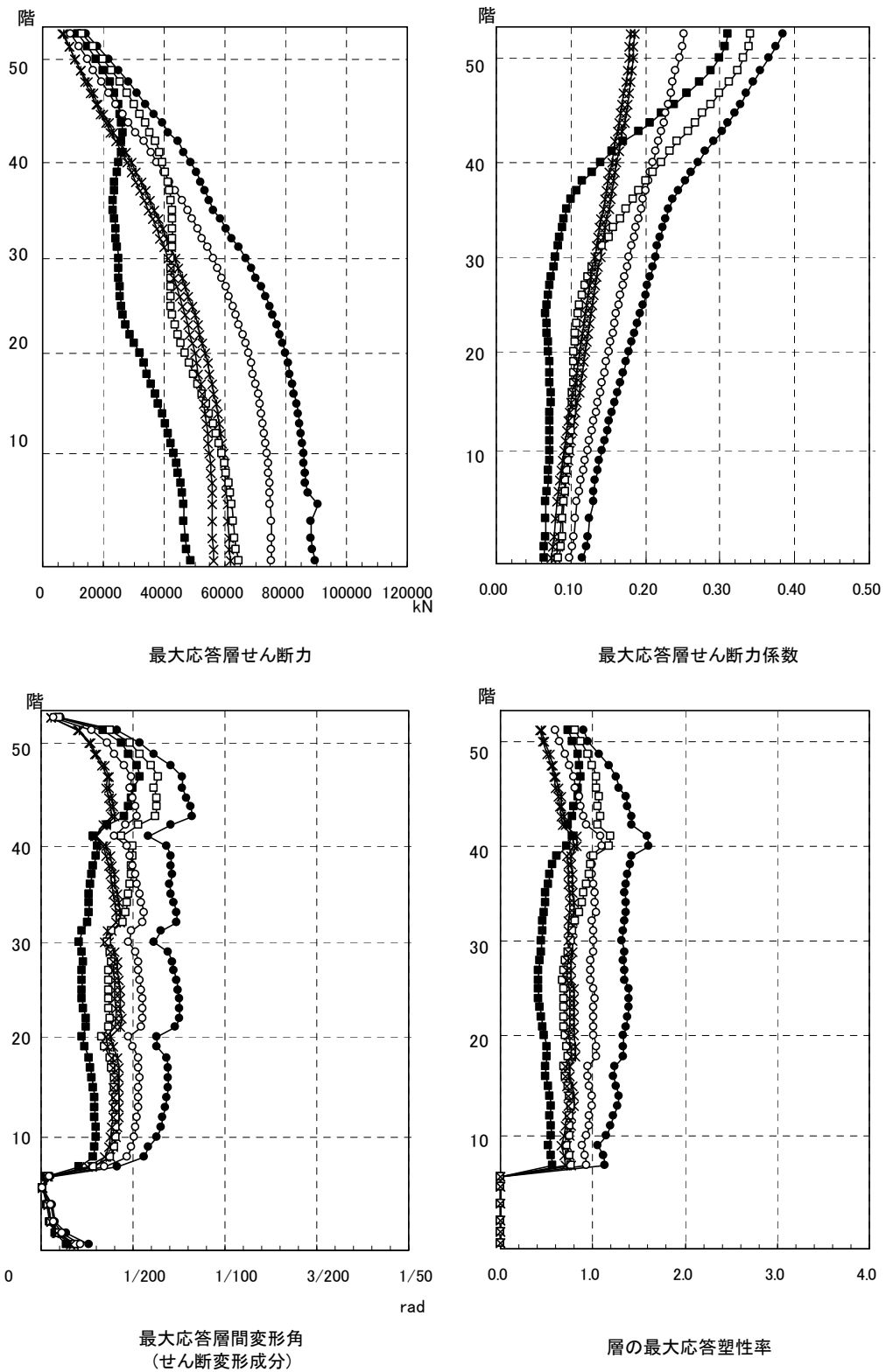
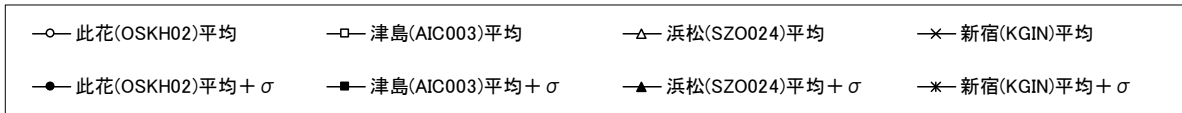


図 4. 2. 6-11 Y 方向最大応答値 (1) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

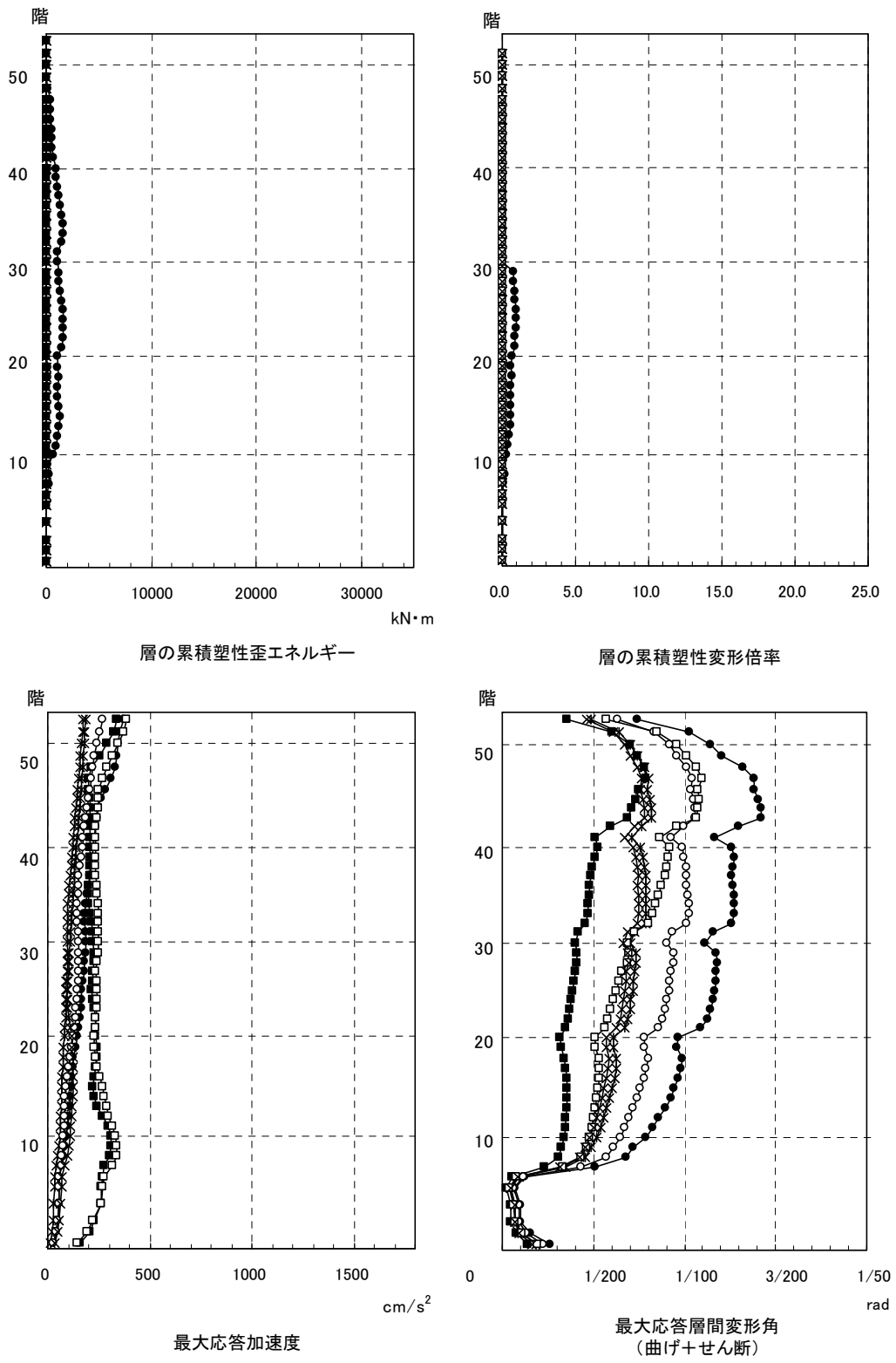
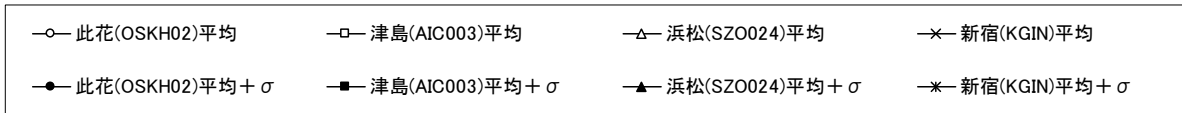


図 4.2.6-12 Y 方向最大応答値 (2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

4-2-6-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波の比較

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 250m級	此花 平均+σ	341.	185.	1/52	3.17	14.2	5.32
	津島 平均+σ	409.	150.	1/100	1.63	1.81	0.68
	新宿 平均+σ	251.	163.	1/69	2.38	7.57	5.03
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花 平均+σ	494.	225.	1/64	1.84	1.73	2.29
	津島 平均+σ	466.	186.	1/79	1.47	0.05	1.77
	新宿 平均+σ	278.	202.	1/83	1.28	0.61	0.91

2009 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S 250m級	此花 平均+σ	287.	190.	1/55	3.04	14.6	4.23
	津島 平均+σ	371.	164.	1/72	2.32	4.63	8.86
	新宿 平均+σ	226.	165.	1/75	2.20	7.17	4.12
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花 平均+σ	388.	220.	1/76	1.53	2.84	0.55
	津島 平均+σ	410.	213.	1/71	1.60	0.20	2.85
	新宿 平均+σ	236.	175.	1/95	1.10	0.03	0.06

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを等価降伏耐力と等価降伏変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：第一折れ点からの変形増大倍率 (δ_{max} / δ_p) なお、第一折れ点は静的弾塑性解析における層せん断力と層間変形関係において、当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする。

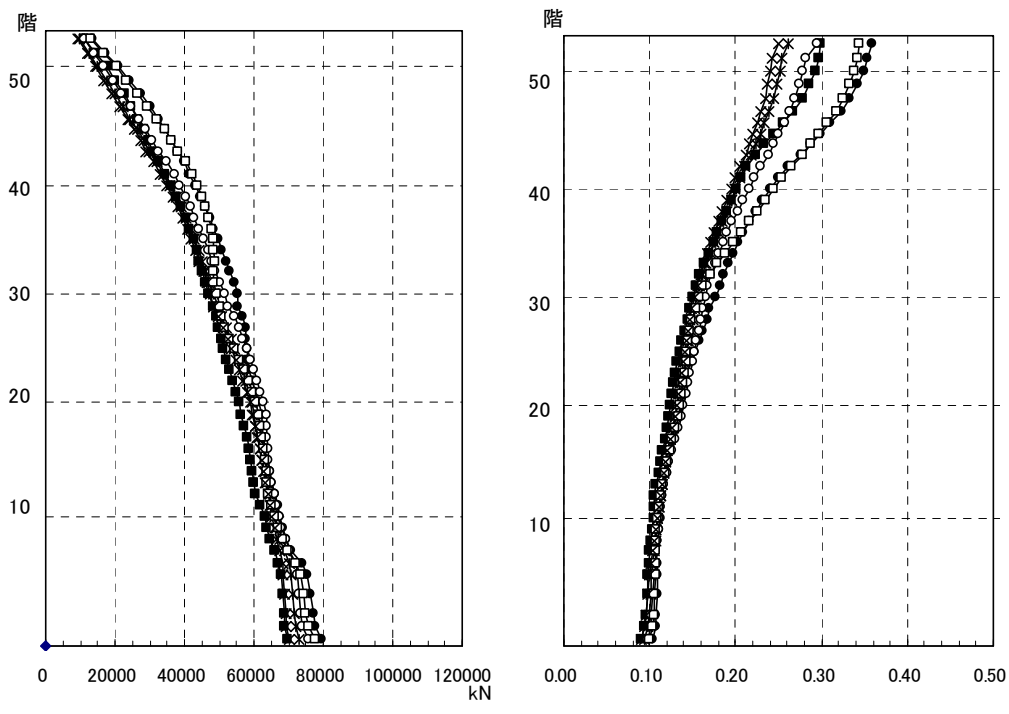
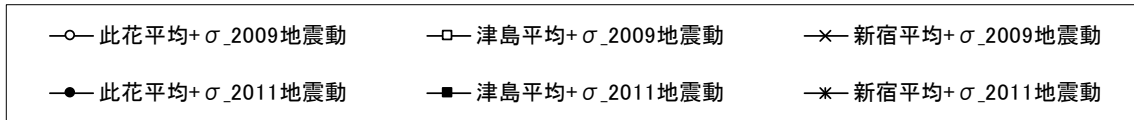
最大応答値は前表に示した通りであり、次頁以降の図に高さ方向の分布をX→Y方向の順に掲載する。加えて、下記に図の順序に合わせて特徴的な部分の考察を加える。

全体的な傾向として、2011地震動の最大応答値は2009地震動に比較して津島で小さく、此花で大きくなっている。新宿はほぼ等しいか、2011地震動の結果がやや大きい。

全体的な傾向として、

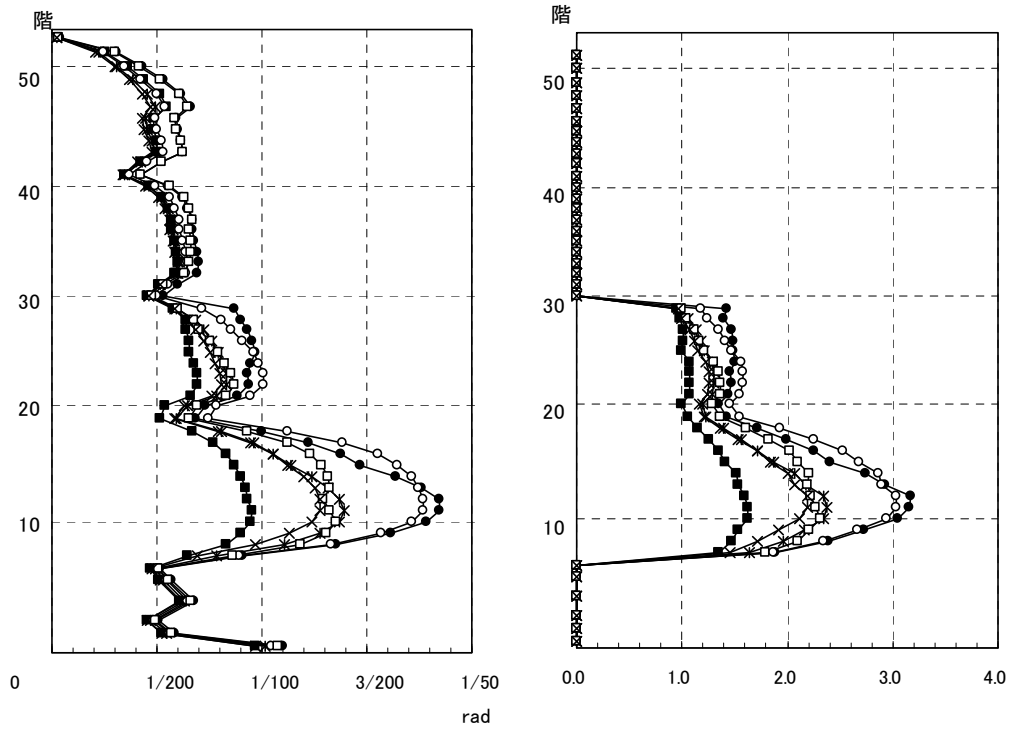
- ・此花の2011地震動の最大応答値は2009地震動と比較してほぼ等しいか、やや大きい。
- ・津島の2011地震動の最大応答値は2009地震動と比較して小さい。
- ・新宿の2011地震動の最大応答値は2009地震動と比較してほぼ等しい。

- (1) 最大応答層せん断力：各地震動に対する応答はほぼ同様のレベルとなっている。
- (2) 最大応答層せん断力係数：平均波では2009地震動の頂部むち振り現象はあまり認められなかったが、津島の応答はややむち振り現象を示している。
- (3) 最大応答層間変形角(せん断変形成分)：4-2-6-4節の場合と同様、最大値を(8)と比べるとX方向のせん断変形成分は曲げを含めた変形の9割以上である一方、Y方向はせん断変形成分のみでは曲げを含めた変形の6割程度となっている。Y方向では曲げ変形の影響が大きい。
- (4) 最大応答塑性率：津島の2009地震動を除いてすべての地震動で2を超えており、部材の塑性化を無視することができない。
- (5) 累積塑性歪エネルギー：2011および2009地震動ともに此花のX方向10～20階の値が大きく、エネルギー吸収部材の設置やこの損傷をもっと上下層に分散するような設計的工夫が考えられる。
- (6) 累積塑性変形倍率：同上
- (7) 最大応答加速度：2011および2009地震動ともに10階付近でやや大きな応答値がみられる。
- (8) 最大応答層間変形角(曲げ+せん断)：(3)参照



最大応答層せん断力

最大応答層せん断力係数



最大応答層間変形角
(せん断変形成分)

層の最大応答塑性率

図 4.2.6-13 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

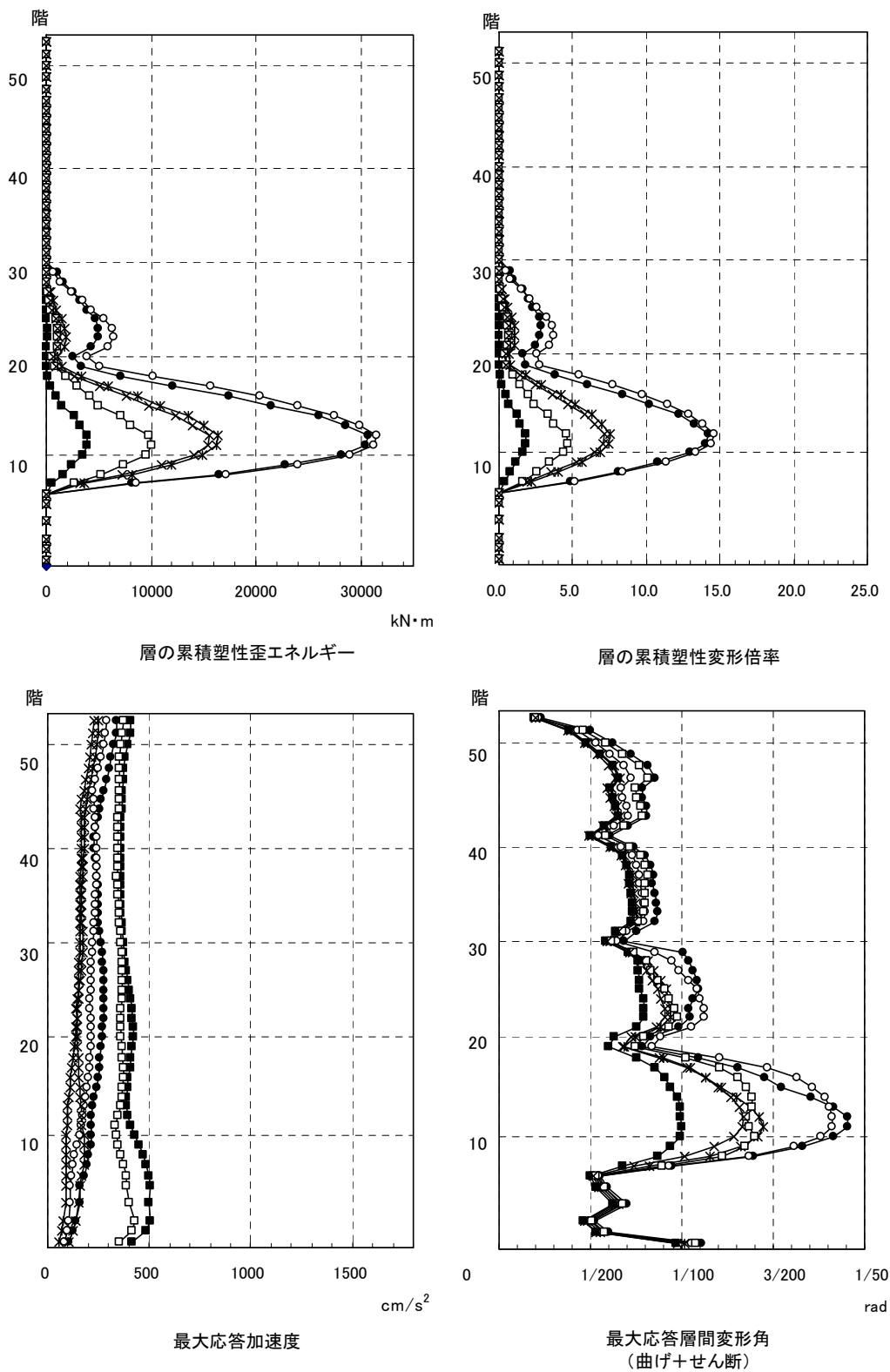
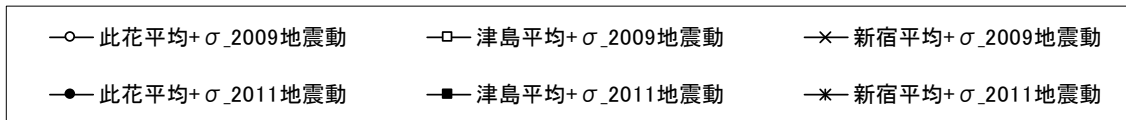


図 4.2.6-14 X 方向最大応答値(2)【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

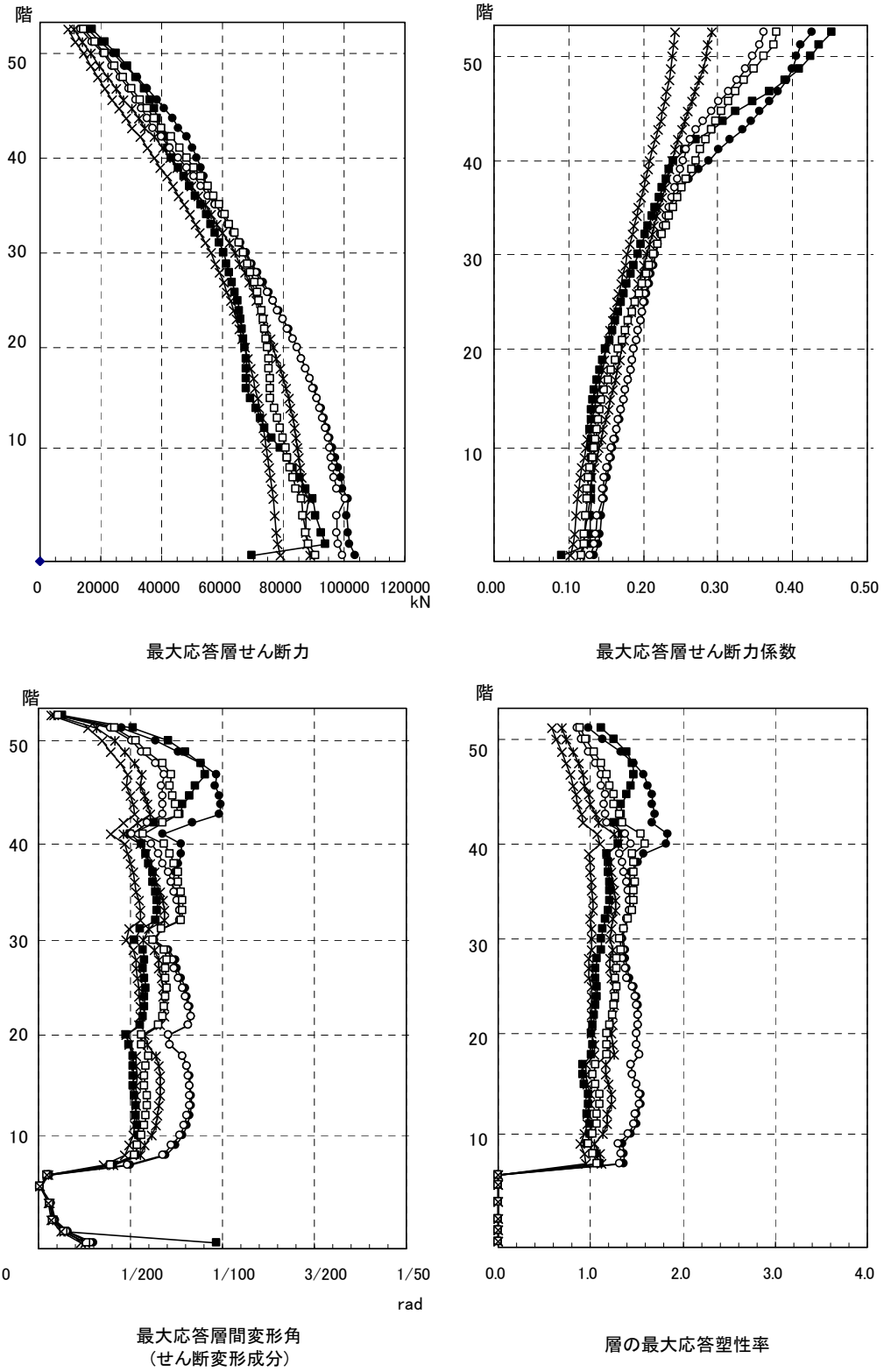
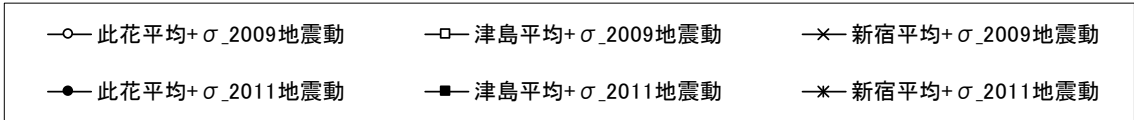


図 4.2.6-15 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

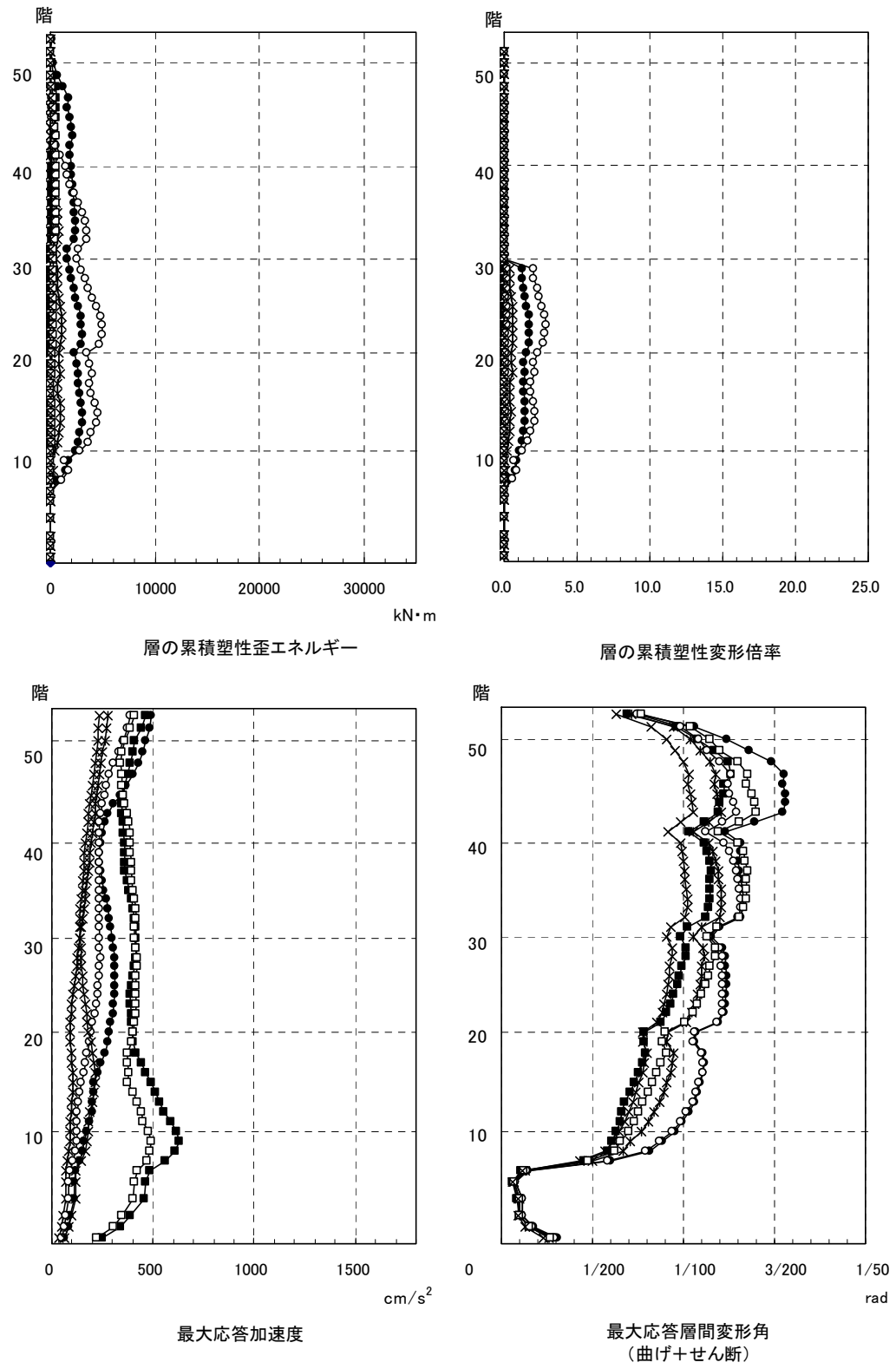
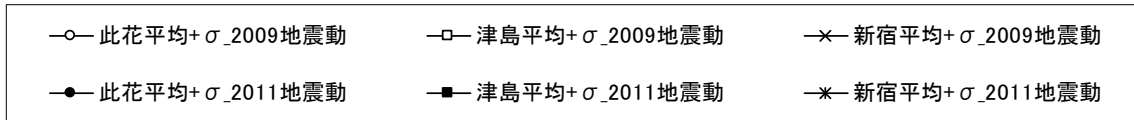


図 4. 2. 6-16 Y 方向最大応答値(2)【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

4-2-7 S80m 級建物の部材損傷評価

ここでは、部材レベルの損傷評価を行い、層レベルの損傷と部材レベルの損傷を比較し両者の対応関係の把握と履歴型制振ブレースを付与した制振モデルによる制振効果の確認を目的とする。

4-2-7-1 対象建物概要

構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
S 造	—	21 階	80.5m	2.41 秒	X 方向	純ラーメン構造
S 造	—	21 階	80.5m	1.75 秒	X 方向	制振部材付きラーメン構造

(下に概略伏図と軸組図を示す)

検討に用いた対象建物は、地上 21 階建、軒高約 80m の S 造超高層建物で、解析は X 方向のみに対する検討とした。X 方向に対する耐震架構は、5m×6 スパンの純ラーメン架構で、4 つの構面で構成される架構形式となっている。基準階階高は 3.8m で、1 階の階高のみ 4.5m である。

主架構の耐震性能は、弾性限界時のベースシヤ係数で $C_y=0.195$ 、保有水平耐力時のベースシヤ係数は $C_u=0.235$ となるものである。一次固有周期は $T_1=2.41s$ であった。このモデルを「耐震モデル」と呼ぶ。一方、耐震モデルの各層に履歴型ダンパー(座屈拘束ブレース)を取付けたモデルを「制振モデル」と呼ぶ。ダンパーの投入量は第 1 層でのダンパーの降伏層せん断力係数、 $d\alpha_{yl}$ を用いて、 $d\alpha_{yl}=0.064$ とし、高さ方向では A_i 分布を基本とした。またこの時の制振モデルの一次固有周期は $T_1=1.75s$ であった。制振モデルの伏図、軸組図をそれぞれ示す。

4-2-7-2 モデル化の方針

解析モデルは 3 次元立体骨組モデルで、減衰は主架構のみに与え、減衰定数 $h=2\%$ の初期剛性比例型とした。なお本解析では、P- δ 効果は考慮していない。

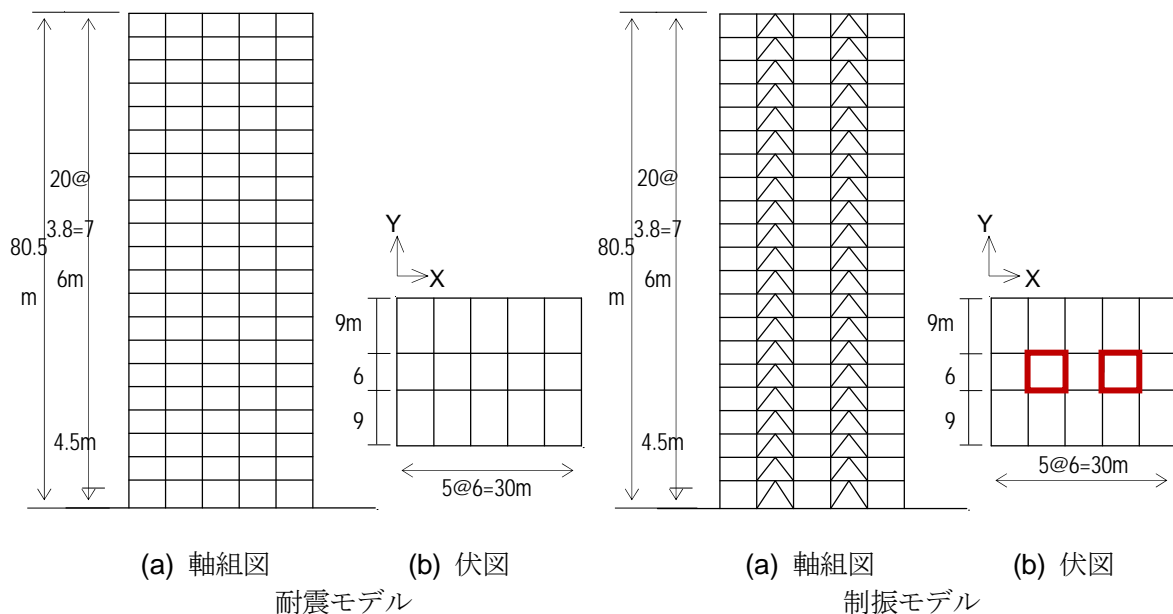


図 4.2.7-1 検討用建物の伏図、軸組図

4-2-7-3 静的漸増解析結果

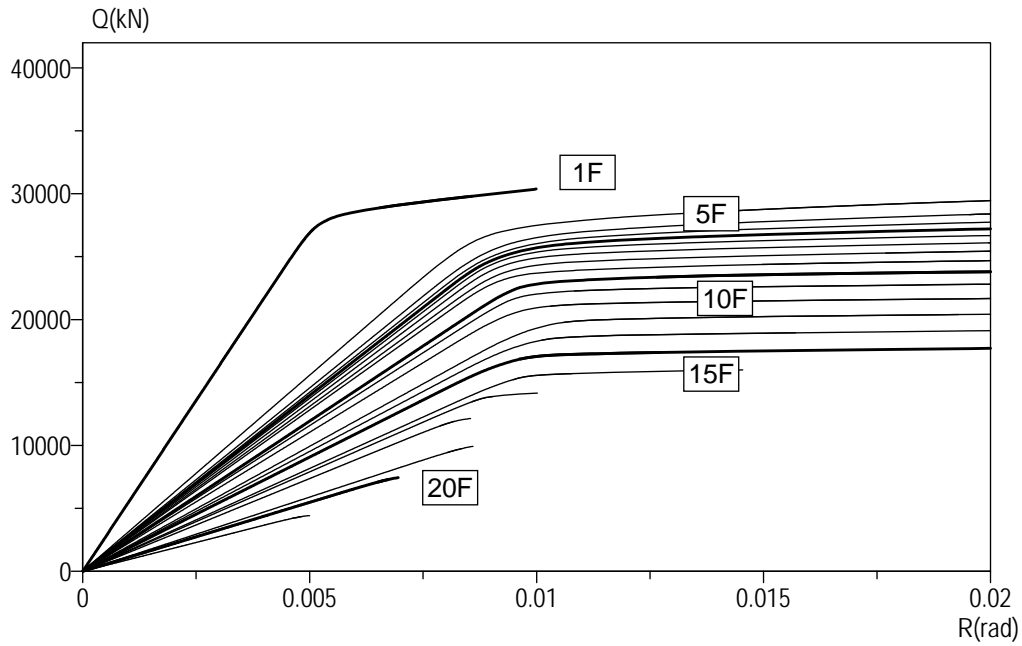


図 4.2.7-2 耐震モデル (X 方向) 荷重変形関係図

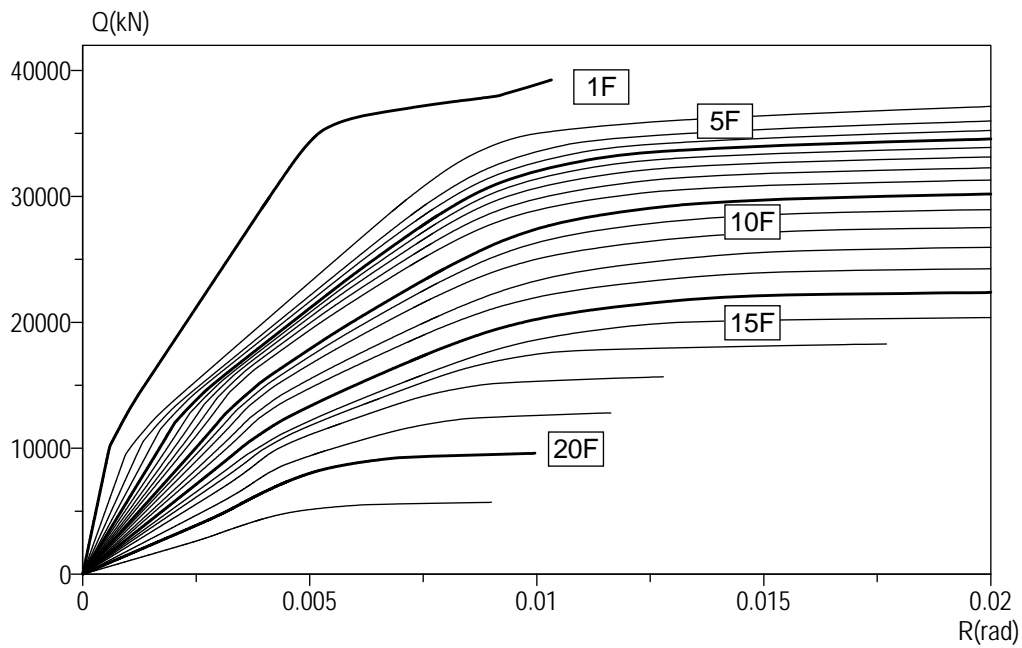


図 4.2.7-3 制振モデル (X 方向) 荷重変形関係図

静的弾塑性解析の結果から制振モデルでは、層間変形角 $R=1/200$ より小さな層間変形角において、ブレース状に配置した履歴型制振ダンパーが、降伏することが分かる。

4-2-7-4 2011 年地震動平均波, 平均+σ地震応答解析結果

2011 年地震動の平均波 (層レベル)

モデル	方向	入力地震波	層の最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形(cm)
S80M 級 耐震モデル	X	津島平均	529.5	69.5	1/90	1.22	0.60	3.35
		浜松平均	569.8	70.0	1/78	1.39	2.06	2.29
S80M 級 制振モデル	X	津島平均	513.8	29.1	1/203	0.66	0.00	0.21
		浜松平均	852.0	36.1	1/164	0.78	0.01	0.19

2011 年地震動の平均+σ波 (層レベル)

モデル	方向	入力地震波	層の最大応答値					
			頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
S80M 級 耐震モデル	X	津島平均+σ	675.7	83.2	1/73	1.45	2.55	7.56
		浜松平均+σ	953.8	77.9	1/62	1.75	8.65	6.42
S80M 級 制振モデル	X	津島平均+σ	700.4	38.5	1/137	1.00	0.03	0.32
		浜松平均+σ	1245.9	57.1	1/96	1.22	0.57	0.40

2011 年地震動の平均波 (部材レベル)

モデル	方向	入力地震波	梁部材の最大応答値		履歴型ダンパーの最大応答値	
			塑性率	累積塑性変形倍率	塑性率	累積塑性変形倍率
S80M 級 耐震モデル	X	津島平均	1.96	2.48	-	-
		浜松平均	2.56	9.78	-	-
S80M 級 制振モデル	X	津島平均	弾性	0.00	7.59	156.4
		浜松平均	弾性	0.00	8.95	254.6

2011 年地震動の平均+σ波 (部材レベル) 平均+σ波

モデル	方向	入力地震波	梁部材の最大応答値		履歴型ダンパーの最大応答値	
			塑性率	累積塑性変形倍率	塑性率	累積塑性変形倍率
S80M 級 耐震モデル	X	津島平均+σ	2.69	12.17	-	-
		浜松平均+σ	3.69	35.61	-	-
S80M 級 制振モデル	X	津島平均+σ	弾性	0.00	11.40	379.6
		浜松平均+σ	2.37	7.90	14.45	672.0

注 1) 累積塑性変形倍率 $f\eta_i$ は, 次式で定義する。

$$f\eta_i = fW_{pi} / (fQ_{eqi} \cdot f\delta_{eqi})$$

ここに, fW_{pi} は各層の塑性歪みエネルギー, fQ_{eqi} は等価降伏耐力, $f\delta_{eqi}$ は等価降伏変形である。

fQ_{eqi} と $f\delta_{eqi}$ は, それぞれ各層の荷重-変形関係を, 最大層間変形角 δ_{imax} (今回は $R=1/80$ と定めた) に達するまでの履歴面積が等価になるように, 完全弾塑性型復元力に置換して得る。

注 2) 塑性率 $f\mu_i$ は, 第 1 折れ点からの変形増大率であり, 次式で定義する。

$$f\mu_i = \delta_{imax} / \delta_p$$

ここに δ_p は, 第 1 折れ点で, 静的弾塑性解析における層せん断力-層間変形関係において, 当該層所属部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点とする

各層の最大応答値の高さ方向分布を以下に示す。

- △— 浜松 (SZO024) 平均
- 津島 (ACI003) 平均
- ▲— 浜松 (SZO024) 平均 + σ
- 津島 (ACI003) 平均 + σ

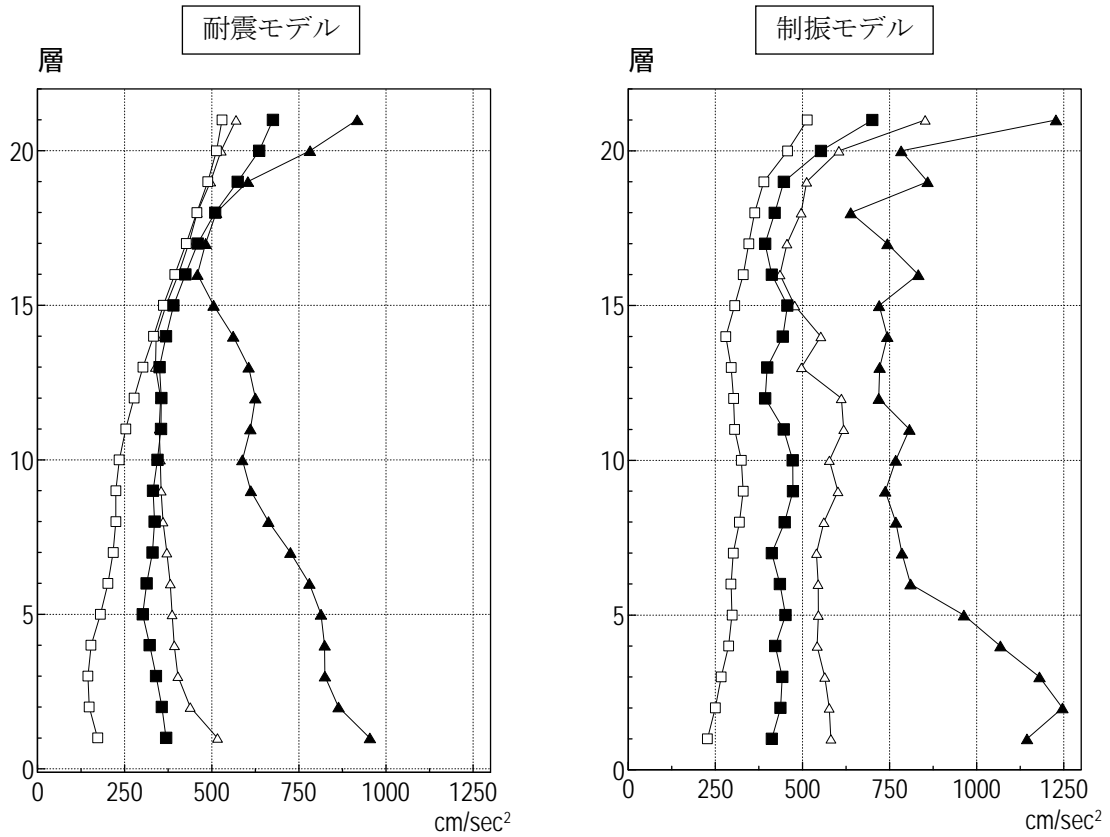


図 4. 2. 7-4 最大加速度応答 (絶対)

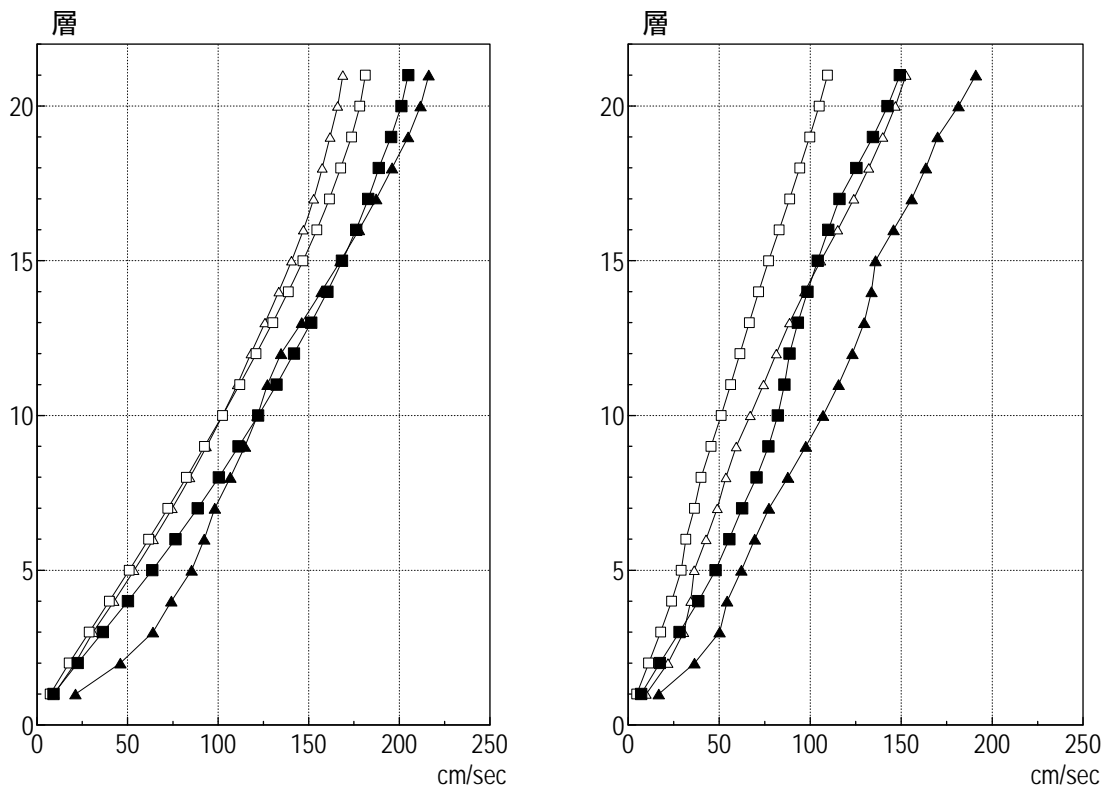


図 4. 2. 7-5 最大速度応答 (相対)

—△— 浜松 (SZO024) 平均
—□— 津島 (ACI003) 平均

—▲— 浜松 (SZO024) 平均 + σ
—■— 津島 (ACI003) 平均 + σ

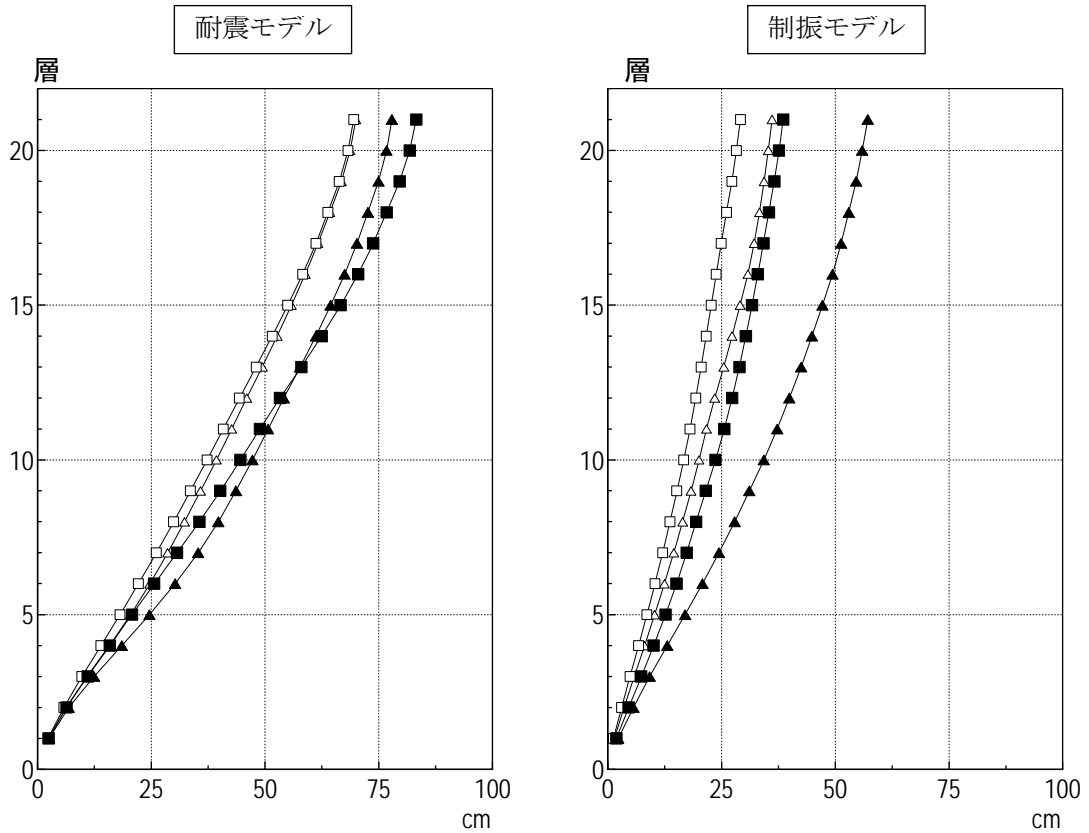


図 4. 2. 7-6 最大変形 (相対)

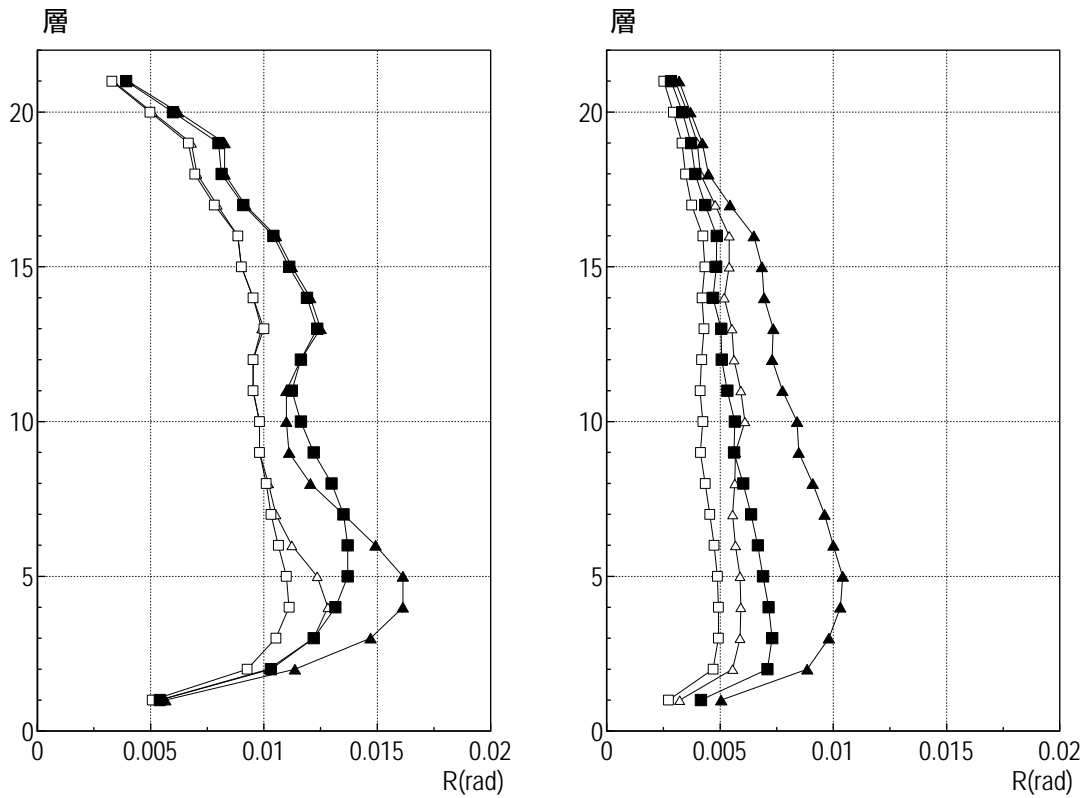


図 4. 2. 7-7 最大層間変形角

—△— 浜松 (SZO024) 平均
—□— 津島 (ACI003) 平均

—▲— 浜松 (SZO024) 平均 + σ
—■— 津島 (ACI003) 平均 + σ

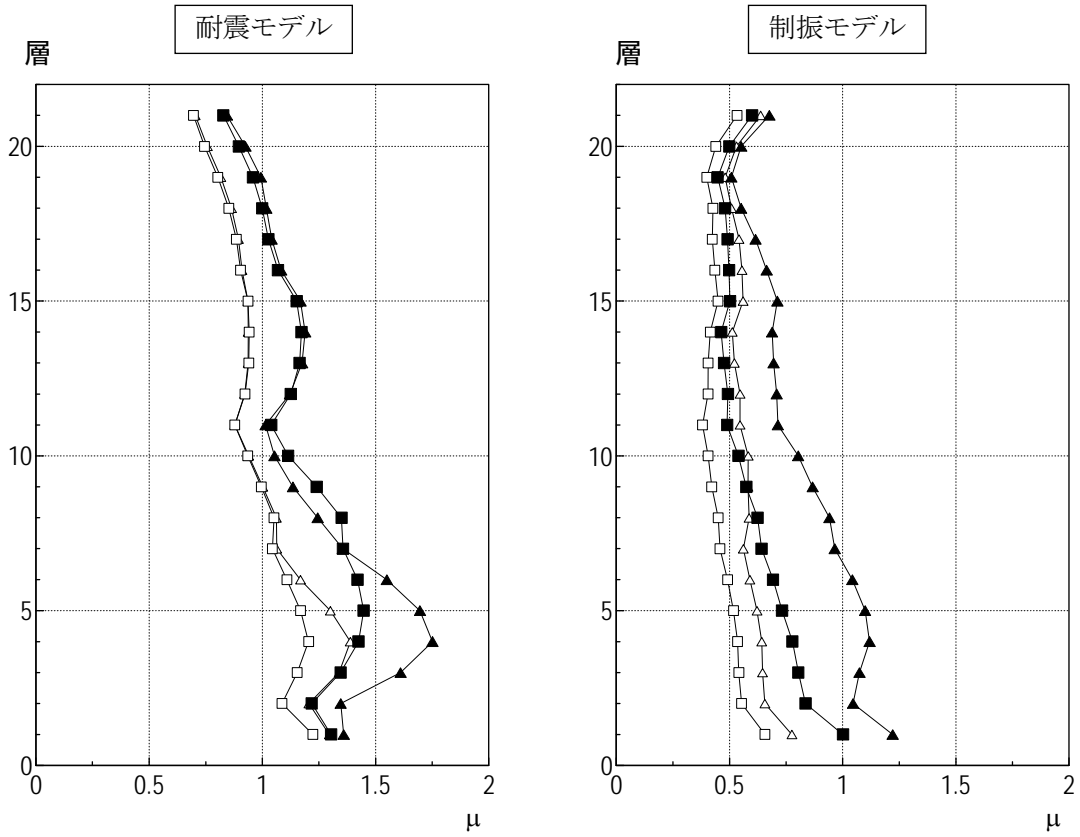


図 4.2.7-8 層の塑性率

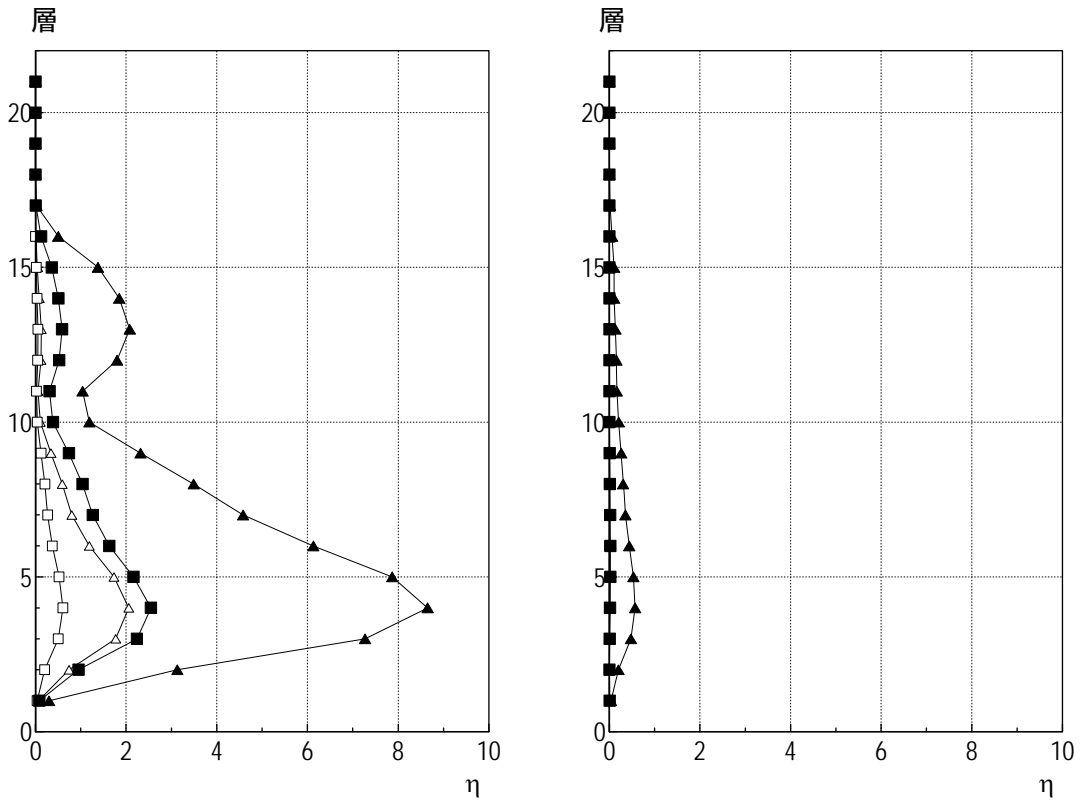


図 4.2.7-9 層の累積塑性変形倍率

建物頂部の変位の時刻歴を以下に示す。

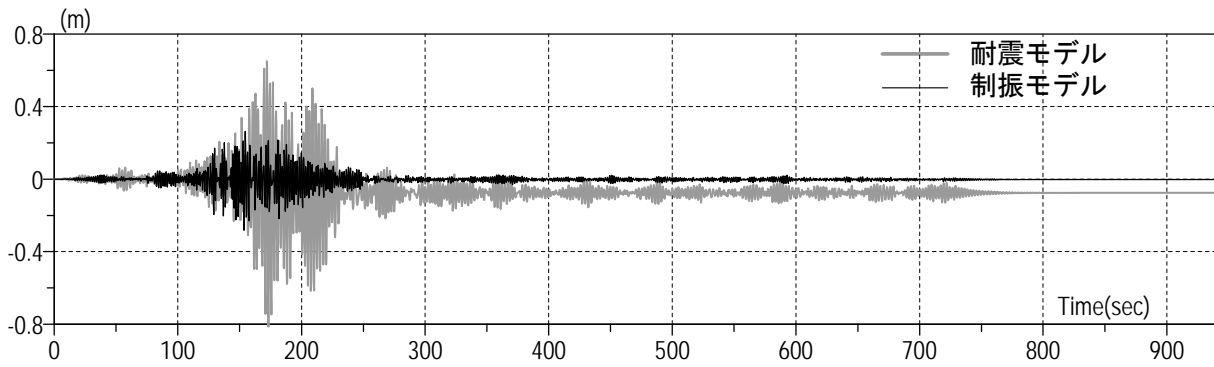


図 4. 2. 7-10 津島 (平均) 波入力時の頂部変位の時刻歴波形

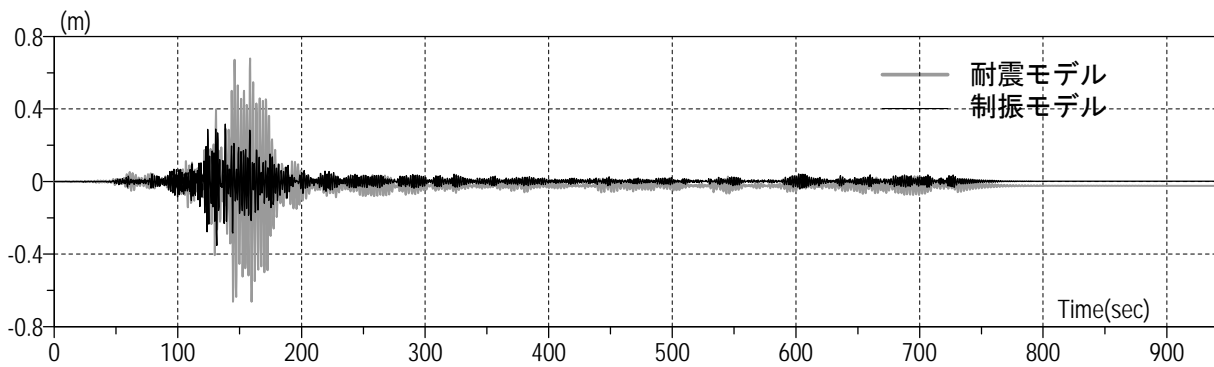


図 4. 2. 7-11 浜松 (平均) 波入力時の頂部変位の時刻歴波形

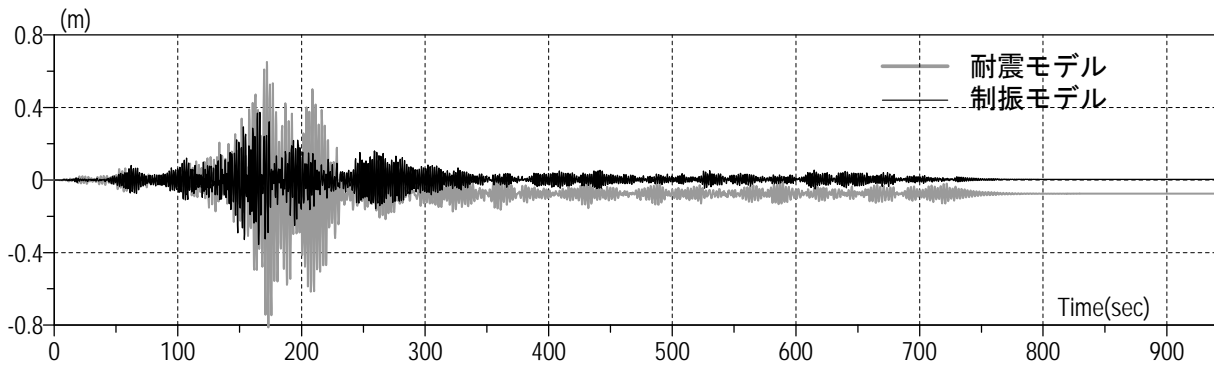


図 4. 2. 7-12 津島 (平均+ σ) 波入力時の頂部変位の時刻歴波形

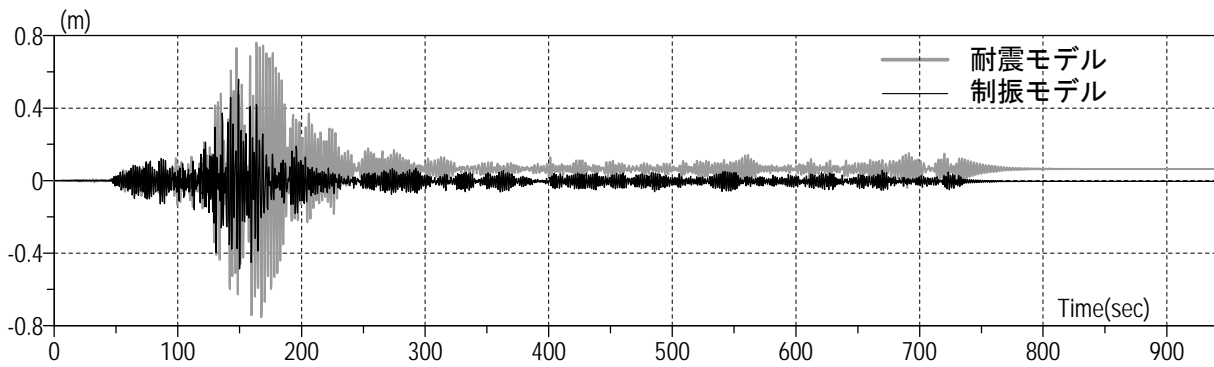


図 4. 2. 7-13 浜松 (平均+ σ) 波入力時の頂部変位の時刻歴波形

各層に所属する梁部材の最大応答値を高さ方向分布で以下に示す。

- △— 浜松 (SZO024) 平均
 - 津島 (ACI003) 平均
- ▲— 浜松 (SZO024) 平均 + σ
 - 津島 (ACI003) 平均 + σ

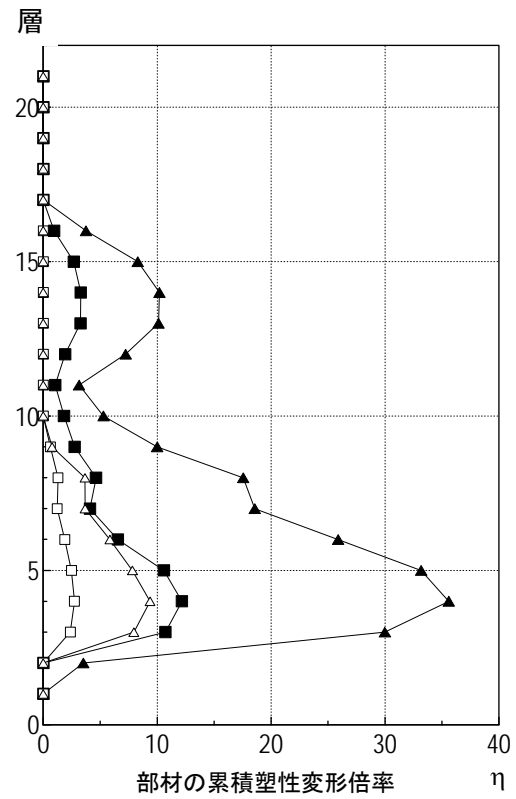
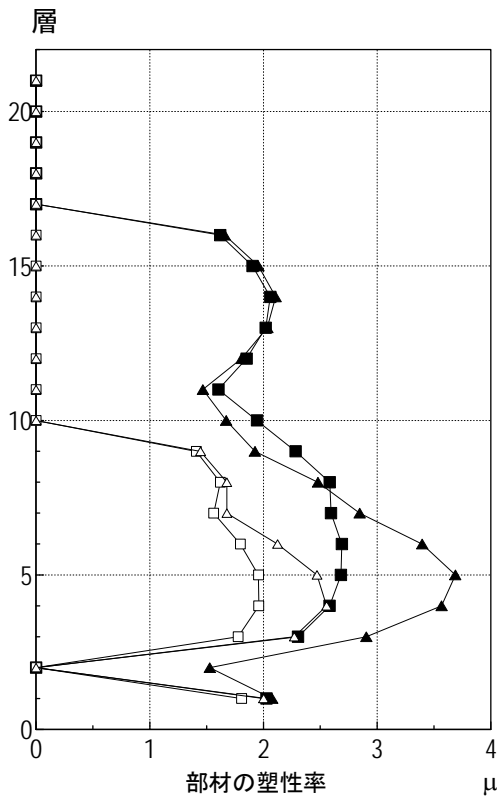


図 4. 2. 7-14 (耐震モデル)

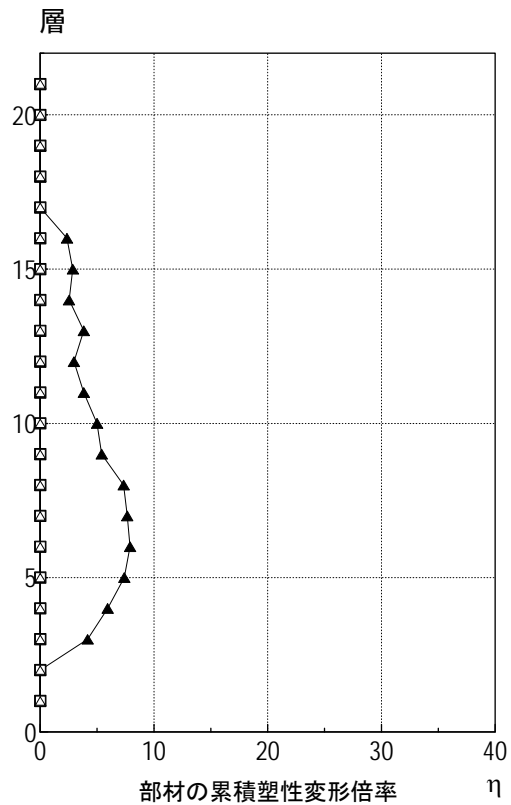
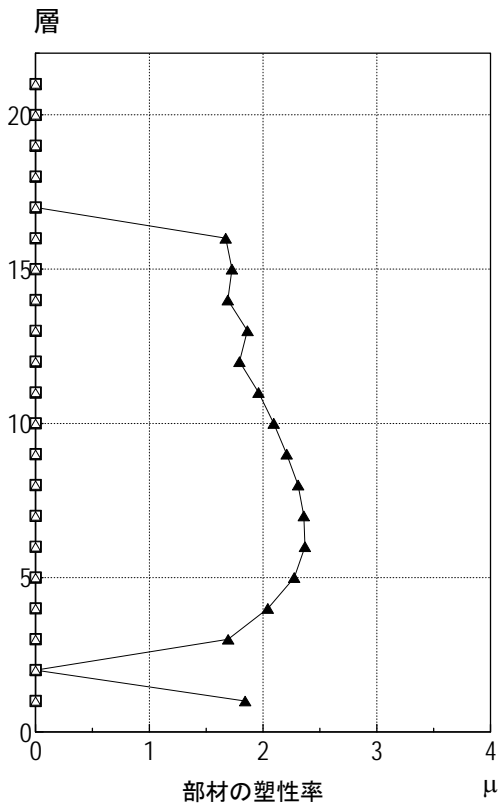


図 4. 2. 7-15 (制振モデル)

梁部材の損傷評価（第4層）を以下に示す。

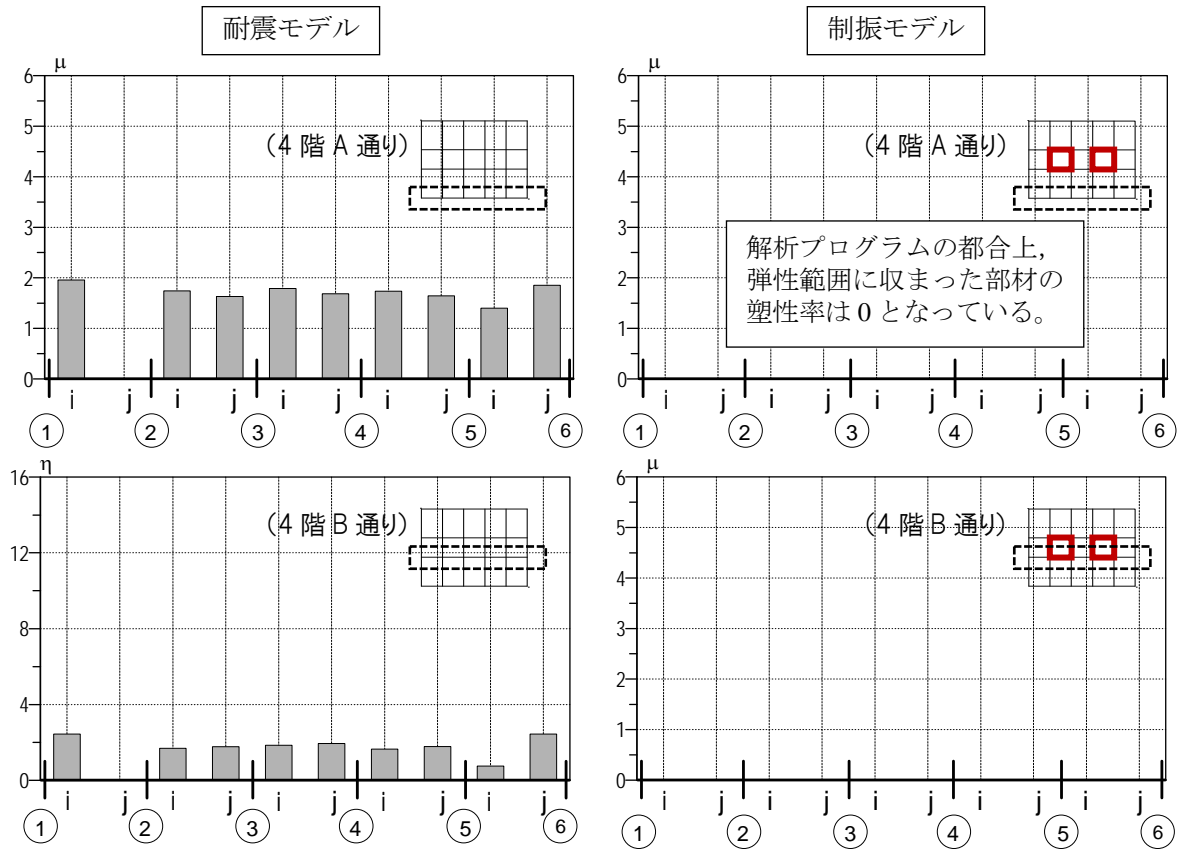


図 4.2.7-16 津島 平均波での梁端の塑性率

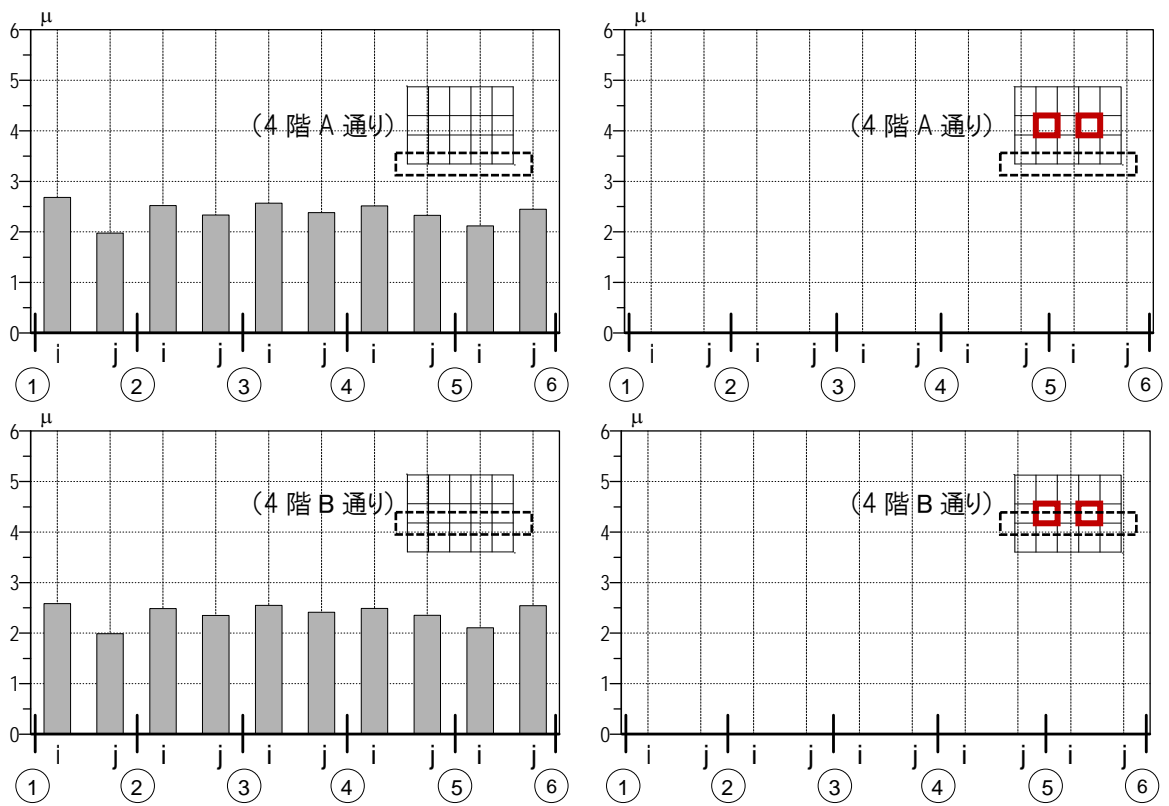


図 4.2.7-17 津島 平均+σ波での梁端の塑性率

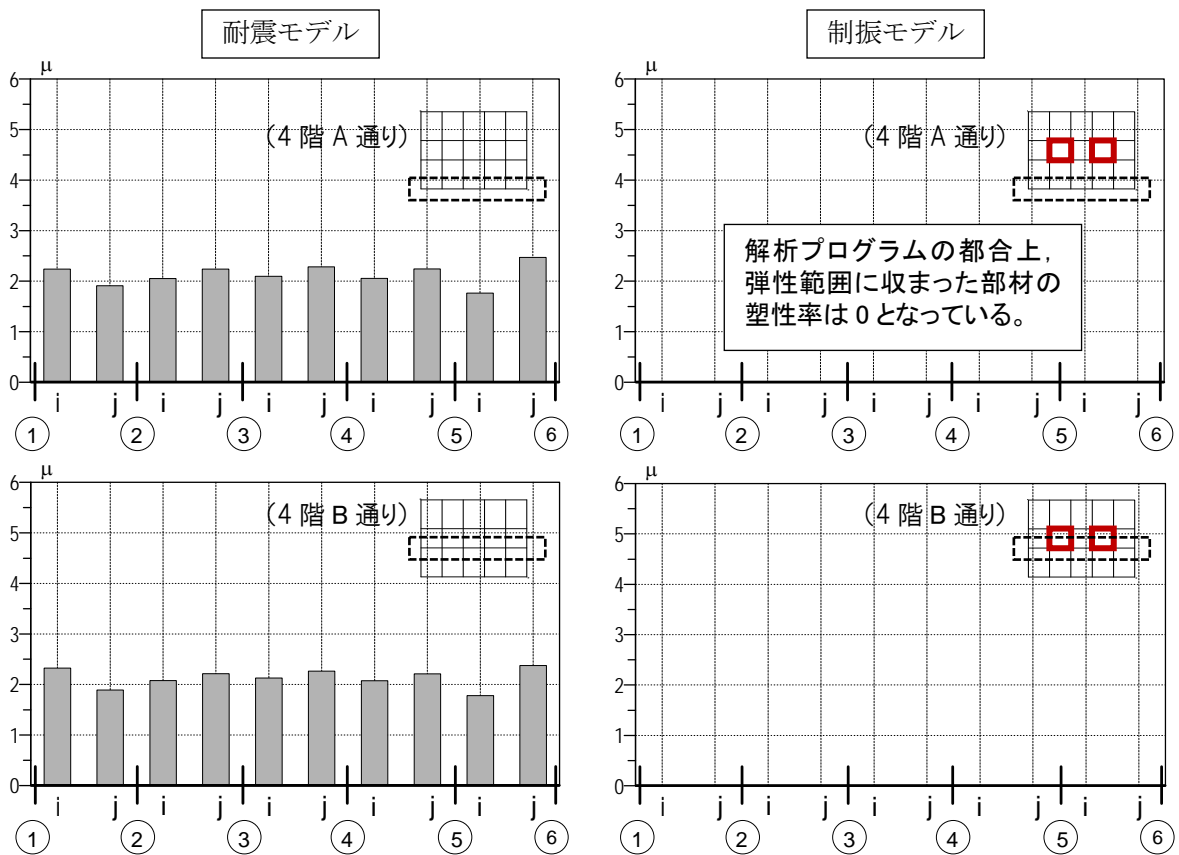


図 4. 2. 7-18 浜松 平均波での梁端の塑性率

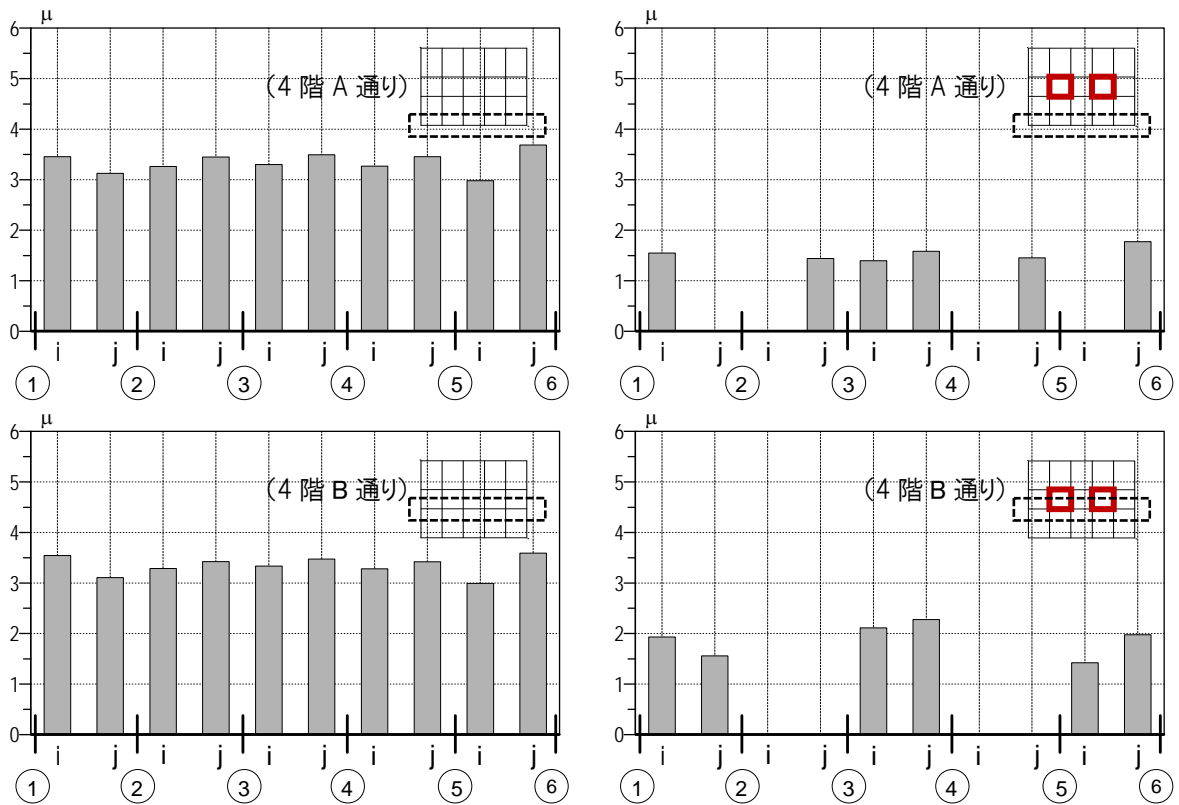


図 4. 2. 7-19 浜松 平均+σ波での梁端の塑性率

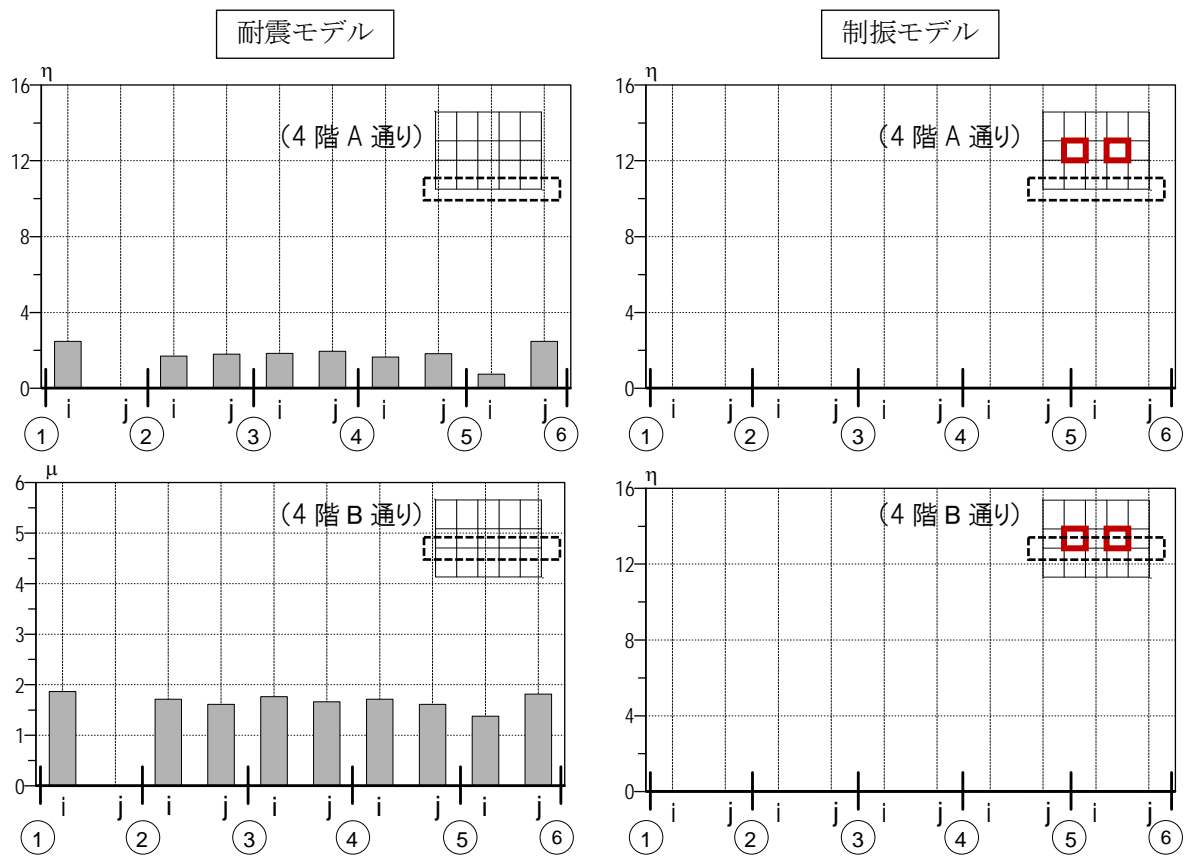


図 4. 2. 7-20 津島 平均波での梁端の累積塑性変形倍率

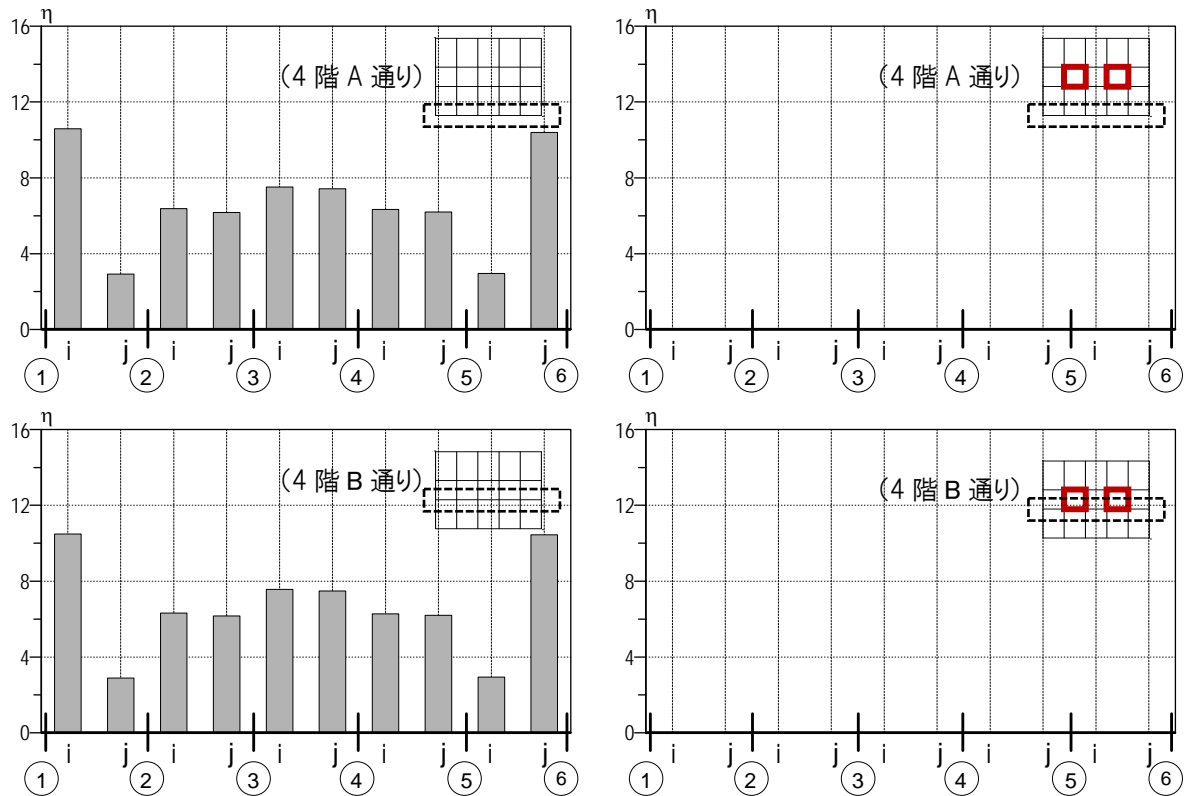


図 4. 2. 7-21 津島 平均+ σ 波での梁端の累積塑性変形倍率

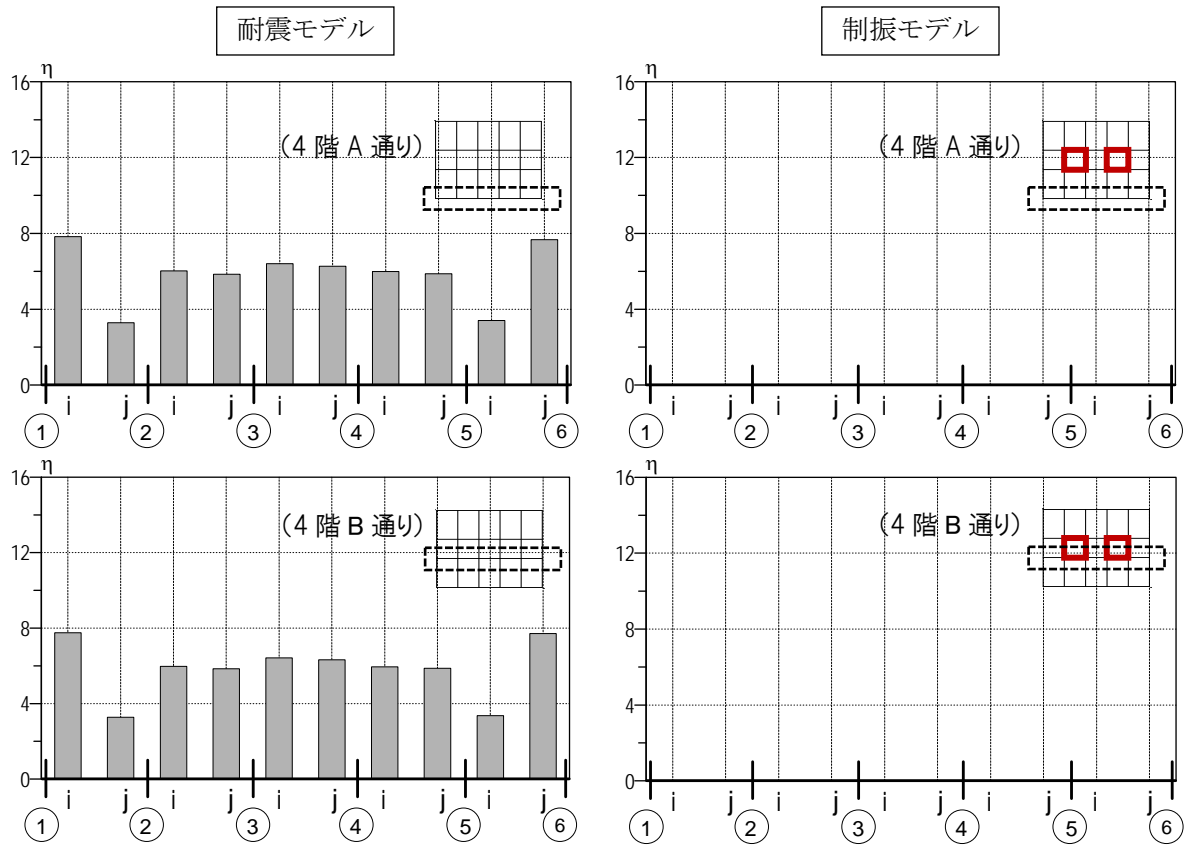


図 4. 2. 7-22 浜松平均波での梁端の累積塑性変形倍率

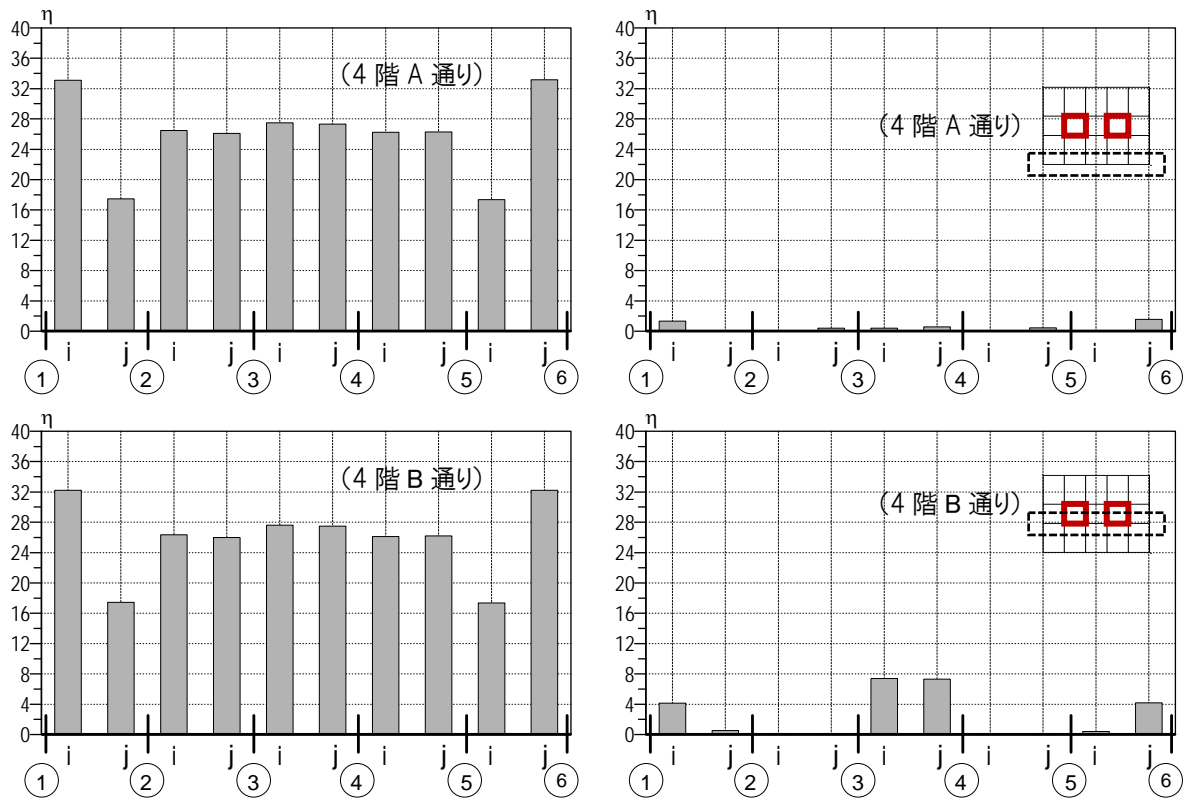


図 4. 2. 7-23 浜松 平均+σ波での梁端の累積塑性変形倍率

履歴型ダンパーの最大応答値を高さ方向分布で示す。

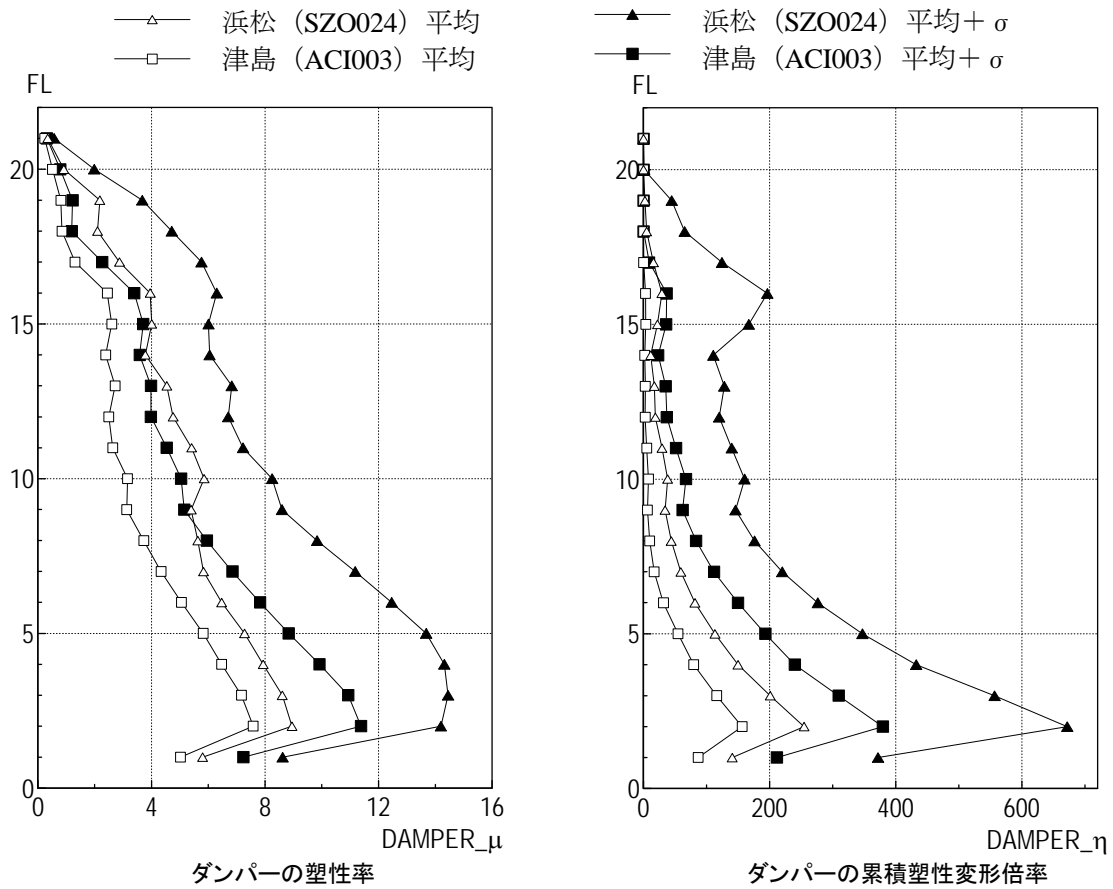


図 4. 2. 7-24 履歴型制振ダンパーの損傷評価

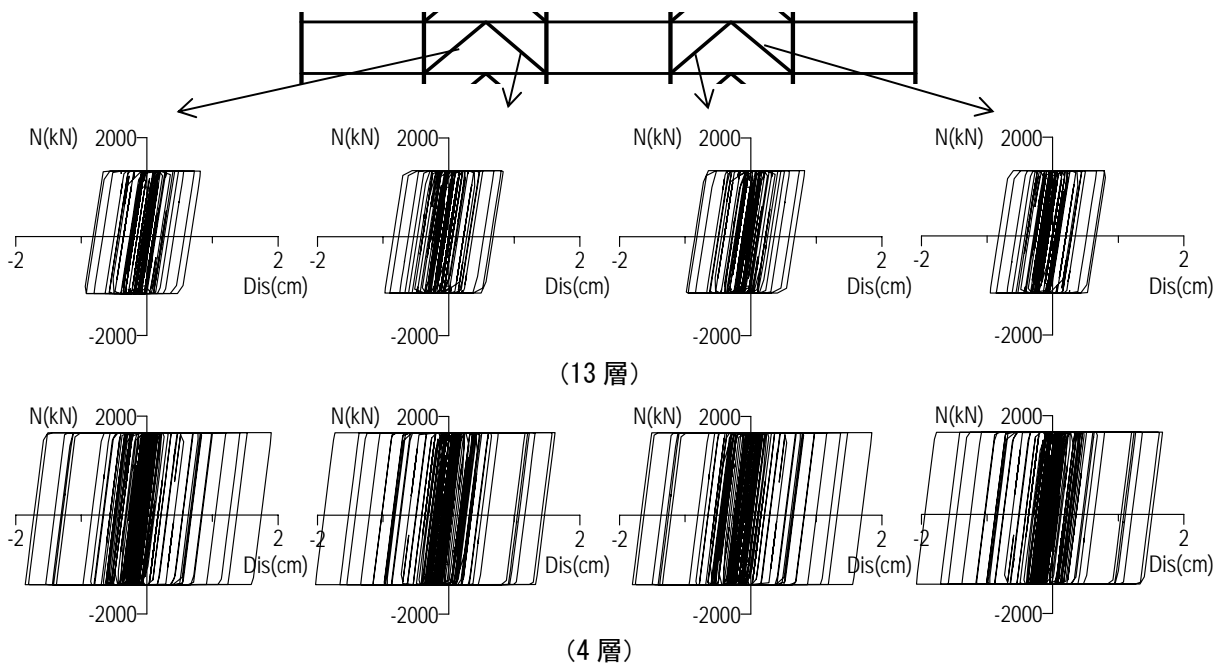


図 4. 2. 7-25 浜松平均+ σ 入力時の履歴型ダンパーの履歴曲線

梁部材と履歴型ダンパーに対し、塑性率と累積塑性変形倍率の関係を示す。

図から、梁部材や履歴型制ダンパーの塑性率、累積塑性変形倍率に相関性がみられる。

- △— 浜松 (SZO024) 平均
 - 津島 (ACI003) 平均
- ▲— 浜松 (SZO024) 平均+ σ
 - 津島 (ACI003) 平均+ σ

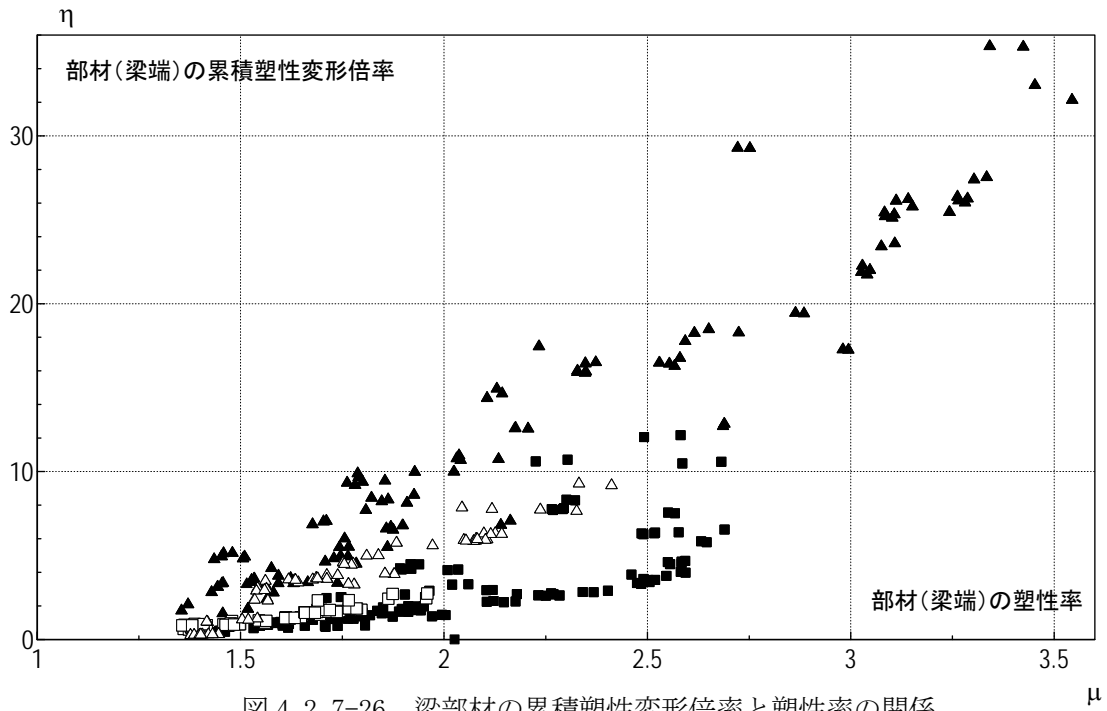


図 4. 2. 7-26 梁部材の累積塑性変形倍率と塑性率の関係

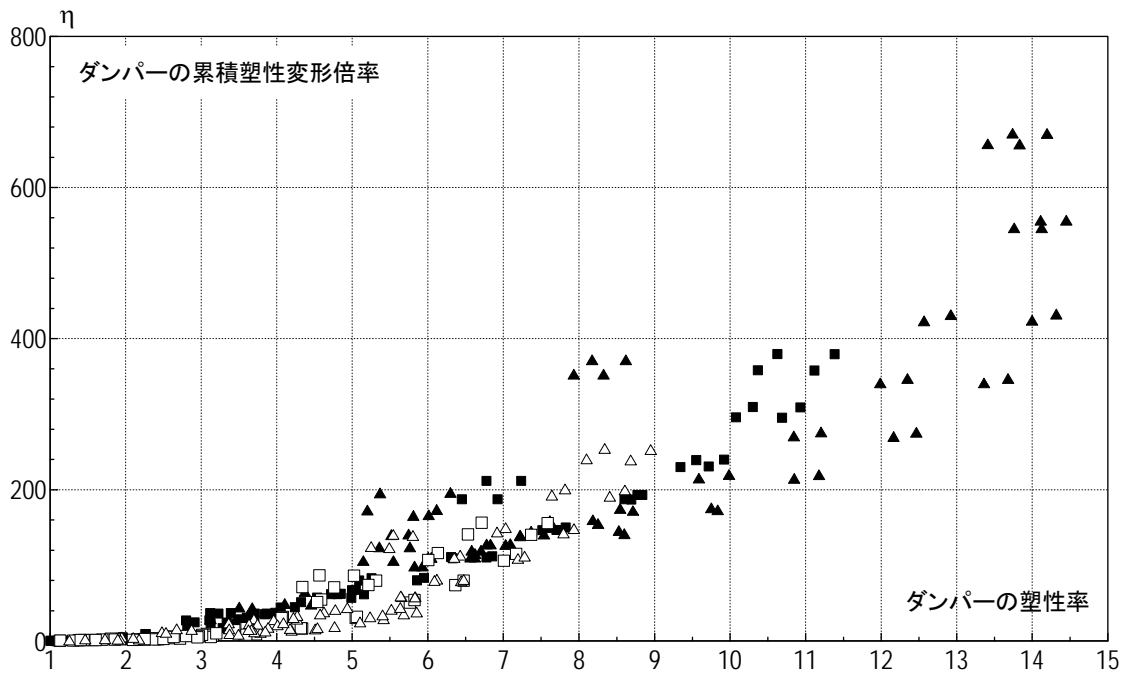


図 4. 2. 7-27 履歴型ダンパーの累積塑性変形倍率と塑性率の関係

層塑性率と部材の最大塑性率の関係と、層と部材の累積塑性変形倍率の関係を示す。

図から、層塑性率と梁部材の塑性率に相関関係を見た。

また、層の累積塑性変形倍と部材の累積塑性変形倍率が高い相関関係を示していることが分かった。

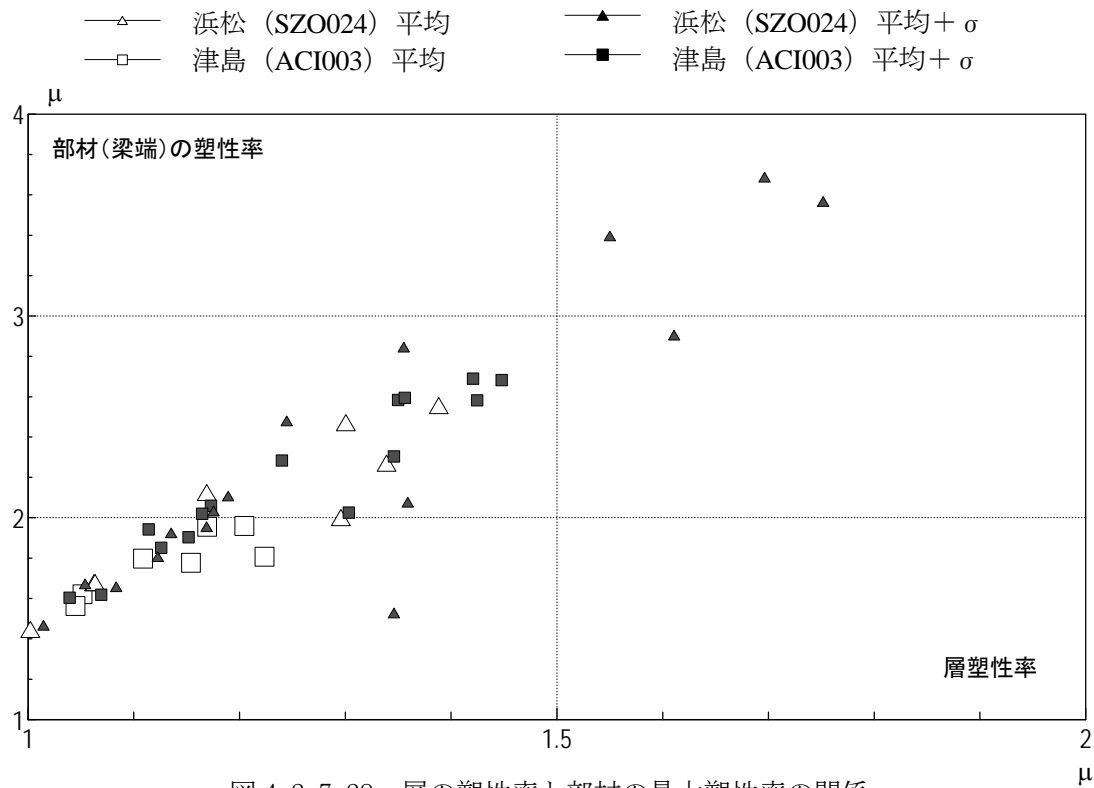


図 4. 2. 7-28 層の塑性率と部材の最大塑性率の関係

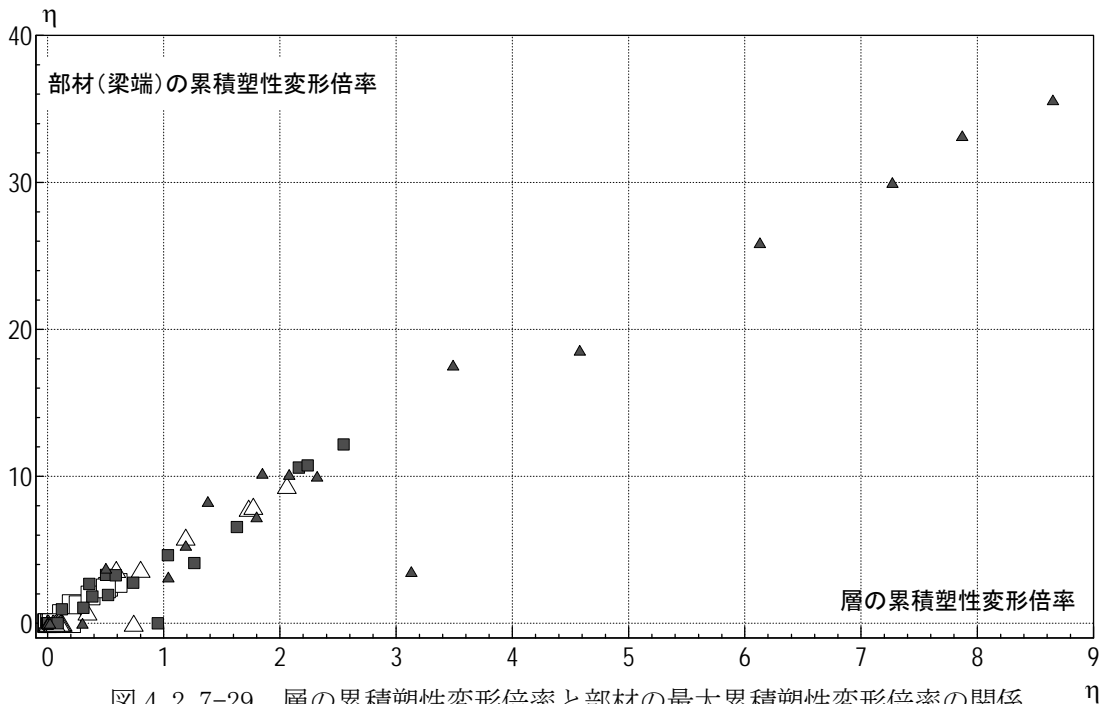


図 4. 2. 7-29 層の累積塑性変形倍率と部材の最大累積塑性変形倍率の関係

4-2-7-5 まとめ

S造 80m級の耐震・制振モデルを用いた、部材レベル応答解析の結果を以下に要約する。

層応答と部材応答の関係

- ・部材レベルで損傷評価を行った結果、梁部材や履歴型制振ダンパーの塑性率と累積塑性変形倍率の値に相関関係があった。
 - 梁部材では、累世塑性変形倍率が塑性率の1～10倍の値となり、津島では1～3倍程度、浜松では、3～10倍程度と、地点ごとの傾向も見られた。
 - 履歴型ダンパーでは、地点ごとの傾向はあまり見られず、累積塑性変形倍率が、塑性率の10～30倍の関係にあった。
- ・層の塑性率と、該当層に所属する梁部材の最大塑性率の関係にも相関がみられ、部材の最大塑性率は、層の塑性率の約2倍程度の値となった。
- ・層の累積塑性変形倍率と該当層に所属する梁部材の最大累積塑性変形倍率の関係は、明確な相関関係を示し、部材の最大累積塑性変形倍率が、層の累積塑性変形倍率の約4倍前後の値をとることが分かった。

制振効果

- ・耐震モデルでは、浜松平均+ σ 波で層間変形角 $R=1/62$ の大きな変形となり、設計クライテリア $R=1/100$ を満足していないが、履歴型制振ダンパーを付与した制振モデルとすることで、概ね $R=1/100$ 程度に収めることが出来た。
- ・制振モデルは、浜松平均波、津島平均波、津島平均+ σ 波に対して主架構を弾性に保つことが出来た。浜松平均+ σ 波に対しては、境界梁などの一部の梁が塑性化したものの、長周期地震動で問題となる累積損傷の観点から評価すれば、耐震モデルに比べて大幅に損傷を低減できており、制振補強が有効であることを確認した。
- ・頂部変形の時刻歴を見ると、耐震モデルが大変形を繰り返しているのに対して、制振モデルの応答は、揺れが増幅せず、早期に減衰していることが確認できた。このことから、制振補強によって構造体や室内空間の被害を低減できるといえる。
- ・また、耐震モデルの残留変形が7.5～2.3cmであったのに対し、制振モデルでは、0.4～0.19cmと小さく、耐震モデルの1/10程度になる。

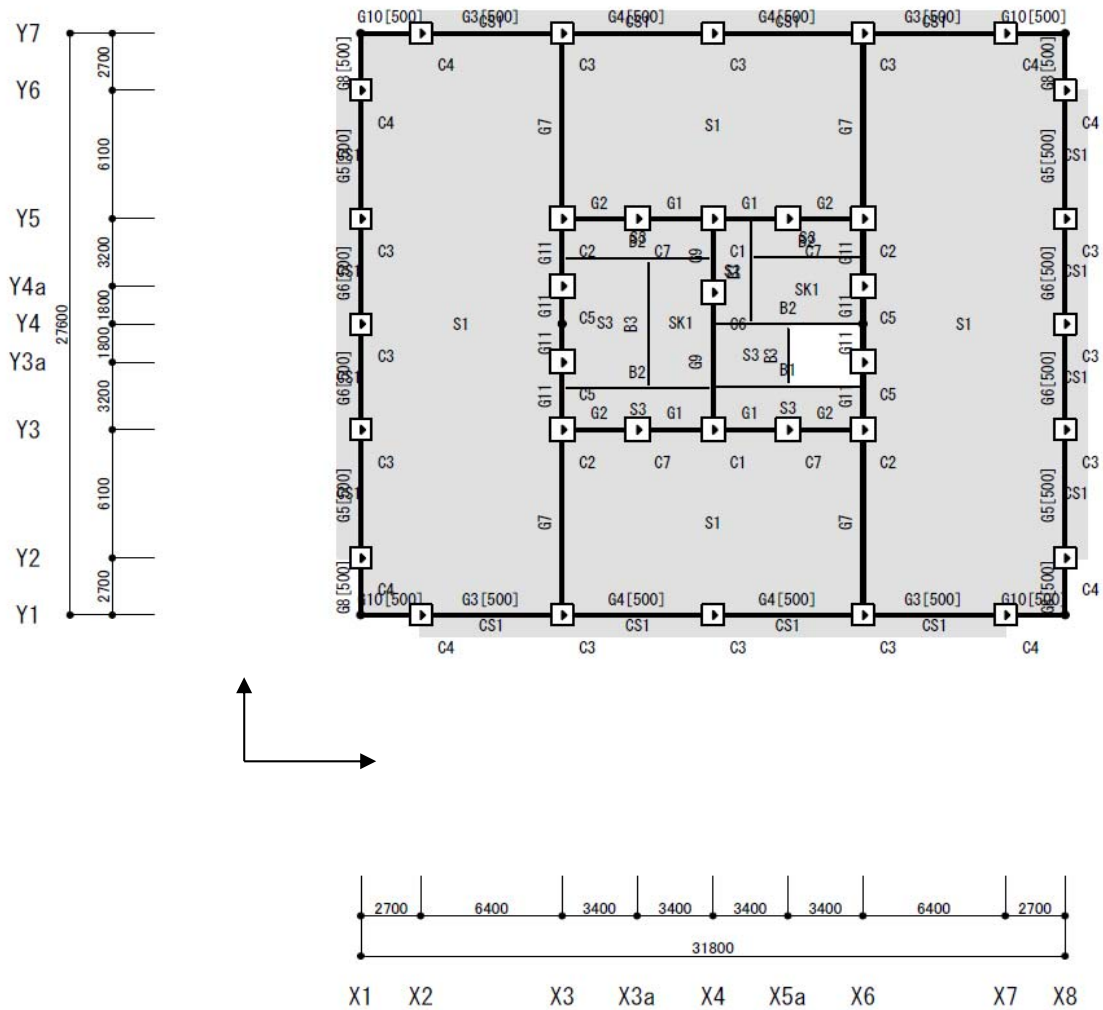


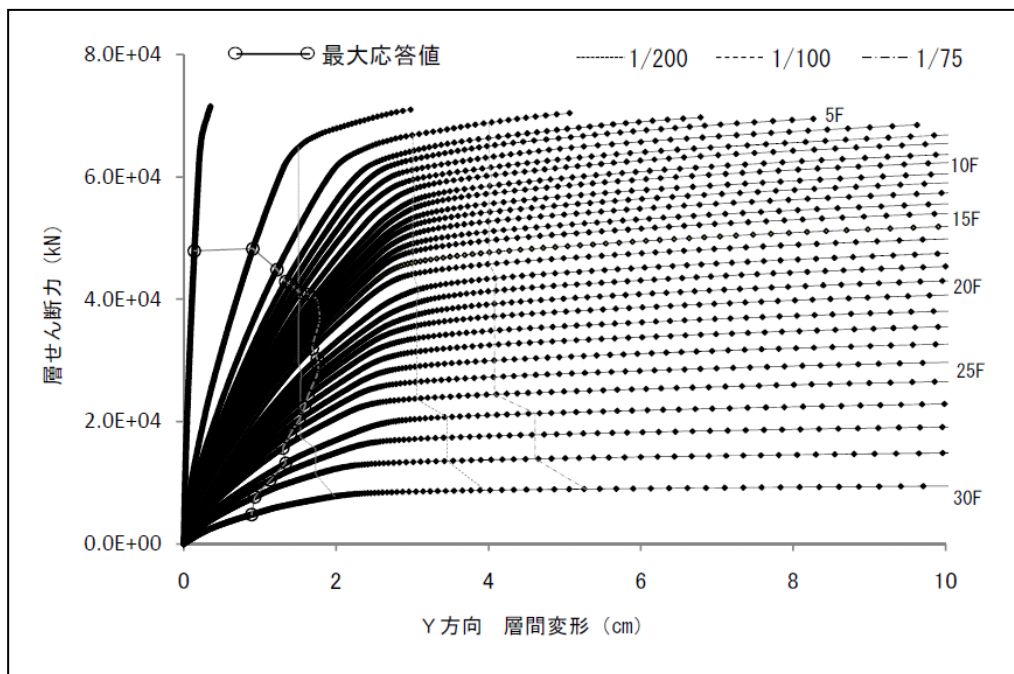
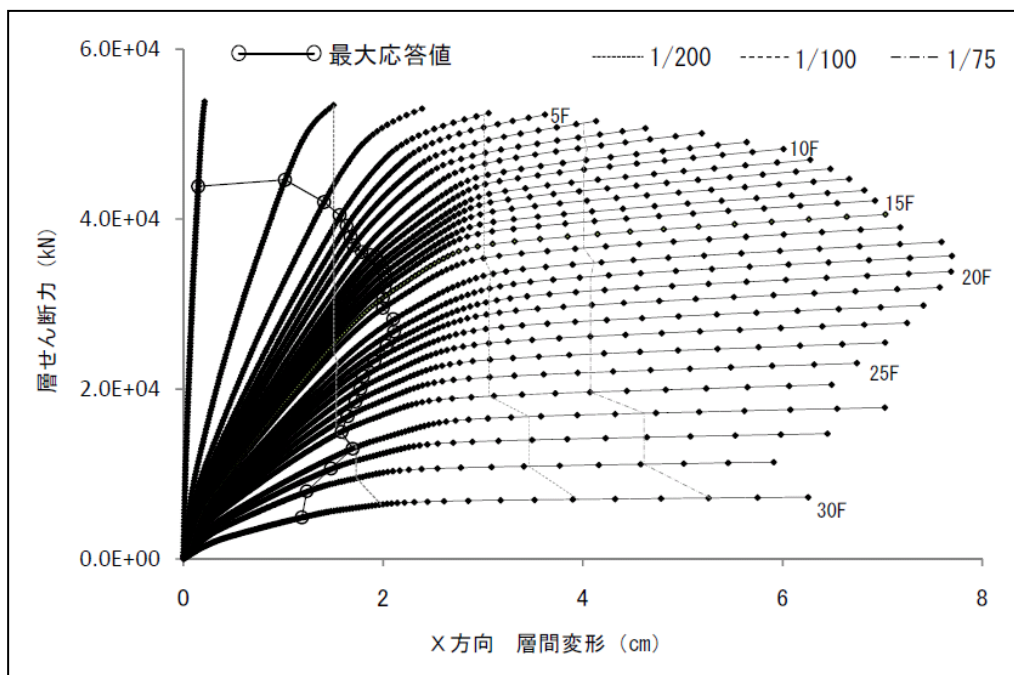
図 4. 3. 1-1 基準階架構平面図

使用材料と代表断面

コンクリート	Fc30～Fc60
鉄筋	主筋 SD345～SD685 せん断補強筋 SD390、SPR785
柱代表断面	1000x1000
梁代表断面	900x650

4-3-1-3 静的漸増载荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係（層間変位・層せん断力の関係）



荷重変形関係

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力（係数）の一覧表（最大層間変形角 約 1/ 75 時点）

層せん断力係数

階	ΣW (kN)	X 方向（長手方向）		Y 方向（短手方向）	
		層せん断力 (kN)	層せん断力係数	層せん断力 (kN)	層せん断力係数
30F	12,354	6,738	0.545	8,422	0.682
20F	134,945	31,402	0.233	39,252	0.291
10F	259,111	44,801	0.173	56,001	0.216
1F	373,403	49,999	0.134	62,500	0.167

4-3-1-4 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
R C 90m級	此花平均	177.8	30.98	1/231	0.78	—	0.392
	津島平均	197.3	33.03	1/215	0.82	—	0.326
	浜松平均	302.9	47.32	1/151	1.19	—	0.602
	新宿平均	84.0	10.19	1/649	0.24	—	0.315
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花平均	199.5	28.65	1/247	0.89	—	0.429
	津島平均	241.8	32.28	1/221	0.95	—	0.358
	浜松平均	317.1	43.76	1/159	1.69	—	0.465
	新宿平均	76.7	8.36	1/745	0.31	—	0.221

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
R C 90m級	此花平均+σ	275.4	56.53	1/121	1.65	—	0.050
	津島平均+σ	393.0	55.48	1/115	1.74	—	1.826
	浜松平均+σ	535.5	77.23	1/79	2.93	—	4.154
	新宿平均+σ	108.7	19.80	1/347	0.48	—	0.289
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花平均+σ	294.2	50.02	1/142	2.24	—	1.027
	津島平均+σ	380.6	49.14	1/136	2.36	—	1.369
	浜松平均+σ	513.2	75.80	1/89	5.07	—	1.731
	新宿平均+σ	141.9	17.51	1/386	0.55	—	0.640

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを第一折れ点の層せん断力と層間変形の積で除した値

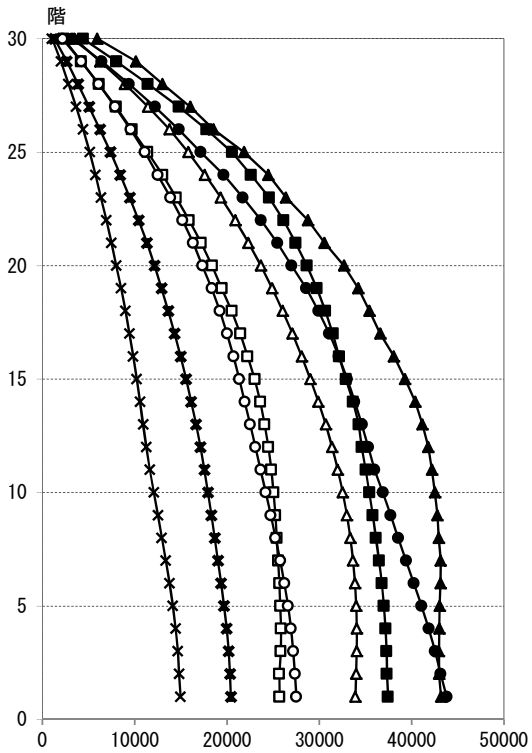
注 2) 塑性率の定義：部材レベルの材端曲げ塑性率を採用し、第二折れ点（曲げ降伏時材端回転角）からの変形増大倍率（ δ_{max}/δ_y ）とする

(1)～(8)の事項について示す。

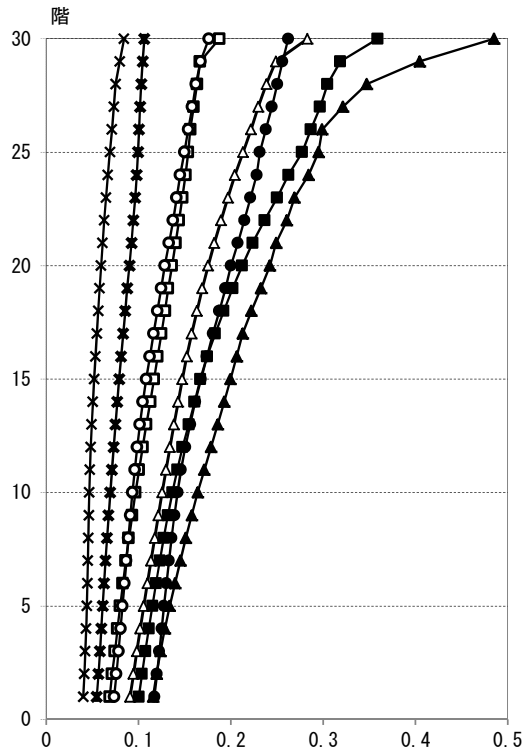
- (1) 最大応答層せん断力の高さ方向の分布
- (2) 最大応答層せん断力係数の高さ方向の分布
- (3) 最大応答層間変形角の高さ方向の分布
- (4) 層の最大応答部材（梁）塑性率の高さ方向の分布
- (5) 層の累積塑性歪エネルギーの高さ方向の分布
- (6) 最大応答転倒モーメントの高さ方向の分布
- (7) 最大応答加速度の高さ方向の分布
- (8) 最大応答水平変位の高さ方向分布

R C 90m級モデルでは、平均波に対する最大層間変形角は設計クライテリアである $1/100$ を満足する結果となっている。平均+ σ 波では、浜松平均+ σ に対する最大層間変形角が $1/79$ に達するが、それ以外の地震動に対して $1/100$ を満足している。また、梁部材端塑性率でも浜松平均+ σ ではY方向で5.07に達し、部材端塑性率のクライテリアである4.0を超える応答を示した。

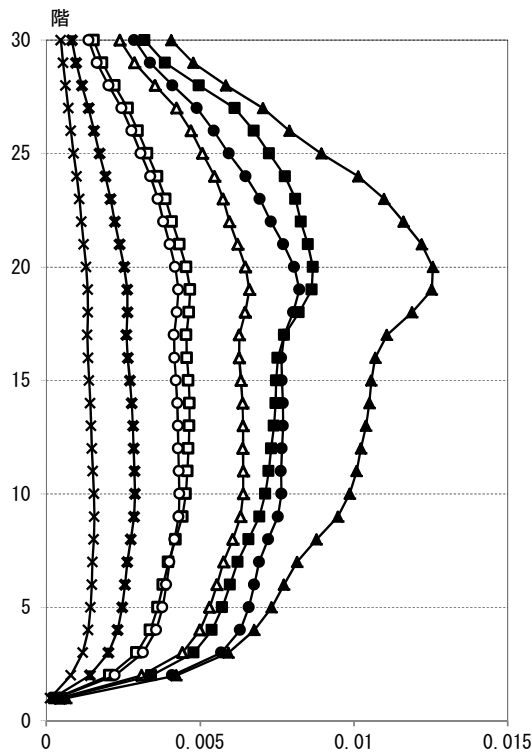
平均波と平均+ σ 波の比較では、平均+ σ 波に対する応答値が、層間変形角で概ね1.5～2倍程度に達し、梁部材端塑性率で概ね2～3倍程度に進展している。



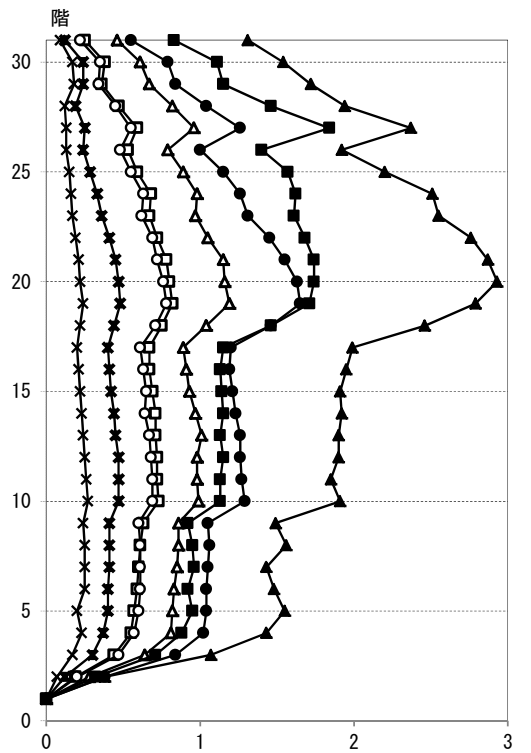
最大応答層せん断力 (kN)



最大応答層せん断力係数

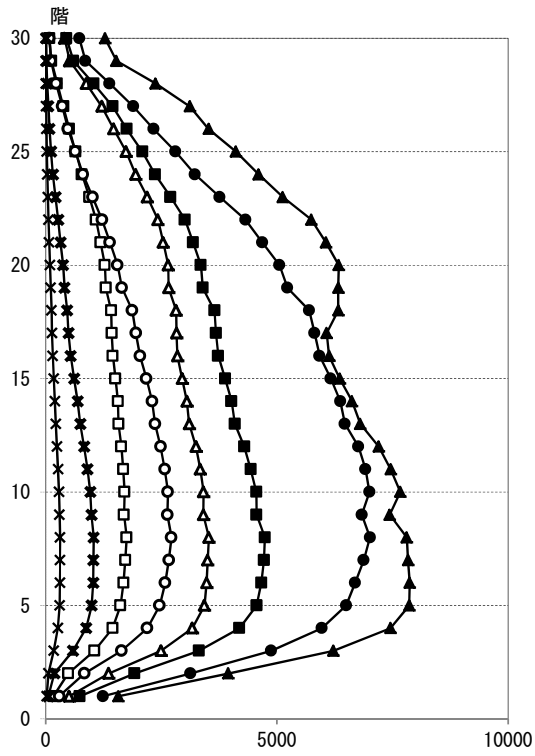
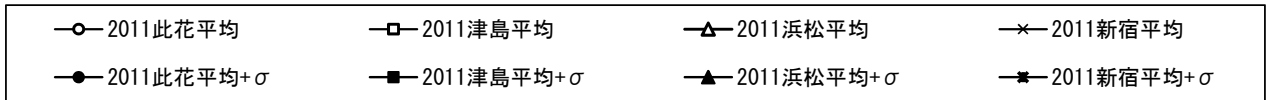


最大応答層間変形角 (rad)

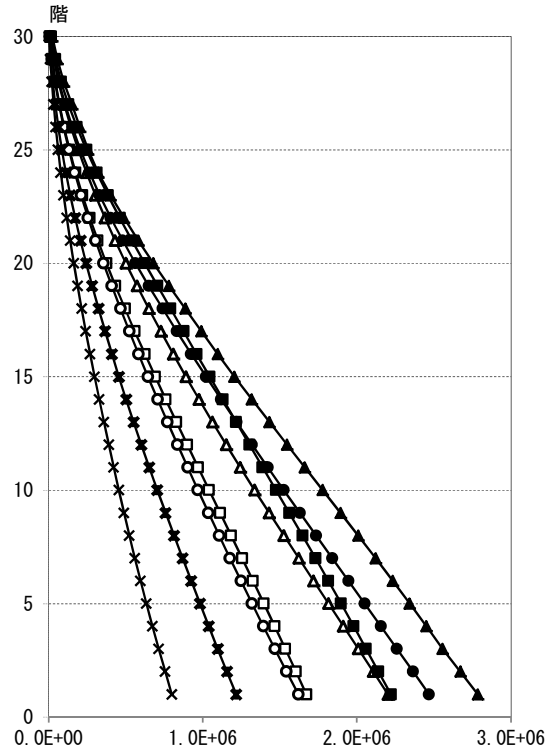


最大応答部材塑性率 (梁)

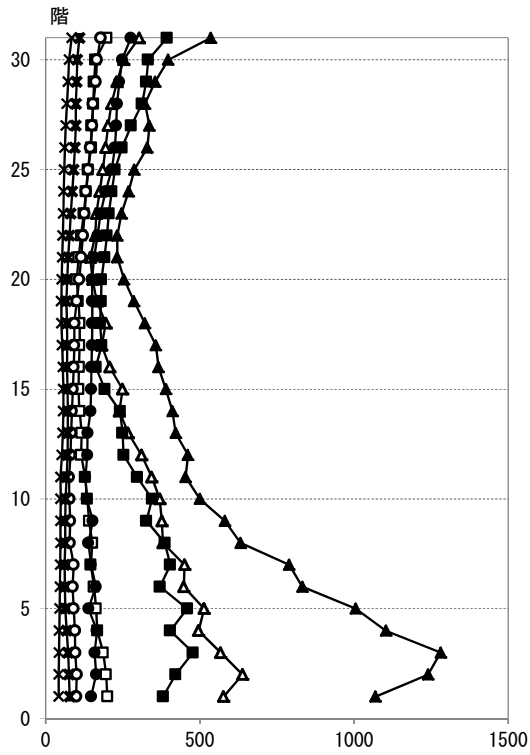
図 4.3.1-5 X方向最大応答値(1) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】



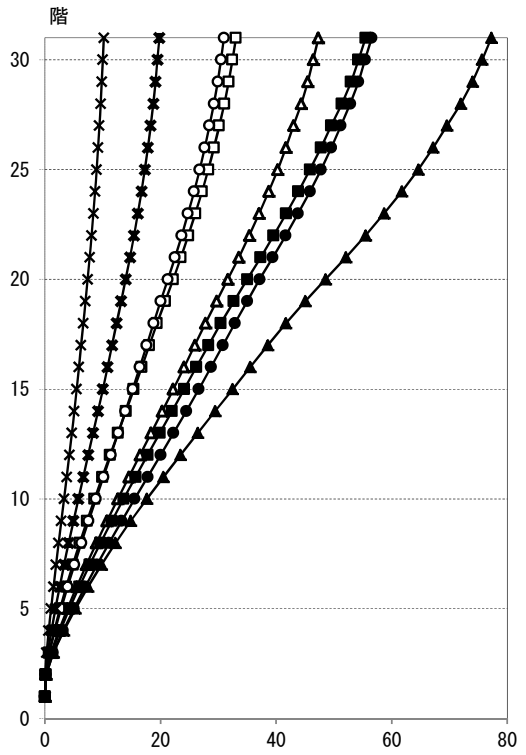
層累積塑性歪エネルギー (kN·m)



最大応答転倒モーメント (kN·m)

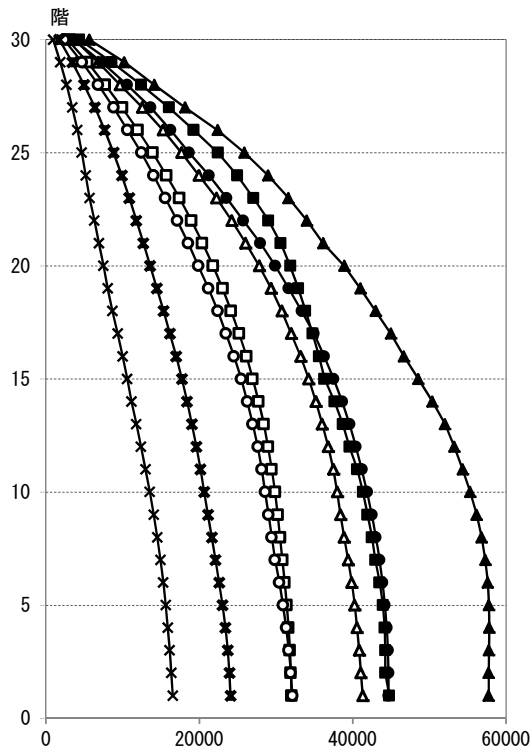
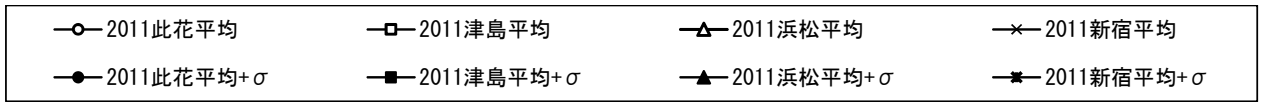


最大応答加速度 (cm/s/s)

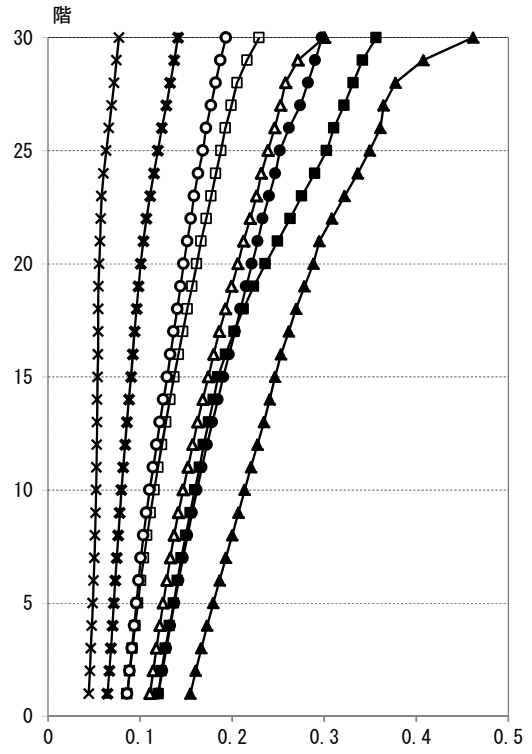


最大応答水平変位 (cm)

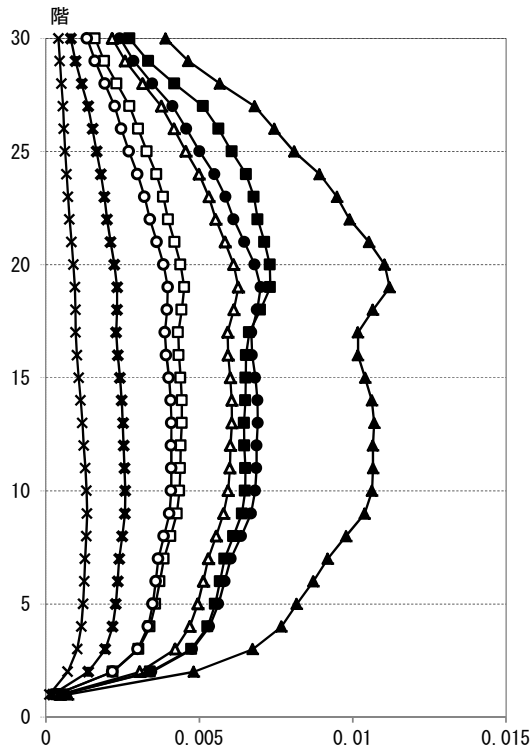
図 4.3.1-6 X方向最大応答値(2) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】



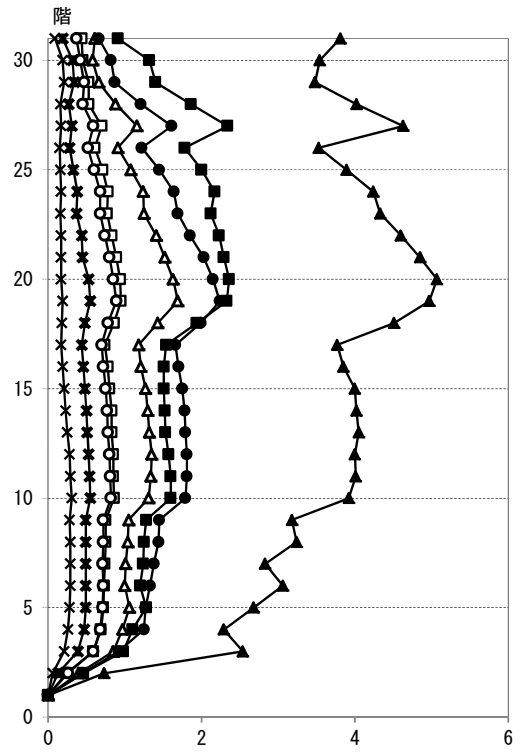
最大応答層せん断力 (kN)



最大応答層せん断力係数

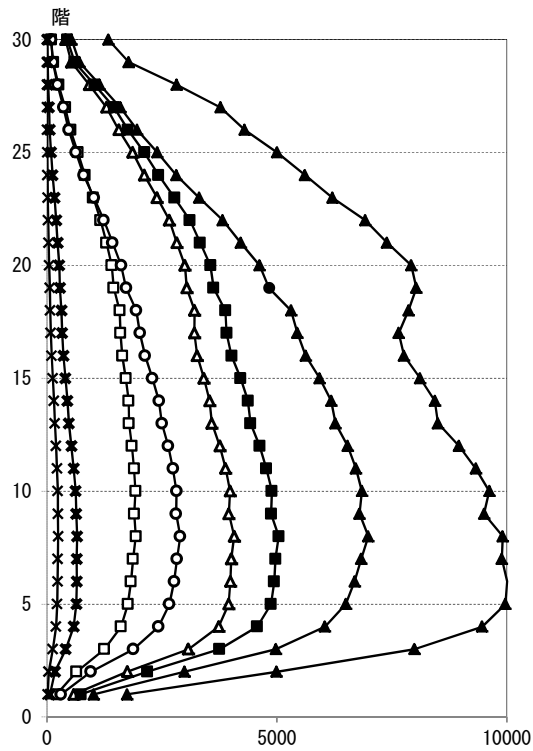


最大応答層間変形角 (rad)

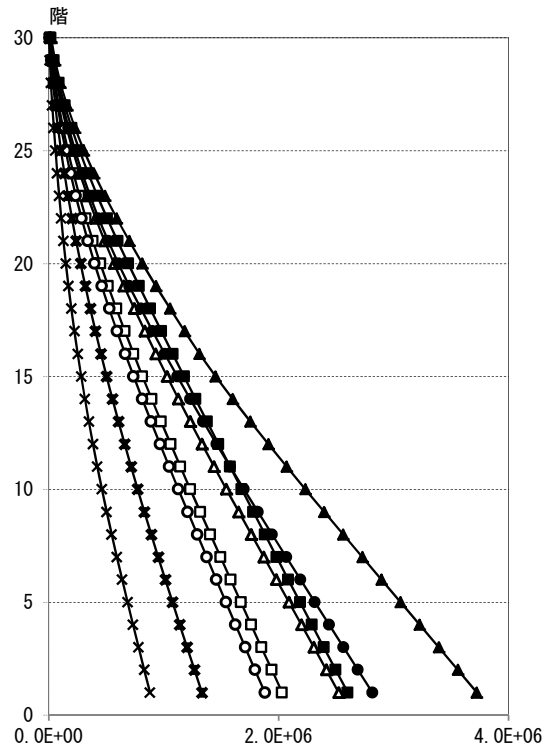


最大応答部材塑性率 (梁)

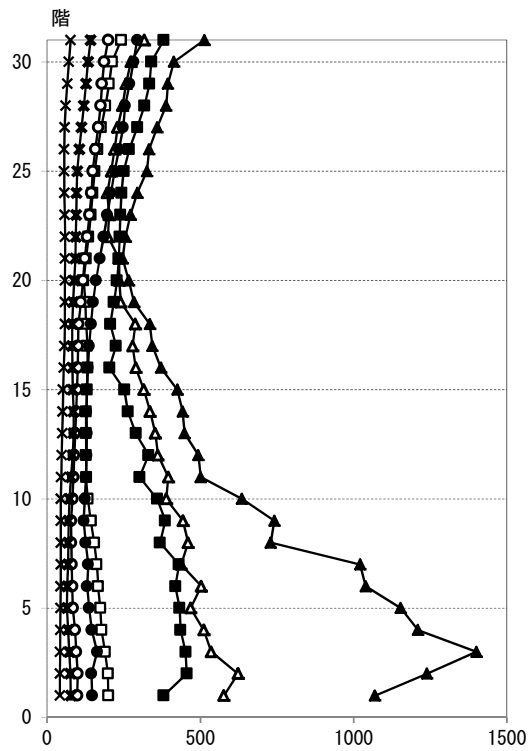
図 4.3.1-7 Y方向最大応答値(1)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】



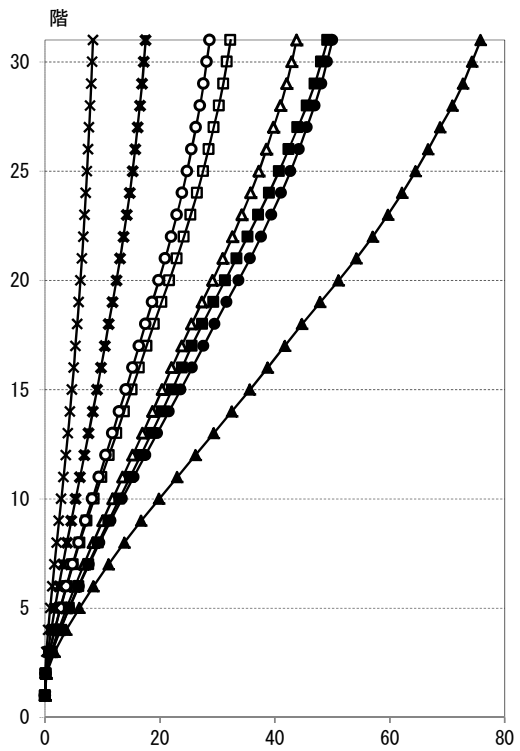
層累積塑性歪エネルギー (kN·m)



最大応答転倒モーメント (kN·m)



最大応答加速度 (cm/s/s)



最大応答水平変位 (cm)

図 4.3.1-8 Y方向最大応答値(2)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-3-1-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
R C 90m級	此花平均	177.8	30.98	1/231	0.78	—	0.392
	津島平均	197.3	33.03	1/215	0.82	—	0.326
	新宿平均	84.0	10.19	1/649	0.24	—	0.315
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花平均	199.5	28.65	1/247	0.89	—	0.429
	津島平均	241.8	32.28	1/221	0.95	—	0.358
	新宿平均	76.7	8.36	1/745	0.31	—	0.221

2009 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
R C 90m級	此花平均	131.2	20.96	1/326	0.54	—	0.87
	津島平均	248.3	38.22	1/185	0.93	—	0.49
	新宿平均	114.8	16.09	1/405	0.42	—	0.08
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花平均	145.8	20.78	1/337	0.66	—	0.33
	津島平均	272.3	33.79	1/208	1.05	—	0.81
	新宿平均	123.3	15.17	1/441	0.49	—	0.16

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを第一折れ点の層せん断力と層間変形の積で除した値

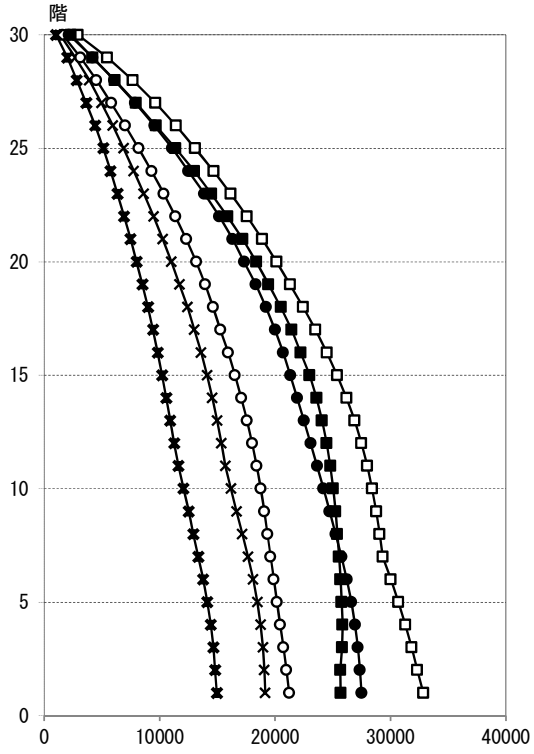
注 2) 塑性率の定義：部材レベルの材端曲げ塑性率を採用し、第二折れ点（曲げ降伏時材端回転角）からの変形増大倍率（ δ_{max}/δ_y ）とする

(1)～(8)の事項について示す。

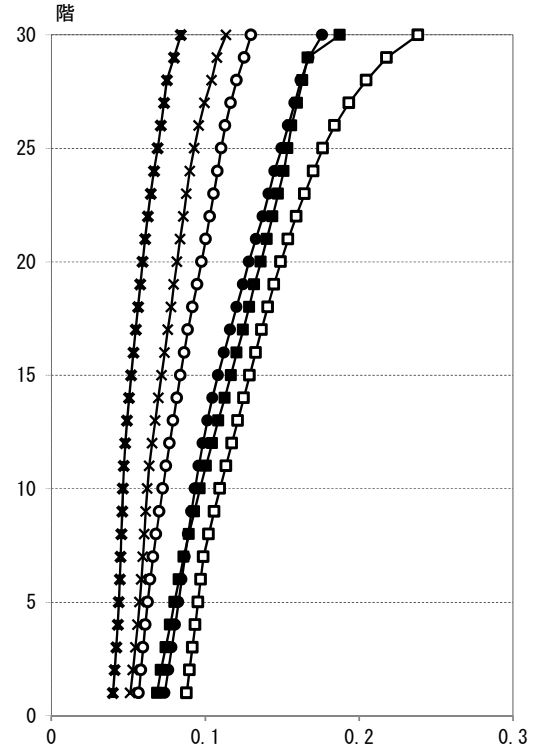
- (1) 最大応答層せん断力の高さ方向の分布
- (2) 最大応答層せん断力係数の高さ方向の分布
- (3) 最大応答層間変形角の高さ方向の分布
- (4) 層の最大応答部材（梁）塑性率の高さ方向の分布
- (5) 層の累積塑性歪エネルギーの高さ方向の分布
- (6) 最大応答転倒モーメントの高さ方向の分布
- (7) 最大応答加速度の高さ方向の分布
- (8) 最大応答水平変位の高さ方向分布

RC90m級モデルでは、此花平均波で2009地震動に対して2011地震動の応答値が概ね30～50%程度増加した。一方、津島平均波、および新宿平均波では2009地震動に対して2011地震の応答値が10～20%程度減少した。

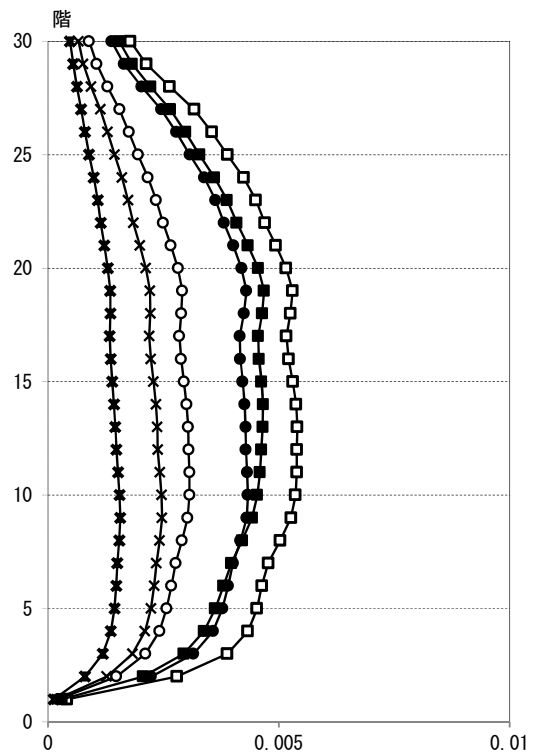
いずれの地震動に対しても、最大層間変形角の設計クライテリアである1/100を満足する結果となっている。



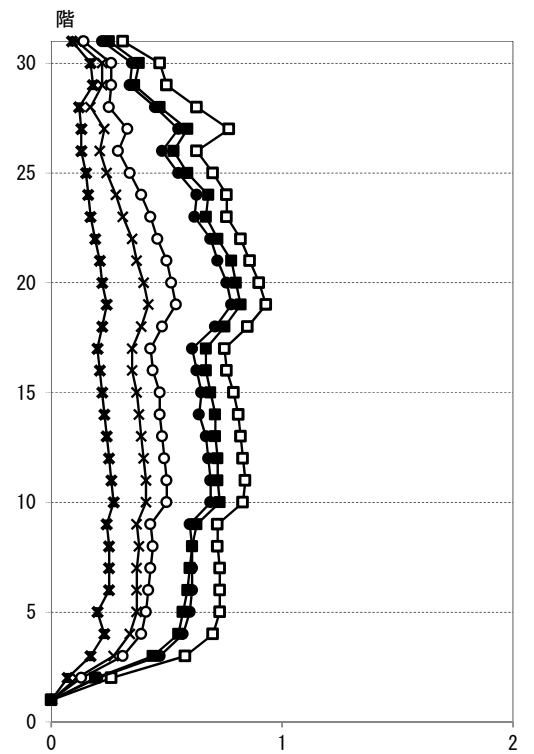
最大応答層せん断力 (kN)



最大応答層せん断力係数

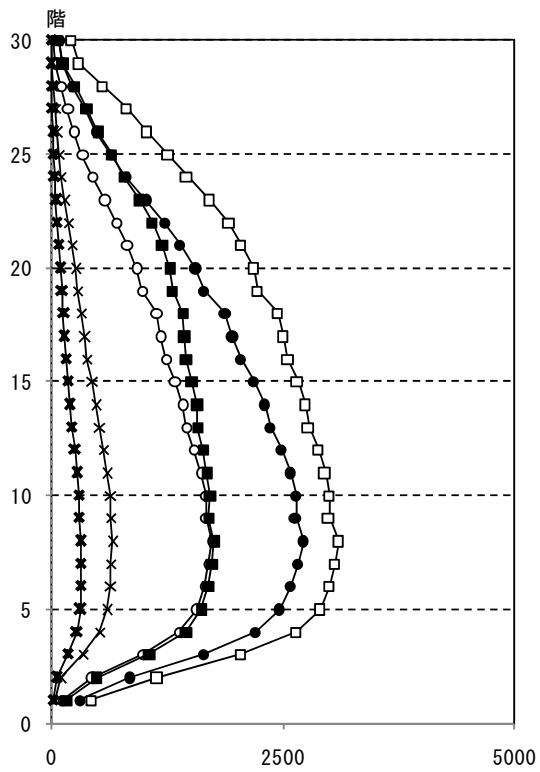
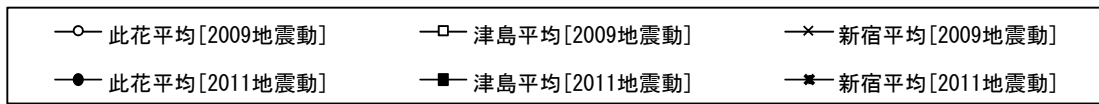


最大応答層間変形角 (rad)

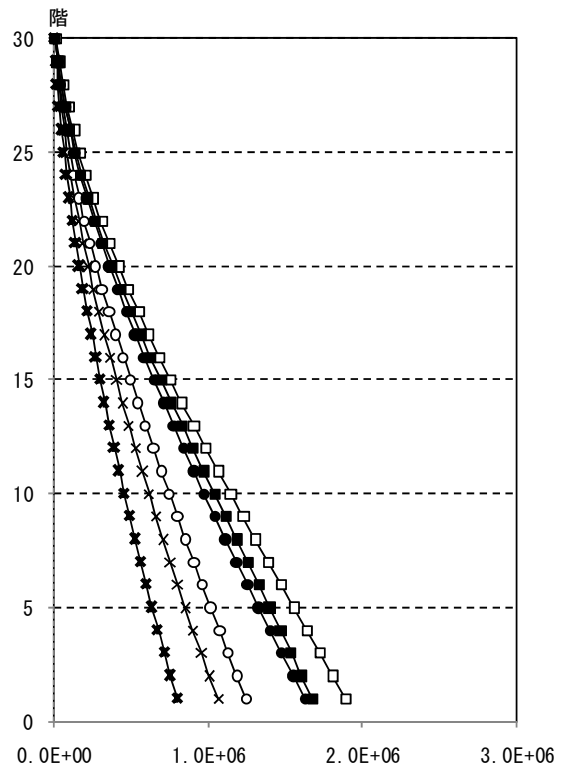


最大応答部材塑性率 (梁)

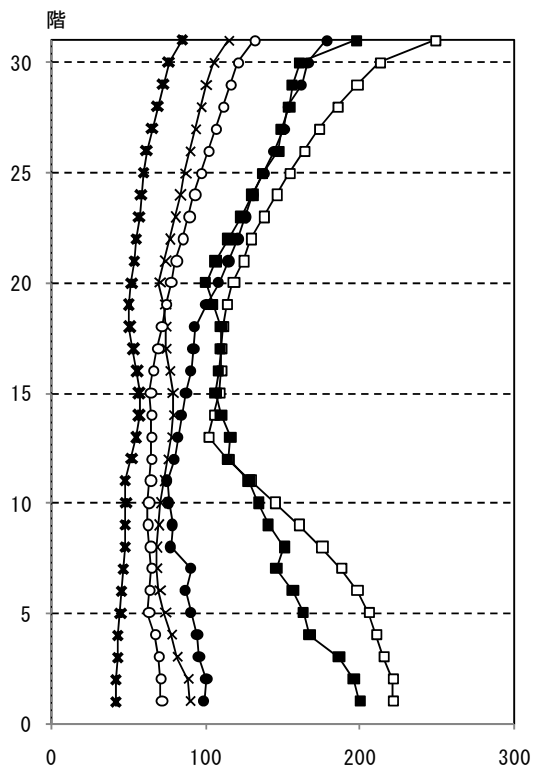
図 4.3.1-9 X方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】



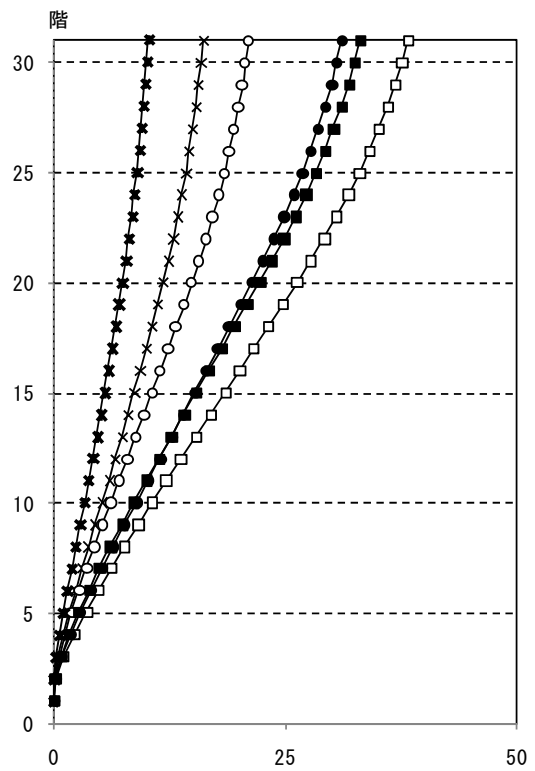
層累積塑性歪エネルギー (kN・m)



最大応答転倒モーメント (kN・m)

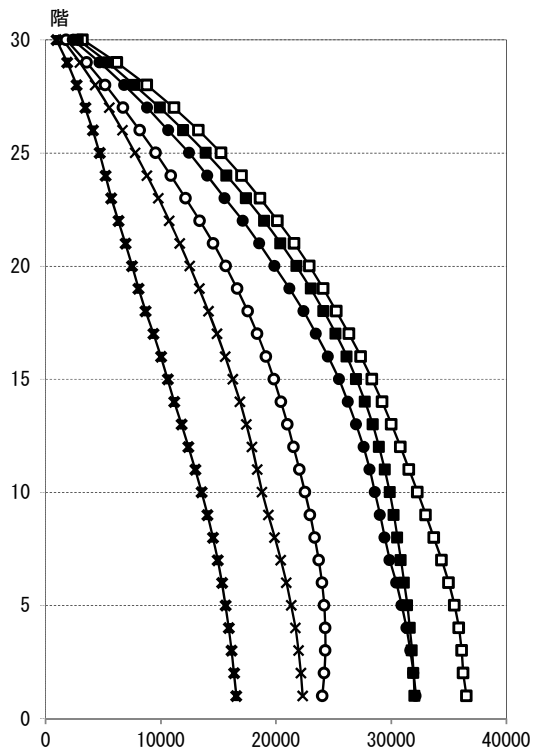


最大応答加速度 (cm/s/s)

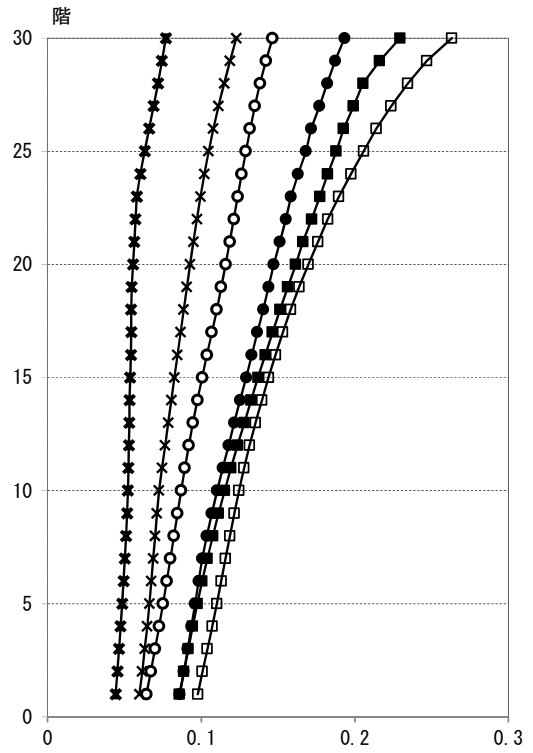


最大応答水平変位 (cm)

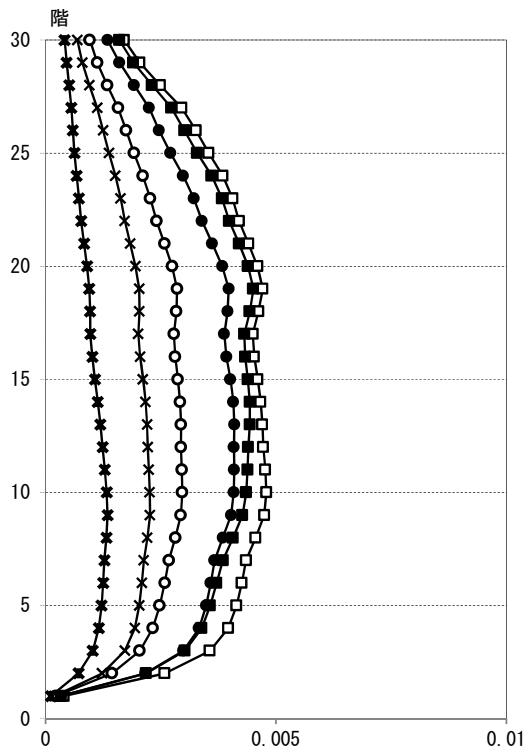
図 4.3.1-10 X方向最大応答値(2) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】



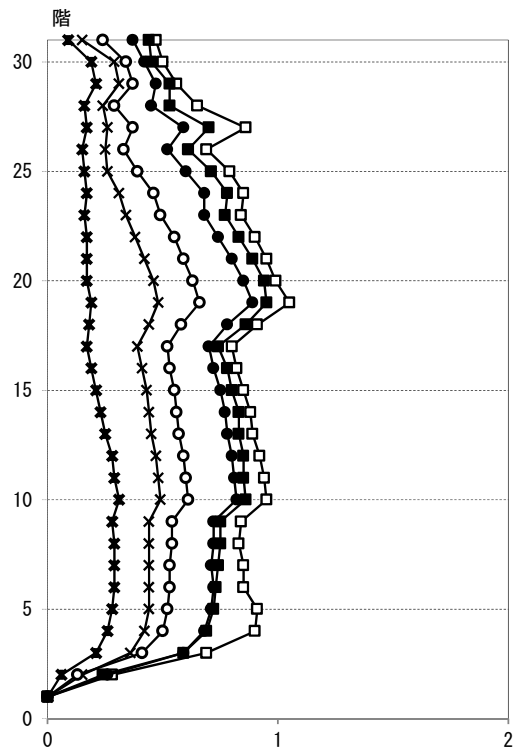
最大応答層せん断力 (kN)



最大応答層せん断力係数

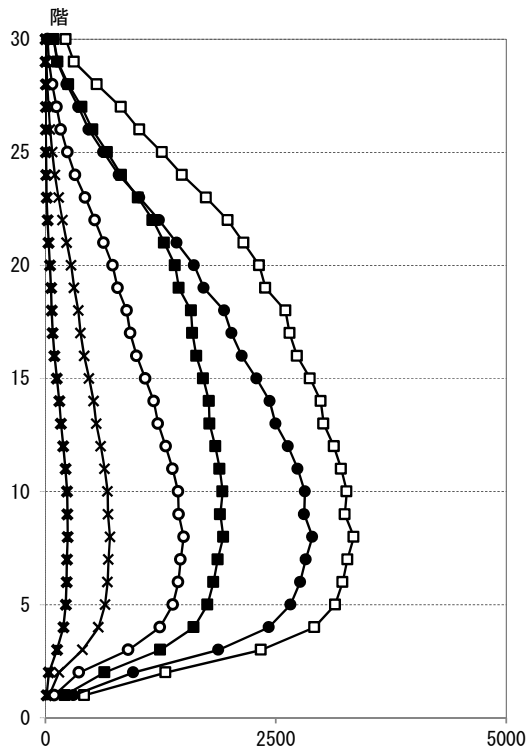
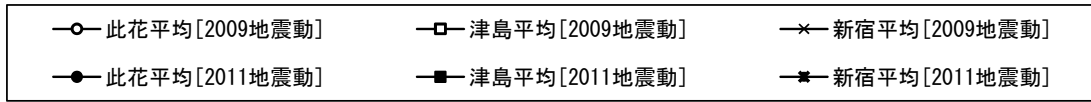


最大応答層間変形角 (rad)

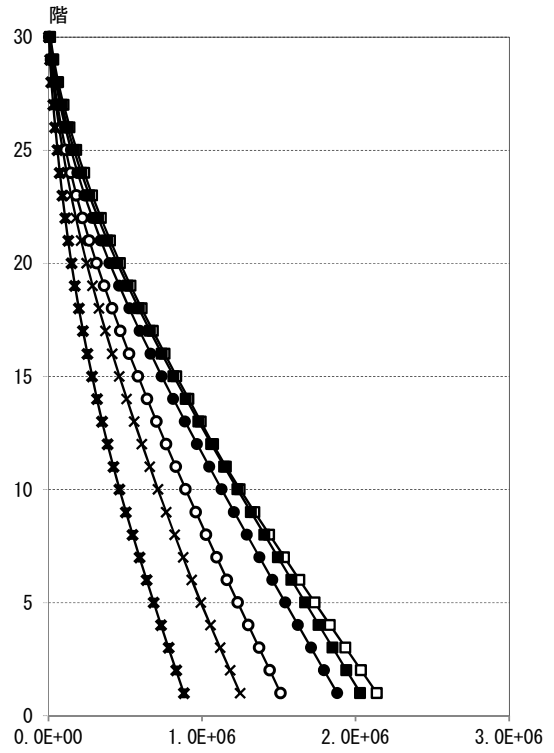


最大応答部材塑性率 (梁)

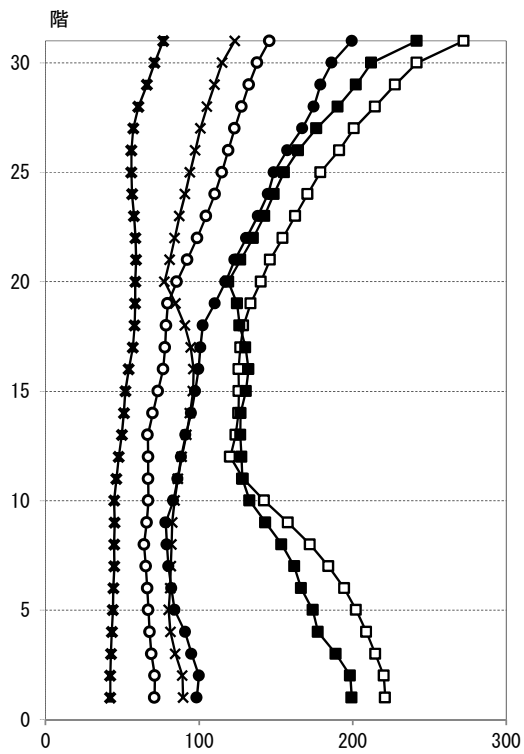
図 4.3.1-11 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】



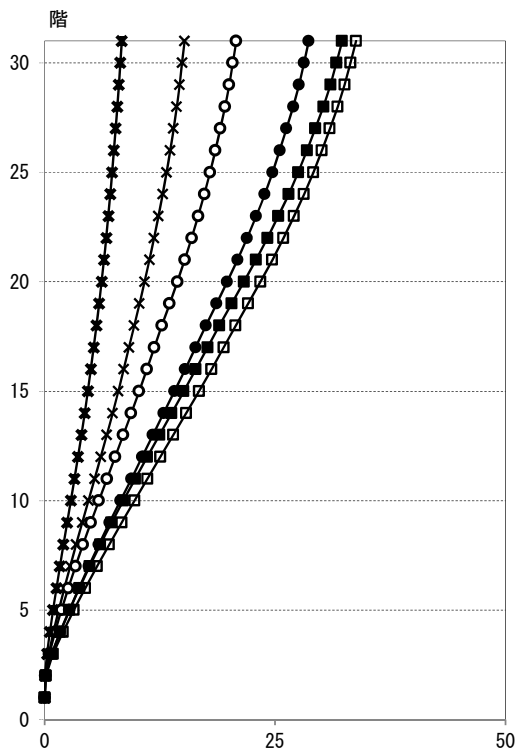
層累積塑性歪エネルギー (kN・m)



最大応答転倒モーメント (kN・m)



最大応答加速度 (cm/s/s)



最大応答水平変位 (cm)

図 4.3.1-12 Y方向最大応答値(2) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

4-3-1-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波の比較

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 90m級	此花平均+σ	275.4	56.53	1/121	1.65	—	0.050
	津島平均+σ	393.0	55.48	1/115	1.74	—	1.826
	新宿平均+σ	108.7	19.80	1/347	0.48	—	0.289
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花平均+σ	294.2	50.02	1/142	2.24	—	1.027
	津島平均+σ	380.6	49.14	1/136	2.36	—	1.369
	新宿平均+σ	141.9	17.51	1/386	0.55	—	0.640

2009 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 90m級	此花平均+σ	243.4	37.54	1/193	0.88	—	0.245
	津島平均+σ	351.2	59.57	1/118	1.70	—	0.352
	新宿平均+σ	171.3	26.29	1/258	0.67	—	0.352
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	部材端 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花平均+σ	268.0	31.10	1/223	0.99	—	0.582
	津島平均+σ	369.3	57.84	1/121	3.03	—	1.169
	新宿平均+σ	192.5	25.92	1/273	0.81	—	0.850

注 1) 累積塑性変形倍率の定義：各層の塑性歪エネルギーを第一折れ点の層せん断力と層間変形の積で除した値

注 2) 塑性率の定義：部材レベルの材端曲げ塑性率を採用し、第二折れ点（曲げ降伏時材端回転角）からの変形増大倍率（ δ_{max}/δ_y ）とする

(1)～(8)の事項について示す。

- (1) 最大応答層せん断力の高さ方向の分布
- (2) 最大応答層せん断力係数の高さ方向の分布
- (3) 最大応答層間変形角の高さ方向の分布
- (4) 層の最大応答部材（梁）塑性率の高さ方向の分布
- (5) 層の累積塑性歪エネルギーの高さ方向の分布
- (6) 最大応答転倒モーメントの高さ方向の分布
- (7) 最大応答加速度の高さ方向の分布
- (8) 最大応答水平変位の高さ方向分布

R C 90m級モデルでは、平均波に対する応答結果と同様の傾向を示したが、津島の応答加速度のみ大小関係が逆転した。

いずれの地震動に対しても、最大層間変形角の設計クライテリアである $1/100$ を満足する結果となっている。

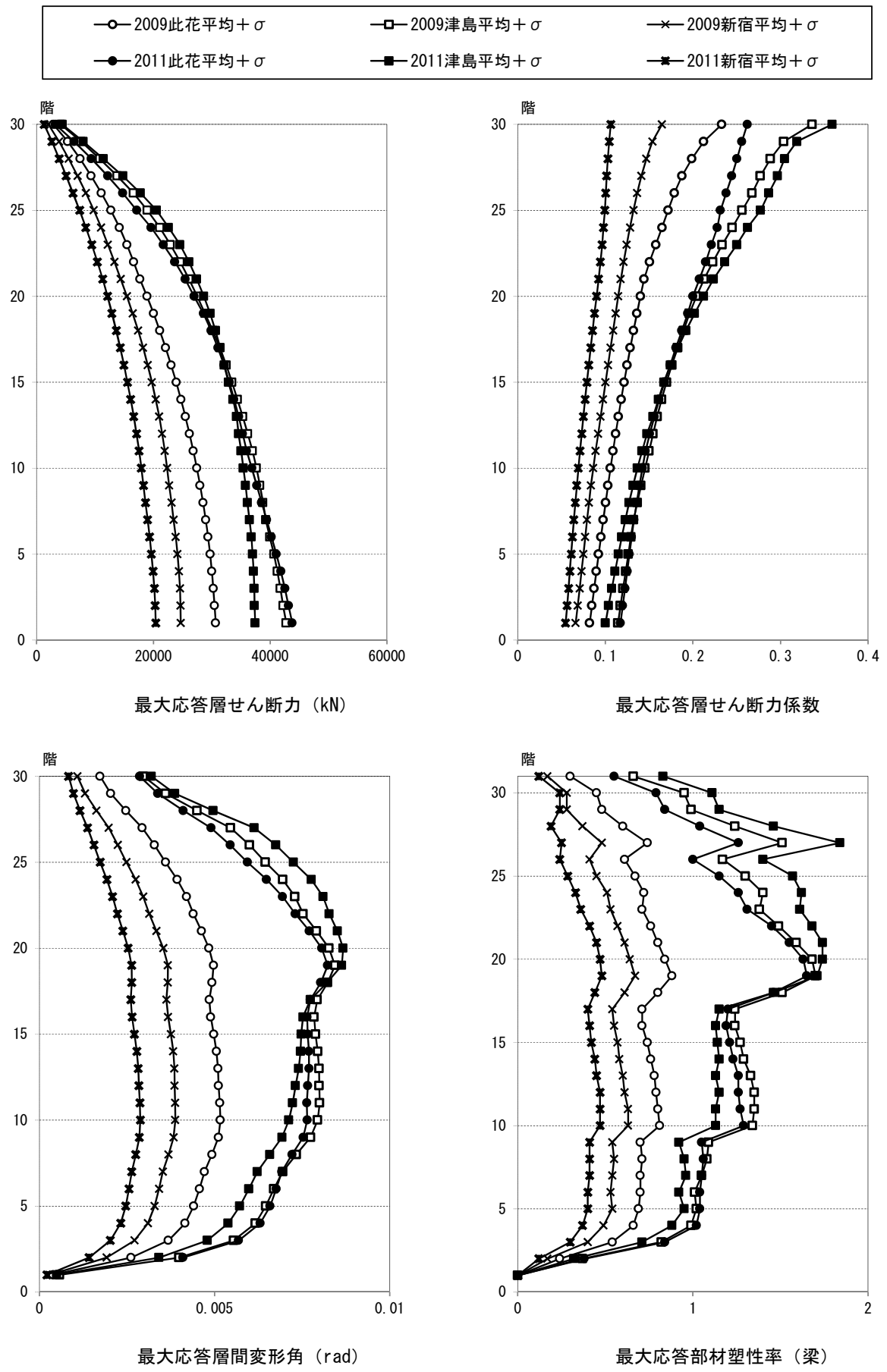


図 4.3.1-13 X方向最大応答値(1)【2011地震動平均 + σ 波と2009地震動平均 + σ 波の比較】

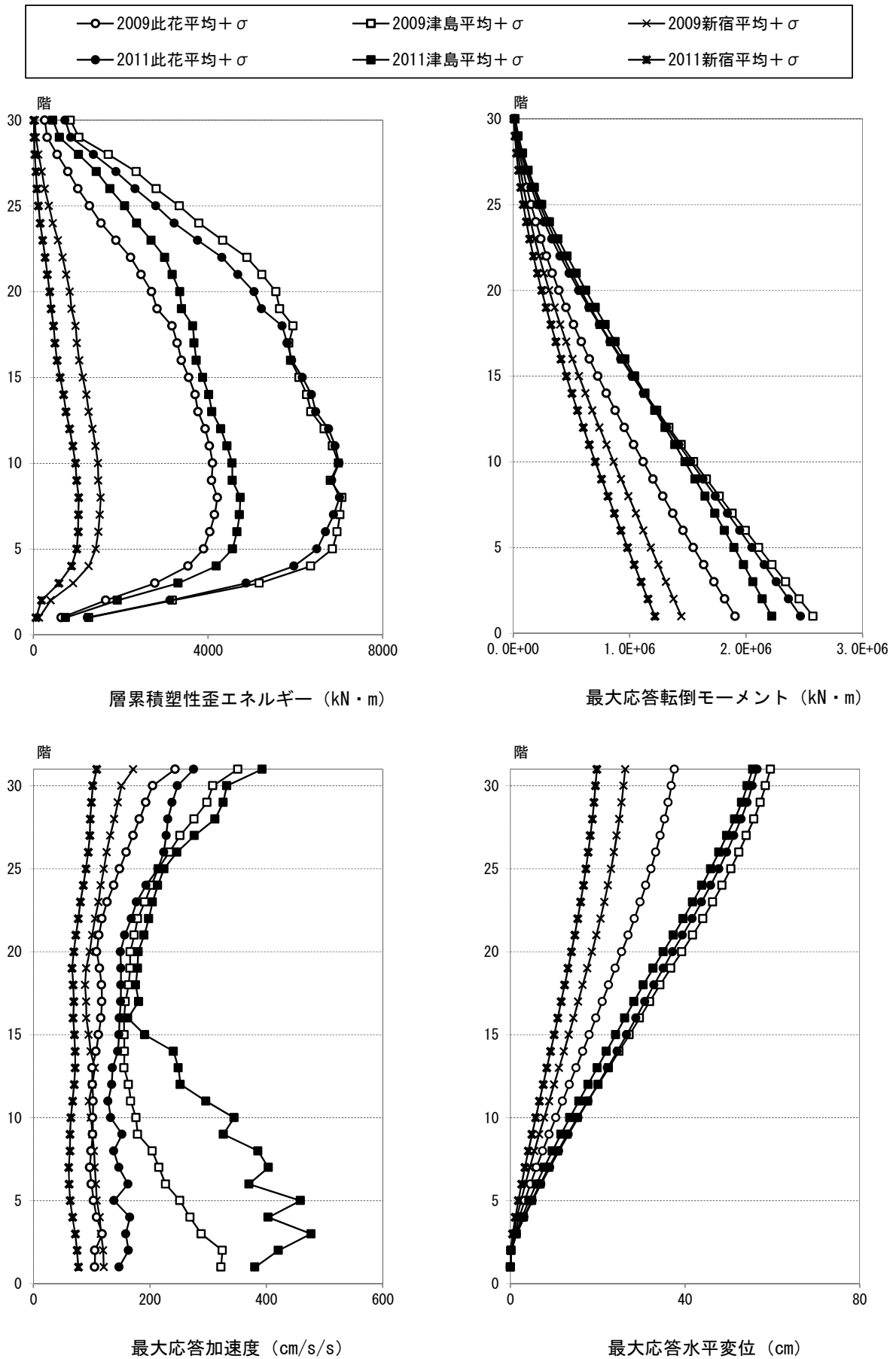


図 4.3.1-14 X方向最大応答値(2)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

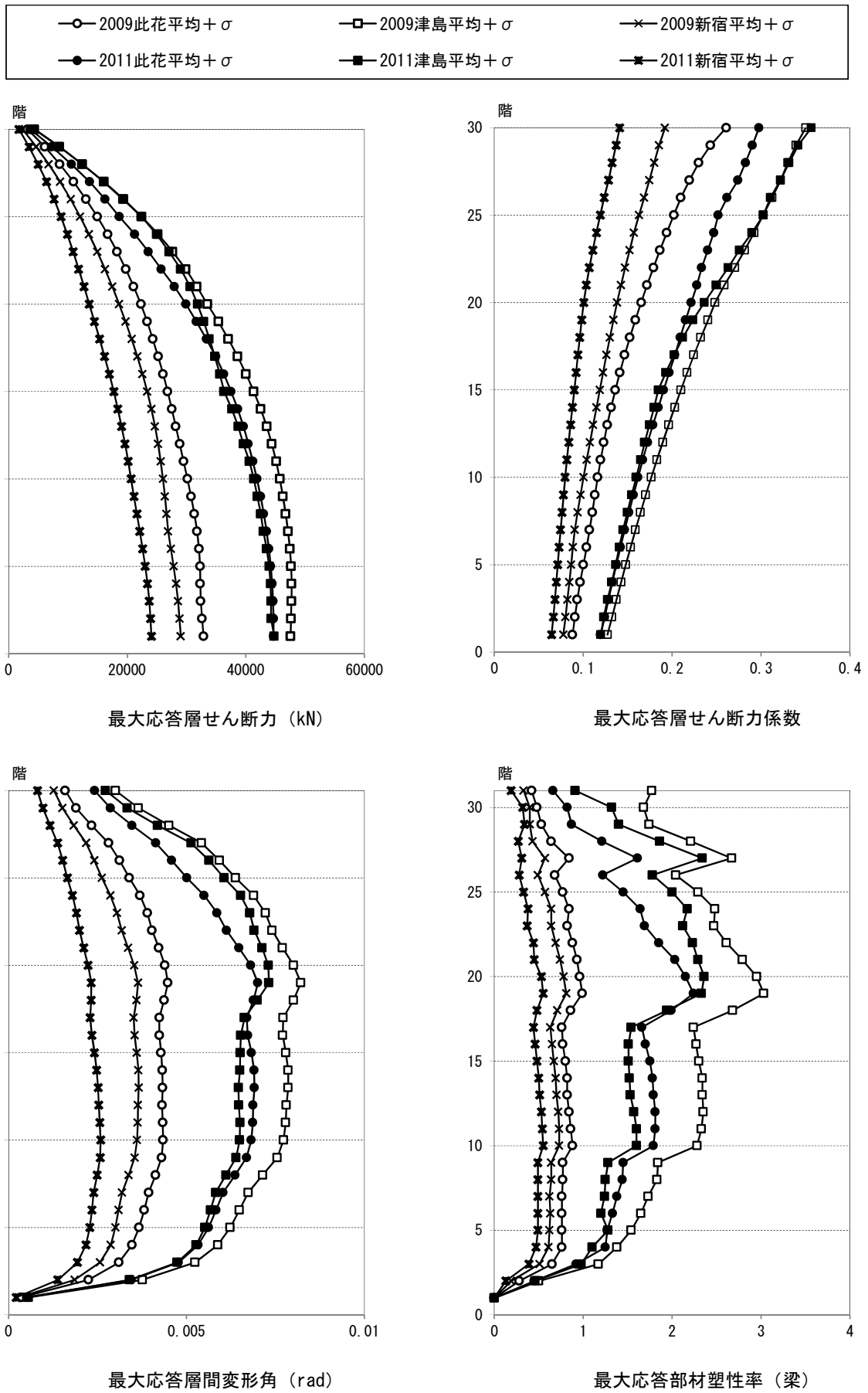
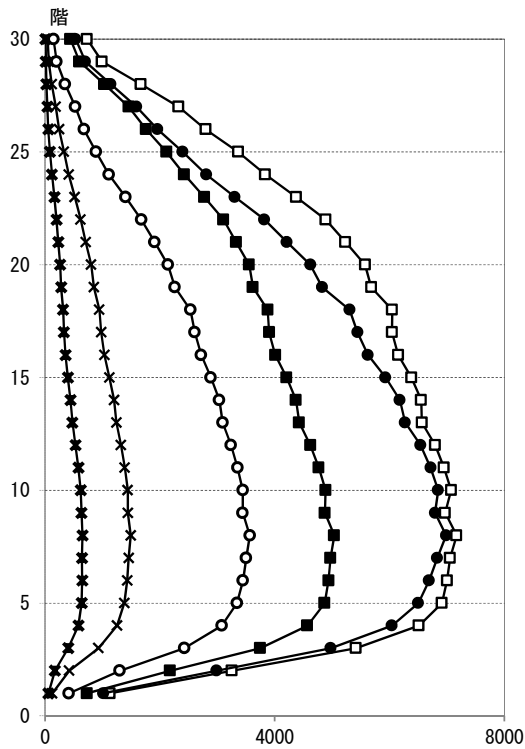
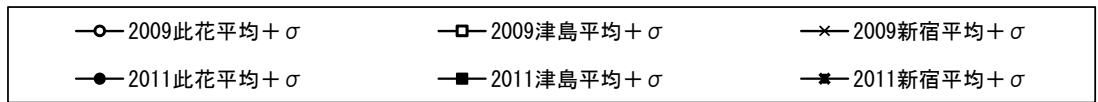
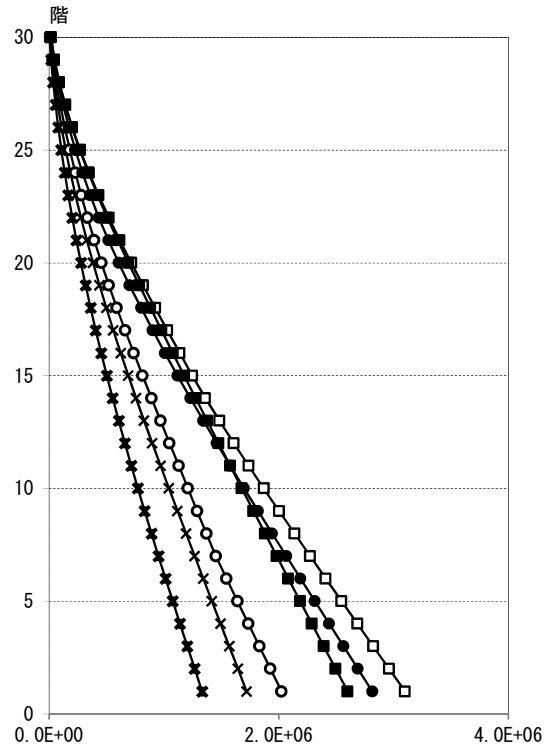


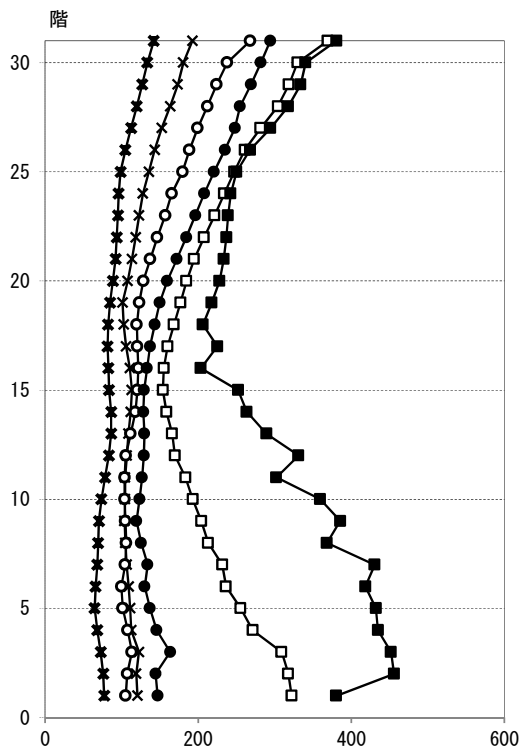
図 4. 3. 1-15 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均 + σ 波と2009地震動平均 + σ 波の比較】



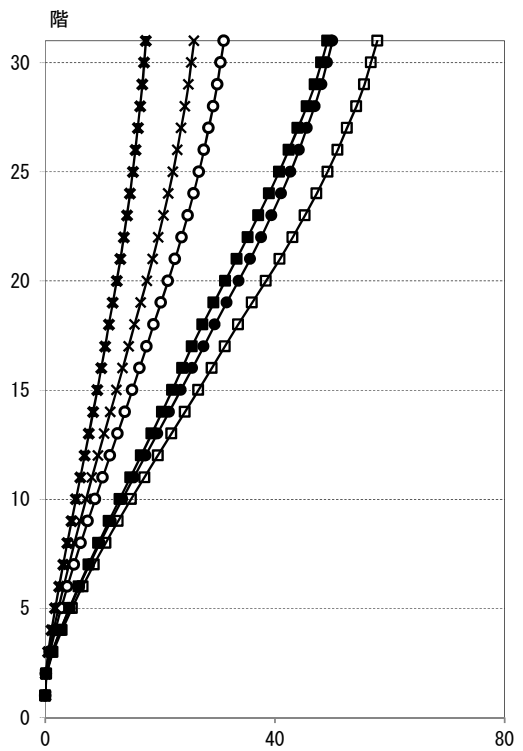
層累積塑性歪エネルギー (kN·m)



最大応答転倒モーメント (kN·m)



最大応答加速度 (cm/s/s)



最大応答水平変位 (cm)

図 4.3.1-16 Y方向最大応答値(2)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

4-3-2 RC115m級建物

4-3-2-1 対象建物概要

RC115m 級建物は、均等スパンでX，Y 2 軸対称とした平面形としている。同程度の規模の建物において平均的なモデルとして設定した。

構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
RC	1990	36	114.56 m	2.16 sec	X	純ラーメン構造 X、Y 2 軸対称

(次頁に略伏図と略軸組図を示す)

4-3-2-2 モデル化の方針

項目		
系のモデル化	質点系	<input type="checkbox"/> せん断多質点系 <input checked="" type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系
	骨組系	<input type="checkbox"/> 平面骨組 <input type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数 [h1=0.03]	<input type="checkbox"/> 初期剛性比例 <input checked="" type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
解析プログラム	<input checked="" type="checkbox"/> 市販 [RESP-MII] <input type="checkbox"/> 自社開発	
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P-δ 効果考慮 <input type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input type="checkbox"/> 鉛直部材（柱・壁）の軸力・曲げ非線形相互作用考慮	
当時の一般規定*の解析上の扱い	特になし。	
その他	復元力特性：Degrading Tri linear（武田モデル） 曲げ変形成分とせん断変形成分を分離し、せん断変形成分をトリリニア型に置換。ここで、第1折れ点を弾性剛性から80%以下となる点、第2分枝剛性（第3勾配）を層間変形角が1/75程度の接線勾配とし履歴面積が等価となる点を第2折れ点としている。なお、曲げ変形成分（曲げ剛性）は弾性。	

4-3-2-3 静的漸増载荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係（層間変位・層せん断力の関係）

○：応答限界変形点、おおよそ層間変形角 1/100 に達する点

●：架構設計変形点、（応答限界変形点の履歴面積総和）× 2 を示す

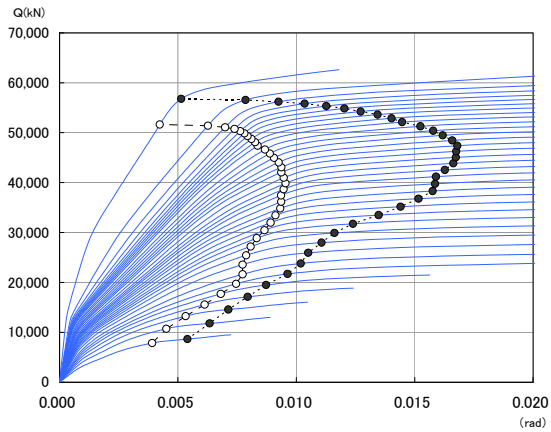


図 4.3.2-3 荷重変形関係（X方向）

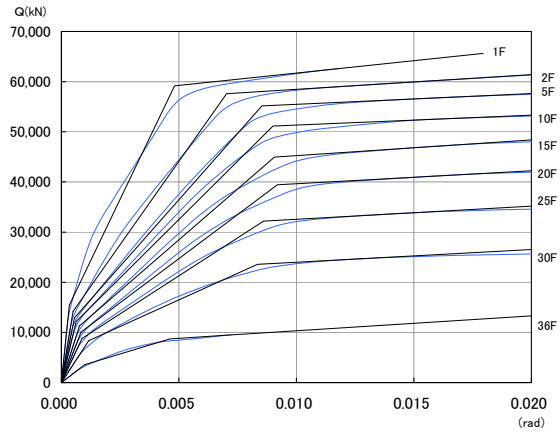


図 4.3.2-4 トリリニア型復元力

(2) 各層の層せん断力（係数）の一覧

層せん断力（係数）の一覧（抜粋）

階	ΣW (kN)	一次設計時			架構設計変形時		
		Q_i (kN)	C_i	層間変形角 (rad)	Q_i (kN)	C_i	層間変形角 (rad)
36F	16,066	4,908	0.306	1/550	8,638	0.538	1/185
30F	78,000	13,522	0.173	1/302	23,798	0.305	1/ 98
20F	187,086	23,403	0.125	1/231	41,189	0.220	1/ 63
10F	302,196	29,612	0.098	1/244	52,117	0.172	1/ 69
1F	413,098	32,267	0.078	1/915	56,790	0.137	1/292

4-3-2-4 2011 地震動平均波、平均+ σ 波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波および平均+ σ 波

モデル	入力地震波		最大応答値				
			頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	層間変形角 (rad)	層塑性率	頂部 残留変形 (rad)
RC 115m 級	2011 (TN-T-N)	此花(OSKH02) 平均	150	44.9	1/191	0.57	8.4
		津島(AIC003) 平均	206	45.9	1/193	0.58	3.7
		浜松(SZO024) 平均	254	60.4	1/138	0.79	13.0
		新宿(KGIN) 平均	94	19.0	1/450	0.24	0.6
	2011 (TN-T-N)	此花(OSKH02) 平均+ σ	306	108.3	1/64	2.00	22.8
		津島(AIC003) 平均+ σ	302	60.1	1/127	0.94	6.3
		浜松(SZO024) 平均+ σ	409	90.6	1/68	1.90	5.5
		新宿(KGIN) 平均+ σ	105	25.6	1/323	0.33	4.0

*1 塑性率の定義：Tri linear 第2折れ点
曲げ変形成分とせん断変形成分を分離し、せん断変形成分をトリリニア型に置換した第2折れ点の層間変位（曲げ+せん断）を基点として算出。

次頁以降に最大応答値の高さ方向の分布を示し、結果を考察する。

(1) 最大応答せん断力，最大応答せん断力係数

（平均）から（平均+ σ ）の入力の増加に伴い応答結果が大きくなっている。せん断力係数の分布では、（平均+ σ ）の方が上層での増幅が大きくなっている。

(2) 最大応答層間変形角，最大応答層塑性率

此花、浜松（平均+ σ ）の応答が1/100を超え最大層間変形角で1/64となった。此花（平均）は津島（平均）の応答と同等であったが（平均+ σ ）では大きな差が生じている。

(3) 最大応答入力エネルギー

（平均+ σ ）の入力総エネルギーは、（平均）と比較すると、此花 4.13，津島 2.28，浜松 2.08，新宿 3.38 倍となっている。此花のエネルギー増大が顕著である。

(4) 最大応答転倒モーメント

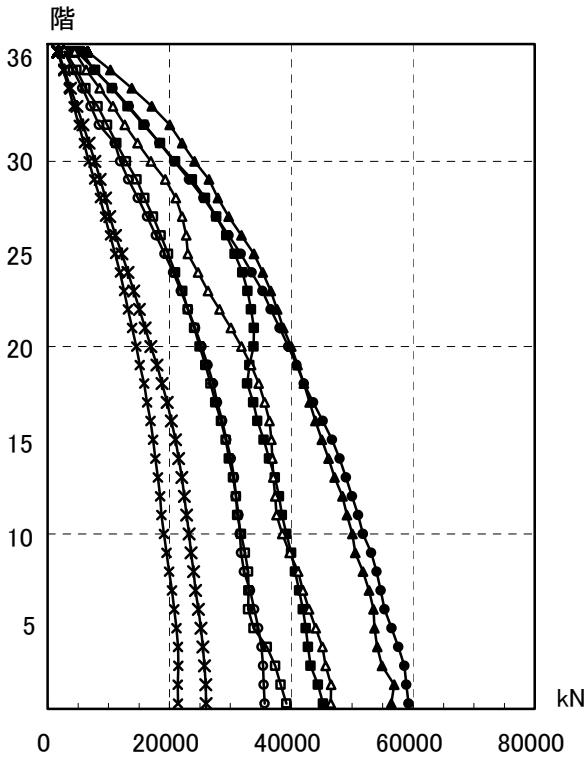
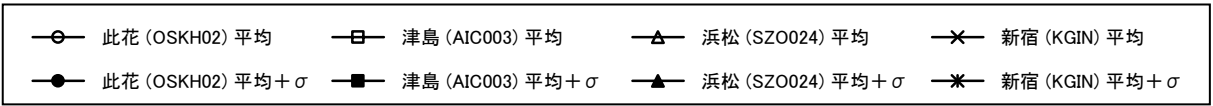
（平均+ σ ）の最下層は、（平均）の、此花 1.65，津島 1.22，浜松 1.29，新宿 1.19 倍となっている。最大応答値は最大層せん断力と高さから計算される転倒モーメントの0.91～0.98（平均）、0.89～0.98（平均+ σ ）となった。

(5) 最大応答加速度

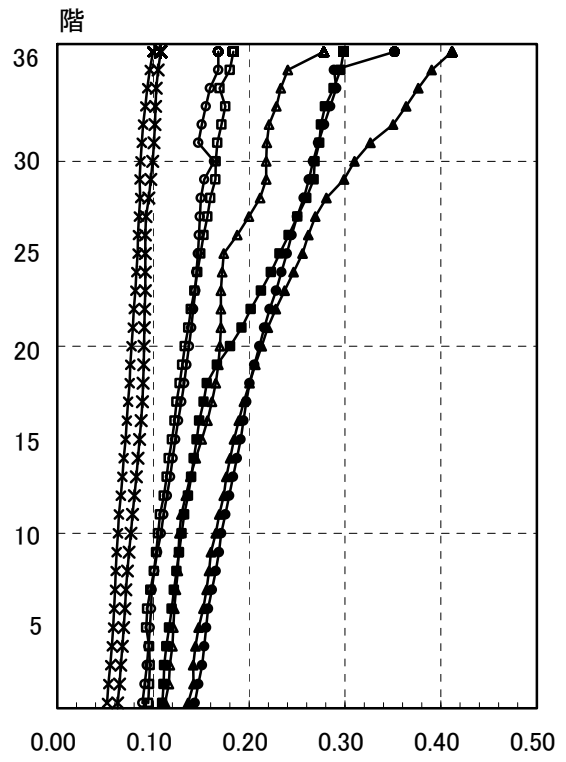
浜松の応答加速度が卓越している。高さ方向の分布形状は（平均）、（平均+ σ ）で同じ様相を示し最大値で1.78倍、他3波は全層とも400（cm/s²）以下となっている。

(6) 最大応答変位

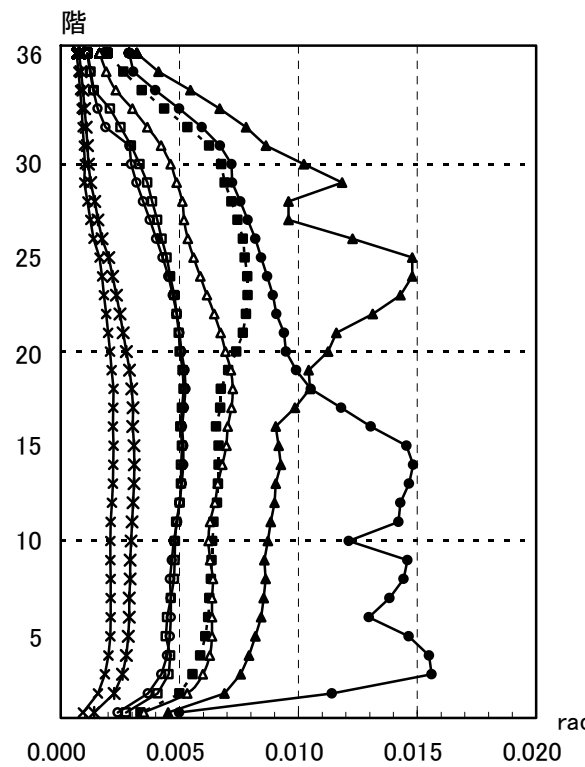
（平均+ σ ）の頂部最大応答変位は、（平均）と比較すると、此花 2.41，津島 1.31，浜松 1.50，新宿 1.35 倍となっている。



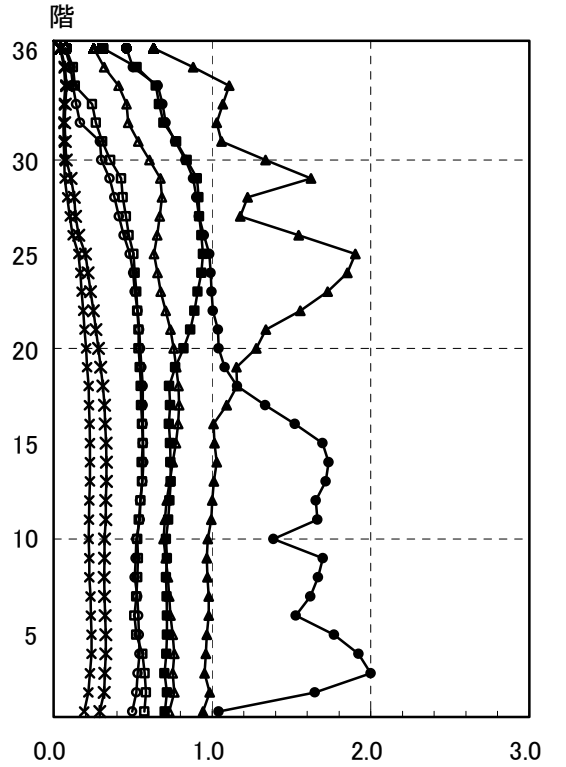
(a) 最大応答層せん断力



(b) 最大応答層せん断力係数

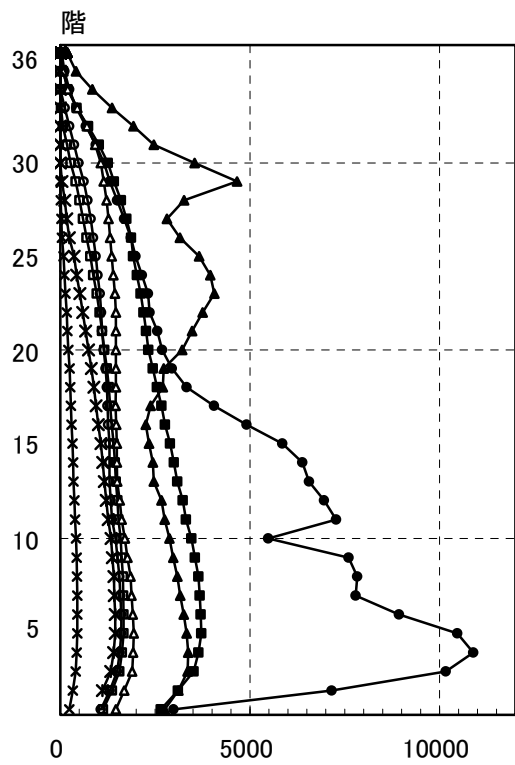
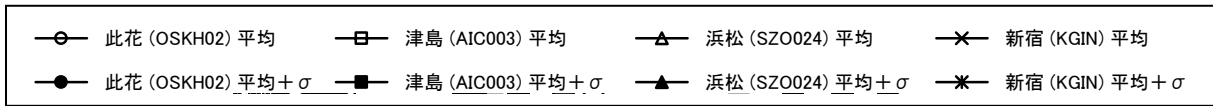


(c) 最大応答層間変形角

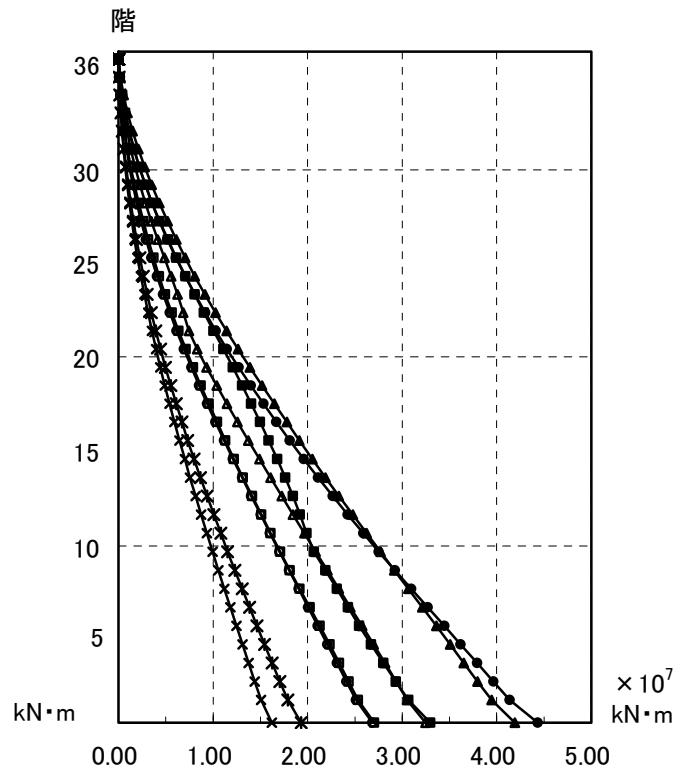


(d) 最大応答層塑性率

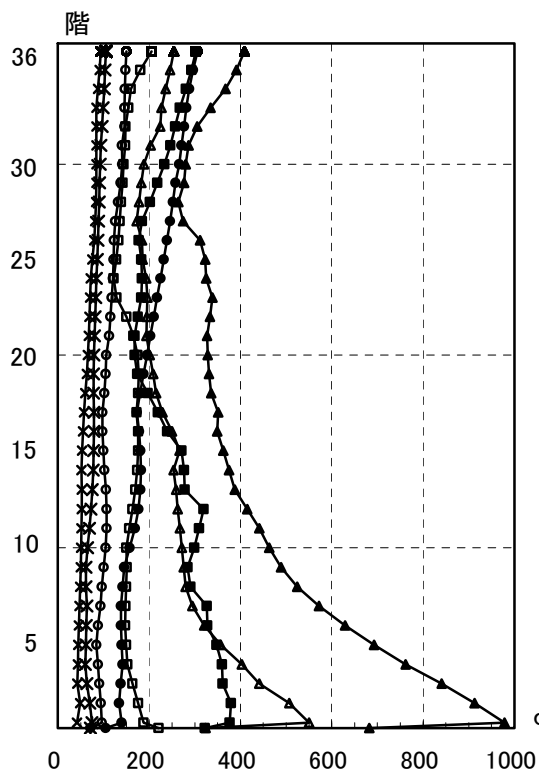
図 4.3.2-5 最大応答値(1) 【2011 地震動の平均波と平均 + σ 波地震応答解析結果】



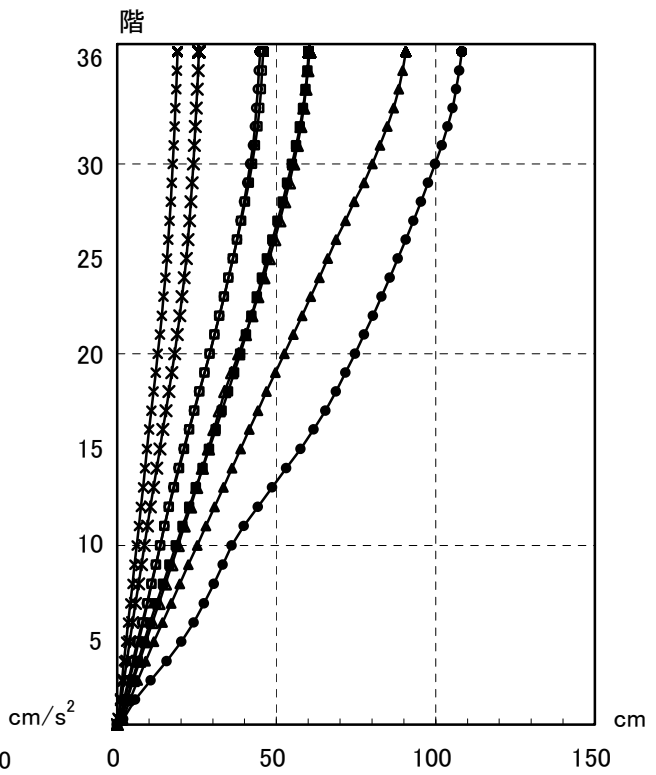
(e) 最大応答層入力エネルギー



(f) 最大応答転倒モーメント



(g) 最大応答加速度



(h) 最大応答水平変位

図 4.3.2-6 最大応答値(2) 【2011地震動の平均波と平均+σ波地震応答解析結果】

(7) 最大応答分布

此花波、浜松波（平均+ σ ）の最大応答値を荷重変形曲線に示す。最大応答が架構設計変形近傍に分布している。

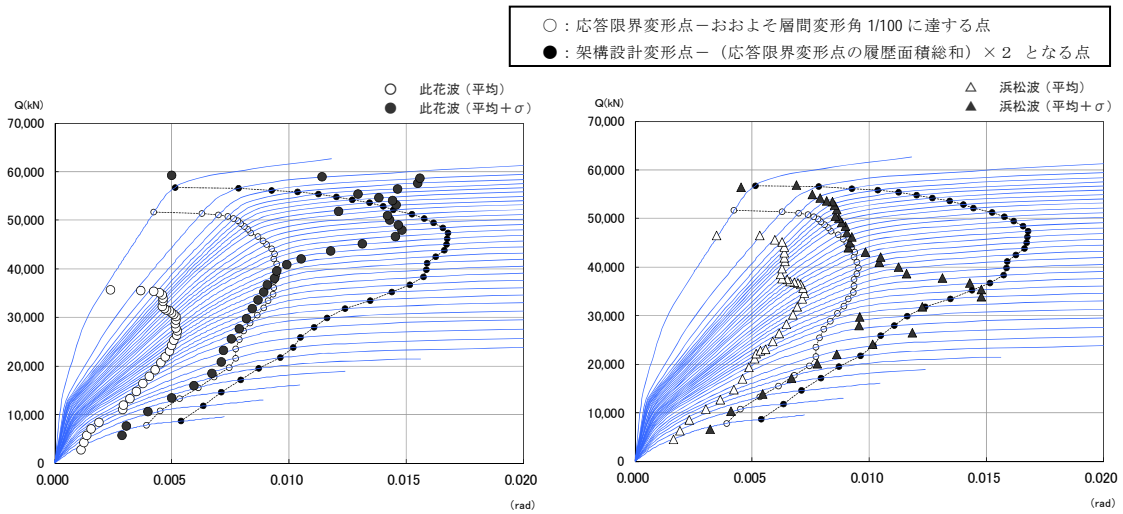
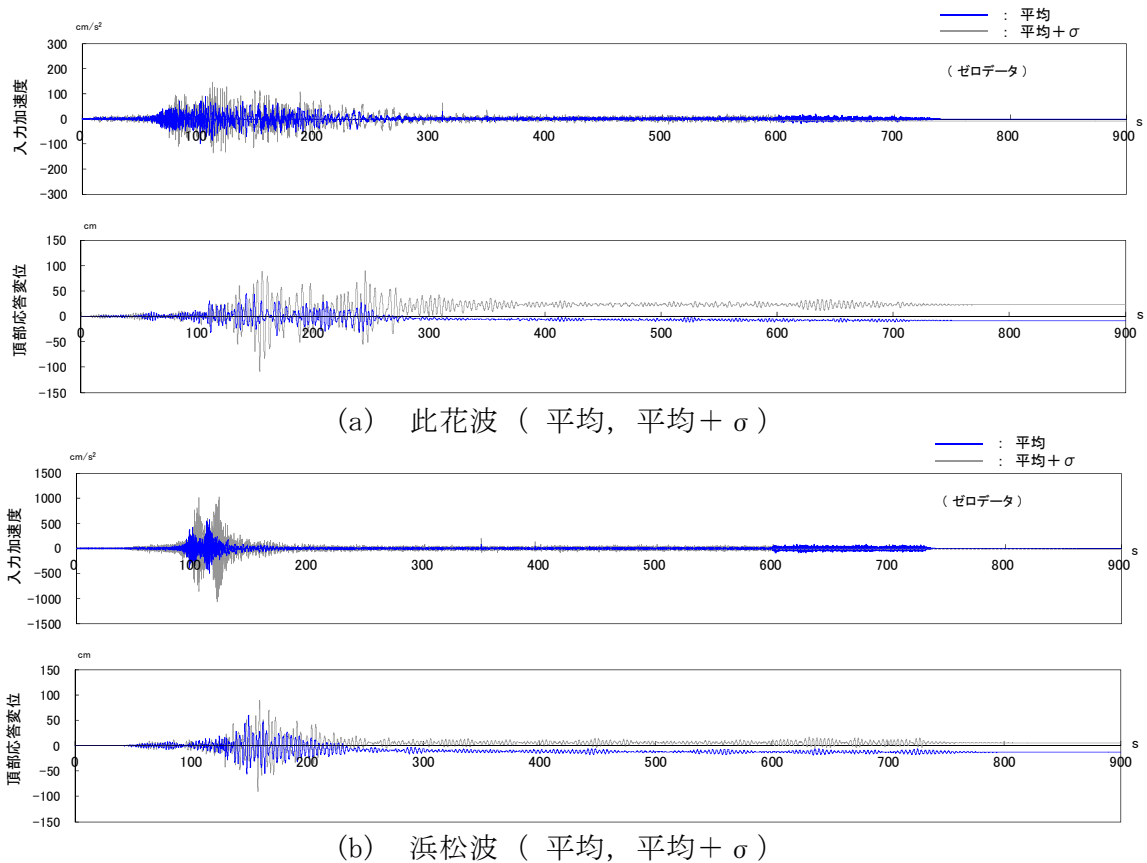


図 4.3.2-7 最大応答値

(8) 頂部変位の応答時刻歴波形（残留変形）

此花波と浜松波について建物頂部の応答変位を示す。解析は、入力加速度波形データ以降 0.00(cm/s²)データを付加し 900(sec)間で行った。（平均+ σ ）の最大値が（平均）に比べ遅れて発生している。



(a) 此花波（平均，平均+ σ ）

(b) 浜松波（平均，平均+ σ ）

図 4.3.2-8 頂部時刻歴応答水平変位

4-3-2-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波と 2009 地震動の平均波による頂部、層応答の最大応答値一覧を示す。

2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波との比較

モデル	入力地震波		最大応答値				
			頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	層間変形角 (rad)	層塑性率	頂部 残留変形 (rad)
RC 115m 級	2011 平均	此花(N-OSKH02)	150	44.9	1/191	0.57	8.4
		津島(T-TN-AIC003)	206	45.9	1/193	0.58	3.7
		新宿(T-TN-KGIN)	94	19.0	1/450	0.24	0.6
	2009 平均	此花(TN-T-N-OSKH02)	130	38.6	1/215	0.53	7.1
		津島(TN-T-N-AIC003)	206	57.0	1/162	0.67	2.6
		新宿(TN-T-N-KGIN)	117	25.2	1/331	0.33	1.4

*1 塑性率の定義：Tri linear 第2折れ点
 曲げ変形成分とせん断変形成分を分離し、せん断変形成分をトリリニア型に置換した第2折れ点の層間変位（曲げ+せん断）を基点として算出。

次頁以降に最大応答値の高さ方向の分布を示し、結果を考察する。

(1) 最大応答せん断力，最大応答せん断力係数

3連動（2011）の最大応答結果は、此花、津島が全層に渡って同等な値となり（2009）と異なる結果となっている。新宿の結果は（2009）に比べ小さくなっている。せん断力係数の分布では、上層においても大きな増幅はみられていない。

(2) 最大応答層間変形角，最大応答層塑性率

いずれの応答も復元力の第2折れ点以内におさまっており、最大層間変形角，最大応答層塑性率は3～30層にかけて同じ位でゆるやかに分布している。

(3) 最大応答入力エネルギー

津島（2009）が全層に渡って最大を示している。此花（2009）および此花，津島（2011）が同程度の結果となっている。

(4) 最大応答転倒モーメント

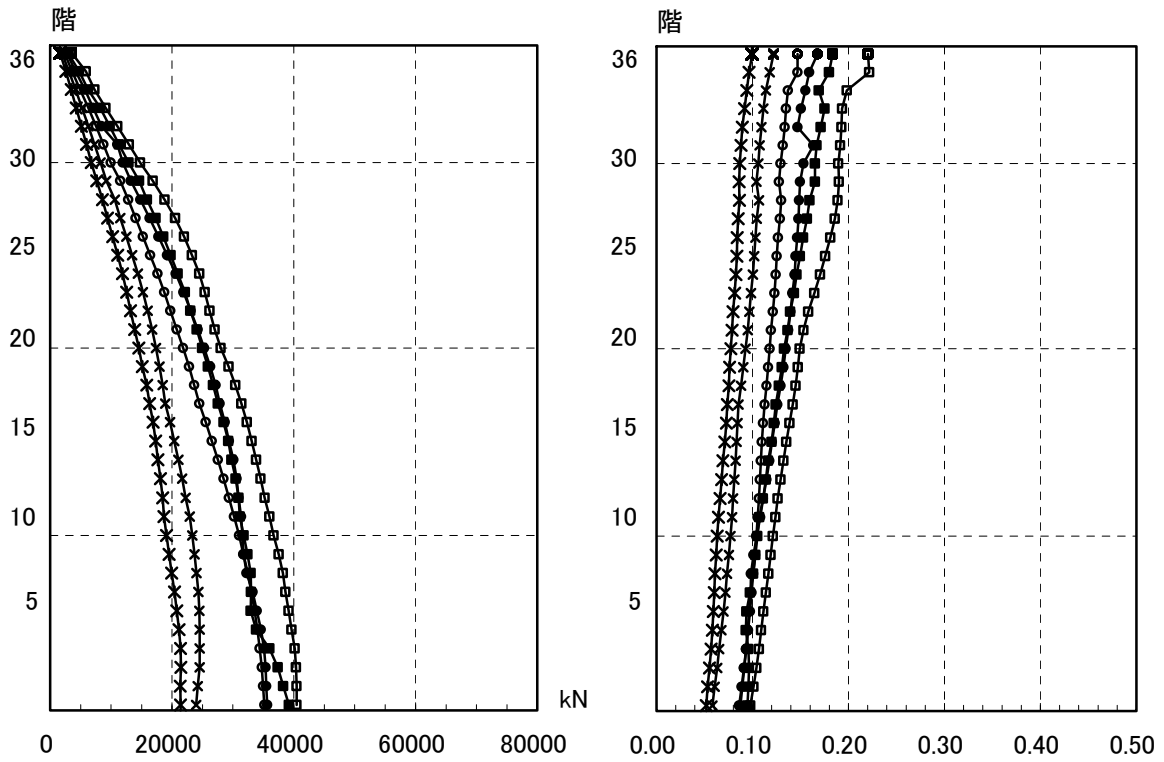
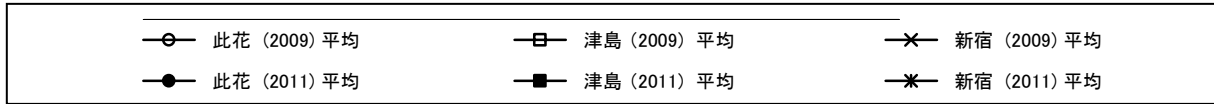
此花、津島（2011）の2波は最大応答転倒モーメントの分布も同等値となった。（図中の●と■が重なっている。）

(5) 最大応答加速度

最大応答加速度分布は、200（cm/s²）以下と全体に小さな応答値となっている。

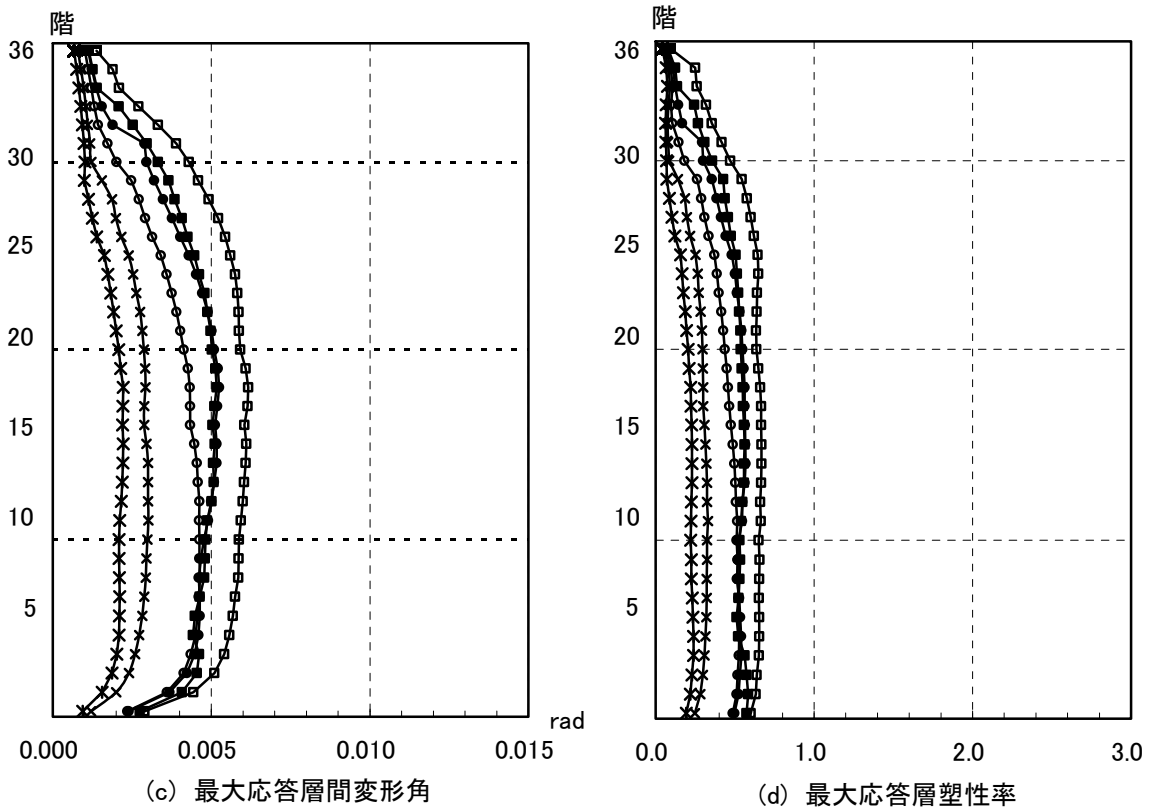
(6) 最大応答変位

3連動波（2011）の頂部最大応答変位は津島45.9（cm）で、頂部変形角として1/250（rad.）となった。津島（2009）の結果より小さくなっている。



(a) 最大応答層せん断力

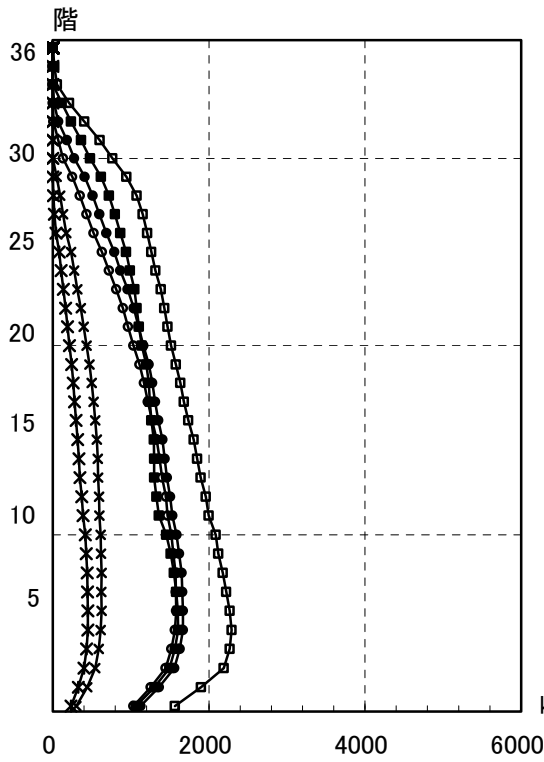
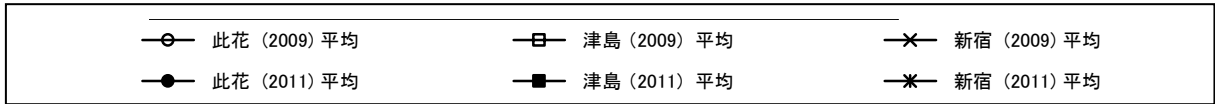
(b) 最大応答層せん断力係数



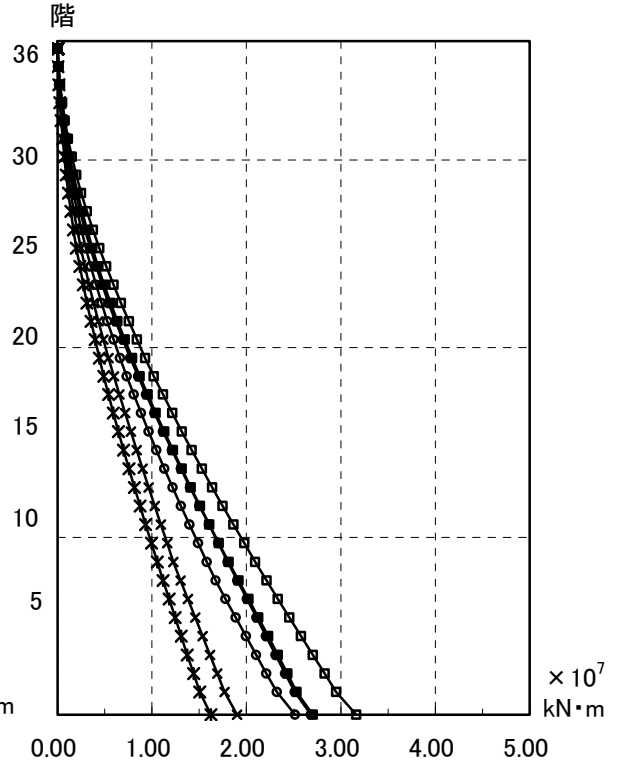
(c) 最大応答層間変形角

(d) 最大応答層塑性率

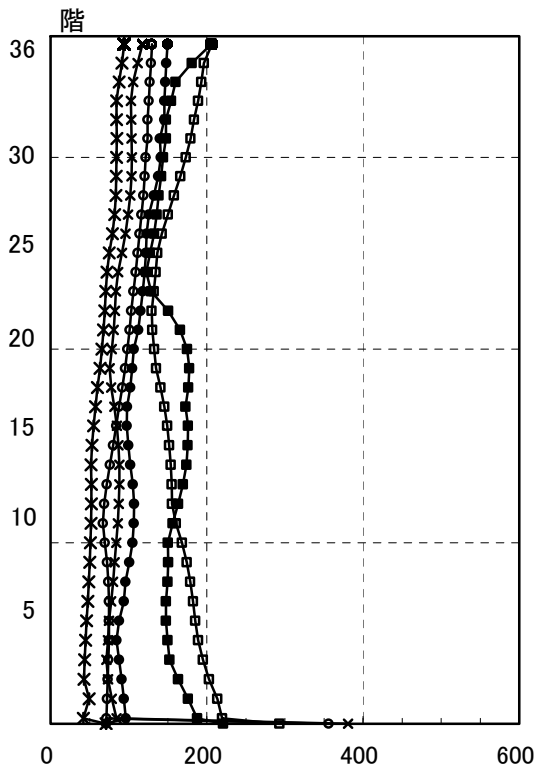
図 4.3.2-9 最大応答値(1) 【2011 地震動平均波と 2011 地震動平均波の比較】



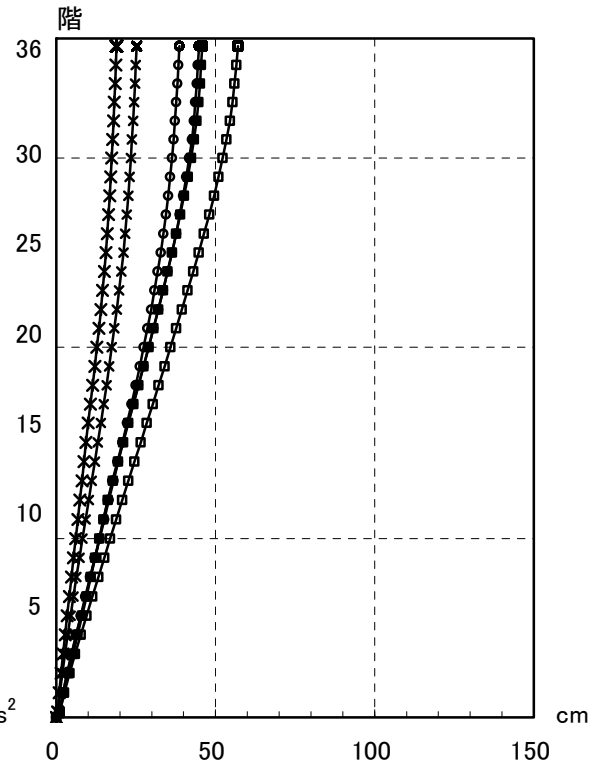
(e) 最大応答層入力エネルギー



(f) 最大応答転倒モーメント



(g) 最大応答加速度



(h) 最大応答水平変位

図 4.3.2-10 最大応答値(2) 【2011 地震動平均波と 2011 地震動平均波の比較】

4-3-2-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波の比較

2011 地震動の平均+σ波と 2009 地震動の平均+σ波による頂部、層応答の最大応答値一覧を示す。

2011 地震動平均+σ波と 2009+σ地震動平均波との比較

モデル	入力地震波		最大応答値				
			頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	層間変形角 (rad)	層塑性率	頂部 残留変形 (rad)
RC 115m 級	2011 平均+σ	此花(N-OSKH02)	306	108.3	1/ 64	2.00	22.8
		津島(T-TN-AIC003)	302	60.1	1/127	0.94	6.3
		新宿(T-TN-KGIN)	105	25.6	1/323	0.33	4.0
	2009 平均+σ	此花(TN-T-N-OSKH02)	219	78.6	1/123	0.90	2.5
		津島(TN-T-N-AIC003)	355	107.6	1/ 56	2.07	8.2
		新宿(TN-T-N-KGIN)	153	35.7	1/230	0.47	5.6

*1 塑性率の定義：Tri linear 第2折れ点

曲げ変形成分とせん断変形成分を分離し、せん断変形成分をトリリニア型に置換した第2折れ点の層間変位（曲げ+せん断）を基点として算出。

次頁以降に最大応答値の高さ方向の分布を示し、結果を考察する。

(1) 最大応答せん断力，最大応答せん断力係数

津島(2009)、此花(2011)では過半の層が塑性化しているため最大せん断力の分布が耐力分布となっている。津島(2011)では中間層から上層での応答が大きくなっている。

(2) 最大応答層間変形角，最大応答層塑性率

津島(2009)、此花(2011)の応答が 1/100 を超え最大層間変形角で 1/56, 1/64 となった。両者の最大応答層塑性率は建物の 1/3 の層で 1.60~2.00 となっている。

(3) 最大応答入力エネルギー

層の最大応答入力エネルギーの分布は、最大応答層塑性率の分布に似た様相となっている。此花(2011)の 3~4 層は津島(2009)の 1.40 倍となっている。双方でエネルギー量に差があることから此花(2011)では繰り返し応答による累積値が大きいといえる。

(4) 最大応答転倒モーメント

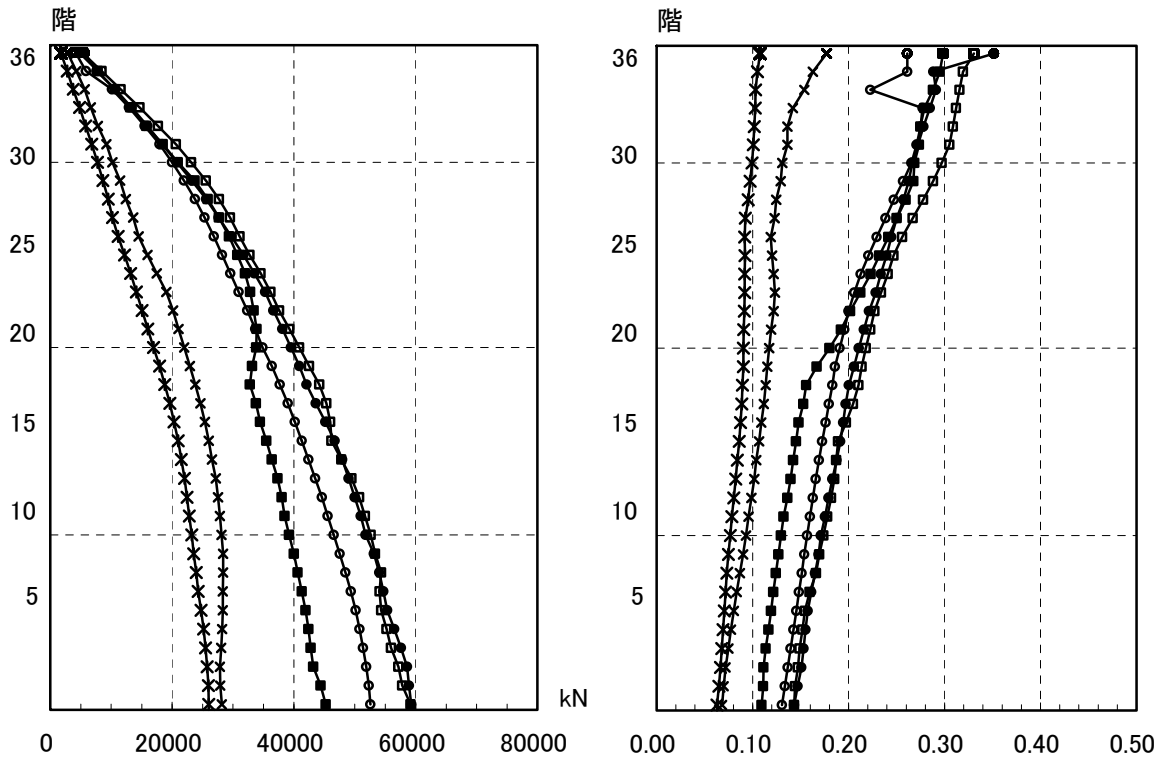
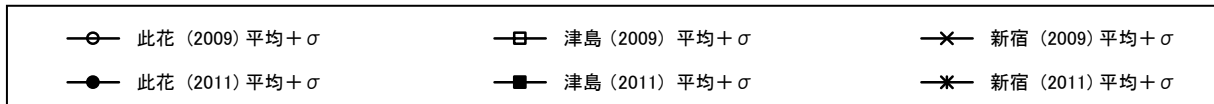
津島(2009)、此花(2011)の最大応答転倒モーメントの分布は層せん断力と同様に全体的に最大値を示し、建物の部材応力が最大になっていると考えられる。

(5) 最大応答加速度

応答加速度は、此花(2011)が小さく津島(2011)の方が大きくなっている。(2009)，(2011)ともに中間層で 200 (cm/s²)、下層，上層で 400 (cm/s²) となっている。

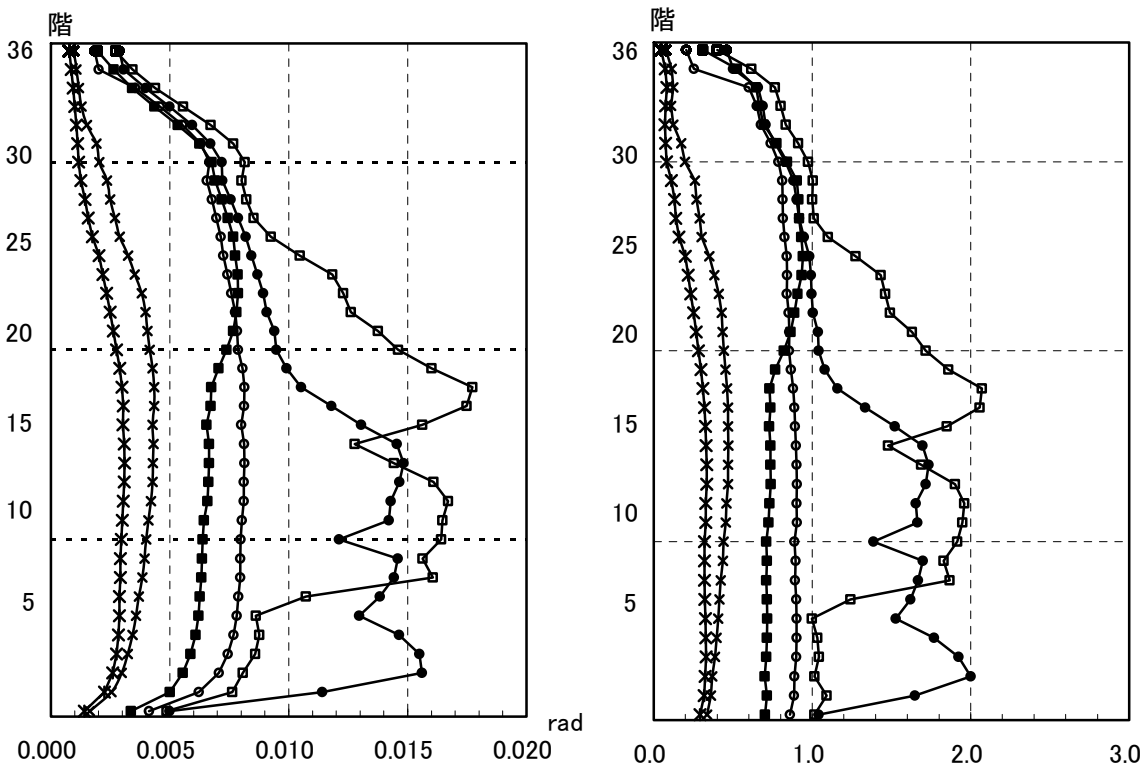
(6) 最大応答変位

最大応答変位は、大きな応答を示す津島(2009)、此花(2011)が 10 層から上層で同等な分布を示している。



(a) 最大応答層せん断力

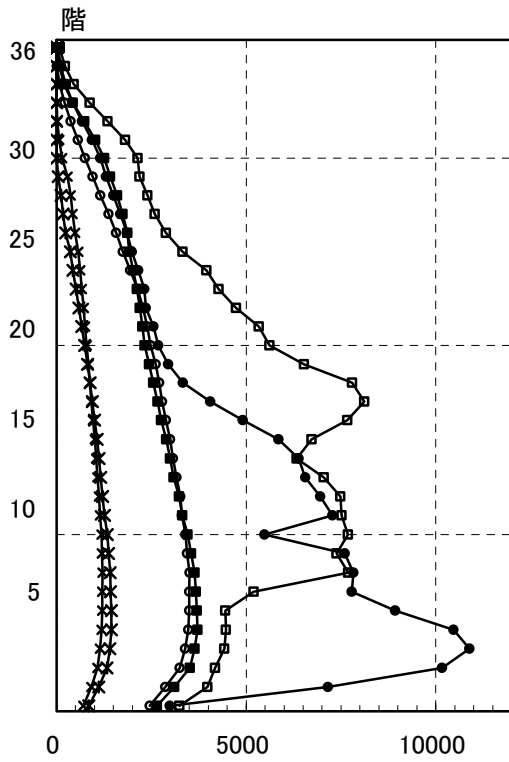
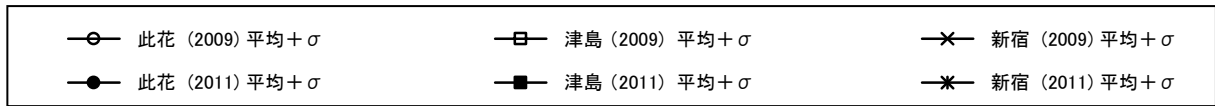
(b) 最大応答層せん断力係数



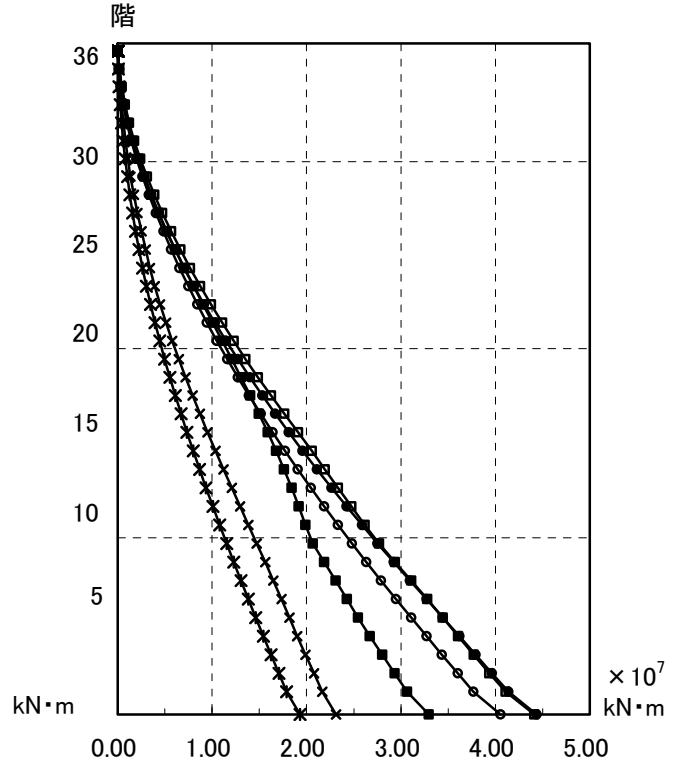
(c) 最大応答層間変形角

(d) 最大応答層塑性率

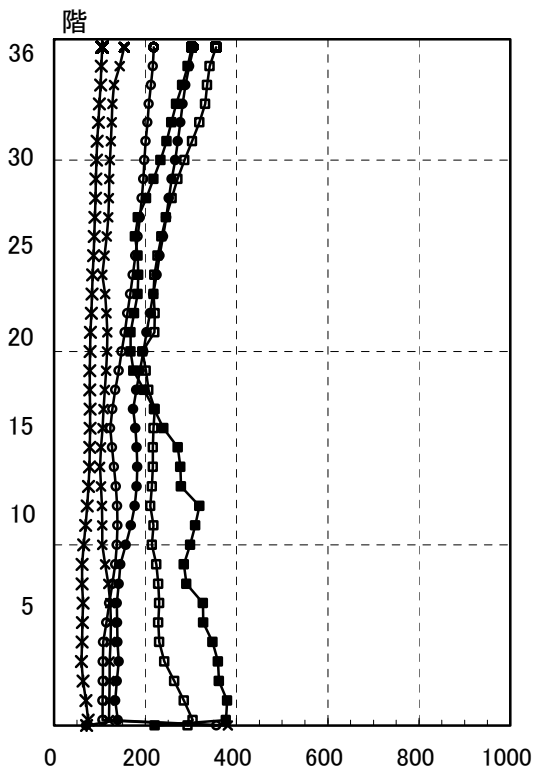
図 4.3.2-11 最大応答値(1) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2011 地震動平均+ σ 波の比較】



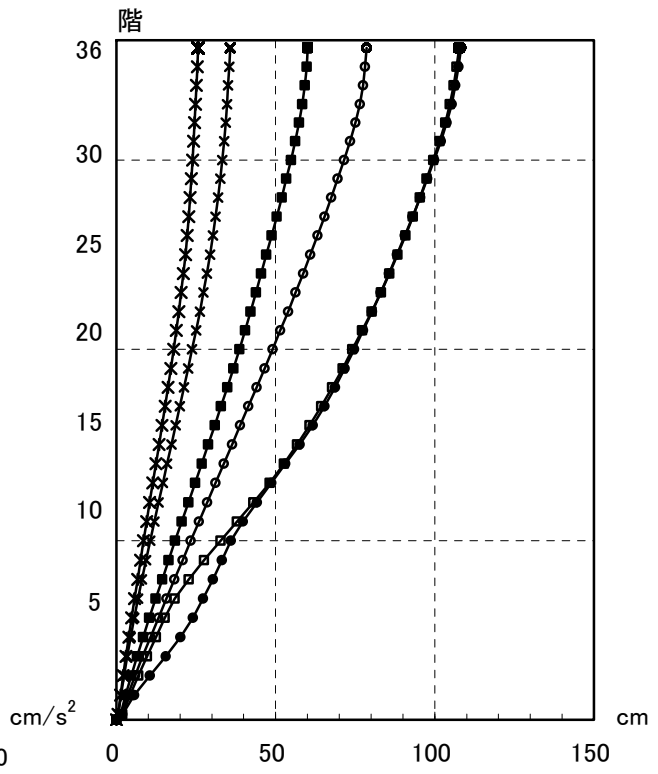
(e) 最大応答層入力エネルギー



(f) 最大応答転倒モーメント



(g) 最大応答加速度



(h) 最大応答水平変位

図 4.3.2-12 最大応答値(1) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

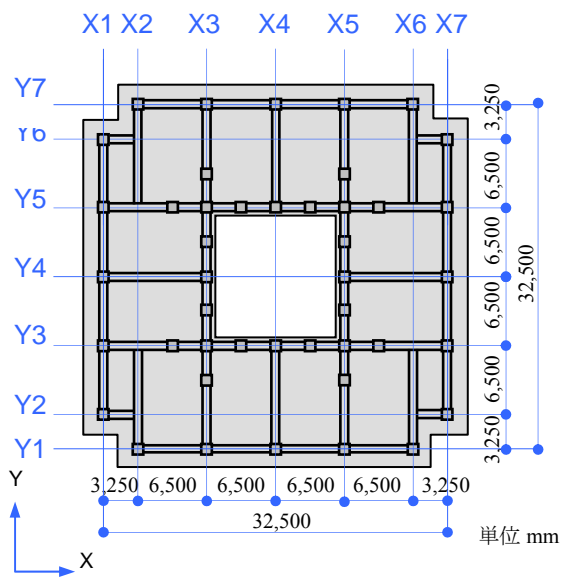


图 4.3.3-1 基准阶伏图

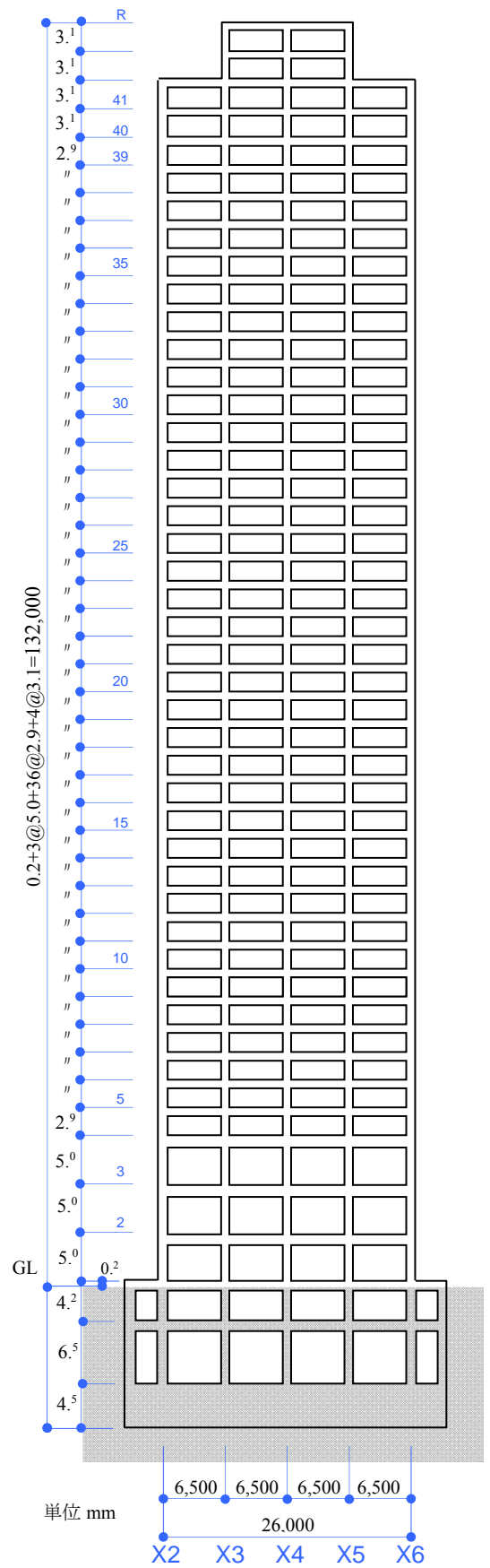


图 4.3.3-2 主要轴组图

4-3-3-3 静的漸増载荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係 (層間変位・層せん断力の関係)

- : 応答限界変形点、おおよそ変形角 1/100 に達する点
- : 架構設計変形点、(応答限界変形点の履歴面積総和) ×2 を示す。

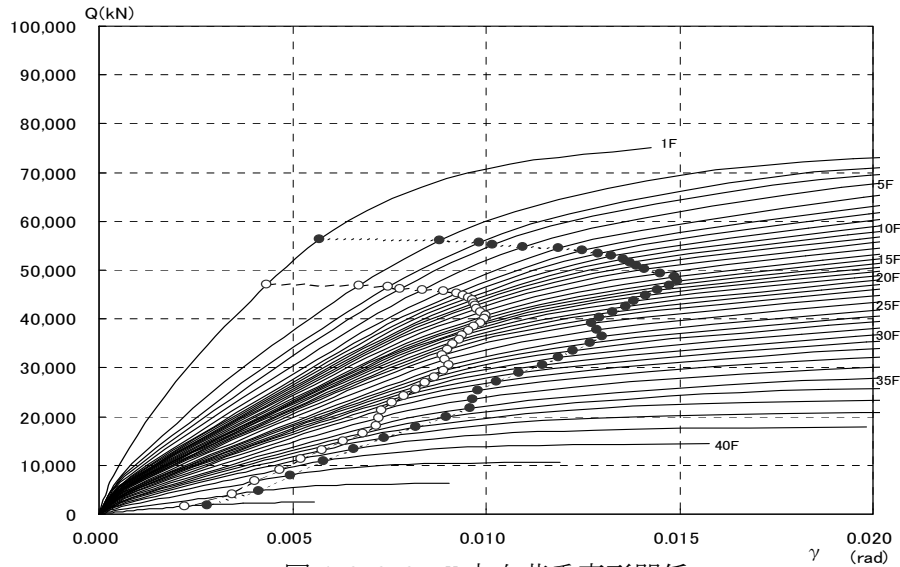


図 4.3.3-3 X 方向荷重変形関係

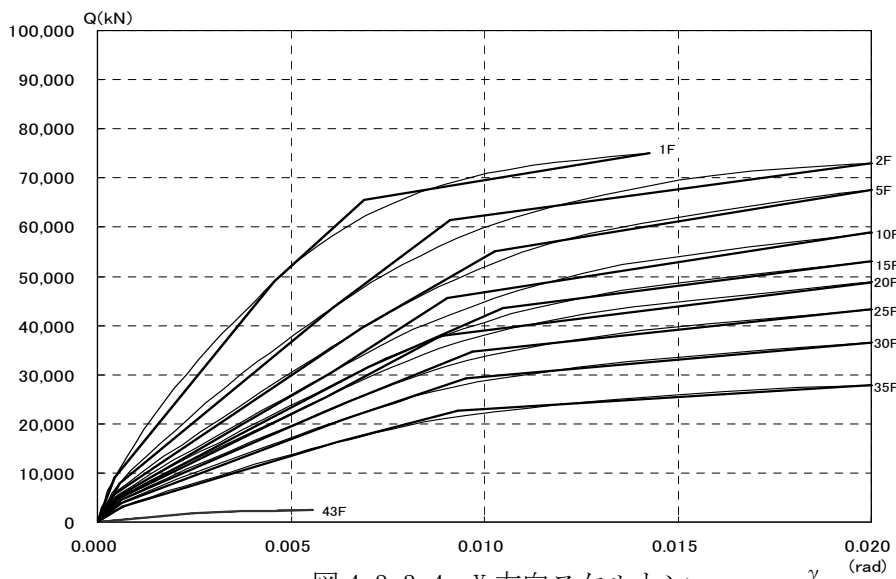


図 4.3.3-4 X 方向スケルトン

(2) 最終载荷時の各層の層せん断力 (係数) の一覧表 (最大層間変形角 約 1/50 時点)

階	ΣW (kN)	応答設計変形時			架構設計変形時		
		Q_i (kN)	C_i	層間変形角 (rad)	Q_i (kN)	C_i	層間変形角 (rad)
43F	1,280	1,587	1.240	1/452	1,895	1.480	1/359
30F	129,253	25,543	0.198	1/122	28,871	0.223	1/87
20F	237,987	36,629	0.154	1/106	43,743	0.184	1/72
10F	350,832	43,796	0.125	1/103	52,301	0.149	1/74
1F	468,412	47,137	0.101	1/230	56,291	0.120	1/176

4-3-3-4 2011 地震動平均波, 平均+ σ 波地震応答解析結果

モデル	入力地震波		最大応答値				
			頂部 加速度 (cm/s ²)	頂部 変位 (cm)	層間 変形角 1/1,000(rad)	塑性率	頂部 残留変形 (cm)
RC-130	2011 年 (平均)	T-TN-N-KGIN (新宿)	61	30	3.4 (1/244)	0.56	0.1
		T-TN-N-SZO024 (浜松)	295	55	7.1 (1/141)	1.15	0.5
		T-TN-N-AIC003 (津島)	242	95	10.4 (1/101)	1.56	1.0
		T-TN-N-OSKH02 (此花)	192	90	9.9 (1/101)	1.52	1.1
	2011 年 (平均+ σ)	T-TN-N-KGIN (新宿)	113	57	6.2 (1/161)	1.02	0.0
		T-TN-N-SZO024 (浜松)	367	80	10.1 (1/99)	1.51	0.9
		T-TN-N-AIC003 (津島)	287	124	18.9 (1/53)	3.16	0.5
		T-TN-N-OSKH02 (此花)	284	148	20.2 (1/48)	3.34	0.2

- ・ 今回の計算波に対する応答の最大値は、平均の場合が津島波で変形角 1/101, 塑性率 1.56, 平均+標準偏差の場合が此花波で変形角 1/48, 塑性率 3.34 である。これは津島波と此花波の速度応答スペクトルが、建物初期剛性に対応する 3 秒域では津島波が大きく、建物が塑性化して周期の伸びる 4 秒より大きな周期域では逆に此花波が卓越するためである。
- ・ 平均波に対しては、標準的なクライテリアである変形角 1/100 以下, 塑性率 2 以下を満足しているが、平均+ σ 波に対しては、変形角が 1/50 を超え, 塑性率も 3 を超えている。
- ・ 1/50 を超える応答については、せん断変形成分に対して 2 次部材の追随性を検討し、部材レベルでヒンジの塑性回転角を評価するなど、さらなる検討が必要である。

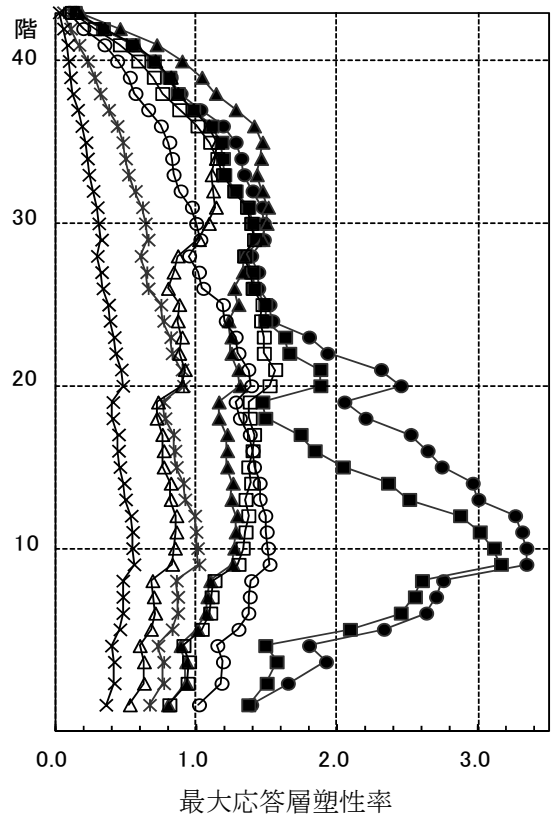
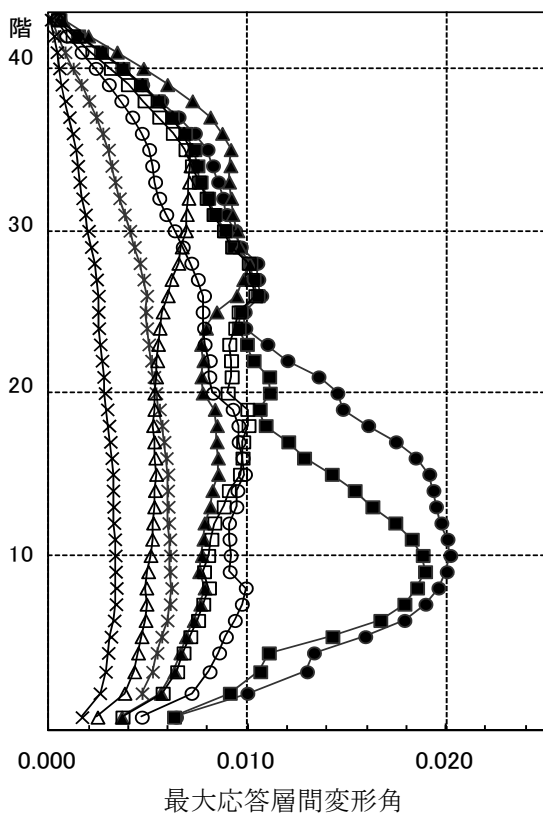
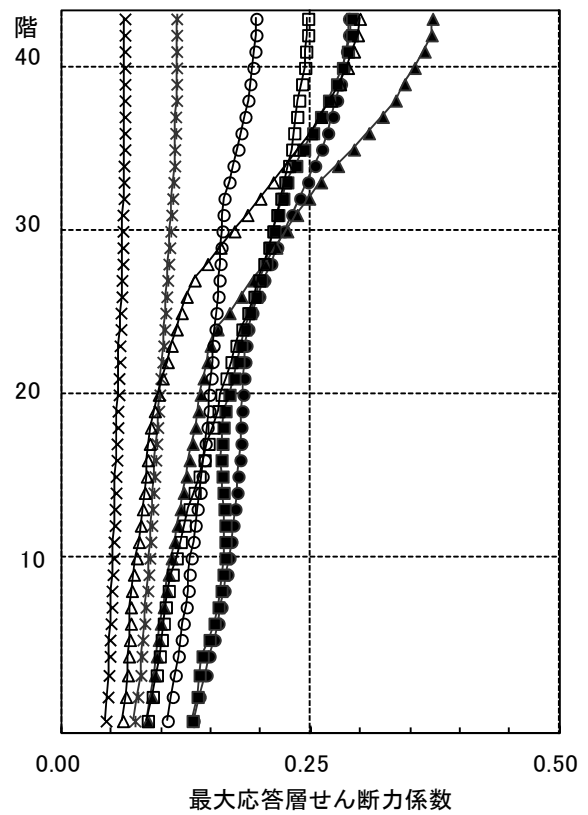
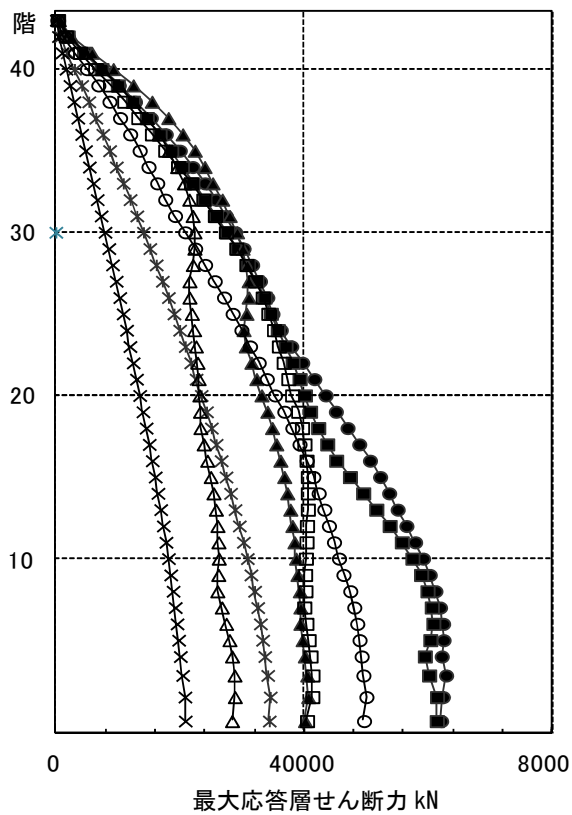
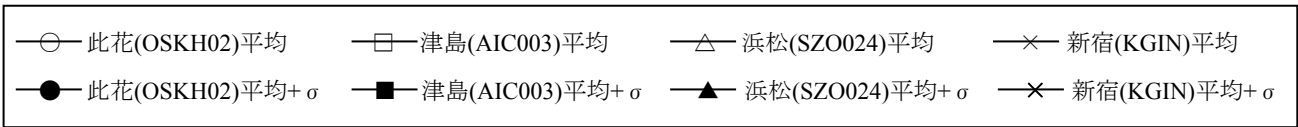


図 4.3.3-5 最大応答値(1) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

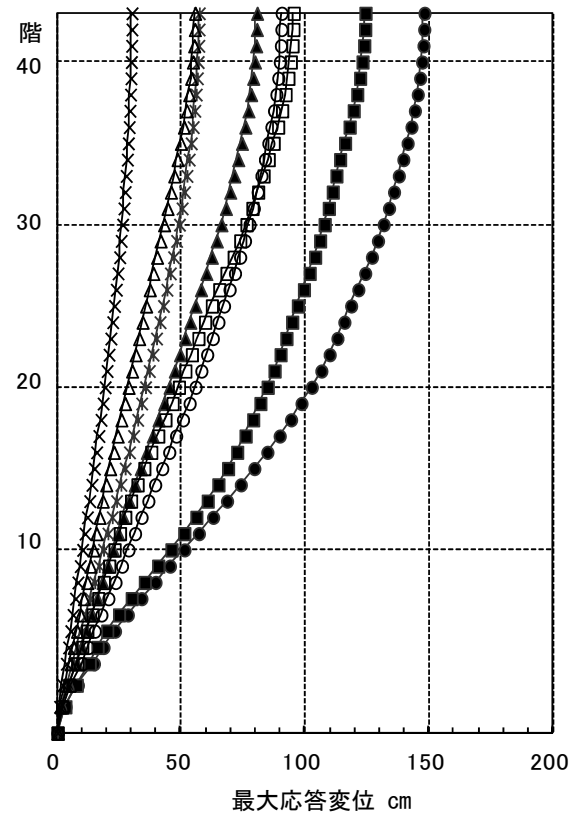
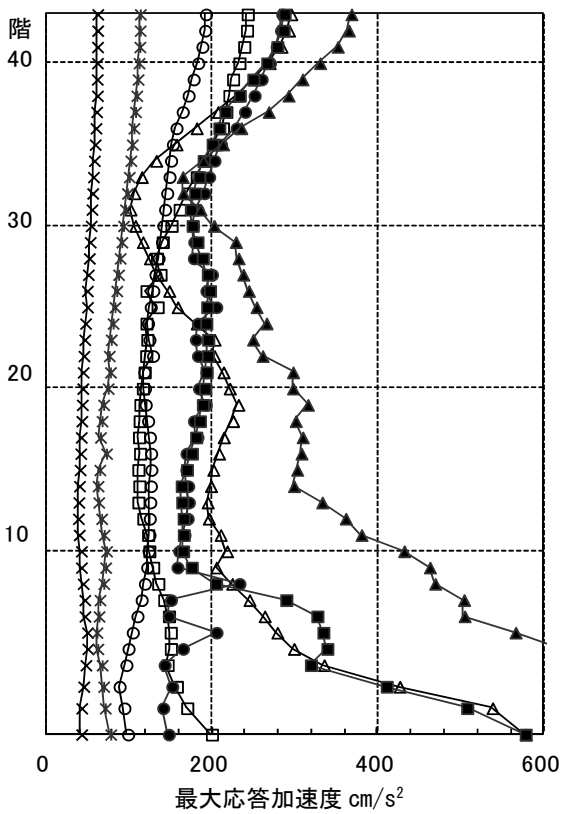
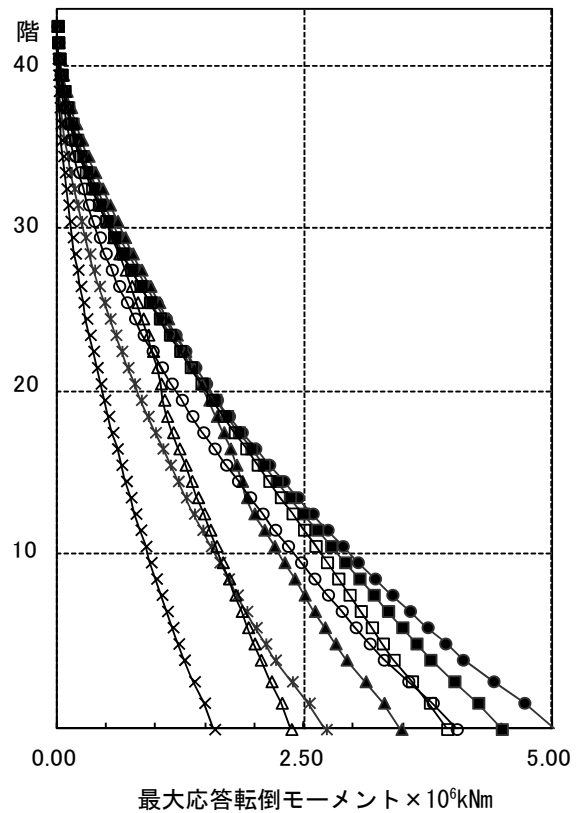
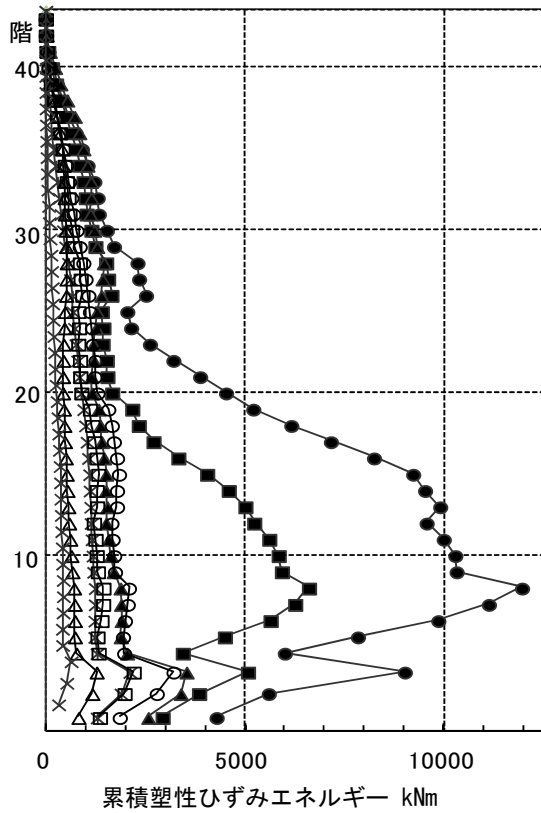
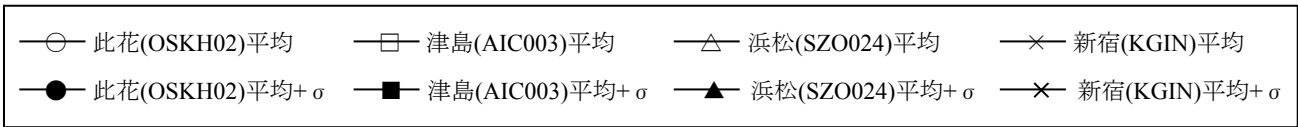
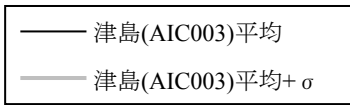
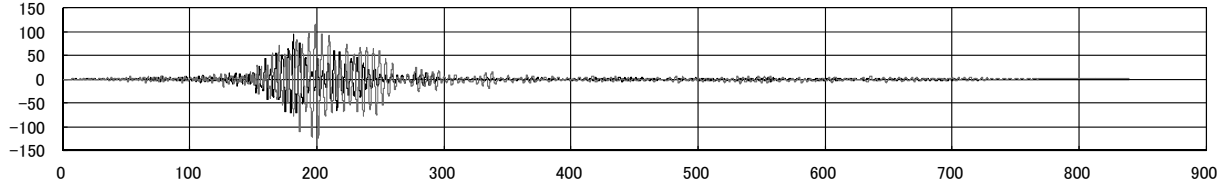


図 4.3.3-6 最大応答値(2) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】



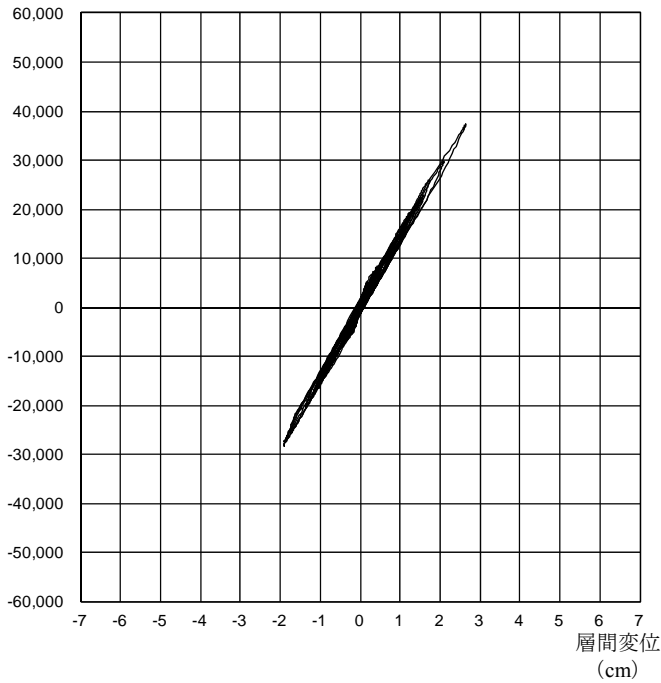
変位
(cm)



頂部応答変位

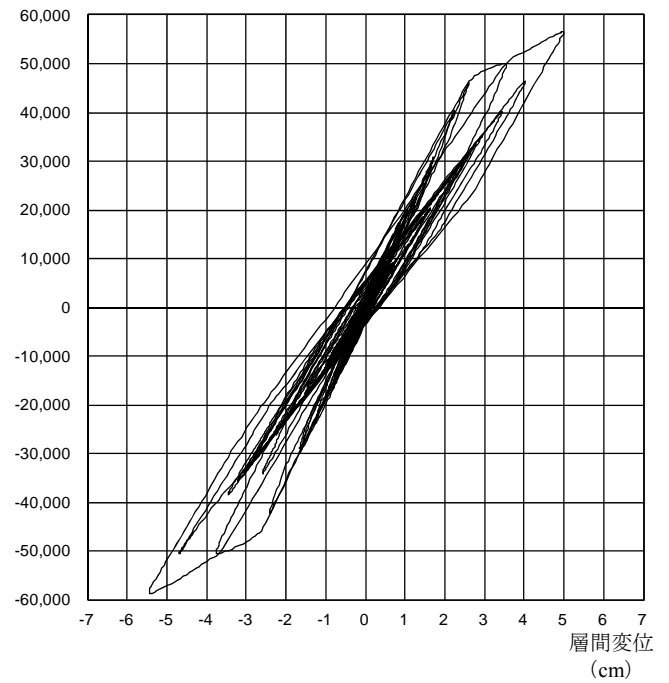
時刻
(秒)

層せん断力
(kN)



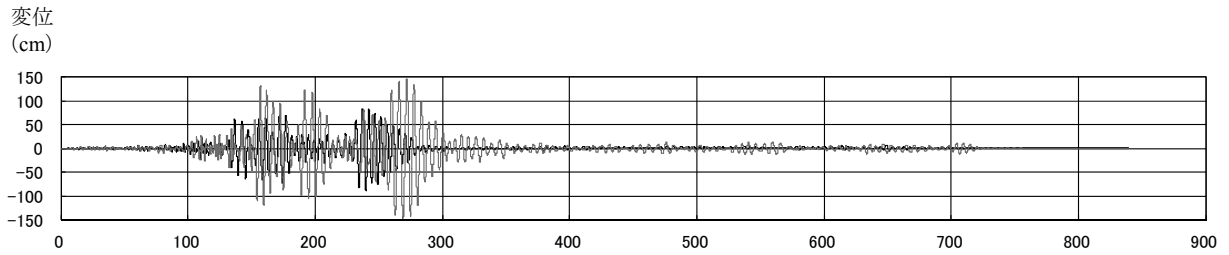
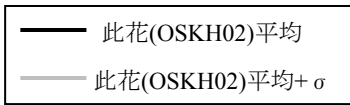
荷重変形関係図 (平均 21 階)

層せん断力
(kN)



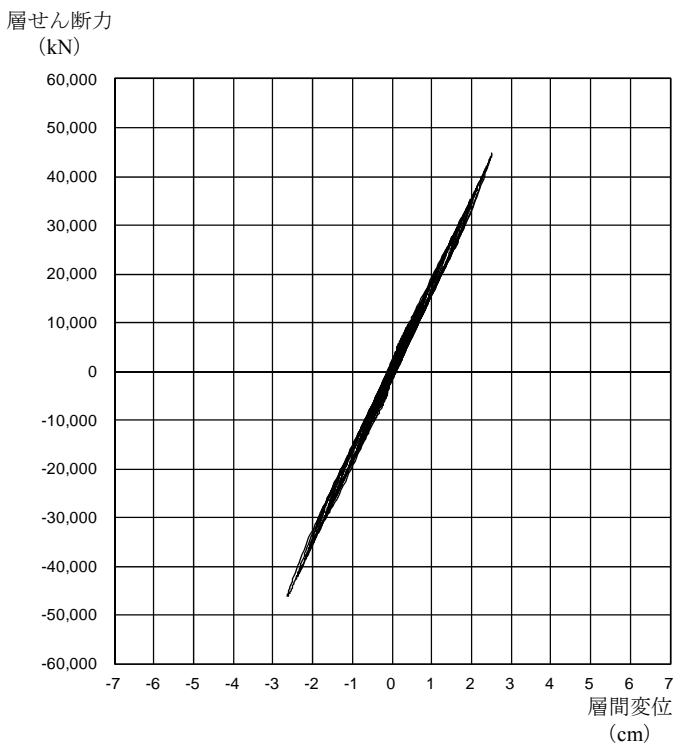
荷重変形関係図 (平均+ σ 9 階)

図 4.3.3-7 頂部応答変位と荷重変形関係図 (津島 AIC003)

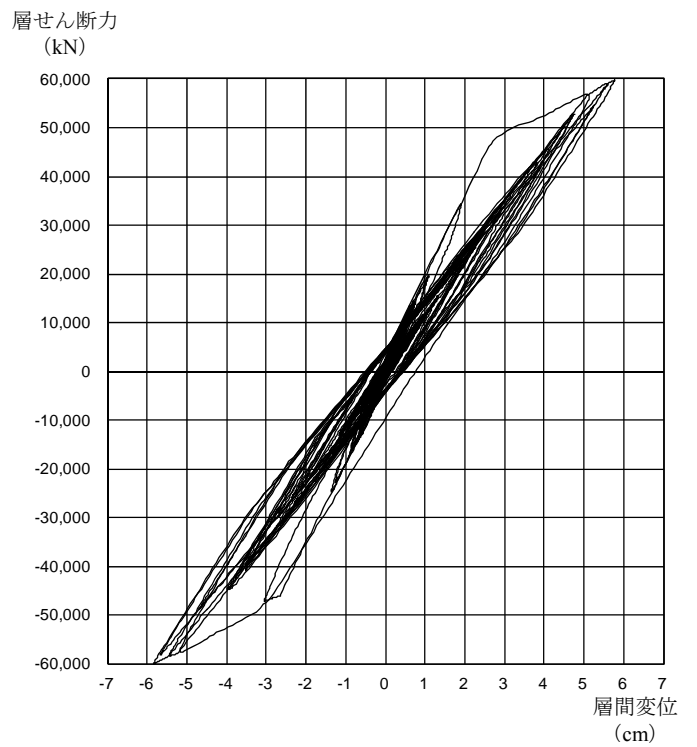


頂部応答変位

時刻
(秒)



荷重変形関係図 (平均 9 階)



荷重変形関係図 (平均+ σ 9 階)

図 4. 3. 3-8 頂部応答変位と荷重変形関係図(此花 OSKH02)

4-3-3-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

モデル	入力地震波		最大応答値				
			頂部 加速度 (cm/s ²)	頂部 変位 (cm)	層間 変形角 1/1,000(rad)	塑性率	頂部 残留変形 (cm)
RC-130	2009 年 (平均)	T-TN-KGIN (新宿)	94	45	4.8 (1/208)	0.77	0.5
		T-TN-AIC003 (津島)	199	90	9.7 (1/103)	1.44	7.4
		N-OSKH02 (此花)	162	89	9.7 (1/103)	1.49	2.8
	2011 年 (平均)	T-TN-N-KGIN (新宿)	61	30	3.4 (1/244)	0.56	0.1
		T-TN-N-AIC003 (津島)	242	95	10.4 (1/101)	1.56	1.0
		T-TN-N-OSKH02 (此花)	192	90	9.9 (1/101)	1.52	1.1

- ・今回作成された平均波に対する最大応答は前回 2009 年作成の平均波に比べて、変形が新宿波で 0.71 倍、津島波で 1.08 倍、此花波で 1.02 倍、塑性率で新宿波で 0.73 倍、津島波で 1.08 倍、此花波で 1.02 倍となっている。
- ・新宿波で 0.7 倍程度応答が小さくなっており、津島波、此花波では若干増大している。

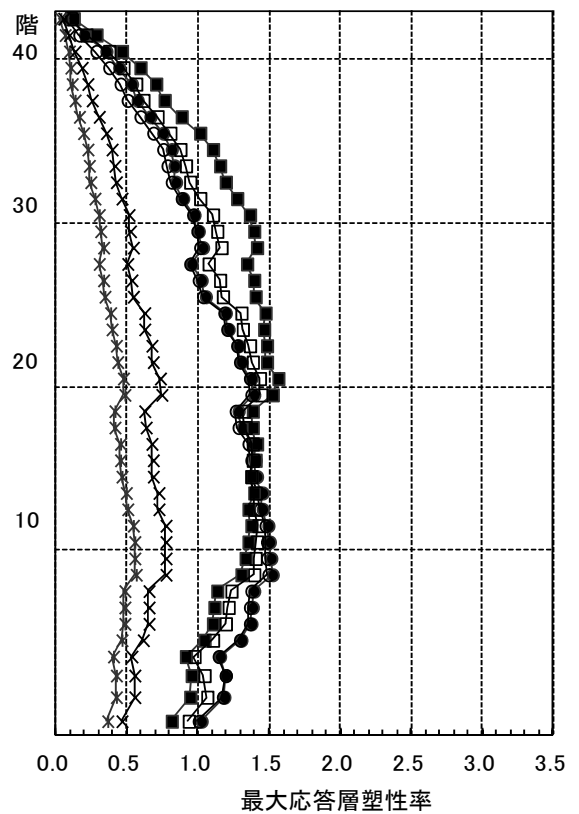
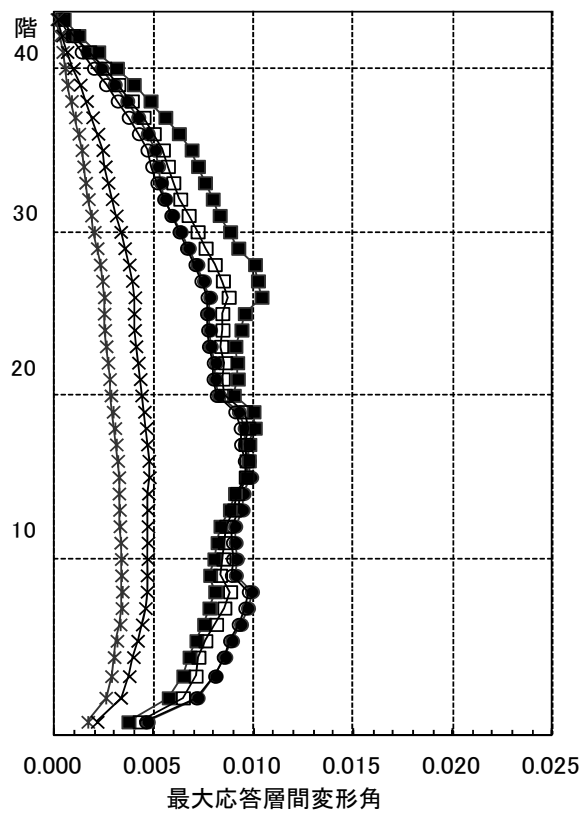
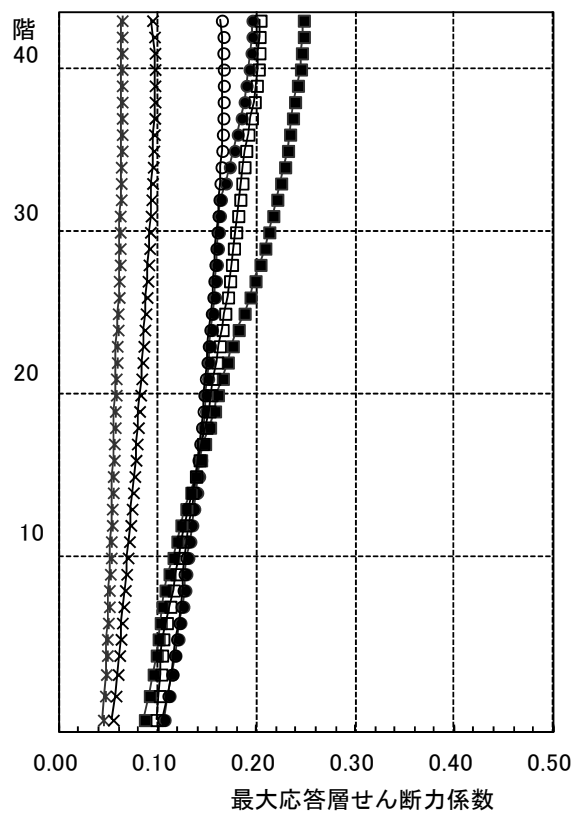
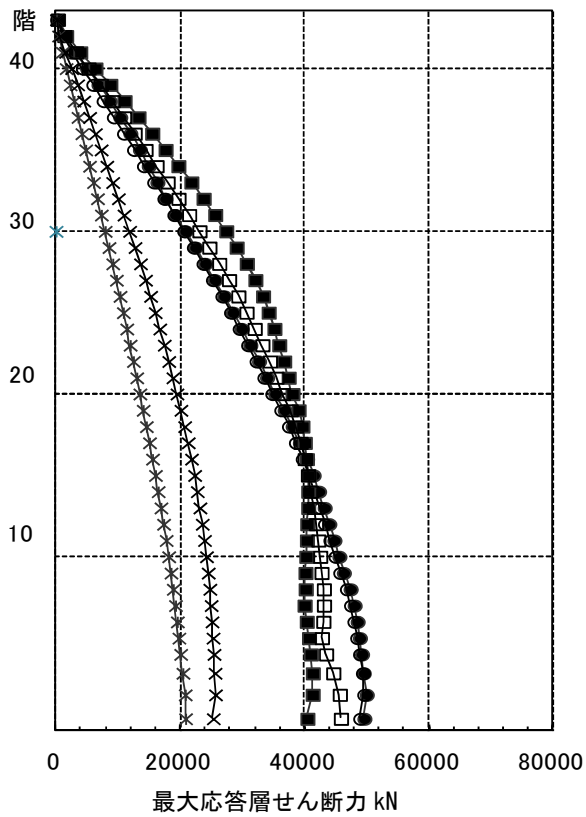
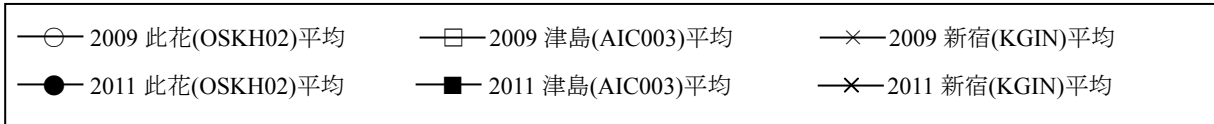


図 4.3.3-9 最大応答値(1) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

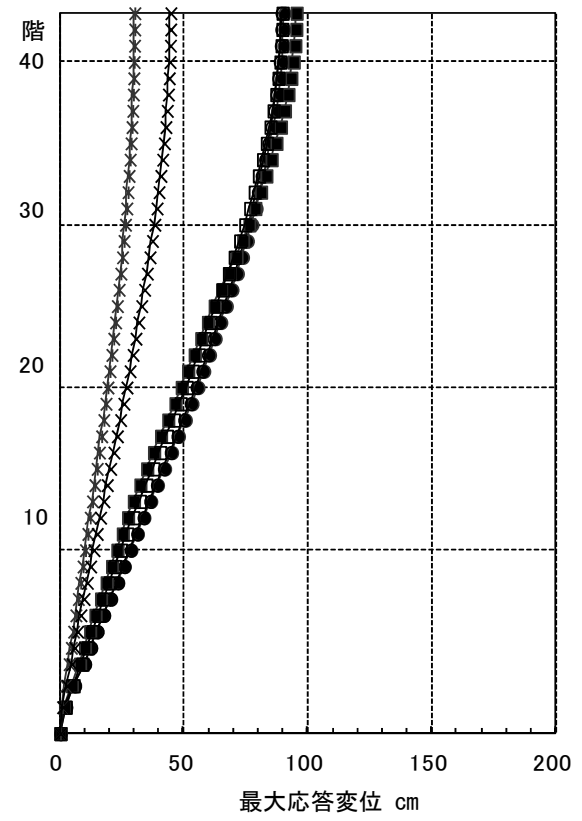
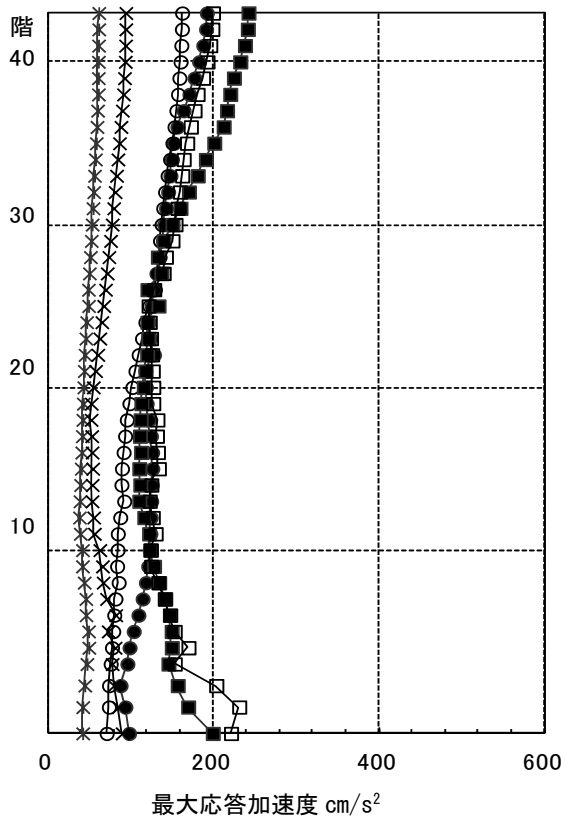
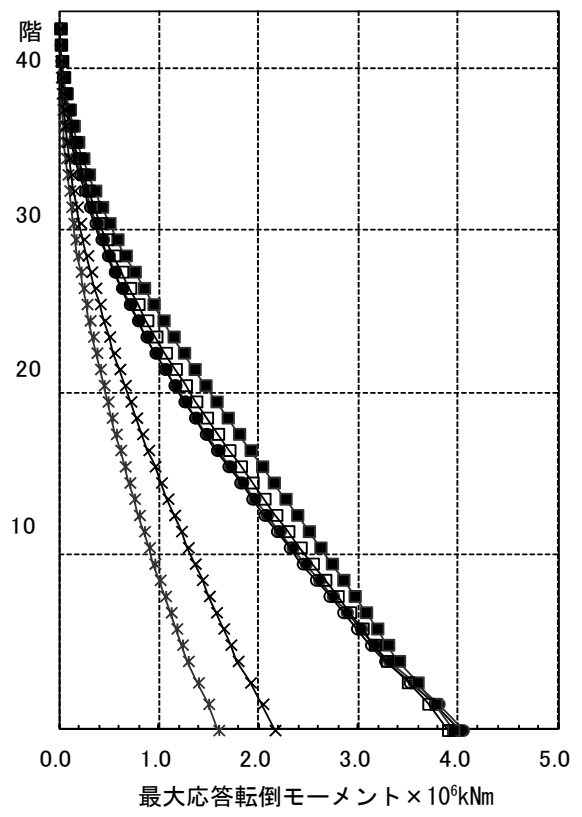
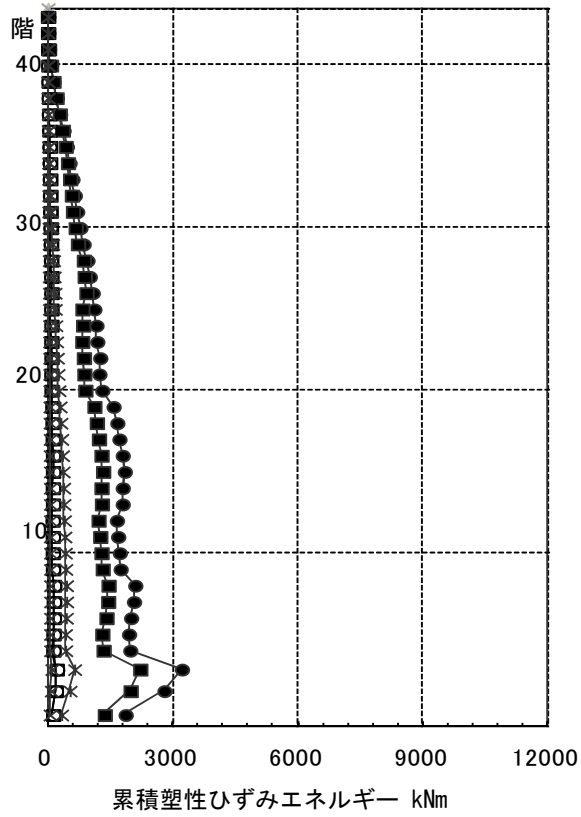
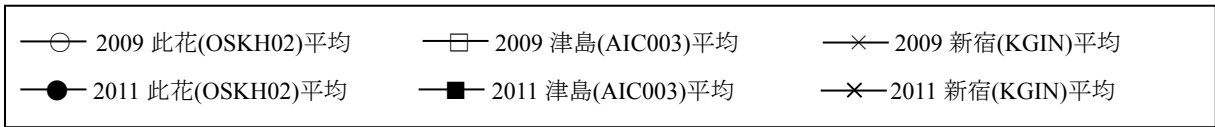


図 4.3.3-10 最大応答値(2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

4-3-3-6 2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較

モデル	入力地震波		最大応答値				
			頂部 加速度 (cm/s ²)	頂部 変位 (cm)	層間 変形角 1/1,000(rad)	塑性率	頂部 残留変形 (cm)
RC-130	2009 年 (平均+ σ)	T-TN-KGIN (新宿)	112	53	5.6 (1/178)	0.92	1.0
		T-TN-AIC003 (津島)	331	146	18.4 (1/ 54)	2.99	0.2
		N-OSKH02 (此花)	210	148	20.7 (1/ 48)	3.41	2.1
	2011 年 (平均+ σ)	T-TN-N-KGIN (新宿)	113	57	6.2 (1/161)	1.02	0.0
		T-TN-N-AIC003 (津島)	287	124	18.9 (1/ 53)	3.16	0.5
		T-TN-N-OSKH02 (此花)	284	148	20.2 (1/ 48)	3.34	0.2

- 今回作成された平均+ σ 波に対する最大応答は前回 2009 年作成の平均+ σ 波に比べて、変形が新宿波で 1.11 倍、津島波で 1.03 倍、此花波で 0.98 倍、塑性率が新宿波で 1.11 倍、津島波で 1.06 倍、此花波で 0.98 倍となっている。
- 平均波では新宿波で 30%程度応答が小さくなっていたが、平均+ σ では逆に 10%程度増加している。
- 津島波は若干増加、此花波では若干低減している。
- 津島、此花の平均+ σ 波では、変形が 1/50 以上、塑性率が 3 以上であることは、新旧とも共通である。

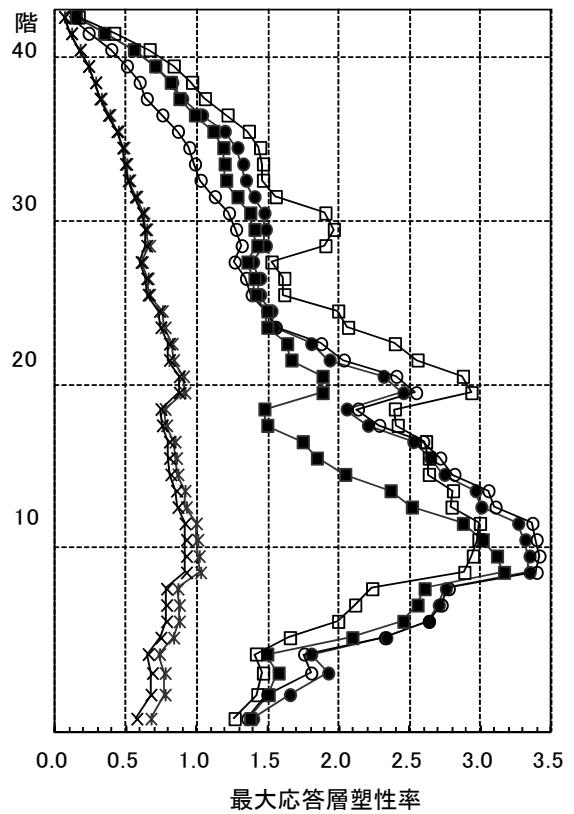
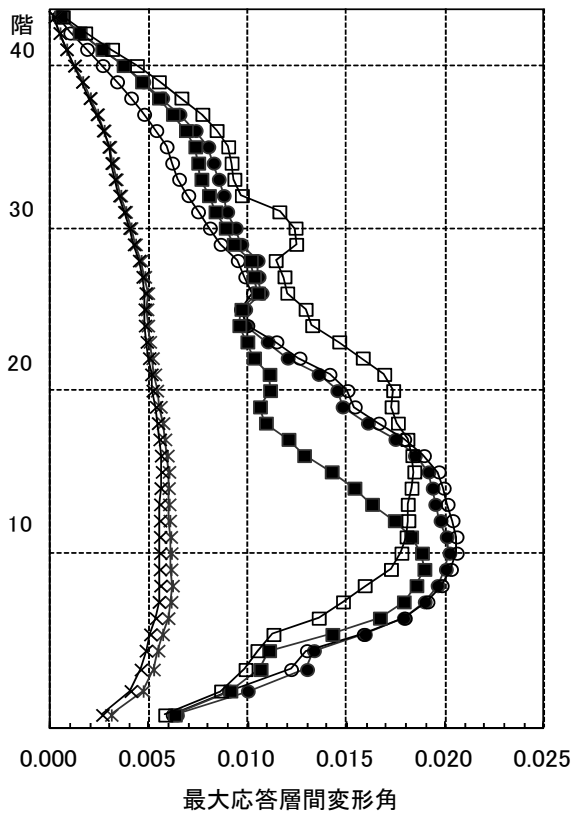
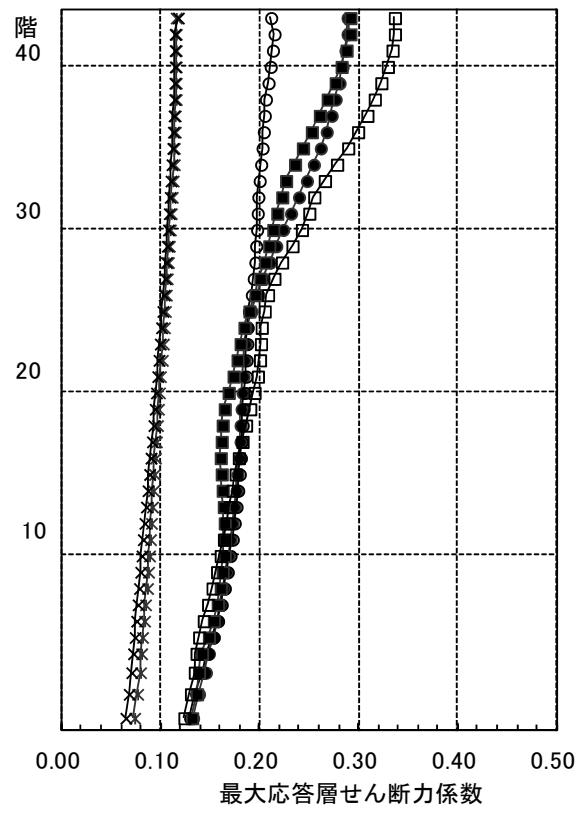
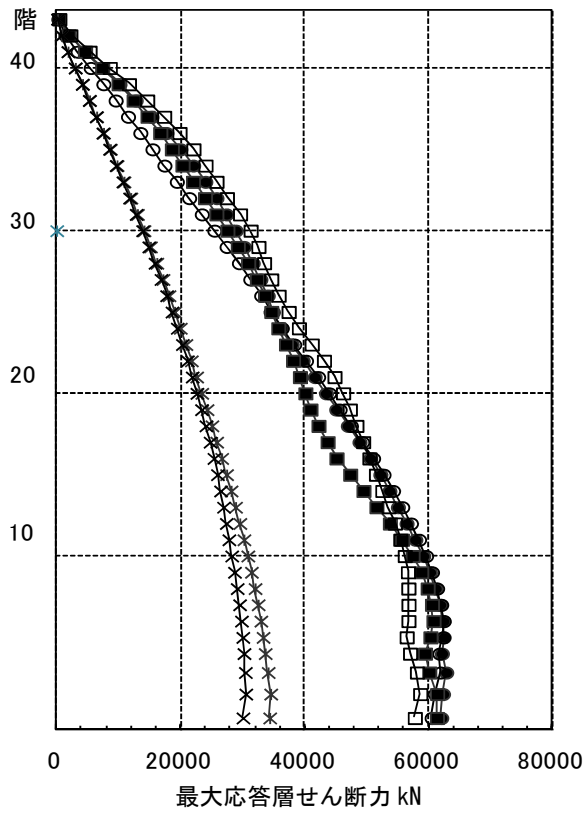
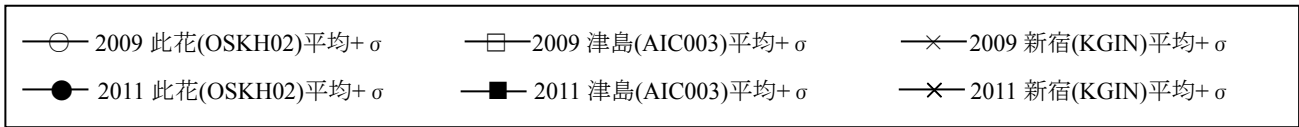


図 4.3.3-11 最大応答値(1) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

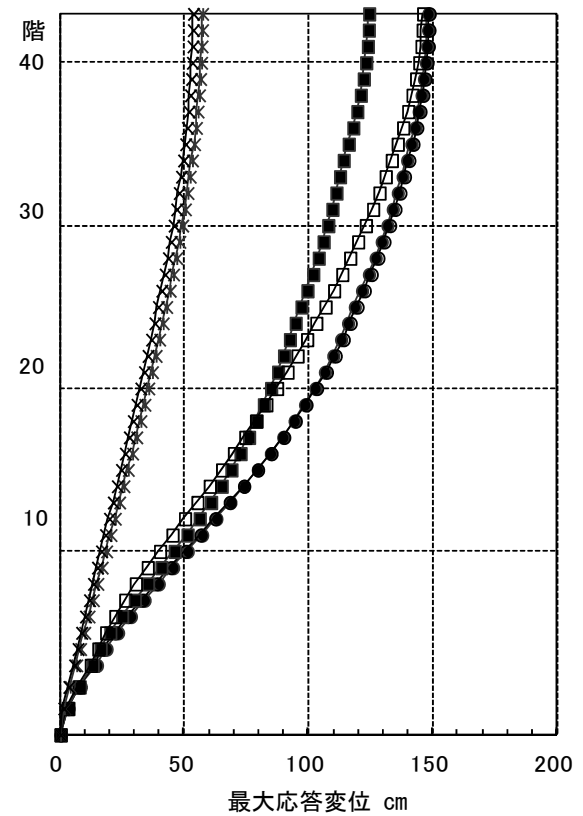
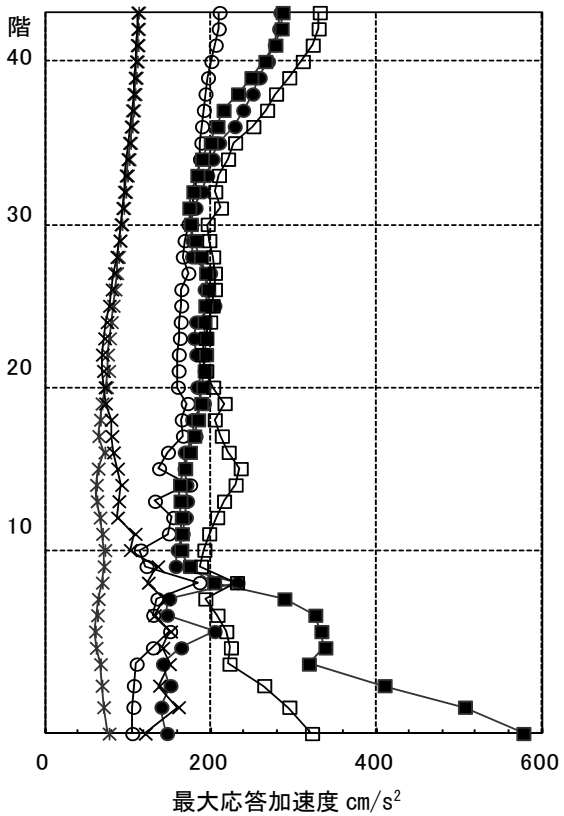
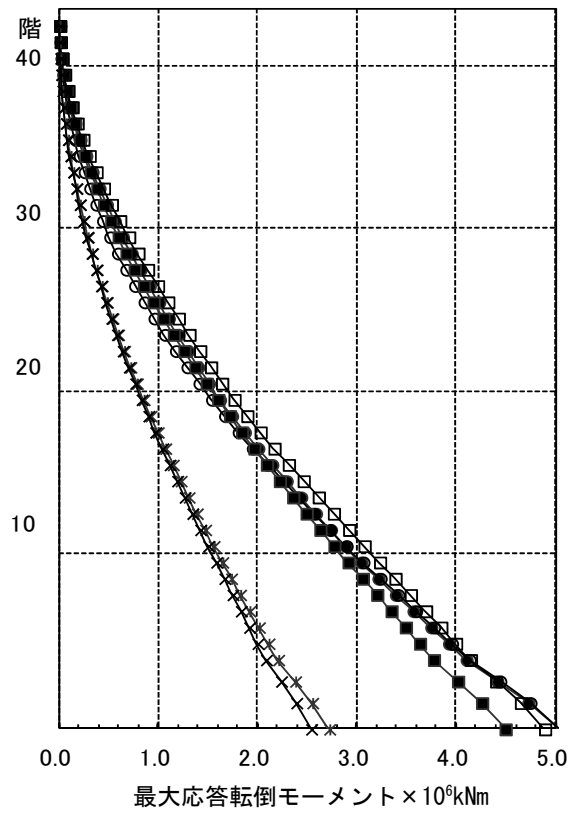
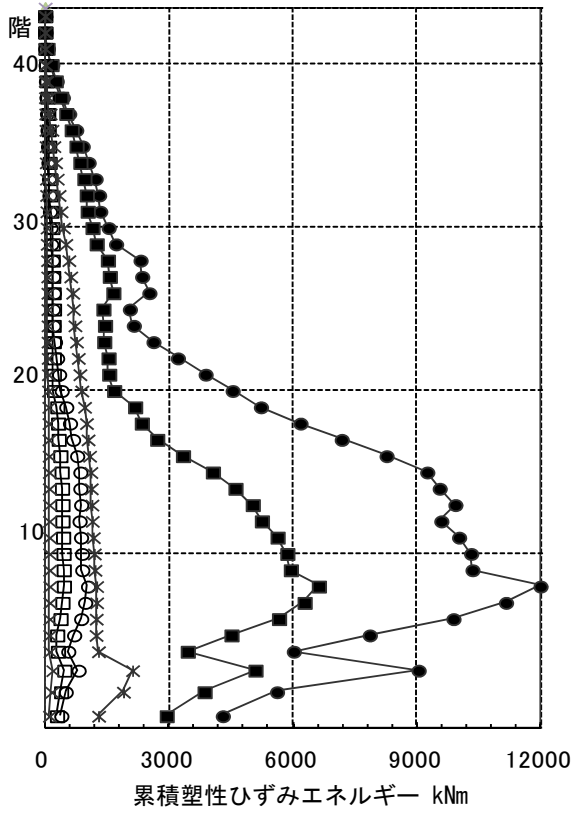


図 4.3.3-12 最大応答値(2) 【2011地震動平均+σ波と2009地震動平均+σ波の比較】

4-3-3-7 大阪地域の応答比較

- ・大阪地域の計算波は2009年が此花OSKH02(大阪市此花区北港緑地2丁目内)と大阪OSK005(大阪市東淀川区柴島1丁目1-1)で提供されていたが、今回新たに堺OSK006(堺市山本町4-7 三宝公園)が追加された。
- ・これら3地点は大阪市域の超高層建物が多く位置する、梅田、OBP(大阪ビジネスパーク)、天王寺・阿倍野とは図4-3-3.13の関係にある。これら3地域は距離および地盤条件から見てOSK005に近い。
- ・大阪平野では、6000年前の河内湾から2000年前の河内湖へと湾岸部の陸地化が進んできた歴史から地盤条件の差が大きい。とくに東大阪や八尾などは軟弱で厚い沖積層を有するので、長周期地震動についても大きな増幅を示す。

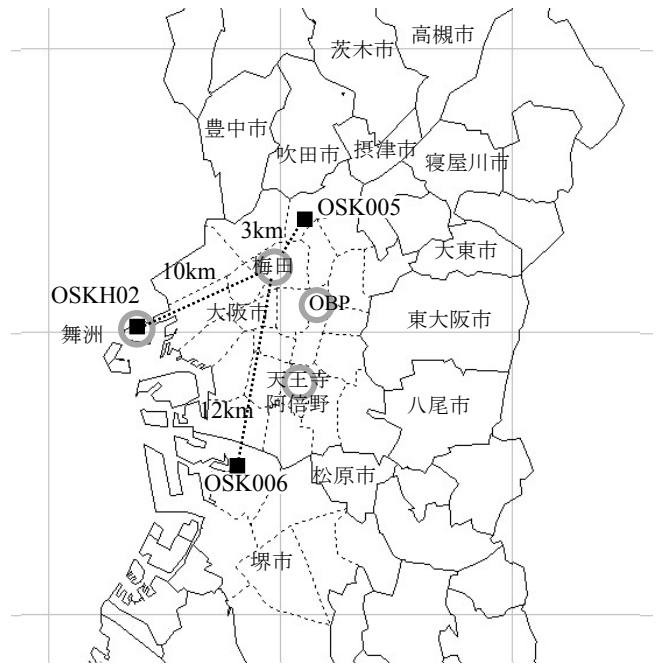


図 4. 3. 3-13 計算波提供地点

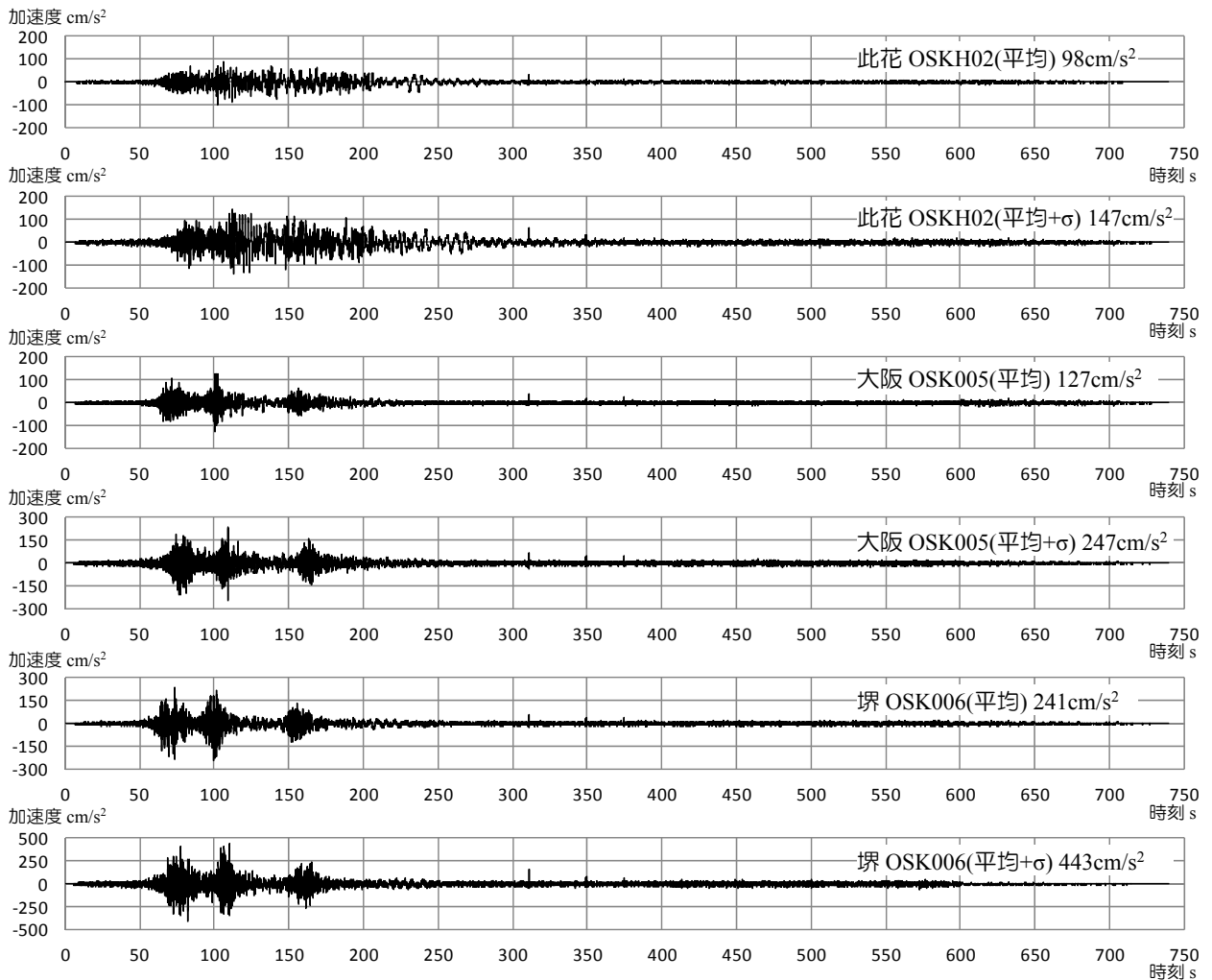


図 4. 3. 3-14 大阪地域の計算波の波形

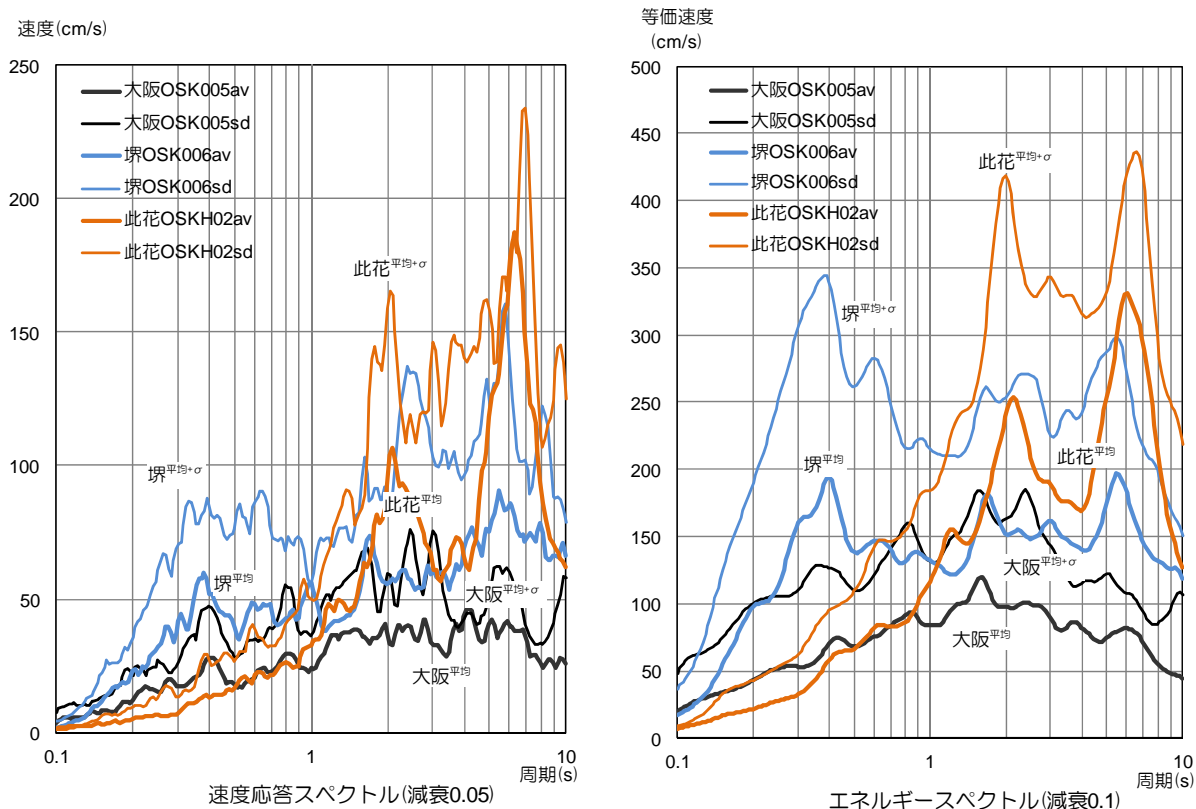


図 4. 3. 3-15 大阪地域の計算波のスペクトル比較

地震応答解析結果(大阪の場合)

モデル	入力地震波		最大応答値				
			頂部 加速度 (cm/s ²)	頂部 変位 (cm)	層間 変形角 1/1,000(rad)	塑性率	頂部 残留変形 (cm)
RC-130	2011年 (平均)	T-TN-N-OSKH02 (此花)	192	90	9.9 (1/101)	1.52	1.1
		T-TN-N-OSK005 (大阪)	108	29	3.2(1/313)	0.53	0.0
		T-TN-N-OSK006 (堺)	153	66	6.7(1/149)	1.13	0.3
	2011年 (平均+σ)	T-TN-N-OSKH02 (此花)	284	148	20.2 (1/ 48)	3.34	0.2
		T-TN-N-OSK005 (大阪)	119	38	4.1(1/244)	0.67	0.6
		T-TN-N-OSK006 (堺)	249	134	17.4(1/57)	2.88	1.1

- 大阪地域の計算波のスペクトル図によれば、湾岸部の此花,堺に比べて内陸部の大阪では卓越周期およびスペクトルの大きさの差が顕著である。
- このように計算波におけるサイト係数の影響は大きく、検討敷地が計算点と異なる場合は、提供された計算波の採択に十分な注意が必要である。
- スペクトルの差に応じて、応答結果は此花,堺,大阪の順に大きく、平均,平均+σとも変形では3:2:1、塑性率では5:4:1となっている。

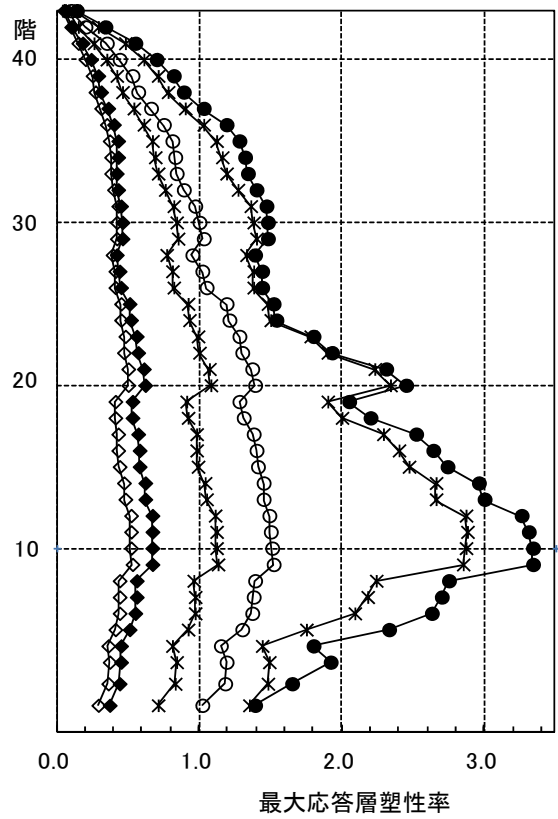
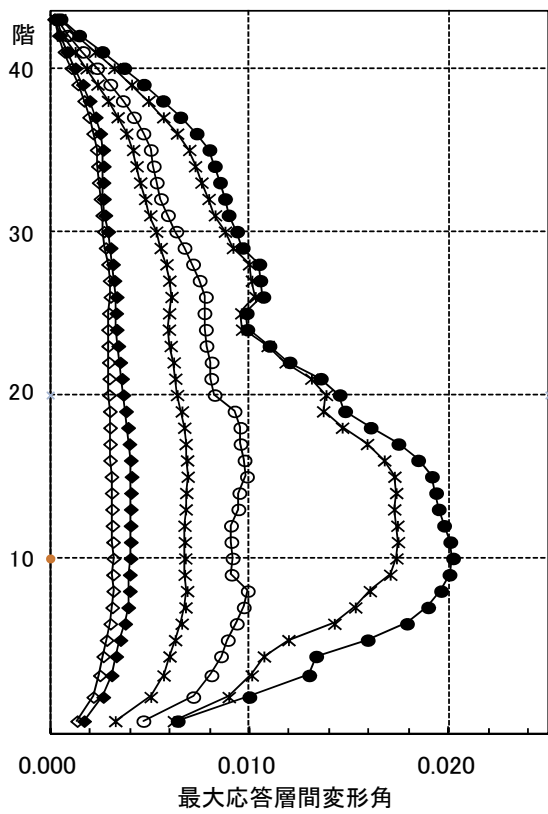
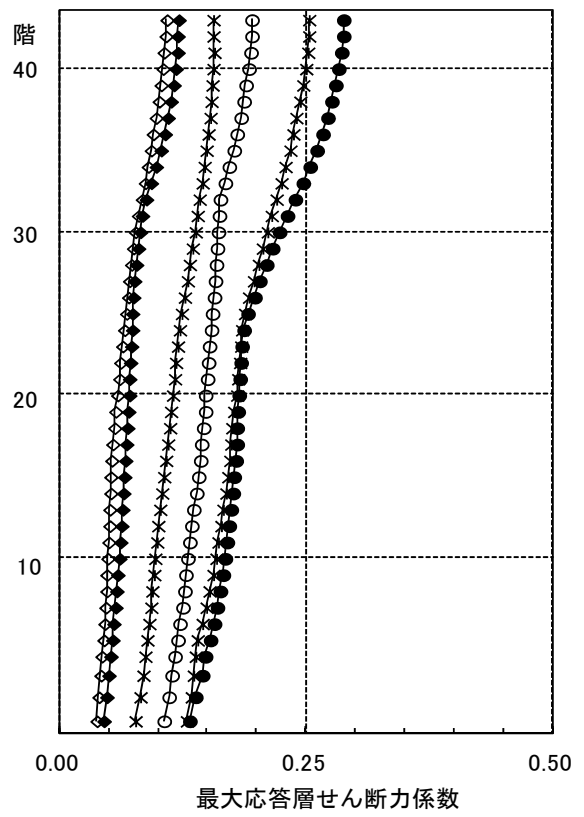
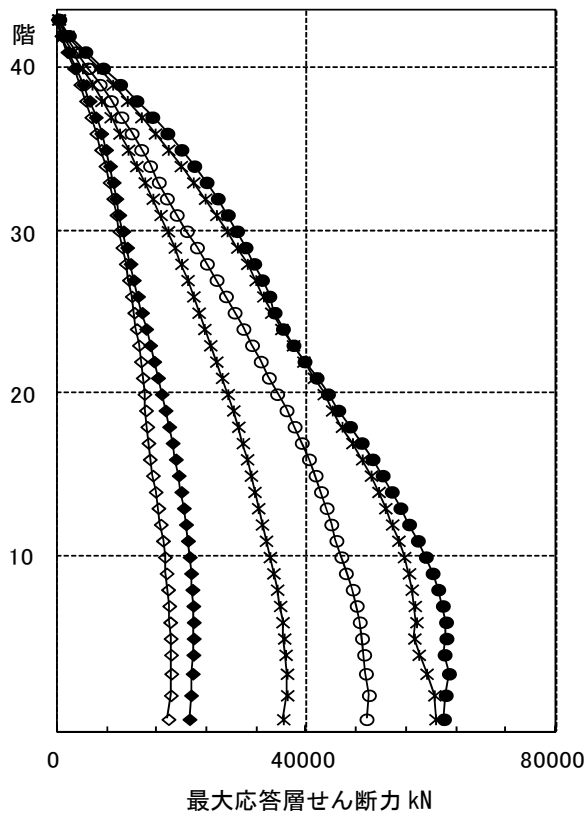
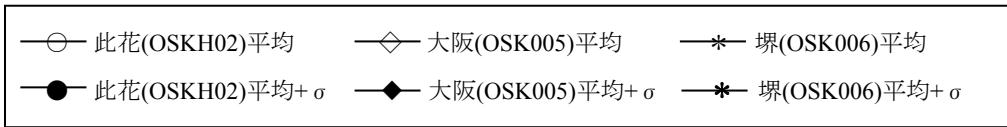


図 4.3.3-16 最大応答値(1) 大阪地域の地震動の応答比較

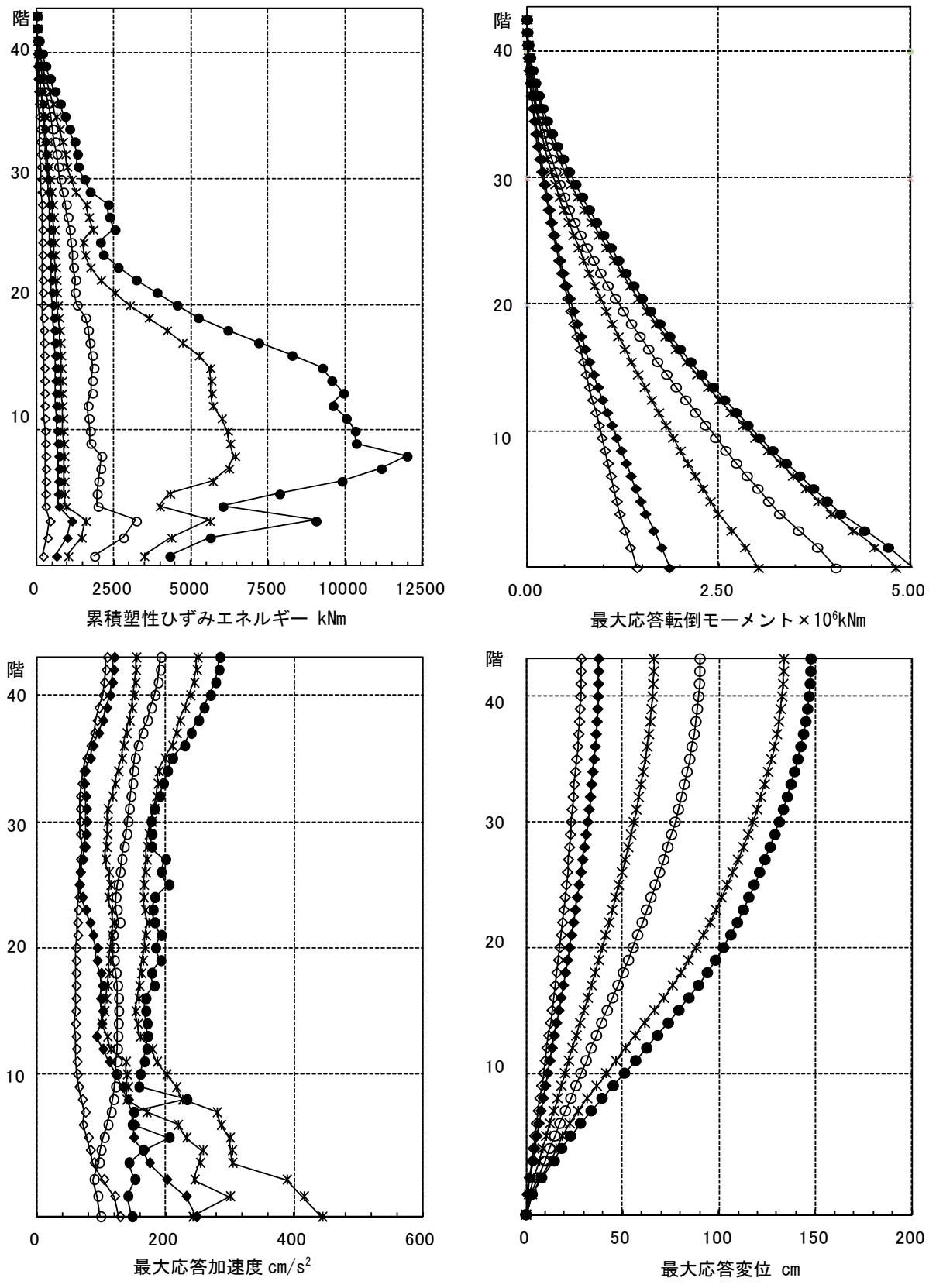
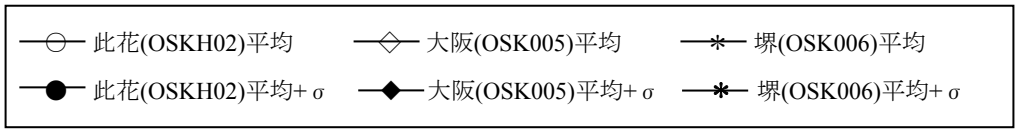


図 4.3.3-17 最大応答値(2) 大阪地域の地震動の応答比較

4-3-4 RC150m級建物(1)

4-3-4-1 対象建物概要

構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
RC造	1990年代	47F/B1/P1	150.45m	2.37s(X) 3.48s(Y)	X, Y	中廊下型 純ラーメン構造

(次頁以降に略伏図と略軸組図を示す)

- ・制振部材がなく、単純にフレームによるエネルギー吸収に期待した耐震構造の建物である。
- ・X方向は、外周部とコア部分に均等フレーム(基準スパン 5.7m)を有していることから剛性が高いが、梁の降伏がほぼ同時に発生するため、荷重変形曲線の折れ曲がり明快であり、第3次勾配の剛性が小さい。
- ・Y方向は、アスペクト比が大きく剛性の確保が問題となることから、建築計画に支障のない範囲で架構を設け、適正な剛性が確保できるよう計画している。
荷重変形曲線上はなだらかである。

4-3-4-2 モデル化の方針

項目			
系のモデル化	質点系	<input type="checkbox"/> せん断多質点系	<input checked="" type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系
	骨組系	<input checked="" type="checkbox"/> 平面骨組	<input type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数	<input type="checkbox"/> 初期剛性比例	<input checked="" type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
	[3.0%]		
解析プログラム	<input checked="" type="checkbox"/> 市販	[RESP-M2]	<input type="checkbox"/> 自社開発
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P- δ 効果考慮 <input type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input type="checkbox"/> 鉛直部材(柱・壁)の軸力・曲げ非線形相互作用考慮		
当時の一般規定* の解析上の扱い			
その他	塑性率の基点は、第2折点を起点としている。		

* (幅厚比、ボルト、横補剛等)

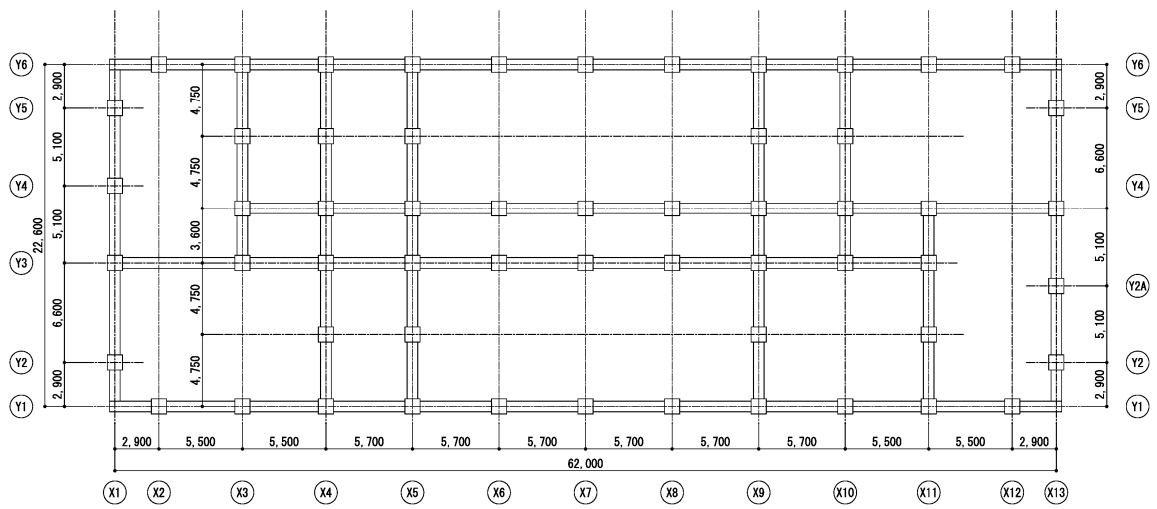


图 4.3.4-1 基準階架構平面図

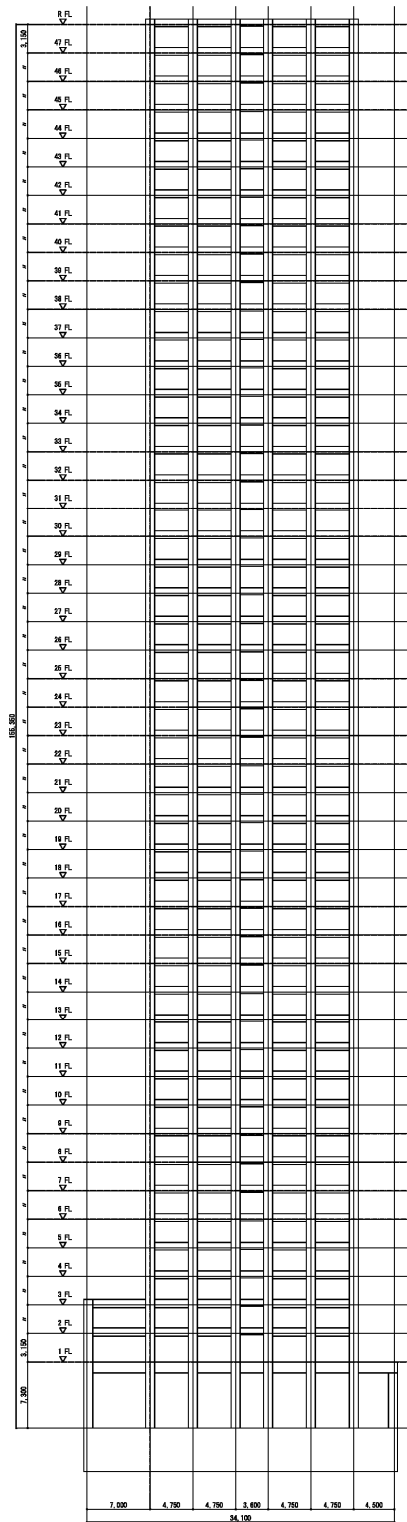
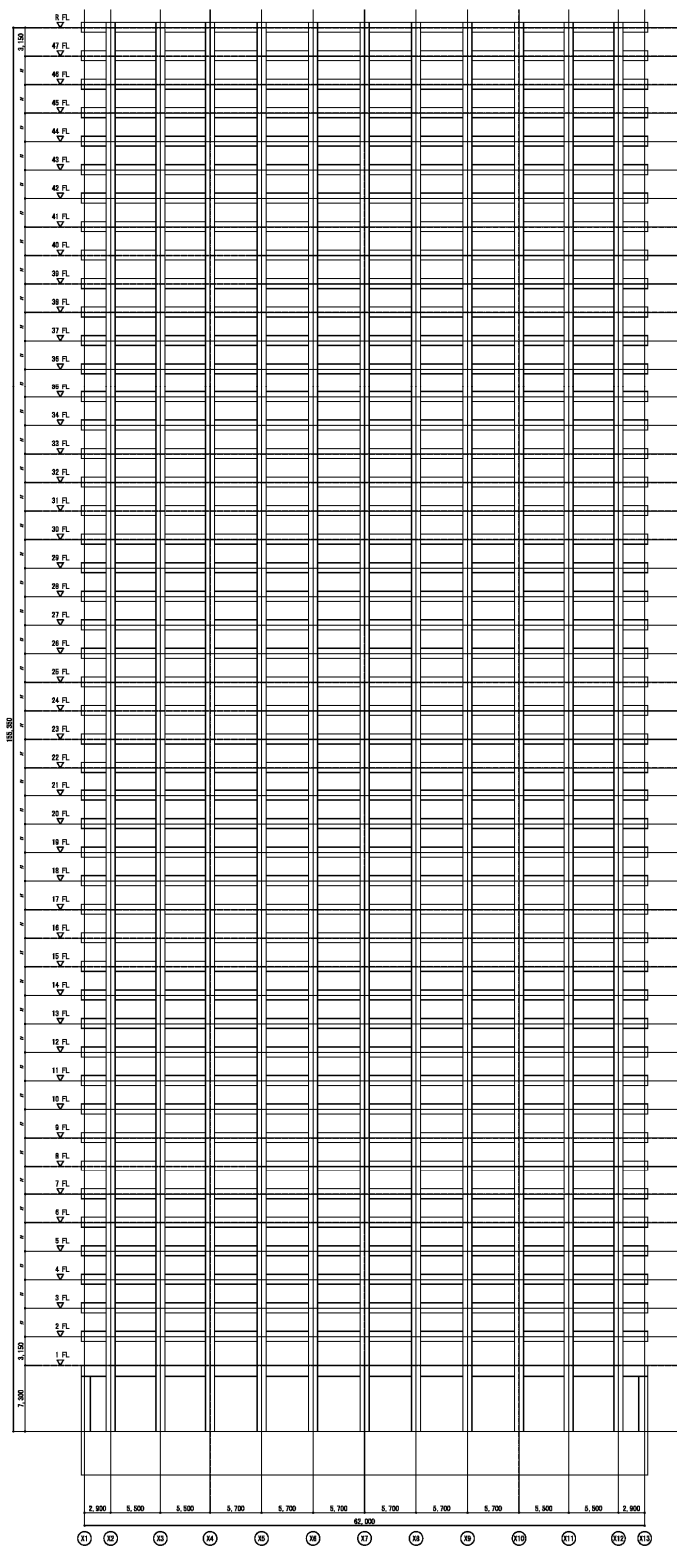


图 4.3.4-2 主要轴组图

4-3-4-3 静的漸増载荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係 (層間変位・層せん断力の関係)

応答限界変形時：X 方向全体変形角 1/150 時，Y 方向全体変形角 1/125 時

架構限界変形時：応答限界変形時の代表高さにおける履歴面積の 2 倍が確保できる変形角

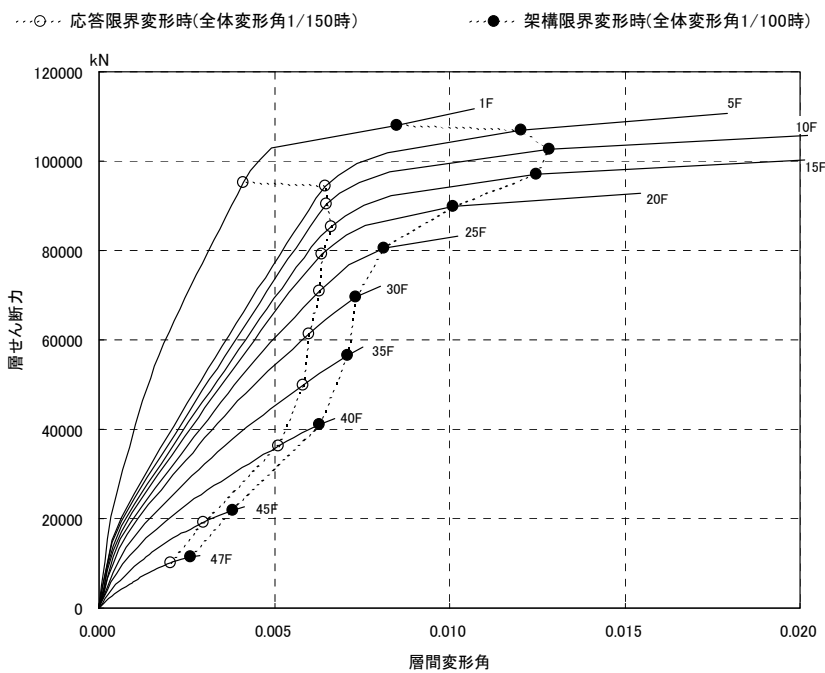


図 4.3.4-3 (X 方向)

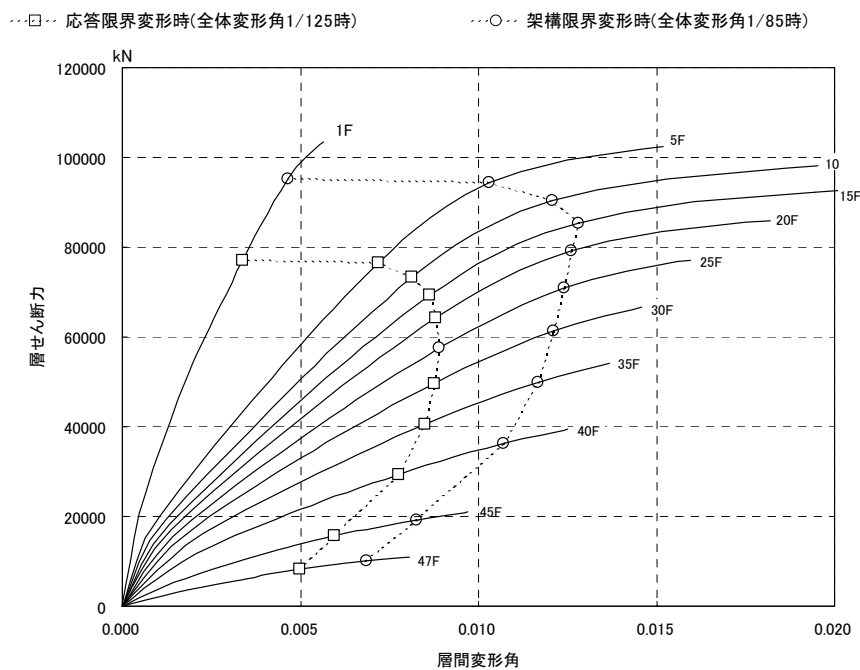


図 4.3.4-4 (Y 方向)

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力 (係数) の一覧表

X方向

階	ΣW (kN)	応答限界変形時 (全体変形角 1/150 時)		架構限界変形時 (全体変形角 1/100 時)	
		層せん断力(kN)	層せん断力係数	層せん断力(kN)	層せん断力係数
47F	34280	10064	0.5420	11424	0.6153
30F	309538	61273	0.1980	69553	0.2247
20F	491487	79104	0.1609	89795	0.1827
10F	678175	90333	0.1332	102542	0.1512
1F	857419	95174	0.1110	108034	0.1260

Y方向

階	ΣW (kN)	応答限界変形時 (全体変形角 1/125 時)		架構限界変形時 (全体変形角 1/85 時)	
		層せん断力(kN)	層せん断力係数	層せん断力(kN)	層せん断力係数
47F	34280	8160.0	0.2380	10063.9	0.2936
30F	309538	49681.3	0.1605	61273.2	0.1980
20F	491487	64138.8	0.1305	79104.2	0.1609
10F	678175	73242.6	0.1080	90333.3	0.1332
1F	857419	77167.4	0.0900	95174.0	0.1110

4-3-4-4 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)						
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
RC 150m級(1)	此花(OSKH02)平均	167.0	51.9	1/ 213	0.71	-	9.08	
	津島(AIC003)平均	158.3	61.5	1/ 183	0.82	-	6.96	
	新宿(KGIN)平均	73.3	16.8	1/ 559	0.25	-	1.32	
	浜松(SZ0024)平均	270.2	64.1	1/ 183	0.87	-	3.96	
	入力地震波	最大応答値(Y方向)						
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
		此花(OSKH02)平均	198.5	121.9	1/ 104	0.99	-	8.20
		津島(AIC003)平均	163.0	69.5	1/ 164	0.60	-	5.50
		新宿(KGIN)平均	63.4	30.9	1/ 375	0.27	-	2.57
		浜松(SZ0024)平均	274.6	54.9	1/ 142	0.87	-	5.54

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)						
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
RC 150m級(1)	此花(OSKH02)平均+σ波	285.5	112.3	1/ 63	2.36	-	11.99	
	津島(AIC003)平均+σ波	255.0	67.1	1/ 164	0.93	-	9.29	
	新宿(KGIN)平均+σ波	91.6	30.9	1/ 303	0.51	-	2.06	
	浜松(SZ0024)平均+σ波	386.7	91.6	1/ 94	1.57	-	7.11	
	入力地震波	最大応答値(Y方向)						
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm	
		此花(OSKH02)平均+σ波	305.0	158.1	1/ 59	2.10	-	9.59
		津島(AIC003)平均+σ波	264.3	121.2	1/ 92	1.19	-	3.45
		新宿(KGIN)平均+σ波	118.0	72.5	1/ 167	0.62	-	4.78
		浜松(SZ0024)平均+σ波	356.0	72.1	1/ 125	1.13	-	9.61

※層の塑性率は、第2折点を起点として算出している。

- 平均波の応答結果は、全ての地震波でX、Y方向共にクライテリアを満足する結果となる。
(層間変形角：1/100、層の塑性率：2.0以下)
- 平均波+σ波の応答結果は、此花(OSKH02)平均+σ波において最大値を示し、層間変形角、層の塑性率共にクライテリアを超過する結果となる。

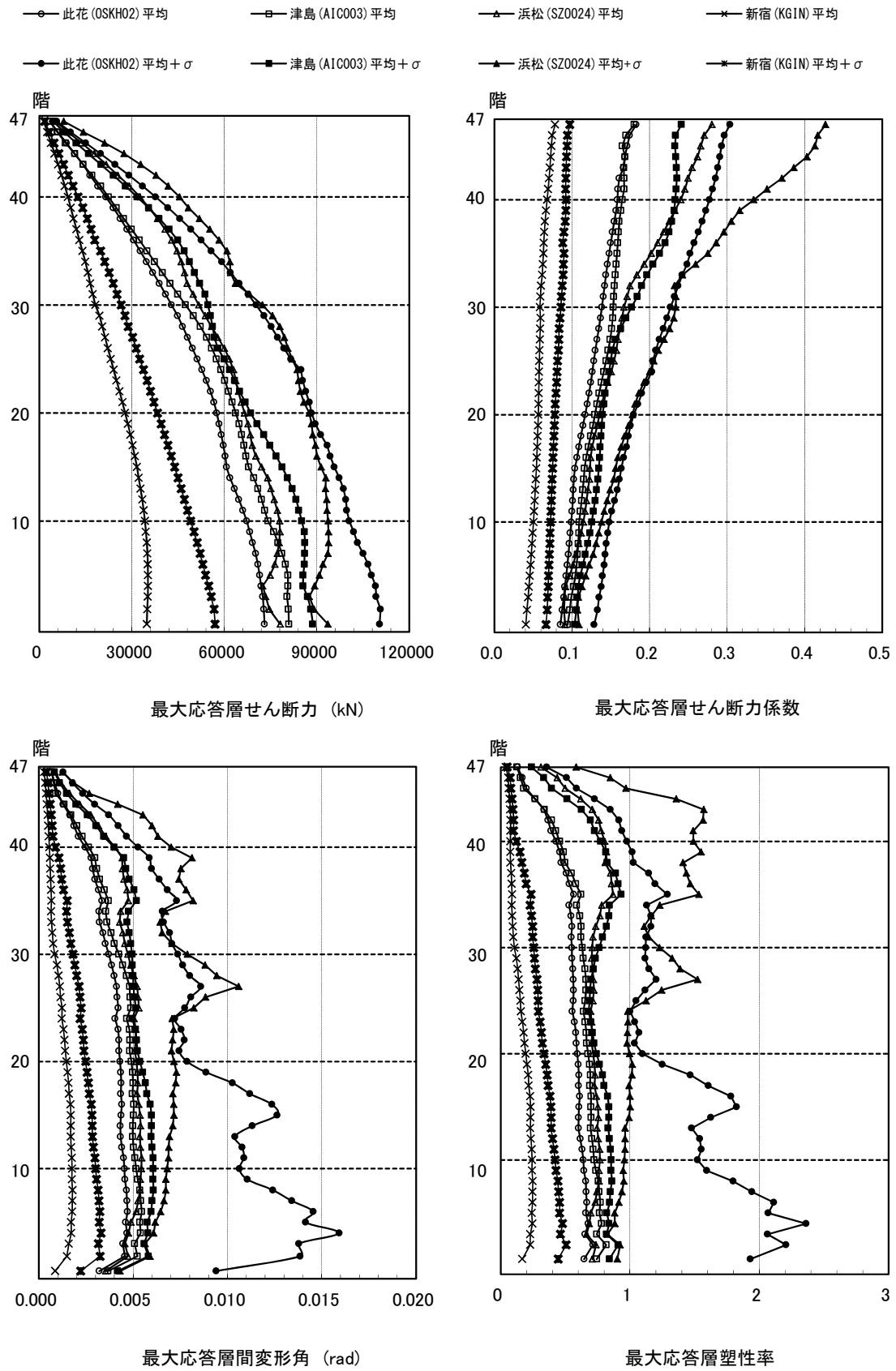


図 4.3.4-5 X方向最大応答値(1)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

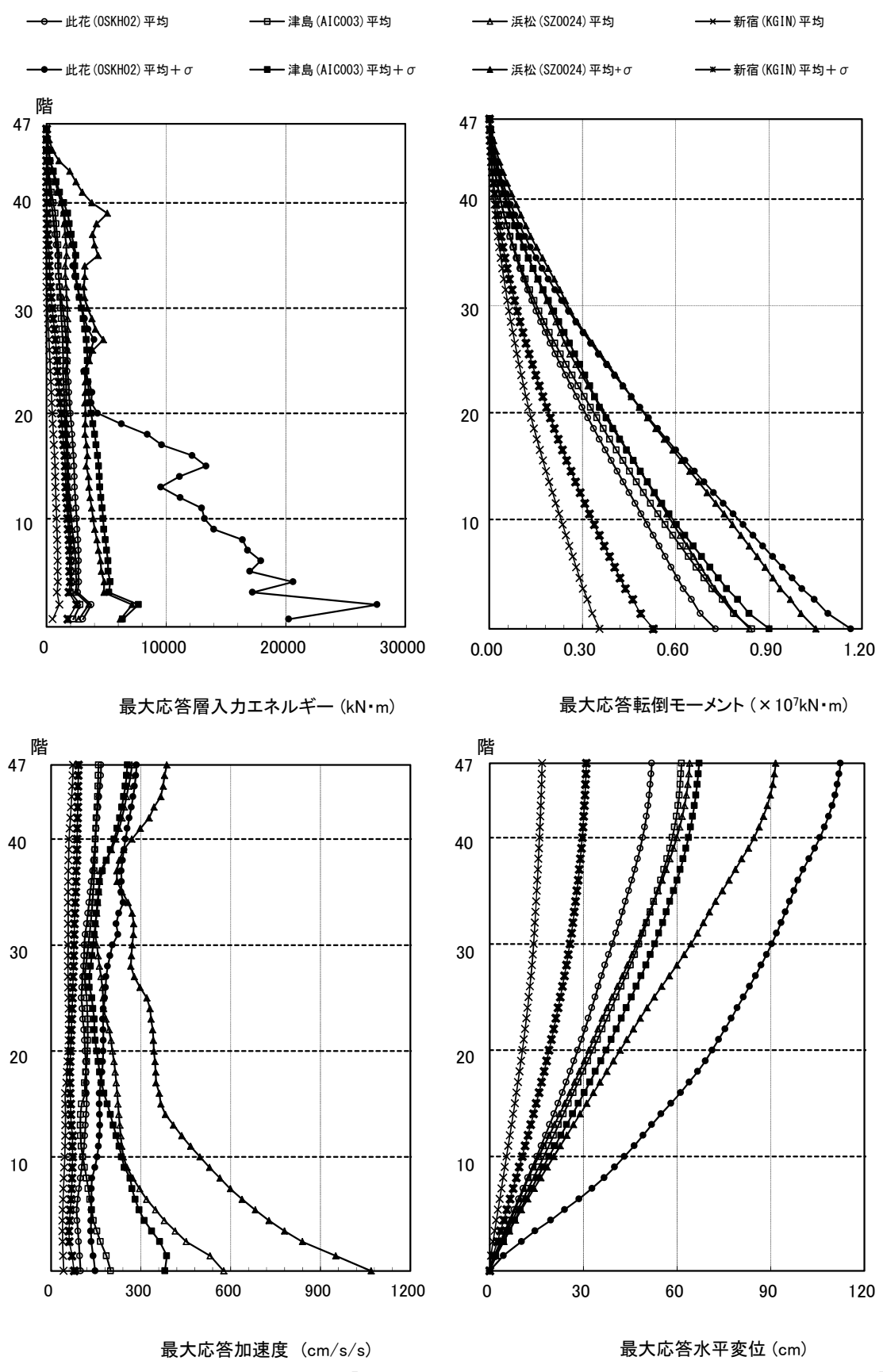


図 4.3.4-6 X方向最大応答値(2)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

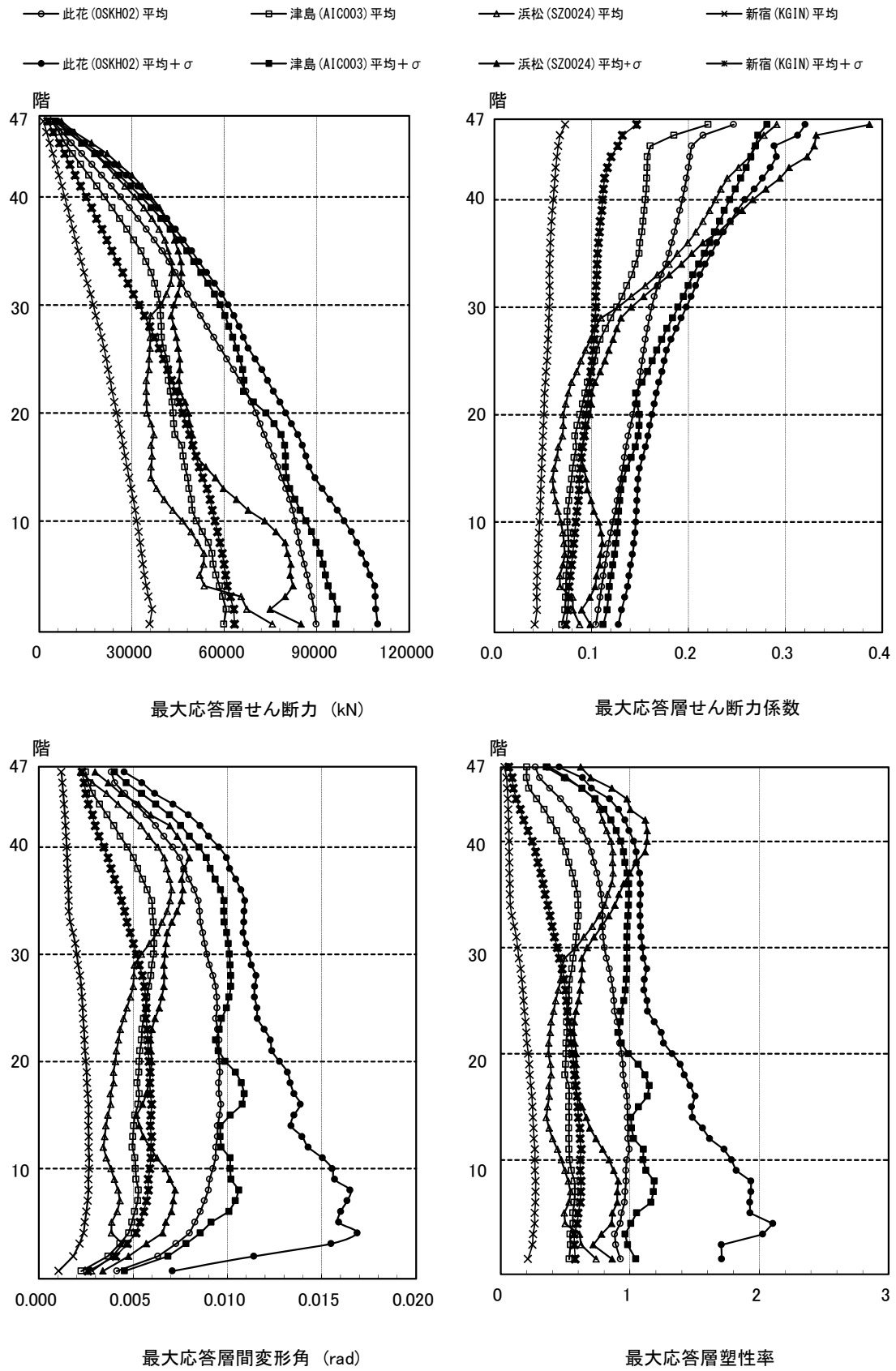


図 4.3.4-7 Y方向最大応答値(1) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

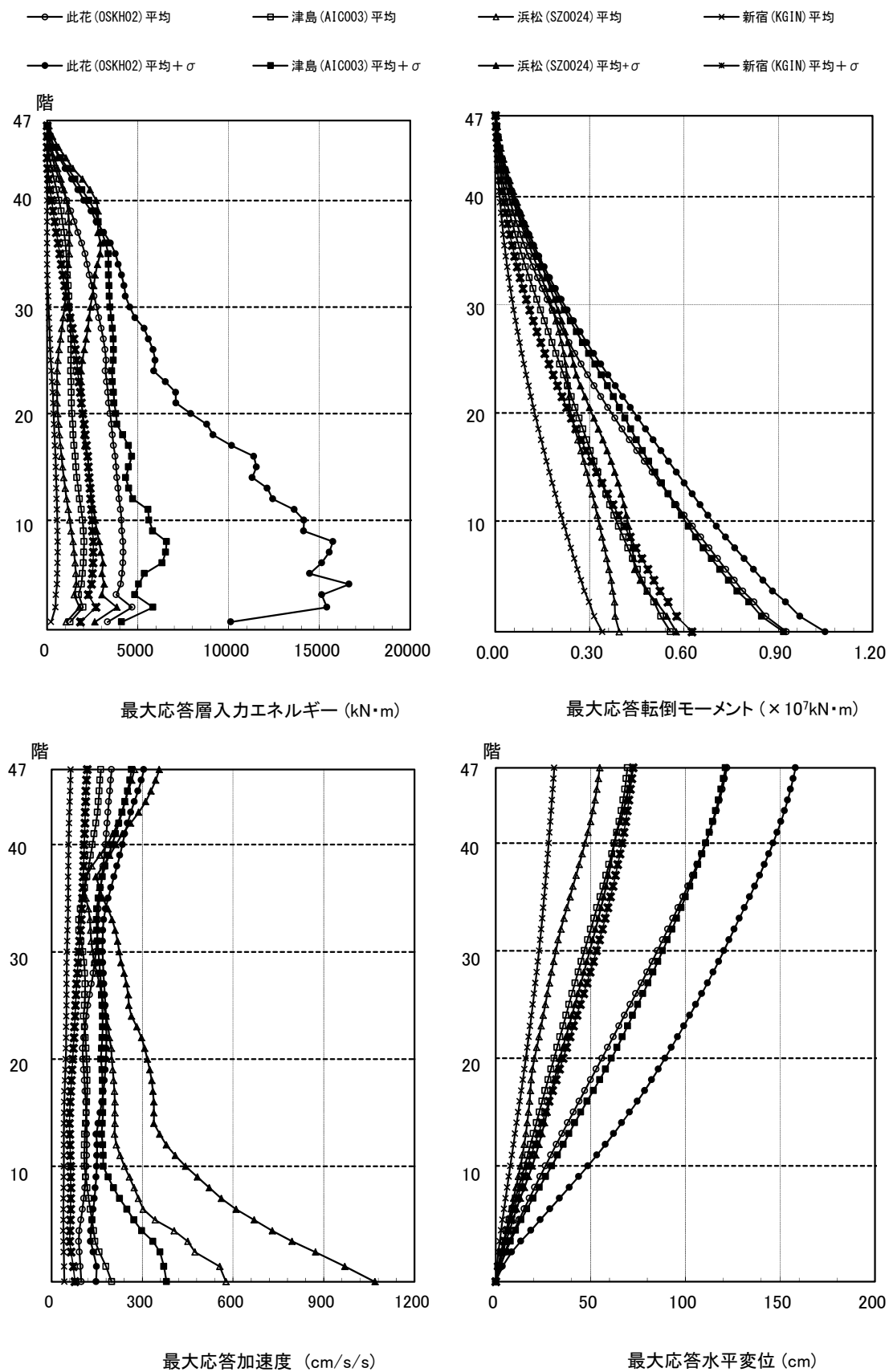


図 4.3.4-8 Y方向最大応答値(2) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-3-4-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m級(1)	此花(OSKH02)平均	167.0	51.9	1/ 213	0.71	-	9.08
	津島(AIC003)平均	158.3	61.5	1/ 183	0.82	-	6.96
	新宿(KGIN)平均	73.3	16.8	1/ 559	0.25	-	1.32
	浜松(SZ0024)平均	270.2	64.1	1/ 183	0.87	-	3.96
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	198.5	121.9	1/ 104	0.99	-	8.20
	津島(AIC003)平均	163.0	69.5	1/ 164	0.60	-	5.50
	新宿(KGIN)平均	63.4	30.9	1/ 375	0.27	-	2.57
	浜松(SZ0024)平均	274.6	54.9	1/ 142	0.87	-	5.54

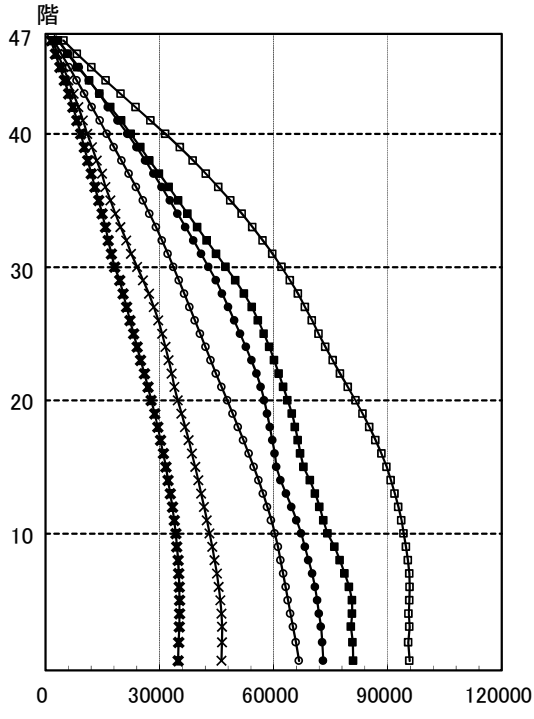
2009 地震動の平均波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m級 (1)	此花(OSKH02)平均	120.3	42.8	1/ 245	0.62	1.43	0.97
	津島(AIC003)平均	234.9	82.4	1/ 143	1.02	1.62	11.54
	新宿(KGIN)平均	89.3	25.2	1/ 381	0.38	0.27	2.10
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	159.4	107.2	1/ 114	0.92	2.25	0.94
	津島(AIC003)平均	181.4	84.2	1/ 141	0.70	0.00	1.58
新宿(KGIN)平均	90.1	45.0	1/ 261	0.40	0.54	0.67	

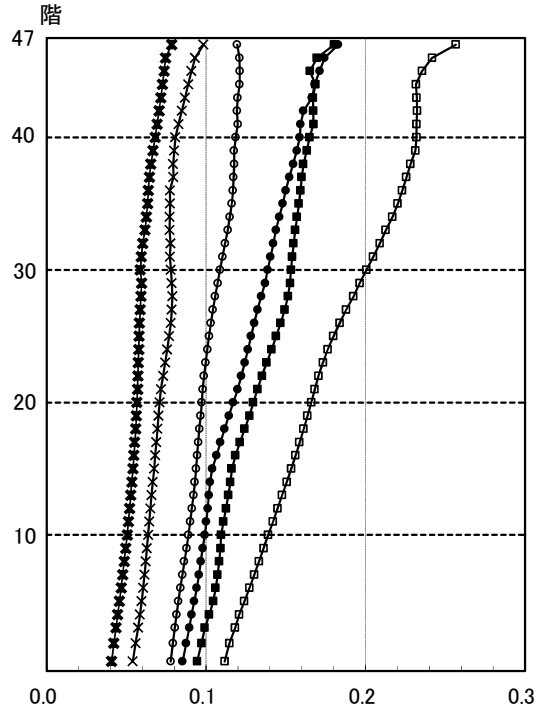
※層の塑性率は、第2折点を起点として算出している。

- 全ての地震波において X、Y 方向共にクライテリアを満足する結果となる。
(層間変形角：1/100、層の塑性率：2.0 以下)

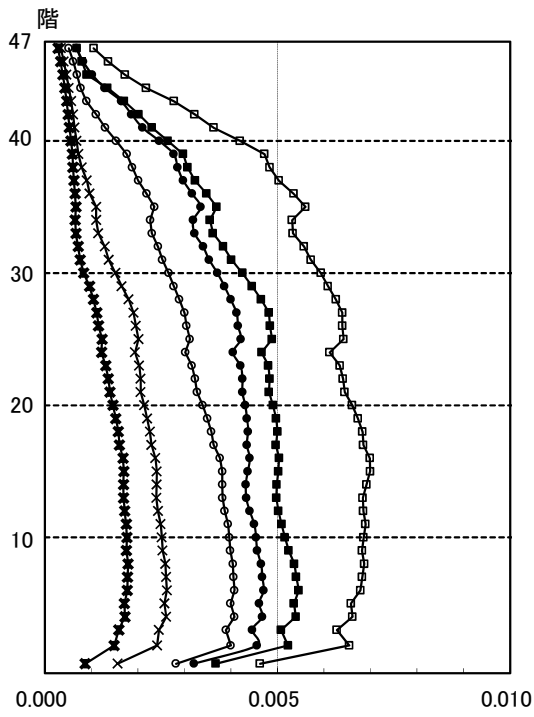
○ 此花 (OSKH02) 平均_1次波 □ 津島 (AIC003) 平均_1次波 × 新宿 (KGIN) 平均_1次波
 ● 此花 (OSKH02) 平均_3連動 ■ 津島 (AIC003) 平均_3連動 * 新宿 (KGIN) 平均_3連動



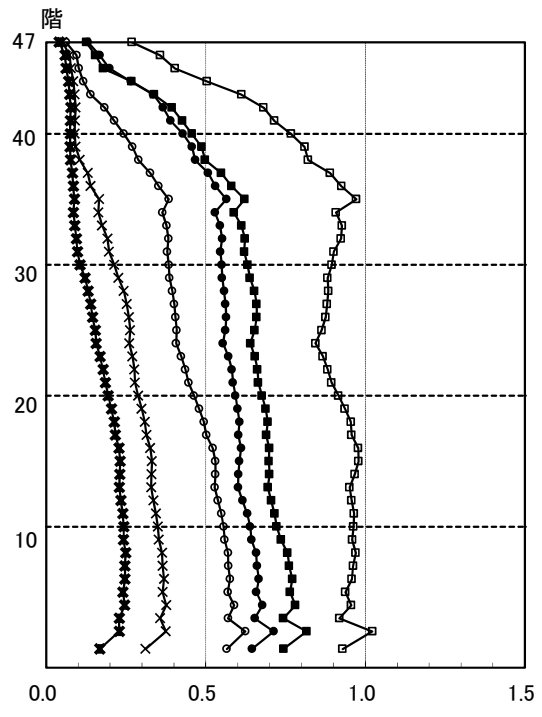
最大応答層せん断力 (kN)



最大応答層せん断力係数



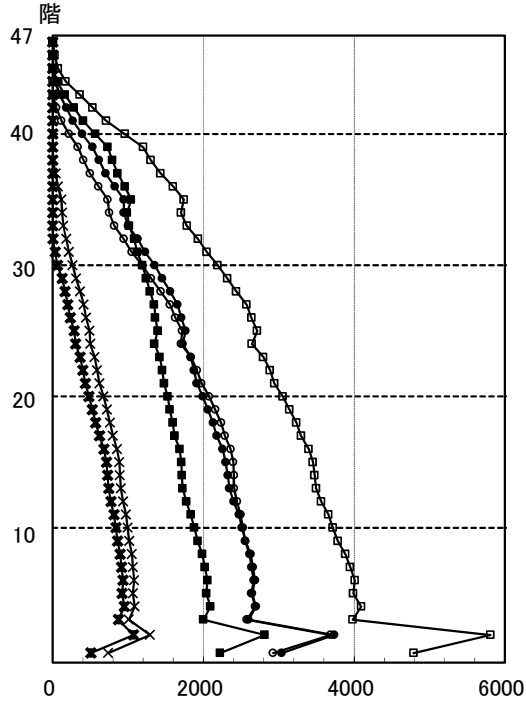
最大応答層間変形角 (rad)



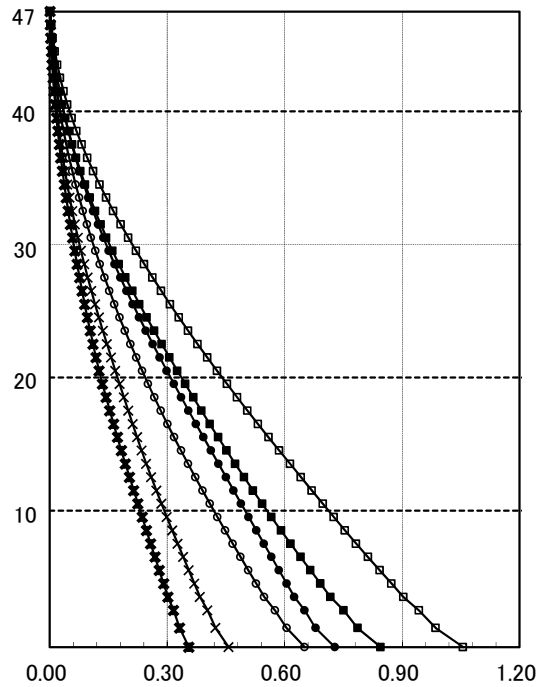
最大応答層塑性率

図 4.3.4-9 X方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

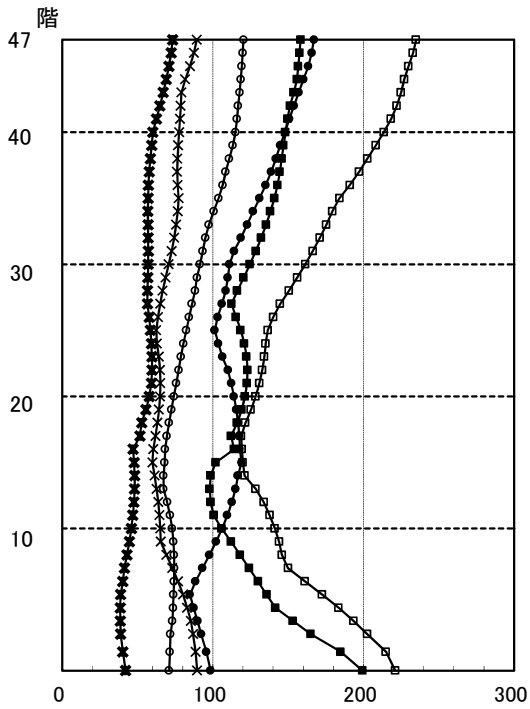
○ 此花 (OSKH02) 平均_1次波 □ 津島 (AIC003) 平均_1次波 × 新宿 (KGIN) 平均_1次波
 ● 此花 (OSKH02) 平均_3連動 ■ 津島 (AIC003) 平均_3連動 * 新宿 (KGIN) 平均_3連動



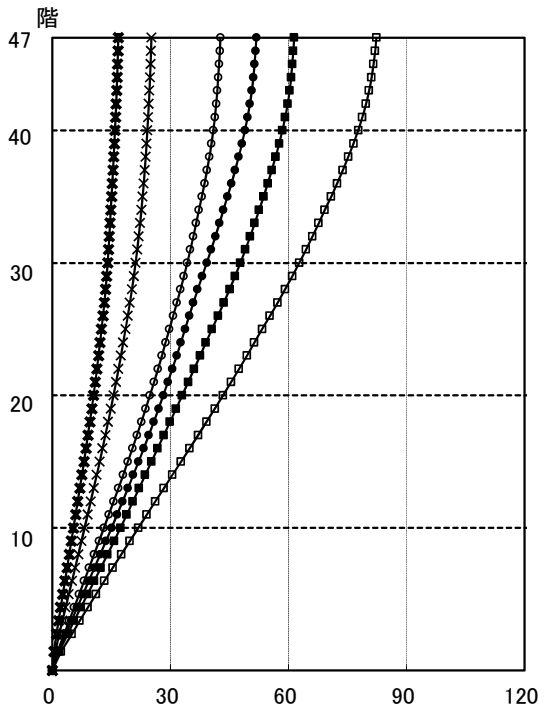
最大応答層入力エネルギー (kN·m)



最大応答転倒モーメント (× 10⁷ kN·m)



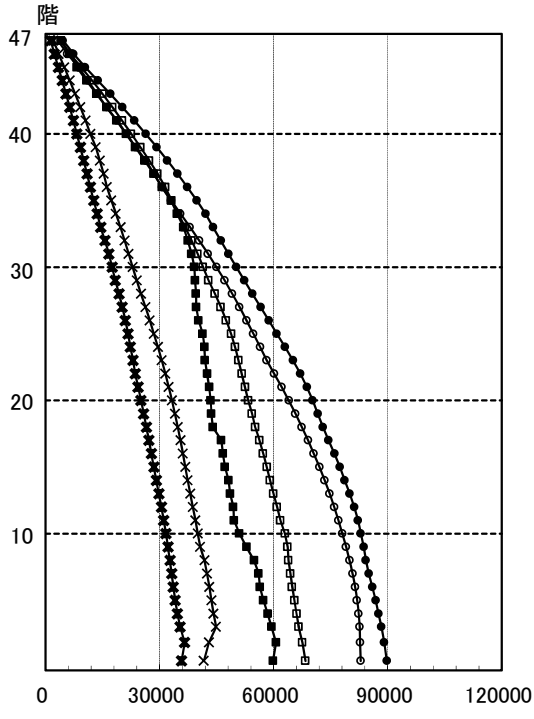
最大応答加速度 (cm/s/s)



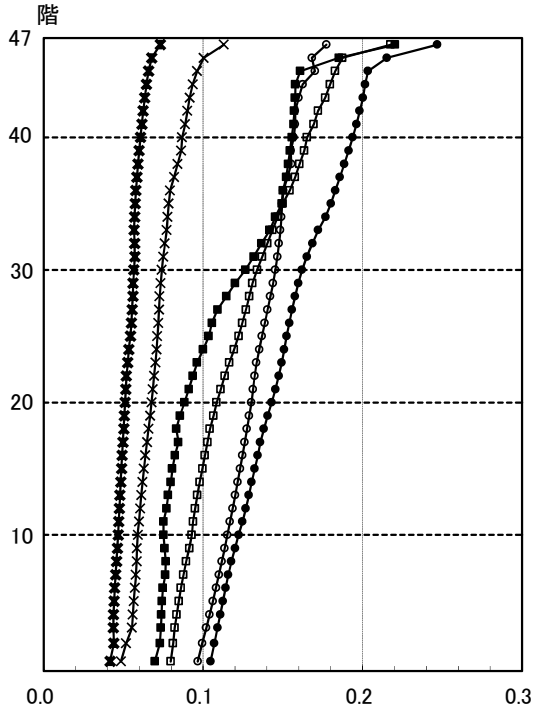
最大応答水平変位 (cm)

図 4.3.4-10 X方向最大応答値(2) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

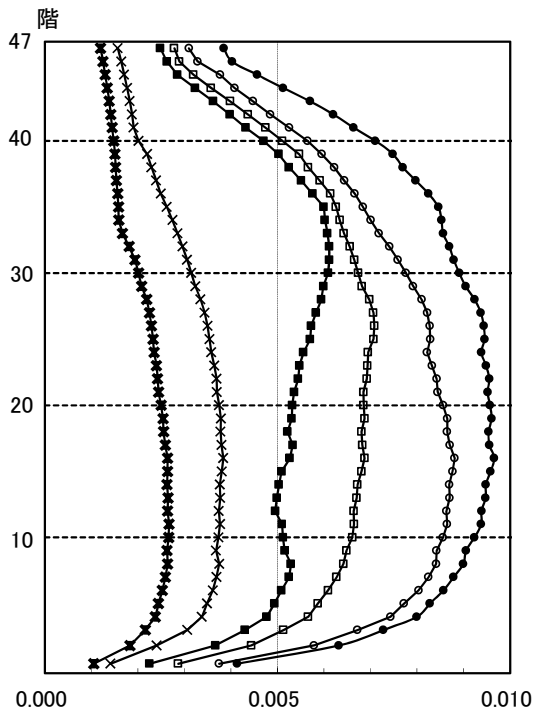
○ 此花 (OSKH02) 平均_1次波 □ 津島 (AIC003) 平均_1次波 × 新宿 (KGIN) 平均_1次波
 ● 此花 (OSKH02) 平均_3連動 ■ 津島 (AIC003) 平均_3連動 * 新宿 (KGIN) 平均_3連動



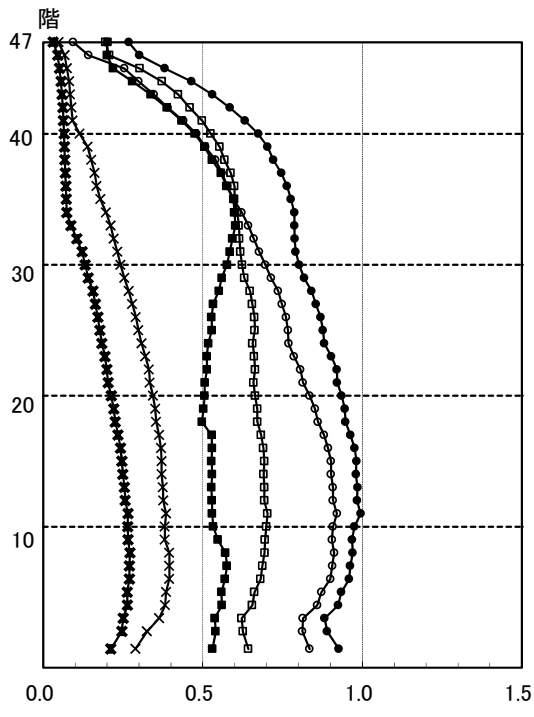
最大応答層せん断力 (kN)



最大応答層せん断力係数



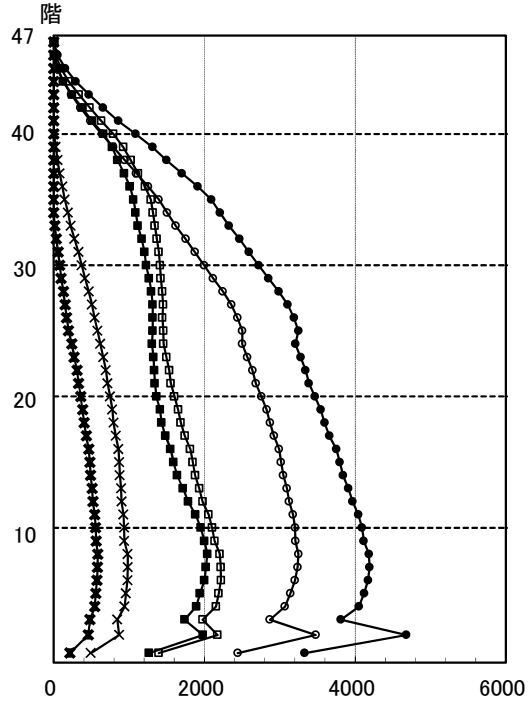
最大応答層間変形角 (rad)



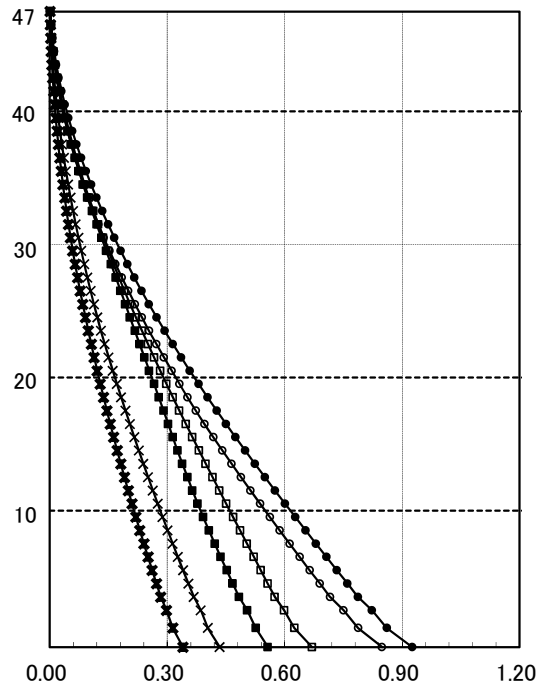
最大応答層塑性率

図 4.3.4-11 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

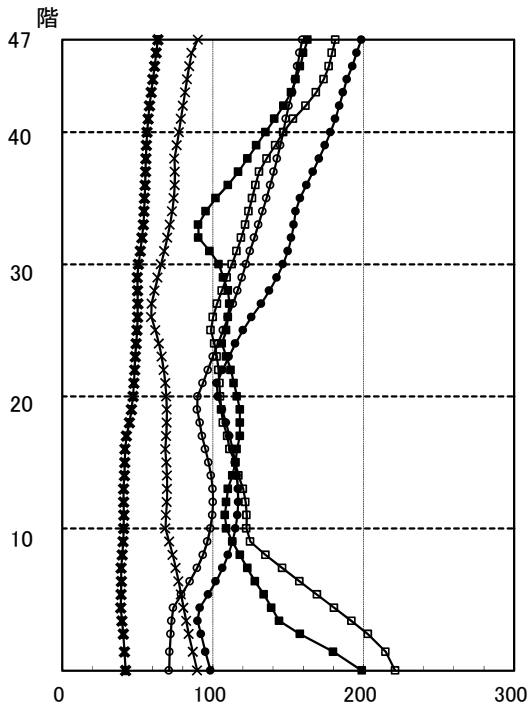
○ 此花 (OSKH02) 平均_1次波 □ 津島 (AIC003) 平均_1次波 × 新宿 (KGIN) 平均_1次波
 ● 此花 (OSKH02) 平均_3連動 ■ 津島 (AIC003) 平均_3連動 * 新宿 (KGIN) 平均_3連動



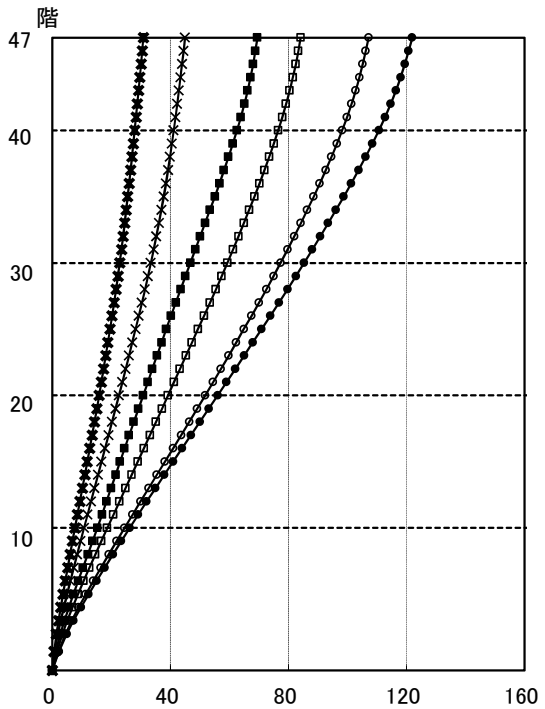
最大応答層入力エネルギー (kN·m)



最大応答転倒モーメント ($\times 10^7$ kN·m)



最大応答加速度 (cm/s/s)



最大応答水平変位 (cm)

図 4.3.4-12 Y方向最大応答値(2) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

4-3-4-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波の比較

2011 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m級(1)	此花(OSKH02)平均+σ波	285.5	112.3	1/ 63	2.36	-	11.99
	津島(AIC003)平均+σ波	255.0	67.1	1/ 164	0.93	-	9.29
	新宿(KGIN)平均+σ波	91.6	30.9	1/ 303	0.51	-	2.06
	浜松(SZ0024)平均+σ波	386.7	91.6	1/ 94	1.57	-	7.11
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ波	305.0	158.1	1/ 59	2.10	-	9.59
	津島(AIC003)平均+σ波	264.3	121.2	1/ 92	1.19	-	3.45
	新宿(KGIN)平均+σ波	118.0	72.5	1/ 167	0.62	-	4.78
	浜松(SZ0024)平均+σ波	356.0	72.1	1/ 125	1.13	-	9.61

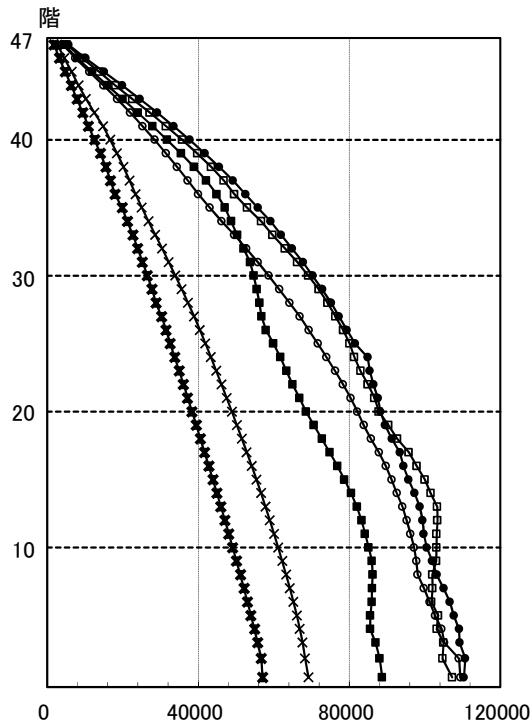
2009 地震動の平均+σ波

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m級(1)	此花(OSKH02)平均+σ波	227.0	88.6	1/ 77	2.08	4.86	8.93
	津島(AIC003)平均+σ波	278.8	117.6	1/ 55	2.65	41.65	5.31
	新宿(KGIN)平均+σ波	128.2	43.7	1/ 234	0.66	0.91	7.30
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角	層の 塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ波	215.6	159.7	1/ 66	1.73	2.03	1.13
	津島(AIC003)平均+σ波	316.8	159.1	1/ 70	1.51	0.68	16.56
新宿(KGIN)平均+σ波	152.9	54.7	1/ 224	0.48	1.62	0.02	

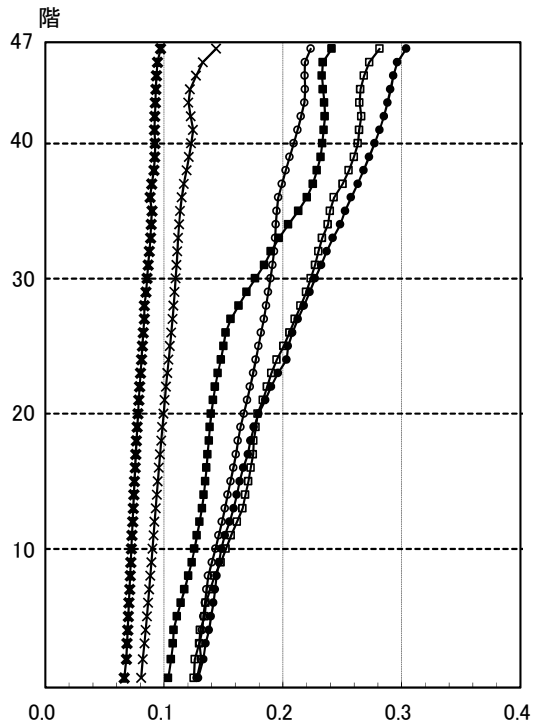
※層の塑性率は、第2折点を起点として算出している。

- ・津島波において、2009年地震動と2011年地震動の最大応答値の変動が他の地震波と比較して大きくなる結果であった。

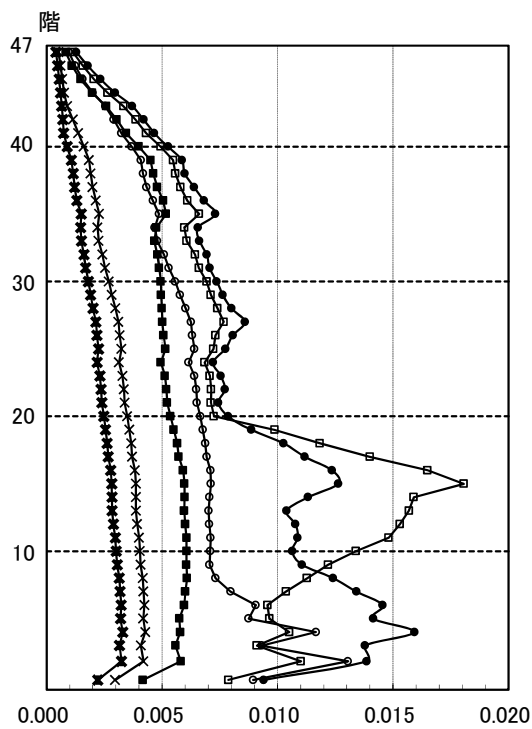
○ 此花 (OSKH02) 平均+ σ _1次波 □ 津島 (AIC003) 平均+ σ _1次波 × 新宿 (KGIN) 平均+ σ _1次波
 ● 此花 (OSKH02) 平均+ σ _3連動 ■ 津島 (AIC003) 平均+ σ _3連動 * 新宿 (KGIN) 平均+ σ _3連動



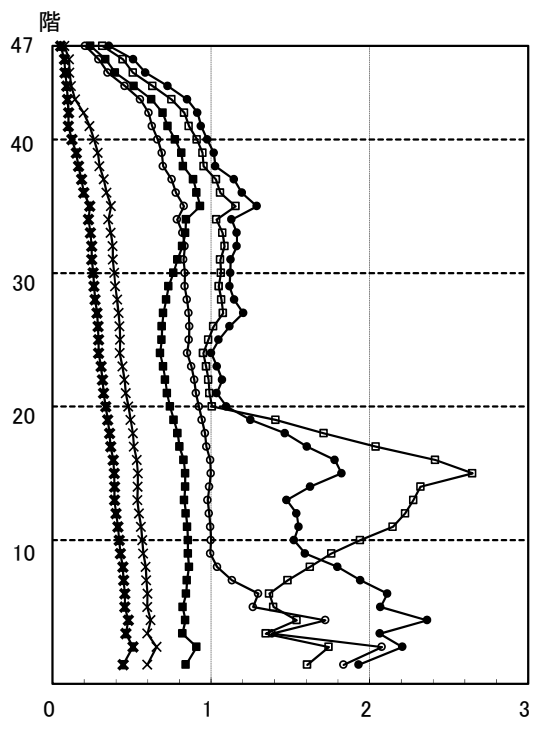
最大応答層せん断力 (kN)



最大応答層せん断力係数



最大応答層間変形角 (rad)



最大応答層塑性率

図 4.3.4-13 X方向最大応答値(1) 【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

○ 此花 (OSKH02) 平均+ σ _1次波 □ 津島 (AIC003) 平均+ σ _1次波 × 新宿 (KGIN) 平均+ σ _1次波
 ● 此花 (OSKH02) 平均+ σ _3連動 ■ 津島 (AIC003) 平均+ σ _3連動 * 新宿 (KGIN) 平均+ σ _3連動

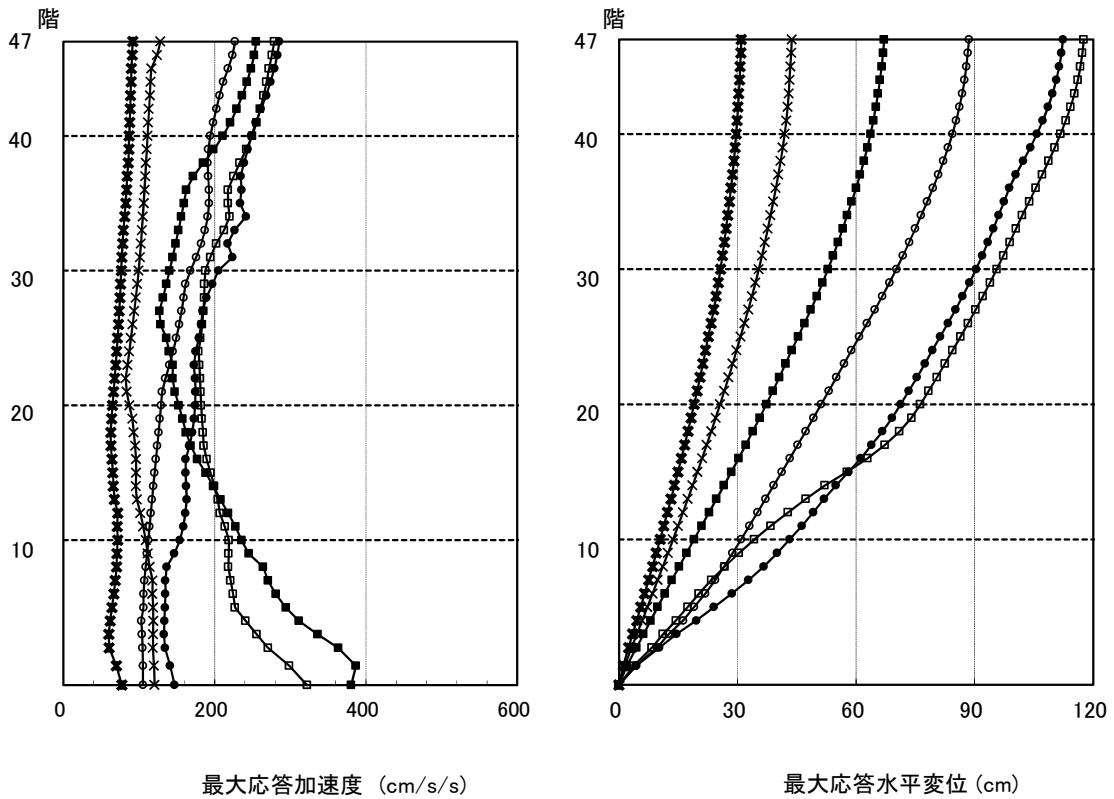
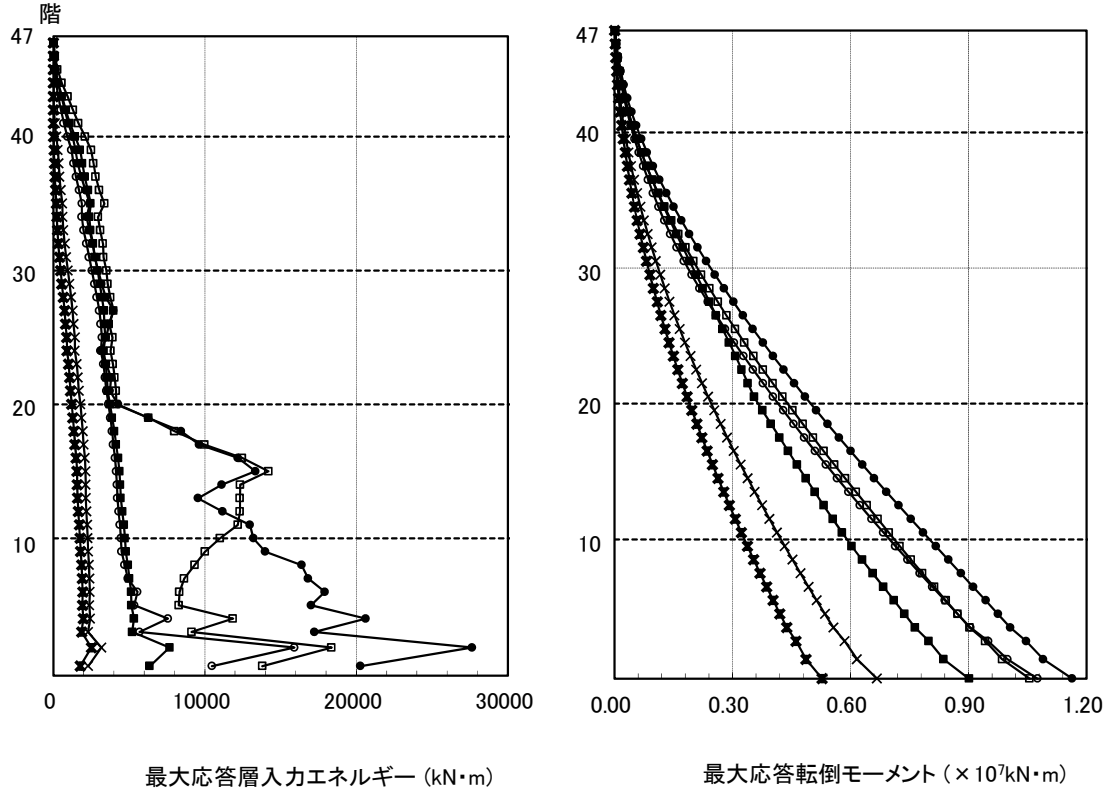


図 4.3.4-14 X方向最大応答値(2) 【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

○ 此花 (OSKH02) 平均+ σ _1次波 □ 津島 (AIC003) 平均+ σ _1次波 × 新宿 (KGIN) 平均+ σ _1次波
 ● 此花 (OSKH02) 平均+ σ _3連動 ■ 津島 (AIC003) 平均+ σ _3連動 * 新宿 (KGIN) 平均+ σ _3連動

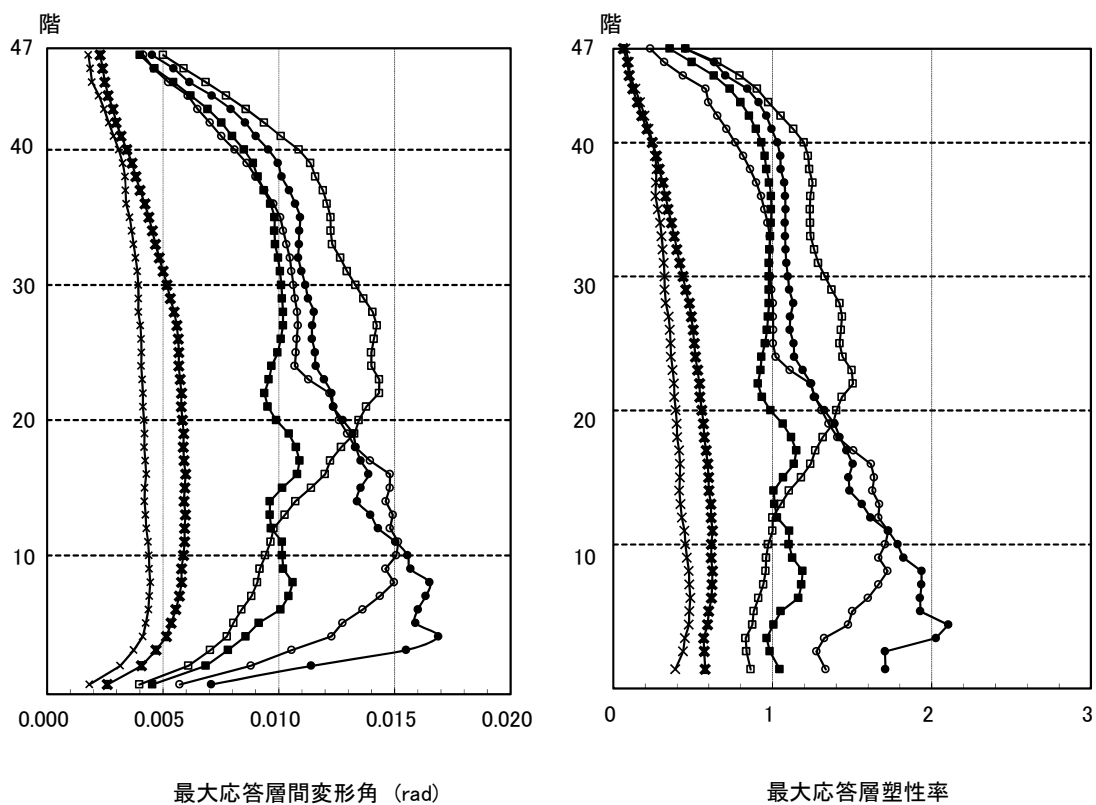
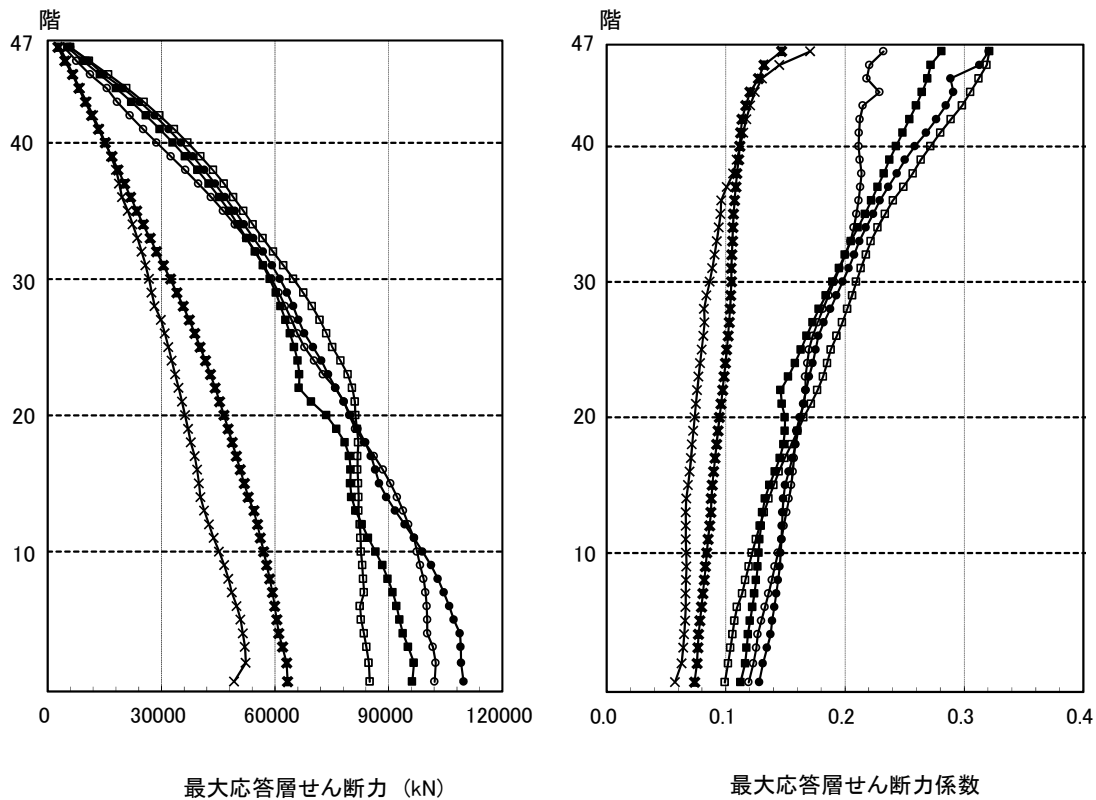


図 4.3.4-15 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

○ 此花 (OSKH02) 平均+ σ _1次波 □ 津島 (AIC003) 平均+ σ _1次波 × 新宿 (KGIN) 平均+ σ _1次波
 ● 此花 (OSKH02) 平均+ σ _3連動 ■ 津島 (AIC003) 平均+ σ _3連動 * 新宿 (KGIN) 平均+ σ _3連動

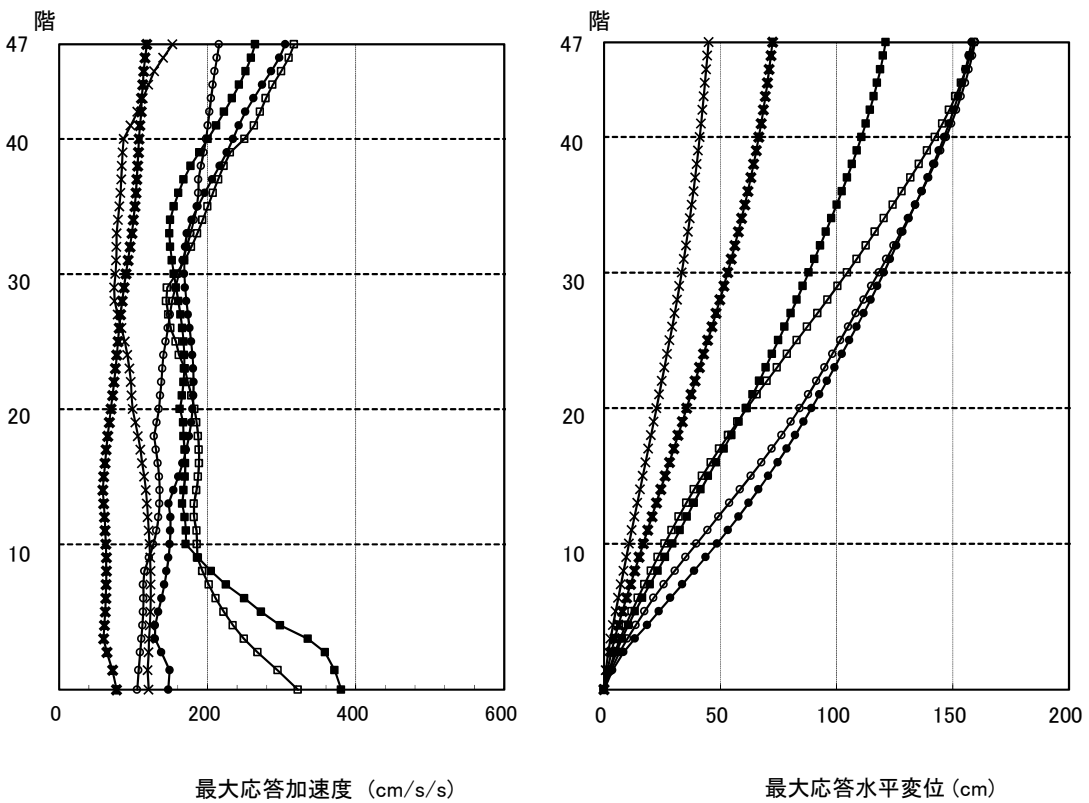
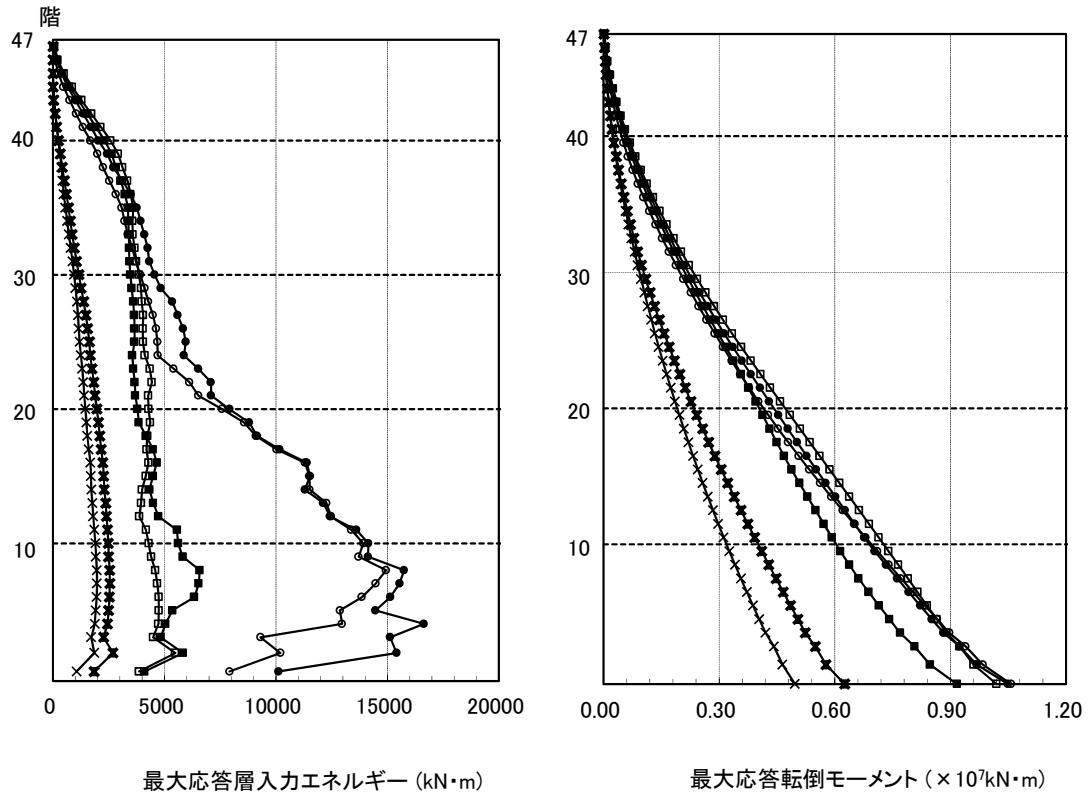


図 4.3.4-16 Y方向最大応答値(2) 【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

4-3-5 RC150m 級建物(2)

4-3-5-1 対象建物概要

構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
RC	2005	44	151.5m	長手 2.9 短手 3.3	長手 (X) 短手 (Y)	センターコア

(次頁に略伏図と略軸組図を示す)

・建物概要及び設計方針

本建物は、地上 44 階、軒高 151.5m の高層集合住宅である。平面形状は、センターコアタイプで、住戸を外周にはりめぐらしている。住戸部は梁をできるだけ減らして大型スラブとし、プランの自由度向上を図っている。構造は純フレーム構造を基本とするが、短手(Y)において、剛性を確保するために一部袖壁状の耐震壁を設けている。

耐震クライテリアは、極めて稀に起こる可能性のある地震に対して層間変形角 1/100 以下、層塑性率 2.0 以下としている。

地震応答解析は、質点系モデルを採用する。長手(X) はせん断多質点系とするが、短手(Y) は曲げ成分を考慮し、曲げせん断多質点系とする。

4-3-5-2 モデル化の方針

項目			
系のモデル化	質点系	<input checked="" type="checkbox"/> せん断多質点系(X)	<input checked="" type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系(Y)
	骨組系	<input type="checkbox"/> 平面骨組	<input type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数	<input type="checkbox"/> 初期剛性比例	<input checked="" type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
	[3%]		
解析プログラム	<input type="checkbox"/> 市販 []	<input checked="" type="checkbox"/> 自社開発	
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P-δ 効果考慮 <input type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input type="checkbox"/> 鉛直部材(柱・壁)の軸力・曲げ非線形相互作用考慮		
当時の一般規定の解析上の扱い	特になし		
その他	復元力特性：武田モデル(せん断成分)、弾性(曲げ成分)		

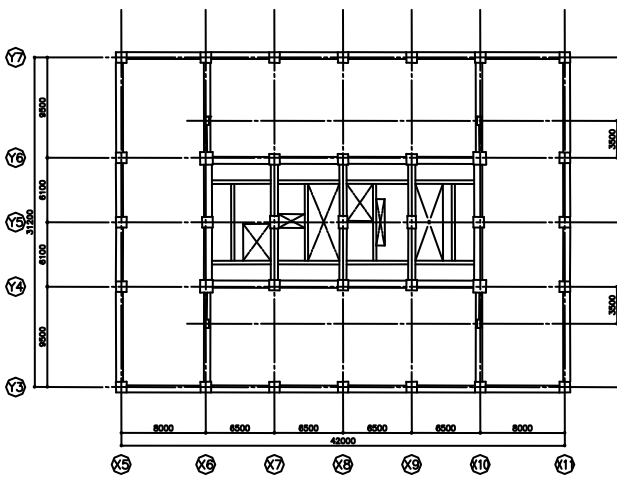


图 4.3.5-1 伏図

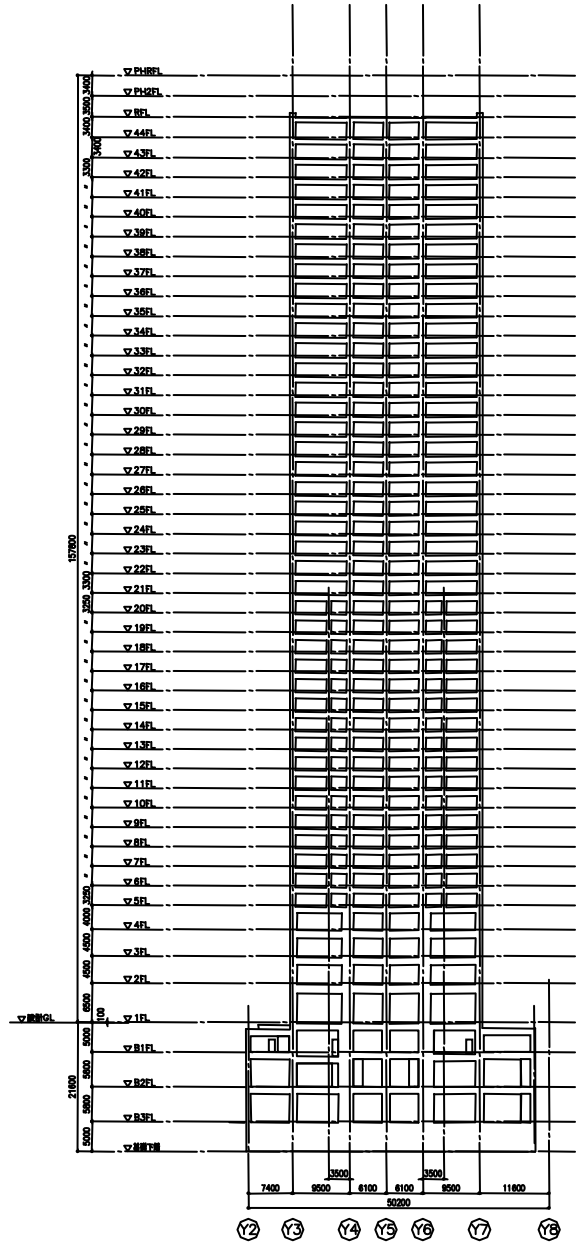


图 4.3.5-2 軸組図

4-3-5-3 静的漸増載荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係（層間変位・層せん断力の関係）

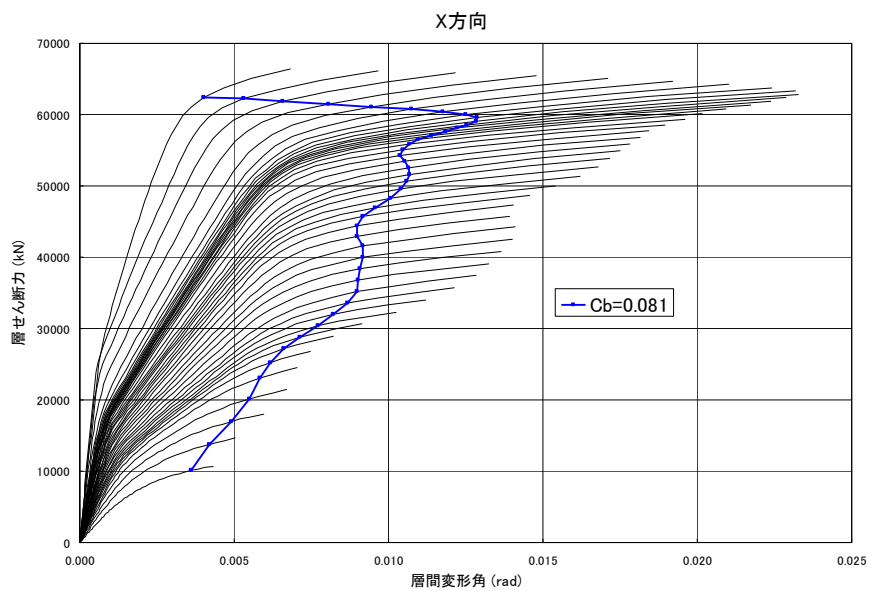


図 4. 3. 5-3 X方向荷重変形関係図

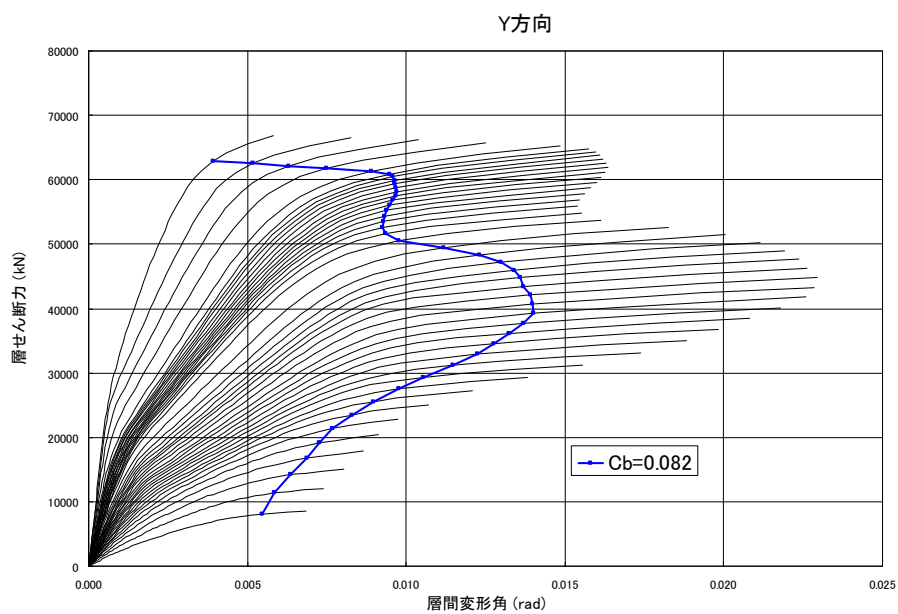


図 4. 3. 5-4 Y方向荷重変形関係図

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力（係数）の一覧表（最大層間変形角 約 1/ 75 時点）

階	ΣW (kN)	X 方向（長手方向）		Y 方向（短手方向）	
		層せん断力 (kN)	層せん断力係数	層せん断力 (kN)	層せん断力係数
44F	22,692	10,667	0.444	8,094	0.357
30F	253,437	39,958	0.158	37,744	0.149
20F	387,540	52,554	0.125	50,549	0.120
10F	387,540	59,077	0.100	58,810	0.099
1F	766,497	62,462	0.081	62,880	0.082

4-3-5-4 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

(1) 地震応答解析結果一覧 (2011 地震動平均波)

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m 級 (2)	此花(OSKH02)平均	132.	84.	1/93	1.7	—	0.8
	津島(AIC003)平均	167.	67.	1/158	1.0	—	0.4
	新宿(KGIN) 平均	79.	70.	1/444	0.4	—	0.03
	浜松(SZO024) 平均	224.	21.	1/140	1.3	—	1.2
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	167.	112.	1/99	2.0	—	0.4
	津島(AIC003)平均	171.	71.	1/125	1.0	—	0.6
	新宿(KGIN) 平均	87.	24.	1/455	0.4	—	1.0
	浜松(SZO024) 平均	224.	53.	1/128	1.2	—	2.4

注) 塑性率の定義：第2折れ点からの変形増大倍率とする。

(2) 地震応答解析結果一覧 (2011 地震動平均+σ波)

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m 級 (2)	此花(OSKH02)平均+σ	208.	140.	1/51	3.0	—	1.0
	津島(AIC003)平均+σ	200.	84.	1/77	2.0	—	1.0
	新宿(KGIN) 平均+σ	95.	44.	1/208	0.9	—	0.8
	浜松(SZO024) 平均+σ	255.	65.	1/97	1.8	—	1.5
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ	248.	173.	1/62	3.0	—	0.4
	津島(AIC003)平均+σ	216.	97.	1/99	1.9	—	2.0
	新宿(KGIN) 平均+σ	102.	59.	1/192	0.9	—	0.4
	浜松(SZO024) 平均+σ	261.	65.	1/96	1.7	—	3.0

注) 塑性率の定義：第2折れ点からの変形増大倍率とする。

(3) 最大応答分布

1)～9)の事項について示す。

- 1) 最大応答層せん断力の高さ方向の分布
- 2) 最大応答層せん断力係数の高さ方向の分布
- 3) 最大応答層間変形角の高さ方向の分布
- 4) 層の最大応答塑性率の高さ方向の分布
- 5) 層の累積塑性歪エネルギーの高さ方向の分布
- 6) 最大応答転倒モーメントの高さ方向の分布
- 7) 最大応答加速度の高さ方向の分布
- 8) 最大応答水平変位の高さ方向分布
- 9) 頂部変位の応答時刻歴波形（残留変形）

(4) 所見

- ・ 下層部では、此花(OSKH02)の応答（せん断力、変形角）が最大であり、上層部では、浜松(SZ0024)の応答が最大である。一方、新宿(KGIN)の応答は全層にわたって最小である。
- ・ 浜松(SZ0024)の下層における加速度が突出して大きくなっている。
- ・ 平均波の場合、此花(OSKH02)の応答だけがレベル2地震の設計クライテリア（部材角1/100以下、層塑性率2以下）を満足していない。
- ・ 地震後の残留変形は、3cm程度以下に収まっている。

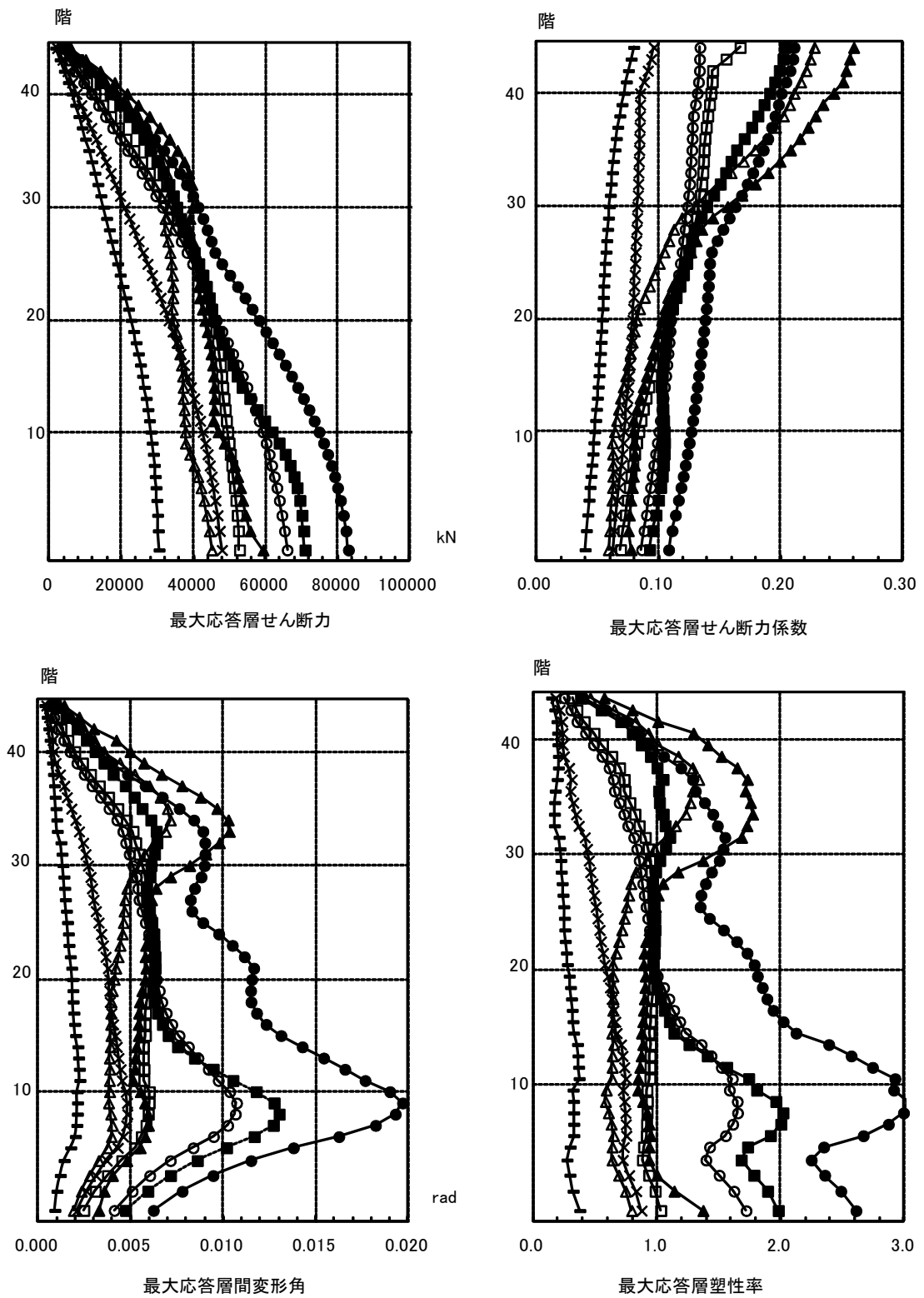
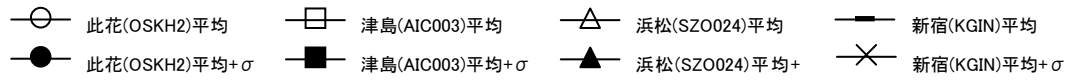


図 4.3.5-5 X方向最大応答値(1)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

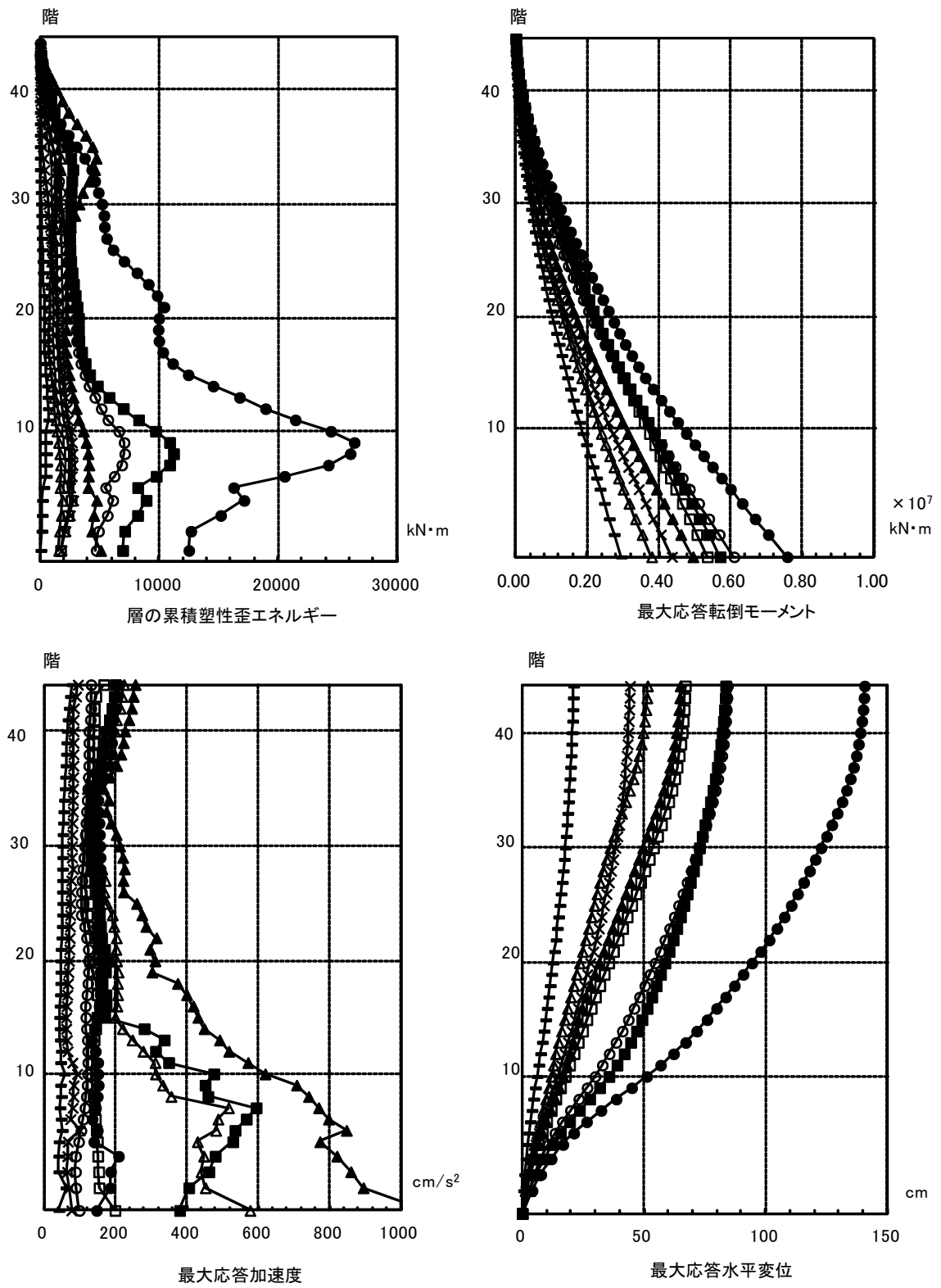
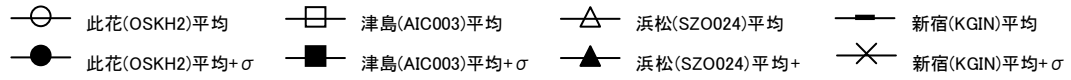


図 4.3.5-6 X方向最大応答値(2)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

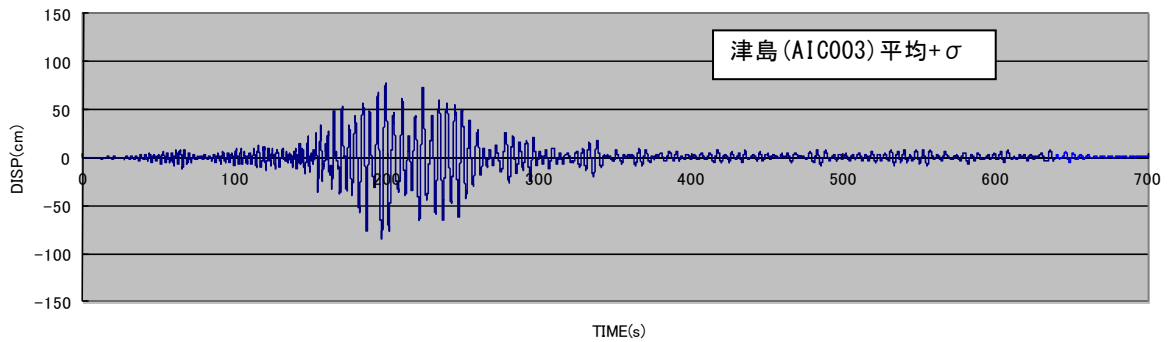
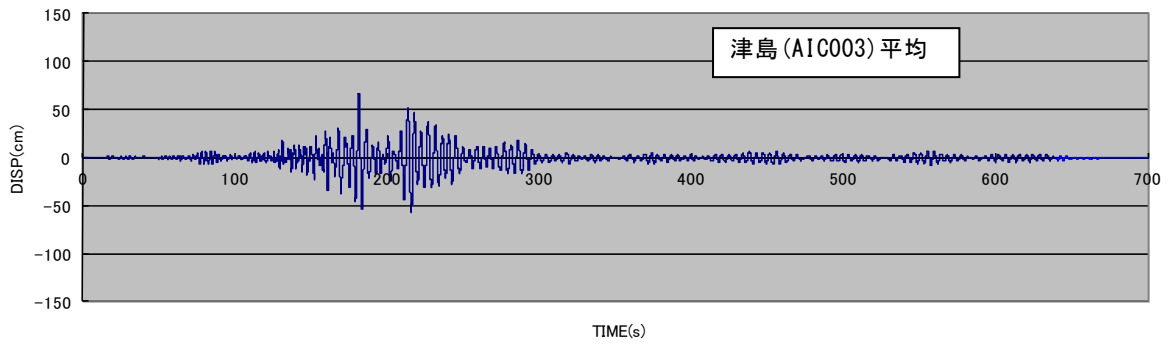
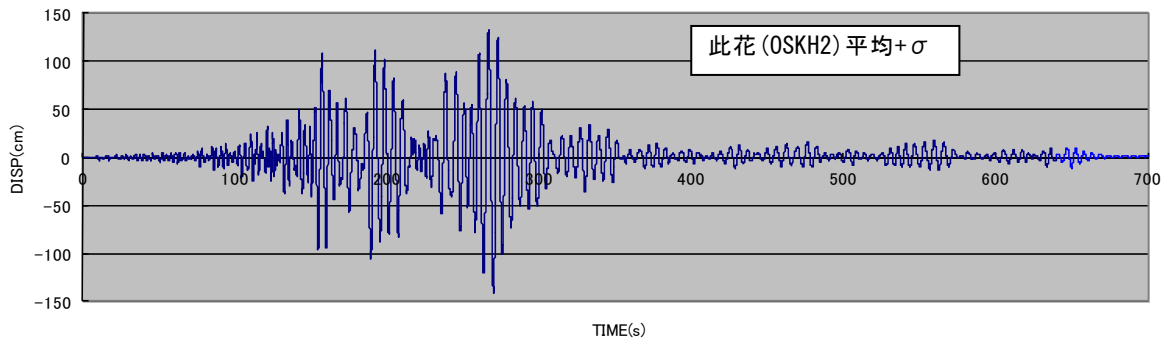
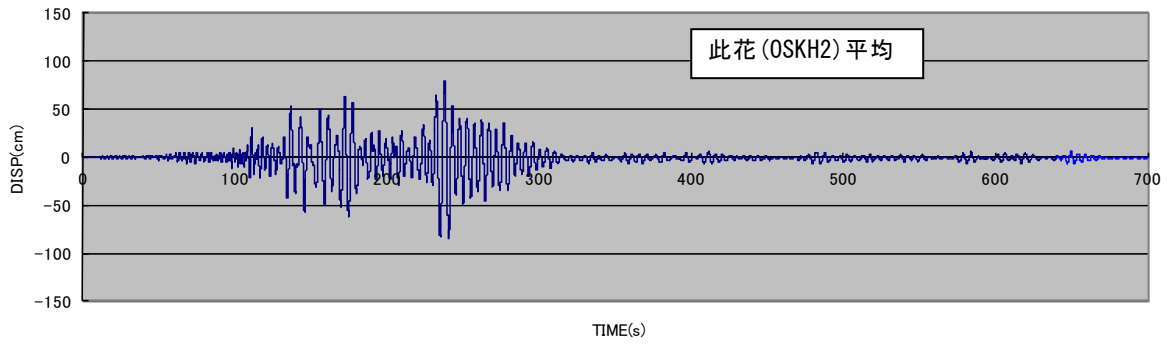


図 4.3.5-7 X方向最大応答値(3)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

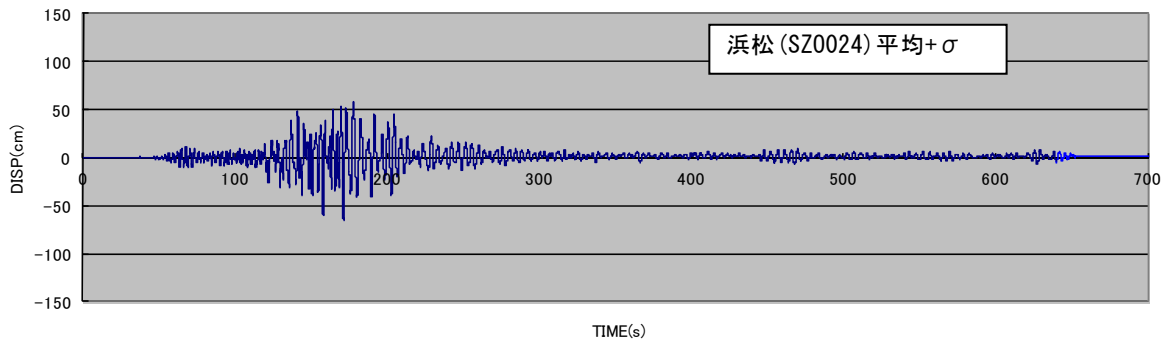
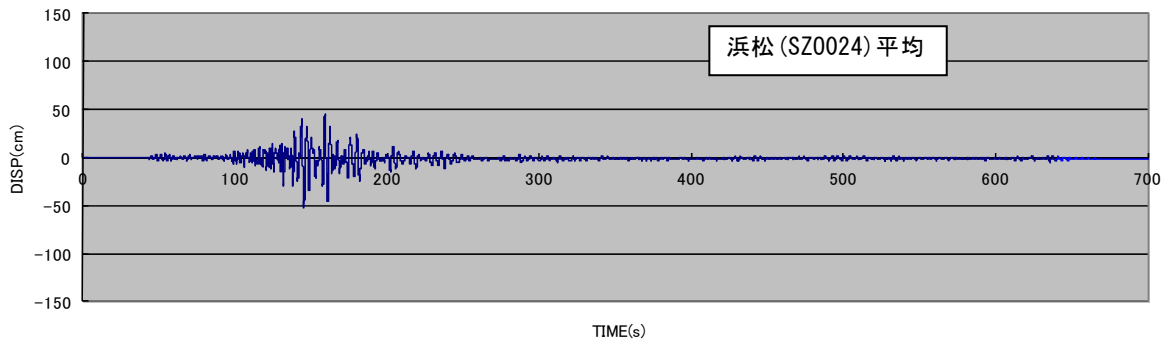
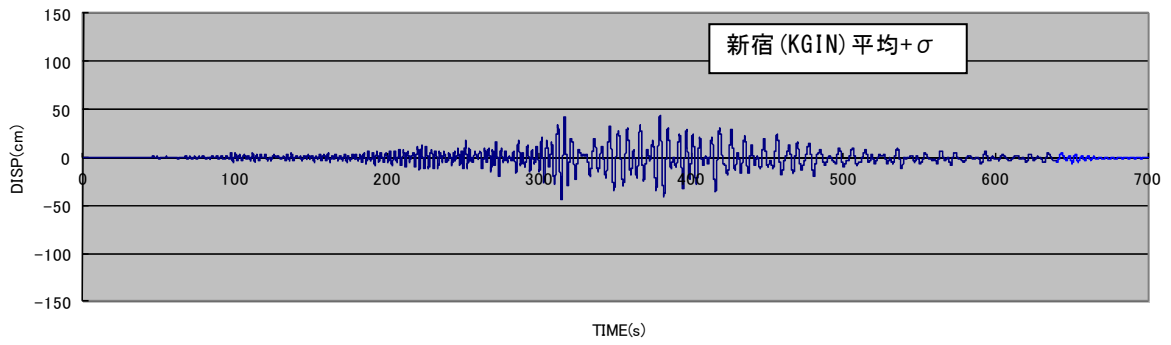
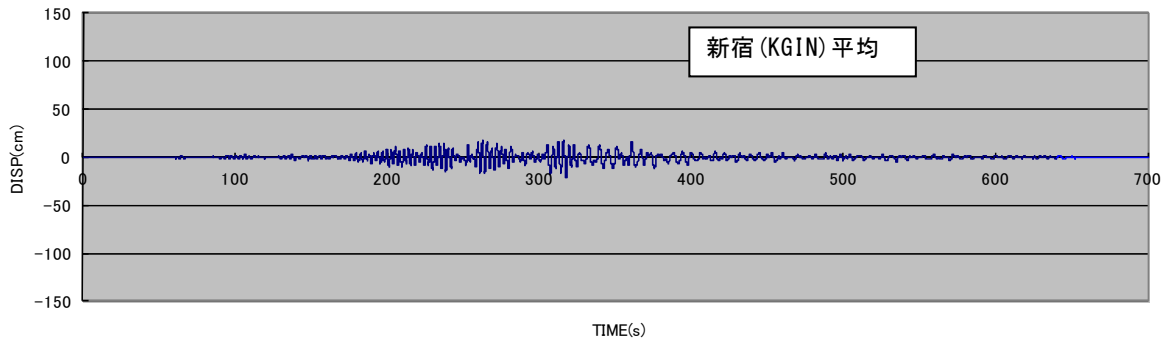


図 4.3.5-8 X方向最大応答値(4)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

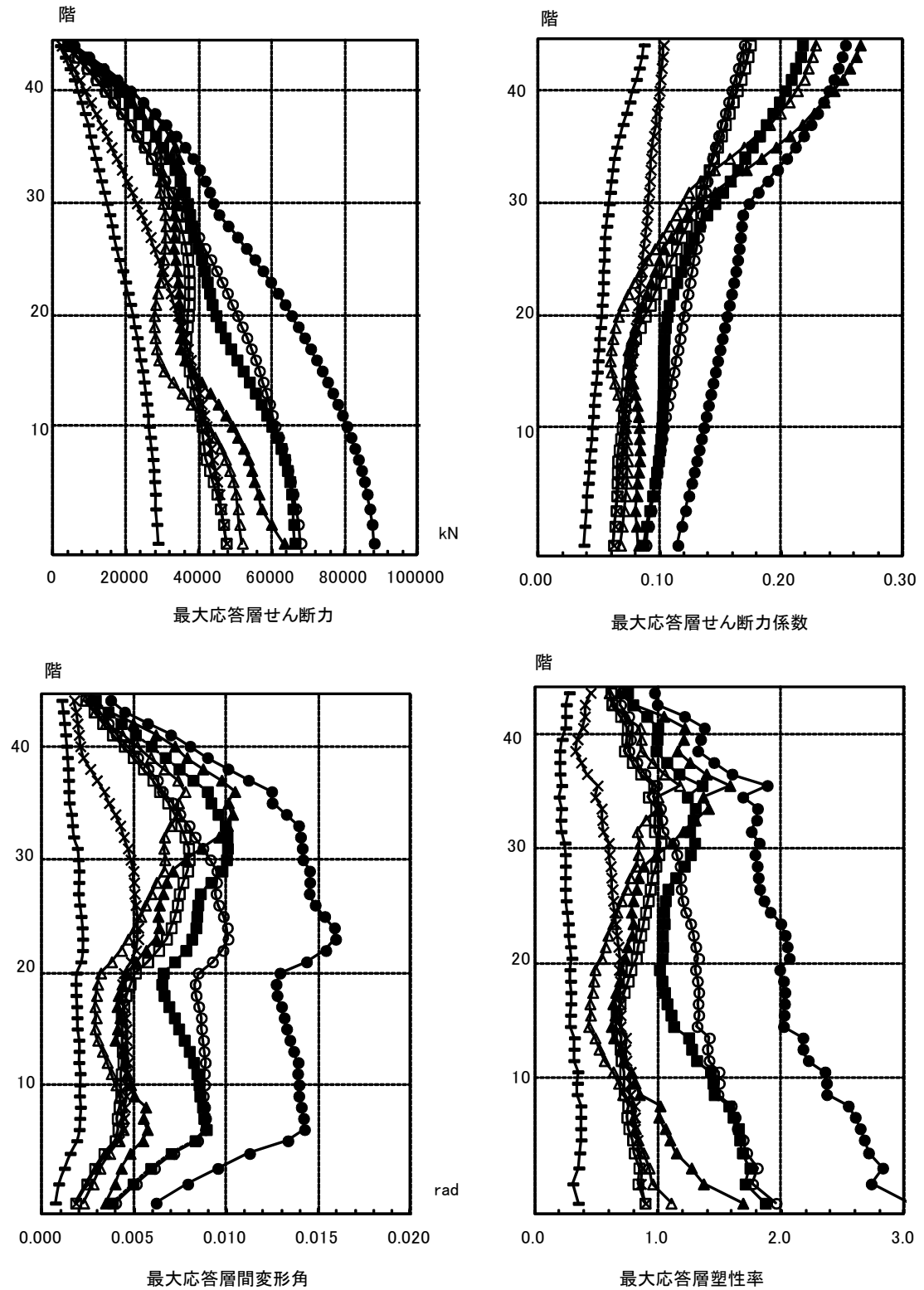
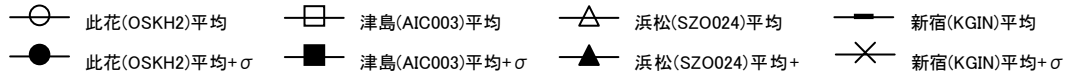


図 4.3.5-9 Y方向最大応答値(1)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

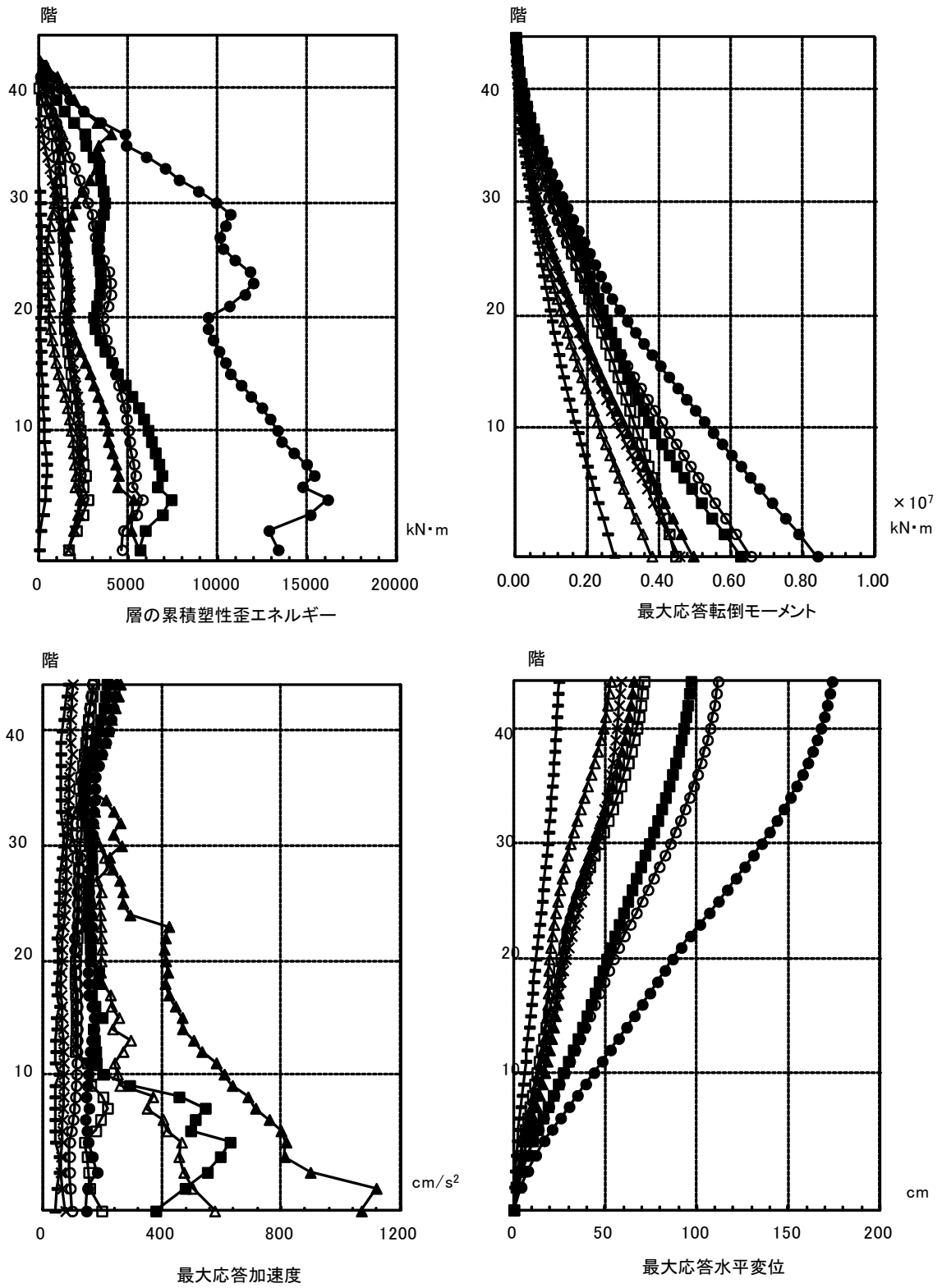
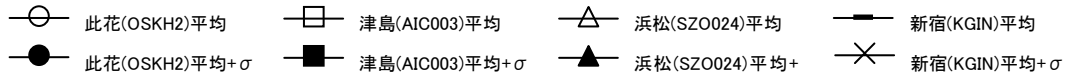


図 4.3.5-10 Y方向最大応答値(2)【2011地震動の平均波と平均+σ波地震応答解析結果】

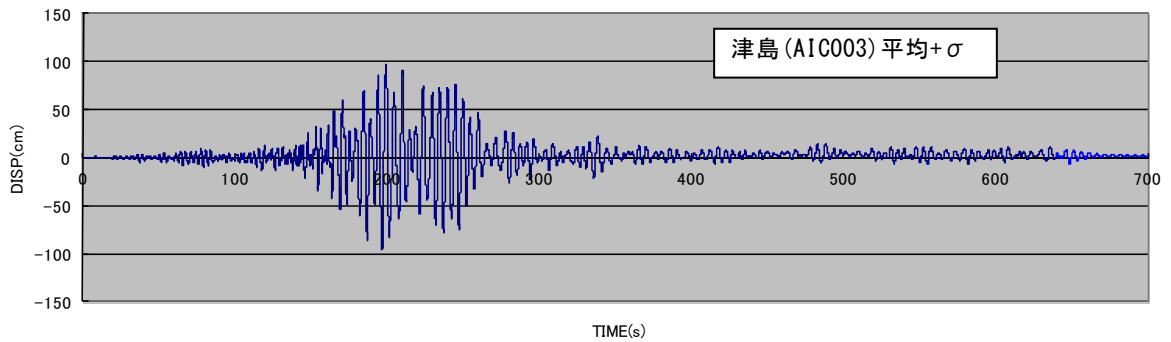
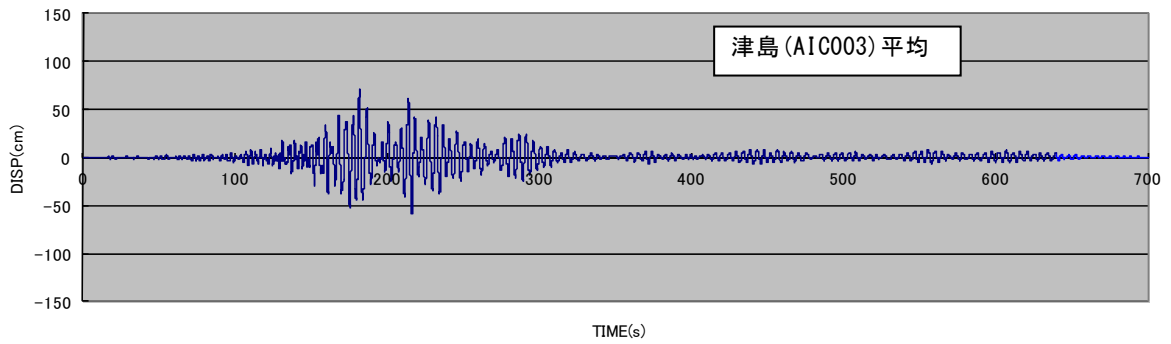
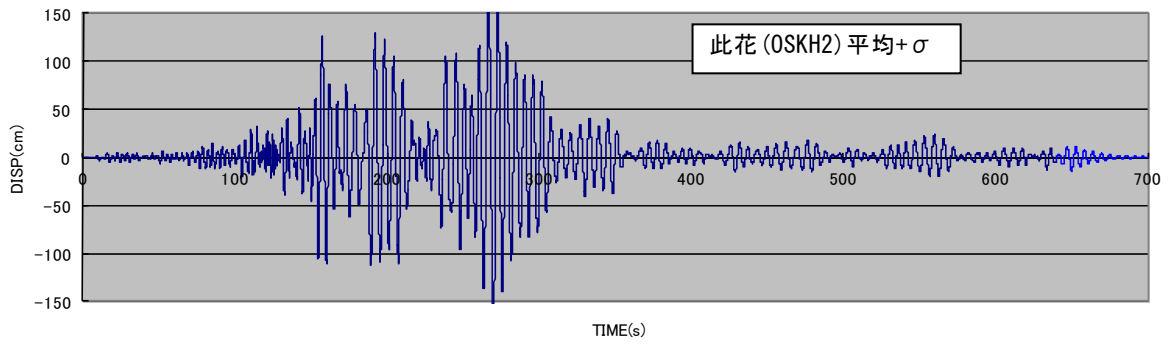
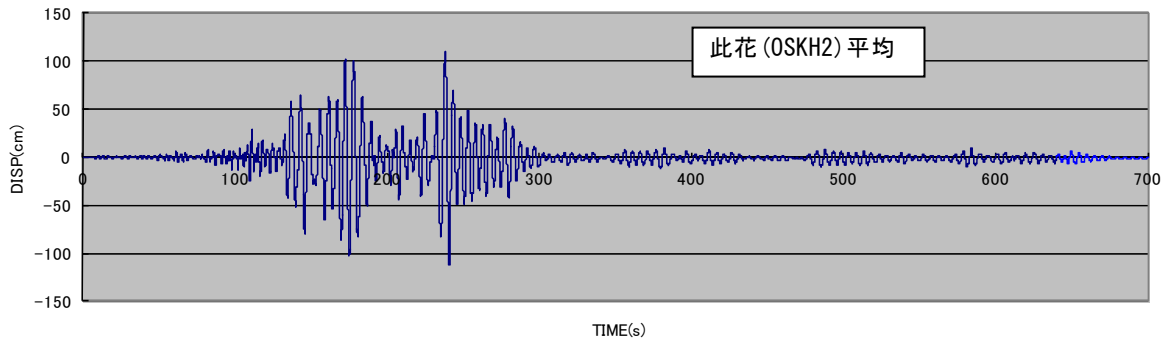


図 4.3.5-11 Y方向最大応答値(3)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

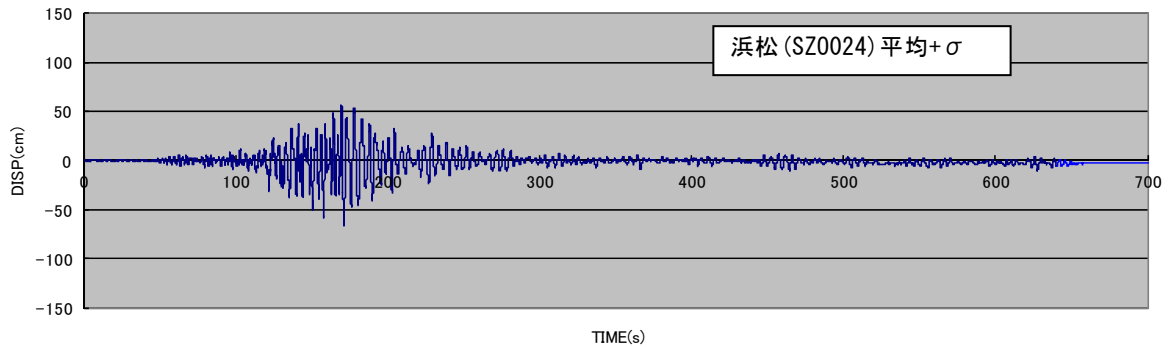
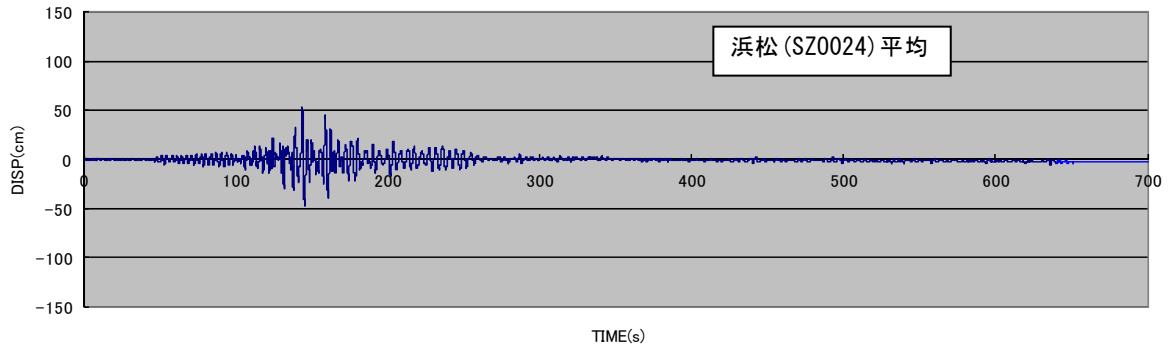
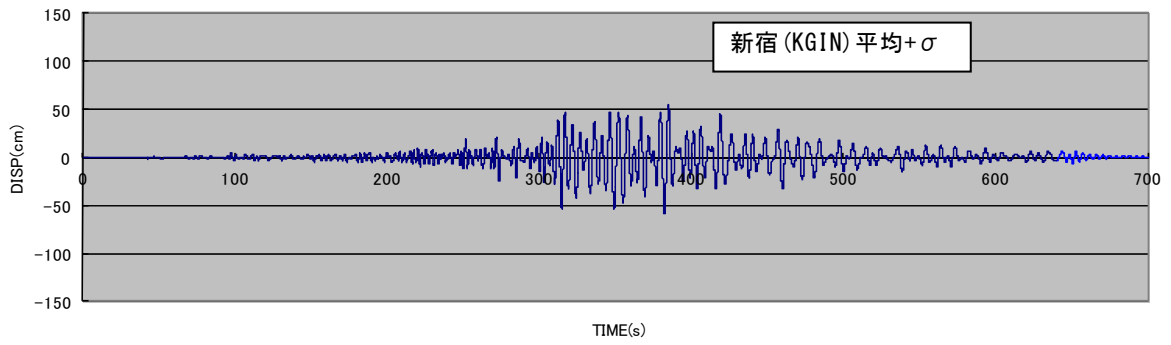
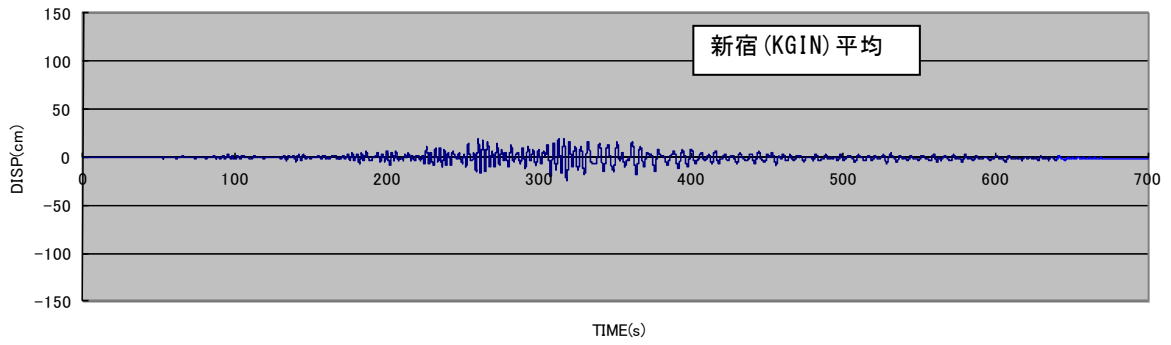


図 4.3.5-12 Y方向最大応答値(4) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-3-5-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

(1) 地震応答解析結果一覧 (2009 地震動平均波)

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m 級 (2)	此花(OSKH02)平均	131.	78.	1/108	1.5	—	0.2
	津島(AIC003)平均	170.	66.	1/172	1.1	—	0.4
	新宿(KGIN) 平均	101.	35.	1/270	0.7	—	0.1
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	181.	95.	1/123	1.7	—	0.5
	津島(AIC003)平均	179.	76.	1/123	1.5	—	0.5
新宿(KGIN) 平均	90.	40.	1/279	0.6	—	0.3	

注) 塑性率の定義：第 2 折れ点からの変形増大倍率とする。

(2) 地震応答解析結果一覧 (2011 地震動平均波)

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m 級 (2)	此花(OSKH02)平均	132.	84.	1/93	1.7	—	0.8
	津島(AIC003)平均	167.	67.	1/158	1.0	—	0.4
	新宿(KGIN) 平均	79.	70.	1/444	0.4	—	0.03
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均	167.	112.	1/99	2.0	—	0.4
	津島(AIC003)平均	171.	71.	1/125	1.0	—	0.6
新宿(KGIN) 平均	87.	24.	1/455	0.4	—	1.0	

注) 塑性率の定義：第 2 折れ点からの変形増大倍率とする。

(3) 最大応答分布

1)～9)の事項について示す。

- 1) 最大応答層せん断力の高さ方向の分布
- 2) 最大応答層せん断力係数の高さ方向の分布
- 3) 最大応答層間変形角の高さ方向の分布
- 4) 層の最大応答塑性率の高さ方向の分布
- 5) 層の累積塑性歪エネルギーの高さ方向の分布
- 6) 最大応答転倒モーメントの高さ方向の分布
- 7) 最大応答加速度の高さ方向の分布
- 8) 最大応答水平変位の高さ方向分布
- 9) 頂部変位の応答時刻歴波形（残留変形）

(4) 所見

- ・此花(0SKH02)の応答（せん断力、変形角）は、2011地震動の方が大きい。一方、津島(AIC003)、新宿(KGIN)は2009地震動の方が大きい。

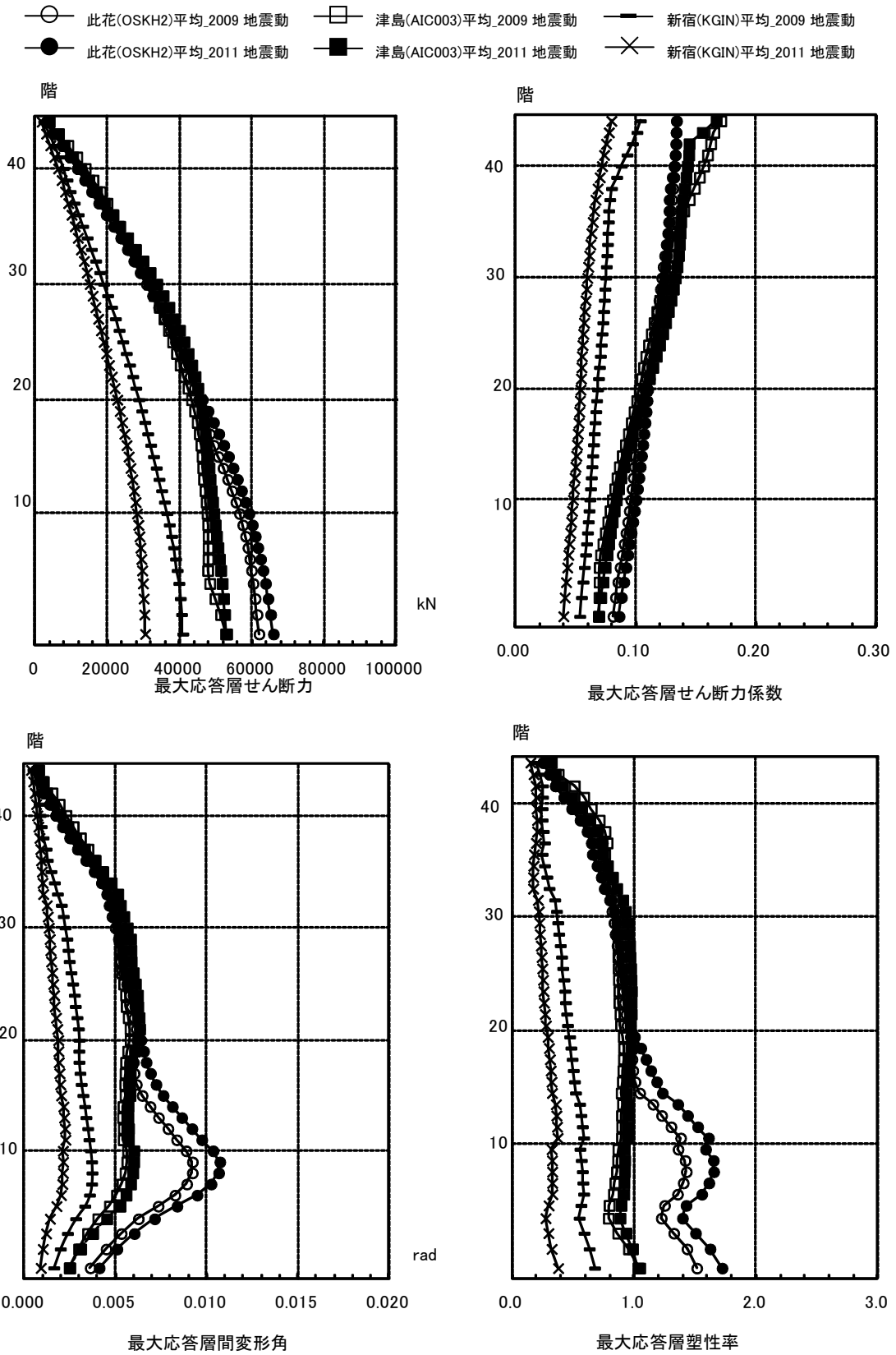


図 4.3.5-13 X方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

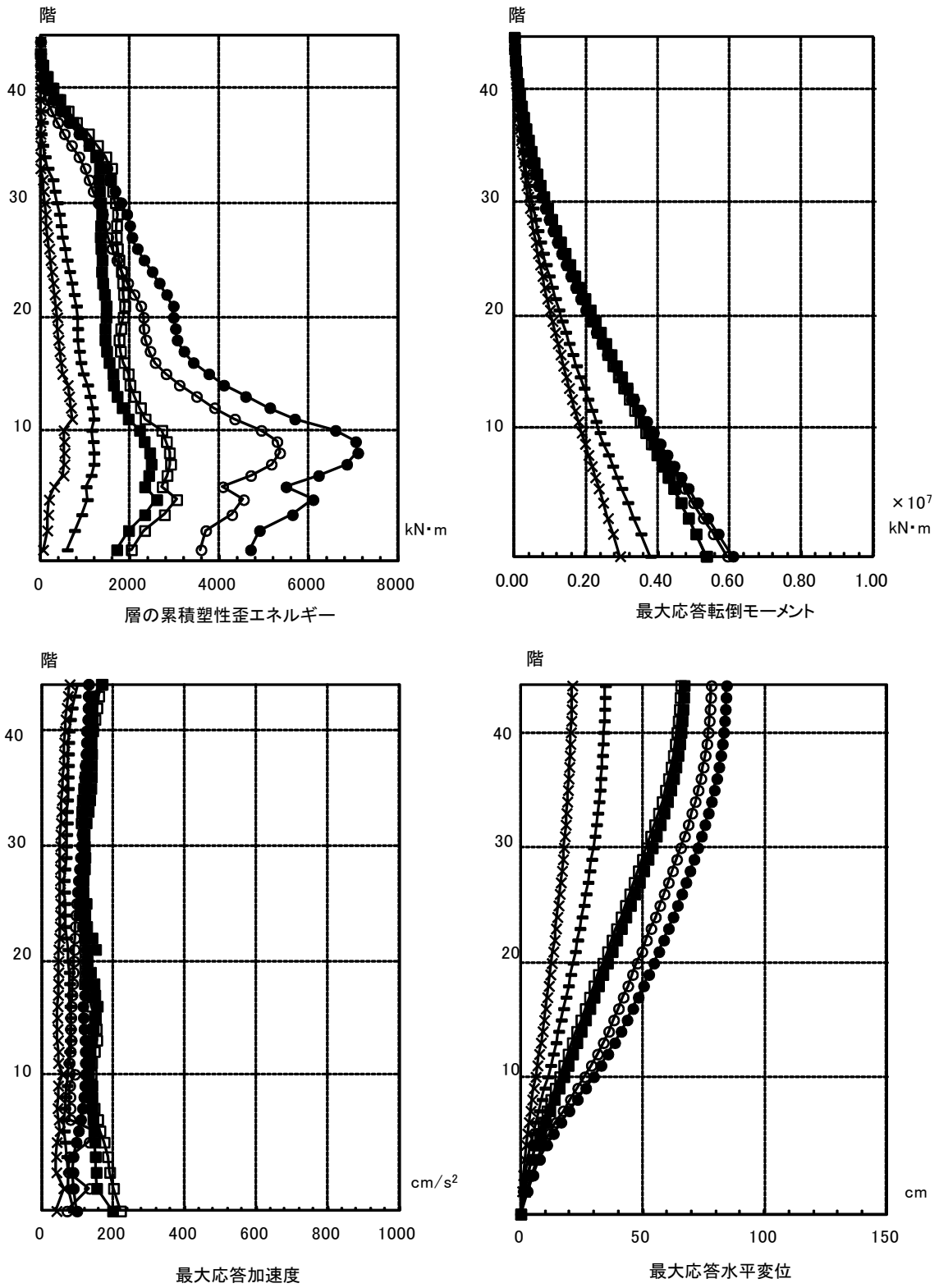
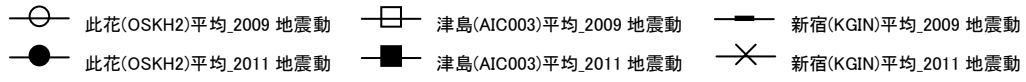


図 4.3.5-14 X方向最大応答値(2)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

- 此花(OSKH2)平均_2009 地震動
- 津島(AIC003)平均_2009 地震動
- 新宿(KGIN)平均_2009 地震動
- 此花(OSKH2)平均_2011 地震動
- 津島(AIC003)平均_2011 地震動
- × 新宿(KGIN)平均_2011 地震動

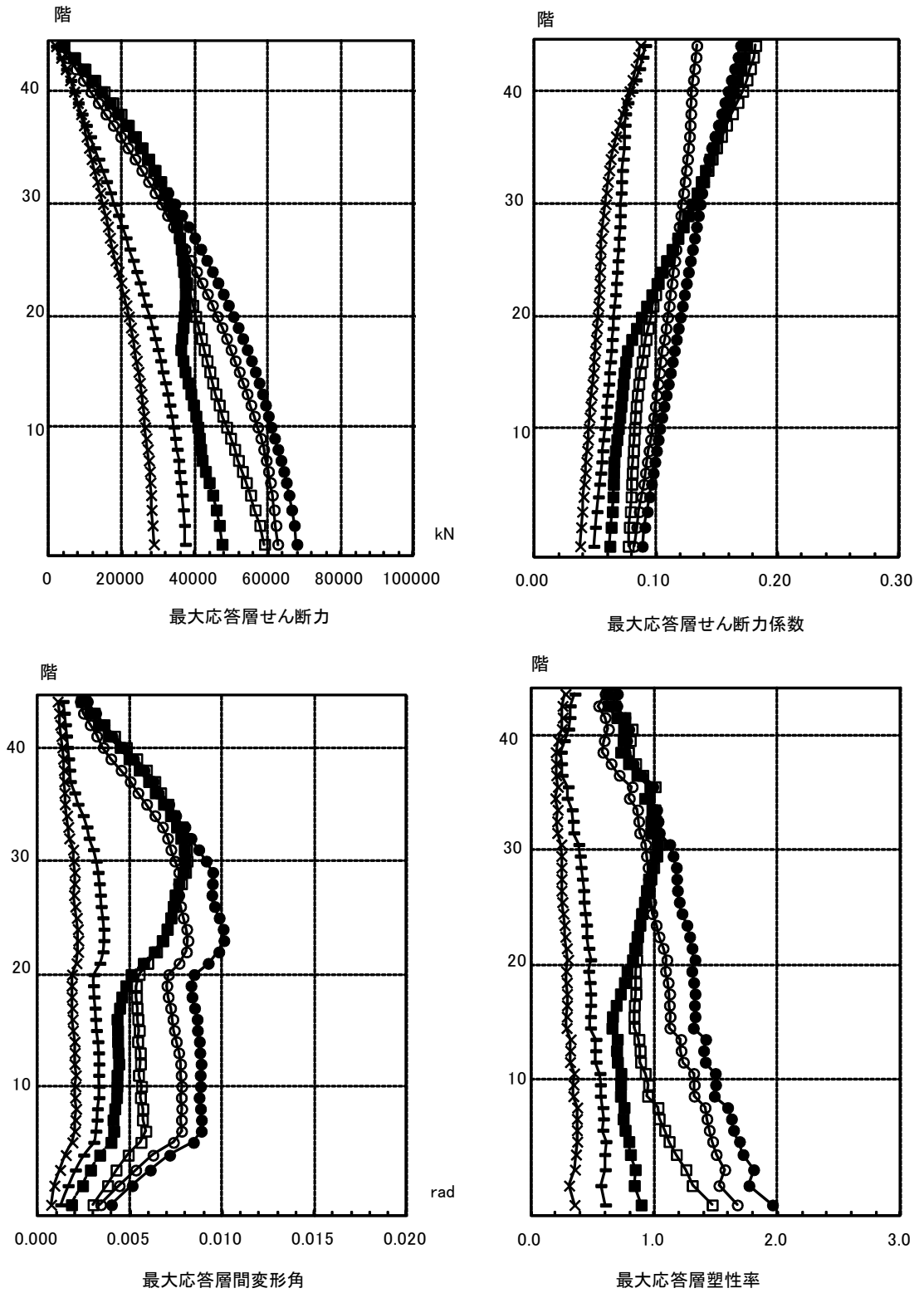


図 4.3.5-15 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

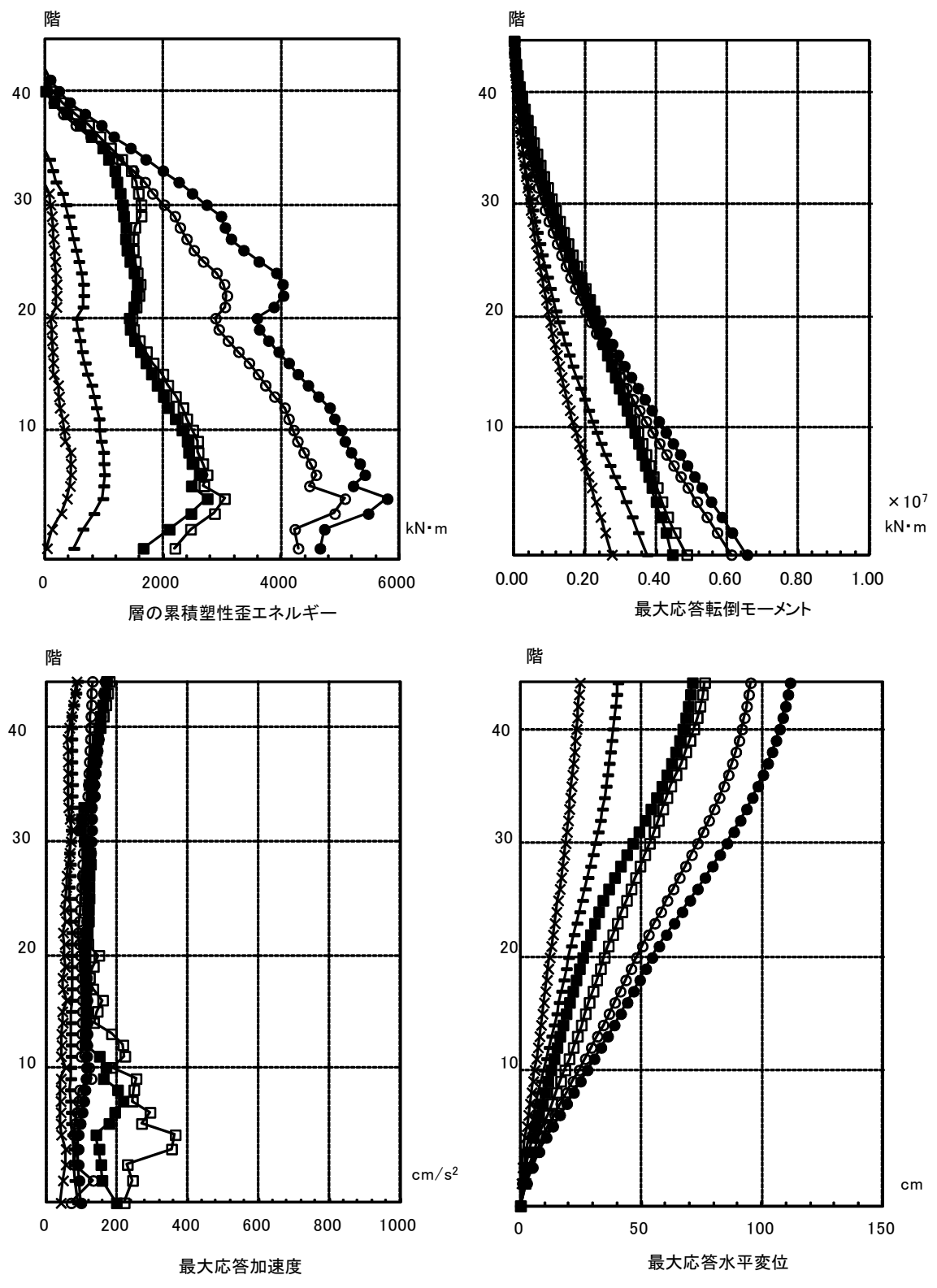
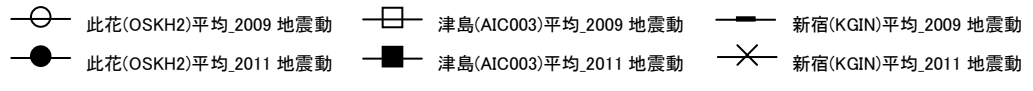


図 4.3.5-16 Y方向最大応答値(2)【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

4-3-5-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波の比較

(1) 地震応答解析結果一覧 (2009 地震動平均+σ波)

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m 級 (2)	此花(OSKH02)平均+σ	150.	119.	1/58	2.6	—	0.4
	津島(AIC003)平均+σ	242.	120.	1/78	2.1	—	3.5
	新宿(KGIN) 平均+σ	145.	55.	1/175	1.0	—	0.9
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ	170.	148.	1/75	2.7	—	0.7
	津島(AIC003)平均+σ	253.	136.	1/66	1.9	—	4.5
新宿(KGIN) 平均+σ	141.	59.	1/182	0.8	—	1.4	

注) 塑性率の定義：第2折れ点からの変形増大倍率とする。

(2) 地震応答解析結果一覧 (2011 地震動平均+σ波)

モデル	入力地震波	最大応答値(X方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
RC 150m 級 (2)	此花(OSKH02)平均+σ	208.	140.	1/51	3.0	—	1.0
	津島(AIC003)平均+σ	200.	84.	1/77	2.0	—	1.0
	新宿(KGIN) 平均+σ	95.	44.	1/208	0.9	—	0.8
	入力地震波	最大応答値(Y方向)					
		頂部加速度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	累積塑性 変形倍率	頂部残留 変形 cm
	此花(OSKH02)平均+σ	248.	173.	1/62	3.0	—	0.4
	津島(AIC003)平均+σ	216.	97.	1/99	1.9	—	2.0
新宿(KGIN) 平均+σ	102.	59.	1/192	0.9	—	0.4	

注) 塑性率の定義：第2折れ点からの変形増大倍率とする。

(3) 最大応答分布

1)～9)の事項について示す。

- 1) 最大応答層せん断力の高さ方向の分布
- 2) 最大応答層せん断力係数の高さ方向の分布
- 3) 最大応答層間変形角の高さ方向の分布
- 4) 層の最大応答塑性率の高さ方向の分布
- 5) 層の累積塑性歪エネルギーの高さ方向の分布
- 6) 最大応答転倒モーメントの高さ方向の分布
- 7) 最大応答加速度の高さ方向の分布
- 8) 最大応答水平変位の高さ方向分布
- 9) 頂部変位の応答時刻歴波形（残留変形）

(4) 所見

- ・ 此花(OSKH02)と津島(AIC003)応答（せん断力、変形角）は、2009 地震動と 2011 地震動で同程度である。一方、新宿(KGIN)は 2009 地震動の方が大きい。

- 此花(OSKH2)平均+ σ _2009 地震動 □ 津島(AIC003)平均+ σ _2009 地震動 — 新宿(KGIN)平均+ σ _2009 地震動
- 此花(OSKH2)平均+ σ _2011 地震動 ■ 津島(AIC003)平均+ σ _2011 地震動 × 新宿(KGIN)平均+ σ _2011 地震動

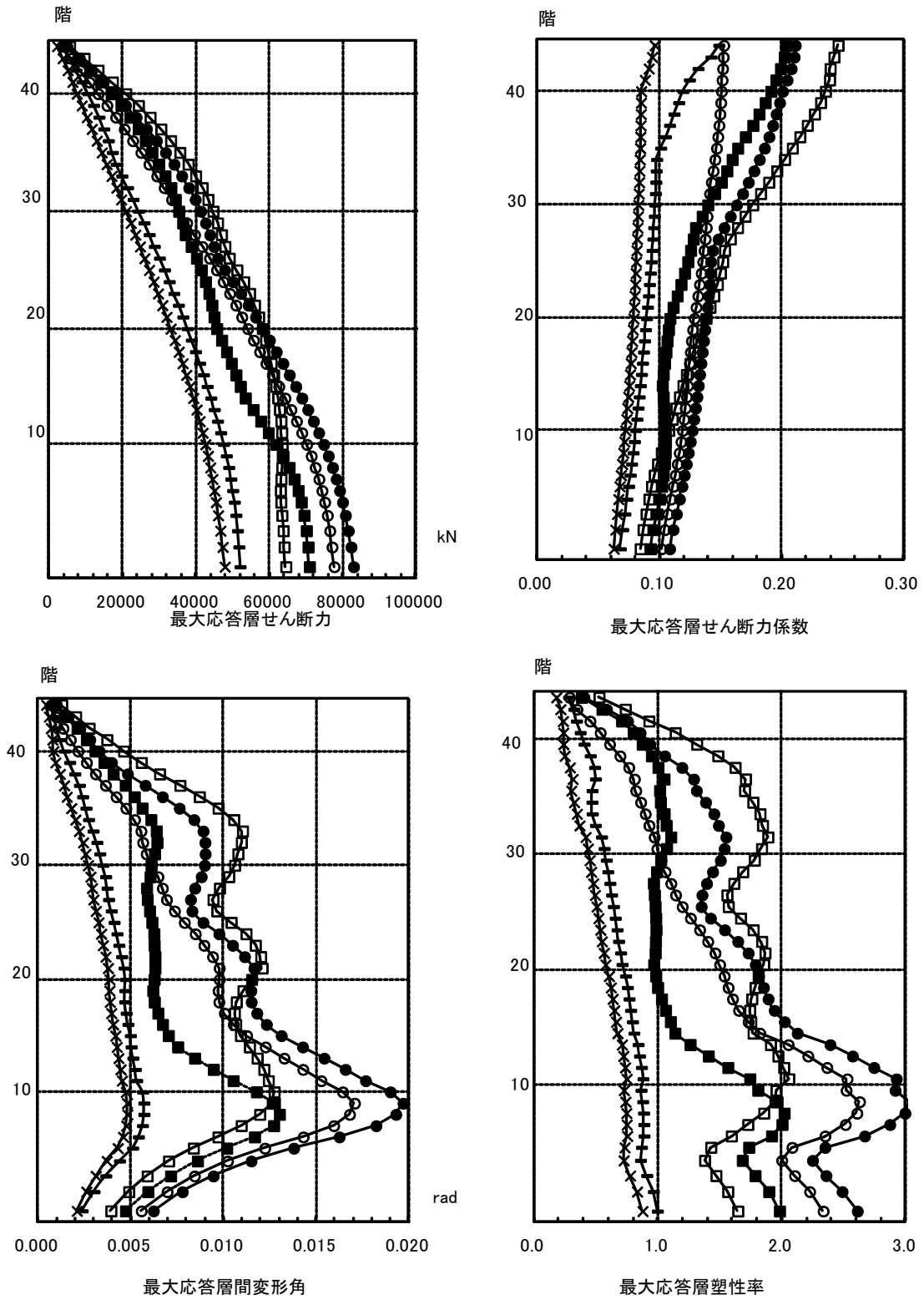


図 4.3.5-17 X方向最大応答値(1)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

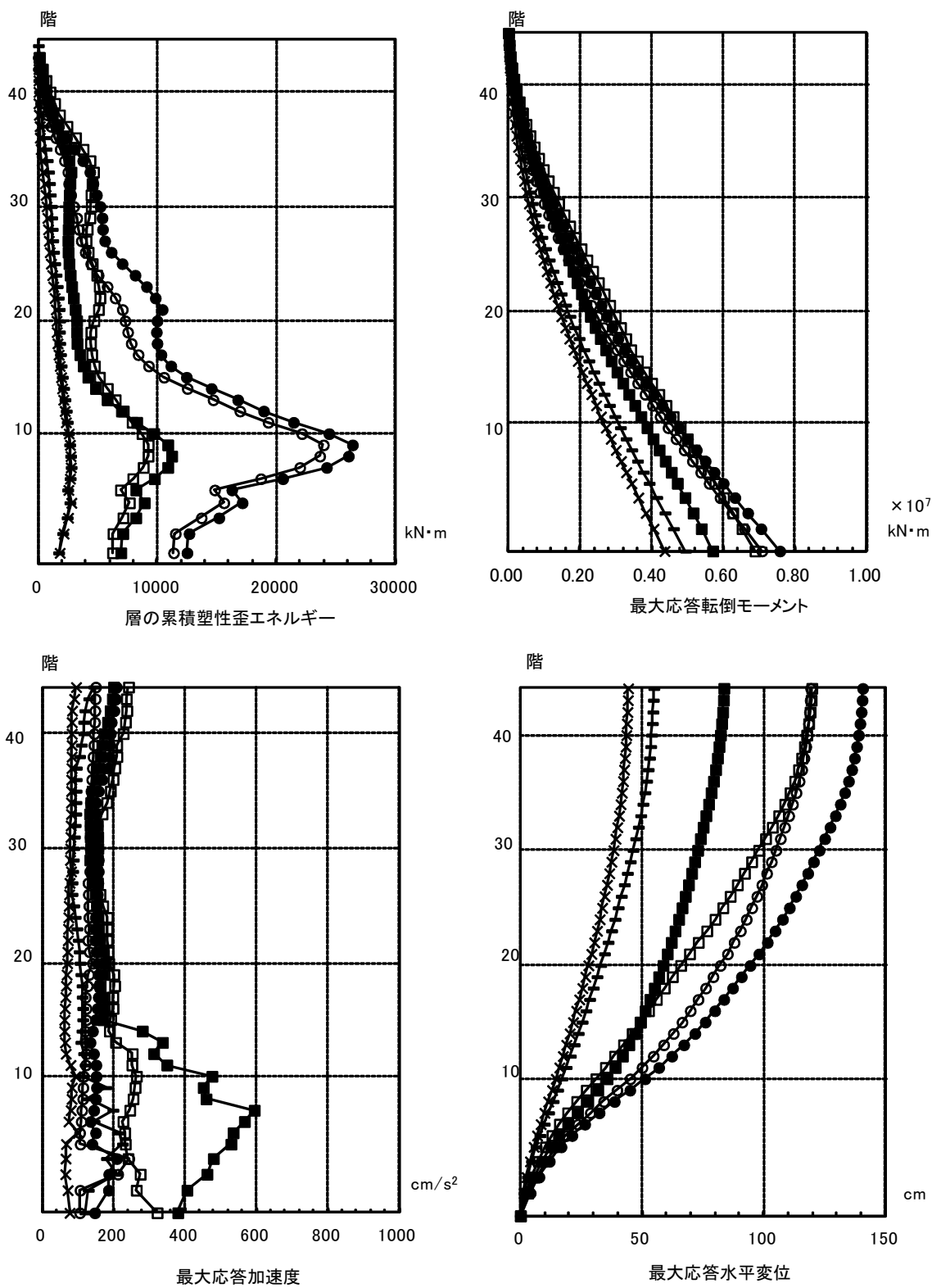
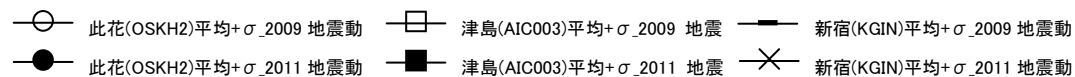


図 4.3.5-18 X方向最大応答値(2)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

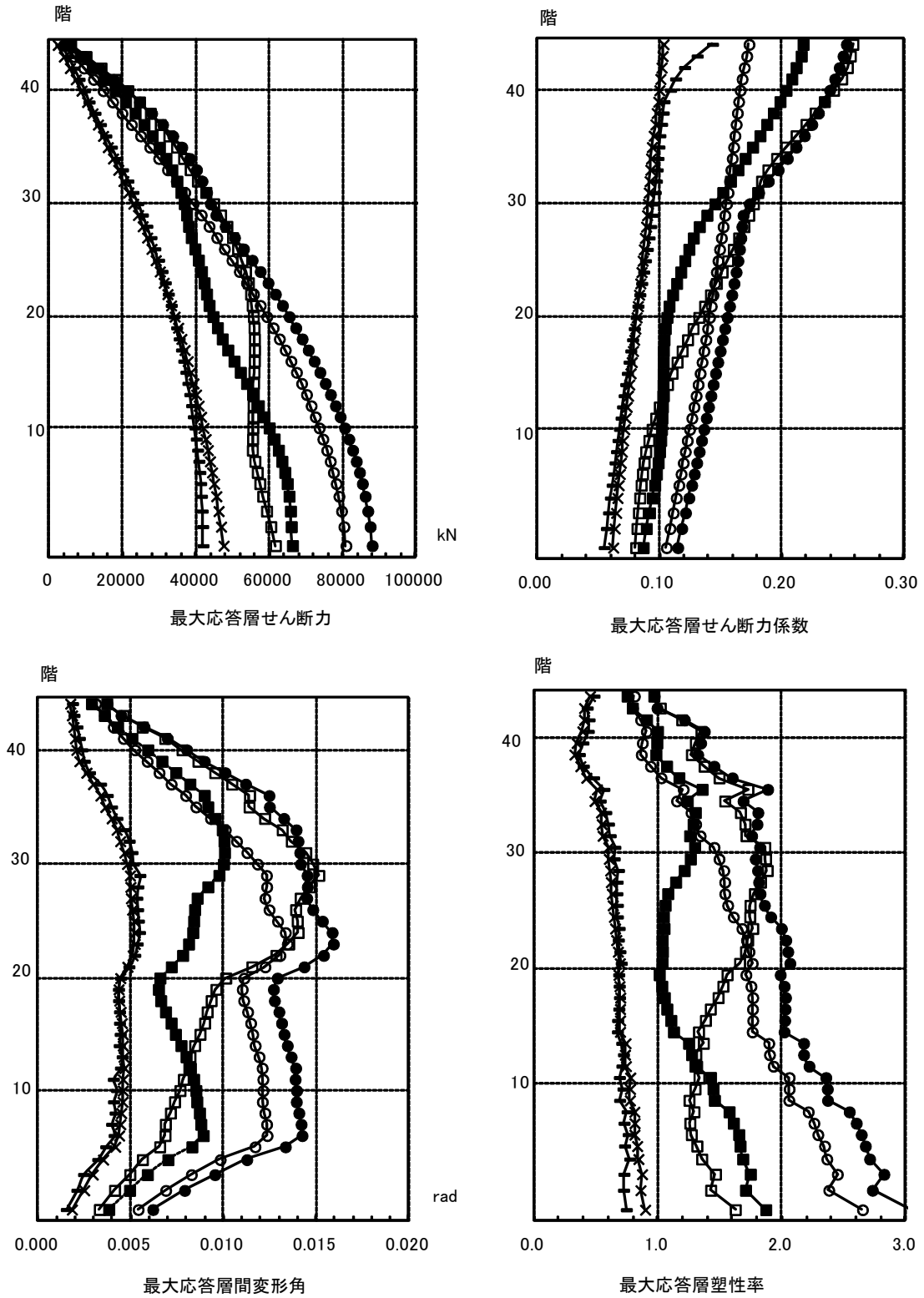
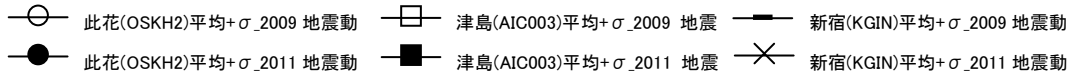


図 4.3.5-19 Y方向最大応答値(1)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

- 此花(OSKH2)平均+ σ _2009 地震動
- 津島(AIC003)平均+ σ _2009 地震動
- 新宿(KGIN)平均+ σ _2009 地震動
- 此花(OSKH2)平均+ σ _2011 地震動
- 津島(AIC003)平均+ σ _2011 地震動
- × 新宿(KGIN)平均+ σ _2011 地震動

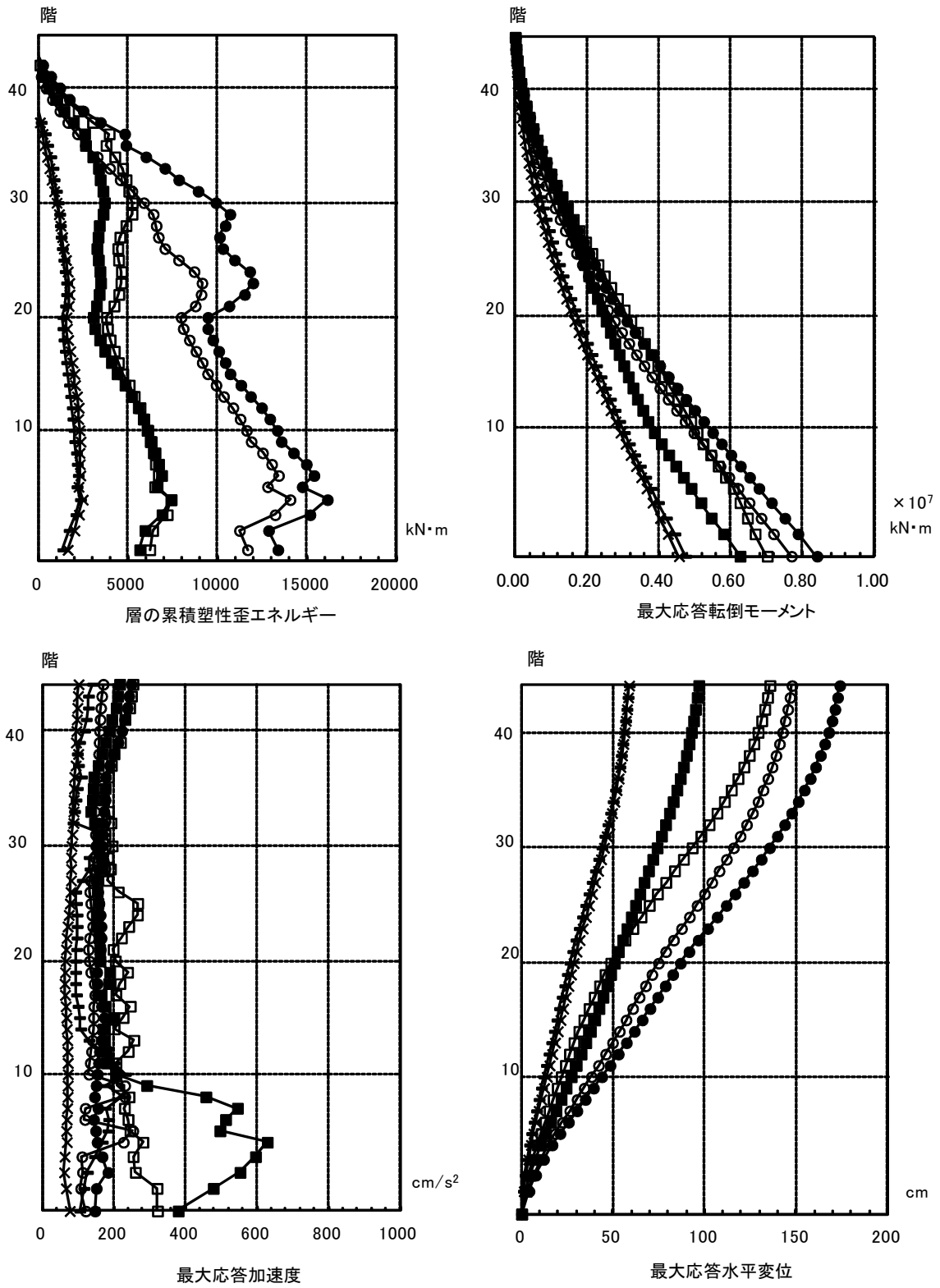


図 4.3.5-20 Y方向最大応答値(2)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

4-3-6 RC180m級建物

4-3-6-1 対象建物概要

構造種別	設計年	階数	軒高(m)	固有周期(秒)	解析方向	構造上の特徴
RC	2007	54	180.8	X : 4.23 Y : 4.31	X, Y	センターボイド ラーメン架構

(次頁に略伏図と略軸組図を示す)

検討建物モデルは、原設計建物に対して階数およびスパンを若干変更したものである。原設計建物は 2007 年の設計であり、地盤増幅を考慮した告示波および最大速度を 0.5m/s に基準化した観測波に対して、応答層間変形角が 1/120 程度以下、応答層塑性率が 1.0 程度以下となるように設計されている。

なお、原設計建物は地下 2 階を有しており、静的増分解析モデル、振動系モデルも地下 2 階からモデル化されている関係で、本検討においても地下 2 階床位置に地震波を入力している。

4-3-6-2 モデル化の方針

項目			
系のモデル化	質点系	<input type="checkbox"/> せん断多質点系	<input checked="" type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系
	骨組系	<input type="checkbox"/> 平面骨組	<input type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数	<input type="checkbox"/> 初期剛性比例	<input checked="" type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
	[3%]		
解析プログラム	<input type="checkbox"/> 市販	[]	<input checked="" type="checkbox"/> 自社開発
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P- δ 効果考慮 <input type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input type="checkbox"/> 鉛直部材（柱・壁）の軸力・曲げ非線形相互作用考慮		
当時の一般規定*の解析上の扱い	特になし		
その他	復元力特性 せん断成分：トリリニア型（武田モデル） 曲げ成分：弾性		

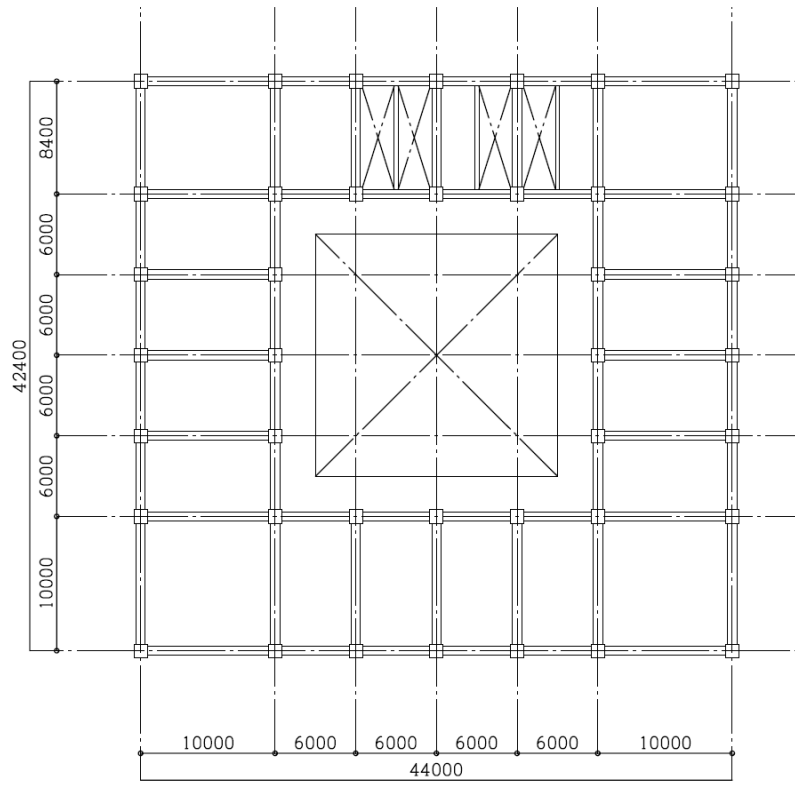


图 4.3.6-1 基準階架構伏図

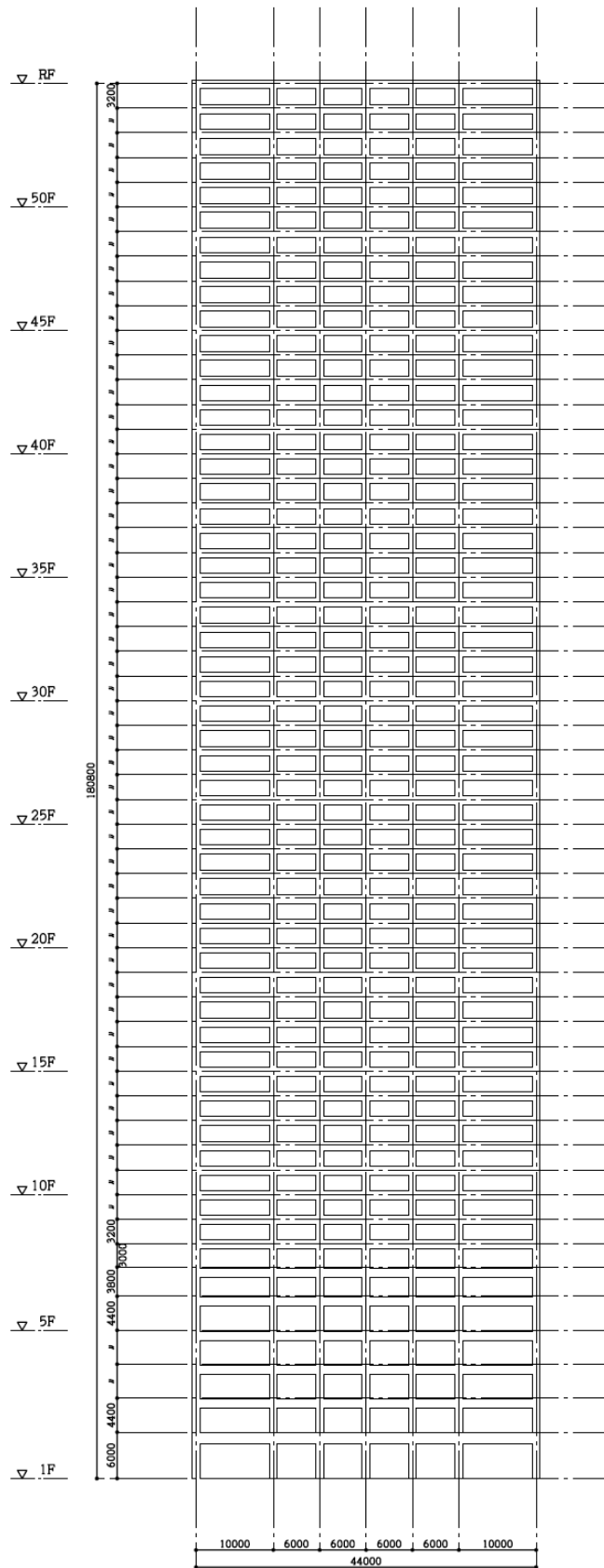


図 4.3.6-2 軸組図

4-3-6-3 静的漸増載荷解析結果

(1) 各層の荷重変形関係（層間変位・層せん断力の関係）

※図中の弾性層は地下階を表している

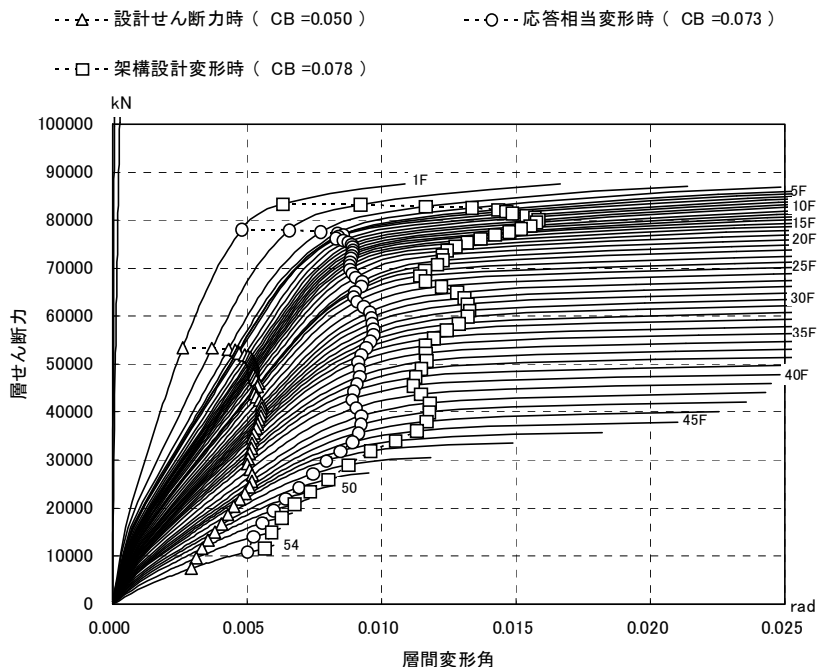


図 4.3.6-3 X方向荷重変形関係図

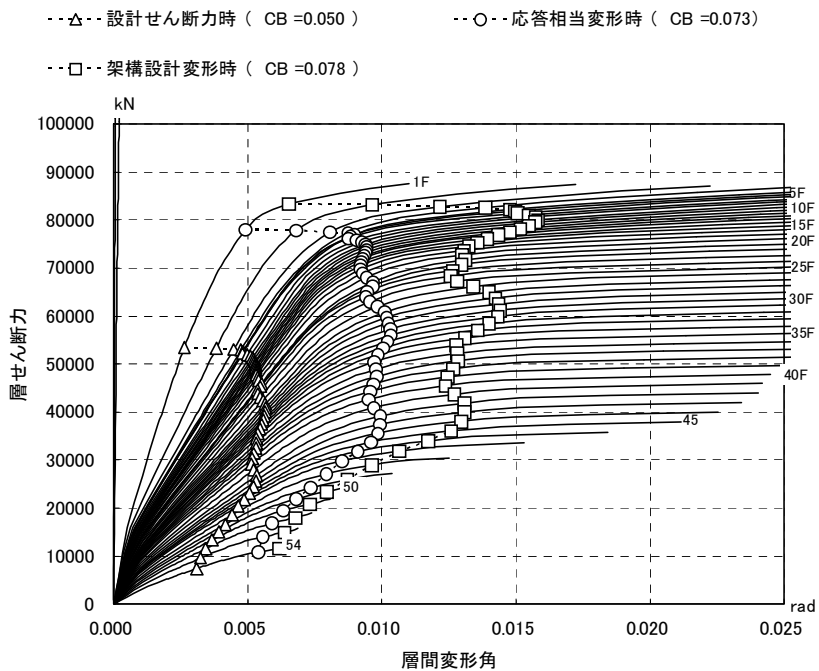


図 4.3.6-4 Y方向荷重変形関係図

(2) 最終載荷時の各層の層せん断力（係数）の一覧表（最大層間変形角 約 1/ 60 時点）

階	ΣW (kN)	X 方向	
		層せん断力 (kN)	層せん断力係数
54F	33,988	11,591	0.341
45F	193,657	36,071	0.186
30F	471,470	61,193	0.130
15F	763,403	76,933	0.101
1F	1,068,853	83,371	0.078

4-3-6-4 2011 地震動平均波、平均+σ波地震応答解析結果

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)				
		頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	変形角 (rad)	塑性率	頂部残留 変形 (cm)
R C 180m 級	此花(2011)平均	213.1	197.6	1/67	2.00	11.99
	津島(2011)平均	139.5	59.2	1/199	0.69	1.94
	浜松(2011)平均	183.0	45.7	1/179	0.88	3.56
	新宿(2011)平均	145.6	138.7	1/101	1.34	2.98
	此花(2011)平均+σ	215.4	209.2	1/48	2.80	12.21
	津島(2011)平均+σ	207.6	139.6	1/101	1.21	5.62
	浜松(2011)平均+σ	251.9	67.2	1/91	1.83	12.00
	新宿(2011)平均+σ	172.7	179.5	1/51	2.82	10.93
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)				
		頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	変形角 (rad)	塑性率	頂部残留 変形 (cm)
	此花(2011)平均	215.1	202.6	1/68	1.92	5.88
	津島(2011)平均	142.3	62.1	1/195	0.70	2.00
	浜松(2011)平均	182.3	46.6	1/172	0.89	2.05
	新宿(2011)平均	153.9	149.2	1/95	1.42	2.37
	此花(2011)平均+σ	214.3	214.7	1/53	2.52	13.57
	津島(2011)平均+σ	206.0	139.5	1/104	1.23	1.79
	浜松(2011)平均+σ	247.2	70.8	1/84	1.98	12.26
	新宿(2011)平均+σ	172.9	183.7	1/51	2.71	12.14

注 1) 塑性率の定義：せん断成分トリリニアカーブの第 2 折れ点を基点とする。

最大応答値は前表に示した通りであり、次頁以降の図に高さ方向の分布を掲載する。
加えて、下記に図の順序に合わせて特徴的な部分の考察を加える。

なお、X方向とY方向とでは振動性状はほぼ同等であり、X方向のみの記載とする。

- 1) 応答層せん断力は、「平均」よりも「平均+ σ 」の応答が大きくなっている。また、応答分布は各サイト毎で、「平均」と「平均+ σ 」で分布形状が近似しているが、津島波のみが差異が大きくなっている。
- 2) 最大応答層間変形角は、「平均」応答では此花波で最大 1/67(9F)となっている。その他の入力波では1/100以内となっている。「平均+ σ 」応答では、此花波で1/48(10F)、浜松波で1/91(45F)、新宿波で1/51(10F)と大きな値となっている。
- 3) 最大応答層塑性率は、「平均」応答では此花波で2.00(7F)となっている以外は何れも2.0以下である。「平均+ σ 」応答では、此花波で2.80(10F)、新宿波で2.82(7F)である。
- 4) 層入力エネルギーは、応答塑性率分布と同様の傾向であるが、塑性率が大きい層により大きなエネルギーが入力されていることが分かる
- 5) 応答加速度は、浜松波が短周期成分が強い波のため、特に低層部の応答加速度が大きくなっているが、それ以外の地震動においては、各層でほぼ一定値となっている。
- 6) 頂部応答変位は、「平均+ σ 」と「平均」の比をとると、此花波：1.06、津島波：2.36、浜松：1.47、新宿：1.29となっている。また、長周期成分の大きい此花波と、短周期成分の大きい浜松波では約4倍の差がある。
- 7) 頂部残留変位は、平均波では此花波(OSKH02)で10cmを超えるが、それ以外では5cm以下であるのに対し、平均+ σ では全て5cmを超え、津島波(AIC003)以外の3波では10cmを超えている。

なお、本振動系モデルは、原設計時に作成した復元力特性を用いているため、此花波のように応答層間変形角が1/100を超える応答値は保証していない。

各方向別に(1)～(10)の事項について示す。

- (1) 最大応答層せん断力の高さ方向の分布
- (2) 最大応答層せん断力係数の高さ方向の分布
- (3) 最大応答層間変形角の高さ方向の分布
- (4) 層の最大応答塑性率の高さ方向の分布
- (5) 層の応答入力エネルギーの高さ方向の分布
- (6) 層の応答転倒モーメントの高さ方向の分布
- (7) 最大応答加速度の高さ方向の分布
- (8) 最大応答変位の高さ方向分布
- (9) 最大応答荷重－変形関係図
- (10) 頂部応答変位時刻歴波形

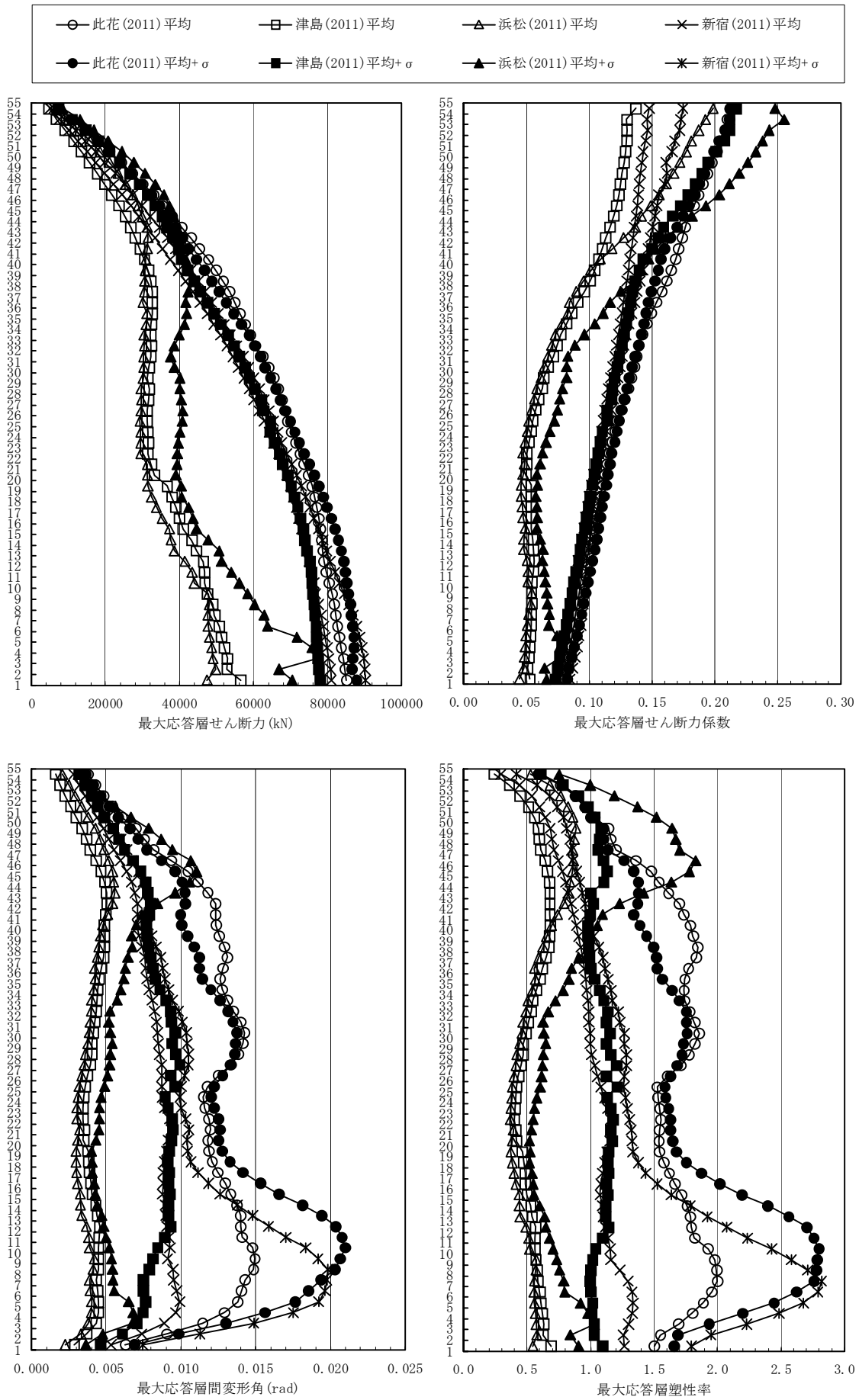


図 4.3.6-5 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

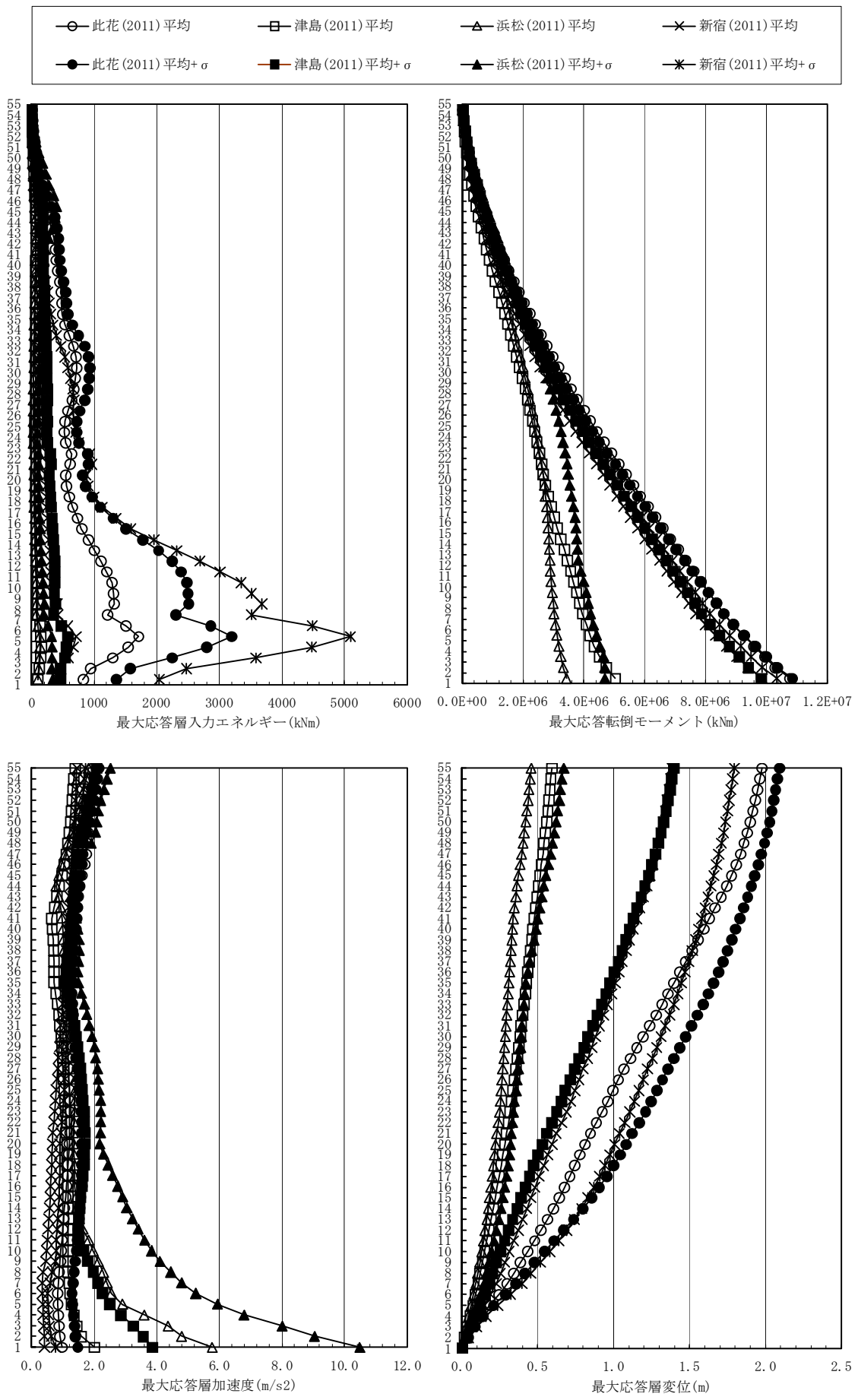


図 4.3.6-6 X方向最大応答値(2) 【2011地震動の平均波と平均+σ波地震応答解析結果】

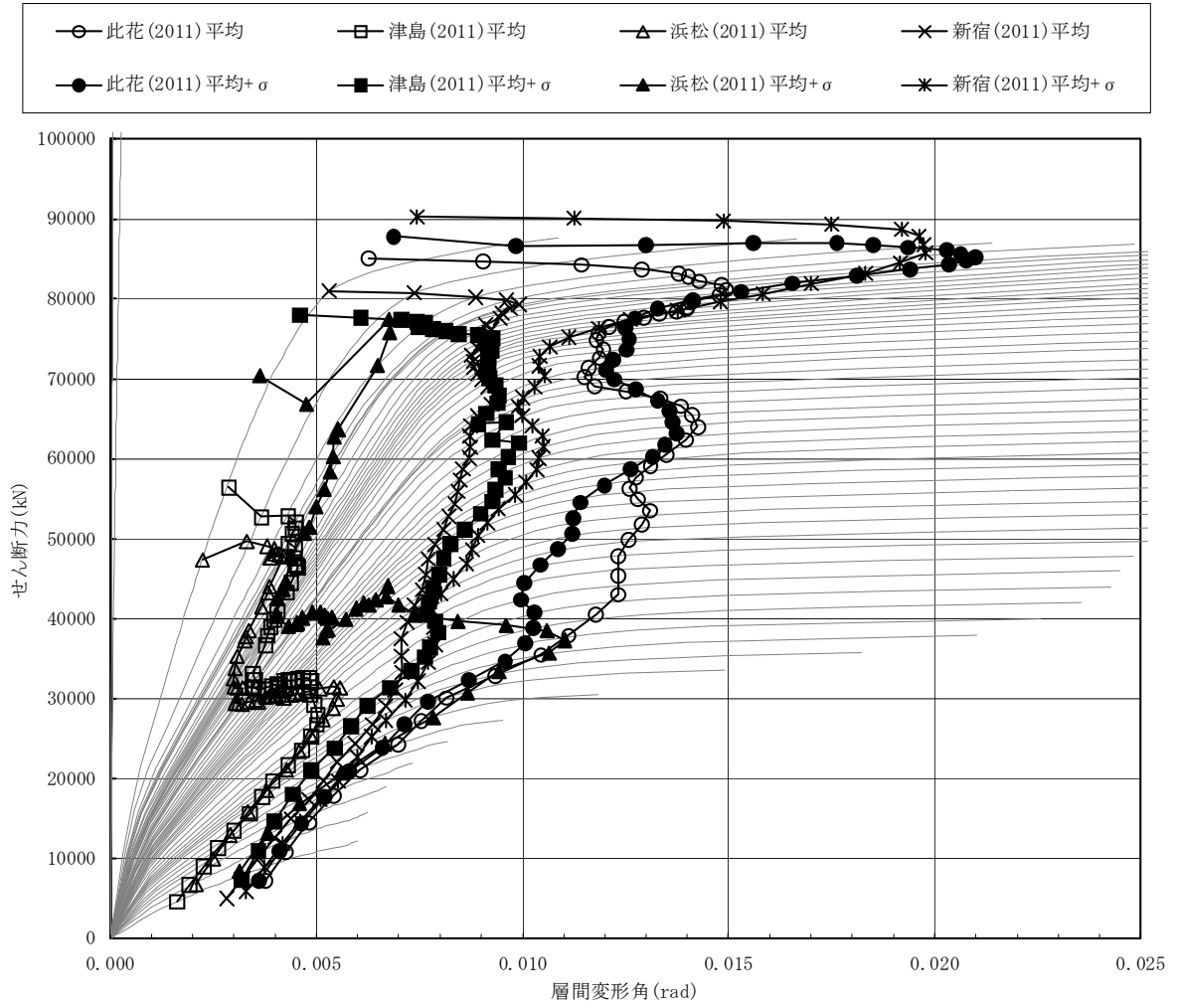


図 4.3.6-7 X方向最大応答値(3) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

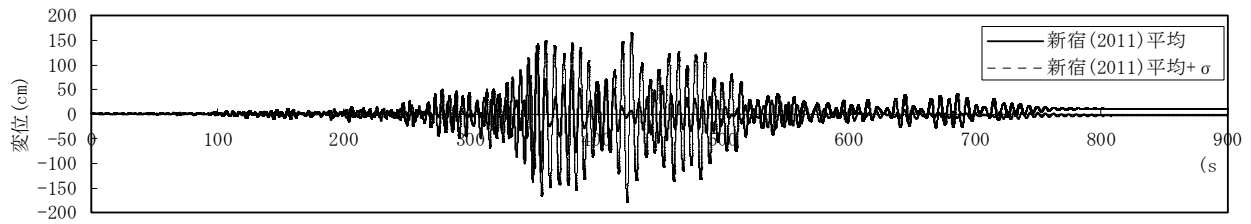
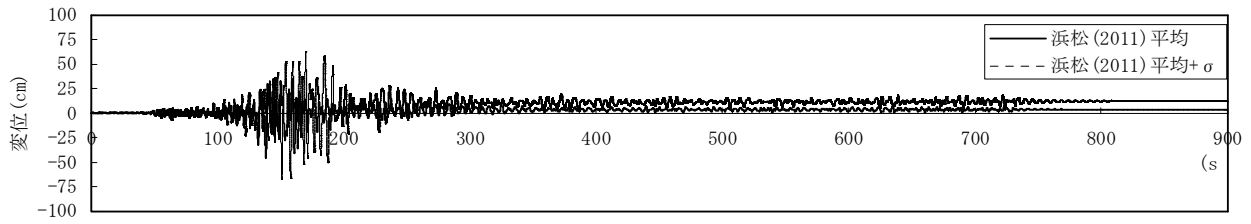
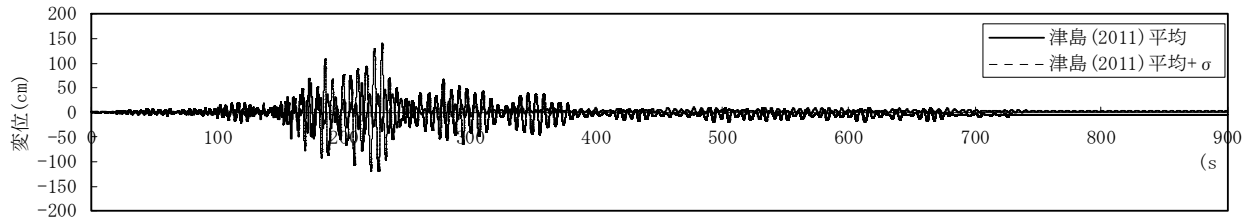
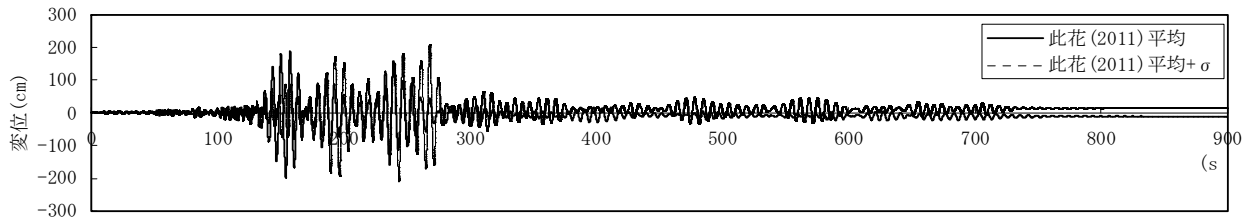


図 4.3.6-8

X方向頂部応答変位時刻歴波形【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

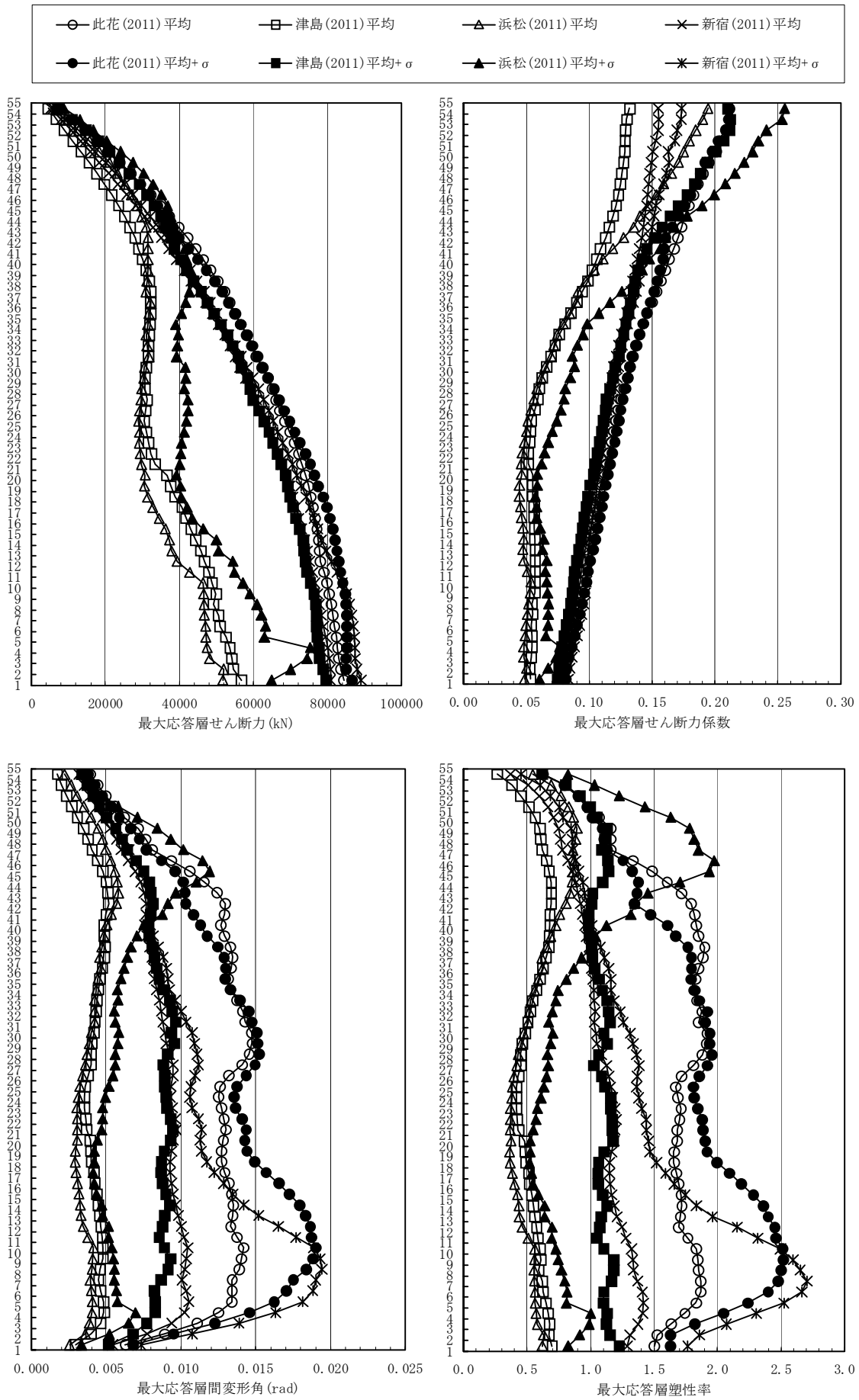


図 4.3.6-9 Y方向最大応答値(1) 【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

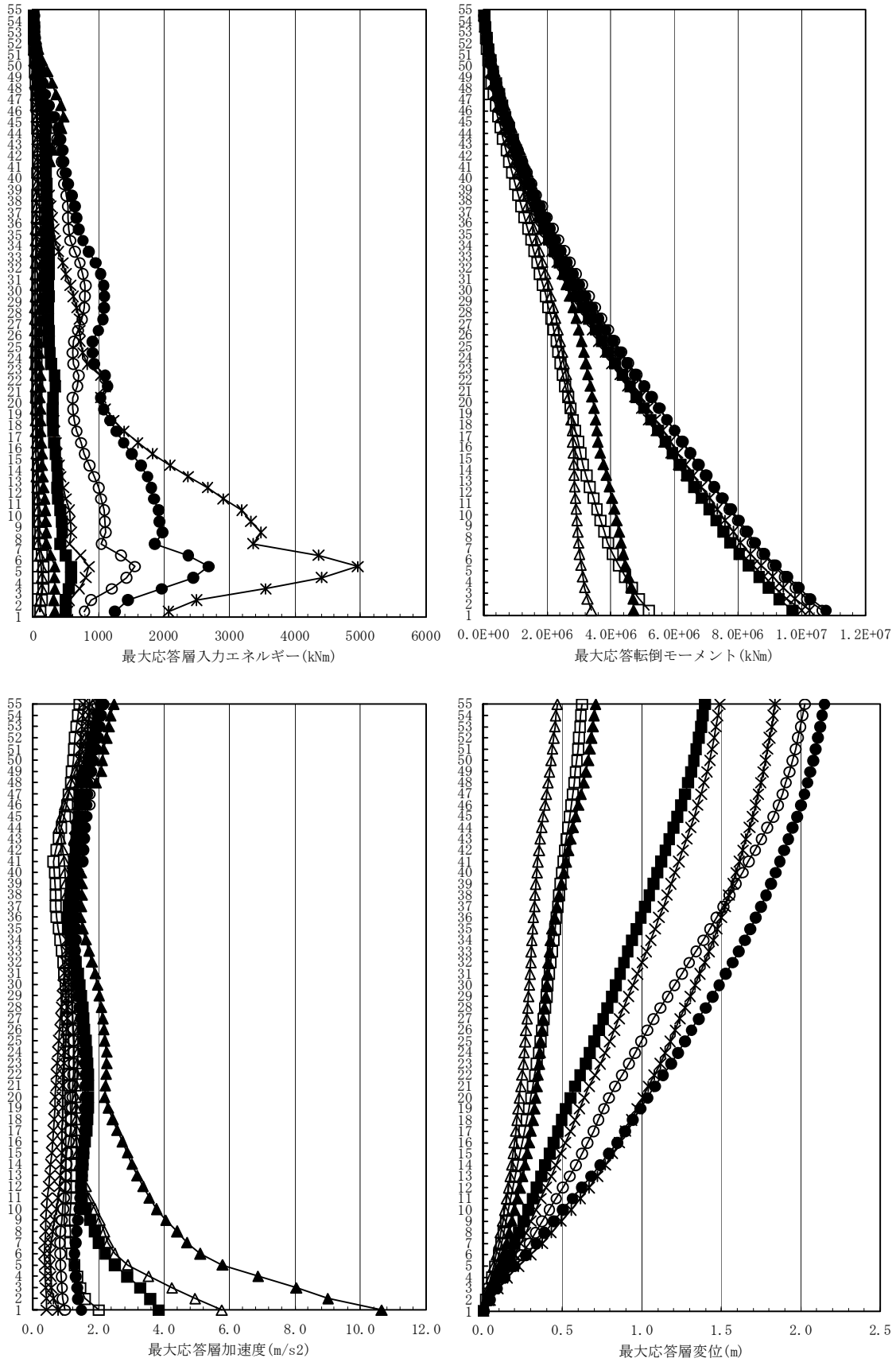
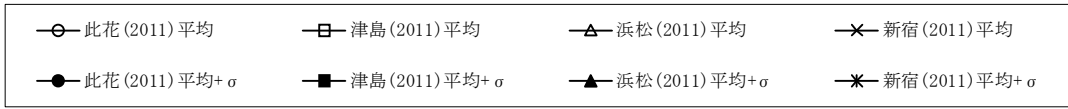


図 4.3.6-10 Y方向最大応答値(2)【2011地震動の平均波と平均+σ波地震応答解析結果】

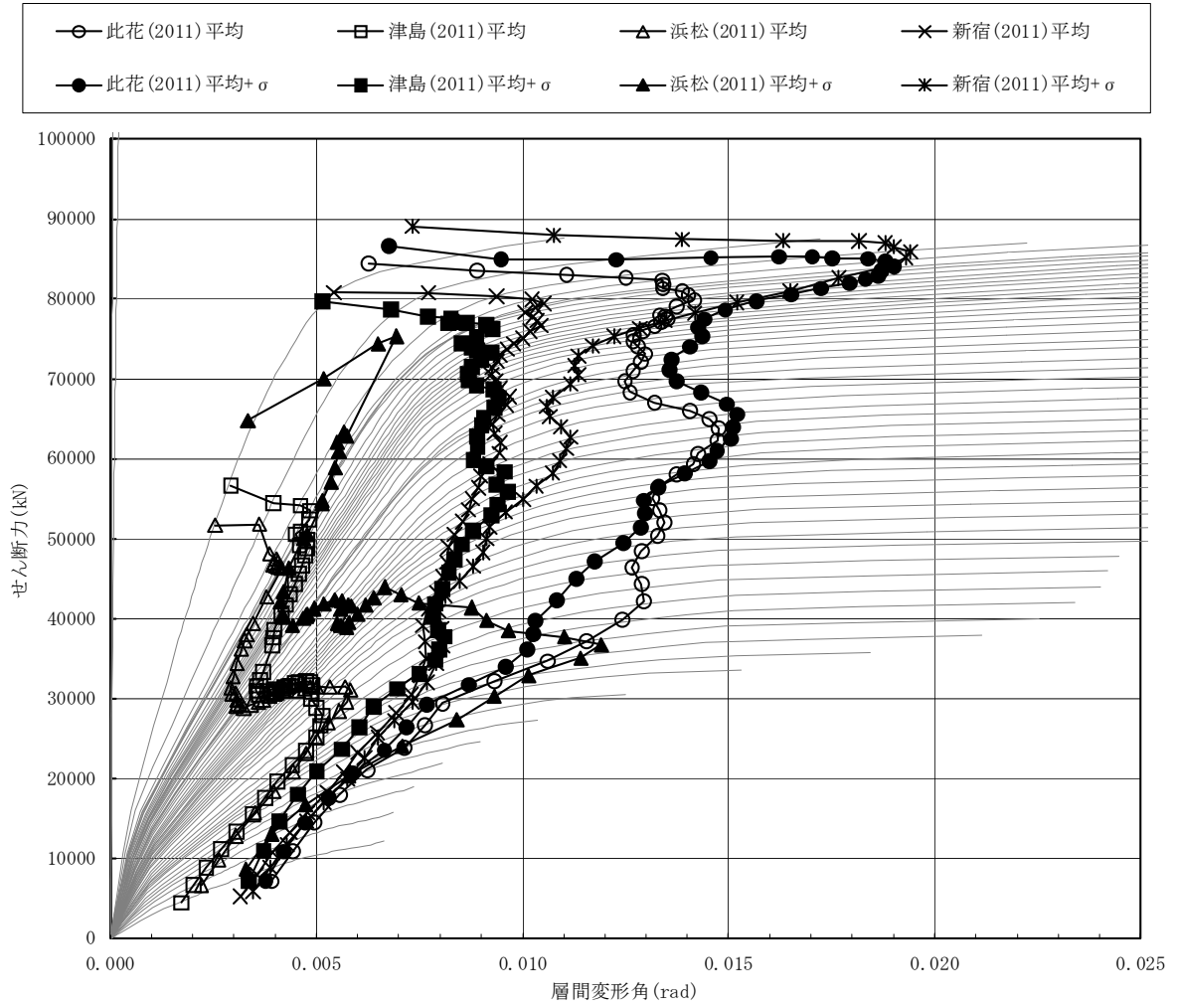


図 4.3.6-11 Y方向最大応答値(3)【2011地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

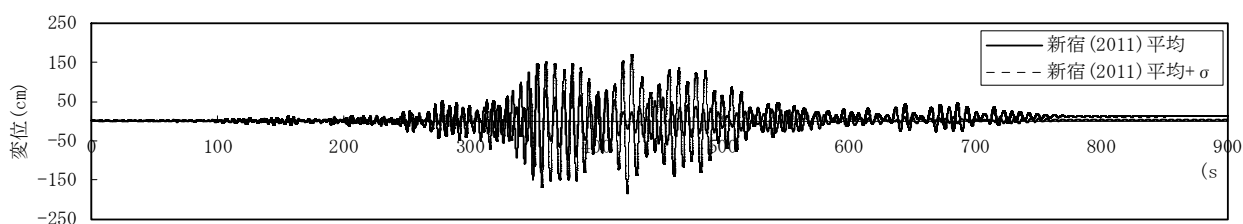
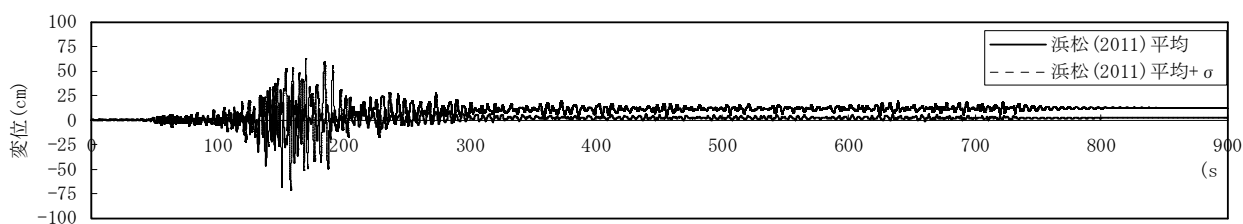
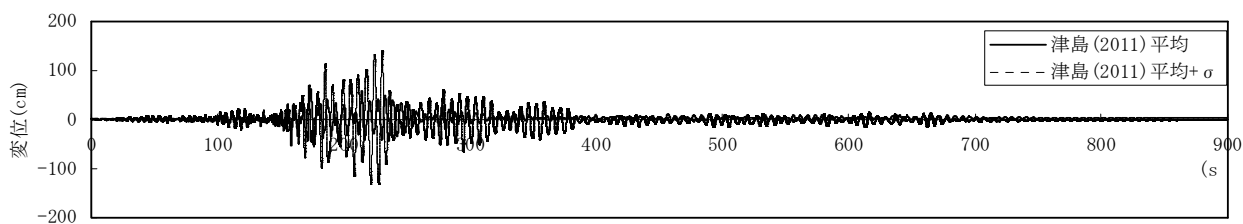
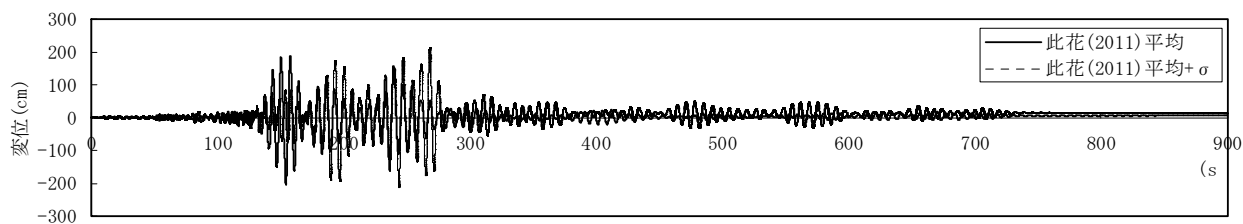


図 4.3.6-12

Y 方向頂部応答変位時刻歴波形【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波の地震応答解析結果】

4-3-6-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)				
		頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	変形角 (rad)	塑性率	頂部残留 変形 (cm)
R C 180m 級	此花(2011)平均	213.1	197.6	1/67	2.00	11.99
	津島(2011)平均	139.5	59.2	1/199	0.69	1.94
	新宿(2011)平均	145.6	138.7	1/101	1.34	2.98
	此花(2009)平均	163.7	175.9	1/65	2.12	2.30
	津島(2009)平均	193.2	115.0	1/101	1.42	1.65
	新宿(2009)平均	113.7	108.5	1/135	0.94	3.86
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)				
		頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	変形角 (rad)	塑性率	頂部残留 変形 (cm)
	此花(2011)平均	215.1	202.6	1/68	1.92	5.88
	津島(2011)平均	142.3	62.1	1/195	0.70	2.00
	新宿(2011)平均	153.9	149.2	1/95	1.42	2.37
	此花(2009)平均	164.0	177.7	1/66	2.00	1.15
	津島(2009)平均	195.0	116.0	1/100	1.43	4.50
	新宿(2009)平均	116.2	113.5	1/132	0.97	3.93

注 1) 塑性率の定義：せん断成分トリリニアカーブの第 2 折れ点を基点とする。

次項以降に応答値を示す。応答結果は以下のようにまとめられる

- 1) 最大応答せん断力分布は、此花波は 2011 と 2009 でほぼ同等となっており、津島波では 2009 が大きく、新宿波では逆に 2011 の方が大きくなっている。特に、津島波では 2011 と 2009 の差異が大きい。
- 2) 最大応答層間変形角，最大応答層塑性率の分布も、応答せん断力の傾向とほぼ同じであり、此花波が 2009，2011 共に最大でどちらも 1/65 程度となっている。津島波は 2009 と 2011 では 2 倍程度の差異がある。
- 3) 最大応答層入力エネルギーは、此花波 (2011) が最も大きい。また、此花波は (2011) と (2009) とで応答せん断力，応答層間変形角などはほぼ同等であったが、層エネルギー入力は 2 倍程度の差異がある。

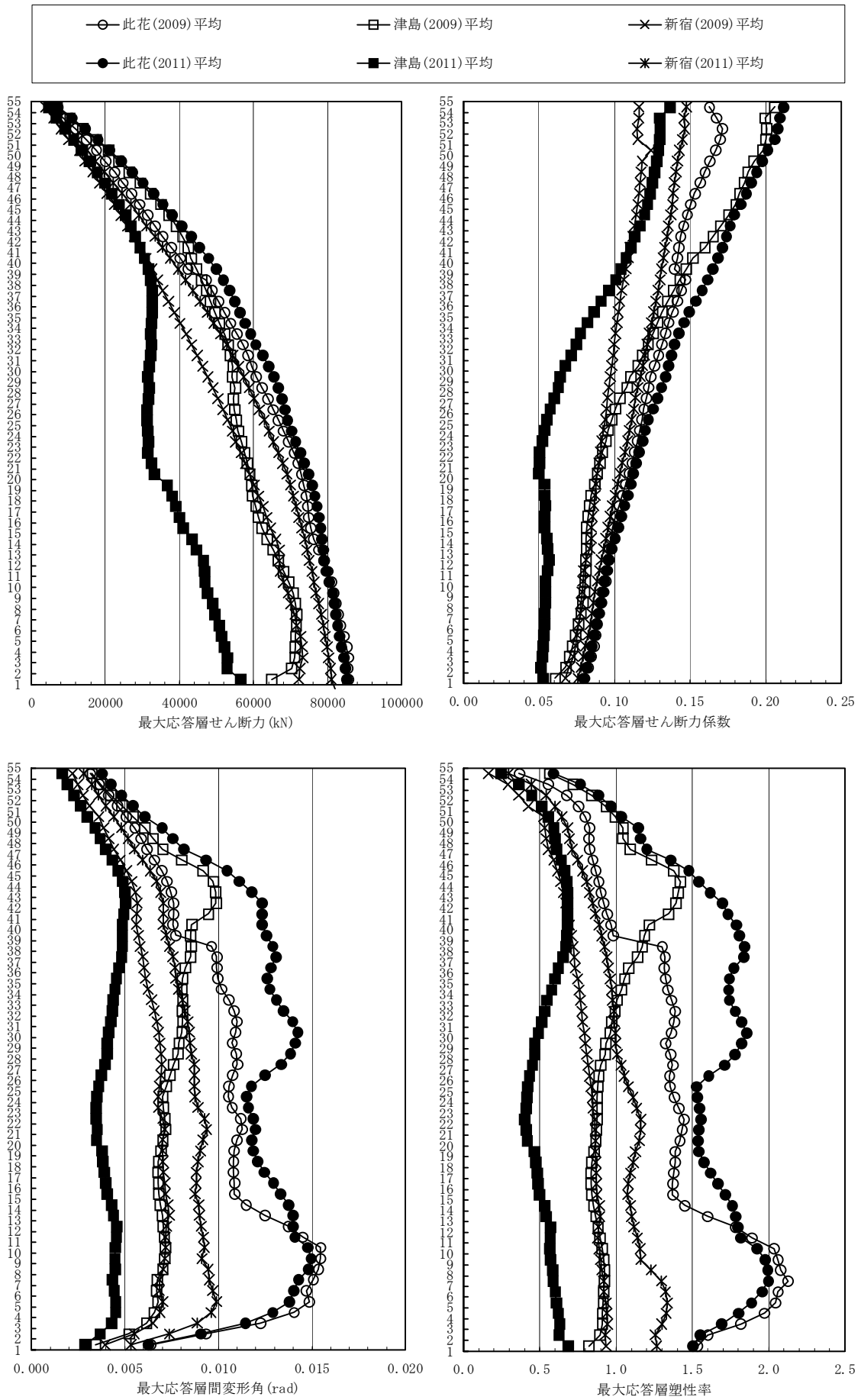


図 4.3.6-13 X方向最大応答値(1) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

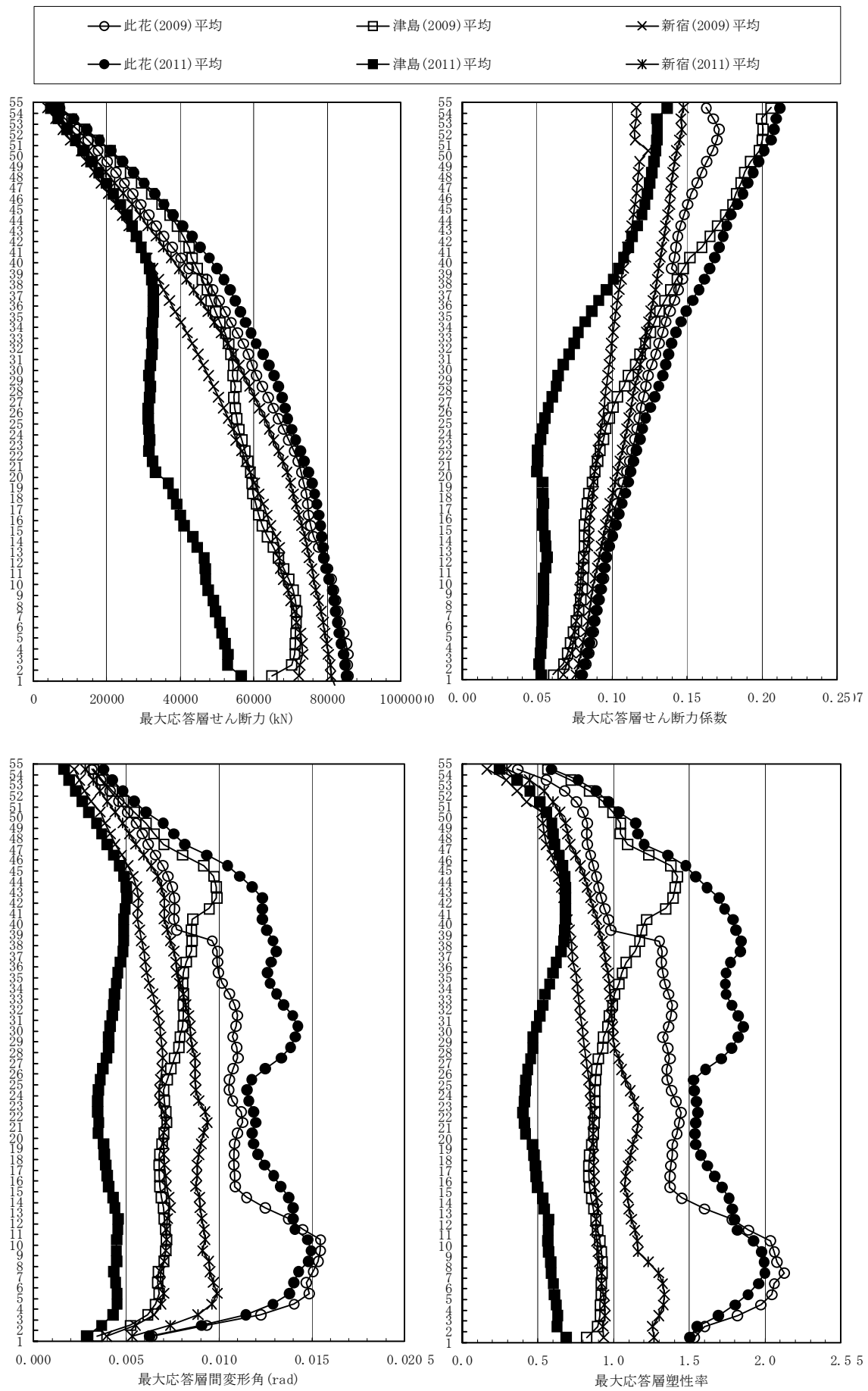


図 4.3.6-14 X方向最大応答値(2) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

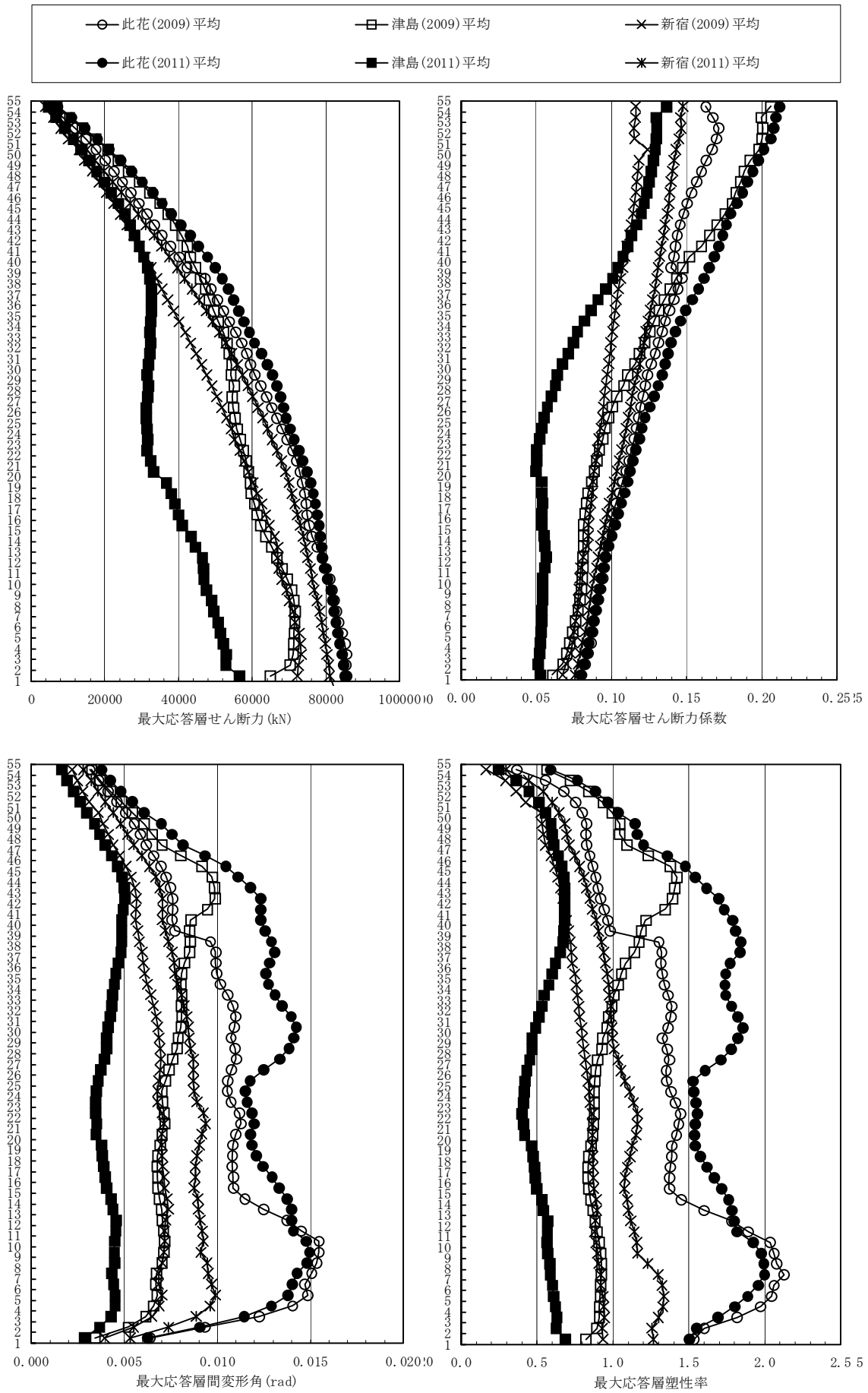


図 4.3.6-15 Y方向最大応答値(1) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

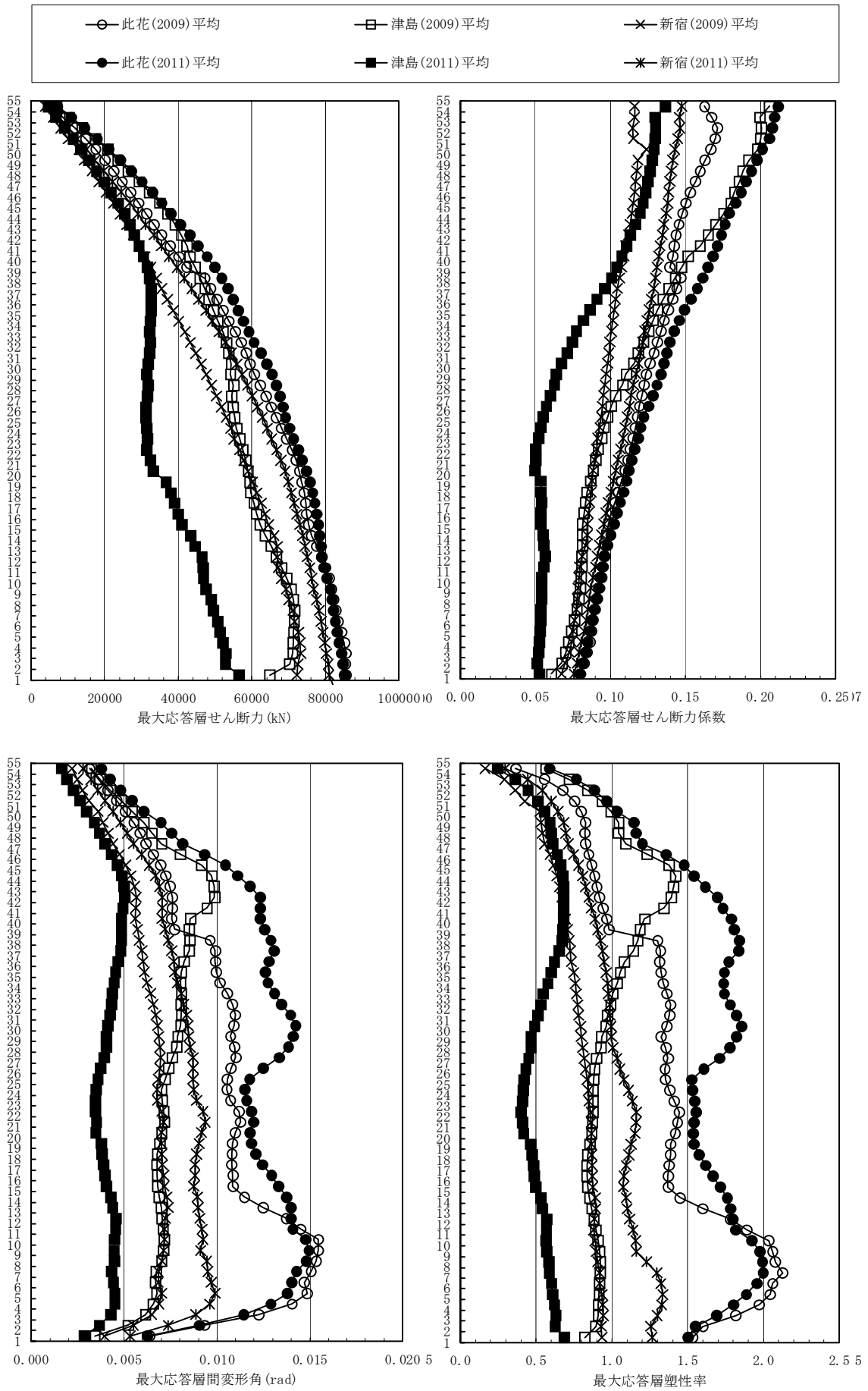


図 4.3.6-16 Y方向最大応答値(2) 【2011地震動平均波と2009地震動平均波の比較】

4-3-6-6 2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較

モデル	入力地震波	最大応答値(X 方向)				
		頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	変形角 (rad)	塑性率	頂部残留 変形 (cm)
R C 180m 級	此花(2011)平均+ σ	215.4	209.2	1/48	2.80	12.21
	津島(2011)平均+ σ	207.6	139.6	1/101	1.21	5.62
	新宿(2011)平均+ σ	172.7	179.5	1/51	2.82	10.93
	此花(2009)平均+ σ	192.4	202.6	1/47	2.88	6.04
	津島(2009)平均+ σ	198.2	162.6	1/73	1.93	1.92
	新宿(2009)平均+ σ	160.9	180.7	1/57	2.30	13.65
	入力地震波	最大応答値(Y 方向)				
		頂部加速度 (cm/s ²)	頂部変位 (cm)	変形角 (rad)	塑性率	頂部残留 変形 (cm)
	此花(2011)平均+ σ	214.3	214.7	1/53	2.52	13.57
	津島(2011)平均+ σ	206.0	139.5	1/104	1.23	1.79
	新宿(2011)平均+ σ	172.9	183.7	1/51	2.71	12.14
	此花(2009)平均+ σ	196.3	206.4	1/51	2.62	7.09
	津島(2009)平均+ σ	198.1	163.6	1/71	1.95	0.91
	新宿(2009)平均+ σ	162.6	178.5	1/67	1.98	8.52

注 1) 塑性率の定義：せん断成分トリリニアカーブの第 2 折れ点を基点とする。

次項以降に応答値を示す。応答結果は以下のようにまとめられる

- 1) 最大応答せん断力分布は、各地震動とも応答値が復元力特性の第 3 勾配にあるため、せん断力が頭打ちとなり、入力地震動による差異は小さい。
- 2) 最大応答層間変形角、最大応答層塑性率の傾向は平均波での傾向と同様に、此花波は 2011 と 2009 でほぼ同等となっており、津島波では 2009 が大きく、新宿波では逆に 2011 の方が大きくなっている。特に、津島波では 2011 と 2009 の差異が大きい。
- 3) 最大応答層入力エネルギーは、平均波入力と異なり、新宿(2011)が最も大きく、次いで此花(2011)となっている。

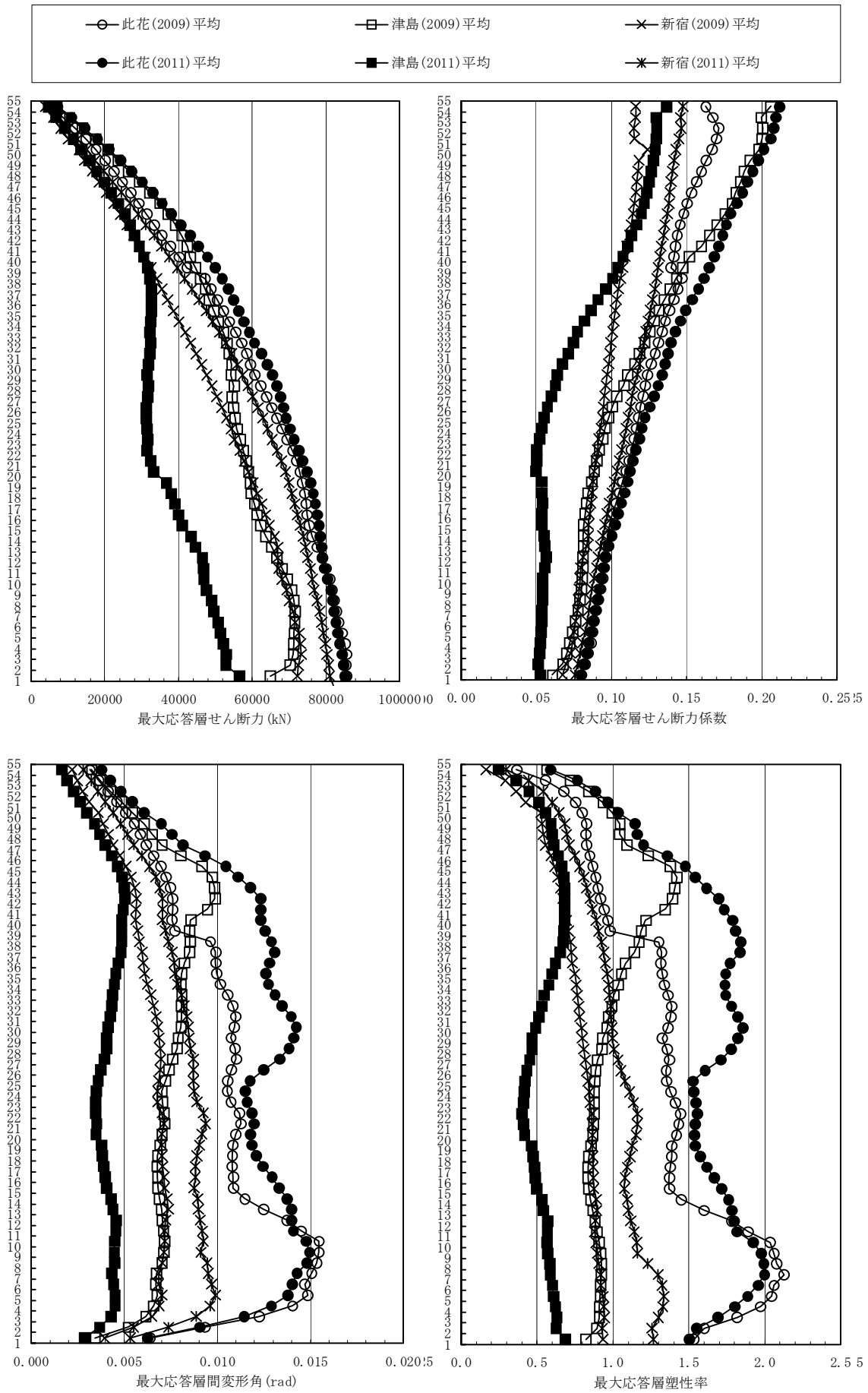


図 4.3.6-17 X方向最大応答値(1)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

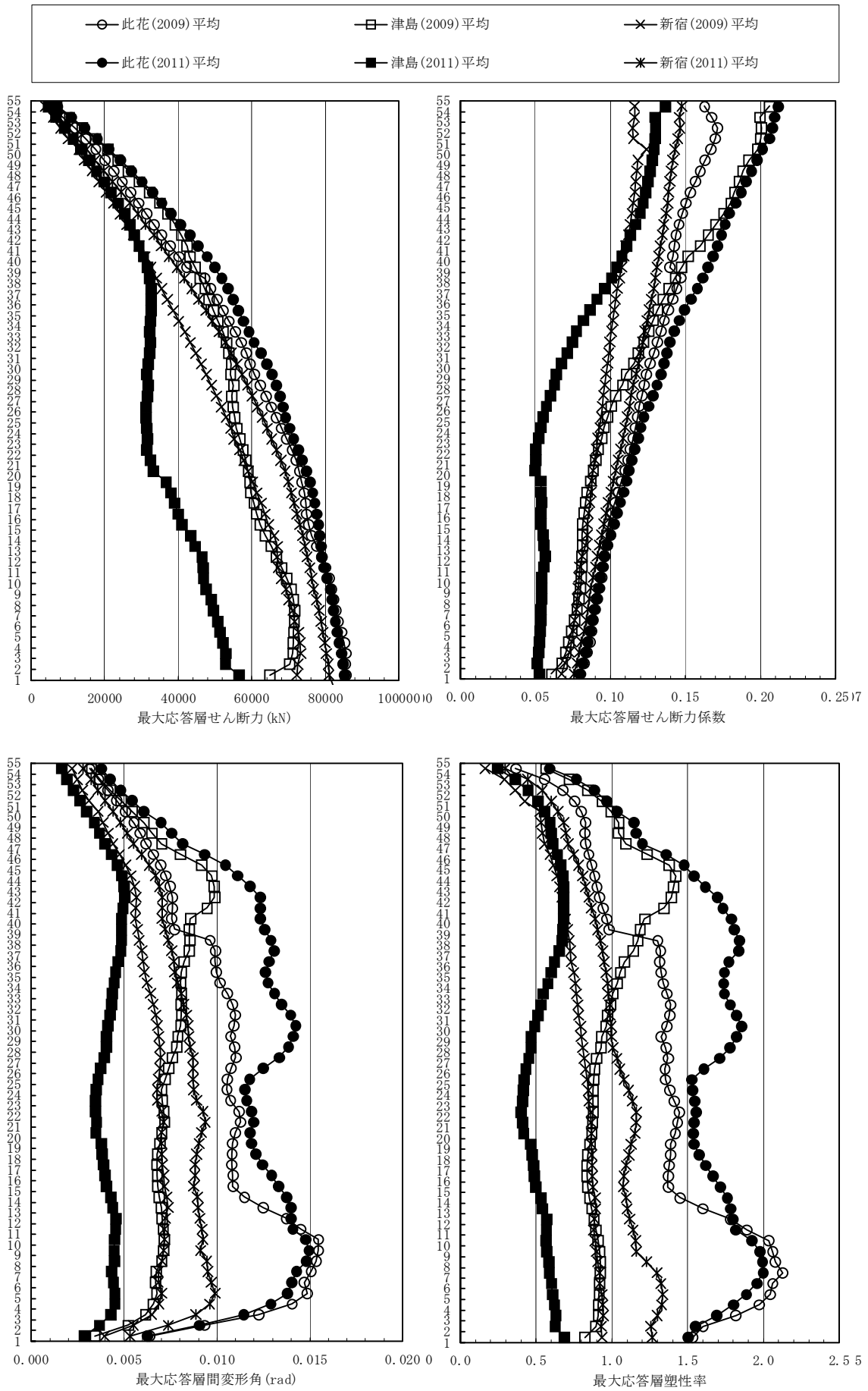


図 4.3.6-18 X方向最大応答値(2)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

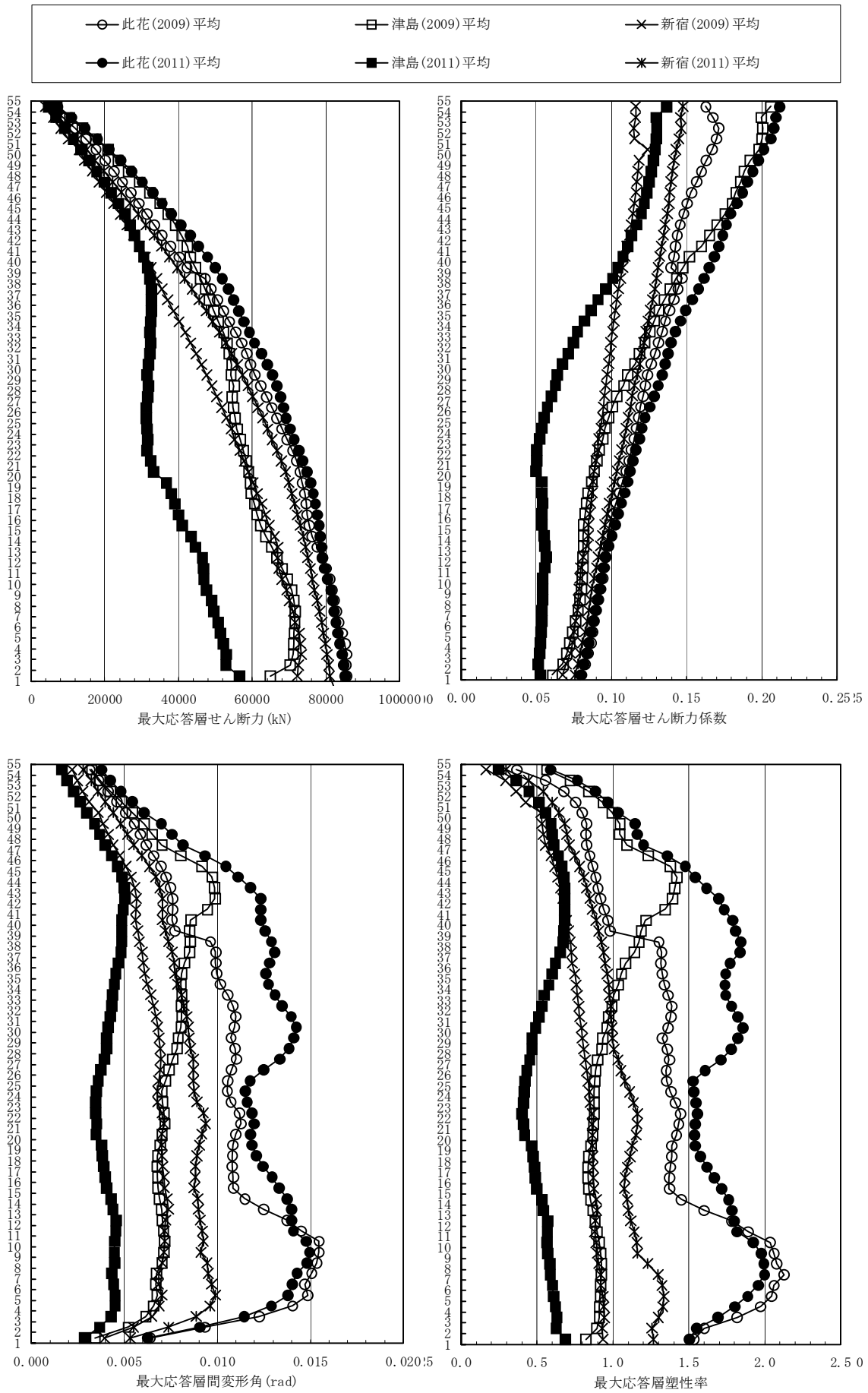


図 4.3.6-19 Y方向最大応答値(2)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

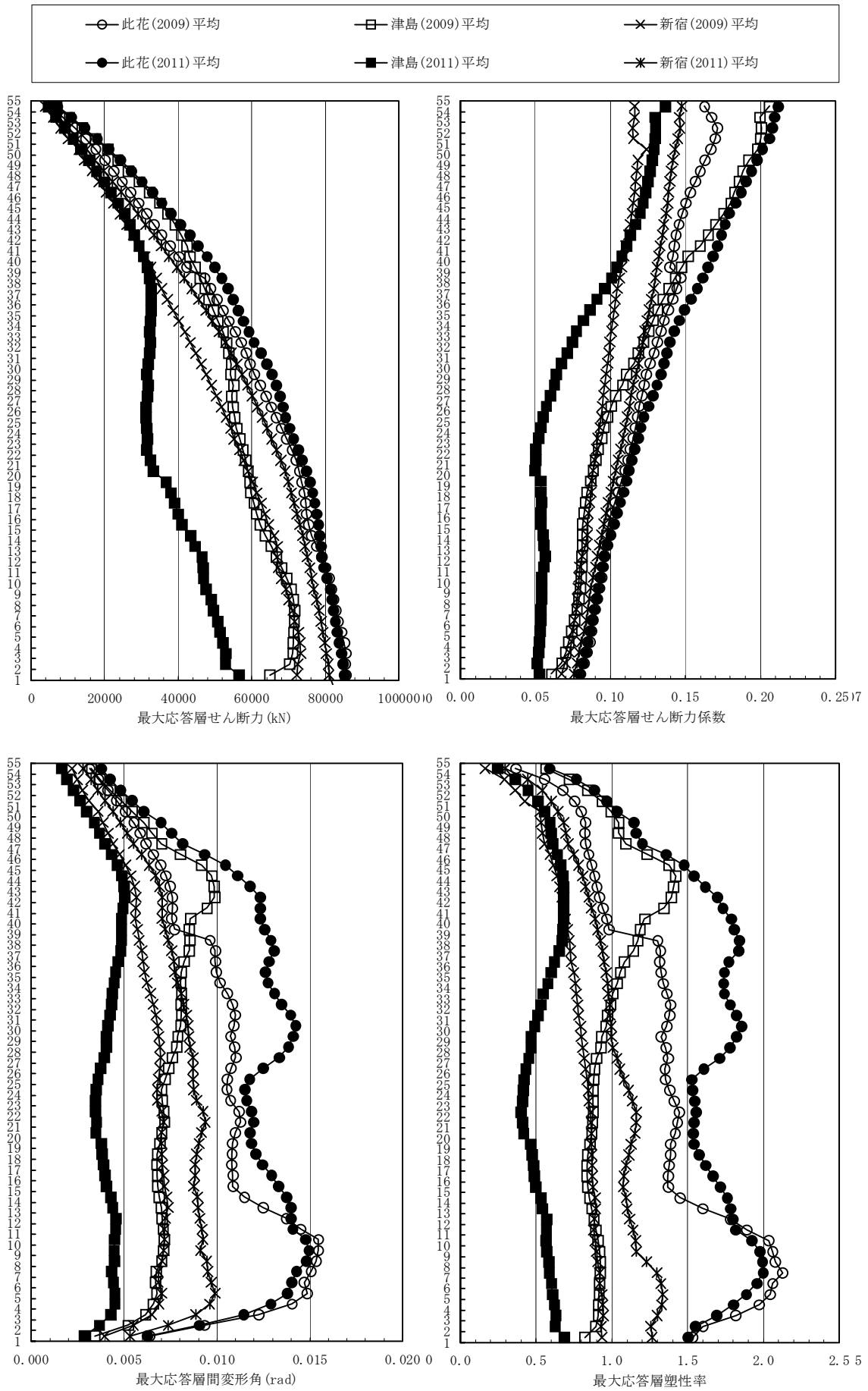


図 4.3.6-20 Y方向最大応答値(2)【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

4-3-7 RC240m級建物

4-3-7-1 対象建物概要

構造種別	設計年	階数	軒高	固有周期	解析方向	構造上の特徴
RC	2003	70	242.3m	5.44 秒 (X,Y 両方向)	X 方向	純ラーメン構造 (チューブ架構)

(次項以降に略伏図と略軸組図を示す)

本節の検討対象建物は、超高強度コンクリート及び超高強度鉄筋を採用した地上70階建、軒高約240m、住戸数約700のRC造超高層集合住宅である。次頁以降に基準階架構平面図・軸組図を示す。

基準階平面は、外側1スパンを4.0m、内側8スパンを5.0mとした1辺が48.0mの正方形の四隅を切り欠いた形状で、中央部に26.4m角のボイド空間を有しており、基準階階高は3.4m、アスペクト比(高さ/幅)は、Y1、Y6通りで約8.1、Y3、Y4通りで約5.0となっている。

構造形式は、チューブ効果を有する純ラーメン構造である。居住空間となる9.0mスパンのスラブは、梁のない1枚スラブ(t=300mmのハーフPCaボイドスラブ)としている。すなわち、主たる耐震架構はY1、Y3、Y4、Y6通りの4構面で、X、Y両方向に対称な架構形式としている。構造材料として、コンクリートの最大設計基準強度を120N/mm²、鉄筋鋼種を主筋SD685、せん断補強筋SD785という超高強度材料を採用しており、基準階の柱断面サイズを900×900、梁断面サイズを600×850としている。

耐震設計では静的設計と動的設計の2つのクライテリアを設定し、静的には使用限界、設計限界、終局限界の各限界状態に対応したレベル1～3の3段階の地震力に対して設計を行い、動的にはレベル1・2の2段階の入力地震動に対する応答解析により、安全性を確認している。また、耐風設計では、粗度区分Ⅲ、再現期間500年、基本風速38m/sとして風洞実験に基づき設定した風荷重に対して弾塑性風応答解析を行い、部材が降伏していないことを確認している。

4-3-7-2 モデル化の方針

項目			
系のモデル化	質点系	<input type="checkbox"/> せん断多質点系	<input type="checkbox"/> 曲げせん断多質点系
	骨組系	<input type="checkbox"/> 平面骨組	<input checked="" type="checkbox"/> 立体骨組
粘性減衰	減衰定数	<input type="checkbox"/> 初期剛性比例	<input checked="" type="checkbox"/> 瞬間剛性比例
	[3%]		
解析プログラム	<input type="checkbox"/> 市販 []	<input checked="" type="checkbox"/> 自社開発	
解析の前提条件	<input type="checkbox"/> P-δ効果考慮 <input checked="" type="checkbox"/> ねじれ考慮 <input type="checkbox"/> 地盤ばね考慮 <input checked="" type="checkbox"/> 鉛直部材(柱・壁)の軸力・曲げ非線形相互作用考慮		
当時の一般規定の解析上の扱い	特になし		
その他	復元力特性 せん断成分:弾性, 曲げ成分:武田ループ		

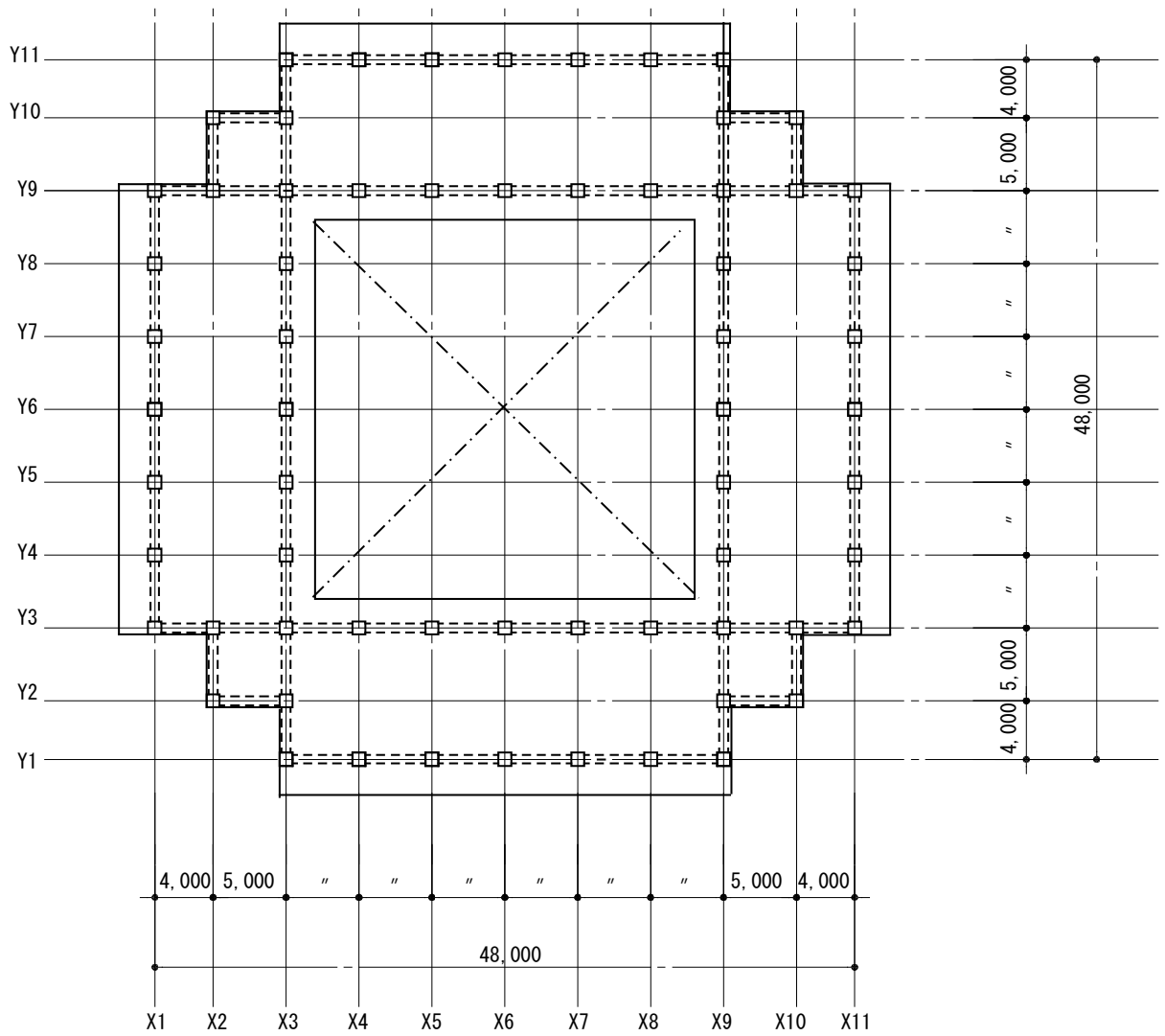


图 4.3.7-1 基准階架構平面图 (S=1 : 500)

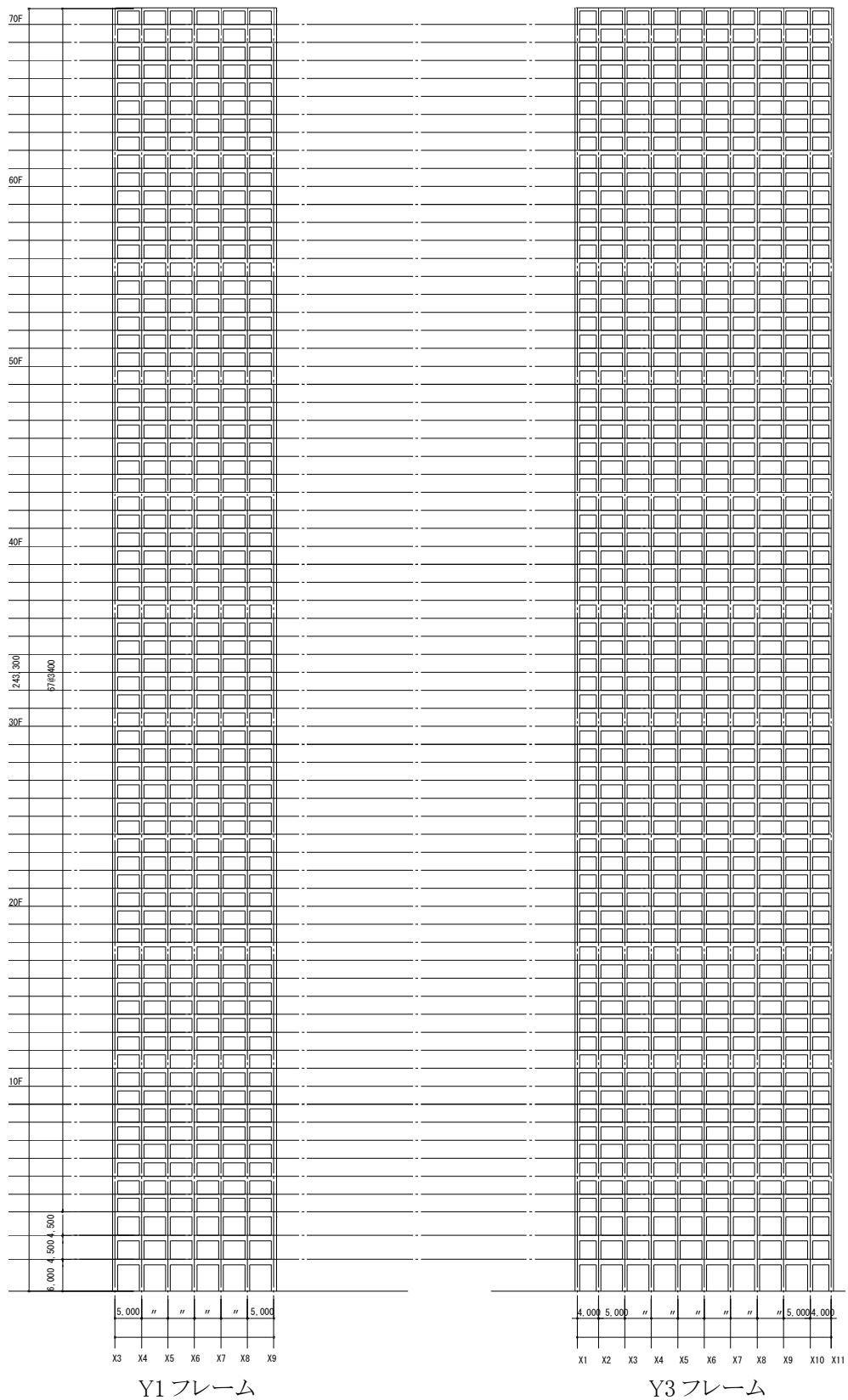


図 4.3.7-2 主要架構軸組図 (S=1 : 1200)

4-3-7-3 静的荷重漸増解析結果

(1) 各層の荷重変形関係 (層間変位・層せん断力の関係)

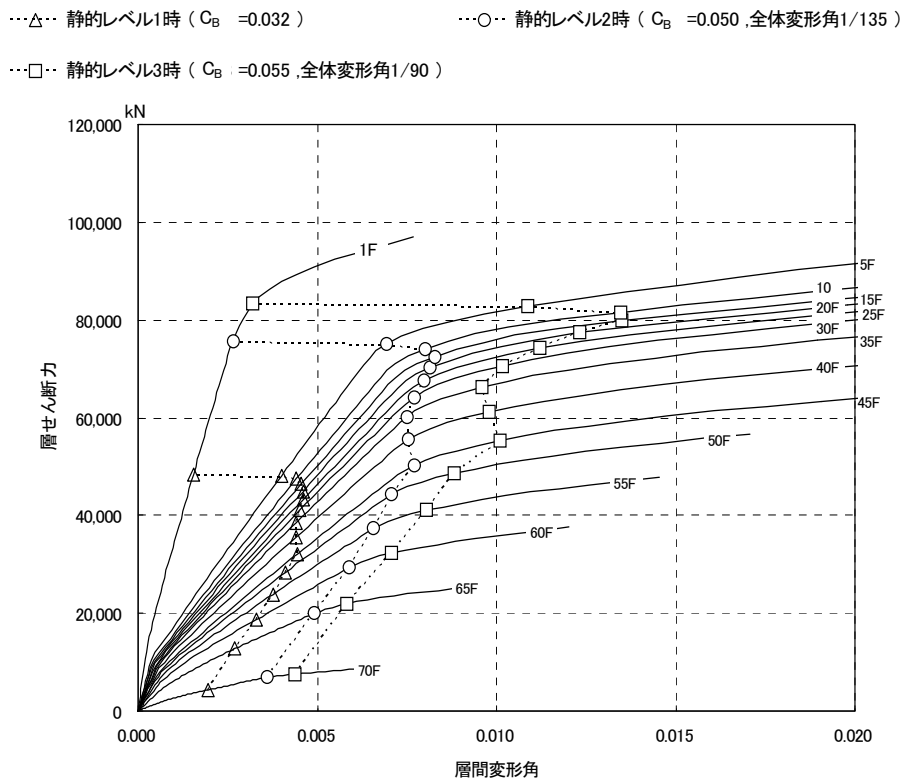


図 4. 3. 7-3 X 方向荷重変形関係

※全体変形角は外力荷重重心位置における水平変形を高さで除したものの。

(2) 各層の層せん断力 (係数) の一覧表

階	ΣW (kN)	静的レベル2時 (全体変形角 1/135)		静的レベル3時 (全体変形角 1/90)	
		層せん断力 (kN)	層せん断力係数	層せん断力 (kN)	層せん断力係数
70F	22, 140	6, 847	0. 309	7, 532	0. 340
50F	450, 190	44, 233	0. 098	48, 656	0. 108
30F	880, 802	64, 210	0. 073	70, 631	0. 080
10F	1, 311, 785	74, 144	0. 057	81, 558	0. 062
1F	1, 513, 733	75, 687	0. 050	83, 255	0. 055

4-3-7-4 2011 地震動平均波、平均+ σ 波地震応答解析結果

2011 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値				
			頂部加速度 度 cm/s^2	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	頂部残留 変形 cm
RC 240m級	X	此花平均	126.6	143.7	1/133	1.10	0.39
		津島平均	111.6	80.7	1/199	0.75	0.13
		浜松平均	129.9	93.2	1/163	0.93	0.24
		新宿平均	100.3	155.4	1/123	1.22	0.58

2011 地震動の平均+ σ 波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値				
			頂部加速度 度 cm/s^2	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	頂部残留 変形 cm
RC 240m級	X	此花平均+ σ	164.8	186.2	1/91	1.90	2.46
		津島平均+ σ	146.5	116.9	1/142	1.04	0.26
		浜松平均+ σ	206.4	79.1	1/106	1.86	1.07
		新宿平均+ σ	117.7	192.2	1/77	2.29	1.35

注 1) 塑性率の定義：各層の梁の部材曲げ塑性率

- ・ 最大応答せん断力，最大応答せん断力係数
平均波から平均+ σ 波への入力の増加に伴い、応答結果が大きくなっている。
- ・ 最大応答層間変形角，最大応答層塑性率
此花平均+ σ 波，新宿平均+ σ 波の最大応答層間変形角が 1/100 を超え、最大 1/77 となった。平均波と平均+ σ 波の比較において地震波ごとの応答の傾向は概ね同じである。
- ・ 層の累積塑性歪エネルギー
平均+ σ 波の累積塑性歪エネルギーは、平均波と比較すると全体的に増加しており、特に新宿波のエネルギー増大が顕著である。
- ・ 最大応答転倒モーメント
平均+ σ 波の最下層では、平均波と比較して 0.77~1.46 倍の応答値である。
- ・ 最大応答加速度
浜松波の応答加速度が卓越している。平均+ σ 波の応答は、平均波と比較して全体的に増加している。
- ・ 最大応答変位
平均+ σ 波の頂部最大応答変位は、平均波と比較して 0.85~1.45 倍の応答値である。

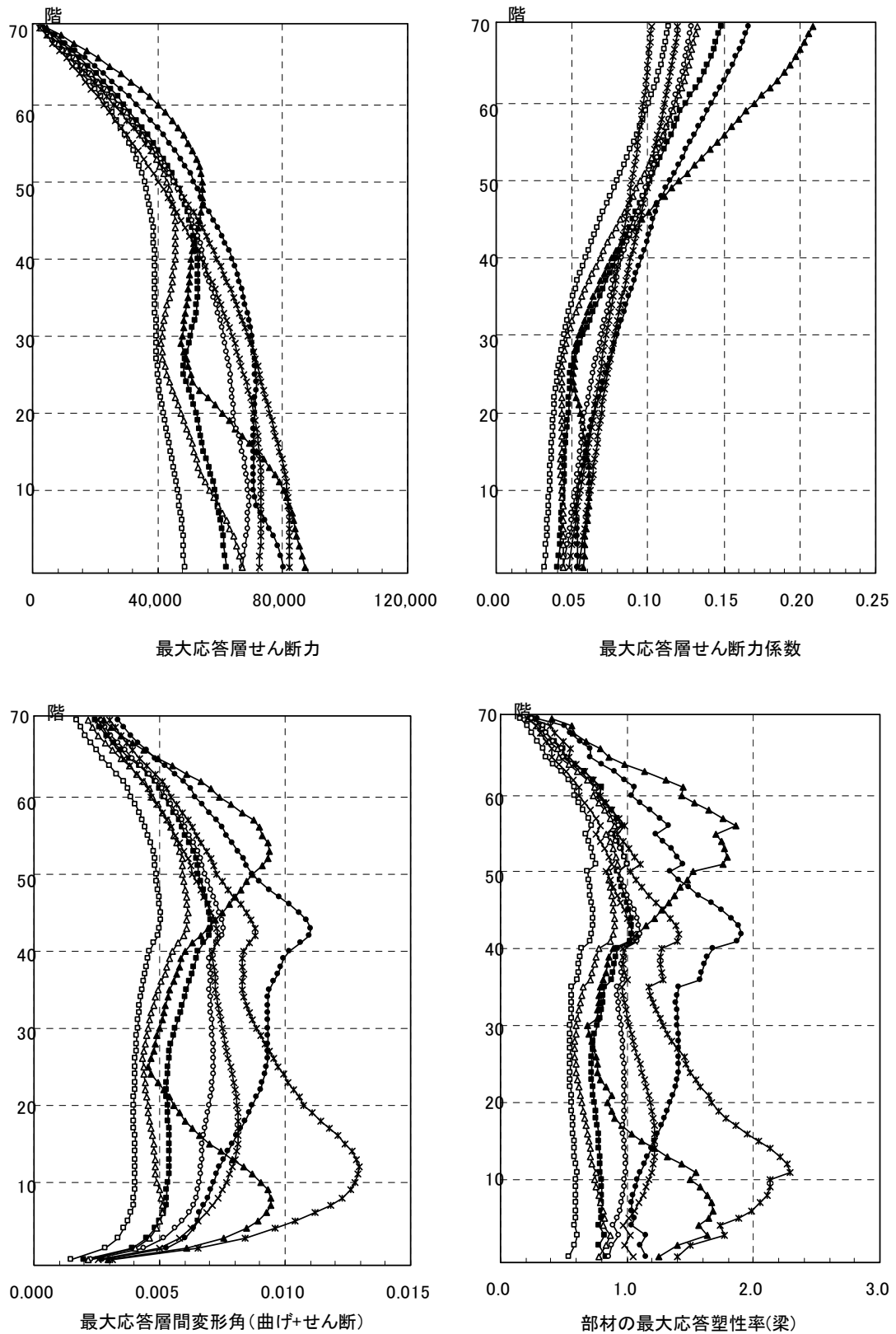
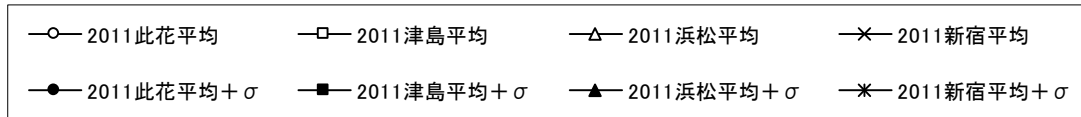


図 4.3.7-4 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

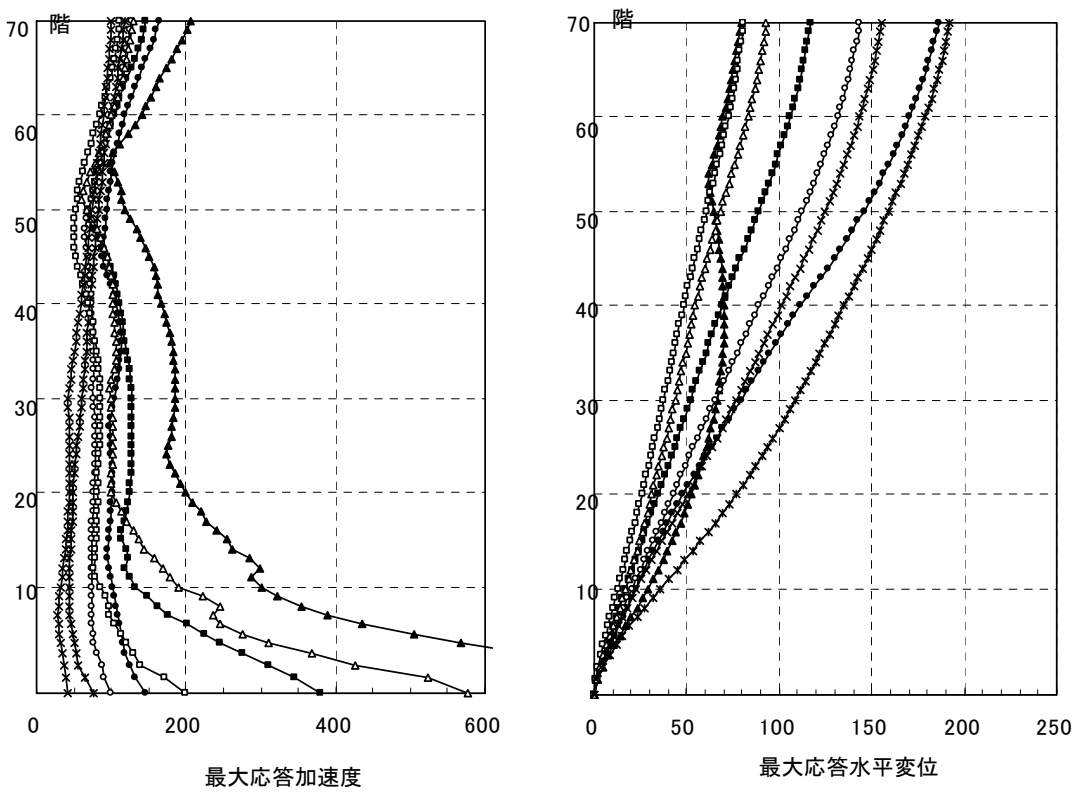
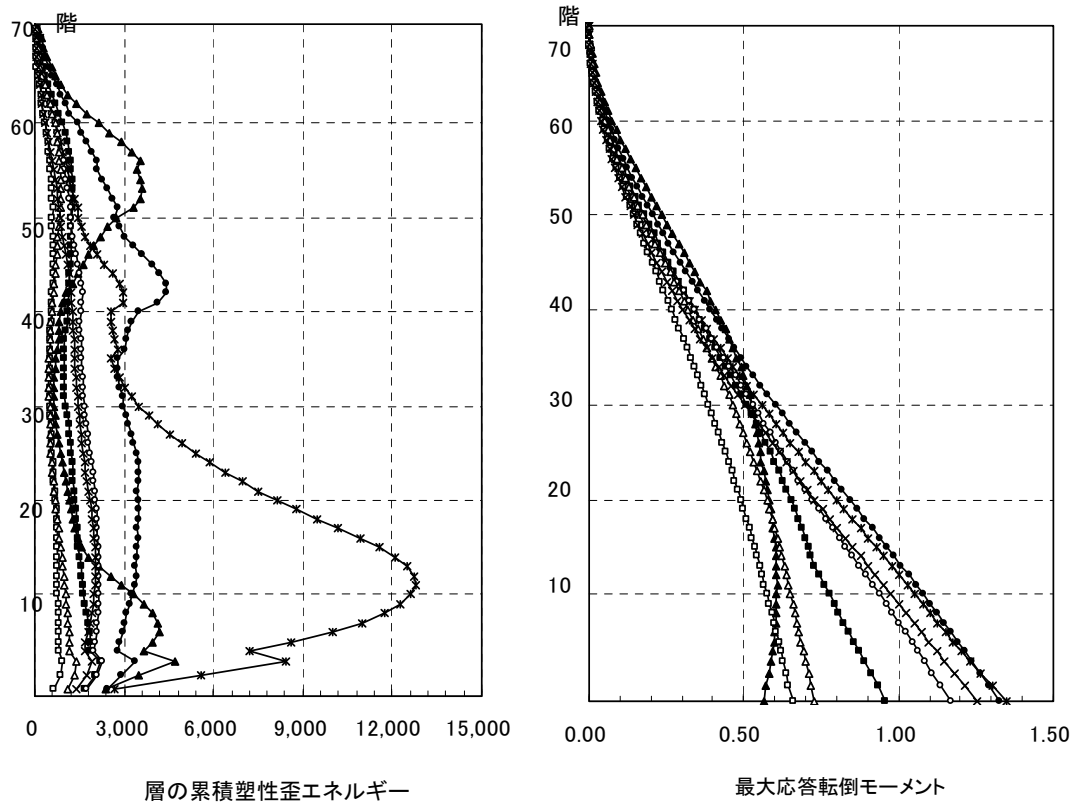
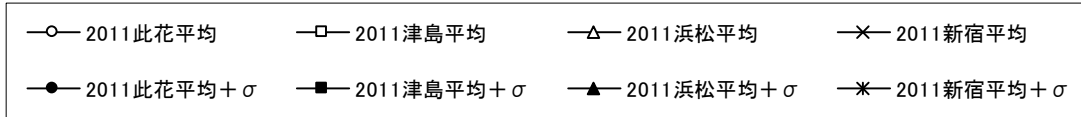


図 4.3.7-5 X 方向最大応答値(2) 【2011 地震動の平均波と平均+ σ 波地震応答解析結果】

4-3-7-5 2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較

2011 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値				
			頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	頂部残留 変形 cm
RC 240m級	X	此花平均	126.6	143.7	1/133	1.10	0.39
		津島平均	111.6	80.7	1/199	0.75	0.13
		新宿平均	100.3	155.4	1/123	1.22	0.58

2009 地震動の平均波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値				
			頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	頂部残留 変形 cm
RC 240m級	X	此花平均	119.7	165.5	1/117	1.31	0.60
		津島平均	113.0	101.8	1/187	0.76	0.89
		新宿平均	81.8	121.9	1/160	0.90	0.26

注 1) 塑性率の定義：各層の梁の部材曲げ塑性率

- ・ 最大応答せん断力，最大応答せん断力係数
 応答せん断力・応答せん断力係数は、2011 地震動では 2009 地震動と比較して此花波及び津島波の応答が小さくなり、新宿波では大きくなっている。
- ・ 最大応答層間変形角，最大応答層塑性率
 最大値をとるのは 2009 地震動の此花波である。2011 地震動では 2009 地震動と比較して此花波及び津島波の応答が小さくなり、新宿波では大きくなっている。
- ・ 層の累積塑性歪エネルギー
 2009 地震動と比較して 2011 地震動では 2009 地震動と比較して此花波の累積塑性歪エネルギーが大きくなり、津島波及び新宿波では小さくなっている。
- ・ 最大応答転倒モーメント
 2011 地震動の最下層では、2009 地震動と比較して 0.76～1.20 倍の応答値である。
- ・ 最大応答加速度
 最大値をとるのは 2009 地震動の津島波である。2011 地震動では 2009 地震動と比較して津島波及び新宿波の応答が小さくなり、此花波では大きくなっている。
- ・ 最大応答変位
 2011 地震動の頂部最大応答変位は、2009 地震動と比較して、0.79～1.27 倍の応答値である。

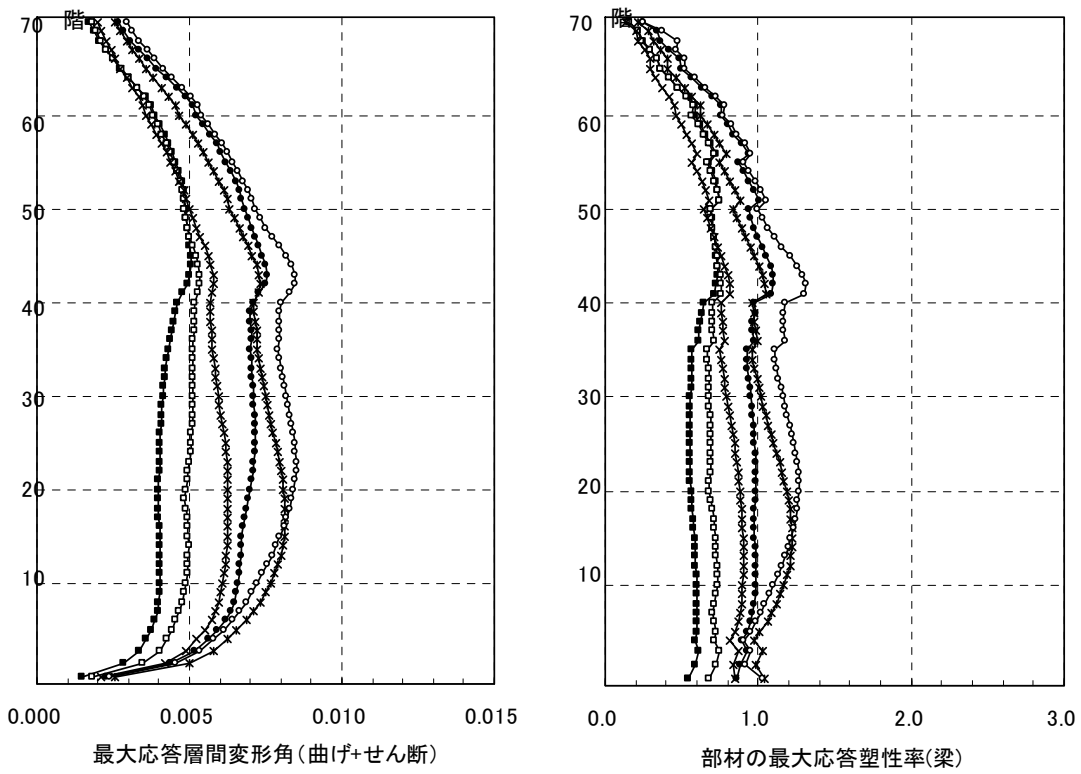
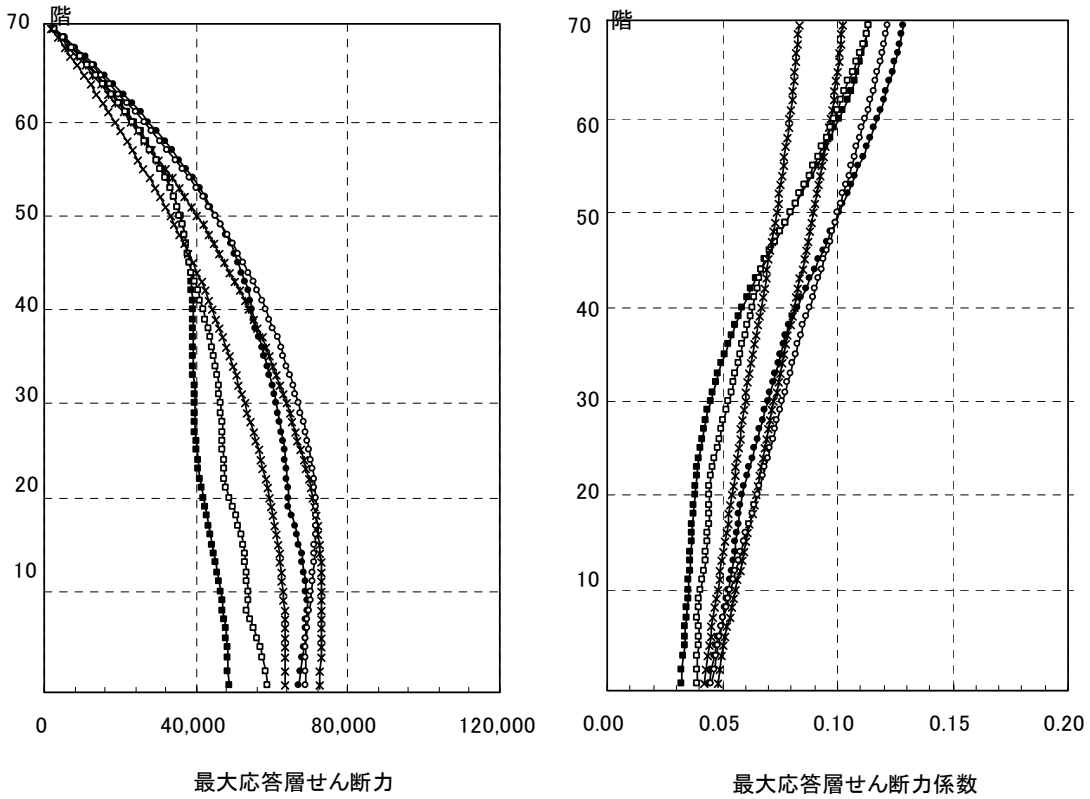
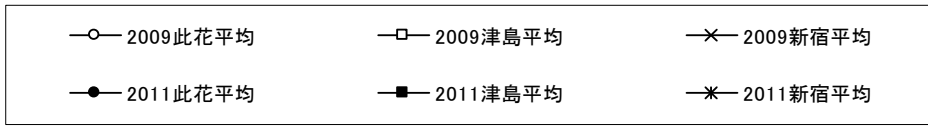


図 4.3.7-6 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

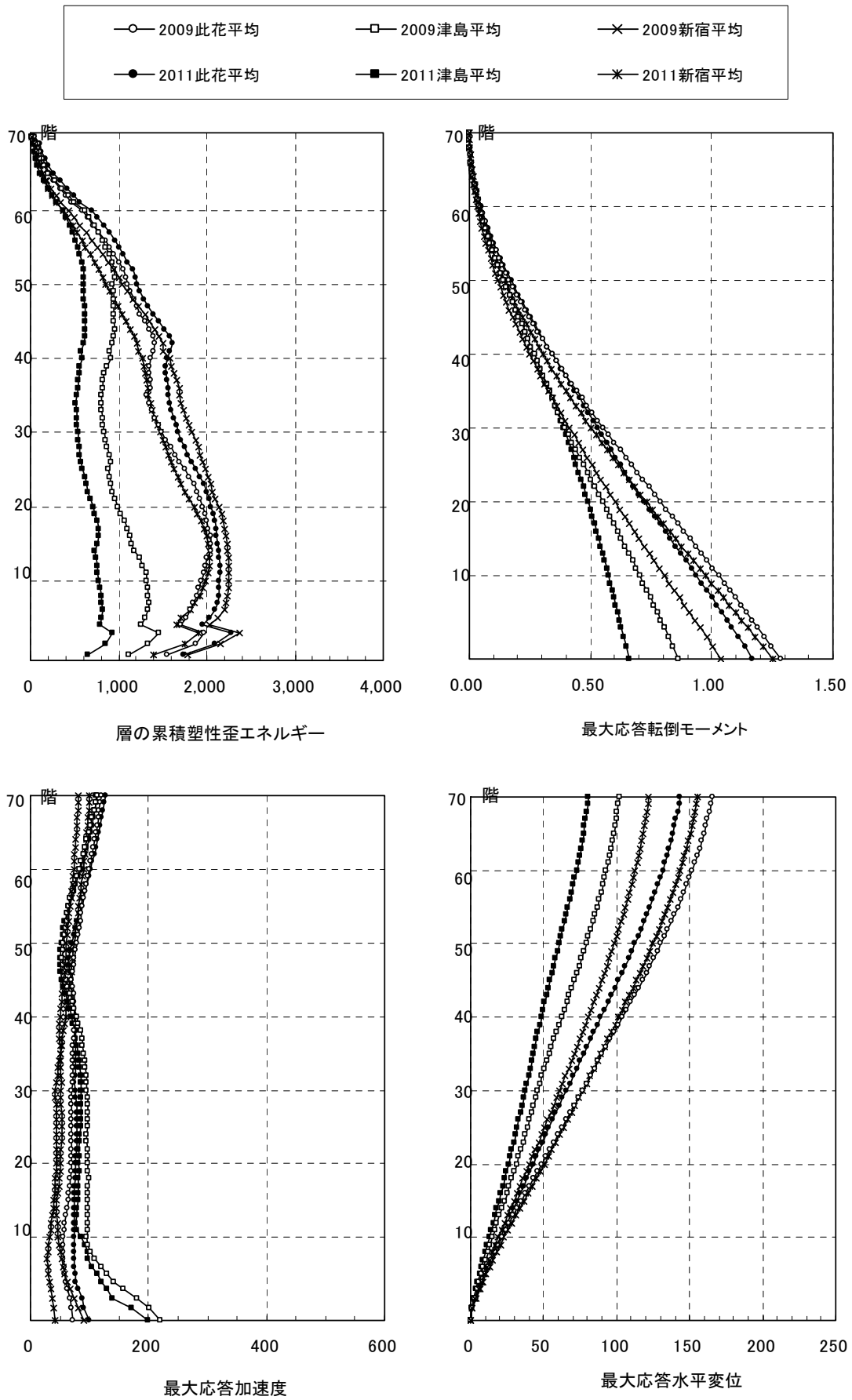


図 4.3.7-7 X 方向最大応答値(2) 【2011 地震動平均波と 2009 地震動平均波の比較】

4-3-7-6 2011 地震動平均+σ波と 2009 地震動平均+σ波の比較

2011 地震動の平均+σ波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値				
			頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	頂部残留 変形 cm
RC 240m級	X	此花平均+σ	164.8	186.2	1/ 91	1.90	2.46
		津島平均+σ	146.5	116.9	1/142	1.04	0.26
		新宿平均+σ	117.7	192.2	1/ 77	2.29	1.35

2009 地震動の平均+σ波

モデル	方向	入力地震波	最大応答値				
			頂部加速度 度 cm/s ²	頂部変位 cm	変形角 rad	塑性率	頂部残留 変形 cm
RC 240m級	X	此花平均+σ	138.6	190.2	1/ 97	1.77	0.37
		津島平均+σ	176.0	144.6	1/ 99	1.74	0.69
		新宿平均+σ	124.0	168.1	1/104	1.50	0.10

注 1) 塑性率の定義：各層の梁の部材曲げ塑性率

- ・ 最大応答せん断力，最大応答せん断力係数
 応答せん断力・応答せん断力係数は、2011 地震動では 2009 地震動と比較して津島波が小さく、此花波が大きくなり、新宿波は同程度である。
- ・ 最大応答層間変形角，最大応答層塑性率
 層間変形角、層塑性率ともに最大値は 2011 地震動の新宿波で 1/77 及び 2.29 となっている。
- ・ 層の累積塑性歪エネルギー
 2011 地震動の新宿波の累積塑性歪エネルギーが卓越している。新宿波以外の 2011 地震動のエネルギーは、2009 地震動と比較して小さくなっている。
- ・ 最大応答転倒モーメント
 2011 地震動の最下層では、2009 地震動と比較して 0.84～1.03 倍の応答値である。
- ・ 最大応答加速度
 最大値をとるのは 2011 地震動の津島波である。2011 地震動では 2009 地震動と比較して此花波及び津島波の応答が大きくなり、新宿波では小さくなっている。
- ・ 最大応答変位
 2011 地震動の頂部最大応答変位は、2009 地震動と比較して 0.81～1.14 倍の応答値である。

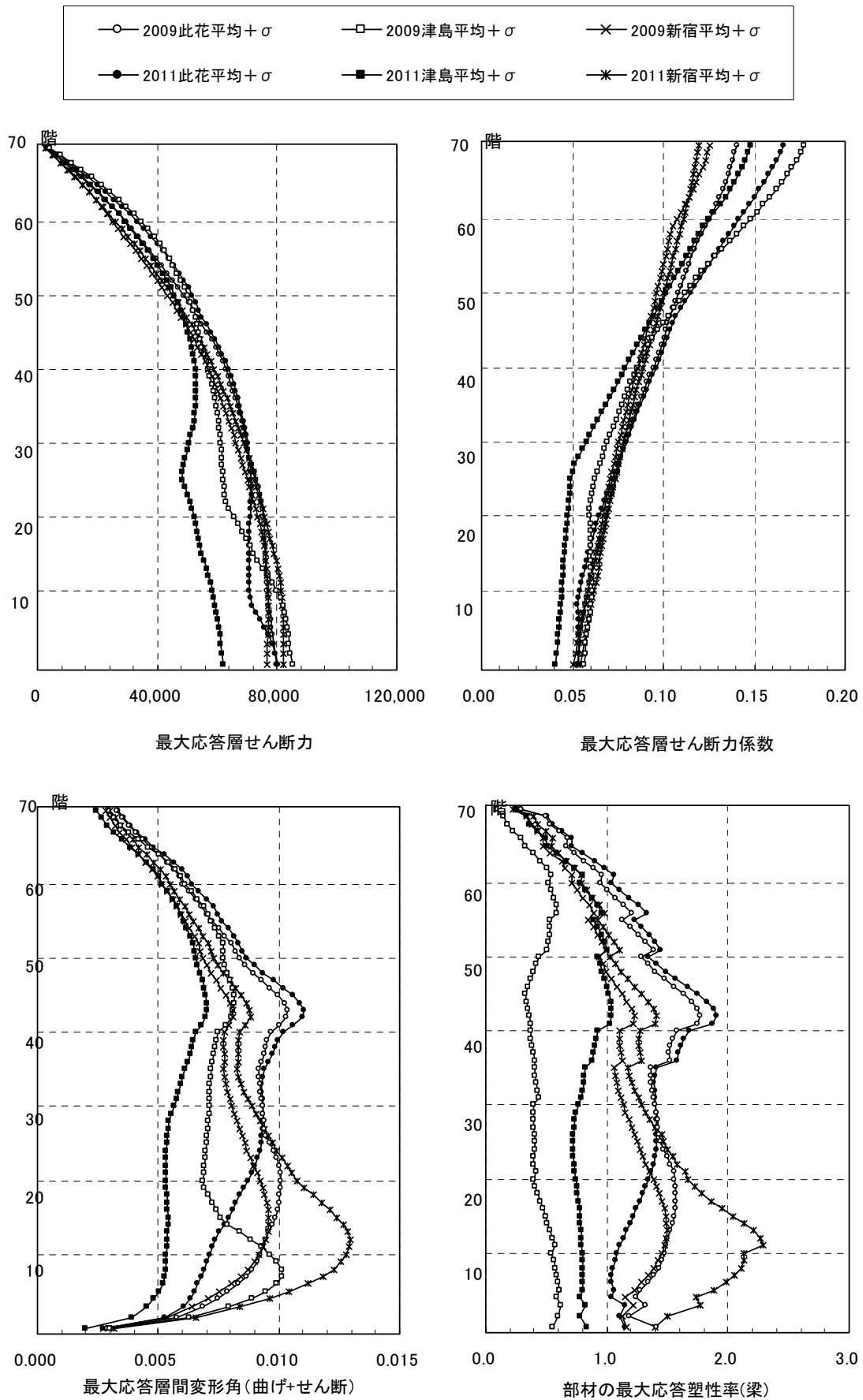


図 4.3.7-8 X 方向最大応答値(1) 【2011 地震動平均+ σ 波と 2009 地震動平均+ σ 波の比較】

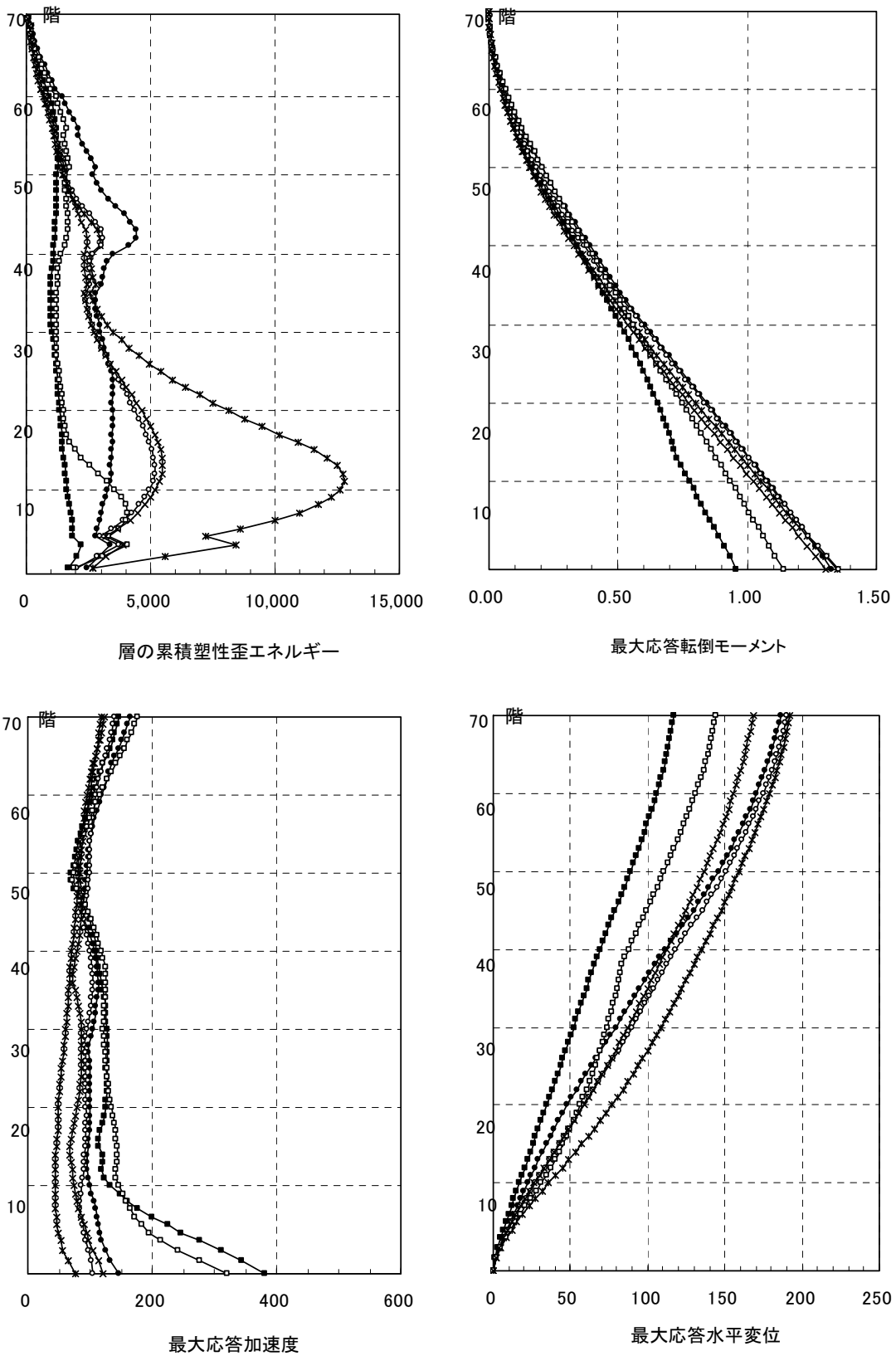


図 4.3.7-9 X方向最大応答値(2) 【2011地震動平均+ σ 波と2009地震動平均+ σ 波の比較】

4-4 考察とまとめ

4-2 に示された鉄骨造超高層建物 6 棟、及び 4-3 に示された鉄筋コンクリート造超高層建物 7 棟の応答結果のまとめを示す。

4-4-1 鉄骨造建物のまとめ

鉄骨造超高層建物 6 棟の、今回作成された地震動に対する応答最大値の一覧を表 4.4-1, 表 4.4-2, 表 4.4-5, 表 4.4-7 に示す。以下に 4-2 で示された各建物の応答結果のまとめを示す。

- 平均波の最大応答値は、100m～140m 級建物(固有周期 2.3～3.8 秒)では層間変形角 $1/104\sim 1/120$, 層塑性率 1.38～1.90 となっており、レベル 2 地震動に対するクライテリアに余裕を持った応答値を示している。また、何れも浜松波(SZ0024)で最大応答値が発生している。
- 一方、200m～250m 級建物(固有周期 5.3～7.0 秒)では層間変形角 $1/59\sim 1/70$, 層塑性率 1.61～3.2 とっており、レベル 2 地震動クライテリアを大きく上回っている。また、何れも此花波(OSKH02)で最大応答が発生している。
- 平均+ σ 波の最大応答値は、大部分の建物においてレベル 2 クライテリアを上回っており、層間変形角 $1/50\sim 1/82$, 層塑性率 1.84～3.5 となっている。100m および 120m 級建物では浜松波(SZ0024), 140m 級以上の建物では此花波で最大応答が発生している。これは、層の塑性化により建物の等価周期が長周期化され、特に 140m 級建物については平均波の応答と異なり長周期成分の強い此花波(OSKH02)に反応(共振)したことが伺える。
- 平均波と平均+ σ 波との比較は、最大層間変形角および層塑性率の地震波毎の(平均+ σ / 平均)比はそれぞれ、此花波(OSKH02) : 1.09～2.00, 1.00～2.22, 津島波(AIC003) : 1.06～1.61, 1.05～3.25, 浜松波(SZ0024) : 1.36～1.73, 1.45～2.20, 新宿波(KGIN) : 1.11～1.99, 1.09～2.00 となっており、平均的には概ね 1.5 倍程度の増幅となっている。また、建物高さでの特徴的な差異は見られない。
- 2011 年平均波(3 連動地震波)と 2009 年平均波(1 次提供波)と比較して、此花波(OSKH02)では建物高さによらずほぼ同程度の最大応答値を示している。津島波(AIC003)では 100m 級建物ではほぼ同程度であるが、140m～230m 級建物では凡そ 2 割程度応答が低減している。新宿波(KGIN)では最大 5 割程度応答が低減している。
- 2011 年平均+ σ 波(3 連動地震波)と 2009 年平均+ σ 波(1 次提供波)と比較して、此花波(OSKH02)では 100m 級で約 1.44～1.90 倍程度に応答が増加し、140m～230m では約 3 割弱程度の増加である。津島波(AIC003)では、100m 級建物で 1.11～1.29 倍程度応答が増加しているが、140m～230m 級建物では逆に 0.8 倍程度に低減している。新宿波(KGIN)では建物高さによる特徴はなく、概ね同程度の応答値である。

4-4-2 鉄筋コンクリート造建物のまとめ

鉄筋コンクリート造超高層建物7棟の、今回作成された地震動に対する応答最大値の一覧を表4.4-3、表4.4-4、表4.4-6、表4.4-8に示す。以下に4-3で示された各建物の応答結果のまとめを示す。

- 平均波の最大応答値は、180m級建物で層間変形角 $1/67$ 、層塑性率 2.00 となっており比較的大きな応答を示しているが、その他の建物ではレベル2地震動に対するクライテリアほぼ同等もしくは余裕を持った応答値を示している。また、最大応答値が発生している地震動は90m～115m級(固有周期 $1.86\sim 2.16$ 秒)では浜松波(SZ0024)、130m～150m(固有周期 $2.37\sim 3.12$ 秒)では津島波(AIC003)、150m～240m(固有周期 $2.92\sim 5.44$ 秒)では此花波(OSKH02)となっており、建物高さ(固有周期)により地震波が明確に分かれている。
- 平均 $+\sigma$ 波の最大応答値は、大部分の建物においてレベル2クライテリアを上回っており、層間変形角 $1/48\sim 1/64$ 、層塑性率 $2.00\sim 3.34$ となっている。90m級建物では浜松波(SZ0024)、115m級以上の建物では此花波で最大応答が発生している。これは、層の塑性化により建物の等価周期が長周期化され、特に115m～150m級建物については平均波の応答と異なり長周期成分の強い此花波(OSKH02)に反応(共振)したことが伺える。(※RC建物は塑性化による剛性低下により、層間変形角 $1/100$ 相当時において固有周期が弾性時に比べて $1.5\sim 2.0$ 倍程度となることが経験的に知られている)
- 平均波と平均 $+\sigma$ 波との比較は、最大層間変形角および層塑性率の地震波毎の(平均 $+\sigma$ /平均)比はそれぞれ、此花波(OSKH02): $1.40\sim 3.38$, $1.40\sim 3.32$ 、津島波(AIC003): $1.12\sim 2.05$, $1.13\sim 2.00$ 、浜松波(SZ0024): $1.14\sim 2.02$, $1.30\sim 2.41$ 、新宿波(KGIN): $1.39\sim 2.25$, $1.38\sim 2.25$ となっており、平均的には概ね $1.6\sim 2.0$ 倍程度の増幅となっている。また、建物高さでの特徴的な差異は見られない。
- 2011年平均波(3連動地震波)を2009年平均波(1次提供波)と比較して、此花波(OSKH02)では建物高さによらず概ね 1.1 倍程度の増加となっている。津島波(AIC003)では180m級建物で約 0.5 倍程度の低減となっているが、それ以外の建物では凡そ $1.0\sim 0.8$ 倍程度の低減となっている。新宿波(KGIN)では180m級建物のみ応答が $1.3\sim 1.4$ 倍程度増大しているが、それ以外の建物では $0.8\sim 0.6$ 倍程度低減している。
- 2011年平均 $+\sigma$ 波(3連動地震波)と2009年平均 $+\sigma$ 波(1次提供波)と比較して、此花波(OSKH02)では115m級で約 1.90 倍程度に応答が増加しているが、130m～180mでは $1.0\sim 1.2$ 倍程度の増加である。津島波(AIC003)では、全体的に応答は低減しており、特に150m級建物(1)のX方向で約 0.34 倍、115m級建物で約 0.44 倍と大きく低減している。新宿波(KGIN)では建物高さによる特徴はなく、約 $0.7\sim 1.34$ 倍程度の応答値となっている。
- RC-130m級建物については、大阪地区で作成された此花波(OSKH02)に加えて、大阪派(OSK005)、堺波(OSK006)についても検討を行った結果、湾岸部の堺での応答は此花とほぼ同等の大きな応答値を示しており、逆に内陸部の大阪での応答は、平均 $+\sigma$ 波においてもレベル2クライテリアに対して十分に余裕のある結果であった。この様に、計算波におけるサイト係数の影響は大きく、建設敷地が計算点と異なる場合は、計算波の選択に十分な注意が必要である。

表 4. 4-1 超高層S造建物検討結果一覧表(1)

S 造	高さ 階数	設計用 C _B	応答解析モデル	応答最大値				
				方向	平均波			
					層間変形角	塑性率	累積塑性変形倍率	頂部残留変位(cm)
100m級	102m 25	0.100	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/120(5F: 浜松(SZO024))	1.38(5F: 浜松(SZO024))	10.73(10F: 此花(OSKH02))	3.19(RF: 浜松(SZO024))
				Y 方向	1/106(10F: 浜松(SZO024))	1.43(12F: 浜松(SZO024))	16.14(10F: 浜松(SZO024))	2.01(RF: 津島(AIC003))
120m級	120m 26	0.075	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/153(4F: 浜松(SZO024))	1.45(1F: 浜松(SZO024))	0.9(**F: 浜松(SZO024))	0.74(RF: 浜松(SZO024))
				Y 方向	1/147(6F: 浜松(SZO024))	1.27(1F: 浜松(SZO024))	0.4(**F: 浜松(SZO024))	1.26(RF: 浜松(SZO024))
140m級	140m 35	0.073	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/119(15F: 浜松(SZO024))	1.82(16F: 浜松(SZO024))	1.16(16F: 浜松(SZO024))	3.61(RF: 浜松(SZO024))
				Y 方向	1/104(16F: 浜松(SZO024))	1.90(16F: 浜松(SZO024))	0.86(16F: 浜松(SZO024))	2.22(RF: 浜松(SZO024))
200m級	200m 46	0.055	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/81(33F: 此花(OSKH02))	2.16(33F: 此花(OSKH02))	6.83(20F: 此花(OSKH02))	7.65(RF: 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/92(19F: 此花(OSKH02))	2.47(18F: 此花(OSKH02))	9.85(13F: 此花(OSKH02))	0.69(RFF: 新宿(KGIN))
230m級	230m 53	0.045	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/69(14F: 此花(OSKH02))	3.1(14F: 此花(OSKH02))	11.2(24F: 此花(OSKH02))	0.7(RF: 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/66(25F: 此花(OSKH02))	2.7(15F: 此花(OSKH02))	5.6(8F: 此花(OSKH02))	7.9(23F: 此花(OSKH02))
250m級	256m 55	0.055~0.075	等価曲げせん断棒モデル	X 方向	1/65(12F: 此花(OSKH02))	2.54(12F: 此花(OSKH02))	12.3(11F: 此花(OSKH02))	9.72(RF: 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/70(43F: 此花(OSKH02))	1.61(40F: 此花(OSKH02))	0.96(43F: 此花(OSKH02))	2.43(RF: 此花(OSKH02))

表 4. 4-2 超高層S造建物検討結果一覧表(2)

S 造	高さ 階数	設計用 C _B	応答解析モデル	応答最大値				
				方向	平均+σ波			
					層間変形角	層塑性率	累積塑性変形倍率	頂部残留変位(cm)
100m級	102m 25	0.100	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/ 82(4F : 浜松(SZO024))	2.09(3F : 浜松(SZO024))	71.83(4F : 浜松(SZO024))	7.46(3F : 津島(AIC003))
				Y 方向	1/ 67(10F : 浜松(SZO024))	2.28(10F : 浜松(SZO024))	87.88(10F : 浜松(SZO024))	0.88(RF : 浜松(SZO024))
120m級	120m 26	0.075	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/ 93(7F : 浜松(SZO024))	2.58(6F : 浜松(SZO024))	3.8 (**F : 浜松(SZO024))	2.84(RF : 浜松(SZO024))
				Y 方向	1/114(6F : 浜松(SZO024))	1.79(1F : 浜松(SZO024))	1.0 (**F : 浜松(SZO024))	1.97(RF : 此花(OSKH02))
140m級	140m 35	0.073	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/ 73(14F : 此花(OSKH02))	3.04(14F : 此花(OSKH02))	8.63(14F : 此花(OSKH02))	2.23(RF : 浜松(SZO024))
				Y 方向	1/ 68(16F : 此花(OSKH02))	3.06(16F : 此花(OSKH02))	5.09(13F : 此花(OSKH02))	1.88(RF : 浜松(SZO024))
200m級	200m 46	0.055	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/ 78(12F : 此花(OSKH02))	2.42(12F : 此花(OSKH02))	8.24(12F : 此花(OSKH02))	2.35(RF : 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/ 56(18F : 此花(OSKH02))	4.07(18F : 此花(OSKH02))	39.31(13F : 此花(OSKH02))	68.5(RF : 此花(OSKH02))
230m級	230m 53	0.045	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/ 69(14F : 此花(OSKH02))	3.0(17F : 此花(OSKH02))	13.5(15F : 此花(OSKH02))	10.7(RF : 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/ 62(12F : 此花(OSKH02))	2.9(23F : 此花(OSKH02))	10.8(26F : 此花(OSKH02))	17.8(RF : 此花(OSKH02))
250m級	256m 55	0.055~0.075	等価曲げせん断棒モデル	X 方向	1/ 52(11F : 此花(OSKH02))	3.17(12F : 此花(OSKH02))	14.2(12F : 此花(OSKH02))	5.32(RF : 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/ 64(43F : 此花(OSKH02))	1.84(41F : 此花(OSKH02))	1.73(21F : 此花(OSKH02))	3.25(RF : 浜松(SZO024))

表 4.4-3 超高層 RC 造建物検討結果一覧表(1)

RC 造	高さ 階数	設計用 C _B	応答解析モデル	応答最大値				
				方向	平均波			
					層間変形角	塑性率※1	累積塑性変形倍率	頂部残留変位(cm)
90m 級	93.1m 30	0.103	部材精算モデル	X 方向	1/151(19F : 浜松(SZO024))	1.19(19F : 浜松(SZO024))	—	0.60(RF : 浜松(SZO024))
				Y 方向	1/159(19F : 浜松(SZO024))	1.69(19F : 浜松(SZO024))	—	0.47(RF : 浜松(SZO024))
115m 級	114.5m 36	0.078	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/138(18F : 浜松(SZO024))	0.79(18F : 浜松(SZO024))	—	13.0(RF : 浜松(SZO024))
				Y 方向	同 上	同 上	—	同 上
130m 級	132.0m 43	0.073	等価せん断棒 モデル	X 方向	1/101(18F : 津島(AIC003))	1.56(21F : 津島(AIC003))	—	1.1(RF : 此花(OSKH02))
				Y 方向	同 上	同 上	—	同 上
150m 級 (1)	150.5m 47	0.060	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/183(6F : 津島(AIC003))	0.87(35F : 浜松(SZO024))	—	9.08(RF : 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/104(16F : 此花(OSKH02))	0.99(11F : 此花(OSKH02))	—	8.20(RF : 此花(OSKH02))
150m 級 (2)	151.5m 44	0.060	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/93(9F : 此花(OSKH02))	1.7(1F : 此花(OSKH02))	—	0.8(RF : 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/99(23F : 此花(OSKH02))	2.0(1F : 此花(OSKH02))	—	2.4(RF : 浜松(SZO024))
180m 級	180.8m 54	0.050	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/67(9F : 此花(OSKH02))	2.00(7F : 此花(OSKH02))	—	11.99(RF : 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/68(29F : 此花(OSKH02))	1.92(30F : 此花(OSKH02))	—	5.88(RF : 此花(OSKH02))
240m 級	242.2m 70	0.032	部材精算モデル	X 方向	1/123(14F : 新宿(KGIN))	1.22(14F : 新宿(KGIN))	—	0.58(RF : 新宿(KGIN))
				Y 方向	同 上	同 上	—	同 上

※1 塑性率は、等価モデルの場合は層塑性率を、部材精算モデルの場合は部材塑性率を示す。

表 4. 4-4 超高層 RC 造建物検討結果一覧表(2)

RC 造	高さ 階数	設計用 C _B	応答解析モデル	応答最大値				
				方向	平均+σ波			
					層間変形角	塑性率※1	累積塑性変形倍率	頂部残留変位(cm)
90m 級	93.1m 30	0.103	部材精算モデル	X 方向	1/79(20F: 浜松(AIC003))	2.93(20F: 浜松(SZO024))	—	4.15(RF: 浜松(SZO024))
				Y 方向	1/89(19F: 浜松(SZO024))	5.07(20F: 浜松(SZO024))	—	1.73(RF: 浜松(SZO024))
115m 級	114.5m 36	0.078	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/64(3F: 此花(OSKH02))	2.00(3F: 此花(OSKH02))	—	22.8(RF: 此花(OSKH02))
				Y 方向	同 上	同 上	—	同 上
130m 級	132.0m 43	0.073	等価せん断棒 モデル	X 方向	1/48(10F: 此花(OSKH02))	3.34(9F: 此花(OSKH02))	—	0.9(RF: 浜松(SZO024))
				Y 方向	同 上	同 上	—	同 上
150m 級 (1)	150.5m 47	0.060	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/63(4F: 此花(OSKH02))	2.36(4F: 此花(OSKH02))	—	11.99(RF: 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/59(4F: 此花(OSKH02))	2.10(4F: 此花(OSKH02))	—	9.61(RF: 浜松(SZO024))
150m 級 (2)	151.5m 44	0.060	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/51(9F: 此花(OSKH02))	3.0(8F: 此花(OSKH02))	—	1.5(RF: 浜松(SZO024))
				Y 方向	1/62(23F: 此花(OSKH02))	3.0(8F: 此花(OSKH02))	—	3.0(RF: 浜松(SZO024))
180m 級	180.8m 54	0.050	等価曲げせん断 棒モデル	X 方向	1/48(10F: 此花(OSKH02))	2.82(10F: 新宿(KGIN))	—	12.21(RF: 此花(OSKH02))
				Y 方向	1/51(13F: 新宿(KGIN))	2.71(9F: 新宿(KGIN))	—	13.57(RF: 此花(OSKH02))
240m 級	242.2m 70	0.032	部材精算モデル	X 方向	1/77(12F: 新宿(KGIN))	2.29(11F: 新宿(KGIN))	—	2.46(RF: 此花(OSKH02))
				Y 方向	同 上	同 上	—	同 上

※1 塑性率は、等価モデルの場合は層塑性率を、部材精算モデルの場合は部材塑性率を示す。

表 4.4-5 S 造建物の最大層間変形一覧

	方向	周期 (s)	平均波				平均+σ波			
			此花	津島	浜松	新宿	此花	津島	浜松	新宿
S100m 級	X	2.30	1/137	1/125	1/120	1/276	1/121	1/96	1/82	1/249
	Y	2.75	1/159	1/115	1/106	1/333	1/87	1/87	1/69	1/186
S120m 級	X	2.6	1/247	1/220	1/153	1/475	1/147	1/138	1/93	1/318
	Y	2.9	1/264	1/220	1/147	1/414	1/132	1/147	1/114	1/311
S140m 級	X	3.69	1/135	1/125	1/119	1/341	1/73	1/118	1/75	1/171
	Y	3.79	1/136	1/113	1/104	1/291	1/68	1/101	1/75	1/176
S200m 級	X	5.74	1/81	1/155	1/156	1/115	1/78	1/111	1/100	1/97
	Y	5.08	1/92	1/155	1/148	1/170	1/56	1/88	1/104	1/122
S230m 級	X	6.5	1/69	1/185	1/144	1/135	1/69	1/104	1/122	1/72
	Y	5.5	1/66	1/123	1/141	1/97	1/62	1/101	1/83	1/74
S250m 級	X	5.8	1/65	1/148	1/180	1/84	1/52	1/100	1/104	1/69
	Y	5.3	1/70	1/127	1/127	1/122	1/64	1/79	1/81	1/83

※網掛け：クライテリアを満足しない応答値

表 4.4-6 RC 造建物の最大層間変形一覧

	方向	周期 (s)	平均波				平均+σ波			
			此花	津島	浜松	新宿	此花	津島	浜松	新宿
RC90m 級	X	2.0	1/231	1/215	1/151	1/649	1/121	1/115	1/79	1/347
	Y	1.9	1/247	1/221	1/159	1/745	1/142	1/136	1/89	1/386
RC115m 級	X,Y	2.16	1/191	1/193	1/138	1/450	1/64	1/127	1/68	1/323
RC130m 級	X	3.1	1/101	1/101	1/141	1/244	1/48	1/53	1/99	1/161
RC150m 級 (1)	X	2.37	1/213	1/183	1/183	1/559	1/63	1/164	1/94	1/303
	Y	3.48	1/104	1/164	1/142	1/375	1/59	1/92	1/125	1/167
RC150m 級 (2)	X	2.9	1/93	1/158	1/140	1/444	1/51	1/77	1/97	1/208
	Y	3.3	1/99	1/125	1/128	1/455	1/62	1/99	1/96	1/192
RC180m 級	X	4.23	1/67	1/199	1/179	1/101	1/48	1/101	1/91	1/51
	Y	4.31	1/68	1/195	1/172	1/95	1/53	1/104	1/84	1/51
RC240m 級	X,Y	5.44	1/133	1/199	1/163	1/123	1/91	1/142	1/106	1/77

※網掛け：クライテリアを満足しない応答値

表 4.4-7 S 造建物の最大塑性率一覧

	方向	周期 (s)	平均波				平均+ σ 波			
			此花	津島	浜松	新宿	此花	津島	浜松	新宿
S100m 級	X	2.30	1.09	1.30	1.38	0.60	1.38	1.72	2.09	0.66
	Y	2.75	0.96	1.32	1.43	0.46	1.76	1.77	2.29	0.82
S120m 級	X	2.6	0.92	1.03	1.45	0.49	1.55	1.64	2.58	0.70
	Y	2.9	0.71	0.84	1.27	0.44	1.36	1.49	1.79	0.58
S140m 級	X	3.69	1.62	1.74	1.82	0.62	3.04	1.83	2.98	1.24
	Y	3.79	1.38	1.72	1.90	0.63	3.06	1.97	2.76	1.03
S200m 級	X	5.74	2.16	1.13	1.13	1.65	2.42	1.58	1.77	1.95
	Y	5.08	2.47	1.14	1.20	1.22	4.07	1.99	1.62	1.82
S230m 級	X	6.5	3.1	1.1	1.5	1.5	3.0	2.1	1.8	2.8
	Y	5.5	2.7	1.3	1.3	1.7	2.9	1.7	2.4	2.4
S250m 級	X	5.8	2.54	0.85	0.68	1.94	3.17	1.63	1.16	2.38
	Y	5.3	1.61	0.87	0.95	0.83	1.84	1.47	1.40	1.28

※網掛け：クライテリアを満足しない応答値

表 4.4-8 RC 造建物の最大塑性率一覧

	方向	周期 (s)	平均波				平均+ σ 波			
			此花	津島	浜松	新宿	此花	津島	浜松	新宿
RC90m 級	X	2.0	0.78	0.82	1.19	0.24	1.65	1.74	2.93	0.48
	Y	1.9	0.89	0.95	1.69	0.31	2.24	2.36	5.07	0.55
RC115m 級	X,Y	2.16	0.57	0.58	0.79	0.24	2.00	0.94	1.90	0.33
RC130m 級	X	3.1	1.52	1.56	1.15	0.56	3.34	3.16	1.51	1.02
RC150m 級 (1)	X	2.37	0.71	0.82	0.87	0.25	2.36	0.93	1.57	0.51
	Y	3.48	0.99	0.60	0.87	0.27	2.10	1.19	1.13	0.62
RC150m 級 (2)	X	2.9	1.7	1.0	1.3	0.4	3.0	2.0	1.8	0.9
	Y	3.3	2.0	1.0	1.2	0.4	3.0	1.9	1.7	0.9
RC180m 級	X	4.23	2.00	0.69	0.88	1.34	2.80	1.21	1.83	2.82
	Y	4.31	1.92	0.70	0.89	1.42	2.52	1.23	1.98	2.71
RC240m 級	X,Y	5.44	1.10	0.75	0.93	1.22	1.90	1.04	1.86	2.29

※網掛け：クライテリアを満足しない応答値

4-4-3 応答結果の考察

作成された地震動に対するモデル建物の応答結果を以下に整理する。なお、ここで取り上げた建物は、現存する超高層をモデルとしており、ここで示す結果は既存の超高層への問題の有無に直結することを念頭に置かなければならない。さらに、今回の解析においては耐力劣化や P- δ 効果を考慮していない解析であり、層の復元力特性の設定範囲も大変形までの再現は考慮していないため、実際にはさらには変形が進む可能性が考えられる。

従来のレベル2のクライテリアである 1/100 と 2.0 に対する結果

- 1) 大阪地区の此花については、平均波では 150m 以上建物で、平均+ σ 波ではほとんどの建物で、クライテリアを満足できない状況になっている。なお、平均+ σ 波の応答結果は、制振補強をしてもクライテリアを満足できないおそれがある。
- 2) 名古屋地区の津島については、平均波ではクライテリアを満足しており、平均+ σ 波については 100m 級建物だけが、わずかにクライテリアを満足しない結果となっている。
- 3) 東京地区の新宿については、平均波では 200m を越える建物を除きほとんどの建物でクライテリアを満足する結果となった、なおかつその数値も 1/200 程度の小さな値にとどまった。
- 4) 震源に近い浜松では、平均波では全ての建物がクライテリアを満足しているが、平均+ σ 波では多くの建物でクライテリアを満足できず、特にその程度は 100m 級建物で大きくなっている。

作成された地震動についての特徴

- 5) AIC003 の速度応答スペクトルは、周期帯によって平均+ σ 波が平均波を下回り、標準偏差 σ の意味がわかりにくくなっている。
- 6) 大阪地区において此花 OSKH02 と大阪 OSK005 は、応答スペクトルやエネルギースペクトルに3倍以上の開きがあり、中間地点域の取扱いが難しいことがあきらかになっている。
- 7) 千葉について E62 と CHB009 はほぼ同じ敷地ながら、観測点の違いにより作成地震動に大きな性状の違いがみられる。

以上を鑑みると、長周期地震動はサイト毎で大きく性状が異なるということが改めて明らかになったため、本手法あるいは本手法以外の方法を用いて適切なレベルが確保されたサイト毎に地震動を作成すべきである（4-4-4 参照）。

4-4-4 建築学会による検証用スペクトル(2007年)との比較

「長周期地震動と建築物の耐震性」(日本建築学会、2007年)では、長周期地震動に対する検証手法として、速度応答スペクトルとエネルギースペクトルの2つのスペクトルを設定する方法が提案されている。その1例として、「平均的」レベルのスペクトルを基準とし、「特定の周期帯」を考慮したスペクトルを規定する方法(下図)が示されている。

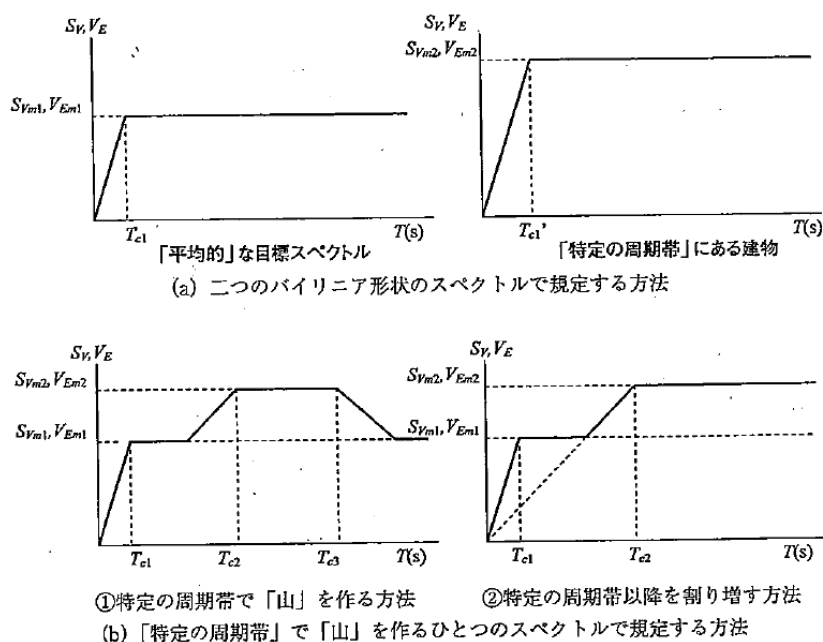


図 4.4-1 長周期地震動検討用スペクトルの例

当報告書では、長周期地震動が数秒から10秒までの間に「特定の周期帯」を有することが特徴ではあるものの、様々な手法による多くの予測波が大ききなばらつきを有することから、地域を限っても「特定の周期帯」を特定することは困難としている。そこで検討の目安となるスペクトルとして、標準波、告示波のレベルを基準に、それらに対する比率で評価することが試みられている。超高層建物に対する長周期地震動の「平均的」なレベルと「特定の周期帯」のレベルの速度応答スペクトルおよびエネルギースペクトルとして、下表が示されている。

表 4.4-9 超高層建物に対する長周期地震動の想定レベル

	標準波、告示波	巨大地震による長周期地震動	
		平均的(周期 0~10 秒)	特定の周期帯
速度応答スペクトル Sv(cm/s)	Sv=80~120cm/s	Svm1=80~120cm/s	Svm2=120~180cm/s
エネルギースペクトル Ve(cm/s)	Ve=120~180cm/s	Vem1=180~270cm/s	Vem1=270~400cm/s

2011 地震動（此花、津島、浜松、新宿）について、それらのスペクトルと想定レベルの関係を下図に示す。平均波に関しては、概ねこの想定レベルと同等のレベルにあることが分かる。

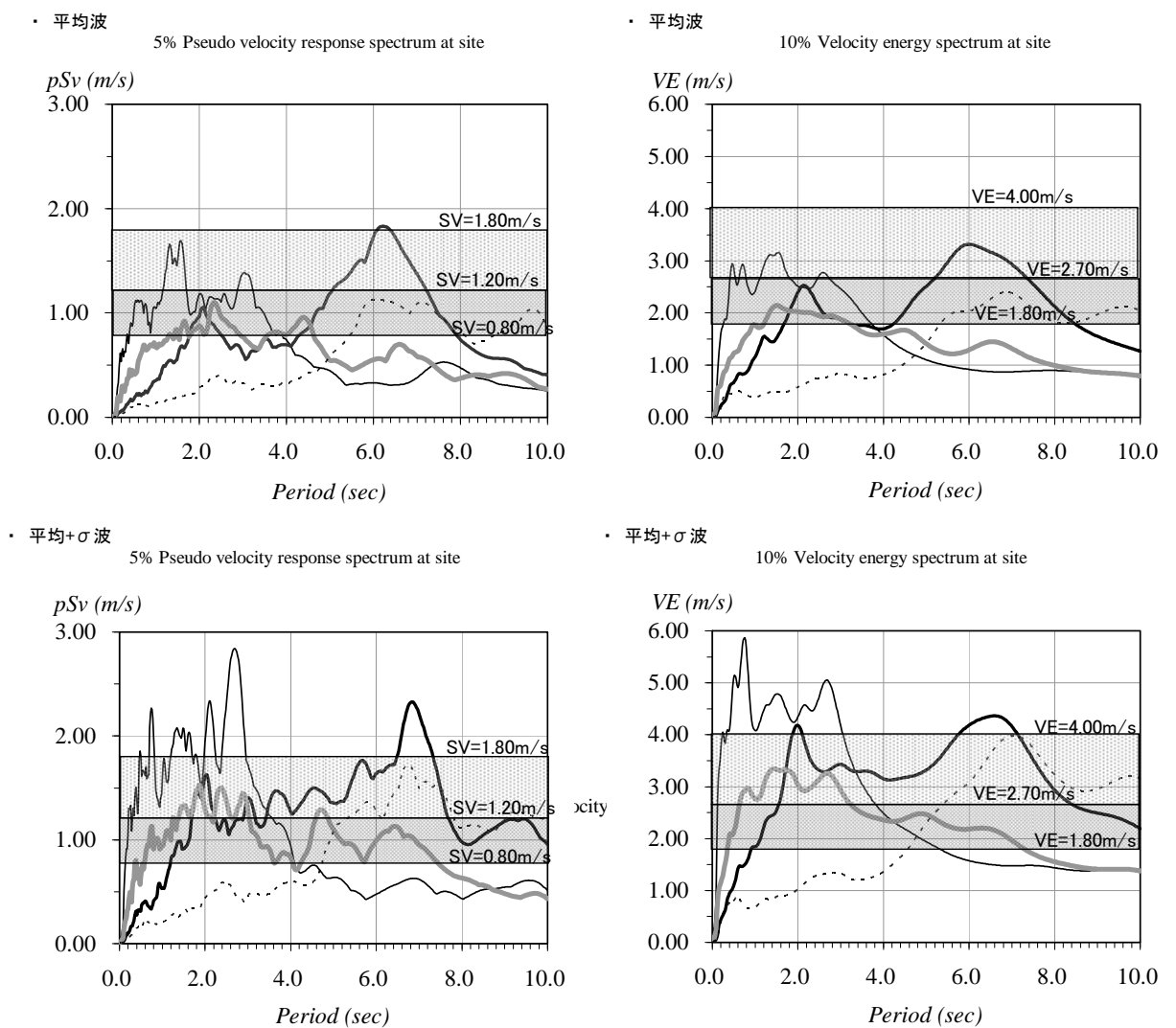
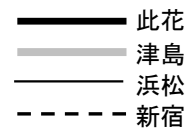


図 4. 4-2 速度応答スペクトルとエネルギースペクトルの比較

