連続合成桁の限界状態に関する解析検討

数値解析のねらい

- 中間支点上の変形性能の観点から曲げ耐力を低減

  Eurocode：1.3My

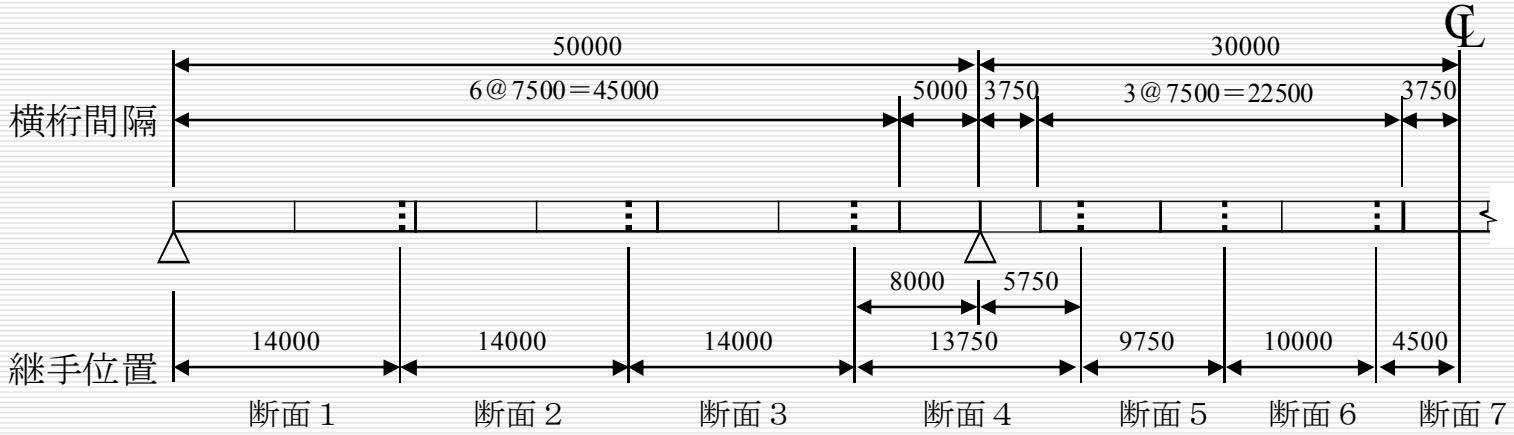
  AASHTO： 0.9Mp

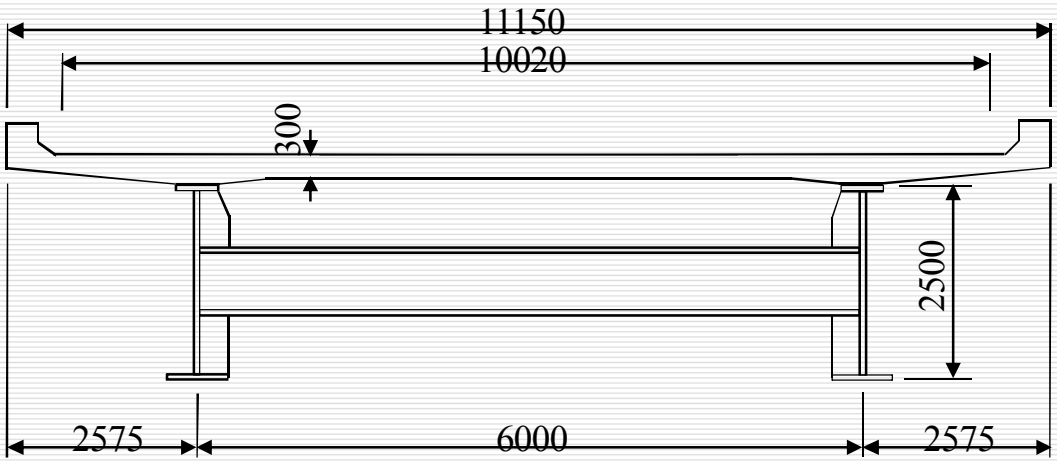
  - 理由1：中間支点上がノンコンパクトの場合、変形性能を期待できない
  - 理由2：設計計算において線形計算を用いることに対する担保

数値解析のねらい

1. 活荷重係数に対する構造物挙動の線形性の確認
2. 側径間と主径間の比が、終局挙動に及ぼす影響について検討
3. 連続合成桁橋の終局挙動の確認

適用断面の概略


50000
30000
6@7500＝45000
5000
3750
3@7500＝22500
3750
横桁間隔
8000
5750
継手位置
14000
14000
14000
13750
9750
10000
4500
断面１
断面２
断面３
断面４
断面５
断面６
断面７


11150
10020
300
2500
2575
6000
2575

断面構成

	断面番号		断面1	断面2	断面3	断面4	断面5	断面6	断面7
断面構成	床版有効幅	mm	5246	5243	5057	4299	4728	5195	5195
	鋼材材料		SM490Y	SM490Y	SM490Y	SM570	SM490Y	SM490Y	SM490Y
	上フランジ（幅 Bu=550mm）	板厚tu(mm)	26	44	51	71	51	30	30
	ウェブ	高さDw(mm)	2444	2423	2394	2355	2393	2440	2440
		板厚tw(mm)	26	18	23	25	23	18	18
	下フランジ（幅 Bl=700mm）	板厚tl(mm)	30	33	55	74	56	30	30
	横桁間隔	Lb(mm)	7500	7500	7500	5000	7500	7500	7500
	垂直補剛材間隔	A(mm)	1250	7500	2500	2500	2500	7500	7500
		△：支点	△			△			

解析ケース

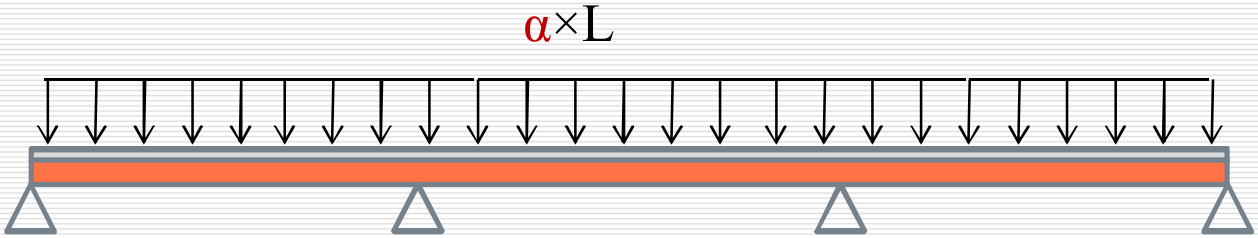
モデル名	側径間:中央径間	床版引張強度	備考
CASE1	0.8 : 1.0	fc = fc′	解析モデル妥当性の検討に使用
CASE2	0.5 : 1.0	fc = fc′	
CASE3	0.6 : 1.0	fc = fc′	
CASE4	0.8 : 1.0	fc = fc′	標準断面構成
CASE5	1.0 : 1.0	fc = fc′	
CASE6	0.8 : 1.0	fc = 0.1fc′	支点上断面をコンパクト断面に変更

荷重条件

1．載荷重は次式にて考慮し、活荷重を漸増することで終局状態の荷重を考慮する

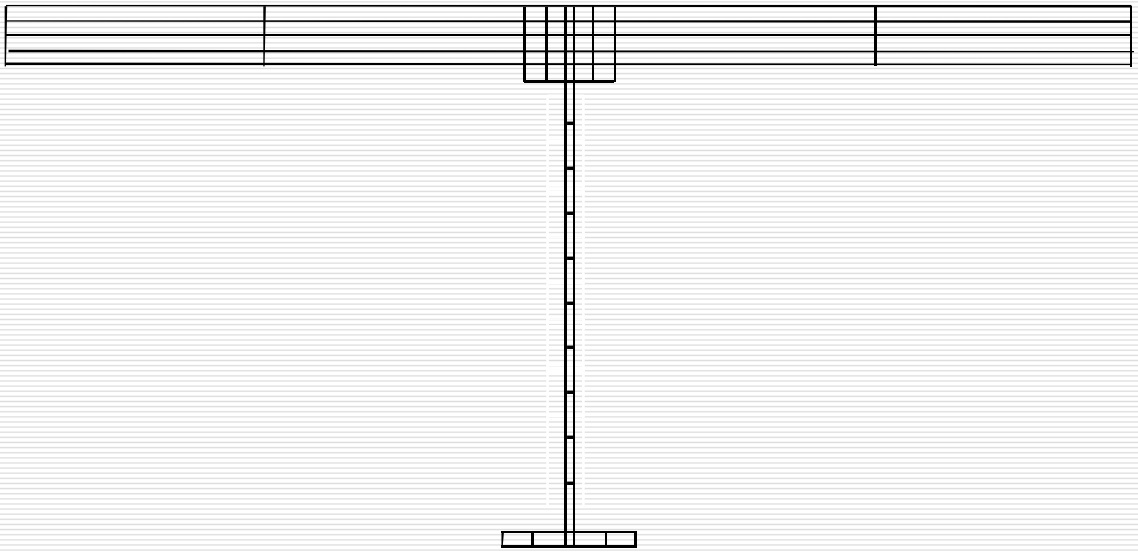
$$W = 1.3 \times D + \alpha \times L$$

W：全荷重
D：死荷重
L：活荷重
α：荷重係数

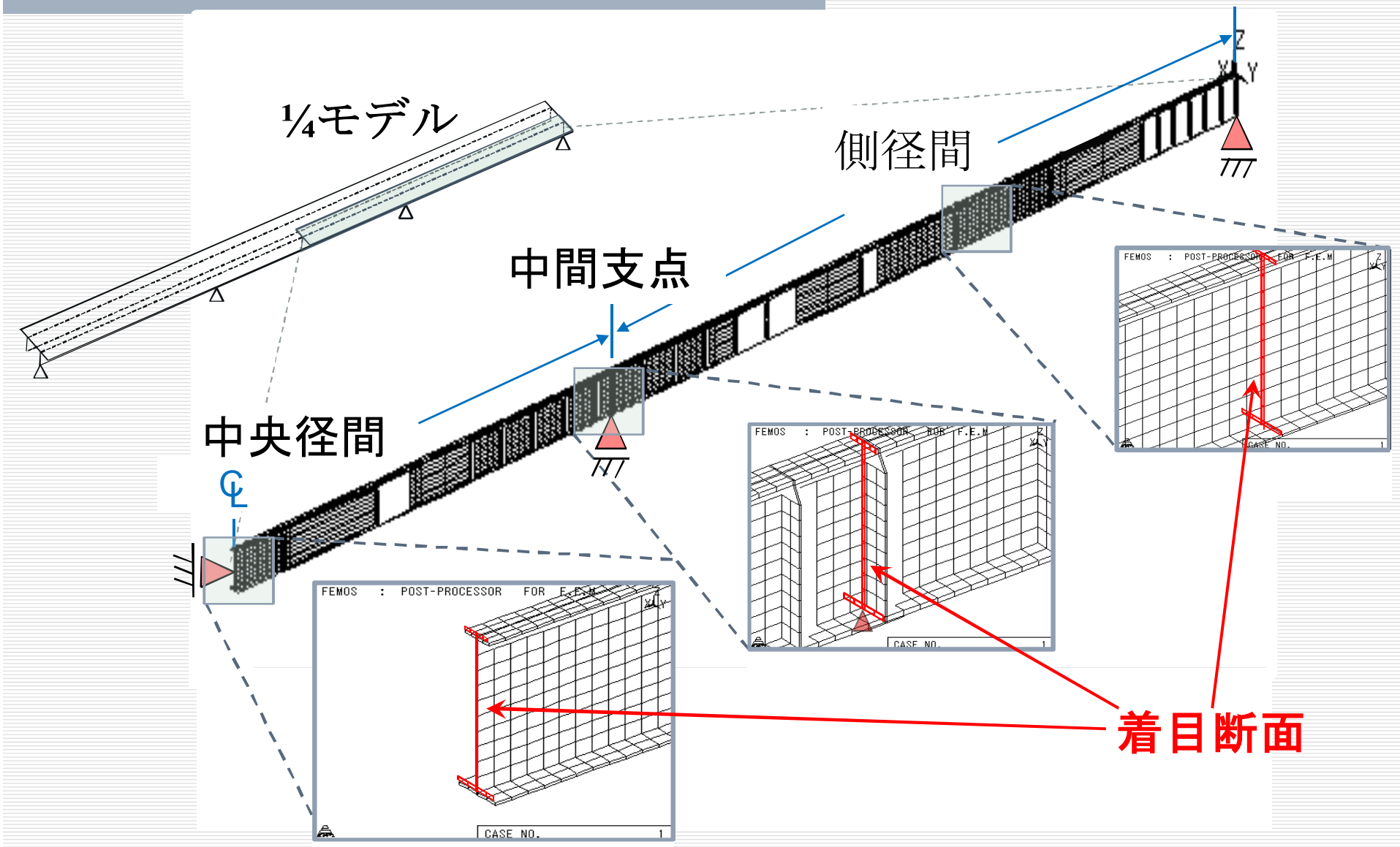


要素分割

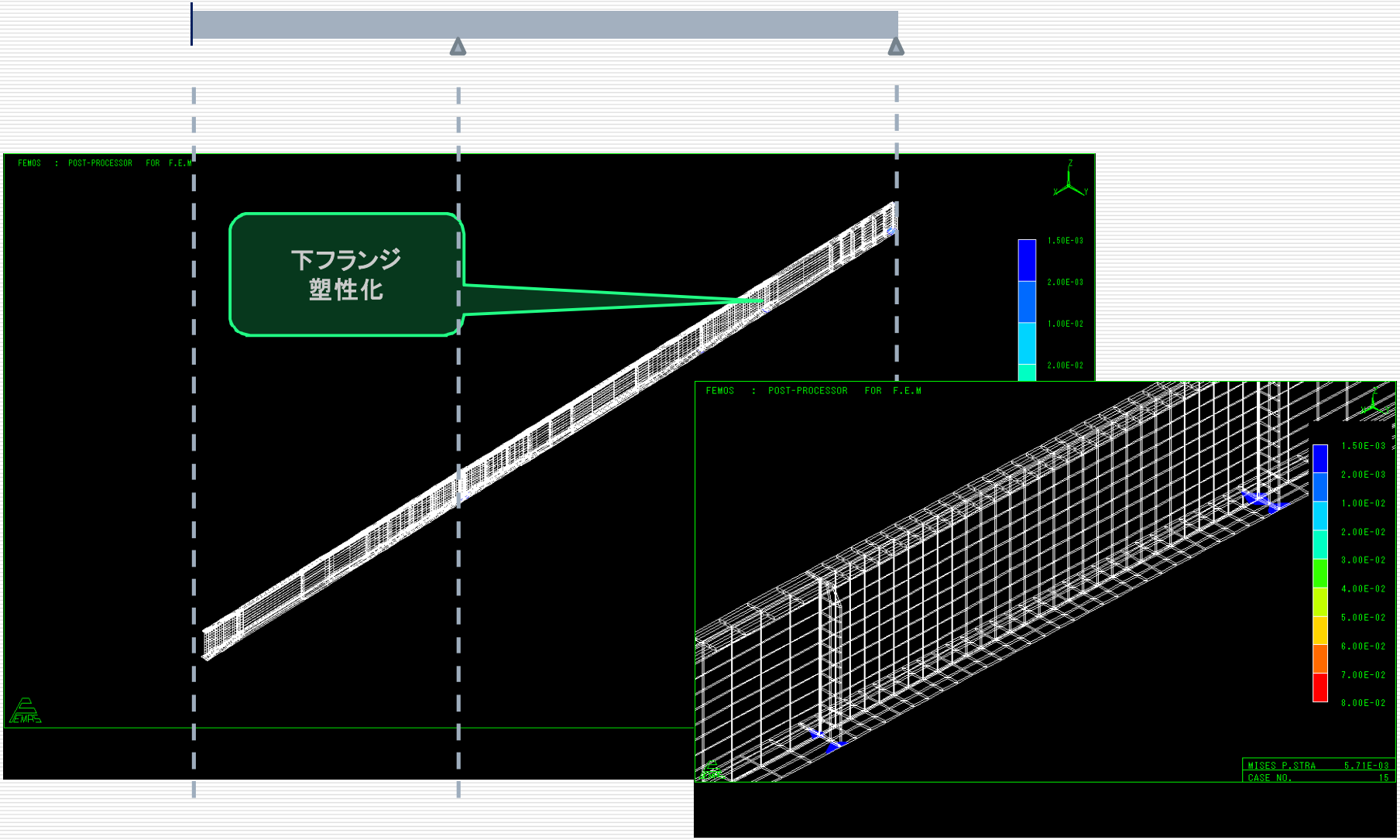
1. 床版の引張破壊による剛性の損失を考慮するため、床版はソリッド要素でモデル化
2. 鋼桁の局部座屈の影響を考慮するため、鋼桁はシェル要素でモデル化
3. 床版と鋼桁のずれは考慮せず、剛結としてモデル化



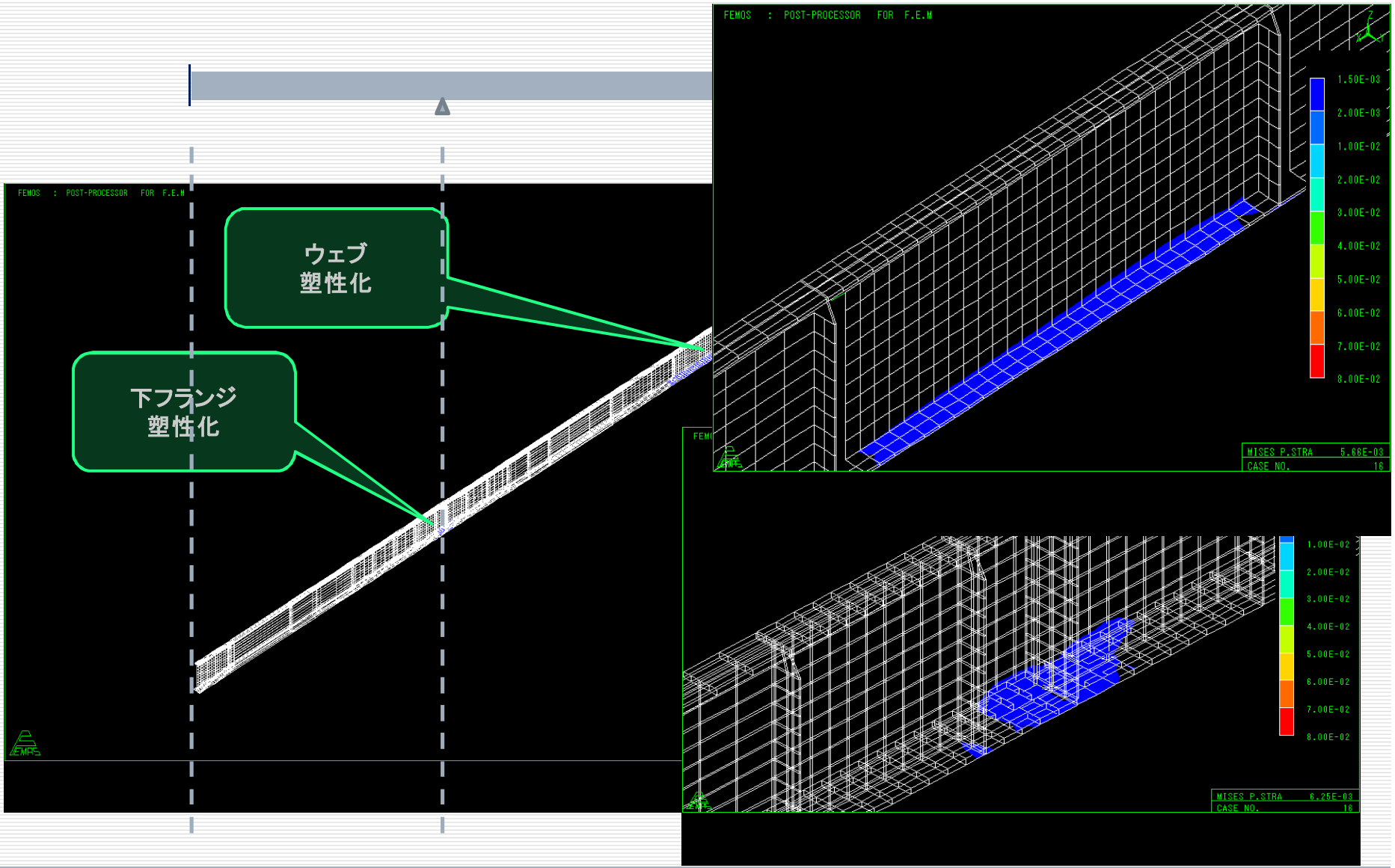
解析モデル


¼モデル
側径間
中間支点
中央径間
着目断面
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
CASE NO. 1

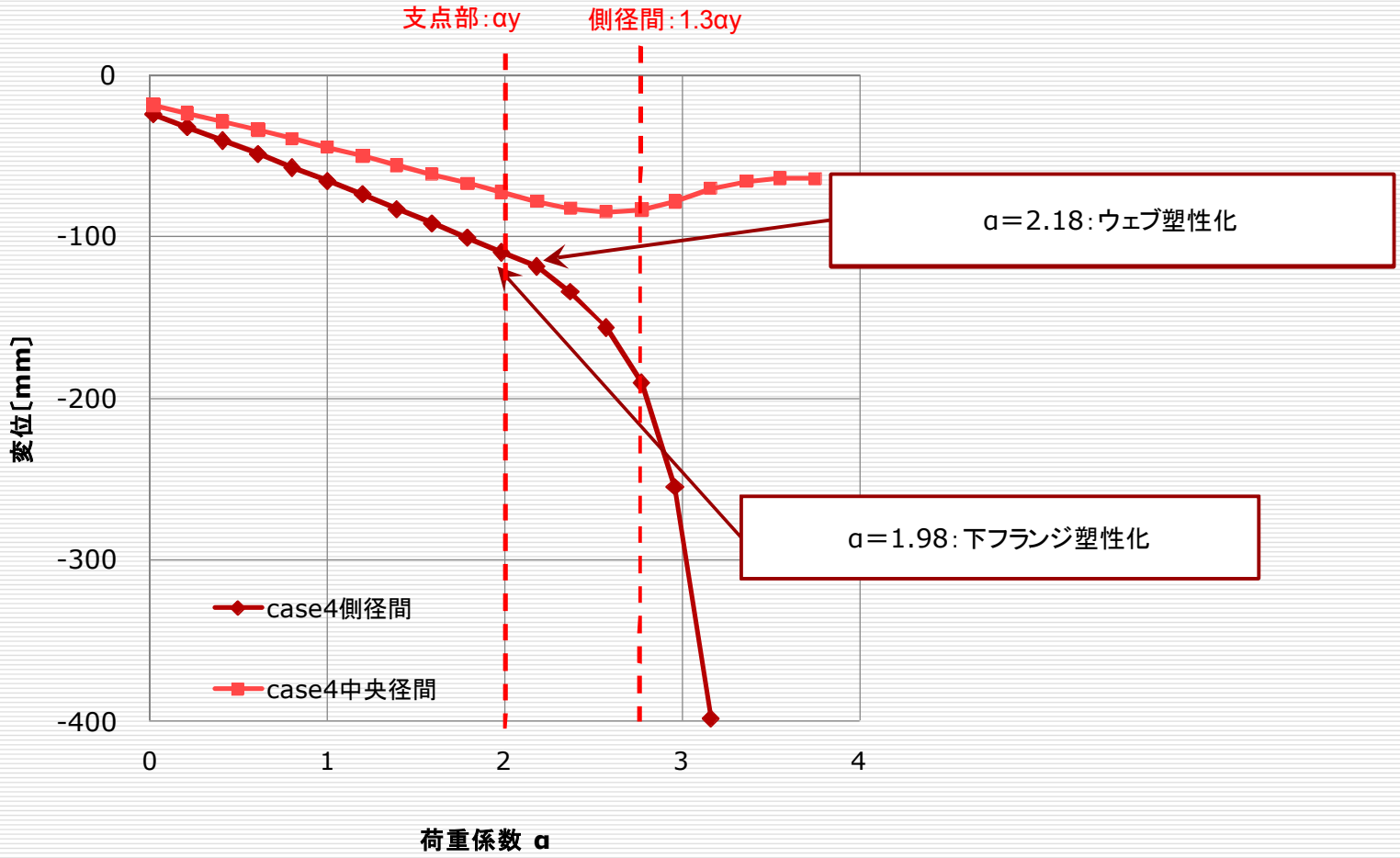
CASE4　α=1.98


下フランジ
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.50E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 5.71E-03
CASE NO. 15

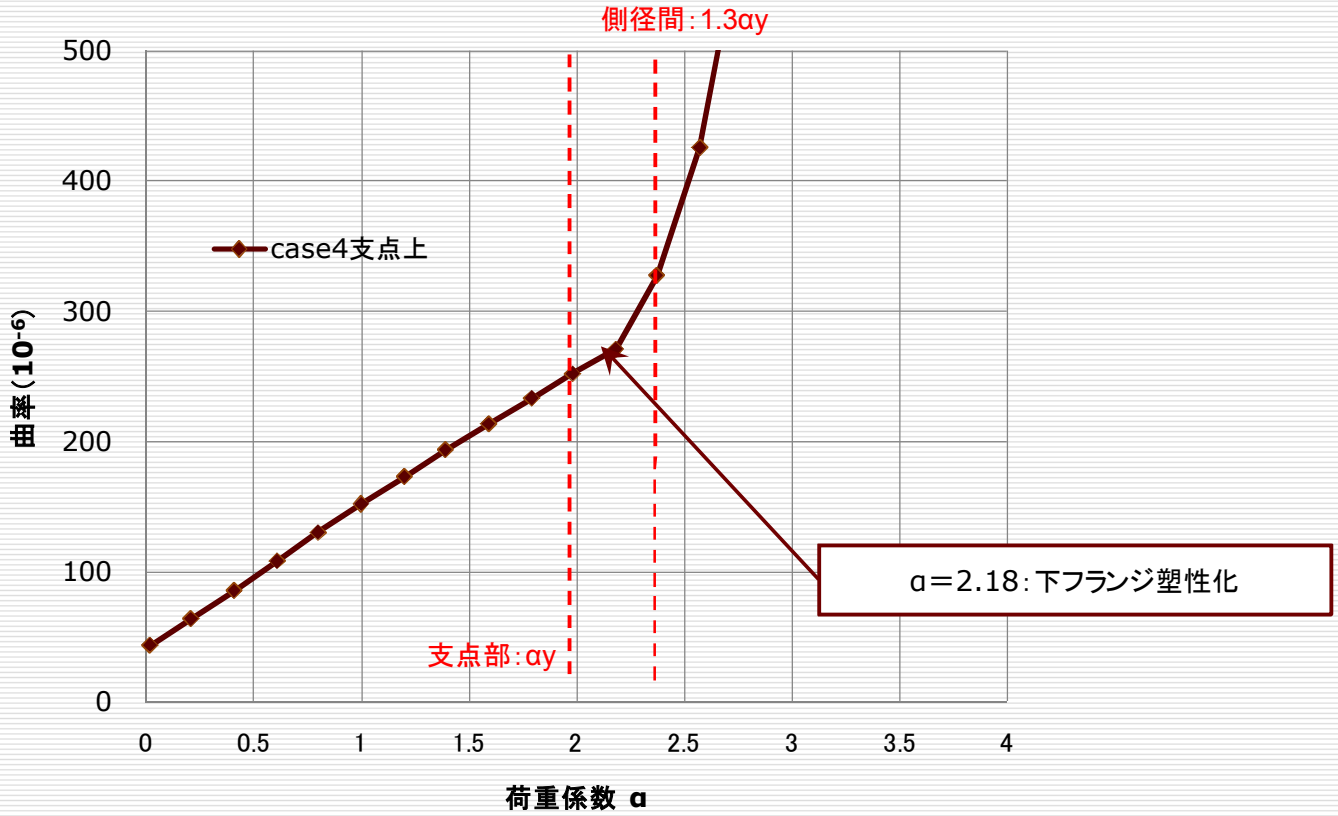
CASE4　α=2.18


FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
ウェブ
塑性化
下フランジ
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.50E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 5.68E-03
CASE NO. 16
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 6.25E-03
CASE NO. 16

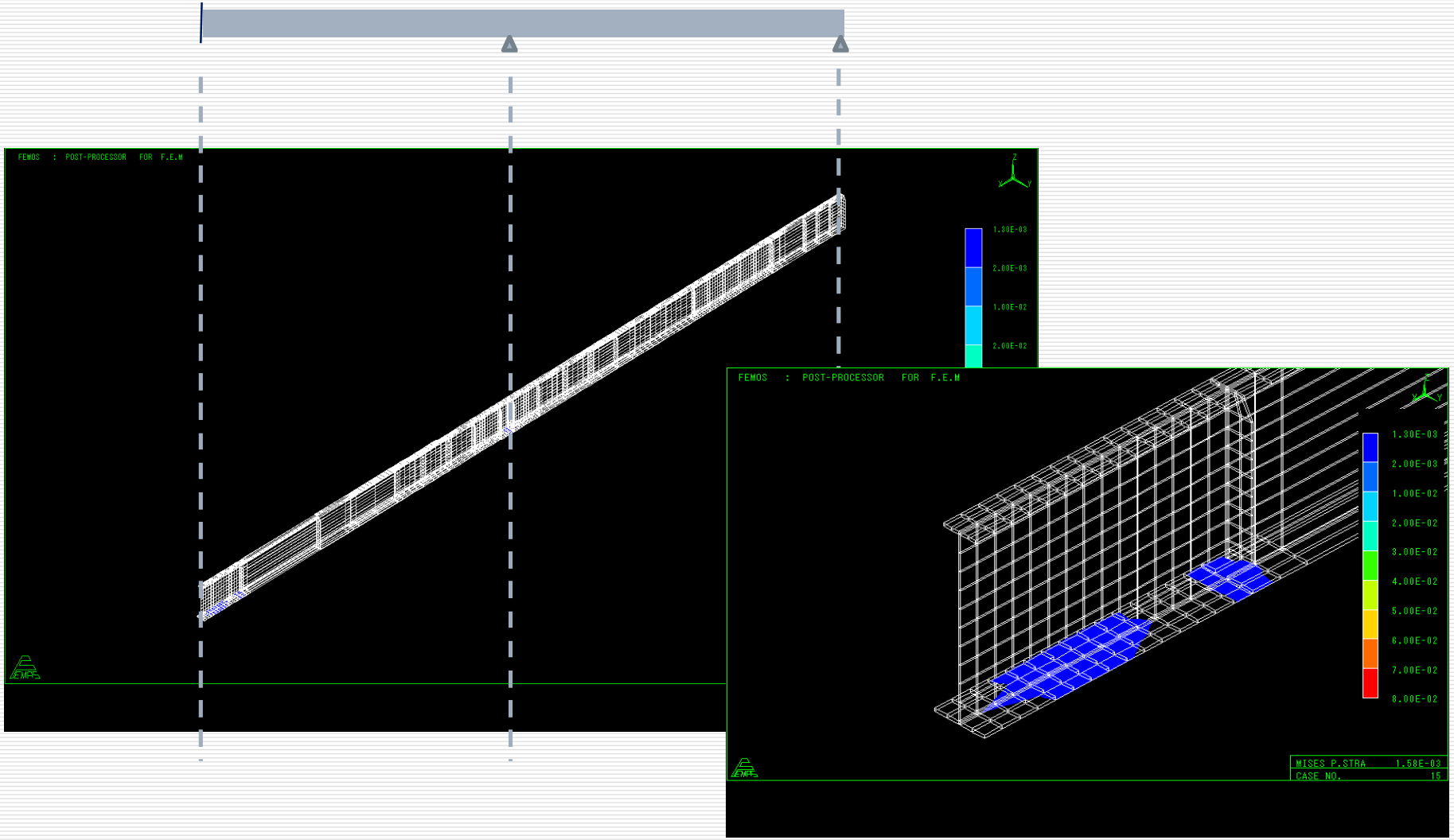
荷重係数―変位関係


支点部：αy
側径間：1.3αy
0
-100
-200
-300
-400
変位〔mm〕
0
1
2
3
4
荷重係数 α
case4側径間
case4中央径間
α＝2.18：ウェブ塑性化
α＝1.98：下フランジ塑性化

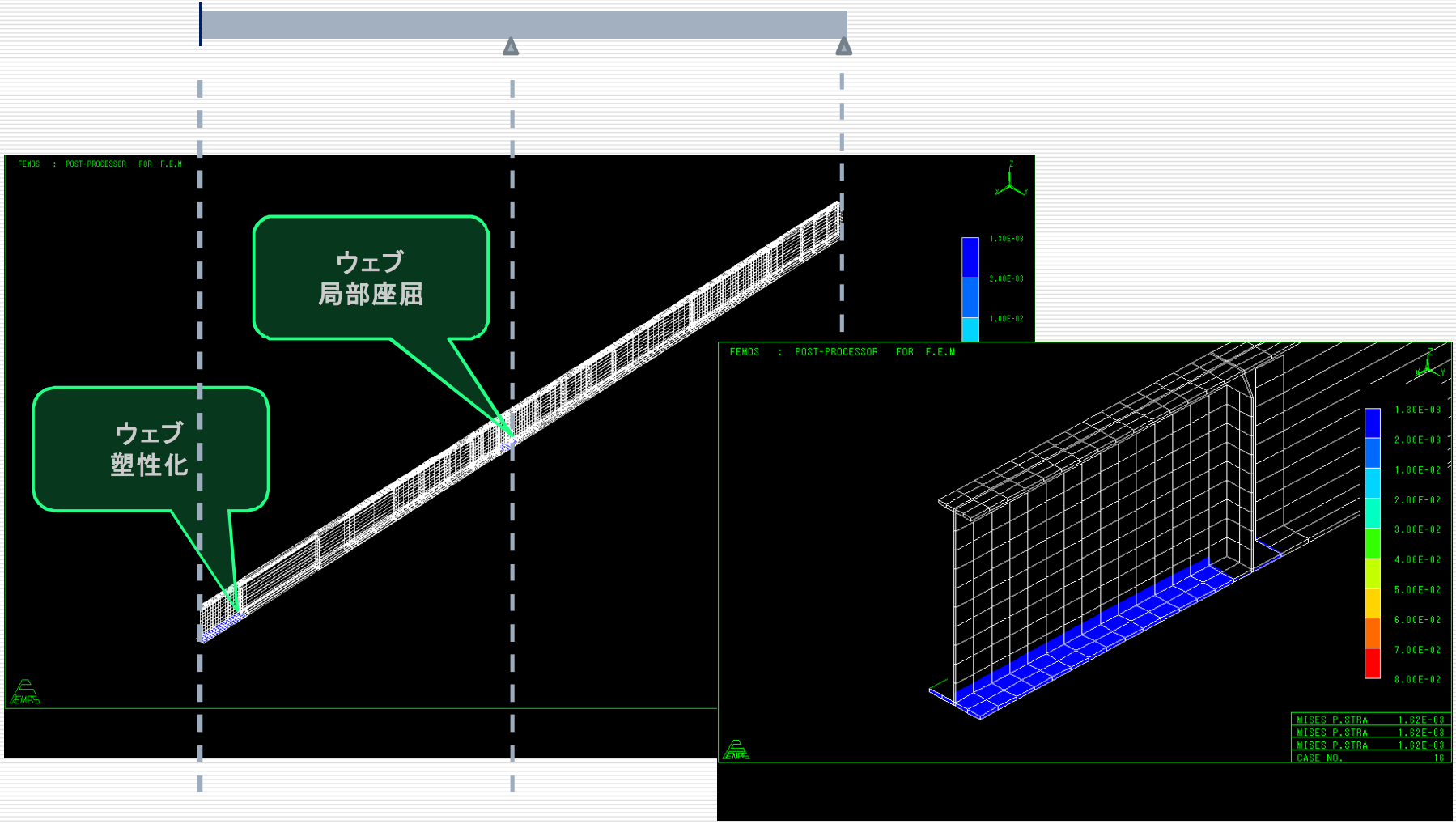
荷重係数―曲率関係


側径間：1.3αy
500
400
300
200
100
0
case4支点上
曲率（10-6）
支点部：αy
α＝2.18：下フランジ塑性化
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
荷重係数 α

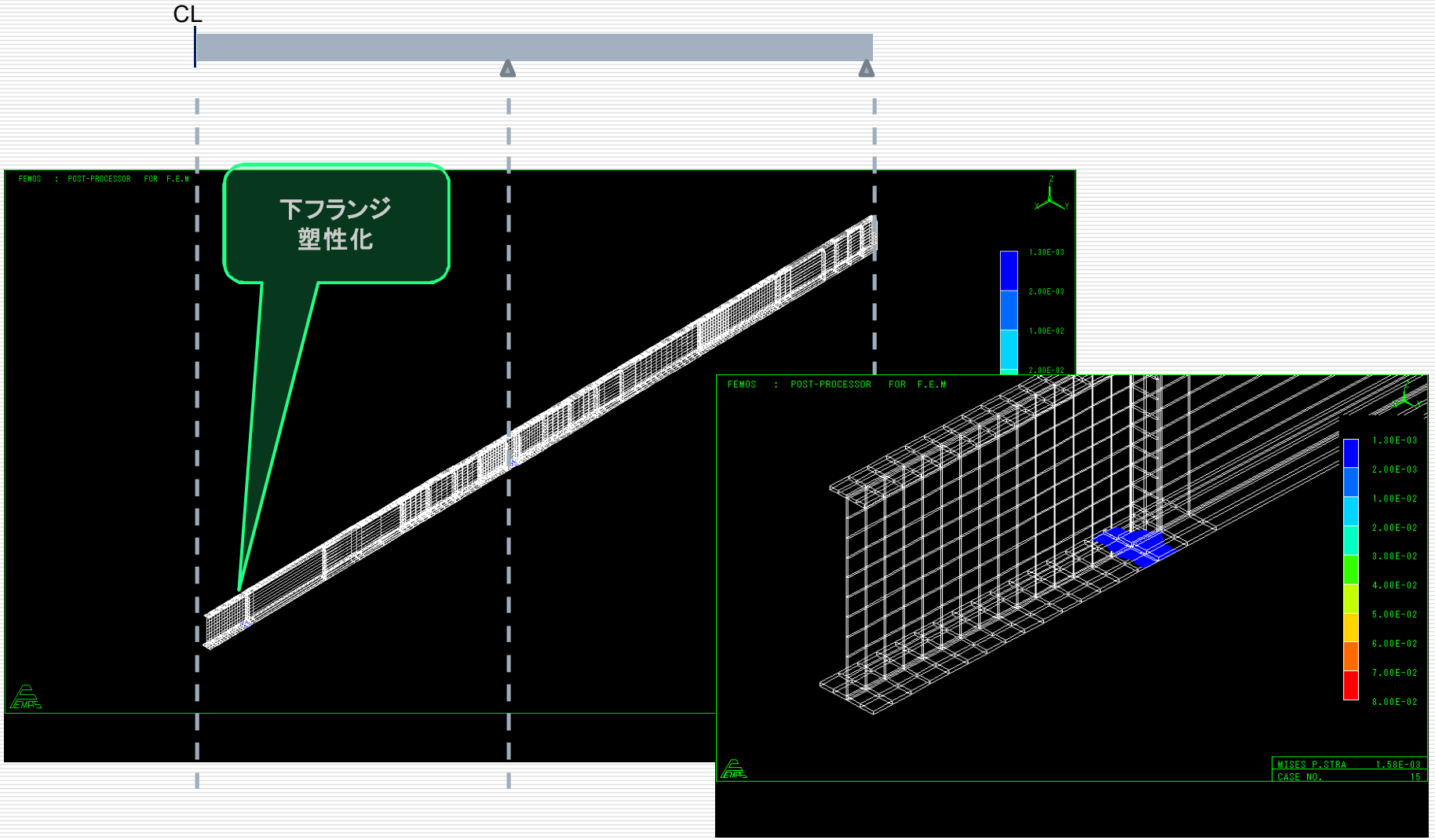
CASE2　α＝2. 37


FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.00E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.30E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 1.58E-03
CASE NO. 15

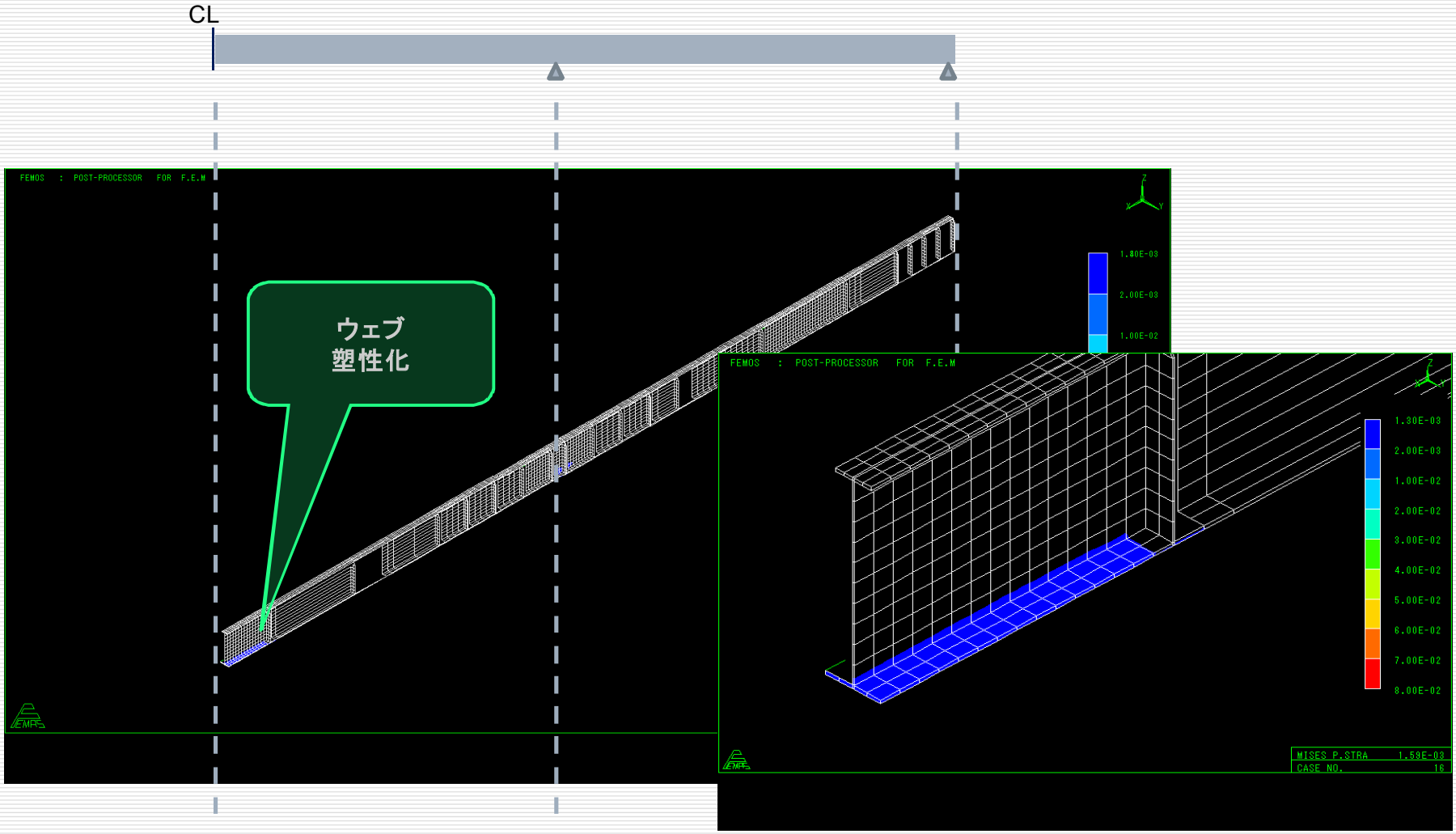
CASE2　α=2.77


ウェブ
局部座屈
ウェブ
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.30E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 1.62E-03
MISES P.STRA 1.62E-03
MISES P.STRA 1.62E-03
CASE NO. 16

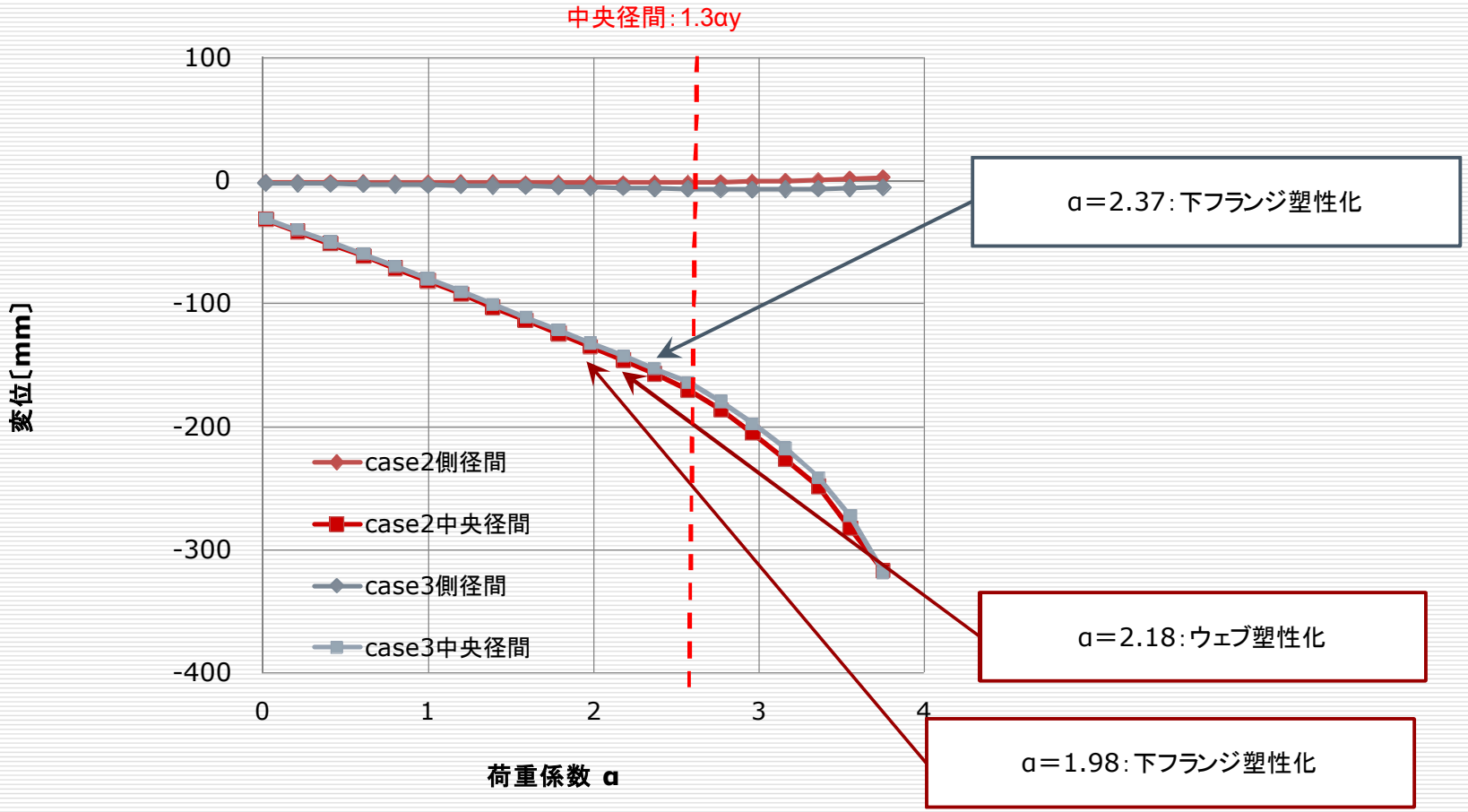
CASE3　α=1.98


CL
下フランジ
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.30E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 1.58E-03
CASE NO. 15

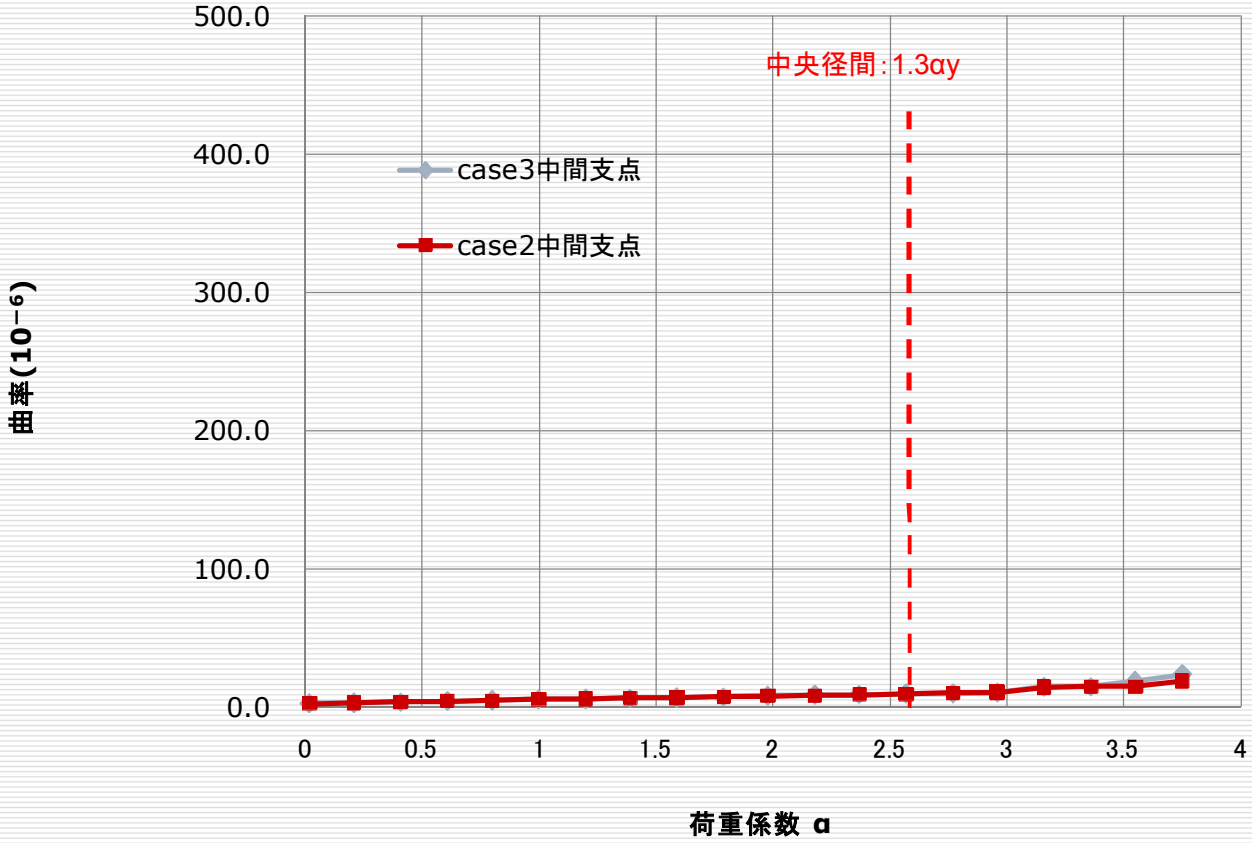
CASE3　α=2.18


CL
ウェブ
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.80E-03
2.00E-03
1.00E-02
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.30E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 1.59E-03
CASE NO. 16

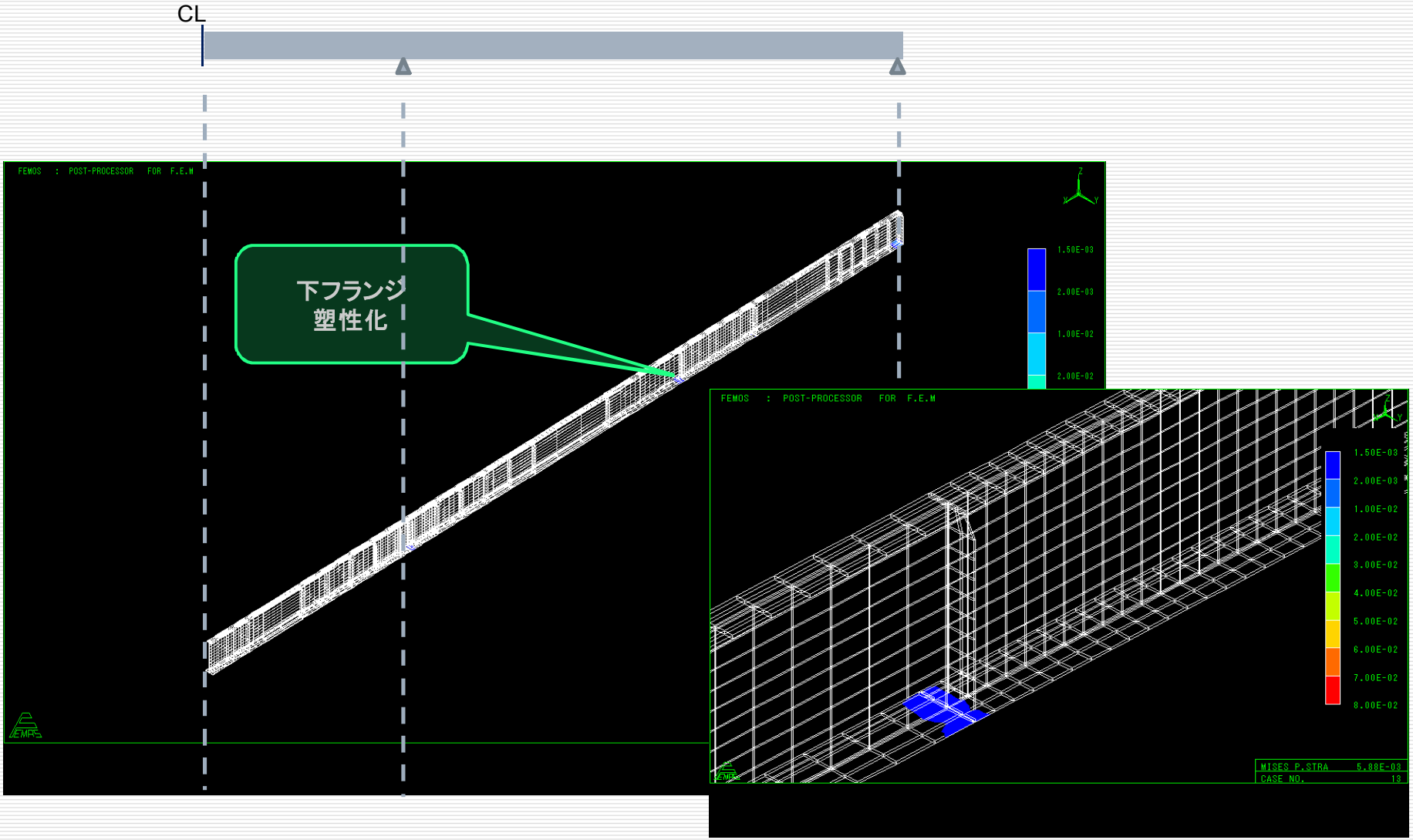
荷重係数―変位関係


中央径間:1.3αy
100
0
-100
-200
-300
-400
0
1
2
3
4
変位〔mm〕
荷重係数 α
case2側径間
case2中央径間
case3側径間
case3中央径間
α=2.37:下フランジ塑性化
α=2.18:ウェブ塑性化
α=1.98:下フランジ塑性化

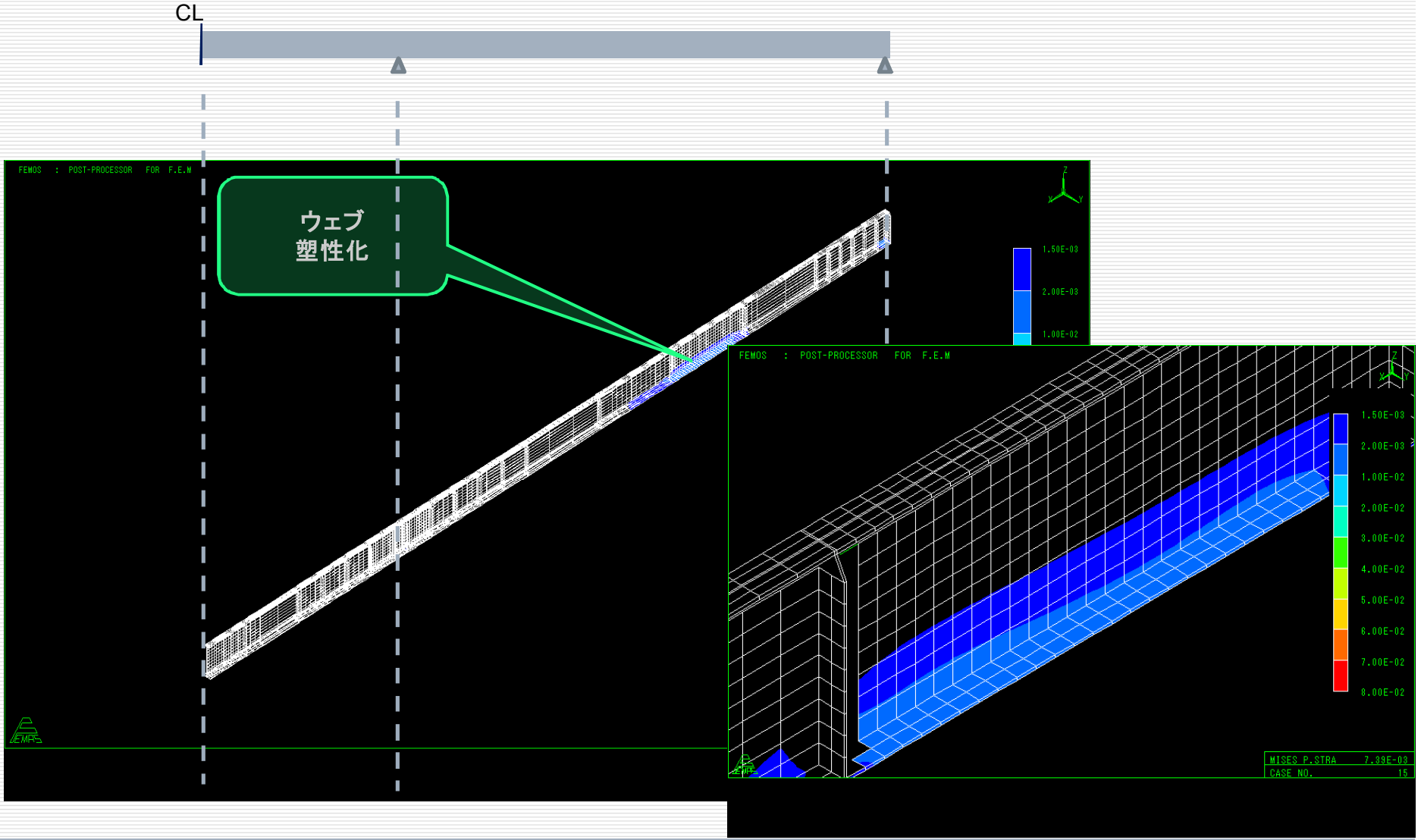
荷重係数―曲率関係


500.0
400.0
300.0
200.0
100.0
0.0
曲率(10⁻⁶)
中央径間:1.3αy
case3中間支点
case2中間支点
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
荷重係数 α

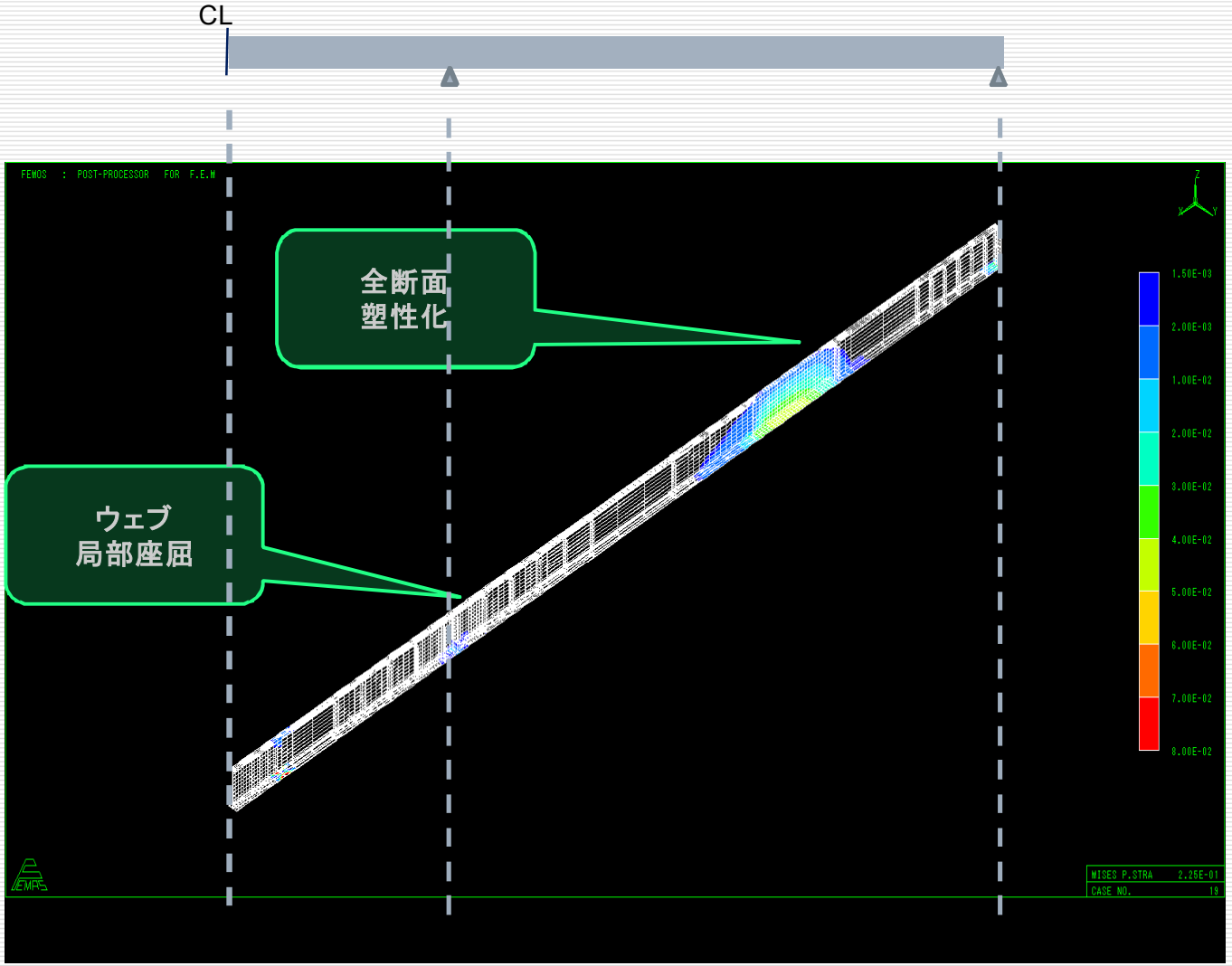
CASE5 α=1.59


CL
下フランジ
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.50E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 5.88E-03
CASE NO. 13

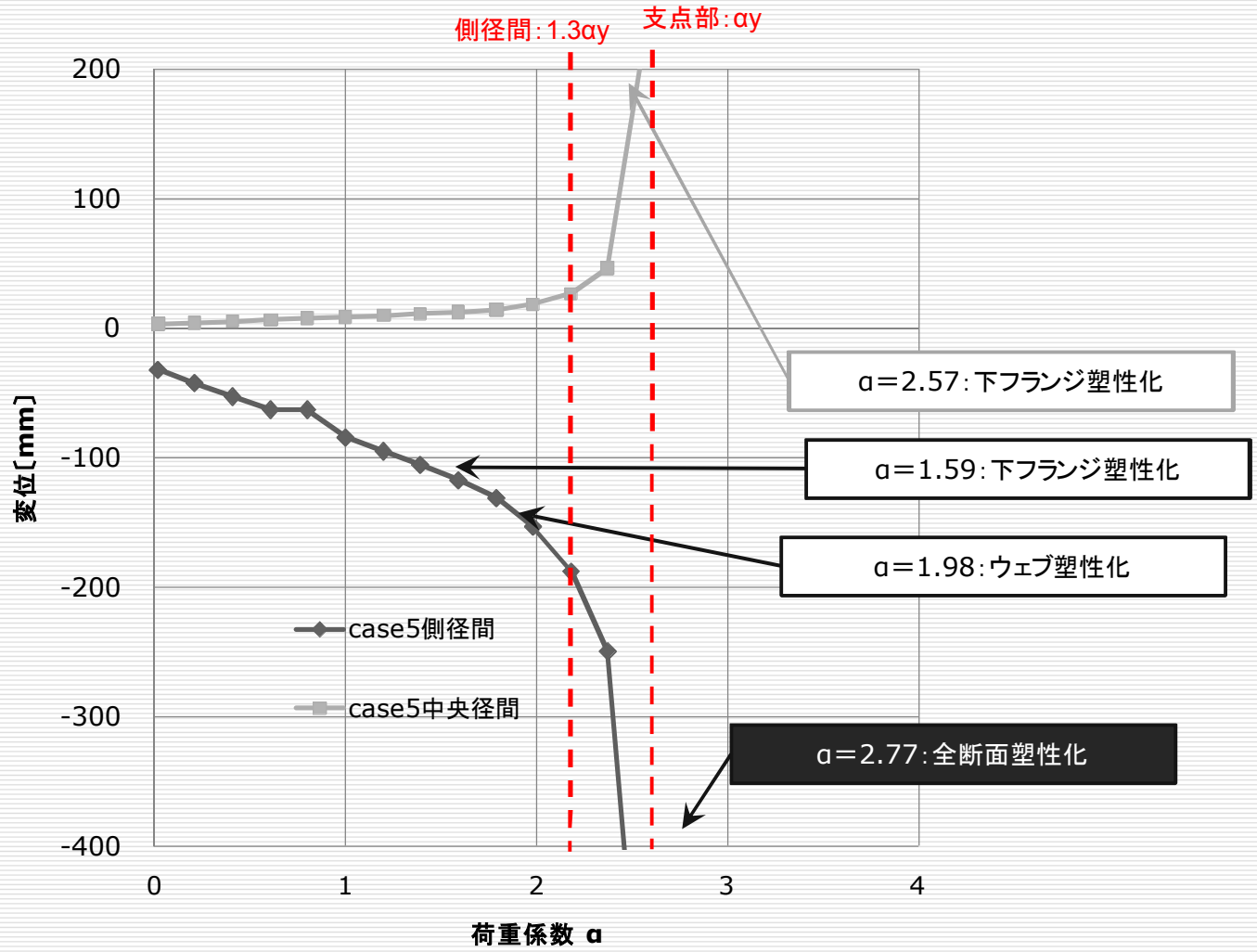
CASE5 α=1.98


CL
ウェブ
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.50E-03
2.00E-03
1.00E-02
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.50E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
MISES P.STRA 7.39E-03
CASE NO. 15

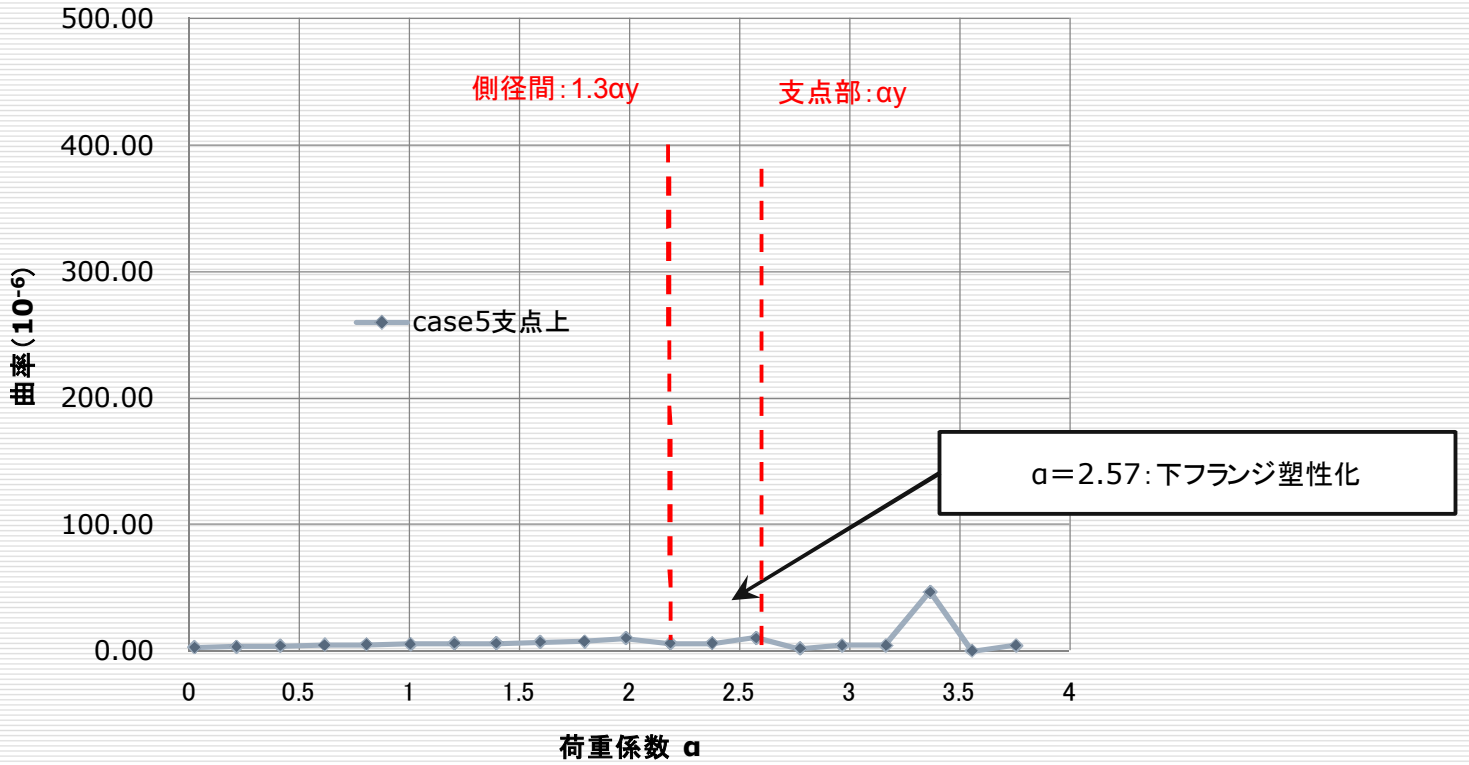
CASE5 α=2.57


CL
全断面
塑性化
ウェブ
局部座屈
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.50E-03
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
6.00E-02
7.00E-02
8.00E-02
WISES P.STRA 2.25E-01
CASE NO. 18

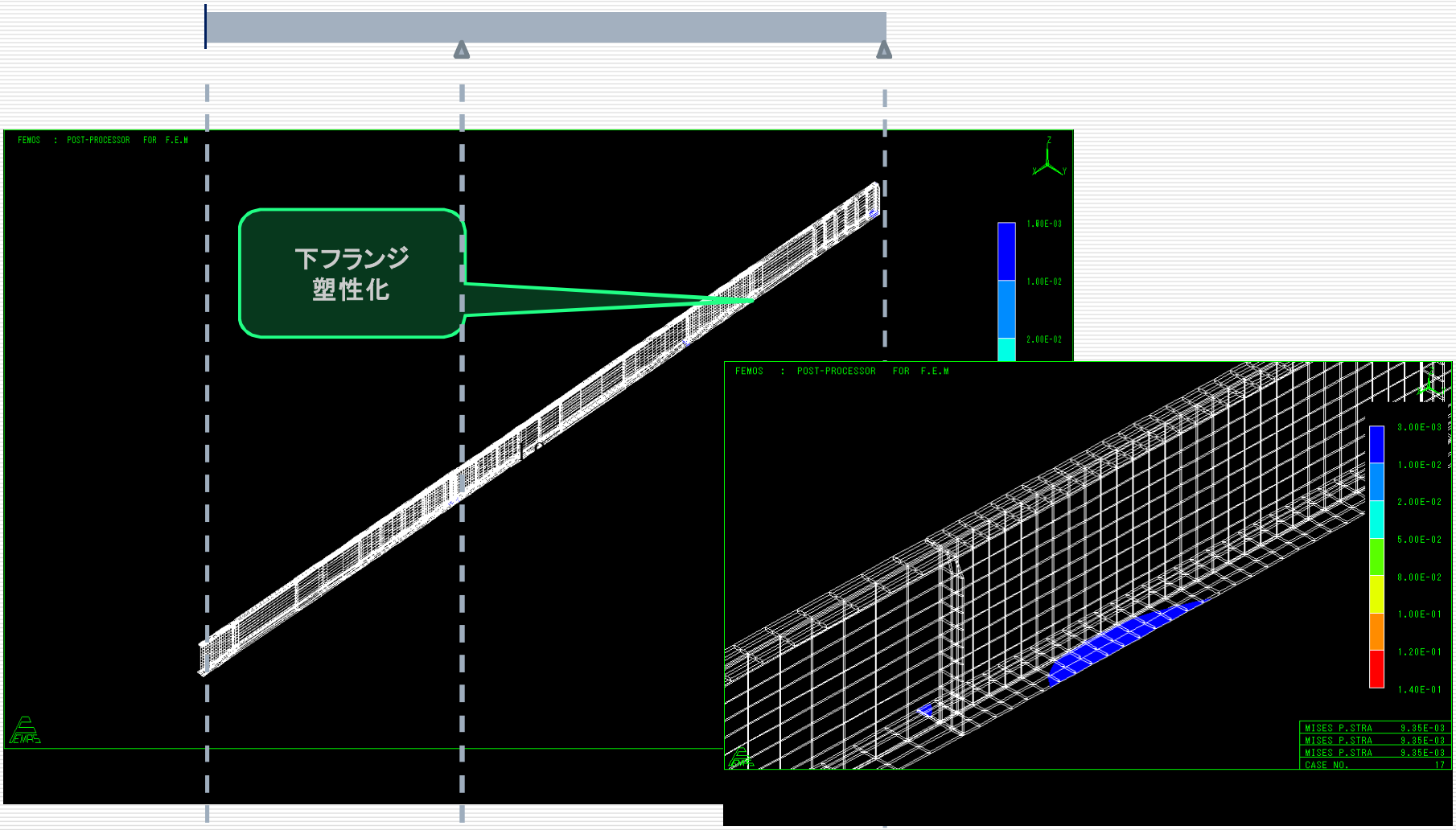
荷重係数ー変位関係


側径間:1.3αy
支点部:αy
200
100
0
-100
-200
-300
-400
変位〔mm〕
0
1
2
3
4
荷重係数 α
case5側径間
case5中央径間
α=2.57:下フランジ塑性化
α=1.59:下フランジ塑性化
α=1.98:ウェブ塑性化
α=2.77:全断面塑性化

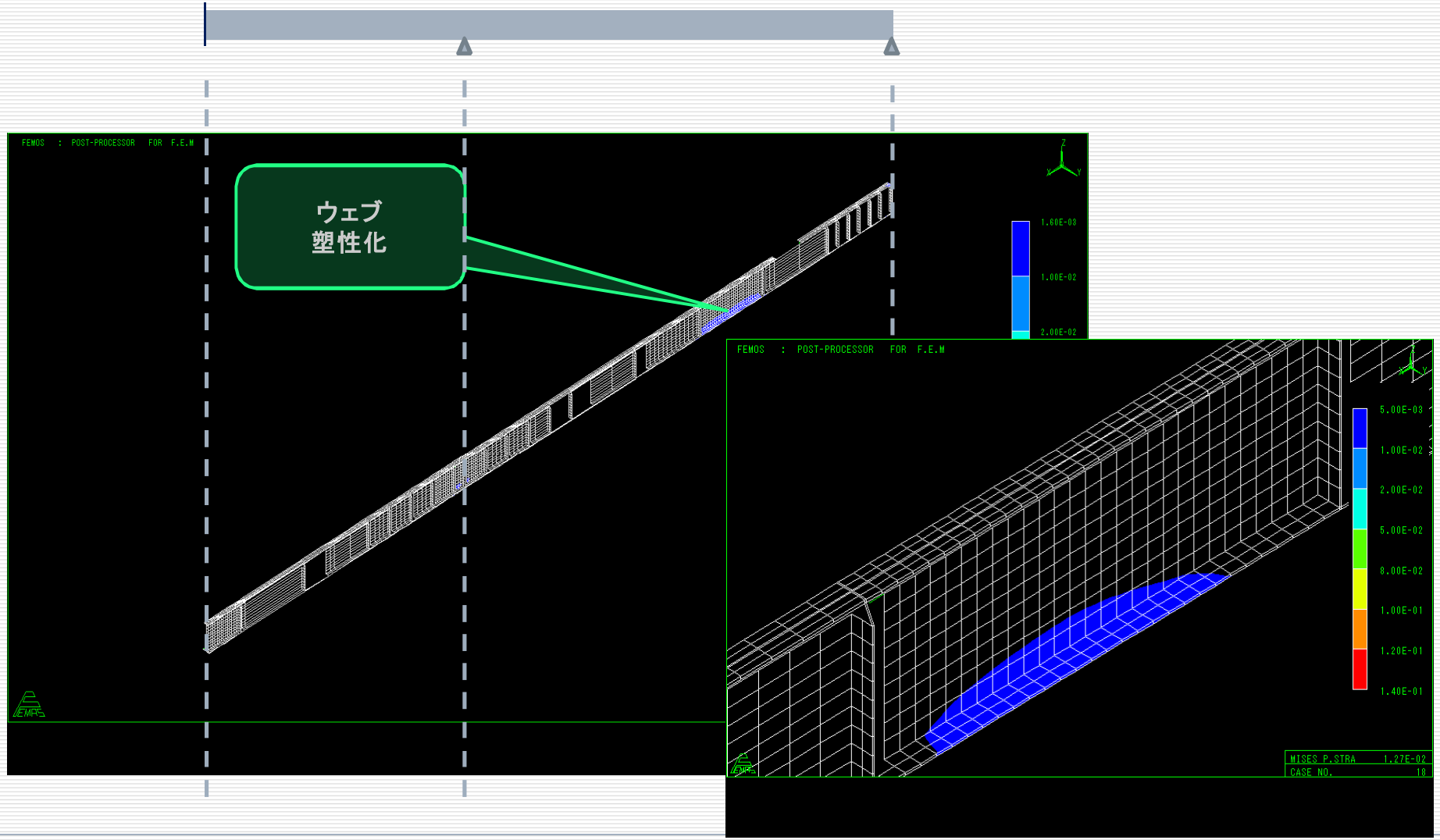
荷重係数―曲率関係


500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
0.00
曲率（10-6）
側径間：1.3αy
支点部：αy
case5支点上
α＝2.57：下フランジ塑性化
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
荷重係数 α

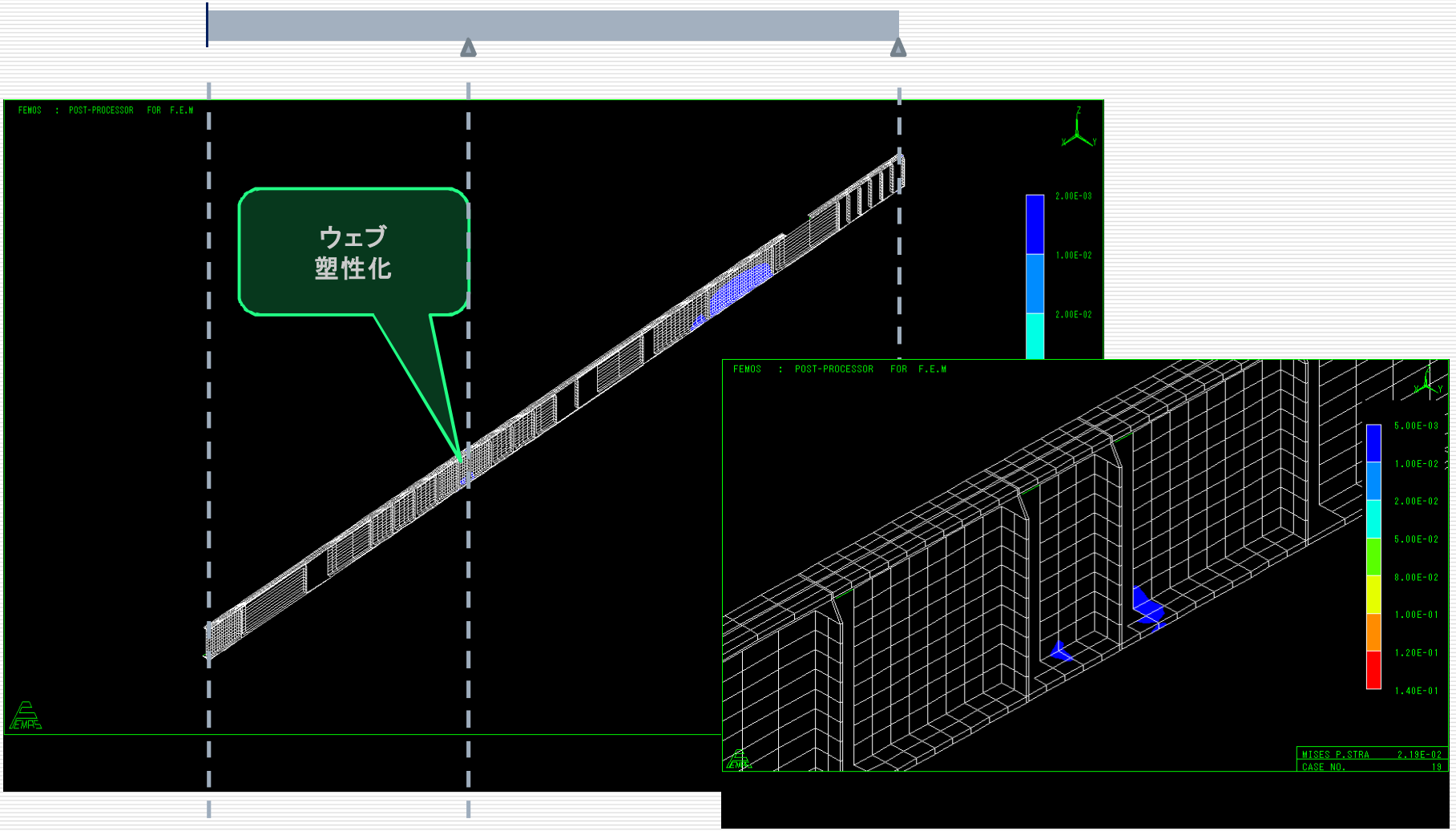
CASE6　α=1.98


下フランジ
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
1.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
3.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
5.00E-02
8.00E-02
1.00E-01
1.20E-01
1.40E-01
MISES P.STRA 9.35E-03
MISES P.STRA 9.35E-03
MISES P.STRA 9.35E-03
CASE NO. 17

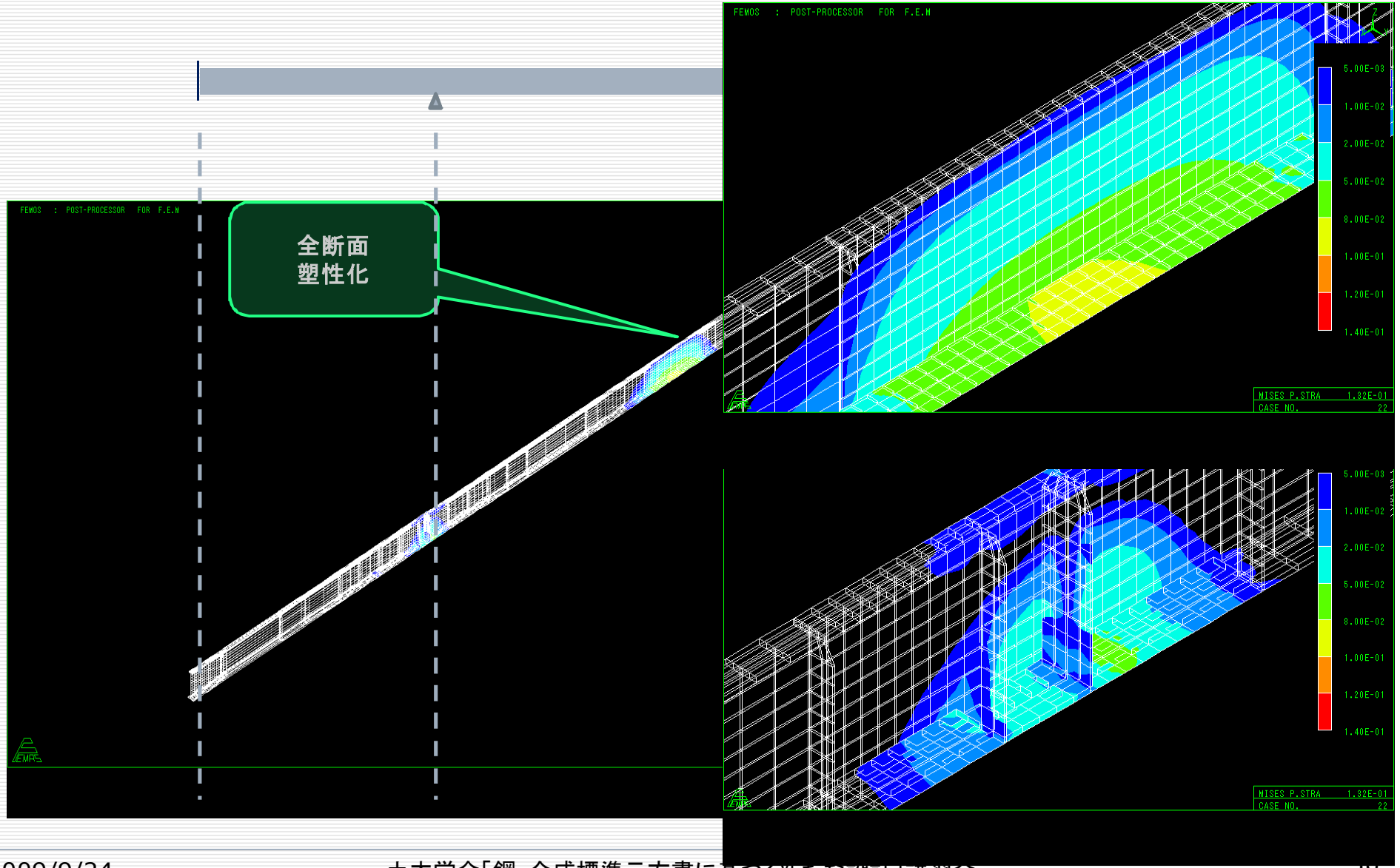
CASE6 α=2.18


FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
ウェブ
塑性化
1.60E-03
1.00E-02
2.00E-02
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
5.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
5.00E-02
8.00E-02
1.00E-01
1.20E-01
1.40E-01
MISES P.STRA 1.27E-02
CASE NO. 18

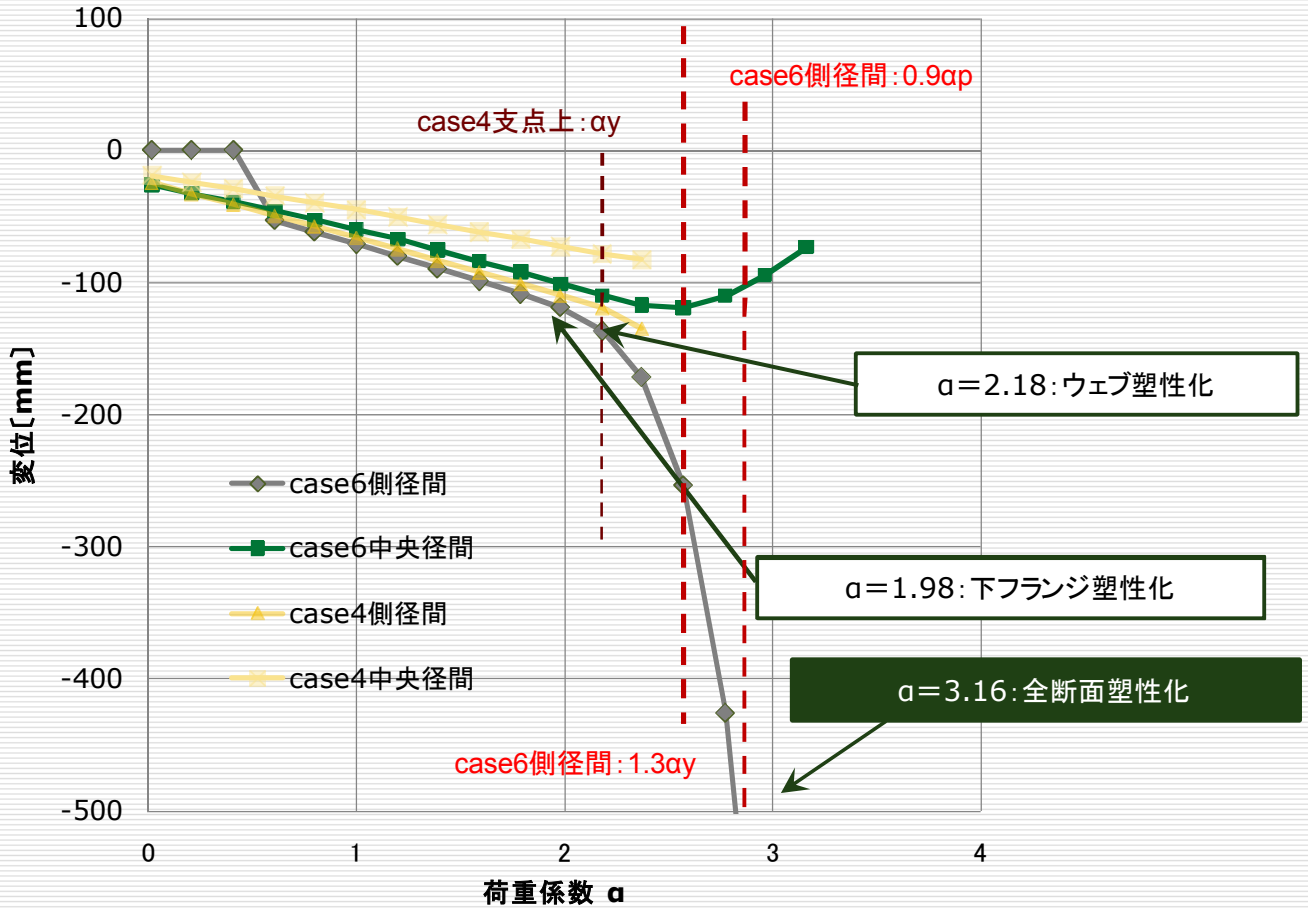
CASE6　α=2.77


FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
ウェブ
塑性化
2.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
5.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
5.00E-02
8.00E-02
1.00E-01
1.20E-01
1.40E-01
MISES P.STRA 2.19E-02
CASE NO. 19

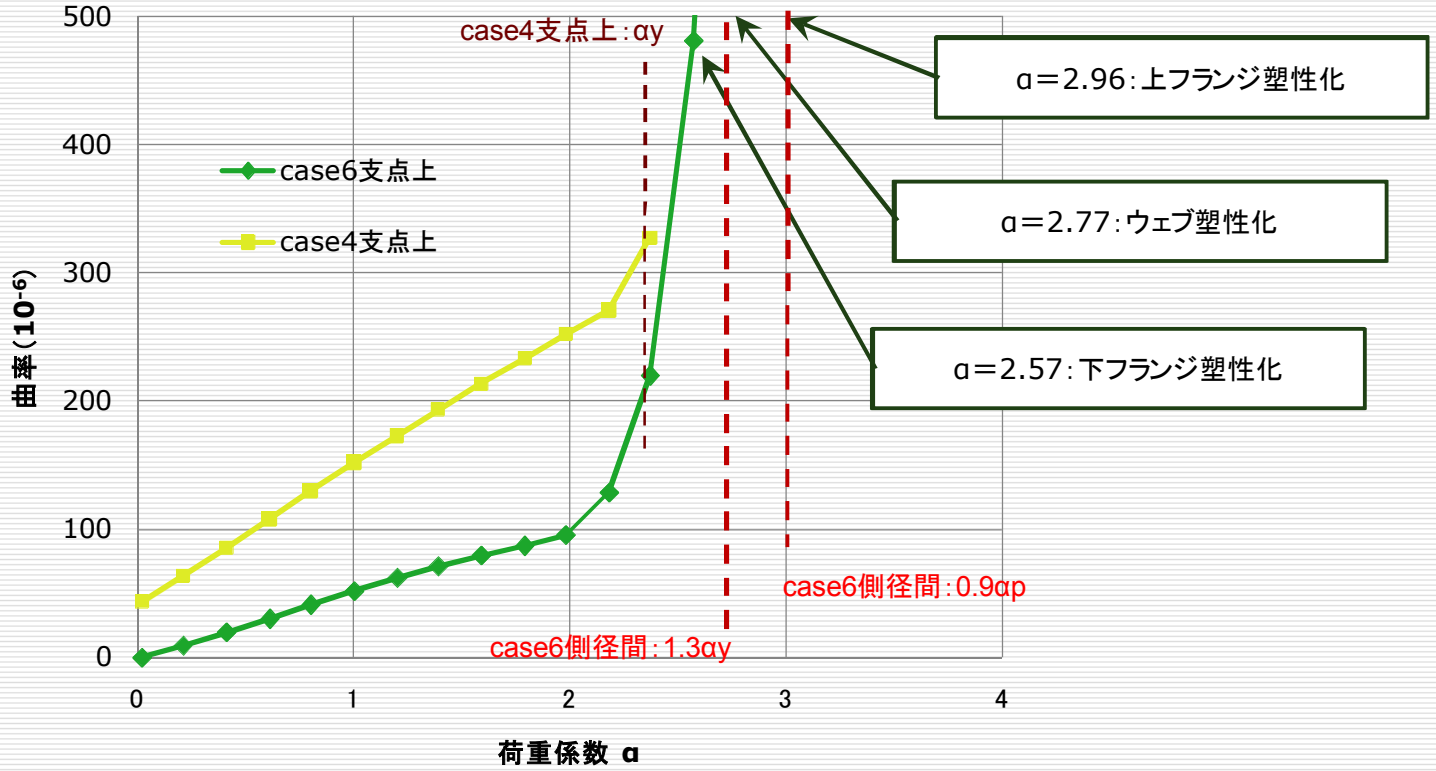
CASE6 α=3.16


全断面
塑性化
FEMOS : POST-PROCESSOR FOR F.E.M
5.00E-03
1.00E-02
2.00E-02
5.00E-02
8.00E-02
1.00E-01
1.20E-01
1.40E-01
MISES P.STRA 1.32E-01
CASE NO. 22

荷重係数―変位関係


100
0
-100
-200
-300
-400
-500
0
1
2
3
4
変位〔mm〕
荷重係数 α
case6側径間
case6中央径間
case4側径間
case4中央径間
case4支点上：αy
case6側径間：0.9αp
case6側径間：1.3αy
α＝2.18：ウェブ塑性化
α＝1.98：下フランジ塑性化
α＝3.16：全断面塑性化

荷重係数ー曲率関係


500
400
300
200
100
0
曲率（10-6）
0
1
2
3
4
荷重係数 α
case6支点上
case4支点上
case4支点上：αy
case6側径間：1.3αy
case6側径間：0.9αp
α＝2.96：上フランジ塑性化
α＝2.77：ウェブ塑性化
α＝2.57：下フランジ塑性化

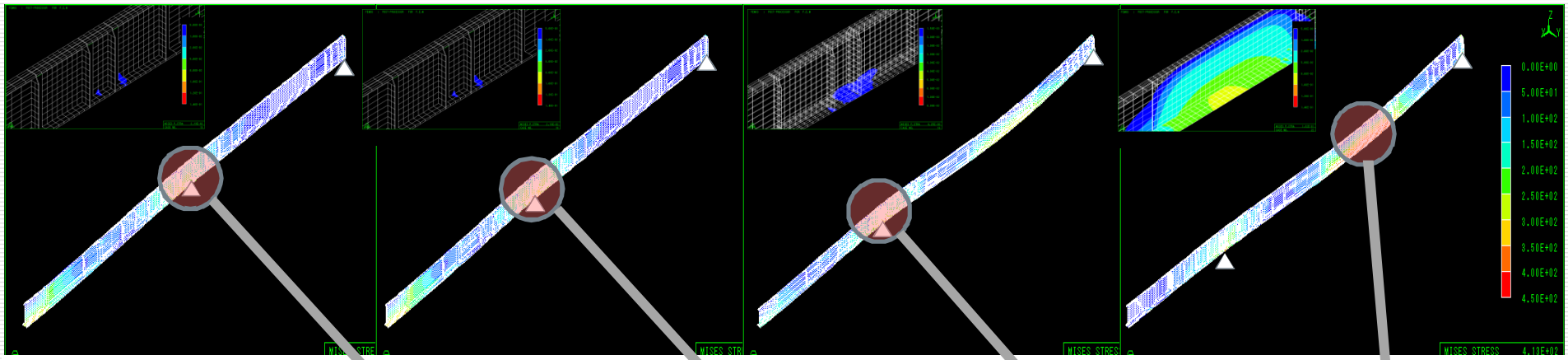
まとめ

1. 側径間と主径間の比によらず、荷重係数α＝2.0程度までは、ほぼ線形的な挙動をとることが確認された
2. α<2.0の範囲内であれば、全てのモデルにおいて、負曲げを受ける中間支点上の曲率も小さく、構成板要素の局部座屈の影響が極めて小さいことが確認された。
3. α＝2.0のとき、側径間あるいは主径間中央における作用断面力は概ね1.3M_yを 下回っており、Eurocodeが安全側であると思われる。

径間比による影響

終局時

0.5：1　　0.6：1　　0.8：1　　1：1



径間比	0.5：1	0.6：1	0.8：1	1:1
終局限界決定箇所	中間支点上	中間支点上	中間支点上	側径間
終局限界	ウェブ 局部座屈	ウェブ 局部座屈	下フランジ 降伏発生	降伏発生 の1.3倍