KC#470

6 章 3 節　評価基準

規則改正：また、圧縮応力σ_x及びσ_y並びにせん断応力τは、それぞれ次式を満足しなければならない。

$$\left(\frac{\sigma_x{}'S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} \le 1.0 \quad \Longleftarrow \quad \left(\frac{\sigma_x S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} \le 1.0$$

$$\left(\frac{\sigma_y{}'S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} \le 1.0 \quad \Longleftarrow \quad \left(\frac{\sigma_y S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} \le 1.0$$

$$\left(\frac{|\tau| S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \le 1.0$$

GL の回答：一般に、構造寸法を決定する際においては、規則で定める荷重ケース及び積載条件のみを考慮すればよい。これらは設計荷重ケースと言われている。座屈強度評価の場合、実際の荷重ケースがあっても、設計荷重ケースで定義される他の荷重及びそれによる応力組み合わせを考慮しなければならない。当然ながら、設計荷重ケースは、最も危険となる応力値を与える荷重ケースを網羅することが担保されなければならない。座屈強度評価の際には、座屈強度上厳しくなる可能性のあるすべての応力組み合わせを考慮しなければならない。このため、規則では、板の座屈強度において、単独の圧縮応力成分に耐えることができる板の寸法を要求している。これは、座屈を評価する方向に垂直な方向の圧縮応力が座屈強度を高める影響を無視していることになる。このことを以下の図に模式的に示す。

図 1 は、ポアソン効果を含む相関曲線を示す。図に見られるように、応力の組み合わせは、σ_yのみが板に作用する場合より、大きいσ_y成分を許容している。上述の問題のため、規則の規定が基づいている相関曲線は、図 2 のような応力組み合わせに制限される。座屈の技術的背景資料の付録 1 にもこの図が記載されているので、IACS CSR-BCにおける板の座屈強度評価―適用例の図 2 を参照されたい。

単一板の耐力

KC-ID XXX の試計算

相関算式 IF 中の FEA による応力の適切な使用について（CSR-BC, 6 章 3 節[3.2.4]）

下記の表は、6 章 3 節[3.2.3]のポアソン効果を考慮した応力修正をしていない FEA による応力（正しい応力）を用いた場合の相関算式の結果と FEA による応力を修正した応力（正しくない応力）を用いた結果の違いについての概要を示す。

黄色を付した単一応力成分の結果は、単一に作用する応力のチェックは相関関係と比較してより厳しい結果を与えることを示す。

赤色を付した、正しく応力を使用した単一応力成分の結果は、使用係数がより厳しい結果を与えることを示す。この場合、寸法に影響する。

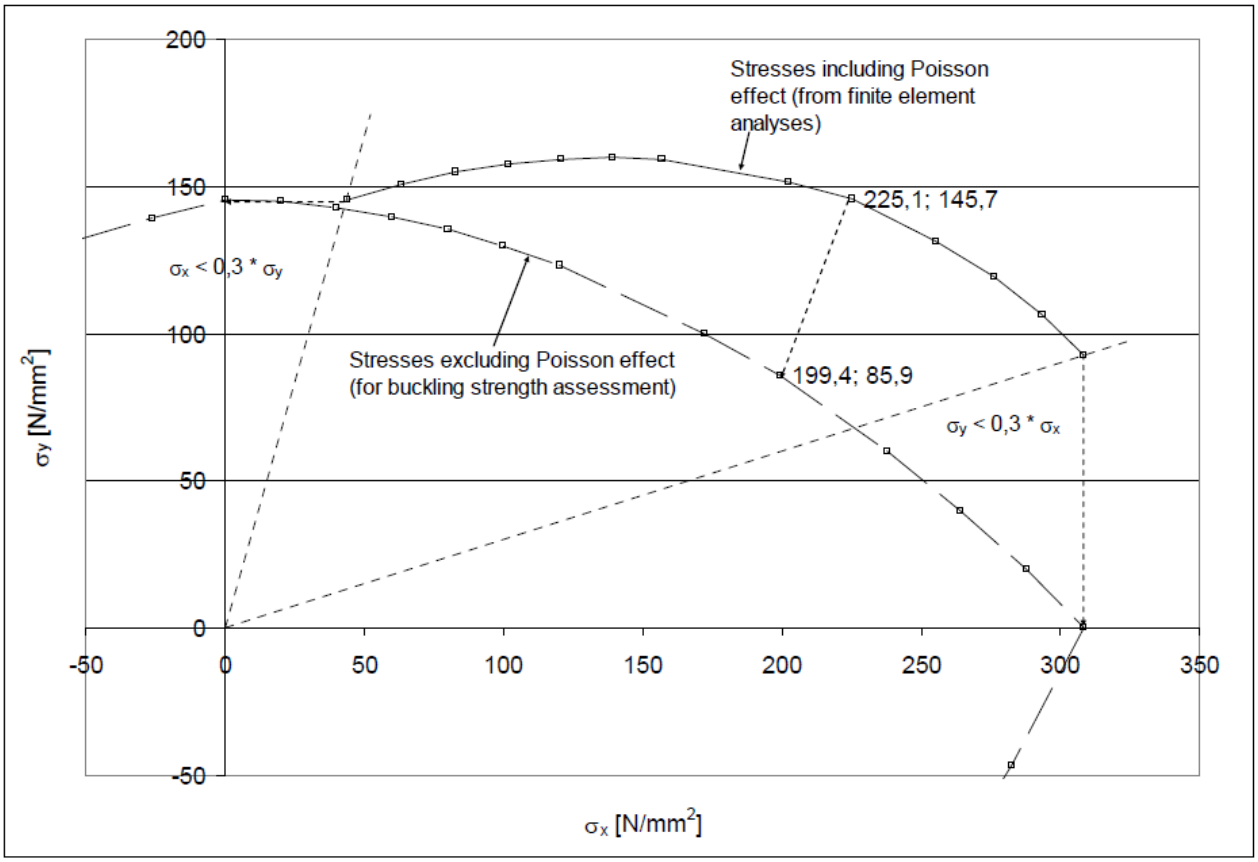

図１　板が単一の各圧縮応力に耐えるよう十分に防撓する旨の要求をしない場合の相関

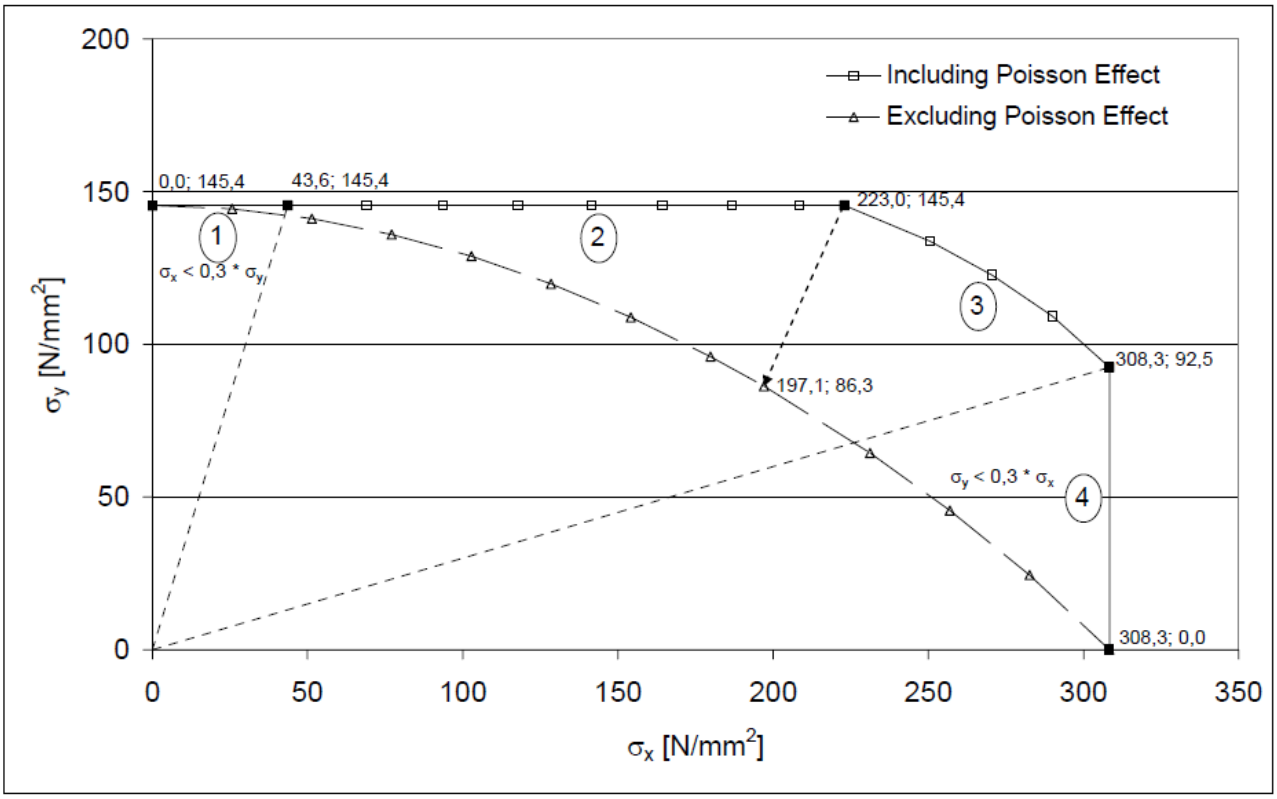

図２　板が単一の各圧縮応力に耐えるよう十分に防撓する旨の要求をする場合の相関

入力値							計算値						相関算式の結果					
FEA の応力			座屈軽減係数			材料	修正応力		係数				修正された単一圧縮応力による評価			IF の正しい使用		
σ_x*	σ_y*	τ	κ_x	κ_y	κ_t	R_{eH}	σ_x	σ_y	B	e_1	e_2	e_3	x 方向単独の圧縮応力による座屈評価	y 方向単独の圧縮応力による座屈評価	相関算式 IF	x 方向単独の圧縮応力による座屈評価	y 方向単独の圧縮応力による座屈評価	相関算式 IF
200	200	0	1.00	1.00	1.00	235	154	154	1.00	2.00	2.00	2.00	0.43	0.43	0.72	0.72	0.72	0.72
200	150	0	1.00	1.00	1.00	235	170	99	1.00	2.00	2.00	2.00	0.53	0.18	0.59	0.72	0.41	0.59
200	100	0	1.00	1.00	1.00	235	187	44	1.00	2.00	2.00	2.00	0.63	0.03	0.54	0.72	0.18	0.54
200	50	0	1.00	1.00	1.00	235	200	0	1.00	2.00	2.00	2.00	0.72	0.00	0.59	0.72	0.05	0.59
200	0	0	1.00	1.00	1.00	235	200	0	1.00	2.00	2.00	2.00	0.72	0.00	0.72	0.72	0.00	0.72
200	-50	0	1.00	1.00	1.00	235	200	-50	1.00	2.00	2.00	2.00	0.72	0.05	0.95	0.72	0.05	0.95
200	-100	0	1.00	1.00	1.00	235	200	-100	1.00	2.00	2.00	2.00	0.72	0.18	1.27	0.72	0.18	1.27
200	-150	0	1.00	1.00	1.00	235	200	-150	1.00	2.00	2.00	2.00	0.72	0.41	1.67	0.72	0.41	1.67
200	-200	0	1.00	1.00	1.00	235	200	-200	1.00	2.00	2.00	2.00	0.72	0.72	2.17	0.72	0.72	2.17
200	200	0	0.70	1.00	1.00	235	154	154	0.17	1.24	2.00	1.70	0.92	0.43	1.88	1.27	0.72	1.88
200	150	0	0.70	1.00	1.00	235	170	99	0.17	1.24	2.00	1.70	1.04	0.18	1.59	1.27	0.41	1.59
200	100	0	0.70	1.00	1.00	235	187	44	0.17	1.24	2.00	1.70	1.17	0.03	1.39	1.27	0.18	1.39
200	50	0	0.70	1.00	1.00	235	200	0	1.00	1.24	2.00	1.70	1.27	0.00	1.14	1.27	0.05	1.14
200	0	0	0.70	1.00	1.00	235	200	0	1.00	1.24	2.00	1.70	1.27	0.00	1.27	1.27	0.00	1.27
200	-50	0	0.70	1.00	1.00	235	200	-50	1.00	1.24	2.00	1.70	1.27	0.05	1.50	1.27	0.05	1.50
200	-100	0	0.70	1.00	1.00	235	200	-100	1.00	1.24	2.00	1.70	1.27	0.18	1.82	1.27	0.18	1.82
200	-150	0	0.70	1.00	1.00	235	200	-150	1.00	1.24	2.00	1.70	1.27	0.41	2.22	1.27	0.41	2.22
200	-200	0	0.70	1.00	1.00	235	200	-200	1.00	1.24	2.00	1.70	1.27	0.72	2.72	1.27	0.72	2.72
200	200	0	0.40	1.00	1.00	235	154	154	0.01	1.03	2.00	1.40	1.66	0.43	2.89	2.17	0.72	2.89

200	150	0	0.40	1.00	1.00	235	170	99	0.01	1.03	2.00	1.40	1.84	0.18	2.57	2.17	0.41	2.57
200	100	0	0.40	1.00	1.00	235	187	44	0.01	1.03	2.00	1.40	2.02	0.03	2.35	2.17	0.18	2.35
200	50	0	0.40	1.00	1.00	235	200	0	1.00	1.03	2.00	1.40	2.17	0.00	2.03	2.17	0.05	2.03
200	0	0	0.40	1.00	1.00	235	200	0	1.00	1.03	2.00	1.40	2.17	0.00	2.17	2.17	0.00	2.17
200	-50	0	0.40	1.00	1.00	235	200	-50	1.00	1.03	2.00	1.40	2.17	0.05	2.40	2.17	0.05	2.40
200	-100	0	0.40	1.00	1.00	235	200	-100	1.00	1.03	2.00	1.40	2.17	0.18	2.71	2.17	0.18	2.71
200	-150	0	0.40	1.00	1.00	235	200	-150	1.00	1.03	2.00	1.40	2.17	0.41	3.12	2.17	0.41	3.12
200	-200	0	0.40	1.00	1.00	235	200	-200	1.00	1.03	2.00	1.40	2.17	0.72	3.62	2.17	0.72	3.62
200	200	0	0.10	1.00	1.00	235	154	154	0.00	1.00	2.00	1.10	6.55	0.43	9.24	8.51	0.72	9.24
200	150	0	0.10	1.00	1.00	235	170	99	0.00	1.00	2.00	1.10	7.25	0.18	8.92	8.51	0.41	8.92
200	100	0	0.10	1.00	1.00	235	187	44	0.00	1.00	2.00	1.10	7.95	0.03	8.69	8.51	0.18	8.69
200	50	0	0.10	1.00	1.00	235	200	0	1.00	1.00	2.00	1.10	8.51	0.00	8.38	8.51	0.05	8.38
200	0	0	0.10	1.00	1.00	235	200	0	1.00	1.00	2.00	1.10	8.51	0.00	8.51	8.51	0.00	8.51
200	-50	0	0.10	1.00	1.00	235	200	-50	1.00	1.00	2.00	1.10	8.51	0.05	8.74	8.51	0.05	8.74
200	-100	0	0.10	1.00	1.00	235	200	-100	1.00	1.00	2.00	1.10	8.51	0.18	9.06	8.51	0.18	9.06
200	-150	0	0.10	1.00	1.00	235	200	-150	1.00	1.00	2.00	1.10	8.51	0.41	9.46	8.51	0.41	9.46
200	-200	0	0.10	1.00	1.00	235	200	-200	1.00	1.00	2.00	1.10	8.51	0.72	9.96	8.51	0.72	9.96
200	200	0	1.00	0.70	1.00	235	154	154	0.17	2.00	1.24	1.70	0.43	1.88	0.72	0.72	1.27	1.88
200	150	0	1.00	0.70	1.00	235	170	99	0.17	2.00	1.24	1.70	0.53	1.52	0.59	0.72	0.89	1.52
200	100	0	1.00	0.70	1.00	235	187	44	0.17	2.00	1.24	1.70	0.63	1.20	0.54	0.72	0.54	1.20
200	50	0	1.00	0.70	1.00	235	200	0	1.00	2.00	1.24	1.70	0.72	0.77	0.59	0.72	0.23	0.77
200	0	0	1.00	0.70	1.00	235	200	0	1.00	2.00	1.24	1.70	0.72	0.72	0.72	0.72	0.00	0.72
200	-50	0	1.00	0.70	1.00	235	200	-50	1.00	2.00	1.24	1.70	0.72	1.13	0.95	0.72	0.23	1.13
200	-100	0	1.00	0.70	1.00	235	200	-100	1.00	2.00	1.24	1.70	0.72	1.63	1.27	0.72	0.54	1.63
200	-150	0	1.00	0.70	1.00	235	200	-150	1.00	2.00	1.24	1.70	0.72	2.16	1.67	0.72	0.89	2.16

200	-200	0	1.00	0.70	1.00	235	200	-200	1.00	2.00	1.24	1.70	0.72	2.72	2.17	0.72	1.27	2.72
200	200	0	1.00	0.40	1.00	235	154	154	0.01	2.00	1.03	1.40	0.43	1.66	2.89	0.72	2.17	2.89
200	150	0	1.00	0.40	1.00	235	170	99	0.01	2.00	1.03	1.40	0.53	1.05	2.33	0.72	1.61	2.33
200	100	0	1.00	0.40	1.00	235	187	44	0.01	2.00	1.03	1.40	0.63	0.46	1.79	0.72	1.07	1.79
200	50	0	1.00	0.40	1.00	235	200	0	1.00	2.00	1.03	1.40	0.72	0.00	1.07	0.72	0.52	1.07
200	0	0	1.00	0.40	1.00	235	200	0	1.00	2.00	1.03	1.40	0.72	0.00	0.72	0.72	0.00	0.72
200	-50	0	1.00	0.40	1.00	235	200	-50	1.00	2.00	1.03	1.40	0.72	0.52	1.43	0.72	0.52	1.43
200	-100	0	1.00	0.40	1.00	235	200	-100	1.00	2.00	1.03	1.40	0.72	1.07	2.15	0.72	1.07	2.15
200	-150	0	1.00	0.40	1.00	235	200	-150	1.00	2.00	1.03	1.40	0.72	1.61	2.88	0.72	1.61	2.88
200	-200	0	1.00	0.40	1.00	235	200	-200	1.00	2.00	1.03	1.40	0.72	2.17	3.62	0.72	2.17	3.62
200	200	0	1.00	0.10	1.00	235	154	154	0.00	2.00	1.00	1.10	0.43	6.55	9.24	0.72	8.51	9.24
200	150	0	1.00	0.10	1.00	235	170	99	0.00	2.00	1.00	1.10	0.53	4.21	7.11	0.72	6.38	7.11
200	100	0	1.00	0.10	1.00	235	187	44	0.00	2.00	1.00	1.10	0.63	1.87	4.98	0.72	4.26	4.98
200	50	0	1.00	0.10	1.00	235	200	0	1.00	2.00	1.00	1.10	0.72	0.00	2.67	0.72	2.13	2.67
200	0	0	1.00	0.10	1.00	235	200	0	1.00	2.00	1.00	1.10	0.72	0.00	0.72	0.72	0.00	0.72
200	-50	0	1.00	0.10	1.00	235	200	-50	1.00	2.00	1.00	1.10	0.72	2.13	3.03	0.72	2.13	3.03
200	-100	0	1.00	0.10	1.00	235	200	-100	1.00	2.00	1.00	1.10	0.72	4.26	5.34	0.72	4.26	5.34
200	-150	0	1.00	0.10	1.00	235	200	-150	1.00	2.00	1.00	1.10	0.72	6.38	7.65	0.72	6.38	7.65
200	-200	0	1.00	0.10	1.00	235	200	-200	1.00	2.00	1.00	1.10	0.72	8.51	9.96	0.72	8.51	9.96
99	99	0	0.50	1.00	1.00	235	76	76	0.03	1.06	2.00	1.50	0.63	0.11	1.01	0.83	0.18	1.01