

7.2

各種の計算例

(1) サンプナンの原理 サンプナン (St-Venant's principle) の原理とは、

弾性体の一部に力を加えたとき、合力と合モーメントが等価であれば、力を加えた箇所から十分離れた場所の応力分布は同じになる。

とする原理です。たとえば、図 7-3 に示すように長さ L 、断面積 S の平板を引っ張ったときの変形を考えると、端面 B の力のかかり方は違っていますが、合力が等しければ、端面 B から十分離れた場所、すなわち端面 A の応力は、ほぼ等しくなるということです。

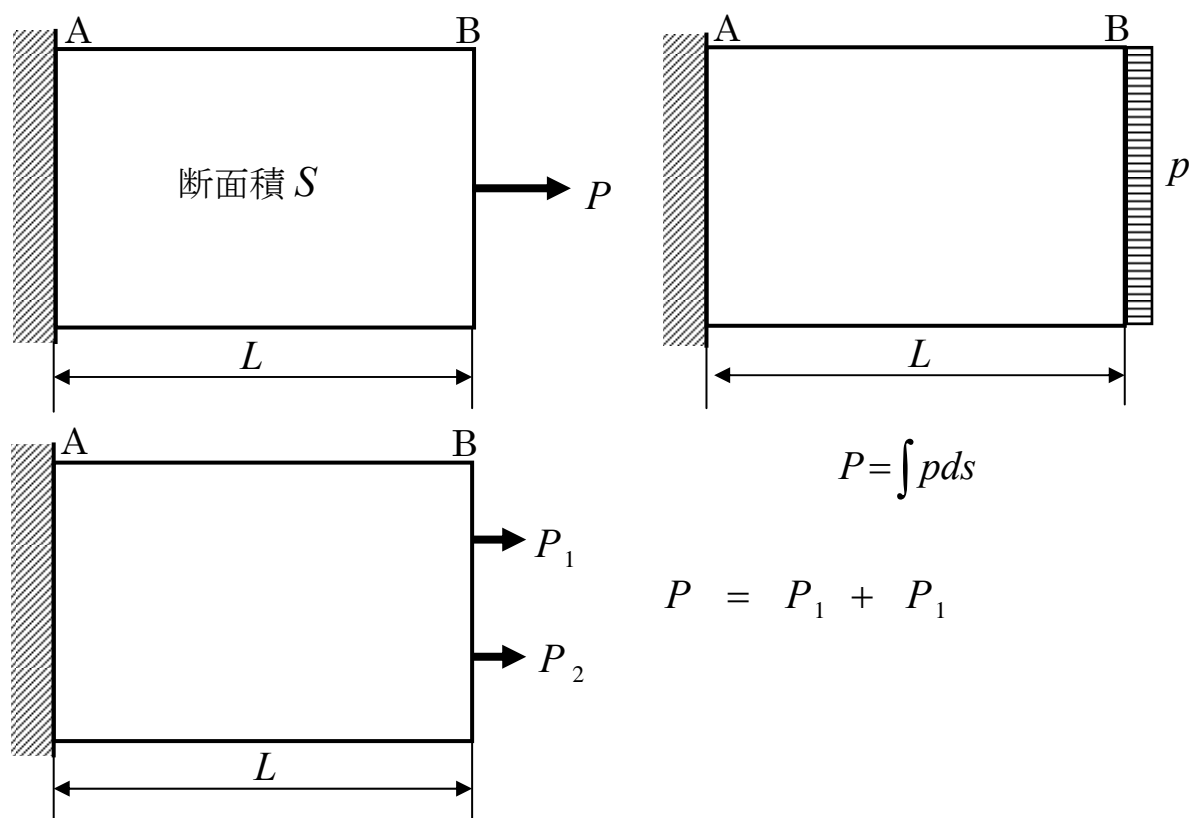


図 7-3 サンプナンの原理

【モデルの作成】 手作業でデータを作ってもよいのですが、まず List7-1 に示すプログラムを作って生成しておきましょう。

7.2 各種の計算例

- ② **解析モデル** 生成された要素分割を以下に示します。なお、番号は節点番号のみ表示しています。

1	14	27	40	53	66	79	92	105	118	131	144	157	170	183	196	209	222	235	248	261
8	21	34	47	60	73	86	99	112	125	138	151	164	177	190	203	216	229	242	255	
2	15	28	41	54	67	80	93	106	119	132	145	158	171	184	197	210	223	236	249	262
9	22	35	48	61	74	87	100	113	126	139	152	165	178	191	204	217	230	243	256	
3	16	29	42	55	68	81	94	107	120	133	146	159	172	185	198	211	224	237	250	263
10	23	36	49	62	75	88	101	114	127	140	153	166	179	192	205	218	231	244	257	
4	17	30	43	56	69	82	95	108	121	134	147	160	173	186	199	212	225	238	251	264
11	24	37	50	63	76	89	102	115	128	141	154	167	180	193	206	219	232	245	258	
5	18	31	44	57	70	83	96	109	122	135	148	161	174	187	200	213	226	239	252	265
12	25	38	51	64	77	90	103	116	129	142	155	168	181	194	207	220	233	246	259	
6	19	32	45	58	71	84	97	110	123	136	149	162	175	188	201	214	227	240	253	266
13	26	39	52	65	78	91	104	117	130	143	156	169	182	195	208	221	234	247	260	
7	20	33	46	59	72	85	98	111	124	137	150	163	176	189	202	215	228	241	254	267

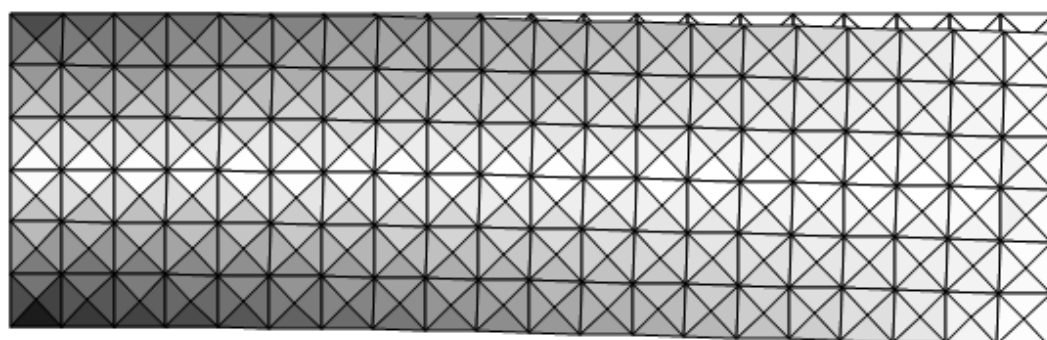
- ③ **境界条件** 変位境界条件として節点番号 1~7 を固定します。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	節点番号	X	Y	X拘束条件	Y拘束条件	X変位	Y変位	X力	Y力
2	1		0	60	1	1			
3	2		0	50	1	1			
4	3		0	40	1	1			
5	4		0	30	1	1			
6	5		0	20	1	1			
7	6		0	10	1	1			
8	7		0	0	1	1			
9	8		5	55					
10	9		5	45					
11	10		5	35					

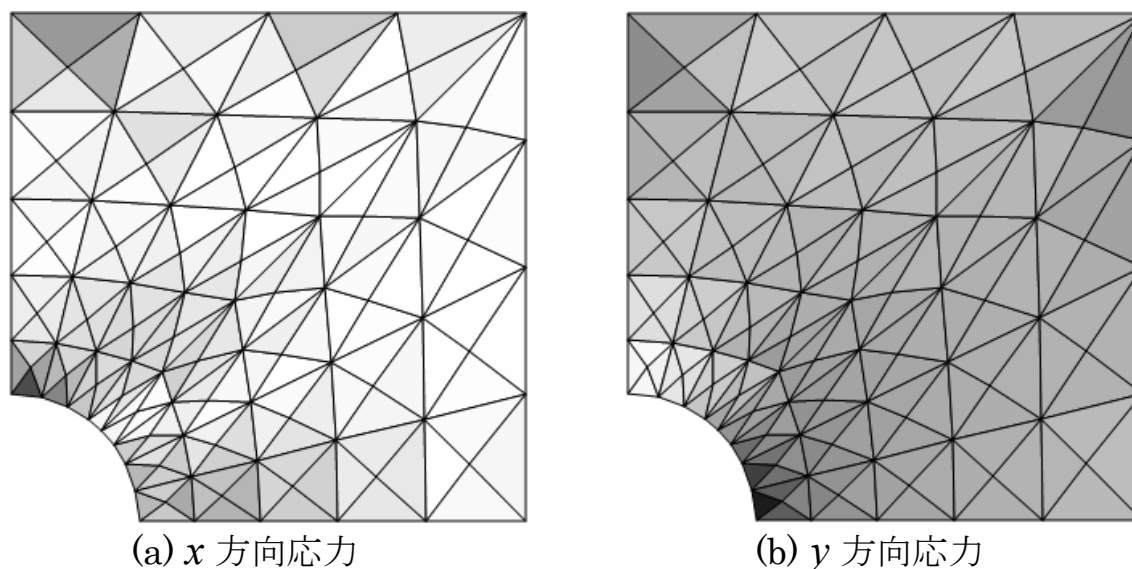
- ④ **荷重指定** 下向き集中荷重を節点番号 264 に加えます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	節点番号	X	Y	X拘束条件	Y拘束条件	X変位	Y変位	X力	Y力
262	261		200	60					
263	262		200	50					
264	263		200	40					
265	264		200	30					-1000
266	265		200	20					
267	266		200	10					
268	267		200	0					

- ⑤ **計算結果** モデル表示に重ねて、変位を 50 倍表示で示し、変位図のほうに応力を色表示で表示しました。



【計算結果】 以下のように円孔の周りに応力が集中していることが分かります。



(6)破壊危険箇所の推定 解析問題によっては、実際に加わる力の大きさや物性値が不明な場合も数多くあります。その代表例が地形における崩壊危険箇所の推定問題です。ヤング率、ポアソン率等どころか、地中内の岩石または地層の構造は不明ですから、力学的な崩壊箇所解析は困難です。現在、統計分析の結果によって崩壊危険箇所を推定しているのが実情です。したがって、一見このような問題には有限要素法は無力なようです。

一方、有限要素法では、要素内の変位は平面近似ですので、力の大きさや物性値を変えても、要素間の相対的な変位や応力の大小関係は変化しません。実際に破壊するかどうかについては、正確な力の大きさや物性値を用いて7.3節に示す強度評価を行わなければなりません。適当に設定した力の大きさや物性値を用いて解析することで、「相対的に」崩壊の危険性が高いかどうかを推定することができます。

【地形の危険箇所推定モデル】 実際には、地中内の岩石種類や地層構造はほとんど分かりませんが、統計的には、縦断方向の傾斜が急でS字型斜面は地震等による崩壊の危険性が高いとされています。そこで、有限要素法を用いて、斜面形状と応力分布の関係を模擬的に確認してみましょう。

まず、形状による傾向をみるだけです。物性値はどのような値でもかまいません。土圧は深さに比例する力であればかまいません。

境界条件は、地下深いところで固定されているものとします。すなわち、図 7-15 のようにモデル化します。なお、標高値を元にしたモデル生成のプログラムについては、「8.1 高さデータからのデータ生成」で示します。ここでは、モデル生成の結果と解析結果を示します。

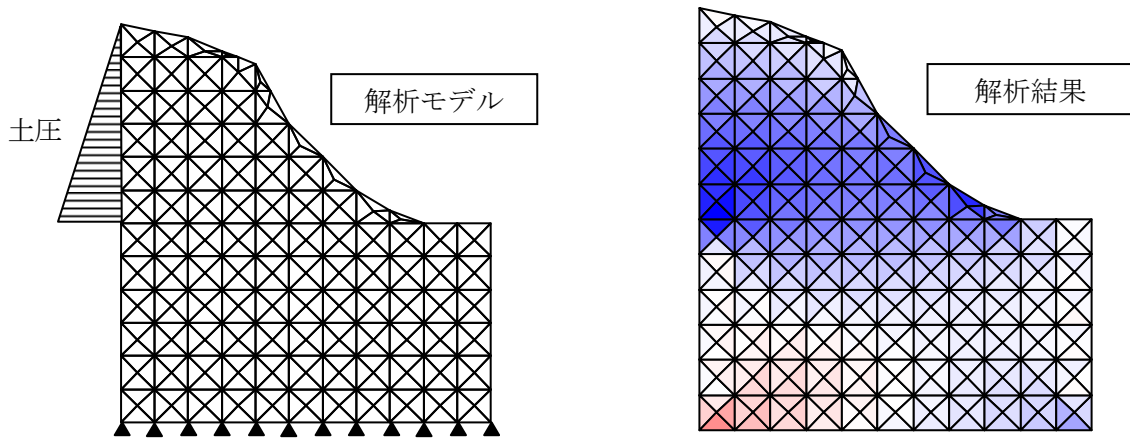


図 7-15 地形崩壊危険箇所推定のモデル

【解析結果】 図 7-15 の右図は上記モデルを実行した結果です。比較するため図 7-16(a)に同じ高さで斜面形状を直線状にした結果を示します。地表面だけの要素の X 方向成分のみを取り出してグラフ化したものを(b)に示します。S 字型斜面の下部分の応力の絶対値が大きくなっています。すなわち、S 字型地形の下方が崩壊する危険性が高いということになります。これは、S 字型斜面の方が崩壊の危険度が高いという統計的な推定に対する有限要素法を用いた理由付けとなっています。

(a)直線状斜面の地形 (b) 直線状斜面と S 字型斜面の応力の違い

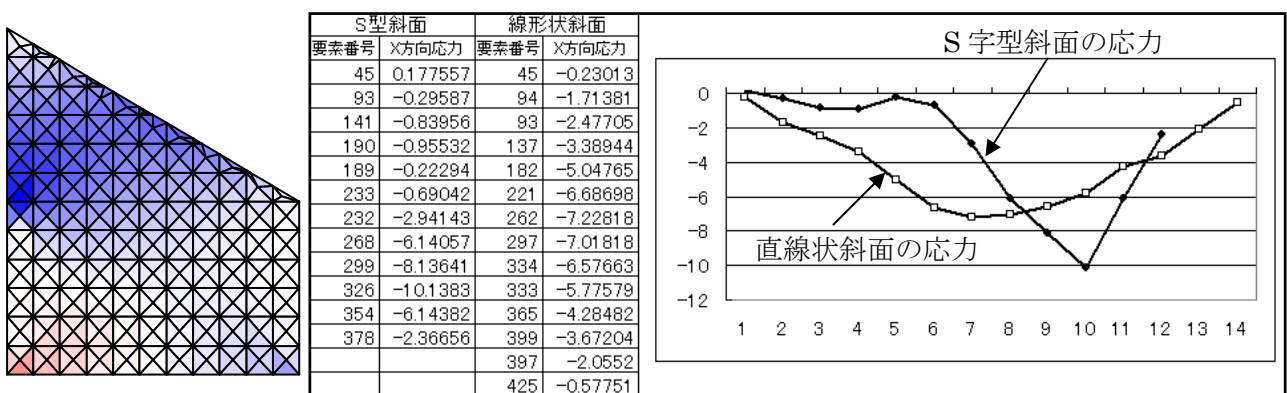
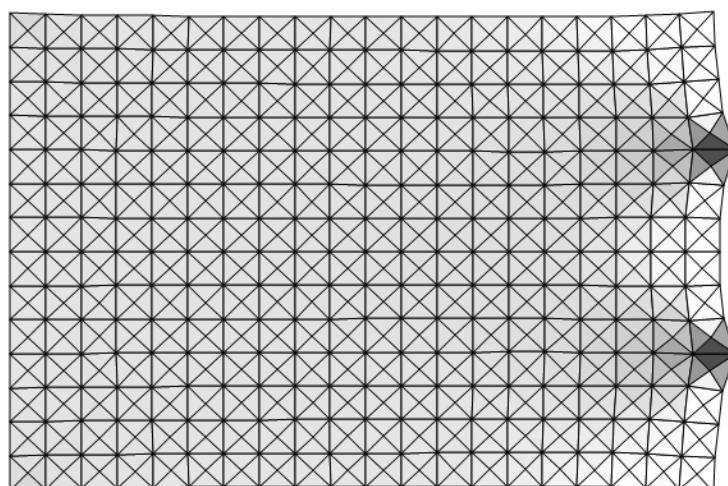


図 7-16 直線状地形と S 型地形の比較

【2点集中荷重による例】 節点番号 585, 591 にそれぞれ集中荷重 3 [kN] を与えます。すなわち, 6 [kN] の1点集中荷重との等価荷重です。

1	A 節点番号	B X	C Y	D X拘束条件	E Y拘束条件	F X変位	G Y変位	H X力
582	581	200	0					
583	582	200	10					
584	583	200	20					
585	584	200	30					
586	585	200	40					3000
587	586	200	50					
588	587	200	60					
589	588	200	70					
590	589	200	80					
591	590	200	90					
592	591	200	100					3000
593	592	200	110					
594	593	200	120					
595	594	200	130					
596	595	200	140					

1点集中荷重と同様, 変位を 200 倍として応力の色分けも一緒に示すと以下のようになります。80 [mm] 以上ではほぼ一定の応力になっていることが分かります。



【分布荷重による例】 分布荷重に等価な集中荷重として節点番号 581~595 に荷重 0.4 [kN] を与えます。すなわち, $0.4 \times 15 = 6$ [kN] の1点集中荷重との等価荷重を与えます。