

ダイナミック・マスを付加した構造物の部材応力に関する研究
その 2 : D.M.を付加した際にスラブに生じるせん断力及び柱の軸力についての検討
Study on the stress in the structural member of response controlled structure with D.M.
Part2 Adding the D.M. and examining shear force generated in the slab and axial force on column

○杭雅琨⁴, 古橋剛¹, 張柏², 土田堯章³

*Gakon Ko⁴, Takeshi Furuhashi¹, Haku Cho², Takaaki Tsuchida³

In this paper, add the Dynamic Mass to the model that is made in the part 1, and examine the shear force generated in the slab and the axial force on column. Finally, draw a conclusion of this study.

2.1.はじめに

前報その 1 では、動的解析時に生じるスラブのせん断力が静的解析時よりも大きくなる可能性があることを示した。また、偏心率とスパン数が増加するに従って、スラブに生じるせん断力が大きくなることを示した。

本報その 2 では、その 1 で作成した検討モデルにダイナミック・マスを付加し、スラブに生じるせん断力及び柱の軸力について検討を行う。

2.2.ダイナミック・マスの付加

D.M.を付加する方法は既往の研究で提案されている完全モード制御法、擬似モード制御法、及び部分モード制御法である。擬似モード制御法において、D.M.設置層は下部 3 層とする。また、部分モード制御法において、制御対象モードは 2, 3, 4 次モードとし、D.M.設置層は下部 3 層とする。付加する D.M.量は参考文献を基に算出した。求めた D.M.量を各制御法ごとに Table-2.1 に示す。

Table-2.1a. The mass of the Dynamic Mass –Full mode-

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
7層	83.31	104.14	124.96	145.79	166.62	187.45	208.27
6層	256.84	321.05	385.26	449.47	513.68	577.90	642.11
5層	548.82	686.02	823.23	960.43	1097.64	1234.84	1372.05
4層	988.88	1236.10	1483.31	1730.53	1977.75	2224.97	2472.19
3層	1607.87	2009.83	2411.80	2813.77	3215.73	3617.70	4019.67
2層	2437.63	3047.04	3656.45	4265.86	4875.26	5484.67	6094.08
1層	3511.03	4388.79	5266.54	6144.30	7022.06	7899.81	8777.57

Table-2.1b. The mass of the Dynamic Mass – Pseudo mode -

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
3層	443.84	554.80	665.76	776.72	887.68	998.64	1109.60
2層	1138.97	1423.71	1708.45	1993.19	2277.93	2562.67	2847.41
1層	2156.10	2695.12	3234.14	3773.17	4312.19	4851.22	5390.24

Table-2.1c. The mass of the Dynamic Mass –Partial mode-

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
3層	988.40	1220.04	1445.97	1666.39	1881.49	2091.46	2296.50
2層	1558.48	1916.99	2264.22	2600.69	2926.88	3243.24	3550.22
1層	2332.26	2857.84	3363.04	3848.98	4316.72	4767.22	5201.41

D.M.の設置方法は、求めた D.M.量をモデル両端に二分して設置するものとする。尚、設置する方向は X 方向とし、取付け部剛性等は考慮しないものとする。

2.3.解析方法

本論文では D.M.を付加したモデルに加える静的外力を求める。まず、D.M.を付加したモデルに対し予備解析を行い、最大層加速度を求める。その最大層加速度に層質量を乗じ、得られる慣性力を設計用地震外力とする。この際、D.M.の反力は考慮しないものとする。

この設計用地震外力を構造体の層質量に対する節点質量の比で分配したものを静的外力として用いるが、地震外力を分配する際、D.M.により生じる慣性質量は考慮しないものとする。

2.4.解析結果-柱の軸力について-

まず、その 1 で述べた解析方法で柱の軸力について検討を行う。Table-2.2 及び Table-2.3 に解析結果を示す。

The greatest axial force(kN)on column

Table-2.2. Dynamic analysis(R=0.00)- Full Mode Control

層	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1
8層	208.47	208.13	208.40	208.59	208.38	208.12	208.45
7層	831.70	832.78	834.49	835.24	834.42	832.68	831.55
6層	1870.13	1874.35	1878.64	1880.31	1878.48	1874.08	1869.77
5層	3323.20	3332.34	3340.39	3343.36	3340.11	3331.84	3322.52
4層	5189.93	5205.90	5218.92	5223.56	5218.49	5205.11	5188.91
3層	7470.14	7494.70	7513.83	7520.50	7513.22	7493.58	7468.71
2層	10154.40	10196.28	10224.21	10233.29	10223.27	10194.39	10151.97
1層	13375.19	13368.40	13364.99	13363.63	13363.88	13366.18	13372.33

Table-2.3. Dynamic analysis (R=0.15) - Full Mode Control

層	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1
8層	169.95	174.18	181.09	190.43	200.66	206.01	214.45
7層	685.70	697.18	727.85	761.86	799.53	833.20	858.70
6層	1556.39	1579.95	1644.56	1712.76	1789.75	1867.85	1917.16
5層	2797.45	2836.49	2937.51	3043.39	3166.70	3301.88	3380.78
4層	4467.29	4514.18	4628.37	4754.45	4912.31	5096.63	5243.08
3層	6651.77	6680.68	6749.16	6844.89	6982.96	7158.82	7405.94
2層	9574.07	9404.36	9311.18	9327.93	9382.66	9471.55	9531.33
1層	13632.80	12849.88	12263.86	12184.86	12148.89	12179.67	12237.82

表示している結果は Model-6-0.00 及び Model-6-0.15 における柱の最大圧縮軸力であり、長期荷重による軸力を除いた値である。動的解析結果は完全モード制御によるもので、地震波は El-Centro1940 NS を用いている。解析結果の色分けは、動的解析より得られた柱の軸力が静的解析時よりも小さい場合を青で示している。

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大理工・院(前)・建築 3 : 青木あすなろ建設株式会社 4 : 日大理工・研究生・建築学

Table-2.2 及び Table-2.3 から、偏心率によらず、動的解析により得られた柱の軸力は全モデルの全層で静的解析による値を下回っていることが分かる。

また、柱の軸力に関して、ダイナミック・マスを付加したフレーム系の軸力は周囲のフレーム系と同等であり、大きな変化が無いことが分かる。偏心している場合、構造体にねじれ振動が発生し、建物内に変位差が生じた為、両端の柱の軸力に差が生じ、その結果、転倒モーメントにも差が生じたことが分かる。

2.5.解析結果-スラブのせん断力について-

続いてスラブに生じるせん断力について検討を行う。

Table-2.4, Table-2.5 及び Table-2.6 に解析結果を示す。

Q (スラブに生じるせん断力)/ f (スラブの短期許容せん断力)

1~2 ■ 2~3 ■ 3~5 ■ 5~ ■

Shear force(kN)generated in the slab

Table-2.4a. Static analysis(Full Mode Control)

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
8層	45.09	55.10	73.75	95.56	119.26	144.48	179.75
7層	40.23	50.16	64.57	86.38	105.88	129.77	152.07
6層	33.45	43.43	61.38	72.69	95.06	108.14	144.96
5層	29.95	37.58	50.98	59.72	79.34	95.70	114.13
4層	25.61	32.06	41.80	52.58	63.44	80.00	96.83
3層	18.36	21.85	29.33	40.55	48.48	62.10	70.98
2層	13.46	16.52	23.73	29.73	36.18	46.00	55.42
1層	9.38	12.18	15.98	20.65	25.85	30.93	37.87

Table-2.4b. Dynamic analysis(Full Mode Control)

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
8層	55.10	57.42	64.29	76.59	88.46	99.91	117.05
7層	34.35	28.64	40.53	52.68	72.93	85.93	95.56
6層	78.97	123.70	164.78	213.33	261.56	308.54	348.46
5層	150.29	225.14	316.61	413.62	510.46	607.19	715.97
4層	224.20	358.93	515.14	675.19	834.88	1006.55	1171.10
3層	313.71	491.92	690.96	878.52	1263.68	1861.26	2330.98
2層	398.47	657.47	1160.81	1729.55	2267.69	3187.17	4641.41
1層	535.10	1140.07	1575.87	2284.38	3550.76	3645.18	4712.51

Table-2.5a. Static analysis(Pseudo Mode Control)

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
8層	46.53	56.85	76.10	98.60	123.04	149.04	182.63
7層	40.47	50.46	64.95	86.90	106.53	130.57	153.30
6層	34.00	44.12	62.31	73.88	96.53	109.88	135.68
5層	29.67	37.24	50.52	59.13	78.57	94.75	115.87
4層	23.73	29.76	38.74	48.63	58.56	74.12	87.29
3層	16.60	19.70	26.46	36.81	43.85	56.50	69.14
2層	12.37	15.20	21.98	27.49	33.42	42.70	50.87
1層	10.52	13.56	17.79	22.94	28.61	34.18	41.38

Table-2.5b. Dynamic analysis(Pseudo Mode Control)

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
8層	82.07	115.39	151.04	182.86	203.94	226.20	240.23
7層	75.05	98.06	125.17	155.49	181.20	202.57	217.31
6層	64.90	85.72	108.02	134.34	158.80	177.53	191.34
5層	52.24	70.41	91.85	112.18	131.61	144.87	161.31
4層	36.18	48.20	62.49	75.77	83.07	88.83	99.63
3層	363.34	563.28	735.80	934.13	1081.92	1187.09	1402.70
2層	564.82	989.54	1240.38	1541.20	1965.81	2374.99	2454.47
1層	907.18	1338.64	2173.29	3009.04	3640.79	4717.14	6533.38

Table-2.6a. Static analysis(Partial Mode Control)

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
8層	37.34	45.64	61.07	79.13	98.74	119.60	146.57
7層	32.13	40.09	51.55	69.06	84.61	103.79	121.66
6層	28.45	36.91	52.10	61.82	80.74	91.95	113.52
5層	25.94	32.51	44.08	51.85	68.66	82.80	101.26
4層	21.23	26.59	34.66	43.59	52.59	66.35	78.31
3層	14.68	17.44	23.43	32.50	38.82	49.88	61.07
2層	11.54	14.17	20.34	25.53	31.08	39.50	47.16
1層	10.10	12.94	16.97	21.86	27.25	32.53	39.39

Table-2.6b. Dynamic analysis(Partial Mode Control)

層	Model-3	Model-4	Model-5	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9
8層	80.21	104.00	134.35	164.81	195.02	225.44	267.88
7層	69.58	91.41	115.48	144.70	173.21	202.20	240.95
6層	62.54	82.46	105.01	130.87	156.77	182.83	217.36
5層	52.76	67.83	87.79	109.06	129.29	148.79	173.78
4層	31.47	33.80	41.79	67.12	95.93	128.03	161.29
3層	709.60	992.16	1358.51	1743.87	2115.39	2485.07	2794.90
2層	429.82	613.33	861.78	1090.66	1296.07	1521.68	1889.66
1層	505.50	779.75	1045.77	1499.70	1944.08	2563.50	3380.25

表示している結果は Model-N-0.15 のモデルにおける X1-X2 間のスラブに生じているせん断力であり、動的解析結果は El-Centro 1940 NS を用いた場合である。

Table-2.4b, Table-2.5b 及び Table-2.6b から、動的解析を行った場合、特に下層部においてスラブに大きなせん断力が生じていることが分かる。検討モデルのスラブ厚は 200mm、コンクリートの設計基準強度 $F_c=24$ と設定している為、スラブの短期許容せん断力は 1110kN である。しかし、この値を遥かに上回るせん断力がスラブに生じていることが分かる。これは、各モデルに加える設計用地震力を求める際、D.M.の反力が考慮されていない為だと考えられる。

以上のことから、構造体に D.M.を付加した場合、D.M.の反力を考慮し、スラブに生じるせん断力について十分な検討を行う必要があると言える。

2.6.まとめ

前報その 1 では動的解析時に生じるスラブのせん断力が静的解析時の 2 倍以上となる可能性があることを示した。また偏心率とスパン数が増加すると、スラブに生じるせん断力も増加する傾向にあることを示した。

本報その 2 では、検討モデルに D.M.を付加し、柱の軸力及びスラブに生じるせん断力について検討を行った。その結果、柱の軸力に関して D.M.を付加したフレーム系の軸力は周囲のフレーム系と同等であり、大きな変化が無いことが分かった。しかし、偏心している場合はねじれ振動による変位差により軸力が変動することを確認した。スラブに生じるせん断力については静的解析時を遥かに上回るせん断力がスラブに生じていることが分かった。このことからスラブの設計を行う際、スラブに生じるせん断力について十分な検討を行う必要があると言える。

【参考文献】

- 1).石丸辰治, 秦一平, 古橋剛: 擬似モード制御による D.M.同調システムの簡易設計法, 日本建築学会構造系論文集 第 661 号, pp.509-517, 2011.3
- 2).登坂遼太郎, 古橋剛, 石丸辰治: D.M.を用いたモード制御に関する基礎的研究, 日本建築学会大会梗概集, 2012.9