

幾何剛性によるP- Δ 効果について

～P- Δ 効果は幾何剛性を用いることで考慮できるのか？～
(転倒モーメントに着目した確認)

『Super Build／SS7』

ユニオンシステム株式会社

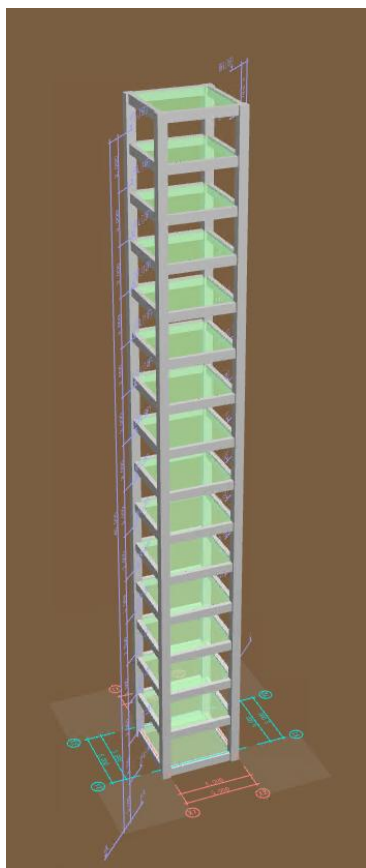
2026/02/01

概要

- 『SS7』では、 $P-\Delta$ 効果による幾何剛性を考慮した部材剛性で応力解析を行うことができます。
- 幾何剛性を考慮した部材剛性を用いることで増分解析時のステップごとの結果が $P-\Delta$ 効果を考慮したものとなります。
- 1階の転倒モーメントに重量と水平変位による付加モーメントが考慮されているか確認します。

検証モデル

- 検証モデルは、以下のような15階1×1スパンのRC造とします。
※P- Δ 効果を確認しやすいように1スパンとしました。

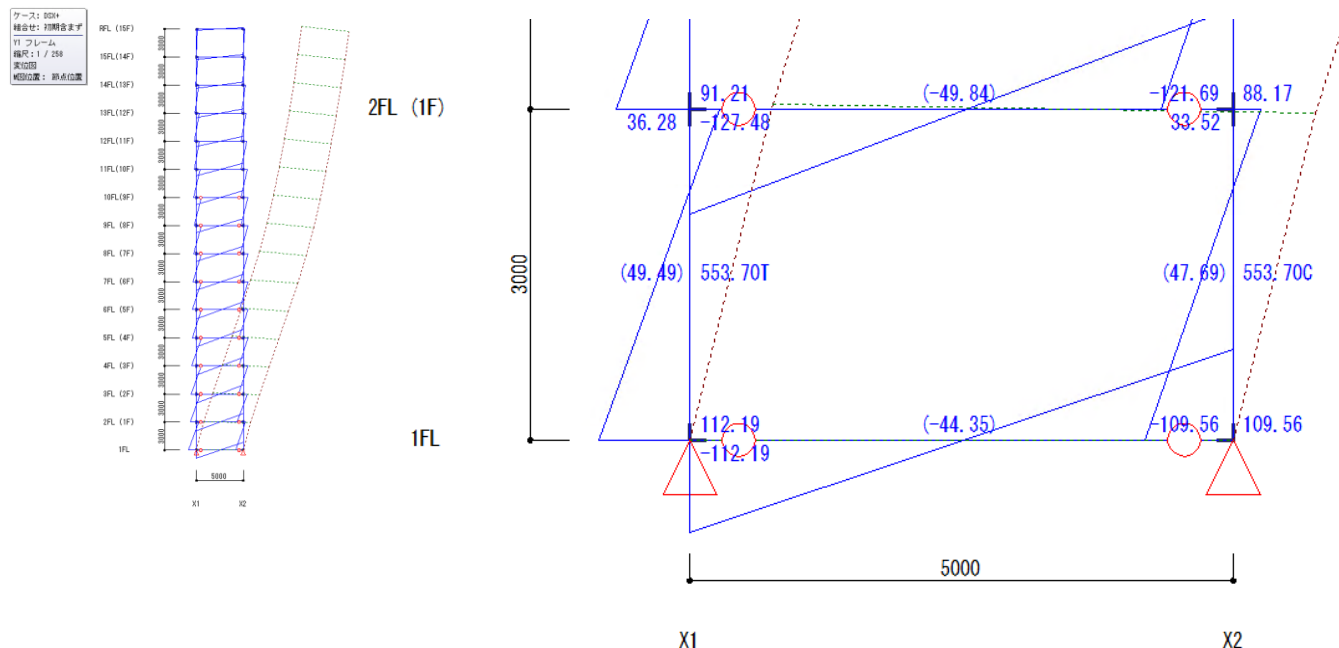


階高 : 1m
スパン : 5m
柱 : 600×600
梁 : 300×600

増分解析 : Newton-Raphson 法

部材応力による転倒モーメント

- 幾何剛性を考慮した変位と応力は以下ようになります。
※ねじれはありません。
- 柱脚部のモーメントと柱の軸力より、1階の転倒モーメントは、5980.5kNmとなります。



1階柱脚部のモーメントの合計

$$112.19 \times 2 + 109.56 \times 2 = 443.5 \text{ kNm}$$

1階柱の軸力による建物中心のモーメント

$$(553.7 \times 2.5 \times 2) \times 2 = 5537.0 \text{ kNm}$$

1階の転倒モーメント

$$443.5 + 5537.0 = 5980.5 \text{ kNm}$$

外力と付加曲げによる転倒モーメント①

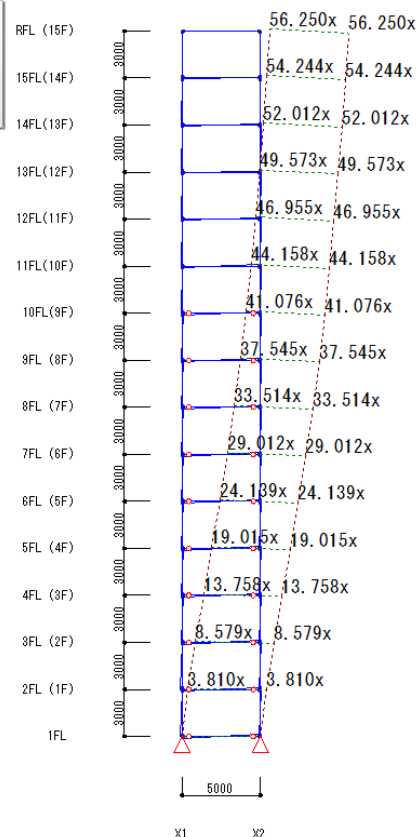
- 解析結果の水平変位を用いて、水平力と高さによる1階柱脚部のモーメントと、重量と水平変位による1階柱脚部の付加モーメントを算出します。

Q-δ(二次) - 結果1

結果1 | DSX+ | 全階

階	ステップ	Q					層間変位	
		合計	柱	梁	ブレース	壁	重心位置	最大
		kN	kN	kN	kN	kN	mm	mm
15F	5	31.7	31.7	0.0	0.0	0.0	2.0055	2.0055
14F	5	53.8	53.8	0.0	0.0	0.0	2.2329	2.2329
13F	5	72.3	72.3	0.0	0.0	0.0	2.4383	2.4383
12F	5	88.7	88.7	0.0	0.0	0.0	2.6183	2.6183
11F	5	103.5	103.5	0.0	0.0	0.0	2.7973	2.7973
10F	5	116.9	116.9	0.0	0.0	0.0	3.0816	3.0816
9F	5	129.0	129.0	0.0	0.0	0.0	3.5309	3.5309
8F	5	140.0	140.0	0.0	0.0	0.0	4.0316	4.0316
7F	5	149.8	149.8	0.0	0.0	0.0	4.5023	4.5023
6F	5	158.6	158.6	0.0	0.0	0.0	4.8728	4.8728
5F	5	166.4	166.4	0.0	0.0	0.0	5.1236	5.1236
4F	5	173.2	173.2	0.0	0.0	0.0	5.2577	5.2577
3F	5	179.0	179.0	0.0	0.0	0.0	5.1783	5.1783
2F	5	183.8	183.8	0.0	0.0	0.0	4.7698	4.7698
1F	5	187.7	187.7	0.0	0.0	0.0	3.8097	3.8097

ケース: DSX+
 組合せ: 初期含まず
 Y1 フレーム
 縮尺: 1 / 260
 変位図・値 [mm, rad]
 M図位置: 節点位置



外力と付加曲げによる転倒モーメント②

- 水平力と高さによる1階柱脚部のモーメントと、重量と水平変位による1階柱脚部の付加モーメントの合計は、5982.7kNmとなります。

層	h[m]	Pi[kN]	Mi[kNm]	wi[kN]	δi [mm]	wi δ [kNm]
RFL	45	31.7	1426.5	296.8	56.250	16.69
15FL	42	22.1	928.2	356.0	54.244	19.31
14FL	39	18.5	721.5	356.0	52.012	18.52
13FL	36	16.4	590.4	356.0	49.573	17.65
12FL	33	14.8	488.4	356.0	46.955	16.72
11FL	30	13.4	402.0	356.0	44.158	15.72
10FL	27	12.1	326.7	356.0	41.076	14.62
9FL	24	11.0	264.0	356.0	37.545	13.37
8FL	21	9.8	205.8	356.0	33.514	11.93
7FL	18	8.8	158.4	356.0	29.012	10.33
6FL	15	7.8	117.0	356.0	24.139	8.59
5FL	12	6.8	81.6	356.0	19.015	6.77
4FL	9	5.8	52.2	356.0	13.758	4.90
3FL	6	4.8	28.8	356.0	8.579	3.05
2FL	3	3.9	11.7	356.0	3.810	1.36
1階柱脚部のモーメント			5803.2	1階柱脚部の付加モーメント		179.5

まとめ

- 幾何剛性を考慮した部材応力による1階柱脚部のモーメント（5980.5kNm）と、外力と付加曲げによる1階柱脚部のモーメント（5982.7kNm）はほぼ一致しました。
- 幾何剛性を考慮した解析結果に、P- Δ 効果が考慮されていることを確認しました。

補足 P-△効果による付加せん断力から 1階柱脚部の付加モーメントを算出

- 『SS7』では、P-△効果によって増加したせん断力 Q_{pd} を確認することができます。
- Q_{pd} を用いて、水平力と高さによる1階柱脚部のモーメントを算出すると、179.5kNとなり、重量と水平変位による1階柱脚部の付加モーメント $\sum w_i \delta$ と一致します。

Q-δ(全体) - 結果1

結果1 | DSX+ | 全階

階	ステップ°	Qpd				
		合計	柱	梁	ブレース	壁
		kN	kN	kN	kN	kN
15F	5	0.199	0.199	0.000	0.000	0.000
14F	5	0.486	0.486	0.000	0.000	0.000
13F	5	0.820	0.820	0.000	0.000	0.000
12F	5	1.191	1.191	0.000	0.000	0.000
11F	5	1.604	1.604	0.000	0.000	0.000
10F	5	2.132	2.132	0.000	0.000	0.000
9F	5	2.861	2.861	0.000	0.000	0.000
8F	5	3.745	3.745	0.000	0.000	0.000
7F	5	4.716	4.716	0.000	0.000	0.000
6F	5	5.681	5.681	0.000	0.000	0.000
5F	5	6.581	6.581	0.000	0.000	0.000
4F	5	7.377	7.377	0.000	0.000	0.000
3F	5	7.879	7.879	0.000	0.000	0.000
2F	5	7.823	7.823	0.000	0.000	0.000
1F	5	6.700	6.700	0.000	0.000	0.000

層	h[m]	Qpd[kN]	Pi[kN]	Mi[kNm]
RFL	45	0.199	0.199	8.96
15FL	42	0.486	0.287	12.05
14FL	39	0.820	0.334	13.03
13FL	36	1.191	0.371	13.36
12FL	33	1.604	0.413	13.63
11FL	30	2.132	0.528	15.84
10FL	27	2.861	0.729	19.68
9FL	24	3.745	0.884	21.22
8FL	21	4.716	0.971	20.39
7FL	18	5.681	0.965	17.37
6FL	15	6.581	0.900	13.50
5FL	12	7.377	0.796	9.55
4FL	9	7.879	0.502	4.52
3FL	6	7.823	-0.056	-0.34
2FL	3	6.700	-1.123	-3.37
1階柱脚部のモーメント				179.4