

コンクリート 乾燥収縮 有限要素法
逐次積分法 ひび割れ Pushover

1. はじめに

本報は、前報¹⁾に引き続いて、Pushover 解析結果と前報とのまとめを報告する。

2. Pushover 解析と保有水平耐力

Pushover 解析は、各層の水平力を建築基準法における A_i 分布（建物の高さ方向の層せん断力係数）に基づいた各層の比となるように設定し、徐々に増分させた。この水平力は、各層の床スラブの FEM モデルの節点に作用させ、その各層の合計の比が A_i 分布と同等になるようにした。また、Pushover 解析後は、層間変形角と層せん断力との関係を求め、限界変形角を 1/100 として、最初にこの限界変形角に達した時点での 1 階の層せん断力を保有水平耐力とした。なお、Pushover 解析は、市販ソフト²⁾によっても比較用として無収縮モデルで実施した。

3. 市販構造解析ソフトによる場合

図-1 に、市販の一環構造計算ソフト「Super Build/SS3²⁾」による解析結果として、層間変形角（桁行方向）と層せん断力との関係を示す。1/100 を限界変形角とし、最大層間変形角がこの値に達した時点まで図示してある。本解析では、3 階の層間変形角が最大となった。このときの 1 階の層せん断力は 4413kN となった。

4. 乾燥収縮ひずみ作用後の解析

図-2 に、乾燥収縮ひずみ作用後の Pushover 解析による変形例を示す。これは、4 階の層間変形角が最大となり、限界変形である 1/100 に達した時点のものである。梁端部に曲げ変形による大きな塑性ひずみ（3 方向ひずみベクトルの絶対値）が低層階から中層階において生じていることが観察された。

図-3~6 に、Pushover 解析を行った解析 1~6 のうち、代表的な例を示す。1/100 の層間変形角（限界変形角）に達する階は、低収縮ひずみの場合は、SS3 の解析結果と同様に 3 階であったが、収縮ひずみが大きくなると、その階数は高くなる傾向を示した。また、限界変形角に達する時点の 1 階の層せん断力を保有水平耐力とした場合には、その値は収縮ひずみが大きくなるほど小さくなる傾向を示した。

これらの結果をまとめたものを、表-1 および図-7

に示す。SS3 の計算結果に対する乾燥収縮ひずみのない場合の計算結果との比は、1.05 であり、ほぼ同等の結果となった。また、乾燥収縮のない場合に対して収縮のある場合の値の比は、目標乾燥収縮ひずみが 400×10^{-6} で 0.861, 800×10^{-6} で 0.654, 1000×10^{-6} で 0.544 であった。 1000×10^{-6} 程度作用した場合には 50% 近く低下する結果となった。

このように収縮ひずみが大きくなるほど、保有水平耐力の算定値が小さくなる要因のとして、前報¹⁾その 3 で示した図-13~15 のように梁に引張応力が生じ、梁部材の曲

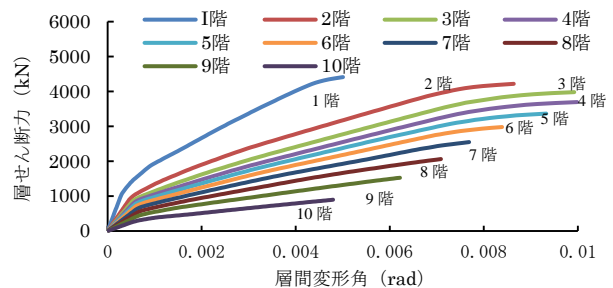


図-1 層間変形角と層せん断力との関係 (SS3 による)

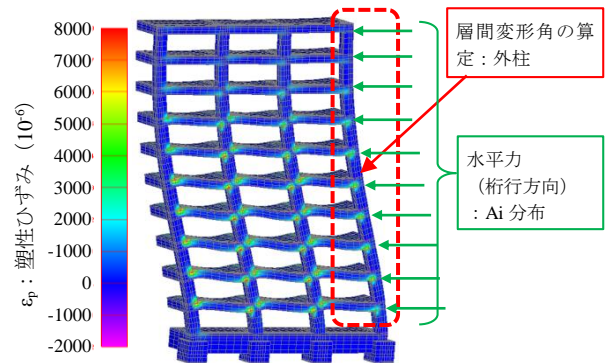


図-2 Pushover 解析での塑性ひずみ (解析 4)

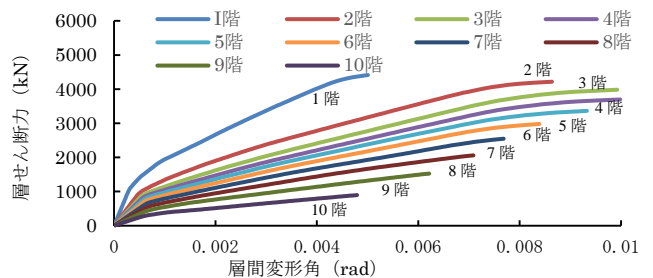


図-3 層間変形角と層せん断力との関係 (解析 1)

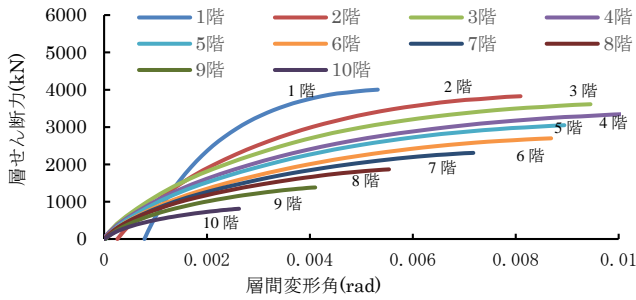


図-4 層間変形角と層せん断力との関係 (解析 3)

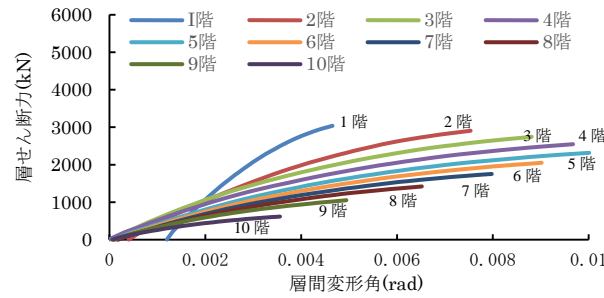


図-5 層間変形角と層せん断力との関係 (解析 5)

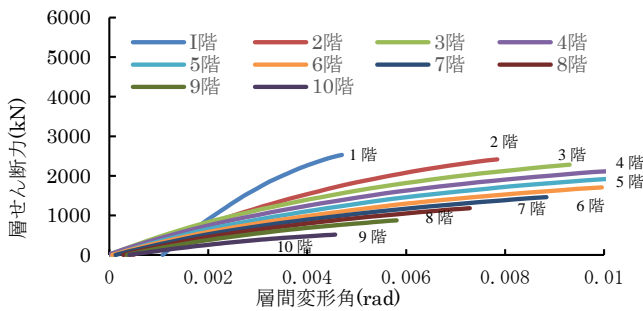


図-6 層間変形角と層せん断力との関係 (解析 6)

表-1 保有水平耐力

解析番号	乾燥収縮ひずみ (×10 ⁻⁶)	限界変形角の到達階	保有水平耐力 (kN)	無収縮に対する比
構造解析ソフト SS3	0	3	4413	—
「Soft OCU」による解析	1	3	4648	1.000
	2	3	4382	0.943
	3	4	4002	0.861
	4	4	3613	0.809
	5	4	3039	0.654
	6	5	2527	0.544

げ耐力が低下したこと、あるいは図-16~18¹⁾のように梁部材の塑性ひずみ(ひび割れ歪み)が増大することによって梁の曲げ剛性が低下したこと、さらに、図-9¹⁾に示したように層間変形が生じて低層階の柱脚部や各層の梁端部に塑性ひずみが生じたことなどによって、建物の構造性能が低下したことが考えられる。ただし、本研究だ

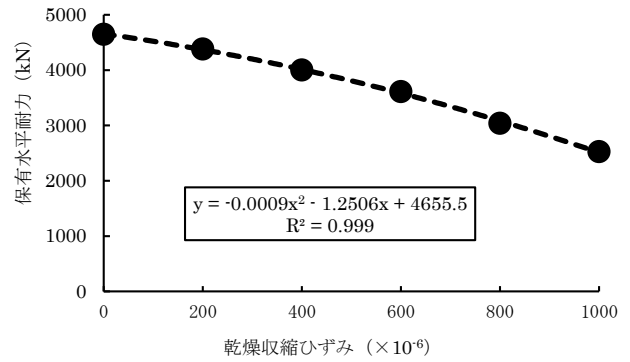


図-7 層間変形角と層せん断力との関係 (解析 6)

けでは、これらの要因は明確にはならないので、今後はさらに詳細な検討が必要である。

5. まとめ

著者らが開発した3次元非線形解析用ソフトウェア「Soft-OCU」によって、鉄筋コンクリート造ラーメン構造の乾燥収縮ひび割れ解析と、それに引き続いて Pushover 解析を行った結果のまとめを以下に記す。

- 1) 乾燥収縮ひずみが生じると水平部材には層間変形が生じ、それは下層階になるほど大きくなる。そのため、1階の柱脚には塑性ひずみが生じる。
- 2) 同様に、乾燥収縮ひずみが生じると、梁は柱や基礎梁などの拘束を受け、軸方向に引張力を受けるとともに、その値は引張強度を超えて、ひび割れが生じる。
- 3) ひび割れによる塑性ひずみは低層階ほど大きくなる傾向を示すが、乾燥収縮ひずみが大きくなると上層階にも塑性ひずみは生じる。
- 4) 乾燥収縮ひずみが生じた後に Pushover 解析を行って保有水平耐力を求めた場合、乾燥収縮ひずみ大きいほど保有水平耐力は低下した。これは、乾燥収縮ひずみによって梁に引張応力やひび割れが生じることや、低層階の柱脚部が損傷されることなどによって、建物の水平方向の構造性能が低下したことによるものと考えられる。
- 5) 本解析で適用した限界変形角の適否やこのような構造性能の低下の要因についてはさらに詳細な検討が必要である。

[参考文献]

- 1) 植田健太, ほか: 自己歪が鉄筋コンクリート造建築物の構造性能に与える影響に関する研究 3, 日本建築学会学術講演梗概集, 2016
- 2) ユニオンシステム(株): Super Build/SS3 解説書, 2015

* (株)パウエンジニアリング, ** 大阪市立大学
*** ソフトエボリューション(株)

* Bau Engineering Co.,Ltd., ** Osaka City Uni.
*** Soft Evolution Co.,Ltd.