

乾燥収縮の影響を考慮したRC造連層耐震壁の構造性能に関する非線形FEM解析

Nonlinear Finite Element Analysis on Structural Performance of RC Multi-Story Shear Walls with Drying Shrinkage

○甲斐聖人¹, 田嶋和樹², 長沼一洋²

Masato Kai¹, Kazuki Tajima², Kazuhiro Naganuma²

Abstract: In this study, the structural performance of RC multi-story shear walls considering the effect of drying shrinkage was investigated using FE analysis. Static loading tests of RC multi-story shear walls conducted by Sakurai et al. in 2011 were used in this study. The results showed that the experimental results were well reproduced by taking the drying shrinkage into account. It was also shown that the resistance mechanism of the multi-story shear walls changes with drying shrinkage.

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）構造において、コンクリートの乾燥収縮を避けることは難しい。特に耐震壁は表面積の大きさ、部材厚の薄さ、柱梁による拘束などの条件から乾燥収縮の影響を受けやすい。そのため、乾燥収縮ひび割れが構造性能に及ぼす影響について検討する必要がある。本研究はコンクリートの乾燥収縮が耐震壁の構造性能に及ぼす影響を定量的に評価することを目的とし、既往の研究¹⁾では単層耐震壁について検討を進めてきた。本報では、櫻井らの実験²⁾を対象として非線形FEM解析を実施し、乾燥収縮が連層耐震壁の構造性能に及ぼす影響について検討する。

2. FEM解析モデルの概要

Table 1 にコンクリート強度、Table 2 に試験体の詳細を示す。また、Fig.1 に連層耐震壁に対する解析モデルの概要を示す。本検討では、乾燥収縮の有無をパラメータとした2種類の解析モデルを構築した。乾燥収縮を考慮する Dried モデルでは、Fig.1(b)に示す乾燥収縮ひずみ量をコンクリート要素に付与する。乾燥期間は約1年を想定し、CEB-FIP MODEL CODE2010³⁾の収縮ひずみ予測式を用いて収縮ひずみ量を算出した。収縮ひずみ予測式の詳細は、参考文献[3]を参照されたい。Fig.1(c)に要素分割図を示す。解析対象実験では、載荷装置に設置された鉛直ジャッキを制御することにより、連層耐震壁のせん断スパン比を1.8に制御している。ここでは、実験における鉛直ジャッキの作用を再現するため、図中の丸印の節点に変動軸力を付与している。FEM解析は2次元解析とし、コンクリートは四辺形要素とした。柱梁の主筋は線材要素とし、コンクリートと鉄筋間の付着すべりを接合要素で表現した。下スタブ底面の節点を全て拘束し、軸力324kNを与え、上ス

Table 1 Concrete Material Properties

	σ_B (N/mm ²)	E (N/mm ²)
First Story	21.0	17250
Second Story	19.6	16685

Table 2 Details of Specimens

Column	B×D	200×200 mm ²
	Main Bar	12-D13(Pg=3.8%)
	Hoop	2-D6@60(Pw=0.53%)
Beam	Sub Hoop	2-D6@120(Pw=0.27%)
	B×D	150×200 mm ²
	Main Bar	4-D10(Pt=0.54%)
Wall	Stirrup	2-D6@100(Pw=0.42%)
	Thickness	80mm
	Bar	D6@100(PS=0.4%)

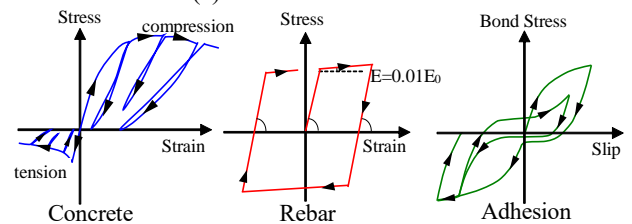
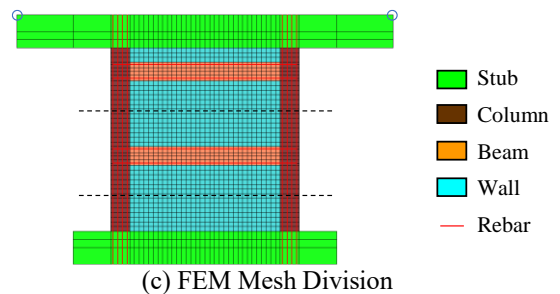
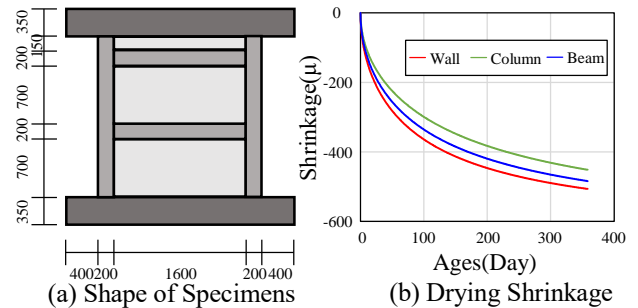


Fig.1 Details of FEM Model

1：日大理工・院（前）・建築 2：日大理工・教員・建築

タブ頂部の節点を水平方向に強制変位させる正負繰り返し載荷とした。なお、材料構成則は Fig.1(d)に示すとおりである。

3. FEM 解析結果

3. 1 荷重－変形角関係の比較

Fig.2 に荷重－変形角関係を示す。Non Dried モデルの解析結果は、やや初期剛性および耐力を過大評価した。一方、Dried モデルの解析結果は、剛性、耐力ともに実験結果を良好に再現した。文献²⁾には試験体の養生に関する記載はないが、本結果より、試験体が若干乾燥収縮していた可能性が考えられる。

3. 2 ひび割れ性状

Fig.3 にひび割れ図を示す。Fig.3(b)に示す通り、Dried モデルでは、乾燥収縮ひび割れが壁の外周から内側に進行するように発生した。

載荷後のひび割れに着目すると、Non Dried モデルの場合、1層にひび割れが集中し、コンクリート要素の圧縮軟化領域も1層に多くみられる (Fig.3(c))。一方、Dried モデルの場合、1層よりも2層のコンクリート要素に圧縮軟化を経験した要素が多くみられる。これは乾燥収縮ひび割れの影響で、2層の耐震壁の構造性能が低下したことが要因だと思われる。また、Non Dried モデルと Dried モデルにおいて、連層耐震壁の抵抗機構が変化した可能性がある。

3. 3 層せん断力－層間変形角関係の比較

Fig.4 に各層の層せん断力－層間変形角関係を示す。なお、層せん断力は Fig.1(c)に示す点線位置のコンクリート要素に生じるせん断力の総和としている。Non Dried モデルでは、最大耐力以降、1層の変形が増大するのに対し、Dried モデルでは2層の変形が増大している。今後、このような違いが生じた要因について、乾燥収縮の影響に着目して詳細に検討を行う必要がある。

4. まとめ

本研究では、櫻井らによる RC 造連層耐震壁の静的載荷実験を対象に FEM 解析モデルを構築し、乾燥収縮が RC 造連層耐震壁に及ぼす影響について検討した。その結果、乾燥収縮を考慮した場合の方が、実験での試験体の荷重－変形角関係と良好に対応した。また、ひび割れ図および層せん断力－層間変形角関係より、初期の乾燥収縮ひび割れによって、連層耐震壁の抵抗機構が変化する可能性があることを確認した。今後、このような抵抗機構の変化について、乾燥収縮の影響に着目して詳細に検討する必要がある。

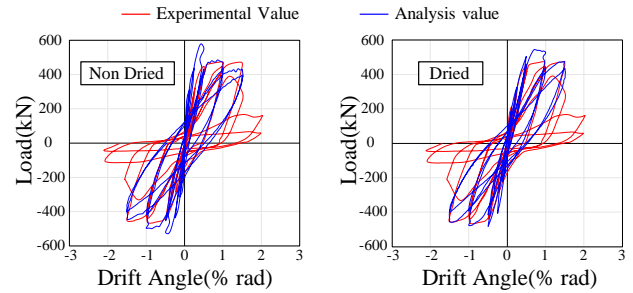
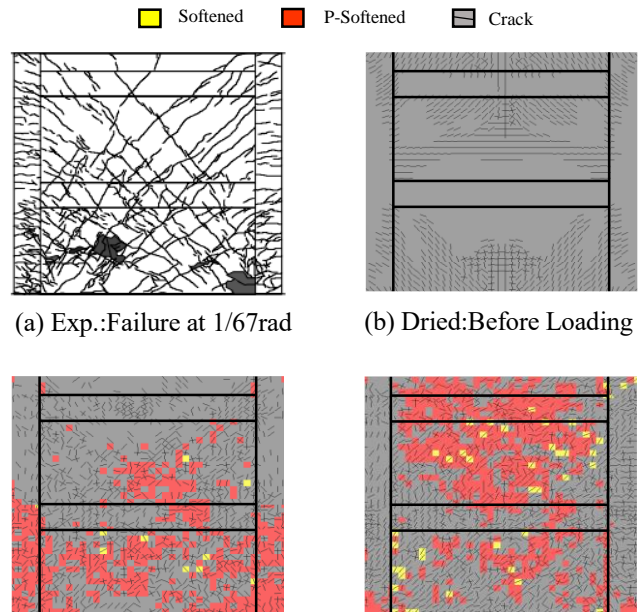


Fig.2 Load – Drift Angle Relationships



(a) Exp.: Failure at 1/67rad (b) Dried: Before Loading
(c) Non Dried: Failure at 1/67rad (d) Dried: Failure at 1/67rad

Fig.3 Crack Patterns

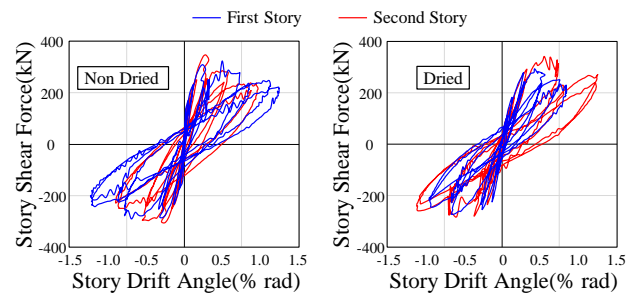


Fig.4 Story Shear Force – Story Drift Angle Relationships

参考文献

[1] 甲斐聖人, 他: 乾燥収縮の影響を考慮した RC 造有開口耐震壁の構造性能に関する非線形 FEM 解析, 日本建築学会大会梗概集, pp.63-64, 2021.9
 [2] 櫻井真人, 他: 複数開口を有する RC 造耐震壁の破壊モードに及ぼすせん断スパン比の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.2, pp.469-474, 2011
 [3] CEB: CEB - FIP MODEL CODE 2010 DESIGN CODE, Thomas Telford Service Ltd, 2010