

乾燥収縮を受けた耐震壁の衝撃载荷時挙動に関する研究  
FEMによる動的応答解析

A Study on collision behavior of RC seismic resistant wall subjected to drying shrinkage  
Dynamic Response Analysis Using Finite Element Method

○春名秀一郎<sup>1</sup>, 田嶋和樹<sup>2</sup>, 長沼一洋<sup>2</sup>, 佐藤裕一<sup>3</sup>

\*Shuichiro Haruna<sup>1</sup>, Kazuki Tajima<sup>2</sup>, Kazuhiro Naganuma<sup>2</sup>, Yuichi Sato<sup>3</sup>

Abstract: Dynamic response analyses are performed for reinforced concrete walls subjected to impact load using finite element method. The walls were tested with parameters of restraint condition and presence of polypropylene fibers in concrete. Although the analyses show smaller impact loads than the experiment in some case, nonlinear responses of the walls are simulated well.

1. はじめに

乾燥収縮ひび割れがRC造建物の振動特性に及ぼす影響を調べるため、乾燥収縮の影響が表れやすい耐震壁を対象として、外部拘束の度合いとコンクリートへのポリプロピレン繊維(PP 繊維)の混入の有無をパラメータとした衝撃载荷試験が行われた<sup>1)</sup>。本研究はこの試験を対象としたFEMによる二次元の非線形動的応答解析を実施し実験の再現性を調べた。

2. 解析対象とした実験の概要

実験は側柱と上下スタブを有する耐震壁試験体を横に向けて固定し、落下錘装置を用いて上スタブに衝撃荷重が加えられた。試験体は通常のコンクリート(N)と、ひび割れの抑制を目的としたポリプロピレン繊維補強コンクリート(以下PPRCと記載)を使用し、コンクリートの収縮拘束の有無を実験変数とした計4体(N0, NR21, PP0, PPR21)である。実験時の乾燥収縮ひずみは上下スタブが $1,607\mu$ 、壁・柱用普通コンクリートが $1,214\mu$ 、壁・柱用PPRCが $1,009\mu$ である。試験体NR21とPPR21の2体は打設後に反力壁に緊結して収縮ひずみを拘束された。

3. 解析手法

Fig.1に解析モデルを示す。コンクリートと鋼錘、ロードセルは四辺形要素、鉄筋と軸力用PC鋼棒はトラス要素、上スタブーロードセル間、ロードセルー鋼錘間は、ばね要素とした。下スタブと締結している固定用ブロックはばねを用いて表現した。

実験は材齢21日で载荷しており、当該日数の乾燥収縮ひずみ実測値を420ステップで与える。その際、NR21とPPR21は実験条件と同じく上下スタブを固定した。

Fig.2にコンクリートの材料構成則を示す。圧縮側の応力-ひずみ関係は修正Ahmadモデル、引張軟化域に

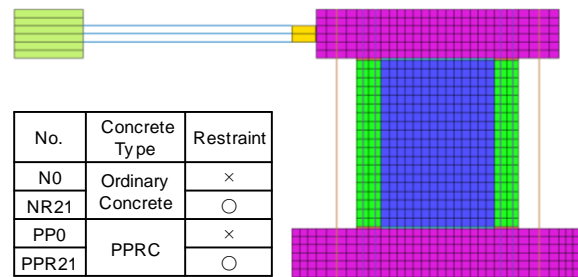


Fig 1. Analysis Model

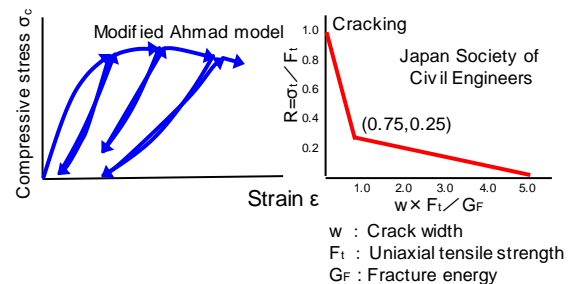


Fig 2. Material Constitutive Laws

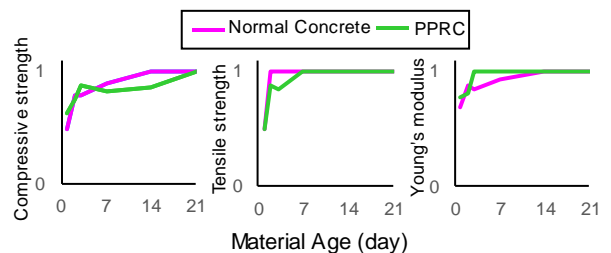


Fig 3. Material Constitutive Laws

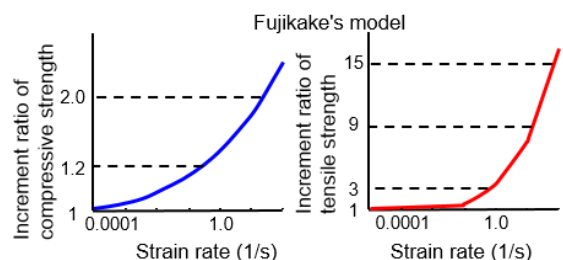


Fig 4. Strain Rate Dependency (Concrete)

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築 3 : 京都大学大学院工学研究科 助教・博士(工学)

はPPRC試験体について破壊エネルギー $G_F$ を考慮した土木学会標準示方書の式を採用し、 $G_F$ の値は既往研究<sup>2)</sup>に基づいて0.53N/mmとしている。鉄筋の応力-ひずみ関係はBilinear型とした。材齢依存性はFig.3に示すように材料試験で得られたデータを与えた。また、衝撃力によりひずみ速度が大きくなることでコンクリートの強度が増大するため、圧縮、引張側共にFig.4に示した藤掛らの式<sup>3)</sup>によりひずみ速度依存性を考慮した。

4. 解析結果

Fig.5に実験と解析のひび割れ性状を示す。NR21の解析では壁の斜めひび割れや柱の水平ひび割れの発生など概ね実験を再現できた。実験では他の試験体は衝突後の下スタブとの境界部以外ひび割れを生じなかった。解析ではNR21はN0よりひび割れが多く発生し、PP0はN0よりひび割れの発生が抑制された。これらから、解析において乾燥収縮時の拘束とPP繊維の影響を確認することができた。

Fig.6に拘束の有無(a)およびコンクリート種類(b)についての部材角-時刻関係の実験と解析の比較を示す。解析ではN0の最大部材角が実験の1/2程度と小さいが、NR21では比較的良好に対応した。約0.3秒時に実験で生じたリバウンド現象は解析では確認できなかった。解析では拘束有の試験体は拘束無より最大部材角が僅かに大きくなった。これは拘束によるひび割れの増加・伸展が原因と考えられる。また、実験ではPP0はN0と比較して、最大部材角が小さくなった。これはPP繊維によってひび割れが抑制されたためだと考えられる。なお、解析ではPP繊維による影響は顕著に現れなかった。

5. まとめ

解析は応答変形量やリバウンド現象など実験との対応性が不十分なものもあるが、衝撃力を受ける壁の挙動を概ね再現できた。乾燥収縮時の拘束とポリプロピレン繊維補強の影響によるひび割れ性状や応答変形の違いに関する解析の再現性は今後の課題である。

6. 参考文献

[1] 佐藤裕一, 他: 乾燥収縮を受けた耐震壁への衝撃荷重時挙動に関する研究 (その1) 実験計画・(その2) 実験結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp555-558, 2019.9  
 [2] 森浩二: ポリプロピレン繊維による繊維補強セメント系複合材料を用いた建築架構の耐震性能および耐衝撃性状に関する研究, 京都大学 2018.3, 博士論文: <https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/232000/2/dkogk04431.pdf> (閲覧日: 2019年1月8日)

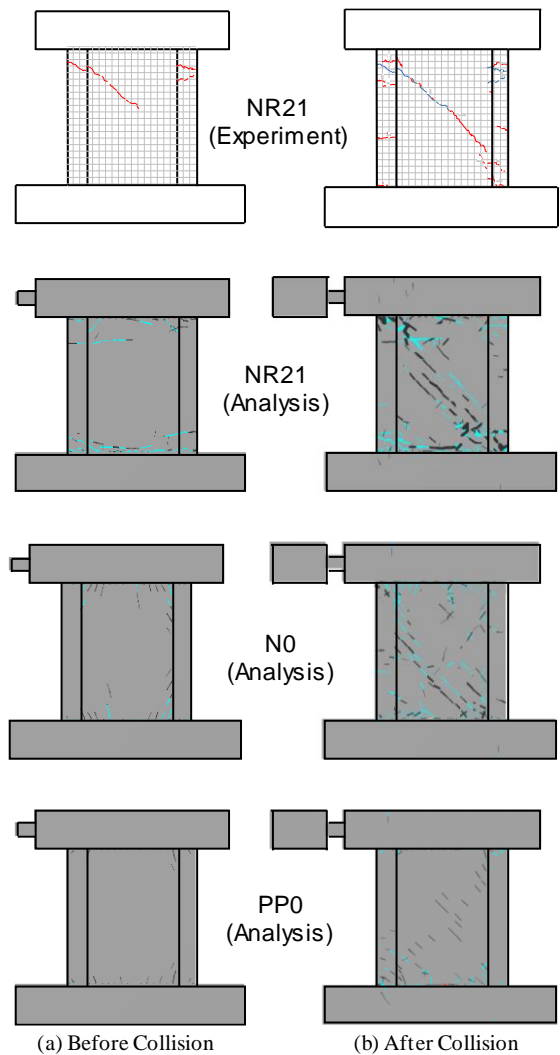


Fig 5. Crack Patterns

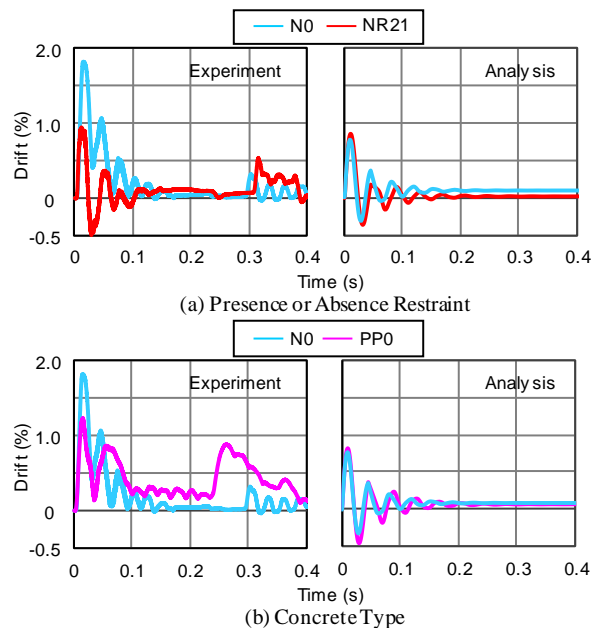


Fig 6. Drift Angle-Time Relationships

[3] 土木学会: 衝撃実験・解析の基礎と応用, 構造工学シリーズ 15, 2016