

免震構造物における乾燥収縮の実測と耐震性能に与える影響について

その2 乾燥収縮による免震装置の変形が耐震性能に与える影響

正会員 若本武三^{*1} 正会員 酒井和三^{*1}
同 松浦恒久^{*2} 同 島崎和司^{*3}

免震構造、乾燥収縮、耐震設計、ねじれ応答

1. はじめに

免震建物は基礎梁コンクリートの乾燥収縮により免震装置に水平変形が生じる。この初期変形により、見かけ上、免震装置の降伏変位が変化することになり、塑性偏心が発生する。地震時に、ねじれ応答が励起され、耐震性能に影響を与える可能性がある。

その2では、その1で計測された乾燥収縮による免震装置の水平変位量が、建物の耐震性能に与える影響について、解析的に検討した。

2. 解析概要

検討建物の免震装置は、鉛を内部に内蔵した LRB である。鉛は、乾燥収縮のような非常にゆっくりとした変形速度では、応力がほとんど生じないといわれているが、ここでは、乾燥収縮による初期変形により、初期応力が生じると考えて検討した。

まず、図1に示す対象建物の、初期変形による塑性偏心について簡単に考察する。

建物が X 方向に乾燥収縮し、LRB に初期変形が生じた後に、X,Y,および 45° 方向に変形が進むときの、LRB1,5 の変位と降伏面との関係を図2に示した。LRB1,5 は、乾燥収縮により X 方向に絶対値がほぼ同じで、逆方向の初期変形を受ける。この状態から、X あるいは Y 方向に移動したとしても塑性偏心は生じない。左右対称配置となっている方向では塑性偏心が生じないことになる。しかし、45° 方向に移動すると LRB5 の方が先に降伏して、塑性偏心が生じる。

この塑性偏心が建物の耐震性能に与える影響を検討するため、静的荷重増分解析、および動的的非線形地震応答解析¹⁾を行った。

解析モデルは、図3に示すように、剛床を仮定した基礎梁部分のみを用い、上部構造質量は各節点に集中させた。LRB は、修正バイリニア型 MSS モデルとした。乾燥収縮量は、その1で示した算定式により、X 方向端部において、それぞれ約 20mm と設定した。

3. 静的荷重増分解析

重心近くの LRB に 45° 方向の静的増分荷重を加え(図1参照) LRB1,5 の Y 方向の変形量から建物のねじれを検討した。

45° 方向解析時の増分荷重とねじれ回転角の関係を図4に示す。本解析では、実際の建物の一部を切り出しているため、重心と剛心の関係が少しずれ、初期変形がない場合でも、ねじれ回転角が多少生じている。初期変形の有無で、ねじれ回転角が若干異なり、初期変形がある方が大きい。この差は、すべての LRB が第2勾配に入る 25000kN を超えなくなっており、水平変形が大きくなると初期変形による塑性偏心量が小さくなることを示している。

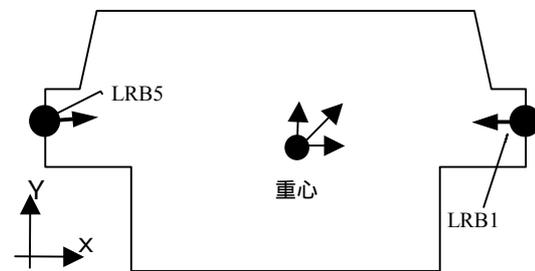


図1 対象建物の概要

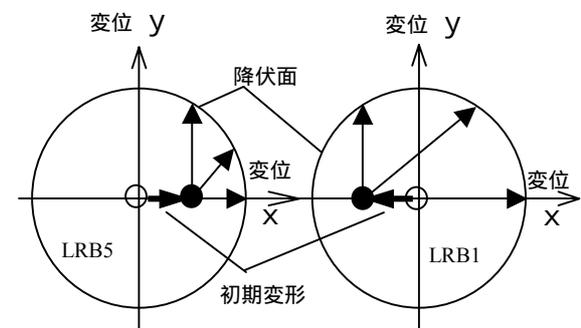


図2 LRB の初期変形と降伏面の模式図

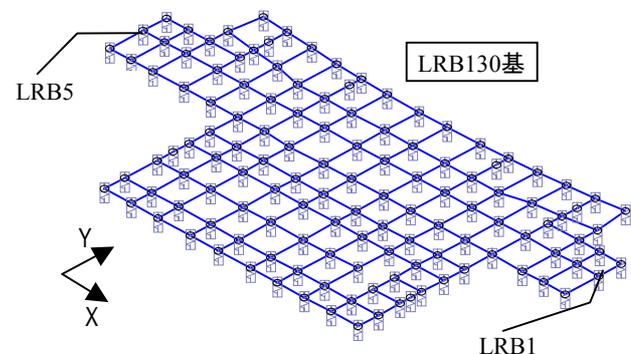


図3 解析モデル

4.地震応答解析

入力地震動は、記録地震波として代表的な、神戸NS(1995)、El Centro NS(1940)の2波とし、最大速度を変化させて使用した。

神戸NSを45°方向に最大速度15cm/s、50cm/sで入力したときのLRB1のX方向変形-X方向荷重関係を図5に示す。ねじれの影響で形状が、ややいびつになっている。小さな入力では、初期変形の有無で復元力が多少異なっているが、入力が大きくなると初期変形の影響は小さくなっている。

次に、建物のねじれ応答を見るためにLRB1と5のY方向変形の間を、神戸NS、El Centro NS入力時について、それぞれ図6、7示す。応答が図上で45°方向に推移していれば、LRB1と5のY方向変形が同じとなり、ねじれが生じてないことになる。両図とも、小さな入力レベルでは、初期変形の有無により、違いがあるが、入力レベルが大きくなると、初期変形の有無による差は小さくなり、ねじれも小さい。

El Centro NS最大速度50cm/s入力(図7b)では、大変形時の時(左下)に、ややねじれが生じ、その揺れ戻しで右下に振れる形状となっているが、初期変形の有無による差は、ほとんど見られない。

図8は、El Centro NS最大速度15cm/sを、入力方向をXおよびYとして応答解析したときの、LRB1と5のY方向変形の間を示したものである。初期変形がない場合でも、重心と剛心が少しずれているため、ねじれが多少生じているが、初期変形の有無による差はX、Y方向とも少ない。特に、左右対称とみなせるX方向では、初期変形の影響がほとんどないことがわかる。

5.まとめ

乾燥収縮により生じた免震装置の初期変形が建物の耐震性能に与える影響について検討した。小地震時の45°入力時において、初期変形の有無により若干の差が生じたものの、大地震時において、影響はほとんどなく、耐震性能上の問題はなかった。

本建物で計測された免震装置の水平変形量は建物の耐震性能に影響を及ぼさない範囲である。

解析プログラムの使用に際しては、神奈川県における文部科学省学術研究・横浜産官学共同研究総合プロジェクト「地震・台風災害の制御・低減に関する研究(TEDCOM)」の協力を得ました。

参考文献

- 1) 構造計画研究所: RESP-T (3次元立体構造物の静的・動的的非線形解析プログラム)

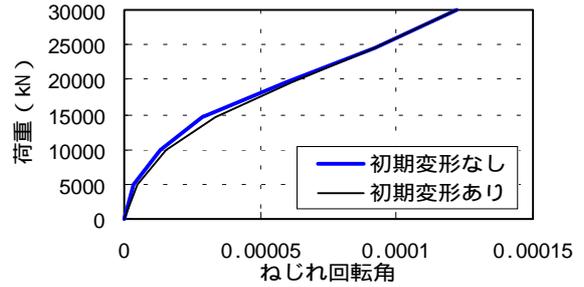


図4 45°方向静的増分解析結果

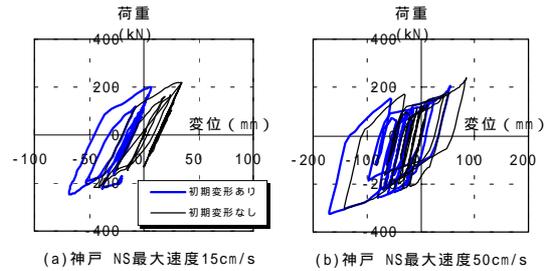


図5 LRB1のX方向変形-X方向荷重関係

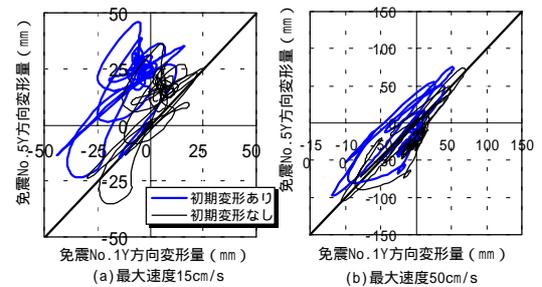


図6 LRB1,5のY方向変形相関(神戸NS)

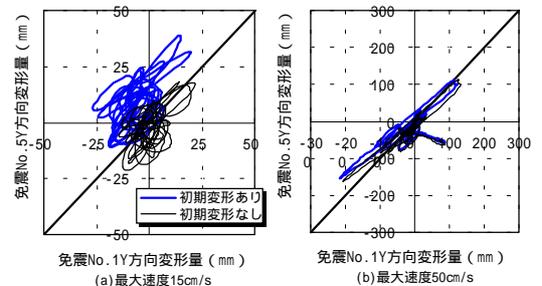


図7 LRB1,5のY方向変形相関(El Centro NS)

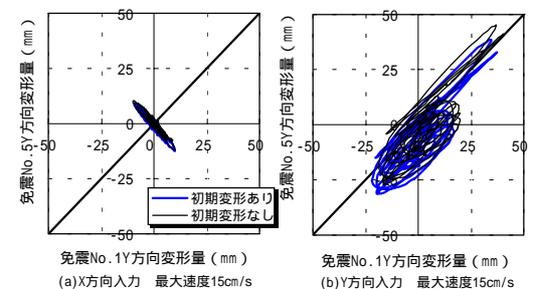


図8 入力角度によるねじれの違い(El Centro NS)

*1 (株)伊藤喜三郎建築研究所

*2 ハザマ 技術研究所

*3 神奈川大学工学部建築学科 助教授 博士(工学)

K.Ito Architects & Engineers Inc.

Technical Research Institute, HAZAMA Corp.

Associate Prof., Kanagawa University, Dr. Eng.