

## Seismic evaluation analysis and retrofitting of Gonbad kavous tower

Gh.R.Ahmadi<sup>1</sup>, M.gh.vetr<sup>2</sup>, A.mesbah<sup>3</sup>

1- MSc Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University (IAU) Yazd, Yazd, Iran, Email: ghrezaahmadii@gmail.com

2- Assistant professor, Structural Research Center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran

3- Associate Professor, Faculty of Engineering, Islamic Azad University (IAU Gorgan), Golestan, Iran

### Abstract

Gonbad Kavous brick tower dates back to 10<sup>th</sup> century, is remnants of an ancient glorious building that is located on downtown. This massive brick building is known as the world's tallest brick tower. The structure is located on a highly-active seismic region and needs to be retrofitted properly due to its historical significance. The purpose of this article is to provide some methods for rehabilitation of the existing brick structure through some common structural analyses. Three-dimensional finite element models of the tower has been made with the aid of nonlinear finite element program Ansys 13.0. Dynamic modal and time-history analyses were conducted subsequently to give insight into dynamic response of such structures and proposed rehabilitation approaches have been presented.

**Key Words:** nonlinear static analysis, retrofitting, base isolators, finite element modeling.

### ۱. مقدمه

بنای برج پره داری با گنبد مخروطی است. ساختمان گنبد در اصل متشکل از سه قسمت شالوده، ساقه و گنبد مخروطی است که روی هم رفته ۵۵ متر ارتفاع دارند. ساقه این گنبد بر روی پایه ای مدور قرار گرفته که تنها نزدیک به ۲ متر آن بیرون از سطح زمین است و بر اساس مطالعات به عمل آمده حجم وسیعی از آن در دل تپه فرو رفته است. خود ساقه با نمای دایره ای پره دار، بر روی این شالوده قرار گرفته است و ۳۷ متر ارتفاع دارد. در بدنه ساقه بنا، ۱۰ پره مثلثی شکل با فواصل مساوی و با تناسب و زیبایی کامل قرار گرفته اند، به طوری که علاوه بر ایجاد زیبایی، از حجم ساده و بی قواره ساقه کاسته و موجب استحکام بنا شده اند. گنبد مخروطی بنا به ارتفاع ۱۸ متر بر روی ساقه بنا شده است. دارای شیب تند و سطح صاف و صیقلی است که این موارد باعث ماندگاری گنبد می شود. این بنا به شماره ۸۶ جزء فهرست بناهای تاریخی ایران به ثبت رسیده است. این برج در صورت اجرای ضوابط تعیین شده از سوی یونسکو در فهرست ثبت آثار جهانی قرار می گیرد. برج گنبد قابوس با قدمت ۱۰ قرن در مجموعه بناهای منفرد متقارن یکی از مصادیق آنست که حاوی نکات و ظرایف ارزشمندی در نوع طراحی بنا، نیازش و هندسه است و از لحاظ شیوه معماری یکی از نخستین ترین ساختمان های مربوط به دوره رازی و به بیان دقیقتر مرز میان شیوه های معماری خراسانی و رازی به شمار می رود.

با توجه به واقع شدن کشور ایران بر روی کمربند زلزله، و وجود گسل های متعدد در منطقه و اهمیت بنا از لحاظ تاریخی، فرهنگی و گردشگری، بررسی رفتار و استقامت بنا در برابر زلزله یکی از مسائل مهم و قابل توجه می باشد. [۱]

### ۲. معرفی بنا

این ساختمان در شهر گنبد در قسمت شمالی این شهر، در ضلع شرقی خیابان امام خمینی شمالی و در ضلع جنوبی خیابان جمهوری ی، به عرض جغرافیای (37-15/28.59°N) و طول جغرافیای (55-10/8.52°E)، واقع است.

این بنا از زیباترین و باشکوهترین بناهای اوایل دوره اسلامی است. همچنان که از متن کتیبه آن بر می آید، این بنا در سال ۳۹۷ ه.ق توسط شمس المعالی قابوس بن وشمگیر آل زیار جهت آرامگاه خویش بنا گردیده است. نامبرده که در آن روزگار فرمانروای گریان بود مردی دانشمند، هنرمند، سلحشور، دوستدار و مشوق علوم و هنرها بود. وی در سال ۴۰۲ ه.ق یعنی پنج سال بعد از ساخت گنبد قابوس وفات یافت.