

Investigating the Behavior of Non Structural Components in the Bam Earthquake

Mahmood Hosseini

Associate Professor, Structural Engineering Research Center
hosseini@iiees.ac.ir

Mohammad Javad Jabbarzadeh

Regarding the importance of nonstructural elements in the vulnerability of buildings and their seismic safety level, on one hand, and the extensive damage to some of these elements in the 26 December 2003 Bam earthquake, on the other, this report first reviews briefly the particular features of nonstructural elements in Iranian buildings, and then presents the results of a thorough survey of their behavior and the damage they sustained in the city of Bam. Finally, based on the results of this survey, some recommendations are made that will be useful for modification of the "Guidelines for the Seismic Retrofit of Existing Buildings," which is the only official reference on this topic used currently in Iran.

Architectural features in buildings in Iran differ significantly from those in seismically active developed countries, and are the most problematic group among the nonstructural elements in Iran. The particular features of this group are:

- Heavy weight;
- Low inherent integrity;
- Weak connection to supporting structure.

Examples of architectural components having all the above characteristics are external walls and internal separating walls and partitions made of massive brick masonry, as well as stone façade or cladding, particularly the 3-cm brick finishing of the external walls. Internal veneer, such as ceramic tiles, and internal walls and ceiling finishings are examples of components that have the second and the third characteristics. The top wall and the parapet cornices are components that have the first and the third characteristics. Finally, window frames are components that have the third characteristic in Iranian buildings.

This group of nonstructural elements can be considered as the second problematic group because they have various manufacturing standards, and they are mostly installed without any specific standard. In fact, most of the major mechanical and electrical equipment, such as Heating, Ventilating, Air Conditioning facilities (HVAC), are imported from abroad. In many cases, equipment comes from northern European countries, which are not earthquake prone, and consequently do not have any specific seismic provisions. Furthermore, although these countries usually have high installation

بررسی رفتار اجزاء غیرسازه‌ای در زلزله بم

محمود حسینی

دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه hosseini@iiees.ac.ir

محمدجواد جبارزاده

با توجه به اهمیت عناصر غیرسازه‌ای در آسیب‌پذیری ساختمانها و سطح ایمنی لرزه‌ای آنها از یک سو و آسیبهای فراوان برخی از این عناصر در زلزله ۲۶ دی ۱۳۸۲ بم، از سوی دیگر، این گزارش ابتدا به بررسی مختصر ویژگی‌های عناصر غیرسازه‌ای در ساختمانهای ایرانی می‌پردازد. سپس نتایج بررسی دقیق رفتار آنها و آسیبهای وارده به آنها در شهر بم ارائه می‌گردد. در نهایت، بر اساس نتایج این بررسی، توصیه‌هایی ارائه شده است که برای اصلاح «راهنمای مقاوم‌سازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود» که تنها مرجع رسمی در این زمینه در حال حاضر در ایران است، مفید خواهد بود. ویژگی‌های معماری در ساختمانهای ایران به طور قابل توجهی با کشورهای توسعه‌یافته لرزه‌خیز متفاوت است و مشکل‌سازترین گروه در میان عناصر غیرسازه‌ای ساختمانها در ایران است. ویژگی‌های خاص این گروه عبارتند از:

- وزن زیاد؛
- یکپارچگی ذاتی پایین؛
- اتصال ضعیف به سازه نگهدارنده.

نمونه‌هایی از اجزای معماری که تمام ویژگی‌های فوق را دارند، دیوارهای خارجی و دیوارهای جداکننده داخلی و پارتیشن‌های ساخته شده از آجر، و همچنین نمای سنگی یا روکش کاری، به‌ویژه نمای آجر ۳ سانتی دیوارهای خارجی است. روکش داخلی مانند کاشی و سرامیک و دیوارهای داخلی و نازککاری سقف نمونه‌هایی از اجزایی هستند که ویژگی دوم و سوم را دارند. دیوار جان پناه بام و قرنیزهای آنها اجزایی هستند که ویژگی اول و سوم را دارند. در نهایت قاب پنجره‌ها اجزایی هستند که در ساختمانهای ایرانی سومین ویژگی را دارند.

این گروه از عناصر غیرسازه‌ای را می‌توان دومین گروه مشکل ساز دانست زیرا دارای استانداردهای ساخت متنوعی هستند و اکثراً بدون استاندارد خاصی نصب می‌شوند. در واقع عمده تجهیزات مکانیکی و الکتریکی مانند تجهیزات تهویه مطبوع (HVAC) از خارج وارد می‌شود. در بسیاری از موارد، تجهیزات از کشورهای اروپای شمالی می‌آیند، که زلزله‌خیز نیستند و در نتیجه هیچ‌گونه مقررات لرزه‌ای خاصی ندارند. علاوه بر این، اگرچه این کشورها معمولاً استانداردهای نصب بالایی دارند، نصب در ایران بیشتر توسط افراد غیر متخصص انجام می‌شود که دستورالعمل‌های نصب را به درستی رعایت نمی‌کنند و بنابراین حتی اگر تجهیزات مربوط به کشور زلزله‌خیز باشد و نصب مورد نیاز را داشته باشد، این دستورالعمل‌ها معمولاً در واقع اجرا نمی‌شوند.

این گروه از عناصر غیرسازه‌ای نیز دارای تفاوت‌هایی با سایر کشورهای لرزه‌خیز به ویژه ایالات متحده است. این تفاوت‌ها به شرح زیر است:

- عناصر یا شامل اشیاء شکننده هستند، به ویژه در مورد تزئینات داخلی خانه.
- المان‌ها عمدتاً سنگین بوده و به صورت اجسام آویزان از سقف در بسیاری از قسمت‌های ساختمان نصب می‌شوند.

standards, the installation in Iran is done mostly by non-experts who do not follow the installation instructions properly, and therefore, even if the equipment is from a seismically-active country and has the required installation instructions, those measures usually are not actually implemented.

This group of nonstructural elements also has some differences from those in other seismic countries, particularly the United States. These differences are as follows:

- Elements either are or they contain fragile objects, particularly in the case of a house's internal ornaments;
- Elements are mostly heavy and are installed as hanging objects from the ceilings in many parts of the building.

These two features have cultural roots. For example, it is an Iranian tradition to have several old glass or ceramic jars or other similar objects and big, heavy chandeliers in almost all rooms, particularly in luxury houses.

The earthquake hit the city of Bam, the town of Baravat, and several surrounding villages in Kerman province, destroying more than 70% of the buildings in the stricken area, and causing extensive nonstructural damage to the buildings that remained structurally intact. The observed cases of nonstructural damage were mainly architectural. There was also some damage related to building contents, and a few cases of damage to electrical or mechanical components. In the main body of this report, the damage to nonstructural elements is reviewed.

It can be concluded that:

- Almost all of the nonstructural elements in the existing buildings of the country are vulnerable when subjected to earthquakes;
- Infill walls and staircases are the most vulnerable architectural elements;
- Weakness of connections and lack of integrity are known to be the main causes of almost all nonstructural damage in Bam city. This fact should be taken into consideration both in the retrofit of existing buildings and in the design and construction of new ones;
- To prevent breakage of glass in buildings, either it should be a resistant type, laminated or similar, or the glass sheets should have some kind of very soft and thick strip around them to accommodate the relative movement between the glass sheets and their frames;
- The use of lightweight materials and integrated sheet veneers should be encouraged in the country. This will be a very effective way of reducing the seismic vulnerability of these nonstructural elements.

Keywords: Iranian buildings, Architectural components, Mechanical and electrical elements, Building content

این دو ویژگی ریشه فرهنگی دارند. به عنوان مثال، داشتن چندین کوزه قدیمی شیشه‌ای یا سرامیکی یا دیگر اشیاء مشابه و لوسترهای بزرگ و سنگین تقریباً در همه اتاق‌ها، به ویژه در خانه‌های مجلل، یک سنت ایرانی است.

این زلزله شهر بم، شهرستان براوات و چندین روستای اطراف آن در استان کرمان را لرزاند و بیش از ۷۰ درصد ساختمانهای منطقه آسیب‌دیده را تخریب کرد و خسارت‌های غیرسازه‌ای زیادی به ساختمانهایی که از نظر سازه‌ای سالم باقی مانده بودند، وارد کرد. موارد مشاهده شده از آسیبهای غیرسازه‌ای عمدتاً معماری بودند. همچنین برخی از آسیبهای مربوط به محتویات ساختمان و چند مورد آسیب به قطعات الکتریکی یا مکانیکی وجود دارد. در متن اصلی این گزارش، آسیب وارده به عناصر غیرسازه‌ای بررسی شده است.

بر اساس این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که:

- تقریباً تمامی عناصر غیرسازه‌ای ساختمانهای موجود در معرض زلزله آسیب‌پذیر هستند:
- دیوارهای پرکننده و راه پله‌ها آسیب‌پذیرترین عناصر معماری هستند؛
- ضعف اتصالات و عدم یکپارچگی به عنوان عوامل اصلی تقریباً تمامی آسیبهای غیرسازه‌ای در شهرستان بم شناخته شده است. این واقعیت هم در مقاوم‌سازی ساختمانهای موجود و هم در طراحی و ساخت ساختمانهای جدید باید مورد توجه قرار گیرد؛
- برای جلوگیری از شکستن شیشه در ساختمانها، یا باید از نوع مقاوم، لمینت یا مشابه باشد و یا ورق‌های شیشه‌ای باید نوعی زهوار بسیار نرم و ضخیم در اطراف خود داشته باشند تا حرکت نسبی بین ورق‌های شیشه و قاب آنها را در خود جای دهد؛
- استفاده از مواد سبک وزن و روکش‌های ورق یکپارچه در کشور تشویق شود. این یک روش بسیار مؤثر برای کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای این عناصر غیرسازه‌ای خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت واکنش اضطراری، آسیب‌پذیری، ساختمانهای عمومی تأثیرگذار، ارزیابی سریع لرزه‌ای