



## نقش عوامل زمین‌شناسی بر میزان تخریب زمین‌لرزه‌ی اخیر شهر بم

محمّد غفوری<sup>۱\*</sup>، غلامرضا لشکری‌پور<sup>۱</sup>، مسین صادقی<sup>۱</sup>، ناصر مافطی مقدّس<sup>۲</sup>، سیّد علی مسینی<sup>۱</sup>

(۱) گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد ghafoori@ferdowsi.um.ac.ir  
(۲) گروه زمین‌شناسی دانشگاه صنعتی شاهرود  
\* عهده‌دار مکاتبات

### مکیده

زمین‌لرزه‌ی قدرتمند بم روز جمعه پنج دی‌ماه سال ۱۳۸۲ هجری شمسی (۲۶ دسامبر ۲۰۰۳) در ساعت ۲۵:۵۶:۵ صبح به وقت محلی (GMT ۱:۵۵:۵۶) با بزرگی حدود  $M_w=6.5$  در مقیاس ریشتر شهر تاریخی بم و روستاهای اطراف آن را در جنوب شرق ایران لرزاند. این زمین‌لرزه پرتلفات‌ترین زمین‌لرزه در سراسر جهان در سال ۲۰۰۳ میلادی گزارش شده است. در اثر وقوع این زمین‌لرزه حدود ۷۰ درصد ساختمان‌های شهر بم تخریب و بیش از ۲۶۰۰۰ نفر کشته شدند. اگرچه ساختمان‌های منطقه از مقاومت لازم در برابر حرکات زمین‌لرزه برخوردار نبوده‌اند، اما با توجه به بزرگی زمین‌لرزه میزان خسارت وارده به ساختمان‌ها و تأسیسات شهری بسیار بیشتر از حد انتظار بوده است. یکی از دلایل این تخریب بالا، قرارگیری شهر بر روی خاک‌های کم‌مقاومت ریزدانه‌ی سیلتی با خاصیت خمیری کم می‌باشد. در این مقاله دلایل تخریب بالا به سازه‌های شهر با توجه به نقش عوامل زمین‌شناسی، تکنیکی و جهت‌یافتگی امواج لرزه‌ای و همچنین خصوصیات ژئوتکنیکی رسوبات آبرفتی داخل شهر مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

**واژه‌های کلیدی:** بم، سیلت، ضخامت رسوبات، زمین‌شناسی، زمین‌لرزه.

## The role of geological factors on the destruction of Bam city due to the recent earthquake

M. Ghafoori<sup>1</sup>, G. R. Lashkaripour<sup>1</sup>, H. Sadeghi<sup>1</sup>, N. Hafezi-Moghaddas<sup>2</sup>, S. A. Hussaini<sup>1</sup>

1) Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, I. R. Iran  
2) Department of Geology, Technical University of Shahrood, Shahrood, I. R. Iran

### Abstract

On Friday, December 26, 2003 at 1:55:56 GMT (5:25:56 local time), a powerful earthquake of moment magnitude ( $M_w$ ) about 6.5 struck the ancient city of Bam and neighboring villages in the southeastern region of Iran. The highest death has been reported for this earthquake among all earthquakes in the world in the year 2003. About 70% of buildings in the city were damaged by the earth-

quake and more than 26000 people were killed. The main reason for such major damage may be weak adobe and brick structures. However, the damage was unexpectedly great for this magnitude. The city is located over low strength of fine grained soils such as silt with low cohesiveness and therefore, this is one of the main reasons for such large-scale destruction by the earthquake. This paper deals with the high damages in the city based on geology, tectonics and directivity of earthquake waves and also geotechnical parameters.

**Key words:** Bam, earthquake, geology, sediment thickness, silt

## ۱- مقدمه

در روز جمعه پنج دی ماه سال هجری شمسی ۱۳۸۲ زمین لرزه ای قدرتمند به بزرگی  $M_w = 6.5$  ریشتر شهر بم و اطراف آن را لرزاند. مرکز سطحی این زمین لرزه توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران (Building and Housing Research Center, BHRC) در مکانی با مختصات جغرافیایی طول  $35^{\circ} E$  و عرض  $29^{\circ} 12' N$  در شهر بم تعیین شده است. عمق کانونی زمین لرزه با توجه به اختلاف یک ثانیه ای بین زمان دریافت امواج P و S حدود هفت کیلومتر تخمین زده شده است (Ahmadizadeh & Shakib 2004). در اثر این زمین لرزه ۲۶۲۷۱ نفر جان خود را از دست دادند و بیشتر از ۲۵۰۰۰ نفر مجروح شدند (مرکز آمار ایران ۱۳۸۲). همچنین به شهرهای بم، بروات و روستاهای اطراف آسیب های فراوانی رسید و حدود ۷۰ درصد از ساختمان های شهر بم تخریب شدند (Fu et al. 2004). در اثر این زمین لرزه به ارگ قدیمی و باستانی بم با قدمت حدود ۲۰۰۰ سال (بزرگترین بنای خشتی جهان) آسیب های جدی وارد آمد. این زمین لرزه بالاترین تلفات انسانی را در این سال در سرتاسر جهان به خود اختصاص داد (Sadeghi et al. 2006).

با توجه به خسارات وارده، این زمین لرزه یکی از مخرب ترین وقایع تاریخی ایران می باشد (Fu et al. 2004). بررسی های صحرایی نشان می دهد که اگرچه ساختمان های منطقه از مقاومت لازم در برابر حرکات زمین لرزه برخوردار نبوده اند، اما با توجه به بزرگی زمین لرزه میزان خسارت وارده به شهر بم بسیار بیشتر از حد انتظار است. یکی از دلایل آن عدم برخوردار بودن ساختمان ها از مقاومت لازم در برابر حرکات زمین لرزه بوده است. همچنین این بررسی ها نشان می دهد که شرایط زمین شناسی و تکتونیکی در این تخریب غیرمنتظره بی تأثیر نبوده است. در این مقاله تأثیر شرایط زمین شناسی و تکتونیکی و همچنین خصوصیات ژئوتکنیکی رسوبات آبرفتی شهر مورد بررسی قرار می گیرد.

## ۲- زمین شناسی منطقه

با توجه به نقشه ی زمین شناسی (تصویر ۱) قدیمی ترین سنگ های منطقه که شامل ارتفاعات کپوتی (Kafut-Kuh) در شمال و جبال بارز در جنوب می باشند از سنگ های آتشفشانی ائوسن تشکیل شده اند. در اثر فرسایش این سنگ ها، مخروط افکنه های نسبتاً بزرگی در شمال و جنوب منطقه به وجود آمده است. شهر بم بر روی رسوبات آبرفتی و ریزدانه ی سیلتی حاصل از فرسایش این ارتفاعات قرار گرفته است. بر اساس بررسی های انجام شده و مقطع زمین شناسی که از شهر بم از شمال به جنوب تهیه شده است، ضخامت این رسوبات از جنوب به شمال افزایش می یابد (حسینی ۱۳۸۴).

## ۳- تکتونیک منطقه

بر اساس تقسیم بندی تکتونیکی ایران، منطقه ی بم در حاشیه ی جنوبی بلوک لوت قرار دارد (Alavi 1991). این بلوک از شمال به گسل درونه، از جنوب به فرورفتگی جازموریان، از شرق به گسل نهبندان و از غرب به گسل ناینند محدود می گردد. به طور کلی دو سامانه ی گسلی اصلی با روند شمالی- جنوبی با کمی تمایل به سمت غرب و شمال غربی- جنوب شرقی در منطقه وجود دارد. این دو سامانه ی گسلی در ناحیه ی غربی دشت لوت با هم تلاقی می نمایند، به طوری که گسل هایی با روند شمال غربی- جنوب شرقی (گسل های کوهبنان و راور) همراه با گسل های شمالی- جنوبی (گسل های گلباف، ناینند، چهارفرسخ، گوک، سروستان و بم) مرز غربی ناحیه ی لوت را مشخص می نمایند. منطقه ی بم در شرق سامانه ی گسلی امتداد لغز گوک که مرز بلوک لوت و ایران مرکزی را تشکیل می دهد قرار دارد (تصویر ۲). مهمترین ساختار تکتونیکی قابل مشاهده در این منطقه، گسل بم می باشد. این گسل یکی از گسل های امتداد لغز راست لغز اطراف حوضه ی دشت لوت می باشد (Okumura et al. 2004) که با راستای شمالی- جنوبی از فاصله ی