



المملكة العربية السعودية
جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الجيولوجيا
برنامج الدراسات العليا

Seismic Hazard Assessment of Makkah Al-Mokarramah Region

()

محرم - 1426هـ - مارس - 2005م

Seismic Hazard Assessment of Makkah Al-Mokarramah Region

سعد بن رافع بن محمد العمري

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 25 / 1 / 1426 هـ وتم إجازتها .

أ.د. عبد الله بن محمد العمري (مقرا)

د. محمد بن شاذلي الحداد (عضوا)

أ.د. طارق بن علي الخليفة (عضوا)

د. محمد بن عيسى الدباغ (عضوا)

د. ناصر بن سعد العريفي (عضوا)

تشير السجلات الزلزالية التاريخية والحديثة بمنطقة مكة المكرمة خلال الفترة من 640م إلى عام 2003م إلى إن المنطقة سبق وتعرضت لنشاطات زلزالية عبر التاريخ فقد دلت هذه الدراسة على أن مستوى النشاط الزلزالي في المنطقة البحرية أعلى منه في اليابسة، ففي خلال الفترة من 1965م إلى ديسمبر 2003م أمكن تسجيل (1016) حدث زلزالي تتراوح أقدارها من اقل من 1 إلى 6.7 , تركزت (76%) من هذه الزلازل حول الصدع الرئيسي للبحر الأحمر بينما كان نصيب منطقة اليابسة (24%) من الأحداث المسجلة وجميعها ذات عمق بؤري ضحل.

بدراسة العلاقة بين مقدار الزلازل و تكراريتها تم تحديد قيمة b -value في منطقة مكة المكرمة (اليابسة) و التي قدرت قيمتها بـ (1.25) و هذه القيمة أعلى من الواحد الصحيح مما يدل على أن احتمالية حدوث هذه الزلازل ترجع إلى نشاط صناعي مثل التفجيرات أو حدوث عدم توازن في الطبقات الصخرية بالمنطقة لوجود مناجم أو سحب للمياه الجوفية بنسبة كبيرة و عالية . بينما قدرت قيمة b -value على الزلازل المسجلة بمنطقة وسط البحر الأحمر بـ (0.75) وهذا يدل على أن هذه الزلازل حدثت نتيجة نشاط تكتوني و يحتمل أن يكون مرجعه النشاط التكتوني المستمر في البحر الأحمر و الصدوع التحويلية الممتدة منه لليابسة والتي تؤثر في رفع مستوى زلزالية منطقة اليابسة .وبالتالي يتضح أن قيمة b -value تتراوح بين (0,7 - 1,2) وهذا يدل على أن الزلازل في المنطقة بشكل عام ذات عمق بؤري ضحل بالإضافة لوقوعها في منطقة الشد القاري وأن معدل الزلازل ذات القدر المنخفض اكبر من معدل الزلازل ذات القدر العالي .

دلت دراسة طول ميكانيكية البؤر الزلزالية لمجموعتين من الزلازل حدثتا في الجزء الأوسط من البحر الأحمر بين خطي طول ($37^{\circ}54'$ شرقاً) وخطي عرض ($18^{\circ}52'$ شمالاً) و قوع تلك الزلازل على صدع ذو رمية رأسية عادية يتوافق مع اتجاه المحور الرئيسي لأخدود البحر الأحمر كما اتفقت اتجاهات محاور الشد المحسوبة من هذه الدراسة مع نظرية اتساع البحر الأحمر. كما دلت دراسة حلول ميكانيكية البؤر الزلزالية لمجموعتين من الزلازل حدثت في منطقة جنوب غرب مكة المكرمة و غرب مدينة الطائف أن بعض هذه الزلازل حدثت على الصدوع التي تنتشر في اليابسة(صدع وادي الشامة , صدع الدام , صدع الجورة , صدع وادي فاطمة) و أن هذه الصدوع تميزت برمية رأسية عادية وبعضها تميز برمية رأسية عكسية في حين تميز صدع "الدام" برمية مضربية يمينية.

تم تقويم مستوى الخطر الزلزالي لمنطقه مكة المكرمة و المناطق المحيطة بها باستخدام الطرق الاحتمالية و نموذج المصدر الزلزالي المكاني وهو الذي يصف التوزيع الفراغي للزلازل في منطقة الدراسة حيث تم الأخذ في الاعتبار أربعة مصادر زلزالية مكانية احتمال أن يكون لها تأثير على منطقة الدراسة أحدهم داخل منطقة اليابسة و ثلاثة في منطقة البحر الأحمر.

نتيجة الدراسة أعطت أعلى قيمة للحركات الأرضية غرب منطقة الدراسة بالقرب من شاطئ البحر الأحمر بينما تقل كلما اتجهنا شرقا و بمقارنة هذه النتائج بالدراسات السابقة للحداد وآخرين (1994م) و ثنهاوس وآخرين (1989م) في غرب المملكة لوحظ أن قيم تسارع العجلة أكبر من سابقها , حيث أن الدراسات السابقة كانت تشمل غرب المملكة على طول الساحل الغربي بينما هذه الدراسة كانت على منطقة مكة المكرمة فقط وهذا يعني أن المنطقة تتطلب إجراء دراسات مقارنة مكثفة فيما يتعلق بالعوامل المؤثرة في نتائج تحليل المخاطر الزلزالية (Sensitivity Analysis) و باستخدام النماذج المحددة تم الحصول على قيم تسارع العجلة الأرضية المتوقعة من الأربعة مصادر المحددة عند كل مدينة (مكة و الطائف و جدة) خلال فترات زمنية (50 - 100) سنة باحتمالية 90% ثم مثلت قيم تسارع العجلة

الأرضية عند تلك المدن ومعدل حدوثها و رسمت بيانيا لتمثيل منحنى الخطورة الزلزالية لكل مدينة و قد تم تسجيل أعلى قيمة لتسارع العجلة الأرضية عند مدينة جدة خلال 50 سنة 0.16 g بينما خلال 100 سنة 0.21 g أما بالنسبة إلى مدينة الطائف فخلال 50 سنة 0.10 g بينما خلال 100 سنة 0.13 g والتي تمثل أقل قيمة وكانت عند مدينة مكة خلال 50 سنة 0.11 g بينما خلال 100 سنة 0.14 g , أما مستوى الخطر الزلزالي بالنسبة للثلاث مدن بصفة عامة فيعتبر أقل من المتوسط .

مثلت قيم الشدة الزلزالية على هيئة خطوط كنتورية بنسبة احتمالية لا تزيد عن 10% خلال 50 ، 100 سنة فدللت الخرائط إلى أن أعلى قيمة للشدة الزلزالية (8 وحدات) تقع في منطقة وسط البحر الأحمر وذلك بسبب حركة اتساع قاع البحر و تتناقص قيم الشدة كلما اتجهنا شرقاً لليابسة ، وذلك لأن معدل اضمحلال الخطر الزلزالي يقل في إتجاه الشرق نتيجة إلى ندرة النشاط الزلزالي المسجل على اليابسة نسبة إلى النشاط الزلزالي المسجل في البحر الأحمر.

عموماً يتضح من الدراسات الزلزالية الإحصائية الحديثة لمنطقة مكة المكرمة والجزء الأوسط من البحر الأحمر أن الزلازل ذات القدر 6.7 وحدات يمكن أن يتكرر 5 مرات كل مائة عام ، بينما الزلازل ذات القدر 4.7 وحدات تتكرر 6 مرات كل مائة عام وهكذا كلما صغر المقدار زاد معدل حدوثها والعكس صحيح . علاوة على ذلك دلت الدراسات الحديثة أن اكبر زلزال متوقع ممكن حدوثه في المنطقة لن يزيد بعد إرادة الله عن 6.7 وحدات على مقياس ريختر .

ABSTRACT

Historical and recent seismic records for Makkah region and central Red sea for the period from 640 -2003 A.D. were analyzed. Most of seismic activities (76 %) are concentrated along the main axial trough of the Red sea, whereas the other 24 % are located on the land. Some epicenters of small magnitudes are poorly located. Existence of large active structural basin which traverse Ad Damm fault zone with the Red Sea transform faults is delineated.

Based on the seismic activity, focal mechanism solutions, geological structures and tectonics, four seismic source zones were defined. The maximum expected magnitude for each seismic source zone was estimated. The b values correlate well with the tectonic environment and seem to increase gradually toward NE, where it has 0.75 for the central Red Sea and attains 1.25 for the central Arabian Shield. This may reflect the heterogeneity of the crust and regional stress field which indicates that most of activities on the land are man-made origin (induced), where those in the Red Sea are tectonic origin.

Composite focal mechanism solutions and slip vector analyses were carried out for two sets of earthquakes. The slip vector at Ad Dam structure zone is trending NE-SW which is in good agreement with the Red Sea rifting.

Probabilistic seismic hazard estimates of Makkah were estimated. Peak ground acceleration (PGA) predicted for 10% probability of being exceeded in 50 and 100 years for Jeddah are about 0.16 g and 0.20 g, respectively. Values for Taif are 0.1 g and 0.13 g for 50 and 100 years, respectively, which represent the lowest in the study area, whereas for Makkah city the PGA values are 0.11 and 0.14 for 50 and 100 years, respectively.

Generally speaking, seismic hazard level for Makkah region is below average and the maximum expected magnitude may not exceed M 6.7 with a recurrence of 4 times every 100 years, and M 4.7 is 6 times every 100 years.