

أشهر الموجات التسونامية البحرية التسونامية اليابانية

تشتهر الشواطئ اليابانية بارتطام الموجات التسونامية منذ القدم وقد سجلت التقارير أن اقترحام الموجات التسونامية لشواطئ جزر اليابان في عام ١٨٩٦ أدى إلى مصرع حوالي ٢٧ ألف شخص ، بالإضافة إلى تشريد ما يقرب من ألف مواطن أصبحوا بلا مأوى من جراء هجوم آخر للموجات التسونامية وعلى نفس الشواطئ في عام ١٩٣٣ وذكرت التقارير أن هذه الموجات التسونامية المدمرة هاجمة الشواطئ اليابانية ما يقرب من ١٥ مرة في غضون الثلاثمائة عام الماضية وذكرت هذه التقارير أن التحذير الوحيد الذى كان يسبق هذه الكوارث البحرية لم يكن سوى ظاهرة الارتداد السريع والمفاجئ للمياه المحيط بعيداً عن الشواطئ ، لذا فقد أدرك سكان المناطق



(هجوم الموجة التسونامية على ناجاتا باليابان)
فى ٦٤/٦/١٦

الساحلية التي تعرضت لهذه الهجمات التسونامية المتعددة مدى أهمية هذا التحذير وأصبحوا يسرعون بالهرب إلى الأراضي البعيدة عن الساحل وإلى المناطق المرتفعة حال حدوث مثل هذا الانحسار المفاجيء لمياه البحر ، إذ بعد مرور بضع دقائق فقط من هذا الانحسار يحدث اندفاع هائل لمياه البحر قد يصل لمئات الأمتار داخل الأراضي الساحلية ، وسرعان ما تتابع الأحداث بسرعة حيث تنحسر ضد الاندفاعات المائية تجاه البحر مرة أخرى ، ثم تعاود الكرة في الاندفاع نحو الأراضي الساحلية والانحسار تجاه البحر وتستمر هذه الموجات في تتابع خلال فترة زمنية تتراوح ما بين عشر أو عشرين دقيقة إلى أن تتلاشى قوتها تماماً وتكون قد ألحقت الدمار بتلك الأراضي الساحلية التي هاجمتها .

تسونامية ليشبونة

تردد صدى الموجة التسونامية التي حدثت عقب زلزال ليشبونة عام ١٧٥٥ عند كلا جانبي المحيط الأطلنطي ، نفس مدينة أنتيجوا في غرب الأنديز والتي تقع على بعد حوالي ٥٧٧٥ كيلو متراً من موقع الزلزال ، تم رصد موجة بلغ ارتفاعها حوالي ٤ أمتار أما في أقصى الغرب وعند جزيرة سابا بالتحديد ، فقد ارتفع منسوب المياه حتى وصل إلى حوالي ٦,٥ متر ، أما في منطقة أخرى من غرب أنديز فقد تم رصد تيارات بحرية بلغ ارتفاعها ما يزيد عن ٤,٥ متر . وقد امتد أثر هذه الموجة حتى مدينة كينالي الواقعة على الساحل الجنوبي لإيرلندا وعلى بعد حوالي ١٦٥٠ كيلومتراً من ليشبونة حيث هاجمت كتلة ضخمة من الماء الميناء فجأة وبدون أى سابق تحذير ، وقامت هذه الكتلة المائية المدمرة . بجرف كل شيء اعترض طريقها . ولم يقتصر الأمر عند هذا الحد بل امتد للشواطئ الجنوبية والغربية ل إنجلترا والموانئ الأوروبية بصفة عامة حيث اجتاحتها موجات بحرية عمودية تراوح ارتفاعها ما بين مترين إلى ثلاثة أمتار . أما مدينة ليشبونة نفسها فقد انهمرت عليها موجة عاتية بلغ ارتفاعها حوالي ستة أمتار وهاجمت المناطق المنخفضة في المدينة ودمرت كل المنازل المشيدة

في هذه المناطق بالإضافة إلى الدمار الذي ألحقته بالجسور والكبارى وإغراق
المئات من سكان المدينة ، أما مدينة كاديذ الأسبانية والتي تقع على بعد ٤٣٠
كيلومتراً من مدينة ليشبونة فقد اجتاحتها موجة بلغ ارتفاعها ١٨ متراً أدت
إلى تدميرها تماماً .

ومن الغريب أن أثر هذه الموجة المدمرة البالغة العنف امتد حتى جزيرة
ماديرا الواقعة بين جزر أزوريس حيث انحسرت مياه البحر وتركت كميات
ضخمة من الأسماك وجدت ملقاة في الأماكن المرتفعة التي تبعد عن
الشواطئ ، واندفع سكان الجزيرة في فرح لجنى هذا المحصول الوفير والغير
متوقع من الأسماك ولكن للأسف لم تدم فرحتهم طويلاً فسرعان ما هاجتهم
الموجة التسونامية التالية ، ودفعوا أرواحهم ثمناً لهذا الاندفاع .

تسونامية هاواي

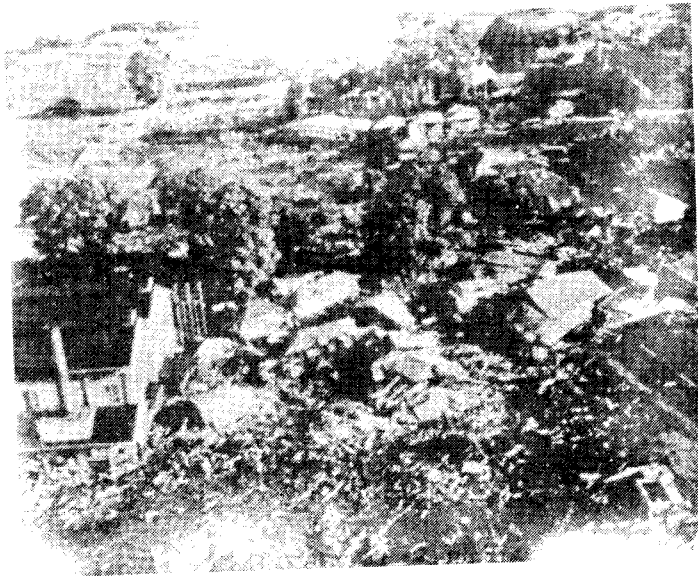
تعتبر شواطئ المدن والجزر التي يرتفع عندها قاع البحر تدريجياً أو التي
تكون محمية بسلسلة من الصخور قرب سطح المياه الضحلة محظوظة بهذا
التكوين الصخري الذي يستنفذ معظم طاقة الموجة التسونامية قبل أن تصل
إلى هذه المدن .

أما جزيرة هاواي فهي محاطة بمياه عميقة جداً ، ولهذا السبب توجد خنادق
الفواصات خارج الموانئ الرئيسية مباشرة ولكن هذا التكوين البحري لم يكن
في مصلحة هذه الجزيرة عندما كانت تتعرض للانحسار المفاجيء للمياه تمهيداً
لهجوم الموجة التسونامية البالغة الارتفاع والتي سرعان ما ترتطم بعنف على
الشواطئ الغير محمية للجزيرة .

وقد تم رصد ما يزيد على ١٠٠ موجة تسونامية هاجمة الجزيرة منذ عام
١٨١٩ ، وتسببت ١٦ موجة من هذه الموجة إلى إحداث أضرار مدمرة
بالجزيرة .



(موجة شيلي التسونامية)



(أثار هجوم موجة هيلو تسونامية)

وكان من نتيجة زلزال جزر اليوتيان الشديد الذى وقع فى أول أبريل مر عام ١٩٤٦ أن انهمرت موجة ضخمة بلغ ارتفاعها ٣٠ متراً على المنازل الصغيرة الواقعة فى المعسكر الاسكتلندى بجزيرة يونيماك ، وبعد مرور أربع ساعات كانت الموجة قد هاجمت هاواى على بعد ٤٣٠٠ كيلومتر وإذا بالموجا التى كانت ارتفاعها متراً واحداً فقط ترتفع وتعلو حتى تصل إلى حوالى ١٧ متراً ثم تهاجم مدينة هيلو التى تقع على الجانب الشرقى من جزيرة هاواى ثم اندفعت الموجة بعد ذلك فى اتجاه الميناء وقامت بتدمير كل شىء اعترض طريقها ، وأدى هذا الدمار إلى مصرع ما يقرب من ١٧٣ شخصاً .

وقد كانت هذه الموجة هى أسوأ كارثة فى تاريخ الجزيرة ، وكانت من الأسباب التى أدت إلى سرعة البحث عن الأسباب التى تساعد فى التنبؤ بحدوث الموجات التسونامية .

وبعد مضى عامين على كارثة موجة هيلو التسونامية تم تأسيس نظام التحذير ضد موجات البحر الزلزالية ، ويعتبر ضمن أجهزة الإنذار فى الشبكة العالمية التى مركزها هونولولو والتى تقوم بتغطية منطقة المحيط الباسيفيكي كله بالنسبة للتحذير عند قدوم الموجات التسونامية .

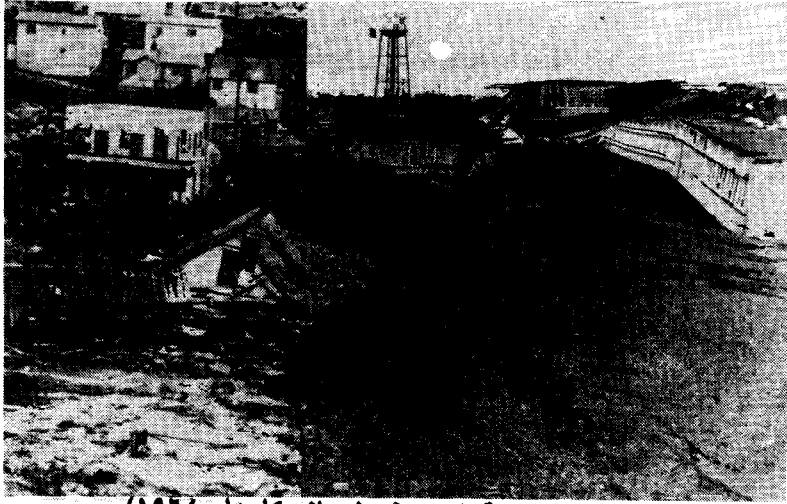
موجة نيلى التسونامية

كثيراً ما تعرضت شواطئ شيلي وسواحلها للفرق بفعل الموجات التسونامية على مدار التاريخ ، ففي عام ١٩٦٠ مثلاً وقع زلزال شيلي الكبير وتسبب فى تكوين أمواج تسونامية دمرت الكثير من الوديان بامتداد ٨٠٠ كيلومتر خلال سواحل وشواطئ أمريكا الجنوبية ، وما أن مرت ١٥ ساعة حتى كانت هذه الموجة قد هاجمت شواطئ جزر هاواى كما سببت الموجات التى هاجمت هيلو من جراء هذا الزلزال خسائر مادية قدرت بحوالى ثلاثة وعشرين مليون دولار أمريكى بالإضافة إلى مصرع حوالى ٦١ مواطناً . ولولا عمليات التحذير التى سبقت هذه الكارثة لارتفع عدد الضحايا بشكل كبير .

موجة آلاسكا التسونامية

تسبب زلزال آلاسكا في عام ١٩٦٤ في نشوء موجة تسونامية رهيبية أحدثت دماراً مروعاً بمجموعة المدن الواقعة في المنطقة المجاورة لخليج آلاسكا إلى جانب تدمير مدينة شينيجا ومدينة كودياك تماماً ، كما أتت هذه الموجة العاتية على معظم أساطيل صيد السمك التي كانت مرابطة على شواطئ هذه المدن حيث حملت هذه الموجة العديد من المراكب ثم ألقت بها بعيداً داخل المناطق التجارية ، ولم تقنع الموجة المدمرة بهذا الحجم من الدمار ولكنها أضافت إليه مصرع ما يقرب من ١٧٠ مواطناً بينما لم يتعرض للموت في الموانئ بسبب هذا الزلزال سوى تسعة مواطنين فقط .

وقد أدى هجوم الموجات التسونامية على السواحل القريبة لأمريكا الشمالية إلى حدوث دمار شامل مروع قدرت خسائره المادية بحوالى مائة مليون دولار أمريكى .



(أثار الموجة البحرية المدمرة على الاسكا عام ١٩٦٤)

وفي مدينة كريست بولاية كاليفورنيا الأمريكية لقي ١١ مواطناً مصرعهم بالرغم من استمرار التحذيرات لأكثر من ساعة عن قرب هجوم موجات تسونامية وقد بلغ ارتفاع الموجة التسونامية الأولى التي هاجمت المدينة ما يقرب من أربعة أمتار تلتها ثلاث موجات صغيرة متلاحقة ؛ لذلك تصور سكان المدينة أن موجة التسونامي قد انتهت ولن تعود إلى شواطئهم مرة أخرى وبدأوا في إزالة آثار الهجوم وتنظيم المنطقة ولكنهم فوجئوا بهجوم الموجة التسونامية الخامسة ، ومن الغريب أنها كانت أكثر الموجات تدميراً حيث بلغ ارتفاعها حوالي ٦ أمتار ، وقد بلغت الخسائر المادية لهذا الهجوم الشرس ما يقرب من ٧,٥ مليون دولار أمريكي .



(سفينة صينية ملقاة بعد تسونامية الاسكا عام ١٩٦٤)

ولم يكن هذا الهجوم العنيف هو الأول من نوعه ولكن شواطئ ولاية كاليفورنيا سبق أن تعرضت في عام ١٨١٢ لزلزال وقع في جزيرة سانت كروز أعقبه ارتطام أكبر موجة تسونامية عرفت شواطئ كاليفورنيا على مدار التاريخ ، وقد تم رصد الارتفاعات المختلفة لهذه الموجة فوجد أنها بلغت حوالى ١٥ متراً بالقرب من شواطئ جاميوتا في كاليفورنيا بينما بلغت ٩ أمتار بالقرب من سانتا بربارا وحوالى ٥ أمتار أو أكثر عن شواطئ منثوراً .
أما زلزال بوينت ارجيولو في عام ١٩٢٧ فقد تسبب أيضاً في موجة تسونامية وصل ارتفاعها إلى (٢ متر) عند السواحل المحيطة بالمنطقة .

التنبؤ بالزلازل

التنبؤ بوقوع كارثة يعتبر من الفنون القديمة التى بدأت منذ خلق الإنسان ، وكان التنبؤ بوقوع الزلزال هو الشغل الشاغل والدائم للمنجمين الأوائل والكهنة وعلماء الفلك القدماء .

والواقع أن هناك بعض الأحداث الزلزالية المدمرة بمر التاريخ أمكن التنبؤ بها ، وغالباً ما ترجع صحة تنبؤات بعض الأفراد بحدوث الظواهر الطبيعية إلى شدة ارتباط هؤلاء الأفراد بالبيئة المحيطة بهم حيث يستندون في تنبؤاتهم على الخبرات السابقة .

كذلك تبين أن الحيوانات يمكنها أيضاً التنبؤ بالزلازل ، فهى فجأة تبدو خائفة ومضطربة ، وتبدأ فى التصرف بطريقة غريبة قبل حدوث أحد الزلازل . ولكن من الغريب أن معظم التنبؤات التى من هذا القبيل تكون غير ذات فاعلية لأن الناس عادة ما يكرهون فكرة توقع الكارثة .

فنجدهم مثلاً أن الزلزال الذى وقع فى تبريز بإيران عام ١٠٤٢ والذى استطاع أن يتنبأ به المنجم الرئيسى لإيران ، ولكن الرجل وجد صعوبة كبيرة فى إقناع الناس بأن يغادروا المدينة ، ولم يستمعوا إلى نصيحته أبداً ، وكانت النتيجة أن فقد حوالى ٤٠ ألف شخص حياتهم أثناء هذا الزلزال .

ولايزال الإنسان يتصرف بنفس الأسلوب حتى يومنا هذا وإن اختلف قليلاً ، فبالرغم من تحذير العلماء المستمر من خطورة بناء المساكن بطريقة عشوائية في مناطق الصدوع النشطة ، إلا أن عملية البناء مازالت مستمرة في أراضى من الخطر البناء فيها .

ويعتقد معظم الباحثين في مجال الزلازل أن التنبؤ بالزلازل هدف يمكن الوصول إليه ، لذا بذلت كل الجهود الممكنة من أجل الوصول لهذا الهدف ، ولو أن البعض يرى أن نتائج التنبؤ ربما تكون ضارة وغير نافعة وخصوصاً عند فشل إحدى هذه التنبؤات ، فإن الناس بالتأكيد ستجاهل أى تحذيرات بقرب وقوع كارثة بعد ذلك .

والمجتمع الحديث يواجه حالياً العديد من المشكلات نظراً للعوامل الاقتصادية والاجتماعية والسياسية المختلفة والتي تنطوى على مسائل معقدة عديدة ؛ مما يجعل هذه مثل هذه المجالات الأخرى الثانوية لا تركز على دراسات علمية كافية ، إلا أن التنبؤ بالزلازل مازال هدفاً ينظر إليه في المدن التي تحدث بها زلازل شديدة تسبب في مصرع عشرات الآلاف من البشر بالإضافة للخسائر المادية الباهظة في المنشآت الخاصة والعامة .

فاليابان مثلاً — التي تعتبر رائدة للدول التي تعيش في رخاء وتقدم اقتصادى ملحوظ — نجد أن تكرار حدوث زلزال آخر مثل ذلك الزلزال الذي حطم طوكيو ويكوهاما عام ١٩٢٣ كفيل بأن يؤدي إلى إتهارها اقتصادياً ، وقد يستغرق التخلص من آثار هذا الانهيار فترة لا بأس بها من الزمن .

أما الولايات المتحدة الأمريكية فتعتبر أوفر حظاً في هذا المجال لأن معظم الزلازل التي تتعرض لها تحدث في مناطق قليلة السكان باستثناء ولاية كاليفورنيا التي تعتبر ثالث أكبر ولاية أمريكية من حيث عدد السكان ، بالإضافة إلى كونها من أكثر المناطق في العالم عرضة لوقوع الزلازل ، كما أن كاليفورنيا تعتبر مركزاً لعدة صناعات تكنولوجية هامة كما أن بها حوالى ١٠٪ من المصادر الصناعية والبشرية للولايات المتحدة الأمريكية حيث يقع حوالى

٨٥٪ من هذه المصادر في شريط يمتد بطول الحد القارى ليشمل حوالى ٢١ ولاية من الولايات الأمريكية تقع أيضاً ضمن المجال الزلزالى لصدع سانت أندرياس .

كما تتم في منطقة وادى السيليكون التى تقع في مقاطعة سانت كلارا بشمال كاليفورنيا تصنيع ما يقرب من ربع إنتاج الولايات المتحدة من أشباه الموصلات التى تستخدم في صناعة الأجهزة الإلكترونية إلا أن هذه المقاطعة قد عانت كثيراً أثناء زلزال سان فرانسيسكو عام ١٩٠٦ .

ولكن الغريب في هذا المجال أن معدل الكثافة السكانية يرتفع في أقصى الشمال بالولايات المتحدة بالرغم مما سجله التاريخ من وقوع أحداث زلزالية في هذه المناطق التى تعتبر مناطق خطرة الأمر الذى من شأنها أن يجعل حوالى ١/٥ سكان الولايات المتحدة الأمريكية إلى جانب الكثير من صناعاتها عرضة للخطر في منطقتين من أخطر المناطق الزلزالية .

لذا فإن الولايات المتحدة تنفق ما يقرب من حوالى ١٧ مليون دولار سنوياً في مجال التنبؤ بالزلازل .

وقد أوضحت الأبحاث العلمية أن التنبؤ بحدوث الزلازل القوية يمكن أن يتم قبل حدوث الكارثة بسنوات عديدة من خلال مناهج طويلة الأجل وهناك مناهج أخرى للتنبؤ قصيرة الأجل قد تصل إلى أسابيع أو حتى أيام قبل حلول الكارثة ، وهذه المناهج يمكن أن تتطور بحيث يصبح من الممكن أن تتخذ سياسة وقائية تقلل من حجم الخسائر في الأرواح والممتلكات .

فأما المناهج الطويلة الأجل فإنها يمكن أن يكون مشجعاً للقيام بعمليات تقوية للمباني والمنشآت القائمة في مناطق الزلازل ، فضلاً عن دفع السلطات الرسمية المحلية للعمل على تنظيم استخدام وتوزيع الأراضي في المناطق المهددة ، بالإضافة إلى تنظيم عمليات التأمين من الكوارث واتخاذ الإجراءات المنظمة لإخلاء المباني القديمة أو الضعيفة أو المعرضة للحريق وأيضاً المباني التى تمت بطريقة عشوائية .

كذلك المناهج قصيرة الأجل قد تلعب دوراً هاماً في وقف العمل على إنشاء محطات لتوليد الطاقة النووية مثلاً أو محطات تقطير البترول ومحطات ضخ الغاز الطبيعي والتي يمكن أن تتم بطريقة عشوائية في المناطق المعرضة للزلازل . كما يمكن أيضاً من خلال مناهج التنبؤ قصيرة الأجل أن يتم إخلاء الأماكن التي تقع تحت مستوى السدود المائية أو تلك التي تقع تحت مستوى البحر ويمكن أن تتعرض لموجات بحرية زلزالية وفيضانات .

وقد نجحت الصين في بعض التنبؤات بوقوع الزلازل ، حيث تمكنت في سنة ١٩٧٥ من إخلاء المباني السكنية ، ونقل الأفراد من منطقة زلزال هايشنغ في إقليم ليوننج مما أدى إلى إنقاذ حياة أعداد لا حصر لها من البشر ولكنها للأسف لم تتمكن من القيام بنفس العمل في مواجهة الزلزال الذي هاجم منطقة نانجسان في العام التالي حيث تسبب هذا الزلزال في مصرع ما يقرب من ٦٥٠ ألف شخص إذ لن يسبق وقوع هذه الكارثة أى مظاهر معروفة للتحذير ، الأمر الذي يوضح أن عملية التنبؤ بالزلازل في الصين مازالت لم تكتمل بعد شأنها شأن باقي الدول .

كما أن نجاح الصين في إخلاء هايشنغ عام ١٩٧٥ قد لا يمثل مقياساً بالنسبة لبعض المدن الكبرى مثل المدن الأمريكية مثلاً ؛ لأن المجتمع الصيني مجتمع منظم وتحكمه الصرامة مما أدى إلى نجاح عملية الإخلاء أما في المدن الأمريكية فربما يكون الإخلاء السكاني صعباً إن لم يكن مستحيلًا نظراً للطبيعة المستقلة التي تتميز بها الشخصية الأمريكية .

كذلك أوضحت الخبرة العملية أن بعض الناس يتشبثون بمنطقة معينة ولأسباب متعددة ومختلفة قد تكون مناخ هذه المنطقة أو أهميتها الاقتصادية أو موقعها أو تميزها بصفة خاصة ، ومن الغريب أن مثل هذه المدن أو المناطق إذا تعرضت للدمار من جراء الكوارث الطبيعية سرعان ما يعيد الناس بناءها وفي نفس الموقع ، لذا تعتبر عملية إجبار الناس على ترك أراضيهم عملية مكروهة وتسبب في العديد من المشاكل التي يصعب حلها .

لذا فقد أنشئ في كاليفورنيا عام ١٩٨٠ مشروع يدعى مشروع « حسن الاستعداد للزلازل » ويهدف هذا المشروع إلى تطوير الخطط حتى يمكن استخدام التنبؤات بشكل فعال وحتى يمكن الحد من الآثار الاجتماعية والاقتصادية المترتبة على وقوع الزلازل .

وعملية التنبؤ بالزلازل يمكن أن تتم من خلال اكتشاف بعض العلامات والظواهر التي تنذر بحدوث الزلازل ، كما يستلزم أيضاً التنبؤ بالطقس ، إذ أن الزلازل تتسبب في خسائر فادحة للمناطق السكنية من جراء الأعاصير أو الفيضانات التي تحدث كنتيجة لوقوع بعض الزلازل .

وفي أواخر الستينات من هذا القرن نجح العالمان الروسيان (ا ، ن سيمينوف ، ا . ب شيرسيوف) في الوصول إلى بعض النظريات التي بهرت العالم في مجال التنبؤ بالزلازل ، حيث أعلننا اكتشاف الاختلافات التي تحدث في سرعة الأمواج الزلزالية كما اكتشفنا أيضاً وجود تغيرات في المقاومة الكهربائية للصخور في منطقة الصدع ، كما اكتشفنا ازدياد حجم غاز الرادون المشع في الآبار العميقة قبل بدء وقوع الزلازل في مدن طشقند وتاوزبكستان وكاماتكا .

وقد أحدثت هذه الاكتشافات طفرة كبيرة في مجال التنبؤ بالزلازل ، حيث يمكن من خلال الأجهزة المناسبة مراقبة بعض المؤشرات مثل التغيرات في المقاومة الكهربائية إلى جانب مراقبة درجة الحرارة والضغط وتكوين السحب للتنبؤ بالطقس ، كما يمكن أيضاً ملاحظة حجم غاز الرادون في مياه الآبار الأمر الذي يمكن أن يكون مؤشراً حساساً بالنسبة للنشاط الزلزالي حيث يتسرب هذا الغاز المشع ويبدأ في الانطلاق عند بداية تصدع الصخور وقد استخدم الاتحاد السوفيتي والصين تقنيات متقدمة في هذا المجال ، كذلك توجد بعض المؤشرات الأخرى بالنسبة لوقوع الزلازل تشمل وجود تغيرات في المقاومة بطول الصدع ويتم قياسها من خلال تغذية الأرض بتيار كهربائي يمر بين نقطتين تبعدان عدة كيلومترات عن بعضهما البعض ، ثم تتم ملاحظة التغيرات التي تحدث في الفولت الكهربائي نتيجة للتغير في مقاومة صخور القشرة الأرضية المتداخلة .

كما أن مقاييس شدة المجالات المغنطيسية (ماجنتومتر) على سطح الأرض يمكنها أيضاً أن توضح تلك التغيرات الضئيلة التي تحدث في المجال المغنطيسي لمنطقة مركز الزلزال ، كما أن جهاز قياس الجاذبية (جرافيمتر) يمكن أن يحدد الحركة العلوية للقشرة الأرضية .

هذا ويقوم علم إحصاء الزلازل بالربط ما بين هذه المؤشرات وبين المعلومات التي توضح الحركات التكتونية للصدع وللشرائح الأرضية مما يتيح إمكانية التنبؤ بالزلازل وتحديد المناطق التي يمكن أن تكون عرضة لزلزال خطيرة بالإضافة إلى إمكانية تقدير نسبة الأضرار التي يمكن أن يحدثها الزلزال في هذه المناطق .

هذا وقد أمكن أيضاً تحديد عمر الطبقات من خلال دراسة الآثار الجيولوجية التي وجدت حول صدع سانت أندرياس من أثر الزلازل التي تعود إلى حوالي ٢٠ مليون سنة مضت ، حيث وجدت قنوات على أحد جوانب الصدع وتبين وجود نظير لها على الجانب الآخر من الصدع ، ومن خلال قياس حجم الإزاحة في الطبقات الصخرية أمكن تقدير عمر الطبقات بواسطة الكربون المشع .

وكان لهذه الدراسات الفضل في إمداد علماء الزلازل بسجل تاريخي لهذه المنطقة يعود إلى ما يقرب من ١٤٠٠ سنة مضت تخللها حدوث ١٢ زلزالاً كبيراً ، وتبين أن الفترة الفاصلة بين الزلازل تتراوح بين ٥٠ إلى ٣٠٠ سنة ويصل متوسط هذه الفترة إلى حوالي ١٥٠ سنة تقريباً ، وقد مضى الآن ما يقرب من ١٣٠ سنة على وقوع آخر الزلازل الضخمة في الحد الجنوبي لصدع سان أندرياس .

كما وجد أيضاً أن المعدل الذي تتراكم عنده الالتواءات بطول الصدع يصل إلى ٣,٨ سم في السنة تقريباً ، وعندما يصل مجموع هذه الالتواءات إلى حوالي ٤,٥ متر فإن هذا من شأنه أن يؤدي إلى حدوث زلزال قوى . وقد أثبتت الدراسات أيضاً أن المناطق التي تتميز بالنشاط الزلزالي تتعرض لعدد من الزلازل المتوسطة والصغيرة الشدة إلى جانب تلك الزلازل الشديدة

القوة ، وقد وجد أن هذه الزلازل المتوسطة تحدث كل ٢٢ سنة تقريباً بينما تحدث عدة زلازل صغيرة سنوياً ويمكن ملاحظة فترات الهدوء النسبى التى تسبق الحركة الزلزالية الرئيسية .

وقد لوحظ أن النشاط الزلزالى يبدأ بأدنى درجات للشدة ثم يأخذ فى الازدياد فجأة قبل حدوث الهزة الرئيسية .

ومن الأمثلة الواضحة لهذه الظاهرة الطبيعية ذلك الحشد من الزلازل الصغيرة أو الارتجاجات الأولى التى سبقت زلزال هايشنج فى الصين عام ١٩٧٥ ، ومن الغريب أن هذا الحشد من الهزات الصغيرة بدأ قبل وقوع الهزة الرئيسية بحوالى شهرين وكانت هذه الهزات تتحرك فى شكل حزام امتد بطول عدة مئات من الكيلومترات .

وفى وسط آسيا وجد الباحثون السوفيت أن الضغط الذى تمارسه الرجفات الزلزالية يتخذ شكلاً عشوائياً أثناء فترة الهدوء إلا أنه يصير بالغ التنظيم قبل ثلاثة أو أربعة أشهر من حدوث الهزة الرئيسية ، كما وجدوا أن هذه الضغوط تتراس فى اتجاه الهزة التى ستحدث .

وقد اتضح لعلماء الزلازل أن الزلازل الكبيرة يمكن أن تمدنا بتحذيرات لا بأس بها قبل وقوعها ، كما اتضح أيضاً أن التنبؤ بمستوى شدة الزلزال يمكن أن يعتمد على مراقبة ودراسة الفترة التحذيرية التى تسبق وقوعه فمثلاً إذا كان الزلزال شدته -٥ درجات بمقياس ريختر فإن الفترة الزمنية التى تسبقه قد تصل إلى حوالى ٤ أشهر ، أما إذا بلغت شدته حوالى -٧ درجات بمقياس ريختر فإنه فى هذه الحالة يكون متضمناً لحجم من الطاقة يفوق آلاف المرات حجم الزلزال الأول ، لذا فإن الزلزال يمكن أن يبدأ فى إرسال التحذيرات والإنذارات قبل وقوعه بعدة سنين . وهكذا نجد أنه كلما كان حجم الزلزال المتوقع ضخماً وعظيماً كانت الفترة التحذيرية التى تسبقه ومن ثم يصبح من الممكن القيام بعمل الإجراءات اللازمة والتخطيط الجيد لتجنب ما أمكن من آثاره المدمرة .

ولكن يجب ألا نغفل سوء الحظ الذى يمكن أن يحدث فى بعض الحالات إذ أن الطبيعة لا تتصرف دائماً بما يتفق مع الخطط البشرية ، ومن الممكن

أن يقع زلزال فجأة وبدون أى توقع ، فمثلاً فى عام ١٩٧٤ تعرضت منطقة تقع على بعد ١٦,٥ كيلومتر من شمال هوليستر فى وسط كاليفورنيا لزلزال بلغت شدته -٥ درجة بمقياس ريختر وقد سبقت رجفاته بعض التغيرات الواضحة بالإضافة إلى تقلبات مغناطيسية وتغيرات فى السرعة الزلزالية ، وقد تم بنجاح التنبؤ بهذا الزلزال .

بينما زلزال كاليفورنيا المدمر الذى حدث فى عام ١٩٨٤ وبلغت شدته -٦ درجات وفى نفس المكان وبنفس القوة التى سبق التنبؤ بها إلا أن ضرب ضربته العاتية بدون إرسال أى إنذارات أو تحذيرات مسبقة .

ولكن كل ما يمكن قوله حالياً فى مجال التنبؤ بالزلازل هو أن تحقيق جزء من النجاح يعتبر أفضل من لا شئ خصوصاً وأن هناك بعض الاعتراضات على عملية التنبؤ بالزلازل ومن أقوى هذه الاعتراضات ذلك الرأى الذى يخشى من الآثار المترتبة على حدوث زعر واضطراب جماهيرى عند التحذير من وقوع زلزال وشيك .

بالإضافة إلى أن الإخفاق فى التقدير قد يؤدى إلى عدم إصغاء الجماهير لأى تحذير آخر بوقوع الزلازل مما يؤدى إلى الفشل فى إجراء الاحتياطات اللازمة قبل وقوع الزلزال مثل غلق المنشآت الصناعية العشوائية ، ويظهر هذا العامل بوضوح فى حالات التنبؤ بهجوم الموجات البحرية التسونامية إذ أن طبيعة هذه الأمواج لا تتيح الفرصة الكافية لإمكانية التنبؤ بها مما يؤدى إلى الكثير من الأخطاء فى عمليات التحذير وخصوصاً تلك التحذيرات التى توجه إلى مناطق أخلت من السكان بلا ضرورة أو مناطق مستوطنة بالسكان الذين يتجاهلون التحذيرات وخير مثال على ذلك ما حدث فى السابع من شهر مايو عام ١٩٨٦ عندما تم التنبؤ بهجوم موجة تسونامية على الشواطئ الغربية نتيجة لوقوع زلزال فى ذلك الوقت عند منطقة اليوتيان حيث بلغت شدته ٧,٧ درجة بمقياس ريختر ولكن ولحسن الحظ لم تصل هذه الموجة كما كان مقدراً لها وبسبب لم يتضح حتى الآن ، لذلك تجاهل الناس التحذير الذى وجه إليهم بعد ذلك بشأن هجوم موجة تسونامية أخرى مشابهة حدث أن هاجمت مدينة هيلو فى عام ١٩٦٠ مما أدى إلى خسائر فادحة فى الأرواح .

برامج أبحاث الزلازل

هناك ثلاث م الجيولوجيين والجيوفيزيائيين المتخصصين في علم الزلازل خاصة في الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي واليابان والصين وهؤلاء العلماء يعكفون على دراسة المظاهر الزلزالية المختلفة إلى جانب العمل في برامج للأبحاث الخاصة بالتنبؤ بالزلازل التي تسير قدماً يوماً بعد يوم حيث تنفق مبالغ باهظة في هذا المجال ، فالولايات المتحدة مثلاً تنفق ما يقرب من ٤٣ مليون دولار سنوياً في مجال برامج أبحاث الزلازل التي تتضمن دراسة طبيعة الزلازل والتعرف على إشارات لغة تراكم الالتواءات في الطبقات الأرضية المختلفة حتى يمكن التوصل إلى أسباب تكوين الزلازل ، هذا إلى جانب دراسة هندسة المباني والأساليب الحديثة في تصميم المباني والمنشآت المقاومة للزلازل كما يتم الآن أيضاً دراسة مناهج أخرى عديدة مثل مراقبة مستوى المياه في مجموعات من الآبار ومراقبة انطلاق غاز الرادون بالإضافة إلى دراسات أخرى تتم في المناطق المعرضة للزلازل .

وهذه البرامج تعتبر مؤثرة وفعالة إلى حد بعيد بالرغم من الخطورة التي تتعرض لها حياة هؤلاء الجنود المجهولين الذين يقومون بالعمل في هذا المجال . وفي موسكو بالاتحاد السوفيتي يوجد معهد للطبيعة متخصص في دراسة الأرض وتتضمن برامج الأبحاث هناك القيام بقياسات ميدانية وعملية تشبه تلك القياسات التي تتم في الولايات المتحدة الأمريكية ، إلا أن التجارب الميدانية في الاتحاد السوفيتي ترجع إلى ٣٠ عاماً مضت كما أن الفضل يرجع إليها في نجاح جهود اكتشاف وجود تلك المجموعة من التحذيرات التي وجد أنها تسبق وقوع الزلازل .

هذا وتختلف استراتيجية الباحثين السوفيت عن استراتيجية أقرانهم في الولايات المتحدة إلى حد ما ، حيث أقام الاتحاد السوفيتي عدة مواقع تجريبية في وسط آسيا وكامكاتا وزودت هذه المواقع بعدد من الأجهزة التي تغطي مساحات كبيرة .

أما الولايات المتحدة فقد كثفت من حجم الأجهزة المستخدمة والتي تركزت معظمها في منطقة صدع سانت أندرياس الشهير .

ويحاول الاتحاد السوفيتي من خلال هذه الأبحاث اكتشاف مناهج جديدة للتنبؤ بالزلازل إلى جانب استحداث تقنيات جديدة ، ولكن المهم في هذا الشأن هو عملية تبادل الأفكار والآراء التي تتم بين علماء الزلازل في الولايات المتحدة الأمريكية وزملائهم في الاتحاد السوفيتي وغيره من البلدان الأخرى في مجال أبحاث التنبؤ بالزلازل الأمر الذي من شأنه أن يخلق نوعاً من القاعدة الدراسية الواسعة النطاق والتي ربما لا تستطيع أى من الدولتين إنجازها بمفردها .

أما في اليابان فقد كرس علماء الأرض هناك معظم جهودهم البحثية منذ بداية هذا القرن في عمليات التنبؤ بالزلازل لأسباب تتصل بطبيعة تلك البلاد ورغم ذلك فإن برنامج الأبحاث الرسمي في اليابان لم يتخذ مجراه حتى عام ١٩٦٥ ، وظلت اليابان تصدر التقارير عدة سنين متوالية حول التغيرات الغير منتظمة التي تسبق وقوع الزلازل بالنسبة للميل والمستوى البحر ، إلا أن هذه التقارير كانت ضئيلة وذات مستوى بحثي منخفض مما جعل أغلب علماء الغرب يعملون على تجاهلها ، ولو أن بعض هذه التقارير توضح الظواهر التحذيرية الحقيقية .

ويقوم برنامج الأبحاث الياباني بتأكيد عمليات المساحة الأرضية كل خمس سنوات لتشمل مساحات واسعة تمتد إلى ١٥ ألف كيلو يتم خلالها تزويد الملاحظين بأجهزة للكشف عن الالتواءات وأخرى لقياس درجات الميل في الطبقات وتدوين الملاحظات حول مستويات الزلازل والتغيرات في السرعة الزلزالية والظواهر المغناطيسية والكهربية المتصلة بهذا المجال ، ويعتبر التعاون حالياً وثيقاً بين الولايات المتحدة الأمريكية واليابان في هذا الشأن .

أما الصين فقد أقدمت على عمل برنامج ضخم للتنبؤ بالزلازل عقب كارثة الزلزال المدمر عام ١٩٦٦ في مقاطعة ليونينج حيث خصصت ما يزيد على

١٠ ألف عالم ومهندس وفنى للعمل فى هذا البرنامج ، كما تطوع ما يقرب من ٣٠٠ ألف متطوع للمساعدة فى رصد الإنذارات الزلزالية ، وقد لوحظ أثناء العمل فى هذا البرنامج تلك التصرفات الغريبة التى تظهر على الحيوانات والتى تعتبر نوعاً من الإنذار للزلازل إلا أن العلماء فى الصين وجدوا أنها لا تستحق الاهتمام .

هذا وقد أنشأت الصين أيضاً برنامجاً تعليمياً مكثفاً فى هذا المجال ومن المؤكد أن التقدم الذى أنجزته الصين خلال برنامج الأبحاث وتلك العمالة المكثفة إلى جانب عدد العلماء والأجهزة سيكون له الأثر الفعال فى إنقاذ أرواح البشر من كوارث الزلازل المدمرة وقد أصبح الصين من رواد العالم فى مجال التنبؤ بالزلازل .

وقد أقام الباحثون فى الولايات المتحدة الأمريكية شبكة من المحطات التلفزيونية فى وسط كاليفورنيا ، وزودت هذه الشبكة بأجهزة لقياس الزلازل وأجهزة لقياس الانحدارات الأرضية فى منطقة صدع سان أندرياس إلا أن الملاحظات المغناطيسية والكهربية التى استنبطت كانت ضئيلة ، أما فى جنوب كاليفورنيا فقد تم استخدام عدد كبير من الأجهزة فى عمل مشترك بين الفنيين فى مختلف التخصصات وبين علماء البحث الجيولوجى حيث كانت البيانات تتوالى من خلال هذه المجموعة البحثية وتنتقل هذه المعلومات عبر أجهزة الإرسال ، وقد نجحت هذه المجموعة من العلماء فى تسجيل ما يقرب من ١٠ آلاف رجفة أرضية خلال عام ١٩٨٤ بالإضافة إلى قيامهم بتحديد مواقع الزلازل بدقة ومراقبة سرعة إنذارات وقوع الزلازل والتغيرات فى المقاومة الكهربية .

هذا وقد تم تطوير أجهزة القياس حتى يمكنها العمل بطريقة مستمرة وخلال الظروف المختلفة مثل جهاز « العداد الزاحف » وجهاز « عداد الثقب الضاغط » ، وقد أوضحت قراءات هذه الأجهزة أن أجزاء من جنوب كاليفورنيا ترتفع سنوياً بمقدار يعادل ١٠,١٦ سم تقريباً ، لذا فقد رأى العلماء أن مثل هذا التزحزح فى القشرة الأرضية قد يفرض تصور وقوع زلزال

وشيك ، خصوصاً وأن منطقة باركفيلد بكاليفورنيا تشتهر بانتظام وقوع الزلازل منذ القدم حيث يندلع هناك زلزال متوسط الشدة كل ٢٠ أو ٢٧ عاماً وقد وقع آخر زلزال في عام ١٩٦٦ مما يعنى احتمال قرب وقوع الزلزال التالى .

وقد وضع علماء الجيولوجيا ساعتين للزلازل تشبه الساعات المستخدمة للأعاصير ، وقد وضعت إحدى الساعتين لرصد الزلازل الكبرى فى جنوب كاليفورنيا بينما الأخرى للزلازل المتوسطة فى منطقة بحيرات ماموث بشرق كاليفورنيا .

وفى أمريكا تعتبر محطات رصد موجات البحر الزلزالية والتى تديرها وكالة الأرصاد القومية الأمريكية بمثابة مركز متطور للبحث العلمى فى فروع ومجالات متنوعة خاصة بالمحيط الباسفيكى ، إذ أن هذه المنطقة مسئولة عن حوالى ٩٠٪ الموجات التسونامية المسجلة فى العالم ، وتقوم كل محطة من محطات الرصد بمراقبة وتسجيل موجات البحر التى تمر أمامها لمعرفة مدى تطور هذه الموجة ، وقد أصبح من السهل الآن حساب الموجه من خلال البيانات المتوفرة كما أصبح من الممكن التعرف على المناطق السكنية المعرضة لخطر هجوم هذه الموجات فى منطقة المحيط الهادى ، فمثلاً الموجة التسونامية التى تكونت بسبب زلزال آلاسكا لاحظ العلماء أن الممكن وصولها إلى شواطئ هاواى فى ٦ ساعات وإلى اليابان خلال ٩ ساعات وإلى شواطئ الفلبين خلال ١٤ ساعة . كما توصل هؤلاء الباحثون إلى أن الموجة التسونامية التى تهاجم شواطئ شيلى يمكن أن تصل إلى هاواى فى ١٥ ساعة وإلى اليابان خلال ٢١ ساعة ويعتبر هذا وقتاً كافياً لإرسال عدة تحذيرات بقدوم هذه الموجة للعمل على اتخاذ الاحتياطات اللازمة وتجنب ما أمكن من الوفيات والخسائر المادية .



محاولة هدف أفي الزلازل

بالرغم من مجموعة الإنجازات العلمية الناجحة في مجال التنبؤ بالزلازل إلا أننا حتى الآن لا نملك الضمانات الكافية والتي تؤكد نجاح هذه التنبؤات ، كما أننا لا نستطيع أن نمنع وقوع هذه الكوارث المدمرة ؛ لذا فالأمر يتطلب وضع برنامج شامل للإقلال من حجم الخسائر والأضرار ومحاولة التخفيف من هذه الزلازل .

وقد وردت فكرة السيطرة أو التخفيف من حدة الزلازل من قبيل الصدفة أثناء قيام بعض العلماء بإجراء مجموعة من الدراسات الخاصة بالنشاط الزلزالي خلال الفترة ما بين عامي ١٩٦٢ ، ١٩٦٦ ، وكانت هذه الدراسات تتم في موقع عند جبل أرسينال الصخري في منطقة دنفر بالولايات المتحدة وكان الاعتقاد السائد ولفترة ٨٠ سنة قبل عام ١٩٦٢ أن منطقة دنفر لا تتميز بالنشاط الزلزالي طبقاً لتقارير المساحة الجيولوجية لهذه المنطقة لهذا أقيم مصنع لإنتاج المواد المستخدمة في الأسلحة النووية خارج منطقة دنفر ، وفي عام ١٩٦٢ بدأ هذا المصنع في التخلص من نفاياته المتخلفة من إنتاج هذه المواد النووية ، وذلك من خلال دفن هذه النفايات في بئر على عمق ٣٦٥٠ متراً وقد استمرت عملية حقن سوائيل النفايات من أبريل ١٩٦٢ وحتى سبتمبر ١٩٦٥ وقد لاحظ العلماء القائمون بالأبحاث الزلزالية أن خلال فترة حقن النفايات حدث ما يقرب من ٧٠٠ زلزال بسيط أمكن الإحساس به ، وقد تم تسجيل هذه الهزات ، وقد لوحظ هبوط واضح في النشاط الزلزالي عندما توقف الحقن لمدة عام ، وما أن استؤنف الحقن مرة أخرى حتى بدأت الرجفات الزلزالية .

وقد سجلت بعض الزلازل الأخرى التي حدثت بفعل النشاط البشري أيضاً وذلك في المناطق القريبة من الخزانات المائية الكبرى مثل بحيرة ميد التي تقع على الحدود بين ولايتي أريزونا ونيفادا ؛ إذ لوحظ أنه منذ امتلاء هذه البحيرة في عام ١٩٣٦ تم تسجيل المئات من الرجفات الأرضية البسيطة والتي يعتقد أنها قد حدثت بسبب ازدياد وزن المياه عن سعة البحيرة ، مما أدى إلى انتفاخ

القشرة الأرضية بنسبة بسيطة ، ويعتقد أن انزلاق الصدع يزداد بسبب المياه التي تنتشر بين الطبقات السفلى .

أما في الهند فيعتقد أن خزاناً كبيراً كان هو المسئول عن انفجار أحد الزلازل المدمرة وتسبب في مصرع حوالى ٢٠٠ شخص .

هذا ويعتقد أن تجارب الانفجارات النووية التي تتم تحت سطح الأرض مسئولة أيضاً عن سلسلة من الزلازل التي تحدث بعد هذه التجارب .

وقد أوضحت التجارب الميدانية والمعملية أن الحقن بالسائل في منطقة الصدع يقلل من مقاومة الاحتكاك أى أن الحقن بالسائل يساهم في إضعاف الصدع ، كما أن سحب هذا السائل يؤدي إلى تقوية الصدع مرة أخرى .

وقد أُجريت اختبار ميداني مثير في هذا المجال حيث قام الباحثون بحقن بئر في أحد حقول رانجلى للنفط في شمال غرب ولاية كولورادو ، ثم سحبت سوائل الحقن مرة أخرى فوجد أنه من الممكن بدء النشاط الزلزالي ثم وقفه .

وهذه النتائج الملحوظة من الممكن أن تمتد لتشمل التحكم في الصدوع الكبرى مثل صدع سانت أندرياس في جنوب كاليفورنيا حيث يمكن الحد من تهديد الزلازل الكبرى من خلال تفجير مجموعة من الزلازل البسيطة أما عن طريق الحقن بالسوائل أو من خلال الانفجارات النووية البسيطة .

فإن هذه الأساليب التي تعمل ببطء وباستمرار قد تنجح في إطلاق سراح تلك الضغوط الداخلية التي يؤدي تعاضمها إلى الانطلاق في صورة زلزال شديد القوة . ولو أن مشاكل التحكم في الزلازل متعددة وتحتاج إلى الآلاف من الهزات الصغيرة حتى تعادل تلك الطاقة التي تنطلق من زلزال واحد عنيف .

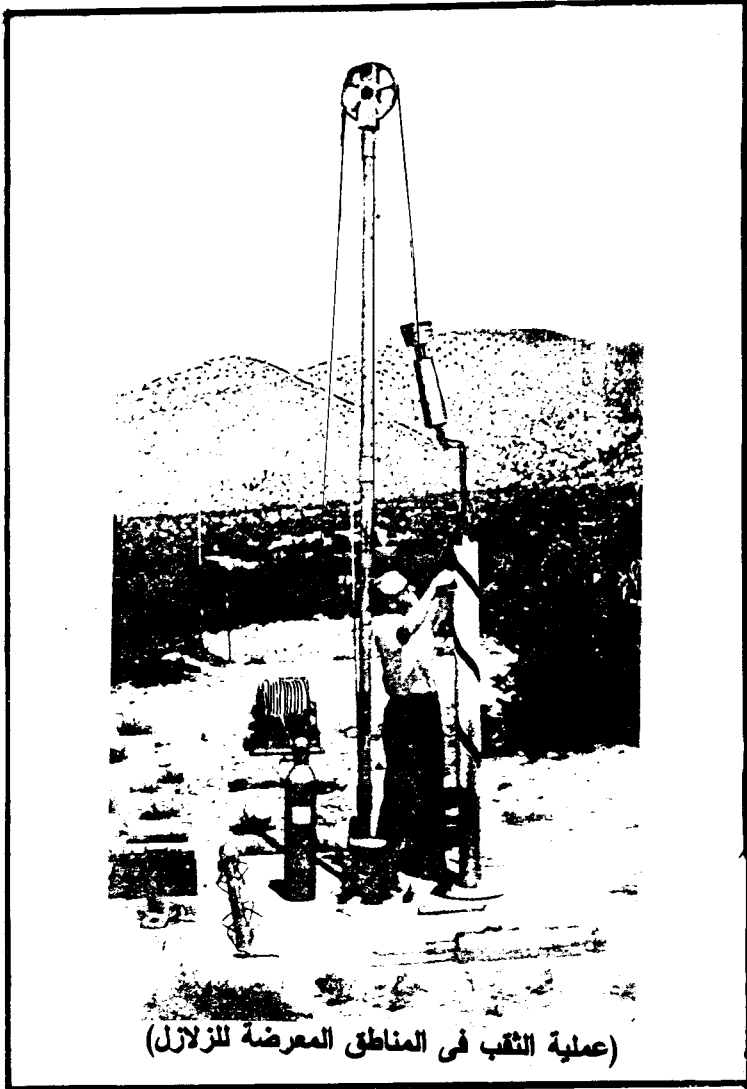
ومن الصعوبات التي تواجه مثل هذه الأساليب أيضاً أن عملية الثقب في مناطق الصدوع تعتبر عملية بالغة الصعوبة وغير مستقرة حيث تسبب الصخور المحطمة في حدوث انهيارات جانبية إلى جانب فقدان ذراع الحفار ، كما أن الصدوع تختلف عن بعضها البعض ، فهناك الصدوع الضحلة التي يمكن

(لوحة تكتون على أثر التجارب الذرية)



الوصول إليها بواسطة تكنولوجيا الثقب الحديثة كما في حالة صدع كاليفورنيا
بينما البعض الآخر من الصدوع من الصعب الوصول إليه .

أما أغرب المشاكل التي قد تواجه العلماء بل يمكن أن تكون أسوأها على
الإطلاق هي أن عملية الثقب في الصدوع قد تسبب هي نفسها في حدوث
نفس الزلزال الذي يحاول العلماء الحد من وقوعه ، وهكذا نرى أن الطبيعة
لا تستسلم بسهولة أمام محاولات الإنسان لقهرها .



(عملية الثقب في المناطق المعرضة للزلازل)

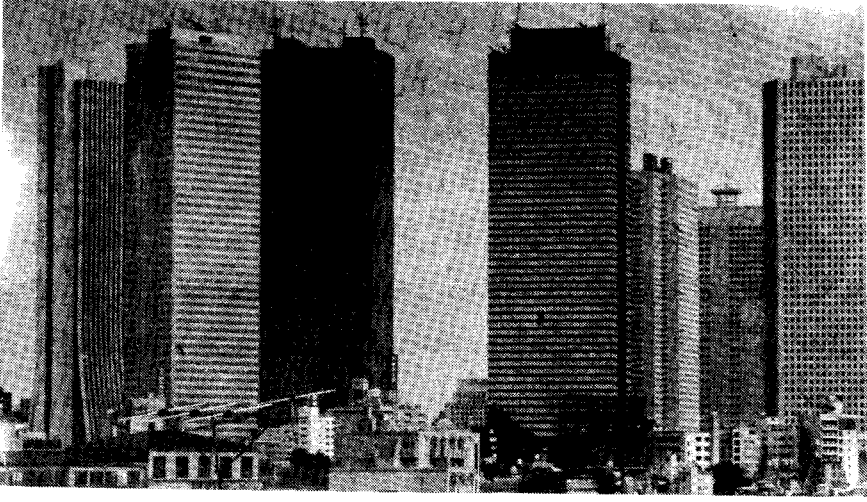
طوبى المباني المعرضة للزلازل

كانت المساكن فى العصور القديمة بسيطة التكوين وكانت هذه المساكن تقاوم أعتى الزلازل بالرغم مما كانت تبدو عليه من ضعف ؛ إذ أن السكان فى الحضارات القديمة والذين عاشوا فى مناطق كثيرة التعرض للزلازل قد تعلموا كيف يحمون أنفسهم من خلال بناء مساكن بالغة البساطة ، فمثلاً كانت منازل اليابانيين القدماء تتكون من هيكل بسيط من القطع الخشبية الكبيرة المترابطة تتخللها أخشاب البامبو اللينة ثم يسوى السطح بالطين ، وكانت هذه المنازل تستقر على مربعات صخرية كبيرة وغائرة فى الأرض بدون دعائم ؛ لذا كان تأثير الزلازل على هذه المنازل يشبه إلى حد كبير عملية هز سلة ضخمة مجدولة من البامبو .

أما فى مجتمعات أمريكا الجنوبية ، فكانت المباني تتكون من دور أرضى متين ومشيد من الأحجار ، أما الدور العلوى فمن الأخشاب الخفيفة ومن الغريب أن هذه المنشآت كانت قادرة على الصمود أمام هزات الزلازل ولكن من العجيب حقاً أن تطور الإنسان أدى إلى تطور أيضاً فى وسائل الراحة والأدوات المستخدمة أصبحت أكثر تعقيداً ، الأمر الذى جعل من أضرار الزلازل مشكلة خطيرة وباهظة التكاليف .

ونجد الآن أن معظم المراكز العصرية الكبيرة القائمة هى عبارة عن خليط من القديم والحديث حيث اندمجت المباني الحديثة ، مع تلك المباني التى يعود تاريخها إلى مائة عام مضت أو أكثر ، وبعضها قد ضعف على مدار الزمن .

كما نجد أيضاً أنه بمرور الوقت وارتفاع سعر أراضي البناء اضطر المعمارىون إلى الارتفاع بالمباني حتى وصلت بعض المنشآت إلى ارتفاعات شاهقة . ونظراً لأن العامل الاقتصادى أصبح عاملاً جوهرياً نجد أن التصميمات والخطامات أصبحت فى بعض الأحيان لا تتفق تماماً مع قوانين البناء من أجل توفير المزيد من النقود .



(ناطحات السحاب المقاومة للزلازل في طوكيو باليابان)



(انهيار بعض المباني وصمود البعض الآخر في مدينة شارلستون
في ١٨٨٦)

ولكن هناك بعض المنشآت التى يجب بالضرورة أن تصمد أمام الزلازل الشديدة مثل المستشفيات والمدارس والمباني التابعة للمؤسسات الحكومية . وتعتمد قدرة المباني على الصمود أمام الهزات الأرضية على عوامل كثيرة ومتعددة منها على سبيل المثال نوع التربة التى تم البناء عليها وعلى تصميم البناء وموقعه بالنسبة لموجة الاهتزاز هذا إلى جانب نوع المواد المستخدمة فى البناء وأيضاً مدى كفاءة العمالة المستخدمة ، هذا بالإضافة إلى طبيعة الهزة الأرضية ، فمثلاً الهزة الأرضية القصيرة ذات التردد العالى الحاد والتى تدوم لثوان معدودة فقط تعتبر بالنسبة للمهندس أمراً من السهل قهره نسبياً ، ومن اللافت للنظر أن المنازل المكونة من طابقين إلى أربعة طوابق تعد من أكثر المنازل عرضة للانهار أثناء حدوث مثل هذا النوع من الهزات الأرضية ، بينما المباني العالية وناطحات السحاب مثلاً من الممكن أن تنجو من مثل هذه الهزات القصيرة ودون أن يلحقها الضرر الشديد .

أما الهزة الطويلة ذات التردد القصير والتى تدوم لمدة دقيقة أو أكثر فتعتبر أمراً مختلفاً تماماً ، وإذا لم يتم تصميم المبنى المتعدد الطوابق تصميمياً جيداً ، فإن هذا المبنى يمكن أن ينهار بأكمله ونجد كل طوابقه محددة على سطح الأرضى أما تلك المباني ذات الطوابق القليلة لم يصبها الضرر .

ويتناول مجال هندسة الزلازل كل التصميمات الاقتصادية للمباني والتى تستطيع أن تصمد أمام الهزات الأرضية ، بالإضافة إلى تغيير المباني الموجودة بالفعل مثل المساكن والمباني التجارية والمدارس والمستشفيات وأيضاً السدود والكبارى والتى يجب أن تختبر جيداً من حيث قوة التحمل .

كما أن هناك بعض المباني التى شيدت بطريقة عشوائية والتى كثيراً ما تنهار فى مواجهة الزلازل بسبب انهيار الأرض التى شيدت عليها كما حدث فى مأساة مدينة انكوراج أثناء زلزال آلاسكا عام ١٩٦٤ حيث تعرضت طبقة من الطفلة تمتد تحت سطح المدينة إلى ظاهرة السيولة الصخرية مما تسبب فى انزلاق الأرض واتجاهها نحو البحر .

كما أن الهزة الأرضية الشديدة قد تفقد التربة قدرتها على تحمل المباني كما

قد تؤدي إلى سيولة التربة الحاملة لهذه المباني لذا فمن الضروري أن يتم الحد من إقامة المنشآت في المناطق التي تتعرض تربتها للهبوط أو في المناطق التي تقع على امتداد الصدوع النشطة إلى جانب أيضاً تلك المناطق المعرضة للانزلاق الأرضي والمناطق الساحلية المعرضة للموجات البحرية الزلزالية ، وكل هذه الظواهر تعتبر من العوامل الهامة بالنسبة للعاملين في مجال هندسة الزلازل .

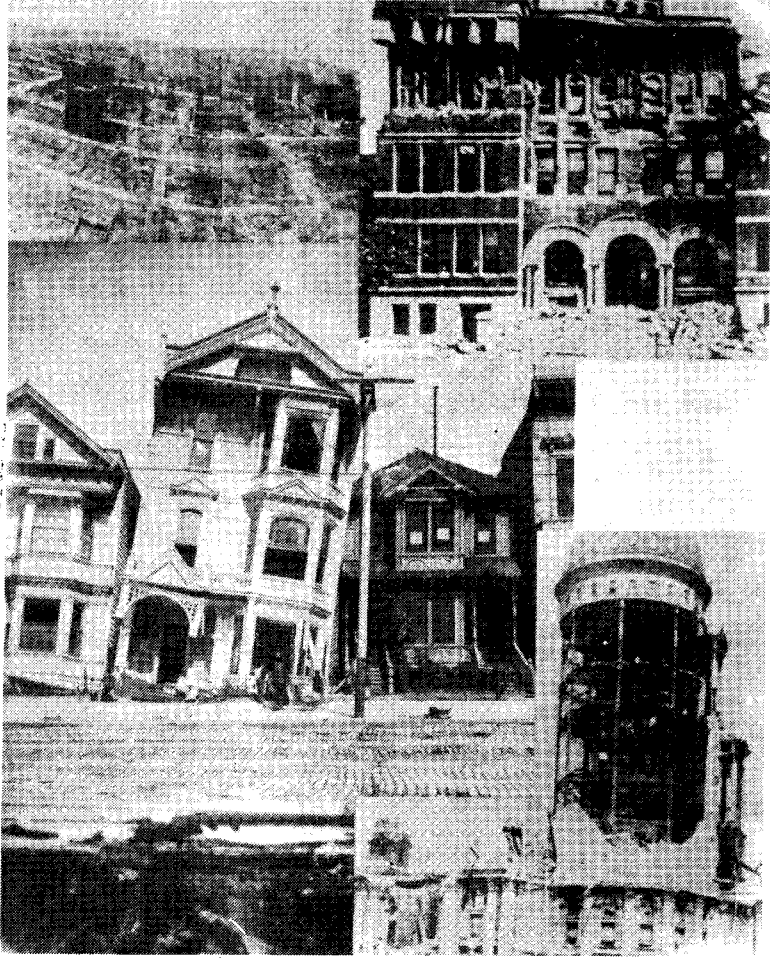
لذا فقد قام المهندسون وعلماء الزلازل إلى جانب بعض العلماء من التخصصات الأخرى في أمريكا بوضع أربع نظريات لطرق تصميم وبناء المباني والمنشآت التي تقاوم الزلازل .

وقد وضعت هذه النظريات تحت الاختبار العملي عندما وقع زلزال سان فرناندو في صباح أحد أيام عام ١٩٧١ وكانت قوة هذا الزلزال ٦,٦ درجة واستمر لمدة دقيقة ، حيث وجد أن المساكن ذات الطابق الواحد كانت أفضل في التحمل من المساكن ذات الطابقين أو أكثر كذلك كان الفرق بسيطاً بين المساكن ذات الأرضيات الخشبية وتلك المكسوة بالبلاط .

وقد لوحظ بوجه عام أن المنازل الحديثة البناء قد صمدت أمام الهزات الأرضية بصورة أفضل من المنازل القديمة أما المساكن الرديئة التنفيذ في البناء أو الخفيفة فقد تعرضت للضرر .

أما المدارس فقد فشلت في الصمود أمام هزات ذلك الزلزال ولكن من حسن الحظ أن الفصول لم تكن قد بدأت العمل بعد ، كما تعرضت الطرق للالتواء والتعرج بينما انهارت المعابر الحديثة الإنشاء .

وكان تصميم المباني قبل وقوع زلزال سان فيرناندو في عام ١٩٧١ تم تنفيذه من خلال افتراض نسبة ١٠٪ كأقصى جاذبية محتملة بالنسبة لزلزال متوسط الشدة ، ولكن أجهزة تسجيل الزلازل في وادي سان فيرناندو أوضحت أن بعض المباني قد تعرضت لتسارع يساوي أو يفوق قوة الجاذبية ، لذا أصبح من الواضح أن تصميم البناء غير ملائم للظروف التي تتعرض لها هذه المباني . وقد وجد أنه عند وقوع أى زلزال حتى ذلك الزلزال المتوسط الشدة ،



(هبوط التربة وانهدار المباني - زلزال سان فرانسيسكو ١٩٠٦)

فإن المباني تتعرض لقوى أشد بما يوازي خمسة إلى عشرة أضعاف تلك القوى التي كان مسموحاً بها في المواصفات الأصلية .

كما اتضحت أيضاً مشكلة من أنه كلما طال أحد الزلازل كانت المباني المتعددة الطوابق أكثر ميلاً للتأرجح ؛ لذا فإن المبنى المصمم بحيث يواجه الزلازل قصير الأمد من الممكن أن ينهار ، ولحسن الحظ أن علماء الجيولوجيا قد تعرفوا على مواقع معظم الصدوع النشطة وبذلك يستطيع مهندسو البناء أن يتعرفوا على الاتجاه المحتمل للموجات الزلزالية وبالتالي يمكنهم وضع تصميمات البناء بحيث تتفق مع المحور الطولي الموازي لحركة الأرض المتوقعة أثناء الزلازل .

كذلك نوع التشييد يلعب دوراً كبيراً في صمود البناء أمام الزلازل ، فمثلاً المباني ذات الهياكل الصلب والتي تتمتع بالقوة مع شيء من المرونة والخفة في الوزن قد تكون أكثر ميلاً للصمود أمام الزلازل ، كذلك أيضاً تلك المباني ذات الهياكل الأسمنتية القليلة النوافذ والأبواب التي تضعف قوة البنيان ربما تصمد جيداً أمام الزلازل ، أما تلك المباني المشيدة بالقوالب الأسمنتية المفرغة والغير مسلحة ، وكذلك المباني الحجرية القديمة ، فإنها تكون أكثر عرضه للتأثر بأخطار الزلازل ، كما أن الأوزان الثقيلة فوق أسطح المنازل تزيد من ثقل المبنى ، كما أن الشرفات تمثل خطورة عند سقوطها على المشاة أثناء الهزة الأرضية ، لذا يؤكّد الخبراء على ضرورة البقاء داخل المنشآت أثناء الزلازل .



(الطريق العريضة في مدينة سايبورا باليابان)

ويتم تصميم بعض المباني الحديثة الآن على أساس وجود فراغات في صورة جراج للسيارات وهذه الفراغات تقف على مجموعة من الأعمدة الأسمنتية ، وهذا النوع من المباني سرعان ما ينهار أمام الهزات الأرضية القوية .

وفي عام ١٩٧٩ تعاونت كل من اليابان والولايات المتحدة من وضع برنامج يهدف إلى تقييم صلاحية الهياكل المعمارية التي تم تصميمها لتناسب المناطق المعرضة للزلازل ، وقد أجريت في معهد بحوث البناء في تساكابا باليابان تجارب وبالمقياس الحقيقي وبنفس نمط مظاهر الزلازل الحقيقي من حيث الإزاحة الجانبية أو الاهتزاز .

أما الحركة الجانبية والتي عادة ما تزيد في الأدوار العليا فقد تم تحقيقها في هذه التجارب من خلال جذب نموذج مكون من سبعة أدوار بواسطة روافع هيدرولوجية في محاطة لقوى القصور الذاتي التي تتم أثناء زلزال مدته ١٥ ثانية ، وقد لوحظ أن أفدح الأضرار حدثت عندما وصلت درجة الميل إلى حوالي ٢٣ سم حيث تصدعت الحوائط ذات التحميل الكبير ، وقد أجريت عمليات ترميم ناجحة للأضرار الشديدة التي حدثت للمبنى عن طريق حقن التشققات بمواد مناسبة ، وعمل دعائم أو استبدال الأعمدة الصلب التالفة داخل الأسمنت ثم أعيدت التجربة مرة أخرى فأتضح أن عمليات الترميم التي أجريت قد أعادت للمبنى كامل صلابته .

هذا وتعتبر الإنشاءات المضادة للزلازل لاتزال في حكم التقنية الجديدة إلى حد ما ولو أن هناك بعض الأسس المحددة والمعروفة ، منذ فترة ، وتتلخص هذه الأسس في أن المباني الخرسانية الغير مسلحة أو الجيرية تعتبر من أكثر الإنشاءات تعرضاً للخطر الزلازل ، أما تلك المنازل ذات الدور الواحد أو الهيكل الخشب فتعتبر أقل الإنشاءات تعرضاً للخطر .

وهناك اتجاهان لتقييم المباني متعددة الطوابق ذات الهيكل الصلب حيث يرى العديد من المهندسين في أمريكا أن المباني يجب أن تكون مرنة إلى أقصى حد ممكن .

أما الفريق الياباني من المهندسين فيفضل المباني الصلبة المتناسكة ويستندون في رأيهم هذا إلى نتائج الزلزال المدمر الذي هاجم سنداى باليابان عام ١٩٧٨ حيث ظلت المباني الصلبة متناسكة وسليمة ، ويرى الفريق الياباني أن ناطحات السحاب ذات الهياكل المرنة بالرغم من أنها قد تصمد أمام أحد الزلازل إلا أنها قد تعرضت أيضاً لبعض الأضرار مثل الالتواء وتناثر قطع الأثاث والأشياء الأخرى المتحركة والتي اصطدمت بالحوائط والأفراد .

ولعل ذلك التصميم المعماري الذي يقام فوق قاعدة ضخمة ماصة للصدمات يعتبر من أكثر التصميمات الهندسية أماناً أثناء الزلزال ، وهذا النوع من الإنشاءات لا يعتبر جديداً حيث قد تم تنفيذه بالفعل في مراكز قيادة فرق المدفعية .

ويبدو أن اليابان أكثر قلقاً بالنسبة لهذه المشكلة حيث تنفق ما يقرب من ٣ بليون دولار سنوياً في مجال الحماية من الزلازل بينما تخصص الولايات المتحدة حوالي ٧ مليون دولار فقط .

وأخيراً لابد لنا أن نعترف بأن الإنسان يعتبر أحد العوامل التي تلعب دوراً هاماً في كارثة الزلازل بعد أن تبين لنا مدى مشاركة تلك المباني التي تقع فوق رؤوس سكانها في مسئولية نشر الموت والدمار جنباً إلى جنب مع الزلازل .

- تم بحمد الله -





- 1 - Volcanoes and Earthquakes
by : Jon Ericksan.
- 2 - Volcanoes and Earthauakes
by : Terry Jennings.
- 3 - All about Volcanoes and Earthauakes
by : Fredrick H, Pough.