الفصل السابع
« تخطيط المدن المعرضة للزلازل واعادة بناء المدن المدمرة»

١- المقدمـــــة:

تتعرض المدن عادة لخطر الكوارث الطبيعية من زلازل وفيضانات وزوابع وأعاصير وغير ذلك مما يسبب خسائر فادحة في الأرواح والممتلكات من مباني وغيرها، وجملة الخسائر الاقتصادية والاجتماعية هذه تظل آثارها عادة فترة غير قصيرة في حياة البلدان.

يتزايد التأثير التدميري للزلازل الطبيعية مع نمو المستوطنات البشرية واتساعها وزيادة عدد القاطنين فيها، فالزلازل ظواهر طبيعية يتعذر التكهن بها أو توقعها مما يحول دون اعطاء التحذير المسبق بشأنها. كما أنه من الصعب التحديد المسبق لأنماط حركتها واندفاع اهتزازاتها، وعليه يتم وضع الاجراءات المستفيضة المتعلقة بالوقاية وحتى الحث على الاخلاء كمحاولة لمنع وقوع خسائر في الأرواح والممتلكات. أما النهج الأساسي السابق للكارثة فينبغي أن يتمثل في تنفيذ الاجراءات للتخفيف من تأثيرات الارتجاجات المحتملة في المناطق المعروفة بنشاطها الزلزالي بحيث تخفض الخسائر إلى الحد الأدنى عند وقوع الكارثة. وحقيقة أنه إذا ما أريد تحقيق الفعالية القصوى للتخفيف من حدة الاخطار الزلزالية ينبغي لعملية التخفيف تلك أن تشكل جزءاً لا يتجزأ من عملية تخطيط المستوطنات البشرية وتنميتها. ويستدعي ذلك وضع أساليب لتقدير الأخطار وتقييم تعرض المناطق السكنية للزلزال وتحديد مستويات هذا التعرض. عندئذ فقط سيتوفر أساس اعداد التصاميم اللازمة لوضع واختبار الاجراءات البديلة بهدف التخفيف من حدة التأثيرات الزلزالية ضمن نطاق حضري ما.

٢- تخطيط المدن للسيطرة على الزلزال:

ان البدهية العقلية والتنظيمية تقضي من مخططي المدن والمسؤولين عن مشاريع البناء توقع حدوث الكوارث الطبيعية والتخطيط لمنع وقوعها أو على الأقل التخفيف من مخاطر هذه

الكوارث حين وقوعها ووضع برامج تصورية لاعادة التعمير والبناء والتأهيل للمناطق المنكوبة. وهذا يعني كما تشير العبارة إلى أسبقية التخطيط العمراني السليم الذي يتوقع حدوث الكوارث ويخطط لمنع وتخفيف أضرارها، ومن ثم وضع الاجراءات المسبقة التي تستدعي (القبض) على الكارثة الطبيعية ومنعها من أن تحيل العمران خراباً بلقعاً. وهذا ما يمكن أن نطالب به ليكون برنامجاً وطنياً واستراتيجية وطنية لا مجال للتساهل بها، وإلا عنى التساهل قبول ازهاق أرواح المواطنين وممتلكاتهم!!

ان التقديرات النظرية والتجريبية المتعلقة بالمنطقة المعرضة للزلازل، اضافة إلى مستويات الأخطار المتنبأ بها تتيح المجال أمام تشييد نماذج للتنبؤ بالأضرار وتحديد مستويات الأخطار الزلزالية.

ان هناك اعتبارات تساهم في مدى درجة مقاومة المباني للقوى الزلزالية منها(٨٩):

- نوع استعمال المبنى كأن يكون مبنى ذو وظائف حياتية (مستشفيات – محطات اطفاء الحريق الخ) أو يقيّم بحسب عدد الأشخاص الذين يتواجدون فيه في وقت معين.
- عمر المبنى .
- ارتفاعه، وعلو أرضيته.
- أساساته ونظامه الهيكلي وهما العاملان الأكثر أهمية واللذان يتحكمان بكيفية استجابة المبنى للنشاط الاهتزازي.
- عناصر المبنى غير الهيكلية: الجزء الأكبر من دمار المباني يعزى مباشرة إلى ارتفاع تعرض عناصره غير الهيكلية للهزات كالجدران الداخلية والفاصلة الناشئة عن الانجراف والدوران الداخلي الجامح للأساسات.
- الصيانة المستمرة.
- الانفصال على الهياكل المحيطة: إذ ينبغي مراعاة العوامل التي تؤثر في التفاعل بين المباني المجاورة أثناء تحرك الأرض: فمثلاً قد يتمكن مبنى ضخم ذو هيكل صلب متين من الصمود في وجه الاهتزاز الشديد للأرض، غير أن حركة هذا المبنى قد تتسلل إلى مبنى صغير مجاور فتلحق به دماراً جسيماً.

التناسق (لوحظ أنه في زلزال المكسيك ١٩٨٥) نالت زوايا المباني غير المتناسقة قسطاً كبيراً من الدمار.

والآن نتساءل ماذا يفعل الانسان تجاه الزلازل عادة ؟!؟

اننا بالطبع لا نستطيع أن نهرب بعيداً عنها. وكل ما نستطيع أن نفعله هو أن نتعظ من الدروس التي علمتنا اياها الزلازل. أو بتعبير أدق ألقتها علينا. لقد علمتنا كل من زلازل مسينا وطوكيو وسان فرنسيسكو وأرمينيا والقاهرة وغيرها من الزلازل المعاصرة شيئاً واحداً ينبغي أن نفعله، وهو أن نجعل مبانينا حصينة ضد الزلازل. وللتأكد من ذلك ينبغي أن نتصور أن عملاقاً ضخماً يستطيع أن يقبض على أحد المنازل أو العمارات السكنية، ثم يقلبه رأساً على عقب، فهل يؤدي ذلك إلى تساقط جميع الأسقف وجميع الأرضيات حتى لا يبقى إلا الطابق الأسفل في قبضته، أم هل يبقى البناء متيناً متماسكاً كأنه ناطحة سحاب من الصلب الملحوم فلا يتساقط منه إلا بعض اللبنات السائبة في المدخنة؟ إذا كان الأمر كذلك فإن البناء يكون في مأمن من الزلزال(٣).

بعد الزلزال، وعند وضع المخطط العام لمدينة جديدة أو لتوسيع مدينة متضررة فلا بد للاعتبارات الزلزالية أن تلعب دوراً مهماً. وفي هذا المجال فإن من أهم المشكلات التي تعترض المخططين هي بحوث العمليات (operation research). أو بعبارة مبسطة، المقارنة بين كلفة البناء المقاوم للزلزال، وكلفة البناء الاعتيادي في هذا الموقع أو ذاك. كما أن امكان انزلاق التربة هو أحد العوامل الحرجة جداً، والذي لا بد من أخذه بالحسبان في هذه الدراسات، وهو في الحقيقة مشكلة معقدة كما أنه مطلوب من الدراسات التخطيطية للمدن المرشحة لوقوع الزلزال فيها أن تتطرق إلى أمور أخرى مثل الفروق بين نوعية الخدمات المقدمة للمواطنين في مجال النقل والصحة في الحالة الاعتيادية، واثر حدوث زلزال قوي، وكذلك في مجال الخدمات الأخرى مثل تمديدات الغاز، وأساليب مكافحة الحرائق وغيرها (٩٠).

ومن الممكن دحض الفكرة القائلة أنه من الضروري الامتناع كلياً عن بناء منشأت خطرة كالمصانع الكيماوية، أو المحطات الكهرذرية في المناطق التي يمكن أن تقع فيها الزلازل، عندما يتم بناء هذه المشروعات وحمايتها علمياً من الزلازل المحتملة، كأن تقام في وحدات اصطناعية من الكتل البلورية، وبذلك يمكن لها أن تصمد أمام الهزات الأرضية القوية. وبالنتيجة يبقى الأمر

الأهم، وهو كيف نعيد إلى المدينة وجهها القديم الذي شوهه الزلزال. في المدن الساحلية حيث يمكن التحديد الكمي لأخطار الزلازل البحرية (تسونامي) فإن النقاط السابقة تكون أكثر حدة، ومعالجتها تكون أكثر صعوبة، وعلى كل حال فإن التقدم في هذا الفرع من الهندسة الزلزالية يمكن أن يستفيد من التطور الحاصل في تطبيق بحوث العمليات في هندسة تخطيط المدن.

ان التاريخ مليء بأعمال اخلاء مدن كاملة دمرها الزلزال، أو أضرَّبها، وأعيد بناؤها في مواقع مجاورة للمدن القديمة. إلا أن الجهل بعلم الزلازل سواء منها الاقليمية أو الميكرو اقليمية (المحلية) والعوامل الاجتماعية المرافقة لها، يجعل معظم القرارات المتعلقة بالاخلاء والبناء من جديد متسرعة وبعيدة عن الصواب والفائدة، وعلى سبيل المثال نذكر التدمير الجزئي الحاصل في انتيغوا، العاصمة السابقة، لأميركا الوسطى، في عام ١٧٧٣، والذي أدى إلى تأسيس مدينة غواتيمالا على بعد ٤٤كم منها، وظلت بقايا وشواهد مدينة انتيغوا أطلالاً جميلة. لم تعان من تأثيرات حركات زلزالية شديدة وجديدة !! بينما ضربت مدينة غواتيمالا زلازل مستمرة، وعرضتها لأضرار كبيرة!! وكل ذلك كان بسبب الخطأ في اختيار موقع المدينة الجديدة، أو نقل موقع العاصمة من مدينة انتيغوا إلى مدينة غواتيمالا دون دراسة كافية (١٠).

وهنا نشير إلى أن التجارب السابقة تفيد أن المآوى المؤقتة كثيرا ما تتحول إلى مساكن دائمة كما في مثال غواتيمالا ومثال مدينة الأصنام الجزائرية فالمآوى الطارئة التي أعدت خصيصاً لايواء المنكوبين بزلزال عام ١٩٥٤ في مدينة الأصنام طال استخدامها حتى عام ١٩٨٠.

من جهة أخرى تعرضت عاصمة السلفادور في عام ١٨٥٤ إلى دمار شبه كامل نتيجة أحد الزلازل، فتم نقل العاصمة سان سلفادور الجديدة إلى موقع يبعد ١١ كم عن مدينة سانتاتقلا. صحيح أن الحركات الزلزالية في الموقع الجديد كانت أضعف منها في الموقع القديم، ولكن تغيير موقع العاصمة لم يكن قراراً ناجحاً، بدليل أن الفعاليات الاجتماعية (المستثمرين والصناعيين) عادت إلى الموقع القديم لتمارس نشاطها فيه. وبعد بضع سنوات لحق بها بقية السكان الذين ألفوا الموقع القديم وأحبوه، تاركين العاصمة الجديدة تنعى من بناها، مع الزمن ونتيجة لتراكم الخبرات والتجارب أصبحت القرارات المتعلقة باعادة تشييد المدن المدمرة بالزلزال أو المتضررة منه أكثر صواباً ودقة، وقد أثر ذلك التطور بالنتيجة على علم تخطيط المدن، الذي لا يضره – في هذا المجال تحديداً – شيء أكثر من الضغوط العاطفية المستمرة التي يعاني منها المخططون، وهم تحت ضغط

الكارثة الزلزالية وكابوسها.

ان أية خطة استعداد للكوارث يجب أن تتألف من ثلاثة عناصر وهي (٨٩):

* الاجراءات والترتيبات التمهيدية السابقة لوقوع الكارثة الزلزالية.

* عمليات الانقاذ والاغاثة.

* الاجراءات المتعلقة باعادة الاعمار والاحياء والتأهيل.

رغم ذلك فإن هناك عاملين اثنين يربطان ما بين الاستعداد للكارثة والحيلولة دون وقوعها وهما:

- تحليل مدى تعرض كتلة المباني والهياكل الأساسية الموجودة بما في ذلك وجود بعض الأبنية والهياكل التي تستدعي اصلاحاً عاجلاً.
- الاستعداد لمعالجة الأوضاع المترتبة عن الزلازل في حالات الوفيات والاصابات والأضرار المحتملة وفقاً للدرجات المتفاوتة حسب قوة الزلزال وضعفه.

٣- نماذج حلول اعادة البناء:

عندما يقع زلزال في مدينة ما يكون من الطبيعي أن تفكر السلطات المحلية أو القطرية المختصة أول ما تفكر باغاثة المنكوبين ومساعدتهم العاجلة باقامة المخيمات والمدارس والعيادات المؤقتة، ومحاولة استرجاع أية ممتلكات أو سلع مفيدة من المنطقة المنكوبة وتقديم أسرع وأفضل نظم الاصلاح لوسائل النقل والاتصالات. وتجري خلال هذه الأعمال عادة عمليات تقدير حجم الأضرار الواقعة. بعد ذلك يتم (ببطء أو على عجل حسب الظروف الاقتصادية للدولة المنكوبة بما في ذلك حجم المساعدات المقدمة لها من جهات مختلفة) انشاء البيوت الجاهزة والمدارس والمرافق الصحية، والخدمات التجارية للمتضررين في المواقع المدنية.

يلي هذه المرحلة التفكير باعادة اعمار المنطقة المنكوبة وهذه المرحلة عادة هي أدق وأصعب المراحل اذ يتعلق بها وضع برامج تنموية متوسطة أو طويلة الأجل لتنمية المنطقة المنكوبة واعتماد الأسس التخطيطية للبناء الجديد في مواقع بعيدة عن الخطوط الزلزالية المحتملة، وتجنب المناطق شديدة التعرض للزلزال مثلاً الوديان، ووضع برامج بناء تراعي أوضاع التربة والتسارعات العمودية وغير ذلك.

وعموماً فإنه عندما تتعرض مدينة ما للزلزال فإن على مخطط اعادة التشييد والبناء أن يستند إلى القرار السياسي والاقتصادي المتعلق باعادة البناء، وأن يختار ارتكازه على اجراء حلول سريعة أو رخيصة الكلفة، أو حلول جذرية دائمة وكل من أنواع الحلول الثلاثة تعني أسلوباً في العمل مغايراً للآخر، وذلك على النحو التالي: (٩١).

٣-١: الحلول السريعة:

ان الخطط المعمارية والانشائية الموضوعة في مجال الحلول السريعة تهدف عادة ما يلي:

١- توحيد عناصر التشييد للتقليل إلى الحد الأدنى من عدد العناصر اللازمة والتكاليف.

٢- تجهيز عناصر البناء الخفيفة التي سيتم انتاجها والتعامل بها واستخدامها من قبل القائمين على البناء .

٣- تحسين التصاميم لانتاج الخطط الموجهة لصالح الانتاج الصناعي بحيث تكون واضحة ومفهومة بالنسبة للمشاركين في مشاريع اعادة الاعمار للمدن المنكوبة.

٤- تبسيط الجوانب المتعلقة بالابعاد من خلال اعتماد وحدة للقياس.

بناء على هذه الأسس يتم تصميم أبنية تشتمل على جدران متينة مصنوعة من قطع الطوب المدعمة عمودياً بقضبان حديدية وموزعة على بعد متر واحد عن بعضها في المركز الأجوف من القطع وأساسات الاسمنت المسلح والشعاعات الحلقية واطر الأبواب والأسقف المصنوعة من الشعاعات الجاهزة الصنع المقلوبة والتي تحمل شكل حرف (T) وقطع الطوب الخفيفة الوزن.

من الملامح الابتكارية الأخرى تصميم وتجهيز وحدات نموذجية للحمامات باعتماد الأخشاب وألواح الاسمنت الممزوج بالاسبستوس.

٥- ويمكن استخدام قطع اللبن التقليدية مع الاطر الخشبية وأساسات الطوب المسلح، وعادة يجري تصميم المساكن بحيث يمكن توسيعها باضافة وحدات متطابقة كي تشكل مساكن فضاء داخلي وفقاً لتقاليد السكن في الأراضي الجبلية.

مثال اليمن: الكارثة الزلزالية التي تعرضت لها اليمن وقعت في ١٣ كانون الأول عام ١٩٨٢ وبلغت درجتها ٥,٨ حسب مقياس ريختر، وتفاوتت درجة حدة الزلزال في المناطق المختلفة من

البلاد كما تفاوتت درجة الدمار الذي أسفر عنه. وتركز القسم الأكبر من الدمار في منطقة الضمر في الجبال الوسطى وأسفر عن مقتل (١٦٠٠) شخصاً واصابة (١٤٠٠) آخرين، وبلغ عدد المساكن المتأثرة بالكارثة حوالي (٤٢) ألف مسكن دمر ما يقارب الـ (٢٥) ألف مسكن منها تدميرا كاملاً فيما تضرر (١٧) ألف مسكن بأضرار مختلفة (٨٩).

وكانت منطقة الضوران المنطقة الأشد تأثراً بالدمار حيث يعيش سكانها في مجتمعات محلية صغيرة يتراوح عدد المساكن فيها بين (٢٠٠ – ٣٠٠) مسكن تنتشر بشكل مبعثر في جميع أنحاء المنطقة، وكانت تلك المساكن خاصة بذوي الدخل المنخفض تقيم فيها الغالب الأسر الكبيرة. أما النفاذ إلى المنطقة فكان عسيراً للغاية، فقد تكونت سطوح الطرق المؤدية إلى القرى من حجارة فالتة ترتمي فوق مناطق شديدة الانحدار، وفي المواسم الماطرة تتعرض التربة في هذه الممرات والمنحدرات للانجراف.

وقد أجريت عملية مسح شاملة للبيوت التي دمرها الزلزال لتحديد أسباب الدمار فيها. وقد تم تحديد هذه الأسباب بما يلي: (٢٥).

* انهيار المنزل كلياً نتيجة لانزلاق الأساسات المبنية على ركام أو على سفوح تلال منحدرة، أو على حافة صخور شديدة الانحدار، أو نتيجة لسقوط منزل مجاور عليه.

* تدني مستوى المواد الانشائية التقليدية وتقنيات البناء بهياكله الضعيفة.

* عدم تماسك الهياكل إذ انهارت الجدران الجانبية وسقوف البناء بعد سقوط الأركان.

* غياب شعاعات الربط للأجزاء الهيكلية المجتمعة.

لهذه الأسباب ولضرورات الاسكان السريع تم وضع برنامج يعتمد على الجهد الذاتي بمعونة من منظمات الأمم المتحدة في منطقة ضوران التابعة لمحافظة ذمار، وتم في تنفيذ البرنامج مراعاة قواعد الهندسة المعمارية التقليدية في تصميم المساكن الجديدة.

لقد كان أمام المنتفعين من بناء المساكن الجديدة خيارات متعددة تتعلق بمواد البناء منها الحجارة، قطع الطوب المسلح أو مزيج من الاثنين، أما تصميم الوحدات فشمل مساحة أرضية بلغت (٢٤) متراً مربعاً يمكن توسيعها بزيادة عدد من الوحدات تراوحت مساحة كل منها بين (١٢) متراً مربعاً

و (٤٨) متراً مربعاً من المساحة الاجمالية للأرض. وبهذا فإنه مع تواجد ثلاثة أنواع من الجدران وثلاثة أنواع من مساحات الأرضية ارتفع عدد الخيارات المتاحة لدى المنتفعين ليبلغ تسعة خيارات تتمتع جميعها بالمقاومة للزلازل وتقع تكاليفها ضمن امكانات المنتفعين. بالاضافة إلى ذلك تم تزويدها بشعاعات رابطة من الطوب المسلح وعتبات الأبواب والنوافذ العليا والأساسات. أما الزوايا والمفاصل التي تحمل شكل (T) واطر الفتحات فدعمت بالفولاذ وتم توفير الشبكات السلكية في كل ثلاث دورات من الدورات المتعلقة بالبناء. واشتملت التصاميم على الأقواس ذات الطابع اليمني وعلى فتحات التهوية، واستكملت الهياكل بسقوف الخشب التقليدية (الشكلان رقم (٧١) آ و (٧١) ب).

مثال الجزائر: ان الزلزال المريع الذي دك منطقة عود شليف (المعروفة سابقاً بمدينة الأصنام) في الجزائر في العاشر من تشرين الأول عام ١٩٨٠ هو أعنف زلزال عرفته الجزائر طيلة فترة الـ ٢٥٠ سنة الماضية، فقد تجاوز عدد الضحايا الـ (٢٦٠٠) شخصاً وبلغ عدد المصابين (٨٤٠٠) شخصاً وتشرد حوالي (٣٠٠) ألف شخص، والحق الزلزال الذي بلغت درجته ٧,٩ حسب مقياس ريختر أضراراً جسيمة بالمستوطنات الحضرية والريفية على حد سواء وذلك في كل من المناطق التالية (مدينة الأصنام، العطاف، عين دفلى، بوقدير، تينيس وميليانه) وقد نالت مدينة شليف النصيب الأكبر من الدمار والأضرار حيث دمر فيها ما يقارب الـ ٧٠٪ من رصيد البناء و ٩٥٪ من المدارس الابتدائية و ٩٨٪ من المباني والمنشآت العامة، فيما لحقت الأضرار الجسيمة بشبكات الطرق والاتصالات والمرافق الاجتماعية والتجارية (مصدر ٨٩).

وكان أحد الأسباب الرئيسية للدمار الهائل الذي أصاب مباني الاسمنت المسلح يعزى إلى ضعف التنفيذ وانعدام المهارة.

وكان أسرع الحلول بالنسبة لحالة الجزائر اعتماد نظام البيوت الجاهزة الصنع المؤلفة من مواد البناء الخفيفة (الأخشاب ، الفولاذ، الاسمنت المليف) وفي غضون فترة لا تتجاوز الـ ١٨ شهراً بعد وقوع الكارثة، تم انشاء ما يزيد عن (٤٠) ألف وحدة سكنية جاهزة إلى جانب الهياكل الأساسية والمرافق الضرورية.

وعموماً فإن تقييم الأخطار يشمل اختبار وتحليل جميع الأبنية التي لحقت بها الأضرار كخطوة

تمهيدية لاصلاحها أو لهدمها إذا ما دعت الضرورة، أما إذا بقي هيكلها الانشائي مقبولاً، أو لوحظ فيها نقاط انشائية ضعيفة تجعلها مستقبلاً لقمة سائغة للزلزال فيمكننا اصلاح تشققاتها الطبيعية أو الطارئة في الجدران البيتونية والأعمدة والبلاطات والجوائز بحقن الشقوق بمادة لاصقة (كالملاط الاسمنتي) أو (الايبوكس). وهناك حل آخر يعتمد على التقوية الخارجية باستخدام بلاطات ذات سماكة معينة تغطي كامل الوجه الخارجي للجدار والأضلاع العمودية.

٣ – ٢ – الحلول الرخيصة:

عندما يتعلق الأمر بواقع اقتصادي متواضع يفرض نفسه يصبح من الترف أن نبحث عن الحلول المكلفة، لذلك فإن هاجس المخطط حينئذ يتركز على الحلول الاقتصادية التي لا تكلف الكثير، وضمن هذا الاطار دلت نتائج الأبحاث التي أجريت في ألمانيا (الاتحادية سابقاً) (٩٢)، والمتعلقة بالسكن رخيص التكاليف، وبخاصة لمناطق يتوقع تعرضها لهزات طبيعية أو مصطنعة، (كالقصف مثلاً)، على أن العمارة الطينية المتطورة تتميز بكونها أكثر ثباتاً لاجهادات الشد، وبكونها مقاومة للعواصف المطرية، وتحقق أماناً لقاطنيها، خاصة وأنها تعتمد على المواد المحلية المتوفرة بكثرة في كل مكان، حيث يستطيع كل فرد انتاجها لتعمير منزله ذاتياً، وتعتمد هذه الطريقة المتطورة بصورة رئيسية على الرمل والطين والجدران الخارجية التي تتكون من أكياس على شكل أوعية نسيجية تملأ بالرمل، وكذلك من المادة الطينية المعالجة بمواد أخرى اضافية مثل الكلس أو الاسمنت لتحسين النوعية، وبالخلط مع الألياف النباتية والقش والخشب لتقوية التحميل ضد اجهادات الشد، وباضافة القطران والصمغ أو الزيت تتحسن مزاياها الفيزيائية والكيميائية، وبالحزم الدائري بمواد بيتونية يمكن أيضاً ضمان الزيادة الأكيدة للمقاومة ضد اجهادات الاستقرار والتوازن، نتيجة الرياح والصدمات الأخرى الناتجة عن القصف أو الهزات الأرضية. أما السقف فهو منفصل انشائياً عن الجدران (من الأخشاب أو تغطية صفائحية للسقف). أما تراب أرضية البناء فيجب ضغطه حتى ٦٠٪، كي يشكل قاعدة مستقرة، كما يمكن استخدام الطين والحجر معا، وتكوين قاعدة الحجرة الطينية، وذلك لضمان التوازن الأرضي والثبات الكافي لهيكل البناء (الشكل رقم ٧٢).

ويمكن تقديم نموذج آخر للأبنية الرخيصة والمقاومة للزلازل يوصى باعتماده خصوصاً في المناطق الريفية ويرتكز على مواد البناء التقليدية (القطع الترابية المثبتة وقطع الطين المجفف بالشمس) بعد دعمها لتصبح مقاومة للزلازل، وتجرى عملية الدعم من خلال قضبان خشبية أفقية تفصل بين

القوالب الطينية وتتم زيادة تثبيتها لمقاومة قوى القص بشكل خاص والحاصلة عن الزلازل بقضبان خشبية على شكل حرف (X) ، وهذه الفكرة مستنتجة من الأبنية البيتونية المسلحة نفسها والمقاومة للزلازل الشكل رقم (٧٣).

لقد ولدت فكرة تنمية وتحسين البناء باعتماد أخشاب الخيزران كمواد بناء في البيرو وذلك في أعقاب زلزال مايوبامبا الذي ضرب غابات البيرو عام ١٩٦٨ وأشارت التحقيقات إلى أنه على الرغم من النمو الكثيف لأنواع الأخشاب المختلفة وأخشاب الخيزران (البامبو) في غابات الأمازون غير أن غالبية المساكن بنيت من الطين مما شكل خطراً محدقاً بالنسبة لقاطنيها عند تعرض منطقتهم للزلازل. وتأكدت هذه الحقيقة في منطقة هوارز بعد مرور سنتين وذلك عندما لقي (١٠) آلاف شخص حتفهم تحت أنقاض مساكنهم المبنية بقطع اللبن والطين (٨٩). كما دلت التحقيقات على أن مساكن ومباني الخيزران (البامبو) كونيشا أي المبنية بخشب الخيزران المغطى بالطين والقش تمكنت من الصمود خلال فترة الزلزال ونجت منه على الرغم من سذاجة تقنيات التشييد المعتمدة في بنائها. (الشكلان رقم ٧٤ آ و ٧٤ ب).

لقد قسمت منطقة الدمار في البيرو إلى منطقتين مختلفتين: عليا وسفلى واعدت لها أربعة أنواع من المساكن: (مصدر ٨٩).

١- مساكن مبنية باللبن أعدت للمناطق الحضرية من المنطقة العليا.

٢- مساكن مبنية بأخشاب الخيزران المغطاة بالطين والقش أعدت للمناطق الحضرية من المنطقة السفلى.

٣- مساكن جاهزة مبنية بأخشاب الخيزران المغطاة بالطين والقش في المناطق الحضرية الواقعة في كلٍ من المنطقتين.

٤- مساكن مبنية بالأخشاب والقصب في المناطق الريفية.

لقد تم تحسين مقاومة المساكن المبنية باللبن للزلازل باستخدام قطع من اللبن مدعمة أفقياً وعمودياً بخشب الخيزران مرسية بذلك عارضة خشبية داعمة وألواح جانبية وشعاعات رابطة على الجدران وحتى الأساسات.

وقام البناء بأخشاب الخيزران المغطاة بالقش والطين على وحدات من الألواح (١,٢٠ × ٢,٤٠م). ان مزيج الطين والقش المستخدم في تغليف الجدران والسقف يشكل حاجزاً عازلاً جيداً للحرارة والصوت ويزيد من قدرة ألواح الخيزران المغطاة بالقش والطين على الصمود في وجه القوى الاهتزازية، وحسب البحوث العلمية يمكن اضافة طابق آخر فوق طابق كونيشا وانه بالاستعانة بجدران القرميد وعناصر الاسمنت المدعم يمكن بناء مساكن كونيشا بأربعة طوابق.

ان خفة مواد بناء مساكن الخيزران المغلف بالقش والطين (كونيشا) تقلل من كلفة العناصر المكونة بما في ذلك الأساسات. وتوضيحاً لامكانية تطبيق أسلوب التشييد المستحدث تم انشاء مركز مجتمعي في ترابوتو (بالبيرو) باعتماد عناصر كونيشا الجاهزة متصلة بأعمدة خشبية قياس ٣×٣ انش. وبني السقف باستخدام مثلثات خشبية مدعمة وبسط البامبو المحبوكة الموضوعة على روافد خشبية لتدعيم السقف. وفي النهاية غطي السقف بطبقة مكونة من مزيج من القش والطين وتم البناء باعتماد المشاركة المجتمعية واستخدام غير المهرة من العمال ومن ثم جرى تقييم المبنى من حيث مدى مقاومته للزلازل فوجد أنه ذو هيكل صلب ومتين (٨٩).

يقدم أسلوب التشييد باعتماد خشب الخيزران المغطى بالطين والقش (كونيشا) حلولاً سكنية قليلة الكلفة وآمنة ودائمة في الدول النامية المعرضة للزلازل وذلك للأسباب التالية:

- انتاج المساكن المصنعة حيث يتيح المجال أمام التجهيز المسبق والانتاج بكميات ضخمة فضلاً عن رصد النوعية.
- برامج اسكانية قائمة على العون الذاتي حيث يتم الاعتماد على مواد البناء المحلية.
- يقدم نظام بناء كونيشا حلا دائماً لبرامج التعمير بعد وقوع الكوارث الطبيعية وذلك لسهولة صنع الألواح وامكانية مشاركة المنكوبين من السكان في بناء مساكنهم.

٣ – ٣ – الحلول الجذرية:

في الحلول الجذرية تعد برامج لعملية متوسطة الأجل تستغرق عشر سنوات لتعمير المناطق المتأثرة بالزلازل واعادة تأهيلها، وكذلك تجهيز خطة تنمية عمرانية شاملة طويلة الأجل تستغرق عشرين سنة، وهذا يستدعي خطة عمرانية متكاملة تتضمن تحديد الاجراءات اللازمة للتقليل من تعرض الهياكل الحضرية والأساسية القائمة والمستقبلية لأخطار الزلازل ودمج واشراك السكان

المحليين في عمليات التعمير والتنمية، وتحسين الظروف البيئية.

يجب على سلطات الاسكان في المواقع الزلزالية النشطة أن تعير اهتماماً خاصاً للبيوت السكنية القديمة الصنع، والمبنية دون حساب مقاومتها للزلازل، وهي تكون عادة في الدول النامية مكتظة بالسكان، وهم ضحايا محتملون في هذه الحالة. ويقتضي الأمر طبعاً نقل السكان إلى بيوت حديثة مسبقة الصنع ومقاومة للزلازل، ويمكن أن يتم نقل السكان تدريجياً وعلى مدى سنوات، إلا أن اهمال نقلهم يعد مسؤولية لا يمكن التغاضي عنها.

عندما تكون الصدم الزلزالية مأسوية، وتخلف صدى واهتماماً عالمياً كبيراً، فإن هذه الاعتبارات تلعب دوراً في البحث عن حلول جذرية، خصوصاً إذا وقع الزلزال في أراضي دولة غنية وقوية. ونذكّر هنا بزلزال أرمينيا، فقد وجدت الحكومة السوفييتية نفسها أمام مسؤولية تشييد ٤٠ ألف شقة ومسكن فردي في غضون عامين (١٩٨٩ – ١٩٩٠) في مدينة لينينا كان، من أجل توفير السكن لـ ١٢٠ ألف شخص دمرت منازلهم، أو أصبحت في حالة خطرة اثر الزلزال، وكانت التصاميم المعمارية المقدمة من نوع الحلول الجذرية، ذلك أنها قررت قلب واقع المدينة السابق، واعادة بنائها على شكل أحياء صغيرة رباعية الشكل، تضم، إلى جانب دور السكن، مدرسة من ٢٢ صفا، وروضتين للأطفال، يتسع كل منهما لـ ١٤٠ طفلاً. وقد وقع الاختيار على ٣ نماذج في بناء المساكن: الأول على شكل فيلا لعائلة واحدة، والثاني دار من طابقين مخصصة لسكن عائلتين، والثالث دار من أربعة طوابق وبموجب هذا النظام فإن مدخل جميع شقق الطابق الأول ليست ضمن المدخل العام، كما هو الحال في الدور العادية، بل تم ترتيبها على شكل تكون بموجبه منفردة، وتؤدي إلى الشارع مباشرة (٩١).

أما بالنسبة للتخطيط على مستوى المدينة ككل، فيجب الاستفادة من جميع الدروس التي تعطينا اياها الزلازل. وإذا ما أخذنا الحرائق فإن التجارب والحوادث الزلزالية قد علمتنا، المرة تلو الأخرى، أن الحريق الذي يعقب الزلزال قد يكون أشد فتكاً بالأرواح والممتلكات من الزلزال نفسه.

ففي زلزال سان فرنسيسكو (١٩٠٦) لم يتسبب الزلزال ذاته إلا في ٥٪ من الأضرار في الممتلكات، بينما تسببت النيران في تدميرها. فقد انكسرت الأنابيب الأساسية للمياه في المدينة،

فانعدم ضغط المياه، ثم أفلت زمام النار من الأيدي، فاستشرى لهيبها طيلة ثلاثة أيام، واضطر الناس في النهاية إلى نسف المنازل في طريق النار بالديناميت حتى لا تكون وقوداً لها، وأخيراً هطل المطر فأطفأ النيران ولكن سكان فرنسيسكو تعلمت جيداً من الدرس الزلزالي السابق تاريخه، فقد اتخذت الاحتياطات، وأنشأت شبكة من أنابيب المياه المتباعدة عن بعضها بعضاً، كما انشيء مركز لاطفاء الحرائق يمكنه أن يحصل على الماء من خزان آخر، كما يمكنه أن يملأ خراطيم الحريق من ماء البحر، كما انشئت بالاضافة إلى ذلك مجموعة من الخزانات تحت الأرض في أماكن مختلفة من المدينة. وقد اطمأن سكان سان فرنسيسكو لأن كل ما في الامكان قد عمل لحماية مدينتهم من الحرائق في المناطق المنكوبة بالزلازل.

يفترض وضع خطة انمائية للتنمية المستقبلية قائمة على نهج العون الذاتي والمشتركة المجتمعية وهي يجب أن تركز على ثلاث مسائل رئيسية هي:

- **التنمية الزراعية.**
- **التنمية الصناعية.**
- **التنمية الحضرية.**

ومطلوب منها أن تشدد على نقاط مثل حفظ التربة والانتفاع التام بمصادر المياه الموجودة، والتنمية السليمة للمواشي والدواجن وتنفيذ مشاريع البستنة للفواكه وغيرها، وخلق فرص عمل جديدة في مجال الأنشطة الصناعية الصغيرة والمتوسطة النطاق المتعلقة بالزراعة.

أما الاستراتيجية الحضرية فتركز على الاسكان في المناطق الأقل تعرضاً للنشاطات الزلزالية مع التركيز على المدن الصغرى والمتوسطة. ودمج المستوطنات المبعثرة في نظام الطرق المترابطة. وانشاء واصلاح الطرق الفرعية والنافذة وصيانتها.

٤ – التخفيف من مخاطر الزلزال:

ان الخطط العمرانية الوطنية والمحلية ينبغي أن تتوخى حدوث الأخطار الزلزالية والاستعداد لها وهذا يتطلب الأخذ بما يلي:

١– يمكن تقسيم المناطق المراد اختبار تعرضها للزلزال إلى مناطق مصغرة يمكن اجراء الكشف

الزلزالي ورصد الاهتزازات فيها بسهولة.

٢- تحديد المناطق الأكثر والأقل تعرضاً للمخاطر الزلزالية، وحساب خطوط التساوي الاهتزازية ورسم الخرائط المناسبة لذلك ووضع المبادىء التوجيهية لانماط التنمية العمرانية وتخطيط استعمالات الأراضي بناء على هذه الأسس بحيث تدرج تلقائياً في عمليات التخطيط الحضري والاقليمي ، وبحيث يجري تعيين مواقع تواجد السكان والأنشطة الاقتصادية بعيداً عن المناطق المحتمل تعرضها للكوارث الزلزالية، وصياغة لوائح بناء وطنية تأخذ في الحسبان المناطق المعرضة للزلازل وتركيز الاستعمالات ذات الأهمية العليا على أرض أكثر ثباتاً.

٣- وضع الدراسات التي تتعلق بتشوهات اديم الأرض وخصائصها الاهتزازية، وتجميع البيانات المتعلقة بالخصائص الجيو - مادية والجيو - تقنية لتكوين طبقة التربة التحتية في المنطقة المنكوبة، ويمكن بنتيجة هذه الدراسات اضافة إلى الفقرة (١) تقدير احتمال تكرار حركة الأرض (لفترات تستغرق ٥٠ أو ١٠٠ أو ٢٠٠ عاماً مثلاً).

٤- يجب أن تتناسب مستويات كثافة التنمية تناسباً عكسياً مع مستوى الأخطار الزلزالية وتناسباً مباشراً مع امكانيات الأرض.

٥- وضع أسس قانون البناء بالعلاقة مع مراعاة الخرائط السيسمولوجية، ومراعاة أوضاع التربة والتسارعات العمودية فيها، وتعزيز التنفيذ العملي لقوانين البناء هذه ورصد ذلك التنفيذ. وكل هذا يعطي المناطق المعرضة للزلازل وقاية مستقبلية أفضل.

٦- ادراج نوعي المعلومات (١-٢) في بنك بيانات قائم على الحاسوب المصغر (الميكروكومبيوتر).

٧- ينبغي تقديم المعايير المتعلقة بتحديد المؤشرات الخاصة بقطع الأراضي (المساحة المغطاة بالمباني) وفقاً لارتفاع البناء من أجل ضمان وجود الساحات الخالية بين المباني.

٨- ينبغي اعتماد المساحات المفتوحة والخضراء كمناطق محيدة مقابل سلسلة الكوارث المحتملة إلى جانب اعتمادها لأغراض الاخلاء والايواء الطارىء الأولي.

٩- ينبغي تصميم شبكات النقل وفقاً لمعايير الوفرة والأمان بوصفها (خطوطاً حياتية) في حالة

وقوع الكارثة.

١٠ – ينبغي لمعايير التخطيط والتصميم المتعلقة بالمباني مراعاة مواقعها بالنسبة لدرجة أهميتها وحساسيتها والمسافات الفاصلة بينها ومخارجها المباشرة وشكلها وتصميمها.

١١ – ينبغي اعداد خطط الطوارىء لكل مستوطنة من المستوطنات الحضرية وتحديثها واستكمالها على نحو متواصل، شريطة الافادة من كل الموارد الممكنة.

١٢ – اعتماد نظام تخطيطي دائم يشمل اعداداً مستمراً للبحوث والأنشطة التخطيطية في مناطق الأخطار الزلزالية بغاية التخفيف من وطأتها.

١٣ – اعتماد مواد وعناصر البناء المحسنة المقاومة للزلازل بما في ذلك القطع الترابية المثبتة واطر النوافذ والأبواب الفولاذية وعناصر الطوب المسلح لدورات المياه منخفضة الكلفة ومواد التسقيف المحسنة .. الخ).

١٤ – اعداد برامج تدريب دورية ومستمرة للمهندسين والمهندسين المعماريين والعمال المشرفين على أعمال البناء في مجالات أساليب وتقنيات وصنع تصاميم التشييد المقاوم للزلازل. ويوجد مركز تابع للأمم المتحدة لهذا النوع الخاص من التدريب يدعى (اوكسفام OXFAM) وهو يمنح شهادات تدريب خاصة بالبناء المقاوم للزلازل.

ويكون من شأن فريق الخبرة المتخصص أن ينقل المعرفة بتقنيات البناء المقاوم للزلازل إلى السكان المنكوبين بسرعة، وغير المنكوبين في حال أريد ذلك.

وعلى سبيل التكثيف والاختصار تحدد الاطر الرئيسية للخطوات العملية لدراسة الزلازل، والتنبؤ بوقوعها، والتخفيف من مخاطرها وكوارثها وذلك على الشكل التالي:

٤ – ١ – تقويم الأخطار:

* اقامة شبكات رصد لمراقبة النشاط الزلزالي، والتحسين المستمر لأداء هذه الشبكات، وتطوير ادائها التقني، وتنظيم دراسات للنشاط الزلزالي التاريخي والمعاصر.

في كثير من الدول العربية نجد جهات عديدة مهمتة بجانب أو آخر يتعلق بالنشاطات الزلزالية إلا أنها تعمل دون تنسيق أو تعاون فيما بينها مما يفرض وجود مراكز وطنية يكون من أولى مهامها

سد الفجوة بين ما هو معروف ومطبق في مجال رصد النشاط الزلزالي، وبين متطلبات الهندسة الزلزالية، مع ضرورة انشاء بنك معلومات سيسمولوجي. ويقع على عاتق المركز تدريب العناصر الفنية على مجالات السيسمولوجيا والجيوتكنيك والهندسة الزلزالية في اطار تقنية الأبنية المقاومة للزلازل من حيث الانشاء والحساب والتصميم. ويمكن أن تنسق هذه المراكز مع وزارات التعليم ومراكز البحوث العلمية المتخصصة لادخال مناهج الزلازل ونشاطاتها وأخطارها في قسم خاص من أقسام الدراسات العليا الهندسية. كما يجب على المراكز أن تعمق اطلاع مدربيها من خلال انشاء دورات داخلية، واستقدام خبرات عالمية متخصصة، بالاضافة إلى مشاركة المختصين المحليين بالاجتماعات والمؤتمرات الدولية المتعلقة بهذا الموضوع. وأخيراً تساهم هذه المراكز في انجاز الأبحاث التطبيقية في مجال تخفيف المخاطر الزلزالية ومن بينها :(٩١).

* اجراء الدراسات وتنظيم الخرائط الجيوفيزيائية والزلزالية التكتونية، التي توضح اختلاف درجات خطورة النشاط الزلزالي في مختلف المناطق المعرضة للاصابة بها.

* لما كانت الفترات الزمنية التي تسبق أو تواكب النشاط الزلزالي تشهد تغيرات في التركيب الكيماوي والغازي للمياه، فإن أعمال رصد النشاط الزلزالي يجب أن تضم اجراء الاختبارات الكيميائية والغازية للمياه الجوفية في مناطق النشاط الزلزالي.

٤ – ٢ – تقويم آثار الزلازل:

* تقدير الأخطار المحتمل وقوعها في حال حدوث نشاط زلزالي في منطقة ما.

* رصد الأخطار والنتائج المدمرة للنشاط الزلزالي بعد وقوعه وتقييمها، ويشمل ذلك درجات تأثر الأبنية والخطوط الحمراء للنشاط الزلزالي من الدرجات الخفيفة.

٤ – ٣ – التقليل من أخطار الزلزال:

– قبل حدوث الزلزال:

* اجراء التخطيط البيئي والمدني للأبنية والمنشآت المقاومة للزلازل، وتقوية الأبنية الضعيفة في المناطق التي تتعرض أكثر من غيرها للنشاط الزلزالي.

* هدم وازالة المنشآت الخطرة في الأماكن المحتمل تعرضها للزلازل، حسبما يوضح ذلك نموذج

السيسمية التاريخي والمعاصر.

* اصدار القوانين والأنظمة والتشريعات اللازمة لتحقيق اجراءات التخطيط البيئي والمدني، والسعي لوضع كود وطني، يمكن الرجوع إليه عند تصميم المنشآت والأبنية المقاومة للزلازل، تراعى فيه العناصر الانشائية وغير الانشائية والجمالية.

* تشكيل لجنة وطنية متخصصة للانذار المبكر تتولى تحليل المعلومات الواردة إلى مركز الرصد الزلزالي ورفع التوصيات فيما يتعلق بمستويات هذا الانذار ليتسنى تنبيه المواطنين مسبقاً وتوعيتهم باجراءات السلامة العامة الواجب اتخاذها.

- بعد حدوث الزلزال:

* تضم خطط الطوارىء تحديد الأماكن التي يمكن استخدامها في حالة الكوارث الزلزالية. ومن المطلوب أن تشمل هذه الخطط عمليات الانقاذ، واقامة الملاجىء، والتحضيرات اللازمة للاخلاء الفوري. ويشارك في صياغة هذه الخطط ممثلون عن المديرية العامة للدفاع المدني، ووزارات الصحة والداخلية والتموين والادارة المحلية وشؤون البيئة ... الخ.

* انشاء مراكز لمعالجة الكوارث الزلزالية بعد وقوعها في المدن الكبيرة.

* صياغة قرارات وقوانين تشريعية وتنظيمية تطبق في حالة الكارثة، كافراز مجموعات طبية أو عسكرية لتخديم المنطقة المتضررة بالزلزال.

* تشكيل جماعات خاصة تضم فرق انقاذ، وعلماء وتكتيكيين وأطباء قادرين على التصرف بسرعة في الظروف الاستثنائية، ومتطوعين، على أن يوضع تحت تصرفهم معدات وآليات وأجهزة خاصة للانقاذ، ويجب أن يفسح المجال أمامهم للقيام بواجبهم دون تدخلات. ويتضمن ذلك اجراء تجارب اختبار لتقبل المواطنين للمفاهيم المطروحة حول هذا الموضوع.

* يجب أن تسعى الحكومات لأن يمتلك الناس الذين يعيشون في المناطق الزلزالية أصول الثقافة الزلزالية، فهم وان كانوا يعيشون في أبنية مقاومة للزلازل، فإن على هذه الحكومات أن تضمن وجود قواعد لسلوك الناس في المناطق الزلزالية، على ألا يؤدي ادراكهم للخطر الذي يتهددهم إلى الشعور بانعدام الأمن والطمأنينة، ولكن هذا لا يعني أيضاً أن يفقدوا يقظتهم المطلوبة

لمواجهة كل كارثة زلزالية محتملة.

٥ – التوصيات:

١– صياغة استراتيجيات ترمي إلى التخفيف من حدة الأخطار الزلزالية.

٢– وضع قوانين داخلية واجراءات تتعلق بتنفيذ الخطط في المناطق المعرضة للزلازل.

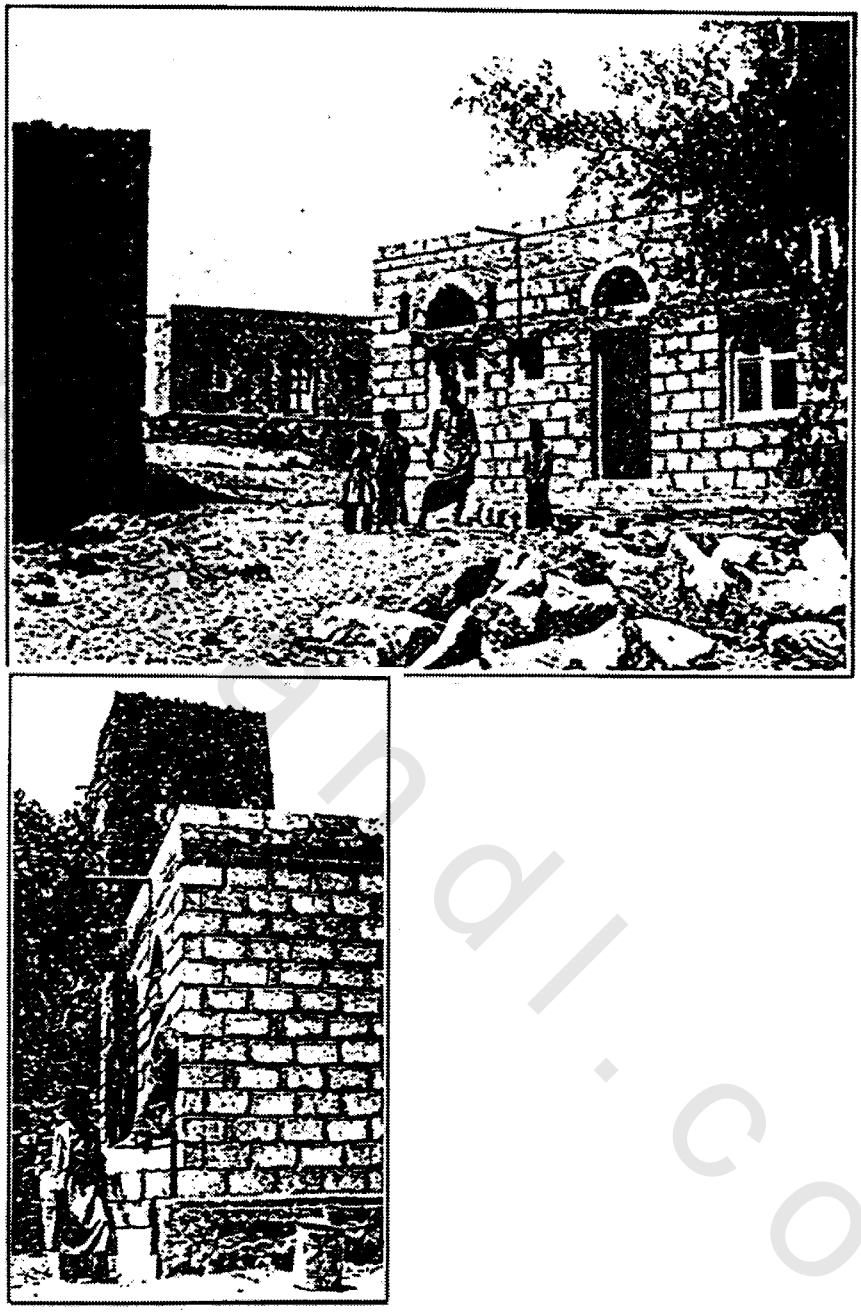
٣– ادراج عامل الخطر الزلزالي في عملية التخطيط على كل من المستوى الاقليمي والمحلي.

٤– وضع الاجراءات بشأن حماية واعادة احياء الأبنية ذات الأهمية التاريخية الخاصة في المناطق الحضرية والريفية المعرضة لخطر الزلازل.

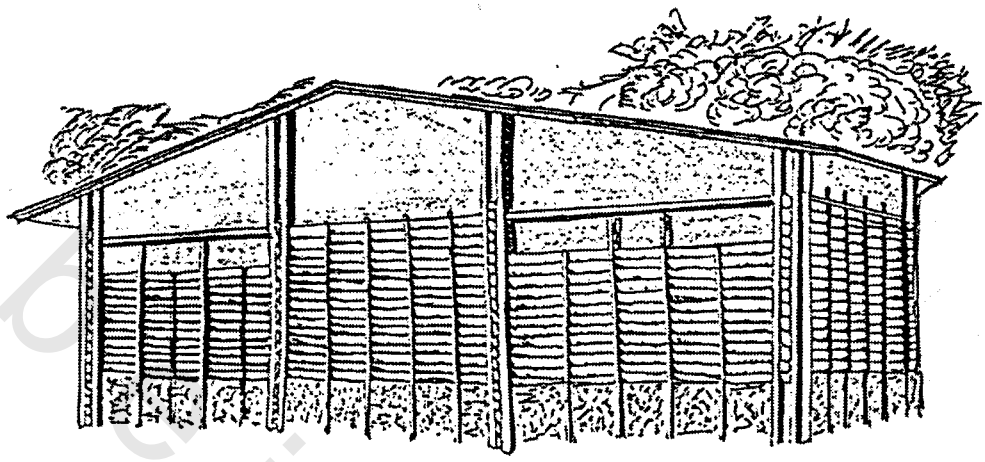
٥– تحسين لوائح التصاميم المتعلقة بالأخطار الزلزالية وتعزيز تقنيات التشييد المقاوم للزلازل ذات القدرة على تنفيذ العمليات الكثيفة الاستخدام للأيدي العاملة والموجهة بشكل خاص صوب الفئات المنخفضة الدخول من السكان.

٦ – تعزيز عمليات انتاج مواد وعناصر البناء ضيقة النطاق والمخصصة للاسكان المنخفض الكلفة والهياكل الأساسية المقاومة للزلازل، وانشاء مصانع خاصة بذلك.

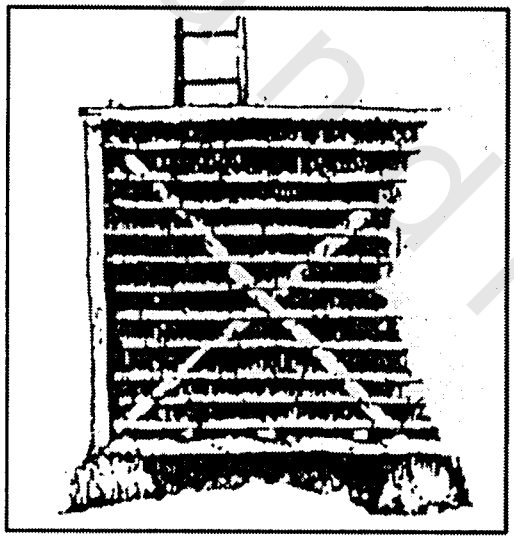
obeikandl.com



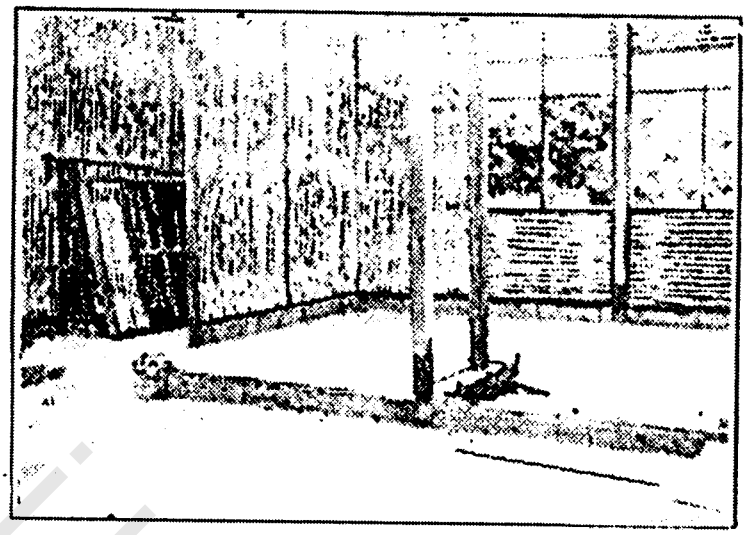
شكل رقم ٧١– المساكن اليمنية الجديدة وفيها تم اعتماد النمط المعماري للمساكن القديمة. (المصدر ٨٩).



شكل ٧٢ ـ بناء رخيص مقاوم للهزات الأرضية والظروف القاسية الأخرى «بطريقة العمارة الطينية المنطورة» (المصدر ٩٢)



شكل ٧٣ ـ مواد البناء الرخيصة المقاومة للزلازل (طين مجفف مقوى بقضبان خشبية)



أ

ب

شكل ٧٤ ـ مواد البناء الرخيصة المقاومة للزلازل (الخيزران المغطى بالطين والقش). (المصدر ٨٩).