(الابنية المقاومة للزلازل - توازن بين الهندسة المعمارية والانشائية)

همام الشريفي (*)

(سبق وان نشرت هذه المقالة في مجلة صوت الاكاديمي التابعة لرابطة الاكاديميين العراقيين - المملكة المتحدة ليوم الجمعة ١٤ تموز ٢٠٢٣)

الكوارث الطبيعية:

Natural Disasters

اصبح العالم اكثر تعرضا للكوارث الطبيعية نتيجة الاحتباس الحراري Global Warming ونتيجة المسح الجيولوجي المستمر لحدوث الزلازل المتكرر، لذلك توجب التركيز على تأمين الابنية من الضرر والانهيار وبالخصوص في المناطق القريبة من خطوط الفلق Fault Lines في قشرة الارض. ان الابنية المصممة لمقاومة الزلازل تتميز بمكونات بنائية Building Components كانت قد مرت بمراحل تطوير ودراسة وتجارب ميدانية وصناعة مستحدثة للوصول الى اساليب أمينة. هنا يجب خلق التوازن التصميمي بين صلادة الهيكل الانشائي و بين استخدام القواطع خفيفة الوزن ومسبقة الصنع في مواجهة الهزات الارضية وقوى الرياح او الاعاصير. FIG-01

FIG-01

التصميم ضد الزلازل:

Seismic Proof Design

عموما فان التصميم المقاوم للزلازل لا يعني بالضرورة تجاوز القيم الجمالية للتصميم المعماري. ان عملية انتاج بناء مقاوم للزلازل يتطلب توظيف المعالجات المعمارية والانشائية في ذات الوقت لتحقيق مبنى ذو مقومات معمارية جميلة و متماسك انشائيا بدون التضحية باي من الجانبين . الخطوة الاولى في هذا المجال هو تقييم المسح الجيولوجي لاستمرار وقوة الزلازل وتردده في المنطقة مع شروط مقاومة التربة للاحمال في موقع العمل والمواقع المجاورة. هنا يأتي دور المهندس الانشائي في تحديد مستلزمات هندسة التركيب والتجميع و يرافقه في هذا التوجه المهندس المعماري ضمن تصورات مقاومة الابنية للحركات الجانبية وذلك بوضع شروط المخطط الافقي والهيكل العمودي والقواعد الارضية بشكل متناسق مع الافكار العامة الانشائية. FIG-02 .

FIG-02

مبادئ التصميم العامة:

(Seismic Dampers, Seismic Isolators, & Rigid & Braced Joints) Design Guidelines

بناءا على هذا التوجه، يقوم المهندس المعماري بوضع المخططات الاولية لتصميمه والتي تراعي تصميم هيكل متناظر وهذا يعني ان مركز التكوين المعماري مطابق لمركز التركيب الانشائي بالنسبة لانتقال الاحمال العمودية الى القواعد الارضية. لتحقيق ذلك يجب ان تكون الطوابق المتراكبة ذات مخططات متطابقة وارتفاعات متماثلة واوزان متشابهة. في حالة الاضطرار الى تشكيلات معمارية غير متناظرة، يقوم المصمم المعماري باختيار مواد انشائية متطورة حديثة والتي تتميز بخفة الوزن وتتركب بنظام الربط الميكانيكي الجاف و ليس بنظام الربط الكيمياوي الرطب. يجب ان يتركز تفكير المصمم على ثلاث محاور:

الاول تصميم مبنى متماسك وخصوصا عند الروابط بين المكونات العمودية والسطوح الافقية .

والثاني تخفيف تاثير الاهتزاز الارضي على المبنى باستخدام تكنولوجيا التخفيف الزلزالي .

والثالث فصل المبنى عن تردد الاهتزاز باستخدام تكنولوجيا العزل الزلزالي .

FIG-03

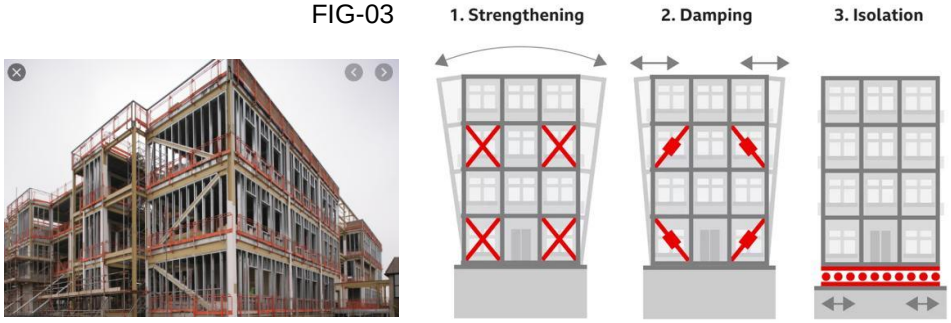


FIG-03

القواعد الارضية:

Foundations

تعتبر قواعد الابنية الجزء الاكبراهمية في التصميم ضد الزلازل، لذلك يتوجب على المهندس المعماري اختيار قواعد مناسبة والتي قد تكمل جمالية التشكيل المعماري ولكنها تضمن تحمل الحركات البندولية للمبنى والتي تسمى اصطلاحا "رقص المبنى" اثناء الزلزال دون حدوث ضرر للهيكل الرئيسي. هنا يجب التعويل على القواعد المتصلة ضمن نظام "قاعدة الصحن الموحدة" Raft Foundation والتي تضمن مقاومة التأرجح بكافة الاتجاهات على تربة صلدة معدة لهذا الغرض. تخطيطيا يتعذر في بعض الاحيان الحفر العميق لتنفيذ القواعد بسبب قرب المبنى من خطوط البنى التحتية تحت الارض. لذلك فان جبهات القواعد المنفتحة على الشوارع العريضة والتي لا تصل الى الاعماق المطلوبة تكون اكثرعرضة للفشل الانشائي اثناء الهزة. FIG-04

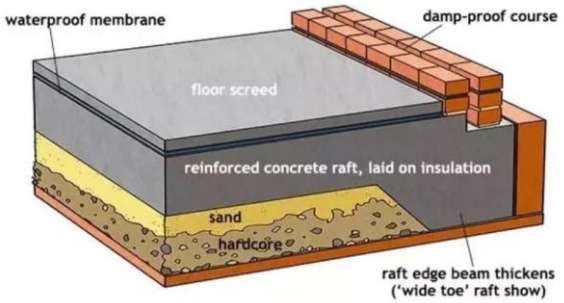


FIG-04

الارضية الساندة:

Subbase

ان نجاح تصميم القواعد مرتبط عضويا مع صلادة التربة المعدة لاستقبال الاحمال. لذلك فان تهيئة الارض بما يسمى Subbase تعتبر عملية مهمة وذات كلف اقتصادية عالية. في حالات عدم وجود طبقات الارض الصلدة الملائمة لهذه الاحمال يعمد المصممون الى زرق دعامات شاقولية reinforced concrete piles لتنزل الى مستويات واطئة قد تصل الى 10 أمتار او اكثر وهو ما يشبه مبدأ جذور الاشجار. ان توسيع القواعد يقاوم بالتاكيد الحركات البندولية Pendulum Swing خصوصا في تغيير مركز ثقل الجاذبية اثناء الهزة الارضية. واحدة من مهام الارضية الساندة هو امتصاص الهزة الارضية وذلك بتوظيف احجام معينة من الحصى المترابط في تهيئة هذه المستويات مع ضمان عدم تكون جيوب مائية Water Pockets خلال مواسم الفيضانات والجفاف بما يقود الى تكون الفجوات وعدم استقرار تشكيل التربة . FIG-05

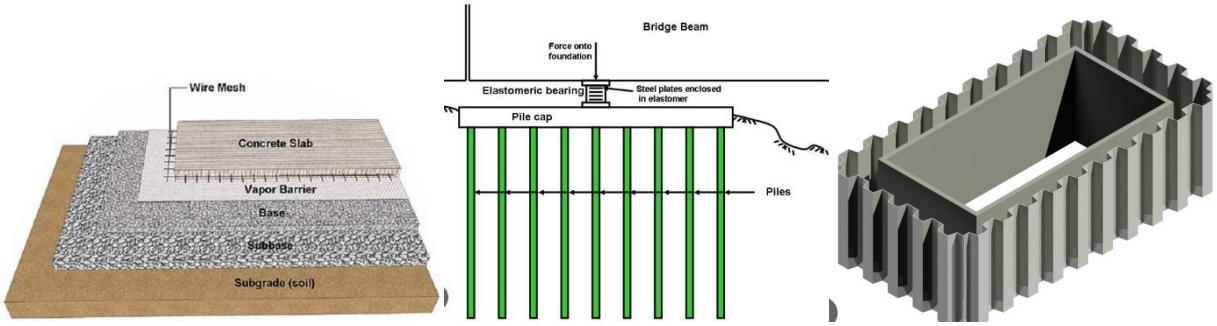


FIG-05

مواصفات التربة:

Ground Conditions

من المفيد اعطاء امثلة عن علاقة التخطيط الحضري بمواصفات التربة ومن ثم شروط الامان والسلامة في الابنية المعمارية. تعتبر طبقات التربة الصخرية الملائمة للاحمال العالية قريبة من سطح الارض في مدينة نيويورك بينما تكون هذه الطبقات غائرة في البعد عن سطح الارض في لندن. هذه الحقيقة أدت الى ترشيد كلف الاساسات لناطحات السحاب في نيويورك مع ارتفاع الكلف في لندن والتي تتميز بتربة غرينية ناتجة عن ترسبات نهر التايمس . وكمثال عملي على ذلك فان قواعد مبنى شارد الشهير في لندن تمتد الى عمق يساوي ثلث ارتفاع المبنى للوصول الى التربة الصلدة الصالحة للاحمال .

ان الارضيات القريبة من احواض الانهار تعاني من ارتفاع المياه الجوفية لذلك فان قرارات التخطيط في ارتفاع المباني يجب ان تاخذ بنظر الاعتبار الموقع الجغرافي. تم اجراء دراسة اكاديمية في مدينة نيويورك للاستعاضة عن ناطحات السحاب بالعمارة الجدارية وهي ابنية متوسطة الارتفاع و تخطط بموازاة الشوارع الرئيسية بدل الابنية المرتفعة المصممة في وسط القطع الكبيرة. كان الدافع لهذه الدراسة هو تقليل كلف القواعد، وتبسيط مكافحة الحريق، وخلق باحات شبه خاصة للترفيه، وتسهيل تجهيز البنى التحتية. هذه النوع من التخطيط يعتبر مناسب جدا في المناطق المعرضة لاحتمال الزلازل .FIG-06

FIG-06

الاعمدة الحاملة:

Structural Columns (Junction Bracing, Diagonal Bracing, & Cross Bracing)

بالنسبة للاعمدة العمودية فانها عادة تكون مصممة لاحمال شاقولية محددة وذلك بربطها مع الجسور الرابطة. المبدأ التصميمي في المباني المقاومة للزلازل قد يكون مختلفا بحيث ان الاحمال المسلطة على كل من الاعمدة العمودية قد تتضاعف مع "الحركة البندولية" للمبنى بما يؤدي الى انهيارها .
ان عملية الربط بين العمود والجسر ذات اهمية قصوى لذلك هناك تصاميم تعتمد على روابط عرضية قصيرة واخرى على روابط عرضية طويلة واخرى على عوارض متقاطعة . عموما هناك دراسات اكاديمية ترجح ارتفاع كلف هذه الهياكل الانشائية بنسب عشرة بالمائة الى خمسة عشر بالمائة الى عشرين بالمائة مع هذه العوارض.

FIG-07

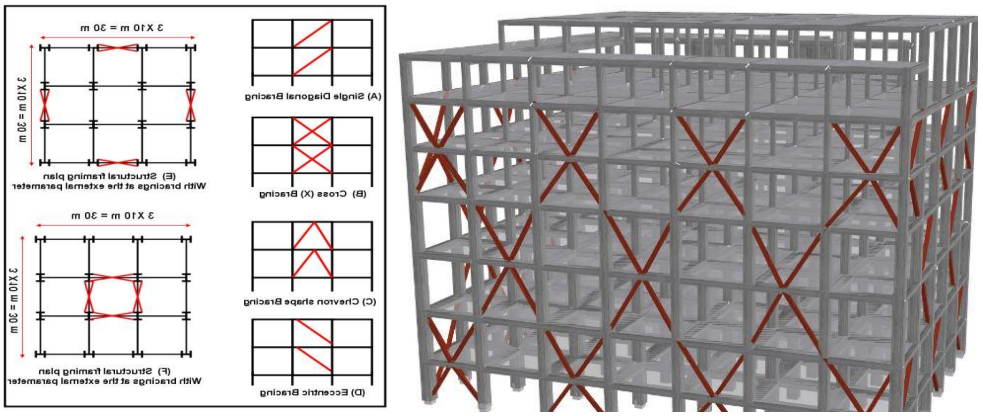


FIG-07

التشكيل الهرمي:

Pyramid Formation

من اساسيات توازن الاحمال هو تبني مبدأ الهرم وذلك بتقليص المخططات الافقية في الطوابق العلوية بصورة تدريجية لتثبيت نفس مركز الاحمال للكتلة في وسط المبنى وتجنب مفهوم قلب الهرم لاغراض الامتدادات الحرة في تشكيل الشرفات المفتوحة والمغلقة. ان التشكيل الهرمي يكون اكثر فائدة اذا لجأ المهندس المعماري الى استخدام عناصر انشائية وغير انشائية من منظومة المكونات المسبقة الصنع في الطوابق العلوية بما يساعد في ثبات الكتلة على الارضية الساندة امام الحركات الجانبية الحاصلة اثناء الزلزال . يسمى هذا التنوع التكنولوجي في استخدام المواد النظام الهجين Hybrid System وهو عامل مهم من عوامل تصاميم الطاقة المستدامة Sustainability و مجموعة المواصفات الخضراء Green Specification الملائمة للبيئة.FIG-08

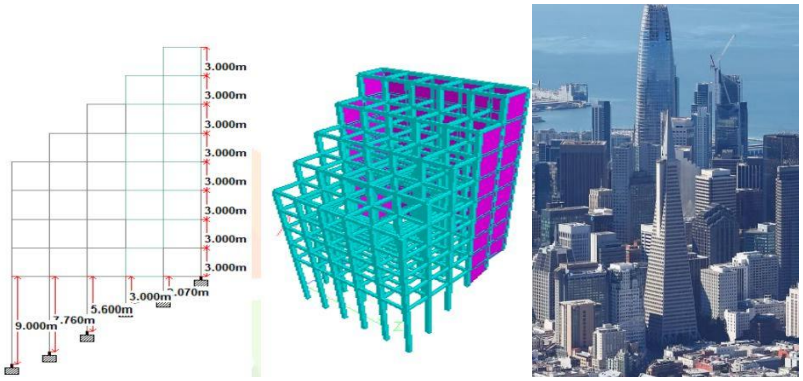


FIG-08

الجدران الساندة:

Shear Walls

ان وجود هذا النوع من الجدران يعد في غاية الاهمية ويجب ان يدخل في تصاميم القلب المتماسك للمبنى حيث توجد سلالم الهروب ومصاعد الحركة العمودية . تقريبا تعتمد معظم الابنية بارتفاعات تفوق الخمس طوابق على هذا القلب الانشائي والذي اثبت اهميته بعد احداث ضرب برجي نيويورك عام ٢٠٠١ حيث كان هذين البرجين يعتمدان على غلاف خارجي مقوّى بالعوارض المتقاطعة وليس على القلب الانشائي المقاوم للفشل في الهيكل او لانتشار الحريق. على العموم، فان الجدران الساندة والمتقاطعة تضمن مقاومة الحركات الجانبية Lateral Forces وتقلل الضغط على اعمدة الهيكل الانشائي. FIG-09

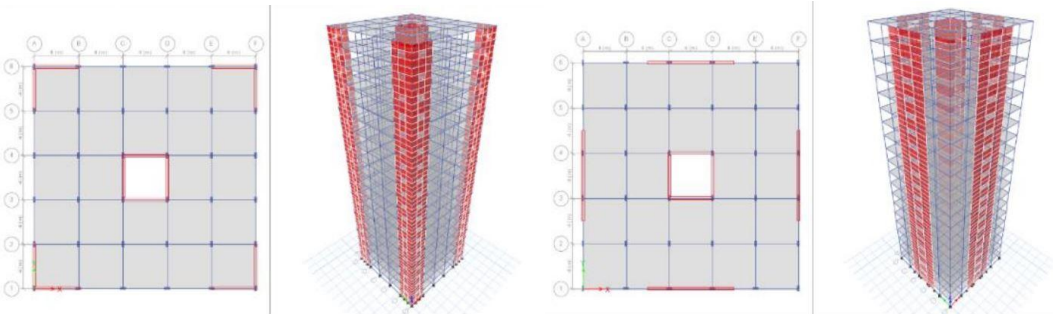


FIG-09

تكنولوجيا عزل القواعد:

هناك نوعان رئيسيان من التكنولوجيا: النوع الاول يعتمد على نظام الاحتكاك بين السطوح المحدبة والمقعرة بما يسمح بحركة بندولية للقواعد. يثبت هذا النظام بين الجذور الشاقولية وبين الجسور الحاملة عند مستوى السرداب عادة - Bearing & Pendulum friction base Pendulum . هذا النوع مستخدم في ولاية كاليفورنيا الامريكية ويعتقد ان عمره الافتراضي طويل نسبيا مع الحاجة للفحص الدوري. بالنسبة للنوع الثاني فانه يتكون من طبقات من الحديد المقاوم للتأكسد تضم فيما بينها طبقات فاصلة من المطاط الصناعي حصرا تسمح بتزحلق الحديد بكافة الاتجاهات Sandwiched Synthetic Rubber with Stainless Steel Plates. هذا النوع شائع في اليابان واقل شيوعا في الولايات المتحدة. ان استخدامات المطاط الصناعي قد يقلل من العمر الافتراضي لهذا النوع وقد يستلزم تبديل لبعض الاجزاء لضمان كفاءة التكنولوجيا. في كلا النوعين، على المصمم ادخال تكنولوجيا عزل شبكات المياه والمجاري والكهرباء من خلال حجرات فصل خاصة بين التجهيز تحت الارضي و الامتداد فوق الارضي Isolation Chambers of infrastructure.

FIG-10

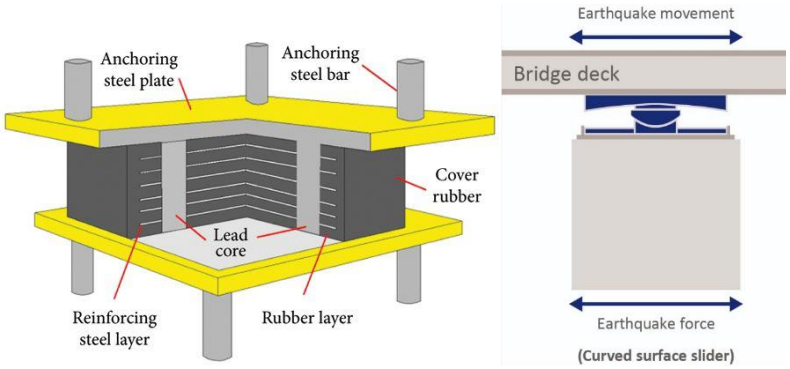


FIG-10

الفواصل الانشائية:

Movement Joints

ان تصميم الفواصل الانشائية يعتمد على نوعية التربة الساندة بما يتعلق بالهطول غير المتوازن Differential settlement. هذه الفواصل تسمح بتحرك الاقسام البنائية بصورة مستقلة عن بعضها البعض في حال استلامها لموجات الاهتزاز الارضي بما يرجح قلة الاضرار التي تصيب المبنى بشكل عام. هناك توجه لدى المهندسين الانشائيين بمضاعفة الفواصل في الابنية المقاومة للزلازل بما يضمن عدم تأثر جميع اقسام المبنى بنفس المستوى من الاهتزاز او الضرر. ان تكنولوجيا المفاصل الانشائية قد تطورت للغاية و اصبحت عنصر مهم في التصاميم الاولية التي يعدها المهندس المعماري. من المهم جدا ملاحظة ان تجزئة المبنى بالمفاصل الانشائية يجب لا ان تكون على حساب تضمين جدران القلب الانشائي المتقاطعة لتوفير التماسك المطلوب لكل قسم على حدة مع ايجاد التفاصيل المناسبة لتغذية البنى التحتية بصورة مستقلة.

FIG-11

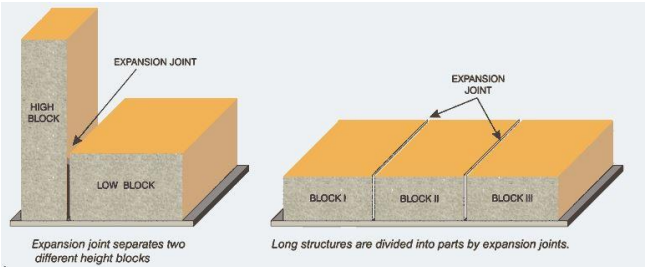
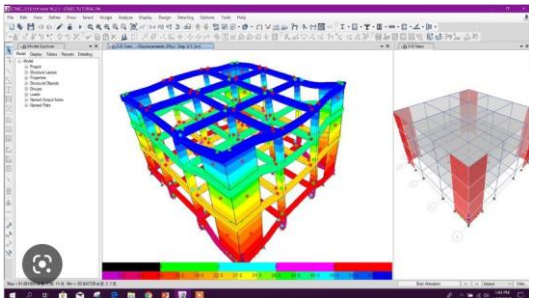


FIG-11

برامجيات الاختبار:

Analysis Software

هنا يأتي دور التكنولوجيا في هذا النظام حيث يتم تصميم المبنى بابعاد ثلاثية ثم تستعمل برامجيات اختبار للهزات الارضية وهي تعرف LARSA & ETABS حيث تقوم باختبار تغير الاحمال الانشائية على كافة المكونات البنائية من قواعد ارضية واعمدة شاقولية وجسور افقية والواح مسطحة في حالات الزلازل ضمن اتجاهات تشمل 360 درجة (كافة الاتجاهات). هذا الاختبار يتيح للمصمم المعماري والانشائي تشخيص نقاط الضعف في الربط او التماسك او الازاحة او التوازن وغيرها. FIG-12



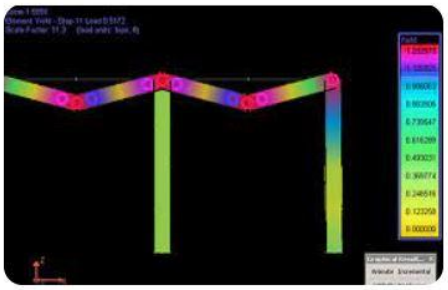


FIG-12

الجهد المشترك:

Teamwork

بناءا على اعلاه ان المباني المقاومة للزلازل يجب ان تصمم من فريق مشترك معماري وانشائي لان "الاحمال الثابتة" بدون الهزات الارضية لاي من هذه المباني تختلف عن "الاحمال المتذبذبة" في حال حدوث الهزات الارضية بما يقود الى التفكير بشروط السلامة مقابل الكلف الاقتصادية.

ان ادراك الجدوى الاقتصادية Value for Money من قبل الفريق التصميمي يقود الى رسم اولويات جديدة بين الكلف الاولية Capital Costs وكلف التشغيل Running Costs ويكيف الهندسة لغرض خلق موازنة حقيقية بين شروط السلامة و الترشيد في المساحات المشيدة بما يسمى النوعية قبل الكمية Quality before Quantity .

الكلف الاقتصادية:

Cost Plans

بالنسبة للجانب الاقتصادي فان الرسم البياني للكلف الاقتصادية يأخذ بالنزول مع التأسيس لهندسة الزلازل كشروط جديدة للبناء، ثم تغيير صناعة المكونات البنائية في البلد المعني، ثم تدريب كوادر هندسية على هذه التصاميم، ثم تأهيل عمالة وحرفيين ذوي مهارات مناسبة. بهذه العملية التراكمية سينحدر الخط البياني للكلفة الاقتصادية ليلامس الكلف في مناطق العالم التي لا تعاني من الزلازل وهذا ما حصل فعلا في دولة اليابان.

التوصيات:

Recommendations

ان الحضارة الانسانية تقوم على دعامتين:

اولا: ملجأ لاغراض السكن والعمل وهذا يتضمن حماية الانسان من الظروف البيئية ومن الكوارث الطبيعية المتأتية اما من باطن الارض كالزلازل والبراكين او من فوق سطح الارض كالفيضانات والاعاصير. هذه المهمة يضطلع بها المهندسون والتقنيون والذين يجب ان يراعوا اعلى درجات الانضباط الاخلاقي.

ثانيا: توفير شروط الرعاية الصحية للانسان بمختلف المراحل العمرية وحمايته من الاوبئة. تتضمن شروط الرعاية اعطاء فرص الحياة العادلة للمعوقين جسديا وعقليا. هنا يأتي دور الاطباء والممرضين في تبني منظومة الاخلاق المهنية في الحفاظ على النفس البشرية. ان قشور الحضارة المعتمدة على الاخبار الترفيهية او المزيفة او المحورة لاغراض سياسية او دعائية كما نجدها على وسائل التواصل الاجتماعي لن تبني لنا حضارة.

يمكن تلخيص العوامل الرئيسية العشرة في تخطيط وتصميم مدن حضرية آمنة في:

١- تاسيس هيئة رقابية الانظمة البنائية مع كادر مدرب لاغراض المطابقة واصدار الشهادات Building Control.
٢- تطوير الصناعة البنائية باتجاه انظمة الربط الميكانيكي الجاف Dry Joint مقابل الربط الكيمياوي الرطب Wet Joint .
٣- تهيأة كوادر من العمال المهرة الذين يتقنون تجميع المكونات البنائية مسبقة الصنع Off-site Prefabricated.
٤- وضع قوانين تخطيطية صارمة لتحديد ارتفاعات الابنية والارتدادات عن الخطوط الخدمية Planning Rules.
٥- وضع ضوابط جديدة للتأمين المهني مرتبطة بالنقابات الهندسية لكي تغطي اخطاء المهندس بالتعويضات المالية بدون اللجوء الى القضاء Professional Indemnity Insurance .
٦- وضع شروط قانونية على المهندس المصمم باقرار تهمة القتل غير المتعمد في حالة فشل تصميمه في حماية الشاغلين من خطر الحريق والزلازل والاعاصير Manslaughter Crime .
٧- مشاركة شركات التأمين البنائي لورش التصاميم العامة والخاصة لغرض تدوين شروط المطابقة في مراحل التصميم الاوليBuilding Insurance .
٨- يجب ان تقوم النقابات المهنية بترخيص كورسات التعليم الجامعي المطابق لشروط الصحة والسلامة العامة في تخريج المهندسين الجدد مع اعطاء دروس في مادة الاخلاق المهنية Professional Ethics .
٩- مشاركة اجهزة الدفاع المدني في قبول او رفض وسائل مكافحة الحريق و تجهيزات الطاقة والمياه لكل الابنية المصممة حديثا Fire Strategy .
١٠- تكوين نقابات مهنية لمختلف اختصاصات العمالة في الكونكريت والحديد والخشب والصحيات والكهرباء والغاز لغرض اعطاء شهادات كفاءة Professional Licenses.

(*) معماري استشاري - RPS Group- المملكة المتحدة - خريج جامعة بغداد (بكالوريوس وماجستير) ١٩٨٨. عمل كاستشاري في العراق ثم انتقل الى ماليزيا للاشراف على الاستثمارات العقارية لبنك هونك كونك في التسعينات. بعدها انتقل الى المملكة المتحدة ١٩٩٨ فحصل على درجة استشاري من جامعة نوتنگهام ٢٠٠٣ و درجة اختصاصي في تصاميم المستشفيات من جامعة لندن ٢٠٠٦.

صمم اكثر من ١٢٠ مشروعا سكنيا وتجاريا وصناعيا و صحيا وتعليميا بكلف بين ٥ - ١٠٠ مليون دولار امريكي في العراق و نيوزلندا وجنوب شرق اسيا و المملكة المتحدة. صمم مشروع اعادة تطوير مركز مدينة شيرلي البريطانية بكلفة ٨٥ مليون باوند استرليني والذي افتتحه رئيس الوزراء ديفيد كاميرون ٢٠٠٤.