مواصفات المباني المقاومة للزلازل

أ.د. عبدالله بن محمد العمري أ.د. محمد بن شاذلي الحداد

جامعة الملك سعود

عوامل الخطر الزلزالي

يعتمد مقدار الخطر الزلزالي الذي يتمثل بصفة أساسية في الدمار والهلاك المصاحِبين للهزة الأرضية على عاملين هما:-

1- الشدة الزلزالية.

2- كفاءة المباني.

الشدة الزلزالية

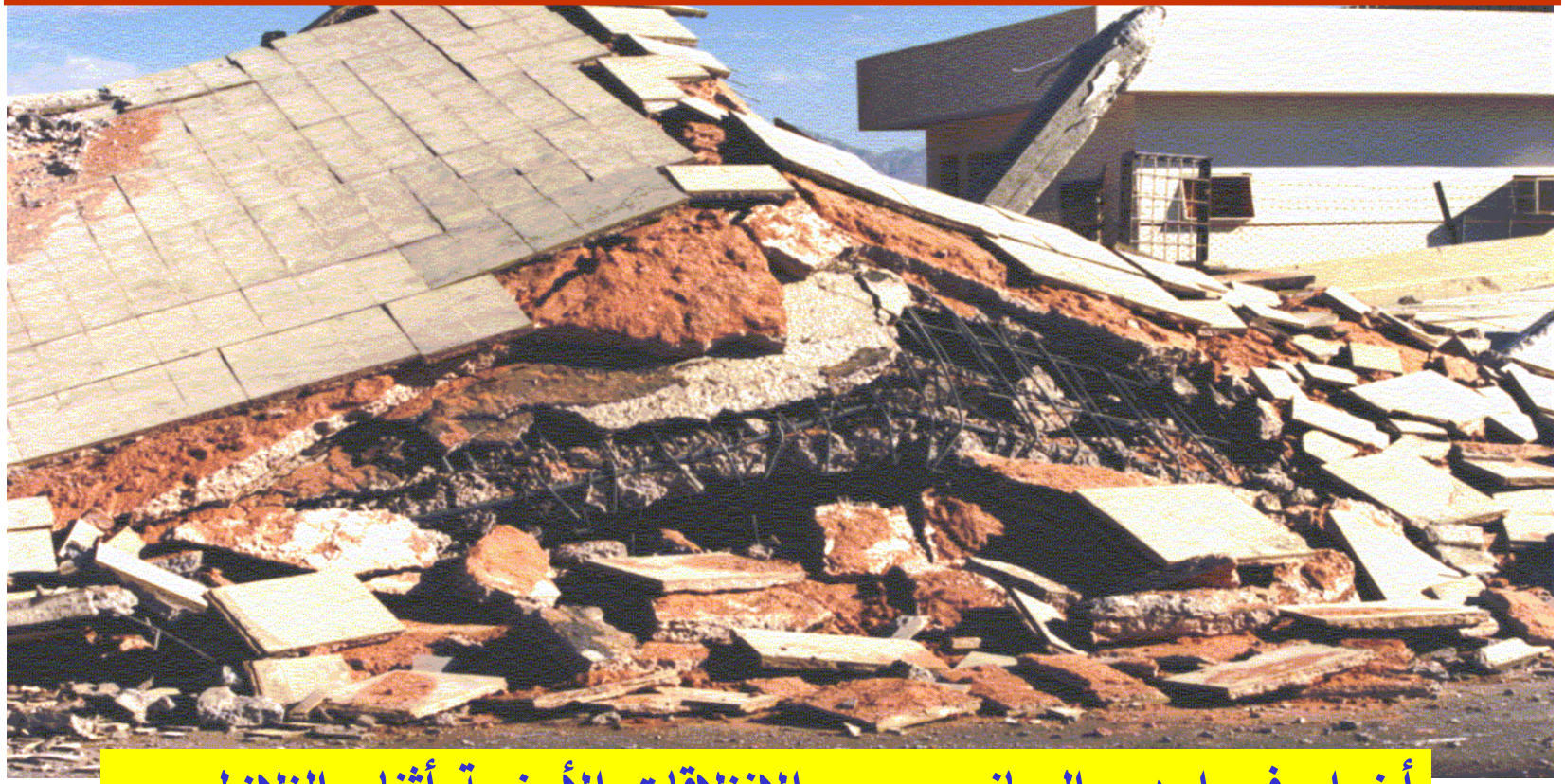
تتم دراسة مستوى الشدة الزلزالية المتوقعة لمنطقة ما من خلال دراسة التركيب الجيولوجي والحركي والأحداث الزلزالية السابقة (التاريخ الزلزالي للمنطقة) والبيانات الزلزالية المتوفرة حالياً عن المنطقة، واستخدام هذه البيانات في صياغة نموذج رياضي – عن طريق تطبيق نظرية مبادئ الإحصاء والاحتمالات – لتحديد مستوى الشدة الزلزالية خلال فترات زمنية مستقبلية مع توقع زيادة في هذا المستوى باحتمال قدره 10% خلال الفترة الزمنية المحددة. ويعد رسم الخريطة الكنتورية للقيمة القصوى لعجلة (تسارع) الحركة الأرضية المتوقع حدوثها في المناطق المختلفة أفضل أسلوب لتوضيح قيم الشدة الزلزالية بهذه المناطق، وتُمثَّل قيمة هذه العجلة عادة كنسبة عشرية أو مئوية من قيمة عجلة الجاذبية الأرضية.

وتصنف المناطق من حيث خطورتها الزلزالية – طبقاً لقيمة عجلة الحركة الأرضية – إلى أربعة مناطق هي:-

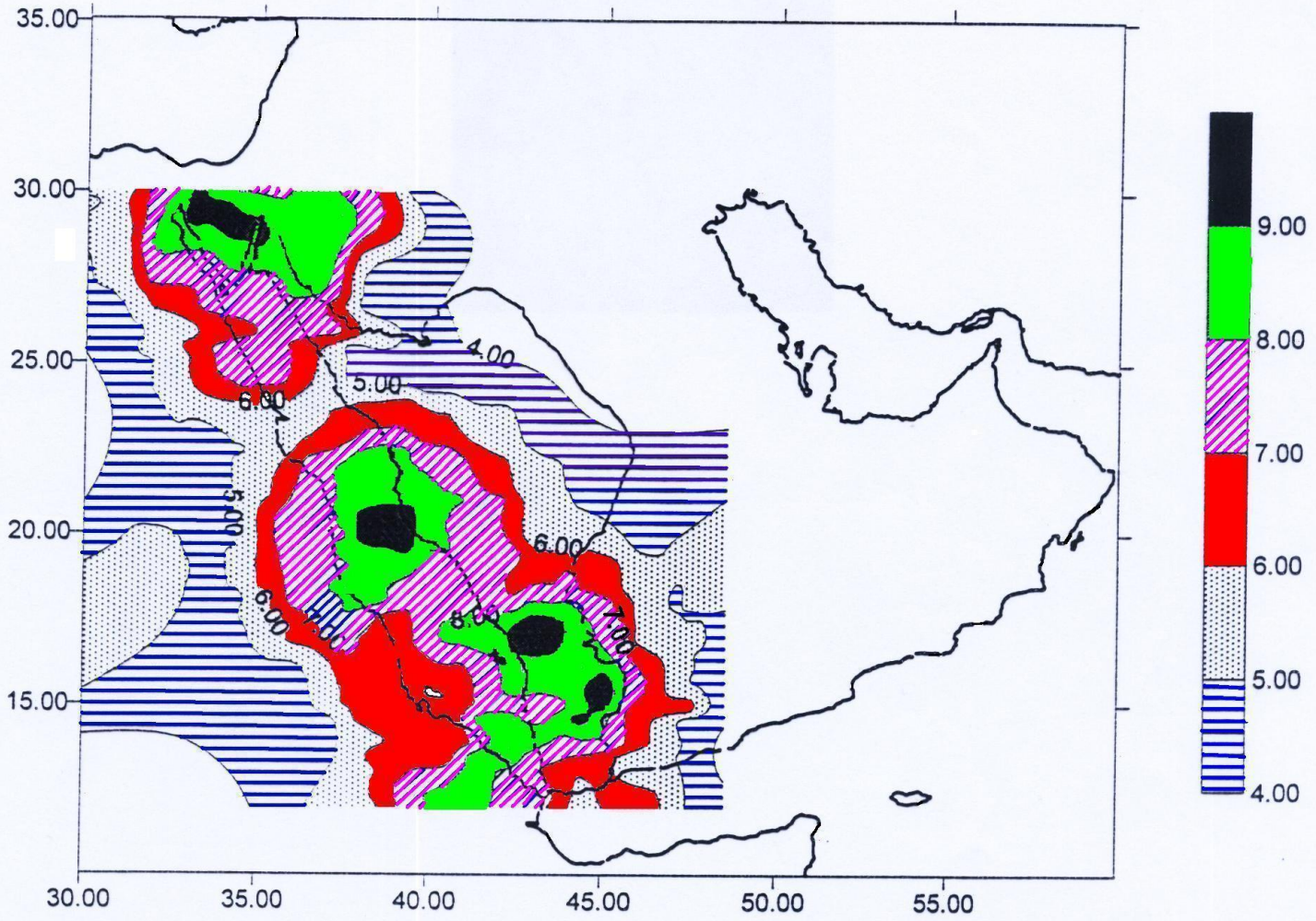
- خالية من الخطر (أقل من 0.05)
- منخفضة الخطر (تتراوح من 0.05 إلى 0.1)
- متوسطة الخطر (تتراوح من 0.1 إلى 0.2)
- عالية الخطر (أكبر من 0.2)

كفاءة المباني

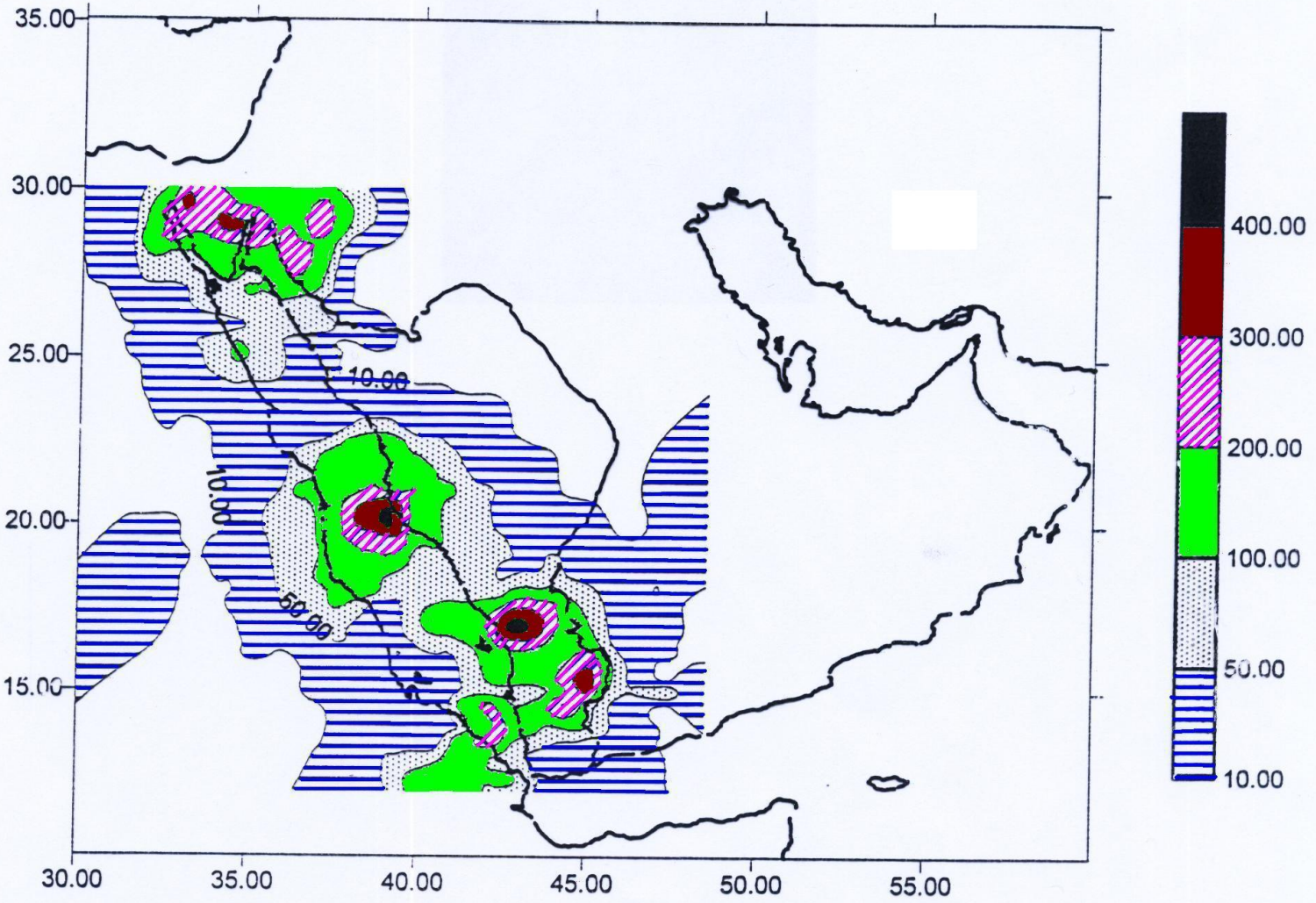
تستخدم خريطة العجلة الأرضية في تقويم كفاءة المباني المقامة في المنطقة ومعرفة مدى مقاومتها لمستوى الشدة الزلزالية المتوقعة فيها كما تستخدم في أغراض التصميم الزلزالي للمباني إما مباشرة أو من خلال تحديد المعامل الزلزالي للمنطقة بناءاً على قيمة العجلة الأرضية المحددة لهذه المنطقة.



أضرار في احدى المباني بسبب الإنزلاقات الأرضية أثناء الزلازل



Map of expected maximum intensity at 10% probability of exceedance in 50 years when variability is considered (Iv). Areas of concern which are covered by the range of intensity from VII to IX are broader than those covered by the mean maximum intensity.



Iso-acceleration map in gals at 10% probability of exceedance in 50 years obtained from conversion of the mean maximum intensity (I) to acceleration values.

SEISMIC ZONATION

التمنطق الزلزالي

عناصر الخطر الزلزالي Risk

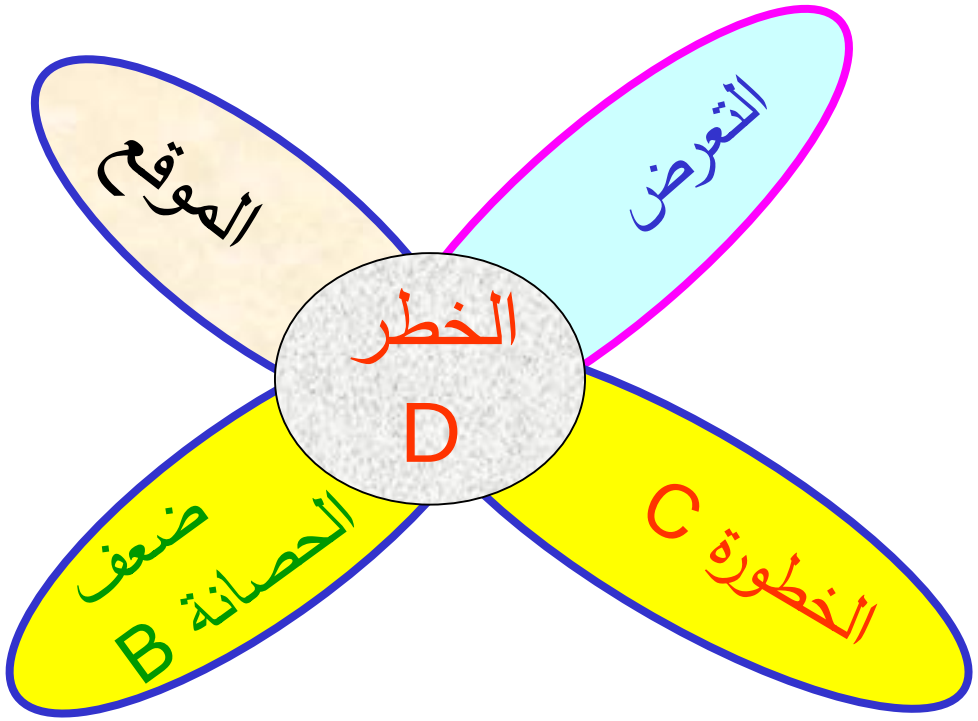
1- الخطورة الزلزالية Hazard

2- ضعف الحصانة Vulnerability

3- التعرض Exposure

4- الموقع Location

A x B x C = D



A : القيمة الإقتصادية Value وتشمل الخسائر البشرية.

B : (Vulnerability) وهي درجة التخريب الناتج عن الزلازل في المنشآت الحضرية

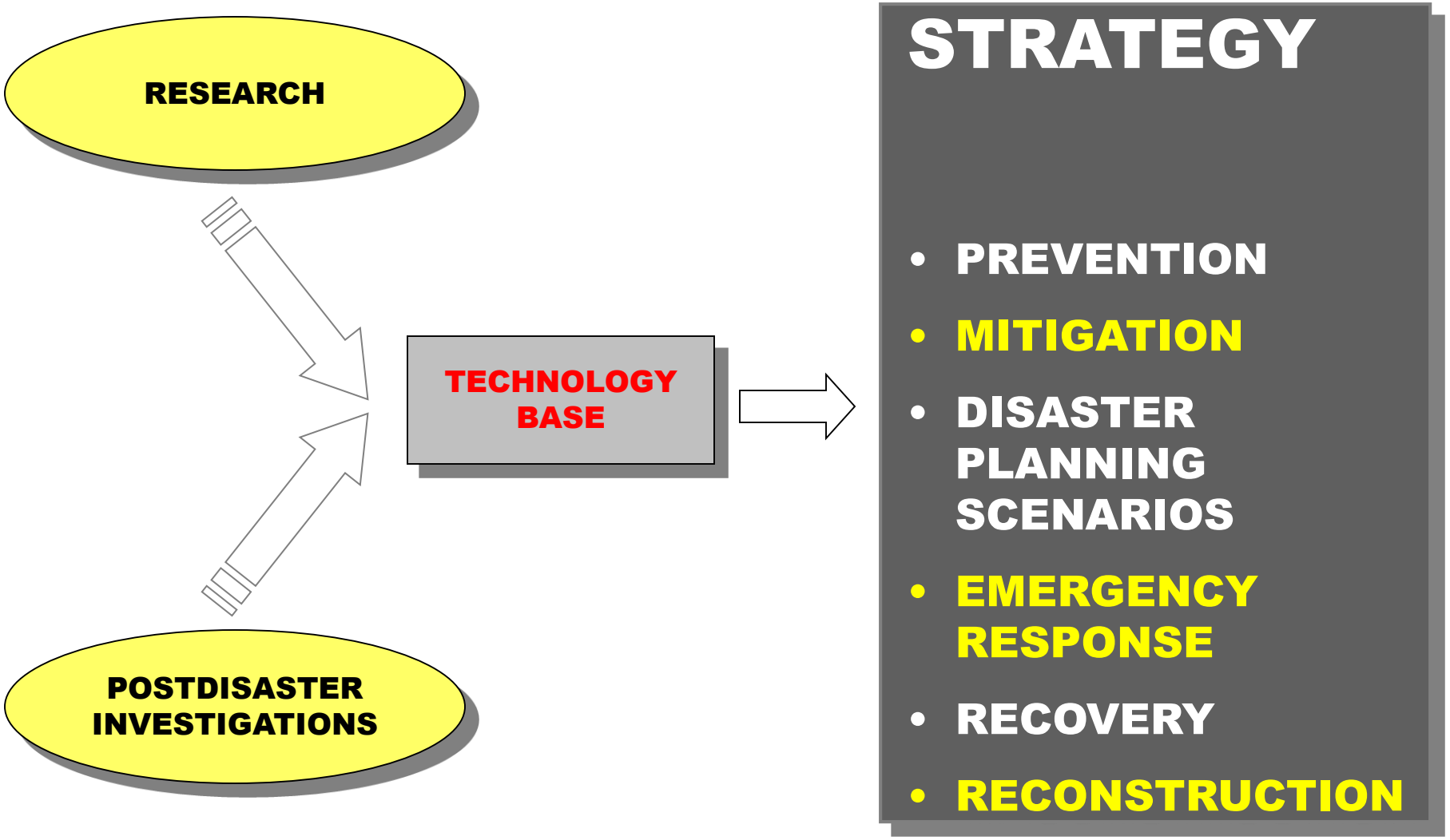
C : الخطوره Hazard وهي إحتمالية وقوع زلزال معين في موقع معين ضمن فترة زمنية معينة.

D : الخطر الزلزالي **Risk** وهي الدرجة المتوقعة للخسائر البشرية والمادية في موقع معين ضمن منطقة معينة وفي زمن معين.

ضعف الحصانة الزلزالي Vulnerability

إن الكثير من المباني معرضة للخطر حيث لا يرجع بالضرورة إلى إرتفاع مستوى الخطر بقدر ما يرجع إى أن هذه المباني قابلة للتأثر حتى بالإهتزازات الزلزالية ذات الشدة المنخفضة. والسبب الرئيس أن هذه المباني قد أقيمت بإستخدام مواد وتقنيات إنشاء لا تكفل لها سوى قدر قليل من المقاومة للزلازل. ومن اشد هذه المباني قابلية للتأثر : المباني المقامة من اللبن أو الطوب غير المقوى أو الحجر ومباني الخرسانة المسلحة الخالية من جدران القص.

استراتيجية تخفيف الخطر الزلزالي



RISK ASSESSMENT

- HAZARD MAPS
- INVENTORY
- VULNERABILITY
- LOCATION

RISK

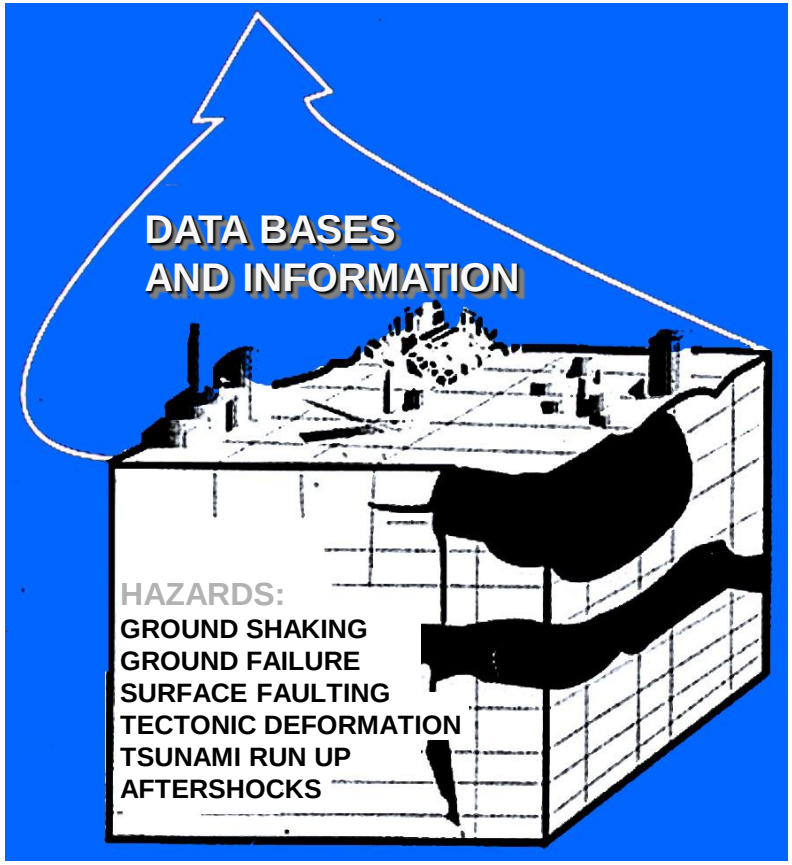
ACCEPTABLE RISK

UNACCEPTABLE RISK

RISK MANAGEMENT

POLICY OPTIONS

- MITIGATION
- PREPAREDNESS
- EMERGENCY RESPONSE
- RECOVERY and RECONSTRUCTION



أولاً : أنظمة وكود البناء

تشير الاستنتاجات الرئيسية في هذا المجال إلى أن المباني المصممة على أسس علمية باتباع متطلبات كود بناء جيد ، والتي نفذت تحت إشراف هندسي، كان أداؤها جيداً في مقاومة الزلازل التي تعرضت لها إذا لم تتجاوز الشدة المحددة في التصميم، وأوضحت الدروس المستفادة في هذا المجال أن مستوى الدمار الذي حدث لمثل هذه المباني كان أقل كثير لما حدث لمباني مشابهة لم يؤخذ في عين الاعتبار الأمان الزلزالي عند تصميمها، فعلى سبيل المثال نرى أن الدمار الذي حدث للمباني في مدينة كوى اليابانية أثناء زلزال عام 1995م كان أشد ما يكون في المباني التي نفذت قبل عام 1971م، ومتوسطاً في المباني التي نفذت بين عام1971م وعام 1981م، ومحدود جداً في المباني التي نفذت بعد عام 1981م، وذلك لأن الكود الياباني للتصميم المقاوم للزلازل تم تعديله عام 1971م وعدل وطور مرة أخرى عام 1981م.

وتجدر الإشارة إلى النقاط المهمة التالية :

1. أن التصميم المقاوم للزلازل لا يعني بالضرورة إعطاء المبنى الحماية الكاملة من الدمار في حالة وقوع الزلازل الشديدة، فقد يظهر لا حقاً أن هناك نقاط ضعف يجب تعديلها، لذا نجد أنه عادة ما يتم تعديل الكود بناءاً على دروس استفيدت من زلازل سابقة.

2. يشكل الإشراف الهندسي الجيد ومراقبة الجودة عاملاً مهماً لإنشاء المباني المعرضة للزلازل، وذلك لضمان تنفيذ متطلبات الكود وخاصة فيما يتعلق بجودة المواد وتفصيلات تسليح العناصر الإنشائية، وقد أثبتت الدروس المستفادة في هذا المجال أن أداء المباني أثناء الزلازل مرتبط بجودة التنفيذ ومراقبة الجودة، كما أشارت التقارير الاستكشافية عن كثير من الزلازل السابقة مثل : زلزال وسط اليونان (1981م) وزلزال القاهرة (1992م) وزلزال خليج العقبة (1995م) بأن الدمار تركز في المباني التي لم يراعى عند تنفيذها مراقبة الجودة والإشراف الهندسي.

ومن أمثلة المباني العالية التي أثبتت كفاءتها الزلزالية بالرغم من أنها لم تصمم على كود محدد للزلازل ولكن نفذت تحت مراقبة جودة عالية لحديد التسليح والخرسانة، وتفصيل (Detailing) وتشبيك جيد لحديد التسليح ما يلي :

a) مسرح كابوكي،ومبنى جيسوكوا، وبنك نيسون، وجميعها في اليابان، وقد تعرضت لزلزال قوي هو زلزال طوكيو – كانتو عام 1924م بقدر (8.3) درجة عل مقياس ريختر.

b) مجموعة مباني في كاليفورنيا تعرضت عام 1940م لزلزال السنتروا بقدر (7.3) درجة على مقياس ريختر، وقد نفذت هذه المباني تحت إشراف هندسي جيد.

c) مبنى بارتفاع(17) طابقاً تعرض لزلزال كركاس عام 1967م بقدر (6.5).

والأمثلة على ذلك كثيرة، ولكن تجدر الإشارة هنا إلى ما حدث من انهيار كامل لثلاث صالات خرسانية من طابق واحد، شكل (1) يصور جمرك الدرة شمال المملكة عام (1995م) بالرغم من أن مستوى الزلازل يصنف على أنه خفيف إلى متوسط، حيث لم تتأثر معظم المباني وحتى المنشأة من اللبن والبلك، وهذا يدل على أن هناك خطأ هندسي فادح أدى إلى انهيار الصالات المذكورة.

ولقد استنتج من الدروس في هذا المجال أن المباني تكون ذات كفاءة مقبولة لمقاومة الزلازل، وخاصة المنخفضة إلى المتوسطة الارتفاع (دورين إلى أربع أدوار) حتى ولو لم تصمم باتباع كود تصميم مقاوم للزلازل، إذا نفذت هذه المباني تحت مراقبة وإشراف هندسي جيد وأخذ في الاعتبار المعايير الهندسية التصميمية للخرسانة المسلحة بحيث تكون عناصر المنشأة ذات جودة مقبولة للخرسانة وتشبيك وترابط حديد التسليح وخاصة عند الوصلات (Joints)، أي أن هناك ترابط جيد مثلاً (Standard Hooks) لحديد الكمرات عند تقابلها للأعمدة أو الكمرات الخارجية، وسيعطى مثال لذلك لاحقاً.

* شكل (١) إنهيار كامل لمظلات صالات خرسانية أثناء زلزال خليج العقبة ١٩٩٥م.

ثانياً : تفاعل المباني أثناء الزلازل

Building Behavior

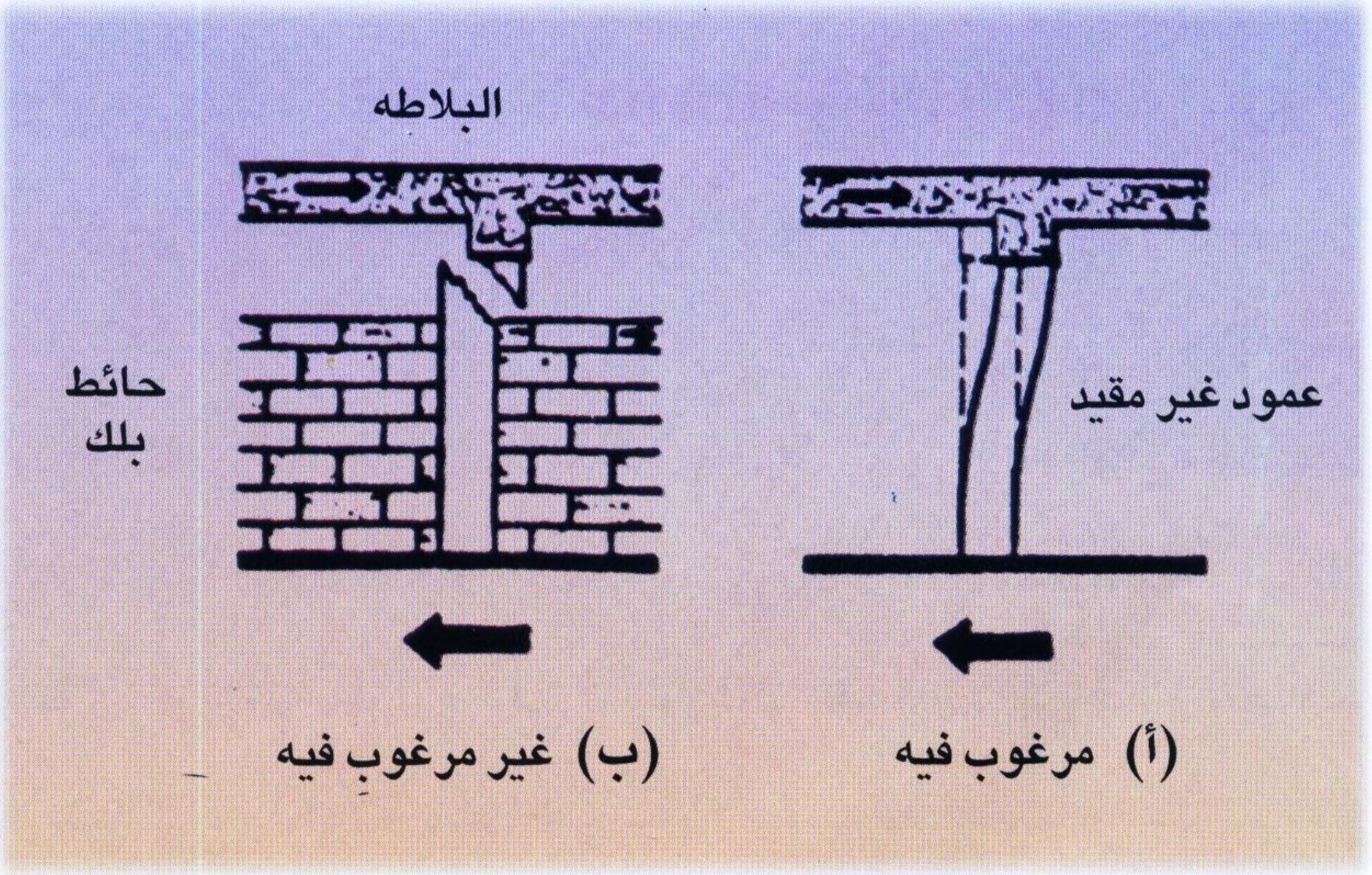
تختلف كفاءة وتفاعل المباني من مبنى لآخر حتى ولو كانت جميعها مصممة بكفاءة عالية ، وهذا الاختلاف مرتبط بالخصائص تلخيص العوامل الرئيسية المؤثرة بشكل كبير على تفاعل المبنى مع الزلازل والدروس المستفادة في هذه الناحية كما يلي :

1- صلابة (Stiffness) المبنى

وهي عكس المرونة (Flexibility) وهناك اختلاف كبير في الأداء الزلزالي للمبنى المرن (Flexible) عن المبنى غير المرن الصلب (Stiff) فالنوع الاول المرن يتعرض إلى قوى أقل من النوع الثاني اثناء الزلزال ولكن يتعرض إلى قوى أقل من المبنى غير المرن ولكلا الحالتين عيوبها ومحاسنها فعندما تقل القوى الزلزالية المؤثرة على المبنى فإن هذا يحد من ضرر العناصر الإنشائية ولكن زيادة الحركة الأفقية تؤثر بشكل كبير على العناصر غير الإنشائية وتودي إلى إزعاج وإرباك لساكني المبنى

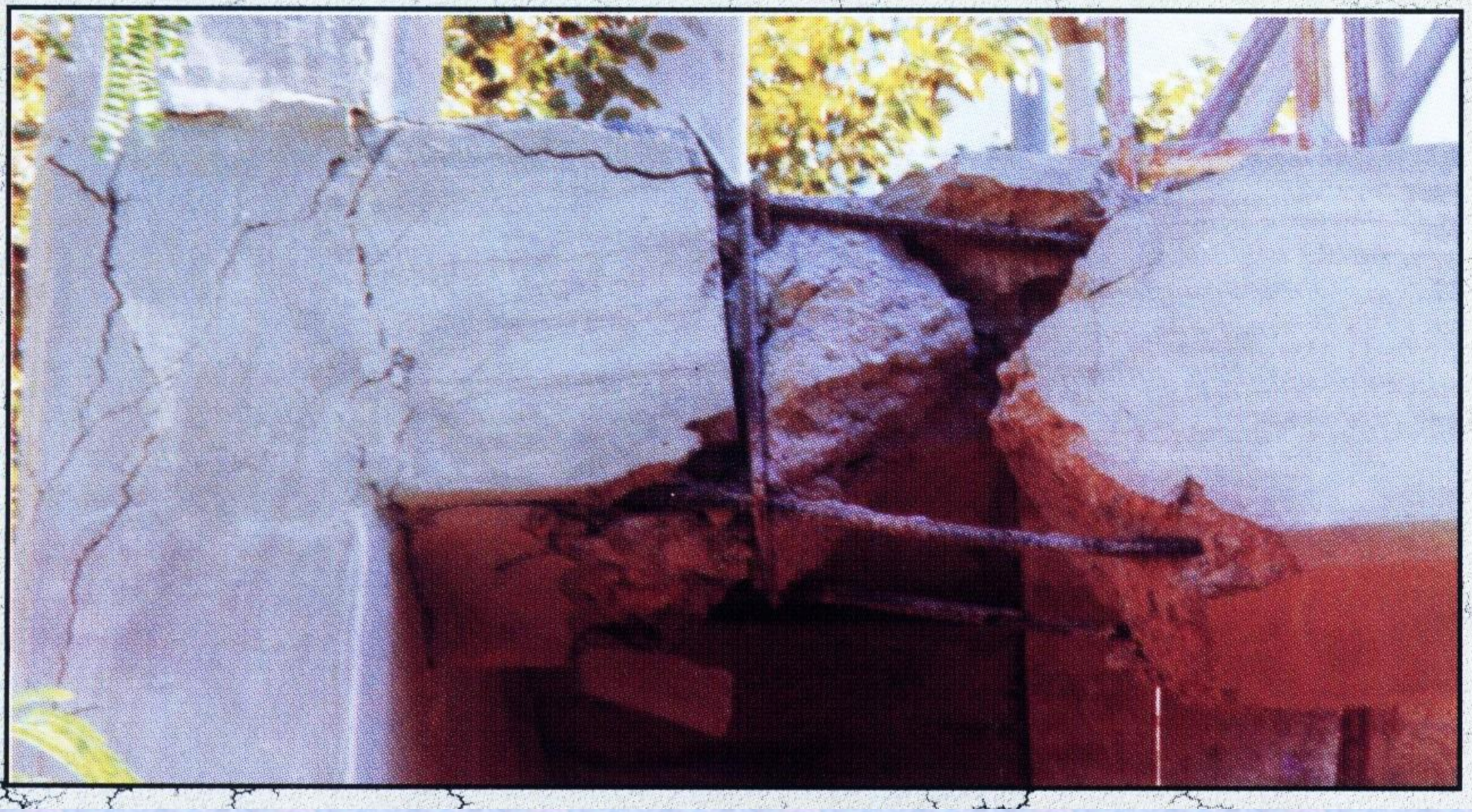
وعادة ما تكون المباني المعدنية أكثر مرونة من المباني الخرسانية المسلحة ، والأخيرة أكثر مرونة من مباني البلك أو مباني الحوائط الخرسانية الحاملة.

وبالرغم من أنه يصعب إعطاء إجابة حاسمة حول أي النوعين من المباني المرنة أو غير المرنة أكثر كفاءة في التفاعل الزلزالي إلا أن هناك إشارة من الدروس المستفادة في هذا المجال بأن المباني غير المرنة (Stiff) كان أداؤها أفضل نسبياً ، ولكن تجدر الإشارة إلى نقطة مهمة جداً وهي التأثير السلبي للعناصر الصلبة على العناصر الإنشائية في المبنى ، وكذلك عدم انتظام صلابة (Stiffness) المبنى ، فمثلاً يوضح الشكل (2) كيف أن صلابة الحوائط قد تؤدي إلى انهيار الأعمدة ، وهذه حدث بشكل كبير في مبان مختلفة خلال زلازل سابقة على سبيل المثال ما هو موضح في الشكل (3)، ويوضح كذلك شكل (4) انهيار كمرات في خزان المياه العلوي لقطاع سلاح الحدود في مدينة حقل شمال المملكة أثناء زلزال خليج العقبة عام 1995م وذلك بسبب صلابة سلم حديد مثبت على الكمرات أدى إلى تقييد حركة الخزان أثناء الزلزال .



* شكل (٢) تحرك المبنى بشكل آمن كما في (أ) ، وانهيار لنفس العمود عند تقييد حركته كما في (ب).

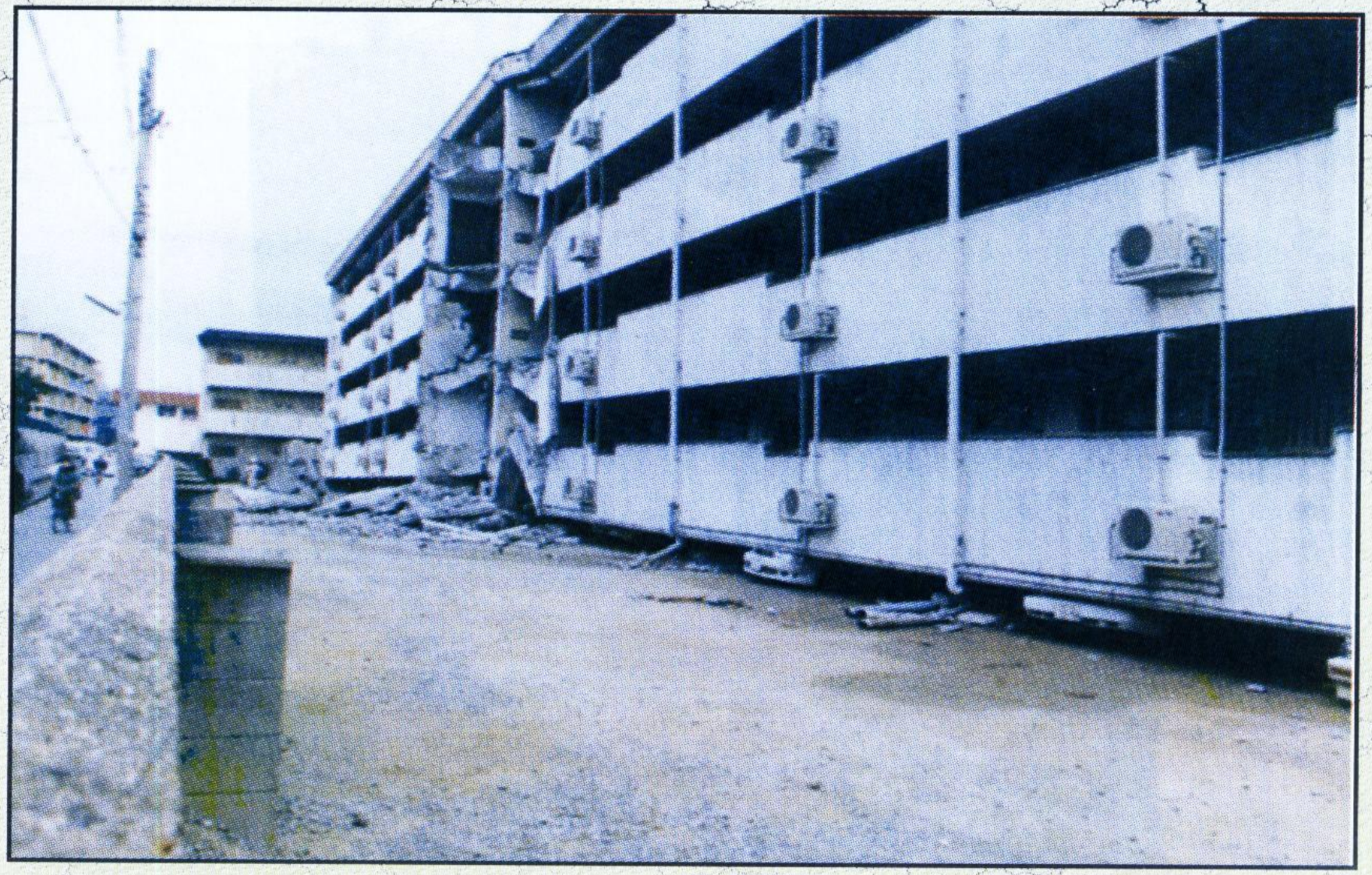
شكل (3) مثال للتأثير السلبي للحوائط على العناصر الإنشائية



شكل (4) اضرار بالغة لكمرة خرسانية بسبب تقييد حركتها بسلم حديد مثبت عليها

ومن أمثلة عدم انتظام صلابة المبنى كون الدور الأرضي بدون حوائط شكل (5) على خلاف بقية الأدوار ، ففي هذه الحالة يصنف الدور الأرضي بأنه طابق رقيق (Soft Story)، وأحياناً يسبب ذلك زيادة ارتفاع الأعمدة في أحد الأدوار عن أعمدة الأدوار الأخرى ، وتنتشر هذه الظاهرة بشكل كبير في المملكة في المباني التي تسمى تجارية ، حيث تكون أعمدة الدور الأرضي أكثر ارتفاعاً من أعمدة الأدوار الأخرى ، وقد أدى عدم انتظام صلابة المبنى وخاصة ما يصنف بـ (Soft Story) إلى أضرار بالغة في المباني التي تعرضت لزلازل سابقة ، فالشكل (5) يوضح انهيار الدور الأرضي وهبوط الدور الذي يليه على الأرض والشكل (6) يوضح هبوط الدور الثاني على الأول وقد حدث هذه أثناء زلزال كوبي في اليابان عام 1995م .

وتمثل منطقة الدرج عادة صلابة مركزة تؤدي إلى زيادة قوى الزلازل المؤثرة على هذه المنطقة وحدوث أضرار بالغة بها قد تعيق عملية الإخلاء ، لذلك لابد من الأخذ في الاعتبار في مرحلة التصميم مقدار القوى المؤثرة وكفاءة المقاومة لمناطق نقص أو زيادة الصلابة في المباني .

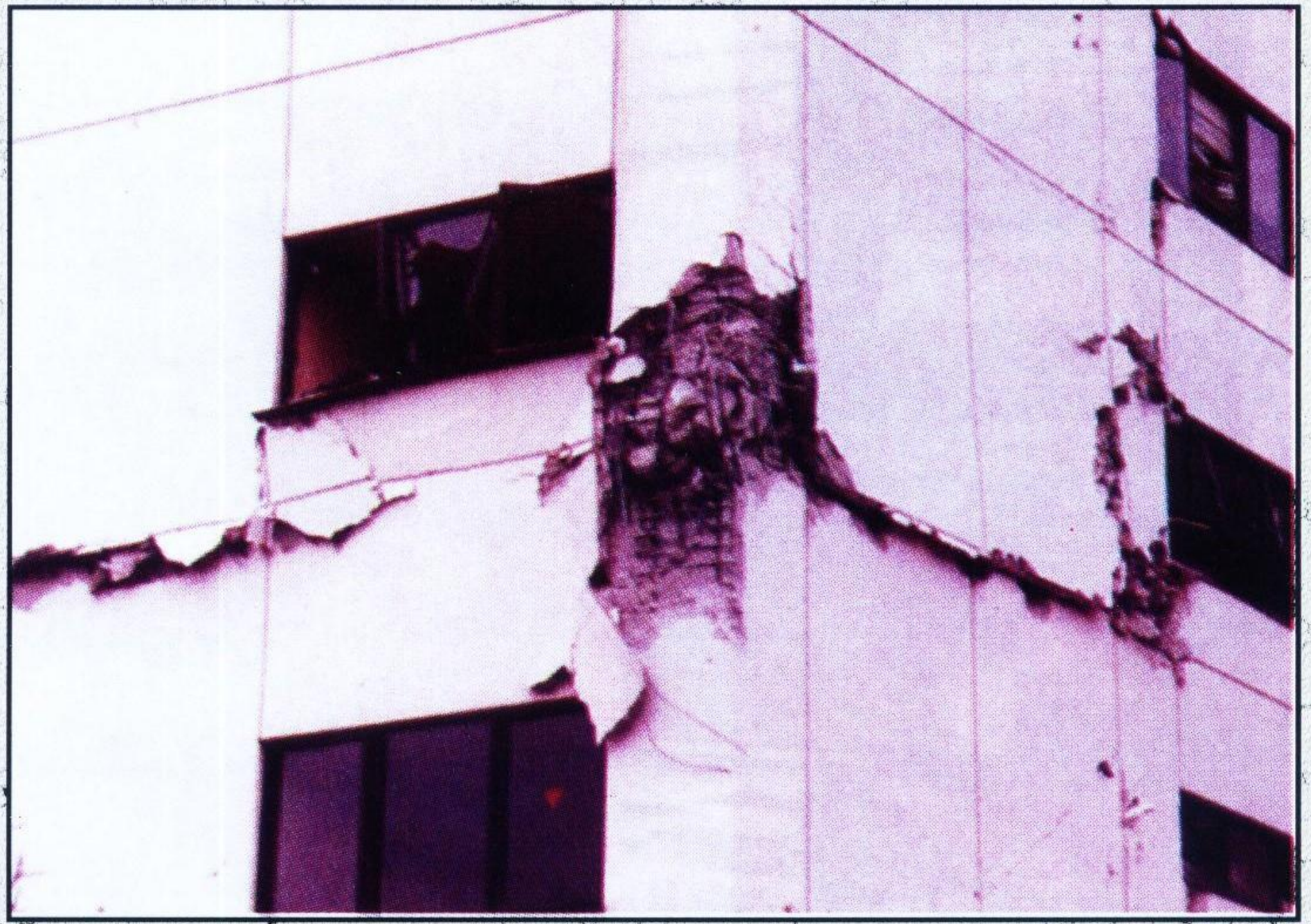


* شكل (٥) إنهيار كامل للدور الأرضي لضعف مقاومته للقوى الجانبية.

* شكل (٦) انهيار أحد الأدوار حيث كان يحتوي على حوائط أقل من الأدوار الأخرى.

2- عدم انتظام المبنى
Geometric Irregularities)

عدم انتظام المبنى هندسياً أو عدم انتظام توزيع الكتلة أو المقاومة الإنشائية للمبنى سواء أفقياً أو رأسياً له تأثير سلبي كبير على الكفاءة الزلزالية للمبنى ، وتركز مبادئ التصميم الزلزالي على المهندس تطبيق معايير هندسية أكثر شدة للأخذ في الاعتبار التأثير السلبي لعدم انتظام المبنى كان عاملاً أساسياً لكثير من الانهيارات التي حدثت للمباني بسبب زلازل سابقة ومن أمثلة ذلك ما هو موضح في الشكل التالي



اضرار انشائية عند الحد الفاصل بين نظامين انشائيين مختلفين

3- ضعف مقاومة المبنى للقوى الجاذبية
Lateral Puunding

ويكون ذلك بسبب تعرض المبنى لزلازل سابقة حيث تبع الزلزال عادة مايسمى بالزلازل اللاحقة (الروادف أو التوابع) وهذه قد تؤدي إلى انهيار كامل لبعض المباني التي لم تنهار أثناء الزلزال الرئيس لكنها عرضت لأضرار إنشائية بالغة أدت إلى ضعف مقاومتها الزلزالية ، والأمثلة على ذلك كثيرة ، فمثلاً حدث عام 1976م بمدنية (Fruili) الإيطالية أن انهار عدد كبير من المباني بسبب حدوث زلازل تابعة للزلزال الرئيسي لذلك لابد من أخذ الحذر والحيطة أثناء عملية الاستجابة لكارثة الزلازل وذلك من خلال تحديد وتقويم المباني المتضررة وتصنيف مدى خطورة كل منها وإعطاء الأولوية لتلك التي يجب إخلاءها وما حولها تحسباً لإمكانية انهيارها بسبب الزلازل اللاحقة .

4- قصر المسافة الفاصلة بين المباني
Building Too Close

مما يؤدي إلى تصادم المباني أثناء حركتها خلال الزلازل ، وبالتالي يؤثر على الآخر بقوى تصادم عنيفة تؤدي إلى حدوث أضرار فيه حتى ولو كان له القدرة على مقاومة الزلازل ويوضح الشكل التالي حالة انهيار ناتجة بسبب التصادم .

* شكل (٨) أضرار بسبب تصادم مبنيين مجاورين لقصر المسافة بينهما.

ثالثا: العناصر والوصلات

(Elements and Connections)

يعتمد المبدأ الأساسي للتصميم المقاوم للزلازل على الترابط الجيد بين عناصر المبنى وقدرة هذه العناصر على الحركة والمقاومة فالتصميم الجيد يعطي المبنى حرية مدروسة أثناء الزلازل من خلال الوصلات المناسبة وعناصر تستطيع الاحتفاظ بمعظم قواها ، حتى وأن دفعت القوى الخارجية هذه العناصر إلى مرحلة تحميل ما بعد المرونة (Inelastic Loading) وتبرز هنا خاصية مهمة للعناصر الإنشائية لمقاومتها للزلازل وهي ما يسمى باالممطولية (Ductility) وهي القدرة على مقاومة أو امتصاص القوى .

وتشير الدروس المستفادة في هذا المجال إلى أن أسباب انهيار العناصر الإنشائية أثناء الزلازل هي :

1 - قوى القص فى بعض المناطق الحرجة من المبنى :

وذلك لكون الزلازل تؤثر على المباني بقوى أفقية وتشكل الانهيارات بسبب قوى القص أكثر نسبة في معظم الزلازل ويتركز هذا النوع من الانهيارات في العناصر التي لا تحتوي على تسليح كاف لقوى القص (الكانات) وخاصة في الكمرات عند تقاطعها مع الأعمدة وفي الأعمدة القصيرة مثل رقاب الأعمدة ويوضح الشكلين التاليين بعض حالات الانهيارات التي كان سببها الرئيس قوى القص .

انـهيار
بسبب
قـوى
القص

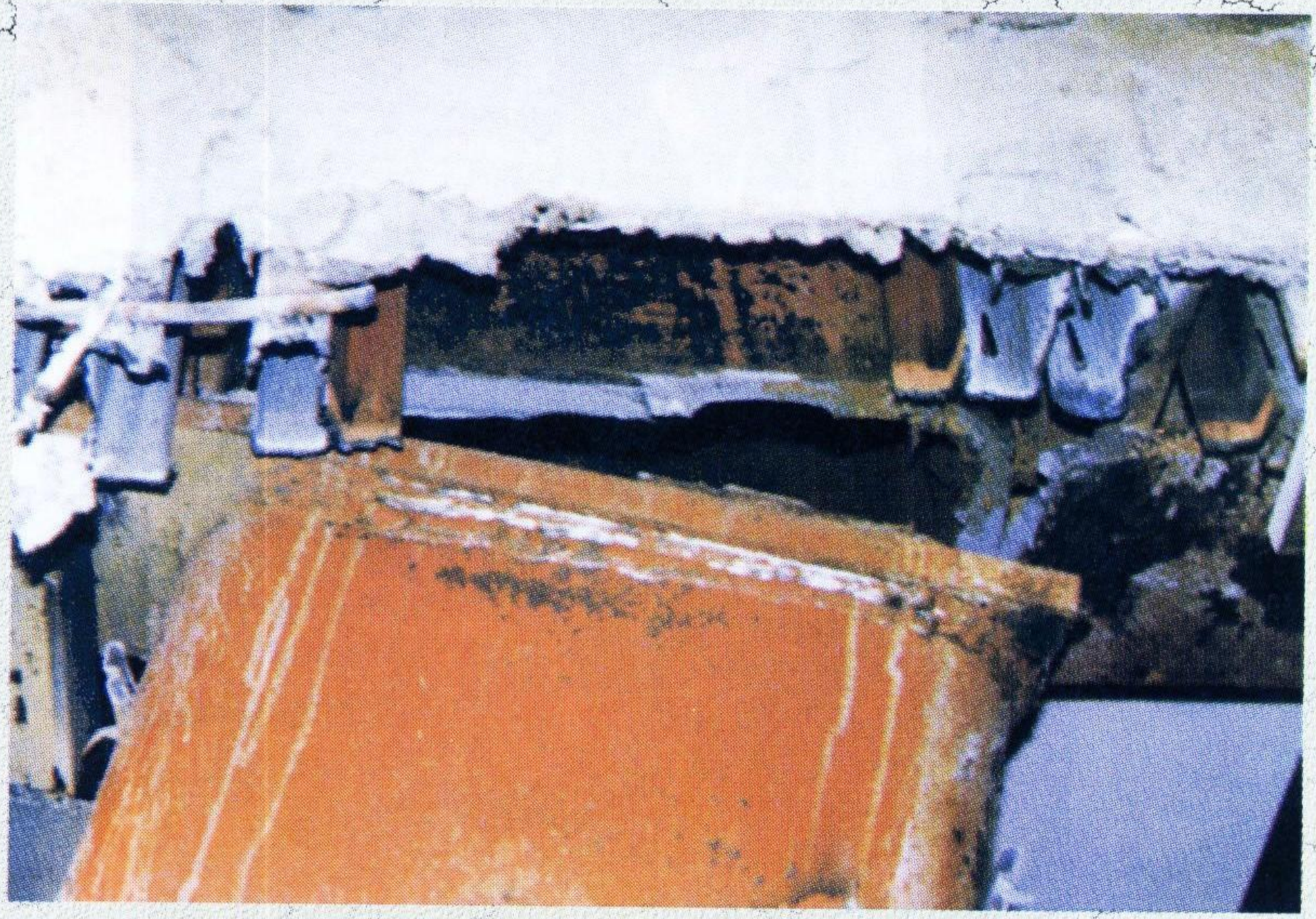
انـهيار رقبة عمود بسبب قوى القص

2 - عدم الترابط الجيد بين العناصر الإنشائية للمبنى :

وعادة ما يكون ذلك سبباً رئيساً في انهيار المبنى أثناء تعرضه للزلازل حيث أن متطلبات المقاومة الزلزالية للمبنى مبنية على أساس انتقال القوى بين العناصر المختلفة للمبنى فمثلاً يوضح الشكل (11) سقوط جزء من بلاط صالة جمرك الركاب في الدرة شمال المملكة أثناء زلازل عام 1995م وهي منشأة من الخرسانة سابقة الصب ولم يكن هناك ترابط جيد بين قطع البلاطة والأعمدة الحاملة لها .

وكذلك يوضح الشكل (12) انهيار وصلة اللحام بين العمود والسقف لأحد المباني أثناء زلزال كوبي في اليابان عام 1995م وذلك لضعف المقاومة الزلزالية لوصلات اللحام بصفة عامة .

* شكل (١١) إنهيار جزء من سقف صالة جمرك مركز الدورة شمال المملكة.



* شكل (١٢) تهشم لوصلات اللحام بسبب الزلازل .

رابعاً: المواد

(Materials)

تؤكد الدروس المستفادة من الزلازل السابقة على أن هناك فروقات واضحة سواء في نوع الدمار أو مدى الدمار الذي حدث للمواد الإنشائية المختلفة بسبب الزلازل . ويمكن التعميم على أن العناصر الإنشائية المصنوعة من مواد ذات ممطولية (Ductility) عالية مثل الحديد أو الخشب أو العناصر الخرسانية المسلحة بطريقة جيدة أثبتت كفاءتها لمقاومة الزلازل بشرط أن تكون هذه العناصر مترابطة مع بعضها البعض ترابطاً جيداً وذلك على عكس المواد سريعة الكسر (Brittle) مثل مباني اللبن أو الطوب أو البلك غير المسلح والتي ثبت سوء أدائها الزلزالي وضعف مقاومتها للقوى الجاذبية .

ويمكن القول أن أكثر دمار حدث في أي زلزال سابق كان في المباني المصنوعة من الطوب أو اللبن أو البلك غير المسلح ، والامثلة في هذا المجال كثيرة جداً وخاصة في منطقة الشرق الأوسط (إيران ، تركيا ، اليمن) ولكن يكفي الإشارة إلى أن حوالي مائتين وأربعين ألف شخصاً توفرا في زلزال تانكشان بالصين عام 1976م بسبب انهيار مباني منشأة من الطوب أو البلك الغير مسلح . كما تجدر الإشارة هنا إلى أنه بالإمكان تحسين المقاومة الزلزالية لمباني الطوب والبلك من خلال تسليحها بطرق هندسية تحددها نظم التصميم المقاوم للزلازل وتعرف مثل هذه المباني بمباني البلك المسلح .

ويمكن تلخيص الدروس المستفادة فى هذا المجال بالنقاط التالية :

1. الكفاءة الزلزالية لمباني الطوب والبلك تعد سيئة جداً .
2. الكفاءة الزلزالية لمباني البلك المسلح تعد جيدة إذا أخذ في الاعتبار تصميمها لمقاومة الزلازل .
3. الكفاءة الزلزالية للمباني الخرسانية المسلحة تعتمد اعتماداً رئيساً على النظام الإنشائي المستخدم وعلى التشابك الجيد بين العناصر الإنشائية وجودة الخرسانة المسلحة المستخدمة لمباني الخرسانة سابقة الصب .
4. الكفاءة الزلزالية تعتمد اعتماداً رئيساً على كفاءة الترابط بين عناصر المبنى .
5. الكفاءة الزلزالية للمباني الحديدية تعد في الغالب جيدة .

خامساً: العناصر غير الإنشائية

(Nonstructural Elements)

من متطلبات كود التصميم المقاوم للزلازل للمباني تحقيق الترابط الجيد للعناصر غير الإنشائية مع بعضها البعض ومع العناصر الإنشائية وعادة ما يسبب انهيار العناصر غير الإنشائية خطورة على سكان المبنى أو على المارة ومن العناصر التي تتطلب ربط جيد حائط سترة السطح (Parapet) فقد كان لسقوط مثل هذه الحوائط خطورة كبيرة أدت إلى عدد كبير من الوفيات في زلزال القاهرة عام 1992م وكذلك كان سقوط حائط سترة السطح سبباً في وفاة شخص في مدينة حقل شمال المملكة أثناء زلزال عام 1995م أثناء هروبه من المنزل شكل (13) ومن العناصر التي تمثل خطورة أثناء سقوطها بسبب الزلازل حوائط البلك في المباني الخرسانية والكسوات الخارجية للمباني والاسقف المستعارة وخزائن الكتب والأواني في المنازل والمكتبات .

* شكل (١٣) سقوط سترة السطح لأحد المباني أثناء زلزال خليج العقبة عام ١٩٩٥م.

سادساً: مشكلات التربة
(Geotechnical Problems)

أن الزلازل حين حدوثها تسبب قوى تعادل مئات أو آلاف الأطنان تنطلق بصورة فجائية من قشرة الأرض نتيجة لتراكم الضغوط عليها في بقعة ما وينقسم تأثر الإنسان بهذه الطاقة المنطلقة إلى نوعين مباشرة وغير مباشرة فالشكل المباشر يعني ببساطة انهيار التربة عليه وطمره بها إذا كان قرب مرتفع ترابي رخو وشديد الانحدار او غوصه داخل الأرض في حالة تميع التربة تحت قدميه أو انهيار الصخور أوانفجار السدود الترابية وخلافه . ويعتبر انهيار الصخور أو انفجار السدود الترابية خسائر فادحة أثناء الهزات الأرضية الكبيرة فانهيار حواف الأودية التي تنحدر بشكل سريع محدثة مايسمى بالجرف قد يؤدي إلى انجراف وطمر المساكن التي بنيت فوقها او تلك التي اسفل منها ففي زلزال واحد في سنة 1976م بمدينة فرولي الإيطالية تم تسجيل أكثر من (100) انهيار .

وفيما يلي بعض الأمثلة للتأثير المباشر للزلازل :

1. تسبب الزلازل وبشكل خطير تساقط الصخور من الجبال العالية وقد يؤدي هذا إلى إحداث أضراراً بالغة سواء أثناء مرور السيارات على الطرق المجاورة للجبال أو بسبب السقوط المباشر للصخور على المباني كما هو موضح في شكل (14) حيث أدت سقوط الصخور إلى دمار في سور مبنى مركز سلاح الحدود في منطقة طيب الاسم أثناء زلزال خليج العقبة عام 1995م .

2. الانزلاقات والتشققات الأرضية تعتبر أحد الأسباب الرئيسية المباشرة لدمار المباني والمنشآت والطرق والسكك الحديدية وخلافها فالشكل (15) يوضح انشطار مبنى مدرسي إلى جزئين بسبب انزلاق ارضي أثناء زلزال الأسكا عام 1964م علماً بأن المبنى دمر بالكامل بعد أن استمرت التربة أسفلة بالانهيار ويوضح الشكل (16) دمار كامل لطريق أسفلتي بسبب صدوع من جراء الحركة الأرضية .

* شكل (١٤) تهدم سور خرساني بسبب تساقط الصخور أثناء زلزال خليج العقبة ١٩٩٥م.

شكل (15) انشطار مبنى مدرسي بسبب انزلاق أرضي أحدثه زلزال الاسكا عام 1964م

شكل (16) دمار لطريق اسفلتي بسبب التشققات الأرضية المصاحبة للزلازل ويلاحظ تشكل بحيرة في االموقع

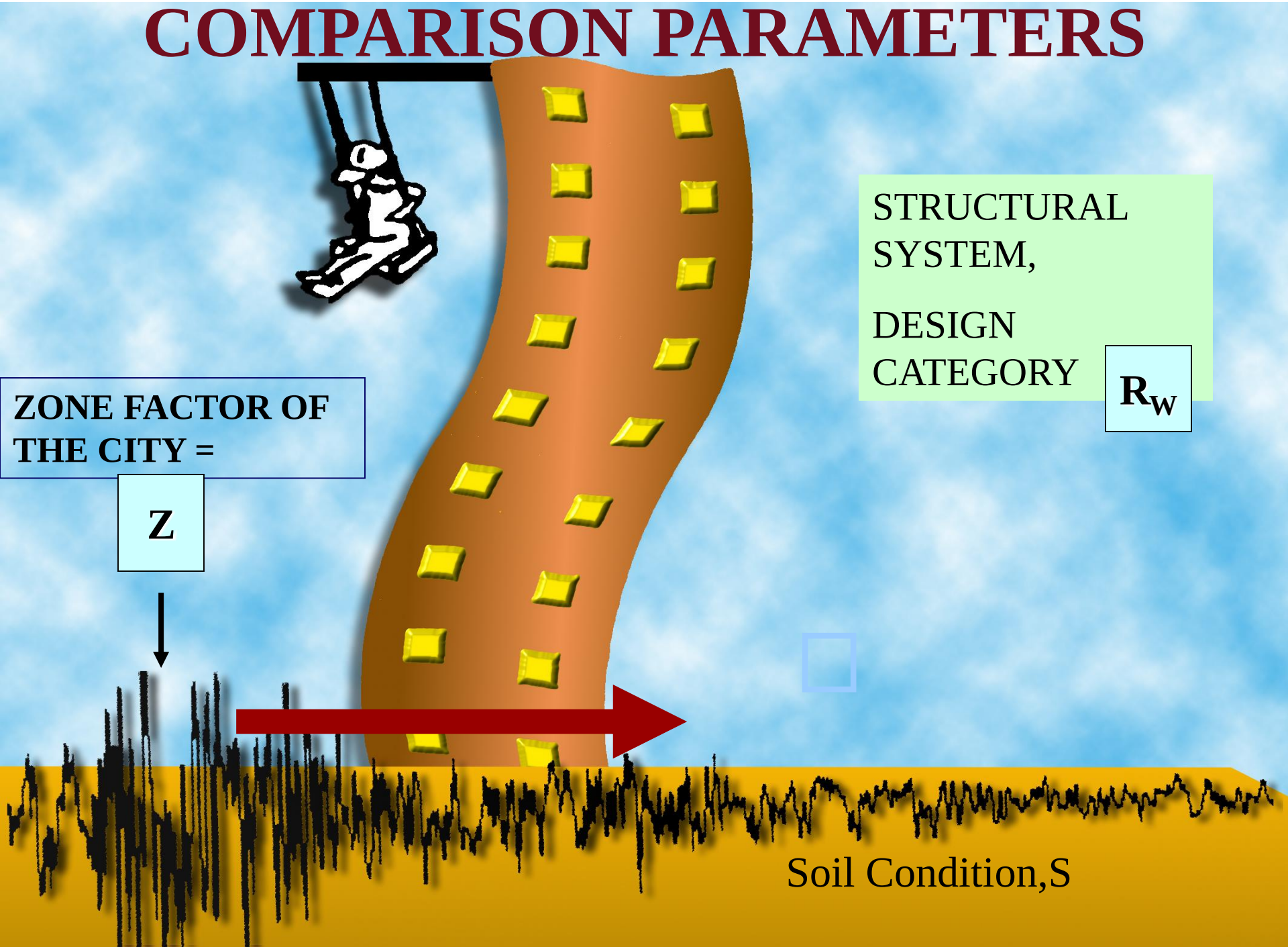
3. تميع التربة وهي ظاهرة تؤدي بسبب الهزة الأرضية إلى فقدان نوع من التربة مقاومتها وتصبح مادة سائلة ومن انواع التربة التي تحدث لها مثل هذه الظاهرة الرمل الناعم الغير متماسك والرمل المخلوط بالطمي وتحدث ظاهرة التميع عندما تكون التربة القابلة للتميع مشبعة بالماء ويوضح الشكل(17) انقلاب كامل لمباني بسبب تميع التربة أثناء زلازل فيجاتا (1964م) .

* شكل (١٧) إنقلاب لمبنى بسبب تميع التربة أثناء زلزال تيجاتا ١٩٦٤م .

أما النوع الآخر للأضرار التي تسببها الزلازل فهو غير المباشرة وهذا النوع ينتج عنه ضرر الإنسان بسبب الانهيارات التي تحدث في المباني التي يعيش فيها أثناء حياته اليومية فأساسات المنشآت تتعرض إلى نوعين من الحركة ينتقلان من الأرض إلى المنشأة فهناك حركة أفقية وهي معروفة أكثر وهناك حركة عمودية وهي اقل حدوثاً وإن كان بعض المختصين يؤكد أن الحركتين متلازمتان الحدوث ولكن كل بمقدار معين ومختلف عن الآخر على كل حال حدث أن سجلت حركات شديدة عمودية وأفقية في الهزة الواحدة ولكن في حدود النسب المتوقعة لكل منها وعادة مايكون الاثنان شديدي القوة كما أن المشكلات الناتجة عن الحركات العمودية تعتمد اكثر على قواها الذاتية (absolute value) وقابلية تضخيم المنشأة والتربة لها (structural amplification) أكثر من علاقتها بالحركات الأفقية ومقدار تسارعها والتسارع العمودي وهو مستقل عن الحركات الأفقية – يتكاتف في بعض الأحيان مع التحميل العمودي فينتج عنه أضرار بليغة أو حتى الانهيار الكامل كما حدث في انقلاب المبنى الموضح في الشكل (18) أثناء زلزال المكسيك 1985م وذلك لضعف ترابط الأساسات وضعف التربة وكود النباء (الأمريكي) المعمول به حالياً يعطي مواصفات جديدة ضد التسارع العمودي لتقوية العناصر الضعيفة في المنشأة .

ونظراً لعدم توفر معلومات كافية عن هذين النوعين من الحركات الأرضية ومقدار تسارعهما في كل مناطق النشاط الزلزالي لذا فإننا نجد أن كثير من المختصين في هندسة الزلازل يميلون إلى قياس ما يسمى بانتفاض الأرض أو ما يسمى أحياناً بـ (ground shaking) أو (ground movements) وقياس هذا النوع من الحركة الأرضية يتطلب استعمال أجهزة قياس العجلة الأرضية وتعطي معلومات جيدة وواسعة للمناطق المعرضة للهزات الأرضية . وعلى الرغم من أن المشاهدات تتراوح ما بين الأضرار البسيطة للمباني إلى الدمار الشامل إلا أنه وجد أن بعض المباني استطاعت مقاومة هزات أرضية عنيفة نظراً لتمتعها بقواعد مربوطة جميعاً بشكل جيد وقد أظهرت المشاهدات ان مثل هذه المباني عايشت هزات عنيفة مثيرة تسببت في تميع التربة .

COMPARISON PARAMETERS



ZONE FACTOR OF THE CITY =

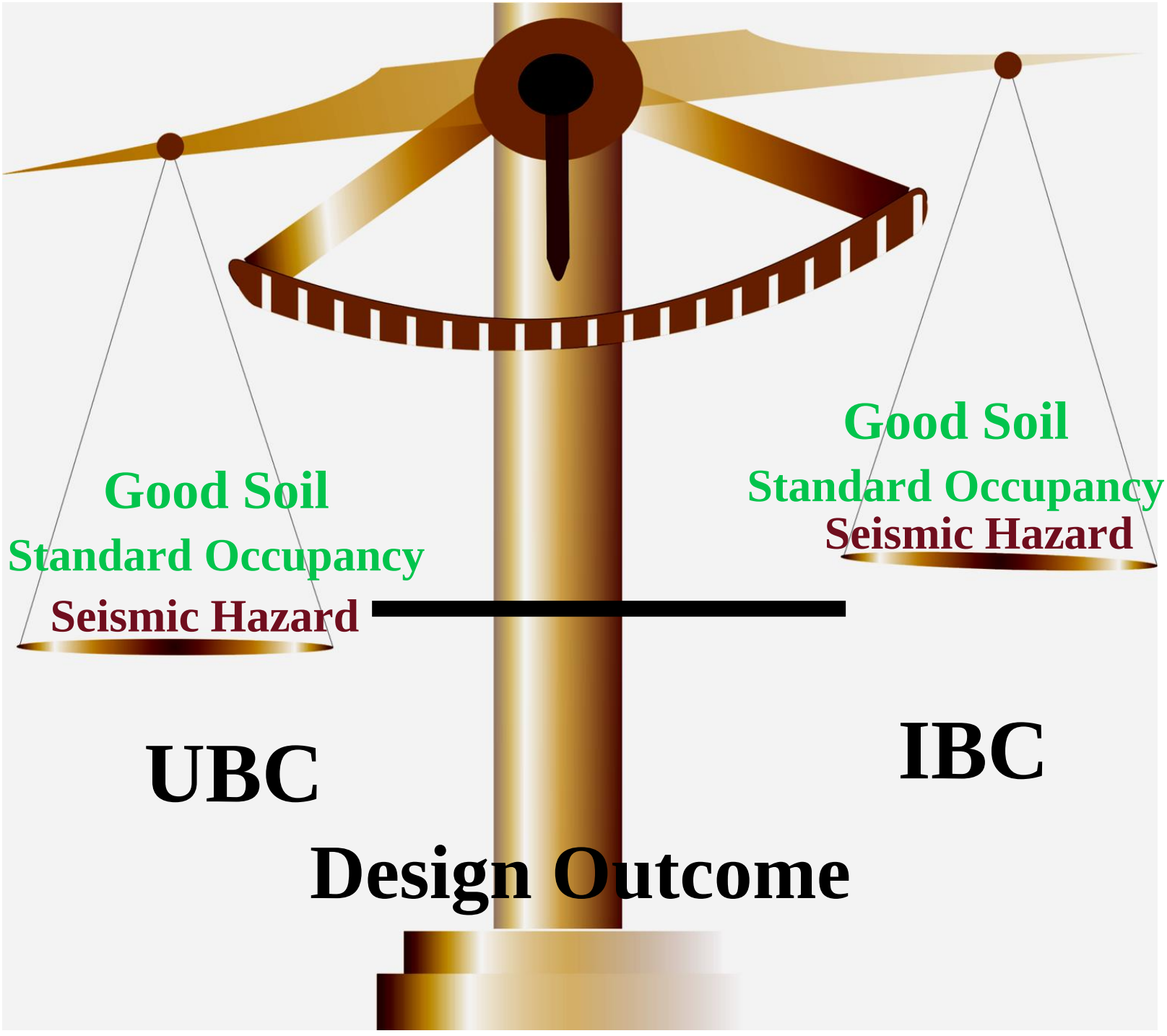
Z

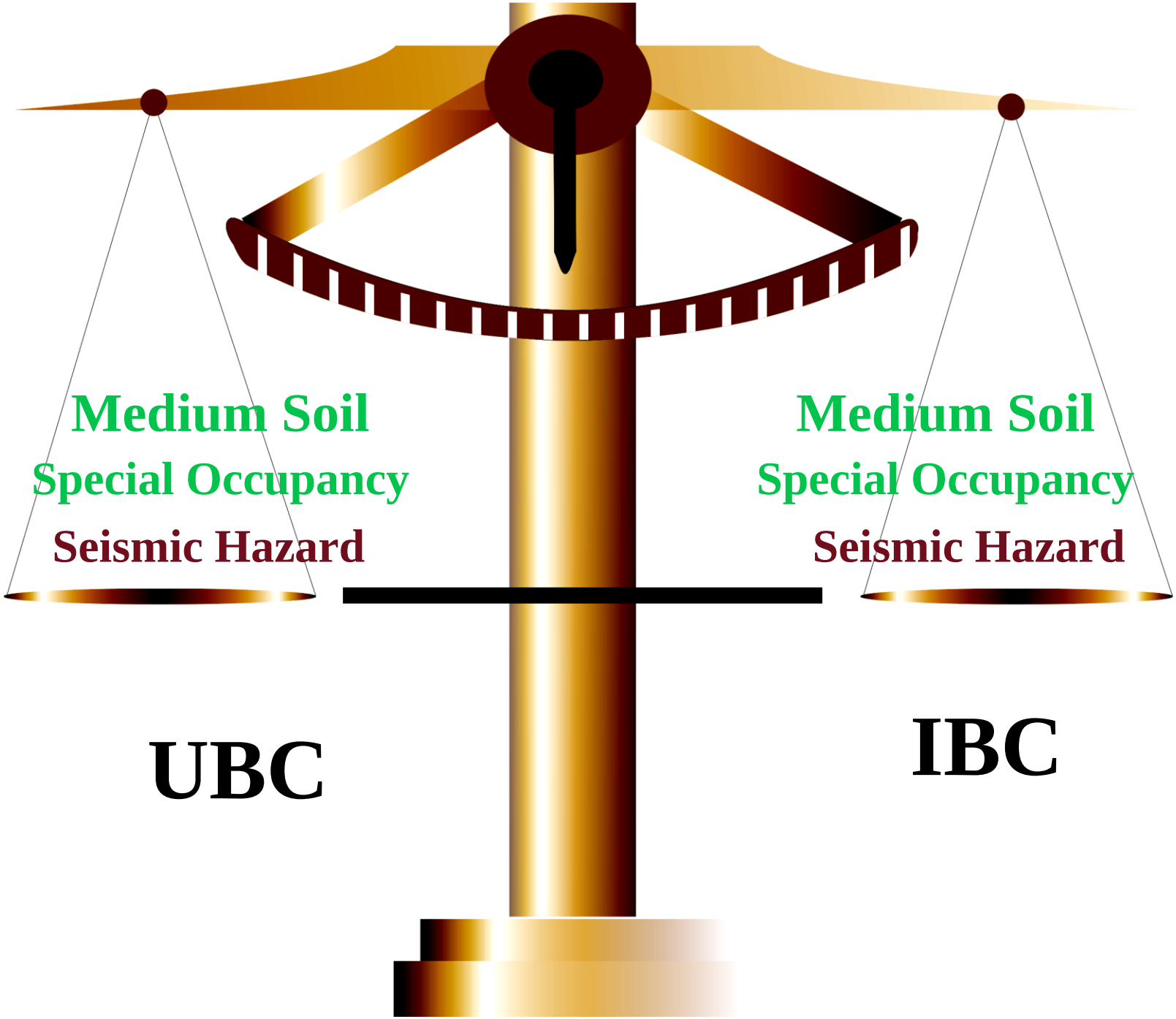
STRUCTURAL SYSTEM,

DESIGN CATEGORY

R_W

Soil Condition,S


Good Soil
Standard Occupancy
Seismic Hazard
Good Soil
Standard Occupancy
Seismic Hazard
UBC
IBC
Design Outcome


Medium Soil
Special Occupancy
Seismic Hazard
Medium Soil
Special Occupancy
Seismic Hazard
UBC
IBC

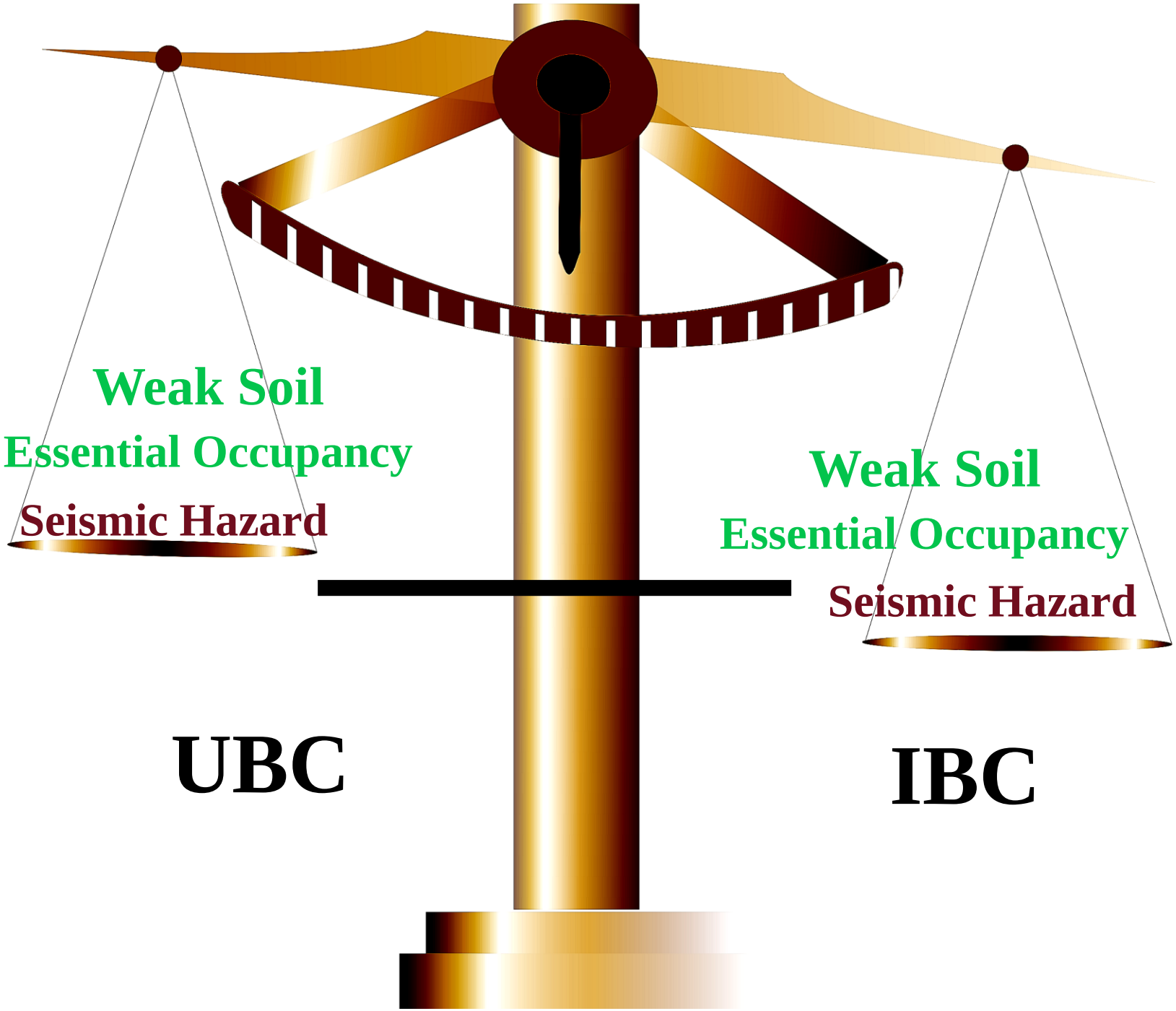

Weak Soil
Essential Occupancy
Seismic Hazard
Weak Soil
Essential Occupancy
Seismic Hazard
UBC
IBC

Table 7. Structural system, R_W and height limits.

Basic System	System description	UBC	Saudi
RC Moment Resisting Frame	1.Ordinary (OMRSF) [2] (ACI 318 Ch,s 1-18)	5	2
	2. Intermediate(IMRSF)[1] Add Sec 21.8 only	8	5
	3. Special (SMRSF) Add All Ch. 21	12	8

Notes:

UBC 94

1-Prohibited in Seismic Zone 3 and 4

2-Prohibited in Seismic Zone 2A, 2B, 3, and 4

Saudi

1- Prohibited in Seismic Performance Category C

2- Prohibited in Seismic Performance Category B and C

IBC- Seismic Design Category (SDC) = SPC

Value of S_D*	Occupancy	
	I- Standard	III-Essential
S_D<0.167g	A	A
0.167g<=S_D< 0.33	B	C
0.33g<=S_D< 0.5	C	D

*S_D=f(S_S ,Soil F)

A ----- Requires OMRF

B ----- OMRF + Very minor additional Requirements

(2 bars to be provided Continuously top &bottom)

C- Requires IMRF

D- Requires SMRF

Design Category for Jizan

Soil	Code	Occupancy Category	
		Standard	Essential
B	UBC	IMRF	IMRF
	IBC	OMRF	IMRF
D	UBC	IMRF	IMRF
	IBC	IMRF	SMRF

CONCLUSIONS

Upgrading SDC for IBC Will

1-Follow the Current Trend.

2- More Reliable Seismic Zonation.

3-More Reliable Design Category.

4-Other Advantages of IBC.

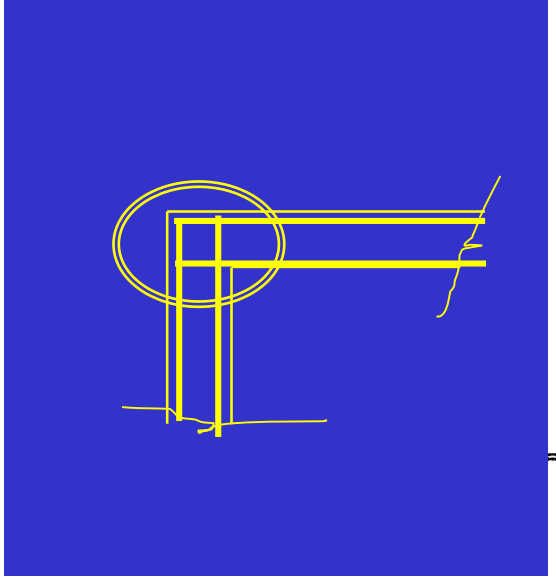
مقدمة عن الأخطاء الهندسية مع:
- دروس مستفادة
-توصيات

Majors Mistakes

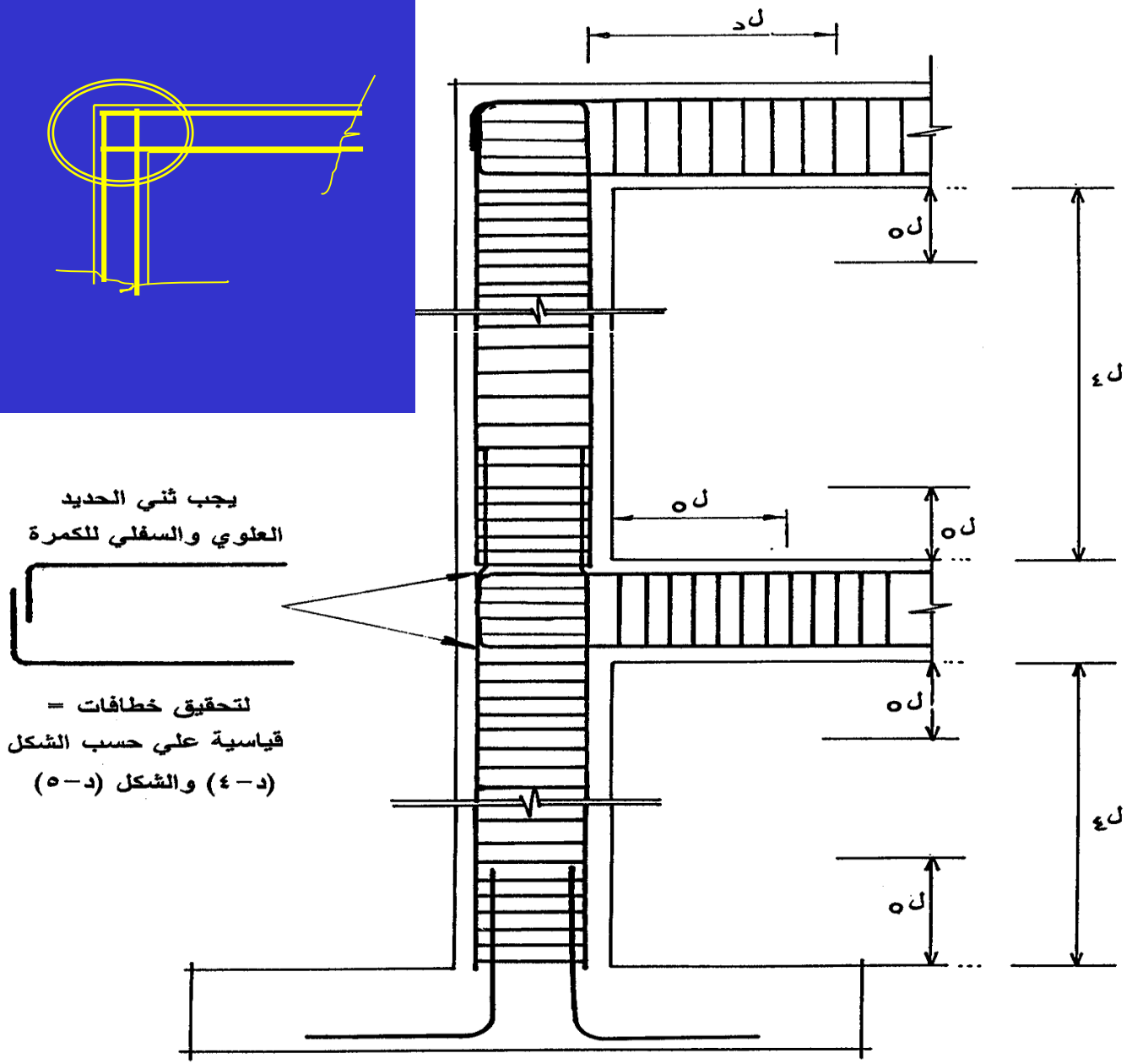
1- Improper Detailing of Moment Resisting Frames

2-Soft Story and Slenderness of Columns

3- Improper Presentation of Details

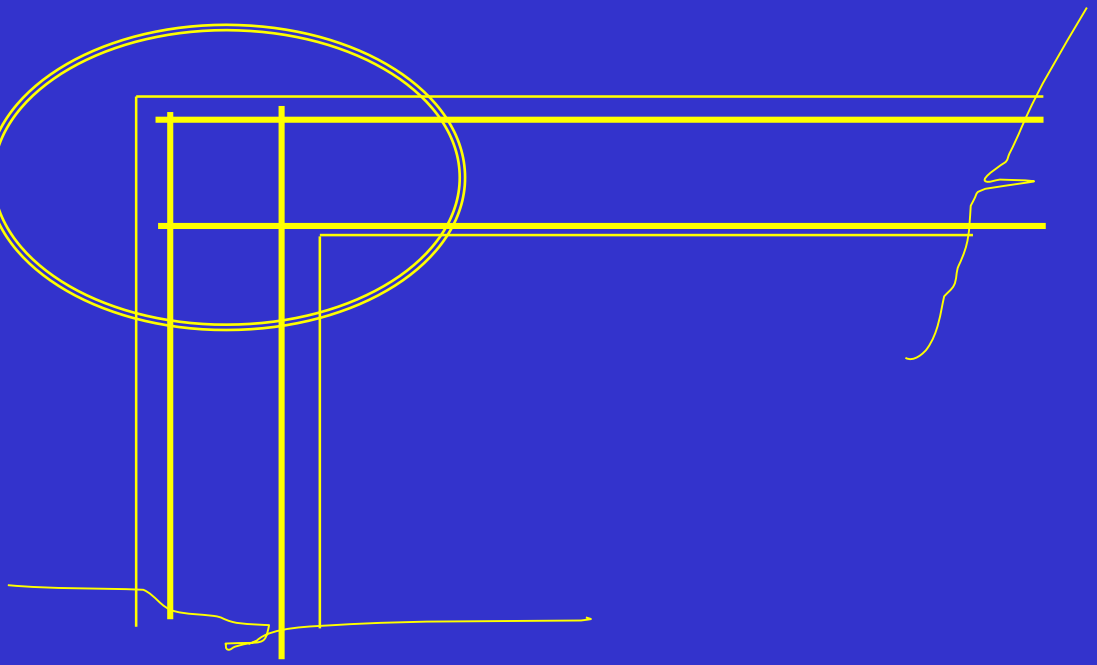


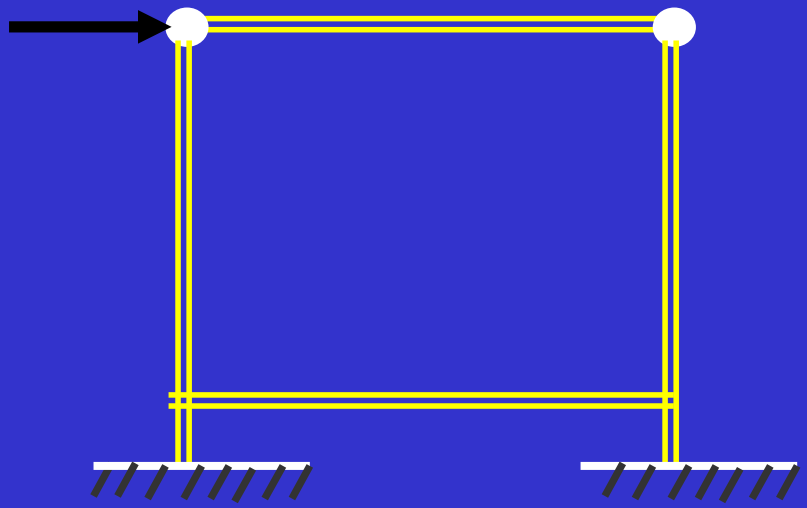
ل٥ ← أنظر الشكل (د–٥) للكانات الاضافية

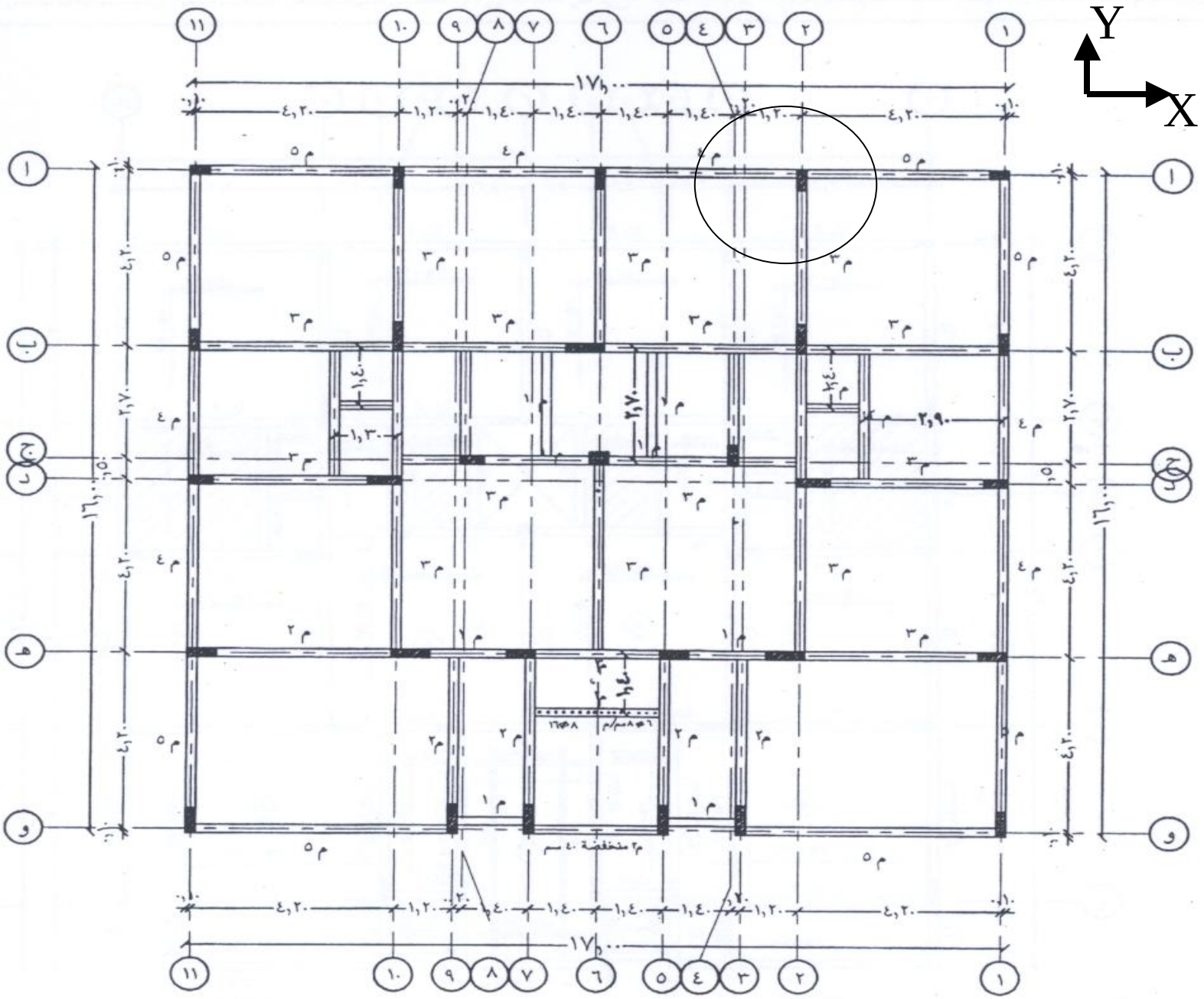


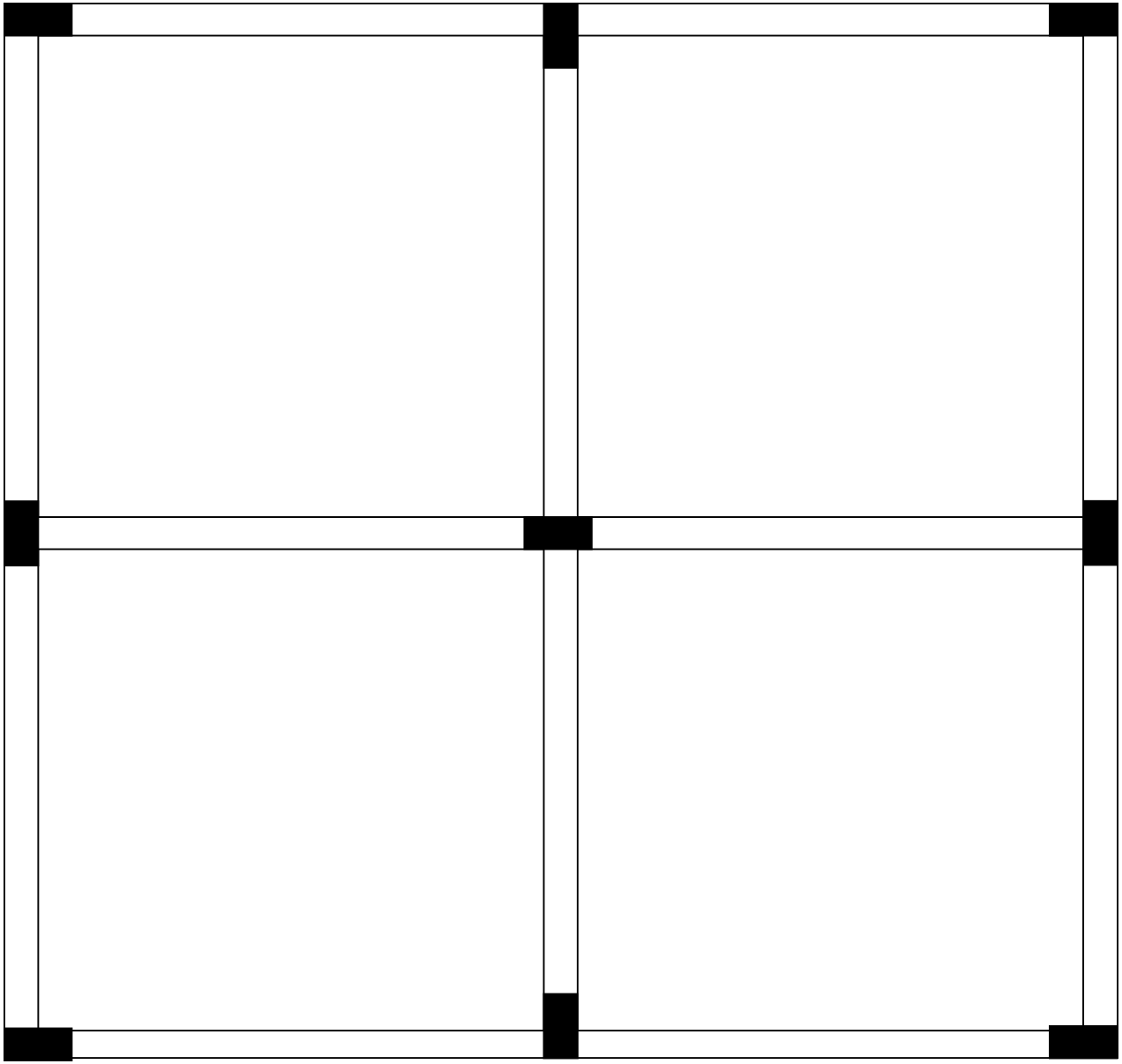
يجب ثني الحديد
العلوي والسفلي للكمرة

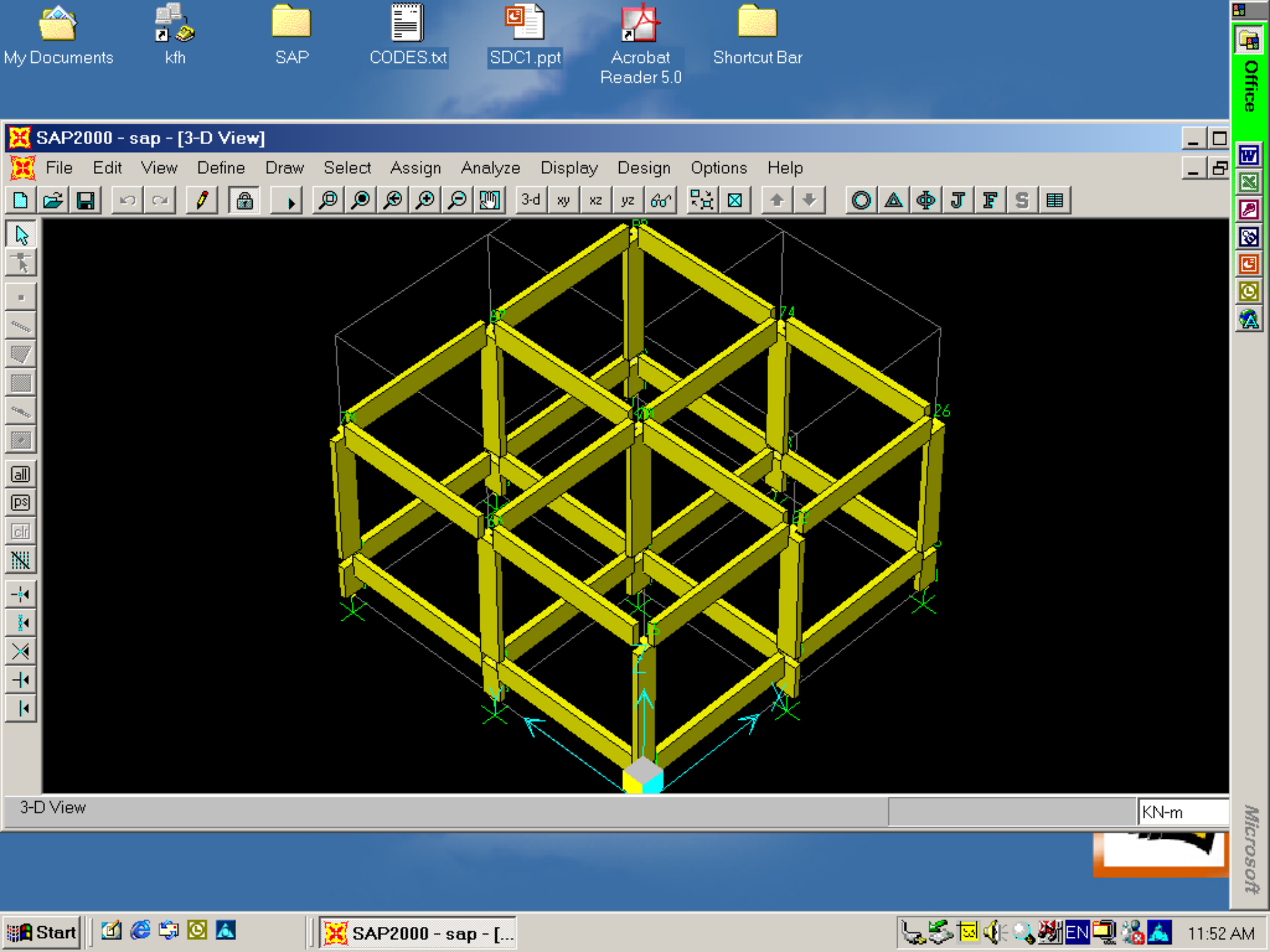
لتحقيق خطافات =
قياسية علي حسب الشكل
(د–٤) والشكل (د–٥)

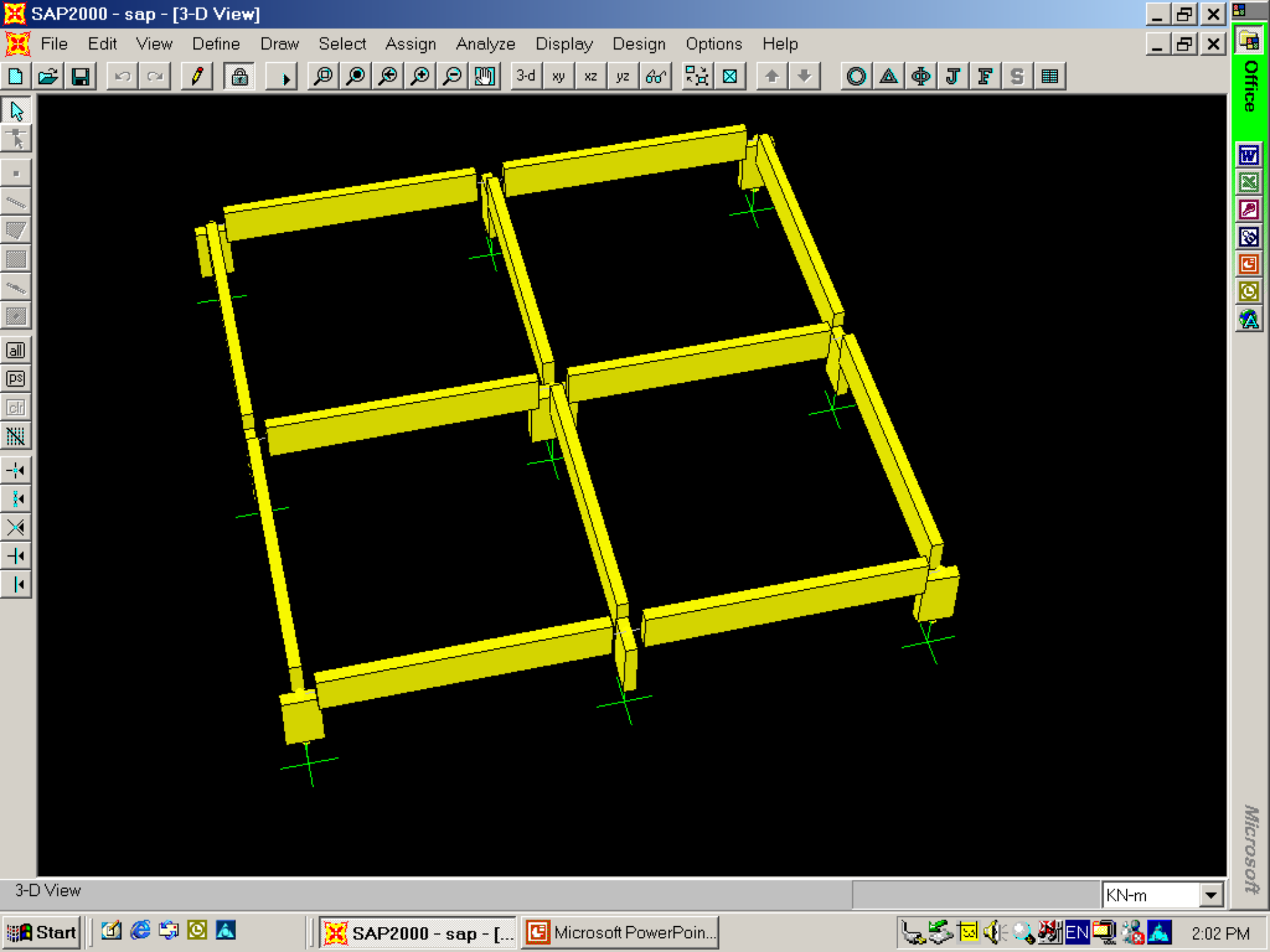


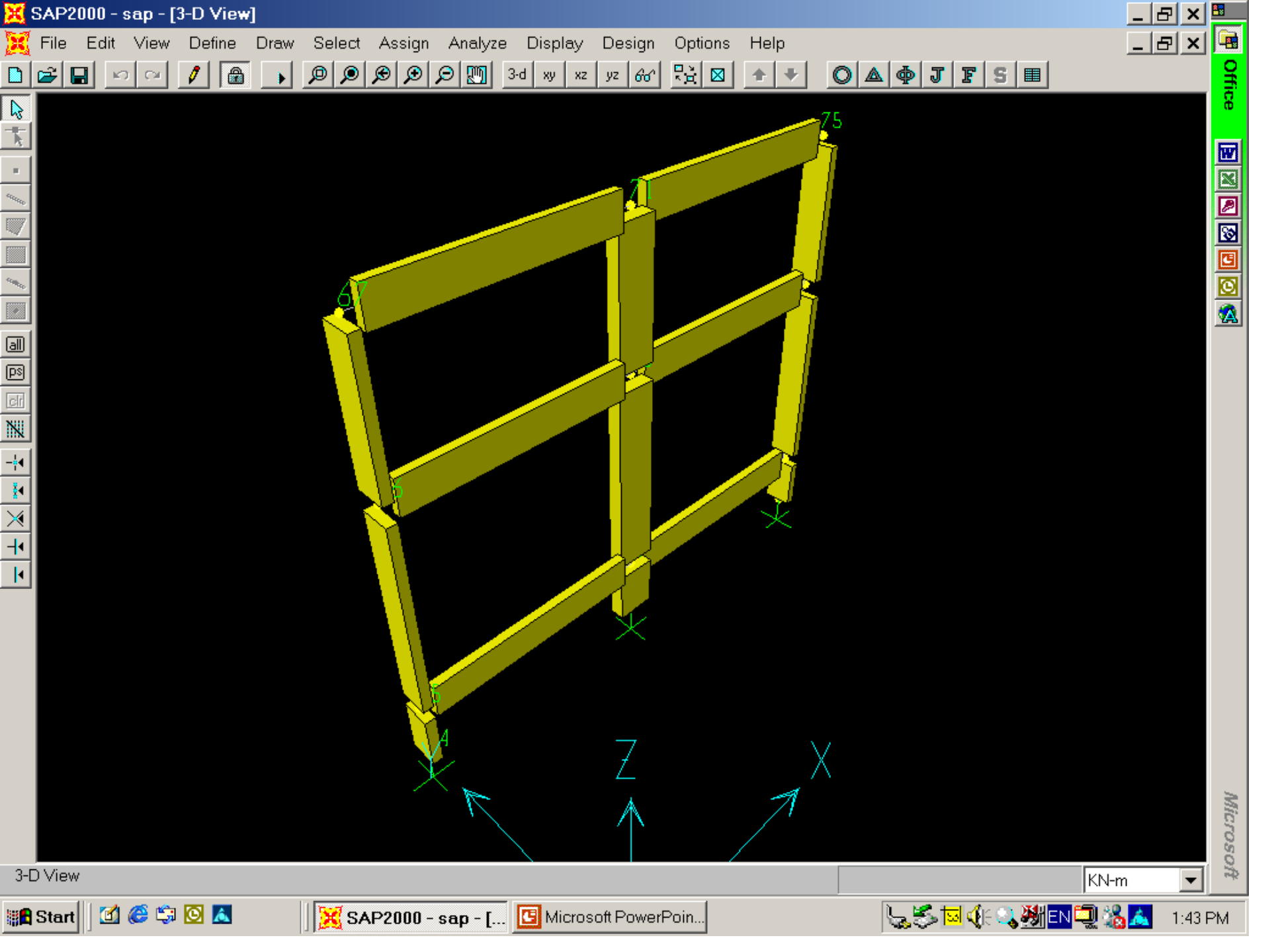


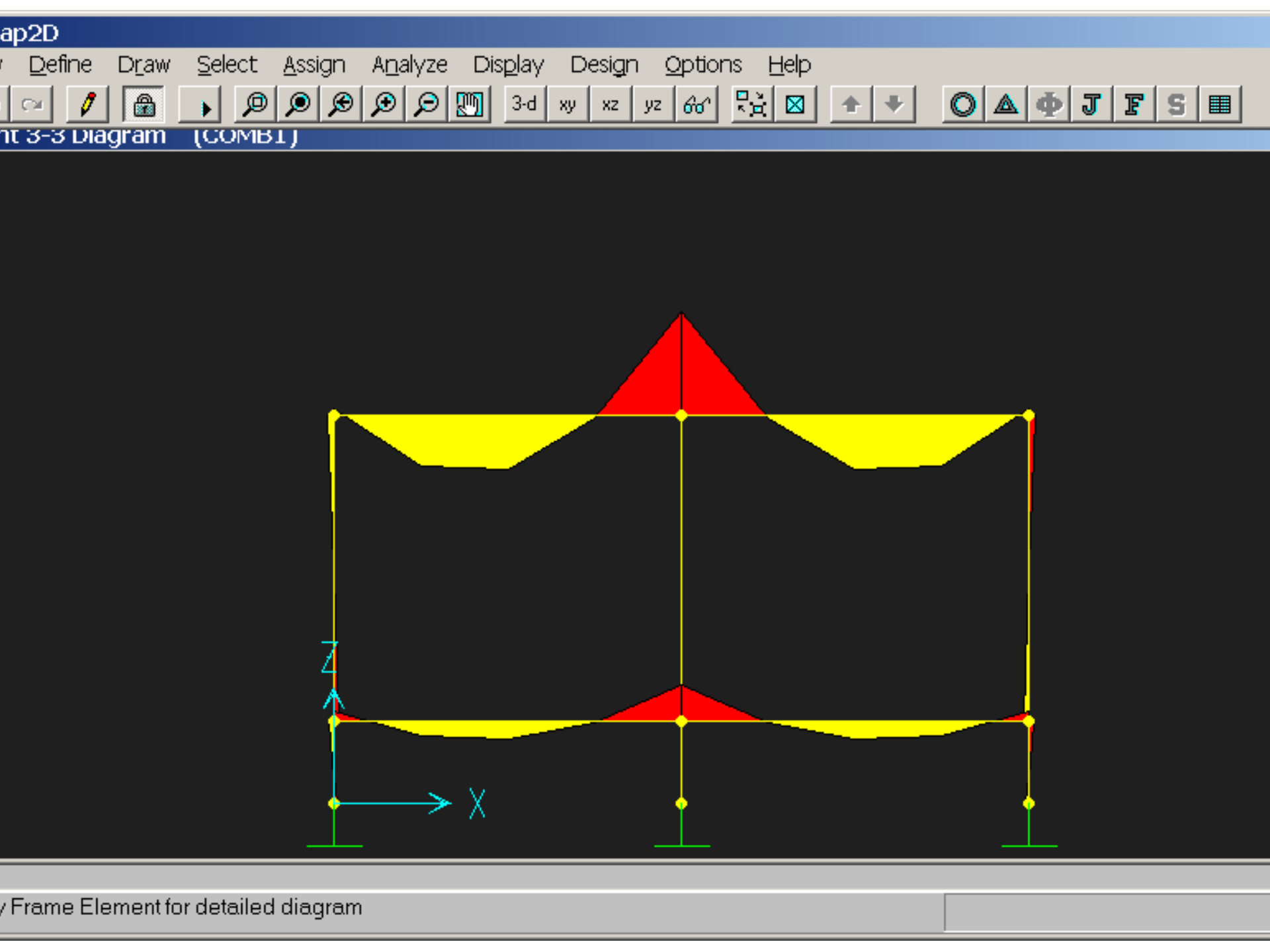

Y
X
١١
١٠
٩
٨
٧
٦
٥
٤
٣
٢
١
أ
ب
ج
د
هـ
و
١٧,٥٠
١٦,٠٠
٤,٢٠
١,٢٠
١,٤٠
٠,١٠
٠,٣٠
٢,٧٠
٢,٩٠
١,٣٠
١,٤٠
م ٥
م ٤
م ٣
م ٢
م ١
٢م منخفضة ٤٠ سم

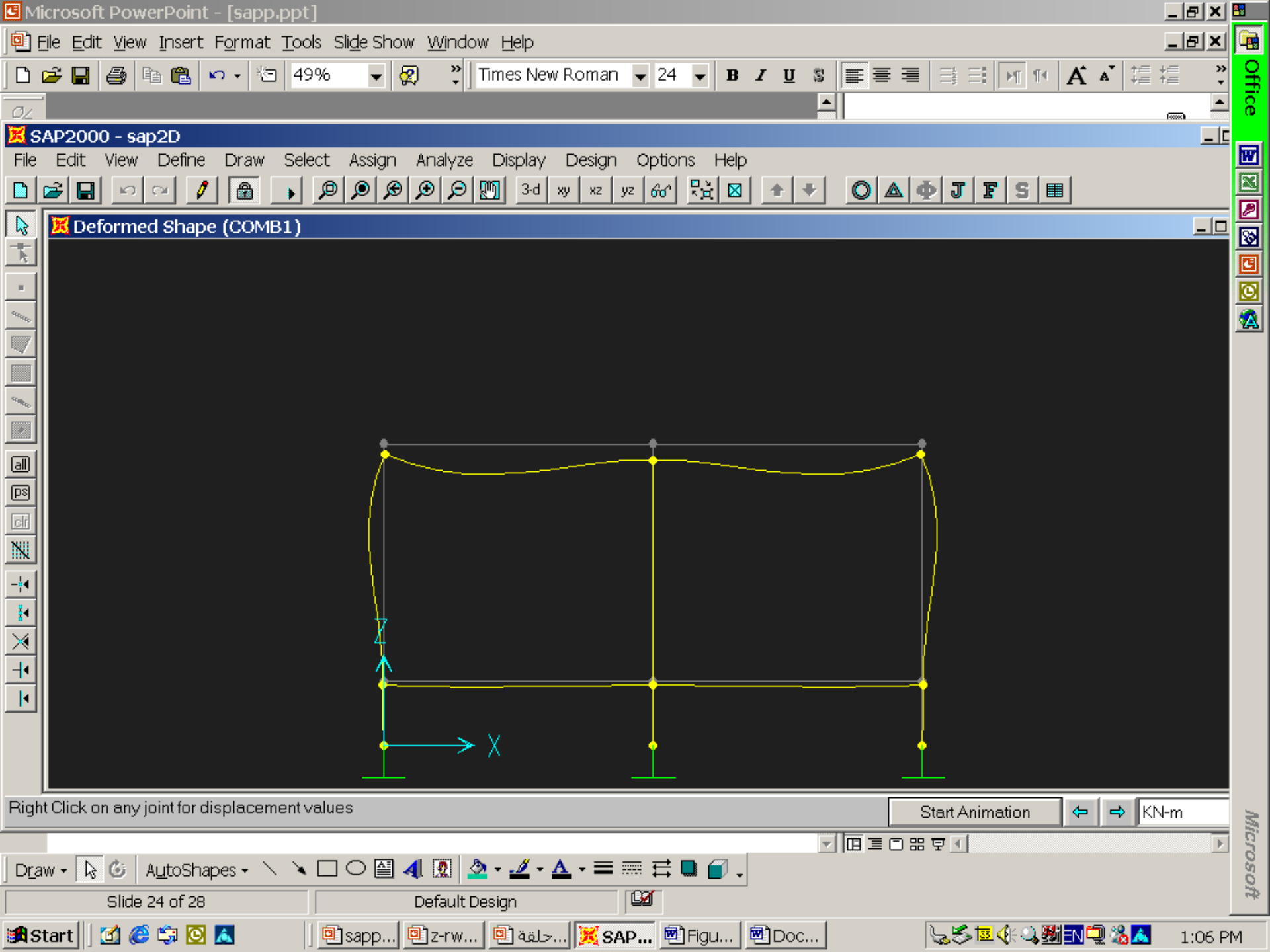


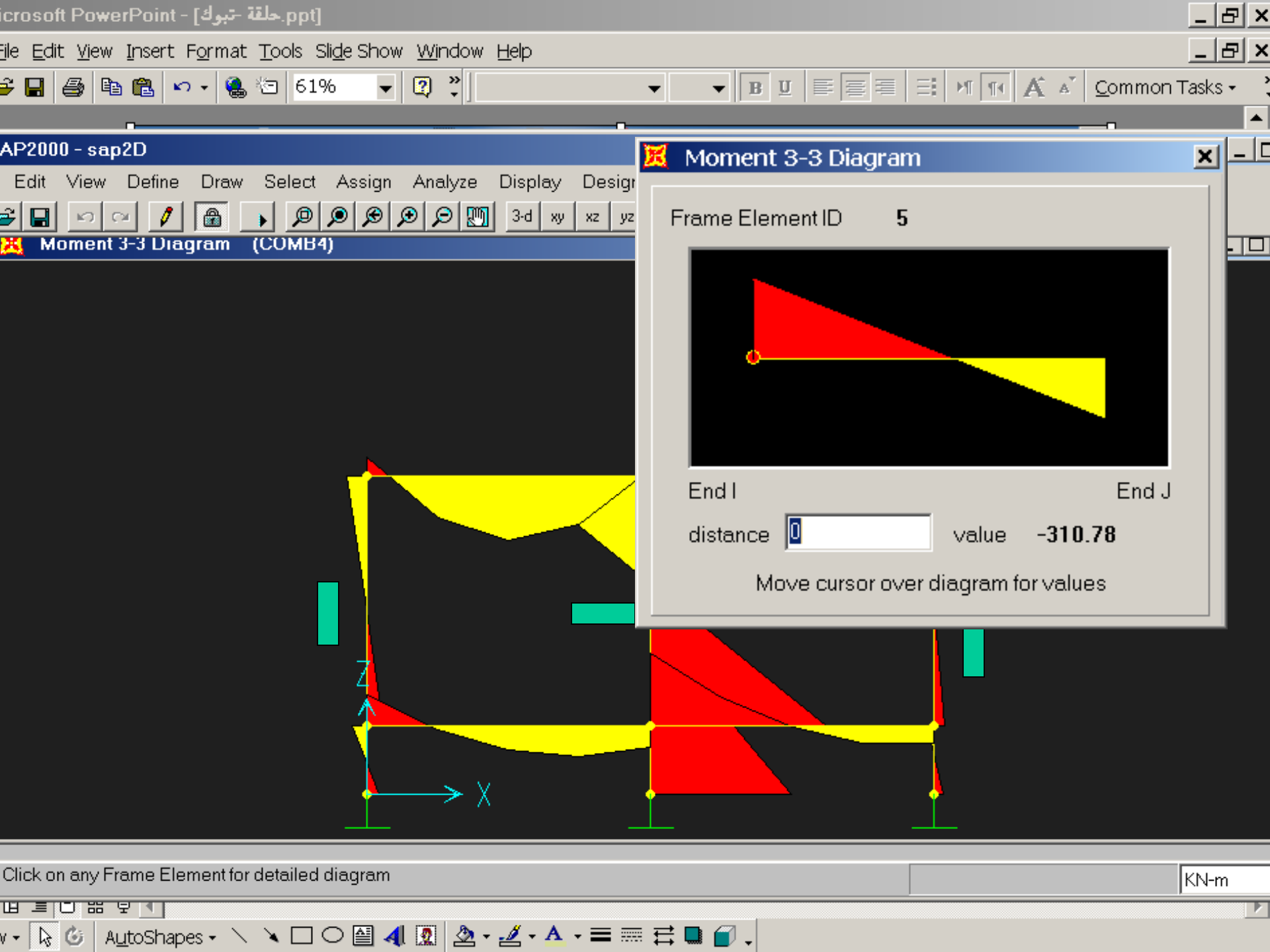

My Documents
kfh
SAP
CODES.txt
SDC1.ppt
Acrobat Reader 5.0
Shortcut Bar
SAP2000 - sap - [3-D View]
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help
3-d xy xz yz
74
26
3-D View
KN-m
Office
Microsoft
Start
SAP2000 - sap - [...
11:52 AM


SAP2000 - sap - [3-D View]
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help
3-d xy xz yz
Office
3-D View
KN-m
Start
SAP2000 - sap - [...
Microsoft PowerPoin...
2:02 PM
Microsoft


SAP2000 - sap - [3-D View]
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help
3-d xy xz yz
Office
75
71
67
5
6
4
Z
X
3-D View
KN-m
Start
SAP2000 - sap - [...
Microsoft PowerPoin...
1:43 PM


ap2D
Define
Draw
Select
Assign
Analyze
Display
Design
Options
Help
3-d
xy
xz
yz
nt 3-3 Diagram (COMB1)
Z
X
y Frame Element for detailed diagram


Microsoft PowerPoint - [sapp.ppt]
File Edit View Insert Format Tools Slide Show Window Help
Times New Roman
24
SAP2000 - sap2D
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help
Deformed Shape (COMB1)
Z
X
Right Click on any joint for displacement values
Start Animation
KN-m
Draw
AutoShapes
Slide 24 of 28
Default Design
Start
sapp...
z-rw...
SAP...
Figu...
Doc...
1:06 PM


icrosoft PowerPoint - [حلقة تبوك.ppt]
File Edit View Insert Format Tools Slide Show Window Help
61%
Common Tasks
AP2000 - sap2D
Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design
3-d xy xz yz
Moment 3-3 Diagram (COMB4)
Moment 3-3 Diagram
Frame Element ID 5
End I
End J
distance 0
value -310.78
Move cursor over diagram for values
Z
X
Click on any Frame Element for detailed diagram
KN-m
AutoShapes

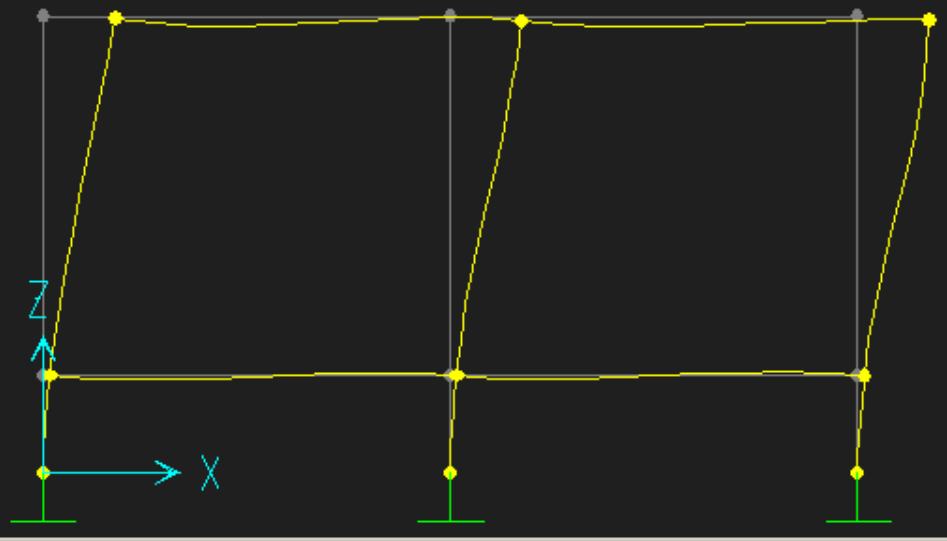
Microsoft PowerPoint - [sapp.ppt]

File Edit View Insert Format Tools Slide Show Window Help

SAP2000 - sap2D

File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help

Deformed Shape (COMB2)



Right Click on any joint for displacement values

Start Animation

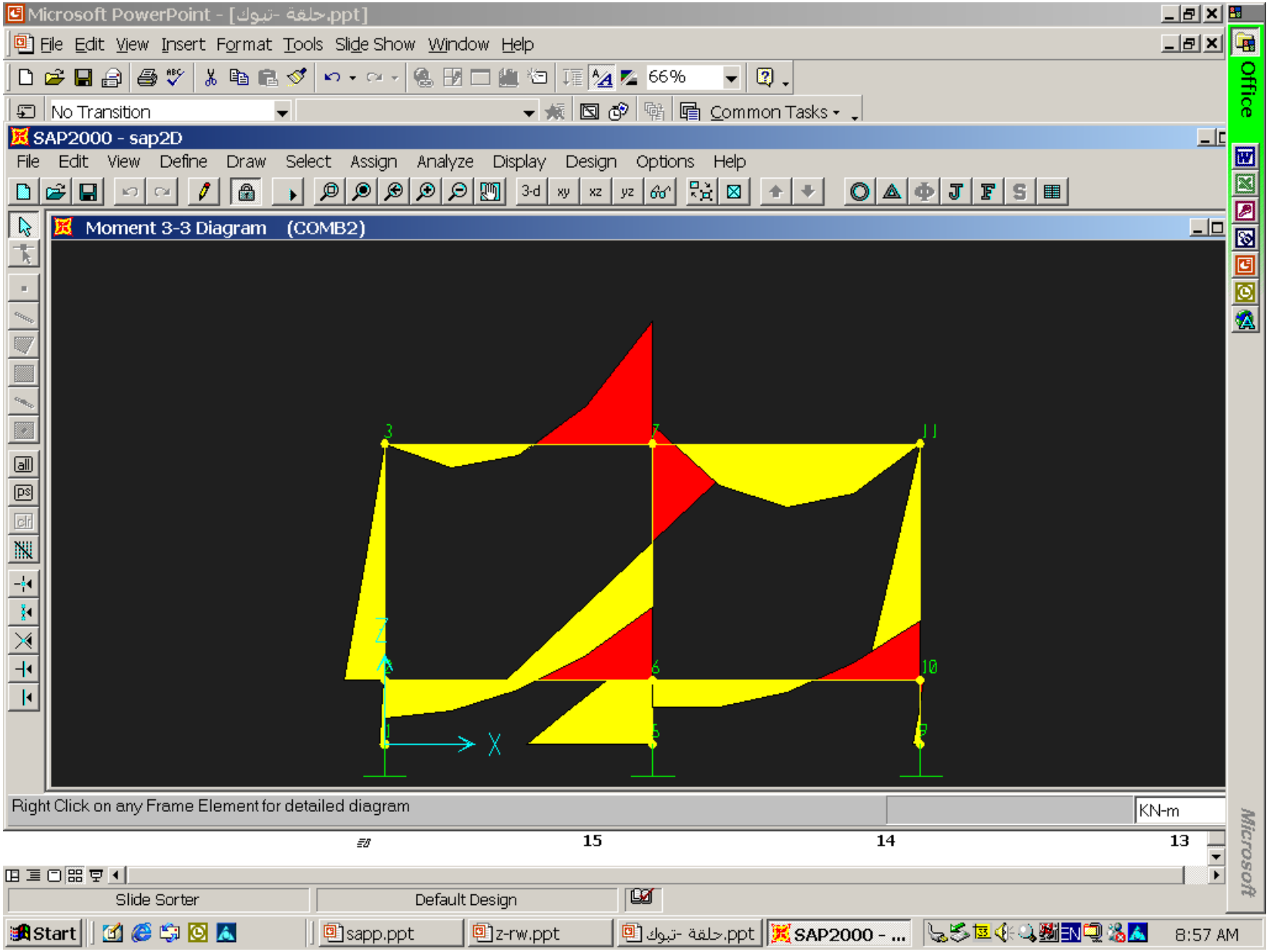
KN-m

Draw AutoShapes

Slide 24 of 28

Default Design

Start sapp... z-rw... حلقة... SAP... Figu... Doc... 1:07 PM


Microsoft PowerPoint - [حلقة- تبوك.ppt]
File Edit View Insert Format Tools Slide Show Window Help
66%
No Transition
Common Tasks
SAP2000 - sap2D
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help
Moment 3-3 Diagram (COMB2)
3
7
11
6
10
Z
X
Right Click on any Frame Element for detailed diagram
KN-m
15
14
13
Slide Sorter
Default Design
Start
sapp.ppt
z-rw.ppt
حلقة- تبوك.ppt
SAP2000 - ...
8:57 AM
Office
Microsoft

Microsoft PowerPoint - [sapp.ppt]

File Edit View Insert Format Tools Slide Show Window Help

66%

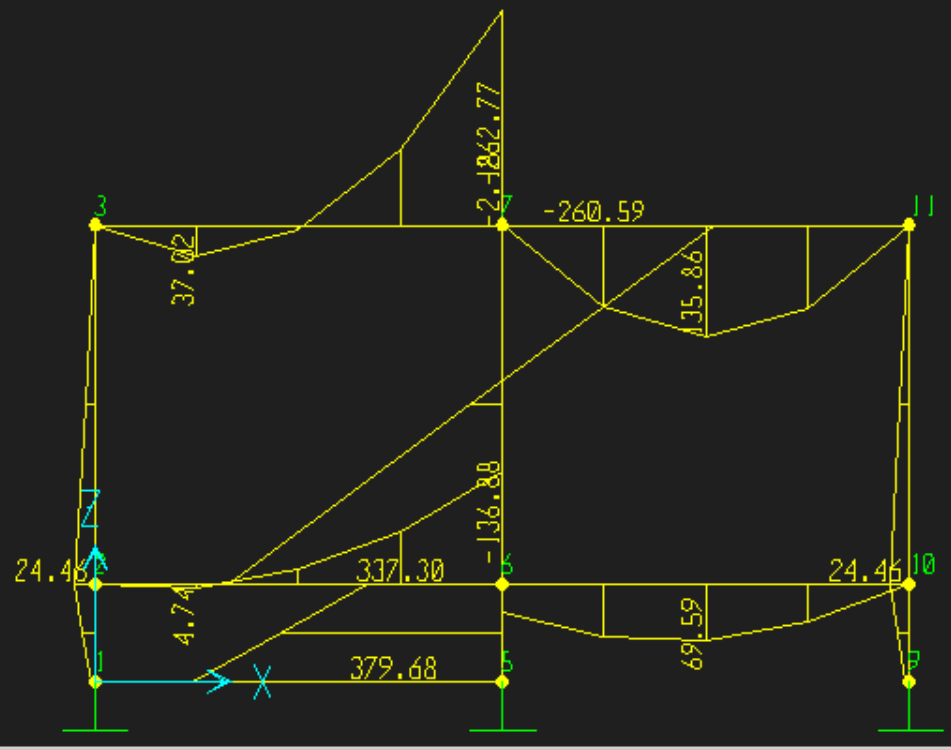
Common Tasks

SAP2000 - sap2D

File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help

3-d xy xz yz

Moment 3-3 Diagram (COMB2)



Right Click on any Frame Element for detailed diagram

KN-m

17

Slide Sorter

Default Design

Start

sapp.ppt

z-rw.ppt

حلقة- تبو...

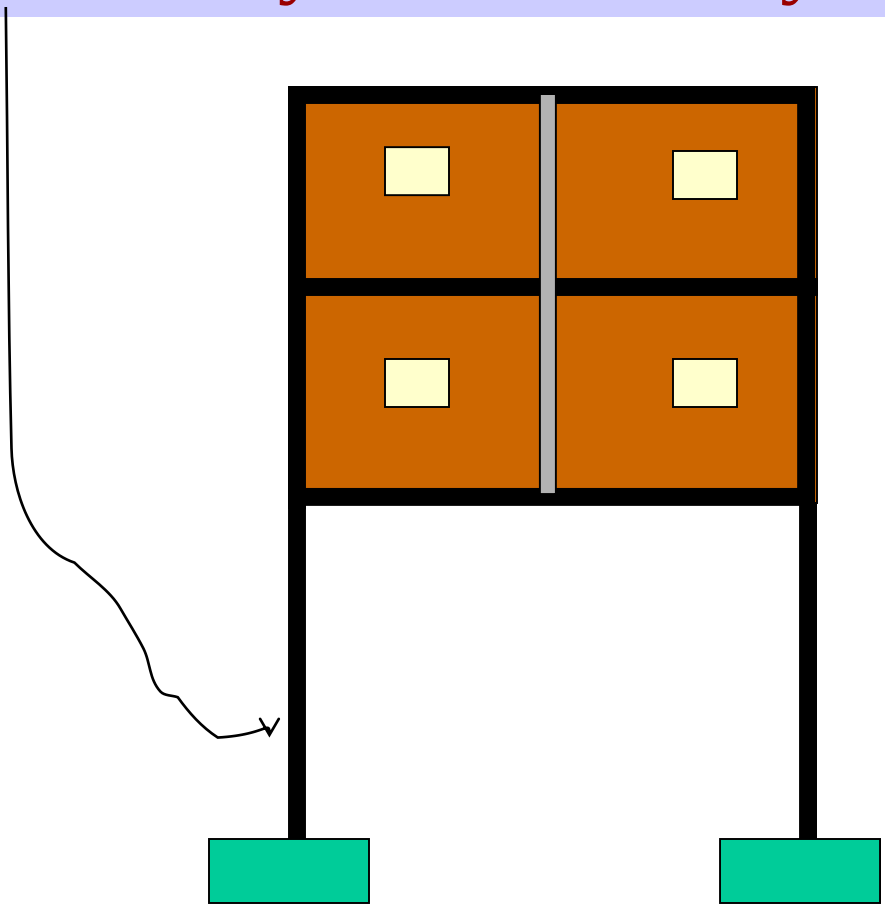
SAP200...

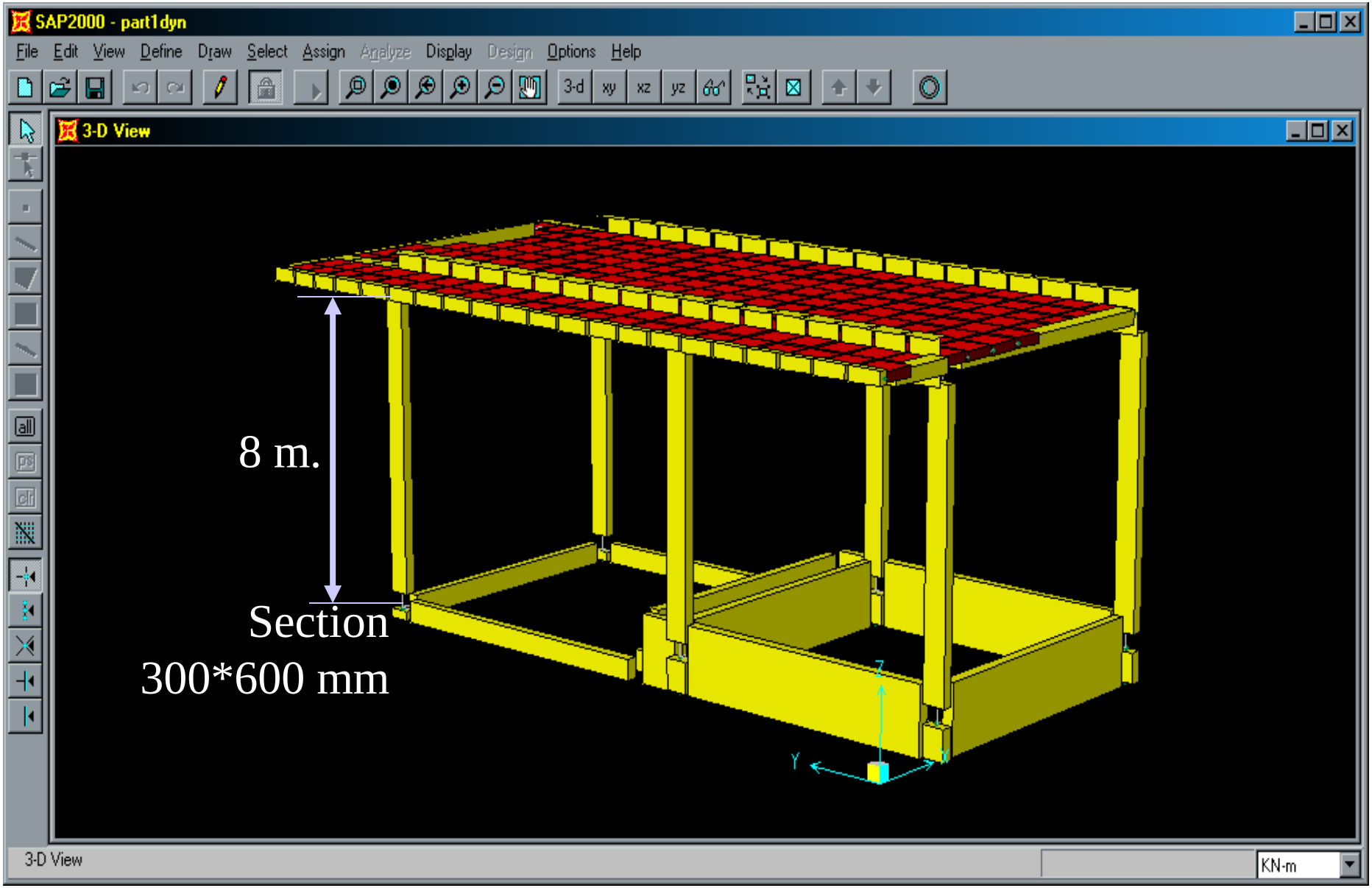
9:13 AM

Office

Microsoft

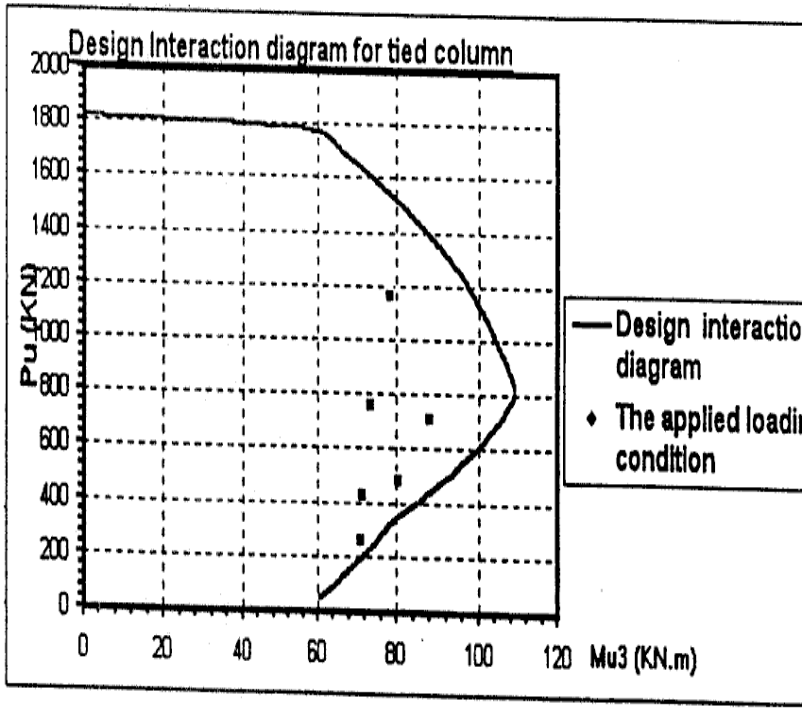
Soft Story Column Story




SAP2000 - part1dyn
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help
3-d xy xz yz
3-D View
8 m.
Section
300*600 mm
Z
Y
X
3-D View
KN-m

Gravity (No Sway)

Seismic (Sway)



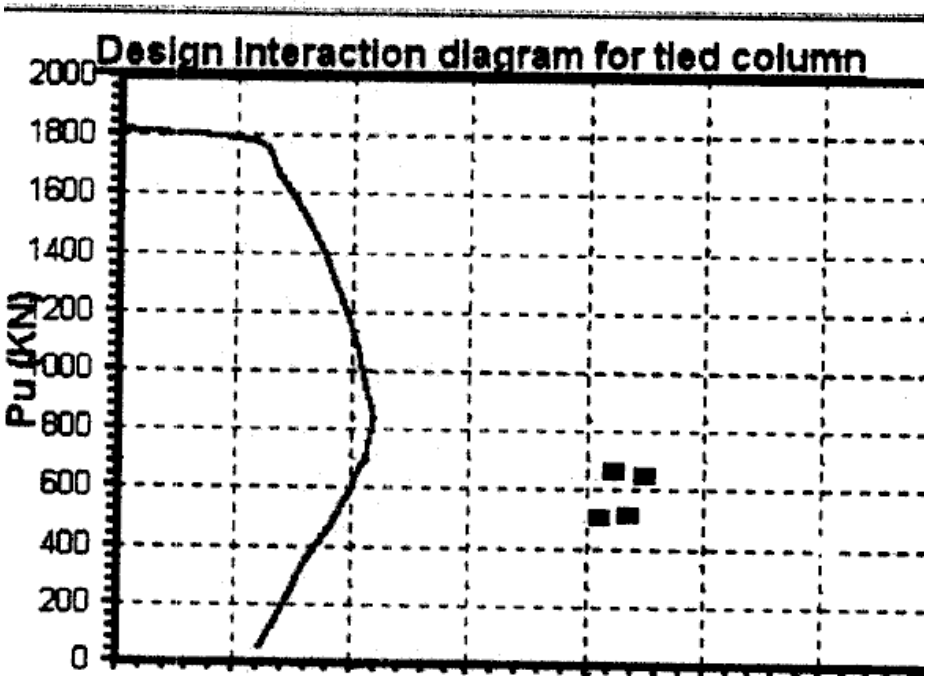


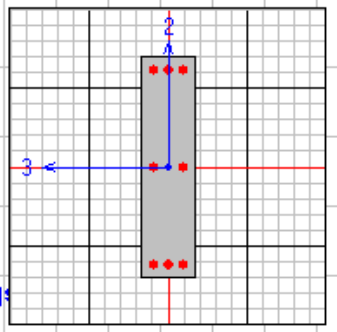
FIGURE 3.5 INTERACTIVE DIAGRAM FOR COLUMN

My Documents kfh SAP CODES.txt SDC1.ppt Acrobat Shortcut Bar

Concrete Design Information ACI 318-99

File

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN Type: Non Sway Units: KN-m



Frame ID 76
Station Loc 4.400
Section ID C3
Combo ID COMB6

L=4.400
B=0.200 D=0.800 dc=0.046
E=24821128.00 fy=413685.500 fc=21000.000 fcs=27579.032 fy

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

	Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
	O/S #5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

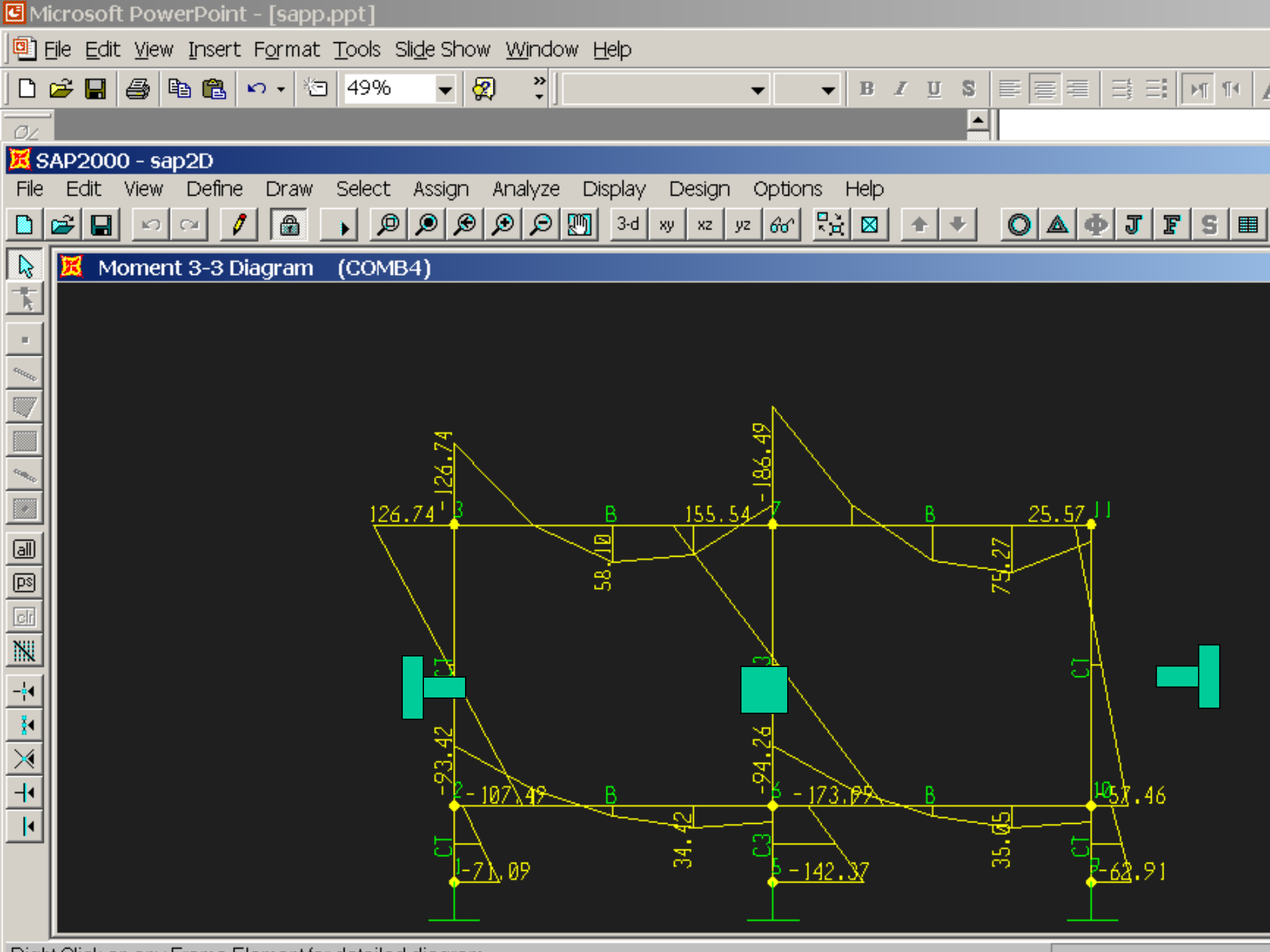
	Cm Factor	Delta_ns Factor	Delta_s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Minor Bending(M2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

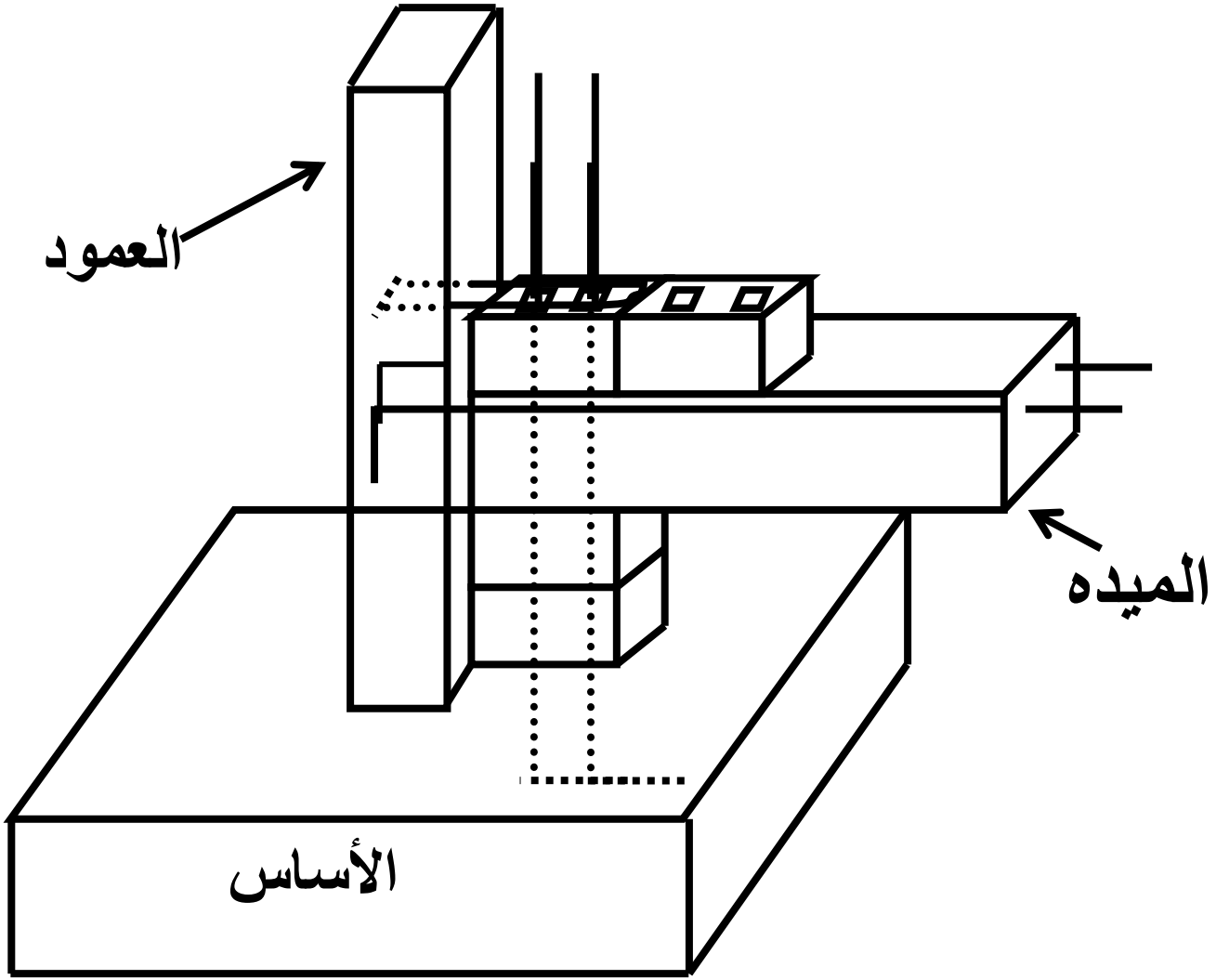
SHEAR DESIGN FOR V2,V3

	Design Rebar	Shear Vu	Shear phi×Vc	Shear phi×Vs	Shear Vp
Major Shear(V2)	0.000	130.472	157.459	0.000	0.000
Minor Shear(V3)	0.000	21.518	128.826	0.000	0.000

O/S #5 Column factored axial load exceeds Euler Force

X-Z Plane
Office
Microsoft
Start
SAP2000 - sap - [L...
Microsoft PowerPo...
12:24 PM


Microsoft PowerPoint - [sapp.ppt]
File Edit View Insert Format Tools Slide Show Window Help
49%
SAP2000 - sap2D
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Help
3-d xy xz yz
Moment 3-3 Diagram (COMB4)
126.74
-126.74
155.54
-186.49
25.57
58.10
79.27
-93.42
-107.49
-94.26
-173.09
57.46
34.42
35.05
-71.09
-142.37
-62.91
B
C1
C2
C3


العمود
الميده
الأساس