الأسباب الهندسية المحتملة لانهيار الأبراج

د.م رجب مجاهد عبد النبى
أستاذ بقسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة ـ جامعة بنها

obeikandl.com

obeikandl.com

١- مفهوم التلف والانهيار ومفهوم التصميم الآمن

من المعروف هندسيًا أن التلف الذى يحدث لأى مبنى يندرج تحت ثلاثة مستويات طبقًا لدرجة وطبيعة التلف وهى:

١ـ التلف الجزئى لبعض العناصر الإنشائية دون حدوث انهيار لها، وهو ما يسبب ضعفًا لتلك العناصر بحيث تعجز نسبيًا عن مقاومة الأحمال الواقعة عليها بأمان كاف ودون حدوث انهيار لها، وقد يحدث التلف نتيجة لعدم القدرة على مقاومة الأحمال الواقعة عليها، أو نتيجة التعرض لظروف ديناميكية خارجية بيئية أو مناخية صعبة أو كليهما معًا.

٢ ـ الانهيار الجزئى للمبنى، وهو ما يعنى انهيارًا لبعض العناصر الإنشائية دون الأخرى، ويفهم من ذلك عدم قدرة هذه العناصر المنهارة على أداء وظيفتها بتحمل الأحمال الواقعة عليها، وقد لا ينتج عن انهيار تلك العناصر حدوث انهيار لكامل المبنى، وذلك طبقًا لنظرية التصميم الآمن.

٣ـ الانهيار الكلى للمبنى، ويحدث ذلك عندما تفقد العديد من العناصر الإنشائية القدرة على تحمل الأحمال الواقعة عليها، بعد محاولات متكررة ومستميتة من المبنى، لإعادة توزيع الأحمال الواقعة على العناصر الإنشائية السليمة، وإعادة اتزانه بشكل جديد ـ ويؤدى ذلك فى نهاية الأمر إلى الانهيار للعديد من تلك العناصر الإنشائية، مما يؤدى إلى انهيار كامل المبنى.

٤ـ التصميم الآمن للمبنى من وجهة النظر الإنشائية، يعنى الأخذ فى الاعتبار عند التصميم والتنفيذ العديد من الاعتبارات المهمة، وهى عادة ما

تحدثنا عنها المواصفات القياسية، سواء المحلية أو العالمية لتصميم وتنفيذ المنشآت الخراسانية أو منشآت الصلب. ومن المعروف والمطلوب فى الوقت نفسه أن المهندسين المصممين يعملون من خلال تطبيق ما جاء بتلك المواصفات، ولا يمكن الخروج عما هو وارد بهذه المواصفات، إلا فى حالة رغبة المصمم فى زيادة قيم معاملات الأمان عن حدود تلك المواصفات، وهو ما قد يعنى زيادة فى التكلفة الاقتصادية من وجهة النظر الهندسية. وبالتالى، فإنه من المعروف لدى المصممين المحترفين أن التصميم والتنفيذ الجيد للمبنى لن يسمح له بانهيار كلى حتى لو انهارت بعض عناصره الإنشائية.

٢- معايير الدراسة والتحليل

من غير الممكن علميًّا تحديد السبب الذى يؤدى حتمًا إلى انهيار مبنى، وذلك نظرًا لكثرة الأسباب التى ينتج عن أحدها أو بعضها ذلك الانهيار، ولذلك فقد اتفق الخبراء والعلماء على ضرورة إرجاع الانهيار إلى السبب أو الأسباب المحتملة للانهيار ـ على أنة يجب الانتباه جيدًّا إلى أن الاقتراب من الأسباب الحقيقية التى أدت إلى الانهيار يعتمد وبقدر كبير على المعلومات والبيانات المتوافرة، وكذلك على المعايير التى يضعها القائم بعملية التحليل والدراسة لهذه البيانات، ثم كفاءة ودراية القائم بالتحليل واستخلاص النتائج. على أنه فى جميع الأحوال، تظل بقايا المبنى هى الحقيقة الوحيدة الثابتة التى يعتمد عليها فى فهم الكثير عن طبيعة الانهيار.

وفى ضوء ما سبق، فإنه يمكن تحديد مصادر البيانات والمعلومات فيما يلى:

٢-١ رصد ومسح موقع الانهيار

ويعنى ذلك التعرف على المواد المكونة لبقايا الانهيار، سواء لعناصر المبنى الإنشائية أو غير الإنشائية، وكذلك محتويات المبنى المنهار بكافة أشكالها وأنواعها؛ حيث إن ذلك يعطى تصورًا واضحًا عن الأسباب المحتملة للانهيار

بشكل مبدئى، فعلى سبيل المثال لا الحصر، من المهم معرفة درجة تفتت المواد المنهارة، ومواضعها، وقابلية تلك المواد للاحتراق أو الانصهار من عدمه، وكذلك درجة احتراقها من كونها محترقة جزئيًا أو كليًا.

٢-٢ توافر الرسومات الهندسية للمبنى

مما لا شك فيه، أن مثل هذه المبانى ذات الطابع الخاص لها رسومات هندسية، وهى ما يطلق عليه «As built drawings»، وهى تساعد كثيرًا فى التعرف على طريقة تصميم المبنى ومدى ملائمته لطبيعة المبنى واستخدامه، كما أنها توفر المعلومات عن التعديلات التى تمت على رسومات التصميم أثناء التنفيذ.

٢-٣ المهندس المصمم للمبنى

أحد مصادر المعلومات أيضًا هو المهندس المصمم وما يتوافر لديه عن المعايير التى أخذها فى الاعتبار عند التصميم آنذاك.

٢-٤ جهة التنفيذ للمبنى

عادة ما يحتفظ المنفذ بتفاصيل فنية دقيقة عن مراحل تنفيذ المبنى وما طرأ على المبنى فى مرحلة التنفيذ من متغيرات، وذلك من خلال برامج ضبط الجودة والمتابعة للمواد ومراحل التنفيذ وعادة فى مثل هذه الأحوال يصعب الحصول على تفاصيل من المقاول عما حدث خلال تلك المرحلة. إلا أنه من المؤكد وجود سجل لكل هذه التغيرات لدى المكتب الاستشارى لمالك المشروع المشرف على التنفيذ.

٢-٥ القائمون على عملية التشغيل والصيانة للمبنى

تمثل التقارير التى يسجلها القائمون على عملية التشغيل والصيانة ركنًا هامًا لشرح ما قد يطرأ أو يتعرض له المبنى خلال العمر الافتراضى، ولكن يجب الحذر، من التدخل البشرى فى هذه الجزئية من المعلومات ما لم يكن موثوقًا بها.

٢-٦ مستخدمو المبنى

يمكن الحصول على قدر وفير من المعلومات من مستخدمى المبنى على مدار عمره الافتراضى، إلا أنه يجب أخذ هذه المعلومات بقدر كبير من الحذر؛ حيث إنهم فى عموم الأمر غير متخصصين ولا يعطون وصفًا دقيقًا لما حدث، ولذلك يجب عمل ما يسمى «فلترة المعلومات» للحصول على المعلومات الدقيقة والمفيدة.

٢-٧ الأحداث التى مر بها المبنى منذ إنشائه حتى الانهيار

مما لا شك فيه أن مرور المبنى بالعديد من الحوادث والأحداث خلال عمره الافتراضى يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند تحليل ودراسة المعلومات والبيانات. إن تعرض المبنى بشكل متكرر وخلال فترة زمنية طويلة لأحمال الرياح أو الأعاصير أو الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل لهو مؤشر جيد عن مدى تحمل المبنى ومدى جودة التصميم والتنفيذ.

٢-٨ الصور المثبتة خلال فترة الانهيار

يقصد بالصور الـمُثبتة أو الموثقة هنا هى الصور التى يمكن قبولها بما لا يدع مجالًا للشك فى تكوينها، وتؤخذ الصور الموثقة أو المُثبتة من مصادر موثوق بها. ويجب عدم إهمال أو إغفال ما قد يحدثه استخدام الحاسب الآلى من تغييرات جوهرية فى مكون الصور مما قد تفقدها القيمة أو المصداقية، أو قد يؤدى إلى استنتاجات خاطئة فى عملية التحليل والدراسة.

٢-٩ الحقائق العلمية الثابتة

يتطلب الوصول إلى السبب أو الأسباب المحتملة للانهيار الاعتماد بشكل كبير على الحقائق العلمية الثابتة، وليس الافتراضات النظرية غير الـمُثبتة أو غير الموثقة. لذلك، تعتبر الحقائق العلمية أحد الأركان الأساسية للاقتراب من الأسباب الحقيقية للانهيار، ومن تلك الحقائق، على سبيل المثال لا الحصر، درجة حرارة اشتعال المواد، ودرجة انصهار الصلب، والخصائص الميكانيكية

للصلب، والأشكال المثالية للانهيار، وعلاقتها بنوع وقيمة الإجهادات المؤثرة على الهيكل الإنشائى، وكذلك نوع الانهيار من كونة مفاجئًا أو تدريجيًّا، مع حدوث علامات إنذار لهذا الانهيار والزمن اللازم لحدوث الانهيار، وعلاقته بطبيعة الانهيار.

٣- الأسباب المحتملة للانهيار

إن الظروف البيئية والمناخية الصعبة التى يتعرض لها المنشأ، بالإضافة إلى ظروف التصميم والتنفيذ والاستخدام، تفرض حتمية وضع الاحتمالات الخاصة بالانهيار لكل مبنى على حدة طبقًا لظروفه؛ حيث إنه من الصعب إيجاد آلية أو إستراتيجية ثابتة تحكم انهيار العديد من المنشآت، ولذلك يتضح أنه فى حالة انهيار أبراج مركز التجارة العالمى، يمكن أن يرجع الانهيار لأحد الاحتمالات الآتية:

الاحتمال الأول: انهيار الأبراج (١، ٢، ٧) نتيجة اصطدام طائرتين بالبرجين (١)، (٢)

ويرتبط هذا الاحتمال بضرورة دراسة التصميم الإنشائى للأبراج ومدى ملاءمته لتحمل الأحمال الناتجة عن اصطدام الطائرة بالمبنى، وكذلك يرتبط هذا الاحتمال بنوع الطائرة وسرعتها وارتفاعها عند الاصطدام، كما يرتبط أيضًا بنوع وكتلة الوقود. كذلك يرتبط هذا الاحتمال بمفهوم التصميم الآمن عند المصمم. كذلك يرتبط هذا الاحتمال بمدى الأخذ فى الاعتبار الأحمال الناتجة عن سرعة الرياح، ومدى ملاءمة ذلك التصميم لمقاومة تلك الأحمال.

الاحتمال الثانى: انهيار الأبراج نتيجة الانفجار الناجم عن الاصطدام:

ويرتبط هذا الاحتمال بنوع وكمية الوقود المحترق، حيث يؤثر نوع كمية الوقود فى كمية الغازات الناتجة عن الاحتراق، وبالتالى القوى المتولدة نتيجة ضغط وحرارة هذه الغازات، مما قد يؤثر على الحالة الإنشائية للهيكل الإنشائى، وكذلك يرتبط هذا الاحتمال بمقدار التلف الحادث من كونه جزئيًّا

أو كليًّا، وموضع تلك التلفيات بالنسبة للأبراج. كما يرتبط أيضًا بكون الانفجار قد حدث داخل أو خارج المبنى.

الاحتمال الثالث: انهيار الأبراج نتيجة الحرارة الناتجة من احتراق الوقود عند الانفجار

تتوقف الحرارة الناتجة عن الاحتراق على نوع وكمية الوقود. كذلك تتوقف على كمية الأوكسجين المتاحة وطبيعة موقع الانفجار من كونه مغلقًا أو مفتوحًا. كذلك تتوقف على مدى تواجد مواد أخرى قابلة للاشتعال أو الاحتراق، والعلاقة بين درجة حرارة احتراق الوقود وهذه المواد الأخرى، وفى دراسة هذا الاحتمال، يجب الربط بين درجة حرارة الموقع ودرجة حرارة انصهار الحديد وهو المكون الأساسى للهيكل الإنشائى للأبراج.

الاحتمال الرابع: انهيار الأبراج نتيجة أسلوب الهدم المحكوم

وهو أسلوب يستخدم بواسطة شركات متخصصة وتعتبر التقنية المستخدمة فى هذا المجال على درجة عالية من السرية، وهى تقنيات تحتاج إلى خبرة ودراية عالية جدًّا، ولقد أفاد كثيرًا استخدام الحاسب الآلى فى هذا المجال فى وضع تصورات الهدم المحكوم المتوقع عن طريق «محاكاة» المبنى المطلوب هدمه قبل إجراء ذلك على المبنى نفسه للحصول على النتائج المرجوة أثناء عملية الهدم فى الموقع. وفى أسلوب الهدم المحكوم، يتم وضع إستراتيجية التفجير باستخدام المتفجرات، ولكن تتوقف هذه الإستراتيجية على نوع الهيكل الإنشائى للمبنى، من كونه مبنى هيكليًّا من الخرسانة المسلحة أو مبنى من الصلب أو مبنى من القطاعات المركبة «composite sections». وعمومًا يعتمد أسلوب الهدم المحكوم للمبانى الخراسانية على استخدام مواد انفجارية تنبعث منها غازات تحت ضغط عال يؤدى هذا الضغط إلى انهيار وتفتت العناصر الإنشائية للمبنى، ويتم التحكم فى مواضع وكثافة التفجير طبقًا لكتلة وشكل الانهيار المطلوب (كأن يسقط رأسيًّا تحت تأثير الوزن الحر، أو يسقط جانبًا بأرض فضاء، أو يسقط بشكل راقص فى بعض الأحيان).

أما فى حالة المبانى المقامة من الصلب، وهى موضع الاهتمام هنا، فيتم الانهيار على أسلوبين: الأسلوب الأول، استخدام مواد انفجارية تحدث انشطارًا للعناصر الإنشائية نتيجة طاقة الحركة العالية للمواد المنفجرة، مثل حالة التركيز على قطع المعدن (انشطاره) أو حالة تدمير الوصلات من الصلب بين الأعمدة والكمرات. أما الأسلوب الثانى، فيعتمد على استخدام مواد تصهر الصلب، ومن الممكن أن يكون هذا الانصهار مصحوبًا بانفجار كما فى حالة استخدام الثرمايت المخلوط بالكبريت المنصهر بالإضافة إلى أكسيد الألومنيوم، وهو مصدر الأوكسجين للحفاظ على انصهار الثرمايت، وكذلك فإن وجود الكبريت يؤدى إلى إحداث قوة تدميرية، مع الإضعاف الناتج عن التفاعل الكميائى.

عادة ما تكون مراحل الهدم المحكوم مرتبطة بثلاث مراحل:

- **المرحلة الأولى: مرحلة الإضعاف.**
- **المرحلة الثانية: مرحلة التفجير المتتالى.**
- **المرحلة الثالثة: مرحلة السقوط الحر المحكوم.**

٤- دراسة تحليلية عن الأسباب المحتملة لانهيار أبراج مركز التجارة العالمى

الاحتمال الأول: انهيار الأبراج نتيجة اصطدام الطائرتين

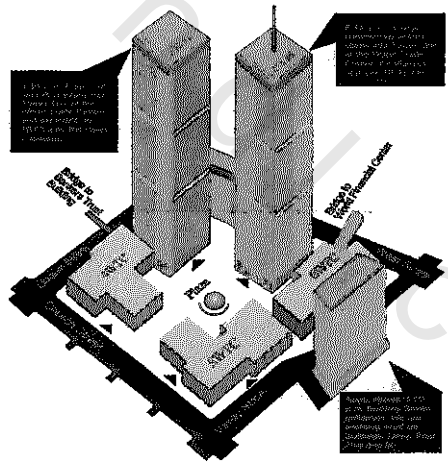
١- نبذة عن تاريخ مركز التجارة العالمى:

تمتلك شركة Port Authority of New York and New Jersey المبانى الخاصة بمركز التجارة العالمى، والمصمم المعمارى لمركز التجارة هو Minoru Yamasaki وذلك فى أوائل الستينيات، أما المصمم الإنشائى فهو:

John Skilling and Leslie Robertson of Worthington, Skilling, Helle and Jackson.

وقد قام بتنفيذ المشروع Tishman Realty& Construction Company

بدأت أعمال الإنشاء فى عام ١٩٦٥، وتم الانتهاء من إنشاء البرج الشمالى فى عام ١٩٧٠، وهو ما يسمى WTC1، وهو يتألف من ١١٧ طابقًا، ويبلغ ارتفاعه حوالى ٤١٥ مترًا (١٣٦٢ قدمًا) يقع منها سبعة طوابق تحت الأرض. ويوجد هوائى فوق البرج الشمالى بارتفاع ١٠٠م وبالتالى يبلغ الارتفاع الكلى للبرج حوالى ٥١٥ مترًا. أما البرج الجنوبى، وهو المعروف باسم WTC2 فقد تم الانتهاء من إنشائه فى عام ١٩٧٣، ويبلغ ارتفاع البرج الجنوبى حوالى ٤١٧ مترًا (١٣٦٨ قدمًا)، ويتألف أيضًا من ١١٧ طابقًا مثل البرج الشمالى. ويبلغ طول واجهة البرج سواء الشمالى أو الجنوبى حوالى ٦٤ مترًا (٢٠٨ أقدام). ويبين الرسم رقم (١) كروكى الموقع العام للأبراج السبعة، ويهمنا الإشارة إلى البرج WTC7 المكون من ٤٧ طابقًا باعتباره مكونًا أساسيًا فى عملية تحليل أسباب الانهيار.



شكل رقم (١): كروكى الموقع العام لمكونات مركز التجارة العالمى

٢- طبيعة التكوين الإنشائى للبرج

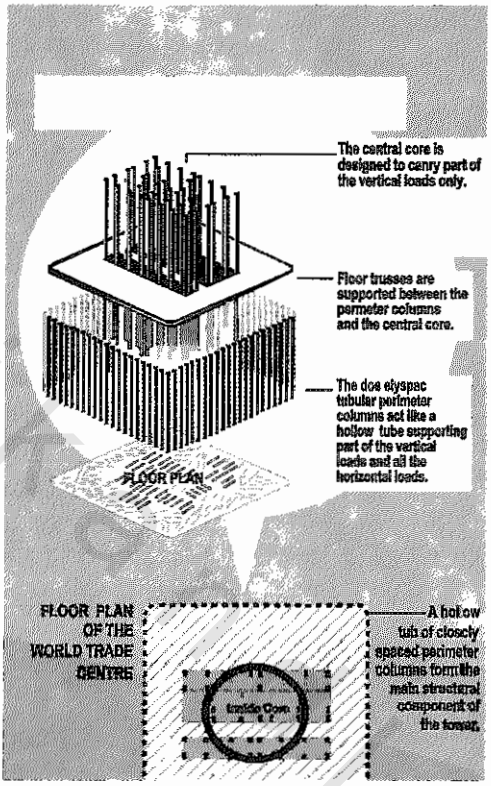
يمكن تصور التكوين الإنشائى، سواء للبرج الشمالى أو الجنوبى على اعتباره مكونًا من:

١- مجموعة أعمدة القلب، ويبلغ عددها ٤٧ عمودًا بقطاع من الصلب ٤٠×٩٠ وبسمك ١٠سم، بالبدروم السفلى، ويقل تدريجيًّا فى اتجاه أعلى المبنى. وهذه الأعمدة تشكل قلب المبنى، وتقع فى إطار مساحة حوالى ٢٤ × ١٦ مترًا، وتتركز فى هذا الجزء من المبنى الخدمات مثل المصاعد وسلالم الهروب.

٢- مجموعة الأعمدة الخارجية من الصلب، وتبلغ ٢٣٦ عمودًا، وهى متراصة بحيث لا تزيد المسافة الصافية بين هذه الأعمدة عن ٠,٥٥٩ متر (٢٢ بوصة).

٣- مجموعة الجمالونات الطولية والعرضية، وهى جمالونات من الصلب لا تزيد المسافة فيما بينها عن ٢م، ويبلغ عمقها ٦٠ سم، وهى وسيط يربط الأعمدة الخارجية (أعمدة الإطار الخارجى)، بالأعمدة الداخلية (أعمدة قلب المبنى) كما أنها تقوم بحمل الأرضية الخراسانية للأدوار، ويتكرر وضع هذه الجمالونات الطولية والعرضية بكامل أدوار المبنى، أى تتكرر كل ٦ ,٣ متر من ارتفاع المبنى.

٤- أرضية الأدوار المتكررة وهى بلاطة من الخراسانة المسلحة وهى تشكل قطاعًا مركبًا «Composite Section»، وذلك نتيجة ربطها بألواح من الصلب المعرج المتصل بالخرسانة المسلحة و الأرضية المركبة بهذا الشكل تمثل أيضًا عنصرًا رابطًا بين أعمدة الإطار الخارجى وأعمدة القلب للمبنى.



شكل رقم (٢): طبيعة التكوين الإنشائى للبرج الشمالى والجنوبى

٣- فكرة مصد الطائرة و علاقتها بالتصميم الإنشائى

لقد تم استخدام هذه الأعمدة الخارجية من قبل المصمم كمصد للطائرة، وكذلك لمقاومة الأحمال الناتجة من الرياح نظرًا للارتفاع الشاهق للمبنى. ومن الممكن فهم فكرة مصائد الطائرات عندما نرى أسلوب تهدئة سرعة الطائرات الجامحة فى المطارات عن طريق نصب مجموعة من الشباك بشكل متتالٍ، فتقوم بتهدئة سرعة الطائرات حتى يتم إيقافها والسيطرة عليها، وهى نفس فكرة هبوط الطائرات الحربية على متن حاملات الطائرات البحرية، حيث يكون طول ممر الهبوط ـ عادة ـ قصيرًا بالمقارنة لممر هبوط الطائرات المدنية لاعتبارات اقتصادية وهندسية أخرى.

شكل رقم (٣): الصورة تبين فكرة بناء مصد الطائرة

وعلى ذلك يكون المصمم قد لجأ إلى أسلوب مصد الطائرة لمقاومة أحمال الصدم الناتجة عن اصطدام طائرة بالبرج، وهذا هو السبب الرئيسى فى قيام المصمم بوضع مجموعة كبيرة جدًّا من الأعمدة لا تزيد المسافة بين كل عمودين منها عن ٥٦ سم، حيث يهدف بذلك إلى:

١-تهدئة سرعة الطائرات عند اصطدامها بالبرج، وتوزيع القوة الناتجة عن الاصطدام على عدد كبير من الأعمدة، وبالتالى يمكن تهدئة سرعة الاصطدام، وبالتالى تقليل القوة الناتجة عن الاصطدام، والتى تعتمد على سرعة الاصطدام وكتلة الطائرة.

٢-يعكس وضع الأعمدة، بحيث لا تزيد المسافة بين كل عمودين عن ٥٦ سم، ففكر المصمم فى إمكانية التضحية ببعض هذه العناصر دون إحداث عدم اتزان للمبنى، وذلك فى حالة اصطدام الطائرات بواجهة البرج.

٣-مما يعضد ذلك، أنه فى حالة اصطدام إحدى الطائرات بالبرج، وليكن بالواجهة الأمامية، فإن مجموعة الأعمدة التى تشكل مصد الطائرة على الواجهتين الجانبيتين هى العنصر الأساسى فى مقاومة القوة الناتجة عن الاصطدام، وهذا يعنى أن تدمير بعض عناصر مصد الطائرة لن يؤدى إلى انهيار كامل النظام الإنشائى المقاوم لأحمال الصدم أو أحمال الرياح وهذا يعنى أن المطلوب هو استبدال العناصر التالفة من تلك الأعمدة بأعمدة أخرى لمقاومة أحمال الصدم أو الرياح الجديدة التى يمكن أن يتعرض لها البرج.

فى حقيقة الأمر، إن ما قد يمثل خطورة هو حدوث اصطدام آخر، وفى نفس التوقيت أوقبل إجراء عملية الإصلاح على أحد أوجه البرج الجانبية، حيث يبدأ هنا انهيار النظام الإنشائى المقاوم لأحمال الصدم، وهو ما لم يحدث. ويجب ملاحظة أن أحمال الرياح لا تختلف كثيرًا عما سبق شرحه بالنسبة لاصطدام طائرة بأحد الأبراج، بل على العكس، حيث إن القوى الناتجة عن الاصطدام تكون مركزة، فإن أحمال الرياح تكون موزعة على كامل طول وعرض الواجهة، ولكن بكثافات مختلفة على طول ارتفاع البرج.

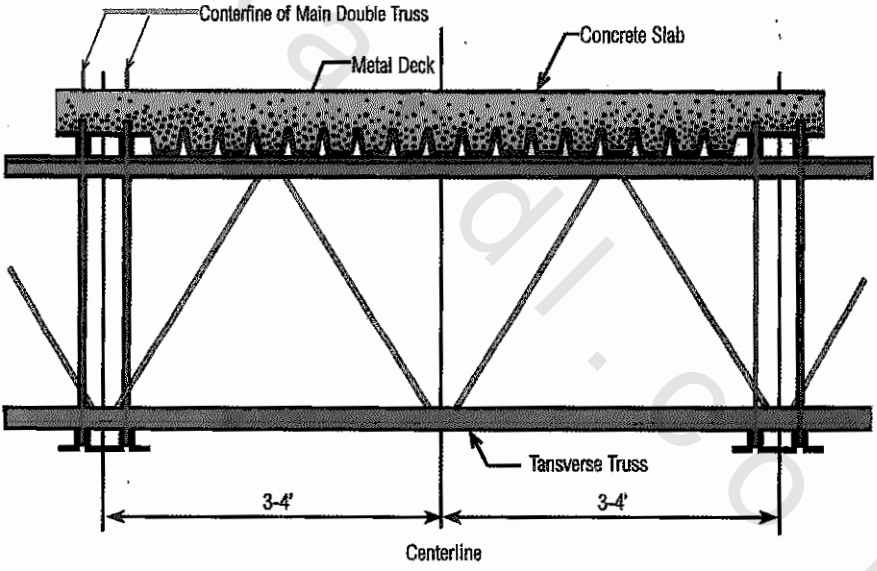
ويجب ملاحظة إدراك المصمم لمدى أهمية الأعمدة الخارجية التى تشكل مصد الطائرة، وتقاوم أحمال الرياح فى الوقت نفسه. لذلك، فقد قام المصمم بتربيط هذه الأعمدة بعدد ضخم من الأحزمة، وهى عبارة عن كمرات حديدية ممتدة على دائر المبنى مشكلة إطارات مغلقة عند كل مستويات التربيط، ومن أهم مميزات هذه الأحزمة، هو مقدرتها على تحمل القوى الأفقية بشكل ذاتى دون الحاجة إلى نقلها إلى ركائز أخرى.

ويجب أن نلفت النظر إلى أنه من الخطأ الجسيم النظر إلى النظام الإنشائى

بطريقة تفصل أعمدة الإطار الخارجى والتى تشكل مصد الطائرة، عن أعمدة القلب للمبنى، وأن لكلٍّ منهما وظيفة مستقلة، وذلك للعديد من الاعتبارات الهامة، وهى:

١- تقوم مجموعة الجمالونات من الصلب الحاملة للأرضية الخراسانية بعنصر الربط بين الأعمدة الخارجية وأعمدة القلب للمبنى.

٢- تمثل البلاطات الخراسانية المسلحة المحمولة على الجمالونات الصلب قطاعًا مركبًا رابطًا أيضًا بين أعمدة الإطار الخارجى وأعمدة القلب الرئيسية للبرج.



شكل رقم (٤): الجمالونات الطولية و العرضية والأرضية الخراسانية

٣- يجب الأخذ فى الاعتبار عناصر ربط البرج فى الاتجاه الرأسى عن طريق زيادة صلادة (Stiffness) المبنى عند الدورين رقم ٤٤ و٧٨، حيث تم استخدامهما كأدوار تحويل لحل مشكلة الانبعاج المتوقع حدوثها فى بطاريات المصاعد.

وفى الحقيقة، فإن هذا يعكس فهم وإدراك المصمم لوجود عناصر الربط بالأدوار المختلفة وفاعليتها فى حدود ارتفاع كلى لا يتجاوز ٣٤ طابقًا.

بالإضافة إلى كل ما تقدم من تحليل، قد يستفسر البعض عن مدى تحمل المبنى لاصطدام طائرة تتحرك بسرعة قد تفوق ٨٥٠ كم/ساعة، وكتلتها تفوق ١٥٠ طنًا ـ ونجيب على هذا الاستفسار بأن الإزاحة القصوى المسموح بها، سواء للبرج الشمالى أو الجنوبى هى حوالى ١,٠م بينما تبلغ الإزاحة القصوى المتوقع حدوثها لأىٍّ من البرجين نتيجة اصطدام الطائرة بالكتلة والسرعة السالف ذكرهما لن تتعدى ٠,٦٠م عند مستوى اصطدام الطائرة بالبرج الشمالى طبقًا لحسابات القوة الناتجة من عزم كمية الحركة. ويؤيد ذلك ما ورد ذكره بالورقة البحثية المقدمة من البروفيسور زدينيك وآخرين، والتى نشرتها المجلة العلمية للجمعية الأمريكية للهندسة المدنية.

Zdeneˇk P. Bazˇant et al, DOI: 10.1061/ (ASCE) 0733-9399(2002)128:1(2)

يتضح مما سبق أن النظام الإنشائى للبرج له قدرة عالية تسمح له بمقاومة الأحمال الناتجة عن الصدم، وكذلك القوى الناتجة عن الرياح التى تصل سرعتها إلى ٢٦٠كم/ساعة. ويكفينا قولًا فى هذا المقام ما مرت به الأبراج من أعاصير ورياح لمدة زمنية جاوزت ٣٥ عامًا دون إحداث أضرار تذكر.

وبالطبع، فإن انهيار البرج السابع بدون اصطدام طائرة به يؤكد أن الاصطدام ليس هو سبب الانهيار.

الاحتمال الثانى: انهيار الأبراج نتيجة الانفجار الناجم عن الاصطدام

من المهم معرفة توقيت انهيار الأبراج وعلاقته بتوقيت اصطدام الطائرتين. لقد اصطدمت الطائرة الأولى بالبرج الشمالى فى الساعة ٨,٤٥ صباحًا، واستقرت الطائرة داخل البرج الشمالى بعد انفجارها أثناء الاصطدام، ثم انهار البرج فى الساعة ١٠,٢٨ أى بعد مرور حوالى ١,٤٥ ساعة من لحظة

الاصطدام. اصطدمت الطائرة الثانية بالبرج الجنوبى فى الساعة ٠٣ ,٩، ثم حدث الانفجار، وتوضح ذلك الصورة الملتقطة للبرج الثانى، حيث يلاحظ منها حدوث الانفجار أثناء اقتحام الطائرة للبرج الجنوبى، ثم استقرت بعد ذلك بداخله، وحدث الانهيار الكامل للبرج فى الساعة ٥٩ ,٩ أى بعد مرور ٥٦ دقيقة من لحظة الاصطدام.

يتضح مما سبق حدوث الانفجار سواء للبرج الشمالى أو الجنوبى أثناء اقتحام الطائرتين، وبالتالى يكون جزء كبير من الوقود قد استهلك فى عملية الاحتراق بالإضافة إلى انسكاب وتسرب جزء من الوقود خارج المبنى قبل استقرار الطائرة داخله. يعضد ذلك فكرة مصد الطائرات المستخدمة فى تصميم الأبراج. كذلك، فإن حقيقة انهيار البرج رقم (٧) بدون اصطدام طائرة به ينافى الفرضية القائلة بأن الانفجار هو المسئول عن الانهيار الكامل للبرجين الشمالى والجنوبى.

الاحتمال الثالث: انهيار الأبراج نتيجة احتراق الوقود

توقف درجة الحرارة التى تنجح عن الحريق على العديد من العوامل منها:

١- طبيعة المكان الذى يتم فيه الحريق من كونه مغلقًا أو مفتوحًا.

٢- كمية الوقود المستخدم فى عملية الحريق و درجة خلطه بالأوكسجين.

٣- وجود مواد أخرى قابلة للحريق أو الاشتعال.

٤- كمية الأوكسجين المتوفرة فى المكان.

وفى حالة أبراج مركز التجارة العالمى، فمن الواضح أن اختراق الطائرة للبرج قد جعل من موقع الاحتراق منطقة مفتوحة، وهو بالطبع يؤدى إلى انخفاض درجة الحرارة داخل منطقة الاحتراق.

كذلك يجب أن نلفت الانتباه أن طبيعة الصلب كمعدن موصل للحرارة ستعمل على توزيع وانتشار الحرارة إلى الأجزاء الأقل فى درجة حرارتها،

وبالتالى تنخفض فى درجة حرارة الأعمدة الواقعة فى مركز الحريق وهى الأعمدة الخارجية، مما يقلل من تأثير درجة الحرارة على مقاومتها. وهذا هوالسبب الرئيسى فى استخدام المصممين الإنشائيين للمبانى الحديدية فى تصميم وتنفيذ المبانى شاهقة الارتفاع، نظرًا لمقاومتها العالية للأحمال وتأثرها المحدود بالحريق .

ويجب ملاحظة أن أحمال الضغط الرأسية الواقعة على الأعمدة، تقل نتيجة ارتفاع درجة حرارة هذه الأعمدة، وذلك لأن أحمال الشد المتولدة بفعل ارتفاع درجة الحرارة تلاشى جزءًا من أحمال الضغط الواقعة على الأعمدة. ونلاحظ أيضًا أن «مركز التجارة العالمى كان مسرحًا لاندلاع حريق كهذا فى عام ١٩٧٥، ومع ذلك فقد استمر المبنى مع وجود ضرر محدود تم ترميمه، وعاد لوظيفته كما كان» .

ولم يسبق أن انهارت ناطحة سحاب بسبب حريق، مع تكرار إصابة ناطحات السحاب بالحرائق.

ومجمل القول إنه حتى لو حدث انهيار بسبب درجة حرارة الحريق فإنه عادة ما يكون محدودًا و جزئيًّا و غير متماثل.

عند دراسة التأثير المركب لعدد من الاحتمالات يجب أن نلفت النظر إلي التسلسل المنطقى للأحداث، وهو كما يلى:

أولًا: حدوث اصطدام للطائرة بواجهة البرج وانهيار بعض العناصر الهيكلية بالواجهة.

ثانيًا: انفجار خزانات الوقود بعد الاصطدام وزحف الطائرة داخل المبنى.

ثالثًا: نشوب حريق نتيجة انسكاب الوقود وارتفاع درجة حرارة الهيكل الإنشائى.

وهنا يجب ملاحظة صغر الفترة الزمنية بين حدوث الاصطدام وانفجار

خزانات الوقود وبالتالى يمكن أن يكوِّن تأثيرًا تراكميًّا لهذين الاحتمالين معًا على حالة الهيكل الإنشائى للبرج أما تأثير ارتفاع درجة الحرارة، فيأتى لاحقًا على التأثير اللحظى للاحتمالين الأول والثانى.

إن حدوث الاصطدام قد أدى إلى انهيار بعض أعمدة الإطار الخارجى للبرج ولقد صاحب ذلك لحظيًّا حدوث انفجار خزانات الوقود، وتبين الصورة رقم (٦) حدوث الانفجار وتكوُّن كرة النيران فى الهواء خارج البرج. وعلى أية حال، فإن اصطدام الطائرة بالبرج وحدوث انهيار لبعض الأعمدة الخارجية قد جعل البرج فى منطقة الاصطدام منطقة مفتوحة، وهذا بالطبع قد أدى إلى تقليل تأثير الطاقة الناتجة عن الانفجار. ومما لا شك فيه أنه إذا كانت القوه الناتجة عن الاصطدام والانفجار كافية لإحداث انهيار جزئى أو كلى للبرج كان من المفترض أن نشاهد انهيارًا مفاجئًا وكليًّا سواء لجزء البرج أعلى منطقة الاصطدام أو البرج ككل، وهذا بالطبع ما لم يحدث.

ولكى ندرس تأثير درجة الحرارة على العناصر الإنشائية للبرج كان من الواجب معرفة كتلة الوقود التى من المتوقع أن تشتعل داخل المبنى. وللوصول إلى أقصى درجة حرارة متوسطة، فلقد افترضنا أن ٩٠٪ من كتلة وقود الطائرة هى التى ظلت سائلة، واشتعلت داخل المبنى، فى حين أن ١٠٪ من كتلة الوقود فقط هى المسئولة عن الانفجار خارج المبنى. ولقد بينت الحسابات أن درجة الحرارة المتوقعة داخل المبنى فى منطقة الاصطدام هى فى حدود ٢٥٠ درجة مئوية هذا بفرض ارتفاع درجة حرارة جميع الأعمدة بالطوابق موضع الاصطدام. ولكى تأخذ فى الاعتبار أسوأ الاحتمالات الممكنة وهو انحصار تأثير كمية الحرارة على ٥٠٪ فقط من الأعمدة فإن هذا يعنى تعرض هذه الأعمدة لدرجة حرارة فى حدود ٥٠٠ درجة مئوية والسؤال هنا هل تعرض ٥٠٪ من أعمدة منطقة الاصطدام إلى ٥٠٠ درجة مئوية يعنى الانهيار الكامل للمبنى؟

فى الحقيقة أن تعرض الأعمدة من الصلب لمثل درجة الحرارة هذه يؤدى

إلى حدوث فقد فى مقاومة الصلب بنسبة لا تتجاوز ٢٥٪ وهو ما يعنى بأن الأعمدة الصلب ما زالت تحتفظ بنسبة ٧٠٪ من مقاومتها وهذا بالطبع لن يؤدى إلى انهيارها، ويؤيد ذلك وجود معامل أمان فى الأحمال التصحيحية يبلغ ٥٠٪ من قيمة الأحمال المعرض لها المبنى.

الاحتمال الرابع: انهيار الأبراج نتيجة استخدام أسلوب الهدم المحكوم

كما سبق شرحه عن أسلوب الهدم المحكوم، هناك العديد من النقاط الهامة عند مناقشة هذا الاحتمال، وهى:

١- زمن وشكل الانهيار فى ضوء التجارب السابقة.

٢- طبيعة المبنى وطبيعة المبانى المجاورة، ومدى قربها من المبنى المطلوب هدمه باستخدام هذا الأسلوب.

٣- دلائل استخدام هذا الأسلوب.

أولًا، إن أهم ما يميز هذا الأسلوب هو التحكم الدقيق فى زمن وشكل الانهيار. عادة ما يتم هدم المبنى بهذا الأسلوب فى بضع ثوانٍ نظرًا للسرعة الفائقة التى يتم بها إسقاط المبنى. ثانيا، فى حين الانهيار المفاجئ والتقليدى للمبانى يحدث بشكل كتلى، وتتبقى بعض أجزاء المبنى بدون انهيار وبشكل كتلى نجد أن أسلوب الهدم المحكوم يؤدى إلى الانهيار الكامل للمبنى نتيجة عملية التفتيت أثناء عملية التفجير، ثم الإسقاط. ثالثًا، عادة ما يؤدى الانهيار المفاجئ والتقليدى إلى حدوث إتلافات قد تصل حد الانهيار الجزئى أو الكلى، بينما لا يسمح الانهيار المحكوم عند استخدامه بحدوث مثل ذلك نظرًا لدقة المراحل التى يمر بها قبل وأثناء تنفيذه. تسمح التقنية المستخدمة بهدم وإسقاط المبنى فى أى حيز وبأشكال متعددة يتم التحكم بها، إلى الحد الذى يسمح بهدم المبنى بشكل راقص.

١ـ التحليل العملى لسقوط البرج الشمالى

إن متابعة شرائط الفيديو التى تم عرضها على شاشات التليفزيون الأمريكية،

تظهر بعض الحقائق المهمة، وخصوصًا بعد أن تم أخذ صور متتالية فى أجزاء من الثانية من هذه الشرائط. و لقد تم ربط حركة هذه الصور الزمنية بمنطقة الاصطدام كنقطة أصل لمتابعة حركة المبنى أثناء الانهيار، وتبين من تحليل هذه الصور ما يلى:

أولًا: سقوط برج الهوائى

برج الهوائى هو برج من الصلب بارتفاع حوالى ١٠٠م، ومثبت بأعلى البرج الشمالى على قاعدة عملاقة من الصلب، و بملاحظة تتابع الصور وبأخذ دور الاصطدام كنقطة الأصل يتبين أنه قد حدث هبوط لبرج الهوائى باتجاه أسفل المبنى. أولًا ـ لاحظ حركة برج الهوائى خلال الصور من رقم (٨) إلى رقم (١٣) ـ انهيار الجزء العلوى فوق منطقة الاصطدام على البرج الأصلى (الشمالى) يعنى عدم حدوث حركة نسبية بين برج الهوائى والجزء العلوى من البرج الشمالى، وهو يناقض ما تثبتة هذه الصور من حدوث حركة نسبية بين برج الهوائى والجزء العلوى من البرج، وهذا بالقطع يعنى حدوث انهيار لقاعدة البرج الهوائى إلى داخل المبنى قبل حدوث انهيار الجزء العلوى من البرج. وهذا بالتبعية يطرح سؤالا مهمًّا، وهو ما الذى أدى إلى انهيار قاعدة الصلب للبرج الهوائى المثبت على أعمدة القلب، قبل انهيار أعمدة الإطار الخارجى. إن اصطدام الطائرات بالأبراج بالقطع سيؤدى إلى إضعاف أعمدة الإطار الخارجى أكثر من أعمدة القلب وخصوصًا أنها أقل مساحة، وبالتالى يكون من المتوقع بدء آلية الانهيار بهذه الأعمدة الأضعف. لكن الرجوع إلى تسجيلات الفيديو والصور الفوتوغرافية يثبت بدأ الانهيار من داخل المبنى، وليس من خارجه. الملاحظة الأخرى التى تبينها الصور الفوتغرافية هى حفاظ برج الهوائى على الوضع الرأسى أثناء سقوطه إلى داخل المبنى، علمًا بأن ارتفاع برج الهوائى حوالى ١٠٠م، وأن الزمن الكلى لانهيار كامل المبنى لم يتعدى ١٣ ثانية.

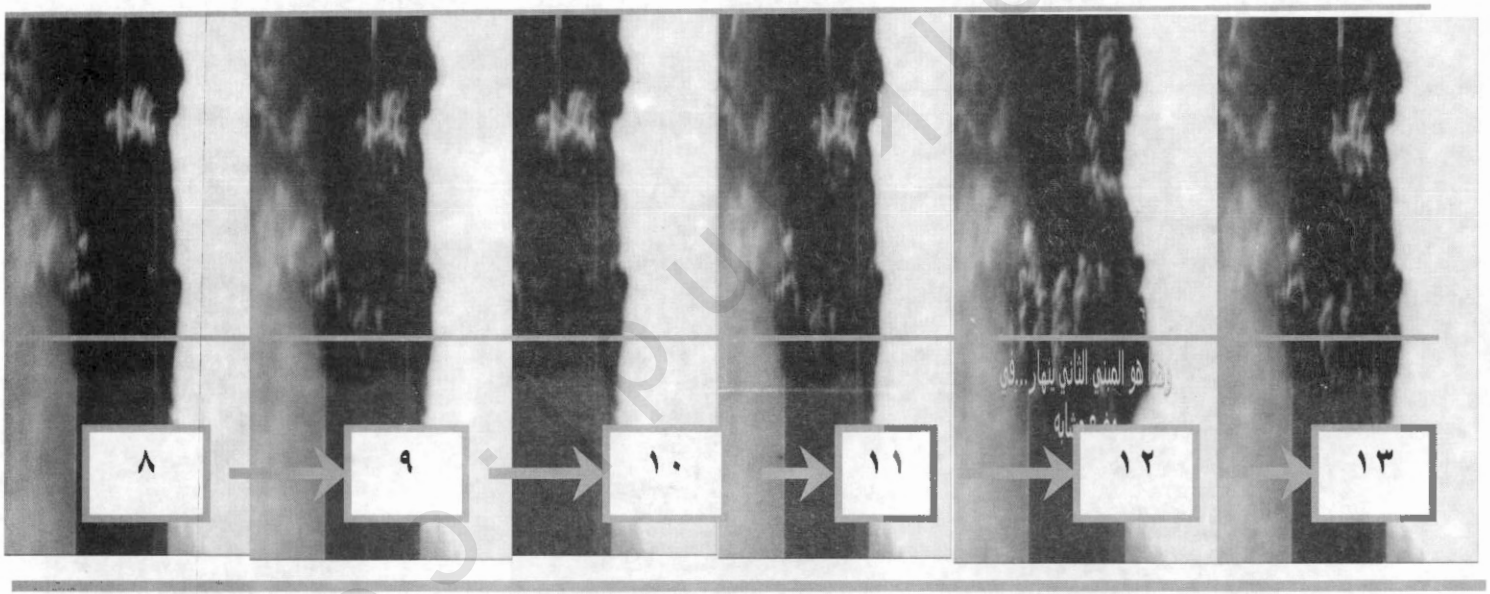
ثانيًا: سقوط الجزء العلوى من البرج الشمالى

يتبين من عرض الصور المتتالية لانفجار و سقوط الجزء العلوى من البرج الشمالى، والذى يتألف مما يقارب ٣٤ طابقًا ما يلى:

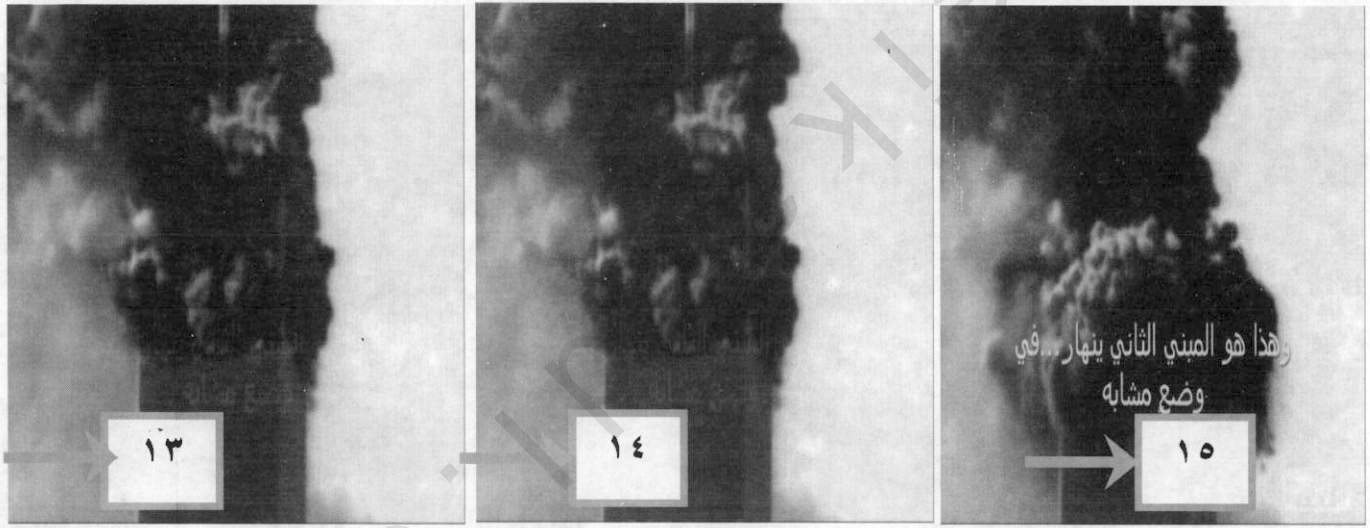
١- حدوث انفجارات فى طوابق متعددة تعلو منطقة الاصطدام بعد بدء سقوط برج الهوائى إلى داخل المبنى - لاحظ الصور من (١٣) إلى (١٥).

٢- حدوث تفتت بشكل متتابع من أعلى إلى أسفل للجزء العلوى من البرج انشمالى المؤلف من حوالى ٣٤طابقًا - لاحظ الصورة رقم (١٦).

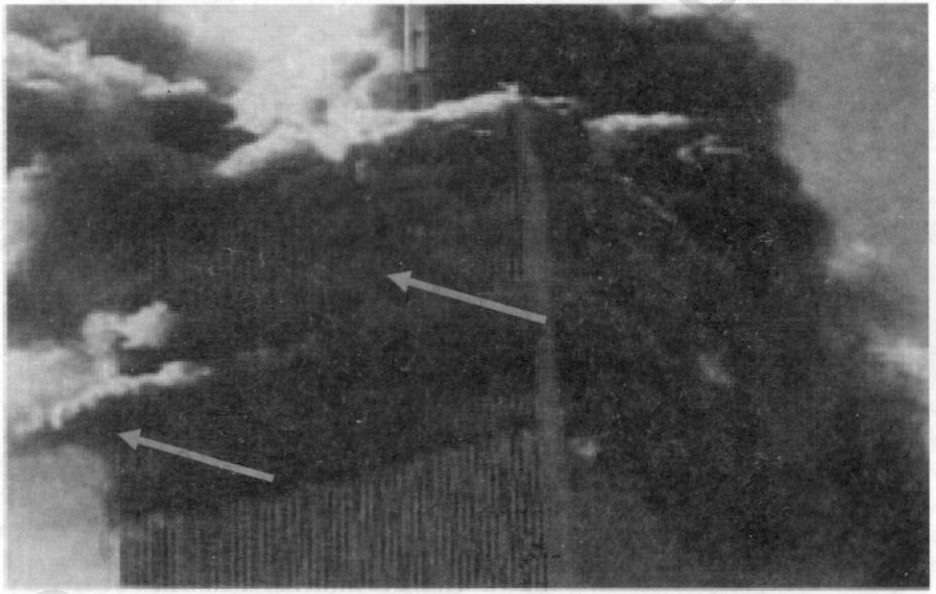
obeikandl.com



تتابع الصور من رقم (٨) إلى رقم (١٣) يبين سقوط برج الهوائي إلى داخل البرج الشمالي دون حدوث حركة نسبية بالنسبة إلى الكتلة العلوية
(لاحظ عدم حدوث أية انهيارات بالكتلة السفلية للبرج)



تتابع الصور من رقم (١٣) إلى رقم (١٥) يبين تتابع الانهيار، ابتداء بالكتلة العلوية، ثم يليه الكتلة السفلية للبرج



الصورة رقم (١٦) تفتت وانهيار الجزء العلوى من البرج من أعلى إلى أسفل قبل انهيار الجزء السفلى، وتدفقات الانفجار يظهرها الدخان المشار إليه

ثالثًا: حدوث انهيار الجزء السفلى من البرج الشمالى

يتبين من متابعة الصور المتتالية حدوث تتابع للانفجارات، ثم التفتت والسقوط الحر للجزء السفلى من البرج الشمالى والمكون من ٧٨ طابقًا، وذلك على النحو السابق شرحه للجزء العلوى. نلاحظ أيضًا من تتابع الصور أن تفتت وسقوط الجزء السفلى من البرج الشمالى قد تتابع بعد كامل انهيار وتفتت الجزء العلوى، وهو ما يعطى تصورًا واضحًا على أن الهيكل الإنشائى مازال يتصرف كهيكل واحد للبرج، وأنه لم يحدث انهيار نتيجة حركة المبنى كجزئين منفصلين. تتبين الصورة رقم (١٧) تتابع انهيار وتفتت طوابق البرج من أعلى إلى أسفل بشكل متتابع ودقيق وبشكل رأسى يضمن سقوط الأنقاض فى نفس موضع البرج لضمان عدم إحداث تلف أو انهيار للمبانى المجاورة. كذلك تبين الصورة حدوث تأخير فى انهيار وتفتيت أعمدة الإطار الخارجى عن أعمدة القلب كى تستخدم كستارة واقية (بقدر الإمكان) من اندفاع نواتج التفتيت والانهيار إلى الخارج، بغرض تحديد الإتلافات للمبانى المجاورة لأقل درجة ممكنة، مع ملاحظة أن الزمن الكلى للانهيار هو حوالى ١٢ ثانية.

ويجب أن نلفت النظر إلى الانفجارات الحادثة من فتحات الشبابيك فى الأدوار أسفل الأدوار المنهارة بشكل متتالٍ ومتتابع، ويثبت ذلك تدفق الهواء من الداخل إلى الخارج حاملًا معة بقايا المبنى المتفتت نتيجة حدوث انفجار لأعمدة القلب وانهيارها بشكل سابق ومنفصل عن الأعمدة الخارجية. يلى ذلك حدوث انهيار للأعمدة الخارجية إلى الداخل نتيجة الشد النسبى الحادث لها نتيجة انهيار الأعمدة الداخلية، ونتيجة لحدوث تفريغ للهواء الداخلى بفعل انفجار الأعمدة الداخلية. توضح الصور الملتقطة حدوث انفجارات داخل المبنى دون حدوث تلف للأعمدة الخارجية، لدرجة أن طبقات الألومونيوم على الأعمدة لم تتأثر.

٢- التحليل العملى لسقوط البرج الجنوبى

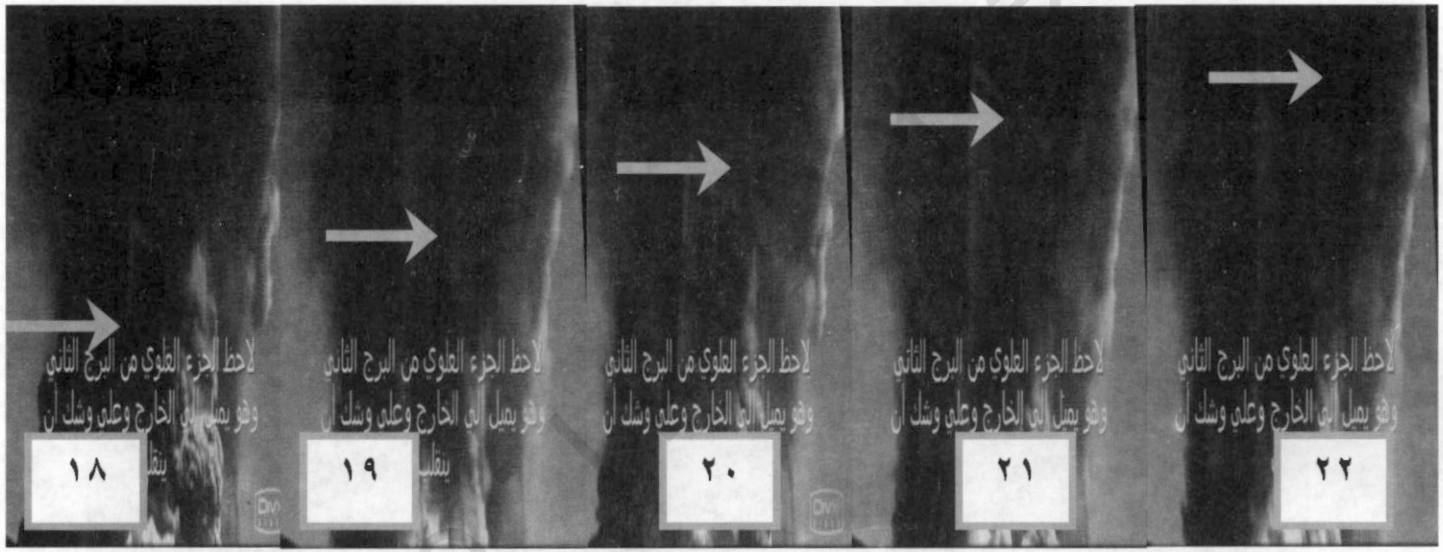
بعد اصطدام الطائرة بالبرج الجنوبى، ونظرًا لمكان اصطدامها بالنقطة الركنية للبرج، فإن ذلك قد أدى إلى حدوث ميل نسبى للجزء العلوى من البرج الجنوبى على محور البرج بزاوية ٢٢درجة إلا أن الجزء العلوى قد استقر على هذا الوضع حتى لحظة الانهيار، ومن دراسة الصور المتتالية لانهيار البرج الجنوبى يتضح ما يلى:

١- تبين الصور من رقم (١٨) إلى رقم (٢٢) حدوث حركة نسبية للجزء العلوى أدت إلى انتقال مركز الكتلة للجزء العلوى مرة أخرى إلى داخل المبنى وليس إلى خارجه، وقد كان من المفترض (فى حالة عدم وجود مؤثرات خارجية) أن تتحرك الكتلة العلوية من المبنى لتسقط إلى خارج المبنى نظرًا لحركة مركز الكتلة إلى خارج مركز كتلة المبنى ككل، ولكن هذا لم يحدث. نعود هنا و نذكر عبارة «الهدم المحكوم الراقص» ونسأل كيف حدث انهيار للكتلة العلوية المائلة وعدم السماح لها بالسقوط إلى خارج المبنى، والإجابة أن إمكانية التحكم فى إحداث هدم محكوم لبعض العناصر الإنشائية بالجانب الخارجى المائل يؤدى إلى حركة مركز الكتلة مرة أخرى إلى داخل المبنى، ويؤكد ذلك تتابع الصور من رقم (١٨) إلى رقم (٢٢) - ويظهر منها عودة الكتلة العلوية من البرج الجنوبى إلى الوضع الرأسى تقريبًا قبل عملية التفتت والانهيار.

٢- إذا ما تم ربط الصورة رقم (٢٢) بالصورة رقم (٢٣)، نتبين حدوث انفجار ثان بالجزء السفلى من الكتلة العلوية للبرج الجنوبى، ويوضح ذلك كثافة الأتربة والدخان بالجزء السفلى من الصورة رقم (٢٣) إذا ما قورنت بالصورة رقم (٢٢). يجب ملاحظة أهمية التتابع الزمنى هنا، وأن الصورة رقم (٢٢-٢٣) قد أخذت بعد تقليل درجة ميل الكتلة العلوية من البرج الجنوبى. وعلى ذلك يكون الانفجار الثانى بقصد بدء تطبيق أسلوب الهدم المحكوم للجزء العلوى من البرج الجنوبى.

٣- بعد تفتت وانهيار الكتلة العلوية للبرج الجنوبى، بدأ تفتت ثم انهيار الجزء السفلى من البرج الجنوبى بشكل متتابع من أعلى إلى أسفل، يماثل شكل الانهيار الحادث بالجزء السفلى من البرج الشمالى حتى كامل هدم البرج بالكامل، والذى لم يستغرق سوى ٩ ثوان وهو ما يتضح من الصورة رقم (٢٤) على نحو يماثل طبيعة الانهيار الحادث بالجزء السفلى من البرج الشمالى.

obeikandl.com



الصور من رقم (١٨) إلى رقم (٢٢) تبين الحركة الرأسية للكتلة العلوية من البرج الجنوبى قبل تفتتها

الصور من رقم (٢٢) إلى رقم (٢٤) تبين الحركة الرأسية للكتلة العلوية من البرج الجنوبى قبل تفتتها بعد الانفجار الثانى (لاحظ كثافة الأتربة الناتجة عن الانفجار بالجزء السفلى من الصور رقم ٢٣-٢٤ بالمقارنة بالصورة رقم ٢٢

٣- التحليل العلمى لانهيار البرج رقم (٧) RTC7-

يتألف البرج رقم (٧) - WTC7 من ٤٧ طابقًا، وقد تم إنشاؤه عام ١٩٧٨، وتقع داخل هذا البرج مجموعة ضخمة من خزانات الوقود التى تقوم بتغذية المولدات التى بدورها تولد الطاقة الكهربائية لمجموعته اللازمة لمجموعة أبراج مركز التجارة العالمى. ويشغل هذا البرج مجموعة مهمة من الهيئات والوكالات نرى أنه من المهم ذكر بعضها، وهى:

١- لجنة تبادل المعلومات Securities Exchange Commission SE

٢- وكالة الاستخبارات الأمريكية Central Intelligence Agency CIA

٣- قسم الدفاع Department of Defense DOD

٤- مصلحة الضرائب Internal Revenue Service IRS

بمتابعة الصور الزمنية المتتالية لانهيار البرج رقم (٧) الموضحة بالصورة رقم (٢٦) يمكن ملاحظة حدوث الانهيار على النحو التالى:

١- حدوث تدفق لغبار أبيض اللون من أعلى البرج بدأ من برج المصاعد والسلالم.

٢- يلى ذلك بدء الانهيار بذات نفس المنطقة، ويلاحظ هنا حدوث ميل نسبى للجزء على يسار الصورة من هذه المنطقة.

٣- زيادة الميل النسبى لهذه المنطقة بشكل متتابع وهبوطها إلى داخل المبنى.

٤- حدوث هبوط سريع للمبنى ككل بالنسبة إلى المبنى المجاور والظاهر على يمين الصورة.

٥- إن هبوط المبنى يحدث مع حفاظ المبنى على الوضع الرأسى أثناء السقوط.

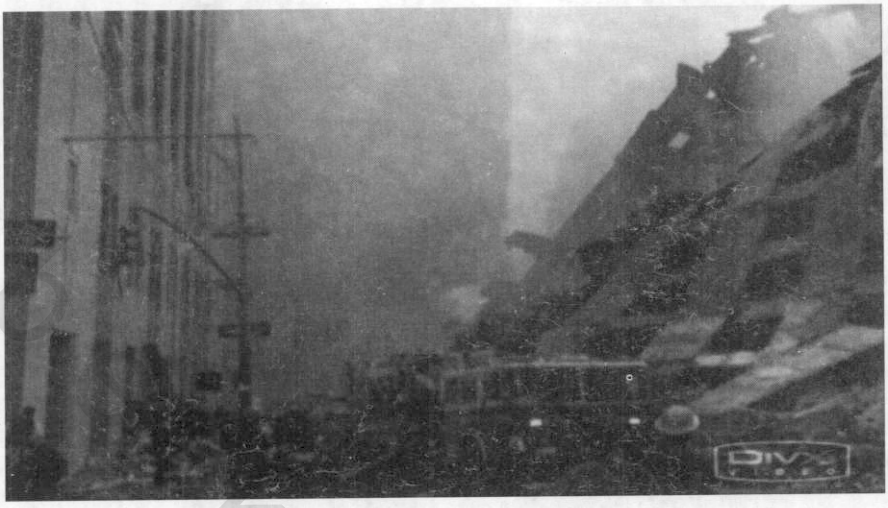
إن دراسة التسلسل السابق ذكره يشير إلى أن أعمدة القلب قد انهارت بشكل سريع قبل الأعمدة الخارجية، يؤكد ذلك سقوط منطقة برج المصاعد

دون حدوث انهيار لباقى المبنى. والغرض من ذلك هو شد الأجزاء الخارجية من المبنى لكى تسقط فى اتجاه قلب المبنى لضمان سقوط المبنى فى نفس مكانه، ولتجنب حدوث أضرار للمبنى المجاور. ويجب ملاحظة هنا أن المبنى قد انهار فى زمن لم يستغرق أكثر من ٦ ثوانٍ.

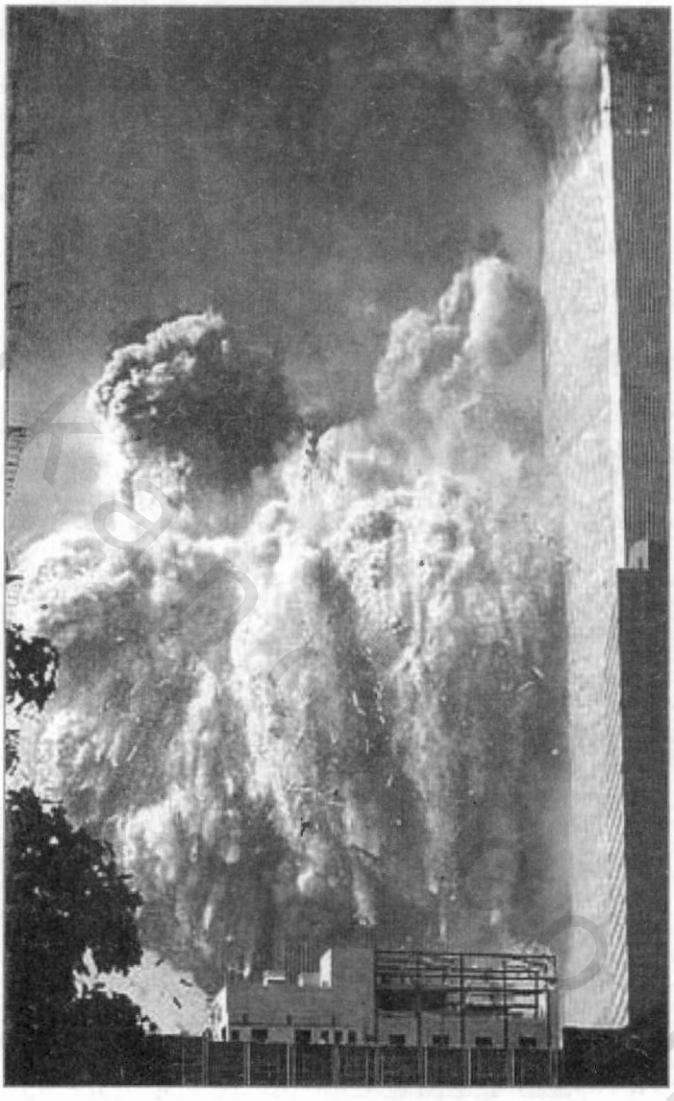
ومن المدهش ـ حقًا ـ مشاهدة الصورتين رقم (٢٧) و(٢٨) وملاحظة الممر بين البرج رقم (٧) والمبنى المجاور، ومن الصور نلاحظ مدى دقة سقوط أنقاض المبنى فى نفس موضع المبنى قبل السقوط. كذلك، نلاحظ سقوط الإطار الخارجى للمبنى بشكل مترابط فوق الأنقاض، وهو ما يؤيد التسلسل السابق ذكره عن انهيار البرج. وهنا يجدر السؤال كيف لانهيار مفاجئ نتيجة أية مسببات (باستثناء أسلوب الهدم المحكوم) أن تؤدى إلى حدوث الانهيار بهذا الشكل الدقيق. وفى الحقيقة، يمكن اعتبار أن انهيار البرج رقم (٧) هو نموذج ممتاز لتطبيق أسلوب الهدم المحكوم. وندلل على ذلك بمقارنة أسلوب إسقاط البرج رقم (٧) بأى مبنى آخر تم إسقاطه باستخدام أسلوب الهدم المحكوم.

وقد تم الربط على استحياء تارة بين انهيار البرج وانفجار خزانات الوقود للمولدات، التى تحتل ثلاثة طوابق فوق الأرضى وتارة أخرى بين انهيار البرج وبين انهيار البرجين (١) و(٢) . وهنا يجدر الإشارة بالرجوع إلى الصورة رقم (٢٧) و(٢٨)، ونسأل إذا كان انفجار خزانات الوقود قد أدى إلى انهيار مبنى مؤلف من ٤٧ طابقًا- أليس من المنطق أنه يحدث أضرارًا جسيمه بالمبنى المجاور والمتواجد على بعد بضعة أمتار؟! كذلك، فإن وجود االبرج رقم (٦) فى موضع أقرب للبرج رقم (١) من البرج رقم (٧) يحتم حدوث أضرار جسيمة للبرج رقم (٦) قبل البرج رقم (٧)، وهو ما لم يحدث.

الصورة رقم (٢٥) تبين مراحل هدم المبنى رقم ٧



ولم تتعدي أنقاض البرج 7 الممرين
المبنيين



الصورة رقم (٢٤) تظهر انهيار الجزء العلوى متزامنًا مع انهيار الجزء السفلى من البرج من أعلى إلى أسفل ووجود جزء سفلى من البرج قبل حدوث انهيار له

والآن يمكن عرض إستراتيجية استخدام الهدم المحكوم وخصائصه لمقارنة هذه الخصائص بطبيعة الانهيار الحادث لأبراج مركز التجارة العالمى: البرج الشمالى والبرج الجنوبى والبرج رقم(٧). إن أول خصائص أسلوب الهدم المحكوم أنه يتحكم فى شكل الانهيار، فمن الممكن أن يسقط المبنى على أحد الأجناب المحددة سابقًا، كأن يكون هناك حديقة يمكن إسقاط المبنى به «أو أن يسقط المبنى فى وضع رأسى» إذا كان هناك مبان مجاورة يخشى عليها من الانهيار نتيجة سقوط المبنى موضع الهدم. فى هذه الحالة، يتم التحكم فى انهيار المبنى بحيث يسقط رأسيًا تمامًا، ويبلغ درجة التحكم فى هذا الأسلوب إمكانية إحداث ما يسمى بالسقوط الراقص للمبنى، وهذا فى الحقيقة يعطى تصورًا عن مدى دقة استخدام هذا الأسلوب والقائمين عليه. والخاصية الثانية، أن هذه التقنية لا تتم إلا بواسطة عدد محدود من الشركات المتخصصة على مستوى العالم. كذلك من خصائص هذا الأسلوب «إحداث هدم وإسقاط للمبنى إسقاطًا حرًا وفى زمن متناهٍ فى الصغر (بضع ثوانٍ) وبمعنى آخر حدوث انهيار مفاجئ للمبنى». ويواكب استخدام هذا الأسلوب «تتابع الانفجارات فى أجزاء محددة من المبنى» يتم تلغيمها بواسطة المتفجرات، يلى ذلك تتابع الانهيار والسقوط الحر. ويعتمد أسلوب الهدم المحكوم على طبيعة المبنى من كونه مبنى خراسانيًا أو مبنى من الصلب. ومن المعروف أنه فى حالة المبانى المقامة من الصلب ونظرًا لقوة تحملها العالية، فإنه يتم إضعاف المبنى أولًا عن طريق إضعاف الأعمدة السفلية، إما باستخدام المتفجرات أو استخدام الثرمايت.

لاحظ التماثل بين أسلوب زرع المتفجرات عند الإضعاف ثم قطع الأعمدة من الصلب وبين شكل القطع للأعمدة من الصلب الذى تم رصده لأعمدة بأحد البدرومات. يلى ذلك آثار الصلب المنصهر بنفس الأعمدة. لقد حدث الحريق بالأدوار العلوية بالأبراج وليس بالبدرومات، ورغمًا عن ذلك ظهرت آثار القطع والانصهار للأعمدة بالبدروم.