مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية
المجلد ٥ ـ العدد ٣ من ٥٧ إلى ٦٤

ذي القعدة ١٤٠٢هـ
ايلول ١٩٨٢م

فلسفة الأمان في حساب منشآت البيتون المسلح

الدكتور
حسن عمقيه
كلية الهندسة

درجت العادة في حسابات البيتون المسلح على تشغيل العناصر الإنشائية المختلفة بإجهادات أقل مما تستطيع موادها مقاومته وذلك في سبيل الأخذ بعين الإعتبار مجموعه من العوامل السيئة أو الطارئة التي يمكن أن تتضافر وتلتهم هذا الفائض في المقاومة دون أن يؤدي ذلك إلى أنهيار المنشأ أو تصدعه أو حتى ظهور اية عيوب فيه .

مبدئياً نستطيع أن نقول أن تشغيل عنصر إنشائي بإجهادات متناقصة يزيد في درجة الأمان فيه إلا أن هذا الأمر لا يلبس أن يصطدم بعقبة الكلفة الإقتصادية مما يستلزم ضرورة تحقيق توازن بين هذه الكلفة وبين درجة أمان معقولة وفقاً لاعتبارات مختلفة يُستبعد فيها أحياناً بعض العوامل النادرة الحدوث او الظروف القاهرة والاستثنائية والتي يتبع تقديرها الى المهندس تبعاً لأهمية المنشأ ولما يسببه انهياره من أضرار مادية وبشرية وردود أفعال نفسية ، وإن اهم هذه الاعتبارات هي :

أ ـ فداحة نتائج الانهيار من الناحيتين البشرية والاقتصادية ،

ب ـ شروط التحميل بما في ذلك الاعتبارات التي تخص حالات التحميل المختلفة ،

جـ ـ مستوي التنفيذ والبناء ،

د ـ أهمية العنصر الإنشائي في المنشأ ،

هـ ـ طبيعة الانذار عن قرب حدوث الانهيار ،

و ـ ضعف المقاومة ، وما يستلزمه تأمين صيانة كافية للمنشآت .

نستنتج من هذا أن مسألة الأمان في المنشآت بصورة عامة ، هي إحدى المسائل التي تستوجب الاستعانة بالطرق الاحصائية لحلها . إلا انه كان الاتجاه في الماضي الى استعمال الاحصائيات في دراسة الامان بالنسبة للمهندس العادي ، أقل وضوحاً من الاتجاه إلى التوسع في استعمال الاحصائيات في تدقيق صفات البيتون الذي يصنع في الورشة ، وقد أصبح الآن استعمال الإحصائيات في تعيين معايير التصميم ذو اهمية كبرى ، ولكن لا بد من التنويه الى أنه يخشى الوصول الى نتائج مغلوطة وغير دقيقة إذا لم يُعتدل في استعمال الرياضيات في هذا المجال ، وذلك بالإعتماد على الخبرة العملية والمنطق السليم .

من الجدير بالذكر ان ليس هناك من ارتباط واضح بين طبيعة ودرجة الأمان في منشأ من البيتون المسلح وبين الامان في مختلف عناصره الانشائية اذ يعتمد ذلك على طبيعة الجهود المؤثرة في تلك العناصر وعلى خضوع مختلف المقاطع لتلك الجهود كما يتعلق الامان في منشآت البيتون المسلح بصورة رئيسية بقابلية البيتون على «التكيّف L'adaptation» تحت تأثير الحمولات المفرطة ، وذلك عن طريق حدوث إعادة توزيع للجهود أكثر ملاءمة من التوزيع

الاول . مع ملاحظة أن ظاهرة «التكيّف» هذه التي يتحلى بها البيتون المسلح غالباً ما تحدث بصورة تفوق في فعاليتها جميع التوقعات .

من الجدير بالذكر أن حادثة التكيف هذه لا تتم على غرار المنشآت المعدنية بالجريان اللدن وإنما تتم بواسطة الإنزلاق النسبي بين الفولاذ والبيتون ، تشقق البيتون المشدود وجريان المناطق المضغوطة .

١ ـ اهمية الامان في منشآت البيتون المسلح :

تنبثق اهمية دراسة الامان في منشآت البيتون المسلح مما يسمى «فجائية الحوادث» إذ لا يوجد ما ينذر عن قرب تجاوز حمولات الانذار والاجهادات المرنة وبالتالي عن قرب حدوث الانهيار بحيث قد يؤدي التصدع الجزئي للمنشأ الى الانهيار التام فيما اذا ثابرت الحمولات على الزيادة . ولكن على الرغم من أن الحوادث التي قد تصاب بها منشآت البيتون المسلح بصورة عامة ، غالباً ما تكون «فجائية» بحيث يكون من الصعب التنبؤ عن قرب حدوثها إلا انه من العدل ان نقول ، أن اسباب الحوادث الخطيرة التي قد تصيب منشآت البيتون المسلح ، لا تعود في اغلب الأحيان الا لارتكاب اخطاء كبيرة وخطيرة في تطبيق قواعد البناء الأساسية .

٢ ـ مفهوم الأمان في حساب البيتون المسلح على أساس الاجهادات المسموحة :

تعتمد طرق الحساب هذه على تشغيل العناصر الانشائية المختلفة بإجهادات اقل مما تستطيع موادها مقاومته ، يعود السبب في ذلك إلى احتمال تضافر العديد من العوامل السيئة التي يُقبل ان تستهلك الفائض في الإجهادات دون أن يؤدي ذلك الى انهيار العنصر الانشائي او ظهور تصدعات او عيوب فيه . ان سبب ذلك يعود الى عدم التمكن من إدخال تلك العوامل السيئة في الحساب بصورة مباشرة والتي تتعلق بما يلي :

ـ ظروف الاستخدام الفعلية للمنشأ ،
ـ العوامل الجوية ،
ـ خواص التربة ،
ـ خواص مواد البناء ،
ـ الجهود المأخوذة بعين الاعتبار والجهود المهملة ،
ـ طرق الحساب وفرضياتها المبسطة ،
ـ اخطاء الحساب ،
ـ اخطاء الحساب ،

ـ اخطاء التنفيذ ،
ـ شروط الحفظ والصيانة ،
ـ قدم واهتراء المواد ،
ـ التحولات اللاحقة .

وكذلك فإن حدوث الكوارث كأسباب قاهرة لا يعفي مختلف المشاركين في المنشأ من مسؤ ولياتهم .

من الجدير بالذكر أن كون الفولاذ هو أكثر تجانساً من البيتون وسبب الضمانات التي تعطيها المصانع يمكن تشغيل الفولاذ على إجهاد يعادل ثلثي حد المورنة علماً بأن إجهاد التشغيل هذا لا يحدده فقط الأمان ضد إنقطاع الفولاذ وإنما تشقق البيتون المشدود الذي يتحتم حدوثه اعتباراً من مقاومة للفولاذ على الشد تقدر بحوالي الف كيلو غرام على السنتيمتر المربع .

٣ ـ مفهوم الامان في حساب البيتون المسلح على اساس الحالات الحدية :

الحالة الحدية هي عبارة عن حالة خاصة يؤ دي الخروج عنها الى جعل المنشأ او جزءاً منه يكف عن القيام بوظيفته المصمم من أجلها أو أن تصبح الشروط المتعلقة بسلوكه الانشائي غير مقبولة .

يمكن تصنيف الحالات الحدية التي يمكن مصادفتها بالنوعين التاليين :

أ ـ الحالات الحدية القصوى :

وهي الحالات التي توافق انهيار المنشأ او احد عناصره .

ب ـ الحالات الحدية المتعلقة بالاستخدام :

وهي الحالات التي يصبح المنشأ اعتبارا منها غير محققا للشروط العادية للإستخدام او لشروط الديمومة .

تقضي طرق الحساب هذه أن يتم تصميم المنشآت او العناصر الانشائية التي تتألف منها بحيث يكون باستطاعتها ، أن تقاوم بكل أمان جميع الافعال والتأثيرات المحتملة خلال الفترة التي تُبنى فيها هذه المنشآت أو أثناء الزمن المخصص لاستثمارها .

تنحصر غاية الحساب في ضمان درجة معينة من الأمان ضد وضع المنشأ او احد عناصره خارج الخدمة ، علماً بأنه يوضع منشأ ما خارج الخدمة ، عندما يكف عنصر فيه او عدة عناصر او حتى جميع العناصر التي يتألف منها المنشأ ، عن تأدية الدور الذي صممت من أجله ، هذا وقد يكون السبب في الوضع خارج الخدمة احد العوامل التالية :

أ ـ الانكسار او التغير اللدن المفرط .

ب ـ التحنيب بسبب عدم الاستقرار المرن او عدم الاستقرار اللدن ،

جـ ـ فقدان التوازن الستاتيكي الذي يتميز بانتقال المنشأ او احد عناصره انتقالا غير طبيعياً .

د ـ عدم الاستقرار الديناميكي .

هـ ـ التغير اللدن المفرط .

و ـ التشقق المفرط .

من أجل منشأ ما يقابل كل سبب من هذه الأسباب حاله خاصة تُعرف باسم (الحالة الحدية) ، ترتكز طرق الحساب بصورة عامة على مبدأ يقضي الأخذ بعين الاعتبار كل حاله حدية متوقعة بتعيين عامل امان خاص بها يناسبها .

في النتيجة يمكن القول انه يمكن بلوغ حاله حدية ما بواسطة تضافر العديد من العوامل السيئة بصورة عشوائية والتي يمكن إدخالها في الحساب على الشكل التالي :

١ ـ ان تضرب الحمولات بعوامل زيادة تبعاً للحالة الحدية المدروسة من شأنها الاخذ بعين الاعتبار .

أ ـ عدم تأكد ناجم عن احتمال تدخل عوامل قاهرة او غير متوقعة او الذي ينجم ايضاً عن إهمال الاحتمالات الصغيرة التي تستبعد أن يتم تطبيق جميع الافعال والحمولات بقيمتها العظمى وفي آن واحد .

ب ـ عدم تأكد إضافي يتعلق بالمقاومات الفعلية للمواد التي يصنع منها المنشأ ،

جـ ـ عدم تأكد ناجم عن التقريبات التي لا يمكن تجنبها في فرضيات الحساب او الناجمة عن عدم دقة القياسات والابعاد او عدم التقيد بالشكل الهندسي للعناصر الانشائية اثناء التنفيذ .

٢ ـ أن تضرب المقاومات للمواد بعوامل الإنقاص التي يمكن استنتاجها من التفسير الاحصائي والتي من شأنها الأخذ بعين الاعتبار :

أ ـ عدم تأكد ناجم عن عدم الدقة في تقدير الحمولات التي يخضع لها المنشأ .

ب ـ عدم تأكد ناجم عن بعثرة نتائج قياس المقاومات التي يتم إجراؤها على المختبرات .

من الجدير بالذكر ان طرق حساب البيتون المسلح على اساس الحالات الحدية هي طرق حديثة تسعى أكثر إلى مجانسة عوامل الامان وإلى الاعتماد على التفسير الاحصائي الا انها لا تزال بوضعها الحالي تطبق بصورة مرادفه لطرق الحساب على اساس الاجهادات المسموحة فيها اذن طريقان لهدف واحد اي نتائج واحدة .

٤ ـ أمان المنشآت :

يتحلى البيتون المسلح بصفة هامة ، هي قدرته على التكيّف يعني هذا انه اذا كانت بعض المقاطع في جملة غير مقررة ما فائضة المقاومة وبعض المقاطع الاخرى ذات مقاومة غير كافية فإن الجهود تنتقل بصورة آلية نحو المقاطع الفائضة المقاومة وكأن تلك الاخيرة تهرع لمساندة المقاطع الضعيفة المقاومة ، من الجدير بالذكر ان حادثة التكيّف هذه تتم بواسطة التحولات التي تطرأ على البيتون المسلح وبصورة خاصة عن طريق الإنزلاق النسبي بين الفولاذ والبيتون ، تشتق البيتون المشدود وجريان المناطق المضغوطة .

نستنتج مما سبق انه طالما نبقى ضمن الحدود المعقولة التي تمليها الخبرة العملية فإن باستطاعتنا لحد ما تشغيل قطعة من البيتون المسلح كما حسبناها .

نستطيع الآن أن نقول ان السقوف المؤلفة من جمل إنشائية غير مقررة ستاتيكياً تمتاز بقدرتها على التكيّف ، ففي اغلب الأحيان يكفي الالتزام بالنسب المئوية الاصفرايّة للتسليح التي تحددها الأنظمة في العناصر المنعطفة ، لتجنب حدوث انكسارات مفاجئة فيها .

أما فيما يتعلق بالجمل المقررة وبصورة خاصة الازمار والبروزات فإنه لا يتم فيها اية اعادة لتوزيع العزوم وبمعنى اخر فهي عاجزة عن التكيّف والتلاؤم عند اختلاف حالات الجهود وبالتالي فهي اكثر حساسية وخطورة لاخطاء التنفيذ والحساب .

في العناصر الخاضعة للشد الصرف كالشدادات مثلاً يكون الانكسار اقل خطراً من أنواع الانكسارات الأخرى والسبب يعود الى أن التغيرات الكبيرة التي تسبق حدوث هذه الانكسارات تنبىء عن قرب حدوثها أي أن الانكسارات لا تحدث فيها على شكل انهيار كلي مفاجىء .

من الجدير بالذكر ان انكسار الاعمدة في منشآت البيتون المسلح يؤدي بصورة حتمية الى انهيارها ، وان هذا الانهيار يكون مفاجئاً وعنيفاً ، ولا يسبقه عملياً دلائل تشير الى قرب حدوثه كالشقوق الدقيقة مثلاً ، وبصورة خاصة في الأعمدة التي تكون فيها لا مركزية قوى الضغط معدومه ، بحيث لا يوجد اي متسع من الوقت لمنع حدوثه وللحد من الأضرار التي تنتج عن ذلك . وبما أن المنشأ معني مباشرة بمتانة اعمدته وسلامتها ، لذلك تقضي هذه الأسباب مجتمعه الى الالتزام جانب الحذر واليقظة عند حساب الاعمدة المضغوطة طبقا لما نصت عليه قواعد الحساب .

يرجع السبب في كثير من العيوب التي تحدث في منشآت البيتون المسلح الى التغيرات المفرطة التي تحدث في العناصر المنعطفة . من المفيد أن نذكر أن هذه العيوب لا تؤدي

بالضرورة الى التشكك بمقاومة العناصر المصنوعة من البيتون المسلح التي تكون قد حدثت فيها بعض الشقوق في أكثر الأحيان ، يؤدي هذا الى حدوث تخريبات في إكساءات الأرضية او السقوف والقواطع ومما لا شك فيه أن هذه التخريبات ليست خطره من وجهة نظر المقاومة الميكانيكية ولكن مظهرها سيء وتكاليف اصلاحها كبيرة .

كما أن المهندس الانشائي يعرف انه لا يمكن منع حدوث التشقق في منشآت البيتون المسلح ، وهو يخضع لهذا الأمر الواقع ، وأما الذين يستعملون هذه المنشآت فإنهم على العكس من ذلك لا يخضعون لهذا الأمر الواقع بسهولة . وبصورة خاصة ، يشكل ظهور شقوق في أبنية السكن مصدراً لنزاعات لا حصر لها بين الهيئات التي قامت بإنشاء هذه الابنية وبين الهيئات التي اشرفت على إنشائها .

ان سبب هذه التشققات غالباً ما يعود الى جهود الشد الناجمة عن التقلصات التي يصاب بها البيتون بعد التصلب كالتقلص الهيدروليكي . كما أن التشققات التي تؤخذ بعين الاعتبار في الحسابات الستاتيكية ما هي الا تشققات حقيقية لا بد وان تحدث تحت تأثير «حمولات الخدمة» حتى ولو لم تسطع العين المجردة الكشف عنها وعلى كل ، فإن باستطاعة مهندسي الدراسات ان يتخذوا الاحتياطات اللازمة لتقليل السماكة الحدية لهذه التشققات والمسافات التي تفصل بين بعضها البعض وذلك بتوزيع التسليح بصورة مناسبة ، وباستعمال قضبان تسليح ذات اشكال خاصة تضمن حدوث التحام كبير بينها وبين البيتون .

تدل التجربة والخبرة العملية ، اننا نستطيع الافتراض انه متى تجاوزت سماكة الشقوق عشري المليمتر وسطياً فإنها تشكل خطراً على المنشآت الموجودة في العراء شريطة الا تتعرض لتأثير عوامل تخريب وتآكل خاصة .

كما تدل التجربة والخبرة العملية ايضاً أن ظهور شقوق تبلغ سماكتها حوالي واحد مليمتر يشكل دليلاً على وجود اخطاء فنية هامة في التنفيذ او في التصميم والحساب ، بالاضافة الى هذا يدل وجود هذه الشقوق في بعض العناصر الانشائية المنعطفة عن قرب حدوث انهيار فيها .

نلفت النظر الى انه قد حدثت في بعض منشآت البيتون المسلح ، حوادث تصدع جزئي بسبب التشققات الآنفة الذكر ، وخصوصاً في الحالات التي كانت فيها سماكة قشرة البيتون التي تغلف قضبان التسليح صغيرة او في الحالات التي تزداد فيها خطورة آثار التشقق بسبب قساوة الظروف الخارجية ، كما هو الحال في المنشآت التي تتعرض لتأثير مياه البحر او لتأثير الغازات الفتاكة .

تستطيع مسامية البيتون او نسبة الفراغ فيه ان تشكل خطراً على أمان المنشآت ، إذا استطاعت الرطوبة ، او السوائل الفتاكة ، أو الغازات الضارة ، النفاذ في البيتون والوصول الى قضبان التسليح التي تصاب بالصدأ . حتى ولو كان البيتون صلباً بالاضافة الى هذا يمكن لقضبان التسليح ان تصاب بالصدأ بسبب تشقق البيتون ، او بسبب حدوث خطأ في صبه بحيث لا يؤمن تغليف وحماية قضبان التسليح جيداً .

يسبب هذا ليس فقط نقصان المقطع الفعّال للقضبان ، وإنما ايضاً وهو الأكثر خطراً ازدياد حجم القضبان المصابة بالصدأ الذي يسبب كسر وتشظي طبقة البيتون التي تغلفها .

يجب أن لا ننسى ان درجة الامان وسلامة منشآت البيتون المسلح تتعلق ايضاً بمقاومة البيتون على الشد ، غير ان هذه المقاومة هي أكثر حساسية من مقاومة الضغط لوجود غبار من المواد او من الغضار في الرمل والحصى ، بحيث يمكن لنسبه ضئيلة من الغضار بشكل خاص ان تنقص كثيراً مقاومة الشد دون أن تؤثر تأثيراً محسوساً على مقاومة الضغط ، وعلى هذا الأساس فإن تدقيق مقاومة الضغط لوحدها لا يسمح لنا بأن نطمئن بصورة أكيدة على عدم حدوث نقصان في درجة الامان وزيادة في خطر التشقق ، بسبب استعمال رمل وحصى غير نظيفين بصورة كافية .

في النتيجة يمكن القول ان ارتكاب اي خطأ في حساب وتنفيذ منشآت البيتون المسلح لا بد من ان يؤدي الى التدني في درجة الامان كما أن المبالغة في ارتكاب مثل تلك الاخطاء يمكن ان يسبب حدوث تصدعات او ظهور عيوب كلفة اصلاحها كبيرة ولها انعكاسات سلبية على العلاقات الاجتماعية لما تسببه من ردود الافعال النفسية والشائعات التي قد تطرأ عنها بصورة تؤثر فيها ايضاً على اقتصادية المشاريع ومردودها وديمومتها .