كودة

الخرسانة سابقة الإجهاد

وضعت من قبل

الجمعية العلمية الملكية

وكز بحوث البناء

لصالح مجلس البناء الوطني الأردني

اعداد

الدكتور اسامة ماضي

الفريق العامل على اعداد كودات البناء الوطني الاردني

الدكتور داود جبجي

المهندس خضر عكاوي

المهندس حسن عكور

المهندس فارس الداود

المهندس كامل مجدي صالح

المهندس محمود الشيشاني

المهندس مقدر عكروش

المهندس عبد المنعم النهار

الفريق المشارك في اعداد كودات البناء الوطني الأردني

الدكتور وليد الريماوي

المهندس حاتم غنيم

المهندس غسان غانم

المهندس محمد عجور

الدكتور سميح قاقيش

المهندس اكرم عباسي

الدكتور اسامة ماضي

الدكتور رزق شعبان

المهندسة شادية بركات

الدكتور فيصل الصياغ

المهندس كريم خماش

تحرير لغوي

المهندس حيدر المومني

- صادرة وفق أحكام قانون البناء الوطني الأردني رقم 7 لسنة 1993

- قرار مجلس البناء الوطني الأردني رقم 1 لسنة 1993

- قرار مجلس الوزراء الموقر رقم 2064 لسنة 1993

- نشرت في عدد الجريدة الرسمية رقم 3998 لسنة 1994

- نافذة المفعول اعتبارا من تاريخ 24/11/1994

أعدت هذه الكودة بموجب الاتفاقية المعقودة بين مجلس البناء الوطني الاردني بصفته الفريق الاول والجمعية العلمية الملكية بصفتها الفريق الثاني .

ممثل الفريق الاول	ممثل الفريق الثاني
امين سر مجلس البناء الوطني الاردني	مدير مركز بحوث البناء
المهندسة نهى جمعه	الدكتور سيف الدين معاذ

المملكة الأردنية الهاشمية

وزارة الاشغال العامة والاسكان

مجلس البناء الوطني	**اللجنة الفنية لكودات**
الأردني	**البناء الوطني الأردني**

1- وزير الاشغال العامة والإسكان	رئيسا	1- امين عام وزارة الأشغال العامة المهندس بشير الجغبير	رئيسا
2- وزير الشؤون البلدية والقروية والبيئة	نائبا للرئيس	2- امين عام وزارة الشؤون البلدية والقروية والبيئة المهندس رشدان الرشدان	نائبا للرئيس
3- وزير الطاقة والثروة المعدنية	عضوا	3- مدير عام دائرة المواصفات والمقاييس المهندس حسان السعودي	عضوا
4- امين عمان الكبرى	عضوا	4- مدير مركز بحوث البناء في الجمعية العلمية الملكية الدكتور سيف الدين معاذ	عضوا
5- رئيس الجمعية العلمية الملكية	عضوا	5- ممثل وزارة الاشغال العامة والإسكان المهندسة نهى جمعه	عضوا
6- مدير عام المؤسسة العامة للإسكان والتطوير الحضري	عضوا	6- ممثل سلطة المياه المهندس ايمن توفيق حدادين	عضوا
7- عميد كلية الهندسة في الجامعة الأردنية	عضوا	7- ممثل سلطة الكهرباء المهندس عادل مرعي	عضوا
8- نقيب المهندسين	عضوا	8- ممثل القوات المسلحة الأردنية المهندس اسامة مدانات	عضوا
9- نقيب المقاولين			
<u>اللجنة الفرعية المتخصصة</u>	عضوا	9- ممثل مديرية الدفاع المدني المهندس عدنان عنابي	عضوا
1- المهندس احمد زكي الحسيني		10- الدكتور فاروق يغمور	عضوا
2- المهندس درويش بسيسو		11- الدكتور اسامة العناني	عضوا
3- الدكتور موسى رشيدات		12- الدكتور فوزي الريان	عضوا
4- الدكتور حكمت قطيشات		13- المهندس احمد الكيلاني	عضوا

مقدمة

للوصول الى صناعة بناء متقدمة ولتنظيم ما يتعلق بها من دراسات وتصميم وتنفيذ كان لابد من وضع اسس سليمة موحدة يلتزم بها المتعاملين في صناعة البناء .

من اجل ذلك فقد واصل مجلس البناء الوطني الاردني اصدار كودات البناء الوطني الاردني من خلال الخطة المعدة لهذا المشروع بالتعاون مع مركز بحوث البناء التابع للجمعية العلمية الملكية .

وبهذه المناسبة ، اتقدم بالشكر والتقدير لجميع من عملوا في اعداد الكودات ومن شاركوا في مراجعتها من خلال عضويتهم للجان الفنية المختلفة ، راجيا من كافة الجهات ذات العلاقة الالتزام بتطبيق ما ورد بها تمشيا مع احكام قانون البناء الوطني الاردني من اجل تحقيق الهدف المنشود وخدمة هذا الوطن في ظل قيادة صاحب الجلالة الهاشمية الحسين بن طلال المعظم وسمو ولي عهده الامين ادامهما الله .

والله ولي التوفيق .

وزير الاشغال العامة والاسكان

رئيس مجلس البناء الوطني الاردني

الدكتور عبد الرزاق النسور

جدول المحتويات

الباب الاول : عموميات

1/1 مقدمة.....(6)

2/ 1 المجال والهدف.....(6)

1/3 الوحدات.....(7)

4/ 1 الرموز.....(7)

الباب الثاني : تصميم الخرسانة سابقة الاجهاد باستعمال حالات الحدود

2/1 أسس التصميم.....(11)
2/2 تصنيف التشغيل..... (12)
2/3 حالة الحد الحرجة.....(12)
2/4 المتانة ومقاومة الحريق.....(12)
2/5 الثبات والاعتبارات الاخرى.....(13)
2/6 الاحمال.....(13)
2/6/1 عام
2/6/2 الاحمال
2/6/3 لوضاع الاحمال
2/7 مقاومة المواد..... (16)
2/7/1 تعريف المقاومة
2/7/2 المقاومة الممزة للخرسانة
2/7/3 المقاومة الممزة لاوتار اسناق الاجهاد
2/7/4 المقاومة الممزة لفولاذ التسليح
2/7/5 معامل خفض المقاومة للمواد

الباب الثالث : المنشآت والهياكل الانشائية

3/1 التحليل الانشائي..... (22)
3/1/1 خواص المواد
3/1/2 معايير المرونة للخرسانة
3/1/3 نسبة بواسون
3/1/4 معايير المرونة لفولاذ التسليح واوتار اسناق الاجهاد
3/1/5 التحليل الانشائي لحالات الحد الاقصى
3/1/6 التحليل الانشائي لحالات حد التشغيل
3/1/7 التحليل بوساطة الاختبارات والنماذج

3/2 اعادة توزيع العزوم..... (28)
3/2/1 عام
3/2/2 ضوابط اعادة توزيع العزوم في المنشآت ذات الهياكل الانشائية المحققة لاتزان الجانبي والتي يزيد عدد طوابقها عن اربعة طوابق .

الباب الرابع : الجزئان

4/1 عـام..... (30)

4/1/1 الخصائص الهندسية للجزان

4/1/2 المحاز

4/1/3 العرض الفعال لمقاطع الجزان ذوات الشفاه

4/2 الجزان النحيفة..... (31)

4/3 الجزان المستمرة..... 0(32)

4/4 حالة حد التشغيل.....(33)

4/4/1 تحليل المقاطع

4/4/2 حدود الاجهاد تحت ظروف التشغيل

4/4/3 حدود الاجهاد عند منطقة انتقال الاجهادات

4/5 توخيم الجزان.....(39)

4/5/1 عـام

4/5/2 طريقة الحساب

4/6 حالة الحد الاقصى (الانحناء)..... (40)

4/6/1 تحليل المقاطع

4/6/2 معادلة التصميم

4/6/3 الخفض المسموح به في مساحة فولاذ التسليح الناجم عن التسليح الاضافي في منطقة الشد

4/6/4 الجزان غير المستطيلة

4/6/5 مقاومة القص في الجزان

4/7 الـليّ..... (49)

الباب الخامس : البلاطات.....(50)

الباب السادس : الأعمدة.....(51)

الباب السابع : عناصر الشد.....(52)

الباب الثامن : الخرسانة خفيفة الوزن سابقة الاجهاد.....(53)

الباب التاسع : متطلبات اسباق الاجهاد

9/1 الحد الأعلى لاسباق الاجهاد الابتدائي ..... (54)

9/2 الفقدان في اسباق الاجهاد عدا عن فقدان الاحتكاك.....(54)

9/2/1 عـام

9/2/2 الفقدان في اسباق الاجهاد نتيجة لاسترخاء الفولاذ

9/2/3 فقدان اسباق الاجهاد الناتج عن التشوه المرن للخرسانة

9/2/4 فقدان اسباق الاجهاد الناجم عن انكماش الخرسانة

9/2/5 الفقدان في اسباق الاجهاد الناجم عن زحف الخرسانة

9/2/6 فقدان اسباق الاجهاد نتيجة الارساء

9/2/7 فقدان اسباق الاجهاد نتيجة الابتاع بالبخار

9/3 فقدان اسباق الاجهاد بالاحتكاك.....(59)

9/3/1 عـام

9/3/2 الاحتكاك في اجهزة الشد والمواسي

9/3/3 الاحتكاك في المجاري نتيجة للخطأ غير المقصود في تحديد المسار العمودي للاوتار

9/3/4 الاحتكاك في مجاري الاوتار نتيجة لانحناء الاوتار الملزة بها

9/3/5 الاحتكاك في العناصر الدائرية

9/3/6 الشحوم

9/4 طول تطوير الاجهاد في العناصر الخرسانية سابقة الشد..... (63)

9/4/1 عـام

9/4/2 العوامل المؤثرة على طول تطوير الاجهاد

9/4/3 حساب طول تطوير الاجهاد

9/5 الكتل الطرفية في العناصر الانشائية تالية الشد.....(65)

9/5/1 عـام

9/5/2 حالة حد التشغيل

9/5/3 حالة الحد الأقصى

الباب العاشر : الاعتبارات المؤثرة في تفاصيل التصميم

10/1 عـام.....(68)

10/2 الحد الاعلى لمساحة اوتار اسباق الاجهاد وعددها..... .... (68)

10/3 الغطاء الخرساني لاوتار اسباق الاجهاد..... (68)

10/3/1 عـام

10/3/2 الاوتار الممسوكة

10/3/3 اوتار اسباق الاجهاد في المجاري

10/3/4 اوتار اسباق الاجهاد الخارجية

10/3/5 أوتار اسباق الاجهاد المنحنية

10/4 تباعد اوتار اسباق الاجهاد..... (72)

10/4/2 اوتار اسباق الاجهاد الممسوكة

10/4/3 اوتار اسباق الاجهاد في المجاري

10/4/4 اوتار اسباق الاجهاد المنحنية

10/5 اوتار اسباق الاجهاد المنحنية.....(76)

10/5/1 عـام

10/5/2 الغطاء الخرساني

10/5/3 مسافة التباعد

10/5/4 اجراءات خاصة تهدف الى خفض مسافة التباعد بين المجاري

10/6 التسليح الطولي في الجزان الخرسانية سابقة الاجهاد.....(77)

10/7 الكانات في الجزان الخرسانية سابقة الاجهاد..... (78)

10/8 التحميل الفجائي.....(78)

الباب الحادي عشر : المواصفات والشروط المتعلقة بتنفيذ الخرسانة سابقة الاجهاد

11/1 عـام..... (79)

11/2 تصميم الخلطات الخرسانية..... (79)

11/3 ضبط جودة الإكـام..... (80)

11/4 القيـاس..... (81)

11/5 ضبط جودة الخرسانة..... (82)

11/5/1 الفحص الابتدائي للمكعبات

11/5/2 فحص المكعبات في اثناء تقدم العمل

11/5/3 الطريقة العادية للتحكم في جودة الخرسانة المنتجة

11/5/4 الطريقة الخاصة للتحكم في جودة الخرسانة المنتجة

11/6 تحديد قوة الخرسانة عند انتقال الاجهادات.....(85)

الباب الثاني عشر : المواصفات والشروط الخاصة بتنفيذ اسباق الاجهاد

12/1 عـام..... (86)
12/2 المناولة والتخزين..... (86)
12/3 حالة السطح..... (87)
12/4 الاستقامة..... (87)
12/4/1 الاسلاك
12/4/2 جدائل الاسلاك
12/4/3 القضبان
12/5 القطع.....(88)

12/6 تحديد مواضع اوتار اسباق الاجهاد واغماد الأوتار..... (89)
12/7 شد اوتار اسباق الاجهاد..... (90)
12/7/1 عـام
12/7/2 احتياطات الامان
12/7/3 اجهزة الشد
12/7/4 اسباق الشد
12/7/5 الشد التالي
12/8 تماسك اوتار اسباق الاجهاد وحمايتها..... (96)
12/8/1 عـام
12/8/2 تماسك اوتار اسباق الاجهاد الداخلية وحمايتها
12/8/3 تماسك اوتار اسباق الاجهاد الخارجية وحمايتها
12/9 حقن مجاري اوتار اسباق الاجهاد بالحقن..... (97)
12/9/1 عـام
12/9/2 المجاري
12/9/3 خواص الحقن
12/9/4 تكوين الحقن
12/9/5 خلط الحقن
12/9/6 خطوات الحقن

الباب الثالث عشر : مراقبة المنشآت وعناصرها واختبارها

13/1 عـام..... (109)
13/2 الفحوص والاختبارات التي تجري على الخرسانة..... (109)
13/2/1 الخرسانة الطازجة
13/2/2 الخرسانة المتصلدة
13/3 دقة الابعاد وشقوق السطوح.....(111)

المصطلحات الفنية..... (112)

المصادر.....(120)

معاملات التحويل من النظام المتري الى النظام الدولي

وحدات النظام الدولي والوحدات المستعملة معها

الاسس المتبعة في تبويب كودات البناء الوطني الاردني وترقيمها

الباب الأول

عموميات

1/1 مقدمة

للخرسانة سابقة الاجهاد تطبيقات عملية كثيرة ادت الى احداث تطويرات جوهرية في اساليب الانشاء وامكاناته . ونظرا للامكانات الضخمة التي يتيحها استعمال الخرسانة سابقة الاجهاد ، وللاسباب الفنية الاقتصادية التي تحتم استعمالها في الكثير من التطبيقات وتبرره ، فقد انتشر استعمالها وادخلت الى الاردن في عدد من المشاريع . وقد جعل انتشار استعمال هذه الخرسانة في الاردن وما تتيحه من امكانات من الضروري اعداد كودة اردنية للخرسانة سابقة الاجهاد تنظم استعمالها بطريقة امينة واقتصادية وتعرف المهندس بخصائصها وامكاناتها .

2/ 1 المجال والهدف

2/1/1 المجال :

(أ) تتعامل هذه الكودة مع الاستعمال الانشائي للخرسانة سابقة الاجهاد في الابنية والمنشآت عدا الجسور . وهي تحدد شروط التصميم والتنفيذ الدنيا الواجب اتباعها والقواعد التطبيقية لاستعمال مواد الخرسانة سابقة الاجهاد ومواصفاتها واستعمالها ، وتتضمن كذلك طرق الاختبار والتفتيش للمنشآت .

(ب) لا تنطبق هذه الكودة على المنشآت المصنوعة من الخرسانة خفيفة الوزن ولا على المنشآت المشتركة (Composite Structures) التي تنشأ بعناصر معدنية وخرسانية مشتركة .

(ج) تفترض هذه الكودة ان عمليات التصميم والاشراف سيعهد بها الى مهندسين مسموح لهم بمزاولة المهنة في المملكة الاردنية الهاشمية وذوي مؤهلات كافية . وقد اعدت هذه الكودة لارشادهم وتحديد الاصول المناسبة التي عليهم مراعاتها .

2/2/1 الهدف :

تتلخص اغراض استعمال هذه الكودة في ان يحقق المنشأ في اجزائه المختلفة متطلبات الاستعمال والتشغيل التي انشئ من اجلها طوال الفترة المفترضة لبقائه صالحا للاستعمال ، مع توخي معامل امان كاف لمواجهة أي من الاسباب التي قد تعيق مثل هذا الاستعمال او تؤثر عليه .

ويشمل ذلك الانهيار وعدم الاتزان والترخيم والتشقق المعيب والاهتزاز . ويتم التحقق من ذلك في هذه الكودة باتباع طريقة حالات الحدود بحيث لا يتم بلوغ أي من حالات الحدود او عدم الصلاحية .

1/3 الوحدات

تتبع الوحدات المعتمدة في هذه الكودة النظام الدولي (SI) .

4/ 1 الرموز

f_y	= اجهاد الخضوع للحديد	Yield Stress for Reinforcement
f_{yw}	= اجهاد الخضوع لحديد الكانات	Yield Stress of the stirrups Steel
f_{pb}	= اجهاد الشد في وتر اسباق الاجهاد عند الانهيار	Tensile Stress in the Prestressing Tendon at Failure
f_{cp}	= اجهاد الضغط عند المحور لمركزي الناجم عن اسباق الاجهاد	Compressive Stress at Central Axis Due to Prestressing
f_{pe}	= اسباق الاجهاد الفعال	Effective Prestress
K	= ثابت	Constant
G_k	= الحمل المميز الميت	Characteristic Dead Load
Q_k	= الحمل المميز الحي	Characteristic Live Load

W_k	= الحمل المميز للرياح	Characteristic Wind Load
b_w	= عرض الوتيرة	Breadth of Web
b_c	= عرض وجه الضغط	Breadth of Compression Face

Ultimate Moment	= العزم الاقصى	M_u
Required Moment to Produce Zero Stress in the Concrete at a Depth (d)	= العزم اللازم لاحداث إجهاد يساوي صفرا في الخرسانة على عمق (d)	M_o
Depth to Neutral Axis	= عمق محور الخمول	X
Depth of Compressive Stress Block	= عمق مستطيل مخطط إجهاد الضغط	d_n
Effective Depth of Section	= العمق الفعال للمقطع	d
Prestressing Force at a Distance (X)	= قوة اسباق الإجهاد على مسافة (X)	P_x
Prestressing Force in the Tendon at the Prestressing End	= قوة اسباق الاجهاد في الوتر عند التقائه مع اجهزة الشد	P_o
Bursting Tensile Force	= قوة الشد الانفطارية	F_{bst}
Concrete Strength at Transfer	= قوة الخرسانة عند النقل	F_{ci}
The assessed Load in the Prestressing Tendon	= القوة المقدرة في وتر اسباق الاجهاد	P_k
Concrete Density	= كثافة الخرسانة	D_c
Area of Prestressing Steel	= مساحة حديد اسباق الاجهاد	A_{ps}
Area of Reinforcing Steel	= مساحة مقطع حديد التسليح	A_s
Area of Shear Reinforcement	= مساحة حديد التسليح للقص	A_{sv}

Stirrups Spacing	= مسافة تباعد الكانات	S_v
The Distance from the Furthest Compression Fibre to the Longitudinal Reinforcing Bars or to the Centre of Prestressing Tendons Whichever Is Further	= المسافة من ابعد شريحة بالضغط الى قضبان التسليح الطولية او الى وكز أوتار اسباق الاجهاد أيهما ابعد	d_t
Partial Safety Factor For Load	= معامل الامان الجزئي للاحمال	γ_f
Partial Safety Factor For Strength of Materials Or Material Strength Reduction Factor	= معامل الامان الجزئي لمقاومة المواد او معامل خفض مقاومة المواد	γ_m

Friction Coefficient	معامل الاحتكاك	=	μ
Elastic Modulus of Steel	معاير مرونة الحديد	=	E_s
Elastic Modulus of Concrete	معاير مرونة الخرسانة	=	E_c
Tensile Strength of Concrete	مقاومة الخرسانة في الشد	=	F_t
Shear Strength of Concrete	مقاومة الخرسانة في القص	=	V_c
Ultimate Shear Strength of Concrete in cracked Section By Bending	المقاومة القصوى للخرسانة في القص لمقطع متشقق بالانحناء	=	V_{cr}
Ultimate Shear Strength of Concrete in Uncracked Section	المقاومة القصوى للخرسانة في القص لمقطع غير متشقق	=	V_{co}
Ultimate Strength of Prestress-Ing Tendons	المقاومة القصوى لاوتار اسباق الاجهاد	=	f_{pu}
Material Characteristic Strength	المقاومة المميزة للمواد	=	K
Concrete Characteristic Strength	المقاومة المميزة للخرسانة	=	f_{cu}

Percentage of Redistribution Of Moments	نسبة اعادة توزيع العزوم	=	β_{red}
Bending Radius	نصف قطر الانحناء	=	r_{ps}
Half the Side of the End Block	نصف عرض كتلة الطرف	=	y_o
Half the Side of Loaded Area	نصف عرض المنطقة المحملة	=	$\square$

جدول المحتويات الباب الاول الباب الثالث

الباب الثاني

تصميم الخرسانة سابقة الاجهاد باستعمال حالات الحدود

2/1 اسس التصميم

2/1/1 تعتمد هذه الكودة فلسفة حالات الحدود في التحليل والتصميم الانشائي .

2/1/2 تعرف حالة الحد بانها الحالة التي عند بلوغها يصبح العنصر الانشائي او المنشأ غير صالح للاستعمال الذي صمم من اجله .

2/1/3 لما كان من غير الممكن افتراض ان حالة حد بعينها هي دائما حالة الحد الحرجة ، فان طرق التصميم تعنى بالتصميم لحالة الحد الاقصى ولحالات حدود التشغيل .

2/1/4 تحدد هذه الكودة طرق تحليل منشآت الخرسانة سابقة الاجهاد وتصميمها والتي تضمن بشكل عام تحقيق الاهداف الواردة فيها .

2/1/5 يسمح باستخدام طرق تحليل وتصميم اخرى غير تلك الواردة في هذه الكودة شريطة ان تحقق المتطلبات الواجب توافرها في المنشأ او العنصر موضع الدراسة .

2/1/6 يهدف التصميم الانشائي الى توفير الامان المقبول للمنشأ المصمم لمواجهة حدوث ما يعيق تحقيقه لمتطلبات الاستعمال التي صمم من اجلها او يؤثر عليه طوال الفترة المفترضة لبقائه .

22/ تصنيف التشغيل

عند تعيين السلوك المحتمل لمنشأ او عنصر من الخرسانة سابقة الاجهاد ، فان كمية اجهاد الشد في الانحناء (Flexural

(Tensile Stress المسموح بها تحت تأثير حمل التشغيل (Service Load) تحدد صنف التشغيل على النحو التالي :-

- صنف (1) :لا توجد اجهادات شد في الانحناء .
- صنف (2) : توجد اجهادات شد في الانحناء ، ولكن لا توجد شقوق مرئية .
- صنف (3) : توجد اجهادات شد في الانحناء ، الا ان عرض الشقوق السطحية لا يزيد عن (0.1) ملمتر للعناصر الانشائية المعرضة لظروف قاسية(Severe Environments) [انظر الجدول (28) من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني] كما لا يزيد عرض تلك الشقوق عن (0.2)ملمتر لجميع العناصر الانشائية الاخرى .

2/3 حالة الحد الحرجة

على وجه العموم فان حد اجهاد الشد في الانحناء عند احمال التشغيل يعتبر الحد الحرج في تصميم العناصر التابعة للصنفين (1) و (2) .ويتم التأكد من عدم بلوغ حالة الحد الاقصى في الانحناء او القص او اللي . اما بالنسبة لعناصر الصنف (3) فيكون الحد الحرج عادة هو الحد الاقصى او حالة حد الترخيم.

2/4 المتانة ومقاومة الحريق

يتم الرجوع الى التوصيات الواردة في (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني بشأن حدود المتانة ومقاومة الحريق .

2/5 الثبات والاعتبارات الاخرى

لتحقيق أغراض الثبات وأي اعتبارات اخرى يتم الرجوع الى (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني .

2/6 الأحمال

2/6/1 عام :

(أ) في هذه الكودة سيشار الى حمل التصميم على انه الحمل الاقصى عند اعتبار حالة الحد الاقصى وعلى انه حمل

التشغيل عند اعتبار حالات حد التشغيل.

(ب) تحدد الاحمال والمقاومات المميزة للمواد المستخدمة في التصميم باخذ التغيرات المحتملة فيها في الاعتبار ، وبحيث يكون احتمال زيادة الاحمال الحقيقية عن الاحمال المميزة واحتمال نقص المقاومات الحقيقية عن المقاومات المميزة في اثناء العمر التشغيلي للمنشأ احتمالا ضئيلا بالقدر المقبول

(ج) يتم حساب الاحمال والمقاومات المميزة باستخدام المعلومات الاحصائية . وفي حالة عدم توافر تلك المعلومات فانه يتم تحديدها بالاعتماد على الخبرة وبالرجوع الى الكودات المعنية .

(د) يتم توفير الامان المطلوب في التصميم باستخدام معامل امان للاحمال ومعامل خفض مقاومة للمواد .

2/6/2 الاحمال :

(أ) يمكن ايجاز الاحمال وتعريف كل منها على النحو التالي :-

* الحمل المميز الميت : الحمل المميز الميت (G_k) هو وزن المنشأ كاملا مع كل التشطيبات والزوائد والقسامات الثابتة .

* الحمل المميز الحي : الحمل المميز الحي (Q_k) هو وزن أي اشخاص متحركين او مواد او عربات يتوقع تعرض المنشأ لها في اثناء استعماله ، ويعتمد على طبيعة المنشأ والغاية التي شيد من اجلها .
* الحمل المميز للرياح او الزلازل : الحمل المميز للرياح او الزلازل (W_k) هو أعلى قوة يتوقع ان يتعرض المنشأ لها بتأثير من الرياح او الزلازل في المنطقة التي شيد فيها .

(ب) يجب ادخال حالات التحميل التي يحتمل تعرض المنشأ لها في اثناء مدة بنائه في اعتبار المصمم بحيث لا تؤثر بشكل ضار على التحقيق اللاحق للمنشأ لمتطلبات حالات الحد الاقصى وحالات حدود التشغيل .

(ج) يعتبر حمل التصميم لحمل معين وحالة حد معينة حاصل عملية ضرب الحمل المميز (F_k) في معامل الامان الجزئي للاحمال (γ_f) .

(د) يعتمد معامل الامان الجزئي للاحمال المأخوذة في الاعتبار على الامور التالية:-

* احتمال زدياد الحمل عن التقديرات التي اعتمدت في حساب الحمل المميز .
* عدم الدقة في تقدير تأثير الاحمال واعادة التوزيع غير المتوقعة للاجهاد في عناصر المنشأ
* أخطاء عملية الانشاء وتأثير ذلك على الابعاد الواقعية للعناصر الانشائية .

* اهمية حالة الحد الذي يتم التصميم لها . ويعتبر حمل التصميم لحالات الحد الاقصى (الحمل الاقصى) كما يلي :

- الاحمال الميتة والحية :

حمل التصميم الميت = $1.4\ G_k$

حمل التصميم الحي = $1.6\ Q_k$

- الاحمال الميتة واحمال الرياح او الزلازل :

حمل التصميم الميت = $0.9\ G_k$

حمل التصميم للرياح او الزلازل = $1.4\ W_k$

- الاحمال الميتة والحية واحمال الرياح او الزلازل

حمل التصميم الميت = $1.2\ G_k$

حمل التصميم الحي = $1.2\ Q_k$

حمل التصميم للرياح او الزلازل = $1.2\ W_k$

(هـ) عند التصميم يجب دراسة حالات الاحمال المشتركة الثلاث المنوه عنها واعتماد الحالة التي تحدث التأثير الاقصى . وعلى وجه العموم فان تأثير زحف الخرسانة وانكماشها وتأثير التغيرات الحرارية عند اعتبار حالة الحد الاقصى ستكون ذات اعتبار ثانوي مما يبرر تجاهلها وعدم ادخالها في الحسابات لمعظم الحالات .

(و) اما حمل التصميم لحالات حد التشغيل (حمل الاستعمال) فهو كما يلي :-

* الاحمال الميتة والحية :

حمل التصميم الميت = $1.0\ G_k$

حمل التصميم الحي = $1.0\ Q_k$

* الاحمال الميتة واحمال الرياح او الزلازل :

حمل التصميم الميت = $1.0\ G_k$

حمل التصميم للرياح او الزلازل = $1.0\ W_k$

* الاحمال الميتة والحية واحمال الرياح او الزلازل :

حمل التصميم الميت = $1.0\ G_k$

حمل التصميم الحي = $0.8\ Q_k$

حمل التصميم للرياح او الزلازل = $0.8\ W_k$

(ز) عند حساب الترخيم في المنشأ بوصفه كلا او في اجزاء منه يجب ان تكون الاحمال الحية موزعة بالشكل الذي يحدث اكبر ترخيم ممكن.

ومن الجدير بالذكر انه يمكن اعتماد احمال التصميم المذكورة في هذا البند لحساب الترخيم الآني في المنشآت . اما لحساب الترخيم على المدى البعيد فيجب اخذ التغيرات المتأثرة بالزمن التي تحدث في الخرسانة كالزحف والانكماش والحرارة بعين الاعتبار .

ان الترخيم الناتج عن الزحف يتأثر كثيرا بالاحمال الميتة والاحمال الحية التي تؤثر بصورة ثابتة لمدة طويلة . وفي معظم الحالات التي لا يتوقع فيها تأثير دائم للقسم الاكبر من الاحمال الحية ، حيث لا يظن ان معظم الحمولة الحية ستكون مؤثرة لمدة ، يجب حساب الترخيم الناتج عن الزحف باعتبار ان المنشأ خاضع لتأثير الاحمال الميتة وجزء الاحمال الحية الذي يتوقع ان يكون مؤثرا بصورة دائمة .

كذلك يجب اخذ تأثير الحرارة بعين الاعتبار اذا كان متوقعا ان يزيد تأثيرها عما يمكن اعتباره عديم الاهمية بحكم الخبرة .

2/6/3 أوضاع الاحمال :

بصورة عامة ، وعند اعتبار تأثير معين للاحمال ، يجب ان تكون اوضاع الاحمال بالشكل الذي يحدث اكبر قيمة لهذا التأثير ، على ان تؤخذ طبيعة هذه الاحمال بعين الاعتبار .

كما يجب ادخال تأثير طريقة البناء وتعاقب الانشاء والتأثيرات الثانوية لعملية الاجهاد وبخاصة لحالات حدود التشغيل في حساب التأثيرات الكلية التي يجب اعتبارها في التصميم .

2/7 مقاومة المواد

7/1/2 تعريف المقاومة :

المقاومة المميزة بالنسبة للخرسانة تعني قوة كسر مكعب منها بعد مرور 28 يوما على تحضيره او اجهاد الخضوع بالنسبة لحديد التسليح او الحمل الاقصى لوتر اسباق الاجهاد الذي تشير النتائج المخبرية الى ان ما لا يقل عن (95) بالمائة من العينات على الاقل قد تحملته . وعند تحليل المقاطع او المنشآت ، فيحصل

على المقاومة التصميمية لمادة معينة عند دراسة حالة حد معينة ، بتقسيم المقاومة المميزة (f_k) لتلك المادة على معامل خفض المقاومة المناسب (γ_m) ، أي ان :-

$$\text{المقاومة التصميمية} = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

ويجرى ادخال معامل الامان الجزئي لمقاومة المواد (γ_m) للتعويض عن احتمال اختلاف المقاومة الحقيقية للمادة عند استعمالها في المنشأ عن النتائج المخبرية ويطبق هذا المعامل عند دراسة المنشأ بوصفه كلا او عند دراسة أي من اجزائه وما لم يشر الى غير ذلك فان جميع المعادلات والجداول في هذه الكودة تكون متضمنة لمعامل الامان الجزئي لمقاومة المواد (γ_m) .

7/2/2 المقاومة المميزة للخرسانة :

(1) يبين الجدول (1) المقاومة المميزة للخرسانة (f_{cu}) لدرجات الخرسانة المختلفة التي يمكن استعمالها للخرسانة سابقة الاجهاد ، كما يبين قيم قوة كسر المكعبات لاعمار مختلفة .ويجب ملاحظة ان القيم المدرجة في الجدول هي للخرسانة التي يتم فيها استعمال الاسمنت البورتلندي العادي .وفي حال استعمال انواع اخرى من الاسمنت ، فيجب الرجوع الى ابحاث منشورة او مصادر معتمدة تتعلق بالموضوع.

الجدول (1)

المقاومة المميزة للخرسانة التي يمكن

استخدامها في العناصر سابقة الاجهاد

درجة الخرسانة	المقاومة المميزة (f_{cu}) ن/ملم2	قوة كسر مكعب بعد 7ايام ن/ملم2	شهرين ن/ملم2	ثلاثة اشهر ن/ملم2	ستة اشهر ن/ملم2	سنة ن/ملم2
30	30	20	33	35	36	37

50	47.5	45.5	44	28	40	40
60	57.5	55.5	54	36	50	50
*70	*67.5	*65.5	*64	45	60	60

* يمكن استعمال المقاومة التي تفوق المقاومة المميزة عند زيادة عمر الخرسانة عندما تبين الدراسات الوافية للمواد المستعملة القدرة على اعطاء هذه المقاومات الزائدة .

(2) تعتمد القوة المميزة للرجة الخرسانة المستعملة او القوة المعطاة في الجدول (1) عند عمر التحميل اذا ارتأى المهندس المصمم ان ذلك مناسب .

2/7/3 المقاومة المميزة لاوتار اسباق الاجهاد :

يمكن تفصيل المقاومة المميزة المعينة لاوتار اسباق الاجهاد كما هو مبين في الجداول التالية :-

الجدول (2)

المقاومة المميزة لاسلاك اسباق الاجهاد

القطر الأدنى (ϕ) (ملم)	القوة المميزة المعينة Aps x fps (كن)	المساحة الدنيا للمقطع Aps (ملم2)
2.00	6.34	3.14
2.65	10.30	5.50
3.00	12.20	7.10
3.25	14.30	8.30
4.00	21.70	12.60
4.50	25.70	15.90
5.00	30.80	19.60

38.50 60.40 7.00

الجدول (3)

المقاومة المميزة لجدائل اسلاك اسباق الاجهاد

عدد الاسلاك	القياس الادنى (ϕ) (ملم)	القوة المميزة المعينة Aps x fpu (كن)	المساحة الدنيا للمقطع Aps (ملم2)
7	6.4	44.5	24.5
	7.9	69.0	37.4
	9.3	93.5	52.3
	10.9	125.0	71.0
	12.5	165.0	94.2
	15.2	227.0	138.7
19	18	370.0	210.0
	25.4	659.0	423.0
	28.6	823.0	535.0
	31.8	979.0	660.0

الجدول (4)

المقاومة المميزة لقضبان اسباق الاجهاد

القطر الادنى (ملم)	القوة المميزة المعينة Aps x fpu (كن)	المساحة الدنيا للمقطع Aps (ملم2)
*20	325	314
22	375	380
*25	500	491
28	625	615
*32	800	804
35	950	961
*40	1250	1257

* القياس المفضل للقضبان

ملاحظة : ان هذه الجداول هي جداول ارشادية ، ويمكن استعمال مواد اخرى بخصائص افضل شريطة التحقق من صحة تلك الخصائص عن طريق فحصها في مختبرات معتمدة .

2/7/4 المقاومة المميزة لفولاذ التسليح :

تعرف المقاومة المميزة لفولاذ التسليح بانها قيمة اجهاد الخضوع او قيمة اجهاد الضمان التي يقل عنها ما لا يزيد عن (5) بالمائة من نتائج الاختبارات لنوع فولاذ التسليح المستعمل حسب اسلوب الاختبار المعتمد . ويراعى ما ورد في الباب الثاني من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني بالنسبة للمقاومة المميزة لفولاذ التسليح .

2/7/5 معامل خفض المقاومة للمواد :

عند تقدير قوة منشأ ما او أي جزء منه ، فان القيمة المعتمدة لمعامل الامان الجزئي للمواد (γ_m) تكون (1.5) بالنسبة للخرسانة و (1.15) بالنسبة لفولاذ التسليح . اما عند التحليل لاحمال مفرطة او لتلف موضعي فيمكن اعتماد قيمة

(1.3)بالنسبة للخرسانة وقيمة (1.0)بالنسبة لفولاذ التسليح .

الباب الثالث

المنشآت والهياكل الانشائية

3/1 التحليل الانشائي

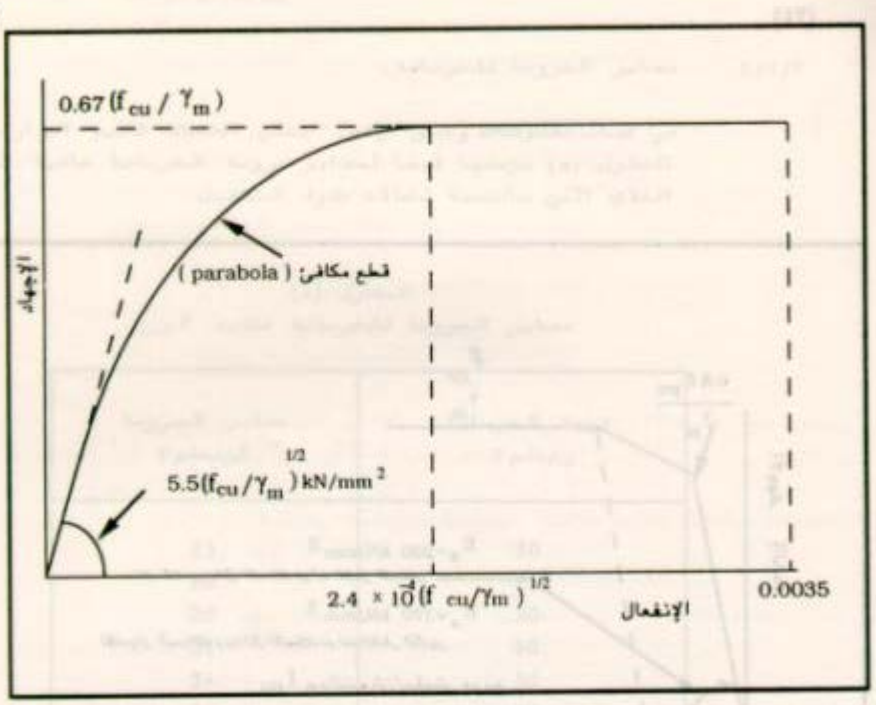
يجرى التحليل الانشائي للمنشآت والهياكل الانشائية بغرض التأكد من مطابقتها لمتطلبات حالات الحدود المختلفة بصورة تمثل التصرف الحقيقي للمنشأ بأكبر دقة ممكنة . ويمكن الحصول على تمثيل يفي بمتطلبات اغلب التطبيقات بالاخذ بالفرضيات اللاحق ذكرها في هذا الباب . الا ان من الممكن تحقيق بعض الفائدة في عدد من الحالات عند الاخذ بفرضيات اساسية اكثر واساليب تحليل تمثل تصرف المنشأ بصورة اكثر دقة .

3/1/1 خواص المواد :

عند تحليل المنشأ او جزء منه بغية تحديد التوزيع الداخلي للقوى فيه ، يمكن اعتماد خواص المواد المرتبطة بمقاومتها النوعية بغض النظر عن حالة الحد التي يجري التحليل من اجلها . وعند تحليل المقاطع في داخل المنشأ يجب اخذ خواص المواد المرتبطة بالمقاومة المعتمدة في التصميم لحالة الحد المعينة . ويمكن اعتماد علاقات الانفعال بالاجهاد التالية للمدى الآني لتصرف المواد :-

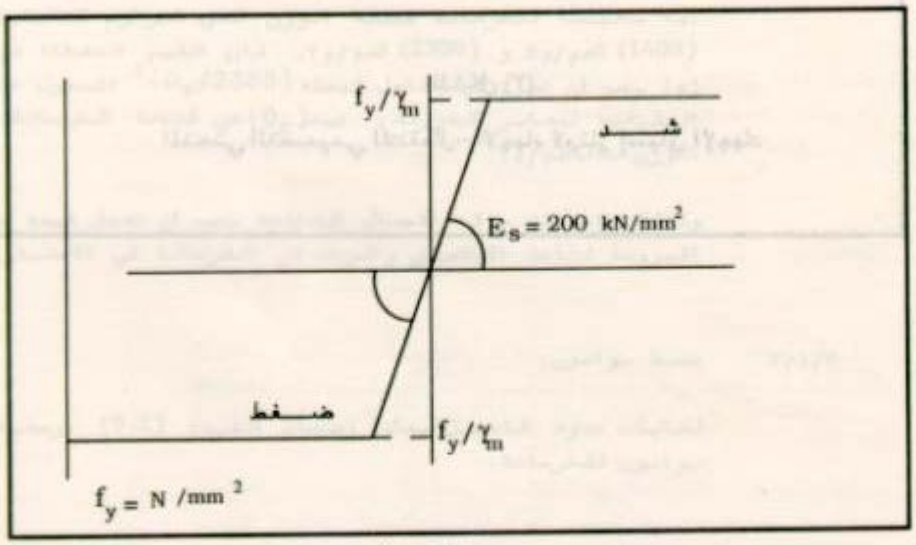
* بالنسبة للخرسانة عادية الوزن ، فان العلاقة موضحة في الشكل (1) مع اعتبار قيمة (γ_m) حسب ما ورد في البندين (2/7/1) و (2/7/2) .
* بالنسبة لفولاذ التسليح ، فان العلاقة موضحة في الشكل (2) مع اعتماد القيمة المناسبة لمعامل خفض المقاومة للمواد (γ_m) .
* بالنسبة لأوتار اسباق الاجهاد ، فان العلاقة موضحة في الشكل (3) مع اعتماد القيمة المناسبة لمعامل خفض المقاومة للمواد (γ_m) .وفي حالات الاحمال الدائمة ، فيمكن اعتماد منحنى الانفعال والاجهاد الآني بالنسبة لفولاذ التسليح مع اخذ الاسترخاء في اوتار اسباق الاجهاد والانكماش والزحف في الخرسانة بعين الاعتبار .

(٢٣)



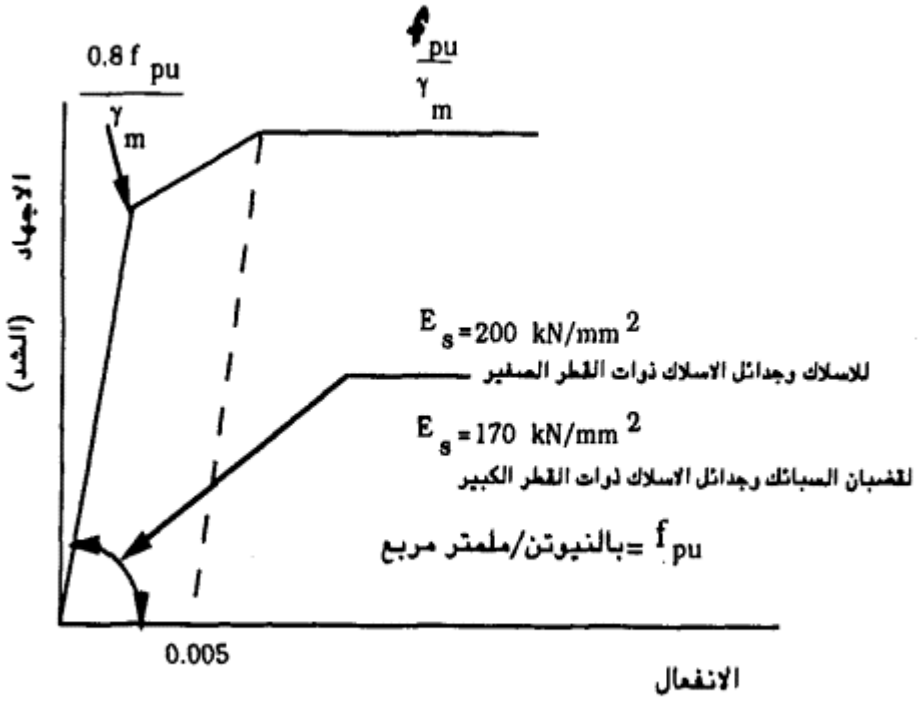
الشكل (١)

المنحني التصميمي للانفعال ـ الإجهاد للخرسانة عادية الوزن



الشكل (٢)

المنحني التصميمي للانفعال ـ الإجهاد لفولاذ التسليح



الشكل رقم (3)

المنحنى التصميمي للإنفعال – الاجهاد لأوتار إسباق الإجهاد

3/1/2 معايير المرونة للخرسانة :

في غياب معلومات واسس اوضح ، يمكن اعتماد القيم الواردة في الجدول (5) بوصفها قيما لمعايير مرونة الخرسانة عادية الوزن في المدى الآني بالنسبة لحالات حدود التشغيل .

الجدول (5)

معايير المرونة للخرسانة عادية الوزن

درجة الخرسانة	معايير المرونة
ن/ملم2	كن/ملم2

25	20
26	25
28	30
31	40
34	50
36	60

اما بالنسبة للخرسانة خفيفة الوزن التي تتراوح كثافتها بين (1400) كغم/م3 و (2300) كغم/م3 ، فان القيم المعطاة في الجدول (5) يجب أن تضرب في معامل قيمته $(D_c / 2300)^2$ للحصول على القيمة الحقيقية لمعاير المرونة ، حيث (D_c) هي كثافة الخرسانة خفيفة الوزن بالكغم/م3 .

وكذلك فانه في حالات الاحمال الدائمة يجب ان تعدل قيمة معاير المرونة لتأخذ الانكماش والزحف في الخرسانة في الاعتبار .

3/1/3 نسبة بواسون :

لغايات حدود التشغيل يمكن اعتماد القيمة (0.2) بوصفها نسبة بواسون للخرسانة .

3/1/4 معاير المرونة لفولاذ التسليح واوتار اسباق الاجهاد :

تؤخذ القيم التالية لمعاير المرونة لكل من فولاذ التسليح وأوتار اسباق الاجهاد :-

* فولاذ التسليح لكل انواع التحميل

E_s = 200 كن/ملم2

* أوتار اسباق الاجهاد
  - للأسلاك وجدائل الاسلاك ذوات القطر الصغير

    E_s = 200 كن/ملم2
  - لقضبان السبائك وجدائل الاسلاك ذوات القطر الكبير

    E_s = 170 كن/ملم2

كما يجب اخذ الاسترخاء الذي يحدث في حالات التحميل الدائم بعين الاعتبار .

3/1/5 التحليل الانشائي لحالات الحد الاقصى :

(أ) **تحليل المنشآت :**

عند استعمال التحليل المرن لتحديد توزيع القوى في داخل المنشأ ، فان الجساءة النسبية في العناصر المختلفة يمكن ان تبنى على احد المقاطع التالية شريطة ان يطبق هذا الاسلوب على العناصر كافة :-

* مقطع الخرسانة : مقطع العنصر الخرساني بكامله مع تجاهل وجود فولاذ التسليح .
* المقطع الكلي : المقطع الكلي الذي يحتوي خرسانة المقطع بكاملها وفولاذ التسليح محولا الى مقطع معادل من الخرسانة على اساس معاير المرونة المكافئ .
* المقطع المحول : المقطع المكون من الخرسانة المعرض للضغط وفولاذ التسليح في الشد محولا الى مقطع معادل من الخرسانة على اساس معامل المرونة المكافئ .

(ب) **تحليل المقاطع :**

يتم الحصول على قوة تحمل مقطع ما عن طريق التحليل اللامرن للمقطع والذي يعتمد على اشكال الانفعال والاجهاد (انظر الأشكال من 1 الى 3) مع احتساب معاملات خفض مقاومات المواد .

3/1/6 التحليل الانشائي لحالات حد التشغيل :

(أ) **تحليل المنشآت :**

عند استعمال التحليل المرن لتحديد توزيع القوى في المنشأ ، فان الجساءة النسبية للعناصر يمكن حسابها على اساس مقطع الخرسانة او المقطع الكلي او المقطع المحول كما تم تعريفها في البند الفرعي (3/1/5أ) .

(ب) **تحليل المقاطع :**

عند حساب تشوه المنشآت ، يجب حساب التقوس عند أي مقطع مع اخذ تأثير الزمن والانكماش والتشقق بعين الاعتبار .

3/1/7 التحليل بوساطة الاختبارات والنماذج :

يمكن اعتماد تصميم لمنشأ معين بالاستناد الى نتائج اختبارات مجراة على نموذج لهذا المنشأ واستعمال اسس تحليل النماذج

لتحديد تصرف المنشأ الحقيقي بالاعتماد على تصرف النموذج ، على ان يكون مثل هذا العمل قد تم من قبل مهندسين ذوي خبرة ودراية في هذا المجال ، وشريطة توافر اجهزة مناسبة تمكنهم من القيام بهذا العمل بالدقة المطلوبة .

3/2 اعادة توزيع العزوم

3/2/1 عام :

يمكن اعادة توزيع العزوم التي تم الحصول عليها بوساطة تحليل انشائي مرن لغايات الحد الاقصى ضمن الشروط التالية :-

* تحقيق الاتزان بصورة دائمة بين القوى الداخلية والقوى الخارجية لكافة الاحمال القصوى وتجميعاتها المختلفة .
* الا تقل المقاومة القصوى للعزوم عند أي مقطع في المنشأ عن (80) بالمائة من العزم عند ذلك المقطع الناتج عن منحنى العزوم لكافة تجميعات الاحمال القصوى الذي تم الحصول عليه بوساطة التحليل المرن للمنشأ .
* الا يتم انقاص العزم عند أي مقطع في عنصر ما بأكثر من (20) بالمائة من القيمة الرقمية لأعلى عزم في ذلك العنصر تم الحصول عليه من أي تجميعات للاحمال القصوى .
* نتيجة لاعادة توزيع العزوم ، وحيثما يقل العزم الاقصى للمقاومة عند مقطع معين ، فان عمق محور الخمول الذي يقاوم العزم المصغر يجب الا يقل عن :

$$X = (0.5 - \beta_{red}) \cdot d \qquad (2)$$

حيث :-

X = عمق محور الخمول مقاسا من اكثر الالياف انضغاطا (ملمتر) ،

d = العمق الفعال للمقطع (ملمتر) ،

β_{red} = نسبة انقاص العزوم لاعلى قيمة رقمية للعزوم في ذلك العنصر تم الحصول عليها من أي تجميعات للاحمال القصوى .

3/2/2 ضوابط اعادة توزيع العزوم في المنشآت ذات الهياكل الانشائية المحققة للاتزان الجانبي والتي يزيد عدد طوابقها

عن اربعة طوابق :

في المنشآت التي يزيد عدد طوابقها عن اربعة ، وحيث يوفر الهيكل الانشائي المقاومة اللازمة لتحقيق الاتزان الجانبي ، فان اعلى قيمة لاعادة توزيع العزوم حسب ما ورد في الشرط الثالث من البند (3/2/1) يجب أن تحدد ب (10) بالمائة . وعلى وجه العموم ، فان الشرط الرابع من البند (3/2/1) سيلغي امكانية اعادة توزيع العزوم في الاعمدة بغية انقاصها ما لم يكن لكل من الحمل المحوري وقوة اسباق الاجهاد قيم بسيطة .

الباب الرابع

الجيزان

4/1 عام

4/1/1 الخصائص الهندسية للجيزان :

يطبق ما ورد في الباب الرابع من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني فيما يتعلق بالخصائص الهندسية للجيزان من الخرسانة المسلحة على الجيزان من الخرسانة سابقة الاجهاد ، الا انه يجب استخدام العمق الكلي للعنصر الانشائي من الخرسانة سابقة الاجهاد بدلا من استخدام العمق الفعال في الخرسانة المسلحة

4/1/2 المجاز :

(أ) تؤخذ اصغر القيمتين التاليتين لغاية احتساب مجاز الجيزان البسيطة :-

* المسافة بين مراكز المساند .
* المسافة الحرة بين المساند مضافا اليها العمق الفعال للمقطع .

(ب) بالنسبة للجيزان المستمرة فان المجاز هو المسافة بين مراكز المساند .

(ج) بالنسبة للجيزان المعتلية (الكابولية) (Cantilever) فان المجاز الفعلي يساوي طول الجزء المعتلي الى وجه المسند مضافا اليه نصف العمق الفعال الا عندما يكون الجزء المعتلي هو آخر مجاز مستمر فيصبح عندها المجاز هو المسافة الى مركز المسند .

4/1/3 العرض الفعال لمقاطع الجيزان ذوات الشفاه :

(أ) في غياب طرق اكثر دقة ، فان العرض الفعال لشفاه الجيزان ذوات المقطع (T) يجب الا يتجاوز عرض الوتيرة مضافا اليه خمس المسافة بين نقاط صفر العزوم او العرض الحقيقي للشفة ايهما اقل .

(ب) بالنسبة للجيزان ذات المقطع (L) فان العرض الفعلي للشفاه يجب الا يتجاوز عرض الوتيرة مضافا اليه عشر المسافة بين نقاط صفر العزوم او العرض الحقيقي للشفة ايهما اقل . وبالنسبة للجيزان المستمرة فان المسافة بين نقاط صفر العزوم يمكن اعتبارها حاصل ضرب القيمة (0.7) في المجاز الفعال .

4/2 الجيزان النحيفة

4/2/1 يجب الا تكون الجيزان نحيفة بقدر لا ضرورة له . وتراعى حدود النحافة الواردة في الباب الرابع من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني.

4/2/2 يجب توجيه عناية خاصة الى احتمال عدم ثبات (Instability) العنصر الانشائي في اثناء الانشاء بالاضافة الى تأثير الاحمال عليه في اوضاعها النهائية .

4/2/3 يجب اخذ احتمال انهيار العناصر الانشائية بالميل حول محور طولي يمر بنقاط الرفع (Lifting Points) في الاعتبار . وقد ينجم هذا الميل الابتدائي عن عيوب في الشكل الهندسي للجائز او خطأ في تحديد مواضع نقط رفع العنصر الانشائي .

2/4/4 يجب اعتبار احتمال ان تؤدي عزوم الانحناء الجانبية (Lateral Bending Moments) الى عدم الثبات الجانبي (Lateral Instability) وبخاصة عندما تكون تلك العزوم عالية القيمة .
وتتطلب معالجة هذا الموضوع استعمال نماذج معقدة . ولعل الخبرة العملية هي خير وسيلة للتعامل مع هذا الاحتمال .

4/2/5 لتقدير الثبات الجانبي ، قد تقتضي الضرورة اخذ العوامل التالية في الاعتبار :-

* الشكل الهندسي للجائز (أي نوع المقطع) ونسب مجاز الجائز الى عرض الجذع ، والى عمق المقطع.....الخ .
* مواضع نقاط الرفع .
* طريقة الرفع ، (باستخدام مقالع مائلة او رأسية (Inclind or Vertical Slings) ونوع الوصلات بين الجيزان والمقالع .

* التفاوت في الانشاء ، وعلى سبيل المثال ، الانحناء الجانبي الاقصى (Maximum Lateral Bow) .

4/2/6 قد يتطلب الامر تقييم الاجهادات التصميمية الناجمة عن التأثيرات المشتركة للانحناء الجانبي (Lateral Bending) والحمل الميت واسباق الاجهاد . فاذا كان هناك احتمال لحدوث تشققات ، فانه يجب تغيير ترتيبات الرفع (Lifting Arrangements) او تزويد الجائز بدعم جانبي مناسب .

3/4 الجيزان المستمرة

4/3/1 يمكن استعمال تحليل مرن للمنشآت في حالة الجيزان المستمرة مع اخذ اوضاع الاحمال التالية في الاعتبار واستعمال معاملات الامان المناسبة لحالات الحدود المختلفة كما ورد في المادة (2/2) :-

* وجود حمل ميت على كافة المجازات .
* وجود حمل حي على مجاز بعد مجاز ، بمعنى ان هناك مجازا لا يحمل بين كل مجازين يحملان
* وجود حمل حي على أى مجازين متجاورين مع عدم وجود مثل هذا الحمل على باقي المجازات .

ويمكن اعادة توزيع العزوم لحالات الحد الاقصى فقط حسب ما ورد في المادة (3/2).

4/4 حالة حد التشغيل

4/4/1 تحليل المقاطع :

تؤخذ الفرضيات التالية في الاعتبار عند التحليل لحالات حد التشغيل :-

* ان المقاطع المستوية قبل الانحناء تبقى مستوية بعده .
* ان التصرف المرن للخرسانة يستمر حتى تصل اجهادات الضغط الى القيم المبينة في البندين (4/4/2) و (4/4/3) .
* ان معايير مرونة الخرسانة يمكن اخذه حسب ما ورد في البند (3/1/2) .
* امكانية تجاهل تأثير الاحمال الميتة والحية على انفعال اوتار اسباق الاجهاد والقوة المؤثرة فيها .

4/2/4 حدود الاجهاد تحت ظروف التشغيل :

(أ) اجهادات الضغط :

يجب الا تزيد اجهادات الضغط في الخرسانة تحت ظروف التشغيل عن القيم الموضحة في الجدول (6) .

الجدول(6)

اجهادات الضغط المسموح بها في

الخرسانة لحالات حد التشغيل

طبيعة الأحمال	إجهاد الضغط المسموح به
حمل التصميم في الانحناء	0.33 fcu ويمكن زيادة هذه القيمة الى 0.4 fcu عند التعامل مع عزوم المساند في الجيزان المستمرة.
حمل التصميم في الضغط الرأسي .	0.25 fcu

(ب) اجهادات الشد في الخرسانة الناجمة عن الانحناء:

(1) يجب عدم السماح بتولد اجهادات شد عند الوصلات المصنوعة من الملاط والخرسانة والواقعة بين العناصر الانشائية سابقة الصب وذلك عندما تؤثر الاحمال التصميمية على تلك العناصر .

(2) يجب الا تزيد اجهادات الشد في الاجزاء الاخرى من العنصر الانشائي سابق الاجهاد، وحسب صنف تشغيله الوارد في المادة (2/2) ، عن القيم التالية :-

* عناصر انشائية من الصنف (1) : لا يسمح باي اجهادات شد .
* عناصر انشائية من الصنف (2) : يجب الا تزيد اجهادات الشد التصميمية عن مقاومة الخرسانة التصميمية للشد الناجمة عن الانحناء للعناصر الانشائية سابقة الشد ، وعن (0.8) من المقاومة

التصميمية للشد الناجمة عن الانحناء للعناصر الانشائية تالية الشد . ويكون اجهاد الشد المسموح به في العناصر الانشائية سابقة الشد مساويا $(0.45\sqrt{fcu})$ وللعناصر الانشائية تالية الشد مساويا $(0.36\sqrt{fcu})$. ويبين الجدول (7) قيم اجهادات الشد المسموح بها كما يسمح بزيادة اجهاد الشد التصميمي المبين في الجدول (7) بقيمة تصل الى (1.7) نيوتن/ملمتر مربع شريطة ان تبين نتائج الفحوص عدم تجاوز الاجهاد المزاد قيمة تعادل (0.75) من قيمة اجهاد الشد المحسوب من التحميل في اختبار الاداء (Performance Test) وذلك عند ظهور اول شق . وعند استخدام مثل هذه الزيادة في اجهاد الشد التصميمي فانه يجب الا يقل الاجهاد في الخرسانة الناجم عن سبق الاجهاد وبعد حسم الفقدان كله عن (10) نيوتن/ملمتر مربع .

وعندما يكون حمل التشغيل التصميمي ذا طبيعة مؤقتة وقيمة عالية على نحو استثنائي بالمقارنة مع قيمة الحمل الذي يحمله العنصر الانشائي في العادة ، فانه يسمح بزيادة القيم المعطاة في الجدول (7) بقيمة تصل الى (1.7) نيوتن/ملمتر مربع شريطة ان تكون الاجهادات المؤثرة في ظروف التشغيل العادية اجهادات ضغط وذلك لضمان اغلاق أي شق يكون قد ظهر .

وعندما تتجاوز الاجهادات المؤثرة على العنصر الانشائي القيم المعطاة في الجدول (7) لأي من الأسباب المبينة في هذه الفقرة ، فانه يجب توزيع أي اوتار سابقة الشد (Pre-Tensioned Tendons) في كل منطقة الشد من المقطع وفي حالة الأوتار تالية الشد (Post-Tensioned Tendons) يتم تزود المقطع بتسليح اضافي يوضع بالقرب من وجه الشد (Tension Face) اذا دعت الحاجة لذلك.

الجدول (7)

اجهادات الشد التصميمية الناجمة عن الانحناء

في العناصر الانشائية من الصنف (2)

حالة حد التشغيل : التشقق

	درجة الخرسانة			
	30	40	50	60
	الاجهاد التصميمي			
	ن/ملم2	ن/ملم2	ن/ملم2	ن/ملم2
سابقة الشد	-	2.9	3.2	3.5
تالية الشد	2.1	2.3	2.6	2.8

* عناصر انشائية من الصنف(3) : على الرغم من السماح بتشققات في العناصر الانشائية من هذا الصنف ، الا انه يفترض عدم تشقق المقطع الخرساني ووجود اجهادات شد تعادل في قيمتها اجهادات الشد التصميمية المفترضة ، وذلك عندما تبلغ سماكة الشق الحد المبين في المادة (2/2) .ويبين الجدول (8) قيم اجهادات الشد

المفترضة التصميمية المستخدمة في هذه الحسابات للعناصر الانشائية ذات الاوتار سابقة الشد (Pre-Tensioned) او تالية الشد المحقونة بالملاط (Grouted Post-Tensioned) . وتعدل القيم المبينة في الجدول (8) بأي من المعاملات المبينة في الجدول (9) وكذلك وفقا لما هو وارد في الفقرات الفرعية التالية :-

الجدول (8)

اجهادات الشد التصميمية المفترضة

للعناصر الانشائية من الصنف (3)

	الحد الأعلى لسمك الشق	الاجهاد التصميمي للخرسانة درجة		
		30	40	50 واكثر
المجموعة	ملم	ن/ملم2	ن/ملم2	ن/ملم2

(أ) أوتار سابقة الشد	0.1	-	4.1	4.8
	0.2	-	5.0	5.8
(ب) أوتار تالية الشد محقونة	0.1	3.2	4.1	4.8
	0.2	3.8	5.0	5.8
(ج) أوتار سابقة الشد موزعة في منطقة الشد وموضوعة بالقرب من وجه الشد للخرسانة	0.1	-	5.3	6.3
	0.2	-	6.3	7.3

الجدول (9)

معاملات العمق لاجهادات الشد التصميمية

للعناصر الانشائية من الصنـف (3)

عمق العنصر الانشائي (ملم)	المعامـل
200 واقل	1.1
400	1.0
600	0.9
800	0.8
1000 واكثر	0.7

- يعتمد التشقق في العناصر الانشائية سابقة الاجهاد المعرضة للانحناء على عمق المقطع وقيمة الاجهاد التصميمي المبين في الجدول (8) التي يجب تعديلها بضربها في معامل مناسب من الجدول (9) .

- عند تعديل اجهادات الانحناء (Flexural-Stresses) في الانشاءات المركبة (Composite Constructions) والتي يتم استنتاجها من الجدول(8) ، يستخدم عمق المقطع الكلي حيث يضرب ذلك الاجهاد في المعامل المستنتج من الجدول (9) .
- عند حصر تسليح اضافي ضمن منطقة الشد بحيث يقع قريبا من وجوه الشد في الخرسانة والسماح بزيادة اجهادات الشد التصميمية المعدلة (Modified Design Hypothetical Tensile Stresses) بقيمة تتناسب مع مساحة مقطع التسليح الاضافي (التي يعبر عنها بوصفها نسبة من مساحة مقطع الخرسانة في منطقة الشد) ،

(4) (1.0)

فيسمح عند زيادة التسليح الاضافي بنسبة قدرها بالمائة بزيادة الاجهادات بقيمة قدرها نيوتن/ملمتر مربع وذلك للعناصر الانشائية من المجموعتين (أ) و (ب) وبقيمة قدرها (3) نيوتن/ملمتر مربع للعناصر الانشائية من المجموعة (ج) . اما لنسب التسليح الاضافية الاخرى فانه يسمح بزيادة الاجهادات بنسبة تتناسب مع نسب التسليح الاضافي وبحد اقصى قدره $(0.25\,fcu)$. وعندما يكون جزء كبير من حمل التشغيل التصميمي (Design Service Load) حملا مؤقتا بحيث يكون المقطع كله مضغوطا تحت تأثير الحمل الدائم (الحمل الميت بالاضافة الى الحمل المؤثر بصورة متكررة) ، فانه يسمح بتجاوز اجهادات الشد المفترضة تحت تأثير حمل التشغيل الكلي .

4/3/4 حدود الاجهاد عند منطقة انتقال الاجهادات :

(أ) اجهادات الضغط عند انتقال الاجهادات :

يجب الا تزيد اجهادات الضغط في الخرسانة عند منطقة انتقال الاجهادات عن القيم الموضحة في الجدول (10) .

الجدول (10)

اجهادات الضغط المسموح بها في

الخرسانة عند انتقال الاجهادات

طبيعة توزيع الإجهاد	إجهاد الضغط المسموح به
اجهاد اسباق اجهاد عند الوجه المعرض للضغط الاكبر	0.5 fci
اجهاد اسباق اجهاد متماثل او شبه متماثل	0.4 fci

حيث ان fci هي قوة الخرسانة عند انتقال الاجهادات .

(ب) اجهادات الشد التصميمية في الانحناء :

يجب الا تزيد اجهادات الشد التصميمية في الانحناء عن القيم التالية :-

* عناصر انشائية من الصنف (1) : (1) نيوتن/ملمتر مربع .

*عناصر انشائية من الصنف (2) : $(0.45\sqrt{fci})$ للعناصر الانشائية سابقة الشد او $(0.36\sqrt{fci})$ للعناصر الانشائية تالية الشد ، حيث (fci) هي مقاومة الخرسانة عند منطقة انتقال الاجهادات . ويجب ان تحتوى العناصر الانشائية ذات الاوتار سابقة الشد على عدد من الأوتار او تسليح اضافي يتم توزيعه بانتظام في كل منطقة الشد من المقطع . اما العناصر الانشائية تالية الشد فيجب – اذا دعت الضرورة الى ذلك – أن تتضمن تسليحا اضافيا يوضع بالقرب من وجه الشد للعنصر الانشائي .

* عناصر انشائية من الصنف (3) : بصفة عامة ، يجب الا يزيد اجهاد الشد التصميمي للعناصر الانشائية من هذا الصنف عن القيم الخاصة بالعناصر الانشائية من الصنف (2) .وفي الحالات التي يتم فيها تجاوز قيم هذا الاجهاد ، فانه يجب اعتبار المقطع عند التصميم مقطعا متشققا .

4/5 ترخيم الجيزان

5/1/4 عام :

تراعى متطلبات حالة حد الترخيم الواردة في الباب الثاني من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني . الا انه لا توجد حدود رقمية لقيم سهم الترخيم ، اذ انه في العناصر الانشائية من الخرسانة المسلحة (وفي جميع الحالات العادية) يتم ضبط قيم الترخيم الحاصل فيها بوضع حدود لنسبة المجاز الى العمق الفعال .وبصفة عامة ، فانه يتعذر اتباع هذا الاسلوب لضبط قيم الترخيم في العناصر الانشائية من الخرسانة سابقة الاجهاد بسبب التأثير الكبير لقيمة اسباق الشد الذي يتم عنده اسباق الاجهاد .

وفي الحالات التي يعتبر فيها حساب الترخيم الحاصل في العناصر الانشائية سابقة الاجهاد ضروريا ، فانه يمكن استخدام الطرق الواردة في البند (4/5/2) لهذه الغاية .

5/2/4 طريقة الحساب :

(أ)

في العناصر الانشائية سابقة الاجهاد من الصنفين (1) و (2) يسمح بحساب كل من الترخيم الآني والترخيم طويل الامد باستخدام تحليل إنشائي مرن (Elastic Analysis) . كما يسمح بذلك للعناصر الانشائية سابقة الاجهاد من الصنف (3) التي لا ينجم عن تأثرها بالاحمال التصميمية الدائمة (Design Permanent Loads) اجهادات تزيد عن القيم الواردة في الجدول (7) .

(ب) في غير ذلك من الحالات يجب اتباع طرق اكثر دقة لحساب الترخيم تعتمد على العلاقة بين عزم الانحناء والتقوس للمقاطع المتشققة .

(ج) عند حساب الترخيم يجب اختيار قيم مناسبة للاحمال ومنهجية تصميم (Design Criteria) ملائمة . ويراعى بهذا الخصوص ما ورد في الباب الثاني من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني ، او تؤخذ معالجة زحف الخرسانة في الاعتبار كما سيوضح في البند (9/2/5) .

(د)) لحساب الترخيم طويل الامد يؤخذ معاير مرونة الخرسانة الفعال (Effective Modulus of Elasticity) حسب ما ورد في الباب الثاني من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني .

4/6 حالة الحد الاقصى (الانحناء)

4/6/1 تحليل المقاطع :

يمكن اعتماد الفرضيات التالية عند التحليل لحالات الحد الاقصى :-

* ان تتوزع الانفعال (Strain Distribution) في الخرسانة عند تعرضها للضغط يبنى على اساس افتراض ان المقاطع المستوية قبل الانحناء تبقى مستوية بعده .
* امكانية الحصول على توزع الاجهاد (Stress Distribution) في الخرسانة عند تعرضها للضغط باعتماد منحنى الانفعال – الاجهاد الموضح في الشكل (1) مع اعتبار هذا الاجهاد مساويا $(0.45\, f'cu)$ فوق منطقة ضغط بعمق $(0.9\, d)$، مع التنويه بان الانفعال في الحالتين في اعلى المقطع قد اعتبر مساويا (0.0035).
* امكانية تجاهل قوة الخرسانة في الشد .

* ان الانفعال في اوتار اسباق الاجهاد الملتصقة بالخرسانة او أي حديد تسليح اضافي في الضغط والشد يمكن

الحصول عليه بالاستناد الى فرضية ان المقاطع المستوية تبقى مستوية .

* ان الاجهاد في اوتار اسباق الاجهاد الملتصقة بالخرسانة سابقة الشد او اللامشدودة او اي حديد تسليح اضافي يمكن الحصول عليه من اشكال الانفعال – الاجهاد المناسبة ، وقد تم التنويه بهذه الاشكال سابقا . فالشكل (3) يمثل تصرف اوتار اسباق الاجهاد بينما يمثل الشكل (2) تصرف فولاذ التسليح . ويمكن الحصول على الاجهاد بطريقة بديلة كما هو موضح في البند (4/6/2) وفي الجدول (11) .

* ان الاجهاد في الاوتار في العناصر تالية الشد التي لا تلتصق اوتار اسباق الاجهاد فيها بالخرسانة يجب الا يزيد عن القيمة الموضحة في المعادلة (4) الا اذا اثبتت الفحوص او التحاليل الدقيقة غير ذلك.

6/2/4 معادلة التصميم :

في غياب تحليل يعتمد على الفرضيات الموضحة في البند (4/5/1) ، فان عزم مقاومة أي جائز يمكن الحصول عليه من المعادلة (3) بغض النظر عن شكل الجائز .

$$M_u = f_{pb} \cdot A_{ps} (d - d_n) \qquad (3)$$

حيث :-

M_u = عزم مقاومة المقطع ،

f_{pb} = اجهاد الشد في وتر اسباق الاجهاد عند الانهيار ،

b = العرض الفعال للمقطع او الشفه في منطقة الضغط ،

d = العمق الفعال للمقطع مقاسا حتى وكز اوتار اسباق الاجهاد ،

d_n = العمق حتى وكز مخطط اجهاد الضغط ،

A_{ps} = مساحة مقطع اوتار اسباق الاجهاد .

وفي الجيزان المستطيلة والجيزان ذات الشفاه التي لا يقل عمق الشفة فيها عن $(0.9\,x)$، فان (d_n) يمكن ان تؤخذ مساوية $(0.45\,x)$.

وكذلك فان قيم (f_{pb}) و (x) معطاة في الجدول (11) للعناصر سابقة الشد والعناصر تالية الشد ذات الالتصاق الفعلي لأوتار اسباق الاجهاد بالخرسانة .

اما بالنسبة لأوتار اسباق الاجهاد غير الملتصقة بالخرسانة فيمكن الحصول على (f_{pb}) و (x) من المعادلتين التاليتين شريطة ان لا تزيد قيمة (f_{pb}) عن $(0.7\, f_{pu})$.

$$(4) \qquad f_{pb} = f_{pe} + \frac{7000}{\ell / d}\left(1 - 1.7\,\frac{f_{pu}\,A_{ps}}{f_{cu}\cdot b\cdot d}\right)$$

$$(5) \qquad X = 2.47\left[\left(\frac{f_{pu}\,A_{ps}}{f_{cu}\cdot b\cdot d}\right)\left(\frac{f_{pb}}{f_{pu}}\right) d\right]$$

حيث :-

f_{pe} = الاجهاد السابق للاوتار بعد حسم جميع المفاقيد ،

X = عمق محور الخمول .

وعند استعمال هذه المعادلة لتحديد عزم مقاومة المقاطع ، يجب تجاهل اوتار اسباق الاجهاد وحديد التسليح الاضافي في منطقة الضغط من المقطع .

وقد استنتجت المعادلة التصميمية على اساس ان طول منطقة اللامرونة (Zone of Inelasticity) في الخرسانة تساوي $(10\,x)$.

ويؤخذ الطول (ℓ) في العادة مساويا لطول وتر اسباق الاجهاد بين النهايات الخارجية للمراسي . ويسمح بخفض الطول في العناصر الانشائية المستمرة متعددة البحور(Continuous Multi-span Members) عند القيام بتحليل لتحديد العدد الادنى من مناطق اللامرونة المرتبطة بكل حالة لتجميع الاحمال التصميمية وتوزيعها .

الجدول (11)

الحالة عند الحد الاقصى لجيزان مستطيلة المقطع

ذات أوتار اسباق اجهاد سابقة الشد او أوتار

اسباق اجهاد تالية الشد ملتصقة فعليا بالخرسانة

الاجهاد التصميمي في الأوتار محسوبا بصفته نسبة من المقاومة التصميمية			نسبة عمق محور الخمول الى عمق الأوتار في منطقة الشد		
$\frac{f_{pu}\ A_{ps}}{f_{cu}\ b\ d}$	$\frac{f_{pb}}{0.87\ f_{pu}}$		$\frac{x}{d}$		
	$\frac{f_{pe}}{f_{pu}}$		$\frac{f_{pe}}{f_{pu}}$		
	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4
0.05	1.00	1.00	1.00	0.11	0.11	0.11
0.10	1.00	1.00	1.00	0.22	0.22	0.22
0.15	0.99	0.97	0.95	0.32	0.32	0.31
0.20	0.92	0.90	0.88	0.40	0.39	0.38
0.25	0.88	0.86	0.84	0.48	0.47	0.46
0.30	0.85	0.83	0.80	0.55	0.54	0.52
0.35	0.83	0.80	0.76	0.63	0.60	0.58
0.40	0.81	0.77	0.72	0.70	0.67	0.62
0.45	0.79	0.74	0.68	0.77	0.72	0.66
0.50	0.77	0.71	0.64	0.83	0.77	0.69

4/6/3 الخفض المسموح به في مساحة فولاذ التسليح الناجم عن التسليح الاضافي في منطقة الشد :

في حالة غياب تحليل انشائي دقيق يسمح بان تستبدل بمساحة فولاذ التسليح (A_s) مساحة مكافئة من اوتار اسباق الاجهاد قدرها $(A_s\ f_y / f_{pu})$.

4/6/4 الجيزان غير المستطيلة :

يجب ان تحلل الجيزان غير المستطيلة باستعمال الفرضيات الواردة في البند (4/4/1) او باستعمال معادلة التصميم (3) المشار اليها في البند (4/6/2) .

4/6/5 مقاومة القص في الجيزان :

(أ) **عام :**

ان اجراء التدقيق بالنسبة لمقاومة القص في الجيزان ضروري لحالات الحد الاقصى فقط في حين لا داعي له في حالات حد التشغيل . ويجب حساب المقاومة القصوى للقص في الخرسانة لوحدها (V_c) لحالة المقطع

اللامتشقق [انظر البند الفرعي (4/6/5ب)] وحالة المقطع المتشقق [انظر البند الفرعي (4/6/5ج)] مع اعتماد الحالة الاقل بالاضافة الى توفير حديد تسليح لمقاومة قوى القص حسب الضرورة [انظر البند الفرعي (4/6/5د)] .

(ب) المقاطع اللامتشققة في الانحناء :

تتمثل المقاومة القصوى لمقطع غير متشقق في الانحناء (V_{co}) بحدوث اجهاد رئيسي اقصى عند المحور لاكري للمقطع بقيمة تساوي $(f_t = 0.24\sqrt{f_{cu}})$.وعند احتساب (V_{co}) فان قيمة اسباق الاجهاد عند المحور لاكري يجب ان تؤخذ مساوية $(0.8\, f_{cp})$.ويمكن الحصول على قيمة (V_{co}) بواسطة المعادلة (6).

$$V_{co} = 0.67\, b \cdot h \sqrt{f_t^2 + 0.8 f_{cp} \cdot f_t} \qquad (6)$$

حيث :-

f_t = $(0.24\sqrt{f_{cu}})$ وتؤخذ باعتبارها موجبة الاشارة ،

f_{cp} = جهد الضغط عند المحور لاكري الناتج عن اسباق الاجهاد مأخوذا باعتباره موجب الاشارة ،

b = عرض مقطع العنصر . وفي حالات الجيزان ذوات الأشكال I و T و L فان عرض المقطع يجب ان يستبدل به عرض الوتيرة (b_w) ،

h = العمق الكلي لمقطع العنصر .

ويمكن تبويب قيم $(V_{co}/b\,h)$ الناتجة من (المعادلة 6) في الجدول (12) .

الجدول (12)

قيم $(V_{co}/b\,h)$

f_{cp} ن/ملم2	درجة الخرسانة 30 ن/ملم2	40 ن/ملم2	50 ن/ملم2	60 ن/ملم2
2	1.30	1.45	1.60	1.70
4	1.65	1.80	1.95	2.05
6	1.90	2.10	2.20	2.35

2.65	2.50	2.30	2.15	8
2.85	2.70	2.55	2.35	10
3.10	2.95	2.75	2.55	12
3.30	3.15	2.95	2.70	14

وفي المقاطع ذوات الشفاه حيث يقع المحور المركزي في الشفة ، فان الاجهاد الرئيسي في الشد يجب ان يحدد بقيمة $(0.24\sqrt{f_{cu}})$ عند التقاء الشفة والوتيرة .وفي هذه الحالة ، فان (0.8)من الاجهاد الناشئ عن اسباق الاجهاد عند التقاء الشفه والوتيرة يجب ان يستعمل في الحساب . ولمقطع غير متشقق بالانحناء مع وجود اوتار اسباق اجهاد مائلة او مع أسباق إجهاد رأسي ، فان مركبة قوة اسباق الاجهاد الموازية للمقطع (العمودية علي محور العنصر الطولي) يمكن ان تضاف الى (V_{co}) لتحديد المقاومة الكلية للقص .

(ج) المقاطع المتشققة بالانحناء :

يمكن الحصول على المقاومة القصوى للقص لمقطع متشقق بالانحناء من المعادلة (7):

$$V_{cr} = \left(1 - 0.55\,\frac{f_{pe}}{f_{pu}}\right) v_c\, bd + M_o\,\frac{V}{M} \qquad (7)$$

حيث :-

d = المسافة من اقصى طرف منطقة الضغط الى مركز اوتار اسباق الاجهاد في المقطع تحت الدراسة .

M_o = العزم اللازم لاحداث اجهاد يساوي صفرا في الخرسانة على عمق (d)

وبهذا فهو يساوي $\left(M_o = 0.8 f_{pe}\,\frac{I}{y}\right)$ حيث (f_{pe}) الاجهاد الناتج عن اسباق الاجهاد فقط على عمق (d) ومسافة (y) من مركز مقطع الخرسانة الذي له عزم العطالة (I)

f_{pe} = اسباق الاجهاد الفعال بعد حسم جميع المفاقيد ولأغراض هذا البند لا يجوز ان تزيد قيمة (f_{pe}) عن $(0.6\ f_{pu})$.

v_c =. الاجهاد الأقصى للقص في الخرسانةويمكن الحصول عليه من الجدول (13)

M,V

= قوة القص وعزم الانحناء في المقطع تحت الدراسة بوجود الاحمال القصوى.

V_{cr} = المقاومة القصوى للمقطع المتشقق بالانحناء التي لا يجوز ان تقل عن $(0.1\, b\, d\, \sqrt{f_{cu}})$

ومن الجدير بالذكر ان قيمة (V_{cr}) التي يتم حسابها من المعادلة (7) لمقطع معين يمكن افتراض استمرارها بثبات لكل المقاطع على مسافة $(d / 2)$ من هذا المقطع في الاتجاه الذي يزيد فيه العزم . وكذلك فانه للمقاطع المتشققة بالانحناء التي تحتوي اوتار اسباق اجهاد مائلة ، فان مركبة قوة اسباق الاجهاد في الاتجاه العمودي على المحور الطولي للعنصر يجب تجاهلها في حساب مقاومة القص .

الجدول (13)

الاجهاد الاقصى بالقص في الجيزان (V_c)

$\frac{100\, A_s}{b\, d}$	20	25	30	40 فما فوق
	درجة الخرسانة			
	ن/ملم2	ن/ملم2	ن/ملم2	ن/ملم2
0.25	0.35	0.35	0.35	0.35
0.50	0.45	0.50	0.55	0.55
1.00	0.60	0.65	0.70	0.75
2.00	0.80	0.85	0.90	0.95
3.00	0.85	0.90	0.95	1.00

* As هي مساحة فولاذ التسليح المستمر بالشد وبطول التثبيت اللازم بعد المقطع تحت الدراسة إلا في حالة مقاطع المساند حيث (As) مساحة حديد التسليح الكلي بالشد في المقطع .

(د) التسليح للقص :

عندما تقل قيمة قوة القص القصوى (V) نتيجة للاحمال القصوى عن مقاومة الخرسانة القصوى للقص (V_c) التي تتحملها الخرسانة ، فانه لا حاجة الى توفير حديد تسليح للقص في الحالات التالية :-

* اذا قلت قيمة (V) عن $(0.5\, V_c)$.
* اذا كان العنصر تحت الدراسة قليل الاهمية . وفي الحالات الباقية حيث لا تزيد قوة اجهاد القص عن

$(V_c + 0.4\ b\ d)$ يجب توفير حديد تسليح ادنى للقص على شكل كانات على النحو التالي :-

$$\frac{A_{sv}}{S_v} = \frac{0.4\ b}{0.87\ f_{yv}} \qquad (8)$$

حيث :-

f_{yv} = المقاومة المميزة لحديد التسليح المستعمل على الا تزيد عن (425) ن/ملم2 .

A_{sv} = مساحة مقطع زجل الكانات الموفرة (تحتسب مساحة مقطع رجلي كل كانة) .

S_v = مسافة تباعد الكانات على طول العنصر .

وفي الحالات التي تزيد فيها قوة القص القصوى (V) عن $(V_c + 0.4\ b\ d)$ ، يجب توفير حديد تسليح للقص بحيث لا يقل عن متطلبات المعادلة (8) ويفي بمتطلبات المعادلة (9).

$$\frac{A_{sv}}{S_v} = \frac{V - V_c}{0.87\ f_{yv}\ d_t} \qquad (9)$$

وفي الجيزان المستطيلة ، فان أي كانة يجب ان تحيط بقضيب تسليح طولي او وتر اسباق اجهاد او مجموعة من هذه الاوتار بقطر لا يقل عن قطر الكانة عند كل زاوية من زاويتي منطقة الشد في مقطع الخرسانة . وقد اعتبرت (d_t) في هذا البند العمق من ابعد شريحة في الضغط في مقطع الخرسانة الى قضبان التسليح الطولية او الى وكز اوتار اسباق الاجهاد ايهما ابعد . ويجب ان تكون هذه الكانة قريبة ما امكن الى اطراف العنصر الخرساني الخارجية مع مراعاة توفير الغطاء الخرساني المطلوب . وكذلك يجب ان تحيط الكانة الموجودة عند مقطع ما بكل اوتار اسباق الاجهاد وحديد التسليح الموجود في هذا المقطع مع مراعاة ان تكون هذه الكانة ذات تثبيت جيد في الخرسانة .

أما تباعد الكانات في اتجاه طول العنصر فيجب الا يزيد عن $(0.75\ d_t)$ او عن اربعة امثال عرض الوتيرة للعناصر ذوات الشفاه . وعندما تزيد (V) عن $(1.8\ V_c)$، فان الحد الاعلى لتباعد الكانات يجب ان ينقص ليصبح $(0.5\ d_t)$، وكذلك فان تباعد رجلي الكانة بعضها عن بعض في الاتجاه العرضي يجب الا يزيد عن $(0.75\ d_t)$.

(هـ) الحد الاعلى لقوة القص :

(V)

يجب الا يزيد اجهاد القص التصميمي تحت أي ظرف كان [انظر البندين الفرعيين (4/6/5ب) و (4/6/5ج)] عن $0.8\sqrt{f_{cu}}$ او (5) ن/ملم2 ايهما اقل [يتضمن ذلك اعتماد قيمة (γ_m) مساوية 1.25] .

4/7 الليّ

4/7/1 عند تصميم العناصر الانشائية سابقة الاجهاد لا تؤخذ عزوم اللي في الاعتبار الا اذا كان اللي عنصرا اساسيا يؤثر على اتزانها او كانت اجهادات اللي ذات قيم كبيرة .

4/7/2 عند حساب عزوم اللي في الجيزان سابقة الاجهاد يسمح باتباع ما ورد في الباب الرابع من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني بهذا الخصوص .

جدول المحتويات الباب الرابع الباب السادس

الباب الخامس

البلاطات

يمكن القيام بالتحليل الانشائي للبلاطات حسب قواعد التحليل المرن بأي طريقة تماثل الطرق المستعملة من قبل بجواد ووستجاول (Peguad and Westgaol) كما يمكن استعمال طريقة جوهانسن (خطوط الانهيار) (Johansen's Yield Line Method) او طريقة هيلربوج (وحدة الشريط) (Hillerborg's Strip Method) شريطة ان تكون نسبة العزم على المسند الى العزم في المجاز مشابهة للقيم التي يتم الحصول عليها بطريقة التحليل الانشائي المرن ، وينصح بقيم تقع بين (1.0) و (1.5) . اما التصميم الانشائي للبلاطات فتنطبق عليه اسس تصميم الجيزان (الباب الرابع) بتفاصيلها مع تغيير يتمثل في عدم ضرورة وضع أي حديد تسليح للقص في البلاطات اذا قلت قيمة (V) عن قيمة (V_c) .

جدول المحتويات الباب الخامس الباب السابع

الباب السادس

الأعمدة

في الأعمدة ضمن الإطارات الانشائية ، وفي الحالات التي يقل فيها معدل الاجهاد في الخرسانة نتيجة قوة اسباق الاجهاد المنقولة بوساطة اوتار اسباق الاجهاد عن (2.5) ن/ملم2، يمكن اعتبار هذه الاعمدة اعمدة خرسانة مسلحة عادية والتعامل معها على هذا الاساس من دون أي اعتبار لاسباق الاجهاد .

الباب السابع

عناصر الشد

ان قوة الشد في عناصر الشد يجب ان تبنى على اساس قوة التصميم $(0.87\ f_{pu})$ لأوتار اسباق الاجهاد وحديد التسليح الاضافي . ولمعظم الحالات والغايات يمكن اعتبار ان حديد التسليح الاضافي يتعرض لاجهاد يعادل اجهاد التصميم له $(0.87\ f_{pu})$.

وفي بعض الحالات الخاصة قد يتطلب الامر تدقيق حد الاجهاد في حديد التسليح باستعمال اسس الاتساق في الانفعال (Strain Compatibility)

جدول المحتويات الباب السابع الباب التاسع

الباب الثامن

الخرسانة خفيفة الوزن سابقة الاجهاد

نص مجال هذه الكودة على عدم انطباق بنودها على الخرسانة خفيفة الوزن . وقد ادرج هذا الباب للتنبيه الى بعض المشاكل التي ستبرز اذا ما طبقت اساليب اسباق الاجهاد على الخرسانة خفيفة الوزن بغرض صنع خرسانة خفيفة الوزن سابقة الاجهاد . لذا تجدر الاشارة الى انه عند استعمال هذا النوع من الخرسانة يجب الاعتماد على المراجع المتخصصة لتحديد اسس الاختلاف في التصرف بين هذه الخرسانة والخرسانة العادية، بالاضافة الى الطرق الواجب اتباعها لملاءمة اسس التصميم المعروضة في هذه الكودة لتصرف الخرسانة خفيفة الوزن . ومن البديهي هنا ان تكون خسائر اسباق الاجهاد في الخرسانة خفيفة الوزن اكثر منها في الخرسانة عادية الوزن على سبيل المثال .

جدول المحتويات الباب الثامن الباب العاشر

الباب التاسع

متطلبات اسباق الاجهاد

9/1 الحد الاعلى لاسباق الاجهاد الابتدائي

يجب الا تزيد قوة الشد في اوتار اسباق الاجهاد عند استعمال اجهزة الشد عن (75) بالمائة من المقاومة المميزة لهذه الاوتار ، وهي $(0.75\ f_{pu})$. الا انه يمكن زيادة هذه المقاومة الى $(0.8\ f_{pu})$ اذا تم اتخاذ اجراءات اضافية للعناية بالسلامة وبخصائص المنحنى الذى يربط بين الاجهاد والانفعال لاوتار اسباق الاجهاد ولتحديد الفقدان في اسباق الاجهاد بالاحتكاك .

وكذلك فانه عند تحديد قوة الشد يجب اخذ فاعلية اجهزة المراسي والمقابض بعين الاعتبار . وعند استعمال اوتار اسباق الاجهاد المنحرفة (deflected) في اجهزة اسباق الشد يجب العناية عند تحديد الحد الاعلى لاسباق الاجهاد الابتدائي بالتأثير المحتمل لقياس قضبان تغيير الاتجاه على قوة اوتار اسباق الاجهاد وبالفقدان المتوقع في قوى اسباق الاجهاد بالاحتكاك .

9/2 الفقدان في اسباق الاجهاد عدا عن فقدان الاحتكاك

9/2/1 عام :

عند تحديد قوى اسباق الاجهاد في المراحل المختلفة التي تدقق في التصميم يجب اخذ الفقدان المختلف الذي يلحق باسباق الاجهاد نتيجة العوامل التالية بعين الاعتبار :-

* الاسترخاء في فولاذ اوتار اسباق الاجهاد .
* التشوه المرن في الخرسانة ، وتأثيرات التقلص والزحف التاليين فيها .
* الانزلاق او التحرك الذي يحدث لاوتار اسباق الاجهاد عند المراسي في اثناء عملية الارساء .

* الأسباب الاخرى في الحالات الخاصة كحالات استعمال الايناع بالبخار عند اسباق الشد . وفي حالة عدم توافر

ادلة مخبرية تجريبية ، يجب الاعتماد على خصائص الحديد والخرسانة عند حساب الفقدان في اسباق الاجهاد في هذه الحالات .

وفي كثير من المنشآت وبخاصة الابنية فان التوصيات اللاحقة في البنود التالية تشكل اساسا صالحا وعمليا لتحديد الفقدان في اسباق الاجهاد مع ملاحظة ان هذه التوصيات تبقى عامة وتقريبية .

9/2/2 الفقدان في اسباق الاجهاد نتيجة لاسترخاء الفولاذ :

(أ) **عام :**

(1) يتم الحصول على الفقدان طويل الأمد للقوة (Long Term Loss Force) في وتر اسباق الاجهاد بضرب قيمة مناسبة لمعامل استرخاء يؤخذ من الجدول (14) في قيمة الاسترخاء عند (1000h) المبين في البند الفرعي (9/2/2ب) حيث (h) الزمن بالساعات .

(2) يجب اعتبار القوة المبدئية لاسباق الاجهاد مساوية لتلك المؤثرة بعد اسباق الاجهاد مباشرة في حالة اسباق الشد (Pre-Tensioning) ، ومساوية لتلك المؤثرة مباشرة عند انتقال الاجهادات (At Transfer) في حالة الشد التالي (Post-Tensioning).

(3) عند وضع قيم معامل الاسترخاء في الجدول (14) اخذ في الاعتبار ان تتضمن هذه القيم تأثيرات خفض الانفعال (Strain Reduction) الناجم عن زحف الخرسانة وانكماشها . وفي حالة اسباق الشد ، فان خفض الانفعال ينجم عن تشوه الخرسانة المرن عند انتقال الاجهادات .

الجدول (14)

معامل الاسترخاء

	سلك او جديلة		قضيب
	تصنيف الاسترخاء حسب ما ورد في المواصفة القياسية البريطانيـة (BS 5896)		
	1	2	
سابق الشد	1.5	1.2	-
تالي الشد	2.0	1.5	2.0

(ب) **قيمة الاسترخاء $(1000h)$:**

(1) يجب ان تؤخذ قيمة الاسترخاء $(1000\ h)$ من الشهادة البريطانية لقبول المنتجات (The Manufacturer's UK Certificate of Approval) ، والتي توفر عادة معلومات عن قيمة الاسترخاء $(1000\ h)$ لاحمال ابتدائية قدرها (60) و (80) (70) بالمائة من حمل الكسر . ويتم استنتاج قيم الاسترخاء $(1000\ h)$ للاحمال التي تقع قيمها بين القيم المذكورة اعلاه بالتقريب الخطي .

(2) يسمح بافتراض ان قيمة الاسترخاء $(1000\ h)$ لاحمال ابتدائية تقل عن (60) بالمائة من حمل الكسر تتناقص خطيا من قيمتها المحددة عند (60) بالمائة من حمل الكسر حتى تصل الى الصفر عند حمل ابتدائي قدره (30) بالمائة من حمل الكسر .

(3) في حالة غياب الشهادة المخبرية المعتمدة لقبول المنتجات ، فانه يجب اعتبار قيمة الاسترخاء مساوية لقيمتها القصوى المناظرة للحمل الابتدائي والواردة في المواصفة القياسية البريطانية (BS 4486) للقضبان الفولاذية عالية المقاومة وفي المواصفة القياسية البريطانية $(BS\ 5896)$ للاسلاك والجدائل عالية المقاومة .

(ج) **فقدان استرخاء الفولاذ غير العادي :**

قد يتعرض الفولاذ الى فقدان غير عادي ناجم عن الاسترخاء وذلك في حالات خاصة مثل تعرض اوتار اسباق الاجهاد الى درجات حرارة عالية او الى احمال جانبية كبيرة . وفي مثل هذه الحالات يجب الرجوع الى مراجع اكثر تخصصا لتحديد قيمة الاسترخاء .

9/2/3 فقدان اسباق الاجهاد الناتج عن التشوه المرن للخرسانة :

لغايات حساب الفقدان الاني لقوة اسباق الاجهاد في الاوتار عند انتقال الاجهادات نتيجة للتشوه المرن في الخرسانة ، وفي حال عدم توافر نتائج تجريبية لمعاير المرونة للخرسانة ، يمكن اعتماد قيم معاير المرونة للخرسانة الواردة في البند (3/1/2) . اما معاير مرونة اوتار اسباق الاجهاد فيمكن الحصول عليه من البند (3/1/4)

وفي حالات اسباق الشد ، فان فقدان اسباق الاجهاد عند انتقال الاجهادات ، يجب ان يحسب على اساس النسبة المعيارية (Modular Ratio) مع اعتبار الاجهاد الموجود في الخرسانة المجاورة للاوتار .

وفي حالات الشد التالي وعندما لا تشد كافة الاوتار في وقت واحد ، يحدث فقدان تدريجي في اسباق الاجهاد نتيجة التطبيق المرحلي لقوة اسباق الاجهاد . وفي هذه الحالات ، يمكن حساب فقدان اسباق الاجهاد نتيجة تشوه الخرسانة على اساس انه نصف النسبة المعيارية مضروبا في معدل الاجهاد في الخرسانة المجاورة للاوتار على طول الوتر الكلي . كما يمكن ان يحسب بصورة دقيقة مع ادخال ترتيب الشد بعين الاعتبار . وعند القيام بكل هذه الحسابات يمكن افتراض وجود اوتار اسباق الاجهاد في نقط مراكزها (كل وتر في مركزه) .

2/4/9 فقدان اسباق الاجهاد الناجم عن انكماش الخرسانة :

(أ) يحسب الفقدان في اسباق الاجهاد الناجم عن انكماش الخرسانة باعتباره حاصل ضرب الانكماش لكل وحدة طول من الخرسانة في معامل مرونة اوتار اسباق الاجهاد [انظر المواصفة القياسية البريطانية (BS 4486) للقضبان عالية المقاومة والمواصفة القياسية البريطانية (BS 5896) للاسلاك والجدائل عالية المقاومة] .

(ب) يتوقف انفعال الانكماش (Shrinkage Strain) في الخرسانة على العوامل التالية :-

* نوع الإكام المستخدم .
* محتوى الماء الأصلي .
* العمق الفعال عند انتقال الاجهادات .
* السماكة الفعالة للمقطع .
* الرطوبة النسبية المحيطة .

وعند غياب نتائج الفحوص المخبرية ، يسمح باستخدام قيمة لمعامل انكماش الخرسانة تبلغ (0.0003).

9/2/5 الفقدان في اسباق الاجهاد الناجم عن زحف الخرسانة :

(أ) عام :

(1) يسمح بحساب الفقدان في اسباق الاجهاد في الاوتار والناجم عن زحف الخرسانة بافتراض تناسب الزحف مع الاجهاد في الخرسانة

(2) يتم تحديد الفقدان في اسباق الاجهاد الناجم عن زحف الخرسانة من حاصل ضرب الزحف لكل وحدة طول من الخرسانة المجاورة للاوتار في معاير مرونة اوتار اسباق الاجهاد .[انظر المواصفة القياسية البريطانية (BS 4486) للقضبان عالية المقاومة والمواصفة القياسية البريطانية (BS 5896) للاسلاك والجدائل عالية المقاومة].وعند حساب الفقدان في اسباق الاجهاد يفترض عادة وقوع أوتار اسباق الاجهاد في مراكزها .

(ب) **انفعال الزحف النوعي (Specific Creep Strain)** :

(1) يسمح باعتبار قيمة انفعال الزحف النوعي (الزحف لكل وحدة طول لكل وحدة إجهاد) مساوية لناتج قسمة معامل الزحف على معاير مرونة الخرسانة عند انتقال الاجهادات [انظر البند (9/2/3)] .

(2) يتوقف معامل زحف الخرسانة على العوامل التالية :-

* محتوى الماء الأصلي .
* العمق الفعال عند انتقال الاجهادات .
* السماكة الفعالة للمقطع .
* الرطوبة النسبية المحيطة .
* درجة الحرارة المحيطة .

(3) عند تعرض الخرسانة الى ظروف خارجية ، يسمح بصفة عامة باعتبار قيمة معامل الزحف متراوحة بين (1.8) عندما يتم انتقال الاجهادات في زمن لا يتجاوز (3) ايام و (1.4)عندما يتم انتقال الاجهادات بعد (28) يوما . ويسمح باستخدام هذه القيم ايضا لتصميم تقليدي (Conventional Design) لعناصر انشائية معرضة لقوى داخلية من الصنف (1) او الصنف (2) .

(4) يجب ان يعتبر الاجهاد في الخرسانة مساويا لقيمته الابتدائية بعد انتقال الاجهادات مباشرة .

(5) في حالات اخرى او في ظروف استثنائية ، يجب الرجوع الى مراجع اكثر تخصصا .

9/2/6 فقدان اسباق الاجهاد نتيجة الارساء :

في حالات الشد التالي يجب اعتبار أي تحرك لاوتار اسباق الاجهاد عند المراسي عندما يتم انتقال قوة اسباق الاجهاد من اجهزة الشد الى المراسي . ويكتسب الفقدان في قوة اسباق الاجهاد الناتج عن هذه الحركة اهمية خاصة في العناصر القصيرة حيث يجب ان يتم تدقيق كمية الحركة التي افترضها المصمم عن طريق قياس التحرك الفعلي في الموقع .

9/2/7 فقدان اسباق الاجهاد نتيجة الايناع بالبخار :

عندما يتم استعمال الايناع بالبخار في عملية صناعة العناصر الخرسانية سابقة الشد سابقة الاجهاد ، فانه يجب اعتبار تصرف المواد عند درجات حرارة اعلى من درجات الحرارة العادية . وكذلك عند استعمال طريقة الخط الطويل لاسباق الشد فانه قد يحصل فقدان اضافي لاسباق الاجهاد نتيجة للالتصاق الذي قد يحدث بين وتر اسباق الاجهاد والخرسانة عندما يكون الوتر حارا ومسترخيا .

9/3 فقدان اسباق الاجهاد بالاحتكاك

9/3/1 عام :

في اثناء عملية الشد تحدث حركة للجزء الاكبر من اوتار اسباق الاجهاد بالنسبة لمجاريها . واذا اتصل وتر اسباق الاجهاد بمجراه او أي من العوارض الموجودة ، فان الاحتكاك سيحدث فقدانا في قوة اسباق الاجهاد تتزايد بتزايد البعد عن اجهزة الشد. وبالاضافة الى ذلك فان بعض الاحتكاك سيتولد في اجهزة الشد نفسها والمراسي التي تمر الاوتار خلالها.

وفي غياب نتائج صادرة عن مختبر معتمد ، يمكن حساب تغيّر الاجهاد في اتجاه طول الاوتار نتيجة

الفقدان الناجم عن الاحتكاك بالرجوع الى البنود (9/3/2) و (9/3/3) (9/3/4) و (9/3/5) ، وبالتالي تحديد قوة اسباق الاجهاد في المقاطع المختلفة التي ستعتمد في التصميم . وكذلك يجب حساب الاستطالة في اوتار اسباق الاجهاد مع اعتبار تغير الإجهاد في المناطق المختلفة من طول الاوتار .

3/2/9 الاحتكاك في اجهزة الشد والمراسي :

يتناسب هذا الاحتكاك تناسبا طرديا مع الضغط في اجهزة الشد ، الا انه يختلف اختلافا كبيرا بتغير الانظمة المستعملة .

ويجب ان يتم التأكد بدقة من مقدار الفقدان الناتج عن هذا الاحتكاك بالنسبة لنوعية اجهزة الشد المستعملة ونظام المراسي المستعمل .

9/3/3 الاحتكاك في المجاري نتيجة للخطأ غير المقصود في تحديد المسار العمودي للاوتار :

سواء اكان المسار العمودي للاوتار مستقيما ام منحنيا ام خليطا من الاثنين ، فلا بد ان يقع هناك بعض الخطأ في تحديد المسار الحقيقي للاوتار الامر الذي يحدث نقط التقاء إضافية بين الاوتار وجوانب المجاري بشكل يؤدي الى الاحتكاك .

ويمكن حساب قوة اسباق الاجهاد في الاوتار على مسافة (x) من اجهزة الشد باستعمال المعادلة (10) :-

$$P_x = P_o\, e^{-kx} \qquad (10)$$

وعندما لا تزيد (k x) عن (0.2) فانه يمكن اعتبار (e^{-kx}) مساوية $(1-kx)$ ،

حيث :-

P_x = قوة اسباق الاجهاد عند مسافة (x) من اجهزة الشد .

P_o = قوة اسباق الاجهاد عند طرف الوتر الملاصق لاجهزة الشد .

e = أساس اللوغاريتمات الطبيعية (2.718 تقريبا) .

k = ثابت تعتمد قيمته على مجموعة عوامل تشمل نوع المجاري المستعملة ، ونوعية الوجه الداخلي

لها ، وكمية صناعتها ، وكمية اللوج الذي تعوضت له الخرسانة في اثناء صبها .

وفي الأحوال العادية يجب الا تقل قيمة (k) المستعملة في المعادلة (10) لطول متر واحد من الحبال عن (0.0033) .ولكن عندما تكون المجاري قوية وصلبة ويجرى تدعيمها على مسافات قصيرة بحيث لا تتحرك في اثناء عملية الصب ، فانه يمكن اعتبار قيمة (k) مساوية (0.0017) . كما يمكن اعتماد قيم اخرى ل (k) اذا تم التوصل اليها عن طريق اجراء تجارب حقيقية في مختبرات معتمدة .

x= المسافة من طرف الاوتار الملاصق لاجهزة الشد الى المقطع الذي يجرى حساب قوة اسباق الاجهاد عنده .

9/3/4 الاحتكاك في مجاري الاوتار نتيجة لانحناء الاوتار المارة بها :

عندما يتم ثني اوتار اسباق الاجهاد ، فان الفقدان في قوة اسباق الاجهاد الناتج عن الاحتكاك يعتمد على زاوية الانحناء وعلى معامل الاحتكاك (μ) بين الأوتار والإكائز .

ويمكن احتساب قوة اسباق الاجهاد على بعد (x) مقاسا على منحنى الاوتار من نقطة التماس من المعادلة (11) :-

$$P_x = P_o \, \bar{e}^{\mu x / r_{ps}} \qquad (11)$$

حيث :-

P_x = قوة اسباق الاجهاد على بعد (x) ،

P_o = قوة اسباق الاجهاد في الاوتار عند نقطة التماس قرب الطرف الملتصق بأجهزة الشد ،

r_{ps} = نصف قطر الانحناء ،

μ = معامل الاحتكاك ،

x = المسافة بين نقطة التماس على منحنى اوتار اسباق الاجهاد والمقطع الذي يجري حساب قوة اسباق الاجهاد عنده .

وعندما لا تزيد قيمة $(\mu x / r_{ps})$ عن (0.2)، فان $\left(\bar{e}^{\mu x / r_{ps}}\right)$ يمكن ان تعتبر مساوية $\left[1 - (\mu x / r_{ps})\right]$.وكذلك فعندما لا تزيد قيمة $\left[k x - (\mu x / r_{ps})\right]$ عن (0.2)، فان $\left[\bar{e}^{kx + [\mu x / r_{ps}]}\right]$ يمكن ان تعتبر مساوية $1 - \left[k x + \mu x / r_{ps}\right]$.

وفي الحالات العامة يمكن اعتماد قيم (μ) معامل الاحتكاك على النحو التالي :-

0.55 لجديلة خفيفة الصدأ تتحرك على مجرى خرساني غير مبطن .

0.30 لجديلة خفيفة الصدأ تتحرك على مجرى فولاذي خفيف الصدأ .

0.25 لجديلة خفيفة الصدأ تتحرك على مجرى مغلفن .

0.20لجديلة لامعة تتحرك على مجرى مغفلن .

0.12لجديلة مشحمة تتحرك ضمن اغماد بلاستيكية .

ويمكن انقاص قيمة (μ) عن القيم المبينة في هذا البند عندما تتخذ اجراءات خاصة لتقليل الاحتكاك ويثبت مخبريا عن طريق تجارب تمت مراقبتها بعناية ان قيمة معامل الاحتكاك الحقيقي تقل فعليا عن هذه القيم . فعلى سبيل المثال ، تمت ملاحظة قيمة ل (μ) تساوي (0.1)عندما تحركت مجموعة اسلاك فوق ركائز حديدية جامدة (Rigid Steel Spacers) مدهونة بمواد لزجة خاصة .

9/3/5 الاحتكاك في العناصر الدائرية :

عندما يتم شد حبال اسباق الاجهاد الدائرية ، يمكن استعمال المعادلة (11) لتحديد الفقدان الناتج عن الاحتكاك . الا ان قيمة (μ) يجب ان تعدل على النحو التالي :-

0.45للحديد الذي يتحرك على خرسانة ملساء .

0.25للحديد الذي يتحرك على محامل حديدية مربوطة بالخرسانة .

0.10للحديد الذي يتحرك على دحروجات حديدية (Steel Rollers) .

9/3/6 الشحوم :

يمكن استعمال الشحوم بموافقة الجهات الرسمية المختصة لتسهيل حركة الاوتار في المجاري . وعندها يمكن استعمال قيم ل (μ) تقل عن القيم الموضحة في البندين (9/3/4) و (9/3/5) ، على ان يتم

الحصول على هذه القيم عن طريق تجارب دقيقة مجراة في مختبر معتمد . الا انه في هذه الحالات يجب الانتباه الى الشروط الواردة في المادة (12/3) اذا لريد تحقيق التصاق بين الخرسانة والاوتار في ان لاحق.

9/4 طول تطوير الاجهاد في العناصر الخرسانية سابقة الشد

9/4/1 عام :

يعرف طول تطوير الاجهاد (Transmission Length) بانه الطول اللازم في العنصر ليتم نقل قوة اسباق الاجهاد من

وتر اسباق الاجهاد الى الخرسانة .

9/4/2 العوامل المؤثرة على طول تطوير الاجهاد :

(أ) يعتمد طول تطوير الاجهاد على عدة عوامل اهمها :-

* درجة دمك الخرسانة .
* قياس وتر اسباق الاجهاد ونوعه .
* قوة الخرسانة .
* التشوه ، بمعنى خشونة الوتر .

(ب) يمكن أن يتفاوت طول تطوير الاجهاد بدرجة كبيرة بتغير اوضاع المصانع او المواقع . فعلى سبيل المثال ، تم اثبات ان طول تطوير الاجهاد للسلك يمكن ان يتفاوت بحيث يتراوح بين (50) و (160) ضعفا من قطر السلك. لذا فان على الجهة الرسمية المختصة ان تحدد طول تطوير الاجهاد على اساس تجارب مخبرية تجري تحت اوضاع مطابقة لأوضاع الموقع او المصنع المعني .

(ج) في الحالات التي لا تثبت فيها اوتار اسباق الاجهاد الى الخرسانة بالقرب من نهايات الوحدات باستخدام اكمام (Sleeves) او شريط (Tape) ، فانه يجب اعتبار اطوال تطوير الاجهاد مقاسة من نهايات الاجزاء غير المثبتة (De-bonded) .

(د) قد تكون اطوال تطوير الاجهاد لاوتار اسباق الاجهاد اكبر من تلك الخاصة بالاوتار الموضوعة في مواضع ابعد ، وذلك لاحتمال ان تكون درجة دمك الخرسانة القريبة من اعلى الوحدات اقل من درجة دمك الخرسانة في المواضع الابعد .

(هـ) يؤدي الإفلات المفاجئ لأوتار اسباق الاجهاد (Sudden Release of Tendons) الى زيادة معتبرة (Considerable Increase) (Release Position)

في اطوال تطوير الاجهاد بالقرب من موضع الافلات .

9/4/3 حساب طول تطوير الاجهاد :

(أ) يسمح باستخدام العلاقة التالية لحساب طول تطوير الاجهاد (ℓ_t) في حالة غياب ادلة عملية مستقاة من معرفة لظروف موقع او مصنع ، وذلك لقوة اسباق اجهاد ابتدائية تصل الى (75)بالمائة من المقاومة المميزة لوتر اسباق الاجهاد وعندما تكون نهايات الوحدات مدكوكة تماما :

$$\ell_t = \frac{k_t \phi}{\sqrt{f_{ci}}} \quad (12)$$

حيث :-

f_{ci} =مقاومة الخرسانة المميزة عند انتقال الاجهادات (نيوتن/ملمتر مربع) .

ϕ = القطر الاسمي لوتر اسباق الاجهاد (ملمتر) .

k_t = معامل يعتمد على صنف وتر اسباق الاجهاد حسب ما هو منصوص عليه في البند الفرعي (9/4/3ب) .

(ب) **تكون قيمة المعامل (k_t) كما يلي :-**

* سلك أملس او محزز (ويشمل ذلك الاسلاك المموجة ذات الارتفاع الموجي الصغير) : 600
* سلك موج ذو ارتفاع موجي كلي لا يقل عن (0.15) : 400
* جديلة ذات سبعة اسلاك او جديلة فائقة : 240
* جديلة ذات سبعة اسلاك مسحوبة : 360

9/5 الكتل الطرفية في العناصر الانشائية تالية الشد

9/5/1 عام :

عند تصميم الكتل الطرفية في العناصر الانشائية تالية الشد ، يجب اخذ ما يلي في الاعتبار :-

* القوى الانفطارية (Bursting Forces) المحيطة بكل مرسى على حدة [انظر البندين (9/5/2) و (9/5/3)] .
* الاتزان الكلي (Overall Equilibrium) للكتلة الطرفية ، ويتم الرجوع في ذلك الى مراجع اكثر تخصصا .
* تشظي الخرسانة من الجانب المحمل وحول المراسي ، ويتم الرجوع في ذلك الى مراجع اكثر تخصصا .

9/5/2 حالة حد التشغيل :

(أ) في حالة حد التشغيل يسمح باستنتاج قوة الشد الانفطارية التصميمية (F_{bst}) (Design Bursting Tensile Force) في كتلة منفردة طرفية مربعة محملة بصفيحة تحميل (Bearing Plate) مربعة موضوعة بشكل متماثل باستخدام الجدول (15) وعلى أساس قوة الشد في الوتر (Tendon Jacking Force) .

(ب) عند استخدام مراسي مستطيلة (Rectangular Anchorages) و /او كتل طرفية مستطيلة، فان تقدير قوى الشد الانفطارية في الاتجاهين الرئيسيين يجب ان يرتبط بالعلاقة (Y_{po} / Y_o) لكل اتجاه ؛ حيث :-

Y_o = نصف الجانب للكتلة الطرفية (ملمتر) ،

Y_{po} = نصف الجانب للمساحة المحملة (ملمتر) ،

P_o = قوة الشد في الوتر (نيوتن) .

(ج) يجب معاملة صفائح التحميل الدائرية كما لو كانت صفائح مربعة ذات مساحة مكافئة لمساحة صفيحة التحميل الدائرية .

الجدول (15)

قوة الشد الانفطارية التصميمية في الكتل الطرفية

Y_{po} / Y_o	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
F_{bst} / P_o	0.23	0.23	0.20	0.17	0.14	0.11

يتم الحصول على القيم غير الواردة في الجدول بالتقريب الخطي

(د) تزرع القوة (F_{bst}) في منطقة تمتد من $(0.2\ Y_o)$ الى $(2\ Y_o)$ من الوجه المحمل . ويجب ان تقاوم تلك القوة بتسليح ذي شكل حلزوني (Spiral) او على هيئة كانات مغلقة . كما يجب ان يزرع هذا التسليح بانتظام في هذه المنطقة ، وان تكون الاجهادات المؤثرة عليه (200) نيوتن/ملمتر مربع

(هـ) عندما تحتوي كتلة كبيرة على عدة مراسي (Several Anchorages) ، فانه يجب تقسيم الكتلة الى سلسلة من الموشورات المتماثلة التحميل (Symmetrically – loaded Prisms) . ويعامل كل موشور بالاسلوب المشار اليه في البند الفرعي (9/5/2ب) .

(و) يستخدم تسليح إضافي حول مجموعات المراسي (Groups of Anchorages) لضمان الاتزان الكلي للكتلة الطرفية .

(ز) يجب توجيه عناية خاصة الى الكتل الطرفية التي تختلف اشكال مقاطعها عن الشكل العام لمقطع الجائز .

9/5/3 حالة الحد الاقصى :

(أ) تحسب قوة الشد الانفطارية التصميمية (F_{bst}) للعناصر الانشائية تالية الشد ذات الاوتار غير المسوكة (Unbonded Tendons) من الجدول (15) وعلى أساس القوة المميزة للوتر (Characteristic Tendon Force) . أي انه يفترض ان تؤثر على التسليح اجهادات مساوية لمقاومة التسليح التصميمية $(0.87\ f_y)$.

(ب) لا توجد حاجة للتحقق من الافتراض الوارد في البند الفرعي (9/5/3أ) في حالة العناصر الانشائية تالية الشد ذات الاوتار المسوكة .

جدول المحتويات | الباب التاسع | الباب الحادي عشر

الباب العاشر

الاعتبارات المؤثرة في تفاصيل التصميم

1/10 عام

تحتوي البنود الواردة في هذا الباب المتطلبات المتعلقة بالتفاصيل الخاصة بتصميم الخرسانة سابقة الإجهاد. ويمكن الرجوع الى (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني للحصول على معلومات تتعلق بمتطلبات تفاصيل تصميم الخرسانة الانشائية بصورة عامة وحديد التسليح غير سابق الاجهاد المحتمل تواجده في العناصر الخرسانية سابقة الاجهاد .

2/10 الحد الاعلى لمساحة اوتار اسباق الاجهاد وعددها

2/1/10 يجب ان يتم تحديد مقاسات اوتار اسباق الاجهاد واعدادها بحيث تتشقق الخرسانة اولا ثم يلي ذلك انهيار الجائز . ويسمح باعتبار هذا الامر متحققا اذا تجاوز عزم المقاومة الاقصى [انظر المادة (4/6)] عزم الانحناء المطلوب لتوليد اجهاد شد انحنائي (Flexural Tensile Stress) في الخرسانة عند ابعد الالياف المشدودة قيمته $\left(0.6\sqrt{f_{cu}}\right)$.

2/2/10 لإجراء الحسابات أعلاه يسمح باعتبار قيمة اسباق الاجهاد في الخرسانة مساوية قيمته بعد حسم جميع المفاقيد في اسباق الاجهاد .

10/3 الغطاء الخرساني لاوتار اسباق الاجهاد

3/1/10 عام :

تتحدد كمية الغطاء الخرساني اللازم بصورة عامة بتحقيق متطلبات المتانة ومقاومة الحريق . وفي العناصر سابقة الشد فان نهايات اوتار اسباق الاجهاد لا تحتاج في العادة الى أي غطاء ، ويستحسن قطعها تماما مع الوجه الخارجي لنهاية العنصر .

10/3/2 الأوتار الممسوكة :

(أ) **متطلبات عامة :**

يجب ان تفي سماكة الغطاء الخرساني لاوتار اسباق الاجهاد بالتوصيات الواردة في الباب الثالث عشر من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني والباب السابع عشر من (كودة الوقاية من الحرائق) من كودات البناء الوطني الاردني ، مع اخذ ما هو وارد في البنود الفرعية التالية بعين الاعتبار .

(ب) **الغطاء الخرساني المقاوم للتآكل :**

يجب ان يتم تحديد ظروف التعرض للعنصر الانشائي حسب ما ورد في الباب الثالث عشر من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني ، كما يجب تحديد السماكة الاسمية للغطاء الخرساني وفقا لحدود نسب الخلط حسب ما هو وارد في الجدول (16). ويجب الا يقل محتوى الاسمنت في الخلطة الخرسانية عن (300) كغم/متر مكعب .

(ج) **سماكة الغطاء الخرساني للوقاية من الحريق :**

يراعى ما ورد في الباب السابع عشر من (كودة الوقاية من الحرائق) من كودات البناء الوطني الاردني .

10/3/3 أوتار اسباق الاجهاد في المجاري :

(أ) يجب الا تقل سماكة الغطاء الخرساني لاي مجرى عن (50) ملمترا .

(ب) يجب اتخاذ التدابير المناسبة لضمان ان تكون خرسانة الغطاء الخرساني كثيفة ، وبخاصة عند استخدام مجاري كبيرة او واسعة .

الجدول (16)

السماكة الاسمية للغطاء الخرساني للتسليح كله

(بما في ذلك الكانات) للوفاء بمتطلبات الديمومة

ظروف التعرض	السماكة الاسمية للغطاء الخرساني			
	ملم	ملم	ملم	ملم
بسيط	20	20*	20*	20*

معتدل	-	30	25	20
شديد	-	40	30	25
شديد جدا	-	50+	40+	30
قاسي	-	-	60+	50
القيمة القصوى لنسبة الماء الحر الى الإسمنت	0.60	0.55	0.50	0.45
محتوى الاسمنت الادنى (كغم/م3)	300	325	350	400
اقل درجة للخرسانة	35	40	45	50

* يسمح بخفض السماكة الاسمية للغطاء الخرساني الى (15) ملمترا شريطة الا يزيد المقاس الاعتباري الاكبر للإكام عن (15) ملمترا .

+ عندما تتعرض الخرسانة الرطبة الى التجمد ، فانه يجب استعمال مضافات الهواء المحبوس .

يستخدم هذا الجدول للإكام ذي الوزن العادي الذي لا يزيد مقاسه الاعتباري الأكبر عن (20) ملمترا .

الجدول (17)

السماكة الاسمية للغطاء الخرساني للتسليح كله لمقاومة الحريق للفترات الزمنية المبينة ازاء كل منهـا

معيار مقاومة الحريق	الغطاء الخرساني					
	جيزان		أرضيات		أعصاب	
	بسيطة الارتكاز	مستمرة	بسيطة الارتكاز	مستمرة	بسيطة الارتكاز	مستمرة

	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم
0.5	20+	20+	20	20	20	20
1.0	20	20+	25	20	35	20
1.5	35	20	30	25	45	25
2.0	60	35	40	35	55	35
3.0	70	60	55	45	65	45
4.0	80	70	65	55	75	55

+ يسمح بخفض السماكة الاسمية للغطاء الخرساني الى (15) ملمترا شريطة الا يزيد المقاس الاعتباري الاكبر للإكام عن (15) ملمترا .

تتطلب الحالات الواقعة تحت الخطوط الافقية زيادة في سماكة الغطاء الخرساني لتقليل اخطار تشظي الخرسانة عند تعرضها للحريق . ويتم الرجوع في ذلك الى القسم الرابع من المواصفة القياسية البريطانية (BS 8110 :Part 2 , 1985) .

10/3/4 أوتار اسباق الاجهاد الخارجية :

(أ) عند حماية أوتار اسباق الاجهاد الخارجية بخرسانة كثيفة لا تقل درجتها عن (40) ، فانه يجب الا تقل سماكة ذلك الغطاء الخرساني عن سماكة الغطاء الخرساني المطلوب لاوتار اسباق الاجهاد داخل الخرسانة تحت ظروف مشابهة .

(ب) يجب تثبيت الغطاء الخرساني الى العنصر الانشائي سابق الاجهاد بوساطة تسليح ، كما يجب ضبط التشققات فيه حسب ما ورد في الباب الرابع من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني .

3/5/10 أوتار اسباق الاجهاد المنحنية :

يراعى ما هو وارد في البند (10/5/2) .

4/10 تباعد اوتار اسباق الاجهاد

10/4/1 عام :

في كافة العناصر الخرسانية سابقة الاجهاد ، يجب توافر فراغ كاف بين اوتار اسباق الاجهاد او مجموعات الاوتار بشكل يسمح لاكبر قياس ركام مستعمل بالتحرك بحرية في هذا الفراغ عند الزج ، مما يضمن دخول الخرسانة الى كافة اجزاء العنصر عند الصب . وعندما تستعمل الاوتار المنحنية في العناصر تالية الشد ، فان وضع مجاري الاوتار وترتيب الشد يجب ان يكونا على نحو يمنع حدوث ما يلي :-

* انفلاق الغطاء الخرساني على جوانب المجاري في العناصر النحيفة .
* انفلاق الغطاء عندما تسير الاوتار مجاورة وبشكل شبه موازٍ لوجه العنصر السفلي .
* انكسار الخرسانة التي تفصل بين الاوتار في المسطح العمودي . ويجب توفير حديد تسليح بين المجاري اذا لزم الامر .

4/2/10 أوتار اسباق الاجهاد الممسوكة :

(أ) تراعى التوصيات الخاصة بمسافة التباعد بين قضبان التسليح والواردة في الباب الحادي عشر من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني .

(ب) في العناصر الانشائية سابقة الشد التي يتحقق التثبيت فيها بوساطة التماسك (Bond) ، يجب ان تسمح المسافة بين الاسلاك والجدائل عند نهايات العناصر الانشائية بتنمية طول تطوير الاجهاد حسب ما ورد في المادة (9/4)

(ج) يجب اخذ امكانية حدوث انفلاق طولي (Longitudinal Splitting) للعنصر الانشائي في الاعتبار اذا وضعت اوتار اسباق الاجهاد في مجموعتين متباعدتين او اكثر .

10/4/3 أوتار اسباق الاجهاد في المجاري :

(أ) يجب الا تقل المسافة بين المجاري (Ducts) او بين المجاري وغيرها من اوتار اسباق الاجهاد عن اكبر القيم التالية :-

* (hagg +5) ملمتر ، حيث (hagg) هو القياس الاعتباري الاكبر للركام الخشن .
* في الاتجاه الرأسي : البعد الداخلي الرأسي للمجرى .
* في الاتجاه الافقي : البعد الداخلي الافقي للمجرى . وفي الحالات التي تتطلب استخدام رجاجات داخلية ، يجب توفير فراغ كاف بين المجاري يمكن من استخدام الرجاجات .

(ب) عند استخدام صفين من المجاري او اكثر ، يجب ان تكون الفراغات الافقية بين المجاري رأسية بقدر الامكان

لتسهيل اعمال الانشاء .

10/4/4 أوتار اسباق الاجهاد المنحنية :

يراعى ما هو ورد في البند (10/5/3) .

الجدول (١٨)
السماكة الدنيا للغطاء الخرساني لمجاري اوتار اسباق الاجهاد المنحنية

نصف قطر انحناء المجرى	قطر المجرى الداخلي (ملم)															
	19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	القوة في وتر اسباق الاجهاد (كن)															
	296	387	960	1337	1920	2640	3360	4320	5183	6019	7200	9640	9424	10338	11248	13200
م	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم
2	50	55	155	220	320	445										
4		50	70	100	145	205	265	350	420							
6			50	65	90	125	165	220	265	310	375	460				
8				55	75	95	115	150	185	220	270	330	360	395		
10				50	65	85	100	120	140	165	205	250	275	300	330	
12					60	75	90	110	125	145	165	200	215	240	260	315
14					55	70	85	100	115	130	150	170	185	200	215	260
16					55	65	80	95	110	125	140	160	175	190	205	225
18					50	65	75	90	105	115	135	150	165	180	190	215
20						60	70	85	100	110	125	145	155	170	180	205
22						55	70	80	95	105	120	140	150	160	175	195
24						55	65	80	90	100	115	130	145	155	165	185
26						50	65	75	85	100	110	125	135	150	160	180
28							60	75	85	95	105	120	130	145	155	170
30							60	70	80	90	105	120	130	140	150	165
32							55	70	80	90	100	115	125	135	145	160
34							55	65	75	85	100	110	120	130	140	155
36							55	65	75	85	95	100	150	125	140	150
38							50	60	70	80	90	105	115	125	135	150
40	50	50	50	50	50	50	50	60	70	80	90	100	110	120	130	145

* القوة في وتر اسباق الاجهاد المبينة في الجدول هي القوة القصوى المتوافرة عادة حسب قياس المجرى المناظر [تعادل (80) بالمائة من المقاومة المميزة لوتر اسباق الاجهاد] .
* في الحالات التي تزود فيها المجاري بمشكلات اوتار او مباعدات من الصنف الذي يركز القوة نصف القطرية ، فانه يجب زيادة القيم الواردة في الجدول .
* يسمح بخفض سماكة الغطاء الخرساني لخليط من قطر داخلي للمجرى ونصف قطر انحناء معطى في الجدول ، وذلك بنسبة الجذر التربيعي للقوة في الوتر عندما تكون تلك القوة اقل من المبينة في الجدول مع اخذ التوصيات الواردة في البندين الفرعيين (10/5/2أ) و (10/5/2ب) بعين الاعتبار

الجدول (١٩)
المسافة الدنيا بين محاور مجاري اوتار اسباق الاجهاد في مستوى الانحناء

نصف قطر انحناء المجرى	قطر المجرى الداخلي (ملم)															
	19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	القوة في وتر اسباق الاجهاد (كن)															
	296	387	960	1337	1920	2640	3360	4320	5183	6019	7200	8640	9424	10336	11248	13200
م	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم	ملم
2	110	140	350	485	700	960										
4	55	70	175	245	350	480	610	785	940							
6	38	60	120	165	235	320	410	525	630	730	870	1045				
8			90	125	175	240	305	395	470	545	655	785	855	940		
10			80	100	140	195	245	315	375	440	525	630	685	750	815	
12						160	205	265	315	365	435	525	570	625	680	800
14						140	175	225	270	315	375	450	490	535	585	785
16							160	195	235	275	330	395	430	470	510	600
18								180	210	245	290	350	380	420	455	535
20									200	220	265	315	345	375	410	480
22											240	285	310	340	370	435
24												265	285	315	340	400
26												260	280	300	320	370
28																345
30																340
32																
34																
36																
38																
40	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340

* القوة في وتر اسباق الاجهاد المبينة في الجدول هي القوة القصوى المتوافرة عادة حسب قياس المجرى المناظر [تعادل (80) بالمائة من المقاومة المميزة لوتر اسباق الاجهاد]
* لا يتضمن الجدول قيما اقل من (2) × القطر الداخلي للمجرى .
* في الحالات التي تزود فيها المجاري بمشكلات اوتار او مباعدات من الصنف الذي يركز القوة نصف القطرية ، يجب زيادة القيم الواردة في الجدول . وفي حالات الضرورة تزود المسافات بين المجاري بتسليح .
* يسمح بخفض المسافة بين محاور مجاري اوتار اسباق الاجهاد لخليط من قطر داخلي للمجرى ونصف قطر انحناء معطى في الجدول ، وذلك بنسبة القوة في الوتر عندما تكون تلك القوة اقل من المبينة في الجدول مع اخذ التوصيات الواردة في البندين الفرعيين (10/4/3أ) و (10/4/3ب) في الاعتبار .

5/10 أوتار اسباق الاجهاد المنحنية

5/1/10 عام :

(أ) عند استخدام أوتار اسباق الاجهاد المنحنية في عناصر انشائية تالية الشد ، يجب ان يكون اختيار مواضع مجاري اوتار اسباق الاجهاد وخطوات عملية الشد بحيث يتم منع ما يلي :-

* انفطار الغطاء الجانبي العمودي على مستوى انحناء المجاري (Ducts) .
* انفطار الغطاء في مستوى انحناء المجاري .
* انسحاق الخرسانة وانفصال المجاري في مستوى الانحناء نفسه .

(ب) يسمح بتطبيق التوصيات الواردة في البندين (10/5/2) و (10/5/3) ما لم تتوافر معطيات مستندة الى أبحاث اكثر دقة .

5/2/10 الغطاء الخرساني :

(أ) يجب ان تكون سماكة الغطاء الخرساني لاوتار اسباق الاجهاد المنحنية حسب ما هو وارد في الجدول (18) ، وذلك لمنع انفطار الغطاء الواقع في مستوى عمودي على مستوى الانحناء والغطاء الواقع في مستوى الانحناء ، أي حيثما كانت الاوتار المنحنية واقعة بالقرب من سطح العنصر الانشائي وموازية له تقريبا .

(ب) في الحالة الاخيرة ، اذا تسبب وتر اسباق الاجهاد في ظهور قوى نصف قطرية (Radial Forces) عمودية على السطح المكشوف للخرسانة ، فانه يجب منع حركة المجرى باستخدام كانة مثبتة في العنصر الانشائي .

10/5/3 مسافة التباعد :

لمنع انسحاق الخرسانة بين مجاري اسباق الاجهاد يجب ان تكون مسافة التباعد بين تلك المجاري على النحو التالي :-

* في مستوى الانحناء :

تكون مسافة التباعد بين المجاري حسب الجدول (19) او حسب ما ورد في البند (10/4/3)ايهما اكبر .

* في مستوى عمودي على مستوى الانحناء :

تكون مسافة التباعد بين المجاري حسب ما ورد في البند (10/4/3).

5/4/10 **اجراءات خاصة تهدف الى خفض مسافة التباعد بين المجاري :**

في حالات خاصة ، قد يكون من الممكن لولا شد وتر اسباق اجهاد وحقنه (Grout) في اقل نصف قطر انحناء ثم السماح بانقضاء فترة زمنية قدرها (48)ساعة قبل شد الوتر التالي . وفي هذه الحالة تطبق التوصيات الخاصة بمسافة التباعد والواردة في البند (10/4/3) .

10/6 **التسليح الطولي في الجيزان الخرسانية سابقة الاجهاد**

6/1/10 يستخدم التسليح في العناصر الانشائية سابقة الاجهاد اما لزيادة مقاومة المقاطع او للوفاء بالمتطلبات الواردة في البند (4/4/2) .

10/6/2 يتم اجراء أي حسابات متعلقة بتسليح اضافي حسب ما ورد في البندين (4/4/1) و (4/6/1) .

10/7 **الكانات في الجيزان الخرسانية سابقة الاجهاد**

7/1/10 تتحدد عادة كمية الكانات وترتيبها في الجيزان مستطيلة المقطع وجذوع الجيزان على شكل (T) او (L) او (I) من اعتبارات القص [انظر البند (4/6/5)] .

10/7/2 يجب توفير كانات لمقاومة قوى الشد الانفطارية في مناطق نهايات العناصر الانشائية تالية الشد حسب ما ورد في البند الفرعي (9/5/2د) .

7/3/10 يجب توفير كانات في الحالات التي تتطلب تزويد طول تطوير الاجهاد (Transmission Length) في العناصر الانشائية سابقة الشد حسب ما ورد في البند (4/6/5) وباستخدام المعلومات الواردة في المادة (9/4) .

10/8 **التحميل الفجائي**

يجب تسليح الجائز الخرساني سابق الاجهاد بكانات مغلقة وتسليح طولي عند تعرضه الى تحميل فجائي . ويفضل ان يكون هذا التسليح من الصلب الطري العادي (Mild Steel) .

ويسمح باستخدام طرق تصميم وتفصيلات تسليح اخرى شريطة ان تحقق تلك الطرق متطلبات المطولية المطلوبة .

الباب الحادي عشر

المواصفات والشروط المتعلقة بتنفيذ الخرسانة سابقة الاجهاد

11/1 عام

1/1/11 يتطلب تحقيق شروط التصميم ومتطلباته التي تضمن سلوكا مرضيا للمنشآت الخرسانية سابقة الاجهاد ، وكذلك تحقيق المتطلبات الاقتصادية ، ان تكون الخرسانة المستخدمة من نوعية جيدة .

11/1/2 بصفة عامة ، تكون نوعية الخرسانة المستخدمة في المنشآت الخرسانية سابقة الاجهاد افضل من تلك المستخدمة في المنشآت من الخرسانة المسلحة العادية . وهذا يعني استخدام مواد اولية افضل بالاضافة الى ارتفاع مستوى ضبط جودة الخرسانة المنتجة.

11/2 تصميم الخلطات الخرسانية

11/2/1 يجب ان تحقق الخلطة الخرسانية المصممة والمزمع استخدامها في الخرسانة سابقة الاجهاد جميع المتطلبات من حيث المقاومة المميزة .

11/2/2 يجب الا يقل محتوى الاسمنت البورتلاندي العادي او الاسمنت البورتلاندي البوزولاني المصنع حسب المواصفة القياسية الاردنية (م ق أ/219) والمزمع استخدامه في الخرسانة سابقة الاجهاد عن (300) كيلو غرام/متر مكعب والا يزيد عن (550) كيلو غرام/ متر مكعب ، على الا تقل المقاومة التصميمية لتلك الخرسانة عن القيم الواردة في البند (4/4/2) .

11/2/3 يجب تصميم الخلطة الخرسانية بحيث تزيد مقاومتها المتوسطة عن درجة الخرسانة المطلوبة بمقدار محدد (تتأثر قيمته بمستوى ضبط جودة الخرسانة المنتجة) للتغلب على الصعوبات الناجمة عن التفاوت في نوعية الخرسانة المنتجة .

2/4/11 يتم التحكم في مستوى جودة الخرسانة المنتجة اما باتباع الطريقة العادية او باتباع الطريقة الخاصة .

2/5/11 تعتمد الطريقة العادية للتحكم في مستوى جودة الخرسانة المنتجة على الا تقل مقاومة كسر المكعبات المأخوذة في اثناء الانشاء عن درجة الخرسانة المطلوبة . ويتم تحقيق هذه الغاية بتصميم الخلطة الخرسانية بحيث يزيد متوسط مقاومة الكسر لها عن درجة الخرسانة المطلوبة بقيمة قدرها (14) نيوتن/ملمتر مربع. اما في الحالات التي تقل فيها الزيادة في متوسط مقاومة الكسر عن (14) نيوتن/ملمتر مربع فيجب اعادة تصميم الخلطة الخرسانية على الا تقل تلك الزيادة عن (10) نيوتن/ملمتر مربع .

11/2/6 تعتمد الطريقة الخاصة للتحكم في مستوى جودة الخرسانة المنتجة على تحقيق مقاومة متوسطة للخرسانة وتحديد قيمة الانحراف المعيلري لنتائج كسر المكعبات المأخوذة في اثناء الانشاء . وبذلك يتحقق قدر اعلى من السيطرة على مستوى الجودة من ذلك المتحقق بالطريقة العادية . لذا يجب الا تستعمل هذه الطريقة الا في الحالات التي لا يتوقع ان يزيد الانحراف المعيلري لنتائج فحص المكعبات فيها عن (5) نيوتن/ مربع.ويتم التحكم في مستوى جودة الخرسانة المنتجة بهذه الطريقة بتصميم خلطة خرسانية يزيد متوسط مقاومتها للكسر عن درجة الخرسانة المطلوبة بقيمة قدرها ضعف الانحراف المعيلري المتوقع .

11/2/7 عند تصميم الخلطات الخرسانية يجب اختيار المواد بنسب معينة تحقق سهولة استعمالها وتمكن من دمك الخرسانة بالوسائل المتوافرة .

3/11 ضبط جودة الإكام

11/3/1 يفضل الحصول على الإكام المستخدم في صناعة الخرسانة سابقة الاجهاد على شكل كميات كل منها ذات مقاس واحد .

11/3/2 يجب تحديد المقاس الاعتبلري الاكبر للإكام المستخدم في صناعة الخرسانة سابقة الاجهاد بحيث يتم صبها من دون صعوبة وعلى ان تملأ تلك الخرسانة جميع الفراغات بين فولاذ التسليح وفي راكان الطوبار وزواياه . وبصفة عامة يجب الا يزيد المقاس الاعتبلري الاكبر للإكام المستخدم عن (30) ملمترا .

3/3/11 يجب تحديد المقاس الاعتباري الاكبر للركام المستخدم وكذلك تدرجه الحبيبي مرة واحدة على الاقل لكل (100)طن متري يتم توريدها الى الموقع او مرة واحدة على الاقل كل اسبوع بهدف التأكد من استمرار مطابقة الركام المورد الى الموقع للتدرج الحبيبي المستخدم في تصميم الخلطة الخرسانية .

3/4/11 يجب عدم استعمال ركام لانتاج خرسانة سابقة الاجهاد تزيد نسبة تآكله عن (28)بالمائة حسب المواصفة القياسية الامريكية (ASTM C-131) .

11/4 القياس

4/1/11 يجب قياس كميات كل من الاسمنت والركام الناعم والخشن المستعملة في الخلطات الخرسانية للخرسانة سابقة الاجهاد بالوزن ، على ان يتم وزن الركام الناعم وجميع انواع الركام الاخرى كل على حدة .

11/4/2 يسمح بتحديد كمية الماء المراد اضافته الى الخلطة الخرسانية اما عن طريق الوزن او عن طريق قياس الحجم في اوعية مدرجة ، على ان يؤخذ المحتوى المائي للركام في الاعتبار عند تحديد كمية الماء المراد اضافته .

11/5 ضبط جودة الخرسانة

11/5/1 الفحص الابتدائي للمكعبات :

(أ) يجب اجراء فحوص ابتدائية على مكعبات خرسانية مأخوذة من الخلطة الخرسانية المستخدمة في الخرسانة سابقة الاجهاد ، على ان يتم ذلك قبل القيام باي تعديل في نوعية المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية وفي تصميمها . ويتم اجراء تلك الفحوص قبل البدء في الانشاء وفي اثنائه .

(ب) لا يجوز الاعتماد على نتائج فحص مكعبات اخذت من عينة واحدة ، بل يجب فحص مكعبات من عينات مأخوذة من جميع الخلطات التجريبية وفي اوقات مختلفة لا يقل زمن تباعدها عن يوم واحد . ويجب الا يقل عدد مرات اخذ العينات عن ثلاثة و الا يقل عدد المكعبات المأخوذة في كل مرة عن ستة ، شريطة ان يجري فحص ثلاثة منها بعد (7)ايام وفحص المكعبات الاخرى بعد (28) يوما .

(ج) يسمح بإلغاء الفحص الابتدائي للمكعبات في الحالات التي تصنع فيها الخرسانة في مصانع حيث يتم التأكد من

ثبات نوعية المواد الاولية المستعملة ومن مستوى ضبط جودة الخرسانة المنتجة حسب تصميم ثابت وذلك على مدار فترة زمنية مناسبة .

11/5/2 فحص المكعبات في اثناء تقدم العمل :

(أ) يجب فحص مكعبات خرسانية مأخوذة من الخلطة الخرسانية المستخدمة في الخرسانة سابقة الاجهاد في اثناء تقدم العمل سواء تم التحكم في مستوى الخرسانة المنتجة باتباع الطريقة العادية او باتباع الطريقة الخاصة وكما هو وارد في البندين (11/5/3) و (11/5/4) .

(ب) يجب ايداع عينات الخرسانة في الماء حسب ما ورد في الباب الثالث عشر من (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني .

5/3/11 الطريقة العادية للتحكم في جودة الخرسانة المنتجة :

(أ) عند بدء اعمال الانشاء يجب اخذ عينات من الخرسانة في كل يوم من ايام الانشاء الاربعة الأولى . ويجب اخذ ستة مكعبات من كل عينة على ان يتم فحص ثلاثة منها بعد (7) ايام وفحص المكعبات الثلاثة المتبقية بعد (28) يوما . ويمكن اعتبار متوسط نتائج المكعبات الثلاثة المفحوصة عند عمر معين بمثابة قوة الخرسانة الفعلية عند ذلك العمر .

(ب) تعتبر الخرسانة ذات مقاومة مقبولة اذا لم تقل مقاومة كسر أي مكعب من مكعبات الخرسانة عن درجة الخرسانة المطلوبة ، او اذا لم يقل متوسط نتائج مقاومة كسر مكعبات الخرسانة عن درجة الخرسانة المطلوبة و لم يزد الفرق بين اعلى مقاومة كسر للمكعبات وادنى مقاومة كسر لها عن (20) بالمائة من متوسط مقاومة كسر المكعبات .

(ج) اذا لم تحقق نتائج فحص عينات الايام الاربعة الاولى من العمل النتائج المطلوبة ، فانه يجب اعادة تصميم الخلطة الخرسانية .

(د) بعد انقضاء الأيام الأربعة الأولى يترك تحديد عدد العينات المأخوذة ومواعيد اخذها للجهة الرسمية المختصة ، ويمكن الاسترشاد بالمبادئ التالية :-

* تؤخذ العينات من العناصر الانشائية التي تحتاج الى عناية فائقة بواقع كل (10) امتار مكعبة من الخرسانة المصبوبة .
* تؤخذ العينات من العناصر الانشائية ذات الاهمية العادية بواقع كل (20) مترا مكعبا من الخرسانة

المصبوبة .

* يجب اخذ العينات من كل (60) مترا مكعبا من الخرسانة المصبوبة على الاكثر .

* يجب الا يقل عدد المكعبات في كل عينة عن (6)مكعبات حيث يتم فحص ثلاثة منها بعد (7) ايام وفحص المكعبات المتبقية بعد (28) يوما .

11/5/4 الطريقة الخاصة للتحكم في جودة الخرسانة المنتجة :

(أ) عند بدء اعمال الانشاء يجب اخذ عينات من الخرسانة في كل يوم من ايام الانشاء الاربعة الأولى في ثلاثة اوقات مختلفة . ويجب بعد ذلك اخذ عينات من كل خرسانة يتم صبها في يوم عمل او من كل (350) مترا مكعبا من الخرسانة المصبوبة ايها يحقق اعلى معدل لأخذ العينات.

(ب) يجب الحصول على (3)مكعبات من كل عينة ، بحيث يتم فحص اثنين منهما بعد (7) ايام وفحص الثالث بعد (28) يوما .

(ج) يجب تحديد مقاومة الخرسانة والانحراف المعيلري للنتائج عند عمر معين وذلك من فحص المكعبات الأربعة والعشرين الأولى عند ذلك العمر .

(د) يجب الا يقل متوسط مقاومة الخرسانة المستنتجة من نتائج هذه الفحوص والا يزيد الانحراف المعيلري لها عن قيمتيهما المعتمدتين في تصميم الخلطة الخرسانية .

(هـ) يجب الا تقل مقاومة كسر اكثر من مكعب واحد من المكعبات الاربعة والعشرين الاولى عن درجة الخرسانة المطلوبة . كما لا يجوز ان تقل مقاومة كسر أي مكعب عن (90) بالمائة من درجة الخرسانة المطلوبة .

(و) اذا لم تحقق نتائج فحص مكعبات جميع المتطلبات الواردة في البنود الفرعية (11/5/4أ) و (11/5/4ب) و (11/5/4ج) و (11/5/4د) و (11/5/4هـ) ، فيجب اعادة تصميم الخلطة الخرسانية .

(ز) باستمرار الحصول على عينات اضافية من الخرسانة ، يجب التأكد من تحقيق متوسط مقاومة الخرسانة للقيمة المطلوبة وبقاء الانحراف المعيلري للعينات ضمن الحدود المقبولة .

(ح) يمكن الحصول على تحديد مبكر لنوعية الخرسانة ودرجة التحكم في جودتها بافتراض النسبة بين مقاومتي كسر الخرسانة بعد (7)ايام وبعد (28) يوما مساوية تلك التي تم الحصول عليها في الخلطات التجريبية .

6/11 تحديد قوة الخرسانة عند انتقال الاجهادات

6/1/11 يجب اخذ عينات من الخرسانة على فترات زمنية متقاربة للتأكد من عدم نقصان مقاومة الخرسانة عند انتقال الاجهادات عن مقاومتها المفترضة عند التصميم .

11/6/2 يتم تحديد عدد العينات والفترات الزمنية التي يتم اخذ العينات بعد انقضائها حسب اهمية المنشأ وحسب كمية الخرسانة المراد اجراء اسباق اجهاد لها .

6/3/11 يجب تخزين المكعبات قبل فحصها في ظروف مماثلة للظروف التي صبت فيها الخرسانة في الموقع .

11/6/4 يفضل الا تقل مقاومة الخرسانة عند انتقال الاجهادات عن (35) نيوتن/ملمتر مربع في الحالات التي يتم اجراء اسباق الاجهاد فيها عن طريق الالتصاق بين الخرسانة واوتار اسباق الاجهاد . وفي بعض الحالات الخاصة ، كحالة العناصر الانشائية سابقة الصب المنتجة في مصانع ، يسمح بان تقل مقاومة الخرسانة عند انتقال الاجهادات عن القيمة المشار اليها اعلاه شريطة توفير ارساء كاف لاوتار اسباق الاجهاد عن طريق الالتصاق مع الخرسانة وعلى الا تقل مقاومة الخرسانة عند انتقال الاجهادات عن (28) نيوتن/ملمتر مربع تحت أي ظرف .

11/6/5 في حالات الشد التالي يفضل الا تقل مقاومة الخرسانة عند اسباق الاجهاد عن (28) نيوتن/ملمتر مربع.

جدول المحتويات | الباب الحادي عشر | الباب الثالث عشر

الباب الثاني عشر

المواصفات والشروط الخاصة بتنفيذ اسباق الاجهاد

12/1 عام

يجب ان تفي اوتار اسباق الاجهاد بالمتطلبات الواردة في المواصفة القياسية البريطانية (BS 4486) والمواصفة القياسية البريطانية (BS 5896) .

2/12 المناولة والتخزين

12/2/1 يجب ان تبذل العناية الكافية في اثناء عملية مناولة اوتار اسباق الاجهاد لضمان عدم حصول أي تلف ميكانيكي (Mechanical Damage) فيها ، او ان تتم تقسيتها او تسخينها . ويجب ان تخزن جميع اوتار اسباق الاجهاد مرفوعة عن الارض ، وان تكون غير معرضة للعوامل الجوية او المواد المتطايرة او الشرر الناجم عن عمليات القص بلهب الاوكسي–استيلين او اعمال اللحام التي تتم بالقرب منها .

12/2/2 يجب الا تتعرض اوتار اسباق الاجهاد بعد تصنيعها الى لحام او معالجة بالحرارة في الموقع او تكسية معدنية كالغلفنة باي حال من الاحوال . ولا يشمل ذلك عمليات القطع حسب ما هو وارد في المادة (12/5) .

12/2/3 يجب ان تكون اغلفة اوتار اسباق الاجهاد الواقية خاملة كيميائيا ، كما يجب توفير عناية مناسبة للاطراف المحلولة للقضبان .

12/2/4 عندما تطول فترة تخزين اوتار اسباق الاجهاد في الموقع ، فيجب على المهندس ان يتأكد بالفحوصات من عدم حدوث ضعف لتلك الاوتار بسبب التآكل والاجهاد الناجم عن التآكل ، او حدوث نقص في مساحة المقطع او أي تغير في خواصها الميكانيكية المميزة .

12/3 حالة السطح

12/3/1 يجب ان تكون جميع اوتار اسباق الاجهاد ، وكذلك السطوح الداخلية والخارجية لاغماد الاوتار (Sheaths) والمجاري (Ducts) ، خالية من الصدأ المفكك او الزيت او الطلاء او الصابون او غير ذلك من المزلقات (Lubricants) او المواد الضارة ، وذلك عند وضع الاوتار او اغمادها او المجاري في العنصر الانشائي .

12/3/2 في ظروف خاصة وبموافقة جميع الاطراف ذات العلاقة ، قد يسمح باستخدام اوتار اسباق اجهاد مكسوة بالزيت او الشحم .

12/3/3 ليس بالضرورة ان تكون طبقة الصدأ الرقيقة ضارة ، اذ قد تزيد من التماسك . الا انها ستسبب زيادة في الفقد في سبق الاجهاد الناجم عن الاحتكاك .

12/3/4 يسمح بتنظيف اوتار إسباق الاجهاد باستخدام فراشي من السلك . ولا يسمح باستخدام محاليل مذيبة (Solvent Solutions) لاغراض التنظيف من دون الحصول على موافقة المهندس .

4/12 الاستقامة

12/4/1 الاسلاك :

يجب ان تكون الاسلاك ذات الاسترخاء القليل والاسلاك عادية الاسترخاء على هيئة لفائف (Coils) كبيرة القطر ، بحيث تكون تلك الاسلاك مستقيمة عند سحبها .

12/4/2 جدائل الاسلاك :

يجب ان تكون جدائل الاسلاك المستخدمة في اسباق الاجهاد ، وبغض النظر عن كيفية صناعتها ، على هيئة لفائف كبيرة القطر ، بحيث تكون تلك الجدائل مستقيمة بقدر معقول عند سحبها .

12/4/3 القضبان :

(أ) يجب ان تكون قضبان التسليح المستخدمة في اسباق الاجهاد مستقيمة . وفي الحالات التي تستدعي تعديلا بسيطا على استقامة القضبان في المواقع ، يجب ان يتم ذلك تحت اشراف المهندس .

(ب) يجب رفض أي قضبان يتم ثنيها في منطقة قلوظتها .

(ج) يجب ان تتم اعمال تعديل استقامة القضبان على البارد ، على الا تقل درجة الحرارة عند اجراء تلك العملية عن (5) درجات مئوية .

(د) يجب ان يتم أي تسخين ضروري بوساطة البخار او الماء الساخن .

12/5 القطع

12/5/1 يجب ان تتم جميع اعمال قطع اوتار اسباق الاجهاد وتقليم اطرافها (Trimming of Ends) باي من الوسيلتين التاليتين :-

* قرص القطع الحاك عالي السرعة (High-speed Abrasive Cutting Wheel) ، او منشار الاحتكاك (Friction Saw) ، او أي وسيلة ميكانيكية اخرى .
* لهب الاوكسي – استيلين القاطع ، وذلك باستخدام فائض من الاكسجين لضمان اتمام القطع من دون إذابة الأوتار .

12/5/2 عند قطع اوتار اسباق الاجهاد باستخدام لهب الاوكسي – استيلين ، يجب اخذ التدابير اللازمة لضمان عدم تطاير لهب او شرر يصيب المراسي او اوتار اسباق الاجهاد الاخرى .

12/5/3 في انظمة الشد التالي لاوتار اسباق الاجهاد يجب الا يقل بعد مكان قطع الوتر من المرسى عن قطر الوتر الذي يجري قطعه . كما يجب اتخاذ التدابير الكفيلة بجعل اثر التسخين على وتر اسباق الاجهاد اقل ما يمكن (يجب الا تزيد درجة حرارة الجزء المجاور للمرسى من وتر اسباق الاجهاد عن (200) درجة مئوية) .

12/6 تحديد مواضع اوتار اسباق الاجهاد واغماد الاوتار

12/6/1 يجب ان توضع اوتار اسباق الاجهاد وان يتم الحفاظ على مواقعها في المستويين الرأسي والافقي حسب المخططات . وما لم تحدد قيمة التفاوت على المخططات ، فيجب الا يتجاوز التفاوت المسموح به في موقع وتر اسباق الاجهاد او غمد الوتر او المجرى عن (±5) ملمترات .

12/6/2 يجب ان يكون اسلوب تدعيم اوتار اسباق الاجهاد (او الاغماد او المجاري) وتثبيتها في مواضعها بحيث تبقى في تلك المواضع حتى لو تعرضت لاهتزازات عنيفة ، ولمدة طويلة ، او لضغط الخرسانة المتصلدة او لضغط ناجم عن حركة العمال او الاليات .

6/3/12 يجب الا يترتب على وضع اوتار اسباق الاجهاد زيادة غير ضرورية في الاحتكاك عند شد الاوتار .

12/6/4 يجب ان تحافظ اغماد الاوتار والمجاري القابلة للسحب على اشكال مقاطعها . كما يجب ان تتم مناولتها بحرص لتفادي احداث تلف فيها . ويجب الا يتم طلاء المجاري القابلة للسحب بعامل يسهل سحبها الا بعد موافقة المهندس والا يتم سحبها الا بعد تصلد الخرسانة بدرجة كافية لمنع حدوث تلف فيها .

6/5/12 يجب تغطية الوصلات في اغماد الاوتار بشريط لمنع دخول الخرسانة او الروبة الى المجرى في اثناء صبها . كما يجب اغلاق نهايات المجاري وحمايتها بعد عمليتي شد الاوتار والحقن .

12/6/6 يجب الا يقل التباعد بين الوصلات في الاغماد المتجاورة عن (300)ملمتر .

6/7/12 قد يلحق تلف بالاغماد في أثناء صب الخرسانة . لذا فانه يجب في الحالات التي يتم فيها ادخال اوتار اسباق الاجهاد في وقت لاحق هز الاغماد لضمان سهولة مرورها. ولا تصلح المجاري المطاطية لهذا الغرض .

12/7 شد اوتار اسباق الاجهاد

7/1/12 عام :

(أ) يتم اجهاد أوتار اسباق الاجهاد اما بالشد السابق (Pre-tensioning) او بالشد التالي (Post-tensioning) .ويعتمد ذلك على المتطلبات الخاصة بطريقة الانشاء .

(ب) لكل نظام شد اسلوب تنفيذ ومعدات خاصة تحدد طريقة الشد وشكل المراسي وكيفية حماية الأوتار في حالة الشد التالي

(ج) يجب اخذ جميع الاسلاك او جدائل الاسلاك التي يتم اجهادها معا في عملية شد سابق او تال من الإرسالية نفسها ما امكن ذلك . ويجب وضع بطاقة على كل وحدة شد (Cable) يبين عليها رقم الوحدة ورقم اللّفة (Coil Number) او لرقام قضبان الفولاذ المستخدمة .

(د) يجب عدم ثني الاوتار او ليّها خارج العنصر . كما يجب ان تكون الاسلاك او جدائل الاسلاك سهلة التمييز عند نهاية كل عنصر انشائي .

(و) لا يجوز استخدام أي جديلة تم حلها .

7/2/12 احتياطات الامان :

(أ) يحتوى وتر اسباق الاجهاد عند شده كمية كبيرة من الطاقة المخزونة التي قد تنطلق بعنف عند فشل الوتر او المرسى او جهاز الشد .

(ب) يجب اتخاذ كافة الاحتياطات الممكنة في اثناء شد الاوتار وبعد ذلك لحماية الاشخاص من الإصابة وحماية المعدات من التلف الذي قد ينجم عن انطلاق الطاقة المخزونة في الوتر بصورة مفاجئة .

12/7/3 اجهزة الشد :

(أ) تستخدم المرافع الهيدروليكية (Hydraulic Jacks) في العادة وسائل لشد اوتار اسباق الاجهاد .

(ب) يجب ان تفي اجهزة الشد بما يلي :-

* يجب ان تكون وسائل ربط وتر اسباق الاجهاد بالمرفاع الهيدروليكي (Hydraulic Jack) او بجهاز الشد آمنة تماما .
* عند شد سلكين (او اكثر) او جديلتي اسلاك (او اكثر) آنيا ، يجب الحرص على كونهما متساويي الطول تقريبا ، وذلك بين نقط الارساء عند مستوى الحمل (Datum Load) وعند قياس الاستطالة .
* يجب ان يكون جهاز الشد من صنف يمكن من التحكم في قوة الشد الكلية بحيث يتم التأثير بتلك القوة تدريجيا ومن دون احداث اجهادات ثانوية خطرة في اوتار اسباق الاجهاد او المراسي او الخرسانة .
* يجب قياس القوة في اوتار اسباق الاجهاد في اثناء الشد بوساطة قراءة مباشرة لخلايا الاحمال (Direct – reading Load Cells) او بطريقة غير مباشرة باستخدام مقاييس موكبة في النظام الهيدروليكي لقياس

الضغط في المرافع . ويجب توفير وسائل لقياس استطالة الاوتار واي حركة للوتر في اجهزة الامساك (Gripping Devices) . كما يجب ان تتم معايرة اجهزة قياس الحمل الى دقة لا تزيد عن (2±) بالمائة ، وان يتم التأكد من دقة معايرتها باستمرار .ويجب قياس استطالة الوتر الى دقة قدرها (2) بالمائة او ملمتران ايهما اكثر دقة .

12/7/4 اسباق الشد:

(أ) **عام :**

(1) في الحالات التي تستخدم فيها طرق اسباق الشد فانه يجب الحفاظ على قوة الشد كاملة في اثناء الفترة الواقعة بين الشد والتحويل (Tensioning and Transfer) بوساطة وسائل فاعلة .

(2) يجب تحويل الاجهاد ببطء للتقليل من الهزة التي تؤثر عكسيا على طول تطوير الاجهاد.

(ب) **الأوتار المستقيمة (Straight Tendons) :**

(1) عند استخدام طريقة الخط الطويل لاسباق الاجهاد (Long – line Method of Pre-Tensioning) ، يجب توزيع عدد كاف من صفائح تحديد المواقع (Locator Plates) على طول موضع صب العنصر الانشائي لضمان بقاء الاسلاك او جدائل الاسلاك في مواضعها الصحيحة في اثناء الصب .

(2) في الحالات التي يصب فيها اكثر من عنصر انشائي ، فانه يجب ان تكون تلك العناصر الانشائية حرة الانزلاق في اتجاه طولها . وبهذا فانها تسمح بنقل قوة اسباق الاجهاد الى الخرسانة على طول الخط كله .

(3) عند استخدام نظام القالب الواحد لاسباق الاجهاد ، يجب ان تكون القوالب جاسئة بدرجة كافية بحيث تقاوم قوة اسباق الاجهاد من دون ان تتشوه .

(ج) **الأوتار المنحرفة (Deflected Tendons) :**

(1) يجب ان تضمن الوسائل الميكانيكية المستخدمة لحرف الاوتار الى اعلى او الى اسفل – بقدر الامكان – حرية حركة الجزء الملامس منها لوتر اسباق الاجهاد في اتجاه الوتر ، بحيث تكون الخسارة في اسباق الاجهاد بالاحتكاك مساوية للصفر . اما في حالة استخدام وسيلة ميكانيكية لحرف الاوتار ينتج عنها احتكاك ، فانه يجب تحديد قيمة هذه القوة بوساطة الفحص واخذها في الاعتبار عند تحديد قوة اسباق

الاجهاد الفعلية.

(2) بالنسبة لأوتار اسباق الاجهاد المنفردة يجب الا يقل نصف قطر الحلرف (Deflector) الملامس للوتر عن (5) امثال قطر السلك او (10) امثال قطر الوتر . اما بالنسبة لجدائل الاسلاك فيجب الا تزيد زاوية الانحراف الكلية عن (15) درجة .

(3) يجب ان يتم تحويل قوة اسباق الاجهاد الى الخرسانة في الوقت نفسه الذي يتم فيه تحرير (Release) قوى حرف الاوتار الى اعلى او الى اسفل ، بحيث لا تتجاوز اجهادات الشد الناتجة عن اسباق الاجهاد الحدود المسموح بها .

12/7/5 الشد التالي (Post – tensioning) :

(أ) **ترتيب الأوتار :**

(1) عندما لا يتم شد جميع الاسلاك او جدائل الاسلاك في الغمد في آن واحد ، فانه يجب ان تكون العناصر المباعدة (Spacing Members) ذات جساءة كافية ، بحيث تكفل عدم إزاحتها عن مواضعها في اثناء عمليات الشد المتتالية .

(2) يجب ترتيب الأوتار ، سواء في المراسي او في مكان آخر ، بحيث لا تدور حول ثنيات حادة (Sharp Bends) او راكان مما قد يسبب الانهيار عند تعويض الاوتار للشد .

(ب) **المراسي (Anchorages) :**

(1) يجب ان تفي جميع المراسي بالمتطلبات الواردة في المواصفة القياسية البريطانية (BS 4447) .

(2) يشمل نظام الارساء في العادة المراسي وترتيب الاوتار وفولاذ التسليح المصمم للعمل مع المراسي .

(3) يجب ان يكون شكل نظام الارساء بحيث يتوزع الاجهاد في الخرسانة عند طرف العنصر الانشائي بشكل منتظم . كما يجب ان يكون قادرا على الحفاظ على قوة اسباق الاجهاد تحت تأثير كل من الحمل الدائم (Sustained Load) والحمل المتغير (Fluctuating Load) واي احمال ناتجة عن تأثيرات فجائية .

(4) تكون مادة المرسى البرميلي ذي الاسفين المنشطر وطريقة انشاء المرسى بحيث لا يسمح الانفعال فيه تحت تأثير الاحمال بوصول الاسفين الى مدى حركته في اثناء الشد قبل الوصول الى القوة الجانبية الكافية للامساك بالوتر او بحيث تتسبب حركة الاسفين عند الوصول الى مداها او قبل ذلك في زيادة القوة في الوتر المشدود عن القوة المطلوبة.

(5) عند استخدام قوالب تعود ملكيتها الى آخرين ، فانه يجب في اثناء عملية الارساء التقيد بدقة بجميع تعليمات صانع تلك القوالب وتوصياته.

(6) يجب ان تكون جميع وجوه التحميل في المراسي ، وبغض النظر عن شكلها نظيفة قبل بدء عملية الشد .

(7) يجب ان يكون أي حسم في قوة سحب الوتر في اثناء الارساء حسب تعليمات المهندس ، كما يجب تسجيل قيمة الانزلاق الفعلي لكل مرسى على حدة .

(8) بعد ارساء الأوتار يجب خفض القوة المؤثرة من قبل جهاز الشد بصورة تدريجية ومنتظمة لتفادي تأثير أي احمال فجائية على الوتر او المرسى .

(9) يجب اتخاذ تدابير كافية لحماية المراسي من التآكل .

(ج) الأوتار المنحرفة (Deflected Tendons) :

(1) يجب الا يقل نصف قطر الحارف الملامس للوتر عن (50) مثل قطر الوتر . كما يجب الا تزيد زاوية الانحراف الكلية عن (15) درجة .

(2) في الحالات التي يقل فيها نصف قطر الحارف عن (50)مثل قطر الوتر او تزيد فيها زاوية الانحراف الكلية عن (15) درجة ، فانه يجب تحديد الفقد في مقاومة الوتر عن طريق الفحص واخذ ذلك الفقد في الاعتبار .

(د) اجراءات الشد :

(1) قبل القيام بعملية الشد ، فانه يجب اظهار امكانية تحرك جميع الاوتار بحرية في المجاري.

(2) يجب القيام بعملية الشد تحت اشراف اشخاص مؤهلين وبطريقة تتم فيها زيادة الاجهاد في الأوتار بمعدل تدريجي ومنتظم . ولا يجوز القيام بعملية الشد في درجة حرارة تقل عن الصفر المئوي من دون موافقة المهندس .

(3) يجب تزويد المشرف على عملية شد الاوتار بمعلومات كاملة عن قوى شد الوتر الواجب استخدامها وعن الاستطالات المطلوبة .

(4) يجب حسم الفقد في قوة شد الاوتار الناجم عن الاحتكاك في المرافع والمراسي . الا انه يسمح بإهمال الاحتكاك في اجهزة الشد اذا تم قياس القوة باستخدام خلايا الاحمال (Load Cells) .

(5) يجب الاستمرار في شد الاوتار حتى الوصول الى الاستطالة المطلوبة و/او الوصول الى حمل الوتر . ويجب ان يؤخذ في الاعتبار عند تحديد الاستطالة أي انزلاق للوتر يظهر عند الطرف غير المشدود . الا انه يجب الا يبدأ قياس الاستطالة الا بعد ازالة أي استرخاء يطرأ على الوتر .

(6) توفر المقارنة بين مقدار القوة المقيسة في الوتر وتلك المحسوبة من الاستطالة معيارا لقياس دقة الافتراضات الخاصة بالفقد في اسباق الاجهاد الناجم عن الاحتكاك في مرحلة التصميم . واذا كان الفرق بين المقدارين اكبر من (6) بالمائة ، فانه يجب اتخاذ اجراءات للتصحيح شريطة موافقة المهندس على ذلك .

(7) يجب الاحتفاظ بسجلات كاملة لجميع عمليات الشد ، على ان يتضمن ذلك قيم الاستطالة وقراءات مقاييس الضغط او خلايا الاحمال وقيم الانزلاق عند كل مرسى .

(8) عند شد عدد كبير من الاوتار او عناصر الاوتار ، وعندما لا يمكن الوصول الى قوة الشد الكاملة في عنصر بسبب الكسر او الانزلاق او انسداد المجرى ، فان على المهندس – اذا لم يكن تبديل ذلك العنصر عمليا – دراسة ما اذا كان تعديل مستويات الاجهاد سيظل متفقا مع حالة الحد المناظرة .

(9) في حالة الأوتار المنحنية او الاوتار المكونة من عدد من العناصر الاساسية او الاوتار محملة على مراحل ، فان على المهندس ان يحدد أي العناصر يتم شدها اولا بالاضافة الى قيمة الحمل لكل جزء من الوتر .

(10) يجب توفير حماية فاعلة للاوتار المشدودة والمراسي والمجاري من التآكل في اثناء الفترة الواقعة بين شدها وتغطيتها بالروبة او الخرسانة او غيرها من المواد التي تكفل حماية دائمة . ويجب سد المجاري عند نهاياتها واي فتحات قد توجد فيها .

12/8 تماسك اوتار اسباق الاجهاد وحمايتها

12/8/1 عام :

(أ) يجب حماية أوتار اسباق الاجهاد من التلف الميكانيكي (Mechanical Damage) والتآكل ، وقد يتطلب الامر

اتخاذ تدابير حماية من اضرار الحريق .

(ب) قد يكون احد متطلبات التصميم الهامة في اوتار اسباق الاجهاد توفير تماسك بينها وبين العنصر الانشائي الذي تجري له عملية اسباق الاجهاد .

12/8/2 تماسك اوتار اسباق الاجهاد الداخلية وحمايتها :

(أ) يسمح بحماية أوتار اسباق الاجهاد الداخلية ، وتوفير تماسك بينها وبين العنصر الانشائي ، اما باستعمال حقين إسمنتي او حقين من الاسمنت والرمل حسب ما هو وارد في المادة (12/9) من هذه الكودة .

(ب) يسمح بحماية أوتار اسباق الاجهاد باستخدام مواد اخرى اساسها البيتومين او الايبوكسي او الراتنجات او المطاط او غيرها ، شريطة الا تعقد اهمية كبيرة على التماسك ومقاومة الحريق .

12/8/3 تماسك اوتار اسباق الاجهاد الخارجية وحمايتها :

(أ) يعتبر وتر اسباق الاجهاد خارجيا اذا وقع هذا الوتر خارج المنشأ بعد التأثير عليه باجهاد الشد ومشاركته في مقاومة الاجهادات المؤثرة على العنصر الانشائي وقبل ان تتم حمايته . ولا ينطبق هذا على عقدة مؤلفة من مجموعة جيزان سابقة الصب تم اجهادها باوتار اسباق اجهاد خارجية ، ثم صبت عليها خرسانة او حقنت بحقين بحيث تم احتواء اوتار اسباق الاجهاد ضمن هذه الخرسانة او ذلك الحقين مع توفير غطاء كاف .

(ب) يتم في العادة توفير الحماية لاوتار اسباق الاجهاد الخارجية من التلف الميكانيكي او التآكل بتغطيتها بطبقة من خرسانة كثيفة او ملاط كثيف ذي سماكة كافية . ويمكن توفير تلك

الحماية باستخدام مواد اخرى ذات صلابة كافية وثبات كاف لمقاومة الظروف الخاصة ببيئة معينة .

(ج) عند تحديد المادة المستخدمة لحماية اوتار اسباق الاجهاد الخارجية ، يجب توجيه عناية كاملة الى الحركة المتفاوتة (Differential Movement) بين المنشأ ومادة الحماية المستخدمة ، والتي تنجم عن التغيرات في الاحمال والاجهاد والزحف والاسترخاء (Relaxation) وانكماش الجفاف (Drying Shrinkage) والرطوبة (Humidity) ودرجة الحرارة في كل منهما .

(د) اذا كانت مادة الحماية المستخدمة هي خرسانة كثيفة او ملاط كثيف ودلت التحريات على امكانية حدوث

تشققات غير مرغوبة ، فيجب طلاء الاوتار بمادة تقي من التآكل ولا تتلف من الجوكة المتفاوتة بين الاوتار والمنشأ .

(هـ) اذا كان من المرغوب تحقيق تماسك بين اوتار اسباق الاجهاد الخارجية والمنشأ ، فيجب ان يتحقق ذلك باستخدام تسليح مناسب للغلاف الخرساني للمنشأ.

12/9 حقن مجاري اوتار اسباق الاجهاد بالحقين

(Grouting of Prestressing Tendons)

12/9/1 عام :

(أ) ان الأهداف الرئيسة لحقن (Grouting) مجاري اوتار اسباق الاجهاد تالية الشد بالحقين في العناصر الانشائية الخرسانية هي :-

* منع تآكل اوتار اسباق الاجهاد .
* ضمان تحويل الاجهاد بين أوتار اسباق الاجهاد والعنصر الانشائي الخرساني بكفاءة .

(ب) لتحقيق الهدف الأول يجب ان يبقى الحقين قلويا وان تتم تغطية اوتار اسباق الاجهاد تماما . كما يجب ان يخلو الحقين من أي مادة قد تسبب تفاقم الصدأ .

(ج) يتطلب تحقيق الهدف الثاني ملء جميع الفراغات في مجاري اوتار اسباق الاجهاد بحيث تكون له عند تصلده المقاومة المطلوبة ومعايير المرونة المطلوب وخواص الانكماش المطلوبة ، وبحيث يتماسك بكفاءة مع الاوتار وجوانب المجاري . كما يجب الا يتمدد الحقين عند التجمد الى الحد الذي يسبب تلفا في العنصر الخرساني الانشائي .

(د) يمكن تحقيق الأهداف المنصوص عليها اعلاه باتباع التوصيات الواردة في البنود من (12/9/2) الى (12/9/11) من هذه الكودة .

(هـ) من الضروري ان يقوم فريق مؤهل بجميع عمليات حقن اوتار سبق الاجهاد وان يتم تحقيق مستوى عال من جودة المصنعية .

(و) يجب الاحتفاظ بسجلات عن خواص مادة الحقين وعن عمليات الحقن .

12/9/2 المجاري :

(أ) **تصميم المجاري :**

(1) تصنع المجاري في العادة من الصلب الموج (Corrugated Steel) ، وقد تكون تلك المجاري مغلفنة لحمايتها وذلك قبل وضعها في الخرسانة . ويسمح بصناعة المقاطع القصيرة من المجاري من المطاط المنفوخ او المضغـوط (Inflated or Compressed Rubber) .

(2) يجب تفادي التغيرات المفاجئة في اقطار المجاري واتجاهاتها .

(3) يجب تزويد المجاري بفتحات عند قمم مسارها الطولي وعند أي تغير رئيس لا يمكن تفاديه في مقطع المجرى وفي أي موضع اخر يتطلب ذلك ، على الا تزيد المسافة بين كل فتحة واخرى عن (15) مترا . ويجب تزويد المجرى بفتحات لرساء (Anchorage Vents) مع توافر الامكانية لاغلاق جميع الفتحات .

(4) يجب منع دخول الماء الى المجاري التي تم وضع الاوتار فيها . الا انه قد يكون من الضروري تبليل (Wetting) المجاري وهي خالية من الاوتار ، وفي تلك الحالة يجب ان تكون فتحات التصريف (Drainage Vents) عند ادنى نقط المجرى منسوبا .

(5) يجب أن تكون الفتحات المستخدمة مسننة لتسمح باستخدام وصلات مقلوظة (Screwed Connections) متصلة بمضخة حقين . ويفضل ان تتوفر امكانية حقن اطوال من المجرى الافقي من كل من طرفيه .

(6) يجب أن تكون الفتحات ووصلات حقن (Injection Connections) المجرى امينة ومانعة للتسرب . وقادرة على مقاومة الاضطراب الحادث قبل صب الخرسانة والضغوط المتولدة فيه في اثناء كل من الشد والحقن .

(7) يجب ان تكون المادة المبطنة للمجرى الرأسي جاسئة وسميكة بدرجة كافية لمقاومة الانحراف الناجم عن ضغط الخرسانة في اثناء صبها . وقد يكون من المفيد مد مجرى رأسي بوساطة انبوب رأسي وخزان علوي (Header Tank) لجمع أي كمية من الماء المنفصل عن الحقين في اثناء ضخه .

(8) اذا كان من المحتمل ان يتسبب التأخير الحاصل بين شد اوتار اسباق الاجهاد وحقن المجرى في تفاقم تآكل الاوتار ، فانه يجب اعتبار امكانية تغطية الفولاذ بزيوت واقية قابلة للذوبان (Protective Soluble

(Oils او موانع صدأ في حالة بخارية (Vapour-phase Inhibitors) .ويشترط ان تكون تلك المواد مطابقة لتوصيات الصانع ، كما يجب اثبات ان استخدامها لن يكون له أثر عكسي على خواص الحقين وتماسكه مع اوتار اسباق الاجهاد .

(ب) الانشاء :

(1) قبل صب الخرسانة يجب التفتيش على استمرارية خطوط المجاري واماكنها الصحيحة ومتانة تثبيتها والانبعاجات فيها والفواصل والثقوب واي عيوب يمكن تصحيحها . ويجب توجيه عناية خاصة الى الفواصل بين المجاري والمراسي والفواصل بين الوحدات سابقة الصب .

(2) يسمح بتقصي اماكن التسرب في المجاري بضخ هواء تحت ضغط لا يزيد عن (0.2) نيوتن/ ملمترمربع للمجاري الافقية وعن (1.0) نيوتن/ملمتر مربع للمجاري الرأسية وتستخدم صمامات تنفيس ضغط (Pressure Relief Valves) لضمان عدم تجاوز الحدود المبينة اعلاه .

(3) يجب التفتيش على الفتحات للتأكد من عدم انسدادها . وتعد سهولة حركة اوتار اسباق الاجهاد في المجاري دليلا على سهولة حركة الحقين .

(4) يجب الحفاظ على المجاري المبطنة (Lined Ducts) قبل الحقن (Grouting) لمنع تآكل اوتار اسباق الاجهاد او التلف المحتمل الناجم عن الصقيع او عن زيادة نسبة الماء في الحقين . وقد يكون من الضروري احيانا نفخ هواء جاف خال من الزيت (Dry Oil-Free Air) لمنع تكثف بخار الماء في المجاري اذا تركت غير مروبة لفترة من الوقت .

(5) قد يتطلب الامر تبليل المجاري غير المبطنة قبل حقنها لمنع امتصاص الماء من الحقين من قبل الخرسانة المحيطة . وقد يكون من المفضل غسل تلك المجاري قبل حقنها بملاط رقيق القوام من الاسمنت ، على ان يضاف اليه عامل مشتت (Dispersing Agent) مناسب اذا دعت الضرورة الى ذلك .

(6) يجب ابقاء المجاري الرأسية (Vertical Ducts) مغلقة بصورة دائمة قبل حقنها ، وذلك لمنع دخول مياه الامطار والانقاض الى داخلها .

12/9/3 خواص الحقين :

(أ) **عام :**

يجب ان يكون الحقين ذا سيولة عالية وتماسك عال في حالته اللدنة (Plastic) ، وقليل التماسك عند التصلد ، وذا مقاومة كافية عند تصلده تماما . وتعتمد هذه الخواص على الاختيار الصحيح للمواد واسلوب خلطها.

(ب) **السيولة (Fluidity) :**

(1) يجب ان يكون الحقين ذا سيولة عالية تسمح بسهولة ضخه وتسربه خلال جديلة الاسلاك (Strand) . كما يجب ان تكون تلك السيولة منخفضة بدرجة كافية لطرد الهواء من المجرى (Duct) .

(2) يمكن زيادة سيولة الحقين بزيادة نسبة الماء الى الاسمنت فيه ، الا ان ذلك قد يجعل الحقين اكثر ميلا الى الترف (Bleeding) مما يسبب نقصا في مقاومة الخرسانة عند تصلدها . ويمكن زيادة سيولة الحقين من دون انقاص مقاومة الخرسانة باستخدام عامل ملدن (Plasticizing Agent) على الرغم من ان ذلك قد يسبب زيادة الترف مرة اخرى .وقد يكون من الممكن وقف زف الحقين باستخدام عامل ممدد (Expanding Agent)

(3) يعد قياس الزمن الذي يستغرقه تدفق (1.0)لتر من الحقين من قمع (Funnel) او مخروط تدفق (Flow Cone) ابسط فحص يتم اجراؤه في الموقع لقياس التدفق . ويسمح باستخدام قمع تدفق ذي انبوب خروج (Outlet Pipe) قطره (10) ملمترات وزمن تدفق للماء قدره (5) ثوان . وعند استخدام هذا القمع فان زمن تدفق الحقين المكون من الاسمنت والماء يتراوح بين (12)ثانية و (25) ثانية في العادة . ويمكن استخدام هذه الطريقة لتحديد سيولة الحقين وقياس قوام (Consistency) الحقين الطازج في الموقع والحقين المنبثق عند المخارج من المجاري .

(4) يتصف الحقين المحتوي مضافات لتعديل سيولته ، وكذلك الحقين عالي الغروانية (Highly Colloidal Grout) ، بنقص مقاومته للقص وازدياد زمن تدفقه عند فحصه بمخروط التدفق عن (25) ثانية .

(5) لا يعد زمن التدفق مؤشرا على قابلية الحقين للضخ (Pumpability) .

(ج) **التماسك (Cohesion) :**

(1) يعد التماسك مقياسا لمقاومة الحقين للانفصال الحبيبي (Segregation) والترف (Bleeding) والهبوط (Settlement)

(2) يمكن زيادة التماسك بانقاص نسبة الماء الى الاسمنت . ويفضل استخدام مضافات لتعديل اللزوجة (Viscosity) او انتاج الحقين بخلط يتصف بلرتفاع مقاومته للقص ، الا ان ذلك قد يسبب زيادة معدل تصلد الحقين . وتسبب بعض المضافات نقصا ضئيلا في معدل اكتساب الحقين المتصلد للمقاومة (Strength) .

(3) يتم في العادة اجراء فحوص الترف او هبوط الحقين في درجة حرارة قدرها (20) درجة مئوية وعلى عينات لرتفاعها (100)ملمتر . موضوعة في أوعية غير منفذة قطرها (100)ملمتر.

(4) يجب الا يزيد هبوط السطح العلوي لحبيبات الاسمنت عن ملمترين بعد (3) ساعات او عن (4) ملمترات في حده الاقصى .

(5) يجب ان يعيد الحقين امتصاص أي ماء ينفصل على السطح على مدى (24) ساعة.

(6) يجب الا يزيد التمدد غير المقيد (Unrestrained Expansion) عن (10) بالمائة عند استخدام عوامل تمدد منتجة للغاز (Gas-producing Expanding Agents).

(د) مقاومة الضغط (compressive Strength) :

يجب الا تقل مقاومة كسر مكعبات من الحقين مصنوعة ومعالجة ومفحوصة حسب المواصفة القياسية البريطانية (*BS* 1881: *parts*108,111*and* 116) عن (30) نيوتن/ ملمترمربع بعد (28) يوما .

12/9/4 تكوين الحقين (Composition of Grout) :

(أ) يتكون الحقين من اسمنت بورتلاندي عادي ورمل ومواد مالئة (Fillers) . كما تستخدم فيه مضافات في بعض الاحيان .

(ب) الإسمنت :

يجب ان يكون الاسمنت المستخدم مطابقا للمواصفة القياسية البريطانية (BS12) .

(ج) الماء :

يعتبر الماء الصالح للشرب صالحا لخلط الحقين . وتبين المواصفة القياسية البريطانية (BS 3148) الفحوص التي تحدد مدى ملاءمة الماء لخلطه مع الحقين .

(د) الرمل والمواد المالئة (Sand and Fillers) :

(1) يستخدم الرمل والمواد المالئة في العادة في الحقين المصبوب في مجاري يزيد قطرها عن (150) ملمترا .

(2) يجب أن يكون تدوج الرمل مطابقا لمتطلبات المواصفة القياسية البريطانية (BS 882) وان يمر من منخل قياس فتحته (1.18) ملمتر حسب المواصفة القياسية البريطانية (BS 410) .

(هـ) المضافات (Admixtures) :

(1) يجب استخدام المضافات حسب توصيات الصانع وتعليماته .ويجب ان تكون تلك المضافات خالية من أي مواد كيميائية قد تسبب زيادة تآكل اوتار اسباق الاجهاد او تلف الحقين مثل الكلوريدات والنترات والكبريتات . وقبل اضافة اكثر من مضاف الى الحقين ، يجب توفير معلومات كافية حول اثر ذلك على خواص الحقين .

(2) يسمح باستخدام كل من العوامل الملدنة (Plasticizing Agents) وعوامل تعديل اللزوجة (Viscosity Modifying Agents) ومضافات توليد الغاز (Gas Generating Admixtures) .

(3) لا تسبب مضافات توليد الغاز لزالة الهواء المحبوس في الفراغات ، ولكنها تقلل من حجم تلك الفراغات .

(4) يجب الا يزيد التمدد غير المقيد (Unrestrained Expansion) للحقين المحتوى عامل تمدد عن (10) بالمائة عند درجة حرارة قدرها (20) درجة مئوية . ويزيد هذا التمدد مع لرتفاع درجة الحرارة بينما ينقص مع زيادة الضغط .

(5) قد يكون استخدام المبطئات (Retarders) ذا نفع عند حقن مقاطع طويلة من المجرى.

(و) **محتوى الكلوريدات :**

يجب الا تزيد نسبة الكلوريدات من جميع المصادر مجتمعة كالاسمنت والماء والرمل والمواد المالئة والمضافات عن (0.1) بالمائة من كتلة الاسمنت .

12/9/5 خلط الحقين :

(أ) يجب ان تخلط جميع مكونات الحقين بالحجم ، ويجب الا تزيد نسبة الماء الى الاسمنت عن (0.44).

(ب) تبلغ نسبة الماء الى الاسمنت القصوى لحقين اسمنتي مضبوط حوالي (0.40). وقد تكفي نسبة قدرها (0.35) عند استخدام مضاف مناسب .

(ج) يجب الا تزيد كمية الرمل او المادة المالئة المستخدمة عن (30) بالمائة من كتلة الاسمنت

(د) يجب خلط كمية كافية من المواد لضمان حقن المجرى باكمله مع اخذ كمية الحقين التي تضيع في اثناء الحقن في الاعتبار .

(هـ) يجب خلط الحقين في خلاط قادر على انتاج حقين متجانس وغرواني (Homogeneous Colloidal Grout) ، مع الابقاء على الحقين بعد الانتهاء من الخلط في حالة تتسم بالحركة البطيئة المستمرة (Slow Continuous Agitation) حتى يتم ضخه في المجرى.

(و) يجب إضافة الماء الى الخلطة اولا ثم الاسمنت . وبعد خلط هاتين المادتين جيدا يسمح باضافة الرمل او المادة المالئة .

(ز) يعتمد زمن الخلط على نوع الخلاط ، ويجب اتباع جميع توصيات الصانع بهذا الخصوص . وبصفة عامة يتراوح زمن الخلط الادنى بين (0.5) دقيقة ودقيقتين . ويجب عدم الاستمرار في الخلط لمدة تزيد عن (4) دقائق .

(ح) عند استخدام مضافات من أي نوع ، يجب اتباع توصيات الصانع وتعليماته .

12/9/6 خطوات الحقن :

(أ) **الاختبارات (Trials) :**

(1) قد يتطلب الامر اجراء اختبارات حقن على مجاري ممثلة لتلك التي سيتم حقنها ، وذلك في الحالة التي يشك فيها بالمقدرة على حقن مجرى معين .

(2) اذا اثبتت نتائج الاختبارات عدم امكانية ملء المجاري بالحقين العادي ، فيسمح باخذ امكانية استخدام (Vacuum Grouting)

الحقن بالتفريغ الهوائي في الاعتبار .

(ب) الحقن (Injection) :

(1) يجب ان تكون مضخة الحقن من نوع موجب الازاحة (Positive Displacement Type) ومزودة بصمام امان لمنع تولد ضغط زائد . وتكون الوصلة بين المضخة والمجرى موجبة ودارة الشفط (Suction Circuit) في المضخة مانعة لنفاذ الهواء (Airtight) .

(2) يجب وضع مقياس لقياس الضغط عند مدخل المجرى (Duct Inlet) . اما اذا لم يتمكن مشغل المضخة من رؤية مقياس الضغط في هذا الموضع ، فيوضع المقياس عند مخرج المضخة (Pump Outlet) للسماح بفحص الحقين والانذار بوقوع انسداد وشيك (Incipient Blockage) .

(3) يجب تزويد العوارض (Baffles) في المضخة بمصافي منخلية (Sieve Strainers) قياس فتحاتها (1.18)ملمتر . كما يجب ان تكون الثنيات والصمامات وتغيرات القطر في نظام التمديدات الى المضخة اقل ما يمكن .

(4) يجب أن تكون المضخة المستخدمة لحقن المجاري الافقية قادرة على الحقن بمعدل مستمر قدره من (6) امتار/دقيقة الى (12) مترا/دقيقة.

(5) يجب أن تكون المضخة المستخدمة لحقن المجاري الرأسية قادرة على الحقن بمعدل مستمر يتراوح بين مترين/دقيقة و (3)امتار/دقيقة وبضبط لا يزيد عن (2) نيوتن/ملمتر مربع .

(ج) طريقة الحقن (Injection Procedure) :

(1) يجب استخدام الحقين في زمن لا يتعدى (30)دقيقة من خلطة باستثناء الحالات التي تستخدم فيها عوامل مبطئة

(2) يعتبر تحديد الوقت الذي يجب استخدام الحقين فيه هاما ، وبخاصة اذا اشتمل الحقين على عامل تمدد غازي (Gas Expanding Agent) .

(3) يجب ان تتم عملية حقن المجاري في اسرع وقت بعد شد الفولاذ .

(4) اذا كان من المحتمل ان تصدأ الاوتار بسبب التأخير بين امرار اوتار اسباق الاجهاد في المجاري وحقن المجاري ، فيجب عندئذ اخذ امكانية طلاء الفولاذ بزيوت ذائبة واقية (Protective Soluble Oils) في الاعتبار .

(5) يجب ان تضمن خطوات حقن المجاري امتلاءها بالحقين تماما . كما يجب ان يكون الحقن بمعدل مستمر وثابت وبطئ بدرجة كافية تمنع الانفصال الحبيبي (Segregation) ، وبخاصة في المواضع التي يتحرك عندها الحقين بصعوبة .

(6) عند حقن مجاري موجة (Undulating Ducts) يجب ان يكون معدل الحقن ذا سرعة كافية تمنع نزول دفق الحقين وانحباس الهواء عند تدفق الحقين الى الاسفل .

(7) يجب الاستمرار في الحقن الى ان تصبح سيولة الحقين او كثافته عند تدفقه من الأطراف الحرة والفتحات في المجاري مماثلة لسيولة الحقين الذي يجري حقنه او كثافته.

(8) يجب اغلاق الفتحات على التوالي مع استمرار امتلاء المجاري . وبعد اغلاق اخر فتحة يجب الحفاظ على الضغط في المجاري مساويا (0.5) نيوتن/ملمتر مربع لمدة (5) دقائق.

(9) يجب حقن المجاري الرأسية والمائلة من ادنى نقطة فيها ، على الا يزيد الطول الاقصى المحقون في عملية واحدة عن (50) مترا .

(10) بعد انتهاء الحقن يجب منع فقد أي كمية من الحقين من المجرى .

12/9/7 الانسدادات والكسر (Blockages and Breakdown) :

(أ) في حالة ظهور أي عيب في اثناء عملية الحقن ينصح بازالة الحقين من المجرى واعادة عملية الحقن من جديد .

(ب) يجب توفير وسائل كافية لازالة الانسدادات في المجاري ، وذلك باستخدام الماء تحت ضغط عال او باستخدام الهواء المضغوط .

12/9/8 الصيانة والامان (Maintenance and Safety) :

(أ) يجب غسل جميع المعدات بعناية في زمن لا يتجاوز (3) ساعات من انتهاء الحقن مع توجيه عناية خاصة الى غسل الانابيب .

(ب) يجب تصريف الماء تماما من المضخة والخلاط والانابيب بعد الانتهاء من غسلها ، وذلك لمنع زيادة كمية الماء في خلطات الحقين التالية .

(ج) يجب ان يدرك مشغلو اجهزة الحقن الاخطار المحتملة المرتبطة باستخدام هواء مضغوط . ويجب على جميع العاملين

على اجهزة الحقن لرتداء نظارات واقية طوال الوقت .

12/9/9 الحقن بالحقين في الطقس البــارد
(Grouting During Cold Weather)

(أ) في الطقس البارد يجب تسجيل درجات الحرارة ، على ان يتضمن ذلك اعلى درجة حرارة وادنى درجة حرارة للهواء بالاضافة الى درجات حرارة العناصر الانشائية المزمع حقنها .

(ب) يجب ان تكون جميع المجاري والمعدات والمواد خالية تماما من الجليد والصقيع.

(ج) يجب الا يتم الحقن عندما تنخفض درجة حرارة العنصر الانشائي الى ادنى من (5) درجات مئوية او عندما يتوقع ان تهبط الى ادنى من هذه الدرجة في اثناء الساعات ال (48)التالية لعملية الحقن .

(د) يجب عدم تدفئة المجاري بالبخار ما لم يتم رفع درجة حرارة العنصر الانشائي ايضا بتدفئة خارجية .

(هـ) يسمح بتدفئة مواد الحقين على ان يتم ذلك حسب ما ورد في الباب الثالث من المجلد الاول (الاعمال المدنية والمعمارية) من المواصفات الفنية العامة للمباني الصادر عن وزارة الاشغال العامة في عام 1985.

12/9/10 الاحتياطات المتخذة بعد الحقن بالحقين :

(أ) يجب اغلاق جميع الفتحات بعد الحقن بالحقين ، وذلك لمنع دخول الماء او أي مواد مانعة للتصلد او غير ذلك من العوامل المسببة للصدأ.

(ب) يجب حماية المراسي وغيرها من المواد المعدنية التي يجب ان تبقى في مواضعها بصورة دائمة من دخول الماء او غيره من المواد المسببة للتلف .

9/11/12 التحقق من كفاءة الحقن بالحقين :

(أ) يسمح بالتحقق من كفاءة الحقن بالحقين باستخدام أساليب فحص بالتصوير بأشعة غاما (Gamma Radiography Testing Techniques) ، وفقا لما ورد في المواصفة القياسية البريطانية (BS 4408 : part 3) .

(ب) تشمل العيوب التي يمكن استشفافها من التصوير باشعة غاما ما يلي :-

* عدم امتلاء المجاري تماما بالحقين .
* وجود جيوب من الهواء والماء .
* وجود شقوق (شريطة ان يكون اتجاه الشقوق في اتجاه الاشعة) .
* وجود شقوق في اوتار اسباق الاجهاد .
* وجود تنخرب (تعشيش) في الخرسانة .

كما يستشف من التصوير بهذه الاشعة موقع كل من المجاري واوتار اسباق الاجهاد .

جدول المحتويات الباب الثاني عشر

الباب الثالث عشر

مراقبة المنشآت وعناصرها واختبارها

13/1 عام

13/1/1 ان الهدف من المراقبة والاختبار للمنشآت وعناصرها هو التأكد من تحقيق مواصفات الانشاء ودقة الابعاد واسلوب التشغيل ودرجة الخرسانة .

13/2 الفحوص والاختبارات التي تجري على الخرسانة

13/2/1 الخرسانة الطازجة :

يتم فحص عينات من الخرسانة الطازجة حسب ما ورد في المجلد الاول (الاعمال المدنية والمعمارية) من المواصفات الفنية العامة للمباني الصادر عن وزارة الاشغال العامة في عام 1985.

13/2/2 الخرسانة المتصلدة :

(أ) **عام :**

(1) يتم اختبار خرسانة العنصر الإنشائي بعد تصلدها لأغراض التدقيق الاعتيادي وضبط الجودة او في الحالات التي تشير المراقبة بالنظر او تدل الفحوص فيها على عدم مطابقة الخرسانة المتصلدة للمواصفات المطلوبة .

(2) اذا اشارت نتائج الفحوص الواردة في البند الفرعي (13/2/2ب) الى عدم مطابقة الخرسانة المتصلدة للمواصفات المطلوبة ، فيسمح باجراء اختبار تحميل حسب ما ورد في المجلد الاول من المواصفات الفنية العامة للمباني الصادر عن وزارة الاشغال العامة في عام 1985.

(ب) **أنواع الاختبارات :**

(1) اختبار المقاومة بالضغط :

يتم تحديد مقاومة الخرسانة بالضغط حسب المواصفة القياسية البريطانية (BS 1881 : Part 4) ، على ان يراعى تلافي التعرض لقضبان التسليح عند الحفر لاخذ عينات لبية .

(2) الاختبار بالأشعة :

يسمح بفحص العناصر الانشائية من الخرسانة سابقة الاجهاد التي لا يزيد عمقها عن (450) ملمترا بوساطة الاشعة ، وذلك للتأكد من عدم وجود فراغات فيها . كما يهدف هذا الفحص الى التأكد من امتلاء مجاري اوتار اسباق الاجهاد بالحقين بالاضافة الى تحديد عدد قضبان التسليح في العنصر الانشائي ومواقعها . ويتم اجراء الفحص حسب المواصفة القياسية البريطانية (BS 4488 : Part 3).

(3) الاختبارات الصوتية :

* في الحالات التي يتوقع فيها عدم كفاية الدمك او نقص في مقاومة الخرسانة ، فان اجراء الاختبارات الصوتية لاجراء العنصر الانشائي المشتبه في سلامتها والاجزاء المجاورة لها يوفر اساسا مفيدا للمقارنة .
* تستخدم في هذه الطريقة منحنيات اعدت من قبل بالاعتماد على نتائج فحص عدد كبير من العينات لتحديد العلاقة بين سرعة الامواج الصوتية ومقاومة الخرسانة المتوقعة.
* يتطلب فحص الخرسانة بهذه الطريقة لتحديد مقاومتها تدريبا وخبرة ودراية .

(4) الاجهزة الكهرمغناطيسية :

يمكن تحديد عمق اوتار اسباق الاجهاد او فولاذ التسليح حتى عمق (70) ملمترا باستخدام اجهزة كهرمغناطيسية وذلك حسب المواصفة القياسية البريطانية (BS 4408 : Part 1) .

(5) مطرقة شميدت :

يسمح باستخدام مطرقة شميدت لتحديد مقاومة الخرسانة بصورة تقريبية حيث تستخدم في هذه الطريقة منحنيات تبين العلاقة بين مقاومة الخرسانة والقراءة المناظرة . وتتحدد مقاومة الخرسانة من اخذ متوسط ما لا يقل عن (9) قراءات تؤخذ في مناطق لا يقل بعدها عن حافة العنصر الانشائي عن (25) ملمترا . وتبلغ دقة النتائج التي يتم الحصول عليها باستخدام هذه الطريقة (±3) نيوتن/ملمتر مربع . ويجب التفريق بين النتائج التي يتم الحصول عليها للسطوح الخشنة من جهة وللسطوح الملساء من جهة

اخرى .

13/3 دقة الابعاد وشقوق السطوح

13/3/1 يراعى ما ورد في المجلد الاول (الاعمال المدنية والمعمارية) من المواصفات الفنية العامة للمباني الصادر عن وزارة الاشغال العامة في عام 1985.

13/3/2 يجب مراقبة سطوح العناصر الانشائية لمعرفة مدى مطابقتها للمواصفات .

13/3/3 يسمح باصلاح عيوب السطح في حالة توافر المقاومة الكافية للخرسانة ، بحيث لا يؤثر هذا الاصلاح على نوعية التشطيب المطلوب وجودته مع تحقيق متطلبات القوة والديمومة .

13/3/4 في الخرسانة الظاهرة يجب العناية باختبار نسب مكونات الخليط بحيث ينسجم لون المنطقة المراد تغطيتها مع لون الخرسانة في الاجزاء المنهاة من المنشأ .

المصطلحات الفنية

(أ)

ابتدائي	Initial
اتساق الانفعال ، انسجام الانفعال ، توافق الانفعال	Strain Compatibility
اتزان	Equilibrium
اتزان كلي	Overall Equilibrium
اجهاد	Stress
اجهاد ضغط	Compressive Stress
اجهاد شد	Tensile Stress
اجهاد انحناء	Flexure Stress
اجهاد الضغط التصميمي	Design Compressive Stress

Flexure Tensile Stress	اجهاد شد انحنائي
Friction	احتكاك
Performance Test	اختبار اداء
Anchoring	إرساء – تثبيت
Relaxation	استرخاء
Linear Interpolation	استكمال خطي
Stability	استقرار
Wedge	اسفين
Split Wedge	اسفين منشطر
Extension	استطالة ، امتداد
Redistribution	اعادة توزيع
Release	افلات
Safety	امان
Tilt	امالة ، تمييل
Initial Tilting	امالة ابتدائية
Maximum Lateral Bow	انحناء جانبي أقصى
Composite Structure	انشاء مركب
Strain	انفعال
Shrinkage Strain	انفعال الانكماش
Specific Creep Strain	انفعال الزحف النوعي
Segregation	انفصال حبيبي

Split	انفلاق
Longitudinal Splitting	انفلاق طولي
Crushing	انسحاق
Blockage	انسداد
Burst	انفطار
Shrinkage	انكماش

(ب)

بحر	Span
بحور متبادلة	Alternate Spans
بطنية (سطح سفلي لعنصر انشائي)	Soffit
بلاطة	Slab
بلاطة مسطحة	Flat Slab

(ت)

تالي الشد	Post-tensioned
تآكل ، صدأ	Corrosion
تحميل فجائي	Shock Loading
تخزين	Storage
توخيم	Deflection
توخيم لحظي	Instantaneous Deflection
توخيم طويل الامد	Long-term Deflection
توطيب ، تبليل	Wetting
تسليح	Reinforcement
تسليح قص	Shear Reinforcement
تشوه مرن	Elastic Deformation
تشوه	Deformation
تقوس	Curvature
تقسية	Hardening
تكوين	Composition
تلف ميكانيكي	Mechanical Damage
تنخرب (تعشيش)	Honeycombing
تماسك ، التحام	Cohesion
تماسك	Bond
تمدد غير مقيد	Unrestrained Expansion

(ج)

Beam	جائز
Slender Beam	جائز نحيف
Continuous Beam	جائز مستمر
Strand	جديلة
Web	جذع
Relative Stiffness	جساءة نسبية
Jack	جهاز شد

(ح)

Limit State	حالة حد
Ultimate Limit State	حالة حد اقصى
Serviceability Limit State	حالة حد تشغيل
Critical Limit State	حالة حد حرجة
Deflector	حارف
Abrasive	حاك
Differential Movement	حركة متفاوتة
Grout	حقين
Grouting	حقن
Vacuum Grouting	حقن بالتفريغ الهوائي
Load	حمل
Design Load	حمل تصميمي
Design Service Load	حمل التشغيل التصميمي
Service Load	حمل التشغيل
Permanent Load-sustained Load	حمل دائم
Fluctuating Load	حمل متذبذب

(د)

Degree of Compaction	درجة دك
Compaction	دك
Durability	ديمومة

(ر)

Principal	رئيسي
Relative Humidity	رطوبة نسبية
Support	ركيزة ، دعامة

(ز)

Creep	زحف

(س)

Pre-tensioned	سابق الشد
Precast	سابق الصب
Behaviour	سلوك
Elastic Behaviour	سلوك مرن
Wire	سلك
Fluidity	سيولة

(ش)

Tensile	شد
Tape	شريط
Crack	شق ، شوخ
Surface Crack	شق سطحي

(ص)

Mild Steel	صلب طري عادي
Pressure Relief Valve	صمام تنفيس ضغط
Maintenance	صيانة

(ض)

Direct Compression	

ضغط مباشر	Compression
ضغط	
(ط)	
طول تطوير اسباق الاجهاد	Prestress Development
طول انتقال الاجهاد	Transmission Length

(ع)	
عامل	Agent
عامل مشتت	Dispersing Agent
عامل ملدن	Plasticizing Agent
عامل تمدد غازي	Gas Expanding Agent
عرض	Width
عدم استقرار جانبي (عرضي)	Lateral Instability
عدم استقرار	Instability
عزم انحناء جانبي	Lateral Bending Moment
عزم مقاوم	Resistance Moment
عزم	Moment
عمق	Depth
عمق فعال	Effective Depth
عمق كلي	Total Depth
عمود	Column
عنصر انشائي ، عضو	Member
(غ)	
غرواني	Colloidal
غطاء خرساني	Concrete Cover
غلفنة	Galvanizing
غمد	Sheath

غير محدد استاتيكيا	Statically Indeterminate
(ف)	
فاقد ، فقدان (خسارة)	Loss
فتحة	Vent
فتحة إرساء	Anchorage Vent
فتحة تصريف	Drainage Vent
فعالية ، كفاءة	Effectiveness
فقد آني	Immediate Loss

(ق)	
قابلية الضخ	Pumpability
قابل للذوبان	Soluble
قص	Shear
قضيب	Bar
قمع	Funnel
قوام	Consistency
قوة نصف قطرية	Radial Force
قوة انفطارية	Bursting Force
(ك)	
كانة ، اسورة	Link , Stirrupe ,Tie
كبل	Cable
كتلة طرفية	End Block
كمة	Sleeve
كمة بلاستيكية	Plastic Sleeve
(ل)	
لا مرونة	Inelasticity

Instantaneous	لحظي
Plastic	لدن
Viscosity	لزوجة
Coil	لفة
Bearing Plate	لوح تحميل
Circular Bearing Plate	لوح تحميل دائري
Fibre	ليف
Torsion	لي

(م)

Inhibitor	مانع
Airtight	مانع لنفاذ الهواء
Filler	مادة مالئة ، مالئ

Retarder	مبطئ ، معوق ، مؤخر
Spacer	مباعد
Multi	متعدد
Duct	مجرى
Udulating Duct	مجرى موج
Rubber Duct	مجرى مطاطي
Solvent Solution	محلول مذيب
Longitudinal Axis	محور طولي
Centroidal Axis	محور مركزي
Hydraulic Jack	مرفاع هيدروليكي
Lubricant	مزلق
Greased	مشحم
Sieve Strainer	مصفى منخلي
Workmanship	مصنعية
Admixture	مضاف

Factor	معامل
Depth Factor	معامل العمق
Modulus	معاير
Modulus of Elasticity	معاير مرونة
Design Criteria	معيار تصميم
Section	مقطع
Plane Section	مقطع مستوى
Cracked Section	مقطع متشقق
Sling	مقلاع
Inclined Sling	مقلاع مائل
Vertical Sling	مقلاع رأسي
Compressive Strength	مقاومة الضغط
Design Shear Resistance	مقاومة القص التصميمية
Fire Resistance	مقاومة الحريق
Bonded	ممسوكة
Handling	مناولة
Structure	منشأ
Release Position	موضع افلات

(ن)

Gripping Device	نبيطة امساك
Bleeding	نزف
Modular Ratio	نسبة معيارية
Post-tensioning System	نظام الشد التالي
Lifting Point	نقطة رفع

(هـ)

Settlement	هبوط

(و)

Tendon	وتر
Pre-tensioned tendon	وتر سابق الشد
Post-tensioned tendon	وتر لاحق الشد
Curved Tendon	وتر قوسي
Straight Tendon	وتر مستقيم
Deflected Tendon	وتر منحرف
Internal Tendon	وتر داخلي
External Tendon	وتر خارجي
Tension Face	وجه الشد
Joint	وصلة
Screwed Connection	وصلة مقلوظة
Injection Connection	وصلة حقن

المصادر

1- (كودة الخرسانة العادية والمسلحة) من كودات البناء الوطني الاردني . مجلس البناء الوطني الاردني ، وزارة الاشغال العامة والاسكان ، عمان الطبعة الاولى ،1993 .

2- المواصفات الفنية العامة للمباني ، المجلد الاول : الاعمال المدنية والمعمارية ، وزارة الاشغال العامة ، عمان ، الطبعة الأولى ، 5891.

3- British Standard Code of Practice , CP 110 : Part 1 ,
"The Structural Use of Concrete – Design, Materials and Workmanship".

4- British Standard , BS 8110 : Part 1 , 1985 ,
"Structural Use of Concrete – Code of Practice For Design and Construction".

وحدات النظام الدولي (SI Units)

والوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولي	الرمز العربي
الطول	متر	m	م
	سنتمتر	cm	سم
	ملمتر	mm	ملم
	كيلومتر	km	كم
الكتلة	غرام	g	غم
	كيلو غرام	kg	كغم
	طن	t	طن
	ميليغرام	mg	ملغم
الزمن	ثانية	s	ثانية
	دقيقة	min	دقيقة
	ساعة	h	ساعة
	يوم	d	يوم
زاوية مستوية	درجة	o	درجة
	دقيقة	'	دقيقة
	ثانية	"	ثانية
الحجم	لتر	L	لتر
	ميللتر	m L	مللتر
	متر مكعب	m^3	م3
المساحة	متر مربع	m^2	م2
	مليمتر مربع	$m\ m^2$	ملم2
القوة	نيوتن	N	ن
	كيلو نيوتن	kN	كن
الاجهاد	نيوتن/ملمتر مربع	N/mm^2	ن/ملم2
	كيلو نيوتن/متر مربع	kN/m^2	كن/م2
درجة الحرارة	درجة مئوية	°C	°س

معاملات التحويل من النظام المتري الى النظام الدولي

نظام متري			نظام دولي
كيلو غرام قوة	=	9,81	نيوتن
كيلو غرام قوة . متر	=	9,81	نيوتن . متر
كيلو غرام قوة / متر	=	9,81	نيوتن / متر
كيلو غرام قوة / سنتمتر مربع	=	0,0981	نيوتن / ملمتر مربع
كيلو غرام قوة / متر مربع	=	9,81	نيوتن / متر مربع
كيلو غرام قوة / متر مكعب	=	9,81	نيوتن / متر مكعب
0,102كيلو غرام قوة	=	1	نيوتن
0,102كيلو غرام قوة . متر	=	1	نيوتن .متر
0,102كيلو غرام قوة / متر	=	1	نيوتن / متر
10,20كيلو غرام قوة / سنتمتر مربع	=	1	نيوتن / ملمتر مربع
0,102كيلو غرام قوة / متر مربع	=	1	نيوتن / متر مربع
0,102كيلو غرام قوة / متر مكعب	=	1	نيوتن / متر مكعب

الأسس المتبعة في تبويب وترقيم
كودات البناء الوطني الاردني

اولا : قسمت كودات البناء الوطني الاردني وحسب موضوع البحث الى عدة كودات مختلفة العناوين ، وقد اعطيت كل كودة رقما متسلسلا يميزها عن غيرها من الكودات.

ثانيا : تم تقسيم الكودة الواحدة الى عدة ابواب رئيسية واعطى كل باب رقما متسلسلا ضمن الكودة يميزه عن غيره من الابواب .

ثالثا : قسم كل باب من الابواب المختلفة لكل كودة وبترتيب تنازلي الى ما يلي :-

المـادة : ويرمز اليها برقمين مختلفين تفصل بينهما اشارة (/).ويمثل الرقم الذي على اليمين رقم الباب الذي تفرعت عنه هذه المادة بينما يمثل الرقم الذي على اليسار رقم المادة نفسها .

البنـد : ويرمز اليه بثلاثة ارقام مختلفة تفصل بين كل اثنين منها اشارة (/) ويمثل الرقم الذي على اليمين رقم الباب ، ويمثل الرقم الاوسط رقم المادة التي تفرع منها هذا البند بينما يمثل الرقم الذي على اليسار رقم البند نفسه .

البند الفرعي : ويرمز اليه بحرف ابجدي موضوع بين قوسين ويكون متفرعا عن البند ويرجع اليه برمز البند مضافا اليه رمز البند الفرعي نفسه .

الفقـرة : ويرمز اليها برقم موضوع بين قوسين وتكون الفقرة متفرعة عن البند الفرعي ويرجع اليها بذكر رقم الفقرة نفسها ورمز البند الفرعي التابع لها .