Pre-tension Concrete

الخرسانة لاحقة الشد

ئامادەکردنی

ئەندازیار

ووشیار تۆفیق مجید

٢٠١٤

١- تعريف الخرسانة Concrete Definition

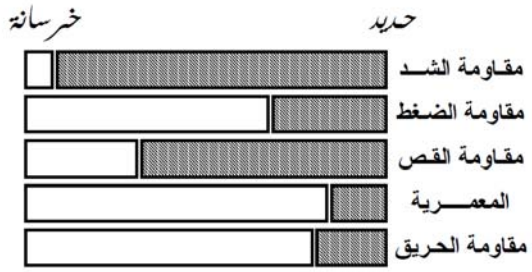
الخرسانة هى بنيان Structure يتركب من عدة موادMaterials والجزء الأكبر فى هذا البنيان هو الركام الذى يتماسك مع بعضه فى صورة شبيهة بالكتلة الحجرية وذلك بفعل العجينة الأسمنتية المغلفة للرآام والتى تتصلد نتيجة التفاعل الكيمائى بين الأسمنت والماء ونسب توزيع المواد المختلفة المكونة للخرسانة(حجما) فى أغلب الأحوال هى:

ركام (كبير وصغير)	عجينة الأسمنت	فراغات
٧٠ – ٦٠ %	٤٠ – ٣٠ %	٢ – ١ %

يتضح من ذلك أن الركام هو المكون الأساسى لجسم الخرسانة حيث يحتل حوالى من ٣/٢ الى ٤/٣ من حجم الخرسانة . والركام يعتبر مادة رخيصة نسبياً في معظم بلدان العالم ولاسيما كوردستان , بالإضافة إلى أنه يعمل على تقليل التغيرالحجمى للخرسانة الناتج من عمليتى الشك والتصلد ومن تغير الرطوبة فى عجينة الأسمنت .أما عجينة الأسمنت فتقوم بوظيفة فعالة وذلك بإيجاد التماسك بين الركام وإعطاء الخرسانة المقاومة المطلوبة وملء الفراغات بين حبيبات الركام وتسهيل إنزلاق الركام أثناء الصب.

٢- الخرسانة كمادة انشائية

الخرسانة فى حالتها المتصلدة تبدو آمادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط أما فى حالتها الطازجة فلها خاصية اللدونة التى تسمح بتشكلها فى أى قالب معمارى مطلوب .وتعتبر الخرسانة مع الصلب أآثر المواد الإنشائية شيوعاً وإستعمالاً فى عصرنا الحديث وذلك لسهولة تواجدها والرخص النسبى للمواد المكونة لها وأيضا لسهولة ورخص تصنيعها .ويمكن إستعمال آما فى Composite Sections الخرسانة بالإشتراك مع مواد أخرى لتكوين قطاعات مرآبة Composite Materials حالة إستخدام قطاعات الصلب مع الخرسانة أو لتكوين مواد مرآبة آما فى حالة إضافة أنواع معينة من الألياف الى الخرسانة أثناء خلطها لتحسين بعض الخصائص المرغوبة .وتعتبر الخرسانة مع حديد التسليح مادتين متكاملتين من حيث الخواص ويتضح ذلك فى شكل (١-١)



الخاصية	الخرسانة	حديد التسليح
مقاومة الشد	ضعيف جداً	جيد جداً
مقاومة الضغط	جيد	جيد ولكن يحدث إنبعاج للقطاعات النحيفة
مقاومة القص	متوسط	جيد
المعمرية	جيد جداً	ضعيف ويتآكل إذا كان غير محمى
مقاومة الحريق	جيد	ضعيف ويفقد مقاومته سريعاً فى درجات الحرارة العالية

شكل (١-١) تكامل الخواص فى الخرسانة وحديد التسليح.

٣- الانواع المختلفة (الخاصة) من الخرسانة Special Types of Concrete

فيما يلي تصنيف لأهم انواع الخرسانات:-

I	Type	نوع
١	Plain Concrete	الخرسانة العادية
٢	Reinforced Concrete	الخرسانة المسلحة
٣	Prestressed Concrete	الخرسانة مسبقة الاجهاد
٤	Precast Concrete	الخرسانة الجاهزة (مسبقة الصب)
٥	High Strength Concrete	الخرسانة عالية المقاومة
٦	Fibrous Concrete	الخرسانة الليفية
٧	Self-Compacting Concrete	الخرسانة ذاتية الدمك
٨	Polymer Concrete	الخرسانة البوليمرية
٩	Shotcrete	الخرسانة المقذوفة (خرسانة الرش)
١٠	Light-Weight Concrete	الخرسانة الخفيفة
١١	Heavy-Weight Concrete	الخرسانة الثقيلة
١٢	Mass Concrete	الخرسانة الكتلية
١٣	Prepacked Concrete	الخرسانة المعبئة
١٤	Gap Concrete	خرسانة الركام ناقص التدرج
١٥	Architectural Concrete	الخرسانة المعمارية
١٦	Nailing Concrete	الخرسانة التسيير
١٧	Sulfur Concrete	الخرسانة الكبريتية

١- الخرسانة العادية Plain Concrete

وهى خرسانة بدون أي حديد تسليح وتستخدم فى أعمال الفرشات الخرسانية تحت الأساسات والأرصفة وعمل الكتل الخرسانية الغير معرضة لإجهادات شد وعمل الأرضيات والسدود. ومقاومتها تتراوح من ١٥٠ إلى ٢٥٠ كغ/سم٢ حسب الغرض المستخدمة من أجله .ويمكن تحسين بعض الخواص فيها لكي تناسب غرض الاستخدام ، مثلاً أن تكون مقاومة للكبريتات أو مقاومة لعوامل التعرية والتآآل آما فى حالة المصدات البحرية.

٢- الخرسانة المسلحة Reinforced Concrete

وهى خرسانة عادية ويشترك معها حديد تسليح لمقاومة إجهادات الشد وهذا النوع من الخرسانة هو الأكثر شيوعاً واستخداماً فى العالم وذلك لسهولة تنفيذه ورخص تصنيعه . ويمكن أن يُصب فى الموقع مباشرة أو يُصب فى المصنع لعمل وحدات خرسانية جاهزة .وينبغي تحقيق بين الإجهادات و الانفعالات فى كل من Compatibility و التوافق Equilibrium الاتزان الخرسانة و الحديد . ومعظم كودات التصميم تهمل تماماً مقاومة الخرسانة للشد وبالتالى فإن يوضح - الحديد يتحمل كل قوى الشد المؤثرة ، أما الخرسانة فتتحمل قوى الضغط. توزيع الإجهادات والانفعالات على قطاع مستطيل من الخرسانة المسلحة.

٣- الخرسانة مسبقة الاجهاد Prestressed Concrete

وهى خرسانة عادية يتم إكسابها إجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الإجهادات تكون كفيلة بملاشاة إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالى لا نحتاج إلى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للإجهادات على طول القطاع الخرسانى بعد التحميل) التشغيل (هى غالباً إجهادات ضغط وبالتالى تكون الخرسانة كفيلة بتحملها .وبناءاً عليه يجب أن تكون الخرسانة ذات مقاومة عالية للضغط تتراوح من

٣٥٠ إلى ٦٠٠ كغ/سم٢ وذلك حتى يمكنها تحمل إجهادات ضغط التصنيع وإجهادات ضغط التشغيل . وأسياخ الصلب المستخدمة فى الخرسانة سابقة أو حبال مجدولة من مجموعة Wires وهى عبارة عن أسلاك Tendons الإجهاد تسمى كابلات وتمتاز الخرسانة سابقة الإجهاد بقلة الشروخ Bars أو قضبان من الصلب Strands أسلاك السطحية مع مقاومة عالية للأحمال .وهى مناسبة للاستخدام فى الكبارى والمستودعات المائية والوحدات الجاهزة مثل فلنكات السكك الحديدية وأعمدة التلغراف .وعموماً يوجد طريقتان لإكساب الخرسانة لإجهادات الضغط :-

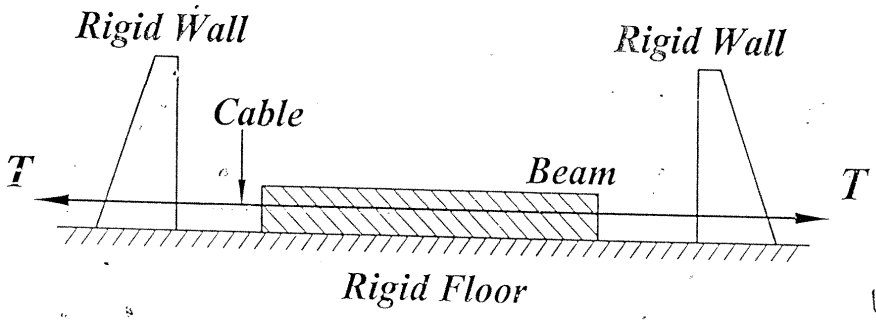
١- طريقة الشد السابق (Pre-tension) or (Pro-tension)

وفيها يتم شد كابلات الصلب قبل صب الخرسانة وقبل تصلدها .وتترك هذه الكابلات مشدودة فى حدود المرونة (حتى تتصلد الخرسانة وتكتسب مقاومتها القصوى ثم بعد ذلك يتم رفع وإزالة قوى الشد من الصلب الذى يحاول أن ينكمش داخل الخرسانة المتصلدة مما يؤدى إلى حدوث إجهادات ضغط فى الخرسانة عن طريق قوى التماسك بين الحديد و الخرسانة كما (وتستخدم طريقة الشد السابق فى إنتاج الوحدات سابقة الصب سابقة الإجهاد حيث تسمح المعالجة بالبخار واستخدام خرسانة عالية المقاومة المبكرة فى الإزالة المبكرة لتلك الوحدات والاستغلال اليومي للقوالب.

هذه الطريقة تستعمل فقط فى مصانع الخرسانة سابقة الإجهاد

(*Precast Prestressed Concrete*)

① وضع الكابلات داخل الشده فى المسار المحدد لها
② شد الكابلات من أطرافها و تثبيتها مشدودة
③ صب الخرسانة داخل الشدة
④ يتم قص الكابلات بعد تصلد الخرسانة بوقت مناسب (٢٨ يوم)
فترتد مسببة قوة ضغط على الخرسانة.



عيوبها

① لا يمكن تنفيذها الا فى المصنع فقط.
② يصعب تشكيل الكابلات .

٢- طريقة الشد الاحق (Prost(pro)-tension)

وفيها يتم عمل أنابيب مفرغة (مواسير أو أجربة) داخل الخرسانة وتوضع كابلات الصلب . (يتم شد الكابلات بعد - حرة الحركة بداخلها بدون شد حتى تتصلد الخرسانة تماماً شكل ٣) تصلد الخرسانة حيث لا يكون هناك أى قوى تماسك بين الصلب و الخرسانة . بعد ذلك يتم رفع وإزالة قوى الشد من الصلب حيث يسبب إجهادات ضغط على ألواح الصلب المثبتة فى طرفى العنصر الخرسانى والتى تنتقل بدورها إلى الخرسانة بالتحميل. بعد ذلك تملأ الفراغات بين كابلات الصلب والمواسير بمونة الجراوت التى تتصلد وتقلل من فرصة صدأ صلب الكابلات.

هذه الطريقة شائعة الإستخدام فى تنفيذ الخرسانة سابقة الإجهاد لأنه يمكن تنفيذها فى الموقع

١ يتم تحديد مسار الكابلات داخل الشدة على شكل مواسير من الرصاص .

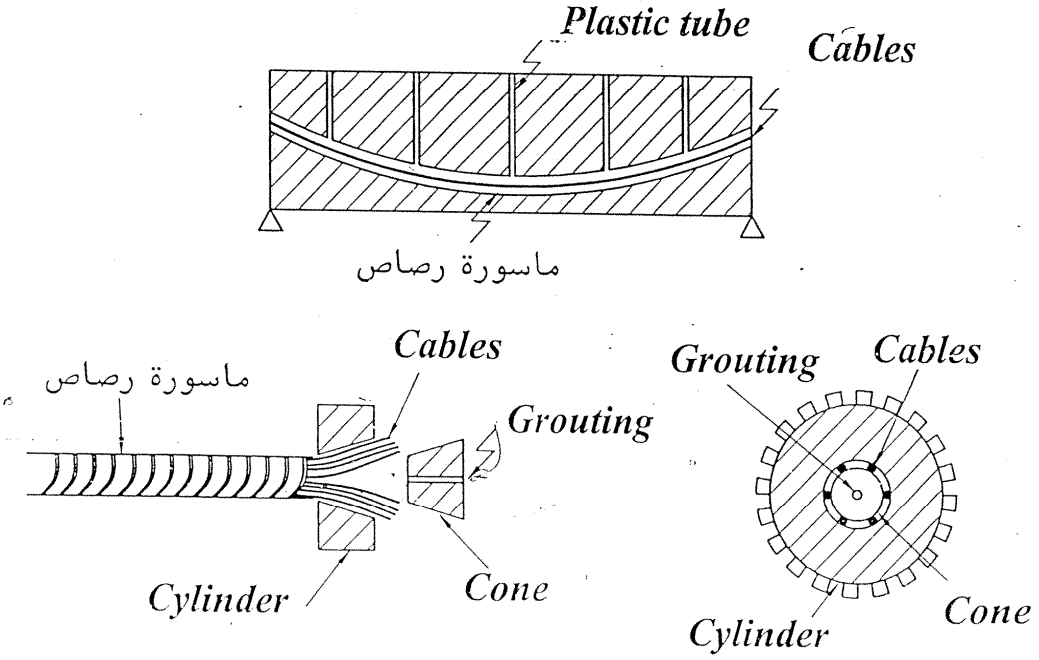
٢ تصب الكمرة الخرسانية و تترك حتى التصلد (٢٨يوما) .

٣ إدخال الكابلات داخل مواسير الرصاص .

٤ تشد الكابلات من الأطراف ثم تثبيتها مشدوده بإستخدام *(Washer & Nut)* أو أى نظام اخر (*Frysinnet System*)

٥ لتحقيق التماسك بين الكابلات و الخرسانة يتم حقن مونة من الأسمنت و الرمل داخل مواسر الرصاص . و يتم التأكد من ملء الماسورة عند خروج المونة من الأنابيب الشعرية .

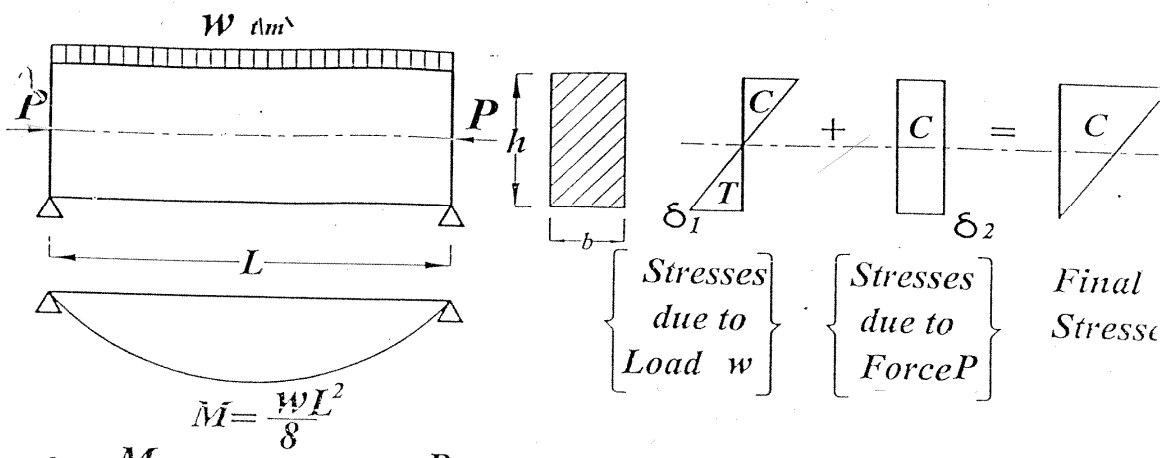
٦ تترك الكابلات فترتد ضاغطة على الخرسانة .



Frysinnet System

الجزء النظري و طريقة ايجاد كمية قوة الشد (P)

اذا قلت اجهاد الشد (Tensile stress) على القطاع (section) فانه تقل كمية الحديد المطلوبه وهذه هي فكرة (Pre-stress concrete) او (Pro-tension concrete) حيث يتم التاثير على الخرسانه بقوة خارجية (P) بحيث تقلل هذه القوة من اجهادات الشد على القطاع (section)



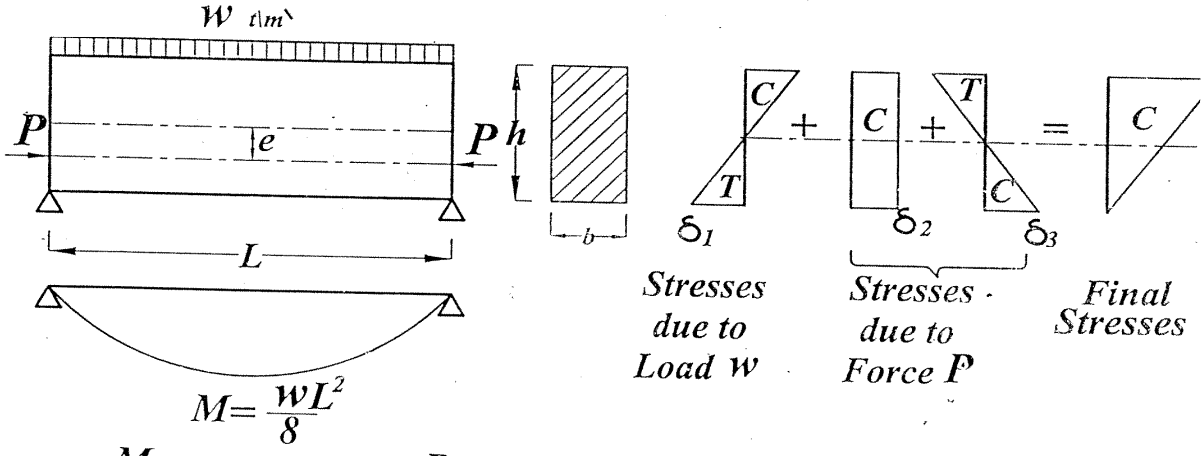
$$M=\frac{wL^2}{8}$$

$$\delta_1=\frac{M}{Z} \qquad \delta_2=\frac{P}{A}$$

To obtain Zero Tension Stresses $\delta_1=\delta_2$

$$\frac{M}{Z}=\frac{P}{A} \longrightarrow P=\frac{A}{Z}M$$

$$Z=\frac{bh^2}{6} \qquad A=bh \longrightarrow \boxed{P=\frac{6M}{h}}$$



$$M=\frac{wL^2}{8}$$

$$\delta_1=\frac{M}{Z} \qquad \delta_2=\frac{P}{A} \qquad \delta_3=\frac{P\times e}{Z}$$

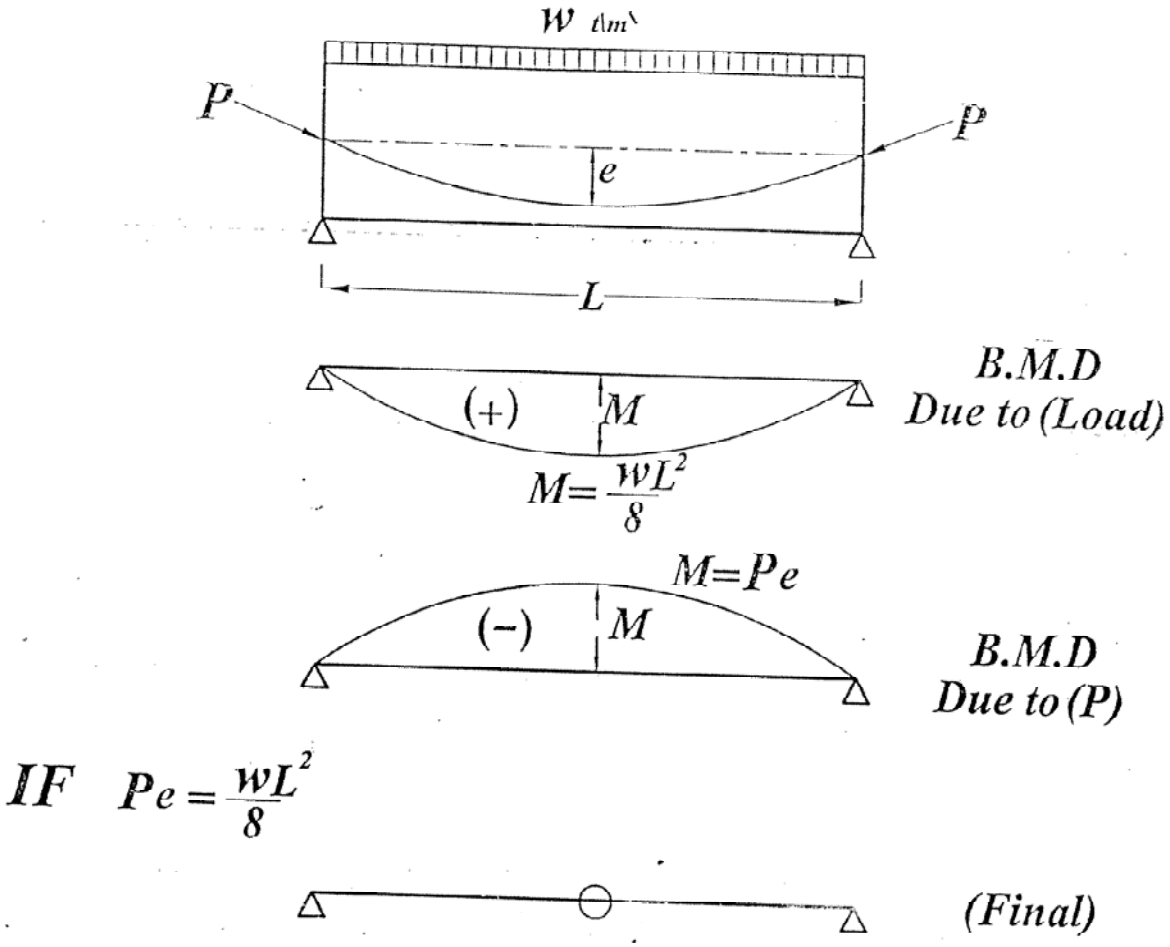
To obtain Zero Stresses $\delta_1=\delta_2+\delta_3$

$$\frac{M}{Z}=\frac{P}{A}+\frac{P\times e}{Z} \longrightarrow \frac{M}{\frac{bh^2}{6}}=\frac{P}{bh}+\frac{P}{\frac{bh^2}{6}}\times e \longrightarrow \frac{6M}{h}=P+\frac{6Pe}{h}$$

For R-Section $e_{max.}=\frac{h}{6}$

$$\frac{6M}{h}=P+\frac{6P}{h}\times\frac{h}{6} \longrightarrow \frac{6M}{h}=2P \qquad \boxed{P=\frac{3M}{h}}$$

نلاحظ ان قيمة القوة الخارجية (P) المطلوبة لجعل القطاع (Section) غير معرض لاجهادات شد تتغير بتغير مكان تاثيرها , لذلك فان الحل الامثل هو ان يتغير تاثير القوة (P) بنفس درجة تغيير العزم (Moment)



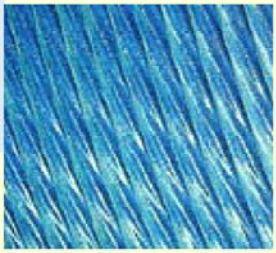
أى انه اذا كان العزم الناتج عن القوة (P) يساوى العزم الناتج عن الاحمال (w) فان العزم النهائى يساوى صفر تقريبا

الجزء العملي (التطبقي) و طرق التنفيذ ومتطلبات التنفيذ و المعدات الضرورية لهذه النوع من الخرسانة هي كما مبينة في الجدداول و الصور التالية :-

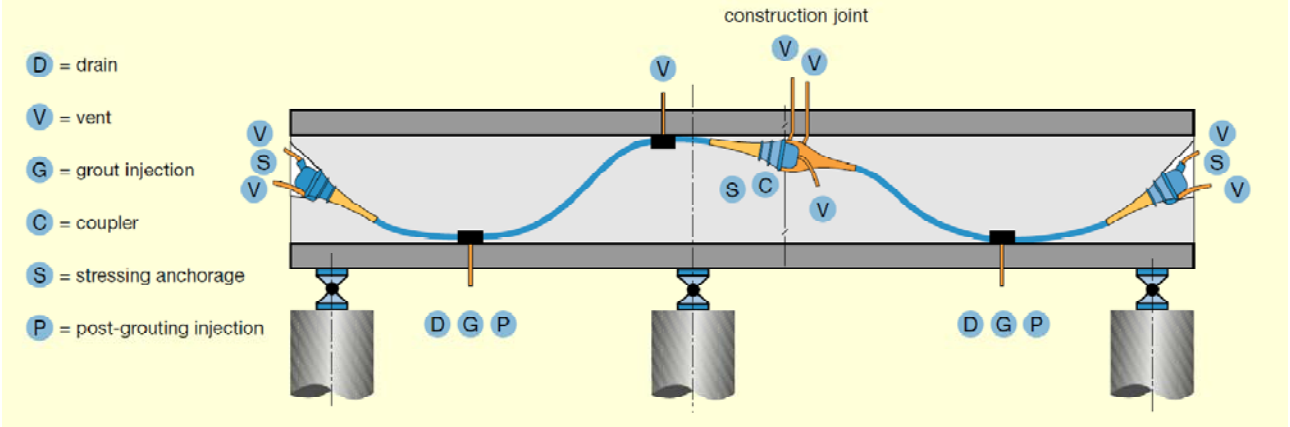
Post-Tensioning System using Strand

Strand is manufactured from 7 individual cold-drawn wires, 6 outer wires helically wound around one center wire (king wire). The mechanical properties of the strand as well as it's corrosion protection are most important to DSI. Strand coatings do not affect the anchorage's capacity or efficiency. For improved corrosion protection we offer systems using polyethylene (PE) or polypropylene (PP) ducts.
See page 6.

Strand is normally packaged in calwrap coils that typically weigh up to 3.2 tons.



Epoxy Coated Strand



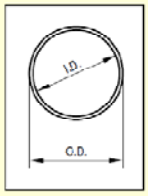
Corrugated Duct

Corrugated metal ducts are the most economical means to create a void for the tensile elements. These thin-walled galvanized corrugated 28ga/0.38 mm - 24ga/0.61 mm sheet metal ducts also provide a secondary corrosion protection with excellent bond behavior between tendon grout and concrete. Primary corrosion protection is provided by the alkalinity of the grout and concrete.

Dimensions of Corrugated Metal Duct (Standard Sizes)

tendon type 0.5"	tendon type 0.6"	sheathing I.D. in/mm	sheathing O.D. in/mm
5907	6805	2/50	2.15/54.6
5909	6807	2.375/60	2.6/66
5912	6809	3.12/80	3.31/84
5915	6812	3.52/90	3.7/94
5920	6815	3.63/93	3.82/97
5927	6819	4/100	4.19/106.3
5937	6827	4.6/117	4.78/121.4
	6837	5.26/134	5.45/138.4

The tendon type number (e.g. 5904, 6807) is composed as follows: the first digit (5 or 6) identifies the nominal strand diameter in tenths of an inch, i.e. 0.5" or 0.6", the last two digits (..07) reference the number of used strands (= 7 strands). The second digit is an internal code.



tendon type 0.5"	tendon type 0.6"	min. center distances in/mm	support distances up to ft/m
5904	6804	3.90/99	5.91/1.8
5905	6805	4.25/108	5.91/1.8
5907	6806	4.61/117	5.91/1.8
5909	6807	4.61/117	5.91/1.8
5912	6009	4.61/117	5.91/1.8
5915	6812	5.67/144	5.91/1.8
5920	6815	6.38/162	5.91/1.8
5927	6819	6.73/171	5.91/1.8
5932	6822	7.09/180	5.91/1.8
5937	6827	7.80/198	5.91/1.8
–	6837	9.25/235	5.91/1.8

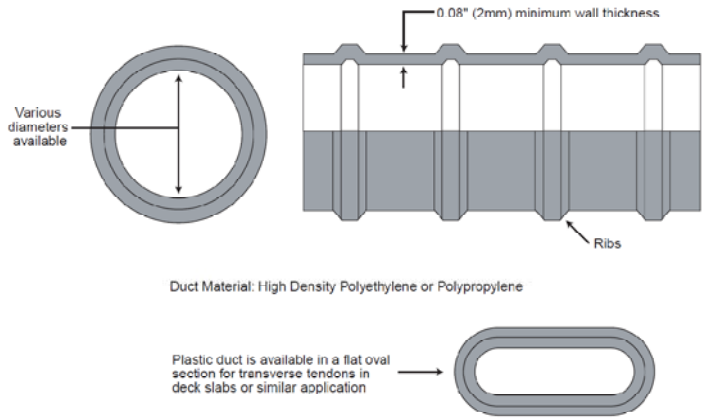


Figure 2.5 - Corrugated Plastic Duct

PE/PP Round Duct

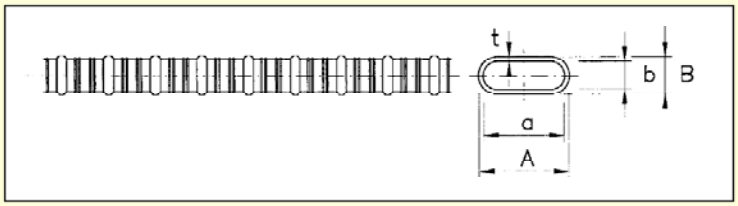
Thick-walled polyethylene / polypro
lene (PPEX3) plastic ducts provide
long-term secondary corrosion
protection especially in aggressive
environments such as waste water
treatment plants, acid tanks or silos

DYWIDAG-Systems International of
polyethylene/polypropylene (PPEX3
ducts in straight lengths up to 80 fe
for all sizes. Standard shipping leng
is 40 feet. Longer lengths in coils ar
available for all sizes except 130 m

Dimensions of Round Corrugated PE/PP Duct (Standard Size)

tendon type	tendon type	sheathing		wall thickness
		I.D.	O.D.	
0.5"	0.6"	in/mm	in/mm	in/mm
5907	6805	2.32/59	2.874/73	.079/2
5909	6807	2.32/59	2.874/73	.079/2
5912	6809	2.99/76	3.58/91	.1/2.54
5915	6812	3.31/84	3.95/100	.1/2.54
5920	6815	3.93/100	4.53/115	.1/2.54
5927	6819	3.93/100	4.53/115	.1/2.54
5937	6827	4.55/115	5.36/136	.14/3.56
	6837	5.12/130	5.96/151	.14/3.56

Flat PE/PP Duct



type	tendon type	A	B	a	b	wall thickness
	0.6"	(in/mm)	(in/mm)	(in/mm)	(in/mm)	(in/mm)
flat duct	6804	3.55/90.2	1.55/39.5	3.15/80	1.14/29	.079/2

Multiplane Anchorage MA

The two-part multiplane anchorage is primarily used for longitudinal tendons in beams and bridges.

The wedge plate and compact conical anchor body with three load transfer planes introduces the prestressing force gradually into the concrete member.

The separation of anchor body and wedge plate makes it possible to insert the strand after casting the concrete. The wedge plate self-centers on the anchor body providing accurate installation as well as trouble-free stressing. The anchorage is also suitable for cryogenic application (LNG-tanks).

The six bolt hole pattern in the anchor body is designed to accept a permanent plastic cap. Multiple grout ports allow for post grout inspection.

System 100

System 100

stressing anchorage	dead end anchorage accessible	dead end anchorage not accessible	coupling	ultimate load [kips/kN] from	ultimate load [kips/kN] to
✔	✔	✔	✔	287/1,302	2,168/9,644

pocket former for each anchorage system on request

Plate Anchorage SD

The single unit plate anchorage is designed for slab structures as well as transverse tendons in bridges. Small edge and center distances allow for an economical anchorage layout in tight situations.

stressing anchorage	dead end anchorage accessible	dead end anchorage not accessible	coupling	ultimate load [kips/kN]
✔	✔	✔	N/A	234.4/1,042.7

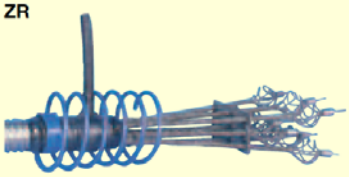
pocket former for each anchorage system on request

Bond Head Anchorage ZF/ZR

Primarily used with prefabricated tendons, it is also possible to fabricate this anchorage on site. The strand wires are plastically deformed to ensure safe load transfer up to ultimate capacity in the area of the bond head. Anchorage performance has been proven in static as well as in dynamic applications. Depending on the boundary conditions either a two-dimensional or a three-dimensional bond head anchorage pattern is available.

ZF

ZR



stressing anchorage	dead end anchorage accessible	dead end anchorage not accessible	coupling	ultimate load (0.5) [kips/kN] from	ultimate load (0.5) [kips/kN] to	ultimate load (0.6) [kips/kN] from	ultimate load (0.6) [kips/kN] to
–	–	✔	–	41.3/184	1,115/4,961	58.6/261	1,582/7,037

Loop Anchorage HV

Often used in large plate-shaped structures, walls, piers or LNG tanks. The 180° loop should be positioned in the center of the tendon to minimize movement of the strand within the loop during simultaneous two-end stressing.

stressing anchorage	dead end anchorage accessible	dead end anchorage not accessible	coupling	ultimate load [kips/kN] from	ultimate load [kips/kN] to
–	–	✔	–	82/372	1.169/5,301

Flat Anchorage FA

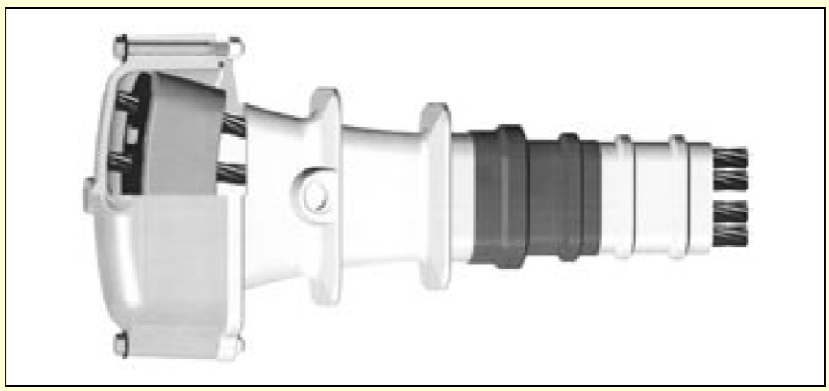
The 3-0.6" and 4-0.6" Flat Anchorage provides strands in one plane with a trumpet to deviate the strands into an oval duct. The Flat Anchorage is designed to be installed in thin members such as transverse post-tensioning of bridge decks and prestressed flat slabs.

stressing anchorage	dead end anchorage accessible	dead end anchorage not accessible	coupling	ultimate load [kips/kN] from	ultimate load [kips/kN] to
✔	✔	✔	–	175/782	234/1043

pocket former for each anchorage system on request

Flat Anchorage System 100

The two part multiplane anchorage is designed primarily for bridge transverse post-tensioning. The System 100 meets the Florida Department Of Transportation specifications regarding corrosion protection.



Coupler M/ME (Floating Anchorage Block)

Cylindrical structures (water tanks, digestor tanks, large pipes or dome shells) that require circumferential post-tensioning are the principal applications for the floating coupler M/ME. The tendon anchorage consists of an anchorage block with wedge holes on both sides to accept bare or greased and sheathed strands. The strands overlap within the block. The ring-tendon is very compact and requires a small pocket. Stressing is performed using conventional jacks and a curved jack nose.

M

ME

stressing anchorage	dead end anchorage accessible	dead end anchorage not accessible	coupling	ultimate load [kips/kN] from	ultimate load [kips/kN] to
✔	✔	–	–	62/279	738/3,348

pocket former for each anchorage system on request
M anchorage available in 2, 4, 6, 8 and 12-0.6 Versions

Coupler P

P Coupler consists of a multiplane anchorage body, a standard wedge plate and a coupler ring that accepts the continuing strands with swaged anchorages instead of wedges.

The Coupler P is available in 5, 9, 12, 15, 19 and 27-0.6 versions.

fixed coupler	floating coupler	ultimate load [kips/kN] from	ultimate load [kips/kN] to
✔	–	293/1303	1113/4953

Coupler D

The D Coupler is used to lengthen unstressed tendons in segmental bridge construction. The coupler consists of two spring-loaded wedges that connect two strands individually.

fixed coupler	floating coupler	ultimate load [kips/kN] from
–	✔	58.6/261

Available Anchorage Types

Tendon Type 59... (0.5" system)

59...	01	02	03	04	05	06	07	08	09	12	15	20	27	37
Anchorage Type														
Multiplane Anchorage MA							●		●	●	●		●	●
Plate Anchorage SD				●										
Bond Head Anchorage ZF/ZR	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Loop Anchorage HV		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Coupler D	●													

Other size tendons on request
Plate Anchor SD and Flat Anchor FA use 0.5" Jumbo Wedge

Tendon Type 68... (0.6" system)

68...	01	02	03	04	05	06	07	08	09	12	15	19	27	37
Anchorage Type														
Multiplane Anchorage MA					●		●		●	●	●	●	●	●
Plate Anchorage SD				●										
Mono Anchorage EV	●													
Bond Head Anchorage ZF/ZR	●		●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	
Loop Anchorage HV		●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●
Flat Anchorage FA			●	●										
Coupler M and ME (Floating Anchorage)		●		●		●		●		●				
Coupler P					●				●	●	●	●	●	
Coupler D	●													

Other size tendons on request

Installation

DYWIDAG-Systems International utilizes two different methods to insert strands into ducts. The installation method depends on the access conditions of the structure and the job site.

Uncoiling Cages

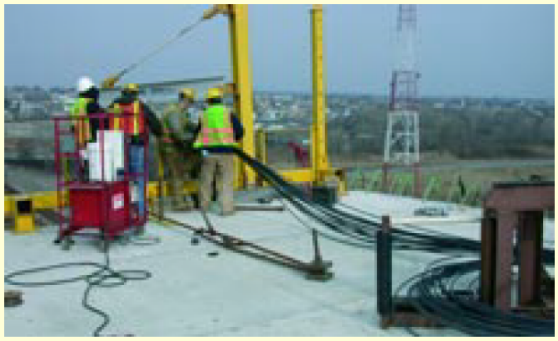
Method 1: Pushing

Pushing strands into the duct on the job site is very economical and can be done either before or after casting the concrete. The pushing equipment can be installed remotely and a flexible pipe connected to the insertion point. DSI strand pushers provide relatively high speeds of up to 25 ft/s (8 m/s) and require minimal operating personnel. These advantages make pushing the preferred method for strand installation.

Strand Pusher

Method 2: Pulling

To install strands while pulling them into the duct can be very efficient in special structures, for example where the loop anchorage is used. In most cases the entire bundle of strands is pulled through the duct using a winch with a steel cable.



Pre-Assembled Tendons

The prefabrication of tendons either in the shop or in the field can be very economical when the tendons are short and the location of the job site is close. Special uncoilers and hydraulic winches are usually required to properly install the tendons in the structure.

Stressing

DYWIDAG has developed a series of jacks and hydraulic pumps in order to efficiently and economically stress its tendons. Versatility is provided by changing devices that make one unit adaptable for many different tendon sizes. DYWIDAG jacks have capacities ranging from 56/250 kips/kN up to 2,191/9,750 kips/kN.

DYWIDAG jacks are highly sophisticated, but still easy to operate. They employ inner tube bundles with automatic gripping devices that guide the strand safely through the inside of the jack. This feature makes it possible to control the stressing operation with the highest degree of reliability. Minimal wedge seating losses can be achieved with the power seating option. Power seating hydraulically seats the wedges with a predetermined load, individually and simultaneously, rather than relying simply on friction seating. DYWIDAG jacks also make it possible to overstress and release a tendon to compensate for friction losses and maximize the stress level over the tendon length.

Every jack has a pressure relief valve that safely limits hydraulic pressure to prevent overload. To verify the stressing operation a gauge port is provided directly on the jack.

Stressed tendons can be safely destressed by employing special wedges and a special jack configuration. Hydraulic pumps are generally equipped with a convenient remote control device. Further information concerning the equipment is provided on page 19 to 21.

Jack HoZ 4,000

Tensa 4,800

Hydraulic pump

Grouting

Mixing and pumping equipment

The durability of post-tensioned construction depends mainly on the success of the grouting operation.
The hardened cement grout provides bond between concrete and prestressed steel as well as primary long-term corrosion protection for the prestressing steel.

DYWIDAG has developed grouting methods based on thixotropic and highly plasticized grout and utilizes durable grouting equipment. Advanced methods such as pressure grouting, post-grouting and vacuum grouting are all results of many years of development.

Grouting is always done from a low-point of the tendon. This can be one of the anchorages where a grout cap with grout hose is the port for the grout or along the tendon utilizing an intermediate grout saddle. All grouting components are threaded for easy, fast and positive connection.

Venting operation

6802 6804
837 . 5909

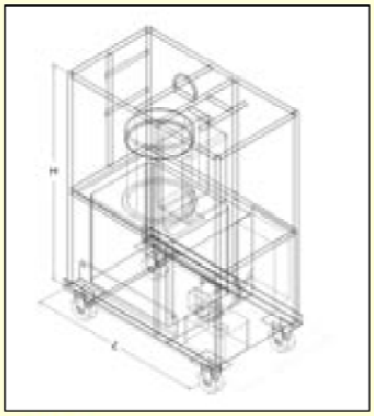
Hydraulic Pumps

PE 55

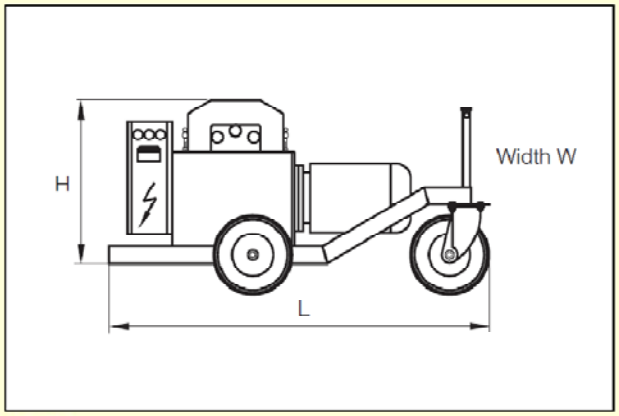
PE 4000

R 11.2 - 11.2/210

jacks	0.6 mono	HoZ 950	HoZ 1,700	HoZ 3,000 Tensa 3,000/260	HoZ 4,000 Tensa 4,800	Tensa 6,800	Tensa 8,600
Pumps							
PE55	●	●					
PE4000/PE55			●	●	●		
R11.2						●	●



PE 4000



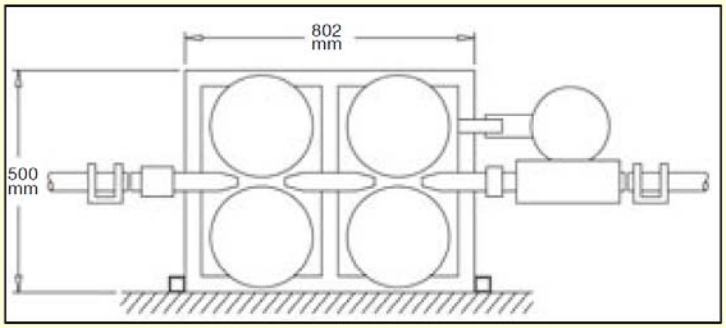
R 11.2

▶ Technical Data

Pumps	operating pressure psi/MPa	capacity V/min Gpm/Lpm	eff. oil amount G/L	weight lbs/kg	dimensions LxWxH in	dimensions LxWxH mm	amp draw
PE55	10,000/69	.3[1]/1.14	2/7.57	65/29.4	11.5/9.5/18.25	292/241/464	25[2]
PE4000	10,000/69	1.95[1]/7.37	20/75.7	492/223	25/24/36.5	635/610/927	17[3]
R11.2	7,970/55	5.9/22.4	44.9/170	1,590/720	78.75/31.5/51.2	2,000/800/1,300	46[3]

1) At operating pressure
2) At 10,000 psi, 115 Volt
3) At 460 Volt

Pushing Equipment

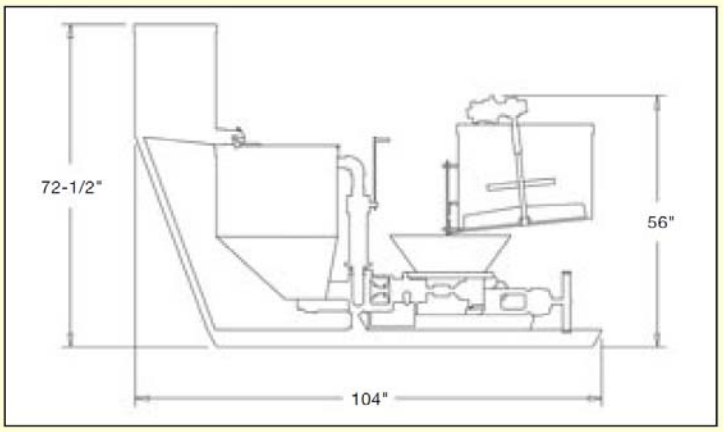


ESG 8 - 1

type	Pushing force	pushing speed	weight	dimensions L x W x H	hydraulic pumps	Amp draw
	kips / kN	ft/s / m/s	lbs / kg	in / mm	-	
ESG 8 - 1	0.88	20	309	55/13.8/20	ZP 57*	44
	3.9	6.1	140	1,400/350/510		

Grouting Equipment
(mixing and pumping)

CG600 Colloidal



grouting equipment	max injection pressure	capacity	weight	dimensions L x W x H
	psi / MPa	gpm / l/h	pounds / kg	in / mm
CG600 Colloidal				
– with Moyno pumps	250 / 1.7	20 / 4542	1,100 / 500	90 x 37 x 63 / 2286 x 940 x 1600
– with Piston Pump (1,000 psi)	1,000 / 6.9	20 / 4542	1,725 / 784	90 x 37 x 63 / 2286 x 940 x 1600

Technical Data

Anchorage Size		5-0.6" or 7-0.5"	7-0.6" or 9-0.5"	9-0.6" or 12-0.5"	12-0.6" or 15-0.5"	15-0.6" or 20-0.5"	19-0.6" or 27-0.5"	27-0.6" or 37-0.5"	37-0.6"
Min. Block-out Dia.	A	7 \ 179	8 \ 203	9 \ 229	10 \ 254	11 \ 279	12 \ 305	13-1/2 \ 343	16 \ 407
Transition Length		12-3/8 \ 314	13-7/16 \ 341	15-3/4 \ 400	20 \ 508	22-5/8 \ 575	25-3/16 \ 640	27-5/8 \ 702	35 \ 890
Anchor Dia.	B	5-15/16 \ 150	6-11/16 \ 170	7-1/2 \ 190	8-5/8 \ 220	9-7/8 \ 250	11 \ 280	12-3/8 \ 315	14-1/8 \ 360
	D	3-9/16 \ 90	3-7/8 \ 98	4-7/16 \ 113	5-1/16 \ 128	5-13/16 \ 148	6-3/8 \ 162	7-1/2 \ 190	8-1/2 \ 220
	H	3-9/16 \ 90	3-15/16 \ 100	4-15/16 \ 125	7-1/16 \ 180	7-7/8 \ 200	8-5/8 \ 220	9-7/16 \ 240	12-1/2 \ 320
Wedge Plate	C	5-1/8 \ 130	5-1/8 \ 130	5 1/2 \ 140	6-5/16 \ 160	7-1/16 \ 180	7-7/8 \ 200	9-7/16 \ 240	10-2/3 \ 270
	E	2 \ 50	1-9/16 \ 40	1-11/16 \ 43	1-11/16 \ 43	2 \ 50	2-3/16 \ 55	2-15/16 \ 75	3-1/2 \ 90
Trumpet	L1	8-7/8 \ 225	9-1/2 \ 241	10-13/16 \ 275	12-7/8 \ 327	14-3/4 \ 375	16-1/2 \ 419	18-1/8 \ 460	22-1/2 \ 600
Rebar Spiral*	Size	# 4 \ 15M	# 4 \ 15M	# 4 \ 15M	# 5 \ 15M	# 5 \ 15M	# 5 \ 15M	# 6 \ 20M	# 7 \ 22M
	Grade 400 MPa	60 KSI \ 400 MPa	60 KSI \ 400 MPa	60 KSI \ 400 MPa	60 KSI \ 400 MPa	60 KSI \ 400 MPa	60 KSI \ 400 MPa	60 KSI \ 400 MPa	60 KSI \ 400 MPa
	Pitch	1-7/8 \ 50	1-7/8 \ 50	1-7/8 \ 50	2-1/4 \ 55	1-7/8 \ 50	1-7/8 \ 50	2-1/4 \ 55	2-3/8 \ 60
	J	10 \ 255	10-1/2 \ 265	10-5/8 \ 270	14 \ 355	14-3/4 \ 365	15 \ 380	16-5/8 \ 420	18 \ 460
	OD	7-3/4 \ 190	9 \ 230	9-1/2 \ 240	11-1/4 \ 285	12-1/2 \ 315	14-1/2 \ 365	17 \ 430	22 \ 560
Duct	ID	2 \ 50	2-3/8 \ 60	3 \ 75	3-3/8 \ 85	3-3/4 \ 95	4 \ 100	4-1/2 \ 115	5-1/8 \ 130
Duct Coupler	L2	8 \ 200	8 \ 200	8 \ 200	8 \ 200	8 \ 200	8 \ 200	8 \ 200	12 \ 300
Grout Requirements	gal/ft \ l/m	0.12 \ 1.5	0.17 \ 2.1	0.28 \ 3.46	0.35 \ 4.39	0.44 \ 5.48	0.47 \ 5.80	0.58 \ 7.25	0.72 \ 8.90

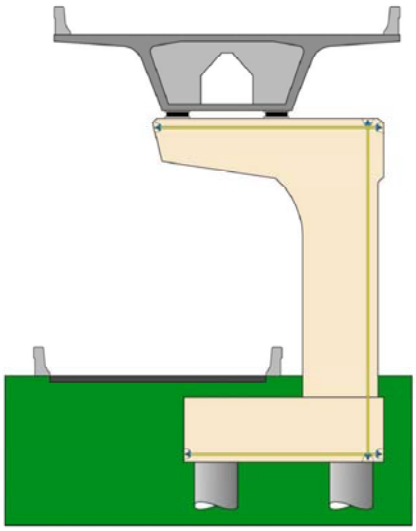


Figure 1.18 – Post-Tensioning in Cantilever Piers.

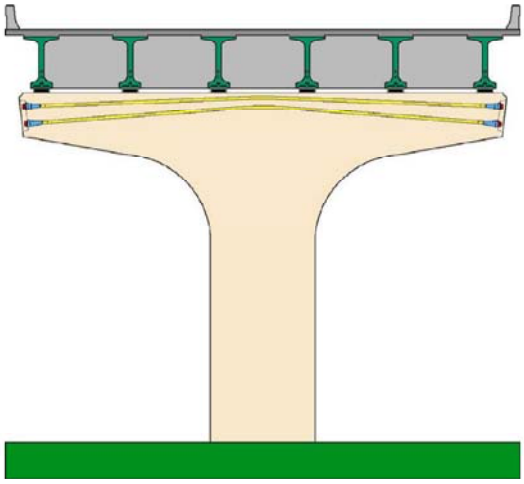


Figure 1.16 – Post-Tensioning in Hammerhead Piers.

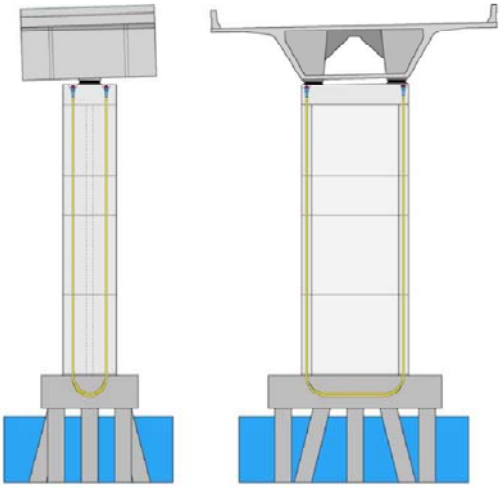


Figure 1.20 – Precast I-Piers.

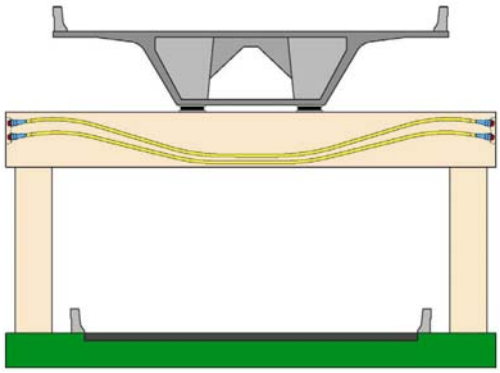


Figure 1.17 – Post-Tensioning in Straddle Bents.

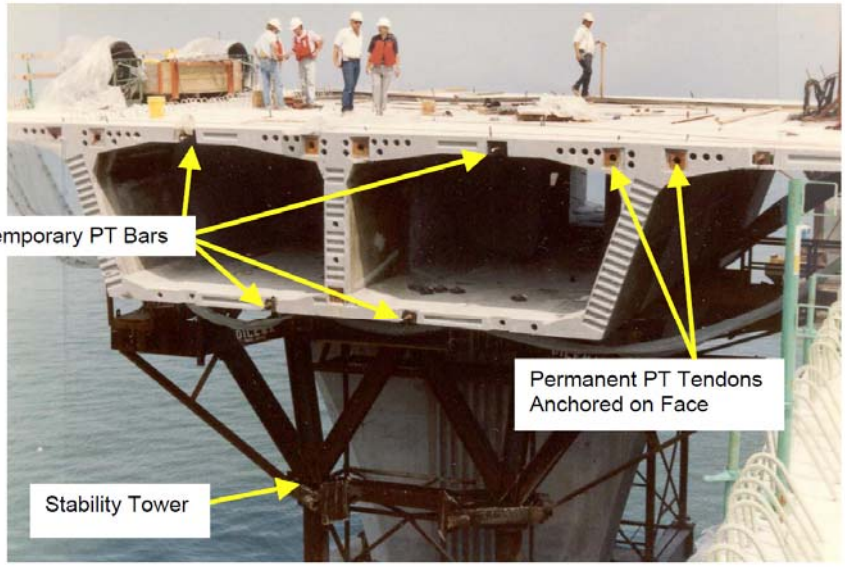


Figure 1.22 – Temporary PT Bars for Segment Erection

المصادر References

١- ا.د.محمود احمد السيد امام " الخرسانة الخواص – الجودة – الاختبارات " ٥-٥٠-٥٠٦٩/ ٩٧٧ **ISBN:** ٢٠٠٢.

٢- ٢٠٠٤ **US Department of transportation – Federal highway Administration**

٣- الانترنيت.