

اجرای موج شکنهای خرده سنگی



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

سایر مصالح مورد استفاده در موج شکن (غیر از سنگ)

فروردین 1403



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

سایر مصالح مورد استفاده در موج شکن

- ☐ بلوکهای بتنی به جای قطعات بزرگ سنگی
- ☐ ضایعات تولیدات صنعتی
- ☐ تزریق
- ☐ ژئوسنتیک یا پارچه گونه ها
- ☐ اجزای توری سنگی (گابیون)
- ☐ ژئوتیوپ



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

❑ بلوکهای بتنی بجای قطعات بزرگ سنگی

❑ ضایعات تولیدات صنعتی

❑ تزریق

❑ ژئوسنتیک یا پارچه گونه ها

❑ اجزای توری سنگی (گابیون)

❑ ژئوتیوپ

مصرف مصالح بالا به جز بلوک های بتنی بسیار کم است.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

سایر مصالح مورد استفاده در موج شکن

بلوکه های بتنی

به جای قطعات بزرگ سنگی



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بلوکهای بتنی



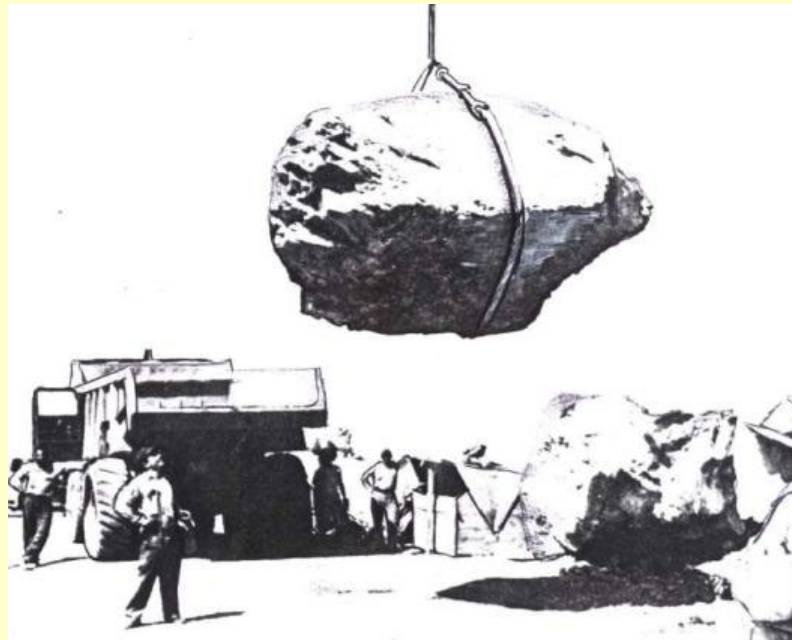
راس موج شکن بندر پتروشیمی



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بلوکهای بتنی به جای قطعات بزرگ سنگی

بطور کلی بلوکهای سنگی سنگین تر از ۱۰ الی ۱۵ تن بندرت یافت می شود.





بلوکه های بتنی به جای قطعات بزرگ سنگی

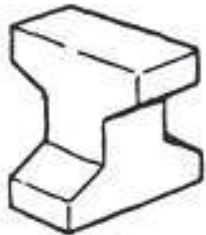
□ اگر برداشت سنگ از معدن به دلایلی مثل فاصله زیاد اقتصادی نباشد یا سنگ با کیفیت مناسب وجود نداشته باشد، از بلوکه های بتنی استفاده می شود.

□ گاهی جنس سنگ چنان است که قطعات بزرگ با انفجار از آن به دست نمی آید.

□ بلوکه های بتنی، بجای آرمورهای سنگی بسیار سنگین استفاده می شوند.



قطعات بتنی مختلف جهت استفاده در لایه آرمور



1. AARMER



2. SPPO



3. SOR



4. CUBE (hollow)



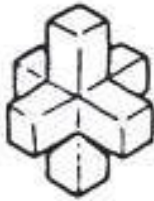
5. GODE



6. SASH



7. CROSS LAAR



8. METALIC



9. HEXAPOD



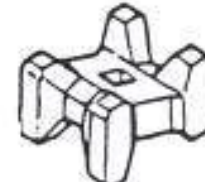
10. HOLLOW SQUARE



11. HOLLOW TETRAHEDRON



12. INTERLOCKING BLOCK



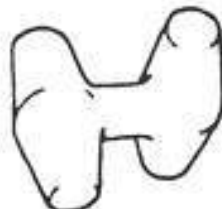
13. W-SHAPED BLOCK



14. PELICAN STOOD



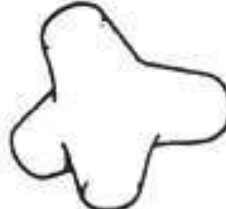
15. SHAGHPOD



16. STABIT



17. STA-SAR



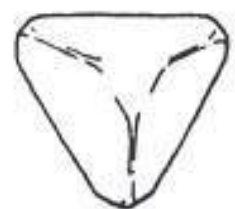
18. STA-PED



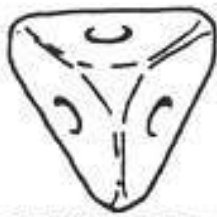
19. STOK-CUBE



20. SHET



21. TETRAHEDRON (hollow)



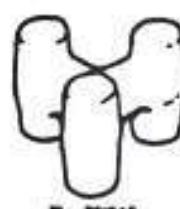
22. TETRAHEDRON (perforated)



23. TETRAPOD



24. YOSLANE



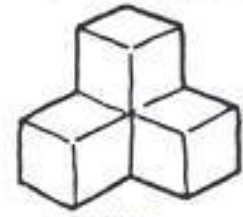
25. TENGAR



26. TIL-LINE



27. THING



28. TIL-POD



وزن قطعات آرمور از روابطی مثل رابطه هاتسن تعیین میشود.

وزن خشک یک
قطعه آرمور

وزن واحد حجم
مصالح آرمور

ارتفاع موج
طرح

$$W = \frac{w_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

شیب کناری

ضریب پایداری که تابع شکل
قطعات آرمور است

چگالی
specific gravity
مصالح آرمور



نقش ضریب پایداری در تعیین وزن قطعات آرمور از رابطه هاتسن:

هرچه این ضریب بزرگتر باشد، کارایی
هیدرولیکی آن قطعه آرمور بهتر است.

$$W = \frac{w_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

ضریب پایداری که از اندازه گیری های
آزمایشگاهی به دست می آید



نام آرمورهای بتنی متداول

	Name armour unit	Year of development	Country
	Cube	-	-
	Tetrapode	1950	France
	Tribar	1958	USA
	Modified cube	1959	USA
	Stabit	1961	UK
	Akmon	1962	NL
	Tripod	1962	NL
	Dolos	1963	RSA
	Cob	1969	UK
	Stolk cube	1969	Netherlands



نام آرمورهای بتنی متداول (ادامه)

	Name armour unit	Year of development	Country
	Antifer Cube	1973	France
	Seabee	1978	Australia
	Shed	1982	UK
	Accropode	1980	France
	Haro	1984	Belgium
	Core-loc	1996	USA
	A-Jack	1998	USA
	Diahitis	1998	Ireland
	Xbloc	2003	NL



وقتی از بلوکهای بتنی به جای قطعات بزرگ سنگی استفاده میشود، وزن بلوکهای بتنی از قطعه سنگی معادل آن کمتر است، زیرا **ضریب پایداری (K_D)** بلوکهای بتنی بزرگتر از قطعات سنگی است.

$$W = \frac{w_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

ضریب پایداری



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

شکل آرمورهای بتنی

آرمور بتنی می تواند به شکل مکعب ساده ساخته شود.

آنتی فر



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

شکل آرمورهای بتنی

□ شکل‌های پیچیده آرمورهای بتنی به صورت گسترده استفاده می‌شود.

□ شکل‌های دولوس (Dolos) و تتراپاد (Tetrapod) به صورت وسیع مورد پذیرش می‌باشد و به صورت گسترده تاکنون به کار رفته‌اند.



تتراپاد



اجرای سازه های دریایی

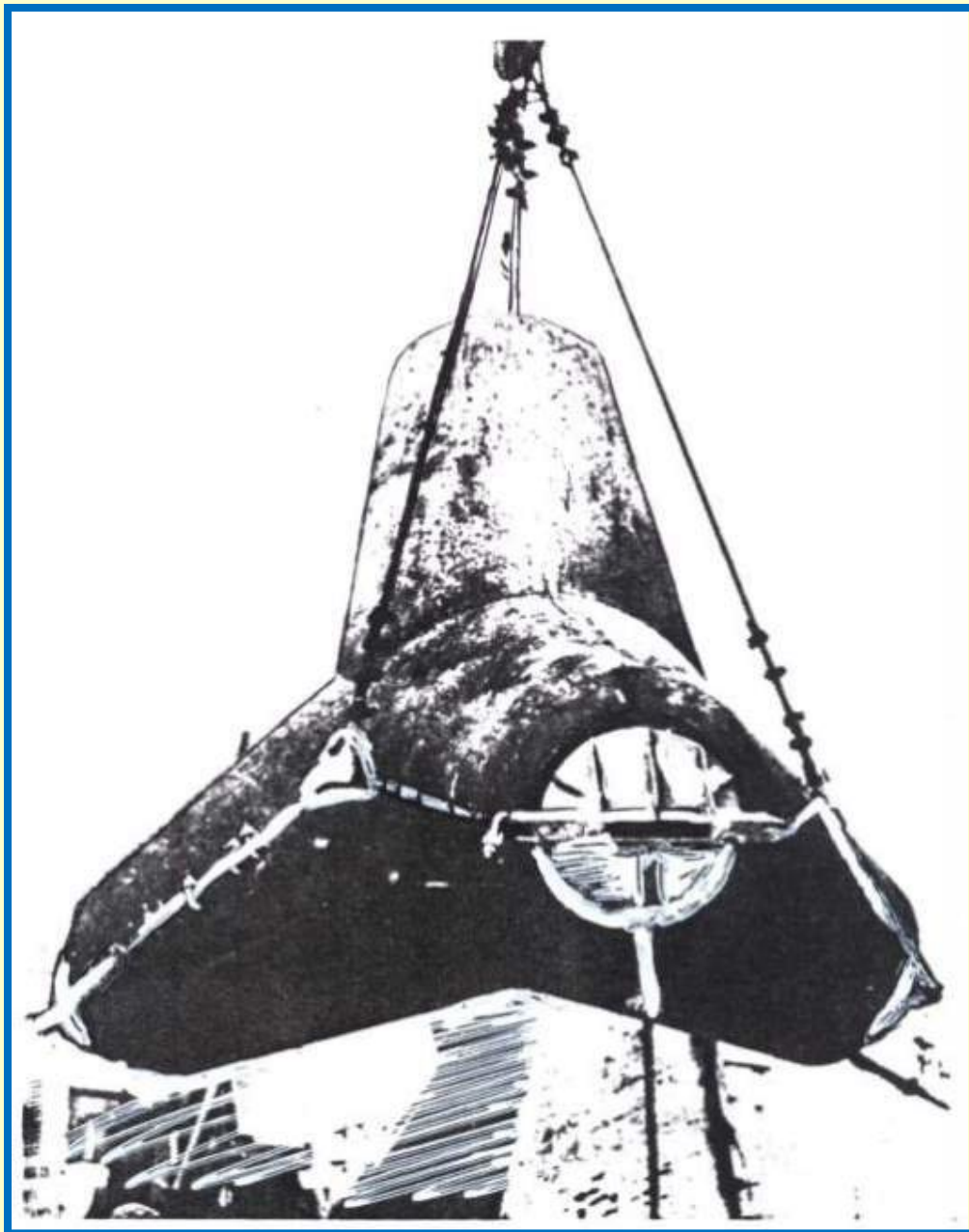
علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

بلوک تتر اپاد در حال انتقال





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قالب بلوک تراپاد





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قالب بلوک تتراپاد در حال بتن ریزی



در مقایسه انواع آرمور باید به سهولت ساخت قالب و سهولت بتن ریزی توجه کرد.



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

کارگاه ساخت بلوکهای بتنی تتراپاد





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

تولید قطعات بتنی تتراپاد



کارگاه ساخت بلوکهای بتنی **تتراپاد** در عسلویه

کارگاه ساخت بلوکهای بتنی **تتراپاد** در عسلویه





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

قطعات تتراپاد در چند لایه روی هم قرار می گیرند.



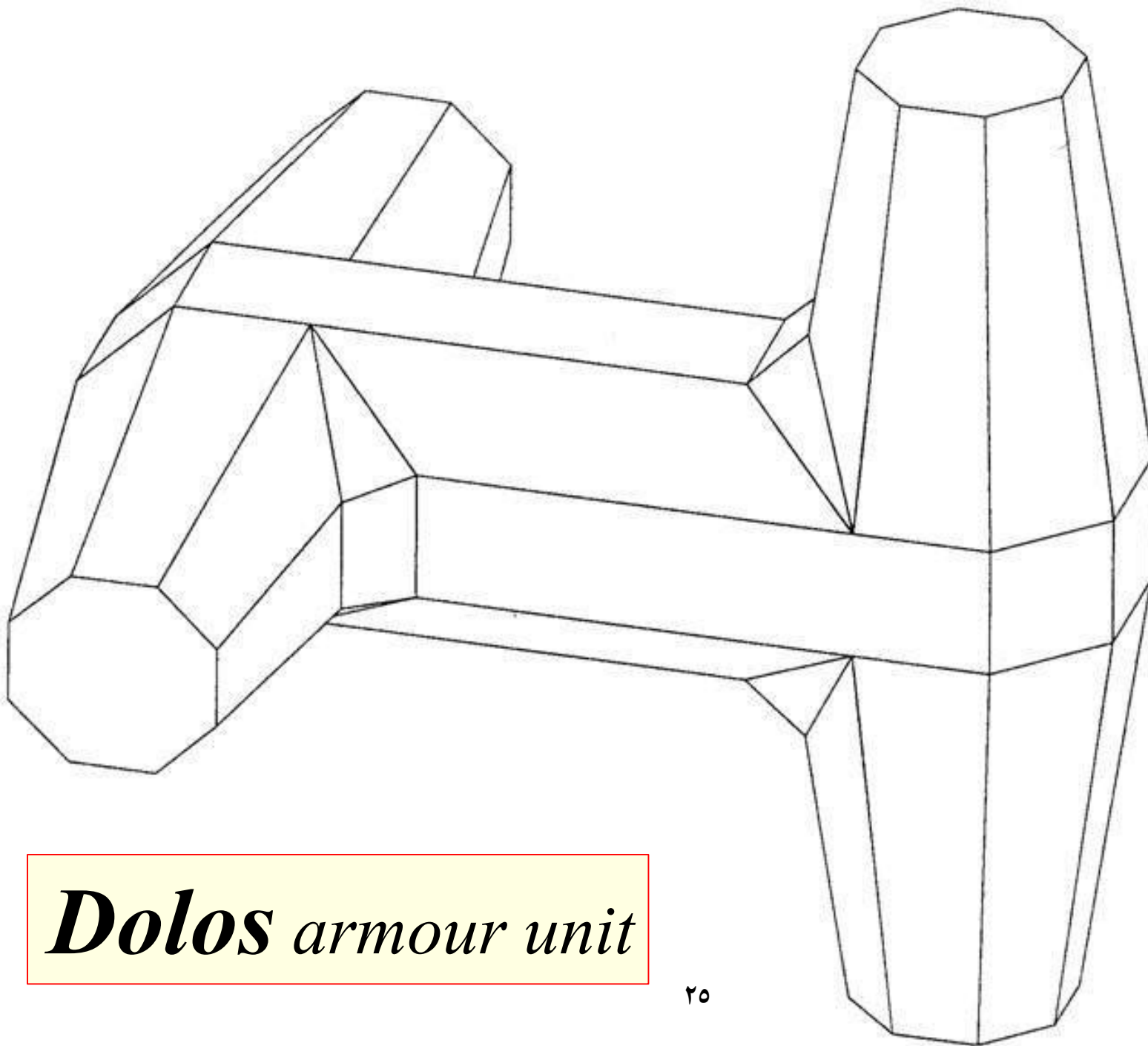


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

دولوس





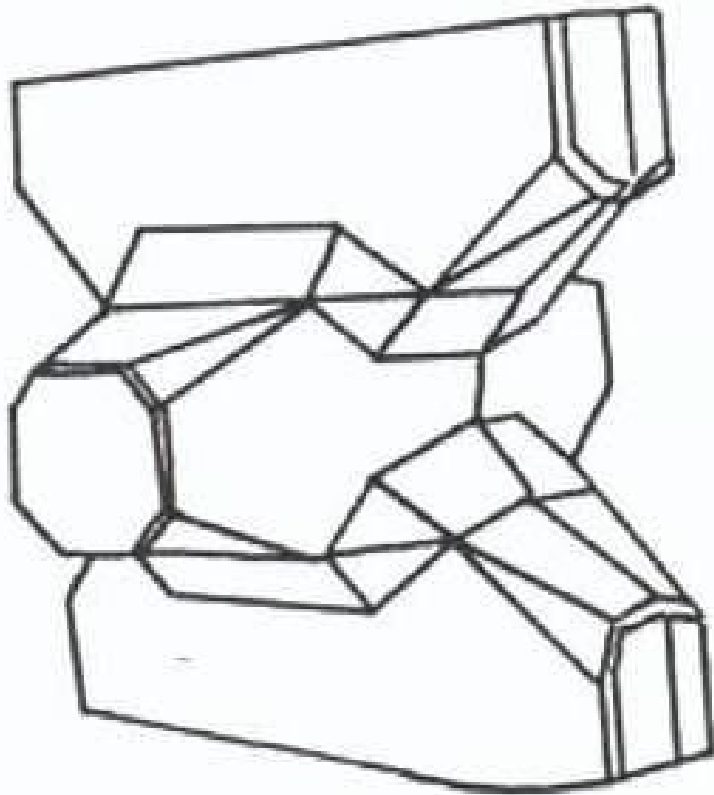
Dolos armour unit



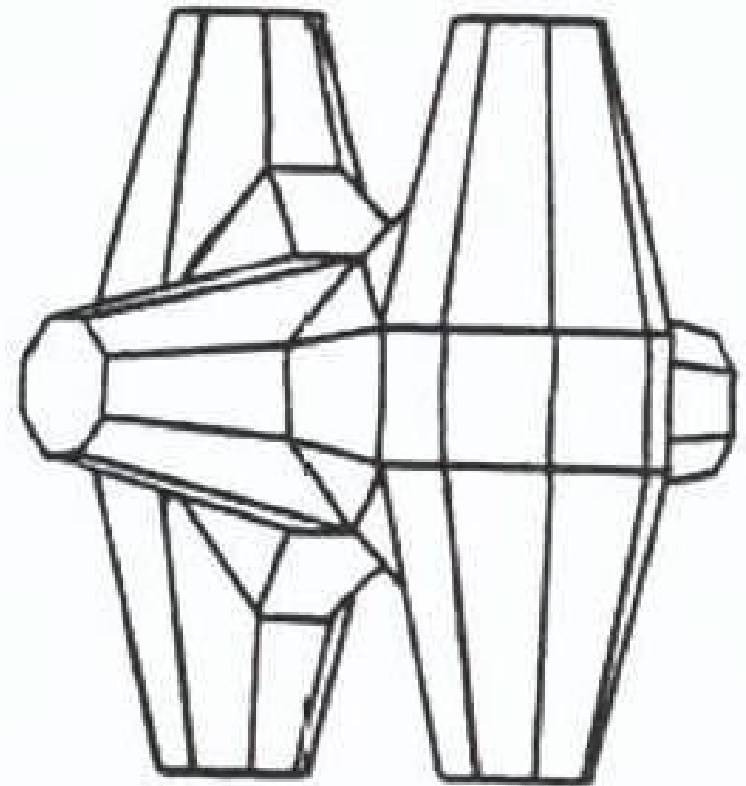
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

دولوس





Accropode



Core-loc

امروزه این دو قطعه در جهان بسیار متداول است.





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

Core-loc





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



قالب آرمور بتنی

core-loc

(بازدید از بندر صحار در عمان، ۱۳۸۰)



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

Core-loc

Core-loc

در یک لایه نصب می شود



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

آرمور Accropode





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

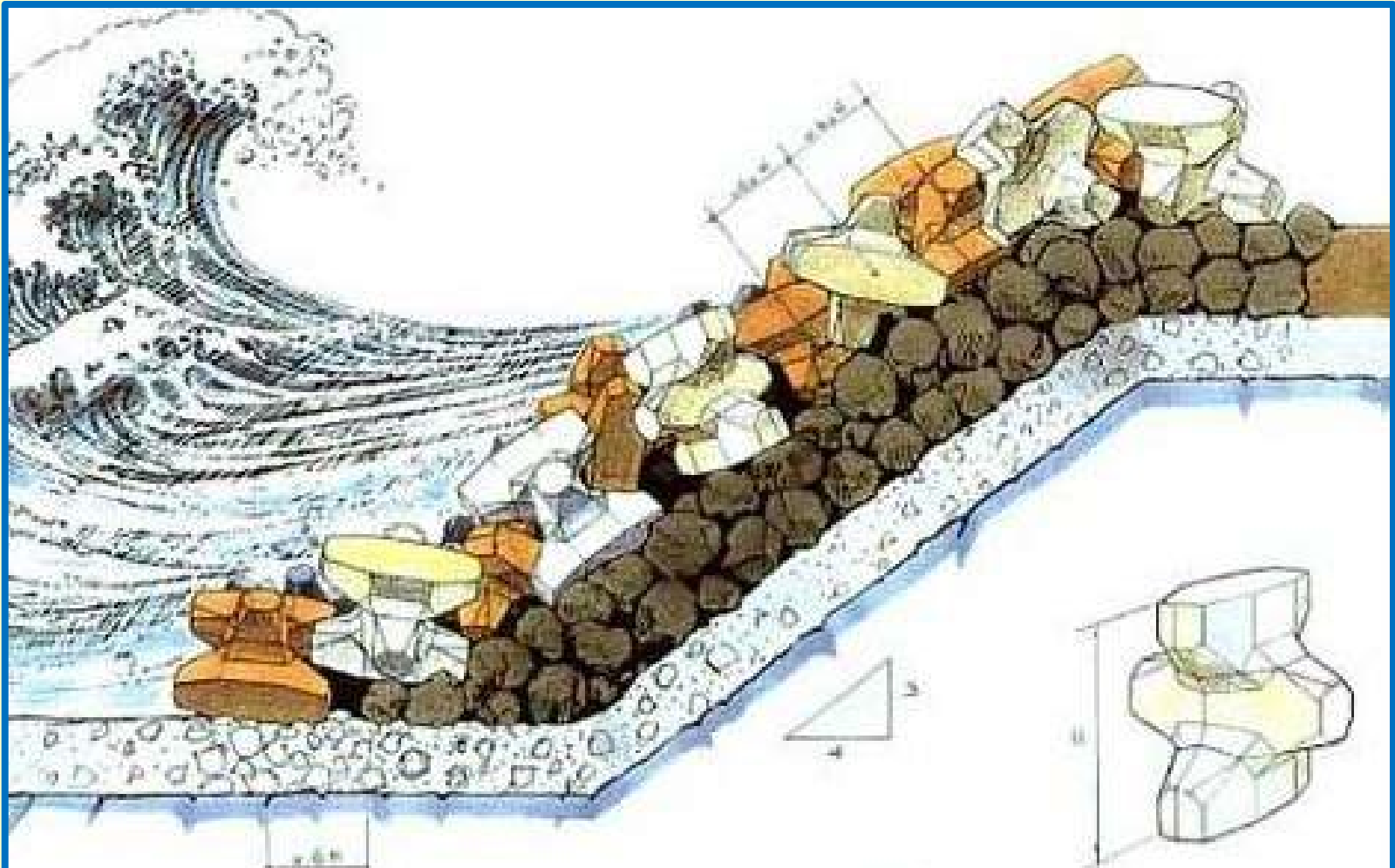
کنار هم قرارگیری قطعات Accropode





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

Accropode در یک لایه قرار می گیرد.



در مقایسه انواع آرمور باید به امکان تک لایه ای یا لزوم دو لایه ای بودن، توجه کرد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

آرمور

فیلتر سنگی

یک لایه آرمور Accropode



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

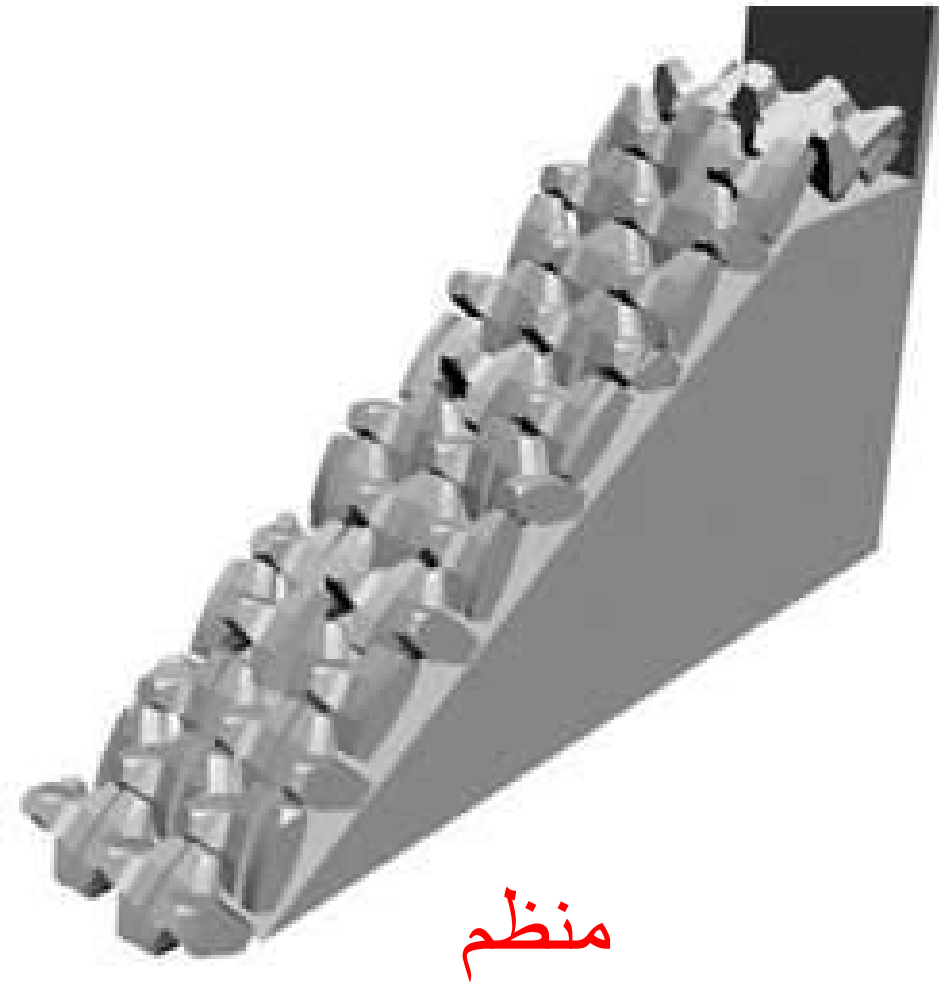
کمک به راننده جرثقیل در نصب Accropode





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

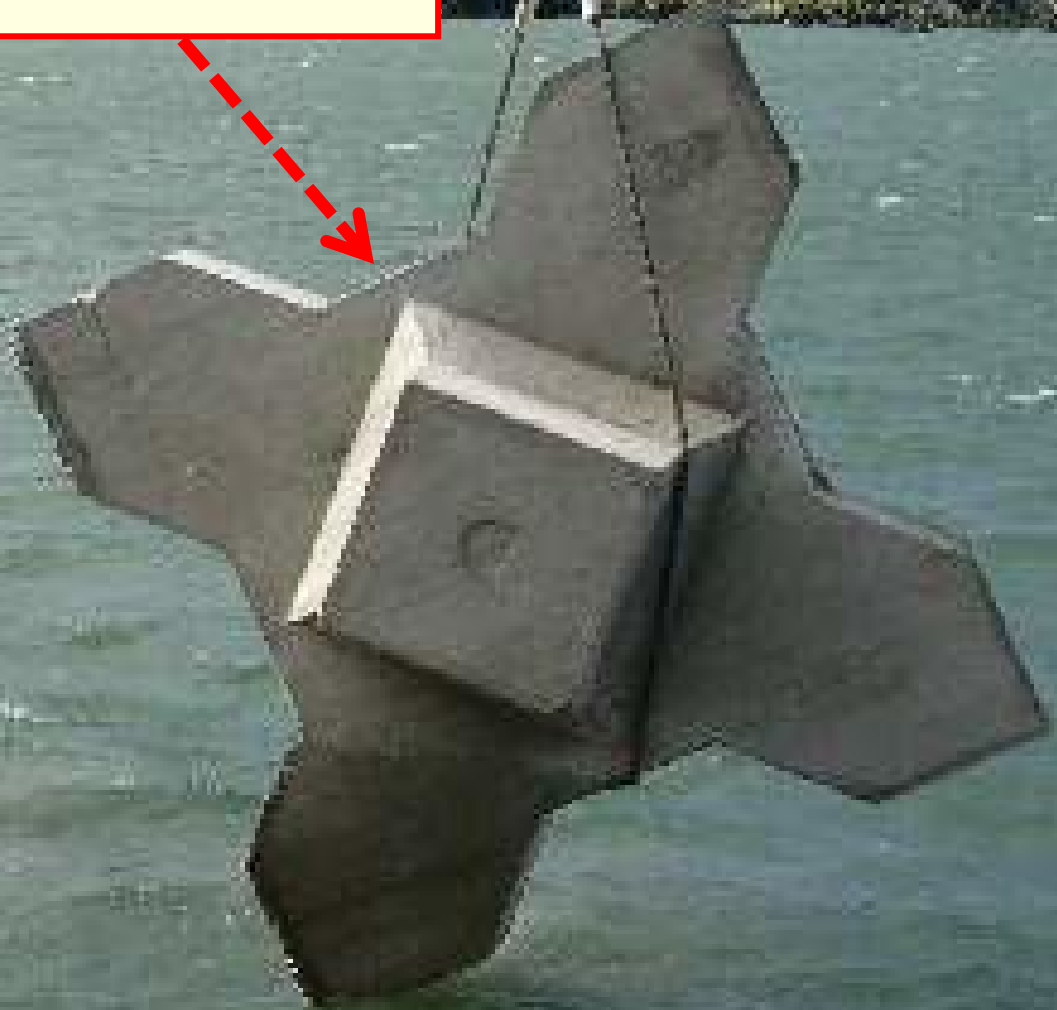
دو نوع قرار گیری Accropode





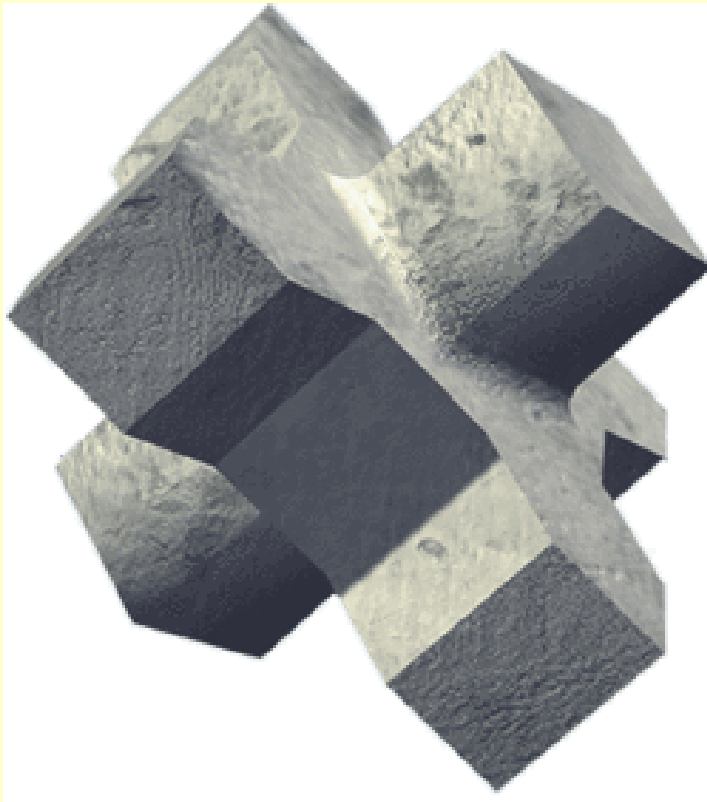
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بلوک ایکس X-Block





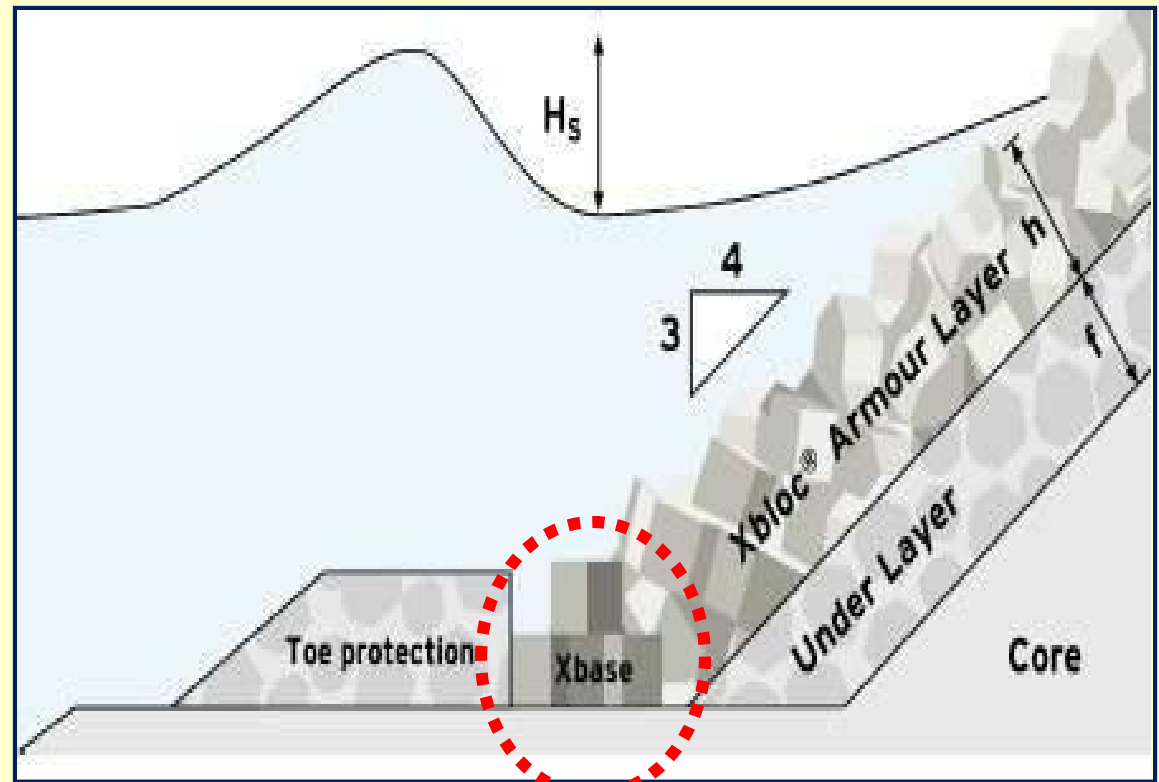
بلوک ایکس X-block



- ضریب KD آن مثل Accropode است.
- از نظر نحوه قرار گیری تقارن دارند (بر خلاف Accropode) یعنی در هر جهتی نصب می شوند.
- اختراع آن به نام DMC هلند است.



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



قطعه پایینی
X-base

X-base

X-block



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



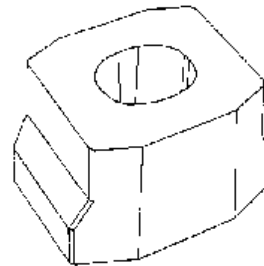
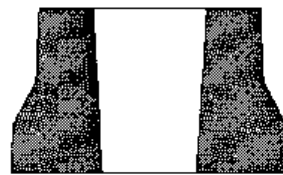
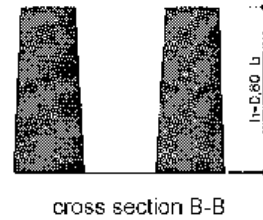
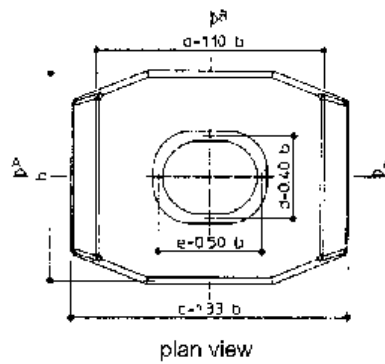
X-block

X-base

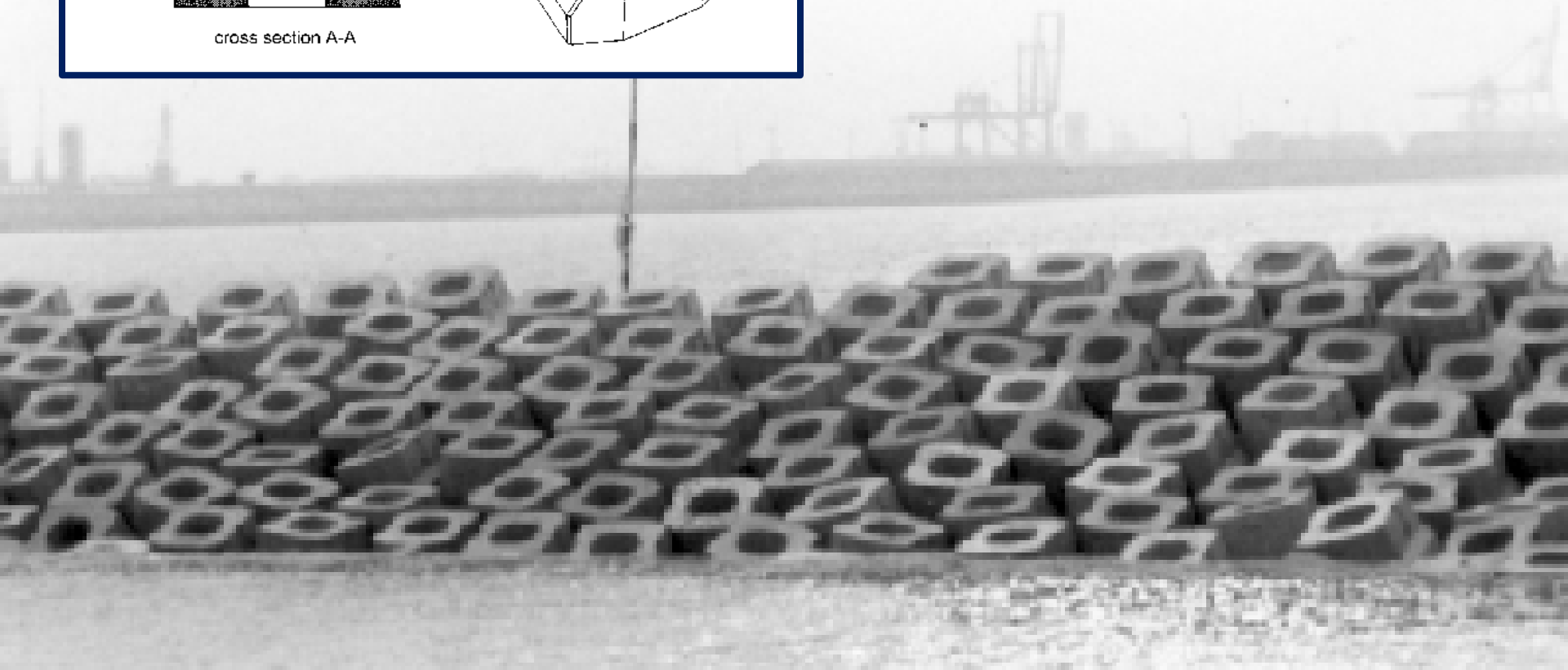


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



بلوکهای Haro





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بلوکه های Haro





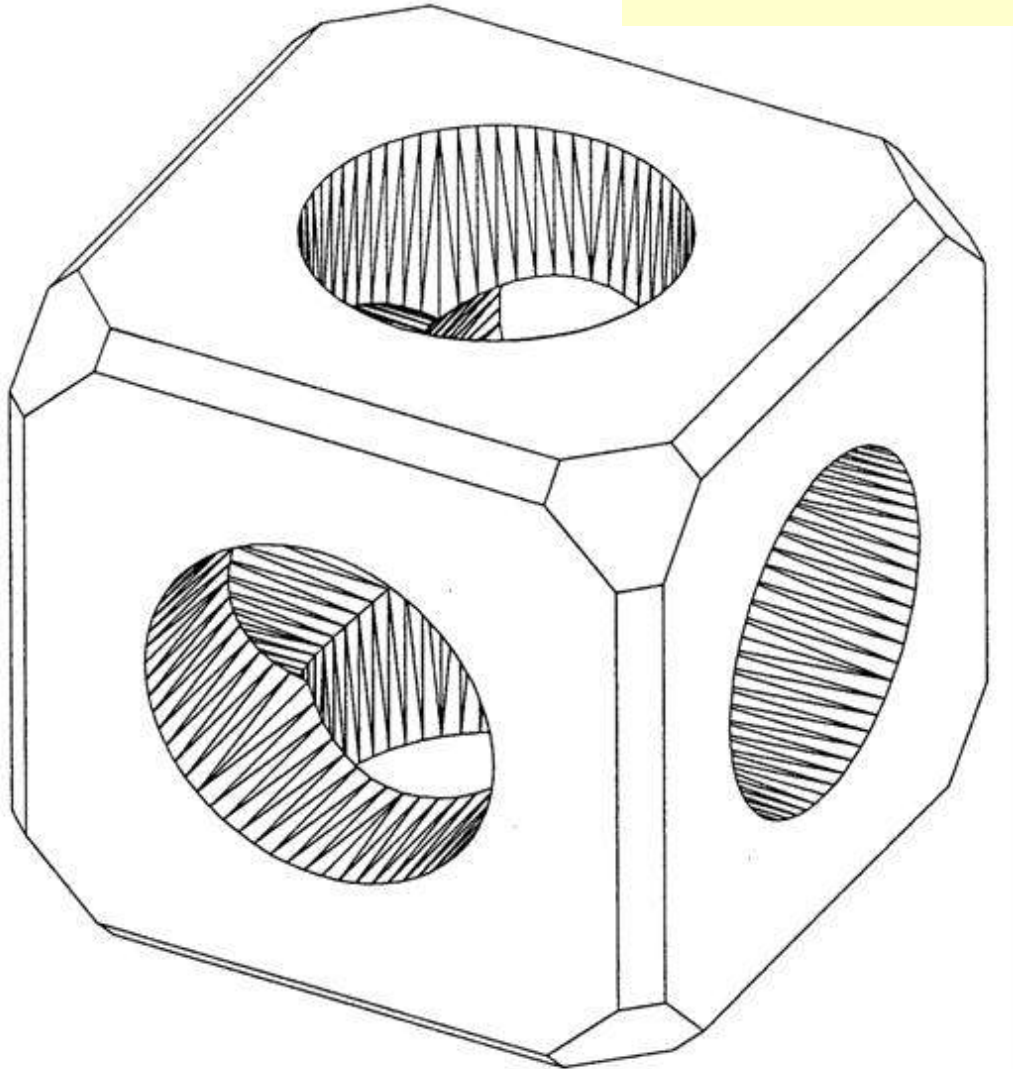
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بلوکه های Haro



SHED بلوکهای توخالی

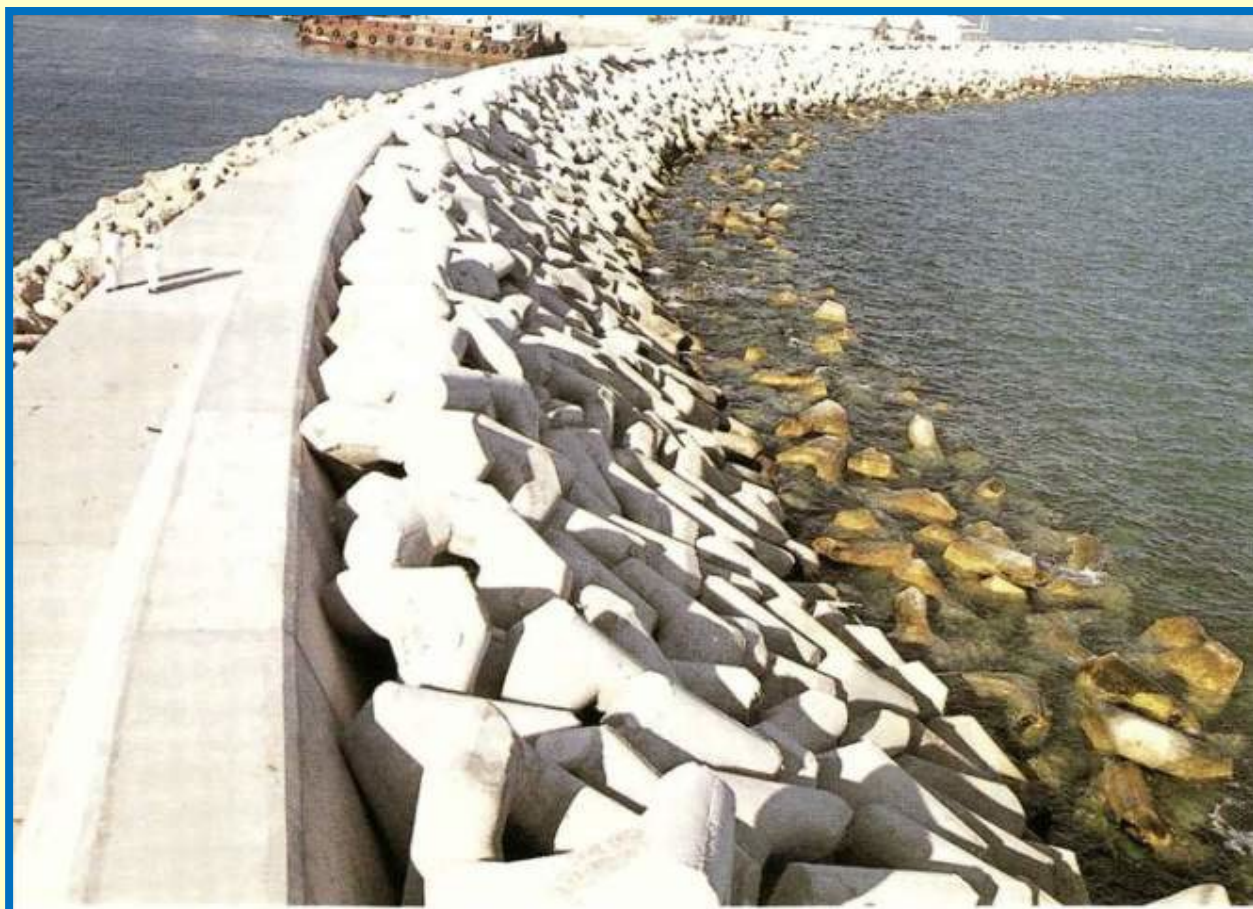
Shephard Hill Energy Dissipator



Hollow armour
units such as the
SHED and
Accropode are
placed in a regular
pattern forming a
single layer



Stabit



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



بلوک بتنی آنتی فر
(Antifer)





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

کارگاه ساخت بلوکهای بتنی آنتی فر در عسلویه



خط تولید کارگاه ساخت بلوکهای بتنی آنتی فر در عسلویه

بتن ریزی

قالب بندی

عمل آوری

جرثقیل دروازه ای
برای حمل قطعات

2004 4 6



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

کارگاه ساخت بلوکهای بتنی آنتی فر در عسلویه

بتن ریزی در قالب بلوکهای آنتی فر

2004 5 27



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

کارگاه ساخت بلوکهای بتنی آنتی فر در عسلویه



عمل آوری بتن با پوشش پشم و
شیشه که موجب حفظ رطوبت
بتن می شود.

2004 5 27



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

کارگاه ساخت بلوکهای بتنی آنتی فر در عسلویه

باز کردن قالب بلوک

2004 5 27



کارگاه ساخت بلوکهای بتنی **آنتی فر** در عسلویه

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

انتقال بلوکها از
محل ساخت به
دپوی موقت



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

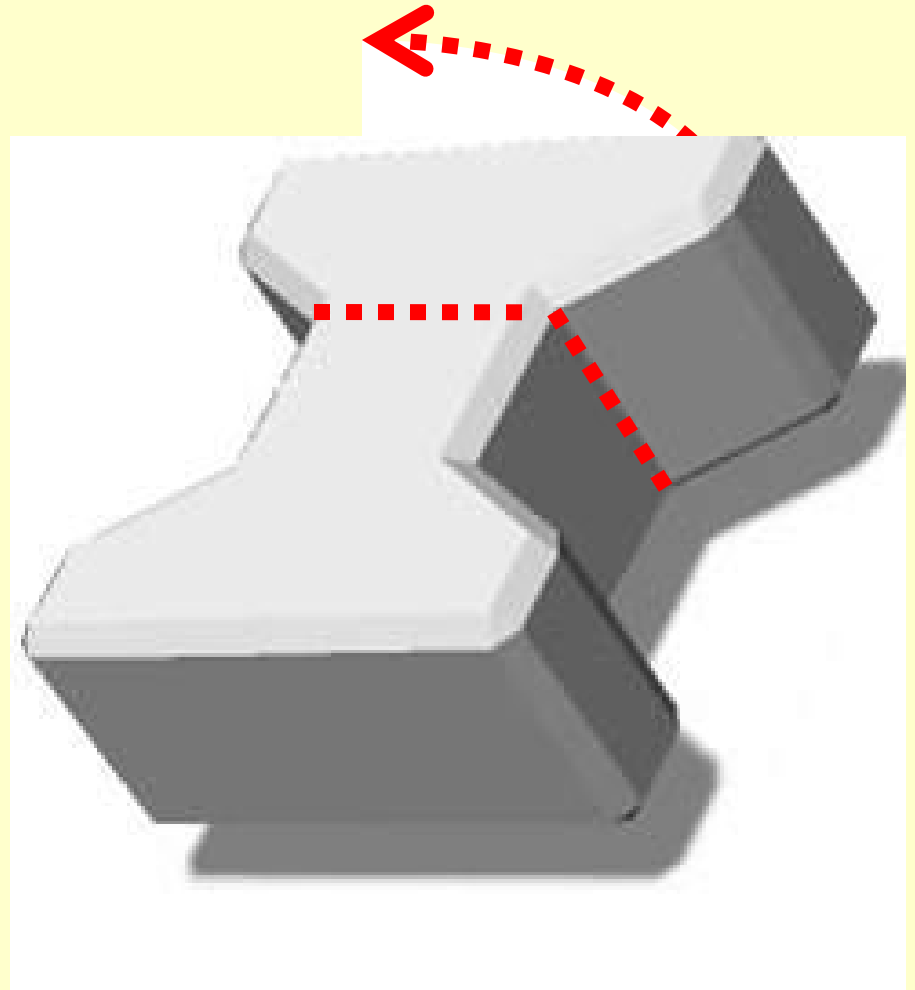
انتقال بلوکها برای
نصب در موج شکن

کارگاه ساخت بلوکهای بتنی **آنتی فر** در عسلویه

Akmon

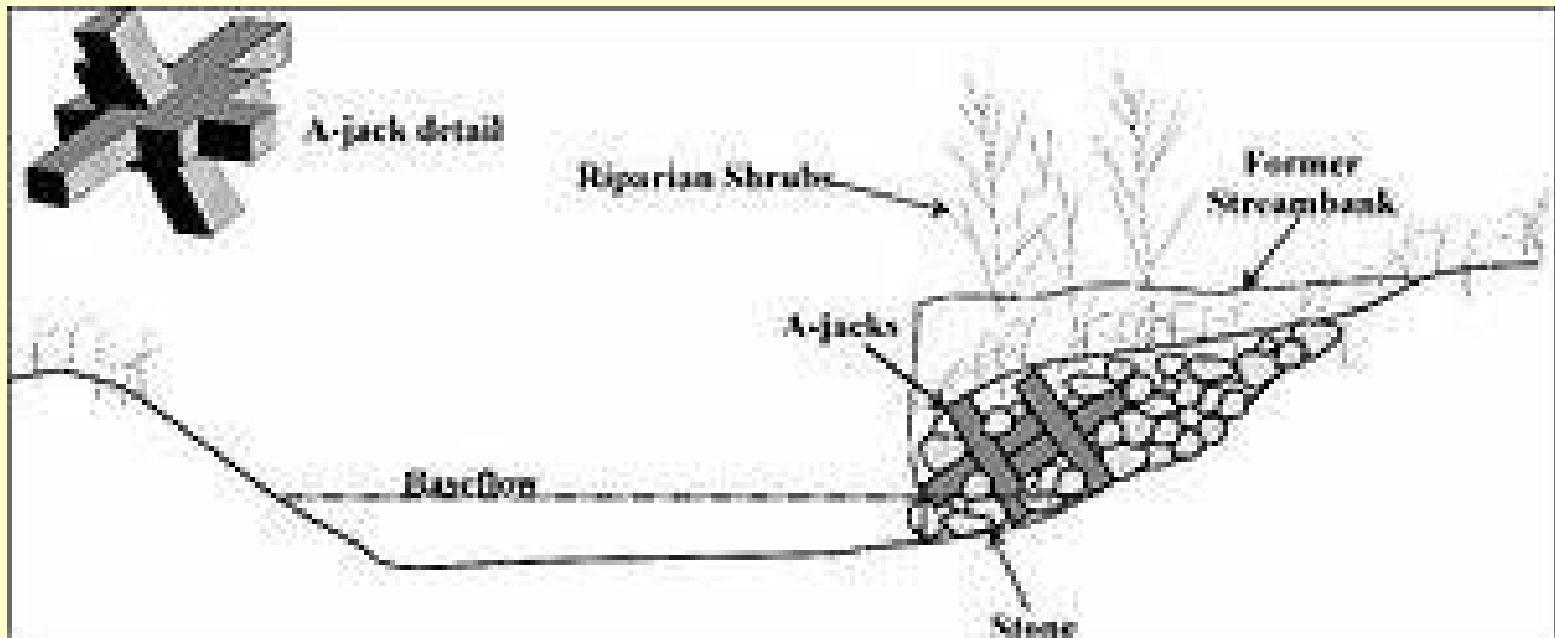


Akmon



A-jack

two concrete T-shaped pieces joined perpendicularly at the middle, forming six legs.



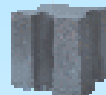
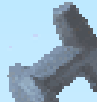
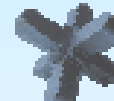


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

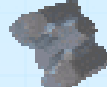
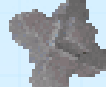
هزینه های بلوکهای بتنی شامل هزینه های متداول
ساخت و همچنین هزینه های حق اختراع بلوک
مربوطه می شود. برای مثال core-loc متعلق به
مهندسين ارتش آمریکا و گران است و حق اختراع
تتراپاد ناچیز است.

طبقه بندی بلوک های بتنی آرمور

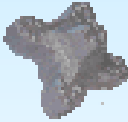
الگوی نصب	تعداد لایه	Concrete armour unit type								
		Massive			Bulky				Slender	
Random	Double layer	Cube 	Antifer Cube 	Haro 	Stabit 	Akmon 			Tetrapod 	Dolos 
	Single layer	Cube 			Accropode® 	Xbloc® 	Accropode II® 	Core-loc II® 	Core-loc® 	A-Jack® 
Uniform	Single layer				Seabee 		Diahris 		Cob 	Shed 

الگوی
نصب

تعداد
لایه

Shape	Stability factor																	
	Own weight						Interlocking			Friction								
Simple	Cube 			Antifer Cube 			Haro 											
Complex	Tetrapod 			Akmon 			Tribar 			Tripod 								
							Stabit, 			Dolos 								
Simple	Cube 						A-Jack® 											
Complex							Accropode® 			Core-loc® 			Xbloc® 					
Simple										Seabee 			Hollow Cube 			Diahlitis 		
Complex										Cob 						Shed 		

برخی از بلوک های بتنی آرمور می توانند
به صورت **تک لایه** اجرا شوند زیرا شکل
آن ها می تواند مصالح سنگی زیرین را
کامل پوشش دهد.

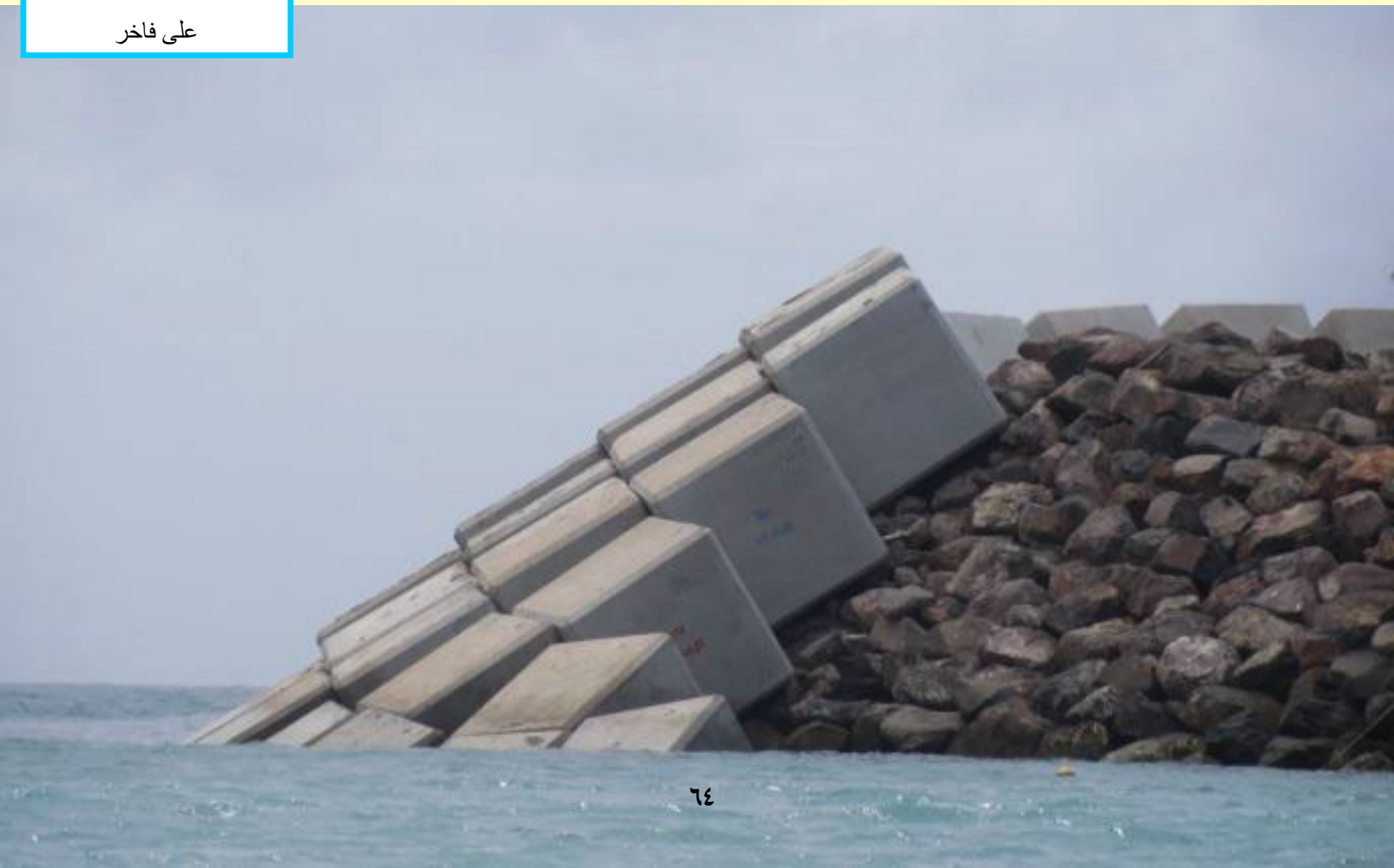
Single layer	Cube	Accropode® Xbloc® Accropode II® Core-loc II®				Core-loc®	A-Jack®
							
		1980	2003	2004	2006	1995	1998



بلوک مکعبی می تواند در یک لایه قرار گیرد.

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

Accropode

در یک لایه نصب می شود





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

Core-loc در یک لایه قرار می گیرد.



X-Block

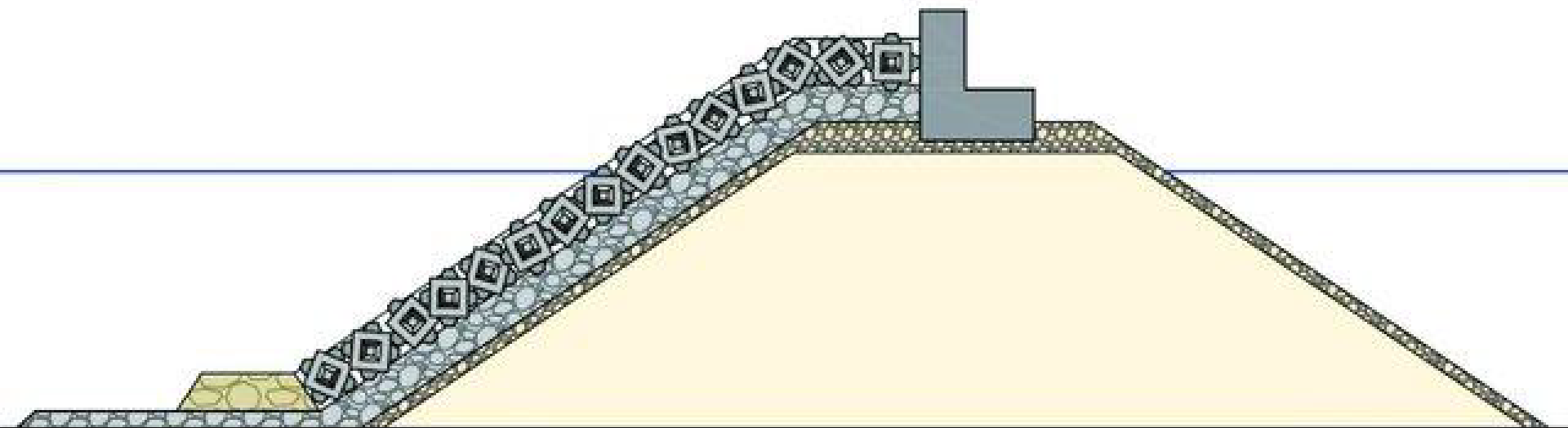
در یک لایه نصب می شود



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

بلوک های
تک لایه Cubipod





بلوک های

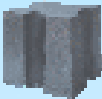
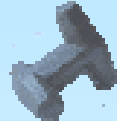
Cubipod

انبار شده

Port of
Málaga,
Spain

برخی از بلوک های بتنی آرمور باید در حداقل
2 لایه اجرا می شوند زیرا شکل آن ها چنان است
 که مصالح سنگی زیر آن ها فرار میکند.

گاهی شکل آرمور می تواند به صورت تک لایه
 اجرا شود ولی طراحی به صورت چند لایه است.

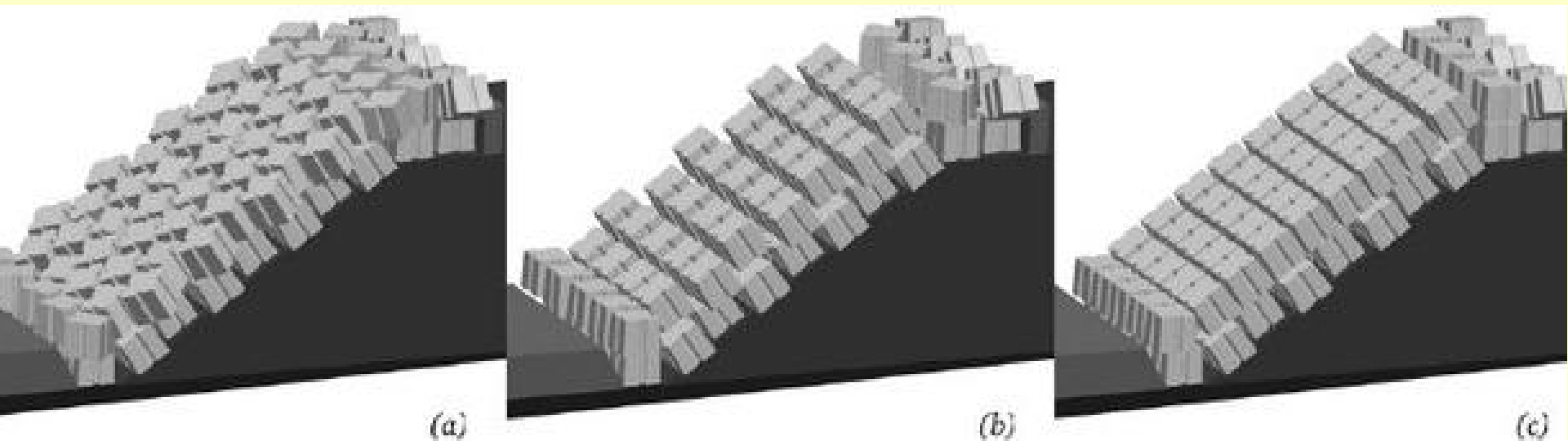
	Cube	Antifer Cube	Haro	Stabit	Akmon	Tetrapod	Dolos
Double layer							
		1973	1984	1961	1962	1950	1963



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

چند الگوی قرارگیری بلوک آنتی فر در دو لایه





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

تتراپاد در چند لایه روی هم قرار می گیرند.





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قطعات
Dolos در
چند لایه
روی هم
قرار
میگیرند.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

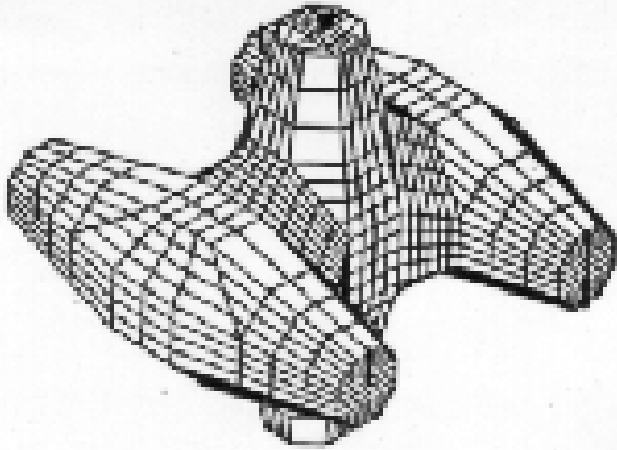
در مقایسه انواع آرمور و انتخاب یک نوع آرمور در پروژه مورد نظر باید به امکان تک لایه ای یا لزوم دو لایه ای بودن، توجه کرد.



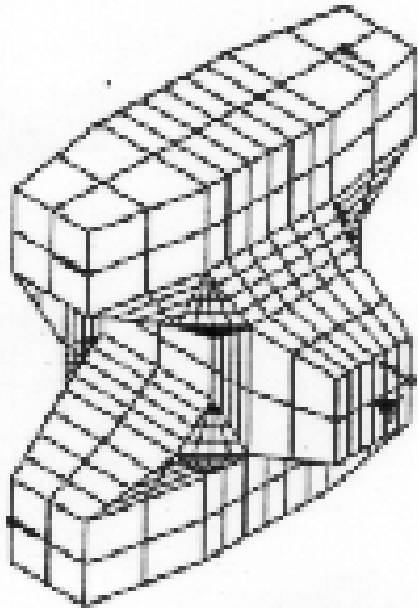
اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

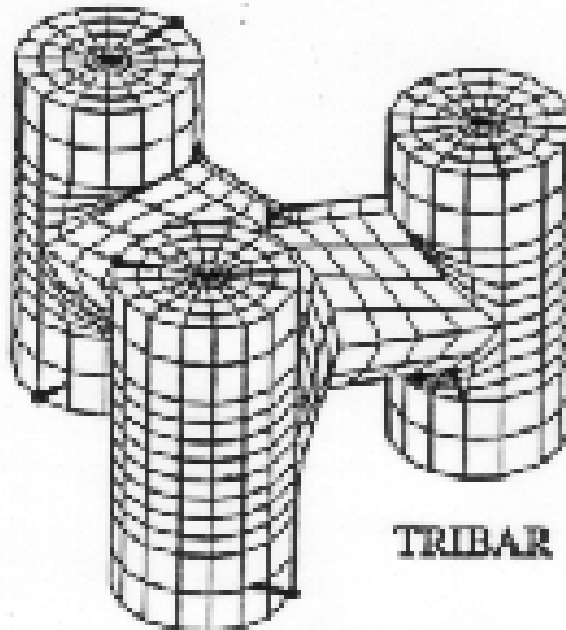
CORE-LOC



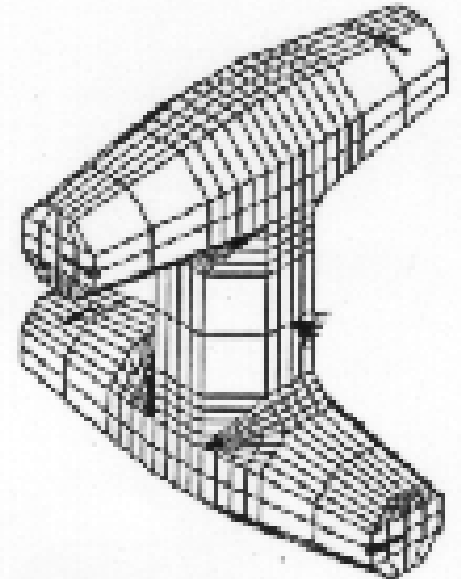
مدلسازی عددی قطعات برای
کنترل تنش ها در هنگام ابداع و
بهبود انجام میشود.



ACCROPODE



TRIBAR



DOLOS



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

سایر مصالح مورد استفاده در موج شکن

ضایعات تولیدات صنعتی

ضایعات تولید شده از	مواد تپ	مشخصات	کاربرد احتمالی
استخراج فلزات	سرباره‌های فلزی ضایعات معدنی خاکستر	سخت، ترد، ذرات ریز تا درشت	در مغزه یا فیلتر
ساخت و تخریب ابنیه	آجر بتن مصالح ساختمانی	توده سنگی	در صورت امکان مغزه
لایروبی	رس‌ها، سیلتها، ماسه‌ها	ماسه یا رس‌های سیلتی	احتمالاً در بخش تحتانی مغزه



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

سایر مصالح مورد استفاده در موج شکن

تزدیق



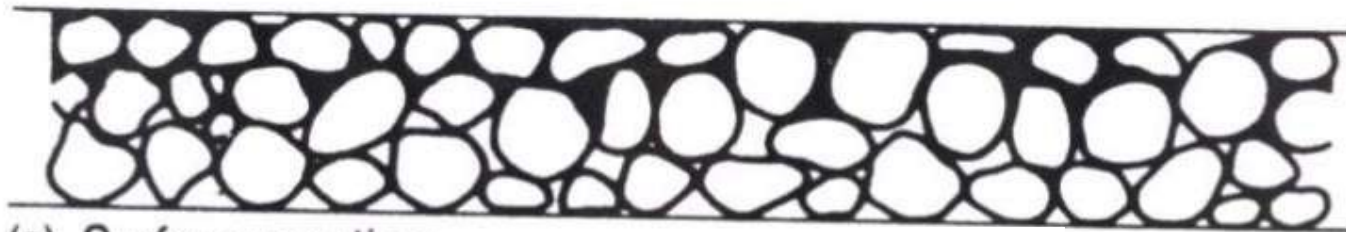
تزریق در موج شکن

- ❑ تزریق برای اصلاح باربری یک لایه یا قسمت سست افقی یا مایل در موج شکن تجربه شده است.
- ❑ ماده تزریق می تواند دوغاب (ملات) سیمان و ماسه و یا ماده آسفالتی باشد.
- ❑ تزریق در زیر آب هم در برخی شرایط ممکن است.
- ❑ مشکل اصلی تزریق موج شکن در زیر آب، خلل و فرج زیاد موج شکن و فرار سیال تزریق می باشد.



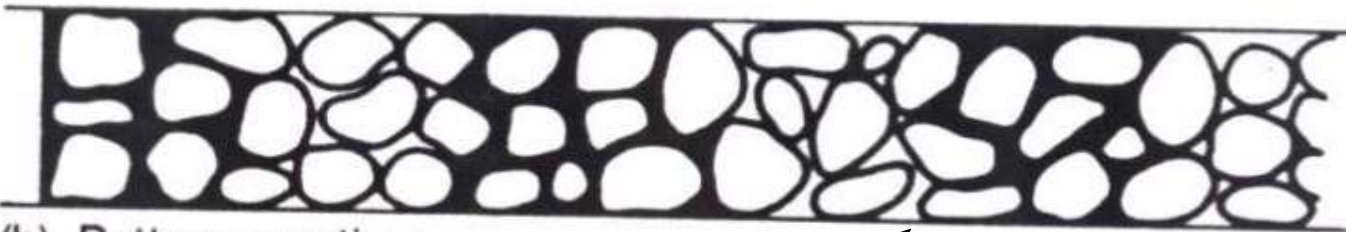
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

تزریق در موج شکن



(a) Surface grouting

تزریق سطحی



(b) Pattern grouting

تزریق الگویی



(c) Full grouting

تزریق کامل



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

سایر مصالح مورد استفاده در موج شکن

ژئوسنتتیک یا پارچه گونه ها

Geosynthetics در موج شکن برای
اصلاح باربری پی بکار رفته است. در ضمن
کیسه‌های شن و ماسه نیز به عنوان مصالح
مغزه در بعضی موارد بکار رفته است. ولی
استفاده از پارچه گونه ها در بدنه موج شکن
نیازمند تحقیق بیشتر است.

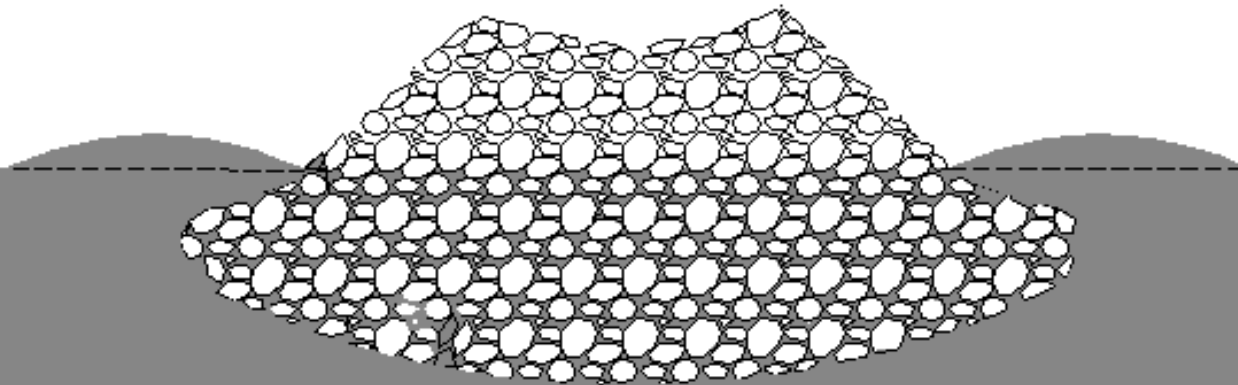


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

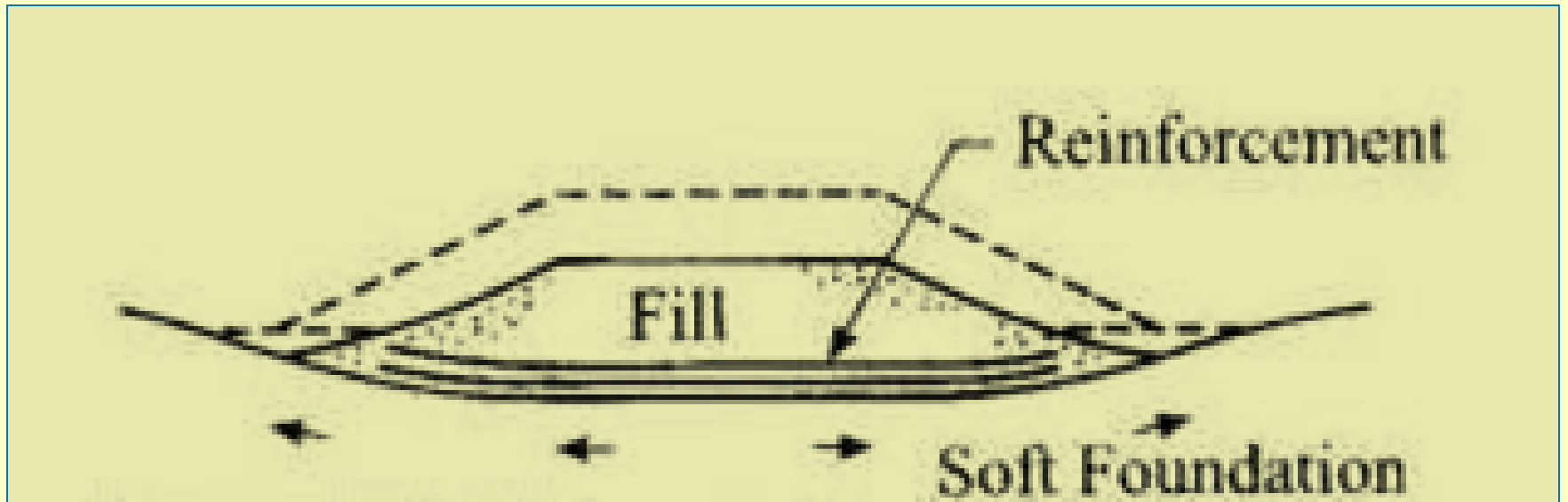
احتمال فرورفت سنگدانه های موج شکن در زمین های نرم وجود دارد

Geosynthetics برای اصلاح باربری زمین زیر
موج شکن قابل استفاده است.





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

سایر مصالح مورد استفاده در موج شکن

اجزای توری سنگی (گابیون)



اجرای سازه های دریایی

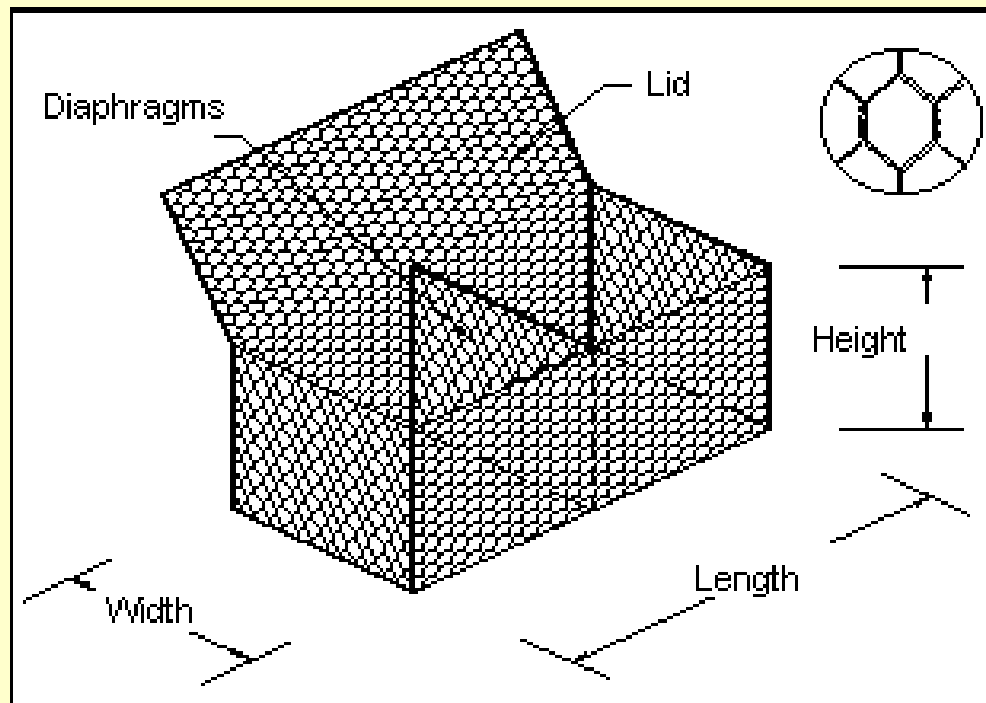
علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





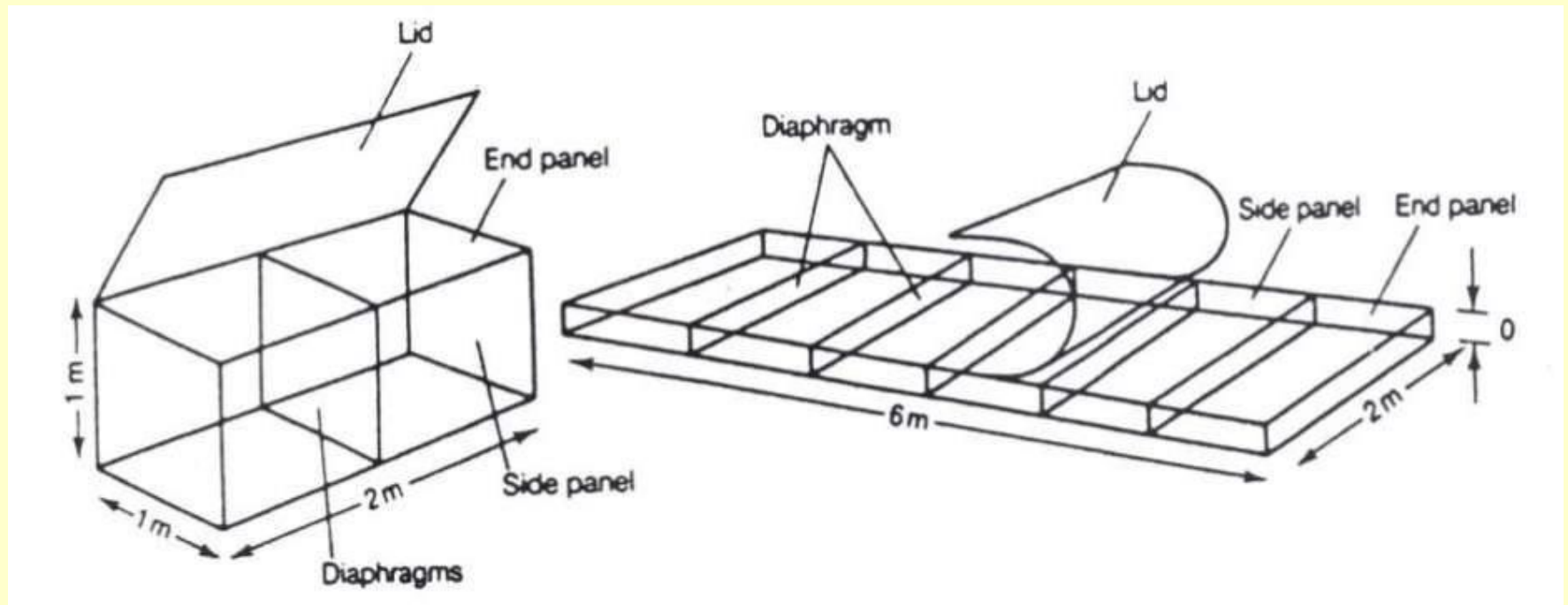
گابیون (عناصر توریسنگی) در موج شکن

- یک گابیون یک جعبه یا محفظه تشک (مترس) شکل است که از مش سیمی فولادی ساخته شده است.
- گابیونهای سر هم شده با سیم به هم متصل می شوند و درون آن با سنگ پر می شود.
- قطر سیم متغیر است، ولی عموماً بین ۲ تا ۳ میلیمتر می باشد.
- سیمها معمولاً پوشش گالوانیزه یا PVC دارد. پوششهای PVC معمولاً در کارهای دریایی به کار می رود.
- دوام پذیری گابیونهای بستگی به کیفیت آب و حضور عناصر فرساینده در آن دارد.
- استفاده از گابیون به عنوان آرمور در حد پروژه های تحقیقاتی مطالعه شده است (حسینی، ۱۳۷۸).



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

گابیون و ابعاد متعارف



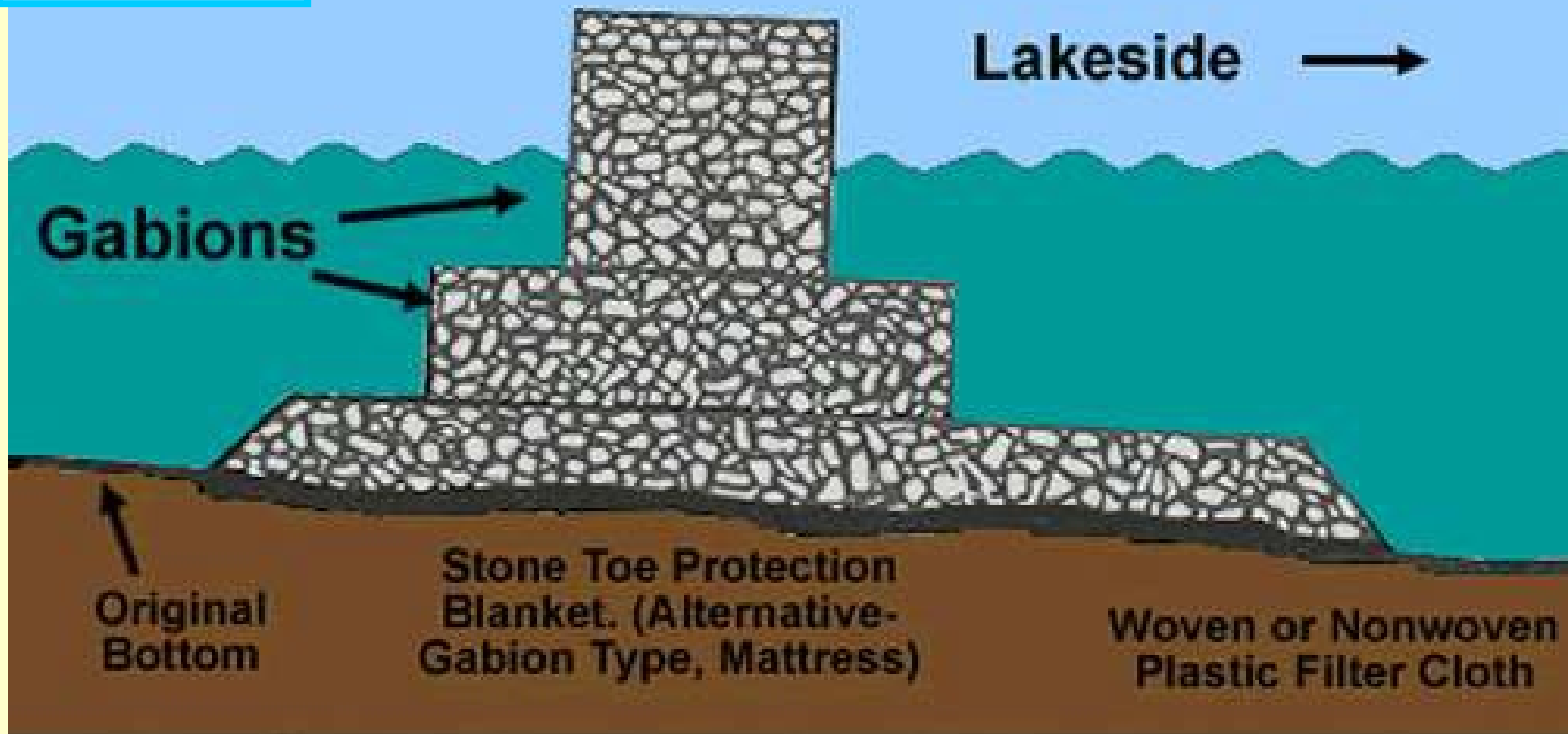


کاربرد و مزایای گابیون

- واحدهای گابیون انعطاف پذیر است و می تواند خود را با تغییرات سطح زمین در اثر نشست تطبیق دهد.
- گابیونها به صورت گسترده در کارهای دریایی نظیر حفاظت کرانه ها و صخره های دریایی، حفاظت خطوط لوله و کابل و حفاظت پاشنه سازه ها به کار می رود.
- در بعضی کاربردها لازم است که سازه گابیون نفوذ ناپذیر باشد و یا بتواند فشار uplift را تحمل کند. در این صورت بین سنگها با قیر یا دوغاب سیمان تزریق می شود.



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



Gabion Breakwater



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

سایر مصالح مورد استفاده در موج شکن

ژئوتیوب



ژئوتیوب

- با پمپ کردن مواد لایروبی به درون لوله ای بزرگ از ژئوسینتتیک به وجود می آید
- اغلب برای حفاظت ساحل یا اجرای دایک به کار می رود ولی استفاده در موج شکن هم مطرح شده است
- در موج شکن به عنوان مغزه مطرح است و باید پوشش شود.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

رئوتیوب





ژئوتیوب قبل از پر کردن



پر کردن ژئوتیوب



ژئوتیوب

پر کردن ژئوتیوب



ژئوتیوب





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

ژئوتیوب





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

ژئوتیوب





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

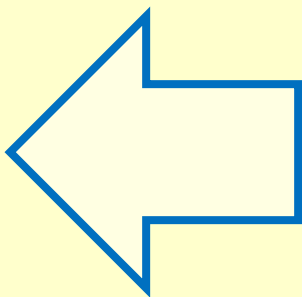
حاصل کار می تواند موفقیت آمیز نباشد

ژئوتیوب





گفتیم که درس موج شکن
در دو مبحث مصالح موج
شکن و اجرای موج شکن
ارائه میشود. تاکنون
مبحث مصالح مطرح شد.
پس این به اجرای موج
شکن ها شامل اجرا از
خشکی و اجرا از دریا
پرداخته می شود.



موفق باشید

فاخر

مهم نیست چقدر منابع
در اختیار دارید. اگر
ندانید چگونه از منابع
استفاده کنید آنها هرگز
کافی نخواهند بود.

