



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بخش اول درس اجرای موج شکن ها

معرفی انواع موج شکن ها

ویرایش فروردین 1403



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

موج شکن های یک بندر کوچک





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

موج شکنهای یک بندر بزرگ



موج شکنهای دهانه یک رودخانه



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

موج شکن
های قدیم
و جدید
بندر انزلی

جدید

قدیم



موج شکن ممکن است متصل به ساحل یا جدا باشد





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

موج شکن ها در معرض امواج قرار می گیرند و باعث آرامش محدوده ای از دریا می شوند.





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

طراح و مجری باید توجه کنند که موج شکن
باید سال ها در برابر امواج مقاومت کند.



موج شکن در حال تخریب بر اثر موج





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن شکن تخریب شده بر اثر امواج



موج شکن افزون بر مقاومت در برابر ضربه امواج باید جلوی روگذری موج را هم بگیرد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

روگذری موج

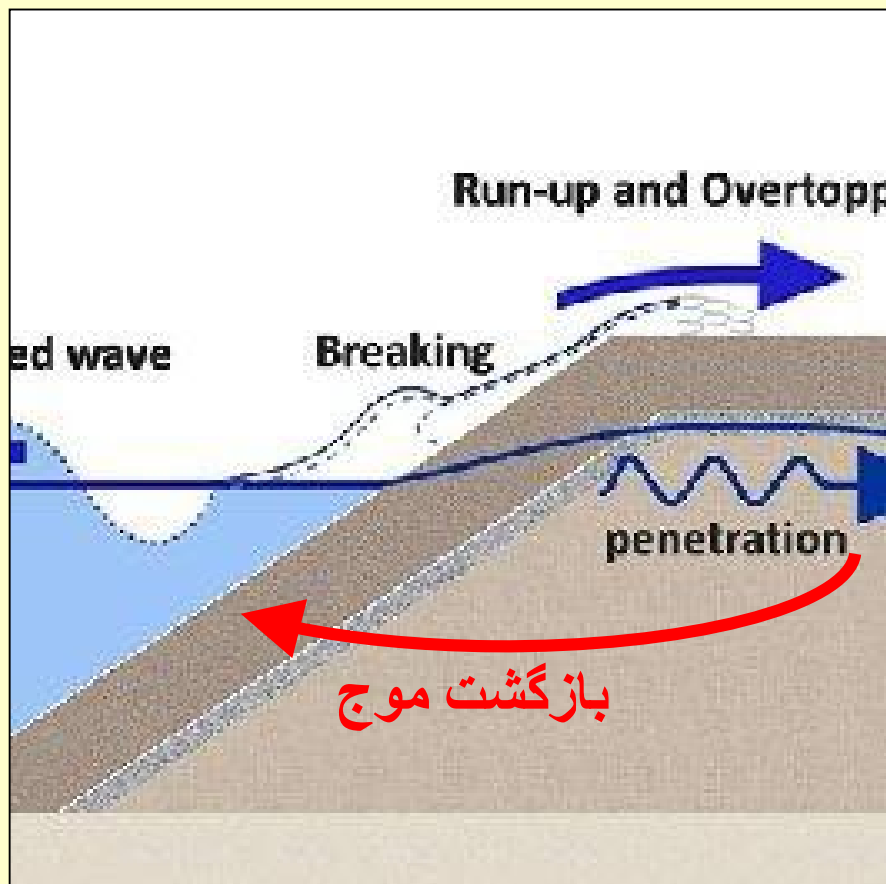


روگذری موج





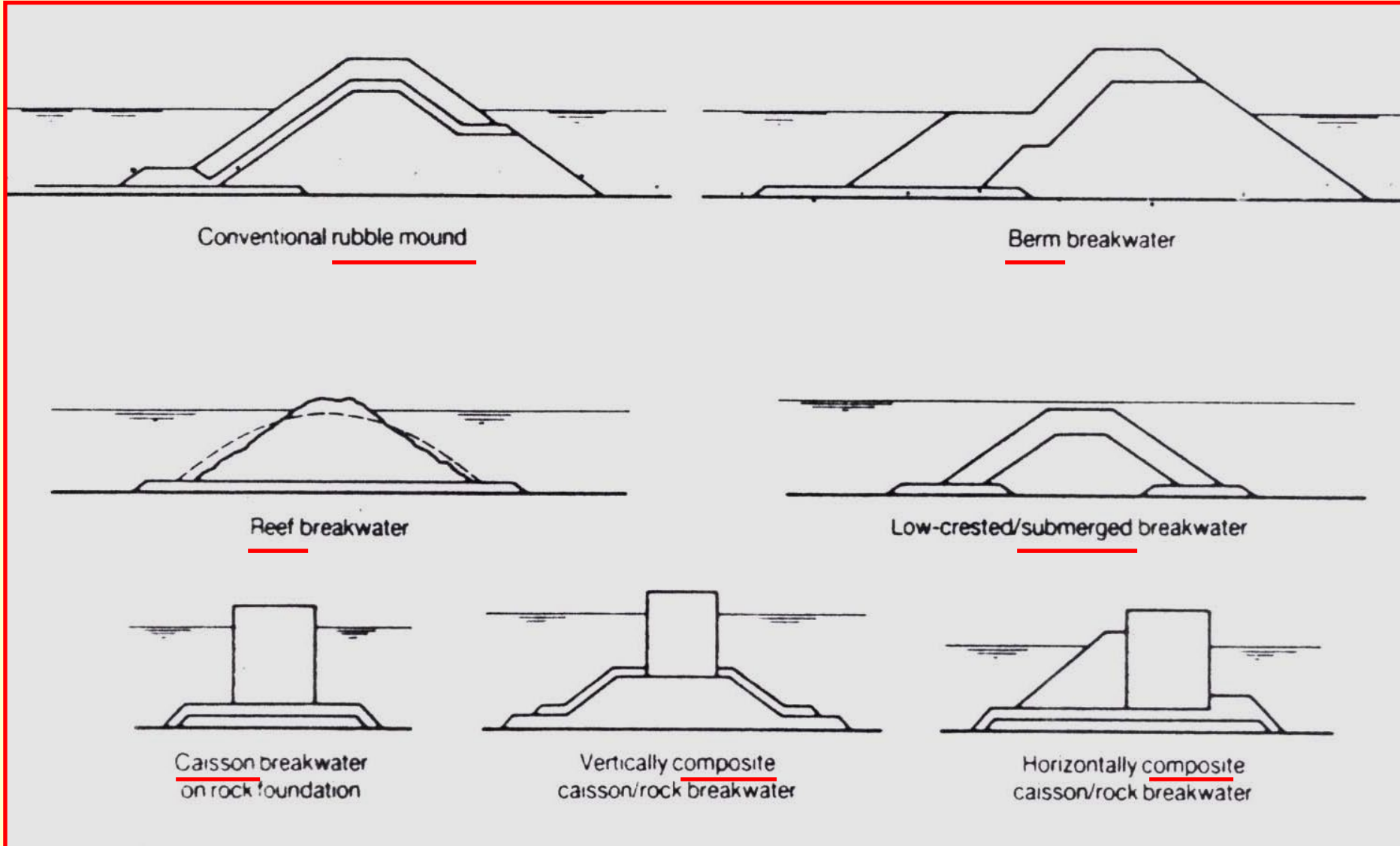
وقتی موج به موج
شکن برخورد میکند،
بخشی از آن، از روی
موج شکن روگذری
میکند و بخشی در
موج شکن نفوذ
میکند.



بخشی از موج که میخواهد
در موج شکن نفوذ کند، به
دلیل ریز دانه بودن مغزه
متوقف میشود و
برمیگردد.



انواع موج شکن و مقاطع آنها



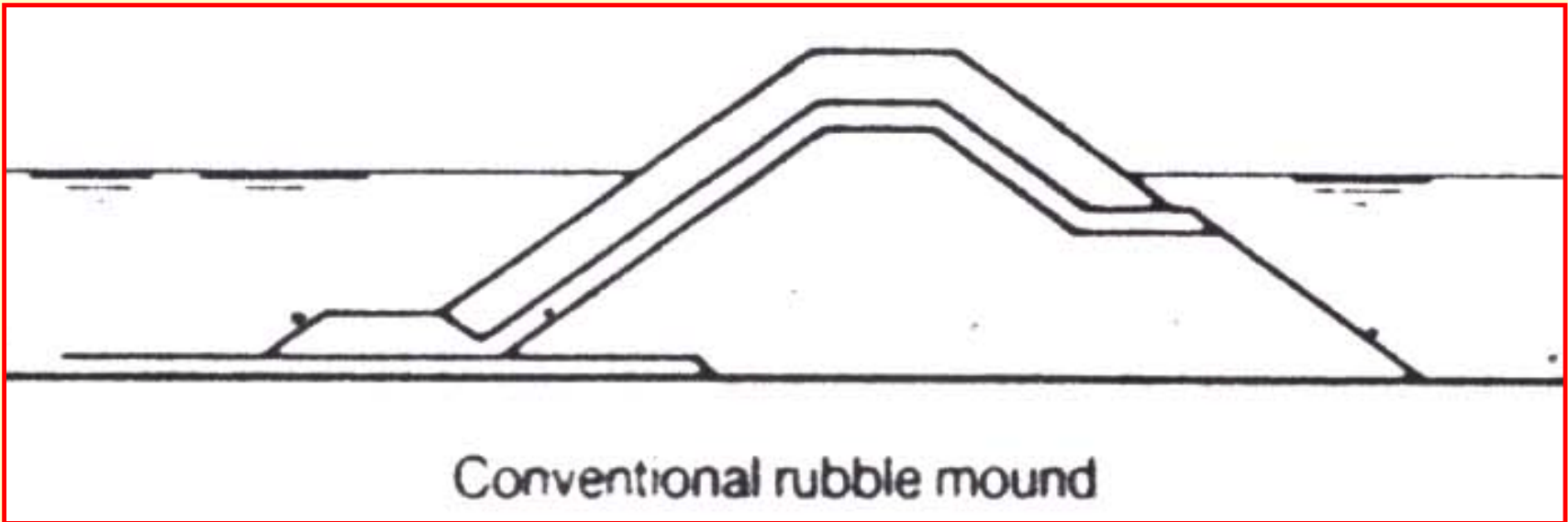


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن سنگریزه ای شیب دار

Rubble mound



متداول ترین نوع موج شکن



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

موج شکن سنگریزه ای شیب
دار متداول ترین نوع موج
شکن در ایران و جهان است.

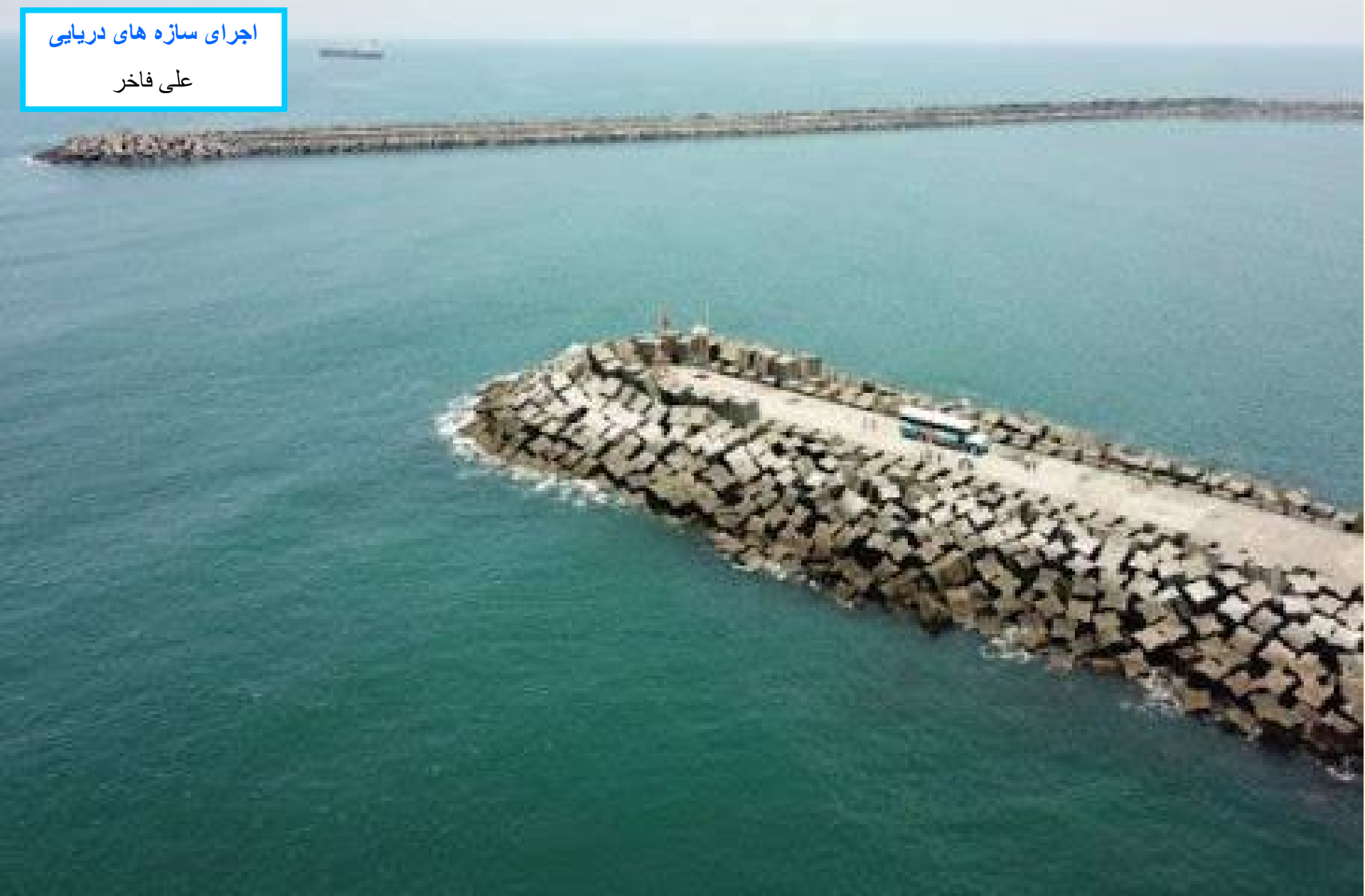




موج شکن سنگریزه ای شیب دار

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن سنگریزه ای شیب دار

2004 5 27

موج شکن سنگریزه ای شیب دار



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر





این موج شکن ها دارای مقطع شیب دار هستند.
تمام لایه ها از سنگ تشکیل می شوند بجز لایه حفاظتی
بیرونی که ممکن است از قطعات بتن باشند.

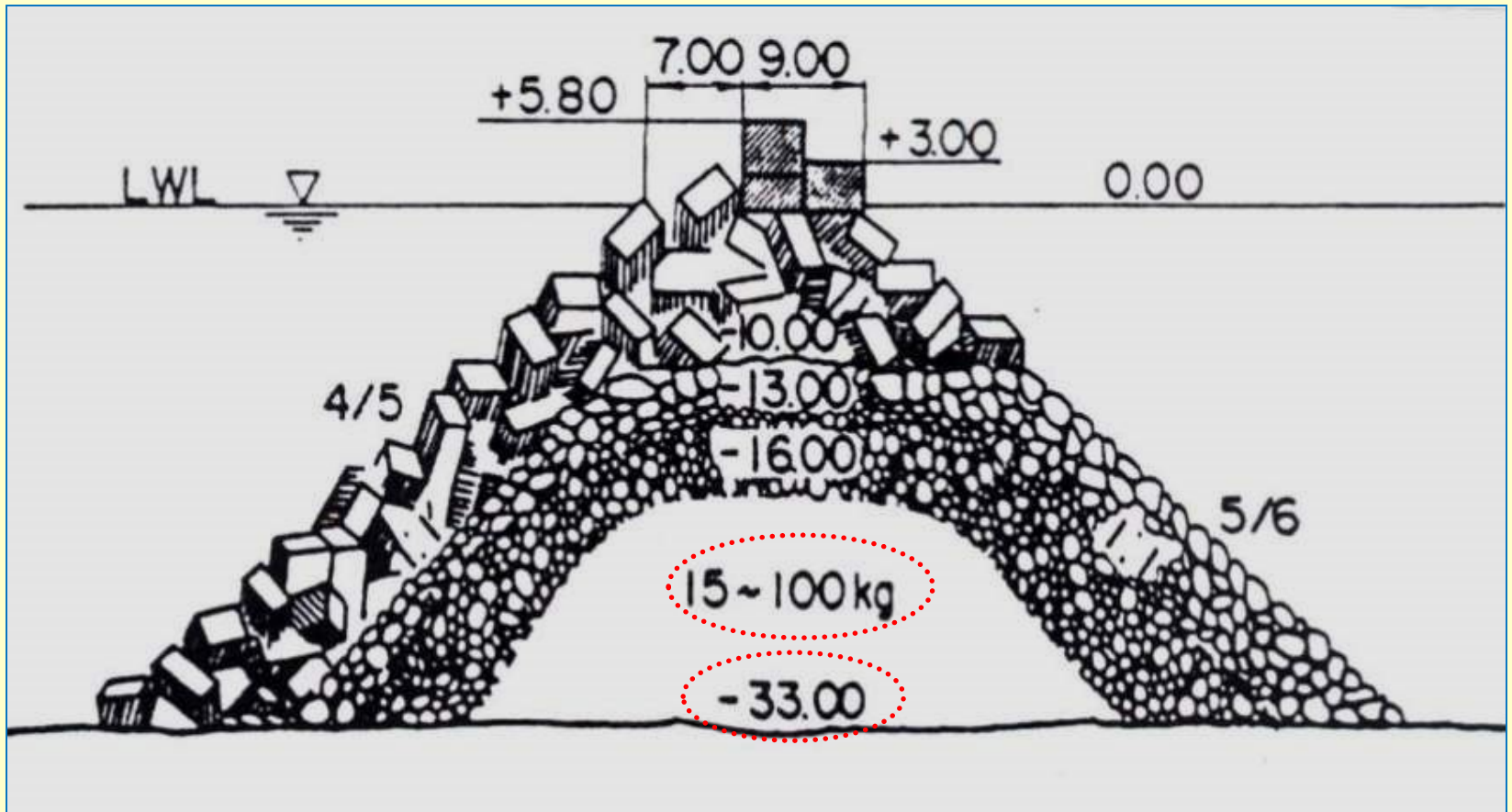




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

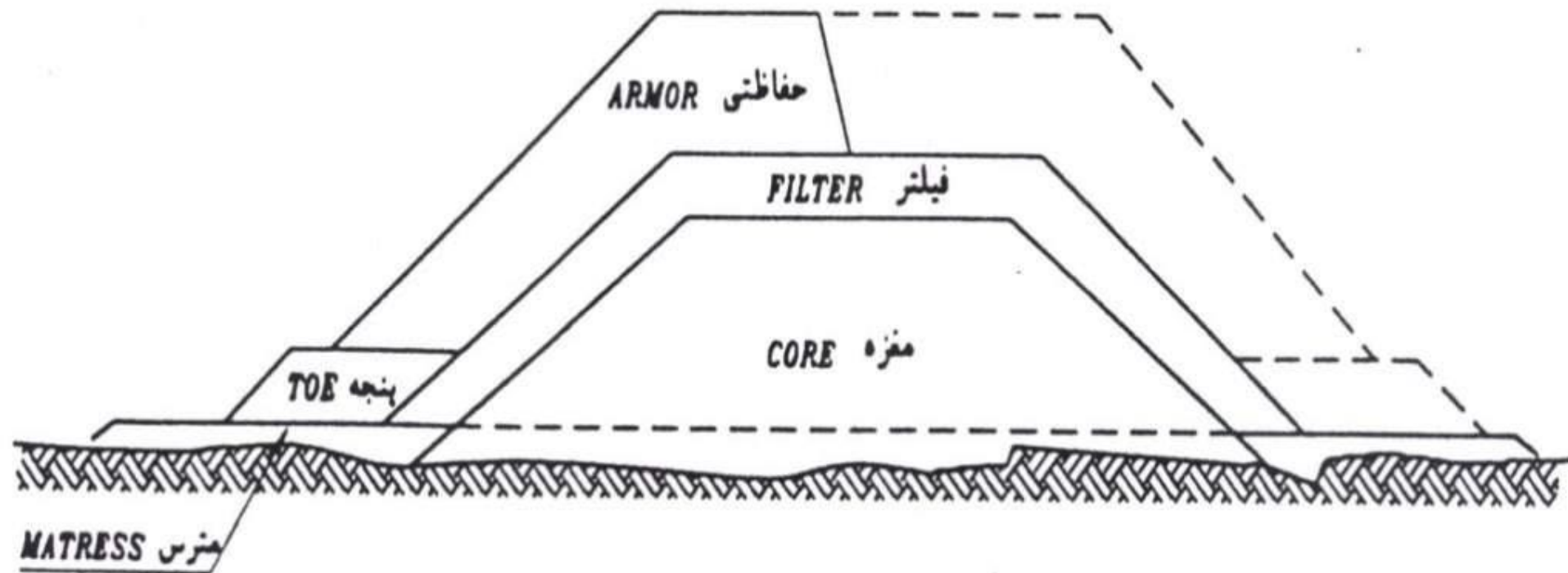
مقطع موج شکنی در الجزایر (عمق زیاد آب و درشتی مغزه قابل توجه است)





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

نام گذاری قسمت های مختلف مقطع موج شکن سنگریزه ای شیب دار





قسمتهای موج شکن سنگریزه ای

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

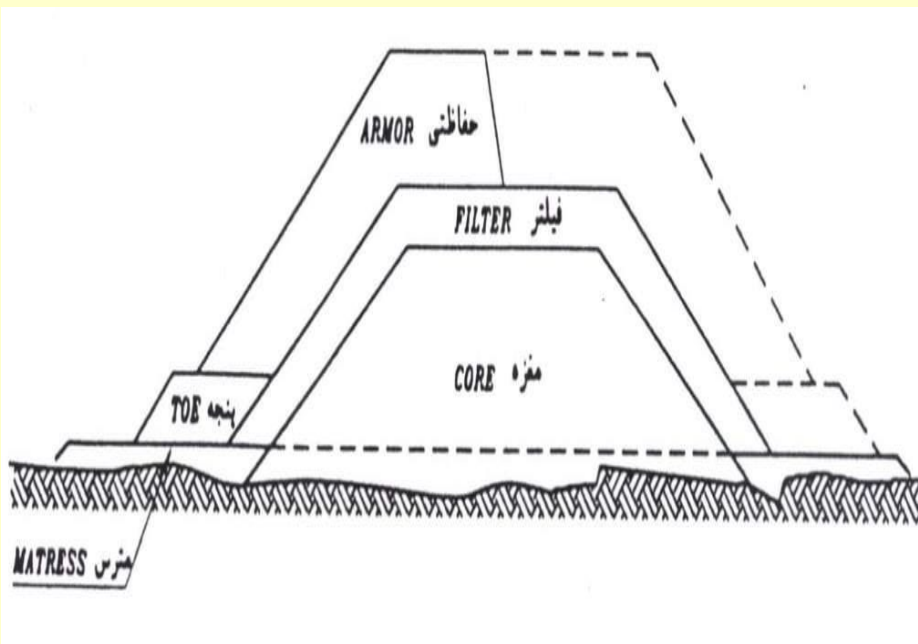
هسته یا مغزه

فیلتر

آرمور یا لایه حفاظتی

پنجه

مترس



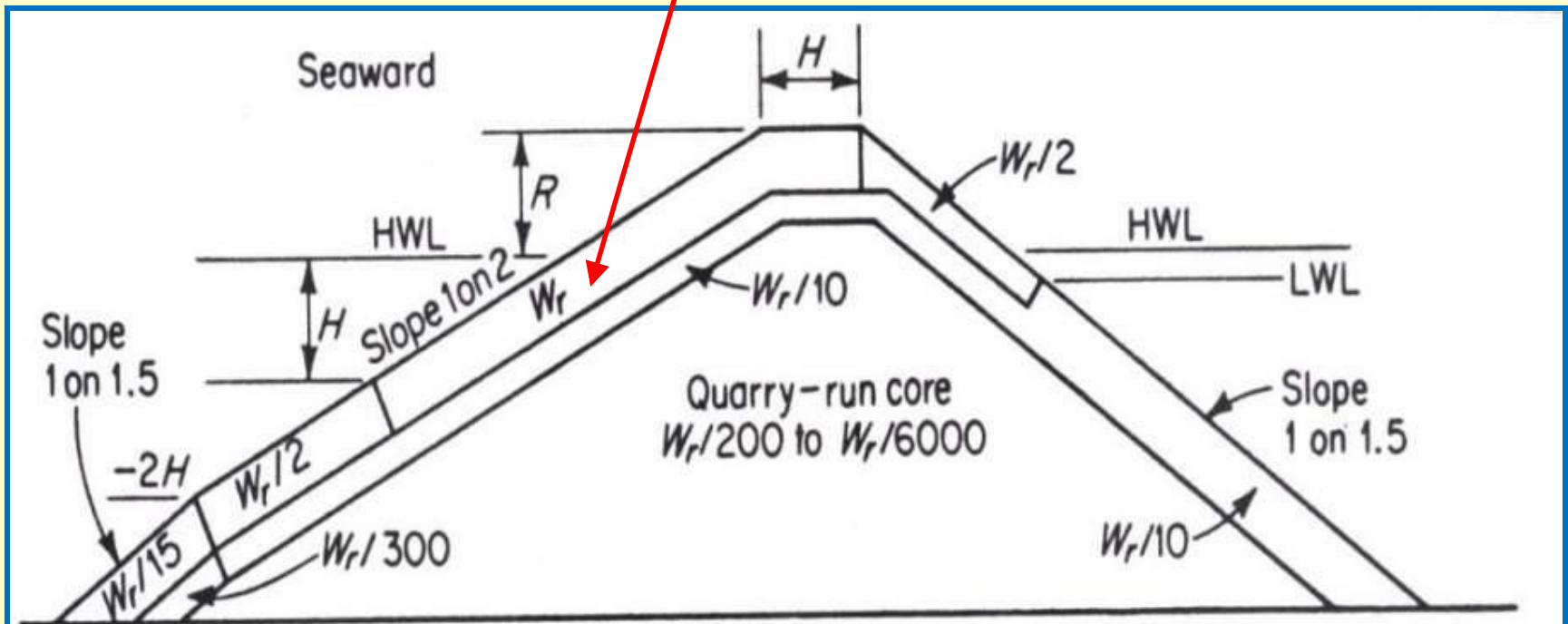


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

مقطع متداول موج شکن سنگریزه ای شیب دار
و وزن قطعات لایه های مختلف در مقایسه با

وزن قطعات آرمور (W_r)

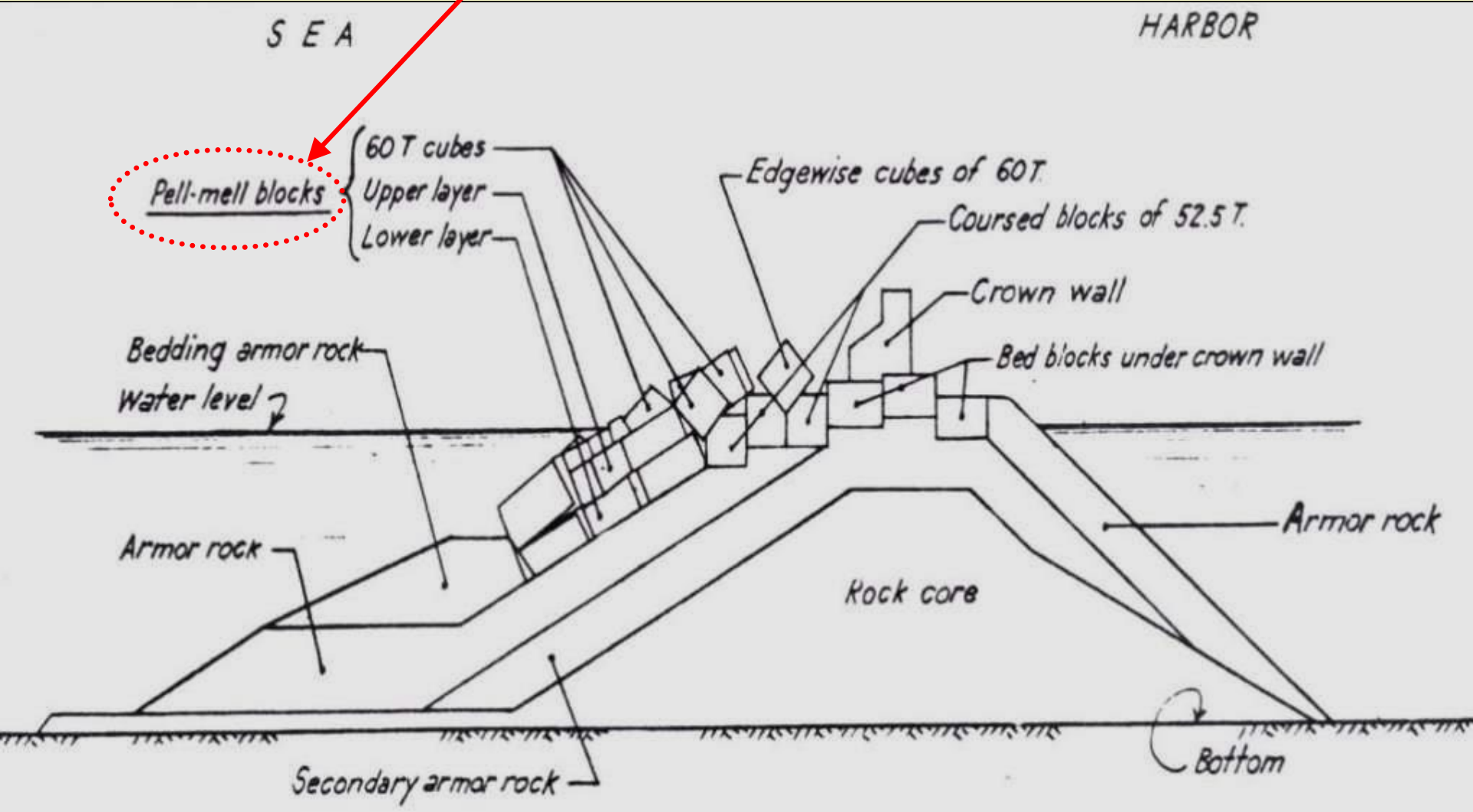


A rubble-mound breakwater in section: HWL, High-water level; LWL, low-water level; R , wave run-up.



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

مقطع موج شکن سنگریزه ای شیب دار با بلوکهای بتنی نامنظم چیده شده



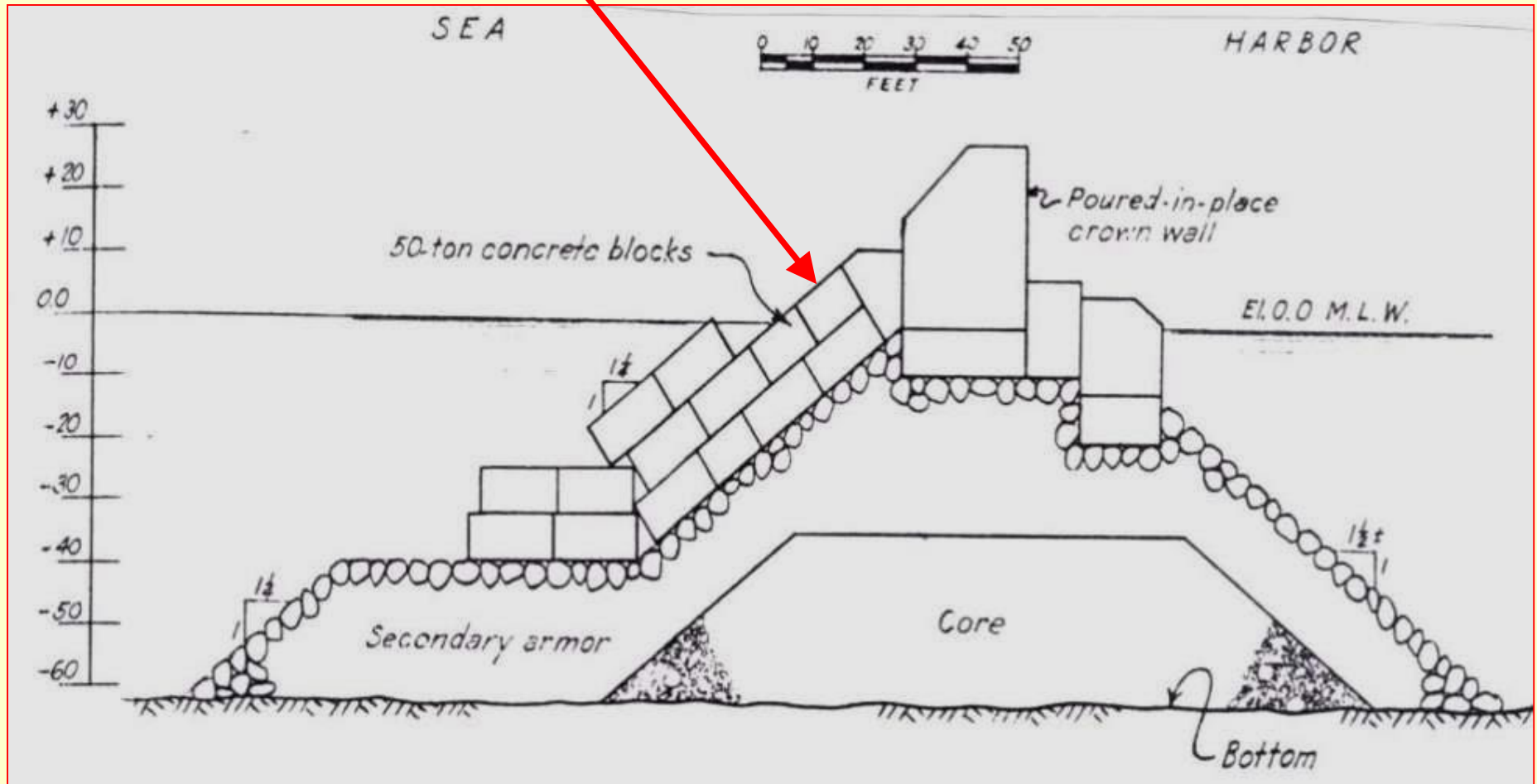


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

مقطع موج شکن با

بلوکهای بتنی منظم چیده شده



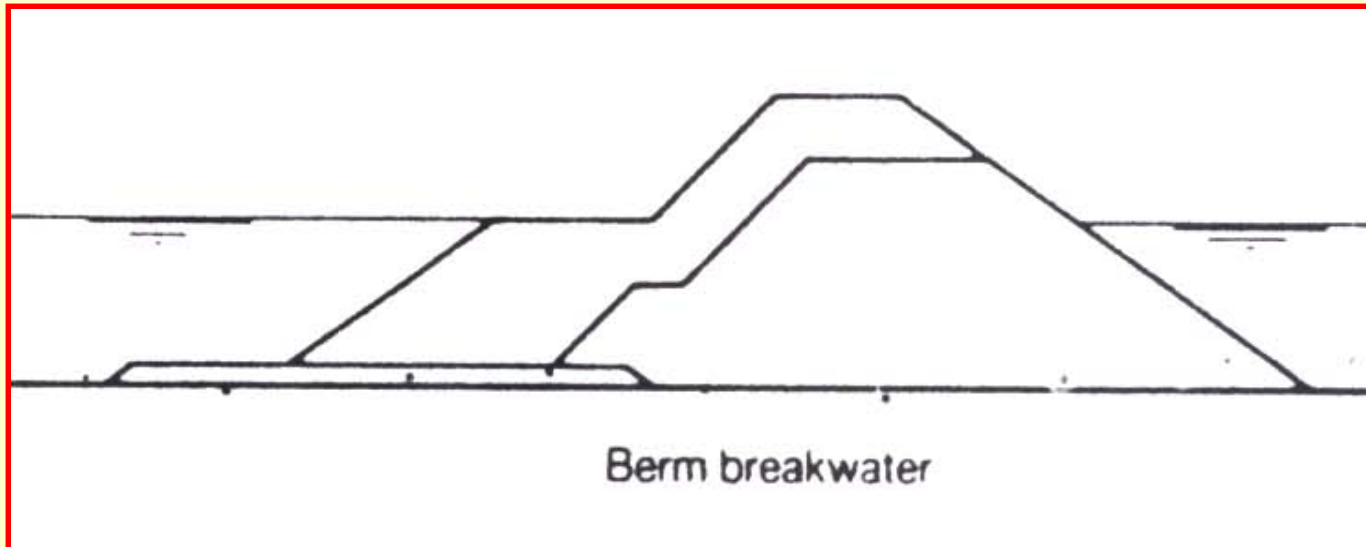


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن سکویی

Berm Breakwater

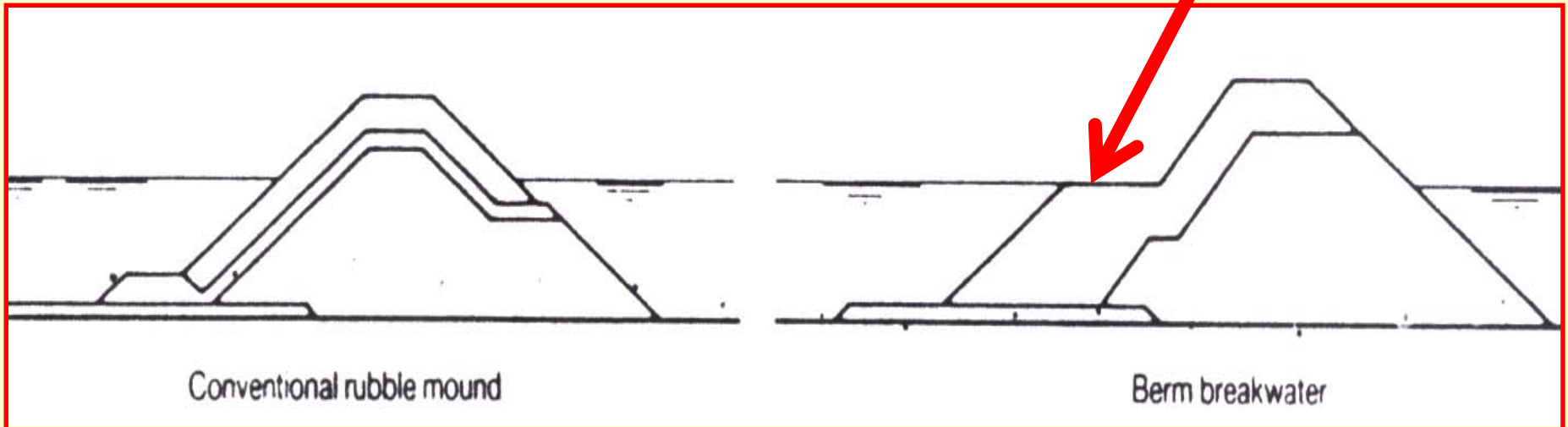




مقایسه دو نوع مقطع موج شکن سنگریزه ای

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

سکو
Berm



موج شکن سنگریزه ای شیب دار و موج شکن سکویی از نظر ظاهری شبیه هم هستند ولی موج شکن سکویی دارای سکو است.



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

سکو
Berm



سکو
Berm



موج شکن سکویی دارای سکو است.

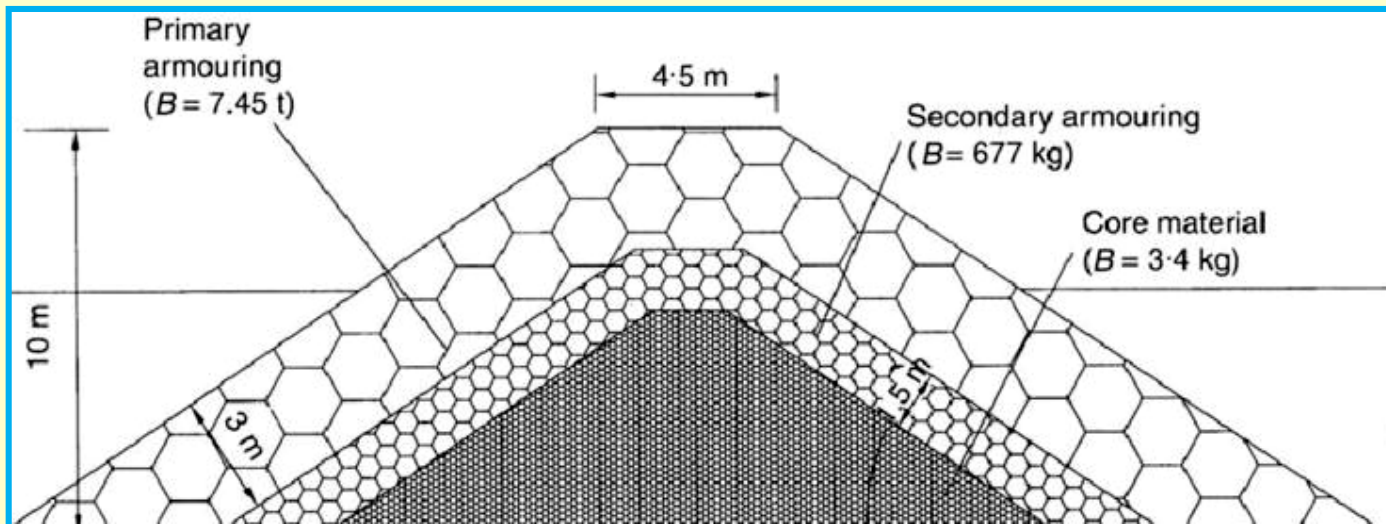
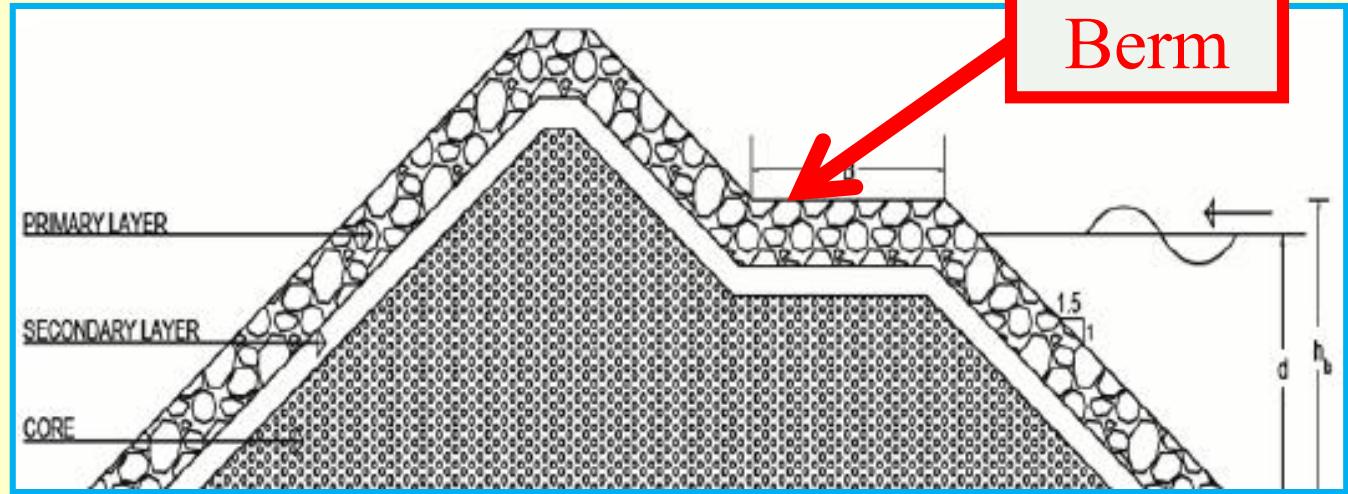


مقایسه دو نوع مقطع موج شکن سنگریزه ای

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

سکو

Berm

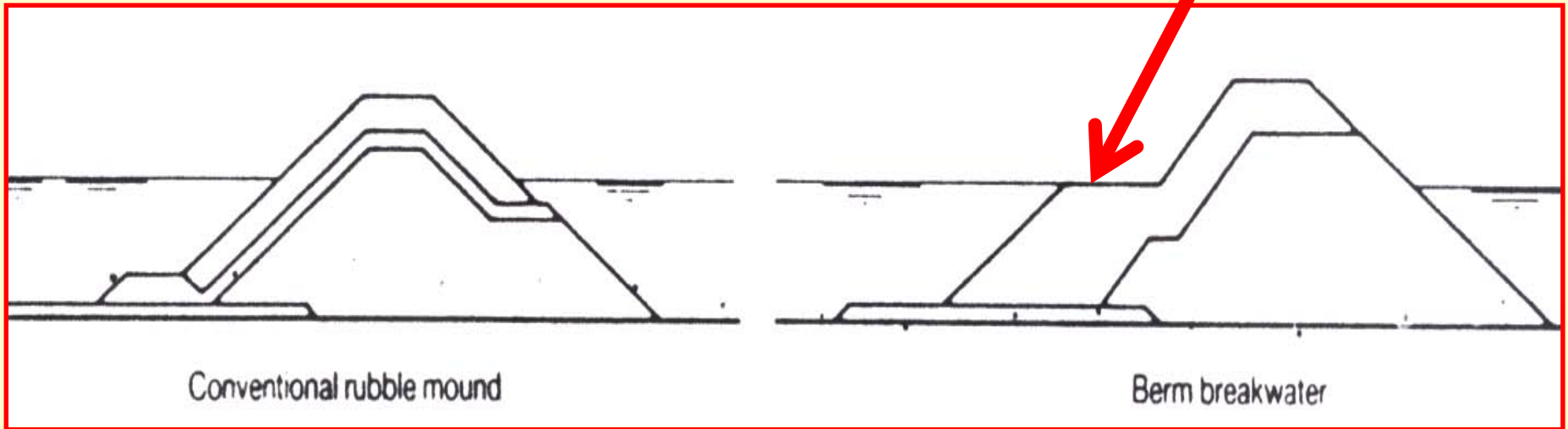




مقایسه دو نوع مقطع موج شکن سنگریزه ای

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

سکو
Berm



حجم مصالح در موج شکن سکویی بیشتر ولی
اندازه سنگ ها کوچکتر است.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن سکوی



سکو
Berm



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن سکویی



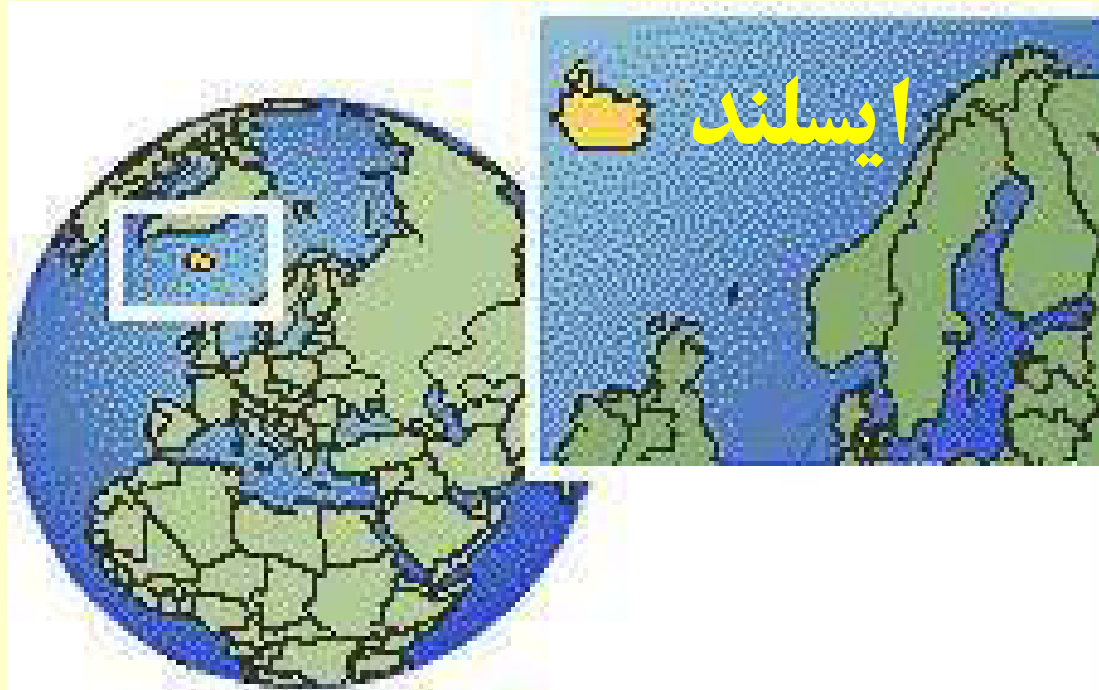
موج شکن سنگریزه ای سکویی

بندر آفتاب

سکو
Berm



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



توسعه موج شکن سکویی در ایسلند انجام شد که طوفان های سهمگین دارد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

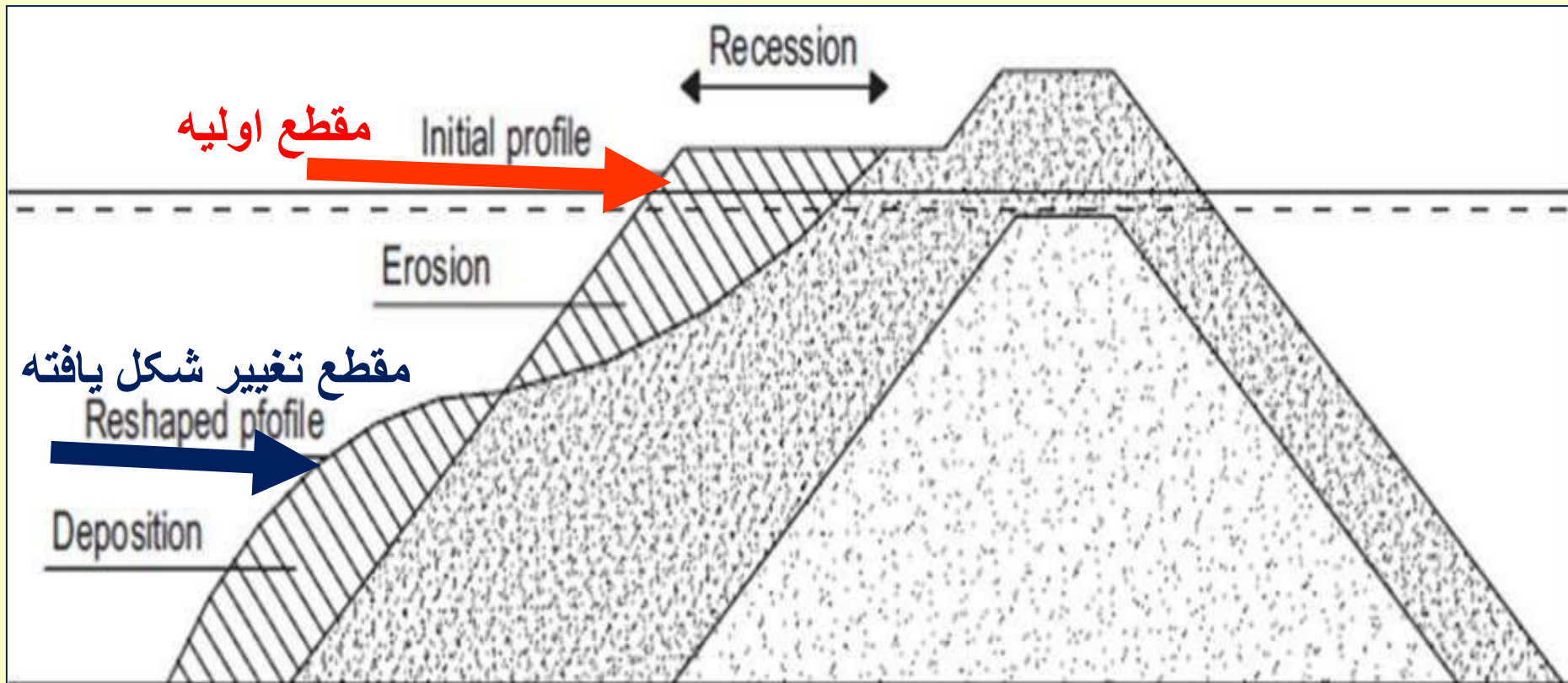


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

مزیت موج شکن سکویی ایسلندی تحمل تغییر
شکل افقی است و در شرایطی که محدودیت
دسترسی به مصالح سنگی با ابعاد مناسب وجود
دارد میتواند بسیار اقتصادی باشد.

تغییر شکل موج شکن سکویی به مرور زمان



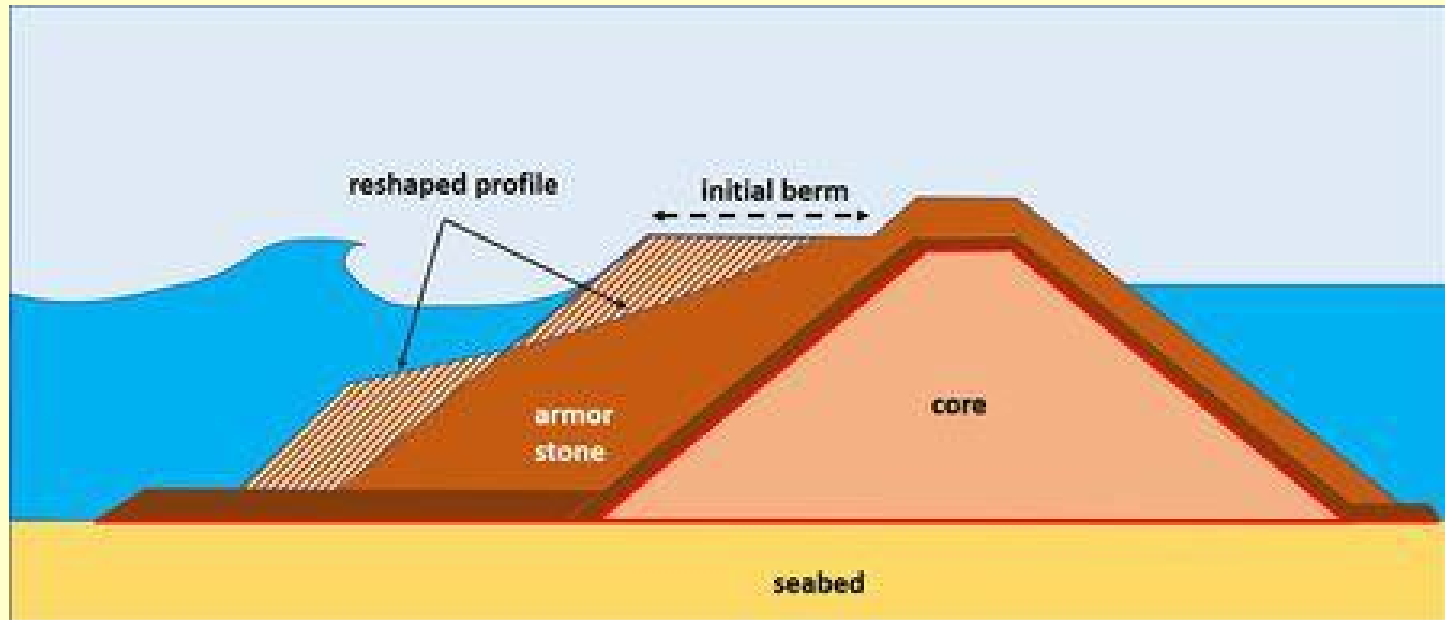
Typical initial and reshaped profile.

مقطع اولیه و
مقطع تغییر شکل یافته
موج شکن سکویی

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

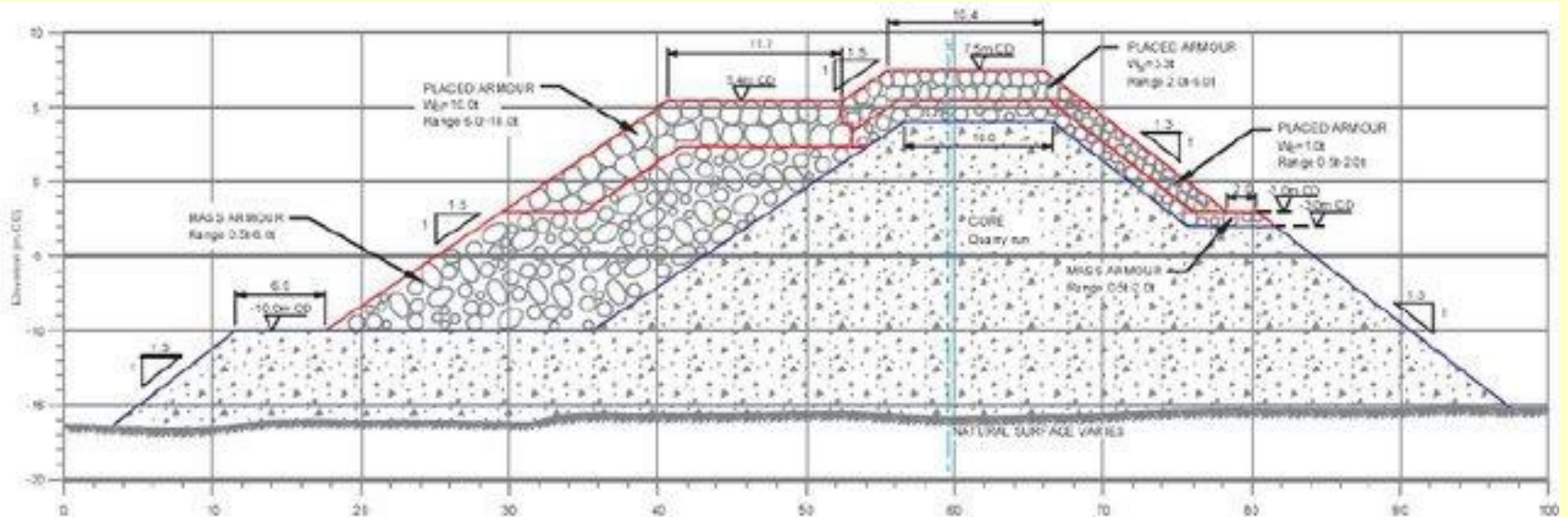


موج سکویی معمولاً بر اثر موج، تغییر شکل میدهد تا به شکل نهایی برسد ولی سازه موج شکن معمولی تغییر شکل چندانی نمیدهد.





موج شکن سکوپی به خصوص در آب عمیق از تعداد کمی دسته بندی سنگ ساخته می شود.

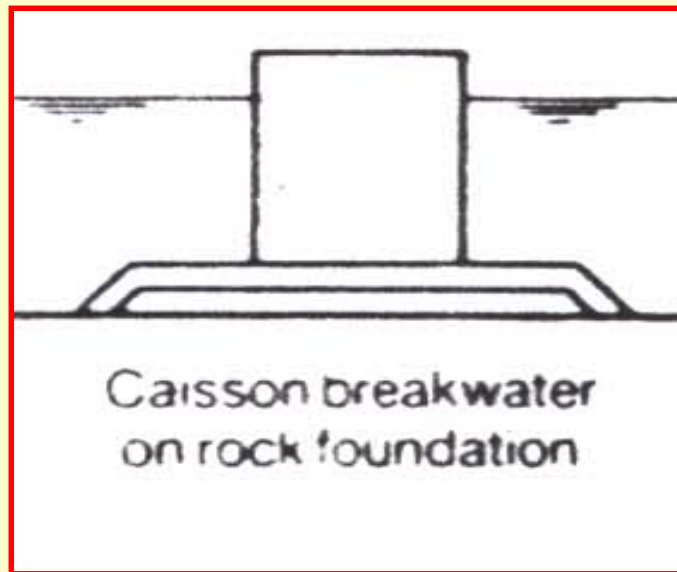




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن های کیسونی





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن کیسونی

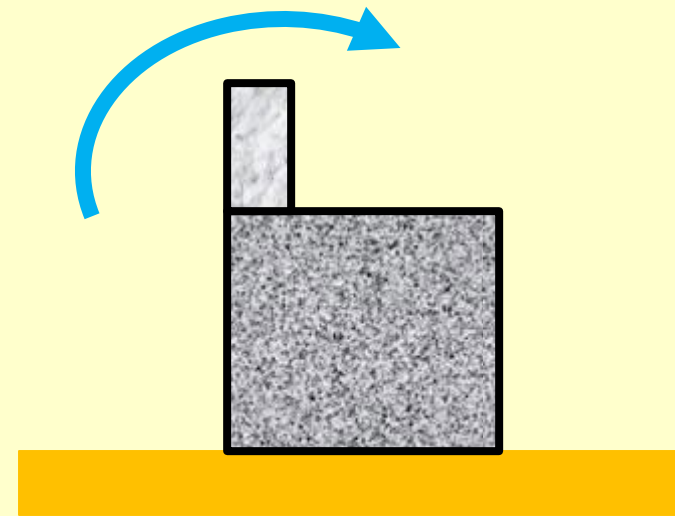


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

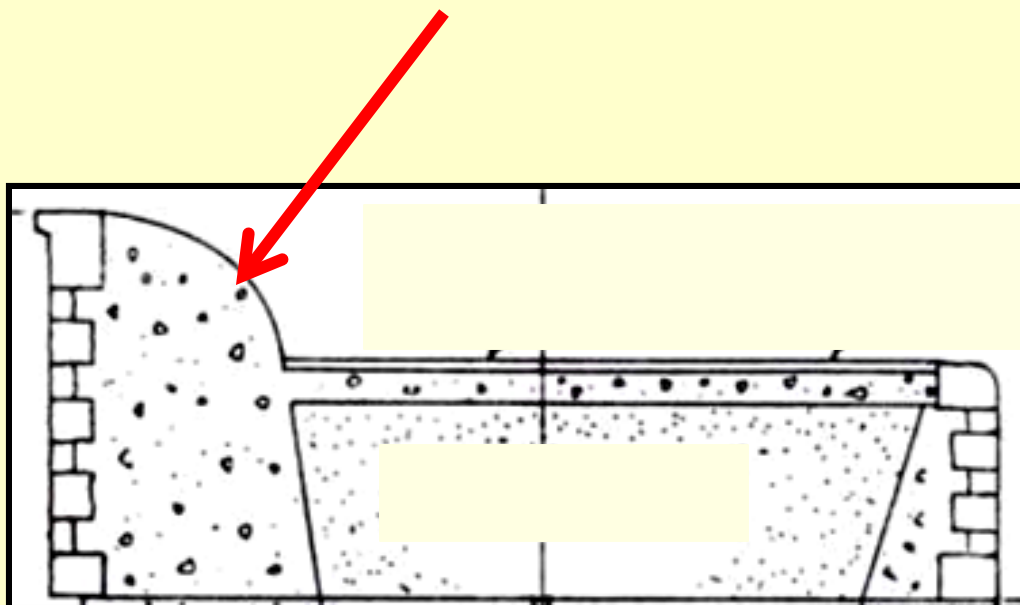
موج شکن کیسونی

برای جلوگیری از روگذری موج باید ارتفاع دیوار روی
موج شکن کیسونی به اندازه کافی بلند باشد.



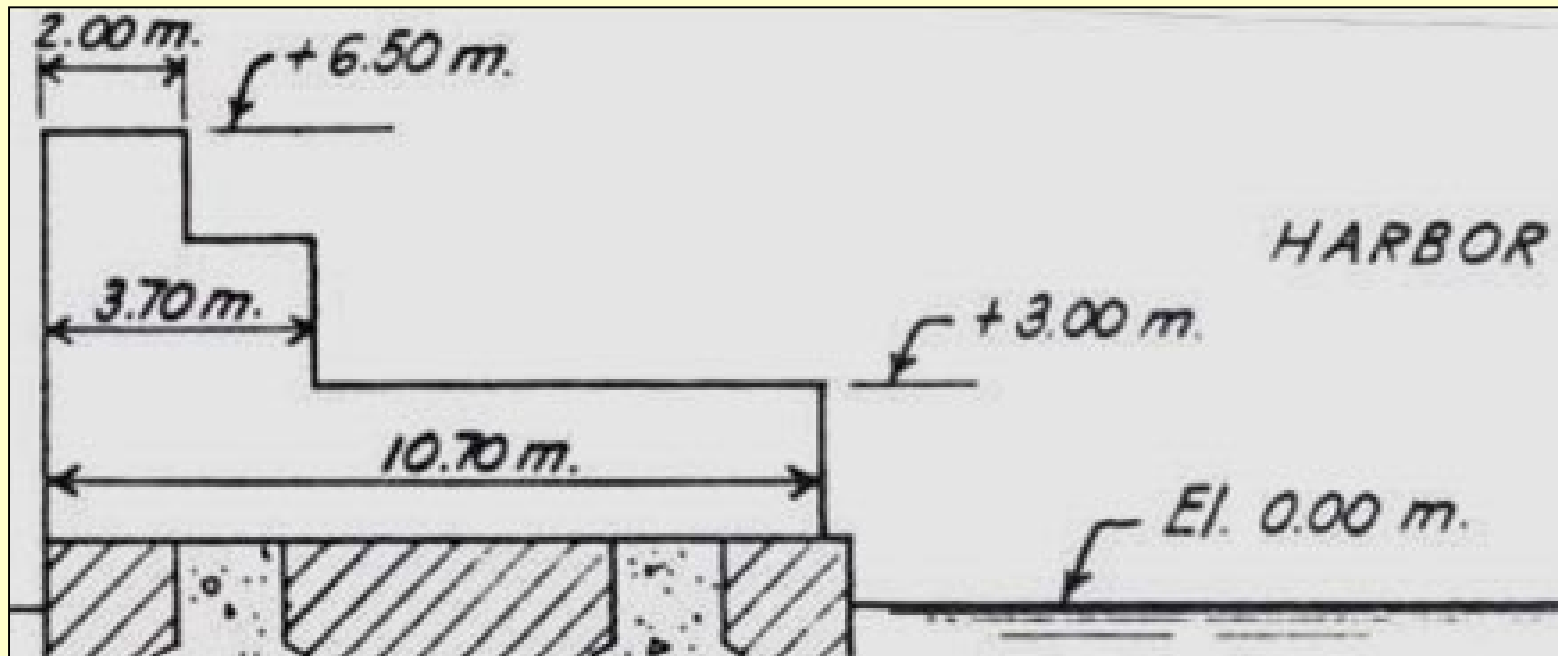
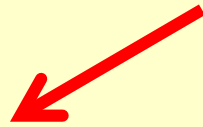
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

دیوار روی تاج موج شکن



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

مثال: دیوار روی تاج موج شکن به ارتفاع 6.5 متر

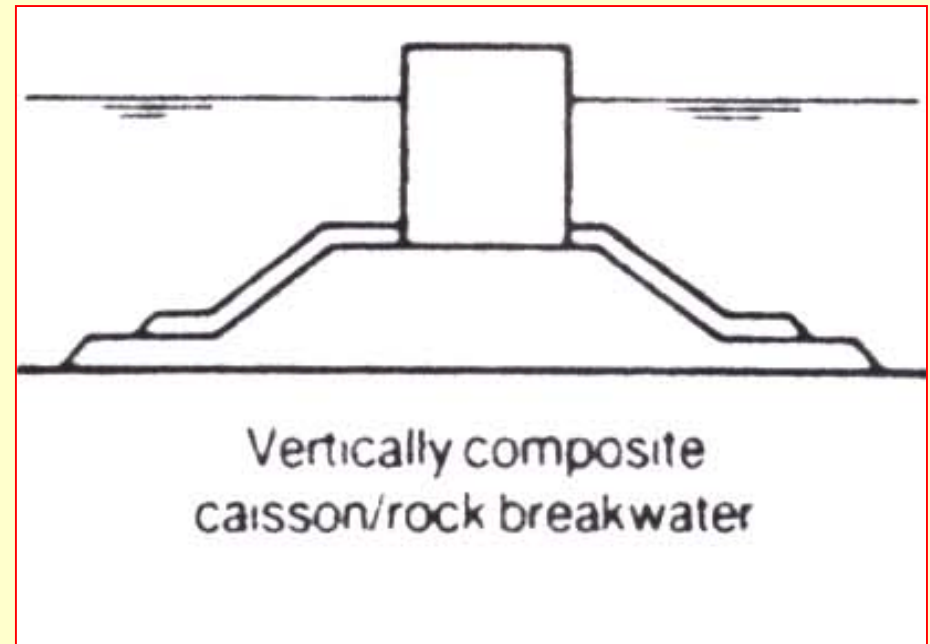
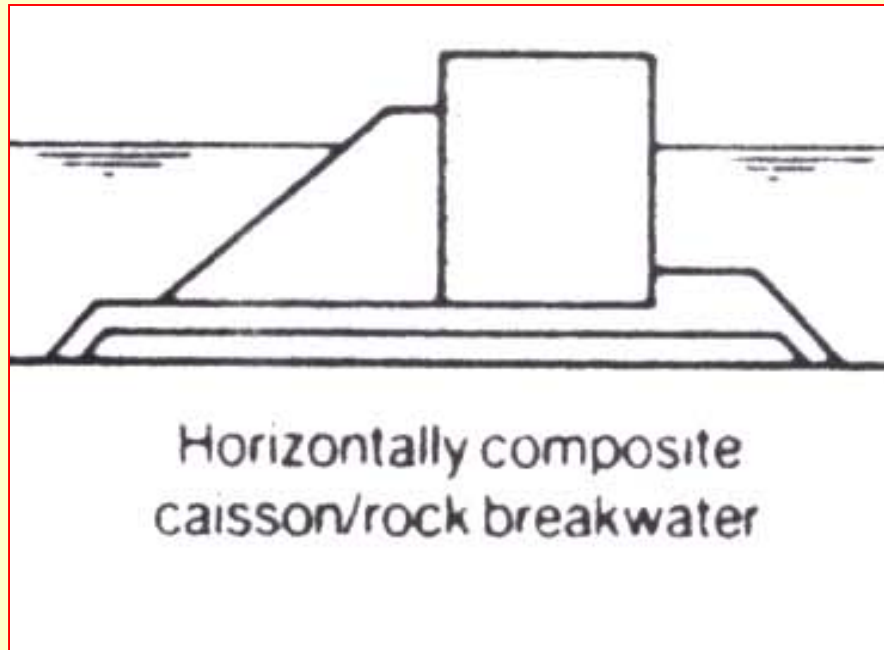




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

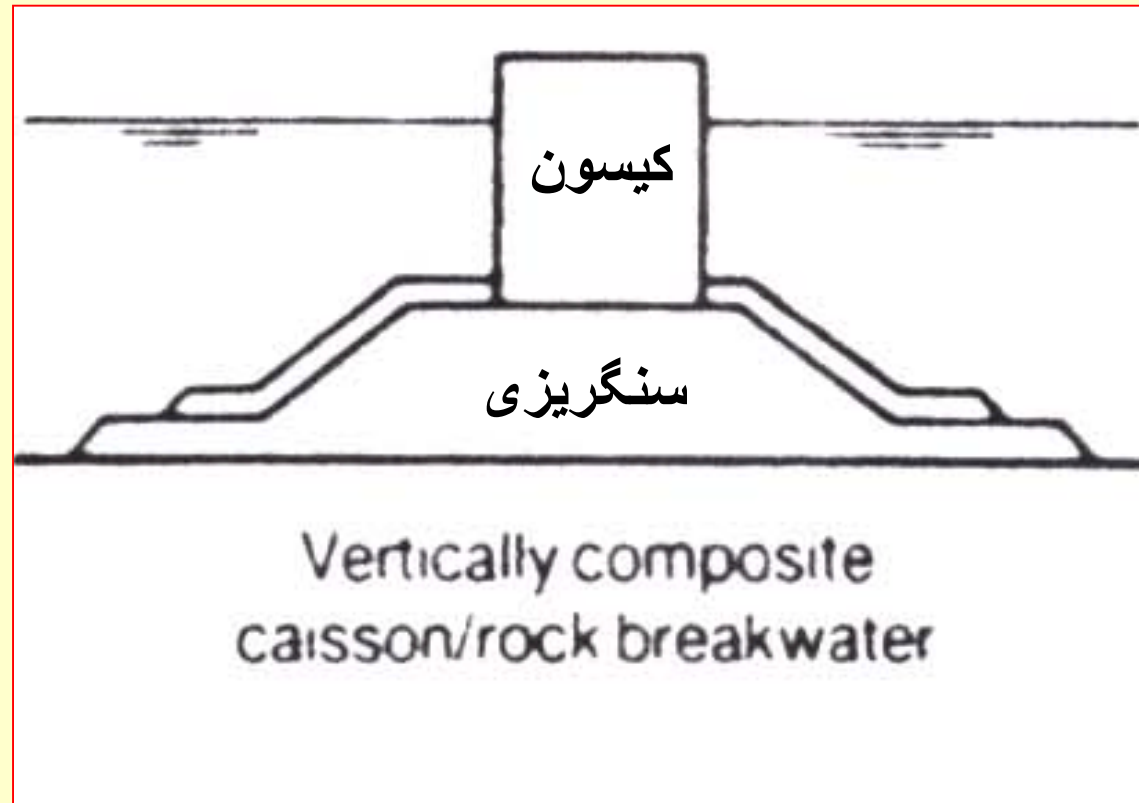
موج شکن های مرکب (ترکیب کیسون و سنگریزی)





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

ترکیب قائم کیسون و سنگریزی

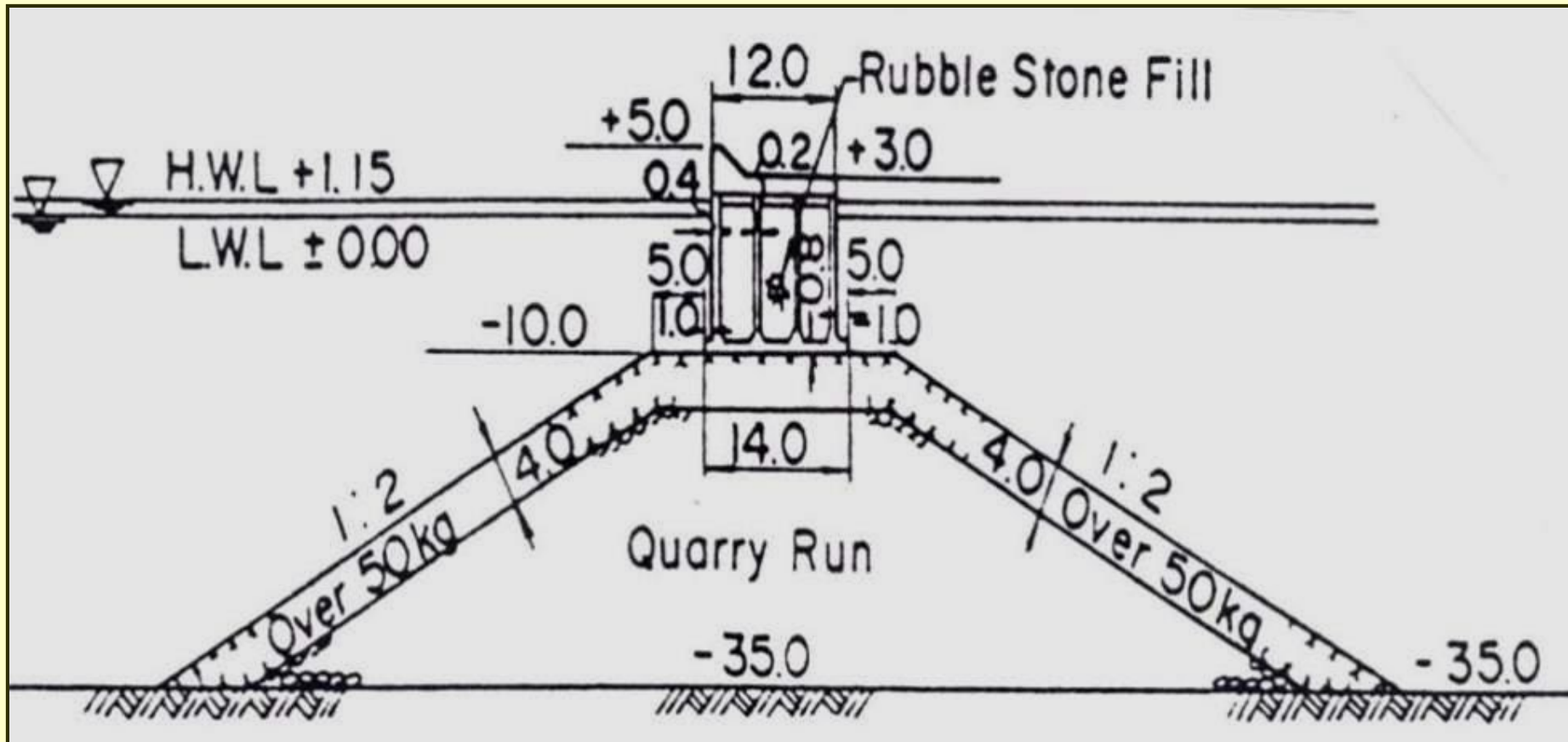


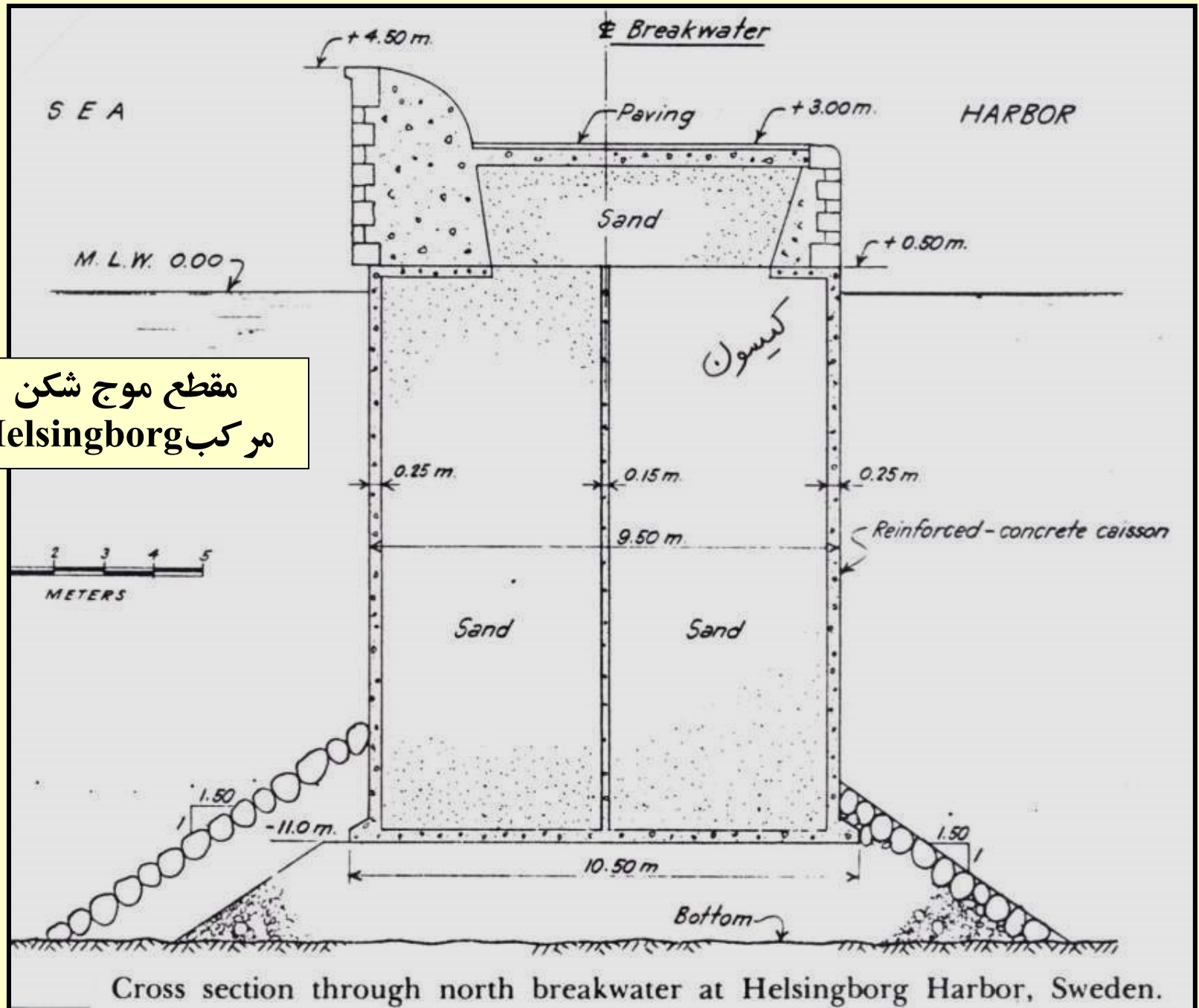
محدودیت نشست توده سنگریزه‌ای در موجشکنهای با مقاطع مرکب قائم بیش از موجشکنهای معمولی است.



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

مقطع موج شکن مرکب Dfunato



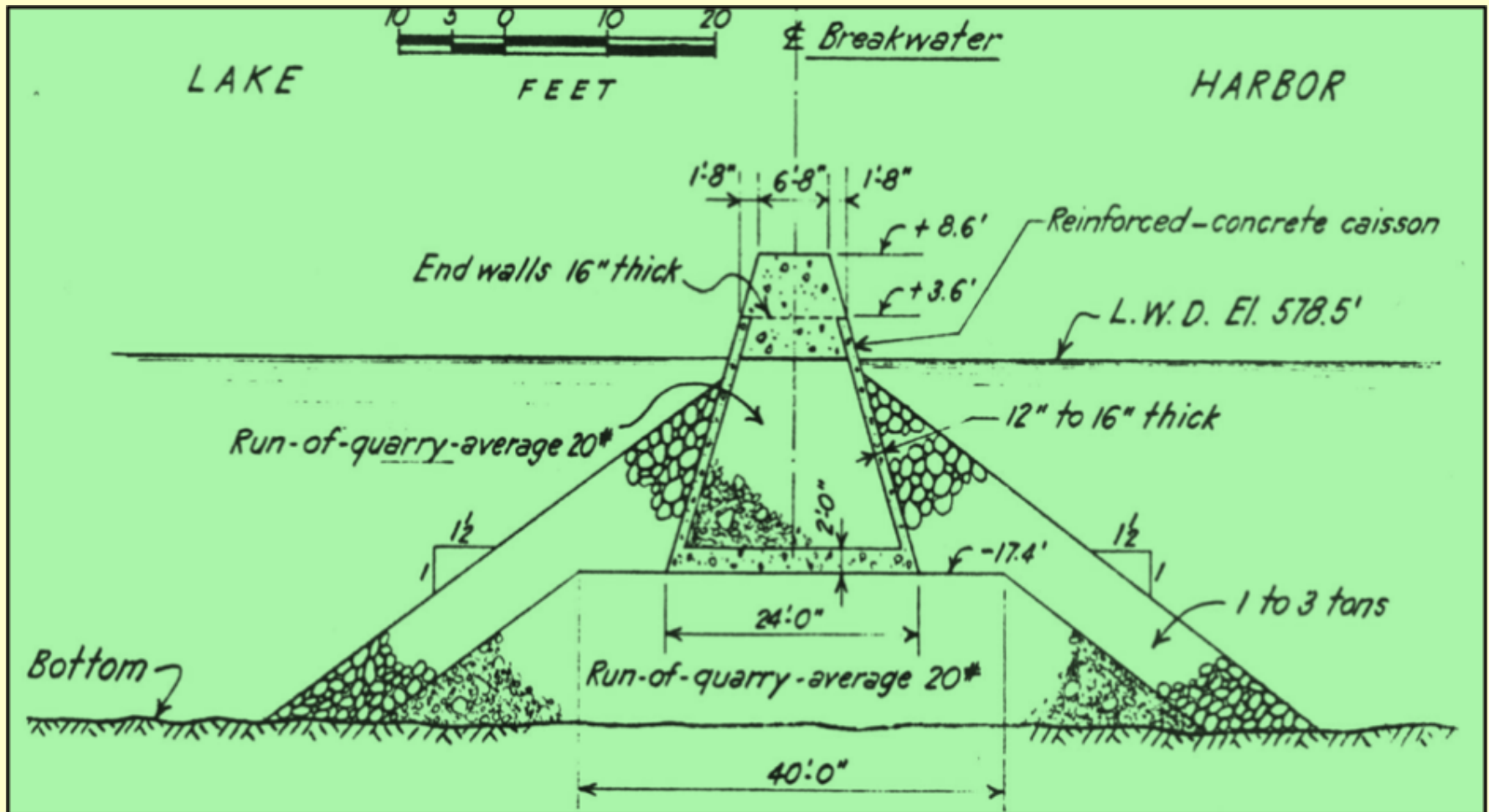


مقطع موج شکن
مرکب Helsingborg



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

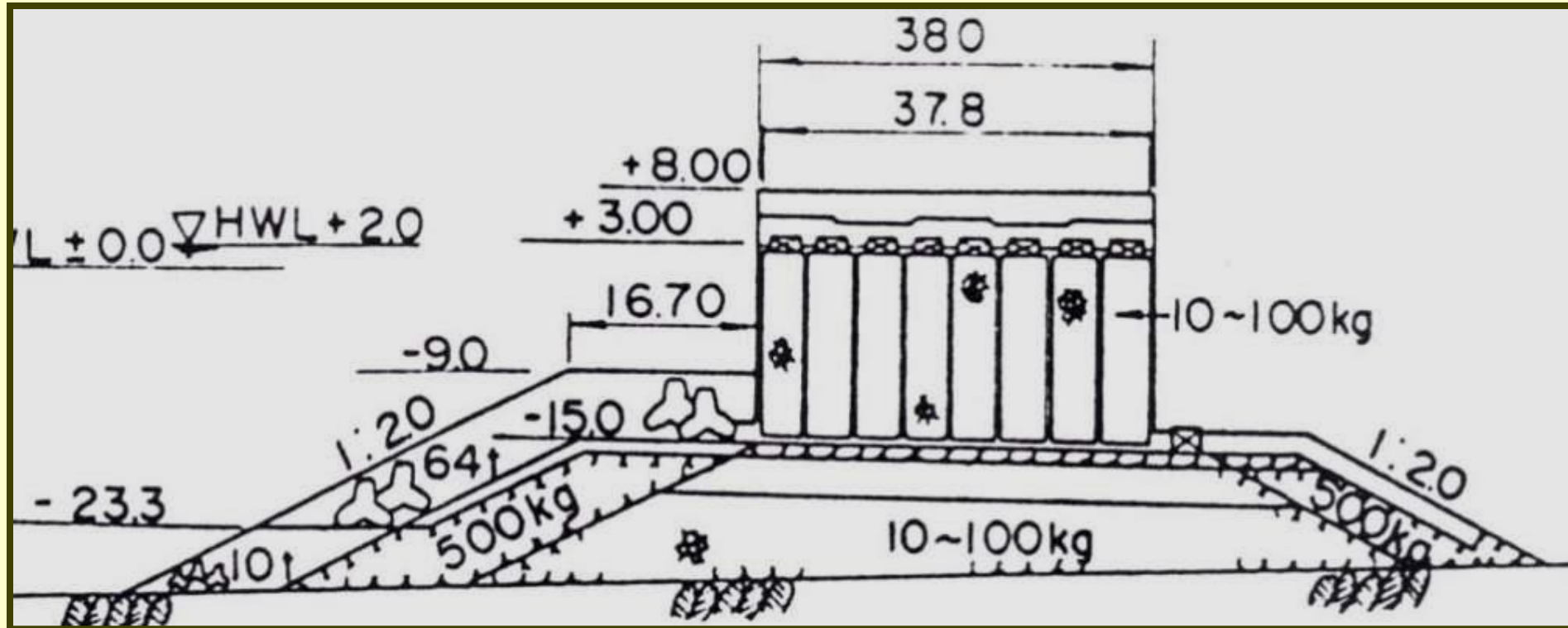
Milwaukee مقطع موج شکن





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

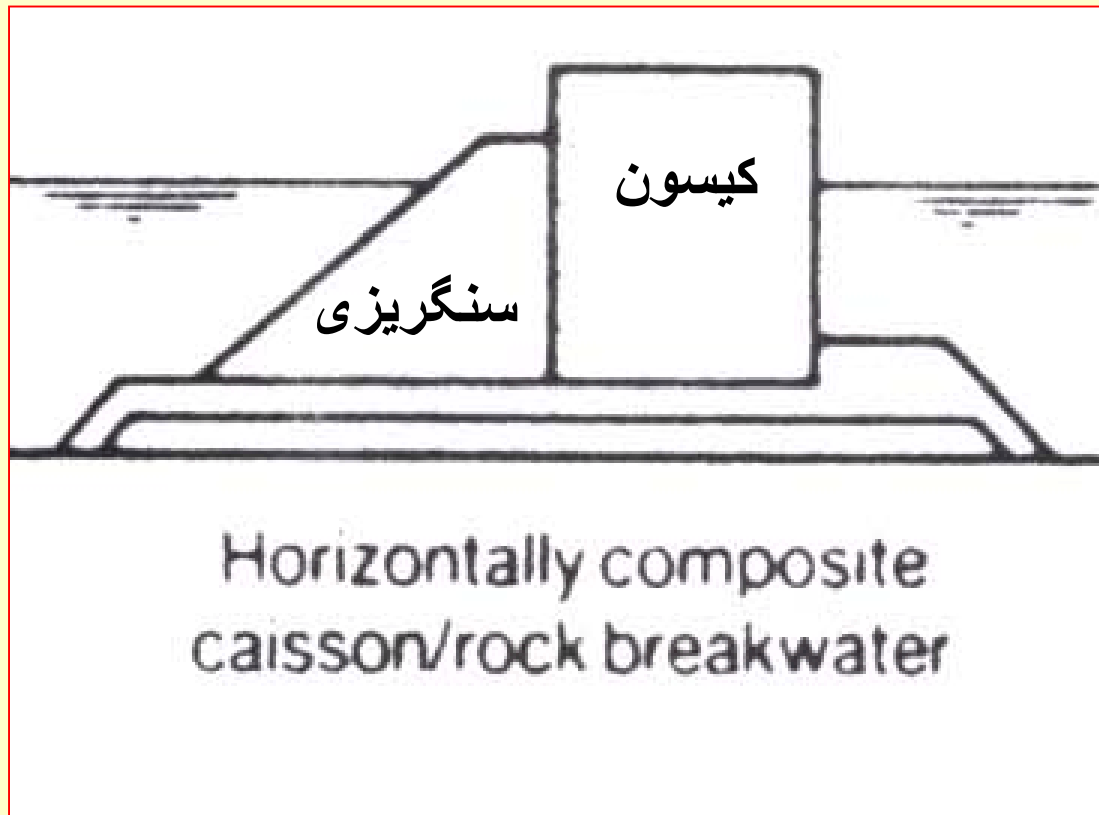
مقطع موج شکن Hedono



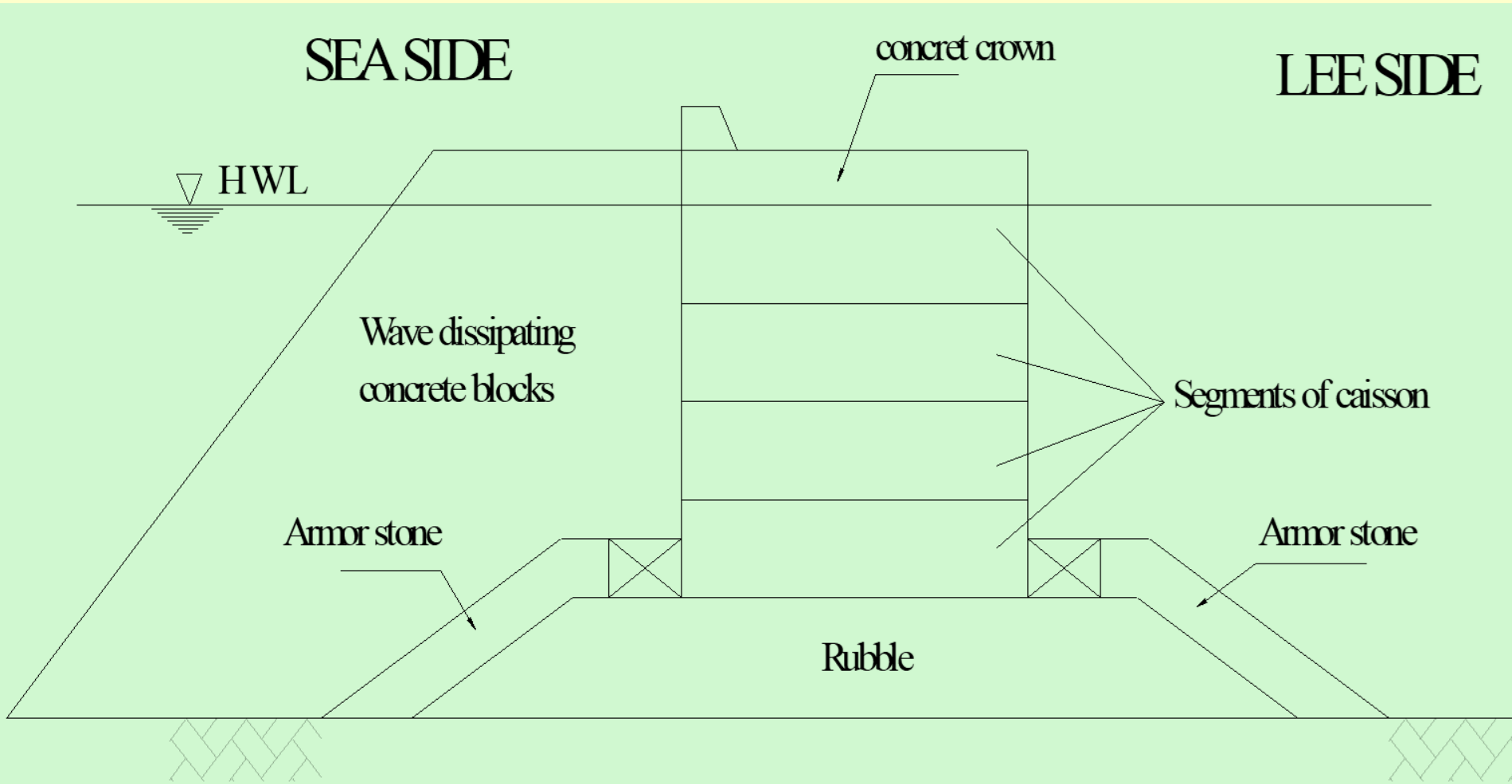


اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

ترکیب افقی کیسون و سنگریزی



سازه کیسون معمولاً یک پارچه است. ولی بعضاً کیسون چند تکه احداث می شود





موج شکن مرکب (ترکیب بلوک های بتنی و سنگریزی)

در

Greystones Harbour

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



بلوکهای
بتنی

سنگریزی

سنگریزی کنار موج
شکن بلوکی در سمت
دریا که روی آنها
آرمورهای بتنی 3 تا 6
تتی قرار گرفت.



بلوک بتنی



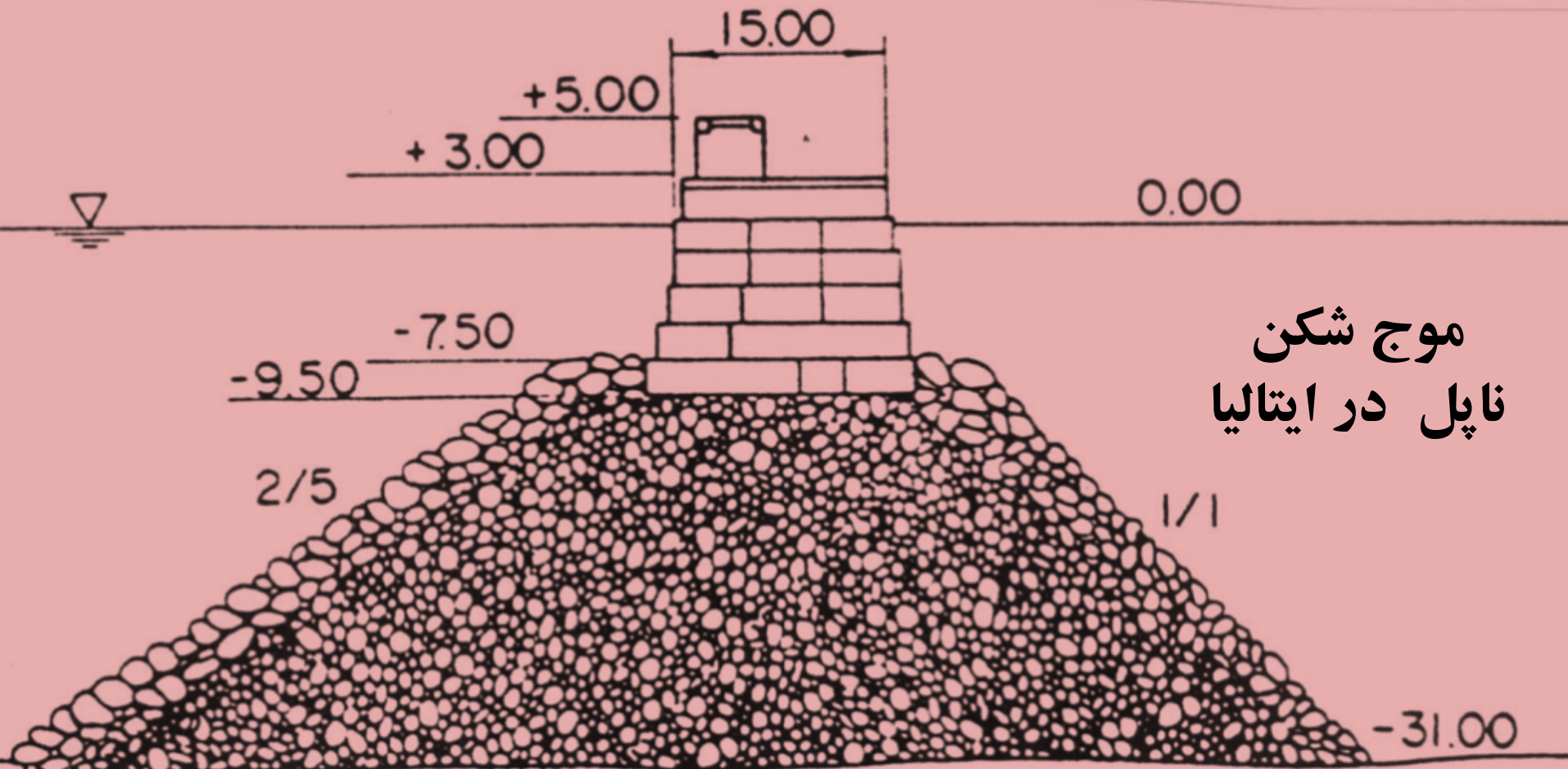
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن با مقطع مرکب (ترکیب سنگریزی و بلوکهای بتنی)

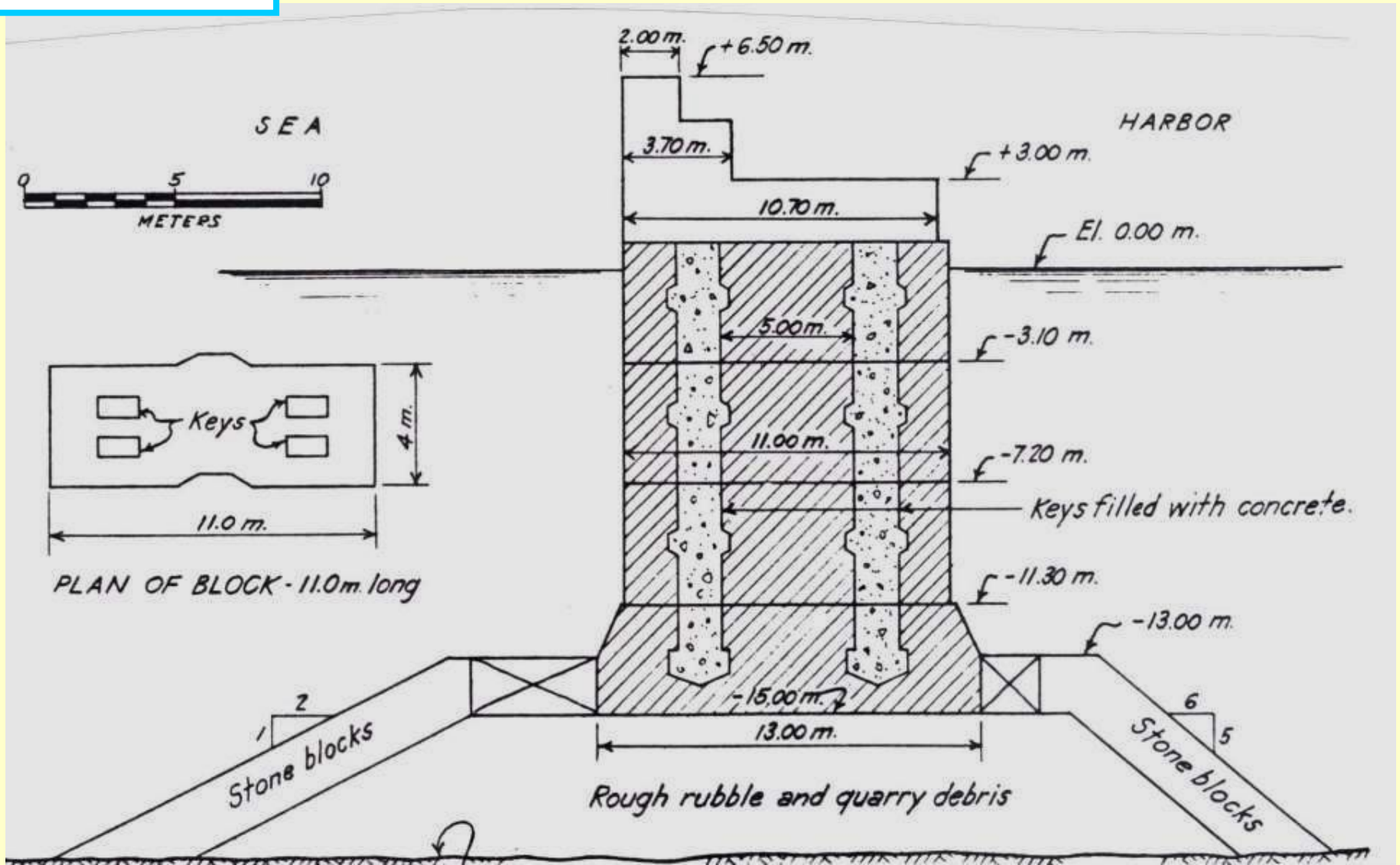




مقطع موج شکن Morocco در الجزایر

اجرای سازه های دریایی

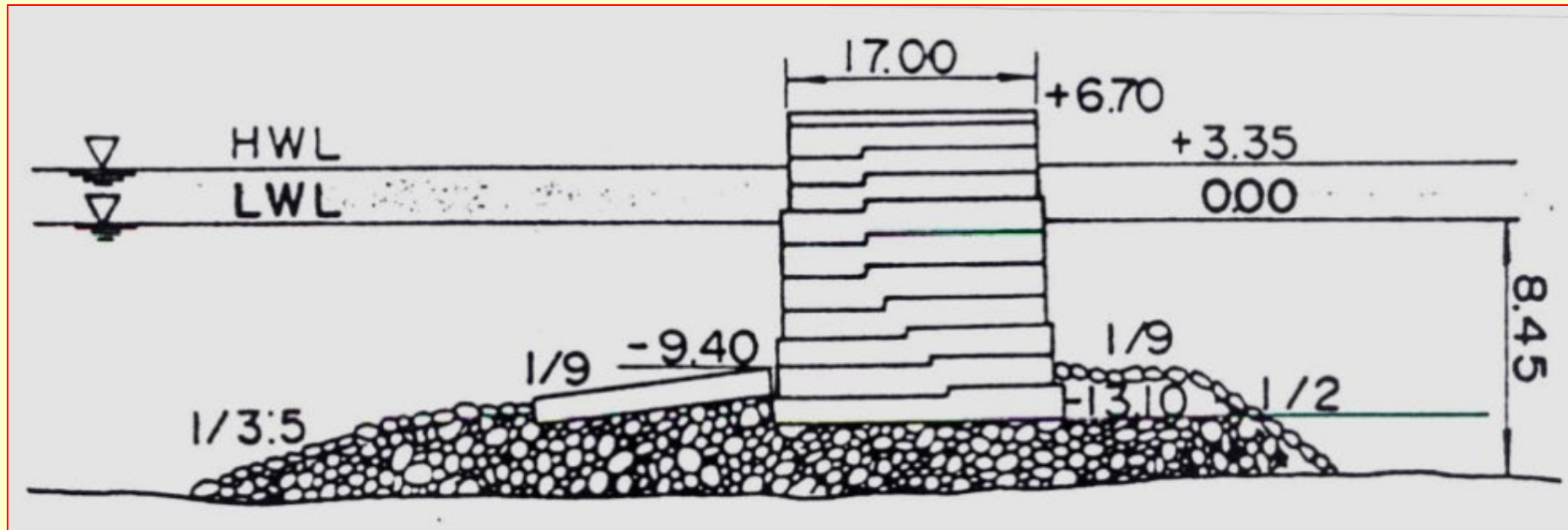
علی فاخر





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

مقطع موج شکن Peterhead

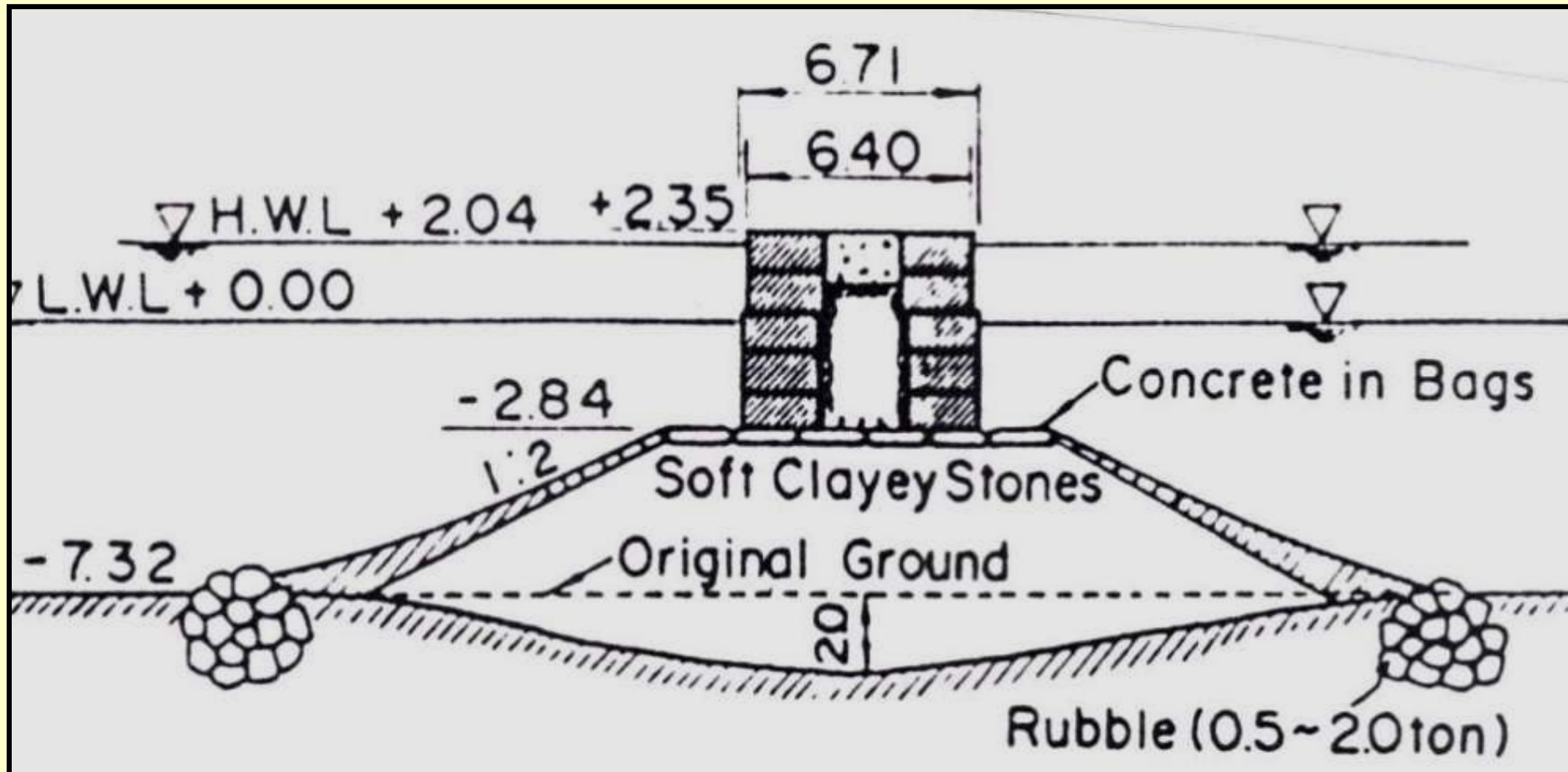




مقطع موج شکن مرکب یو کوهاما در ژاپن

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

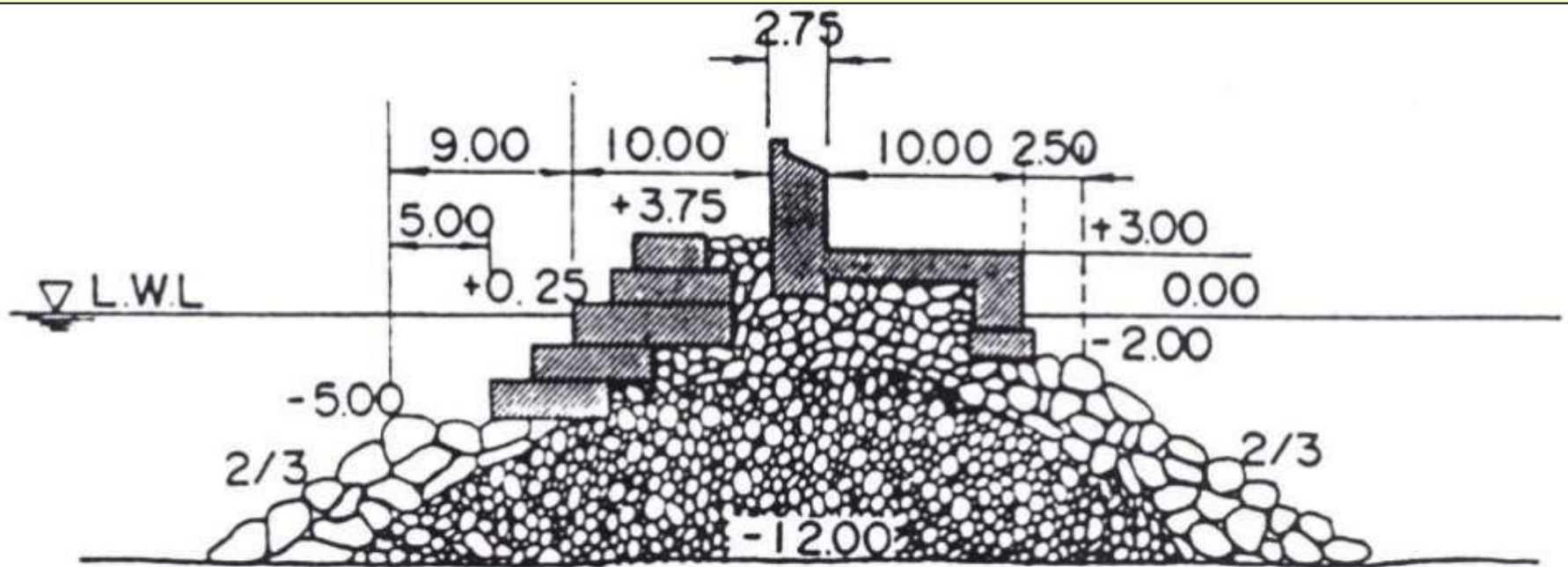




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

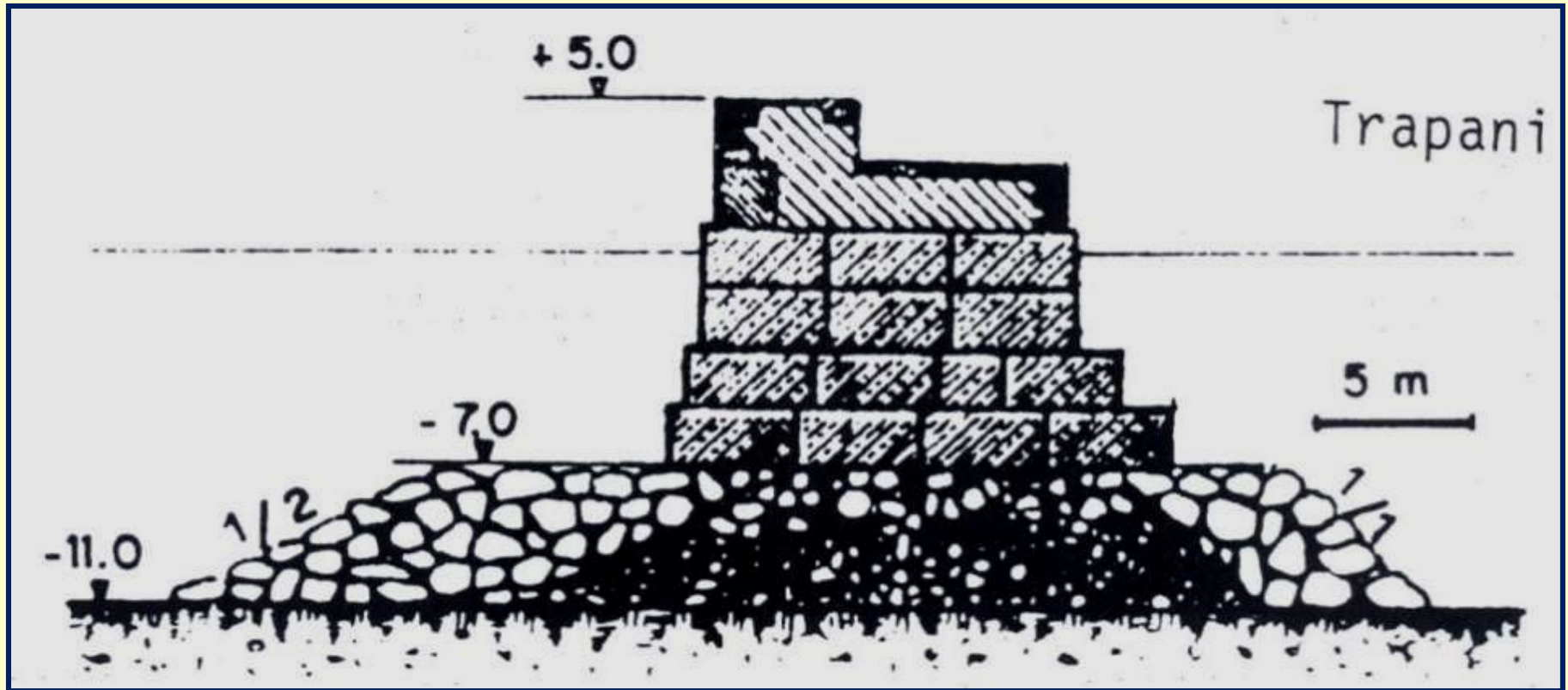
مقطع موج شکن Genoa در ایتالیا (۱۸۷۹)





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

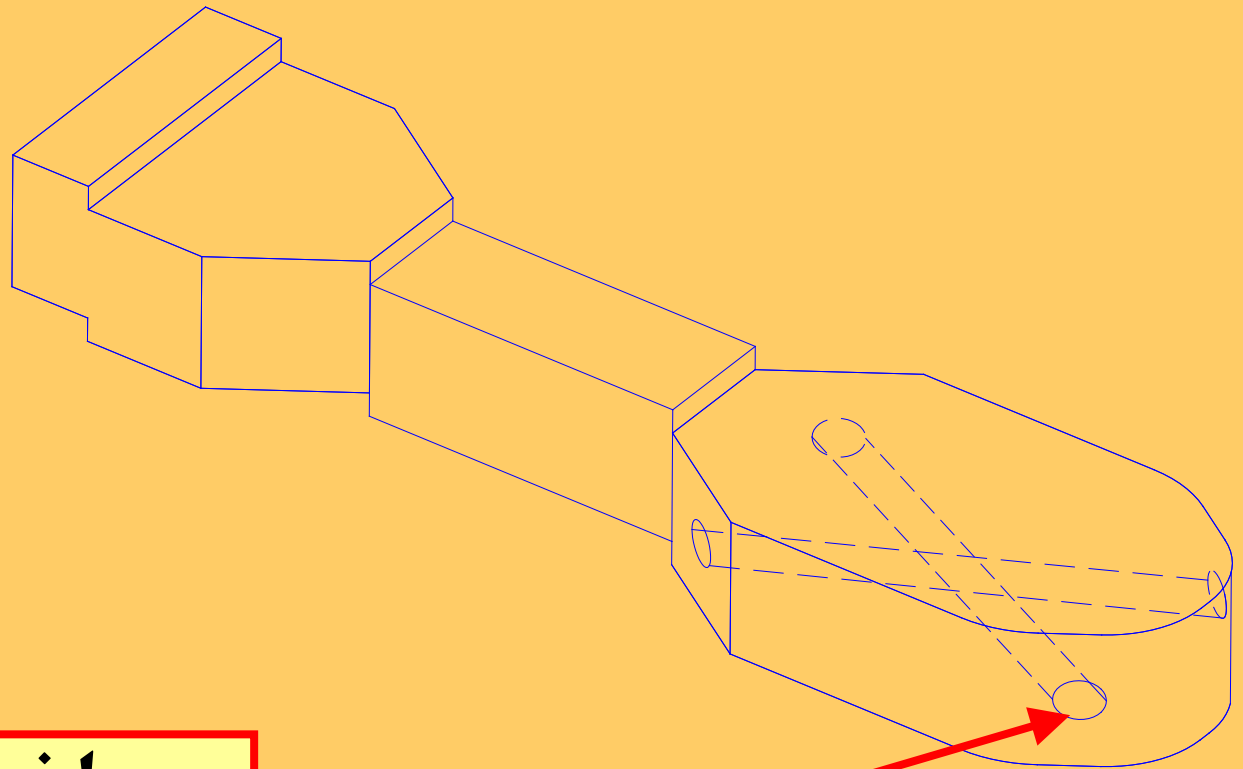
مقطع موج شکن Trapani





بلوکی بتنی ابتکاری برای جذب انرژی موج و افزایش فضای خالی بین بلوکها

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



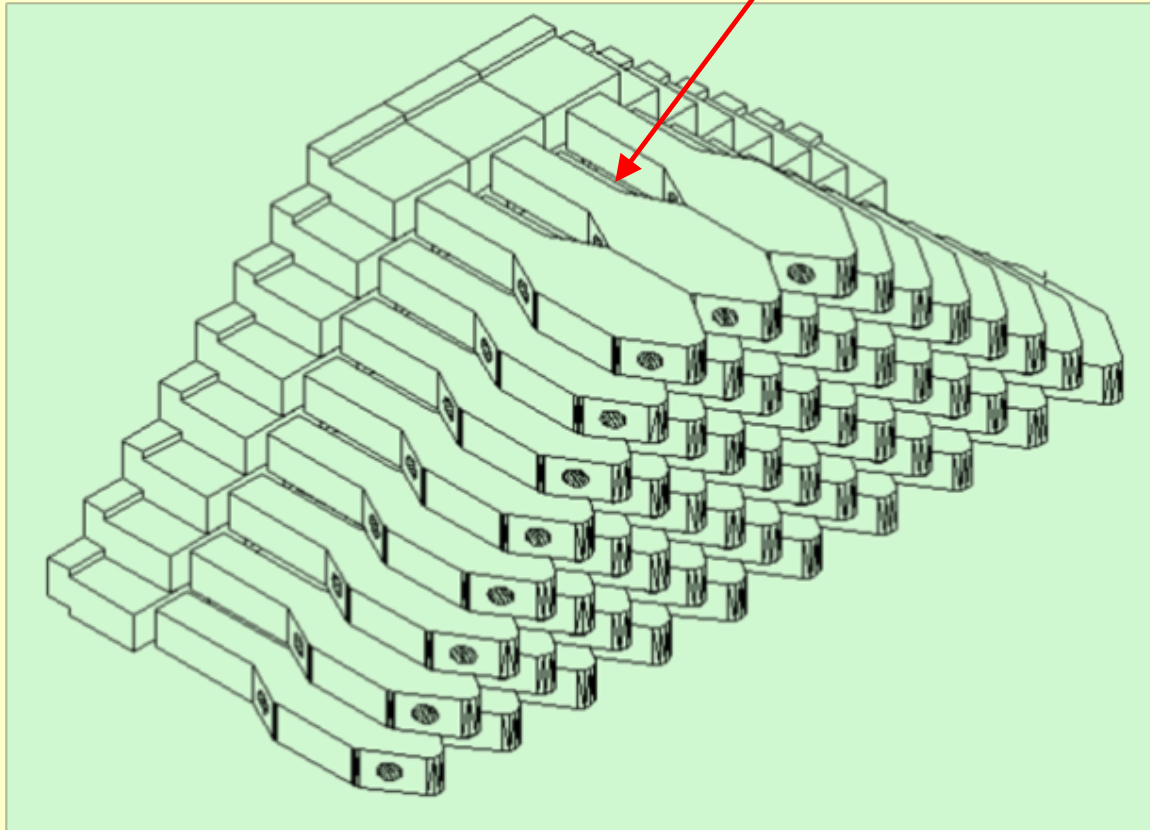
سوراخهای راس
بلوک موجب
جذب انرژی
موج می شوند.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

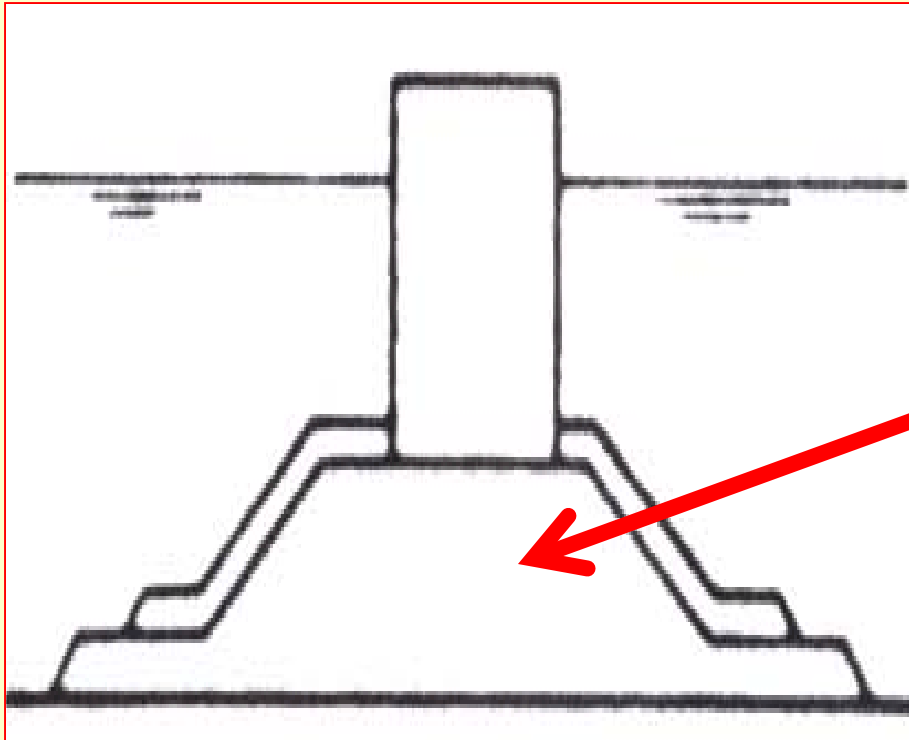
فضای خالی بین بلوکها موجب
صرفه جویی در بتن و کاهش وزن
می شود.



چیدمان بلوکهای بتنی در سازه
در بندر نظامی کویت



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

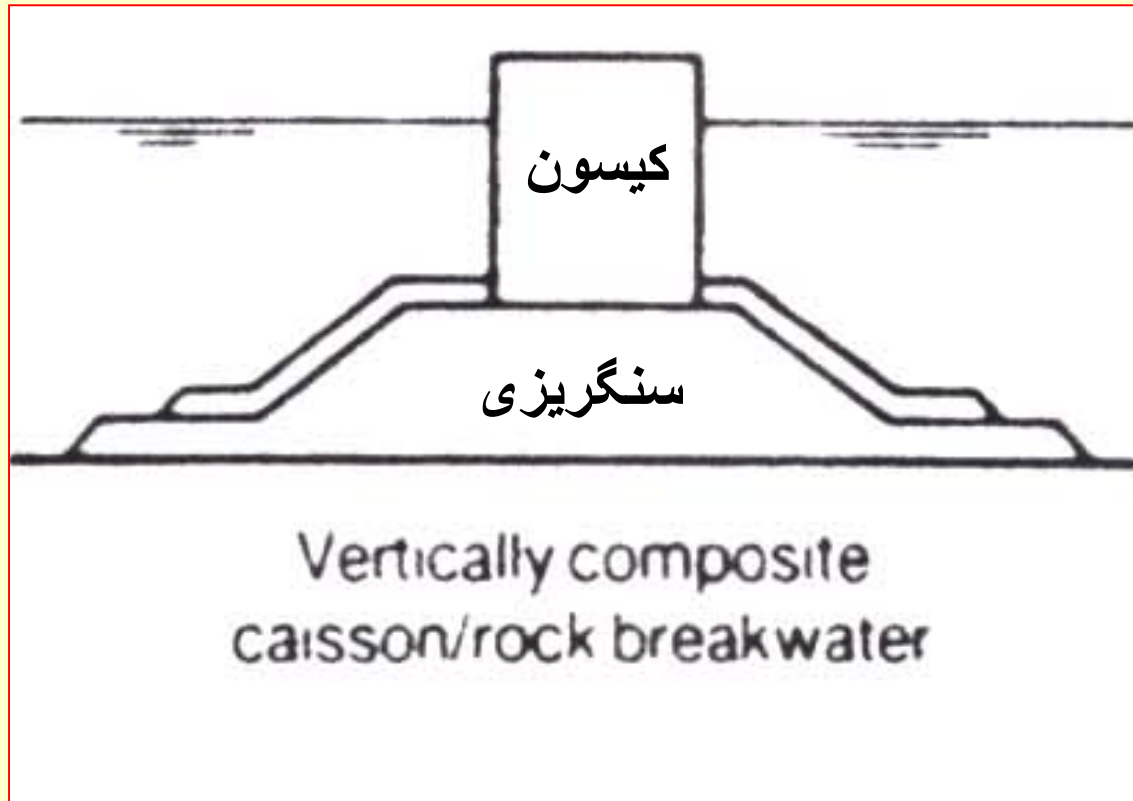


مصالح سنگریزی
زیر کیسون ها در
موج شکنهای
مرکب باید متراکم
شوند یا خود
متراکم باشند

یک موج شکن مرکب



ضرورت کنترل نشست توده سنگریزه‌ای در
موجشکنهای مرکب قائم بیش از موجشکنهای
معمولی است.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



روش های تراکم مصالح سنگریزی زیر کیسون ها در موج شکن های مرکب :

- تراکم با ویبره سطحی که فقط تا چند متر فوقانی سنگریزی اثر دارد.
- تراکم با ویبره میله ای عمقی که تا عمق رسیدن میله اثر دارد.
- تراکم با تحکیم دینامیکی که تا عمق حداکثر ۱۰ حدود متر اثر دارد.



مصالح خود متراکم Self compacted

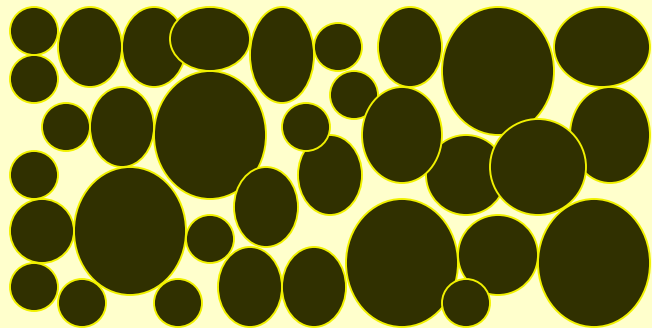
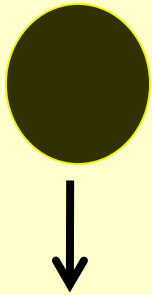
- مصالح با دانه های تقریبا هم اندازه
- مصالح با تفاوت اندک تخلخل حداکثر e_{max} و حداقل e_{min}
- مصالح با قابلیت اندک نشست در اثر تراکم



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

افزایش اندازه دانه ها موجب افزایش شدت
ضربه برخورد هر دانه بر سایر دانه های
ریخته شده بر کف دریا در هنگام اجرا
میشود و لایه متراکم تری به دست می آید.



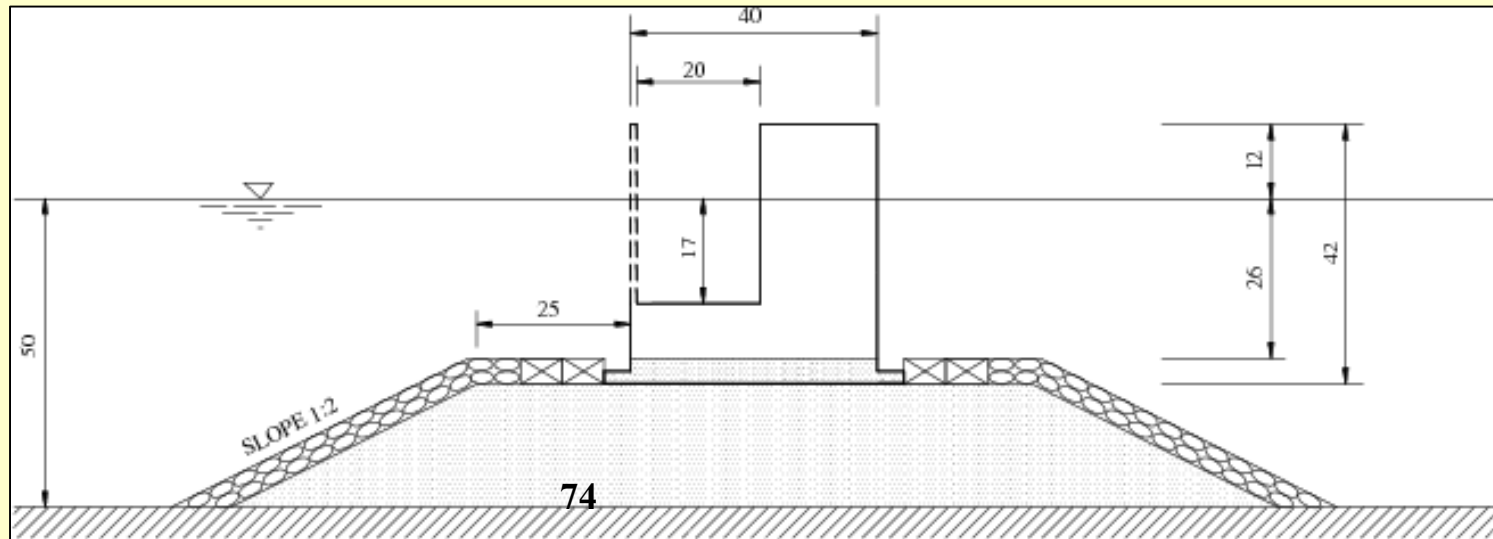
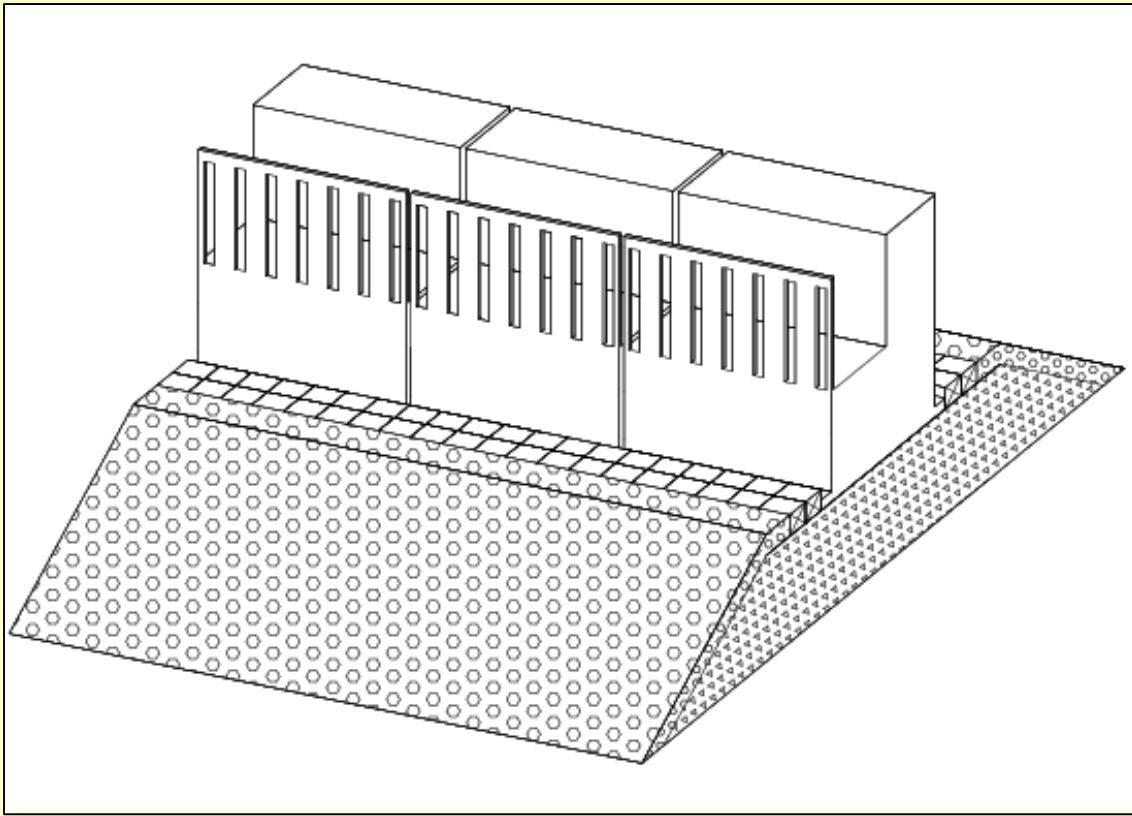


اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

موج شکن کیسونی سوراخ دار برای جذب انرژی موج



موج شکن کیسونی سوراخ دار برای جذب انرژی موج



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

ساخت موج شکن با کیسون استوانه ای سوراخ دار دوجداره Sakai Port, Japan

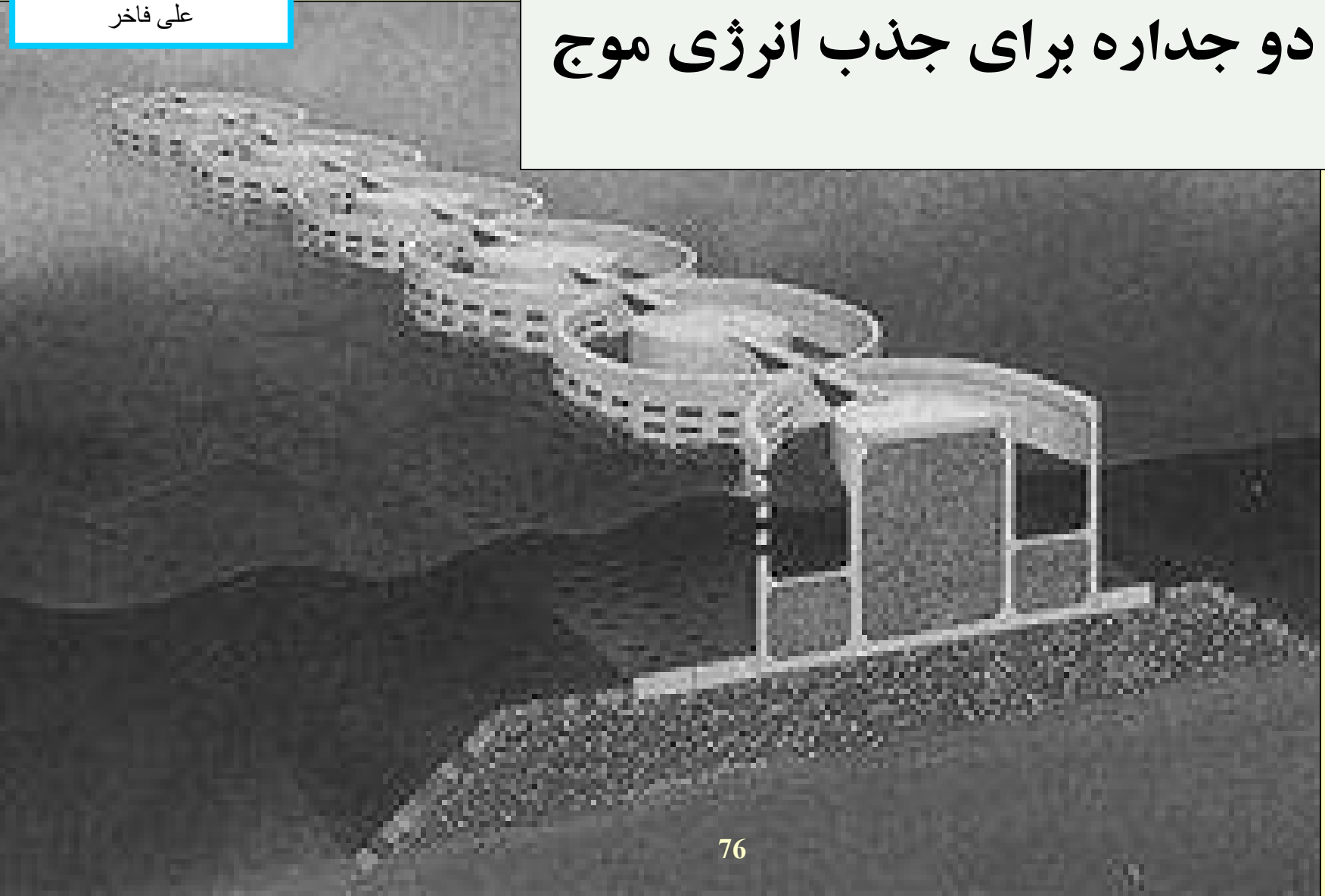




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن مرکب ساخته شده از یک
ردیف کیسون های استوانه ای سوراخ
دار دو جداره برای جذب انرژی موج

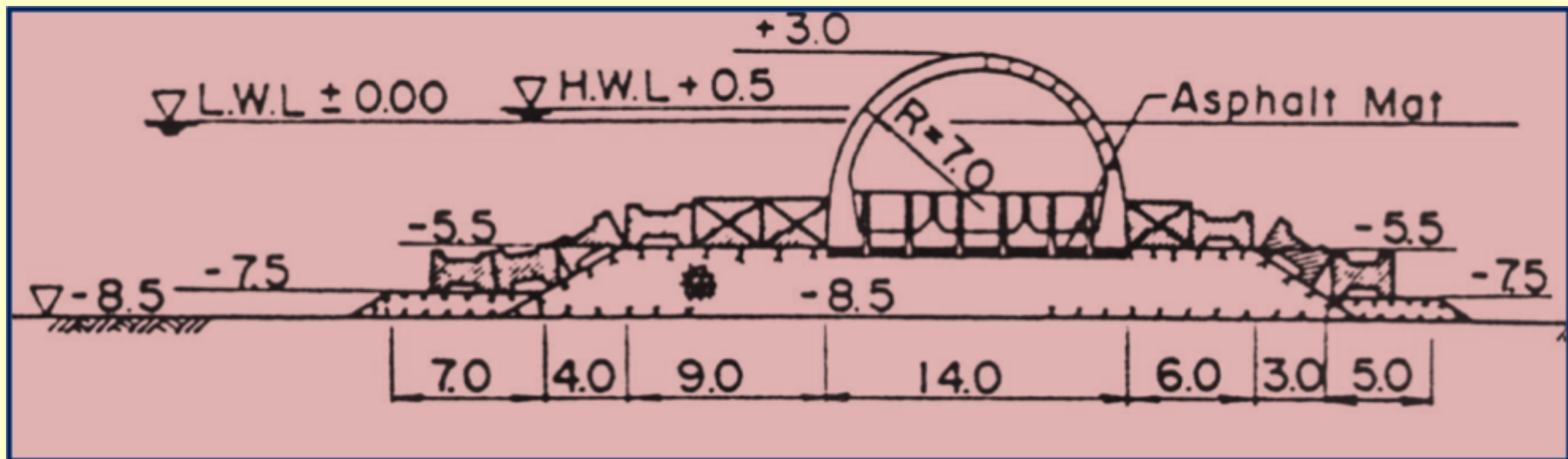




یک موج شکن کیسونی نیمه استوانه ای افقی برای جذب انرژی موج

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

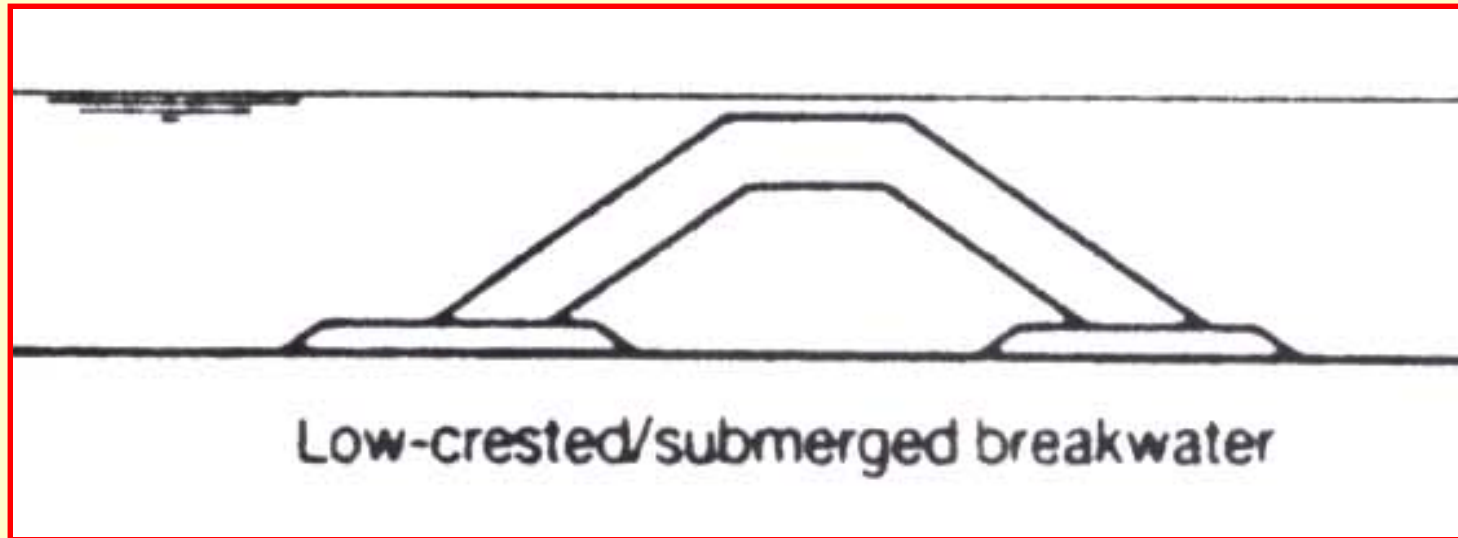




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن مغروق

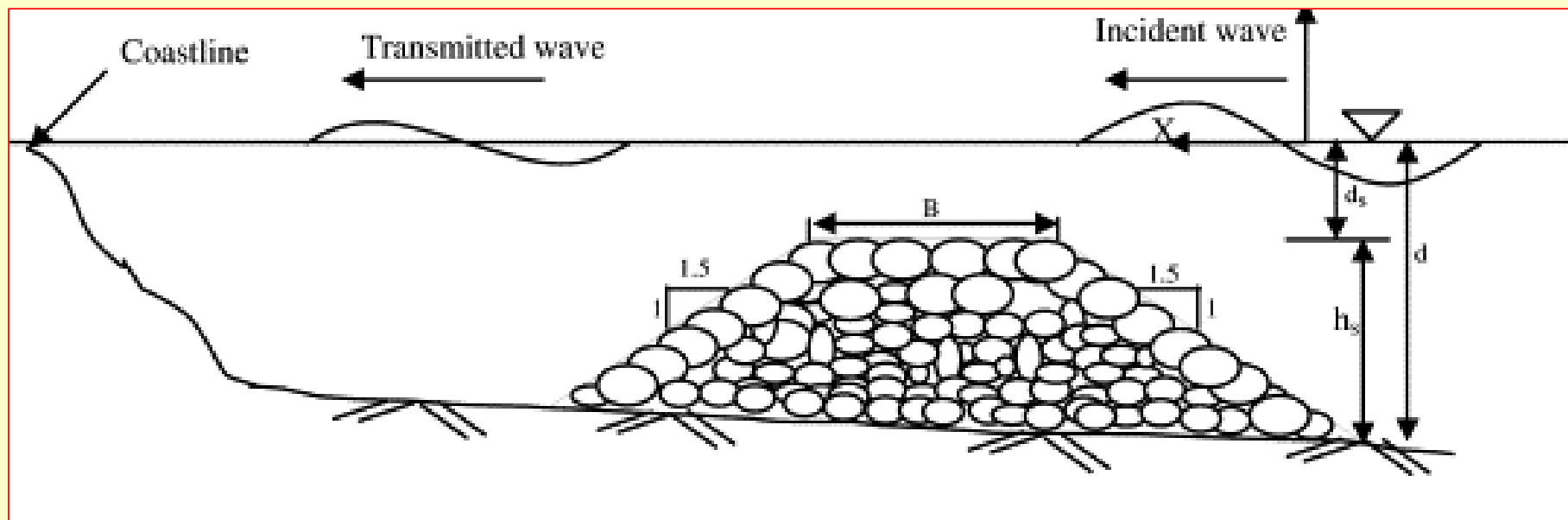




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن مغروق زیر سطح آب است. این موج شکن برای حفاظت ساحل یا کنترل رسوب ساخته میشود. قرارگیری تراز موج شکن در زیر سطح آب برای جلوگیری از تخریب منظره طبیعی دریا است.

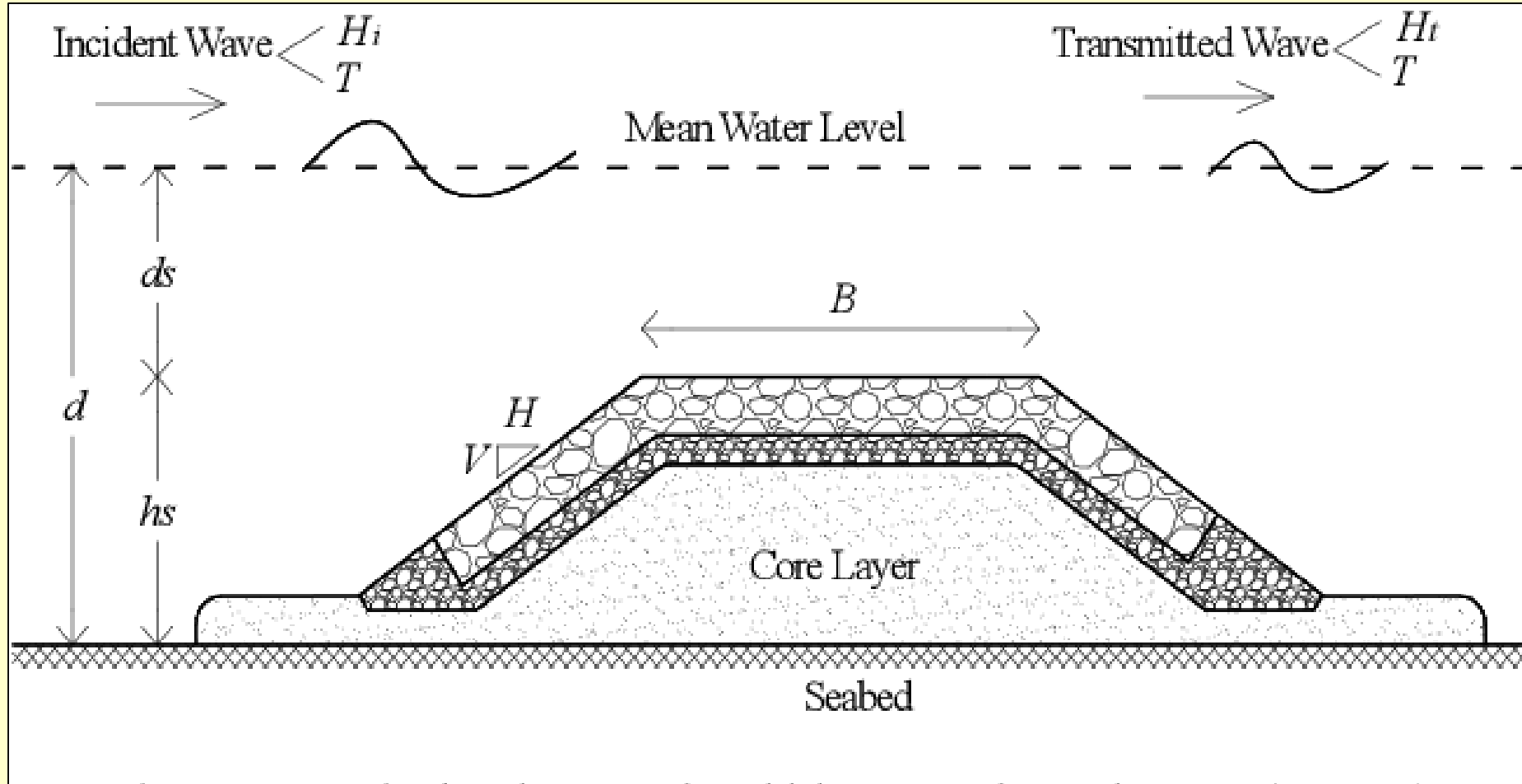




موج شکن مغروق

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن مغروق





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن مغروق





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موج شکن مغروق

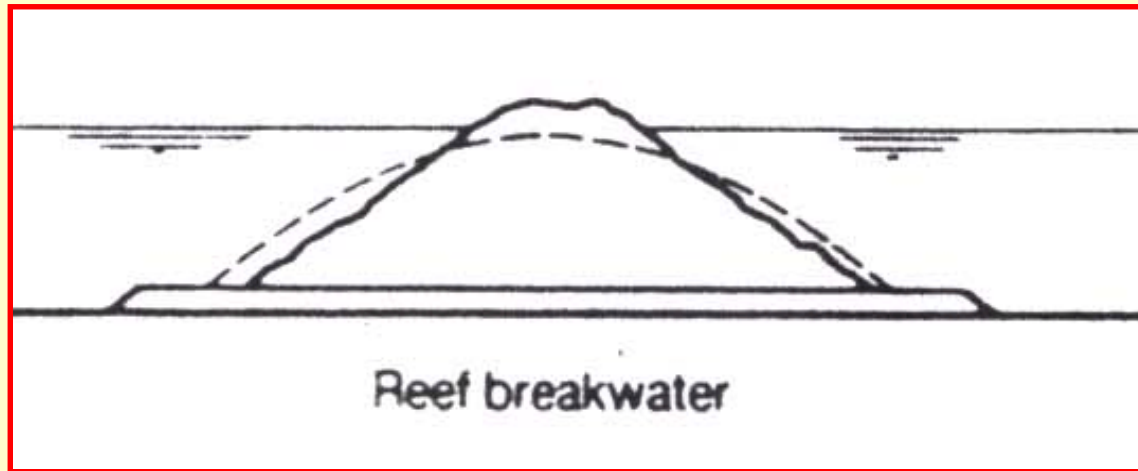




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موجشکن Reef





اجرای سازه های دریایی

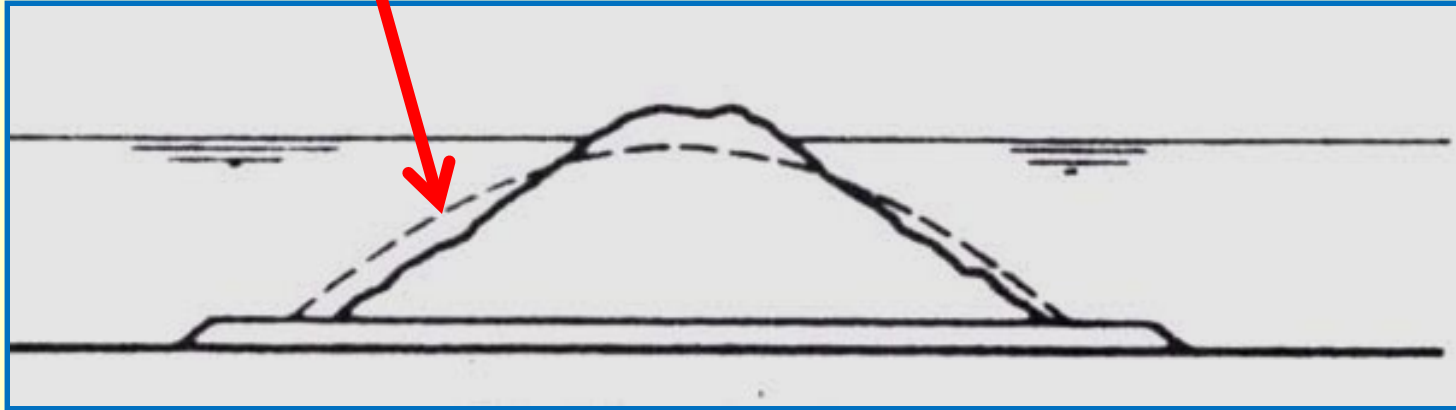
علی فاخر

موجشکن Reef

این نوع موج شکن معمولاً مغروق است ولی با لایه های موج شکن های متداول ساخته نمی شود. برای مثال با استفاده از سنگهای هم اندازه قابل ساخت است. تراز این نوع موج شکن تا سطح متوسط آب یا زیر آن است.

موجشکن Reef

این نوع موج شکن بر اثر موج تغییر شکل میدهد.





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

موجشکن Reef

حتی اگر تراز موج شکن در زمان ساخت در بالای سطح آب باشد، به تدریج به زیر سطح آب می رود.



موج شکن متشکل از قطعات بتنی با
قابلیت رشد موجودات دریایی
Reef Ball breakwater



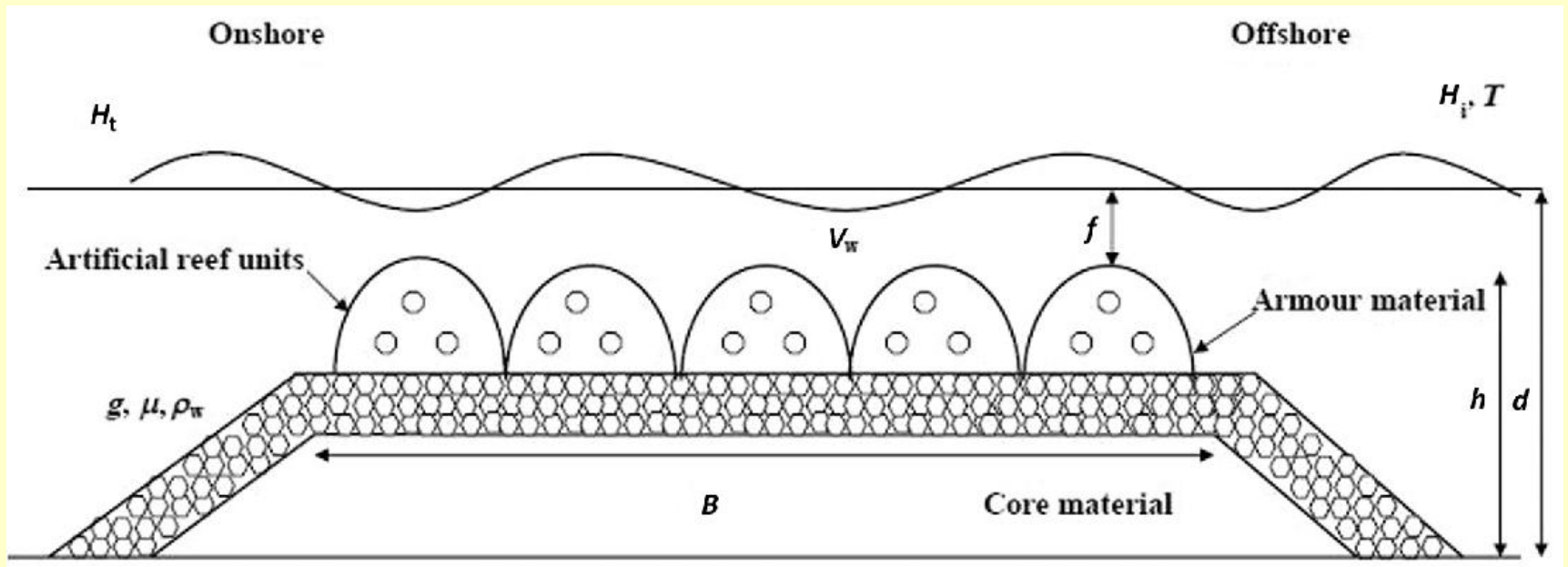


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

حفاظت ساحل با Reef Balls







قطعات بتنی با قابلیت رشد موجودات دریایی
Reef Ball



Constructing
an artificial
reef using
concrete
blocks



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

مثال هایی از حوضچه چند موج شکن واقعی

پلان جانمایی موج شکن ها از 1. تحلیل آرامش
در حوضچه و 2. مطالعات ناوبری به دست می
آید و همچنین تابع 3. ترافیک بندر و طول و
تعداد پهلوگیر مورد نیاز است.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

تعیین پلان جانمایی موج شکن ها
نیازمند تحلیل دقیق شرایط
هیدرو دینامیکی و رسوبی هم است



سواحل ایران در شمال خلیج فارس، عمیق تر از سواحل جنوبی آن هستند. دسترسی به سنگ در سواحل شمالی بهتر است چون کوهها در نزدیک ساحل هستند. بنابراین موجشکن سنگریزه ای بسیار متداول است.



باد شمال و باد قوس به ترتیب در بسیاری از نقاط در شمال خلیج فارس، باد غالب هستند. بنابراین موجشکن اصلی در سمت غرب و موجشکن فرعی در سمت شرق قرار میگیرد.

جهت باد قوس (از شرق به غرب)



جهت باد شمال (از جنوب غربی به شمال شرقی)





اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

موجشکن اصلی
در غرب و
موجشکن فرعی
در شرق حوضچه



پلان جانمایی موج شکن های
بندر صیادی عسلویه



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

مثال هایی از پلان جانمایی موج شکن ها



بندر خدماتی پارس و بندر پتروشیمی پارس در کنار
هم در منطقه پارس جنوبی در نزدیکی عسلویه



توجه به ترافیک بندر و
طول پهلوگیری مورد
نیاز نیز در تعیین پلان
جانمایی موج شکن ها
لازم است



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

© 2006 Europa Technologies
Image © 2006 DigitalGlobe



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

موج شکن های بندر جزیره هرمز



Hormoz





شهر بندر عباس

بندر مسافری حقانی

بندر صیادی عباس





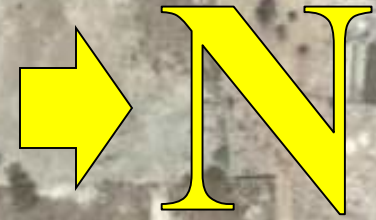


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

بندر جزیره لارک با یک موج شکن

بندر صیادی نخل تقی در نزدیکی عسلویه



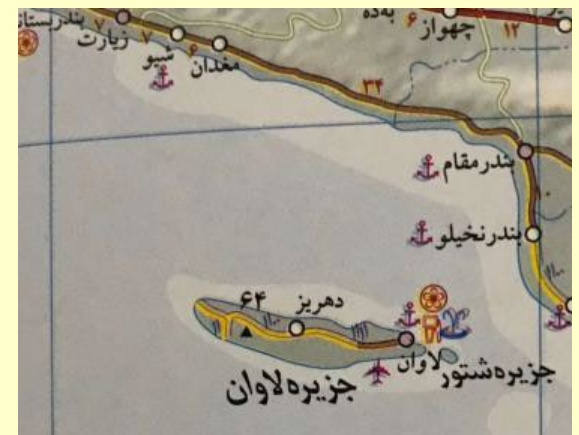
اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بندر مقام





بندری در
غرب
استان
هرمزگان



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



موج شکن
قدیمی

موج شکن قدیمی

موج شکن جدید

موج شکن جدید

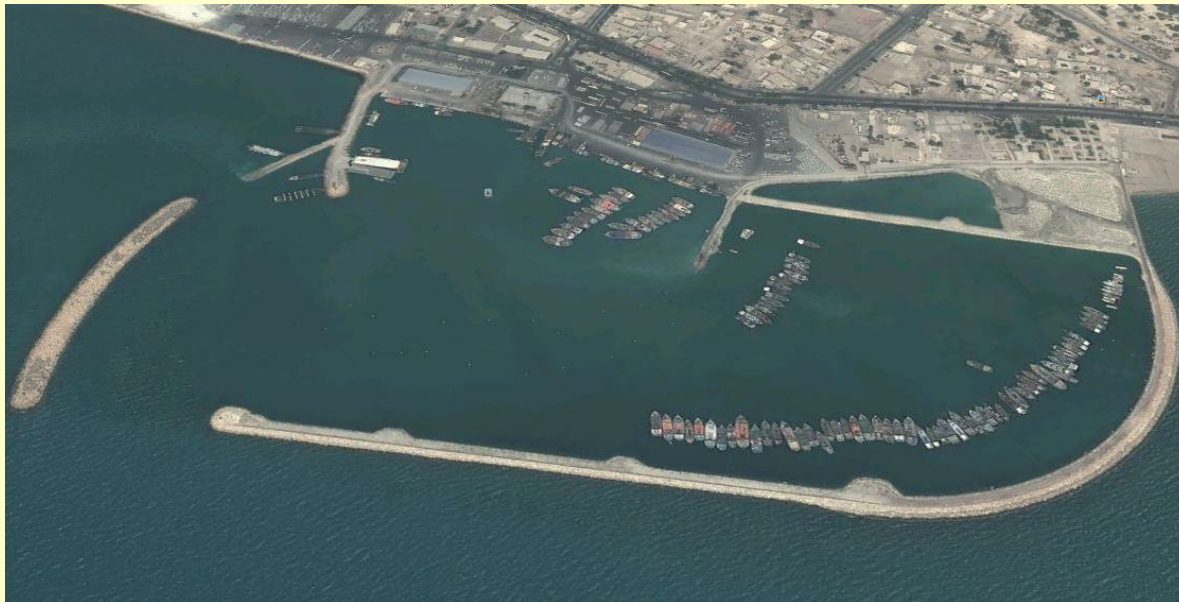
بندر لنگه در زمان اجرای طرح توسعه



بندر لنگه پس از اجرای طرح توسعه



بندر لنگه
(مقایسه)





بندر صلاله - عمان



درس موج شکن در ادامه در
دو مبحث دنبال خواهد شد:

مصالح موج شکن
اجرای موج شکن

من و دریا، غزلی ناب سرودیم از تو
غزلی مثل تو نایاب سرودیم از تو

موج بر موجشکن خورده فقط می فهمد
که چه بی تاب در این قاب سرودیم از تو

"محمد علی بهمنی"

