

حفاظت سواحل دریا و رودخانه ها

- روش های سنتی حفاظت از رودخانه ها
- روش های پیشرفته حفاظت از رودخانه ها
- روش های سنتی حفاظت از سواحل دریاها
- روش های پیشرفته حفاظت از سواحل دریاها
- مقایسه روش ها

نشریه شماره ۳۶، زمستان ۱۳۷۵



پیشگفتار

تاریخ تمدن از دیرباز نیاز انسان را به حفاظت از سواحل رودخانه و دریا و آبروها در مقابل فرسایش، مشخص و آشکار نموده و جهت رفع این نیاز در طول سالیان متمادی روشهای متنوعی با استفاده از مواد قابل دسترسی در طبیعت که امروزه نیز در کنار مصنوعات پیشرفته و سیستم‌های مهندسی موجود می‌باشند ابداع گردیده است.

ابداع روش‌های سنتی حفاظت از سواحل رودخانه و دریا بیشتر از جنبه‌های هنری برخوردار بوده و غالباً فاقد جنبه‌های علمی است. تفاوت چشمگیری که در استفاده از مواد طبیعی جهت حفاظت از سواحل در مناطق مختلف به چشم می‌خورد، مبین ارتباط بین روش‌های سنتی بکار گرفته شده و وضعیت خاص زیست محیطی محلی همان ناحیه می‌باشد.

همزمان با متغیر شدن سازه‌های ساماندهی سواحل و نیاز روزافزون به اقتصادی تر شدن روش‌های اجرایی حفاظت از سواحل در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های سنتی توسط مسئولین و برنامه ریزان در جهان ، مورد بازنگری قرار گرفته است.

مهندسی سواحل و رودخانه، شاخه‌ای از مهندسی حرفه‌ای است که شامل گرایشهای متعدد مهندسی و علوم کاربردی است. مهندسی سواحل علاوه بر مطالعه و بررسی تغییرات ناشی از فعل و انفعالات طبیعی، تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسان،

دخل و تصرف‌های غیر طبیعی، همچنین روش‌های حفاظتی سازه‌ای و غیر سازه‌ای در مقابل این تغییرات و پی‌آمدهای مثبت و منفی، محافظ‌ها را نیز تحت بررسی و مطالعه قرار می‌دهد.

مسائل و مشکلات اکثر سواحل از دامنه گسترده‌ای در ارتباط با يك محل برخورد دار بوده و ارائه يك راه حل مناسب، مطالعات طبقه بندی شده‌ای را می‌طلبد و تعیین و تعریف يك مشکل در خصوص حفاظت از سواحل، علت و همچنین اهداف استفاده از يك راه حل بخصوص، جزء اولین سر فصل‌های مطالعاتی قرار می‌گیرند و غالباً مطالعات و علت یابی‌ها منجر به پیشنهاد چندین راه حل می‌گردد، ولی تأثیرات فوری و بلند مدت هر روش باید دقیقاً مورد مطالعه قرار گرفته و تأثیرات آن بر روی مناطق همجوار نیز مورد بررسی قرار بگیرد.

علاوه بر موارد مذکور، دو فاکتور مهم دیگر نیز در حفاظت از سواحل دخیل می‌باشند، اول، باید توجه داشت که علیرغم نوع و جنس مواد بکار گرفته شده و شکل نهایی محافظ، سازه در عمل جزئی از محیط طبیعی محسوب خواهد گشت و تأثیر آن سازه از دیدگاه زیست محیطی و مهندسی باید مورد مطالعه بگیرد و دوم اینکه ارائه هر گونه طرحی باید دارای قابلیت‌های لازم در پایدار نمودن سواحل تحت حفاظت بوده و همچنین پایداری خود سازه حفاظتی را تضمین نماید.

رعایت کلیه موارد فوق‌الذکر از يك طرف و پیشرفت تکنولوژی ساخت مصنوعات یا ژئوسنتتیک‌ها از سوی دیگر و ابداع روش‌های

نوین در بکارگیری این مصنوعات در حل مسائل مربوط به حفاظت از سواحل دریا و رودخانه ها، منجر به تحولی عظیم در علم مهندسی سواحل و رودخانه ها شده است.

در این نشریه سعی شده است ضمن معرفی روش های معمول سنتی حفاظت از سواحل دریا و رودخانه ها و روش های پیشرفته که غالباً ژئوسنتتیک ها را در امر طراحی و اجرای حفاظت از سواحل بکار می بندند، جوانب اقتصادی و اجرایی این دو روش نیز مورد بررسی و مقایسه قرار بگیرند.

شایان ذکر است که قابلیت های اجرایی انعطاف پذیر و مقرون به صرفه بودن طرح های پیشرفته با استفاده از ژئوسنتتیک ها از امتیازات کلیدی اینگونه مصنوعات بشمار می رود که توجه متخصصین را طی دو دهه اخیر به خود جلب نموده است.

امید است این نشریه تواناییهای لازم را جهت تشویق مسئولین و مدیران پروژه ها در کشور در بکارگیری اینگونه روش های نوین حفاظت از سواحل رودخانه ها و دریا، نشان داده باشد.

سعید شهیدی

مدیر بخش تحقیق و توسعه

۱- مقدمه

مطالعه تاریخ تمدن بشری بیانگر این حقیقت است که انسان به دلایل متفاوت نیاز به تثبیت و حفاظت از سواحل رودخانه ها و آبراه هایی که دستخوش فرسایش هستند داشته است. در مقیاس بزرگتر، پیشروی دریاها در طول تکامل تمدن همواره زندگی و سرزمین های تحت بهره برداری انسان را به مخاطره انداخته است و تنها روش مبارزه با پیشروی دریا در گذشته ترك سرزمین های متأثر از پیشروی به نظر می رسیده است.

روش های سنتی حفاظت از سواحل رودخانه ها و کانال ها بیشتر بنا به اقتضای محیط از مواد و مصالح موجود در محل استفاده نموده و طبعاً کمتر از محاسبات مهندسی و تکنولوژی پیشرفته امروزی و استفاده از مواد و مصنوعات ساخت بشر بهره مند بوده است.

سیستم های بهره برداری از مواد جدید، سرعت رشد نموده و تأثیر استفاده از تکنولوژی نوین بخوبی در امر حفاظت از سواحل دریا، رودخانه ها و احیا یا بازیافت زمین از دریا مشهود می باشد.

علاوه بر نوع مواد بکار گرفته شده و شکل سازه نهایی طرح های حفاظت از سواحل دریا و رودخانه ها، پارامترهای زیر نیز همواره در تأمین حفاظت سواحل دریا و رودخانه ها دارای اهمیت حیاتی بوده است.

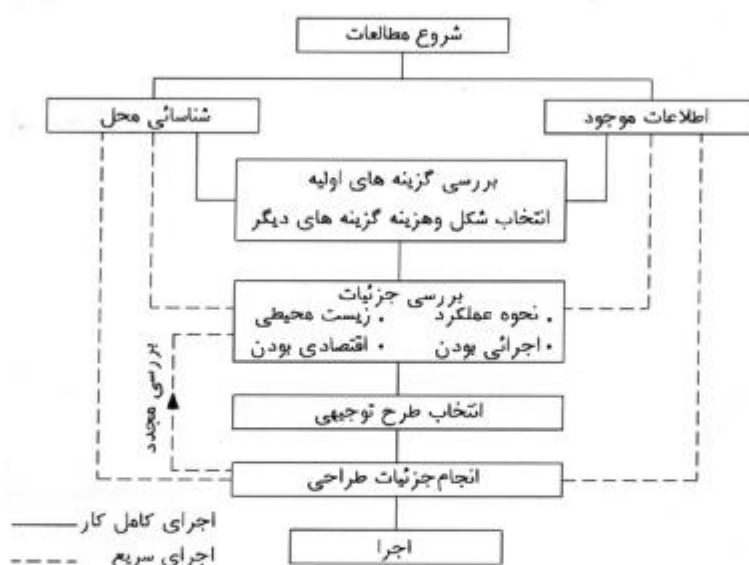
(۱) قابل اعتماد بودن طرح از نقطه نظر مهندسی و استانداردهای زیست محیطی، (۲) تأمین پایداری طرح در مقابل کلیه عواملی که پایداری و صلابت طرح را به مخاطره می اندازند، (۳) توجیه اقتصادی طرح و انتخاب گزینه اقتصادی تر، (۴) پیشرفت فیزیکی سریعتر.

هدف از تهیه این گزارش معرفی روش های پیشرفته امروزی و تحول ایجاد شده در زمینه بهره برداری از مصنوعات جدید در امور مختلف عمرانی خصوصاً در حفاظت از سواحل دریا و رودخانه ها می باشد.

۲- کلیات

۲-۱- برنامه ریزی و طراحی اولیه حفاظت از سواحل

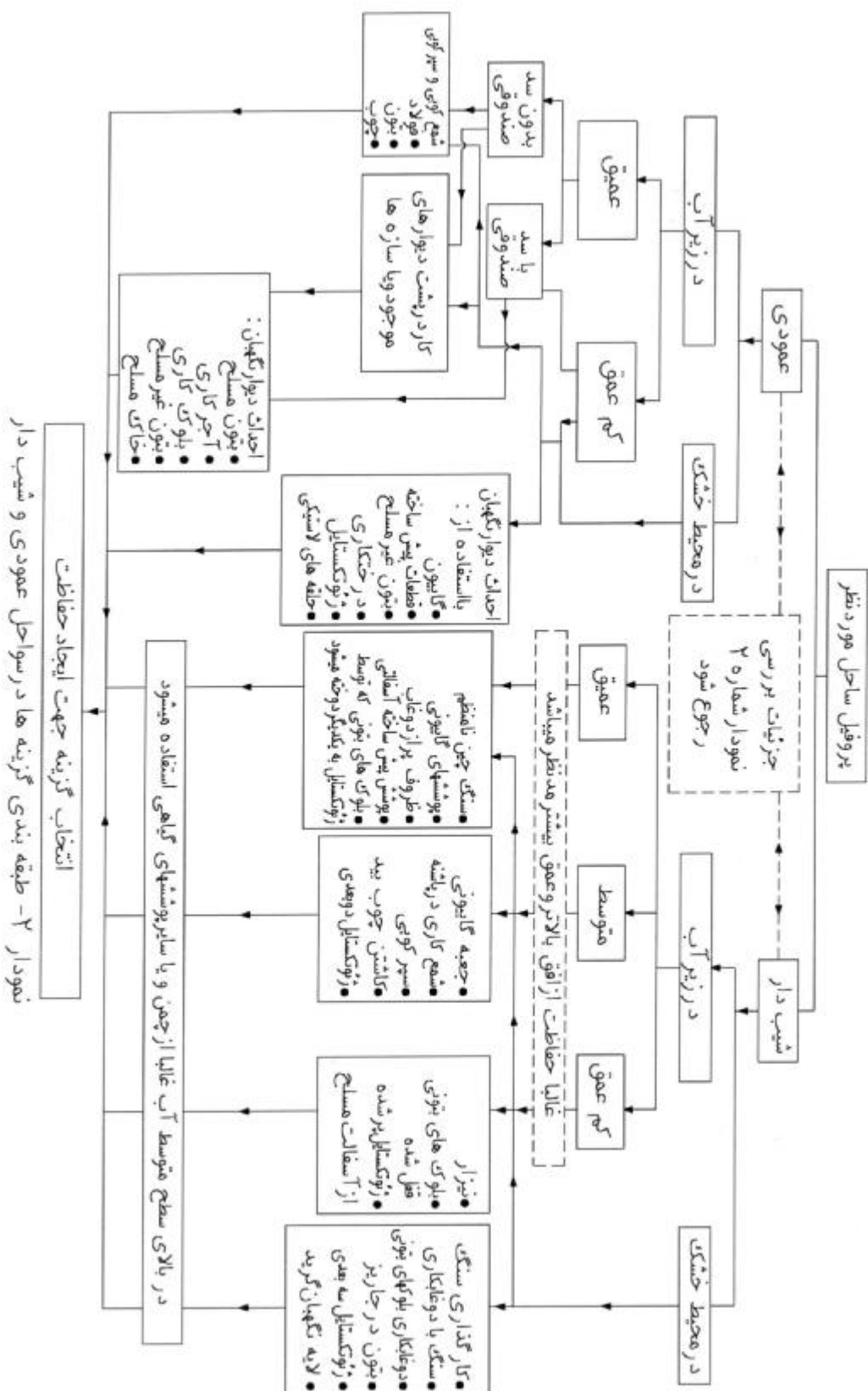
نمودار زیر نحوه و ترتیب فعالیتهای مربوط به برنامه ریزی طراحی اولیه حفاظت از سواحل را به منظور انتخاب گزینه مناسب نشان می دهد.



نمودار ۱ مراحل انتخاب طرح حفاظت از سواحل

۲-۲- انتخاب گزینه های اولیه

بعد از شناسایی فاکتورهای کلیدی طراحی ناشی از اطلاعات حاصل از شناسایی محلی و اطلاعات موجود، کلیه روش های مناسب به منظور حفاظت از افق های مورد نظر در سواحل رودخانه و یا دریا مورد بررسی قرار می گیرند. نمودار ۲ طبقه بندی گزینه ها را در مورد سواحل عمودی و یا شیب دار معرفی می نماید.



۳-۲- تعیین روش ترجیحی

ارزیابی گزینه های ثانویه با استفاده از نمودار ۳ که در آن نکاتی که نیاز به بررسی دقیق تر جهت انتخاب روش ترجیحی و جزئیات طرح حفاظتی دارند قید شده است صورت می پذیرد. بطور کلی گزینه منتخب باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- ۱- مقاومت ۲- دوام ۳- نفوذپذیری ۴- انعطاف پذیری ۵- وزن مخصوص ۶- زبری هیدرولیکی



نمودار ۳- مراحل انتخاب روش حفاظتی ترجیحی

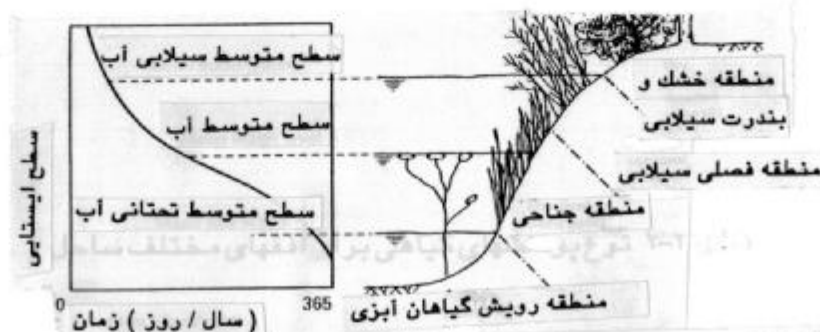
۳- روشهای سنتی حفاظت از رودخانه ها

۳-۱- حفاظت سواحل آبراهها بطریقه طبیعی

در این روش ، طراحی و مدیریت حفاظت از سواحل آبراهها و رودخانه ها با استفاده از مواد و مصالح طبیعی موجود در طبیعت صورت می پذیرد. بطور کلی يك مهندس رودخانه از دو دیدگاه به امر حفاظت از سواحل رودخانه ها و آبراهها می نگرد. (۱) دیدگاه مدیریتی و (۲) دیدگاه طراحی .

کلیه روشهای استفاده از پوشش گیاهی به قابل دسترسی بودن پوشش گیاهی محلی بستگی دارد و عموماً استفاده از این روشها در مقایسه با سایر روشهای مهندسی اقتصادی تر بنظر می رسد، گرچه هزینه نگهداری و هرس نمودن آنها نسبتاً زیاد می باشد. از نکات منفی این روش می توان نیاز به زمان کافی جهت رشد پوشش گیاهی موثر را نام برد.

شکل ۳-۱ نوع پوشش های گیاهی مناسب برای افق های مختلف ساحل يك رودخانه را در مقایسه با نوسانات سطح آب در فصول مختلف نشان می دهد. جدول ۳-۱ عملکرد استفاده از پوشش های گیاهی را به منظور ایجاد کیفیت های مورد نیاز نشان می دهد.



شکل ۳-۱ نوع پوشش های گیاهی برای افق های مختلف ساحل يك رودخانه

جدول ۱- عملکرد استفاده از پوششهای گیاهی به منظور ایجاد کیفیتهای موردنیاز

عملکرد	کیفیت های مورد نیاز
ایجاد حفاظت	مهار سطوح بالایی زمین که باعث کاهش سرعت جریان آب در سطح خاک می گردد.
ایجاد حفاظت	پوشش متراکم سطحی در سطوح بالایی زمین و سطح ریشه ها که باعث فرسایش خاک توسط جریان آب می گردد.
ایجاد مقاومت مسلح نمودن	پوشش سطحی ریشه که از حرکت ذرات خاک توسط جریان آب ممانعت می کنند. ریشه های زیرزمینی که باعث مسلح شدن و افزایش مقاومت خاک در اعماق مورد نظر می گردد.
ایجاد گیرداری	ریشه های عمیق زیرزمینی که باعث گیرداری پوششهای گیاهی سطحی به خاک زیرین می شود.
نگهداری	ریشه های نگهدار که مانع حرکت توده های خاکی می گردند.

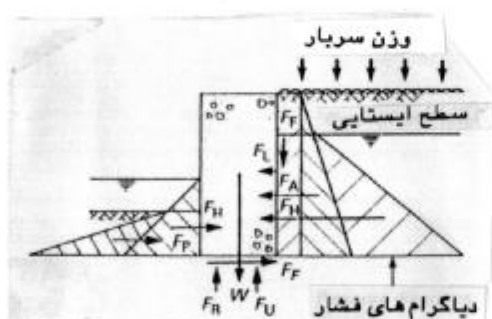
۲-۲- حفاظت سواحل عمودی رودخانه ها

سواحل آبراه هایی که دارای شیب بیشتری در مقایسه با شیب های طبیعی هستند به مراتب بیشتر در معرض خطر ریزش قرار دارند. سواحل عمودی که در مسیرهایی از محیط سنگی و یا خاک مقاوم با چسبندگی کافی قرار دارند بدون ایجاد حفاظت ، پایدار می مانند ولی سواحل عمودی خاکی آبراهها و رودخانه ها در بلند مدت نیاز به حفاظت دارند. کلیه روش های ایجاد حفاظت در سواحل خاکی بطریقی طراحی می شوند که محیط تحت حفاظت هم در مقابل فرسایش و هم در مقابل فشار آب پایدار بماند. نیروهای ناشی از فشار منفذی در محیط های خاکی غالباً بیشتر از نیروهای هیدرولیکی ناشی از عملکرد امواج و جریان آب بوده و بطور کلی مراحل طراحی حفاظت از سواحل عمودی رودخانه ها شبیه مراحل طراحی دیوارهای حائل یا نگهبان می باشد.

۳-۲-۱- طراحی دیوارهای ثقلی

چنین دیوارهایی بر اساس (۱) وزن خود دیوار و (۲) عکس العمل خاک و اصطکاک در طول سطوح تماس با خاک جهت مقاومت در مقابل نیروهای وارد شده بر روی آنها طراحی می گردند. این دیوارها یا از يك نوع مصالح و یا مواد ترکیبی مانند بتون ساخته شده و یا از چندین نوع مواد مانند آجر یا گابیونهای پر شده از سنگ که توسط سیم به یکدیگر متصل می گردند تشکیل می شوند. شکل شماره ۳-۲ نیروهای وارده بر دیوار ثقلی را بصورت شماتیک نشان می دهد.

نیروهای وارده بر واحد طول دیوار:



w وزن خود دیوار

F_F نیروی اصطکاک

F_P نیروی خاک غیر فعال

F_L نیروی ناشی از سرباز

F_A نیروی فعال خاک

F_H نیروی هیدرواستاتیک

F_U نیروی بالابرنده

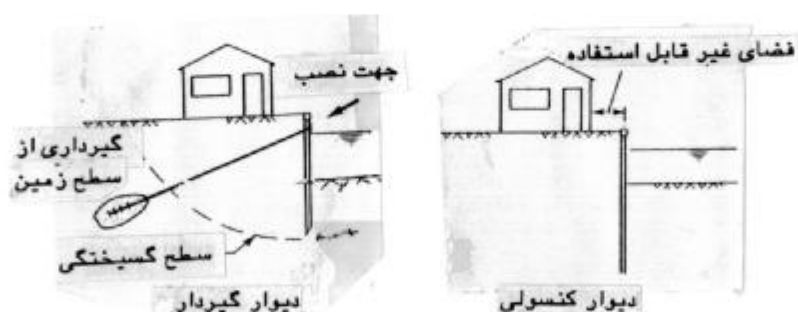
F_R عکس العمل فونداسیون

شکل ۳-۲- نیروهای وارده بر دیوار ثقلی

۲-۲-۳- شمع کوبی

شمع کوبی نیز یکی از روشهای مفید حفاظت از سواحل عمودی آبراهها بشمار می رود و از این روش می توان در مناطقی استفاده نمود که بکارگیری سایر دیوارهای نگهبان امکان پذیر نباشد. دیوارهای سپرکوبی شده به دو دسته دیوار کنسولی و دیوار گیردار تقسیم می گردند. پایداری دیواره های کنسولی به جنس خاکی که در آن قرار می گیرد بستگی دارد و نیاز به فضای جانبی بسیار کمی دارد گرچه در صورتی که ارتفاع چنین دیوارهایی زیاد باشد احتمال ایجاد خمش در آنها افزایش یافته و برای ارتفاع بیش از ۲/۵ متر دیوارهای گیردار اقتصادی تر بنظر می رسند.

شکل ۳-۳- دو نوع دیوار (الف) کنسولی و (ب) گیردار را که به منظور ایجاد حفاظت از سواحل عمودی بکار گرفته می شوند نشان می دهد.

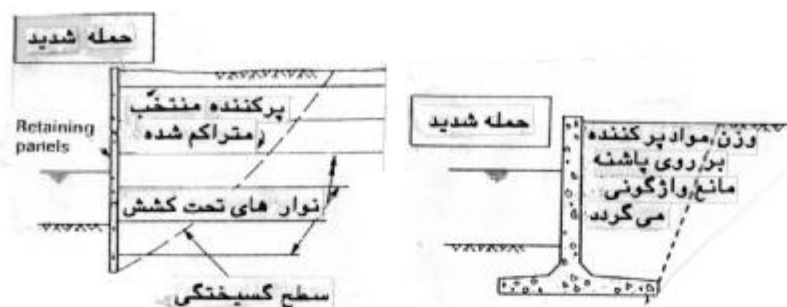


شکل ۳-۳- (الف) دیوار کنسولی و (ب) دیوار گیردار

کمبود فضا جهت نصب میله های مهار کننده فولادی در دیوارهای گیردار استفاده از دیوارهای کنسولی را تشویق می نماید و باید توجه داشت که در بهره برداری از نوع دیوار گیردار، انتهای میله مهار باید خارج از منطقه گسیختگی قرار گیرد.

۲-۲-۳- دیوارهای بتونی پیش ساخته و خاک مسلح

اینگونه دیوارها که بشکل حرف T معکوس می باشند از بتون مسلح ساخته می شوند که بر اساس ابعاد و بارگذاری مورد نیاز يك محل، تولید می شوند. نیروهای وارده بر این دیوارها، همانند نیروهایی است که بر روی دیوار ثقلی وارد می آید. جاگذاری این دیوارها نیاز به فونداسیون آماده و خشك دارد و گاهی از سد صندوقی جهت انحراف آب از محل نصب دیوارهای بتونی استفاده می شود. در روش استفاده از خاک مسلح از صفحات پیش ساخته بتونی که توسط نوارهای فلزی گالوانیزه شده ای که در میان خاک متراکم شده در پشت این صفحات قرار می گیرند ، استفاده می شود. از حرکت سطوح نگهدارنده ، با ایجاد نیروی اصطکاکی بین نوارهای فلزی و خاک معانعت می گردد بنابر این انتخاب طول کافی نوار جهت تأمین نیروی مقاوم اصطکاکی به منظور مقاومت در مقابل سطوح گسیختگی الزامی است. از طرف دیگر مشکل تأمین زهکشی خاک مسلح شده نیز بسیار حائز اهمیت می باشد، زیرا نیروی فشار منفذی زیاد، باعث کاهش نیروی اصطکاک می گردد. همچنین نوارهای فلزی باید در مقابل فعل و انفعالات شیمیایی مقاوم باشند. شکل ۳-۴ نحوه کاربرد (الف) بتون و (ب) خاک مسلح را در حفاظت از سواحل عمودی نشان می دهد.



شکل ۳-۴ (الف) دیوار بتن پیش ساخته (ب) خاک مسلح

۳-۲ پوشش ها (REVETMENTS)

۳-۲-۱ مقدمه

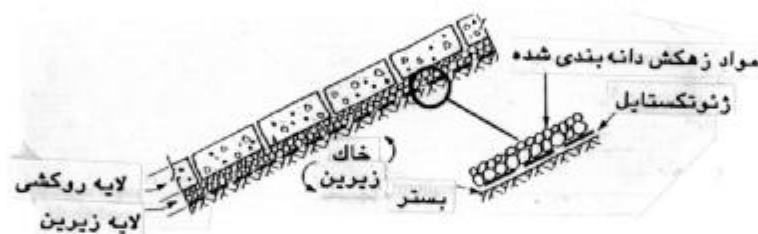
معمولاً يك پوشش ، نوعی روکش محسوب می شود که به منظور حفاظت از سواحل خاکی آبراهها و رودخانه ها و به منظور افزایش مقاومت سواحل در مقابل عمل فرسایش ناشی از جریان آب و امواج مورد استفاده قرار می گیرد.

يك پوشش معمولاً به طریقی طراحی می گردد تا در مقابل جریان آب سطحی و زیر زمینی نسبت به لایه های زیرین نفوذ پذیر باشد. يك پوشش از اجزاء مختلف تشکیل می شود و همانطور که در شکل ۳-۵ نشان داده شده است لایه مسلح شده یا لایه روکشی (Armour)، لایه های زیرین را در مقابل نیروهای ناشی از جریان آب و امواج و سایر تأثیرات خارجی حفاظت نموده و همچنین با اعمال تنش عمودی به خاک های زیرین، آنها را در مقابل گسیختگی های سطحی مقاوم می نماید. خصوصیات يك لایه روکشی مقاوم در مقابل جریان آب و انواع بشرح ذیل می باشد:

۱- نفوذ پذیری که تعیین می نماید که چه مقدار از حرکت آبهای خارجی و فشار ناشی از آنها به لایه های زیرین منتقل می گردد.

۲- انعطاف پذیری که در واقع امنیت لایه های روکشی در مقابل دگر شکل پذیری ناشی از نشست و یا حرکت لایه های زیرین را تأمین نموده و یکپارچگی پوشش را باعث می گردد.

جزء دیگر يك پوشش، لایه زیرین آن است که بین خاک زیرین و لایه روکشی قرار می گیرد. این جزء در روش های سنتی از بافت های ریزدانه یا سنگریزه ای تشکیل می شده و امروزه ژئوتکستایل نقش اصلی این لایه ها را ایفاء می نماید.



شکل ۳-۵- اجزاء يك پوشش خاص

قسمت اصلی مراحل طراحی، شناسایی دقیق عملکرد لایه زیرین در عمل می باشد، گر چه پوشش ها در بعضی موارد بعلت از هم گسیختگی لایه روکشی در شرایط بحرانی بارگذاری به گسیختگی می رسند، ولی غالباً گسیختگی پوشش ها در اثر گسیختگی لایه زیرین اتفاق می افتد.

عملکرد لایه زیرین (Underlayer) بشرح زیر است:

- ۱- ایجاد فیلتر جهت جلوگیری از حرکت خاک ناشی از حرکت آب بداخل و خارج از خاک زیرین
- ۲- ایجاد منطقه یا زون زهکشی موازی با شیب پوشش جهت کمک به زهکشی لایه زیرین و خاک زیرین
- ۳- حفاظت از لایه ها در مقابل فرسایش ناشی از جریان آب بر روی این سطوح و موازی با شیب پوشش
- ۴- جدا نمودن لایه روکشی و قسمت های دیگر لایه زیرین از خاک زیرین
- ۵- منظم نمودن سطوح ناهموار خاک و ایجاد فونداسیون مناسب برای پوشش ها
- ۶- ایجاد لایه حفاظتی ثانویه در صورتیکه لایه روکشی از بین برود
- ۷- کاهش انرژی جریان داخلی

جدول ۲-۳- انواع سنتی و پیشرفته لایه های روکشی

انواع لایه های روکشی				
مواد	سنگ	بتون	آسفالت	ژئوتکستایل و ژئوگرید
انواع				
۱- انواع سنتی	سنگ چین منظم سنگ چین دستی گابیون یا روکش های بهم چسبیده	بتون پیش ساخته بلوک های بتونی نو غابکاری شده یا درزدار بتون درجاریز کیسه های پر شده از بتون	سنگهایی که توسط آسفالت بهم متصل می شوند	
۲- انواع پیشرفته امروزی		بلوک های بتونی که توسط ژئوتکستایل بهم متصل می شوند لحافهای انعطاف پذیر بتونی در اشکال مختلف		کامپوزیتهای چمنی فایبریک و مشها نگهدارنده های سه بعدی و گریدها کیسه های ژئوتکستایل پر شده از شن و ماسه گابیونهای ژئوگریدی گابیونهای ژئوتکستایل پر شده از آسفالت

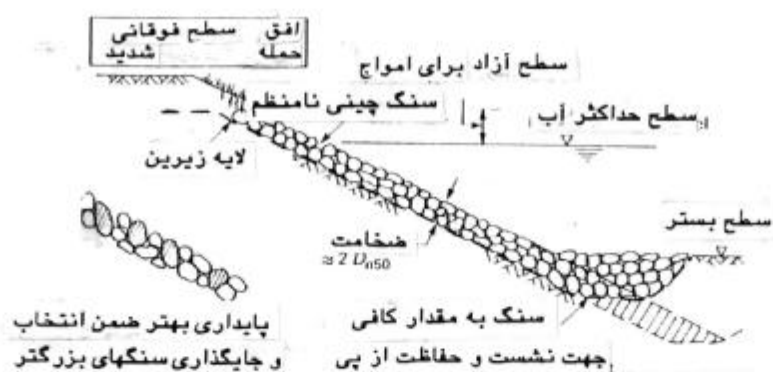
۲-۳-۲- سنگ چینی نامنظم (RAP - RIP)

از این نوع روکش جهت حفاظت از سواحل رودخانه ها استفاده می شود و خواص مفید مهندسی سنگ چینی نامنظم بشرح زیر می باشند:

- ۱- براحتی قابل چیدن باشد
- ۲- انعطاف پذیر باشد
- ۳- دارای زبری هیدرولیکی زیاد جهت کاهش انرژی امواج و جریان آب باشد
- ۴- نیاز به نگهداری و تعمیر فراوان نداشته باشد
- ۵- دارای دوام کافی باشد

سنگ چینی نامنظم معمولاً با استفاده از ماشین آلات و در شرایط خشک صورت می گیرد، این عمل را در مواقعی که نیاز به تراکم بیشتری باشد و یا اینکه قطعات بزرگتر بر روی لایه زیرین قرار بگیرند با دست انجام می دهند. هنگامیکه لایه زیرین از نوع ریز باشد و در هنگام چیدن رعایت دقت نشود، نتیجتاً سنگ چینی به قسمت هایی که از اندازه های مختلف تشکیل شده تقسیم خواهد شد.

در طراحی حفاظت سواحل رودخانه با استفاده از سنگ چینی نامنظم مسائل زیر حائز اهمیت است. در درجه اول قطعات باید به اندازه ای درشت باشند که توسط جریان آب از محل خود جابجا نشوند، ثانیاً جریان آب مابین فضای تخلخل سنگ چینی نباید به لایه زیرین صدمه وارد نماید.



شکل ۳-۶- مثالهایی از سنگ چین نامنظم به عنوان پوشش

۳-۳-۳- سنگهای دست چین شده

تفاوت این روش با روش فوق در آن است که کلیه سنگها بصورت دستی در محل قرار می گیرند و این روش قدیمی ترین روش حفاظت از سواحل رودخانه ها بشمار می رود که نیاز به نیروی انسانی فراوانی داشته و اقتصادی نمی باشد.

۳-۳-۴- سنگهای دو غابکاری شده توسط سیمان ، آسفالت و یا ماستیک:

بجای اینکه مابین قطعات بزرگ در سنگ چینی منظم از قطعات کوچکتر استفاده شود، می توان سنگهای منظم چیده شده را توسط دو غاب سیمان ، و یا ماستیک پوشش داد. عمل دو غابکاری پایداری قطعات سست را در مقابل امواج و جریان آب تأمین می نماید ولی در چنین مواردی نفوذپذیری کاهش می یابد و پایداری لایه روکشی تحت بارگذاری سیکلی ناشی از عملکرد امواج تحت تأثیر فشار منفذی به مخاطره می افتد.

۵-۳-۲ - سنگ چینی و استفاده از دوغاب آهک یا ملات ساروج

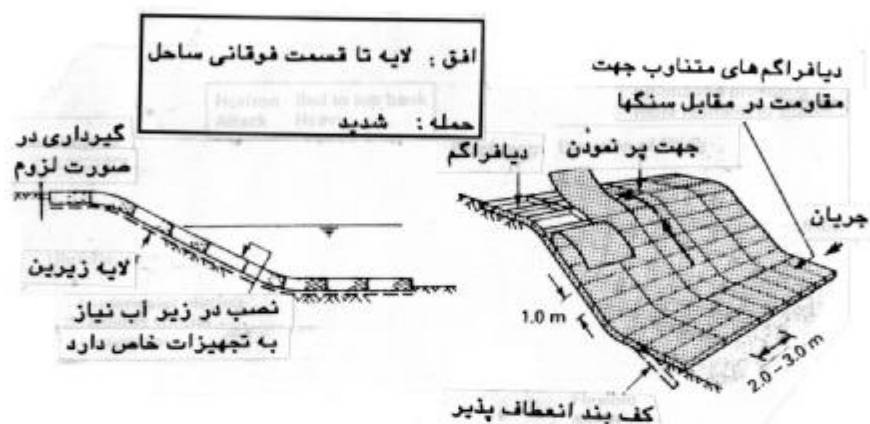
دوغ آهک کاری سنگ چین های منظم غالباً جهت حفاظت سواحل کانالهای کوچک مورد استفاده قرار می گیرد. این روش ترجیحاً اقتصادی تر بوده و ضمناً دارای ظاهری زیبا نیز می باشد و اجرای آن در شیب های تند در مقایسه با سنگ چینی نامنظم یا سنگ چینی دستی آسانتر است.

البته صلب بودن مصالح بکار گرفته شده در این روش نیاز به پاشنه و فونداسیون محکم دارد بنابر این سپرکوبی و یا شمع کوبی در پاشنه کار در شرایط خشک الزامی است. ضمناً بعلت نفوذناپذیر بودن دوغ آهک، زهکشی از طریق سوراخ های تعبیه شده انجام می پذیرد. لازم به ذکر است که اجرای این روش نیاز به مراحل دقیق اجرایی دارد.

۶-۳-۲ - پوشش های گابیونی

از اینگونه پوشش ها به منظور افزایش یکپارچگی روکش سنگی استفاده می شود و از این طریق سنگهای کوچک با ضخامت کم بجای سنگ چینی نامنظم قابل استفاده خواهند بود. ضمناً از امتیاز قابل دسترس بودن سنگهای کوچکتر و انعطاف پذیری آنها بهره برداری می شود. از طرف دیگر استفاده از سنگهای کوچک باعث کاهش سرعت جریان در داخل لایه روکشی شده و در نهایت باعث تقلیل زبری هیدرولیکی می گردد. از معضلات استفاده از این گزینه کاهش ضخامت گابیون در قسمت بالا دست رودخانه و افزایش ضخامت در

قسمت پائین دست رودخانه ناشی از حرکت آب می باشد در نتیجه سطح گابیون بشکل موجی تغییر شکل یافته و خاک زیرین در معرض فرسایش قرار می گیرد. نهایتاً هنگام طراحی پوشش های گابیونی دو پارامتر را باید در نظر گرفت. (۱) محدوده حرکت سنگها و (۲) حرکت داخلی سنگها تا حد دگرشکلی پذیری مجاز. در شکل زیر پوشش گابیونی با ذکر ابعاد نشان داده شده است.



شکل ۳-۷- لحافهای پوشش گابیونی

پایداری پوشش های گابیونی باعمل دو غابکاری و یا استفاده از ماستیک که باعث ممانعت از حرکت سنگها در گابیون می گردد، افزایش می یابد و در مقابل کاهش پارامترهایی از قبیل نفوذپذیری، انعطاف پذیری و زبری هیدرولیکی ، از پیامدهای عملیات دو غابکاری بشمار می روند.

۳-۷-۲- بلوك های بتونی پیش ساخته

بلوك های بتونی از دیر باز جهت حفاظت از سواحل دریا ، و سر ریز سدها در مقابل امواج مورد استفاده قرار گرفته است و کمتر از این تکنیک در حفاظت از سواحل رودخانه ها و آبراهها استفاده می شود. با پیشرفت تکنولوژی مدرن روش های قطعات پیش ساخته استفاده از این بلوك هادر حفاظت از سواحل رودخانه ها نیز معمول گشته است. انواع بلوك های سیمانی بشرح زیر می باشند.

(۱) بلوك های درز دار و یا بلوك های دوغابکاری شده

(۲) بلوك های بهم قفل شده

(۳) بلوك هایی که توسط سیم و یا ژئوتکستایل بهم متصل می شوند.

بلوك های بتونی غالباً غیر مسلح بوده و دارای ضخامت حداقل ۸۰ تا ۱۰۰ میلی متر می باشند. مقاومت بلوك های غیر مسلح در مقابل بارگذاری سطحی به عکس العمل خاک زیرین بستگی دارد که در واقع این عکس العمل به خواص خاک و تأثیرات لایه بندی و تا حدودی به ابعاد مقطع حداکثر و نسبت آن به ضخامت بستگی خواهد داشت. معمولاً از این روش در مناطقی که سنگ به فراوانی یافت شود، استفاده می گردد.

بلوك ها معمولاً بر روی لایه زیرین و یا مستقیماً بر روی خاک رس نفوذ ناپذیر که در مقابل نیروی بالا برنده مقاوم می باشند، قرار می گیرند. ضمناً در این روش ، حفاظت پاشنه نیز از طریق شمع کو بی ضروری است. همچنین استفاده از بتون با کیفیت خوب جهت تأمین دوام و مقاومت در مقابل یخبندان الزامی می باشد.

شکل ۸-۳ نحوه بکارگیری اینگونه بلوک ها در سواحل رودخانه ها را نشان می دهد.



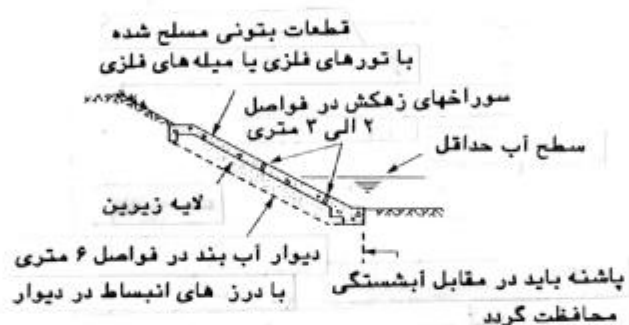
شکل ۸-۳- مثالهایی از پوشش بلوک های بتونی

۸-۳-۳- قطعات درجا ریز و سازه های پیش ساخته

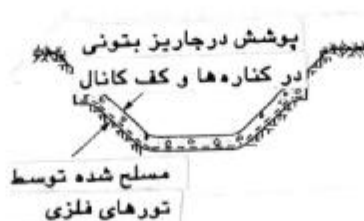
استفاده از این تکنولوژی به منظور حفاظت از سواحل رودخانه نیاز به ساخت و ساز در محیطی خشک دارد و علاوه بر آن این روش هزینه اولیه زیادی را ایجاد می نماید و ظاهر ساده ای در مقایسه با روشهای دیگر خواهد داشت گرچه ظاهر ساده آنرا می توان با چمن کاری در سلول های آن در قسمت های بالای سطح آب بهبود بخشید. استفاده از پوشش های درجا ریز و یابیش ساخته در نقاطی پیشنهاد می گردد که مقاومت، دوام و پایداری در مقابل تغییرات سطح هندسی در طراحی مد نظر باشد. چنین کاربردهایی شامل موارد زیر می گردد:

- (۱) مناطق استراتژیکی که نیاز به حداقل سرویس دهی و نگهداری باشد
- (۲) مناطق قابل دسترسی
- (۳) کانال های زهکشی طوفان

بتون در جاریز نفوذناپذیر می باشد، بنابراین ایجاد سوراخ هایی به منظور سهولت ورود و خروج جریان آب های زیرزمینی الزامی است. باید توجه داشت که در مناطقی که کف کانال بتون ریزی شده باشد، نیروی بالا برنده ناشی از فشار آب زیرزمینی باعث شکستگی پوشش بتونی می گردد. شکل ۳-۹ یک پوشش بتونی در جاریز خاص و مسلح شده را نشان می دهد که در پاشنه توسط سپر کوبی و یا روکش سنگی حمایت شده است. شکل ۳-۱۰ کاربرد این قطعات را در مقیاس کوچکتر و زمانی که نیاز به کانال زهکشی هنگام جریان های بحرانی ناشی از آب های سطحی می باشد نشان می دهد.



شکل ۳-۹- پوشش بتونی در جاریز



شکل ۳-۱۰- پوشش در جاریز کانال

۴- روش های سنتی حفاظت از سواحل دریا

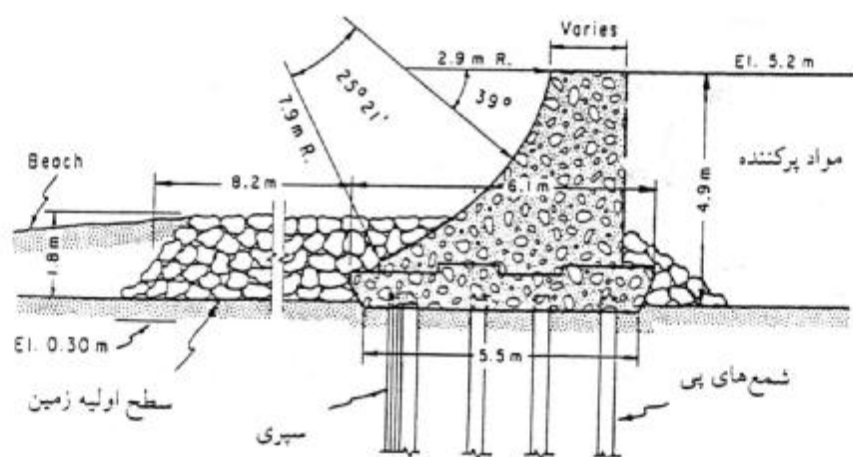
۴-۱- دیوارهای ساحلی، دیوارهای نگهبان و دیوارهای محافظ

۴-۱-۱- انواع

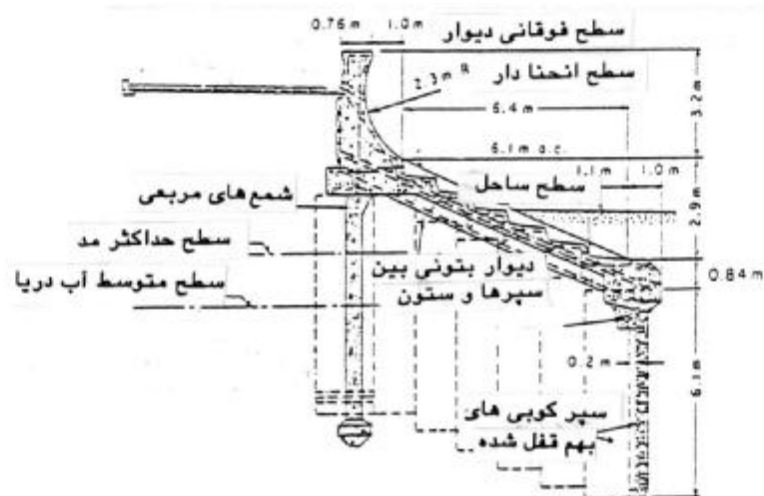
اصولاً تمایز بین دیوارهای ساحلی و محافظ موضوعی است که به نوع کاربری در نظر گرفته شده برای آنها بستگی دارد. در اینجا فرض بر این است که جنبه های طراحی در مراحل اولیه تعیین کاربری سازه مورد مطالعه قرار گرفته اند و سازه جهت هدف در نظر گرفته شده، مناسب تشخیص داده شده است.

در حالت کلی، دیوارهای ساحلی حجیم برای تأمین مقاومت لازم در برابر حداکثر نیروی امواج ساخته می شوند. دیوارهای نگهبان از نظر ابعاد مقام دوم را دارند و کار اصلی آنها نگهداری خاک پشت دیوار بوده حتی اگر به طور عادی نیز مورد حمله طوفانهای سخت قرار نمی گیرند، ولی لازم است مقاومت لازم در برابر فرسایش پی خود بوسیله امواج راداشته باشند. دیوارهای محافظ عموماً سبک ترین نوع هستند، زیرا تنها هدف در طراحی آنها حفاظت از خط ساحلی در برابر فرسایش بوسیله جریانهای یا برخورد خفیف امواج می باشند.

اشکال ۴-۱ و ۴-۲ یک دیوار ساحلی با سطح منحنی و یک دیوار ساحلی ترکیب شده از سطوح پله ای و منحنی را نشان می دهند. این سازه های حجیم جهت مقاومت در برابر حمله امواج بلند و کاهش فرسایش بوسیله آنها ساخته می شوند. هر دو دیوار ساحلی دارای آب بندهای سپری هستند تا مانع از دست رفتن مصالح



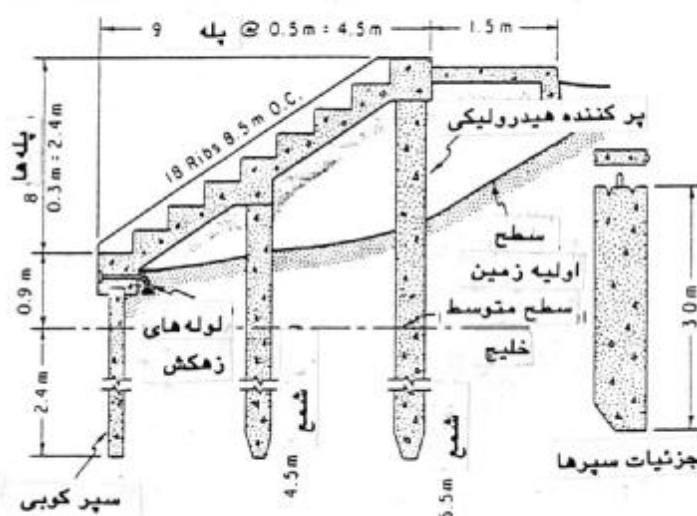
شکل ۴-۱- دیوار ساحلی بتونی با سطح منحنی



شکل ۴-۲- دیوار ساحلی بتونی مرکب از سطوح پله‌ای و منحنی

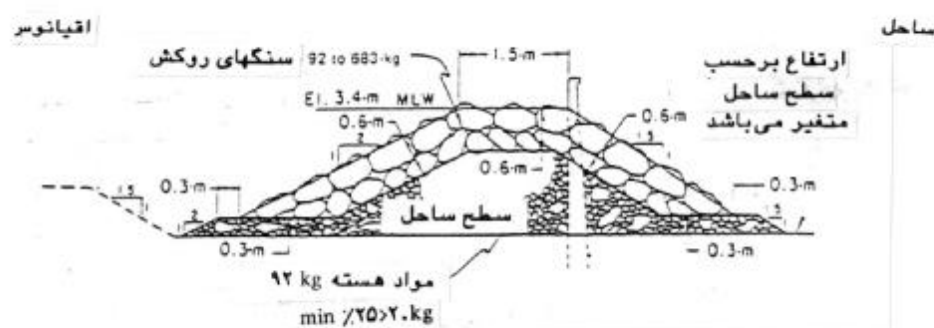
فونداسیون در اثر فرسایش حاصل از امواج، تراوش آب سرریز شده یا نفوذ آب از زیر دیوار شوند. بعلاوه این دیوارها بوسیله پوششی از سنگهای بزرگ در قسمت پنجه محافظت می شوند تا فرسایش حاصل از امواج کاهش یابد.

دیوارهای ساحلی با سطح پله ای (شکل ۳-۴) برای مقاومت در برابر امواج متوسط طرح می شوند.



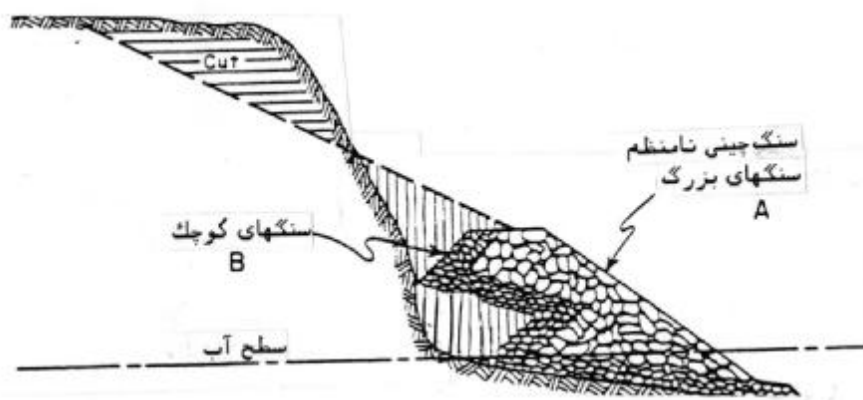
شکل ۳-۴ دیوار ساحلی با سطح پله ای

در شکل فوق از آب بندهای سپری بتون مسلح استفاده شده است. استفاده از اتصال نوع زبانه و شیار باعث به وجود آمدن مقداری فضای خالی بین بلوک ها می شود که می توان برای تشکیل يك دیوار آب بند مستحکم، در آن ماسه تزریق کرد. همچنین می توان به جای تزریق در این فضا، از فیلترهای ژئوتکستایل برای محافظت از سمت رو به خشکی، سر پی ها استفاده کرد.



شکل ۴-۴: دیوار ساحلی تپه سنگی

فیلتر ژئوتکستایل يك مانع مستحکم ماسه ای مهیا می سازد و ضمناً مانع تراوش آب از میان اتصالات بین سپرها و بالا رفتن فشار هیدرواستاتیکی موجود نمی گردد. دیوارهای دریایی تپه سنگی (شکل ۴-۴) ، برای پایداری در برابر عملکرد امواج شدید به کار می روند. در نقاطی که امکان فرسایش ساحل وجود دارد، سنگهای به کار رفته در دیوارهای دریایی می توانند بدون ایجاد خطر از بین رفتن سازه نشست کنند. دیوار تپه سنگی در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.

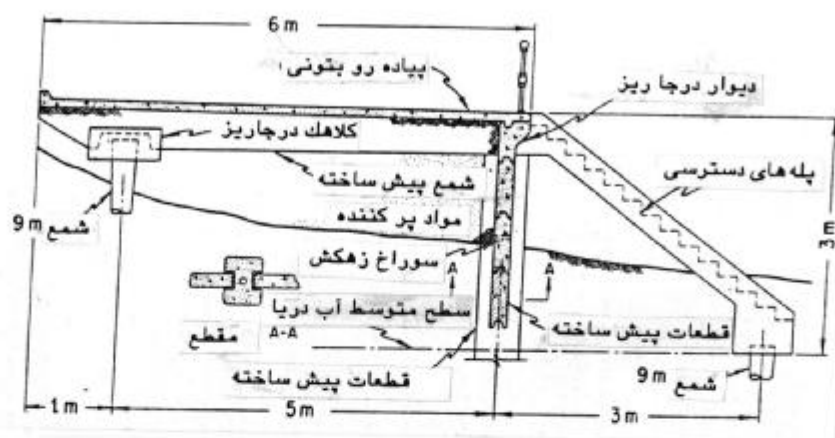


شکل ۴-۵: دیوارهای تپه سنگی

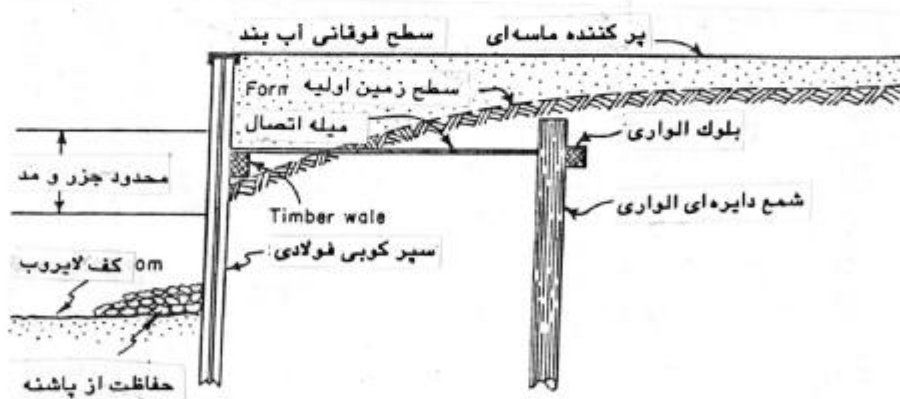
در تعیین شکل قرارگیری سنگهای قسمت های A و B ، از شکل ساحل پیروی می شود تا مقدار سنگ لازم کاهش داده شود.

دیوارهای نگهبان به صورت دیوارهای عمودی مهار شده، دیوارهای وزنی یا سدهای سپری سلولی ساخته می شوند . سه نوع دیوار نگهدارنده ، (بتنی، فولادی و چوبی) در اشکال ۴-۶ ، ۴-۷ و ۴-۸ نشان داده شده است. از دیوارهای نگهبان فلزی سلولی در مناطقی که دارای بستر سنگی بوده و حفر آن برای مهار ورقه های سپری ممکن نیست، استفاده می شود. وقتی از دیوارهای نگهبان عمودی یا تقریباً عمودی استفاده می شود و عمق آب در مجاورت دیوار کمتر از دو برابر ارتفاع موج حداکثر است، طراحی سنگریز برای جلوگیری از فرسایش و محافظت پی دیوارها لازم است. فرسایش زیاد می تواند پایداری سازه را به مخاطره اندازد.

انواع دیوارهای محافظ قابل استفاده برای حفاظت ساحلی در مناطقی که در معرض موج کم عمق قرار می گیرند در اشکال ۴-۹ تا ۴-۱۲ نشان داده شده است. دو نوع محافظت وجود دارد: نوع بتنی انعطاف ناپذیر که در محل قالب گیری می شود و در شکل ۴-۹ نشان داده شده و نوع انعطاف پذیر ساخته شده از قطعات محافظ متصل به یکدیگر که در شکل های ۴-۱۰ ، ۴-۱۱ و ۴-۱۲ مشخص است. روش اول باعث محافظت عالی ساحل می شود، اما محل بتن ریزی را باید در مدت عملیات ساخت، از آب تخلیه کرد. سازه های انعطاف پذیر ساخته شده از سنگ چین و بلوک های بتنی نصب شده نیز حفاظت ساحلی خوبی به وجود می آورند و ضمناً می توانند بدون اینکه شکسته شوند مقداری نشست را نیز تحمل کنند. هر دو این سازه ها فشار هیدرواستاتیکی بوجود آمده در اثر امواج را کاهش می دهند.



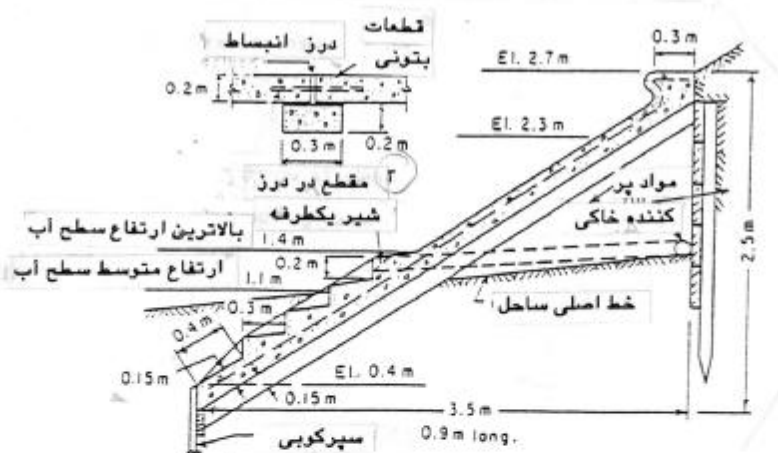
شکل ۴-۶- سکوی بتنی و دیوار نگهدارنده با شمع های بزرگ



شکل ۴-۷- دیوار نگهدارنده ساخته شده با سپری های فلزی



شکل ۴-۸- دیوار نگهبان ساخته شده از سپری های چوبی



شکل ۴-۹- پوشش محافظ بتونی

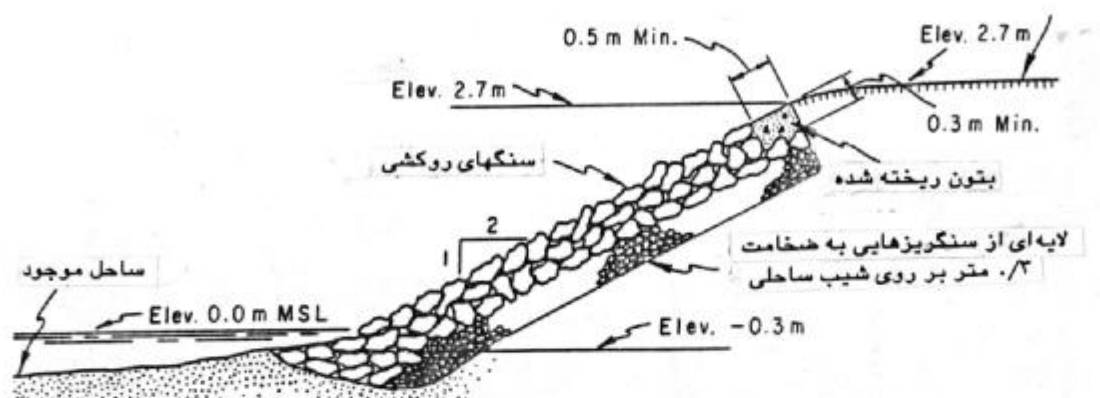
نمونه هایی از بلوکهای بتنی متصل به یکدیگر در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده اند. پایداری این بلوکها بستگی زیادی به نوع اتصال مکانیکی به کار رفته دارد. بررسی جداگانه پایداری بلوکهای در معرض موج ، روش تحلیلی صحیحی نیست. آزمایشات انجام شده در ایالات متحده نشان داده است که پایداری بلوکهای دارای اتصالات زبانه و شیار خیلی بیشتر از بلوکهای دارای اتصال لبه به لبه است. یک نوع از بلوکهای دارای اتصال زبانه و شیار در شکل ۴-۱۲ نشان داده شده است.

۴-۱-۲- انتخاب نوع سازه

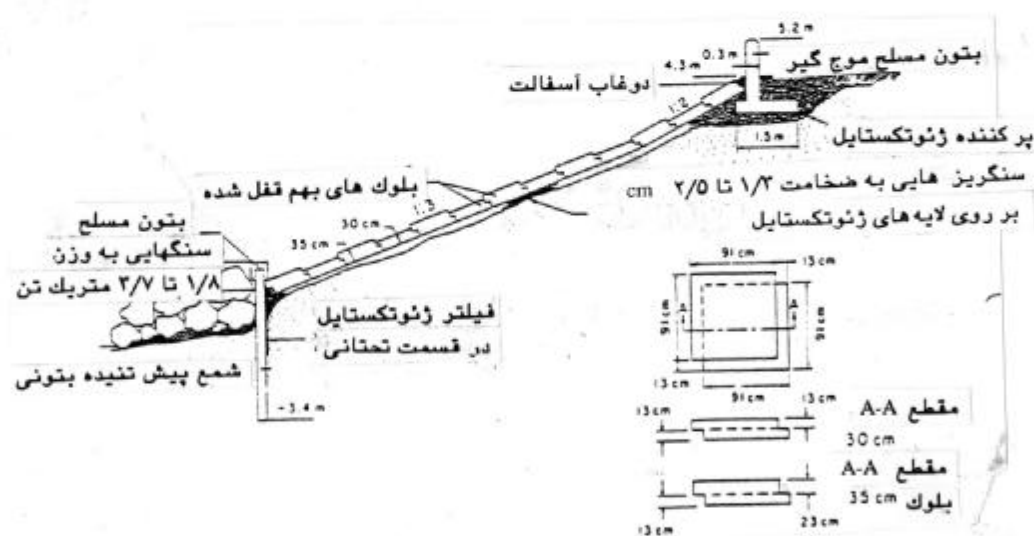
ملاحظات کلی در مورد انتخاب نوع سازه از این قرار است:

شرایط بستر، شدت قرارگیری در معرض موج، در دسترس بودن مصالح، هزینه های اولیه و تعمیرات ، و چگونگی عملکرد انواع ساخته شده در گذشته.

الف) شرایط بستر: شرایط بستر می تواند تأثیر زیادی بر انتخاب نوع سازه داشته باشد و از دو دیدگاه در نظر گرفته می شود. اول، مصالح بستر باید سازگار با نوع سازه باشد. سازه ای که پایداری آن وابسته به مقدار حفاری بستر است برای بستر صخره ای مناسب نیست. سنگ ریز یا بعضی از انواع سازه های انعطاف پذیری که در آنها از پوشش سنگی یا فیلترهای ژئوتکستایل استفاده می شود را می توان در بسترهای نرم استفاده نمود. در این شرایط سازه های سلولی را نیز می توان مورد استفاده قرار داد.



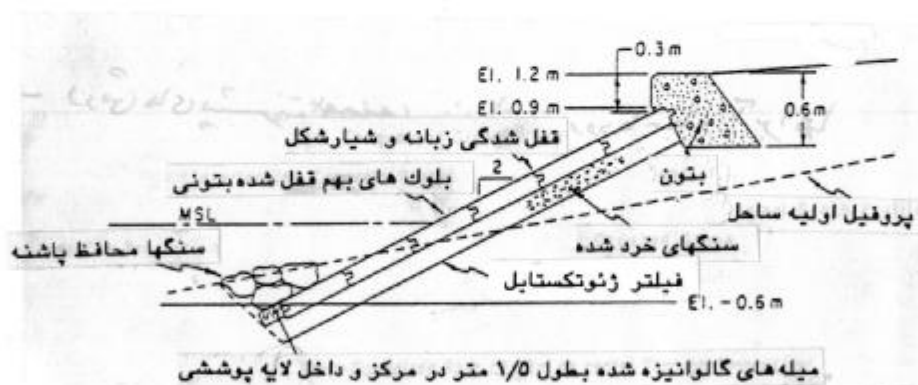
شکل ۴-۱۰- پوشش محافظ سنگی



شکل ۴-۱۱- بلوکهای بتونی پوشش چفت و بست شده

دوم، ممکن است وجود يك دیوار دریایی، نگهبان یا محافظ موجب افزایش فرسایش بستر و از بین رفتن سازه شود. بنابراین، باید این دیوارها را از آثار نشست مربوط به فرسایش بوجود آمده در بستر به دلیل وجود دیوار، محافظت کرد.

ب) قرار گرفتن در معرض موج: ممکن است میزان قرارگیری در معرض موج عامل تعیین کننده نوع سازه و جزئیات طراحی شکل هندسی آن باشد. در مناطقی که در معرض عملکرد شدید امواج هستند نباید از سازه های سبک نظیر سدهای چوبی با پوشش های سنگ چین سبک استفاده کرد. در مناطق در معرض امواج بلند، می توان از دیوارهای با سطح محدب یا ترکیبی از دیوارهای با سطح پله ای و انحنا دار که سطح انحنا دار بر روی دیوار با سطح پله ای قرار گرفته است، استفاده نمود.



شکل ۴-۱۲- بلوکهای بتنی پوشش چفت و بست شده

ب) در دسترس بودن مصالح: این عامل به همان اندازه که به نوع سازه مربوط می شود به هزینه های ساختمان و نگهداری آن نیز بستگی دارد. در صورتی که مصالح مورد نیاز در نزدیک محل

ساختمان وجود نداشته یا به مقدار کم موجود باشد، ممکن است يك نوع قابل استفاده دیوار ساحلی یا نگهبان از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نباشد و در این حالت باید بین هزینه بیشتر و مقدار حفاظت کمتر یکی را انتخاب کرد. بررسی هزینه های اولیه طراحی و ساختمان و هزینه های سالیانه در تعیین طول عمر اقتصادی سازه موثر می باشند. هزینه های سالیانه شامل استهلاك هزینه های اولیه بعلاوه متوسط هزینه های نگهداری است. بهترین سازه آن است که محافظت در نظر گرفته شده را، با صرف کمترین هزینه های سالیانه یا هزینه کل ایجاد کند. بدلیل وسعت دامنه تغییرات در هزینه های اولیه و نگهداری، معمولاً این مقایسه با تبدیل تمام هزینه ها به يك مقدار ثابت سالیانه در طول عمر اقتصادی تخمین زده شده برای سازه صورت می گیرد.

۵- روش های پیشرفته حفاظت از رودخانه و آبراهها

۵-۱- مقدمه

امروزه با پیشرفت تکنولوژی مواد، تحولی عظیم در مهندسی هیدرولیک رخ داده است، استفاده از ژئوگریدها و ژئوتکستایل و ژئوممبرین و بطور کلی ژئوسنتتیک ها در حفاظت از سواحل رودخانه ها و دریاها امری اجتناب ناپذیر گشته است. اینگونه ژئوکامپوزیت ها اجرای عمل جدایش، فیلترسازی، زهکشی، ممانعت از فرسایش، مسلح نمودن، عایق نمودن، عایق بندی و ... را به مراتب ساده تر نموده اند.

پیشرفت فیزیکی سریع، همگنی طرح، ایجاد پایداری سریع، اقتصادی بودن، زمان کم اجرا و نهایتاً تخریب کمتر منابع طبیعی، استفاده از اینگونه مصنوعات را در کلیه طرحهای در دست اجرا در سراسر دنیا تشویق نموده و زمینه های شناخت از ژئوسنتتیک ها را که در دهه ۶۰ میلادی ابداع و در طی ۳۰ سال گذشته تکامل چشم گیر یافته است، مهیا نموده است.

۵-۱-۱- استفاده از ژئوتکستایل در دیوار نگهبان

از نوع بسیار قوی ژئوتکستایل ها در دیوارهای نگهبان عمودی جهت حفاظت از سواحل رودخانه ها استفاده می شود. مثال استفاده از ژئوتکستایل دو لایه ای بسیار قوی که توسط تیرهای چوبی در داخل زمین قرار می گیرند در شکل ۵-۱ نشان داده شده است. پایداری اینگونه سازه ها به پایداری و مقاومت تیرهای چوبی بستگی دارد و برای خاکهای سست و بارگذاری های زیاد موجود بر

روی خاک پشت دیوار مناسب نمی باشد. گرچه در ابتدای امر اینگونه سازه ها ظاهر زیبایی ندارند ولی بعد از رویش چمن بر روی آنها ظاهری زیبا و آراسته و نمای طبیعی پیدا می کنند.

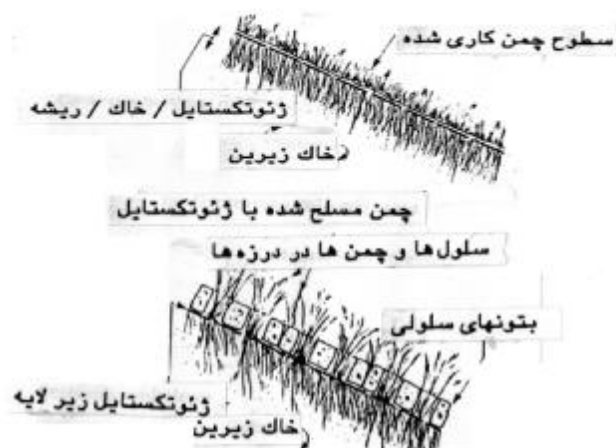


شکل ۵-۱- استفاده از ژئوتکستایل در دیوارهای نگهدارنده عمودی

۵-۱-۲- استفاده از ژئوتکستایل و کلاف ژئوگرید در مسلح

نمودن چمن

تلفیقی از روش های سنتی حفاظت از سواحل رودخانه با روش پیشرفته امروزی با استفاده از ژئوتکستایل، مسلح نمودن چمن با ژئوتکستایل و یا استفاده از بلوک های سیمانی صورت می گیرد تا باعث افزایش مقاومت فرسایشی چمن گردد. در روش مسلح نمودن چمن با ژئوتکستایل، ابتدا سطوح مورد نظر چمن کاری شده و ژئوتکستایل بر روی آن قرار می گیرد و مجدداً عمل چمن کاری روی ژئوتکستایل تکرار می گردد. در روش چمن کاری با بلوک های سیمانی، علاوه بر اینکه بلوک ها در مقابل فرسایش مقاومت می نمایند، چمن کاری بین بلوک ها در نگهداری و محکم نمودن بلوک ها نقش بسزایی را ایفاء می نماید.



شکل ۵-۲- چمن مسلح با استفاده از ژئوتکستایل و بلوک های بتونی

تأمین مقاومت چمن در مقابل فرسایش با استفاده از ژئوتکستایل به روشهای زیر انجام می گردد:

- ۱- مصنوعات دو بعدی بافته شده و شبکه ها
 - ۲- مصنوعات سه بعدی باز که بعد از نصب به توسط خاک پر می شوند.
 - ۳- مصنوعات سه بعدی که قبل از نصب توسط قیر و سنگریزه پر می شوند.
- هر چه چشمه های ژئوتکستایل کوچکتر باشد در مقابل فرسایش بهتر مقاومت می نماید.

۵-۱-۳- استفاده از ژئوتکستایل در پوشش ها: (REVTMENTS)

استفاده از ژئوتکستایل بعنوان جزء کلیدی لایه پوششی در لایه های روکشی (Armour layer) بعنوان مواد کامپوزیت به همراه سایر مواد

باعث پایداری و ارتقاء درجه حفاظت آنها می گردد و به مراتب بهتر از مواد سنگریزه ای عمل می نمایند.

هر دو جزء هر پوشش یعنی لایه روکشی و لایه فیلتر نیاز به طراحی دقیق مهندسی مناسب با مهندسی هیدرولیک و ژئوتکنیک و تأمین دراز مدت پایداری کل سیستم دارند. ژئوتکستایل ها ضمن پا برجا نگاه داشتن خاک زیرین در مقابل جریان های سیکی، نفوذناپذیری رانیز تأمین می سازند.

۵-۱-۲-۱- ژئوتکستایل سه بعدی:

ژئوتکستایلی که جهت حفاظت از کانال ها بکار گرفته می شود معمولاً از الیاف نایلونی کربن سیاه که به یکدیگر جوش داده شده اند تا شبکه ای باز را ایجاد نمایند و دارای بیش از ۹۰٪ فضای خالی باشند تشکیل می گردند. اینگونه لایه ها با ضخامت های ۱۰ الی ۲۰ میلی متری موجود می باشند.

نوع بخصوص چند لایه ای ژئوتکستایل که در قسمت های تحتانی از الیاف درشت تر به منظور اندرکنش با سطح خاک جهت ایجاد ضریب اصطکاک بالا و جلوگیری از شکستگی خاک تولید می شوند، در مقابل مشکل شسته شدن خاکهای مشکل زا به قسمت تحتانی شیب و نهایتاً گسیختگی پوشش ممانعت می کنند.

اینگونه مصنوعات بصورت رول در عرض های معین به منظور حفاظت از سواحل رودخانه ها در بالا و پائین سطح آب تولید می شوند. این مواد بسادگی در سواحل آبراهها بطریقی که لبه های



شکل ۵-۳- اجرای کلاف ژئوگرید جهت مسلح نمودن چمن در شیبهای
۴۵ درجه و کمتر

پوشش در قسمت فوقانی در گودالی قرار گرفته و قسمت های تحتانی داخل زمین دفن گردند و با استفاده از میله های فلزی ژئوتسکستایل به خاک زیر محکم می گردند. می توان از پوشش های از قبل پر شده در قسمت های زیر آب و در جریان مناسب و از پوشش هایی که توسط ماسه پر می شوند در قسمت های خشک سواحل استفاده نمود. اشکال ۵-۴ الی ۷-۵ نحوه کاربرد ژئوتسکستایل را بعنوان پوشش در سواحل رودخانه ها نشان می دهد.

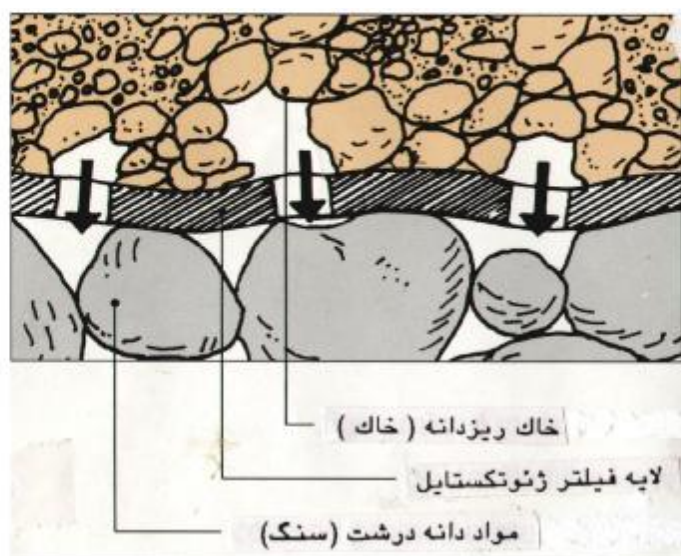


شکل ۵-۴- مثال های استفاده از ژئوتسکستایل در حفاظت سواحل رودخانه ها



شکل ۵-۵- نحوه بکارگیری ژئوتسکستایل بعنوان جزء فیلتر

یک پوشش



شکل ۵-۶- اجزاء يك پوشش در استفاده از ژئوتکستایل بعنوان لایه فیلتر



شکل ۵-۷- نحوه گستردن ژئوتکستایل در سواحل رودخانه ها

۵-۱-۳- استفاده از ژئوتکستایل در عایق بندی:

با بکارگیری لایه ای از بنتونیت بین دو لایه از ژئوتکستایل می توان محیط زیرین را نفوذناپذیر نمود. جزء اصلی بنتونیت از کانی های مونت موری لونیت تشکیل شده که در حالت متبلور، پوششی را تشکیل می دهد که دارای نفوذ پذیری بسیار کمی (10^{-11} m/s) می باشد. این تکنیک در انواع کارهای عایق کاری و یا آب بندی مهندسی هیدرولیک از قبیل ساخت کانال های آبیاری یا کانال های قایقرانی و جلوگیری از تداخل آب های سطحی آلوده به آب های زیر زمینی بکار می رود.



شکل ۵-۸- استفاده از ژئوتکستایل به منظور عایق نمودن سواحل رودخانه ها

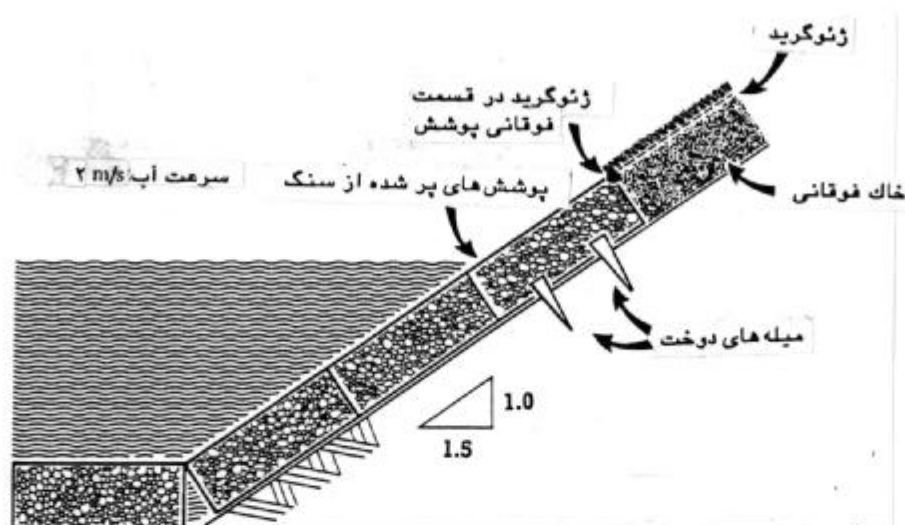
از ژئوتکستایل همچنین بعنوان لایه های محافظ ژئوممبرین در مقابل ضربه استفاده می شود و سپس مصالح بر روی ژئوتکستایل قرار می گیرد (شکل ۵-۹).



شکل ۵-۹- نحوه اجرایی استفاده از ژئوتکستایل به منظور حفاظت از ژئوممبرین در مقابل فرسایش و پنچری

۵-۱-۴- استفاده از ژئوگرید در ساخت گابیون های پر شده از سنگ و گابیون های تیوبی بعنوان روکش

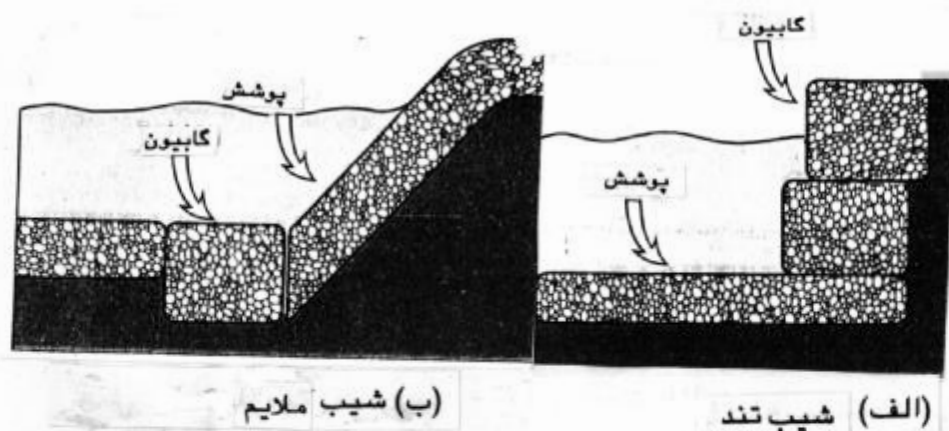
یکی دیگر از روش های جلوگیری از فرسایش سواحل رودخانه ها در هنگام سیل، استفاده از پوشش های پر شده از سنگ می باشد. استفاده از پوشش های فلزی در بسیاری از موارد باعث مرگ آبزیان و ماهی ها گشته است ولی استفاده از پوشش های ژئوگریدی این مشکل را ایجاد نخواهد کرد. در این روش چهار شبکه شش متری مستطیل شکل در سواحل رودخانه بصورت طولی فرش می شود که یک قطعه از آن در قسمت تحتانی کف رودخانه قرار گرفته و بقیه قسمت ها بر روی ساحل رودخانه قرار می گیرد و قسمت فوقانی توسط تیرهای چوبی به زمین محکم می شوند. با استفاده از ریسمانهای پلی اتیلن این شبکه ها بهم بافته شده و توسط



شکل ۱۰-۵- اجرای شماتیک استفاده از پوشش های ساخته شده از ژئوگرید در کف و دیواره

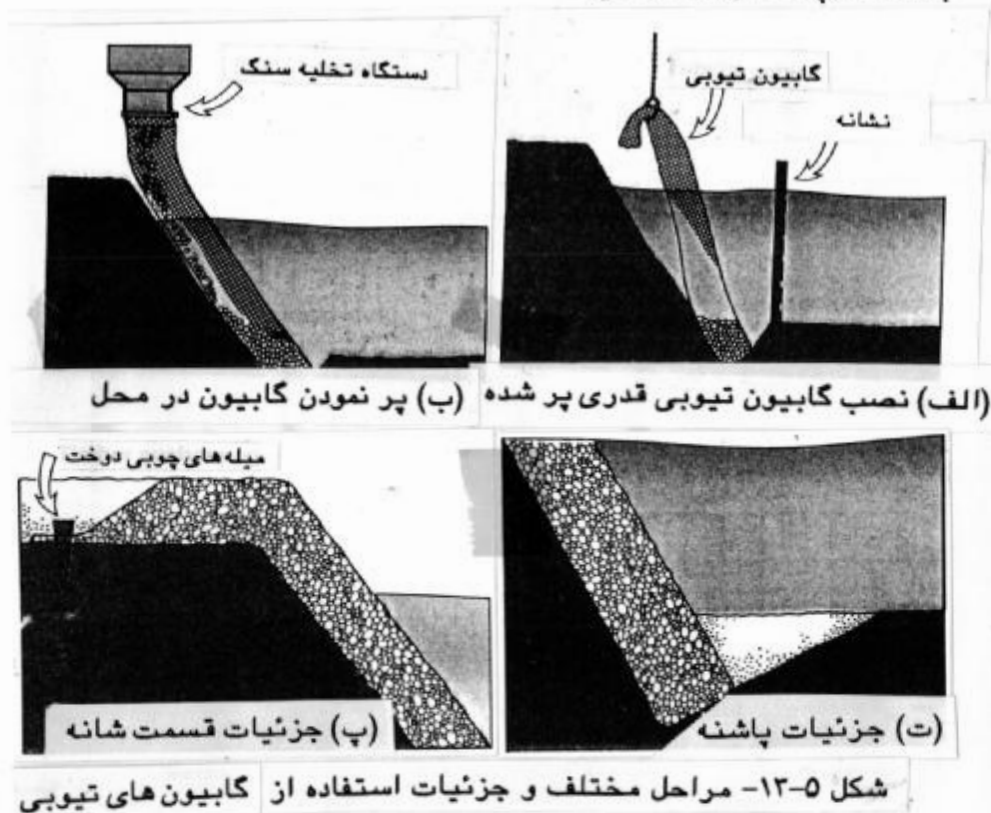


شکل ۱۱-۵- تصویر اجرا شده پوشش ژئوگریدی پر شده از سنگ



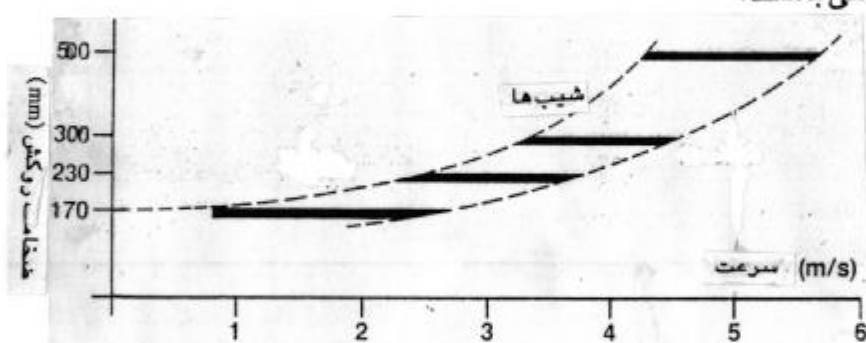
شکل ۵-۱۲- استفاده از روکش و گابیون های ژئوگرید جهت حفاظت از سواحل آبراهها

اشکال زیر مراحل مختلف اجرای گابیون تیوبی و جزئیات مربوط به شانه و پاشنه را نشان می دهند.



شکل ۵-۱۳- مراحل مختلف و جزئیات استفاده از گابیون های تیوبی

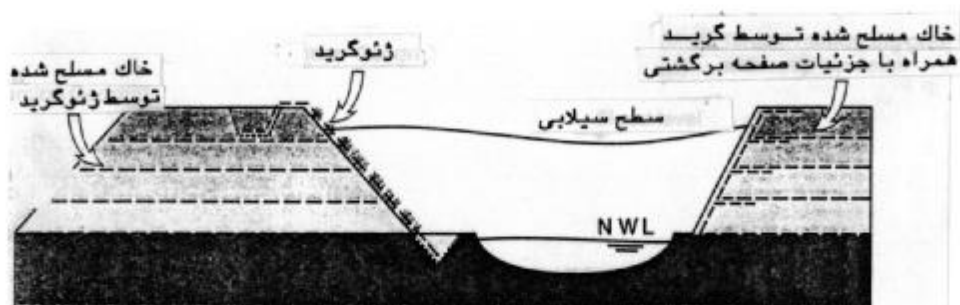
سنگهای با دوام عاری از ترك و مقاوم در مقابل یخبندان و امواج با ابعاد ۶۰ میلی متر تا ۲۲۰ میلی متر پر می شوند. شکل (۵-۱۱) و شکل (۵-۱۱) استفاده از پوشش های ساخته شده از ژئوگرید و پر شده از سنگ در محل را نشان می دهند. از گابیون های تیوب شکل مجزای ساخته شده از ژئوگرید بطریقی که در شکل ۵-۱۲ نشان داده شده است در محل هایی که دسترسی به سواحل و کف دشوار می باشد استفاده می شود. بر اساس شکل زیر ضخامت روکش ها را می توان تعیین نمود و همانطور که مشاهده می شود پارامتر تصمیم گیرنده، سرعت جریان آب می باشد که با افزایش سرعت، ضخامت روکش ها نیز افزایش می یابد. ضخامت های موجود ۱۷۰، ۲۳۰ و ۳۰۰ میلی متر و نهایتاً ۵۰۰ میلی متر می باشند.



شکل ۵-۱۴- نحوه تعیین ضخامت روکش ژئوگریدی بر اساس سرعت جریان آب

۵-۱-۵- خاکریز و آب بند

سواحل رودخانه هایی که توسط چمن مسلح با ژئوگرید پوشش داده شده باشند، غالباً از مقاومت خوبی در مقابل فرسایش برخوردارند. گرچه خاکریزهای سیلابی رانیز می توان با استفاده از ژئوگرید مسلح نمود.



شکل ۵-۱۵- خاکریزهای سیلابی مسلح شده با ژئوگرید و حفاظت از سطح

۵-۱-۶- استفاده از ژئوگرید در سازه های مهار کننده:

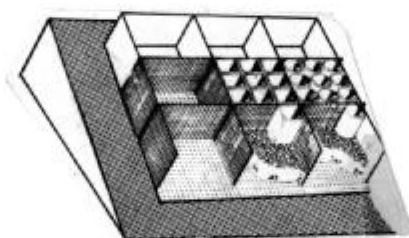
اکثر آبراهها شامل سازه های کنترل کننده از قبیل آب بند، آبشیب، آبریز و حوضچه آرامش می باشند که در شکل زیر نحوه استفاده از ژئوگرید در ساخت چنین سازه ها نشان داده شده است.



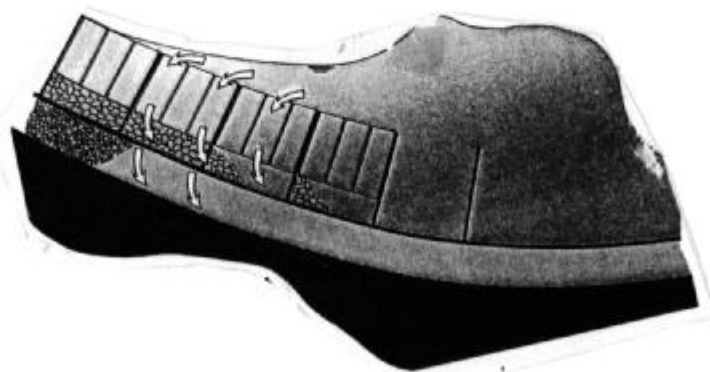
شکل ۵-۱۶- سازه های کنترل کننده آبراهها

۵-۱-۷- استفاده از ژئوگرید سلولی در ساخت پوششها (Geogrid cell)

در مهندسی رودخانه و سواحل دریا ساخت و تأمین پوششها جزو مهمترین فعالیتهای مهندسی بشمار می رود. در شکل زیر پوششهای ساخته شده از ژئوسل به همراه دیافراگم و لایه زیرین در يك پوشش كامل نشان داده شده است. در هر سلول واحدهای پوششی متخلخل به شكل هندسی منظم قرار می گیرند. از امتیازات استفاده از پوشش سلولی، توزیع تنش های ناشی از برخورد موج در طول پوشش نه تنها توسط واحدهای در تماس (فشاری) با یکدیگر بلکه توسط دیافراگم (کشش) نیز می توان یاد کرد. از طرف دیگر اگر يك واحد مجزا از روکش آسیب ببیند آسیب دیدگی یا تخریب به قسمت های دیگر منتقل نخواهد شد و با ترمیم همان واحد، پوشش ترمیم می شود.



شکل ۵-۱۷- اجزاء سلولی واحدهای پوششی



شکل ۵-۱۸- يك مقطع از شكل پوشش

۵-۱-۸- استفاده از ژئوممبرین در حفاظت از سواحل رودخانه ها و
آبراهها

اینگونه مواد مصنوعی که از پلی اتیلن با تراکم زیاد تشکیل می شوند جهت عایق بندی کانال ها و کنترل نشت بکار گرفته می شود. اینگونه مصنوعات دارای خصوصیات زیر می باشند:

- ۱- نسبت به کلیه مایعات نفوذ ناپذیر هستند،
 - ۲- انعطاف پذیرند،
 - ۳- در مقابل فرسایش مقاوم می باشند،
 - ۴- در مقابل مواد شیمیایی و جانوران میکروسکوپی مقاوم هستند،
 - ۵- فاسد نشدنی می باشند،
 - ۶- در مقابل آب دریا مقاوم هستند،
 - ۷- در مقابل ریشه ها و همچنین اشعه ماورای بنفش مقاوم می باشند.
- بنا به خصوصیات ارجح فوق ، این مصنوعات دارای طیف کاربردی وسیعی بوده از جمله در امر عایق بندی سازه هایی مانند تونل ها، گالریها، کف کانال های تازه ساخته شده و نگهداری سواحل کانال های قدیمی و مخازن سدها و دریاچه های مصنوعی (شکل ۵-۱۴ و ۵-۱۵) استفاده می شوند.



شکل ۵-۱۹- استفاده از ژئوممبرین در کف کانال های جدید و
ژئوتکستایل بعنوان پوشش محافظ بر روی آن



شکل ۵-۲۰- کاربرد وسیع ژئوممبرین و ژئوتکستایل در پروژه های مختلف عمرانی

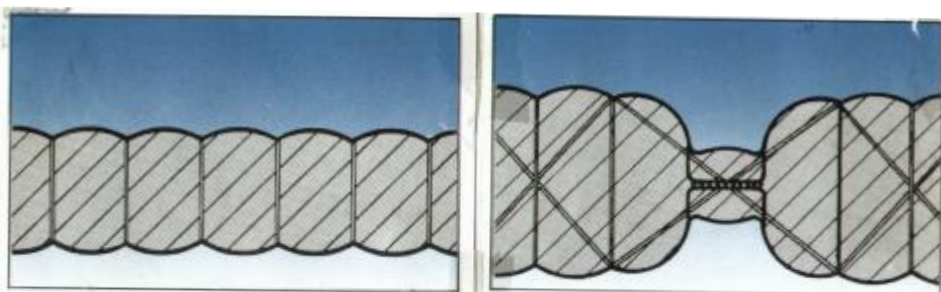
۵-۱-۹- لحافهای بتونی:

انواع مختلف لحافهای مصنوعی که با تزریق دو غاب و یا سیمان پر می شوند، اخیراً محبوبیت های لازم را به دلایل زیادی کسب نموده است. اینگونه لحافها با در برگرفتن مواد تزریقی، آنها را از خطر نشست مصون نگاه می دارد. تخلخل ناچیز این مصنوعات که دارای مقاومت کششی بالایی هستند امکان خروج آب را از لحاف به خارج مهیا نموده و بدین ترتیب باعث کاهش فشار و افزایش درجه سفتی بتون می گردد.

اینگونه مصنوعات در دو نوع مختلف ساخته می شوند:

(۱) لحاف یا پوشش نفوذپذیر و انعطاف پذیر که دارای سطح مقطع ناهمگن بوده و این سطوح از طریق نقاط شکست به یکدیگر متصل می گردند (۵-۲۱ الف).

(۲) لحاف یا پوشش غیر قابل نفوذ که دارای سطح مقطع همگن بوده و با استفاده از عناصری که دارای فضاهای با طول مساوی می باشند تولید می شود. (۵-۲۱ ب).



(ب)

(الف)

شکل ۵-۲۱- انواع کلی لحافهای بتونی

لازم بذکر است که این نوع سیستم های ساخت و ساز در امور مهندسی خاک و پی، و مهندسی هیدرولیک قابل اعتماد بوده و اقتصادی تر از سیستم های سنتی حفاظت از شیب، کف کانال ها و رودخانه ها و آبراهها و سواحل دریاها بر روی دیوارهای عمودی آب بند، خاکریزها، سازه های خروجی، جزیره های مصنوعی، خطوط لوله و سازه های دریایی و زمینی می باشد.

مواد قابل تزریق بداخل لحافهای دو جداره از ماسه، سیمان و آب در محل تشکیل می شود و بداخل پوشش یا لحاف تزریق می گردد.

هنگام نصب مواد از قبل دوخته شده بنا بر نیاز و شرایط سازه ای و تجزیه و تحلیل دینامیکی، توسط ماشین های دوخت مخصوص به یکدیگر دوخته شده و سپس توسط بتون تزریق می شوند. اینگونه مصنوعات بعلت انعطاف پذیری بر اساس پروفیل سواحل رودخانه ها شکل می گیرند و در زیر آب نیز قابل فرش می باشند (شکل ۵-۲۲).

۵-۱-۹-۱- انواع اشکال مختلف لحاف های بتونی

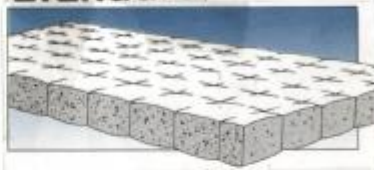
انواع مختلف زیر بر اساس نیاز و شرایط مختلف سازه ای موجود می باشد.

Flex



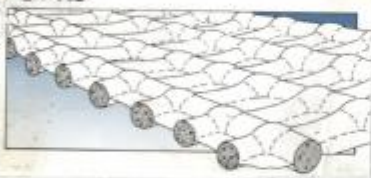
ب) پوشش انعطاف پذیر همراه با پایداری

Standard



الف) پوشش استاندارد جهت عایق بندی

Crib



ت) اسلب تاشو مناسب زیرسازی های نرم قابل نشست

Slab



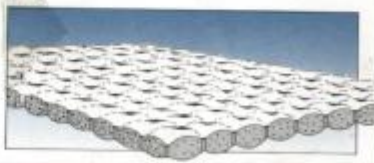
پ) پروفیل گریدی جهت حفاظت از شیب ها در فیلترهای هیدرولیکی بالای سطح آب

Tube



ج) پوشش تیوبی بازهکش مناسب نقاط تحت بار هیدرولیکی کم تا متوسط

FP



ث) پوشش با نقاط فیلتری بازهکش جهت استفاده در نقاط تحت بار هیدرولیکی کم



شکل ۵-۲۲ - نوع Crib اینگونه مصنوعات با قابلیت ایجاد محیط مناسب جهت رویش گیاهان



شکل ۵-۲۳ - نحوه اجرای لحف بتونی در حفاظت از سواحل رودخانه ها

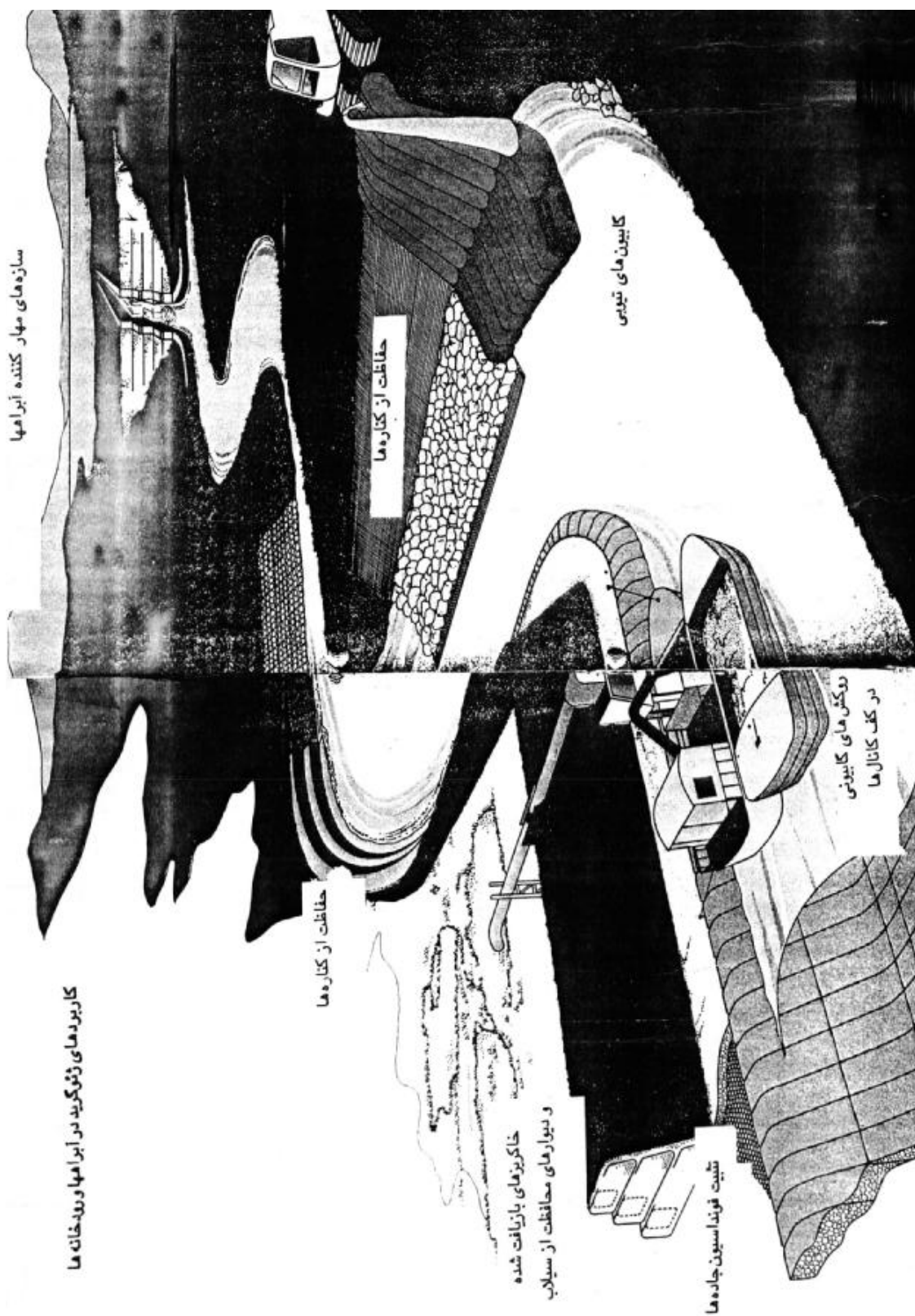
۶- روش های پیشرفته حفاظت از سواحل دریا

۶-۱- استفاده از ژئوگرید در حفاظت از سواحل دریا

قسمت های زیادی از سواحل دریا توسط کمربند تپه های ماسه ای بعنوان محافظ های طبیعی سواحل در مقابل هجوم دریا به محیط اطراف پوشیده شده است. هنگام طوفانهای موسمی خصوصاً در فصل زمستان تپه های ماسه ای بعلت بالا آمدن آب دریا و هجوم امواج تحت فرسایش قرار می گیرند. این تپه ها از مناطق زیر کشت حفاظت نموده و همچنین از پیشرفت آبهای شور به داخل حوزه های آب شیرین زیرزمینی جلوگیری می نماید.

روش های سنتی و مهندسی فراوانی در طی سالیان زیاد در طول سواحل از قبیل استفاده از نرده های چوبی و یا دیوارهای نگهبان گرانیقیمت تاکنون بکار گرفته شده است. استفاده از پوشش های گیاهی محلی نقش بسزائی در حفاظت از تپه های ماسه ای ایفاء می نماید و گونه هایی که بر روی تپه های ماسه ای رشد می نمایند توانایی مقاومت در مقابل هجوم امواج را دارا می باشند. گونه های خاص با ریشه دواندن و رشد سریع در ماسه های ساحلی قدرت تکثیر فراوانی را دارا می باشند.

از طرف دیگر بکارگیری ژئوگریدها بعنوان پوشش های برگزیده بر روی سواحل ماسه ای قادر به شکست امواج و تقسیم نیروی ناشی از شکست امواج بر روی سطح این پوشش خواهند بود و بنابراین باعث کاهش فرسایش در هنگام طوفان می گردند.



ابتدا پوشش های ژئوگرید به طول ۶ متر بر روی سواحل قرار گرفته سپس شبکه های ژئوگرید از قسمت پایین به بالا با استفاده از قلوه سنگهایی به اندازه ۷۵ تا ۲۰۰ میلی متر بصورت دستی و متمرکز پر می شود و در مرحله بعدی چفت های پوشش ژئوگرید توسط ریسمان پلی اتیلن بهم بافته می شوند (شکل ۶-۱).

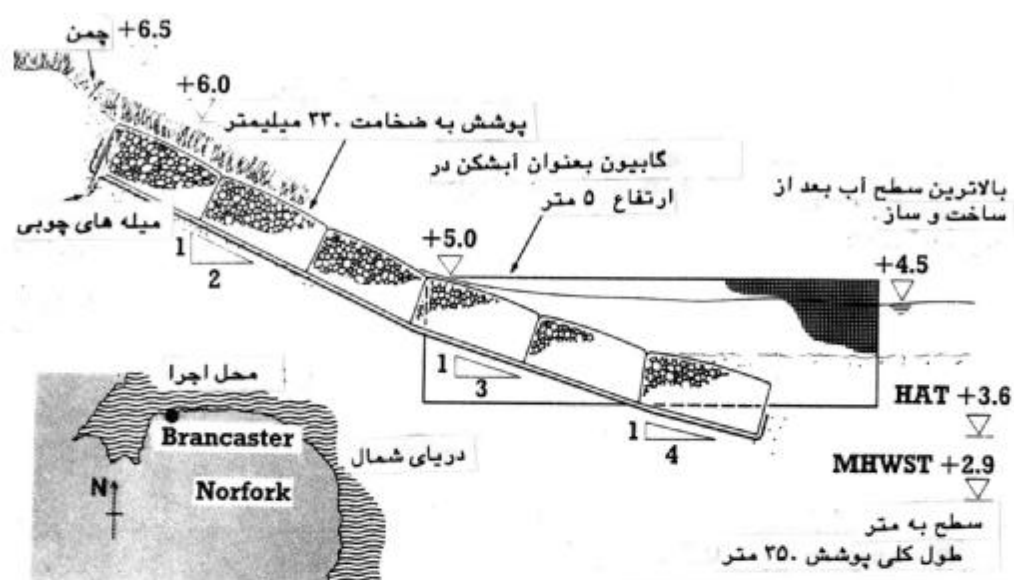
هزینه های اجرایی استفاده از اینگونه محافظ ها به پارامترهای زیر بستگی دارد:

- (۱) سنگهای پر کننده
 - (۲) راحتی دسترسی به محل
 - (۳) استفاده از نیروی انسانی و یا مکانیکی جهت سنگریزی
 - (۴) محدودیت های آب و هوایی و جزر و مدی
 - (۵) حجم کار
- بعد از اجرا، ماسه های بادی فضای متخلخل پوشش را پر نموده و ضمن ایجاد زمینه های رشد پوشش گیاهی مخصوص، نهایتاً پایداری کل سیستم را تضمین می نمایند (شکل ۶-۲)

۶-۲-۲- پایداری سواحل صخره ای با استفاده از ژئوگرید

۶-۲-۱- حفاظت از پاشنه

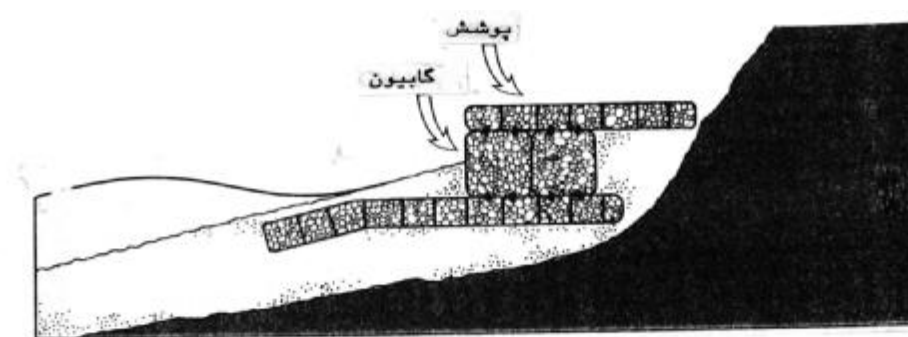
می توان با استفاده از گابیون ها و پوششها جهت ساخت سازه های ثقلی ، فرسایش شدید ناشی از ضربات موج را کاهش داد (شکل ۶-۳)



شکل ۶-۱- نحوه اجرای استفاده از ژئوگرید به منظور حفاظت از سواحل ماسه ای در محلی در دریای شمال



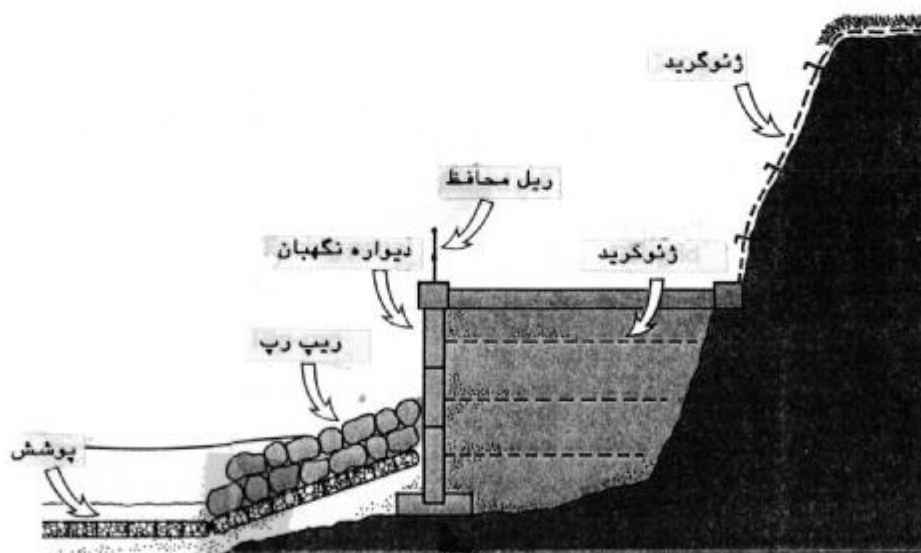
شکل ۶-۲- نحوه تکثیر گونه های محلی بر روی پوشش ژئوگرید



شکل ۳-۶- استفاده از گابیون های ساخته شده از ژئوگرید در حفاظت از پاشنه

۲-۲-۶- حفاظت از بدنه

با استفاده از دیوار نگهبان مسلح شده توسط ژئوگرید می توان از فرسایش صخره های ریزشی جلوگیری نمود. انرژی موج توسط پوشش های تعبیه شده (شکل ۴-۶) جذب خواهد شد.



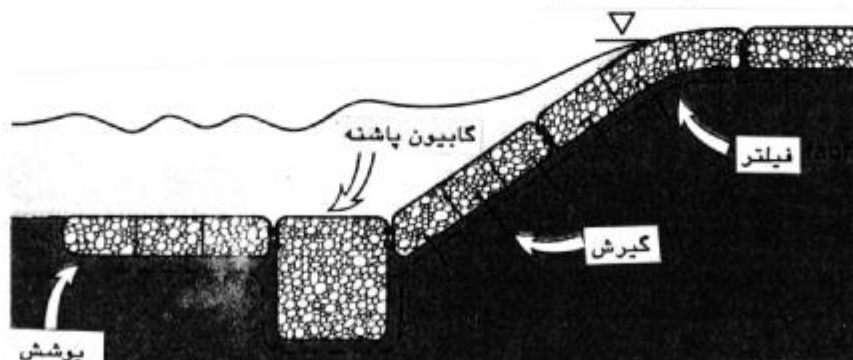
شکل ۴-۶- استفاده از ژئوگرید در مسلح نمودن دیوار حائل و نصب پوشش حفاظ از بدنه سواحل صخره ای

۳-۶- دیوارهای دریایی

به منظور حفاظت از سواحل تحت خطر پیشروی توسط آب دریا و یا جهت پیشگیری از سیلابی شدن نواحی پست، نیاز به احداث دیوارهای محافظ دریایی می باشد و در اغلب موارد احداث سازه های کم عمق به منظور کاهش انرژی اعمال شده از طرف امواج مناسب می باشد. اینگونه دیوارهای شیب دار کم عمق زیر و متخلخل، نقش مهمی در تنظیم ارتفاع امواج و کاهش انرژی امواج منعکس شده خواهد داشت.

۳-۶-۱- شیب های ملایم

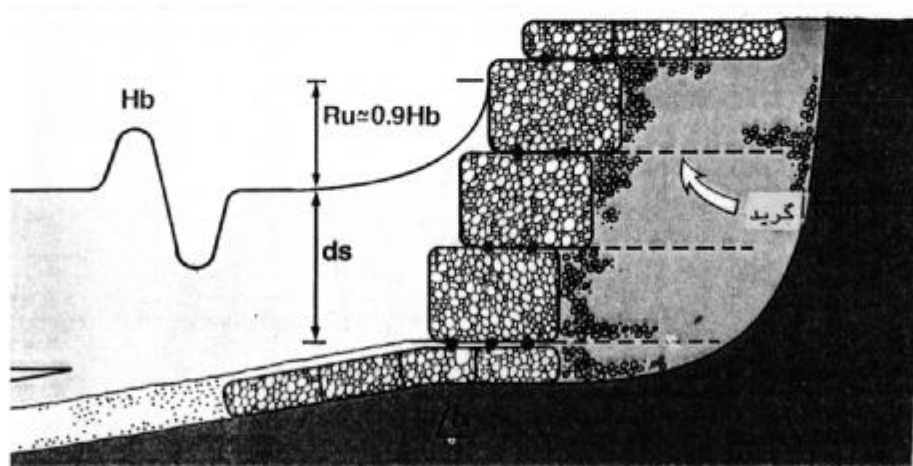
در شیب های ملایم نیاز به احداث دیوارهای دریایی می باشد. از آب شستگی قسمت پاشنه این دیواره با استفاده از پوشش های ژئوگریدی جلوگیری بعمل می آید. همچنین استفاده از گابیون سنگی نیز در قسمت پاشنه جهت حمایت از پوشش ضروری می باشد. در چنین مواردی می توان از گابیون های تیوبی نیز استفاده نمود (شکل ۵-۶).



شکل ۵-۶- استفاده از ژئوگرید در تأمین پوشش (Revetment)

۶-۳-۲- شیب‌های تند

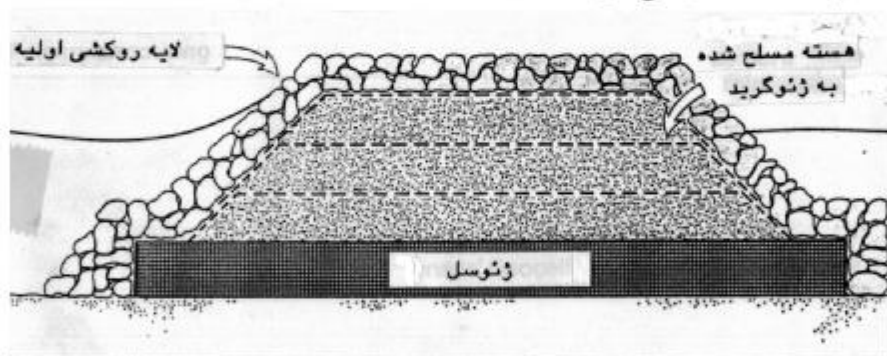
به منظور حفاظت از سواحل دریا با شیب تند یا دیواره‌های تقریباً عمودی می‌توان از گابیون‌های ژئوگریدی استفاده نمود. در این روش، خاک پشت گابیون با استفاده از ژئوگرید مسلح شده و گابیون‌ها به توده خاک محکم می‌گردند. در سازه‌هایی که به منظور حفاظت از شیب‌های تقریباً عمودی طرح می‌شوند، ارزیابی امواج بعنوان نیروهای اعمالی خارجی حائز اهمیت است و جهت تخمین نیروی وارده ناشی از امواج، تعیین اینکه سازه در مقابل کدامیک از امواج غیر شکننده، شکننده و یا شکسته شده قرار می‌گیرد الزامی است. نوع موج به فاکتورهای متفاوتی بستگی دارد که مهمترین آنها ارتفاع ساحل و شیب آن، عمق آب و تناوب امواج می‌باشد (شکل ۶-۶).



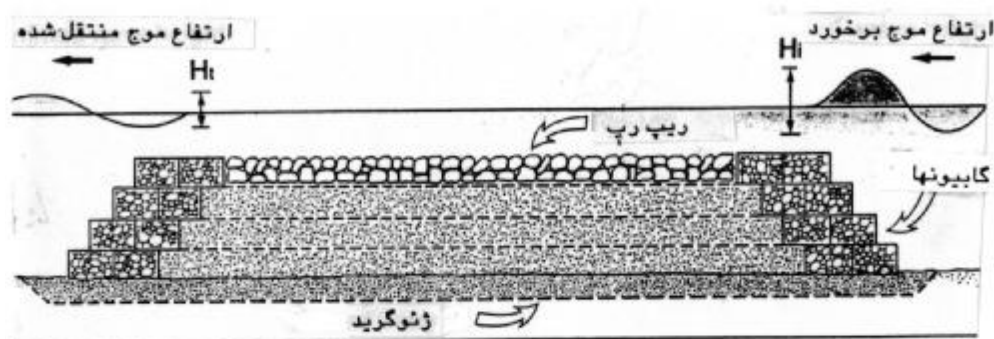
شکل ۶-۶- حفاظت از شیب‌های تند با استفاده از گابیون‌های ژئوگریدی خاک مسلح

۳-۶- موج شکن ها

موج شکن ها به منظور کاهش انرژی برخورد امواج طراحی می گردند که نتیجتاً باعث ایجاد آرامش آب در قسمت های پشت موج شکن می گردند. می توان بانصب ژئوسلول های ساخته شده از ژئوگرید بر روی کف دریاها و مناطقی که دارای مقاومت پی کم می باشند و با احداث خاک مسلح ژئوگریدی و نهایتاً قرار دادن روکش هایی از سنگ با ابعاد مناسب بر روی ژئوسلول ها به احداث موج شکن های زیرآبی اقدام نمود. ابعاد هندسی موج شکن های زیر آبی نقش مهمی را در عملکرد آنها بازی می نماید و هر چه تاج آن عریض تر و ارتفاع آن کم تر باشد باعث جذب بیشتر انرژی امواج می گردند. موج شکن هایی که مقطع آنها به شکل دوزنقه می باشند با ضریب عبور آب در حدود 0.6 تا 0.7 ، باعث کاهش انرژی امواج تا حدود ۲۰ تا ۵۰٪ می گردند.



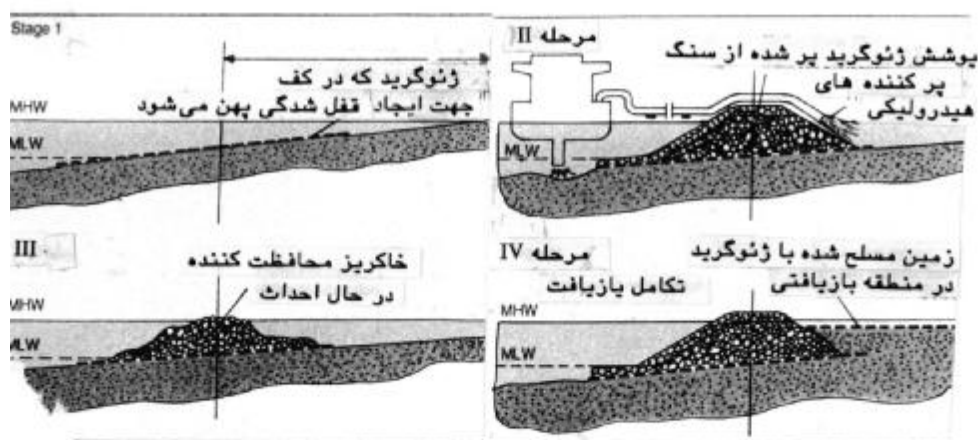
شکل ۶-۷- احداث موج شکن با استفاده از پوشش های ژئوسل و خاک مسلح ژئوگریدی



شکل ۶-۸- احداث موج شکن زیر آبی با استفاده از گابیون های ژنوگریدی

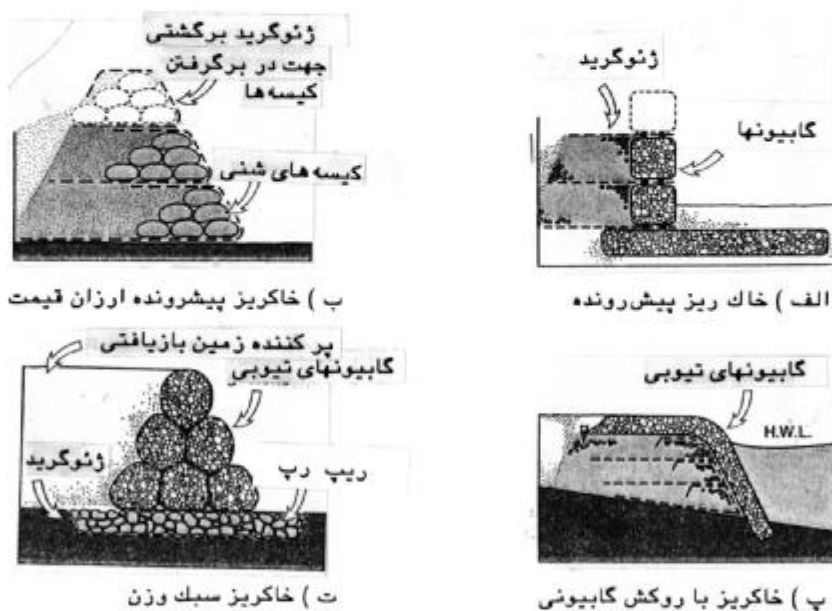
۶-۵- استفاده از ژنوگرید در بازیافت زمین از دریا

استفاده از اینگونه مصنوعات نقش مهمی را در بازیافت زمین از دریا ایفا نموده است. در این روش ابتدا ژنوگرید در کف دریا فرش گشته و بر روی آن ریپ - رپ قرار می گیرد، سپس بر روی این فونداسیون خاکریز احداث شده و نهایتاً یک لایه روکش حفاظتی بر روی خاکریز مفروش می گردد. در مرحله بعدی، زمین پست خاکریز توسط پرکننده های هیدرولیک از کف دریا به داخل زمین در دست بازیافت پمپ گشته و ضمن قرار دادن ژنوگرید در لایه زیرین، زمین بازیافت شده را می توان مسلح نمود. شکل ۶-۹ مراحل مختلف نحوه بازیافت زمین از دریا را با استفاده از ژنوگرید نشان می دهد و شکل ۶-۱۰ روشهای گوناگون استفاده از ژنوگرید در حفاظت از مواد پرکننده در شرایط نامناسب را نشان می دهد.



شکل ۶-۹- مراحل مختلف اجرایی بازیافت زمین از دریا

با استفاده از ژئوگرید



شکل ۶-۱۰- انواع روشهای اجرای خاکریز با استفاده از ژئوگرید

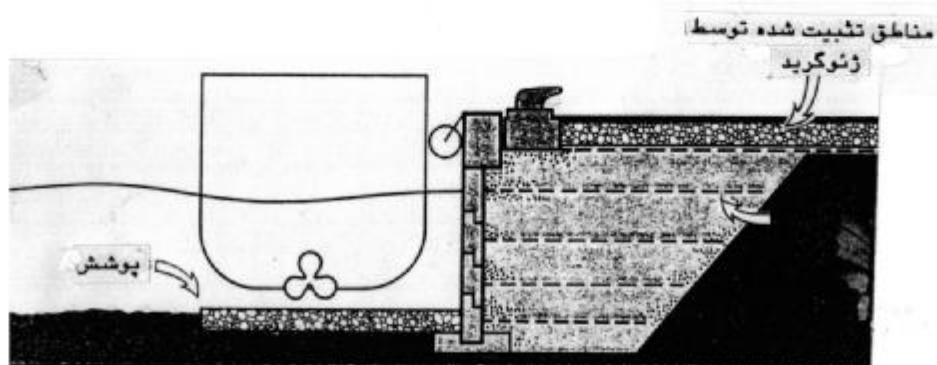
۶-۶- استفاده از ژئوگرید در ساخت لنگرگاه و بندرگاه

۶-۶-۱- سازه های آبی در خط مقدم

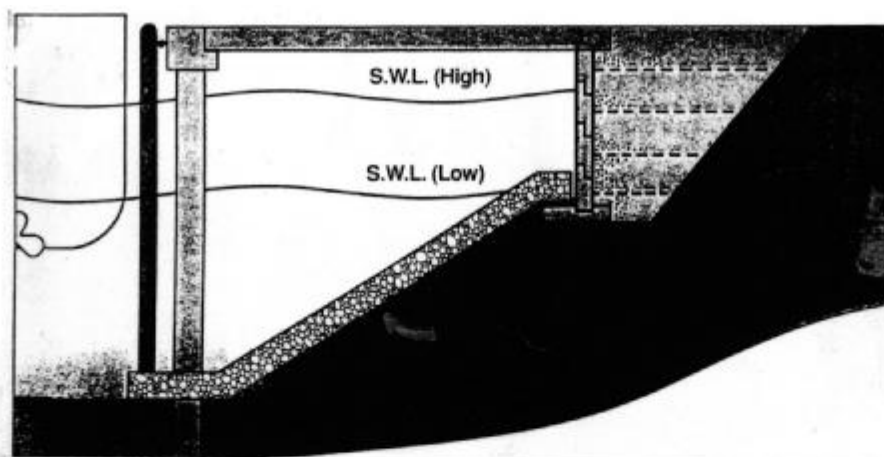
اینگونه سازه ها به منظور پهلوگرفتن کشتی ها و سهولت در امر بارگیری احداث می شوند. بغیر از وارد آمدن بار ناشی از اینگونه فعالیت ها به سازه های آبی، آنها باید در مقابل نیروهای ناشی از برخورد شناورها هم مقاوم باشند.

در بندرگاههای جدید هنگامی که ساخت و ساز در محیط های خشک غالباً امکان پذیر می باشند، استفاده از خاک مسلح ژئوگریدی در مقایسه با روش های سنتی دیوارهای نگهبان بسیار اقتصادی تر خواهد بود.

در مناطقی که استفاده از سپرکوبی ترجیح داده می شود، از دیوارهای حائل خاک مسلح ژئوگریدی در بالای سطح پائینی آب دریا استفاده می شود و سپس در مقابل این سازه و در شیب ساحل در زیر آب می توان از گابیون های تیوبی به عنوان پوشش قبل از نصب و ساخت عرشه استفاده نمود.



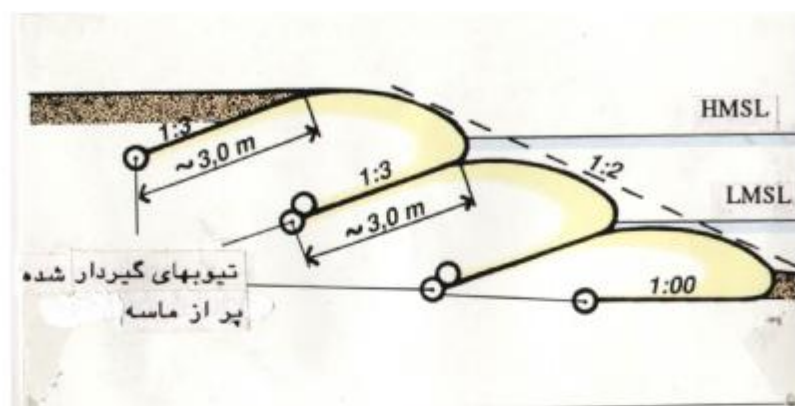
شکل ۶-۱۱- خاک مسلح شده با ژئوگرید در پشت دیوارهای لنگرگاه



شکل ۶-۱۲- خاک مسلح شده با ژئوگرید در پشت دیوارها و یا تیغه های چوبی

۶-۷- حفاظت از سواحل دریا با استفاده از کیسه های شنی و تیوب های ساخته شده از ژئوتکستایل

کیسه ها و تیوب های ساخته شده از ژئوتکستایل که دارای مقاومت کششی بالایی هستند را می توان بعد از پر نمودن از ماسه های موجود در محل بعنوان عناصر ساخت و حفاظتی در حفاظت از سواحل دریا استفاده نمود. از اینگونه کیسه ها عموماً بعنوان گزینه های موقت تعمیراتی در حفاظت های آسیب دیده استفاده می گردد. (شکل ۶-۱۳ و ۶-۱۴). همچنین از این مصنوعات به شکل تیوب که از ماسه پر می شوند و دارای قطر ۱۵۰ سانتی متر و طول ۱۵۰ متر می باشند می توان در حفاظت از سواحل دریا استفاده نمود. اینگونه تیوب ها بعد از دوخته شدن به یکدیگر و تزریق هیدرولیکی در مقابل فرسایش ناشی از عملکرد امواج مقاوم خواهند بود.



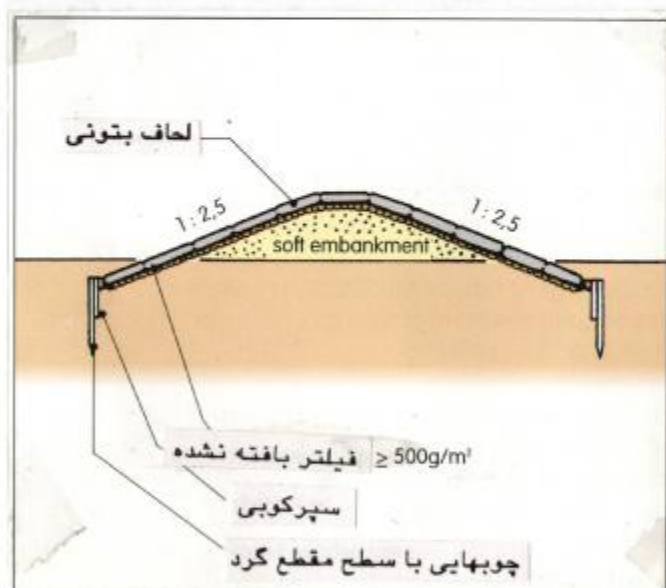
شکل ۶-۱۳- نحوه طراحی استفاده از کیسه های شنی در حفاظت از سواحل دریا



شکل ۶-۱۴- اجرای استفاده از کیسه های ژئوتکستایل پر شده از ماسه بر روی خاکریزهای ایجاد شده

۴-۶- حفاظت سواحل دریا با استفاده از لحافهای بتونی

به منظور حفاظت سریع از سواحل دریا می توان ابتدا خاکریزی را احداث نمود که دارای ارتفاع و شیب مناسب بوده و از مصالح موجود در منطقه استفاده گردد، آنگاه روی يك لایه ژئوتکستایل حفاظتی که بعنوان فیلتر فرش می شود در مرحله بعدی ضمن نصب لحاف دو جداره، دو غاب بتون داخل آن تزریق می گردد. همانطور که در شکل ۱۵-۶ مشاهده می گردد لبه های انتهایی لحاف بتونی توسط شمع کوبی و تیرهای چوبی به کف دریا لنگر می گردند. شکل ۱۶-۶ نمونه هایی از لحاف بتونی اجرا شده را نشان می دهد.



شکل ۱۵-۶- طرح استفاده از لحافهای بتونی در حفاظت از سواحل دریا



شکل ۶-۱۶- نمونه اجرا شده استفاده از لحاف بتونی در حفاظت
سواحل دریا

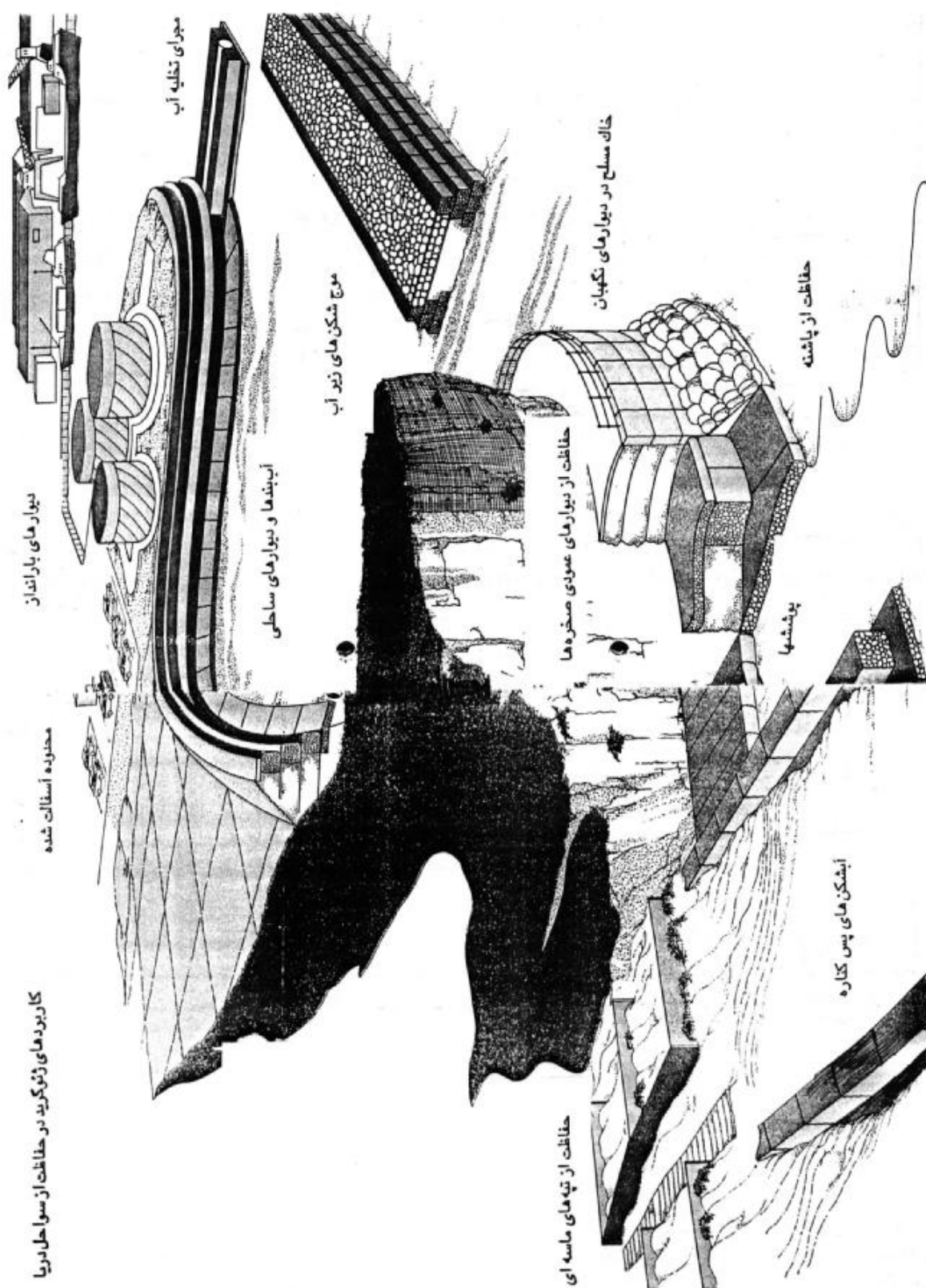
- استفاده از روش فوق مزایای زیر را در برخواهد داشت:
- ۱- استفاده طبیعی از ساحل و ایجاد چشم اندازی زیبا در کنار ساحل
 - ۲- نفوذ ناپذیر بودن آن (آب به پشت موج شکن نمی رسد)
 - ۳- هزینه اجرایی کمتر و اقتصادی بودن پروژه
 - ۴- باز یافت زمین از دریا

۷- مقایسه روشها

۷-۱- جوانب اجرایی

مطالعه گزارش منعکس کننده این حقیقت است که استفاده از روش های پیشرفته امروزی حفاظت از سواحل رودخانه ها و دریا در مقایسه با روش های سنتی صرفاً بعلت پیشرفت تکنولوژی ساخت مواد مصنوعی از امتیازات اجرایی بیشتری برخوردار است. در کلیه روش های سنتی مشکلات ناشی از شرایط بستر، در دسترس نبودن مصالح، سازگاری بستر با نوع سازه محافظ، قابل دسترس بودن محل اجرا، سرویس دهی و هزینه نگهداری، عدم اطمینان کافی از گزینه منتخب، خشک و یا تر بودن محیط و تاثیر آن بر روی پیشرفت فیزیکی پروژه و غیره، انتخاب يك گزینه خاص را دیکته می نماید در صورتیکه در روش های پیشرفته امروزی مشکلات فوق در انتخاب يك گزینه حفاظتی دخیل نمی باشند و استفاده از ژئوسنتتیک ها به همراه تکنولوژی سریع و ساده اجرایی نصب در کلیه محیط ها جایگزین روش های سنتی حفاظت از سواحل دریا و رودخانه ها و بطور کلی در کلیه پروژه های عمرانی گشته است.

لازم بذکر است که باید در استفاده از اینگونه مصنوعات در پروژه ها توسط مسئولین توجه بیشتری شود تا دقیقاً امتیازات استفاده از آنها در اسرع وقت لمس گردد.



۷-۲- جوانب اقتصادی

جوانب اقتصادی بهره برداری از ژئوسنتتیک ها هنوز در کشور عزیزمان ملموس نگشته است زیرا بغیر از يك یا دو پروژه عمرانی که از اینگونه مصنوعات استفاده شده است موارد بیشتری به چشم نمی خورد. برای مثال استفاده از ژئوگرید در مسلح نمودن دیوار حائل در پروژه پارک نمایشگاهی تهران که توسط این مهندسین مشاور طراحی گشته است حدود ۲۰۰۰۰۰ ریال در هر متر مربع از نما هزینه داشته است که این مبلغ به مراتب ارزانتر از روش خاک مسلح (استفاده از نوار فلزی با قالب های بتونی پیش ساخته) که استفاده از آنها در ترانشه های خاکی اطراف پل ها و اتوبان های تهران بچشم می خورد و حدود ۷۰۰۰۰۰ ریال در هر متر مربع از نما می باشد، شده است.

جدول ۷-۱- روش های حفاظت از سواحل

روش های حفاظت از سواحل	طول کامل به کیلومتر	هزینه میانگین متر / پوند برای هر متر از سواحل
چمن کاری با استفاده از بذر چمن	۲۱۱	۱
سپرکوبی فولادی	۲۰۳	۵۸
سنگ چین نامنظم دوغابکاری نشده	۱۴۵	۲۵
شمع کوبی فولادی	۴۱	۱۳۰
بلوک های بتنی قفل شده	۱۲	۱۱۶
جعبه های گابیونی	۸	۸۷
دیوار بتونی درجاریز	۷	۳۴۷
سپرهای آریست	۵	۱۵
انواع درخت بید / کامپوزیت ها	۴	۲۱۶
سنگ چین نامنظم	۴	۴۳
کیسه های پر شده از بتون	۳	۸۵
بلوک های بتونی دوغابکاری شده	۲	۱۲۸
بلوک های بتونی که با سیم بهم متصل می شوند	۲	۳۰۹
دیوارهای آجری	۲	۵۴۹
صفحات بتونی درجاریز	۱	۴۶۳
کلاف ژئوتکستایل	۸	۱۸
شبکه ژئوتکستایل	۸	۹
چمن مسلح به ژئوتکستایل	۱	۱۹
لحاف های بتونی	۲	۲۹۱

ارزیابی اقتصادی که کشور انگلستان برحسب مقدار (طول به متر) در استفاده از مواد ژئوسنتتیک و نوع حفاظت بکار گرفته شده در طول هفت سال بعمل آمده است در جدول ۷-۱ نشان داده شده است.

مطالعه این جدول بسادگی نمایانگر این حقیقت است که استفاده از ژئوسنتتیک ها در پروژه ها در مقایسه با روش های سنتی به مراتب اقتصادی تر خواهد شد . پیشرفت فیزیکی سریعتر و انعطاف پذیری اینگونه مصنوعات مزید بر جنبه های اقتصادی استفاده از آنها است.

شایان ذکر است که اقتصادی بودن استفاده از اینگونه مصنوعات زمانی بیشتر احساس می گردد که مسئولین محترم توجه بیشتری به استفاده از این مواد در پروژه های عمرانی مختلف بنمایند و برآوردها نشان داده است که علیرغم ارزبری استفاده از اینگونه مصنوعات، هزینه تمام شده پروژه ها به مراتب کمتر از روش های سنتی در حال اجرا است. اخیراً بخش خصوصی به اهمیت استفاده از ژئوسنتتیک ها در پروژه های عمرانی در ایران پی برده و درصدد خرید و انتقال دستگاههای ساخت و تولید آنها می باشند و تا سال آینده اینگونه مصنوعات در کشور عزیزمان تولید خواهد شد که باعث اقتصادی تر شدن پروژه ها با استفاده از این مواد می گردد.

با ترغیب و تشویق مسئولین از طریق ایجاد تسهیلات لازم به جهت ساخت و تولید اینگونه مصنوعات و نهایتاً انتقال تکنولوژی

ساخت به داخل کشور با توجه به قابل دسترس بودن و ارزان قیمت بودن مواد خام در کشور، کلیه پروژه های عمرانی می توانند با بهره برداری از مصنوعات موجود در هزینه های هنگفت ناشی از مصالح گرانتقیمت و طولانی شدن مرحله ساخت که نهایتاً باعث بهره برداری بیشتر از نیروی انسانی، وسایل و تجهیزات می گردد صرفه جویی نمایند.

۷-۳- تخصص های موجود در طراحی با ژئوسنتتیک ها

بخش ژئوتکنیک این مهندسين مشاور با استفاده کارشناسان مجرب که دارای تجربه در طراحی، نحوه اجرا و نظارت در استفاده از اینگونه مصنوعات در پروژه های عمرانی داخل و خارج از کشور می باشند از توانایی ها و قابلیت های کافی استفاده از این تکنولوژی نوین برخوردارند. برآوردهای اقتصادی و فنی تهیه شده توسط این گروه در استفاده از اینگونه مصنوعات در پروژه ها به منظور توجیه نمودن بهتر کارفرمایان و مسئولین و مدیران پروژه ها قابل دسترسی می باشد.

۸- خلاصه و نتیجه گیری

حفاظت از سواحل رودخانه ها و دریاها و جلوگیری از پیشروی آب دریا امری است حیاتی و اجتناب ناپذیر که عدم انجام آن خسارات فراوانی را به بشر خواهد زد.

با تحول عظیمی که در تکنولوژی ساخت مواد مصنوعی ایجاد شده است انسان قادر به مقابله با مشکلات ناشی از فرسایش سواحل رودخانه ها و پیشروی آب دریا گشته است که در مقایسه، روش های سنتی با استفاده از مواد و مصالح موجود در طبیعت فاقد قابلیت های لازم می باشند. حفظ سواحل رودخانه های موجود و یا احداث کانالها و آبراه های جدید به منظور رفع نیازهای بشری در زمینه های مختلف اقتصادی و اجتماعی در مقایسه با دوران گذشته از اهمیت بیشتری برخوردار گشته و رفع مشکلات حاصل از استفاده از روش های سنتی با معرفی و تولید مصنوعات قابل اعتماد از قبیل ژئوتکستایل، ژئوگرید و ژئوممبرین و تکنولوژی جدید نصب سریع آنها در محل، توجه مسئولین پروژه ها را در کلیه زمینه های عمرانی به خود جلب نموده است. قابلیت های اجرایی، انعطاف پذیری و مقرون به صرفه بودن اجرای پروژه ها با استفاده از اینگونه مصنوعات از امتیازات قابل ذکر آنها در حفاظت از سواحل رودخانه ها و دریا ها بشمار می رود.

تشویق مسئولین و مدیران پروژه ها در کشور در بکارگیری و بهره برداری از ژئوسنتتیک ها و انتقال تکنولوژی ساخت و تولید انبوه این گونه مواد در داخل، نه تنها به اقتصادی تر شدن پروژه ها کمک می نماید بلکه به اجرای مطمئن و پایدار پروژه ها ختم خواهد گشت.

۸- منابع و مراجع

- 1- Hemphill, R.W. and Bramley, M.E. (1990) Protection of River and Canal Banks (a guide to selection and design), CIRIA London UK
- 2- Margaret, S.P. (1986) River Engineering, Prentice Hall
- 3- Rankilior, P.R. (1981) Membranes in Ground Engineering, John & Son Ltd.
- 4- Koerner, R.M. (1986) Designing with Geosynthetics, Prentice Hall
- 5- Tensar Geogrids in Civil Engineering, A guide to the Products and Their Applications (1995) Netlon Limited. U.K
- 6- Construction System for Slope and Bed Protection Engineering with Geosynthetics, Huesker Synthetic Gescher/Germany
- 7- Muir - Wood & Flemming, C. (1981) Coastal Hydraulics- McMillan
- 8- Berkeley Thorn & Robert A. G. (1981) Sea Defence and Coast Protection, Telford.
- 9- Jansen, P. et al (1976) (ED) Principles of River Engineering- Pitman
- 10- Peter, P. (1982) Canal and River Levees- Elsevier

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۳۶ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده است:

- ۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)
- ۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)
- ۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)
- ۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)
- ۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)
- ۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)
- ۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)
- ۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)
- ۹- رونمایی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)
- ۱۰- مطالعات اقتصادی جهت احداث مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۹)
- ۱۱- نگاهی کوتاه بر طراحی فضای سبز - "تجربیات کشورهای مختلف" (تابستان ۱۳۷۲)
- ۱۲- بازیافت آب در صنایع شن و ماسه‌شونی (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۳- بناهای چوبی (کنده‌ای) در ایران و تجربیات کشورهای دیگر (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۴- نکاتی در مورد طراحی ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته پیش‌تنیده در مناطق زلزله‌خیز (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۵- اتوماسیون و بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع الکتریکی (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۶- انرژی دریاها (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۷- پارکینگ‌های مکانیکی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۸- انرژی باد (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۹- اصول طراحی ساختمان‌های اداری و بانک‌ها (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۰- انرژی خورشیدی (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۱- طراحی مرکز خرید- جلد اول: مطالعات مقدماتی جهت طراحی مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۲- شهر سالم با آمورتون (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۳- شهر سالم - کاربرد سیستم‌های فتوولتائیک از میلی وات تا مگاوات (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۴- شهر سالم- اصول طراحی برای افراد دارای کپولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۵- نسل چهارم نیروگاه‌ها (پائیز ۱۳۷۳)

- ۲۶- بازیافت آب در صنایع نساجی (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۷- مراکز درمانی و بیمارستان‌های آینده (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۸- شهر سالم-انبوه‌سازی (انبوه‌سازان اسکان) (زمستان ۱۳۷۳)
- ۲۹- سیستم‌های مدیریت بار و مدیریت انرژی در شبکه‌های انرژی الکتریکی (زمستان ۱۳۷۳)
- ۳۰- بازیافت آب - "تصفیه پساب صنایع لبنی" (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۱- شهر سالم - صنعت چوب و کاغذ و نقش آن در فرهنگ، اقتصاد و سیاست (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۲- صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های مسکونی (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۳- شهر سالم- معماری و پرورش فکری کودکان و نوجوانان (تابستان ۱۳۷۴)
- ۳۴- شهر سالم- بازیافت زباله و مصالح ساختمانی و نقش آن در حفظ خاک و پاکسازی محیط (پائیز ۱۳۷۴)
- ۳۵- شهر ما کجاست (زمستان ۱۳۷۴)
- ۳۶- حفاظت سواحل دریا و رودخانه‌ها- معرفی روش‌های سنتی و پیشرفته (زمستان ۱۳۷۵)

نشریه‌های تخصصی منتشر شده بخش‌های مختلف گروه بین‌المللی ره‌شهر

- ۱- بازارچه صنایع دستی در کوهپایه‌های شمال تهران (بخش شهر سالم) تیر ماه ۱۳۷۴
- ۲- بهینه‌سازی خدمات پرواز (بخش شهر سالم) - (دی ماه ۱۳۷۳)
- ۳- بهینه‌سازی بار ترافیکی بزرگراه‌ها (بخش شهر سالم) (دی ماه ۱۳۷۳)
- ۴- پارک انرژی‌های نو (بخش شهر سالم) - (شهریور ماه ۱۳۷۳)
- ۵- استفاده از مولتی ویزن در مراکز پرتردد شهری (بخش شهر سالم) (اردیبهشت ماه ۱۳۷۳)
- ۶- سازماندهی کارکردهای بهینه‌ی نمایشگرهای دیجیتالی (بخش شهر سالم) اسفند ماه ۱۳۷۲
- ۷- شهرک ترافیکی کودکان (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۸- پارک پویش: اندیشه سالم / بدن سالم در شهرک فاطمیه منطقه ۲۰ شهرداری تهران (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۹- پژوهش در تاریخچه، مفهوم و سیر تحول "شهرسازی" و "شهر سالم" در فرهنگ ایران و اسلام (بخش شهر سالم) - آبان ماه ۱۳۷۲
- ۱۰- اصول طراحی مراکز دیسپاچینگ (بخش انرژی) زمستان ۱۳۷۲
- ۱۱- تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه‌های شمالی تهران (بخش عمران آب) بهار ۱۳۷۳