



موضوع ترجمه : Rip RAP

دانشجو : رامین دژآگاه

استاد راهنما : دکتر جلال صادقیان

درس سدهای خاکی

تابستان ۹۶

فهرست

- ۱- مقدمه ۴
- ۲- مطالب مربوط به طراحی و ساخت ۵
- ۳- ضعف های ریپ ریپ ۷
 - ۳-۱- فرسایش ذرات ۷
 - ۳-۲ لغزش انتقالی ۷
 - ۳-۳- پایین افتادگی یا لیز خوردگی ۷
 - ۳-۴- پایین افتادگی تعدیل یافته ۷
- ۴- طراحی ریپ ریپ ۸
 - ۴-۱- مشخصه های مورد نیاز طراحی ۸
 - ۴-۲- اطلاعات میدانی ۸
- ۵- طول پوشش ریپ ریپ ۹
- ۶- حفاظت در زیر پوشش سنگ چین ۱۰
- ۷- فیلتر ۱۰
- ۸- ابعاد سنگ دانه های ریپ ریپ ۱۱
 - ۸-۱- شکل سنگدانه ها ۱۲
 - ۸-۲- وزن مخصوص سنگدانه ها ۱۲
 - ۸-۳- تخمین ابعاد ۱۲
- ۹- دانه بندی مصالح ریپ ریپ ۱۶

- ۱۰- ضخامت سنگ چین ریپ رپ..... ۱۷
- ۱۱- آبشستگی..... ۱۷
- ۱۱-۱- تخمین عمق آبشستگی..... ۱۷
- ۱۱-۲- حفاظت پنجه در برابر آبشستگی..... ۱۸
- ۱۲- آبشکن..... ۱۸
- ۱۳- طراحی بر اساس معیار های زیست محیطی..... ۱۹
- ۱۴- تزریق در ریپ رپ..... ۲۰
- ۱۵- جدول 205-A..... ۲۰
- ۱۶- جدول 205-B..... ۲۰

۱- مقدمه

هدف مادر این پژوهش، طراحی و ساخت و انجام کارهایی است که از فرسایش سواحل کنار رودخانه و شیب خاکریزها، در برابر جریان جلوگیری کند. سازه های محافظ در اینجا تحت عنوان پتوی سنگ چین طبقه بندی میشوند. ریپ رپ یا پتوی سنگ چین به دلایل زیر از بهترین محافظ های مقابله با فرسایش است:

- *نسبت به سایر محافظها با پایین ترین هزینه نهایی اجرا می شود
- *هنگام تخریب شیب سدهای خاکی ناشی از برخورد امواج معمولاً قطعه سنگ های مقاطع به صورت محدود جدا میشوند.
- *ریپ رپ سنگی به خصوص از نوع ریخته شده (Dumped stone) سازگاری مناسبی با نشست بدنه سد خاکی دارد.
- *تخریب لایه پوشش ریپ رپ معمولاً به صورت تدریجی اتفاق می افتد.
- ریپ رپ ها از مصالح شکسته (خرده سنگ) و مصالح دیگر ساخته میشوند و در شکلهای مناسبی در راستای جریان قرار میگیرند.
- همچنین استفاده از لایه فیلتر جهت جلوگیری از شسته شدن مصالح و خرابی بعد از احداث سد و سازه های دیگر، در اثر فرسایش اهمیت دارد، که معمولاً بین ریپ رپ و خاک سطحی زیر ریپ رپ قرار میگیرد و از جابه جایی خاک جلوگیری میکند .
- در ایالت بریتیش کلمبیا ، ریپ رپ بیشتر برای حفاظت مصالح ساحل کناره رودخانه به کار می رود.

در این منطقه چرخه های ذوب و یخبندان تاثیر مهمی در طراحی ریپ رپ میگذارند.

در بعضی موارد از بلوکهای بتنی ، گابیون ها ، کیسه های بتنی ، پلاستیک ، دالهای بتنی، روسازی صلب، ریشه گیاهان ،شمع های چوبی و فلزی ، جک و سایر سازه های مشابه ، به جای سنگ چین ریپ رپ استفاده میشود.

یکی از محدودیت های ریپ رپ عدم استفاده آن در شیبهای تنداست ، برای شیب های بیش از ۲:۱ جهت جلوگیری از فرسایش باید از سازه های دیگری استفاده کرد ، و همچنین آسیب به زیستگاه جانوران به خصوص ماهیان می باشد.

۲- مطالب مربوط به طراحی و ساخت:

توجه به دوام سنگ دانه ها ، دانه بندی و ضخامت آنها، توازن بین سائز سنگ دانه ها و وزن آنها ، قفل و بست بین سنگ دانه ها، اهمیت ویژه ای در انتخاب مصالح برای ریپ رپ و تاثیری که روی عملکرد ریپ رپ میگذارند، دارد.

علاوه بر موارد فوق رژیم جریان و شرایط هیدرولیکی هم در این امر اثر گذارند.

مسائلی که باید در نظر گرفته شود:

*تعمیر جزئی خاکریز ها نیازمند حداقل ۱۰۰ متر مکعب مصالح ریپ رپ دارد

* تعمیر اصلی خاکریز موجود ، نیازمند بازسازی خط ساحل و جایگذاری چندین متر مکعب ریپ رپ دارد.

*وجود خاکریزهای با لادست و پایین دست و تاثیر آنها بر فرسایش

*حفاظت اضطراری از فرسایش در طول سیلاب

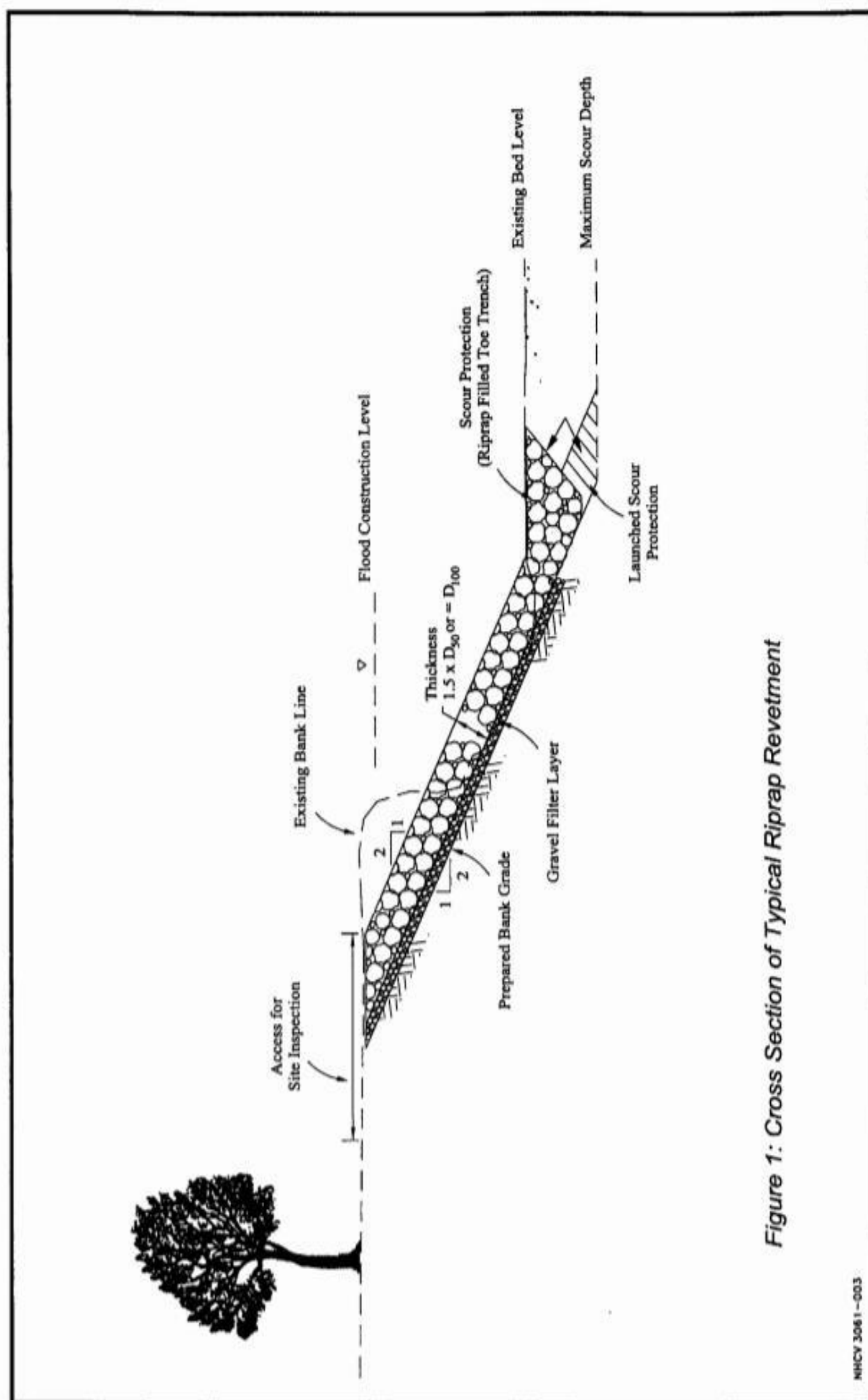


Figure 1: Cross Section of Typical Riprap Revetment

۳- ضعف های ریپ ریپ:

چهار مورد از نقص های ریپ ریپ عبارت اند از :

۱- فرسایش ذرات

۲- لغزش انتقالی

۳- پایین افتادگی یکپارچه یا لیز خوردگی

۴ - پایین افتادگی تعدیل یافته

۱-۳- فرسایش ذرات : شامل انتقال ذرات درشت دانه به دلیل سرعت جریان ، و یا در اثر جابجایی سنگدانه ها در هنگام ساخت ریپ ریپ می باشد. همچنین شیب جانبی تند نیز این نقص را به دنبال دارد.

۲-۳ لغزش انتقالی : در طول ترک یا شکست های موازی با شیب جانبی به وجود می آید. به طور کلی لغزش انتقالی به دلیل ابلستگی ، ضعف مقاومت کافی سطح زیر ریپ ریپ به وجود می آید و عواملی چون فشار آب حفره ای ، شیب تند خاکریزها ، ان را تشدید میکنند.

۳-۳- پایین افتادگی یا لیز خوردگی : به دلیل ناپایداری در زیر لایه سنگ چین ، شیروانی های ناپایدار و مرتفع به وجود می آید.

۴-۳- پایین افتادگی تعدیل یافته : شامل حرکت پتوی ریپ ریپ بدون گسیختگی و حرکت پاشنه می باشد ، که در اثر شیب تند جانبی به وجود می آید.

۴- طراحی ریپ ریپ :

طراحی سنگچین ریپ ریپ بر اساس مشخصه های ساحل کناری رودخانه و مشخصه های هیدرولیکی جریان ، به خصوص در مواقع سیلابی انجام میشود.

۴-۱- مشخصه های مورد نیاز طراحی:

۱- طول حفاظت ساحل ، ۲- شکل سنگدانه ، ۳- سایز سنگدانه ها ، ۴- شیب ساحل و ارتفاع ریپ ریپ ، ۵- مشخصات لایه فیلتر ، ۶- حفاظت پاشنه ، ۷- طول حفاظت بالا دست و پایین دست منطقه مورد حفاظت.

۴-۲- همچنین به یک سری از اطلاعات میدانی برای طراحی نیاز است ، که عبارت اند از:

۱- بازرسی از ساحل رودخانه ، تعیین محدوده فرسایشی اخیر و رفتار رودخانه در نزدیکی محلی که قرار است محافظت شود.

۲- در بیشتر پروژه ها مقطع عرضی سیلاب دشتهای ، کانال جریان و ساحل کناری رود مورد نیاز است.

۳- نقشه ها و تصاویر هوایی و تشریح مصالح بستر و ساحل رودخانه

۴- آنالیز هیدرولوژیکی ، تعیین دبی طراحی براساس مطالعات گذشته و بررسی نقشه های سیلاب دشتهای

۵- آنالیز هیدرولیکی ، تعیین تراز سطح آب ، عمق متوسط و سرعت متوسط در محلی که حفاظت انجام میشود.

۵- طول پوشش ریپ ریپ:

مناطقى كه نشانه هاى از فرسایش در آنها مشاهده شده است ، محدوده مكانى برای امتداد طول سنگ چین را مشخص می کند. (Brown and Clyde 1989) اما گسترش پیچانرودی بودن رودخانه سبب شده كه این اطلاعات برای تعیین محدوده مورد نظر جهت حفاظت ، کارساز نباشند.

از این رو محققین توصیه هاى در این زمینه ارائه کرده اند:

حداقل طول سنگ چین ریپ ریپ باید به اندازه عرض یک کانال ، در بالادست و پایین دست منطقه فرسایش پذیر باشد. (Brown and Clyde 1989)

همچنین (USACE 1991) توصیه کرد كه براساس تست هاى آزمایشگاهی ، بیشترین سرعت اغلب در پایین دست پیچ ها اتفاق می افتد و حفاظت ساحل واقع در قوس خارجی رودخانه هاى دارای پیچ هاى تند ، باید حداقل به اندازه ی یک عرض کانال ، در بالا دست و ۱,۵ برابر عرض کانال در پایین دست مثلث موجود در شکل زیر باشد.

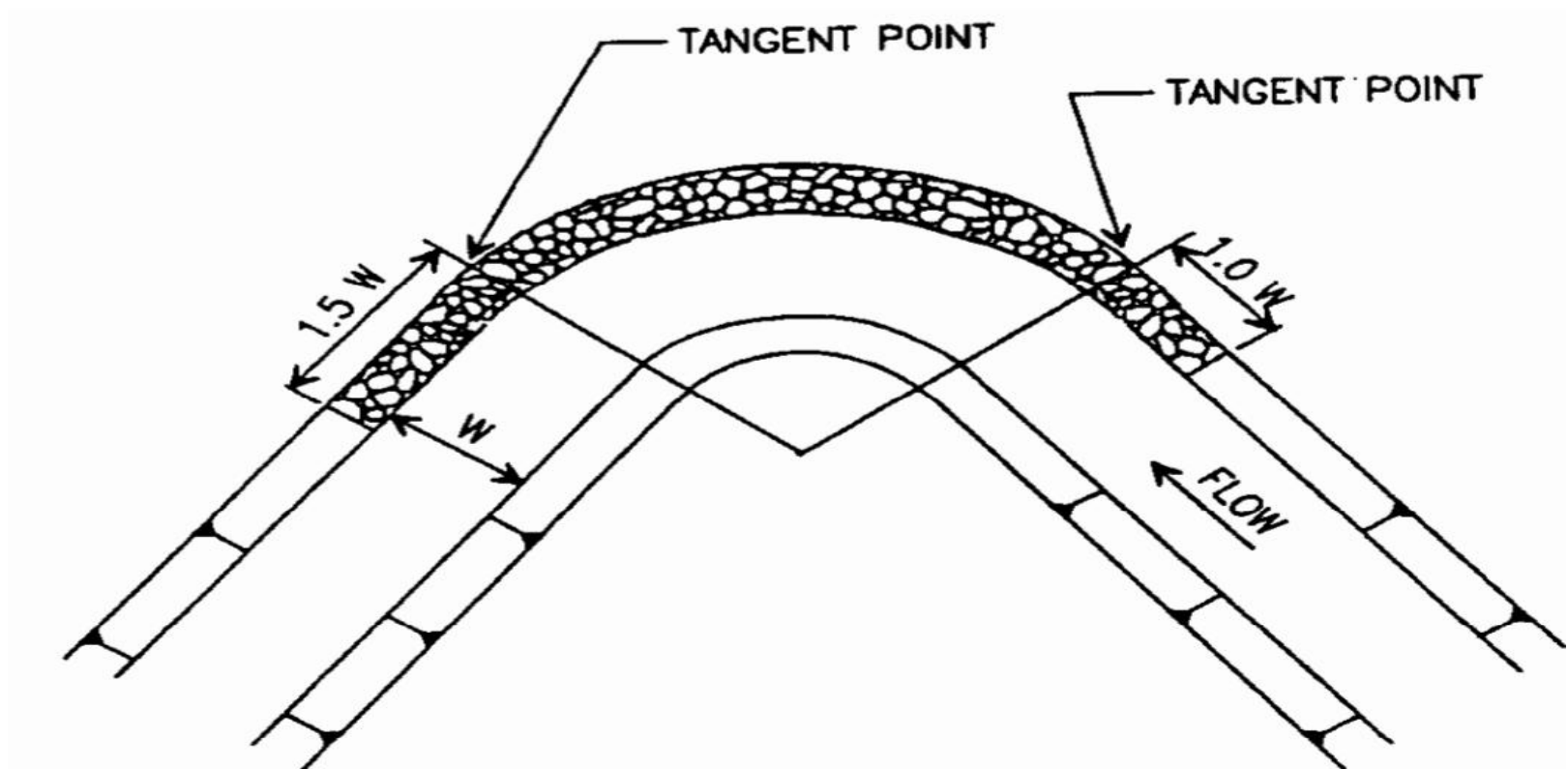
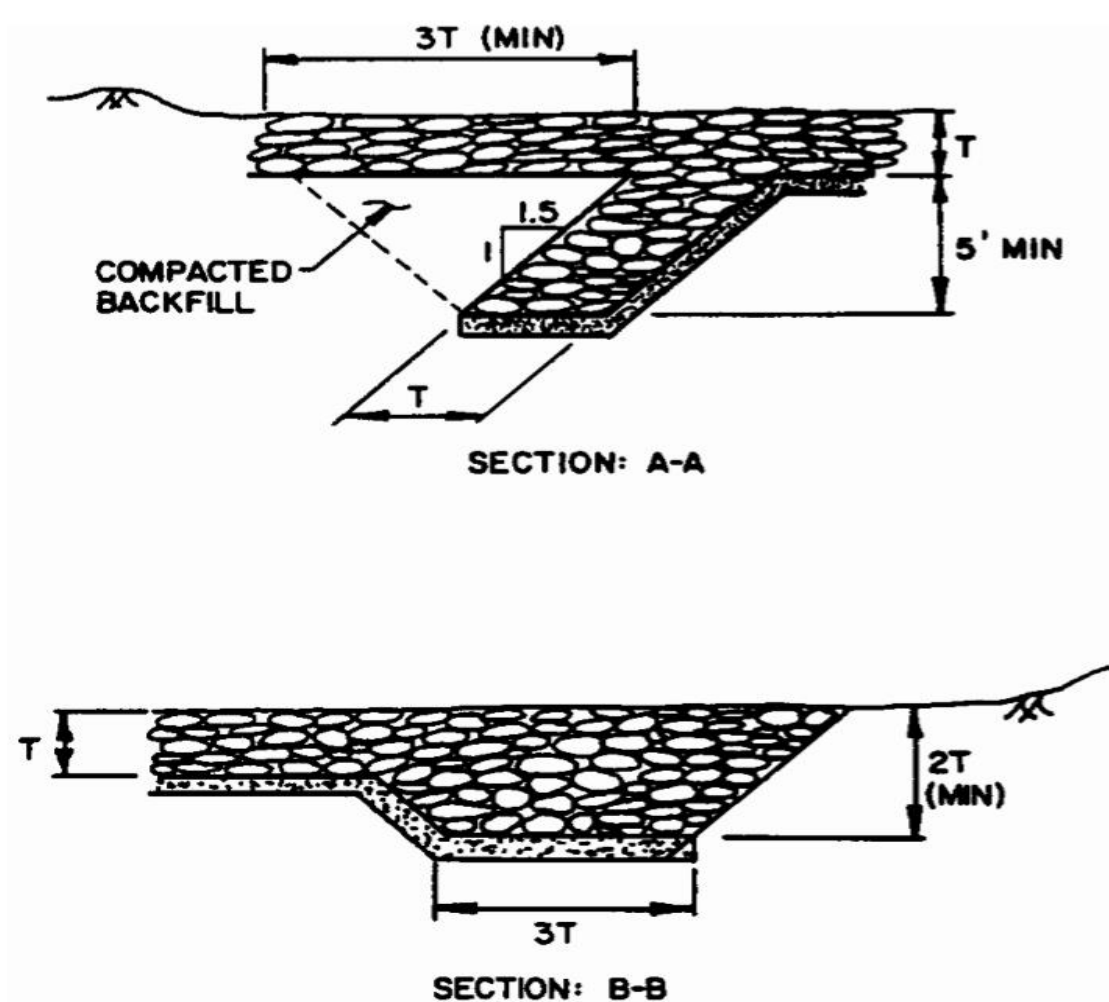


Figure 3-2: Extent of Protection Required for Symmetrical Bends (Brown and Clyde 1989)

۶- حفاظت در زیر پوشش سنگ چین:

بعد از ساخت پوشش ریپ رپ ، هنگامی که سرعت در اثر تغییر مکان کانال یا تغییر در هد جریان هنوز پتانسیل فرسایش دارد ، با ضخیم کردن لبه سنگ چین بالادست و پایین دست ، و یا حتی تبدیل پوشش سنگ چین به مانند یک ساحل ، میتوانیم حفاظت در زیر ریپ رپ را تامین کنیم.

این کار تا جایی ادامه می یابد که دیگر سرعت فرسایش محسوسی نداشته باشد.



این شکل حفاظت در زیر ریپ رپ را نشان میدهد.

مقطع A-A مربوط به بالادست و مقطع B-B مربوط به پایین دست می باشد.

در این نوع حفاظت سیلاب اصلی دیگر نمی تواند از سنگ چین ریپ رپ عبور کند.

۷- فیلتر :

درموردی که ریپ رپ در بالای خاک ماسه ای یا شن ریزدانه قرار می گیرد یک لایه فیلتر جهت جلوگیری از شسته شدن مصالح نیاز است. اندازه مصالح آن بین ریزدانه

و درشت دانه است. لایه فیلتر جهت جلوگیری از شسته شدن مصالح نیاز است. برای فیلتر از جنس شن یا سنگ ریزه clyde and Brown رابطه زیر را پیشنهاد می دهند

$$D_{15c}/D_{85f} < 5 < D_{15c}/D_{15f} < 40$$

اندیس c و f به ترتیب برای لایه درشت دانه و لایه ریز دانه است. مصالح فیلتر سخت، بادوام و دانه بندی خوبی دارند. فیلتر هم میتواند در زیر کف بند انعطاف پذیر یا پشته های پنجه ای قرار گیرد. به تراکم مصالح فیلتر نیازی نیست، اما باید پرداخت مصالح آن صاف انجام شود. فیلتر ها باید روی یکدیگر، همپوشانی داشته باشند. این مقدار بین ۳۰ تا ۹۰ cm به ترتیب برای ذرات درشت دانه و ریز دانه ای که در زیرشان قرار دارد، می باشد. ژئو تکستایل ها نیز به دلیل نصب سریع و ارزان به این منظور استفاده میشوند.

۸- ابعاد سنگ دانه های ریپ ریپ:

ابعاد سنگ دانه ها توسط سه محور بیان میشود، بعد بزرگتر (a)، بعد میانه (b) که در واقع عرض سنگدانه می باشد و سنگدانه ها معمولا با این بعد معرفی میشوند و کوچکترین بعد (c) که ضخامت سنگدانه را نشان می دهد.

نسبت a به c باید کمتر از ۲ باشد، ولی موارد زیر هم قابل قبول است.

کمتر از ۱۵ درصد مصالح میتوانند : $\frac{a}{c} \geq 3$

کمتر از ۳۰ درصد مصالح میتوانند : $\frac{a}{c} \geq 2.5$

هیچ سنگدانه ای نباید : $\frac{a}{c} \geq 3.5$

۱-۸- شکل سنگدانه ها:

شکلی از سنگدانه ها که در ریپ رپ به کار می رود ، بین شکل کروی و کشیده است. این سنگدانه ها باید تا آنجا که امکان دارد تیز گوشه ، زاویه دار و نسبتاً تخت باشند . به طوریکه نسبت a به c کمتر از ۲ باشد. USACE(1991) توصیه می کند که در صورت استفاده از سنگدانه های گرد گوشه در ریپ رپ ، باید شیب هموار باشد و سنگدانه ها با قطر متوسط ، ۲۵ درصد افزایش یابند به طوریکه با ضخامت سنگ چین همخوانی داشته باشند.

۲-۸- وزن مخصوص سنگدانه ها:

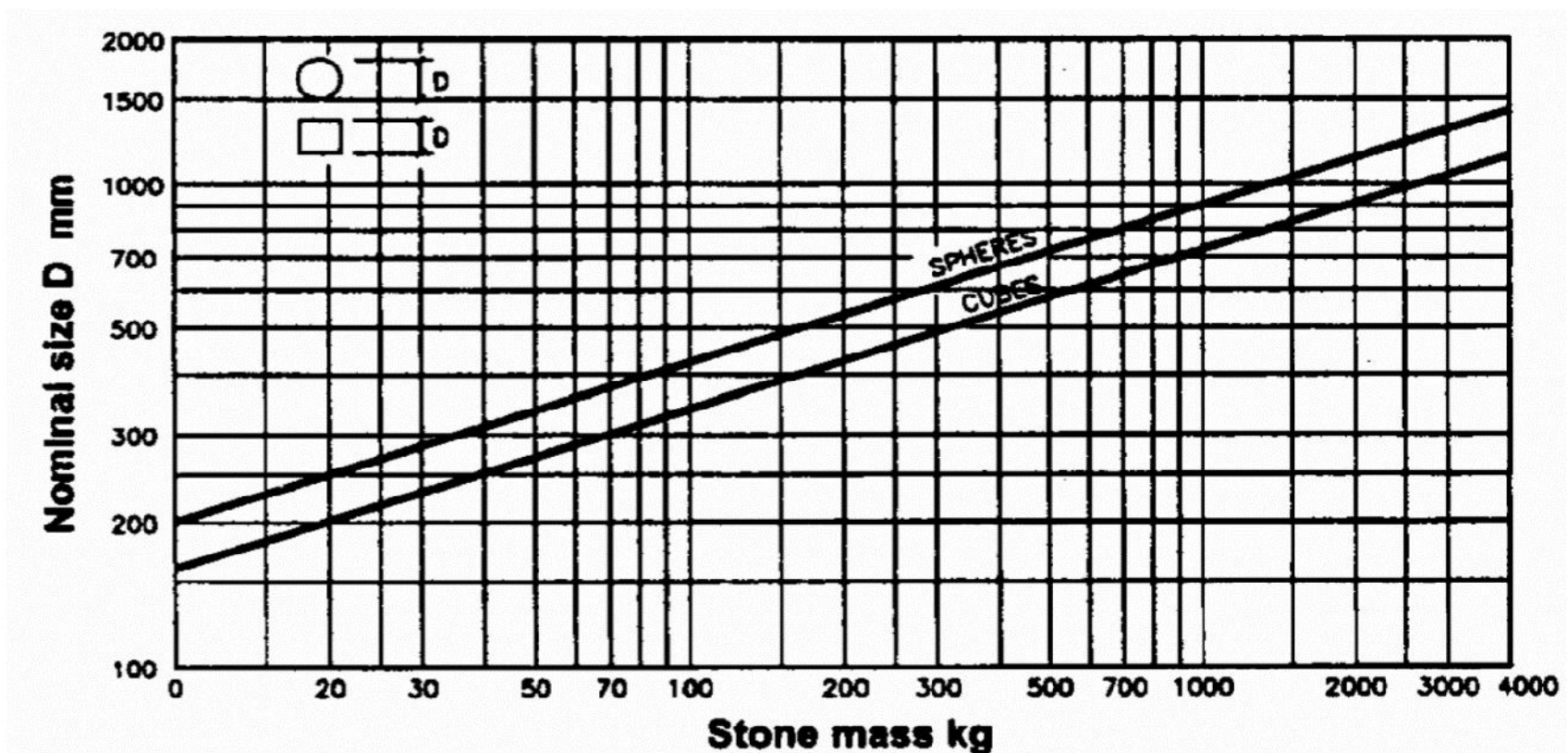
این مقدار معمولاً بین $\frac{kg}{m^3}$ ۲۴۰۰ معادل $\frac{lb}{ft^3}$ ۱۵۰ تا $\frac{kg}{m^3}$ ۲۸۰۰ معادل $\frac{lb}{ft^3}$ ۱۷۵ در ریپ رپ متغیر می باشد. ولی در بریتیش کلمبیا از گرانیات با وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$ ۲۶۰۰ معادل $\frac{lb}{ft^3}$ ۱۶۲٫۵ استفاده شده است.

۳-۸- تخمین ابعاد:

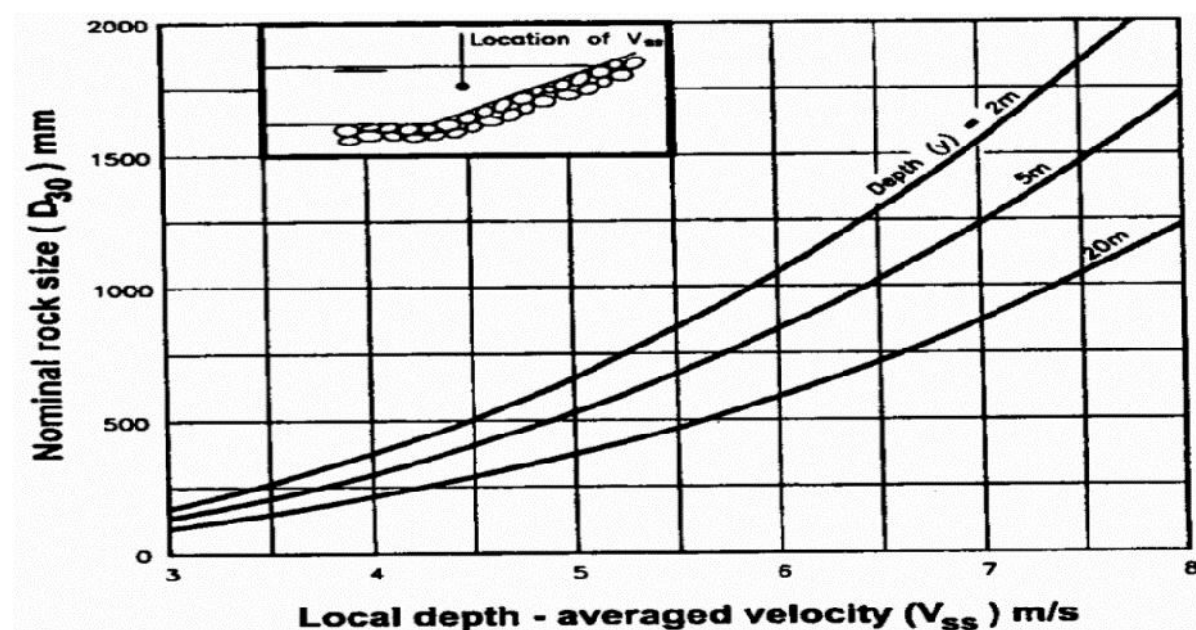
این ابعاد باید طوری انتخاب شوند که در برابر آزمایشهای مکانیک سنگ مقاوم باشند و بتوانند شرایط مربوط به رژیم جریان ، روابط تجربی و هیدرولیکی را ارضا کنند.

یکی از این روابط که توسط USACE(1991) پیشنهاد شده به صورت زیر است:

$$W = \frac{\pi D^3 \gamma_s}{6}$$
 ، که در این رابطه D اندازه بعد محور b ، w وزن سنگدانه و γ_s وزن مخصوص می باشد. نمودار زیر مربوط به این رابطه می باشد:



Maynord(1988) and Maynord et al (1989) نیز رابطه ای بین سرعت و سایز سنگدانه ها مطابق با نمودار زیر ارائه دادند



در این نمودار ضریب اطمینان ۱,۲ ، ضریب پایداری ۰,۳ ، ضریب توزیع سرعت ۱، ضرایب ضخامت و شیب جانبی به ترتیب ۱ و ۰,۹ و شیب ترانشه کنار رود 2H:1H و وزن مخصوص نسبی ۲,۵ می باشد.

در صورت تغییر ضرایب فوق از رابطه ای که توسط USACE(1991) پیشنهاد شده است استفاده میکنیم:

$$\frac{D}{y} = S_f C_s C_v C_T \left[\frac{V^2}{(s-1)K_1(gy)} \right]^{1.25}$$

در این رابطه

D : سایز اسمی سنگدانه ، V : سرعت موضعی جریان که در نقطه ای به فاصله ۲۰ درصد شیب شیروانی، از پایین آن حساب میشود.

V : این عمق به جانبی جریان اشاره میکند ؛ و سایز ذرات با افزایش عمق کاهش می یابند.

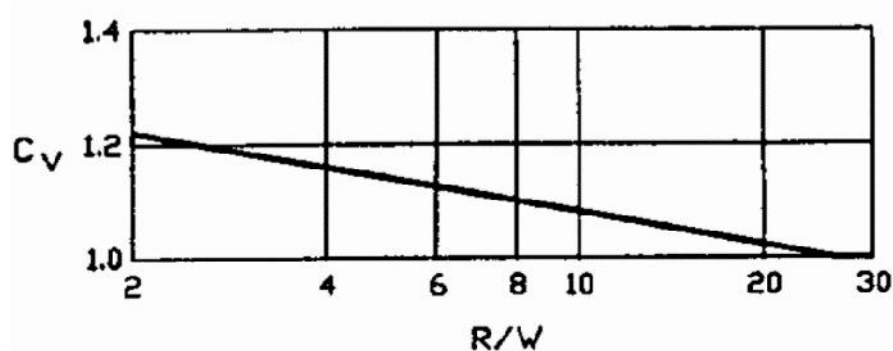
S_f : ضریب اطمینان متناسب با شرایط هیدرولیکی میباشد و زمانی که شرایط یخبندان و یا قطر کمتر از ۴۵۰ میلیمتر موجود میباشد، استفاده میشود.

C_s : ضریب پایداری که برای سنگدانه های تیز گوشه ۰,۳ و گرد گوشه ها ۰,۳۶ توصیه میشود.

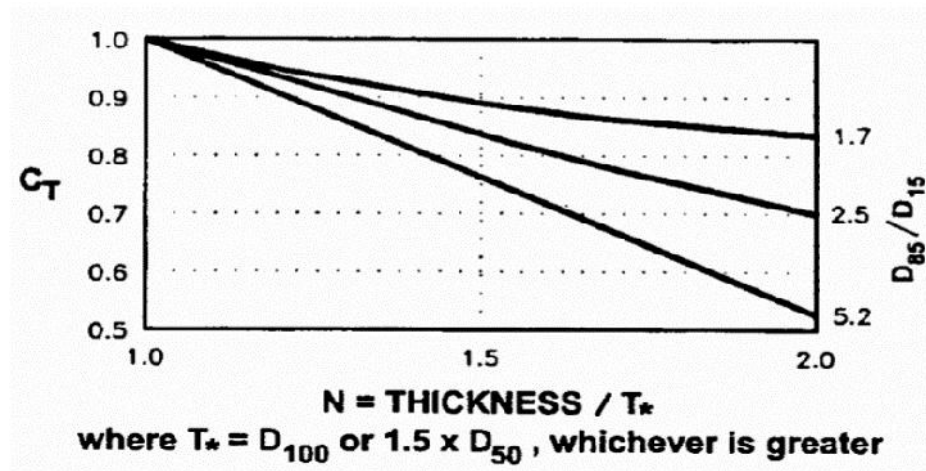
C_v : ضریب توزیع سرعت که برای کانال مستقیم ۱ و برای پایین دست قسمتهای بتنی در انتهای سیل بندها و جریان ضربه زننده به شیروانی ۱,۲۵ فرض شده است. همچنین رابطه زیر برای قوس خارجی رودخانه پیشنهاد شده است.

$$C_v = 1.283 - 0.2 \log_{10}(R/W)$$

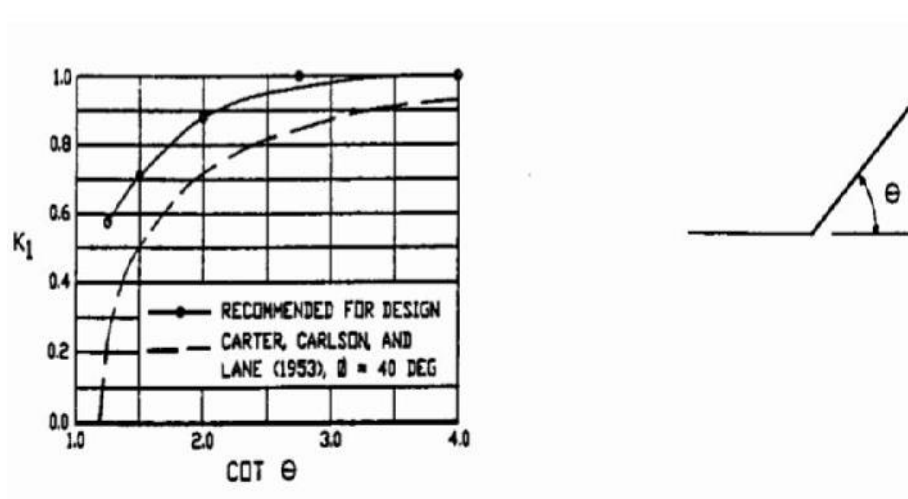
نمودار زیر مربوط به این رابطه می باشد



همچنین C_T از نمودار زیر محاسبه میشود:



K_1 نیز از جدول زیر و نمودار مربوط به آن محاسبه میشود:



Side-slope (H/V)	K_1
3:1 or flatter	1.0
2:1	0.9
1.75:1	0.8
1.5:1	0.7

همچنین ضریب تصحیح C_1 برای وزنهای مخصوص نسبت به مختلف طبق جدول زیر محاسبه میشود و در رابطه ذکر شده ضرب میشود:

Specific Weight	Correction Factor C_1
2.4	1.09
2.5	1.0
2.6	0.93
2.65	0.89
2.7	0.86
2.8	0.79

دو ضریب تصحیح دیگر نیز به ترتیب برای انواع شیب های جانبی و انواع ضرایب اطمینان در رابطه ذکر شده ضرب میکنیم:

Safety Factor	Correction Factor C_s	Side Slope	Correction Factor C_A
1.0	0.83	1.5H:1V	1.25
1.1	0.92	2H:1V	1.0
1.2	1.0	2.5H:1V	0.92
1.3	1.08	3H:1V	0.86
1.4	1.17	4H:1V	0.85

۹- دانه بندی مصالح ریپ رپ:

این دانه بندی به وسیله نسبت $\frac{D_{85}}{D_{15}}$ تعیین میشود.

این نسبت در USACE برای ریپ رپ یکنواخت برابر ۱,۴ می باشد.

این نسبت برای دانه بندی خوب در رنج ۱,۴ تا ۳ است.

USACE و بیشتر منابع برای طراحی ریپ رپ ، مقدار استاندارد این نسبت را کمتر از ۳ عنوان کرده اند.

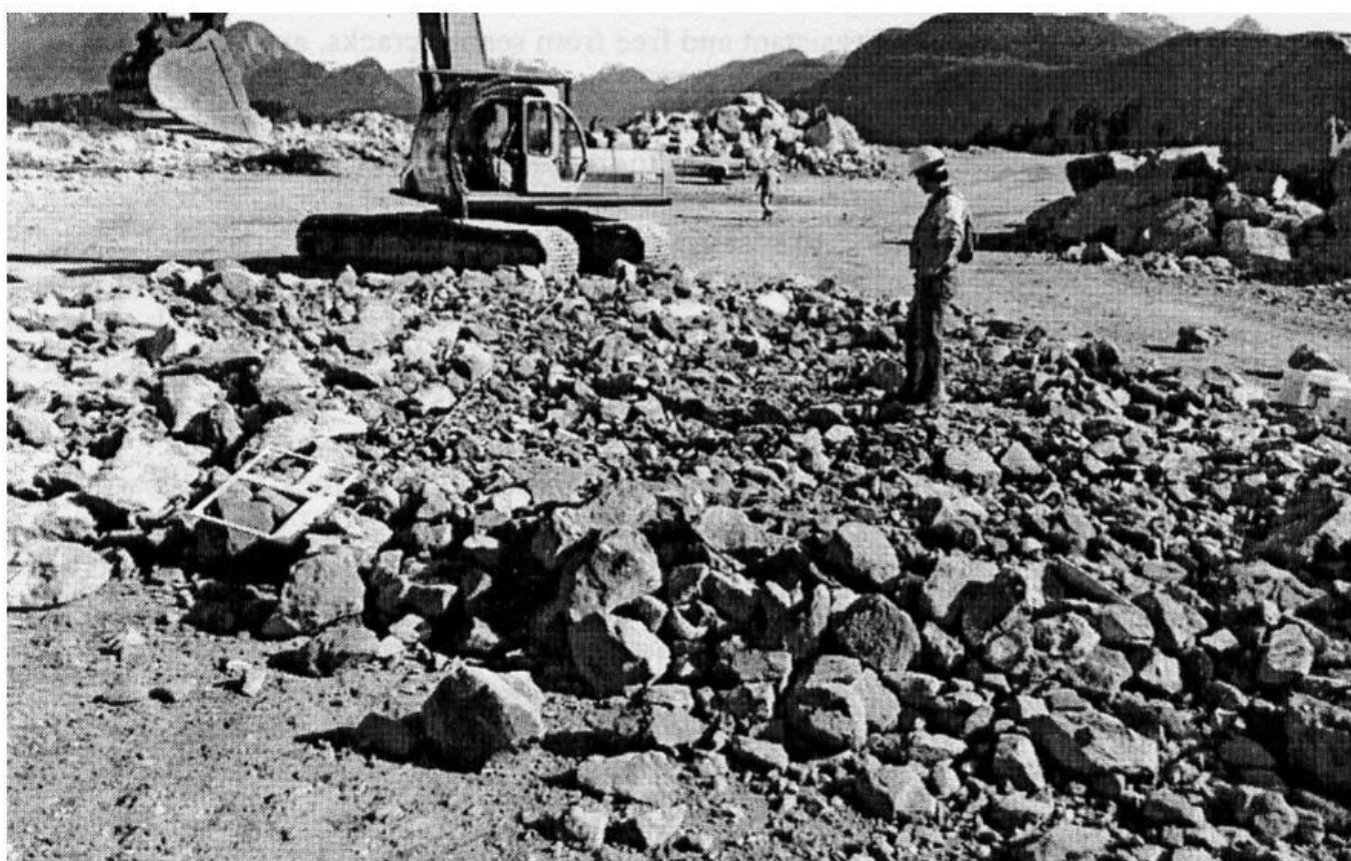


Figure 4-2: Preparing for Sampling Rock Gradations in a Quarry

۱۰- ضخامت سنگ چین ریپ ریپ :

USACE توصیه میکند که برای پوششی که در زیر آب قرار میگیرد، ضخامت باید تا ۵۰ درصد افزایش یابد.

سنگدانه های با ضخامت بالا در اثر نوسان ، ایجاد خرابی در پوشش سنگی میکنند. clyde and Brown(1989) توصیه میکنند که ضخامت باید بر اساس معیارهای زیر باشند: ۱- نباید کمتر از ۳۵۰mm باشند. ۲- نباید کمتر از $D_{50} * ۱,۵$ باشند ۳- نباید کمتر از D_{100} باشند.

۱۱- آبشستگی:

یکی از عوامل مهم در طراحی ریپ ریپ ، حفاظت پاشنه سنگ چین ریپ ریپ از آبشستگی می باشد.

این عامل ، بیشتر در جاهایی که کاهش عرض مقطع جریان داریم ، در قسمتهای مارپیچ رودخانه ، تغییر در جهت جریان ، وجود موانع و صخره ها و... اتفاق می افتد. عمق آبشستگی که در طراحی موثر است ، از طریق انالیز هیدرولیکی تعیین میشود.

۱-۱۱- تخمین عمق آبشستگی :

Blench (1969) روش زیر را برای تخمین این عمق پیشنهاد کرد:

۱- تخمین شدت جریان متوسط سیلاب (q_f)

۲- محاسبه عمق سیلاب از رابطه : $y_f = \left(\frac{q_f^2}{F_{b0}}\right)^{1/2}$

۳- تخمین ماکزیمم عمق آبشستگی در پایین تراز سیلاب با توجه به y_f ، X و Z

که Z شامل مقادیر زیر است:

۱- برای جریان موازی با ساحل کناری رودخانه ۱,۵ تا ۲

۲- جریانی که به طور مستقیم با ساحل کناری برخورد می کند ۲,۵ تا ۲

۳- در دماغه ابشکن ۲,۸ تا ۲,۲

رابطه زیر ، حجم مصالح پوشش سنگی را براساس عمق ابشستگی بیان میکند:

$$V_T = 3.35T \times D_s$$

۱۱-۲- حفاظت پنجه در برابر ابشستگی:

۵ راه برای این کار توصیه شده است:

۱- شیب مورد نظر توسط سنگدانه ها تا پایین سطح مورد انتظار برای ابشستگی پوشیده شود.

۲- شیب حفاری شده ، و توسط مصالح انعطاف پذیر در بالای تراز ابشستگی پوشانده شود.

۳- استفاده از کف بند انعطاف پذیر که به صورت افقی روی بستر قرار میگیرد.

۴- استفاده از پشت بند پنجه ای و دیواره اب بند

۵- سنگ فرش شدن تمامی بستر جریان با پوشش ریپ رپ

۱۲- ابشکن:

علاوه بر پوشش سنگ چین برای کاهش ویا کنترل فرسایش از ابشکن ها استفاده میشود.

ابشکن ها با منحرف کردن جریان ویا آرام کردن جریان ، فرسایش را کنترل میکنند.

ابشکن ها نسبت به پوشش های سنگ چین ، سازگاری مناسب تری با طبیعت دارند و کمتر زیستگاه جانورانابی را به مخاطره می اندازند.



Figure 3-7: Spurs along Seabird Island, Fraser River

۱۳- طراحی بر اساس معیار های زیست محیطی :

پوشش های حفاظتی اغلب باعث حذف پوشش های گیاهی میشود. این حفاظت ها منجر به ایشستگی کف در نزدیکی محل مورد حفاظت میشود.

باصلاح کردن ریپ رپ ها میتوان خسارت مربوط به زیست بوم جانوران را کاهش داد ؛ مثلا قرار دادن سنگ دانه های بزرگ در پاشنه سنگ چین، افزایش دادن سایز سنگدانه ها ، استفاده از دیوارهای عمود بر ساحل ، پله ای ساختن سنگ چین و ...

این معیار ها شامل : ۱- مدیریت سیلابها ۲-نجات ماهیان ۳- راه های دسترسی و تعیین کردن درختانی که باید از مسیر حذف شوند. ۴- کنترل منابع طبیعی و سایت مورد نظر از لحاظ تغییرات در پوشش گیاهی ۵- احیاء و بازسازی طبیعت بعد از احداث سازه ها ۶- ارائه جدول زمان بندی ساخت.

۱۴- تزریق در ریپ رپ :

در بریتیش کلمبیا ، مخصوصا در کانادا و جزیره Mainland ، طراحی براساس سرعت ، نیازمند به سنگدانه های با سایز بیشتر از ۱,۲ متر هستیم ، که این کار امکان پذیر نیست ؛ چون هم مشکل تولید و هم مشکل حمل و نصب وجود دارد. در این موارد از تزریق دوغاب بتن به فضای خالی سطح استفاده میشود.

نگرانی های زیست محیطی که ناشی از درهم امیختن بتن با جریان میشود ، این روش را محدود میکنند.

این روش بیشتر برای سنگدانه های با نفوذ پذیری خوب به کار می رود.

۱۵- جدول 205-A :

این جدول دانه بندی سنگدانه ها را در ۹ کلاس مختلف نشان می دهد.

CLASS OF RIPRAP (kg)	*NOMINAL THICKNESS OF RIPRAP (mm)	ROCK GRADATION: PERCENTAGE LARGER THAN GIVEN ROCK MASS (kg)		
		85%	50%	15%
10	350	1	10	30
25	450	2.5	25	75
50	550	5	50	150
100	700	10	100	300
250	1000	25	250	750
500	1200	50	500	1500
1000	1500	100	1000	3000
2000	2000	200	2000	6000
4000	2500	400	4000	12000

۱۶- جدول 205-B :

قطر متوسط سنگدانه ها را در برابر وزن آنها نشان می دهد

kg	10	25	50	100	250	500	1000	2000	4000
mm	200	300	350	450	600	800	1000	1200	1500