دانشگاه گیلان
دانشکده فنّی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رفتار دیوار های مشبک شیبدار متخلخل جهت بهینه سازی محافظ های ساحلی

از

میلاد شیرین زبان

استاد راهنما

دکتر ابولفضل اسلامی

اردیبهشت 1392

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی

گروه مهندسی عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

رفتار دیوار های مشبک شیبدار متخلخل جهت بهینه سازی محافظ های ساحلی

از

میلاد شیرین زبان

استاد راهنما

دکتر ابولفضل اسلامی

استاد مشاور

دکتر علی قربانی

اردیبهشت 1392

تقدیم به

پدر و مادر و خانواده ام که با ارزش ترین سرمایه هایم در طول مسیر زندگی هستند و در تمام گام های آن امید دهنده و پشتیبانم بوده اند و خواهند بود.

سپاس خدایی که آفرید... جهان را، آدمی را، خرد را، دانش را، بینش را، دل دادگی را... و کسانی که دل در راهشان باختیم و خرسندیم.

بدینوسیله مراتب سپاس و قدردانی فراوان خود را از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر اسلامی که وقت و تجربه ی ارزشمند خود را بی منت، در تهیه این پایان نامه در اختیارم قرار دادند و با راهنمایی های مدبرانه، سختی های این راه را بر من هموار نمودند، اعلام میدارم.
از آقای دکتر قربانی که زحمت مشاوره اینجانب را پذیرفتند و از آقای دکتر لشته نشایی و آقای دکتر جمشیدی که داوری این پایان نامه را برعهده گرفتند، به شایستگی سپاسگزارم.
همچنین از آقای دکتر احمدی نیز جهت راهنمایی های ارزشمند شان صمیمانه سپاسگزارم.

فهرست مطالب

چکیده فارسی ظ

چکیده انگلیسی ع

فصل اول – کلیات

1-1- مقدمه 2

1-1-1- خطوط ساحلی ایران 2

1-1-2- دریای کاسپین 2

1-2- بیان مسئله 3

1-2-1- کنترل فرسایش 4

1-2-2- دیوار ساحلی 4

1-3- هدف از تحقیق 4

1-4- چگونگی انجام تحقیق 4

1-5- ساختار پایان نامه 6

فصل دوم - دیوار های ساحلی

2-1- مقدمه 8

2-1-1- دیوار ساحلی 8

2-1-2- پوشش های حفاظتی 8

2-2- اساس طراحی اولیه 9

2-2-1- کاربرد های اصلی یک دیوار ساحلی 9

2-2-2- فلسفه طراحی 9

2-2-2-1- انواع عمر در دیواره های ساحلی 9

2-2-2-2- طراحی احتمالی 10

2-2-2-3- معیار طراحی 10

2-2-3- جا نمایی پلان 10

2-2-3-1- موقعیت دیوار نسبت به خط ساحلی 10

2-2-3-2- امتداد و شکل پلان 10

2-2-3-3- منحنی ها زوایای کنگره ها (تو رفتگی) 11

2-3- طبقه بندی دیوار های ساحلی 11

2-4- لایه ها و مقاطع معمول در دیوارهای ساحلی و پوشش های حفاظتی 13

2-4-1- انواع دیوار های متخلخل شیبدار 13

2-4-1-1- سنگ مسلح 13

2-4-1-2- ریپ رپ 13

2-4-1-3- واحد های بتن مسلح تصادفی جا گذاری شده 14

2-4-1-4- واحد های بتن مسلح با الگو جا گذاری شده 14

2-4-1-5- سیستم های سنگچین مسلح انعطاف پذیر 15

2-4-1-6- بالشتک های گابیونی پر شده از سنگ 15

2-4-1-7- Open-Stone Asphalt 16

2-4-1-8- کیسه های پر شده 16

2-4-1-9- زیرلایه ها (شامل ژئوتکستایل ها) 16

2-4-2- انواع دیوار های شیبدار غیر متخلخل 17

2-4-2-1- شیب بتنی پله ای 17
2-4-2-2- شیب بتنی صاف یا هموار 17
2-4-2-3- دال ها و بلوک های بتنی 17
2-4-2-4- بالشتک های دوغابی 18
2-4-2-5- سنگ دست چین یا منظم چیده شده 19
2-4-2-6- بتن آسفالتی 19
2-4-2-7- سنگ تزریقی- آسفالتی 19
2-4-2-8- شیب های پوشیده از چمن 19
2-5- شکست در دیوار های ساحلی 22
2-5-1- عوامل شکست 22
2-5-2- خرابی های متداول دیوار های ساحلی شیبدار 22
2-5-3- بررسی شکست 24
2-6- فرسایش ناشی از ساخت دیوار ساحلی 26
2-7- جمع بندی 27

فصل سوم - مروری بر روابط و ادبیات فنی

3-1- مقدمه 29
3-2- هیدرودینامیک ناحیه خیزاب 29
3-2-1- موج های ناحیه خیزاب 29
3-2-1-1- شکست ابتدایی موج 29
3-2-1-2- انواع شکست 29
3-3- عملکرد هیدرولیکی 31
3-4- پارامتر همسانی خیزآب 31
3-5- بالا روی یا پایین روی موج بر روی سازه 32
3-6- آب بالا رونده بر روی دیوار های قائم نا متخلخل 35
3-7- آب بالا رونده سطح شیبدار زبر 35
3-8- بالاروی و پایین روی موج بر روی شیب های نفوذ ناپذیر 37
3-8-1- شیب صاف 37
3-8-2- شیب های مسلح سنگی 39
3-9- بالاروی و پایین روی موج بر روی شیب های نفوذ پذیر 40
3-10- بالاروی روی شیب صاف نفوذ ناپذیر در حالت موج ناشکنا 40
3-11- بالاروی روی دیوار شیبدار نا متخلخل 40
3-12- بازتاب موج 41
3-12-1- بازتاب از سازه های شیبدار بدون سرریز شدگی 41
3-13- نیروی موج 42
3-13-1- رابطه Sainflou (1928) برای نیروی موج ایستاده 42
3-13-2- رابطه Goda (1974) برای نیروی موج نامنظم 43
3-13-3- رابطه Minikin (1955, 1963) برای نیروی موج شکنا 44
3-13-4- نیروی موج شکسته شده برای دیوار های قائم 44
3-14- آبشستگی 45
3-14-1- آبشستگی در دیوار های قائم 45
3-14-1-1- موج ناشکنا 45
3-14-1-2- موج شکنا 45

3-14-2- آبشستگی در دیوار های شیب دار 46
3-14-3- روابط متداول برای محاسبه عمق آبشستگی 47
3-15- فشار جانبی خاک 48
3-16- طراحی پی عمیق 51
3-16-1- آنالیز استاتیکی جهت تعیین توان باربری شمع 51
3-16-1-1- تعیین مقاومت واحد کف r_t 51
3-16-1-2- تعیین مقاومت واحد جداری r_s 51
3-16-2- استفاده از روش های توصیه شده آیین نامه ها 53
3-16-2-1- روش متحد در تعیین ظرفیت باربری شمع ها 53
3-16-2-2- روش API در تعیین توان باربری شمع ها 53
3-17- مطالعات موردی 54
3-18- نتیجه 63

فصل چهارم - ملاحظات طراحی ژئوتکنیکی دیوارهای ساحلی
4-1- مقدمه 65
4-2- بار های پی 65
4-3- پاسخ خاک پی 66
4-4- ضوابط طراحی ژئوتکنیکی برای پی های کم عمق و نیمه عمیق 67
4-5- پی های نیمه عمیق در پروژه های ساحلی 68
4-5-1- پی های نیمه عمیق پایه ای 68
4-5-2- پی های ستونی مارپیچ 68
4-5-3- سپری و شمع لوله ای 69
4-5-4- شالوده صندوقه ای 70
4-6- آبشستگی و محافظت در برابر آن 70
4-6-1- تاثیرات آبشستگی بر روی یک پروژه ساحلی 71
4-6-2- فرآیند های فیزیکی آبشستگی 71
4-6-3- شرایط هیدرودینامیکی و سازه ای 72
4-6-4- آبشستگی های متداول 72
4-6-5- محافظت از پنجه در برابر آبشستگی 72
4-7- مصالح 74
4-7-1- نیازمندی های مصالح 74
4-7-1-1- خواص مصالح و مقاومت 75
4-7-1-2- دوام مصالح 75
4-7-1-3- وفق پذیری مصالح 76
4-7-1-4- هزینه مصالح 76
4-7-1-5- در دسترسی مواد 76
4-7-1-6- نیازمندی های استفاده مصالح 76
4-7-1-7- نگهداری از مصالح 76
4-7-1-8- تاثیرات محیطی مواد 77
4-8- مصالح ژئوتکستایل 77
4-8-1- تیوب ژئوتکستایل 78
4-8-4- کیسه ژئوتکستایل 79
4-8-3- فیلتر ژئوتکستایل 80

4-8-3-1- طرز کار فیلتر ها 81
4-8-3-2- نیازمندی های فیلتر ژئوتکستایل 81
4-8-3-3- تعیین ضوابط نگهدارنده فیلتر های ژئوتکستایل 81
4-8-3-4- تعیین ضوابط نفوذ پذیری فیلتر های ژئوتکستایل 82
4-9- بررسی پی نیمه عمیق 83
4-10- فیلتر ژئوتکستایل پیشنهادی 91
4-11- نتیجه گیری 92

فصل پنجم – ملاحظات هیدرولیکی و سازه ای دیوار های ساحلی
5-1- مقدمه 93
5-2- مقایسه عملکرد هیدرولیکی شیب های مختلف 95
5-3- بالاروی موج 97
5-3-1- شیب صاف نفوذ ناپذیر در حالت موج ناشکنا 98
5-3-2- دیوار قائم نفوذ ناپذیر در حالت موج نا شکنا 99
5-3-3- دیوار شیبدار صاف نا متخلخل 99
5-3-4- دیوار شیبدار زبر نا متخلخل 100
5-3-5- دیوار شیبدار زبر (سنگه چینی نامرتب – Riprap) 100
5-3-6- بالاروی بر روی شیب ها نفوذ ناپذیر 102
5-3-7- بالاروی بر روی شیب های نفوذ پذیر 106
5-3-8- مقایسه بالاروی دیوار پیشنهادی با برخی از دیوار های ساحلی موجود 107
5-4- بازتاب موج 109
5-4-1- بازتاب از سازه های نفوذ ناپذیر شیبدار بدون سرریز شدگی 109
5-4-2- بازتاب از سازه های نفوذ پذیر شیبدار بدون سرریز شدگی 111
5-4-3- بازتاب از دیوار ساحلی پیشنهادی 112
5-5- نیروی موج 113
5-5-1- نیروی موج شکنا بر دیوار قائم 113
5-5-2- نیروی موج شکنا بر دیوار های شیبدار 114
5-5-3- نیروی موج ناشکنا بر دیوار قائم 115
5-5-4- نیروی موج شکسته شده بر دیوار قائم 116
5-5-6- نیروی موج شکسته شده بر دیوار های شیبدار 116
5-6- محاسبات آبشستگی 117
5-6-1- مقایسه عمق آبشستگی دیوار ساحلی پیشنهادی با انواع متداول دیگر 120
5-7- نتیجه گیری 121

فصل ششم - ارائه الگو های بهینه طراحی و ارزیابی ها
6-1- مقدمه 123
6-2- عوامل موثر در بهبود کارایی هیدرولیکی محافظ های ساحلی 123
6-2-1- زبری 123
6-2-2- گوشه ها زاویه دار 123
6-2-3- شیب 123
6-2-4- نفوذ پذیری 124
6-2-5- مخازن نگهداری آب 124

6-2-6- تعداد لایه ها 124
6-2-7- شبکه ها 124
6-3- دیوار ساحلی پیشنهادی 124
6-3-1- ابعاد و نوع شبکه ها 128
6-3-2- شیب 129
6-3-3- ارتفاع 129
6-3-4- نوع پرکننده ها 130
6-3-5- فیلتر 130
6-3-6- ابعاد کیسه ها 130
6-3-7- فاصله پی های نیمه عمیق 131
6-4- بررسی عملکرد دیوار ساحلی پیشنهادی با انواع متداول 131
6-4-1- ملاحظات اجرایی 132
6-4-2- عملکرد هیدرولیکی 133
6-4-3- عملکرد سازه ای و ژئوتکنیکی 133
6-4-4- شرایط زیست محیطی 135
6-5- مقایسه پی های سطحی و نیمه عمیق 135
6-6- مقایسه فیلتر های متداول شنی و فیلتر های ژئوتکستایل 136
6-7- امکان سنجی استفاده از دیوار پیشنهادی برای سواحل بندر انزلی 137
6-8- محافظت از پنجه پیشنهادی 139
6-9- جمع بندی 140

فصل هفتم - جمع بندی و نتیجه گیری
7-1- سیمای کار 143
7-2- نتیجه گیری 144
7-3- پیشنهادات و ارائه راه کار 145

مراجع 146

فهرست جدول ها

جدول 2-1- خصوصیات اساسی دیوار های متخلخل شیبدار 20
جدول 2-2- خصوصیات اساسی دیوار های غیر متخلخل شیبدار 21
جدول 2-3- انواع خرابی 25
جدول 3-1- جدول دسته بندی دیوار های ساحلی شیبدار Gunbak 1979 برای انواع شکست موج 32
جدول3-2- انواع شکست موج بر روی شیب های نفوذ ناپذیر و مقدار ξ_0 مربوطه 32
جدول 3-3- پارامتر اصلاح بالاروی آب بر روی شیب زبر 36
جدول 3-4- ضرایب در رابطه 3-6 برای بالاروی موج نامنظم روی شیب های صاف نفوذ ناپذیر 37
جدول 3-5- ضریب کاهش زبری سطح در رابطه 3-6 38
جدول 3-6- ضرایب در رابطه 3-12 و 3-13 برای بالا روی موج های ایستاده نامنظم بر روی شیب های سنگ مسلح نفوذ پذیر و نفوذ ناپذیر 39
جدول 3-7- مقادیر کاهش بالاروی به دلیل زبری 40
جدول 3-8- ضرایب بازتاب موج برای سازه های شیبدار غیر سرریزی 42
جدول 3-9- متغیر های تصادفی در رابطه گودا (1974) 43
جدول 3-10- ضرایب فشار جانبی برای دیوارهای شیبدار برای حالت خاص $\lambda = {}^{2}/_{3}\,\phi$ 50
جدول 3-11- خلاصه روش های آنالیز استاتیکی برای تعیین توان باربری شمع ها 52
جدول 3-12- مقادیر N_t و β برای شمع ها در خاک های مختلف طبق روش متحد 53
جدول 3-13- پارامتر های طراحی برای خاک های اصطکاکی سیلیسی (API) 54
جدول 3-14- پارامتر های انتخابی برای دیوار های مورد مقایسه 56
جدول 3-15- نتایج تحلیل دیوار های قائم و مایل در دو حالت استاتیکی و دینامیکی 56
جدول 3-16- پارامتر های موج ساخته شده در آزمایشگاه شبیه ساز موج 58
جدول 4-1- داده های مورد نیاز خاک برای تعیین حالات مختلف شکست پی (CIRIA/CUR 1991) 66
جدول 4-2- خصوصیات مورد نیاز مواد و مصالح 74
جدول 4-3- گرادیان های هیدرولیکی معمول 82
جدول 4-4- ضریب آبگذری معمول 83
جدول 4-5- مقادیر حداکثر نیروی محوری شمع ها برای دیوار قائم فرضی 85
جدول 4-6- مقادیر حداکثر نیروی محوری شمع ها برای دیوار قائم فرضی با افزایش فاصله بین شمع ها 86
جدول 4-7- مقایسه فاصله بین شمع ها و میزان مصرف بتن گروه شمع ها 86
جدول 4-8- مقادیر مدول واکنش بستر ks 86
جدول 4-9- مقادیر حداکثر نیروی محوری شمع ها برای دیوار شیبدار فرضی (60 درجه) 87
جدول 4-10- مقادیر حداکثر نیروی محوری شمع ها برای دیوار شیبدار فرضی در زاویه های مختلف 88
جدول 4-11- مقادیر حداکثر نیروی محوری شمع ها برای دیوار شیبدار مشبک فرضی در زاویه های مختلف 89
جدول 4-12- مقادیر حداکثر نیروی محوری شمع های پشتیبان برای دیوار مشبک شیبدار فرضی (60 درجه) 90
جدول 4-13- مقادیر حداکثر نیروی محوری شمع ها برای دیوار شیبدار مشبک فرضی در زاویه های مختلف 90
جدول 4-14- مشخصات مکانیکی و فیزیکی فیلتر ژئوتکستایل پیشنهادی 92
جدول 5-1- مقادیر مشخصه های آماری حاصل از مدل سازی دوازده ساله در انزلی (آب عمیق) 95
جدول 5-2- نتایج تحلیل حدی ارتفاع موج در انزلی (آب عمیق) 95

جدول 5-3- مقایسه عدد ایری بارن 96
جدول 5-4- مقایسه بالاروی روی شیب صاف نفوذ ناپذیر در حالت موج ناشکنا 98
جدول 5-5- مقایسه بالاروی دیوار های صاف نا متخلخل با استفاده از رابطه لوسادا (1981) 99
جدول 5-6- بالاروی بیشینه روی شیب های با پوشش سنگه چینی نامنظم 101
جدول 5-7- بالاروی بیشینه بر روی شیب های صاف طبق توصیه CEM 102
جدول 5-8- بالاروی بیشینه بر روی شیب های با پوشش گیاهی طبق توصیه CEM 103
جدول 5-9- بالاروی بر روی شیب نفوذ ناپذیر با پوشش تخته سنگی تک لایه و چند لایه 104
جدول 5-10- بالاروی بر روی شیب نفوذ ناپذیر با پوشش بلوک های منشوری (مکعبی) 105
جدول 5-11- بالاروی بر روی شیب نفوذ ناپذیر با پوشش های دندانه دار 105
جدول 5-12- بالاروی روی شیب های نفوذ پذیر 106
جدول 5-13- اندازه شبکه های تو خالی دیوار ساحلی پیشنهادی 107
جدول 5-14- بالاروی بر روی دیوار پیشنهادی 108
جدول 5-15- ضرایب بازتاب سازه های نفوذ ناپذیر شیبدار بدون سرریز شدگی 109
جدول 5-16- ضرایب بازتاب سازه های نفوذ پذیر شیبدار بدون سرریز شدگی 111
جدول 5-17- ضرایب بازتاب سازه های نفوذ پذیر شیبدار بدون سرریز شدگی 112
جدول 5-18- روش مینکین برای نیروی موج شکنا بر دیوار های قائم 113
جدول 5-19- روش گودا برای نیروی موج شکنا بر دیوار های قائم 114
جدول 5-20- روش سین فلو برای نیروی موج ناشکنا بر دیوار های قائم 116
جدول 5-21- نیروی موج شکسته شده بر دیوار های قائم 116
جدول 5-22- مقدار آبشستگی برای دیوار های نفوذ ناپذیر بر طبق رابطه Bagnold 117
جدول 5-23- مقدار آبشستگی برای دیوار های نفوذ پذیر بر طبق رابطه Bagnold 118
جدول 5-24- مقدار آبشستگی برای دیوار های نفوذ ناپذیر بر طبق رابطه Wilson 119
جدول 5-25- مقدار آبشستگی برای دیوار های نفوذ پذیر بر طبق رابطه Wilson 119

فهرست شکل ها

شکل 1-1- دریای کاسپین 2
شکل 1-2- تراز آب دریای کاسپین در ایستگاه های انزلی و نوشهر در سال های 1330 تا 1381 3
شکل 2-1- تاثیرات رژیم ساحلی 10
شکل 2-2- تمرکز انرژی امواج بازتابیده شده در تو رفتگی ها 11
شکل 2-3- قسمت های اصلی یک دیوار ساحلی 12
شکل 2-4- نمونه ای از مقطع ریپرپ با جزئیات 13
شکل 2-5- دیوار ساحلی شیبدار متخلخل با استفاده از سنگ مسلح 13
شکل 2-6- دیوار ساحلی شیبدار متخلخل با استفاده از سنگه چینی ریپرپ 14
شکل 2-7- واحد های بتنی مسلح الگو جا گذاری شده مخصوص دیوار های ساحلی 14
شکل 2-8- نمونه هایی از دیوار ساحلی شیبدار با واحد های بتنی مسلح الگو جا گذاری شده 14
شکل 2-9- دیوار های ساحلی شیبدار با پوشش های مسلح انعطاف پذیر 15
شکل 2-10- دیوار های ساحلی شیبدار با پوشش گابیون های پر شده از سنگ 15
شکل 2-11- دیوار های ساحلی شیبدار با Open-Stone Asphalt 16
شکل 2-12- دیوار های ساحلی شیبدار با کیسه های ژئوتکستایل 16
شکل 2-13- دیوار های ساحلی شیبدار بتنی 17
شکل 2-14- دیوار ساحلی با شیب صاف بتنی 18
شکل 2-15- دیوار ساحلی با شیب بلوکی (تصویر بالا) و دال بتنی (تصویر پایین) 17
شکل 2-16- دیوار ساحلی با پوشش بالشتک دوغابی 19
شکل 2-17- دیوار ساحلی با استفاده از آسفالت سنگی یا بتنی 19
شکل 2-18- دیوار ساحلی با پوشش گیاهی 19
شکل 2-19- نا پایداری هیدرولیکی واحد های مسلح کننده تصادفی چیده شده تک لایه در شیب های تند 22
شکل 2-20- شسته شدن پشت دیواره به دلیل سرریز 22
شکل 2-21- شکست فرسایشی پنجه شیب های قلوه سنگی 23
شکل 2-22- خرابی دال های بتنی به دلیل شستگی پنجه شیت پایل ها و مشابه آن ها 23
شکل 2-23- بیرون زدگی المان های دال به دلیل فشار بر کشنده 23
شکل 2-24- شسته شدن بستر و فرسایش پنجه 23
شکل 2-25- شسته شدن مواد ریز تر 24
شکل 2-26- نا پایداری پنجه و پای مسلح کننده ها در آب کم عمق وقتی که بر بستری سخت و در معرض موج شکنا باشد 24
شکل 2-27- لغزش مواد مسلح کننده اصلی به دلیل شسته شدن بستر 24
شکل 2-28- فرسایش اضافی در جلوی دیوار در هنگام طوفان (شکلa) با و بدون دیوار (شکلb) 26
شکل 2-29- اضافه پس رفت خط ساحلی مجاور دیوار ساحلی (y تابع طول دیوار ساحلی است.) 26
شکل 3-1- انواع شکست موج 30
شکل 3-2- هیدرولیک دیوار های ساحلی 31
شکل 3-3- بالاروی روی دیوار ساحلی 33
شکل 3-4- بالا روی و پایین روی بر روی شیب های نفوذ ناپذیر 33
شکل 3-5- بالا روی و پایین روی بر روی شیب های نفوذ پذیر 33

شکل 3-6- تصویر تفاوت در سطح آب داخلی در شیب با نفوذ پذیری زیاد و کم 34
شکل 3-7- الگو های جریان برای موج شکن نفوذ پذیر 34
شکل 3-8- سرعت پایین روی کاهش یافته در شیب های تاج کوتاه 34
شکل 3-9- افزایش سرعت جریان پایین روی ناشی از دیوار جان پناه 35
شکل 3-10- زاویه برخورد موج ورودی 38
شکل 3-11- نمایش اندیسی نفوذ پذیری وندر میر (1988) 39
شکل 3-12- نیروی موج ایستاده بر اساس رابطه سین فلو (1928) 42
شکل 3-13- نیروی امواج نامنظم بر اساس رابطه گودا (1974) 43
شکل 3-14- نیروی موج شکنا بر اساس روش مینکین (1955، 1963) 44
شکل 3-15- نیروی موج شکسته شده 44
شکل 3-16- آبشستگی ناشی از شکست موج در دیوار های ساحلی قائم 46
شکل 3-17- فشار جانبی خاک در حالات مختلف 48
شکل 3-18- توزیع فشار محرک رانکین یک خاک دانه ای (بدون چسبندگی) که قسمتی از آن زیر آب است 49
شکل 3-19- توزیع فشار مقاوم رانکین یک خاک دانه ای (بدون چسبندگی) که قسمتی از آن زیر آب است 49
شکل 3-20- قرار داد کریزل و آبسی برای تعیین ضریب فشار جانبی خاک برای دیوار های قائم و مایل 40
شکل 3-21- روش های مختلف توصیه شده جهت تعیین N_q بر حسب ϕ 52
شکل 3-22- کنترل واژگونی در دیوار های حایل مایل 54
شکل 3-23- نحوه انتقال بار قائم به خاک 55
شکل 3-24- گسیختگی خاک در پشت دیوار حایل 55
شکل 3-25- مشخصات هندسی دیوار های مورد مطالعه 56
شکل 3-26- دیوار ساحلی ناهموار و دندانه دار آزمایش شده 57
شکل 3-27- برپایی آزمایش 57
شکل 3-28- دیوار ساحلی دندانه دار در هنگام آزمایش در کانال شبیه ساز جریان 58
شکل 3-29- مقایسه ضریب بازتاب برای دیوار های صاف، ناهموار و دندانه دار در شیب های مختلف 58
شکل 3-30- مقایسه بالاروی برای دیوار های صاف، ناهموار و دندانه دار در شیب های مختلف 58
شکل 3-31- ساحل شبیه سازی شده مورد مطالعه 59
شکل 3-32- نیمرخ نهایی حاصل از ساخت دیوار های شیبدار مختلف 59
شکل 3-33- نیمرخ ساخته شده از کیسه های ژئوتکستایل پر شده از ماسه در ساحل Riccione, Italy در سال 1995 60
شکل 3-34- نمای هوایی از کرانه های ساحل Riccione, Italy و تحول 20 ساله آن 60
شکل 3-35- نیمرخ نهایی حاصل 61
شکل 3-36- نیمرخ ساحل قبل و پس از عملیات تثبیت ساحل 62
شکل 3-37- آزمایش شبیه ساز موج بر روی کیسه های ماسه پرشده ژئوتکستایل 62
شکل 3-38- نحوه شکست موج بر روی دیوار ساحلی حاوی کیسه های ژئوتکستایل ماسه 63
شکل 4-1- نمونه پی های چاهی 68
شکل 4-2- استفاده از پی ستونی مارپیچی در پروژه ساحلی 69
شکل 4-3- نمونه پی ستونی مارپیچی 69
شکل 4-4- استفاده از سپری و شمع لوله ای 69
شکل 4-5- استفاده از پی صندوقه ای 70

شکل 4-6- جابجایی مسلح کننده ها توسط آبشستگی 70
شکل 4-7- کج شدن به سمت دریا و نشست ناشی از آبشستگی 71
شکل 4-8- چرخش به سمت دریای دیوار های وزنی 71
شکل 4-9- خرابی به دلیل آبشستگی زیرین و چرخش دیوار صفحه ای 71
شکل 4-10- طراحی پنجه مقاوم در برابر آبشستگی 73
شکل 4-11- نواحی فرسایشی دیوار ساحلی 75
شکل 4-12- استفاده معمول از محصولات ژئوتکستایل در پوشش های حفاظتی ساحلی 78
شکل 4-13- تیوب ژئوتکستایل و تیوب های لنگر گاهی آن 79
شکل 4-14- استفاده از تیوب ژئوتکستایل در دریای سرخ (تصویر راست) در تایلند (تصویر چپ) 79
شکل 4-15- کیسه های ژئوتکستایل پر شه از ماسه 80
شکل 4-16- نحوه پر کردن کیسه های ژئوتکستایل m32 با ماسه 80
شکل 4-17- استفاده از فیلتر ژئوتکستایل در پروژه های کنترل فرسایش 80
شکل 4-18- ضوابط نگهداری خاک برای شرایط جریان دینامیک 82
شکل 4-19- دیوار قائم ساحلی فرضی 83
شکل 4-20- مدل دیوار قائم ساحلی فرضی با استفاده از نرم افزار Sap2000 84
شکل 4-21- مقایسه فاصله بین شمع ها و میزان مصرف بتن گروه شمع ها 86
شکل 4-22- مدل دیوار شیبدار ساحلی فرضی با استفاده از نرم افزار Sap2000 87
شکل 4-23- مدل دیوار مشبک شیبدار ساحلی فرضی با استفاده از نرم افزار Sap2000 88
شکل 4-24- مقایسه حداکثر نیروی محوری نوک شمع برای دیوار بتنی صاف و مشبک 89
شکل 4-25- شمع پشتیبان 90
شکل 4-26- مقایسه حداکثر نیروی محوری نوک شمع های پنجه و پشتیبان در زاویه های مختلف دیوار شیبدار مشبک فرضی 91
شکل 5-1- مقایسه عدد ایری بارن 96
شکل 5-2- شکست جریانی 97
شکل 5-3- شکست غلتیدنی 97
شکل 5-4- مقایسه بالاروی روی شیب صاف نفوذ ناپذیر در حالت موج ناشکنا 98
شکل 5-5- مقایسه بالاروی دیوار های صاف نا متخلخل با استفاده از رابطه لوسادا (1971) 99
شکل 5-6- مقایسه بین دیوار های شیبدار با پوشش های مختلف بر پایه رابطه لوسادا (1971) 100
شکل 5-7- بالاروی بیشینه بر روی شیب های زبر (سنگه چینی نامنظم) 101
شکل 5-8- مقایسه بالاروی حداکثر بر روی شیب ها با پوشش های مختلف 102
شکل 5-9- بالاروی بر روی شیب نفوذ ناپذیر صاف، بتنی، آسفالتی و بلوک های سنگه چینی صاف 103
شکل 5-10- بالاروی بر روی شیب نفوذ ناپذیر با پوشش گیاهی 103
شکل 5-11- بالاروی بر روی شیب نفوذ ناپذیر با پوشش تخته سنگی تک لایه و چند لایه 104
شکل 5-12- بالاروی بر روی شیب نفوذ ناپذیر با پوشش بلوک های منشوری (مکعبی) 105
شکل 5-13- بالاروی بر روی شیب نفوذ ناپذیر با پوشش دندانه دار 105
شکل 5-14- مقایسه بالاروی بر روی شیب ها با پوشش های مختلف طبق توصیه CEM 106
شکل 5-15- بالاروی روی شیب های نفوذ پذیر طبق توصیه CEM 106
شکل 5-16- نما از جلوی دیوار ساحلی پیشنهادی 107
شکل 5-17- مقایسه بالاروی بر روی شیب های دیوارهای پیشنهادی 108

شکل 5-18- مقایسه بالاروی بر روی دیوار های با پوشش های مختلف و دیوارهای پیشنهادی 108
شکل 5-19- مقایسه ضرایب بازتاب Cr برای دیوار های ساحلی نفوذ ناپذیر بدون سرریز شدگی 110
شکل 5-20- مقایسه ضرایب بازتاب Cr برای دیوار های ساحلی نفوذ پذیر بدون سرریز شدگی 111
شکل 5-21- مقایسه ضرایب بازتاب Cr برای دیوار های ساحلی پیشنهادی 112
شکل 5-22- روش مینکین (1955، 1963) برای نیروی موج شکنا بر دیوار های قائم 113
شکل 5-23- روش گودا (1974) برای نیروی موج شکنا بر دیوار های قائم 114
شکل 5-24- مقایسه نیروی دینامیکی موج به روش مینکین (1955، 1963) برای نیروی موج شکنا بر دیوار های شیبدار 115
شکل 5-25- مقایسه نیروی دینامیکی موج به روش گودا (1974) برای نیروی موج شکنا بر دیوار های شیبدار 115
شکل 5-26- روش سین فلو (1928) برای نیروی موج ناشکنا بر دیوار های قائم 115
شکل 5-27- نیروی موج شکسته شده بر دیوار های قائم 116
شکل 5-28- مقایسه نیرو و لنگر دینامیکی موج شکسته شده بر دیوار های شیبدار 117
شکل 5-29- مقایسه آبشستگی دیوار های نفوذ پذیر و نفوذ ناپذیر بر پایه رابطه بگنولدز 118
شکل 5-30- مقایسه آبشستگی دیوار های نفوذ پذیر و نفوذ ناپذیر بر پایه رابطه ویلسون 120
شکل 5-31- مقایسه آبشستگی دیوار های ساحلی پیشنهادی بر پایه رابطه بگنولدز 120
شکل 6-1- دیوار ساحلی پیشنهادی به صورت شماتیک 125
شکل 6-2- نمای دیوار ساحلی پیشنهادی به صورت شماتیک 126
شکل 6-3- پلان دیوار ساحلی پیشنهادی به صورت شماتیک 126
شکل 6-4- دیوار ساحلی پیشنهادی به همراه کیسه های ژئوتکستایل پر شده از ماسه به صورت شماتیک 127
شکل 6-5- دیوار ساحلی پیشنهادی با المان های پیش ساخته 127
شکل 6-6- ابعاد شبکه و مقاطع المان های تشکیل دهنده آن 128
شکل 6-7- ابعاد کیسه های ژئوتکستایل پیشنهادی 131
شکل 6-3- محافظت از پنجه پیشنهادی 140

فهرست علائم اختصاری

زاویه شیب	α
زاویه شیب معادل	α_{eq}
وزن مخصوص خاک	γ'
ضریب کاهش برای تاثیر برم	γ_b
ضریب کاهش برای تاثیر زاویه برخورد موج	γ_β
ضریب کاهش برای تاثیر کاهش عمق	γ_h
ضریب کاهش برای تاثیر زبری سطح	γ_r
ضریب کاهش برای تاثیر کوتاهی تاج در سرریز	γ_r
زاویه اصطکاک داخلی خاک	φ
پارامتر همسانی خیزآب	ξ
پارامتر همسانی خیزآب متوسط	ξ_{om}
پارامتر همسانی خیزآب غالب	ξ_{op}
ضریب رگرسیون	a
سطح مقطع جداره شمع	A_s
سطح مقطع کف شمع	A_t
زاویه شیب ساحل	β
ضریب رگرسیون	b
ضریب بازتاب موج	C_r
ضریب انتقال موج	C_t
عمق آب	d
عمق شکست موج	d_b
عمق آب در پنجه	d_s
عمق استقرار شمع	D_f
انرژی اتلاف شده	E_d
انرژی ورودی	E_i
انرژی بازتاب	E_r
انرژی انتقالی	E_t
شتاب جاذبه زمین	g
ارتفاع موج	H
عمق شکست موج	h_b
ارتفاع موج آب عمیق	H_0
ارتفاع شکست موج	H_b
ارتفاع انرژی اساس گشتاور صفر	H_{m0}
ارتفاع موج بیشینه	H_{max}
ارتفاع موج مشخصه	H_s
ارتفاع موج بازتابی	H_{sr}
عدد ایری بارن	Ir

گرادیان هیدرولیکی	i_s
ضریب فشار جانبی خاک	K
ضریب فشار سکون خاک	K_0
ضریب فشار محرک خاک	K_a
ضریب آبگذری فیلتر ژئوتکستایل	K_g
ضریب فشار مقاوم خاک	K_p
ضریب آبگذری خاک	K_s
عمق آبشستگی	l_b
طول موج	L
طول موج آب عمیق	L_0
طول موج در لحظه شکست	L_b
فاکتور عمق مربوط به ظرفیت باربری	N_q
اندازه شبکه های فیلتر ژئوتکستایل	O_{95}
نفوذ پذیری نمادین	P
مقدار سرریز	q
مقاومت واحد (تنش) در جداره شمع	r_s
مقاومت واحد (تنش) در نوک شمع	r_t
ضریب اصلاح زبری سطح شیب	R
ارتفاع آزاد	R_c
پایین روی موج	R_d
بیشترین مقدار بالاروندگی	R_{max}
توان باربری نهایی جداره	R_s
توان باربری نهایی کف	R_t
توان باربری شمع	R_t
بالاروی موج	R_u
بالاروی موج برای i درصد موج ها	$R_{ui\%}$
تندی موج آب عمیق	s_0
پریود موج	T
پریود موج متوسط	T_m
پریود موج غالب	T_p
عمق مورد نظر خاک	z

چکیده

رفتار دیوار های مشبک شیبدار متخلخل جهت بهینه سازی محافظ های ساحلی

میلاد شیرین زبان

بیش از دو سوم جمعیت کره زمین در محدوده 60 کیلومتری دریا ها و اقیانوس ها زندگی میکنند. علاقه انسان ها برای زندگی در کنار ساحل و کمبود زمین برای فعالیت های گوناگون انسانی باعث شده است که محافظت از ساحل و ساخت محافظ های ساحلی نقش مهمی را در مهندسی سواحل بازی کند. از اینرو و با توجه به بیش از 5500 کیلومتر خط ساحلی میهن مان ساخت انواع جدید دیوار های ساحلی به نحوی که کارایی بهتر، پایداری بیشتر و تاثیرات مخرب کمتر بر نیمرخ طبیعی ساحل نسبت به انواع مشابه خود داشته باشد، باید در دستور کار قرار گیرد.

در جهت انجام این تحقیق ابتدا انواع مختلف دیوار های ساحلی به ویژه انواع شیب دار به جهت عملکرد های بهتر ژئوتکنیکی و هیدرولیکی مورد مطالعه قرار گرفته و کار های نو انجام شده در این زمینه بررسی شده است. به منظور مقایسه انواع دیوار های ساحلی و پوشش های مختلف آنان با یکدیگر، عملکرد های هیدرولیکی نظیر بالاروی، بازتاب و انرژی دینامیکی موج و نیز مقدار آبشستگی در زوایای مختلف و با پوشش های معمول موجود محاسبه شده است. در نهایت هر کدام از پارامتر های ذکر شده، برای نوع جدید دیوار ساحلی مرکب پیشنهادی محاسبه شده و به مقایسه آن با انواع موجود پرداخته شده است. دیوار ساحلی مرکب پیشنهادی متشکل از کیسه های ژئوتکستایل پر شده از ماسه درون شبکه تیر و ستون بتنی، که بر بستر طبیعی ساحل و یک لایه فیلتر ژئوتکستایل خوابیده است، می باشد. تحلیل ها نشان دهنده عملکرد مطلوبتر دیوار های ساحلی شیبدار مشبک متخلخل چه از دیدگاه سازه ای و چه دیدگاه هیدرولیکی است به طوریکه مقدار ضریب بازتاب، ارتفاع بالاروی و عمق آبشستگی در دیوار پیشنهادی به مراتب کمتر از دیوار های متداول است. با توجه به مسایل و مشکلات پی های سطحی، پی های نیمه عمیق مورد مطالعه قرار گرفته و با ساخت مدل نرم افزاری از پی نیمه عمیق پیشنهادی برای دیوار ساحلی با زوایا و شبکه های مختلف و مقایسه داده های خروجی آن ها با یکدیگر و با محاسبات دستی صورت گرفته برای شمع ها به بررسی درستی و کفایت پی نیمه عمیق پیشنهادی پرداخته شده است.

استفاده از خاصیت تخلخل در کنار شیبدار شدن دیواره موجب بهبود کارایی های هیدرولیکی و پایداری ژئوتکنیکی دیوار ساحلی می شود و استفاده از شبکه بتنی همراه با پی نیمه عمیق برای آن ها نیز پایداری بیشتر و کاهش صدمات را به دنبال خواهد داشت. استفاده از مصالح ژئوتکستایل نیز موجب انعطاف پذیری، اجرای سریع و رفع بخش بزرگی از مسایل ساخت محافظ های ساحلی می شود. در نهایت دیوار ساحلی شیبدار مشبک متخلخل پیشنهادی، مرکب از شبکه بتنی، کیسه های ژئوتکستایل پر شده از ماسه، فیلتر ژئوتکستایل و پی نیمه عمیق برای شرایط منطقه بندرانزلی بررسی شده است. بررسی ها نشان می دهد که با توجه به شرایط خاص منطقه، کمبود مصالح سنگی در کنار وجود ماسه مناسب، جزر و مد دوره ای سی ساله دریای کاسپین، پتانسیل بالای آبشستگی و توریستی بودن منطقه مطلوب ترین گزینه استفاده از دیوار ساحلی پیشنهادی با پی نیمه عمیق است.

کلید واژه : دیوار ساحلی، محافظت از ساحل، متخلخل، شیبدار، شالوده نیمه عمیق، کیسه ژئوتکستایل، فیلتر ژئوتکستایل

Abstract

Behavior of Sloped Porous Grid Walls in Optimization of Seawalls

Milad Shirinzaban

More than two-thirds of the world's population lives within 60 kilometers of the sea and oceans. Interest of people to live near the coast and Shortage of land for human activities have caused protection of coast and construction of seawalls play an important role in coastal engineering. Thus, according to more than 5500 kilometers of coastline of our country, Construction of new types of seawalls which somehow have better performance, greater stability and less damaging effects on the natural beach profile compared with similar types should be orders to be placed. In order to do this research first, different types of seawalls, especially those kinds of sloping because of better Geotechnical and Hydraulics performances has been studied and new works done in this field has been investigated. In order to compare the different types of seawalls and their coverings, their hydraulic performances like run-up, wave reflection, wave dynamics energy and scouring at the different angles with different usual covering are calculated. Finally, each of the parameters which listed for the new type of proposal composite seawall calculated and compared with the usual kinds of them. Proposed seawall is composed of geotextile bags which filled with sand, concrete beams and columns within the meshes, which is lying on the natural beach and a geotextile filter layer. Studies show better performance in terms of structural or hydraulic perspective for Sloped lattice Porous Seawall. As the reflection coefficient and scour depth at the proposed seawall is far less than the conventional seawalls. Due to problems with shallow foundations, semi-deep foundations were studied and with software modeling of proposed semi-deep foundation for different angels and meshes and compare the data with each other and manual calculations were carried out to examine the accuracy and adequacy of proposed semi deep pile.

Use of porous property along the steep improves the efficiency of hydraulic and geotechnical stability of the seawall and use of concrete lattice beside of semi deep foundation have greater stability and also reduce the damage. Use of geotextile materials have the flexibility rapid implementation and eliminate a large part of the problem during the construction for coastal protections. So Sloped lattice Porous Seawall composed of concrete lattice, geotextile bags filled with sand, and geotextile filter followed by a semi deep foundation for Bandar-e Anzali region is investigated. Studies show that in order to the region specific conditions, lack of stone materials, existence of good sand, a thirty-year period tides of Caspian Sea, scouring and tourist potential of the area, most desirable option is use of the proposed seawall with semi-deep pile.

Keywords: Seawall, Shore Protection, Sloped Porous Seawall, lattice, Semi-Deep Foundation, Geotextile Bag, Geotextile Filter