۱۳۸۱ /۲/ ۲۹

بسم ا... الرحمن الرحیم

بررسی تأثیر شکل پایه ها بر میزان آبشستگی در اطراف پایه سازه های رودخانه ای

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

بوسیلهٔ

رضا محمدپور

پایان نامه

ارائه شده به دانشکدهٔ تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد

در رشتهٔ

مهندسی عمران-سازه های هیدرولیکی

از

دانشگاه شیراز

شیراز، ایران

16886

ارزیابی وتصویب شده توسط کمیتهٔ پایان نامه با درجهٔ : عالی

امضاء اعضاء کمیتهٔ پایان نامه :

دکتر غلامرضا رخشنده رو، استادیار مهندسی راه وساختمان (رئیس کمیته) .....

دکتر ناصر طالب بیدختی، دانشیار مهندسی راه وساختمان .....

دکتر محمد جواد عابدینی، استادیار مهندسی راه وساختمان .....

مهر ۱۳۸۰

۲۸۷۰۱

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که لحظات عمر خود را
بی دریغ نثار زندگیم نمودند

۳۹۷۰۱

سپاسگزاری

اینک که به یاری خداوند متعال توفیق به پایان رسانیدن این رساله فراهم گشته است وظیفه خود می دانم از زحمات بی دریغ جناب آقای دکتر رخشنده رو استاد محترم بخش مهندسی راه و ساختمان که هدایت کردن این پایان نامه را متقبل شدند به لحاظ اخلاق نیک و راهنمایی های پر ارزش شان همچنین از راهنمایی های سودمند اعضای کمیته جناب آقایان دکتر محمد جواد عابدینی و دکتر ناصر طالب بیدختی اساتید محترم بخش راه وساختمان نهایت سپاسگزاری و قدردانی را نمایم.

از خانواده بسیار عزیزم به پاس ایجاد محیطی آرام بخصوص پدر و مادرم این دو موجود آسمانی که همواره مشوق و راهنمایِ من در تمام امور زندگی و تحصیلی بوده اند بی نهایت سپاسگزارم.

در پایان لازم می دانم از جناب آقای مهندس حسین دانشمند دوست عزیزم که در مراحل مختلف این پایان نامه مرا یاری نمودند و همچنین مسئول محترم آزمایشگاه هیدرولیک جناب آقای نیاکام صمیمانه تشکر و قدر دانی نمایم.

چکیده

بررسی تأثیر شکل پایه ها بر میزان آبشستگی در اطراف پایه سازه های رودخانه ای

توسط:

رضا محمد پور

امروزه مسئله آبشستگی یکی از مسائل مهم در مهندسی رودخانه و مهندسی سواحل می باشد. با توجه به اینکه اکثر تخریبهای انجام شده در سازه های رودخانه ای و ساحلی مانند پلها، اسکله ها و غیره در اثر این پدیده می باشد بنابراین لزوم بررسی آن بسیار حائز اهمیت می باشد به همین علت این مسئله در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است.شکل پایه ها از جمله عواملی می باشد که آبشستگی را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می دهد .

در این پایان نامه به بررسی تأثیر شکل پایه بر آبشستگی در پایه های یکنواخت (پایه هایی که شکل وقطر آنها در طول پایه ثابت می باشد) و غیر یکنواخت پرداخته شده است.آزمایشها در کانالی به طول ۳۰متر، عرض تقریبی ۱ متر و ارتفاع ۰/۷۵متر و با پایه هایی به شکل مربع، لوزی، دایره و مثلث انجام گرفت. پس از برداشت و جمع آوری نتایج آزمایشگاهی و مقایسه آنها با نتایج محققان دیگر برای هر کدام از پایه ها، ضریب شکل پایه(K_s) ارائه گردید. در هر آزمایش پس از انجام عملیات آبشستگی توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه توسط دستگاهی که به همین منظور ساخته شده بود برداشت شده و در قسمت نتایج ارائه شده اند.

در انتها با شبیه سازی کانال و شرایط جریان توسط نرم افزار HEC-RAS نتایج حاصل از آزمایشگاه با نتایج بدست آمده توسط این نرم افزار مقایسه گردید و بررسی و تجزیه و تحلیل های لازم صورت پذیرفته است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱-مقدمه ۱
۱-۲- طبقه بندی آبشستگی و انواع آن ۳
۱-۲-۱- انواع آبشستگی از نظر علت بوجود آمدن این پدیده ۳
۱-۲-۲- انواع آبشستگی از لحاظ وضعیت حمل مصالح ۶
۱-۳-سازه هایی که تحت تأثیر پدیده آبشستگی قرار می گیرند ۸
۱-۳-۱-آستانه ها ۸
۱-۳-۲-سازه های پرتاب کننده جریان ۹
۱-۳-۳-تکیه گاهها و دستک ها ۱۰
۱-۳-۴-پایه های پل ۱۳
۱-۳-۵-سازه های ساحلی و درون دریایی ۱۳
۱-۴-معرفی پایان نامه و اهداف آن ۱۳
۱-۵-معرفی فصلهای پایان نامه ۱۴

فصل دوم: بررسی وضعیت سیال و رسوب در اطراف پایه ها

۲-۱-مقدمه ۱۵
۲-۲-بررسی وضعیت سیال در اطراف پایه ها ۱۵
۲-۳-پدیده آبشستگی به دلیل تنگ شدگی مقطع ۱۶
۲-۴-مکانیزم آبشستگی و تشکیل سیستم گردابی در اطراف پایه های پل ۱۷
۲-۴-۱-عوامل ایجاد سیستم گردابی وانواع گردابه ها در اطراف پایه ها ۱۸
۲-۴-۲-بررسی گردابه های نعل اسبی ۲۲
۲-۴-۳-بررسی گردابه های بلند شونده(برخاستگی) ۲۴
۲-۵- فرسایش رودخانه ای و عوامل آن ۲۷
۲-۵-۱-روابط حاکم بر فرسایش ۲۸

۲-۵-۱-۱-روش سرعت بحرانی ۲۹
۲-۵-۱-۲-روش تنش برشی شیلدز ۳۳

فصل سوم: مروری بر تحقیقات گذشته

۳-۱-مقدمه ۳۸
۳-۲-پارامترهای مؤثر بر آبشستگی پایه های پل ۳۸
۳-۳-بررسی پارامترهای مؤثر بر آبشستگی ۴۰
۳-۳-۱-بررسی یکنواختی و غیر یکنواختی رسوبات بستر ۴۱
۳-۳-۲-بررسی میزان تأثیر قطر ذرات بر عمق آبشستگی ۴۳
۳-۳-۳-بررسی تأثیر عمق جریان بر آبشستگی ۴۳
۳-۳-۴-بررسی تأثیر شکل پایه ها بر عمق آبشستگی ۴۵
۳-۳-۴-۱-بررسی تأثیر شکل پایه ها بر روی آبشستگی پایه های یکنواخت ۴۶
۳-۳-۴-۲-بررسی تأثیر شکل پایه ها بر آبشستگی پایه های غیر یکنواخت ۵۰
۳-۳-۴-۳ پایه های هرمی ۵۲
۳-۳-۴-۴ پایه به همراه فونداسیون صندوقه ای ۵۲
۳-۳-۴-۵ پایه به همراه فونداسیون ۵۷
۳-۳-۴-۶ پایه به همراه فونداسیون و شمع ۵۸
۳-۳-۵-بررسی تأثیر زاویه برخورد جریان در عمق آبشستگی ۵۹
۳-۳-۵-۱-هیدرولیک جریان در اطراف پایه های کج ۵۹
۳-۴-آبشستگی در اطراف یک گروه پایه ۶۳
۳-۵-پیشروی حفره بر حسب زمان در آبشستگی آب زلال ۶۵
۳-۶-روابط ارائه شده برای تعیین آبشستگی در اطراف پایه ها ۶۹

فصل چهارم: طرح کانال آزمایشگاهی و شرح وسایل آزمایشگاهی

۴-۱-مقدمه ۸۱
۴-۲-مشخصات فلوم آزمایشگاهی ۸۲

۴-۳-طرح ابعاد مدل بر اساس روابط آبشستگی ۸۸
۴-۳-۱-شکل و ابعاد پایه ها ۸۸
۴-۳-۲-رسوبات ۹۰
۴-۳-۳-عمق جریان ۹۳
۴-۴-محاسبه سرعت برشی و دبی جریان ۹۴
۴-۵-اندازه گیری دبی ۹۶
۴-۵-۱- طراحی و ساخت سرریز ۹۷
۴-۵-۲- کالیبره کردن سرریز ۱۰۱
۴-۶- اندازه گیری زمان تعادل برای انجام آزمایشها ۱۰۳
۴-۷-معرفی مراحل آزمایشهای انجام گرفته ۱۰۵
۴-۷-۱-آزمایش های مقدماتی ۱۰۵
۴-۷-۱-۱-آزمایشهای مقدماتی مرحله یک ۱۰۵
۴-۷-۱-۲-آزمایشهای مقدماتی مرحله دو ۱۰۶
۴-۷-۲-روش انجام آزمایشهای اصلی ۱۰۷

فصل پنجم: آزمایش های انجام شده و نتایج حاصله

۵-۱-مقدمه ۱۰۹
۵-۲-آزمایش های مرحله مقدماتی ۱۰۹
۵-۲-۱-آزمایش های مقدماتی مرحله اول ۱۰۹
۵-۲-۲-آزمایش های مقدماتی مرحله دوم ۱۱۰
۵-۳-بررسی نتایج آزمایش های اصلی ۱۱۳
۵-۳-۱- بررسی تأثیر شکل پایه‌های غیر یکنواخت صندوقه ای ۱۱۴
۵-۳-۱-۱-بررسی نتایج آبشستگی در منطقه I (Zone I) ۱۱۵
۵-۳-۱-۲-بررسی نتایج آبشستگی در منطقه II (Zone II) ۱۱۶
۵-۳-۱-۳ مقایسه نتایج و نتایج ملویل (۱۹۹۶) ۱۱۶
۵-۳-۱-۴ مقایسه نتایج حاصل و خروجی HEC-RAS ۱۱۹

۵-۳-۱-۵ بررسی ضریب شکل پایه ها در پایه های غیر یکنواخت ۱۲۲
۵-۳-۱-۶ ارائه رابطه ای برای تعیین تأثیر شکل پایه در پایه های مربعی ۱۲۳
۵-۳-۱-۷ ارائه رابطه ای برای تعیین تأثیر شکل پایه در پایه های مثلثی ۱۲۴
۵-۳-۱-۸ ارائه رابطه ای برای تعیین تأثیر شکل پایهدر پایه های لوزی ۱۲۵
۵-۳-۱-۹ ارائه نموداری جهت تعیین تأثیر شکل تمام پایه ها ۱۲۵
۵-۳-۲-بررسی زمان آبشستگی در پایه های غیر یکنواخت ۱۲۸
۵-۳-۳-توپوگرافی حفره آبشستگی در اطراف یک پایه ۱۳۳
۵-۴-نتایج آزمایشگاهی انجام شده جهت بررسی تأثیر عمق فونداسیون برروی دو پایه ۱۵۰
۵-۴-۱-بررسی داده های آزمایشگاهی ۱۵۳
۵ -۴-۲-توپوگرافی حفره آبشستگی در اطراف دو پایه ۱۵۵
۵-۴-۳-ارائه عمقی از فونداسیون که در آن عمق پایه ها بریکدیگر تأثیری نداشته باشند ۱۶۱

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶ -۱-مقدمه ۱۶۲
۶-۲-نتایج بدست آمده حاصل از بررسی تأثیر شکل پایه ها در پایه های یکنواخت ۱۶۳
۶-۳-نتایج بدست آمده حاصل از بررسی تأثیر شکل پایه ها در پایه‌های غیر یکنواخت صندوقه‌ای ۱۶۴
۶-۴-نتایج حاصل از بررسی تأثیر عمق فونداسیون بر آبشستگی بین دو پایه ۱۶۶
۶-۵-پیشنهادات ۱۶۸
مراجع ۱۶۹
چکیده و عنوان به زبان انگلیسی

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱) ضرایب شکل پایه ها ارائه شده توسط لارسن ۴۸

جدول ۳-۲) نتایج تحقیقات وارزلویتز(۱۹۶۰) بر روی ضریب شکل پایه ها ۴۸

جدول ۳-۳) نتایج تحقیقات دایتز(۱۹۷۲) بر روی ضریب شکل پایه ها ۴۹

جدول ۳-۴) ضرایب شکل پایه ها ارائه شده توسط ملویل و ساترلند (۱۹۸۸) ۴۹

جدول ۳-۵) مقایسه عمق آبشستگی در اطراف پایه ها باشکلهای متفاوت ، مصطفی(۱۹۹۴) ۵۰

جدول۳-۶) ضریب شکل برای پایه های یکنواخت ۵۰

جدول۳-۷)ضریب شکل برای پایه های هرمی شکل ۵۲

جدول۳-۸) حاصلضرب ضریب شکل وضریب زاویه برخورد برای گروه شمع ها ۵۹

جدول ۳-۹) فاکتور K_{gr} برای اعمال تأثیر گروه دوتایی پایه ها ۶۵

جدول۴-۱) نتایج برای بدست آوردن آستانه حرکت ۹۵

جدول ۴-۲) مشخصات فنی سرریز های مثلثی ۹۸

جدول ۴-۳) دبی های مختلف اندازه گیری شده در آزمایشگاه جهت کالیبره کردن سرریز ۱۰۲

جدول۴-۴) تغییرات عمق آبشستگی در زمانهای مختلف در اطراف پایه استوانه ای ۱۰۴

جدول ۵-۱) نتایج آبشستگی حاصل از آزمایشگاه برای عمق Y=18 cm ۱۱۵

جدول۵-۲) مقایسه بین ضریب شکل مصطفی و نتایج حاصل از آزمایشگاه ۱۱۵

جدول ۵-۳) نتایج آبشستگی حاصل از آزمایشگاه برای عمق Y=6.3 cm و Y=1 cm و Y=0 ..... ۱۱۶

جدول۵-۴) مقایسه نسبت عمق آبشستگی حاصل از آزمایشگاه و نتایج ملویل (۱۹۹۶) برای پایه دایره ای شکل ۱۱۷

جدول ۵-۵) تعیین ضریب شکل پایه در هر عمق دلخواه Y نسبت به ضریب شکل همان پایه در Zone I ۱۲۷

جدول۵-۶)نتایج ازمایشهای انجام شده بر روی دو پایه که تحت زاویه ۴۵ درجه و فاصله ۴۷ سانتیمتر نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند ۱۵۲

جدول ۵-۷) نتایج آزمایشهای انجام شده بر روی پایه تک ۱۵۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱) شکل توصیفی از آبشستگی عمومی، موضعی و آبشستگی ناشی از تنگ شدگی و مجموع آنها ۵

شکل۱-۲)نمودار تغییرات آبشستگی با a) زمان b) سرعت برشی ۶

شکل ۱-۳) تغییرات عمق آبشستگی بر حسب زمان و سرعت ۷

شکل۱-۴)تعریف ترسیمی از آستانه ها ۹

شکل ۱-۵) انواع جریان فورانی ۱۰

شکل۱-۶) انواع تکیه گاه ها ۱۱

شکل۱-۷) تکیه گاه درون گذر، جانمایی عمومی و الگوی جریان ۱۲

شکل ۲-۱) شکل توضیحی آبشستگی در مقطع تنگ شدگی ۱۷

شکل ۲-۲) گردابه های نعل اسبی و بلند شونده در اطراف پایه ۱۸

شکل ۲-۳) بردارهای سرعت و کانتورهای فشار در یک کانال قبل از ایجاد آبشستگی الف) در وسط جریان(پلان) ب) دریک مقطع قائم فرضی عبوری از وسط کانال ۱۹

شکل ۲-۴) بردارهای سرعت و کانتورهای فشار در یک کانال بعد از ایجاد آبشستگی الف) در وسط جریان(پلان) ب) دریک مقطع قائم فرضی عبوری از وسط کانال ۲۰

شکل ۲-۵) محل تشکیل گردابه های بر خاستگی در پشت پایه های استوانه ای و جهت تشکیل این گردابه ها ۲۵

شکل ۲-۶) آبشستگی در اطراف یک پایه دایره ای شکل ۲۶

شکل ۲-۷) نمایش خطوط جریان در حین عبور از روی ذره و نیرو های مؤثر به ذره ای که در بستر واقع شده است ۲۹

شکل ۲-۸) منحنی شیلدز ۳۵

شکل ۲-۹) دیاگرام شیلدز برای آستانه حرکت ذرات یکنواخت بستر(هندرسون ۱۹۶۶) ۳۷

شکل ۳-۱) تغییرات حداکثر عمق آبشستگی بر حسب انحراف معیار استاندارد ۴۲

شکل۳-۲) رابطه بین نسبت عرض پایه به قطر میانه ذرات و الف)حداکثر عمق آبشستگی ب)ضریب تصحیح قطر درات ۴۳

شکل۳-۳) ضریب تصحیح عمق در نسبتهای مختلف $\frac{b}{d_{50}}$ ۴۴
شکل ۳-۴) اثر عمق جریان بر روی آبشستگی ۴۵
شکل ۳-۵) انواع پایه هایی که توسط چابرت و انگلدینگر (۱۹۵۶) مورد بررسی قرار گرفتند ۴۷
شکل ۳-۶) انواع پایه های غیر یکنواخت و محدوده قرارگیری این پایه ها نسبت به سطح جریان و نمودار تغییرات عمق آبشستگی نسبت به عمق فونداسیون ۵۱
شکل ۳-۷) نمای شماتیک برخورد جریان رو به پایین با فونداسیون جریان پس از برخورد با فونداسیون قدرت خود را از دست می دهد ۵۲
شکل ۳-۸) تغییرات عمق آبشستگی نسبت به عمق فونداسیون برای پایه صندوقه ای ۵۴
شکل ۳-۹) تغییرات عمق آبشستگی در منطقه II برای پایه صندوقه ای ۵۴
شکل ۳-۱۰) تغییرات عمق آبشستگی بر حسب مقادیر مختلف Y که بر اساس قطر مؤثر برای پایه غیر یکنواخت ارائه شده است ۵۶
شکل ۳-۱۱) نتاج آزمایشگاهی برای پایه به همراه شمع ۵۸
شکل۳-۱۲) نمای شماتیک آبشستگی در اطراف یک پایه مستطیلی با زاویه برخورد جریان در شکل بالا زاویه برخورد جریان و پایه صفر می باشد ۶۱
شکل۳-۱۳)تأثیر زاویه قرار گیری پایه نسبت به جهت جریان ۶۲
شکل ۳-۱۴) تأثیر فاصله دو پایه بر عمق آبشستگی ۶۴
شکل ۳-۱۵) تغییرات عمق آبشستگی نسبت به زمان بر حسب سرعتهای مختلف ۶۶
شکل ۴-۱) مقطع طولی بستر کانال در محل انجام آزمایش ها ۸۳
شکل ۴-۲) پایه های مهاری برای جلوگیری از حرکت پایه ها ۸۴
شکل ۴-۳) ترتیب قرارگیری دو پایهٔ ها درون گودال رسوبات جهت بررسی تأثیر عمق فونداسیون در آبشستگی بین دو پایه ۸۵
شکل ۴-۴) دستگاه طراحی شده برای برداشت توپوگرافی سطح در گودال رسوبات ۸۷
شکل ۴-۵) پریسکوپ ساخته شده برای برداشت عمق آبشستگی در زمان های مختلف انجام آزمایش ۸۸
شکل ۴-۶) شکل و مقطع پایه مورد استفاده در آزمایشگاه ۹۰

شکل ۴-۷) نمودار دانه بندی رسوبات اولیه ۹۲
شکل ۴-۸) نمودار دانه بندی مصالح انتخابی بین الک نمره ۱۶ و نمره ۲۵ (مصالح انتخاب شده برای آزمایش) ۹۳
شکل ۴-۹) تصویر یکی از موج شکنهای مورد استفاده در آزمایش ۹۶
شکل ۴-۱۰) شمای یک سرریز مثلثی لبه تیز ۹۷
شکل ۴-۱۱) نمای بزرگ شده از لبه سرریز مثلثی ۹۷
شکل ۴-۱۲) نمای شماتیک سرریز ساخته شده ۹۸
شکل ۴-۱۳) سریز مثلثی ساخته شده الف) قبل از نصب ب)بعد از نصب ۹۹
شکل۴-۱۴) ضریب K_h که تابعی از زاویه دهانه سرریز می باشد ۱۰۱
شکل ۴-۱۵) ضریب C_e سرریز بر حسب H_e/P ۱۰۳
شکل ۴-۱۶) دریچه طراحی شده برای تنظیم عمق جریان واقع در انتهای کانال ۱۰۶
شکل ۵-۱) تغییرات عمق آبشستگی بر حسب زمان الف)نتایج آزمایشگاهی ب) مقایسه نتایج حاصله و نتایج ملویل ۱۱۲
شکل ۵-۲) تغییرات عمق آبشستگی نسبت به عمق فونداسیون ۱۱۸
شکل ۵-۳-الف) مقایسه نتایج آبشستگی حاصل از آزمایشگاه و خروجی HEC-RAS برای پایه دایره ای ۱۲۰
شکل ۵-۳-ب) مقایسه نتایج آبشستگی حاصل از آزمایشگاه و خروجی HEC-RAS برای پایه مربعی ۱۲۰
شکل ۵-۳-ج) مقایسه نتایج آبشستگی حاصل از آزمایشگاه و خروجی HEC-RAS برای پایه لوزی شکل ۱۲۱
شکل ۵ ۳-د) مقایسه نتایج آبشستگی حاصل از آزمایشگاه و خروجیHEC-RAS برای پایه مثلثی ۱۲۱
شکل۵-۴) تغییرات ضریب شکل پایه نسبت به عمق فونداسیون ۱۲۲
شکل ۵-۵) تغییرات ضریب شکل پایه نسبت به عمق فونداسیون برای پایه های غیر یکنواخت مربعی ۱۲۳

شکل ۵-۶) تغییرات ضریب شکل پایه نسبت به عمق فونداسیون برای پایه های غیر یکنواخت مثلثی ۱۲۴
شکل ۵-۷) تغییرات ضریب شکل پایه نسبت به عمق فونداسیون برای پایه های غیر یکنواخت لوزی شکل ۱۲۵
شکل ۵-۸) تغییرات نسبت $\frac{K(every\ Y)}{K(Zone\ I)}$ بر حسب عمق فونداسیون ۱۲۸
شکل۵-۹) تغییرات عمق آبشستگی نسبت به زمان برای پایه های غیر یکنواخت دایره ای ۱۲۹
شکل۵-۱۰) تغییرات عمق آبشستگی نسبت به زمان برای پایه های غیر یکنواخت مربعی..... ۱۳۰
شکل۵-۱۱) مقایسه تغییرات عمق آبشستگی با زمان بین نتایج بدست آمده از آزمایشگاه ونتایج ملویل (۱۹۹۸) ۱۳۱
شکل ۵-۱۲) مقایسه تغییرات عمق آبشستگی نسبت به زمان برای پایه های مربع و دایره ای غیر یکنواخت الف)Y=18 cm ب)Y=6.3 cm ۱۳۱
شکل ۵-۱۳) مقایسه تغییرات عمق آبشستگی نسبت به زمان برای پایه های مربع و دایره ای غیر یکنواخت ج)Y=1 cm د)Y=0 cm ۱۳۲
شکل ۵-۱۴) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=18 cm ۱۳۴
شکل ۵-۱۵) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=6.3 cm ۱۳۵
شکل ۵-۱۶) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=1 cm ۱۳۶
شکل ۵-۱۷) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=0 cm ۱۳۷
شکل ۵-۱۸) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت دایره ای عمق فوندانسیون Y=18 cm ۱۳۸
شکل ۵-۱۹) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت دایره ای عمق فوندانسیون Y=6.3 cm ۱۳۹

شکل ۵-۲۰) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت دایره ای عمق فوندانسیون Y=1 cm ۱۴۰
شکل ۵-۲۱) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت دایره ای عمق فوندانسیون Y=0 cm ۱۴۱
شکل ۵-۲۲) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت لوزی شکل عمق فوندانسیون Y=18 cm ۱۴۲
شکل ۵-۲۳) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت لوزی شکل عمق فوندانسیون Y=6.3 cm ۱۴۳
شکل ۵-۲۴) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت لوزی شکل عمق فوندانسیون Y=1 cm ۱۴۴
شکل ۵-۲۵) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت لوزی شکل عمق فوندانسیون Y=0 cm ۱۴۵
شکل ۵-۲۶) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت لوزی شکل عمق فوندانسیون Y=18 cm ۱۴۶
شکل ۵-۲۷) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت لوزی شکل عمق فوندانسیون Y=6.3 cm ۱۴۷
شکل ۵-۲۸) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت لوزی شکل عمق فوندانسیون Y=1 cm ۱۴۸
شکل ۵-۲۹) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت لوزی شکل عمق فوندانسیون Y=0 cm ۱۴۹
شکل ۵-۳۰) مقایسه داده های آزمایشگاهی با نتایج دیگر محققان..... ۱۵۳
شکل ۵-۳۱) مقایسه میزان آبشستگی بین یک پایه تک و دو پایه که به فاصله ۴۷ سانتیمتر و تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به هم قرار گرفته اند..... ۱۵۵
شکل ۵-۳۲) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=18 cm ۱۵۶

شکل ۵-۳۳) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=6.3 cm ۱۵۷
شکل ۵-۳۴) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=1 cm ۱۵۸
شکل ۵-۳۵) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=-2.4 cm ۱۵۹
شکل ۵-۳۶) توپوگرافی سطح رسوبات در اطراف پایه غیر یکنواخت مربعی عمق فوندانسیون Y=-7.4 cm ۱۶۰