یادداشت تحقیقاتی:

مجله علمی- پژوهشی
«عمـران مـدرس»
دوره یازدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰

معرفی دستگاهی جدید برای اندازه‌گیری پروفیل بستر

محمد واقفی[۱]، مسعود قدسیان[۲*]، مجتبی بهنام تقدسی[۳]

۱- استادیار دانشگاه خلیج فارس، دانشکده فنی و مهندسی- گروه مهندسی عمران
۲- استاد هیدرولیک، پژوهشکده مهندسی آب، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس
۳- کارشناس ارشد الکترونیک، شرکت فنی و مهندسی عصر نانو

ghods@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۷/۲۷

چکیده- اندازه‌گیری پروفیل بستر یکی از مسائل مهم در مهندسی هیدرولیک است. وسیله‌ای مرسوم برای این منظور، عمق‌سنج (Point Gage) است. استفاده از عمق سنج به منظور ثبت توپوگرافی بستر در مقیاس‌های بزرگ زمان‌بر است. در این مقاله دستگاه جدیدی که برای برداشت پروفیل بستر متحرک طراحی شد یعنی دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر(Laser Bed Profiler) معرفی شده است. این دستگاه بدون تماس با بستر و با استفاده از اشعه لیزر به برداشت داده‌ها می‌پردازد. دستگاه برداشت پروفیل لیزری برای اندازه گیری الگوی آبشستگی در کانال‌های آزمایشگاهی طراحی شده است. این دستگاه توانایی اندازه گیری تغییرات توپوگرافی بستر را در کانال‌های آزمایشگاهی دارد. هم‌چنین این دستگاه می‌تواند به اندازه گیری تغییرات توپو گرافی بستر در اطراف سازه‌های هیدرولیکی نظیر پایه و کوله پل، آبشکن و آبگیر جانبی بپردازد. از مزایای مهم این دستگاه عبارتند از ۱- نداشتن نیاز به تماس بین دستگاه و بستر و ۲- سرعت و دقت بالای دستگاه. در این مقاله به‌طور مختصر به طراحی و مزایای این دستگاه و قسمت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری آن پرداخته شده است. هم‌چنین نمونه‌ای از کاربرد دستگاه در برداشت توپوگرافی بستردر کانال آزمایشگاهی (مسیر مستقیم، قوس ۹۰ درجه و اطراف آبشکن مستقر در قوس ۹۰ درجه) ارائه شده است.

کلیدواژگان: پروفیل بستر لیزری، عمق سنج دیجیتالی، توپوگرافی بستر، آبشستگی

۱- مقدمه

در مطالعه پدیده‌های طبیعتی از جمله مسائل هیدرولیکی رودخانه‌ها، مطالعات آزمایشگاهی و مدل‌سازی فیزیکی، راه‌های مؤثر در شناخت پدیده است. از جمله تحقیقات مدنظر مهندسان رودخانه، شناخت تغییرات توپوگرافی بستر و نحوهٔ آبشستگی و رسوبگذاری در مقاطع مختلف رودخانه است. هم‌چنین استقرار سازه‌های هیدرولیکی نظیر پایه و کوله پل‌ها، آبشکن‌ها، سرریزها و غیره می‌تواند تغییرات موضعی شدیدتری را در توپوگرافی بستر ایجاد کند. در این زمینه، استفاده از مدل‌سازی فیزیکی و هم‌چنین مطالعه‌ی تأثیر پارامترهای مختلف مؤثر در آبشستگی و رسوبگذاری کانال‌های آزمایشگاهی، راه‌های متداول برای شناخت پدیده

مورد نظر است. اما تحقیقات آزمایشگاهی بر پایه برداشت دقیق و صحیح داده‌های ناشی از مشاهدات استوار است. در برداشت داده‌های آزمایشگاهی خطاهای انسانی و ابزاری نقش غیرقابل انکاری دارند و تلاش برای کاهش خطاها، در شناخت بهتر و طراحی دقیق‌تر مسائل مهندسی هیدرولیک تعیین کننده است. در بررسی تغییرات توپوگرافی بستر کانال‌ها، ناشی از استقرار سازه‌های هیدرولیکی در چند دهۀ گذشته استفاده از عمق‌سنج‌های مکانیکی با خطاهایی در حد ۰/۵ سانتی‌متر مرسوم بوده و در دو دهه‌ی اخیر از عمق‌سنج‌های دیجیتالی(point gage) با دقتی در حدود ۰/۱ میلی‌متر استفاده می‌شود. محققانی مانند اتما [۱]، کانداسامی [۲]، درگاهی [۳] و بالیو [٤] از عمق‌سنج دیجیتالی برای اندازه‌گیری توپوگرافی بستر در اطراف پایه و کوله‌پل‌ها و محققانی مانند گیل[۵]، سوزوکی و همکاران [٦] و فضلی و همکاران [۷] برای بررسی تغییرات توپوگرافی بستر در اطراف آبشکن‌ها استفاده کردند. استفاده از عمق‌سنج‌های مکانیکی و دیجیتالی مشکلات زیادی را برای محققان به‌همراه دارد که مهم‌ترین آن‌ها تماس نوک خط کش اندازه گیر دستگاه با بستر و احتمال تغییر پروفیل بستر است. هم‌چنین برداشت نقطه به نقطه و عدم ثبت همزمان نقاط برداشت شده در کامپیوتر از دیگر مشکلات در استفاده از این دستگاه‌ها است. لازم است ذکر شود که فرایند برداشت داده‌ها در این روش بسیار زمان‌بر بوده و توام با خستگی زیاد برای کاربر است. ضمن این که در عمق‌سنج‌های مکانیکی، ثبت نشدن دیجیتالی نقاط بر روی صفحه نمایش، باعث اضافه شدن خطای مشاهداتی کاربر می‌شود. پس از انتقال داده‌ها به کامپیوتر نیز تبدیل داده ها و محاسبات ریاضی ناشی از تبدیل مختصات استوانه‌ای به دکارتی در موقع برداشت داده‌ها در مسیرهای قوسی، مشکلات جانبی استفاده از عمق سنج‌های مکانیکی و دیجیتالی است. نوع دیگری از دستگاه‌های معمول، دستگاه‌های صوتی برداشت عمق (Acoustic depth sounder) است. محققانی مانند کریک مور[۸] و کولمن [۹] با استفاده از این دستگاه‌ها به اندازه‌گیری پروفیل بستر رسوبی در کانال‌های آزمایشگاهی پرداخته‌اند. دقت این دستگاه‌ها در حدود ۰/۵ میلی‌متر بوده و با استفاده از تولید و امواج فراصوتی و اندازه‌گیری مدت زمان رفت و برگشت صوت بین دو نقطه کار می‌کنند. اشکال اصلی این دستگاه‌ها، ثبت داده‌ها به صورت نقطه‌ای است.

در این مقاله به معرفی نوعی دستگاه خودکار برداشت پروفیل بستر با استفاده از اشعه‌ی لیزر در کانال‌های آزمایشگاهی یا ناشی از تأثیر استقرار سازه‌های هیدرولیکی نظیر آبشکن‌ها، پایه‌ها و کوله‌پل‌ها و سرریزها پرداخته شده‌است. راحتی در استفاده، دقت و سرعت بسیار بالای این دستگاه در مقایسه با عمق‌سنج های دیجیتالی، از جمله موارد قابل توجه است. به‌عنوان مطالعه موردی به بررسی نتایج حاصل از تغییرات توپوگرافی بستر در قوس ملایم و نیز تحت تأثیر استقرار آبشکن T شکل و هم‌چنین در مسیری مستقیم پرداخته شده است. تغییرات توپوگرافی بستر در مطالعۀ موردی ذکر شده با استفاده از عمق‌سنج‌های دیجیتالی و دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر (Laser Bed Profiler) اندازه‌گیری شده است. نتایج بیانگر دقت، سرعت بالا و کاهش زمان برداشت داده‌ها در استفاده از دستگاه برداشت پروفیل بستر لیزری است.

۲- معرفی دستگاه

دستگاه برداشت پروفیل بستر لیزری به‌منظور برداشت داده در کانال‌های آزمایشگاهی ساخته شده است. این دستگاه قابلیت برداشت پروفیل بستر را در مسیر های قوسی و مستقیم دارد. این دستگاه به‌صورت خودکار، بر روی عرض کانال حرکت کرده و بدون هیچگونه تماسی با بستر کانال و

با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر، تراز رسوب‌های کف کانال را ثبت کرده و به‌صورت مختصات سه‌بعدی در اختیار کاربر قرار می‌دهد. پس از روشن شدن دستگاه، نرم‌افزار Bed Profiler توسط کاربر فعال شده و سپس اطلاعات مربوط به شبکه‌بندی برای برداشت داده‌ها، تراز صفر و نحوه ذخیره‌سازی اطلاعات در پنجره‌های مخصوص طراحی شده در نرم‌افزار وارد می‌شود. پس از نمایش پیغام شروع به‌کار دستگاه، کاربر می‌تواند اولین مقطع برداشت داده‌ها را ثبت کند. در این موقع سنسور لیزری دستگاه در عرض کانال شروع به حرکت کرده و تراز کامل رسوب‌ها را با توجه به فواصل انتخاب شده توسط کاربر در ابتدای آزمایش برداشت می‌کند. پس از طی عرض کانال توسط سنسور لیزری و همزمان با بازگشت سنسور به ابتدای عرض کانال، دستگاه با حرکت طولی به مکان دیگر مورد نظر منتقل شده و برای برداشت مقطع بعدی آماده می‌شود. همزمان با برداشت داده‌ها در مقاطع مختلف، فرایند ذخیره‌سازی اطلاعات انجام شده، کاربر در هر مقطع اندازه‌گیری می‌تواند تراز رسوب‌های برداشت شده را بر روی صفحه نمایش مشاهده کند. به‌کارگیری این دستگاه علاوه بر سرعت بخشیدن به آزمایش‌ها، دقت نمونه‌برداری و ثبت اطلاعات را تا حد بسیار بالایی بهبود می‌بخشد. نمای دستگاه در شکل ۱ نشان داده شده است.

این دستگاه شامل قسمتهای اصلی: بدنهٔ، کنترل کنندهٔ، کامپیوتر، نمایشگر و سنسور لیزری است. بدنه دستگاه، محافظت از سیستم مکانیکی و موتور حرکت دهنده محور دستگاه و سنسور لیزری را به عهده دارد. در مجموعه قرار گرفته بر روی کنترل کنندهٔ دستگاه، چهار کلید Start، Stop، Pause و Resume و نیز سه لامپ نشان‌دهنده‌ی وضعیت کاری دستگاه و یک لامپ نمایش وصل بودن تغذیه به دستگاه تعبیه شده است. صفحه پشت بسته کنترل کننده‌ی دستگاه، چند رابط ورودی و خروجی دارد. کامپیوتر وظیفه ثبت اطلاعات را به عهده داشته و نمایشگر امکان مشاهده داده‌های وارد شده توسط کاربر و ثبت شده توسط دستگاه در هر مقطع را فراهم می‌سازد. سنسور از نوع لیزری با نام تجاری sick است. در این سنسور دو پنجره وجود دارد که یکی ارسال کننده اشعه لیزر و دیگری دریافت کننده اشعه پس از تماس با سطح بستر است. سرعت ارسال و زمان رفت و برگشت نور قرمز رنگ لیزر اساس تعیین عمق رسوب‌ها را تشکیل می‌دهد. دامنه برداشت تراز رسوب‌ها تا ۶۰۰ میلی‌متر بوده و اشعه ارسالی، دایره به قطر ۲ میلی‌متر بر روی بستر را برای برداشت عمق، هدف قرار می‌دهد. محدوده کاربری سنسور، دمای بین ۲۰- درجه تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد و دقت اسمی آن برابر ۰/۰۰۱ میلی‌متر است. البته دقت به شرایط بستر نیز بستگی دارد.

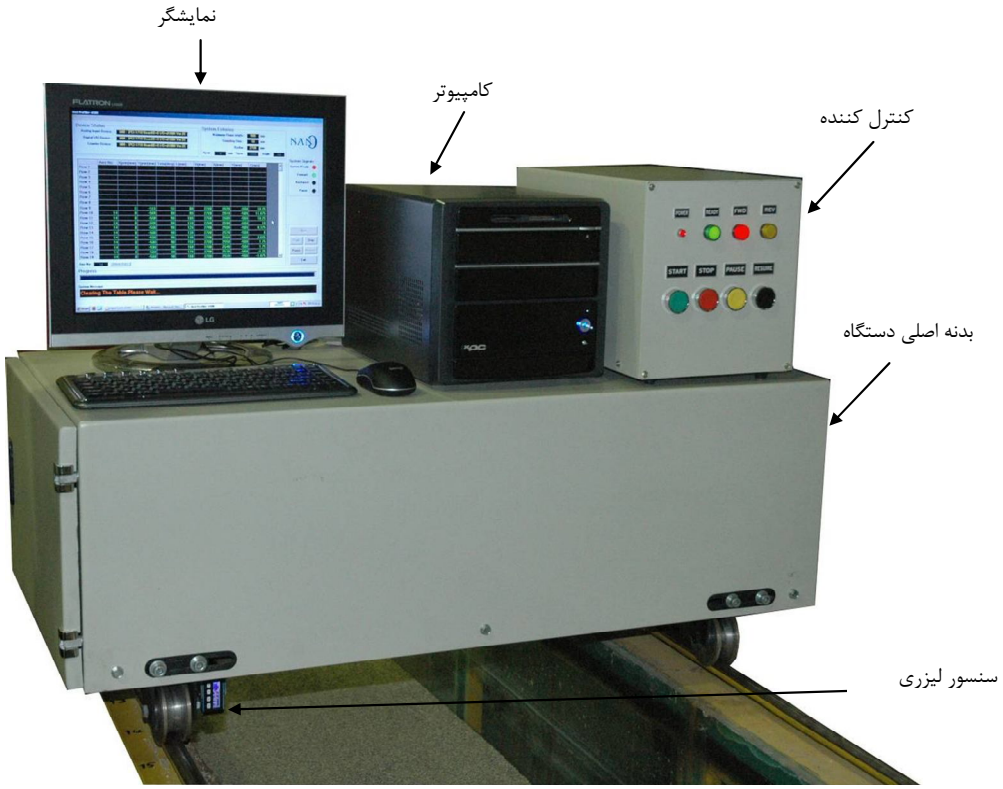
۳- مزایای دستگاه برداشت پروفیل بستر لیزری

این دستگاه بر اساس اطلاعات موجود برای اولین بار در جهان ساخته شده است. دستگاه دارای قالب و جعبه‌ای بسیار مقاوم و متناسب با شرایط رطوبتی موجود در آزمایشگاهها است و قابلیت ایجاد حرکت عرضی تمام خودکار و کنترل شده بر روی عرض کانال با دقت حرکتی ۱ میلی‌متر و سرعت حرکت خطی تقریبی ٤ سانتی‌متر بر ثانیه دارد. دیوارهای جانبی کانال را تشخیص می‌دهد تا مانع برخورد سیستم‌های متحرک دستگاه با جدارهای کانال شود. در حال حاضر مختصهٔ طول بایستی توسط اپراتور به نرم‌افزار دستگاه وارد شود. این دستگاه از نظر طول کانال دارای محدودیتی نبوده و برای کانال‌هایی با طول دلخواه قابل استفاده است. قابلیت حرکت و نمونه‌برداری بر روی کانال‌های قوس‌دار، آن‌هم با انحنای دلخواه از مشخصات بارز این دستگاه بوده و انجام محاسبات مربوط به تبدیل

مختصات از سیستم استوانه‌ای به دکارتی ناشی از وجود مسیرهای قوسی، از خصوصیات نرم‌افزاری دستگاه است. این دستگاه قابلیت نمونه‌برداری لیزری از تراز رسوب‌های بستر کانال را تا ارتفاع ۶۰۰ میلی‌متر، با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر و با سرعت نمونه‌برداری ۱۰ میلی ثانیه در هر نقطه دارد. از نظر شبکه بندی نقاط برداشت شده در حرکت طولی دستگاه محدودیتی وجود ندارد. در حرکت عرضی کاربر می‌تواند فواصل برداشت ۱ میلی‌مترتا ۳۰ میلی‌متر را بسته به دقت مورد نظر انتخاب کند. ثبت مختصات عرضی کانال در هر نقطه توسط سیستم و تلفیق با اطلاعات وارد شده توسط اپراتور، به‌منظور تهیه اطلاعات سه‌بعدی از توپوگرافی کانال یکی دیگر از مزایای این دستگاه است.

۴- ویژگی‌های نرم‌افزاری دستگاه

دستگاه برداشت پروفیل بستر لیزری، نرم‌افزاری با عنوان Bed Profiler دارد که وظیفه اصلی آن، ثبت و ذخیره‌سازی همزمان اطلاعات برداشت شده توسط سنسور لیزری و محاسبات مربوط به تبدیل مختصات در مسیرهای قوسی است. این نرم‌افزار می‌تواند فایل‌های کامل اطلاعاتی را با فرمت txt به کاربر ارائه کند. این اطلاعات مانند: شماره اسکن، شماره برداشت، مختصات ارتفاع، عرض و طول نقطه برداشت شده، شعاع قوس در هر نقطه، زاویهٔ قوس در هر نقطه و فاصلهٔ نمونه‌برداری‌ها در طول کانال می‌شود. نرم‌افزارقابلیت این را دارد که کاربر بتواند فقط فایل داده‌های مربوط به یک برداشت عرضی یا طولی را دریافت کند.



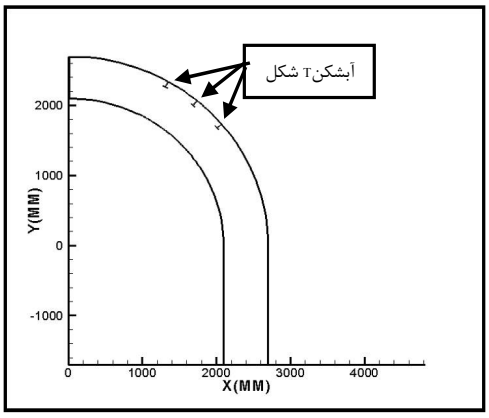
شکل (۱) نمای عمومی از دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر

هم‌چنین می‌تواند به‌صورت پیوسته، فایل اطلاعات عرضی یا طولی از برداشت nام تا برداشت mام را دریافت کند. و نیز می‌تواند تعیین کند که مثلاً فقط فایل برداشت‌های طولی یا عرضی Pام ، Kام ، Jام تا ۱۰ برداشت گسسته در خروجی دستگاه ظاهر شود. تمامی کنترل‌های حرکتی و نمونه‌برداری دستگاه هم از طریق نرم‌افزار و هم از طریق کلیدهای مستقر بر روی سخت‌افزار قابل استفاده بوده و نیز می‌توان کلیدهای سخت‌افزاری را از طریق نرم‌افزار، غیرفعال کرد. نرم‌افزار دستگاه دارای نمایشگر مشخصات سخت‌افزاری سیستم، نمایشگر وضعیت حرکتی و نمونه‌برداری دستگاه، کلیدهای نرم‌افزاری کنترل‌کننده‌ی دستگاه، جدول نشان دهنده‌ی اطلاعات برداشت شده از مقطع، نمایشگر پیغام‌های نرم‌افزار و هم‌چنین تنظیم‌کننده تراز بستر صفر است.

۵- بررسی دقت دستگاه LBF

به‌منظور بررسی و صحت‌سنجی داده‌های قرائت شده با دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر (LBP)، آزمایش‌هایی طراحی و اجرا شد. مکان انجام این آزمایش‌ها، آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس بوده است. آزمایش‌ها در کانالی شیشه‌ای که توسط قاب‌های فلزی پایدار شده، طراحی و اجرا شده است. این کانال از قوسی ملایم با نسبت شعاع انحنا به عرض ٤ تشکیل شده که در بالادست قوس، کانالی مستقیم با طول ۵/۲ متر و در پایین‌دست آن نیز کانال مستقیم دیگری به طول ۵ متر تعبیه شده است. عرض کانال برابر ۰/٦ متر، ارتفاع آن برابر ۰/۷ متر و شعاع انحنای آن در مرکز کانال برابر ۲/٦ متر است. به‌منظور بررسی تغییرات توپوگرافی بستر کانال تا ارتفاع ۰/۳۵ متر از مصالح بستر با قطر متوسط ۱/۲۸ میلی‌متر پوشیده شده است. جریان با دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه در کانال جاری و شرایط آستانه حرکت در مسیر مستقیم بالادست برقرار شد.

آزمایش، یک‌بار در شرایط قوس تنها و بدون هیچ سازه هیدرولیکی و یک‌بار در شرایط استقرار آبشکن T شکل در قوس خارجی و هم‌چنین در مسیر مستقیم پایین‌دست قوس طراحی و اجرا شد. توپوگرافی بستر در قوس، مسیر مستقیم پایین‌دست و در حالت بدون آبشکن وحالت استقرار آبشکن توسط عمق‌سنج دیجیتالی و دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر انجام و نتایج آن مقایسه شده است. در شکل ۲ محل استقرار سری سه‌تایی آبشکن‌ها در قوس نشان داده شده است. هم‌چنین در شکل(۳) شبکه‌بندی اطراف آبشکن برای برداشت عرضی با فاصله ۱۰ میلی‌متر و برداشت طولی متفاوت که در نزدیکی آبشکن ریزتر شده، نشان داده شده است.

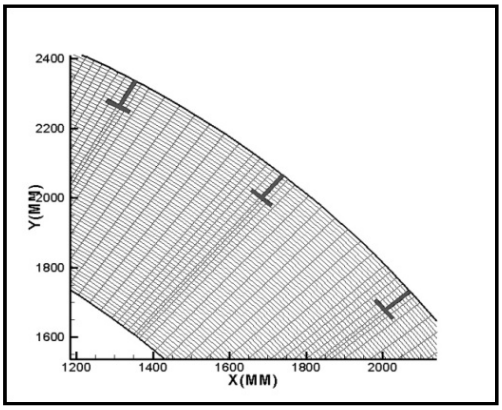


شکل (۲) نمایش موقعیت آبشکن های سری سه تایی در قوس

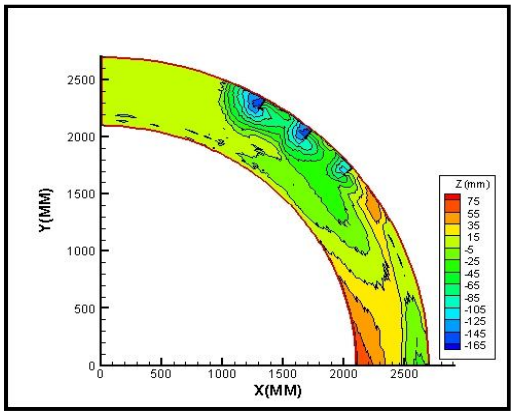
پس از برداشت نتایج، با اتصال داده های برداشت شده به نرم افزار tecplot توپوگرافی بستر و مقاطع طولی و عرضی آن ترسیم و برای تجزیه و تحلیل آماده می‌شود. در شکل (٤) نمونه‌ای از توپوگرافی بستر در قوس با آبشکن برای شبکه‌بندی در ۷۳ مقطع طولی و ٦۰ مقطع عرضی که با دستگاه لیزری برداشت شده نشان داده شده است. هم‌چنین شکل (۵) نمونه‌ای از توپوگرافی بستر در مسیر مستقیم پایین‌دست قوس برای شبکه‌بندی در ۱۸ مقطع طولی و ٦۰ مقطع عرضی توسط دستگاه LBF را نشان می‌دهد.

در شکل (٦) نمونه‌ای از برداشت پروفیل بستر عرضی در شش مقطع قبل و بعد از سه آبشکن مستقر در قوس ۹۰ درجه که به صورت گسسته از نرم‌افزار BedProfiler نتیجه شده، نشان داده شده است. در این شکل B عرض کانال آزمایشگاهی است.

شکل (۷) نمونه‌ای از پروفیل طولی برداشت شده از خروجی نرم‌افزار و در پنج مقطع در فواصل ۲، ۷، ١٤، ۳۰ و ٥٤ سانتی‌متری از ساحل خارجی کانال در قوس ۹۰ درجه و نیز مسیر مستقیم پایین دست قوس را نشان می‌دهد. در این شکل Lb طول قوس، Lp طول مسیر پایین دست قوس و Z تغییرات توپوگرافی بستر است.

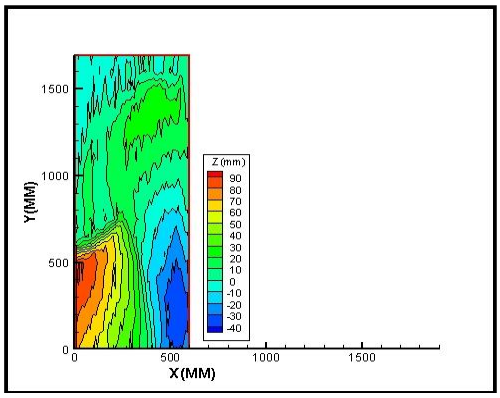


شکل (۳) نمایش شبکه‌بندی اطراف آبشکن



شکل(٤) نمونه‌ای از توپوگرافی بستر برداشت شده توسط دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر در قوس ۹۰ درجه با آبشکن T شکل

شکل ۸ مقایسه‌ای را بین پروفیل‌های عرضی بستر در مقطع قبل از آبشکن مستقر در قوس ۹۰ درجه که با عمق‌سنج دیجیتالی و با دستگاه LBF برداشت شده نشان می‌دهد. این شکل بیانگر دقت بالای دستگاه مذکور است. شکل (۹) مقایسه پروفیل طولی برداشت شده در طول قوس با عمق‌سنج دیجیتالی را با دستگاه LBF نشان می‌دهد.

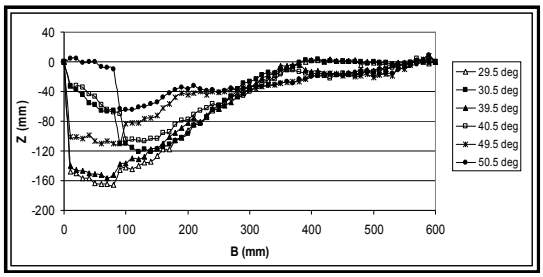


شکل(٥) نمونه‌ای از توپوگرافی بستر برداشت شده توسط دستگاه برداشت پروفیل بستر لیزری در مسیر مستقیم پایین دست قوس ۹۰ درجه

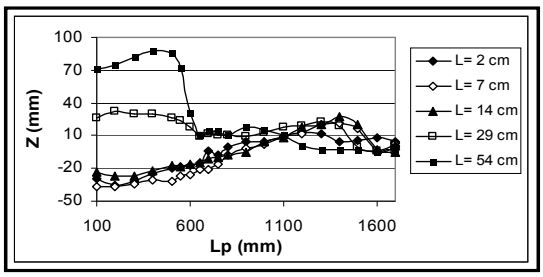
دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر از دقت و سرعت بسیار بالایی در مقایسه با روش‌های دیگر اندازه‌گیری مانند عمق‌سنج دیجتالی برخوردار است. در جدول(۱) نمونه‌ای از تعداد نقاط برداشت شده توسط عمق‌سنج دیجیتالی و دستگاه LBF برای سه نوع آزمایش متفاوت ارائه شده است. جدول(۲) زمان برداشت داده‌های مذکور در جدول (۱) توسط دو روش اندازه‌گیری با عمق‌سنج دیجتالی و با دستگاه LBF را مقایسه کرده است. جدول‌های (۱ و ۲) نشان می‌دهد که سرعت برداشت داده‌ها با دستگاه LBF بسیار بیش‌تر از سرعت برداشت با عمق‌سنج دیجیتالی است و برای آزمایشهای انجام شده، بین ۳۰۰ تا ۷۰۰ درصد کاهش زمان مشاهده می‌شود. ضمن این‌که تعداد نقاط برداشت شده نیز بسیار بیش‌تر است.

به‌منظور صحت‌سنجی داده‌های برداشت شده، توپوگرافی

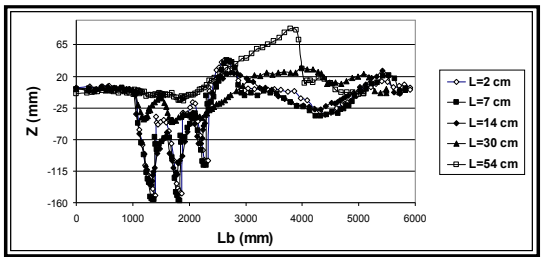
بستر در آزمایش مذکور با استفاده از عمق‌سنج دیجیتالی و در چند محور اندازه‌گیری شده است. مقایسه داده‌های برداشت شده توسط عمق‌سنج دیجیتالی و نیز دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر، بیانگر دقت و سرعت بسیار بالای این دستگاه در مقایسه با روش‌های قبلی است.



شکل(٦) نمونه‌ای از برداشت مقاطع عرضی



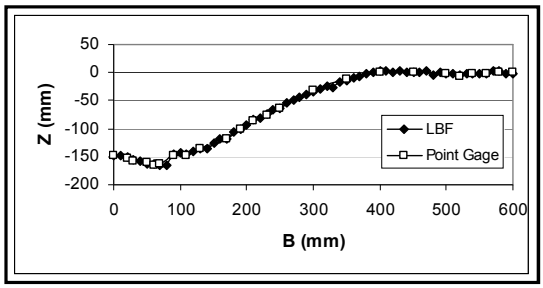
(الف)



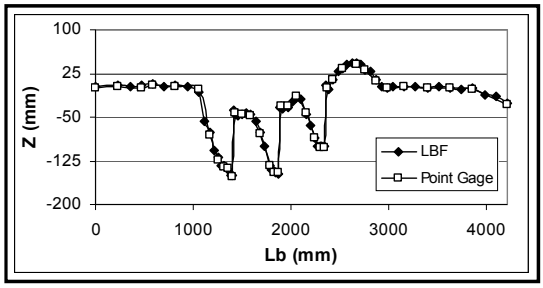
(ب)

شکل (۷) نمونه‌ای از پروفیل طولی برداشت شده در پنج مقطع طولی (الف) قوس ۹۰ درجه (ب) پایین دست قوس ۹۰ درجه

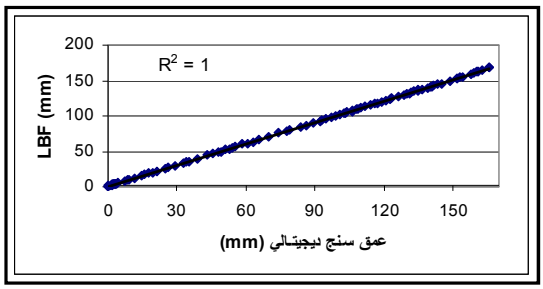
شکل(۱۰) مقایسه‌ای بین اندازه‌گیری تراز بستر با استفاده از عمق‌سنج دیجیتالی و مقادیر اندازه‌گیری با دستگاه برداشت لیزری را نشان می‌دهد؛ که بیانگر دقت بالای داده‌های برداشت شده توسط دستگاه لیزری است. از نظر اقتصادی دستگاه مذکور در مرحله تولید انبوه کاملا به‌صرفه است. ضمن این‌که این دستگاه قابلیت اضافه شدن قسمت‌های دیگری را برای فعالیتهای آزمایشگاهی نظیر جابه‌جایی خودکار سرعت‌سنج‌های سه‌بعدی یا برداشت صفحه‌ای توپوگرافی بستر با اضافه کردن سنسورهای دیجیتالی دیگر دارد.



شکل (۸) پروفیل عرضی بستر درمقطع قبل از آبشکن مستقر در قوس ۹۰ درجه برداشت شده با عمق‌سنج دیجیتالی و با دستگاه LBF



شکل (۹) مقایسه پروفیل طولی برداشت شده در طول قوس با عمق‌سنج دیجیتالی و دستگاه LBF



شکل (۱۰) مقایسه بین اندازه گیری تراز بستر با استفاده از عمق سنج دیجیتالی و دستگاه LBF

جدول (۱) مقایسه تعداد نقاط برداشت شده با دو دستگاه عمق‌سنج دیجیتالی و دستگاه LBF

نوع آزمایش	تعداد نقاط برداشت با عمق سنج دیجیتالی	تعداد نقاط برداشت با LBF	درصد افزایش نقاط برداشت
قوس تنها	۲۱٦	۱۰۹۸	٤۰۸
مسیر مستقیم	٤۰۰	۱۲۲۰	۲۰۵
قوس با آبشکن	۸٤۰	٤٤٥۳	٤۳۰

جدول (۲) مقایسه زمان برداشت داده با دو دستگاه عمق‌سنج دیجیتالی و دستگاه LBF

نوع آزمایش	زمان برداشت با عمق‌سنج دیجیتالی(Min)	زمان برداشت با LBF (Min)	درصد کاهش زمان آزمایش	زمان ثبت داده های عمق‌سنج دیجیتالی(Min)	زمان ثبت داده‌های LBF (Min)
قوس تنها	٦۰	۱۲	٤۰۰	٦۰	۰
مسیر مستقیم	۱۲۰	۱۵	۷۰۰	۱۲۰	۰
قوس با آبشکن	۲٤۰	٦۰	۳۰۰	۲٤۰	۰

۶- نتیجه‌گیری

دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر در مقایسه با دستگاه های اندازه گیری قبلی مانند عمق‌سنج دیجتالی، دقت و سرعت بسیار بالایی دارد. عدم تماس دستگاه با سطح بستر باعث افزایش دقت در ثبت داده می‌شود ثبت همزمان داده توسط دستگاه علاوه بر کاهش خطاهای مشاهداتی، کاهش زمان برداشت داده‌ها را به همراه دارد. سرعت و دقت بیشتر در برداشت داده‌ها از دیگر مزایای دستگاه جدید در مقایسه با روش‌های مرسوم موجود است. نتایج به‌دست آمده توسط این دستگاه می‌تواند برای کالیبره کردن روش‌های عددی استفاده شود.

۸- تشکر و قدردانی

این دستگاه با پشتیبانی معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس ساخته شده است. در اینجا ازحمایت ریاست دانشگاه، معاونت و مدیریت پژوهشی دانشگاه در ساخت این دستگاه قدردانی و تشکر می‌شود.

۷- مراجع

[1] Ettema R.; "*Scour at bridge piers*." Rep. No. 216, School of Engineering, University of Auckland Auckland, New Zealand, 1980.

[2] Kandasamy J. K.; "*Abutment scour*." Rep. No. 458, School of Engineering, University of Auckland, Auckland, New Zealand, 1989

[3] Dargahi B.; "Controlling mechanism of local scouring." *J. Hydraul. Eng.,* Am. Soc. Civ. Eng. 116, 1989, 1197–1214

[4] Ballio F, and Orsi E.; "Time evaluation of scour around bridge abutments". *Water Eng. Res.* 2, 2000, 243–259.

[5] Gill M. A.; "Erosion and Sand Beds around Spur dikes", *Journal of Hydraulic Division.*, Vol. 98, No, Hy9, 1972.

[6] Suzuki K., Michiue, M. & Hinokidam.; "Local Bed Form around a Series of Spur dikes in Alluvial Chaels". *Congress of IAHR,* Lausanne, Blugium, 1987, 316-321.

[7] Fazli, M., Ghodsian, M. and Salehi, S.A.A.; "Experimental Investigation on Scour around Spur Dikes Located at Different Position in a 90^{o} Bend." *32 nd Congress of IAHR,* 2007, Venice, Italy, 136-144.

[8] Creakmore, M., J. "Effect of Flume Width on Bed-Form characteristics." *Journal of Hydraulics Division 96 (HY2):* pp 483-496.

[9] Coleman, S., E. "Ultrasonic Measurment of Sediment Bed Profiles" *27th Congress of the International Associated for Hydraulic Research*, San Francisco, California, U.S.A PP. B221-B226.

«Research Note»

A New Instrument for Measuring the Bed Profile

M. Vaghefi[1], M. Ghodsian[2*], M. Behnam Taghadosi[3]

1- Asistant Prof., Department of Civil Engineering, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
2- Prof., Department of Civil Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3- M.S Electronic, Nano age co. Mash had, Iran.

ghods@modares.ac.ir

Abstract:
The measurement of bed profile in a mobile bed is very important for hydraulic engineers. The traditional instrument for this purpose is point gage. Working with a point gage is a difficult task, especially when bed topography of large size scales has to be recorded. In this paper, a new instrument for measuring the bed profile in a mobile bed called "*Laser Bed Profiler"* is introduced. The developed instrument uses the laser beam and without touching the bed records the data.
The laser bed profiler instrument has been designed with the purpose of analyzing the scoring pattern in laboratory channels. This instrument is capable of measuring the changes of the bed profile in straight and bend channels. Moreover, the instrument is capable of recording the bed profile around various hydraulic structures (such as bridge piers, abutment, spur dike and lateral intake). Amongst the main advantages of the developed instrument are: 1) recording the data without touching the bed surface and 2) its high speed and precision. This paper gives an overview of the design and advantages of the developed instrument. The developed software and hardware are also introduced. Moreover, a typical applications of the instrument and its comparison with a digital point gage in laboratory channel (straight path, 90 degree bend and around a spur dike) are also presented.

Keywords: Laser bed profile, Point gage, Bed topography, Scour