

مطالعه اثر آبشکنها بر الگوی امواج و جریانات دریایی در کرانه سواحل به کمک مدلسازی آزمایشگاهی

پیمان بدیعی

استادیار گروه مهندسی عمران - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۷۹/۷/۴، تاریخ تصویب ۷۹/۱۲/۶)

چکیده

در این مقاله اثر آبشکنها بر فرآیندهای هیدرودینامیک در منطقه کرانه ای ساحل با استفاده از مدل‌های فیزیکی مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمایشات مربوطه در حوضچه امواج و روی یک مدل با بستر ثابت انجام گردیده است. امواج منظم و نامنظم در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفته اند. جریانات دریایی ناشی از امواج به کمک سرعت سنجهای الکترومغناطیسی دو جهت اندازه گیری شده اند و ارتفاع امواج توسط سطح سنجهای خازنی ثبت گردیده اند. در مجموع ۱۲ آزمایش روی ساحل مستقیم (بدون حضور آبشکنها) و ساحلی که یک آبشکن منفرد در آن احداث شده بود انجام گردید. الگوهای امواج و جریانات ناشی از امواج و اثر یک آبشکن منفرد در تغییر این الگوها در این مقاله ورد بحث قرار گرفته است. یکی از دستاوردهای این مطالعه نشان دادن اهمیت فرآیند اندرکنش موج-جریان در تغییر و اصلاح الگوهای امواج و جریانات ناشی از امواج میباشد. نتایج حاصل از این آزمایشات میتوانند در واسنجی و تصدیق مدل‌های ریاضی دو و سه بعدی هیدرودینامیک منطقه کرانه ای سواحل مورد استفاده قرار گیرند.

واژه های کلیدی: آب شکن، مدل‌های فیزیکی، جریانات ناشی از امواج، اندرکنش موج و جریان، هیدرودینامیک ناحیه کرانه ای سواحل

مقدمه

مشروح و با استفاده از مدل‌های فیزیکی و ریاضی مورد مطالعه قرار گرفته است. بخش اول این مطالعات که در مقاله حاضر ارائه میگردد به گزارش دستاوردهای حاصل از انجام آزمایشات روی مدل‌های هیدرولیکی اختصاص دارد.

هدف از انجام آزمایشات

جریانات ناشی از امواج در زمـره اصلی ترین عوامل ایجاد تغییرات در ریخت^۴ سواحل در منطقه کرانه ای محسوب میشوند. لذا اولین گام در درک بهتر تاثیر آبشکنها بر ریخت سواحل، شناخت و تحلیل الگوی امواج و جریانات دریایی در ناحیه اطراف آبشکنها میباشد. در آزمایشات انجام شده روی مدل‌های هیدرولیکی با بستر متحرک که در مقاله [۱] گزارش شده است، تغییرات مستمر بستر دریا سبب

استفاده از آبشکنها^۱ در حفاظت از سواحل، تحت الشعاع عملکرد نامناسب این نوع سازه و تاثیرات مخرب آن بر محیط ساحلی اطراف قرار گرفته است. این مشکل تا حدی ناشی از کاستیهای موجود در شناخت اثرات آب شکنها بر رژیمهای هیدرودینامیک و مورفو دینامیک منطقه کرانه ای^۲ سواحل میباشد. در کوششی با هدف حصول شناخت کاملتر از اینگونه تاثیرات مجموعه ای از مطالعات با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی و ریاضی در آزمایشگاه تحقیقاتی مهندسی سواحل دانشگاه کوپینز در کشور کانادا؛ Queen's University Coastal Engineering Research Laboratory : QUCERL صورت گرفت. بخشی از این مطالعات که به بررسی اثرات آبشکنها بر تغییرات مورفولوژی منطقه کرانه ای سواحل^۳ اختصاص دارد در مقاله [۱] مورد بحث قرار گرفته است. تغییرات ناشی از حضور آبشکنها در الگوی امواج و جریانات دریایی در این منطقه نیز بطور

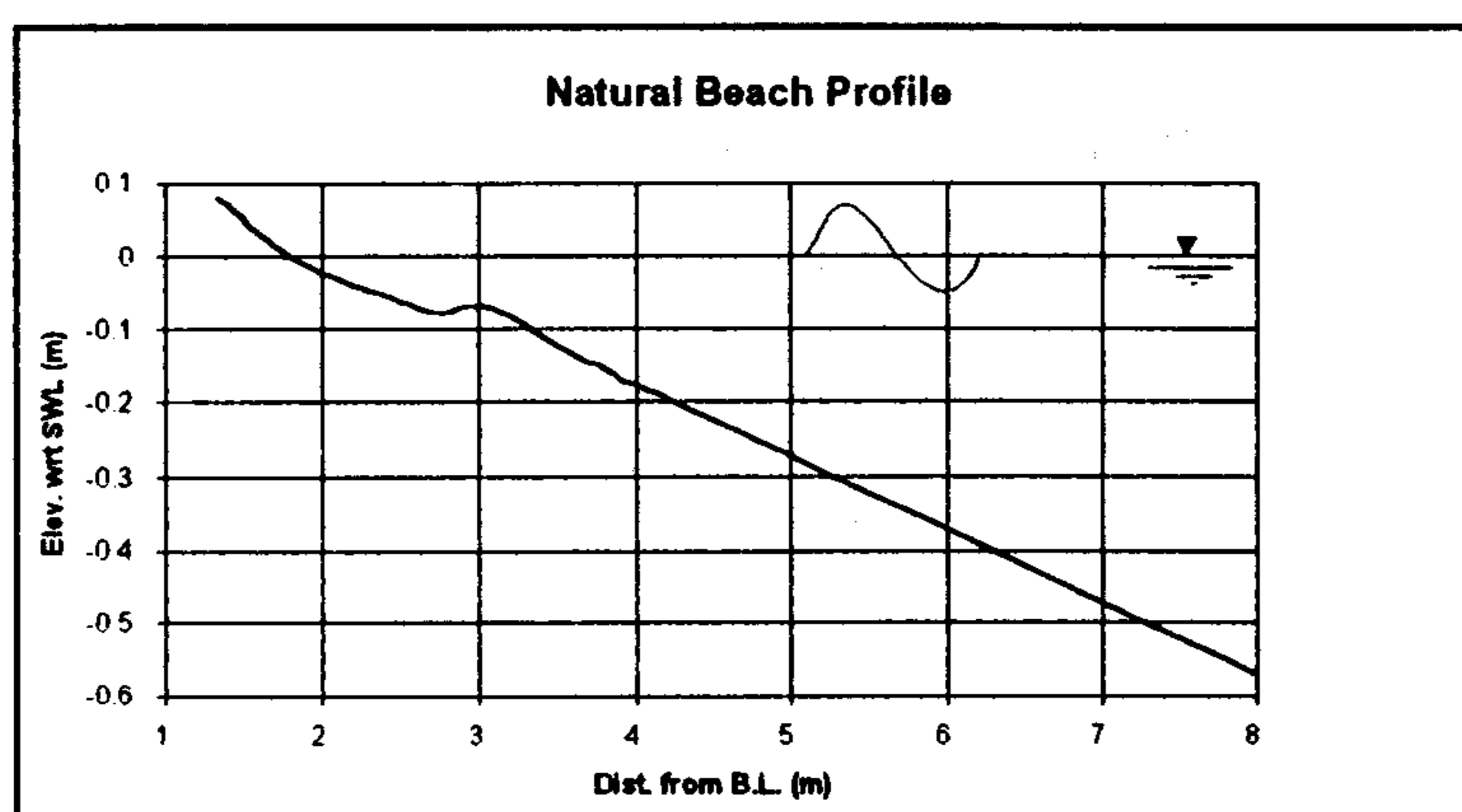
پایین دست (سمت چپ شکل) در فاصله ۳/۷ متری از خط مبنا ($Y=0$) قطع شده است. بدین ترتیب به جریانات موازی ساحل ناشی از امواج اجازه داده میشود از مرز سمت چپ محیط مورد آزمایش خارج شوند.

در آزمایشات با آبشکن تنها، آبشکن در محل $Y=6/89$ m قرار داشت. آبشکن از جنس تخته سه لایی ساخته شده بود و ارتفاع تاج آن کاملاً بالاتر از تراز آب ساکن قرار داشت بطوریکه به هیچگونه جریان یا موجی اجازه عبور از آبشکن داده نمیشد (آبشکن نفوذ ناپذیر).

مولد موج که با زاویه میل θ (تعریف شده بر اساس شکل) امواج منظم و نامنظم تولید مینمود. لبه پایینی پاروی مولد به اندازه ۸ سانتیمتر بالاتر از کف حوضچه قرار داشت بطوریکه از مرز دور از ساحل مدل نیز امکان تبادل جریان بین محیط مورد آزمایش و محیط خارجی اطراف حوضچه برقرار بود.

مقطع ساحل

با هدف برقراری ارتباط بین نتایج این سری از آزمایشات با آزمایشات انجام شده با بستر متحرک، مقطع بستر در این آزمایشات بر اساس مقطع بستر شکل گرفته در آزمایشات با بستر متحرک ماسه ای ($D_{50} = 0.12$ mm) تحت اثر، امواج با ارتفاع موج مشخصه $H_s = 0.08$ m که به مدت ۴ ساعت به ساحل مستقیم و با شیب اولیه ۱:۱۰ تابیده بودند شکل داده شد. شکل (۲) نشاندهند مقطع بستر در این آزمایشات میباشد.



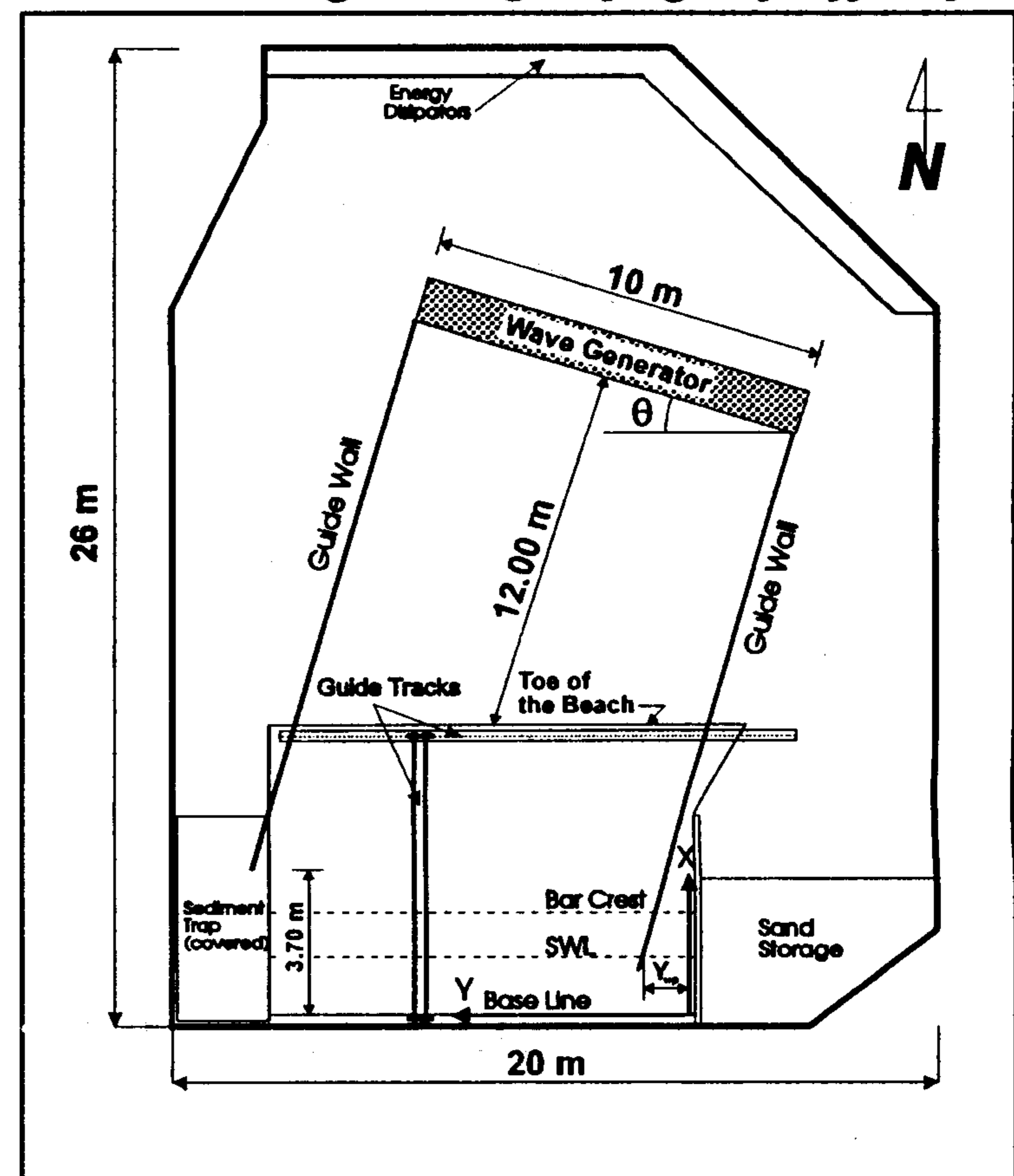
شکل ۲: مقطع بستر ساحل مورد آزمایش.

مخدوش شدن شرایط لازم برای انجام اندازه گیریهای کافی مشخصات موج و جریان میشد و اندازه گیریهای انجام شده در آن آزمایشات تصویر روشنی از الگوی موج و جریانات در اطراف آبشکنها بدست نداد. لذا مجموعه ای از آزمایشات روی مدلهای فیزیکی با بستر ثابت طراحی و اجرا گردید تا بتوان اطلاعات جامع تری از تاثیرات آبشکنها بر رژیم هیدرودینامیک منطقه کرانه ای سواحل بدست آورد. اطلاعات حاصله از این آزمایشات میتواند در واسنجی و تصدیق مدلهای ریاضی مورد استفاده در مطالعات نیز مورد بهره برداری قرار گیرد.

محدوده مدل هیدرولیکی

جانمایی در حوضچه امواج

آزمایشات در حوضچه امواج QUCERL انجام گردید. محدوده مورد آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است.

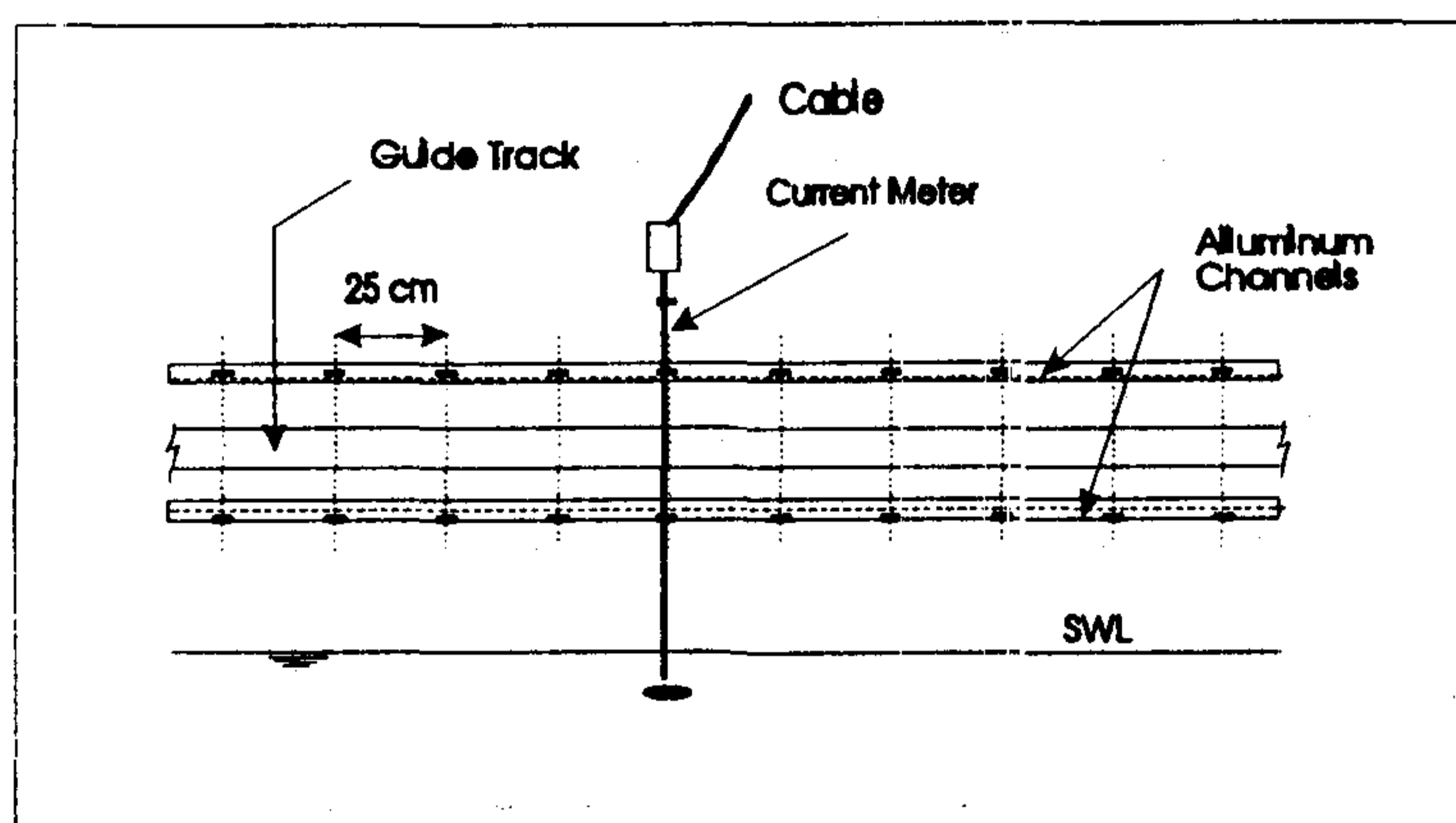


شکل ۱: جانمایی محدوده آزمایشی در حوضچه امواج.

محورهای مختصات جهت ثبت اطلاعات در جهات افقی مطابق شکل در نظر گرفته شده است. دیوار هادی موج در بالادست (سمت راست شکل) تا بالای خط آب ساکن ادامه داده شده است. بدین ترتیب هیچگونه جریانی از این جناح به داخل یا خارج از محیط آزمایشی برقرار نیست. دیوار هادی موج در

سرعت بصورت همزمان مورد استفاده قرار گرفت. یک قاب مطابق شکل (۳) به منظور نصب این شش سرعت سنج در هنگام اندازه گیری ساخته شده بود و فاصله محل‌های اتصال سرعت سنجه‌ها به قاب از یکدیگر ۰/۲۵ متر بود. این قاب طوری طراحی شده بود که می‌توانست با لغزش در امتداد عمود بر ساحل حرکت نماید. دو سر قاب روی دو ریل که در امتداد موزی ساحل قرار داده شده بودند قرار داشت و بدین ترتیب اندازه گیریها در نقاط مختلف محدوده مورد آزمایش امکانپذیر میگشت.

بسامد نمونه برداری 20 Hz و طول زمان نمونه برداری در آزمایش با امواج نامنظم ۲۳۰ ثانیه بود که یک دوره موج ۲۰۰ تایی را با زمان تناوب متوسط ۱/۱۵ ثانیه پوشش میداد. در آزمایش با امواج منظم طول زمان نمونه برداری ۵۷/۵ ثانیه بود.



شکل ۳: مشخصات قاب مورد استفاده جهت نصب سرعت سنجه‌ها.

واسنجی^۹ دستگاهها

موج سنجه‌ها با اندازه گیری تراز سطح آب ساکن در سه عمق مختلف واسنجی میشدند. در واسنجی سرعت سنجه‌ها همه آنها روی قاب نصب میشدند و قاب در راستای موازی ساحل در آب ساکن حرکت داده میشد. یک پتانسیومتر موقعیت قاب را در امتداد محور Y با بسامد 20 Hz اندازه گیری مینمود. و با یک محاسبه ساده سرعت حرکت قاب (سرعت سنجه‌ها) قابل اندازه گیری بود. سرعت حرکت قاب در هنگام واسنجی در محدوده $0.05-0.25 \text{ m/s}$ قرار

شابلونهایی از چوب را که بر اساس شکل فوق بریده شده بودند در فاصله ۱ متری از یکدیگر قرار داده و فضای مابین را ابتدا با شن پر نموده و سپس لایه ۳-۴ سانتیمتری بالایی با ملات ماسه سیمان شکل داده شد. سطح فوقانی به کمک ماله چوبی پرداخت گردید. موقعیت خط ساحل و قله پشته دور از ساحل در شکل (۱) نشان داده شده است. پس از پایان ساخت، بستر عمق یابی گردید و خطای شکل دهی بستر با توجه به پروفیل هدف (شکل (۲)) در محدوده ± 0.05 متر بود.

تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده

کلیه وسایل اندازه گیری به یک سیستم دریافت اطلاعات^۵ ۱۶ کاناله مرتبط بودند. از این سیستم جهت ارسال دستورات به مولد موج نیز استفاده میشد. این سیستم GEDAP نام داشت و توسط آزمایشگاه مهندسی سواحل وابسته به شورای پژوهشهای کشور کانادا طراحی و ساخته شده بود. تحلیل‌های اطلاعاتی اولیه نیز توسط نرم افزارهای موجود در همین سیستم انجام میگردد.

دستگاه مولد موج قادر به تولید امواج منظم و نامنظم بود. امواج نامنظم بر اساس طیف موج JONSWAP [۲] با ضریب گروهی^۶ ۰/۸ و ضریب قله گونی^۷ ۲/۳ [۳] مورد استفاده قرار گرفت. هر مجموعه موج نامنظم از ۲۰۰ موج دارای زمان تناوب متوسط ۱/۱۵ ثانیه تشکیل شده بود.

پانزده حساسه موج سنج خازنی جهت اندازه گیری مشخصات امواج در نزدیکی ساحل مورد استفاده قرار داده شدند. این حساسه‌ها با فاصله ۰/۲۰ متر از یکدیگر قرار داشتند و فاصله نزدیکترین موج سنج از خط آب ساکن $X=2/45 \text{ m}$ بود. موج سنجه‌ها بر روی یک تیر عمود بر امتداد خط ساحل نصب شده بودند. یک موج سنج در نزدیکی مولد موج قرار داده شد که مشخصات امواج را در ناحیه دور از ساحل اندازه گیری میکرد. شش سرعت سنج دو جهته الکترومغناطیسی با حساسه‌های دایره ای شکل جهت اندازه گیری

جدول ۱: تاثیر طول دوره نمونه برداری بر نتایج واسنجی.

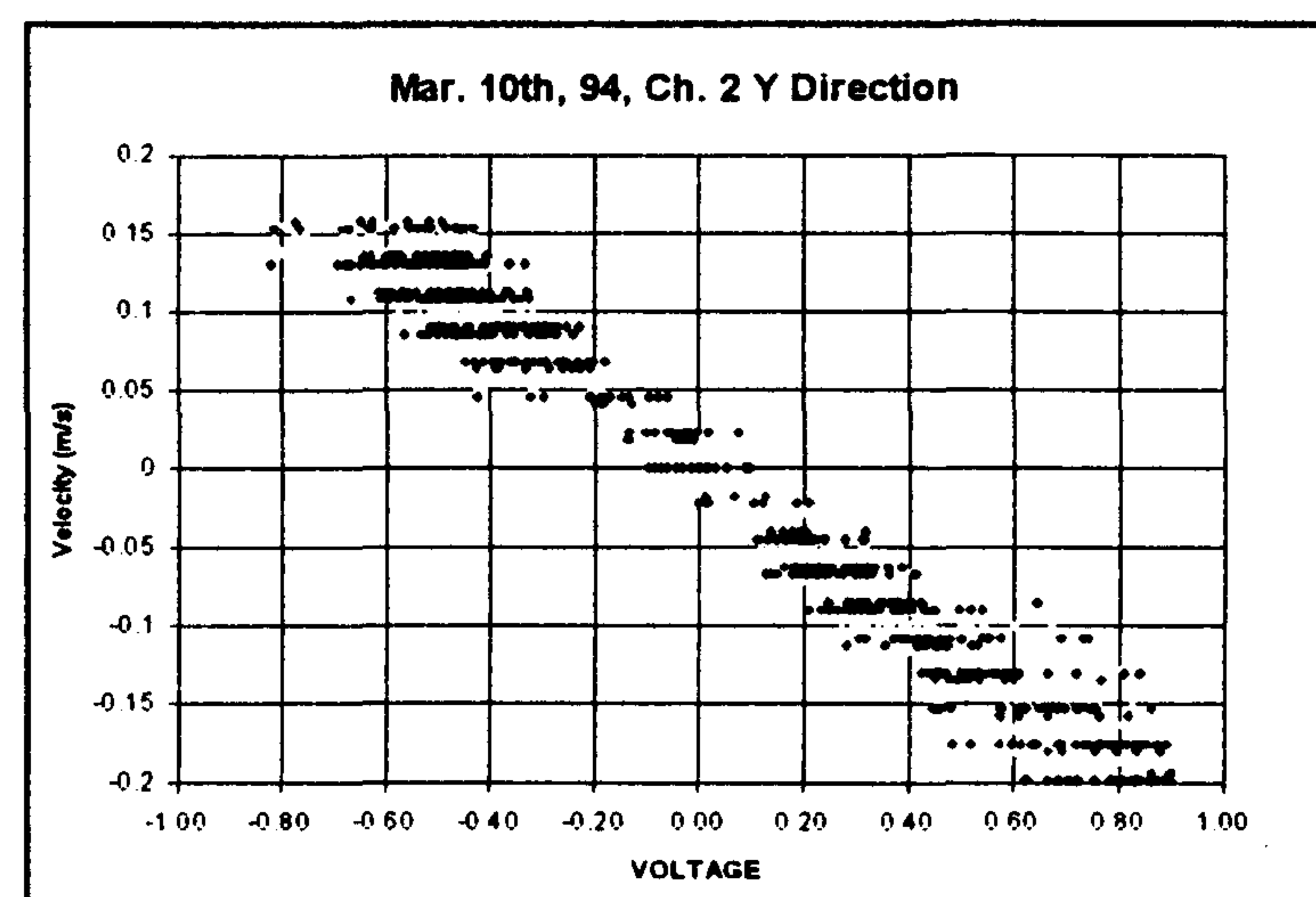
T _{sample} (s)	r ²	S _{y/x} (m/s)	A	B
0.2	0.9692	0.0198	-0.2352	-0.0008
0.4	0.9855	0.0135	-0.2371	-0.0008
0.8	0.9930	0.0093	-0.2382	-0.0008

در اینجا محاسبه سرعت بر اساس اطلاعات موجود در طول دوره نمونه برداری T_{sample} صورت گرفته است و قرائتهای نظیر سرعت سنجها نیز در همین مدت متوسط گیری شده است. مقادیر خطای استاندارد و شیب (A) و عرض تقاطع (B) خط برازش یافته در هر حالت در جدول نشان داده شده است. دیده میشود که با افزایش طول مدت نمونه گیری از پراکنش اطلاعات به مقداری قابل ملاحظه کاسته میشود. لیکن مشخصات خط برازش یافته تغییر چندانی نمی نماید. همانگونه که قبلا گفته شد اندازه گیری سرعت در طول زمانی نسبتا طولانی (۲۳۰ ثانیه) صورت میگرفت که اثر خطاهای یاد شده به دلیل متوسط گیری در این زمان ناچیز میباشد. ضرایب واسنجی سرعت سنجها به درجه حرارت آب وابستگی زیاد نشان میداد و هر گاه حوضچه با آب تازه پر میشد حدود دو روز طول میکشید تا درجه حرارت آن ثابت شود. در این شرایط واسنجی مرتب کنترل و تکرار میشد.

صحت^{۱۲} و دقت^{۱۳} در اندازه گیری سرعت

بر اساس تعریف دقت اندازه گیریها به یکسان بودن نتایج حاصل از اندازه گیریهای مکرر یک واقعه باز میگردد و صحت اندازه گیری به تطابق نتایج حاصل از اندازه گیری با مقدار واقعی مربوط میشود [۴]. اطمینان از صحت و دقت اندازه گیریها بر اساس یک روند سه مرحله ای حاصل گشت. ابتدا در همان شرایط واسنجی سرعت سنجها تعدادی اندازه گیری سرعت انجام گردید و نتایج اندازه گیریها با مقدار محاسبه شده سرعت مقایسه گردید. این مرحله برای تمام سرعت سنجها نتایج قابل قبولی در بر داشت. در مرحله بعد سرعت جریانهای ناشی از امواج در یک

داشت. سپس با ترسیم سرعتهای محاسبه شده در مقابل قرائتهای هر یک از سرعت سنجها (بر حسب ولت) و برازش یک خط مستقیم ضریب واسنجی برای هر یک از سرعت سنجها بدست میآمد. یک نمونه از نمودار پراکنش اطلاعات در چنین روند واسنجی در شکل (۴) نشان داده شده است. ضریب قطعیت^{۱۱} در نمونه نشان داده شده $r^2=0.9466$ خطای معیار^{۱۱} $S_{y/x}=0.025$ m/s و خطای معیار در شیب خط برازش 0.0118 بود. بطور کلی تغییرات r² در محدوده ۰/۷ تا ۰/۹۸ قرار داشت و در اغلب موارد این ضریب از ۰/۸۵ تجاوز مینمود. در این روش واسنجی، سرعت متوسط در یک دوره کوتاه (۰/۲ ثانیه) محاسبه میشد و فقط چند قرائت سرعت سنجها مبنای عمل بود. لذا هر گونه خطای اندازه گیری به دلیل کم بودن تعداد نمونه ها در متوسط گیری حذف نمیشود. خطای اندازه گیری میتواند ناشی از پارازیتهای الکتریکی سیستم سرعت سنج یا ارتعاشات قاب و سایر اتصالات مربوطه باشد. وجود گردابه ها و جریانات آشفته در اطراف حساسه اندازه گیر سرعت نیز میتواند عامل دیگری در انحراف از سرعت متوسط باشد. پراکنش زیاد اطلاعات در اطراف خط برازش شده میتواند ناشی از این خطاها باشد. به منظور نشان دادن مثالی از تاثیر خطاهای یاد شده، محاسبات مربوط به واسنجی در مورد مجموعه باطلاعات موجود منجر به شکل (۴) تکرار شد و خلاصه ای از نتایج حاصله در جدول (۱) منعکس میباشد.



شکل ۴: نمودار پراکنش اطلاعات در روند واسنجی.

شرح آزمایشات

جدول (۲) خلاصه ای از مشخصات کلیه آزمایشات انجام شده در این بخش را بیان می‌دارد. در مدلسازی ریاضی جایگزینی امواج نامنظم با یک موج نماینده منظم رایج است [۵]. به منظور تصدیق این روش و اطلاع از تفاوت‌های رفتاری بین امواج منظم و نامنظم، در این آزمایشات از امواج نامنظم با ارتفاع موج مشخصه $H_s = 0.08$ m، زمان تناوب قله طیف، $T_p = 1/15$ s، و ضریب گروهی $\gamma = 0.8$ و موج منظم با ارتفاع $H = 0.057$ (که مساوی H_{rms} امواج نامنظم است) و زمان تناوب $T = 1/15$ s مورد آزمایش قرار گرفتند. زاویه موج آب عمیق در دو حالت $\theta = 10^\circ$ و $\theta = 20^\circ$ مورد آزمایش قرار گرفت.

موقعیت توسط یک سرعت سنج به دفعات اندازه گیری گردید تا از تکرار پذیری و دقت اندازه گیریها اطمینان حاصل شود. نتایج حاصل از این مرحله نیز قابل قبول بود. در سومین و آخرین مرحله جهت حصول اطمینان از صحت اندازه گیریها از سرعت سنجهای مختلف در اندازه گیری سرعت جریانات ناشی از امواج در یک موقعیت استفاده شد. در این مرحله در زمانهایی که درجه حرارت آب حوضچه تثبیت نشده بود، اختلافاتی بین اندازه گیری با سرعت سنجهای مختلف مشاهده میشد لکن پس از تثبیت درجه حرارت آب در حوضچه اختلافات بین اندازه گیریهای مختلف به حداقل رسید. در زمانی که درجه حرارت آب حوضچه در حال تغییر بود، هر ۴۵ تا ۶۰ دقیقه یکبار واسنجی تکرار میشد.

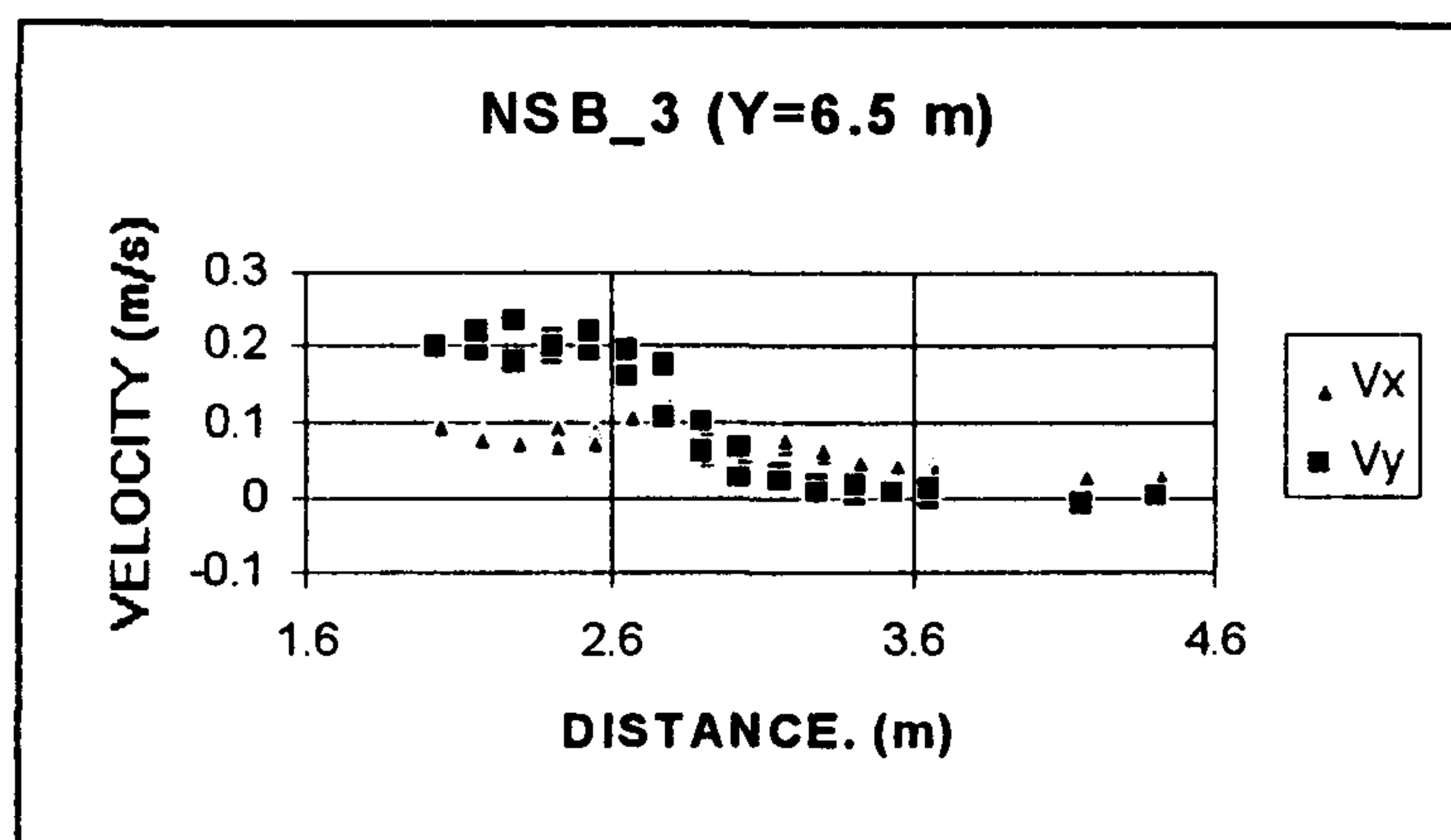
جدول ۲: خلاصه مشخصات آزمایشات.

شماره آزمایش	کد آزمایش	H_{mo} (m)	θ (deg)	نوع موج	شرح آزمایش
1	NSB_1	0.057	10	Regular	ساحل مستقیم
2	NSB_2	0.08	10	Irregular	ساحل مستقیم
3	NSB_3	0.057	20	Regular	ساحل مستقیم
4	NSB_4	0.08	20	Irregular	ساحل مستقیم
5	NGB 1	0.057	10	Regular	Groin @ Y=6.89 m, $l_g/l_b = 1$ ($l_g = 1.25$ m)
6	NGB 2	0.057	10	Regular	Groin @ Y=6.89 m, $l_g/l_b = 1.3$ ($l_g = 1.65$ m)
7	NGB 3	0.08	10	Irregular	Groin @ Y=6.89 m, $l_g/l_b = 1$ ($l_g = 1.25$ m)
8	NGB 4	0.08	10	Irregular	Groin @ Y=6.89 m, $l_g/l_b = 1.3$ ($l_g = 1.65$ m)
9	NGB 5	0.057	20	Regular	Groin @ Y=6.89 m, $l_g/l_b = 1$ ($l_g = 1.25$ m)
10	NGB 6	0.057	20	Regular	Groin @ Y=6.89 m, $l_g/l_b = 1.3$ ($l_g = 1.65$ m)
11	NGB 7	0.08	20	Irregular	Groin @ Y=6.89 m, $l_g/l_b = 1$ ($l_g = 1.25$ m)
12	NGB 8	0.08	20	Irregular	Groin @ Y=6.89 m, $l_g/l_b = 1.3$ ($l_g = 1.65$ m)

در جدول (۲) در ستون آخر تحت عنوان ساحل مستقیم ذکر شده اند. چهار آزمایش بر روی ساحل مستقیم و هشت آزمایش بر روی ساحل با یک آبشکن منفرد نصب شده صورت گرفت.

اندازه گیری سرعت تا نزدیکترین نقطه ممکن به خط آب ساکن که دارای عمقی برابر 0.37 m بود صورت گرفت. فاصله این نقطه تا خط آب ساکن برابر $2/15$ m بود. در نقاطی که عمق کافی وجود داشت

نسبت طول آبشکن l_g به فاصله قله پشته دور از ساحل (l_b)، که هر دو از خط آب ساکن اندازه گیری میشدند، متغیر دیگری در انجام این آزمایشات بود. دو نسبت $l_g/l_b = 1$ و $l_g/l_b = 1/3$ مورد آزمایش قرار گرفتند. به منظور اطلاع از اثر یک آبشکن منفرد بر رژیم هیدرودینامیک نزدیک ساحل، آزمایشات با و بدون حضور آبشکن انجام شد تا بتوان در این خصوص بررسی مقایسه ای انجام داد. آزمایشات بدون آبشکن



شکل ۶: مثالی از توزیع سرعت جریان ناشی از امواج؛ V_y سرعت جریان موازی ساحل و V_x سرعت جریان عمود بر ساحل میباشد.

مشاهدات اولیه

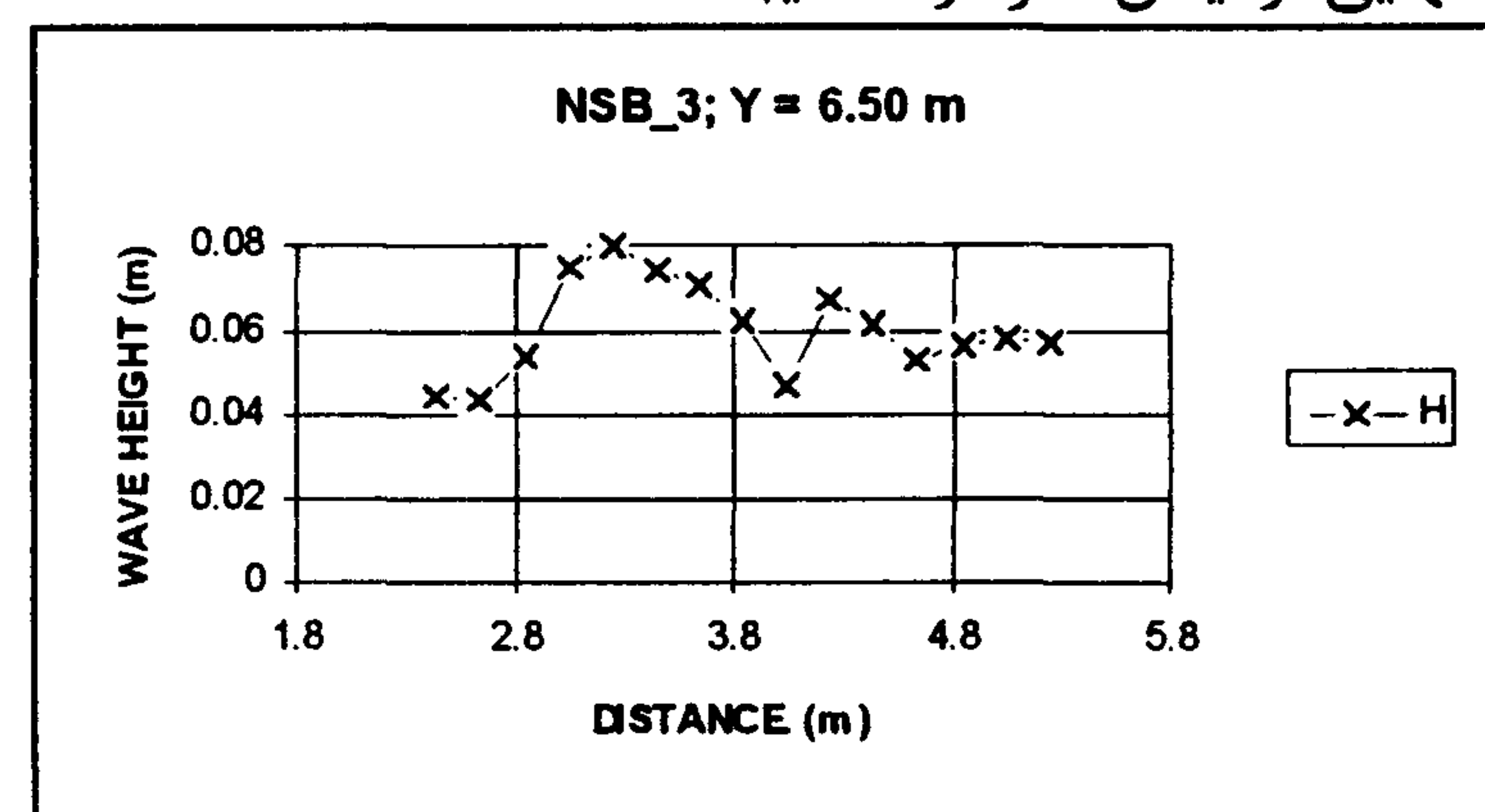
در این بخش به بررسی خصوصیات اصلی الگوهای امواج و جریان ناشی از امواج میپردازیم.

الگوهای امواج

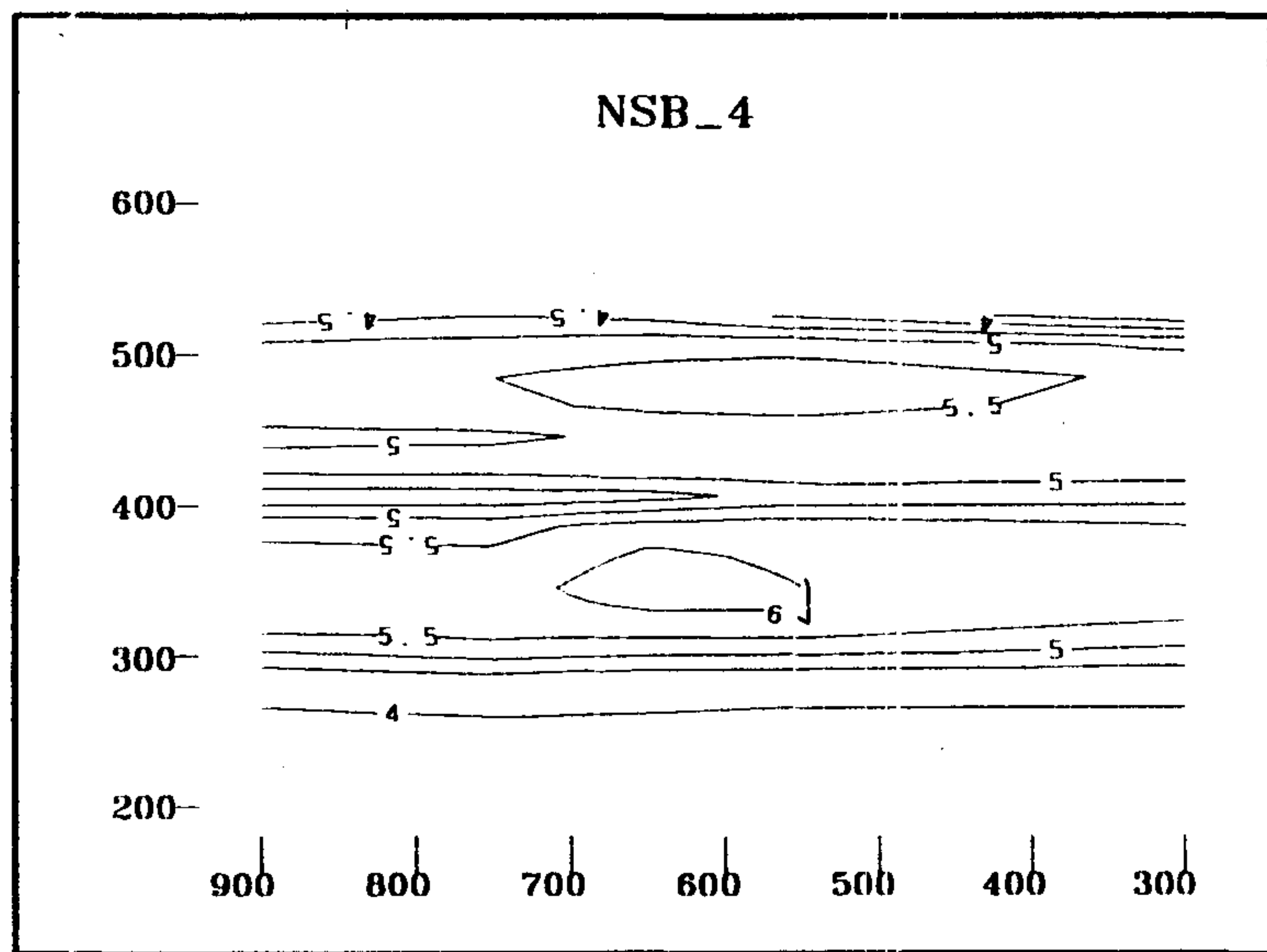
بر اساس اطلاعات حاصل از اندازه گیری خصوصیات امواج، مقادیر H_{rms} به کمک درون یابی خطی روی یک شبکه 20×20 cm در محیط مورد آزمایش محاسبه گردید. سپس خطوط تراز ارتفاع موج H_{rms} ترسیم گردید تا بدین وسیله تصویری کلی از الگوهای امواج در حوضچه و بخصوص در منطقه نزدیک به ساحل بدست آید. از آنجاییکه در این آزمایشات امواج با طول تاج بلند^{۱۵} تولید شده اند انتظار میرود که در آزمایشات روی ساحل مستقیم خطوط تراز ارتفاع امواج مستقیم و موازی ساحل باشند. لکن همانگونه که در اشکال (۷) و (۹) (آزمایشات NSB_1 و NSB_3) دیده میشود در آزمایشات با موج منظم، عدم یکنواختی ارتفاع موج (توزیع انرژی) در طول ساحل بوضوح مشاهده میگردد. در نقاطی تراکم انرژی و در نقاط دیگر کاستی انرژی دیده میشود و حتی در منطقه نزدیک ساحل خطوط تراز موازی ساحل نیستند. در آزمایشات با امواج منظم که در اشکال (۸) و (۱۰) نشان داده شده اند، به عکس، انرژی امواج در منطقه نزدیک ساحل بطور کامل یکنواخت در طول ساحل توزیع شده است (آزمایشات NSB_2 و NSB_4). در منطقه میانی حوضچه و کاملاً فراتر از ناحیه شکست ($6/5 < y < 5/5$ و $x > 3/0.5$) یک ناحیه با تراکم انرژی اندکی بیشتر مشاهده میشود.

اندازه گیری سرعت در سه عمق مختلف، یکی درست زیر پایین ترین قعر موج، دیگری در عمق میانی، و سومی در نزدیکترین نقطه ممکن به بستر صورت میگرفت. نزدیکترین نقطه ای که اندازه گیری سرعت در سه عمق انجام گردید در فاصله ۲/۵۵ متری از خط آب ساکن قرار داشت که دارای عمقی برابر ۰/۰۶۵ متر بود. در نزدیکی آب شکن اندازه گیری سرعت بصورت متراکم تر و با فواصل نزدیکتر مکانی صورت گرفت و بدین ترتیب تصویری جزئی تر از میدان سرعت در اطراف آبشکن بدست آمد. با ردیابی رنگی یک کنترل ثانویه در مورد جهت و سرعت جریان ناشی از امواج اعمال میشود. این تدبیر صرفاً به منزله یک کنترل تخمینی قلمداد میشود چرا که رنگ تزریق شده بزودی تحت اثر جریان آشفته پراکنده میشود. اندازه گیری مشخصات موج نیز در همان نقاطی که اندازه گیری سرعت انجام شده بود تکرار میگردد.

مقادیر متوسط سرعتها در طول دوره اندازه گیری (۲۳۰ ثانیه در مورد امواج نامنظم و ۵۷/۵ ثانیه در مورد امواج منظم) محاسبه و ثبت میشود و بدین ترتیب توزیع سرعت جریان ناشی از امواج موازی ساحل و عمود بر ساحل بدست آمد. بردار سرعت برآیند در هر نقطه در منطقه مورد آزمایش محاسبه و ترسیم میگشت. مقادیر H_m ، H_{rms} و H_{max} بر اساس اطلاعات حاصل از اندازه گیری امواج محاسبه و ثبت میگشت. توزیع ارتفاع امواج و سرعت جریان ناشی از امواج به نسبت فاصله از خط آب ساکن در امتدادهای مختلف بدین وسیله قابل ترسیم بود. اشکال (۵) و (۶) مثالهایی از این نمودارها میباشد.



شکل ۵: یک مثال از توزیع ارتفاع موج در امتداد عمود بر ساحل.



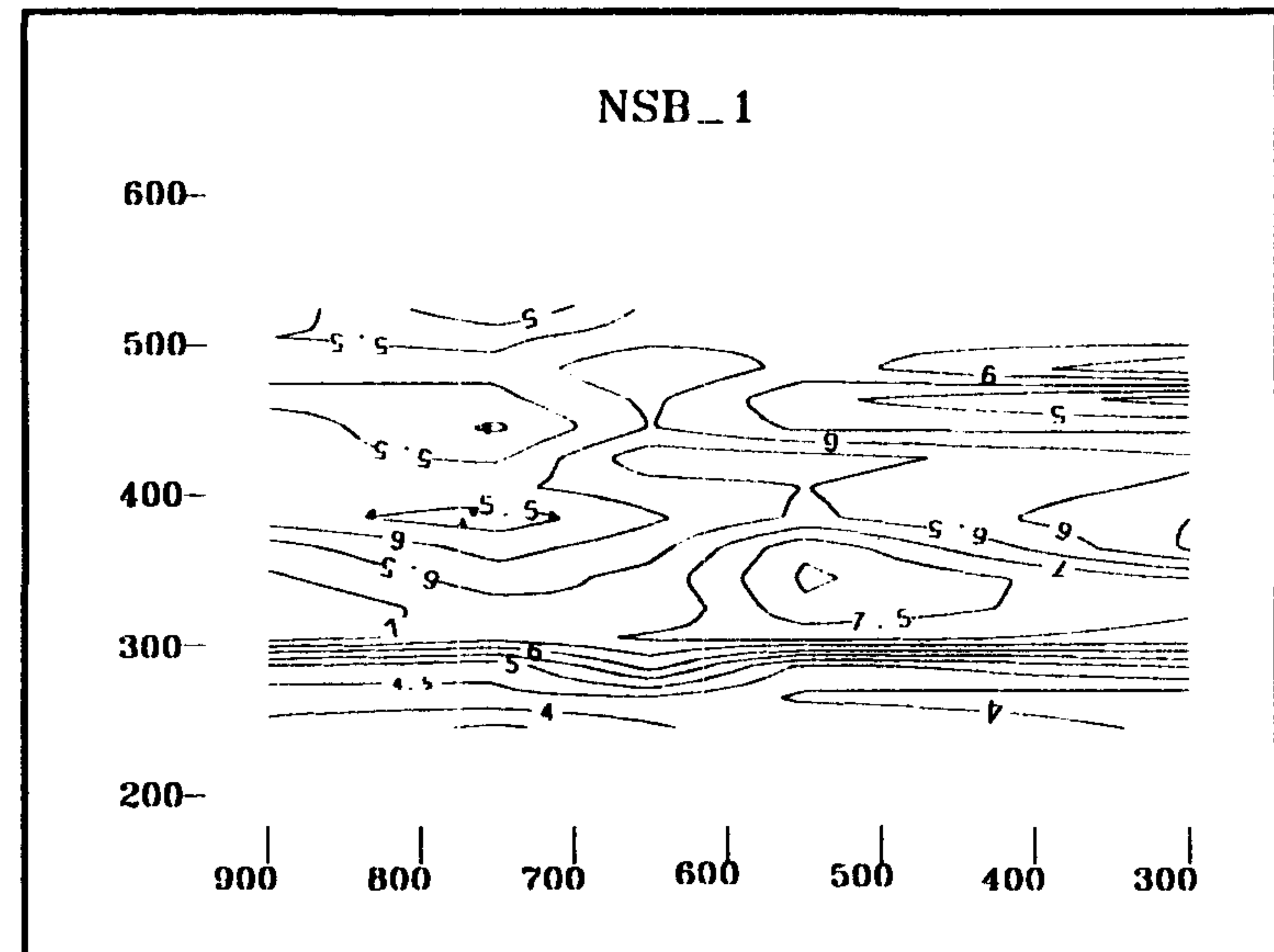
شکل ۱۰: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، امواج نامنظم،
 $\theta = 20^\circ, H_s = 0.08 \text{ m}$

با توجه با الگوی غیر یکنواخت امواج منظم، ارزیابی تاثیر آبشکن روی میدان موج مشکل است. افزایش ارتفاع موج درست در بالادست آبشکن نشانی از انعکاس موج توسط آبشکن میباشد. این پدیده در هیچیک از نمودارهای خطوط هم ارتفاع امواج مشاهده نمیشود. کاهش ارتفاع موج در نزدیک آبشکن و در پایین دست آن حاکی از بروز پدیده تفرق است. در اشکال (۱۳)، (۱۴)، (۱۷) و (۱۸) (آزمایشات با امواج نامنظم) هیچ اثری از تفرق مشاهده نمیشود. در آزمایشات با موج منظم و زاویه موج آب عمیق 10° (اشکال ۱۱ و ۱۲) نیز هیچ اثری از تفرق دیده نمیشود. با افزایش زاویه به 20° بروز تفرق ضعیف مشاهده میشود (اشکال ۱۵ و ۱۶). بطور کلی میتوان نتیجه گرفت که در این آزمایشات بروز پدیده های انعکاس و تفرق ناشی از حضور یک آبشکن منفرد بسیار ضعیف و قابل صرفنظر بوده است.

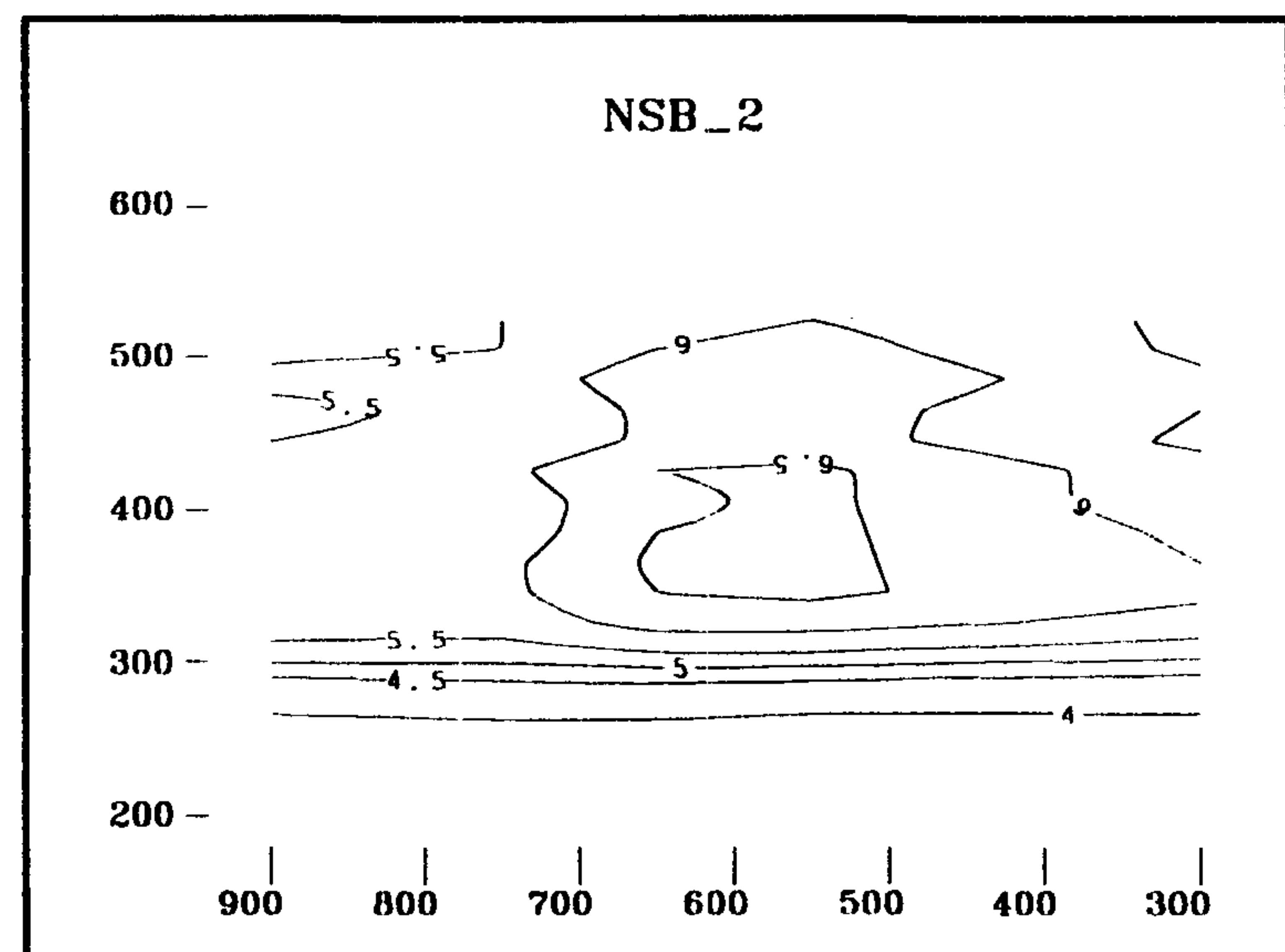
الگوهای جریانات ناشی از امواج

مقادیر متوسط سرعت جریانات ناشی از امواج در طول دوره نمونه برداری (230 ثانیه در مورد امواج نامنظم و $57,5$ ثانیه در مورد امواج منظم) در دو جهت عمود و موازی ساحل اندازه گیری شده و بردار برآیند این دو محاسبه و در نمودارهای میدان سرعت در محدوده مورد آزمایش ترسیم گردیده است. در این نمودارها بردارهای سرعت در اعماق مختلف در یک نقطه همزمان ترسیم

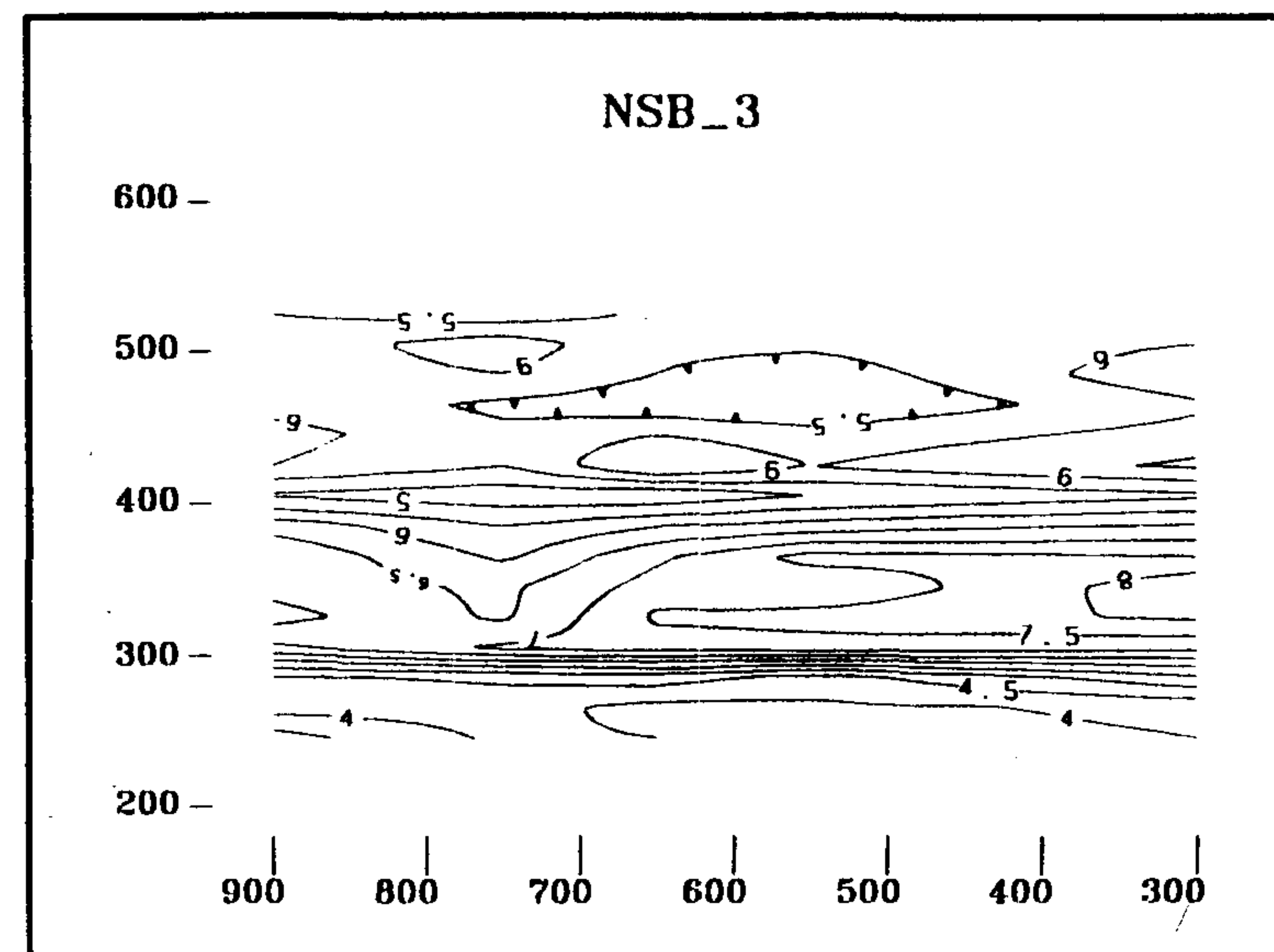
افزایش زاویه تولید موج در آب عمیق سبب توزیع یکنواخت تر انرژی امواج در طول ساحل میشود. در آزمایش با موج منظم ناحیه پر تراکم انرژی باریکتر و طولیتر شده است و در آزمایش با امواج نامنظم ناحیه پر تراکم دور از ساحل کوچکتر شده است.



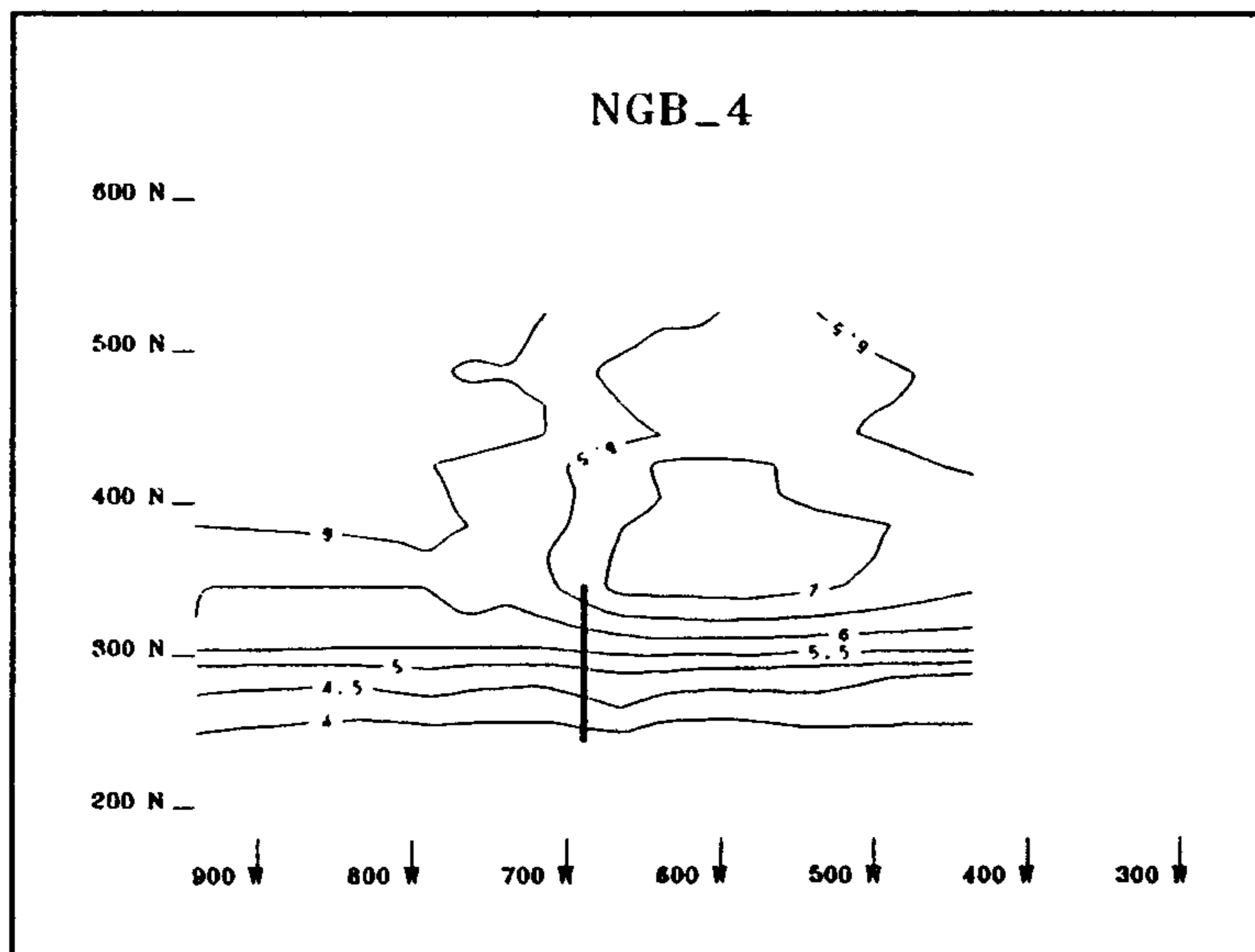
شکل ۷: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، امواج منظم،
 $\theta = 10^\circ, H = 0.057 \text{ m}$



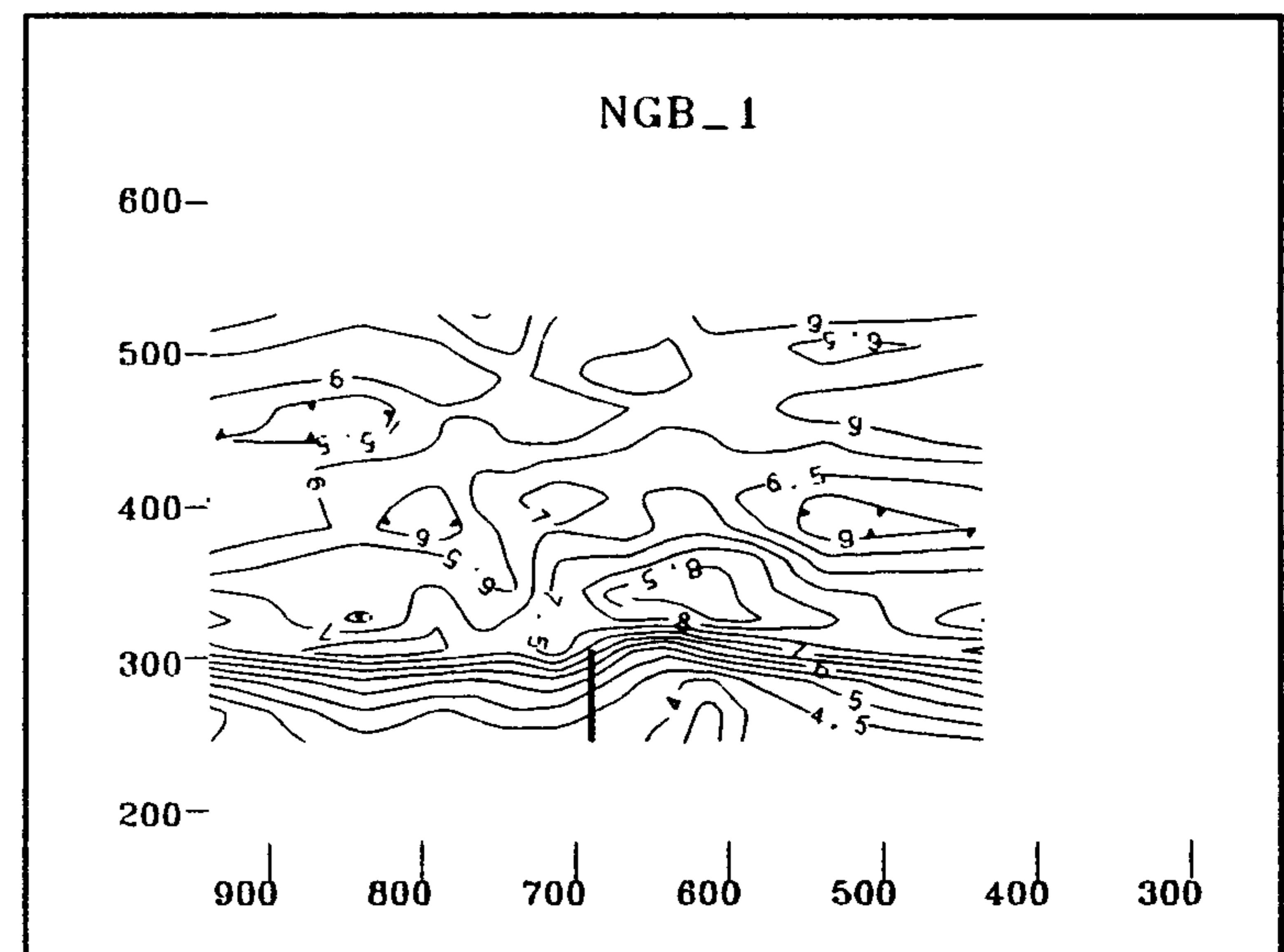
شکل ۸: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، امواج نامنظم،
 $\theta = 10^\circ, H_s = 0.08 \text{ m}$



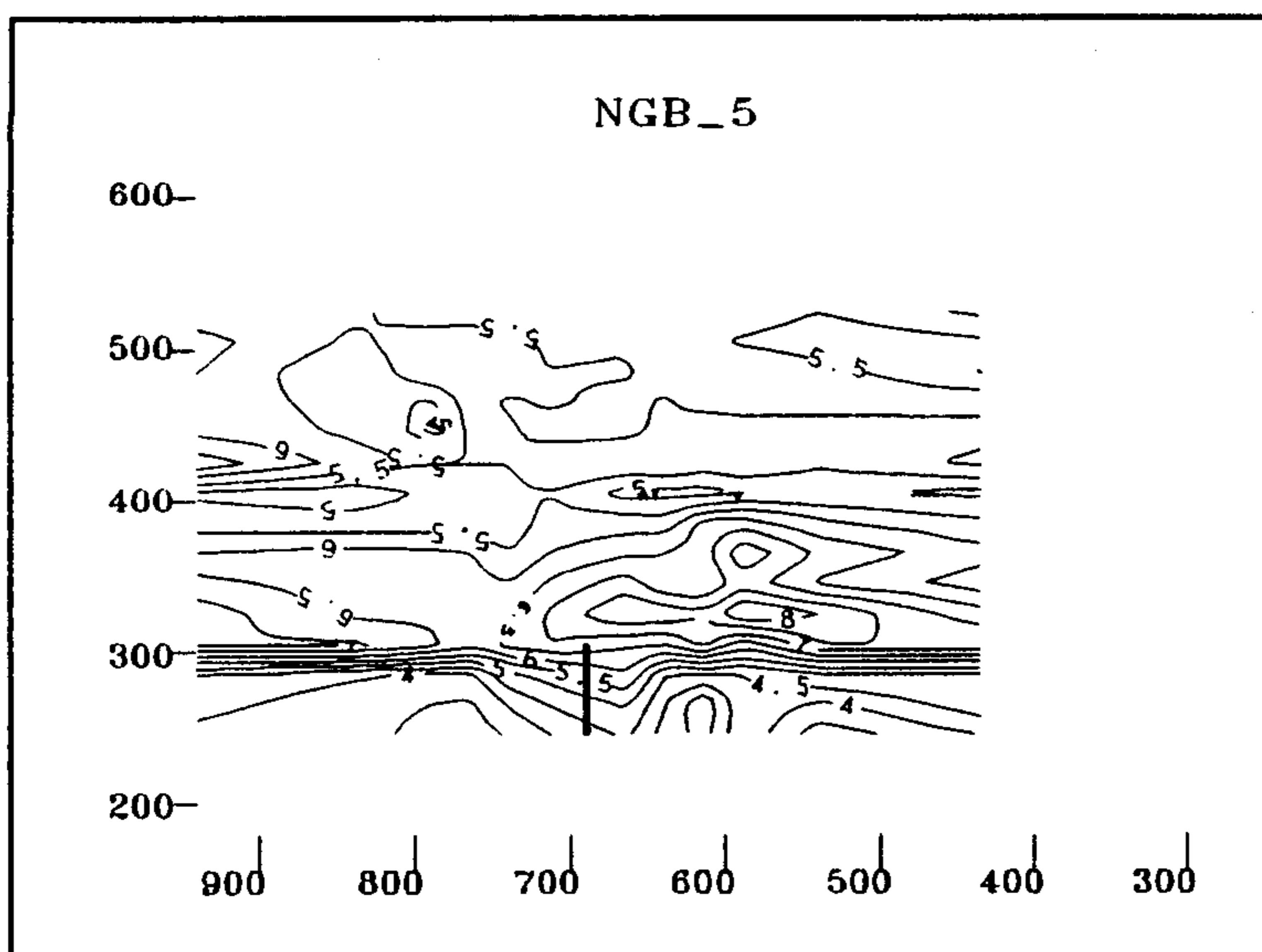
شکل ۹: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج منظم،
 $\theta = 20^\circ, H = 0.057 \text{ m}$



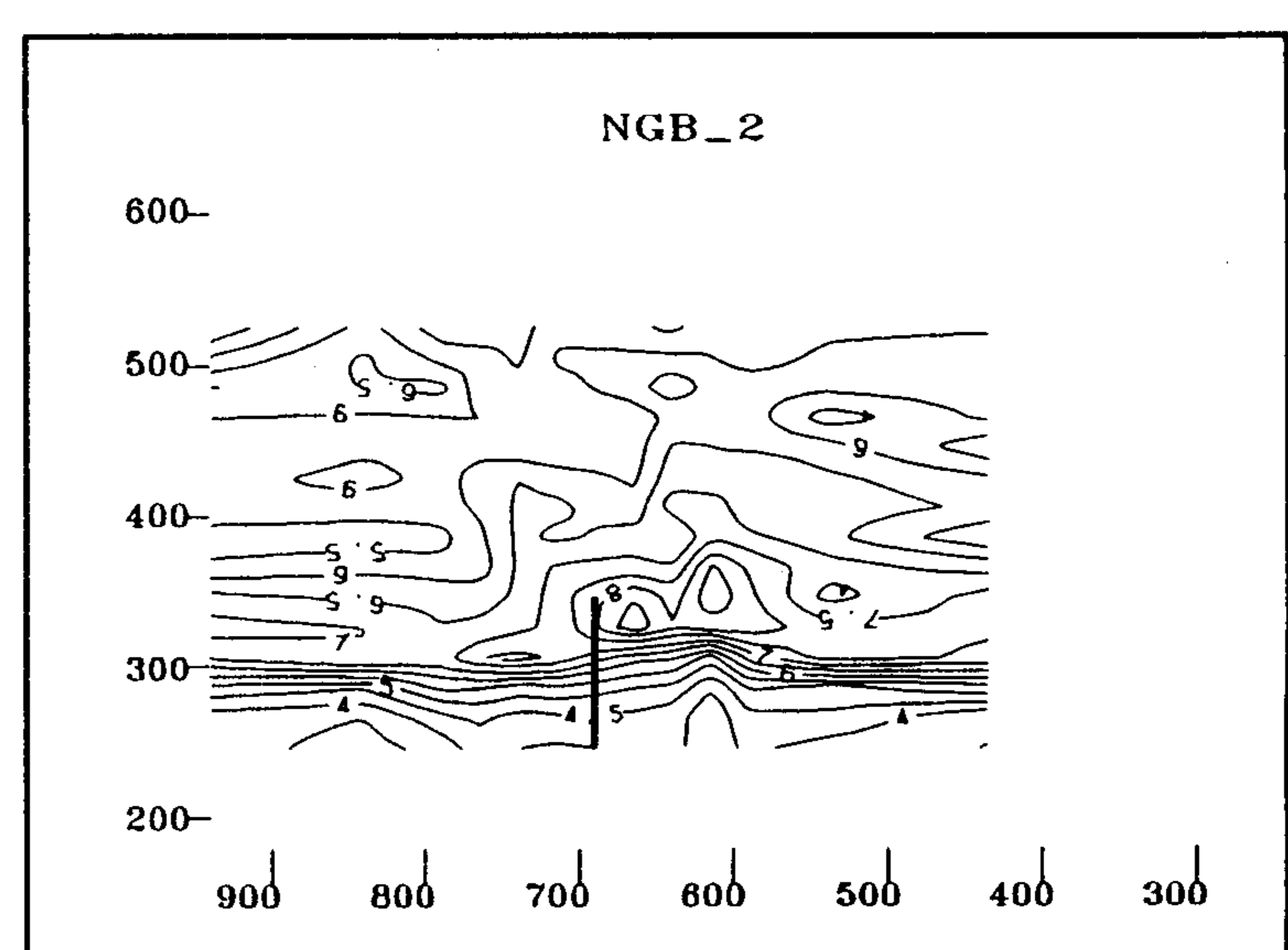
شکل ۱۴: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج نامنظم،
 $l_g/l_b=1.3$ ، $\theta=10^\circ$ ، $H_s=0.08$ m



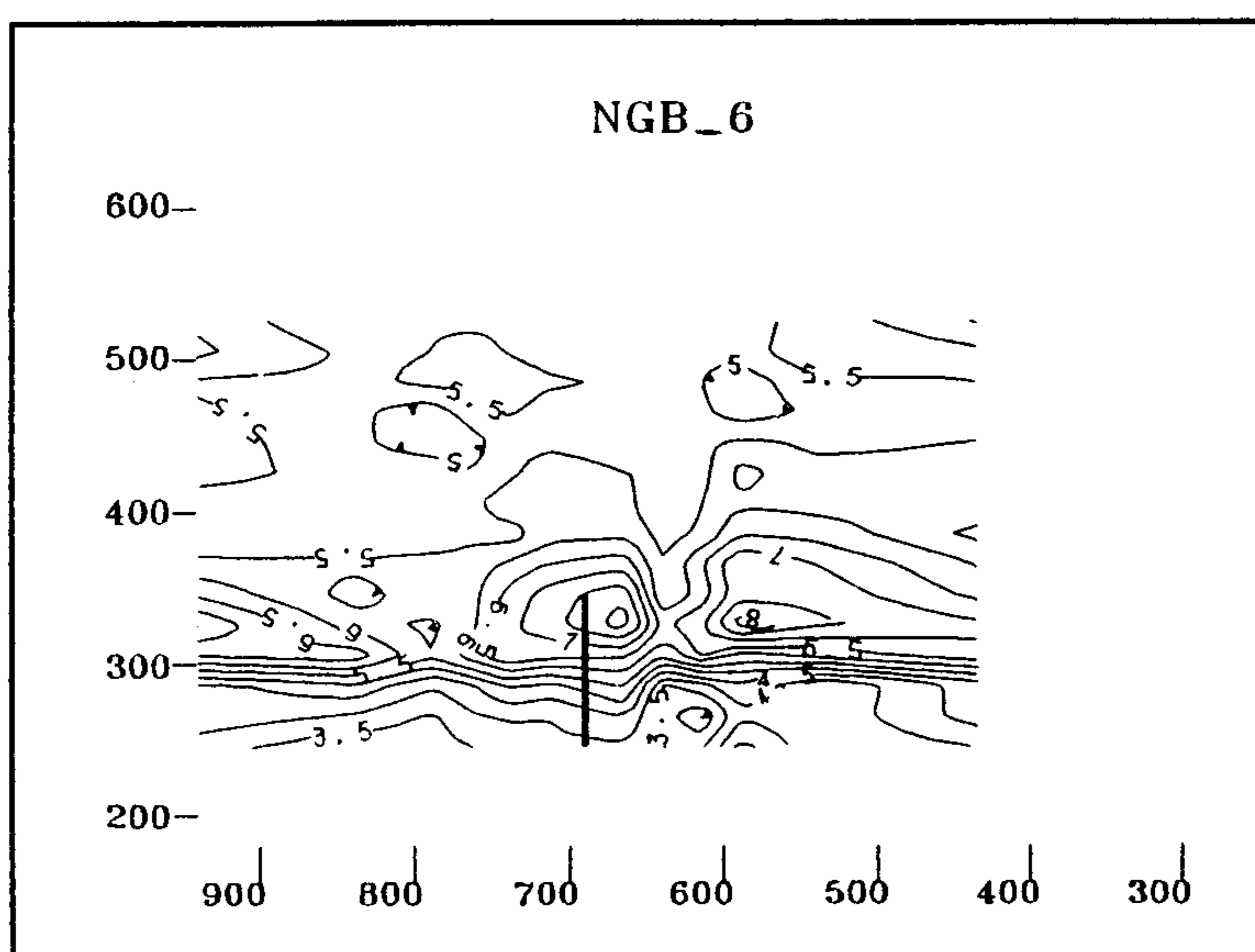
شکل ۱۱: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج منظم،
 $l_g/l_b=1$ ، $\theta=10^\circ$ ، $H=0.057$ m



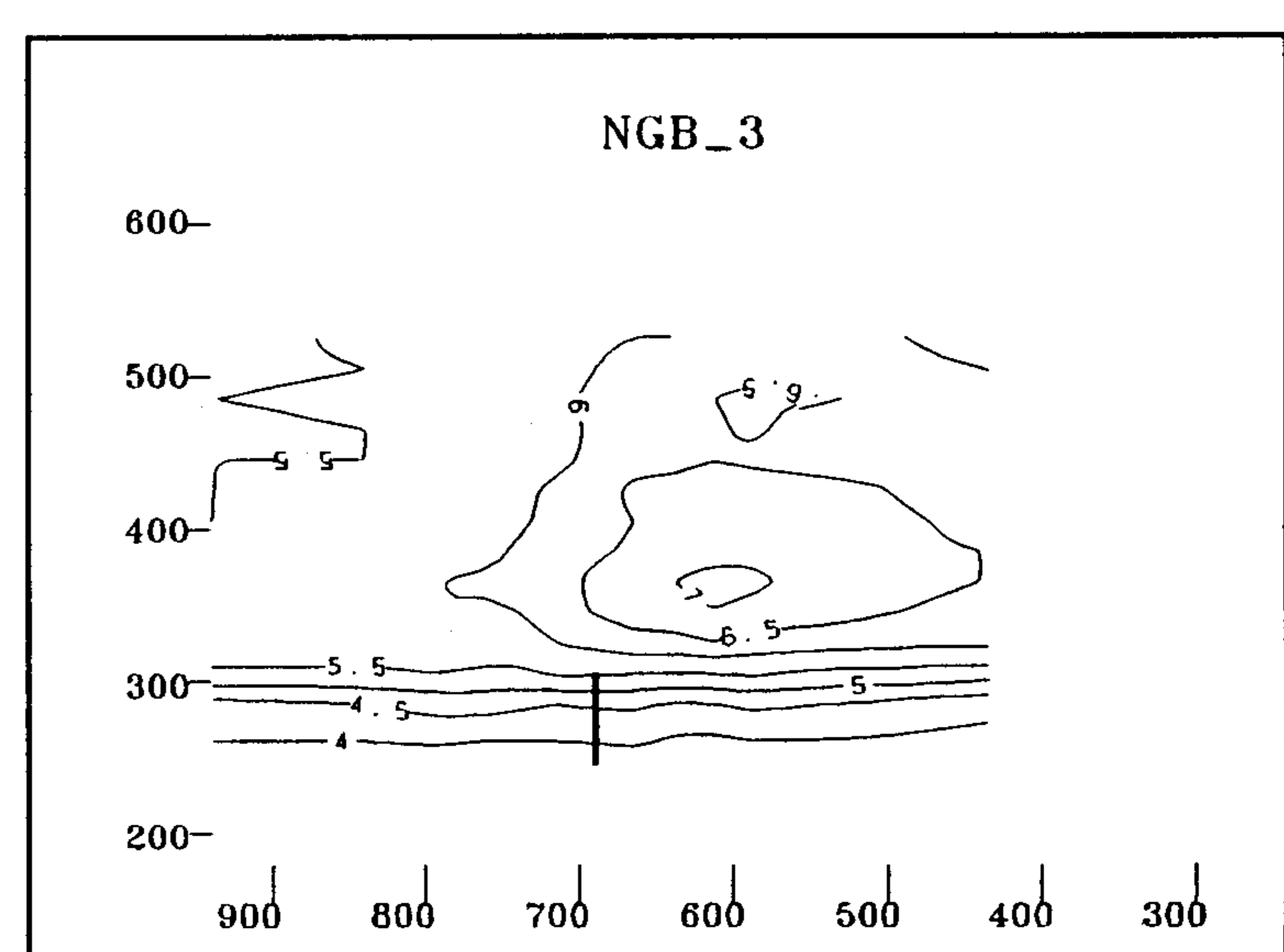
شکل ۱۵: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج منظم،
 $l_g/l_b=1$ ، $\theta=20^\circ$ ، $H=0.057$ m



شکل ۱۲: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج منظم،
 $l_g/l_b=1.3$ ، $\theta=10^\circ$ ، $H=0.057$ m

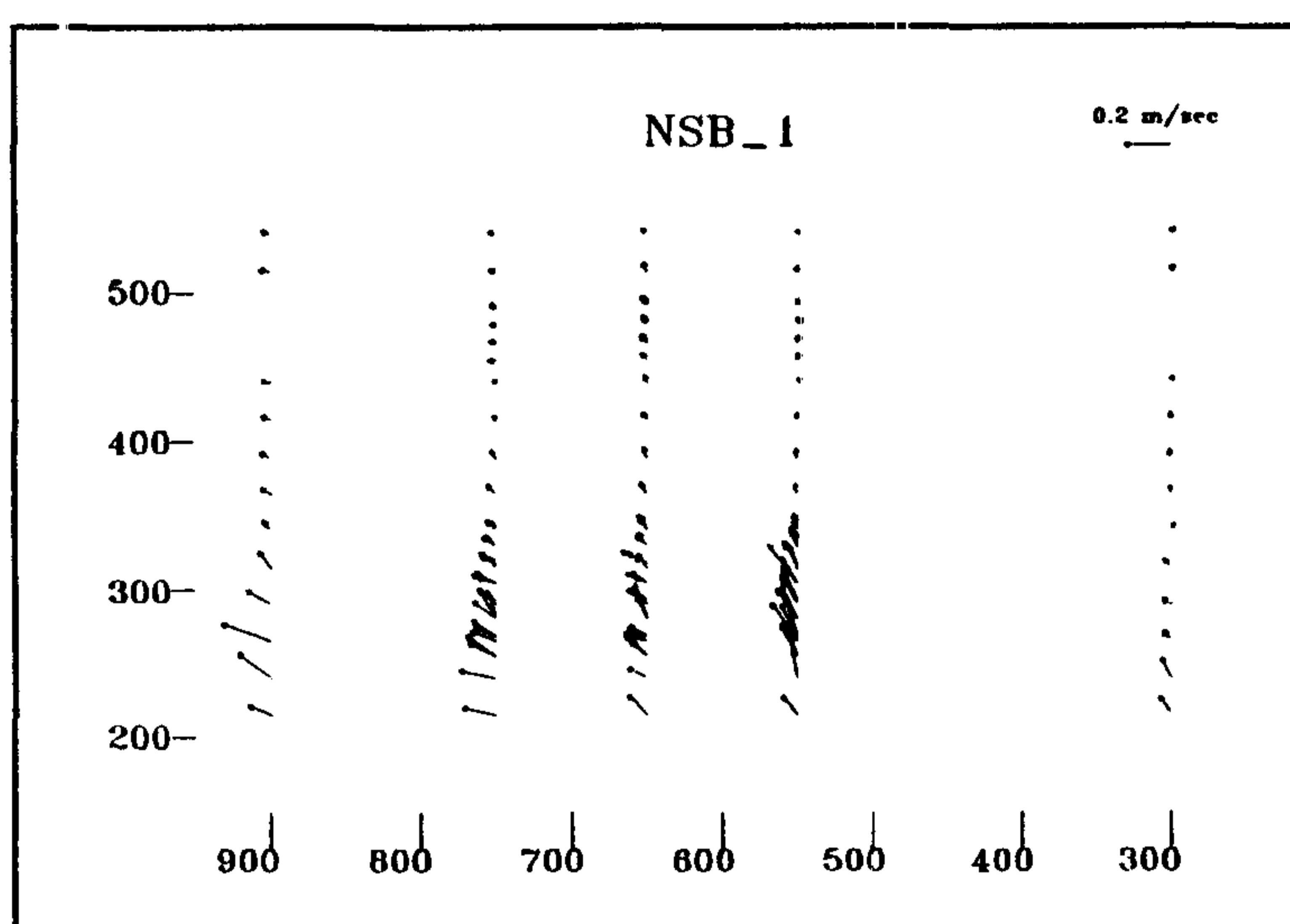


شکل ۱۶: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج منظم،
 $l_g/l_b=1.3$ ، $\theta=20^\circ$ ، $H=0.057$ m

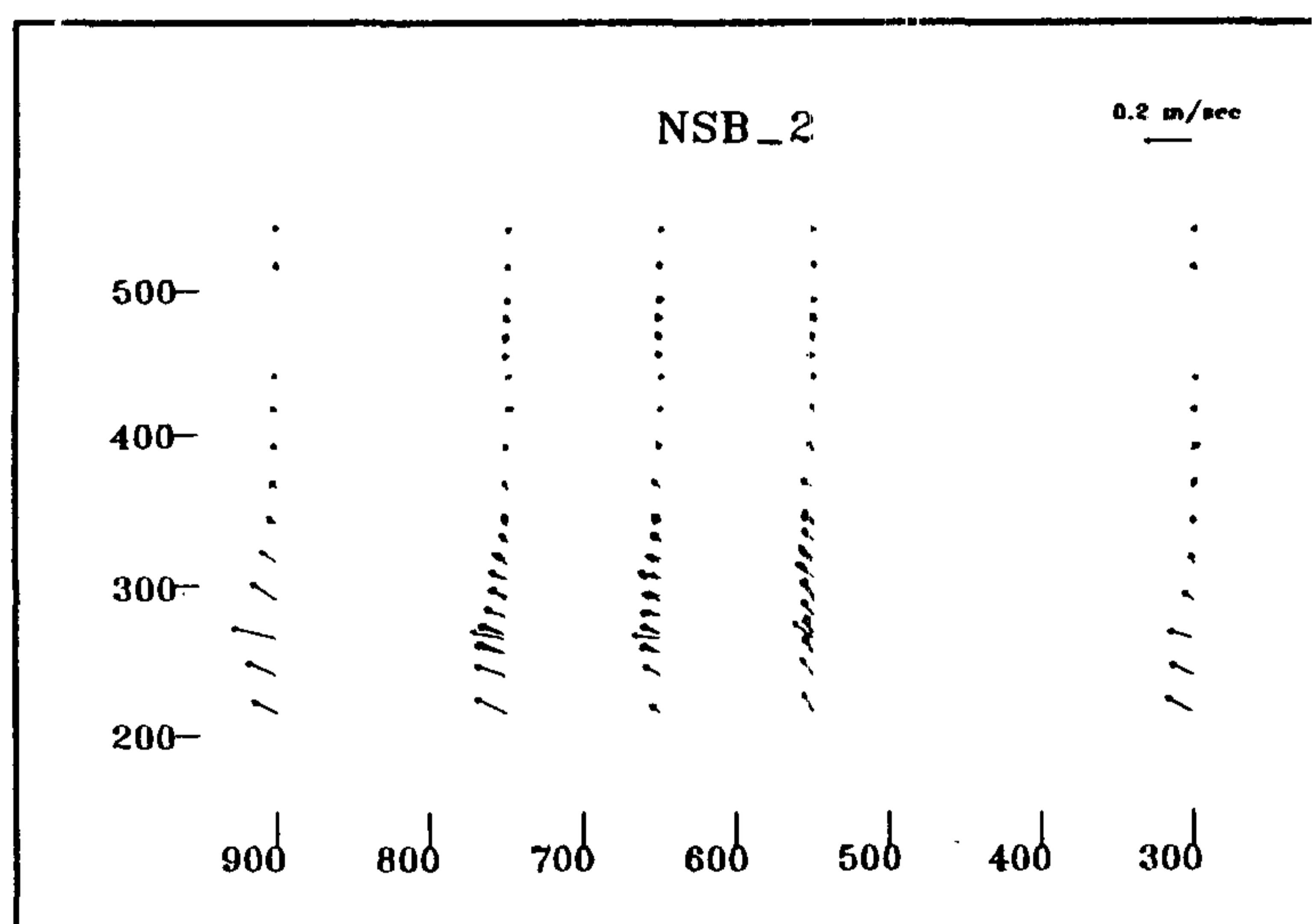


شکل ۱۳: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج نامنظم،
 $l_g/l_b=1$ ، $\theta=10^\circ$ ، $H_s=0.08$ m

جریان موازی ساحل خفیف در خلاف جهت (Y-) در ناحیه دور از ساحل و خارج از ناحیه شکست ($X \approx 4/3 \text{ m}$) و در آزمایشات با زاویه موج 20° (اشکال ۲۱ و ۲۲) میباشد. شکل (۶) مثالی از سرعتهای موازی و عمود بر ساحل اندازه گیری شده است که اندازه این جریانات منفی موازی ساحل نشان داده شده است.

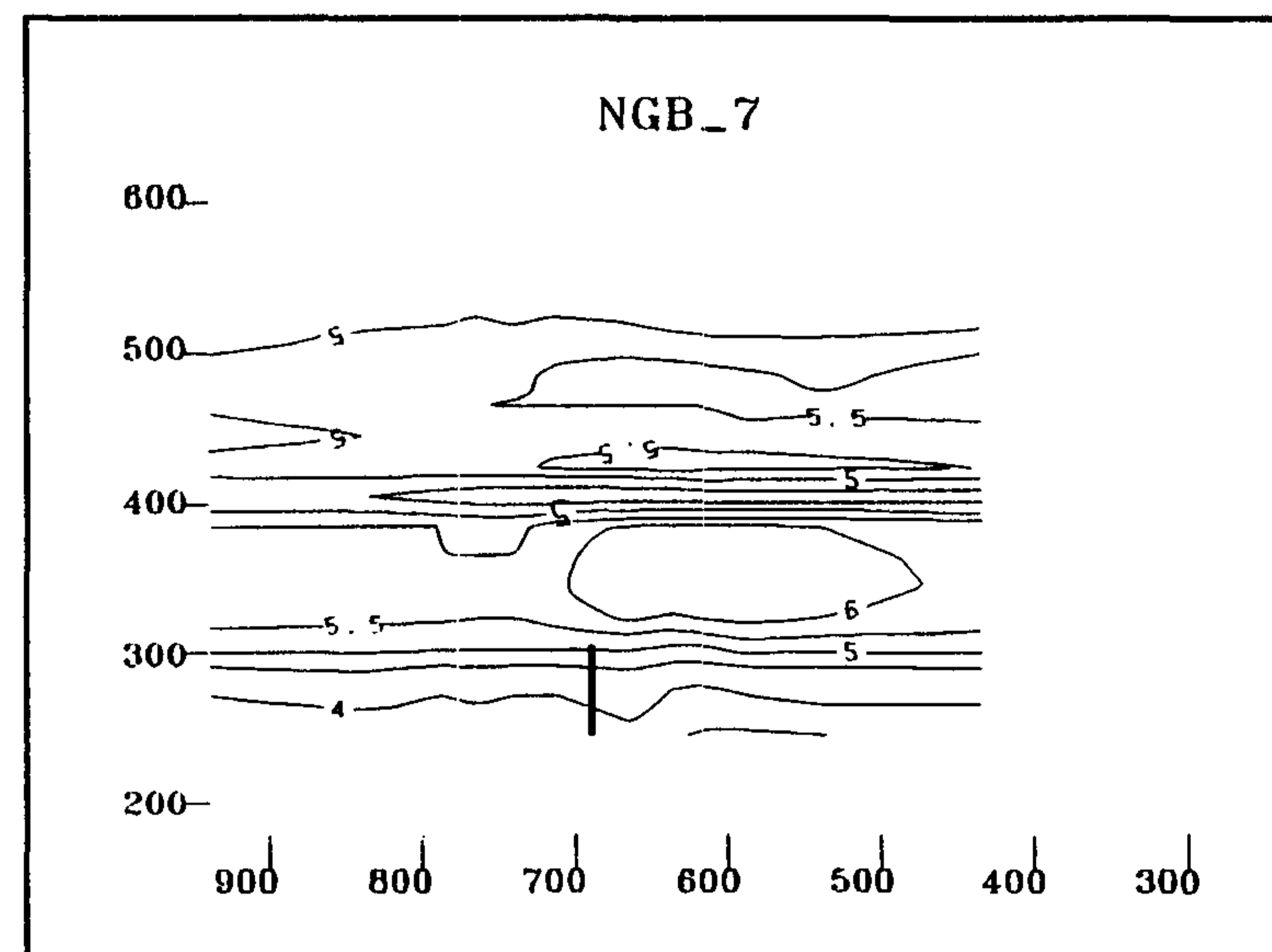


شکل ۱۹: بردارهای سرعت، موج منظم، $\theta=10^\circ$, $H_s=0.057 \text{ m}$.

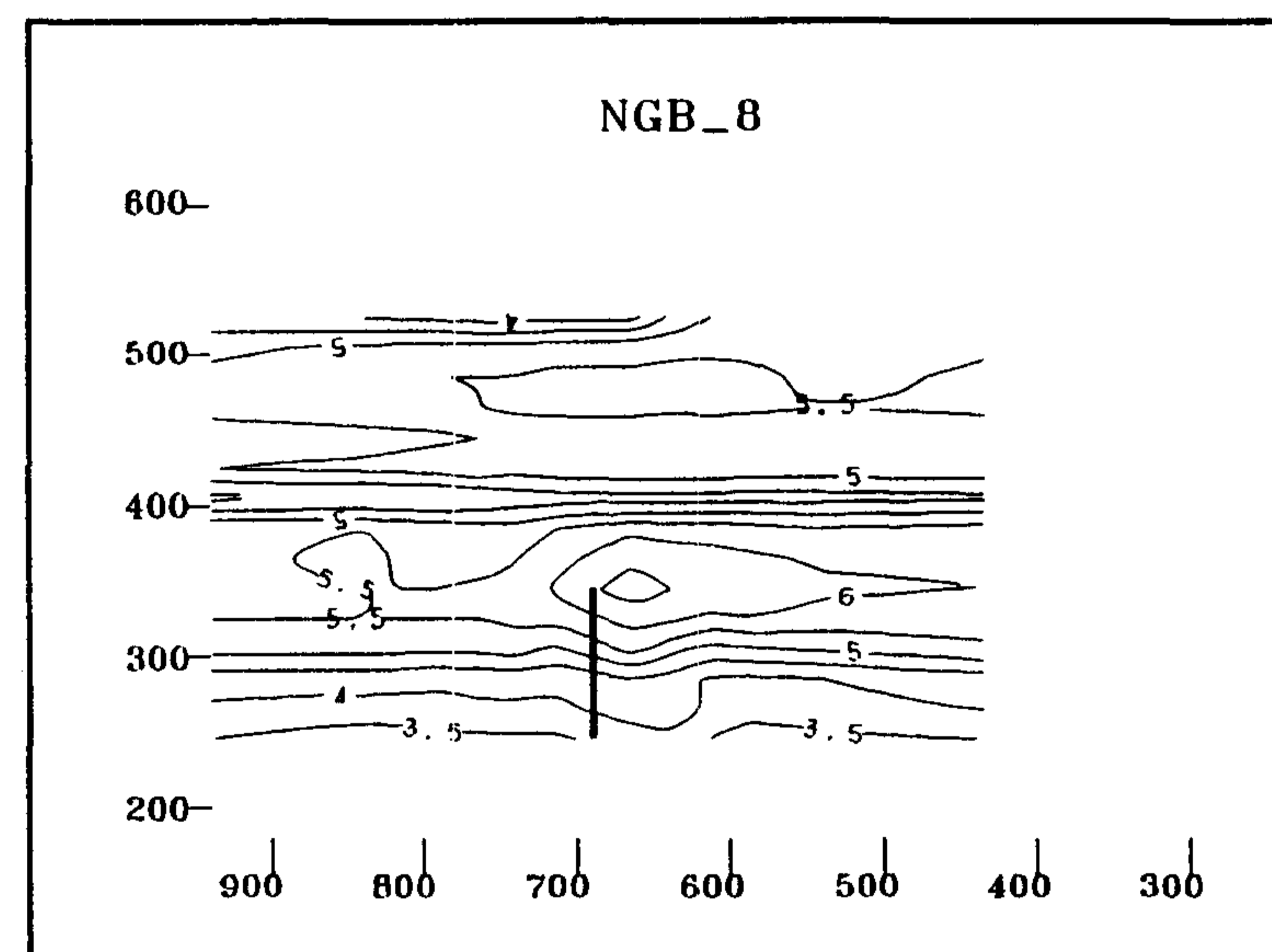


شکل ۲۰: بردارهای سرعت، موج نامنظم، $\theta=10^\circ$, $H_s=0.08 \text{ m}$.

بر اساس اطلاعات اندازه گیری شده که در بخشهای آینده این مقاله مورد بحث قرار خواهد گرفت، اثرات یک آبشکن منفرد را بر جریانات ناشی از امواج در نزدیک ساحل میتوان بصورت شماتیک در شکل (۲۳) نمایش داد.



شکل ۱۷: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج نامنظم، $l_g/l_b=1$, $\theta=20^\circ$, $H_s=0.08 \text{ m}$.



شکل ۱۸: خطوط هم ارتفاع موج (cm)، موج نامنظم، $l_g/l_b=1.3$, $\theta=20^\circ$, $H_s=0.08 \text{ m}$.

شده اند.

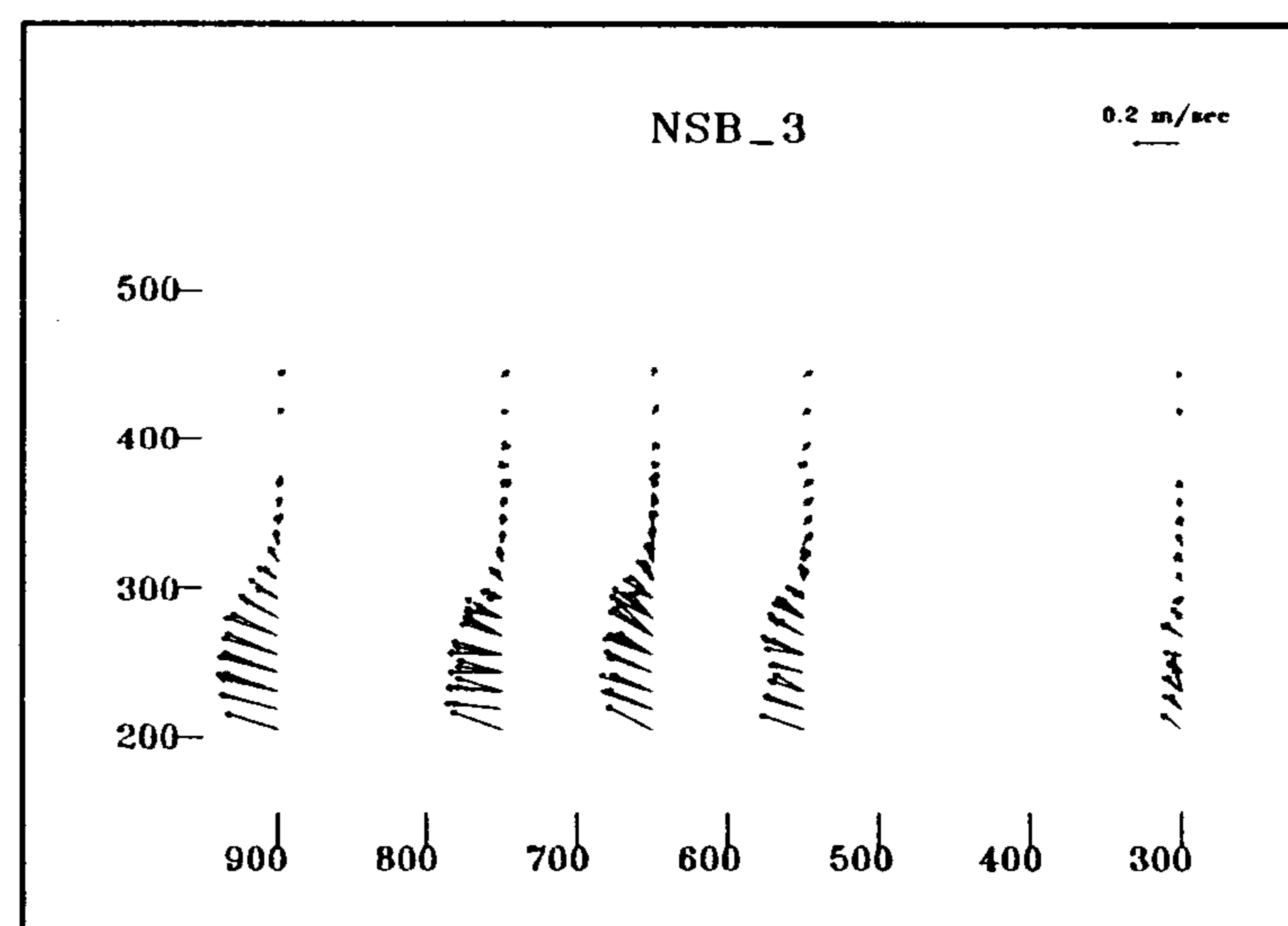
در آزمایشات روی ساحل مستقیم با زاویه موج $\theta=10^\circ$ و موج منظم (شکل ۱۹) جریان سوزنی^{۱۶} نسبتاً قوی در موقعیت در موقعیت $y=5/5 \text{ m}$ تشکیل گردیده است. اشکال (۲۱) و (۲۲) نشان میدهد که افزایش زاویه موج به 20° منجر به محو شدن جریان سوزنی شده است.

در تمام آزمایشات روی ساحل مستقیم (اشکال ۱۹ تا ۲۲) هر چه به سمت پایین دست نزدیک شویم بر شدت جریان موازی ساحل افزوده میشود و این افزایش شدت تا مرز پایین دست مدل ادامه مییابد. عدم یکنواختی جریان موازی ساحل در طول ساحل در تناقض با فرض یک ساحل مستقیم و با طول بینهایت میباشد. نکته دیگر قابل توجه وجود یک

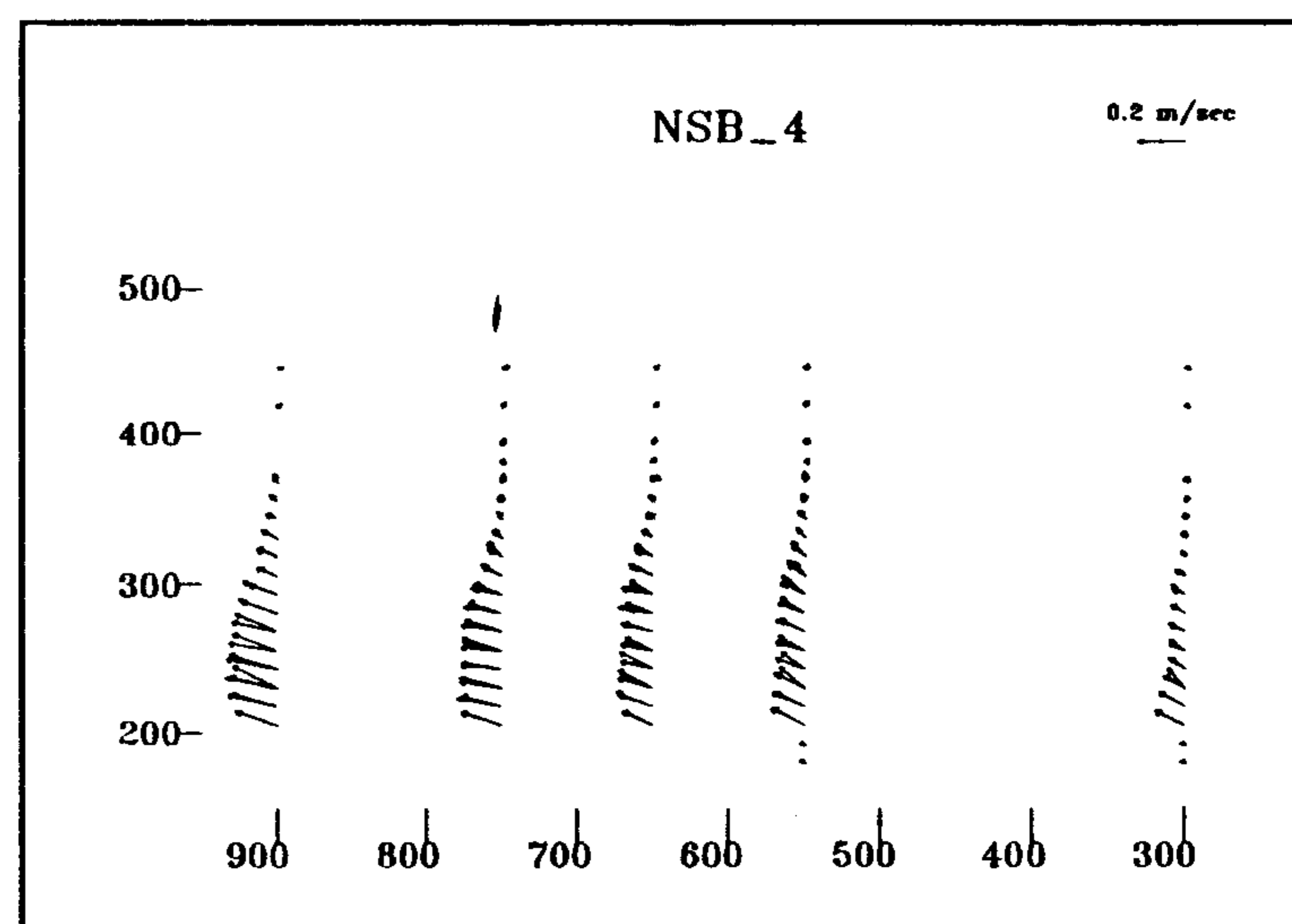
- ناحیه II که در آن یک الگوی چرخشی جریان در پایین دست آبشکن نزدیک دماغه آن ایجاد میشود.
- در ناحیه III درست در نزدیکی پهلو پایین دست آبشکن، جریان موازی ساحل ضعیف است و جریان حاکم در راستای عمود بر ساحل است.
- ناحیه IV که در آن جریان موازی ساحل شروع به شکل گیری مجدد مینماید.

جریان موازی ساحل در نزدیک شدن به سمت دماغه آبشکن به دو بخش مجزا تقسیم میشود؛ یک بخش به سمت دور از ساحل منحرف میشود و بخش دیگر به حرکت خود در امتداد موازی ساحل ادامه میدهد. حضور یک جریان سوزنی نسبتاً قوی در موقعیت یک جریان سوزنی نسبتاً قوی در موقعیت $Y = 5/5$ m در آزمایش با موج منظم که در اشکال (۲۴) و (۲۵) نشان داده شده است الگوهای مورد بحث در قسمت قبل را تحت تاثیر قرار داده است. این اشکال نشاندهنده یک الگوی جریان غالب به سمت دریا در ناحیه نزدیک ساحل میباشد. ناحیه I در شکل ۲۵ که آزمایش با آبشکن طویل تری انجام شده است، شکل بارزتری یافته است.

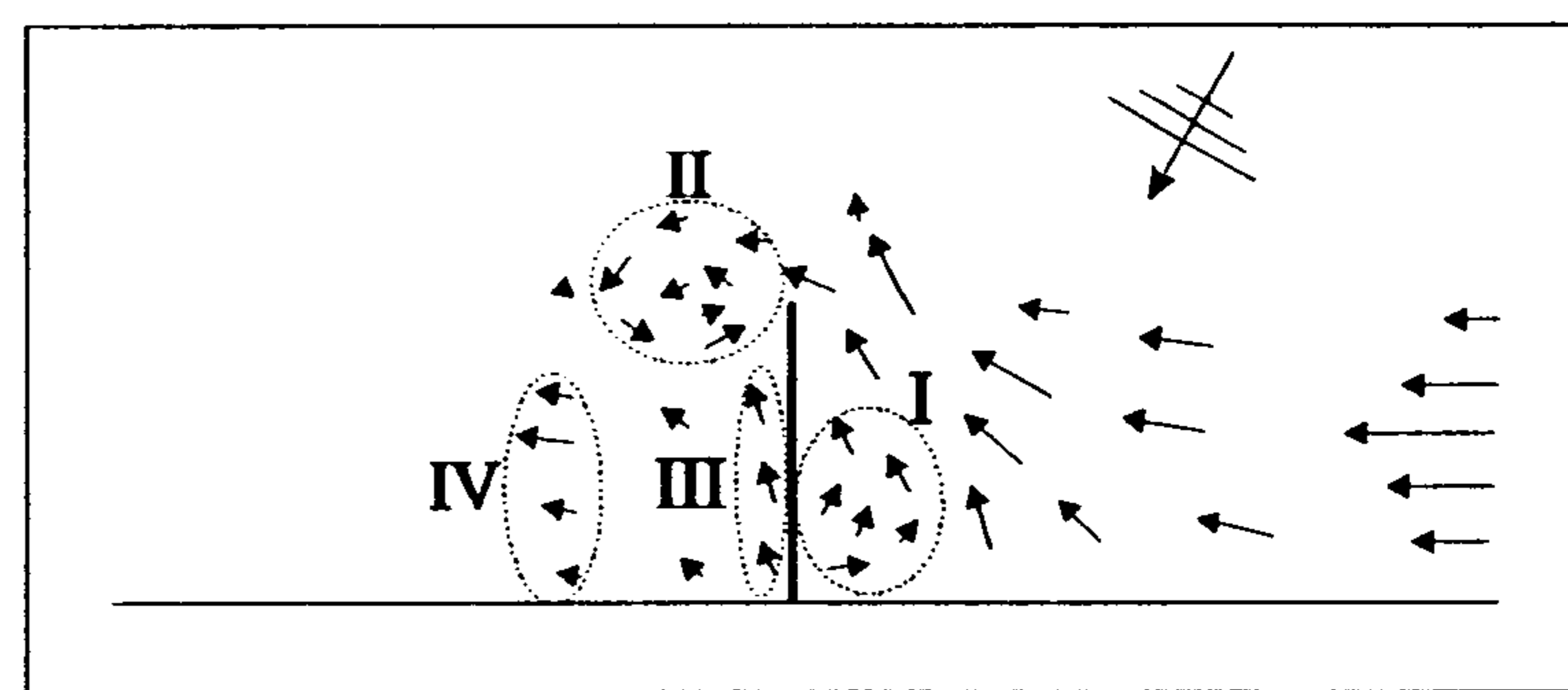
در آزمایشات با امواج نامنظم و زاویه موج $\theta = 10^\circ$ (اشکال ۲۶ و ۲۷)، جریان سوزنی ضعیف تری وجود داشت و الگوی جریان در اطراف آبشکن مشخص تر بودند. در این حالت نیز ناحیه I در حضور آبشکن بلند تر واضح تر ایجاد شده بود. بیشتر جریان موازی ساحل توسط آبشکن بلند تر به ناحیه دور از ساحل منحرف شده بود. شکل گیری جریان موازی ساحل در پایین دست آبشکن (ناحیه IV) در آزمایش با امواج منظم در ناحیه نزدیکتری به آبشکن واقع میشود. افزایش زاویه موج به $\theta = 20^\circ$ در اشکال (۲۸) تا (۳۱) سبب محو شدن جریان سوزنی شده است. نواحی I و II در حضور آبشکن بلند تر به شکلی بسیار واضح تر تشکیل شده است. حضور قوی ناحیه I در آزمایشات با موج منظم (اشکال ۲۸ و ۲۹) در مقایسه با امواج نامنظم (اشکال ۳۰ و ۳۱) کاملاً واضح نشان داده شده است.



شکل ۲۱: بردارهای سرعت، موج منظم، $\theta=20^\circ$, $H=0.057$ m



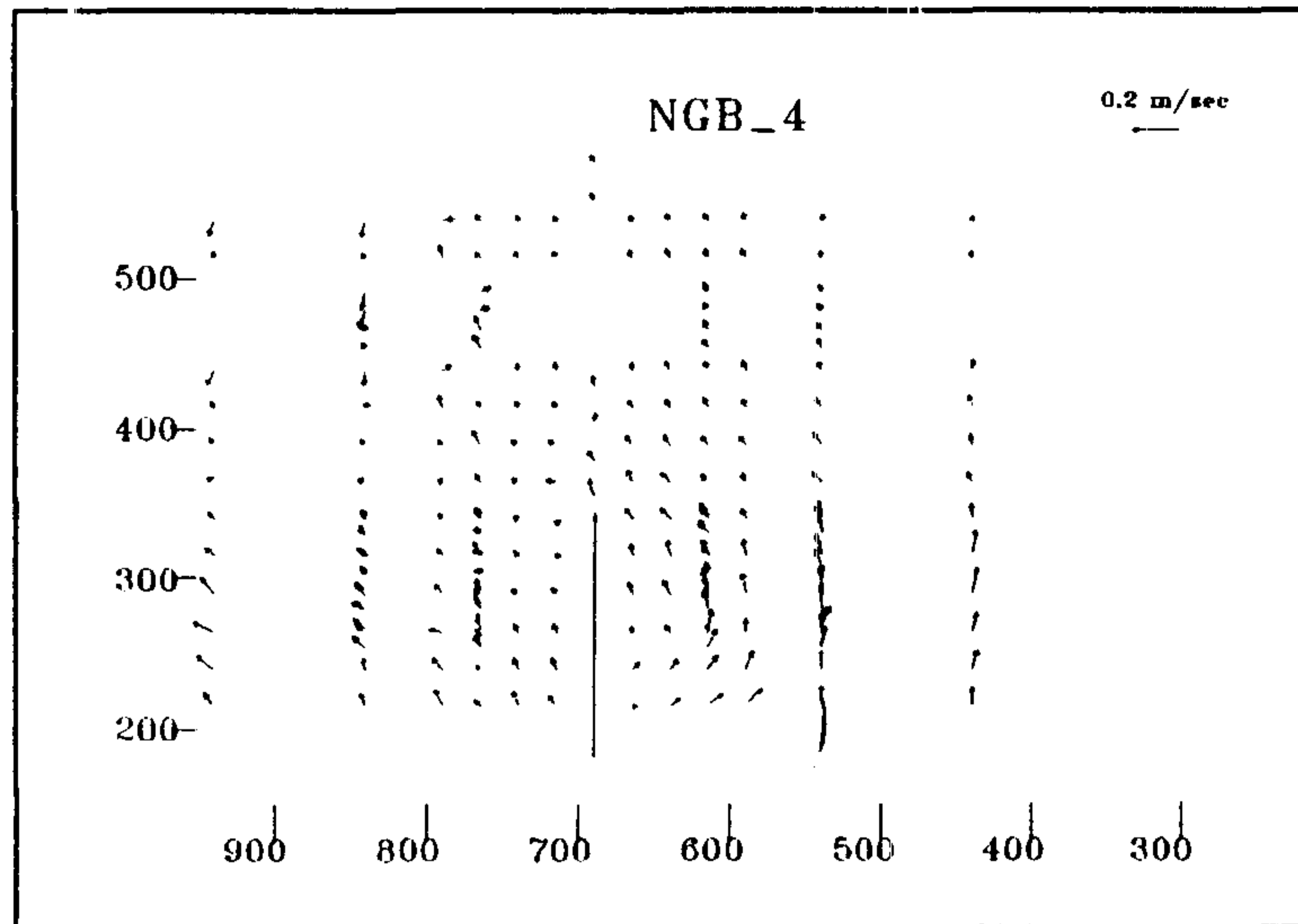
شکل ۲۲: بردارهای سرعت، موج نامنظم، $\theta=20^\circ$, $H_s=0.08$ m



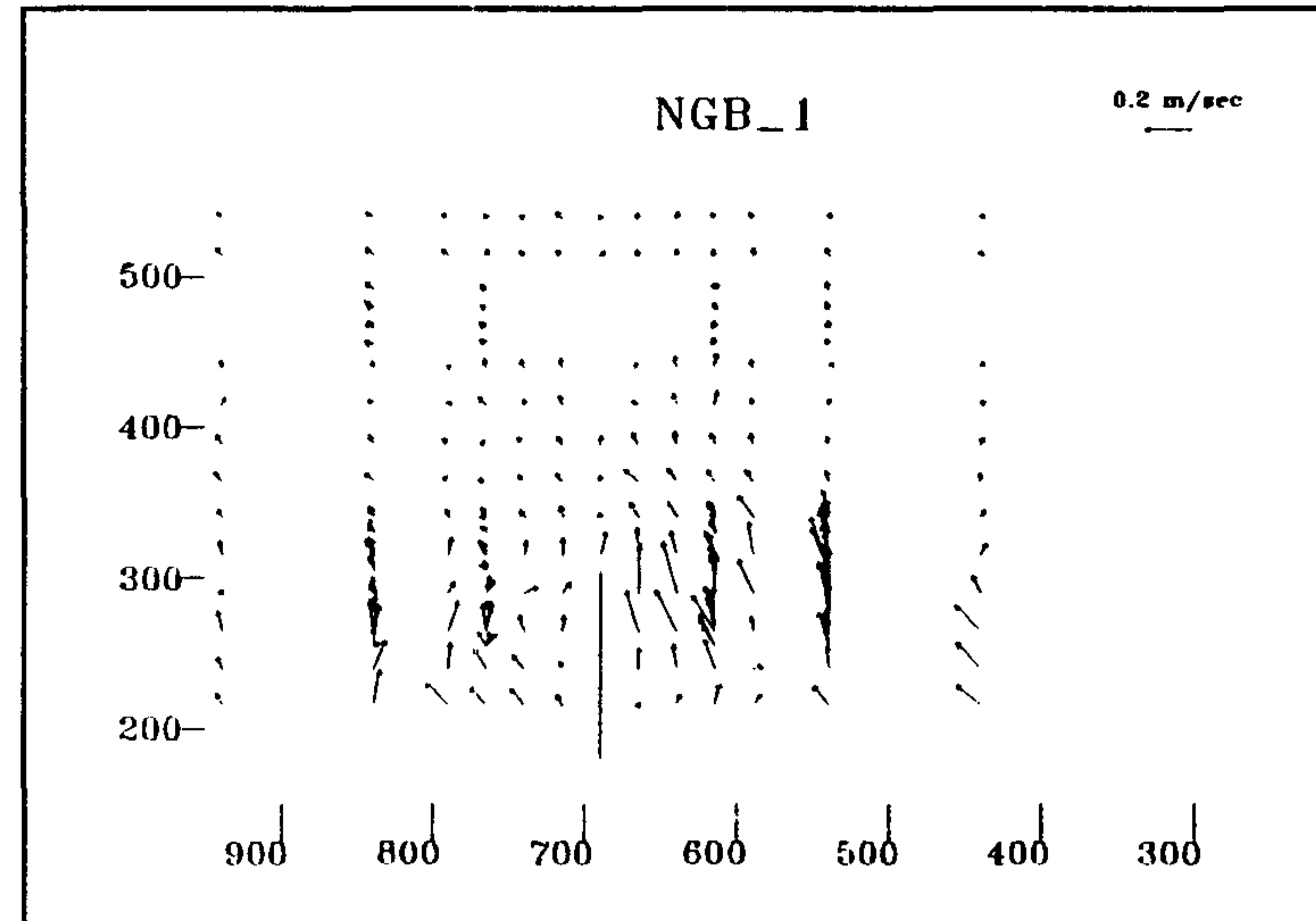
شکل ۲۳: الگوی عمومی جریانات نزدیک ساحل در اطراف یک آبشکن.

چهار ناحیه اصلی در شکل فوق نشان داده شده است:

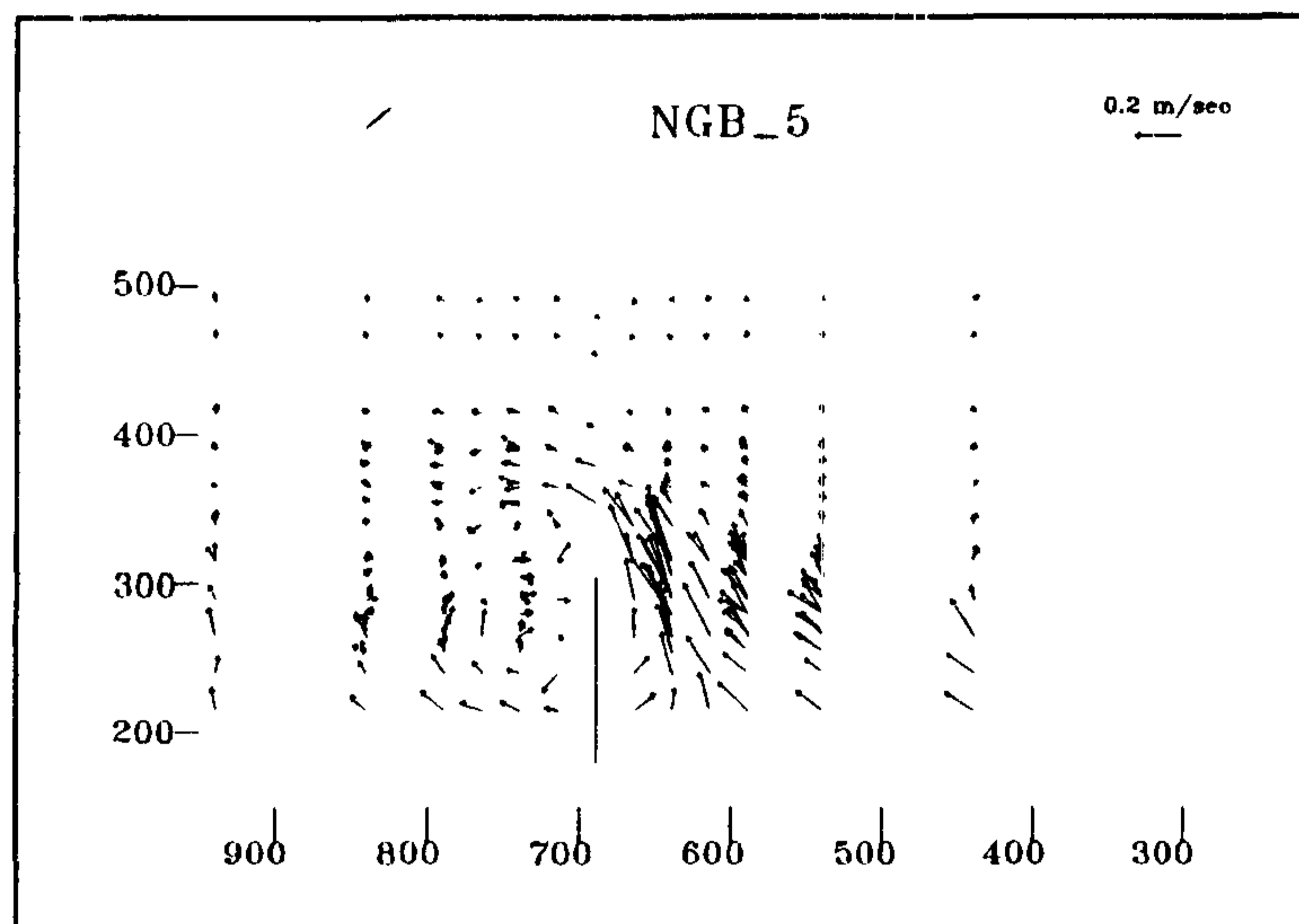
- ناحیه I که در آن یک جریان برگشتی در بالادست آبشکن شکل میگیرد. در این ناحیه یک نوع پس زدگی جریان موازی ساحل رخ میدهد.



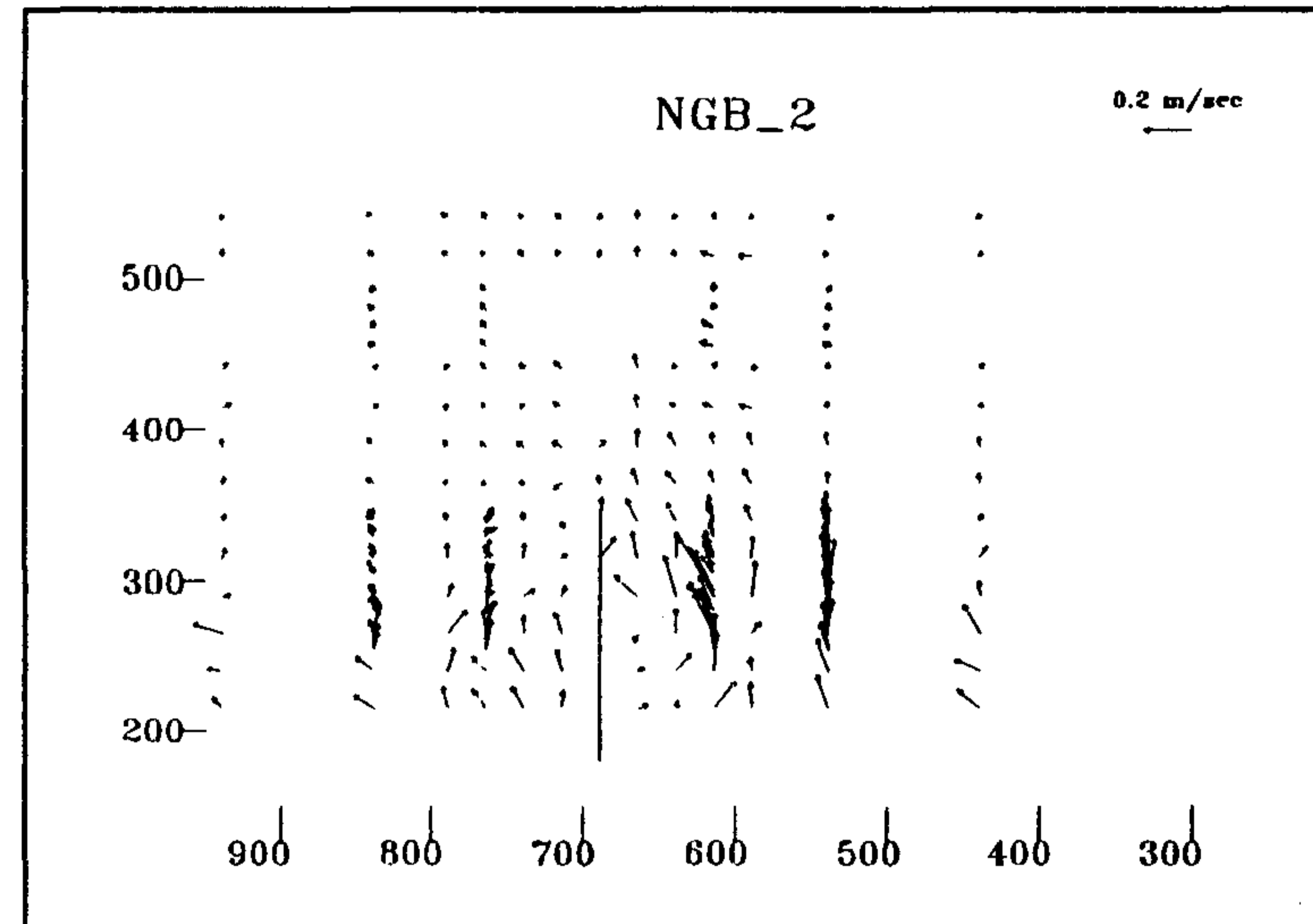
شکل ۲۷: بردارهای سرعت، موج نامنظم،
 $l_g/l_b=1.3$ ، $\theta=10^\circ$ ، $H_s=0.08$ m



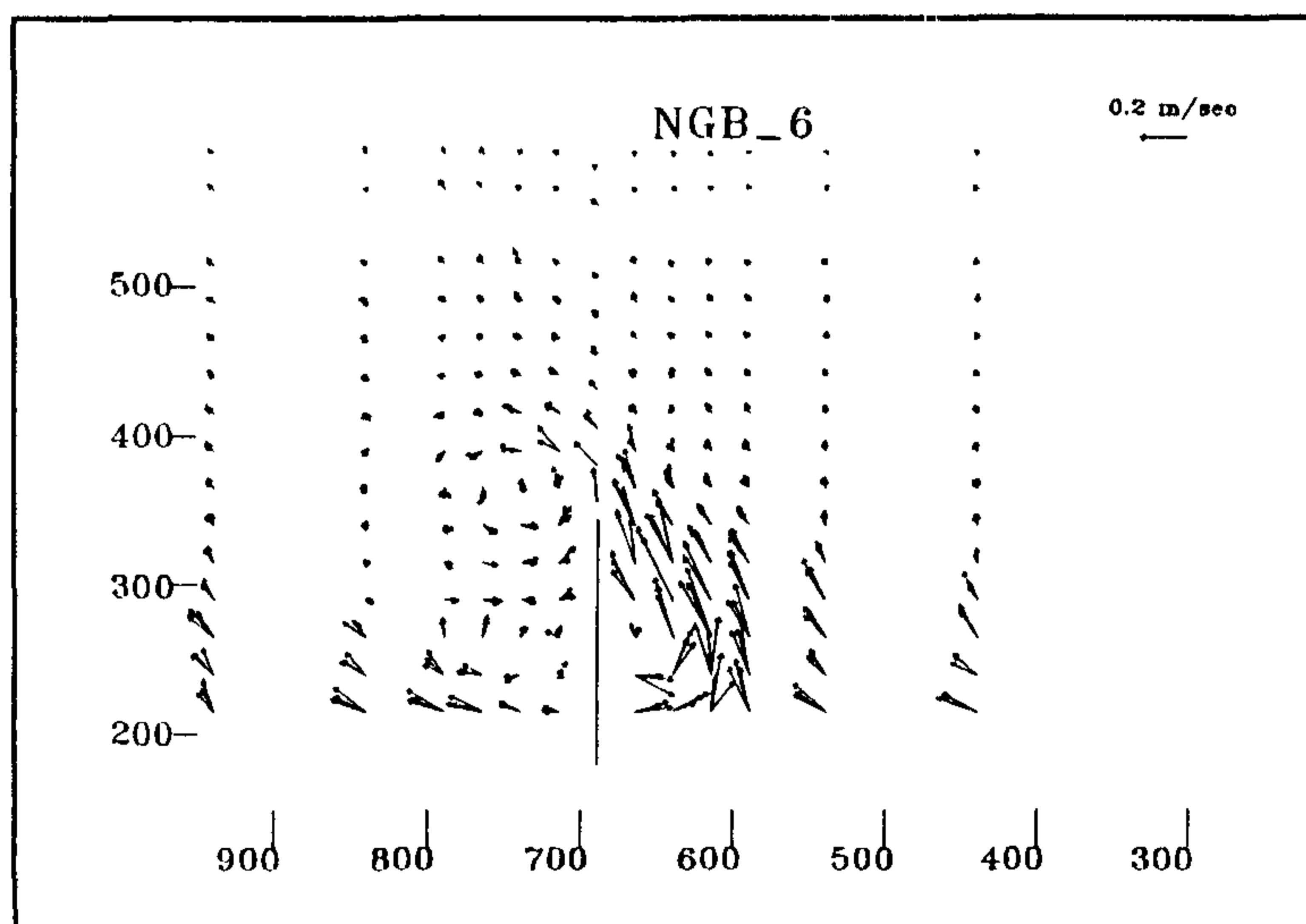
شکل ۲۴: بردارهای سرعت، موج منظم،
 $l_g/l_b=1$ ، $\theta=10^\circ$ ، $H=0.057$ m



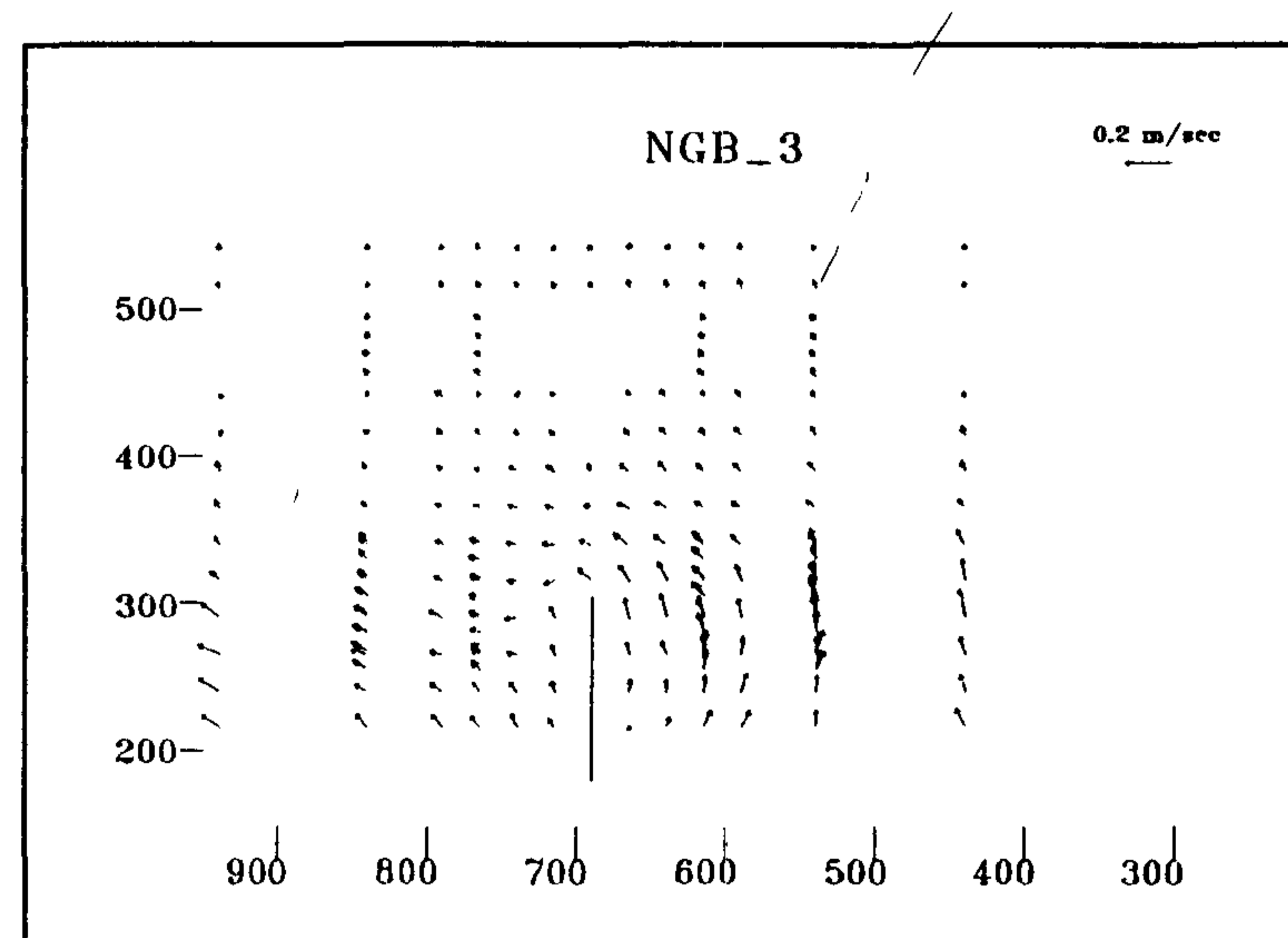
شکل ۲۸: بردارهای سرعت، موج منظم،
 $l_g/l_b=1$ ، $\theta=20^\circ$ ، $H=0.057$ m



شکل ۲۵: بردارهای سرعت، موج منظم،
 $l_g/l_b=1.3$ ، $\theta=10^\circ$ ، $H=0.057$ m

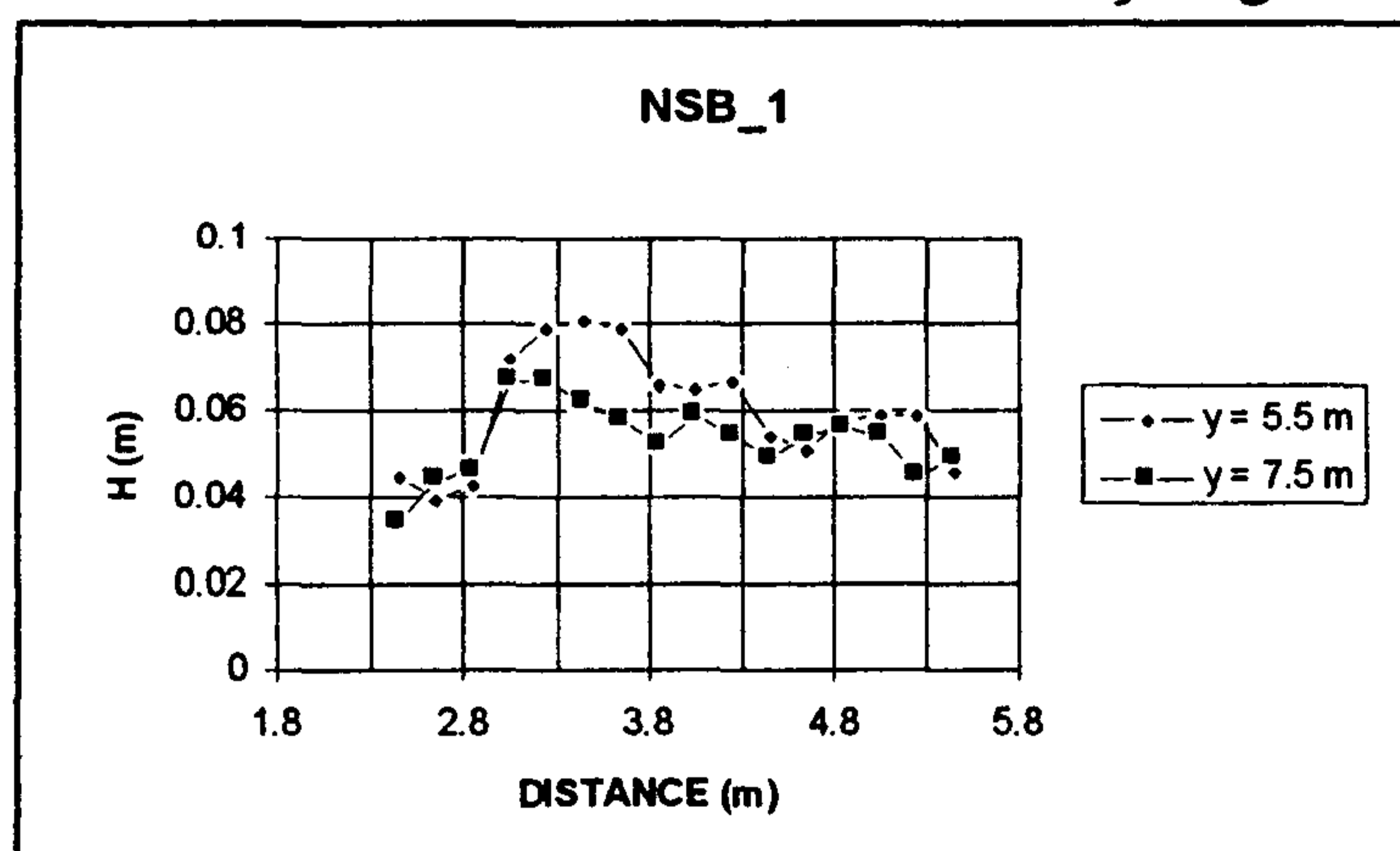


شکل ۲۹: بردارهای سرعت، موج منظم،
 $l_g/l_b=1.3$ ، $\theta=20^\circ$ ، $H=0.057$ m



شکل ۲۶: بردارهای سرعت، موج نامنظم،
 $l_g/l_b=1$ ، $\theta=10^\circ$ ، $H_s=0.08$ m

در امتدادهای $Y=5/5$ m و $Y=7/5$ m در مورد آزمایش NSB_1 نشان میدهد. مقایسه این دو پروفیل اثر اندرکنش موج و جریان را بخوبی نشان میدهد. همین پدیده در حضور جریان ضعیف تر سوزنی در آزمایش NSB_2 و با مقایسه اشکال (۸) و (۲۰) قابل مشاهده است. در عدم حضور جریانات سوزنی، تغییر محسوسی در الگوی ارتفاع امواج مشاهده نمیشود (اشکال ۲۱ و ۲۲).

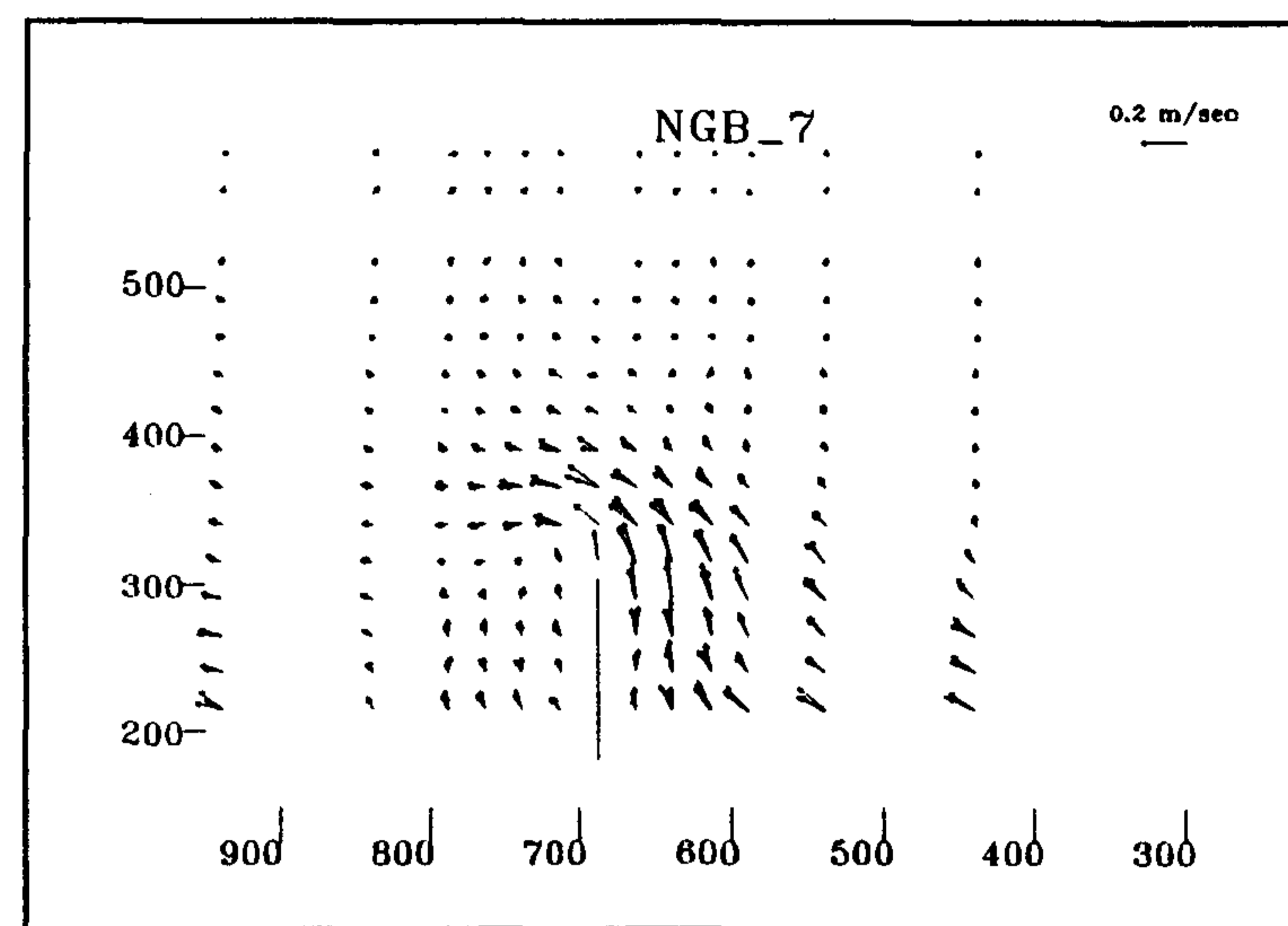


شکل ۳۲: پروفیل توزیع ارتفاع امواج؛ تحت تاثیر جریان سوزنی در موقعیت $Y=5.5$ m و بدون اثر جریان سوزنی در موقعیت $Y=7.5$ m.

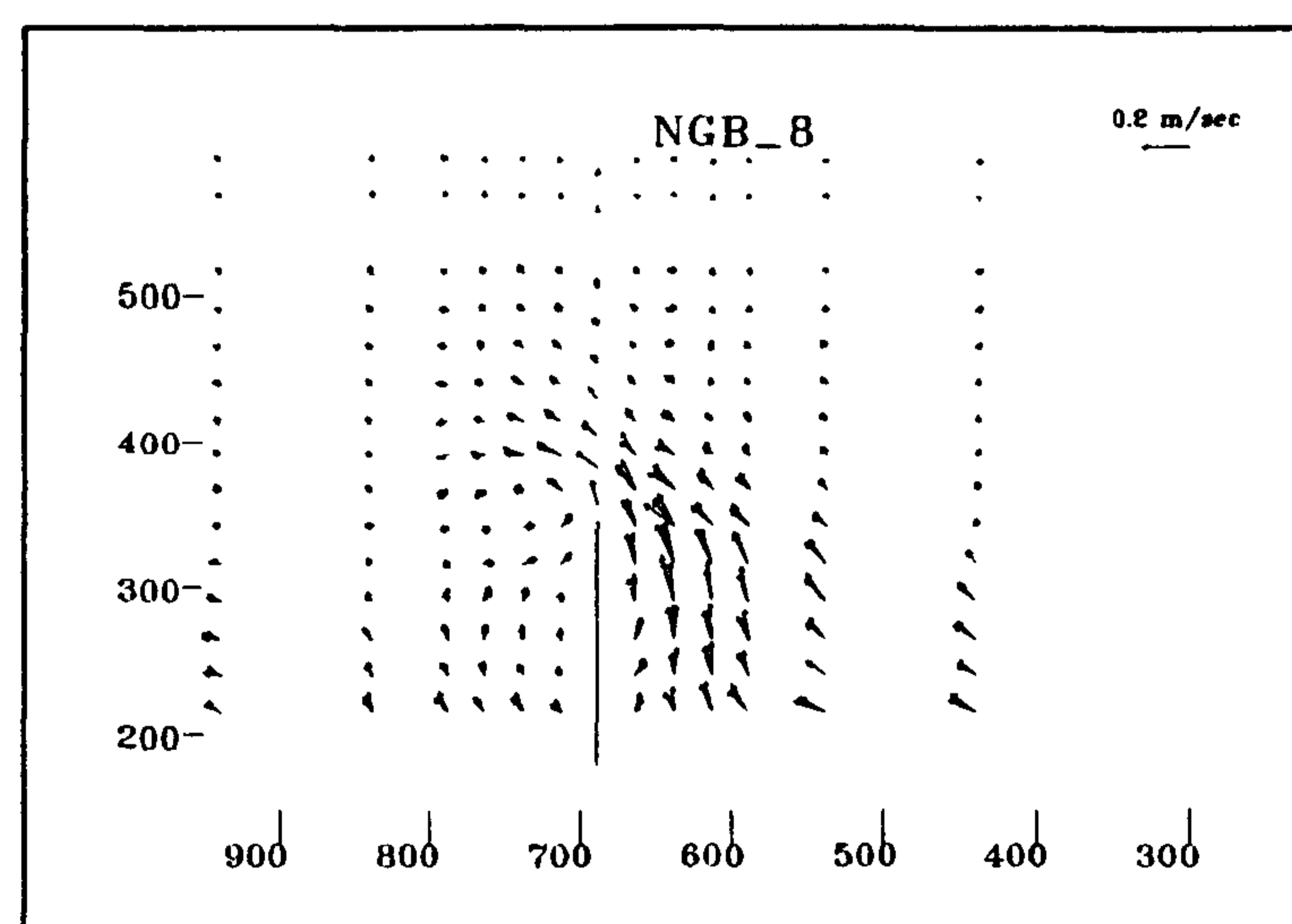
جریانات موازی ساحل که به وسیله آبشکن به سمت آب عمیق منحرف شده اند نیز با امواجی که به سمت ساحل در حرکتند به شکلی مشابه اندرکنش مینمایند. در تمام اشکال (۱۱) تا (۱۸) الگوی امواج داری سه مشخصه زیر است:

- ارتفاع امواج در ناحیه دور از ساحل در بالادست آبشکن افزایش مییابد.
- در محل وجود جریانات به سمت دریا امواج در ناحیه ای دورتر از ساحل میشکنند که این امر با انحناء خطوط همتراز موج به سمت دور از ساحل همراه است.
- در داخل ناحیه شکست نرخ استهلاک انرژی بیشتر میشود که با نزدیکتر شدن خطوط همتراز موج در ناحیه بالادست آبشکن همراه است.

خصوصیات دوم و سوم ذکر شده در بالا در مورد امواج نامنظم و با زاویه موج $\theta=10^\circ$ ضعیفتر خودنمایی میکنند زیرا در این حالتها جریان ناشی از امواج ضعیف است.



شکل ۳۰: بردارهای سرعت، موج نامنظم، $l_g/l_b=1$ ، $\theta=20^\circ$ ، $H_s=0.08$ m



شکل ۳۱: بردارهای سرعت، موج نامنظم، $l_g/l_b=1.3$ ، $\theta=20^\circ$ ، $H_s=0.08$ m

اندرکنش موج و جریان

هنگامی که امواج با جریاناتی از جهت مقابل برخورد نمایند ارتفاع آنها افزایش میابد. شکست امواج در این حالت نیز دورتر از ساحل اتفاق می افتد. تیزی موج افزایش مییابد و در داخل منطقه شکست موج، استهلاک انرژی بیشتری به وقوع میپیوندد. در این آزمایشات نشانه های از وقوع اندرکنش موج و جریان تشخیص داده شد و با مقایسه نمودارهای خطوط هم ارتفاع میدان امواج و بردارهای سرعت ناشی از امواج این پدیده به خوبی قابل نمایش است.

در آزمایشات روی ساحل مستقیم که جریان سوزنی پرقدرتی حضور داشت (آزمایش NSB_1) مقایسه اشکال (۷) و (۱۹) بیانگر افزایش ارتفاع موج در موقعیت $Y=5/5$ m است که یک جریان سوزنی شکل حضور دارد. شکل (۳۲) پروفیل توزیع ارتفاع موج را

نتیجه گیری

۱- نمودارهای خطوط هم ارتفاع آزمایشات ساحل مستقیم با موج منظم حاکی از عدم توزیع یکنواخت انرژی موج در طول ساحل است و این پدیده با فرض ساحل مستقیم با طول بینهایت که در آن توزیع انرژی در طول ساحل یکنواخت بوده و خطوط هم ارتفاع مستقیم و موازی خط ساحل هستند، در تناقض است. به نظر میرسد اندرکنش بین موج منظم اصلی و هارمونیکهای بالاتر آن در بروز این پدیده مؤثر باشند و هیچ راه حلی جهت حذف این پدیده از مدل در مراجع موجود ذکر نگردیده است.

۲- از سوی دیگر آزمایشات با امواج نامنظم روی ساحل مستقیم میدان یکنواخت تری از انرژی موج در طول ساحل را تولید نمودند. اثرات تفرق موج به دلیل حضور آبشکن در آزمایشات با امواج نامنظم، ضعیف بوده و فقط در آزمایش با آبشکن طویل و زاویه موج $\theta = 20^\circ$ تفرق به شکلی ضعیف مشاهده میشود.

۳- جریانات سوزنی شکل در آزمایشات با امواج منظم و زاویه موج $\theta = 10^\circ$ ایجاد شدند و اثرات آنها روی میدان موج کاملاً محسوس بود. اضافه کردن آبشکن در این حالت سبب شد جریانات ناشی از امواج عمدتاً در راستای عمود بر ساحل و به سمت دور از ساحل باشند.

۴- در آزمایشات روی ساحل مستقیم، سرعت جریانات موازی ساحل در جهت پایین دست رو به افزایش بود.

یکنواخت نبودن سرعت جریانات موازی ساحل در تناقض با فرض ساحل مستقیم و با طول بینهایت است.

۵- آبشکن طویل تر الگوی مذکور در نواحی I و II را به شکل مشخص تری ایجاد نمود. ناحیه II در آزمایش با آبشکن طویل تر و زاویه موج $\theta = 20^\circ$ به شکل بارزی تشکیل گردیده است و در این حالت بخش عمده ای از جریانات موازی ساحل توسط آبشکن به منطقه دور از ساحل منحرف شده است.

۶- شکل گیری مجدد جریان موازی ساحل در پایین دست آبشکن در آزمایش با امواج منظم در منطقه ای نزدیکتر به آبشکن آغاز شد. در آزمایش با امواج نامنظم، شکل گیری مجدد این جریان در فاصله دورتری، به اندازه تقریباً یک طول آبشکن، آغاز گردید. این اختلاف ممکن است به این دلیل باشد که در امواج منظم انرژی حول یک فرکانس متمرکز است و تشدید امواج ورودی سبب شکل گیری سریعتر جریانات ناشی از امواج میگردد.

۷- نتایج حاصل از این آزمایشات نشان داد که اندرکنش موج و جریان نقش عمده ای در شکل گیری میدانهای موج و جریان ایفا مینماید. جریانات سوزنی باعث میشود که خط شکست موج در حوضه این جریانات به منطقه ای دورتر از ساحل کشانده شود. انحراف جریانات موازی ساحل توسط آبشکن نیز سبب تشکیل جریاناتی در مقابل امواج ورودی میگردد که با امواج اندرکنش مینماید و این پدیده در آبشکنهای طویل تر بارز تر است

مراجع

- 1 - Badiei, P., Kamphuis, J. W. and Hamilton, D. G. (1994). "Physical experiments on the effects of groins on shore morphology." *Proc. 24th Int. Conf. On Coastal Eng., ASCE*, PP. 1782-1796.
- 2 - Hasselmann, K. et.al. (1973). "Measurement of wind wave growth and swell decay during Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)." *Deutshches Hydrographisches Institut, Hamburg*, 95P.
- 3 - Funke, E. R. and Mansard, E. P. D. (1980). "On the synthesis of realistic sea states." *Proc. Of 17th Int. Conf. On Coastal Eng., ASCE*, PP. 628-650.
- 4 - Hughes, S. A. (1993). "Physical models and laboratory techniques in coastal engineering." *Advance Series on Ocean Engineering*, Vol. 7, World Scientific Publishing, ISBN: 981-02-1540-1.

- 5 - Briand, M. H. G. (1990). "A detailed quasi 3-D numerical model for sediment processes in the surfzone."
Ph.D. thesis. Dept. of Civil Eng. Queen's University at Kingston, Canada.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Groins
- 2 - Near Shore
- 3 - Near Shore Morphology
- 4 - Morphology
- 5 - Data Acquisition System
- 6 - Groupiness Factor
- 7 - Peakedness
- 8 - Sampling Frequency
- 9 - Calibration
- 10 - Coefficient of Determination
- 11 - Standard Error
- 12 - Accuracy
- 13 - Precision
- 14 - Peak Period
- 15 - Long Crested Waves
- 16 - Rip Current