

長崎県対馬東海域人工海底山脈築造に伴うADCP 観測流向・流速結果及び流動特性に関する考察

FLOW CHARACTERISTICS IN THE EASTERN SEA OF TSUSHIMA WITH
CURRENT OBSERVATION USING ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER
- CONSTRUCTION OF LARGE SCALE ARTIFICIAL RIDGE -

山本省吾¹・熊谷隆宏²

Syougo YAMAMOTO and Takahiro KUMAGAI

¹正会員 工修 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒324-0041 栃木県那須郡西那須野町四区町1534-1)

²正会員 Ph.D. 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒324-004 栃木県那須郡西那須野町四区町1534-1)

A large scale artifitial ridge has been constructed by dropping 1,954 blocks from a barge at 10km-east offshore of Tsushima-Island, 90m depth. From water-surface to seabed blocks sink moving horizontally under the influence of tidal current ,ocean current and wind-driven current. Current observation using Acoustic Doppler Current Profiler has been applied on the positioning of barge. An analytical reserch of flow characteristics has been needed to improve execution of work. The results of this reserch are follows :(1) Tidal current dominates flow characteristics in this sea area.(2) Caluculation of submerged block displacement using of current observation results has produced good results.

Key Words : Current Observation, ADCP, Large Scale Artificial Ridge, Block Displacement

1. はじめに

長崎県対馬東沖約10km (北緯34度24分42秒, 東経129度29分9秒: WGS84座標系), 水深約90mの海域 (図-1) において, 長崎県水産部漁港漁場整備課発注の平成15年度人工海底山脈築造工事を行った. 本工事は, 海底山脈の一部となる高さ12.52m, 底面直径63.2mの円錐形魚礁を1.6m角 (6ton) の立方体に近い石炭灰硬化体ブロック (アッシュクリートブロック) 1,954個で築造するものである. 施工は, 約70個のブロックを積載した800m³積全開式バージを1.5~3.5knotで航行させながら海中に投入する方式により, 2003年11月18日から翌年1月20日にかけて計28回実施した.

投入したブロックは投入直後から着底までの間に海中の流れによって移動するため, これらの変位を考慮したバージ位置決定が必要である^{1),2)}. 本施工では, 底面円外に着底するブロック・ロス率を極力少なくさせるための高度な施工管理を目標とした. まず, 超音波ドップラー流速プロファイラー (ADCP) を用いて山脈築造海域の鉛直各層の流向・流速を観測した. 次に, 観測結果を用いてブロック水平変位量を数値計算にて予測し, 目標位置に着底させるように投入バージの位置を決定した. さらに,

ナローマルチビームソナー (SEABAT8125) による深淺測量及び水中音響映像装置 (エコスコープ1600B) による落下ブロック群の挙動調査を行い, 施工方法の検証と施工出来形精度の向上に努めた.

当海域の流動特性を明らかにすることは, 今後の施工及びモニタリングの面で有益である. 本研究では, 潮汐流, 対馬海流, 吹送流の影響を受け, 複雑かつ変動性に富んでいる³⁾と考えられる当海域における流動特性を解明することを目的とした.

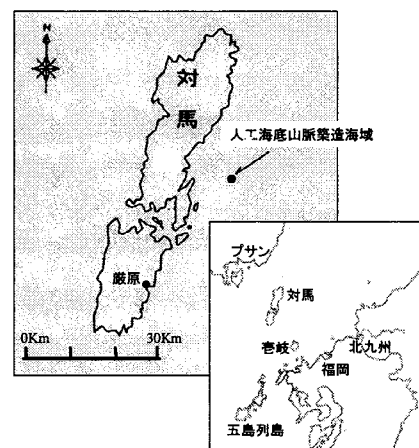


図-1 人工海底山脈築造海域

2. 観測方法

観測は、ブロック投入の約30～60分前にかけて船舷にADCPを機装したFRP製観測船（写真-1）を施工海域にて停船させ、約5分間にわたって連続観測した。観測船の位置はGPSにて管理した。ADCPはRD Instrument社製の周波数300kHz ワークホース・センテネルで、ボトムトラッキングによる流速補正機能を有するものを使用した。観測層厚は4mとし、1アンサンブルは10発振の平均とした。平均測定間隔は5.6秒であり、各観測層ごとに得られた約50個の流速データを平均して各層別流速を求め、磁北・真北補正(6.83deg)をした後、ブロック水平変位予測計算の入力条件とした。

流速データ処理では、水面下6mから海底面まで取得した流速データのうち、海底からの反射の影響が無視できない海底付近の流速データをゼロとした。流速データの有効帯 D_v はビーム角 20° と観測船の動揺角を安全側に 5° とし、式(1)のように設定した。

$$D_v = D \cos 25^\circ = 0.9D \quad (1)$$

ここに、 D は水深である。

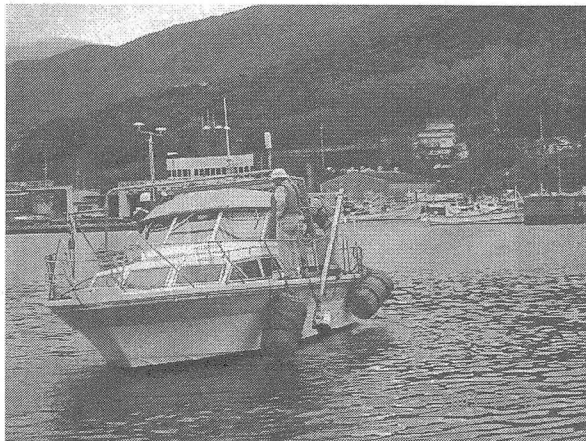


写真-1 ADCPを機装した観測船

3. 観測結果および考察

(1) ブロック投入時の気象、海象

表-1に、施工時の気象、海象記録を示す。気象、海象記録は、気象庁の地域気象観測所（アメダス）データの厳原における天気概況（昼）、風向、風速観測記録と、(財)沿岸開発技術研究センターの沿岸気象海象情報配信システム（COMEINS）データの北緯 $34^\circ 24'$ 、東経 $129^\circ 30'$ における波高、周期、波向、風向、風速予測値を利用した。ただし、12月25日以降のCOMEINSデータは欠測であった。対象地点の予測値であるCOMEINSデータの方が標準地点の実測値であるアメダスデータよりもブロック投入海域の気象、海象を代表するものと考えたため、本節の以下の考察では、COMEINSデータの12月24日以前のものを用いた。

図-2に、施工期間中の波高、周期、風速をブロッ

ク投入記録とともに示す。ブロック投入時と11/18～12/24（施工開始後のデータ有効期間）において、最大波浪と最大風況を表-2にまとめた。なお、対馬の遮蔽を受けない東寄りの風の投入時風速最大値は8m/sであった。

表-1 施工時の気象・海象記録一覧

観測日時					アメダス(厳原)記録				COMEINS(E129° 30'、N34° 24')			
					天気概況(昼)		風向	風速	波高	周期	波向	風向
年	月	日	時	分		方位	m/s	m	s	方位	方位	m/s
2003	11	18	10	7	晴後一時曇	南東	1.1	0.75	6.5	北北東	南東	3.0
		18	11	17	晴後一時曇	南東	2.2	0.75	6.5	北北東	南東	4.0
		20	12	2	雨	南東	3.2	0.60	7.1	南	南	2.0
		21	11	11	曇後晴	北北西	5.3	1.40	5.1	北	北北西	8.0
		24	9	8	薄曇	北北西	1.4	0.85	5.2	北東	東南東	5.0
		24	9	14	薄曇	北北西	1.4	0.65	6.2	北北東	南東	3.0
		24	9	16	薄曇	北北西	1.4	0.65	6.2	北北東	南東	4.0
		24	12	44	薄曇	南南東	0.9	0.65	6.2	北北東	南東	5.0
		29	9	30	曇時々雨	北北西	4.4	1.30	6.5	北東	北	5.0
		29	9	34	曇時々雨	北北西	4.4	1.30	6.5	北東	北	6.0
	12	2	9	20	晴	北北西	4.3	1.50	5.9	北北東	北	6.0
		2	13	4	晴	北北西	4.5	1.20	5.5	北北東	北北東	6.0
		4	10	45	快晴	北北西	6.5	1.20	5.0	北北東	北	7.0
		5	11	48	曇一時晴	南南西	1.9	1.20	4.9	東	東	8.0
		6	11	56	曇一時雨	南南西	3.0	1.00	4.3	西北西	西	12.0
		7	12	51	快晴	北北西	5.8	1.90	5.7	北	北北西	12.0
		10	9	5	晴後一時曇	南南東	1.1	1.00	5.4	北北東	北	4.0
		10	10	2	晴後一時曇	北	1.1	1.00	5.4	北北東	北	5.0
		11	9	49	雨後曇一時晴	北	2.3	1.10	4.8	北	北北西	8.0
		12	10	4	晴時々曇	北西	5.1	1.40	4.9	北	北北西	10.0
		13	10	16	快晴	北北西	4.5	1.60	6.4	北北東	北北西	7.0
15	12	5	曇後晴	北北西	3.1	1.60	5.3	北	北北西	11.0		
16	12	43	晴	西北西	3.1	1.40	7.2	北北東	北北西	3.0		
22	8	50	晴	北西	2.7	1.60	5.3	北	北北西	11.0		
2004	1	9	10	0	曇時々晴	南東	4.2					
		9	11	21	曇時々晴	南東	3.9					
		10	9	17	晴後薄曇	北北西	3.3					
		12	11	21	曇時々雨	南南西	2.7					
		12	12	41	曇時々雨	北西	0.3					
		14	12	34	快晴	北西	4.4					
		15	14	11	薄曇後晴	東	1.5					
		15	14	38	薄曇後晴	北東	2.1					
		15	14	58	薄曇後晴	北東	2.1					
		18	9	36	雨後曇	西	4.4					
		19	9	53	曇後晴	北北西	4.3					
		19	11	1	曇後晴	北北西	4.6					
20	9	51	曇一時晴	北西	3.1							

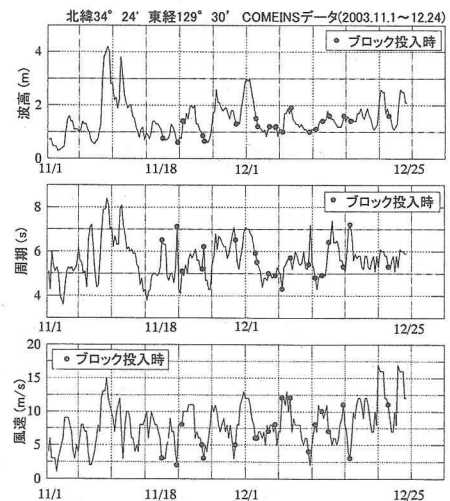


図-2 施工時の気象・海象記録

表-2 ブロック投入海域の最大波浪、最大風況記録

	最大波浪		最大風況 (9時、15時のみ)			
	波高(m)	月 日	風速(m/s)	風向	月 日	
投入時	1.9	12月7日	12.0	西	12月6日	
				北北西	12月7日	
11/18～12/24	3.0	12月1日	16.0	北北西	12月20日	
			16.0	北北西	12月20日	

(2) ADCPによる流速観測データ

ADCP観測によって得られた成果を表-3に示す。流速データは、水面下6mの層（以下、表層とする）、水面下78m、底面上12mの層（以下、底層とする）、鉛直方向のベクトル平均流速（4mおき全19層）の3データについてまとめた。鉛直平均流速の最大値は47.9cm/s（11/24）であり、30cm/s以上の流速出現は全37ケース中、5ケースであった。なお、観測時の気象記録から、当海域の流況に吹送流の特徴は確認できなかった。

a) 流向特性

流速の連続観測時間が約5分間と短いため、全37観測記録について、観測時刻と厳原港の低潮、高潮時刻の時間差を考慮して流速ベクトル群をプロットし、潮流図表を模した図（図-3）を作成した。

表層、底層、平均流ともに、流軸がほぼNNE-SSW方向の往復流を示す。上げ潮時には南流、下げ潮時には北流が確認でき、潮流図表の図心は原点近傍であることから、当海域では海流よりも潮流が支配的であるといえる。また、図-4から流速最強は低潮、高潮後3～4時に出現している。表層と底層の流軸の明らかな違いはない。

b) 流速の鉛直分布特性

全観測記録のうち、北流、南流の強い2ケース（11/24、11/29）について、流向分布、流速絶対値鉛直分布、潮汐曲線を図-4に示した。また、図-5は鉛直平均流の流向をNNE、SSW方向に二分し、それぞれの流速スカラー平均をとった鉛直分布である。

図-4も図-3と同様に下げ潮時に北流、上潮時に南流を示している。また、図-5から、上げ潮時では底

層は表層の3/4程度に深度方向に徐々に低減し、下げ潮時には表層と底層の流速絶対値の違いは小さかった。なお、本研究では流れが海底方向に時計回りに減衰していくエクマン螺旋流の特徴は確認できなかった。これは一定の方向からの強風が連続して吹いていないためと考えられる。

(3) 流速推算式

潮流が支配的である当海域の流況を推測するため、潮時などを考慮したNNE-SSW流軸方向の潮流流速推算式を、表層、底層、鉛直平均流速について式（2）、式（3）のように、潮時を考慮した式と流速潮位差及び潮時を考慮した式で推算し、観測値との比較によってそれぞれの式の妥当性を検討した。

$$v = a \sin((m + b)/T)\pi + c \quad (2)$$

$$v = a \cdot d \sin((m + b)/T)\pi + c \quad (3)$$

ここに、 v ：NNE-SSW方向成分流速（単位；cm/s）、 T ：M2潮周期の1/2（372分）、 m ：流速観測時の低潮時起算時間（単位；分）、 d ：観測時間前後の高潮、低潮潮位差（単位；cm）、 a ：流速振幅係数、 b ：位相係数、 c ：補正係数である。

図-6は潮時を考慮した流速推算曲線と観測値の分布図、図-7は、潮位差と潮時を考慮した流速推算値と観測値の比較分布図である。表-4に流速推算式の各係数及び観測値と推算値の相関係数を示す。これから、潮位差と潮時を考慮した推算式により、相関係数0.953の強い相関で、NNE-SSW方向を流軸とした鉛直平均流速値を推算できた。

表-3 ADCP流向・流速観測データ

観測日時						観測 時間	観測 データ 数	観測前後の干 潮 潮位 差(cm)	干潮時 起点経 過時間 (分)	ADCP観 測流速 鉛直平均 流の流向	ADCP観測データ平均値								ADCP観測データ標準偏差												
											方位 deg	表層 (-6m) 流速 cm/s	底層 (-78m) 流速 cm/s	鉛直平均 流速 cm/s	ピッチ deg	ロール deg	水温 ℃	水深 m	表層 (-6m) 流速 cm/s	底層 (-78m) 流速 cm/s	鉛直平均 流速 cm/s	ピッチ deg	ロール deg	水温 ℃	水深 m						
年	月	日	時	分	分	2003	18	10	7	282	51	長	69.6	28	SSW	192	29.8	7.1	25.2	1.2	-1.2	21.4	87.7	2.0	2.5	1.3	0.2	0.6	0.0	0.1	
							18	11	17	213	39	長	69.6	98	SSW	205	31.3	16.0	28.8	1.4	-1.3	21.8	87.7	2.4	2.4	1.3	0.1	0.5	0.0	0.2	
							20	12	2	276	50	中	110.5	11	SSW	195	15.7	6.8	13.3	0.6	1.1	20.9	86.6	5.1	3.7	2.2	0.2	0.5	0.0	0.5	
							21	11	11	389	70	中	124.4	637	NNW	19	13.3	16.1	13.5	0.8	0.7	20.5	86.6	4.1	2.5	1.8	0.4	0.6	0.0	0.2	
							24	9	8	282	51	大	166.9	374	SE	127	7.2	10.4	6.3	0.6	1.2	19.5	87.4	5.9	3.1	1.8	0.3	1.2	0.1	0.3	
							24	9	14	108	20	大	166.9	380	ESE	112	4.0	12.1	5.3	0.4	1.3	19.6	87.5	3.1	4.4	3.0	0.2	0.3	0.0	0.3	
							24	9	16	169	31	大	166.9	382	ESE	109	3.7	11.6	5.8	0.6	0.9	19.8	87.4	3.3	2.9	1.9	0.2	0.4	0.0	0.3	
							24	12	44	281	51	大	166.9	590	NNE	23	46.1	45.6	47.9	0.8	0.9	20.7	85.9	4.1	4.6	2.4	0.2	0.3	0.0	0.2	
							29	9	30	186	34	中	109.7	188	SSW	209	44.6	29.7	40.2	0.9	0.0	20.0	86.3	5.1	4.2	2.3	0.2	0.8	0.0	0.2	
							29	9	34	326	59	中	109.7	192	SSW	210	45.2	32.4	39.8	0.8	0.0	20.1	86.9	7.1	2.9	2.5	0.2	0.6	0.0	0.3	
2003						2	9	20	276	50	小	56.2	699	NW	318	6.4	6.6	8.4	0.1	-3.1	19.6	86.7	5.2	4.6	4.3	1.2	1.9	0.1	0.8		
						2	13	4	327	59	小	66.1	189	SW	217	17.4	14.3	14.1	0.2	-1.6	20.0	86.6	4.5	4.0	2.7	0.3	1.4	0.0	0.4		
						4	10	45	305	55	若	72.4	652	NNE	20	11.9	5.2	13.3	2.5	-0.2	18.8	86.1	3.6	7.9	2.0	0.3	1.1	0.1	0.3		
						5	11	48	304	55	中	85.2	669	NE	35	11.0	10.7	7.2	0.8	2.8	19.6	87.0	4.1	4.9	3.5	0.2	0.8	0.0	0.6		
						6	11	56	299	54	中	97.7	636	NNE	27	18.0	19.7	19.7	0.5	0.8	19.5	86.9	3.5	3.8	2.4	0.2	0.6	0.0	0.4		
						7	12	51	333	60	大	108.7	654	NNE	33	8.6	9.7	9.2	0.6	1.8	18.6	88.2	8.9	7.6	7.5	0.3	0.8	0.1	0.5		
						10	9	5	306	55	大	149.4	344	SSW	205	20.6	16.6	20.0	0.4	1.7	18.0	86.9	3.5	2.3	1.5	0.1	0.2	0.1	0.2		
						10	10	2	299	54	大	122.1	384	SW	227	12.9	10.9	6.6	0.7	-0.3	18.7	87.0	3.3	5.4	1.8	0.1	0.5	0.1	0.1		
						11	9	49	270	49	中	145.9	355	SSW	196	14.0	11.2	12.1	0.1	1.5	18.5	86.6	2.9	4.1	1.9	0.2	0.4	0.0	0.2		
						12	10	4	334	60	中	137.8	336	SSW	209	27.4	14.8	20.8	0.3	1.7	18.1	88.0	5.0	3.5	3.2	0.2	0.9	0.1	0.3		
2003						13	10	16	278	50	中	126.0	311	SSW	204	30.5	27.4	30.3	0.6	0.3	17.8	87.7	7.5	3.8	3.0	0.3	0.9	0.1	0.3		
						15	12	5	288	52	小	97.9	333	S	177	18.6	8.7	11.5	0.3	2.5	17.9	87.2	7.8	5.8	3.8	0.2	0.9	0.1	0.4		
						16	12	43	312	56	小	86.3	313	S	181	10.5	8.2	10.2	0.0	1.3	17.9	87.4	4.5	3.4	2.3	0.3	1.0	0.1	0.2		
						22	8	50	317	57	大	136.8	408	N	2	13.1	20.2	14.1	0.5	0.4	17.3	87.1	3.8	2.0	2.8	0.1	0.4	0.0	0.4		
						9	10	0	278	50	中	154.1	371	S	182	7.9	9.1	7.7	0.4	-0.3	16.2	86.8	3.9	4.3	2.5	0.1	0.4	0.0	0.4		
						9	11	21	267	48	中	128.1	437	NNE	19	24.5	14.3	16.3	0.9	1.2	17.0	85.6	5.8	6.2	2.4	0.2	0.6	0.0	0.5		
						10	9	17	277	50	中	154.5	295	SW	214	28.9	24.5	26.4	0.4	0.9	16.2	86.9	4.5	2.3	3.5	0.2	0.4	0.1	0.3		
						12	11	21	318	57	中	139.7	349	WSW	245	10.1	12.3	7.3	0.6	-0.2	16.4	86.3	3.1	2.6	1.5	0.1	0.3	0.0	0.2		
						12	12	41	266	48	中	119.6	416	N	10	20.5	14.9	18.1	0.9	-0.1	16.9	86.9	4.6	3.7	3.9	0.1	0.4	0.1	0.3		
						14	12	34	329	59	小	108.3	338	SSW	203	5.0	14.0	7.3	0.5	0.0	15.7	87.0	7.1	2.9	3.2	0.1	0.3	0.1	0.3		
2004						15	14	11	306	55	小	92.3	375	SE	133	2.8	15.6	4.8	0.4	-0.5	15.7	87.0	10.5	3.7	2.3	0.2	1.0	0.1	0.8		
						15	14	38	334	60	小	92.3	402	NE	52	6.7	10.5	4.5	0.7	-1.1	16.4	86.7	11.4	5.0	4.5	0.1	0.5	0.0	0.4		
						15	14	58	266	48	小	92.3	422	NE	42	9.5	7.4	5.9	0.8	-1.2	16.7	87.1	6.0	4.0	4.4	0.2	0.6	0.0	0.3		
						18	9	36	266	48	中	72.3	576	NNE	31	36.2	23.2	27.0	0.5	0.2	15.8	86.2	5.3	3.4	4.5	0.1	0.4	0.0	0.2		
						19	9	53	288	52	中	72.3	523	NNE	24	26.1	24.8	26.5	0.2	-0.3	15.6	85.7	4.3	2.0	2.6	0.1	0.4	0.0	0.8		
						19	11	1	266	48	中	94.7	591	NNE	24	33.2	26.7	31.9	0.5	-1.3	16.4	86.9	8.5	7.3	7.2	0.2	0.7	0.0	0.4		
						20	9	51	333	60	大	119.5	466	NNE	18	18.3	25.3	21.1	0.5	0.3	15.4	85.5	4.9	3.5	3.7	0.1	0.8	0.0	1.3		

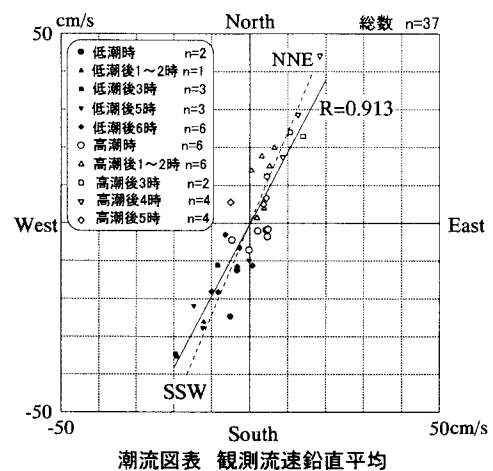
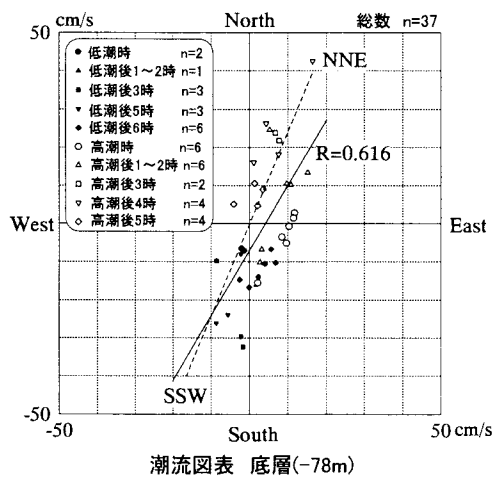
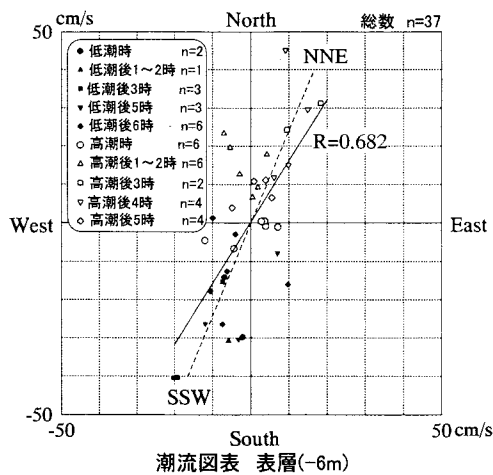


図-3 潮流図表（全観測流速ベクトル群で作成）

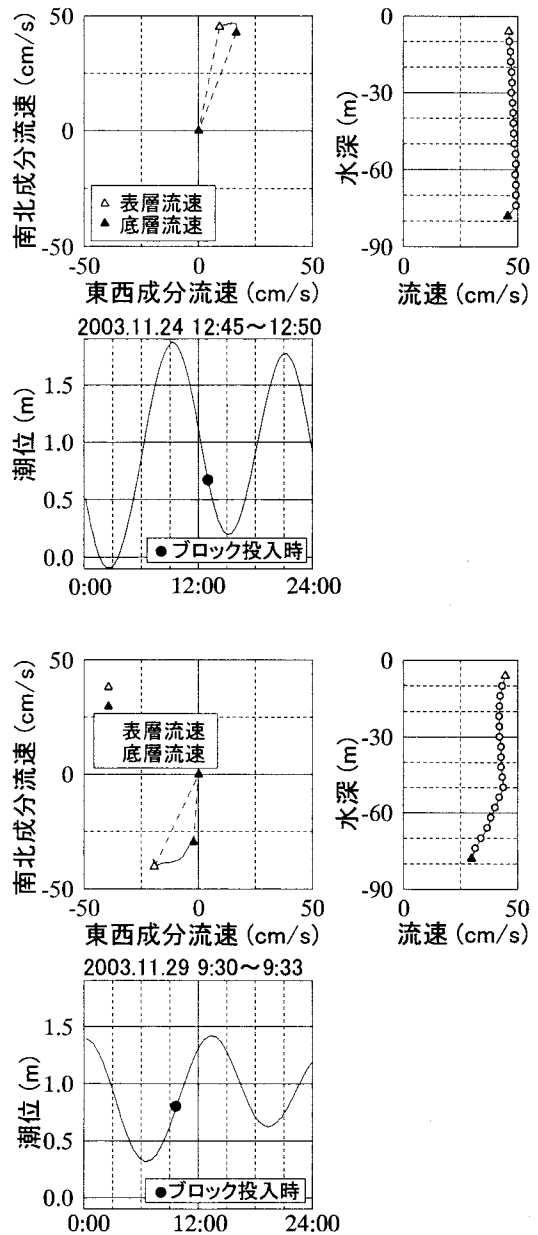


図-4 ADCP観測最大南流，北流時の流況鉛直分布

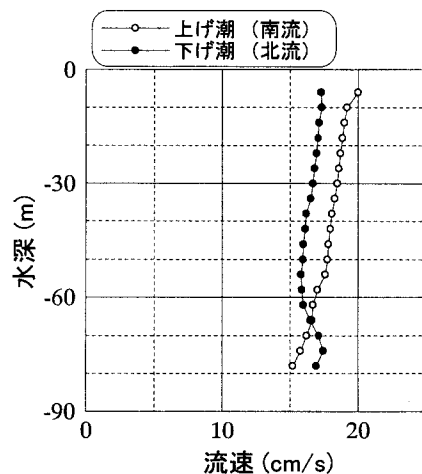


図-5 ADCP観測南流，北流の流速鉛直分布

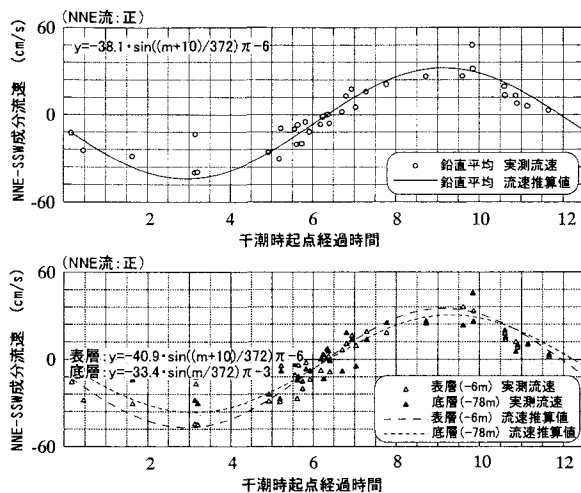


図-6 潮流推算曲線と観測値の比較

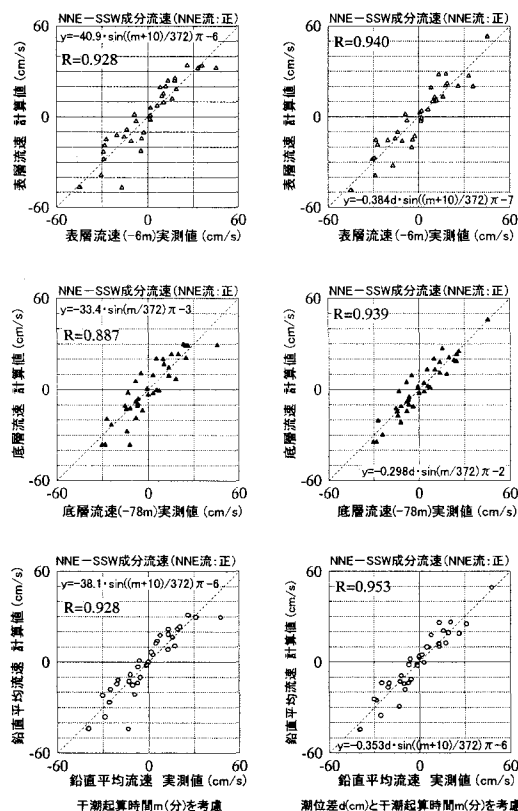


図-7 潮流の推算値と観測値の比較

表-4 流速推算式の各係数および相関係数

流速推算式特徴	種類	a	b	c	相関係数R
低潮時起算時間m(分)を考慮した推算式	表層流速	-40.9	10	-6	0.928
	底層流速	-33.4	0	-3	0.887
	鉛直平均流速	-38.1	10	-6	0.928
潮位差d(cm)と低潮時起算時間m(分)を考慮した推算式	表層流速	-0.384	10	-7	0.940
	底層流速	-0.298	0	-2	0.939
	鉛直平均流速	-0.353	10	-6	0.953

(4) 流向・流速の施工への影響

式(4)は流体内を運動する物体の運動方程式である。観測により得られた4m層ごとの水平方向流向・流速を外力条件として、投入後のブロックの投入から着底までの水平変位を数値計算にて予測した。

$$(M + \rho_w k_m V) \frac{d\vec{v}_b}{dt} = \frac{1}{2} \rho_w C_D A (\vec{v}_w - \vec{v}_b) |\vec{v}_w - \vec{v}_b| + (M - \rho_w V) \vec{g} \quad (4)$$

ここに、 M ：ブロック質量、 ρ_w ：流体密度、 k_m ：付加質量係数(0.7に設定)、 V ：ブロック体積、 $\vec{v}_w$ ：流速ベクトル、 $\vec{v}_b$ ：ブロック移動速度ベクトル、 $\vec{g}$ ：重力ベクトル、 C_D ：抗力係数(1.0に設定)である

エコスコープ(KONGSBERG SIMRAD社製)にて撮影した海中のブロック群映像からブロック落下速度を計算したところ、概ね4m/s程度であった。計算で得られた沈降速度は3.6m/sであり、これから抗力係数の設定の妥当性が確認できた。

施工時の予測計算では、鉛直方向に様々な流速分布形をもつ流況を計算入力条件とし、ブロック群の投入が進むにつれ上昇していく築造面を水深条件として考慮し、投入時はバージが操船しやすいように流れと逆向きに目標位置へと進入させた。

本節の以下の検討では、流れが投入ブロック変位にどのような影響を及ぼすかを調査することを目的として、以下の条件でブロック変位計算を行った。

水深90m、流向16方位別に、流速を0～60cm/sまでの条件で計算した。各層の流速のうち、水面から-72mまでは流向・流速が一樣であるとし、-72m～-80mでは流向を変えずに流速を表層流速の0.8倍に、-80m～海底面までは流速ゼロに設定した。

図-8に北北東に航速1.5、2.5、3.5knotで航行しながらブロック単体を投入した場合の変位をプロットした。これから、変位図は、NNE-SSW方向をほぼ長軸、ESE-WNW方向をほぼ短軸とする分布を示すことが分かる。

図-9は、ブロック投入バージの航速とブロック着底幅の関係をまとめたものである。バージ航速の低減につれブロックの変位量も小さくなる。なお、図中には、今回の施工でのバージ平均航速2.25knotを補助線で示してある。潮流50cm/sの条件では、投入位置から投入船進行方向(NNE向き)に11.3m離れた点を中心に長軸半径(バージ航行方向)8.7m、短軸半径(バージ航行と直角方向)6.6mの楕円に類似した形状の縁上に移動する。なお楕円体中心からは流向とほぼ同じ方向に変位している。

図-9の関係が、ほぼ線形で表されることから、投入ブロックのバージ進入方向の変位 D_1 (単位；m)と、バージ進入方向と直角方向の変位 D_2 (単位；m)の概算式を、式(5)、式(6)で表した。ただし、バージ航行速度は1.5～3.5knotで、流向とバージ進入方位角差が小さい場合に限定する。

$$D_1 = 2.27v_b + 6.28 - 0.18C \cdot \cos\theta \quad (5)$$

$$D_2 = 0.18C \cdot \sin \theta \quad (6)$$

ここに、 v_b ：バージ航行速度（単位；knot），
 C ：表層及び鉛直平均潮流流速（単位；cm/s），
 θ ：バージ進入方位角と潮流流向のなす角度（単位；rad）である。

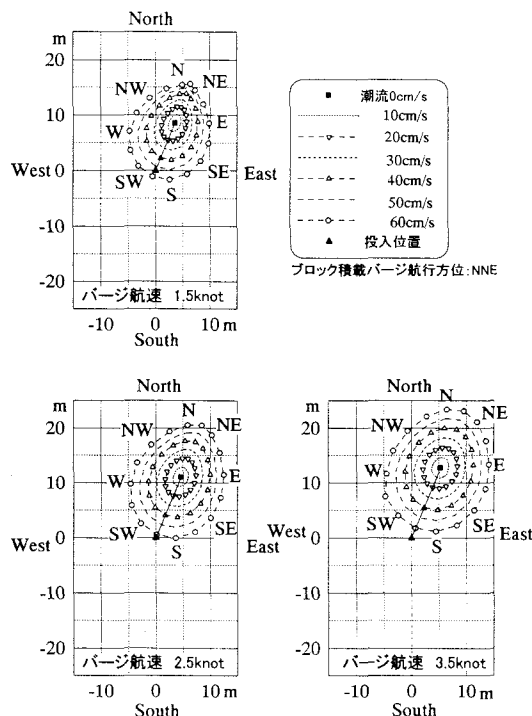


図-8 バージ航速、流向・流速別のブロック変位

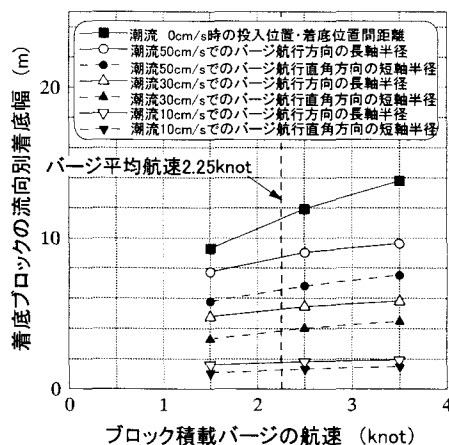


図-9 バージ航速とブロック着底幅の関係

4. ブロック投入管理記録

表-5に施工時の投入管理記録を示す。ブロック変位予測計算に基づく円錐形魚礁の頂点と投入目標位置の距離は平均7.29mであった。また、施工時の投入目標と実施時の差分平均は平面位置が2.05m、

バージ進入方向角差が9.9degであった。なお、第3章第4節の検討結果が示すように、投入バージの航速が投入ブロックの水平変位量に大きく影響するため、ブロックを積載し船倉を開放したまま投入目標位置に進入するバージ航行速度を、操船が可能な範囲で最少となるよう努めた。

表-5 ブロック投入管理記録

	単位	最大値	最小値	平均値	標準偏差
投入目標と魚礁頂点のずれ	m	14.7	1.0	7.29	3.94
投入目標と実際の投入位置のずれ	m	6.0	0.1	2.05	1.24
投入時バージ目標方位と実際の投入方位の差	deg	33.2	0.1	9.9	7.5
バージ航速	knot	3.5	1.5	2.25	0.46

5. おわりに

施工では、円錐形魚礁の底面円外に着底するブロック・ロス率を極力少なく、かつ出来形精度を向上させる目的で、ADCP、ブロック水平変位予測計算、ナローマルチビームソナー、エコスコープを活用した高度な施工管理を目標、実施した。その結果、底面円外に着底したブロックは全個数の2%程度に抑えることができ、また頂点から勾配を有する対称形の魚礁を築造できた。

本研究により、対馬東海域の流動特性について以下のことが明らかになった。

- ① 当海域の流動特性は流軸NNE-SSWの往復流を示し、潮流が支配的である。
- ② 上げ潮時にはSSW流、下げ潮時にはNNE流となる。流速の鉛直分布特性は上げ潮時では底層は表層の3/4程度に深度方向に徐々に低減し、下げ潮時には表層と底層の流速絶対値の違いは小さかった。
- ③ 潮位差と潮時を変数とした潮流流速推算式を提案した。当式による平均流速推算値は観測値と比較し、相関係数0.95と良く一致した。

謝辞：坂本建設(株)・扇 則昭氏にはブロック投入バージの誘導及び投入管理データ整理でご尽力頂きました。ここに心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 黒台昌弘，沖 政和，鈴木達雄，木下正生：GPSを用いた人工海底山脈建設工事の施工管理について，土木学会年次学術講演会講演概要集第6部，53巻，pp.672-673，1998。
- 2) 齊藤榮一，鈴木達雄，高橋正征，熊谷幸典，友田啓二郎：マウンド漁場造成工事の例とその効果，土木学会年次学術講演会講演概要集第6部，55巻，pp.470-471，2000。
- 3) 日本海洋学会編：日本全国沿岸海洋誌，第23章対馬海峡，pp.901-946，東海大学出版会，1985。