

論 文

인체의 표류특성에 관한 연구

강 신 영*, T. C. Su**

A Study on the Drift Characteristics of Person-in-Water

Sin-Young Kang, T. C. Su

〈 목 차 〉

Abstract

- | | |
|-----------------------|--------------|
| 1. 서론 | 4. 실험결과 및 분석 |
| 2. 유체역학적인 측면에서 본 표류현상 | 5. 결론 |
| 3. 수조실험 | 참고문헌 |

Abstract

To understand the dynamics of a drifting object, an analysis based on fluid dynamics theory is presented. A simplified analysis shows a consistency with the linear formula currently used for search and rescue mission. Also an experiment using miniaturized human models has been conducted to study the drift characteristics of Person-in-Water. The tests were carried out at the water channel facility and the models were tested in different positions and styles. The measured drag coefficients for human body ranged over 0.4-1.2.

1. 서론

해양의 표면은 바람, 해류, 파도 등의 영향으로 항상 불규칙하게 움직이고 있다. 이러한 환경 속에서의 인체의 표류는 해상상태, 표류자세, 의복의 종류 및 착용여부 등 여러 요인에 따라 달라지는

데, 인체의 표류지점에 관한 예측은 과거 해난사고와 관련이 되어 많은 해상종사자들의 관심의 대상이 되어왔다. 본 연구에서는 해난사고 발생시 사고 발생지점으로부터 떨어진 조난자의 위치를 좀더 정확히 추정하기 위한 노력의 일환으로 인체에 대한 표류특성을 규명하고자 하였다.

* 정회원, 한국해양대학교 해양공학과

** Florida Atlantic University, Center for Applied Stochastics Research

해난사고 발생시 수색·구조작업에서 조난물체의 위치는 대개 실험에 근거한 표류공식을 사용하여 추정한다(IMO, 1983; U.S. Coast Guard, 1984; Nash and Willcox, 1985). 표류공식 산출과 위치 추정방법에 대해서는 최근에 이르기까지 계속 연구가 진행되고 있지만(Fitzgerald et al., 1993; Fitzgerald et al., 1994; Raunig et al., 1995) 주로 소형선박과 구명정의 표류에 대한 연구들이 주류를 이루어 왔고(Chaplin, 1960; Burke, 1972; Hufford and Broida, 1974; Morgan, 1977; Scobie and Thompson, 1979; Nash and Willcox, 1985; Paskanski, 1986), 우리 나라에서도 모델제시(강, 1993)와 함께 소형선박에 대해서는 현장실험이 실시된 바 있다(강과 이, 1995). 반면 인체를 대상으로 하여서는 아직 체계적으로 연구가 실시된 바 없기 때문에 수색·구조작업에서는 막연히 조류나 해류의 흐름을 따라 같은 크기와 방향으로 표류할 것으로 가정하여 위치를 추정하고 있다. 인체의 표류특성과 관련된 연구로는 구명복을 착용한 조난물에 대한 수조 및 현장실험 정도가 있다(Su and Robe, 1993).

본 연구의 내용은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 물체의 표류와 관련된 현상을 유체역학적으로 분석을 하여 현재 수색·구조작업에서 활용되고 있는 표류공식의 형태에 대한 적합성을 이론적인 측면에서 검토를 하였고, 둘째는 인체모형을 사용한 수조실험인데 여러 조건들을 변화시켜 항력계수들을 다양하게 비교하였으며, 셋째는 측정된 항력계수들을 검토된 이론과 관련지어 표류지점 추정에 필요한 공식, 즉 leeway 공식을 추정하여 보았다.

2. 유체역학적인 측면에서 본 표류 현상

물체 주위에 유체가 흐름 때 유체력은 보통 흐름에 평행한 힘 항력(drag)과 수직인 힘 양력(lift)으로 나누어 표현한다. 그중 항력 F_D 는 일반적으로 항력계수 C_D , 유체의 밀도 ρ , 상류속도 U , 그리고 투영면적 A 를 사용하여 다음과 같이 표현한다.

$$F_D = \frac{1}{2} \rho U |U| A C_D \quad (1)$$

여기서 항력계수 C_D 는 Reynolds 수 및 물체의 형상과 관련이 있으며 주로 실험에 의해 그 값을 결정한다.

물체가 수면에 떠서 표류하는 경우에도 같은 표현식을 사용할 수 있는데 공기와 접촉하고 있는 부분과 물과 접촉하고 있는 부분으로 나누어 고려할 수 있다. 그래서 바람의 영향을 받는 수면 위에 노출된 부분의 투영면적을 A_1 , 풍속을 U_1 , 그리고 수중에 잠긴 부분의 투영면적을 A_2 , 유속을 U_2 로 표기하면 물체가 U 라는 속도로 정상운동(steady motion)을 하고 있는 경우 다음과 같은 힘에 관한 평형식을 얻을 수 있다.

$$\frac{1}{2} \rho_1 (U_1 - U) |U_1 - U| A_1 C_{D1} = \frac{1}{2} \rho_2 (U - U_2) |U - U_2| A_2 C_{D2} \quad (2)$$

그리고 만일 양쪽 유체에서의 Reynolds 수가 충분히 크다고 가정하면 항력계수 C_{D1} 과 C_{D2} 는 상수라고 생각할 수 있다. 따라서 식(2)에서 물체의 표류속도 U 에 대하여 풀면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$U = \frac{\lambda}{1+\lambda} U_1 + \frac{1}{1+\lambda} U_2 \quad (3)$$

여기서 $\lambda = \left(\frac{\rho_1 A_1 C_{D1}}{\rho_2 A_2 C_{D2}} \right)^{1/2}$ 이다. 따라서 바람에 의한 물체의 이동속도를 의미하는 leeway speed U_L 은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$U_L = U - U_2 = \frac{\lambda}{1+\lambda} (U_1 - U_2) \quad (4)$$

즉 U_L 은 풍속에서 유속을 뺀 물리량에 선형적으로 비례함을 의미한다. 이 식을 현재 일반적으로 사용되고 있는 leeway 공식의 형태 $U_L = \alpha \cdot U_1 + \beta$ 와 비교해 보면 leeway rate α 는 항력계수의 함수인 λ 와 관련이 있음을 알 수 있다.

인체가 수면에 떠서 표류하는 경우 어깨넓이를 약 0.5 m 정도라 하고 풍속이 5 knots(2.5 m/s) 이상이면 공기의 동점성계수가 약 $1.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ 정도이므로 Reynolds 수가 10^5 부근이 된다. 따라서 경험적으로 비추어보아 항력계수는 대개 일정

하다고 가정할 수 있는데, 수중에 잠긴 부분의 경우에도 유속이 풍속의 약 1/10 정도인 대신 점성계수가 약 10배이므로 역시 항력계수는 일정하다고 가정할 수 있다.

그러나 풍속이 5 knots 이하인 경우에는 항력계수가 일정하다고 가정하기 곤란하다. 그래서 이 경우는 항력계수를 상수 $\overline{C_{D1}}$ 을 사용하여 다음과 같은 형태로 표기한다 (Daugherty and Franzini, 1977).

$$C_{D1} = \overline{C_{D1}} |U_1 - U|^{-n_1} \quad (5)$$

위식에서 난류의 경우에는 $n_1 = 0$, 층류경계층은 $n_1 = 0.5$, 그리고 Reynolds 수가 1보다 작은 경우에는 $n_1 = 1$ 로 한다. C_{D2} 에 대해서도 같은 형태로 표기한 후 다시 식(2)의 정상흐름의 상태로 돌아가서 이론의 전개과정을 단순화시키기 위해 윗향과 풍향이 같다고 가정하면 식(2)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\rho_1(U_1 - U)^{2-n_1} A_1 \overline{C_{D1}} = \rho_2(U - U_2)^{2-n_2} A_2 \overline{C_{D2}} \quad (6)$$

$$\text{여기서 } \bar{\lambda} = \left(\frac{\rho_1 A_1 \overline{C_{D1}}}{\rho_2 A_2 \overline{C_{D2}}} \right)^{\frac{1}{2-n_2}}, \quad \bar{n} = \frac{n_2 - n_1}{2 - n_2}$$

로 치환하면 식(6)은

$$\bar{\lambda} (U_1 - U)^{1+\bar{n}} = U - U_2 \quad (7)$$

가 된다. 이것을 다시 일반적인 leeway 공식 표기 방법과 같은 형태로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$U_L = \bar{\lambda} [U_1 - (U_2 + U_L)]^{1+\bar{n}} \quad (8)$$

여기서 풍속 U_1 은 대개의 상황에서 인체의 표류속도 $U_2 + U_L$ 보다 굉장히 크다고 가정할 수 있으므로 다음과 같은 급수 전개가 가능하다.

$$U_L = \bar{\lambda} U_1^{1+\bar{n}} \left[1 - \frac{U_2 + U_L}{U_1} \right]^{1+\bar{n}}$$

$$\approx \bar{\lambda} U_1^{1+\bar{n}} \left[1 - (1+\bar{n}) \frac{U_2 + U_L}{U_1} \right] \quad (9)$$

이 식을 U_L 에 대해 정리하면,

$$U_L = \left[\frac{\bar{\lambda}}{1 + \bar{\lambda}(1 + \bar{n})U_1^{\bar{n}}} \right] U_1^{1+\bar{n}} - \left[\frac{\bar{\lambda}(1 + \bar{n})U_1^{\bar{n}}}{1 + \bar{\lambda}(1 + \bar{n})U_1^{\bar{n}}} \right] U_2 \quad (10)$$

이 되는데 표류상황에서 표류가 가속되거나 감속이 되는 천이지역을 제외하고는 공기와 수중의 Reynolds 수가 대개 비슷하므로 $n_1 = n_2$, 즉 $\bar{n} = 0$ 이라고 가정할 수 있다. 이 경우 식(10)은 다음과 같이 간단한 형태로 표현된다.

$$U_L = \frac{\bar{\lambda}}{1 + \bar{\lambda}} (U_1 - U_2) \quad (11)$$

결론적으로 λ 대신 $\bar{\lambda}$ 를 사용하면 천이지역을 제외한 다른 Reynolds 수의 지역에서도 leeway 공식에 대한 표현 형태를 그대로 유지할 수 있음을 알 수 있다.

3. 수조실험

본 연구에 사용된 실험설비는 Florida Atlantic University 의 Center for Applied Stochastics Research 에 위치한 것으로 실험구역의 폭이 0.6 m, 깊이 0.4 m, 길이 8 m 인 평면회류수조이다 (Fig. 1). 수조는 유동관찰이 용이하도록 plexiglas 로 제작되었고, 3 hp 의 직류모터에 의해 구동되며 모터는 SCR 형 controller 에 의해 조종된다.

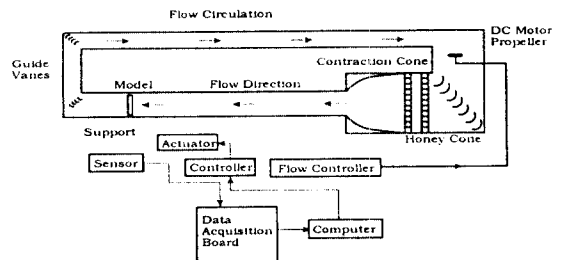


Fig. 1 Sketch of Water Channel.

유속은 controller 의 전압을 변화시켜 조절되는데 최대 0.5 m/s 까지 시험가능하다. 회류수조의 유속과 구동모터 전압과의 관계는 소형 drifter 를 제작하여 실험구역을 통과하는 시간을 측정함으로써 특정 전압에 해당하는 유속을 결정하였다. 수조의 바닥에서부터 높이 37 cm 까지 물을 채워 수심 5 cm 인 곳의 유속을 5회 측정하여 평균하였는데 유속과 전압이 거의 선형적으로 비례함을 보여주었다.

실험은 가는 금속막대에 시험물체를 연결시켜 유체의 유동에 의해 시험물체가 움직인 거리를 측정하여 흐름에 대한 저항력을 계산하였다. 그 원리는 집중력에 의한 외팔보의 처짐을 이용한 것인데, 보가 처졌을 때 보의 스프링 상수 k 를 알고 있으면 처짐량으로부터 힘 F 를 환산할 수 있다. 스프링은 직사각형의 얇은 판을 사용하였으며 물체가 수중에 완전히 잠긴 경우(long spring)와 일부 수면 위에 노출된 경우(short spring)로 나누어 길이와 두께가 다른 두 가지를 사용하였다. 힘의 측정은 무거운 추에서부터 시작하여 매 10분 간격으로 단계적으로 감소시켰다. 이들 측정치를 평균한 상수 k 의 값은 수중용(long spring)이 819.2 N/m, 수면용(short spring)이 318.4 N/m 로 계산되었다.

한편 이 실험에서 처짐의 측정을 위해 사용된 transducer 는 비접촉 eddy-current 형인데 이 방식은 transducer 를 시험물체에 직접 접촉시키지 않고서도 거리를 측정할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에 사용된 것은 직경이 약 5 mm 의 소형이고, 제작사에 의하면 측정범위가 최대 2 mm, sensitivity 8 mV/ μ m, 정확도 5 % 이내이다. 신호 처리를 위해서 이것과 PC 에 장착된 National Instruments 사의 AT-MID-16 interface board 와 연결시켰으며, LabWindow 라는 software 를 사용하여 keyboard를 누르면 자료파일의 생성과 함께 10.24초 동안 1024번의 변화를 1개의 자료파일로 기록하도록 프로그램하였다. 실험의 진행은 각 경우 모터전압 50 V 에서 시작하여 정상상태가 되었다고 판단되면 10분 간격으로 5 V 씩 감소시키면서 스프링의 처짐량을 측정하였다.

수조실험의 인체모형으로는 플라스틱과 고무로

된 두 개의 남자인형이 채택되었다. 이들의 공기 중 무게는 약 80 g 이며, 키 30 cm, 가슴둘레 16 cm 정도의 크기이다. 이 모형은 얇은 금속 허리띠로 스프링 끝에 부착된 가늘고 긴 금속봉에 연결되었고, 별도로 제작된 연결고리로 모형의 방향과 자세를 바꿀 수 있도록 하였다. 실험은 각 모형에 대해 모형이 서있는 경우와 누운 경우, 정면과 측면, 수면과 수중, 옷을 입은 경우와 벗은 경우, 그리고 잠수복이나 구명복과 같이 몸에 밀착되는 옷을 입었을 경우와 평상복을 입은 경우 등으로 구분하여 모두 21 경우에 대해 실시하였다.

4. 실험결과 및 분석

Fig.2 에서 Fig.5 는 옷의 종류 및 착용여부에 따른 항력계수의 변화를 살펴보기 위한 것으로 모형이 취하고 있는 자세별로 분류하였다. Fig.2 는 모형의 옆구리가 흐름의 상류방향으로 향하게 하여 수면에 수직으로 떠있는 상태이고, Fig.3 은 동일한 상태에서 모형의 가슴이 상류방향을 향하게 하였다. 그리고 Fig.4 와 Fig.5 의 경우는 누운 상태에서 옆구리가 상류방향을 향하게 한 자세에 대한 것인데, Fig.4 는 모형이 완전히 수중에 잠긴 반면 Fig.5 는 모형이 수면에 떠있는 상태이다. 그림에서 □ 은 잠수복과 비슷한 형태로 몸에 밀착되는 옷을 입은 상태에 대한 자료이고, △ 은 평상복을 입은 상태, 그리고 ◇ 은 평상복을 입었던 모형에 옷을 벗긴 상태로 실험한 자료이다. 이 자료들의 상대적 비교를 위해 Reynolds 수 10^4 이상에 대해 평균한 값들이 Table 1 에 나와있다.

Table 1 Comparison of Average Drag Coefficients for Different Clothing.

Figure #	자 세	평상복 (△)	잠수복 (□)	맨 몸 (◇)
Fig.2	직립, 옆구리	0.838	0.862	0.584
Fig.3	직립, 가슴	1.145	0.677	0.603
Fig.4	누움, 옆구리, 수중	0.878	0.818	0.596
Fig.5	누움, 옆구리, 수면	0.692	0.561	0.411

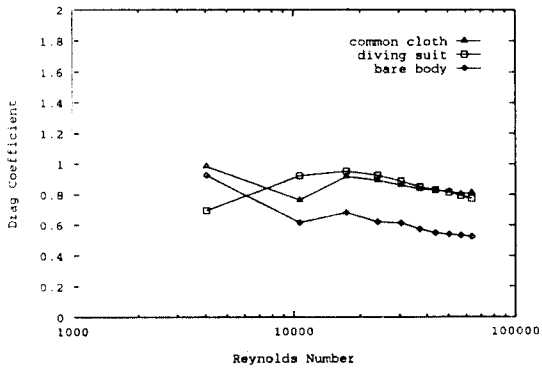


Fig. 2 Drag Coefficient Change Due to Different Clothing (stand up, side).

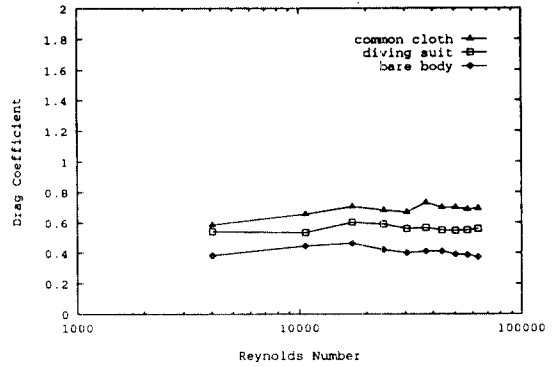


Fig. 5 Drag Coefficient Change Due to Different Clothing (lie down, side, surface).

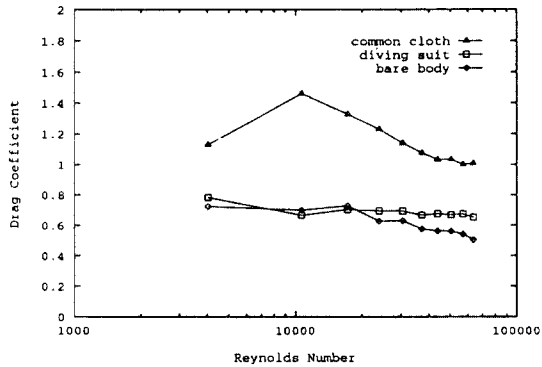


Fig. 3 Drag Coefficient Change Due to Different Clothing (stand up, chest).

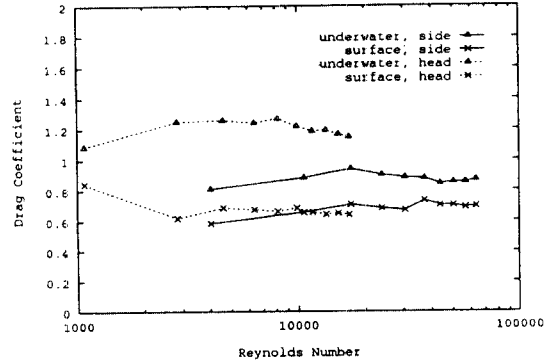


Fig. 6 Free Surface Effect on Drag Coefficients (common cloth).

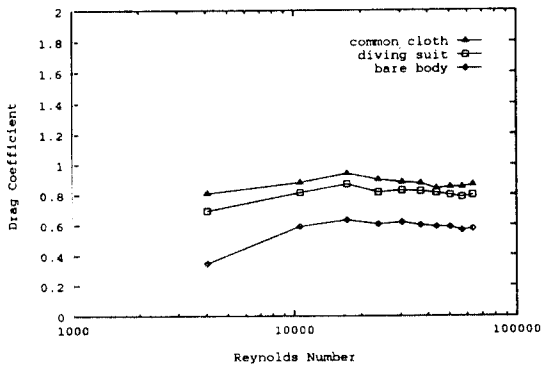


Fig. 4 Drag Coefficient Change Due to Different Clothing (lie down, side, underwater).

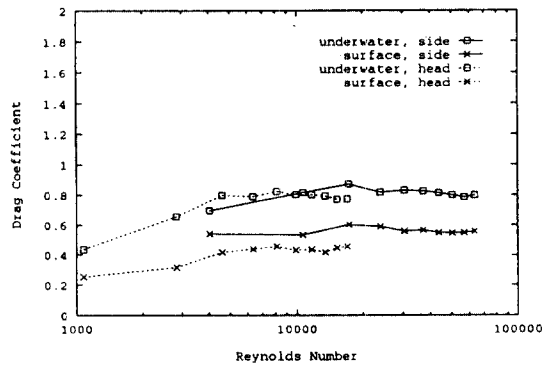


Fig. 7 Free Surface Effect on Drag Coefficients (diving suit).

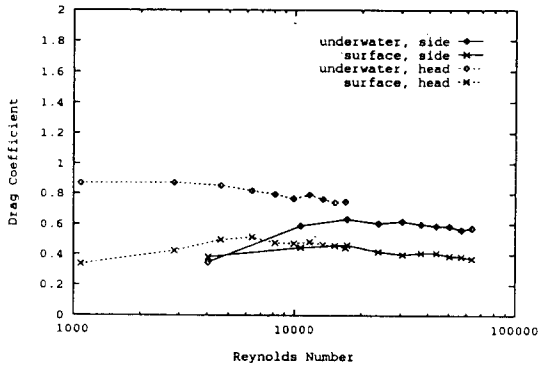


Fig. 8 Free Surface Effect on Drag Coefficients (bare body).

위의 표에서 항력계수는 평상복의 경우가 0.69-1.15, 잠수복이 0.56-0.86, 그리고 맨몸이 0.41-0.60의 범위임을 알 수 있다. 또한 그림에서 각 자세의 가장 큰 Reynolds 수에서는 평상복의 경우가 0.69-1.01, 잠수복이 0.56-0.80, 맨몸이 0.37-0.58의 범위이고, 전반적으로 Reynolds 수가 증가할수록 항력계수가 일정한 값으로 접근하는 추세를 보여주고 있다. 이들 자료들을 전부 평균한 값은 평상복의 경우가 0.94, 잠수복이 0.74, 맨몸이 0.63으로, 맨몸일 때의 항력계수가 가장 작으며 평상복의 경우보다 약 33% 정도 감소함을 보여주었다. 따라서 일반적인 통념대로 의복의 착용여부가 항력계수에 큰 영향을 미침을 알 수 있다. 평상복의 경우 항력계수가 가장 큰 이유는 의복이 모형에 밀착되지 않고 마치 드로그(drogue) 역할을 하기 때문인 것으로 생각되는데, 실험 당시 불규칙한 와동홀림과 함께 순간적으로 항력계수의 값이 크게 변화하였다.

Fig.6 에서 Fig.8 까지는 모형이 수면에 떠 있는 경우와 수중에 완전히 잠겨있는 경우를 비교한 것이다. 실험은 전부 모형이 누운 자세에서 실시하였는데, 각각 옆구리와 머리가 상류방향을 향하였을 때를 비교하였고 수중의 경우 모형이 13 cm 깊이에 위치하도록 하였다. Fig.6 은 평상복, Fig.7 은 잠수복을 입은 상태이고, Fig.8 은 옷을 입지 않은 상태이다. 그림에서 × 로 표시된 자료들이 수

면의 경우인데 실험당시 모형의 전체부피중 약 90% 이상이 수중에 잠기게 하였고, 항력계수를 계산할 때는 수중의 경우와 같은 값의 투영면적을 사용하였다. Table 2 에 Reynolds 수 10^4 이상의 자료들을 평균한 값이 비교되어 있다.

Table 2 Effect of Free Surface on Drag Coefficients.

Figure #	모형	머리,수중	머리,수면	옆구리,수중	옆구리,수면
Fig.6	평상복 (△)	1.174	0.648	0.878	0.692
Fig.7	잠수복 (□)	0.784	0.438	0.818	0.561
Fig.8	맨몸 (○)	0.761	0.464	0.596	0.411

표에서 수면의 존재로 인하여 작게는 20%, 크게는 45% 정도까지 항력계수가 감소함을 알 수 있다. 그리고 모든 모형에 대해 머리가 상류를 향하고 있을 때 수면효과가 큰 것을 알 수 있는데, 이 경우 모형들이 유선형의 형상을 하게 되므로 항력계수의 감소는 당연하다. Table 1 과 2 에서 조난자의 의복 착용여부와 표류위치(수면, 수중)에 따라 항력계수가 최소치의 3배(동일자세에서는 약 2배) 정도까지 크게 변함을 알 수 있다.

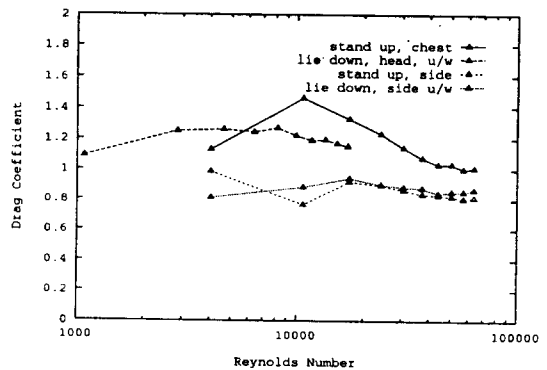


Fig. 9 Effect of Body Direction Change on Drag Coefficients (common cloth).

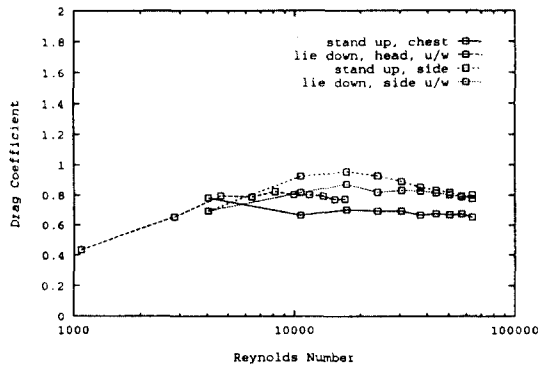


Fig. 10 Effect of Body Direction Change on Drag Coefficients (diving suit).

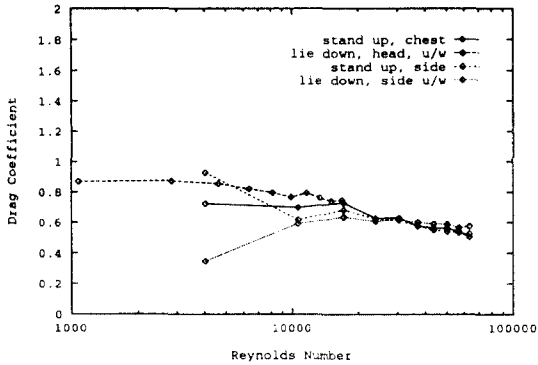


Fig. 11 Effect of Body Direction Change on Drag Coefficients (bare body).

Fig.9 에서 Fig.11 까지는 모형의 자세변경에 따른 항력계수의 변화를 비교해 본 것이다. 여기서 Fig.9 는 평상복의 경우이고, Fig.10 은 잠수복 그리고 Fig.11 은 옷을 입지 않은 상태이다. 그림에서 점선과 실선으로 각각 모형이 수면에 수직으로 위치한 경우, 수중에 누워있는 경우, 가슴이 상류 방향을 향하고 있는 경우, 옆구리가 상류방향으로 서있는 경우, 머리가 상류방향을 향한 경우 등을 구별하였다. Table 3 에 이들 자료들중 Reynolds 수 10^4 이상의 자료들을 평균한 값이 비교되어 있다.

표의 수치에서 판단할 때 자세변화에 따른 항력계수의 변화는 의복의 착용여부나 수면효과보다 그다지 크지 않다고 할 수 있다. 평상복의 경우가

0.84-1.15, 잠수복이 0.68-0.86, 맨몸이 0.58-0.76의 범위를 보여주고 있다.

Table 3 Effect of Target Orientation Change on Drag Coefficients.

Figure #	모형	직립,가슴	누움,머리	직립,옆구리	누움,옆구리
Fig.9	평상복 (△)	1.145	1.067	0.838	0.878
Fig.10	잠수복 (□)	0.677	0.784	0.862	0.818
Fig.11	맨몸 (◇)	0.603	0.761	0.584	0.596

위의 항력계수들을 사용하여 leeway rate 를 구해보면 인체의 표류에 미치는 바람의 영향을 추정할 수 있다. 물론 본 연구에서 측정된 항력계수들의 값이 이론 전개과정에서 가정한 Reynolds 수의 범위에 잘 적합되지 않고, 더구나 인체의 표류와 같이 수면돌출부가 상대적으로 작은 경우는 이론식을 적용시키는 데 무리가 따르지만 대략적인 수치를 구해보는데 의미를 둘 수 있다.

예로써 직립자세의 경우 가슴이 상류방향을 향했을 때 공기중의 항력계수를 0.4라고 가정하고, 식(11)의 $\bar{\lambda}$ 의 값을 구하기 위해 $\frac{\rho_1}{\rho_2} = 1000$,

$$\frac{A_1}{A_2} = 0.1, n_2 = 0.5 \text{ 를 대입하면, 맨몸의 경우는}$$

$\bar{\lambda} = 0.00107$, 평상복의 경우는 $\bar{\lambda} = 0.00164$ 로 계산이 되어 leeway rate 가 대략 0.1 % 정도임을 알 수 있다. 이 수치는 leeway 공식의 오차나 입력자료들의 오차에 비해 무시할 수 있을 정도로 작으므로, 표류지점의 계산과정에서 바람에 의한 영향은 고려하지 않아도 좋다는 결론에 도달하게 된다. 계산식의 특성으로 보아 다른 값의 항력계수를 대입해도 인체의 경우는 leeway rate 가 1 % 를 초과하지 않을 것으로 예상된다. 보다 정확한 분석을 위해서는 광범위한 Reynolds 수에 걸쳐 실험을 수행할 필요가 있다.

5. 결 론

본 연구에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 물체의 표류와 관련된 현상을 유체역학적인

로 검토한 결과 leeway rate 는 물체의 항력계수와 관련이 있고, leeway 공식의 형태는 선형식이 가장 적합하다.

(2) 모형을 사용한 수조실험에서 인체의 항력계수가 실험조건에 따라 0.41-1.17의 범위로 측정되었다. 실험에 의하면 동일한 조건에서는 수면에서 표류할 때가 수중에서 표류할 때보다 20-45 % 정도 항력계수가 감소하고, 의복을 착용한 경우가 맨몸일 때보다 항력계수가 최대 2배 가까이 증가한다.

(3) 측정된 항력계수를 표류공식 계산식에 대입해 본 결과 표류지점을 계산하는 과정에서 인체에 대해서는 바람의 영향을 거의 무시할 수 있음을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 1995년도 한국학술진흥재단의 대학교수 해외파견연구지원에 의해 수행되었습니다. 상기 재단에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Burke, Jr. F. P., 1972. "Additional Leeway Experiments (leeway II)", Final Report Modification #1 to contract No. DOT-CG-13-506A.
- Chaplin, W. E., 1960. "Estimating the Drift of Distressed Small Craft", U.S. Coast Guard Academy, Coast Guard Alumni Association Bulletin, 22 (2), New London.
- Daugherty, R.L. and Franzini, J.B., 1977. Fluid Mechanics with Engineering Applications, 7th Edition, McGraw-hill.
- Fitzgerald, R.B., Finlayson, D.J. Cross, J.F. and Alen A., 1993. "Drift of Common Search and Rescue, Phase II", TP00000, Canadian Coast Guard R & D Branch.
- Fitzgerald, R.B., Finlayson, D.J. and Alen A., 1994. "Drift of Search and Rescue Objects, Phase 3", TP12179, Canadian Coast Guard R & D Branch.
- Hufford, G. W. and Broida, S., 1974. "Determination of Small Craft Leeway", U.S. Coast Guard R & D Center RN No. 39/74.
- IMO, 1983. IMO Search and Rescue Manual.
- Morgan, C. W., 1977. "Experiments in Small Craft Leeway", U.S. Coast Guard Oceanographic Unit TR 77-2, Washington.
- Nash, I. and Willcox, J., 1985. "Summer 1983 Leeway Drift Experiment", U.S. Coast Guard R & D Center RN No. CG-D-35-85.
- Osmer, S. R., Edwards, N. C. and Breiter, A. L., 1982. "An Evaluation of Life Raft Leeway", U.S. Coast Guard R & D Center RN No. CG-D-10-82.
- Paskansky, D. F., 1986. "Surface Current Real-Time Prediction from Search and Rescue", Proc. Offshore Technology Conference Paper OTC 5213.
- Raunig D.L., Robe, R.Q. and Perkins, B.D., 1995. "Computer Aided Search Planning (CASP) Version 1.0 Validation", Interim Report, U.S. Coast Guard.
- Scobie, R. W. and Thompson, D. L., 1979. "Life Raft Study, February 1978", U.S. Coast Guard Oceanographic Unit Technical Report 79-1, Washington, D.C.
- Su, T.C. and Robe, R.Q., 1993. "On Predicting the Drift for an Exposure Suit Clad Person-in-Water", Final Report ONR Grant N00014-91-J-1420.
- 강 신영, 1993. "수색구조 작업에 있어서 표류지점 추정의 전산화 모델", 한국해양해양공학회지 5권 1호.
- 강 신영, 이 준, 1995. "소형선박의 표류특성 추정을 위한 현장실험", 해양안전학회지 1권 1호.