

# 1等水準網에 基準한 韓半島 沿岸의 海面傾斜 The Sea Level Slopes along the Korean Peninsular Coast based on the First Order Levelling Net in Korea

李 昌 京\*  
Lee Chang-Kyung

## 要 旨

평균해면은 육지표고의 기준면으로, 지역적인 평균해면차는 측지수준망 설정에 중대한 영향을 미친다. 측지학자와 해양학자들은 동서방향의 평균해면차에 대해서는 견해를 같이 하면서도, 남북방향의 평균해면차에 대해서는 서로 상반되는 견해를 보여왔을 뿐만 아니라, 그 불일치의 원인이 서로 상대방의 수준측량방법에 내재된 정오차에 있다고 주장해 왔다.

해면경사는 각 지역 검조소의 평균해면으로부터 구한 TBM의 높이와 측지수준망에 의해 정해진 그 점의 높이의 차로부터 산정된다. 인천항의 평균해면을 기준으로 하여, 주요 항만에 위치한 검조소의 평균해면과 우리나라 1등 수준망으로부터 연장한 표고차로부터 우리나라 연안의 해면경사를 산정하였다.

본 연구의 결과, 우리나라 연안은 남북방향으로 위도당 5.5 cm 북향상승하는 해면경사를 보였고, 동일 위도상에서 동해안이 황해안보다 약 5 cm 정도 높은 해면고를 나타내었다. 이런 결과는 잠정적인 것으로, 앞으로 해양 및 기상 영향이 소거된 엄밀한 의미의 평균해면이 산정된다면, 보다 확실한 해면경사를 추정할 수 있을 것이다.

## ABSTRACT

The height differences in Mean Sea Level is an important factor in geodetic leveling net, because MSL is the reference datum for height. Geodesists and Oceanographers agree on the height differences in MSL in the east-west direction, but they disagree almost always on the north-south slope, each suspecting systematic errors in the leveling methods of the others.

A promising method for determining this slope is comparison of MSL at the tidal station connected by geodetic leveling. The slopes of the sea surface along the coast of Korean Peninsular is estimated from conventional local MSL at the tidal station and bench mark height of first order leveling net in Korea. As a reference level surface, MSL at Incheon is chosen.

The results indicate that sea level rises along coast of Korean Peninsular from south to north about 5.5 cm/latitude. In the east-west direction, sea level along East Sea coast stands about 5 cm higher than that along Yellow Sea coast.

These are not invariable but provisional phenomena. It may become certain provided that the exact MSL is estimated.

## 1. 서 론

육지표고의 기준은 일정지역의 평균해수면과 일치하는 등토펴설면인 지오이드이다. 평균해면은 일정기간의 검조자료로부터 정해지며, 대개 검조소가 위치한

\*군산대학교 해양공학과, 전임강사

지역의 국부적인 평균해면은 해양물리 및 기상의 영향을 받아 다른 곳의 평균해면과 일치하지 않는다. 지역별 평균해면의 고저차이, 즉, 해면경사는 해류나 바람의 영향등과 같은 해양학적 연구에 중요할 뿐만 아니라, 육지의 표고도 그 기준에 따라 달라지므로, 측지학적 기준망설정에 중요한 요소이다.

측지학자와 해양학자들은 동서방향의 평균해면차에 대해서는 견해를 같이 하면서도, 남북방향의 평균해면차에 대해서는 서로 상반되는 견해를 보여 왔다. 즉, 측지 수준측량과 해양 수준측량에 의한 해면경사는 파나마 운하 및 브라질연안에 대해서는 같은 결과를 보였지만, 미국의 동서연안, 유럽연안 및 오스트레일리아연안에 대해서는 서로 상반되는 결과를 보였다. 1963년 U.S. Coast and Geodetic Survey의 수준망조정의 결과, 미국 동서해안에 산재한 검조소의 평균해면은 태평양연안이 대서양연안보다 약 60 cm 높고, 남북방향으로는 양 연안에서 위도당 약 3 cm 북향상승하는 해면경사를 보였다. 이러한 동서방향의 경사는 해양학자들의 steric 및 geostoropic 수준측량에 의해 확인되었으며, 염도의 차이 및 해류가 그 요인으로 알려졌다. 반면에, Sturges(1974)는 steric 수준측량에 의해 평균해면이 남북 양 반구 공히 저위도에서 중위도방향으로 미국 서부해안에서는 약 80 cm 낮아지고, 동부해안에서는 20 cm 낮아짐을 보였다. 유럽에 있어서도 Marseille(43°N)과 Brest(48°N) 사이에 29 cm, Newlyn(50°N)과 Aberdeen(57°N) 사이에 29 cm의 평균해면 상승을 보여 미국의 경우와 비슷하였으나, 해양수준측량은 평균해면이 오히려 약간 하강함을 보였다. 일본의 경우는 동해의 평균해면이 태평양연안보다 높고 약간의 북향상승을 보였다.<sup>12)</sup> 한편 남아메리카 태평양연안에서는 검조소의 변위 및 엘리노의 영향을 배제한 국지적 평균해면은 거의 경사가 없었다.<sup>8)</sup>

이와같은 불일치의 원인을 해양학자들은 측지수준측량 과정의 과대 정오차의 탓으로 돌리고, 측지학자들은 1000 dbs 이하의 심해에 가정한 등압면을 검조소가 위치한 해안까지 유도하는 과정과 등압면을 등포텐셜면으로 가정한 전제에 두었다. Fisher(1975)는 Steric 수준측량의 기준면인 1000 dbs(또는 2000 dbs) 등압면과 지오이드면이 평행하지 않기 때문에 서로 옳은 결과가 반대경사를 보이는 것처럼 비교되었다고 주장하였으나, Arur(1975)는 Fisher의 기준면 설정에 오류가 있었으며 남북방향 해면경사에 대한 두 방법의 차이는 여전히 있다고 반박하였다. 측지수준측량에 의하면 미국 태평양연안의 San Francisco해면이 San Pedro해면과 비교할 때 1968년부터 1978년 사이에 약 70 mm씩 상승한 결과를 보였지만, 검조에 근거한 두 지점의 평균해면 변화는 년 2 mm

이내인 것으로 알려졌으며, 이 차이의 원인은 규명되지 않았다.<sup>7)</sup> Zilkoski(1985)는 NAVD 88의 연직 기준면 설정시에는 육지 수준측량의 정오차, 검조소의 sea surface topography 영향 및 TBM의 지각변동에 따른 높이변화에 대한 철저한 분석이 필요함을 주장하였다. 이렇게 측지학자와 해양학자 사이의 견해가 분분한 가운데, 우리나라에서도 「인천항 조위분석」, 「우리나라 주요항만의 평균해면 및 조위분석」, 「정밀수준망의 조정」 등의 체계적인 연구로 괄목할 만한 성과를 거둔 바 있으며, 특히 수준망조정에 있어서 동해 및 황해의 해면차의 남북방향의 해면경사에 대한 연구의 필요성을 제기한 바 있다.<sup>4)</sup>

본 연구는 측지학적 입장에서 우리나라 연안 검조소의 평균해면과 우리나라 1등 수준망을 연결했을 때의 국지적인 평균해면으로부터 우리나라 연안의 해면경사의 방향과 크기를 구하는데 목적이 있다.

## 2. 높이체계

임의 지점 p의 높이는 그 점을 지나는 등포텐셜면과 기준면과의 연직거리이나, 기준면과 p점을 지나는 등포텐셜면이 평행하지 않기 때문에 p점에 대하여 좌우측 사면에서 실시된 직접수준측량은 각기 다른 높이를 나타내게 된다. 이와같은 모순을 없애기 위해 측량노선에 무관하나, 최소한 수준측량결과로부터 구할 수 있는 값으로 포텐셜 수(Potential Number)를 도입하였다. 포텐셜 수는 단위질량을 한 지점에서 다른 지점으로 옮기는데 소요된 일량(중력과 높이의 곱), 즉, 두 지점의 포텐셜 差(Potential Difference)이며, 일량을 길이의 단위를 가진 량으로 환산하는데 있어 기준면 및 중력의 적용방법에 따라 정표고, 역학고, 정규고 등이 그림 1과 같이 정의된다.<sup>13)</sup> 이들 높이는 실측 수준차( $\Delta h$ )와 중력측정값(g)의 곱을 적분하여 얻은 참지오포텐셜 수( $c$ )로부터 구할 수 있다.

엄밀 정표고는  $c$ 를 참 중력선(true plumb line)을 따라 결정된 평균중력  $\bar{g}$ 로 나누어 구하며,  $\bar{g}$ 를 산정하는 방법은 T. Niethammer, F. R. Helmert, I. I. Mueller 등의 식이 있다. 역학고는  $c$ 를 참 중력선을 따라 결정된 평균 근사 정규중력(normal gravity)  $\gamma_0$ 로 나누어 구하며, 의사 역학고는 정규중력값으로 중력선의 중앙지점까지 역 프리에어 보정한 중력값  $\bar{\gamma}_0$ 을

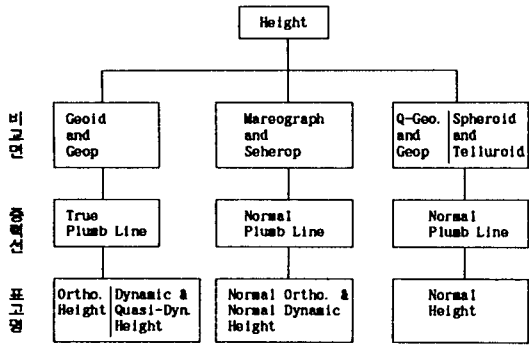


그림 1. 높이 체계

사용한다. 정규고는 M. S. Molodenskii와 R. A. Hirvonendi 제안한 높이로  $c_1$ 를 정규중력선을 따라 결정된 평균 정규중력  $\gamma_{mi}$ 로 나누어 구한다.

우리나라에서 높이로 채택하고 있는 정규 정표고(normal orthometric height)는 수준점에서 중력측정을 하지 않고 정규중력을 이용하는 방법으로 직접수준측량에 의한 높이차와 수준점의 정규, 중력값으로부터 지오폠펌셜 수를 구하고 이를 평균 정규중력으로 나누어 높이를 구하는 방법과 직접 수준측량에 의한 높이차에 타원보정(normal orthometric correction)을 가하여 높이를 구하는 방법이 있다. 우리나라는 나중 방법에 의해 높이를 구하여 왔으며, 이때의 두 지점 사이의 타원보정값은 다음식으로부터 구한다.<sup>1.9)</sup>

$$C_0 = -2\alpha H_m \sin 2\phi_m \left[ 1 + \left( \alpha - \frac{\beta}{\alpha} \right) (\cos 2\phi_m) \right] \Delta\phi^{\text{rad}}$$

$$= -0.00529 H_m \sin 2\phi_m (\Delta\phi) \sin 1'' \dots\dots(1)$$

$$\alpha = 0.002644$$

$$\beta = 0.000007$$

$$H_m = (H_i + H_{i+1})/2, \quad H_i: i\text{점의 표고}$$

$$\Delta\phi = \phi_{i+1} - \phi_i, \quad \phi_i: i\text{점의 위도}$$

$$\phi_m = (\phi_{i+1} + \phi_i)/2$$

한편, 해양 수준측량으로는 해수의 밀도와 압력분포로부터 유도되는 steric leveling과 해양표면의 해류로부터 유도되는 dynamic(geostrophic) leveling이 있다.<sup>11)</sup>

### 3. 해면경사

#### 3.1 해면변화와 평균해면

해면변화의 요인으로는 천문조에 의한 주기적 요인과 대기압, 바람, 태풍, 해수밀도, 해류 등의 기상 및 해양학적 요인으로 나눌 수 있으며, 크게는 지각변화 및 해빙에 의한 해양수의 평형변화에도 기인한다. 평균해면이란 적절한 방법에 의하여 해면 관측치를 처리하여 조석영향을 제거함으로써 구해지는 해면으로 일차적으로 정의할 수 있다. 검조자료로부터 평균해면을 산정하는 방법에는 여러가지 방법이 있으나, 우리나라의 수로국에서는 산술평균을 이용해 왔고, 최병호(1980, 1983)는 1962년 이후의 검조자료로부터 인천 및 우리나라 주요항만에 대한 해양 및 기상학적 요인에 영향을 제거하지 않은 통상적인 평균해면을 Doodson의  $X_0$  필터를 적용하여 산정하였다. 이 결과 우리나라 표고의 기준면인 인천항의  $M_2, S_2, K_1, O_1$ 의 분조의 합이 關重雄의 1943-44년 분석결과와 비교할 때 0.059 m 작게 나왔으므로, 국내 주요 항만의 평균해면을 측지 수준망과 연결하여 비교할 때에는 이 차이를 보정하여야 한다. 표 1은 이 점을 고려하여 주요항만의 수준기점 및 1등 수준점의 표고를 그 곳의 평균해면을 기준으로 산정할 것이다.

#### 3.2 수준망과 해면경사

우리나라의 수준망은 각 노선별로 왕복측량을 실시하고 노선별 왕복차와 환폐합차에 대한 검정을 거쳐 식 (1)에 따른 타원보정을 취한 후에 망조정에 의해 개별 수준점의 표고가 산정된다. 망조정은 자유망조정과 고정망조정으로 대별되나, 평균해면결정의 난해성 때문에 어느 한 지점만을 고정하는 방법이 가장 널리 사용되어 왔다. 국립지리원의 1등 수준망조정에서는 인천만의 평균해면을 기준표고로 고정하고 최소제곱법에 의해 망조정하여 수준점의 최확표고와 망의 정확도를 평가하였으며, 다음 식 (2)는 망조정에 적용된 관측방정식이다.<sup>2)</sup>

$$AX = L + V \dots\dots(2)$$

단, X: 교점의 최확표고 벡터

L: 교점간의 수준차 측정값 벡터

V: 오차벡터

A: X에 대한 계수행렬

고정된 1점에 대해 자유망조정에 의해 구한 표고와 항만의 검조자료에 의해 구한 표고로부터, 수준원점의 기준해면과 지역 검조소해면의 표고차를 산정할 수

표 1. 주요 항만의 수준기점의 표고

검조소	MSL		TBM 성과 (수로국)	측량 데이터 (지리원)	수준점표고 (崔(1983))	수준점표고 (수로국)
	崔(1983)*	수로국**				
인천	4.580 m (‘62-’77)	4.635 m (‘43-’44)	TBM2=7.178 m	TBM2→DATUM = 19.4993 m	DATUM= 26.7323 m	26.6773 m
목포	2.141 (‘58-’79)	2.338 (‘81-’82)	TBM2=2.899	TBM2→Mokpo 기점=-0.1103	Mokpo= 2.9857 m	2.7887
목호	0.181 (‘66-’81)	0.188 (‘65-’66)	TBM3=1.874	TBM3→BM20-25 = 14.6449	BM20-25= 16.5279 m	16.5189
부산	0.628 (‘61-’81)	0.649 (‘74-’75)	TBM2=1.876	TBM2→Busan 기점=14.9096	Busan= 16.8066 m	16.7856
울산	0.321 (‘63-’81)	0.304 (‘74-’77)	TBM2=4.125	TBM2→BM10-13 = 19.3453	BM10-13= 23.4533 m	23.4703
여수	1.804 (‘66-’81)	1.763 (‘74-’77)	TBM3에 대한 근거 불확실	TBM3→BM33-10 = +27.3588		
군산	3.359 (‘65-’81)	3.410 (‘66)	TBM3=4.773	TBM3→BM37-6 = - 0.4545	BM37-6= 4.3695 m	4.3185

\* 「우리나라 정밀수준망에 관한 연구」에 근거함.

\*\*「조선표 (1987, 1992)」에 근거함.

표 2. 수준기점의 상대높이차

검조소 (수준점)	위도	표고 1 I	표고 2 II	망조정표고 III	표고차 1 IV=III-I	표고차 2 V=III-II
인천(DATUM)	37° 28'	26.7323 m	26.6773 m	26.6871 m	-0.0452 m ( 0.000 m )	0.0098 m ( 0.000 m )
군산(37-6)	35° 57'	4.3695	4.3185	4.2637 m	-0.1058 (-0.0606 )	-0.0548 (-0.0646 )
목포(기점)	34° 46'	2.9857	2.7887	2.6996 m	-0.2861 (-0.2409 )	-0.0891 (-0.0989 )
부산(기점)	35° 05'	16.8066	16.7856	16.6396 m	-0.1670 (-0.1218 )	-0.1460 (-0.1558 )
울산(10-13)	35° 30'	23.4533	23.4703	23.4643 m	-0.0110 ( 0.0562 )	-0.0060 (-0.0158 )
목호(20-25)	37° 32'	16.5279	16.5189	16.5339 m	0.0060 ( 0.0512 )	0.0150 ( 0.0052 )

있으며, 해면경사는 이 표고차와 검조소의 소재 위치로부터 구할 수 있다. 엄밀한 의미의 해면경사는 앞에서 언급한 바와 같이 천문조 및 기상, 해양학적 요인을 제거한 국지적인 평균해면 사이의 고저차에 연유되나, 국내에 아직 이러한 평균해면이 산정되지 않았고, 유럽 및 아메리카 대륙에서처럼 해양수준측량에 의한 수심 1000 m-2000 m의 해저를 기준면으로

한 검조소 위치 해상의 평균해면의 높이가 산출된 바 없다. 따라서, 본 연구에서는 천문조의 영향을 제거한 최병호(1983)의 평균해면을 1987년에 최소제곱법에 따라 자유망조정된 우리나라의 1등 수준망과 연결했을 때의 차이를 평균해면의 높이차로 간주하고, 인천의 평균해면을 기준하여 주요항만의 평균해면을 구하면 표 2와 같다. 교통부 수로국에서는 조선표

#### 4. 분 석

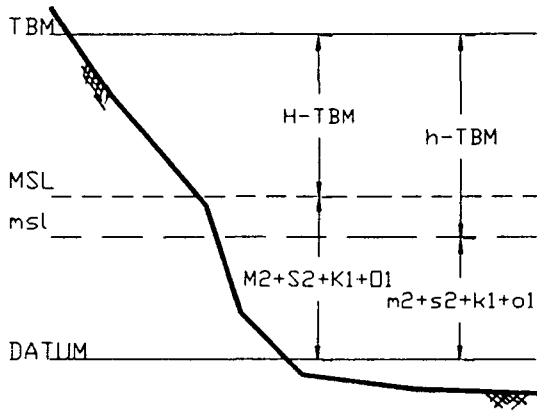


그림 2. 평균해면과 TBM표고

(Tide Table)를 매년 발간하고 있으며, 이 조석표에 근거한 평균해면과 최병호의 평균해면은 계산방법 및 근기 검조자료의 포함년수가 달라 동일 TBM에 대한 표고가 약간씩 차이가 난다. 따라서 표 2에서는 수로국이 제시한 TBM의 표고(1992)로부터 해당 검조소의  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ 의 분조의 합을 고려하여 새로운 TBM의 표고를 산정하였으며(그림 2), 그림 3-A는 지도상에 두 자료의 평균 해면 차이를 표기한 것이다.

해면경사는 지리적 위치 특히 위도와 밀접한 관계가 있으므로 우리나라 연안의 해면경사를 한반도를 축으로 한 남북방향에서 고찰하기 위하여 동서해안 각 3개 검조소 위치의 위도를 수평축으로 하고 각 검조소 수준기점의 인천원점에 대한 상대높이차를 수직축으로 하여 도시하면 그림 4-A와 같다. 또한 동해안과 서해안의 해면고와 경사를 비교하기 위해 각각 3개 검조소별로 분리하여 도시하면 그림 4-B와 같다.

해면은 조석, 해양 및 기상학적 영향으로 끊임없이 변하고 있으므로 장기간의 검조자료로부터 산정한 평균해면이 반드시 최근 몇년간의 검조자료로부터 산정한 평균해면보다 가까운 미래를 더 적절히 예측한다고 단정할 수 없을 뿐만 아니라, 각각 특성이 다르므로, 본 연구에서는 두 평균해면에 대해 각각 인천 평균해면과의 차를 구하였으며, 최병호(1983)의 평균해면이 수로국 고시 평균해면보다 약간 큰 북향 상승 경사를 보였다. 우리나라 연안의 해면 높이차의 위도당 평균값을 구하기 위해 표 2의 위도와 상대높이차를 변수로 하여 선형회귀 분석을 하고 그 기울기를 취하면, 두 자료의 평균 경사의 기울기는 5.5 cm/latitude이었다.(그림 4-A) 이와같은 경사는 그림 5의 외국의 그것과 비교할 때 중간 크기의 경사를 보여주고 있으나, 인접한 일본과 큰 차이를 보이는 점이 특이하다.

황해와 동해의 해면차 및 경사를 파악하기 위하여 서해안의 검조소와 동해안의 검조소를 구별하여 회기분석한 결과 동해안이 서해안보다 경사가 완만하게 나타났다.(그림 4-B) 이는 동해안의 수심이 서해안보다 깊고 해안선이 단순한데 기인한다고 보여진다. 절대해면고는 일본의 서해안이 높은 것과 유사하게 우리나라는 동해안이 높았으며, 그 높이차는 북위 38°에서 약 5 cm가 되었다. 이러한 동서해안의 해면차는 염도, 온도, 해류, 해저 및 해안지형에 대한 해양학적인 분석으로 밝혀야 할 것이다. 그림 3-B는 일본의 동경만 평균해면에 기준한 지역 검조소의

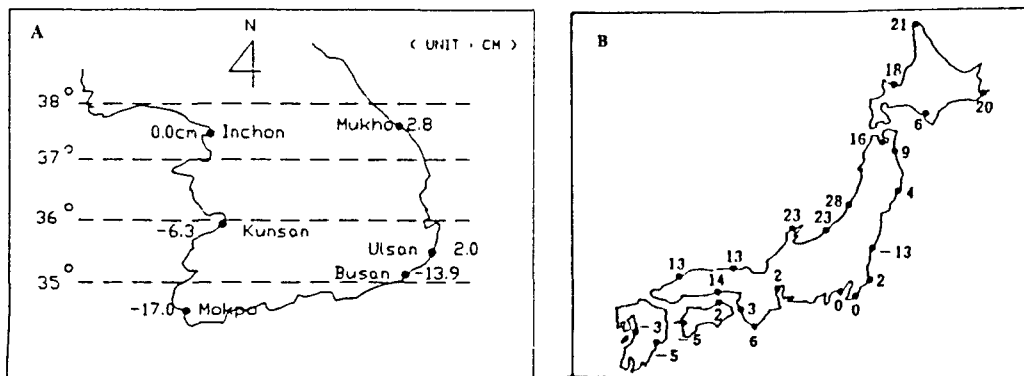


그림 3. 주요 검조소의 평균해면차

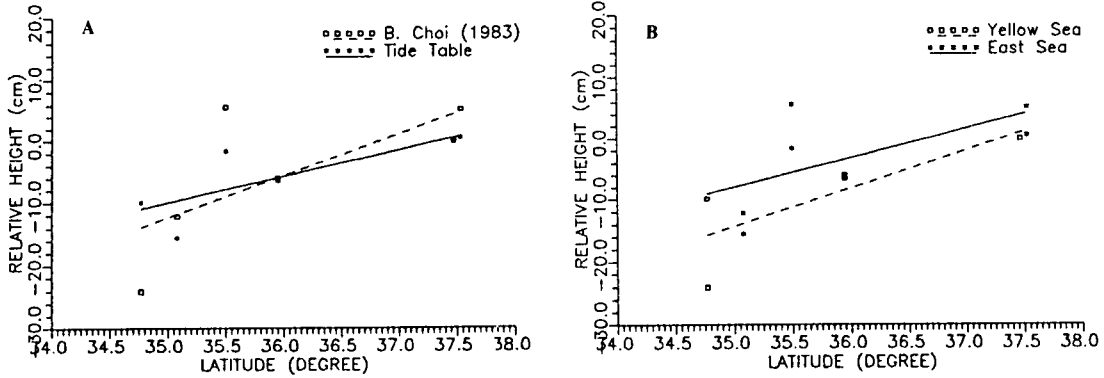


그림 4. 우리나라 연안의 해면경사

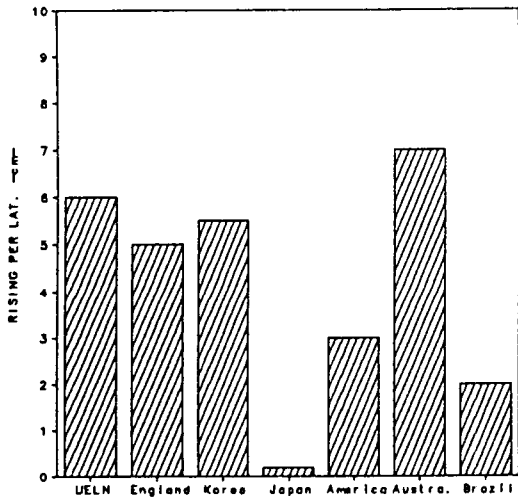


그림 5. 주요국의 위도당 해면 상승고

평균해면차인데(國土地理院 자료), 북반구에서는 Coriolis force의 영향으로 해류흐름방향 우측의 해면이 높게 되므로, 쿠로시오의 영향을 받는 일본 관동지방 남서부의 평균해면이 낮고, 동해편 연안이 상대적으로 높게 나타나고 있다.<sup>5)</sup>

측지 수준측량 및 검조자료의 신뢰성에 대하여는 그림 4-A에서 보는 바와같이 대체로 해면의 북향상승이 뚜렷하나 울산검조소의 비교수준점인 BM10-13의 상대높이차가 전체적인 경향에서 벗어나고 있다. 비록 95% 오차한계내에 들기는 하지만, 그 원인이 수준점 또는 TBM의 승강이나 검조소와 TBM의 높이설정에 있을 것으로 사료되므로, 확실한 원인을 찾기 위한 검측이 있어야 할 것이다.

외국의 연구를 살펴보면 해면경사는 위도에 따른 일정한 경향을 보이고 있는 반면, 관측기간에 따라 경사각이 변하고 심한 경우 경사가 역전되는 경우도 발표된 바 있으므로, 우리나라 연안의 보다 자세한 연구를 위하여는 자료의 미비 또는 신뢰성의 결여로 배제된 항만의 자료를 빠짐없이 포함시켜야 할 것이며, 해면이 위도에 따라 경사를 보이므로 한반도 지형상 북한에 소재한 수준측량 자료를 결합하여 연구할 가치가 있다고 사료된다. 더불어 본 연구에서는 조석영향만을 제거한 통상적인 평균해면의 해면경사를 고려하였으나, 우리나라의 검조소가 대부분 항만에 위치하여 강수의 영향을 많이 받고, 서해안은 수심이 얕고 해안선이 복잡할 뿐만 아니라, 대한해협과 동해는 난류와 한류의 길목이므로 이들의 영향에 따른 해면변동도 무시할 수 없을 것이므로, 해양 및 기상적인 영향을 완전히 제거한 해양학적으로 엄밀한 평균해면이 산정된다면 보다 확실한 해면경사를 추정할 수 있을 것이다.

## 5. 결 론

우리나라 1등 수준망에 기준하여 주요 항만에 대한 조석영향만이 제거된 통상적인 평균해면의 차와 경사를 추정하여 본 결과는 다음과 같다.

- 1) 우리나라 해안의 해면은 주요 항만 평균해면의 차로 볼 때 위도당 5.5 cm씩 북향상승 경사를 보이고 있다.
- 2) 동서해안의 경사는 동해안이 약간 완만하며, 해

면의 절대높이는 북위 36°에서 약 5 cm 동해안이 높다.

3) 해면경사의 추적과정에서 과대오차가 예견되는 검조자료(또는 수준측량자료)가 쉽게 확인되었으며, 보다 신뢰성 있는 해면경사를 추적하기 위하여는 자료의 미비로 배제된 검조자료 및 북한지역의 자료를 보완할 필요가 있다. 아울러 검조자료로부터 조석, 해양 및 기상 영향이 소거된 엄밀한 의미의 해면 경사의 산정이 있어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 국립지리원, 測量成果 審査基準(案) 및 同解説(4. 水準測量), 1980, pp. 43-48.
2. 이석찬, 精密水準網의 調整에 關한 研究, 國立地理院 연구보고서, 1987, pp. 145-148.
3. 최병호, 仁川港 潮位分析에 關한 研究(海面變化調査事業), 交通部 水路局 연구보고서, 1980, pp. 3-22.
4. 최병호, 우리나라 精密水準網에 關한 研究(우리나라 主要港灣의 平均海面 및 潮位分析), 국립지리원 연구보고서, 1983, pp. 325-329.
5. 萩原幸男, 測地學 入門, 東京大學出版會, 1982, pp. 71-73.
6. Arur, M.G. & Mueller, I.I., "Does Mean Sea Level Slope Up or Down Toward North?", Bulletin Geodesique, No 117, 1975, pp. 289-297.
7. Balazs, E.I. & Douglas, B.C., "Geodetic Leveling and the Sea Level Slope along the California Coast", NOAA Technical Memorandum NOS NGS 20, 1979.
8. Bray, J.A., "Preliminary Difference In Mean Water Level Between Tide Gages Along the South American Pacific Coast", Marine Geodesy, Vol. 1, No. 2, 1977, pp. 177-197.
9. Bomford, G., Geodesy, 4th edition, Clarendon Press, 1980, chap. 3.
10. Fisher, I., "Does Mean Sea Level Slope Up or Down Toward North?", Bulletin Geodesique, No 115, 1975, pp. 17-27.
11. Forrester, W.D., "Principles of Oceanographic Levelling", Proc. of 2nd international Symposium on Problems related to the Redefinition of North American Vertical Geodetic Network, Ottawa, Canada, 1980, pp. 125-132.
12. Iida, H., "On the shape of the sea surface along the coast of islands of Japan", The Oceanographic Magazine, Vol. 23, No. 2, 1972, pp. 69-79.
13. Krakiwsky, E.J. & Mueller, I.I., Systems of Height, Ohio State University, Report No. 60, 1960.
14. Sturges, W., "Sea Level Slope Along Continental Boundaries", J. Geophys. Res., Vol. 79, No. 6, 1974, pp. 825-830.
15. Zilkoski, D.B. & Kammula, V., "Comparison of Geodetic Leveling to Local Mean Sea Level between Portland, Maine, and Atlantic City, New Jersey", Proc. of 3rd International Symposium on the North American Vertical Datum, Rockville, 1985, pp. 105-119.