

한반도의 해수면 상승을 고려한 설계조위 산정에 관한 연구

추태호¹, 심수용¹, 양다운¹, 박상진¹, 곽길신^{1*}
¹부산대학교 사회환경시스템공학부

A Study on Estimation of Design Tidal level Considering Sea Level Change in the Korean Peninsula

Tai Ho Choo¹, Su Yong Sim¹, Da Un Yang¹, Sang Jin Park¹, Kil Sin Kwak^{1*}

¹Dept. of Environmental and civil Engineering, Pusan National University

요약 이산화탄소의 배출 증가와 지구온난화, 엘니뇨 현상, 라니냐 현상 등과 같은 이상기후 현상의 발생빈도 증가로 인하여 전 세계적으로 내륙과 해안의 온도가 상승하고 있다. 지구온난화로 인한 바닷물의 열팽창 그리고 빙하의 해빙 등으로 인한 지구의 해수면은 매년 2.0mm/yr(전 세계 평균값)의 속도로 상승하고 있다. 그러나 해안에 인접한 수리구조물 혹은 해안 수리구조물을 설계할 시 기준이 되는 설계조위는 과거 관측된 조위 값으로부터 4대 분조 및 조화상수를 분석하거나 수치모형 실험에 의해 결정된다. 따라서, 설계조위는 구조물의 설계빈도에 상응하는 해수면의 상승속도를 감안해야 할 필요가 있다고 사료된다. 본 연구에서는 국립해양조사원(Korea Hydrographic and Oceanographic Administration; KHOA)에서 운영하고 있는 46개소의 조위관측소를 대상으로 관측개시일부터 2015년까지 시간위로 조위자료를 수집하였다. 우리나라를 크게 남해동부, 남해서부, 동해남부, 동해중부, 서해남부, 서해중부, 제주로 총 7개의 해역으로 구분하여 월별, 연별 변동추이 및 연평균 상승률을 분석을 수행하였다. 향후 국지적 해수면상승의 원인규명 및 설계조위 고려 시 기초자료로 활용가능 할 것으로 판단된다.

Abstract The air temperatures of the coast and inland are rising due to an increase in carbon dioxide emissions and abnormal climate phenomena caused by global warming, El Nino, La Nina and so on. The sea levels of the Earth are rising by approximately 2.0 mm per year (global average value) due to the thermal expansion of sea water, melting of glaciers and other causes by global warming. On the other hand, when it comes to designing a hydraulic structure or coastal hydraulic structure, the standard of the design water level is decided by analyzing four largeness tide values and a harmonic constant with the observed tidal water level or simulating numerical model. Therefore, the design tidal water level needs to consider an increasing speed of the seawater level, which corresponds to the design frequency. In the present study, the observed tidal water levels targeting 46 tidal stations operated by the Korea Hydrographic and Oceanographic Administration (KHOA) from the beginning of observations to 2015 per hour were collected. The variation of the monthly and yearly and increasing ratio were performed and divided into 7 seas, such as east and west part of the Southern Sea, south part and middle of the East Sea, south part and middle of the Western Sea, and Jeju Sea. The current study could be used to determine the cause of local seawater rises and reflect the design tidal water level as basic data.

Keywords : Change of tidal water level, Climate change, Design water level, Global warming, Sea level rise

1. 서론

산업화의 발달과 토지이용의 고도화로 인해 탄소배출

이 증가하였으며, 이로 인하여 지구온난화 및 엘니뇨(El Nino) 현상과 같은 이상기후현상의 발생빈도가 잦아지고 있다. 이와 같은 현상으로 인해 우리나라뿐만 아니라

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 자연재해저감기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임.[MPSS-자연-2015-79]

*Corresponding Author : Kil Sin Kwak(Pusan National Univ.)

Tel: +82-51-510-7654 email: kgs7813@naver.com

Received February 11, 2016

Revised (1st March 21, 2016, 2nd April 6, 2016)

Accepted April 7, 2016

Published April 30, 2016

전 세계적으로 내륙과 해양의 온도가 상승하고 있다. 북극의 빙하도 1978년 이후로 십 년당 평균 2.7 % 감소하고 있으며, 산악지역에 쌓인 눈도 점점 감소하고 있는 상태이며, 1961년 이후로 전 세계 평균 해수면 상승은 1.8(1.3~2.3) mm/yr이며, 1993년 이후로 해수면 열팽창과 해수로 녹아 들어간 빙하의 양을 고려한 해수면 상승은 3.1(2.4~3.8) mm/yr로 보고되고 있다(IPCC, 2007). 뿐만 아니라 미국 국립해양대기청(NOAA)의 분석에 따르면 2015년 지구 내륙의 연평균온도는 20세기 평균보다 1.13도, 최고기록보다 0.25도 높았고, 해양의 연평균 온도는 20세기 평균보다 0.74도, 최고기록보다 0.11도 높다는 것이 밝혀졌다(NOAA, 2015). 그리고 IPCC(2007)의 보고서에 의하면 1900년 이후 지구의 평균기온은 0.76℃ 상승하였으며, IPCC(2013)에서는 우리나라 기온은 2020년까지 1.1℃에서 1.5℃까지 상승을 전망하고 있는데, 최악의 경우 지난 100년간 이루어졌던 기온 상승이 2020년 내에 발생할 수 있는 가능성이 있다고 한다. 또한 지구온난화가 일어남으로서 가장 큰 영향을 받는 것 중 하나가 해수면의 상승이라고 발표한 바 있다(IPCC, 2001).

매년 국립해양조사원이 발표한 해수면 변동률에 따르면 2015년 발표한 우리나라 해수면 상승률은 2.48 mm/year 로 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)가 발표한 전 세계 평균값인 2.0 mm/year 보다 약간 높다. 이는 지반 침하와 연안개발, 수온 상승 차이에 따른 것으로, 지역마다 차이는 있지만, 한반도 해역이 최근 40년 동안 약 10cm 상승했다고 밝혀졌다. 설계조위(Design Water Level; D.W.L.)는 항만 및 해양구조물의 설계에 사용하는 구조물에 가장 위험하거나 취약하게 작용하는 해수면의 높이로 결정된다. 그러나 매년 해수면은 상승하는 추세이지만, 실제 설계조위를 결정하는데 있어 해수면 상승률은 고려되지 않는다.

2. 연구동향

지구온난화로 인한 이상기후 현상, 해수면 상승은 앞서 언급한 바와 같이, NOAA, IPCC, 국립해양조사원 등 전 세계적으로 해결해 나가야 하는 중요한 과제임에 틀림없다. 이에 관련된 연구동향을 살펴보면, 강주환 등(2004)은 서남해안의 해수면 상승 실태분석 및 해일고

분석을 통하여 해수면과 해일고가 증가하는 경향이 있다고 연구한 바 있으며, 조광우 등(2007)은 지구온난화에 따른 해수면 상승에 따른 우리나라의 기초적인 대처방향과 과제를 제시하였다. 송태관(2008)은 지구온난화에 따른 해수면 상승이 연안 방재 시스템에도 영향을 주고 있는 상태로 보완이 필요함을 밝혔다. 그리고 오상명 등(2011)은 한반도를 포함한 북서태평양이 다른 해역에 비해 해수면상승이 크게 나타난 것은 온난화에 따른 표층해류의 변화로 쿠로시오 확장 지역이 북상하였기 때문으로 분석하였으며, 임채욱 등(2013)은 열팽창효과를 고려한 지구온난화에 의한 북서태평양에서의 해수면상승에 대한 연구를 수행하였다. 또한, 박준영 등(2009)은 해수면 상승에 따른 연안시설물의 영향 정도를 분석절차를 도출하였으며, 김태운 등(2013)은 반경험식법을 이용해 대기온도 상승으로 인한 해수면의 상승을 예측하였다.

항만 및 해안구조물에 적용되는 설계조위는 여러 가지 분조들의 조합에 의해 결정이 된다. 분조란 조석(tide) 및 조류(tidal current)의 변화를 구성하는 서로 다른 진폭과 주기를 가진 성분을 의미하는 것으로, 조석은 해수 입자와 불균등한 운동을 하는 여러 천체들의 만유인력으로 인한 주기적인 승강운동을 뜻한다. 이 많은 분조들 중 우리나라 근해의 조석과 조류는 진폭이 큰 M_2 , S_2 , K_1 , O_1 등의 분조에 의한 것이며, 나머지 분조들은 미미하다. 여기서 M_2 , S_2 , K_1 , O_1 의 분조들을 4대분조라 일컫고, 이는 우리나라 설계조위에 결정요소가 된다. 4대 분조 중 M_2 (주태음반일주조)는 주로 달의 운동에 기인한 조석성분으로, 주기는 12.42시간이며, S_2 (주태양반일주조)는 주로 태양의 운동에 기인한 조석성분으로 12시간의 주기를 가진다. 그리고 K_1 (일월합성일주조)는 달과 태양이 적도 상을 운행하지 않기 때문에 생기는 분조로서, 주기는 23.93시간이며, O_1 (주태음일주조)는 주로 달의 운동에 기인한 조석 성분으로 25.82시간의 주기를 가진다. 각 요소(M_2 , S_2 , K_1 , O_1)들이 최대치로 동시 발생할 때 약최고고조위(Approximate Highest High Water (Level); Approx.H.H.W.)라 하고, 이는 해륙의 경계인 해안선으로 채택되어있다. 항만 및 해안구조물을 설계할 시 주로 약최고고조위가 설계조위로 산정되지만, 설계조위는 과거의 조위 자료를 기반으로 산정되기 때문에 미래의 상황 및 상승률에 대한 고려는 미약한 것으로 판단된다. 윤종주 등(2012)은 우리나라 조위관측소의 장기간 해수면 변화 분석을 수행하여 평균해수면 상승추이, 평

군해수면 변동을 예측 가능성제시와 일본과 중국의 장기 간 관측 자료 검토의 필요성을 강조했다, 각 해역별로 분석된 장기변화율을 연안 시설물에 맞게 적용하여야할 것임을 밝혔다. 또한, 강주환 등(2014)은 약최고고조위 산정시 평균해수면을 고려하여 4대분조에 연주조를 포함시키는 방법을 검토하였다. 따라서, 본 연구에서는 국립해양조사원에서 운용·관리하는 46개의 조위관측소를 대상으로 해수면 상승률을 분석하고, 해수면 상승률을 고려하기 위한 기초자료 제공 및 설계조위에 연상승률을 고려하는 것을 제안하고자 한다.

3. 연구방법

본 연구에서는 해수면 상승의 현황 파악 및 해수면 상승률을 설계조위에 반영하기 위해 국립해양조사원에서 운용하고 있는 조위관측소를 연구대상으로 선정하였으며, 전체적인 연구의 흐름도는 Fig.1 과 같다.

우리나라 서해, 남해, 동해, 제주 해역의 조위관측소의 위치는 Fig.2 와 같다. 조위관측소는 조위 외에 수온, 염분, 파랑(파고, 파주기), 기온, 기압, 풍향, 풍속 등을 관측하고 있다. 그리고 국립해양조사원에서 운용하는 46 개소(제주 도농탄 제외)의 조위관측소의 현황은 Table 1 과 같다. 총 46개소의 조위관측소 중에서 자료수집이 30년 이상 된 관측소는 20개소로 분석되었으며, 10년 이상 30년 미만인 관측소는 15개소로 파악되었다.

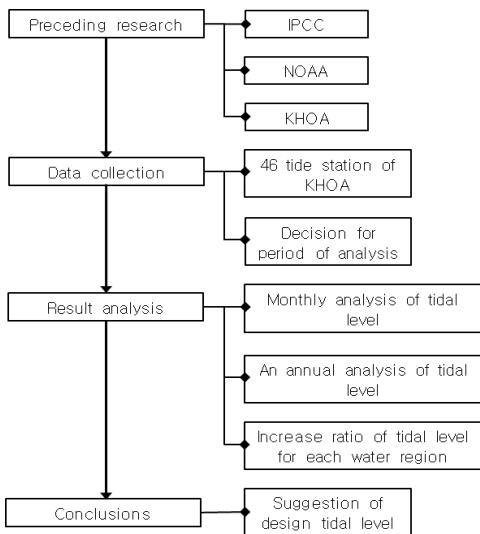


Fig. 1. Flow chart of study

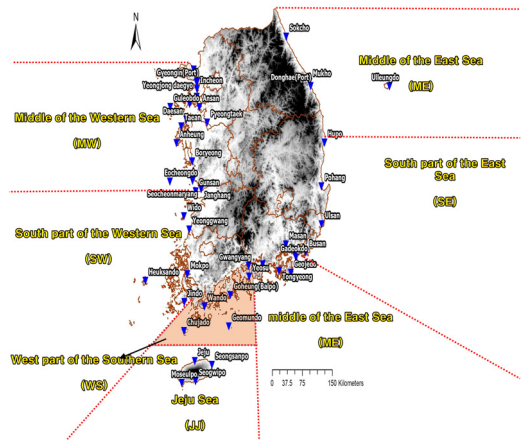


Fig. 2. The location map of tide station

여기서, 파란색 역삼각형은 46개소의 조위관측소 위치를 나타내며, ES(East part of the Southern Sea)는 남해동부해역, WS(West part of the Southern Sea)는 남해서부해역, SE(South part of the East Sea)는 동해남부해역, ME(Middle of the East Sea)는 동해중부해역, SW(South part of the Western Sea)는 서해남부해역, MW(Middle of the Western Sea)는 서해중부해역, JJ(Jeju Sea)는 제주해역으로 기상청 주의보 및 경보 발효기준인 먼 바다로 구분하였다.

Table 1. The status of tide station

| Tide station | Zone | Beginning of observation | Data (year) |
|-----------------|------|--------------------------|-------------|
| Gadeokdo | ES | 1977-01 | 39 |
| Geojedo | ES | 2006-01 | 10 |
| Masan | ES | 2002-12 | 14 |
| Busan | ES | 1956-01 | 60 |
| Busan(New Port) | ES | 2011-12 | 7 |
| Samcheonpo | ES | 2013-12 | 1 |
| Tongyeong | ES | 1976-02 | 40 |
| Geomundo | WS | 1982-01 | 34 |
| Goheung(Balpo) | WS | 2004-12 | 12 |
| Gwangyang | WS | 2010-10 | 12 |
| Yeosu | WS | 1965-02 | 51 |
| Wando | WS | 1983-01 | 33 |
| Chujado | WS | 1983-10 | 33 |
| Ulsan | SE | 1962-09 | 54 |
| Pohang | SE | 1971-05 | 45 |
| Hupo | SE | 2002-10 | 14 |
| Mukho | ME | 1965-02 | 51 |
| Sokcho | ME | 1973-12 | 43 |
| Ulleungdo | ME | 1965-09 | 51 |
| Donghae(Port) | ME | 2011-12 | 7 |
| Gunsan | SW | 1980-02 | 36 |
| Mokpo | SW | 1956-01 | 60 |

| | | | |
|------------------|----|---------|----|
| Yeonggwang | SW | 2001-11 | 15 |
| Wido | SW | 1985-01 | 31 |
| Jindo | SW | 2006-01 | 10 |
| Heuksando | SW | 1965-08 | 51 |
| Ganghwa daegyo | MW | 2006-12 | 10 |
| Gyeongin(Port) | MW | 2012-11 | 1 |
| Guleobdo | MW | 2010-04 | 6 |
| Daesan | MW | 2003-01 | 13 |
| Boryeong | MW | 1985-09 | 31 |
| Seocheonmaryang | MW | 2010-10 | 6 |
| Ansan | MW | 2002-01 | 17 |
| Anheung | MW | 1986-10 | 30 |
| Eocheongdo | MW | 2007-12 | 9 |
| Yeongjong daegyo | MW | 2009-12 | 7 |
| Yeongheungdo | MW | 2009-08 | 7 |
| Incheon | MW | 1959-05 | 17 |
| Incheosongdo | MW | 2010-09 | 6 |
| Janghang | MW | 2003-12 | 13 |
| Taeon | MW | 2010-10 | 6 |
| Pyeongtaek | MW | 1992-06 | 24 |
| Moseulpo | JJ | 2003-11 | 13 |
| Seogwipo | JJ | 1985-01 | 31 |
| Seongsanpo | JJ | 2003-11 | 13 |
| Jeju | JJ | 1964-01 | 53 |

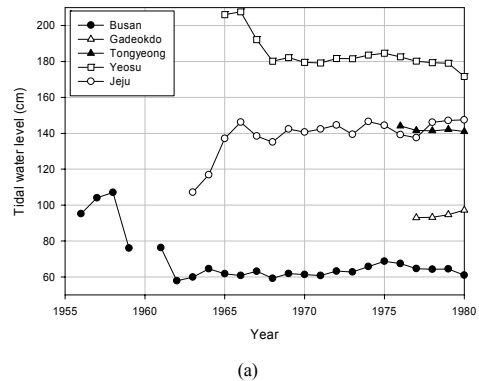
조위관측소의 조위자료는 관측개시일부터 시단위로 수집하였으며, 관측개시일이 동일하지 않으며, 객관화된 정량적 분석을 수행하기 위해 결측 자료 분석을 수행하였다(Table 2).

Table 2. The status of missing value for each tide station

| | |
|-----------------|--|
| Ganghwadaegyo | '06 '08 '09 '11 '15 |
| Gyeongin(Port) | '15 |
| Gunsan | '80 '88 '95 '96 '97 '98 '99 '00 '01 '03 '08 '09 '15 |
| Guleobdo | '10 '11 '14 '15 |
| Daesan | '03 '04 '05 '06 '07 '08 '09 '10 '11 '14 '15 |
| Mokpo | '08 '09 '15 |
| Boryeong | '85 '00 '01 '02 '03 '04 '15 |
| Seocheonmaryang | '10 '15 |
| Ansan | '99 '00 '02 '03 '07 '08 '09 '10 '11 '15 |
| Anheung | '86 '01 '02 '03 '05 '07 '09 '15 |
| Eocheongdo | '07 '09 '10 '11 '15 |
| Yeonggwang | '01 '04 '07 '08 '10 '15 |
| Yeongjongdaegyo | '09 '11 '12 '15 |
| Yeongheungdo | '09 '10 '11 '15 |
| Wido | '88 '00 '02 '03 '04 '05 '09 '10 '11 '15 |
| Incheon | '09 '10 '15 |
| Incheosongdo | '10 '15 |
| Janghang | '03 '04 '05 '08 '09 '10 '11 '15 |
| Jindo | '06 '08 '10 '11 '15 |
| Taeon | '10 '15 |
| Pyeongtaek | '92 '98 '99 '01 '07 '08 |

| | |
|----------------|--|
| | '09 '10 '11 '15 |
| Heuksando | '88 '99 '01 '02 '03 '06 '08 '09 '15 |
| Gadeokdo | '80 '82 '02 '03 '04 '10 '11 '15 |
| Geomundo | '88 '08 '11 '15 |
| Geojedo | '06 '08 '09 '10 '11 '15 |
| Goheung(Balpo) | '03 '04 '07 '10 '14 '15 |
| Gwangyang | '04 '05 '10 '15 |
| Masan | '02 '03 '05 '06 '07 '08 '09 '10 '11 '15 |
| Busan | '89 '11 '15 |
| Busan(NewPort) | '09 '11 '15 |
| Samcheonpo | '15 |
| Yeosu | '02 '03 '07 '10 '11 '15 |
| Wando | '05 '09 '10 '11 '15 |
| Chujado | '83 '84 '00 '08 '09 '10 '11 '15 |
| Tongyeong | '10 '15 |
| Mukho | '02 '06 '09 '11 '15 |
| Sokcho | '08 '09 '10 '11 '15 |
| Ulleungdo | '00 '05 '07 '08 '09 '10 '11 '13 '15 |
| Ulsan | '15 |
| Pohang | '15 |
| Hupo | '02 '09 '15 |
| Donghae(Port) | '09 '11 '14 '15 |
| Moseulpo | '03 '09 '15 |
| Seogwipo | '08 '09 '10 '11 '15 |
| Seongsanpo | '03 '08 '09 '10 '11 '15 |
| Jeju | '09 '15 |

조위 상승률을 분석하기 위해 자료수집이 30년 이상인 20개소의 조위관측소를 선정하였다. 각 지점의 조위 관측소에 따라 연평균조위를 도출할 시, 객관적인 비교 및 분석하기 위해 기준년도의 선정이 필요했다. 이에 연별 단위의 자료들 중 관측 자료가 미비하거나 그 존재의 유무가 컸던 1980년 미만의 자료들은 일관성을 부여하기 위해 본 연구의 분석에서 제외하였으며, 기준년도를 1980년으로 결정하였다(Fig.3).



(a)

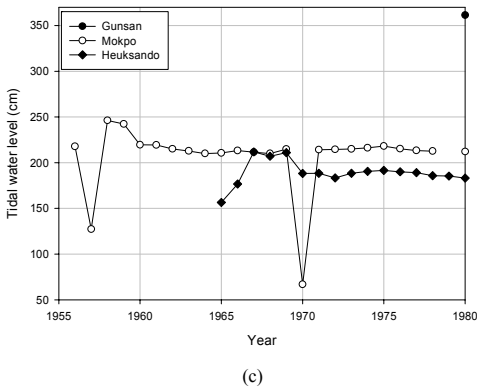
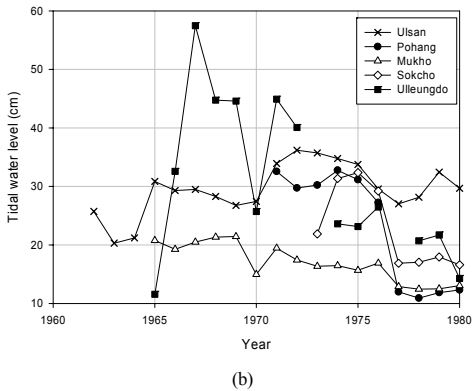


Fig. 3. Analysis of tidal water level data (before 1980 year)
 (a) Southern Sea and Jeju Sea (b) East Sea
 (c) Western Sea

Fig. 2는 x축은 과거 관측년부터 1980년까지, y축은 연평균 조위를 나타낸다. 여기서, (a)는 남해와 제주의 조위관측자료이고, (b)는 동해, (c)는 서해를 타나낸다. 남해와 제주의 경우 연평균 조위가 크게 변화하였음을 알 수 있으며, 동해의 경우 약 35 cm 정도 변화하였으며, 서해의 경우 130 cm 이상 차이가 있음을 보여준다. 따라서, 본 연구에서는 1980년 이전의 조위 관측 자료는 연구에서 제외하기로 결정하였다.

4. 결과분석

3장에서 선별한 조위관측소 및 시단위 조위자료를 바탕으로 남해동부, 남해서부, 동해남부, 동해중부, 서해남부, 서해중부, 제주로 총 7개의 해역으로 구분하여 월별, 연별 변동추이 및 연평균 상승률 분석을 수행하였다.

4.1 월별 조위 분석

월별 조위 분석은 30년 이상의 자료를 가지는 조위관측소에 대하여 해역별(남해동부, 남해서부, 동해남부, 동해중부, 서해남부, 서해중부, 제주)로 구분하여 월 평균 조위를 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 4과 같다.

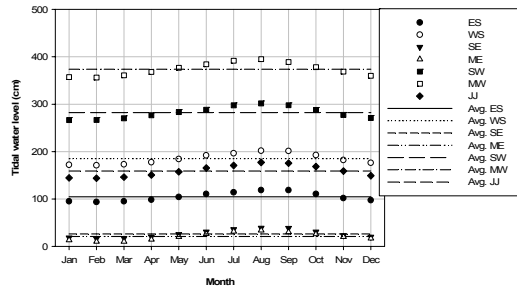
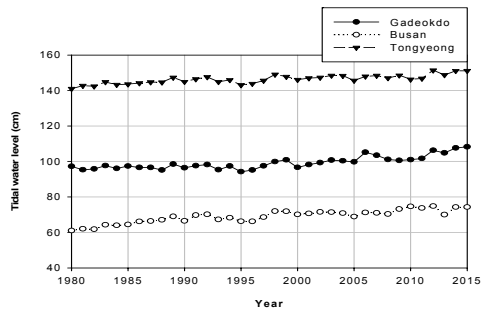


Fig. 4. Monthly average tidal water level for each sea

여기서, 표식은 각 7개의 해역의 월평균 값을 나타내고, 실선 및 쇄선은 해역별 평균조위를 나타낸다. 월평균 값은 서해중부가 약 395 cm로 가장 높게 분석되었으며, 반면, 동해남부와 동해중부는 약 10 cm에서 11 cm로 가장 낮은 것으로 분석되었다. 월평균 값은 모든 해역에서 8월에서 가장 높게 나타났으며, 12월에서 2월 사이에 가장 낮게 분석되었다.

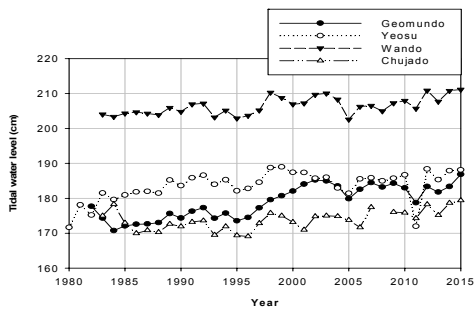
4.2 연별 조위 분석

연별 조위 분석은 3장에서 언급한 바와 같이 1980년을 기준으로 30년 이상의 조위자료가 수집된 관측소를 대상으로 조위 분석을 수행하였다. Fig. 5는 7개의 해역으로 구분하여 연평균 조위를 도시화하였다.



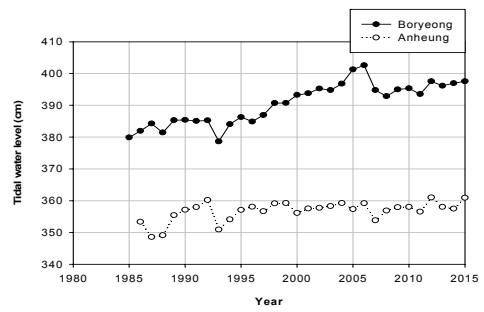
(a) east part of the Southern Sea

(a)



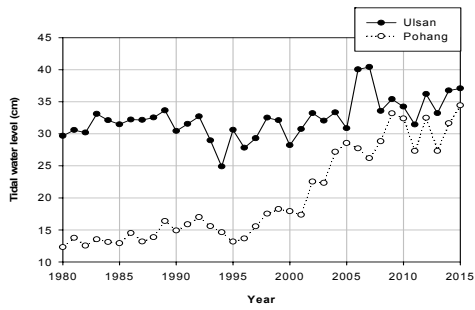
(b) west part of the Southern Sea

(b)



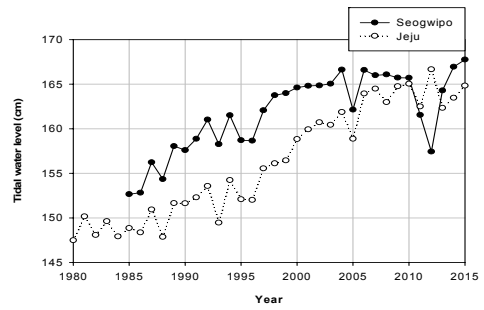
(f) middle of the Western Sea

(f)



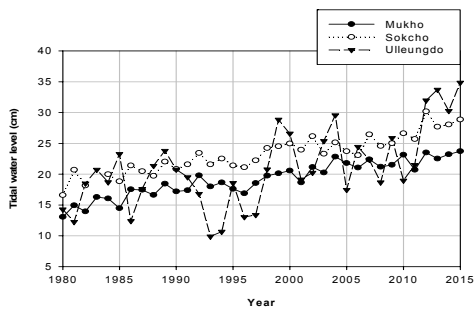
(c) south part of the East Sea

(c)



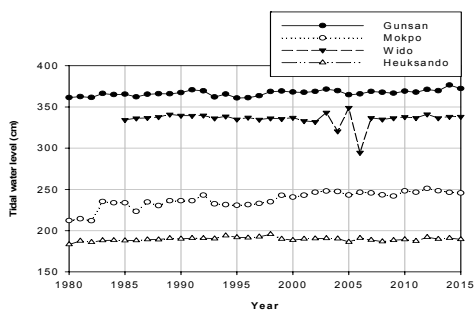
(g) Jeju Sea

(g)



(d) middle of the East Sea

(d)



(e) south part of the Western Sea

(e)

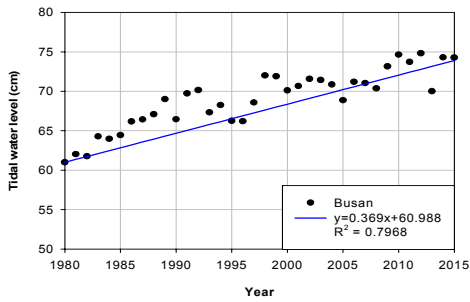
Fig. 5. Variation of annual tidal water level for each sea

(a) East part of the Southern Sea (b) West part of the Southern Sea (c) South part of the East Sea (d) Middle of the East Sea (e) South part of the Western Sea (f) Middle of the Western Sea (g) Jeju Sea

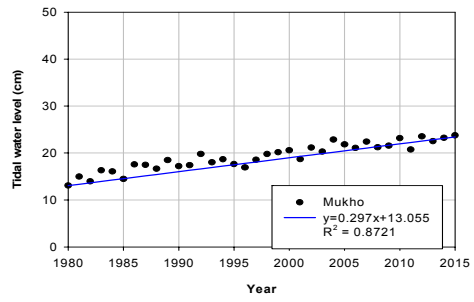
Fig. 5는 7개의 해역에 대한 연평균 조위의 값을 보여 준다. 남해, 동해, 서해, 제주 해역의 모든 조위관측소가 해수면이 증가하는 경향을 가지는 것으로 분석되었다. 특히 가장 큰 상승폭과 가장 작은 상승폭을 가지는 조위 관측소는 모두 서해남부에 존재하였다. 서해남부의 목포 조위관측소에서 33.4 cm로 가장 큰 상승 폭을 가지는 것으로 분석되었으며, 서해남부의 위도 조위관측소에서 4.0 cm로 가장 작은 상승 폭을 가지는 것으로 분석되었다.

4.3 조위 상승률 분석

남해동부, 남해서부, 동해남부, 동해중부, 서해남부, 서해중부, 제주의 총 7구역의 해역으로 나누어 결과를 분석해 보았다. 30년 이상의 자료를 가지는 관측소에 대하여 해역별로 조위 상승률을 분석하였으며 그 결과는 Fig. 6과 같다.

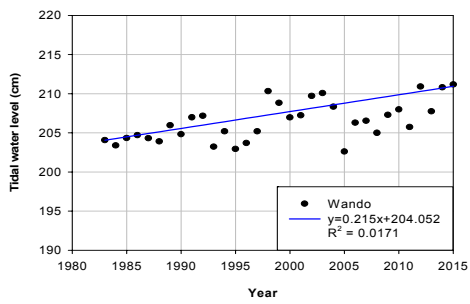


(a) Busan



(h) Mukho

(e)



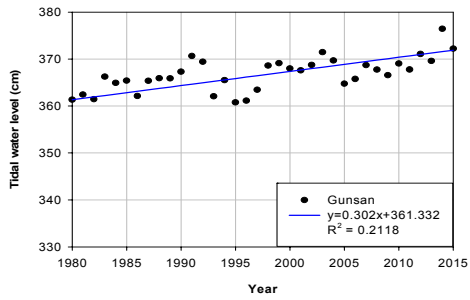
(b) Wando

Fig. 6. Increase ratio of tidal water level for each station

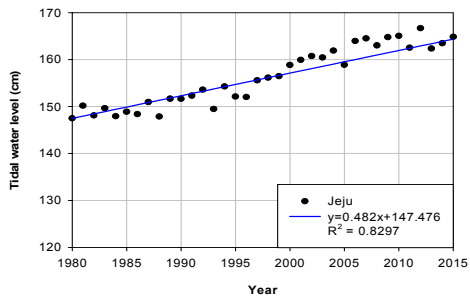
(a) Busan (b) Wando (c) Gunsan (d) Jeju (e) Mukho

Table 3. Increase ratio for each station(over 30 years)

| Obs. Name | ratio(cm/year) | years |
|-----------|----------------|-------|
| Gadeokdo | 0.306 | 36 |
| Busan | 0.369 | 36 |
| Tongyeong | 0.283 | 36 |
| ES | 0.319 | - |
| Mukho | 0.297 | 36 |
| Sokcho | 0.350 | 35 |
| Ulleungdo | 0.571 | 36 |
| ME | 0.406 | - |
| Gunsan | 0.302 | 36 |
| Mokpo | 0.928 | 36 |
| Wido | 0.128 | 31 |
| Heuksando | 0.169 | 36 |
| SW | 0.382 | - |
| Geomundo | 0.270 | 34 |
| Yeosu | 0.458 | 36 |
| Wando | 0.215 | 33 |
| Chujado | 0.137 | 32 |
| WS | 0.270 | - |
| Ulsan | 0.206 | 36 |
| Pohang | 0.614 | 36 |
| SE | 0.410 | - |
| Boryeong | 0.570 | 31 |
| Anheung | 0.253 | 30 |
| MW | 0.412 | - |
| Seogwipo | 0.487 | 31 |
| Jeju | 0.482 | 36 |
| JJ | 0.485 | - |
| Total | 0.370 | |



(c) Gunsan



(g) Jeju

(d)

위 Table 3과 같이 우리나라의 관측소별 해수면 상승률은 동해남부에 위치한 포항 조위관측소에서 0.614 cm/year로 가장 큰 값을 가졌으며, 서해남부에 위치하는 위도 조위관측소에서 0.128 cm/year로 가장 작은 값을 가지는 것으로 분석되었다. 남해동부, 남해서부, 동해남부, 동해중부, 서해남부, 서해중부, 제주 총 7개 해역별

해수면 상승률은 제주에서 0.485 cm/year로 가장 큰 값을 가졌으며, 남해서부에서 0.270 cm/year로 가장 작은 값을 가지는 것으로 분석되었다. 남해, 동해, 서해, 제주 총 4개의 해역별 해수면 상승률이 가장 큰 해역은 제주로 0.485 cm/year의 값을 가지며, 해수면 상승률이 가장 작은 해역은 남해로 0.294 cm/year의 값을 가지는 것으로 분석되었으며, 우리나라 해역별 평균 상승률은 0.370 cm/year로 분석되었다. 따라서, 설계조위를 결정할 시 과거 자료에 의해 분석한 결과와 항만 및 해안구조물의 설계빈도를 고려하여 설계조위를 결정하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, Eq. (1)과 같이 해수면 상승률과 설계빈도를 고려할 수 있는 설계조위 산정식을 제안한다. 즉, 30년 빈도의 구조물을 통영지역에 설계한다고 가정한다면 4대분조 분석을 통해 산정된 약최고만조위에 조위상승률 0.28 cm에 설계빈도 30년을 곱하여 8.4 cm를 높여야 할 것으로 사료된다.

$$D.W.L = App.H.H.W + R.S.W \times D.F + Fr. \dots\dots\dots (1)$$

여기서, D.W.L은 설계조위, App.H.H.W.는 약최고조위, R.S.W는 조위상승률, D.F는 설계빈도, Fr.은 여유고이다.

5. 결론

본 연구에서는 기후변화에 따른 한반도 해수면의 변동에 관하여 분석하기 위해 우리나라 조위관측소 46개소를 대상으로 과거 관측자료를 수집하여 분석하였다. 그리고 항만 및 해안구조물의 설계빈도를 산정하는데 있어 과거 관측치에 의해 결정되기 때문에 해수면 상승률을 고려할 수 있는 설계조위 산정식을 제안하였다. 이에 따라 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 월평균 분석을 통하여 모든 해역에서 조위가 8월에 가장 높게 나타났으며, 12월에서 2월 사이에 가장 낮은 것으로 분석되었다.

둘째, 연평균 분석을 통하여 가장 큰 상승폭과 가장 작은 상승폭을 가지는 조위관측소는 모두 서해

남부에 존재하였다. 서해남부의 목포 조위관측소에서 33.392cm로 가장 큰 상승 폭을 가지는 것으로 분석되었으며, 서해남부의 위도 조위관측소에서 3.962cm로 가장 작은 상승 폭을 가지는 것으로 분석되었다.

셋째, 해수면 상승률이 가장 큰 해역은 제주로 0.485cm/year의 값을 가지며 다음으로는 동해 0.408cm/year, 서해 0.397cm/year, 남해 0.294cm/year 순으로 각 해역의 연평균 증가율을 도출하였으며, 우리나라 해역별 평균 상승률은 0.370cm/year로 분석되었다.

넷째, 우리나라 해안의 조위는 연 0.370cm씩 증가하고 있기 때문에 설계조위를 결정할 시 과거 자료에 의해 분석한 결과와 해수면 상승률, 항만 및 해안구조물의 설계빈도를 고려하여 설계조위를 결정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다섯째, 본 연구에서 도출된 결과는 한반도의 국지적 해수면상승의 원인규명 및 설계조위 고려 시 기초자료로 충분히 활용 가능할 것으로 판단된다.

References

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC), "IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change, 2007 (AR4): The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [2] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), "Global Analysis - October 2015", 2015.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- [4] Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC), "Climate Change : The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2001.
- [5] J. W. Kang, N. S. Oh, "Analysis of Sea Level Rise at the Southwestern Coast", Korea Water Resource Association, Vol.2004, pp.1018-1022, 2004.

- [6] K. W. Cho, J. H. Maeng, "Some Thoughts on Direction to Cope with the Sea level Rise in Korea", The Korean Society for Marine Environment and Energy, Vol.10, No.4, pp.227-234, 2007.
- [7] T. K. Song, "Effects of Sea Level Rise due to Global Warming on the coastal Defence System", Univ. of Seoul, Dep of Civ. Engrg, Ph.D Thesis, 2008.
- [8] S. M. Oh, S. J. Kwon, I. J. Moon, E. I. Lee, "Sea Level Rise due to Global Warming in the Northwestern Pacific and Seas around the Korean Peninsula", Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, Vol.23, No.3, pp. 236-247, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9765/KSCOE.2011.23.3.236>
- [9] C. W. Lim, D. H. Kim, S. B. Woo, "The Regional Steric Sea Level Rise due to Global Warming in the Northwestern Pacific", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.13, No.4, pp.267-272, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9798/KOSHAM.2013.13.4.267>
- [10] J. Y. Park, Y. S. Bu, D. W. Lee, "Analysis of Influences on the Coast Construction Facilities depending on Sea Level Rise", Korea Academia-Industrial cooperation Society, pp. 825-828, 2009.
- [11] T. Y. Kim, K. W. Cho, "Forecasting of Sea-Level Rise using a Semi-Empirical Method", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol.19, No.1, pp.1-8, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14346/JKOSOS.2013.28.5.1>
- [12] J. J. Yoon, S. I. Kim, "Analysis of long period sea level variation on tidal station around the Korea peninsula", Journal of Korean Society of hazard mitigation, Vol.12, No.3, pp.299-305, 2012.
- [13] J. W. Kang, Y. M. Joo, H. G. Cho, H. M. Kweon, "Spatio-temporal Variability of AHHW in Relation with the Design Sea Level", Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, Vol.26, No.2, pp.72-80, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9765/KSCOE.2014.26.2.72>

추 태 호(Tai Ho Choo)

[정회원]



- 1990년 12월 : Pittsburgh 대학교 일반대학원 토목공학과 (수리학 석사)
- 1998년 12월 : Pittsburgh 대학교 일반대학원 환경토목공학과 (환경수리학 박사)
- 1984년 2월 ~ 2002년 9월 : K-Water 연구원 책임연구원 등
- 2002년 9월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학부 교수

<관심분야>

댐, 수리수문, 하천, 방재

심 수 용(Su Yong Sim)

[준회원]



- 2012년 2월 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 (공학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 석사과정

<관심분야>

수리수문, 하천, 기후변화

양 다 운(Da Un Yang)

[준회원]



- 2016년 2월 : 동서대학교 토목공학과 (공학사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 석사과정

<관심분야>

수리수문, 수질, 통계분석

박 상 진(Sang Jin Park)

[준회원]



- 2016년 2월 : 동서대학교 토목공학과 (공학사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 석사과정

<관심분야>

수리수문, 도시방재, 기후변화

곽 길 신(Kil Sin Kwak)

[정회원]



- 2002년 2월 : 밀양대학교 토목공학과 (공학사)
- 2012년 2월 : 부산대학교 산업토목학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 박사과정

<관심분야>

댐, 수리수문, 하천