

육상/해상 데이터베이스 수직기준 연계를 위한 발전방안 연구

Strategies on the Vertical Unification of Land/Sea Database

이영진 · 송준호*

Young-Jin Lee · Jun-Ho Song*

경일대학교 건설공학부 교수공학박사 · 경일대학교 대학원 박사과정*

yjlee@kiu.ac.kr · jhsong@kiu.ac.kr*

요약

우리나라는 육지와 바다에서 서로 다른 높이기준면을 사용하고 있으므로 국가공간정보의 활용도 제고를 위해서도 높이기준의 일원화를 필요로 하고 있다. 본 연구에서는 수직기준면에 대한 검토와 표준화 방향조사, 국제기구 활동연계를 통한 향후 발전방향을 제시하였다. 그 결과 외국의 경우처럼 지구타원체와 지오이드면의 차이를 데이터베이스하고 보정시스템을 구축할 필요가 있으며, 앞으로 S-100에 대처하기 위하여 해양데이터에 대한 SDI표준안 연구가 시급함을 보여주고 있다.

1. 서론

우리나라는 육지와 바다에서 서로 다른 높이기준면을 사용하고 있으며, 육지와 바다에서 서로 다른 기준으로 측량하고 지도(해도)를 제작하는 등 높이 정보가 상호 연계되지 않아 재난발생이나 연안지역에 시행되는 건설공사에 필요한 정보제공에 어려움이 많은 실정이다. 따라서, 국가공간정보의 활용도 제고를 위한 육지와 바다의 높이기준을 일원화할 필요성이 대두되고 있다.

외국에서는 해양 및 연안의 통합관리에 기반이 되는 수직기준면의 통합관리를 적극적으로 추진하고 있다. 미국은 VDatum 시스템을 개발하여 다양한 수직기준면을 통합, 변환하여 사용하고 있으며, 영국의 경우 VORF 프로젝트를 통해 수로측량에 일관된 수직기준면을 적용하고 있다. 우리나라에서도 지속적으로 수준점과 기본수준점과의 수준측량을 수행해 왔으며, 2000년부터는 해안선조사측량 과업을 통해 연안에서의 육상과 해양의 수직기준면

차이를 조사하고 있다. 국제수로기구(IHO)에서는 기존의 전자해도 유통 포맷을 정의하였던 S-57 문서를 대체하기 위해 S-100 문서를 준비하고 있는데, 이것은 전반적인 수로 관련 자료의 양식을 규정하는 것을 목표로 하고 있다.

본 연구에서는 수직기준면에 관한 이론적 고찰 및 국외 동향, 표준화 현황조사 및 조위관측의 품질검토를 통해 수직기준연계를 위한 발전방향을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 수직기준면

높이를 표시하는 수직기준면(Vertical Reference Surface, VRS)은 여러 가지가 있으며 국제적으로도 통일되어 있지 않아 각국마다 차이가 있다. 조석현상에 의하여 간조면은 물이 가장 많이 빠졌을 때의 수면을 말하며, 이 면으로 표시되는 저조선은 영해를 표시하는 기선(base line)으로 사용된다.

우리나라는 약최저저조면을 기본수준면

으로 정의하여 해도에 나타난 수심과 해저지형의 심도는 모두 이 면을 기준으로 한다.

해양은 조석현상으로, 12시간 주기로 수 cm에서 수 m높이로 해면이 계속 오르내리기 때문에 장기관측 해면의 높이자료를 산술평균하여 얻은 것이 평균해면(Mean Sea Level)이다. 평균해면은 관측기간 또는 관측한 계절에 따라 그 높이가 달라지므로, 장기간 관측하여 얻은 평균해면을 더 신뢰하게 되며, 관측 기간과 시기에 대한 정보도 대단히 중요하다. 또한, 평균해면은 중력의 영향 때문에 지역마다 높이가 조금씩 다르다.

조석관측을 통하여 평균해면을 결정할 후에는 그 높이를 영구적으로 관리하기 위하여 관측소 인근 육지의 안정된 지반에 표석을 매설하고 그 표석을 기준으로 평균해면의 높이를 성과로 관리한다. 이러한 목적으로 매설된 것이 조석 기본수준점(Tidal Bench Mark, TBM)이다.

우리나라 조석관측의 기준면은 기본수준면(DL: Datum Level)이라고 하며 조석표의 조위 및 해도에 있어서 수심을 표시하는 기준면으로 사용하고 있다. 국제수로협회에서는 수심기준면은 조석이 그 이하로 내려가지 않는 면으로 해야 한다고 규정하고 있으며 이러한 정의에 의해 나라마다 각기 다른 수심의 기준면을 채택하여 사용하고 있다.

우리나라의 경우 수심기준면은 기준면을 정하고자 하는 지역에서 1개월 이상의 조석관측을 실시하여 그 지역의 조석에 관한 특성들이 포함된 주요 4개 분조(M_2, S_2, K_1, O_1)의 조화상수를 구한 후, 관측기간의 평균해면(Ao)에서 4개 분조의 반조차 합만큼 아래로 내려간 면인 약최저저조면(기본수준면)으로 규정하고 있다[1].

우리나라에서의 해안선은 연안관리, 지형도, 해양공학 등 그 목적에 따라 각기 다르게 정의되어 있으나 해도제작과 관련하여 수로업무법에서는 해면이 약최고고

조면에 도달했을 때의 해면과 육지와와의 경계로 규정하고 있다. 약최고고조면은 1개월 이상의 조석관측 자료로부터 구한 해당 지역의 평균해면에서 4개 분조의 반조차 합만큼 올라간 면으로 정의한다. 또한 이 기준면은 지적필지의 등록을 위한 경계선 확정의 기준이 된다.

최저천문조위(Lowest Astronomical Tide, LAT)는 달의 완전한 회귀년수인 18.6년 주기 동안에 조석현상에 의해 나타날 수 있는 최저극조위로서 국제수로협회 조석위원회가 수심의 기준면으로 권장하고 있다. 최저천문조위는 현재 우리나라 수심의 기준면인 기본수준면 보다 아래에 위치하는 것으로 분석되었는데, 초대형선박의 안전운항 및 해양영토 확대와 관련해 새로운 수심기준면으로 신중히 검토해야 할 사항이다[1].

3. 조석분석

평균해수면은 일정기간의 조석관측 자료로부터 산술평균하여 산출한다. 기준조위관측소의 평균해수면은 1년 이상 관측한 자료를 이용하여 산출하며 이를 연평균해수면이라 한다.

단기관측을 실시하는 측량지역에서, 연평균해수면을 구하려면 단기관측으로부터 산술평균으로 얻은 평균해수면에 계절변화에 따른 변동량을 식 (1)과 같이 가감하여야 한다.

$$S_0 = S_1 - (P_1 - P_0) \quad (1)$$

S_0 : 측량지역의 연평균해수면

S_1 : 측량지역의 단기관측 월평균해수면

P_0 : 기준조위관측소의 연평균해수면

P_1 : 측량지역의 단기관측과 동일한 기간에 기준조위관측소에서 관측하여 얻은 월평균해수면

기본수준면(약최저저조면)은 연평균해수면에서 주요 4대 분조의 반조차 합만큼 내려간 면이다. 기준조위관측소의 기본수

준면은 식 (2)로 결정된다.

$$DL = P_0 - (H_m + H_s + H' + H_0) \quad (2)$$

DL : 기본수준면

P_0 : 연평균해수면

H_m, H_s, H', H_0 : 기준조위관측소의 주요 4대 분조(M_2, S_2, K_1, O_1)의 반조차

측량지역의 기본수준면은 식 (3)으로 결정한다.

$$DL = S_0 - (H_m + H_s + H' + H_0) \quad (3)$$

DL : 기본수준면

S_0 : 보정하여 구한 측량지역 연평균해수면

H_m, H_s, H', H_0 : 보정하여 구한 측량지역의 주요 4대 분조의 반조차

조석분석에 사용된 프로그램은 TASK 2000 Kit로 영국 POL(Proudman Ocean Graphic Laboratory)에서 개발한 것이다. 이 프로그램은 전 세계적으로 널리 사용되어온 TIRA 조석프로그램[11]을 기반으로 정확도를 향상시키고 보다 사용자 중심으로 개발한 것으로 DOS 환경에서 구동된다.

TASK2000은 아스키 형태로 구성되어 있으며 두개 영역으로 나뉘어져 있다. 첫 번째 부분은 사용자가 데이터의 내용을 기술할 수 있는 20라인이며 이러한 헤더 부분은 문자열로 읽혀진다. 두 번째 부분은 포맷(I6, 1X, I1, 1X, I4, 1X, I3, F7.3, 5F8.2)에 맞게 정렬된 데이터들이 기록되어 있다.

4. 수직기준면 변환 및 활용

4.1 수직기준면 변환

각 수직기준면 간의 관계 측량기술이 발전함에 따라 다양한 자료원으로부터 생성된 측지자료들이 수집되고 있으며, 미국에서는 특히 Kinematic GPS(KGPS)를

이용한 측량이 활발하게 수행되었다. KGPS를 이용하여 수로 측량을 수행하면, 지구타원체를 기준으로 한 해저면의 높이를 획득하게 되는데 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)의 항해용 해도는 평균저저조면(Mean Lower Low Water)을 기준으로 한 수심을 표기하기 때문에 서로간의 차이가 있다.

이에 따라 NOAA에서는 타원체 기준의 고도값을 MLLW 기준으로 신속하게 변환하는 VDatum 소프트웨어를 개발하게 되었다.

VDatum은 NOAA의 National Geodetic Survey(NGS)와 Office of Coastal Survey(OCS)에서 공동 개발하였다. US Geological Survey(USGS)에서 공표한 육상 표고자료와 NOAA에서 그동안 수집하였던 해저 지형정보 자료를 입력자료로 두 자료가 통합된 DEM을 생성하였으며, 해저지형이나 해안선과 같이 수직 높이의 정확성을 요구하는 자료들을 처리하는 데에 주로 사용하였다.

영국은 전통적인 해양국가로서 수로측량 및 측지 분야에서 기술적인 선도 역할을 해왔다. 최근 GNSS(Global Navigation Satellite Systems)의 지속적인 발전과 LiDAR, Multibeam과 같은 측량 기술이 발전함에 따라 수직기준면의 통합, 해도 제작 과정의 간소화, 항해 및 자료 수집 과정의 자동화 등의 기술개발이 이루어지게 되었으며, 이와 같은 업무들을 수행할 때 공통적으로 적용할 수 있는 통일된 수직기준면 체계를 가질 필요가 생기게 되었다.

이에 따라 2005년에 영국수로국(UKHO)에서 VORF(Vertical Offshore Reference Frame) 시스템을 추진하게 되었으며, 2006년 말에 최초 버전이 개발되어 영국수로국에 납품되었다.

VORF 시스템은 영국 주변의 모든 항해 가능한 해역을 대상으로 한 각종 수직기준면의 정밀 디지털 모델에 해당한다. 각 수직면들은 GPS를 통해 쉽게 측량할 수

있는 WGS84/ITRF2000, ETRF89를 기준으로 모델링 되고, 각 수직기준면 사이의 값들을 신속하게 변환할 수 있는 소프트웨어가 개발되었다.

4.2 수직기준면의 활용성

수직기준면의 필요성 및 활용성은 국외 사례를 통해 알 수 있으며 수로측량과 매핑, 해면 높이결정, 경보와 방재 등에 사용된다.

수로측량과 매핑 부분에서는 해도상의 심도, 수로측량, 해안선 매핑, 해양경계를 설정하는데 사용되며, 해면 높이결정에서는 해면의 높이 변화 산출, 해양기준면과 GPS, 연안공학에 이용되며, 경보와 방재에서는 지진성해일, 폭풍해일, 위기관리 등에 사용된다. 기타로 항법, 모델링, 환경에서 활용될 수 있다.

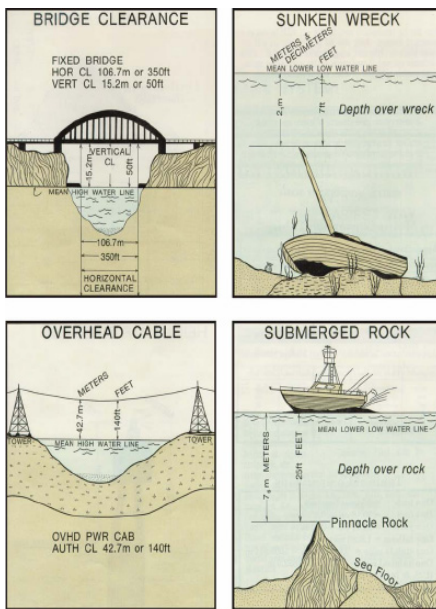


그림 1. 해도의 활용사례

5. 표준화 현황조사

5.1 수로측량기준과 데이터표준

수로측량기준(S-44)은 항해의 안전을 개선시키는 IHO의 표준 중에 하나이다.

S-44는 각국의 수로측량업무에 공통적으로 필요한 측량 대상별 정확도에 관한 내용을 담고 있다.

S-44는 초기에는 배에서 사용하는 항해용해도를 편집하고 운행에 필요한 해저와 해양의 특징을 묘사하기 위한 목적으로 사용되었다. S-44는 1982년, 1987년, 1998년 개정을 거쳐 현재 2008년 5판에 이르고 있다. 이 문서는 우리나라의 수로측량기관인 국립해양조사원도 채택하여 참고한 것으로 측량 대상별로 요구되는 정확도를 기술하고 있다. 이 요구문서에 의하면 측량대상의 중요도에 의한 등급에 따라 측정 위치의 수평위치오차를 규정하고 있다.

국제수로기구는 수로국 간 수로데이터를 교환하거나 항해장비 생산자, 항해자, 기타 사용자에게 수로데이터를 공급하기 위해 수로데이터 교환표준인 S-57(IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data) 표준을 개발하였다.

IHO S-57은 2000년 11월에 버전 3.1을 공표하였으며, S-57 데이터는 등대, 부이 등과 같은 현실세계의 실체를 표현하기 위한 특징(feature)객체 및 그들의 위치 표현을 위한 공간(spatial)객체로 구성되며, 각 객체는 식별자(identifier)와 어트리뷰트(attribute)로 구성된다[9].

지금까지 S-57은 전자해도시스템(ECDIS, Electronic Chart Display and Information Systems)에 사용되는 전자해도(ENCs, Electronic Navigational Chart)에만 사용되어 왔다. 최초의 S-57은 해양 데이터의 모든 타입을 지원하기 위해 개발된 것이다. 그러나 S-57의 경우 격자형 해저지형과 시간변화 자료정보에 대한 지원 등이 불가능하여 그 한계를 나타내고 있다. S-57은 한계를 내포하고 있어 새로운 요구를 충족할 수 있는 규정이 요구되고 있다.

5.2 S-100 표준

정보기술의 발전과 육상분야를 포괄하

는 범용 지리정보에 대한 표준화가 국제적으로 진행되면서, 전자해도 국제표준의 범용표준과의 호환성을 높이고 항해목적외의 다양한 분야에 활용될 수 있도록 해양지리정보 표준화 이슈가 국제수로사회에 대두되고 있다.

IHO는 S-57 표준을 수로분야 범용 표준으로 만들었으나 ECDIS의 베이스맵으로 사용되는 전자해도 제작에만 한정되어 사용되어 왔으나 이를 개선하고자 IHO는 육상 GIS의 ISO/TC211의 19000 시리즈 표준을 적극 수용하여 S-100(차세대전자해도 제작표준) 표준을 개발하고 있다. 차세대 전자해도는 기존의 정적이며 종이해도 기반의 S-57 전자해도와 달리, 동적이며 디지털 환경에 적합한 항해의사결정지원서비스를 제공할 수 있도록 보다 지능화되고 부가정보 융합이 용이한 구조와 기술을 포함한다.

IHO S-100(Spatial data Infrastructures-The Marine Dimension, MSWIG수행중)은 개발과 시험단계를 거쳐 2008년 2월에 최초 버전을 발표하였으며 2009년말 현재 뉴질랜드 등에서 채택하고 있다. S-100의 주요 목적은 수로에 관련된 디지털 데이터 소스, 생산물, 그리고 사용자들을 광범위하게 지원하는 것이다. S-100은 매트릭스와 레스터 데이터, 시간변화데이터(x, y, z and time), 그리고 전통적인 수로범위를 뛰어넘는 새로운 응용성을 포함하고 있다 (예를 들어, 고밀도 수심측량, 해수면 분류, 해양 GIS).

S-100은 또한 획득, 처리, 분석, 접근과 현재 데이터(현황)에 대한 웹기반의 서비스의 사용을 가능하게 할 것이다. S-100은 현 S-57의 에디션 3.1 보강된 개정판이 아닌 추가적인 내용과 새로운 데이터 교환 포맷의 지원을 모두 포함하는 새로운 규정이 될 것이며, S-100의 효력이 발생하더라도 수년간 S-57은 지속 될 것이다

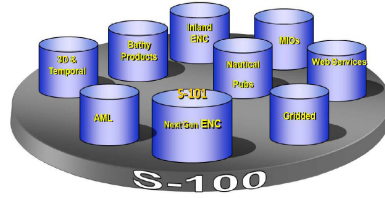


그림 2. S-100이 지원하는 데이터, 생산물 그리고 서비스

(그림 2)는 S-100이 지원하게 될 다양한 데이터와, 생산물 그리고 서비스를 나타내고 있다[12].

S-100 표준의 주된 개발목적은 수로와 관련된 보다 광범위한 디지털 정보, 데이터제품 및 이를 이용하려는 응용시스템과 사용자들을 보다 효과적으로 지원하기 위한 것이다.

S-100 표준은 10여개의 세부 표준으로 구성되며 제품사양 구성방법 및 응용스키마 생성, 호환성에 관한 사항 등이 주요 내용이다. S-100 표준의 세부 내용으로 레지스트리, 참조체계, 공간스키마, 시간스키마, 메타데이터, I&G 데이터, 인코딩 및 피쳐 데이터 사전과 피쳐 카탈로그 등이며 이들을 등록하고 관리하는 절차와 규정에 대해서도 언급되어 있다.

S-100 표준은 수로데이터 제작사양(Product Specification)을 만들기 위한 기반표준으로서 기초 표준이 필요하다. 제작사양의 구성, 메타데이터는 제작지침의 뼈대에 해당되며 이미지 및 그리드 데이터나 3D 데이터, 수심데이터와 같은 대용량 데이터의 경우 해당모델을 참조하면 가능하다. S-100 기반으로 작성되는 수로데이터 제작사양은 지리정보 표준 확장에서 응용되고 있는 프로파일 개념이 적용된다.

프로파일이란 하나 이상의 기반표준으로부터 특정 목적이나 정보커뮤니티에서 요구하는 모듈을 선별하고 필요한 경우에 확장하는 방식으로 일관된 표준화체계를 유지하는 개념으로서 ISO의 지침서에 명

시되어 있으며 또한 ISO 19106에 의해 규정되어 있다. 현재 S-100 표준에서는 이러한 방식으로 수로데이터 제작사양을 작성할 수 있다[6].

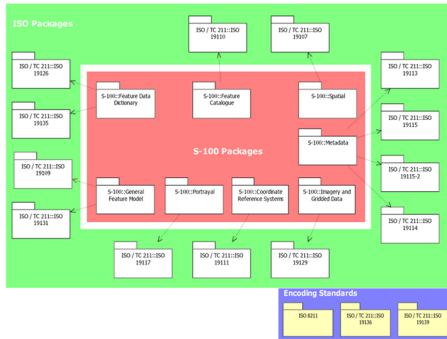


그림 3. S-100의 구성요소와 관련된 ISO 표준

ISO/TC211은 공간정보의 표준에 관한 IS 19100 시리즈를 포함한다. 지리 데이터, 방법, 틀, 그리고 서비스는 다음과 같다.

S-100은 지리정보 표준의 ISO 19100 시리즈에 포함된 다양한 구성요소를 포함한다. S-100의 개발은 더 많은 일반적인 지형공간 활용 뿐만 아니라 전통적인 수로 범위 안에 수로 데이터를 사용가능하게 한다. (그림 3)은 IHO S-100의 구성요소와 관련된 ISO 표준을 나타내고 있다[9].

6. 향후발전방향

국제수로기구(IHO)는 각국 수로관련업무 조정, 해도 및 수로도서지의 통일화, 수로측량의 기준 및 기술 개발 등을 목적으로 활동하고 있다. 전자해도위원회(CHRIS)는 국제수로기구 산하의 위원회로서 공식디지털수로데이터, 해도 및 관련제품에 관한 연구, 표준화 제정, 항해와 관련된 전자정보시스템의 개발 및 사용 모니터링 등에 관한 업무를 담당하고 있는 위원회이다.

국제수로기구에서는 오랜 준비기간을 통해 수로측량 매뉴얼을 제작하여 2005년 5월 회원국에 송부하였다. IHO의 M-13의

목적은 수로측량을 계획하고 수행하기 위한 안내뿐만 아니라 수로측량에 관련된 개념과 지식을 제공하는 것이다.

국제측량사연맹(FIG)은 각국 측량사단체 간의 정보교환, 단체인 상호협력, 연구 성과의 보급 및 장려금 지급, 새로운 측량 기술에 관한 교육훈련 등을 목적으로 발족된 단체이다. FIG의 Publication No. 37(FIG Guide on the Development of a Vertical Reference Surface for Hydrography)은 수로측량에서의 수직기준면의 개발에 관한 내용으로 4분과(수로조사)에 의해 작성되었으며 5분과(측지)가 함께 참여하였다.

FIG의 Publication No. 43(FIG Costa Rica Declaration on Integrated Coastal Zone Management)은 통합된 연안지역 관리를 위한 FIG 코스타리카 선언에 관한 내용이다

기준면 변환을 위한 수직면 변환모델의 개발은 두개의 주요 단계가 있으며, 하나는 해도기준면과 WGS84의 분리점에서의 차이를 유도(조위관측소)하는 것이며 하나는 분리 점과 해양에서 일정한 거리에서 외삽된 모델간의 보간을 하는 것이다.

지오이드모델은 조석 간접수로측량에 많이 사용된다. 관측자가 WGS84를 정확히 반영한 심도를 얻을 수 있다면 지오이드모델은 필요가 없을지도 모른다. 그러나 수로측량자가 정확한 수직위치를 구하기 어렵고, 지오이드모델의 정확성을 확보하지 못한 상태에서는 불가능하다[7].

지오이드모델 없이 조석을 관측하는 것은 불가능하며, 최근 미 해군해양국은 RTK를 이용하여 더 높은 정확도를 취득하고 있다. 따라서 수로측량자와 수로측량장비의 발전, 그리고 위성측위기술로 인하여 조석관측이 없는 측량방법이 널리 사용될 것이다.

7. 결론

본 연구에서는 수준기준면, 지오이드, 모델링방법 그리고 수직기준면의 활용 등

이론적으로 고찰하고, 미국의 VDatum, 영국의 VORF를 검토한 결과, 지구중심 좌표계를 기반으로 지구타원체와 지오이드면의 차이를 데이터베이스화하고, 지오이드와 육상기준면, 수로측량의 수직기준면 사이의 차이에 대해서는 보정시스템을 구축하여 신속하게 서로 다른 수직기준면의 값으로 변환하는 등 GPS기술에 대처할 필요가 있다.

국제수로기구(IHO)에서 측량대상별 정확도에 관한 S-44, 수로데이터 교환표준인 S-57, 차세대 전자해도 기준인 S-100, 그리고 ISO 표준에 관해 현황분석 하였으며 앞으로 S-100에 대처하기 위하여 해양 데이터에 대한 SDI표준안 연구가 시급함을 보여준다.

국제적으로 인정된 19년 주기의 관측에 의한 국가기준(시기)을 정할 필요가 있으며, 기준면을 국제기준인 LAT로 변경하고 기존자료의 재해석이 요구된다.

국제수로기구(IHO)와 국제측량사연맹(FIG)의 활동을 분석, 고찰한 결과, 수로측량 및 GNSS를 이용한 간접수로측량방식 또는 GPS를 조석개정에 사용한 사례분석 등의 활용을 위해서는 다양한 수직기준면에 대한 변환모델링이 시급함을 보여 주고 있다.

참고문헌

- [1] 국토해양부, “육상-해양 공간정보 통합을 위한 기반 연구”, 2008.
- [2] 국토해양부 국토지리정보원, “수직기준 연계사업의 발전방향 연구”, 2009.
- [3] 강용덕, 최병호, “우리나라 조석기준면에 대한 재고찰”, 한국의 해안선정립을 위한 워크숍 논문집, pp. 55-64, 2004.
- [4] 이영진, 송준호, 손수익, 조승용, “수직기준 연계를 위한 발전방안 연구”, 한국측량학회, 춘계학술대회 논문집, pp. 141-142, 2010.
- [5] 이영진, 송준호, “수직기준계 연계를 위한 조석관측 정확도에 관한 고찰”, 한국공간정보학회, 춘계학술대회 논문집, pp. 272-273, 2010
- [6] 오세웅, 박종민, 서기열, 서상현, 이기철, “S-100 기반 수로데이터 제작방안 연구”, 한국해양항만학회, 제31권, 제2호, 추계학술대회논문집, pp. 184-186, 2007.
- [7] FIG, “FiG Guide on the Development of a Vertical Reference Surface for Hydrography”, FIG Commission 4 and 5 Working Group 4.2, Publication No. 37, 2008.
- [8] ICSM, “The Factors Contributing to the level of Confidence in the Tidal Predictions Accuracy of Tidal Predictions”, Precision of Tidal Predictions. Ver 0.4, 2005.
- [9] IHO, “Manual on Hydrography”, 1st Edition, International Hydrographic Bureau, IHO-Pub M-13, 2005.
- [10] NOS CO-OPS1, “Tidal Datums And Their Applications”, NOAA Special Publication, NOAA, 2000.
- [11] Murray, M. T., “A general method for the analysis of hourly heights of the tide”, International Hydrographic Review, 41(2), 91-101, 1964.
- [12] Peddersen, R. L., “Determination of LAT datum from Short Term Tidal Analysis”, Unpublished manuscript, MSQ Brisbane, 2001.
- [13] Swanson, R. L., “Variability of tidal datums and accuracy in determining datums from short series of observations”, NOAA Tech. Rep. NOS 64, Silver Spring, MD, pp. 41, 1974.
- [14] Ward, R., L. Alexander, B. Greenslade and A. Pharaoh, “IHO S-100-The New Hydrographic

Geospatial Standard for Marine Data
and Information“, 2008.