

발 간 등 록 번 호

11-1192000-000486-01

연안시설 설계기준·해설

2016



해양수산부

Ministry of Oceans and Fisheries

설계기준·해설 제정에 따른 경과조치

이 ‘연안시설 설계기준·해설’ 제정 관보고시일 이전에 이미 시행중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

머 리 말



21세기는 바다의 시대입니다. 바다는 일자리 창출과 경제 활성화에 기여하는 미래 성장 동력으로 국민 행복을 실현시킬 수 있는 우리의 훌륭한 해양자산입니다.

삼면이 바다인 우리나라는 국민의 약 28%가 연안에 거주하고 있으며 산업, 항만, 주거단지 확충, 연안친수시설 개발 사업 등이 주요 연안에서 활발히 진행되고 있습니다.

특히, 연안지역은 이러한 해양 산업의 근간이 되는 활동의 장으로 우리는 소중한 자산인 연안공간을 체계적으로 관리하고 보전하여 보다 더 풍요롭고 살기 좋은 연안으로 미래세대에게 온전히 물려주어야 할 것입니다.

최근 기후변화에 따른 지구 온난화와 해수면 상승, 연안의 난개발과 해안 인공구조물의 설치 증가로 인해 우리 연안의 침식이 가속화되고 있으며 연안의 안전이 심하게 위협받고 있습니다.

이러한 시기에 연안의 효율적 개발과 보존을 위한 「연안시설 설계 기준·해설」을 제정하게 된 것은 매우 뜻 깊은 일이라 생각합니다. 금번 제정되는 「연안시설 설계기준·해설」은 변화된 연안건설 여건과 기후변화를 반영하고 각종 기술자료 및 해외사례의 수집·분석, 국제 설계기준의 검토를 통해 현업에 종사하는 실무자들이 적극 활용 할 수 있는 설계 절차와 검토기준을 체계화하였습니다.

본 설계기준 제정으로 우리나라 연안건설 기술이 한 단계 발전하고, 나아가 우리의 연안기술이 세계적으로 인정받아 해외로 진출 할 수 있는 계기가 되기를 기원합니다.

끝으로 본 설계기준 제정에 헌신적으로 참여해주신 집필위원과 심의위원, 해양수산부 및 항만협회 관계자 여러분의 노고에 깊은 감사를 드립니다.

2016년 4월

해양수산부장관

김영욱

목 차

제1장 일반사항	1
1.1 목적	3
1.2 적용범위	3
1.3 용어의 정의	3
1.4 연안시설의 종류	6
1.5 참고기준	6
1.6 설계원칙	6
1.7 설계고려사항	7
1.7.1 연안기능의 다양성과 연안 회복탄력성	7
1.7.2 연안환경과 경관	7
1.7.3 연안의 이용	9
1.7.4 이용자 안전성	10
1.7.5 경제성	10
1.7.6 시공성	11
1.7.7 복합시설 시공순서	11
1.8 신규기술 적용	12
제2장 설계조건 및 계획	13
2.1 설계조건	15
2.1.1 일반사항	15
2.1.2 조위	16
2.1.3 파랑	17
2.1.4 흐름	21
2.1.5 표사(漂砂) 및 비사(飛砂)	22
2.1.6 해빈형상	25
2.1.7 지반	28
2.1.8 토압 및 수압	30
2.1.9 지진	31
2.1.10. 연안의 환경과 이용	34
2.1.11 기타 고려조건	37

2.2 계획	38
2.2.1 시설배치	38
2.2.2 유지관리	40
제3장 재 료	45
3.1 재료특성	47
3.1.1 콘크리트	47
3.1.2 강재	47
3.1.3 기타재료	47
제4장 설 계	49
4.1 호안·제방	51
4.1.1 일반사항	51
4.1.2 설계조건 및 계획	53
4.1.3 재료	56
4.1.4 설계	56
4.1.5 방호벽	88
4.2 돌제	93
4.2.1 일반사항	93
4.2.2 설계조건 및 계획	95
4.2.3 재료	97
4.2.4 설계	98
4.3 이안제	103
4.3.1 일반사항	103
4.3.2 설계조건 및 계획	106
4.3.3 재료	106
4.3.4 설계	107
4.4 잠제·인공리프	113
4.4.1 일반사항	113
4.4.2 설계조건 및 계획	115
4.4.3 재료	117
4.4.4 설계	117
4.5 소파제	124
4.5.1 일반사항	124
4.5.2 설계조건 및 계획	127
4.5.3 재료	128
4.5.4 설계	128

4.6 사빈(양빈)	130
4.6.1 일반사항	130
4.6.2 설계조건 및 계획	131
4.6.3 재료	134
4.6.4 설계	135
4.7 부대시설	138
4.7.1 일반사항	138
4.7.2 수문·통문	138
4.7.3 배수펌프장	146
4.7.4 육갑문	153
4.7.5 비사·비말 방지시설	155
4.7.6 기타시설	157

[부 록]

부록 I. 조사·모니터링	I-1
1. 개요	I-1
2. 조사 및 계획	I-1
부록 II. 수치모형실험	II-1
1. 일반사항	II-1
2. 수치모형실험의 설계	II-3
3. 수치실험의 수행	II-8
부록 III. 수리모형실험	III-1
1. 개설	III-1
2. 수리모형실험의 종류	III-2
3. 수리모형실험의 상사법칙	III-3
4. 2차원 단면실험	III-5
5. 3차원 평면실험	III-7
부록 IV. 갯벌 및 해조장	IV-1
1. 갯벌 및 해조장의 특성	IV-1
2. 갯벌과 해조장의 지형조건	IV-2
3. 생물생식 상황	IV-3

[제1장 일반사항]

1.1 목적

1.2 적용범위

1.3 용어의 정의

1.4 연안시설의 종류

1.5 참고기준

1.6 설계원칙

1.7 설계고려사항

1.8 신규기술 적용

제1장 일반사항

1.1 목적

이 설계기준은 「연안관리법」의 목적인 연안의 효율적인 보전·이용 및 개발을 만족하도록 연안시설의 위치를 정하고 형상과 구조를 설계하기 위함이다.

1.2 적용범위

이 기준은 「연안관리법」, 「항만법」, 「어촌·어항법」 및 「해양수산부령 제1호(2013.3.24) 항만시설의 기술기준에 관한 규칙」 등 관계법령에 의해 설치되는 연안시설에 대하여 적용한다.

[해설]

방조제 내수면 매립호안과 해안도로 방호를 위한 호안 등 중앙부처 또는 지자체가 시공, 관리하는 연안시설도 포함한다.

1.3 용어의 정의

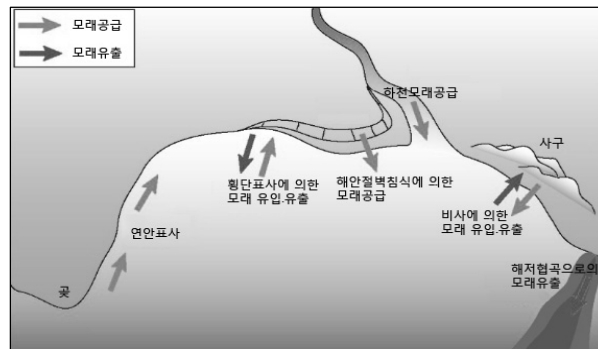
- (1) “연안”에 대한 정의는 「연안관리법」 제2조제1호~3호에 따른다.
- (2) “연안기능”이란 연안의 “방재기능”, “환경기능”, “이용기능”을 말한다.
- (3) “연안기능교환”이란 특정한 연안기능을 향상시키는 대가로 다른 연안기능이 저하되는 것을 말한다.
- (4) “연안회복탄력성”이란 해수면상승, 극치사상, 인위적 영향 등에 의한 변화를 수용하면서 연안기능을 장기적으로 유지하는 연안 고유의 능력을 말한다.
- (5) “연안시설”이란 특정한 목적으로 이용, 개발하거나 보존하기 위해 연안에 설치되는 시설물을 말한다.
- (6) “연안관리자”란 공공연안을 관리하는 자를 말한다.
- (7) “공공연안”이란 국가 혹은 공공단체가 소유하고 공공의 목적으로 이용되고 있는 연안을 말한다.
- (8) “해안선”은 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제6조제1항제4호에 따른 법률적 정의와 함께 “육지와 해수면과의 경계”라는 일반적 의미로도 사용할 수 있으며 법률적 정의를 강조할 필요가 있을 경우에는 “법정해안선”이라 한다.
- (9) “해안(海岸)”이란 폭풍 시 파랑작용이 해저면에 미치는 바다쪽 한계로부터 폭풍파가 도달하는 육지쪽 한계까지의 영역을 말하며 구성물질에 따라 암석해안과 해빈 및 산호초해안으로 구분한다.
- (10) “해변(海邊)”이란 해안의 육상부를 말한다.
- (11) “암석해안”은 고결된 물질로 구성된 해안을 말한다.
- (12) “해빈(海濱)”이란 점토, 모래, 자갈 및 패각 등 미고결 물질로 구성된 해안을 말한다.

- (13) “사빈(砂濱)”이란 모래로 구성된 해빈을 말한다.
- (14) 평균대조차가 4m 이상인 해안을 “대조차해안”, 2~4m인 해안을 “중조차해안”, 2m 이하인 해안을 “소조차해안”이라 한다.
- (15) “표사(漂砂)”란 해빈에서 파랑이나 흐름에 의해 모래가 이동하는 현상이나 이동하는 모래를 말한다.
 - ① “연안표사(沿岸漂砂)”란 해안선에 평행한 방향으로 모래가 이동하는 현상이나 이동하는 모래를 말한다.
 - ② “횡단표사(橫斷漂砂)”란 해안선에 직각인 방향으로 모래가 이동하는 현상이나 이동하는 모래를 말한다.
 - ③ “이안표사(離岸漂砂)”란 외해 방향으로의 횡단표사를 말한다.
 - ④ “향안표사(向岸漂砂)”란 육지 방향으로의 횡단표사를 말한다.
- (16) “비사(飛砂)”란 해변에서 바람에 의해 발생하는 모래이동 현상 또는 이동하는 퇴적물을 말한다.
- (17) “표사계(漂砂系)”란 모래수급이 독립적으로 이루어지는 시스템, 즉 모래수지 파악을 위해 더 이상의 공간을 연안방향으로 확장할 필요가 없는 영역을 말한다.
- (18) “모래이동한계수심”이란 파랑에 의해 모래이동이 발생하는 한계수심을 말한다.
- (19) “수심변화한계수심(closure depth)”이란 일정한 시간간격으로 측량한 해빈단면에서 시간에 따른 유의수준의 수심변화가 발생하지 않는 수심을 말한다.
- (20) “해안침식(海岸浸蝕)”이란 파랑이나 흐름 혹은 바람의 작용, 준설, 하천으로부터의 퇴적물 공급량 감소 등에 의한 해변 표고 감소, 수심 증가 혹은 해안선 후퇴를 말하며 “연안침식”도 같은 의미로 사용한다.
- (21) “양빈(養濱)”은 해안침식 저감·방지 또는 해빈 안정성 제고 등을 목적으로 해변에 퇴적물을 인위적으로 보충하는 것을 말한다.
 - ① “사장양빈(砂場養濱)”이란 사빈 육상부 혹은 사질 조간대에 모래를 인위적으로 보충하는 것을 말한다.
 - ② “수저양빈(水底養濱)”이란 해빈 수저부에 모래를 인위적으로 보충하는 것을 말한다.
- (22) “인공해빈”이란 양빈으로 조성된 해빈을 말한다.
- (23) “설계공용기간(設計供用期間)”이란 설계 전제로서 시설이 목표기능을 유지하는 것을 기대하는 기간이다.
- (24) “순응형 관리”란 연안시설의 시공 중 혹은 시공 후 모니터링을 통해 시설의 효과와 영향을 분석하고 필요시 설계를 변경하거나 대책을 마련하는 관리를 말한다.
- (25) “해안경관”이란 해안선을 기준으로 시각적으로 보이는 해역 및 육역의 자연환경과 인간의 생활 환경이 어우러져 형성되어진 풍경을 말한다.
- (26) 이 용어의 정의에 기술되지 않은 관련용어는 국가기준으로 제정된 기준에 통용되는 용어와 국제적으로 검증되어 통용되는 용어를 준용하여 사용할 수 있다.

[해설]

- (1) 「연안관리법」은 “연안”을 연안해역과 연안육역으로 구분한다. “연안해역”은 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제6조제1항제4호에 따라 약최고고조면으로 정의되는 “해안선”으로부터 지적공부(地籍公簿)에 등록된 지역까지로 정의되는 “바닷가”와 해안선으로부터 영해의 외측한계까지로 정의되는 “바다”로 구성되며, “연안육역”은 연안해역의 육지쪽 경계선으로부터 500m (「항만법」에 의한 “항만”, 「어촌·어항법」에 의한 “국가어항” 혹은 「산업입지 및 개발에 관한 법률」에 의한 “산업단지”는 1000m) 이내의 육지지역이다.

- (2) 연안기능교환(coastal function trade-off)
- (3) “회복탄력성(resilience)”을 “복원력”이라고도 한다.
- (4) 연안시설은 “연안보전시설”과 “연안이용·개발시설”로 구분할 수 있다.
- (5) “정선(汀線)”과 “수제선(水際線)”은 특별히 해수를 지목하지 않는 “수면과 육지와의 경계선”에 대한 일반적인 의미로 사용한다.
- (6) 해안(shore 혹은 coast), 암석해안(rocky shore), 해변(beach)
- (7) 해변의 기준해안선은 법정해안선이 아닌 일반적 의미의 해안선이다.
- (8) 해변을 “퇴적물해안”이라고도 부른다.
- (9) 점토(clay)와 실트(silt)로 구성된 해안을 이질해안(泥質海岸), 자갈로 구성된 해안을 자갈해안 혹은 역빈(礫濱), 이질 퇴적물과 모래가 혼재하는 경우에는 이사질(泥砂質) 혹은 사니질(砂泥質)해안이라 부르며, 이사질해안은 모래함유비가 50% 이상인 해안이다. 모래와 자갈이 섞여있는 경우에도 같은 방법을 따른다.
- (10) 해안에 작용하는 수리에너지의 상대적인 크기에 따라 “조석우세해안”과 “파랑우세해안”으로 구분한다.
- (11) 표사(sand transport)
- ① 연안표사(longshore sand transport)
 - ② 횡단표사(cross-shore 혹은 on-offshore sand transport)
 - ③ 이안표사(offshore sand transport)
 - ④ 향안표사(onshore sand transport)
- (12) 비사를 표사현상의 일부로 다루는 경우도 많다.
- (13) 표사계(littoral cell 혹은 sand transport cell) : 해설그림(1.3-1)과 같이 돌출 정도가 큰 곳이나 해저협곡은 연안표사가 끝나는 지점이므로 “표사계 경계”로 설정할 수 있다. 바다쪽 경계는 수심 변화한계수심(closure depth) 개념^{1),2),3)}을 도입하여 정할 수 있다.



해설그림(1.3-1) 표사계 개념도

- (14) 수저양빈은 파랑 비전형 효과 등에 의한 육지방향 모래이동을 이용하는 공법으로서 정지작업이 필요한 육상부 사장양빈에 비해 경제적이다⁴⁾.
- (15) 대표적인 인공해빈은 소조차해안 인공사빈과 중·대조차해안 인공갯벌(이질 혹은 사질)이다.
- (16) 순응형 관리(adaptive management)는 “적응형 관리”라고도 한다.

1.4 연안시설의 종류

연안시설 대부분은 월파, 월류 혹은 해안침식의 저감 방지를 위해 설치되며, 이에는 방파제, 호안, 방호벽, 돌제, 소파제, 이안제, 잠제·인공리프, 매립 그리고 파력 흡수를 위한 사빈(양빈) 등이 포함된다.

[해설]

설치목적에 따라 연안시설을 연안이용·개발시설과 연안보전시설로 구분할 수 있다.

1.5 참고기준

연안시설의 설계 시 필요에 따라 “항만 및 어항 설계기준·해설¹⁾”과 “연안정비사업 가이드북^{2), 3)}” 그리고 국제적으로 인정받고 있는 적절한 국외 기준^{4), 5)} 혹은 지침서^{6), 7)}를 활용할 수 있다.

[해설]

- (1) 이 기준에 규정되지 않은 사항은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)”의 해당 조항을 참조할 수 있다.
- (2) 연안시설의 설계 시 필요한 조사·모니터링, 수치모형실험, 수리모형실험, 갯벌 및 해조장은 이 기준의 부록을 참조할 수 있다.

1.6 설계원칙

- (1) 설계는 성능규정을 기본으로 하며 시설의 목적, 기능, 성능과 성능검토는 최신의 기술수준에 기초한다.
- (2) 연안시설의 형상과 구조 및 위치는 시설의 목적과 기능 및 성능 적합성에 더하여 연안기능의 다양성, 환경보전, 주변경관과의 조화, 경제성, 유지관리 용이성, 시공성, 공공이용 및 이용자의 안전성과 쾌적성 확보 등을 종합적으로 고려하여야 한다.
- (3) 연안시설의 성능규정 최적화 및 연안기능의 다양성 등을 포함하는 종합적인 고려를 위해서는 시설을 설치할 해안의 침수 혹은 침식이력과 시설의 기능에 영향을 미치는 연안수리 특성과 침식·퇴적현상을 충분히 파악할 수 있는 설계기간 등을 확보하여야 한다.

[해설]

- (1) 시설의 “기능”이란 월파를 감소시키는 등의 시설이 담당해야 할 역할을 의미하며, “성능”이란 기능 실현에 기여하는 시설의 능력을 의미한다.

“성능규정”은 구체적인 수치 등으로 구조물 형상 등을 규정하는 시방규정(示方規定)과 달리 목적성능이 발휘되는 특정한 방법이 제시되면 그것이 최선인 설계법이다.

“성능검토”는 현재의 기술수준과 실무에서의 사용편리성을 고려하여 대표적인 방법을 사용한다. 일반적으로 성능설계는 ‘신뢰성 설계법’으로 검토한다. 그러나 모든 성능에 대한 신뢰성 설계법이 확립되지 않은 상태이므로 설계자에게 성능검토 방법의 선택과 설정을 위임함으로써 발생할 수 있는 설계실무

- 혼란과 설계비용 증액을 방지하기 위하여 기술이 확립되지 않은 부분은 지방규정 형식을 사용한다.
- (2) 연안시설, 특히 해역을 점하는 시설에 의한 주변 해역 연안수리·퇴적현상(coastal processes)의 변화는 정도의 차이는 있으나 필연적이므로 그 영향을 신뢰성 있는 방법으로 검토하여 시설이 연안기능과 환경 등에 미치는 악영향을 최소화할 수 있도록 설계하여야 한다. 특히 해안침식 저감·방지시설인 경우에는 성능을 만족하는 다양한 시설이 있을 수 있으므로 종합적인 고려를 통한 형상·구조·위치 결정이 특별히 중요하다.
- (3) 다양한 시공간 규모로 발생하는 연안수리·퇴적현상은 국지적 특성이 강하며, 개별현상의 비선형성과 불규칙성 및 현상 간 상호작용 등으로 인해 매우 복잡하다. 그러나 관측의 어려움 등으로 인해 현상 이해도 수준이 부족하고, 그에 따라 수치모형의 예측신뢰도 역시 불충분한 실정이므로 설치해안의 외력특성(조석, 파랑, 흐름, 바람)과 폭풍 시 모래이동과 해안선의 최대 후퇴거리 등 연안시설의 목표 성능 달성 여부를 좌우할 수 있는 핵심현상의 특성을 우선적으로 파악하여 설계의 기초자료로 활용한다.

1.7 설계고려사항

1.7.1 연안기능의 다양성과 연안 회복탄력성

연안시설은 그 설치에 의한 연안기능교환으로 특정한 연안기능이 저하되어 회복탄력성을 잃지 않도록 설계하여야 한다.

[해설]

정온수역 확보를 위한 어항, 월파·월류로부터 해안 육상부, 즉 해변을 방호하기 위한 호안, 해안침식 방지시설 등 다양한 연안이용·개발 혹은 연안보전시설이 1차적인 설치목적을 달성하는, 즉 특정한 연안기능을 개선하는 대가로 다른 기능이 저하되는 연안기능교환이 발생할 수 있다. 이와 같이 목표 성능 달성이 다른 연안기능에 미치는 악영향을 최소화하고 회복탄력성을 유지하기 위해서는 설계 시 다양한 연안기능의 조화를 고려함과 아울러 순응형 관리를 도입할 필요가 있다.

1.7.2 연안환경과 경관

연안시설 설계 시 자연환경 보전과 경관에 유의한다. 또한 해안의 수질, 저질 및 생태계 보전기능을 고려하여야 한다.

[해설]

(1) 일반사항

해안환경보전에 지장을 초래하는 행위를 가능한 한 피하고, 훼손된 자연의 복원과 경관보전을 포함하여 자연과 공생하는 연안개발과 연안환경보전 및 정비가 필요하다.

특히 연안생태계 전체를 파악하는 것은 어렵고 생태계 자체에도 불확실성이 있으므로 시설 영향물 사전에 예측하기 어렵다. 따라서 시공 후 모니터링을 통해 필요시 설계를 변경하고 대책을 마련하는 것이 중요하다.

해안의 수질보전기능, 생태계보전기능이나 저질보전기능의 저하를 방지하기 위해서는 설계의 대상이

되는 연안시설이 그 기능에 미치는 요구성과 각 공법에 의한 실현성을 가능한 정량적으로 파악하여 평가할 필요가 있다.

(2) 수질보전성능

수질보전성능은 적절한 지표를 선택해 평가할 필요가 있다. 예를 들어 해수욕장으로 이용할 경우에는 해수욕장 수질기준이 지표로 활용되며, 또 기준치가 요구성능의 하나가 된다. 또한 대상해역에 대해 설정되어 있는 환경기준(COD, DO, 총 질소, 총 인 등)을 충족하도록 유의하는 것도 중요하며 이는 생태계 보전성능의 유지·개선에 중요하다.

(3) 생태계보전성능

생태계보전성능에 대해서도 적절한 지표로 평가할 필요가 있다. 예를 들어 대상해안 고유의 희귀종 개체수 등의 지표 외에도 생물 다양성을 나타내는 종의 수와 생물(특히 수산업 대상종)의 습윤중량 등이 지표로서 적절한 경우도 있다. 해당 해안의 특성에 맞는 지표의 선택이 중요하다.

(4) 저질보전성능

저질보전성능은 생태계나 수질의 보전을 확보하는 기초적인 성능으로서 적절한 지표를 선택해 평가할 필요가 있다. 비교적 구체적인 저질환경의 지표는 침식이나 세굴 등 퇴적물 이동으로 인한 해저형상 변화이다. 또한 저질의 입경 변화와 저질 내의 유기물 성분 변화에 따른 강열감량 변화 등을 지표로 활용할 수 있다. 해안의 저질환경은 공간적 변화가 클 수 있으므로 광역적으로 파악할 필요가 있다.

(5) 경관

해안경관은 자연성, 심미성, 쾌적성 측면에서 중요하다. 특히 시설과 그 주변경관은 친수기능으로서도 중요하다. 해당해안의 기조를 형성하는 자연경관의 매력을 보존하고 활용하도록 하고, 정선(汀線)의 형상을 고려하도록 한다. 연안시설이 자연환경과 잘 어우러지도록 하고 배후지역과의 공간적, 시각적 일체성을 확보하도록 한다. 수변으로의 물리적, 시각적, 정보적 접근성을 고려한 공간과 시설이 되도록 한다.

(6) 공법 선정

요구되는 수질보전성능이나 생태계보전성능, 저질보전성능 및 경관을 충족하기 위해서는 적절한 공법의 선택이 중요하다. 단 공법은 방재성능이나 비용 중심으로 결정하는 경우가 많으므로 이들을 충분히 고려해 선택할 필요가 있다.

수질보전성능이나 생태계보전성능, 저질보전성능 및 경관을 향상시키기 위해서는 다양한 연구·검토가 요구되며, 특히 생물보전성능에 대해서는 생물의 크기나 생활방법을 고려한 세심한 배려가 중요하다.

연안보전시설의 경우 대부분 해안방호에 역점을 두기 때문에 해안접근성을 확보하기 위한 환경사호안이 해안식생을 소실시키거나 이안제나 소파공이 해안경관을 저하시키는 등 연안기능교환이 발생할 수 있다. 이에 따른 악영향이 심화되지 않도록 순응형 관리를 도입하는 것이 중요하다.

1.7.3 연안의 이용

연안시설 설계 시 가능하면 해안의 이용성을 제고할 수 있는 공법을 선택하여야 한다.

[해설]

(1) 일반사항

해안은 공공재에 적합한 이용성을 확보하여야 하며, 이를 위해서는 다양한 해안기능과 방호목적과의 조화와 자연환경보전에 유의할 필요가 있다.

(2) 이용행태 파악

해안의 이용성을 높이기 위해서는 설계대상 연안시설을 포함한 해당해안에 대한 이용공간 및 이용행태 등을 파악하도록 한다. 해안의 다양한 이용행태에 대해 이용자의 안전성, 편의성, 쾌적성 등의 측면에서 공간현황과 요구성능 및 후보공법 등을 평가할 필요가 있다. 요구성능은 해당해안의 이용특성을 파악한 후에 방재나 환경 측면의 요구성능도 고려하여 결정한다.

한편 연안시설이 해안접근성을 저해하는 경우 등 편의성이나 쾌적성을 평가하기 이전에 고려해야 하는 문제도 있다는 점에 유의할 필요가 있다. 또한 자동차의 해안출입이 해안생태계에 미치는 영향이나 해안접근성이 주변지역의 거주환경에 미치는 영향 등 이용행태가 환경에 미치는 영향도 고려하는 것이 중요하다.

(3) 편의성과 쾌적성

연안은 다양한 이용형태를 가지고 있다. 이용행태에 따라 편의성과 쾌적성은 다르며, 동일한 이용형태일지라도 이용자에 따라 다르다는 점에 유의할 필요가 있다.

편의성은 이용행태에 따라 얼마나 원활하게 이용할 수 있는지를 고려하는 것이며, 특히 해당연안 고유의 이용형태를 구체적으로 조사할 필요가 있다. 예를 들어 바다낚시로 이용되는 호안의 마루가 너무 높아 낚시가 곤란한 경우도 있다.

쾌적성은 인간의 감각에 의존하는 것으로 경관을 판단하는 중요한 척도가 된다. 또한 햇살, 기온, 습도, 바람 등의 기후환경요소나 물보라, 비사, 파도소리, 모래색깔, 모래해안과 자갈해안 포말대에서의 파의 처오름 및 처내림 소리, 해조류 냄새, 식생 등 연안의 독특한 환경요소가 쾌적성과 밀접한 관계가 있으므로 가능한 한 정량적으로 파악하는 것이 필요하다.

(4) 수산업에서의 이용

연안은 어패류와 해조류 등의 서식과 수확의 공간이며 양식장으로 이용되기도 한다. 또한 연안은 수산물 가공과 수산장비의 보수와 보관의 장소로서도 이용되고 있다. 수산업으로 이용되는 해안에서는 레크리에이션 활동 등 다른 이용과의 조정이 불가피하다. 또한 안전하고 효율적이며 쾌적한 연안수산업 작업환경을 조성하는 것이 중요하다.

(5) 공법 선정

요구되는 안전성, 편의성과 쾌적성 등을 충족시키기 위해서는 적절한 공법선택이 중요하다. 단 공법은 방재 성능이나 비용 중심으로 결정하는 경우가 많으므로 이와 함께 이용성을 고려하여 선정할 필요가 있다.

특히 친수기능을 충족하기 위해서는 부대시설인 편의시설의 설계가 중요하다. 편의시설에는 계단, 난간, 조명, 데크, 화장실 등 다양하며 그 배치를 포함한 설계가 중요하다.

친수기능을 높이기 위한 인체공학적인 설계가 필요하며 이용자를 고려한 다양한 연구가 필요하다.

1.7.4 이용자 안전성

이용을 전제로 하는 연안시설은 이용자의 안전에 유의하여 적절하게 설계하여야 한다.

[해설]

(1) 일반사항

연안은 기본적으로는 누구나 자유로이 이용할 수가 있다. 공공이용이 전제되거나 예정된 경우는 연안 시설이 혹독한 자연조건하에 놓인다는 점에 유의하여 연안시설로 인한 사고가 발생하지 않도록 이용자 안전을 충분히 고려하여 설계한다.

(2) 설계 유의점

연안시설은 “이용을 전제로 하는 시설”, “이용을 전제로 하지 않지만 이용은 고려해야 하는 시설”, “이용을 전제로 하지 않는 시설”로 분류되며, 이용 실태나 이용자 요청에 맞게 연안시설을 구분하여 설계하는 것이 중요하다. 따라서 “이용을 전제로 하는 시설”인 경우에는 이용 시 외력을 대상으로 파랑, 유속 및 지형 변동에 미치는 영향 등에 유의해 이용자의 안전대책을 설계에 반영하도록 한다.

또한 기존 연안시설을 개보수할 경우에는 연안시설 이용상황, 해난사고 발생상황 자료를 수집·정리하고 기존시설의 잠재적인 문제점을 도출하여 개·보수와 형식변경에 대해 검토한다.

(3) 다중 안전대책

큰 외력을 받는 경우나 지중(地中) 등으로 점검이 어려운 경우에는 설계 시 하나의 안전대책에만 의존하지 않는 다중적인 안전대책을 강구하는 것도 고려한다.

(4) 관리의 중요성

안전대책시설이 설계대로의 성능을 가지고 있는지 확인하기 위해서는 연안시설과 해안을 정기적으로 관찰·점검할 필요가 있다.

특히 인공사빈에서 양빈모래의 유출·흡출 등에 의한 함몰이나 지상에서는 보이지 않는 공동이 발생하는 경우가 있다. 따라서 모래 유출·흡출 방지대책을 강구함과 함께 정기적인 관찰과 점검을 실시함으로써 이용자의 안전과 관련된 현상을 항상 파악하도록 노력하는 것이 중요하다.

한편 연안관리자들이 안전대책 모두를 담당하는 것은 불가능하므로, 필요에 따라 지역주민과 “연안 지킴이(연안관리법 제33조에 따라 위촉)” 등 자원봉사자의 협력을 얻어 이용규칙을 명확히 함으로써 이용자의 자기책임을 전제로 한 안전대책규칙을 정하는 것도 중요하다.

1.7.5 경제성

(1) 연안시설은 비용경감과 더불어 생애주기(life cycle)에 걸친 경제성도 고려하여 설계하여야 한다.

(2) 연안시설이 주변 환경을 훼손시키거나 복구가 불가피할 것이 확실시되면 그 복구비용을 고려하여 경제성을 평가하여야 한다.

[해설]

(1) 연안시설 시공과 관련하여 공사비 경감과 공사의 시간적비용 경감을 도모함과 함께 완공 후 유지관리비 등을 포함한 생애주기(life cycle)에 걸친 경제성도 고려하는 것이 필요하다.

공사비용 경감의 경우 계획 중인 연안시설이 필요 이상으로 화려하고 거대한 것은 아닌지, 적절한 서비스수준 등의 관점에서 검토한다. 또한 설계자의 자유로운 아이디어로 비용경감을 도모하는 것도 중요하다. 공사의 시간적 비용경감의 경우 신기술과 신재료 및 잔존 거푸집 등의 사용 등에 의한 공기단축 검토도 중요하다. 한편 연안시설은 항상 파랑과 유속 등의 작용에 노출되어 필요한 기능을 확보하기 위해 적절한 유지관리가 필요하다. 따라서 설계 단계에서 초기비용뿐 아니라 유지관리비가 포함된 생애주기(life cycle)를 고려하여 시설의 품질향상을 도모할 필요가 있다.

- (2) 예를 들어 어항, 해안도로 등의 연안개발시설에 의한 해안침식은 해당시설로부터 원거리까지 발생 할 수 있으며 배후지 여건에 따라 침식피해 방지를 위한 연안보전시설 설치가 불가피한 경우가 있다.

1.7.6 시공성

연안시설은 대상연안의 자연적·사회적인 조건 등을 바탕으로 시공성을 고려하여 설계하여야 한다.

[해설]

연안시설은 대상연안의 지리적, 사회적인 조건에 의해 재료나 작업선, 기계류 조달의 난이도나 시공 방법, 유지관리방법 등의 관점에서 요구되는 제약조건도 고려하여 설계할 필요가 있다. 이를 위해 대상 지와 근방의 자연조건, 사회조건, 시공지역조건을 파악함과 함께 이로 인한 시공시기 등에 대해서도 검토하는 것이 중요하다.

자연조건이란 기상, 해상, 지형·지질 및 생태계 등으로서 특히 해상작업의 경우에는 파고, 풍속 등에 의한 작업한계 조건이 있고 귀중한 생물의 서식상황 등을 고려할 필요가 있다. 사회조건으로서는 인근 공공시설(학교, 병원, 복지시설 등)이나 해수욕장 등의 해변이용 유무 및 어업활동 유무 등이 있다. 시공지역 조건에는 시공해안이 외해에 면한 개방성 해안인지 내만 등의 폐쇄성 해안인지에 따른 시공성 차이, 시공기계 및 재료 조달 난이도, 명승지, 보호지로서의 국립공원 등의 지정상황 등에 의해 시공이 제약받을 수 있음을 주의할 필요가 있다. 시공시기에 대해서는 우리나라의 경우 계절별 해상 등의 조건 변화가 크기 때문에(동·서·남해 연안의 계절별 파랑, 특히 서해안의 조수간만 차 등) 시공해안의 해상조건이나 공사규모 등을 종합적으로 감안한 시공시기 등의 검토가 필요하다.

1.7.7 복합시설 시공순서

형식이 다른 시설이나 형식이 동일한 다수의 시설로 구성되는 복합시설의 경우에는 시공 중 연안기능 저하를 최소화할 수 있도록 시공순서를 정해야 한다.

[해설]

해안방재를 위하여 양빈을 포함하는 복합방호방식(複合防護方式)이나 돌제군(突堤群), 이안제군(離岸堤群), 잠제군(潛堤群)을 순차적으로 시공하는 동안 시공되었거나 시공 중인 시설에 의해 예상치 못한 침식이 발생할 수 있다. 이는 공사비 증액이나 새로운 민원을 초래할 수 있음을 유의하여야 한다.

1.8 신규기술 적용

설계자는 필요에 따라 이 기준에 규정되지 않은 사항에 대해서도 기술기준의 주요 취지를 따르는 수리모형실험 및 신뢰성 있는 수치계산 등의 방법으로 기능, 안전성 등을 조사한 후에 적절한 방법을 적용할 수 있다.

[해설]

- (1) 이 기준은 연안시설이 「연안관리법」의 목적에 만족하기 위한 최소한의 요건이다. 연안시설의 효율·효과적인 설치를 위해서는 이 기준을 만족시키는 것 외에도 새로운 지식·정보나 공법이 현장에 적용될 필요가 있으므로 설계에 자율성을 부여할 필요가 있다.
- (2) 연안침식의 광범위한 실태조사가 필요한 지역은 “항공수심측량 작업규정(국립해양조사원 예규 제130호, 2015.07.09)”에 따라 경제성, 우수성 등을 고려하여 항공수심측량을 비교, 검토하여 반영할 수 있다.

[참고문헌(기준)]

- 1) 해양수산부(2014). 항만 및 어항 설계기준·해설
- 2) 국토해양부(2010). 연안정비사업 설계 가이드북
- 3) 국토해양부(2010). 연안정비사업 침식관리 가이드북
- 4) 日本港灣協會(2007). 港灣の施設の技術上の基準·同解説
- 5) 日本 海岸保全施設技術研究會(2004). 海岸保全施設の技術上の基準·同解説
- 6) 日本 土木學會(2000). 海岸施設設計便覽
- 7) USACE(2002). coastal engineering manual

[참고문헌(해설)]

- 1) Hallermeier, R.J (1978). “uses for a calculated limit depth to beach erosion.” Proc. 16th ICCE, ASCE, hamburg. pp. 1493~1512.
- 2) Hallermeier, R.J (1981). “a profile zonation for seasonal beaches from wave climate.” coastal eng., 4. pp. 253~277.
- 3) Birkmeier, W.A (1985). “field data of seaward limit of profile change.” J. Waterways, port, coastal and ocean eng., ASCE, 111(3). pp. 598~602.
- 4) Grunnet, N.M. and B.G. Ruessink (2005). “morpho-dynamic response of nearshore bars to a shoreface nourishment.” coastal eng., 52. pp. 119~137.

[제2장 설계조건 및 계획]

2.1 설계조건

2.2 계획

제2장 설계조건 및 계획

2.1 설계조건

2.1.1 일반사항

연안시설은 시설마다 요구되는 기능이 다르고 폭풍해일, 바람, 파랑, 흐름, 지진 등의 외력이 구조물마다 다르게 작용한다는 것을 고려하여 요구기능을 만족시키고 고려해야 할 외력 작용에 대해 구조적으로 안전하여야 한다.

폭풍해일, 바람, 파랑, 흐름, 표사, 해빈변형, 지반, 토압, 수압, 지진, 환경과 이용 등의 설계조건을 고려한다.

[해설]

(1) 일반사항

연안시설은 요구되는 기능을 만족함과 동시에 대상 외력 등에 대해 장기간에 걸친 안정성을 확보하도록 설계할 필요가 있다. 특히 설계조건은 구조물의 형식이나 규모를 결정하기 위한 기초적인 사항이다.

(2) 외력작용과 기초조건 파악

연안시설 설계에서 고려대상인 주요 외력은 폭풍해일과 파랑이다. 구조물 조건에 따라서는 지진, 수압, 토압, 유속, 풍압 등도 포함된다. 구조물 안전성에 대한 검토에는 설치지점의 지질·지층특성, 지반지력도 고려한다. 해빈변형, 지반변동, 해수면의 장기변동 등도 시설 안전성의 지배요인이다. 따라서 이들 사항에 대해 충분한 조사와 관측이 필요하다.

(3) 시설규모와 설계공용기간의 인식

시설규모는 배후지의 중요도 등과 조화를 이루어야 한다. 규모, 구조형식 결정에 있어서는 요구되는 기능을 만족하는 기술적인 검토와 경제성 검토가 필요하다. 경제성은 공사비뿐 아니라 편익성도 고려한 비용편익분석 등을 통해 검토하고, 시설의 내구연한과 설계공용기간과의 관계를 고려해 유지관리비나 갱신을 포함한 생애주기비용(life cycle cost)을 고려할 필요가 있다.

(4) 주변 연안환경에 미치는 영향

연안시설이 주변 생태계나 자연환경에 미치는 영향범위는 시설규모 이상이다. 요구되는 시설기능을 만족하는 복수의 설계안에 대해 주변 해안환경에 미치는 영향을 검토하여 악영향을 최소화할 수 있는 설계안을 선택할 필요가 있다.

(5) 연안이용 및 개발계획과의 조화

연안역은 육지와 해양의 전이역으로서 어업, 레크리에이션, 선박운항 등의 이용이 이루어지는 공간임과 동시에 독자적인 자연환경, 경관을 형성하고 있다. 이러한 연안이용, 자연환경, 경관을 고려할 필요가 있다.

(6) 시공성 및 유지관리

해당 연안의 지리적, 사회적 조건에 따라 재료나 작업선 조달 등을 포함하는 시공이나 유지관리가 지배적인 설계요소가 되는 경우가 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다.

2.1.2 조위

2.1.2.1 설계조위

- (1) 설계조위는 연안시설의 배후지 상황 등을 고려하여 연안관리자가 종합적으로 판단하여 결정한다.
- (2) 설계조위의 결정방법은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제5장 조석”에 따른다.

[해설]

- (1) 연안시설의 설계에 사용하는 조위를 적절히 설정하는 것이 중요하다. 설계에 이용되는 조위는 천문조 및 폭풍해일 등에 의한 이상조위의 실측값 또는 추산값에 기초해 정할 수 있다.

특히 “설계고조위”는 설계기준에 나타난 기법으로 설정된 조위의 상한값으로서 다음과 같이 산정할 수 있다.

- ① 기왕 고극조위(관측된 최고조위)
- ② 약최고고조위(A.H.H.W)에 기존의 조위편차 최댓값을 더한 값
- ③ 약최고고조위(A.H.H.W)에 추산한 조위편차 최댓값을 더한 값

또한 필요에 따라 해당 고조위 시에 해당 조위편차와 설계파가 동시에 발생할 가능성을 고려해 해당 조위 편차 최댓값 범위 내에서의 하방수정 및 평균해수면(M.S.L) 변동을 고려해 상방보정도 가능하도록 한다.

- (2) 고려해야 할 배후지 상황으로서는 인구 집중도, 자산 집적도, 중요시설 유무, 배후지 지반고 등이 있다.

2.1.2.2 폭풍해일

폭풍해일의 제원은 가능한 장기간에 걸친 실측값, 기왕 재해시의 침수기록을 바탕으로 정하거나 실측값 또는 침수기록을 충분히 재현한 수치계산이나 적절한 산정식으로 추산한 값에 기초하여 정한다.

[해설]

- (1) 일반사항

달이나 태양의 인력으로 인해 발생하는 천문조 외에 저기압(태풍이나 열대저기압을 포함)이나 고기압의 통과로 인한 기압변동, 바람 등에 의해서도 해수면 높이가 변한다. 이들 기상에 의한 해수면 변화를 “기상조”라고 하며, 기상조와 천문조위와의 차이를 “조위편차”라고 한다. 기상조 중에서 특히 태풍이나 열대저기압의 통과로 인해 해수면이 높아지는 것을 “폭풍해일”이라 한다. 폭풍해일은 태풍이나 저기압 통과에 의해 나타나는 이상조위를 뜻하며, 폭풍해일고는 실측조위와 천문조와의 차인 “조위편차”에 의해 파악할 수 있다.

- (2) 폭풍해일고 고려방법

상세한 폭풍해일고 결정방법은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제5장 조석”을 따른다.

2.1.3 파랑

2.1.3.1 일반사항

설계에는 원칙적으로 불규칙파를 이용한다. 불규칙파의 대표파고 및 주기는 유의파고 및 유의파주기로 한다. 연안역에서의 파고, 주기 및 파향의 변화를 검토할 때에는 지형에 의한 파랑의 굴절, 회절, 쇄파변형 등을 적절한 방법으로 고려한다. 단, 규칙파로 설계된 기존시설 및 이와 관련된 시설의 개량을 위한 설계에는 규칙파를 적용할 수 있다.

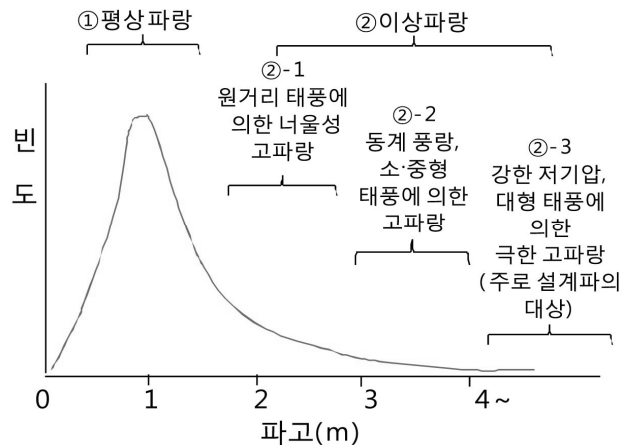
2.1.3.2 설계파 재현주기 결정

연안시설에 대한 설계파 재현주기는 시설의 목적성능, 설계공용기간, 시설물의 초기공사비와 유지관리비로 이루어지는 생애주기비용(life cycle cost), 시설이 피해발생시 배후에 미치는 영향 및 유지보수의 용이성 등을 종합적으로 고려하여 적절히 결정한다.

[해설]

(1) 일반사항

해안으로 내습하는 파랑의 파고 빈도분포는 일반적으로 해설그림(2.1-1)의 예시와 같은 분포를 보이며 “정상파랑(平常波浪)”과 “이상파랑(異常波浪)”으로 대별한다. 각각에 대한 정의를 명확히 하기는 쉽지 않지만 정상파랑은 1년 이상 연속된 파랑자료에서 얻어지는 정상시 파랑으로 비교적 파고가 작은 파랑을 말하며, 이상파랑은 정상파랑에 대응하는 용어로서 파고가 비교적 높은 파랑을 말한다.



해설그림 (2.1-1) 내습파랑 빈도분포(예시)와 성능평가 및 시설 설계에 사용하는 파랑의 구분

정상파랑은 95~97%의 발생빈도를 차지할 정도인 대부분의 파랑에 해당한다. 이상파랑은 태풍, 동계 강풍, 강한 저기압 통과 시 발생하는 고파랑으로서 년 수회 정도 발생하는 파랑으로부터 대형태풍에 의한 극한빈도 고파랑까지 포함한다. 특히 이상파랑은 파랑상태가 시시각각 급변하는 특징이 있다.

이상파랑 중 시설의 목표성능 설정, 안정성 평가 등에 사용하는 특정한 재현빈도 파랑을 “설계파(設計波)”라 부른다. 설계파는 일반적으로 장기간의 이상파랑을 이용한 극치해석을 통해 산정한다.

광폭잠제의 경우 년 수회 정도의 이상파랑에 대하여 수리성능을 발휘하되 제체의 구조안정성은 보다 긴 재현주기를 가질 수 있으므로 경우에 따라서는 수리성능에 대한 설계파와 구조안정성에 대한 설계파를 이원적으로 적용할 수 있다.

(2) 연안시설의 성능평가 대상파

연안시설의 목적이 파랑제어인가 혹은 표사제어인가에 따라 성능평가의 대상이 되는 파랑이 다르다. 파랑 제어시설인 경우는 시설의 안정성 유지를 위한 한계파랑을 설계파로 결정하고, 기능설정은 설계파를 이용하거나 이보다 작은 파랑을 이용한다. 이 경우에도 구조물의 종류에 따라 대상파랑을 다르게 설정할 수 있다. 예를 들면, 잠제의 경우는 설계파 또는 년 수회 정도의 이상파랑보다 작은 파랑 내습 시 오히려 소파 효과가 감소할 수 있으므로 배후의 피해발생을 검토할 필요가 있다.

표사제어시설, 즉 해안침식 저감·방지 또는 사빈 유지기간 평가 등을 위한 대상파랑은 항만계획·설계 시와 같이 특정한 재현빈도 파랑으로 정의하기는 쉽지 않다. 이는 항만은 선박 접안 혹은 하역작업을 상정한 한계파고로 정온도 확보를 평가하는 반면, 사빈을 구성하는 모래는 작은 파랑에 의해서도 이동하기 때문에 장기적인 측면에서 안정(혹은 평형) 상태를 확보하는가를 평가하기 때문이다. 이에 따라 연안시설에 의한 해빈침식·퇴적 문제를 다룰 경우에는 시설의 목적과 종류 및 규모와 경제성 여하에 따라 적절한 평가대상의 파랑을 선정해야 하며 이를 “대상파(對象波)”라 칭한다.

예를 들어, 해안선 장기변화를 평가할 경우 수치모형의 계산시간, 각종 입력 값의 취급상의 제약 및 한계 등으로 인해 일반적으로 수개의 평균적인 개념의 대표파(계절별, 월별 혹은 파향별 등)를 이용하는 경우가 많다. 시간적 여유가 많거나 입력 값의 취급이 용이한 경우에는 다수의 파랑 자료를 이용하는 경우도 있다. 또한 해빈 여건이나 배후지 중요도, 내습파랑의 변동성 등에 따라 해빈의 단기변동 특성 파악이 중요할 경우에는 년 수회 정도 발생하는 이상파랑을 사용하는 경우도 있고, 그 이상의 이상 고파랑에 의한 단기성의 해안선 및 해저지형 변화를 평가할 수 있다. 이러한 평가대상의 파랑은 설계자가 직접 결정할 수도 있으나 사업의 지역적 특성에 따라서는 연안관리자나 이해당사자 등이 협의하여 정하는 것이 합리적일 수 있다.

(3) 설계파의 재현주기 결정

일반적으로 시설의 설계기준에서는 적용할 설계외력 재현주기를 특정 주기로 규정하지 않고 있다. 항만 및 어항 시설의 경우 “생애주기 동안의 총비용(초기 건설비+유지관리비)을 고려하여 검토해야 한다(항만 및 어항설계기준·해설, 해양수산부, 2014, 28쪽)”라고 규정하고 있다. 실제 이를 고려한 계획·설계는 쉽지 않은 것이 현실이지만 설계파의 재현주기는 시설의 내용연수, 시설의 중요도, 피해(혹은 변위) 발생 확률 및 피해 허용 정도 등을 고려하기 위한 변화와 가이드 정립이 강조되고 있다¹⁾.

연안시설의 경우도 이와 유사하게 생애주기비용(life cycle cost)을 고려하고, 이때 시설물에 피해가 발생 시 배후에 미치는 영향 및 유지보수의 용이성 등을 고려하여 설계파 재현주기를 다음과 같이 적절히 결정하는 것이 필요하다.

- ① 해안의 침식대책을 위한 연안시설물은 일반적으로 항만이나 어항의 방파제에 비해 다양한 재료의 사용이 가능하고, 월파 및 변위(혹은 파손)를 더 많이 허용할 수 있는 시설이다. 따라서 경제성을 고려하여 마루높이 등 시설제원 결정을 위한 재현주기는 안정 성능 평가의 대상 재현주기보다 짧게

설정할 수 있다. 시설이 피해발생시 배후에 미치는 영향이 적거나 유지보수가 용이한 경우에는 역으로도 할 수 있다.

- ② 일본의 경우 항만은 우리나라와 같이 통상 50년으로 하고 있으나 어항은 30년이 기본이다. 이에 반해 우리나라에서는 1999년 항만과 어항 설계기준이 통합되면서 50년으로 적용하는 것이 일반적이다. 연안시설의 경우 일본에서는 대부분 30년 이하이며, 유럽에서는 20~30년 정도가 많다.
- ③ 국내외의 사례에 비추어 본 연안시설에 대한 설계파의 재현주기는 20~30년 정도가 적절할 것이다. 그러나 광폭잡제(인공리프)와 같이 제체 폭이 넓어 건설비용이 많이 소요되는 시설의 경우 제체의 제원(특히 폭) 결정은 년 수회 정도 발생할 수 있는 이상파랑을 대상으로 하는 것이 적절하다.

2.1.3.3 설계파 결정방법

(1) 심해파 결정

설계에 이용되는 파고, 주기, 파향 등의 파랑 제원은 장기간의 관측 자료에 기초한 통계해석을 통해 설정하도록 한다. 단, 관측 자료가 충분하지 않은 경우에는 파랑추산 결과를 준용할 수 있다.

(2) 구조물에 작용하는 파랑 결정

연안시설에 작용하는 파랑은 파랑 불규칙성을 고려하는 수치계산법으로 천해역에서의 파랑변형을 적절히 고려하여 결정한다. 단, 지형이 비교적 단순한 경우에는 불규칙파의 대표파를 이용해 미소진폭파이론에 기초한 산정도를 이용할 수 있다.

[해설]

상세한 설계파랑 제원 및 파력 결정방법은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑”을 따른다.

2.1.3.4 심해파 추산

(1) 해상풍 추산

파랑 추산에 이용되는 풍속과 풍향은 바람 실측값 또는 수치모델 계산값에 고도 등의 필요한 보정을 통해 산정한다.

(2) 파랑 추산

파랑 추산은 스펙트럼법 또는 유의파법을 따른다.

2.1.3.5 천해파랑 파향, 파장 및 파고 변화

천해역의 파향, 파장 및 파고는 수심변화에 따른 파랑의 천수변형, 굴절, 쇄파, 구조물에서의 회절 등을 고려하여 산정한다. 단 비교적 단순한 지형을 가진 해역에서는 실적이 있는 적절한 도표에 의한 해법을 이용할 수 있다.

2.1.3.6 파력

(1) 일반사항

구조물에 작용하는 파력은 구조물의 형태, 해저지형, 수심, 파랑제원 등을 고려해 적절한 산정식, 수치모형

실험 등으로 산정하며 파랑의 불규칙성도 고려한다.

(2) 직립벽에 작용하는 파력

직립벽에 작용하는 파력은 파랑조건 외에 조위, 수심, 해저지형, 연안시설의 단면형상, 기준선형상 등에 따라 변하므로 이들을 고려해 적절히 산정한다.

특히 급경사 해저면 또는 높은 마운드 상의 직립벽에 있어서는 강력한 충격쇄파력이 작용하는 경우가 있으므로 그 발생조건에 충분히 유의해 파력을 산정한다.

(3) 피복석 및 블록 소요질량

파력을 받는 경사구조물의 사면을 피복해야 할 사석(捨石) 및 콘크리트 블록의 소요질량 내지는 혼성제 마운드의 피복석 및 블록의 소요질량은 적절한 산정식 또는 수리모형실험에 의해 산정한다.

(4) 해중부재 및 고립구조물에 작용하는 파력

해중부재에 작용하는 파력은 파랑에 의한 수립자 유속의 제곱에 비례하는 항력(抗力)과 수립자 가속도에 비례하는 관성력의 합으로 산정한다. 해중에 설치한 대형 고립구조물에 작용하는 파력은 구조물 크기나 단면 형상을 고려해 적절한 수치계산, 수리모형실험 등을 통해 산정한다.

(5) 지반안전성

파랑에 의한 지반 액상화를 검토할 경우에는 적절한 산정식 또는 수리모형실험을 이용한다.

2.1.3.7 월파유량

설계에 이용되는 월파유량은 호안의 구조, 주변지형 등을 고려해 적절한 산정방법 또는 수리모형실험을 통해 산정한다. 설계에 이용되는 허용 월파유량은 배후지의 중요도에 따라 적절한 수치를 설정한다.

2.1.3.8 파의 처오름 높이

설계에 이용되는 파의 처오름 높이 산정 시 파랑의 불규칙성을 고려한 모형실험, 불규칙파를 대상으로 한 산정법 또는 대표파고와 주기가 있는 규칙파를 대상으로 하는 산정법을 이용한다.

2.1.4 흐름

해빈류, 조석류, 취송류 및 하구류 등 흐름이 해빈변형, 연안시설 안전성, 시설에 의한 연안환경변화 혹은 해수욕객 안전에 영향을 미칠 경우에는 수치모형실험 등 적절한 방법으로 이를 검토하여야 한다.

[해설]

(1) 일반사항

흐름은 해빈변형 예측 시 외력으로서 사용됨과 함께 연안시설에 의한 연안환경변화 예측에도 이용되며, 해수욕객 등의 안전성 검토에도 이용할 수 있다.

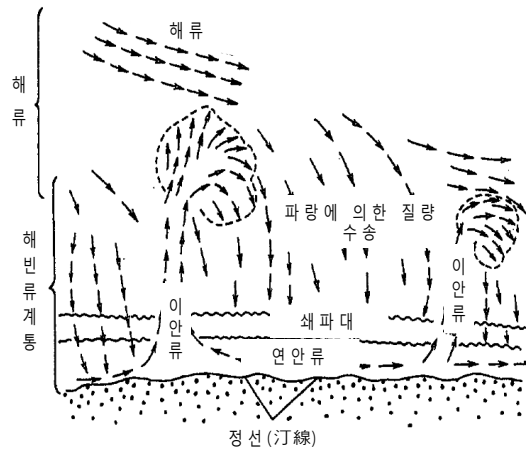
연안시설은 대부분 천해역에 설치되므로 설계에 이용되는 흐름은 주로 해빈류[해설그림(2.1-2)]이지만 경우에 따라서는 조류(潮流), 취송류(吹送流) 및 하구류(河口流)에 대한 검토가 필요하다.

(2) 해빈류·조류·취송류

해빈류, 조류 및 취송류의 발달구조에 대한 해설과 산정방법은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제6장 흐름 및 흐름의 힘”을 따른다.

(3) 하구류

하구류(河口流)는 하천류, 감조(感潮) 영역에서의 조석에 의한 흐름과 하구 밀도류를 포함한다. 홍수와 같이 하천 유량이 많을 때에는 하천류에 의해 구조물 주변에 수중침식이 일어날 가능성이 있으므로 주의해야 한다.



해설그림 (2.1-2) 파랑우세해안에서의 흐름 개념도

2.1.5 표사(漂砂) 및 비사(飛砂)

2.1.5.1 표사

표사의 탁월방향과 이동량은 바람, 파랑, 흐름, 지형 및 퇴적물 자료에 기초하여 일련의 표사계에서의 퇴적물 이동의 연속성을 고려하여 산정한다.

[해설]

(1) 표사의 운동형태

표사의 운동형태는 크게 부유사(浮遊沙)와 소류사(掃流砂)로 나뉜다. 소류사란 퇴적물이 해저면과 접촉하면서 이동하는 형태로서 해저면에 규칙적인 요철지형인 연흔(漣痕, ripple)이 형성된다. 소류력이 커지는 고파랑 시에는 연흔이 소멸되어 해저면뿐 아니라 퇴적물이 층상으로 이동하는 판류(sheet flow)가 발달한다. 부유사란 연흔 상 와류에 의해 퇴적물이 부상·이동하는 형태 및 쇄파 시에 발생하는 대규모 와류로 부상하여 흐름에 의해 이동하는 형태이다.

(2) 표사의 발생범위

해빈 퇴적물은 파랑이나 흐름에 의한 해저면 수립자 운동에 의해 항상 이동하고 있다. 따라서 표사 문제를 공학적으로 다룰 경우에는 유의수준의 표사가 발생하는 범위를 알 필요가 있다. 파랑에 의해 모래이동이 일어나는 한계수심을 심해파 파고와 파장 및 퇴적물 입경으로 산정하는 식들이 제안되었다^{2),3)}.

정의하는 방법에 따라 이동한계상태를 해저표면에 돌출된 모래입자가 움직이는 “초기이동”, 대부분의 표층모래가 움직이는 “전면이동”, 모래가 파랑 진행방향으로 집단적으로 소류되는 “표층이동”, 그리고 수심변화가 명료하게 나타나는 “완전이동”으로 구분할 수 있다. 표층이동한계수심을 파랑 작용에 의한 표사의 시작수심으로 하고, 표층이동한계수심과 파랑의 처오름 높이 사이를 표사발생범위로 결정하는 경우가 많다. 또한 수회 측정결과를 이용해 단면지형 변동 폭을 구하여 표사발생범위를 구하는 것도 가능하다.

(3) 표사의 탁월방향

기상 또는 해상조건에 따라 파랑과 흐름이 변하고, 수심 차이에 의해서도 표사형태가 달라지므로 퇴적물은 매우 복잡한 이동을 하지만 일정기간 동안 평균적으로 보면 장소에 따라 특징적인 표사방향과 이동량이 나타난다. 예를 들어 1년 혹은 그 이상의 장기간 동안의 평균적인 표사의 경우, 특정한 연안표사가 탁월한 경우가 많다. 이에 따라 연안표사 탁월방향과 표사량이 장기적인 해안지형변화 예측에 이용된다.

① 파랑 또는 바람통계로 추정하는 방법

표사는 주로 파랑에 의해 발생하므로 파랑에너지플릭스의 연안방향 성분으로 표사의 탁월방향을 구한다. 가장 확실한 이 방법을 적용하기 위해서는 장기간에 걸친 파랑 통계자료, 특히 파향 자료가 필요하다. 또한 파랑 통계자료가 없는 경우에는 바람의 통계를 이용한 파랑 추산도 가능하지만 연안 바람만으로 내습파를 추정하는 것은 불가능하므로 기상도 등을 이용하여야 한다.

② 지형특성에 의한 방법

곶이나 암초, 해안구조물 등 연안표사를 방해하는 지형이 있으면 표사 상류 해안선은 전진(먼 바다로 이동)하고 하류 해안선은 후퇴한다. 또한 섬이나 이안제에 의한 톱볼로 형상으로도 연안표사의 탁월방향을 알 수 있다.

③ 해저퇴적물 입경조성에 의한 방법

퇴적물은 파랑과 흐름에 의해 분류되고 해안에 따라 그 입경이 달라져 파랑에너지나 유속이 큰 경우에는 입경이 큰 입자가 남고 세립질은 멀리 이동한다. 그 결과, 일반적으로 연안표사 탁월방향을 따라 입경이 점차 줄어든다. 또한 표사 공급원의 광물조성과 해안에 따른 광물조성과의 비교를 통해 연안표사 탁월방향을 결정하는 방법이 있다.

(4) 표사량

표사의 탁월방향과 마찬가지로 일정기간 동안의 평균적인 표사에는 장소에 따라 특징적인 이동량이 나타난다. 그러나 파랑과 흐름에 의한 이동량을 구하기에는 아직 해명되지 않은 문제가 남아 있음에 따라 다양한 표사량 산정식이 존재하며, 각 산정식은 한정된 조건에서의 현지관측결과 또는 실험결과에 의해 얻어진 것으로서 적용한계가 있다. 또한 산정식 이용 시에는 표사 현상에 대한 고찰과 현지의 지형변화결과에 의한 검증을 충분히 실시해야 한다.

표사량 산정식은 수치계산의 목적과 적용범위에 따라 다음의 3가지로 나뉜다.

① 연안표사량 산정식

해안선에 직각방향인 특정 횡단면을 통과하여 해안선과 평행한 방향으로 이동하는 연안표사량은 수심에 따라 다르며, 쇄파대와 해안선 부근에서 연안표사량이 큰 분포를 보인다. 연안표사 분포형상은 파랑과 흐름조건, 해빈형상, 퇴적물조건에 따라 복잡하게 변함에 따라 충분히 규명되지 않았다. 연안표사량 산정식은 횡단면을 통과하는 연안표사의 총량(총연안표사량)과 파랑에너지플럭스(wave energy flux)를 관련짓는 것이며, 현장 관측결과 또는 수리실험결과를 이용한 경험상수가 부여된다. 보통 단면형상이 변하지 않는다는 가정 하에 해안선 등 등심선 이동에 의해 지형변화를 계산하는 해안선변화 모델에서 이용된다. 대표적인 연안표사량 산정식이 쇄파점에서의 파랑에너지플럭스의 연안방향 성분을 이용하는 다음의 CERC식⁴⁾이다.

$$Q = K \frac{1}{(\rho_s/\rho - 1)(1 - \lambda)} \frac{H_b^2 C_{gb}}{8} \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad \text{해설식(2.1-1)}$$

여기서, Q : 단위시간당 표사체적(m^3/s)

H_b : 쇄파파고

C_{gb} : 쇄파점에서의 파군속도

α_b : 쇄파점에서 해안선에 대한 파랑 입사각

ρ_s, ρ : 퇴적물과 해수밀도

λ : 해저퇴적물 공급률

K : 해안특성에 의해 변하는 무차원 경험상수

CERC 산정식이 범용적으로 사용되고 있으나 적용신뢰도를 높이기 위해 현장자료를 이용하여 경험상수 K 를 적절히 선정하여야 한다. CERC식이 고려하지 않는 입경, 해빈경사, 파형경사, 쇄파형태 등을 고려하는 산정식도 있으며, 이에 대해서는 국토해양부(2010)의 “연안정비사업 설계 가이드북”에 정리되어 있다.

한편, 구조물 주변에서의 쇄파파고 연안방향 변화를 고려해 수정된 오자사(小笹)·Brampton 식⁴⁾이 있으며, 복잡한 해안선이나 해안구조물군의 영향을 크게 받는 해안에서는 해안선변화 모델의 적용성에 대한 검토가 필요하다.

② 횡단표사량 산정식

해안선 직각방향인 횡단면형상 변화를 예측하기 위해 파랑에 의한 횡단 방향 모래이동(국소 표사량)과 그 장소에서의 유체운동 혹은 에너지 확산을 관련지은 것으로서 많은 실험결과에 의해 매개변수 값이 얻어지고 있다. 해안의 침식·퇴적에 의한 단면형상 변화를 예측하는 횡단지형변화 모델에서 이용된다.

③ 파랑·흐름 공존장에서의 표사량 산정식

국소 표사량 산정의 개념을 평면적인 파랑장 및 해빈류장으로 확장한 것으로서 파랑과 해빈류에 의한 모래이동을 고려할 수 있다. 구조물 주변의 지형변화 등 평면적인 지형변화를 예측하는 3차원 해빈 변형모델에 이용된다.

(5) 표사계와 표사의 연속성

하천이나 해식에에서 해안으로 공급된 토사는 표사현상으로 인해 운반되며 표사와 지형변화의 균형을 유지하면서 해빈을 유지, 형성하고 있다. 퇴적물 공급에서부터 표사범위[해설그림(1.3-1)] 밖으로 빠져 나가는 손실(침해저에의 유출이나 준설, 비사에 의한 육지로의 퇴적 등)까지 표사는 연속되므로 이 일련의 표사계통 안에서 연안시설의 영향을 파악해야 한다.

2.1.5.2 비사

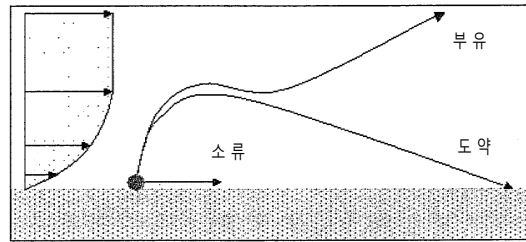
해안지형에 미치는 비사의 영향이 크고 연안시설에 의한 비사량 변화가 예상될 경우에는 이를 검토하여야 한다.

비사량은 실측하여 구하거나 또는 현지의 바람 및 저질의 특성 등을 고려해 적절한 비사량 산정식을 이용하여 구한다.

[해설]

비사도 표사와 같이 부유이동이나 소류이동으로 구분되며, 공기와 모래의 밀도차로 인해 모래가 공중에서 높게 날 수 없으며 또한 낙하속도가 크므로 모래가 표면을 접촉하면서 이동하는 도약이동에 의한 이동량이 비사량의 대부분을 차지한다[해설그림(2.1-3)]. 비사량은 바람과 퇴적물 특성, 습윤상태에 의해 좌우된다.

설계에 필요한 비사량은 일정기간 예를 들어 계절풍이 탁월한 수개월이나 1년간의 비사량이다. 맑은 날과 흐린 날이 반복적으로 발생하며 또한 조석이나 파랑 세오름에 의해 습윤상태가 끊임없이 변하는 해빈에서 비사량을 정밀도 높게 산정하는 것은 매우 어렵다.



해설그림 (2.1-3) 모래입자의 비사 개념도

비사량 산정지점에서 풍속이 관측되고 있지 않아 인접한 기상관측소의 바람 자료를 이용할 경우, 두 지점의 풍황 차이를 명확히 파악하기 위해 현지 관측 혹은 계산을 통한 비교검토가 바람직하다. 또한 현장 저질특성은 연안방향을 따라 달라지므로 산정범위의 현지 모래 입경분포를 구해 둔다. 더욱이 산정식은 한정된 바람과 저질 특성, 습윤상태에서 얻어진 현장관측결과 및 실험결과를 통한 경험상수가 포함되어 있으므로 적절한 계수를 정하기 위해 현장실험을 통한 비교검증을 실시하는 것이 바람직하다.

2.1.6 해빈형상

2.1.6.1 해빈형상 제원

연안시설 설계에서 평면형상을 규정하는 정선방향과 단면형상을 규정하는 후빈의 폭과 높이, 전빈경사, 외빈의 폭과 경사, 원빈의 경사 등의 해빈형상 제원 중에서 필요한 제원을 정한다.

[해설]

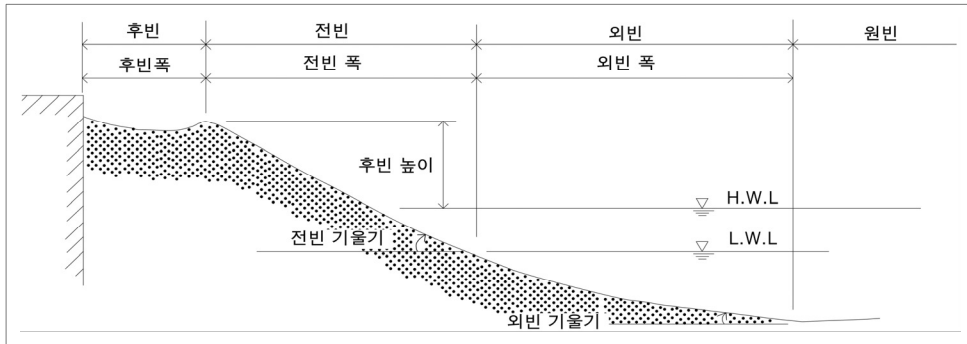
(1) 일반사항

해빈형상은 파랑의 처오름이나 월파 유량산정의 기초이며 연안시설의 기초지반 높이 설정에 있어서의 중요한 제원이다. 해빈형상 제원 모두를 결정할 필요는 없으며, 설계 상 필요한 제원을 결정하도록 한다. 또한 형상 자체가 중요한 경우에는 그 제원을 설정한다. 한편 형상이 변해도 비슷한 성능을 발휘할 경우에는 형상을 규정하는 것이 아니라 그 성능을 규정하는 요소(예를 들어 단면적이나 해빈면적)를 설정한다.

(2) 해빈형상 제원

해빈의 주요 단면형상은 해설그림(2.1-4)과 같다.

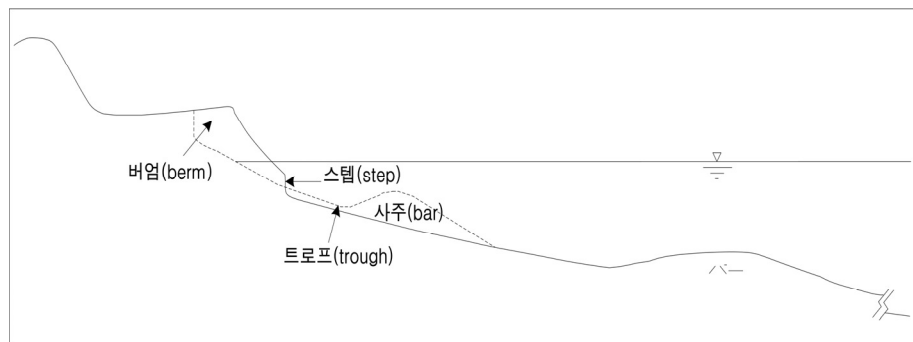
후빈에서 외빈까지가 파랑의 영향을 받아 형성된다. 전빈과 후빈의 육지 쪽 영역은 고파랑에 의해 침식·후퇴하며 정온기에 퇴적·복원된다. 비교적 안정적인 후빈의 배후에는 식생대가 형성되어 바다에서 육지로 이어지는 중요한 생태적 천이영역이다. 후빈에 호안이 설치된 경우가 많은데 후빈은 침식을 받는 잠재력이 있으며 중요한 생태계 공간이라는 점에 유의할 필요가 있다. 후빈 높이는 거의 파도의 처오름 한계에 버금간다. 전빈의 기울기는 저질의 입경과 파랑으로 규정된다. 일반적으로 입경이 작을수록 또한 고파랑일 때에 경사가 완만해진다. 전빈의 바다쪽 경계는 저조시 처내림까지이다. 이 경계에서 파랑에 의한 모래이동한계수심까지를 외빈이라 하고 그 외측을 원빈이라고 한다.



해설 그림 (2.1-4) 해변의 주요 단면형상 제원

한편 특징적인 해변지형으로서는 해설그림(2.1-5)에 나타난 사주(bar), 트로프(trough), 스텝(step), 버엄(berm) 등이 있다. 사주와 트로프는 해안선에 평행으로 수중에 형성된 지형으로 볼록한 부분을 “사주”, 사주의 육지쪽 오목한 부분을 “트로프”라고 한다. 사주는 수심이 얕으므로 쇄파가 발생하여 사빈 소파기능의 중요한 요소이다. 또한 사주는 침식에 의해 최초로 유실되는 지형으로서 사주가 소멸된 해안에서는 파랑 처오름 증대가 두드러진다. 따라서 해변에서 진행되는 침식을 주의 깊게 살펴 볼 필요가 있으며 사주를 복원하기 위해서는 통상적으로 다량의 모래가 필요하므로 사주 상황을 파악해 둘 필요가 있다.

“버엄”은 정온기의 퇴적과정에서 파랑의 처오름 높이에 따라 형성되는 전빈부의 상승이며 “스텝”은 반대로 고파랑기의 침식과정에 의해 후빈과 전빈의 사이에 형성되는 불연속적인 지형이다. 양빈시 후빈 높이를 너무 높게 조성할 경우에도 형성된다.



해설 그림 (2.1-5) 해변의 일반적 단면과 명칭

2.1.6.2 해빈형상 변화

해빈형상의 장기적인 변화와 단기적인 변화를 고려한다. 장기변화의 경우에는 광역적인 모래수지로부터 그 변동량을 추정한다. 단기변화의 경우에는 실측에 기초하거나 재현신뢰도가 높은 수치계산을 통해 추정한다.

[해설]

(1) 일반사항

해빈은 자연외력의 변화나 인위적인 영향에 의해 복잡하게 변한다. 해빈형상 변화는 연안표사가 탁월한 수개월 이상의 장기간 변화와 횡단표사 영향을 무시할 수 없는 수개월 미만의 단기적 변화로 크게 나눌 수 있다. 단기적 변화는 세굴 등에 의한 구조물의 안전성에 대한 영향이나 파랑의 처오름을 평가함에 있어 중요한 요소이며 장기적 변화는 해안침식 유무 판단에 중요한 요소가 되므로 이 모두를 파악하는 것이 중요하다.

(2) 장기적 변화

해빈형상의 장기적 변화로서는 수 천 년부터 수 만 년 스케일의 해수면 변동의 영향을 받은 변화도 있으나 공학적인 시간규모로서는 수 십 년 규모의 해빈형상 변화가 대상이다. 또한 이 시간규모를 대상으로 하기 위해서는 공간규모도 표사 공급원인 하천의 유역도 포함하는 유사계(流砂系) 전체를 대상으로 할 필요가 있다.

이 시간규모의 해빈형상 변화에는 연안표사의 불균형을 초래하는 다양한 인위적인 원인이 큰 영향을 준다. 침식의 원인을 규명하기 위해서는 해빈이 안정적인 시기 이후의 유역이나 연안역의 퇴적물 이동양상 변화를 항공사진 등의 자료를 통해 파악할 필요가 있다.

장기적 변화는 향후의 퇴적물 이동양상에 기초해 시공간규모 측면에서 재현성이 확인된 수치계산 또는 수리모형실험을 통해 추정한다.

(3) 단기적 변화

해빈지형의 단기적 변화로서는 계절변화나 일시적으로 발생하는 변형이 있다. 이 변화에는 표사가 보통은 고파랑기에 침식, 정온기에 퇴적되는 가역적인 변화를 보인다. 단 현저한 고파랑이나 구조물 신설에 의해 표사 불균형이 발생한 경우에는 비가역적인 변화(외해로의 유출, 세굴)가 일어난다. 또한 단기적 변화는 장주기파나 조위 등 단기적인 해상 변동의 영향도 받는다.

계산 정밀도에 문제가 있으나 버업이나 해안절벽의 형성 등 자연해빈의 단기적인 전빈단면 변화는 수치계산으로 대략적인 재현이 가능하다. 그러나 구조물에 인한 지형변화를 수치계산으로 예측하는 단계에는 이르지 못했다.

어떤 경우에도 기본적으로는 현지의 파랑특성 등 외력이나 지형특성 등 표사환경이 유사한 해안의 해빈지형 실측결과에 기초해 평가한다. 단 재현성이 확인된 모형실험 내지는 수치계산 결과를 이용해도 좋다.

2.1.7 지반

2.1.7.1 일반사항

설계 및 시공에 필요한 지반정보는 지반조사를 실시하여 결정하고 구조물의 안정성 해석은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제9장 지반”을 따른다.

[해설]

- (1) 지반의 특성을 나타내는 조건은 지지층 깊이, 연약층 두께 등 지반의 성층상태와 전단특성, 변형특성, 압밀특성, 투수성 및 지하수위(잔류수위) 등이 있다.
- (2) 지반은 압밀현상 등에 의한 시간의 경과나 상재압의 변화에 따라 그 특성이 크게 변한다. 따라서 자료조사를 통해 얻어진 과거의 지반정보를 이용할 경우에는 상재압이나 압밀도의 변화에 의해 지반조건이 변하지 않았는지를 확인하는 것이 중요하다.

2.1.7.2 설계조건 및 조사

(1) 설계조건

설계조건에 부합되는 지반물성을 파악하기 위하여 그에 합당한 지반조사를 실시하여야 한다.

(2) 조사

- ① 지반조사는 조사범위, 구조물의 중요도 및 경제성 등을 고려해 조사목적에 가장 적합한 조사방법을 선택한다.
- ② 상세한 지반조사 방법은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제9장 지반”을 따른다.

2.1.7.3 지반특성

(1) 일반사항

설계에 이용되는 흙의 물리적 성질과 역학적 성질은 설계목적에 맞는 적합한 원위치시험과 실내시험을 통하여 결정하여야 한다.

(2) 재료특성

흙은 사질토와 점성토로 구분되며 각각의 재료특성에 따라 강도나 변형의 발생 메커니즘이 상이하므로 적절한 시험과 해석을 통해 결정하여야 한다.

(3) 품질 및 성능시험

흙의 물리적 성질 및 역학적 성질은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제9장 지반”을 따른다.

2.1.7.4 설계

- (1) 흙을 탄성체로서 해석을 하는 경우에는 흙의 비선형성을 고려해 탄성계수를 적절히 설정하여야 한다. 이 경우 일반적으로 변형계수 및 포아송비(Poisson's ratio)가 사용된다.

- (2) 내진설계법에는 크게 나뉘 등가정적 설계법과 동적 설계법이 있다. 지진력을 정적인 관성력으로 간주하여 지반이나 구조물에 작용시켜 힘의 평형조건으로부터 안정성을 검토하는 방법으로는 진도법으로 대표되는 등가정적 설계법을 사용한다. 기초지반이 얇은 지반 및 구조물의 기초에 대한 가속도, 속도, 변위 등의

응답배율이나 증폭 값 등을 계산해 지반이나 구조물의 안정성을 검토하는 방법으로는 동적 설계법을 사용한다.

- (3) 지진응답해석 방법은 지반을 구성하는 흙의 전단응력과 전단변형의 관계가 필요하므로 흙의 동적 전단강도와 전단변형의 관계를 규정하는 동적 변형계수를 적절하게 산정하여야 한다.
- (4) 연안에서의 대표적인 동적외력으로 지진력과 파력을 고려하여야 한다.
- (5) 동적외력에 대한 흙의 강도는 실내시험을 통해 결정하는 것을 표준으로 한다. 이 경우 외력특성 및 지반의 상태를 적절하게 설정하여야 한다.

[해설]

- (1) 흙의 변형계수는 강도-변형특성에 의존하므로 지반을 탄성해석 하는 경우에는 대상지반의 변형 수준을 감안하여 그에 대응되는 탄성계수를 설정할 필요가 있다. 일반적으로 사질토의 투수계수는 점성토의 $10^3 \sim 10^5$ 배로서 사질토 지반에서는 시공 중에 간극수가 완전히 배수된다고 할 수 있다. 그러나 점성토 지반에서는 투수성이 낮으므로 시공 중의 배수를 거의 기대할 수 없다. 따라서 사질토 지반의 전단강도는 배수조건에서의 내부마찰각 ϕ_d 와 점착력 C_d 에 의해 평가되는데 보통 C_d 는 작으므로 $C_d=0$ 으로 해서 ϕ_d 만을 강도정수로 사용하는 경우가 많다.
- (2) 지진응답해석 방법은 시간영역에서의 해석과 주파수 영역에서의 해석이 있는데 어떤 경우에도 지반을 구성하는 흙의 전단응력과 전단변형의 관계가 필요하므로 흙의 동적 전단강도와 전단변형의 관계를 규정하는 동적 변형계수를 적절하게 산정한다.
일반적으로 동적 재하를 받은 경우 흙의 전단응력-전단변형의 관계는 골격곡선과 이력곡선으로 나누어 다루고, 골격곡선은 작용하는 전단변형 진폭이 커지면 현저하게 비선형성을 나타낸다. 이와 같이 동적 변형계수는 전단응력-전단변형 관계를 규정하는 것으로서 지진응답해석을 할 때에 입력할 필요가 있다.
- (3) 지진력은 주기가 짧고 반복횟수가 적는데 파력은 주기가 길고 반복횟수가 많다는 특징이 있다. 현재로서는 이들 동적외력은 진도법으로 대표되는 정적하중으로 대체하고 있는 것이 보통이나 동적하중으로 취급하는 것이 필요한 경우도 있다. 이와 같은 경우로는 지진 시 지반의 액상화 예측이나 파력을 받는 구조물의 기초지반 점성토의 강도저하로서 진동삼축(반복삼축)시험을 통해 얻어진 동적 강도특성에 기초한 해석이 필요하다.

2.1.8 토압 및 수압

2.1.8.1 일반사항

- (1) 설계에 이용되는 토압은 지반의 특성, 구조물의 특성, 지진력 등을 고려해 적절한 산정식을 통해 산정한다.
- (2) 토압에는 구조물과 지반의 상태운동에 의한 주동토압, 수동토압 및 정지토압이 있다. 또한 지반은 크게 사질토와 점성토로 나눌 수 있고, 평상시와 지진시를 나누어 고려한다. 토압식은 일반적인 흙을 대상으로 하고 있으므로 보강토, 개량토 등에 대해서는 별도의 검토가 필요하다.
- (3) 겹보기 진도
지하수면 아래(설계 시에는 잔류수위)의 지반에 작용하는 진도는 수중의 부력을 고려한 겹보기 진도를 사용한다.
- (4) 수압
설계에 이용되는 수압은 구조물 전면 및 뒷면의 수위 변화, 지진력 등을 고려해 적절한 산정식을 통해 산정하도록 한다.

[해설]

(1) 사질토의 토압

- ① 사질토의 평상시 토압 산정 시에는 일반적으로 쿨롬(Coulomb)의 토압공식을 사용한다. 그러나 강널말뚝 등 변형하기 쉬운 구조물에 작용하는 토압은 복잡한 곡선분포를 보이므로 이 경우에는 쿨롬(Coulomb)의 토압을 사용해서는 안 된다. 그리고 역T형 옹벽 또는 부벽식 옹벽과 같이 토압이 뒷굽으로부터 위로 연직하게 세운 가상면에 작용할 때에는 랭킨(Rankine) 토압을 사용한다. 그 이유는 옹벽구조물이 회전하거나 활동하는 경우에도 이 가상면을 따라서 전단이 일어나지 않기 때문이다.
- ② 지진 시의 토압은 모노베(物部), 오까베(岡部)가 제안한 이론에 기초해 산정한다.

(2) 점성토의 토압

- ① 점성토의 토압에 관해서는 구조물에 따라 쿨롬(Coulomb)의 토압식을 사용할 수 있으나 지반과 닿는 벽면이 수직이고 지표면이 수평인 경우에 벽면 마찰이 없다는 경계 조건을 기초로 유도된 랭킨(Rankine) 토압식도 평상시의 토압으로서 사용할 수 있다.
- ② 지진 시 토압은 지진력의 수평성분과 자중의 합력벡터에 기초해 산정한다.

2.1.8.2 설계

(1) 토압

벽면에 작용하는 토압 산정식과 붕괴면이 수평과 이루는 각은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제9장 지반”을 따른다.

(2) 수압

잔류수압과 지진시의 동수압은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제9장 지반”을 따른다.

2.1.9 지진

2.1.9.1 일반사항

연안시설물의 중요도에 따라 지진에 의한 피해를 제어하여 기능회복과 안정성을 확보하여야 한다.

2.1.9.2 설계조건 및 조사

(1) 설계조건

① 내진등급

연안시설의 내진등급은 이 시설로 인해 보전·보호 받는 지역 또는 시설물의 재해도와 규모 및 중요도에 따라 분류한다. 연안시설물은 기본적으로 내진설계를 적용하지 않는 것으로 하되, 필요시 다음과 같이 적용한다.

가. 호안 및 제방 시설물 중에서 그 규모가 크고 특별히 중요하여 내진설계가 필요하다고 판단되는 경우는 내진 2등급을 적용한다.

나. 호안 및 제방 시설물 중에서 지진재해 복구에 중요한 역할을 담당하거나 군사시설물로서 필요성에 의하여 분류된 시설물은 내진 1등급을 적용한다.

다. 부대시설과 건축물 등에 내진설계가 필요한 경우에는 해당시설물과 관련된 내진설계기준을 적용한다.

② 내진성능수준과 목표

가. 지진하중 작용 시 만족하여야 하는 내진설계 성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 분류한다.

나. 연안시설은 다음의 표에 규정한 평균재현주기를 갖는 설계지반운동에 대하여 기능수행수준과 붕괴방지수준에서 요구하는 성능목표를 만족하여야 한다.

표(2.1-1) 지반운동수준

성능목표	평 균 재 현 주 기	
	내 진 1 등 급	내 진 2 등 급
기능수행수준	100년	50년
붕괴방지수준	1,000년	500년

③ 설계지진하중

내진설계 시 사용할 수 있는 설계지진하중은 지반의 성질에 따라 변하므로 지반을 분류하고 그에 따른 설계응답스펙트럼을 결정하며, 최종적으로 설계응답스펙트럼에 준하는 가속도 시간이력을 고려하여야 한다.

가. 설계지반운동 결정 시 고려사항

설계지반운동은 지진의 강도, 주파수 특성, 지속시간과 국지적인 토질조건이나 지질조건 등이 지반운동에 미치는 영향 등을 적절히 고려하여야 한다.

나. 지역별 진도, 가속도 설계응답스펙트럼 및 가속도 시간이력의 결정은 “항만 및 어항 설계기준·해설 (해양수산부)/제2편 설계조건/제10장 지진 및 지진력/10-3 설계지진하중”을 따른다.

(2) 조사

① 일반사항

동적하중을 고려한 지반-구조물 상호작용에 대한 해석이 필요하며 이를 위한 동적 지반계수를 중요하게 고려하여야 한다.

② 조사

지반조사의 일반적인 내용 및 대표적인 조사항목은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제10장 지진 및 지진력/10-4-2 지반조사”를 따른다.

[해설]

(1) 내진등급

- ① 호안 및 제방의 내진등급은 시설물의 용도, 구조, 규모, 등에 따라 일률적으로 적용될 성격이 아니며, 시설물의 사회적, 경제적 성격에 따라서도 변화될 수 있으므로 기능측면에서 등급을 구분하였다.
- ② 호안 및 제방 시설물 중에서 피해를 입으면 많은 인명과 재산상의 손실을 줄 염려가 있는 경우와 심각한 환경오염을 줄 염려가 있는 경우는 내진 2등급을 적용한다.
- ③ 내진등급이 서로 다른 시설물이 인접할 경우는 가능한 시설물을 분리하는 것이 바람직하다.

(2) 내진성능수준과 목표

“항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제10장 지진 및 지진력/10-2-2 내진성능 목표의 해설 및 참조”를 따른다.

(3) 설계지진하중

“항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제10장 지진 및 지진력/10-3 설계지진하중의 해설 및 참조”를 따른다.

2.1.9.3 설계

(1) 일반사항

지진에 의한 연안시설물의 해석방법으로는 대표적으로 등가정적해석법 및 응답스펙트럼해석법과 시간 이력해석을 포함하는 동적해석법을 사용한다.

(2) 내진등급별 해석방법

상세한 해석방법은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제10장 지진 및 지진력/10-5-1 시설물별 해석방법”과 “항만 및 어항시설의 내진설계표준서(해양수산부, 1999)/제6장 지진응답 해석 및 설계”를 따른다.

(3) 등가정적 및 동적해석법

상세한 해석법은 “항만 및 어항 설계기준·해설/제2편 설계조건/제10장 지진 및 지진력/10-5-2 등가정적 해석법과 10-5-3 동적해석법”을 따른다.

(4) 지반의 액상화

① 일반사항

느슨한 포화사질토 등은 지진에 의하여 액상화되어 시설물에 피해를 주는 경우가 있다. 필요한 경우 시설물의 설계 시에 액상화의 영향을 고려하여야 한다.

② 액상화의 예측 판정

상세한 예측 판정은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제11장 지반의 액상화/11-2 액상화 예측 판정”을 따른다.

[해설]

기초구조물의 경우 지반-구조물 상호작용을 고려하기 위하여 부분구조법, 집중질량해석법 그리고 직접법 등의 동적해석법을 사용한다. 또한 벽체구조물의 해석 시에는 변위를 고려한 해석법을 사용하기도 한다.

2.1.10. 연안의 환경과 이용

2.1.10.1 일반사항

연안시설 설계 시 필요하면 연안의 환경과 이용의 현재 상태뿐 아니라 역사적인 경위 또는 향후의 계획과 예측에 대해 주변의 연안을 포함해 파악한다.

[해설]

연안은 다양한 목적으로 이용되고 있으며, 그 지역의 사회적인 조건이나 자연조건 등에 의해 그 형태도 매우 다양하다. 또한 사회의 변화나 연안시설의 설치 등에 의한 자연조건의 변화로 인해 그 이용 역시 변한다. 한편 연안환경도 사회적 조건이나 자연조건에 따라 크게 달라 연안 이용방법의 변화나 연안 시설의 설치 등에 따라 크게 변한다.

따라서 연안시설의 설계 시 연안의 이용이나 환경에 대해 그 영향인자를 포함한 종합적인 조사가 필요하다. 현재 상태뿐 아니라 향후 계획이나 예측도 중요하고 사업 실시 중이나 그 후의 모니터링도 필요하므로 장기적인 관점에서의 검토가 중요하다. 또한 대상지점뿐 아니라 육지나 외해를 포함한 광역적인 검토가 필요하다. 특히 내만의 해안인 경우에는 그 만에 대한 전체적인 파악이 중요하다. 또한 연안환경에서 생태계를 모두 파악하는 것은 상당히 어려우며 생태계 자체에도 불확실성이 있으므로 연안 시설이 생태계에 미치는 영향을 사전에 모두 파악하는 것 역시 어려운 일이다. 이에 따라 시공 후의 모니터링을 통해 효과와 영향을 적절히 파악해 나가면서 필요에 따라 수정하는 순응적 관리기법을 도입하고 경우에 따라서는 설계변경이나 대책을 강구하는 것이 중요하다.

2.1.10.2 환경보전과 경관조화

연안시설이 계획된 연안 주변의 파랑, 흐름, 저질, 수질 및 생태계뿐 아니라 필요시 소리와 경관 등에 대해서도 태풍 등의 악천후 시는 물론 일상적인 정온시의 시간적 및 공간적인 변동을 파악한다.

연안시설 설계 시 자연환경의 보전과 경관과의 조화에 유의한다. 또한 가능한 한 연안의 수질보전기능, 생태계보전기능 및 저질보전기능을 고려한다.

[해설]

(1) 대상 자연환경

연안의 자연환경 요소는 매우 다양하다. 크게 저질, 수질, 생태계 등으로 분류되는 요소들을 양호하게 보전해 향상시키는 것이 중요하다[해설표(2.1-1)]. 최근에는 연안역 자연환경에 온열환경(기온, 습도, 바람)이나 경관 등도 포함한다. 또한 물보라나 비사, 파도와 모래이동 소리, 모래의 색, 조류의 냄새, 식생 등 해안의 독특한 환경요소에 대해서도 고려를 한다.

또한 방재상 문제가 되는 태풍 등의 이상 환경뿐 아니라 일상적인 조건에서의 자연환경 파악도 중요하므로 자연환경의 공간적인 분포나 시간적인 변화에 대해서도 파악해 둘 필요가 있다.

해설표 (2.1-1) 바다의 자연환경 요소

분류	자연환경의 지표, 키워드
저질	기질(基質), 입도분포, 함수율, 공극률, 색, 냄새, 쓰레기(플라스틱 등), 화학적 산소요구량(COD), 강열감량(IL), 총 질소, 황화물, 산화환원전위(ORP) [유기물질, 영양염류, 대장균, 병원균, 유분, 유해물질의 함유율, 용출률]
수질	염분, 수온, 투명도, 화학적 산소 요구량(COD), 용존산소(DO), 수소이온농도, 대장균군수, 총 질소, 총 인 [유기물질, 영양염류, 병원균, 유분, 유해물질의 함유율]
생태계	습도중량, 개체 수, 종류 수, 귀중종, 유용종 [박테리아, 저생생물, 식물, 동물 플랑크톤, 해조류, 어패류, 수서동물, 조류]

(2) 자연환경의 요인

저질, 수질 그리고 생태계는 상호 영향을 줄뿐 아니라 지형이나 기상 등 광범위한 요소에 의해 큰 영향을 받으므로 바람이나 기온, 파랑, 흐름, 조석 나아가서는 하천의 영향, 해양의 영향(해류 등 폐쇄성 내만에서는 외해수의 영향) 등이 중요하다. 특히 저질은 토사 공급원과 이를 운반하는 파랑이나 흐름의 물리적인 요인에 의해 결정된다. 또한 수질의 경우에도 오염원 혹은 영양염 공급원과 이를 운반하는 파랑과 흐름의 물리적인 요인이 중요하다. 단 수질은 저질에서의 용출이나 침전에도 큰 영향을 받는다는 점에 유의할 필요가 있다. 생태계는 그 저질과 수질(수온이나 염분농도 등을 포함) 등에 따라 결정되며 역시 파랑이나 흐름의 물리적인 요인이 직·간접적으로 중요한 역할을 담당하고 있다.

따라서 파랑과 흐름의 차이에 의해 폐쇄성 내만과 외해에 개방된 해안의 저질, 수질 그리고 생태계는 크게 다르다는 점에 유의할 필요가 있다. 또한 구조물 등에 의한 물리적 조건의 변화가 생태계에 크게 영향을 준다는 점에도 유의할 필요가 있다.

(3) 수질·생태계·저질 보전기능에 대한 고려

연안에는 다양한 자연이 존재한다. 즉 생물이 서식하고 유용한 생물이 생산되며 또한 수질이 정화되고 있다. 이러한 해안의 기능을 각각 “생태계 보전(생물서식, 생산)기능” 그리고 “수질보전기능”이라 부른다.

수질보전기능의 경우 외해수와의 교환 등에 의한 것뿐 아니라 해수 내의 유기물질을 분해하거나 부유현탁물질을 고정하는 정화기능도 중요하다. 수질정화기능에는 모래사장 박테리아에 의한 정화기능이나 갯벌 패류의 정화기능 등 생물에 의한 정화기능도 주목받고 있다. 생태계 보전기능은 연안에 서식하는 생물군집 및 그 환경이 구성하는 건강한 시스템을 유지·보전하는 기능으로서 생물이 알 등에서 유체 그리고 성체시기에 연안에 서식하는 것을 가능하게 하는 기능이다. 생태계 다양성이나 양에 주목할 때에는 생물서식기능이라고 부르기도 한다. 또한 수산업 등에 유용한 종의 생산에 주목할 때에는 생물생산기능이라고 부르는 경우도 있다.

연안은 저질에 따라 크게 갯벌, 모래, 자갈 등으로 구성되는 해빈과 기반암이 노출되거나 암초가 많은 지역으로 나눌 수 있다. 특히 조간대에 있는 모래나 진흙으로 구성된 넓은 평탄지역을 갯벌이라고 한다. 갯벌 생태계는 저질의 종류에 따라 크게 다를 뿐 아니라 그 변화에 따라 크게 영향을 받는다. 생태계나 수질에 큰 영향을 미치는 저질 환경의 보전(저질보전기능)도 중요하다.

(4) 경관특성

연안은 자연지형과 식생환경 그리고 생활환경으로 구성된 특징적인 경관을 가지고 있다. 해안경관의

특성은 수제선(水際線)의 형상, 국토의 형상(바다와의 대비에 의한 지형의 특징), 해안조망(바다에서 육지로의 조망, 육지에서 바다로의 조망) 등에 따라 다르게 나타난다. 수제선 형상의 관점에서는 해안은 이질(泥質) 해안, 모래사장, 자갈사장, 암초, 해안절벽 등으로 분류된다. 이들을 종합적으로 조사·분석하여 해당해안의 경관특성을 파악하도록 하고 이를 연안시설 설계에 반영한다.

2.1.10.3 공공이용성과 편의성

연안시설 설계 시 연안의 이용성과 편의성을 고려한 공법을 선택하도록 한다.

[해 설]

(1) 이용방법

연안은 사람들의 쉼터이자 레크리에이션활동의 장이기도 하다. 연안 레크리에이션으로서는 산책, 해수욕이나 바다낚시 등이 있어 일반시민이 즐기는 것부터 특수한 기술을 가진 이들이 즐길 수 있는 것까지 매우 다양하며 또한 이용 장소 역시 아주 다양하다[해설표(2.1-2)].

해설표(2.1-2) 해안 레크리에이션

분류	명칭
산책, 유람, 행사	산책(탐색, 감상, 휴식), 해상 및 수중유람, 이벤트(축제) 등
해변에서의 놀이	해수욕, 물놀이, 모래놀이, 갯벌체험, 캠핑 등
낚시	바위낚시, 암초낚시, 바다낚시 등
마린, 비치스포츠	서핑, 보드세일링, 수상스키, 모터보트, 패러세일링, 요트, 비치발리 등

한편 연안은 수산업의 장으로서도 폭넓게 활용되고 있다. 어패류와 해조류 등의 생식장소로서도 중요하며 수확의 장이기도 하다. 또한 양식장 등으로 이용되기도 하며, 수확물을 가공하는 장이기도 하며 장비 등의 보수와 보관의 장으로서도 이용되고 있다.

이와 같이 같은 연안이라도 장소나 시간에 따라 이용형태가 달라지므로 그 특성을 파악할 필요가 있다. 연안에는 그 특성에 맞는 적절한 이용방법이 있으므로 유의할 필요가 있다. 또한 인공해안을 정비하는 경우나 공원 등으로서의 점용이 예정되어 있는 경우에는 특히 안전성에 유의할 필요가 있다.

(2) 친수기능

“친수성” 또는 “친수기능”이란 물(바다)과 친해지고 물(바다)을 즐길 수 있는 기능을 의미한다. 친수성에는 ①사람이 물(바다)에 들어가 ②물(바다)을 만지고 ③물(바다)과 가까워지며 ④물(바다)을 보는 것 등이 있다. 적절한 친수기능은 해안의 특성에 따라 달라지므로 요구되는 적절한 친수기능을 유지하고 향상시키는 것이 중요하다.

친수성은 해설표(2.1-2)에 나타난 바와 같이 사람들의 휴식의 장, 레크리에이션의 장으로서의 기능을 가진 것으로도 표현이 가능하다. 편리하고 쾌적하게 그리고 안전하게 레크리에이션이 이루어지는 것이 중요하며 특히 안전성은 불가결한 요소임에 유의할 필요가 있다.

한편 대상이 되는 이용자를 명확히 구분하는 것도 필요하다. 모든 이들을 대상으로 하는 이용법의 경우에는 노인이나 장애인 등도 이용이 가능한 시설의 설계가 필요하다.

2.1.11 기타 고려조건

2.1.11.1 풍압

연안시설의 구조와 설치장소, 상황 등을 감안하여 풍압을 적절히 설정한다.

[해설]

주요 외력이 파력인 경우에는 파력을 받는 부위에 풍압을 동시에 고려하지 않아도 된다. 한편 배수기장이나 수문 등의 임시설치물 등 풍압이 탁월한 구조물에 대해서는 건축기준법 시행령에 준해 풍압력을 산정하도록 한다.

2.1.11.2 표류물 등에 의한 진동 및 충격

표류물, 선박 등의 작용을 받을 것으로 예상되는 경우에는 이들에 의한 진동 및 충격을 고려한다.

[해설]

(1) 표류물

표류물에 의한 피해가 우려되는 해안에서는 표류물에 의한 진동 및 충격을 고려한다. 표류물 등에 의한 충돌하중은 충돌을 받는 구조물의 구조형식, 충돌면의 강도에 의해 변하므로 조건에 맞는 적절한 방법으로 산정하며 충돌속도는 후술할 폭풍 시 선박의 충돌속도에 준한다.

(2) 선박

연안시설 설치위치에 따라서는 선박의 작용을 받을 것으로 예상되는 경우가 있다. 이 경우의 충돌형태, 충돌각도 등은 설계의 대상이 되는 선박의 종류 및 규모에 따라 다음과 같은 사항을 고려한다.

- ① 바람, 파랑 및 유향·유속
- ② 지형 및 주변 구조물의 배치와 형상
- ③ 선박의 운항 상황 등

또한 선박의 충돌속도는 해당 선박의 규모 및 기상, 해상상황을 고려해 다음과 같이 규정한다.

- ① 평상시의 기상, 해상상황 하에서의 선박의 충돌속도는 해당 해역에서의 항행 속도를 고려해 정한다.
- ② 폭풍 시에는 조타 불능이 된 선박이 바람, 파랑 및 흐름에 의해 표류하여 연안보전시설에 충돌한다는 점을 감안하여 충돌속도는 모형실험이나 수치계산을 통해 검토하거나 바람, 파랑 및 흐름에 의한 표류속도를 고려해 정한다.

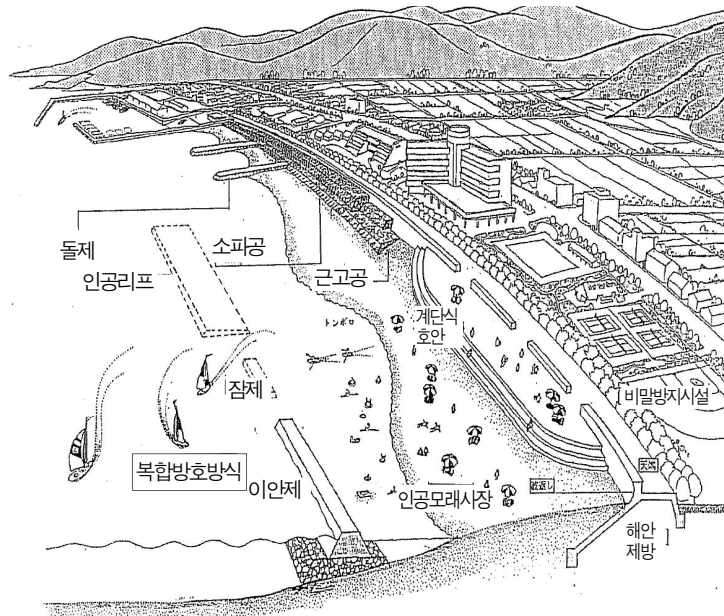
2.2 계획

2.2.1 시설배치

연안시설은 그 기능이 충분히 발휘되도록 효과적으로 배치한다. 또한 가능한 경우에는 복수의 연안보전 시설을 조합시킴으로써 연안을 보전하는 복합방호방식을 적용한다.

[해설]

복합방호방식(複合防護方式, integrated shore protection system)은 면적방호방식(面的防護方式)이라고도 불리는 방법으로 호안, 사빈, 이안제, 잠제, 인공리프 등의 연안시설을 면적인 확산을 통해 적절히 배치함으로써 파랑 등의 외력을 먼 바다에서부터 서서히 약하게 하면서 연안을 방호하는 방식이다. 연안시설의 개념도를 해설그림(2.2-1)에 나타냈다. 단일시설(예를 들어 호안)을 연안방향으로 배치한 예전의 선적방호방식(線的防護方式)과 비교하면, 선적방식에서는 방호를 담당하는 유일한 시설이 파괴되면 배후지는 재해의 위험에 바로 노출되는데 비해, 복합방호방식은 이중, 삼중의 방호방식을 적용하여 하나의 방호시설의 파괴가 즉각적으로 배후지의 큰 재해로 이어지지 않는다는 장점이 있다. 본래의 연안특성을 변화시킬 경우가 있다는 점에 유의하여 복합방호방식을 채용하는 것이 바람직하다. 그 중에서도 가능한 사빈(양빈)을 포함한 복합방호방식을 적용하는 것이 좋다.



해설그림 (2.2-1) 복합방호방식 개념도

복합방호방식은 해설표(2.2-1)에 나타난 바와 같이 다양한 시설의 조합이 있으며, 사빈(양빈)은 다음과 같은 장점을 가지고 있다. 우선 방호적인 측면에서 모래사장은 파도에 대해 탁월한 소파기능을 가지고 있다. 구조물의 반사율이 대략 0.3 이상인데 비해 사빈의 반사율은 0.05~0.2이다. 더욱이 사빈은 해수정화기능이나 생태계 보전(생물서식, 생산기능), 사람들의 휴식공간이나 레크리에이션 공간을 제공하는 등의 친수기능을

가지고 있다. 이와 같이 모래사장은 방호·이용·환경이 서로 조화된 연안보전을 실현시키는데 매우 훌륭한 기능을 가지고 있으므로, 본래의 연안특성이 모래사장에 조화되지 않는 경우를 제외하고는 모래사장을 연안보전에 가능한 많이 적용하는 것이 좋다.

한편 복합방호방식에 있어 연안이용 측면에서 환경사 호안을 도입할 경우에는 사빈안정에 악영향을 미치지 않도록 고려할 필요가 있다. 호안에 파가 밀려들어오면 사빈의 연안방향 동적안정화가 저해되고, 동시에 호안에 의한 반사파로 인해 호안 전면에서의 교란이 발생하며, 결과적으로 호안 전면의 사빈이 침식될 가능성이 있다. 따라서 환경사호안을 계획할 시에는 사빈의 폭에 충분히 유의할 필요가 있다. 여유 폭이 없는 경우에는 사빈의 접근성을 확보하는 방법이나 계단을 호안과 평행으로 설치하는 방법 등이 있다.

해설표 (2.2-1) 복합방호의 대표적인 형식과 특징

복합방호방식	해설	이용적 특성	환경적 특성	적용해안
1. 방파제+호안	만 입구 방파제 등에 의해 만 전체를 방호하는 방식(앞 바다 방호방식)	정온영역의 다목적 이용	수평선 경관보전	만 모양의 해안
2. 이안제+호안	이안제로 감쇠된 파랑에 대해 호안을 통해 방호하는 방식	여초효과 기대		침식 경향이 강한 해안
3. 잠제+호안	잠제로 감쇠한 파랑에 대해 호안을 통해 방호하는 방식	여초효과 기대	수평선 경관보전	공원 등의 주변 환경과 조화를 이룬 해안
4. 부유방파제+호안	부유방파제로 감쇠한 파랑에 대해 호안을 통해 방호하는 방식	양식 등의 기대	해수교함으로 인한 수질확보	조위차가 큰 해안 깊은 수심의 해안
5. 사빈(양빈)+호안	사빈(양빈)에 의해 형성된 해변으로 감쇠한 파랑에 대해 호안에 의해 방호하는 방식	해안의 레크리에이션	수평선 경관보전 조 모래사장, 모래사장정 해수정화	해양레저 이용의 요구가 높은 해안
6. 이안제+사빈(양빈)+호안	이안제와 사빈(양빈)을 통해 형성된 해변으로 감쇠한 파랑에 대해 호안에 의해 방호하는 방식. 이안제는 사빈(양빈)의 안정에도 기여	해안의 레크리에이션, 여초효과 기대	모래사장, 모래사장정 해수정화	해양레저 이용의 요구가 높은 해안
7. 잠제+사빈(양빈)+호안	잠제와 사빈(양빈)으로 형성된 해변으로 감쇠한 파랑에 대해 호안에 의해 방호하는 방식	해안의 레크리에이션, 여초효과 기대	수평선 경관보전 조 모래사장, 모래사장정 해수정화	해양레저 이용의 요구가 높은 해안
8. 인공리프+호안+사빈(양빈)	인공리프로 감쇠한 파랑에 대해 호안에 의해 방호하는 방식. 소파효과를 높이기 위해 사빈(양빈)을 만드는 경우가 있는데 이 경우 리프는 사빈(양빈)의 안정에도 기여	여초효과 기대	수평선 경관보전	공원 등의 주변 환경과 조화를 이룬 해안
9. 복층단면 제방호안	이중호안, 이중계단호안 등의 복층단면 호안인 경우에는 소파효과를 높이기 위해 사빈(양빈)을 만드는 경우가 있다.	산책, 사이클 등	수평선 경관보전	전면 수역에 설치 기준의 제약이 있는 해안
10. 인공곶·헤드랜드 등+호안	인공곶·헤드랜드 등으로 인해 형성된 해변으로 감쇠한 파랑에 대해 호안에 의해 방호하는 방식. 침식성이 강한 해변이나 모래사장이 침식되거나 또는 전혀 없는 경우에는 사빈(양빈)을 조성하는 경우가 있다.	해안의 레크리에이션, 여초효과 기대	수평선 경관보전 조 모래사장, 모래사장정 해수정화	해양레저 이용의 요구가 높은 해안

주) 1. 복합방호방식의 분류는 방재기능에 주목한 분류이다.

2. 특히 2, 3, 5, 6, 7, 9의 방호방식은 표사의 보충효과를 높이거나, 사빈(양빈)을 안정시키기 위해 돌제 등을 병용하는 경우가 있다.

2.2.2 유지관리

연안시설 설계에 있어서는 공용기간 중 소정의 기능 및 요구성능 확보를 위한 적절한 유지관리(정기 점검, 정밀점검, 정밀안전진단 등)가 이루어지도록 고려하여야 한다.

[해설]

(1) 유지관리 목적

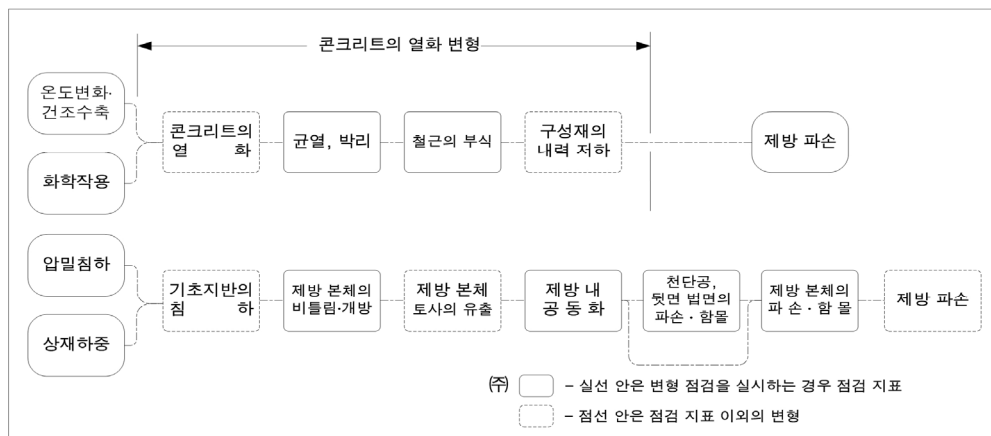
연안시설 중 연안보전시설은 상당히 긴 시간에 걸쳐 연안지역의 인명과 재산의 안전성 확보나 국토보전 등의 연안의 “방호”라는 중요한 사명을 다해야 한다. 또한 연안이 가져야 할 아름다운 “환경” 보전과 회복, 레저, 스포츠, 자연체험 등 다양한 연안 “이용”이 가능하도록 고려해야 한다. 이를 위해서는 정비 후의 지속적인 유지관리가 필요하다. 점검과 조사를 통해 시설에 생기는 변형을 조기에 발견하여 그 상태를 안전성 등의 기능, 성능상의 관점에서 평가하고 향후 변형 진행 정도를 예측하여 적절한 대책을 강구해 나갈 필요가 있다.

(2) 유지관리 개념

유지관리는 목적에서 살펴 본 점검, 조사, 평가, 예측, 대책 등 일련 작업의 총칭이다. 이 가운데 예측은 현재 기술수준으로는 충분치 않은 부분이 많다. 이 경우 과거 변형과정이나 유사시설 사례를 참고하는 것이 좋다.

(3) 연안시설의 변형과정

연안시설의 효율적인 유지관리를 위해서는 시설에 발생하는 변형특성 및 원인을 충분히 고려할 필요가 있다. 연안시설의 변형과정은 다양한 요소가 얹혀 매우 복잡하다. 이런 현상을 해명하기 위해서는 변형 발생원인, 변형 발생, 변형 확대 그리고 기능의 저하로 변형이 진행되는 과정을 변형과정으로 정리할 필요가 있다. 적절한 유지관리를 위해서는 변형과정 중에서 주목해야 할 주요 변형과정을 선정함과 동시에 고파랑 등을 원인으로 하는 돌발형 변형, 시간에 따라 완만하게 진행되는 진행형 변형 및 이들의 중간형 변형으로 구별하는 것이 효율·효과적인 유지관리로 이어진다. 일례로서 호안에서의 진행형 변형과정을 해설그림(2.2-2)에 나타냈다.

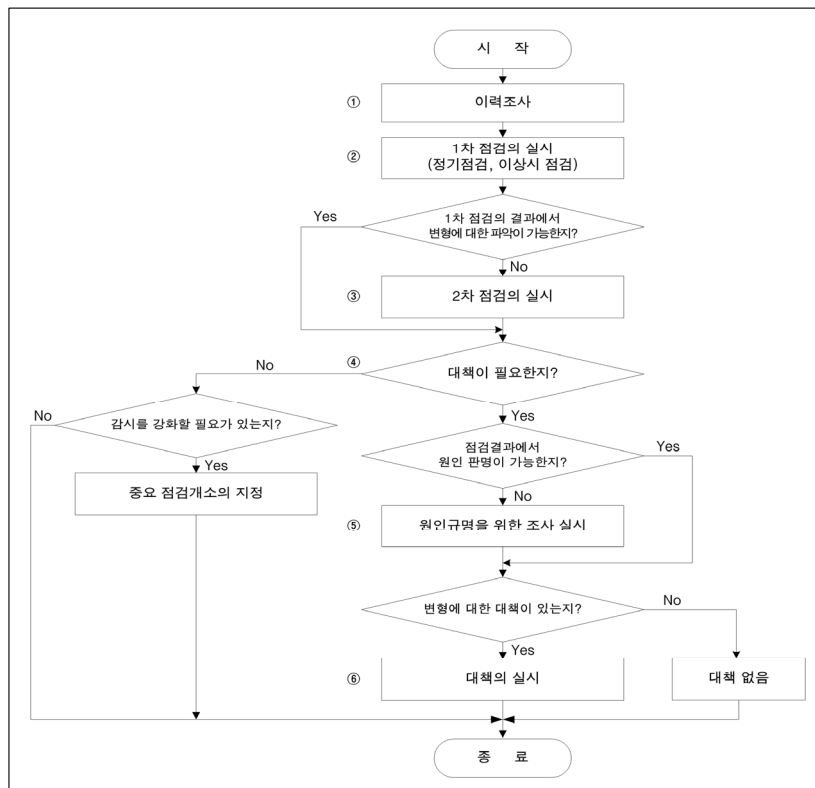


해설 그림 (2.2-2) 호안의 진행형 변형 과정

(4) 유지관리 흐름도

연안시설 유지관리 흐름도는 해설그림(2.2-3)에 나타난 바와 같이 주로 다음의 ①~⑥의 6단계로 구성된다. 여기서 점검에 관한 것이 ①~③, 평가가 ④ 및 ⑤, 대책이 ⑥이다.

- ① 이력 조사
- ② 1차 점검
- ③ 2차 점검
- ④ 건전도 평가
- ⑤ 원인규명조사
- ⑥ 대책시행



해설 그림 (2.2-3) 일반적인 유지관리 흐름도

유지관리는 우선 ①의 이력조사부터 시작한다. 이는 설계도 등을 통해 시설의 설계, 시공조건, 요구기능, 성능 등을 파악해 과거의 점검, 보수, 보강 등의 이력을 조사를 하는 것이다. 해당시설의 소성(塑性)을 확실하게 파악해 중점적인 점검과 조사 필요성 유무, 주안점과 주목해야 할 변형상태 확인을 위해 필요하다.

그 후 육안으로의 외관조사를 중심으로 한 ② 1차 점검과 보다 자세한 ③ 2차 점검을 시행한다. 1차 점검은 일반점검, 2차 점검은 상세점검이라고 부르는 경우도 있다. 이와 같이 점검은 비교적 간단하고 단기간에 시설 전체의 상황을 파악할 수 있는 1차 점검과 필요에 따라 보다 자세한 점검을 실시하는

2차 점검의 2단계로 진행되는 것이 대부분이다. 각각의 점검에는 초기점검, 일상점검, 정기점검, 임시점검 등이 있으며 대상이 되는 구조물이나 부위에 적합한 방법과 빈도로 시행해야 한다.

점검과 조사 결과에 기초해 시설의 ④ 건전도 평가를 실시해 대책이 필요한지에 대한 여부를 판단한다. 이때 향후의 변형 진행 예측을 할 수 있다면 대책 시행시기를 판단하는 것도 가능하다. 대책이 필요하다고 판단되는 경우나 자세한 변형 경향의 해석을 하는 경우는 필요에 따라 ⑤ 원인규명조사를 실시해 변형 원인을 검토한다. 건전도 평가는 변형의 상태나 변형의 원인에서 잔존 기능, 안전성, 사용가능기간 등을 고려해 보수공법이나 보수시기를 검토하는 것을 말한다. 그 결과 보수, 보강이 필요한 경우에는 이들의 적절한 ⑥ 대책공사를 실시함과 동시에 현 단계에서는 보수 등의 조치가 필요하지 않는 정도의 변형이더라도 앞으로 진행될 우려가 있는 것에 대해서는 감시를 강화하는 등의 방침을 정하게 된다.

마지막으로 점검, 조사의 기록, 변형평가 결과, 변형원인 검토결과 내지는 보수공사 기록 등은 모두 이용이 용이한 형태로 취합하여, 관리해둘 필요가 있다. 이 기록은 다음에 실시할 이력조사의 자료로서 활용될 뿐 아니라 유사 구조물의 유지관리를 위한 유용한 자료가 된다.

(5) 점검·조사

연안시설은 일반적으로 규모가 매우 크므로 시설 전체의 자세한 점검에는 막대한 시간과 비용이 필요하다. 따라서 시설의 변형 경향, 재료의 경년 열화특성 등을 충분히 고려하여 시설 전체 상황을 대표할 수 있는 지점에서 효과적인 점검항목을 선정해 적절한 수법으로 점검 평가하는 것이 효율적이다.

점검·조사의 시기, 지표, 위치, 항목, 방법에 대해서는 연안시설 특징을 고려해 가면서 유사시설 기준 등을 참조할 수 있다.

(6) 변형평가

연안시설에 발생한 변형을 평가할 때 판단하는 관점에 따라 그 기준이 크게 달라진다. 시설에 요구되는 기능을 고려하면 다음의 4항목을 들 수가 있다.

- ① 미관상·이용상의 관점
- ② 기능면의 관점
- ③ 구조상의 안전성 관점
- ④ 생애주기비용(life cycle cost)의 관점

이러한 관점은 병렬로 적용되는 것이 아니라 이상적으로는 “①~③”의 관점에서 손상 허용한계를 설정하고 “④”의 관점에서 대책공법을 선정하여 그 시행시기를 결정하는 것이 바람직하다.

(7) 대책

변형평가의 결과, 보수·보강 등의 대책이 필요하다고 판단되는 경우에는 이들 대책공사의 효과 적용 범위 설계공용기간 등을 고려하여 시행한다.

[참고문헌(해설)]

- 1) 강윤구(2015). “최근 항만구조물 설계상의 문제점 고찰(12)-불확실성 시대의 기술자의 역할과 윤리(2)-”. 한국항만협회, 항만, 여름호, pp. 39~50.
- 2) 日本土木學會(2000). 海岸施設設計便覽, pp. 105~116.
- 3) USACE(2002). coastal engineering manual. part 3-2 longshore sediment transport
- 4) Ozasa, H. and A.H. Brampton(1980). mathematical modelling of beaches backed by seawalls. coastal eng., 4: pp. 47~63.
- 5) 해양수산부(2014). 항만 및 어항 설계기준·해설, pp. 258~316.
- 6) 海岸保全施設技術研究會(2004). 海岸保全施設の技術上の基準·同解説, pp. 2-102~114.

[제3장 재 료]

3.1 재료특성

제3장 재 료

3.1 재료특성

3.1.1 콘크리트

콘크리트는 해수의 화학적 및 물리적 작용, 파랑에 의한 충격, 표류 고형물 등에 의한 마찰, 철근의 부식과 기타 유해한 작용에 저항하기 위한 내구성을 가진 것을 사용하도록 한다.

콘크리트에 사용하는 재료로는 소요 품질을 가진 것을 이용하도록 한다.

[해설]

콘크리트의 구성 재료와 재료성능에 관한 사항은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제3편 재료/3-3 콘크리트 구성 재료, 3-4 콘크리트의 재료성능”을 참조한다.

3.1.2 강재

강재는 한국산업표준(KS)에 규정되어 있는 강재를 사용하여야 하며, 강재가 부식되지 않도록 방식대책을 강구하도록 한다.

[해설]

사용 강재와 방식 등 강재 전반에 관한 사항은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제3편 재료/제2장 강재”를 참조한다.

3.1.3 기타재료

연안시설에 적용되는 기타재료에 대한 자세한 사항은 ‘항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제3편 재료’를 참조하여 사전에 그 특성을 파악하여 적용한다.

[해설]

연안시설에 적용되는 기타 재료로는 역청재, 석재, 목재, 양빈재료, 재활용재료, 방사포, 방사판, 발포 재료, 건설발생토, 기타 시트류 등이 있으며 사전에 그 특성을 파악하여 적용한다.

이에 관한 사항은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제3편 재료/제4장 역청재료, 제5장 석재, 제6장 목재, 제7장 기타 재료, 제8장 재생자원재료”를 참조한다.

[제4장 설 계]

4.1 호안 · 제방

4.2 돌제

4.3 이안제

4.4 잠제 · 인공리프

4.5 소파제

4.6 사빈(양빈)

4.7 부대시설

제4장 설계

4.1 호안·제방

4.1.1 일반사항

4.1.1.1 목적

호안·제방은 해안 배후에 있는 인명과 자산을 폭풍해일 및 파랑 등으로부터 방호함과 동시에 육지의 침식을 방지하는 것을 목적으로 설치된 해안보전시설이다.

[해설]

호안은 이상파랑 호안과 폭풍해일 호안으로 크게 나눌 수 있다. 이상파랑 및 폭풍해일에 의한 재해가 우려되는 해안에는 재해를 방지하는 호안을 설치하도록 한다.

4.1.1.2 적용범위

호안·제방의 설계기준은 폭풍해일 또는 파랑 등에 의한 해수의 침입을 방지하는 기능, 파랑에 의한 월파를 감소시키는 기능, 해수에 의한 침식을 방지하는 기능 중 하나 또는 모든 기능을 갖는 시설에 대해서 적용한다.

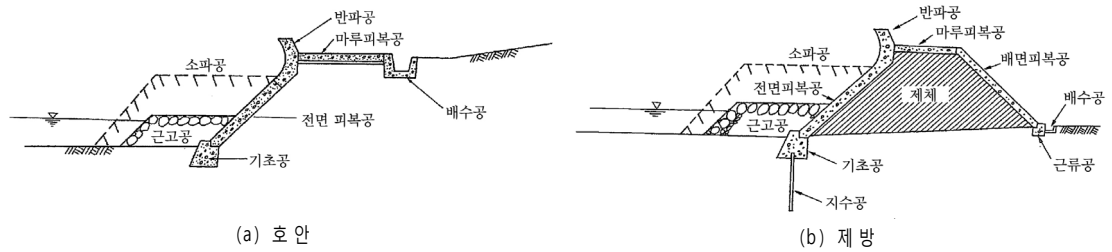
방조제 축조로 내수면이 된 곳의 매립을 위한 호안·제방의 경우는 이 기준과 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)”, “하천설계기준(국토교통부)” 등의 건설기준 해당조항을 따른다.

4.1.1.3 용어의 정의

- (1) “호안”이란 원지반에 독을 쌓거나 또는 독을 쌓지 않는 구조물로서 배후가 부지로 이루어지는 시설물을 말한다.
- (2) “제방”이란 원지반에 독을 쌓아서 건설되고 배후에 부지가 이루어지지 않는 경우의 시설물로서 따로 구분하지 않고 통칭하여 호안으로 부르는 경우가 많다.
- (3) “완경사 호안”이란 경사면이 1:3보다 완만한 경사를 가진 호안을 말한다.
- (4) “반파공”이란 파 또는 물보라가 호안 안쪽으로 들어오는 것을 막는 것을 주목적으로 하는 호안의 전면 피복공의 연장으로서 호안의 마루 위 바다측에 돌출되어 세워진 구조물을 말한다.
- (5) “근류공(根留工)”이란 제방 배면의 이동, 침하 등을 막으며 경사면 하부를 보호할 목적으로 배면 기부 하단에 설치하는 구조물을 말한다.

[해설]

호안·제방의 개념도는 해설그림(4.1-1)과 같다.



해설 그림 (4.1-1) 호안·제방의 개념도

4.1.1.4 시설물의 구성

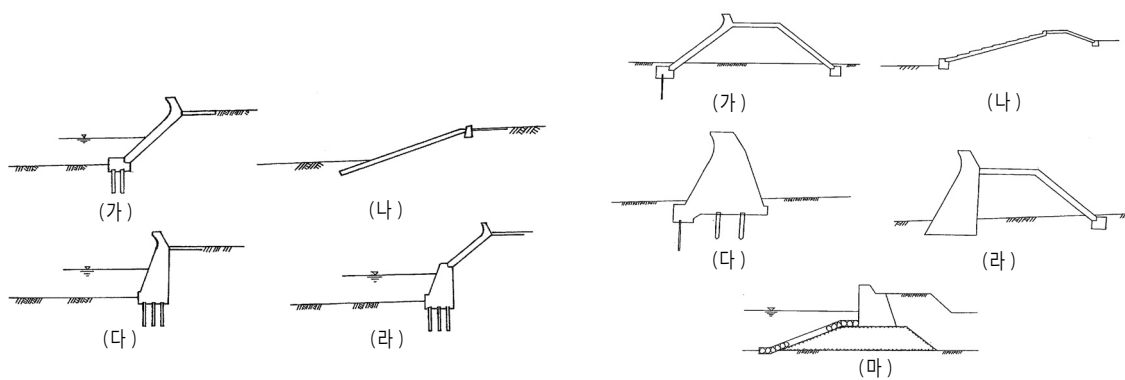
호안 형식의 선정에 있어서는 수리조건, 기초지반의 토질, 축조재료, 부지이용조건, 이용 상황, 경관조화 및 시공기간 등을 종합적으로 검토해 안전하고 기능적인 형식을 선정한다.

[해설]

호안 형식의 분류는 전면의 경사, 구조, 사용재료 등에 의해 매우 다양한데 전면의 경사에 의해 경사식, 직립식 및 혼성식 3종류로 분류된다. 경사가 1:1보다 완만한 것을 경사식이라고 하며 1:1보다 급격한 것을 직립식이라고 한다. 혼성식은 해설그림(4.1-2)와 같이 사석마운드 등의 경사식 구조물 위에 케이슨이나 블록 등의 직립식 구조물이 설치된 것을 말한다.

해설표 (4.1-1) 호안에 사용되는 구조 형식

경 사 식	돌붙임식, 콘크리트 블록붙임식, 콘크리트 피복식, 사석식, 사블록식 등
직 립 식	돌쌓기식, 중력식, 부벽식, 돌출형식(L형식을 포함), 케이슨식, 콘크리트 블록식, 셀식, 널말뚝식, 사석틀식 등
혼 성 식	-



해설 그림 (4.1-2)(a) 호안에 사용되는 구조 형식

해설 그림 (4.1-2)(b) 제방에 사용되는 구조 형식

4.1.1.5 참고기준

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

4.1.1.6 설계고려사항

- (1) 호안은 소정의 기능이 발휘되도록 설계고조위 이하 조위의 해수, 설계파, 지진 및 기타 외력의 작용에 대해 안전한 구조로 하도록 한다.
- (2) 설계조위를 넘는 폭풍해일 및 설계파를 넘는 이상파랑의 작용에 대해서는 배후지의 이용상황 등을 고려해 해당 호안이나 배후지의 손상 등을 경감하는 구조로 하도록 한다.
- (3) 이 기준의 ‘제4장 설계’에서 규정되지 않은 사항은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)”을 따른다.

4.1.2 설계조건 및 계획

4.1.2.1 설계조건

호안의 구조형식이나 구조제원의 결정에 있어 고려해야 할 조건은 다음과 같다.

(1) 자연조건

가. 조위

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.2 조위’를 참조하여 호안의 설치 목적에 부합하도록 월파, 파의 처오름에 대해 가장 위험한 조위로 한다.

나. 파랑

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.3 파랑’의 해당 조항을 따른다.

다. 유속

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.4 흐름’의 해당 조항을 따른다.

라. 표사

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.5 표사 및 비사’의 해당 조항을 따른다.

마. 해저지형 및 해빈지형

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.6 해빈형상’의 해당 조항을 따른다.

바. 지반

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.7 지반’의 해당 조항을 따른다.

사. 토압 및 수압

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.8 토압 및 수압’의 해당 조항을 따른다.

아. 지진

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.9 지진’의 해당 조항을 따른다.

(2) 기타 조건

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획/2.1.10 연안의 환경과 이용’의 해당 조항을 따른다.

[해설]

(1) 자연조건

가. 조위, 파랑, 유속, 표사

이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획’의 2.1.2 조위, 2.1.3 파랑, 2.1.4 흐름, 2.1.5 표사 및 비사의 해당 조항을 따른다.

한편 파의 처오름에 의한 호안 마루높이의 검토에 있어서는 조위가 설계고조위 보다 낮은 조건에

서도 전면수심이 쇄파수심에 해당하는 경우에는 파의 초오름이 최대가 될 가능성이 높기 때문에 설계고조위가 반드시 설계조위가 되는 것은 아니라는 점에 주의할 필요가 있다.

설계파로는 확률 통계·처리된 재현빈도 30~50년의 확률 파고를 적용하는 예가 많다.

나. 해저지형 및 해빈지형

해저 경사가 급한 경우의 파는 연안 측에서 쇄파되면서 쇄파파고가 커지게 되므로 파력이 커지고 월파가 발생하기 쉽다. 또한 사빈인 경우에는 폭풍해일 시 등에 호안 전면에서 세굴이 발생하기 쉽다. 이와 같이 해저지형 및 해빈을 형성하고 있는 토질에 대한 고려도 중요하다.

다. 지반

호안의 건설 위치는 여러 가지 제약을 받는 경우가 많아 강도가 낮은 지반에 시공할 수밖에 없는 경우에는 필요에 따라 압성토, 지반 개량 등을 고려해야 한다.

또한 제체의 성토재료는 충분한 다짐이 가능한 재료로 하는 것이 바람직하다.

라. 지진

제체의 안전성 등에 대해서는 중요도에 따라 성능목표별 지진력을 고려해 검토한다.

(2) 기타 조건

가. 배후지의 중요도

호안은 재해한계 내의 범위에서 월파를 허용해도 좋으나 그 월파유량은 배후지의 중요도에 따라 달라진다. 호안의 배후지에 인구와 자산이 집중되어 있는 중요도가 높은 경우에는 작은 허용월파 유량을 취하는 것이 바람직하다. 또한 배후의 지반 높이도 충분히 고려할 필요가 있다.

허용월파량 기준 및 월파량 산정은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장/4-6-2 월파량”에 따른다.

나. 해안의 환경

호안은 해빈 또는 암초 등에 건설되므로 해역 생물의 삶의 터전인 해안선 부근의 갯벌이나 해빈이 소실되는 등의 폐해를 가능한 방지하고 생물 또는 주변 생태계에 미치는 영향을 고려하는 것이 중요하다. 따라서 현지의 자생식물 또는 해역 생물의 종류나 분포상황 등을 파악한 후에 호안의 배치계획 및 구조형식을 검토할 필요가 있다.

한편 호안(인공구조물)의 존재가 자연경관을 해치거나 주변 환경과 조화를 이루지 못하는 등의 폐해를 최대한 방지하기 위해 평면계획 시 호안의 기준선을 완만한 곡선형상으로 하거나 호안의 사용재료에 자연석이나 나무 등 환경친화적인 재료를 이용하는 노력이 필요하다.

호안의 설계에 있어서는 문화재나 자연공원의 지정상황 등을 충분히 고려해 설계를 할 필요가 있다. 또한 연안을 이용하는 이해당사자와 합리적으로 의사합의를 이루어 설계하는 것이 바람직하다.

다. 해안의 이용과 이용자의 안전

해안지역은 예로부터 어업과 레크리에이션의 장으로서 이용됨과 동시에 해운, 발전 등 산업분야에서의 이용도 활발하게 이루어져 앞으로 해안지역의 이용에 대한 요구는 점점 더 증대될 것으로 예상된다. 따라서 호안의 배치 및 구조형식 등의 검토에 있어서는 이러한 해빈의 이용 상황(어업, 관광, 레크리에이션, 해양스포츠 등)을 고려한 향후의 이용계획 및 이용자의 안전도 고려할 필요가 있다.

해빈의 이용과 더불어 호안 자체의 친수이용도 고려할 필요가 있다. 일반적으로 호안 위의 이용

으로서 산보, 조깅 등의 산책로, 불꽃놀이나 전망공간, 낚시 장소로서 이용되는 외에도 직립호안의 경우에는 보트나 어선 등의 계류도 생각해 볼 수 있다. 이러한 호안의 친수이용에 대한 요구 등도 고려해 구조형식에는 환경사식, 직립식 등에 대한 검토와 장애인 편의시설도 검토할 필요가 있다.

라. 시공조건

해상공사가 되는 경우에는 다양한 시공 상의 제약을 받는다. 즉 파랑, 조수간만의 차, 조류의 영향을 강하게 받아 작업시간이 제한을 받으며 또한 시공에 의한 해수 오염의 문제가 생기는 경우도 있다. 이렇게 시공조건에 대한 고려도 중요하다.

4.1.2.2 계획

호안의 배치 및 기준선 계획은 해안선을 따라 해안환경의 보전, 해안 및 인근 토지의 이용 상황을 고려하고, 폭풍해일, 파 등의 침입을 효과적으로 방지할 수 있도록 결정한다.

[해설]

(1) 일반사항

호안의 위치 및 기준선은 해안환경의 보전, 해안 및 인근 토지의 이용 상황을 고려해 결정할 필요가 있으며 다음 사항을 고려한다.

가. 파의 수렴

나. 지형, 토질, 조위 등을 고려한 시공조건

다. 인근의 토지이용 상황

라. 준공 후의 유지, 관리, 수방(水防), 내수의 배수, 해빈의 이용

마. 인접 구조물과의 관계

바. 해빈지형에 대한 영향

(2) 기준선의 결정에 있어 고려해야 할 사항

모서리나 기준선의 불연속부 등이 있으면 파가 집중해 월파 유량의 증대나 호안 파손의 원인이 되는 경우가 있다. 따라서 파의 집중이 명확한 곳에서는 이를 방지하거나 또는 다른 필요한 대책, 예를 들어 그 부분의 구조를 강화하는 등의 고려가 필요하다. 또한 지형 및 토질이 연안보전시설의 공사비 및 안전성에 미치는 영향을 고려해 기준선을 결정할 필요가 있다.

조위는 해상 공사로 할 것인지, 육상 공사로 할 것인지 등 시공의 난이도를 검토하는 자료나 배후지의 배수를 고려하는 자료가 되므로 기준선과 조위의 관계를 미리 검토해 둘 필요가 있다. 또한 해빈 이용을 고려해 호안 전면에 해빈 폭을 넓게 해두는 경우 등에는 배후지 인근의 토지 이용 상황도 파악해 둘 필요가 있다.

다음으로 시공방법, 시공 후의 유지, 관리, 수방(水防), 내수 배수, 호안의 내구성 또는 해안 이용(해수욕, 해산물의 건조장, 관광 등) 등도 고려해 기준선을 결정한다.

인접 구조물과의 관계는 예를 들어 하구부의 하천 호안, 간척호안 등과의 연결부, 또는 항만의 안벽, 도로의 호안 등과의 연결부는 상호간의 파랑의 영향 등으로 예상외의 악영향을 받는 경우가 있다는 점에 주의를 기울여야 한다. 또한 일반적으로 이제까지 안정 상태에 있던 해빈에 호안을 설치하면 여기에 작용하는 파로 인해 그 해빈은 평형상태가 깨져 전면 해빈의 감소 등이 일어나 건설 장소뿐

아니라 그 부근 해변에도 좋지 않은 영향을 미치는 경우가 많으므로 사빈을 보전해야 하는 곳에 호안을 설치할 필요가 있는 경우에는 호안을 육측으로 후퇴시켜 설치하는 등의 주의를 기울여야 한다.

(3) 새로이 토지를 조성하는 경우의 기준선

기준선은 「(2) 기준선의 결정에 있어 고려해야 할 사항」에서 논한 각 부분을 고려해 폭풍해일, 파랑 등의 침입을 유효하게 방지할 수 있도록 정해야 하는데, 매립사업인 경우에는 향후 조성될 토지의 이용 목적 등을 고려하는 것도 필요하다. 어쩔 수 없이 파의 수렴이 일어나는 부분이 생기거나 또는 지반이 연약한 곳이나 수심이 깊은 지점 등 시공이 곤란한 곳에 호안을 건설하는 경우도 있을 수 있다. 이와 같은 경우에도 이 기준에서 규정하는 각 사항에 대하여 고려할 필요가 있다. 예를 들어 파의 수렴 부분은 그 구조를 강화하고 연약 지반 위에는 대응공법을 고려하는 등 대책을 충분히 강구해야 한다.

4.1.3 재료

이 기준의 '제3장 재료'의 해당 조항을 따른다.

4.1.4 설계

4.1.4.1 설계 방침

(1) 일반사항

설계고조위의 해수 및 설계파의 작용에 대해 소정의 기능이 발휘되도록 호안의 형식, 마루높이, 마루폭, 전면 경사 및 기준선을 결정한다.

또한 설계고조위를 넘는 조위의 해수 및 설계파를 넘는 이상파랑의 작용에 대해서도 소정의 기능이 발휘되도록 호안의 형식, 마루폭 및 경사 등(근고공의 경우에는 형식, 폭 및 두께, 숲인 경우에는 수종 및 성토의 폭 및 두께)을 적절히 정한다.

(2) 구조형식의 선정

호안 구조형식의 선정에 있어서는 다음 사항을 종합적으로 검토하여 선정한다.

가. 수리조건

나. 기초지반의 조건

다. 제체 토사의 확보 난이도

라. 용지취득의 난이도

마. 해변의 이용

바. 시공조건

사. 기타

(3) 구조 제원

호안의 기본단면을 구성하는 구조 제원은 마루높이, 마루폭, 전면 경사가 있으며 제방인 경우에는 배면 경사가 더 있다.

[해설]

(1) 일반사항

호안 설계 시에 해당 호안의 배후지 상황 등을 고려해 설계고조위 이하 조위에서도 해수 및

설계과 또는 이상과량의 작용에 대해 소정의 기능을 가지도록 호안의 기준선, 형식, 마루높이, 마루폭 및 전면 경사 등의 구조 제원을 결정할 필요가 있다.

(2) 구조형식의 선정

호안의 각 형식의 일반적인 적합조건은 다음과 같다.

가. 경사식

경사식 호안은 원칙적으로 다음과 같은 경우에 이용하도록 한다.

- (가) 기초지반이 비교적 연약한 경우
- (나) 제체 재료가 용이하게 얻어지는 경우
- (다) 호안용지가 용이하게 얻어지는 경우
- (라) 수리조건, 기존 호안과의 연결 관계 등에서 판단해 경사식이 바람직한 경우
- (마) 해빈 이용 상 바람직한 경우나 친수성에 대한 요구가 강한 경우

나. 직립식

직립식의 호안은 원칙적으로 다음과 같은 경우에 이용하도록 한다.

- (가) 기초지반이 비교적 단단한 경우
- (나) 호안용지가 용이하게 확보되지 않는 경우
- (다) 수리조건, 기존호안과의 연결 관계 등에서 판단해 직립식이 바람직한 경우

다. 혼성식

혼성식 호안은 경사식 및 직립식의 특성을 살린 형식이 바람직한 경우에 이용하는데, 최종적으로 구조형식은 상기의 적합조건과 더불어 해빈의 이용 상황, 지형변화 상황도 충분히 고려하여 선정한다. 특히 호안용지를 쉽게 구할 수 있는 경우에는 월과 유량, 파의 치오름을 저감할 수 있고, 해빈 이용 측면에서 친수성 높은 완경사 호안의 적용이 고려되는데, 이 경우 기존 해빈 면적을 필요 이상으로 점유하거나 해역 식생에 의도치 않은 악영향을 미치는 경우도 있으므로 주의가 필요하다.

또한 적합조건에서 말하는 수리조건이란 파랑 조건으로서 예를 들어 호안이 예정되어 있는 위치가 쇄파대의 밖으로서 중복파가 작용하는 경우이거나, 육상에 있는 등 작용하는 파압이 작을 것으로 예상되는 경우에는 직립식이 유리하다. 그 중간인 경우 특히 호안 바로 앞에서 쇄파가 일어나는 경우에는 파력이 강력하므로 경사호안으로 하는 것이 수리적으로는 유리하다. 그리고 파력과는 별도로 호안의 배후지 이용조건 등에서 월과 유량에도 제약은 받는 경우가 있으므로 이를 고려해 둘 필요가 있다.

기존 호안과의 연결 관계란 기존 호안과 형식을 다르게 하는 경우 그 연결부가 구조 상 약점이 될 수 있으므로 동일 형식으로 설계하는 등의 고려할 필요가 있다는 것을 의미한다.

혼성식의 호안은 경사식 및 직립식의 특성을 살려 주로 기초지반이 그다지 단단하지 않으며 수심이 깊은 장소 등에 건설된다.

라. 완경사 호안

완경사 호안은 다음과 같은 경우에 사용된다.

- (가) 충분히 넓은 전빈이 있고 해저 경사가 완만한 해빈에 새로이 구축하는 경우
- (나) (가)에 준하는 해빈에서 기존 직립식 호안의 전면에서 기능 개선·개량·보강 목적으로 설치하는 경우
- (다) 직립식 호안의 전면 해빈이 세굴되어 사빈이 소실되는데, 전면 해빈 경사가 비교적 완만한 경우에 월파·비말 방지(경감) 대책, 즉 소파공의 대체 시설로서 설치하는 경우

(라) 직립식 호안의 바다쪽으로 이안제 혹은 소파제가 완성되어 있는 경우에 기능 개선을 위해 설치하는 경우

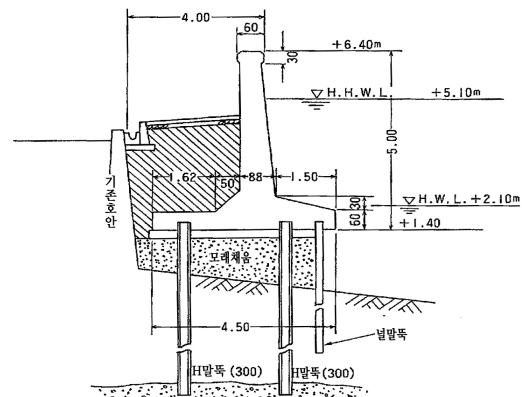
(마) 제체 선단 수심은 약간 크지만, 그 전면

해빈 경사가 상당히 완만한 기존 호안의
전면에 개량·보강 공사로서 질량이 충분한
블록에 의한 완경사 호안을 설치하는 경우

마. 호안의 형식

(가) 돌출식(옹벽식)

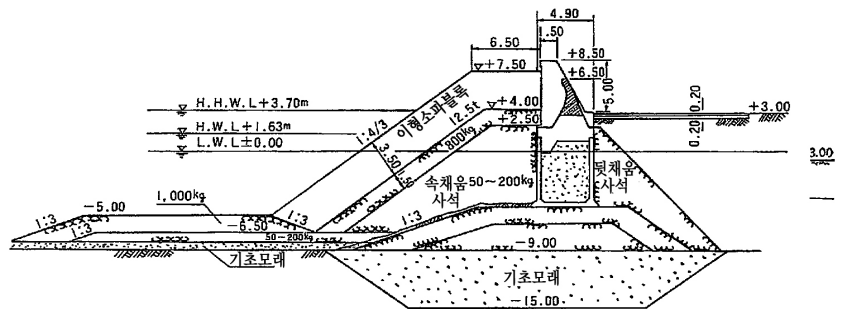
돌출식[해설그림(4.1-4)]은 원칙적으로 철근 콘크리트구조로 하며 최소 두께를 0.3m 이상으로 하는 경우가 많다. 또한 신축줄눈은 6~10m 간격으로 설치하는 경우가 많다.



해설그림 (4.1-4) 돌출식 호안의 예

(나) 케이슨식

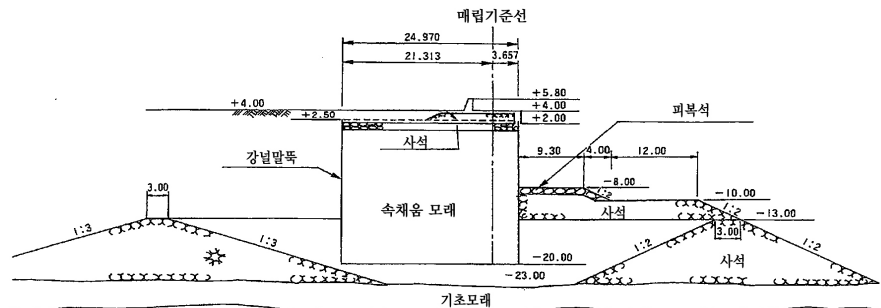
케이슨식[해설그림 (4.1-5)]은 일반적으로 공사비가 비싸지므로 파력 또는 수심이 아주 깊어 다른 적당한 공법이 없는 경우에 한해 적용되며, 혼성식의 상부에 이용되는 경우가 많다.



해설그림 (4.1-5) 케이슨식 호안의 예

(다) 셀식

셀식[해설그림 (4.1-6)]은 시공이 비교적 간단하기 때문에 급속시공에 적합해 지반이 좋지 않은 경우에는 경제적이다. 셀 본체는 보통 강널말뚝 또는 강판이 쓰이므로 이들 강재의 방식을 고려하여야 한다. 또한 셀은 설치 후 속채움이 끝날 때까지는 파랑에 대해 매우 약하므로 신속하게 속채움을 할 필요가 있다.



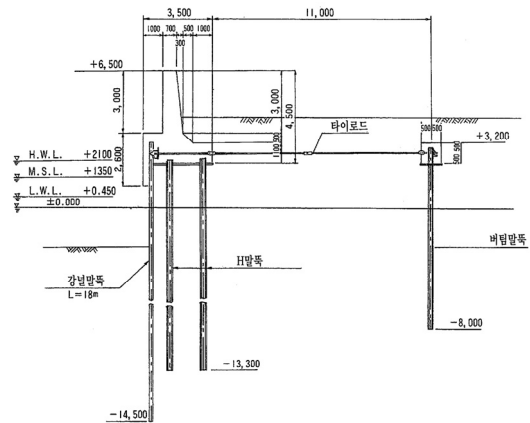
해설그림 (4.1-6) 셀식 호안의 예

(라) 널말뚝식

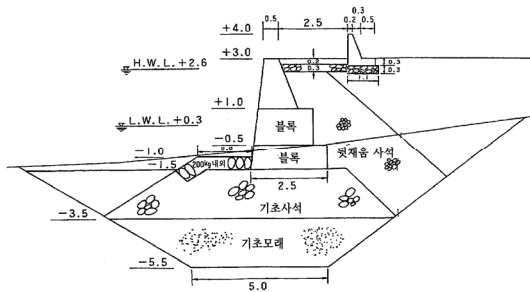
널말뚝식[해설그림(4.1-7)]은 원칙적으로 강널말뚝 또는 철근콘크리트널말뚝을 이용하며 강재의 부식에 대해 고려해야 한다. 또한 널말뚝의 정상부는 견고하게 서로 연결해야 한다. 널말뚝의 근입깊이는 앞면이 세굴된 경우라도 안전하도록 결정하며 전체 길이의 3분의 1 이상으로 하는 경우가 많다.

(마) 콘크리트 블록식

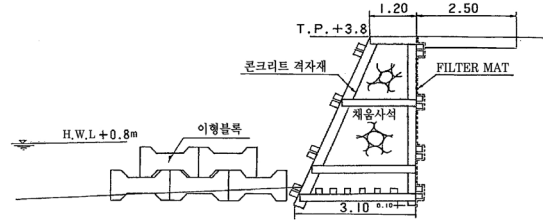
콘크리트 블록식[해설그림(4.1-8)]에 대해서는 블록의 크기는 질량 3ton 이상으로 하는 경우가 많다. 또한 각 블록은 지그재그로 거치하며 일치성을 위해 현장 타설 콘크리트에 의한 시공이음을 설치한다.



해설그림(4.1-7) 널말뚝식 호안의 예



해설그림(4.1-8) 콘크리트 블록식 호안의 예



해설그림(4.1-9) 사석틀식 호안의 예

(바) 사석틀식

사석틀식[해설그림(4.1-9)]은 원칙적으로 철근콘크리트구조로 하며 속채움에는 질량 0.2t 이상의 거친 돌을 이용하는 경우가 많다. 또한 사석틀식의 배후에는 뒷채움석을 시설하여야 한다.

4.1.4.2 목표 성능

(1) 일반사항

- ① 호안은 폭풍해일 또는 이상파랑에 의한 해수의 침입을 방지해 파랑에 의한 월파를 감소시키는 것이며 호안의 형식, 구조 및 위치는 보전 대상 해안에 대한 목표 방호수준을 달성할 수 있게 적절히 정한다.
- ② 호안의 설치 목적을 달성하기 위하여 마루높이, 전면 경사, 마루폭, 배면 경사, 근고공의 형식, 폭 및 두께, 또는 성토의 폭 및 두께 등이 적절하게 조합되어 있는지를 평가한다.
- ③ 성능검토는 해당 해안에서의 설계조위, 설계파 등을 적절히 설정해 파의 처오름 높이 또는 월파 유량 또는 이상파랑 시의 수위(호안에 의한 상승 높이가 포함된 수위)가 소정 수치(상승 높이는 마루높이, 월파유량은 허용 월파유량)를 상회하지 않는 지를 확인한다. 또한 설계고조위를 넘는 조위의 해수 또는 설계파를 넘는 이상파랑에 대응하는 해당 호안의 성능검토 시에는 호안 자체의 손상 등을

경감하는 기능을 갖는지를 확인한다.

- ④ 조사 및 검토방법은 신뢰성이 높은 적절한 방법을 이용하도록 한다.

(2) 목표 성능

① 마루높이

호안의 마루높이의 결정은 폭풍해일이나 이상파랑에 의한 해수의 침입을 방지하고 파의 처오름이나 월파를 막는데 충분한 높이로 하여야 한다.

② 전면 경사

전면 경사는 호안 형식의 결정에 따라 제체의 안전성, 수리조건, 해빈의 이용 상황, 토질, 지형조건 등을 고려하여 결정하며, 전면 수심이 깊어 해빈 경사가 급한 경우에는 제체의 안전성 및 세굴에 대하여 특별히 고려하여야 한다.

③ 마루폭

마루폭은 제체가 파력에 대항해 월파에 의한 마루 수평면의 월류에 저항할 수 있는 너비로 하며 연결 도로, 경사로 또는 차량의 통행 등을 고려하여 정한다.

④ 배면 경사

배면 경사는 제체의 원호활동에 대한 안전성 등을 고려하여 호안의 높이나 경사, 길이 등을 결정한다.

[해 설]

(1) 일반사항

- ① 방호수준은 보전 대상 해안에 영향을 미치는 폭풍해일, 이상파랑 및 설계파가 내습하는 경우에 대하여 정해진다.

- ② 폭풍해일을 방호 대상으로 하는 해안에는 이 기준의 ‘제2장 설계조건 및 계획’에서 정의되어 있는 ‘설계조위’에 파랑의 영향(월파 유량 또는 파의 처오름)을 고려한 수치를 목표로 한다. 한편 기왕 고극조위, 기존의 조위 편차의 최댓값 및 추산한 조위 편차의 최댓값에 대해서는 그 재현기간을 구해 두는 것이 바람직하다.

- ③ 이상파랑을 방호를 대상으로 하는 해안에서는 이상파랑의 수위에 대해 방호하는 것을 목표로 한다. 조위에 비해 배후지의 지반 높이가 낮은 지역 및 배후에 인구나 자산이 특히 집적되어 있는 지역에서는 과거의 폭풍해일이나 이상파랑에 의한 재해를 충분히 감안해 필요에 따라 보다 높은 방호수준을 설정해도 좋다.

- ④ 호안의 설치목적은 해안 배후에 있는 인명과 자산을 폭풍해일, 파랑으로부터 방호함과 동시에 육지의 침식을 방지하는 것으로서 그 목적을 달성하기 위한 호안의 성능은 원칙적으로 마루높이, 전면 경사, 마루폭, 배면 경사의 구조 제원의 조합으로 갖추게 된다. 즉 이들 제원의 조합에 의해 호안의 성능이 평가되는 것이다.

- ⑤ 성능검토는 해당 해안에서의 설계조위 및 설계파 등을 적절히 설정해 파의 처오름 높이 또는 월파 유량이 목표 수치를 상회하지 않는 지를 확인하는 것이 중요하다.

- ⑥ 조사 및 검토방법에는 신뢰성이 높은 적절한 방법을 이용한다.

(2) 목표 성능

① 마루높이

가. 일반사항

기상, 해상, 지형 등의 설계조건이 같은 일련 구간의 마루높이는 원칙적으로 변하지 않는다.
 폭풍해일 호안의 마루높이 결정의 기본적인 개념은 일반적으로 다음과 같다.

$$\text{마루높이} = \text{설계조위} + \text{설계파에 대한 필요 높이} + \text{여유 높이}$$

여기에서 설계조위로는 일반적으로 설계고조위가 적용되는데, 설계고조위가 반드시 설계조위가 되는 것은 아니라는 점에 유의할 필요가 있다.

나. 설계파에 대한 필요 높이의 결정과 산정 방법

(가) 적용 설계파

호안의 목표 성능 달성 검토에 쓰이는 파는 호안의 설계공용기간에 맞게 합리적으로 결정하도록 한다. 설계공용기간에 대한 확률 파고로는 30~50년 확률파고를 이용하는 경우가 많다.

(나) 설계파에 대한 마루높이의 결정

설계파에 대한 마루높이는 해저 경사, 호안의 이용조건, 월파 허용한도 등을 고려해 결정한다. 또한 소파공, 이안제, 인공해빈 등의 복합방호방식에 의해 호안 마루높이를 낮추고자 하는 경우에는 시설 각각의 기능을 충분히 검토한 후에 결정한다.

설계파에 대한 마루높이는 아래 사항을 고려하여 정한다.

- ㉔ 설치 위치가 해안선 보다 바다 측에 있는 경우에는 월파유량을 산정하여 호안 배후지의 이용 상태에 맞게 설정한 허용량 이하가 되는 높이를 적용한다.
- ㉕ 설치 위치가 해안선 보다 육지 측에 있는 경우에는 파의 처오름 높이를 산정하여 월파 방지를 위한 필요한 높이를 적용한다.

전자는 호안 배후지의 이용 상황에 맞게 허용할 수 있는 월파유량을 설정하는 개념이며, 후자는 파의 실질부분의 침입을 저지하는 높이로서 파의 처오름 높이를 대상으로 한 개념이다.

한편 호안의 설치위치가 설계고조위 시의 해안선보다 육지 측인 경우에도 계산에 의한 월파 유량의 산정이 가능한 경우에는 필요 높이를 월파유량에 의해 결정할 수 있다. 단, 이것은 절대적인 개념이 아니므로 이 결과값들과 함께 인접 구조물과의 관계 등을 충분히 고려할 필요가 있다.

다. 소요높이의 결정 시에 고려해야 할 사항

(가) 지반 또는 제체의 침하가 예상되는 경우의 마루높이

호안은 매우 단단하게 피복되어 있으므로 다소의 월파가 있더라도 그로 인해 호안이 전면적으로 붕괴해 배후지에 피해를 줄 우려는 비교적 적다.

이에 비해 어떠한 원인에 의해 호안의 상대적 높이가 감소해 파가 호안을 월류하는 상태가 되면 호안이 붕괴되지 않더라도 배후지에 미치는 피해는 상당히 커지게 된다. 따라서 연약지반이나 예상되는 지진동의 작용 등에 의해 지반 또는 제체의 침하가 예측되는 경우에는 완공 후에도 호안 높이가 부족해지지 않도록 수리적으로 결정된 마루높이에 예측침하량을 미리 더해 둘 필요가 있다.

(나) 환경사 호안에 대한 주의

환경사 호안일 경우 전면 경사가 1:3 정도에서는 파의 처오름 높이나 월파유량이 직립호안에 비해 저감되지 않으므로 주의가 필요하다. 이에 대해서는 전면 경사를 1:4~1:5보다 완만하게

하거나, 표면 조도를 크게 하거나, 계단을 설치하는 등의 방법으로 소요 높이를 낮출 수가 있다.
라. 여유 높이

호안의 마루높이 결정 시 설계고조위, 설계파 또는 침하량 등이 실측 또는 기타 방법을 통해 합리적으로 구해졌다고 하더라도 아직은 신뢰성이 그다지 높다고 말하기 어렵다. 예를 들어 기존의 기록에서 결정한 설계고조위를 넘는 폭풍해일이 향후에 오지 않는다고 단정하기 어려우며 또한 수치를 정확히 예측하는 것은 매우 어려운 일이다.

이와 같은 호안 마루높이 설정에 대한 불확실성을 고려해 여유 높이를 설정한다. 즉 호안 마루 높이의 결정 시에는 여유 높이를 더하게 되는데, 여유 높이를 불필요하게 높게 하면 공사비의 증대를 초래해 경제적이지 않다. 때문에 배후지의 사회적, 경제적 중요도를 하나의 기준으로 삼아 여유 높이를 결정하는 것이 타당한 방법이다. 즉 배후지에 시가지 또는 중요한 공공시설 등이 있어 고도의 안전성이 요구되는 경우에는 최대 1.0m 정도를 한도로 여유 높이를 적절히 결정하는 경우가 많다.

② 전면 경사

전면 경사는 호안 형식의 결정과 동시에 해설표(4.1-2)와 같은 수치를 참조할 수 있는데, 전면의 수심이 깊고 해변 경사가 급한 경우에는 호안의 안전성 및 세굴에 대한 고려가 특히 필요하다.

파압이 강하거나 해수욕, 관광 등에 해변이 이용되고 있는 경우 등에는 전면 경사를 완만하게 해서 대처하는 방법이 있는데, 경사도가 1:3까지의 범위에서는 월파유량이 커질 가능성이 있으므로 충분히 주의할 필요가 있다. 이와 같은 경우에는 월파유량을 적게 하기 위해 블록이나 계단을 설치해 표면의 조도를 크게 하는 것이 효과적이다.

또한 완경사 호안에서는 일반적으로 전면 경사가 완만할수록 처오름높이가 감소하고, 반사율도 작아지기 때문에 세굴의 경감

도 기대할 수 있다. 그러나 사면을 환경사화해서 기준선을 바다 쪽으로 내어 전빈을 덮어버리면 이용할 수 있는 전빈의 감축 등으로 자연해빈이 갖는 소파 기능의 감소를 초래한다. 따라서 완경사 호안에서는 특히 전면 경사, 마루높이 그리고 기준선의 관계에 유의할 필요가 있다.

해설표(4.1-2) 전면 경사

형식	경사	형식	경사
돌붙임식	1:1보다 완만	중력식	수직~1:0.5
콘크리트 블록붙임식	"	부벽식	"
콘크리트 피복식	"	돌출형식(옹벽식)	"
사석식	1:1~1:3	케이슨식	수직~1:0.4
사블록식	"	셀식	"
		널말둑식	"
		콘크리트 블록쌓기식	수직~1:1
돌쌓기식	1:0.3~1:1	사석틀식	"

③ 마루폭

마루폭을 결정하는 일반적인 계산식은 현재 경험에 의한 것 외에는 없는 실정이다. 월파에 의한 마루 수평면의 월류에 대해서는 월류량, 월류의 방법 및 빈도, 마루 피복의 공법 등에 따라 다르지만 가능한 넓은 편이 좋다. 기존 사례에서는 마루폭을 3m 이상으로 한 경우가 많다. 단 직립형의 중력식인 경우에는 그 구조상 마루폭이 3m 이하이더라도 월류에 대해 충분히 안전하므로 1m까지 마루폭을 감소시킬 수가 있다. 한편 호안은 관리, 수방(水防) 및 공사용 도로를 겸하는 경우가

보통이기 때문에 차량의 하중 및 폭에 맞는 소요 폭을 확보할 필요가 있다.

④ 배면 경사

가. 일반사항

구조형식별 배면 경사의 수치는 시공 사례 등을 참조해 구한 해설표(4.1-3)을 참조할 수 있다.

나. 배면 소단(小段)

배면 소단은 호안의 유지와 관리 및 수방(水防) 등에 도움이 되는 외에 연약지반 위에 호안을 건설할 경우에는 제체의 중량을 분산해 안전성을 향상시키는 기능을 가지고 있다.

따라서 호안의 높이가 5m 이상인 경우 또는 5m 미만이라도 특별히 필요한 경우에는 폭 1.5m 이상의 소단을 설치하는 것이 바람직하다.

해설표(4.1-3) 구조형식과 배면경사

형식	경사
돌 쌓기 식	1:0.3~1:1
돌 붙임 식	1:1~1:2.5
콘크리트 블록 붙임 식	
콘크리트 피복 식	1:1~1:2
아스팔트 피복 식	1:2~1:3

4.1.4.3 안전 성능

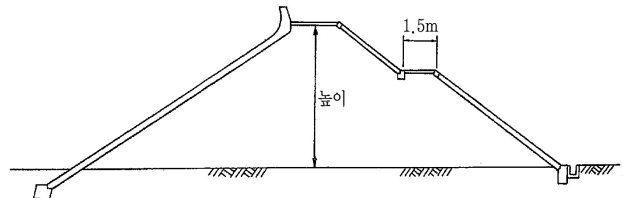
(1) 일반사항

① 호안은 폭풍해일, 파랑 및 지진동의 작용에 대해 필요한 안전성을 가지고 있어야 한다.

② 제체는 호안의 본체로서 파력, 양압력 토압 등의 작용 외력을 기초지반에 전달하고, 방조제의 경우에는 내외 수

위차로 인한 투수를 방지해야하므로 이들의 작용에 대해 안전성을 확보하고, 제체구조가 침하, 활동(滑動), 전도를 일으키지 않도록 안정성을 확보해야 한다.

③ 기초지반의 전단파괴에 의한 활동, 제체토사의 흡출이나 호안 배후지의 파이핑(piping), 제체 전면의 세굴에 대한 안전성에 대한 조사 및 검토가 수행되어야 한다.



해설그림(4.1-3) 배면소단 개념도

[해설]

(1) 일반사항

① 호안의 마루높이는 필요에 따라 기초지반의 압밀 침하, 지하수위 저하로 인한 지반침하 및 지진 시의 침하나 액상화에 의한 침하도 고려해서 결정한다.

② 해측에 돌제, 이안제, 잠제 등 파랑 및 흐름저감시설 설치되는 경우에는 그것들은 통한 조위나 유속의 감쇠효과를 고려할 필요가 있다.

③ 호안은 재해한계 내의 범위에서 월파를 허용하는 것이 좋으나 그 허용월파유량은 배후지의 중요도에 따라 달라진다. 호안 배후지의 인구, 자산이 집중되어 있는 곳에서는 허용월파유량을 작게 하는 등의 고려가 필요하다.

(2) 안전 성능

① 제체 각 부의 설계에 있어서는 보통 3면 피복 구조(전사면, 마루, 배사면)에 대해서는 각각의 구조

세목(細目)에 따라 제원이 결정되므로 호안의 형상에 관해 특별히 문제가 없는 한 제체의 안전성이 문제가 되는 경우는 지금까지는 거의 없었다. 그러나 배후지의 중요도나 고려해야 할 외력의 크기 등에 따라서는 꼭 그렇지 않을 수가 있으므로 주의가 필요하다.

- ② 구조상 파력, 지진력, 토압 등의 작용을 받으므로 제체 전체로서의 안전성 검토가 필요하다. 한편 지진 시 제체 전체의 안전성 검토에 있어서는 필요에 따라 제체에 작용하는 관성력과 방조제의 경우 지진으로 인해 발생하는 기초지반 뿐 아니라 제체 내부의 과잉 간극 수압을 고려해 검토할 필요가 있다.
- ③ 기초지반의 전단 파괴에 따라 발생하는 제체 전체의 활동이 발생할 경우 시설 전체가 파괴되는 중대한 피해를 입을 수 있으므로 특히 기초지반이 연약한 경우에는 충분히 주의하여 설계할 필요가 있다.
- ④ 이 외에 제체의 안전성에 영향이 크다고 생각되는 주변 현상으로서 호안 전면의 세굴이 있으며, 이 세굴의 정도에 따라 호안 기초의 안전성이 확보되지 않을 수 있으므로 안전성 검토 시는 호안 전면의 세굴에 대해서도 검토할 필요가 있다.

⑤ 기초지반의 전단 파괴

제체가 놓여 있는 기초지반이 연약한 경우에는 제체의 설치로 인해 기초지반에 전단 파괴가 생겨 제체 전체가 활동할 우려가 있다. 활동이 발생하는 원인 중 중요한 것은 제체의 자중, 상재하중, 수압 등이 있다. 이 외에는 지진력이나 파력 등을 들 수 있다.

활동에 저항하는 요소로서는 흙의 전단 저항과 더불어 근고공(根固工) 등의 압성토 효과가 있다.

기초지반의 전단 파괴에 대한 검토는 보통 2차원적인 문제로 취급된다. 활동면은 원호 또는 직선 활동면을 가정해 이루어져 각각의 활동 현상은 원호활동 및 직선 활동이라고 불리고 있다.

원호활동에 대한 제체의 안정해석은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제4편 기초/제6장 사면의 안정/6-2 안정 계산법”에 따른다.

⑥ 제체의 투수성

제체 토사의 흡출이나 호안 배후지의 파이핑(piping)을 막기 위해 제체는 내수성이 높은 구조로 해야 한다. 특히 전면경사면에 유공재료를 사용하여 소파효과를 높이는 경우에는 충분한 주의가 필요하다.

가. 제체 토사의 흡출

파에 의한 흡출작용은 전면 경사 피복공 또는 기초공 등의 틈새 또는 투과성 사석 등을 통해 제체 토사가 유출되는 것으로서 호안 파괴의 주요원인이기도 한다. 특히 피복공과의 접속부, 피복공과 기초공과의 연결 위치는 간격 등이 발생하지 않도록 조치함과 동시에 연속성을 유지해 흡출을 방지하는 구조로 해야 한다.

나. 호안 성토에 대한 침투

특히 배후지가 낮은 지역에 설치된 호안의 성토 부분은 외수의 침투작용을 받으므로 침윤선의 형상, 침투량, 파이핑(piping) 등에 대한 안전성에 대해 검토가 이루어져야 한다. 침윤선이 제체의 배면 경사면 안에서 침출할 때에는 이 부분에 경사면 침식이 일어나 호안 파괴를 유발할 위험성이 있다. 침윤선은 설계고조위를 외수위로 하여 침윤선이 배면 경사면에서 나타나는 경우에는 마루목을 넓게 하거나 배면 경사를 완만하게 하는 등의 조치를 취하며 더욱이 배면 경사의 끝에는 적정한 조도의 필터 층을 설치할 필요가 있다. 제체 내의 침투류는 비정상류가 되는데 침투량에 대해서는 제체 재료 또는

기초지반의 투수성 등이 일률적이지 않으며 또한 투수계수의 추정은 매우 곤란하므로 현지조사를 통해 각각 판단해야 한다.

다. 파이핑(piping)

제체 침투로 길이(성토 폭)와 내외 수위차의 비(크리프비)가 작아지면 제체 성토의 한계 동수경사를 넘게 되어 배면 사면에 파이핑이 발생한다. 호안이 파이핑에 대해 안전하기 위해서는 해설식(4.1-1)에서 구한 크리프비가 해설표(4.1-4)의 크리프비 보다 작아져서는 안 된다.

$$c_c = \frac{\ell}{h_{cr}} \quad \text{해설식(4.1-1)}$$

여기서, c_c : 크리프비

ℓ : 침투로 길이(m)

h_{cr} : 최대 수두(水頭)차

(최대의 내외 수위차)(m)

해설표 (4.1-4) 크리프비

제체 또는 기초지반의 토질	크리프비 (C_c)	비고
실트	9	토질은 제체 또는 기초지반 중 투수성이 작은 쪽을 취함
세립질 모래	7.5	
조밀한 모래	6	

⑦ 제체 전면의 세굴에 대한 안전성 조사

자연해빈은 고파랑 시에 전면의 해빈부가 침식되어 침식된 토사가 바다쪽으로 이동해 해저면의 경사가 완만해지다가 육지 쪽으로의 표사에 의해 퇴적되는 과정을 반복해 나가면서 일정한 해빈 형상을 이루고 있다. 그와 같은 해빈에 호안 등의 인공 구조물이 설치되면 파의 교란이나 반사에 의해 제체 선단부가 세굴될 우려가 있는 것으로 알려져 있으며 이 세굴 깊이에 관해서는 사토(佐藤), 다나카(田中), 이리에(入江)¹⁾ 및 사와라기(榎木)²⁾에 의한 연구 성과가 보고되어 있다. 이 중 사토(佐藤) 등은 초기의 해안선 위치와 구조물 설치위치와의 관계 및 모래 입경을 바탕으로 최대 세굴 깊이와 최종 세굴 깊이에 관한 실험결과를 제시하고 있다.

4.1.4.4 구조 세목

호안의 구조세목에 대하여는 제체의 설치 지점에서의 설계조건을 고려해 조사 및 검토를 수행하고 설계하여야 한다.

(1) 제체

제체는 일반적으로 사석 및 성토에 의해 만들어지는데 특히 제방의 경우는 장비주행성을 확보할 수 있도록 다짐이 가능한 재료를 이용하기도 한다.

(2) 전면 피복공

전면 피복공은 호안의 본체를 보호하며 또한 본체의 일부가 되어 폭풍해일, 파랑 등의 침입을 방지하는 기능을 가져야하므로 파압 등의 작용에 대항해 마찰에 견디며 침하에 의한 균열 및 배후 토양의 흡출을 방지하는 등 충분히 안전성을 유지할 수 있도록 해야 한다.

소파블록 및 피복석으로 피복하는 경우에는 ‘항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/4-10 파력/4-10-3 경사 방파제의 피복석 또는 블록의 안정질량’에 따른다.

(3) 마루 피복공 및 배면 피복공

월파한 수괴(水塊)의 충격이나 해수에 의해 제체가 유실되어 본체의 파괴가 일어나지 않도록 호안의 마루 및 배면을 피복하는 것으로서 시공성, 안정성, 경제성 및 이용성을 고려하여 설계한다.

(4) 기초공

호안의 기초공은 상부 구조물을 안전하게 지지함과 동시에 특히 파력에 의한 일시적인 세굴에도 견딜 수 있도록 충분히 근입한다.

(5) 지수공(止水工)

내외 수위차에 의한 파이핑(piping) 또는 팽창으로 인해 기초의 파괴를 방지하기 위해 설치하는 시설로서 필요시 이를 검토하여 적용한다.

(6) 근고공(根固工)

근고공은 파랑에 의한 전면의 세굴을 방지해 피복공 또는 기초공을 방호하는 것으로서 필요시 이를 검토하여 적용한다.

(7) 소파공

소파공은 파의 처오름 높이, 월파유량 및 충격 쇄파압의 경감 효과가 있으므로 필요시 이를 검토하여 적용한다.

(8) 반파공(파 되돌이공)

반파공은 파 또는 물보라가 호안 안쪽으로 들어오는 것을 막는 것을 주목적으로 하는 호안의 전면 피복공의 연장으로서 호안의 마루 위에 돌출된 구조물을 말하며, 필요시 이를 검토하여 적용한다.

(9) 근류공(根留工)

제방의 배면 이동, 침하 등을 막으며 배면경사 하부를 보호하는 것으로 필요시 이를 검토하여 적용하고, 특히 제방의 경우 배면 하단에는 원칙적으로 근류공을 설치해야 한다.

(10) 배수공(排水工)

호안·제방은 월파를 허용하고 있으므로 다량의 월파가 예상되는 경우에는 월파유량을 추정해 이를 흘려보내는데 필요한 배수단면을 확보해야 한다.

(11) 완경사 호안

완경사 호안의 경사는 1:3보다 완만하게 하며 경사면의 끝에는 선단의 블록이 파를 반사해 세굴을 조장하지 않도록 블록의 앞을 동일 경사로 지중 근입부까지 그대로 연장 시공하는 것이 바람직하다.

[해설]

호안의 구조 세목에 대해서는 제체의 설치지점에서의 설계조건을 고려해 ‘제4장 설계/4.1 호안·제방/4.1.4.2 목표 성능’의 방법으로 제체의 안전성 검토를 원칙으로 하는데, 수많은 실시사례에서 신뢰성 높은 구조제원으로서 설정된 구조 세목을 참고로 해도 좋다.

(1) 제체

성토는 특히 제방의 경우 다소 점토를 포함한 사질 또는 사력질의 재료를 이용하는 것을 원칙으로 하고, 다짐은 토질, 사용기계의 종류에 따라 적당한 함수량 상태에서 각 층, 전체 면에 걸쳐 균등하게 이루어지도록 한다. 해안의 모래 등을 이용할 경우 특히 물다짐 등을 실시해 충분히 다질 필요가 있다.

성토는 충분히 굳혀도 수축 및 압밀에 의해 침하하므로 마루높이, 제체의 토질, 기초지반의 상태 등을

고려해 필요한 여성(餘盛)을 실시한다.

또한 필요에 따라 격벽을 일정 간격으로 설치하는 경우도 있다. 격벽은 호안이 피해를 입어 일부 파괴가 일어난 경우 이것이 인접 부분으로 확대되는 것을 최소한으로 막기 위해 일정 간격별로 제체 전체 면에 설치하는 것이다. 호안 전면 선단부의 지중(地中) 근입(根入)은 부근 일대의 지반 높이보다 깊게 내려 결괴(決壊)되지 않도록 한다.

(2) 전면 피복공

제체와 마찬가지로 파력 등의 작용에 대항해 파랑에 의한 침식이나 마모에 견디는 단단하고 안전한 구조이어야 하므로 경우에 따라서는 강력한 파력이나 부등 침하에 저항하기 위해 철근을 넣는다.

전면 경사가 호안 기준선 방향에 대해 급변하는 장소에서는 파력이 집중해 구조상 취약해짐으로 경사를 바꿀 때에는 가능한 자연스럽게 변화시킬 필요가 있다.

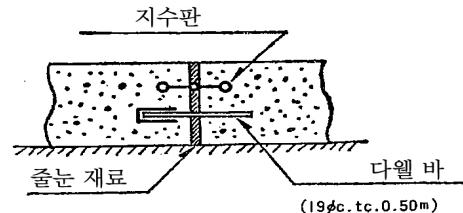
상부는 하부와 동일한 구조로 하는 것이 좋으나, 경제성이 떨어질 경우에는 하부공과 다른 공법을 취할 수가 있다. 단 동종 피복공은 서서히 바꾸며 이종 피복공은 그 연결부가 취약점이 되지 않도록 유의해야 한다.

① 일반사항

가. 신축줄눈

콘크리트를 타설할 경우 그 건조수축에 의한 균열 방지를 위해 신축줄눈을 설치하는데, 과거의 실적에서 그 간격은 6~10m를 기준으로 하고 현장여건에 따라 조정한다.

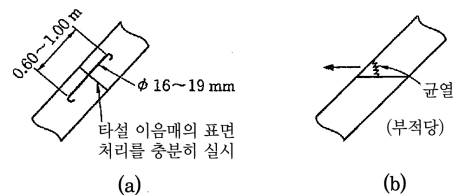
신축줄눈부에서 제체 토사가 흡출되는 것을 방지하기 위해 지수관, 다웰바를 이용한다.



해설그림 (4.1-10) 줄눈의 구조 예

나. 시공이음

콘크리트를 타설할 때 시공이음이 필요한 경우에는 이음 철근을 삽입한다. 특히 완경사인 경우에는 가능한 한 이음면이 사면에 직각이 되도록 해설그림(4.1-11)(a)와 같이 한다. 해설그림(4.1-11)(b)과 같은 수평 타설 이음으로 하면 균열이 생겨 재해의 원인이 되는 경우가 있으므로 주의를 요한다.



해설그림 (4.1-11) 시공 이음의 예

다. 연파 저지공파가 해안에 비스듬히 입사한 경우 또는 하천 감조부분에 파가 입사한 경우 파는 호안 또는 호안에 비스듬히 입사함으로써 파의 정상 부분이 구조물을 타고 넘는 현상이 일어난다. 이 경우 장소에 따라서는 구조물에 대한 파의 치오름 높이 및 월파유량이 증대할 우려가 있다. 또한 통문 등의 구조물 주변 등에서는 입사파와 반사파 간의 간섭 영향으로 예기치 못한 파고가 생기는 경우가 있다. 또한 이러한 현상이 발생하는 경우는 기초 저면 선단부의 세굴이 조장되며 나아가서는 호안을 선박계류 등으로 이용하는 데에도 좋지 않는 결과를 초래한다.

이와 같은 파의 영향을 막기 위해 피복공의 표면에 설치하는 돌기를 연파 저지공이라고 하며 사면에 대해 직각으로 설치되는 구조물이다. 그러나 이 연파 저지공은 피복공의 사면에 돌출되어 파력을

반으므로 구조상의 취약점이 되는 경우가 많고, 이 부분의 파손으로 인해 전면 경사 피복공의 파손으로 이어진 예가 적지 않으므로 구조상의 취약점이 되지 않도록 충분히 주의해서 설계해야 한다.

② 전면 피복공의 형식

대표적인 전면 피복공 형식은 해설표(4.1-5)와 같다.

해설표 (4.1-5) 전면 피복공의 형식과 표준 구조³⁾

형식		표준구조
경사식	돌 붙임식	-축석(築石)의 뒷길이 0.35m 이상 -뒷채움 두께는 원칙적으로 0.3m 이상
	콘크리트블록 붙임식	-블록 두께는 0.5m 이상, 블록 중량은 2t 이상 -뒷채움 두께는 원칙적으로 0.5m 이상
	콘크리트피복식	평판식 -콘크리트 판(板)의 두께는 표준 0.5m 이상 -뒷채움 빈(貧)배합 콘크리트 시공
		계단식 -최소 콘크리트 두께는 0.5m -계단의 높이 0.2~0.3m 정도
		격자(格子)틀식 -격자틀재의 크기는 폭 0.2~0.4m, 높이 0.3~0.5m 정도 -틀은 철근콘크리트로 한다. -틀의 간격은 1~3m로 하며, 현치(haunch)를 둔다. -속채움은 돌붙임 또는 콘크리트 블록을 이용한다.
직립식	돌 쌓기식	-원칙적으로 잘 쌓기 -축석의 뒷길이 0.35m 이상 -뒷채움 콘크리트 두께는 0.1m 이상 -뒷채움 두께는 0.5m 이상
	콘크리트블록 쌓기식	-돌 쌓기식에 준함.
	중력식	-제체의 구조에 준함.
	부벽식	-제체의 최소 두께는 무근콘크리트인 경우에는 0.5m 이상, 철근콘크리트인 경우에는 0.3m 이상 -부벽 간격은 3m를 표준으로 한다.

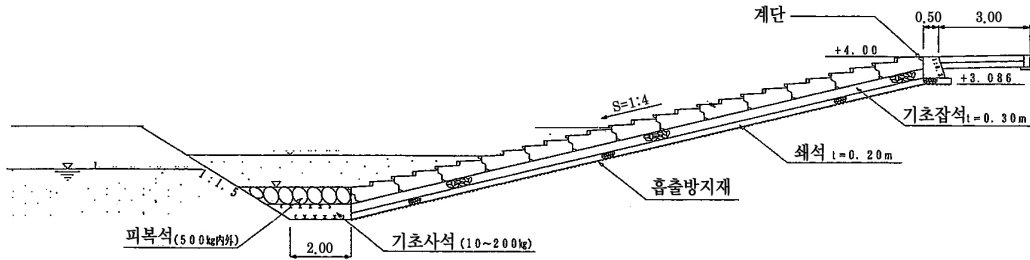
③ 경사식

가. 돌붙임식

돌붙임식은 시공이 용이하며 적응성이 좋기 때문에 파고가 작은 장소 또는 연약지반에서 부등침하가 발생할 우려가 있는 장소 등에서 이용되어 왔는데, 파력에 의해 흠어지기 쉽다는 결점이 있다. 이 공법을 적용할 경우 축석(築石)은 뒷길이 0.35m 이상의 큰 것을 이용하는 경우가 많다. 또한 뒷채움에는 지름 0.05~0.15m 정도의 잡석에 자갈을 더한 것 또는 깬 돌을 이용하며, 그 두께는 0.3m 이상으로 하는 경우가 많다. 이 공법은 돌쌓기식과 함께 오래전부터 시공되어 왔는데, 최근 재료 구득의 곤란 등으로 인해 내마모성을 특별히 고려할 필요가 있는 경우 이외에는 그다지 이용되지 않는다.

나. 콘크리트블록붙임식

이 공법은 연약지반 등에 부등침하의 우려가 있는 경우 굴요(屈撓)성을 확보하기 위해 이용되어 왔는데, 최근에는 침식성 해안에서 호안 전면의 반사파를 작게 해 침식의 확대를 막는데 이용되고 있다. 이 경우 파력에 의한 산란(散亂)에 대해 충분히 저항력을 가져야 한다.



해설그림 (4.1-12) 콘크리트블록쌓임식의 예 (단위 : m)

경사는 1:3보다 완만히 하는 것이 바람직하며 사면 최하단은 블록을 수평으로 설치할 시 앞부분의 블록이 파를 반사해 세굴을 초래하기 때문에 육상 시공이 가능한 경우에는 블록의 최하단 부분은 동일 경사로 해설그림(4.1-12)와 같이 지중 적정 깊이까지 근입하는 것이 바람직하다.

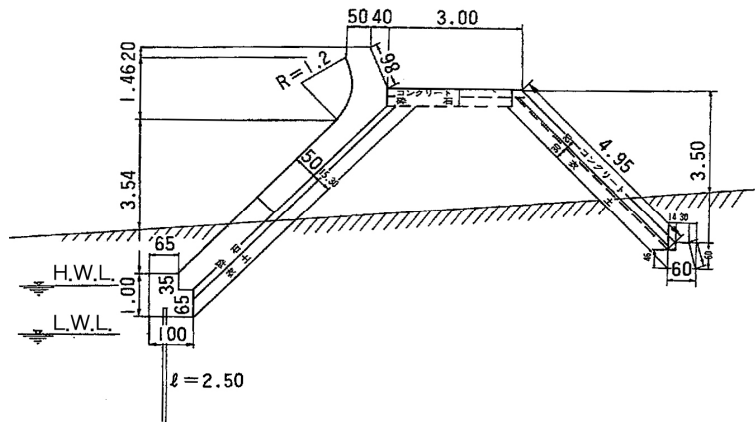
사용하는 블록 두께는 0.5m 이상, 뒷채움 두께는 0.5m 이상으로 하는 경우가 많다. 또한 그 밑면에는 배면 토사 흡출 방지재를 포설하는 예도 있다.

다. 콘크리트 피복식

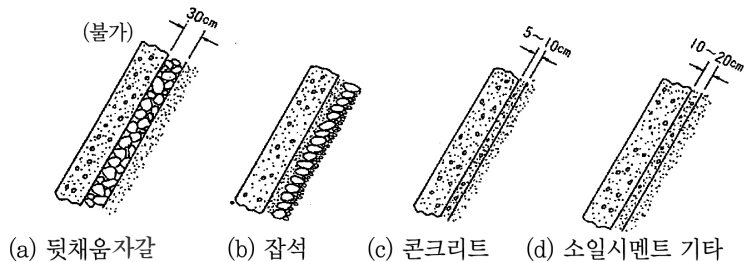
(가) 현장타설식

피복공의 두께는 과압, 수압에 대해 안전해야 하며 과거의 실적 또는 재해 예 등으로부터 최소 0.5m로 하는 경우가 많다. 철근 콘크리트의 경우에는 가장 얇은 부분에서도 0.3m 이상으로 하는 경우가 많은데, 마모 등이 현저한 곳에는 더욱 두껍게 할 필요가 있다. 또한 사면의 연장이 5m를 넘는 경우에는 하부 두께를 상부보다 다소 두껍게 하는 것이 좋다.

피복공의 기층은 과거에 해설그림(4.1-14)(a)과 같이 뒷채움 자갈을 0.3m 정도를 까는 것이 보통이었다. 그러나 이 뒷채움 자갈은 경우에 따라 누수나 흡출의 원인이 되며 토사가 이 안



해설그림 (4.1-13) 콘크리트 피복식의 예



(a) 뒷채움자갈 (b) 잡석 (c) 콘크리트 (d) 소일시멘트 기타

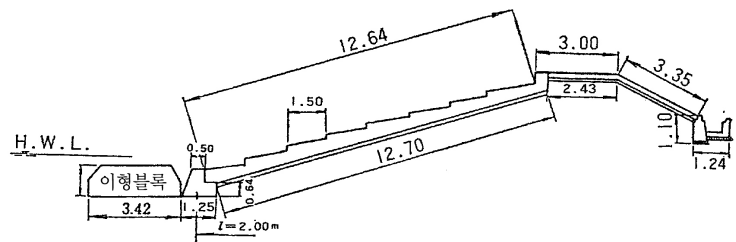
해설그림 (4.1-14) 전면 경사피복공의 기층

으로 유입되어 마루가 침하하는 예도 있고, 또한 역학적으로도 그다지 명확하게 인정되고 있지 않으므로 다음과 같은 방법으로 하는 것이 바람직하다.

- 자갈을 까는 대신에 해설그림(4.1-14)(b)과 같이 잡석 또는 자갈을 깔고 여기에 콘크리트 등을 타설한 뒤 그 위에 설계 두께의 피복공을 시공한다.
- 제체가 모래 또는 자갈과 같은 경우에는 제체를 축조한 후에 해설그림(4.1-14)(c)과 같이 배면에 0.05~0.1m 정도의 콘크리트를 타설하고 그 위에 설계 두께의 피복공을 시공한다.
- 제체 축조 후 해설그림(4.1-14)(d)과 같이 사면에 소일시멘트, 아스팔트 등을 이용해 그 위에 설계 두께의 피복공을 시공한다.

(나) 계단식

피복공의 두께는 계단식의 경우에도 최소 두께 0.5m 이상으로 하는 경우가 많다. 계단 높이는 파의 처오름을 줄이는 효과, 파의 유속을 줄여 세굴을 방지하는 효과 및 이용 측면에서 0.2~0.3m 정도로 하는 경우가



해설그림(4.1-15) 계단식의 예 (단위 : m)

많다. 또한 일반적으로는 전면 경사를 1:3보다 완만하게 하거나 현장 타설인 경우에는 거푸집을 이용하지 않고 두드려서 시공하는 경우가 많아 강도가 떨어질 가능성이 있으므로 철근을 넣는 것이 바람직하다. 또한 시공이음 등의 관계에서 파랑에 의해 조각조각 파괴되는 예가 적지 않기 때문에 계단식의 시공에 있어서는 거푸집을 이용해 도중에 시공이음이 생기지 않도록 특별히 주의해야 한다. 한편 시공방법으로서는 블록을 이용하는 경우도 많다.

또한 완성한 지 얼마 안 된 콘크리트의 표면, 물에 젖는 비말대 부분이나 해조류가 부착하는 부분은 미끄러지기 쉬우므로 필요에 따라 미끄럼 방지 가공을 하는 것이 바람직하다.

(다) 격자틀방식

이 형식은 파를 반사시켜 결괴를 방지하는 공법이 아니라 평상파가 도달하지 않는 천연해안의 사구(砂丘)나 해빈절벽을 격자틀로 덮어 파에 대한 저항력을 크게 하려는 것이다.

사구 전면이나 작은 해빈절벽의 전면 등에서는 갑자기 단단한 피복공을 설치하는 것보다 이와 같은 형식을 적용하는 것이 설치 후 전면 해빈의 안정에도 좋은 결과를 기대할 수 있는데, 평상파가 도달하는 곳이 아니라면 1년에 한 번 또는 몇 년에 한 번 정도의 높은 파에 대해서는 월과 유량의 방지에 충분히 효과적이다.

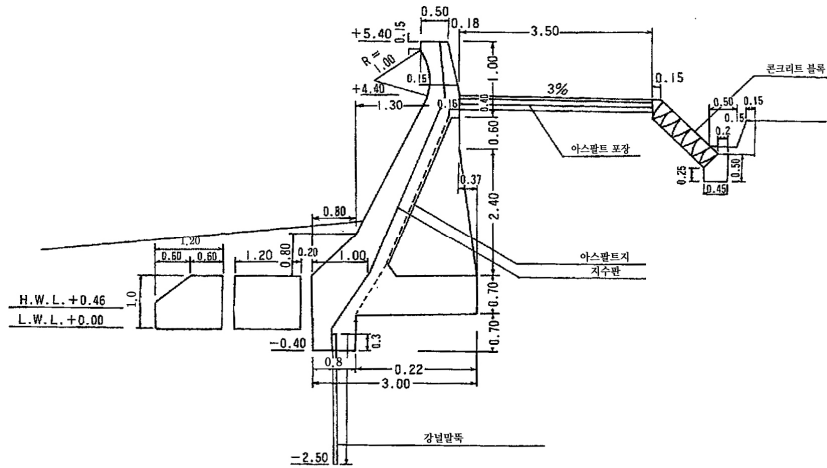
격자틀의 크기는 폭 0.2~0.4m, 높이 0.3~0.5m 정도로 하며 격자틀은 철근 콘크리트구조로 하는 경우가 많다. 또한 틀의 간격은 1~3m로 하며 중간 속채움은 돌붙임 또는 콘크리트 블록붙임 등을 이용하는 경우가 많다.

④ 직립식

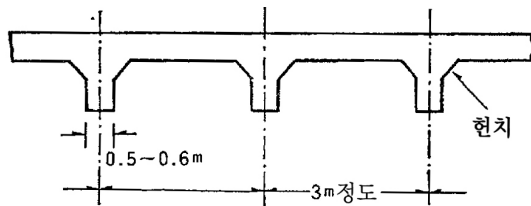
가. 돌쌓기식

(가) 일반

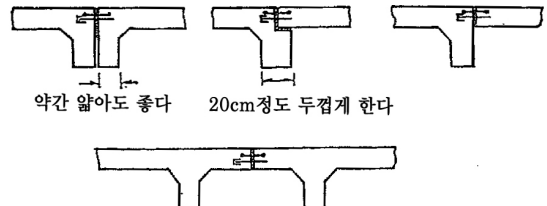
돌쌓기식은 다른 재료에 비해 해수, 표류물, 부착해산물 등에 대해 내구성이 강하며 또한 공법적



해설 그림 (4.1-18) 부벽식의 예 (단위 : m)



해설 그림 (4.1-19)(a) 부벽의 간격



해설 그림 (4.1-19)(b) 부벽식 호안의 신축 줄눈

(3) 마루 피복공 및 배면 피복공

① 일반사항

가. 마루 및 배면 피복공의 필요성

호안의 마루높이는 파의 처오름 높이, 월파의 허용정도 및 호안의 이용조건 등을 고려해 결정된다. 호안에 있어서는 월파한 해수에 의해 제체 토사가 유실되어 본체의 파괴가 일어나지 않도록 호안의 배면 전체를 단단히 피복할 필요가 있다. 전면, 마루, 배면의 3면 모두 피복하는 이른바 3면 피복으로 하는 것이 일반적이다.

여기서 말하는 피복공이란 콘크리트 피복공, 아스팔트 피복공, 콘크리트 블록 피복공, 돌쌓기 또는 돌붙임 피복공 등이다. 단 해안이용의 요구가 높은 곳 등에 있어서는 제체의 안전성에 지장이 없는 한 잔디 등의 이용 형태에 맞는 피복공을 이용할 수가 있다. 피복공의 폭은 호안의 마루폭에 준해 3m 이상으로 하는 경우가 많다.

나. 성토의 수축 또는 침하에 대한 고려

성토는 일반적으로 세월이 흐르면 수축 또는 침하하는 경우가 있으므로 피복공의 내측에 해설 그림(4.1-20)과 같은 공동이 발생하는 경우가 있다. 이는 피복공에 균열을 만드는 원인이 되어 호안이 취약하게 된다. 이를 막기 위해서는 성토는 충분히 단단하게 하고 성토가 충분히 수축, 침하될 때까지 기다려 피복공을 시공하거나, 침하에 순응이 가능한 피복구조로 할 필요가 있다. 그러나 일반

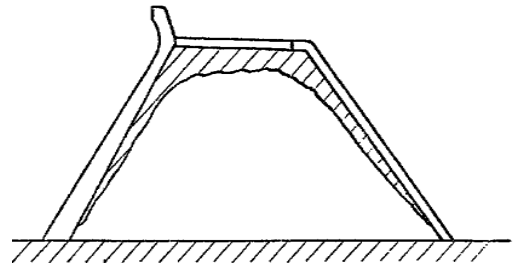
적으로는 성토한 후에 그대로 장시간 방치할 수 없는 것이 현실이므로 적절히 관리할 필요가 있다.

다. 마루 피복공의 배수

마루 피복공의 배수를 위해서는 육지 측으로 2~5% 정도의 편경사를 주는 것이 좋다.

라. 마루 피복공의 강도

마루 피복공은 원칙적으로 관리용 차량 또는 공사용 차량 등의 교통에 견딜 수 있는 구조로 해야 한다. 한편 도로교통으로서 겸용할 경우에는 이용 목적에 따라 필요한 강도로 한다.



해설그림 (4.1-20) 공동 발생의 개념도

② 돌쌓기, 돌붙임 피복식 마루 및 배면 피복공

월과 또는 월류에 의해 피복재가 떠내려가지 않도록 피복재의 크기를 뒷길이 0.3m 이상으로 하는 경우가 많고, 뒷채움에 대해서는 전면 피복공에 준한다. 중심 성토부의 수축으로 인한 공동발생 대책 측면에서 보면 이 방식도 블록 피복식과 같이 순응성이 좋은 공법인데 그다지 이용되고 있지 않다.

③ 콘크리트 블록 피복식 마루 및 배면 피복공

콘크리트 블록 피복식에 이용되는 블록은 돌쌓기 또는 돌붙임 피복식의 경우와 마찬가지로 개개의 소요중량을 나타내는 대신에 변 길이 0.3m 이상, 두께 0.1m 이상으로 하는 경우가 많으며, 뒷채움은 전면 피복공에 준한다.

④ 콘크리트 피복식 마루 및 배면 피복공

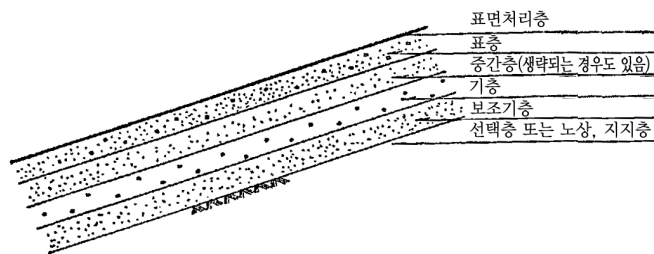
시공 예, 재해 예 등을 고려하여 마루를 도로교통에 공용하지 않는 경우에 있어서도 최소한 해안 관리용 차량 정도의 교통에는 견디어야 하며, 이를 기능을 포함한 피복공은 최소한도 0.2m 정도의 두께로 하는 것이 좋고, 두께 0.15m 이상의 기초공을 하는 경우가 많다.

신축 줄눈은 서로 맞춰 마루에는 간격 3~5m 정도로 하며, 하나 건너 배면 피복공의 신축 줄눈에 일치시키는 경우가 많다. 배면 피복공의 신축 줄눈에 대해서는 전면 피복공에 준하도록 한다.

⑤ 아스팔트 피복식 마루 및 배면 피복공

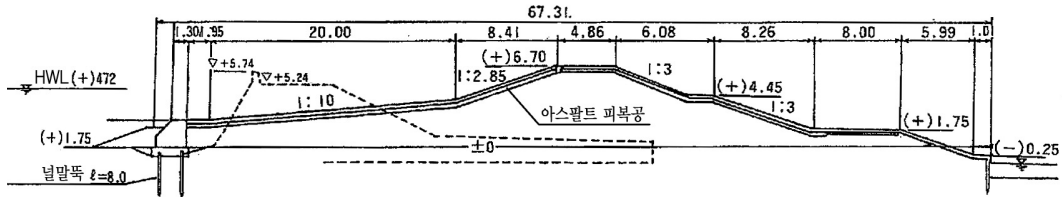
이 공법은 제체의 변형에 적응성이 좋으며 경제적이고 유지보수가 용이해 마루 또는 배면 피복공에 적합하다고 생각된다. 이 공법은 아스팔트의 다짐을 충분히 할 필요가 있다.

피복의 두께는 파력, 양압력, 토압 및 교통 하중 등의 작용에 대해 안전한 두께이어야만 하며 기초사석은 두께 0.2m 정도가 바람직하다. 한편



해설그림 (4.1-21) 아스팔트 피복공의 구조

아스팔트 피복공은 동결 및 풀에 의한 손상을 받기 쉬우므로 설계, 시공 시에는 이들에 대해 충분한 대책을 고려해야 한다. 아스팔트 피복공은 해설그림(4.1-21)과 해설그림(4.1-22)를 참고할 수 있다.



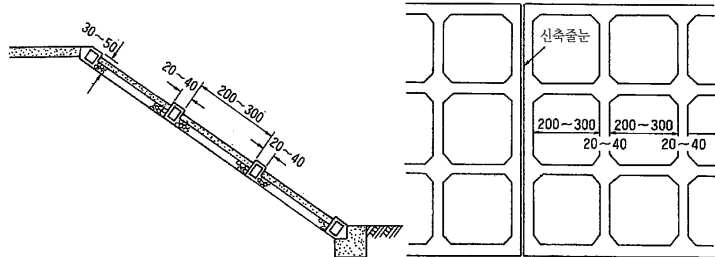
해설그림 (4.1-22) 아스팔트 피복식 제방의 예 (단위 : m)

⑥ 콘크리트 격자틀방식 배면 피복공

배면의 길이가 긴 경우에는 격자틀을 이용하는 편이 비교적 구조적으로 신뢰성이 높는데, 격자틀의 내부는 월과 또는 지반의 상황에 따라 콘크리트, 아스팔트, 사석, 블록 등 다양한 채움 방식이 있다.

보통 콘크리트 틀의 크기는 폭 0.2~0.4m, 높이 0.3~0.5m 정도로 하는 경우가 많아 경사 길이, 격자틀 규격 등에 의해 적절히 정한다. 틀의 간격은 2~3m 정도로 하는 경우가 많은데, 경사 길이나 시공 연장 등을 감안해서 결정한다. 틀의 간격이 커지면中间的 강도가 문제가 되어 틀의 기능을 상실할 우려가 있으며, 너무 작으면 경제적이지 않다. 또한 틀의 모서리에는 헌치를 부착하는 것이 좋다.

격자틀의 신축줄눈은 6~10m 마다(2~3틀마다) 설치하는 경우가 많다. 콘크리트 격자틀은 해설그림(4.1-23)과 같다.



해설그림 (4.1-23) 콘크리트 격자틀 (단위 : cm)

(4) 기초공

① 일반사항

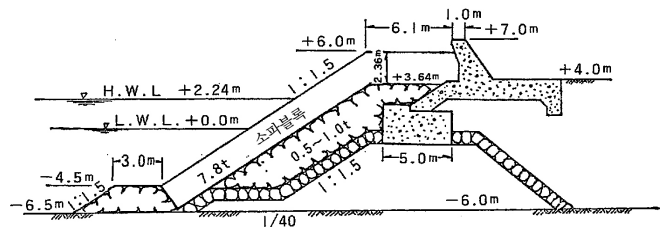
경사 선단의 세굴에 대해서는 근고공 등으로 보호하는 등 그

구조를 고려해 지수공, 피복공과 이음 또는 기초공의 줄눈 등에서의 토사 흡출을 방지할 수 있는 구조로 해야 한다.

기초공은 기초지반이나 상부 구조물에 따라 기초 말뚝, 널말뚝 또는 사석기초공 등을 조합해 사용하는 경우가 있다.

가. 기초공으로서의 지수공의 기능

기초지반의 투수성이 큰 곳에 시설할 경우에는 콘크리트 또는 널말뚝에 의한 지수공을 설치해 제체 또는 전면 피복공 하부에서의 누수를 방지한다. 그러나 지수공으로서 이용되는 널말뚝은 다음과 같은 기능을 부가하여야 한다는 점에 유의하여 적용한다.



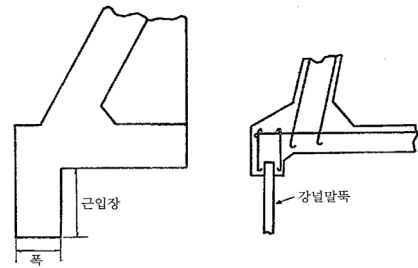
해설그림 (4.1-24) 콘크리트 블록 기초공과 사석 기초공과의 조합의 예

(가) 경사 선단 세굴에 대해 기초공에 근입의 발판으로서의 기능

(나) 기초공과 더불어 수평력에 대한 저항

(다) 기초 말뚝으로서의 지지력

제체 전체의 균형 있는 안전성을 고려해 널말뚝의 근입 및 단면을 결정할 필요가 있다. 제체선단 세굴에 저항하기 위해서는 근입깊이는 깊을수록 좋은데, 전면 해저에 세굴이 진행되는 곳에서는 파의 초오름 높이 또는 파압이 급하게 커져 결국에는 제체 전체의 안전성을 확보할 수 없으며, 또한 지수효과를 거의 기대할 수 없다. 이와 같은 곳에서는 세굴을 예상해 널말뚝을 길게 하는 것 보다 다른 기초공을 적용해야 한다. 또한 제체의 반사파에 의해 제체선단 세굴이 진행되는 경우도 있으므로 유의할 필요가 있다.



(a) 콘크리트인 경우 (b) 널말뚝인 경우
해설 그림 (4.1-25) 기초공으로서의 지수공

해빈 등에 설치하는 호안의 기초 널말뚝은 약최저저조위(A.L.L.W) 이하에 이용해야 하며 바닥 공사가 가능한 경우에는 약최저저조위(A.L.L.W) 까지 콘크리트 구체에 의한 기초공을 시공하고 그 밑에 적절한 길이의 널말뚝을 이용해야 한다.

단, 해저의 세굴이 수 미터 이상으로 예상되는 경우에는 널말뚝 등의 간단한 공법이 아닌 다른 기초공을 적용해야 한다.

② 기초지반이 양호한 경우에 적용되는 기초공

양호한 기초지반이란 세굴, 침투 등과는 별도로 제체 기초로서의 지지력이 비교적 양호하다는 것을 의미하며 암반, 자갈, 모래, 강한 점토 또는 이들의 혼합물로 구성된 지반이다. 이와 같은 곳에서는 일반적으로 원지반 위에 직접 기초공을 설치하는 것이 가능하다.

가. 목재 기초공

일반적으로 돌쌓기공, 돌붙임공 등의 기초로서 자주 이용되고 있지만, 해안제방에서는 지반이 양호한 장소 이외에는 사용하지 않는 것이 좋고 파의 작용에 의해 기초공의 전면이 세굴되어 제체 토사의 흡출을 받지 않도록 깊게 매설할 필요가 있다.

또한 해안제방에서는 조수간만의 차가 있어 목재의 경우에는 부식과 해충의 피해를 받으므로 원칙적으로 콘크리트 구조로 하며 목재를 이용할 경우에는 항상 물에 잠기지 않으며 해충의 피해 등의 우려가 없는 곳에 한정시켜야 한다. 그다지 지반이 양호하지 않은 장소에서는 목재 기초공을 말뚝 기초공과 병용하면 효과가 있다.

나. 말뚝기초공

이 공법은 널말뚝을 포함한 넓은 의미에서의 말뚝 기초이다. 말뚝은 목재 기초공에서 살펴 본 바와 같은 이유에서 원칙적으로 콘크리트 구조 또는 강재를 이용한다.

한편 이 공법은 원지반을 교란시켜 지지력을 감소시키는 경우가 있으므로 주의해야 한다. 말뚝 기초공은 다른 기초공과 병용시키는 경우가 많다.

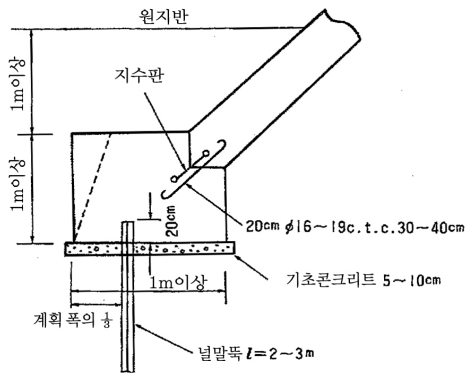
다. 현장 타설 콘크리트 기초공

기초공은 상부 구조를 안전하게 지지해주기 위해 상부 구조와 일체화할 필요가 있어 신축줄눈은 반드시 상부 구조의 줄눈과 일치하는 위치에 설치하여 기초공의 일체성을 증가시키고 줄눈은 제체

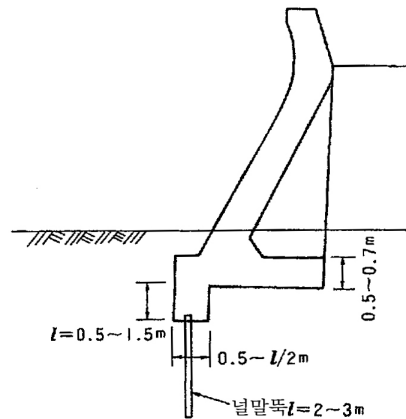
토사의 흡출을 방지할 수 있는 구조로 하여야 한다. 이 기초공은 양호한 지반에서는 가장 널리 이용되며 보통 원지반보다 1m 이상 근입하는 경우가 많으나, 파의 영향 등이 적은 곳에서는 0.5m 정도로 하는 경우가 많다. 지반이 그다지 양호하지 않은 경우에는 상황에 따라 말뚝 기초공, 모래 기초공 등과 병용시키는 경우가 많다.

경사식 호안기초의 경우[해설그림(4.1-26)]에는 기초공의 크기는 높이 1m 이상, 폭 1m 이상으로 하는 경우가 많다. 기초사석은 사용하지 않고 두께 0.05~0.1m의 콘크리트를 이용하는 예가 많다. 전면 피복공과의 이음에는 철근과 지수판을 이용하고 필요에 따라 말뚝 또는 널말뚝 기초를 병용한다.

부벽식 호안 기초인 경우[해설그림(4.1-27)] 바닥판의 두께는 0.5~0.7m 정도로 하며 바닥판에는 필요에 따라 지수공을 설치하는 경우가 많다. 기초지반이 암반인 경우에는 부벽만으로 하며 반드시 바닥판을 설치할 필요는 없다.



해설그림(4.1-26) 경사식 호안의 기초공



해설그림(4.1-27) 호안 기초

라. 콘크리트 블록 기초공

이 공법은 현장타설콘크리트 기초공 적용이 어려운 경우 즉 수심이 비교적 깊은 경우 등에 적용되지만, 각 블록이 일체가 되어 블록의 사이에서 흡출이 되지 않도록 할 필요가 있다.

마. 사석 또는 블록 기초공

수심이 깊고 다른 적당한 방법이 없는 경우의 시공 상의 또는 경제적 이유에서 사석 또는 블록으로 기초 마운드를 만들고 그 위에 제체를 시설한다. 이 방식은 원지반의 요철을 고를 경우에도 쓰이는 경우가 있다.

바. 셀룰러블록 기초공

일반적으로 수심이 깊어 현장타설콘크리트 기초공의 시공이 어려운 경우 등에 이용된다. 속채움에 콘크리트와 함께 자갈, 잡석, 모래 등을 이용하는 경우에는 잘 다지는 것이 중요하다. 한편 이 경우 표면은 0.25m 이상의 양질의 콘크리트로 피복하는 경우가 많다.

사. 웰(well) 기초공

지반의 상황 또는 상부 구조 여건 상 전면이 파에 의해 세굴될 우려가 있는 경우 또는 필요한 지지력을 얻기 위해 깊은 근입을 필요로 하는 경우 등에 이용된다.

시공 상 웰과 웰을 떨어뜨릴 경우는 물론 연결해서 웰을 가라앉힐 경우에도 그 이음매를 통하여 흡출을 받을 우려가 많으므로 이를 방지할 수 있도록 웰과 웰의 사이에 소요 깊이까지의 현장 타설 콘크리트를 시공할 필요가 있다.

아. 케이슨 기초공

수심, 파력 등이 큰 장소에서는 단단한 기초를 필요로 한다. 공사비는 늘어나지만 신속하고 확실한 시공이 가능하다는 이점이 있다.

③ 양호하지 않은 지반 위에 축조할 경우에 이용되는 기초공

양호하지 않은 지반이란 지반 지지력이 작고 제체의 급격 또는 과대한 침하를 일으킬 우려가 있는 연약점토지반 및 모래지반 등을 말하며 그 처리방법으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

가. 지중 응력을 작게 하는 방법

하중에 의해 지중에 발생하는 전단력을 작게 하는 방법으로서 제체 자체의 중량을 경감하는 방법, 제체 바닥면적을 확대하는 방법, 말뚝 기초공 등이 있으며 또한 압성토를 하여 제체의 활동 파괴를 방지하는 방법도 있다.

나. 전단 저항을 가진 중간 지지층에 의한 방법

기초지반이 연약점토층인 경우 제체와 기초지반의 중간에 전단 저항이 큰 단일 또는 복합재료에 의한 지지층을 두고 하중의 균등 분포 또는 지지면적을 확대해 하중 강도를 경감해 부등침하, 활동 파괴를 방지하는 방법으로서 모래 기초공, 사석 또는 블록 기초공 등이 있다.

(가) 모래 기초공

하중에 따라 충분히 두꺼운 모래층을 시공해 플로팅 기초를 만든다. 이 공법에 의한 경우에는 상부공의 압밀 침하는 피할 수 없으나 활동에 의한 파괴 침하를 저지할 수는 있다. 모래층의 두께는 단위면적 당 하중이 양호하지 않은 지반의 허용 지지력 이하가 되도록 널리 균등하게 분포시키는데 충분한 두께이어야 한다.

플로팅 기초를 형성하기 위해 필요한 모래의 두께는 최소 0.5m 정도이지만 기초지반의 표층이 아주 연약한 곳에서는 시공관리의 면에서 2m 정도의 치환을 하는 경우가 있다.

(나) 사석 또는 블록 기초공

사석 또는 블록 공법은 모래기초공의 모래를 사석 또는 블록으로 대체한 것이라고 생각하면 된다. 사석 또는 블록 공법으로 근고공을 겸하는 경우가 있는데, 파에 의한 성토의 흡출작용을 받기 쉬우므로 경계면에 성토 재료의 흡출을 방지하기 위해 차단층을 설치해야 한다. 사석 또는 블록 공법은 모래에 비해 단일 시공으로는 연약한 기초지반에 묻혀버리는 경우가 많고 사석 사용 양도 많아지므로 모래와 혼합하여 사용하는 편이 석재의 양을 절약할 수 있다.

(다) 나뭇가지 공법

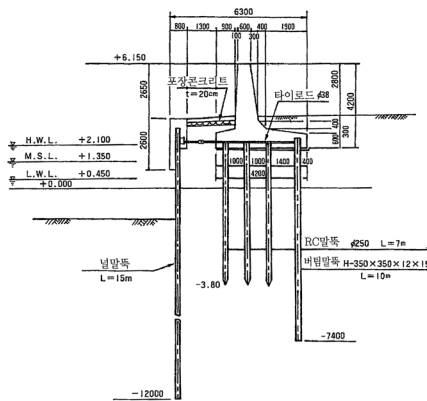
나뭇가지(섣나무가지)를 이용한 플로팅 기초로서 나뭇가지의 전단 강도를 이용한 것으로 예로부터 내려 온 전통적인 공법인데 이 공법의 적용은 나뭇가지의 입수와 노동력의 확보가 전제가 된다. 나뭇가지 기초공의 설계, 시공의 주의사항으로서는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

- 나뭇가지재료의 강도 확보를 위해 별채, 사용 시기를 고려해 강도를 저하시키지 않는 기간에 사용한다.
- 나뭇가지가 썩어 맹암거역할을 하여 기초의 누수 원인이 되는 경우가 있으므로 나뭇가지의 양끝을 충분히 복토해서 지수한다.

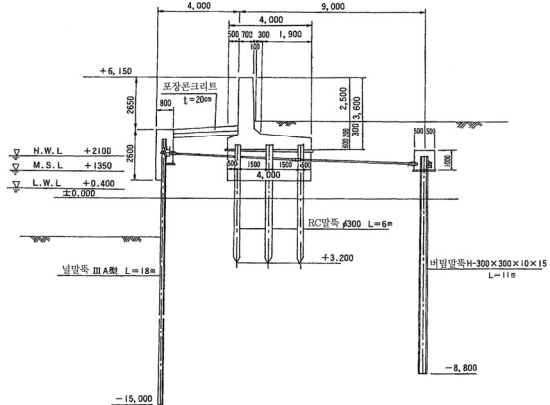
- 연결은 호안 횡단 방향의 전단 강도를 확보하기 위해 가로 배치를 시공 상 3중 이하로 연결하고 있다.

(라) 말뚝 기초

양호하지 않은 지반에 축조할 경우에 이용되는 말뚝 기초공은 제체의 자중을 지지하고 침하 등을 막는 것을 목적으로 하고 있다. 이런 의미에서 원칙적으로 기초지반이 양호한 경우의 말뚝 기초공에 준해 고려해도 좋다.



(a) 방호벽의 기초공과 널말뚝의 정착을 조합시킨 것



(b) 널말뚝식 구조에 방호벽을 조합시킨 것

해설그림(4.1-28) 널말뚝식 구조의 예

(마) 부설재(敷設材) 공법

부설재 공법은 연약지반에 매립이나 성토를 할 때에 인장보강기능을 가진 토목섬유를 이용한 표층처리공법이다. 시공기계의 장비주행성 확보와 지반의 국부적인 파괴 방지를 주요 목적으로 하는 공법으로 보통의 시공기계로는 시공이 불가능한 초연약지반이 적용 대상이다.

④ 양호하지 않은 지반의 개량

양호하지 않은 지반 위에 축조할 경우에는 위에서 살펴 본 각 기초공법에 의해 직접 축조하는 방법 외에도 연약지반을 개량해 어느 정도의 강도를 얻도록 하는 방법이 이용된다. 개량공법의 적용에 있어서는 공기, 경비, 시공기계 등을 감안해 결정해야 한다.

(5) 지수공(止水工)

내외 수위차에 비해 침투로의 길이가 짧으면 파이핑 또는 팽창으로 인해 기초의 파괴가 일어난다. 그 대책으로서는 지수벽을 넣는 등의 방법으로 침투로 길이를 길게 하거나 또는 파이핑 방지를 위해 필터공법을 이용할 필요가 있다.

지수벽의 길이는 해설식(4.1-2)의 침투로 길이의 계산에 의해 구할 수 있다. 이 식은 널말뚝과 일치한 침투로를 고려해 수평방향의 침투로에 대해 중첩시킨 것이다. C_w 의 수치는 경험적인 기준으로서 해설표(4.1-6)의 크리프비로 한다.

$$c_w = \frac{\frac{1}{3}B + \Sigma t}{h}$$

해설식(4.1-2)

여기서, c_w : 웨이트를 준 크리프비

h : 호안 내외의 수위차(m)

B : 수평방향의 침투로 길이(m)

t : 수직방향의 침투로 길이(m)

이 식에 따라 C_w , h , B 를 알면 Σt 가 구해지며 널말뚝 벽의 열의 수에서 그 길이 t 를 결정할 수 있다.

한편 지수벽은 널말뚝 등을 이용해 충분히 침투압에 견딜 수 있는 구조로 하며 동시에 연결부가 지중에서 벌어지지 않도록 시공해야 한다. 또한 2열 이상의 지수벽을 설치할 경우 그 간격은 지수효과가 유효하도록 결정해야 한다.

해설표(4.1-6) 웨이트를 준 크리프비

토 질	C_w
모래 또는 실트	8.5
가는 모래	7.0
중간 모래	6.0
거친 모래	5.0
중간 자갈	3.5
옥석을 포함한 거친 자갈	3.0

(6) 근고공(根固工)

① 일반사항

근고공은 보통 전면 피복공 또는 기초공의 전면에 설치하는 것으로서 전면 피복공의 세굴 또는 기초공의 전면에 연속적으로 설치할 필요가 있어 단독으로 침하와 굴요(屈撓)가 가능하도록 피복공이나 기초공과 분리해야 한다. 더욱이 근고공으로 쓰이는 사석, 블록 등은 충분한 질량을 갖고 있어 파력에 저항할 수 있어야만 한다. 이 외에도 근고공 자체가 세굴에 의해 넘어져 기초공 또는 피복공과의 사이에 간격이 생기지 않도록 해야 한다.

제체의 활동을 방지하기 위해 설치되는 근고공은 충분한 폭과 소요 질량을 가지고 있어야 한다. 단독으로 침하 또는 굴요할 수 있는 구조라는 의미에서 사석 또는 콘크리트 블록은 근고공으로서 자주 이용된다.

② 사석 또는 콘크리트블록 근고공

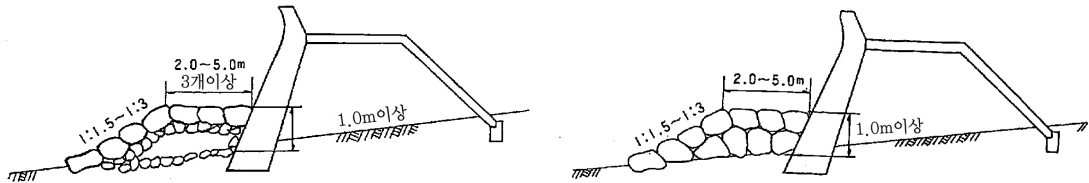
근고공의 목적 및 기능 면에서 사석 또는 콘크리트블록 근고공은 재료의 입수가 용이하고 시공도 간단하며 더욱이 굴요성도 뛰어나기 때문에 예로부터 많이 이용되고 있는 근고공법이다. 이 공법에 의한 경우에는 그 두께는 1m 이상, 마루폭은 2~5m 정도, 표면 경사는 1:1.5~1:3 정도로 하는 경우가 많다. 이는 종래의 시공 예 등에서 경험적으로 얻어진 것으로서 카운터 웨이트(counter weight)로서의 기능을 가지는 경우에는 예외이다. 설계에 있어서는 파력에 대한 사석 등의 소요 질량의 규정에 준해 사용하는 돌 또는 콘크리트 블록의 질량을 결정하며 시공에 있어서는 표면에 가능한 큰 것을 놓도록 한다.

사석 근고공은 일반적으로는 해설그림(4.1-29)(a)와 같이 표층에 소요 질량을 가진 것을 3개 또는 그 이상으로 하며 내부를 향해 점차 작은 돌을 채우며 속채움은 표층의 1/10~1/20 정도의 질량을 이용한다.

속채움사석은 대소 구분 없이 섞어서 해저를 덮어 토사가 흡출되는 것을 방지하도록 한다. 해설그림(4.1-29)(b)와 같이 같은 질량의 사석을 이용하는 경우도 있다. (a), (b) 모두 해안선 부근에 설치할 경우에는 1.0m 이상 파거나 또는 마루폭을 넓게 하는 경우가 많다.

콘크리트블록으로서 이형블록이 많이 이용되고 있다. 이형블록을 근고공으로 하는 경우에는 적당한 맞물림 효과를 기대한다는 의미에서도 마루폭은 최소한 2개, 층 두께는 2층 이상(막쌓기 시공의 경우에는 적층 상당분 이상)으로 하는 경우가 많다. 한편 이 경우 근고공의 앞부분이 세굴될 우려가

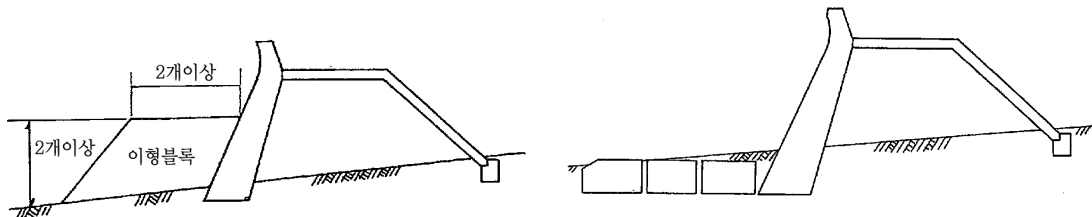
있으므로 주의가 필요하다. 근고공의 기초공으로서 경사 선단 지반이 모래지반 등으로 파에 의한 세굴이나 흡출이 일어나기 쉬운 장소 등에서는 잡석이나 사석 등의 기초공을 설치할 필요가 있다. 이형블록을 이용한 경우에는 근고공의 공극이 크므로 사석 근고공의 속채움과 마찬가지로 그 하부에 공극이 작은 사석층을 설치하는 것이 바람직하다. 또한 해설그림(4.1-30)(b)와 같이 콘크리트 블록을 경사 전면 지반에 피복하는 방법도 있다.



(a) 속채움을 이용한 경우

(b) 같은 질량의 사석을 이용한 경우

해설그림(4.1-29) 사석 근고공의 구조



(a) 이형 블록을 이용한 경우

(b) 콘크리트 블록을 이용한 경우

해설그림(4.1-30) 콘크리트 블록 근고공의 구조

③ 셀룰러블록 근고공

이 공법은 블록 근고공이 현지 조건에 의해 부적당한 경우에 이용되는 것으로서 자세한 사항은 셀룰러블록 기초공에 나와 있는 내용을 준용하면 된다. 여기에서는 웰형식, 케이슨형식 등을 포함한 셀룰러블록을 의미한다. 웰형식 및 케이슨형식에 대해서도 ‘(4) 기초공’에 나온 내용을 준용하면 된다.

④ 사석틀식 근고공

현지 상황 등으로 인해 특수한 경우에 이용되는 것으로서 틀로는 격자틀을 이용하는 예가 많다. 자세한 사항에 대해서는 호안의 전면 피복공의 격자틀 방식에 준하도록 한다.

(7) 소파공

① 일반사항

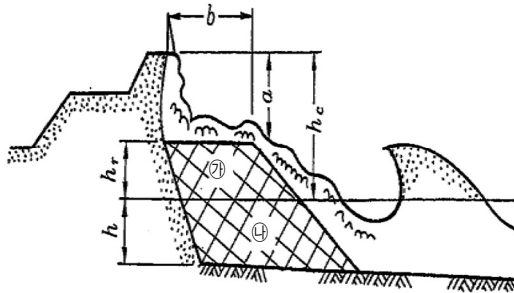
소파공 단면은 속채움사석 위에 여러 층의 이형블록을 쌓은 방식도 있으며 전체 단면을 이형블록으로 시설하는 방식도 있다. 효과적인 소파공으로서 필요한 조건은

- 표면 조도가 큰 것이어야 한다.
- 파의 규모에 맞는 적당한 공극이 있어야 한다.
- 어느 정도의 용량을 가지고 있어야 한다. 이 용량은 수량의 일부를 소파공의 내부에 저류하는데

필요한 용량이기 때문에 해설그림(4.1-31)에서 평균 수면 위 ㉗의 부분이 큰 편이 바람직하다.

- 호안 마루는 소파공 마루에서 어느 정도의 높이가 있어야 한다.
- 파력에 대해 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

등이 있다.



- h : 호안의 제체선단 수심(m)
 h_c : 호안(반파공(返波工))마루의 수면 위 높이(m)
 h_r : 소파공 마루의 수면 위 높이(m)
 a : 소파공 마루에서 호안(반파공) 마루까지의 높이(m) $a = h_c - h_r$
 S : 소파공의 수면 위 면적(m^2)
 (해설그림 안의 ㉗에 해당하는 것으로서 $S \approx h_r \times b$)

해설그림(4.1-31) 소파공의 제원

② 소파공의 설계

산정한 호안 마루높이가 배후 및 호안의 이용 형태 등에서 볼 때 너무 높은 경우에는 소파공을 설치하여 마루높이를 낮게 할 수 있다.

월파유량의 저하는 소파공의 설치 위치 및 형상 등에 따라 달라지므로 수리모형실험을 통해 검토하는 것이 좋으나 다음과 같은 방법을 이용해 소파공을 설계해 필요한 마루높이의 저하를 도모해도 좋다.

가. 소파공의 마루폭은 블록 2~3개분의 폭을 주는 예가 많다. 최소한 블록 2개 또는 그 이상의 마루폭으로 하고, 파고가 높은 곳, 장주기파가 내습하는 곳 또는 전면 수심이 깊은 곳에서는 마루폭을 다소 넓게 해 3~5개 또는 그 이상으로 한다.

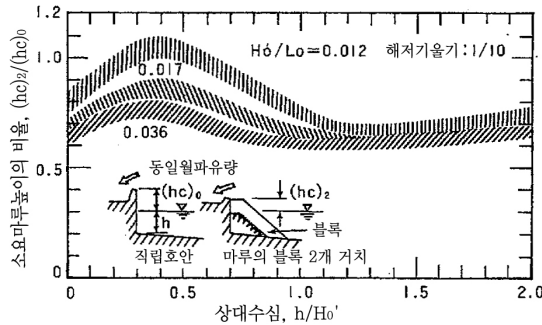
나. 소파공의 수면 위의 높이는 해설표(4.1-7)의 소파공 제원의 표준을 참고해서 결정한다. 이 표는 시라이시(白石)⁴⁾ 등이 $2\pi q/H_0 L_0$ 가 5.0×10^{-3} 이하가 되는 소파공 제원을 실험 데이터에서 구한 것이다. h_r 이 작으면 파가 소파공을 뛰어넘어 오히려 월파유량을 증가시키는 경우가 있어 충분한 높이의 소파공을 설치할 필요가 있다. $a(=h_c - h_r)$ 는 1.0m 이내로 하는 경우가 많다.

해설표(4.1-7) 소파공 제원의 표준⁴⁾

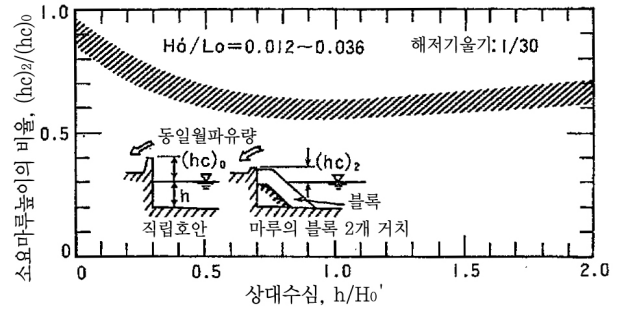
소파공의 높이	(1)	(2)	(3)	(4)
수심	$\frac{h_r}{H_0}$	$\frac{h_c + h_r}{H_0}$	$\frac{h_c + h_r}{h}$	$\frac{2\pi S}{H_0 L_0}$
$h/H_0 = 0$	0.5	1.0	-	0.0
$h/H_0 = 0.5$	0.6	1.5	3.5	0.2
$h/H_0 = 1.0$	0.8	2.0	2.5	0.4
$h/H_0 = 2.0$ 이상	0.7	1.7	1.0	0.2

다. 소파공을 설치한 경우의 월파유량 산정은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장/4-6-2 월파량/참고그림(4-29), 참고그림(4-30)”을 참조할 수 있다. 이는 마루를 블록 2개, 해설그림(4.1-31) 안의 a 를 $0.1H_0'$ 정도로 한 경우이다. 이때의 소요 마루높이의 저감율은 해설그림(4.1-32~33)⁵⁾과 같다.

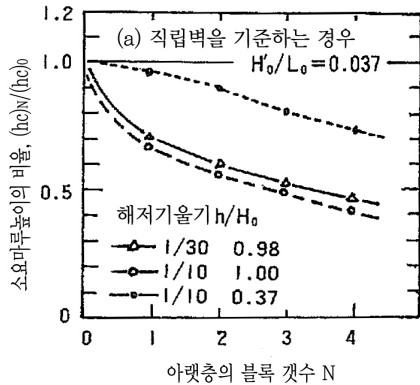
한편 월파유량으로서는 $q/\sqrt{2g(H_0')^3} = 5 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-3}$ 의 범위를 대상으로 하고 있다. 또한 마루폭의 효과에 대해서는 마루의 블록 개수에 의한 마루높이의 저감율의 변화는 해설그림(4.1-35)와 같다. 이 경우의 a 는 $0.1H_0'$ 정도이며 월파유량 $q/\sqrt{2g(H_0')^3} = 2 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-3}$ 을 대상으로 하고 있다.



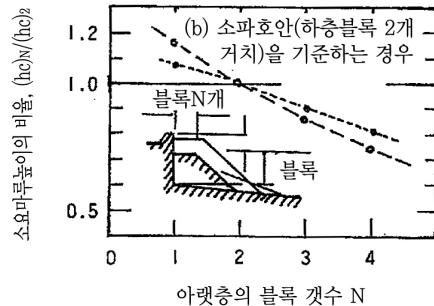
해설 그림 (4.1-32) 직립호안에 대한 소파공의 소요 마루높이의 비율(해저 경사 1/10)⁵⁾



해설 그림 (4.1-33) 직립호안에 대한 소파공의 소요 마루높이의 비율(해저 경사 1/30)⁵⁾



해설 그림 (4.1-34) 소요 마루높이에 미치는 소파공 마루폭의 영향⁴⁾



라. 해설그림(4.1-35)의 해저 경사와 마루높이의 관계에 의해 얻어진 소요 마루높이는 소파공의 마루폭 및 마루높이가 해설표(4.1-8)를 만족할 경우에는 그 수치를 70%까지 내려도 좋다.

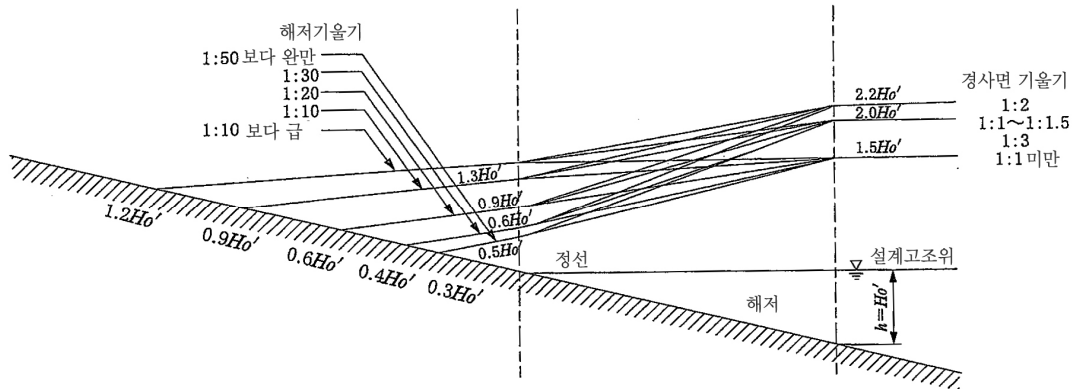
여기서, h_c 는 해설그림(4.1-35)에 의해 구해진 호안 마루높이의 70%에 해당하는 높이(m)이다.

③ 소파공 적용시의 주의사항

소파공의 적층 방식으로서 '① 일반사항'에서 살펴본 소파공의 필요조건을 만족할 필요가 있으며, 어떠한 종류의 이형 블록은 적층 방식에 따라 공극이 거의 없어지는 경우도 있으므로 주의가 필요하다.

해설표(4.1-8) 소파공의 소요 마루높이

소파블록의 마루폭(B)	소파공의 소요 마루높이(h_m)
블록 2개 거치	$0.8h_c$ 이상
블록 3개 거치	$0.7h_c$ 이상
블록 4개 거치	$0.5h_c$ 이상



해설 그림 (4.1-35) 해저 경사와 마루높이의 관계

또한 이형 블록의 적층방식은 난적과 정적 등이 있는데, 어떤 방법을 선택할 지에 대해서는 해저면 변화의 정도, 시공의 난이도 등을 감안해 결정한다.

(8) 반파공

① 일반사항

반파공은 기능상 제체를增高한 것에 해당하므로 여기에 작용하는 파력에 대해 충분히 안전해야 한다. 그런 의미에서 반파공과 제체는 일체가 되도록 견고하게 설치할 필요가 있다. 또한 전면 피복 공과의 연결부분은 위와 같은 이유에서 불연속면을 만들지 않고 원칙적으로 원활하게 이어지는 곡면으로 만들어 충돌하는 물이 자연스레 흐르도록 해야 한다.

② 반파공의 구조

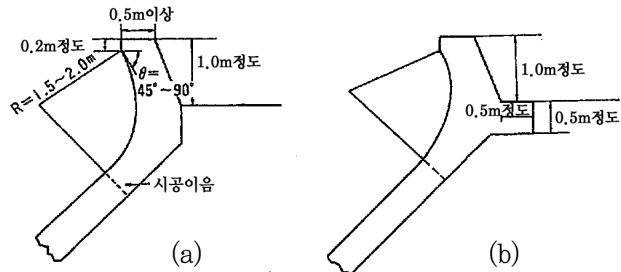
반파공이 호안 마루 위로 돌출되어 있는 부분의 높이는 1m 정도로 하는 경우가 많다. 반파공의 높이를 높게 하면 상대적으로 호안 본체의 마루높이는 낮아지는 경우가 있어 일반적으로 공사비는 저렴해진다. 그러나 반파공 자체는 상대적으로 그 단면이 가늘고 길어 작용하는 파압에 대해 안전성을 확보할 수 없는 구조가 될 우려가 있다. 단, 제체와의 일체성을 확보할 수 있어 파압에 견딜 수 있다면 반파공을 1m보다 더 높게 해도 괜찮다.

이와는 별도로 해안의 이용 상 호안 마루에 서서 바다를 볼 수 있는 경관 또는 환경상의 요구, 방재활동 시의 편의성, 나아가 마루가 자동차 도로로 이용되는 경우 운전자의 바다 경관, 시야 및 시계의 문제 등으로 인해 1m보다 더 낮게 해도 좋다.

반파공은 파의 제내측 침입을 가장 효과적으로 막기 위해 보통은 곡면 구조로 되어 있다. 이는 파의 관성력을 이용해 물의 운동 방향을 위쪽 또는 반대방향으로 변환시킨다는 개념에 입각해서인데, 실제로도 상당한 효과를 거두고 있다.

과거의 반파공 실시 예를 보면 곡면의 곡률 반경은 1.5~2.0m, 곡면이 마루에서 수평을 이루는 각도는 $45^\circ \sim 90^\circ$ 로 하고 있는 경우가 많다. 이들 경험에 의하면 곡면이 마루에서 수평을 이루는 각도는 $\theta = 60^\circ$ 정도가 가장 효과적이며, 또한 파장이 긴 파가 내습하는 해안에서는 곡면의 곡률 반경은 크게 하는 편이 효과적으로서 반경이 약 0.5m인 반파공으로는 거의 효과가 없다는 사실이 밝혀진 바 있다.

반파공의 신축 줄눈은 전면 피복공과 일체로 설치할 필요가 있어 그 위치는 전면 피복공의 신축 줄눈과 일치시킨다. 반파공의 마루 폭은 과거의 시공 예에서는 0.5m 이상으로 하는 경우가 많은데, 특히 강력한 파력이 작용하는 장소나 반파공에 표류물의 충돌이 예상되는 장소에서는 필요에 따라 마루폭을 넓게 하는 것도 좋다. 반파공의 구조 예는 해설그림 (4.1-36)(a)와 같다.

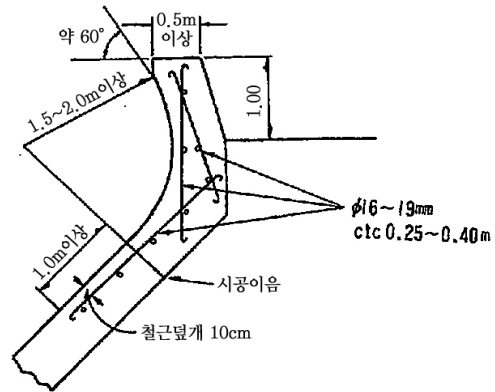


해설그림 (4.1-36) 반파공의 구조 예

해설그림(4.1-36)(a)의 형태는 전면 피복공과 반파공을 연속적으로 시공해 그 일체성을 도모한 경우이며, 해설그림(4.1-36)(b)의 타입은 파력에 저항하는 요소로서 반파공의 자중, 지반 반력 등을 기대하는 경우인데, 시공 이음이 반파공의 하부에 생기게 되면 파력이 작용하면 반파공이 위로 회전하는 형태가 되어 이 시공 이음부가 취약점이 될 가능성이 있으므로 시공에는 충분히 주의해야 한다.

다. 반파공의 배근

반파공은 파력에 대해 안전해야 한다. 반파공은 캔틸레버(cantilever)로서 저항하는 형태가 되므로 그 뒤쪽에는 인장력이 작용하게 된다. 따라서 배근에 있어서는 해설그림(4.1-37)과 같이 철근을 조합해 철근의 정확한 유지와 적절한 두께의 확보와 동시에 반파공에 작용하는 인장력에 저항시키기 위한 삼각형의 철근조합으로 하는 것이 바람직하다.



해설그림 (4.1-37) 반파공의 배근 예

(9) 근류공(根留工)

① 일반사항

근류공에는 보통 현장 타설 콘크리트가 이용된다. 이 경우 근류공의 기능으로서 충분한 크기와 근입이 필요하다.

② 근류공의 구조

근류공은 배후 사면 피복공의 기초공이라고도 할 수 있으므로 충분한 근입을 필요로 한다. 제방 안쪽의 제체선단에 유수로나 배수로나 있는 경우의 근류공의 높이는 근류공의 정상부가 침수되지 않도록 평상시 수위보다 적어도 0.3m 정도 높게 하는 경우가 많다.

③ 배수구멍 등

제체 내의 잔류 수위가 높아 이를 배수할 필요가 있는 경우에는 근류공 역시 배수기능이 있는 구조로 할 필요가 생긴다. 이 경우 원칙적으로 돌쌓기방식인 경우에는 메쌓기로 하며 콘크리트나 그 외에

경우에는 배수구멍을 설치하고, 제체 토사의 흠출방지를 위해 필터를 설치할 필요가 있다.

(10) 배수공(排水工)

① 일반사항

배수공(배수로)의 통수 단면은 보통 0.3m^2 정도인 경우가 많은데 일반적으로 호안은 월파를

허용하고 있으므로 다량의 월파가 예상되는 경우에는 월파유량을 추정해 마루부와 함께 근류공 위치에서도 이를 흘려보내는데 필요한 단면을 확보할 필요가 있다.

② 배수공의 구조와 기타

마루의 배수를 위한 간단한 방법으로서 반파공에 구멍을 뚫어 바다측으로 배수하는 방법이 있는데, 이는 반대로 이 배수구멍을 통해 해수의 침입을 초래할 우려가 있으므로 배후지 침수 우려가 있는 경우에는 바람직하지 못한 방법이라 하겠다. 또한 배수공을 마루 옆이나 배면의 중간에 설치하는 것은 월파한 물의 낙하지점에 해당해 구조의 약점으로 작용하며 동시에 월파한 해수의 배수에도 도움이 안 되고 해수가 사면 아래로 넘쳐 흘러 호안의 배후 사면 끝단 법고(法尻) 부위에 고임으로서 제체에 해로운 결과가 초래될 수 있어 배수처리가 필요하다.

배수공은 근류공과 분리해 설치하는 것이 좋은데, 구조상 취약점이 될 우려가 없는 경우에는 해설 그림(4.1-38)(b)와 같이 배수공과 근류공을 겸하는 방식도 있다.

(11) 완경사 호안

① 완경사 호안기초의 근입깊이

경사는 1:3보다 완만하게 하며 경사면의 저면 선단부에서는 선단부의 블록이 파를 반사해 세굴을 조장하지 않도록 해설그림(4.1-39)와 같이 블록의 앞, 아랫부분을 동일 경사로 지중에 근입시켜 시공하는 것이 바람직하다.

또한 블록의 근입깊이[해설그림(4.1-39) 참조]는 다음의 여러 가지 제체선단부 지형 변화도 예측하여 제체의 안전성이 확보되도록 할 필요가 있다.

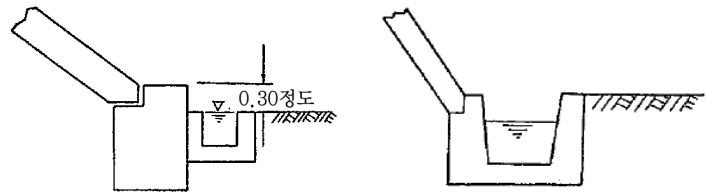
지형변화㉔ : 연안 표사의 불균형에 의해 생긴 해안침식에 따른 해빈 변형

지형변화㉕ : 고파랑 시 호안이 없을 경우에도 표사가 바다 쪽으로 이동하는 현상에 의한 해빈 변형

지형변화㉖ : 고파랑으로 인해 제체 저면 선단부에서 발생하는 국부 세굴

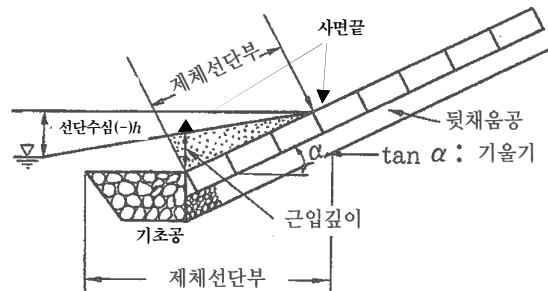
안전성의 확보를 위해서는 이러한 해빈 변화나 국부 세굴에 의한 지형변화량을 예측해 이에 대응할 수 있는 근입깊이를 확보하는 것이 좋다.

시공성, 경제성에서 볼 때 육상시공의 적용이 가능한 경우 근입깊이는 다음 식을 만족하도록 한다.



(a) 배수공과 근류공을 분리한 구조 (b) 배수공과 근류공을 겸용한 구조

해설 그림 (4.1-38) 근류공과 배수공 (단위 : m)



해설 그림 (4.1-39) 완경사 호안의 근입⁶⁾

근입깊이 > 지형변화㉒에 의한 장기적인 지반 변화량 + 지형변화㉑와 ㉓를 합친 최대 세굴 깊이

연안 표사의 균형이 깨져 침식이 일어나는 해안에서는 해안침식에 따른 제체선단부의 지형변화량을 고려해야 한다. 지형변화량의 향후 예측은 수심측량 성과 등의 해석에서 얻어진 장기적인 경향을 바탕으로 검토한다. 또한 연안표사가 유입해 오는 쪽(上手側)에 표사를 저지하는 구조물이 시설됨으로써 연안 표사량이 현저히 감소하는 경우에는 해안선 변화 모델 등을 이용한 지형변화 예측계산도 필요하다.

고파랑 시의 해빈 변화와 국부 세굴에 대해서는 혼동하지 않도록 주의하면서 각각 개별적으로 검토할 필요가 있다. 현 상태에서는 이들에 대한 실용적인 연구 성과는 적어 정밀도 높은 정량적인 평가는 아주 어렵다.

이와 같은 세굴량은 현지 해안에서의 고파랑에 의한 지형변화의 예측 결과나 수리모형실험 등을 바탕으로 추정되어 적용되고 있다.

한편 이들 방법을 통해 구해진 필요 근입깊이가 너무 커서 시공이 곤란한 경우에는 1m 이상의 근입깊이를 확보해 근고공에 의한 세굴 방지를 하는 경우가 많다. 또한 수중 시공을 해야 하는 경우에는 근입을 통해 세굴에 대처하지 않고 제체 기저 선단에 붙여 기초공을 설치한다. 이 기초공은 주로 고파랑 시 제체선단부의 지형 변화에 대응하기 위한 것으로서 지형변화의 영향이 제체에 미치지 않을 정도의 규모로 할 필요가 있다.

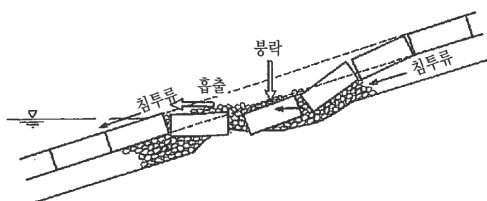
② 환경사 호안의 뒷채움공

전면 경사면에 설치하는 뒷채움공은 0.5m 이상의 두께로 충분히 안전하도록 시공하는 경우가 많은데, 현지 지반에 잡석, 사석층을 부설하여 뒷채움공을 갇춤으로써 지내력(地耐力)을 강화해 전면 경사면에서 침투수나 제체에서의 침출수에 대한 필터로서의 기능을 확보하기 위해 뒷채움이 이용된다. 또한 침투효과로 인해 환원수가 약해지므로 세굴의 절감도 기대할 수 있다. 뒷채움 형식은 사용재료에 따라, 잡석, 사석 등에 의한 경우와 돌망태 등을 이용한 경우로 나뉜다.

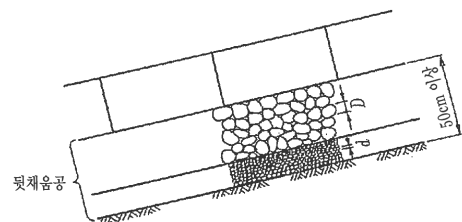
일반적으로 자주 이용되는 뒷채움 재료는 잡석이나 사석 또는 돌망태로서 흡출방지재를 병용하는 경우도 있다. 환경사 호안인 경우의 경사면의 길이는 일반적인 경사호안보다 길어지므로 제체선단이 수중에 놓이는 경우에는 뒷채움이 두꺼워도 해안선 부근에서의 흡출이 일어나기 때문이다[해설그림(4.1-40) 참조]. 이를 방지하기 위해서는 층 두께를 두껍게 하며 동시에 위에서 아래로 입경을 서서히 작게 해 공극을 최소화하고 맞물림을 좋게 할 필요가 있다.

뒷채움공의 두께는 최소 0.5m 이상으로 하는 경우가 많고, 뒷채움 재료의 입경은 아래층과 위층의 입경 비를 $d/D > 0.15$ 정도로 하는 것이 좋다[해설그림(4.1-41) 참조].

또한 제체 내부 재료가 자갈이어서 흡출의 우려가 없는 경우를 제외하고는 흡출 방지재를 이용하여 뒷채움공 저면에 설치할 필요가 있는데[해설그림(4.1-42)], 흡출방지재를 적용하였다고 해서 흡출방지



해설그림(4.1-40) 해안선 부근에서의 흡출⁶⁾



해설그림(4.1-41) 뒷채움공의 아래층과 위층의 입경 비⁶⁾

쇄석 등을 생략해서는 안 된다는 점에 주의할 필요가 있다.

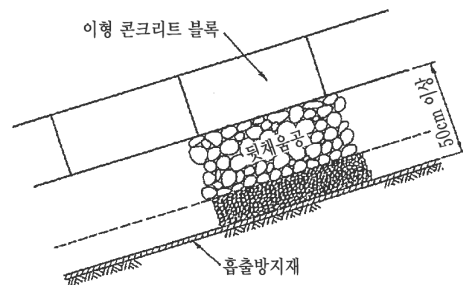
완경사 호안의 피해는 제체 성토 토사 및 원지반 토사의 유출로 인한 경우가 많은데, 뒷채움 내부에서 성토 및 원지반 경사면을 따라 흘러내리는 물에 의해 토사가 유출되는 것이 원인일 수 있으므로 뒷채움 재료 및 두께에 대해 성토와 원지반 토사의 재질을 충분히 고려할 필요가 있다.

갯돌이 성토면 위에 직접 부설되는 경우 경사면에 충분한 유속이 발생하여 모래를 유출시키는 것이 모형실험을 통해 확인되고 있으므로 이 경계면에는 입경이 작은 자갈층을 부설해 성토 표면을 씻어내리는 물을 절감시키는 노력이 필요하다.

또한 이와 같은 제체 성토부, 원지반의 토사 유출로 인한 피해에 대해서는 흡출 방지재가 현장에서 완전한 봉합이 이루어지지 않아 그다지 큰 효과를 기대할 수가 없고, 더욱이 흡출 방지재를 적용하였음에도 잡석이 흡출된 사실도 확인되고 있으므로 경사면을 피복하는 블록의 선택에 특히 주의하거나 돌망태를 사용하는 등의 시공 노력도 필요하다.

한편 흡출에 의한 경사면 피복 블록의 함몰이나 블록의 흠어짐 등이 일어난 경우, 뒷채움에는 가능한 돌망태를 이용하는 것이 바람직하다.

전면 경사부 선단 세굴에 대해서는 기초사석공이 침하량 절감에 도움이 된다는 보고도 있으나, 선단 세굴은 고파랑 시 해빈의 단면변화나 침식이 원인이라고 생각되므로 별도로 해안의 침식대책이 필요하다.



해설 그림 (4.1-42) 흡출방지재의 시공 예⁶⁾

4.1.5 방호벽

4.1.5.1 목적과 기능

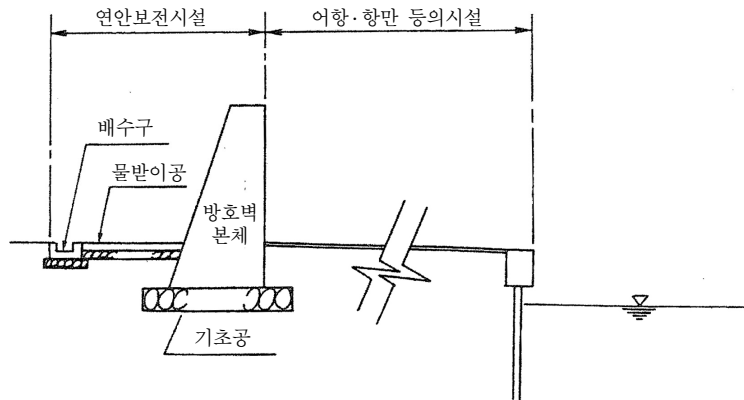
방호벽은 해안선에 어항이나 항만 등의 시설이 있어 호안 등을 설치하는 것이 어려운 경우, 해안 배후에 있는 인명이나 자산을 폭풍해일, 파랑으로부터 방호하기 위한 목적으로 설치하는 해안보전시설이다.

방호벽은 설계고조위의 해수, 설계파의 작용에 대해 폭풍해일 또는 파랑으로 인한 해수의 침입을 방지하는 기능, 파랑에 의한 월파를 감소시키는 기능 중 하나 또는 이들 모든 기능을 가지도록 한다.

또한 방호벽의 배후지 상황 등을 고려해 설계고조위를 넘는 조위의 해수 또는 설계파를 넘는 이상파랑의 작용에 대해 해당 방호벽의 손상 등을 경감하는 성능을 가지도록 한다.

[해설]

방호벽의 개념도는 해설그림(4.1-43)과 같다.



해설그림 (4.1-43) 방호벽 개념도

4.1.5.2 설계 방침

방호벽 설계는 이 기준의 '4.1.4 설계/4.1.4.1 설계 방침'의 해당 조항을 따른다.

[해설]

(1) 구조형식의 선정

일반적으로 방호벽의 구조형식은 자연조건, 시설의 중요도, 주변의 이용 상황, 시공방법, 공사비 및 용지 취득의 난이도 등에 대해 비교검토해 안전하고 경제적이며, 현지에 가장 적합한 형식을 선정한다.

방호벽의 구조형식은 해설표(4.1-9)와 같이 크게 4가지로 분류된다. 우선 제체공의 형상에 따라 블록형과 L형·역T형으로 나뉘지며 이 둘은 외력의 작용에 대한 지지형식에 따라 중력식과 말뚝식·널말뚝식으로 분류된다.

해설표(4.1-9) 방호벽의 구조형식

호안 형태에 따른 분류	지지형식에 따른 분류
블록형	중력식
	말뚝식 널말뚝식
L형 · 역T형	중력식
	말뚝식 널말뚝식

각 형식의 일반적인 적합조건은 다음과 같다.

가. 중력식 블록형

- 용지취득이 용이한 경우
- 기초지반이 단단한 경우

나. 말뚝식 널말뚝식 블록형

- 용지취득이 비교적 용이한 경우
- 기초지반이 연약한 경우

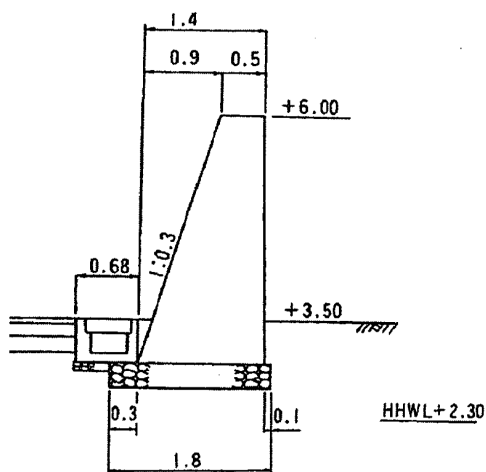
다. 중력식 L형·역T형

- 용지취득이 용이하지 않은 경우
- 기초지반이 비교적 연약한 경우

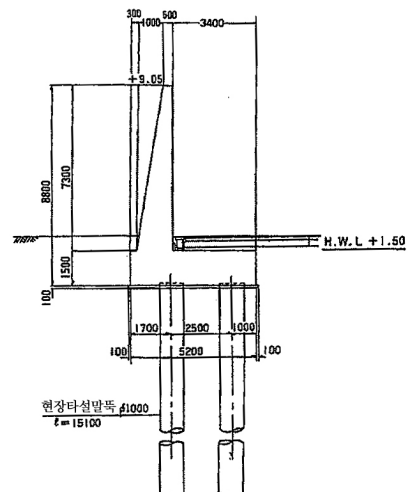
라. 말뚝식 널말뚝식 L형·역T형

- 용지취득이 용이하지 않은 경우
- 기초지반이 연약한 경우

방호벽의 시공 예는 해설그림(4.1-44) 및 해설그림(4.1-45)과 같다.



해설그림(4.1-44) 중력식 방호벽의 예



해설그림(4.1-45) 말뚝 기초를 이용한 L형식 방호벽의 예

(2) 기준선

방호벽의 기준선은 원칙적으로 해안선을 따라 설정하는데 방호벽의 경우에는 용지취득의 난이도, 배후지 및 해안부의 어항, 항만 등의 이용 상황에 따라 결정되는 경우가 많다.

(3) 마루높이

마루높이에 대해서는 내습과에 대하여 목표로 하는 성능을 발휘하는 데 필요한 높이로서 방호벽 전면의 파고를 이용하는 경우가 있다. 이 경우에는 내습과가 육지부까지 진행해 올 경우를 고려해 파고를 줄이는 것이 가능한 지 여부를 검토할 필요가 있다.

4.1.5.3 설계고려사항

방호벽 설계 시 고려할 사항은 이 기준의 '4.1.1 일반사항/4.1.1.6 설계고려사항'의 해당 조항을 따른다.

[해설]

방호벽 설계 시는 조위, 파, 지진력, 토질 등의 자연조건이나 인접한 연안시설의 계획 마루높이나 구조와의 일치성, 시공방법, 배후지의 자산, 인구집중도, 어항이나 항만시설의 이용 상황, 향후 이용 계획 등을 충분히 고려할 필요가 있다.

또한 방호벽은 마을이나 도시, 어항이나 항만시설과의 사이에 설치되는 경우가 많으므로 접근성의 확보, 통풍이나 일조량, 경관 등에 대한 영향, 용지취득의 난이도 등에 의해 기준선, 마루높이 형식 등이 좌우되는 경우가 많으므로 충분한 검토가 필요하다.

4.1.5.4 설계조건

방호벽의 구조형식이나 구조제원의 결정에 있어 고려해야 할 조건은 다음과 같으며 이 기준의 '4.1.2 설계조건 및 계획/4.1.2.1 설계조건'의 해당 조항을 따른다.

(1) 자연조건

- 가. 조위
- 나. 파랑
- 다. 이상파랑
- 라. 지반
- 마. 지진

(2) 기타 조건

- 가. 배후지의 중요도
- 나. 해안의 환경
- 다. 해안의 이용 및 이용자의 안전
- 라. 시공조건

[해설]

(1) 기타 조건

가. 해안의 환경

방호벽을 설치하면 해안에 콘크리트벽이 세워지게 되므로 배후지 주민들의 폭풍해일이나 이상파랑으로부터의 공포감은 없어지지만 반대로 일상생활에서 압박감이나 폐쇄적인 느낌을 줄 수 있다. 이와 같은 경우에는 방호벽에 대한 위화감을 경감시키기 위해 문양거푸집 등을 적용할 수 있다.

나. 시공조건

방호벽의 전면에는 대개 어항, 항만시설이 있으며 배후에는 마을이나 도시가 있으므로 공사용지 확보의 곤란 등 시공 상의 제약이 따른다. 따라서 방호벽 설계 시는 이러한 여건을 최대한 고려한 공법 등을 검토하며 지역주민 등에 대해서는 일상생활에 영향을 주지 않도록 시공 중의 소음이나 진동, 오염 등에 대한 대책을 고려할 필요가 있다.

다. 기타

이외의 조건에 관해서는 이 기준의 '제4장 설계/4.1 호안·제방/4.1.2 설계조건 및 계획'을 따른다.

4.1.5.5 목표 성능

이 기준의 '제4장 설계/4.1 호안·제방/4.1.4.2 목표 성능'을 따른다.

4.1.5.6 안전 성능

이 기준의 '제4장 설계/4.1 호안·제방/4.1.4.3 안전 성능'을 따른다.

[해설]

(1) 일반사항

방호벽은 배후지에 마을이나 도시가 있으므로 이상파랑이나 지진 등으로 파괴되는 경우가 생기면 그 영향은 상당히 크기 때문에 재해 시의 안전성에 대해서는 충분히 검토할 필요가 있다.

이상파랑 시에 목재, 선박 등이 표류해 방호벽에 충돌할 것으로 예상되는 경우에는 필요에 따라 충격력을 고려한다.

방호벽의 구조 세목은 다음과 같은 점에 대해 제체의 설치지점에서의 조건을 고려해 제체의 안전성을 검토한다.

(2) 구조 세목

가. 제체

제체는 원칙적으로 철근 콘크리트구조로 하는데, 이는 제체가 폭풍해일, 이상파랑 등의 침입을 방지하는 방호벽의 본체로서 파력, 지진력 등의 작용에 의한 활동(滑動) 및 전도에 대해 안전한 구조를 지니며 각 부에서도 파력, 수압에 견디는 강도를 확보해야 하기 때문이다.

나. 기초공

방호벽은 일반적으로 직접 기초로 하는 예가 많은데, 지반이 안 좋은 경우에는 말뚝 기초나 지반 개량 등의 대책을 검토한다.

다. 지수공

방호벽은 육지에 설치되므로 평상시에는 누수나 파이프 등을 고려하지 않아도 되지만, 폭풍해일에 의한 침수 등으로 장기간의 지수가 요구되는 경우에는 호안의 지수공에 준해 검토한다.

[참고문헌(해설)]

- 1) 佐藤昭二, 合田良實(1972). 海岸・港灣, pp. 311~315.
- 2) 榎木亨(1967). 海岸堤防基部の洗掘機構に關する研究(その1), 日本 海岸工學論文集 14卷, pp. 329~335.
- 3) 日本 建設省河川局(1987). 改訂 新版 建設省 河川砂防技術基準(案) 同解説・設計編[II], (社)日本河川協會, 160p.
- 4) 白石直文, 豊島修, 遠藤泰司(1969). 越波量に及ぼす消波工の形狀について, 第16回 海岸工學講演會講演集, pp. 253~258.
- 5) 合田良實, 岸良安治(1976). 不規則波による堤天端型護岸の越波特性實驗, 港灣技研資料, No. 2. 42, pp. 1~28.
- 6) 日本 建設省 河川局 海岸果 監修(1989). 緩傾斜 護岸の設計 案内書, (社)日本全國海岸協會, 48p.

4.2 돌 제

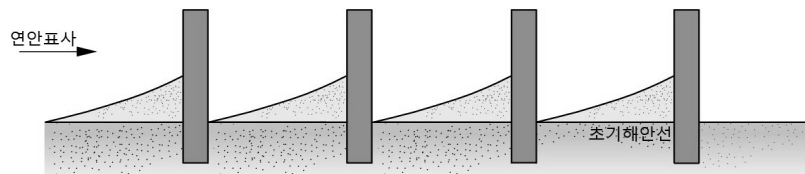
4.2.1 일반사항

4.2.1.1 목적

- (1) 이 장은 연안시설로서 돌제를 설치하기 위한 최소한의 요건으로서의 기술기준을 나타낸 것이다.
- (2) 돌제는 해안에서 외해 방향으로 가늘고 길게 돌출한 형태의 구조물로 연안표사가 탁월한 해안에서 해안 침식의 방지, 경감 및 해빈의 안정화를 도모할 목적으로 설치되는 연안시설로서 연안표사를 제어해서 해안을 유지하고 복구시키는 기능을 갖도록 한다.

[해설]

돌제는 보통 해설그림(4.2-1)과 같이 여러 개의 돌제를 적당한 간격으로 배치한 돌제 군으로서 표사 제어 기능을 하는 경우가 많으며, 샌드바이패스(sand bypass) 등의 양빈공과 조합시키기도 한다.



해설그림(4.2-1) 돌제군에 의한 사빈의 복구

4.2.1.2 적용범위

이 장은 돌제 설계 시 검토사항과 설계기준에 관한 사항을 다루며 방사제, 헤드랜드(headland) 등 연안표사 제어를 위해 해안에 돌출하여 설치하는 시설에 적용한다.

4.2.1.3 참고기준

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

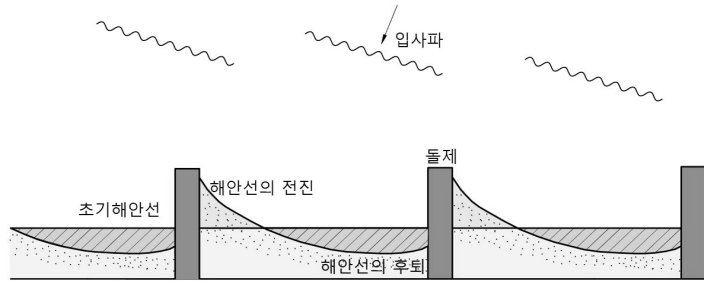
4.2.1.4 설계고려사항

돌제가 목적으로 하는 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 표사제어 성능을 갖도록 하고 파랑, 토압 및 세굴 작용 등에 대해 안전한 구조가 되도록 한다.

[해설]

- (1) 해안침식은 표사의 수지 균형이 붕괴되어서 생기는 현상으로 돌제를 설치하여 연안표사량을 감소시켜 유입 표사량과 유출 표사량을 균형 있게 만들고 침식의 경감과 해빈의 유지·안정화를 도모할 수 있다.

- (2) 돌제에 의해 연안표사를 과도하게 감소시키면 해설그림(4.2-2)과 같이 연안표사의 하류부 해안에서는 지금보다 해안선의 후퇴가 발생할 가능성이 높다는 점에 유의할 필요가 있다. 따라서 돌제의 설계는 돌제 사이의 해안이 가장 후퇴할 것으로 예상되는 곳에 해안보호 및 해안 영역의 이용, 자연 환경에 필요한 해빈 폭을 확보하는 것이 요구된다. 이를 위해서는 현재 연안표사의 이동 방향과 이동량을 정확하게 파악하여, 연안표사의 연속성, 공급원과 공급량 등을 파악하는 것이 중요하다.



해설그림 (4.2-2) 돌제에 의한 해빈의 안정화

- (3) 돌제의 설계에서는 목표로 하는 해안선의 형상 및 돌제에 의한 연안표사량의 저감률을 설정할 필요가 있다.
- (4) 돌제 설치 후의 해안선 형상은 주로 돌제의 평면 형상 및 설치 간격에 따라 정해진다.
- (5) 연안표사의 포착률은 돌제의 구조형식, 길이, 선단수심, 마루높이 및 내습 파랑의 특성에 따라 변화하기 때문에 장기적인 탁월 방향이나 표사량을 파악하고, 중단기적인 변동에 대해서도 파악할 필요가 있다.
- (6) 돌제 외해방향으로의 흐름(이안류)에 의해서 연안표사의 포착률이 줄어 기대하는 효과를 얻을 수 없는 경우도 있기 때문에 이안류를 포함한 해빈류의 특성을 파악할 필요도 있다.
- (7) 돌제의 주요한 수리적 기능은 파랑 제어뿐만 아니라 연안류를 제어함에 있다. 내습 파랑이 해안에 직각으로 입사하는 경우에는 파랑이 돌제에 의해서 거의 영향을 받지 않는다.
- (8) 이처럼 돌제에는 기본적으로 외해방향으로 이동하는 표사(이안표사)를 제어하는 기능이 갖춰지지 않은 점, 돌제에 의해 이안표사 이동이 조장될 가능성이 있는 점에도 유의할 필요가 있다.

4.2.2 설계조건 및 계획

4.2.2.1 설계조건

돌제의 구조 형식이나 구조 전반의 결정에 고려해야 하는 조사·검토 항목은 다음과 같다.

(1) 자연조건

① 조위(潮位) 및 파랑

가. 중장기 지형변화를 검토할 경우의 대상파랑은 에너지평균파를 사용하고 조위는 평균조위(M.S.L)를 사용한다.

나. 돌제 기부 및 선단부 침식 등 단기 지형변화를 검토할 경우의 대상파랑은 년 수회 내습하는 파를 사용하고 조위는 약최고고조위(A.H.H.W)를 사용한다.

다. 제체의 안전성 검토 시에는 설계파와 제체의 안전성에 가장 영향을 주는 조위를 사용한다.

② 흐름 및 표사

가. 연안표사의 이동방향과 이동량을 명확히 파악하고 연안표사의 연속성, 공급원과 공급량을 파악한다.

나. 해빈류의 상황은 해빈류 관측 및 수치·수리모형실험을 통해 파악한다.

③ 해저지형 및 해빈지형

해저지형 및 해빈지형은 제체의 안전성 및 구조 전반을 검토하기 위한 설계파의 변형, 파의 처오름 높이나 월파유량 등의 계산 시에 필요한 입력조건으로 돌제의 평면형상 검토에서도 중요하다.

④ 지반

지반은 돌제의 구조형식의 선정, 제체의 안전성 검토 및 시공계획 입안에서 중요한 조건이기 때문에 충분히 조사한다.

(2) 기타조건

① 배후지의 중요도

② 연안의 환경, 이용 및 이용자의 조건

③ 선박통항조건

④ 시공조건

[해설]

(1) 자연조건

① 조위(潮位) 및 파랑

가. 돌제의 평면형상 및 설치간격의 검토에서는 연안표사에 의한 중장기의 지형변화 예측이 필요하다.

중장기 지형변화를 검토하는 파랑으로서는 해안표사의 지배적인 요인인 에너지평균파

($\bar{H} = \sqrt{\frac{\sum H^2 T}{\sum T}}$, $\bar{T} = \sqrt{\frac{\sum H^2 T}{\sum H^2}}$, $\bar{\theta} = \sqrt{\frac{\sum H^2 \theta}{\sum H^2}}$)를 사용하고, 조위는 평균조위(M.S.L)를 사용하는 경우가

일반적이다. 한편, 계절적으로 파고가 변화하는 경우는 연안표사의 방향이 다른 2방향 이상의 파향(波向)마다 에너지평균파를 설정하는 것이 바람직하다.

② 흐름 및 표사

가. 돌제는 연안표사의 제어를 목적으로 하기 때문에 설계에서는 연안표사의 이동방향과 이동량을 명확히 파악하고 연안표사의 연속성, 공급원과 공급량을 파악하는 것이 필요하다. 또한 연안표사의

이동방향이나 이동량은 내습 파랑의 특성에 따라 변하기 때문에 장기적인 탁월방향 및 표사량을 확정하고, 중단기적인 변동에 대해서도 파악할 필요가 있다.

나. 돌제에 의한 외해방향으로의 흐름(이안류)에 의해 연안표사의 포착률이 감소하여 기대하는 효과를 얻을 수 없는 경우도 있기 때문에 이안류를 포함한 해빈류의 특성을 파악하는 것도 필요하다.

③ 해저지형 및 해빈지형

설계에서는 표준적인 해저지형, 해빈지형의 단면형상을 설정하는 것이 일반적이며, 단면지형의 설정에서는 평면적이거나 시간적으로 변화하는 단면형상을 겹쳐 평면적 또는 침식된 단면 지형 등을 선정하는 것을 고려할 수 있다.

(2) 기타조건

① 연안의 환경, 이용 및 이용자의 조건

가. 연안시설에 대해 연안역의 경관이나 생태계 등의 자연환경 및 이용에 대한 고려가 필요한 경우가 있다. 돌제의 설계에서도 향후 연안이용계획이나 현재의 연안역 이용 및 자연환경 등을 고려한다.

나. 돌제 사이에 양빈(養濱)을 할 경우 돌제를 투과해서 양빈사가 바다 쪽으로 유출되어 함몰 등에 의해 이용자의 안전에 영향을 미칠 수 있으므로 시공 단계도 포함해서 그 대책에 유의할 필요가 있다.

② 시공조건

가. 돌제의 설계는 육상에서의 시공인지 해상에서의 시공인지 또는 시공 시기, 기간, 시공방법 등 시공조건을 충분히 고려할 필요가 있다.

나. 돌제군으로 설치 시 돌제의 시공순서는 표사의 연속성을 확보하면서 해빈의 안정화를 꾀하기 위해 대상범위 전역의 표사공급을 급속하게 감소시키지 않도록 하는 것이 중요하다. 이에 돌제의 시공에서는 연안표사가 유출되는(하류) 측에서부터 시작하여 순차적으로 공급되는(상류) 측으로 설치해 가는 것이 원칙이다. 단, 침식이 현저하다는 등의 이유로 상류측에서부터 시작하는 경우나 표사의 제어를 대상 범위 전체에 신속히 전개할 필요가 있는 경우, 해저지형이 급경사라서 선단의 위치가 낭떠러지에 가까워지는 경우 등에는 잠정적으로 돌제의 길이를 짧게 시공하고 해빈 지형의 침식·퇴적 상황 등에 따라 순차적으로 연장하는 것도 생각할 수 있다.

4.2.2.2 계획

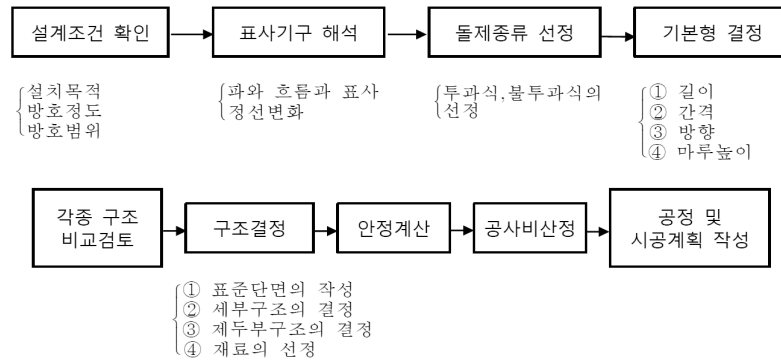
(1) 돌제의 평면 및 단면계획은 대상해안의 설계조건, 표사기구를 명확히 파악하고 선정된 돌제의 구조형식에 따라 돌제의 설치 목적 달성을 위한 기능과 성능을 갖도록 한다.

(2) 돌제의 평면계획은 연안표사의 제어효과 및 예상되는 해빈변형에 근거하여 선정한다. 연안표사의 제어효과 및 해빈변형 예측은 수치·수리모형실험을 통해 평가하는 것이 바람직하다.

(3) 단면계획은 선정된 구조형식에 따라 결정되는 경우가 많은데 구조형식과 체체의 안전성, 경제성, 시공성에 더불어 연안의 자연환경 및 이용 등을 종합적으로 평가하여 선정한다.

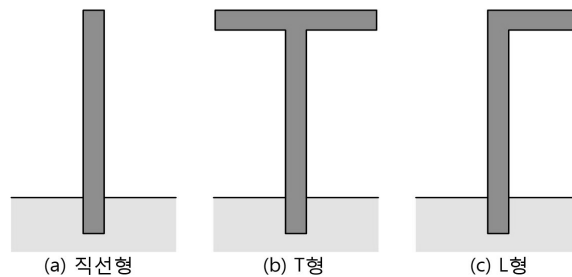
[해설]

(1) 돌제의 설계순서는 해설그림(4.2-3)과 같다.



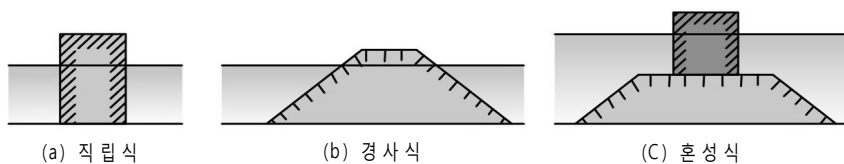
해설그림(4.2-3) 돌제의 설계순서

(2) 돌제의 평면형상은 해설그림(4.2-4)과 같이 직선형, T자형, L자형의 3가지로 분류할 수 있다. T자형, L자형의 돌제는 표사상류에서는 돌제를 따라 외해방향으로의 흐름을 제어하여 표사의 포착률을 증대시키는 효과를 기대할 수 있고, 하류해안에서는 차폐 영역에 형성되는 순환류에 의해 돌제 기부의 침식을 줄이는 효과를 기대할 수 있다.



해설그림(4.2-4) 돌제의 평면 형상도

(3) 돌제의 단면형상은 해설그림(4.2-5)과 같이 직립식, 경사식, 혼성식의 3가지로 분류할 수 있다.



해설그림(4.2-5) 돌제의 단면 형상도

4.2.3 재료

이 기준의 '제3장 재료'의 해당 조항을 따른다.

4.2.4 설계

4.2.4.1 설계 방침

- (1) 돌제는 목표로 하는 기능을 발휘할 수 있도록 돌제의 형식, 마루높이, 마루폭, 길이, 방향에 맞춰 돌제 간의 간격을 정한다.
- (2) 돌제의 구조형식은 설치 장소의 수심, 파력, 저질·토질, 해저지형·해빈지형 및 지형변화의 상황을 기초로 제체의 안전성을 평가하고 경제성이나 시공성과 더불어 연안의 자연환경이나 이용을 종합적으로 평가하여 선정한다.

[해설]

- (1) 돌제의 구조형식은 크게 투과형과 불투과형으로 나뉜다. 투과형 돌제는 연안표사의 일부가 제체(堤體)를 통과하기 때문에 연안표사 제어효과는 같은 길이의 불투과형 돌제와 비교하면 작다. 한편, 불투과형 돌제의 경우 마루높이가 충분히 높으면 표사를 차단하기 때문에 표사제어 기능은 투과형에 비해 뛰어나고 연안표사의 포착물을 돌제 길이로 조절할 수 있다. 따라서 돌제 본래의 목적을 위해서는 원칙적으로 불투과형을 사용하는 것이 바람직하다. 단, 투과형 돌제는 반사파, 연파 그리고 흐름이 불투과형에 비해 작아서 기초의 세굴도 비교적 작고 시공이나 보수가 용이하며 연안표사의 포착물이 작기 때문에 하류해안 침식이 줄어드는 등의 이점이 있다.
- (2) 돌제의 구조형식은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제7편 외곽시설/제2장 방파제의 구조형식 및 제6장 침식대책시설”을 참고한다.

4.2.4.2 목표 성능

- (1) 돌제 설치 목적을 달성하기 위한 성능은 원칙적으로 돌제의 길이, 마루높이, 방향 및 구조형식의 조합으로 평가하고, 돌제군의 경우 설치간격을 추가하여 평가한다.
- (2) 목표 성능의 검토는 대상해안에서의 조위 및 파랑 조건 등을 적절하게 설정하고 해빈 폭이 임의의 폭을 만족하는지 확인하고 인접 해안에 미치는 영향에 대해서도 검토한다. 이때 검토방법은 신뢰성 있는 적절한 방법을 사용한다.
- (3) 돌제의 제원 결정시 고려사항
 - ① 돌제의 길이는 연안표사의 제어효과를 고려하여 정한다.
 - ② 돌제의 마루높이는 연안표사의 제어효과를 고려하여 정한다.
 - ③ 돌제의 마루폭은 제체의 안정성, 시공성, 이용성 등을 고려하여 결정한다.
 - ④ 돌제의 설치방향은 해안에 직각 방향을 기본으로 하나 지형적으로 파랑의 입사방향이 일정한 경우에는 표사제어효과가 가장 높아지는 방향으로 설정한다.
 - ⑤ 돌제의 설치간격은 돌제 사이의 해안 보호 및 이용, 필요한 해빈 폭이 확보되도록 결정한다.

[해설]

- (1) 목표 성능의 검토는 해안선변화 모델 등의 수치모델을 사용해서 중·장기간 해빈지형변화의 예측 계산에 따르는 것이 일반적이다.
- (2) 돌제의 제원 결정시 고려사항

① 돌제의 길이에 따른 연안표사 제어효과 검토사항은 다음과 같다.

가. 돌제의 길이를 길게 하면 연안표사의 포착률이 커지는데, 연안표사 방향의 하류부 해안의 침식량도 증가하는 것에 주의를 요한다. 한편, 길이를 짧게 하면, 연안표사의 제어효과를 발휘할 수 없게 된다.

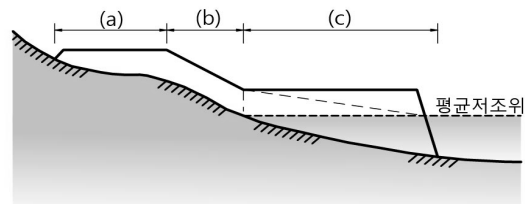
나. 돌제의 선단위치는 상류부 퇴사(堆砂) 효과 및 하류부 침식에 대한 영향을 충분히 고려해서 결정할 필요가 있다. 따라서 보호할 범위나 목표로 하는 해빈 형상, 필요 해빈 폭을 설정함과 함께 연안표사나 해빈류의 실태를 파악할 필요가 있다.

다. 돌제의 길이 및 간격에 관해서는 해안선변화 모델 등의 수치모델을 사용해서 중·장기간 해안지형 변화를 예측 계산하고 목표로 하는 해빈 형상을 얻을 수 있도록 배치 계획을 검토할 수 있다. 이때 예측계산에 사용되는 돌제의 표사 포착률은 돌제의 구조형식, 길이, 마루높이 및 내습 파랑, 해저경사, 저질 등의 해안특성이 변수가 되어 복잡하나 다음의 방법을 사용하여 산정할 수 있다.

- (가) 육상부를 포함한 수심방향의 지형변화 상황에서 추정하는 방법
- (나) 돌제 주변의 수리모형실험으로 구하는 방법
- (다) 해빈류 시뮬레이션으로 구하는 방법 등

② 돌제의 마루높이에 따른 연안표사 제어효과 검토사항은 다음과 같다.

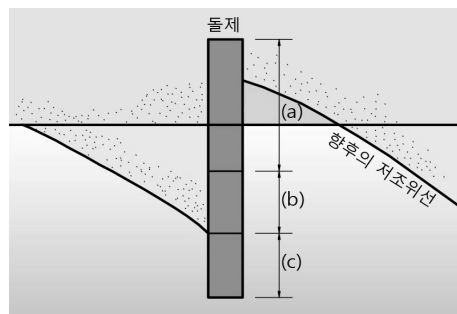
가. 돌제의 마루높이는 해설그림(4.2-6)과 같이 (a)육측 수평부, (b)중간 경사부, (c)선단부의 3가지 부분으로 나뉘어 설계되는 경우가 많다.



(a) 육측의 수평부분 (b)중간의 경사부분 (c)선단부

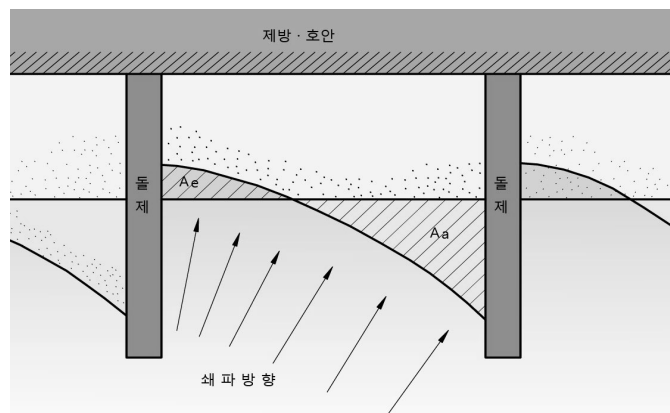
해설그림(4.2-6) 돌제 각 부분 마루높이

나. 선단부와 중간 경사부의 경계는 평균저조위(L.W.O.M.T)일 때의 해안선 위치나 해설그림(4.2-7)과 같이 전진이 예상되는 상류측 해안선 위치로 하고 육측 수평부와 중간 경사부의 경계는 상류측에서 추정되는 안정 해안선의 위치로 하는 경우가 많다.



해설그림(4.2-7) 돌제 각 부분의 위치 결정 방법

- 다. 연안표사의 포착을 확실히 할 필요가 있는 경우에는 육지 수평부의 마루높이는 현재의 해빈지형에서 높은 파랑일 때 파가 돌제를 넘지 않는 높이로 확보하는 것이 필요하다.
- 라. 선단부의 마루높이는 수평 또는 해저지형에 평행한 경사로 하고, 마루높이는 표사의 포착효과 및 제체의 안정성을 고려하여 정할 필요가 있다. 표사의 포착률을 높이기 위해서는 육측수평부의 마루높이와 마찬가지로 고파랑에 의한 처오름 높이로 설정해야 한다. 한편 마루높이의 효과와 경제성을 대비했을 때 월파에 의한 표사의 통과를 어느 정도 용인하여 마루높이를 낮게 하는 것도 검토할 수 있다. 이 경우의 마루높이는 약최고고조위(A.H.H.W)를 최저한도로 하고 평균조위(M.S.L)에 에너지 평균파의 처오름 높이를 더한 높이로 설정하면 된다.
- 마. 돌제는 경제성, 시공성면에서 육상시공으로 이루어지는 것이 일반적이며, 선단부의 마루높이를 결정할 때에는 시공성면에서의 검토가 필요해진다. 육상시공을 안전하게 실시하기 위해 필요한 마루높이는 약최고고조위(A.H.H.W)에 작업 시 파의 처오름 높이를 고려한 여유고를 더한 높이로 정할 수 있다. 여유고의 경우에는 예측되는 작업 시 파의 처오름 높이의 계산결과를 토대로 설정할 수 있는데 돌제의 구조, 시공방법 등을 고려하여 1m정도로 설정하는 경우가 많다.
- ③ 돌제의 마루폭은 표사제어에 대한 영향이 작고 각 구조 형식에서 제체의 안전성을 확보하는 것이 가장 중요하기 때문에 제체의 안정계산 등에 기초하여 정한다. 한편, 시공방법이 육상에서부터 시작되는 경우, 공사장비가 통행 가능한 폭을 확보할 필요가 있다. 또한 돌제를 레크리에이션 시설로서 이용할 경우에는 대상이 되는 레크리에이션 활동에서 요구되는 마루폭으로 넓힌다.
- ④ 돌제의 방향은 최단 길이로 표사의 제어 효과가 가장 높아지는 수심까지 연장하는 것이 당연하지만, 내습 파랑의 방향은 일반적으로는 탁월 파향을 중심으로 분포하고, 단기적으로는 연안표사의 이동 방향이 뒤바뀌는 일도 적지 않다. 따라서 돌제의 방향은 해안에 대해 직각 방향으로 하는 것이 기본이며 지형적으로 파랑의 입사 방향이 일정한 경우에는 제어효과가 가장 높아지는 방향으로 설정한다.
- ⑤ 돌제 사이의 해안은 해설그림(4.2-8)과 같이 연안표사의 상류에서는 후퇴하고, 하류에서는 전진하여 돌제의 간격이 넓어짐과 함께 후퇴량, 전진량 모두 커지게 된다. 따라서 돌제의 간격은 돌제 사이의 해안에서 가장 후퇴할 것으로 예상되는 해안의 보호 및 이용, 필요한 해빈 폭이 확보되도록 결정할 필요가 있다.



해설그림(4.2-8) 돌제 사이의 해안 형상

4.2.4.3 안전 성능

(1) 일반사항

돌제는 파력이나 토압의 작용 및 세굴 등에 대해서 안전한 구조가 되도록 하여야 하며, 안전 성능 검토 시에는 신뢰성 있는 적절한 방법을 적용한다.

(2) 파력에 대한 안전 성능

① 파력에 대한 안전 성능은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/4-10 파력(波力)”을 참조하여 검토한다.

② 피복재의 질량은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/4-10-3 경사방파제의 피복석 또는 블록의 안정질량”을 참조하여 산정한다.

(3) 제체에 작용 가능한 토압에 대해서 안전성을 확보해야 한다.

(4) 세굴에 대한 안전 성능은 기초지반과 제체의 투과성 등 재료 특성에 대해 근고공(根固工), 지수공(止水工)이 세굴에 대해서 충분한 안전성을 갖도록 한다.

(5) 기초지반의 전단파괴에 대한 검토는 이 기준의 ‘제4장 설계/4.1 호안·제방/4.1.4 설계/4.1.4.3 안전 성능’을 따른다.

[해설]

(1) 일반사항

① 돌제의 선단은 폭풍 시 쇄파 위치와 해안 간에 놓이는 일이 많아 설계에서 사용하는 파고는 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/4-5 쇄파”에서 규정하는 쇄파대 내의 파고를 사용하면 좋다.

② 해저경사가 급격한 경우에는 설치 수심이 얕은 경우라도 보다 깊은 곳에서 쇄파한 파의 에너지가 거의 그대로 구조물에 작용하므로 주의를 요한다.

(2) 파력에 대한 안전 성능

① 파력에 대한 안전 성능 검토 시에는 해저경사가 급격한 경우에는 충격쇄파력에 주의한다. 또한 양압력을 고려할 필요가 있는 것은 직립형 중 콘크리트 블록쌓기식, 케이슨식, 셀룰러 블록식 및 혼성식에서의 상부 직립부 등이다.

(3) 돌제의 표사이동 상류 및 하류 측에서 모래의 퇴적 높이가 다를 때는 보통 상류 측에 주동토압, 하류 측에 수동토압이 작용하므로 제체는 이 토압에 대해서 안전성을 확보해야 한다. 또한 널말뚝식과 내부를 채운 토사의 토압이 작용할 때는 이점에 대해서도 고려하도록 한다.

(4) 지형변화가 현저한 수심에 돌제를 설치한 경우에는 제체에 작용하는 충돌파에 의해서 저면·각부(脚部)에 세굴이 생겨 제체의 침하나 구성 재료의 산란, 그리고 제체의 파괴가 생기는 일이 있다. 따라서 세굴 방지 대책으로 기초공 및 근고공의 설치가 필요해지는 일도 자주 있다. 특히 경사블록식에서는 기초공을 설치하지 않으면 파에 의한 침하, 산란이 발생하는 경우가 있으므로 기초공을 설치하는 것이 바람직하다. 한편, 구조물 설치 위치에 따라 파의 작용 상황이 달라져서 세굴 기구, 규모도 달라지므로 세굴 방지 대책의 선정은 다음 사항을 충분히 고려할 필요가 있다.

① 돌제의 기부에서는 고파랑일 때 기부의 배후로 침입하는 파에 의한 침식·세굴을 동반한 침하·산란 등의 피해가 발생하는 경우가 많다.

- ② 해안에서 쇄파대를 관통하는 형태로 돌제를 설치하면 파에 의한 연안류를 차단하기 때문에 돌제를 따라 흐르는 이안류가 발생한다. 특히 연안사주가 나타나고 연안표사가 심한 곳에서는 수 미터에 미치는 세굴이 발생하는 일도 있다. 또한 돌제를 따라 진행하는 파에 의해서 이 세굴 현상이 증폭되어 특히, 반사율이 높은 직립벽에 의한 돌제의 경우 직립벽의 하단부가 세굴 될 위험이 있다.
- ③ 돌제의 선단부(제두부)에서는 모서리 부분에 파에 의한 빠른 흐름과 그에 따른 소용돌이가 발생한다. 이런 흐름은 주기가 길수록 크고 선단부에 세굴이 발생하는 경우가 많다.

4.3 이안제

4.3.1 일반사항

4.3.1.1 목적

- (1) 이 장은 연안시설로서의 이안제를 설치하기 위한 최소한의 요건으로서의 기술기준을 나타낸 것이다.
- (2) 이안제는 해안 배후의 인명·자산을 해일 및 파랑으로부터 보호하는 것, 혹은 해안침식의 방지·경감 및 해빈의 안정화를 꾀할 목적으로 설치되는 연안시설이다.

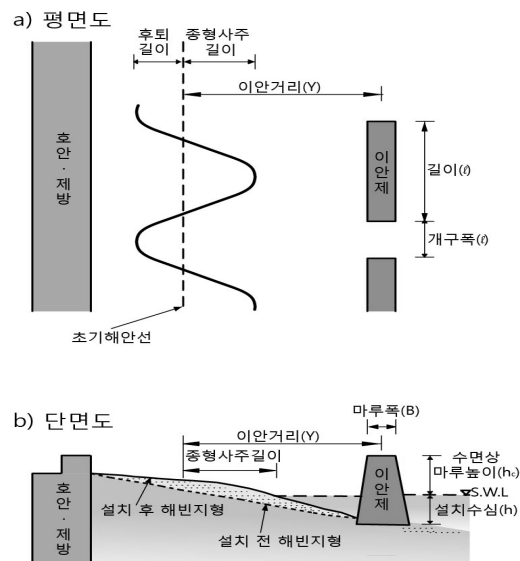
4.3.1.2 적용범위

- (1) 이 장은 이안제 설계 시 조사사항과 설계기준에 관한 사항을 다룬다.
- (2) 이 기준에서 취급하는 이안제는 파랑을 일정수준으로 저감하거나 표사이동을 제어하기 위해 해안에서 일정거리 이격하여 해안선과 거의 평행하게 설치되는 시설로 한다.

4.3.1.3 용어의 정의

- (1) 이안제 : 상단마루가 해면보다 높고 해안선에서 떨어진 해역에 해안선에 거의 평행하게 설치되는 구조물을 말한다.
- (2) 종형사주(鐘形砂洲, salient) : 이안제에 의한 퇴사효과로 해안에서 돌출되어 형성된 퇴적지형
- (3) 육계사주(陸繫砂洲, tombolo) : 종형사주가 더욱 퇴적되어 이안제와 연결된 퇴적지형
- (4) 이안거리(離岸距離) : 초기 해안선으로부터 이안제가 떨어진 거리

[해설]



해설그림 (4.3-1) 용어의 정의



해설그림(4.3-2) 이안제에 의한 종형사주와 육계사주 형성 사례

4.3.1.4 참고기준

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

4.3.1.5 설계고려사항

이안제가 목적으로 하는 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 파랑제어 성능과 표사제어 성능을 갖도록 하고 파랑, 흐름 및 세굴 등에 대해 안전한 구조가 되도록 한다.

[해설]

(1) 이안제는 파를 저감시켜 배후의 파고와 월파를 감소시키는 파랑제어기능과 배후역의 흐름 및 표사를 제어하여 해안선을 유지하거나 복구시키는 표사제어기능이 있다.

① 파랑 제어 기능

가. 이안제는 직접적으로 파랑을 제어하는 구조물이며 간접적으로는 육지 쪽의 표사 제어나 월파 대책의 역할을 담당한다.

나. 파고나 월파의 감소를 목적으로 한 이안제의 기능을 원하는 경우에는 이안제 뒤로 생기는 수위상승이나 개구부의 존재 등에 따라 반드시 효과적인 파랑저감 효과를 얻을 수 없는 경우가 있으므로 유의할 필요가 있다. 한편, 이안제 뒤로 모래가 쌓여 육계사주(tombolo)가 형성된 경우에는 보다 높은 소파(消波) 효과를 기대할 수 있다.

② 표사 제어 기능

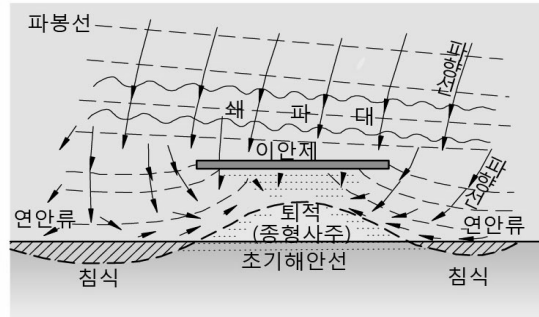
가. 이안제는 파의 회절(回折) 및 소파(消波)에 의해서 연안방향 또는 횡단방향 표사를 제어하는 효과를 갖는다. 쇄파대 내에 설치되는 투과형 이안제의 퇴적 기구는 다음과 같다.

(가) 회절파에 의해 이안제 뒤로 향하는 연안 방향의 흐름이 생김과 동시에 이안제 뒤의 파고가 감소하고 이안제를 통해서 외해부터 해안으로 향하는 흐름이 발생한다.

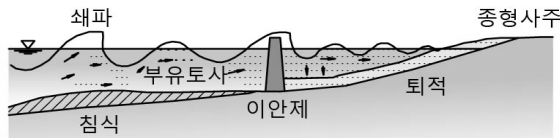
(나) 쇄파나 반사파에 의해서 부유한 저질(底質)은 이러한 흐름을 따라 해안 쪽으로 운반된다.

(다) 이안제 배후는 이안제에 의해 다른 수역과 비교해 정온역(靜穩域)이 되므로 부유한 해저질의 일부는 여기에 침강하고 이안제 뒤의 해안이 전진하여 중형사주가 형성된다.

(a) 평면도



(b) 단면도



해설그림 (4.3-3) 중형 사주가 형성되는 상황의 일례

나. 또한 이안제 뒤에 순환류가 발달해서 연안류가 분단되어 강한 연안류가 생기기 어려우므로 연안 표사량을 작게 할 수 있고 이안제 설치 범위에서 침식을 억제할 수 있다.

다. 한편, 소파(消波) 효과가 높은 이안제의 개구 폭을 넓게 설치함에 따라 정적으로 안정적인 해빈을 형성할 수 있다.

라. 이와 같이 이안제는 공급토사가 감소한 해안에서는 연안표사량을 감소시키는 면에서 효과적인 대책이다. 단, 이안제에 의해 연안표사를 완전히 멈춰 버리면 이안제의 표사하류 쪽에서 침식이 발생할 가능성도 있기 때문에 표사하류 쪽 해안으로의 영향에 대해서 충분한 검토가 필요하다. 또한 전빈(前濱)이 완전히 침식된 해안이나 표사가 고갈된 해안에서는 이안제를 설치해도 전빈의 복원은 어려우며 주변 해안 침식만 나타나는 경우가 있으므로 대상 해안의 표사 특성을 충분히 검토한 뒤 선정 여부를 판단할 필요가 있다.

[참고]

※ 기호의 정의

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| (1) l : 이안제의 길이(연장) | (7) h_b : 쇄파수심 |
| (2) l' : 이안제 간의 개구 폭 | (8) h_c : 수면 상 이안제 상단 마루높이 |
| (3) B : 이안제의 마루폭 | (9) H_i : 입사파고 |
| (4) Y : 이안거리 | (10) L_i : 이안제 설치위치에서의 파장 |
| (5) Y_b : 쇄파위치 | (11) K_t : 파고전달률 |
| (6) h : 이안제 설치수심 | |

4.3.2 설계조건 및 계획

4.3.2.1 설계조건

이안제의 구조 형식이나 구조 전반의 결정에 고려해야 하는 조사·검토 항목은 다음과 같다.

(1) 자연조건

① 조위(潮位) 및 파랑

가. 파를 억제할 목적으로 설치하는 경우에는 설계고조위와 설계파를 사용해서 검토한다.

나. 표사제어를 목적으로 설치하는 경우에는 평균조위와 에너지평균파를 사용한다. 단, 마루높이의 검토는 조위에 약최고고조위를 사용하도록 한다.

다. 체재의 안전성 검토에서는 설계고조위와 설계파를 사용한다. 단, 쇄파대에서는 반드시 최고조위에서 최대파력을 나타낸다고는 할 수 없으므로 설계고조위와 최저조위 사이에서 최대파력이 발생 하는 조위를 구하여 구조 설계하여야 한다.

② 흐름 및 표사

대상해안 부근의 토사 공급량과 표사이동 특성에 대해 충분히 조사, 검토한다.

③ 해저지형 및 해빈지형

④ 지반

(2) 기타조건

① 배후지의 중요도

파랑제어를 목적으로 하는 이안제는 파의 치오름 높이 또는 월파유량이 임의 값을 상회하지 않음을 만족시킬 필요가 있다. 여기서 임의 값은 배후지의 중요도에 따라 달라지며 배후지에 인구, 자산의 밀집과 같은 중요도가 높은 경우에는 작은 값을 취하는 것이 바람직하다.

② 연안의 환경, 이용 및 이용자의 조건

③ 선박통항조건

④ 시공조건

(3) 상기 언급된 조건들 중 내용이 언급되지 않은 조건에 대해서는 이 기준의 '제4장 설계/4.2 돌제/4.2.2.1 설계조건'을 따른다.

[해설]

(1) 자연조건

흐름 및 표사는 해안에서 도류제나 돌제 혹은 방사제 등의 구조물에 의해 연안표사가 차단되거나 하천 등에서의 공급 토사가 감소하면 해안은 침식된다. 해안의 침식이나 퇴사 현상에 가장 커다란 영향을 미치는 조건은 대상해안 부근의 토사 공급량과 표사이동 특성이므로 이를 파악하기 위해 공급원의 특성, 하천 유출 토사량, 흐름패턴, 표사의 탁월방향, 연속성 등에 대해 충분한 조사, 검토가 필요하다.

4.3.3 재료

이 기준의 '제3장 재료'의 해당 조항을 따른다.

4.3.4 설계

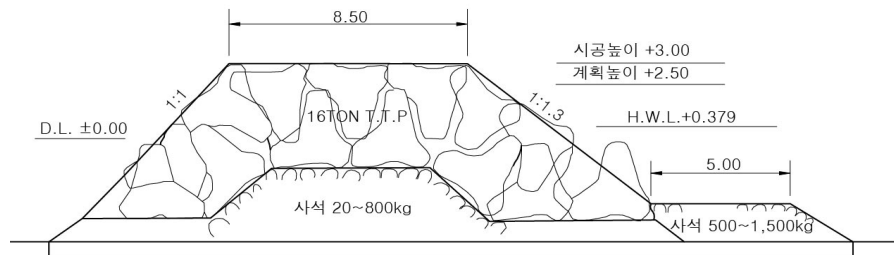
4.3.4.1 설계 방침

- (1) 이안제는 목표로 하는 기능을 발휘할 수 있도록 이안제의 형식, 마루높이, 마루폭, 길이, 이안거리 및 이안제 상호간의 간격(개구 폭)을 정한다.
- (2) 이안제의 구조형식은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제7편 외곽시설/제2장 방파제의 구조형식 및 제6장 침식대책시설”을 참조하여 검토한다.

[해설]

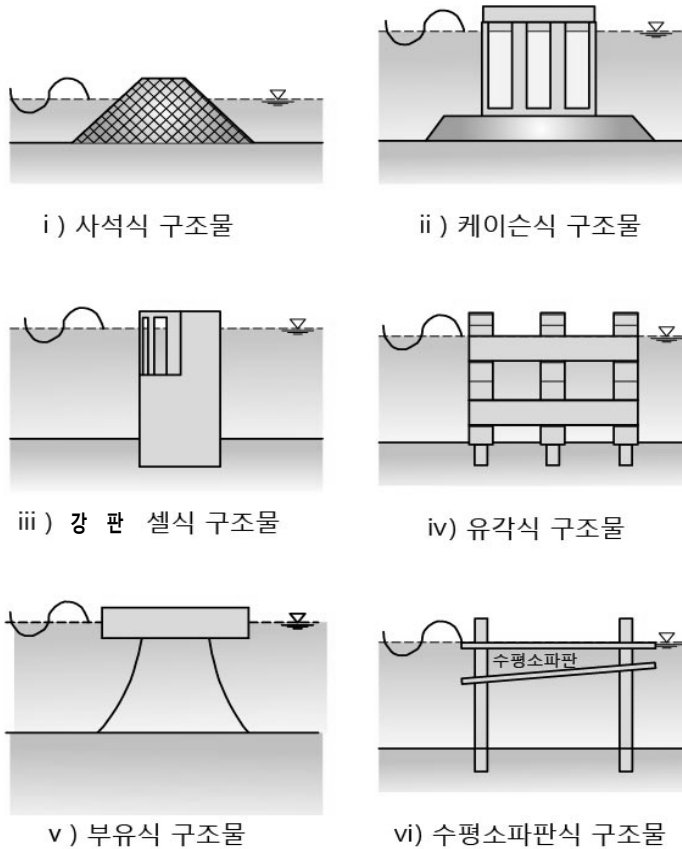
이안제의 구조형식을 결정하는데 있어서 다음 사항을 참고할 수 있다.

- ① 이안제는 기존 소파블록 등을 해저에 쌓아 설치하고 설치 수심은 5m 미만의 비교적 얕은 경우가 많다. 구조는 불투과성인 것과 투과성인 것이 있는데, 파고의 감쇠를 목적으로 하는 경우에는 불투과성을 사용하고 모래의 퇴적을 목적으로 하는 경우에는 투과성 구조를 사용하는 경우가 많다.
- ② 이안제의 단면 형상의 예는 해설그림(4.3-4)과 같다. 이안제는 해저에 자갈이나 쇄석 등으로 깔고 사석(捨石)으로 제체를 형성하고 사석의 표층을 소파블록으로 피복하는 구조가 많다. 이때 사석이나 블록 간의 공간이 크면 기초 지반의 모래가 흡출되어 세굴 된다. 이런 세굴을 방지하기 위해 기초지반 위에는 필요에 따라 세굴 방지용 시트 매트 등을 포설한다.



해설그림(4.3-4) 기존 형태의 이안제 단면 예

- ③ 상기 구조형식 외에 파랑의 투과를 억제하는 기능을 갖는 불투과성 구조도 있다. 불투과성 제체로는 콘크리트블록, 혼성제, 사석제 등이 있으며 파고, 월파 유량의 감소를 목적으로 쇄파대 외측에 설치되는 경우가 많다.
- ④ 한편, 고파랑 시에 블록이 파손되거나 산란되는 것을 방지하거나 해저경사가 급격한 침식해안을 보호할 필요성에서 내구성이 높은 대수심용 신형 이안제가 개발되고 있다. 신형 이안제의 설치수심은 8~20m에 설치되는 경우가 많아, 기존 이안제 보다 설치 수심이 깊기 때문에 이안거리를 크게 할 수 있으며 이안제 배후의 이용 영역이 넓어져 해안으로부터의 경관에도 영향이 적다. 구조는 해설그림(4.3-5)처럼 유각(有脚)식, 강판 셀식 등이 있으며 지형·지질 조건에 맞춰 구조가 선정된다.



해설 그림 (4.3-5) 이안제의 구조형식

4.3.4.2 목표 성능

(1) 이안제 설치 목적을 달성하기 위한 성능은 원칙적으로 이안제의 길이, 마루높이, 마루폭, 설치수심(이안거리), 구조형식의 조합으로 평가하고, 이안제 군의 경우 개구 폭을 추가하여 평가한다.

① 파랑 제어 성능

이안제의 파랑제어 성능은 이안제의 길이, 마루높이, 마루폭, 설치수심(이안거리), 구조형식, 개구 폭에 의해 결정되며, 특히 이안제의 파고전달률은 파랑의 파고, 주기, 이안제의 마루높이, 마루폭, 설치수심(이안거리), 블록의 대표치수의 함수가 된다.

② 표사 제어 성능

이안제의 표사제어 성능은 이안제 길이, 이안거리, 마루폭, 마루높이에 의해 결정되며, 이안제군으로서 기능하게 할 경우에는 개구 폭의 영향을 고려한다. 단, 마루폭은 소파블록의 종류, 질량 및 적재 방법 등 제체의 안전성을 만족시켜야 한다.

(2) 성능검토는 대상 해안에서의 조위 및 파랑 조건 등을 적절하게 설정하고 파의 초오름 높이나 월파

유량이 임의 값을 상회하지 않는지 혹은 해빈 폭이 임의의 폭을 만족하는지 확인하고 인접 해안에 미치는 영향에 대해서도 검토한다. 이때 검토방법은 신뢰성 있는 적절한 방법을 사용한다.

[해설]

① 파랑 제어 성능

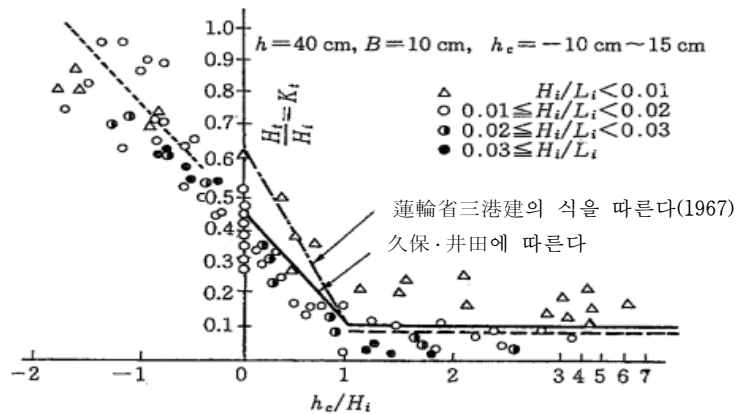
이안제의 제원과 파랑제어 성능과의 일반적인 관계는 다음과 같다.

가. 이안제의 길이와 설치수심

이안제 배후의 파고는 거의 이안제 길이에 의해 결정되며, 이안제의 길이가 이안제 설치위치에서의 파장(L_i)의 절반보다 짧아지면 두부에서의 회절파가 커 파랑저감 효과는 낮아진다.

나. 마루높이

이안제의 마루높이(h_c)와 파고전달률의 관계를 도시한 해설그림(4.3-6)을 참조하면, h_c 가 입사파고(H_i)보다 큰 경우에는 마루높이에 관계없이 높은 파고저감 효과를 기대할 수 있다. h_c 가 H_i 보다 작아지는 경우에는 월파로 인해 파고전달률은 증가하게 된다.



해설 그림 (4.3-6) 이안제 마루높이와 파고전달률의 관계¹⁾

다. 마루 폭

이안제의 파랑저감효과는 마루폭이 협소할수록 작아진다.

라. 개구 폭

개구 폭을 파장의 0.6배 이하로 하면 개구부 배후의 파고 저하를 볼 수 있다. 단, 제방 길이가 파장의 3배 정도 길어지면 개구부의 영향은 적다. 또한 설치수심이 깊어지면 개구 폭의 영향도 적어진다.

이안제 길이가 파장의 2배 이상인 경우는 개구부의 영향이 적고 제체의 투과율에 의해 소파(消波) 효과가 거의 결정된다.

② 표사 제어 성능

이안제의 제원과 표사제어 성능과의 일반적인 관계는 다음과 같다.

가. 이안제의 길이

설치수심에서의 파장보다도 이안제가 긴 경우에 퇴사효과가 높다.

나. 이안거리

설치수심이 쇄파수심보다 얕은 경우에 퇴사효과가 높은 경우가 많다. 이안제 길이와 이안거리의 비가 커짐에 따라 개구부 해안선은 기본적으로 전진하지만 그 변위량은 작아진다.

다. 마루높이

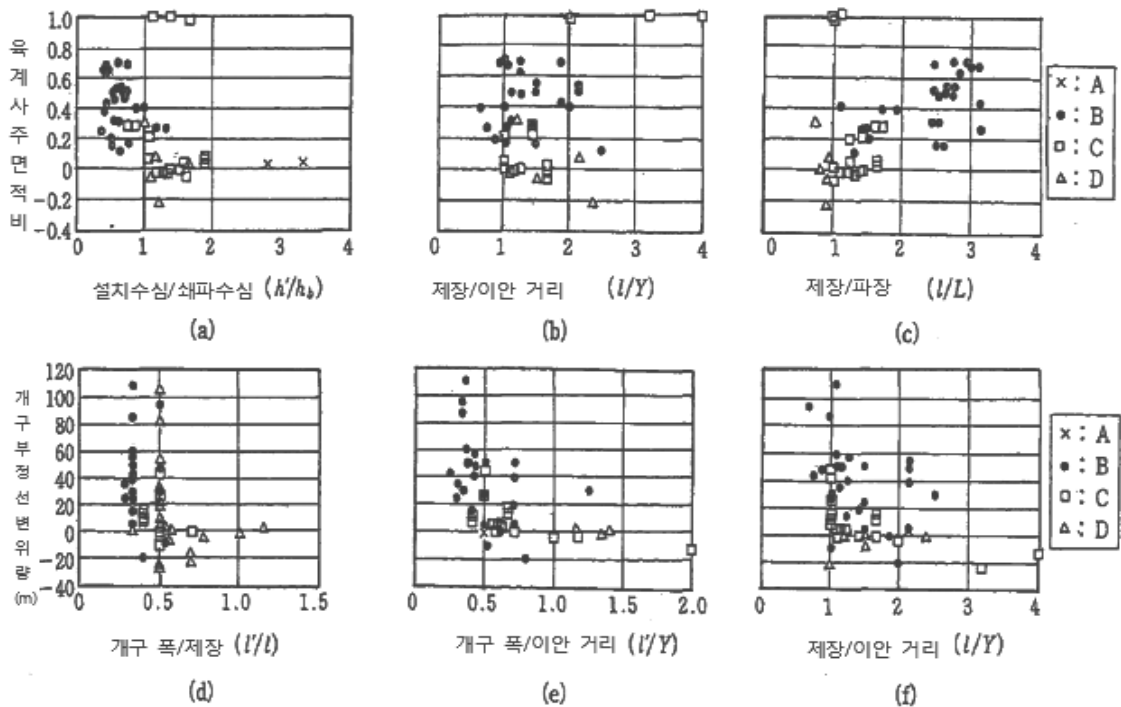
소파블록 구조의 이안제에 대해서는 도요시마(豊島)·사카모토(坂本)(1972)²⁾가 제안한 다음 식을 참조할 수 있다.

$$\begin{aligned}\text{마루높이} &= \text{약최고고조위} + 1/2H \text{ 또는} \\ &= \text{약최고고조위} + 1.0 \sim 1.5\text{m}\end{aligned}$$

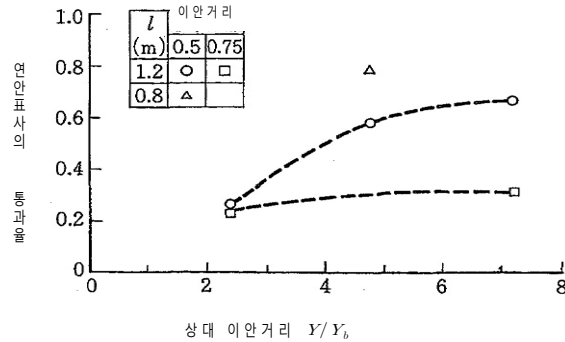
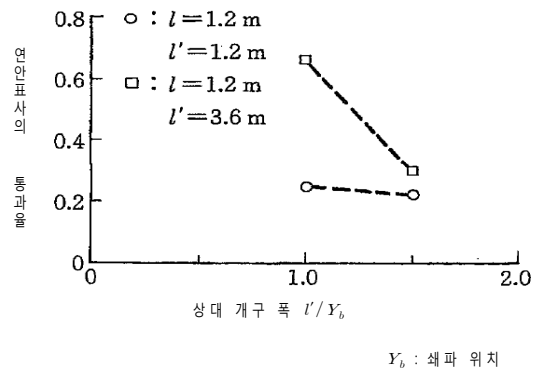
여기서, H 는 설치수심에서의 진행파로서 연 수회 파 정도의 유의파고로 정한다. 그리고 이 값으로 산정되는 침하량을 예상해서 마루높이를 설정하는 것이 바람직하다. 또한 신행식 이안제에 대해서는 개개의 구조에 따라 마루높이의 결정법이 달라진다.

라. 개구 폭

개구 폭과 길이 비가 0.5 이상에서는 개구부 해안선이 후퇴하는 경우가 있다.



해설그림(4.3-7) 무차원 파라미터와 퇴사효과의 관계³⁾

해설그림(4.3-8) 상대 이안거리 (Y/Y_b)와 연안표사의 통과율 관계⁴⁾해설그림(4.3-9) 상대 개구 폭 (l'/Y_b)과 연안표사의 통과율 관계⁴⁾

4.3.4.3 안전 성능

(1) 일반사항

이안제는 파력 등의 작용이나 세굴에 대해서 안전한 구조이어야 한다. 안전 성능 검토에서는 신뢰성 있는 적절한 방법을 사용한다.

(2) 파력에 대한 안전 성능은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/ 4-10 파력(波力)”을 참조하여 검토한다.

(3) 피복재의 질량은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/4-10-3 경사방파제의 피복석 또는 블록의 안정질량”을 참조하여 산정한다.

(4) 이안제의 제두부, 개구부, 제체 전면은 세굴이 발생하는 경우가 많다. 특히, 이안제의 제체 내 사석 및 블록간의 공극이 크면 기초지반의 모래가 흡출되어 세굴이 발생할 수 있으므로 적절한 세굴방지 대책을 강구한다.

(5) 기초지반의 전단파괴에 대한 검토는 이 기준의 ‘제4장 설계/4.1 호안·제방/4.1.4.3 안전 성능’을 따른다.

[해설]

(1) 일반사항

- ① 이안제의 안전성을 확보하려면 소요 단면의 확보가 필요하고 파력 등의 작용, 해저 지반의 변화에 대하여 안전성을 예상한 배려가 필요하다.
- ② 신형 이안제는 철근 콘크리트나 강재 등의 재료로 이루어지는 부피가 큰 구조체이기 때문에 설계에서 고려해야 하는 작용은 사하중, 파력, 정압력, 부력, 지진력, 흐름, 해일의 유체력 및 토압 등으로 경우에 따라 선박의 충돌하중, 얼음하중, 풍하중, 상재하중 등을 추가한다. 또한 환경 조건으로 조위, 국소 세굴이나 해역 전체의 해저 지형 변화, 부식 등에 의한 구조물의 열화, 생물 부착에 의한 부재 단면의 증대 등도 고려할 필요가 있다. 한편, 신형 이안제를 설치할 때, 개별적으로는 강성이나 자중이 불충분한 부재를 해상에서 조립할 필요가 생겨 시공 시의 파랑이나 지진에 대한 안전성에 주의를 기울일 필요가 있다.

(2) 블록의 질량 결정에 대해서는 과거 피해 실적이 많은 해안에서는 1.5배 정도까지 할증하는 경우가 많다. 마루폭을 넓게 한 경우가 제체의 안전성, 소파(消波) 성능이 높아진다.

(3) 세굴에 대해서는 다음 사항을 유의하여 적절한 세굴방지대책을 강구한다.

- ① 이안제의 선단부(제두부)에서는 그 모서리 부근에서 파에 의한 빠른 유속과 그에 따른 소용돌이가 발생한다. 이런 흐름은 주기가 길수록 커지고 선단부에 세굴이 생기는 경우가 많다.
- ② 이안제의 개구부도 세굴이 발생하기 쉬운 장소이다. 이것은 월파에 의해 제체 배후의 수위가 상승하고 외해 쪽과의 수위차가 생겨 개구부에서부터 흐름이 생기기 때문이다.
- ③ 구조물 설치 위치에 따라 파랑의 작용 상황이 달라지므로 세굴 기구, 규모도 달라져서 세굴방지 대책공의 선정에는 충분한 주의가 필요하다.
- ④ 제체 전면이 반사파에 의해 세굴 되는 경우도 있으므로 유의할 필요가 있다. 사면경사는 환경사화, 복단면화 하는 것이 반사에 의한 이안제 전면의 세굴을 방지하며 제체의 안정성을 높인다.

[참고문헌(해설)]

- 1) 久保弘一·井田康男(1973). “捨石堤背後の伝達波高について”, 第20回 海岸工學講會演論文集, pp. 49~54.
- 2) 豊島 修, 坂本忠彦(1972). “離岸堤の 沈下について”, 第19回 海岸工學講演會論文集, pp. 71~76.
- 3) 建設省河川局防災·海岸課海岸室·建設省土木研究所海岸研究室(1996). “海岸事業の事業效果に關する研究”, 第51回 建設省技術研究會報告, pp. 6-1~6-18.
- 4) 宇多高明, 小俣 篤, 山本幸次(1990). “突堤, 離岸堤群の沿岸漂砂制御效果に關する實驗的研究”, 土木技術資料, Vol.32, No.9, pp. 46~52.

4.4 잠제·인공리프

4.4.1 일반사항

4.4.1.1 목적

- (1) 이 장은 연안시설로서 잠제·인공리프를 설치하기 위한 최소한의 요건으로서의 기술기준을 나타낸 것이다.
- (2) 잠제·인공리프는 마루높이가 해면보다 낮고 해안선에서 떨어진 해역에 해안선과 거의 평행하게 설치되는 구조물로 해안 배후의 인명·자산을 해일 및 파랑으로부터 보호하고 연안침식을 줄이거나 방지하여 해빈의 안정화를 도모할 목적으로 설치되는 연안시설이다.
- (3) 잠제·인공리프는 파의 에너지를 저감시켜 월파를 감소시키는 기능, 표사를 제어해서 해안선을 유지하거나 복구시키는 기능 또는 두 가지 기능 모두를 갖도록 한다.

[해설]

(1) 잠제·인공리프의 기능과 특징

- ① 잠제·인공리프는 사석 등의 재료를 이용한 물에 잠기는 구조물로 경관을 손상시키지 않고 파랑의 정온화, 연안표사의 제어 기능을 갖도록 한다.

② 잠제·인공리프의 기능에 따른 구분

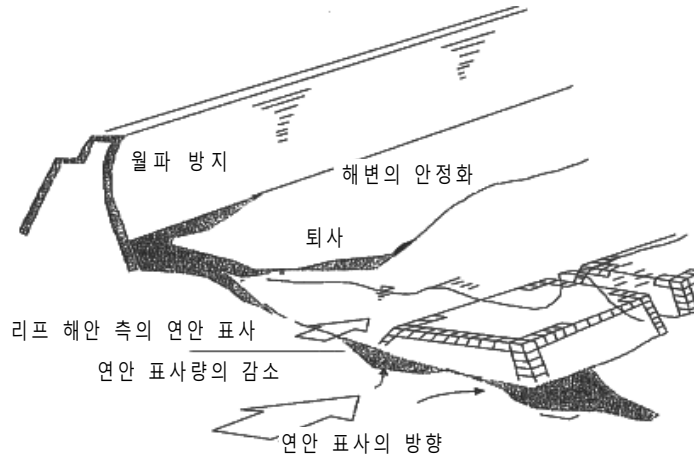
가. 잠제는 파랑저감을 목적으로 하는 소파잠제(消波潛堤, submerged breakwater)와 표사제어만을 목적으로 하는 방사잠제(防砂潛堤, seal; sand stopper)로 구분된다. 소파잠제는 마루폭이 수 m로 좁으며 마루수심을 얕게 하여 반사와 강제 쇄파에 의해 파랑 감쇠 효과를 얻는다. 반면 방사잠제는 마루폭이 좁고 해저바닥에서의 구조물 높이가 낮아 마루수심이 깊어 해저면을 따라 이동하는 모래(소류사)를 제어한다. 본 기준에서의 잠제는 소파잠제에 한하여 다룬다.

나. 일반적으로 잠제로 통칭되기도 하는 인공리프(artificial reef)는 마루수심을 어느 정도 깊게 하여 반사를 억제하는 한편, 마루폭을 넓게 해서(보통 20~50m 정도) 파랑의 진행에 따른 파랑 감쇠를 효과적으로 얻는 것으로서 기능상 소파잠제와 유사하며, 최근에는 인공리프에 생태적 기능을 부가한 잠제를 칭하기도 한다. 또한 인공리프는 파랑 저감효과를 위하여 부분적으로 해면 위로 돌출시키는 경우도 있다.

다. 잠제·인공리프의 특징은 다음과 같다.

- (가) 상단 마루가 해면 아래에 위치하여 구조물이 보이지 않아 경관을 손상시키지 않는다.
- (나) 일반적으로 이안제나 소파제와 비교해서 반사가 작다.
- (다) 구조물 배후에 퇴사 효과는 이안제에 비해 적다.
- (라) 마루수심, 마루폭에 따라 구조물 배후로의 파고전달률이 변화한다. 작은 파랑은 거의 투과하고 큰 파랑은 선택적으로 감쇠시킨다.

- ③ 잠제·인공리프의 개념은 해설그림(4.4-1)과 같다.



해설그림 (4.4-1) 잠제·인공리프의 개념도

4.4.1.2 적용범위

이 장은 잠제·인공리프 설계 시 조사사항과 설계기준에 관한 사항을 다룬다.

4.4.1.3 참고기준

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

4.4.1.4 설계고려사항

- (1) 잠제·인공리프가 목적으로 하는 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 성능을 갖도록 한다.
- (2) 파랑, 흐름 등의 작용이나 세굴에 대해 안전한 구조가 되도록 한다.
- (3) 잠제·인공리프는 해상에서는 보이지 않으므로 선박통항, 어선의 조업, 해양레저(윈드서핑, 요트, 모터보트 등) 활동 등의 안전을 충분히 고려하고, 공사시 및 공사후 그 위치를 알 수 있도록 식별가능표식을 설치하도록 한다.

[해설]

- (1) 잠제·인공리프의 설치로 파의 처오름 높이 또는 월파유량이 임의 값을 상회하지 않는 것을 만족하는 파랑제어 성능과 해안에 요구되는 해변 폭을 만족하는 표사제어 성능을 갖도록 한다.
- (2) 설계고조위 이하 조위 및 설계파의 작용에 대해 적절한 안전 성능을 갖도록 한다. 또한, 잠제·인공리프에 따라 고파랑 시에 강한 유속과 구조물 배후에서 평균 수위의 상승이 나타나는 일이 있으므로 이 점에 대해 충분한 고려가 필요하다.
- (3) 식별가능표식 설치 시에는 선박통항, 해양레저 활동 등 해상 이용여건을 충분히 감안하여 이용자들이 잠제·인공리프 시설을 인지할 수 있도록 해야 하며, 설치되는 시설은 태풍 등에 대하여 안전성 확보 및 유지관리가 용이하도록 설치하여야 한다.

[참고]

※ 기호의 정의

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| (1) L_r : 잠제·인공리프의 길이(연장) | (7) H_i : 잠제·인공리프 선단수심에서의 파고 |
| (2) B : 잠제·인공리프의 마루폭 | (8) H_t : 잠제·인공리프 해안측단에서의 파고(전달파고) |
| (3) R : 잠제·인공리프의 상단마루수심 | (9) K_t : 파고전달률 |
| (4) Y : 이안거리 | (10) L_o : 심해파장 |
| (5) W : 개구 폭 | (11) L_c : 잠제 상단 마루에서의 파장 |
| (6) H_o' : 환산심해파고 | |

4.4.2 설계조건 및 계획

4.4.2.1 설계조건

잠제·인공리프의 구조 형식이나 구조 전반의 결정에 고려해야 하는 조사·검토 항목은 다음과 같다.

(1) 자연조건

① 조위(潮位) 및 파랑

잠제·인공리프에 의한 파랑 감쇠 효과는 주로 제체에 작용하는 파랑, 마루수심(마루높이) 및 마루 폭에 의존한다. 마루높이와 마루폭을 산정할 경우 조위와 파랑은 다음과 같이 한다.

가. 해일 대책 : 설계고조위와 설계파

나. 해빈의 이용·확장을 위한 파랑의 정온화 : 약최고고조위(A.H.H.W)와 유의파고 1~2m 정도의 파

다. 해빈의 안정화 : 약최고고조위(A.H.H.W)와 년 수회 내습 파

라. 연안표사의 제어 : 평균조위와 에너지평균파를 사용한다.

② 흐름 및 표사

가. 대상해안 부근의 토사 공급량과 표사이동 특성에 대해 충분히 조사, 검토한다.

나. 제체 상의 강제쇄파로 인한 수위상승으로 외해방향으로의 흐름 및 표사이동, 개구부에서의 세굴 발생 가능성에 대해 주의하여야 하며, 평면배치에 따른 흐름, 표사에 대한 영향은 수리모형실험, 수치실험 등으로 검토하는 것이 바람직하다.

③ 해저지형 및 해빈지형

④ 지반

(2) 기타 조건

① 배후지의 중요도

② 연안의 환경, 이용 및 이용자의 조건

잠제·인공리프의 설치는 해역 이용 및 주위의 환경이나 생물에 대한 영향을 고려한다.

가. 해역 이용에 대한 고려 : 위치 표지시설 등

나. 환경에 대한 고려 : 구조재의 선정, 시공 후 환경 모니터링 등

③ 선박통항조건

④ 시공조건

- (3) 상기 언급된 조건들 중 내용이 언급되지 않은 조건에 대해서는 이 기준의 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.2.1 설계조건’을 따른다.

[해설]

(1) 자연조건

① 조위(潮位) 및 파랑

평균조위와 에너지평균파는 이 기준의 ‘제4장 설계/4.2 돌제/4.2.2.1 설계조건/(1) 자연조건/① 조위 및 파랑’을 참조하여 검토한다.

② 흐름 및 표사

가. 해안의 침식이나 퇴사 현상에 가장 커다란 영향을 미치는 조건은 대상해안 부근의 토사 공급량과 표사이동 특성이므로 이를 파악하기 위해 공급원의 특성, 하천 유출 토사량, 흐름패턴, 표사의 탁월 방향, 연속성 등에 대해 충분한 조사, 검토가 필요하다.

나. 가는 모래로 이뤄진 경사가 완만한 해변이나 연안표사가 탁월한 해변에서는 제체 상의 강제쇄파에 의해 발생하는 수위상승으로 개구부에서 외해방향으로의 흐름이 발생하고, 폭풍파일 경우에 강한 흐름에 의해 외해방향으로의 표사이동(해안 측 해변에서의 모래유출) 및 개구부에 심각한 세굴이 발생할 가능성이 있음에 주의한다. 평면배치는 해변류의 유속 현황에 크게 영향을 미쳐 표사를 지배하는 경우도 있다. 따라서 평면배치에 따른 흐름 및 표사에 대한 영향은 수리모형실험, 수치실험 등으로 검토할 필요가 있다.

③ 해저지형 및 해변지형

가. 해저경사는 잠제·인공리프의 파랑 감쇠 효과에는 그다지 영향이 없으나, 제체에 내습하는 파랑의 산정에서 중요하다.

나. 급경사 해변에서는 설치수심이 커지기 때문에 제체가 너무 커져서 안전성이나 시공조건·경제성에 문제가 생긴다.

다. 완경사 해변에서는 원래의 해변이 갖고 있는 파랑 감쇠 효과와 비교해서 설계하는 것이 필요하다.

(2) 기타 조건

① 연안의 환경, 이용 및 이용자의 조건

가. 어선 등의 선박이 근접해서 통항하는 경우 잠제·인공리프는 해변 아래에 있으므로 그 위치를 알 수 있도록 필요에 따라 표식을 설치한다.

나. 잠제·인공리프는 주로 다음과 같은 물리적 변화를 발생하고, 이로 인해 주변의 생물 분포가 변화한다.

(가) 주변의 흐름이나 파랑 분포를 변화시킨다.

(나) 해변의 형상 및 해저질의 입경 분포를 변화시킨다.

(다) 구조재료에 따라 기질이 변화한다. 특히, 구조재료에 사석이나 블록 등을 사용한 경우에는 암초 대에 서식하는 저서(底棲)생물(각종 해초나 고둥, 굴, 소라 등)이 운집한다. 이로 인해 구조물의 성능을 손상시키지 않고 생태계에 악영향을 미치지 않으며 오히려 환경개선으로 이어지는 경우도 있다. 따라서 인근의 시공 예나 각종 조사·연구 정보를 참고로 구조재료의 선정이나 배치를 고려해야 할 필요가 있다. 한편, 시공 후 정착 서식하는 생물군집의 구조는 해를 거듭할수록 변화하여 거의 일정한 분포를 이루는 것이 많으므로 시공 후의 환경 모니터링이 중요하다.

② 시공조건

- 가. 잠제·인공리프는 해면 아래에서 시공되므로 그 시공에 대해서도 고려할 필요가 있다.
 나. 다량의 사석 등이 필요하기 때문에 재료 확보에도 유의할 필요가 있다.

4.4.3 재료

이 기준의 ‘제3장 재료’의 해당 조항을 따른다.

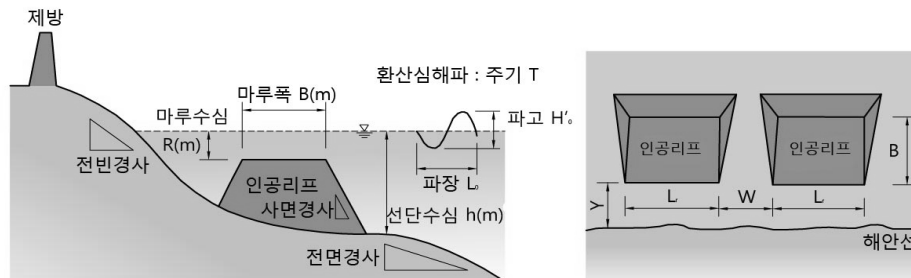
4.4.4 설계

4.4.4.1 설계 방침

이 기준의 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.4.1 설계 방침’을 따른다.

【 해설 】

- (1) 잠제·인공리프에 대한 기본제원은 해설그림(4.4-2)을 참조한다.



해설 그림 (4.4-2) 잠제·인공리프의 기본제원

- (2) 잠제·인공리프의 파랑제어 성능은 구조양식(투과성, 불투과성), 파 제원(H_o' , L_o), 설치수심(h), 마루수심(R), 마루폭(B)에 의존하므로 요구되는 성능을 만족하도록 경제적 단면제원(설치수심, 마루수심, 마루폭)이나 길이를 결정한다.
 (3) 잠제·인공리프 군을 설치하는 경우에는 단면제원이나 길이에 추가로 체체 간격(또는 개구 폭)을 적절하게 결정할 필요가 있다.
 (4) 잠제·인공리프는 방제기능과 향후 해빈 이용성 향상으로 이어지도록 설계할 필요가 있다.

4.4.4.2 목표 성능

(1) 일반사항

- ① 잠제·인공리프의 설치 목적을 달성하기 위한 성능은 원칙적으로 잠제·인공리프의 길이, 마루높이(마루수심), 이안거리 및 구조형식의 조합으로 평가하고, 잠제·인공리프 군의 경우 개구 폭을 추가하여 평가한다.

② 성능검토는 대상해안에서의 조위 및 파랑 조건 등을 적절하게 설정하고 파랑의 처오름 높이나 월파 유량이 임의 값을 상회하지 않는지 혹은 해빈 폭이 임의 폭을 만족시키는지 확인하도록 한다.

③ 검토방법은 신뢰성 있는 적절한 방법을 사용한다.

(2) 파랑감쇠 성능

① 잠제·인공리프의 파랑감쇠 효과는 제체의 구조양식(투과성, 불투과성), 파랑 특성, 마루수심, 마루폭에 따른다.

② 잠제·인공리프의 파고전달률

파랑감쇠 효과(파고전달률)는 잠제·인공리프의 구조양식에 적합한 제안식 또는 실험데이터를 토대로 검토한다.

(3) 잠제·인공리프의 평면배치

잠제·인공리프의 설치에 따른 해빈류의 변화나 해빈변형에 관해서는 충분한 지견을 얻을 수 없기 때문에 잠제·인공리프의 평면제원에 대해서는 모형실험 등(수리모형실험, 수치실험)에 의해서 검토하는 것이 바람직하다.

[해설]

(1) 일반사항

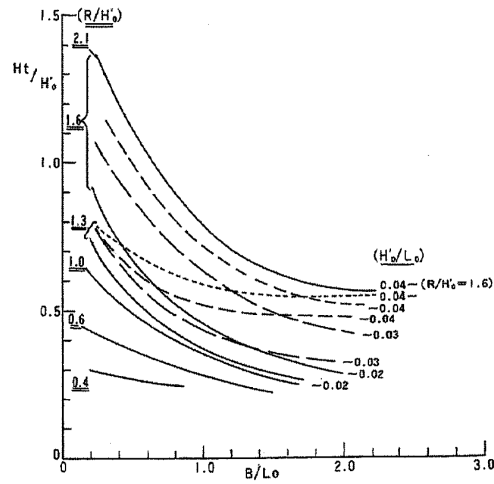
잠제·인공리프는 구조적인 안전성 검토 및 요구되는 기능(파랑감쇠 기능, 표사제어 기능)에 따른 검토를 할 필요가 있다. 파랑에 의해서 생기는 잠제·인공리프 주변의 해빈류는 배후가 해수욕장인 경우에 특히, 외해 방향의 흐름에 대해서 주의가 필요하다.

(2) 파랑감쇠 성능

① 잠제·인공리프의 파고전달률

해빈이나 해역의 이용에서부터 마루수심은 제약을 받는다. 선박통항이나 어선 등의 이용이 예상되는 경우에는 이에 대응한 마루수심이 결정된다. 해역 이용의 제약이 없는 경우는 요구되는 성능이나 경제성 등에 따라 결정할 수 있다. 잠제·인공리프의 구조양식 및 제원 등과 파고전달률과의 관계에 대한 자료는 다음을 참조할 수 있다.

가. 해설그림(4.4-3)은 사석식 제체를 대상으로 규칙파 실험으로 얻어진 파랑의 파고전달률이다. 이때의 전달파고(H_t)는 잠제·인공리프 해안측단의 파고이다. 해설그림(4.4-3)에서 마루폭(B)을 어느 정도 이상 넓히면 파고전달률을 작게 하는 효과가 없어져 마루수심에만 의존하게 되는 것에 주의한다. 마루폭이 파장(L_o)에 비해 상당히 넓은 경우에 파고는 마루 위에서 쇄파 감쇠가 끝나고 마루수심에서 안정적으로 전파하는 파고로 감소 한 후 더 이상 작아지지 않는다. 또한 R/H_0' 가 크고 B/L_o 가 작을 때, H_t/H_0' 가 1보다 커지는데, 이것은 파랑이 쇄파하지 않고 주로 천수(淺水) 변형에 의해서 증대한 결과이다. 이것은 고파랑에 대해서는 파랑 감쇠 효과를 갖지만, 작은 파랑에 대해서는 그 효과가 거의 없음을 나타내고 있다.



해설 그림 (4.4-3) 잠제·인공리프 파고 전달률

나. 사석식 제체를 대상으로 한 경우, 불규칙파 실험에 의한 d'Angremond et al.(1996)의 파고 전달률 관계식은 다음과 같다¹⁾.

$$K_t = -0.4 \frac{R}{H_i} + \left(\frac{B}{H_i} \right)^{-0.31} [1 - \exp(-0.5\xi)] C$$

여기서, $\xi = \tan \alpha / (H_i / L_c)^{0.5}$

$$L_c = T_p (gR)^{0.5}$$

H_i : 구조물 선단에서의 파고

$C = 0.64$ (완전불투수의 경우 0.8)

다. TTP 소파블록식 제체를 대상으로 하는 경우, 불규칙파 실험에 의한 다카야마(高山) 등(1985)의 파고 전달률 관계식은 다음과 같다²⁾.

$$K_t = -0.92 \left(\frac{B}{L_0} \right) + 0.42 \left(\frac{R}{H_0'} \right) + 3.80 \left(\frac{H_0'}{L_0} \right) + 0.51$$

여기서, K_t : 파고 전달률

B : 잠제 마루폭

L_0 : 심해파장

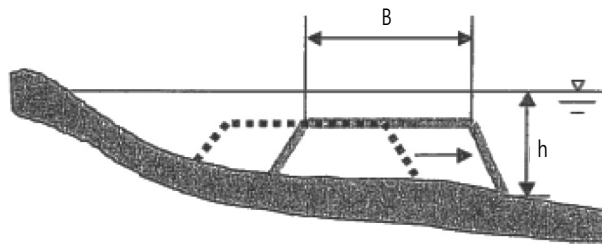
H_0' : 환산심해파고

R : 수면에서 마루까지 수심(마루수심)

라. 이와 같이 파고전달률로부터 마루수심과 마루폭이 정해지는데, 마루수심은 파랑 감쇠 효과를 충분히 얻을 수 있도록 R/H_0' 를 1.3 이하로 하면 좋다. 이것은 마루 상에서 강제 쇄파를 일으켜 본래의 기능을 발휘하기 때문이다.

마. 구해진 파고전달률에 대해 한 조의 마루수심, 마루폭뿐만 아니라 많은 조합이 있다. 마루수심이 비교적 깊으면 필요한 성능을 얻기 위해 마루폭이 넓어지고 마루수심이 얇으면 마루폭은 좁아진다. 일반적으로 마루수심이 얇을수록 요구되는 파고전달률을 얻기 위해 마루폭은 좁아져 결과적으로 제체의 체적은 작아지고 경제적이 된다.

바. 잠제·인공리프를 해설그림(4.4-4)과 같이 바다에 설치할 경우, 선단수심을 크게 해서 전빈(前濱) 공간을 넓힐 수 있다. 이때 마루 상단에서의 파고 감쇠는 선단수심(h)에 의해 그다지 변하지 않지만, $H_0'/h < 0.15$ 정도로 깊어지면 사면에서의 반사로 전달 파고가 감소한다. 선단수심이 커지면 제체도 커지기 때문에 경제성을 포함해서 선단수심을 결정할 필요가 있다. 또 설계파가 큰 지역에서 너무 선단수심을 깊게 하면 사면 상에서의 천수변형이 현저하게 나타나고 사면 어깨(法肩) 주변에서 파고가 급격히 증대하여 두드러진 파력이 사석, 블록에 작용하므로 주의할 필요가 있다. 잠제·인공리프의 사면 경사는 경제성, 시공성, 안전성을 고려해서 1:3~1:5로 한다.



해설그림(4.4-4) 잠제·인공리프의 선단수심과 마루폭

(3) 잠제·인공리프의 평면배치

① 잠제·인공리프를 단일체로 설치할 경우에도 정온이 요구되는 영역에서 소요되는 성능을 발휘할 수 있는 구조물 길이를 결정할 필요가 있다. 잠제·인공리프의 양 측단부에서의 회절파와 전달파가 합성되는데, 이 합성된 파고가 요구되는 영역에서 소요되는 전달 파고를 만족할 수 있도록 구조물 길이를 결정한다.

② 해설그림(4.4-3)의 파고전달률 산정은 구조물이 연안방향으로 길고 2차원성이 보증되는 경우이다. 구조물 길이가 짧고 개구부가 있는 경우에는 개구부에서의 회절·굴절 등의 효과에 의해 구조물 배후 구역의 파고 분포는 일률적이지 않다.

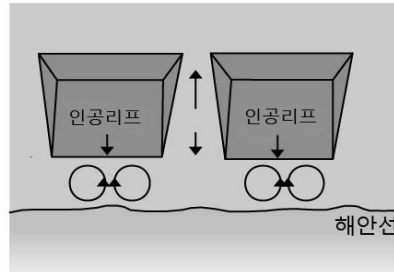
③ 잠제·인공리프의 설치에 따른 해빈류의 변화나 해빈변형에 관해서는 충분한 지견을 얻을 수 없기 때문에 잠제·인공리프의 평면 제원에 대해서는 모형실험 등(수리모형실험, 수치실험)에 의해서 검토하는 것이 바람직하다. 여기서는 1/20 해저경사에서의 실험결과에 따른 평면배치와 유황과의 관계에 대해 기술하면 다음과 같다.

가. 잠제·인공리프 주변에 생기는 해빈류는 구조 제원이나 파랑의 조건에 따라 달라진다. 잠제·인공리프의 외해 측 단부에서의 파가 부서지는 조건으로는 주로 길이(L_r), 개구 폭(W) 및 이안거리

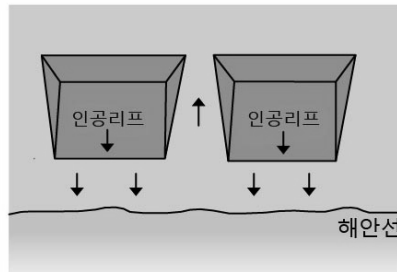
(Y)에 따라 흐름패턴이 변화한다.

- 나. $W > 1/4L_r$ 정도의 경우에는 해설그림(4.4-5a)처럼 개구부에서는 외해방향 흐름이 생기고 배후에는 일련의 순환류가 생긴다. 단, $L_r \geq 4Y$ 가 되면 명확한 순환류가 생기지 않고 흐름은 불안정해진다.
- 다. $W < 1/4L_r$ 정도의 경우에는 해설그림(4.4-5b)처럼 순환류는 생기지 않고 배후의 흐름은 불안정해져 정체한다.

(a) $W > 1/4L_r, L_r < 4Y$



(b) $W < 1/4L_r$



해설그림 (4.4-5) 잠제·인공리프 주변의 흐름패턴

- ④ 해일 대책이나 파랑의 정온화를 목적으로 하는 경우(구조물이 긴 경우 등)에는 연안방향으로 똑같은 파랑 감쇠를 얻을 수 있다. 그러나 개구부가 넓으면 개구부에서의 파랑 유입이나 순환류와 파의 간섭, 파의 회절, 굴절 등의 영향으로 일률적인 파고 분포를 얻는 것은 어렵다.
- ⑤ 해수욕장 등의 해변 이용에는 순환류나 개구부의 외해방향 흐름이 강해지지 않도록 하는 것이 바람직하다.
- ⑥ 해일 대책이나 파랑의 정온화를 목적으로 하는 경우에는 $W < 1/4L_r$ 정도로 하는 경우가 많다.
- ⑦ 배후의 순환류는 외해로의 모래 유출을 억제하여 배후에 설상사주를 형성시키는 작용을 한다. 따라서 배후로의 퇴사나 연안 표사의 제어를 목적으로 하는 경우에는 $W > 1/4L_r$, $L_r < 4Y$ 정도로 하는 경우가 많다. 단, 개구부에서의 세굴에 주의할 필요가 있다. 이때 이안거리(Y)는 이용조건이나 대상 파랑에 대한 쇄파대에서 해안까지의 거리를 목표로 결정하면 좋다.

4.4.4.3 안전 성능

(1) 일반사항

잠재·인공리프는 파력 등의 작용이나 세굴에 대해서 안전한 구조가 되도록 한다. 안전 성능 검토 시에는 신뢰성 있는 적절한 방법을 사용한다.

(2) 파력에 대한 안전 성능

① 파력에 대한 안전 성능은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/4-10 파력(波力)”을 참조하여 검토한다.

② 파력을 받는 경사면에 피복하는 사석 또는 인공블록의 안정질량은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/4-10-3 경사방파제의 피복석 또는 블록의 안정질량”을 참조한다. 그러나 현재까지 수중구조물에 대한 표준적인 안정질량 산정법은 없으므로 수리모형실험에 의해 구해진 적절한 안정수를 사용하는 것이 바람직하다.

(3) 세굴에 의한 블록 등의 침하하는 잠재·인공리프의 성능에 커다란 영향을 미치므로 검토할 필요가 있다. 세굴에 관해서는 이 기준의 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.4.3 안전 성능’을 따른다.

(4) 기초지반의 전단파괴에 대한 검토는 이 기준의 ‘제4장 설계/4.1 호안·제방/4.1.4.3 안전 성능’을 따른다.

[해설]

(1) 일반사항

잠재·인공 리프는 사석이나 블록 등으로 구성되어 있다. 구조 안전성을 검토하는 경우에는 구성 재료인 사석이나 블록이 예상되는 조위, 파랑에 대해 안전성을 확보할 필요가 있다.

(2) 파력에 대한 안전 성능

① 사석 또는 인공블록의 안정질량

가. 파력에 대한 사석이나 블록의 소요 질량은 다음의 허드슨 공식 등이나 토연(土研)식³⁾으로 구한다.

$$\text{－ 허드슨(Hudson) 공식 : } M = \frac{\rho_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$$

$$\text{－ 도넬리(Donnelly) 공식 : } M = \frac{\rho_r H^3}{N_S (S_r - 1)^3}$$

여기서, M : 사석 또는 블록의 안정에 필요한 최소질량(t)

ρ_r : 사석 또는 블록의 밀도(t/m³)

H : 안정계산에 사용하는 파고(m)

K_D : 피복재의 형상 및 피해율 등에 의해 결정되는 계수(안정수)

N_S : 피복재의 형상, 경사 또는 피해율 등에 의해 결정되는 계수(안정수)

S_r : 사석 또는 블록의 해수에 대한 비중(ρ_r/ρ_o)

ρ_o : 해수의 밀도(1.03t/m³)

α : 사면이 수평면과 이루는 각(°)

나. 지금 단계에서는 수중 구조물에 대한 표준적인 사석 질량의 산정법은 없다. 따라서 허드슨 공식

또는 도넨리 공식으로 경사면 피복재의 소요 질량을 산정할 때는 수리모형실험에 의해 구해진 적절한 K_D , N_S 를 사용하는 것이 바람직하다.

다. 수리모형실험으로 산정된 K_D , N_S 치는 보통 피해를 1% 정도가 기준인데, 잠제·인공리프 외해 쪽 블록이 재해를 입으면 구조물 전체에 대한 위험이 커서 대형 재해로 진행되어 잠제·인공리프의 기능이 두드러지게 저하하기 때문에 주의가 필요하다.

라. 특히, 잠제·인공리프의 선단수심이 10m 이상으로 깊은 경우에는 외해 쪽 사면 상에서의 파고가 현저히 증대하고 외해 쪽 마루 부근 피복재에 강력한 파력과 유속이 작용한다. 선단수심이 작은 조건에서의 실험으로 얻은 안정계수(K_D , N_S)를 사용해서 산정된 안정 질량은 소요 질량에 비해 작아질 가능성이 높으므로 이런 경우에는 블록의 안전성에 충분한 주의가 필요하다.

[참고문헌(해설)]

- 1) d'Angremond, K., L. W. Van der Meer and R.J. de Jong.(1996). wave transmission at low-crested structures. Proc, 25th ICCE, ASCE, Orlando, Florida.
- 2) 高山知司, 永井紀彦, 關口忠志(1985). “廣天端幅潛堤の 波浪低減効果に關する不規則波實驗”, 第32回 海岸工學講演會論文集, pp. 545~549.
- 3) 建設省河川局海岸課監修(1992), “人工リーフの設計の手引き”, 全國海岸協會, pp. 64~75.

4.5 소파제(消波堤)

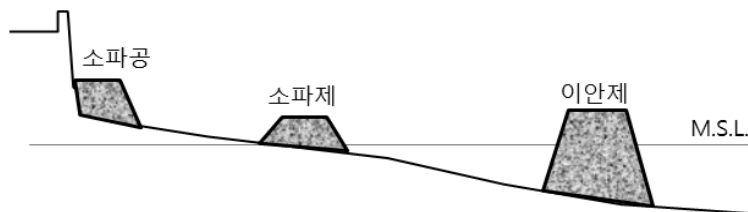
4.5.1 일반사항

4.5.1.1 목적

- (1) 이 장은 연안시설로서의 소파제 설치를 위한 최소한의 요건으로서의 기술기준을 나타낸 것이다.
- (2) 소파제는 해안의 침식 방지·경감을 통해 해빈·해식에·호안을 보호하거나 월파저감 등을 도모할 목적으로 해안선 부근에 설치하는 연안보호시설이다.
- (3) 소파제는 파랑이 직접 작용하는 것을 막거나 파랑에너지를 약하게 해서 해안선을 유지하거나 해식에의 침식을 막는 기능을 해야 한다. 또한 호안 전면에 설치하여 호안을 보호하고 월파를 저감하는 기능을 가져야 한다.

[해설]

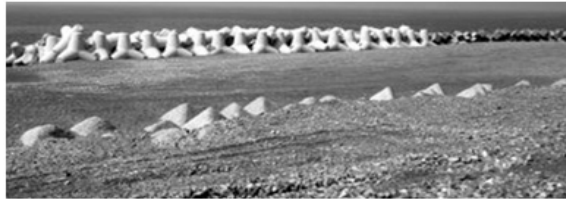
- (1) 소파제는 일반적으로 방파제나 이안제·잠제와 같이 파랑을 막거나 저감시키는 시설을 통칭하는 경우가 많다. 이 장에서는 해안의 침식 방지·경감 및 해빈의 안정화, 해식에·호안 보호, 월파저감 등을 목적으로 해설그림(4.5-1)과 같이 해안선 부근에 설치한다.



해설그림(4.5-1) 소파공-소파제-이안제의 설치 위치 관계

(2) 소파제의 기능 및 적용 특징

- ① 소파제는 일반적으로 해안선과 평행하게 설치하는 경우가 많다. 이 경우 소파제는 해설그림(4.5-2)와 같이 해안선을 따라 연속체로 설치할 것을 권장한다. 단, 경제성을 고려하여 개구부를 적절히 설치할 수도 있다.
- ② 해설그림(4.5-3)과 같이 호안 전면에 모래 등의 해빈이 있는 경우 호안으로부터 이격 설치하여 해빈유지와 호안보호를 목적으로 설치하는 경우도 많다. 이를 통해 월파저감이 가능하다.
- ③ 소파제는 해안선 유지 및 해식에 침식방지에는 효과적인 공법이지만, 제체의 전면과 양 끝단에서 발생하는 침식은 막기 어렵기 때문에 근본적인 침식대책은 될 수 없다는 점에 주의가 필요하다.
- ④ 최근에는 해설그림(4.5-4)와 같이 해안선에서 다소 육측에 설치하여 파랑을 직접 막지 않고 모래사면에서 처오름(up-rush) 파랑에너지를 흡수하여 처내림(down-rush)을 약화시켜 모래의 퇴사효과를 향상시킴으로서 설치시설의 배후 보호뿐만 아니라 전면의 침식을 억제하는 사례가 늘고 있다.



(a) 모래해안 침식방지용



(b) 해식애 침식 방지용

해설그림 (4.5-2) 연속제로 설치한 소파제 사례



해설그림 (4.5-3) 호안 전면에 설치한 소파제 사례
(포항시 도구 해수욕장)



(a) 설치시 모습

(b) 설치 3개월 후
(해측으로 5m 전진)

해설그림 (4.5-4) 돌망태를 해안선 부근에 설치한 사례
(울진 월송지구 해안)

- ⑤ 소파공과 마찬가지로 육측에서 시공이 가능하기 때문에 비교적 단기간에 저렴한 공사비로 시공이 가능하다. 또한 모래해안은 침식이 일단 진행되면 급격히 진행되는 특성이 있기 때문에 해안에 침식이 발생하거나 예상되는 경우 이안제나 잠제와는 달리 전문적인 설계과정 없이 신속하게 설치하는 응급조치용으로도 많이 적용되고 있다[앞의 해설그림(4.5-3), (4.5-4)의 사례 참조].

4.5.1.2 적용범위

소파제는 일반적으로 방파제나 이안제·잠제와 같이 파랑을 막거나 저감시키는 시설을 통칭하는 용어로서 파제제, 소파 시스템으로 칭하는 경우도 있으나, 이 장은 해안·해식에 침식 방지·경감 및 해빈의 안정화, 호안 보호 및 월파저감 등을 목적으로 해안선 부근에 설치하는 시설에 적용한다.

4.5.1.3 용어의 정의

- (1) 소파제 : 해안의 침식 방지·경감 및 해빈의 안정화를 도모할 목적으로 해안선 부근에 설치하는 연안시설
- (2) 해식애(海蝕崖) : 해식(海蝕)과 풍화 작용에 의하여 해안에 생긴 절벽(혹은 낭떠러지)

[해설]

- (1) 소파제는 일반적으로 방파제나 이안제·잠제와 같이 파랑을 막거나 저감시키는 시설을 통칭하는 경우가 많으나, 이 장에서는 해안·해식애의 침식 방지·경감 및 해빈의 안정화를 도모할 목적으로 해설그림(4.5-1)에서 보여주는 것과 같이 해안선 부근에 설치한다. 소파공은 호안 바로 전면에 설치하여 호안에 작용하는 파압을 저감하고, 세굴을 저감하는 소파용 구조물을 말한다. 이에 반해 이안제는 해안선에서 해측으로 이격하여 설치한다.
- (2) 일반적인 해식애의 모습은 해설그림(4.5-2)와 같다.

4.5.1.4 해석과 설계의 원칙

소파제는 배후 해안선의 현상유지가 주목적이기 때문에 연속체가 기본이다. 그러나 방재의 관점에서 해빈 쪽에 여유가 있을 때는 개구부를 두는 방식으로 하여 비용절감, 조기완공, 해역으로의 접근로 확보 등을 도모하도록 한다.

[해설]

소파제를 개구부를 두는 불연속체로 할 경우 개구부에서 해안선의 후퇴가 집중해서 발생하기 때문에 해빈의 지형변화 예측을 통해 개구부 폭을 적절히 결정하며, 양빈을 병행하여 검토하는 것이 바람직하다.

4.5.1.5 설계고려사항

- (1) 소파제는 해안선이 유지될 수 있는 소파 성능을 갖도록 하고(목표 성능), 설계 고조위 이하 조위의 해수 및 설계파 작용에 대해 적절한 안전성(안전 성능)을 갖도록 한다.
- (2) 소파제는 모래해변에서 수제선(水際線)으로 접근하는데 장애가 되기 때문에 해안의 이용성 여부를 확인할 필요가 있다.

[해설]

소파제는 쇄파대 내측에 설치되어 파랑에 의한 지형변화가 매우 크기 때문에 이상파랑 내습시나 계절적인 연안류에 의한 지형 및 수심변화를 충분히 확인해야 한다.

4.5.2 설계조건 및 계획

4.5.2.1 일반사항

피복석이나 이형블록을 이용하는 소파제의 설계는 이 기준 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.2 설계조건 및 계획’을 따른다.

[해설]

- (1) 소파제는 이안제보다 육측의 해안선 인근에 설치하기 때문에 고파랑 내습 시 월파에 의한 제체 배후에서의 흐름발생에 의한 급격한 모래이동 등으로 모래유실, 제체침하가 쉽게 발생할 수 있다. 이러한 상황변화를 고려할 수 있는 조사가 필요하고, 또한 이로 인해 소파제의 기능과 안정성이 저하되지 않도록 주의 및 유지관리가 필요하다.
- (2) 쇄파대 내에서는 해안선과 수심의 변화가 크기 때문에 소파제의 위치선정 및 안정성 검토 시에는 수심 설정에 주의가 필요하다.
- (3) 피복석이나 이형블록을 사용하지 않고 다른 재료를 사용할 경우는 적절한 방법을 통해 설계할 수 있다. 이때 적용하는 재료에 따라서는 주변 세굴이 심하게 발생할 수 있기 때문에 주의해야 한다.
- (4) 소파제는 이안제나 잠제 등과 같은 연안보호 시설에 비해 설치·철거가 용이하기 때문에 긴급 설치를 요하는 경우 적절한 약식 설계검토를 통해 세굴에 의한 침하대책 없이 설치하는 것이 합리적일 수 있다. 단, 이때는 사후 모니터링 등을 통해 목적달성 여부 확인 및 유지관리가 필요하다.

4.5.2.2 설계조건

(1) 조위

가. 소파제의 목적성능을 확보하기 위해 조위는 평균 조위를 적용하는 것이 바람직하다.

나. 지진해일이나 태풍해일 내습의 빈도가 높은 곳은 지진해일과 태풍해일에 의한 수위상승을 적절히 고려해야 한다.

(2) 파랑

사빈 해안의 쇄파대 내에서는 해저 지형변화가 매우 크다. 단기적으로 침식성 파고에 의해 수심이 2~3m 이상 깊어지는 경우도 드물지 않다. 따라서 대상 해안이나 유사 해안에서의 단기 지형 변화 데이터나 예측 데이터를 참고하여 설계 수심을 설정하고 설계 파고를 결정하는 것이 바람직하다.

(3) 흐름, 표사, 해저지형 및 해빈지형, 해안의 이용

시공과 유지·관리도 고려하여 구조 형식, 기본 단면, 구조 세부항목을 결정하기 위해서는 조위 및 파랑 이외에 흐름, 표사, 해저지형 및 해빈지형, 해안 이용 등의 상황과 유사 해안에서의 상황을 파악해야 한다.

(4) 기타

상기 이외의 조건에 관해서는 이 기준 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.2 설계조건 및 계획’을 따른다.

4.5.3 재료

4.5.3.1 일반사항

이 기준의 ‘제4장 설계/4.1 호안과 4.3 이안제’에서 사용하는 재료에 준한다. 단, 소파제가 설치되는 위치는 쇄파대 내측으로 소파제를 구성하는 재료에 따라서는 주변에서 세굴이 활발하게 발생하여 역효과가 발생할 수 있으므로 재료의 선택에 주의가 필요하다.

[해설]

- (1) 소파제에 사용하는 재료는 일반적으로 이안제나 호안의 소파공에서 사용하는 것과 유사하며, 제체의 안정성과 내구성 측면에서 유리한 이형 콘크리트블록을 사용하는 경우가 많다. 이렇게 할 경우 블록 주위에서 침식이 발생하여 침하·매몰되어 소정의 기능발휘가 곤란해지는 경우가 많기 때문에 주의가 필요하다.
- (2) 소파제의 설치위치가 해안선부근으로 이안제에 비해 쇄파에 의한 수위상승, 흐름발생 등으로 모래의 이동이 매우 활발한 영역이기 때문에 블록이나 대형 사석 주변에서의 흐름발생을 최소화할 수 있는 재료의 선택이 중요하다. 특히 규모가 큰 불투과성의 재료를 적용할 경우에는 제체 전·후에서의 세굴이 크게 발생할 수 있기 때문에 주의가 매우 필요하다.
- (3) 해안 육측으로의 처오름 파랑에너지 흡수 및 세굴억제에 유리한 재료의 선택이 중요하다. 최근에는 앞의 해설그림(4.5-3)과 같이 비교적 모래해변에 순응하기 쉬운 재료를 사용함으로써 제체 해측에서의 반사파와 제체 주변에서의 흐름발생을 억제시키는 사례가 증가하고 있다¹⁾.

4.5.4 설계

4.5.4.1 설계 방침

이 기준의 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.4.1 설계 방침’을 따른다. 단, 조사 시 소파제의 설치위치가 이안제보다 육측의 해안선 부근임을 감안하여 대상 해안이나 유사해안에서의 수심 등 상황변화를 포함하고, 해당 구조물 주변에서의 모래유실, 제체침하, 수심변화 등에 대한 대책도 고려해야 한다.

[해설]

- (1) 소파제의 설계는 소정의 침식방지 기능 및 소파 기능을 만족시키는 물론, 공사비, 해안 이용·경관 보전, 시공 및 유지관리의 용이성 등을 고려하여 구조형식을 선정하고, 설정한 외력에 대해 안전한 구조로 한다.
- (2) 소파제의 선단부(先端部)와 개구부에서 침식이 발생하기 쉬우므로 해빈의 지형변화에 대한 향후 예측 결과를 바탕으로 선단부의 위치와 개구 폭을 설정할 필요가 있다.
- (3) 고파랑 내습 시 월파에 의한 소파제 배후에서의 흐름 발생으로 배후의 모래가 유실되는 경우도 많다. 또한 제체 양끝단 외측의 해안선 부근의 모래가 제체 배후로 이동하여 그 곳의 해안선이 후퇴(침식)하는 현상이 발생하는 경우도 종종 발생한다. 이러한 점을 충분히 고려해야 한다.
- (4) 이 기준 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.4.1 설계방침’에 제시된 이안제의 각종 설계제원 결정을 위한 관계도표, 식 등은 소파제에 직접 적용하기 어려운 경우도 있음을 주의해야 한다.

4.5.4.2 목표 성능

소파제의 설치 목적을 달성하기 위한 목표 성능은 구조형식, 마루높이 및 기준선의 조합으로 평가한다.

[해설]

(1) 일반사항

가. 성능의 평가는 해당 해안에서의 조위, 파랑 조건 등을 적절하게 설정하고, 해안선이 중장기에 걸쳐 유지되는지를 확인한다.

나. 목적달성 성능 조사·평가 방법은 신뢰성 있는 적절한 방법을 사용한다.

다. 성능 평가 방법으로는 해안선변화 모델 등의 수치 모델을 이용하여 장기 및 중기의 해빈 지형변화의 예측계산 혹은 수리모형실험으로 하는 것이 바람직하다. 그렇지만 소파제 설치에 따른 해안선의 변화를 정량적으로 정도 높게 예측하기는 쉽지 않기 때문에 정성적인 방법 등을 통해 적절한 보완이 필요한 경우가 많다.

(2) 기준선

가. 소파제는 적극적인 모래퇴적의 효과가 없고, 해안선 위치의 현상 유지를 목적으로 하는 경우가 많기 때문에 설치 위치는 기본적으로 평균 조위 시의 해안선 부근에 설치하는 경우가 많다.

나. 해식애의 침식 방지를 목적으로 할 경우는 절벽 기부에서 다소 이격하여 소파제 배후 부분에 붕락(崩落) 토사가 퇴적될 수 있는 여유 공간이 있게 하는 것이 좋다.

다. 사력(砂礫) 해안인 경우는 파랑의 거의 최종 쇄파 지점에 상당하는 평균조위 시의 해안선 위치에 소파제의 육측 기준선에 위치하도록 하는 것이 바람직하다.

라. 단, 조위차가 크고 해저 경사가 완만한 해안에서는 해안선의 위치가 조위 변화에 따라 크게 변하기 때문에 설치하는 해안의 지형 형상, 특히 해안선 부근의 해저 경사 등에 따라 적절히 판단해야 한다.

마. 소파제의 길이는 기본적으로 침식 방지 영역에 연속체로 설치하는 것이 좋지만 경제성 및 해안으로의 접근성을 고려하면 어느 정도의 간격을 둔 불연속체로 하는 경우가 있다. 이 경우 개구 폭은 해안선의 후퇴를 초래하지 않도록 적절한 폭을 설정한다.

(3) 마루높이

① 마루높이는 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.4 설계’에 준하여 정한다. 단, 해안선부근에서는 고파랑 내습 시 수위 상승량이 커지기 때문에 상황에 따라서는 약최고고조위에 연간 수회 빈도의 내습파랑에 의한 수위 상승량을 더한 기준선 수심을 적용하여 마루높이를 설정하는 것이 바람직하다.

② 소파제는 수심이 얕거나 거의 없는 곳에서 상시 노출되어 있고, 설치·철거가 용이하기 때문에 침하를 충분히 허용하고 사후 유지관리를 하는 것이 경제적이다.

4.5.4.3 안전 성능

이 기준의 ‘제4장 설계/4.3 이안제/4.3.4.3 안전성능’을 따른다.

[해설]

해안선부근에서의 급격한 모래유실에 의한 제체의 불균일 침하, 고파랑 내습시의 수위상승 등의 영향으로 안정성이 취약해질 수 있음에 주의가 필요하다.

[참고문헌(해설)]

1) 국토해양부(2010). 연안정비사업 침식관리 가이드북, pp. 184~185.

4.6 사빈(양빈)

4.6.1 일반사항

4.6.1.1 목적

- (1) 이 장은 연안시설로서 사빈(양빈)을 설치하기 위한 최소한의 요건으로서의 기술기준을 나타낸 것이다.
- (2) 사빈(양빈)은 해안에 인공적으로 모래 등을 공급하여 해빈을 조성하는 것이다.
- (3) 사빈(양빈)은 해안 뒤에 있는 인명이나 자산을 해일이나 파랑으로부터 보호하거나 호안 등의 세굴을 방지할 목적으로 설계되는 연안시설로서 방호 상의 기능 외에도 환경 상의 기능, 이용 상의 기능을 가진다.

[해 설]

- (1) 사빈(양빈)은 해안에 인공적으로 모래 등을 공급하여 해빈을 조성하는 것으로서 그 중에 침식되기 이전의 과거 해안선까지 복구하는 것을 해빈복원, 재해방지 및 해빈의 이용을 위해 과거 해안선 이상으로 해빈 폭을 확장하는 것을 해빈확장으로 구분할 수 있다.
- (2) 사빈(양빈)의 목적과 기능
 - ① 사빈은 방호 상의 기능 외에도 환경 상의 기능, 이용 상의 기능을 가지며 방호, 환경, 조화로운 이용을 위해서도 필수 불가결하다.
 - ② 해안의 방호를 목적으로 하는 사빈의 기능으로는 내습하는 파랑의 쇄파 등에 의해 파 에너지를 감소시켜 파의 처오름 높이를 낮게 하고 혹은 월파 유량을 감소시키는 소파 기능이 기대된다. 또 호안 등의 세굴을 방지하는 기능이 기대된다.
 - ③ 사빈은 저서동물이나 폭기(曝氣) 작용에 의해 해수정화를 촉진하며 양호한 생물의 생식·생육 환경을 형성하는 등 연안환경 상의 기능을 갖고 있다. 또한 레크리에이션·스포츠 공간, 농업이나 어업의 작업장 등으로서의 이용 기능도 갖고 있다.

4.6.1.2 적용범위

이 장에서 다루는 사빈(양빈)은 해안방호를 목적으로 인공적으로 모래 등을 공급하여 해빈을 조성하는 것을 대상으로 한다. 여기서, 사빈(양빈)에는 개펄과 자갈 해안을 포함한다.

4.6.1.3 참고기준

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

4.6.1.4 설계고려사항

조성하고자 하는 사빈은 소요 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 성능을 갖도록 한다. 또한 사빈은 몇 시간에서 몇 개월 규모의 해빈변형이나 수 십 년 동안의 해빈변형에 대해 적절한 안정성을 갖도록 한다.

[해설]

(1) 소파성능

- ① 사빈은 호안 및 소파 시설과 일체로 배후지의 침수·월파를 방지하는 것이다.
- ② 배후지 방호 수준 즉, 어느 정도 월파를 허용할 것인가, 혹은 파의 처오름 높이를 어느 정도로 할 것인가는 해안 관리자가 배후지의 토지 이용 상황, 경제성 등을 종합적으로 감안해서 정하고 이를 만족하도록 설계되어야 한다.

(2) 단기적 내파(耐波)성능

- ① 단기적 내파성능은 사빈의 변형 중 단기적인 변형에 대한 성능이다.
- ② 사빈은 보통 고파랑 시에 침식되고 평상시에는 퇴적을 반복하기 때문에 고파랑 시에 침식되어도 필요한 소파 효과가 확보되지 않으면 안 된다.
- ③ 호안 등의 기초부가 세굴을 받지 않으려면 고파랑 시에 침식이 생기더라도 호안을 지탱하는 충분한 해빈 폭을 확보할 필요가 있다.

(3) 장기적 내파(耐波)성능

- ① 사빈의 변형 중·장기적인 변형에 대한 성능으로서 수 십 년의 기간에 걸쳐 불가역적인 침식의 유무를 확인할 필요가 있다.
- ② 연안표사가 불균형하면 불가역적인 침식이 발생한다. 이런 불가역적인 침식이 생기면 설계공용기간 중에 필요한 사빈의 제원을 확보할 수 없는 것뿐인지 설계공용기간 이후라도 문제가 발생되기 때문에 수 십 년의 기간에 걸쳐 불가역적인 침식의 유무를 확인할 필요가 있다.
- ③ 사빈은 설계공용기간 중에 이안제에 의한 중형사주의 형성이나 돌제에 의한 해안의 전진·후퇴 등 구조물의 설치에 따라 변화한다. 이런 변화도 고려해서 설계공용기간 중에 요구되는 기능을 발휘할 수 있도록 필요한 사빈의 제원이 확보될 필요가 있다. 또한 설계공용기간(設計供用期間) 이후라도 유지관리(동적양빈 포함)함에 따라 장기적으로 안정될 필요가 있다.

4.6.2 설계조건 및 계획

4.6.2.1 설계조건

양빈 시 해빈의 폭, 높이, 길이나 해빈을 개량하는 경우 재질 등의 결정에서 고려해야 하는 조건은 다음과 같다.

(1) 자연조건

① 조위, 파랑 및 파랑제어시설

가. 소파성능에 대해서는 파랑제어시설이나 지형의 영향에 따라 설계고조위와 설계파의 조합이 가장 위험하다고는 할 수 없으므로 설계고조위 이하 조위와 설계파 이하의 파랑 작용에 대해서도 검토한다.

나. 단기적 내파성능에 대해서는 평균적인 해빈단면 형상에 대해 설계고조위 및 설계파를 포함하는 파랑이 지속된 상태를 대상으로 한다.

다. 장기적 내파성능에 대해서는 평균조위에서 수 십 년의 기간으로 평균적인 파랑이 작용한 상태를 대상으로 한다.

② 흐름

③ 표사 및 표사제어시설

- 가. 단기적 내파성능 검토에서는 구조물에 따른 해빈단면변화 예측기술이 실용 단계가 아니기 때문에 이안제, 잠제·인공리프의 횡단표사 제어 효과는 파랑 감쇠에 의한 이동한계수심의 변화로 평가한다.
- 나. 장기적 내파성능 검토에서는 이안제, 잠제·인공리프, 돌제 등의 표사제어시설의 효과를 고려해서 해안선의 변화 및 안정성을 검토한다.

④ 장기적 내파성능 검토에서 동적 양빈을 고려하도록 한다.

⑤ 해저지형 및 해빈지형

⑥ 지반

(2) 기타 조건

① 배후지의 중요도

② 연안의 환경, 이용 및 이용자의 안전

③ 선박통항조건

④ 시공조건

⑤ 비사

사빈(양빈)을 설계할 때에는 비사로 인한 인근, 도로, 주거지, 농경지 등에 피해가 발생하지 않도록 사빈(양빈)의 폭, 높이 등에 대하여 검토하여야 한다.

[해설]

(1) 자연조건

① 조위, 파랑 및 파랑제어시설

가. 소파성능 검토 시에는 이안제, 잠제·인공리프 등의 파랑제어시설의 효과를 고려해서 월파 유량 혹은 파랑의 처오름 높이를 산정한다.

나. 단기적 내파성능 검토에서 단기 변화를 수치계산으로 예측하려면, 과거 파랑의 시계열을 참고해서 계획 파랑의 시계열을 적절하게 설정한다. 또한 표사제어시설 등의 효과를 고려한다.

다. 연안표사는 파랑의 설정이 중요하므로 계절별, 빈도별로 파고를 설정하는 등 적절하게 평가할 필요가 있다. 특히 섬·곶이나 구조물에 의해 차폐 영역이 형성된 해역에서는 파의 방향에 따라 차폐 효과가 다르므로 2방향 이상의 방향을 설정할 필요가 있다. 또 돌제로 둘러싸인 해안이나 해빈에서는 고파랑의 내습 시에 연안표사에 의해 일방향으로 토사가 이동하는 일이 있다. 평균파의 파향과 고파랑 일 때의 파향이 현저히 다른 경우에는 고파랑일 때의 연안표사에 의한 단기 변동에 대해서도 검토한다.

② 표사 및 표사제어시설

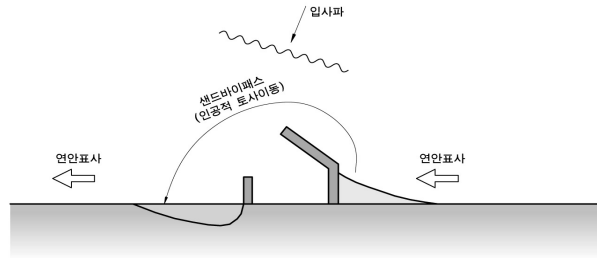
이동한계수심 보다 낮게 설치된 잠제는 소류사의 외해 유출 방지에 대해서는 효과가 있지만, 부유사에 대해서는 효과가 낮으므로 해저질의 이동형태에 따라 효과를 판단할 필요가 있다.

③ 동적 양빈

가. 동적 양빈이 필요한 경우, 양빈제는 대상해안의 해저질에 가까운 것을 선정한다.

나. 1회 투입량은 양빈 빈도, 양빈제의 확보 상황, 양빈 비용, 양빈 범위에 따라 결정한다.

다. 동적 양빈에는 싸고 장기적으로 안정된 공급원을 찾아낼 필요가 있다. 양빈제의 확보 방법으로는 샌드 바이패스, 샌드 리사이클 등의 방법도 있다.



해설그림 (4.6-1) 샌드 바이패스 개념도

④ 해저지형 및 해빈지형

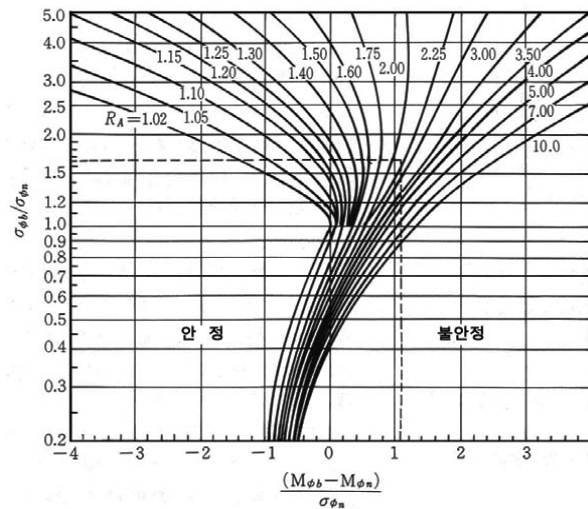
가. 소파성능의 검토에 대해서는 단기적 내파성능의 검토결과, 단기적 변동을 고려한 해빈단면 형상을 대상으로 한다.

나. 단기적 내파성능 검토에서는 검토대상이 되는 외력조건이 발생하는 시기의 평균적인 해빈단면 형상을 초기 단면형상으로 한다. 자연상태에서의 평균적인 해빈단면 형상은 수 년 간 대상해안의 측량결과로부터 설정한다.

다. 해빈을 개량하는 경우 양빈 후 평상시의 해빈단면 형상은 대상해안과 동일한 입경의 양빈 재료를 사용하는 경우에 현재의 해빈단면 형상을 외해 쪽으로 이동시킴에 따라 추정한다.

라. 대상해안과는 다른 입경의 양빈재를 사용하는 경우에는 평형해빈단면 형상을 참고로 추정한다.

마. 양빈재의 입도분포의 분산이 대상해안에서의 해저질 입도분포의 분산보다 큰 경우에는 양빈 토사의 설계 단면에 머무를 확률이 낮아져, 양빈된 토사가 모두 해빈단면의 형성에 기여하지는 않는다. 양빈재의 활용률을 평가하는 방법으로 해설그림(4.6-2) 제임스(James)에 의한 양빈사의 활용률을 참조할 수 있다.

해설그림 (4.6-2) James(1975)의 양빈 모래 활용률¹⁾

바. 장기적 내파성능 검토에서는 과거 수 년에서 수 십 년의 측량에 근거한 해안선 형상을 대상으로 한다.

4.6.3 재료

4.6.3.1 일반사항

- (1) 사빈단면을 구성하는 양빈재의 입경 등 재질에 대해 필요한 제원을 정한다.
- (2) 사빈(양빈) 복원 등의 재료는 대상 해안 모래질과의 유사성, 경제성 등을 고려하여 대상 해안 인근의 바다모래, 토석 등을 활용할 수 있도록 우선적으로 검토한다.

4.6.3.2 재료특성

- (1) 입도 조성
 - ① 양빈재의 입도 조성은 해변의 단면 형상이나 양빈재의 유출량에 영향을 미친다.
 - ② 양빈재는 대상 해안에 존재하는 모래에 가까운 입도 조성을 갖는 재료를 사용하는 것이 바람직하다.
 - ③ 양빈재의 입도 조성은 사빈 생물의 생식에 영향을 미치며 유출된 토사에 의해서 주변 해역에도 영향을 미치는 경우가 있으므로 이를 충분히 검토한다.
- (2) 색, 광물 조성

[해설]

- (1) 색, 광물 조성
여수 만성리 검은모래 해안, 제주 우도 산호사 해안처럼 광물 조성, 색 등이 대상 해안 및 이에 얽힌 역사·문화적인 가치를 갖는 경우가 있다.

4.6.3.3 품질 및 성능시험

- (1) 대상 해변과 양빈재에 대한 입도 시험을 통해 적절한 양빈재의 입도 조성 등 재질을 결정한다.
- (2) 양빈재는 유해물질을 포함하지 않아야 한다.

[해설]

양빈재로 어항 등 준설토사를 활용할 경우에는 해설표(4.6-1)의 오염도 기준을 만족하여야 한다.

해설표(4.6-1) 수저준설토사활용시 오염도 기준(해양수산부 고시 제 2013-220호)

구분	기준 (mg/kg, 건중량기준)
크롬 또는 그 화합물	80
아연 또는 그 화합물	180
구리 또는 그 화합물	60
카드뮴 또는 그 화합물	1.5
수은 또는 그 화합물	0.25
비소 또는 그 화합물	18
납 또는 그 화합물	45
니켈 또는 그 화합물	35
총 폴리염화비페닐	0.023
총 다환방향족탄화수소	2.64
총 질소	1,500
총 인	500

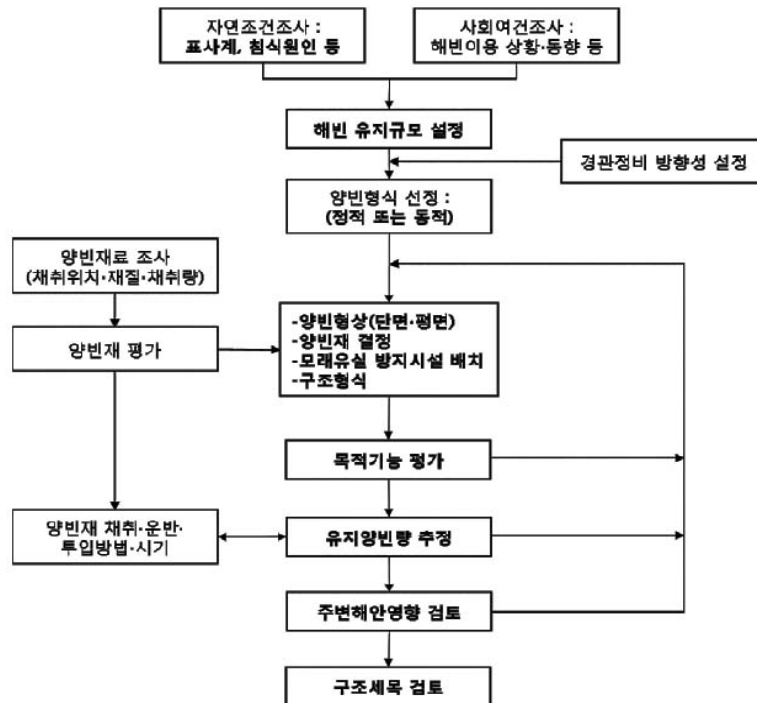
4.6.4 설계

4.6.4.1 설계 방침

- (1) 목적 달성 성능에 대한 검토로서는 사빈에서 요구되는 방호 상의 성능을 만족시키는지 검토한다.
- (2) 안전 성능 검토에서는 사빈이 외력작용에 대해서 설계공용기간 중에 유지되는지를 검토한다.
- (3) 양빈 등에 의한 사빈을 설계할 때는 사빈이 소요 기능을 발휘할 수 있도록 사빈의 폭, 높이, 길이를 정한다. 사빈을 개량할 경우에는 단면 및 평면 형상과 함께 그 단면을 구성하는 재질을 정한다.

[해설]

- (1) 양빈 등에 의한 사빈 설계 시 다음을 참고할 수 있다.
 - ① 사빈의 주요한 단면 형상의 전반에 대해서는 해빈형상(2.1.6)을 참고한다.
 - ② 사빈의 형상과 함께 재질은 사빈의 성능이나 안정성을 규정하는 중요한 요소이다. 양빈 등에 의해 사빈을 설계할 때는 그 단면 형상, 평면 형상과 함께 그 단면을 구성하는 양빈재의 입경 등 재질에 대해 필요한 제원을 정한다.
 - ③ 양빈의 형태로는 표사 제어시설의 설치에 따라 표사량을 적극적으로 줄여서 해빈의 정적인 안정을 꾀하는 정적양빈과 연안표사량의 부족분을 보충하여 표사 하류 쪽의 공급원으로 해빈의 안정을 꾀하는 동적양빈으로 분류할 수 있다.
 - ④ 해설그림(4.6-3)은 양빈의 설계 흐름도를 나타낸다.



해설그림(4.6-3) 양빈의 설계 흐름도

4.6.4.2 목표 성능

- (1) 사빈의 설치 및 지정 목적을 달성하기 위한 성능은 원칙적으로 사빈의 형상(폭, 높이, 길이) 및 입경의 조합으로 평가한다.
- (2) 성능 검토는 대상해안에서의 조위 및 파랑 조건 등을 적절하게 설정하고, 파의 치오름 높이나 월파 유량이 임의 값을 상회하지 않는지 혹은 호안 등의 세굴 깊이가 임의 값을 상회하지 않는지를 확인 하도록 한다. 이때 검토방법은 신뢰성 있는 적절한 방법을 사용한다.

[해설]

- (1) 사빈의 형상 결정은 다음을 참고할 수 있다.
 - ① 후빈고는 해당 지점 혹은 유사한 근접 해안에서의 실측값이나 각종 제안되고 있는 추산식²⁾을 사용 해서 결정한다.
 - ② 후빈 폭은 고파랑 시의 단기적인 해안선의 후퇴량을 실측값이나 수치계산으로 추정해서 그런 환경에서도 임의의 소파효과를 확보할 수 있도록 설정한다.
 - ③ 사빈의 형상 중 전빈경사는 양빈재의 입경, 파랑 조건을 고려해서 해당 지점 혹은 유사한 근접 해변에서의 실측값이나 각종 제안되는 추산식²⁾을 사용해서 결정한다.
 - ④ 사빈의 경사는 파의 주기, 파고 등 파랑조건 이외에 해저질의 입경에 영향 받는 것에 유의하여 각종 제안되고 있는 산정식²⁾으로부터 적절한 입도조성재료를 정한다.
- (2) 성능 검토방법으로는 다음을 참고할 수 있다.
 - ① 파의 치오름 높이, 월파유량의 검토 방법에 대해서는 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)/제2편 설계조건/제4장 파랑/4-6 치오름 높이, 월파 및 전달파”에 예시되어 있다.
 - ② 호안 등 기초부의 세굴심이 임의 값을 상회하지 않는 것을 확인하기 위해, 표사 제어 시설 등에 의한 효과를 고려해서 고파랑 시의 단면지형 변화를 예측하는 적절한 수치계산이나 수리모형실험으로 검토한다.
 - ③ 문헌³⁾에 기초하여 설계된 정적양빈에 의해 확보된 사빈은 단기적 내파성능을 갖고 있는 것으로 간주한다.

4.6.4.3 안전 성능

해빈은 몇 시간에서 몇 개월 동안의 해빈변형이나 몇 십 년 동안의 해빈변형에 대해 적절한 안전성을 갖도록 하며, 안전 성능 검토 시에는 신뢰성 있는 적절한 방법을 사용한다.

[해설]

- (1) 장기적인 해안선 형상의 변화에 대해서는 표사제어시설에 의한 효과를 고려해서 설계공용기간 중의 해안선 변화 및 표사량을 적절한 수치계산으로 예측한다.
- (2) 사빈은 설계공용기간 중에도 표사제어시설 등의 설치 사업의 진척에 따라 변화하기 때문에 필요한 제원 확보를 위한 검토는 설계공용기간 중 해안선에 근거하여 판단할 필요가 있다.

(3) 또한 설계공용기간 후의 안정은 연안표사량의 분포 상황을 해안선변화 모델 등에 의해 추정해서 판단할 필요가 있다.

[참고문헌(해설)]

- 1) James, W. R. (1975). "techniques in evaluating suitability of borrow material for beach nourishment", TM-60, U.S.army, crops. of engineers, coastal eng. research center, Washington, D.C.
- 2) 국토해양부(2010). "연안정비사업 설계 가이드북", pp. 358~361.
- 3) 運輸省港湾局(1992). "ビーチ計畫・設計マニュアル", (社)日本マリーナ・ビーチ協會, 118p.

4.7 부대시설

4.7.1 일반사항

- (1) 부대시설은 주변 토지 및 수면을 이용하기 위해 필요한 시설로 수문, 통문, 통관, 배수펌프장, 육갑문, 비사·비말방지시설, 관리용 통로 및 승강로 등이 있다.
- (2) 부대시설은 호안, 제방 등과 일체적으로 작용하여 구조적으로 취약점이 되지 않도록 주변의 토지나 수면의 이용 상황을 고려해서 설치하여야 한다. 또한 구조적인 검토뿐만 아니라 해안의 이용 및 환경 보전을 고려하여야 한다.
- (3) 부대시설의 설치위치는 각각의 목적에 따라 정해지므로 파랑, 표사의 영향이 적으며 양호한 지반위에 설치하고 이용의 편리성과 안전성을 고려하여 설치하여야 한다.

[해설]

부대시설은 일반적으로 파손되기 쉽고 시설물의 취약점이 되므로 그 목적을 충분히 발휘할 수 있도록 계획하고 정밀한 시공이 필요하다.

부대시설은 제체와 다른 재료를 사용할 수 있기 때문에 취약점이 되기 쉽고 강도와 신뢰성이 요구되기 때문에 튼튼한 재료를 사용해야 하며, 유지관리 및 보수 등에 편리한 구조가 되어야 한다.

4.7.2 수문·통문

4.7.2.1 일반사항

(1) 목적

수문·통문은 외해로부터의 해수 유입을 억제하면서 불필요한 제내수위를 계획수위 이하로 배제하여 해안 배후지의 인명이나 재산을 침수피해로부터 보호하는 것을 목적으로 설치되는 연안시설이다.

(2) 용어의 정의

가. 수문 : 호안(제방)을 분리시키는 형태로 설치한 문짝을 가진 구조물로, 통수단면이 큰 것
(문짝 폭 3m 이상)

나. 통문 : 호안(제방)을 관통하여 설치한 사각형 단면의 문짝을 가진 구조물로 통수단면이 작은 것

다. 통관 : 호안(제방)을 관통하여 설치한 원형 단면의 문짝을 가진 구조물로 통수단면이 통문보다 더 소규모인 것

라. 갑문 : 내외에 수위차가 있어 상시 주운(舟運)을 필요로 하는 경우에 수위 조절을 하는 주운용 개폐문

(3) 시설물의 구성

수문의 본체는 상판, 보기둥, 조작대, 문기둥, 문짝 등으로 구성되고, 통문과 통관의 본체는 암거, 문기둥, 조작대, 차수벽 등으로 구성된다.

(4) 참고기준

하천설계기준·해설(국토교통부)

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

(5) 설계고려사항

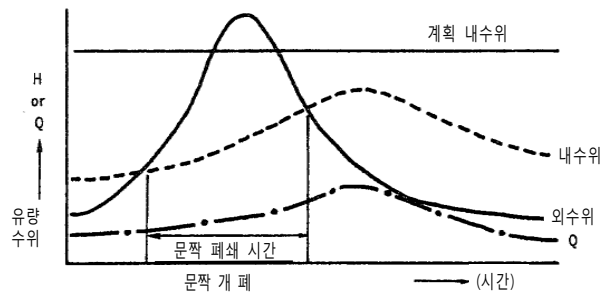
수문과 통문은 소요 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 성능을 갖도록 하여야 하며, 고조, 파랑, 지진,

표사 및 기타 작용에 대해 안전한 구조가 되도록 하여야 한다. 또한 충분한 조작성을 갖춰서 시설 조작에 종사하는 사람의 안전을 확보할 수 있도록 하여야 한다.

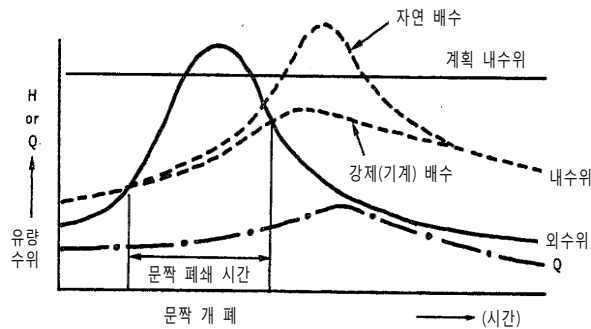
[해설]

(1) 목적

수문·통문은 내수위(수문, 통문 등에 의해 고조나 해일로부터 보호되는 수역의 수위)를 계획 내수위 이하로 하는 것을 목적으로 하며 이를 위해 외해로부터의 해수 등의 침입 방지와 내수를 배수하는 기능을 갖도록 한다. 또 자연 배수가 불가능하거나 곤란한 경우에는 배수펌프장(4.7.3)에서 서술하는 배수펌프장의 설치를 검토하도록 한다. 예로 해설그림(4.7-1)과 같이 자연배수의 경우 외수위(수문, 통문 등의 설치 위치에서의 조위)가 내수위보다 높아진 시점에서 수문을 닫아, 외수의 침입을 막아야 하는데, 수문 폐쇄 시에는 배수가 불가능 하게 되어 내수위가 상승하지만, 다시 외수위가 내수위 보다 내려간 시점에서 수문을 열어 배수를 시킨다. 이처럼 내수위 최고점이 계획 내수위 이하라면 자연배수 할 수 있다. 그러나 해설그림(4.7-2)와 같이 자연배수에서 내수위의 최고점이 계획 내수위를 넘는 경우에는 강제배수(기계배수)가 필요하다.



해설그림 (4.7-1) 자연 배수의 경우

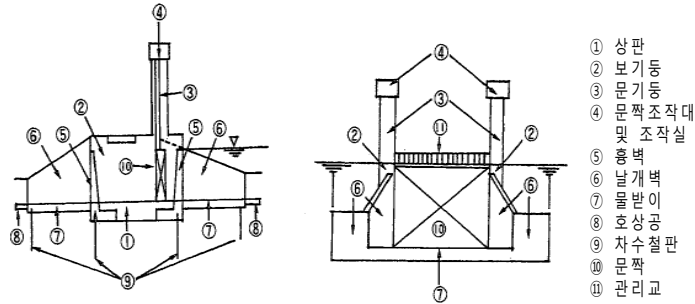


해설그림 (4.7-2) 강제 배수를 필요로 하는 경우

(2) 시설물의 구성

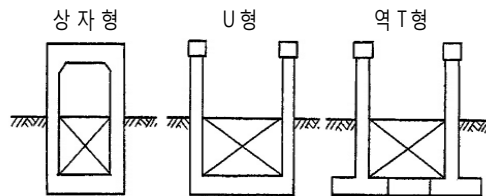
가. 수문의 시설물 구성은 해설그림(4.7-3)과 같다.

수문의 본체는 철근콘크리트 구조 및 이와 동등 이상의 기능을 갖는 소재와 구조로 하고, 문짝 수리 및 통관의 보수가 가능하도록 시설(수리형 문짝 등)계획 시 고려한다.



해설그림 (4.7-3) 수문의 예

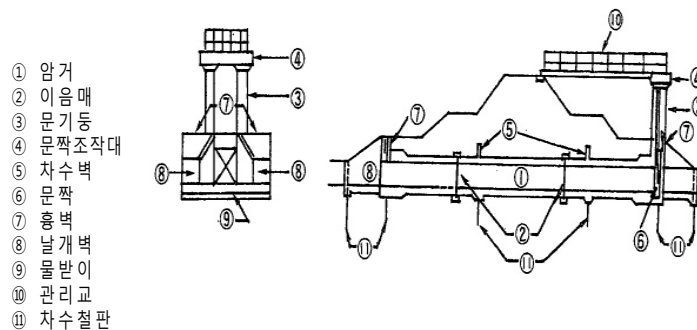
수문의 본체 형식은 해설그림(4.7-4)와 같이 소규모인 것은 상자형, 대규모인 것은 역 T형, 중간인 것은 U형으로 하는 경우가 많다.



해설그림 (4.7-4) 수문 본체의 형식

문짝(gate)은 강구조가 많은데, 알루미늄 제품이나 FRP제품인 것도 있다

나. 통문의 시설물 구성은 해설그림(4.7-5)과 같다.



해설그림 (4.7-5) 통문, 통관의 예

다. 수문, 통문 문짝형식에서 롤러 형식에는 롤러(roller)게이트, 셀(cell)구조 롤러(roller)게이트가 있고, 힌지(hinge)형식에는 섹터(sector)게이트, 기상게이트, 마이터(mitre)게이트, 플랩(flap)게이트, 바이저(visor)게이트 등이 있으며, 슬라이드(slide)형식에는 슬라이드게이트, 기타형식이 있다.

(3) 설계고려사항

외수위가 내수위 보다 높은 경우에는 해수 등 외수 침입을 방지하기 위한 지수(止水)능력과 강도를 가져야 하며, 내수위가 외수위 보다 높은 경우에는 불필요한 내수의 일부 또는 전부를 확실하게 배수할 수 있도록 적절한 배수능력을 가져야 하는데, 외수의 침입 저지와 내수의 배수는 내외 수위의 차이에 따라 상호간에 시간적으로 발생한다.

이들 성능이 안전하게 유지되려면 고조, 해일, 지진 등에 의해 시설이 파괴되지 않도록 충분한 강도를 가질 필요가 있다. 수문은 가동 시설이기 때문에 문비가 자유롭게 조작할 수 있도록 설치 장소, 구조, 유지관리 방식 등에 대해 충분한 검토가 이루어져야 한다.

4.7.2.2 설계조건 및 계획

(1) 설계조건

수문과 통문의 형식, 구조결정 전반에 대해 고려해야 하는 설계조건 항목은 다음과 같다.

가. 유역에서의 유입량

유역에서의 유입량은 고조시, 홍수시 및 상시를 구분하여 적용하도록 한다.

나. 계획 내수위, 계획 외수위 및 계획 외수위 곡선

(가) 계획외수위는 설계고조위를 사용한다.

(나) 계획외수위 곡선은 고조시 대상 고조의 조위곡선으로 하고 홍수시는 약최고고조위시의 평균 조위곡선으로 한다.

다. 파랑

대상파랑은 수문, 통문과 연결되는 호안, 제방 및 방호벽의 구조물 설계파를 사용한다.

라. 표사

수문, 통문 주변에 세굴 또는 퇴적의 우려가 있는 경우 다음 항목을 파악하여 대책을 검토해야 한다.

(가) 해빈단면

(나) 해저질 입경

(다) 표사이동량

(라) 해빈류

마. 지반

지반의 토질에 대해서 다음 항목을 파악한 뒤, 공법의 선정 및 파이핑 방지 등에 대해서 검토하도록 한다.

(가) 지반의 구성과 성질

(나) 지반의 지지력

(다) 지하수위

바. 지역 내 표고

사. 지진

아. 해안의 이용 및 이용자의 안전

자. 유역 및 외수역의 환경

차. 선박 통항 조건

카. 주변 경관과의 조화

타. 수문개폐에 따른 진동하중

수문 개폐 시의 진동을 하중으로 산정하여 정적 및 피로설계에 검토하여야 한다.

(2) 계획

수문 등의 위치는 파랑, 조류 및 표사, 지반조건 등에 의해 많은 영향을 받을 수 있으므로 계획 시 이에 대한 검토가 필요하고, 이용자의 안전과 주변 환경에 대한 영향을 검토하여야 한다.

【 해 설 】

(1) 설계조건

가. 유역에서의 유입량

유역에서의 유입량은 수문 등이 설치된 하천, 수로 등의 유역에서 강우에 의한 배수량, 도시 배수량, 농촌 배수량 등에 따라 구성된다. 고조시, 홍수시, 상시에는 수위나 유량의 크기, 변화 상황이 달라지기 때문에 고조시, 홍수시, 상시를 구별하도록 한다.

(가) 고조시

고조시에 수문 등은 폐쇄되어 내수위가 상승해 유역에서의 유입량이 문제가 된다. 고조시 유역에서의 유입량은 대상으로 하는 고조시에 일어날 것으로 예상되는 유역에서의 유입량으로 한다.

(나) 홍수시

홍수시 유역에서의 유입량에는 연결되는 하천 등의 계획유량을 사용하도록 한다. 이 유입량을 근거로 통수 단면 등을 검토한다.

(다) 상시

상시에 제내지 지하수에서의 유출이 문제가 되는 경우가 있다. 이 경우 상시 유역에서의 유입량에 지하수로부터의 유출을 고려한 통수 단면 등의 검토가 필요하다.

나. 계획 내수위는 연결되는 하천, 수로 등의 제방, 호안의 마루높이를 고려해서 결정하거나 혹은 구역 내 최저 표고에 제내지 허용 침수위를 추가한 높이를 사용하고, 계획외수위는 설계고조위를 사용한다.

고조시와 홍수시의 배수계획은 외수위 시간변화가 문제가 된다. 이 외수위 시간변화 곡선을 계획 외수위 곡선이라 부르며 고조시의 계획외수위 곡선은 대상 고조의 조위곡선으로 하고, 홍수시의 계획외수위 곡선은 약최고고조위시의 평균 조위곡선으로 결정하기도 한다. 또 홍수시나 고조시에 문이 폐쇄된 경우에는 내외 수위 차가 발생하기 때문에 이로 인한 정수압, 침투수의 영향을 고려해야 한다.

다. 표사

하구에 수문, 통문 등을 설치하면, 표사의 이동으로 수문, 통문 등의 전면에 퇴적이 되는 경우가 있다. 수문, 통문 등의 전면에 모래가 퇴적된 경우 하천, 수로의 범람, 배수 불량 등 각종 사회적, 경제적으로 악영향을 미치므로 시설주변의 표사대책을 검토하고, 또한 주변 해안에 침식이 생기지 않도록 고려한다.

수문이나 통문이 간척지에 설치된 경우 수문이나 통문 전면에 갯벌토사가 퇴적되어 시설물이 매몰

되거나 갯벌 지반고가 배후지보다 높아지는 현상이 발생하여 통문, 수문의 자연 유하능력 저하나 개폐에 지장을 줄 수 있고, 제방 내의 배후지에서 배수 불량이나 침수 피해가 발생할 수 있다.

갯벌이 발달하는 해안에 수문이나 통문을 계획할 경우에는 갯벌의 발달속도, 갯벌 토사의 입경 등을 고려하여 매몰 우려가 있는 경우에는 그 대책을 검토하여야 한다.

한편, 대책 검토는 설치 후의 유지관리비에 대해서도 충분히 검토하여야 한다.

라. 지반

일반적으로 수문, 통문 등은 통상 하천이나 수로의 저지대에 설치되기 때문에 지반조건이 열악한 장소가 많으므로 지반의 구성과 성질, 지하수위 및 지반지지력 등을 파악해서 구조적인 안전성을 확보하도록 한다.

마. 지역내 표고

홍수 시 구역 내에 일시적으로 침수를 허용하는 경우는 구역 내 침수상태를 분석하기 위한 지역 내 표고를 파악해 둘 필요가 있다. 또 수문의 바닥 높이의 검토에 대해서는 구역 내 최저표고 및 배수 경로의 수로표고를 고려해야 한다.

바. 지진

구조물의 안전성 검토에 대해서 중요도에 따른 지진력을 고려한다.

사. 해안의 이용 및 이용자의 안전

인접한 해안에서 해안의 이용이 예상되는 경우에는 이용의 편리성이나 이용 안전성에 대해 검토한다.

아. 유역 및 외수역의 환경

시설의 구조물이 유역 및 외수역의 수질, 생태계에 영향을 미칠 경우에는 이에 대해서도 검토한다.

자. 선박 통행 조건

통행 선박이 있는 경우는 선박의 통행에 지장이 없도록 바닥 높이를 결정하며 충분한 상부의 여유 공간을 확보할 필요가 있고, 수문, 통문 등의 바닥 높이는 수로와 매끄럽게 접촉하도록 충분히 주의해야 한다. 또한 구조물의 안전성 검토에서는 풍하중, 충돌력 등도 고려해야 한다.

차. 주변 경관과의 조화

주변 지역의 경관특성을 고려하여 형태, 색채 등을 검토한다.

(2) 계획

수문 등의 위치선정은 다음 항목에 유의해야 한다.

가. 수문은 보통 외해측으로 소통이 양호해야 하므로 풍향, 파랑, 조류 등에 의해서 토사가 퇴적되기 쉬운 위치는 피하도록 한다.

나. 공사가 용이하고 구조물의 안전성을 확보하기 위해 기초 지반은 가능한 견고하고 누수 우려가 적은 위치에 설정한다.

다. 배수문의 경우는 인접 배후지의 내수를 간조 시에 배제하는 것을 목적으로 하기 때문에 배수 능력을 높이기 위해 지반의 가장 낮은 지점에 설치한다. 그러나 최저위부는 일반적으로 기초 지반이 연약한 경우가 많으므로 주의가 필요하다.

라. 배수문의 위치가 인접 해안의 이용 면에서 장애가 되지 않도록 배려한다. 특히 해안 이용자의 안전을 검토하여 대책 등을 검토한다.

마. 배수문이 해안 및 주변의 환경 및 경관에 영향을 미칠 때는 설치 위치를 재검토한다.

4.7.2.3 재료

이 기준의 ‘제3장 재료’의 해당 조항을 따른다.

4.7.2.4 설계

(1) 설계 방침

가. 소요 기능을 발휘할 수 있도록 수문과 통문의 설치 위치, 바닥 높이나 통수 단면을 정하여야 한다.
나. 수문과 통문의 설계는 호안, 제방 등의 기능을 만족시킴과 동시에, 설치 목적인 계획 내수위를 유지할 수 있도록 자연 조건, 유역의 배수 계획 등을 고려해서 다음 각 항목의 기능이 확보될 수 있도록 하여야 한다.

(가) 조수간만을 이용해서 자연배수를 할 수 있는 통문 기능

(나) 자연배수에 의해 계획 내수위를 유지하는 것이 곤란한 경우에는 강제배수에 의한 내수위 조절기능

(2) 목표 성능

가. 수문과 통문의 설치 목적을 달성하기 위한 성능은, 시설 위치, 바닥 높이 및 통수 단면 등에 대해 전체적으로 평가하도록 한다.

나. 성능은 유역에서의 유입량, 외수위 등을 적절하게 설정하여 내수위가 계획 수위 이하로 유지되어야 하고, 시설 조작에 종사하는 사람의 안전이 확보될 수 있어야 한다.

다. 수문과 통문의 집수성능은 시설위치에 따라 정해지기 때문에 지반의 표고 토질, 풍향, 파도, 표사, 해안의 이용, 환경 보전 등을 고려해서 충분한 집수능력을 발휘할 수 있도록 위치를 결정하여야 한다.

라. 수문과 통문의 바닥 높이나 통수단면은 배수 기능을 효과적으로 얻을 수 있도록 연결하는 수로 유역에서의 유입량, 외수위, 내수위, 선박의 통행, 인접 해안의 이용, 환경 보호 등을 고려해서 충분한 배수 능력을 발휘할 수 있는 제원을 결정하여야 한다.

(3) 안전 성능

수문과 통문은 파력, 토압, 수압 및 지진력의 작용에 대해 안전한 구조여야 한다.

(4) 기타 성능

수문과 통문을 설치하려면 작동 체계 및 유지관리 체계를 수립하여, 필요에 따라 관리교량 외에 적절한 관리 시설을 설치하여야 한다.

또한 시설관리자의 안전을 위해 필요한 경우 자동 또는 원격 조작으로 시설의 개폐를 작동할 수 있도록 하여야 한다.

[해설]

(1) 설계 방침

가. 수문, 통문 등의 설계는 대상이 되는 유역의 배수 계획을 고려하고 배수 시설에 필요한 수리 기능을 만족시킴과 동시에 파력, 지진, 표사 및 기타작용에 대해서 구조적으로 안전한 시설이 되도록 하여야 한다. 또 시설의 작동을 포함한 관리 체계에 대해서도 고려하여야 한다.

나. 수문, 통문 등은 고조나 해일로부터 배후지를 보호하기 위한 하천, 방수로 운하 등을 가로질러 설치되는 방재 시설이다. 또 수문, 통문 등의 배수문, 배수 통문 등은 조수 간만을 이용해서 지역 내

배수를 하는 통수 시설이며 고조 등의 이상 시에는 제방과 동일하게 방재 기능을 갖는 시설이다. 자연 배수가 계획 내수위 유지에 부족한 경우에는 강제배수시설 설치를 검토한다.

한편, 낮은 지역에서의 배수 대상이 되는 유역은 제방 등으로 인하여 인공적으로 유역계가 형성되는 경우가 많기 때문에 기계시설에 의한 강제배수의 검토와 동시에 유역의 분할·병합 등을 재편성하는 방법도 검토할 필요가 있다.

(2) 목표 성능

가. 바닥높이와 통수단면

(가) 바닥 높이

수문의 바닥 높이는 배수능력 측면에서 보면 낮게 결정하는 쪽이 바람직하다. 그러나 매물 등에 의한 기능 장애가 우려되는 경우에는 연결되는 하천 등의 하상 높이보다 약간 높게 할 필요가 있다. 또 표사가 발달한 경우에는 바닥 높이가 너무 낮으면 표사의 퇴적으로 문 개폐가 곤란해지는 일도 있으므로 주의를 요한다. 통행 선박이 있는 경우에는 선박의 통행에 지장이 없는 높이로 해야 한다. 인접 해안의 이용 및 환경 보호 측면에서 바닥 높이의 변경이 필요한 경우에는 이를 고려한다.

(나) 통수 단면

수문 등의 통수 단면은 유역에서의 유입량을 충분히 수용할 수 있어야 한다. 마루높이는 고조시 제방, 호안과 같은 방재 기능을 갖도록 하여야 한다. 또한, 수문의 하단 높이 및 폭은 통행선박이 있을 경우 통행선박의 제원을 고려해서 결정할 필요가 있다.

수문, 통문 등의 배수량 계산은 내외 수위 차의 시간적 변화에 근거한 부정류가 되어 복잡한 계산이 된다. GIS 등의 데이터가 정비되고 이에 대응하는 모델에 의한 배수량 추정이 가능한 경우에는 이것을 사용한다. 하지만 데이터나 모델이 갖춰지지 않은 경우에는 실용적으로 근사계산법을 사용해도 지장이 없다. 수리계산에 있어 수문 등의 구조를 분류하면 개수로, 수문, 관거(管渠) 등으로 구분되며 각각에 적합한 공식을 사용하도록 한다. 인접 해안의 이용 및 환경 보전 상, 단면의 변경이 필요한 경우에는 이를 고려한다.

(3) 안전 성능

수문과 통문은 파력, 토압, 수압 및 지진력의 작용에 대해 다음과 같은 항목을 검토한다.

가. 자중, 정수압, 파력, 토압, 개폐력, 지진 시 동수압, 지진력, 풍하중, 설하중, 온도 변화에 의한 영향, 흐름에 의한 수압의 변화, 자동차 하중, 진동에 의한 하중 증가 및 충격력을 고려해야 한다.

나. 상기의 가 항의 작용에 대해 다음사항을 검토한다.

(가) 전도에 대해 안전할 것

(나) 활동에 대해 안전할 것

(다) 침하에 대해 안전할 것

(라) 각 부재가 충분한 부재력을 가질 것

다. 상기의 나 항의 안전을 또는 부재력 해석 등은 “항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)”의 관련 규정을 따른다.

(4) 기타 성능

수문계획 시 기타 고려사항은 다음과 같다.

가. 예상되는 개폐 하중(자중, 마찰력, 상하 방향의 수리력)에 대해 확실한 개폐 조작이 가능할 것

- 나. 수밀성을 확보할 목적으로 고무 등의 탄성 재료나 금속을 사용하는데, 사용 수압에 대응한 적절한 재료, 형상, 치수, 수밀 구조를 선정할 것
- 다. 장기간에 걸쳐 사용되기 때문에 설치장소의 조건을 고려한 부식, 마모에 대한 내구성을 가질 것
- 라. 상시, 파랑이 작용하는 경우에는 파랑에 의한 반복 하중에 대해 검토할 것
- 마. 개폐 작동에 의한 제수, 방류 시에 유해한 진동이 생기지 않도록 할 것
- 바. 조작이나 보수 관리를 용이하게 하기 위해, 구조를 단순하게 해서 보수 관리용 설비(관리교량, 계단, 난간 등)를 설치할 것
- 사. 수문의 보수는 유기주석을 포함하는 등의 환경에 악영향이 있는 재료의 이용을 배제하도록 할 것

4.7.3 배수펌프장

4.7.3.1 일반사항

(1) 목적

가. 배수펌프장은 자연 배수가 불가능한 경우나 부족한 경우에 계획수위 이상의 제내측 물을 기계 배수로 제거해, 해안가 뒤로 있는 인명이나 재산을 침수피해로부터 보호하는 것을 목적으로 설치되는 연안시설이다.

나. 배수펌프장은 해수 등의 외수 침입을 방지하고 계획수위 이상의 내수를 제거하는 기능을 한다.

(2) 시설물의 구성

배수펌프장은 본체시설, 상부시설, 펌프시설 및 기타 부속시설로 구성된다.

(3) 참고기준

하천설계기준·해설(국토교통부)

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

(4) 설계고려사항

배수펌프장은 소요 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 성능을 갖도록 하여야 하며, 파랑, 지진 및 폭풍해일, 지진 및 기타 작용에 대해 안전한 구조를 유지하여야 한다.

또한 배수펌프장은 지반 침하나 배수구에 토사 퇴적 등으로 배수펌프장의 조작이나 작동이 불가능해지는 일이 없도록 충분한 조작성을 갖추어야 한다.

[해 설]

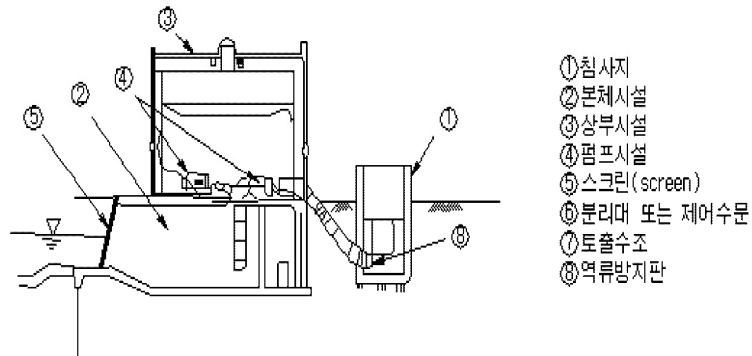
(1) 목적

가. 배수펌프장의 설치 목적은 수문 및 통문에 의한 자연 배수가 불가능한 경우나 곤란한 경우에 기계에 의한 강제 배수로 내수위를 계획수위 이내로 유지하는 것이다. 이 때문에 배수펌프장은 함께 설치되는 수문 및 통문을 감안하여 계획할 필요가 있다.

이 목적을 달성하기 위해 자연조건, 유역의 배수계획 등을 고려해서 설치위치, 시설능력 등을 결정하도록 한다.

(2) 시설물의 구성

배수펌프장의 시설물 구성은 해설그림(4.7-6)과 같다.



해설그림 (4.7-6) 배수펌프장의 각부 명칭 (예시)

(3) 설계고려사항

배수펌프장의 목적 달성 성능은 배수기능을 확보하는 것이다.

배수펌프장의 안전 성능은 과량, 지진 및 폭풍해일, 지진 및 기타 작용에 대해 안전하도록 한다. 그 외에 침수에 의해 배수펌프장의 작동 중단이 발생하지 않도록 고려한다. 또한 장기적으로 지반 침하나 배수구가 토사의 퇴적 등으로 조작할 수 없게 되는 일이 없도록 유의하여야 한다.

4.7.3.2 설계조건 및 계획

(1) 설계조건

배수펌프장의 형식, 구조 전반의 결정에 고려해야 하는 설계조건 항목은 다음과 같다.

가. 유역에서의 유입량

유역에서의 유입량은 이 기준의 '4.7.2.2 설계조건 및 계획/(1) 설계조건'을 따른다.

나. 계획 내수위, 계획 외수위 및 계획 외수위 곡선

(가) 계획외수위는 이 기준의 '4.7.2.2 설계조건 및 계획/(1) 설계조건'을 따른다.

(나) 계획외수위 곡선은 이 기준의 '4.7.2.2 설계조건 및 계획/(1) 설계조건'을 따른다.

다. 계획 배수량

계획 배수량은 내수위를 계획 내수위 이하로 유지하기 위한 배수량으로 내수 배제 계획에 기초하여 펌프 설치로 인한 피해예방 편익과 건설비용에 의한 경제성을 고려해서 결정한다.

라. 과량

과량은 이 기준의 '4.7.2.2 설계조건 및 계획/(1) 설계조건'을 따른다.

마. 지반

지반은 이 기준의 '4.7.2.2 설계조건 및 계획/(1) 설계조건'을 따른다.

바. 지진

구조물의 안전성 검토에 대해서 중요도에 따른 지진력을 고려한다.

사. 인접 해안의 이용

배수펌프장은 소음, 진동 등에 의해 해안 이용자의 쾌적성이나 인근주민의 생활에 영향을 미치지 않도록 고려해서 설치하여야 한다.

아. 환경 보전

배수펌프장 설치운영과 관련하여 소음, 진동 등에 의해 자연 환경에 영향을 미치지 않도록 고려하여야 한다.

자. 주변 경관과의 조화

(2) 계획

가. 배수펌프장의 위치 선정은 다음 사항을 고려해야 한다.

(가) 배수펌프장의 집수 특성

(나) 지형적 영향

(다) 지반조건

(라) 호안·제방 등에 의한 영향

(마) 인접 해안의 이용성

(바) 환경영향

(사) 용지확보 용의성

(아) 주변 경관과의 조화

나. 배수펌프장의 시설 배치는 시설의 이용과 유지관리의 편리성을 고려하여 결정하여야 한다.

[해설]

(1) 설계조건

가. 주변 경관과의 조화

주변 지역의 경관특성을 고려하여 형태, 색채 등을 검토한다.

(2) 계획

가. 배수펌프장의 위치선정시 고려할 사항

(가) 배수펌프장의 집수 특성

배수펌프장의 집수 특성은 주로 배수펌프장의 위치, 부유물 수거 스크린 등의 부대시설에 의한 수리특성에 의존한다. 배수펌프장의 집수능력에 영향을 미치는 배수로의 통수단면은 조류지(潮遊池) 외의 연안보전 시설사업 대상에서 제외되는 일이 많다. 이런 경우에는 배수로의 집수성능에 대한 기능 중에서 해당 연안시설의 기여분을 명확히 해서 성능을 평가할 필요가 있다. 단, 수로 부분에 대해서는 우선은 수리계획 없이 현 상태를 그대로 이용하는 경우 수로의 평가를 시행하지 않을 수도 있다.

(나) 지형적 영향

㉞ 배수펌프장은 가장 낮은 저지대에 설치되는 경우가 많으므로 내외 수위차에 의한 양정(揚程)을 작게 할 수 있을 것

㉟ 배수펌프장에 연결되는 도수로 또는 송수로의 연장을 가능한 짧게 하고 그 선형을 직선으로 할 것.
다만, 인접 해안의 이용이나 환경에 대한 고려가 필요한 경우에는 제외한다.

(다) 지반조건

㉞ 기초부가 안전하고 경제적으로 시공할 수 있을 것.

㉟ 지반침하나 지반활동(sliding) 등이 발생하지 않도록 하고, 대상지역이 연약지반인 경우는 미리 침하를 예측하여 시설계획에 반영하도록 한다.

(라) 호안·제방 등에 의한 영향

배수펌프장 설치로 인한 호안·제방 등의 구조에 지장이 미치지 않도록 한다.

(마) 인접 해안의 이용성

㉠ 지역의 토지이용 계획과 조화를 이룰 것.

㉡ 펌프장 설치에 따른 주변의 기존 시설 등에 장애를 최소화 할 것.

㉢ 소음, 진동 등에 의해 주변에 공해문제가 발생되지 않게 할 것.

(바) 환경영향

㉠ 지역 환경과 조화를 이룰 것.

㉡ 생태계에 현저한 영향을 미치지 않도록 고려할 것.

(사) 용지 확보가 용이할 것.

(아) 주변 경관과의 조화

주변 지역의 경관특성을 고려하여 형태, 색채 등을 검토한다.

4.7.3.3 재료

이 기준의 ‘제3장 재료’의 해당 조항을 따른다.

4.7.3.4 설계

(1) 설계 방침

가. 소요 기능을 발휘할 수 있도록 배수펌프장의 설치 위치, 시설 능력 등을 정하여야 한다.

나. 배수펌프장은 수문 등과 일체가 되어서 그 기능을 발휘하는 것이므로 수문 등의 규모를 고려하여 계획하여야 한다.

다. 배수펌프장은 필요할 때 확실하게 운전할 수 있도록 일상 점검이 필요하고, 또한 유지관리 정비를 위한 대체 설비를 설치하여야 한다.

(2) 목표 성능

가. 배수펌프장의 설치 목적을 달성하기 위한 성능은 위치 및 펌프 능력 등을 전체적으로 평가하도록 한다.

나. 성능 평가는 유역에서의 유입량, 외수위 등을 적절하게 설정하여 내수위가 계획 이하로 유지될 수 있도록 하여야 한다.

다. 배수펌프장의 집수성능은 시설위치에 따라 크게 좌우되므로 지형, 토질, 제방 및 호안 등의 영향, 인접해안의 이용, 환경 등을 고려해서 충분한 집수성능을 얻을 수 있도록 위치를 결정하여야 한다.

라. 배수펌프장의 배수 성능은 펌프, 원동기의 형식, 능력 및 대수의 조합으로 평가되므로 계획 배수량, 양정 등 펌프장으로 연결되는 수로의 특성 등을 고려해서 적절한 배수능력을 얻을 수 있도록 결정하여야 한다.

(3) 안전 성능

가. 배수펌프장은 파력, 지진력, 토압 및 수압 등의 작용에 대해 안전한 구조여야 한다.

나. 기타 안전성능 검토는 이 기준의 ‘4.7.2.4 설계’의 해당 조항을 따른다.

[해 설]

(1) 설계 방침

배수펌프장은 유역의 끝단에서 시점까지 하나의 배수체계를 동일 계획 규모로 통일시키는 것이 바람직하다. 배수펌프장 시설만큼 커다란 배수량을 설정하면 과대해 지고, 반대로 펌프장의 배수능력이 수로의 능력 이하로 되는 경우 피해가 발생할 수 있다.

(2) 목표 성능

펌프 및 원동기 설계 시는 다음 항목을 고려한다.

(가) 배수펌프의 배수특성

배수펌프의 배수특성은 내외 수위차와 배수계통의 손실에 의해 결정된다.

배수펌프의 특성은 성능곡선으로 주어진다. 또한, 기존에 사용하고 있는 펌프가 있는 경우의 배수특성은 실측 데이터를 참고하면 된다.

(나) 펌프 계획토출량의 결정

펌프의 계획토출량은 내수 배제 계획에 의한 계획 배수량, 펌프 설치 대수 및 펌프 용량을 대상으로 하여 결정한다.

(다) 펌프의 용량과 대수

펌프의 설치 대수는 일반적으로 2대 이상 10대까지로 하며 예비기는 설치하지 않는 경우가 많다. 또한, 1대당 펌프 용량은 내수 유출량의 변화, 펌프의 양정-배수량 특성 등을 검토하여 원활한 배수가 가능하도록 결정한다.

(라) 계획 실제 양정

펌프의 배수량은 양정에 좌우된다. 실제 양정은 외수위와 내수위의 차이이다. 계획 실제 양정은 우선 이 값을 내수위 파형, 내수위 유출량의 변동으로부터 가정하고 이어 펌프의 양정-배수량 곡선을 이용해서 내수 배제 확인 계산을 하여, 허용 침수위 및 허용 침수시간 이하가 되는 것을 확인해서 결정한다. 일반적으로 계획 실제 양정의 값은 계획양정인 계획 외수위와 계획 내수위 차이의 70~80% 정도이다. 또 계획 전체 양정은 결정한 계획 실제 양정에 흡수에서부터 토출까지의 손실 양정을 더한 것이다.

(마) 펌프 형식의 선정

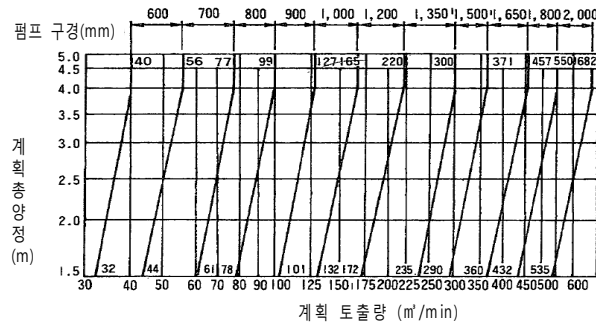
펌프 형식에는 기종형식, 축형식, 고정형식이 있으며 일반적으로 이들을 조합한 호칭이다.

기종형식은 펌프 본체의 기본적 형상을 가지고 사류형, 축류형, 와권형 등이 있다. 일반적으로 축류형은 배수량이 크고 저양정(1~4m 정도)에서 많은 수량을 보내는 경우에 적합하며, 사류형은 배수량이 크고 4~10m의 양정에 적합하다. 와권형은 배수량이 작고 고양정인 경우에 적합하다.

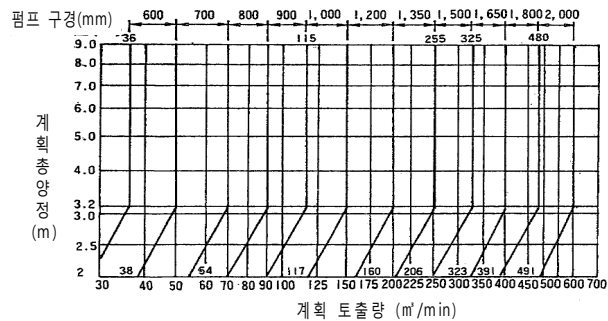
축형식은 펌프의 축 방향을 나타내는 것으로 횡축형, 입축형, 사축형 등이 있다. 고정형식은 펌프를 고정하는 구조물의 형상을 나타내어 입축 펌프에서 1상식, 2상식, 콘크리트 케이싱식이 있다.

(바) 펌프 구경의 결정

펌프구경은 펌프형식, 계획 토출량, 계획 총양정에 따라 해설그림(4.7-7), (4.7-8)의 예시와 같이 결정한다.



해설 그림 (4.7-7) 사류 펌프 선정도 (예시)



해설 그림 (4.7-8) 축류 펌프 선정도 (예시)

(사) 펌프 흡입 성능의 검토

펌프 형식의 결정시에는 펌프 흡입 성능을 검토하고 공동현상(cavitation)이 발생하지 않은 것을 확인한다. 공동현상이 발생할 우려가 있는 경우는 흡입성능(펌프의 기계적 배수능력과 흡수구조의 시설적 능력)이 좋은 형식으로 변경해야 한다.

(아) 내수 배제 체크 계산

내수 배제 체크 계산은 가결정된 계획 실제 양정을 이용하고, 계산 결과가 계획 내수위를 만족하지 않는 경우는 처음부터 계산을 반복하여 결정하도록 한다.

(자) 주 원동기

배수펌프 설비의 주 원동기는 태풍이나 호우 등의 이상 유출 시에 확실하게 운전할 수 있도록 가스 터빈이나 디젤 기관을 표준으로 한다.

(차) 기타

일반적으로 펌프의 흡수조 입구에는 펌프 보호와 안전을 위해 이물질 제거용 스크린 등을 설치한다. 또 흡수층의 유입구에는 청소, 점검, 수리를 위한 통로를 만든다.

(3) 안전성능

배수펌프장의 안전성능은 홍수, 지진 등의 작용에 대한 안전성을 검토한다. 조사 방법은 수문 및 통문과 유사하다.

(가) 일반사항

배수펌프장의 안전성은 주변 시설과의 성능 조화를 고려할 필요가 있다. 예를 들면 배수펌프장의 기초가 튼튼해서 배수펌프장 자체는 외력에 영향을 받지 않더라도, 인접하는 수문 등이 피해를 입어 외수의 침입을 막지 못하면 배수펌프장은 기능을 발휘할 수 없다.

(나) 배수펌프장의 구조

- ㉔ 배수펌프장의 안전 성능은 주로 배수펌프장의 구조에 따라 결정되므로 배수펌프장의 구조를 검토하여야 한다. 배수펌프장은 철근 콘크리트 구조 또는 동등 이상의 기능을 갖는 소재와 구조로 수압에 대해서 수밀하게 되도록 계획하여야 한다. 배수펌프장 내의 시설배치는 시설의 이용과 유지관리의 편리성을 고려해서 결정한다.
- ㉕ 배수펌프장은 낮은 평지에 설치되는 경우가 많으므로 기장 본체 내에 설치되어 있는 각종 기기나 배선을 내수의 진입으로부터 보호하기 위해 기장 바닥 면을 높게 하거나, 구조 자체를 수밀하게 할 필요가 있다.
- ㉖ 지하의 기기실 등은 환기부를 만들어 환기할 수 있는 구조로 한다. 기장 본체 내의 최심부에는 필요에 따라 배수조를 설치하여 침입한 물을 수시로 배수할 수 있는 용량의 펌프를 설치한다.
- ㉗ 흡수조 앞에는 필요에 따라 침사지를 만드는데, 그 구조는 견고하고 수밀한 철근 콘크리트로 한다.
- ㉘ 조작실은 시설 전체를 볼 수 있는 위치에 설치한다. 또 제어 기기실은 환기나 채광이 좋고 건조한 장소에 만들며 필요한 경우 펌프실을 설치한다.

4.7.4 육갑문

4.7.4.1 일반사항

(1) 목적

가. 육갑문은 호안, 제방 또는 방호벽 전면의 항만 및 어항시설, 해빈 등을 이용하기 위해 또는 차량이나 사람의 통행을 위해 만든 연안시설이다.

나. 육갑문은 폐쇄 시 호안, 제방 또는 방호벽의 기능을 하도록 한다.

(2) 참고기준

하천설계기준·해설(국토교통부)

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

(3) 설계고려사항

육갑문은 소요 기능을 발휘할 수 있도록 적절한 성능을 갖도록 한다. 또한 파랑, 지진 및 폭풍해일, 지진 및 기타 작용에 대해 안전한 구조가 되도록 하여야 한다.

[해 설]

(1) 목적

해안 영역은 오래전부터 어업이나 레크리에이션 장으로 이용되어지고 있고, 동시에 해운, 발전사업 등 산업 분야에서도 이뤄지고 있어 향후 점차 해안 영역의 이용요구는 늘어날 것이다. 따라서 육갑문의 배치 및 구조 형식은 이러한 해빈의 이용 상황(어업, 관광·오락, 해양 스포츠 등)이나 향후 이용 계획 등을 고려하여 검토할 필요가 있다.

(2) 설계고려사항

육갑문 계획에 있어서 폐쇄 시에는 호안, 제방 및 방호벽의 기능을 충족시키고 충분한 수밀성을 가져 연안시설의 구조상 취약점이 되지 않도록 하여야 하고, 개폐 시에는 사람이나 차량의 왕래가 원활하게 이뤄질 수 있도록 형상 및 구조 등을 결정하도록 한다. 또한, 누구나 쉽게 폐쇄할 수 있는 구조로 해야 한다.

4.7.4.2 설계조건 및 계획

(1) 설계조건

육갑문의 구조 형식, 구조 전반의 결정에 고려해야 하는 설계조건 항목은 다음과 같다.

가. 자연 조건

(가) 조위

(나) 파랑

(다) 해일

(라) 유속

(마) 표사

(바) 해저 지형 및 해빈 지형

(사) 지반

(아) 지진

나. 기타 조건

(가) 배후지의 중요도

(나) 연안의 환경

(다) 연안이용 및 이용자의 안전

(라) 시공 조건

(2) 계획

가. 육갑문의 설치되는 시설주변은 주민생활 공간으로 생활주변의 각종 시설과 간섭이 발생할 수 있으므로 교통, 주민의 생업에 대한 영향, 전면의 어항, 항만, 해변 등의 이용성에 대해서 고려하여야 한다.

나. 육갑문은 태풍, 해일 등 이상 시에 신속하게 닫아야 하므로 관리를 담당하는 지역 관계자와 충분히 협의한 뒤 적절한 장소에 설치하여야 한다.

[해설]

(1) 설계조건

자연 조건 등은 방호벽에 준한다.

지진에 대해서는 긴급 시에 확실하게 폐쇄하지 않으면 안 되므로 기본적으로 지진력을 고려한 설계를 하며 또 기초지반 등에 대해서도 대책을 검토하도록 한다.

4.7.4.3 재료

이 기준의 ‘제3장 재료’의 해당 조항을 따른다.

4.7.4.4 설계

(1) 설계 방침

가. 이 기준의 ‘제4장 설계/4.1 호안·제방/ 4.1.4.1 설계 방침’에 따른다.

나. 육갑문의 형식은 간단하고 인근 주민이 쉽게 조작할 수 있도록 하여야 한다.

다. 육갑문의 문은 수압, 자중 및 직사광선, 온도 변화에 의한 변형 등에 견딜 수 있도록 강성을 유지할 수 있는 구조여야 한다.

(2) 목표 성능

이 기준의 ‘제4장 설계/4.1 호안·제방/ 4.1.4.2 목표 성능’에 따른다.

(3) 안전 성능

가. 이 기준의 ‘제4장 설계/4.1 호안·제방/ 4.1.4.3 안전 성능’에 따른다.

나. 필요에 따라 전동식이나 원격지 조작형식으로 설치하더라도 태풍이나 지진, 재해 등에 의한 정전 시에도 작동할 수 있도록 수동 장치를 별도로 설치하여야 한다.

다. 육갑문을 설치한 후에는 작동체계 및 유지관리 체계를 확립해야 한다.

[해설]

(1) 설계 방침

가. 육갑문의 형식은 끌어당기는 식, 미닫이 식 등이 있는데 장소에 관계없이 조작이 용이하여야 한다.
 나. 육갑문의 부식은 기능, 조작성에 중대한 장애가 되므로 세부적인 것까지 검토하여 부식을 방지 하여야 한다. 최근에는 내구성이 뛰어나고 보수가 간편한 알루미늄 제품이나 스테인리스 제품이 사용되는 경우가 많다. 다만, 극히 소규모 육갑문에 강제를 사용할 경우 많은 경비가 들기 때문에 각재를 끼워 물빈지(stop log)를 만든다. 또 문에 비상용 출입구를 설치하거나 주변시설에 비상용 계단을 설치해서 폐쇄시의 통로를 확보하는 것이 바람직하다.

(2) 안전 성능

육갑문을 설치한 후에는 비상시의 작동체계와 일상적인 유지관리 체계를 확립하지 않으면 안 된다. 작동이나 유지관리에 대해서는 지역주민이나 지역의 방재 조직의 참여가 반드시 필요하다.

특히, 선로와 그와 관련되는 부위의 녹, 제체와 비체 사이에 낀 먼지나 결빙 등은 작동의 중대한 장애가 되기 때문에 기름 도포, 쓰레기 제거 등의 유지관리가 필수이다. 또 정기적인 작동훈련이 필요하므로 문 근처에 차량, 어구 등을 방지하지 않도록 하여야 한다.

4.7.5 비사·비말 방지시설

4.7.5.1 일반사항

(1) 목적

가. 비사·비말 방지 시설은 해안 뒤쪽으로 비사나 비말의 침입을 방지하기 위해 설치되는 시설이다.
 나. 비사·비말 방지 시설은 경관이나 배후지의 이용, 연안시설의 내염성 등을 고려하여, 비사·비말 방지에 필요한 기능을 갖도록 한다.

(2) 용어의 정의

가. 퇴사울타리 : 비사방지를 위해 나무, 대나무, 인공재료(플라스틱, 콘크리트 등)를 이용해 해안선에 평행하게 설치하는 울타리(펜스)
 나. 인공전사구(人工前砂丘) : 일정폭의 마루폭을 갖는 높이가 낮은 인공사구
 다. 식재공(植栽工) : 비사방지를 위한 식재
 라. 비사포착구(飛砂捕捉溝) : 비사를 떨어뜨리기 위해 해변의 일부를 굴착한 도랑

(3) 참고기준

항만 및 어항 설계기준·해설(해양수산부)

[해설]

(1) 목적

비사·방지시설은 비사발생을 억제하거나 발생한 비사를 포착하는 기능 혹은 그 양쪽 모두의 기능으로 비사를 제어한다. 비사 방지시설로는 기존에 사용되어 왔던 퇴사울타리(펜스), 인공전사구, 식재공 외에 최근에는 비사포착구(트렌치)나 가동형 투과성 울타리가 제안되고 있다.

4.7.5.2 재료

이 기준의 '제3장 재료'의 해당 조항을 따른다.

4.7.5.3 설계

(1) 비사방지시설

- 가. 퇴사울타리의 개구율은 목적성능을 확보할 수 있도록 적절하게 결정하여야 한다.
- 나. 인공전사구의 단면은 인근지역의 설치사례 등을 검토하여 목적성능이 확보될 수 있는 적절한 규모로 결정하여야 한다.
- 다. 식재공은 식재의 성장속도와 비사의 퇴적속도를 고려하여 식재가 비사퇴적으로 인하여 매몰되지 않도록 하여야 한다.
- 라. 비사포착구의 규모는 인근지역의 설치사례 등을 검토하여 목적성능이 확보될 수 있는 적절한 규모로 결정하여야 한다.
- 마. 해변형상 및 규모에 따라 단독시설보다는 여러 가지 시설을 조합하여 비사제어의 효과를 높이도록 하고 경관적 연계성을 검토한다.

(2) 비말방지시설

비말에 포함된 염분에 의해서 배후지역 금속의 부식, 송전선의 단락 사고, 식물의 고사 등 염·풍해에 대한 대책을 검토하여야 한다.

[해 설]

(1) 비사방지시설

- 가. 퇴사울타리의 높이는 보통 1m 정도로 해안선에 평행하게 설치된다. 개구율(개구부의 면적과 비사울타리 면적의 비)은 50%가 효과적이지만, 퇴사울타리의 바람 상류측에 모래를 퇴적시킬 경우, 퇴사울타리 주변에 빠르게 모래를 퇴적시킬 경우, 비교적 풍속이 작은 경우 등에는 개구율을 그보다 작게 하는 것이 효과적이며, 그 반대의 경우에는 개구율을 크게 하는 것이 효과적이다. 비사에 의해서 울타리가 매몰된 경우 그 위에 다시 울타리를 구축하도록 한다.
- 나. 인공전사구의 단면은 바람 상류측의 경사를 1: 2~1: 3, 바람 하류측의 경사를 1:1, 마루폭은 1~3m를 많이 사용한다.
- 다. 식재공은 어느 정도의 비사량 감소를 기대할 수 있지만, 대량의 감소는 기대할 수 없다. 한편, 적절한 밀도로 식재된 관목은 상당량의 비사량 감소를 기대할 수 있다. 또 식재의 성장 속도는 비사의 퇴적 속도보다 빠르게 해야 한다.
- 라. 비사포착구는 폭 2~5m, 깊이 1m 이상의 트랜치가 효과적이다.
- 마. 해안의 폭이 충분한 경우는 퇴사울타리, 정사공 등을 조합해서 비사를 제어하는 것이 가능하다. 그러나 해안의 폭이 충분하지 않고 배후지가 거주 지역이나 주차장 등으로 이용되는 경우에는 다중 고층 펜스, 비사 포착구, 가동식 방사 칸막이의 사용을 고려할 필요가 있다. 단독시설로 비사를 제어하기보다 여러 가지의 시설을 조합해서 제어하는 것이 효과적이다. 이때 주변 경관과의 조화와 함께 시설 간에 경관적 연계성을 검토하도록 한다.
- 바. 가동형 투과성 울타리(가동식 방사 칸막이)는 어느 한 시기, 임의 지점에 설치되는 칸막이 상태의

울타리이다. 비사가 심한 계절을 비롯해 방사 칸막이를 해변 상에 설치하여, 그 계절이 지난 뒤에 칸막이를 철거하고 퇴적한 모래를 불도저 등으로 밀어낸다.

(2) 비말방지시설

비말 방지 시설은 바람을 제어하기 위하여 비사 방지 시설보다 높은 시설이 필요하다. 따라서 비말 방지 시설로서는 높은 펜스와 비말 방지를 위한 식재가 적당하다.

비말 방지 시설과 쇠파 위치가 가까운 경우에는 비말 방지 시설에 커다란 비말이 분산하는 경우가 많기 때문에 이에 대응할 수 있는 강도와 내구성을 갖는 시설이 필요하다. 비말 방지 시설로서 금속 재료를 사용하는 경우에는 부식방지에 주의할 필요가 있다.

4.7.6 기타시설

4.7.6.1 일반사항

(1) 목적

연안시설의 운영, 보수 등 유지관리를 위하여 필요한 경우 다음과 같은 시설을 설치할 수 있다.

가. 관리용 통로

호안 및 해안제방 마루부에 관리용 차량 및 복구용 차량의 통행을 목적으로 설치하는 시설이다.

나. 정보시설

해안의 안전한 이용을 위해 필요에 따라 현장관측이나 기상청의 정보에 기초하여 파랑, 조위 등 해상 정보나 기상 정보를 표시하기 위한 목적으로 설치하는 정보시설이다.

다. 승강로 및 계단

해안의 이용 및 관리상 필요한 경우에 승강로 또는 계단을 설치하도록 한다. 승강로 및 계단은 호안이나 제방의 기능을 손상시키지 않도록 하고, 구조상 취약점이 생기지 않도록 설치한다.

[해설]

(1) 목적

가. 관리용 통로

연안시설을 건전하게 유지하기 위해 일상적인 점검이 중요하며 관리용 통로로서의 구조를 확보할 필요가 있다. 또 고파랑, 해일, 지진에 의해서 호안이나 제방 등 연안시설의 일부가 재해를 입은 경우에는 구조물의 안전성이 현저하게 떨어지므로 침수 등의 재해 방지와 연안시설의 재해확산을 방지하기 위해 신속하게 복구하기 위한 복구용 차량의 통행로 확보가 필요하다. 호안이나 제방의 마루는 대상시설의 피해를 우회하기 위한 피난로나 복구 통로로서 활용할 수 있는 다목적 공간이 된다.

나. 정보시설

해안은 사람들의 휴식이나 레크리에이션의 장으로서 널리 일반에 개방·공용되는 국민 전체의 자산이다. 한편, 해안에는 때때로 고파랑 및 폭풍해일 등이 내습하여 사람들의 안전이 위협받는다. 평상시에도 파랑과 해저 지형과의 상호 간섭으로 빠른 이안류가 발생하는 경우도 있다. 이 때문에 해안을 이용하는 사람들이 스스로의 안전을 판단하기 위해 필요한 정보를 제공할 수 있는 시설이 필요하다.

수문, 육갑문 등의 연안시설과 기상 해상 정보의 수집·해석·표시 시스템을 조합한 방재관리 시스템 구축도 필요하다.

4.7.6.2 재료

이 기준의 ‘제3장 재료’의 해당 조항을 따른다.

4.7.6.3 설계

(1) 관리용 통로

관리용 통로는 유지보수용 차량의 진입을 고려하고, 필요한 경우 교행 또는 회차 공간을 확보하여야 한다.

(2) 정보시설

비상시 주민에게 신속하게 위험을 알릴 수 있는 표식 또는 스피커시설 등을 설치하고, 필요한 경우 전국연안의 기상 및 해상정보 네트워크를 구축할 수 있다.

(3) 승강로 및 계단

승강로 및 계단을 설치하는 경우 승강로 및 계단으로 인하여 호안 및 제방 등 본체의 목적성능과 안전성능이 떨어지지 않도록 하여야 한다.

[해설]

(1) 관리용 통로

가. 관리용 차량 및 복구용 차량의 진행을 고려하고 넓이는 일반적으로 5.5m로 이하로 한다.

나. 관리 차량만을 대상으로 하는 경우는 호안·제방의 설계 규정을 만족시키면 된다. 그러나 복구 차량을 대상으로 하는 경우에는 예상되는 복구차량의 운하중에 안전한 구조로 하여야하고, 설계된 운하중의 한계를 시설물에 표시하여야 한다.

다. 적절한 간격으로 외부 도로에서부터의 접근로를 확보하고, 필요한 경우 차량의 교차하는 공간이나 회차 공간을 확보하도록 한다.

(2) 정보시설

가. 현장관측과 전국 네트워크 기상, 해상정보

(가) 연안의 기상 해상의 변화를 정확히 파악하기 위해, 해당 해안에서의 현장정보와 전국 연안의 네트워크 정보 등을 해안 이용자나 인근 주민에게 실시간으로 정보를 제공하는 것이 필요하다.

(나) 국내 연안의 기상·해상 정보에 대해 전국단위 네트워크를 바탕으로 실시간 기상정보와 파랑예측 정보시스템 구축도 필요하다.

나. 표식·표지시설의 설치

(가) 표식, 표지시설의 설계에 대해서는 이용자의 동선, 이용패턴 등을 고려하도록 한다.

(나) 해일 등 위험경보가 발령된 경우에는 즉시 주민에게 위험을 알릴 수 있도록 대형 스피커로 음성 발신 장치를 설치한다.

다. 지진해일 및 폭풍해일 방재관리 시스템

(가) 지진해일 및 폭풍해일 방재관리 시스템은 수문, 육갑문 등 연안시설과, 기상 해상정보 수집·

해석·표시 시스템을 조합하여 수문, 육갑문 등 연안시설을 효율적이고 신속하게 관리 제어하는 시스템이다

(나) 지진해일 및 폭풍해일 방재관리 시스템은 다음 두 가지 기본적인 기능을 갖도록 한다.

㉞ 수문, 육갑문 등 연안시설을 원격제어 하는 등 일관적이고 효율적인 관리 제어를 통해서 해안 지역의 안정성 향상을 도모한다.

㉟ 지진해일·폭풍해일·고파랑 등에 관한 방재 정보를 24시간 실시간으로 관측·수집하여, 이들 정보를 지역 주민에게 제공한다.

(3) 승강로 및 계단

가. 승강로 및 계단을 설치하는 경우에는 호안 및 제방 본체의 단면은 원칙적으로 축소하거나 줄여서는 안 된다.

나. 승강로나 계단은 호안 및 제방에 약점이 되지 않도록 분리 시공하는 것이 바람직하며 기초부의 세굴에도 유의할 필요가 있다.

다. 승강로 및 계단의 경사, 넓이는 제방 및 호안, 경우에 따라서는 사빈의 방재 기능 및 그 안전성을 유지할 수 있는 범위 내에서 이용의 편리성을 제공하며, 이용자의 안전을 확보하기 위해 필요에 따라 방호책을 설치하도록 한다.

라. 지진해일이 내습할 우려가 있는 제방, 호안에서는 피난용 계단을 적절한 간격으로 배치하는 것이 바람직하다. 또 이상 시 해수의 침입을 막기 위해 개구부에는 육갑문을 설치하는 것이 바람직하다.

마. 승강로 및 계단을 설치하는 경우 그에 대한 시설기준은 “항만시설물의 안전시설 설계지침(국토해양부, 2009)”을 참고할 수 있다.

[부 록]

부록 Ⅰ. 조사·모니터링

부록 Ⅲ. 수리모형실험

부록 Ⅱ. 수치모형실험

부록 Ⅳ. 갯벌 및 해조장

부록 I. 조사·모니터링

1. 개요

1.1 목적

- (1) 이 장은 연안시설의 안전설계 및 배치설계를 위한 조사 및 계획 단계에서 최소한의 요건으로 기술상의 기준을 나타낸 것이다.
- (2) 조사는 기상조사, 해양조사, 표사조사 및 환경, 생태계조사로 분류되며, 개별 조사에 대한 세부항목을 관측, 분석하여 침식의 방지, 경감 및 해안의 안정화를 도모할 목적으로 설치되는 연안시설의 설계에 기초자료로 활용하기 위함이다.
- (3) 모니터링은 연안시설의 시공 전·후에 대한 해빈의 변화 과정을 파악하기 위하여 실시하는 해양조사, 표사조사로 향후 연안시설의 검증자료로 활용하고, 연안시설의 새로운 기법을 도입할 수 있도록 지속적으로 조사하기 위함이다.

1.2 조사 시기

침식등급(D 등급) 3회 이상의 경우 정밀모니터링을 실시하여야 하며, 신뢰도를 확보할 수 있는 기술적 방안을 제시하여야 한다. 다만, 지역특성을 감안하여 필요한 경우 조정하여 시행할 수 있다.

1.3 연안침식 실태조사

연안침식의 광범위한 실태조사가 필요한 지역은 조사의 경제성과 효율성 등을 고려하여 “항공수심측량 작업규정(국립해양조사원 예규 제130호, 2015.07.09.)”의 항공수심측량 또는 무인항공측량 방법 등을 이용한 현장조사 방법을 적용할 수 있다.

2. 조사 및 계획

2.1 기상조사

2.1.1 목적

- (1) 연안시설은 강풍, 강수 등의 자연현상에 대하여 시설본래의 기능을 잃지 않도록 설계할 필요가 있고, 시설의 설치시는 대기환경 등의 영향이 경미하도록 계획할 필요가 있다.
- (2) 해상의 풍속은 연안역의 육지부와 비교하여도 대단히 커서 연안시설의 설계 시에는 목적에 따라 기상요소의 관측 혹은 수치계산에 의해 필요한 제원을 검토하고 환경에 주는 영향을 평가할 필요가 있다.
- (3) 시설의 공사기간 중에는 공사의 가동 및 안전방재를 위하여 기상 영향의 영향을 최대한 방지 않도록 하며, 원활한 공사 진행을 위하여 기상정보의 수집이 필요하다. 특히 대규모 공사는 강풍의 발생이 공사의 진행을 좌우하기 때문에 기상예측정보의 수집에도 노력해야 한다.

2.1.2 적용범위

- (1) 연안시설의 설계, 시설공사의 가동률 향상 및 시설이 대기환경에 주는 영향의 대상이 되는 기상 요소와 기상현상에 대하여 정리한 것이 부록표(I-1)이다.

부록표(I-1) 검토대상이 되는 기상요소와 기상현상

종 류	기상요소, 기상현상
연안시설의 설계	바람(강풍), 강수량, 적설, 기온
연안시설공사의 가동률 향상	바람, 강수량 안개(시정)
시설이 대기 환경에 주는 영향	바람(국지풍), 기온

- (2) 연안시설의 설계에서 바람(강풍)의 영향이 가장 크며, 바람은 파랑과 고조의 발생에 영향을 주며 동시에 연안시설과 계류 중인 선박에도 영향을 주어 시설공사를 저해하는 요인이 된다. 강수량은 배수시설의 용량을 결정하는 인자이고, 적설은 시설의 적재하중 산정 시 고려해야 할 경우가 있고, 기온은 구조부재의 응력분포에 영향을 준다.

2.1.3 설계고려사항

- (1) 연안시설의 설계 시 기상 조사를 하는 경우 다음과 같은 관점에서 검토한다.
- ① 필요한 기상요소의 검토
 - ② 실시간 현지 기상자료의 필요성
 - ③ 과거 기상관측 자료의 필요성 및 필요기간
 - ④ 가까운 기상대, AWS(automatic weather system) 관측소(자동기상관측시스템)의 이용 가능성
 - ⑤ 수치계산의 이용 가능성
 - ⑥ 현지 기상관측의 필요성
- (2) 이들의 검토를 충분히 한 다음에 아래 중 필요한 방법을 선택하여 실시한다.
- ① 과거 기상자료의 통계해석
 - ② 수치계산에 의한 해석
 - ③ 현지 기상관측

2.1.4 조사

- (1) 기상 시뮬레이션
- ① 연안역이 연안개발에 의해 고층화된 건물들과 복잡한 지리·지형적인 특성으로 인해 영향을 받는다고 판단되는 경우 보다 상세하고 정확한 바람정보가 필요하다. 이를 위해 큰 스케일(large scale)에서 모사된 기상모델결과를 둥지기법(nesting)을 이용하여 상세규모의 해상풍으로 산출하여야 한다.
 - ② 연안에 시설을 만드는 경우에도 시설물에 의한 영향을 적용한 바람자료가 필요하다. 예를 들면 속초시에 있는 동명방파제는 약 900m 길이로 건설된 대규모 방파제로 바람의 흐름을 방해하고 일조나 경관에도 영향을 준다.

- ③ 해안에 시설을 만드는 경우에 시설물이 기상환경에 주는 영향이 적지 않다고 판단되는 경우 기상수치계산에 의해 미리 파악해 둘 필요가 있다.

(2) 기상 시뮬레이션의 모델

기상조사와 같은 목적을 위한 기상 시뮬레이션 모델은 국지기상모델이라 불리고 시설물 주변의 난기류까지 고려할 수 있는 것을 이용할 필요가 있다. 이와 같은 모델의 하나로서 $k-\epsilon$ 모델과 LES(large eddy simulation) 모델이 있는데 구조물 주변 강풍의 영향조사 등에 많이 이용되고 있다.

(3) 기상예측 정보의 입수

대규모 연안시설공사는 공사효율의 향상과 재해방지를 위해 일반적인 기상정보 이외에 바람(강풍)이나 강수량, 안개(시정)의 예측정보를 입수하는 것이 바람직하다. 2009년 6월 9일 제정된 기상산업진흥법에서 기상사업자에 의한 기상예보정보의 제공이 개시되고 있다. 한편 기상청으로부터 민간기상사업자에게 수치예보격자점자료(GPV)가 제공되고 있어서 공사 시 시설시공자는 정밀한 기상예측정보를 이들 사업자로부터 입수할 수 있다.

(4) 기상관측

① 기상관측의 계획

가. 기상관측의 성과를 연안시설의 설계 등에 유효하게 이용하기 위해서는 관측방법, 관측기기의 종류와 구조, 관측기기의 취급법 등에 대하여 숙지해 둘 필요가 있다. 이들의 내용을 규정한 것이 기상관측표준화법 시행규칙이고 이들 지침에 따라서 관측이 되도록 계획할 필요가 있다.

② 기상관측에 이용하는 측기의 종류

가. 기상관측항목마다 이용하는 측기의 종류는 다음과 같다.

(가) 풍향·풍속의 관측

프로펠러형 풍향풍속계

초음파식 풍향풍속계

(나) 기온, 습도의 관측

수은온도계, 백금저항 온도계

모발자기 습도계, 전기저항고분자막 습도계

(다) 강수량 (비, 눈) 의 관측

원통형 강수량계, 사이펀식자기 강수량계, 전도식자기 강수량계, 초음파식 적설계, 광학식 적설계, 영상식 적설계

(라) 안개(시정)의 관측

시정계

(마) 기압의 관측

아네로이드 기압계, 반도체 기압계

③ 관측데이터 정리와 관측시스템

관측기기에 의한 기존 지상기상관측은 개개의 단위로 자기기록지 등에 기록되어 처리한 것을 일별 기상관측표에 정리한 것이다. 최근에는 관측 자료의 수집으로부터 자료 정리, 자료 보관, 시계열 도시 및 온라인 수신까지 자동화된 관측시스템을 구축한 것도 많으며 기상청의 AWS(automatic weather system)는 가장 좋은 예이다.

④ 기상관측결과와 해석

가. 설계풍

(가) 해안시설에 작용하는 바람의 설계풍속의 산정은 장기간(원칙적으로 30년 이상)에 걸친 실측 풍에 근거하여 풍속의 출현확률분포를 추정한 후 필요한 기간에 대응하는 풍속을 선택한다. 바람의 제원은 풍향과 풍속으로 하고 풍향은 16방위, 풍속은 10분간 평균풍속으로 표시한다.

(나) 풍속은 통상 지상 10m 높이에서 측정되며, 이를 평균해수면 상의 10m로 추정하여 설계에 사용한다. 대상이 되는 구조물의 높이가 크게 다른 경우에는 지상측량 등을 이용하여 높이의 보정이 필요하다.

나. 공사가동율의 산정

(가) 연안시설공사의 가동율에 영향을 주는 기상인자는 바람, 강수량, 안개(시정)를 들 수 있다. 이 중 강수량은 공사에 따라 강수가 없는 날을 선정할 필요가 있고, 짙은 안개의 발생빈도가 높은 지역에서는 공사가동율의 산정 시 고려할 필요가 있지만 안개의 발생은 계절적으로 한정되는 경우가 많다.

(나) 공사 가동율에 가장 크게 영향을 주는 것은 바람(강풍)이다. 통상 공사가동율의 산정은 공사의 종류에 따라 결정되며, 작업한계풍속은 일 최대풍속 또는 매시 10분간 평균풍속이 한계풍속을 초과하는 비율로 산정하는 경우가 많다.

2.2 해상조사

2.2.1 조위관측

(1) 조위관측의 목적

① 조위 관측은 해수면의 주기적인 승강을 관측하는 것으로 천문조에 의한 해수위의 변동을 기록한다. 정확한 주기를 분석하기 위해서는 1년 이상의 연속 관측된 자료가 필요하다. 관측되는 자료의 정확성을 위해서는 관측기기의 지반의 변동이 없어야하며 조위승강 외의 외력인 기압과 바람 등이 최소화될 수 있도록 관측하는 것이 중요하다. 조위관측의 목적은 다음과 같다.

가. 기본 수준점 측정

나. 평균해수면 모니터링

다. 해일, 고/저조 모니터링

라. 예측자료생성

② 조위관측은 목적에 따라 관측기간을 달리할 수 있으며, 일반적인 경우에 1년 이상의 장기관측이 필수적이다. 시간 및 비용 측면에서 다수의 장소에서 장기적으로 조위관측을 수행할 수 없는 경우에는 30일 정도의 관측 자료를 확보하고 주변에서 관측된 1년 이상의 조위자료와 비교/분석하여 목적에 맞게 활용할 수도 있다. 연안시설 공사 등을 실시하는 경우에는 공사가 이루어지는 해역과 주변해역에서 최소 2개소에 대하여 30일 정도의 단기 조석관측을 수행하는 것이 바람직하며, 이 자료는 연안시설 설계의 기초자료로 활용된다. 또한 조석관측 자료는 공사로 인한 해역의 조석변동을 파악하기 위한 해수유동 수치모델의 보정 및 검증자료로 활용될 수 있다.

가. 기본수준점(DL) 측정

관측하고자 하는 해역에서 30일 미만의 단기 관측이나 1년 이상의 장기 관측을 통해서 육상 기준

면과 해상기준면을 연결하여 해당 해역의 기준면을 산정하기 위함이다. 산정된 기준면은 해양물리의 측면과 연안 방재, 항만공사, 항해 등의 실질적인 면에서도 중요한 기초자료가 된다.

나. 평균해수면 모니터링

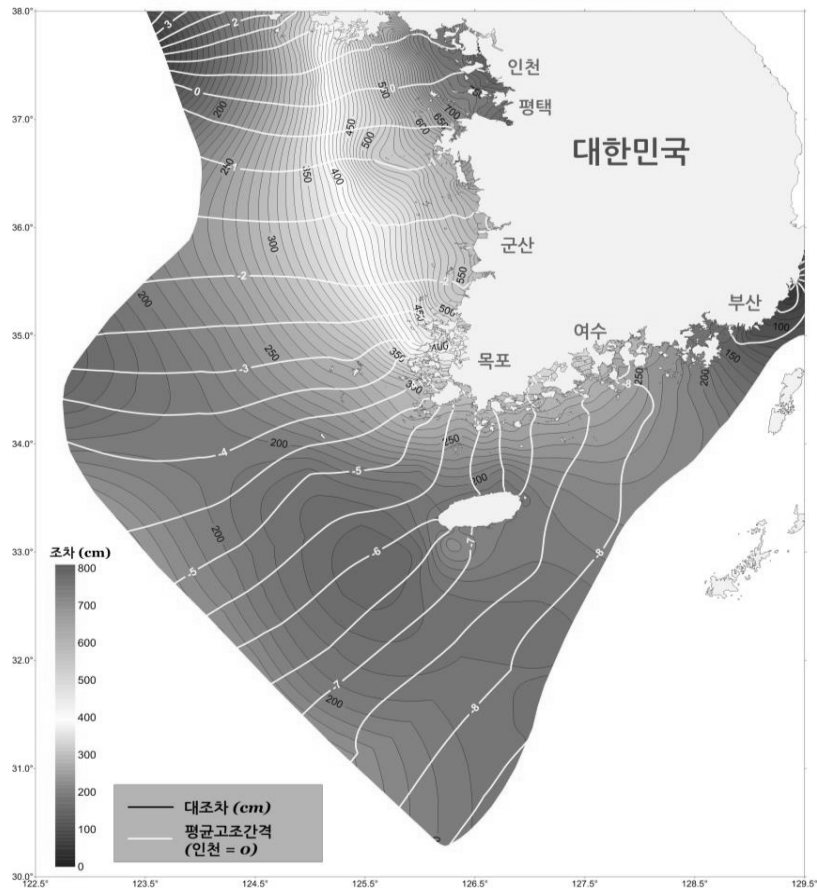
최근 연안개발과 전 지구적 온난화로 인하여 해수면이 점차 상승되고 있다. 장기적으로 관측된 조위자료를 활용하여 월별 평균 해수면 변동성을 확인할 수 있고, 장기적인 해수면 변화를 파악하는데 활용될 수 있다.

다. 해일, 고/저조 모니터링

1분 단위의 단기간의 실시간 관측 자료를 이용하여 예측된 조위자료와의 편차를 산출해내어 해일고를 계산할 수 있다. 또한 관측된 고조위와 저조위를 통해 간출이나 노출 등에 의하여 발생하는 해난사고와 연안지역의 범람 모니터링에 대응할 수 있다.

라. 예측자료 생성

1년 이상의 장기간 관측으로 얻어진 해수면 자료를 조화분석하여 개략 66개 조화상수로 얻을 수 있으며, 이를 다시 합성하여 임의시간에 대하여 조석을 예측하는데 활용할 수 있다. 부록그림(I-2)은 우리나라 주변 대조차 분포도를 나타낸다.



부록 그림 (I-2) 우리나라 주변 대조차 분포도

(2) 조위관측 기기

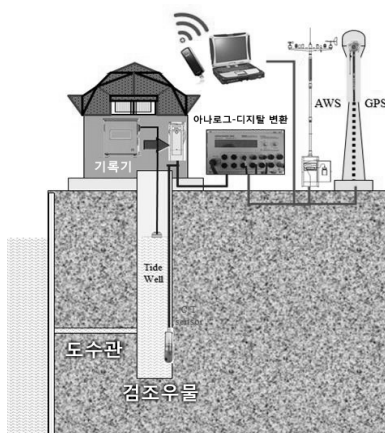
① 부이(buoy)식 검조기

가. 해안에 검조우물 및 도수관을 설치하여 해수를 우물 안으로 유도한 후에 관측하는 것으로 단주기적 해수면 변동을 최소화하며, 안정적으로 장기간에 걸친 자료를 수집할 수 있다[부록그림(I-3)]. 또한 관측기기가 내부에 있어 관리가 용이하다는 장점을 지닌다. 현재 국가해양관측망(국립해양조사원)에서는 대부분의 관측소가 이와 같은 부이식 검조기 형태를 지니고 있다. 부이식 검조기의 구조를 보면 도수관(우물정 깊이)은 최저극 조위에서 약 1m 이상 낮게 설치하고, 검조우물 상단은 고극조위에서 2m 이상 높게 설치되는 것을 기준으로하고 검조우물의 지름은 1m 내외로 한다. 도수관은 다음 조건식을 충족시켜야 한다.

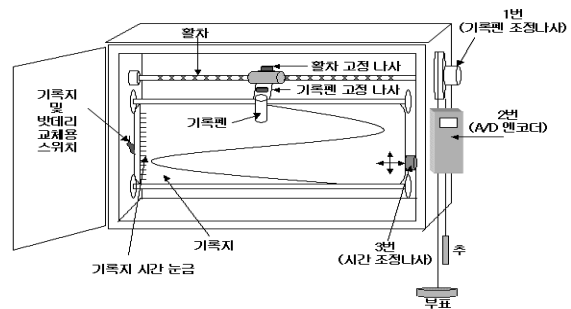
$$\frac{\text{검조우물의 단면적}}{\text{도수관의 단면적}} = 10$$

나. 관측 자료의 정확도 및 정밀도 유지를 위하여 매일 3회 이상의 기준측정을 실시하며, 기준측정 결과 오차가 확인된 경우는 3회 이상의 기준측정을 추가로 실시하여 수측기점값으로 기록지와 엔코더 조위값을 변경하고 조위기록지와 조위야장에 그 변경 값과 시각을 기록하여야 한다. 기본수준면 변경, 부표 또는 강선을 교체하였을 경우에는 기준측정을 10회 이상 실시하여 바뀐 기준면을 보정해 주어야 한다.

다. 기준측정 변경 값은 오차 값의 평균을 취하여 구하는데, 오차가 10mm 미만일 경우에는 오차 값을 적용하지 않는다. 관측소 내부의 우물과 도수관의 상태를 확인하기 위하여 매일 표척관측을 실시하여야 하며, 표척 값과 조위 값의 차이가 발생할 경우에는 즉시 시설관리자에게 보고하여야 한다.



(a) 부표식 조위관측소 개념도

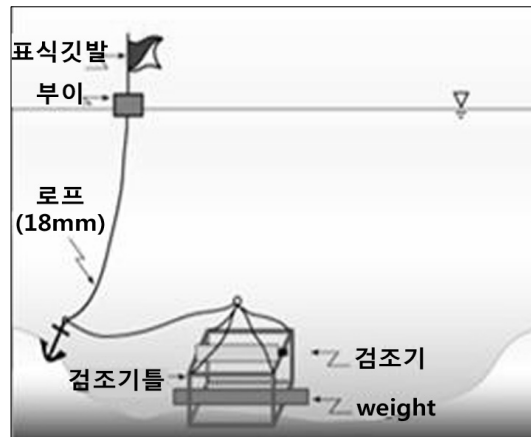


(b) 조위관측소 내부의 관측장비 개념도

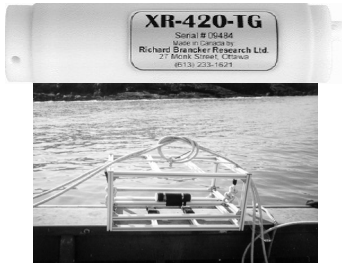
부록그림(I-3) 조위관측소의 구조

② 수압식 조위계

- 가. 조위관측기기는 부표의 상하변동을 추적하는 부이형 뿐만 아니고 수압의 변동으로부터 조위 변동을 구하는 수압식의 검조기도 있다[부록그림(I-4), (I-5)]. 그러나 해저에 설치되는 수압센서가 나타내는 값은 조위만이 아니고 기압이나 수온에 의해서도 영향을 받으므로 장기적으로 안정된 조위기록을 얻기가 곤란하다. 이 때문에 수저에 수압 센서와 전극을 수직 등간격 (0.1m 간격 정도)으로 배치한 로트를 함께 설치하는 수압전극 병설형 검조기가 개발되어 있다.
- 나. 물리적인 부표의 상하운동을 추적할 필요가 없고 데이터 처리시점에서 수치적인 단주기의 파랑성분의 제거도 가능하므로 파랑이 그다지 높지 않은 장소라면 우물을 새로 신설하지 않아도 설치가 가능한 장점이 있다.
- 다. 우물에 의한 물리적 로우패스필터(low-pass filter)가 없는 것은 조수의 간만에 비하여 비교적 주기가 짧은 해일 등의 관측에 유리하다.
- 라. 현재 국립해양조사원에서는 암벽에 조위계를 단단히 고정시키거나 해저면에 프레임을 설치하여 고정된 뒤 관측하는 방식을 사용하고 있다.



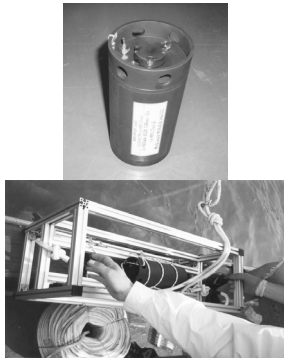
부록그림(I-4) 수압식 조위계



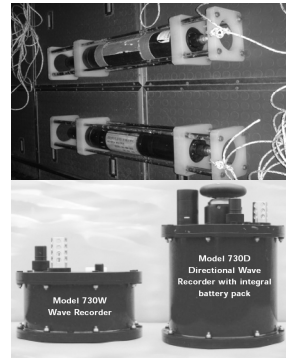
(a) XR420-TG 조위계 및 거치대



(b) TG-205 조위계 및 거치대



(c) WTG-128M 조위파고계 및 거치대



(d) 730W/D 파고조위계, 상(구형), 하(신형)



(e) AWH-16M 파고조위계, 구형(왼쪽) 및 신형(오른쪽)

부록그림(I-5) 조석 및 파랑 관측장비의 예

③ 극초단파식 조위계

가. 초음파식 조위계는 9.4 ~ 9.8GHz 대역의 극초단파가 해면에 반사되어 돌아오는 시간을 거리로 환산하여 조석 및 파랑자료를 관측하는 방식이다[부록그림(I-6)]. 우물정 설치가 불가능한 지역에서 관측할 수 있는 장점이 있다.

나. 조석관측소는 주로 건설이 어려운 곳에 설치하여 사용되고 있으며 설치 시에는 해수면 사이에서 센서 빔이 아무런 제약과 반사가 없는 곳에 설치하여야 한다.

다. 센서는 파랑, 해일 등으로 인한 물리적 손상을 피할 수 있는 위치여야 하며, 센서 빔이 해수면 간섭현상을 피할 수 있도록 센서로 부터 3m 이상 간격이 유지되어야 한다.

라. 관측장비는 외부에 노출되기 때문에 센서 거치대는 해수, 해풍 등에 의한 부식에 강한 재질을 사용하여야 하며, 태풍, 강한 비바람 등에 의한 흔들림이 없도록 단단히 고정하여 설치한다.

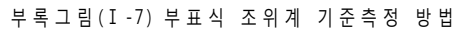


부록그림(I-6) 극초단파식 조위계

(3) 조위관측자료의 기준면 산정

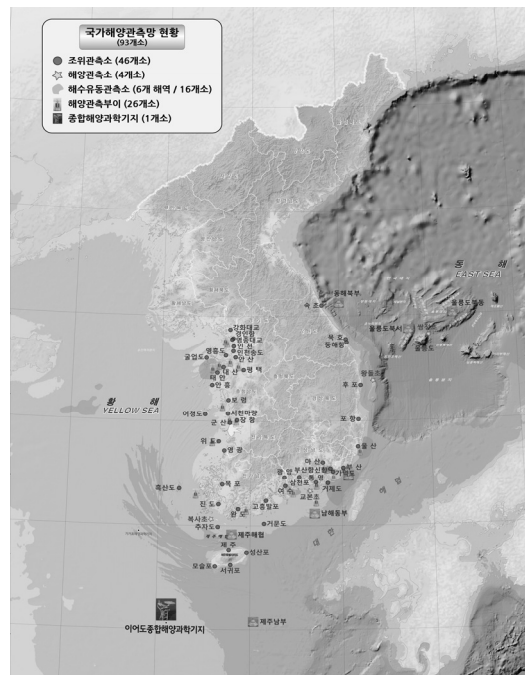
- ① 조석관측소의 수준점(구분체) 및 검조건물 근처에 설치된 수준표석은 지반침하 등의 영향을 받으므로 지반침하량을 적절하게 평가하는 것이 중요하다. 이 때문에 무엇보다도 국토지리정보원 일등수준점과의 수준측량을 수년마다 실시하는 것이 바람직하다.
- ② 국토지리정보원 일등수준점의 표고는 국토지리정보원이 정기적으로 측량을 해오고 있어 지반의 융기, 침하량이 크다고 판단되면 일등수준점의 표고는 측량평균성결과로서 수정이 행해진다. 국토지리정보원에서는 평균 성과의 재검토 이력이나 매년 일등수준점의 측량결과를 책자에 정리하여 일 반에 열람·공개하고 있다. 더욱 2001년에 세계측지계가 적용되고 또 일등수준점망의 표고의 재검 토도 포함하여 행하여지므로 과거의 기록과 새로운 기록과의 비교는 충분한 주의가 필요하다.
- ③ 부표식 조위관측기의 기준측정방법은 아래와 같다[부록그림(I-7)].
 - 가. 수측기에 감조지를 끼우고 수측기 자를 검조우물 내로 내려 수측기의 1/2정도 물속에 잠기게 한 다음 그때의 수측기 자의 눈금을 A로 한다. 동시에 기록지상의 조고를 읽어 C로 한다. 이때 A, C 는 동시에 측정하고 순간적으로 수측기를 수중에서 감아올린다.
 - 나. 수측기 감조지의 변색된 부분의 눈금을 B로 한다.
 - 다. A+B+C가 그때의 기준측정값이며, 이 작업을 3~4회 실시하여 평균값을 구한다.
 - 라. 관측기준면을 일정하게 유지하기 위하여 정해진 수측기점의 높이(D.L상의 높이)와 비교 검사 한다.
 - 마. 부진동이 심한 곳에서는 수측기를 수중에 내린 후 기록지의 값이 가장 높은 값을 읽은 후 기준 측정값을 구한다.

$$D(\text{수측기점 D.L상 높이}) = A(\text{수측기자 눈금}) + B(\text{수측척 눈금}) + C(\text{조위계 조위})$$



(4) 장기 조위관측자료의 입수(국가해양관측망)

① 우리나라의 조위관측은 항만·어항·해안의 시공·관리자인 국가나 지방자치단체 등 여러 기관에서 실시하고 있다. 이들 중 국립해양조사원은 우리나라 주요 항만을 포함한 전국 65개소에 대하여 조화분해 계산에 의해 구해진 예측조위정보를 제공하고 있고, 국립해양조사원 홈페이지에서 실시간 조위자료를 제공하고 있다[부록그림(I -8),(I -9)].



부록 그림 (I -8) 국 가 해 양 관 측 망 현 황

관측소 : 삼교방조제						위도 : 36° 52' 54" N						표준시 : L.M.T.(135°E)					
관측기간: 2009. 5. 1 ~ 5.31						경도 : 126 50 23 E						기준면 : 평택항 기본수준면(DL)					
DAY	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	SUM	MEAN	H.W.	L.W.	
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			TIME	HT.	
1	335	207	110	97	178	317	476	630	748	783	758	669			08:55	784	
	548	435	318	233	225	304	404	517	617	671	643	591	10814	450.58	21:04	671	
2	485	358	250	184	174	236	347	467	599	698	739	720			10:11	740	
	657	560	454	349	270	263	303	384	480	566	626	623	10792	449.67	22:25	634	
3	585	509	403	301	227	200	237	328	439	553	650	700			11:28	706	
	699	651	574	477	381	300	257	271	342	432	527	610	10653	443.88	00:08	651	
4	651	634	578	481	375	282	220	215	286	391	515	626			12:50	716	
	699	716	680	603	497	385	287	221	221	290	395	510	10758	448.25	12:50	716	
5	617	686	687	640	539	418	305	217	183	235	349	482			01:29	695	
	610	703	728	693	605	483	354	241	163	168	254	385	10745	447.71	13:53	728	
6	529	660	734	739	683	573	438	308	202	159	210	341			02:36	744	
	494	641	741	760	713	602	462	321	196	119	139	250	11014	458.92	14:46	761	
7	410	578	726	790	778	700	570	424	288	180	144	210			03:17	794	
	358	527	680	773	767	692	562	407	258	131	80	132	11165	465.21	15:23	780	
8	282	463	646	790	835	799	694	545	392	251	146	132			04:01	835	
	232	395	567	716	784	754	654	505	341	196	80	69	11268	469.50	06:09	785	
9	173	351	549	735	844	855	797	664	504	350	219	125			10:48	869	
	160	291	465	636	765	786	724	601	440	282	137	54	11507	479.46	16:41	790	
10	92	236	431	628	802	875	855	755	605	448	299	172			05:13	877	
	122	200	356	530	689	785	764	676	540	374	220	95	11549	481.21	17:14	789	
11	68	152	331	535	721	847	868	818	697	540	401	263			05:37	874	
	151	149	281	450	617	737	776	730	610	457	294	161	11654	485.58	17:49	780	
12	69	103	235	416	612	774	853	844	755	626	471	336			06:20	860	
	212	154	219	347	511	654	729	727	650	519	394	225	11405	475.21	18:28	739	
13	113	74	151	310	491	665	786	818	777	675	536	402			06:51	819	
	280	186	187	285	434	574	691	733	685	587	455	315	11210	467.08	18:55	733	
14	191	113	133	240	400	567	714	791	789	724	613	481			07:28	799	
	363	261	205	257	363	491	611	685	687	621	515	386	11201	466.71	19:30	696	
15	266	175	152	210	337	485	624	728	762	740	664	552			08:00	762	
	440	341	263	259	327	434	545	632	662	638	599	469	11274	469.75	20:05	662	
16	354	258	203	204	288	398	518	633	708	723	696	617			08:41	726	
	520	424	336	282	308	367	443	529	598	625	606	542	11180	465.83	21:18	627	
17	454	357	270	237	253	336	438	549	629	671	674	650			09:33	678	
	580	495	421	333	288	308	358	438	501	558	589	584	10971	457.13	22:25	592	
18	535	455	365	296	257	268	331	430	522	611	653	662			10:45	662	
	634	577	500	426	371	317	303	355	427	502	571	620	10988	457.83	23:33	626	
19	619	578	509	417	341	296	285	325	410	501	584	648			11:48	666	
	665	641	592	504	415	332	283	263	296	387	486	572	10949	456.21	00:44	650	
20	633	649	618	554	450	361	292	260	290	375	470	572			01:47	718	
	645	677	663	599	504	406	304	237	229	277	380	513	10958	456.58	13:10	679	
21	619	688	717	686	599	480	368	281	238	261	344	491			01:47	718	
	603	692	727	698	615	493	370	242	150	137	213	362	11074	461.42	14:05	727	
22	517	647	734	749	706	608	471	343	234	181	222	342			02:53	751	
	491	632	727	742	692	591	448	301	179	104	117	237	11015	458.96	14:38	744	
23	406	585	744	822	822	749	617	468	326	210	155	213			03:26	831	
	355	521	673	763	767	691	561	403	248	115	58	111	11383	474.29	15:31	775	
24	266	461	659	821	878	848	746	593	437	297	172	129			04:05	879	
	215	370	542	698	789	761	674	522	350	192	54	28	11502	479.25	16:16	794	
25	115	299	519	733	874	910	862	739	573	407	252	131			04:52	911	
	127	239	413	591	741	799	758	647	480	303	146	27	11685	486.88	17:00	799	
26	22	145	339	563	775	900	910	841	705	537	369	221			05:33	917	
	112	135	268	449	626	768	801	738	608	435	260	101	11628	484.50	17:46	802	
27	5	37	172	384	610	813	912	908	819	672	507	344			06:26	920	
	199	113	164	311	490	664	785	791	713	576	403	233	11625	484.38	18:34	803	
28	84	10	76	237	438	661	840	909	887	787	635	478			07:08	911	
	324	192	137	219	362	530	689	785	769	680	538	378	11645	485.21	19:20	793	
29	221	89	51	132	288	478	675	826	874	841	740	595			08:00	874	
	447	304	196	171	263	399	546	686	758	736	648	521	11485	478.54	20:15	761	
30	366	228	114	101	190	343	520	696	807	838	800	702			08:50	840	
	564	432	312	211	200	288	410	544	662	720	698	631	11377	474.04	21:13	721	
31	511	372	249	163	149	233	369	527	669	763	788	748			09:53	788	
	659	540	414	304	221	221	302	412	533	638	698	690	11173	465.54	22:22	702	
SUM	23758	24351	26258	28864	31514	33454	34096	33424	31547	29064	26538	24779	347647		Max.	920	
MEAN	383.2	392.8	423.5	465.5	508.3	539.6	549.9	539.1	508.8	468.8	428.0	399.7		467.3	Min.	4	
																152.0	

부록그림(I-9) 국립해양조사원 홈페이지에서는 제공되는 조위자료

② 조위 관측 자료는 1분 간격으로 관측되며, 이들 자료의 이상 유무를 판단하여 이상자료는 제거하고
결측된 자료는 보간하여 1시간 조위자료를 재 생성한다.

③ 국립해양조사원 홈페이지에서는 제공되는 조위자료는 보간된 1시간 자료이나 민원 신청을 통하
여 1분 단위 원시조위자료도 제공되고 있다.

(5) 조위관측자료의 분석

① 관측된 조위자료를 토대로 해당해역의 월별 해수면 변동특성뿐만 아니라 천문조와 합성주조 등의

변동 주기를 파악할 수 있다.

- ② 또한 예측된 자료와 실측자료의 편차로서 기상조를 추출하고 이상 해양현상에 대한 특성을 파악할 수 있다. 또한 장기적으로 변동되는 조위 특성을 통해 해수면 상승과 이에 따른 조위 변동원인 등을 추적해 볼 수 있다. 대표적인 조위자료의 분석은 아래와 같다.

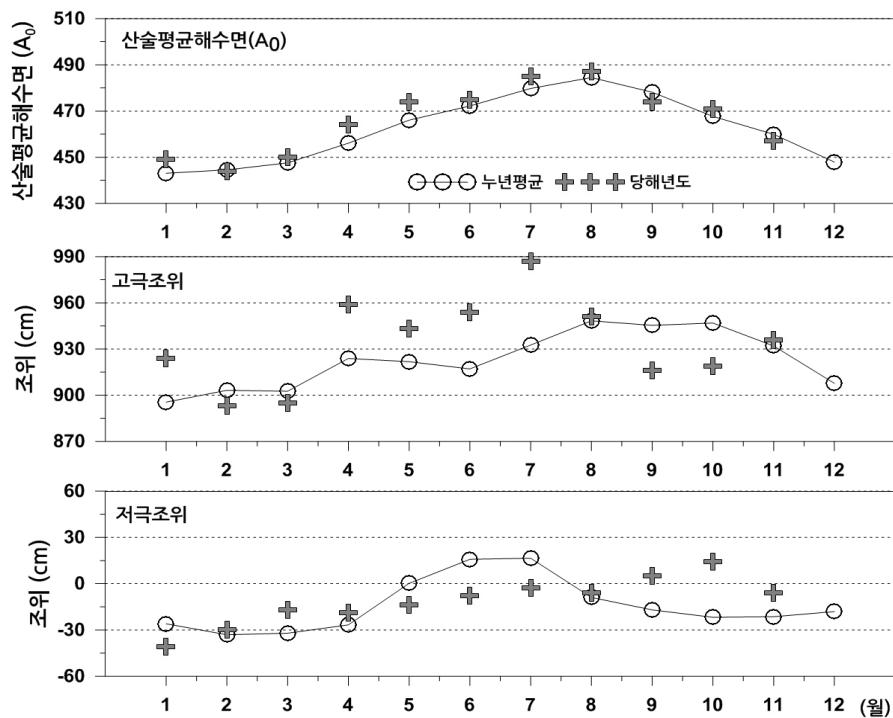
가. 조위월별 통계분석

(가) 조위 자료는 1951년 8월 진해항 조위관측소를 시작으로 현재 부산항, 인천항과 속초항 등 우리나라 연안 47개소에서 조석관측을 하고 있으며, 주요항만 66개 지점에 대한 조석예보를 실시하고 있다.

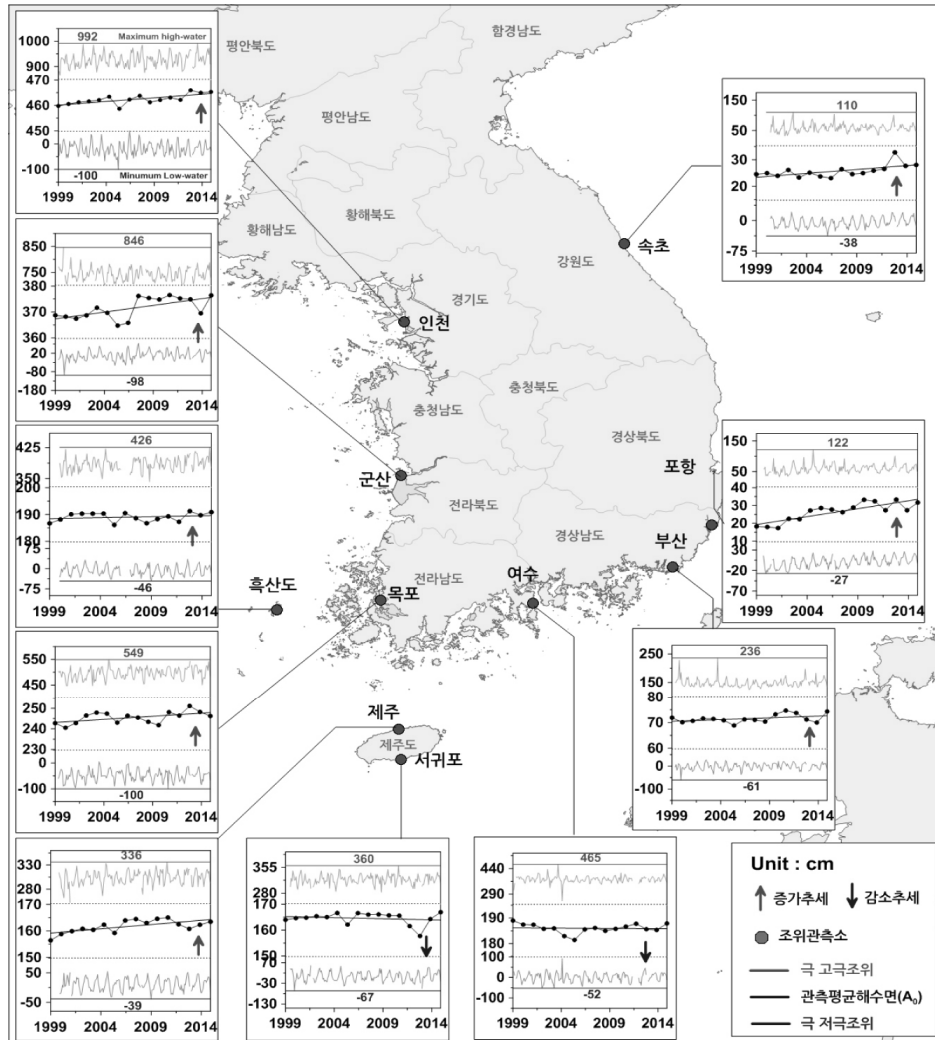
(나) 아날로그 자료는 1999년까지이며 이후에는 1분단위의 디지털 자료가 기록되기 시작하여 국립해양조사원 ocean DB에 실시간으로 저장된다. 앞서 설명하였듯이 1분 단위 원시자료는 단주기적 해수위 변동, 자료의 결측 및 오측 등이 포함되어 있기 때문에 1시간 자료로 재생산된다.

(다) 보간된 1시간 자료를 이용하여 조석조화분해, 산술평균해면 등을 월별로 계산한다. 반면 고극조위(장기 조위관측에서 실측된 가장 높은 조위)와 저극조위는 이상값이 제거된 1분 단위 원시자료를 이용하여 단주기적 변동의 최극값을 제시한다.

(라) 아래의 부록그림(I-10)은 2014년 월별 산술평균 해수면과 과거 10년간의 산술평균 해수면의 월 변동성을 나타낸 그림이다.



부록그림 (I -10) 인천조위관측소의 당해 연도와 과거 10년 자료의 월평균 조위



부록 그림 (I - 11) 최근 16년 조위관측소의 평균해수면 및 고극/저극조위 변동

나. 조석조화분해

(가) 조석은 주기와 파장이 아주 긴 파로서, 조석을 분조(tidal constituent)라고 불리는 주기와 진폭이 일정한 조화성분으로 구성되어 있다고 가정하고 각 조화성분을 분석해 내는 방법을 조석의 조화분해(harmonic analysis of tide)라고 한다. 조화분해를 통해 계산된 각각의 분조의 진폭과 지각을 조화상수(harmonic constant)라고 한다.

(나) 우리나라 해역에서 가장 대표적인 분조는 반일주조인 M2, S2분조와 일주조인 K1, O1분조가 있고, 이들 진폭 값은 저조면, 평균해면(mean sea level, M.S.L.), 해안선 등 해양 기준면을 결정할 때 사용된다.

(다) M2분조는 달에 의하여 생기는 조석 현상으로 ‘주태음반일주조’라 한다. 이는 우리나라에 가장 큰 영향을 미치는 분조로 주기는 12.42시간(12시간 25분)이다. S2분조는 태양에 의하여 생기는

조석 현상으로 ‘주태양반일주조’라 한다. 그 크기는 M2분조 다음으로 크고, 주기는 12.00시간이며, M2분조와 유사한 파의 전파특성을 보인다. K1분조는 달과 태양의 합성효과에 의한 조석 현상으로 ‘일월합성일주조’라 하며, 주기는 23.93시간(약 23시간 56분)이다. O1분조는 달의 일주운동에 의해 일어나는 조석현상으로 ‘주태음일주조’라 하며, 주기는 25.82시간(약 25시간 49분)이다.

다. 기상조의 추출(잔차 변동성)

(가) 실제 조위의 변동은 천문조, 기상조, 부진동, 그 외에 해류, 해수온도, 계절적 기압변동, 하천 수위 연안파랑 등이 합성된 것이다. 이들의 요인 중 고·저기압의 통과에 따른 기압변동이나 바람 등의 기상에 기인하는 해면의 수위변화를 기상조 혹은 편차라고 부른다.

(나) 기상조 중 대표적으로 태풍 등의 통과에 의해 생기는 이상조위를 해일고라고 칭하고 그 원인은 기압강하에 의한 조위 상승과 연안으로 전파 되었을 때에는 부진동 현상을 야기하기도 한다.

(다) 또한 바람(풍파)에 의하여 해수면이 상승되거나 하강되는 현상 등이 있다. 기상조는 관측된 조위로부터 조화분해 계산에 의해 구해진 예측천문조위를 감한 값으로서 산정할 수 있다.

라. 해일 파형의 추출

조위 관측데이터는 도수관에 의한 로우패스필터(low-pass filter) 효과가 있으므로 주기가 짧은 성분은 과소평가될 염려가 있는 것에 주의를 요하지만 해일의 중요한 기록으로 된다.

2.2.2 파랑관측

(1) 개요

- ① 파랑은 얇은 해역에서는 굴절·쇄파·천수변형 등의 변형을 받으므로 그 실태를 파악하기 위해서는 계획된 연안시설물 위치 전면에서의 파향·파고·주기 관측이 필요하다. 특히 파향은 쇄파역에서 해빈류 흐름의 방향 및 크기에 영향을 주고 퇴적물 이동에 많은 영향을 미치기 때문에 연안시설 설계 시 파향 계측에 대한 정밀도가 검증된 계측기를 사용하여 파고·주기 관측과 같이 수행하여야 한다.
- ② 이 절에서는 파랑의 가장 기본적인 제원인 파향, 파고 및 주기를 계측하는 파고계를 소개하고, 파랑에 대한 관측 및 분석방법에 대하여 기술한다.

(2) 목적

① 해양·연안개발계획 수립

항만계획에서 방파제 등 외곽시설의 배치 계획은 항내정온도의 평가에 따라 결정된다. 외해의 파고·주기·파향 등의 출현빈도를 전제로 하여 항만의 가동률을 적절히 평가한다.

② 해양·연안의 시설(구조물)설계

설계대상 외력(설계파)의 파고·주기·파향을 합리적으로 산정할 때에는 장기간 파랑관측(특히 고파랑) 데이터의 축적을 토대로 해석이 필요하다.

③ 시공계획

해상공사에서는 휴지율(休止率)을 어느 정도 예상하는가에 따라서 시공방법이 선정되는 동시에 적산이 실시된다. 이 때문에 장기간의 파랑관측 통계가 뒷받침되어야 합리적인 시공계획을 수립할 수 있게 된다.

④ 해상공사의 안전관리

안전한 시공을 하기 위해서는 파랑관측 실태정보나 이에 기초한 파랑예측정보가 중요한 역할을 한다.

⑤ 재해대책 기타 조사연구

해양·연안구조물의 재해 원인규명을 할 때는 파랑·폭풍해일·지진해일 등의 외력조건을 정확히 파악하는 것이 중요하다. 복구계획 수립 및 지역 방재계획 책정에도 과거의 재해기록이 활용되고 있다.

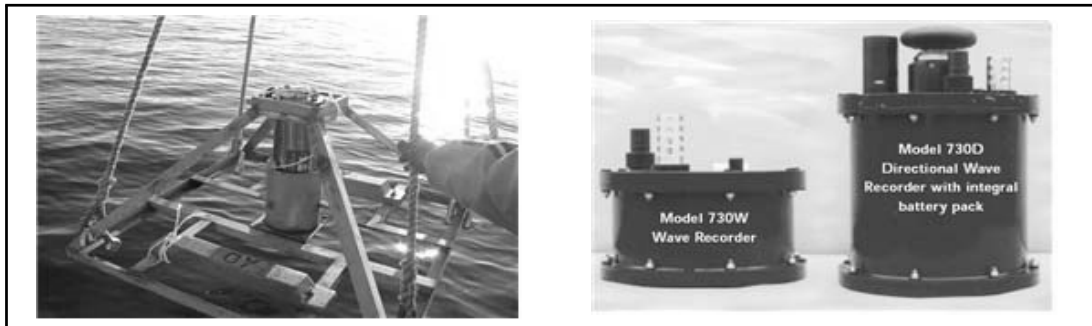
(3) 파랑관측 기기 및 자료

① 수압식 파고계

가. 해저착저식 수압식 파고계는 불규칙파의 성분 중 단주기와 성분이 수심에 따라 일부 필터링됨에 따라 표면파형을 계산할 때 오차가 발생한다.

나. 설치 수심이 깊어지면 수압변동의 검출이 곤란하므로 약 25m 이상의 깊은 수심에서의 파랑관측에는 적용할 수 없는 단점을 갖고 있다.

다. 최근 수압변동으로부터 표면파형을 정밀하게 환산하는 방법이 개발·개량되어 간단하고 저렴하게 파랑관측이 가능한 수압식 파고계의 활용범위가 다시금 넓어지고 있다[부록그림(I-12)]. 그러나 수압식 파고계를 사용할 경우 얻고자 하는 파랑특성, 관측수심 등에 유의하여야 한다.



부록그림(I-12) 수압식 파고계 예시

② 초음파식 파고계

가. 초음파식 파고계는 수중발사형과 공중발사형의 2가지 종류가 있다[부록그림(I-13)]. 수중발사형은 해저 또는 해중의 적당한 수심위치에 고정 설치된 센서로부터 펄스상의 초음파신호를 수직상방에 발사하고 해면에서 반사된 초음파신호를 같은 센서의 위치에서 수신한다.

나. 발사로부터 수신까지에 요하는 경과 시간과 센서와 해면의 거리는 비례적으로 대응하므로 짧은 시간간격(0.5초 정도)으로 이 경과시간을 측정하면 표면파형의 측정이 가능하게 된다.

다. 쇄파 등에 의해서 해면 가까이 많은 기포가 말려들어 오는 조건에서는 해면 위치의 검출이 곤란하게 되는 결점이 있지만 정상 파랑관측은 타워 등을 건설하지 않고도 비교적 저렴하고 정밀한 표면파형을 직접 측정할 수 있는 장점을 갖고 있으며, 수심이 깊은 100m 이상의 해역에서도 파고, 파향, 주기 관측이 가능하다.

라. 최근에는 AST(acoustic surface tracking) 특성을 이용하여 보다 정밀한 파고와 주기를 관측하는 장비가 운용되고 있다.

마. 공중발사형은 송수신기를 공중에 설치하여 연직 방향으로 발사한 초음파가 해면에서 반사되는

시간을 측정하는 것으로 초음파의 전파속도가 수중에 비해 낮고 온도변화에 대한 속도변화를 무시할 수 없기 때문에 온도보정회로가 내장되어 있다. 기상조건에 따라 초음파의 신호에 문제가 발생할 소지가 있기 때문에 이에 대한 저감 방안이 필요하다.



부록그림 (I -13) 초음파식 파고계 예시

③ 부이식 파고계

가. 부록그림 (I -14)에 제시한 부이식 파고계는 부이에 설치된 수직가속도계에 의해 수면변위를 측정하는 것이다. 수평가속도계를 설치하는 것에 의하여 파향이나 방향스펙트럼의 측정도 가능한 장점을 갖고 있다.

나. 데이터는 육상 기지국에 무선으로 전송한다. 부이관측은 자료전송 케이블 설치공사가 필요가 없고, 깊은 수심에 설치도 용이한 점 등의 장점을 들 수 있다.

다. 일반적으로 가속도계를 이용한 파고관측의 경우 파주기는 대략 30초 정도까지 가능하나, GPS를 이용한 부이식 파고계는 100초까지의 주기를 관측할 수 있다.

라. 그러나 바람이나 계류계의 영향에 의해 부이의 운동과 파랑에 의한 해수면 변위가 반드시 일치하는 것이 아니므로 분석 시 주의해야 한다.



부록그림 (I -14) 부이식 파고계 예시

④ 스텝식 파고계

스텝식 파고계는 상호 절연된 전극을 일정간격마다 수직으로 늘어놓은 것으로 이들의 전극이 수중에 잠기거나 공기 중에 노출되어 전기적인 on, off를 이용하여 수면을 계단상으로 검출하는 것이다.

⑤ 원격탐사

가. 최근 X-band 레이더, HF 레이더, CCTV에 의한 원격 면적(面的) 관측이 실용화 되고 있다. 레이더 관측의 경우 육상에 설치된 레이더를 사용하여 원격으로 파랑을 측정함으로써 유지관리가 편리하고 유지관리 비용이 저렴한 큰 장점이 있다[부록그림(I-15)]. 측정지역의 해상풍이 일정속도 이상(예, 풍속 3m/sec) 유지되지 않을 경우 정확성이 떨어지는 단점이 있다. 그러나 최근 이러한 단점을 보정하는 기법이 개발되어 정확도가 많이 향상되었다.

나. 이러한 원격 파랑관측 장비는 해수면을 공간적, 시간적으로 측정하므로 파수(wave number) 스펙트럼과 주파수(frequency) 스펙트럼을 동시에 얻을 수 있으며, 이로부터 표면 해류의 속도도 측정할 수 있는 장점이 있다.

다. 비디오를 이용한 파랑관측 기법은 국지적 변화가 큰 연안에서 파랑 관측에 유리하며, 레이더와 비교하여 장비의 구입 및 유지비용이 저렴하고 설치 및 교체에도 용이한 장점이 있다. 그러나 야간에는 파랑을 관측하지 못하는 단점이 있다.

라. 비디오 촬영영상은 높은 해상도(0.1m/pixel)를 가지고 있어 썰파지역 및 해안선 근접지역에서의 파랑변형 및 이상현상에 대해서 정밀한 모니터링을 수행할 수 있다. 비디오 설치 구조물이 강풍에 흔들리는 단점이 있어, 구조물 설치 시 강풍을 고려하여 고정시켜야 한다.



부록그림(I-15) 해양 레이더를 이용한 파랑관측 예시

⑥ 장주기파의 관측

가. 연안 파고계의 연속관측으로 얻어진 주기가 긴 파(장주기파)에 관한 정보는 해일 내습 시 뿐만 아니고 상시에도 유용하다.

나. 장주기파는 설령 파고가 작아도 항만의 정온도를 크게 좌우한다. 이것은 항만의 형상이나 수심에 따른 만의 고유주기(수분에서 수 십 분의 오더) 혹은 선박의 제원과 계류색의 스프링 정수에 의해서 생기는 계류계의 고유주기(수 분 부터 수 십 분 크기)와 장주기파의 주기가 일치하여 공진현상을 일으키기 때문이다.

⑦ 파랑관측 자료의 수집

가. 우리나라의 파랑 관측은 기상청, 국립해양조사원, 한국해양과학기술원, 지방자치단체 등에 의해

실시되고 있다. 이중에서도 가장 충실한 관측망과 데이터 관리·해석체계를 갖고 있는 것이 기상청, 국립해양조사원이다.

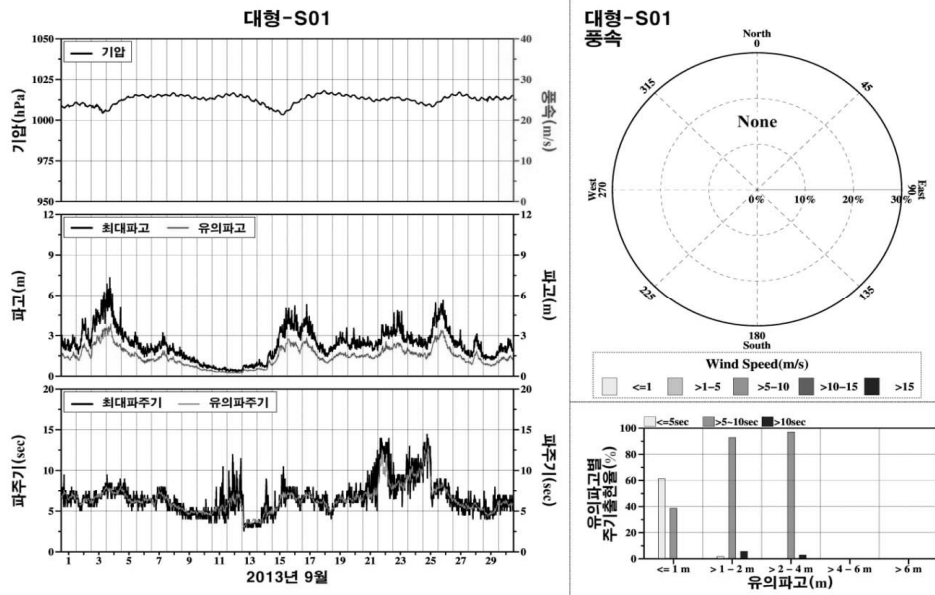
나. 기상청과 국립해양조사원은 각 기관에서 관측하는 실시간 파랑정보를 인터넷 홈페이지(www.kma.go.kr; www.khoa.go.kr)를 통해 제공하고 있으며, 특히 국립해양조사원은 파랑자료를 월간으로 분석하여 ‘국가해양관측망 월간해양정보’에 자료를 제공하고 있다.

(4) 관측방법

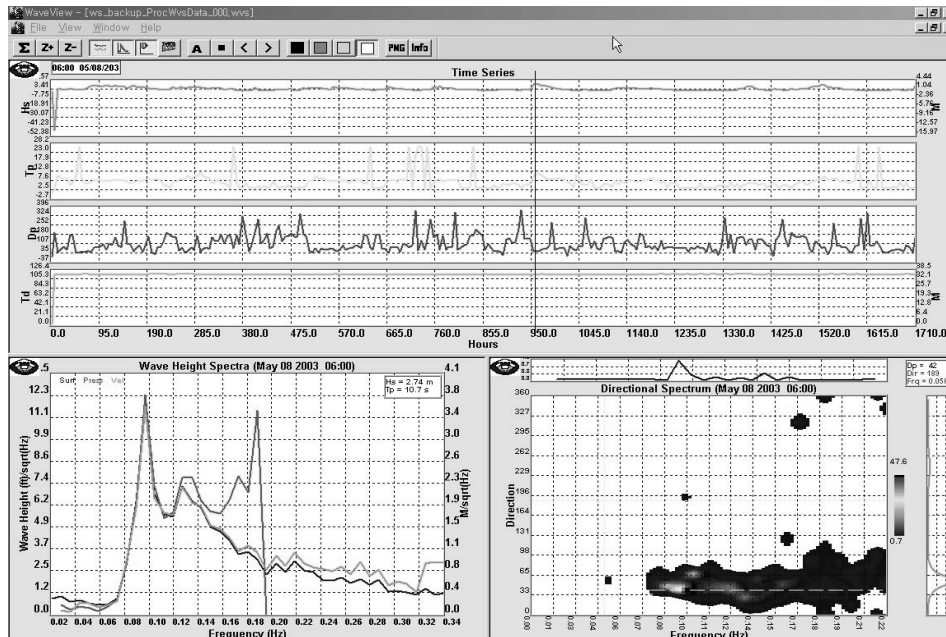
- ① 우리나라 연안의 파랑은 계절마다 유입되는 주파향과 그에 따른 파고 및 주기가 다르기 때문에 1년 이상의 장기 파랑관측을 통하여 관측해역의 파랑특성을 파악하는 것이 필요하다. 단, 부유사나 해빈류 관측 시 파랑 정보 수집 목적으로 파랑관측을 수행하는 경우 관측시의 파랑 입력 정보만이 필요하다.
- ② 관측기간이 부족할 경우 관측해역의 주파향 및 고파랑 출현율이 높을 것으로 예상되는 기간을 포함한 6개월 이상의 관측을 수행하고 이를 인근해역에서 관측한 1년 이상의 장기파랑관측 자료와의 상관관계를 분석하여 설계 시 활용하여야 한다.
- ③ 파랑관측은 대상해역을 대표할 수 있는 지점에서 수행하되 구조물에 대한 평가 및 대상해역의 파랑특성파악 그리고 파랑모델의 보정 및 검정을 위하여 최소 2점 이상 동시 관측한다. 자료취득 간격(sampling interval)은 0.25초가 최적이며 가능한 한 0.5초 이하로 짧게 설정하여 매시간마다 20분 이상 연속 관측한다. 관측기간은 최소 6개월 이상이어야 하며, 하계 태풍시를 포함하여 동계 파랑관측이 수행되어야 한다.
- ④ 파랑 관측은 대상해역의 정밀수심 조사 후 해상의 대표할 수 있는 지점을 설정하고, 구조물 및 암반 등에 의한 파향의 변화를 일으킬 수 있는 곳에 파랑 관측 장비를 추가 설치하여야 한다. 특히, 수치해석에 사용되는 파랑모델의 보정 및 검정을 위하여 외해와 연안측에 2점 이상을 동시에 관측하여 수치해석에 대한 검증 자료로 활용한다.
- ⑤ 장기파랑관측 시 관측기간 동안에 관측정점이 이동되지 않도록 유의하고, 어장 활동 및 해저착저 식프레임(TRBM)의 침하 등에 의한 결측자료를 최소화하기 위하여 장비 점검을 수시로 진행해야 한다.

(5) 분석방법

스펙트럼법에 의한 파랑(파향, 파고, 첨두주기)분석 및 파별분석법에 의한 최대파고·파향, 1/10파고·주기, 1/3파고·주기, 평균파 파고·주기 및 출현율 등을 제시하고, 계절별 특성 및 바람과의 상관관계도 분석이 필요하다[부록그림(I-16), (I-17)].



부록 그림 (I -16) 월 최대파고, 유의파고 시계열 및 유의파고별 주기 출현율



부록 그림 (I -17) ADCP 파랑관측 결과분석

2.2.3 유동관측

(1) 유동관측의 개요

- ① 해수의 흐름 관측은 일반적으로 유속과 유향을 관측하는 것을 말한다.

- ② 난류(turbulence)나 파랑의 수립자운동에 대한 관측과 같이 특별한 경우는 연직방향의 흐름에 대한 관측이 필요한 경우도 있으나 대개의 경우 유향과 유속은 평면상에서의 유향과 유속을 말하는 것이며 연직방향의 흐름은 무시하거나 또는 이의 영향을 소거시키는 것을 위주로 한다.
- ③ 유속 관측은 해양관측 중에서 가장 곤란하고 또 관측치도 오차가 포함되기 쉬워 조석관측 자료에 비하여 정확도가 떨어진다. 특히, 쇄파대 내에서의 부표에 의한 연안류나 이안류 관측 시 조류나 해류, 풍성류 관측 시 정밀도를 높이기 위해 사용하는 부표 아래의 날개는 쇄파 시 표층류의 영향으로 연안류 관측을 불가능하게 하므로 날개대신 적정 수심의 부표 홀수가 요구된다.
- ④ 장기간의 관측이 어려워 관측점 수도 적을 뿐 아니라 자료의 수집도 쉽지 않다. 해양에서 주된 유동현상은 조류, 해류, 해빈류 등으로 나타난다.

가. 조류 : 유속 종류 중 하나인 조류는 조수간만의 차이에 의한 순압력(barotropic force)이 주원인이지만, 크고 작은 섬들로 이루어진 해역이나 좁은 수로가 발달된 연안지역에서도 강하게 발생하기도 한다. 일반적으로 외측해역의 경우 회전성 조류, 유속이 강한 연안과 좁은 수로에서는 주로 왕복성 조류의 특성을 나타낸다. 우리나라 연안에서는 주로 서해와 남해지역에서 발달된다.

나. 해류 : 해류는 해수의 유동이 주기적이지 않고 연속적으로 한 지점에서 다른 지점으로 일정한 방향으로 흐르는 흐름을 말하며, 해수의 운동이 대규모적인 것이 특징이다. 해류가 형성되는 원인에 따라 크게 풍성순환(wind driven circulation)과 열염순환(thermohaline circulation)으로 구분된다. 주로 표층해류(surface current)를 형성하는 풍성순환은 바람의 영향에 의해 형성되며, 열염순환은 심층 해수의 수온과 염분에 의한 밀도차로 밀도기울기가 큰 지역에서 크게 나타난다. 그러나 해류는 단지 바람과 밀도의 영향을 받는 것이 아니라 중력, 지구자전에 의한 전향력, 수압경도력, 원심력, 지형, 강물의 유입 등의 다양한 요인에 의하여 발생한다. 해류는 열 수송이라는 중요한 역할을 함으로써 전지구의 에너지 분포를 조절하고 있으며, 해양생태계, 수산업, 해상교통 등 우리생활과 밀접하게 연관되어 있다. 또한, 엘니뇨 및 라니냐 현상에 깊게 연관되어 있기 때문에 기상이변 현상 등 기후 변화를 예측하는데 있어 매우 중요한 역할을 한다. 우리나라 주변에서 발생하는 대표적인 해류는 쿠로시오(黑潮)가 있으며 강도에 따라 우리나라의 기후에 큰 영향이 나타난다.

다. 해빈류(이안류, 연안류) : 연안류는 파랑이 해안에 비스듬히 접근할 때에 해안과 평행하게 발달하는 쇄파대를 따라 흐르는 연안해류를 의미한다. 특히 해안선이 직선으로 있는 곳에서 잘 발달되며 파랑이 30°의 경사를 가지고 해안에 접근할 때 강한 유속을 갖는다. 만약 조류와 같은 방향으로 진행될 경우 더욱 강하게 발달되지만 조류가 연안류의 방향과 반대방향을 이룬다면 소멸될 수 있다. 쇄파대 지역에서 모래나 부유물질은 파향에 따라 연안류나 해양저류(undertow)를 따라 운반된다. 이안류는 연안에 입사하는 파도의 무리들이 쇄파하면서 발생한 표층 난류가 잔여 쇄파를 따라 해안을 향하여 발생하는데 거의 정면으로 파랑이 입사하는 경우 해양저류나 연안류로 순환되지 못하고 상대적으로 파고가 낮은 쇄파대를 가로질러 외양쪽으로 급격하게 빠져나가는 흐름이 발생하곤 하는데 이를 이안류(rip current)라고 한다.

- ① 이안류와 연안류의 발생 메커니즘이 달라 관측 대상에 따라 관측 지점 선정이 달라지며, 이안류는 이안류 발생지점 또는 립채널(rip channel)을 중심으로 관측하는 것이 바람직한 반면, 연안류는 해안선 방향의 해저 지형이 평탄한 곳에서 관측해야 한다.

- ② 고정점관측은 계측 장비가 고정된 상태에서 유속 벡터를 관측하는 반면에 이동 관측에서는 GPS가 달린 부표를 추적하는 방법 등 계측 장비가 고정되어 있지 않는 상태에서 해빈류 유속장을 관측하는 방법이다.
- ③ 이동관측에서는 육안으로 부표의 위치 이동을 관측할 수 있기 때문에 현장에서 유동 패턴을 직접 관찰할 수 있지만, 현재까지 부표를 해상에 직접 띄우는 방법 밖에 없기 때문에 주로 해상이 잔잔할 경우 부표추적 또는 염료를 투입하는 방법으로 수행한다.

(2) 유동 관측목적

- ① 지역적 특성 파악을 통한 해난사고방지 : 조류는 지형의 영향을 크게 받아 해협이나 항만 등에서는 유속이 강하고 변화도 복잡하며 또한 선박의 항행이 빈번하다. 따라서 항해와 조류와의 관계는 실로 중요하다. 강한 조류에 역행하여 항행하는 것은 비경제적일 뿐 아니라 때로는 해난의 원인이 된다.
- ② 해저지형변화감시 및 이안류 모니터링 : 조류가 현저하게 강한 곳에서는 해저 부근에 일어나는 와류로 인하여 해저의 이사(泥砂)가 깎이어 조류에 의해서 운반되어 다른 약한 곳에 침전시킨다. 조류의 변화가 극심한 곳에서는 해저지형의 변형이 심하여 항행 시 지장이 초래되며 특히 항만 등에서는 조류에 의한 표사의 이동이 중대한 영향을 준다. 이안류의 경우 파도에 의해 연안지역에 많은 양의 해수가 쌓이게 되어 일시적으로 외측해역으로 빠져나가는 현상으로 해수욕 중 이안류에 휩쓸리면 멀리 외해까지 밀려나가게 되므로 인명피해의 우려가 있다. 따라서 유속과 파랑의 실시간 모니터링을 통해 이를 미연에 방지하여야한다. 우리나라의 전 해안에서 이안류는 발생하고 있으며, 구조물에 의한 이안류와 해저지형에 따른 자연적 발생적 이안류가 나타나고 있다.
- ③ 어획량관련 : 정치망이나 유망을 이용한 어업에서는 조류에 의하여 어획량이 영향을 받는다는 것은 예로부터 경험적으로 잘 알려져 있는 바이다. 이것은 수온이나 염분, 기타 화학성분이 조류에 의해서 주기적으로 변화하기 때문이라고 생각되지만 다른 어업에도 여러 가지로 조류의 영향을 받는다는 것이 인정되는 등 수산업과 조류와는 불가분의 관계에 있다.
- ④ 예보의 목적 : 해난사고를 미연에 방지하고 자연 현상의 변동특성을 파악하기 위해서는 예보가 필요하다. 유속을 예보하기 위해서는 약 반 개월 내지는 1개월간의 연속관측을 실시하여 조화상수를 산출하여 예보를 수행 할 수 있지만, 보다 장기적인 예보나 정확한 예보를 위해서는 1년 이상의 장기 연속관측을 수행하여야 한다. 이를 통하여 선박의 경제적인 항로 선택, 오염물질의 확산범위 규명, 해양시설물의 안전유지 등 다양한 방면에 활용될 수 있다.

(3) 유동관측 계획 수립

- ① 유동을 계측하는 경우 다음과 같은 특성이나 목적을 검토해야 한다.
 - 가. 그 해안에서 지배적이거나 또는 문제가 되는 수리현상은 무엇인가? - 유속의 크기·방향이나 규모는 어느 정도인가?
 - 나. 어떤 때에 현저하게 나타나는가?
- ② 유동관측은 사전에 기존자료나 현지에서 청취하는 등에 의해 충분히 예비조사를 하는 것이 중요하다. 특히 지형(수심)이나 바람에 의한 영향이 크므로 될 수 있는 한 이들의 정확한 정보를 파악해 두는 것이 중요하다.
- ③ 주변 지역에서 유동이나 파고관측 등을 하고 있다면 이들의 데이터를 취득한다. 이것은 유속이나

파랑의 개황을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 조사계획(현장에 적용할 계측기기의 선정, 계측기의 배치, 설치방법, 관측기간 등)을 검토하는데 특히 중요하다.

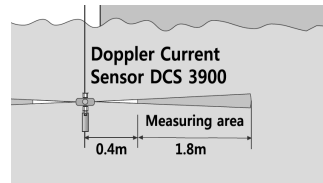
- ④ 유속은 비정상이고 3차원 공간스케일을 가진 현상이다. 따라서 하나의 관측점만의 정보만으로는 불충분한 경우가 많다. 따라서 대상연안에서 최소 3개소 이상에서 유속관측을 수행하여야 한다. 조류관측의 경우 설계하고자 하는 연안시설 전면에 1개소를 계획하고, 인근 해역의 유동의 변화가 예상되는 지점 1개소, 연안시설물 설치로 인한 유동변화가 없을 것이라 예상되는 대조구 지점 1개소로 구분하여 관측한다. 관측기간은 매 계절별로 30일 관측을 수행한다.
- ⑤ 해빈류와 같이 파랑에 의해 생기는 것도 있으므로 쇄파지역 이외의 해역에서 유속관측을 병행하여 해빈류에 대한 충분한 해석이 되어야 한다. 이를 위하여 대상해안을 등분할하여 관측하거나 해빈류가 주로 발생할 것이라 여겨지는 지점을 중점적으로 관측하는 방법을 채택할 수 있다. 최소 5개소에서 관측하는 것을 권장하며, 파고가 최소 1 m 이상일 때 관측이 이루어지도록 하여야 하나 부표를 이용하는 경우는 안전이나 유실에 주의하여야 한다.
- ⑥ 해빈류 관측 시 파향을 포함한 파랑관측을 병행하여 파향, 파고, 주기에 따른 쇄파지역에서의 해빈류를 검토하여야 한다. 밀도나 온도차가 중요한 경우에는 염분농도, 수온 등을 동시에 계측하여야 한다.
- ⑦ 최근에는 현지조사결과에 근거하여 수치계산을 실시하는 것이 일반적으로 되어 있으므로 수치계산을 실시하는 데 정보가 필요한 지점(예를 들어 경계근방)을 고려하여 계획을 검토할 필요가 있다. 상기와 같은 것을 고려하면 필연적으로 다수의 계측기가 필요하게 되어 많은 경비와 인력이 든다.
- ⑧ 조사 목적이나 구해지는 정밀도에 맞춰 될 수 있는 한 효율적이고 경제적인 계획을 세울 필요가 있다.

(4) 관측 장비 종류

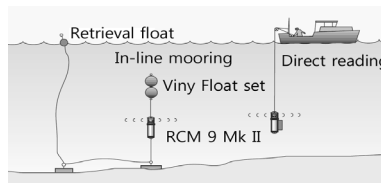
- ① 유속계는 해수흐름의 속도, 방향을 측정하기 위한 관측 장비이며, 현재에는 부표를 이용하여 해수면 아래 일정 수심에 계류하거나 해저에 고정하여 연속적으로 관측하여 해수면에서의 간섭을 적게 받으면서 관측을 수행할 수 있다[부록그림(I-18)].
- ② 최근에는 주로 음파의 도플러 효과를 이용한 음향도플러 유속계는 트랜듀서에서 음향을 수중에 송신한 후 수중에 부유하는 물질에 의해서 반사되는 음향의 도플러 변이를 이용하여 유속을 측정한다.
- ③ 반사된 음향 주파수 변이가 반사체 속도와 비례하는 원리를 이용하여 계산된다.



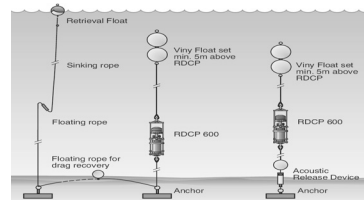
(a) 단층 도플러 유속계



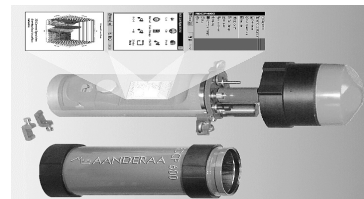
(b) 단층 도플러 유속계 관측 모식도



(c) RCM9 유속계 및 계류방법 예시



(d) ADCP 유속계의 계류방법(RDCP 예시)



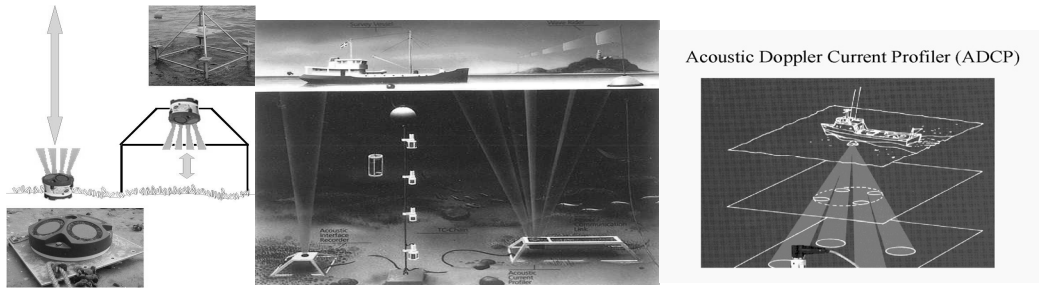
(e) ADP 유속계(외쪽), RDCP 유속계(오른쪽)

부록 그림 (I -18) 유속 관측 장비의 종류와 계류방법

(5) 관측방법

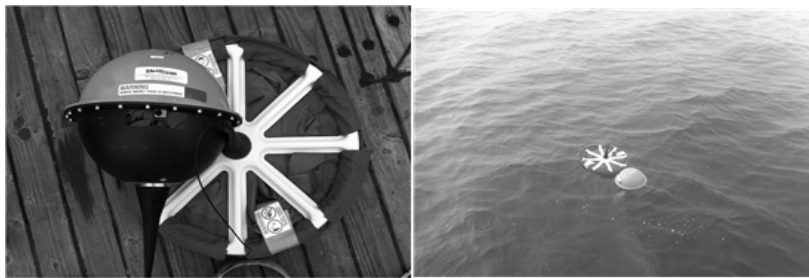
① 유동 관측방법은 크게 3가지방법으로 구분될 수 있다.

가. 오일러식 : 정점에서의 유속·유향을 계측하는 방법으로서, 초음파식 유속계, 음향도플러 유속계가 있다. 초음파 유속계는 초음파를 이용한 유속측정법으로서 정점관측이 가능하며, 해저면 가까이 유속 관측 시 주로 사용한다. 음향도플러 유속계는 현재 국내 및 세계적으로 많이 사용하는 기기로서 음파의 도플러 변이를 이용하여 수중의 부유입자로부터 반사되어 돌아오는 음파로부터 유속과 유향을 산출한다. 관측기기는 한 층에서 유속과 유향을 관측할 수 있는 것과 수십벌로 유향과 유속을 산출하는 두 종류가 있고, 해저로부터의 유속 프로파일을 얻는 해저 설치형과 선박으로부터 음파를 하방의 해수중으로 발사하여 해표면으로부터의 유속 프로파일을 얻는 선박 탑재형이 있다[부록그림 (I -19)].



부록그림 (I -19) 음향도플러 유속계를 이용한 관측 예

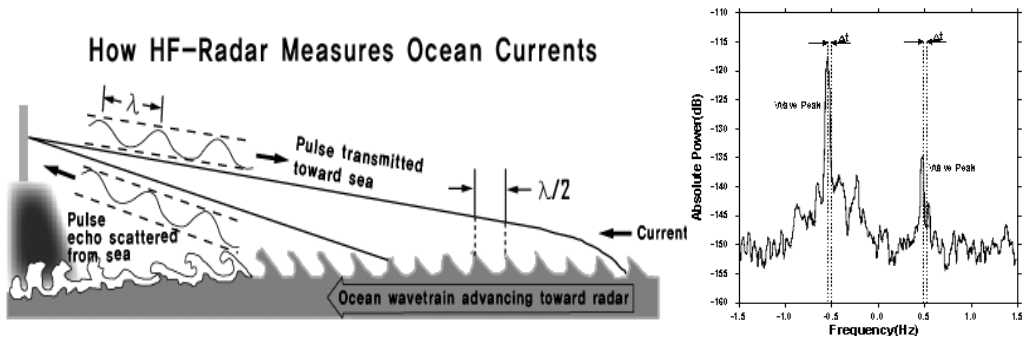
나. 라그랑지식 : 표류부이를 이용한 라그랑지 방법으로 DGPS를 활용하여 연안류 및 이안류를 조사할 수 있다. 이때 표류부이는 수면에서 파와 바람의 영향을 크게 받으므로 바람에 의한 저항을 최소화하여야 한다. 해빈류 조사 시 입사파랑, 풍향, 풍속, 쇄파대의 위치 및 해·조류의 특성을 파악하여 연안류와 이안류를 조사한다. 해빈류 관측 시 부표추적을 이용할 경우 기존 관측자료(파랑, 바람)를 검토하여 대상해역에 대한 고파의 기준을 설정하고 고파 유입 시 부표를 투하하여 관측을 수행한다. 부표투하가 어려울 경우 계류형 유속계를 설치하여 관측하는 것도 방법이며, 이때 파향을 포함한 파랑관측을 병행해야 한다. 정점 수는 대상해역의 주변흐름 특성을 대변할 수 있도록 선정하여야 한다. 레이더 및 CCTV를 이용한 관측 자료는 해수 표면에 대한 유속 및 유향자료를 산출하므로 계류형 유속계와 부표추적을 활용하여 자료에 대한 신뢰성을 확보하여야 한다. 국립해양조사원에서는 라그랑지 방법 중 하나인 인공위성추적 표류 부이를 이용하여 해류관측을 수행하고 있다[부록그림 (I -20)].



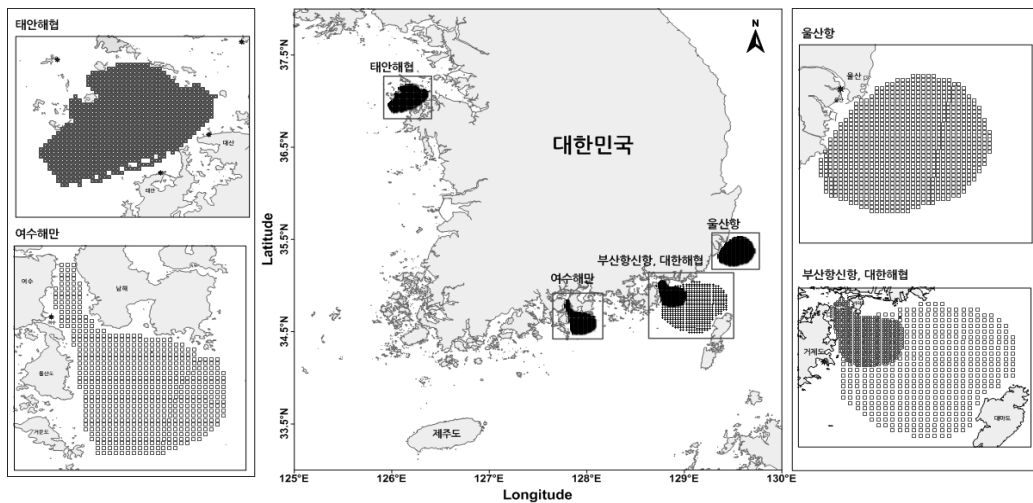
부록그림 (I -20) ARGOS 사진

다. 원격탐사 : 해양레이더(HF, VHF, X-band 레이더 등)를 사용한 유속측정은 해상에 고주파(5~45MHz)를 무지향성으로 발사하여 해수면에 산란되어 되돌아오는 후방산란 신호를 분석하여 해수 표층 유향과 유속을 측정한다[부록그림 (I -21)]. CCTV영상을 통한 해수 유속측정은 연속되는 두 장의 영상프레임으로부터 쇄파대 포말(foam) 패턴의 움직임을 이용하여 2차원 교차상호 분석방법으로 유속장을 산정하는 PIV (particle image velocimetry)분석을 비롯하여 OCM (optical current meter)과 SIFT(scale invariant feature transform)의 영상처리 기술을 이용한다.

이들 원격탐사의 장점은 육상에 설치되어 운영하기 때문에 안정성이 높고, 광범위한 해역에 대하여 해수면의 조류속 (또는 해빈류) 분포를 파악할 수 있으며, 기상 악화 시에도 관측이 가능하다. 특히 실시간으로 장기간의 관측이 가능하고, 고정점에서 광범위한 연안해역을 1km 내외의 분해능으로 관측이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 해안쪽으로 장애물이 없어야 하고 안정적인 전기 공급이 유지되어야 하는 등 주위 환경의 영향을 많이 받으므로 설치 지역 선정 조건이 까다롭고, 표층 해류만 관측하게 되므로 대상지역의 수직적인 흐름 구조를 알 수가 없다. 특히 관측 영역에 선박이 운행하게 되고, 바람과 같은 기상여건에 따라 자료의 결측이 발생 할 수 있으므로 이에 대한 대책을 강구해야 하는 단점이 있다.



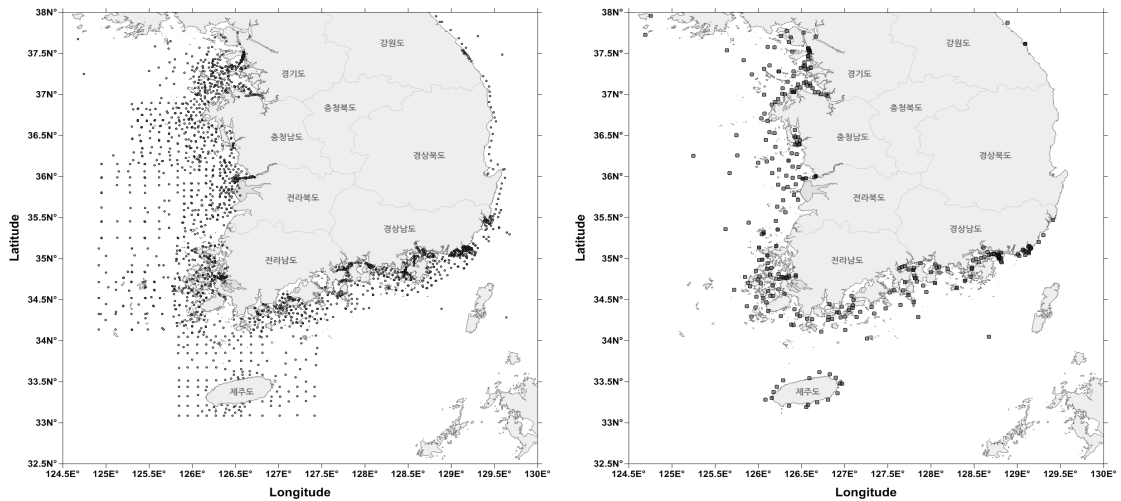
부록 그림 (I -21) 후방 산란 도플러 스펙트럼의 예



부록 그림 (I -22) 국립해양조사원 HF 레이더 설치 운영 위치도 (4개 지점)

(6) 관측 자료의 수집(국가해양관측망)

국립해양조사원에서는 해역별 조류 특성을 파악하고, 조류 예보의 정확성 향상을 위하여 유속계를 이용하여 1957년부터 현재까지 우리나라 주변 연안지역 뿐만 아니라 황해, 제주도 인근 해역 등 총 3,300여개의 정점에서 25시간 단기조류관측을 수행하였으며, 30주야는 약 400여개의 정점에서 수행되었다[부록그림 (I -23)]. 해당되는 자료는 국립해양조사원 홈페이지에서 다운받을 수 있다.



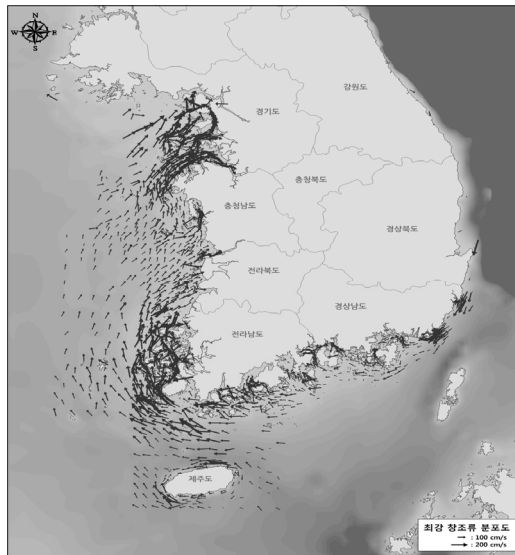
<1주야 관측자료 정점>

<30주야 관측자료 정점>

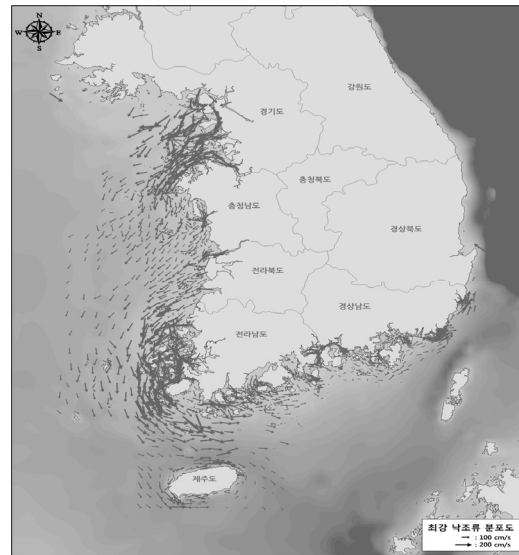
부록그림 (I-23) 국립해양조사원의 기존 조류관측정점 위치도

(7) 관측 자료의 분석

- ① 관측 자료의 정리 : 매시 측류기록, 유향·유속별 출현빈도표
- ② 관측 자료의 작도 : 유향·유속의 시간 변화, 항류의 시간 변화, 유향·유속 분포도, 연속유속 벡터도

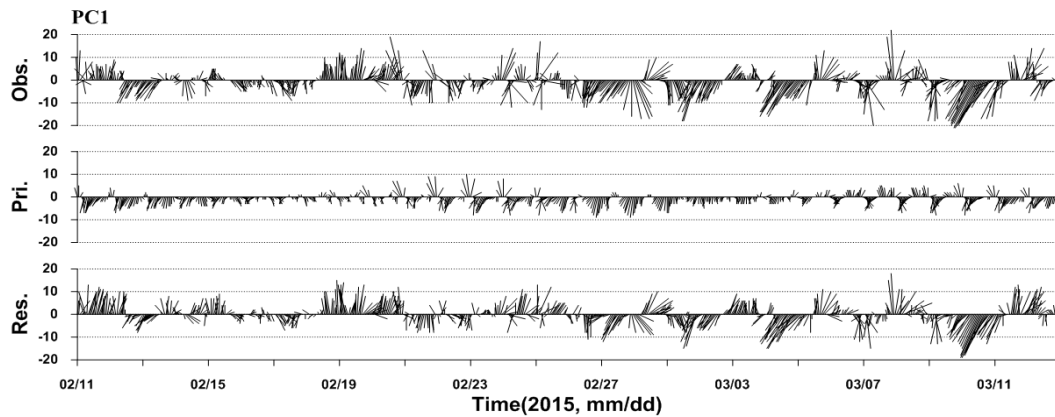


<최강 창조류>

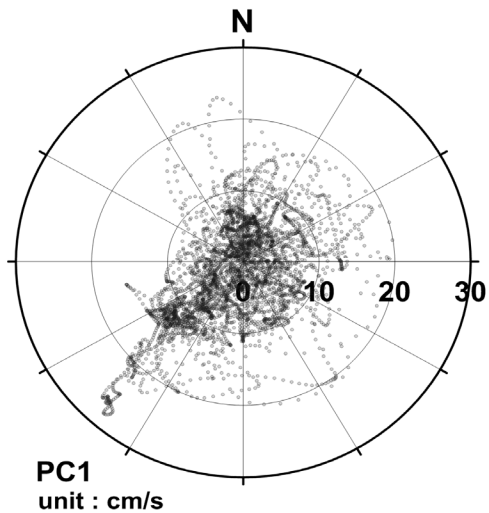


<최강 낙조류>

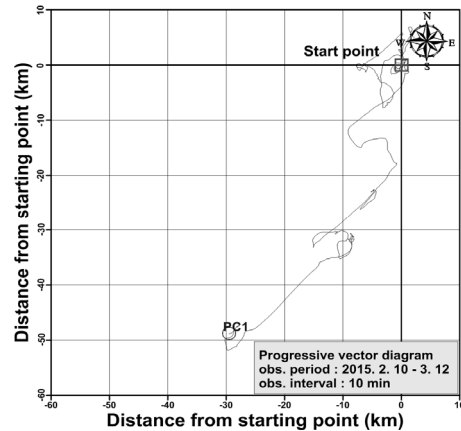
부록그림 (I-24) 우리나라 연안의 최강창·낙조류도 예시



부록그림 (I -25) 조류의 실측, 예측, 잔차시계열 예시

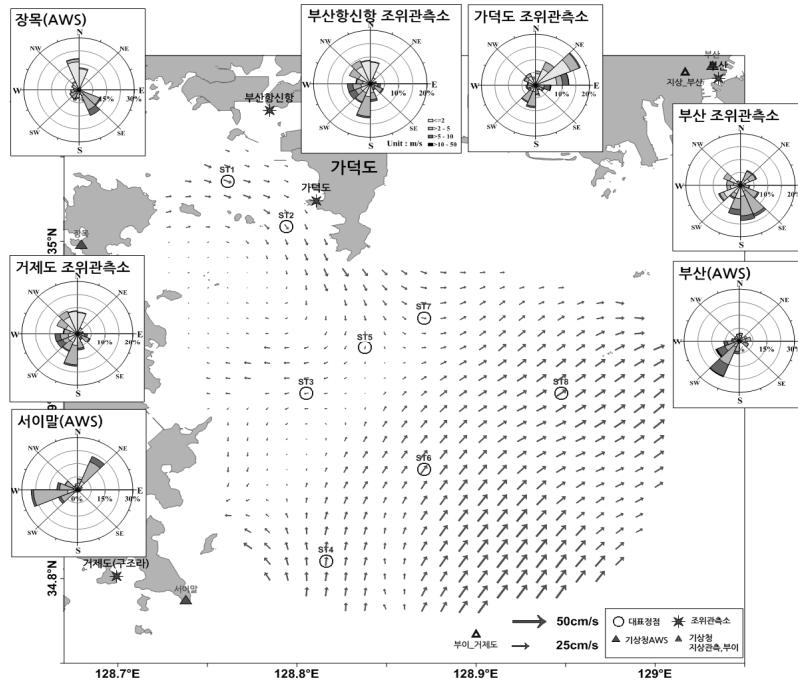


부록그림 (I -26) 유속유향 분포도(예시)

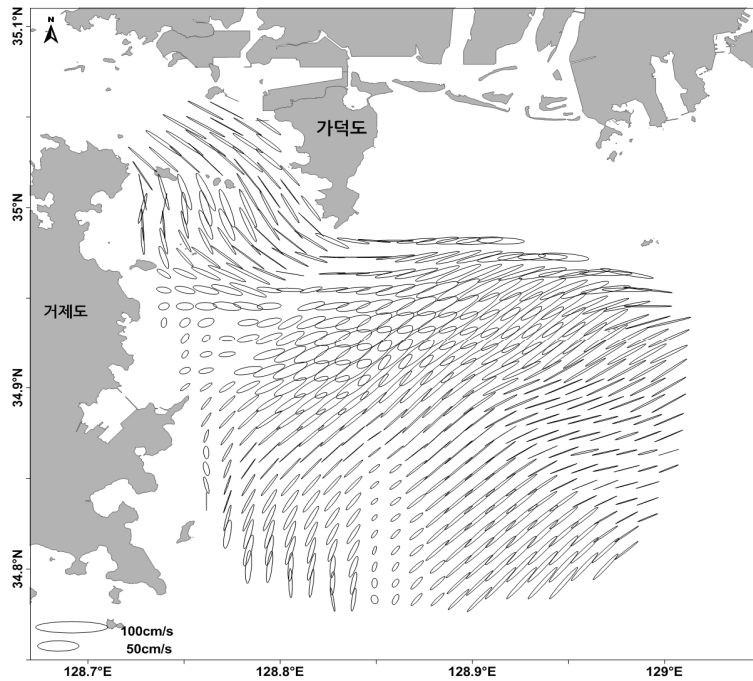


부록그림 (I -27) 진행 벡터도(예시)

- ③ 조류 조화상수와 비조화상수 산출, 조석자료와의 비교·검토하여 조류의 전류 시, 최강류 시 분석, 최강·평균유속 및 잔차류를 산출하고 필요시에는 바람, 파랑, 담수 등에 의한 추가 외력과의 상관성을 검토할 수 있다.



부록 그림 (I -28) HF 레이다 관측 자료의 잔차류 및 주변 풍향속과의 비교도(예시)



부록 그림 (I -29) HF 레이다 관측 자료의 M2분조 조류타원도 예시

2.2.4 부유사 관측

(1) 개요

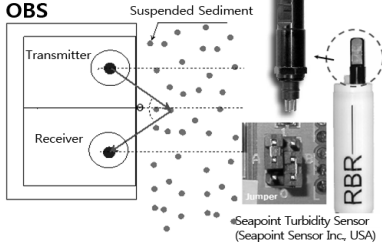
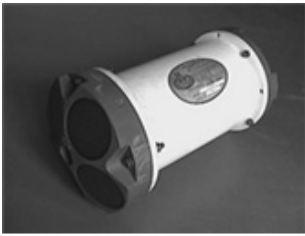
- ① 부유사는 물의 흐름이나 파랑 또는 인위적인 행위 등으로 인하여 저면의 퇴적물이 부상하여 수중에 부유해 있는 입자 상태의 토사이다.
- ② 부유사 측정은 햇빛 투과량의 정도를 파악할 수 있으며, 해저지형의 퇴적 및 침식 현상을 규명하는데 중요한 자료로 활용된다. 특히 해저면 경계층(BBL; bottom boundary layer)에서의 퇴적 이동량을 규명하는 것은 해역의 침식 및 퇴적현상을 이해하는데 매우 중요한 역할을 한다.
- ③ 매립·준설과 같은 인위적인 조건이 가해질 경우 해역에서의 부유사량이 급격히 증가하고 이로 인하여 식물플랑크톤의 감소 또는 미세입자들로 인한 어패류의 호흡기능을 방해하는 등 생물상의 변화를 초래하기도 한다.

(2) 목적

- ① 대상해역의 계절별 부유사 이동 특성을 파악하고, 지형변화(침식·퇴적)의 메커니즘을 파악하기 위한 기초자료를 확보한다.
- ② 매립 또는 준설 등의 인위적인 행위에서 발생하는 부유사의 농도를 파악하여 어패류 등의 피해손실을 파악하기 위한 기초자료로 활용하기 위함이다.

(3) 관측방법의 종류

- ① 채수법 : 채수기를 이용하여 대상해역의 수심별로 해수를 채수한 후 실험실에서 해양환경공정시험기준(해양수산부)에 의거하여 분석한다. 이 방법은 가장 일반적이고 널리 이용되는 방법이나, 해저면 인근에서 채수 시 해저면을 교란시킬 수 있으며, 실험자의 숙련도에 따라 정도가 다소 달라질 수 있다. 또한 이 방법은 25시간 내의 단기 관측으로 적절하다.
- ② 광역산란법 : OBS(optical backscatter sensor)로부터 발사된 적외선이 부유 입자에 반사되어 후방으로 되돌아오는 것을 전기적인 신호로 표현하여 부유사 농도를 산정하는 방법이다. 기기에서 도출되는 전기적인 신호는 기기 자체의 보정과정을 거쳐 NTU(nephelometric turbidity units) 또는 FTU(formazin turbidity units) 값으로 표기한다. 이 값들은 동일한 층에서의 채수를 이용하여 또는 포집기에 포집된 부유사를 이용하여 상관관계를 구한 후 mg/L로 환산한다. 장기 계류 시 센서부근에 생물 및 부유물 부착으로 이상 자료가 발생되지 않게 수시 점검이 필요하다.
- ③ 음향역산법 : 최근 해·조류 관측을 위하여 음향도플러 효과 변이를 이용한 기기들이 많이 사용되고 있다. 이때 사용된 ABS(acoustic backscatter sensor)를 이용하여 방사된 음파 중 부유 입자에 반사되어 수신기로 되돌아오는 양을 이용하여 부유사 농도를 산정할 수 있다. 이 같은 방법은 관측하고자 하는 수심의 흐름을 방해하지 않고 부유사의 시·공간적으로 관측이 가능한 장점이 있으나, 부유사의 특성(농도, 크기)과 수괴의 특성에 따른 음향의 감쇠효과에 대한 보정(채수, 탁도계 등을 이용)이 필요하다.

		
채수기	광학기기를 이용한 부유사 관측 기기	음향강도를 이용한 부유사 관측 기기

부록그림(I-30) 부유사 관측 기기의 예

(4) 관측방법

① 정점 장기 관측

- 가. 관측기간 : 부유사가 유속이나 파랑에 의해 직접적인 영향을 받기 때문에 부유사의 계절별 특성을 파악하기 위하여 매 계절마다 1개월 이상의 연속 부유사 관측이 필요하다.
- 나. 관측정점 : 퇴적물의 이동 및 침·퇴적의 변화를 파악하기 위해서 관측 전 기존 자료 등을 이용하여 대상해역의 부유사를 이동 양상을 대표할 수 있는 정점을 연안(longshore)방향 또는 횡단(on-offshore) 방향으로 충분히 선정한다. 가급적 연안시설물이 설치될 전면해역에 1개소, 연안시설물 공사로 인하여 부유사 확산이 영향을 미칠 범위 내에 1개소, 부유사 영향이 전혀 미치지 않는 대조구 지역에 1개소 등 최소 3개소 이상에서 관측을 수행함을 권장한다. 관측방법은 수괴 전체의 부유사를 관측할 수 있도록 다층에서 연속부유사가 관측되도록 하여야 한다. 수심이 충분히 확보되는 지역에서는 다층 부유사관측을 수심이 3m 미만일 경우에는 단층 또는 2개 층에 대한 부유사관측이 수행되어야 한다. 특히 퇴적물 이동이 활발하게 일어나는 해저면 경계층(BBL)에서의 유속과 부유사의 이동특성이 중요함에 따라 관측 시 주요 정점에서 이를 관측할 수 프레임과 장비를 이용하여 관측을 수행하도록 한다.

② 공사 중 부유사확산 관측

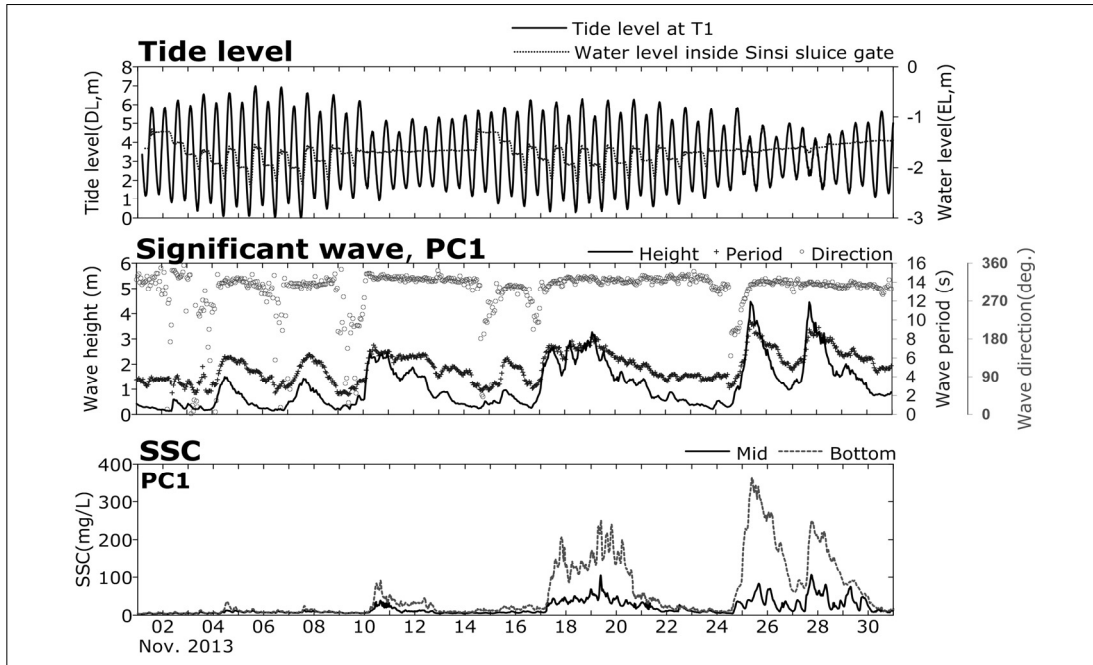
- 가. 매립 및 준설에 의한 부유사의 확산을 관측하기 위해서는 부유사 발생지점 부터 흐름방향으로 수심별로 채수기와 OBS센서를 이용하여 관측을 수행한다.
- 나. 음향강도를 이용하여 관측을 수행할 경우 부유입자의 특성, 수괴의 특성, 관측기기의 특성을 고려하여 관측해야 한다. 가급적 자료의 연속성을 확보하기 위하여 앞서 장기관측과 같은 정점에서 관측한다.
- 다. 단기 관측의 경우 일반적으로 부유사 공간분포관측을 주로 수행하고 있으며, 이때에는 최소 20점 이상의 공간분포를 설정하여 층 별 관측을 수행한다. 공간분포의 범위를 고려하여 동시에 관측을 수행하여야 하므로 다수의 조사선박을 이용하여 대·소조기 창·낙·고·저조시에 관측한다.

(5) 분석방법

① 퇴적물이동 양상 분석

- 가. 연속부유사의 변화 특성 분석(파고, 유속 등과의 상관관계 분석 포함) 및 통계분석

- 나. 해저경계층에서의 파랑 및 유동특성 변화에 따른 퇴적물 이동량 분석
- ② 공사에 의한 부유사 확산 분석
- 가. 부유사의 수직·수평적 농도 분포, 통계분석



부록그림 (I-31) 부유사 분석 예시(조위, 파랑 및 부유사 농도 시계열)

2.3 표사조사

2.3.1 목적

- (1) 표사조사는 대상 해안이 포함되는 표사계의 모래와 자갈의 이동특성을 파악하고 토사수지를 규명하는 것이 기본적인 목표이다.
- (2) 이를 위해서는 표사계를 구별하고 대상 표사계 내에 공급되는 토사량, 표사계 외로 유출되는 토사량 등을 조사하여 표사계 내에서의 토사이동 실태를 명확하게 할 필요가 있다.
- (3) 특히 모래수지관계를 파악하는 최소단위의 독립적인 표사계를 단위표사계라고 하며 단위표사계 내의 모래총량을 파악하여야 한다.

2.3.2 적용범위

- (1) 표사이동의 세밀한 관찰 및 분석을 위해서 대상해안의 해빈단면조사, 해안선 조사, 수심조사 및 하천유사량 조사를 수집하며 추가 조사를 실시할 필요가 있을 경우는 추가조사를 실시한다. 표사이동은 계절적인 특징을 가지고 있으므로 계절별로 조사를 실시해야 하며 또한, 지형은 답사직전의 파랑의 영향을 강하게 받을 수 있으므로 단기적 변화를 감안하여야 한다.

- (2) 해빈단면측량 자료는 동일 단면을 주기적(계절별 1회 이상)으로 측량한 자료가 필요하며 측량 범위는 사구 및 고정 구조물인근의 해변 시작지점과 육지와 백사장이 만나는 지점 및 토사이동한계수심을 포함한 수심 10~30 m 범위를 충분히 포함하는 범위에서 수행되어야 한다. 관측기선의 간격 설정은 해안의 길이와 관련되지만 최소 300 m이하로 하여 조사한다.
- (3) 해안선측량 자료는 약최고조조위에 해당하는 해안선을 따라 조사하거나 해빈단면측량성과를 이용하여 약최고조조위에 해당하는 해수면으로부터 추출, 연결하는 방법이 있으나 조사 시기나 주기는 해빈단면측량과 동시에 수행하여야 한다.
- (4) 수심측량 자료는 연안시설 설계에 있어 매우 중요한 기초자료로써 매우 정밀도 있게 조사, 측량되어야 한다. 일반적으로 연안시설이 위치하는 지역에 대해서는 매우 조밀하게 측량하여야 하며, 사업지역과 멀어질수록 기선 간격을 25m 또는 50m 정도의 간격으로 넓혀서 측량할 수 있다. 수심 조사는 정밀도 높은 음향측심기(echo sounder)를 이용하여야 하나, 수심이 2 m 미만의 얕은 지역에서는 음측기를 이용한 수심조사가 불가능하므로 직접 표척을 이용하여 측량하여 수심측량자료와 연결하여야 한다. 표사이동의 변화를 파악하기 위해서는 최소 2계절(하-동, 춘-추) 이상을 수행하여 그 변화를 기록하여야 한다.
- (5) 표사계 내에 유입되는 토사의 공급원에 관한 조사는 하천으로부터 유출 토사량의 추정(하천 유수량 조사), 해식애의 침식량 조사 등을 들 수 있다. 하천으로부터 공급되는 토사량은 하구 부근의 폐색 또는 개방 여부나 하천유량의 변동이력 등으로부터 추정할 수 있다. 또한 하천으로부터 토사공급이 주요 토사공급원으로 되어 있는 해안에서는 장기적으로 하천개발(댐, 보, 하구언 등)에 따른 하천의 유량변화와, 하구 부근의 폐색 또는 개방여부 등의 유역전체에 대한 토사 공급 변화를 살펴 해안에서의 표사수지 변화를 살피는 것이 중요하다. 표사계 내에서 외부로 토사가 유실되는 경우는 주변 어항 및 항만으로의 퇴적 또는 외곽시설로 인한 이동한계수심 밖으로의 유실, 해저곡 등으로부터 심해부로의 유실, 비사로 인한 육지쪽으로 유실, 골재채취에 의한 직접적인 토사 유실 등으로 이러한 부분도 조사대상으로 포함하여야 한다. 표사계 내에서 토사 이동특성을 파악하기 위해서는 지형변화의 실태를 조사함과 동시에 지형변화를 일으키는 파랑이나 유속의 특성을 파악하고 외력장의 특성과 지형변화와의 관계를 검토하는 것이 중요하다.

2.3.3 조사

(1) 표사조사(토사이동조사)

① 현지답사 및 기초자료수집

- 가. 기초자료 수집은 대상지역의 해안현황, 침식 및 재해 이력, 양빈과 준설 및 해사(규사)채취 이력, 자연현황, 항공사진 분석 등을 수행한다.
- 나. 해안현황은 현지답사 및 최근 항공사진을 분석하여 연안에 위치한 구조물(호안, 해안도로, 돌제, 방파제, 방사제, 침식방지시설물 등)의 현황과 그 영향을 파악하여야 한다.
- 다. 침식 및 재해 이력은 과거 보도자료, 흔적조사, 주민 및 지자체 공무원을 통하여 자료를 수집하여야 한다.
- 라. 양빈과 준설 및 해사(규사)채취 이력의 경우 양빈은 지자체 연안정비사업 담당자 또는 지자체 해수욕장 관리 담당자를 통하여 자료를 수집하고, 준설은 항 관리 담당자를 통하여 자료를 수집

- 한다. 해사채취의 경우 채굴허가권을 가진 지자체 담당자를 통하여 자료를 수집한다.
- 마. 자연현황에서는 조위, 바람, 파랑, 하천 등의 정보를 수집한다. 조위는 국립해양조사원에서 운영하는 기준조석관측소 자료를 수집하고, 바람은 기상청이 운영하고 있는 기상관측소의 바람 자료를 수집한다. 파랑의 경우 평상파랑과 이상파랑에 대한 정보가 필요하며 한국해양과학기술원에서 수행한 최신의 관측자료 또는 “전해역 심해설계과 추정보고서”의 심해설계파랑 자료 등을 수집하고, 하천정보는 국토교통부의 하천관리지리정보시스템(www.river.go.kr)에서 자료를 수집한다.
- 바. 항공사진 분석은 국토지리정보원에서 제공하는 항공사진을 과거에서부터 최신의 항공사진을 수집하여 백사장 변화, 연안에 설치된 구조물 변화 등을 파악하여 과거에서부터 현재까지의 변화이력을 파악한다.
- 사. 현지답사는 수집된 기초자료를 근거로 하여 대상지역의 현재 상황을 파악하고, 지역주민 및 지자체 공무원을 통하여 자료의 검증 및 보완을 수행하여 현행화 작업을 실시한다.
- ② 지형변화조사 및 표사량조사
- 가. 대상지역을 포함한 단위표사계 범위의 지형변화(수심부 포함)를 파악하기 위하여 육상부는 파도에 의해 변형이 일어나지 않는 부분을 기준점으로 하여 포말대를 포함한 수심 DL(-)1.5m 이상으로 하며 수심부는 표사이동한계수심을 포함한 수심 약 10~30m 까지 단면측량을 수행한다.
- 나. 수행 시기는 계절별 1회 이상으로 하고, 하·추계에 발생하는 태풍 또는 겨울철 고파랑, 이상파랑 등으로 인하여 단기 침식이 발생하였을 때 추가 측량을 수행한다.
- 다. 단면측량 기선간격은 사업목적, 지형특성 등에 따라 차이가 있지만 약 25~300 m로 간격을 설정한다. 특히, 쇄파대내에서의 수심조사간격은 멀티빔이나 싱글빔 음향측심기의 특성을 고려하여, 지형조사가 누락되지 않도록 10m이내의 간격으로 실시하여야 한다.
- 라. 측량을 수행하기 위하여 우선적으로 기준점 측량을 수행해야 하는데, 대상지역 주변에 국립해양조사원이나 국토지리정보원에서 매설한 기준점을 파악하고 이 점을 활용하여 기준점 측량을 수행하여 대상지역에 3점 이상의 기준점을 매설한다.
- 마. 매설한 기준점을 기준으로 기선마다 간이기준점을 설치하여 측량수행시 항상 동일한 기선에서 측량을 수행하고, 매설된 기준점에서 검증을 수행한다(연안침식 실태조사 매뉴얼/측량편 참조).
- 바. 연안표사나 우회표사가 우월하다고 판단되는 경우 표사 이동량을 직접 측정하는 것이 필요하며 그 방법은 포사기에 의한 방법이나 광속투과율계(탁도계) 등에 의한 부유사 농도 측정과 동시에 유속 측정을 병행하는 방법 등이 있다. 이동하는 모래와 자갈의 양을 측정하는 방법으로는 형광도료를 도포한 저질이나 현지와는 다른 광물을 추적자(tracer)로 그의 이동 특성을 추적하여 표사의 이동방향을 추정하는 방법도 있다. 횡단표사에 대한 정보를 얻고자 하는 경우는 연안표사가 우월하지 않은 쇄파 영역에서 부유사 농도만을 측정하여 저질의 부유 및 침강 특성을 파악하는 방법이 있고 동시에 층별 유속도 관측하여 수직 2차원적인 부유사 이동 특성에 대한 상세한 관측도 실시할 수 있다. 표사량을 측정하는 경우 입사 파랑에 대한 표사 발생량을 측정하고자 하는 것이니 파고, 주기, 파향 등의 입사파랑 관측도 동시에 필요하다.
- 사. 이들 조사는 관측기간이 기껏해야 1개월 정도로 짧기 때문에 관측시의 기상·해상으로 파악하여 표사특성을 만들어도 기상·해상의 시간적 변화가 커서 예상과 일치하지 않을 경우에는 결과적으로 조사의 목적을 달성할 수 없을 가능성도 있다. 따라서 이들 조사는 전술이나 후술의 조사 결과와

합쳐서 평가할 필요가 있다(‘부록 I / 2.2 해상조사’ 참조).

아. 침식관리에 하천유사량의 영향력이 크다고 판단되는 경우 해당하천의 강우-유량곡선을 우선 파악하고, 유량-유사량 관계를 관측치를 토대로 구해야한다. 이러한 관계를 도출하였다더라도 홍수 시 유출토사에는 세립질이 상당부분 포함되어 있고, 이는 파랑교란에 의해 대부분 외해로 이동하므로 유출토사가 대상해안 수심에 미치는 영향을 파악하기 위해 홍수 전후의 수심측량이 필요하다.

③ 조석·조류·해빈류·파랑 관측(연안침식 실태조사 매뉴얼/해양조사편 참조)

가. 조석 관측은 주로 천체에 의한 해수면의 주기적인 승강을 관측하는 것으로 정확한 파악을 위해서는 1년 이상의 연속 관측한 자료가 필요하며, 조석 관측을 통해 여러 가지 조석현상은 물론 조위별 정확한 해수면을 구함으로써 중요한 자료를 제공한다.

나. 조석관측을 수행하기 어려울 경우 최소한 대상지역에서 1개월 이상의 조석관측을 수행한 후 대상지역 주변에 국립해양조사원에서 운영하는 조석관측소 자료를 활용하여 상관관계를 구한 후 사용한다.

다. 조류 관측은 해수흐름의 속도, 방향을 측정하기 위한 관측이며, 계절별 1회 이상 수행한다. 현재는 부표를 이용하여 해수면 아래 일정 수심에 계류하거나 해저에 고정하여 연속적으로 관측하여 해수면에서의 간섭을 적게 받으면서 관측을 수행할 수 있다. 최소한 30일 이상의 관측을 수행하여야 한다.

라. 파랑은 주변 해역에서 관측되거나 예측된 자료를 분석하여 평상파랑이나 이상파랑 정보를 취득할 수 있지만, 해안침식과 관련하여 가장 중요한 외력요소인바 그 특성을 상세히 파악하기 위해서는 1년 이상 연속 관측을 수행하는 것이 바람직하며, 대상지역의 지형특성을 고려하여 파랑 관측지점을 설정하여야 한다. 파랑특성인 파랑시계열, 파고계급별 발생빈도, 주기별 발생빈도, 파향별 발생빈도, 파향별 파고계급별 빈도, 주기별 파고 계급별 발생빈도 등의 분석을 통하여 대상지역 파랑특성을 분석·제시해야 하며, 심해파랑으로 산출한 파랑과 관측 파랑을 상호 비교하여 그 결과를 제시해야 한다.

마. 해빈류 및 취송류의 현장 관측 결과는 과업대상구역 내의 한정된 지점과 한정된 시점에서의 흐름 정보만을 산출해내는 것이지만, 실제 자연에서 나타나고 있는 현상을 있는 그대로 보여주기 때문에 이로부터 현장에 대한 이해도를 더욱 높일 수 있다.

바. 수치모형실험과 현장관측 결과와의 비교를 통해 수치모형실험 결과의 신뢰도를 향상시킬 수 있으며 수치모형실험에 포함되지 않은 중요한 자연 현상을 추가할 수 있다.

④ 저질 특성과 해저지질

가. 장기적인 해안의 형성과정이나 모래와 자갈의 부존량을 조사하기 위해서는 해안의 토질에 관한 조사가 필요하다. 육상부에는 보링 조사 자료가 있는 경우가 있으므로 그 자료를 수집한다.

나. 전빈과 후빈 영역에서는 연안시설물의 설치가 계획되는 경우 보링 조사로 모래와 자갈의 퇴적상황을 조사하는 것이 필요하다. 해저의 토질에 대해서는 음파조사가 이용되고 있다. 호트러지지 않은 샘플을 채취하는 것이 가능하다면 입자 크기나 퇴적구조에 의해 퇴적환경이나 광물조성에 의한 공급원, 또한 방사선동위원소에 의해 퇴적연대를 추정하는 것이 가능하다.

다. 저질조사는 후빈부에서 이동한계수심지점부근까지 영역에서 실시한다. 또 대상으로 하는 지역에 토사의 공급원이 되는 하천이 존재할 경우에는 하구부를 포함하여 조사한다(‘부록 I /2.4 환경·생태

계조사 저질 조사법'과 연안침식 실태조사 매뉴얼 퇴적물 및 해저질 조사' 부분 참조).

- (2) 표사조사는 현지답사 및 기초자료수집, 파랑·조류·조석·해빈류, 지형변화와 표사량, 저질특성과 해저지질이 주요한 조사가 된다[부록표(I-2)]. 파랑·조류·조석·해빈류 관측은 '부록 I / 2.2 해상조사'의 해당사항을 참고한다.

부록표(I-2) 표사조사를 위한 조사항목 및 조사 시기

조사 항목	조사 시기
현지답사 및 기초자료수집	현지답사 : 1회 이상, 단기침식 발생 시 답사 수행 기초자료수집 : 1회 이상
지형변화조사 및 표사량조사	지형변화조사 : 계절별 1회 이상, 단기침식 발생 시 수행 표사량조사 : 계절별 1회 이상
조석·조류·해빈류·파랑 관측	파랑·조석 관측 : 1년 이상 연속 관측 조류·해빈류 관측 : 계절별 1회 이상
저질 특성과 해저지질	계절별 1회 이상

2.4 환경·생태계조사

2.4.1 목적

- (1) 환경·생태계조사는 해안 주변의 환경 및 생태계 현황과 변화를 예측하고 파악하는 것을 목적으로 한다.
- (2) 환경 변화·생태계의 영향을 수치계산에 의하여 예측하는 경우에도 모델 자료 구성 및 검보정을 위해 현지 조사 결과를 이용하여 검토할 필요가 있다.

2.4.2 적용범위

- (1) 환경·생태계의 구성요소는 복잡한 상호작용으로 인하여 조사 항목을 명확히 설정하고, 적절한 조사계획을 수립하는 것이 중요하다.
- (2) 조사 방법 및 조사항목은 아래에 제시하였으며 [부록표(I-3) 참조] 주의할 점을 기술하였다.

부록표(I-3) 해역의 환경조사에 대한 조사항목별 목적

구 분	조사 목적	조사 항목 / 조사 대상
수 질 조사	해수의 기본적인 물리특성의 파악 생물의 기본적인 서식환경조건 파악 해수의 유동구조의 파악	수온, 염분
	해수 중 탁함의 파악	투명도, SPM
	유기물 오염, 부영양화의 정도 파악	COD, TOC, 영양염, 클로로필 a
	환경기준과의 비교	pH, COD, DO, 총대장균군, 유분, 미량금속, 유해화합물
	생물의 서식조건의 파악	pH, DO, 광량, 영양염
저 질 조사	퇴적물의 기본적인 성상의 파악	입도조성, ORP
	유기물 오염, 부영양화의 정도 파악	COD, IL, AVS, 영양염, 유기탄소
	환경기준과 비교	COD, AVS, 유분, 중금속, 유해화합물
	생물서식 기반조건의 파악	저서성미세조류, 총균수
생 물 조사	서식상황, 분해능력의 파악	균·박테리아, 전균수, 배양시험
	서식상황, 기초생산력, 적조 발생상황 파악	플랑크톤, 부착조류, 클로로필 a, 출현종·출현량
	서식상황, 어패류의 산란·보육장, 수역의 정화작용 파악	해조류·해초류, 출현종·출현량, 서식범위 및 밀도, 보호종

구 분	조 사 목 적	조 사 항 목 / 조 사 대 상	
	서식상황, 생물활성, 퇴적물 환경 파악, 수역의 정화작용의 파악	저서생물	출현종·출현량, 보호종
	서식상황, 어패류의 산란능력 파악	어란, 자치어	출현종·출현량, 성장단계
	서식상황, 수산자원의 파악	어패류	출현종·출현량, 성장단계
	서식상황, 먹이망 상위종의 검토	조류	출현종·출현량, 번식실태, 보호종
생태계조사	물질순환의 파악	해수중의 침강물 조사, 퇴적물 용출시험, 산소소비속도 측정	
	생태계 모델 파라미터의 파악		
	생태계 평가지표의 검토	생물다양성, 물질순환양, 물질저류량	
	메소코즘(mesocosm) 실험에 의한 검토	물질순환양, 생물종의 천이	

(3) 환경·생태계 조사계획 (지점, 기간 선정)

- ① 조사계획은 조사대상으로 하는 현상이 갖는 공간적·시간적 범위를 고려하여 a) 대상구역, 지점, b) 조사항목, c) 시기·빈도와 같은 기본사항을 적절하게 선정하여 입안할 필요가 있다.
- ② 조사 대상구역은, 조사목적과 해역의 특성을 반영하여 주로 해저지형, 해안지형, 하천으로부터의 영향, 파랑, 유향, 저질, 서식생물의 분포 등을 참고하여 각각의 지역에 대한 특성을 파악할 수 있도록 설정한다. 특히 중요한 생물군집이나 법정보호종 분포지역이 가깝게 존재하는 경우는 그 장소를 포함하여 조사지점을 설정하는 것이 바람직하다.
- ③ 환경조사에서 조사항목을 크게 나누면 해양 수질, 해양 퇴적물, 생태계로 구분된다. 조사항목은 이들 구분에 포함된 항목에서 조사목적에 따라 선정 및 자료의 활용도를 파악하여 선정하는 것이 바람직하다. 시기·빈도는 조사목적과 조사항목에 의거하여 적절하게 선정해야 한다.
- ④ 환경·생태계조사에서 부유생태계와 저서생태계는 해양수질 및 퇴적물 조사와 정점 및 시기를 동일하게 설정하여 연관성을 파악하여야 한다.
- ⑤ 조사정점은 대조구를 포함하여 최소 10개 정점을 선정한다.
- ⑥ 조사 시기는 계절변동과 연평균의 환경조건을 추출하기 위해서는 연 4회 (봄, 여름, 가을, 겨울)의 조사가 최소한 필요하며, 조석 및 조위의 영향이 있는 해역에서는 대조·소조기 및 고조·저조를 고려하여 조사하여야 한다.
- ⑦ 또한 태풍이나 홍수 등의 이벤트에 의한 영향의 조사, 생물의 산란·번식에 초점을 둔 조사 등에서는 조사 시기·빈도에 대한 고려가 필요하다.

(4) 해양수질 조사방법

- ① 수질은 생물활동에 직접적인 영향과 동시에 유속 등에 의해 이류·확산되어 주변 해역 환경에 영향을 주는 중요한 조사항목이다.
- ② 조사항목으로는 기초적인 수질지표인 수온, 염분, 투명도, SPM(부유입자물질)과 부영양화지표인 질소, 인, 규소 등의 영양염 그리고 환경기준으로서의 COD(화학적 산소요구량), pH(수소이온농도), DO(용존산소), 대장균수, 유분, 유해물질 등을 들 수 있다.

가. 조사대상 영역·시기에 관한 유의사항

- (가) 수질이 이동하는 해수에 의해 이류·확산되는 것을 고려하여 대상해역의 수질을 파악할 수 있는 범위를 조사범위로 설정한다.

(나) 조사정점은 조사대상 영역 내의 격자상 혹은 방사상으로 배치하는 것을 기본으로 하지만, 환경조건이 다른 영역임이 확실한 경우에는 장소마다 차이를 비교할 수 있도록 설정한다.

(다) 조사 시기는 수질이 일반적으로 큰 계절변동을 갖는 것임을 감안하여 계절 조사가 기본이지만, 조류 등에 의한 변화가 큰 영역에서는 대조·소조 조사 및 고조·저조 조사 등을 포함할 필요가 있다.

나. 조사방법

(가) 수질의 조사방법은 채취하여 분석하는 방법과, 측정기기에 의한 현장에서 측정하는 방법의 2 종류로 크게 나눌 수 있다.

(나) 또 측정기기에 의한 측정도 선상에서 적정한 측정기를 수중에 넣어 트러 측정하는 방법과, 측정기기를 수중에 계류하여 연속적으로 측정하는 방법으로 나눌 수 있다.

(다) 조사목적에 의해 필요한 측정정밀도와 항목, 공간적으로 넓은 범위에서 동시적으로 수질분포의 파악 필요성, 경시적인 수질의 변화를 포착하는 것의 필요성 등을 감안하여 각종의 조사방법을 선택해야 한다.

(라) 각각의 항목분석 방법에 대해서는 해양환경공정시험기준 및 국가 해양생태계 종합조사 조사지침서 등에 절차가 제시되어 있다.

(5) 해양 퇴적물 조사방법

① 퇴적물의 성상은 저서생물의 서식 환경을 나타낼 뿐만 아니라 수중으로부터 공급 및 퇴적 환경변동 등에 의해 해양 환경의 장기적변화의 누적을 나타내는 지표로서 활용이 가능하다.

② 조사항목은 기초적인 퇴적물 지표인 입도조성, ORP, 유기물의 지표인 COD, IL(강열감량) 영양염, AVS, 유기물량, 환경기준으로서의 유분, 중금속, 생물서식기반조건으로서의 저서성미세조류, 총균수 등을 들 수 있다.

가. 조사대상 영역·시기에 관한 유의사항

(가) 퇴적물을 저서생물의 서식기반으로 생각한다면 저서생물조사와 연동하여 조사영역·조사지점을 설정할 필요가 있으며 해양환경의 장기적 변화의 지표로서 생각한다면 수질조사와 연동하여 조사영역·조사지점을 설정할 필요가 있다.

(나) 특히 지형변화가 심한 해역, 신생 퇴적물의 퇴적율이 높은 해역, 저질 자체가 변동하는 영역에서는 그 변화의 정도에 맞춰 조사시기와 빈도를 설정할 필요가 있다.

(다) 다만 장기변화의 지표로서 심층 퇴적물의 시료를 채취하는 경우에는 조사 시기에 대한 고려는 필요하지 않다.

나. 조사방법

(가) 퇴적물 조사는 채니기에 의해 채취한 시료를 현장 또는 분석실에서 분석하게 된다. 퇴적물은 크게 표층 퇴적물 주상 퇴적물의 채취로 나누어지며, 채취방법에 따라 이용하는 채니기가 상이하다.

(나) 표층퇴적물의 채취는 주로 신생퇴적물을 채취하는 것으로 비교적 최근의 환경조건을 대표하는 시료를 채취하는 것을 목적으로 하고 있고 주상퇴적물의 채취는 주로 과거에 퇴적된 퇴적물의 이력을 조사하는 것을 목적으로 하고 있다.

(다) 각각의 항목분석 방법에 대해서는 해양환경공정시험기준 및 국가 해양생태계 종합조사 조사

지침서 등에 절차가 제시되어 있다.

(6) 생물조사방법

- ① 생물의 조사는 일반화 된 방법으로 적용할 수는 없는 한계가 있기 때문에 각각의 생물종에 대한 독자의 조사방법을 적용할 필요가 있다.
- ② 조사항목은 생산자인 식물플랑크톤, 부착규조, 해조류, 해조류, 소비자로서 동물플랑크톤·저서생물·어류(어란·자치어), 조류, 분해자로는 균·박테리아 등을 들 수 있다.

가. 조사대상 영역·시기에 관한 유의사항

- (가) 조사해역의 출현종·출현량의 현황조사가 주체이므로 대상이 되는 생물종의 생활사, 발육단계, 이동범위(서식범위) 등을 감안한 조사계획의 수립이 필요하다.
- (나) 부유생태계와 저서생태계는 조사해역의 수질 및 퇴적상 등에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역과 영향범위 밖의 대조구를 포함하여 최소 10개 정점으로 선정한다.
- (다) 어류 및 수산자원은 어업실태 및 현장조사를 병행하여 실시하며, 현장조사에서는 상용어구를 이용하여 대조구를 포함하여 최소 3개 정점으로 선정한다.
- (라) 조간대 생물은 조위별로 상부부터 하부까지 최소 3개 정점에 대하여 조사하며, 서식기질 특성에 따라 일관성 있게 조사한다.

나. 조사방법

- (가) 부유생태계 : 식물플랑크톤은 정점별 네트(net)에 의한 수직채집 시료에 대한 정성조사 및 수심 25 m 이내의 경우 표·저층, 수심 25 m 이상의 경우 채수에 의한 표·중·저층을 정량(1 리터 해수시료 대상) 조사하며, 종조성, 현존량, 우점종, 종다양성, 염록소 분포를 분석한다. 동물플랑크톤은 NORPAC net(망구 0.45m, 망목 330 μ m)를 이용하여 25m 이하 수심에서는 경사채집, 25m 이상에서는 표층과 중·저층이하 두층에서 예망채집 조사하며, 종조성, 현존량, 우점종, 종다양성을 분석한다.
- (나) 저서생태계 : 정량채집기로 2회 이상 채집(0.1m²그랩을 사용하여 2회 정량채집 혹은 0.05m²의 그랩을 사용하여 4회 정량 채집하여 최종적으로 채집면적이 0.2m²가 되도록 한다)하여 선상에서 원형망목 1mm 이상의 체를 사용하여 잔존물을 분리하여 실험실 선별작업 후 종 수준까지 동정 후 계수한다. 동물군별 조성 서식밀도, 생체량, 출현종수, 우점종, 종다양성지수, 정점간 유사도를 분석한다.
- (다) 어류 및 수산자원 : 어업실태 조사자료(어선세력, 생산량 등 활용 가능한 기존자료)를 활용하고, 트롤 또는 대상해역에서의 상용어구를 이용한 수산자원 정량조사자료(예. 종조성, 개체수, 우점종, 종다양성 등)를 파악하여, 주요어종의 서식지 분포특성 및 정성·정량적 군집구조를 분석한다.
- (라) 어란 및 자치어 : 난자치어 네트(net, 망구 0.6m 이상, 망목 330 μ m)를 이용하여 시료를 채집하여 군집구조에 대한 정량적으로 분석한다(예, 출현종, 개체수, 출현시기(분포도), 우점종 등).
- (마) 해양식물 : 0.5m×0.5m 방형구를 이용한 각 정점별 정량조사를 실시하며, 각 정점별 방형구 내 해조류에 대해 전량 조사한다. 해조류 군락구조(예. 우점종, 상대피도, 현존량 등) 현황 정점별 변이추세를 분석한다.
- (바) 조간대동물 : 경성기질은 각 정선 내 상, 중, 하부 3개 정점에 대하여 방형구(0.1m x 0.1m)를

3회 반복 사용하여 조사한다(단, 동해안의 경우 상·중부 중 1곳을 선택하여 일관성 있게 조사한다). 연성기질은 캔코어(can core) 또는 원형 코어와 같은 정량 채집기를 3회 이상 반복 사용하여 0.1m² 채집한다(불가피하게 선박을 이용할 경우 표면적 0.05m² 그래프를 사용하여 2회 이상 채집한다). 조위별로 상부부터 하부까지 최소 5개 정점에 대하여 조사하며, 원형망목 1mm 체를 사용하여 잔존물을 분리하여 실험실 선별작업 후 중 수준까지 동정 후 계수한다.

분류군별 조성, 서식밀도, 생체량, 출현종수, 종다양성지수, 주요 우점종분포, 주서식지 기질(퇴적물, 암반 등) 특성을 고려하여 시·공간적으로 분석한다.

(7) 생태계조사 방법

- ① 생태계란 서식생물과 서식환경을 포함하여 일괄한 물질을 순환시키고 있다. 생태계의 각각의 구성요소에 대해서 수질조사, 퇴적물 성분조사, 생물조사에 의해 조사하고 있지만 생태계로서 물질순환을 파악하기 위해서는 물질순환시험(용출시험, DO소비시험)을 실시하여 물질순환량을 파악하고 생태계 모델에 의한 순환계의 재현을 위한 모델 파라미터를 결정하는 것과 생태계지표에 의한 종의 구성·현존량 등의 평가를 한다.
- ② 물질순환 (용출시험, DO소비시험) 시험은 혼탁하지 않은 곳에서 채취한 퇴적물과 공극수를 실험실에서 배양하여 수중에서 용출하는 영양염이나 소비시키는 DO의 농도를 경시적으로 측정하는 방법을 실시한다. 각각의 결과는 성분의 용출속도, 소비속도로 정리하고 물질순환속도를 나타내는 파라미터로서 활용한다.
- ③ 생태계지표는 생물의 다양성과 물질순환의 복잡도 등을 나타내는 것으로 여러 가지 지표가 제안되고 있다. 각각의 지표에서 지표화 되고 있는 것이 상이하며, 범용적인 지표는 제안되고 있지 않은 것이 현재의 상태이다. 생태계 지표를 이용할 경우는 각각의 지표의 적용성을 명확히 하고 복수의 지표를 검토하여야 한다.
- ④ 특수한 실험방법으로서 메소코즘(mesocosm) 실험방법이 이용되고 있다. 메소코즘(mesocosm) 실험은 해역이나 육상에 가두리를 설치하고 물질순환을 조절한 상태에서 실험을 하는 방법이다. 실제의 기상·해상의 영향을 반영한 물질순환을 기대할 수 있고 현지관측과 실험실 분석을 통하여 결과를 도출한다.

(8) 조사결과의 정리

분석결과에 대해서는 기록결과를 종합하여 환경 기준치와 비교한다. 또한 조사결과를 데이터베이스화 하여 보존하고 공개하여야 한다.

[참고문헌]

- 1) 해양수산부(2006). 해양오염퇴적물 조사지침서
- 2) 해양수산부(2013). 해양환경공정시험기준
- 3) 해양수산부(2013). 해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정
- 4) 해양수산부(2014). 국가 해양생태계 종합조사 조사지침서
- 5) 해양수산부(2014). 항만 및 어항 설계기준·해설
- 6) 해양수산부(2015). 연안침식 실태조사 매뉴얼

부록 II. 수치모형실험

1. 일반사항

이 부록에서는 연안시설의 파랑 또는 표사 제어를 통한 연안침식 방지 및 해빈안정화 목적에 맞는 프로그램 활용으로 제 기능을 정량적으로 평가하는 방법으로서 수치모형을 이용한 기능 실험 과정을 수록한다.

1.1 목적

수치모형실험은 연안시설이 제어하고자 하는 물리적 대상에 따라 다음 3가지 실험 목적을 두고 수행한다.

- ① 이상고파 제어 실험
- ② 횡단표사 제어 실험
- ③ 연안표사 제어 실험

1.2. 이상고파 제어

이상고파 제어를 목적으로 하는 연안시설은 다음과 같다.

- ① 호안
- ② 이안제
- ③ 잠제·인공리프
- ④ 소파제
- ⑤ 사빈(양빈)

이상고파 제어 목적으로 시설별로 다음과 같이 3가지 수치모형실험이 수행된다.

- ① 호안을 넘는 월파 제어 실험
- ② 소파제 배후와 사빈(양빈)에 의한 치오름 제어 실험
- ③ 이안제, 잠제·인공리프 배후의 파랑 제어 실험

연안시설의 이상고파 제어 기능을 평가할 목적하는 적용하는 수치 모형의 종류는 다음과 같다.

- ① 선형파랑변형모형(linear wave deformation model)
- ② 비선형파랑모형(nonlinear phase-resolving wave model)
- ③ 3차원파랑모형(3D wave model)

1.3 횡단표사 제어

횡단표사 제어를 목적으로 하는 연안시설은 다음과 같다.

- ① 이안제
- ② 잠제·인공리프
- ③ 사빈(양빈)

횡단표사 제어 목적으로 시설별로 다음과 같이 3가지 수치모형실험이 수행된다.

- ① 이안제로 인한 배후 사빈의 침식 취약성 개선효과 실험
- ② 잠제·인공리프 시설 배후에서의 침식 폭 제어 실험
- ③ 사빈(양빈)에 의한 침식 과정 개선효과 실험

연안 시설의 횡단표사 제어 기능을 평가할 목적하는 적용하는 수치 모형의 종류는 다음과 같다.

- ① 해빈반응변화모형(beach shoreline response model)
- ② 평형해빈단면모형(equilibrium beach profile model)
- ③ 해빈변화모형(morphological beach change model)

1.4 연안표사 제어

연안표사 제어를 목적으로 하는 연안시설은 다음과 같다.

- ① 돌제·헤드랜드
- ② 방사잠제
- ③ 사빈(양빈)

연안표사 제어 목적으로 시설별로 다음과 같이 3가지 수치모형실험이 수행된다.

- ① 돌제, 방사잠제에 의한 연안표사 제어 실험
- ② 돌제군, 헤드랜드에 의한 해안선 제어 실험
- ③ 사빈(양빈)에 의한 연안표사 이동 환경의 개선효과 실험

연안 시설의 연안표사 제어 기능을 평가할 목적하는 적용하는 수치 모형의 종류는 다음과 같다.

- ① 해안선변화모형 또는 N-line 모형(shoreline change model or n-line model)
- ② 평형해안선모형(equilibrium shoreline empirical model)
- ③ 해빈변화모형(morphological beach change model)

2. 수치모형실험의 설계

수치모형실험은 연안시설의 제어 기능 실험에 맞도록 외력 조건을 설계하고 수치모형실험의 다양한 수행 계획을 설계하여 이루어진다.

2.1 외력 조건의 설계

수치 모형의 실험 외력 조건은 기본적으로 파랑 입력 조건과 조위 입력 조건을 적용한다.

2.1.1 파랑 입력 조건

수치 모형의 외해 조건으로 적용되는 파랑 입력 조건은 파고, 주기, 파향으로 구성되며 다음 3가지 종류가 있다.

- ① 극단적인 상황에서의 고파랑 변형 또는 횡단표사의 이동을 모의하거나 시설의 제어 기능을 평가할 목적으로 이상파랑 조건이 적용된다.

이상파랑 조건은 극치 분석(extreme value analysis)을 통하여 1년 빈도, 10년 빈도, 30년 빈도의 파랑 조건 중 하나를 택하여 이상파랑 조건으로 사용할 수 있다. 자료 추출이 가능하다면 계절별로 이상파랑 조건을 적용할 수 있다. 그러나 그 제어 기능을 평가할 경우는 최악의 경우에 대하여 논한다.

- ② 평균적인 연안표사의 이동을 모의하거나 시설의 제어 기능을 평가할 목적으로 평상파랑 조건이 적용된다. 시계열 자료로부터 평상파랑 조건을 구하는 방법은 설계기준 본문에 제시되었다. 자료 추출이 가능하다면 계절별로 평상파랑 조건을 적용하는 것이 좀 더 바람직하다. 3개월씩 평균된 계절별 자료를 적용하여 결과를 도출한 경우는 평균을 취하여 연평균 제어 기능으로 평가할 수 있다.

- ③ 표사 이동의 시간적인 변화를 모의할 목적으로 시계열 파랑 조건이 적용된다. 시계열 자료는 관측 자료나 예측 자료를 사용할 수 있으며 특별한 원칙이 없지만 파랑의 변화 특성 상 1~3시간 간격의 자료가 적용되는 것이 바람직하다.

2.1.2 조위 입력 조건

수치 모형의 조위 입력 조건은 다음과 같이 실험하고자 하는 파랑 입력 조건에 따라 달리 적용된다.

- ① 이상파랑 조건은 가장 극한 상황으로서의 파랑 조건으로서 조위도 극한 상황을 연출하는 만조위 조건에서 수행하는 것이 일반적이지만 더 극한 조건을 연출할 가능성이 있다고 판단되는 경우 평균 조위, 저조위 조건에서도 수행할 수 있다.
- ② 평상파랑 조건에서는 일반적으로 조위의 영향을 반영하지 않으나 해빈변화모형을 이용하여 연안표사의 이동을 모의하는 경우 평균조위에서 실시하는 것이 바람직하다.
- ③ 파랑 시계열 자료를 적용하는 경우 좀 더 현실적인 모의를 위하여 조위의 시계열 자료도 함께 적용할 수 있으나 시나리오 목적으로 생산된 시계열 자료가 적용되는 경우 꼭 적용할 필요는 없다.

2.2 실험 수행의 계획

2.2.1 이상고파의 제어 실험

이상고파 제어 목적으로 수치모형실험의 수행 계획을 수립하는 경우 호안이나 소파제 전면이 해변으로 이루어져 있다면 우선 이상파랑 조건에서 해변단면의 침식을 우선적으로 수치모의하고 평형을 이룬 사빈 환경에서 파랑 수치 실험이 수행되어야 한다. 만약 이상고파로 인하여 침식선의 한계가 사빈 내에 그치면 시간이 경과하면서 회복되는 회복성 침식으로 간주되지만 배후시설까지 침식이 발생하면 반사파를 형성하거나 지하수위를 높이는 현상이 발생하여 비회복성 침식을 유발할 수 있다.

① Yates 등 (2009)은 입사 파랑에너지 E 와 평균해수면 위치(mean sea level position) S 의 관측 값으로부터 평형에 도달한 평균해수면 위치 $S(eq)$ 가 식 $S(eq)=(E-b)/a$ 으로 추정될 수 있다고 밝혔다. 여기서 경험 계수 a 는 연안표사의 영향이 없는 경우 해변의 평균 경사와 평균해수면에서의 입경 자료로부터 추산될 수 있으며 b 는 평균에너지가 유입되는 조건에서의 평균해수면 위치로 간주된다.

일단 평균 해수면 위치가 얻어지면 수심 h 를 해안선으로부터의 외해 거리 y 와 축척계수(scale factor) A 의 함수로 표현되는 평형 해변 단면식 $h=Ay^{2/3}$ 으로 간주하여 이상고파 제어를 위한 수치모형 실험의 전체 해변 단면을 설계할 수 있다. 축척계수 A 는 Dean(1990)이 제시한 바와 같이 저질의 입경으로부터 간단히 추정할 수 있다. 그러나 해안의 조건과 저질의 특성에 따라 달라질 수 있으므로 국내 적용에는 검증 과정이 요구된다.

② 또한 이상파랑 조건에 대한 해변단면 모형의 수치 결과로부터 평형 해변 단면을 설계할 수 있다.

③ 이상파랑 조건에서 연안표사로 인한 침식이 영향을 미친다고 판단되는 경우 이에 따른 추가 침식을 고려하거나 3차원 해변 변화 모형을 적용하여 이에 대한 영향을 동시에 검토하는 것이 필요하다.

이상고파 제어 목적으로 수행하는 수치모형 실험은 시설별로 다음과 같이 실험 수행 계획이 수립된다. 시설 전면에 사빈이 놓인 경우 전술한 평형 해변 단면 설계가 필요하다.

① 호안: 호안을 넘는 허용 월파랑을 우선 결정하고 이상파랑 조건에서 호안의 설계 조건이 허용 월파랑보다 작도록 다양한 설계 조건에 대한 실험 수행 계획을 수립한다. 월파랑 산정은 굳이 수치모형을 이용하지 않고도 설계 기준 본문에 제시된 경험적인 월파랑 산정식을 이용하여 쉽게 추정할 수 있으나 경험적인 산정식의 적용이 어려운 호안 구조를 설계하고자 하는 경우 월파 모의가 가능한 비선형파랑 모형을 적용할 수 있다. 그러나 선형 파랑 모형을 이용하여 근본적인 경험식의 파랑 입력 조건을 산정하는 경우 선형 파랑 모형과의 결합으로도 수치모형 실험을 수행할 수 있다.

② 소파제/사빈(양빈): 해변에서의 허용 처오름 한계를 우선 결정하고 이상파랑 조건에서 소파제나 사빈(양빈)의 설계 조건이 허용 처오름 한계보다 작도록 다양한 설계 조건에 대한 실험 수행 계획을 수립한다. 처오름 산정은 굳이 수치모형을 이용하지 않고도 설계 기준 본문에 제시된 경험적인 처오름 산정식을 이용하여 쉽게 추정할 수 있으나 경험적인 산정식의 적용이 어려운 소파제 또는 양빈 구조를 설계하고자 하는 경우 사빈에서의 처오름 현상의 수치 모의가 가능한 비선형 파랑모형을 적용할 수 있다. 그러나 선형 파랑 모형을 이용하여 근본적인 경험식의 파랑

입력 조건을 산정하는 경우 선형 파랑 모형과의 결합으로도 수치모형 실험을 수행할 수 있다.

- ③ 이안제, 잠제·인공리프: 배후 해빈에서의 허용 파고의 한계를 결정하는 것이 우선 필요하다. 허용 파고의 한계를 결정하는데 있어 허용 월파랑, 허용 처오름 또는 허용 침식 폭 등이 고려된다. 이상파랑 조건에서 이안제, 잠제·인공리프의 설계 조건이 배후 해빈에서 허용 파고보다 작도록 다양한 설계 조건에 대한 수치모형실험 수행 계획을 수립한다. 배후 사빈에서 허용된 수치 이내로 파고가 제어되는 지를 모의하기 위하여 수평 2차원 또는 3차원 파랑 모형을 이용하여 실험할 수 있다. 잠제·인공리프 등과 같은 투과성 구조물의 수치모형 실험에서는 파랑장의 수평 2차원적인 영향력이 작다고 판단되는 경우 1차원 파랑 모형이나 수직단면 2차원 모형 실험을 수행할 수 있다. 투과성 구조물에 대한 수치모형의 투과율에 대한 검증이 필요하다.

2.2.2 횡단표사의 제어 실험

횡단표사는 평상시에는 문제가 되지 않지만 이상파고가 발생되는 경우에만 심각한 침식을 일으키는 등 제한적인 파랑 조건하에서만 문제가 되는 모래의 이동 현상이다. 침식을 일으키는 제한적인 모래의 이동 현상이다. 따라서 평상파랑 조건보다 이상파랑 조건에서 수치실험이 수행되어야 한다. 횡단표사 제어 목적으로 수치모형실험의 수행 계획을 수립하는 경우 시설별로 다음과 같이 실험 수행 계획이 수립된다.

- ① 이안제, 잠제·인공리프: 배후 해빈에서의 허용 침식선 한계를 우선 결정하고 이상파랑 조건에서 시설물의 설치로 침식 폭이 허용 침식선 한계보다 작도록 다양한 배치 조건에 대한 수치모형실험의 수행 계획을 수립한다. 3차원 해빈 변화 모형을 이용하여 계획된 시설물의 설치로 인하여 배후 사빈에서 허용된 수치 이내로 침식이 발생하는 지를 실험할 수 있다. 그러나 결정된 침식선 한계에 대하여 Yates 등 (2009)의 경험식을 이용하여 허용 파랑 에너지를 결정하도록 시설물을 배치하는 것도 지형변화 모형의 불확실성이 여전히 존재하는 현 시점에서 오히려 신뢰성이 높은 결과를 도출하는 효과적인 방법이 될 수 있다.
- ② 잠제·인공리프 등과 같은 투과성 구조물의 수치모형 실험에서는 파랑장의 수평 2차원적인 영향력이 작다고 판단되는 경우 1차원 모형이나 수직단면 2차원 모형실험을 수행할 수 있다. 잠제·인공리프에 대한 수치모형 실험의 경우 투과성 구조물에 대한 수치모형의 투과율에 대한 검증이 필요하다.
- ③ 사빈(양빈): 배후 해빈에서의 허용 침식선 한계를 우선 결정하고 이상파랑 조건에서 양빈으로 인하여 해안선이 일정 기간 허용 침식선 한계보다 후퇴하지 않도록 다양한 양빈 조건에 대한 수치모형실험의 수행 계획을 수립한다. 2차원 수직단면 해빈 변화 모형을 이용하여 양빈 계획으로 허용된 한계 내에서 침식이 발생하는 지를 실험할 수 있다.

횡단표사로 인한 장시간의 평균해수면 위치의 후퇴 등을 검토하기 위하여 해빈반응모형의 적용도 권장한다. 특히 양빈은 다른 시설물과는 달리 민감하게 유동하는 생명체와 같아 양빈 경사와 양빈사 입경에 따라 같은 에너지가 유입하여도 침식 폭이 크게 달라진다. 특히 양빈 경사가 완만할수록 침식 폭이 줄어들지만 양빈사 총량이 많이 요구되는데 대상 해안의 해빈 조건에 따라 동일 양빈량이 계획되어어도 최적의 양빈 경사가 도출될 수 있으므로 이에 대한 충분한 검토가 필요하다.

또한 양빈사는 횡단 방향으로의 확산거동 뿐만 아니라 연안표사로 인한 확산으로 인하여

침식이 지속적으로 발생하므로 이에 대한 추산 및 추가적인 연안표사 수치모형 실험이 요구된다. 연안 구조물과 병행하지 않는 양빈 계획에 대한 수치모형실험의 경우 연안을 따라 3차원적인 특성이 미약하다고 판단되면 2차원 수직단면에서의 수치모형실험으로 충분하다.

- ④ 이상과랑 조건에서 연안표사로 인한 침식이 영향을 미친다고 판단되는 경우 이에 따른 추가 침식을 고려하거나 3차원 해빈 변화 모형을 적용하여 이에 대한 영향을 동시에 검토하는 것이 필요하다. 또한 횡단 침식 제어를 위하여 설치하는 시설물이 과도한 경우 주변 해빈에 침식을 초래하는 해안선 변형이 발생되므로 이에 따른 평형 해안선 검토가 필요하다.

2.2.3 연안표사의 제어 실험

횡단표사는 이상과랑 조건에서 문제가 되는 데 반하여 연안표사의 이동 환경은 자연적이든 인위적이든 정상상태의 장기적인 변화가 발생하는 경우에 초래된다. 새로운 표사 이동 환경에 따라 가장 안정된 상태의 새로운 평형 해안선을 찾아가게 되지만 안정된 상태로 수렴되지 않는 한 해빈을 형성하던 모래의 상당량이 유실될 수 있다.

연안표사 제어 목적으로 수치모형실험의 수행 계획을 수립하는 경우 평상과랑 조건에서 시설별로 다음과 같이 실험 수행 계획이 수립된다.

- ① 돌제, 방사잠제: 유지하고자 하는 목표 해안선을 우선 결정하고 평상과랑 조건이나 시계열 과랑 조건에 대하여 다양한 돌제나 방사잠제의 배치 조건에 대한 수치모형실험의 수행 계획을 수립한다. 연안표사로 인한 모래 유실을 막으려면 돌제나 방사잠제의 설치가 필요하지만 대부분 이미 평형 상태에 도달하여 인위적인 과랑장 변화가 발생하지 않는 한 연안표사 제어 시설의 효과는 미미하다. 오히려 돌제나 방사잠제는 연안표사의 유입을 차단하기도 하여 침식을 초래할 수도 있으므로 부정적인 효과가 계절별로 발생할 수도 있다. 그러나 인공적인 방파제나 도류제 등의 시설이 설치되면 과랑장 변화를 일으켜 계절과 관계없이 꾸준한 연안표사 이동으로 지속적인 모래 유실이 초래된다.

따라서 과랑장의 변화를 일으켜 연안표사를 일으킬 인공적인 방파제나 도류제 시설이 계획되면 그 때에 비로소 연안표사로 인한 모래 유실을 막기 위한 돌제나 방사잠제의 설치가 필요하다. 유지하고자 하는 목표 해안선은 인공적인 방파제나 도류제 시설이 설치되었다고 가정하여 회절로 인한 연안표사 모의가 가능한 해안선변화모형이나 평형해안선모형으로부터 돌제의 위치에 따라 도출할 수 있으며 돌출 길이와 방사잠제의 마루수심과 같은 제원의 결정은 N-line 모형이나 해빈변화모형을 이용하여 수행할 수 있으나 후자의 경우 현 시점에서는 수치모형실험이나 현장 조사 결과가 더 큰 신뢰를 얻을 수 있다.

양빈이 이루어진 후 연안표사 발생으로 양빈사의 유실을 방지할 목적으로 돌제가 설치되는 경우 해안선변화모형으로 유지 목표 기간 동안의 잔류량에 대한 설계가 검토될 수 있다.

- ② 돌제군, 헤드랜드: 돌제군이나 한 쌍의 헤드랜드는 마치 소규모 포켓해안처럼 시설물 사이에 연안표사를 제한하여 안정적인 해빈을 조성하려고 하는 것이다. 그러나 시설물 사이에서 해빈류의 와류 발생이나 장주기 쇄기파(edge wave)의 고립이 모래 유실을 증가시킬 수 있으므로 장주기 과랑모형이나 해빈류 모형과 결합된 해빈변화모형을 이용하여 지나친 모래 유실이 발생되지 않도록 돌제군과 헤드랜드의 돌출 길이와 시설 간격에 대한 다양한 배치 계획안의 수립이 필요하다.

돌출 길이가 긴 경우 내부 회절과의 영향으로 평형해안선을 이룰 수 있는 해안선의 곡률이 커져 중심부가 지나치게 후퇴할 수 있으므로 평형해안선모형을 적용하여 이에 대한 영향을 검토하는 것도 중요하다. 간접적인 방법으로는 파랑모형에 의하여 회절과의 위상 변화를 살펴서 평형 해안선의 형성을 추정할 수도 있다.

- ③ 사빈(양빈): 대형 방파제나 이안제 등으로 인하여 파랑장의 변화가 발생하면 평형 해안선으로 수렴하는 과정에서 연안표사가 발생하여 해안선의 변화가 초래된다. 따라서 제한된 체적 내에서 하류 해안(downstream coast)에서의 모래의 유입은 상류 해안(upstream coast)에서 침식을 초래하므로 미리 모래가 유입될 해안에 양빈을 실시하면 상류 해안으로부터 모래의 유입이 제한되고 침식을 근본적으로 완화시킬 수 있다. 새로운 연안 구조물에 의한 평형 해안선의 변화는 회절 효과가 반영되는 해안선변화모형이나 평형해안선모형을 이용하여 수치모의 될 수 있다.

3. 수치 실험의 수행

3.1 실험 도구의 선정

수치모형실험을 수행하기 위하여 다양한 수치모형의 선택이 가능하다. 아래는 각 제어 기능에 따라 적용 가능한 수치모형군과 필요한 기능을 제시한다. 수치모형군은 부록표(Ⅱ-1)에 제시한다.

3.1.1 이상고파 모형

- ① 월파·처오름: 월파, 처오름 등의 현상 재현이 가능한 비선형위상파랑모형(WPNM)이나 2차원 수직단면 또는 3차원 파랑모형(W3DM), 그리고 월파 및 처오름 추산이 가능한 파랑 제원을 제공하는 1차원 또는 수평 2차원 선형 파랑변형모형(WDLM)
- ② 파랑변형: 이안제 및 잠제로 인한 회절·굴절 현상, 쇄파 변형의 현상 재현을 모의할 수 있는 수평 2차원파랑모형(WDLM, WPNM) 또는 3차원 모형(W3DM). 투과성 구조물에 대한 파랑 모형에서는 투과율에 대한 검증이 필요하다.

3.1.2 횡단표사 모형

- ① 해빈단면변형: 쇄파대 또는 포말대 횡단표사 이동에 의한 해안선 후퇴 등 단기 또는 평형 해빈 단면 변화를 모의할 수 있는 3차원 해빈변화모형(MBCM-3D). 잠제·인공리프 등과 같은 투과성 구조물의 수치모형 실험에서는 파랑장의 수평 2차원적인 영향력이 작다고 판단되는 경우 1차원 모형 평형해빈단면모형(BEPM)이나 수직단면 2차원 해빈변화모형(MBCM-2DV)
- ② MSL 변화: 시계열 파랑 조건을 이용하여 배후 해빈 및 양빈의 횡단표사 유실 등 장시간의 평균해수면 위치의 시간적 변화를 모의를 할 수 있는 해빈반응변화모형(BSRM)
- ③ 해빈배수: 해빈배수(dewatering)로 인한 지하수위의 변화 또는 지하수 흐름의 모의가 가능한 수직단면 2차원 또는 3차원 해빈변화모형(MBCM)

3.1.3 연안표사 모형

- ① 해안선변화: 횡단표사를 무시한 평상파랑 조건에 대하여 표사 수지의 변화 또는 침식율, 그리고 회절과의 영향을 고려하여 해안선의 장기적 변화를 모의할 수 있는 해안선변화모형(SLCM) 또는 이안제, 잠제·인공리프 배후의 장기간의 해안선 변화 결과를 도출할 수 있는 이동 경계처리가 가능한 수평 2차원 해빈변화모형(MBCM-2DP)
- ② 평형해안선: 방파제, 이안제 등의 인공 구조물 설치로 인한 파랑장의 변화로 인한 연안표사 발생으로 새로운 평형 해안선의 변화를 추정할 수 있는 평형해안선모형(SEEM)

부록 표(II-1) 수치 계산 모형

모형 대분류	모형 세분류	모형 기호	차원	지배방정식	비고
파랑 변형 모형	선형 파랑 변형 모형	WDLM (wave deformation linear model)	수평 2D	완경사방정식 (에너지방정식)	천수, 굴절, 회절, 반사, 쇄파
	비선형 위상 파랑 모형	WPNM (wave phase-resolving nonlinear model)	수평 2D	비선형 파랑 방정식 /부시네스크 방정식	천수, 굴절, 회절, 반사, 쇄파, 비선형, 해빈류, (처오름)
	3 - D 파랑 모형	W3DM (wave 3D model)	수직 2D, 3D	Navier-Stokes식	(천수), 굴절, 회절, 반사, 쇄파, (비선형), (처오름)
횡단 표사 모형	해빈 반응 변화 모형	BSRM (beach shoreline response model)	ODE	MSL반응 경험식	MSL의 시간적 변화모의 에너지와 MSL과의 상관성 이용
	평형 해빈 단면 모형	BEPM (beach equilibrium profile model)	1D	횡단 표사 보존 방정식	평형해빈수렴 모의
	해빈 변화 모형	MBCM (morphological beach change model)	수직 2D, 3D	표사보전 방정식	이상파랑/해빈류정보필요 해빈 단면 변화모의 제한
연안 표사 모형	해안선 변화 모형	SLCM (shore line change model)	1D	연안 표사 보존 방정식	해안선의 시간적 모의 연안 표사량 경험식 이용
	평형 해안선 모형	SEEM (shore line empirical equilibrium model)	1D	평형 해안선 경험식	관측자료적합 모형
	해빈 변화 모형	MBCM (morphological beach change model)	수평 2D, 3D	표사보전 방정식	평상파랑/해안선 변화 모의 한계

* 괄호 (처오름)은 기본적으로 반영되는 현상이 아니고 이동 경계가 가능한 모형에서만 반영됨.

[참고문헌]

- 1) Dean, R.G., (1990). equilibrium beach profiles: characteristics and applications, J. Coastal Res., 7(1), pp. 53~84.
- 2) Yates, M.L., Guza, R.T., and Reilly, W.C. (2009). equilibrium shoreline response: observation and modeling, J. Geophys. Res., 114, C09014, doi:10.1029/2009JC005359.

부록III. 수리모형실험

1. 개설

천해역으로부터 쇄파대를 거쳐 해안선에 이르기까지의 연안해역은 파와 흐름이 가장 현저하게 움직이고 해저면에서는 저질의 양이 많거나 적거나 간에 항상 이동하는 영역이다. 파랑조건이 변화하면 해빈류도 변화하고 그에 따라서 저질의 이동 즉 표사의 양이나 방향을 변화시켜 결국에는 해빈의 지형변동이 유발된다.

자연해빈에 있어서는 이러한 변화는 주로 계절적인 현상이지만 수년간을 통하여 보면 토사이동량의 수치는 거의 평형을 유지하고 해빈지형도 안정 상태를 이룬다고 볼 수 있다. 하지만 연안역에 방파제 등의 구조물이 건설되거나 해안에 주요한 토사공급원인 하천에 댐 등의 장애물이 만들어지면 이 균형은 깨어질 수밖에 없고 주변의 해변은 침식이나 퇴적이 발생하여 해안보전의 측면에서 뿐만 아니라 경제적, 사회적 측면에서도 중대한 문제가 야기되는 경우가 많다. 한편 지구온난화에 따라 야기되는 기후변화는 해수면상승과 내습 파랑의 규모가 커지며 너울성고파랑의 내습빈도의 증가로 인하여 해안의 침식을 가속화시키는 경향이 뚜렷하다.

이러한 기후변화와 인위적 요인에 의해 발생하는 해안지형변화 문제를 미연에 경감방지하고 최적의 대책공법을 강구하기 위해서는 해빈변형에 관한 정량적인 예측과 해명 그리고 그 결과에 대한 정성적인 판단을 통한 합리적인 대책방안의 구상이 요구된다.

해안공학 분야에서 이러한 복잡한 여러 가지 수리학적 현상을 해명하는 주된 수단으로서는 현지 관측, 수치계산, 수리모형실험을 들 수 있다. 현지관측은 가장 직접적인 방법이지만, 일반적으로 대대적인 준비가 필요하게 되고 또 자연조건에 좌우되기 때문에 생각만큼 데이터가 얻어지지 않는 경우도 있어 침식의 원인이나 대책을 강구하는데 있어서 직접적으로 해답을 얻기 어려울 수 있다. 수치계산은 현상을 모델화 하여 방정식을 구축하고 그 방정식을 푸는 것에 의해 외력으로부터 결과를 이끌어 낸다. 최근에는 컴퓨터의 눈부신 발전에 힘입어 복잡한 수치계산도 비교적 짧은 시간에 계산할 수 있게 되었다. 다만 수치계산은 기초방정식에 의한 수학적 모델이 확립되어 있는 문제에만 유효하다. 또 현재 확립되어 있는 수치계산 방법도 거의가 수리모형실험결과와의 비교를 통해 그 타당성이 검증되거나 중요한 파라미터의 많은 부분이 수리모형실험으로부터 얻어진 값을 사용하고 있다. 이렇게 볼 때 아직까지 수리모형실험은 자연현상의 해명이나 구조물의 설계·시공 상의 문제 해결에 있어서 지극히 중요하고 유효한 수단으로서 인정되고 있다. 무엇보다도 실제로 발생하는 파랑변형과 해빈류 그리고 그에 따른 해빈변형의 물리적인 현상을 직접 눈으로 확인할 수 있다는 것은 장점이라고 할 수 있다. 이 장에서는 수리모형실험의 종류와 실험에 필요한 상사법칙에 대해서 개략적으로 설명하기로 한다. 또한 실험 장치와 실험의 상세한 것은 관련 전문서를 참조하기 바라며, 여기에서는 2, 3차원 실험에 있어서 주로 이동상모형실험에 대하여 기술한다.

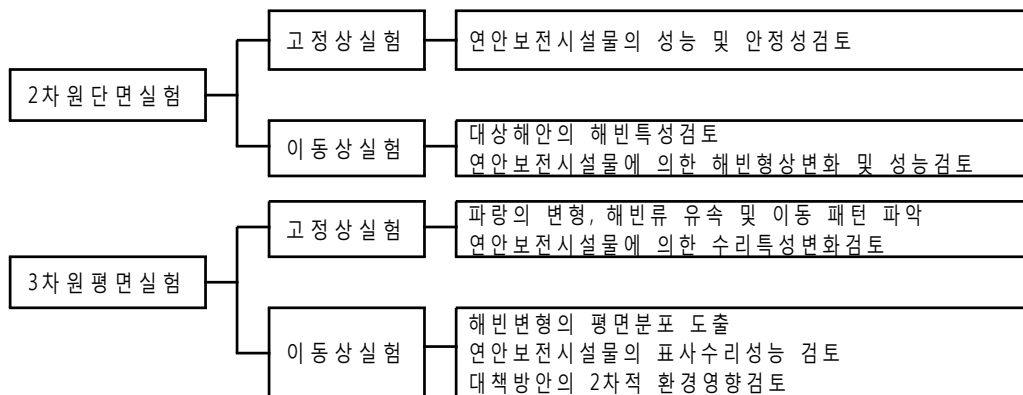
2. 수리모형실험의 종류

해안공학분야의 수리모형실험은 크게 나눠서 단면실험이라고 불리는 2차원 수조를 이용한 단면 실험과 3차원 평면수조를 이용한 평면실험으로 대별할 수 있다. 단면실험은 국부적인 수리 메커니즘의 해명이나 유속·파압·농도 등의 연직분포형 등을 파악하고자 할 때 주로 이용된다. 수조의 규모에도 달려있지만 1/10 ~ 1/50정도 축척의 실험이 가능하다.

평면실험은 길이·폭 모두 수십 미터 이상의 평면적인 넓이가 있는 수조에 조파기 혹은 조석 발생장치, 조류발생장치 등을 설치, 해저지형이나 구조물에 의한 파의 변형(굴절, 회절, 천수변형 등)이나 해빈류, 폭풍해일, 지진해일, 유황, 확산 등 평면적인 현상의 파악에 적합하다. 평면으로 퍼지는 현상을 대상으로 하는 성격상 1/수십에서 1/수백의 축척모형을 이용한다.

해안보전시설 등의 수리모형실험에 있어서는 단면·평면실험의 구별 외에 고정상 실험과 이동상 실험의 구별이 있다. 고정상이란 수조의 바닥이 파나 유속에 의해 변형되지 않도록 콘크리트나 모르타르, 나무, 철, 플라스틱 등으로 고정된 것이다. 실제로 있어서 해저면이 변형되어도 파·흐름이나 구조물의 응답에 큰 영향을 주지 않는다고 판단할 수 있는 경우에는 고정상 실험을 실시한다. 해안보전시설의 수리실험의 대부분은 고정상 실험으로서 그 시설의 안정성여부 및 수리적 특성 및 기능을 평가할 때 이용된다.

이동상이란 수조의 바닥에 자연모래나 인공모래를 포설하여 저질이 이동할 수 있도록 한 것으로 표사나 해빈변형, 세굴 등의 실험을 진행할 수가 있다. 이동상 실험은 비용과 기간이 많이 드는 외에 상사법칙도 복잡하여 이동상실험을 수행한 경험이 충분한 표사전문가에 의해 신중한 실험계획을 수립해야하고 실험결과에 대해서도 수평, 연직축척과 시간축척을 통해 종합적이고 합리적인 해석이 필요하다. 최근의 경향은 파랑장과 해빈류장은 고정상실험으로 검토하고 수치계산으로 표사나 해빈변형을 검토하는 복합적인 하이브리드(hybrid) 방법이 이용되기도 하지만, 해빈변형모형의 선정과 운영에 신중을 기해야하는 문제가 뒤따른다.



부록 그림(Ⅲ-1) 수리모형실험의 종류

3. 수리모형실험의 상사법칙

수리현상을 지배하는 무차원 파라미터는 일반적으로 관성력과 중력의 비를 나타내는 프루드수(Froude number) Fr , 관성력과 물의 점성의 비를 나타내는 레이놀즈수 Re 및 물의 표면장력이나 물의 압축성의 영향을 고려한 웨버 수 We , 마하 수 M_a 라고 말할 수 있다. 이들 중 실무적으로는 표면장력과 압축성의 영향을 무시하는 경우가 많다. 따라서 해안보전시설에 관한 수리모형 실험에서는 레이놀즈수의 의존성이 적은 경우가 많으므로 우선 Froude 수 Fr 를 모형과 실험에서 일치시키는 실험계획을 세운다. 상사법칙은 수평의 거리스케일(예를 들어 파장 등)의 모형과 실물의 비(축척)를 $K_x (= K_y)$ 로 하면 수심, 파고 등의 연직의 거리의 축척은 $K_z = K_x$ 가 된다. 물과 해수의 질량의 비를 거의 같다고 놓고 시간, 속도, 압력, 힘, 유량 등의 축척 K_t, K_v, K_p, K_F, K_Q 는 부록 표(III-1)과 같이 된다.

부록표(III-1) Froude 상사법칙과 축척양

길이 K_x, K_y, K_z	시간 K_t	속도 K_v	압력 K_p	힘 K_F	유량 K_Q
$K_x = K_z$	$K_z^{1/2}$	$K_z^{1/2}$	K_x	K_x^3	$K_x^{5/2}$

파를 외력으로 하는 해빈류도 기본적으로는 Froude법칙에 따른다고 생각해도 좋다. 그러나 모형이 작으면 Re 수도 작고 흐름이 층류가 되어 저면마찰을 과소평가하게 되므로 난류가 발달할 정도로 파고의 값을 크게 할 필요가 있으며 이러한 경우 연직축척을 키워서 사용하는 왜곡모형이 이용되기도 한다. 조류실험도 마찬가지로이지만 비교적 넓은 광역을 대상으로 하는 실험에서는 K_x 가 수백분의 1로 작게 되고 K_z 도 마찬가지로 수백분의 1이 되면 수심이 대단히 작게 되어 저면 마찰이 극단적으로 과대평가되는 실험이 되어 버린다. 따라서 광역을 대상으로 하는 실험에서는 K_z 가 K_x 보다 큰 왜곡모형을 사용한다. 왜곡모형에서의 속도, 시간의 축척은 다음 식으로 표시된다.

$$K_v = K_z^{1/2}, \quad K_t = K_x / K_z^{1/2} \quad \text{부록식(III-1)}$$

또 모형실험의 흐름이 난류상태인 조건에서 왜곡모형에 있어서 유속이 매닝공식으로 나타난다고 가정하면 조도계수 n 의 축척은 다음식과 같이 된다.

$$K_n = K_z^{2/3} / K_x^{1/2} \quad \text{부록식(III-2)}$$

왜곡모형이 주로 이용되는 경우는 조석이나 조류와 같이 장파성(정수압근사)이 가정될 수 있는 실험과

모래 등의 저질이동에 의한 침·퇴적을 다루는 표사이동실험을 들 수 있다. 따라서 일반의 파동현상에서 파의 회절이나 반사, 더욱이 쇄파현상을 살펴보고자하는 경우에는 왜곡모형은 피하는 것이 바람직하다. 해안보전시설에 관련된 수리모형실험의 상사법칙을 정리하면 부록표(Ⅲ-2)와 같다.

부록 표(Ⅲ-2) 해안보전시설에 관련된 실험의 상사법칙

현상	상사법칙
파의 변형, 수면상승, 파의 치오름, 파압, 질량력, 해빈류, 해안변형	Froude(Fr)
항력, 저면마찰, 소용돌이 발생	레이놀즈(Re)
표사이동 해안선 변형 세굴	실험·경험법칙 ($u_*/w_0, u_*^2/(sgd), KC$ 수)
유황, 확산, 염수쇄기	Froude(Fr) (Fr, 내부 Froude 수)
자유부체의 동요, 구조물의 탄성진동, mooring line의 인장	Froude(Fr) 경험법칙
여울 등 얕은 수심의 생태계	실험·경험법칙
빙압력	실험·경험법칙

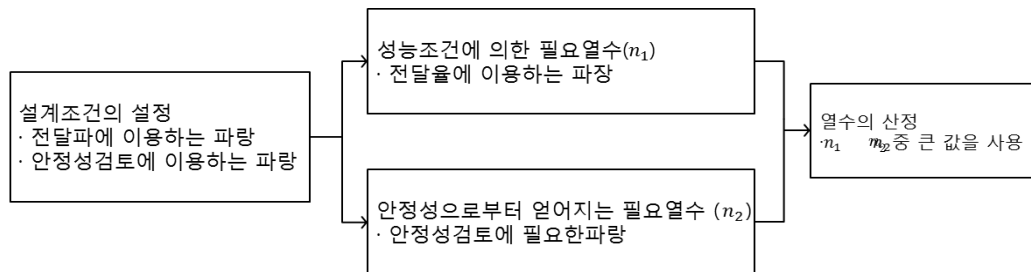
파악하고자 하는 수리현상에 따라 실험축척을 설정하게 되는데 너무 작은 축척에서는 실제현상을 충분히 재현하기 어려울 수 있다. 예를 들어 파의 주기가 작게 되면 표면장력이나 내부점성의 영향을 무시할 수 없게 된다. 또한 유속이 작고 층류상태가 되면 실험결과를 현지에서의 현상으로 환산하여 검토할 때 복잡한 검토과정이 필요하게 된다. 이동상 실험의 경우에는 저질의 입경선정도 문제가 되며 이러한 모형축척 스케일(scale)의 크기에 의해 현상에 있어서 정량적 또는 정성적 차이가 생기는 것을 통틀어 스케일효과(scale effect)라 부른다. 스케일 효과를 최소화하기 위해 평면실험에서 파랑장 및 해빈류장의 실험 축척으로는 $1/150$ 이상, 모형파고는 $H \geq 3\text{cm}$, 주기는 $T \geq 0.7 \sim 0.8\text{sec}$ 이 바람직하다. 조류 실험에서는 수심~수백 km의 범위를 대상으로 하는 경우가 많아서 $K_x = 1/500 \sim 1/2000$ 의 경우도 있다. 광역의 조류 실험에서는 코리올리 힘을 무시할 수 없게 되는 것에 주의가 필요하다.

4. 2차원 단면실험

2차원 단면조파수조에서 실행되는 단면실험은 해빈변형특성을 검토하거나 이동상 평면실험에서 왜곡모형을 사용할 경우 연직축척을 결정하기 위한 기초실험에 이용되고 있다. 뿐만 아니라 연안의 해안침식을 제어하기 위한 연안보전시설의 성능과 안정성을 검토할 경우 반드시 시행되어야 하는 실험이다.

우선 연안보전시설물의 안정성을 검토할 경우에는 이안제, 돌제 혹은 헤드랜드의 경우 허드슨식에서의 안정계수 K_d (stability parameter)값에 의해 결정된 피복재의 중량을 모형축척에 맞게 제작하여 설치한 뒤 대상해역의 파랑을 작용시켜 안정성여부와 수리적 특성(전달율, 처오름, 월파랑 및 수위상승량 등)을 검토한다.

잠제와 인공리프의 안정성에 있어서는 그 구성 재료가 소파블록일 경우에는 안정계수 K_d 값에 의해 중량을 산정하여 축척된 모형블록을 설치하여 안정성과 수리특성을 검토한다. 하지만 최근 개발되어지는 인공리프는 일반적인 소파블록과는 달리 평면에 일체형으로 조립하게 되어 있어 허드슨식의 안정계수 K_d 값을 산출할 수 없다. 이러한 경우에는 부록그림(III-2)와 같은 소요열수 산정방법을 이용하여야 한다.



부록 그림 (III-2) 인공리프의 소요 열수

한편 여기서 소요열수에 해당하는 길이는 인공리프의 마루폭이 될 수 있다. 인공리프와 잠제 등을 설계할 경우에 소요 마루폭을 결정하는데 있어서 대상해역의 해저경사, 파랑조건 및 수심조건을 고려한 2차원 단면실험에 의한 확인이 필요하다.

2차원 단면실험은 이와 같은 연안보전시설물의 안정성 및 성능검토 이외에도 평면실험에서 사용해야 할 연직축척의 결정시에도 이용된다.

표사이동 실험에서는 쇄파대 내외의 상사를 동시에 만족시킨다는 것은 거의 불가능한 실정이므로 주요 관심 구역을 정하고 그 근방의 지점에 초점을 맞추고 다양한 표사의 이동한계수심 계산식을 이용하여 해당 수심이 이동한계수심이 될 수 있는 파랑을 결정한 뒤 파랑자료에서 결정된 이동한계수심 이상의 파랑을 추출하고 추출된 파랑의 에너지스펙트럼밀도를 토대로 산출한 평균파고를 구하여 대표파를 선정하여야한다. 이렇게 선정한 실험파랑은 결정적이라고 확인하기 어려우므로 얻어진 실험파랑을 사용하여 계산된 모형 해빈형상이 통상시 현지의 해빈형상과 일치하는지 또는 표사의

이동형태가 원형과 모형에서 어느 정도 접근되는지를 검증하여봄으로서 시행착오를 최소화시킬 수 있다.

예를 들어 해변형상이 퇴적형(accretion type)인지 침식형(erosion type)인지 검토할 경우 Sunamura and Horikawa 또는 Dean의 실험식 등을 사용하여 확인해 볼 필요가 있다.

그 다음은 표사의 이동형태에 대한 검토를 수행하여야 하는데 표사의 이동형태가 부유사 탁월영역, 소류사 탁월영역 그리고 공존영역 중 어디에 해당되는지를 확인해 봐야한다. 이러한 검토를 통하여 원형과 모형에서의 표사이동패턴을 맞추어 주어야 한다.

Bijker, England 및 Sawaragi에 의하면 해안표사의 이동형태에 대해서는 다음과 같은 기준을 사용하는 것이 일반적이다.

$u^*/w_0 < 1.0$	소류사 탁월영역	
$1.0 < u^*/w_0 < 1.7$	소류사와 부유사의 공존영역	부록식(Ⅲ-3)
$1.7 < u^*/w_0$	부유사 탁월영역	

여기서, $u^* = \frac{1}{2}fwu_{bm}^2$ 이고

w_0 는 저질의 침강속도이다.

5. 3차원 평면실험

3차원 평면실험 중 하상을 고정상으로 설치하고 실험을 수행하는 고정상 파랑실험에서는 모형과 실물간의 수리제량 환산에 Froude 상사법칙을 적용하는 것이 일반적이며 또한 사용에 있어서도 실험대상의 종류와 모형축척 그리고 기대하는 실험의 정도에 따라 현재 널리 사용되고 있는 경험적인 자료를 활용할 수 있다. 그러나 해안표사실험, 구조물 제각부의 국소세굴실험 등 바닥 상태를 이동상(movable-bed)으로 재현할 필요성이 있는 이동상모형실험에서는 고정상실험에서 사용되는 Froude 상사법칙과는 별도로 측면에서 상사법칙이 적용되어야만 한다.

물론 위의 어느 경우에도 기본적인 상사법칙은 파랑 중력에 의해 지배받기 때문에 Froude 상사법칙이 사용되고 있다. 이동상모형실험 상사법칙에 관해서는 오랫동안 여러 관점에서 논란이 되어져 왔는데, 그것은 저질과 모형간 축척의 상위성 및 쇄파대내에서 발생하는 복잡한 현상의 재현성, 그리고 왜곡모형에 따른 문제점에 등에 기인된 것이다.

이동상모형실험에 있어서는 모형을 설치해야 할 수조규모 한계에 따라 수평축척은 보통 1/100보다 적게 하는데, 이러한 경우 연직축척을 수평축척과 동일하게 취하면 모형파장은 저질을 충분히 움직일 수 없게 되므로 일반적으로 연직축척을 평면축척보다 크게 하여 모형을 왜곡 시켜 사용하게 된다. 이때에 왜곡모형을 사용한다 하더라도 그 왜곡률을 과연 어느 정도로 해줘야 되느냐 하는 문제는 역시 어려운 문제가 아닐 수 없다.

왜곡률 결정의 문제는 지난 수년간 많은 연구자들에 의해 시도되어 수평축척과 연직축척의 관계법칙을 발견하기 위한 노력이 경주되어 왔다. 예를 들어 Guimarzes(1983)은 다음 부록식(III-4)와 같이 연직축척과 수평축척 및 침강속도축척에 따른 관계식을 제안하였다.

$$n_z = (n_w \cdot n_x)^{2/3} \quad \text{부록식(III-4)}$$

여기서 n_z 는 연직축척, n_w 는 저질 침강속도축척 그리고 n_x 는 수평축척이다.

위의 부록식(III-4)는 형상학적시간축척(morphology time scale)의 왜곡률 토대로 유도된 Hughes(1983)의 식과 일치하는 것이다.

이러한 이론적 식들에 의해서도 왜곡률을 결정할 수는 있으나 또 다른 방법은 기초실험, 즉 일정 평형단면에 왜곡률을 바꿔가면서 원형해빈과 일치하는 경우를 찾아내는 시행착오적 실험방법이 그것이다.

따라서 기초실험을 사용하여 왜곡률을 결정할 경우에도 앞서 살펴본 바와 같은 관계식들을 미리 사용해 본다면 시행착오의 횟수를 충분히 줄일 수 있을 것이다.

이동상모형실험의 상사법칙은 크게 파랑에 관한 상사법칙과 저질이동에 관한 상사법칙으로 구별할 수 있다. 이동상실험을 제외한 파랑수리모형실험에서는 원칙적으로 비왜곡모형을 사용하는 것이 바람직하다.

우선, 파랑에 관한 상사법칙은 왜곡모형의 경우 Froude 상사법칙에 기반하여 다음과 같이 적용된다.

$$\text{파고; } H_r = V_r \quad \text{부록식(Ⅲ-5)}$$

$$\text{주기; } T_r = \sqrt{V_r} \quad \text{부록식(Ⅲ-6)}$$

$$\text{유속; } U_r = \sqrt{V_r} \quad \text{부록식(Ⅲ-7)}$$

여기서,

V ; 연직축척

r ; (원형/모형)의 비

단, 이러한 관계를 유도하는데 있어서 파장(L)과 수심(h)의 비가 현지와 모형에서 동일한

$$\left(\frac{h}{L}\right)_r = 1 \quad \text{부록식(Ⅲ-8)}$$

의 가정을 설정하고 있다. 여기서 이 가정이 파랑현상에 어떠한 영향을 주고 있는가를 간단하게 설명해 보면 파장은 부록식(Ⅲ-4)에 의해 $L_r = h_r$ 이므로 연직축척과 같아지고 파형경사는 파고와 파장의 비이므로 $(H/L)_r = h_r/L_r = 1$ 이 된다. 파속의 축척은 유속과 같아서 연직축척의 제곱근이다.

굴절(refraction)은 파속의 변화율에 지배된다. (파속 c_1)에서 수심 h_2 (파속 c_2)에 있어서의 파속의 변화율의 비는 $(c_2/c_1)_r = c_{2r}/c_{1r} = \sqrt{h_r}/\sqrt{h_r} = 1$ 이고, 굴절은 현지와 모형에서 상사가 보존된다.

천수변형(shoaling)은 수심변화에 따른 파고변형의 식이

$$H/H_0 = \sqrt{(2\cosh^2 2\pi h/L)/(2\pi h/L + \sinh 4\pi h/L) \cdots} \quad \text{부록식(Ⅲ-9)}$$

이므로 $(H/H_0)_r = 1$ 이고, 파고변화는 상사가 보존된다.

회절이 상사되기 위해서는 수평거리와 파장의 비는 현지와 모형에서 같아져야만 하나 왜곡모형에서는 $(x/L)_r = x_r/h_r > 1$ 이므로 상사는 보존되어 있지 않고 모형내 회절이 원형에서 보다 정도가 강하다.

해저면에 의한 파의 반사(reflection)는 파형경사와 해저경사에 관계하고 있는데, 왜곡모형에서는 파형경사는 현지와 같지만 해저경사가 급하게 되어 있으므로 당연히 모형내의 반사율이 원형의 값보다 크게 된다.

이상과 같이 왜곡모형에서는 파의 파형경사 천수변형, 굴절 등에 있어서의 상사성이 보존되고 있지만 회절, 반사는 상사성이 보존되어있지 않다고 할 수 있다.

다음으로, 저질이용에 관한 주된 상사조건으로는 현재 아래와 같이 네 가지 측면이 고려된다.

(1) 해빈단면형상에 관한 상사

- (2) 표사량에 관한 상사
- (3) 표사의 이동한계수심의 상사
- (4) 저질의 이동형태에 관한 상사

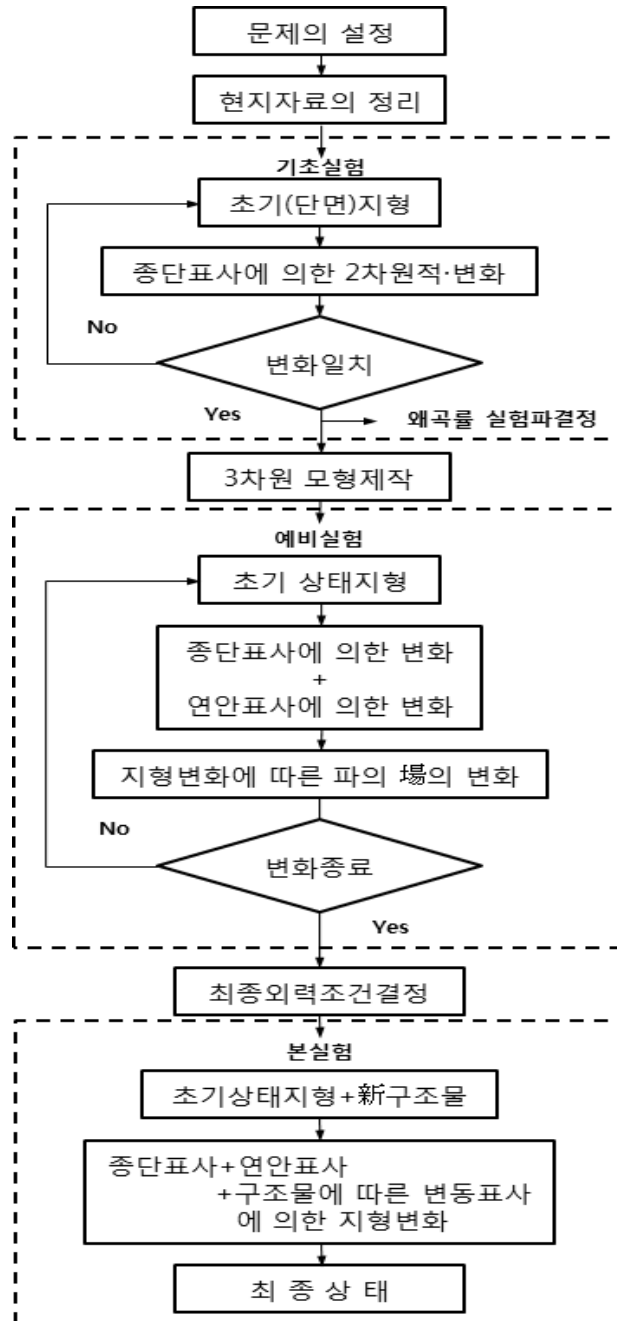
이처럼 이동상수리모형실험의 상사조건은 여러 사항들을 함께 고려해야 하지만 이것들을 전부 만족시킨다는 것은 불가능하기 때문에 실제로는 해빈의 변형과정에 최대로 영향을 미치는 요소를 취하여 상사율을 결정하고 있다.

이동상실험에 있어 지금까지 수많은 상사법칙이 주로 수평축척, 연직축척, 저질입경축척, 저질부중축척의 4가지의 파라미터(parameter)에 의한 관계식으로 제안되고 있다. 그러나 상술한 어느 것의 항목에 있어서도 절대로 확실한 것은 없는 실정이다. 그러므로 여러 가지의 상사법칙에 있어서 위의 파라미터를 사용하여 적용해 본 후 복합적으로 타당성을 검토하고, 원형과의 재현성 여부를 실험특성에 따라 시행착오적으로 파악해야할 필요가 있는 것이다. 그 결과는 수평축척과 연직축척의 합성결과로서 나타나므로 예를 들어 해안선의 전진, 후퇴량을 그대로 수평축척을 써서 현지의 값으로 환산하는 것은 불가능하며 정량적인 평가는 할 수 없다.

따라서 현재의 이동상수리모형실험의 기본적 사고방식은 실험대상으로 하는 해역의 범위를 좁히는 하나의 실험에서 광역에 걸친 현상을 동시에 보려고 하지 않는 것이다.

해안에 있어서의 수리모형실험 중 가장 힘들고 곤란한 실험을 든다면 바로 표사이동 실험이라 할 수 있으며 그중 3차원 평면이동상실험은 더욱 더 어려운 점이 많다는 것은 잘 알려진 사실이다. 더욱이 막상 실험을 실시해야 할 초기 단계에서는 그 순서과정(test procedure)조차도 확실치 않으므로 실험자는 당황하게 되곤 한다.

따라서 표사이동 실험의 주제에 따라 약간의 차이는 있을 수 있으나 일반적으로 활용될 수 있는 표사이동 실험의 순서를 살펴보면 다음 부록그림(III-3)과 같다.



부록 그림 (Ⅲ-3) 3차원 표사 이동 실험순서

[참고 문헌]

- 1) 榎木亨, "漂沙研究の変遷と今後の問題點", 月刊海洋科學/Vol.16, No.7, (1984), pp. 372~375.
- 2) Sasaki, T.O., Sakuramoto, H., "effect of rip current barrier on harbour shoaling" Proc. 19th ICCE., (1984), pp. 2091~2106.
- 3) Pratte, B.D., et al., "harbour sedimentation·comparison with model" Proc. 18th ICCE., (1982), pp. 1119~1126.
- 4) Kuo, C.T., Lai, C.J., "moveable bed hydraulic tests on the situation of a dredging channel" Int. Conf. on numerical & hydraulic modeling of ports & harbours, birmingham, England. (1985), pp. 149~158.
- 5) Bakker, W.T., "the dynamics of a coast with groyne system" Proc. 11th ICCE., (1968), pp. 492~517.
- 6) 榎木亨, "移動床模型實驗の相似率," 水工學シリーズ 84-B-5(特O), 土木學會 水理委員會, (1984).
- 7) Sunamura, T., Horikawa, K., "two dimensional beach transformation due to waves" Proc. 14th ICCE., (1974), pp. 920~928.
- 8) Dean, R.G.,(1973). "heuristic models of sand trans-port in the surf zone" Conf. Eng. dynamics coastal zone, Australlia.
- 9) 榎木亨, "漂沙海岸侵食," 森北出版,(1982). pp. 155~156.
- 10) Sayao, O.S.F.J, Guimaraes, J.C., "experimental verification of similarity creteria for equilibrium beach profiles" Proc. 19th ICCE (1984), Chap. 92
- 11) Hughes, S.A. "movable-bed modeling law for coastal dune erosion" ASCE, Vol.109, WW.2, (1983), 164p.
- 12) Dean, R.G., "physical modeling of littoral process" Conf. physical modeling in coastal Eng., (1985), pp. 119~139.
- 13) 佐藤昭二 等, "移動床模型實驗による海浜変形予測の一例" 第25回 海岸工學講演會, (1978), pp. 194~198.
- 14) 김규한 등 (1987), "해안구조물 주위의 표사이동예측", 한국수문학회 논문집, 제20권 제 1호
- 15) 谷野賢二 等, "高天端潛堤の建設と周辺の生物相の変化", 海洋開發論文集, (1997), Vol. 13, pp. 13~18.
- 16) Kim, K.H., et al., "mitigation of beach erosion after coastal road construction" journal of coastal research, Vol.27, No.4, (2011.7), pp. 645~651.

부록 IV. 갯벌 및 해조장(海藻場)

1. 갯벌 및 해조장의 특성

갯벌은 “간조 시에 노출되는 사니질(沙泥質)의 평탄한 지형¹⁾” 혹은 “조수의 간만 주기에 의해 노출과 수몰이 반복되는 평탄한 사니질의 지대²⁾” 등을 칭한다.

모래질로 구성되는 사빈(沙濱, 砂濱)과는 명확한 정의로 구분되지 않으나, 일반적으로 갯벌은 파랑의 영향이 비교적 적고, 해빈의 경사가 완만하며, 토사(土砂)의 입자가 작고, 다양한 생물상이 존재하는 평탄지형을 의미한다. 주변의 조상대(潮上帶)와 전면의 수심이 얕아 해조류의 서식이 가능한 천해역까지 포함하여 포괄적으로 갯벌이라 취급하는 경우가 많다³⁾.

갯벌에는 풍부하고 다양한 생물들이 서식하며 활발한 활동을 하고 있다. 이 때문에 다양한 기능을 갖는 특징적인 장소이다. 갯벌은 지형적 특징에서 크게 전빈(前濱)갯벌, 하구갯벌, 석호갯벌의 3가지 유형으로 분류한다.⁴⁾ 갯벌이 갖는 기능은 ① 해양생물의 생활의 전부 혹은 일부시기에 보육생육의 장소로 이용되는 등의 생물생식기능, ② 육지로부터 유입된 유기물을 생물이 받아들여 분해하는 등의 수질정화기능, ③ 바지락 등 식용 수산물을 공급하는 생물생산기능 ④ 사람들이 썰물 때 어패류 잡이나 야생조류관찰 등을 즐기는 친수기능 ⑤ 육지와 바다 사이의 완충지대로서의 방재기능 등이 있다^{3),5)}.

해조장이란 대형의 해조류나 해초류가 조밀하게 번성하여 군락을 이룬 장소를 말한다⁶⁾. 해조류나 해초류는 광합성이 필요하므로 연안의 빛이 닿는 깊이까지의 범위에서 관찰된다. 또한 높은 기초생산력을 갖고 있다. 이 생산력으로부터 갯벌과 마찬가지로 다양한 기능을 갖는다. 해조장은 서식하는 장소의 특성으로부터 암초성과 사니질성(砂泥質性)으로 크게 나눌 수 있다. 서식하는 탁월 종으로도 분류된다. 암초성의 해조장에는 모자반류가 중심이 되는 장소가 있고, 바닷말, 감태, 다시마가 중심이 되는 해중림(海中林), 사니질성 해조장에는 거머리말이 주로 서식한다. 해조장의 기능으로는 어류나 오징어의 산란장, 어패류의 유치어(幼稚魚)의 생육 장소, 수질정화 기능, 해저의 저질(底質)안정화 기능 등을 들 수가 있다⁷⁾.

갯벌과 해조장은 연안의 얕은 해역에 특유의 계(系)가 있으며, 갯벌 전면의 얕은 곳에 해조장이 존재하는 곳이 많다. 연안 개발에 수반되어 갯벌과 해조장이 훼손되는 수가 많았고 점차 이것들의 가치를 인정하면서 보존과 회복에 대한 사회적 요청이 강하게 요구되고 있다.

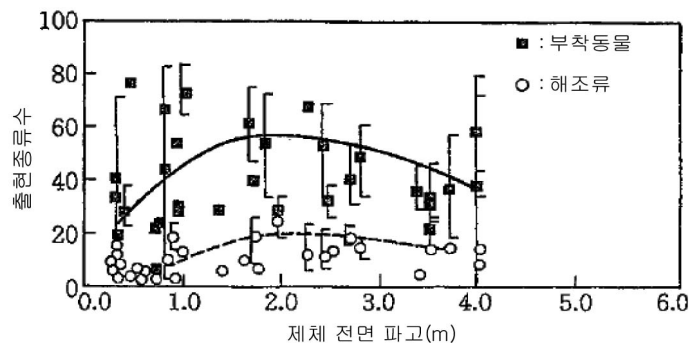
해안보전시설의 정비대상이 되는 장소가 갯벌이나 해조장 부근이 많기 때문에 연안정비의 대상지로서의 경쟁을 하기도 하고, 보존대상으로 제약을 받기도 하는 등 영향을 끼치는 일이 많다. 연안정비 시에는 기존의 갯벌 및 해조장의 기능이 훼손되지 않도록 신중한 접근 및 계획이 필요하다. 그리고 시설의 구성 소재나 표면에 갯벌과 해조장의 기능을 갖도록 하는 등의 시설정비 연구의 필요성이 있는 곳도 많다. 이러한 노력과 연구를 위해서는 갯벌과 해조장이 성립하는데 필요한 메커니즘 등을 잘 이해하는 것도 중요하다.

2. 갯벌과 해조장의 지형조건

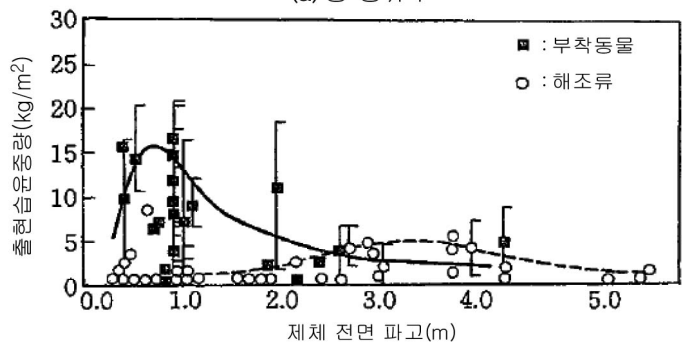
수심과 저질 입경 등의 지형적 조건에 의해 생식생물이 영향을 받는다. 갯벌은 미세한 실트·점토가 많은 저질로 이루어져 있는 경우가 많다. 미세한 저질은 작은 외력에 의해서도 이동하고, 침강속도가 느려 쉽게 가라앉지 않으며, 입자 상호간의 점착성이 있다. 전빈(前濱)갯벌에서는 파랑작용으로 작은 사런(ripple)이 형성되고, 단면형상의 변동이 관찰된다. 이 기준의 '제2장/2.1.5 표사 및 비사' 모래질 해빈에서의 모래 입경과 지형경사의 관계를 보여주고 있지만, 이질(泥質) 해빈의 경우는 이 관계로부터 외삽법을 통해 구한 기울기보다 훨씬 완만한 경우가 많다³⁾. 또한 전빈개벌의 조간대 단면 지형은 넓고 평탄한 구역과 그 해측의 바-트로프(bar-trough) 지형이 조합을 이루는 경우가 많다⁸⁾.

암조성 해조장의 생식기반으로 구조물 벽면과 투입 암석 표면이 활용되는 경우가 있다. 사니질성 해조장의 생식기반으로 모래를 뿌려 저니 입경을 조정하는 경우도 있다. 이 경우에도 해조장이 성립하기 위해서는 해조초류의 생활과 증식의 조건으로부터, 빛의 조건을 규정하는 수심, 생식기반을 규정하는 재질, 염분과 저질 영향 등의 수저질(水底質), 경합생물과 보식(補食)생물의 존재 등의 영향 인자가 적절한 범위 내에 있도록 하는 것이 필요하다. 빛의 조건은 물의 탁도에 의해서도 영향을 받고, 해조초류의 요동과 고착(固着)에는 파랑과 흐름이 영향을 미친다.

부록그림(IV-1)은 일본 간사이(關西)국제공항 호안과 전국의 항만 구조물 등에 정착한 해조류나 홍합류의 조사 데이터를 이용하여 파고와 생물종 및 생물량과의 관계를 분석한 예이다⁹⁾. 여기서 파고는 호안 바로 앞에서 1년 확률의 유의 파고이다. 어느 정도의 파고는 생식에 좋은 조건이 되나, 파고가 커지면 부착동물이 보이지 않고 해조류가 우세를 점하는 것 등을 볼 수 있다. 사니질성 해조장에서는 저니의 입경과 저니의 안정성이 수심과 파랑에 의해 결정된다. 얕은 수심에서는 빛은 충분하지만 파랑과 흐름이 격하게 되고, 담수의 영향을 받기 쉽게 된다는 등 생식조건이 기울기가 깊이 방향으로 나타난다.



(a) 총 종류수



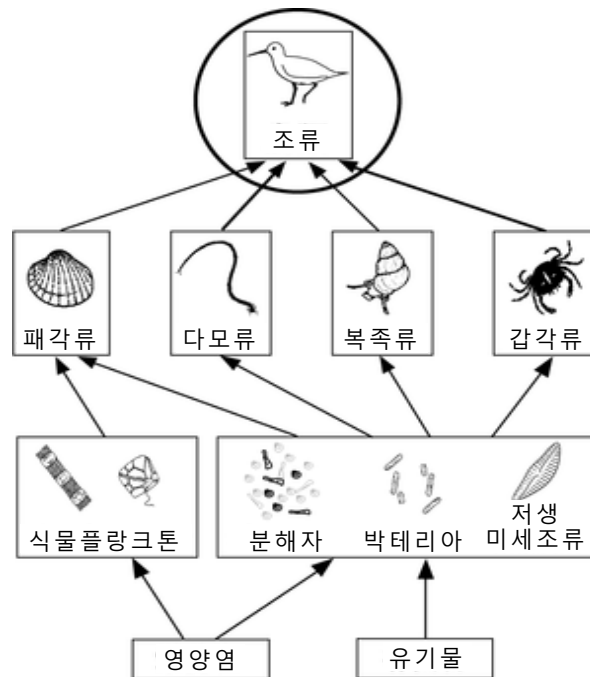
(b) 습윤 중량

부록 그림 (IV-1) 제방 전면의 파고와 부착생물의 착생과의 관계⁹⁾

3. 생물생식 상황

갯벌과 해조장에는 갯벌과 해조류장의 비생물적인 물리화학적 환경과 그곳에 사는 생물의 상호작용에 의해 하나의 계가 형성되어 있다. 이 계는 갯벌생태계·해조장 생태계라 부른다. 해안보전을 생각할 경우에는 인근의 갯벌과 해조장에서 생태계의 움직임과 구성하고 있는 생물의 종을 배려해야 한다. 생태계 내에서는 광합성에 의해 유기물을 생산하는 생산자, 유기물을 섭취하여 소비하는 소비자, 생산자나 소비자의 배설물이나 유체(遺體)를 흡수·분해하여 무기물화 하는 분해자가 함께 살고 있으며, 영양염의 순환을 유지하고 있다.

해조장에서 대형 해조초류나 사니질 갯벌에서의 저니 표면 부착규조는 주요한 생산자이다. 해조장과 갯벌에 생식하고 있는 이매패류, 패류(소라, 고동 등), 갯지렁이, 게, 새우 등은 소비자이다. 분해자의 대표는 뿔 속의 미세한 박테리아 등이다. 여러 가지 역할을 하는 생물이 균형을 갖고 생식함으로써 정화기능, 생물생산기능 등의 갯벌기능이 발휘되는 것이다. 부록그림(IV-2)는 갯벌에서의 먹이사슬의 개념도이다¹⁰⁾.



부록 그림 (IV-2) 갯벌에서의 먹이사슬 개념도¹⁰⁾

갯벌의 실험시설을 활용한 가입실험(加入實驗)의 결과에 의하면 생식 종을 인위적으로 이식하지 않아도 많은 갯벌생물이 자연적으로 가입·정착이 이루어지며, 1년 정도이면 갯벌에 생산자·소비자·분해자의 균형이 이뤄진 생태계가 형성된다. 갯벌에 생식하는 많은 생물종들은 조석작용으로 출입하는 해수에 의해 유생·알·종자·포자가 운반되어 적절한 조건의 갯벌에 침강·정착·성장한다. 또한

실험시설에 형성된 갯벌생태계를 삼으로 교란시킬 경우, 그 직후에는 생물 종과 생식 수가 격감하지만 반년에서 1년 정도이면 종수 및 생식량이 회복되었다¹⁰⁾. 갯벌생태계의 강한 회복능력은 해수 중을 부유하는 유생·알·종자 등이 얼마나 풍부하게 공급되느냐에 영향을 받는다.

도쿄만 내의 65개 지점에서 수정(受精)후 얼마 되지 않아 바지락의 부유 유생의 분포를 조사한 결과에서 4~6일마다 산란에 의해 만해 넓은 영역에까지 유생이 이동하여 분포하는 상황이 조사되었다¹¹⁾. 다만 패류의 일종인 가는 갯고둥과 같이 발생 시기에 부유기를 갖지 않는 생물은 이러한 과정을 거치는 정착을 기대하기 어렵다. 이 경우 생식지 갯벌의 뺨을 이용하여 생식환경을 적절히 맞추는 방법을 적용하기도 한다.

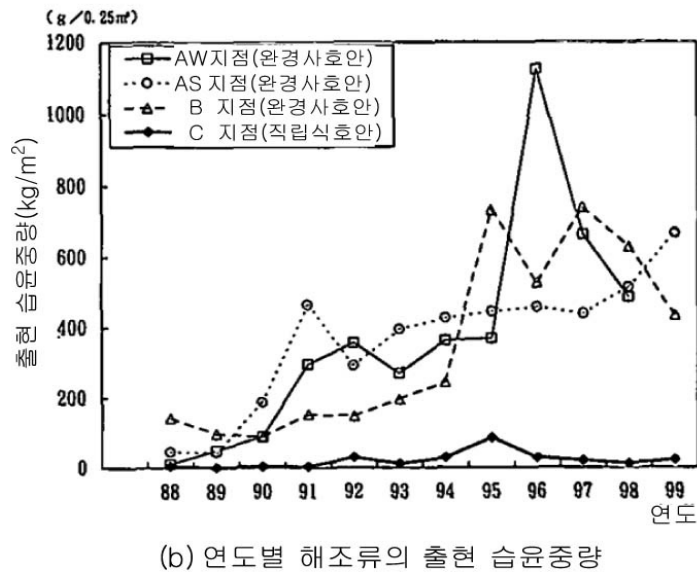
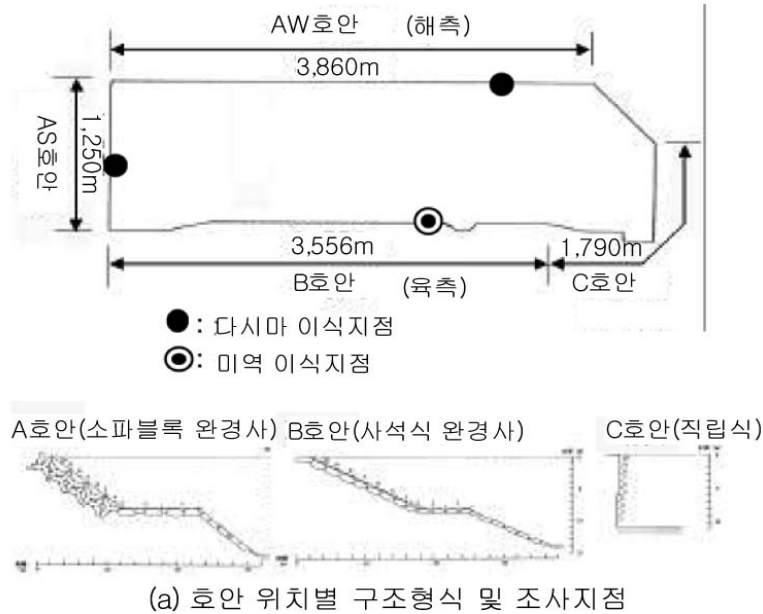
갯벌생물은 종에 따라 알맞은 생식장소가 있다. 생식분포는 크게는 수심과 저질의 입경에 따라 정해진다. 생식장소를 보전하거나 바꿔야 하는 경우는 대표적인 생물종에 따라 생식조건의 선호도를 이해할 필요가 있다. 자세히 보면 갯벌에 있는 작은 요철(미세한 지형)이 생식조건을 미묘하게 변화시키는 경우도 있고, 파랑과 흐름에 의해 생기는 작은 교란은 생식장을 경신·재구축하는 역할을 담당하는 경우도 있다.

해조장의 생태계는 생산자인 대형 해조초류의 정착을 기본으로 잎사귀와 바닥 뺨에 생식하는 생물과 찾아오는 물고기 등에 의해 형성되어 있다. 해조초류의 증식은 부유하고 있는 종자·유주자(포자)의 정착뿐만 아니라 뺨 속 줄기와 영양주에 의한 확대 등 여러 가지가 있다⁷⁾. 해조초류의 종에 따라서는 매년 계절적으로 성쇠(盛衰)를 반복하는 것도 있고, 다년 생육을 하는 것도 있다. 성장기간이 길면 해조초류의 정착과 해조장의 확대에 시간이 걸리게 된다. 이 때문에 정착을 촉진하기 위해 인위적으로 이식하는 경우도 있다. 암초성 해조장을 형성하기 위해 구조물이나 투입암의 표면에 요철을 형성하거나 종묘를 붙인 망이나 로프를 암초 표면에 부착시키는 방법으로 정착을 촉진하는 경우도 있다.

부록그림(IV-3)은 간사이국제공항의 인공섬의 호안의 구조형식에 따른 생물의 서식상황을 조사하기 위해 1989년부터 3년간에 걸쳐 종묘를 이용한 해조장을 조성·조사한 사례이다¹²⁾. 호안의 구조형식인 환경사 호안(A호안과 B호안)과 직립식 호안(C호안)에서의 해조류의 회복상황으로 환경사 호안에서의 회복이 확연히 빠르고 많은 양의 해조류가 서식하고 있음을 확인할 수 있었다.

갯벌과 해조장의 조성 및 관리는 장소 제공과 조건 조정을 통하여 이루어진다. 파랑과 흐름의 변동, 계절에 따른 수온의 변화, 날씨에 의한 염분의 변동 등 외력과 경계조건의 변동영향을 받아, 장소의 조건은 끊임없이 변동한다. 그렇기 때문에 형성된 생태계도 구성 생물종이나 생물량이 환경의 변동에 따라서 변한다. 태풍 등의 큰 교란도 생태계를 흔들어 댈다. 이처럼 갯벌과 해조장은 끊임없이 변동하면서 생태계로서 존재하게 되므로 시간에 따라 어떻게 전개될 것인가에 대한 상세한 예측은 매우 어렵다.

최근에는 자연의 변동 속에서 전개되는 경향과 방향을 잘 관찰하면서 변화에 따라 조금씩 필요한 손질을 해가는 방법(순응적 관리수법)이 강조되고 있다. 또한 대형 생물인 바다거북이나 투구 게의 산란장·생식장의 제공을 위한 해안역의 정비사례도 있다¹³⁾.

부 록 그 림 (IV -3) 간사이국제공항(關西國際空港) 호안의 해조류 분포 상황¹²⁾

[참고문헌]

- 1) 秋山章男·松田道夫(1974) : 갯벌의 생물관찰 핸드북, 일본 동양관출판사, 17p.
- 2) 栗原康(1975) : 갯벌 환경과피와 수복 및 생물군집의 동태, 인간생존과 자연 환경3, 동경대학출판회
- 3) 일본 바다의 자연재생 워킹그룹(2003) : 바다의 자연재생 핸드북 -계획·기술·실천- 제2권 갯벌편, 행정, 138p.
- 4) 川島利兵衛 등 편(1988) : 개정판 신수산핸드북, 강담사, 361p.
- 5) 일본토목학회 해안공학위원회 해안시설설계편람소위원회(2000) : 해안시설설계편람 [2000년판], 일본토목학회, pp. 213~217.
- 6) 일본 수산청(1993) : 연안어장정비개발사업시설설계지침 1992년도판, (사) 전국 연안어업진흥개발협회
- 7) 일본 바다의 자연재생 워킹그룹(2003) : 바다의 자연재생핸드북 -계획·기술·실천- 제3권 해조장편, 행정, 110p.
- 8) 姜閔求·高橋重雄·奥平敦彦·黒田豊和(2001) : 자연·인공갯벌의 지형 및 지반에 관한 현지조사-앞바다 갯벌의 내파안정성에 관한 검토-, 일본 항만공학기술연구소자료 No. 1010, 77p.
- 9) 문헌 5) 참조, pp. 164~166.
- 10) 桑江朝比呂·三好英一·小沼晋·中村由行·細川恭史(2002) : 갯벌 실험생태계의 저생동물군의 6년간에 걸친 동태와 환경변화에 대응하는 응답, 일본 토목학회 해안공학논문집, 제49권, pp. 1296~1300.
- 11) 粕谷智之·坂口昌巳·古川恵太·日向博文(2003) : 하계동경만에 대한 모시조개 (*Ruditapes philippinarum*) 부유유생의 출현밀도의 시공간변동, 일본 국토기술정책 총합연구보고 제8권, 일본 국토교통성국토 기술정책총합연구소, 13p.
- 12) 尾崎正明·伊藤利加·奥田泰永·二宮早由子(2000) : 關西國際空港島護岸の藻場造成による環境創造効果について(간사이국제공항 인공섬 호안의 해조장 조성에 의한 환경창조효과에 대해), 일본토목학회 해안공학논문집, 제47권, pp. 1196~1200.
- 13) 문헌 5) 참조.

참 여 자 명 단

분 야		집필위원 (소속/직위)		심의위원 (소속/직위)			
총 괄 (위원장)		류혁근	(주)서영엔지니어링 부사장	주재욱	(주)헤인이엔씨 고문		
1. 일반사항 1.1 목적 1.2 적용범위 1.3 용어의 정의 1.4 연안시설의 종류 1.5 참고기준 1.6 설계원칙 1.7 설계고려사항 1.8 신규기술적용		진재율 김영복	KIOST 책임연구원 한국항만협회 부회장	류청로	한국어촌어항협회 이사장		
				안경모	한동대학교 교수		
				전인식	건국대학교 교수		
				김경인	(주)브이아이랜드 대표이사		
2. 설계조건 및 계획 2.1 설계조건 2.1.1 일반사항		진재율 안익성	KIOST 책임연구원 (주)항도엔지니어링 대표이사	박일홍 서경덕 서승원 김경인	전남대 교수 서울대학교 교수 군산대학교 교수 (주)브이아이랜드 대표이사		
2.1.2 조위 2.1.3 파랑		윤성범 이종인	한양대학교 교수 전남대학교 교수				
2.1.4 흐름 2.1.5 표사및비사 2.1.6 해빈형상		진재율 박종화	KIOST 책임연구원 (주)건일엔지니어링 기술연구소장				
2.1.7 지반 2.1.8 토압및수압 2.1.9 지진		이충호 안중선	(주)알지오이엔씨 대표이사 (주)건일엔지니어링 부사장				
2.1.10 연안의 환경과 이용 2.1.11 기타 고려조건		진재율 박종화	KIOST 책임연구원 (주)건일엔지니어링 기술연구소장				
2.2 계획 2.2.1 시설배치 2.2.2 유지관리		진재율 안익성	KIOST 책임연구원 (주)항도엔지니어링 대표이사				
3. 재료 3.1 재료특성 3.1.1 콘크리트 3.1.2 강재 3.1.3 기타 재료							
4. 설계		안익성 이육한	(주)항도엔지니어링 대표이사 (주)건일엔지니어링 부사장			주재욱 오세범 이진용 홍길표	(주)헤인이엔씨 고문 (주)세광종합기술단 사장 (주)세광종합기술단 사장 가톨릭관동대학교 교수
4.1 호안·제방		조충환 유병화	(주)세광종합기술단 전무 (주)대영엔지니어링 부사장				
4.2 돌제 4.3 이안제 4.4 잠제·인공리프		이종인 박원경	전남대학교 교수 (주)대영엔지니어링 상무				
4.5 소파제		강윤구 고덕형	(주)세광종합기술단 기술연구소장 (주)한국항만기술단 전무				
4.6 사빈(양빈)		박원경 이종인	(주)대영엔지니어링 상무 전남대학교 교수				
4.7 부대시설		고덕형 강윤구	(주)한국항만기술단 전무 (주)세광종합기술단 기술연구소장				
부록 Ⅰ. 조사·모니터링		김인호 남수용	강원대학교 교수 (주)지오시스템리서치 부사장	김태림 홍남식 김효섭	군산대학교 교수 동아대학교 교수 국민대학교 교수		
Ⅱ. 수치모형실험		이정렬 허동수	성균관대학교 교수 전남대학교 교수				
Ⅲ. 수리모형실험		김규한 이종인	경상대학교 교수 가톨릭관동대학교 교수				
Ⅳ. 갯벌 및 해조장		강윤구 안희도	(주)세광종합기술단 기술연구소장 한국해양과학기술원 연구위원				

중앙건설기술심의위원회 심의위원

분 야	성 명	소 속 및 직 위
항 만	강 석 형	(주) 세 일 종 합 기 술 공 사 부 사 장
	송 인 철	(주) 혜 인 이 엔 씨 부 사 장
	박 윤 순	(주) 도 화 엔 지 니 어 링 부 회 장
토 목 시 공	임 명 종	G S 건 설 (주) 부 장
토 질	안 우 철	한 국 토 지 주 택 공 사 대표이사
	이 래 철	에 스 큐 엔 지 니 어 링 (주) 대표이사
토 목 구 조	하 상 욱	빌 드 캄 (주) 대표이사

해양수산부 담당관

성 명	소 속 및 직 위
연 영 진	해양정책실장
최 준 욱	해양산업정책관
노 진 관	해양정책실 연안계획과장
임 성 순	해양정책실 연안계획과 시설사무관
황 창 수	해양정책실 연안계획과 주무관
홍 근 순	해양정책실 연안계획과 주무관

2016년 제정

발 간 등 록 번 호

11-1192000-000486-01

연안시설 설계기준 · 해설

발 행 일 : 2016년 04월

발 행 처 : 해양수산부 연안계획과

- 전 화 : 044-200-5265
- 팩 스 : 044-200-5259
- Website : <http://www.mof.go.kr>

관 련 단 체 : 한 국 항 만 협 회

- 전 화 : 02-2165-0094
- 팩 스 : 02-2165-0099
- Website : <http://www.koreaports.or.kr>

비 매 품

이 책의 무단 복제를 절대 금합니다.