

KDS 67 80 25 : 2018

농업 수질 및 환경 저수지 설계

2018년 4월 24일 개정

<http://www.kcsc.re.kr>



건설기준 코드 제·개정에 따른 경과 조치

이 코드는 발간 시점부터 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 코드 제·개정 연혁

- 이 기준은 KDS 67 80 25 : 2018 으로 2018년 04월에 제정하였다.
- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준 간 중복 . 상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준의 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요사항	제·개정 (년. 월)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 친환경편	• 농업생산기반정비사업 계획설계기준 친환경편 제정	제정 (2008. 12)
KDS 67 80 25 : 2018	• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비 • 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설 심의위원회 심의. 의결	제정 (2018. 04)

제 정 : 2018년 04월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
소관부서 : 농림축산식품부 농업기반과
관련단체(작성기관) : 한국농어촌공사(한국농공학회)

개 정 : 년 월 일
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

목차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 참고기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	1
2. 조사 및 계획	1
3. 재료	1
4. 설계	1
4.1 저수지 설계의 기본사고	2
4.2 저수지 설계 시 검토사항	2
4.3 저수지 설계 순서	3
4.4 구조물 등의 설계	4
4.5 수변의 단면·공법 선정에 요구되는 사고	16
4.6 도로 사면의 녹화계획 및 설계	16
4.7 도로의 쉼터 이동통로 계획	20
4.8 토취장, 석산, 사토장 등	23
4.9 호안 등 공법 선정 기초	24
4.10 저수지 호안정비	26
4.11 저수지 호안 형상과 소재 등을 고려한 고법 선정	30

1. 일반사항

가. 목적

·내용 없음

나. 적용범위

·내용 없음

다. 참고기준

- 농업생산기반정비사업계획 설계기준, 2002 : 필담편
- 농업생산기반정비사업계획 설계기준, 2008 : 친환경편
- 농업생산기반정비사업계획 설계기준, 2017 : 농업용댐편 KDS 67 10 45 물넘이 및 부속구조물 설계
- 환경부, 생태통로 설치 및 관리지침, 2010.

라. 용어의 정의

·내용 없음

마. 기호의 정의

·내용 없음

2. 조사 및 계획

·내용 없음

3. 재료

·내용 없음

4. 설계

가. 저수지 설계의 기본사고

- (1) 저수지 설계는 기존 저수지의 개수(改修)가 주체가 되며, 환경과 조화를 배려한 설계에서는 제체의 누수방지, 침식방지, 홍수의 안정 배제 등 농업수리시설로서의 기능은 물론 생물의 서식환경 확보 기능을 갖도록 하는 것이 중요하다.
- (2) 이러한 기능 확보는 설계할 때 경제성과 유지관리 등과 상반되는 부분이 있기 때문에 지역조건에 따라 적절한 설계가 될 수 있도록 농가를 포함한 지역주민과 전문가 등의 의견을 들어 지역 구성원의 합의를 형성하여 종합적으로 검토할 필요가 있다.
 - ① 기존 저수지 설계는 제체의 누수방지, 콘크리트 블록과 사석 등에 의한 침식방지, 물넘이(여수토)의 설계홍수 유량 이하의 유하 등에 관한 안전성, 취수시설의 유지관리에 대한 작업성과 경제성 확보가 일반적인 고려사항이었다. 반면에 생물의 서식환경을 배려한 설계는 매우 적었다. 앞으로 환경과 조화를 배려한 저수지 설계 때는 계획에서 정한 시설정비 계획, 유지관리 계획을 포함한 농업수리시설의 기능과 생물의 서식공간으로서 기능 확보가 가능하도록 종합적인 검토가 필요하다.
 - ② 설계와 시공 단계에서 새롭게 중요성이 밝혀진 조건이 환경배려 기본조건과 배치되는 경우는 기존의 계획내용에 상관없이 필요한 부분에 대해서 계획단계의 조사내용으로 되돌려 환경 배려 기본부터 재검토하는 것을 포함하는 탄력적인 대응과 고려가 매우 중요하다.
 - ③ 설계와 시공 단계에서 저수지주변의 표토(부식토)는 잘 보전하여 지역의 식물이 잘 서식할 수 있도록 활용한다. 표토(부식토)의 활용은 저수지 주변 환경을 배려하는데 검토해야 할 중요한 사항이다.
 - ④ 지금까지 설계에서 고려해 왔던 구조물의 안전성과 유지관리 용이성 또는 작업성, 경제성은 물론 생물의 서식환경이 확보되도록 하고 저수지가 갖는 다원적기능이 확보 되도록 설계할 필요가 있다.

나. 저수지 설계시 검토사항

1) 기본 검토사항

- (1) 환경 조화를 배려한 저수지는 농업수리시설로서의 기능 확보와 함께 ① 생물 서식환경의 확보, ② 구조물로서의 기본 조건 확보, ③ 환경을 배려한 자재 활용, ④ 기타 다원적 기능(친수성 및 경관 등)에 대한 배려가 필요하다.
- (2) 저수지 설계 때는 농업용수 확보와 재해방지만이 아니라 저수지가 갖는 다원적 기능에 대한 검토가 필요하다.

2) 생물 서식환경의 확보

- (1) 생물이 서식하는 곳이나 그 주변은 가능한 한 보전하고 생물 서식에 적합한 요철이 많은 곡선의 물가와 수변, 변화가 많은 지형 형상, 연간의 수위변동을 고려하여 수심이 얕은 천수역과 부분적으로 물이 깊은 심수역이 확보되도록 노력한다.
- (2) 생활사에 따라 서식장소를 이동하는 동물종도 있으므로 필요하다고 생각되는 서식범위를 고려하여 보전 대상종에 적합한 산란, 먹이사냥, 휴식, 피난장소 확보 검토가 중요하다. 이 경우

에 배후지나 주변 논과 수로와의 연속성, 다른 저수지와의 네트워크를 검토한다.

3) 구조물의 기본조건 확보

- (1) 환경 조화를 배려한 저수지도 구조물로서 요구되는 기본적 요건을 만족해야 한다. 첫째 구조물로서 충분한 강도가 확보되어 안전성을 가져야 한다. 둘째 경제성이 확보되어야 한다. 셋째 유지관리가 편리하고 작업을 하는데 어려움이 없어야 한다. 이러한 조건을 만족할 수 있도록 비교 설계하고 충분한 검토과정을 거치는 작업이 필요하다.

4) 환경을 배려한 자재의 활용

- (1) 지역에서 확보 가능한 자연 재료는 주변 환경과 조화하기 쉽고 공사비를 저렴하게 하는 경우도 있으므로 그 활용을 검토하는 것이 바람직하다.
- (2) 발생 자갈과 모래 등의 골재와 준설토를 재활용하는 것은 폐기물 발생 억제에 의한 환경배려, 사회적 비용 감축과 공사비 감축에도 효과적이므로 적극적으로 검토할 필요가 있다. 그러나 환경 유해 폐기물 등이 섞이지 않게 하는 것이 중요하므로 이에 대한 대책마련도 함께 이루어져야 한다.
- (3) 저수지 수변 식생은 생물의 서식환경을 보전하는 역할을 하므로 녹화 식물에 외래종이나 이입종(移入種)을 사용하면 저수지의 생태계 교란을 일으킬 수 있고, 주변 생태계에 영향을 미칠 수 있기 때문에 생물 다양성 보전 관점에서 녹화식물 취급방법에도 충분한 배려가 필요하다.

5) 수질보전에 대한 고려 사항

- (1) 저수지는 농업용수에 적합한 수질보전이 필요하며 기본적으로 유입부하가 경감되도록 하여 수질보전이 확보되도록 노력한다. 계획단계에서 농업용수로 이용 가능한 수질확보 보전대책이 필요하다고 판단되는 경우 깨끗한 물의 도입과 수생식물 이용 등 저수지내 수질보전 대책을 검토한다. 또한, 수질보전을 위해 정기적으로 물 빼기와 토사 제거(준설)를 실시하는 것이 바람직하다.

다. 저수지 설계 순서

- (1) 환경과의 조화를 배려한 저수지 설계는 계획단계에서 설정한 기본 사항을 포함하며, 구체적인 사항은 개개의 현지조건에 맞추어 설계조건을 설정한다. ① 기본 구조물(체체, 물넘이 등)의 설계 ② 수변 단면과 공법의 검토와 선정 ③ 경제성 검토 ④ 시공성 검토 ⑤ 유지관리 작업성 검토 순서로 실시하고 저수지 체체와 호안, 그리고 기타 구조물 등을 결정한다.
- (2) 설계는 농가를 포함하는 지역 주민과 유경험자 등의 의견을 청취하여 적용 가능한 다양한 공법을 선정하여 이 사항을 지역주민에 설명하고 더 많은 의견을 듣는 등 지역주민 의견을 가능한 한 설계에 반영하는 것이 중요하다.
 - ① 설계 단계에서는 환경과의 조화를 배려한 대책공법과 범위를 크게 생각하여 설계조건이 되

는 기본사항 (보전 대상종에 대한 배려 대책 등)을 정한다. 설계단계는 이것을 포함하는 현 지측량과 용지조사에서 밝혀진 구체적인 지형 입지나 용지조건 등을 종합하여 계획에서 영역구분을 기초로 영역특성을 고려하고 기능성(「농업생산성 향상」과 「보전 대상종 보전 등의 환경과 조화 배려」의 양면), 안전성, 경제성 및 유지관리 관점에서 공법을 선정하고 시설설계를 실시한다.

- ② 구체적으로 영역별 제체와 호안 설계, 공법선정은 여러 안을 마련하여 비교 설계하고 농가를 포함한 지역주민과의 합의형성을 이루어가며 결정한다. 또한, 계획을 포함하여 저수지 주변 상황에 따라 용지조건, 유지관리조건 등의 설계조건이 다른 경우가 있으므로 제체와 제체 이외의 수변에 대한 호안공법 선정은 설계조건을 포함하여 영역별로 검토한다.
- ③ 최종적으로 선정한 구조와 공법은 환경과의 조화를 배려한 저수지 요건(저수지 본래의 기능과 생물 서식공간 기능)을 만족하는지를 확인할 필요가 있다.
- ④ 저수지 설계에서 기준에 나와 있는 사항 이외에 필요한 사항은 KDS 67 10 20 농업용담 설계 및 농업생산기반정비사업 조사·설계실무요령 「필담편」 등에 따른다.
- ⑤ 설계조건은 조사, 계획과 농가를 포함한 지역주민, 전문가 등의 의견을 포함하도록 설정한다.

<표 4.3-1> 저수지 설계조건 설정

항 목	저수지 설계조건	저수지 설계조건을 기초로 검토한 사항
(1) 보전 대상종 생물의 서식조건	<ul style="list-style-type: none"> · 보전대상 식물의 서식범위 보전대상 식물의 서식에 필요한 수심 (시공기간 중의 설정 수위) · 보전 대상 동물의 서식범위 	<ul style="list-style-type: none"> · 시공 장소, 강철판에 의한 가체절 · 시공시기·기간·범위 등 · 생물 서식을 배려한 호안 공법과 범위 · 저수지 바닥에 이동통로 경사 설치
(2) 수계와 유역 조건	<ul style="list-style-type: none"> · 유지해야 할 습지와 소류지의 유역 범위 	<ul style="list-style-type: none"> · 시공 방법, 시공 범위 등
(3) 수리조건	<ul style="list-style-type: none"> · 연간의 저수지 필요수위 	<ul style="list-style-type: none"> · 시공시기, 시공기간, 시공방법
(4) 지하수 조건	<ul style="list-style-type: none"> · 시공기간 중의 지하수위 	<ul style="list-style-type: none"> · 강철판(가체절)의 구조설계
(5) 용지 조건	<ul style="list-style-type: none"> · 용지 배분 가능 범위 	<ul style="list-style-type: none"> · 배후지 이용에 의한 환경사 호안
(6) 자재이용 조건	<ul style="list-style-type: none"> · 콘크리트 발생량 · 벌채목, 나무뿌리 발생량 	<ul style="list-style-type: none"> · 재생 쇄석의 이용량, 방법, 범위 · 잘게 잘라 사용할 때의 이용량, 방법, 범위
(7) 유지관리 조건	<ul style="list-style-type: none"> · 유지관리 내용, 범위, 빈도, 참가 규모 등 	<ul style="list-style-type: none"> · 저수지 바닥에 계단이나 경사 설치 · 방호책 설치

라. 구조물 등의 설계

1) 기본 구조물(제체·물넘이 등)의 설계

- (1) 제체, 물넘이(여수토), 취수시설 등의 기본 구조물의 설계는 구조물로서의 안전성 등의 기본 조건을 확보한 후에 계획에서 정한 영역구분을 기초로 생물 서식환경 확보를 검토한다.
- (2) 제체는 저수지에서 가장 중요한 구조물로 붕괴할 경우 하류에 막대한 인명과 재산피해를 가져올 수 있다. 따라서 안전성을 고려하여 기본단면을 확보한 후 식생을 배려한 자연재료와 환경친화형 블록 도입을 검토할 필요성이 있다. 또한, 준설토 재활용은 경우에 따라 제체와 호안

- 성토 등에 이용할 수도 있다.
- (3) 또한, 제체에 나무를 심는 것은 피하고 저수지 주변에도 쓰러진 나무나 뿌리가 뺏어 제체 파괴와 붕괴로 이어질 수 요인은 제거한다. 식생에 의한 제체의 손상과 붕괴 등은 안전에 영향을 미치므로 나무 등의 식재에는 충분한 주의가 필요하다. 그러나 뿌리가 깊지 않고 경관을 확보해주는 꽃 등은 제체 기울기면에 적용하는 것도 검토해 볼 수 있다.
 - (4) 기존의 제체에는 식물이 무성한 경우가 많으므로 그 중 귀중하다고 생각되는 종으로 확인되는 경우 그 이식처를 확보할 수 있도록 검토한다. 제체에 존재하는 나무의 경우 뿌리 등으로 인한 제체 안정을 확인하고 안전조치를 취할 필요가 있다.
 - (5) 저수지에서 제체는 물을 저류하는 기능부터 물의 연속성이 단절되어 환경변화가 큰 지점이기도 하다. 따라서 다양한 기능과 물의 성질 및 이용 등에 대한 학습하고 이해하는 공간으로도 매우 중요하다. 따라서 제체와 물넘이(여수토)는 방재에 큰 문제가 없는 경우 환경과 학습활동을 위한 공간으로 적극 활용할 수 있도록 설계할 필요성이 있다.

2) 저수지 내용적 결정

- (1) 저수지의 저수용량은 저수지의 활용 목적에 따라 필요한 이수용량, 홍수조절용량 및 환경용수량을 확보할 수 있도록 한다. 기존에는 관개용으로 활용하는 방법만 검토하였으나 저수지 주변 마을 등을 경유하여 이용할 수 있는 환경 또는 지역 용수 개념이 반영되어 활용될 수 있도록 한다.

- ① 농업용수, 생활용수, 공업용수, 축산용수, 수산용수 등

「농업생산기반정비사업 조사·설계 실무요령의 용수이용계획 및 필요수량 산정」 편을 참조한다.

- ② 환경용수

환경용수는 농촌지역내 하천 및 용·배수로의 정상적인 기능을 수행하는데 필요한 최소한의 유량 또는 관개구역내 중심 마을의 하수처리 회석수 및 친수공간 조성에 필요한 친수용수량 등 농촌환경보전과 경관유지 등에 필요한 수량을 말한다.

$$[\text{환경용수량}] = [\text{최대치(농촌환경보전유량, 기준갈수량)}]$$

가. 환경용수량은 기준갈수량과 농촌 환경보전 유량으로 구분하며, 저수지 내용적을 결정할 때 환경용수량은 저수지 지점의 기준갈수량 또는 농촌 환경보전 유량 중에서 큰 값을 적용한다. 기준갈수량은 저수지 계획지점의 10년 빈도 갈수량으로 매년의 갈수량을 빈도분석하여 비초과 확률 10%에 해당하는 갈수량을 말한다.

나. 농촌 환경보전 유량은 회석용수량과 친수용수량으로 구분되며, 회석용수량은 생활용수, 공업용수, 농업용수 등의 오폐수가 하천에 방류될 때 회석하여 수질환경기준에 맞도록 수질악화를 방지하는 용수량이다.

다. 농촌 환경보전 유량 중 친수용수량은 수혜지구 주민들의 호응도가 높고, 농촌의 경관유지기능 및 주민 친수활동 공간으로 활용가능성이 높을 때 친수공간 조성에 필요한 용수로서 기준갈수량 또는 회석용수량 범위내에서 고려하는 것을 원칙으로 한다. 단, 친수공간 조성에 필요한 용수량이 기준갈수량 및 회석용수량을 초과할 경우 관련기관 및 주

민의견을 수렴하여 별도의 초과용수를 고려할 수 있다. 여기서 친수활동이란 수변공간 중의 산책, 스포츠, 물놀이 등의 레크리에이션이나 경관을 통하여 심리적, 정서적 만족을 얻는 활동을 말한다.

라. 친수용수량은 친수활동의 유형, 수로의 종류, 지역적인 수리관행, 유역의 수문특성 등에 따라 많은 차가 있으며, 관개기의 평균 월별용수량과 비관개기의 친수용수량의 비로 결정한다. 일본의 경우 대략 기존 관개용수량의 0.25 ~ 0.33 정도로 추정하고 있으며, 친수용수로의 희망수심은 20cm~30cm로 경관수위와 수로기울기 등으로부터 결정된다.

마. 농촌마을종합개발사업 등 농촌에 존재하는 마을 활성화 사업 등과 연계하여 관개용수 공급만이 아니라 농촌의 환경과 생태계 보전을 위한 용수로 활용할 수 있도록 하여 환경과 생태계를 보전하도록 노력한다.

바. 농촌의 물을 배경으로 하는 문화 창출에 활용될 수 있도록 하며 주민에게 계절에 무관한 친수환경을 제공할 수 있도록 배려한다.

사. 환경용수량, 기준갈수량 및 희석용수량에 대한 상세한 내용은 “농업생산기반정비사업 계획설계기준 필댐편”(농림부, 2002), KDS 67 10 20 농업용 필댐 설계 및 농업생산기반정비사업 조사·설계 실무요령의 수문편을 참조한다.

3) 댐 형식의 분류 및 선정

(1) 댐 형식은 댐터의 지형, 지질, 기상 및 수문, 축제재료 종류 및 매립량 등의 자연조건과 댐의 이용목적, 규모, 공사기간, 안전성, 경제성 등을 종합적으로 검토하고, 환경 친화적 댐이 되도록 다음 사항을 착안하여 계획된 지점에 가장 적합한 형식을 선정하여야 한다.

- ① 치수가 용이하고 재해의 안전성이 확보되어야 한다.
- ② 댐터, 축조재료, 저수능력, 시공성을 고려하여야 하며 경제적이어야 한다.
- ③ 자연훼손을 최소화하고 주변경관에 잘 어울려야 한다.

(2) 기타의 사항은 KDS 67 10 05 농업용댐 설계 일반사항 및 KDS 67 10 20 농업용 필댐 설계에 따른다.

가) 콘크리트 댐

- (1) 콘크리트댐 종류는 중력식 및 공동중력식 콘크리트댐, 아치댐 등이 있다.
- (2) 콘크리트 댐의 체체는 소요 수밀성과 강도를 가지며 활동 또는 전도되지 않는 것이어야 한다.
- (3) 콘크리트 표면은 주위 경관 및 지역적 특성을 반영하는 문양거푸집 사용, 타일 부착, 댐체 상단부의 일부 또는 전체 형상을 조형적인 미를 나타낼 수 있는 환경 친화적인 설계를 고려하여야 한다.

나) 필댐

필댐 종류로는 균일형, 준형, 표면차수벽형, 코어형 댐 등이 있으며, 필댐의 체체 및 기초지반은

소요의 수밀성과 강도를 가지며 활동과피 또는 침투과피가 생기지 않는 것으로 하여야 하며, 자연훼손 최소화와 주위 경관과의 조화를 고려하여야 한다.

- (1) 댐축의 선정 : 댐축은 지형 및 지질조건, 제체의 규모, 형식, 부대구조물의 형식 및 배치, 시공의 난이 등을 종합적으로 판단하여 가장 적합하다고 생각되는 곳에 설치한다.
- (2) 제체의 단면구성 : 필댐의 제체 단면구성(zoning)은 소정의 기능을 발휘 할 수 있고, 비용 최소화를 위해 기초지반, 제체재료, 시공조건, 시공예 등을 종합적으로 판단하여 결정한다. 또한, 축체재료는 가능한 한 수몰지에서 확보하거나 유용함으로써 자연훼손의 최소화를 유도한다.
- (3) 댐사면의 경사와 소단
 - ① 사면 경사 : 댐 높이(H)의 기준을 다음과 같이 대략 사면기울기를 정한 다음 토질재료, 댐 수위조건, 지진 등을 고려하여 사면안전도 검토를 실시하여 최소 안전율이 되는 경우를 설계값으로 결정한다.
 상류사면 : $S1 = 0.05H + 1.5$
 하류사면 : $S2 = 0.05H + 1.0$
 - ② 소단 설치 : 상류사면 기울기의 변화부는 만수면이나 최저수위 부근에 소단을 설치하고 최저수위 부근의 변화부는 3 ~ 6m 정도의 소단을 설치함이 좋다. 또한, 하류사면의 소단은 제체 안정증가, 세굴방지의 역할을 하므로 10 ~ 15m마다 폭은 2 ~ 3m크기로 설치한다.
 - ③ 사면 보호공 : 상류사면은 사석, 장식, 콘크리트 블록 등을, 하류사면은 떼붙임공(줄떼, 평떼), 종자뿌리기 등을 고려할 수 있다.
- (4) 제당경관 식재 : 저수지 주변에서는 풍경을 즐기는 것이 중요한 활동 중의 하나이므로, 저수지 여건에 따라 여러 시설물이 눈에 띄지 않고 주변 환경과 조화를 이루도록 하는 경관식재가 필요하다.
 - ① 홍수터 부지와 제당사면 하류 절토부분 등에 대하여는 주변 경관을 고려하여 식재를 검토할 수 있으며, 식재 종은 주위 식생분포를 감안하여야 하고 제체의 안전과 유지관리가 용이한 종류의 식생을 선택하여야 한다.
 - ② 제당안전과 유지관리를 위해 목본류 식재는 가능한 지양 한다.
 - ③ 주변과 같은 종류의 식생을 댐사면에 식생하여 외형적으로 인공구조물인 댐체를 시선에서 가리어 주변 산이나 구릉의 연장으로 보이도록 한다.
 - ④ 주변의 식생과 조화를 이루도록 주변의 초·목본류의 이식계획을 포함한 식재계획을 수립한다.

4) 물넘이(여수토, spillway)

- (1) 물넘이는 저수지 설계홍수량 이하의 유수를 안전하게 유하시키는 구조이다. 물넘이를 유하하는 유수의 수세를 완화할 필요가 있는 경우에는 적당한 감세공을 설치하도록 한다. 또한, 물넘이는 제체 및 기초지반에 지장을 주지 않는 구조로 한다. 특히, 물넘이는 콘크리트 구조물로서 주위경관과의 조화를 고려하는 식재방안을 검토하여야 한다.
- (2) 물넘이는 소정의 설계홍수량일 때에도 제체를 안전하게 유지하기 위한 시설이므로 안전성을 제일 중요하게 생각해야 한다.

- (3) 특히, 최근 들어 빈번해진 국지성 호우와 지구온난화 등으로 인한 기후변화는 저수지의 유출량을 증가시키고 노후화된 물넘이의 붕괴위험이 커지고 있어 재해에 대한 충분한 검토를 실시해야 한다. PMP적용 수문을 설치하는 경우 하류의 범람 위험과 침수에 대한 배려와 하류에 서식하는 동식물에 큰 영향을 주지 않도록 배려할 필요가 있다.
- (4) 저수지 설계에는 물넘이 규모가 기존 것과 비교하여 크게 되는 경우가 많으므로 물넘이 주변 법면(비탈면)이 크게 될 가능성이 있다. 따라서 물넘이 주변 법면(비탈면)의 녹화로 주변의 자연환경과 조화를 이룰 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

가) 물넘이 구성요소와 형식

- (1) 물넘이의 구성요소와 형식의 구체적인 내용은 “농업생산기반정비사업계획설계기준 필댐편(2002)” 및 KDS 67 10 45 농업용댐의 물넘이를 참조한다.

나) 물넘이 설계

- (1) 물넘이 설계의 구체적인 내용은 “농업생산기반정비사업계획설계기준 필댐편(2002)” 및 KDS 67 10 45 농업용댐의 물넘이를 참조한다.
- (2) 물넘이 구조물의 원래 기능을 유지하면서 주변 환경과 조화가 되도록 식재하여 콘크리트 구조물의 돌출을 최소화한다.

5) 취수시설

- (1) 저수지의 취수시설에는 취수부(사통, 취수탑), 조절부(게이트, 밸브류), 도수부(복통, 취수터널) 등으로 구성되며, 취수탑은 주변경관과 지역의 문화적 특성을 고려하여 시설물의 색깔 및 모양을 결정하거나 이미지를 부각시켜 주변 환경과 조화를 꾀하고 경관훼손을 최소화한다.

6) 어 도

- (1) 어도는 하천에서 어류 등 수생동물이 이동하는데 장애물이 있을 경우 어류 등의 원활한 이동을 위하여 만들어진 인공적인 수리시설물을 말한다.

가) 어도 설치의 목적

- (1) 어도 설치 목적은 하천을 횡단하는 인공수리구조물(댐, 보, 방조제등)로 인하여 소하성 어류들의 이동이 차단되는 경우 이러한 어류들의 이동을 가능하도록 하여 유용한 수산자원을 보호하고 자연생태계를 보전하는 데 있다.

나) 대상 동물

- (1) 어도를 설치할 때는 그 하천에 서식하는 어류를 비롯한 모든 수서 동물이 이동 가능하도록 설치해야 한다.

다) 어도 계획시 고려할 사항

- (1) 어도는 설치하지 않는 것이 가장 좋다.
- (2) 좋은 어도의 조건
 - ① 소상어가 어도 입구 이외의 장소에 모여들지 않아야 한다.
 - ② 어도 내에 진입한 모든 소상어가 신속하고·쉽고·안전하게 그 어도를 소상할 수 있어야 한다.
 - ③ 어도 통과 후에 소상어가 안전하고 신속하게 하천 상류로 소상할 수 있어야 한다.
 - ④ 어류의 손상이나 피로를 피할 수 있어야 한다.
 - ⑤ 구조가 간단하고 견고하며, 유지관리가 쉽고 비용이 절감될 수 있어야 한다.

라) 설계 조건의 설정

- (1) 어도의 위치

어도가 홍수시에 수리시설물이나 제방에 영향을 주지 않아야 하며, 어도 입출구가 퇴적되어 막히는 일이 없어야 한다. 어도 입구가 하천의 유심과 연결되어 가뭄 때에도 수로가 단절되지 않아야 한다.
- (2) 어도내의 유속

어도내의 통수 유속은 소상의욕이 저하되지 않는 범위내에서 최대한 느린 것이 좋으나, 우리나라의 하천유황을 감안하여 0.5~1.0m/sec 정도의 유속분포를 갖도록 조성하는 것이 바람직하다. 유속은 격벽 중심의 중간수심에서 측정하는 것을 대표 값으로 한다.
- (3) 어도 유량의 결정

어도의 유량은 대상하천의 유량, 취수조건, 대상 물고기의 종류 등 여러 가지 조건을 고려해서 설정한다. 많을수록 좋다고 어도의 폭을 과다하게 설치하고 물을 많이 보내면 주민들이 물 사용을 위하여 어도 출구(유입부)를 막고 어도로 물을 보내지 않을 수 있어, 가능하면 취수하고 남는 물을 모두 어도로 보낸다는 기본 개념으로 설계하는 것이 좋다.
- (4) 수위변동 검토
 - ① 어도 입구의 수위는 현재 하천의 수위를 기준으로 설계하고 있으나, 장래의 하천의 하상 변화를 예측하여 미리 저하 가능한 수위까지 어도입구를 맞추어 시공하는 것이 바람직하다.
 - ② 어도 출구(물의 유입부)의 수위는 수리시설물의 설계 취수위를 기준으로 하고 수위변화에 대응할 수 있는 어도 형식을 사용하는 것도 좋다. 그러나 어도 형식에 따라서는 수리변화에 대응할 수 없는 것도 있으므로 어도 출구부의 통수량을 조절할 수 있도록 설계하는 것이 좋다.
- (5) 물고기의 유영
 - ① 물고기가 소상할 때는 흐름을 거슬러 올라가는 정의 주류성을 가지고, 강하할 때는 반대로 흐름을 따라 내려가므로 부의 주류성을 가진다.
 - ② 물고기가 소상할 때는 하천흐름의 주류 부근의 자기 유영력에 맞는 부분을 따라 이동한다. 유영력이 큰 은어나 송어 같은 좋은 유속이 빠른 중앙으로 이동하고, 유영력이 떨어지는 소형어류는 주 흐름의 가장자리 유속이 약한 곳으로 주로 이동한다.

③ 유영력

가. 유영속도: 물고기가 헤엄쳐 나갈 수 있는 속도이고 이는 다시 장시 지속하여 낼 수 있는 순항속도와 순간적으로 낼 수 있는 돌진속도로 구분한다. 어종에 따라 변이가 크지만 일반적으로 순항속도는 2~4BL/s 이고, 돌진속도는 10BL/s 정도이다(BL은 체장). 어도를 설계할 때는 어도 내 최대유속이 돌진 속도 이하여야 한다.

나. 유영력: 유영력은 유영속도에 하천의 유속을 합한 것이다.

다. 사면 소상력: 소상중인 물고기가 경사면을 올라가는 능력으로 어종별 유영력에 따라 변화한다. 길이 6~9cm의 치은어의 경우 유속이 2.5m/s일 때 경사각 30°와 60°의 경우 소상면의 길이는 각각 1.0m와 0.4m 정도이다.

라. 물고기의 도약: 물고기가 이동할 때는 일반적으로 수중을 유영하고 장애물을 만났을 때 할 수 없이 뛰어 오르는 것이다. 어도를 설계할 때는 물고기가 도약하지 않고 소상할 수 있게 어도를 설계하는 것이 좋다. 그러나 계단식 어도를 만들 때는 도약을 전제로 한 것이므로 풀의 길이나 깊이를 결정할 때는 물고기가 도약에 필요한 깊이와 길이를 확보 하여야 한다.

마. 물고기가 헤엄칠 때 꼬리치는 폭은 체장의 1/2을 넘지 못한다.

④ 어도의 색은 일반적으로 주변 하상의 색이 좋으며, 소상어의 계수시설, 친수시설 및 유지관리시설도 계획에 포함되어야 한다.

마) 어도의 종류

- (1) 국내 하천에 적용 가능한 어도의 종류는 도벽식, 계단식, 아이스하버식, 버티컬슬롯식 어도를 표준형식으로 선정하였다.
- (2) 어도별 장단점 비교는 <표 4.4-1>과 같다.

<표 4.4-1> 어도의 형식별 장·단점 비교표

검토안	장 점	단 점	비고
계단식	구조가 간단하다. 시공이 간편하다. 시공비가 저렴하다. 유지관리가 용이하다.	어도내의 유황이 고르지 못하다. 풀내에 순환류가 발생할 수 있다. 도약력, 유연력이 좋은 물고기만 이용하기 쉽다.	
아이스 하버식	어도내의 유황이 고르다. 소상중인 물고기가 쉼 휴식공간을 따로 둘 필요가 없다.	계단식보다는 구조가 복잡하여 현장 시공이 어렵다.	
인공 하도식	모든 어종이 이용할 수 있다.	설치할 장소가 마땅치 않다. 길이가 길어져서 공사비가 많이 든다.	
도벽식	구조가 간편하여 시공이 쉽다.	유속이 빨라 적당한 수심을 확보하기 어렵다. 어도내 수심을 20cm 이상으로 할 경우 수리시설 물에서 배출되는 수량이 많아 용수손실이 크다. 어도내의 유속이 고르지 못하다.	
버티컬 슬롯식	좁은 장소에 설치가 가능하다.	구조가 매우 복잡하고, 공사비가 많이 든다. 어도내 수심을 20cm 이상으로 할 경우 수리시설 물에서 배출되는 수량이 많아 용수손실이 크다. 다양한 물고기가 이용하기 어렵다. 폭이 좁아 동시에 많은 물고기가 이용 곤란하다. 경사를 1/25 이상으로 완만하게 하지 않을 경우 빠른 유속으로 어류이동이 제한된다.	

바) 어도의 설계

(1) 어도 형식의 선정

어도 형식을 결정하기 위해서는 모든 어종과 참계 등이 유연력에 관계없이 모두 이용할 수 있어야 하고, 수위가 변해도 어도 기능이 있어야 하며, 관리가 쉬워야 하고, 경관도 고려해서 <표 4.4-2>와 같이 어도형식을 선정한다.

<표 4.4-2> 상황별 어도형식 선정 기준표

고려 사항	어도 형식	도벽식	계단식	아이스 하버식	버티컬 슬롯식
①이용어종의 다양성		1	2	3	3
②대상어종의 유연력	강한 어종	4	3	3	2
	약한 어종	1	3	4	1
③낙차공 길이	10m이하	4	3	1	1
	10 ~ 100m	2	3	3	2
	100m 이상	1	3	4	3
④어도의 유량	부족할 때	3	2	2	3
	충분할 때	2	3	4	4
⑤수리시설물의 낙차	1m이하	4	3	2	2
	1 ~ 5m	1	3	4	3
	5 ~ 20m	1	2	3	2
⑥상류 수위변동폭	클 때	3	1	2	4
	적을 때	2	3	4	2
⑦어도의 공사비		4	3	3	2
⑧어도의 유지관리비		4	3	3	2
⑨휴식 Pool의 필요성		2	3	4	2

(2) 어도의 선정 과정은 우선 하천의 하폭 등 수리시설물이 위치한 하천의 고려항목별 세부기준에 따라 각각의 어도형식별 배점을 구한다. 모든 고려 항목이 추출되면 어도 형식별로 제시된 배점을 합산하여 가장 높은 점수를 받은 어도형식을 선정한다.

(3) <표 4.6-2>에서 고려 항목별 점수의 배점은 다음과 같이 설명할 수 있다.

① 이용어종의 다양성

가. 어도형식이 갖는 고유한 구조적 특징에 따라 나타나는 이용 어종의 다양성에 따라 점수를 배점하였으며, 어도를 이용할 수 있는 어종이 많을수록 좋은 점수를 준 것으로 가장 좋은 것은 아이스하버식과 버티컬슬롯식 어도이다.

② 대상어종의 유연력

가. 어도를 설치할 때는 대상하천에 서식하는 어류 중에서 가장 유연력이 약한 물고기를 기준으로 어도를 계획하는 것이 원칙이지만 환경부 보호종이나, 천연기념물로 지정된 종, 혹은 지방 특산어를 주요 대상으로 하는 등 특정한 어종의 이동 필요성에 따라 조성되는 어도의 경우에 있어서는 대상 어종의 유연력에 따른 판단 기준이 필요하다.

나. 대상어종이 유연력이 강한 어종인 경우는 어떤 어도에서든 이동이 가능하므로 어도에 따라 시공성이나 경제성을 중심으로 판단할 수 있도록 점수를 배점하였고, 유연력이 약한 어종을 기준으로 한 경우에는 이러한 어종이 유영 또는 도약하여 소상할 수 있어야 하므로 어도의 기능적인 면을 통하여 판단할 수 있도록 점수를 배점하였다.

다. 따라서 유연력이 강한 어종이 대상일 경우에는 도벽식이 가장 편리하게 시공할 수 있고, 유연력이 나쁜 어종을 대상으로 할 때는 도벽식이나 버티컬슬롯식 어도는 어도내부의 유속이 빠르므로 설치하지 않는 것이 좋다. 아이스하버식 어도는 비월류벽 뒤에서 휴식할 수 있어 유연력이 약한 어종도 이용 가능하다. 1:20의 경사를 갖는 아이스하버식 어도는 유연력에 관계없이 모든 어종이 이용하는 것을 확인하였다.

③ 낙차공 길이

가. 낙차공의 길이가 10m 이하인 좁은 하천에서는 유량이나 이용어종 등을 고려할 때 아주 간단한 도벽식 어도만 설치 가능하다는 의미이고, 100m 이상의 큰 하천에서는 아이스하버식 어도와 같은 어도 이용효율이 높고 정밀한 시공이 필요한 어도를 설치할 수 있다.

④ 어도의 유량

가. 유량이 많은 하천이라도 용수수요가 많아 어도로 보낼 수 있는 유량이 적은 경우가 있을 수 있으므로 하천의 유량이 아닌 어도로 보낼 수 있는 유량을 기준으로 배점한 것이다.

나. 어도로 보낼 수 있는 유량이 적은 경우에는 어도를 통한 유량이 적은 어도가 용수 이용 면에서 적합할 것이고, 유량이 풍부할 경우에는 다양한 어종이 이용 가능한 기준으로 점수를 배점하였다. 다만 용수이용을 위한 취입보가 아닌 경우에는 이의 판단을 배제하는 것도 가능하다.

⑤ 수리시설물의 낙차

가. 예산, 이용 어종의 다양성, 경관 등을 감안하여 1m 이내로 낮으면 예산, 설치장소 등에

지장을 받지 않고 설치할 수 있으므로 수로형식 어도가 가능하다. 5m 이하에서는 물고기가 자력으로 유영하여 올라갈 수 있어 풀형식의 어도 설치가 가능하다. 5m가 넘으면 중간에 휴식장소도 설치해야 하고 유영력이 약한 어종은 이용이 불가능 한 점이 있는 등 어려운 점이 많고, 20m 이상으로 높아지면 물고기가 자력으로 올라가기 어렵기 때문에 표준모형으로 제시된 어도형식으로는 설치가 곤란하며, 조작형식의 도입이 필요하다.

⑥ 상류 수위 변동 폭

가. 어도 상류의 저수지의 수위 변화가 크면 어도의 출구 설계가 어렵고 비용이 많이 들며 사람이 운영해야 하므로 변동 폭이 크면 운영 조작식으로 하는 것이 가장 좋고, 버티컬슬롯식도 버티컬슬롯의 깊이만큼 수위가 변화하여도 어도로 물이 흐를 수 있으므로 별도의 시설이나 조작용이 없이 대응이 된다.

나. 그러나 물이 흐르는 단면이 기본적으로 크기 때문에 용수의 유실이 많아서 수리시설물의 관리입장에서는 회피하는 경향이 있다. 아이스하버식 어도의 점수가 높은 것은 수위가 변하여도 비월류벽 뒤에서 소상중인 물고기가 휴식할 수 있다.

⑦ 어도의 공사비

가. 낙차를 20m를 경계로 한 것은 모든 어도 연구가들이 풀형식 어도를 설치할 수 있는 높이를 20m 이하로 보기 때문이다. 20m 이하에서는 도벽식이 가장 간단하여 시공비가 덜 들고, 기타의 어도형식에서는 구조적인 세밀함이나 규모 등에 의하여 시공비가 많이 소요되므로 그 사이에서 예산 등을 감안하여 선택하도록 한 것이다. 20m 이상에서는 운영조작식 어도를 설치해야한다.

⑧ 어도의 유지관리비

가. 도벽식 같은 것은 설치 후 거의 방치하기 때문에 비용이 발생하지 않지만 일반적으로 풀형식의 어도는 풀 내부와 하류에 퇴적물이 형성될 수 있으므로 이의 관리비용 등이 필요하다.

⑨ 휴식 pool의 필요성

가. 어도의 길이가 길어지면 소상중인 물고기가 지치게 되므로 유속이 없는 곳에서 쉬었다 갈 수 있는 장소가 필요한데 이때에는 풀 내부에서 순환류가 발생하지 않도록 주의하여야 한다.

나. 아이스하버식 어도에 점수를 높게 준 것은 아이스하버식 어도는 비월류부가 있어 이 후면에 유속이 없고 소상중인 물고기가 휴식할 수 있으므로 따로 휴식풀을 설치하지 않는다. 도벽식에 가장 낮은 점수를 설정한 것은 도벽식의 경우 유속이 빠르므로 자주 휴식풀을 만들어야 된다는 의미이다.

이 선정기준표에 의한 어도형식 선정은 절대적인 기준이 되는 것은 아니며, 어도의 형식을 선정할 때 참고자료로만 사용해야한다.

(4) 어도의 폭은 어도를 설치할 하천의 용수를 제외한 갈수량을 어도로만 유하시킬 때 월류수심을 10cm 정도로 유지할 수 있도록 결정하는 것이 좋다. 따라서 어도의 폭은 평수기의 물은 어도로만 흐르고 수량이 증가하면 수리시설물 전체로 물이 넘지 않고 그 물을 어도 유인수로 사

- 용할 수 있는 계획을 수립해야 한다. 어도의 폭을 평수기를 기준으로 결정했다면 갈수기에는 수심이 낮아 물고기 이용이 어려울 수 있으므로 수위 저하에 대한 계획도 수립해야 한다.
- (5) 어도의 길이는 수리시설물의 높이와 경사도에 의해서 결정된다.
 - (6) 어도의 높이는 어도의 출구 수위와 입구의 수위 차이로 설치하는 수리구조물의 높이에 따라 결정된다.
 - (7) 어도의 기울기는 하천에 서식하는 모든 종류의 어류와 수서 동물이 이용 가능하게 하기 위해서 풀형식 어도의 경사도는 1:20 보다 완만하게 설치하여야 하고 수로식에서는 더 완만해야 한다. 기울기는 어도의 입구와 출구의 높이 차이(h)와 어도의 길이(L)의 비 h/L 로 계산한다.
 - (8) 어도의 수심

어도의 최소 수심은 어도의 형식이나 이용어류의 종류 등에 따라 달라지나 수로 형식에서는 어도를 이용하는 어류 체고의 2배 정도의 수심만 있으면 가능한 것으로 보는 견해가 많다.
 - (9) 어도의 부대시설
 - ① 수위 조절장치

어도 내의 유황은 어도로 유입하는 물의 수위 변화에 따라 크게 달라지므로 유량을 조절할 수 있는 것이 좋다. 대형 댐에서는 댐 출구에 가동언을 두어 상류 수위가 올라가면 가동언이 상승하고 수위가 내려가면 가동언이 내려가서 입구의 수위가 항상 일정하게 할 수 있으나 소형 수리시설물에서는 이런 수위 대응이 비용 때문에 불가능하다. 따라서 소형 수리시설에서는 어도 출구에 각낙판을 설치하여 수위조절을 하는 것이 일반적이다. 이때 각낙판도 하나의 격벽으로 보아서 계획된 어도의 격벽의 높이보다 높지 않게 하여야 한다.
 - ② 유인수로

유인수란 어도입구로 물고기를 유인하기 위하여 어도 입구에 보내는 물로 이 물을 보내는 수로가 유인수로이다. 어도의 폭이 좁아 하천유량에 여유가 있을 때에는 어도 이외로 물이 흐를 기회가 많으므로 어도로 물고기가 모이지 않게 된다. 물이 어도 이외로 흐를 때 어도로 물고기가 모이도록 하기 위해서는 여분의 물을 유인수로 활용하는 것이 좋다. 원리는 유인수로에서 아주 강한 흐름을 주면 물고기는 강한 흐름은 피하고 강한 흐름의 주변에 자기가 좋아하는 유속이 있는 곳으로 모이게 된다. 그러나 유인수량이 부족하여 유인수로의 유속이 빠르지 않으면 물고기는 유인수로로 들어가려고 하므로 주의할 필요가 있다.
 - ③ 어도입구 보호설비

어도입구가 하상 저하나 퇴사로 물고기가 어도에 진입하지 못하는 것을 방지하기 위해서 일종의 정수지를 설치하면 입구의 세굴을 방지할 수 있다. 그러나 침식보다 침전이 유력한 하천구간의 어도에 정수지를 설치하면 퇴사에 의하여 어도입구가 차단될 수 있으므로 유의하여야 한다.

사) 어도의 설계 절차

- (1) 자료수집 단계
 - ① 어도설치 대상 수공구조물에 관한 자료
 - ② 하천의 수문 및 수리

- ③ 하천의 수생 동식물 자료
- ④ 어도설치 지점의 하천이용 및 기타 자료
- (2) 어도의 설계조건 설정
 - ① 하천생태유지 기본유량
 - ② 수공시설물에서 어도의 위치
 - ③ 어도의 설계유량 및 어도의 개수
 - ④ 수공구조물 하류부의 어도설계 기본 하상고
 - ⑤ 수공구조물 상류부 및 하류부의 어도설계 기본수위
 - ⑥ 회유성 수생동물의 한계유영속도
 - ⑦ 어도 건설비용
- (3) 어도 기본설계
 - ① 어도의 기본형식 선정
 - ② 어도의 평면배치 설정
 - ③ 어도의 입구부 및 출구부 설계
 - ④ 어도 제원의 개략 설계
- (4) 어도 상세설계

어도 기본설계에서 확정된 안은 다음과 같은 순서에 따라 상세 설계를 한다. 어도 상세설계에 서는 홍수시 어도의 안정성과 어도에 의한 홍수시 하천흐름 변동, 어도내 유속분포 및 어류 통과 단면적 등을 충분히 고려하여야 한다.

 - ① 어도의 폭과 깊이 산정
 - ② 입구부 상세설계
 - ③ 어도출구부 상세설계
 - ④ 어도경사를 기준으로 하여 어도길이 결정
 - ⑤ 어도길이가 긴 경우 어도내 회유성 어류가 휴식할 pool의 장소와 크기 설정
 - ⑥ 격벽 간격 및 월류격벽의 제원
 - ⑦ 비월류격벽에 의한 pool 규모
 - ⑧ 설계유량에 대한 어도내 수면계산
 - ⑨ 최대유속 및 월류수심 추정
 - ⑩ 월류격벽이나 비월류격벽의 물과 접촉하는 모서리는 흐름의 박리현상이 일어나지 않도록 유선형 등으로 처리
 - ⑪ 등류흐름조건 만족 여부 판단
 - ⑫ 홍수시 어도가 하천 흐름에 미치는 영향 검토
- (5) 어도시설 유지관리 계획 설계에서는 다음과 같은 항목을 반드시 포함시켜야 하며 이는 어도 건설 이후 어도의 정상적인 기능 유지에 필요하다.
 - ① 홍수전후의 어도관리
 - ② 주요 회유성 어류 이동시기의 유지관리
 - ③ 어도의 효과 판정을 위한 계획

- (6) 그 밖의 어도에 관한 구체적인 내용은 농업용댐편 물넘이 및 부속구조물 설계 KDS 67 10 45 3.어도를 참조한다.

7) 지역 실정(여러 조건)을 충분히 파악한 후에 환경 배려 범위를 설정

- (1) 지금까지 언급된 사항을 고려하여 제체 등에 적용하고 앞으로 제초나 퇴사제거(준설) 등의 유지관리가 필요한 경우는 제체 등의 녹화 등 환경배려 범위는 농가를 포함한 지역주민에 의한 유지관리의 계속성이 확인 가능한 범위에서 설정하는 것이 중요하다.
- (2) 제체에 적용되는 친환경 설계와 시공 공법은 설계와 시공뿐 아니라 건설이후의 유지관리에 관련되는 사항을 염두에 두고 적용할 필요가 있다.

마. 수변의 단면·공법 선정에 요구되는 사고

- (1) 저수지 수변의 단면과 공법은 영역별 시설정비계획과 보전 대상종의 서식환경 조건과 수변 특징을 고려하여 선정한다.
- (2) 단면과 공법 선정은 현황 단면의 개량을 기본으로 하며 다양한 비교 안을 검토하여 각 영역의 기본적인 단면과 구조를 결정한다. 기본적으로 단면구조의 검토는 물론 보전 대상종과 현장 조건, 경제성, 농가를 포함한 지역주민의 의향을 들어 적절한 공법을 선택한다.
- (3) 또한, 배후지 등의 용지조건, 경제성, 유지관리 작업성 등도 함께 고려하고 수변을 완경사로 함으로써 다양한 생태계 보전을 위한 수변공간을 창출하는 것이 바람직하다.

바. 도로 사면의 녹화계획 및 설계

- (1) 저수지 이설도로 건설에 따른 사면은 토양이나 암반이 그대로 노출되어 시각적으로 부정적 영향을 줄 뿐만 아니라 붕괴 등의 위험이 있다. 따라서 사면안정시설과 함께 주위 경관과 조화할 수 있는 자연재료를 활용한 사면보호 녹화공법을 적용하여야 한다.

1) 설계원칙

- (1) 비탈면 발생을 적극 억제한다.
기복이 있는 지형에서 저수지의 진입·이설도로를 건설하는 경우 어쩔 수 없이 비탈면이 발생하게 된다. 비탈면 정비의 기본적인 개념은 첫째 비탈면의 발생량을 적극적으로 억제하는 것이며, 노선 선형을 설정할 때에 가능한 한 등고선에 따라 선형을 설정하도록 검토한다.
- (2) 주변 환경과의 조화를 고려하여야 한다.
어쩔 수 없이 발생한 비탈면에 대해서는 토공단계부터 적극적으로 주변 환경과 조화를 고려하여 녹화계획을 수립하는 것이 바람직하다.
또한, 비탈면은 재해발생이 일어나지 않도록 해야 하며 부득이 한 경우 비탈면 주변의 식생과 서식환경을 고려하여 주변 환경을 배려한 비탈면 처리 방법을 적용한다.

2) 설계시 고려사항

가) 비탈면의 형상

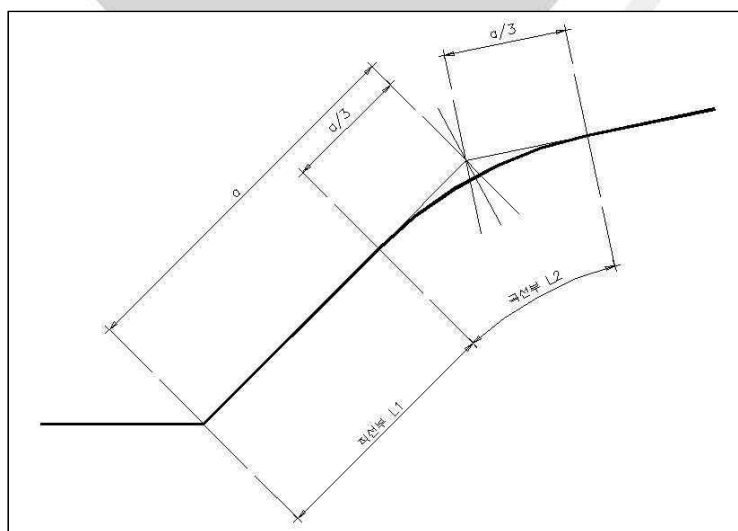
- (1) 토공단계에서는 비탈면 형상을 주변 환경과 조화를 이루게 하고 녹화를 용이하게 하기 위하여 가능한 한 기울기가 적게 하는 것이 바람직하다. 그리고 농지와 접하는 부분의 비탈면은 휴식이나 농기구를 놓아두는 곳 등으로 이용되는 것을 고려한 설계가 바람직하다. 토공단계의 정비방법으로는 비탈면을 완만하고 둥글게 하기 위하여 라운딩(rounding)하는 방법이 있다.
- (2) 비탈 경사는 가능한 한 완만하게 하고 큰 곡선으로 둥글게 하는 것이 바람직하다. 그러나 이렇게 하는 것은 비탈면 용지 폭을 크게 하고 면적을 많이 사용하므로 가급적 적은 폭의 작은 면적을 사용하면서 라운딩 효과를 크게 할 수 있도록 한다.

나) 라운딩 방법

- (1) 비탈의 라운딩은 비탈면 전체에 적용하는 것이 이상적이다. 특히 평지에서 급한 산지로 들어가는 부분의 절토 비탈면에 대해서는 넓은 범위에 라운딩을 하면 부드러움이 생겨 효과가 크다.

다) 라운딩 설치 방법

- (1) 라운딩은 비탈단면의 곡선을 강조하도록 곡선 길이를 직선 길이보다 길게 잡는 것이 원칙이다. <그림 6.2-1>과 같이 직선부의 길이를 L1, 곡선부의 길이를 L2라고 하면 $L1 \leq L2$ 가 되어야 한다. 또 비탈단면에 대한 곡선부의 접선 길이를 T로 하면, $T \approx L2/2$ 가 되고, $L1 = L2$ 로 한 경우 $L1 = 2T$ 가 되고 비탈 길이를 a로 하면 $a \approx 3T$, $T \approx a/3$ 로 된다. 여기서, 비탈 어깨 상하에 대하여 $T \approx 1/3$ 범위, 즉 비탈 어깨에서 아래쪽으로 1/3 지점까지, 위쪽으로 1/3지점 범위에 대하여 곡선을 주면 비탈면의 직선부와 곡선부의 길이가 거의 같아져 비탈면의 직선성이 억제되며, 이 이상으로 곡선을 주면 비탈면의 곡선을 강조하는 것으로 된다.



<그림 4.6-1> 사면 라운딩 방법의 모식도

3) 비탈면 녹화 방법

- (1) 비탈면을 녹화하는 경우 어떠한 식물을 어떻게 도입하여 녹화하는가를 분명히 할 필요가 있다.

가) 도입하는 식물

- (1) 도입하는 식물은 기본적으로 다음 조건을 만족할 필요가 있다.

- ① 기상조건에 적합할 것
- ② 토양조건에 적합할 것
- ③ 재생 목표에 적합할 것

- (2) 또한, 도입하는 식물은 크게 초본식물과 목본식물로 구분할 수 있다. 지금까지 비탈면 녹화는 경비가 저렴하고 간단하게 도입할 수 있는 초본식물이 많이 사용되어 왔다. 그러나 목본식물은 근계(根系)의 긴박력이 강하고 초본식물과 비교할 때 붕괴가 어려운 비탈면을 조성함으로 목본식물 도입이 바람직하다. 목본식물의 도입은 지역에서 자생하는 식물을 우선으로 하며 다음 사항을 고려하여 도입한다.

- ① 주변의 자연경관과 조화가 용이
- ② 생태계의 조기회복에 유효
- ③ 자연의 회복력이 영속적으로 지속
- ④ 식생의 유지관리가 적음
- ⑤ 목본식물은 도입 후 거의 쇠퇴하지 않음

나) 도입방법

- (1) 도입방법에는 파종법과 식재법이 있으며, 파종에 의하여 생육된 수목은 입지조건에 따라 뿌리가 성장하고 지상부에 생육한다. 이 때문에 고사하거나 강풍에 의한 도복은 적다. 식재에서는 지역의 기후나 토양에 적합한 수목을 식재한 경우 식생의 복원이 초기에 실현된다. 파종한 수목과 식재한 수목을 비교할 경우 식재한 수목은 토양이 딱딱하면 뿌리가 심은 구멍 외에는 성장하지 않고 뽑혀지는 강도가 타종목과 비교하여 매우 적어 쉽게 도복된다.

다) 파종에 의한 조기수림 형성방법

- (1) 종자의 배합

조성하는 군락이 목본식물만으로 구성할 때에는 표면침식이 생기거나 표층토의 형성이 진행되지 않고 생태계의 회복이 늦어지는 경향이 있다. 이 때문에 목본군락을 조성하는 경우에는 주 목본류와 초본식물 그리고 주 목본류와 초본식물 사이의 중간 목본류를 혼합함이 바람직하다.

중간 목본류는 비료목 또는 혼식물이라고도 하고 특히 불량한 생육환경을 개선하는 역할을 하고 있다. 이는 주 목본류의 생육환경을 조절하여 성장을 돕는 일을 하기 때문이다. 그리고 초본식물은 생장이 빠르기 때문에 목본식물은 피압되어 고사하고 초본군락으로 되어버리는

경우가 많기 때문에 초본식물의 초기생장을 억제하는 대책이 필요하다. 일반적으로 종자의 배합은 주 목본류 1~2종, 중간 목본류 2~3종, 초본식물 1~2종을 선정하여 조합한다.

(2) 초본식물의 초기생장을 억제한다.

목본식물과 초본식물을 혼합 파종할 때에 용출시간이 빠른 비료를 사용하면 초본식물의 초기 생장이 왕성해지기 때문에 완효성 비료가 유리하다. 그리고 목본식물의 생장을 촉진할 필요가 있어 인산성분이 많은 비료를 사용함으로써 목본식물의 생장이 촉진된다.

(3) 기 타

그 이외에 아래와 같은 점에 유의하는 것이 바람직하다.

- ① 중간 목본식물을 사용하는 경우 질소, 유기질을 다량으로 사용해서는 안된다.
- ② 시공 적기는 3~5월이다.

4) 잠재 자연식생에 의한 식재법

- (1) 이 방법은 온실 등에서 재배한 30cm 정도의 어린 묘목을 무작위로 혼식하여 1년 후에 수고 1m, 5년 후에 5m, 10년 후에는 수고(樹高) 8~10m의 수림지로 생육시키는 방법이다. 어린 묘목의 수종은 잠재 자연식생으로서 그 토지의 기후나 토양에 알 맞는 것을 선정해야 하는 것이 특징이다.

가) 수종의 선정

- (1) 잠재 자연식생이라고 하는 것은 어느 시점에서 인위적인 작용이 정지하였을 때 거기에 나타나는 식생력이다. 이것은 어느 지역에 있어 인간이 그 지역의 식생조건을 개조 변경하기 이전의 식생조건과 반드시 일치하는 것은 아니며 지형이나 식생조건이 변경된 현재의 상태를 기준으로 하고 있다. 잠재 자연식생을 추정하기 위해서는 현지에서 식물 생태학적 기초조사를 실시하는 것이 필요하다.

나) 식재방법

(1) 묘목의 육성

선정된 수종의 종자를 채집하여 묘상에 파종하며, 발아 후 2~6일 정도의 잎이 나온 육묘를 포트(pot)에 이식한다. 또한, 자연림 내에서 주목주변에 있는 자연 발아한 어린 묘목을 채집하여 포트에 이식하여도 좋다. 이럴 경우 묘목 키는 10~20cm 정도의 어린 묘목을 선택하는 것이 생존율이 높다.

(2) 식 재

묘목 키가 30~60cm, 잎이 5~8잎 정도, 뿌리가 포트 속에 빈틈없이 꽂 찬 묘목을 식재한다. 식재하는 곳의 토양이 극단적으로 나쁠 경우에는 가능한 한 유기질이 풍부한 표토를 20~30cm 정도 치환하거나 유기물을 혼합하여 토양을 뒤집어 주는 것이 바람직하다. 급경사지나 계곡 같은 곳에서는 표토의 유실과 침식을 방지하기 위하여 나무 가지를 엮어 주거나 나무말뚝을 박는 등 흩이 머물게 하는 공사를 하도록 한다. 식재는 여러 종류의 묘목을 무작위로 밀

식하며, 밀식도는 1㎡당 3~4본으로 한다.

(3) 육 성

묘목 식재 후에는 즉시 짚을 깔거나 그와 유사한 유기물로 뿌리둘레를 덮어준다. 이것은 토양 침식을 억제하며 토양건조 및 잡초의 침입을 방지하는 동시에 부식되어 유기질 비료가 되는 등의 효과가 있다. 식재 후 1~2년간은 필요에 따라 제초를 하거나 표토가 극도로 건조할 경우 적당히 물을 주거나 보살필 필요가 있으나 3년째부터는 자연의 관리에 맡겨 둔다.

5) 암반이 노출된 경우의 대책

- (1) 암반 또는 경질토가 노출된 경우에는 비탈면의 침식이 풍화작용에 의하여 일반토질에 비하여 심하기 때문에 경사면 보호가 필요하게 된다. 일반적으로 몰탈 또는 콘크리트 뿔머 붙임에 의한 비탈면 보호는 주변경관 속에서 위화감을 갖게 하는 경우가 많기 때문에 부득이한 경우를 제외하고는 경사면 녹화에 사용하지 않는 것이 바람직하다. 이런 경우에는 지반의 경도, 함유 비료분의 유무에 따라 파종만으로는 불충분할 경우 토양조사를 바탕으로 인공토양 기반재의 시공 등에 의하여 녹화가 확실하도록 해야 한다.

사. 도로의 생태 이동통로 계획

- (1) 주변 지역에 대한 충실한 생물상 조사를 통하여 생물종, 서식공간의 위치와 이동경로 등을 파악하여 도로가 이들 공간을 우회하거나 불가피할 경우에는 동물들의 이동통로를 확보해야 한다.

1) 생태 이동통로의 위치 선정시 고려사항

- (1) 대상 동물을 선정하고 주요 이동경로를 파악하여야 한다.
- (2) 대상동물의 서식특성, 서식범위, 산란 및 번식 패턴 등을 고려하여야 한다.

2) 이동통로 형식 선정

가) 생태교량(eco-bridge)

- (1) 생태교량은 야생동물의 이동을 위하여 도로 상단부에 교량을 설치하는 형식이다. 이는 주로 도로 개설에 따라 동물의 서식지가 둘로 나뉘게 될 때, 야생동물로 하여금 다른 서식지로의 이동을 도와준다.
- (2) 지하박스(box culvert)가 주로 계곡부와 저지대의 야생동물의 이동통로로 이용되는데 반하여 생태교량은 능선부와 높은 지역에 서식하는 야생동물들의 이동 통로가 될 수 있다.
- (3) 생태교량의 자세한 사항은 환경부, 2010. 생태통로 설치 및 관리지침을 참고한다.

나) 생태터널

- (1) 생태터널은 도로의 하단부에 설치하는 유형으로 교량에 비하여 규모가 작으며 적은 비용으로 많은 장소에 설치가 가능한 장점이 있다. 생태이동통로를 조성함에 있어 저수지 주변 도로에

- 지형 여건상 생태교량을 설치할 수 없는 경우나 소형동물의 이동을 위한 경우에는 생태터널을 조성한다.
- (2) 생태터널의 형태가 박스인 경우 박스의 규모는 가로, 세로 크기가 각각 4.27m 이상으로 한다. 육교, 터널 등의 경우 폭에 대하여는 명시적인 자료가 없으나 하천변 및 저수지 주변의 수변식생을 야생동물 이동 통로로 이용 할 경우 약 15m 정도의 폭으로 한다. 다만 박스형, 육교, 터널의 길이는 짧을수록 좋다.
 - (3) 설계원칙
 - ① 노면은 포장하지 않는 것이 좋다.
 - ② 야생동물의 접근을 용이하게 할 수 있도록 유도 식재를 한다.
 - ③ 터널 상단부에 식재를 한다.
 - (4) 설계시 고려사항
 - ① 인접된 경사면은 주변의 수림과 지하박스의 거리를 짧게 하여 동물이 불안하지 않게 이용할 수 있도록 유도 식재를 한다.
 - ② 사슴, 멧돼지 등이 이용하기 위해서는 넓이와 높이가 4m 이상 필요하다. 멧돼지는 직경 2.5m 를 확보하고 사슴, 노루는 높이를 길이의 1/10 이상을 확보한다.
 - ③ 너구리와 족제비 등은 터널 측구를 잘 이용하므로 측구 설치가 요망된다.
 - ④ 측구를 이용하거나 측구에 떨어진 소동물의 탈출이 용이하도록 경사로를 설치한다.
 - ⑤ 측구에 흐르는 물의 양이 많지 않을 경우 동물의 발이 물에 적시지 않도록 측구에 소단이나 디딤돌을 설치한다.
 - ⑥ 입구 주변은 야생동물의 이동과 파충류의 이동시 은혜를 위하여 인근 자생 수목과 동일한 수목을 식재하여 수림을 조성한다.
 - ⑦ 도로외의 부분에서는 야생동물이 횡단하는 것을 막기 위해 펜스의 유도식재 등에 의해 횡단시설의 입구로 야생동물을 유도한다. 횡단용 시설과 주변 떠상의 경관 요소가 직접 접하고 있지 않은 경우에는 도로에 평행하게 노변에 유도 식재를 한다.
 - ⑧ 횡단용 시설 입구 부근에서는 불빛과 시각적 영향을 완화하기 위해서 밀식한다. 이는 사람이 접근하지 않게 하기 위한 기능도 포함한다. 식재 높이는 1.5m 이상으로 한다.
 - ⑨ 침입방지 식재 : 야생동물이 도로로 침입하지 못하도록 대책을 세워야한다. 펜스를 설치하거나 생 울타리를 조성하거나 목재 편책을 설치하면 동물의 도로 침입을 막을 수 있다. 이때 침입방지 시설은 통로 양측으로 100m 정도 설치해주는 것이 바람직하다.
 - (5) 생태터널의 자세한 사항은 환경부, 2010. 생태통로 설치 및 관리지침을 참고한다.

다) 배수로

- (1) 양서류를 위한 이동통로의 경우 도로 개설에 따라 배수 목적으로 설치된 구조를 이용한다. 특히, 저수지 주변의 경우 양서류에게 양호한 서식 조건을 갖추고 있으므로 도로 개설에 따라 고립된 서식지는 배수로에 의한 생태통로를 조성하여 연계시킨다. 암거(box culvert) 설치장소가 양서류, 파충류 등의 소형동물 이동 가능성이 있을 경우에는 소형동물이 이용하기 쉽도록 출입구 위치를 U자 형으로 정비하여 유도하는 것이 효과적이다.

- (2) 양서류를 위한 수로와 관은 저수지의 수변생태 서식지를 연결하는 형태로 설치하는 것이 요망된다.
- (3) 또한, 배수용으로 설치하는 지하수로(pipe culvert)는 너구리, 담비, 족제비 등의 중·소형 동물의 이동통로로 이용되고 있다. 설치위치는 이동경로가 많은 지역에 골짜기를 따라 이동경로를 연결하는 것이 효과적이다. 따라서 동물의 이동에도 불편이 없도록 설계하는 것이 중요하다.
- (4) 설계시 고려사항
 - ① 지하배수관에 단을 설치하여 동물의 발이 물에 적시지 않고 통행할 수 있도록 고려한다.
 - ② 지하배수관의 직경은 관 길이에 따라 달라진다. 너구리 등 중형 포유류의 이용을 고려할 경우는 그림 2.4.33과 같이 직경 1m 이상이 필요하다. 참고로 저수지주변 서식 동물의 크기와 종류에 따라 표 2.4.11 등을 참고하여 동물의 이동과 유수 및 토사배제가 원활하게 될 수 있는 길이와 지름을 선정하여 적용한다.
 - ③ 지하배수관 출입구의 집수 웅덩이에 동물이 편리하게 이용할 수 있도록 계단 또는 경사로(slope) 등의 설치가 필요하다.
 - ④ 집수정에서 탈출할 수 있도록 경사로를 조성해 준다. 집수정은 수면 45% 이상의 경사로를 만들어 소동물이 오르기 쉽도록 배려한다.
- (5) 노루 및 멧돼지의 경우 도로 주변에 설치된 가드레일에 의해서 이동 제한을 받는 것이 관찰되는데, 자동차 통행안전에 지장이 없는 경우에 가드레일 1개 정도만 제거해도 대형동물이 이동할 수 있다.
- (6) 저수지와 수로가 연결되어 있는 경우 수로에서 주변 야산 등으로 이동 또는 탈출할 수 있는 이동통로를 대상 생물의 행동패턴에 맞추어 만들어준다. 이러한 이동통로의 경우 가급적이면 도로를 피하여 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 이동통로를 확보하기 위해서는 돌과 식생을 활용한 방법이 바람직하다.

3) 주요 서식처 보호시설

- (1) 야생동물들은 빛, 소리, 진동 등의 요인으로 생활환경이 훼손되기 때문에 그에 대한 대책이 필요하다. 야간 도로 통행의 라이트 불빛이나 차량소음 등의 감소를 위한 방지대책을 식생 또는 시설물로 설치하여 실시한다.
 - ① 빛의 차단을 위한 열식 수림대 조성이나 환경시설대의 설치 또는 목재나 자연스러운 소재로 차광벽을 설치하여야 한다.
 - ② 소음방지를 위해서는 도로환경 조형물 기능을 겸한 주변과 어울리는 아름다운 방음벽을 설치한다.

4) 생물서식기반 조성

- (1) 저수지주변의 생물서식환경 조성을 위해서는 저수지공사에서 발생하는 표토 즉 부식층 표토를 잘 보전하여 활용하는 것이 매우 중요하다.
 - ① 건강한 생물서식기반 환경의 모태가 되는 토양은 부식층 표토를 충분히 포함한다(식재식

- 물의 성장촉진과 토양 소동물을 유지하여 소형동물의 먹이와 정착을 유도).
- ② 수계는 다양한 생물의 서식과 이동에 중요한 역할을 수행한다.
- ③ 자연재료를 활용하여 폭 1m내외의 곡선형 계류를 조성한다.
- ④ 지형 복원
 - 가. 최대한 다양한 지형을 구성하기 위해 마운딩 및 저습지를 조성한다.
 - 나. 인간 활동으로 생기는 빛과 소음 등의 부정적 영향을 최소화하기 위해 전체적으로 중심 부분이 낮게 유지되도록 자연스러운 계곡형상을 이루도록 한다.
- ⑤ 식생복원
 - 가. 습기, 양분, 온도, 광 등의 환경인자를 고려한다.
 - 나. 식생 수종 선정의 경우 주변지역에 생육하며 야생동물을 유인할 수 있는 종으로 선정한다.
 - 다. 식생의 연속된 흐름을 형성하고 파악된 동물의 이동경로에서와 유사한 식생 유형을 형성한다.
 - 라. 인간 활동과 접하는 부분에는 침엽수와 관목을 밀생하여 소음 및 불빛을 차단한다.

아. 토취장, 석산, 사토장 등

- (1) 농업용 저수지 건설시 공사용 재료의 확보와 공사시 발생하는 사토 및 암석처리를 위한 토취장, 석산, 사토장 등은 주위 경관에 미치는 악영향 완화를 위한 식재 계획과 강우시 다량의 토량유실 발생 억제를 위한 시설을 검토하여야 한다.

1) 토취장에서 굴착운반 작업시 유의 사항

- (1) 인접한 주위상황에 따라 발파 및 미끄럼 방지를 위한 시설을 설치하여야 한다.
- (2) 공사중 강우 등으로 흙의 함수비에 영향을 준다고 판단될 때에는 가배수로를 설치하여 함수비 증가를 방지하여야 한다.
- (3) 절토과정에서 흙과 발파암이 혼합되어 토질이 변화되지 않도록 주의하여야 한다.
- (4) 주변 지형과의 조화와 비탈면 안정을 위해 균일한 단면과 안정된 기울기(1:1.5이상)로 깎아야 한다.

2) 사토장 선정 및 작업시 유의 사항

- (1) 사토장이 산지, 경사지, 저습지 등 지형·지질이 불량한 위치에 계획되어 있거나 흙쌓기에 사용하기 어려운 불량토가 많을 때에는 이토분의 침전지, 방재 조절지, 가배수로 등을 설치하여 주위환경에 미치는 영향을 최소화하여야 한다.
- (2) 사토장은 진입로의 보수, 사전배수, 비탈면 보호공 등을 검토하여 먼지, 토양 침식에 의한 환경오염을 최소화하여야 한다.
- (3) 사토장으로 농지를 이용할 때에는 당초 표토를 집토해 두었다가 공사완료 후 복구할 수 있도록 토사의 유출방지, 강우로 인한 범람 등의 재해안전대책을 검토하여야 한다.

- (4) 사토장의 비탈면 기울기는 지구의 여건을 고려하되 1:2보다 완만하여야 한다.
- (5) 암사토의 경우에는 암사면 노출의 최소화 방안을 검토하여야 한다.
- (6) 그 밖의 사토장에 관한 사항은 KDS 67 10 35 농업용댐 설계에 따른다.

자. 호안 등 공법 선정 기초

1) 계곡형 저수지의 경우

- (1) 산간부에 위치한 계곡형 저수지는 배후지가 산림 등으로 구성되어 있고 저수지와 연속성을 갖는다. 수변은 곡선으로 구성되어 지형 변화를 다양하게 표현해주며 생물의 서식환경이 확보되어 있다.

2) 접시형 저수지의 경우

- (1) 평야부의 접시형 저수지는 저수지 주위가 제방으로 되어 있다.
- (2) 평야부에 도시화가 진행되면서 저수지주변이 논에서 주택으로 변화하여 도심에 위치한 경우가 많다.
- (3) 저수지 주위는 농지, 택지, 도로 등으로 구성되어 생물의 서식환경이 한정되어 있다.

<표 4.9-1> 생물의 서식환경으로 본 제체와 제체 이외 수변의 일반적 특징

제 체		제체 이외의 수변
<ul style="list-style-type: none"> • 누수 되지 않는 구조상 안전한 재료 사용 • 침식방지 호안을 조성 	기본 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 법면의 풍화와 침식 우려가 있는 장소는 호안으로 함 • 호안은 구조상 안전한 것으로 함
<ul style="list-style-type: none"> • 제체 하류는 농지와 수로로 제체에 의한 연속성은 없다 	배후지 등과의 연속성	<ul style="list-style-type: none"> • 산림 등의 배후지와 유입수로와의 연속성 확보가 쉬움. • 어류나 소동물 등의 서식환경을 넓게 확보하기가 쉬움
<ul style="list-style-type: none"> • 안전성이 확보되는 1:1.5 ~ 3 의 기울기 단면으로 하여 제방 높이가 높을수록 완만 하게 한다. 	단 면	<ul style="list-style-type: none"> • 저수량 확보가 가능한 단면으로 하나 저수량에 여유가 있는 경우는 환경사로 하는 등 단면을 검토하여 적용
<ul style="list-style-type: none"> • 침식방지와 경제성 등에서 콘크리트 블록으로 하는 경우가 많으나 환경친화형 블록으로 하는 등 검토의 여지가 있음 	호안 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 침식과 붕괴 위험이 있는 장소는 블록쌓기 등의 호안이 많음 • 계곡형 연못은 호안을 하지않는 경우가 많음
<ul style="list-style-type: none"> • 상기의 특징으로 생물의 서식환경의 확보에는 제체의 구조물로서 안전성 확보와 공법 등의 선택에 충분한 검토가 필요하다. 	종합 (생물의 서식환경)	<ul style="list-style-type: none"> • 상기의 특징으로부터 생물의 서식환경의 확보는 제체와 비교하여 선택 가능한 공법 등의 범위에 자유도가 있음

(4) 선정에 있어서 유의점

접시형 저수지에서 생물의 서식환경을 확보하는 경우는 경제성과 유지관리, 작업성 등을 특히 고려할 필요가 있다.

3) 저수지 주변의 생물 네트워크

- (1) 저수지 설계에 있어서 지형조건에 따라 다양한 수심과 식생확보가 가능하도록 저수지의 호안 형상과 소재 등을 고려한다.
- (2) 사용재료는 저수지에서 발생하는 재료를 활용하고 주변 환경과 조화를 이루고 경관을 형성할 수 있도록 하여 서식생물의 양호한 네트워크가 형성되도록 한다.
- (3) 설계에 있어서 다양한 수심과 식생확보가 가능하도록 저수지의 호안 형상과 소재 등을 고려한다.

가) 호안형상

- (1) 저수지의 안전성과 유지관리를 감안하여 시트파일이나 호안을 중심으로 하는 정비보다 환경의 단순화를 초래하지 않는 호안형상으로 한다.
- (2) 또한, 수위변동이 큰 저수지나 사면 기울기가 급한 저수지는 경사면을 복단면 또는 계단형태로 하는 등 수위변동에 따라 얇은 흐름이 형성되도록 노력한다.

나) 호안재료

- (1) 저수지의 호안재료는 식물의 성장에 따라 흙, 석재, 목재 등의 자연소재, 생물을 배려한 콘크리트 2차 제품 등이 있으나 공사에서 발생하는 석재의 재이용이나 지역의 간벌재 등의 이용을 검토한다.
- (2) 저수지의 퇴적토는 토양의 양호도에 따라 지반개량용으로 활용하거나 체체의 보강재료와 호안재료로 이용하는 것을 검토한다.

다) 저수지 주변 사면의 식재

- (1) 저수지는 지형조건에 따라 계곡형과 접시형으로 만들어져 조건에 따라 서식하는 생물도 다르나 주변 환경 상황에 따라 원예식물은 피해 지역에서 자라온 식물을 선정하는 것이 중요하다.
- (2) 또한, 어류나 곤충류의 성장장소나 수질정화, 호안의 보호 등 식물 종류의 차이에 따라 확보되는 기능이 다르기 때문에 추수식물, 부엽식물, 침수식물 등 다양한 식물군락이 형성되도록 많은 종류의 식물을 선택하는 것이 중요하다.
- (3) 수변 사면의 식생이 부족한 경우는 식재하여 보충한다. 또한, 저수지 연안부는 수위변동이 크고 파랑에 의해 침식되기 쉬우므로 식생기반으로 불안정하기 때문에 기반 정비와 수위변동에 강한 수종을 선정한다.
- (4) 저수지 바닥은 수생식물의 종자가 섞여 있는 경우가 있기 때문에 종자가 섞여 있을 것을 생각해 저수지 퇴적토 이용을 검토한다.

라) 대상조치의 검토

- (1) 저수지 공사를 할 경우 물 빼기를 하면 저수지 바닥이 드러나 건조하게 되고 그곳에 서식하는 생물이 죽게 될 가능성이 있으므로 저수지 일부에 생물이 서식할 수 있는 저류 부분을 만드는

것을 검토한다. 이것이 곤란한 경우는 공사기간 중에 생물을 일단 다른 비슷한 환경을 갖는 장소에 이동하거나 이식해 공사후에 제자리에 되돌리는 것도 검토한다.

마) 외래생물에 대한 대응

- (1) 저수지는 외래생물을 포함한 다양한 생물의 네트워크 거점이 되어 있다. 따라서 설계시에 외래 생물의 서식영역이 확대되지 않도록 하는 것이 중요하다. 예를 들면 저수지에 유입되는 수로와 저수지의 낙차를 해소하기 위한 공법을 적용하였을 경우 외래생물의 분포 영역이 확대되는 염려가 있을 수 있다. 이러한 경우는 이 장소의 낙차해소를 하지 않는 것도 생각해 볼 필요성이 있을 것이다.
- (2) 또한, 공사에 따른 물 빠기로 하류에 외래생물이 떠내려갈 염려가 있는 장소는 저수지 안에 물을 저류할 수 있는 깊이를 확보하여 생물이 수로로 떠내려가지 않게 하는 것도 생각해 볼 수 있을 것이다.

차. 저수지 호안정비

- (1) 저수지 호안은 육지 생태계와 담수 생태계가 만나는 천이지대로 다양한 생물 서식처를 제공하는 매우 가치 있는 공간으로 육지 생태계와 담수 생태계의 단절 방지를 위해 자연생태계를 고려한 호안을 만드는 것은 매우 중요하다.
- (2) 따라서 저수호안을 생태적으로 건강하고, 자연경관과 조화롭고, 주민의 여가·교육공간으로 활용성을 높일 수 있는 호안정비방안을 검토하여야 한다.

1) 저수지 상·하류 호안 사면의 정비

가) 호안정비공법 선정 기준

- (1) 안전성
 - ① 기초세굴에 대한 안전성
 - ② 뒷채움 토사의 유출에 대한 안전성
 - ③ 배후에서 토압, 수압에 대한 붕괴에 대한 안전성
 - ④ 유수에 의한 비탈덧기면의 붕괴에 대한 안전성
- (2) 경관미
 - ① 자연적 호안의 이미지를 조성
 - ② 기존 자연경관과의 조화성
 - ③ 친수성과 활동성
 - ④ 연속적 경관 연출
- (3) 생태적 기능
 - ① 수역과 육역의 경계부인 추이대를 조성
 - ② 수생식물의 생존이 가능하도록 조성

나) 식생호안공법

(1) 생태공법(materials & eco-technology)

① 생태연못과 저습지의 특성에 적합한 식생 호안의 설계

가. 섯단(fascines, vegetations fashinen) 및 녹색주머니

(가) 기단부에 섯단을 누이고 말뚝으로 고정하고 기단부 섯단 사이에 퇴적된 토양 및 종자에 의해 식생의 자연발아를 촉진한다.

(나) 죽은 가지와 살아있는 나뭇가지를 혼합해서 지름은 30~50cm, 길이는 2~3m의 규격으로 섯단은 나무말뚝으로 지면에 고정시킨다. 지름의 1/2~2/3 정도는 흠속에 묻히게 하여 수분이 공급될 수 있도록 한다. 말뚝은 약 75cm의 길이로 1m 간격으로 고정시킨다.

(다) 비탈면은 녹색주머니(green bag)을 쌓고 섯단과 함께 침식의 저항성을 높이며 세굴의 방지효과를 증진시킨다.

② 버드나무가지그물(Willow brush mat)

(가) 버드나무 가지로 지면의 약 80%를 덮도록 하며 잘려진 부분은 뿌리가 나올 수 있도록 물가의 흠속에 묻고 돌이나 섯단 등으로 눌러 놓는다.

(나) 빠른 기간 내에 뿌리가 나오고, 효과적으로 사면을 덮어 표면침식을 막아준다.

(다) 홍수 피해가 우려되는 지역에 빠르고 오랫동안 지속될 수 있는 호안 보호 공법이다.

③ 말뚝가지(trunks with branch)

(가) 아래 사진의 5번에 해당되는 버드나무 가지여기에 해당된다.

(나) 말뚝을 10~20cm간격으로 설치한 후, 버드나무 가지의 기저부를 토양속에 심은 후, 말뚝 사이로 엮하기로 엮어 가는 방법을 말한다.

④ 윗가지 공법(wattling)

(가) 윗가지로 피복된 비탈면에 토사가 퇴적되어 다양한 습생 식물의 정착을 유도한다.

(나) 비탈면을 윗가지 덮기 한 후 갈대, 달뿌리풀, 매자기 등을 식재 할 수 있다.

⑤ 돌망태 깎꽂이(rip-rap with cutting)

② 식생호안공법을 지원하는 식물 재료

① 정수식물

② 갈대 호안

③ 식생호안공법을 지원하는 보조재료

식물의 근경부 보호 및 활착을 위한 토양섬유재료

① 야자섬유 두루마리

(가) 유수의 충격을 흡수하여 사면을 보호하고 자연스러운 선형의 하천 조성이 가능하다.

(나)- 호안에 단독으로 사용이 가능하며 수변식물 식재시 유수에 의해 유실되기 쉬운 식물의 뿌리가 강하게 고정시켜 준다.

(다) 섬유공극의 접촉 산화기능에 의한 자연정화를 촉진한다.

② 황마매트 및 녹색주머니

(가) 황마매트는 피부호흡을 하는 양서류 및 파충류가 서식하는데 어려움이 있으므로 꼭 필요한 곳에 가능한 적은 면적에 설치하여야 한다.

다) 유수 특성에 따른 식생호안공법

(1) 저수로 호안의 경관 유형은 유수(流水) 특성에 따라 사주(砂州 : point bar), 수충부(水衝部 : attack point), 기타 지형경관으로 나뉜다. 이 구분은 유수 특성을 반영해 침식과 세굴을 방지하여 안정성을 유지하도록 한 것이다. 저수지에 이르는 유입하천은 물론 저수지 내부의 호안도 파의 세기에 따라 달리 적용될 수 있다.

(2) 사주(砂州)의 식생호안공법

사주는 저수지 상류의 유속이 비교적 느린 부분에 해당되는 곳으로, 중·완류하천의 세굴이 우려되지 않는 호안부에 적당한 식생호안공법이다. 호안의 물과 접하는 지점에는 나무말뚝을 박아 유속과 침식을 완화하고 건강한 자연수림경관을 창출하며 호안에 습생 식물대가 형성되도록 하여 야생동물의 서식처를 제공한다. 어류, 조류, 수서곤충류에 직접적인 생태적 효과를 볼 수 있으며, 식생효과, 경관효과, 수질효과에도 직접적 요인이 될 수 있다. 사주의 식생호안공법에도 유속의 정도에 따라 각기 다른 설계기법이 적용되는데 다음은 사주에서도 세굴이 가장 적은 곳에 적당한 식생호안공법을 적용한 예를 나타낸 그림이다.

(3) 수충부의 식생호안공법

수충부는 유속이 비교적 빠른 부분에 물의 흐름에 따른 충격력이 많이 작용하는 지점이다. 이러한 지점은 호안침식이 우려되는 곳에 해당하므로 적당한 식생호안공법을 적용할 필요가 있다. 수류의 흐름이 강한 기초부에 자연석과 사석, 자갈을 담은 돌망태 등을 나무말뚝으로 고정시켜 호안침식과 유실, 세굴을 완화·방지한다. 수충부의 식생호안공법에도 세굴과 안정성 확보의 정도에 따라 각기 다른 설계기법이 적용되고 있다. 다음은 수충부에서도 세굴정도가 중간인 곳에 적용되는 기법으로 자갈을 담은 돌망태를 이용한 식생호안기법의 예이다. 이러한 공법 적용은 접시형 저수지의 상류유역에서 흐름이 빠른 지점에 적용할 수 있는 공법이다.

라) 호안 공법의 효과 분석

(1) 식생호안공법은 다양한 생물서식처를 제공하고 친수성과 환경성의 측면에서 콘크리트호안공법보다 우월하다. 또한, 저수지주변에서 발생하는 식생재료를 활용한다는 점에서 주변 환경과 경관을 배려한 공법으로 매우 유용한 것으로 보고되고 있으나 우리나라의 경우 아직 적용한 구간이 거의 없다. 그러나 앞으로 적극 검토하여 적용해 가야 할 것이다.

2) 호안의 식생 처리

(1) 저수지의 평수위와 홍수위 사이의 호안사면과 저수지 유입부의 하천수위변동 및 수면에서 이

는 파도에 의해 사면에 발생하는 침식을 방지하고, 주변 환경과 조화를 이루며 경관적으로 바람직한 식생에 의한 사면처리 방법의 설계요소를 고려하여야 한다.

가) 식재계획의 원칙

- (1) 식재 대상지역은 경관적으로 민감한 돌출 부위와 생태 서식공간을 우선적으로 검토한다.
- (2) 종 선정시에 유지관리가 용이하고 자연환경에 적응 가능한 수종을 선정 한다.
- (3) 저수지 주변의 토양분포 및 사면경사를 고려하여야 한다.
- (4) 주변의 식생과 식재 목적을 고려한다.
- (5) 사람의 이용에 따른 인위적 간섭작용을 고려한다.

3) 식재계획 및 설계

- (1) 저수지의 하류부에는 제체와 여수호가 위치하고 상류부에는 유입하천이 있다. 그리고 저수지 주변으로는 일반적으로 담수지, 농지, 산림지가 단계적으로 나타난다. 따라서 이러한 토지피복 상태를 고려하고 경관생태학적 원리를 도입하여 식재계획을 수립하고 설계한다.

가) 수변지구(저수지의 평수위에서 홍수위의 완만한 경사지)

- (1) 계획 및 설계 원칙
 - ① 저수지의 식생 구조를 고려하여 단계별로 구분하여 설계한다.
 - ② 관찰 데크를 따라 다양한 식물의 관찰과 경관을 고려하여 식재한다.
 - ③ 생태학적 추이대로 다양한 생물이 서식할 수 있도록 설계한다.
 - ④ 습기가 많은 곳에서 잘 자랄 수 있는 식물재료를 택한다.
 - ⑤ 수생식물을 이양하지 않더라도 자연적으로 수생식물이 번식할 수 있도록 유도한다.
 - ⑥ 비오톱(Biotope)이 형성되면 그에 적응할 수 있는 동·식물이 자생하게 되므로 처음부터 지나친 경관용 식재를 피한다.
 - ⑦ 침식의 위험이 있을 때에는 토목용 재료(무생명 재료)를 혼합하여 침식에 의한 피해를 가능한 한 최소화한다.
 - ⑧ 수역을 정비할 때는 연안구역에 다양한 변화를 주어 급경사지, 완경사지, 돌출부분, 섬 등을 조성하고 그 특성을 부여할 수 있는 식재를 하여 생물상이 풍부하게 한다.

나) 농지지구

- (1) 계획 및 설계원칙
 - ① 농지 등은 곤충의 서식처와 어류의 서식공간이므로 저수지주변의 농지는 생물의 네트워크로 적극 활용한다.
 - ② 조류 및 설치류 등이 겨울철 등에 이동과 먹이 취득에 활용할 수 있는 공간으로 저수지와 산림이 연결될 수 있는 완충지대이므로 적극 활용할 수 있도록 한다.

다) 산림지구

(1) 계획 및 설계원칙

- ① 기존의 식생을 최대한 보존한다.
- ② 산림곤충 및 조류를 관찰할 수 있도록 계획한다.
- ③ 장기적으로 외래종 및 인위적인 군집을 제거하고 자연식생 군집구조로 천이를 유도할 수 있도록 설계한다.
- ④ 기존 산림의 수직적, 수평적 구조를 고려하여 내부종과 틈새종을 고려하고, 지피종과 관목종, 아교목층, 교목층을 고려하여 설계한다.

카. 저수지 호안 형상과 소재 등을 고려한 공법 선정

- (1) 저수지 주변의 생물 네트워크를 고려한 설계에 있어서 다양한 수심과 식생확보가 가능하도록 저수지의 호안 형상과 소재 등을 고려한 공법적용이 필요하다.



집필위원	분야	성명	소속	직급
	관개배수	김선주	한국농공학회	교수
	농업환경	박종화	한국농공학회	교수
	토질공학	유 찬	한국농공학회	교수
	구조재료	박찬기	한국농공학회	교수
	수자원정보	권형중	한국농공학회	책임연구원

자문위원	분야	성명	소속
	농촌계획	손재권	전북대학교
	수자원공학	윤광식	전남대학교
	지역계획	김기성	강원대학교
	수자원공학	노재경	충남대학교
	농지공학	최경숙	경북대학교
	관개배수	최진용	서울대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	총괄	한준희	농림축산식품부
	농업용댐	오수훈	한국농어촌공사
	농지관개	박재수	농림축산식품부
	농지배수	송창섭	충북대학교
	용배수로	정민철	한국농어촌공사
	농도	조재홍	한국농어촌공사 본사
	개간	백원진	전남대학교
	농지관개	이현우	경북대학교
	농지배수	남상운	충남대학교
	취입보	김선주	건국대학교
	양배수장	정상욱	경북대학교
	경지정리	유 찬	경상대학교
	농업용관수로	박태선	한국농어촌공사 본사
	농업용댐	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산건설턴트
	농지보전	박중화	충북대학교
	농업용댐	김성준	건국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질및환경	이희익	한국농어촌공사 본사
	취입보	박진현	한국농어촌공사 본사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이태욱	평화엔지니어링
	성배경	건설교통기술협회
	김영환	한국시설안전공단
	김영근	건화
	조의섭	동부엔지니어링
	김영숙	국민대학교
	이상덕	이주대학교

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

설계기준
KDS 67 80 25 : 2018

농업 수질 및 환경 저수지 설계

2018년 04월 24일 발행

농림축산식품부

관련단체 한국농어촌공사

58217 전라남도 나주시 그린로 20(빛가람동 358) 한국농어촌공사

☎ 061-338-5114 E-mail : webmaster@ekr.or.kr

<http://www.ekr.or.kr>

(작성기관) 한국농공학회

06130 서울시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동 365-4) 과학기술회관 본관 205호

☎ 02-562-3627 E-mail : j6348h@hanmail.net

<http://www.ksae.re.kr>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

<http://www.kcsc.re.kr>

※ 이 책의 내용을 무단전재하거나 복제할 경우 저작권법의 규제를 받게 됩니다.