creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조경학석사 학위논문

한강 합수부의 생태성 회복을 위한 설계연구

- 탄천, 반포천, 안양천을 중심으로 -

Ecological Approach for the Restorative Design of Han River Confluence Points

- Focused on Tan cheon, Banpo cheon, Anyang cheon -

2016년 8월

서울대학교 환경대학원

환경조경학과

임 우 성

한강 합수부의 생태성 회복을 위한 설계연구

- 탄천, 반포천, 안양천을 중심으로 -

지도교수 이 유 미

이 논문을 조경학석사 학위논문으로 제출함

2016년 4월

서울대학교 환경대학원

환경조경학과

임 우 성

임우성의 석사 학위논문을 인준함

2016년 6월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

한강 합수부의 생태성 회복을 위한 설계연구

- 탄천, 반포천, 안양천을 중심으로 -

서울대학교 환경대학원 환경조경학과
임 우 성

위 논문은 서울대학교 및 환경대학원 환경조경학과 학위논문 관련 규정에 의거하여 심사위원의 지도과정을 충실히 이수하였음을 확인합니다.

2016년 8월

위 원 장 _____ (서울대학교 환경대학원 교수)

부위원장 서예리 (서울대학교 환경대학원 교수)

위 원 이유미 (서울대학교 환경대학원 교수)

국문초록

본 연구 대상지인 한강의 합수부는 역사적으로 넓게 펼쳐진 퇴적 지형이 조성되어 수운 교통의 중심, 예술 활동의 대상, 레크리에이션을 수용하는 오픈 스페이스로서의 장소적 가치를 가지는 공간이었으나 제 2차 한강 개발사업을 겪으면서 준설 사업과 낙차공, 수중보 등의 건설 등으로 그 구조가 심하게 변형되면서 공간적 가치와 의미가 소멸되었다. 그리고 변형된 채로 여전히 현재까지 이어져오고 있다는 데에 큰 문제가 있다.

본래 두 수류가 만나는 곳은 흐름의 역동성과 충돌로 인해 물리적 조건들이 시시때때로 변화하는 특징이 있으며, 그 과정에서 범람이나 지형의 변화가 생태적 다양성을 증가하는 것으로 알려져 있다. 특히 한강은 하상계수가 큰 하천으로 이러한 특징들이 더욱 잘 나타난다. 따라서 합수부라는 특징적인 공간의 자연, 인문 생태의 회복에 대한 계획과 연구가 필요한 바이다.

본 연구에서는 잠실과 신곡 수중보 구간 내 6개의 합수부 중 탄천과 반포천, 안양천 합수부를 중심으로 콘크리트 호안 단면의 개선과 자연 호안의 도입, 퇴적 지형의 유도 전략을 고려하였으며, 그 방법으로 최소한의 교란을 발생하는 식생패치법(vegetation patch)을 활용한 퇴적과 전이공간 삽입을 통한 기존 저수호안 단면의 개선, 침수와 범람 현상에 대응하는 새로운 지형의 형성 등을 활용하였다. 한편 새로운 지형 형성의 방법으로는 준설토 정화방법 중 하나인 식물재배 정화법을 도입하였다. 그 이유는 식물재배정화법(Phytoremediation)이 이미 상용화되고 있는 기술이고, 단독적

용이 가능하며, 식물과 토양을 이용한 기술이라는 점에서 기능적 공간이면서 동시에 이용자들의 디자인 심미성을 충족시킬 수도 있는 가능성이 있다고 판단하였기 때문이다. 식물재배정화법은 식물의 뿌리가 뻗을 수 있는 약 1 ~3m 범위 내에서 적용 가능하기 때문에, 그 수직 범위 안에서 지형 설계를 진행하며 지형 레이어 위에 식재 레이어를 겹쳐 공간을 설계하는 전략을 취했다. 식재 수종은 중금속 흡수 기능이 우수한 재료로 초본류는 국화과, 콩과(쑥), 억새 등을, 목본류는 버드나무속, 자작나무속, 오리나무속 등을 선정하였다. 그리고 해당 규격으로 조성한 지형은 캠핑장, 식재 마운딩, 인근 레미콘 혹은 벽돌 공장의 건설재료, 복원된 모래톱의 양빈, 조류 서식처 복원, 침수 및 범람 등에 대응 등의 프로그램과 결합하여 이용자들로 하여금 새로운 경관을 경험하는 기회로 제공하고자 했다.

한편 본 연구는 연구자의 주관적 해석과 계획으로 인한 개선의 정량화된 결과를 확인할 수 없다는 단점과 제안한 계획이 기본 구상단계에 머물러 있다는 단점은 있으나, 해당 공간을 둘러싼 역사적 의미를 고찰하고 공간의 가치를 현재 당면한 물리적 조건들을 바탕으로 해석했다는 점에서 연구의 의의가 있으며, 추후 연구에서 더 상세한 계획과 프로그램이 제안되어 실제화된다면 합수부라는 공간이 가지는 가치가 재평가될 수 있다는 사실을 밝히며 결론짓는다.

▎주요어 : 합수부, 생태성 회복, 퇴적 지형 유도, 식생패치법, 식물재배정화법, 준설토, 한강호안설계

▎학 번 : 2014-24101

목 차

제1장 서론

1절. 연구의 배경 및 목적 ····· 01

2절. 연구의 범위 ····· 03
1. 공간적 범위 ····· 03
2. 내용적 범위 ····· 04

3절. 연구 방법 ····· 05

제2장 이론적 고찰 및 사례연구

1절. 한강관련 사업의 검토 ····· 09
1. 제 2차 한강종합개발사업(1982-1987) ····· 09
2. 한강종합개발사업과 합수부 생태성의 상관관계 ····· 11
3. 한강준설사업(1987-2015) ····· 16

2절. 이론적 고찰 ····· 23
1. 식생패치법(vegetation patch) ····· 23
2. 식생재배정화법(phytoremediation) ····· 25

3절. 사례연구 ····· 27
1. 잰드모터(Zandmotor) ····· 27
2. 양화생태공원 ····· 28
3. 이어리광장(Erie street plaza) ····· 29

4절. 소결 ····· 30

제3장 계획목표 및 대상지 분석

1절. 계획 목표의 설정 ····· 31

2절. 대상지 분석 ····· 32
1. 합수부별 유속 분포 ····· 32
2. 합수부별 호안단면 및 식생분포 ····· 33
3. 합수부별 퇴적패턴 ····· 43
4. 합수부 추정 침수실적 ····· 46
5. 합수부별 접근성 평가 ····· 47

3절. 소결 ····· 59

제4장 기본계획

1절. 계획 전략의 설정 ····· 60

2절. 기본구상 및 계획 ····· 62
1. 현황지형과 퇴적예측 패턴의 결합 ····· 62
2. 기본구상 및 동선계획 ····· 65
3. 평면계획 ····· 67

제5장 결론

참고문헌

Abstract

표 목차

[표 1] 다양한 기능적 공간으로서의 합수부 ····· 02
[표 2] 설계대상지의 선정배경 ····· 04
[표 3] 한강본류 저서성 대형무척추동물 분포 ····· 09
[표 4] 한강본류에서 출현한 회유성 및 주유성 어종 ····· 09
[표 5] 한강 주요지천에서 관찰된 수생식물 종수 ····· 10
[표 6] 한강본류와 주요지천에서 관찰된 동계조류 개체수 ····· 11
[표 7] 한강 모래톱의 면적 변화 ····· 11
[표 8] 준설 방법의 구분 ····· 15
[표 9] 한강준설사업 실적 ····· 16
[표 10] 합수부별 준설사업 영역 ····· 17
[표 11] 준설토 처리 실적 ····· 19
[표 12] 외국의 준설토의 재활용 가능 방안 ····· 20
[표 13] 준설토의 실제 사용방법 ····· 20
[표 14] 실험에 사용된 식생 패치의 조건 ····· 21
[표 15] 식생재배정화법의 수직유효깊이와 안식각의 상관관계 ····· 24
[표 16] 사례연구 1. 잰드모터 ····· 25
[표 17] 사례연구 2. 양화생태공원 ····· 26
[표 18] 사례연구 3. 이어리 광장 ····· 27
[표 19] 탄천 합수부의 저수호안 ····· 32
[표 20] 중랑천 합수부의 저수호안 ····· 33
[표 21] 반포천 합수부의 저수호안 ····· 35
[표 22] 욱천 합수부의 저수호안 ····· 36
[표 23] 홍제천 합수부의 저수호안 ····· 37
[표 24] 안양천 합수부의 저수호안 ····· 39
[표 25] 합수부별 건생 및 정수식물 분포 ····· 40
[표 26] 합수부의 추정 침수 실적 ····· 44
[표 27] 탄천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가 ····· 46
[표 28] 중랑천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가 ····· 48
[표 29] 반포천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가 ····· 50

[표 30] 욱천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가 ····· 52
[표 31] 안양천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가 ····· 54
[표 32] 홍제천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가 ····· 56
[표 33] 운반장비 제원(25ton 덤프트럭) ····· 64

그림 목차

[그림 1] 합수부의 물리적 특성 ····· 01
[그림 2] 연구의 공간적 범위 ····· 03
[그림 3] 연구의 진행과정 및 흐름 ····· 06
[그림 4] 한강본류의 수중보 ····· 07
[그림 5] 한강종합개발사업의 표준단면정비계획도 ····· 07
[그림 6] 한강 지천합수부의 낙차공 일부 ····· 08
[그림 7] 한강 합수부의 낙차공 표준 단면도 ····· 08
[그림 8] 한강종합개발사업 전・후의 모래톱 변화 ····· 12
[그림 9] 한강종합개발사업 이전의 인문경관의 기억 ····· 13
[그림 10] 한강종합개발사업이 합수부 자연,인문 생태에 미친 영향 ····· 13
[그림 11] 준설의 종류 ····· 14
[그림 12] 한강준설사업의 일반 흐름도 ····· 15
[그림 13] 한강준설사업실적(1987~2015) ····· 16
[그림 14] 한강준설사업실적(2006~2015) ····· 17
[그림 15] 준설사업장과 사토장 간의 지리적 관계 ····· 19
[그림 16] 식생패치법의 연구 조건 ····· 21
[그림 17] 식생패치밀도에 따른 실험 결과 ····· 22
[그림 18] 식생패치법을 적용한 퇴적 지형의 형성 과정 모식화 ····· 23
[그림 19] 식생재배정화법의 흐름 ····· 24
[그림 20] zandmotor의 전경 ····· 25
[그림 21] 양화생태공원 침수 시 ····· 26
[그림 22] 양화생태공원 조성 후 ····· 26
[그림 23] 이어리 광장 조감도 ····· 27
[그림 24] 본 연구의 문제제기와 설계 목표 종합 ····· 29

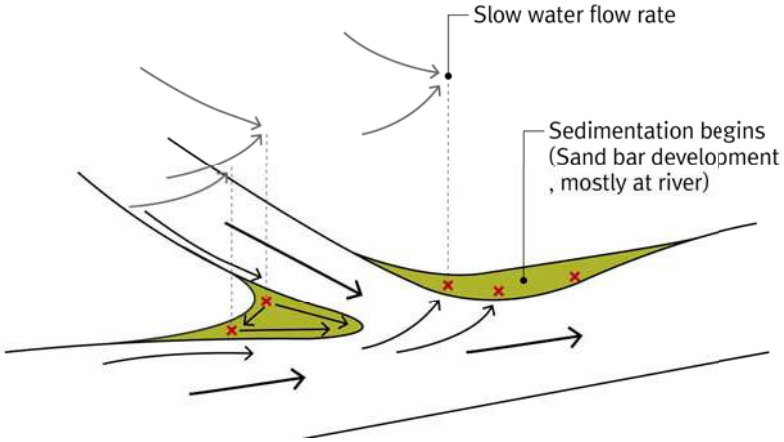
[그림 25] 팔당댐 평시 방류량(200m^3/s) 유하 시 한강의 유속 분포 …… 30
[그림 26] 계획 홍수량(37,000m^3/s) 유하 시 한강의 유속 분포 …… 31
[그림 27] 탄천 합수부의 위치 …… 31
[그림 28] 탄천 합수부의 위성사진 …… 31
[그림 29] 탄천 합수부의 저수호안 단면 …… 32
[그림 30] 탄천 합수부의 식물상 …… 32
[그림 31] 탄천 합수부 인근에 설치된 인공 산란장 …… 32
[그림 32] 중랑천 합수부의 위치 …… 33
[그림 33] 중랑천 합수부의 위성사진 …… 33
[그림 34] 중랑천 합수부의 저수호안 단면 …… 33
[그림 35] 중랑천 합수부의 식물상 …… 34
[그림 36] 반포천 합수부의 위치 …… 34
[그림 37] 반포천 합수부의 위성사진 …… 35
[그림 38] 반포천 합수부의 저수호안 단면 …… 35
[그림 39] 반포천 합수부의 식물상 …… 35
[그림 40] 욱천 합수부의 위치 …… 36
[그림 41] 욱천 합수부의 위성사진 …… 36
[그림 42] 욱천 합수부의 저수호안 단면 …… 36
[그림 43] 홍제천 합수부의 위치 …… 37
[그림 44] 홍제천 합수부의 위성사진 …… 37
[그림 45] 홍제천 합수부의 저수호안 단면 …… 37
[그림 46] 홍제천 합수부의 식물상 …… 38
[그림 47] 안양천 합수부의 위치 …… 38
[그림 48] 안양천 합수부의 위성사진 …… 38
[그림 49] 안양천 합수부의 저수호안 단면 …… 39
[그림 50] 안양천 합수부의 식물상 …… 39
[그림 51] 위성사진을 통한 탄천합수부의 지형 및 퇴적패턴 추측 …… 42
[그림 52] 위성사진을 통한 중랑천합수부의 지형 및 퇴적패턴 추측 …… 42
[그림 53] 위성사진을 통한 반포천합수부의 지형 및 퇴적패턴 추측 …… 42
[그림 54] 위성사진을 통해 본 한강종합개발사업 전·후의 안양천 …… 43
[그림 55] 위성사진을 통해 본 한강종합개발사업 전·후의 홍제천 …… 43

[그림 56] 탄천 합수부를 둘러싼 동선체계 ····· 45
[그림 57] 탄천 합수부로의 입체적 접근방법 ····· 45
[그림 58] 탄천 합수부로의 접근성 ····· 46
[그림 59] 중랑천 합수부를 둘러싼 동선체계 ····· 47
[그림 60] 중랑천 합수부로의 입체적 접근방법 ····· 47
[그림 61] 중랑천 합수부로의 접근성 ····· 48
[그림 62] 반포천 합수부를 둘러싼 동선체계 ····· 49
[그림 63] 반포천 합수부로의 입체적 접근방법 ····· 49
[그림 64] 반포천 합수부로의 접근성 ····· 50
[그림 65] 욱천 합수부를 둘러싼 동선체계 ····· 51
[그림 66] 욱천 합수부로의 입체적 접근방법 ····· 51
[그림 67] 욱천 합수부로의 접근성 ····· 52
[그림 68] 안양천 합수부를 둘러싼 동선체계 ····· 53
[그림 69] 안양천 합수부로의 입체적 접근방법 ····· 53
[그림 70] 안양천 합수부로의 접근성 ····· 54
[그림 71] 홍제천 합수부를 둘러싼 동선체계 ····· 55
[그림 72] 홍제천 합수부로의 입체적 접근방법 ····· 55
[그림 73] 홍제천 합수부로의 접근성 ····· 56
[그림 74] 첫 번째 설계전략 ····· 58
[그림 75] 두 번째 설계전략 ····· 59
[그림 76] 세 번째 설계전략 ····· 59
[그림 77] 설계전략의 종합 ····· 60
[그림 78] 탄천 합수부의 등고선 및 하상 레벨 현황 ····· 61
[그림 79] 반포천 합수부의 등고선 및 하상 레벨 현황 ····· 61
[그림 80] 안양천 합수부의 등고선 및 하상 레벨 현황 ····· 62
[그림 81] 모래톱 복원 전·후의 합수부의 호안 ····· 62
[그림 82] 탄천 합수부를 대상으로 한 동선계획 ····· 64
[그림 83] 성토 지형조성 전·후의 탄천 합수부의 우안 ····· 64
[그림 84~86] 탄천, 반포천, 안양천 합수부의 평면계획도 ····· 65~67

제1장 서론

1절 연구의 배경 및 목적

둘 이상의 수류가 만나는 합수부는 자연적으로 하중도(河中島)나 강 사주와 같은 퇴적 지형이 발달하는 특징을 가진다. 서로 다른 흐름의 충돌지점을 둘러싸고 순간적으로 유속이 감소하며 유사의 이동이 교란되기 때문이다(그림 1).



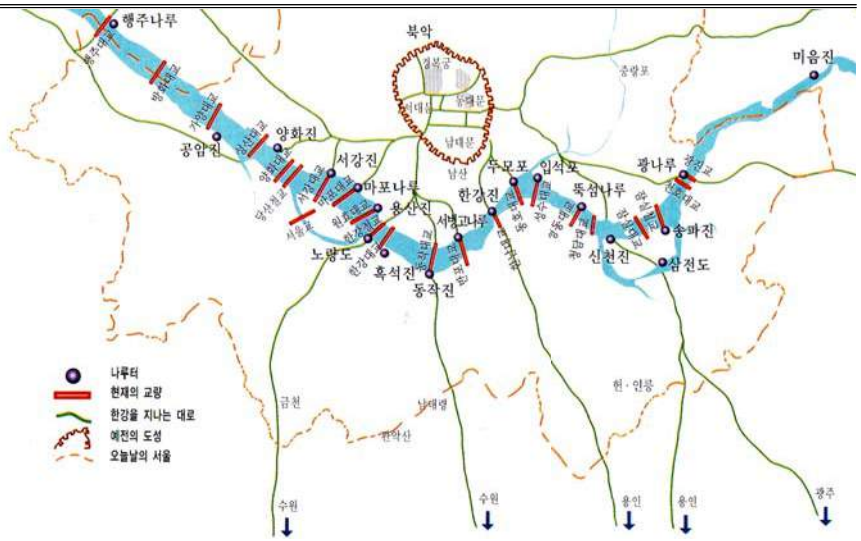
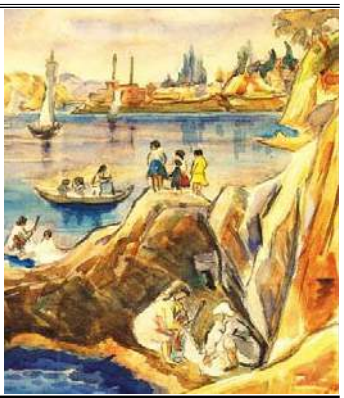
[그림 1] 합수부의 물리적 특성, 서울시 보고서 -한강 지천합류부 생태개선 기본설계- 의 하상 미지형 유형을 재구성, p 69

합수부를 둘러싼 이러한 물리적 특성은 수생 생물들에게 산란과 서식, 먹이의 공급을, 공간 이용자들에게는 놀이와 배의 정박[1] 등을 제공하면서 군집현상을 발생시키는데 해당 연유로 역사적으로 합수부는 통행, 치안, 편의, 상거래, 조세, 숙식, 방어, 문예, 풍류, 레크리에이션, 낚시 등의 다양한 향유 활동들을 수용하는 교통의 중심, 경제의 장, 일상생활 등의 공간으로 작동하였다(표 1).

1) 서울특별시사편찬위원회(2001), 한강의 어제와 오늘, p 97, ‘나루터는 물살이 완만하고 배를 정박시킬 수 있는 장소에 만들어질 수 있다‘

[표 1] 다양한 기능적 공간으로서의 합수부

(출처:한강의 어제와 오늘, 2001, 부분 발췌)

교통의 중심지(동작진, 신천진, 용산진 등)	
	
경제활동의 중심지(마포나루)	일상생활의 공간
	

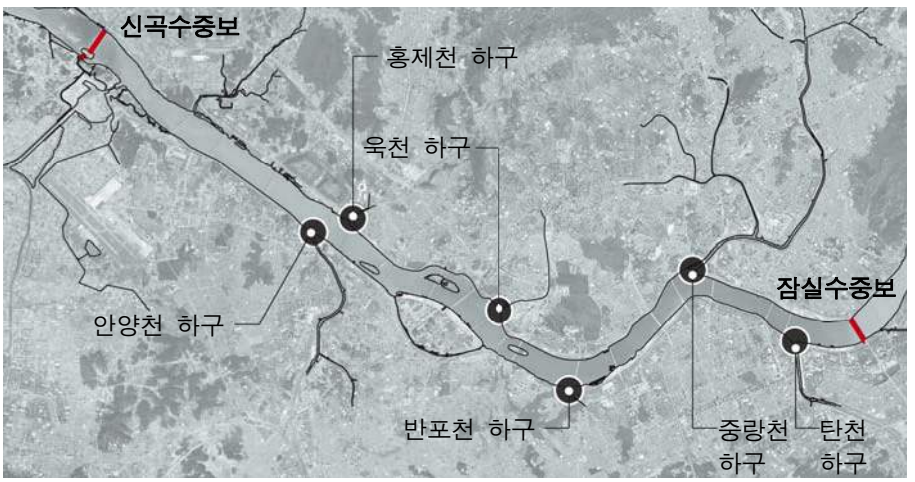
그러나 이러한 특성이 1980년대에 시행된 한강종합개발사업에 의해 상당 부분 변형 및 소실되었고, 그 상태가 현재까지 유지되고 있다는 점은 중요한 문제점으로 인식된다. 사업 당시에 시행된 합류지점 별 낙차공과 콘크리트 저수호안은 생물들에게 서식처 및 산란장소로서의 기능 상실, 회유성 어류 및 유사물질의 이동 차단, 천변 식생의 건생화, 하천의 자정작용 억제[2]등의 영향을 미쳤으며, 기존 모래 퇴적 지형의 준설사업은 사람

들에게는 군집 공간 자체의 소멸과 수변 이용의 낮은 접근성을 제공하였다. 그리고 이러한 변화는 합수부가 가지는 고유의 공간 구조와 기능을 잃어버리게 만들어, 한강종합개발사업 시행 후 동일하게 처리된 한강 전체 수변과 동일해지는 결과로 이어졌다. 따라서 합수부 공간의 고유한 생태성[3]회복에 대한 전략과 연구가 필요하다고 판단된다.

그리고 본 연구의 목적은 합수부의 수변 환경 개선과 합수부의 어류와 유사 이동의 재순환 전략, 인문 접근성 향상을 위한 퇴적 공간 계획을 제안하여 합수부의 자연 및 인문 생태 회복에 일조하는 데 있다.

2절 연구의 범위

1. 공간적 범위



[그림 2] 연구의 공간적 범위

2) 최정권(2003), 자연형 하천공법의 적용에 따른 식생 재생과정의 평가, 서울대학교 박사학위 논문
3) 본 연구에서의 생태성은 일반생태학보다는 경관생태학에서 말하는 생태의 개념에 더 가깝다. 경관생태학에서는 생태는 해당 장소의 생태계뿐만 아니라 인간의 활동까지 함께 포함한다.

본 연구의 공간적 범위는 잠실수중보와 신곡수중보 사이 구간(약 54km) 중 6개의 지천이 본류와 합류하는 합수부 지점이다. 그러나 설계 범위는 이 중 세 곳(탄천, 반포천, 안양천 합수부)으로 한정하는데, 그 배경은 다음과 같다(표 2).

1. 전체 구간 중 상부, 중부, 하부에 각각 위치하여 대상지 주변에 서로 다른 수 환경 특성과 생태성이 나타나는 곳
2. 현황 동선체계와 수변 접근의 수직단차가 크지 않아 접근성 개선이 용이한 곳
3. 한강사업 이후 연구 대상지에 다른 계획이 실행되지 않은 곳

[표 2] 설계대상지의 선정배경

구 분	탄천	중랑천	반포천	욱천	안양천	홍제천
구간 내 위치와 수 환경	상부 (담수)	상부 (담수)	중부 (담수 ~기수역)	중부 (담수 ~기수역)	하부 (기수역)	하부 (기수역)
단차개선	용이	어려움	용이	어려움	보통	보통
현재계획	없음	없음	없음	복개 구조물	없음	수영장
평가	선정 (O)	-	선정 (O)	-	선정 (O)	-

2. 내용적 범위

본 연구는 내용적 범위는 다음과 같다.

첫째, 연구 대상지의 공간 변화에 큰 영향을 미친 한강종합개발사업과 준설사업을 살핀다. 둘째, 사업과 관련하여 합수부의 생태계 변화상에 대한 자료를 조사한다. 셋째, 하상 미지형의 형성을 촉진할 퇴적 방법론인 ‘식생패치법(vegetation patch)’에 대해 고찰한다. 퇴적을 유도하는 수제법에는 몇몇 방법론이 있으나, 해당 연구방법은 세굴 등의 지형 교란을 최

소화하는 방법으로 알려져 있다. 넷째, 준설토양 정화 방법론인 ‘식생재배정화법(phytoremediation)’에 대해 고찰한다. 현실적으로 실용화된 방법일 뿐 아니라, 별도의 시설 도입 없이 본 연구 대상지가 스스로 자가 회복하는 방법으로 판단된다.

3절 연구 방법

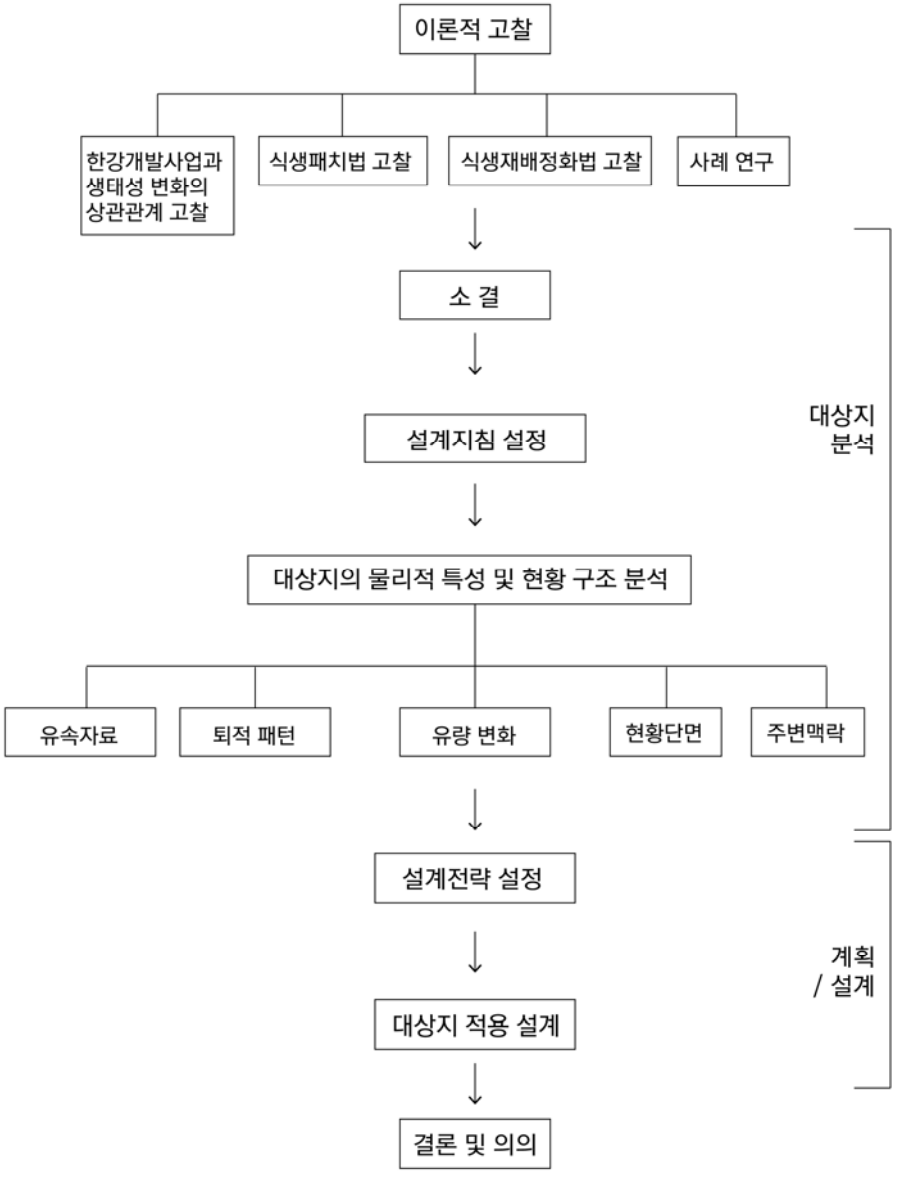
본 연구는 합수부의 수변 구조 개선을 위해 6곳의 연구 분석 대상지를 대상으로 물리적 특징인 유속과 유량 등의 수위자료와 퇴적 패턴, 그리고 현황 단면구조와 침수 실적 등에 대해 분석한다. 그리고 비슷한 조건을 가지는 다른 공간 사례를 조사한다.

분석 내용과 사례 연구를 바탕으로 연구 대상지에 대해 소결하고, 계획 목표에 대한 지침을 마련한다.

본 연구의 계획은 분석 대상지 중 탄천, 반포천, 안양천 3곳에 한정하여 진행한다. 3곳의 계획 대상지에 한하여 계획 목표를 달성할 수 있는 기본계획의 지침을 마련한다.

자연 생태성 복원의 일환으로 저수호안에서 하상까지 연속되는 지형단면의 구조를 제안한다. 또한 한강 본류와 지천 간의 순환 재생의 전략으로 콘크리트 낙차공의 철거를 제안하고, 철거 후에 진행될 퇴적으로 형성될 새로운 하천 지형의 예상 시나리오를 제안한다.

인문 생태성 복원의 일환으로는 수변 퇴적 지형 유도 이외에 준설토 성토 지형의 제안으로 이용자들로 하여금 새로운 경관 경험을 제안한다.



[그림 3] 연구의 진행과정 및 흐름

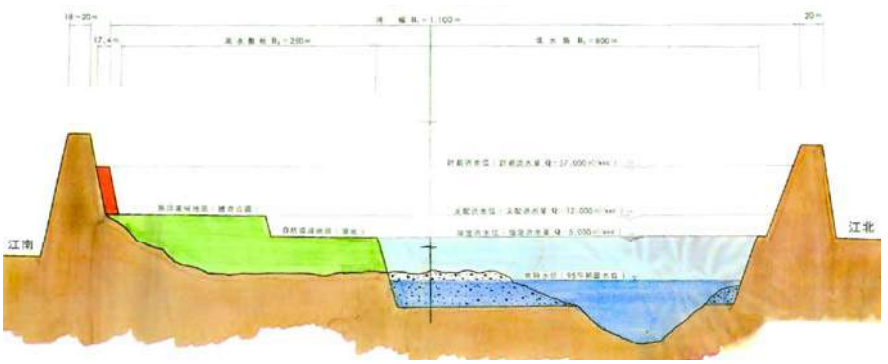
제2장 관련 사업 및 이론적 고찰

1절 한강 관련 사업의 검토

1. 제 2차 한강종합개발사업 (1982-1987)

1986년 아시아 게임과 1988년 올림픽 유치를 계기로 서울시는 대규모의 한강 정비 사업을 추진하였다. 1982년 9월에 발표되어 1986년 9월 10일 마감까지 진행된 이 사업에서 주목할 내용은 여름철 급격한 유량 증가 대비 및 선박의 상시 주운이 가능하도록 일정 깊이 이상의 수위를 유지하기 위한 두 수중보의 건설(그림 4)과 하상 표준 단면의 수정(그림 5), 콘크리트 저수호안의 적용이 진행된 점이다(한강의 어제와 오늘, 2001, pp. 357~365).

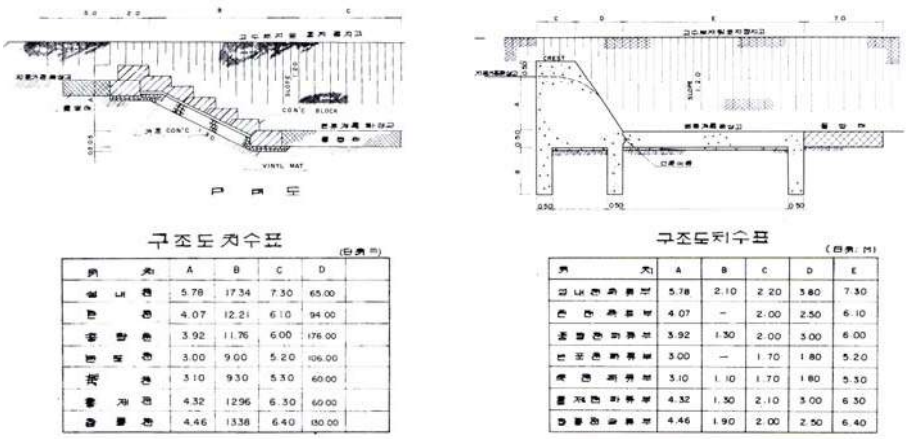
[그림 4] 한강 본류의 수중보
(좌 : 신곡, 우 : 잠실, 제 7차 한강생태계 조사연구 보고서에서 발췌)



[그림 5] 한강종합개발사업의 표준단면정비계획도
(한강종합개발사업 기본계획보고서 p 10 에서 발췌)

하상표준단면의 형태를 구축하기 위해 대규모 준설공사가 시행되었고, 조성 후에는 이의 유지를 위해 본류로 유입되는 각 지천의 합류부에 유사 유입을 최대한 차단하는 목적의 콘크리트 낙차공이 설치되었다(그림 6,7).

[그림 6] 한강 지천합수부의 낙차공 일부
(좌 : 중랑천, 우 : 탄천, 제 7차 한강생태계 조사연구 보고서에서 발췌)



[그림 7] 한강 합수부의 낙차공 표준 단면도
(한국종합기술개발공사, 한강개발(서울지구)사업 실시설계도, 9-4-2)

그 결과, 여름철 급격한 유량 증가에 대비한 치수와 유람선 운항을 위한 주운 기능에 부합한 건 사실이지만, 합수부를 포함한 전반적인 하천 자연 생태에 적지 않은 영향을 미쳤으며, 자연 생태를 향유하던 인문 생태에도 큰 변화를 함께 초래하였다.

2. 한강종합개발사업과 합수부 생태성의 상관관계

한강개발사업이 한강 합수부의 자연 생태에 미친 영향은 다음과 같다.

첫째, 단순화된 하상 지형의 고착과 유사 이동의 단절로 인한 퇴적 지형의 미발달은 저차 소비자의 중추적 역할을 하는 저서생물의 감소와 변화를 야기하였다. 특히 사업 직후에 비해 현재 정체 수역의 하상이나 수초대에 붙어 서식하는 종인 딱정벌레목과 잠자리목의 감소가 두드러지게 나타난 것으로 보고되었다[4](표 4).

[표 3] 한강본류 저서성 대형무척추동물 분포
(제 7차 한강생태계 조사연구, 표 4-3-14 발췌, p270)

분류	제 1차 (1987)	제 7차 (2012)
잠자리목	12	4
딱정벌레목	6	1

둘째, 장애물로 작동한 수중보와 낙차공들이 회유성 및 주연성 어종들의 본류 및 지천 상류로의 유입을 방해한 것으로 보고되었다. 수변 구조의 수직적 변화로 서식 및 산란 장소가 교란되어 다묵장어, 쉬리 같은 상당수의 청정어종들이 다수 모습을 감춘 것으로 확인되었다.[5]

[표 4] 한강본류에서 출현한 회유성 및 주유성 어종
(제 7차 한강생태계 조사연구, 표 4-4-3 발췌, pp.288-289)

출현 위치	어 종
한강 본류 (잠실~신곡 수중보 사이)	뱀장어 *(Anguilla japonica)*, 웅어 *(Coilia nasus)* 점농어 *(Lateolabrax maculata)* 꺽정이 *(Trachidermus fasciatus)* 강주걱양태 *(Repomucenus olidus)* 빙어 *(Hypomesus nipponensis)* 은어 *(Plecoglossus altivelis)*, 숭어 *(Mugil cephalus)* 기숭어 *(Chelon haematocheilus)* 풀망둑 *(Synechogobius hastus)* 날개망둑 *(Favonigobius gymnuchen)*

4) 서울연구원(2012), 제 7차 한강생태계 조사연구, p 271
5) 서울특별시사편찬위원회(2001), 한강의 어제와 오늘, pp. 25-26

셋째, 한강종합개발사업의 결과인 직선의 수변 형태와 콘크리트 저수호안의 구조는 급격한 수심변화로 수생식물이 생육하기에 부적절한 환경을 제공하였으며, 그 결과 한강 생태계가 수생태계임에도 불구하고, 수생식물의 종수와 전체 식생에서의 비율이 매우 낮은 것(전체 식물의 총 종류수 1,082종의 6.5%)으로 보고된 바 있다. 그리고 기존의 자생종과 토착종이 또한 대부분 사라진 것으로 보고되었다.

[표 5] 한강 주요지천에서 관찰된 수생식물 종수
(제 7차 한강생태계 조사연구, 표 4-5-7 발췌, p.335)

분류	침수식물	부수식물	부엽식물	정수식물
탄천 합수부~양재천 합류부	0	0	0	8
중랑천 합수부~청계천 합류부	0	0	0	4
안양천 합수부~도림천 합류부	1	0	0	10
홍제천 합수부~불광천 합류부	0	0	0	3
소 계	1	0	0	25

넷째, 수변의 수심이 급격히 깊어지고 식생구조가 파괴되면서 수금류(원앙이, 큰고니), 도요류, 갈매기류, 오리류 등의 겨울 철새 서식 공간이 사라져 본류와 지천에 상이한 분포도(표 6)가 발생했음이 보고되었으며, 회복세를 보이는 지역도 밤섬 등 본류의 일부분에 국한되어 개발 이전으로 회복하기는 어려울 것으로 보는 견해도 존재한다.[6)]

6) 서울특별시사편찬위원회(2001), 한강의 어제와 오늘, p. 27

[표 6] 한강본류와 주요지천에서 관찰된 동계조류 개체수(2012년 1,2월)
(제 7차 한강생태계 조사연구, 표 4-8-6 발췌, p.421)

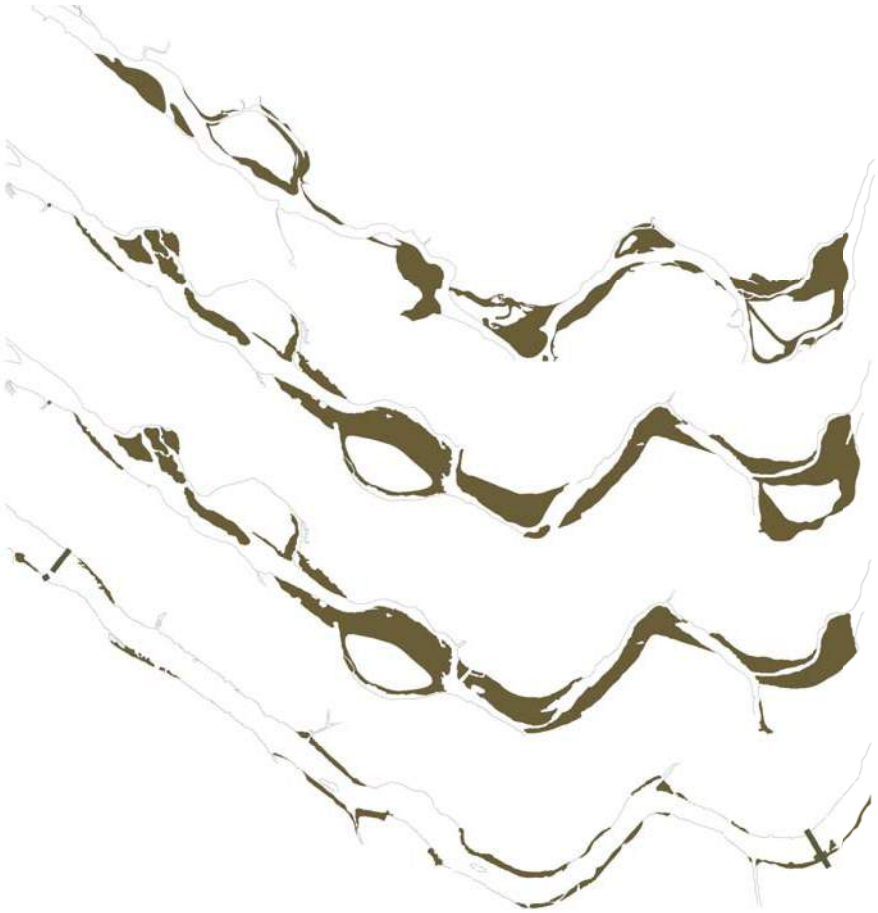
분류	본류	탄천	중랑천	안양천
논병아리류	69	7	31	56
가마우지류	1901	1	59	1
고니, 기러기류	1201	24	1	0
오리류	10579	1661	7188	4512
물닭, 뜸부기류	103	4	5	2
도요물떼새류	3	2	0	1
갈매기류	1635	7	262	39
소 계	15491	1706	7546	4611

한편 합수부를 둘러싼 인문 생태에 미친 영향은 다음과 같다.

첫째, 공유수면매립사업과 함께 시행된 한강종합개발사업은 수리학적, 도시미관적으로 불량하다고 판단된 요철 하상 지형을 대규모로 굴착하여 배후 택지매립에 사용함으로써 약 13.74 km^2에 달하는 넓은 면적의 오픈 스페이스이자 정수 역할을 했던 모래톱을 거의 소멸시켰다(표7, 그림 8).

[표 7] 한강 모래톱의 면적 변화(항공 사진을 추적하여 AutoCAD로 면적산정) 단위(km^2)

구 분	1920년	1970년	1974년	1985년
모래톱 면적	15.25	18.94(+3.69)	17.20(-1.74)	3.46(-13.74)



[그림 8] 한강종합개발사업 전・후의 모래톱 변화,
각 년도별 1:50,000 기본도를 재구성 (위부터 1920, 1970, 1974, 1985)

둘째, 사업의 결과로 수심이 깊어지고 빨라진 유속은 한강 수변의 결빙 변화 양상에 일조하였다[7]. 1977년 2월 1일 동아일보에 실린 연세대 공해연구소장 권숙표 교수의 진단에 의하면, 영하 10도 이하의 강추위가 연속되었음에도 불구하고 한강의 결빙이 예전과 같은 강심으로 얼지 않는 원인을 수질오염과 유속 및 유량의 변화, 하수가열효과, 한강상공 대기의 온실효과의 복합 작용으로 꼽았다.

7) 김차웅 기자(1977), 혹한에도 얼지않는 한강의 이변, 동아일보

그 결과, 연구 대상지를 둘러싸고 이용자의 행태들이 만들어낸 인문 생태적 경관들은 공간 자체와 수리적 조건의 변화에 의해 장소의 기억 속으로 사라졌다(그림 9). 더 이상 한강의 수변에서 여름철 강수욕과 겨울철 얼음썰매타기 등의 활동은 발생하지 않는다. 굴착 준설사업으로 모래톱이 사라졌으며, 수변을 둘러싼 강의 물리적 특성의 변화가 사업 이전과는 다른 양상으로 변모했기 때문이다.

[그림 9] 한강종합개발사업 이전의 인문경관의 기억

한강종합개발사업이 합수부를 둘러싸고 자연 및 인문 생태에 미친 영향을 종합하면 다음 그림 10과 같다.

[그림 10] 한강종합개발사업의 합수부 자연, 인문 생태에 미친 영향

3. 한강준설사업(1987-2015)

한강준설사업은 잠실수중보 완공(1986년 9월) 후 2015년까지 진행되었으며, 계획하상단면의 유지와 오니 축적을 방지하기 위해 지속적으로 시행된 관리 사업 중 하나다.

육상 준설

수중 준설

[그림 11] 준설의 종류

한강 준설의 방법은 우선 시기, 퇴적물의 특성과 종류, 작업 조건에 따라 육상준설, 수중준설, 양자병행으로 나뉜다(그림 11, 표 8).

육상 준설은 함수비가 낮은 준설토를 직접 굴착함으로써 공기 단축의 효과가 있어 수중 준설에 비해 상대적으로 경제적 효과이지만, 일반적으로 강우량이 적은 비우기 시(10월 ~ 익년 5월)에만 작업이 가능하다. 또한 한강의 하상 특성 상 육상 준설로는 굴착할 수 없기 때문에 수질 개선의 목적보다는 저수량 확보를 위한 목적으로 진행된다.

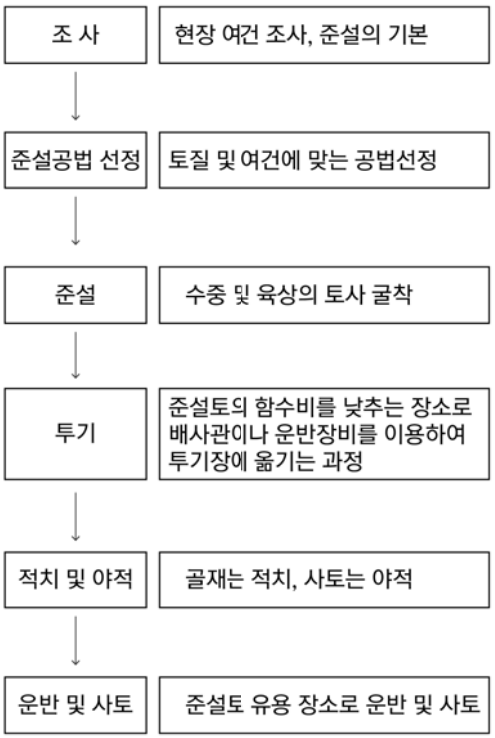
반면 수상 준설은 연중 수행이 가능하며, 하상 오염 퇴적물을 직접 굴착이 가능하므로 수질 개선의 목적에도 투입이 가능하지만 장비 조립과 이동, 해체 등에 많은 시간과 전문 인력의 투입을 필요로 한다.

그리고 두 종류의 준설 모두 어류의 산란 시기를 피해서 진행함이 권장된다.

[표 8] 준설 방법의 구분

구 분	육상 준설		수중 준설
	준설선	굴삭기(2.0m^3) + 예선	준설선
적용구간	육상 구간	수심 2.0m 이내 구간	수심 2.0m 이상
준설장비	도져(D/Z 32t, 타이어)	굴삭기(백호, 2.0m^3)	펌프준설(80HP)
적재장비	로더(5.0m3)	도져(D/Z 32t, 무한궤도)	-
운반장비	덤프트럭(24ton)	덤프트럭(15ton)	배사관으로 직접 압송

준설토가 하상에서 굴착되어 올라오면 함수비를 낮추기 위해 투기장으로 이동 후 사토장으로 운반되며 육상운반 장비를 이용해 이동되거나 임시 야적장에 1차 운반 후에 육상운반 장비를 이용해 2차로 이동하는 방식을 취한다. 이 때 1차 운반은 수상운반 장비인 바지선을 이용하는 경우가 많다. 전반적인 준설 사업의 흐름은 다음 그림 12와 같다.



[그림 12] 한강준설사업의 일반 흐름도

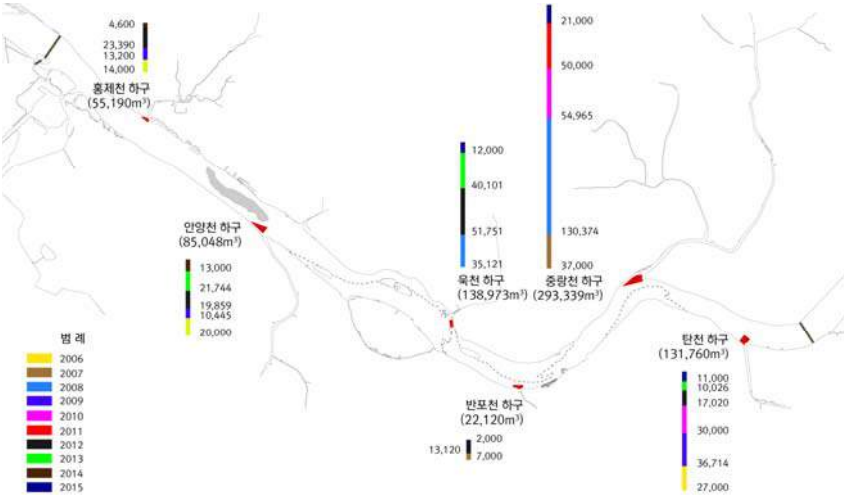
1987년부터 약 29년 동안 한강에서 진행된 준설 사업의 총 준설량은 약 1,030m3, 투입된 총 처리 비용은 약 1,000억 원에 달한다(표 9, 그림 13).

[표 9] 한강준설사업 실적(opengov.seoul.go.kr의 자료 재구성) (단위 : m3, 백만원)

구 분	준설량	처리 비용	구 분	준설량	처리 비용
1987	1,043,000	3,639	2002	149,000	4,409
1988	1,055,000	3,676	2003	98,000	4,749
1989	701,000	3,095	2004	70,000	4,396
1990	685,000	2,597	2005	113,000	2,944
1991	817,000	4,822	2006	67,000	2,470
1992	750,000	5,032	2007	118,000	3,600
1993	626,000	4,903	2008	167,000	3,810
1994	793,000	5,775	2009	117,000	3,740
1995	296,000	2,017	2010	145,000	4,198
1996	542,000	4,731	2011	104,000	3,740
1997	449,000	5,329	2012	125,140	2,999
1998	246,000	3,873	2013	71,700	2,140
1999	314,000	3,877	2014	58,167	1,750
2000	315,000	3,802	2015	73,230	2,463
2001	222,000	4,090	합계	10,330,237	108,666

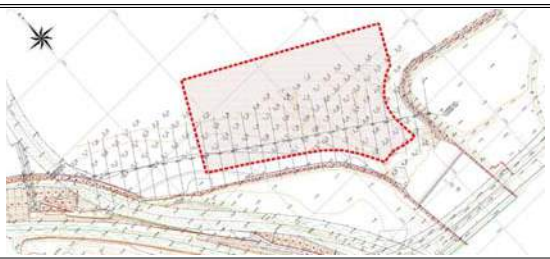
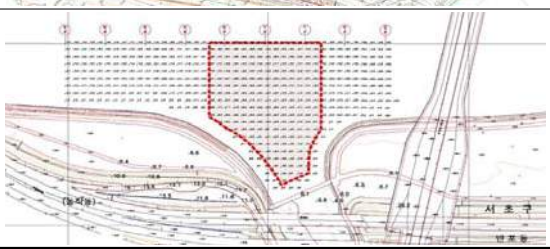
[그림 13] 한강준설사업실적(1987~2015), 한강수로조사보고서(2012) 재구성

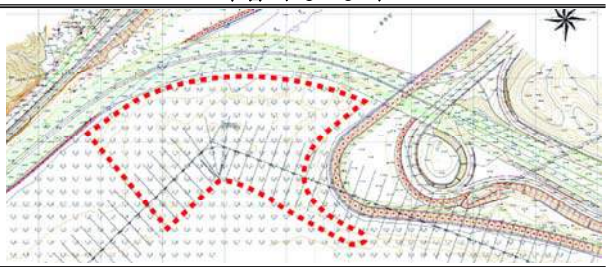
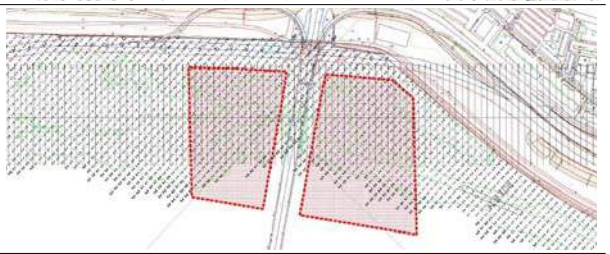
주목할 부분은 준설 초기 사업은 본류를 위주로 진행되다가 팔당댐과 잠실수중보에 의해 토사 유입이 거의 발생하지 않자, 2006년 이후부터 6개 지천들이 합류하는 지점을 중심으로 진행되었다(그림 14). 이 중 중랑천에서 발생한 물량이 약 40.38%로 가장 많으며, 욱천(19.13%), 탄천(18.14%), 안양천(11.71%), 홍제천(7.6%), 반포천(3.05%)이 그 뒤를 이었다.



[그림 14] 한강준설사업실적(2006~2015), 한강수로조사보고서(2012) 재구성

[표 10] 합수부별 준설사업 영역, 2012 한강수로조사보고서에서 발췌

구 분	사업시행 영역
탄천 합수부	
반포천 합수부	

구 분	사업시행 영역
중랑천 합수부	
욱천 합수부	
홍제천 합수부	

각 합수부에서 준설된 토양의 처리장소와 실적은 서울시 공개창구 웹페이지에서 공개하는 문서화된 감리 보고서를 통해 확인하였다(표 11).

세부 내용을 살펴보면 2009년까지는 수도권 매립지에서 수렴하다가 냄새와 토질을 이유로 더 이상 받지 않은 것으로 확인된다.[8] 그러자 2010년부터 김포 누산리 지구 일대로 변경되었으며, 이 때는 수렴받길 원하는 농민의 영지를 지정하여 진행 방식이 변경된 것으로 확인되었지만, 이마저도 2014년까지만 유효하게 진행이 되었는데, 주요 원인은 기존 김포시에서 인근 주민들의 폐기물 무단반입 및 비산먼지 발생 등의 민원으로부터 비롯된 것으로 확인된다. 그 후 2015년부터는 인천시 대곡동으로 실정 보고가 진행되었다. 준설과 사토장 간의 지리적 상관관계는 다음 그림 15와 같다.

8) 서울시청 치수과 담당 공무원과의 전화 인터뷰로 확인

[표 11] 준설토 처리 실적

구 분	처리 장소(사토장)	처리 비용
2008	강서야적장 적치 후 수도권 매립지에 매립	161,612,825 원
2009	강서야적장 적치 후 수도권 매립지에 매립	773,583,920 원
2010	김포시 양촌읍 누산리 1052번지 외	1,741,656,000 원
2011	누산리 지구	1,243,200,000 원
2012	누산리 지구 & 하성면 전류리 355-3번지	1,144,000,000 원
2013	누산리 지구	763,000,000 원
2014	누산리 지구	781,667,680 원
2015	인천시 서구 대곡동 99번지 외(약 60,000m^2)	590,981,200 원
합 계	-	7,199,701,625 원

[그림 15] 준설사업장과 사토장 간의 지리적 관계

상기 실적을 통해 매년 준설토를 처리하기 위해서 평균 약 9억원의 비용이 소모되었으며, 수도권 매립지 이후에 설정한 대안 사토장의 여건이 그리 안정적이지 못하다는 사실을 알 수 있다. 민원으로부터 자유롭지 못할 뿐 아니라, 규모도 매년 발생 용량을 여유롭게 수년 간 수용하기에는

부족하다. 따라서 한강의 준설토를 폐기물이 아닌 재활용 자원의 일환으로 바라보아야 하는 시각이 견지되는데, 이미 국외에서는 활성화 방안들이 존재한다. 가능성 있는 활용 방안[9]들을 간략히 소개하면 다음 표 12와 같으며, 몇몇 국가의 실제 사용 방법을 소개하면 다음 표 13과 같다.

[표 12] 외국의 준설토의 재활용 가능 방안

활용분야	용 도
농업용/ 생산물질	건설재료(매립재, 토지조성재료, 기타골재), 수산양식, 표토, 조경 및 관상용 제품(석조물, 조형물 등)
공학적 이용	부지 형성, 부지 개량, 연안범 조성, 해안 보호, 양빈, 치환 채움, 덮개/복토재
환경증진용	조류/야생 서식지개발, 어장 개선, 습지 복원

[표 13] 준설토의 실제 사용방법(국립환경과학원, 2009)

활용국가	용 도
미국	활용 방안의 7가지 분류 (서식처 복원, 양빈, 공공용지 성토, 농업, 임업, 광산복원 및 폐기물 매립지 복토, 건설용) : 석회 비료를 혼합한 표토제조, 새우양식장 조성, 도로포장재, 벽돌제조, 제방축조 등의 농업용 : 해변 백사장 보충 및 수중언덕, 골프장, 인공섬, 연약지반 대체 등의 토목용
일본	토지조성이나 매립에 90% 이상을 이용 실트질은 농지, 간척사업 및 인공 백사장 조성 준설 오니토는 고화처리해 비행장 용지충진이나 성토재
유럽	흙과 배합해 양분으로 활용, 축구장이나 골프장의 복토재 고화시켜 건설골재나 연약지반 대채 공법으로 이용

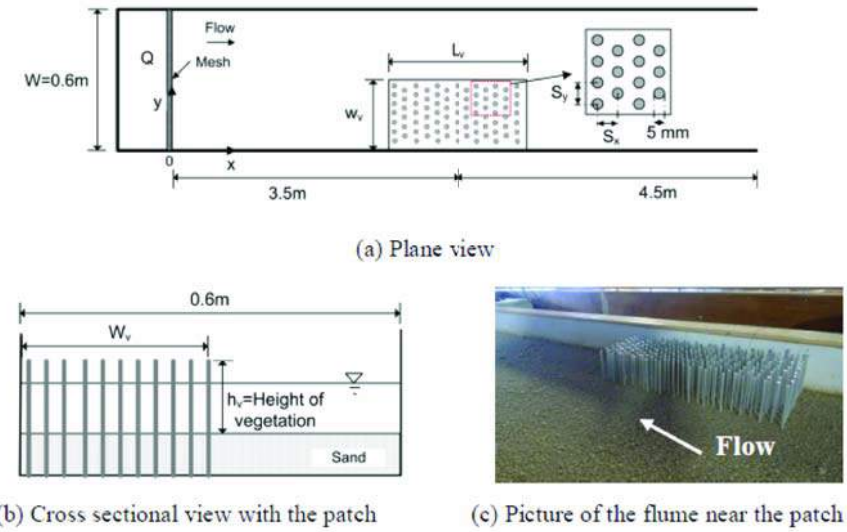
그리고 이 중에서 준설토를 활용한 부지 형성 및 양빈 등의 공학적 이용 방안은 제 2차 한강종합개발사업으로 소멸된 모래톱과 하상 미지형의 회복을 위한 생태적 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

9) 박준범, 이광헌, 우희수, 이진우(2011), 국내 준설토 처리의 문제점과 재활용 증대방안, 대한토목학회

2절 이론적 고찰

1. 식생패치법(Vegetation patch)

식생패치법이란 수변식물의 특성을 묘사한 아크릴 소재의 열주를 패치로 활용해 유사 퇴적 패턴을 연구하는 방법을 말한다. 이 방법은 교목을 이용하는 식생법이나 콘크리트 같은 경질재를 이용한 수제법에 비해 하상 지형의 세굴 및 교란을 최소화하는 것으로 수리학 분야에서 알려져 있다.



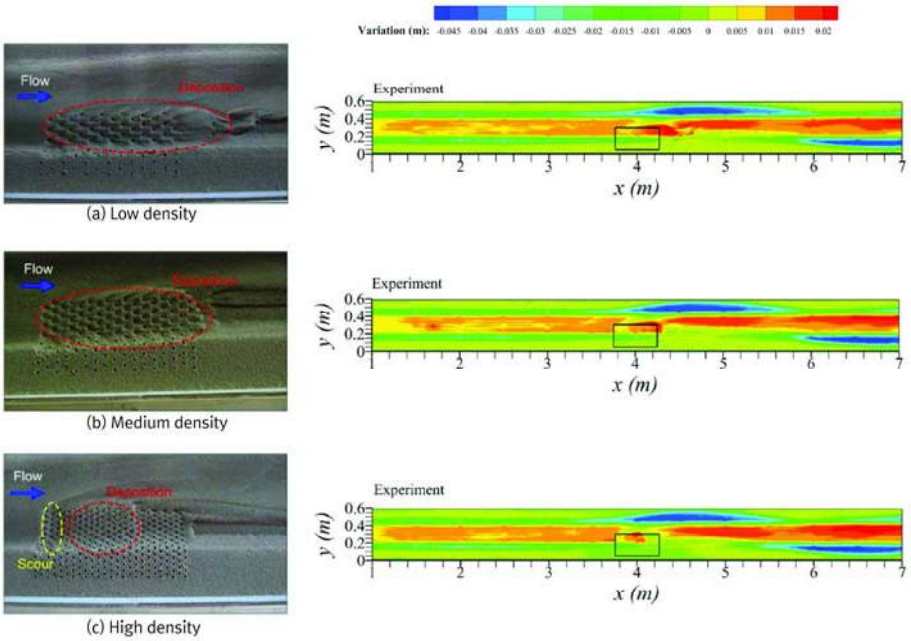
[그림 16] 식생패치법의 연구 조건

그리고 개수로에 한한 식생패치의 적정 밀도를 찾기 위한 홋카이도 대학 김형석 박사의 연구 논문[10]에서 설정한 실험 조건은 표 14와 같다.

[표 14] 실험에 사용된 식생 패치의 조건

구 분	길이	너비	실린더 지름	실린더 개수	‘간격(Sx,Sy)
LOW	0.5m	0.25m	5mm	78개	2cm
MEDIUM				136개	3cm
HIGH				300개	4cm

10) Hyung Suk Kim(2013), Impact of finite vegetation patches on flow and bed morphology in open channels, Hokkaido University

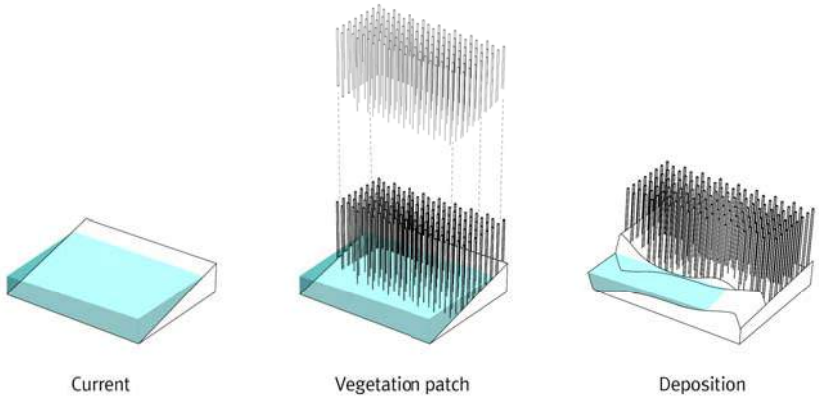


[그림 17] 식생패치밀도에 따른 실험 결과, 연구 논문에서 발췌

실험 결과에서 우측 상단 막대 그래프의 색깔이 붉은 색으로 갈수록 퇴적(+)을 의미하고 푸른 색으로 갈수록 침식(-)을 의미하며 연두색은 영점을 의미하는데, 김형석 박사에 의하면 패치의 밀도가 높아질수록 패치 주변으로 유도되는 퇴적량이 되려 감소한다고 한다. 좌측 사진을 확인하면 높은 밀도의 패치(c)는 퇴적이 (a), (b)에 비해 절반 정도의 면적 규모로 진행된 것을 알 수 있으며, 후면부의 세굴 현상 또한 상대적으로 더 진행된 것을 알 수 있다. 한편 낮은 밀도의 패치 (a)는 중간 밀도 (b)에 비해 세굴은 덜 진행되었으나, 퇴적이 상대적으로 미비한 것으로 육안으로 관찰된다.

따라서 식생 패치법의 원리를 이용하여 퇴적 지형의 형성을 가속화하면서 교란을 최소화하고자 할 때는 중간 밀도의 패치를 설정하는 것이 바람직하다.

그리고 이 중간 밀도의 식생 패치를 본 연구 대상지에 활용하면 1절에 고찰한 퇴적 지형의 형성을 목적으로 하는 공학적 접근이 가능하다. 이 과정을 모식화하면 다음 그림 18과 같다.



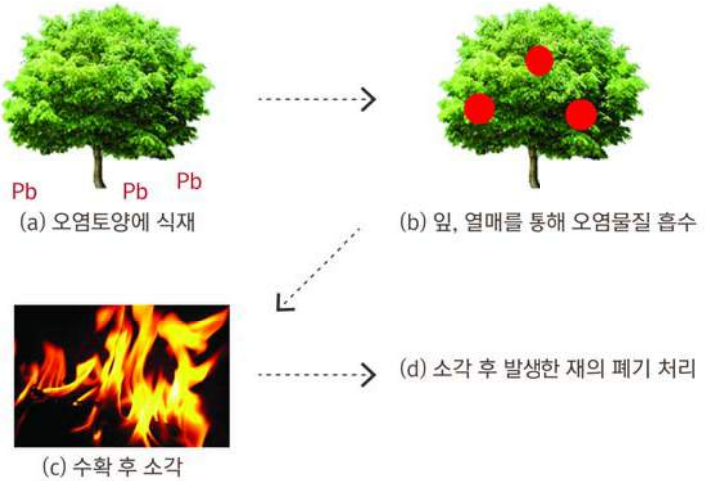
[그림 18] 식생패치법을 적용한 퇴적 지형의 형성 과정 모식화

2. 식생재배정화법(phytoremediation)

식물재배정화법은 식물을 이용해 오염토양 및 지하수를 포함한 수질을 정화시키는 자연친화적 토양정화기술이다. 이 방법은 식물에 의해 발생되는 오염물질의 추출 등을 이용하는 방법으로 기타 물리/화학적 기술에 비해 확실히 경제적이고, 2차 부산물 발생이 적은 기술이라는 장점이 있다.

식물재배 정화법에 활용되는 식물들은 해바라기와 민들레 및 피를 비롯한 일부 1년생 초본류, 계피나무, 포플러, 미루나무, 버드나무 등 활엽교목과 대상 지역의 고유한 토착 식물 등이며 오염지역에 식재해 정화 후 오염물질이 축적된 잎이나 열매 등을 수확하여 소각하는 처리 과정을 거친다.

그림 19는 식물재배 정화법의 흐름을 모식화한 것이다.

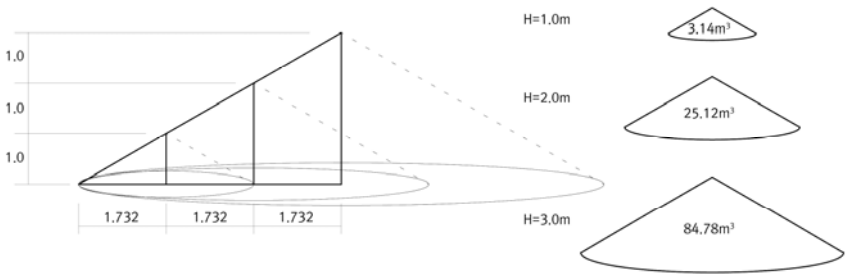


[그림 19] 식물재배정화법의 흐름
(출처:환경부의 '오염토양 정화방법 가이드라인' 에서 발췌)

한편 식물재배정화법은 오염지역에 식재한 정화 식물들의 뿌리에 접촉하는 면에 한정되어 유효하기 때문에 오염원의 깊이가 중요한 고려요소이며, 통상적으로 유효한 수직 깊이는 1.0 ~ 3.0m의 범주다. 그리고 이 유효깊이를 흙의 성토 안식각과 함께 고려한다면, 지상에서 지형을 조작하거나 형성할 때는 다음 표 15와 같은 조건을 요구한다.

[표 15] 식물재배정화법의 수직유효깊이와 안식각의 상관관계

구 분	안식각(℃)		식물재배정화법과의 관계	
	젖은 상태	보통	유효깊이	요구 반경
일반토	20~40	30	1.0m	1.732m
모래,자갈	35~45	30	2.0m	3.464m
양토	30~45	35	3.0m	5.196m



3절 사례 연구

1. 잰드모터 (Zandmotor)

Duinfietspad, Netherlands

[표 16] 사례연구 1. 잰드모터

구 분	내 용	이 미 지
프로젝트 개요	디자이너 : 자연 위 치 : Duinfietspad, Netherlands	 [그림 20] zandmotor의 전경
프로젝트 당면과제	1. 바람과 파도가 생성한 자연적인 결과물 2. 자연 현상으로 인한 모래침식(서쪽)과 형태 변화(동북쪽)가 유지 및 관리에 있어서 가장 큰 어려움.	
설계 전략	1. 현재의 상태를 유지하기 위해 필요한 최소한의 물량 보관 2. 변화 과정을 모니터링하고 그 분서 결과를 바탕으로 유지 전략 수행 3. 강변에 저지대를 배치시켜 빗물관리전략 및 강물 관개 기능으로 활용 / 간헐적 수위 상승으로 인한 침수 대비	

2. 양화생태공원

Yangwha Riverfront Park, Seoul, Korea

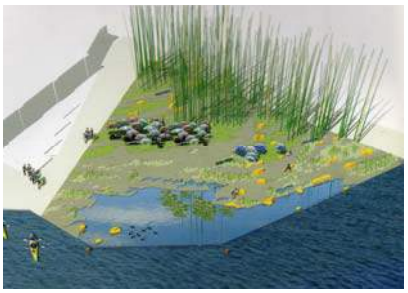
[표 17] 사례연구 2. 양화생태공원

구 분	내 용	이 미 지
프로젝트 개요	디자이너 : 오피스 박김 (Office PK) 위 치 : 서울 영등포구 (Yeongdeungpo gu) 착공년도 : 2010년 10월 / 준공년도 : 2011년 12월	
	 [그림 21] 양화생태공원 침수 시	 [그림 22] 양화생태공원 조성 후
프로젝트 당면과제	1. 조위의 영향으로 한강 하류에서 올라오는 뻘과 유입천의 모래뻘이 수위 상승시마다 호안에 엄청난 양으로 퇴적 이는 결국 유지 관리비의 문제로 연결 2. 동시에 공원으로서의 기능 만족	
설계 전략	1. 가장 문제가 되는 뻘을 처리하기 위한 전체 전략적 틀은 바로 지형 설계 2. 기존 급사면의 경사를 완화시켜 호안에서 고수부지까지 하나의 사면을 만들고, 콘크리트 대신 사석으로 재료를 교체하여 뻘이 들락거릴 수 있게 함 3. 뻘의 빠짐을 장려하기 위해 관목 식재를 의도적으로 생략 4. 식재계획 시 침수에 강한 수종선정(버드나무, 달맞이꽃 등)	

3. 이어리 광장

Erie Street Plaza, Milwaukee, USA

[표 18] 사례연구 3. 이어리 광장

구 분	내 용	이 미 지
프로젝트 개요	디자이너 : Chris Reed 위 치 : 미국, 밀워키 (USA, Milwaukee) 착공년도 : 2009년 준공년도 : 2010년 면 적 : 0.25 acres (약 1,011.7 m^2)	 [그림 23] 이어리 광장 조감도
프로젝트 당면과제	1. 주변 컨텍스트가 주로 기반 시설이나 산업 시설이라 고정된 거주자나 잠재적 이용자 추정이 불가, 즉, 주요 타겟 대상을 설정하기가 어려움 2. 이용자 추정이 불가하므로 당연히 공간 기능과 프로그래밍 설정이 불가, 심지어는 필요 여부마저 불투명 3. 대상지가 호수와 가깝게 맞닿아 있어 강풍이 부는 거친 환경에 노출된 한편, 20주년 주기의 미시건호 수위 상승과 지구 온난화 등으로 인한 일시적 범람 현상을 감당해낼 수 있는 역량이 대상지에 요구	
설계 전략	1. 상록수인 대나무 숲을 조성하여 차가운 바람을 방어 2. 고정된 시설물 대신 포장면과 잔디밭으로 바닥면을 구성해 불규칙적인 활동의 발생 가능성에 유연하게 대처 3. 강변에 저지대를 배치시켜 빗물관리전략 및 강물 관개 기능으로 활용 / 간헐적 수위 상승으로 인한 침수 대비	

4절 소결

본 장에서는 한강관련사업의 고찰을 통해 합수부의 자연 및 인문 생태에 미친 영향과 요인을 검토하였다. 관련 사업은 여름철 유량 대비와 주운 기능의 상시 활성화를 위한 콘크리트 저수호안의 조성, 수중 장애물인 낙차공의 설치, 모래톱의 굴착, 대규모 하상 단면의 수정 등의 변화를 가져왔으며, 이러한 변화는 합수부를 둘러싸고 자연 생태인 저서생물의 서식처와 개체수의 감소, 회유성 및 청정 담수어종의 생태교란, 수변 식물의 생육 교란, 겨울 철새의 서식처 교란 등과 인문 생태인 대규모 오픈스페이스의 소멸과 겨울철 수변 결빙의 악화 등 양쪽 모두에 부정적인 영향을 미친 것으로 확인되었다. 그리고 당시 도입된 공간 구조가 현 시점까지 고민 없이 지속되고 있다는 점을 본 연구의 문제의식으로 제기하였다.

따라서 손상된 합수부의 생태성 회복을 위한 전략이 필요하며, 그 일환으로 준설토를 활용한 지상 지형의 형성과 자연퇴적 현상을 이용한 하상 미지형 및 모래톱의 복원에 대한 가능성을 검토하였다. 그리고 세부 방법으로 하상 지형의 교란을 최소화하며 퇴적의 촉진을 가능하게 할 것으로 판단되는 식생패치법(vegetation patch)과 지상에 새로운 지형의 형성을 통해 인문 생태의 회복이 가능할 것으로 판단되는 식생재배정화법(phytoremediation)에 대한 이론을 고찰하였다. 식생패치의 적정 밀도는 홋카이도 대학 김형석 박사의 연구에 의하면 0.5 x 0.25m의 면적에서 지름 5mm의 실린더를 기준, 3cm의 간격으로 136개의 중간 밀도가 가장 적정한 것으로 확인되었으나 이는 실험 연구의 결과이기 때문에 실제 현장 적용에는 검증이 필요할 것으로 보인다. 식생재배 정화법은 수직 유효 깊이와 안식각의 상관관계를 통해 형성될 수 있는 표고별 지형 프로토 타입(prototype)을 확인하였다.

제3장 기본 구상 및 대상지 분석

1절 설계 목표의 설정

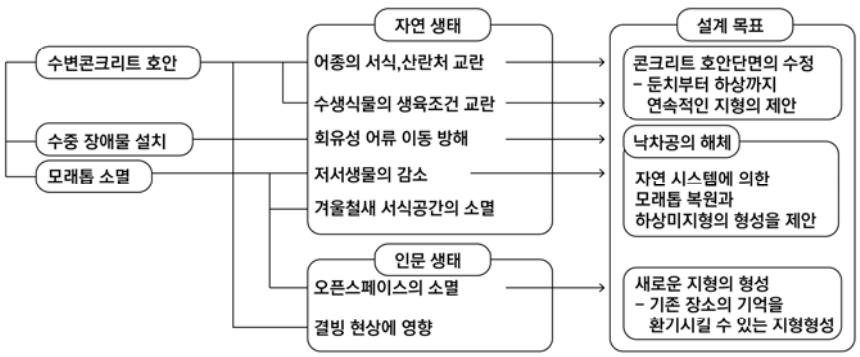
기본 구상에서는 앞선 이론적 고찰에서 확인한 문제점 및 개선점들을 극복하기 위한 전략과 대안의 제시를 본 연구의 설계 목표로 설정하였다.

첫째, 어류의 서식과 산란 및 수변식물의 생육을 교란하는 콘크리트 호안 대신 둔치부터 하상지형까지 연속성을 가지는 새로운 단면 구조를 제안한다.

둘째, 수중 장애물을 해체하여 유사의 이동을 가능케 하고 합수부 주변으로의 퇴적 시나리오를 예상하여 수변을 중심으로 한 소멸된 모래톱과 하상 미지형의 복원을 제안한다.

셋째, 기존 장소의 기억을 환기시킬 수 있는 하상 위 새로운 지형의 형성을 제안한다. 이 지형은 수변 오픈 스페이스의 일부로서 기능하는 동시에 도시 영역 내에서 하나의 생태적, 사회경제적 시스템으로서 동작하는 하나의 작동하는 경관으로서의 가능성을 포함한다.

본 연구의 설계 목표를 종합한 내용은 다음 그림과 같다.



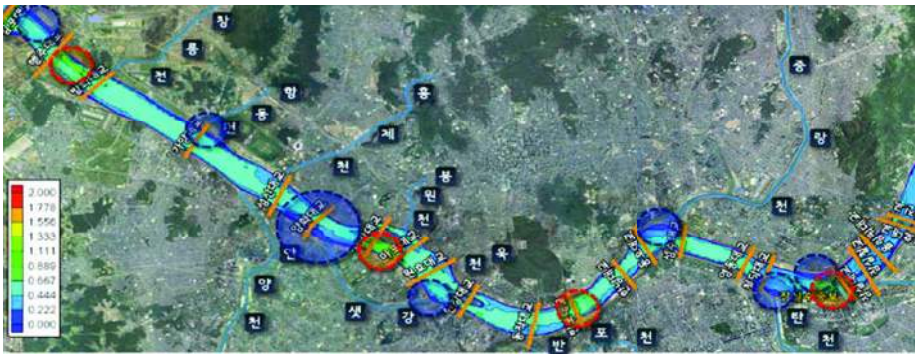
[그림 24] 본 연구의 문제제기와 설계 목표 종합

2절 대상지 분석

1. 합수부별 유속분포

합수부의 유속분포는 서울시의 2012 한강수로조사보고서를 참고하였다. 해당 자료는 동 년도에 실시한 수심 측량 결과의 지형 자료를 바탕으로 선형 보간과 structured 기법을 사용한 보간 후, 각기 다른 유량 조건들(평시 방류량 200m^3/s, 계획 홍수량 37,000m^3/s, 홍수기 유량 10,000m^3/s)을 입력하여 2차원 흐름 모의를 추적한 실험 데이터 자료이다.

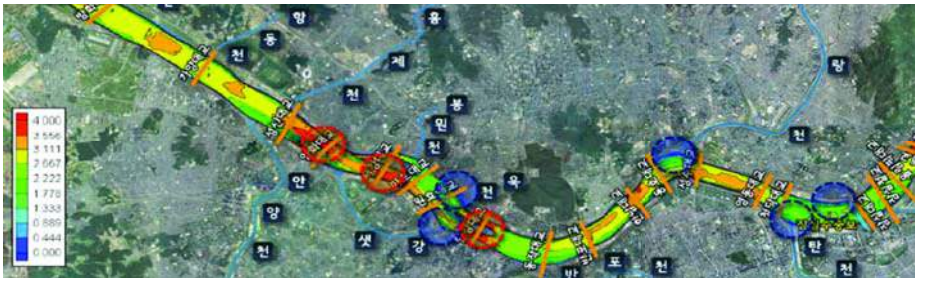
평시 방류량(200m^3/s)의 경우(그림 25), 한강 본류의 평균 유속은 0.444~0.667m/s 사이에 분포하며 반포천, 욱천, 홍제천은 0.222~0.444m/s 사이, 탄천, 중랑천, 안양천 합수부는 0.222 이하에 분포한다.



[그림 25] 팔당댐 평시 방류량(200m^3/s) 유하 시 한강의 유속 분포

계획 홍수량(37,000m^3/s)의 경우(그림 26), 한강 본류의 평균 유속은 1.778~4.000m/s 사이에 분포하며 탄천, 중랑천, 반포천 합수부는 1.778~2.222 이하, 홍제천 및 안양천은 0.444~1.778m/s 사이, 욱천은 0.444 이하에 분포한다.

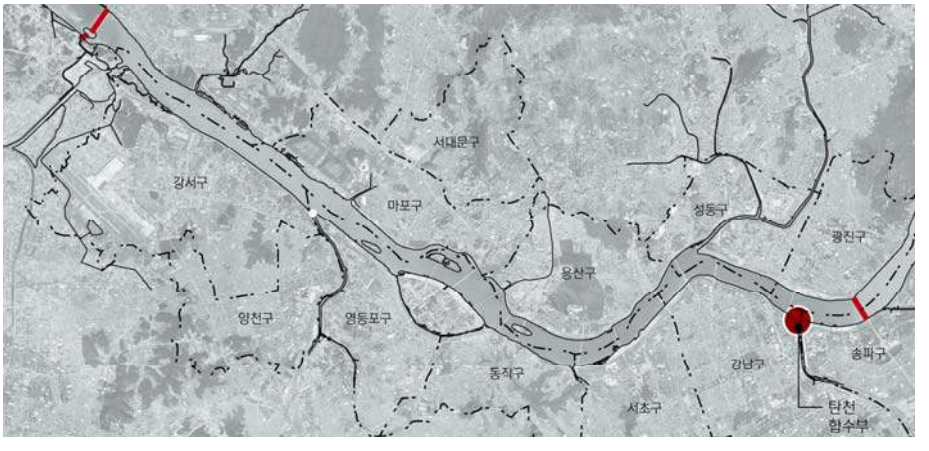
따라서 평시와 계획 홍수 시 모두 한강 본류에 비해 합류 지점의 유속이 상대적으로 느린 분포를 나타내는 것을 알 수 있다.



[그림 26] 계획 홍수량(37,000m^3/s) 유하 시 한강의 유속 분포

2. 합수부별 호안단면 및 식생분포

첫 번째 대상지인 탄천 합수부는 한강 본류와 제 1지류인 탄천이 합류하는 서울시 송파구와 강남구의 경계에 위치한다(그림 27).

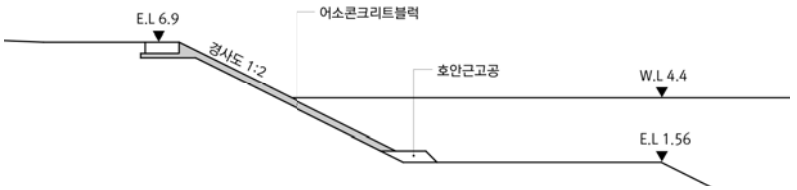


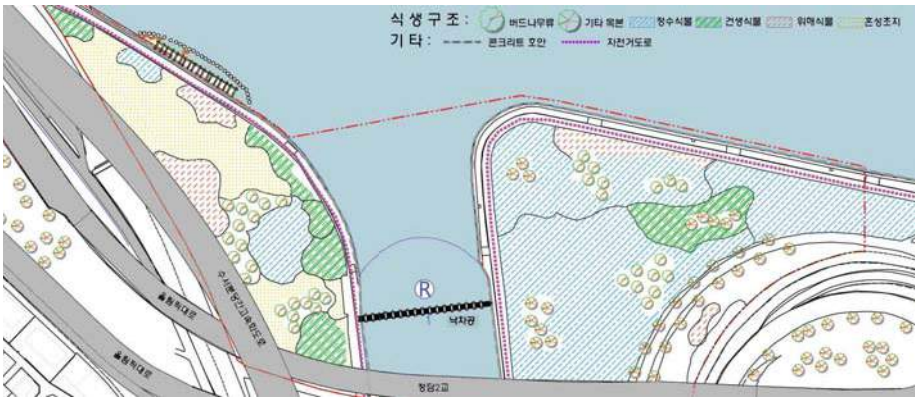
[그림 27] 탄천 합수부의 위치

[그림 28] 탄천 합수부의 위성사진

탄천 합수부의 저수호안은 다음 표 19와 같이 경사도 1:2의 콘크리트 블럭으로 구성되어 있다. 사업 이후에 퇴적이 진행된 곳을 제외하면 호안에서의 식물상은 관찰되지 않으며, 고수부지에는 갈대와 억새류 등의 건생식물 등과 환삼덩굴 등의 위해식물, 기타 정수식물 등이 혼재하여 존재한다.

[표 19] 탄천 합수부의 저수호안

구 분	저수호안(좌)	저수호안(우)
재료	콘크리트 블럭	콘크리트
단면	 [그림 29] 탄천 합수부의 저수호안 단면	

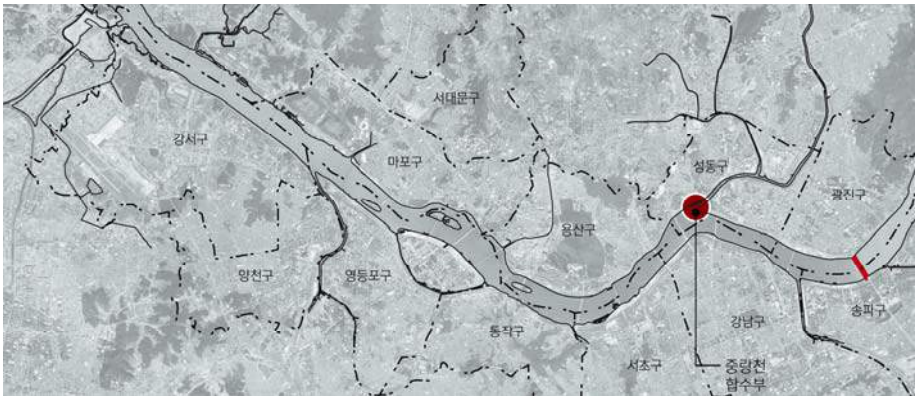


[그림 30] 탄천 합수부의 식물상, 2012 한강수로조사보고서에서 발췌

그 결과 탄천 합수부 인근에는 생육 및 산란에 부적합한 저수호안 대신 군집하는 어류를 위한 별도의 인공 산란장이 설치되어 있다(그림 31).

[그림 31] 탄천 합수부 인근에 설치된 인공 산란장

두 번째 대상지인 중랑천 합수부는 한강 본류와 제 1지류인 중랑천이 합류하는 서울시 성동구에 위치한다(그림 32).

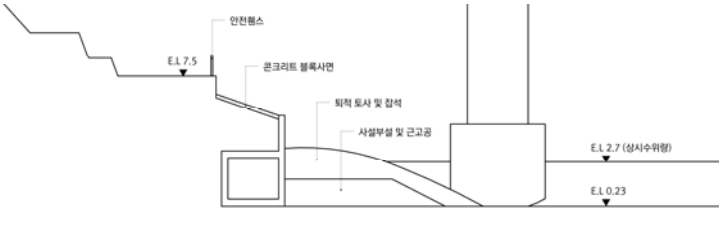


[그림 32] 중랑천 합수부의 위치

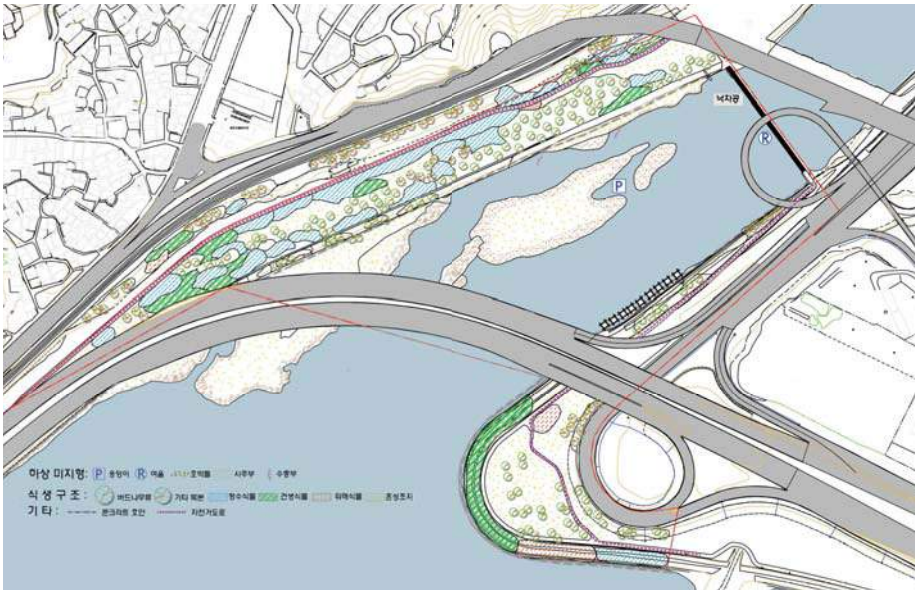
[그림 33] 중랑천 합수부의 위성사진

중랑천 합수부의 저수호안단면은 다음 표 20과 같이 수직 단차가 큰 콘크리트 블럭이 조성되어 있다.

[표 20] 중랑천 합수부의 저수호안

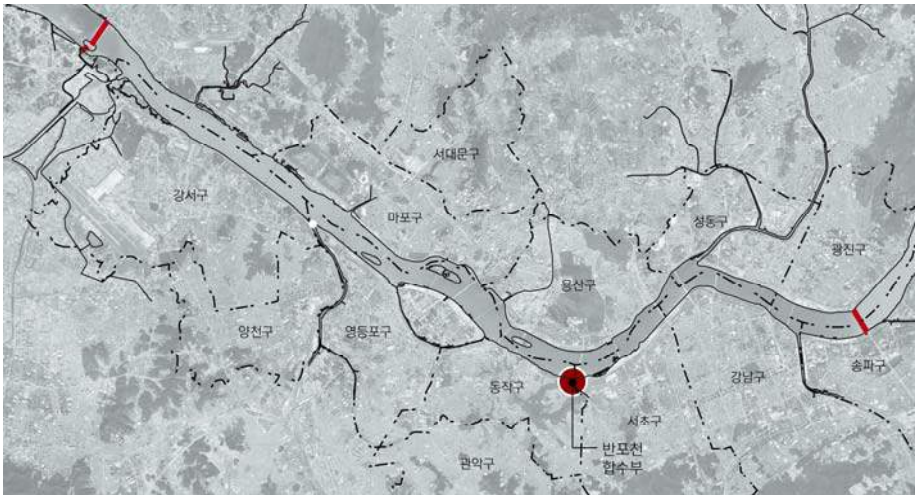
구 분	저수호안(좌)	저수호안(우)
재료	콘크리트 블럭	콘크리트 블럭
단면	 [그림 34] 중랑천 합수부의 저수호안 단면	

호안을 따라 갯버들, 환삼덩굴, 쇠뜨기, 개망초, 갈대, 갈풀, 명아주 등의 건생식물과 정수식물들이 혼재되어 분포한다(그림 35).



[그림 35] 중랑천 합수부의 식물상, 2012 한강수로조사보고서에서 발췌

세 번째 대상지인 반포천 합수부는 한강 본류와 제 1지류인 반포천이 합류하는 서울시 서초구와 동작구의 경계에 위치한다(그림 36).

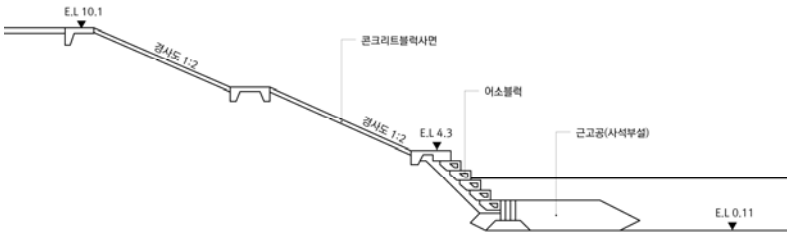


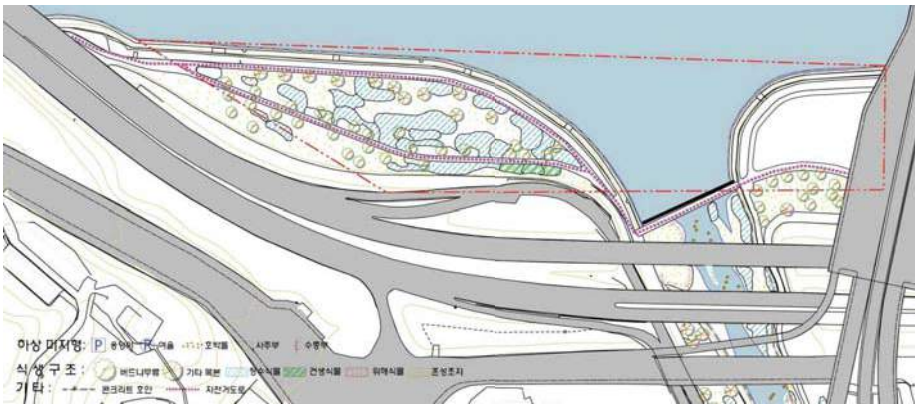
[그림 36] 반포천 합수부의 위치

[그림 37] 반포천 합수부의 위성사진

반포천 합수부의 저수호안은 다음 표 21과 같이 콘크리트 블럭으로 구성되어 있으며, 갈대, 갈풀, 원추리 등의 초본류가 우안에만 분포한다.

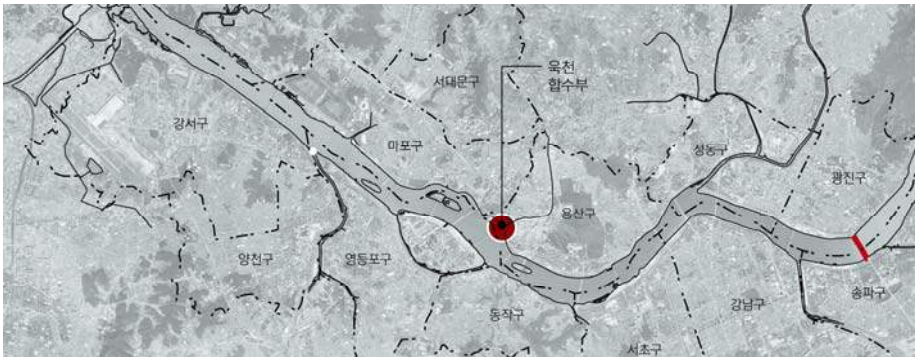
[표 21] 반포천 합수부의 저수호안

구 분	저수호안(좌)	저수호안(우)
재료	콘크리트 블럭	콘크리트 블럭
단면	 [그림 38] 반포천 합수부의 저수호안 단면	



[그림 39] 반포천 합수부의 식물상, 2012 한강수로조사보고서에서 발췌

네 번째 대상지인 욱천 합수부는 한강 본류와 제 1지류인 욱천이 합류하는 서울시 용산구에 위치한다(그림 40).

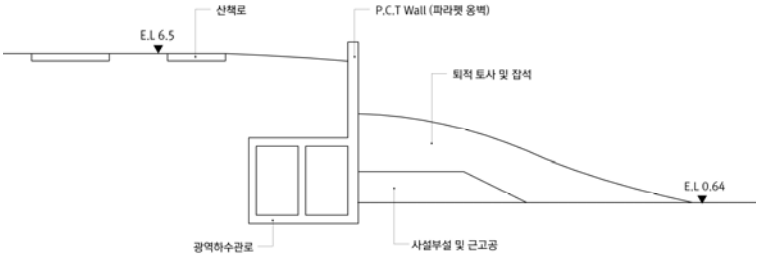


[그림 40] 욱천 합수부의 위치

[그림 41] 욱천 합수부의 위성사진

욱천 합수부의 저수호안은 표 22과 같이 수직 콘크리트 벽으로 조성되어 있으며 복개된 하천으로 사실 상 자연생태의 회복을 기대하기 어렵다.

[표 22] 욱천 합수부의 저수호안

구 분	저수호안(좌)	저수호안(우)
재료	콘크리트 블럭	콘크리트 블럭
단면	 [그림 42] 욱천 합수부의 저수호안 단면	

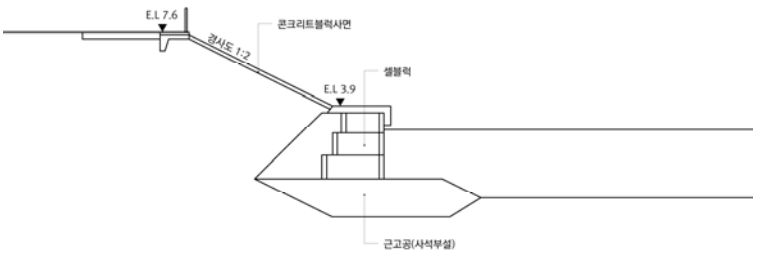
다섯 번째 대상지인 홍제천 합수부는 한강 본류와 제 1지류인 홍제천이 합류하는 서울시 마포구에 위치한다(그림 43).

[그림 43] 홍제천 합수부의 위치

[그림 44] 홍제천 합수부의 위성사진

홍제천 합수부의 저수호안단면은 다음 표 23과 같이 수직 콘크리트 블럭으로 조성되어 있다.

[표 23] 홍제천 합수부의 저수호안

구 분	저수호안(좌)	저수호안(우)
재료	콘크리트 블럭	콘크리트 블럭
단면	 [그림 45] 홍제천 합수부의 저수호안 단면	

좌측 호안에는 망초, 소리쟁이, 강아지풀 등의 초본류가 분포하며, 우측 호안에는 식생이 분포하지 않는다.

[그림 46] 홍제천 합수부의 식물상, 2012 한강수로조사보고서에서 발췌

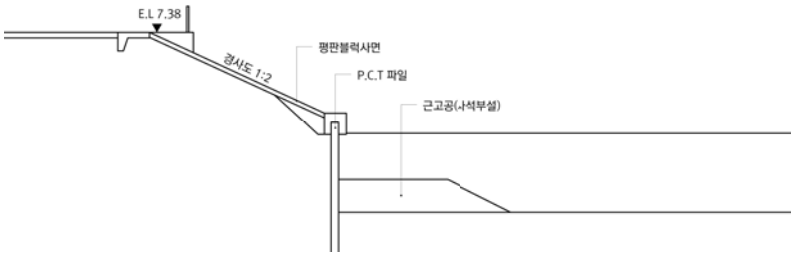
마지막 대상지인 안양천 합수부는 한강 본류와 제 1지류인 안양천이 합류하는 서울시 영등포구와 강서구의 경계에 위치한다(그림 47).

[그림 47] 안양천 합수부의 위치

[그림 48] 안양천 합수부의 위성사진

안양천 합수부의 저수호안단면은 다음 표 24와 같이 수직 콘크리트 파일로 조성되어 있다.

[표 24] 안양천 합수부의 저수호안

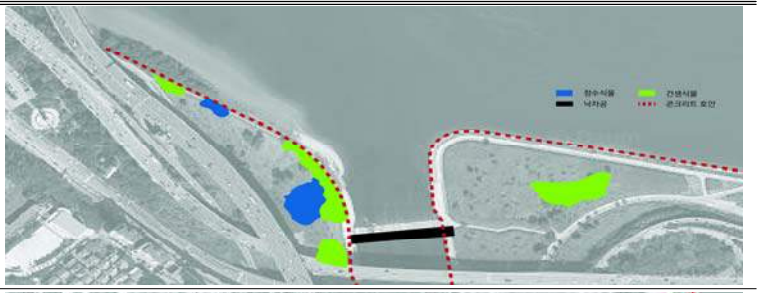
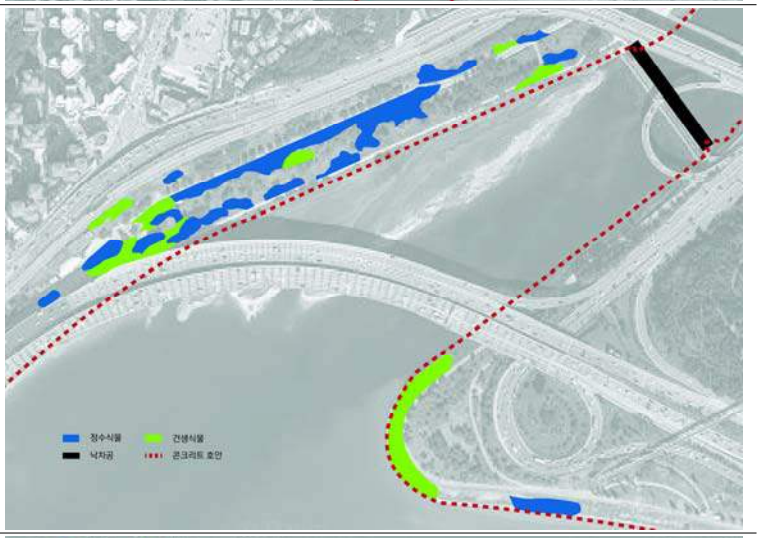
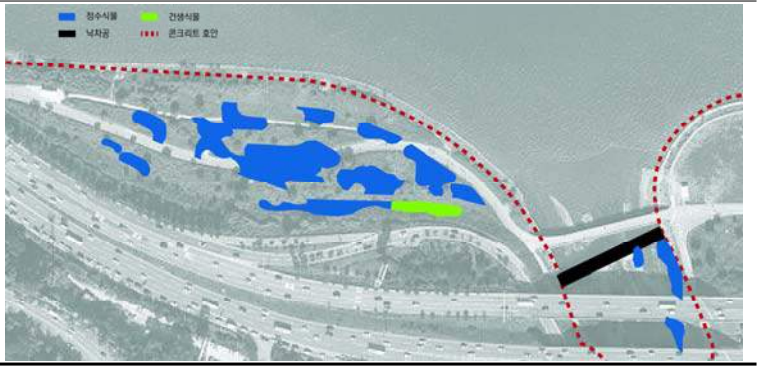
구 분	저수호안(좌)	저수호안(우)
재료	콘크리트 블럭	콘크리트 블럭
단면	 [그림 49] 안양천 합수부의 저수호안 단면	

안양천의 저수호안 식생 분포는 목본류인 버드나무와 초본류인 망초, 갈대, 물쑥, 갈풀, 털부처꽃, 환삼덩굴, 망초, 다닥냉이 등의 초본류가 분포한다. 유일하게 합수부 중에서 낙차공이 설치되어 있지 않으나, 콘크리트 저수 호안의 구조로 인해 탄천과 비슷한 양상인 건생 식물 위주의 우세 분포를 보인다.

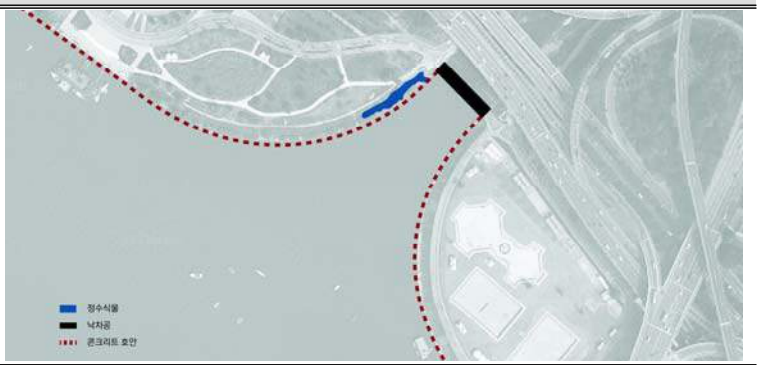
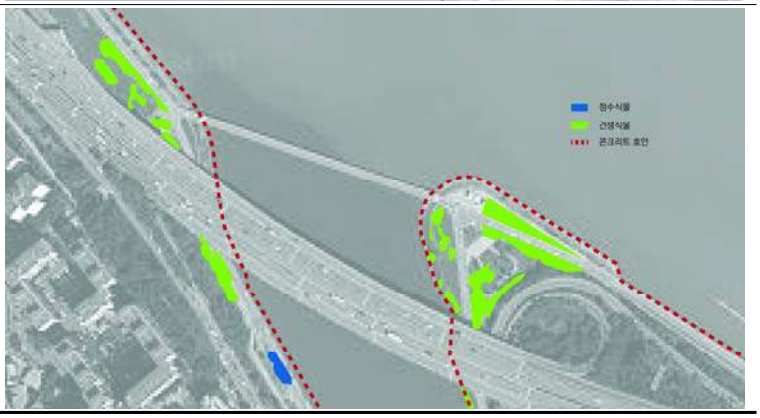
[그림 50] 안양천 합수부의 식물상, 2012 한강수로조사보고서에서 발췌

합수부별 호안의 건생과 정수식물의 분포 현황을 맵핑하면 다음과 같다.

[표 25] 합수부별 건생 및 정수식물 분포

구 분	식물상의 분포
탄천	
중랑천	
반포천	

연두색은 건생식물을, 파랑색은 정수식물을 의미하는데, 중랑천과 반포천은 정수식물이, 탄천과 안양천은 건생식물이 우세한 모습을 보인다.

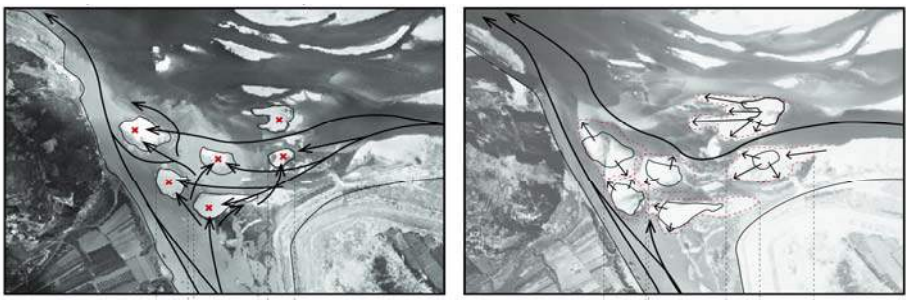
구 분	식물상의 분포
홍제천	
안양천	

3. 합수부별 퇴적패턴

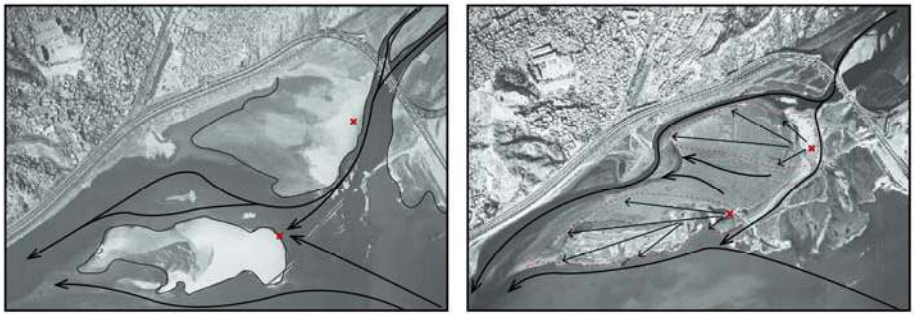
본 연구에서는 합수부들의 퇴적 패턴과 지형 형성 논리를 위성사진 추적을 통해 추측하였다. 다음 그림들은 반포천을 기준으로 상류에 위치한 탄천, 중랑천, 반포천의 1976년 전후 위성사진(gis.seoulgo.kr 참고)으로 왼쪽과 오른쪽 사진들 모두 각각 홍수기와 갈수기의 모습을 촬영하였으며 수위 변화에 따라 다른 지형의 노출 정도를 보이기 때문에 고지대와 저지대의 확인이 가능하여 퇴적의 양상을 가늠할 수 있다.

그 내용을 해석하자면 각 지천들과 한강 본류의 수류 충돌 지점을 중심으로 퇴적이 진행되어 지형이 발달한 것을 추측할 수 있으며, 빠른 유속으

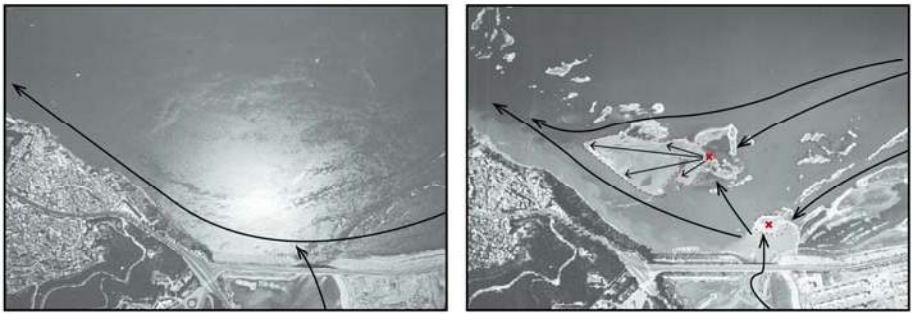
로 인해 지형 자체가 변형되지 않는 이상 처음 연구의 배경에서 설명한 합수부의 퇴적 특성이 그대로 적용된 것을 알 수 있다.



[그림 51] 위성사진을 통한 사업이전 탄천 합수부의 지형 및 퇴적 패턴 추측



[그림 52] 위성사진을 통한 사업이전 중랑천 합수부의 지형 및 퇴적 패턴 추측

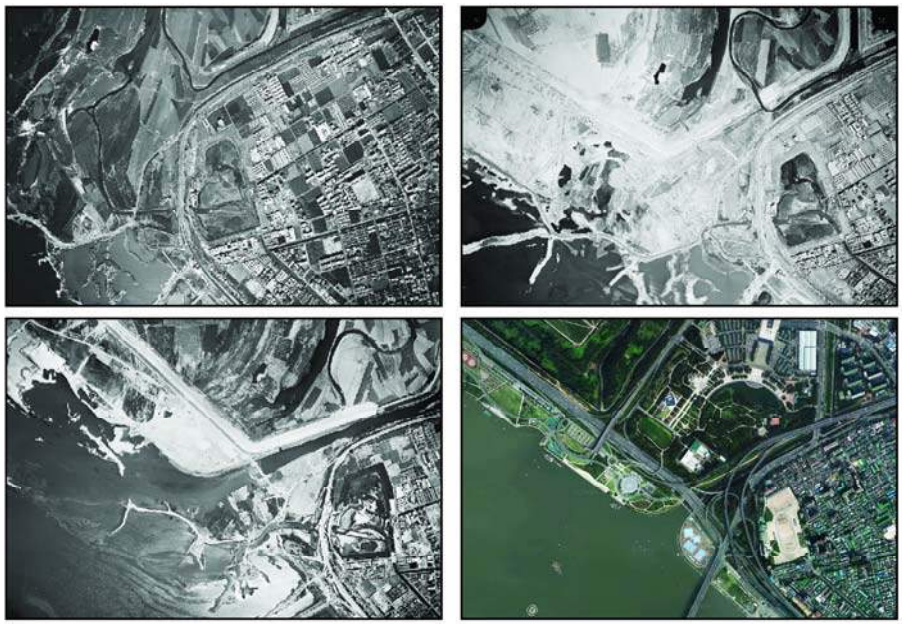


[그림 53] 위성사진을 통한 사업이전 반포천 합수부의 지형 및 퇴적 패턴 추측

한편, 반포천의 하류에 위치한 안양천과 홍제천은 각기 다른 양상을 보이는데, 우선 안양천의 경우는 사업 이전과 이후에 퇴적에 큰 차이가 관찰되지 않는 것으로 보아 퇴적의 진행 자체가 미비한 지점으로 판단된다.

[그림 54] 위성사진을 통해 본 한강종합개발사업 전・후의 안양천

그리고 홍제천의 경우(그림 55)는 퇴적의 변화가 한강 본류와의 충돌지점에서보다 지류 자체의 변화가 더 크고, 사업 전과 후의 양태가 너무 많이 변형되어 패턴을 추측하기에 어려움이 있다.



[그림 55] 위성사진을 통해 본 한강종합개발사업 전・후의 홍제천

그러므로 충돌 지점을 둘러싸고 지형이 형성되는 합수부의 퇴적 특성은 설계 대상지 중 반포천과 탄천에 적용하며, 안양천은 인위적인 지형조작이 요구된다.

4. 합수부 추정 침수 실적

2006년 이후 반포천 합수부의 추정 침수 실적은 다음과 같은데, 이는 인접한 잠수교 관측소의 수위자료를 기준으로 추정한 자료이다. (수위관측소의 위치가 합수부와 일치하거나 인접하지 않아 중간 지점인 잠수교를 기준으로 추정하였다.)

[표 26] 합수부의 추정 침수 실적

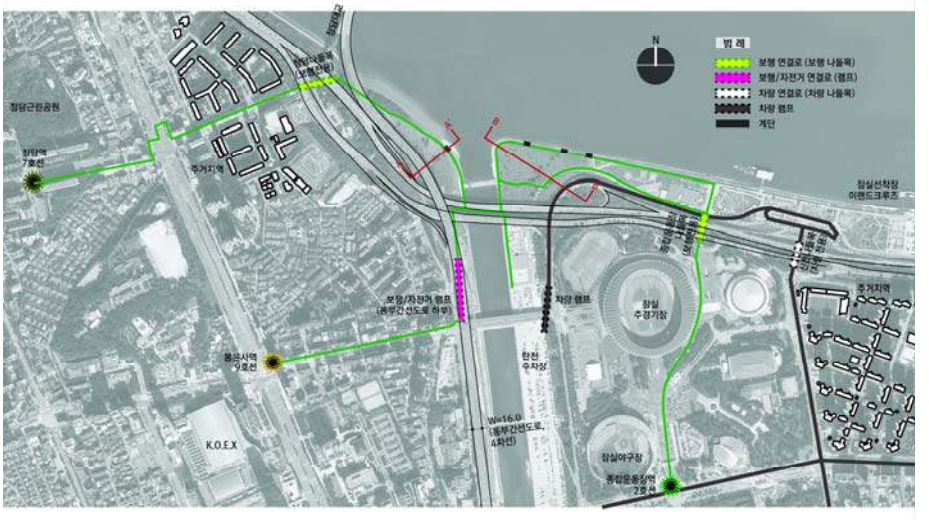
구 분 (호안레벨)	반포천 5.9
2006	6.82 (7.13) / 11.02 (7.16) / 10.56 (7.17) / 9.01 (7.18) 8.02 (7.19) / 6.86 (7.20) / 5.93 (7.27) / 8.36 (7.28) 8.28 (7.29)
2007	-
2008	7.02 (7.25)
2009	6.60 (7.12.) / 6.79 (7.13) / 6.68 (7.14) / 8.17 (7.15) 6.10 (8.12)
2010	7.42 (9.11) / 7.08 (9.12) / 6.27 (9.22)
2011	5.97 (6.29) / 6.50 (6.30) / 6.06 (7.3.) / 7.10 (7.4) 6.26 (7.9) / 5.99 (7.13) / 6.03 (7.14) / 6.74 (7.15) 5.92 (7.16) / 9.37 (7.27) / 10.13 (7.28) / 7.99 (7.29) 6.26 (7.30) / 5.92 (8.1)
2012	6.01 (2012.8.21.)
2013	6.0 (7.13) / 6.22 (7.14) / 7.14 (7.15) / 6.94 (7.16) 6.15(7.22) / 6.05 (7.23)
2014	-
2015	-

반포천의 실적을 토대로 추정하면, 거의 매년 한강 저수호안은 범람에 노출되는 것을 확인할 수 있으며 강우가 집중되어 유량이 늘어나는 여름철인 6~10월 사이에 주로 발생하는 것으로 추정할 수 있다.

5. 합수부별 접근성 평가

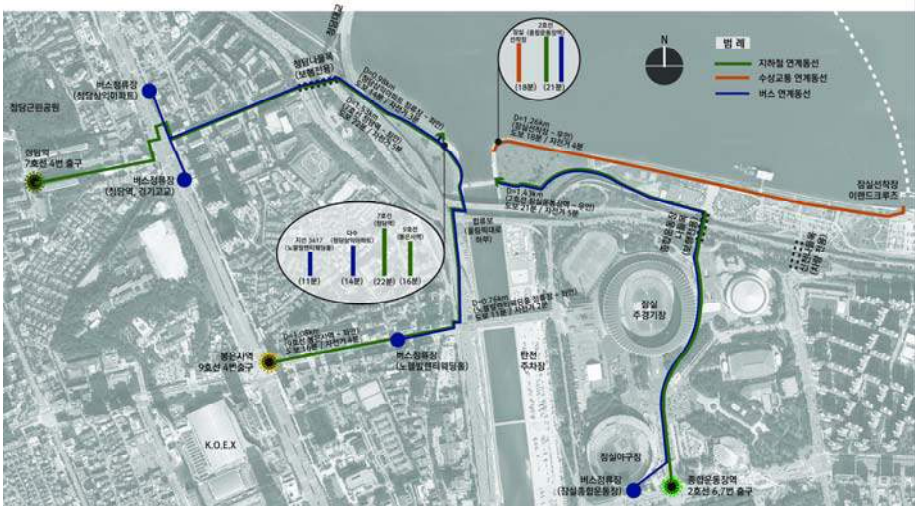
첫째, 탄천 합수부를 둘러싼 동선 체계는 다음 그림 56과 같다. 합수부의 좌안과 우안은 보행교로 연결되며, 수변으로의 접근은 나들목을 통한 보행 및 자전거 도로 또는 수상택시 선착장으로부터의 도보로 가능하다.

[그림 56] 탄천 합수부를 둘러싼 동선체계



[그림 57] 탄천 합수부로의 입체적 접근방법

한편 제방 레벨에서 합수부 레벨로 접근하려면 그림 57과 같이 총 3가지 입체적 접근 방법이 있다. 좌안으로의 접근은 청담 나들목을 통해 빠져나와 경사로를 이용함으로써 가능하며, 우안으로의 접근은 종합운동장 나들목을 통하거나 탄천 주차장으로 접근하는 차량 램프를 통해 가능하다.



[그림 58] 탄천 합수부로의 접근성

[표 27] 탄천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가

접근성	동선 체계	1. 보행 동선 : 폭 3.0m / 2. 자전거 동선 : 폭 4.0m 3. 수상교통 동선 : 잠실선착장
	대중교통과의 연계성	우안
		1. 잠실선착장(수상교통)으로부터 도보 : 18분 (약 1.26km) 2. 2호선 종합운동장역 및 버스정류장(지하철)으로부터 도보 : 21분 (약 1.43km)
		좌안
		1. 버스정류장(노블발렌티 웨딩홀)으로부터 도보 : 11분 (약 0.76km) 2. 버스정류장(청담삼익아파트)으로부터 도보 : 14분 (약 0.98km) 3. 7호선 청담역(지하철)으로부터 도보 : 22분 (약 1.53km) 4. 9호선 봉은사역(지하철)으로부터 도보 : 16분 (약 1.08km)

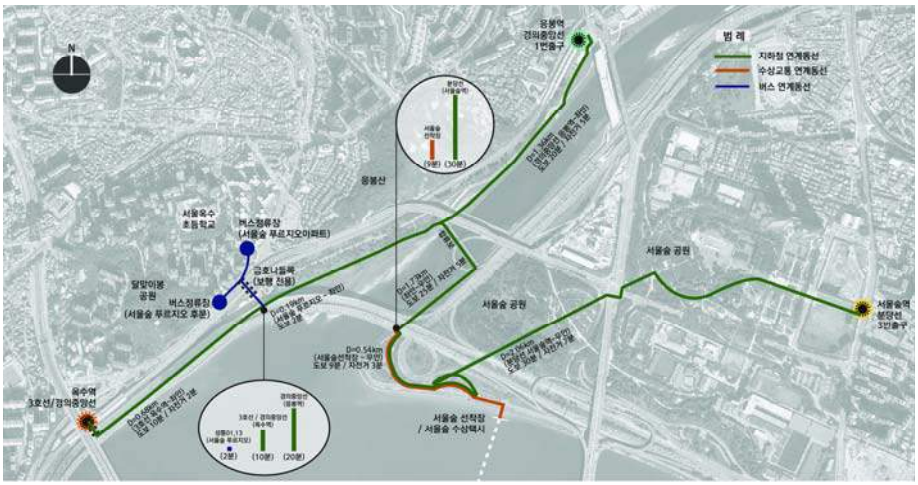
상기 내용을 바탕으로 종합한 탄천 호안으로의 접근성은 위의 표 27과 같다. 탄천 합수부로 접근하려면 대중교통으로부터 11~22분 사이의 도보시간이 필요하며 평균거리는 약 0.76 ~ 1.53km 에 달한다.

둘째, 중랑천 합수부의 경우, 좌안과 우안이 보행교로 연결되지만, 호안으로의 접근은 사실상 높은 수직단차로 인해 불가능하다.

[그림 59] 중랑천 합수부를 둘러싼 동선체계

[그림 60] 중랑천 합수부로의 입체적 접근방법

배후에서 합수부로 접근하려면 그림 60과 같이 총 3가지 입체적 접근 방법이 있다. 좌안으로의 접근은 옥수역에 연결된 옥수 나들목(보행 전용)이나 푸르지오 단지 앞 금호 나들목을 통해 빠져나와 제방 보행로를 이용하여 가능하며, 우안으로의 접근은 서울 숲에 설치된 스카이웨이를 이용한 후 내려와 제방 보행로를 따라 가능하다.



[그림 61] 중랑천 합수부로의 접근성

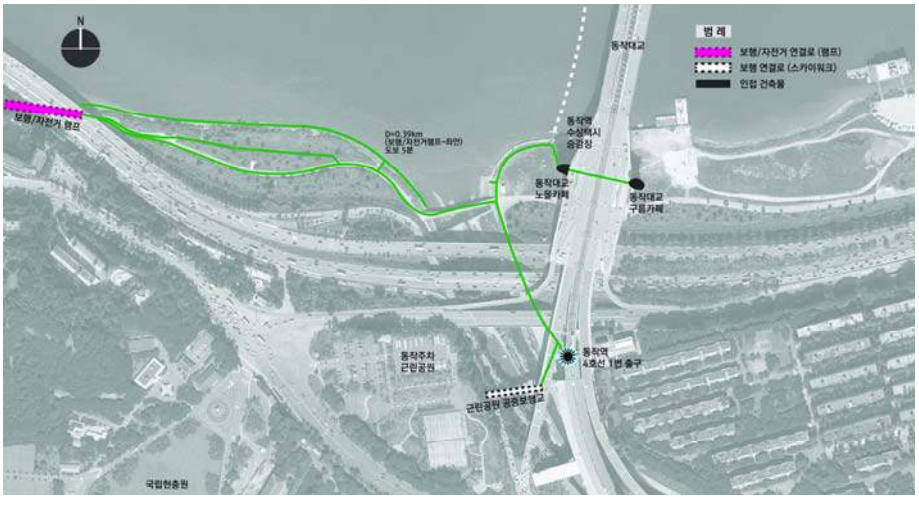
[표 28] 중랑천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가

접근성	동선 체계	1. 보행 동선 및 자전거 동선 : 폭 4.0m 2. 수상교통 동선 : 서울숲선착장
	대중교통과의 연계성	우안
		1. 서울숲선착장(수상교통)으로부터 도보 : 9분 (약 0.54km) 2. 분당선 서울숲역으로부터 도보 : 30분 (약 2.06km)
		좌안
		1. 버스정류장(서울숲 푸르지오)으로부터 도보 : 2분 (약 0.19km) 2. 3호선 옥수역으로부터 도보 : 10분 (약 0.68km) 3. 경의중앙선 응복역(지하철)으로부터 도보 : 20분 (약 1.36km)

상기 내용을 바탕으로 종합한 접근성은 위의 표 28과 같다. 중랑천 합수부로 접근하려면 대중교통으로부터 2~30분 사이 도보시간이 필요하며 평균거리는 약 0.19 ~ 2.06km 에 달한다.

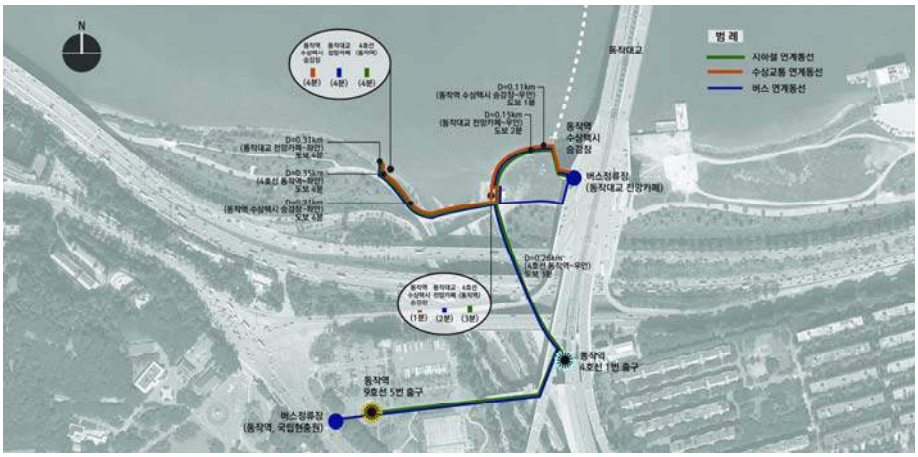
셋째, 반포천 합수부의 동선 체계는 다음 그림 62와 같다. 합수부의 좌안과 우안은 보행교로 연결되며 접근은 제방 위 보행로와 수상교통을 통해서 가능하다.

[그림 62] 반포천 합수부를 둘러싼 동선체계



[그림 63] 반포천 합수부로의 입체적 접근방법

배후에서 합수부로 접근하려면 그림 63과 같이 총 3가지 입체적 접근 방법이 있다. 좌안으로의 접근은 보행 및 자전거 램프를 이용해 가능하며, 우안으로의 접근은 배후에 위치한 동작주차근린공원으로부터의 보행육교를 이용하거나 동작대교와 연계된 동작대교 노들카페 건축물을 통한 접근으로 가능하다.



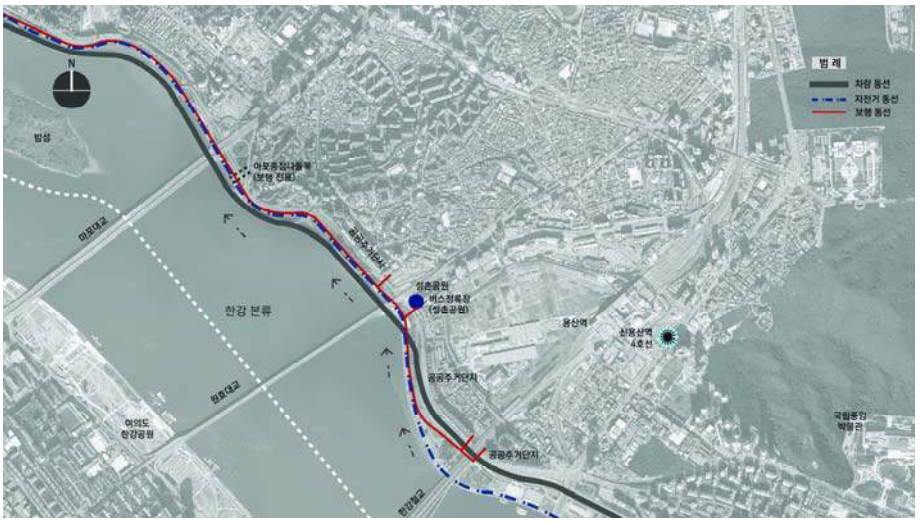
[그림 64] 반포천 합수부로의 접근성

[표 29] 반포천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가

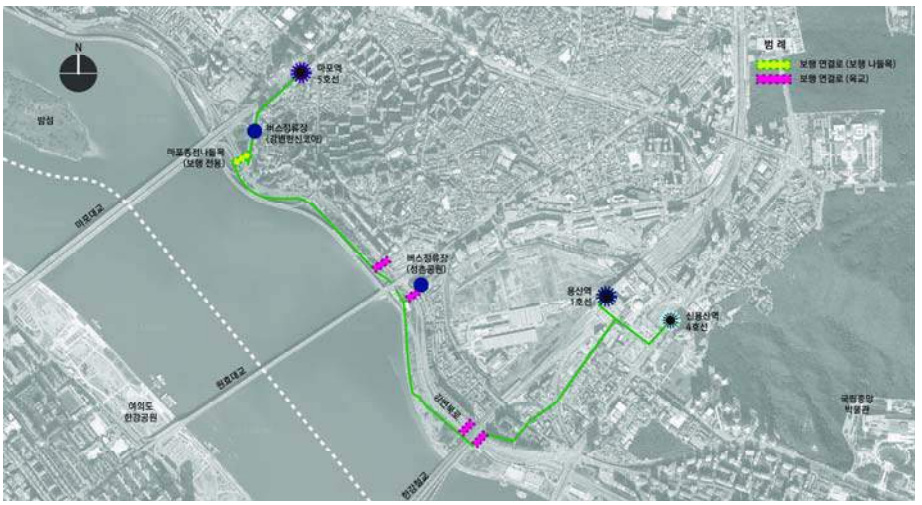
접근성	동선체계	1. 보행 동선 및 자전거 동선 : 폭 4.0m 2. 수상교통 동선 : 동작역 수상택시
	대중교통과의 연계성	우안
		1. 동작역선착장(수상교통)으로부터 도보 : 1분 (약 0.11km) 2. 4호선 동작역으로부터 도보 : 4분 (약 0.26km) 3. 버스정류장(동작대교 전망카페)로부터 도보 : 2분(0.15km)
		좌안
		1. 버스정류장(서울숲 푸르지오)으로부터 도보 : 4분 (약 0.31km) 2. 4호선 옥수역으로부터 도보 : 4분 (약 0.35km) 3. 동작역선착장(수상교통)으로부터 도보 : 4분 (약 0.31km)

상기 내용을 바탕으로 종합한 접근성은 위의 표 29와 같다. 반포천 합수부로 접근하려면 모든 대중교통 매체로부터 4분 이내의 도보시간이 필요하며 평균거리는 약 0.40km 이내에 해당한다.

넷째, 욱천 합수부의 동선 체계는 다음 그림 65와 같다. 합수부의 좌안과 우안은 보행교로 연결되며 접근은 제방 위 보행로를 통해서 가능하다.

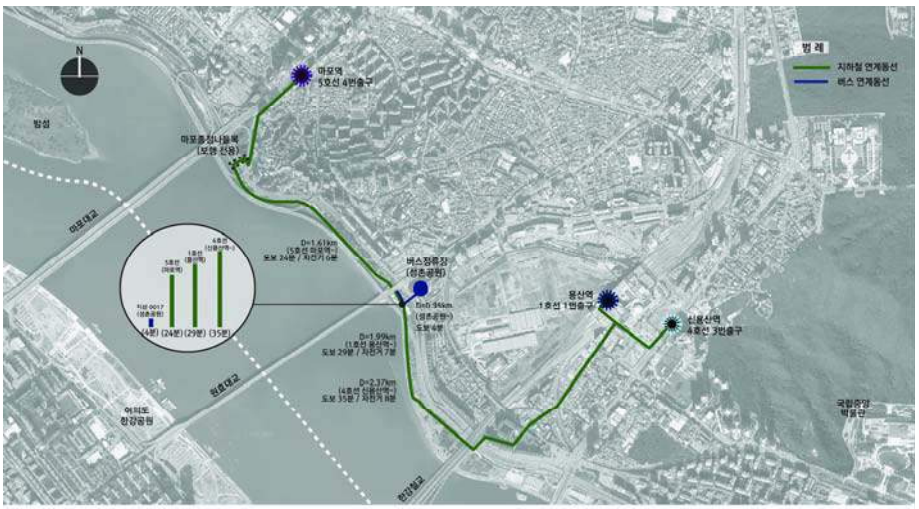


[그림 65] 욱천 합수부를 둘러싼 동선체계



[그림 66] 욱천 합수부로의 입체적 접근방법

배후에서 합수부로 접근하려면 그림 66과 같이 총 2가지 입체적 접근 방법이 있다. 좌안으로의 접근은 마포종점 나들목을 통해 보행 및 자전거로 가능하며, 우안으로의 접근은 배후에 위치한 성촌공원으로부터의 육교를 이용한 접근으로 가능하다.



[그림 67] 욱천 합수부로의 접근성

[표 30] 욱천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가

접근성	동선	1. 보행 동선 및 자전거 동선
	대중교통과의 연계성	호안
		1. 버스정류장(성촌공원)으로부터 도보 : 4분 (약 0.35km) 2. 5호선 마포역으로부터 도보 : 24분 (약 1.61km) 3. 1호선 용산역으로부터 도보 : 29분 (약 1.99km)

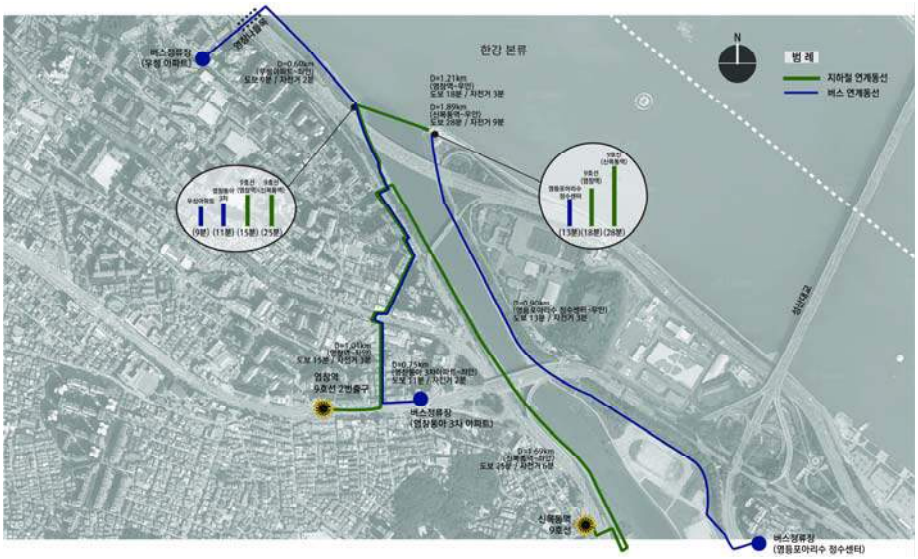
상기 내용을 바탕으로 종합한 접근성은 위의 표 30과 같다. 욱천 합수부로 접근하려면 모든 대중교통 매체로부터 약 4분~29분 이내의 도보시간이 필요하며 평균거리는 약 0.35~1.99km 이내에 해당한다.

다섯째, 안양천 합수부의 동선 체계는 다음 그림 68과 같다. 합수부의 좌안과 우안은 보행교로 연결되며 접근은 계단과 수변 산책로를 통해서 가능하다.

[그림 68] 안양천 합수부를 둘러싼 동선체계

[그림 69] 안양천 합수부로의 입체적 접근방법

배후에서 합수부로 접근하려면 그림 69와 같이 총 2가지 입체적 접근 방법이 있다. 좌안으로의 접근은 염창 나들목을 통하거나 염창현대3차아파트의 계단을 통해 가능하며, 우안으로의 접근은 양화한강공원으로부터의 접근로를 통해서 가능하다.



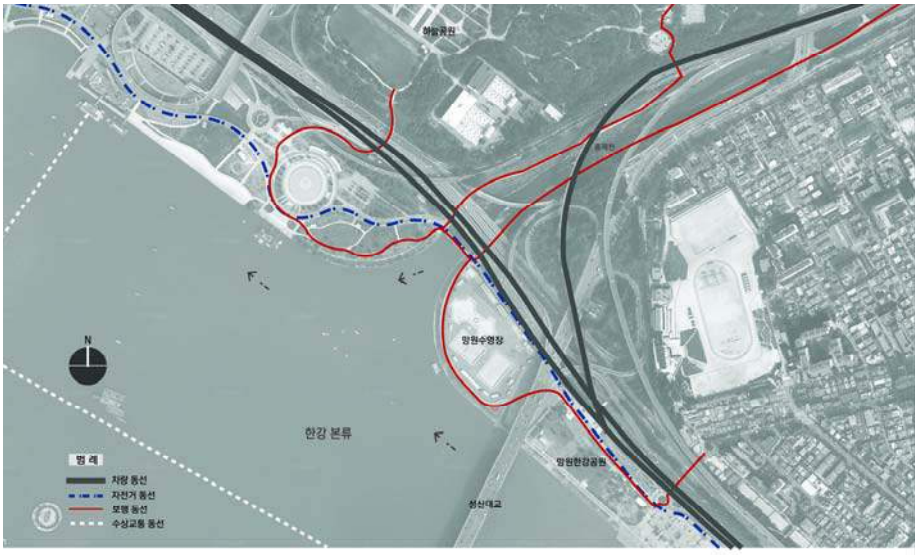
[그림 70] 안양천 합수부로의 접근성

[표 31] 안양천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가

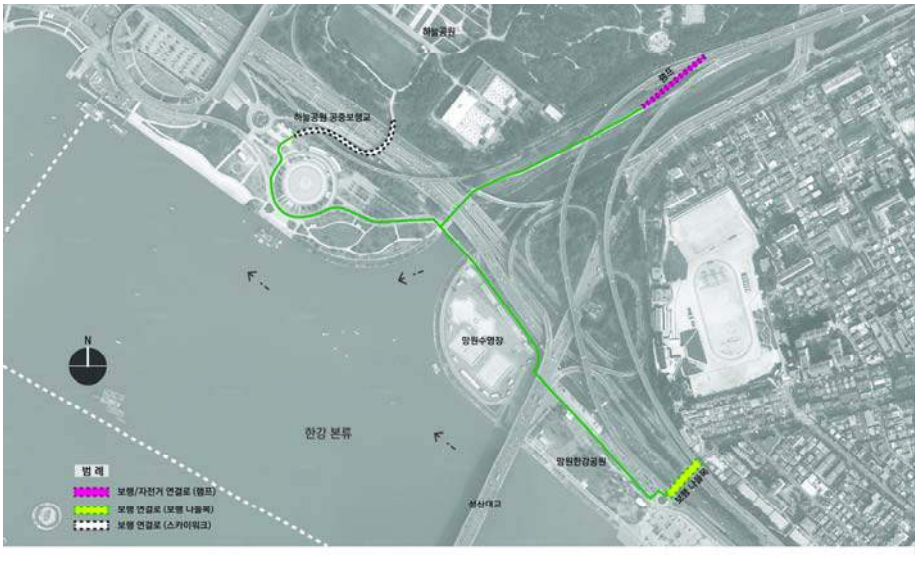
접근성	동선	보행 동선 및 자전거 동선
	대중교통과의 연계성	호안
		1. 버스정류장(우성아파트)으로부터 도보 : 9분 (약 0.60km) 2. 9호선 염창역으로부터 도보 : 15분 (약 1.01km) 3. 9호선 신목동역으로부터 도보 : 25분 (약 1.69km)

상기 내용을 바탕으로 종합한 접근성은 위의 표 31과 같다. 안양천 합수부로 접근하려면 모든 대중교통 매체로부터 약 9분~25분 이내의 도보시간이 필요하며 평균거리는 약 0.60~1.69km 이내에 해당한다.

마지막, 홍제천 합수부의 동선 체계는 다음 그림 71과 같다. 합수부의 좌안과 우안은 보행교로 연결되며 접근은 보행과 자전거를 통해 가능하다. 또한 넓은 폭의 강변 북로가 합수부 위를 관통한다.

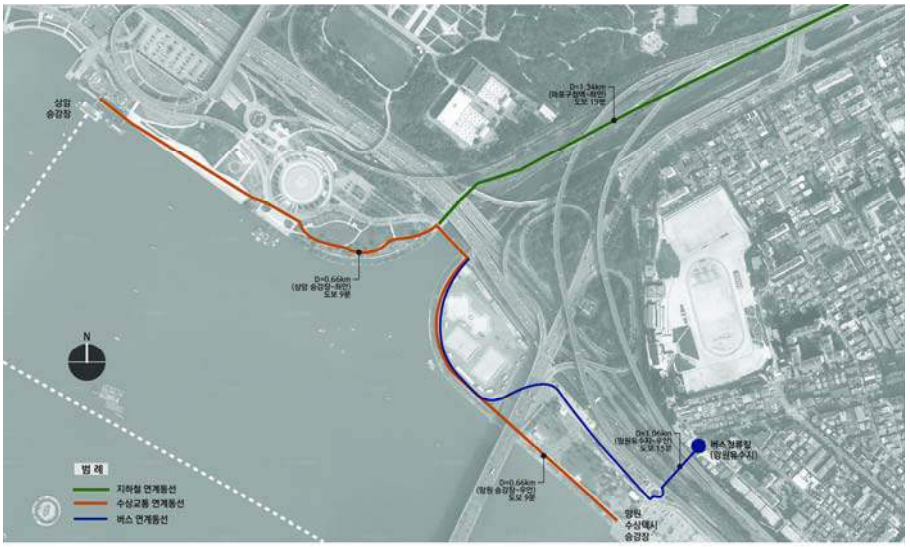


[그림 71] 홍제천 합수부를 둘러싼 동선체계



[그림 72] 홍제천 합수부로의 입체적 접근방법

배후에서 합수부로 접근하려면 그림 72와 같이 총 3가지 입체적 접근 방법이 있다. 좌안으로의 접근은 하늘 공원으로부터의 경사로나 스카이워크를 통해 가능하며, 우안으로의 접근은 망원 나들목을 통해서 가능하다.



[그림 73] 홍제천 합수부로의 접근성

[표 32] 홍제천 합수부의 동선체계 및 접근성 평가

접근성	동선	보행 동선 및 자전거 동선
	대중교통과의 연계성	호안
		1. 버스정류장(망원유수지)으로부터 도보 : 15분 (약 1.06km) 2. 6호선 마포구청역으로부터 도보 : 19분 (약 1.34km) 3. 망원 승강장 및 상암 승강장으로부터 도보 : 9분 (약 0.66km)

상기 내용을 바탕으로 종합한 접근성은 위의 표 32와 같다. 홍제천 합수부로 접근하려면 모든 대중교통 매체로부터 약 9분~19분 이내의 도보시간이 필요하며 평균거리는 약 0.66~1.34km 이내에 해당한다.

3절 소결

본 장에서는 대상지 분석을 통해 합수부의 물리적 특성인 현황 호안단면, 주변 유속의 분포, 퇴적패턴, 침수실적, 접근성에 대해 알아보았다.

우선 한강종합개발사업 당시 계획된 모든 합수부의 호안은 급경사의 콘크리트 블록 또는 수직 콘크리트 파일 등의 불투수성 단면으로 조성되어 있었다. 이는 수변과 고수부지에 자연 식생이 아닌 건생 식물과 정수 식물들이 우세할 수밖에 없는 환경을 제공했을 뿐만 아니라 사람의 수변 접근도 어렵게 만든 것으로 판단되다.

둘째, 한강 합수부 주변의 유속은 한강 본류와 지천의 유속에 비해 평수기나 홍수기 모두 상대적으로 낮은 수치를 보였다. 따라서 셋째, 합수부의 특징적인 퇴적 현상이 사업 이전의 위성사진 추적을 통해 확인되었다. 그러나 사업 이후는 콘크리트 낙차공과 준설사업으로 변형된 하상 지형으로 인해 사업 이전의 퇴적 패턴이 사업 이후에는 유지 및 형성되지 않는 것을 확인할 수 있었다.

넷째, 합수부들과 한강의 수위 관측소들의 위치가 상이하기 때문에 한강 합수부들의 침수실적은 구간 중앙에 위치한 잠수교와 반포천의 호안레벨을 기준으로 검토하였다. 2006년 이후의 실적을 기준으로 거의 매년 강우가 집중되는 여름철 한강 수변은 범람에 노출되고 침수가 발생하는 것을 추정할 수 있었다. 또한 반포천 합수부나 중랑천의 경우 정수 식물의 분포가 우세한 이유로 잦은 범람의 노출이 원인인 것으로 추측된다.

마지막으로 합수부로의 접근성은 도보와 자전거 등의 개인교통수단 등을 통해서 가능한 것으로 확인되었으며, 대중교통을 이용한다면 반포천을 제외하고 모두 낮은 수준으로 확인되었다.

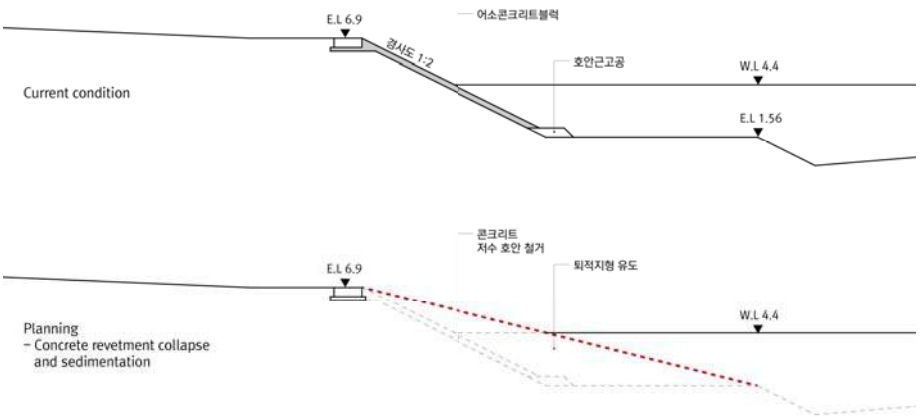
제4장 설계

1절 설계 전략의 설정

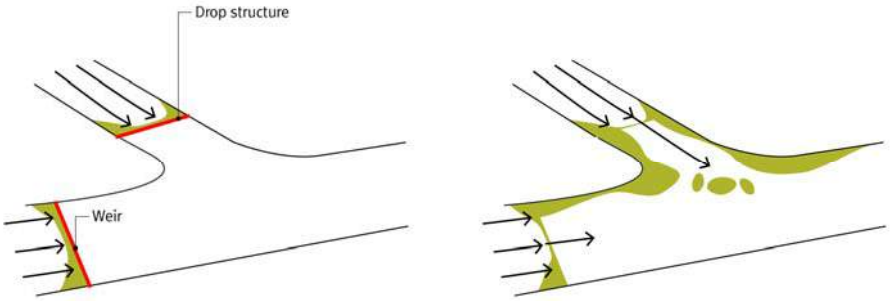
이론적 고찰과 대상지 분석을 토대로 본 연구에서 설정한 설계 전략은 다음과 같다.

첫째, 불투수성인 현재의 콘크리트 호안을 해체하고 물과 뭍이 통하는 투수성의 자연 호안을 도입한다. 이는 수변을 둘러싼 자연 생태의 회복을 위한 전략으로 수변을 따라 자생적인 수생 식물의 생육 조건을 제공하고, 어류들에게는 서식과 산란처를 제공하며, 겨울 철새 및 조류들에게 서식처를 제공한다.

둘째, 합수부에 설치된 낙차공을 해체함으로써 회복되는 합수부의 퇴적 패턴을 활용해 물과 둔치의 이분법적인 현재 구조 안에 퇴적지형이라는 전이공간을 삽입함으로써 수변을 이용하는 이용자들의 접근을 유도할 뿐만 아니라 저서생물의 번식과 하상 미지형의 복원을 가능케 한다.

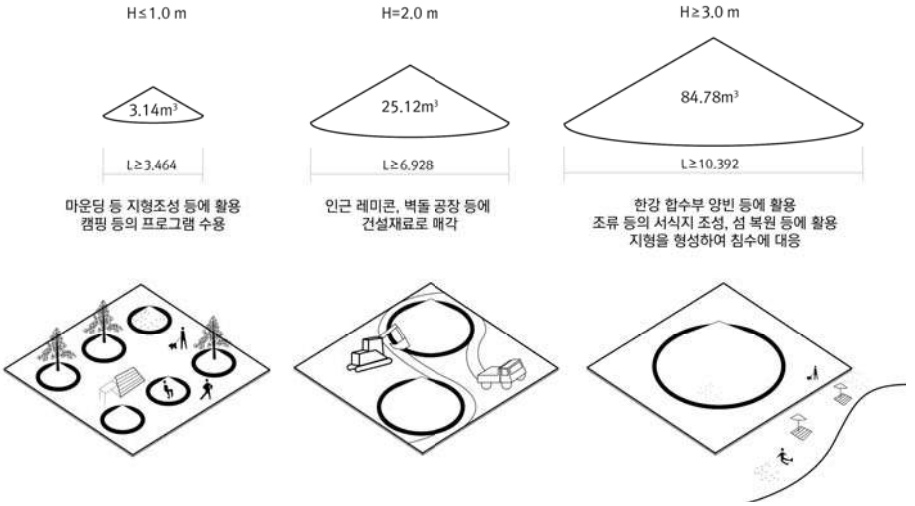


[그림 74] 첫 번째 설계 전략인 탄천 콘크리트 호안의 해체 및 연속지형의 회복



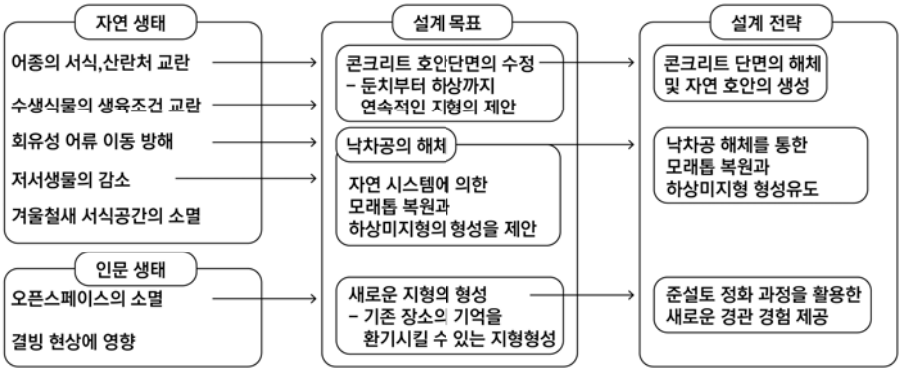
[그림 75] 두 번째 설계 전략인 수중 장애물 해체와 퇴적의 유도와 지형 형성

셋째, 고수부지에 성토한 하상 오니와 준설토의 식물 재배 정화 과정을 통해 이용자들에게 새로운 경관 경험을 제공하고, 미적, 생태적, 교육적 가치 등의 종합적 가치를 제공한다. 성토 지형은 표고에 따라 캠핑이나 식재 마운딩으로 활용하여 견학 등의 인문 프로그램들을 수용하며, 인근 레미콘 및 벽돌 공장 등 혹은 타 건설현장에 기반재로 활용하거나 양빈 등으로 사용되고 침수와 범람에 대응하는 지형으로도 활용된다.



[그림 76] 세 번째 설계 전략인 준설토 정화 과정을 통한 새로운 경관경험의 제공

위의 설계 전략을 종합하면 다음 그림 77과 같다.

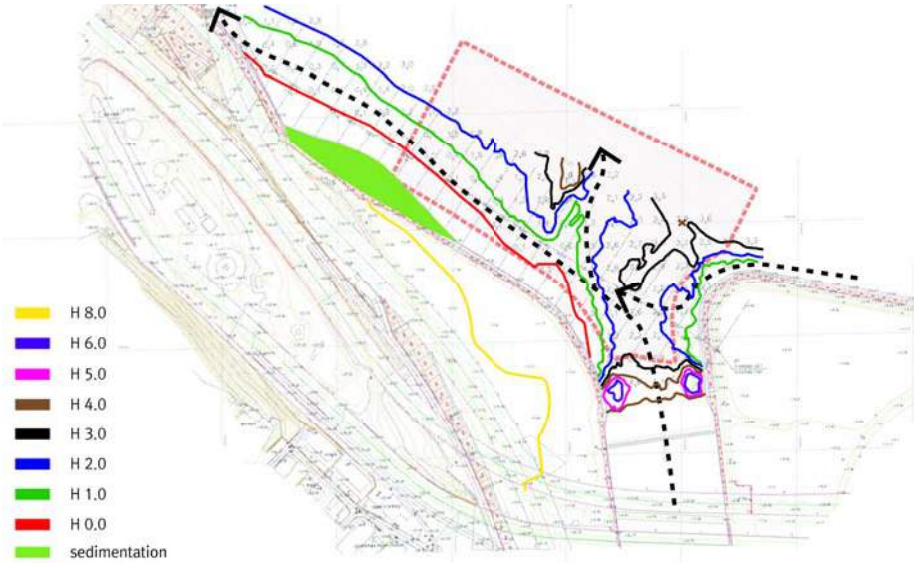


[그림 77] 설계 전략의 종합

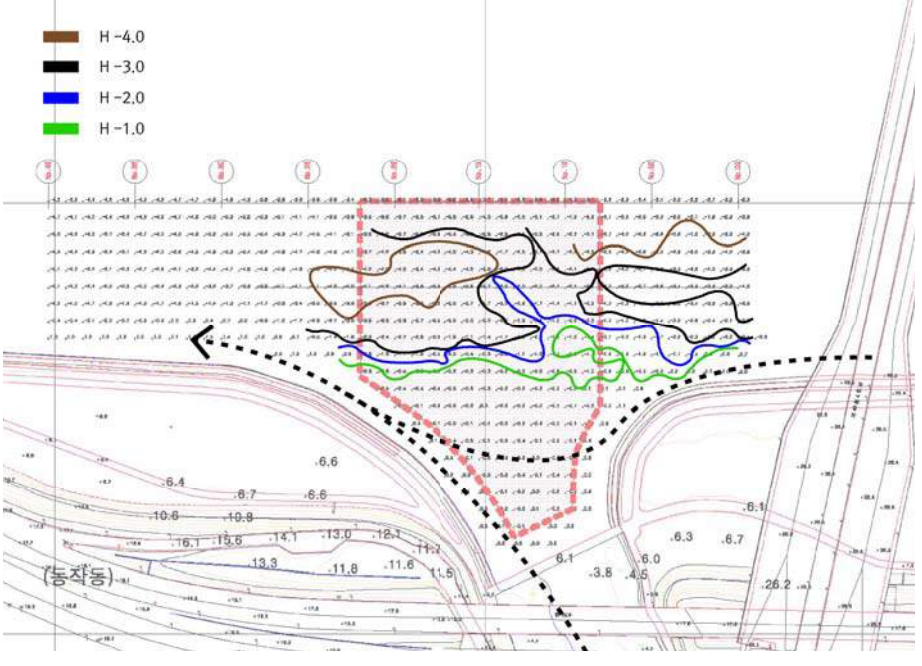
2절 기본 구상 및 계획

1. 현황지형과 퇴적예측 패턴의 결합

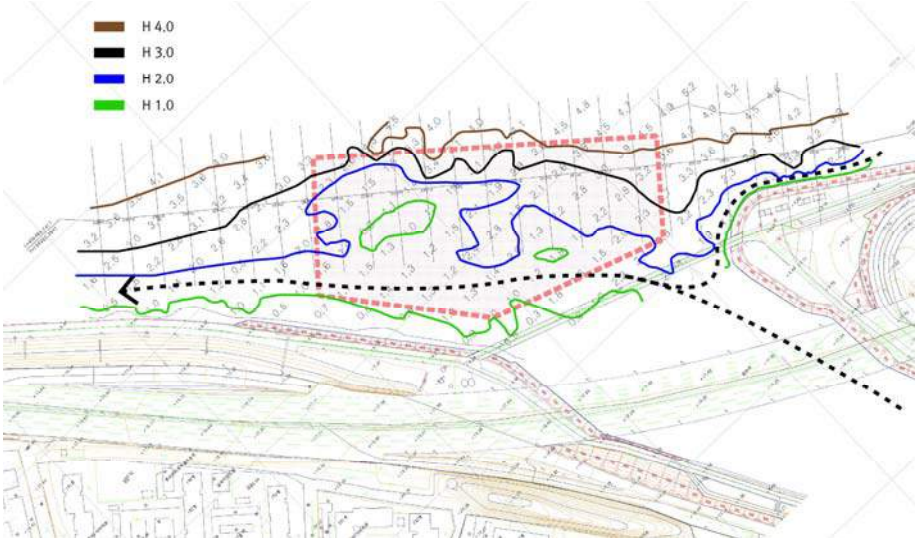
콘크리트 낙차공과 저수호안의 철거로 합수부의 퇴적 현상이 재생되면 사업 이전과 마찬가지로 수류의 충돌 지점과 수변을 중심으로 퇴적 지형이 발달할 것이다. 수류 충돌로 인해 발생되는 유사 퇴적은 하중도의 형태로 초기 생성될 것이며, 그 패턴은 현재의 하상에서 레벨이 높은 지형과 우선적으로 결합하여 사업 이전과는 또 다른 하중도의 모습을 생성하는 현상으로 시작될 것이다. 따라서 퇴적과 결합으로 인해 발생될 지형의 변화를 예측하기 위해 합수부별로 현황 등고선 및 하상 레벨 그리고 상단 표고점들을 확인하였다(그림 78~80).



[그림 78] 탄천 합수부의 등고선 및 하상 레벨 현황



[그림 79] 반포천 합수부의 등고선 및 하상 레벨 현황



[그림 80] 안양천 합수부의 등고선 및 하상 레벨 현황

다음 그림 81은 모래톱이 복원된 수변의 전과 후를 보여준다.

[그림 81] 모래톱 복원 전・후의 합수부의 호안

2. 기본구상 및 동선계획

기본 구상으로 합수부의 양안 중 한 쪽 호안은 준설토를 성토하여 새로운 경관 경험을 제공하며 도시 시스템의 하나로 작동하게 하기 위한 공간으로, 나머지 한 쪽 호안은 인문 생태 활동들을 적극 장려하기 위한 공간으로 조성한다. 성토를 고려한 호안은 운반 장비(그 중에서도 흔히 이용하는 25ton 트럭의 제원을 참고하여 동선을 계획)의 통행과 진·출입이 자유롭도록 계획하며, 다른 한 쪽은 도보 및 자전거 통행을 감안하여 현황 동선을 고려해 동선 계획한다.

우안의 동선계획을 위해 본 연구에서 참고로 한 운반 장비의 제원은 다음 표 33과 같다.

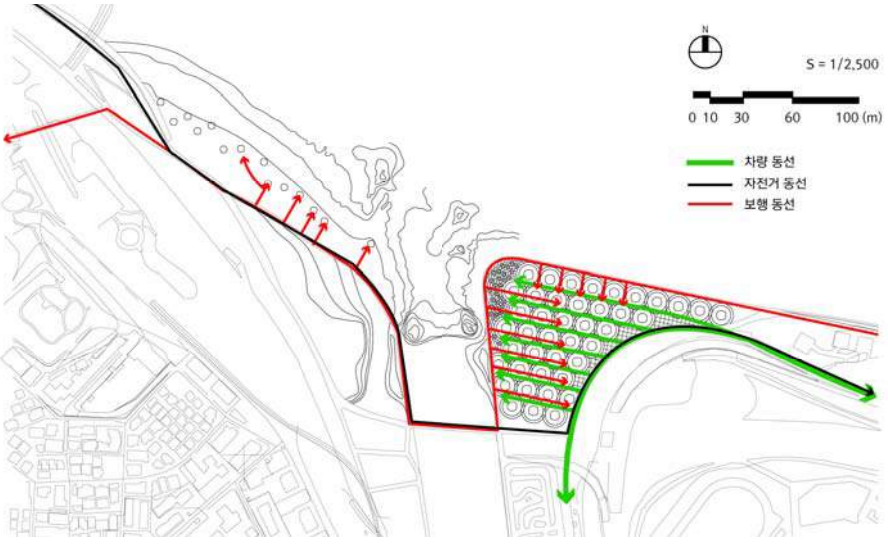
[표 33] 운반장비 제원(25ton 덤프트럭)

구 분	운반장비
전폭 (mm)	2,490 mm
최대적재량 (kg)	24,000 kg
차량중량 (kg)	13,670 kg
최소회전반경 (m)	11.0 m

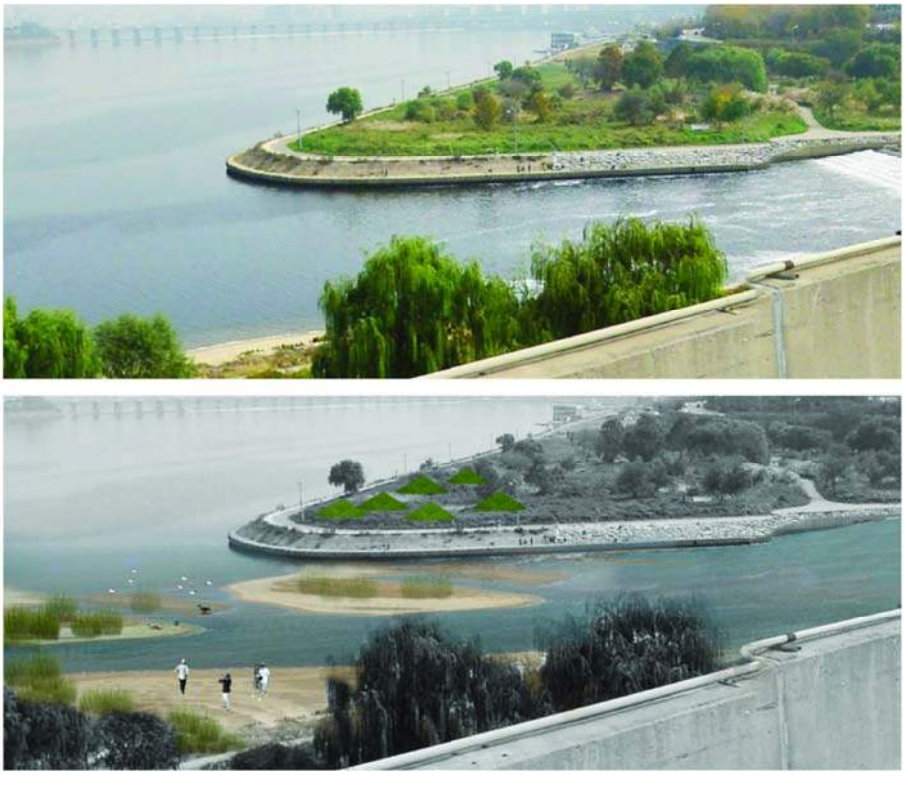
탄천 합수부를 예시로 한 동선 계획은 그림 82와 같다.

그림 82를 살펴보면 우안의 경우 표 33에 명시된 25ton 덤프의 최소회전반경인 11.0m와 전폭 2.49m를 참고하여 동심원이 중첩되는 형태로 계획하였다. 현재 우안만이 차량 접근이 가능한 상태이기 때문에 최대한 현황 조건을 유지하는 수준에서 계획 내용을 반영하였다.

그림 83은 탄천 합수부를 대상으로 한 우안의 전과 후의 이미지를 보여준다.



[그림 82] 탄천 합수부를 대상으로 한 동선계획

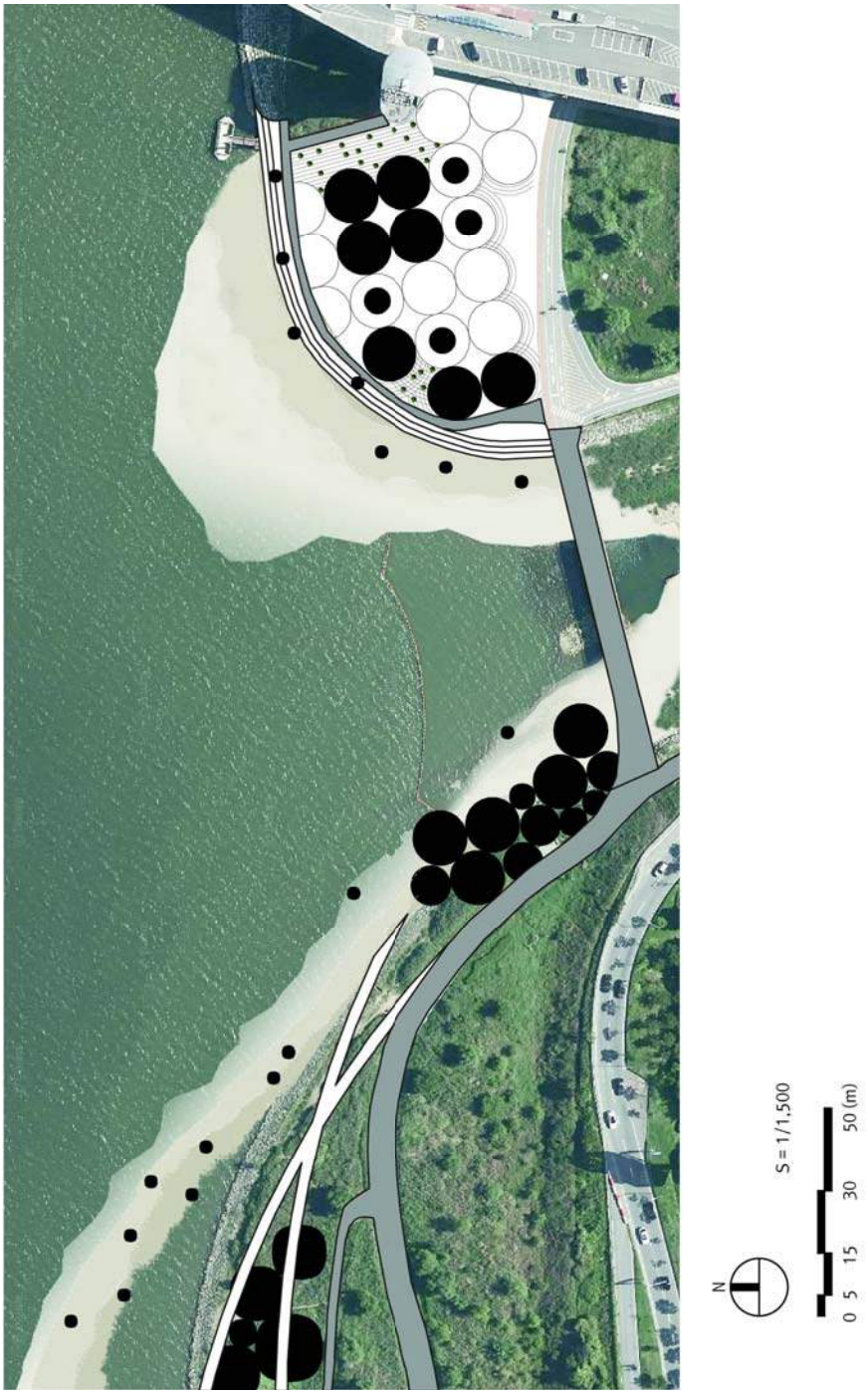


[그림 83] 성토 지형조성 전・후의 탄천 합수부의 우안

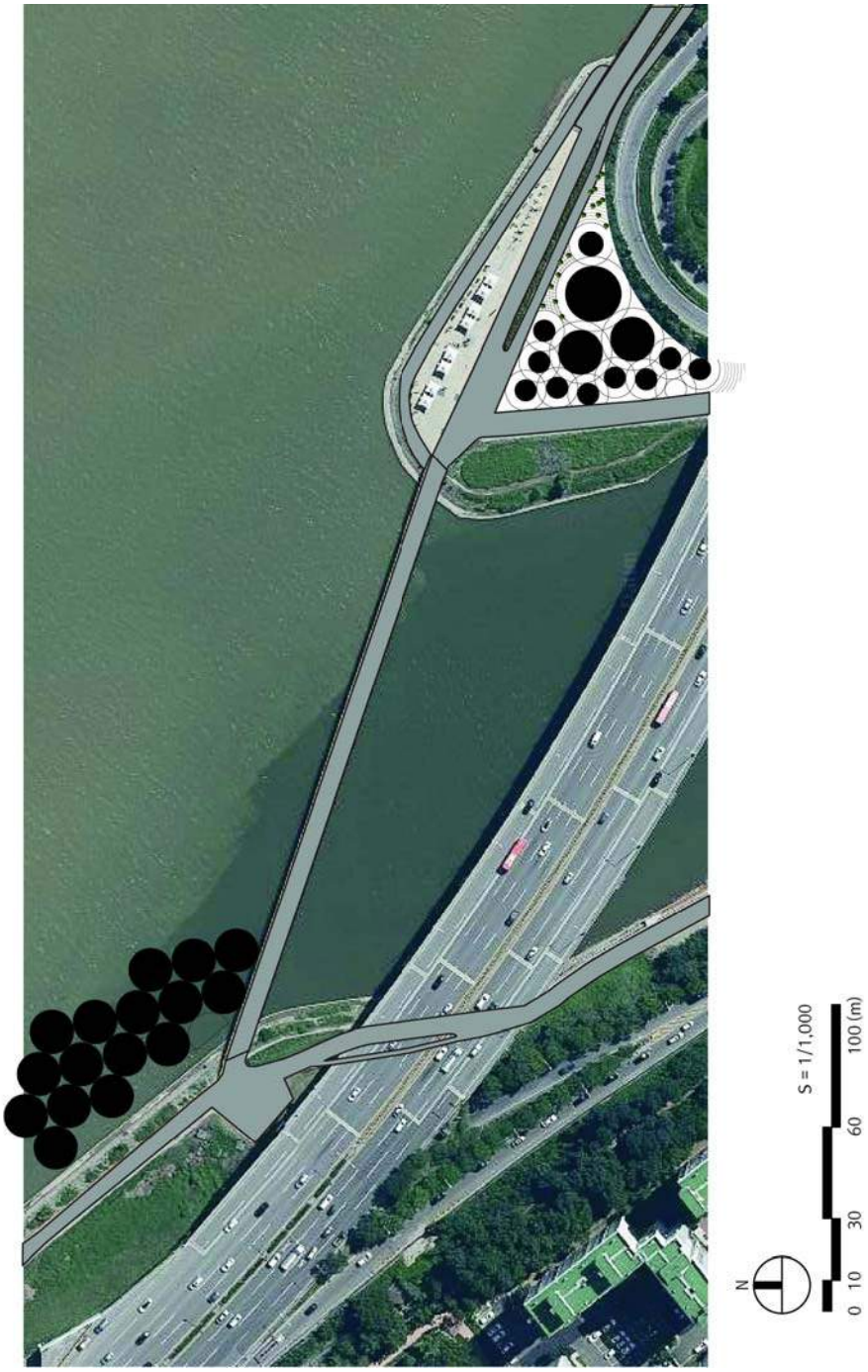
3. 평면계획

퇴적으로 유도한 지형의 변화와 동선 계획을 참고하여 계획한 합수부별 평면계획은 다음과 같다.

[그림 84] 탄천 합수부의 평면계획도



[그림 85] 반포천 합수부의 평면계획도



[그림 86] 안양천 합수부의 평면계획도

제5장 결론

현재 한강의 합수부는 한강종합개발사업 이전에 비해 자연 생태와 인문 생태 측면이 모두 변형되고 소멸된 구조를 유지하고 있다. 그 결과 합수부의 물리적 특성이 보존되지 못한 채, 한강의 여느 기타 수변들과 동일하게 처리되어 고유한 가치들을 담지 못하는 공간으로 전락했다. 철새가 서식하던 하중도와 모래톱이 사라지고, 저서 생물이 서식하던 하상 미지형도 소멸되었으며, 합수부에서 활발히 행해지던 사람들의 인문 행태들도 이제 더 이상 발생하지 않는다.

이런 상황에서 본 연구는 합수부의 생태적 가치들을 복원하는 방향을 설계 목표로 설정하고 식생 패치법을 활용한 퇴적 지형의 복원과 식생재배정화법을 활용한 새로운 지형 경관의 형성, 그리고 불투수인 콘크리트 단면 구조물의 해체 등을 주요 설계방법론으로 한 설계 전략들을 제안하였다.

이처럼 기존의 인위적인 구조물을 배제하고 자연적인 지형 복원 및 형성을 본위로 한 계획은 장소가 가진 기존의 맥락을 존중할 뿐 아니라 반영구적으로 발생하는 침수 및 범람 피해에 대해서도 효과적인 대응책이 될 수 있다는 장점을 가진다. 또한 자연 생태의 복원은 경관의 미적 가치뿐 아니라 교육적, 생태적, 사회적, 문화적 다양한 가치들을 함께 되살린다는 데에 그 의미가 크다고 볼 수 있다.

그러나 한 가지 아쉬운 점은 본 논문에서 제시하는 계획과 아이디어가 다소 기본 구상 수준에 머무르고 있다는 것이지만, 추후 연구에서 좀 더 진행된 내용으로 그 계획들이 실제화 된다면 합수부를 둘러싼 새로운 인식과 풍부한 장소의 경험들이 조성될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

단행본

Catherine Dee(2001), Form and Fabric in Landscape architecture - A visual introduction, Spon Press

C3 Landscape, StossLU, 건축과 환경(역)(2007), C3 Publishing Co., pp 28-49

국립지리원(1977), 신간 1:50,000 기본도지도첩, 국립지리원[편] 1-4

국립지리원(1990), 신간 1:50,000 기본도지도첩, 국립지리원[편] v.1

국토지리정보원(2010), (신간) 1:25,000 기본도지도첩[지도자료]

서울특별시사편찬위원회(2001), 한강의 어제와 오늘, 서울인쇄정보산업협동조합

서울학연구소 윤진영 외(2009), 한강의 섬, 마티

조경비평 봄(2010), 공원을 읽다 : 도시 공원을 바라보는 열두 가지 시선들, 나무도시

논문

Hyung Suk Kim(2013), Impact of finite vegetation patches on flow and bed morphology in open channels, Hokkaido University

Wybe Kuitert(2010), Seoul as Landscape System, Topos vol.73

박수지(2014), 조선시대 서울 경관명소 분포와 인식의 비교연구 : 팔경시, 진경산수화, 풍속지를 중심으로, 국토연구 제82권, pp17~35

이정규, 이창현(2002), 팔당댐 방류량과 황해의 조위에 따른 한강수위 영향분석, 대한토목학회, pp.1831-1834

이정규, 정혜영, 장홍준(2005), 팔당댐 방류량에 따른 수위상승도달시간 예측, 대한토목학회, pp.2648-2651

조성수(2013), 준설토의 경제적 환경적 가치 분석, Journal of Environmental Impact Assessment

간행물 및 보고서

국토교통부, 한강수문조사연보 (1987~2015)

국립산림과학원(2012), Phytoremediation 기법을 이용한 휴・폐광지 오염물질 정화기술 개발

(주)삼보기술단, 양화한강공원 생태공원화사업 최종 감리보고서

서울특별시(1983), 한강종합개발 기본계획설계도, 9-2-5 호안표준도

서울특별시(1983), 한강종합개발 기본계획보고서

서울특별시(2012), 한강수로조사보고서, pp 124-131.

환경과 조경(lak) 322호(2015년 2월호), 자진감리-양화한강공원에 관한 몇 가지 소고, pp 124-131.

환경부(2007), 오염토양 정화방법 가이드라인

기타 (온라인, 동영상 등)

국토교통부, http://www.hrfco.go.kr/, 한강홍수통제소 홈페이지

뉴스, 모습 드러낸 한강둔치 온통 뻘밭 '청소대작전'

서울특별시, http://opengov.seoul.go.kr/, 서울 정보소통광장

서울특별시, http://gis.seoul.go.kr/, 함께 서울지도

EBS1, 한강 위의 갈림길 신곡수중보, 다큐멘터리

Abstract

Confluence point on Han river, this research site, had been central place for river transportation, objet for arts and open spaces for four seasonal recreation because huge sand bars were widely-spread along water edges on river. But all of their original shapes and forms were seriously modified through the Korean government's secondary Han River construction in 1980's. Quantity of sands were excavated and beautiful water edges were reformed to perform fast drainage at summer flooding. And it was significantly connected to loss interests of human users. But even worse matter is that still those damaged conditions are kept without any recovery planning.

Originally it has been known as ecological diversity are improved at confluence points. Underwater lifes are gathering along two different streams and water level changes are affecting on edge's plants' diverse habitat. Especially this phenomena is obvious on Han river because it has a high coefficient of river regime. But it is hard to expect those effects on research sites anymore because impermeable concrete dropes and underwater weirs block all of penetrative circulation between two streams and almost every year of dredging disturbs natural restoration of underwater micro-topography.

Thus study and design about appropriate structure on points are

necessary so that natural and human ecology can be fluent again.

Focused on Tan-cheon, Banpo-cheon, Anyang-cheon between Jamsil and Singok weirs, this research has suggested three strategies of continuous section, recovery of sand bars with vegetation patch and new land formation by phytoremediation as countermeasure methodology.

First of all, continuous section seeks interconnection between water and land. Currently, concrete revetment blocks penetration with river so land is easily turned to be dry environment for plants. As the result, dry-tolerance plants can be adjusted these places which means quite monotonous ecosystem has been created. So, this research suggests no-barrier between two different nature system.

Second of all, vegetation patch is known as the least disturbing method for underwater erosion and 136 number of 5 millimeters of patch are the most suitable density in 0.5 multiply 0.25 meters area, based on a research by Hyung Suk Kim in Hokkaido University. This will lead sedimentation at confluence point.

Last of all, phytoremediation treats both of plant and soil so it can also create functional and aesthetic space at the same time. And it is already generalized method in real field. Purification through plants' root are applicable in vertical range of 1~3 meters so design is considered planting plan over newly-formed topographies. Plant species are introduced Compositae, mugwort, miscanthus for herbaceous plants and salix, birch, alder tree for woody trees. And new land forms can be utilized as camping ground, moundings, supportive construction material, sand bar nourishment and so on. It will also provide a new experience for visitors.

This research can be only ideal suggestion but has a meaning of reinterpretation of confluence points' own values. And further research for actualization can give people back old experiences again.

▌Key word : Confluence points, Ecology recovery, Sedimentation induction, Vegetation patch, Phytoremediation, Dredging soil, Water edges design on Han river

▌ID number : 2014-24101