

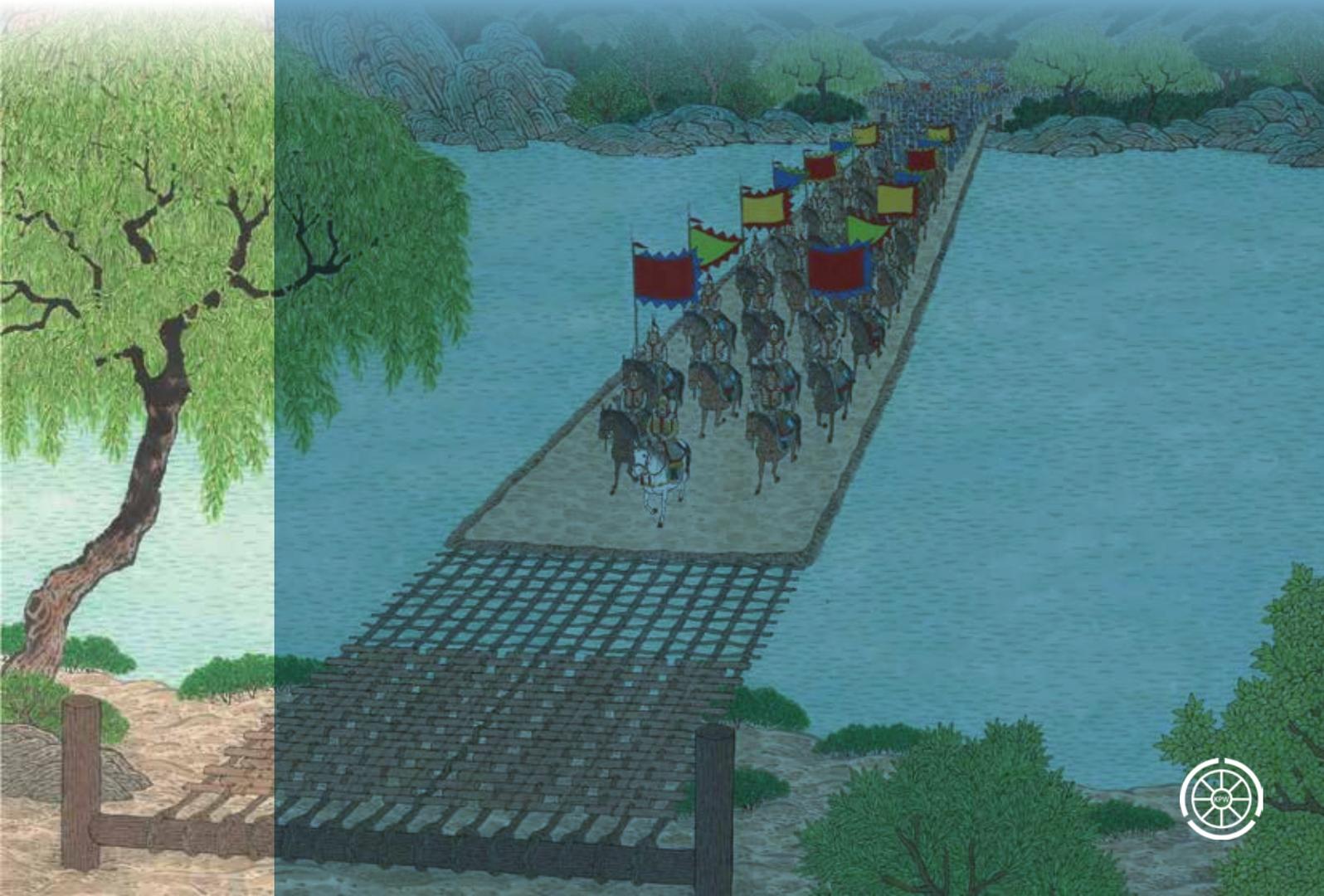


수레바퀴모형을 적용한  
2019 인천하늘고등학교 교과 기반 프로젝트

# 임진왜란 당시 임진강에 가설된 조교의 복원

- 유성룡의 《징비록(懲毖錄)》을 중심으로

 동영상 홍보 자료(클릭)







수레바퀴모형을 적용한  
2019 인천하늘고등학교 교과 기반 프로젝트

# 임진왜란 당시 임진강에 가설된 조교의 복원

유성룡의 《징비록(徵倭錄)》을 중심으로



인천하늘고등학교

# 연구 요약

- 고등학교 수학, 과학 교과에서 배운 지식을 활용하여 교량 공학을 탐구한 후, 임진왜란 당시 임진강에 가설된 **조교의 정확한 형태와 공법을 복원**하는 프로젝트
- 고등학교 문학, 역사, 경제, 지리 과목에서 배운 지식을 활용하여 근대 유산의 가치를 재발견한 후, 『**우리들의 근대 유산 답사기**』를 집단 창작하는 프로젝트

## 문제 제기

- 유성룡이 임진강에 가설한 교량이 과연 현수교였을까?
- 유성룡이 징비록에 남긴 조교는 어떠한 방법으로 장력을 조절했을까?
- 임진강 조교, 한강 배다리, 군산 부잔교 등 역사에 등장하는 교량들을 과학적으로 분석하는 탐구 활동은 왜 없었을까?
- 부잔교가 있는 군산은 일제강점기의 상징으로 남아야만 하는가?

S	과학	주제	한강 배다리와 군산 부잔교의 역학적 탐구
		관련 교과	통합과학, 지구과학 I, 지구과학 II, 융합과학
T	기술	주제	교량 상판 처짐 현상의 공학적 모델링
		관련 교과	통합과학, 화학 I, 화학 II, 융합과학
E	공학	주제	라이즈비에 따른 아치교량의 안정성 탐구
		관련 교과	통합과학, 지구과학 I, 지구과학 II, 융합과학
A	예술	주제	교량의 미적 가치 평가 모델 탐구
		관련 교과	통합과학, 물리 I, 물리 II, 융합과학, 미술
M	수학	주제	전통 부교 건설비 추론을 위한 수학적 모델링
		관련 교과	수학, 미적분, 확률과 통계, 수학 과제 탐구
H	역사	주제	징비록과 만기요람에 묘사된 교량 분석
		관련 교과	통합사회, 한국사, 국어, 문학, 고전 읽기
E	경제	주제	군산을 통한 쌀 이출, 수출인가? 수탈인가?
		관련 교과	통합사회, 경제, 사회 문화, 고전 읽기
L	문학	주제	소설에 묘사된 일제강점기 군산의 이미지 연구
		관련 교과	국어, 문학, 심화국어, 고전 읽기

## 교과 기반 프로젝트팀 (8개 팀)

## 융합 프로젝트

- 《징비록》에 충실한 유성룡 조교의 복원
- 임진강 조교의 장력 조절 방법 연구
- 군산 근대 문화 유산 탐구

## 작품

- 유성룡 조교 복원 모형
- 임진강 조교의 장력 조절 원리 교육용 교구 제작
- 수필 작품 : 『우리들의 근대 유산 답사기』 출판

# 연구 절차

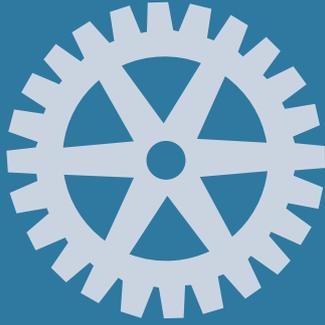
	단 계	일 자	내 용
기 획	프로젝트 설계	2018.10~2018.12	인천하늘고등학교 꿈열정지원부 & 인천대학교 김평원 교수
	학생 설명회	2018.12.22	프로젝트 안내와 연구 과정 설명회
	연구원 선발	2019.03	학생 연구원 선발
	소양 교육	2019.03.24~ 2019.04.04	교량 공학의 기초 유성룡의 조교 관련 기록
팀 별 프 로 젝 트	자료 수준 연구	2019.04.05~ 2019.05.03	자료 수준 연구 & 발표 & 팀 내 공유
	정보 수준 연구	2019.05.04~ 2019.07.05	군산 답사 정보 수준 연구 & 발표 & 팀 내 공유
	지식 수준 연구	2019.07.06~ 2019.08.31	8개 팀별 프로젝트 지식 수준 연구 & 발표 & 팀 내 공유
평 가 프 로 젝 트	평가하기	2019.08.01~ 2019.08.31	다른 팀의 연구 성과 평가 및 교류
	보고서 만들기	2019.08.10~ 2019.08.31	팀별 프로젝트 보고서 작성
	미디어 작품 계획하기	2019.08.10~ 2019.09.30	다큐멘터리 구성
작 품 발 표	다큐멘터리 제작	2019.10.1~ 2019.10.31	다큐멘터리 제작
	연구 성과 발표회	2019.11.01~	프로젝트 발표회 / 다큐멘터리 시사회 『우리들의 근대 유산 답사기』집필

1



HANEUL ACADEMY

# 교육 원리



## 교과 기반 프로젝트의 원리

수레바퀴모형

06

교과 기반  
프로젝트

08

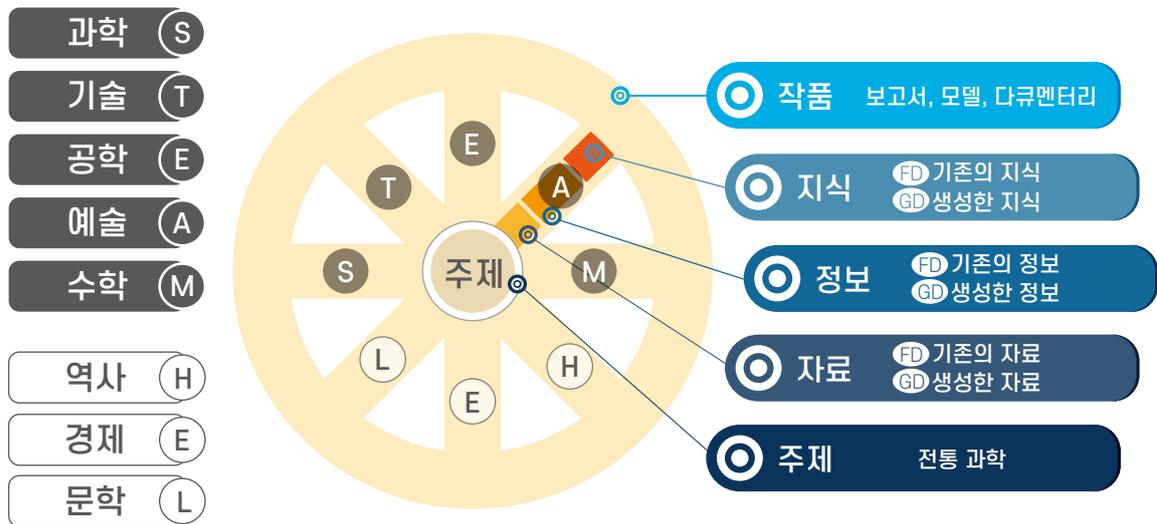
학생과 교사가 함께  
성장하는 작품화 활동

10

# 수레바퀴모형 (Wheel Model)

## ① 수레바퀴모형 I

● 연구 보고서 쓰기 능력과 발표 능력을 갖춘 융합형 인재 양성을 목적으로 2009년 인천대학교 김평원 교수에 의해 개발된 수레바퀴모형은, 교과 기반 개별 연구팀별로 진행된 연구들을 하나로 융합하여, 기존의 통념을 대체할 수 있는 새로운 지식을 생산하는 구조를 취하고 있습니다. 2010년부터 현장에 적용되어 학계(한국과학사학회, 다산학회)와 언론(KBS, SBS, YTN, EBS, 중앙일보, 동아일보, 조선일보)의 주목을 받고 있습니다. 일반고, 자사고, 농어촌 학교 등 다양한 단위 학교에 적용되면서 발전하고 있습니다.



● 수레바퀴 모형을 적용한 프로젝트 KBS 뉴스 보도 (Since 2010) ●

● 출처 : Pyoung Won Kim(2016), The Wheel Model of STEAM Education Based on Traditional Korean Scientific Contents, Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12(9), 2353-2371.

## ②… 자료-정보-지식으로 발전하여 융합하는 작품화 활동

※ 수레바퀴모형은 바퀴통에 해당하는 연구 주제를 중심으로 4개팀이 개별적으로 ①자료 수집 → ②정보 생성(자료를 분석하고 요약) → ③ 지식 생성(정보+아이디어) 과정을 체험하는 바퀴살 단계를 거쳐, 4개팀이 융합하여 작품을 만드는 바퀴테 단계로 발전하도록 설계되었습니다.

● 수레 바퀴 모형의 바퀴살 단계의 절차 ●

수준	성격	특성	방법
	탐색	타인(전문가)의 자료를 발췌하여 재구성한 자료	인용
	생성	실험이나 설문을 통해 얻은 자료	설명
	탐색	타인(전문가)이 밝힌 정보	인용
	생성	자료를 가공하여 의미를 부여한 것	분석
	탐색	다른 사람(전문가)이 밝힌 지식	인용
	생성	정보를 가공하여 의미를 부여한 것	주장

## ②… 수레바퀴모형 II

※ 2017년부터는 수레바퀴모형 II 가 개발되었습니다. 수레바퀴모형 I 이 전통과학을 주제로 한다면, 수레바퀴모형 II 는 미디어 텍스트를 주제로 다루고 있습니다. 수레바퀴모형 II 를 처음으로 도입한 인천하늘고등학교는 KBS와 SBS 현직 방송인을 초빙하여 미디어 리터러시 관련 교양을 쌓았습니다. 2018년에는 과학커뮤니케이션을 주제로 한 수준 높은 융합 프로젝트를 수행하였으며, 2019년에는 영화 더빙 효과를 과학적으로 분석하는 연구를 성공적으로 마쳤습니다.

## ③… Dual Wheel Model Project

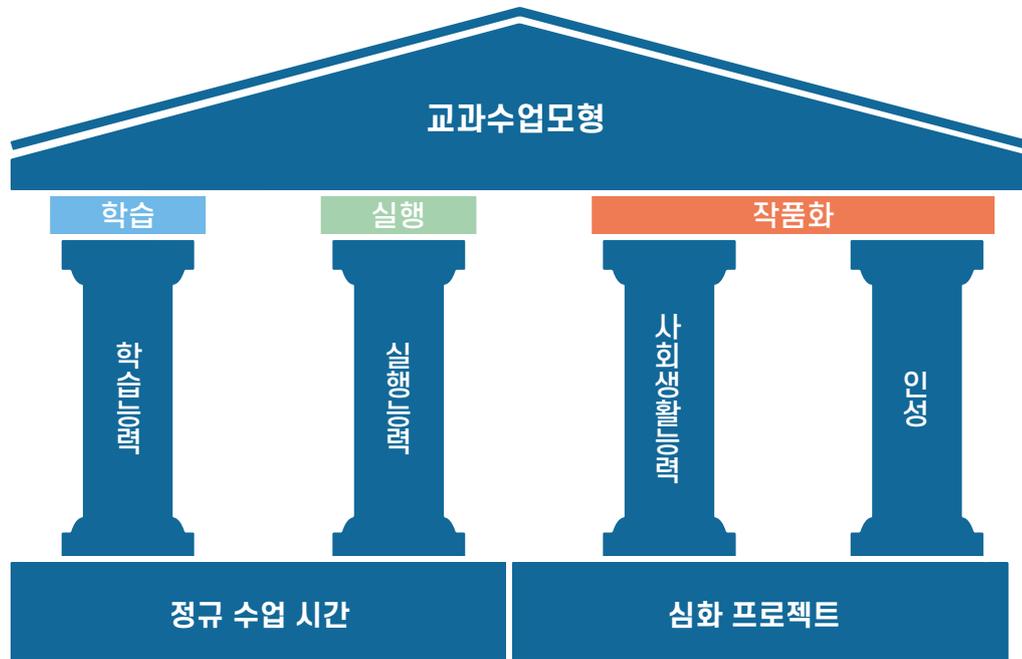
※ 이제 인천하늘고등학교는 교훈인 ‘꿈 그리고 열정’에 맞게 두 개의 수레바퀴로 꿈과 열정을 담은 수레를 움직인다는 학교 **선진화 교육과정 설계 전략**에 따라, 각 교과에서 배운 지식을 활용하여 실제 프로젝트를 수행하는 단위 학교 프로젝트 교육 체계를 갖추게 되었습니다.

성격	수레바퀴모형 I	수레바퀴모형 II
연계 교육	대학-고교 연계 교육의 실천	언론사-고교 연계 교육의 실천
프로그램	전통 과학 기반 창의 융합 프로젝트	미디어 기반 창의 융합 프로젝트
팀구성	교과별 8개팀	교과별 8개팀

# 교과 기반 프로젝트

## ① 교과에서 배운 지식을 활용한 작품화 활동

UNESCO는 21세기에 요구되는 학습 비전으로 학습능력(learning to know), 실행 능력(learning to do), 사회 생활 능력(learning to live together), 인성(learning to be)의 함양을 제시하였습니다. 인천하늘고등학교는 21세기 학습 비전인 네 개의 기둥이 교과 수업을 떠받치는 구조로 비유하여, 정규 수업 시간과 이를 응용한 교과 심화 프로젝트를 실천하였습니다.

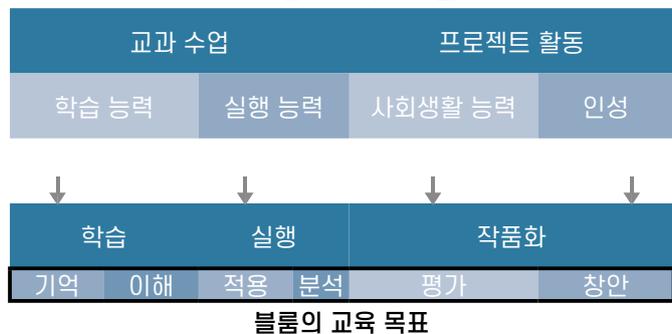


● 21세기 교육을 떠받치는 네 개의 기둥 ●

08

학습과 실행은 정규 교과 수업에서, 작품화 단계에 해당하는 사회생활 능력과 인성은 심화 프로젝트를 통해 함양할 수 있도록 설계하였습니다. 학습, 실행, 작품화 단계는 선생님들에게 익숙한 블록의 교육목표에 맞게 연결 지었습니다.

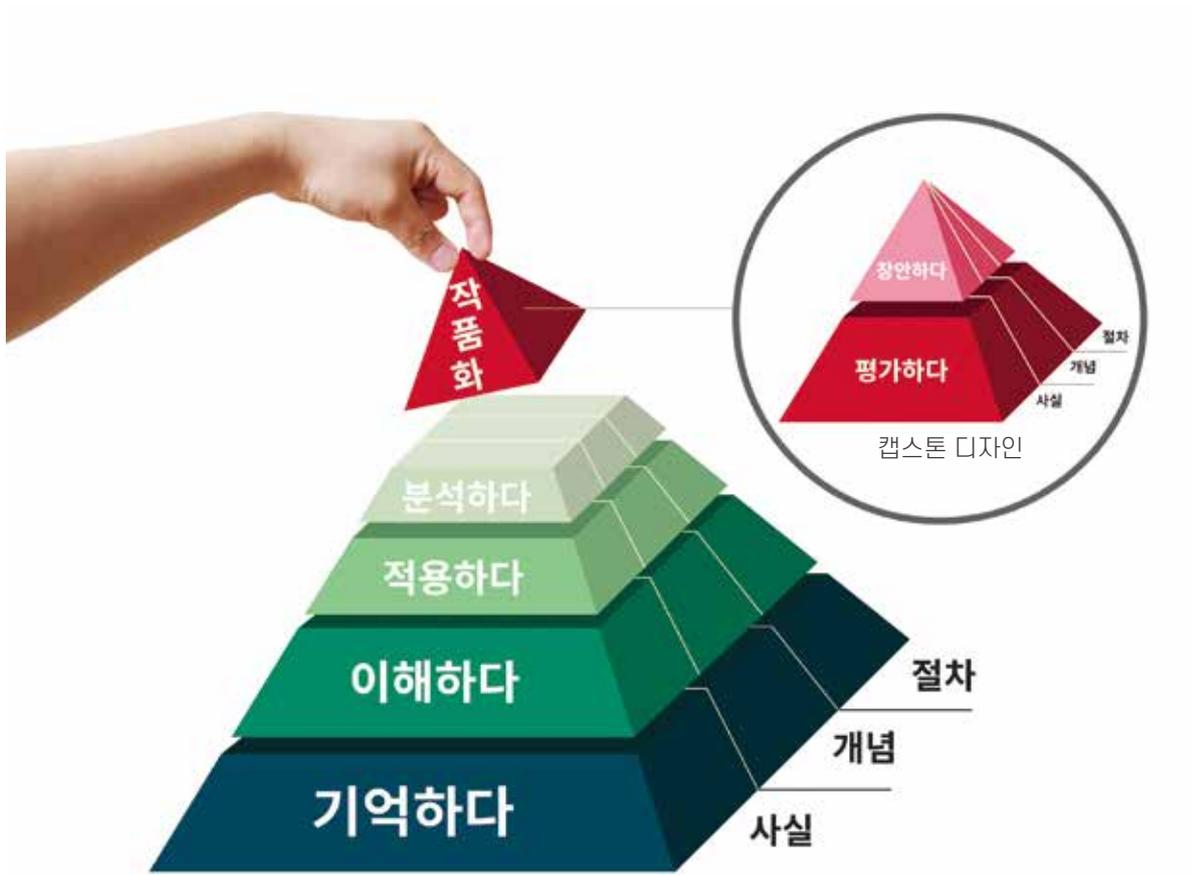
### 교과 기반 프로젝트의 원리



● 출처 : 김평원(2018), 교과 수업과 주제 선택 활동을 연계한 중학교 자유학기의 수업 모형 연구, 교육문화연구 24(1), 269-288.

## ② 교과에서 배운 지식을 활용한 작품화 단계

⊗ 작품화 단계는 최상위 캡스톤 디자인 단계로서 <블룸의 교육목표(2001)>에 맞게 '평가하다'와 '창안하다' 단계와 연계하였습니다. 이는 기존 블룸의 교육목표 '종합'과 '평가'에 해당하는 단계입니다.



● 블룸의 교육 목표 위계(2001)와 인천하늘고등학교의 작품화 단계 ●

⊗ 작품화 단계는 교과 수업 중 프로젝트(1단계~3단계)가 아니라 실제 프로젝트(4단계)를 수행하는 방법입니다.

● 교실 프로젝트와 교과 기반 프로젝트 ●

수준	방법	설명	성격
1단계	수행평가	간단한 보고서를 제출하는 차원	교실 프로젝트 (수업)
2단계	프로젝트법	학생 스스로 과제를 발견하여 해결하는 차원	
3단계	프로젝트 기반 학습	프로젝트에 맞게 교수 학습을 구성하는 차원	
4단계	프로젝트 수행법	교과를 활용하여 실제 프로젝트를 수행하는 차원	교과 기반 프로젝트

# 학생과 교사가 함께 성장하는 작품화 활동

## ①... 작품화 활동을 통해 성장하는 학생의 역량

⊛ 미래 사회를 대비한 개정 교육과정에서 강조하고 있는 학생의 역량은 학생과 교사가 모두 인지하고 있는 '**객관적 역량**'과 학생은 모르지만 교사가 파악하고 있는 '**잠재적 역량**', 교사는 모르지만 학생이 자각하고 있는 '**은폐된 역량**'으로 구분할 수 있습니다.

⊛ 정규 학교 수업만으로 교사가 학생의 역량을 충분히 파악하기에는 한계가 있습니다.

	학생이 아는 사실	학생이 모르는 사실
교사가 아는 사실	<b>객관적 사실</b>	<b>잠재력</b>
교사가 모르는 사실	<b>은폐된 사실</b>	<b>미지의 사실</b>

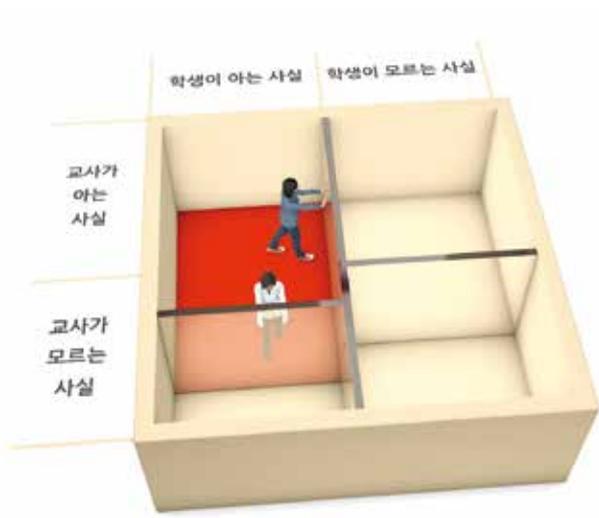
● 학생의 역량 프레임 ●

## ②... 학생과 교사가 함께 성장하는 교과 기반 프로젝트 활동

⊛ 학생과 교사가 모두 모르는 '**미지의 사실**'을 제외하고, 학생이 모르는 **잠재력**과 교사가 모르는 **은폐된 사실**은 교과 기반 프로젝트 활동을 통해 충분히 객관적인 역량으로 드러낼 수 있습니다.

⊛ 교과 수업을 확장한 프로젝트 활동을 통해 학생이 스스로 모르고 있었던 '**자신의 영역(잠재력)**'을 교사와 학생 모두가 인지하고 있는 '**객관적 사실의 영역**'으로 확장시킬 수 있습니다.

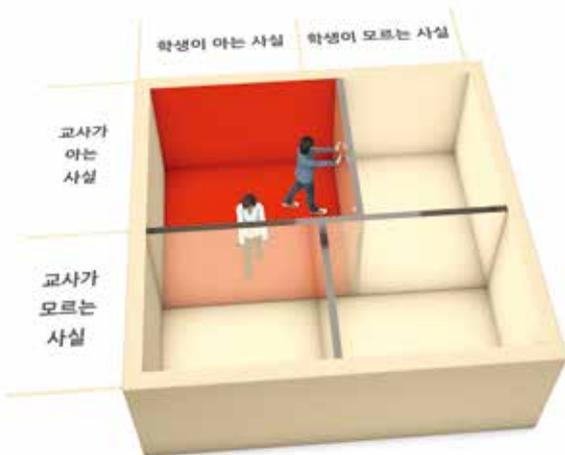
⊛ 학생들은 교사가 모르고 있었던 영역(은폐된 사실)을 객관적 사실의 영역으로 확장시킬 수 있도록 학교 교육 활동에 적극적으로 참여하면서 교사와 적극적으로 상호작용합니다.



● 학생의 노력에 의한 학생 역량 프레임의 변화 ●

	학생이 아는 사실	학생이 모르는 사실
교사가 아는 사실	<b>객관적 사실</b> ↓ ↓ ↓	잠재력
교사가 모르는 사실	은폐된 사실	미지의 사실

⊗ 교사는 정규 수업 시간은 물론 프로젝트 활동을 통해 학생의 성장을 관찰하면서 파악해야 합니다.



● 교사의 노력에 의한 학생 역량 프레임의 변화 ●

	학생이 아는 사실	학생이 모르는 사실
교사가 아는 사실	<b>객관적 사실</b> → → →	잠재력
교사가 모르는 사실	은폐된 사실	미지의 사실

⊗ 이처럼 프로젝트 활동은 교사가 모르고 있었던 영역(은폐된 영역)과 학생이 모르고 있었던 영역(잠재력)을 객관적 사실의 영역으로 확장시키는 과정으로, 학교생활기록부에는 프로젝트 활동을 통해 확장된 객관적 사실이 기록됩니다.

● 출처 : 김평원(2018), 대입 제도의 공정성에 관한 교사의 인식과 학생부종합전형의 개선 방안 연구, 교육문화연구 24(3), 105~126.

2



HANEUL ACADEMY

교육 성과



## 8개 팀별 프로젝트 요약

S	과학	14
T	기술	15
E	공학	16
A	예술	17
M	수학	18
H	역사	19
E	경제	20
L	문학	21



# 한강 배다리와 군산 부잔교의 역학적 탐구



과학 기반 프로젝트 팀

박나현, 김도원, 김명지, 김현국, 박주훈, 송연수, 조용준 (2019년 인천하늘고 2학년)

## 1. Introduction

다산 정약용은 한강 배다리와 노량진 나루터를 연결하는 방법으로 부판(폰툰)을 제안하였다. 이 부판은 일제 강점기 군산에 설치된 부잔교와 유사하다. 이 연구에서는 군산 부잔교의 구조를 역학적으로 살펴보고자 한다.

## 2. Methods

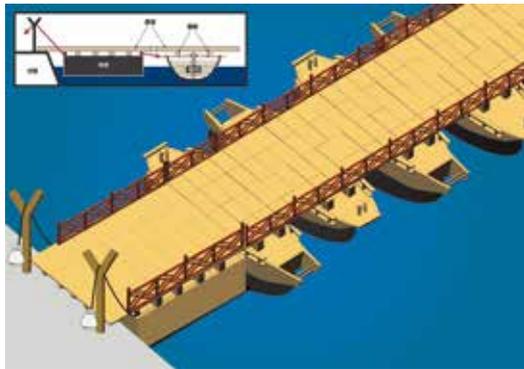
- ❶ 기록물 : 『주교지남』과 부잔교 도면
- ❷ 답사 : 군산 부잔교 답사



[그림 1] 『주교지남』과 군산 부잔교

## 3. Results

- ❶ 한강 배다리의 부판 다리의 역학적 분석



[그림 2] 한강 배다리 선창 부분 가상 복원

『주교지남』에서는 판자 방식의 원리에 따른 선창 다리의 위험성을 우려해 부판 방식을 새로운 대안으로 제시했다. 부판방식은 부판이 한강의 수위에 따라서 유동적으로 움직여 하중을 줄일 수 있다는 장점이 있고, 이는 안정적인 선창다리를 만드는 데에 일조했다.

하지만 부판이 하중에 따라서 지나치게 가라앉을 수 있다는 문제가 생겼다. 이에 『주교지남』에서는 중력을 이용해 부판의 유동성 문제를 선창에 부판을 결속함으로써 해결했다. 여기서 Y자 기둥이 사용되는데, Y자에 해당하는 두 개의 기둥에 돌을 담은 주머니를 걸어 선창다리 쪽으로 끌어당기게 하고, 부판의 반대 쪽은 굵은 밧줄로 향선의 가용목에 묶게 된다.

Y자 기둥에서 무게 추의 역할을 하는 돌주머니는 배다리의 상부구조에 가해지는 하중이 증가할 때 부판이 가라앉을 정도로 무거워야한다. 하지만 너무 지나치게 무거워지면 썰물 때 수면이 내려감에 따라서 부판이 함께 따라 내려가지 못하는 상황이 발생할 수 있다. 그래서 Y자 기둥에 걸려있는 돌주머니는 너무 무거워도, 너무 가벼워도 안돼서 적당한 무게가 필요하다.

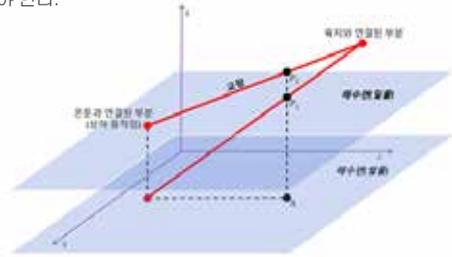
이러한 방식으로 Y자 기둥을 설치함으로써 사람과 말이 선창을 밟더라도 부판이 물에 가라앉지 않고, 수면이 낮아지면 그에 따라 부판도 같이 움직여 들리지 않게 할 수 있었다.

- ❷ 군산 부잔교의 역학적 분석

군산 부잔교에 있는 기둥은 경간의 하중을 감소시켜서 폰툰이 경간의 움직임에 따라 유동적으로 움직일 수 있게 해주는 역할을 한다. 그래서 군산 부잔교에서는 기둥에 고정도르래를 달아서 연직 방향으로 작용하는 힘의 방향을 바꾸어 경간과 추를 쇠사슬로 연결시켰다.

이 원리가 적용된 대표적인 예시는 승강기의 균형추에 있다. 승강기 균형추는 카의 무게에 해당하는 균형추를 고정도르래의 반대편에 연결시켜서 권상기(Traction machine)가 부담하는 일의 양을 덜어내는 효과를 준다.

또한 수위 변화에 유동적으로 움직일 수 있도록 기둥이 고정형이 아닌 조차에 따라 움직이는 방식이라면 더 효과적이다. 밀물과 썰물에 의해 해수면의 높이가 지속적으로 변화하기에 지표면과 폰툰을 잇는 교량의 기울기도 지속적으로 변하게 되기 때문이다. 바다 해수면을  $xy$ 평면으로 하는 좌표공간에서  $xy$ 평면 위에 한 점 A를 잡는다고 생각해보자. 점 A를 지나고 축에 평행인 직선이 교량과 만나는 점을 P라고 한다면 점 P의  $z$ 좌표는 계속 변하게 되는 것이다. 따라서, 교량의 무게를 보조하는 구조물의 높이 또한 점 P의  $z$ 좌표에 맞춰 지속적으로 변할 수 있어야 한다.



[그림 3] 시뮬레이션 결과

부잔교 또한 경간의 움직임의 원인인 조수간만의 차이를 좀 더 효과적으로 사용하기 위해, 경간의 무게를 추를 이용해 줄이고, 움직임에 대한 효율을 높이려하였다. 그렇기 때문에 부잔교는 추를 달기 위한 목적을 가지고 기둥을 세웠다고 볼 수 있다.



[그림 4] 시뮬레이션 결과

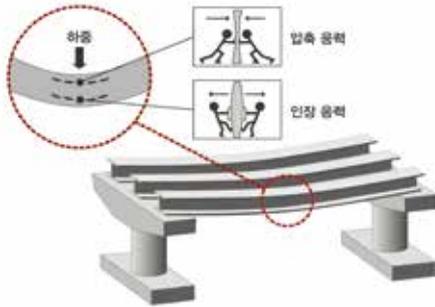
[그림 4]과 같이 지면과 폰툰이 보조 구조물 없이 하나의 교량을 통해 이어져 있다고 하자. 폰툰과 교량의 질량을 각각  $m_1, m_2$ 라고 하고, 교량의 기울기를  $\theta$ 라고 하면 폰툰의 무게  $m_1 g$ 는 폰툰에 고르게 가해지는 부력  $\rho g V$ 에 의해 상쇄된다. 교량의 무게  $m_2 g$ 가 교량과 수직 방향으로 작용하는 분력은  $m_2 g \cos \theta$ 이며, 교량의 끝부터 무게중심까지의 길이를  $r$ 이라 하면 폰툰에 가해지는 교량의 톨림힘은  $r m_2 g \cos \theta$ 이다. 이 힘이 폰툰에 가해짐에 따라 물에 잠기는 부피  $v$ 도 증가한다. 이때, 힘이 폰툰의 한쪽 끝부분에만 가해지므로 물에 추가로 잠기는 부피  $\Delta v$ 가 그 부분에 편중되고, 폰툰이 기울어지게 되는 것이다. 또한, 쌀의 운송 과정에서 큰 중량의 쌀을 폰툰으로 운반할 때 다리의 하중이 더욱 커져 폰툰의 기울어짐이 더 심해지고, 극단적인 경우에는 힘이 부력을 초과하여 폰툰의 일부가 물에 가라앉을 가능성도 생긴다. 따라서, 교량의 무게를 받쳐 줄 구조물이 필요해 기둥과 같은 구조물이 필요하다.

## 4. Discussion

군산 부잔교는 구조적 특성이 『주교지남』에 제안한 한강 배다리 선창에 설치한 부판 다리와 일치한다. 군산에 있는 등륜 문화재들을 역사 콘텐트에서 공학적 콘텐트로 외연을 확장하기 위해서는 본 연구와 같이 과학적 관점에서 탐구하는 과정이 필요하다고 본다.

## 1. Introduction

교량은 교각과 교각 사이가 취약할 수밖에 없다. 교각과 교각 사이에 놓은 거더에 작용하는 응력에는 두 가지 종류가 있다.



[그림 1] 거더에 작용하는 두 가지 응력

본 연구에서는 교량 상판의 처짐 현상을 수학적 모델로 상정하고, 시뮬레이션을 통해 상판 변형을 추론하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 교량 상판을 물리학적인 **현수선(Catenary)**으로 상정하였다. 본 연구팀이 현수선 방정식에 주목한 까닭은 현수선이 '그 자체 무게만으로 드리워져 있는 밀도가 균일한 선상'이라고 정의되어 현수선의 모든 지점에서는 중력과 장력만이 작용하기 때문이다.

현수선을 가장 이상적인 처짐 현상으로 규정할 경우 교량 상판은 현수선이 허용하는 범위 내에서만 변형이 일어나야 한다. 현수선 형태를 초과하여 변형이 일어날 경우 교량 상판은 위험에 빠지게 된다. 현대 교량 공학에서도 현수선을 뒤집은 모양으로 아치교를 설계하고 있는데, 이는 모든 하중이 압축 응력으로만 작용하고 인장 응력이 발생하지 않게 하기 위함이다.

## 2. Methods

- 가정 1 : 교량 상판은 강체가 아니라고 가정함.
- 가정 2 : 무게 중심에 하중이 걸릴 경우 무게 중심을 지나는 연직 방향의 직선에 대해 대칭이고, 이때의 곡선은 현수선으로 가정함.
- 가정 3 : 현수선의 방정식은 다음과 같이 가정함.

$$f(x) = a \cosh \frac{x}{a} = \frac{a}{2} (e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}})$$

- 가정 4 : 교량 상판 변형 함수 설정

$$D(x) = \frac{a(e^{bx} + e^{-bx})}{2} + c \dots ①$$

$a$ : 계수를 결정하는 상수

$b$ : cosh 함수에서 밑을 결정하는 상수

$c$ : 최소값을 결정하는 상수

$l$ : 상판의 길이

$k$ : 상판이 변형되었을 때 상판의 최저점과 최고점의 높이 차이

교량을 측면에서 본 모습을 좌표평면에 도입하면, 변형되기 전 상판이  $x$ 축 위에 존재하고, 상판의 무게중심의 좌표는 원점(0,0)에 두었다. 상판의 길이가  $l$ 이므로 DTPM의 정의역은  $-\frac{l}{2} \leq x \leq \frac{l}{2}$

변형된 상판의 형태가 식 ①의  $D(x) = \frac{a(e^{bx} + e^{-bx})}{2} + c$  와 같다고 두어 모델을 설계하면 다음의 세 가지 점을 반드시 지난다.

$$(0, -k), \left(\frac{l}{2}, 0\right), \left(-\frac{l}{2}, 0\right)$$

위 점들을 이용해  $a$ 와  $c$ 를  $b, k, l$ 에 대한 식으로 나타낸다.

$$D(0) = \frac{a(1+1)}{2} + c = a + c = -k \quad \therefore c = -k - a \dots ②$$

$$D(x) = \frac{a(e^{bx} + e^{-bx})}{2} - a - k = \frac{a(e^{bx} - 2 + e^{-bx})}{2} - k$$

$$= \frac{a(e^{bx} - 1)^2}{2e^{bx}} - k \dots ③$$

$$D\left(\frac{l}{2}\right) = D\left(-\frac{l}{2}\right) = 0 \text{ 이므로, } D\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{a(e^{0.5bl} - 1)^2}{2e^{0.5bl}} - k = 0$$

$$\therefore a = \frac{2ke^{0.5bl}}{(e^{0.5bl} - 1)^2} \dots ④$$

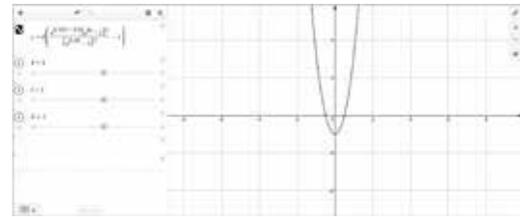
식 ④를 식 ③에 대입하면

$$D(x) = k \left\{ \frac{e^{0.5b(l-2x)}(e^{bx} - 1)^2}{(e^{0.5bl} - 1)^2} - 1 \right\} \dots ⑤$$

모델인 식 ⑤에서  $l$ 과  $k$ 는 가정에 따라 사전에 주어진 상수이고,  $b$ 는 실험적으로 결정되는 상수이다.

## 3. Results

그래프 계산 프로그램인 Desmos를 사용하여 변형된 다리의 모습을 확인하였다. 상수의 값에 따라 달라지는 식의 형태를 가시적으로 확인하기 위해 slider 기능을 사용하였다.

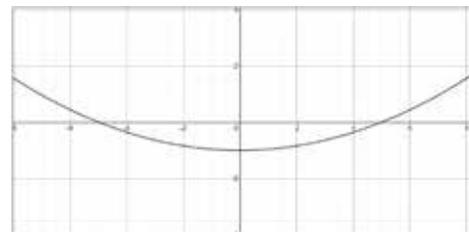


[그림 2] Desmos 화면

$b = 0.0001$ 일 때, 상판의 길이가 10m인 거더교에서 어떤 물체가 상판의 무게중심에 놓여 이 점이 1m 하강한 거더교의 모델을 만들었다. 각각의 상수의 값이 다음과 같으므로  $l = 10, k = 1, b = 0.0001$ 이라 하면

$$D(x) = \frac{e^{0.00005(10-2x)}(e^{0.0001x} - 1)^2}{(e^{0.0005} - 1)^2} - 1 \quad (\text{단, } -5 \leq x \leq 5)$$

최종 결과는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 시뮬레이션 결과

## 4. Discussion

교량은 교각과 교각 사이에서 변형을 피할 수 없으므로, 변형 한계를 미리 수학적 모델링으로 설정하고, 변형이 임계점에 이르면 교량의 안전을 다시 점검해야 한다. 이를 위해서는 교량에 작용하는 복잡한 힘에 대한 수학적 이해가 필수적이다.



# 라이즈비에 따른 아치교량의 안정성 탐구



공학 기반 프로젝트 팀

강민지, 노갑민, 임세화, 정현희, 조다빈, 채희준 (2019년 인천하늘고 2학년)

## 1. Introduction

아치교는 본체가 아치 형태를 띠는 교량으로 심미적인 외관과 효율적으로 힘을 분산하는 특징을 가지고 있는 교량 형식 중 하나이다. 수원 화성의 수문들이 대표적인 아치교이다.



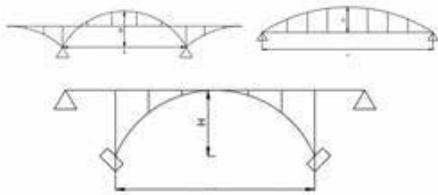
[그림 1] 『화성성역의궤』 남수문과 복원한 남수문

본 연구에서는 아치의 라이즈비(Rise-ratio)에 변화를 주었을 때 나타나는 교량의 형태 변화를 분석하고, 형태 변화에 따른 구조적 안정성을 수학적으로 모델링하고자 한다.

## 2. Methods

### 1 아치교량에서의 라이즈비

라이즈비는 아치교량의 경제성, 안정성 등을 고려할 때 가장 중요한 요소로서, 아치의 높이(H)/경간(L)이라고 정의한다.



[그림 1] 『주교지남』과 군산 부잔교

### 2 시뮬레이션용 교량 모형

본 연구에서 수학적 모델링에 적용할 아치교의 형태는 [그림 3]과 같이 좌우에 아치 리브를 6개씩 배치하여 총 12개의 아치 리브로 구성된다. 지간 거리는 50m이며 다리의 총장은 300m로 설정하였다.



[그림 3] 아치교 모델링

재질은 철근 콘크리트로서 두께를 2m로 가정하였으며, 돌출부는 제외하였다. 총 8차선 도로에 각 차선의 폭을 최솟값 2m로 가정해 다리의 최소 폭을 16m로 설정하였다. 아치리브의 지면 접촉 단면적은 4m<sup>2</sup>로 가정하였다.

## 3. Results

· 아치리브에 수직방향으로 등분포 하중이 작용하면 양 지점에 **수평반력**이 생긴다. 수평반력은 하중에 의해 발생하는 휨모멘트를 크게 감소시켜 부재 단면에 압축력이 작용하도록 한다.

· 아치교에서  $f$ : 아치 높이,  $l$ : 아치 지간의 길이,  $w$ : 아치리브가 받는 하중이라고 할 때 아치교의 라이즈 비는  $\frac{f}{l}$ 이며 수평반력은  $\frac{wl^2}{8f}$  이다.

차량운행하중의 경우, 국내 판매량에서 가장 높은 비율을 차지하는 현대기아차 동차의 LF 소나타(1.8t)와 최대 수용가능인원(5인, 약 325kg), 그리고 적재중량(약 400kg)을 기준으로 하였으며 편의를 위해 2.5t으로 설정했다. 차량의 길이와 교통체증 시 최소 차간 거리를 고려하여 차량 1대 당 5m를 차지한다고 가정하였다. 이때 총 8차선 도로로, 도로 중앙선을 기준으로 아치리브를 좌아치리브, 우아치리브로 나누고 각각의 아치리브가 부담하는 하중의 크기를 4차선에 해당하는 하중의 크기로 설정하였다.

· 따라서 아치리브가 받는 하중의 크기는  $2.5KN \times 10 \times 10 \times 4 = 1000KN$  이고,

· 철근으로 구성된 교량상판의 하중을 구하면  $24.5 \times 50 \times 8 \times 2 \times 10 = 196000KN$  이다.

$$\text{이때 교량에 가해지는 등분포 하중은 } \frac{(196000+1000)}{50 \times 8} = 492.5KN$$

· [표 1]은 아치지간의 길이를 50m라고 고정하고 아치교가 온도하중 15°C를 받았다는 가정 하에 라이즈비에 따른 수직 변화량과 수평반력을 나타낸 표이다. 이때 수직 변화량은 Midas Civil 프로그램을 이용한 선행 연구의 자료(신기훈, 2013)를 참고하였다.

[표 1] 아치교 모델 A~E의 온도하중 15의 수직변화량과 수평 반력

모형	라이즈 비	아치리브의 높이(m)	수직 변화량(mm)	수평 반력(KN)
A	1/2	25	9.4	6156.25
B	1/4	12.5	14.6	12312.5
C	1/6	8.33	19.3	18476.1375
D	1/8	6.25	24.3	24625
E	1/10	5	29.4	30781.25

· 수평반력이 허용지내력을 초과하는 경우 지반이 붕괴되며, 근접할수록 지반이 불안정해진다. 그러나 수평 반력이 일정 수준 이하인 경우에는, 휨모멘트를 충분히 감소시키지 못해서 아치의 기능을 수행하지 못할 가능성이 크다. 따라서 둘을 종합적으로 고려하여 적절한 수평반력을 찾는 것이 중요하다.

· **라이즈비가 작을수록 미관상 우수하다**는 연구결과가 있었으나, 라이즈비가 적정 범위보다 작아지면 수평반력이 허용지내력에 근접하게 되며 **수직 변화량이 커진다**는 단점이 있다. 반대로, 라이즈비가 적정범위 이상일 경우 휨 방향으로 불안정하며 아치가 하중분산의 기능을 수행하지 못하게 된다. 이를 바탕으로 모델 A~E에서 가장 적합한 모델을 선택한다.

· 아치리브의 지면 접촉 단면적이 4m<sup>2</sup>이므로, 지반에 작용하는 허용 지내력은 4000KN/m<sup>2</sup> × 4m<sup>2</sup> = 16000KN 이다. 따라서 수평반력은 16,000KN보다 작아야 하기 때문에 모델 C~E는 부적합하다. 수평 반력 외에도 C-E의 온도 변화에 대한 수직 변화량은 안정적인 범위라 할 수 없었다.

## 4. Discussion

모형 A와 모형 B를 비교했을때, 수직 변화량은 모형 A가 더 작지만, 수평 반력이 일정 수준 이하일 경우, 하중 분산이 불안정하여 적합하지 않다. 따라서 본 연구팀에서는 **모형 B가 최종적으로 가장 적합하다는 결론**을 내렸다.

라이즈비로 아치교의 구조적 특성을 분석한 결과, 라이즈비가 1/4인 아치교 모형에서 수직변화량과 수평반력이 미치는 영향이 균형을 이루어 가장 적합한 모형임을 알 수 있었다. 본 연구는 내진 설계 측면은 고려하지 않았기 때문에, 후속 연구에서는 통해 지진에 견디어 내는 변수를 포함하여 실험한 결과를 종합하여 적합한 모형을 판단해야 할 것이다.



# 교량의 미적 가치 평가 모델 탐구



예술 기반 프로젝트 팀

강경래, 강성은, 안규원, 이태경 (2019년 인천하늘고 2학년)

## 1. Introduction

교량은 공학적인 측면도 중요하지만 미적 측면도 중요하다. 본 연구에서는 교량의 아름다움을 평가하는 객관적인 방법, 즉 **공학 미학**의 가치를 평가하는 방법을 제안하여 실제 교량을 평가하였다.

## 2. Methods

### 1 설문 조사 : 정량적 평가

평가 항목은 선행 논문을 참고하여 교량의 공학적 아름다움에 영향을 미칠 9개의 평가항목을 (배경 형태, 배경 색채, 비례, 균형감, 개방감, 연속성, 안정감) 선정하였다. 각 항목별로 교량마다의 순위를 매기는 방식으로 평가를 하였다. 추가적으로 거더교를 평가함에 있어 거더교에서는 주경간교와 접속교, 부재에 관해 평가하기 힘들어 거더교 평가 항목에서 비례, 균형감, 연속성을 제외하였다.

### 2 평가 대상

사진을 바탕으로 교량을 자연환경과 도심으로 나누고, **주행자 시점**과 **원경**으로 나누어 네 개의 설문지를 제작하였다.

[표 1] 교량별 설문지 설계

배경	교량명	교량형식	
자연환경	A	거북선대교	사장교
	B	백야대교	아치교
	C	이순신대교	현수교
	D	석모대교	거더교
도심	E	올림픽대교	사장교
	F	방화대교	아치교
	G	광안대교	현수교
	H	반포대교	거더교

### 3 피험자

인천하늘고등학교 2학년 87명을 대상으로 설문을 진행하였다. 설문 대상자는 성별에 따른 미적가치 판단의 차이가 있을 수 있음을 고려하여 1:1의 성비로 선정하였다. 설문 방식은 교각 A, B, C, D의 사진을 관찰하고 질문에 대해 A, B, C, D의 순위를 매기는 방식으로 진행하였다.

### 4 분석 방법

거더교의 경우 다른 교량구조들과 달리 '상하부의 구분', '주경간교와 접속교의 구분' 등이 모호하다. 때문에 거더교에 대한 '비례', '균형감', '연속성'의 질문은 판단이 불가하였다. 통계를 위해서는 모두 하나씩 특정 값을 필요로 하기 때문에 해당 세 가지 각각의 질문별로 A, B, C(혹은 E, F, G)의 합이 평균값이 D의 값이 되도록 지정하였다. 이 때 D의 값은 항상 174가 된다. 응답 결과 항목별로 1부터 4까지의 값을 갖게 되므로 4분할 된 설문에서 각각 질문별 87명의 응답결과 합은 870이 도출되어야 한다. 하지만 D의 공란을 174로 설정할 경우 해당 질문의 응답결과 합은 696이 된다. 비율은 일정하게 하되, 질문별 합을 870로 맞추기 위해 '비례', '균형감', '연속성' 질문은 모두 응답결과에 1.25배를 해 주어 수를 맞추었다.

원경	A	B	C	D	
배경형태	191	212	141	326	870
배경색채	187	217	136	330	870
주변경관	207	212	128	323	870
비례	206.25	238.75	207.5	217.5	870
균형감	207.5	242.5	202.5	217.5	870
개방감	243	271	164	192	870
연속성	211.25	255	186.25	217.5	870
안정감	180	205	221	264	870
조화	194	224	163	289	870
	1827	2077.25	1549.25	2376.5	

[그림 1] 데이터 분석 사례

위와 같이 산출한 결과값이 작은 순서대로 순위를 부여하여 교량의 종류별 전반적인 심미성을 판단하였다. 이후 세부적으로 어떤 항목에서 장단을 보이는지 분석하기 위해 (가), (나), (다), (라) 각각 교량별 요소들의 상하위권을 다양한 기준으로 분류하였다.

## 3. Results

### 1 주행자 시점 - 사장교

·사장교는 9가지 항목 모두에서 높은 점수를 받았다. 사장교는 긴 주경간장을 바탕으로 개방감을 확보할 수 있었다. 높은 개방감은 교량의 배경이 되는 푸른 자연을 와이어 사이에서 한쪽의 액자처럼 담아 보며 주행하는 것을 가능하게 하기 때문에 주변경관간의 조화로우움을 느끼게 해 준다. 케이블은 양 사이드에 일정하게 존재하여 계속되는 직선들이 균형감과 안정감을 주며, 길이가 변화하는 직선의 반복으로 리듬감 또한 찾아볼 수 있었다.

### 2 원경 - 사장교

·사장교는 주탑과 와이어의 대칭성을 기반으로 하여 균형감과 비례 항목에서 높은 점수를 기록했다. 사장교는 와이어를 사용하였다는 점에서 나쁘지 않은 개방감을 확보하였다. 또한 와이어로프를 사용함으로써 뒷 배경을 거의 해치지 않아 배경과의 조화 또한 높게 나타났다. 사장교는 현수교에 비해 평평하였던 와이어와 높게 늘어난 주탑을 통해 안정감이 좋다는 평가를 받았다.

### 3 주행자 시점 - 현수교

·현수교는 주경간장이 매우 길어 주행 중 지루함을 느낄 수 있으나 높은 주탑과 이에 연결되어 이어진 케이블로 인하여 다양한 시각적 경험이 가능하다. 먼저, 주탑과 먼 거리에서 주행을 할 때는 시선이 수평이고 주탑이 비교적 낮아보이지만 주탑과 가까워 질 수록 높아보이며 주변의 건물과 작은 산, 바다의 경관 배경이 주탑의 아래로 보이게 되는 것이 이에 해당한다. 뿐만 아니라, 곡선형으로 얇게 늘어난 케이블은 부드러운 느낌과 안정감을 주며, 주변 경관을 해치지 않고 조화를 이룬다. 얇은 케이블과 대조적으로 두께감이 있는 교각은 교량의 균형감을 이룬다. 또한 양 사이드에 주탑과 주탑 사이를 끊임없이 이어주는 케이블은 연속성이 높다는 평가를 받았다.

### 4 원경 - 현수교

·여러 개의 주탑이 일정한 간격을 두고 거대하게 서 있어, 교량이 균형있게 시공되었다는 느낌을 강하게 줄 수 있었다. 또한 현수교는 주탑에 걸린 와이어가 모든 하중을 책임지는 만큼 높고 멋드러지게 지어진 주탑이 상판과 타 요소들 간의 좋은 비례를 만들어 주었다. 현수교는 매우 긴 주경간장을 보여준다는 점과 하중을 지탱하기 위해 와이어로프를 사용한다는 점에서 높은 개방감을 확보할 수 있었다. 현존하는 교각의 형태 중 가장 긴 주경간장을 확보할 수 있는 현수교는 하중을 지탱하는 탑이 배경을 가릴 수조차 없는 넓은 주경간장을 바탕으로 개방감을 확보하였다. 또한 현수교는 아치교, 트러스교 등의 철제구조물로서 교각을 지탱하는 형태와는 다르게 가느다란 와이어로프를 사용함으로써 뒷 배경을 거의 해치지 않는, 개방감을 보여주었다. 현수교는 타 교각에 비해 압도적인 연속성을 보여주었다. 주 케이블과 보조케이블, 와이어로프를 사용한다는 점이, 철골아치구조물, 거더교의 거더의 연속보다 높게 평가받았다.

## 4. Discussion

현대 토목구조물인 교량을 공학적이름다움의 향상적 관점에서 현수교, 사장교, 아치교, 거더교의 교량을 평가하였다. 교량 간 부재의 조화, 교량의 개방감, 교량의 균형감 등 여러 척도에서 다수의 사람들이 현수교의 심미성을 높게 평가하였다. 그러나 사장교는 개방감과 부재간의 조화를 제외한 안정감, 비례등의 척도에서 타 교량 구조에 비해 낮은 평가를 받았다. 하지만 결론적으로 선정된 요소를 모두 추합하여 보았을 때 현수교와 사장교는 타 교각들의 비해 높은 평가를 받았다. 이를 통해 **장대교량이 심미성을 장점으로 가진다는 점은 사실**이며, 부재간의 조화를 보이는 공학적인 아름다움을 내포하였다는 점을 확인할 수 있었다.



# 전통 부교 건설비 추론을 위한 수학적 모델링

수학 기반 프로젝트 팀

김수아, 박세호, 변석원, 송제우, 송혜린, 이민진 (2019년 인천하늘고 2학년)



## 1. Introduction

조선 정조대왕 시기 한강 배다리는 건설 당시 백성들의 사정을 살피라는 정조의 지시로 인해 경제적인 면이 중시되었다. 정조뿐 아니라 후대의 왕들이 한강을 건너기 위해 수시로 재건할 때까지 이러한 풍습은 유지되었다. 이 연구에서는 한강 배다리의 이면에 있는 실학 정신을 토대로 **매년 다리를 재건할 때마다 재사용되는 건설 재료의 가치가 주기적으로 변화하는 것을 수학적으로 모델링**하여 한강 배다리의 현대적 가치를 탐구하고자 한다.

## 2. Methods

- 문헌 연구 : 「주교지남」, 「만기요람」, 「조선왕조실록」
- 감가상각을 고려한 한강 배다리 예산 추정 방식식 추정
  - 매년 변화하는 배다리의 가치에 대한 수학적 모델링
  - 사용되는 재료의 내용연수와 감가상각률에 따라 나타나는 주기성 분석
  - 재료와 년도에 따라 추정되는 배다리의 가치에 대한 수식을 도출
  - 각 수식을 모두 더해, 감가상각을 고려한 배다리 가치의 증가 및 감소 추이 추론
  - 인건비 등 추가 비용을 고려해 최종적인 배다리 예산 수학적 모델링 완성

## 3. Results

- 문헌 분석 및 각 재료 조사
  - 『만기요람』 채용편의 내용을 중심으로 배다리 건설에 사용된 재료를 쓰임과, 원료를 기준으로 6갈래로 나누어 분류하고 내용 연수를 조사하였다. 각 재료의 가격은 문헌을 참고하여 추정하였다. 예를 들어 『주교지남』을 통해 횡량과 종량의 경우 종량의 길이는 7파, 횡량의 길이는 8~9파이며, 두께는 2치인 소나무로 만들어진 나무 판자 임을 알 수 있었다. 1파는 현대 단위로 0.303m이므로, 종량과 횡량의 길이는 각각 약 2.121m, 약 2.424~2.727m이다. 당시 사용된 단위는 영조척(30.65cm)이었으며, 1척은 10치와 같다. 3.065\*2=6
  - 폭은 현대 원목 거래 시 표준적으로 사용되는 40cm로 설정하였을 때, 현대 가치로 종량은 약 120,000원, 횡량은 약 150,000원 이었을 것이라는 결론을 도출하였다.
  - 또한, 건설 자재를 제외한, 배다리를 건설하는 데 드는 인건비 등 기타 비용도 고려해야 한다. 주교사의 재정은 영남 별회곡(別會穀) 200석에 한하는 모조(耗條)와 호남 3조창(漕倉)의 조량(漕糧), 조포미(漕布米) 807석, 콩 50석, 무명 7동 8필로 충당하였으며 부족할 때에는 호조에서 지급했다.
  - 쌀 1석 : 16만원 / 콩 1석 : 80만원 / 무명은 한 동이 50필, 1필이 50자, 1자가 30cm. 시중에서 90cm짜리 무명이 3000원이므로 1000\*50\*358= 1790만원. 쌀은 160000\*(200+807)=1억 6112만원, 콩은 800000\*50=4000만원.
  - 기타 총 비용 : 1790+16112+4000=21902. 2억 1902만원.
- 주교사 인건비의 현대적 추론
  - 주교사의 설립연도 : 1789년
  - 주교사의 자산이 부족해졌던 1837년까지 48년간 2억 1902만 원을 지원받았다.
  - 2억 1902만원 ÷ 48 = 456만원/년
  - 매년 호조로부터 1432만원(716냥)을 지원받았으므로, 456만원 / 년+1432만원 / 년 = 1888만 원 / 년
  - 매년 인건비에 1,888만원이 지출되었음.
- 현대의 감가상각률표를 적용
  - 배다리는 고정 자산이므로, 사용 시일의 경과에 따라 그 자본 가치가 점점 소모된다. 각 재료별 감가상각률을 고려해, 시기별 배다리 가치 추정 식을 고안하였다.

·내용 연수는 현대 국제청 법인세법 시행규칙의 [별표 6] 업종별 자산의 기준 내용 연수 및 내용 연수 범위표를 참고하여 나무 판자류 6년, 나무 기둥류 3년, 쇠못류 8년, 쇠 볼이류 12년, 쇠 밧줄류 10년으로 설정하였다. 내용 연수에 따른 상각률은 **국제청 법인세법 시행 규칙**의 명시된 것을 이용하였다.

### 법인세법 시행규칙 [별표 4]

감가상각자산의 상각률표(제15조제2항관련) 일부

내용연수	정액법에 의한 상각률	정률법에 의한 상각률
년	할부리	할부리
2	500	777
3	333	632
4	250	528
5	200	451
6	166	394
7	142	349
8	125	313
9	111	284
10	100	259

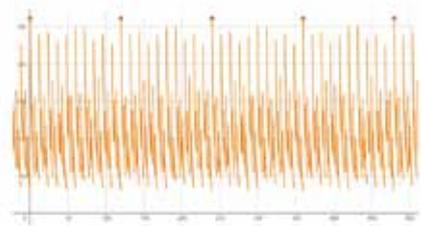
### 4 한강 배다리 예산 추정 방식식 도출 - 재료별

$$f_{\text{횡}} : y = 0.144438(1 - 0.313)^{x-8} \left[ \frac{x}{8} \right] + 0.258(1 - 0.259)^{x-10} \left[ \frac{x}{10} \right] + 0.912(1 - 0.221)^{x-12} \left[ \frac{x}{12} \right]$$

$$g_{\text{나무}} : y = 57.55(1 - 0.632)^{x-3} \left[ \frac{x}{3} \right] + 53.32(1 - 0.394)^{x-6} \left[ \frac{x}{6} \right]$$

$$h_{\text{배다리}} : y = f(x) + g(x) + 18.88$$

·내용 연수가 n년인 자산의 감가 상각률을 r이라 하고, 그 내용 연수가 n년인 자산들의 총합이 A원이라고 하였을 때 해마다 변화하는 가치를 하나의 지수 함수로 표현하였다. 주기가 n년이므로  $x-n \left[ \frac{x}{n} \right]$ 의 모형을 띤 변수를 포함한 식을 지수에 표현함으로써 자산의 가치 변화 주기가 n년인 함수식을 나타내었다. 이후  $A(1-r)^{x-n \left[ \frac{x}{n} \right]}$ 의 방정식으로 자산의 변화하는 가치의 일반방정식을 도출하였다.



[그림 1] 배다리 예산 추정 방식식 사례

[그림 1]은 가격 변화의 추이를 더 상세하게 파악하기 위해서 비교적 가격이 낮은 철의 가치에 100을 곱하여 나무의 가치와 기타 비용에 더하여 나타낸 것이다.

$$h_{\text{배다리}} : y = 100f(x) + g(x) + 18.88$$

·함수를 그래프로 도시할 경우 배다리 가치의 최댓값으로 각각의 내용연수들의 최소공배수인 120년의 주기를 가진다. 각각의 점들은 시간의 변수인 x값이 정수인 지점으로  $f(x)$  값은 해당 년도의 배다리의 가치에 해당한다.

## 4. Discussion

배다리 건설에 사용된 재료의 **감가상각률에 따른 다리의 감정 가치 변화에 대한 수식을 도출**하고 이를 수학적으로 시각화하였다. 이 과정에서 당시의 전반적인 조건뿐만 아니라 생성함수와 매개변수, 주기함수 등의 수학적 개념과 경제 개념인 감가상각까지 고려하여 완성도 있는 식을 도출하였다. 계산 결과 310m 규모의 배다리를 복원할 때 배다리의 가치는 최대 약 1억 3천만원으로 추정된다. 이는 서울시에서 배다리 복원에 쓴 22억 3500만원의 약 17분의 1 더 적은 비용으로 배다리는 과학적일뿐 아니라 경제적 효율성까지 충족한 발명품이라는 것을 확인할 수 있었다.

## 1. Introduction

『징비록』은 서예 유성룡이 임진왜란 동안 경험한 사실을 기록한 실기이다. 『징비록』에는 단순히 전쟁 동안의 경험만 담겨있는 것이 아니라 전쟁 이전의 국내·외적 정세, 지도층으로서의 자기반성 등이 서술되어 있다. 『만기요람』은 조선 후기 문신 서영보, 심상규 등이 왕명을 받아 조선의 재정과 군정에 관한 내용을 수록한 행정 지침서이다. 본 연구에서는 두 서적에 과거의 상황을 파악하는데 용이한 기록이 남아있다는 점뿐만 아니라 특히 조선의 다리 가설 과정에 관한 기록이 남아있다는 점에 착안하여 『징비록』과 『만기요람』을 개관하며 조선 시대의 다리 가설 과정과 그 의의를 분석하고자 한다.

## 2. Methods

- 1 문헌 연구 : 유성룡의 『징비록』과 『만기요람』 개관
- 2 논증 : 두 문헌의 기록 해석을 바탕으로 한 조선의 다리 가설 분석

## 3. Results

### ① 『징비록』의 특징과 의의

·일반적인 역사서가 아닌 개인의 회고록으로써 성찰적 성격을 지니고 있으며 사실적, 객관적 서술이 돋보인다. 필자는 자신을 비롯한 지도층의 잘못을 반성하며, 특히 패배했던 전투의 원인을 구체적으로 기록함으로써 같은 잘못을 되풀이하지 말자는 의지를 징비록에서 보여준다. 주관적 감정을 배제한 채 객관적으로 일본군을 평가한 부분 역시 돋보이는데 이는 ‘知彼知己, 百戰百勝’의 의미와 일맥상통하다. 또한, 임진 전쟁을 거시적 관점에서 바라볼 때 객관적으로 역사적 상황을 분석할 수 있도록 해준다는 점 역시 의미가 있으며, **임진강 부교에 관한 기록**은 훗날 한강 배다리 가설에 영향을 주었다는 점에서 의의가 있다.

### ② 『징비록』 초본(필사본)과 간행본의 비교

·유성룡이 징비록을 필사한 이유는 서문에서 말했듯이 전쟁을 예방하기 위함이었다. 그리고 전쟁에 대한 책임을 지고 사죄했던 그가 후손에게 자신을 보호하고 번영하기 위함이었다. 이것은 후손 나아가 가문을 위함이고 그가 속한 당파를 보호하려는 의도도 담겨있었을 것이다. 그러나 징비록은 전무후무한 임진왜란의 잔혹성을 나타내려는 점과 안일한 대처 방식에 대한 반성의 의미가 강하다고 할 수 있다. 특정 당파를 위함이기보다 조선 전체를 위하는 측면이 있다고 할 수 있다. 민족을 위해 전쟁을 대비하기 위함이 가장 크다고 할 수 있다.

·목판본의 간행 목적은 그의 저서를 널리 보급하여 유성룡의 개인적인 면모를 비롯해 전쟁에 대한 대비 등을 알리는데 있다고 할 수 있다. 아울러 전쟁으로 인해 선조를 비롯한 조선왕실의 기록이 많이 부족한 현실에서 징비록은 부족한 역사를 메워주는 부분이 크다. 징비록 간행 역시 왕실의 역사에 관한 부채를 채워주는 부분도 있었을 것이다. 그러나 **필사본을 기본으로 목판본을 간행**했기 때문에 집안과 제자 그리고 같은 당파에 속한 사람들이 참여하는 경우가 많았다. 따라서 공공의 목적으로 제작되는 간행본은 유성룡, 그리고 같은 당파에 속한 사람들에게 불리한 내용이 생략되거나 수정될 수 있을 것이다.

·**필사본과 목판본**에서의 가장 큰 차이점은 문체에 있다. 필사본은 개인이 직접 쓰면서 자신의 정서까지 드러낸 글이지만 목판본은 공공성이 크게 작용하기에 훨씬 공식적인 의식을 드러내고 표현하는 방법을 선택했을 것이다. 필사본에서는 구어체가 사용되었으나 목판본은 원문에 충실히 쓰려는 경향이 있다. 실제 징비록 초본에서는 명령을 내리는 부분에서 구어체를 많이 사용하고 있다. 반면 목판본은 초본보다 문장의 구성이나 내용을 충실히 쓰려는 경향이 보인다. 또한, 초본에서는 문장을 생략하는 경우가 보이는데 목판본에서는 최대한 원문을 충실히 표현하고 있다. 아울러 필사본의 독자층은 후손 등 가족에 한정되었다고 볼 수 있으며 필사본에서는 실제 구어적인 표현들이 보인다. 목판본의 독자층은 보다 넓기에 보수적인 문장을 쓰고 원문을 제시해 주장을 명확히 하려는 경향이 있다.

·부교 관련 내용을 보면 도면이 없는 상태에서 유성룡이 직접 쓴 초본 『징비록』만으로는 정확한 의미를 파악하기 어렵다. 간행본 『징비록』에서는 막대 길이가 3~4척에서 2~3척으로 다소 줄었으며, 막대기로 침 동아줄을 뚫는다는 의미를 보다 명확하게 밝혔다.



[그림 1] 징비록 초본 조교 설명 부분

### ·징비록 초본에 기록된 임진강 조교 공법

**各持短杠三四尺以一頭橫穿索內** : 각자 3, 4척의 짧은 나무 막대기를 가지고, 나무의 한쪽 끝을 가지고 동아줄을 가로로 뚫어, (설명이 명확하지 않음)

### ·징비록 간행본에 수정된 임진강 조교 공법

**各持短杠二三尺 穿葛索** : 각자 2~3척의 짧은 막대기를 가지고 침 동아줄을 뚫어.

### ② 『만기요람』의 특징과 의의

·군주의 효율적인 국정 운영을 위해 만들어진 행정 지침서로서, 조선 후기의 경제, 군사 정책을 파악할 수 있게 하며 19세기 이후 정책에도 영향을 준 중요한 사료이다. 『만기요람』의 편찬에는 효율적 국정 운영을 위함과 동시에 순조의 친정 이후 왕권의 정통성을 확보하기 위해 ‘계술(繼述)’의 의미로써 편찬되었다는 정치적 의도가 담겼음을 알 수 있다.

·『만기요람』의 《재용》 5편의 주교 부분을 살펴보면, 총 6가지 부분으로 구성되어있는 것을 알 수 있다. ‘주교사’ 부분에서는 선박이나 교량에 관한 사무를 관할하기 위해 설치된 주교사라는 기구와 그 설치 배경이 설명되어 있다. 정조 14년, 훈련도감에 소속되어 있는 배와 한강의 사선 가운데 큰 것을 연결하여 배다리를 만들었고, 이를 관리하기 위해 주교사가 설치되었다는 내용을 찾아볼 수 있다. <진로>는 나룻배가 다니는 길, 즉 배다리가 놓인 길을 의미한다. 선릉, 정릉 등은 노량 나루터에서, 현릉 등은 광진 나루터에서 갈 수 있다는 것을 알 수 있다. 조선 후기, 한강에 설치하던 주교의 운영 방안을 논한 『주교지남』에서 언급된 바와 같이, 노량과 광진에 배다리가 놓여있었다는 사실을 확인할 수 있다. <주교선>에는 배다리를 만드는 데 사용된 배의 종류가 기록되어 있다. 교배선은 별에서 띄어 놓은 배인데, 보통 38척의 교배선이 사용되었고 조수 간의 차에 의해 사용된 수가 변했다. 횡랑, 종랑 등은 배를 만드는 데 사용된 재료라고 추측된다. 좌우위호선은 배다리 양 옆에 놓여 배다리를 지키고 호위한 배로 추측된다. 이러한 배들을 철거한 후에는 주교사의 창고에 저장한다는 것을 알 수 있다. <원역>은 규정에 의해 정한 인원을 의미하는데 주교사에 파견한 관리들을 알 수 있다. 도감관이라는 직책을 맡은 사람은 1명 이었고, 3년이면 변장(변방을 지키는 무관)으로 보낸다는 등, 관리를 어떻게 사용했는지의 정보를 알 수 있다.

## 4. Discussion

『징비록』과 『만기요람』은 각각 사료로서의, 편찬 의도대로의 목적 달성 가치가 매우 높다는 공통점을 갖고 있다. 특히, 『징비록』이 갖는 서술 방식과 동아시아에서의 영향력, 『만기요람』이 갖는 표면적·본질적 편찬 의도는 당시의 상황을 이해하고 해석할 때 객관적으로 바라볼 수 있도록 도움을 준다는 점에서 의미가 있다. 또한, 두 사료에서 찾을 수 있는 ‘다리 가설 과정’과 관련된 내용은 우리 선조들의 체계적인 상황 대처 능력과 공학적 면모를 엿볼 수 있게 한다는 점에서 의의가 있다.



# 군산을 통한 쌀 수출, 수출인가? 수탈인가?

경제 기반 프로젝트 팀

박건우, 손현준, 조민서 (2019년 인천하늘고 2학년)



## 1. Introduction

2019년 한일 관계는 경제 회복 양상으로 치달고 있다. 이러한 갈등은 일제 강점기 강제 징용 노동자의 보상과 관련된 문제로 시작된 갈등이라는 점에서, 아직도 일제 강점기를 둘러싼 양국의 첨예한 입장 차이가 남아있음을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 1918년 일본의 쌀 소동으로 시작된 일제의 **산미 증식 계획 (1920~1934)**과 그 결과 대량의 쌀을 일본으로 이출한 사건이 **수출인지 수탈인지** 하는 문제에 대해 중립적인 관점에서 살펴보고자 한다.

### ·조선 쌀 수출 시작

식량 부족 문제의 해결 수단으로 당시 식민지였던 조선의 쌀을 대량으로 이출하였다. 특히 군산은 일본 쌀 수출의 중추적인 역할을 하였다. 그 당시 군산은 쌀 최대 생산지인 전라북도의 개항지였다.



### ·1918년 일본 쌀 소동과 산미 증식 계획

1918년 일본 안에서 이촌항도가 시작되어 농촌 인구가 감소하였고 흉년이 찾아왔다. 이때 일본의 쌀 도매상들이 쌀 가격을 담합해 쌀값이 폭등하였다. 서민들은 분노했으며 이는 쌀소동으로 이어졌다. 일제는 이를 해결하기 위해 산미 증식 계획(1920~1934)을 세워 조선의 쌀 생산량을 극대화 하였다.

## 2. Methods

### ① 경제적 수탈의 정의

·일본으로 쌀을 반출한 것이 수출인지 수탈인지를 알기 위해서는 먼저 경제적 수탈의 명확한 개념을 정의할 필요가 있다. 넓게 보면 **경제적인 가치가 있는 재화와 서비스를 빼앗긴 경우**를 모두 경제적 수탈로 볼 수 있지만, 좁게 본다면 **불공정거래로 인한 일방적 경제적 손해**를 경제적 수탈로도 볼 수 있다. 그리고 이런 경제적 수탈은 수출과 명확한 차이를 구분하기 어렵다. 따라서 군산에서 이루어졌던 무역 행위를 판단하기 위해서는 명확한 정의가 필요하다.

·본 연구에서는 수탈을 **불공정거래**로 규정하고 ① 거래 거절, ② 차별적 취급, ③ 경쟁 사업자 배제, ④ 부당한 고액 유인, ⑤ 거래 강제, ⑥ 거래상 지위 남용, ⑦ 구속 조건 부거래, ⑧ 사업 활동 방해, ⑨ 부당한 자금·자산·인력의 지원 (부당 지원 행위)에 해당하는 것으로 보았다. 이는 현행 대한민국 공정거래법 23조를 참고한 것이다.

### ② 일제강점기 관련 학술 자료들

## 3. Results

### ① 수탈적 관점

#### ·조선미국참고주식회사

현재 장미 공영장 건물에 있었던 조선 미국 참고 주식회사는 조선에 거주 중이었던 유력 일본인들과 다수의 친일 조선인들이 모여서 창립한 회사이다. 일본은 쌀값을 적정 수준에서 유지시키고자 쌀 수출량을 조절하고자 했으나, 공기업이 들어서게 되면 일본의 행정적 절차가 복잡해지기 때문에 사기업을 설치하고 경제적 유인을 통해 창립자들을 찾았다. 그러나 조선 미국 참고 주식회사만이 일본과의 거래가 가능했기 때문에 23조 2항을 어기고 차별적 취급을 한 것은 불공정 거래를 통한 경제적 수탈로 볼 수 있다.

### ·쌀 거래 시기를 조선총독부가 조절

<조선 미국 참고 계획>을 보면, “근래 조선미의 이출고는 생산의 증가와 품질의 개량에 따라 매년 증가하고 있는데, 조선 농가의 경제가 극도로 빈곤하고 금융 및 저장 설비 등이 불충분하여 수출의 시기가 심하게 편재되어 있다. 쌀 수출의 태반은 추수가 직후 4~5개월 사이에 집중되어 있는 것이 실상이다. 그 때문에 일본 시장 및 농촌에 악영향을 미치고 있고, 조선 농가의 손실 또한 적지 않다.”라고 나와 있다. 이에 **조선총독부는 그 수출을 적당히 조절하기 위한 수단**으로서 미국 참고를 설립할 계획을 짰다. 이는 결국 조선 농가의 어려움을 인식하고 있었다는 자료가 될 수 있으며, 더 나아가서는 이런 문제들의 심각성을 조선 내 자율적인 개선이 아니라 인위적으로 유지시키고자 했다는 점에서 수탈이라고 볼 수 있다.

### ·농민들의 가격 결정권 박탈

조선총독부 식산국에서 발표한 자료에 따르면 “현재의 경제조직은 농업자의 시장에서의 지위가 극도로 미약하여 스스로 생산한 물품에도 불구하고 그 가격의 결정에 대해서는 거의 발언을 할 수 없다.”고 나온다. 이것은 조선 농민들이 가격 결정권이 없었다는 사실로 보기 충분하다. 이것은 신뢰도뿐만 아니라 당시 일제가 쌀거래에 있어서 취하고자 했던 태도를 엿볼 수 있다. 당시 자료들을 보면 조선인들은 대부분 농업자였기 때문에 **농민들의 가격 결정권 박탈**은, 오늘날 공정거래법 23조 5항에 따르면 거래 강제로서 불공정 거래로 규정할 수 있다.

### ② 수출적 관점

#### ·미국법 중 개정 법률안

일본 정부의 개정된 미국법은 부칙에 ‘정부는 당분간 조선미 및 대만미의 일본 이입수량을 월별 평균적으로 하기 위해, 칙령이 정하는 바에 의해 조선미 및 대만미의 매입, 매도, 가공 또는 저장할 수 있다’고 명시되어 있다. 수많은 쌀을 보관할 수 있는 창고가 필요한데, 이로써 형식적으로 민간 회사였던 미국 참고 회사에 정부 매상미를 저장할 수 있는 권리를 주기도 하였다. 미국 참고 회사의 설립 목적인 ‘조선 쌀의 월별 평균적 수출’은 조선 쌀 매상의 목적과 상통했다. 같은 정책적 목적을 위한 수단으로서의 성격이었기 때문에 일본 정부가 미국 참고 회사 창고를 이용하는 것은 자연스러운 일이었고, 미국 참고 회사의 보관미가 품질이나 수량 면에서 신뢰를 받고 있어 관리/시스템적인 면에서 우수하였으므로 수출이라고 볼 수 있다. 또한 일본 국내에서 정한 법률 내용 면에서 ‘미국법 중 개정법률안’에 근거하자면, 경제 활동이 일어난 ‘산미증식계획’과 쌀과 관련된 무역 활동 측면에서 위법이 일어난 활동은 없으므로 이 경제적 행위는 수출이라 볼 수 있다.

#### ·미두 취인소

수출은 단순히 한 나라에서 다른 나라로 재화를 교역하는 것이라 할 수 있다. 조선이 일본 제국의 식민지였어도 조선 안에는 한민족이 대다수를 차지하고 있었다. 비록 대한 제국이 1910년 일본 제국으로부터 나라의 지위를 빼앗겼어도 우리 사회는 존재하였다고 할 수 있다. 국가는 형체가 존재하지 않는 것이기에 조선에서 일본으로 쌀이 **취인소에서 값을 받고 일본으로 이동**하였다. 이러한 내용은 채만식의 소설 『탁류』에서 미두질로 묘사되고 있다. 이처럼 한반도의 쌀 수출은 자율적인 금전적 거래에 바탕을 두었음을 반영하고 있다. 또 당시 수출, 수입은 오늘날처럼 자유롭지 않았다. 19-20세기 동아시아에서는 서양 열강에 대항하기 위해 쇄국 정책을 시행하는 보호 무역이 이루어졌다. 일본은 이때 개항을 비교적 빨리하여 산업화를 추진하였고 이에 따라 강대국으로 일찍 성장할 수 있었다. 그래서 식민 지배를 통해 쌀을 이출할 수 있었다.

## 4. Discussion

우리 민족에게 씻을 수 없는 상처를 남겨준 일본의 식민지배는 부인할 수 없는 역사적 사실이다. 일제는 실제로 전시 체제에 돌입하고 강압적 통제를 통해 우리 민족에게 아예 돈을 지불하지 않고 쌀을 비롯한 생필품들을 가져가기도 하였고, 위안부를 비롯하여 많은 끔찍한 문제들을 자행했다. 그러나 일부에서는 쌀의 경우 경제적 관점에서만 살펴봤을 때, 군산항을 통해서 쌀을 가져가는 과정은 경제적 수출이 아닌 수출이었다고 주장하기도 한다. 이러한 주장에 대해 과학적 탐구와 근거를 통해 비판적으로 접근하는 자세가 필요할 것이다.



# 소설에 묘사된 일제강점기 군산의 이미지 연구



문학 기반 프로젝트 팀

김민영, 김형찬, 심유리, 임해연 (2019년 인천하늘고 2학년)

## 1. Introduction

본 연구에서는 **군산**이라는 공간이 문학 작품 속에 어떻게 묘사되고 있는지를 살펴본 후, 군산의 공간적 이미지가 **수탈의 장소**로 고착화 되고 있는 현상을 분석하고자 한다.

## 2. Methods

- ① 군산 현장 답사 : 군산 박물관, 근대 문화 유산 관련 등록 문화재
- ② 논증 : 채만식의 소설 『탁류』와 조정래의 대하 소설 『아리랑』 분석

## 3. Results

### ① 군산의 역사

·군산은 고려 시대부터 일제강점기까지 서해와 만나는 금강 하구에 위치한 지리적 이점 때문에 **호남의 중심 조운 창고**가 설치되었다. 군산, 즉, 그 당시 지명 진포에 조운 창고가 설치됐을 때는 990년 고려 왕조가 조세 제도를 시행했을 때인데, 이때 세곡을 저장 운반하는 전국 12조창 중 한 곳으로 진포를 지정하였다. 이는 고려시대 물류 유통의 중심지 역할을 하던 군산이 이후, 끊임없이 왜구의 침입을 받는 원인이 되었다. 조선 시대부터 일제강점기까지 군산은 교통의 중심지이자 전라도의 조세가 모이는 곳으로서, 자연스럽게 상업이 발달하고 객주 또한 많았다.

·군산의 객주들은 군산이 개항하던 1899년 일제의 세력을 막아내고자 동업 객주들의 권한을 보장하는 영흥사와 같은 상회사들을 설립하며 일제에 대항하기도 하였다. 소설 『탁류』의 주 배경이 되는 시기인 일제강점기에 군산은 전국 최고의 곡창 지대인 호남평야의 세곡이 모이는 **군산창**과 이를 보호하기 위한 **군산진**이 설치되어 경제, 군사적 요충지로 중시되었다.

·대한제국은 군산 조계지가 일본에 독점되지 않도록 군산을 각국의 **공동 조계지**로 정했으나, 개항 이후 군산은 일본 제국주의의 필요에 종속되어 왜곡된 성장을 겪었다. 일제 강점기 군산은 조계지를 중심으로 확장되어 갔다. 각종 관공서 및 은행, 회사 등이 들어선 상업, 업무 지구가 형성되었고, 군산항에 운반되어온 쌀의 하역업에 종사했던 조선인들의 거주지는 조계지 밖으로 형성되었는데 개복동이 대표적이다. 군산 시가지는 **지배와 피지배, 개발과 소외**라는 **이중성**을 가지며 확대되었다. 일본은 군산 내항 철도를 통해 연 80만톤에 달하는 화물과 쌀을 일본으로 반출하며 군산에 대한 독점적 권력을 강화시켜 나갔고, 일본 정부의 지원을 받은 농업 경영자와 미국 상인들이 군산 개항장에 진출하였다.

·1920년대 산미증식계획의 실시에 따라 미국 수탈량이 급증하며 대부분의 일본인들이 커다란 부를 축적하게 되었다. 1930년대 통계를 보면 군산의 토지 중 80%가 일본인의 소유였고, 조선 농민들은 토지를 잃고 소작농이 되는 경우가 허다했다. 농촌에서 쫓겨난 농민들은 도시로 몰려왔고, 노동을 통해 생계를 잇는 빈민들이 대다수였다.

·“미두장은 군산의 심장이요, 전주통(全州通)이니 본정통(本町通)이니 해안통(海岸通)이니 하는 폭넓은 길들이 대동맥이다. 이 대동맥 근대군데는 심장가까이, 여러 은행들이 서로 호위하듯 웅위하고 있고, 심장 바로 전후좌우에는 중매점(仲買店)들이 전화줄로 거미줄을 쳐놓고 앉아있다.” 이처럼 소설 탁류의 이야기는 미두장에서 시작된다. 채만식은 미두장을 군산의 심장이라고 표현했고, 탁류 속 정 주사가 미두로 인해 가산을 탕진한 것과 같이 당시 실제로 **미국 취인소**에서는 일제의 쌀 수탈로 인해 삶의 방향을 잃은 하층민들이 미국 시세의 등락을 이용하는 투기가 성행하였다.

### ② 소설에 묘사된 군산 지역

·채만식의 소설 『탁류』의 도입부에서 묘사하고 있는 금강은 전라북도 장수군 장수읍에서 발원하여 충청남북도를 거쳐 강경에서부터 충청남도·전라북도의 도계를 이루면서 군산만으로 흘러드는 강이다. 상류부에 대한 분지·청주 분지, 중류부에 호서 평야, 하류부에 전북 평야가 전개되어 전국 유수의 쌀 생산 지대를 이룬다. 『탁류』의 도입부에서 서술하고 있는 금강의 맑은 강물이 탁류로 변하는 과정은 우리 민족이 **일본의 압제 속에서 타락하게 되는, 전락하게 되는 역사적 과정**을 의미한다. 즉, 주인공인 초봉이가 비극적인 파멸을 맞닥뜨리는 과정을 금강 묘사를 통해 드러내고 있는 것이다. 결국 『탁류』의 도입부에 나타난 금강 묘사는 앞으로 전개될 작품 전체의 구조적 골격을 보여주는 역할을 한다고 볼 수 있다.

·소설 『아리랑』의 공간적 배경은 **김제 만경 평야**로, 『아리랑』에서 김제 만경 평야에 살던 농민들이 일제의 토지 수탈과 기만 정책으로 불가피하게 만주와 연해주 하와이 등지로 비극적인 이산을 감행해야 했다. 우리나라에서 유일하게 지평선을 볼 수 있는 대평원이자 우리나라 최대 곡창 지대인 김제 만경 평야가 시작되는 김제는 한일 합방 이전부터 일본의 **수탈과 착취의 대상지**였다. 소설 『아리랑』의 도입부에서는 감골댁과 그녀의 아들 방영근, 지삼출이 김제 만경 들판 한 가운데를 부산하게 걸어가는 모습이 형상화 되어있다.

### ③ 소설에 반영된 군산 인근 여성의 삶

·『아리랑』과 『탁류』의 시대적 배경은 일제강점기 시대로 두 소설 모두 공통적으로 **여성의 고통과 수난사**를 사실적으로 묘사했다. 『아리랑』의 경우 위안부로서의 여성, 강제 차출된 아들을 둔 모성이 발휘되는 어머니로서의 여성, 정절의식을 중요하게 생각하는 여성, 의병 운동의 보조자로 나서는 여성 등 크게 네 가지로 분류되는 그 당시의 여성상을 그리고 있다. 그러한 맥락 속에서 의병 운동에 보조자로 나설 때 역시도 사랑하는 연인 혹은 동경하는 남성의 뜻에 따라 참여하는 것으로 여성이 묘사되는 것으로 보아 여성의 삶은 꽤나 수동적임을 알 수 있다. 다만, 소설의 마지막 부분에서 ‘여자들은 아이들을 데리고 광막한 벌판 저쪽으로 기를 쓰며 도망가고 있었다. 그들은 압록강과 두만강과는 점점 멀어지고 있었다. 남자들이 거의 다 쓰러져갈 즈음 여자와 아이들의 모습은 끝없는 광야 저쪽에 점으로 사라져가고 있었다.’라는 묘사하여 구원자로서의 여성상을 희망적인 시선으로 바라보고 있음을 제시하였다.

·『탁류』에서는 두 가지 상반된 여성의 삶을 초봉과 계봉으로 나누어 이분법적으로 보이고 있다. 초봉은 정절을 매우 중시하는 전통적이고 수동적인 여성인 반면에 계봉은 정절을 상대적으로 수용하는 능동적인 신여성이다. 하지만 후반에 가서는 초봉 역시도 일련의 시련들을 겪으면서 계봉에게 욕설을 하고, 분출을 통한 형보를 살해라는 방식으로 분출했다. 이것이 아마 표면적으로 보이는 두 여성의 대립적 면모를 강조하지만 소설의 이면에서는 이러한 보편적 주장과는 다른 해석을 해볼 수 있다.

## 4. Discussion

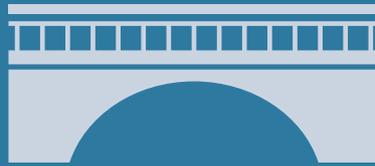
군산의 이미지가 일제강점기 **수탈의 장소로 고착**되어서는 곤란하다. 군산항은 일본에 의해 강제 개항된 곳이 아니라 그 전부터 경제, 군사적 요충지로서의 역할을 하고 있던 곳이었다. 또한 군산 인근은 왜구를 물리친 진포대첩의 승전 장소이기도 하다. 앞으로는 수탈의 도시로 편향된 군산의 이미지를 탈피하기 위한 문화 콘텐츠 개발이 필요하다고 본다.

3

---

HANEUL ACADEMY

융합 프로젝트



## 임진강 조교의 복원

《징비록》에 남긴  
유성룡의 조교

24

유성룡의 조교의  
장력 조절

26

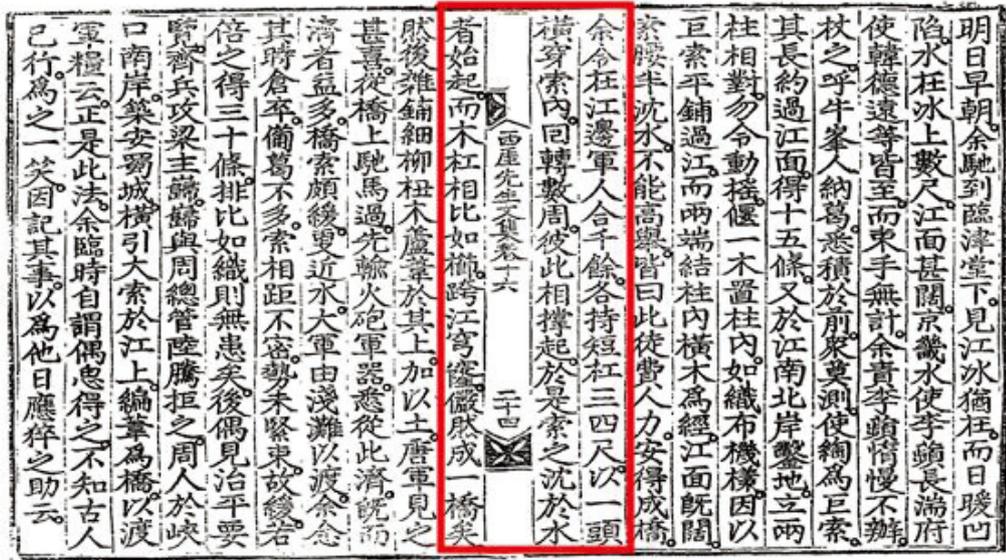
유성룡의 조교의 형태

28

# 《징비록》에 남긴 유성룡의 조교

## 1 초본 《징비록》

- 임진왜란 당시 재상 유성룡이 남긴 《징비록》에는 임진강에 놓은 다리에 관한 기록이 남아 있습니다. 원문이 한글이 아니라 한문으로 적혀 있고, 도면이 없으며, 류성룡이 직접 쓴 초본과 후손들이 간행한 간행본이 조금 다르기 때문에 형태를 정확하게 복원하는 것은 쉽지 않습니다.
- 임진강(臨津江)에 부교(浮橋)를 놓은 일을 기록함



《징비록》 초본에 설명된 임진강 조교 핵심 공법

계사년(1593, 선조26) 1월에 명군이 평양을 공략하여 탈환하고 적을 추격하여 서울로 육박하려고 할 때에 나는 군량 보급 관계의 일로 군대보다 앞서 떠나갔었다. 이때에 임진강은 얼음이 풀려 건널 수가 없자 제독이 계속 사람을 보내 부교 만들 것을 독촉하였다. 내가 노중에 있다가 한 꾀를 생각하고 금교역(金郊驛)에 도착하니 황해도 여러 고을 수령들이 그들의 관리와 백성들을 인솔하고 대군을 환영하며 음식을 대접하려는 사람들이 들 판에 가득하였다.

내가 우봉 현령(牛峰縣令) 이희원(李希愿)을 불러 그 고을 사람 몇백 명을 데리고 밤 새워 먼저 가서 칩덩굴을 거두어 임진강 어귀에 모이도록 약속하였다. 이튿날 아침 일찍 임진당(臨津堂)으로 달려가서 내려다보니, 강에 얼음이 있었지만 날씨가 따뜻하여 가운데가 내려앉은 얼음 위로 물이 흘렀기 때문에 얼마 안 된 강 너비가 매우 넓었다. 경기 수사 이빈(李蘋)과 장단 부사 한덕원(韓德遠) 등이 모두 도착하였는데도 속수 무책이었다. 나는 이 빈이 태만하여 준비하지 못한 책임을 추궁하여 장(杖)을 때렸다. 그리고 우봉 사람들을 불러 칩을 수납하여 모두 앞에다 쌓았으나, 여러 사람들은 무엇을 하려는지 알지 못하였다.

새끼를 꼬아 동아줄을 만들어 그 길이가 대략 강 너비를 지나갈 만한 것 15개를 마련하였다. 또 강 남쪽과 북쪽 두 언덕에 땅을 파 서로 마주 보게 두 기둥을 세워 움직이지 않게 하고, 나무 하나를 눕혀 기둥 안쪽에 놓아 붙들어 매 베들 모양을 만들었다. 그리고 거기에다 동아줄을 팽팽하게 늘려 강을 건너가서 두 끝을 기둥 안 가로지른 나무에 매어 날줄을 만들었다. 강 너비가 너무 넓어서 동아줄 중간이 반쯤 물에 잠겨 올라오지 않으니, 모두 “이는 사람 힘만 헛되게 없앨 뿐 어떻게 다리가 되겠는가” 하였다. **내가 강가에 있는 군사 천여 명을 합해서 각각 3, 4척 되는 짧은 통나무를 가지고 와서 한 끝을 줄에다 구멍을 가로 뚫어 꽃아 몇 번 돌려 저 끝과 이 끝을 팽팽하게 조여지도록 하였다.** 그러자 물에 잠겼던 동아줄이 비로소 서고 통나무가 서로 잇단 것이 빗살과 같이 강을 걸터앉아 활 모양 비슷한 둥근 다리 하나가 튼튼하게 만들어졌다. 그렇게 한 뒤에 그 위에다 가는 버드나무 · 찌리 · 갈대를 섞어서 펴고 흙을 덮었다.

명군이 이것을 보고 매우 기쁘게 여겨 다리 위로 말을 달려 지나갔다. 먼저 화포와 군기를 모두 이 다리로 운반하였다. 그후 건너가는 것이 더욱 많아 다리의 동아줄이 끝내 늘어나 다시 물에 닿으므로 대군은 얇은 여울로 건넜다. 내가 그때의 일을 생각하니 갑자기 침을 준비한 것이 많지 않았고 새끼의 간격이 촘촘하지 않았으며 그 모양이 세게 당겨 팽팽하지 않았기 때문에 늘어졌으나, 만일 두 배로 하여 30여 줄을 만들어 벌려 베 짜듯 하였으면 아무 걱정이 없었을 것이다.

뒤에 우연히 《치평요람(治平要覽)》을 보니, 제 나라 군사가 양(梁)의 명제(明帝) 귀(歸)를 공격할 때 귀가 주 총관(周總管) 육등(陸騰)과 함께 가로막았다. 주 나라 사람이 좁은 어귀 남쪽 언덕에다가 안축성(安蜀城)을 구축하고, 강 위에다 큰 동아줄을 가로 당겨 놓고 갈대를 엮어 다리를 만들어 군량을 운반해 왔다는 말이 있으니 바로 이 법이었다. 내가 임시방편으로 우연한 생각에서 터득하였다고 말하였지만 옛날 사람이 벌써 실천해 썼던 것을 몰랐었다. 그리하여 한 번 웃고 이어 그 일을 기록해서 뒷날 비상시를 대비하는데 도움이 될까 하여 남겨 둔다.

© 한국고전번역원(1977), 권호기, 박희창, 은정희, 조복연, 최순희 (공역)

## 2 간행본 《징비록》

- 간행본 《징비록》에서는 막대 길이가 3~4척에서 2~3척으로 다소 줄었으며, **막대기로 침 동아줄을 뚫는다는 의미**를 보다 명확하게 밝혔습니다.
- 《징비록》에서는 記臨津浮橋事 즉, 임진강에 부교를 놓은 일을 기록한다고 하였습니다. 부교는 배의 부력을 이용해야 합니다. 정조대왕 화성 행차 시에 한강에 가설했던 배다리가 가장 규모가 큰 배다리입니다. 하지만 징비록에 묘사한 임진강 다리는 부교가 아니라 **조교(弔橋)**입니다.
- 표준국어대사전에 따르면 **조교(弔橋)**는 양쪽 언덕에 줄이나 쇠사슬을 건너지르고, 거기에 의지하여 매달아 놓은 다리를 의미합니다. 당시에는 부교와 조교를 구분하지 않고 강이나 바다에 놓는 다리를 부교로 지칭한 것으로 보입니다.

# 유성룡의 조교의 장력 조절

## 1 현수교나 사장교가 아닌 출렁다리

- 유성룡의 조교를 줄의 장력을 이용하는 현수교 또는 사장교라고 평가하는 경우도 있습니다. 하지만 유성룡의 조교는 줄의 장력을 이용하지만 주탑이 없는 **출렁다리에** 불과합니다. 줄의 장력을 이용하는 출렁다리는 인류 보편적인 발견 현상이므로 임진강 조교를 오늘날의 현수교 또는 사장교와 동일하게 보는 것은 문제가 있습니다.
- 유성룡 조교는 주탑이 없으며 교량의 양쪽 끝에 통나무로 앵커리지를 설치하고, 메인 케이블 15개를 앵커리지에 바로 고정하고, 보조 케이블을 지그재그로 교차하여 바닥판 구조를 만든 **출렁다리**입니다.



원주 소금산 출렁다리

- 유성룡의 조교와 가장 유사한 원주 소금산 출렁다리는 길이 200m, 폭 1.5m로 지름 40mm 특수도금 케이블이 여덟 겹으로 묶여 양쪽 아래위로 다리를 지탱하는 방식으로 몸무게 70kg이 넘는 성인 1,285명이 동시에 지나갈 수 있도록 설계되었습니다.

## 2 출렁다리에 사용된 줄의 장력을 조절하는 방법

- 출렁다리는 한 가운데가 처져있습니다. 줄의 장력을 이용한 출렁다리는 하중을 받으면 늘어질 수밖에 없습니다. 줄의 장력에는 한계가 있으므로 결국 처진 줄을 당겨 조절해야 합니다. 오늘 날에는 케이블의 장력을 **턴 바클(Turnbuckle)**을 활용하여 조이는 방식으로 조절하게 됩니다. 턴 바클 양쪽에 있는 줄을 팽팽하게 하기 위해서는 이렇게 **턴 바클 가운데에 막대기를 꽂아 돌리면 됩니다.**



턴 바클(Turnbuckle)을 활용한 줄의 장력 조절

- 유성룡이 임진강에 놓은 다리는 천 명의 사람들을 동원하여 **취 동아줄에 막대기를 꽂아 비트는** 방식으로 줄을 감은 후, **막대기들끼리 묶어서** 마무리 지었습니다. 이러한 방식은 오늘날 턴 바클을 활용하여 와이어의 장력을 조절하는 것과 동일한 원리입니다.



임진왜란 당시 유성룡이 가설한 임진강 조교의 장력 조절 모습 (상상도)

## 유성룡의 조교의 형태

### 1 유성룡 조교의 재료

- 유성룡의 조교는 열 다섯 개의 긴 동아줄이 다리를 떠받치는 중심 구조입니다. 병사들이 칙으로 동아줄을 만들면, 모두 열 다섯 개의 동아줄을 강변 양쪽에서 통나무에 묶고, 통나무는 두 개의 기둥에 튼튼하게 고정합니다. 통나무들은 오늘날 교량의 앵커리지에 해당합니다.



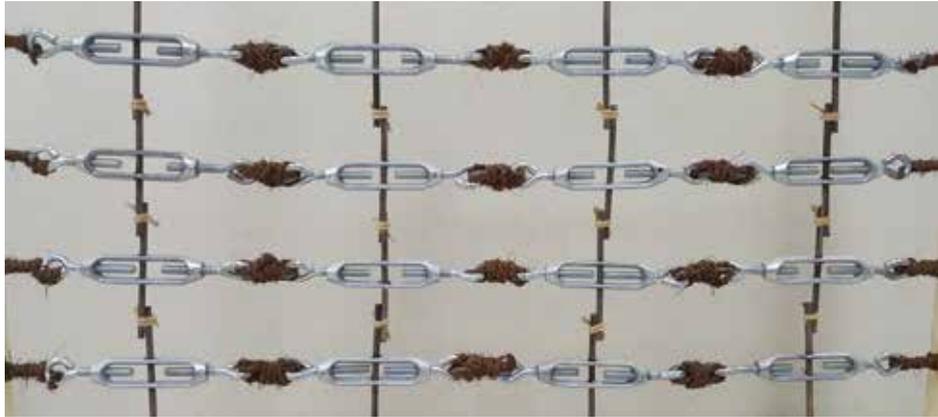
양쪽 강변에 설치된 앵커리지



칙으로 동아줄을 만들어 주 케이블로 사용

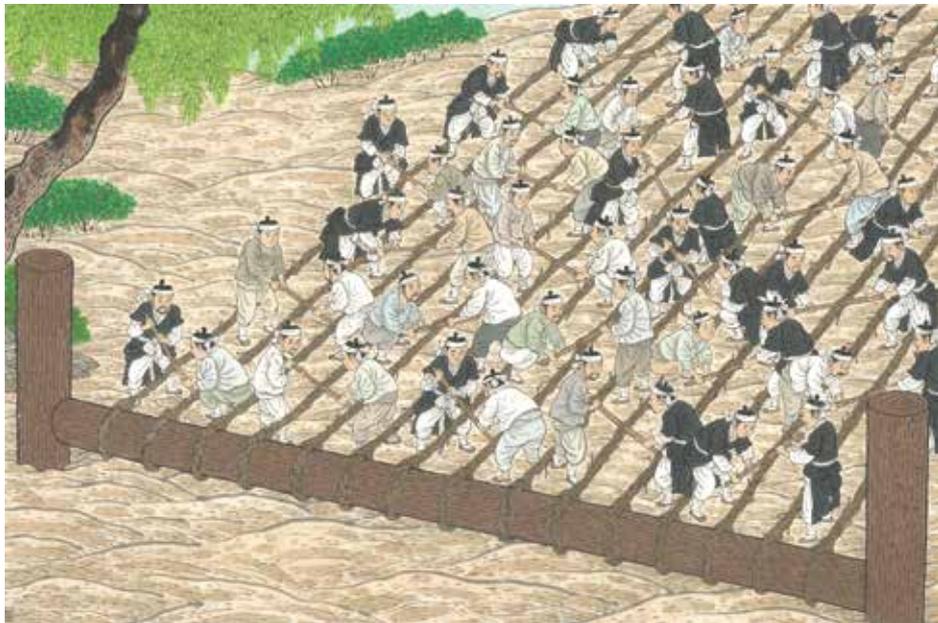
## 2 유성룡 조교의 핵심 공법

- 열 다섯 개의 줄을 양쪽으로 팽팽하게 잡아당기는 방법은 양쪽에서 많은 사람들이 막대기를 동아줄에 꽂아 돌리는 방식입니다. 칩으로 엮은 동아줄을 관통하는 부위는 턴 바클에 해당하며, **턴 바클을 돌렸던 막대기끼리 묶어 빗살무늬 모양을 만들게 됩니다.**



턴 바클을 돌렸던 막대기끼리 묶음

- 다리 강변 양쪽에는 각각 500명의 사람들이 동아줄에 막대기를 꽂아 돌리게 되므로 결국, **턴 바클이 집중된 곳에서 줄을 꼬아** 잡아 당기도록 설계된 것입니다.

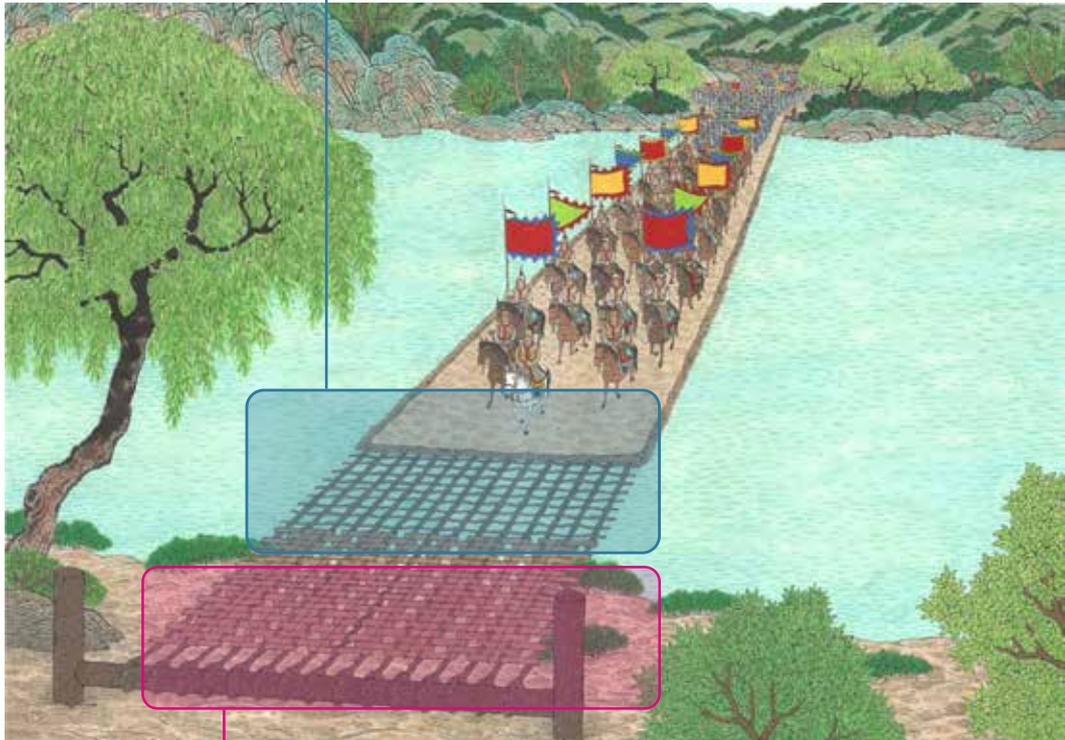


조교의 장력을 조절하는 영역에서 줄을 당기는 작업을 하고 있는 사람들 (상상도)

## 유성룡의 조교의 형태

### 3 유성룡 조교의 건설

열 다섯 개의 줄 사이에는 다시 가로 줄이 교차하도록 엮으면서 그물 망을 형성합니다. 그 위에 갈대와 흙을 덮어 다리 상판을 완성하게 됩니다.



양쪽에서 많은 사람들이 막대기를 감아 줄을 조인 후, 막대기들끼리 묶습니다. 이렇게 되면 막대기들이 교차하여 빗살무늬가 됩니다. 따라서 다리의 양쪽 강변에는 줄을 꼬아 감아 당기는 영역이 형성됩니다.

# 2019 인천하늘고등학교 교과 기반 프로젝트 참여 인원

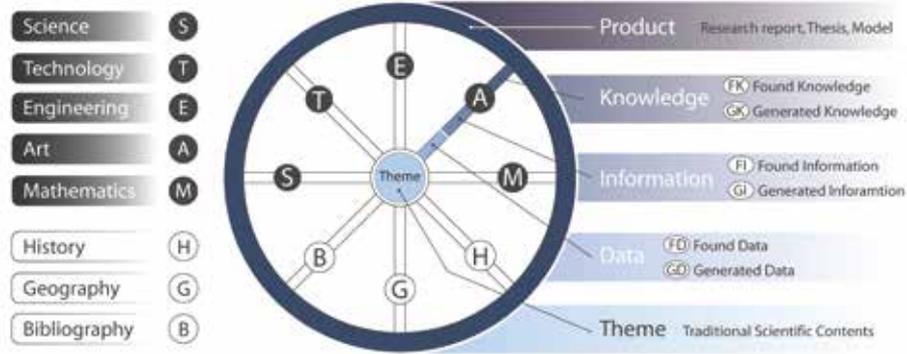
역할	담당
프로젝트 기획	김일형(인천하늘고등학교 교장)
	이영종(인천하늘고등학교 교감)
	천도현(인천하늘고등학교 꿈열정지원부 부장)
	정주원(인천하늘고등학교 꿈열정지원부 교사)
	이형주(인천하늘고등학교 꿈열정지원부 교사)
	이종연(인천하늘고등학교 교무입학부 팀장)
과학 기반 프로젝트팀 S	곽나현(인천하늘고등학교 2학년)
	김도원(인천하늘고등학교 2학년)
	김명지(인천하늘고등학교 2학년)
	김현국(인천하늘고등학교 2학년)
	박주훈(인천하늘고등학교 2학년)
	송연수(인천하늘고등학교 2학년)
	조용준(인천하늘고등학교 2학년)
기술 기반 프로젝트팀 T	김도원(인천하늘고등학교 2학년)
	김설지(인천하늘고등학교 2학년)
	김예은(인천하늘고등학교 2학년)
	박채연(인천하늘고등학교 2학년)
	변한준(인천하늘고등학교 2학년)
	이현진(인천하늘고등학교 2학년)
공학 기반 프로젝트팀 E	강민지(인천하늘고등학교 2학년)
	노갑민(인천하늘고등학교 2학년)
	임세화(인천하늘고등학교 2학년)
	정현희(인천하늘고등학교 2학년)
	조다빈(인천하늘고등학교 2학년)
	채희준(인천하늘고등학교 2학년)
예술 기반 프로젝트팀 A	강경래(인천하늘고등학교 2학년)
	강성은(인천하늘고등학교 2학년)
	안규원(인천하늘고등학교 2학년)
	이태경(인천하늘고등학교 2학년)
수학 기반 프로젝트팀 M	김수아(인천하늘고등학교 2학년)
	박세호(인천하늘고등학교 2학년)
	변석원(인천하늘고등학교 2학년)
	송제우(인천하늘고등학교 2학년)
	송혜린(인천하늘고등학교 2학년)
	이민진(인천하늘고등학교 2학년)
역사 기반 프로젝트팀 H	고하연(인천하늘고등학교 2학년)
	김유민(인천하늘고등학교 2학년)
	이민경(인천하늘고등학교 2학년)
	정세인(인천하늘고등학교 2학년)
	지상혁(인천하늘고등학교 2학년)
	홍지수(인천하늘고등학교 2학년)
경제 기반 프로젝트팀 E	박건우(인천하늘고등학교 2학년)
	손현준(인천하늘고등학교 2학년)
	조민서(인천하늘고등학교 2학년)
문학 기반 프로젝트팀 L	김민영(인천하늘고등학교 2학년)
	김형찬(인천하늘고등학교 2학년)
	심유리(인천하늘고등학교 2학년)
	임해연(인천하늘고등학교 2학년)



# 수레바퀴모형을 적용한 교과 기반 프로젝트의 사례

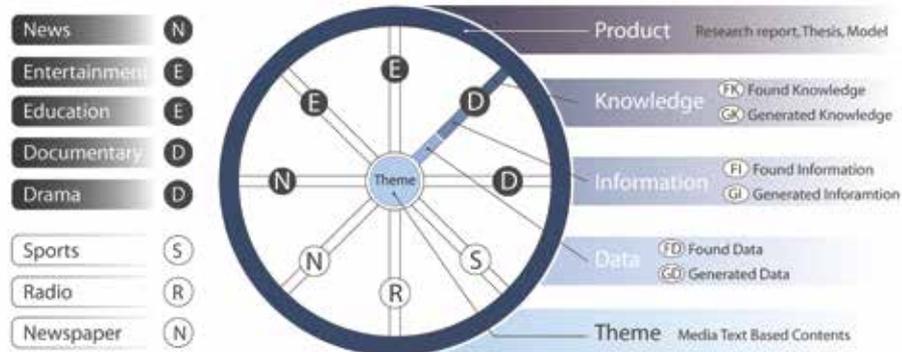
 인천대학교 리소스센터(클릭)

## 학문 기반 수레바퀴모형



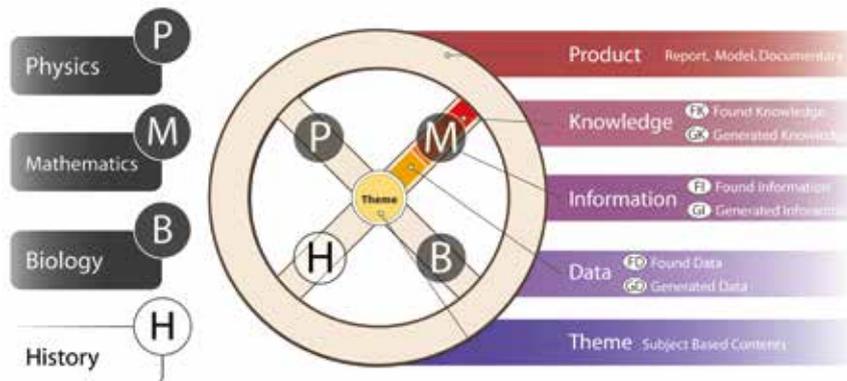
마포고등학교, 하나고등학교, 인천하늘고등학교(Since 2010)

## 미디어 텍스트 기반 수레바퀴모형



인천하늘고등학교, 미림여자고등학교(Since 2016)

## 교과 기반 수레바퀴모형



통진고등학교(Since 2018), 서귀포여자고등학교(Since 2019)





인천하늘고등학교

한 분야를 천착하는 전문가가 주목을 받았던 '분화'의 시대가 저물고  
지식 노동을 인공지능이 대체하는 '융합'의 시대를 맞이하고 있음에도,  
우리 사회는 여전히 한 개인의 역량을 수능 시험과 내신 석차로 줄세우고 있습니다.

우리는 인천하늘고등학교 교과 기반 프로젝트 사례를 통해  
과학, 수학, 역사, 문학 등 정규 교과 수업 시간에 배운 지식만을 활용해도  
수준 높은 작품을 만들면서 학생과 교사가 함께 성장할 수 있음을 확인하였습니다.

- 인천대학교 교수 김평원 -

