

# 감람석 블럭을 이용한 하천수의 수질개선방법에 관한 연구

## A study on the improving method of river water quality using olivine block



최 인 호 | 서일대학 토목과 교수

### 제 1 장 서론

인간 활동과 산업 활동의 발달로 유기물질의 사용량은 날로 증가하고 있으며, 이러한 유기물질은 물에 용해되어 하천과 호수 등을 오염시키고, 오염된 물은 바다로 유입되어 적조를 발생시킨다.

이러한 인에 의한 부영양화 현상을 막기 위하여 오염방지시설을 지속적으로 설치하고 있으나 경제적 비용 및 노력에 비해 효과는 기대치를 만족하지 못하고 있는 실정이다. 그 이유는 강우 시 비 점오염원의 하천으로의 유입에 따른 것으로 하수처리장등 오염방지시설로는 처리가 불가능하기 때문이다. 이에 대한 대책으로는 이러한 비 점오염원을 조기에 차단하는 방법과 하천에 수공구조물을 설치하여 처리하는 방법을 들 수 있다. 그러나 조기에 차단하는 방법은 처리 효과는 좋으나, 해당 하천에 대한 유역 전반에 걸쳐 시행해야 하므로 거의 불가능하다고 할 수 있다. 하천에 수공구조물을 설치하는 방법은 오염이 심각한 하천구간에 설치함으로써 경제적으로 그 효과가 크다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 감람석 블럭을 하천, 호수 및 저수지의 제방 등에 호안 블럭의 형태로 설치함으로써

수중의 인을 제거하기 위해 수행되었다. 기초연구로는 완전혼합 반응 실험을 통해 인제거 특성, 감람석 블럭을 이용한 순환수로 실험, 개수로 모형실험을 실시하였다.

### 제 2 장 연구 재료 및 내용

#### 제 1 절 연구재료

##### 1. 감람석의 형상 및 특징

감람석은  $(Mg, Fe)_2SiO_4$ 의 구조화합식을 가지며, 그 형상 및 결정구조는 그림 2.1, 그림 2.2와 같다.

감람석은 페일라이트( $Fe_2SiO_4$ )와 포스테라이트( $Mg_2SiO_4$ ) 단종(端種, end member)이 고용체를 형성하는 광물의 그룹을 나타내는 용어이다. 마그네슘 함량이 많은 포스테라이트(forsterite)가 먼저 결정화됨으로써 일반적으로 우세하게 산출된다. 색은 녹색 또는 갈색이 보통이나 포스테라이트는 흰색을 띄며, 페이알라이트(fayalite)는 갈색 또는 흑색을 띄기도 하며, 쉽게 풍화되어 사문석(serpentine) 또는 녹

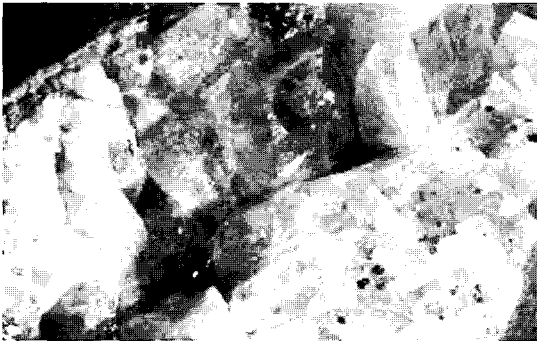


그림 2.1 감람석 형상

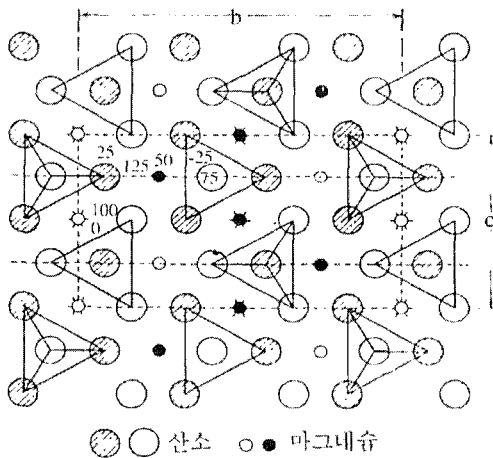


그림 2.2 감람석 결정구조

니석으로 변질된다. 화학적 안정성과 용융점이 높고, 절연성이 좋으며, 자유 결정질 규소가 적은 유용한 성질로 인해 주로 슬래그 개선제, 내화재 원료물질, 주물사 및 EBT 충전제로 사용된다.

최근 감람석은 잔디에 사용하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 골프장의 페어웨이(fair way)나 그린(green)주변에 뿌려 줌으로써 잔디의 생장을 빠르고 원활하게 하기도 한다.

표 2.1 감람석의 구성성분

성분	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	기타
함량(%)	39	3.3	38.0	11.0	1.5	10

## 2. 광물학적 특징

감람석은 전형적인 염기성 및 초염기성 화성암 광물로 사방정계(Orthorhombic) 사방양추면체정족(2/m2/m2/m)에 속하며, 결정으로는 드물게 산출되지만 일반적으로 입상조직의 괴상이나 둥근 입자로 산출되며, 경도는 6로 비교적 강한 편이다. 포스테라이트와 감람석은 자유 규소와 공존하지 못하고 반응하여 휘석을 형성한다. 따라서 감람석과 석영은 암석에서 함께 결정화되지 않으며, 페이알라이트의 용융온도는 1,205°C 이고, 포스테라이트는 1,890°C 로 매우 높은 용융점을 가진다.

## 3. 산출상태

감람석은 분출 염기성 화성암(현무암)으로 이루어진 대양지각에서 가장 널리 산출되고, 그 다음으로 관입 염기성암인 감람암에서, 이어서 주로 감람석으로 구성된 암석인 페리도타이트로 이루어진 맨틀에서 산출된다. 그러한 일련의 심부 대양지각/맨틀 물질은 구조활동/산맥형성이 이루어지는 동안 대륙지각 위로 밀려 올라온다. 오피올라이트(ophiolite) 복합물은 듀나이트(dunite)로 불리는 거의 순수한 감람암층을 포함하고 있으며, 또한 큰 층상의 염기성 관입암에서 발견되기도 한다. 상업적으로 이용되는 거의 모든 감람석은 듀나이트로부터 얻어진다. 노르웨이, 미국, 일본, 뉴질랜드 그리고 그린랜드에서 고품위 광상이 발견된다.

## 4. 연구에 사용된 감람석

본 연구에 사용된 감람석은(주)신림의 안동광산에서 채석된 것을 사용하였으며, 화학적 구성 성분은 표 2.1과 같다.

제 2 절 연구 내용

감람석 블록에 대한 연구는 다음과 같이 수행되었다.

- 첫째, 원석에 대한 인 제거율 분석
- 둘째, 감람석과 시멘트 혼합 블록의 제거율 분석
- 셋째, 블럭 모형 개발

효율 89.2%을 나타내고, 그 이후 지속적인 인 제거 효율 지속(그림 2.3).

제 2 절 감람석 블럭의 인 제거

1. 완전 혼합 실험

1.1 초기조건

- 1) 인 용액 : 감람석 블럭 = 9 : 1
- 2) 인의 초기 농도 : 51.54ppm
- 3) 수온 : 20±1 °C

1.2 실험 결과

- 1) 24시간 후의 인 농도 : 33.92ppm
- 2) 24시간 인 제거율 : 34%
- 3) pH 농도 범위 : 6.5~8.4

3. 순환수로에서 감람석 블럭의 유속별 인 제거

1.1 실험조건

- 1) 수로제원 : 폭 0.9m, 수로길이 10m 순환수로, R=0.9m
- 2) 초기농도 PO<sub>4</sub>-P 1.6mg/L, pH 7.06
- 3) 실험수로 사진

제 3 장 연구 결과 및 고찰

제 1절 감람석의 인 제거

1. 실험조건

1.1 완전혼합시험에 의한 시간경과에 따른 인 제거 농도분석

- 1.2 초기 인 농도 : 11.8mg/L
- 1.3 교반속도 : 150rpm
- 1.4 수온 : 20±1°C

2. 실험결과.

2.1 실험 개시 30분일 때 인 농도 1.28mg/L, 제거

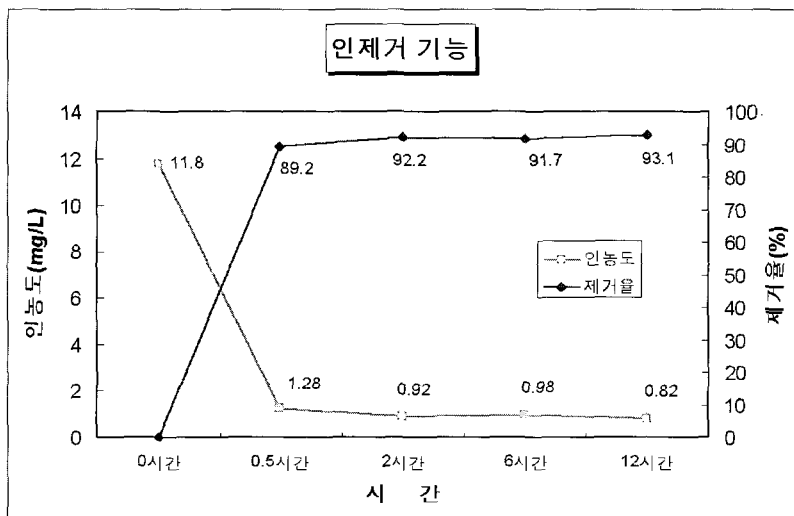


그림 2.3 감람석의 인 제거 실험 결과

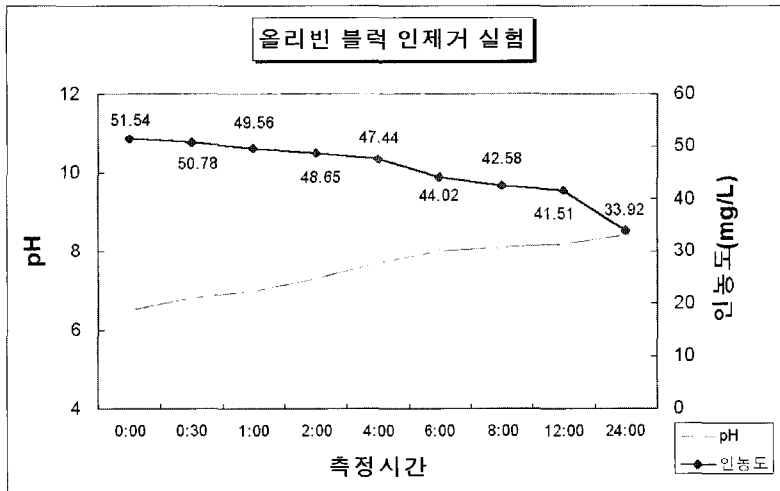


그림 2.4 감람석 불력의 인 제거 실험결과.



그림 2.5 순환수로 사진

### 1.2 실험 결과

순환수로에서 감람석 불력의 유속별 인 제거 실험 결과를 분석한 결과 유속이 0.0m/sec 일때 최대 46%의 인 제거율을 보였으며, 유속이 0.1m/sec 일때 최대 58%의 인 제거율을 나타내었다.

### 4. 개수로에서 감람석 불력의 유속별 인 제거 기능

#### 1.1 실험조건

- 1) 유량조건 : 2000cm<sup>3</sup>/sec~13,000cm<sup>3</sup>/sec
- 2) 수로제원 : 40cm×40cm×70m(B×H×L)
- 3) 실험장비 15ton 순환수로, 5ton 물탱크, 2HP 수중펌프2대

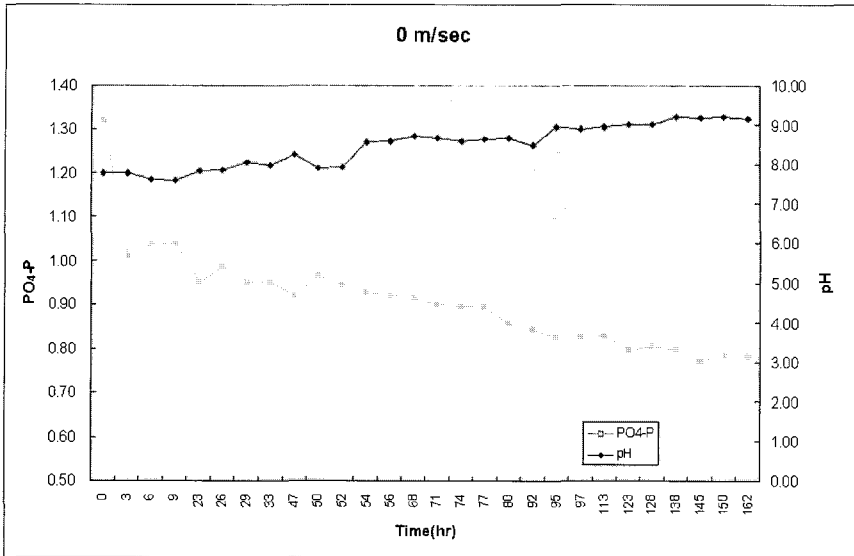


그림 2.6 유속 0.0 m/sec 일 때 PO<sub>4</sub>-P, pH

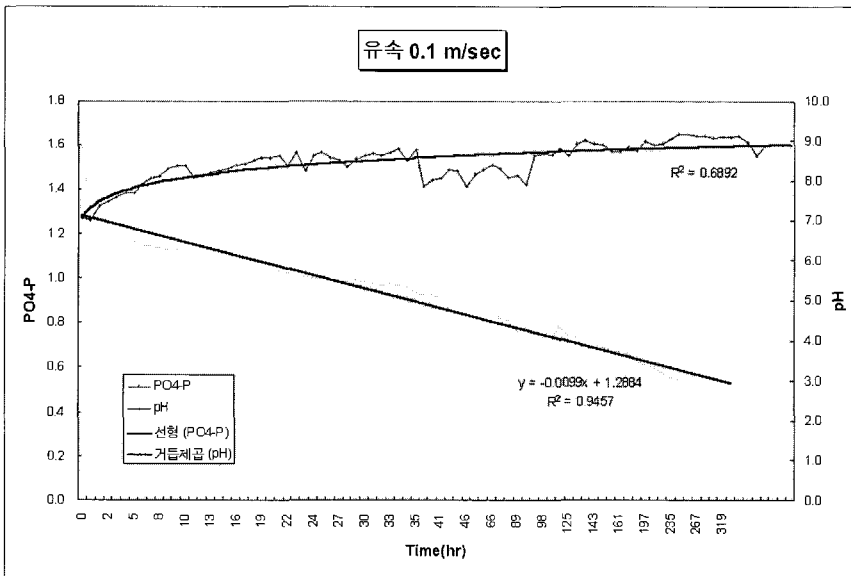


그림 2.7 유속 0.1m/sec 일 때 PO<sub>4</sub>-P, pH

1.2 실험 결과

유량 및 유속조건에 따른 인제거율 분석결과 유량이 2,000cm<sup>3</sup>/sec일때 약30.77%의 제거율을 보였으며, 본 실험의 최대유량인 13,300cm<sup>3</sup>/sec일때 약 10%의 제거율을 나타내었다. 상기의 유량조건에 대

한 유속은 2.12cm/sec와 14.38cm/sec이며, 각 조건에 따른 회귀식과 결정계수는 그림 2.8과 2.9에 나타내었으며 결정계수는 0.93이상으로 회귀식이 자료를 잘 표현해 주는 것으로 판단된다.

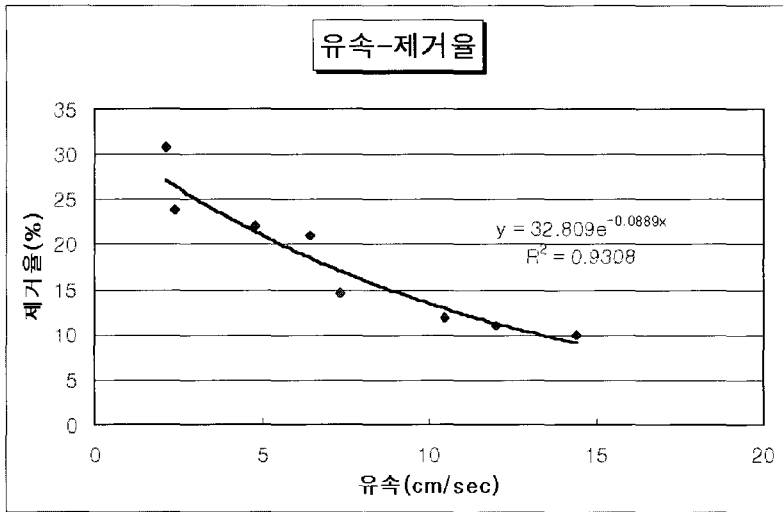


그림 2.8 유속- 제거율 관계곡선

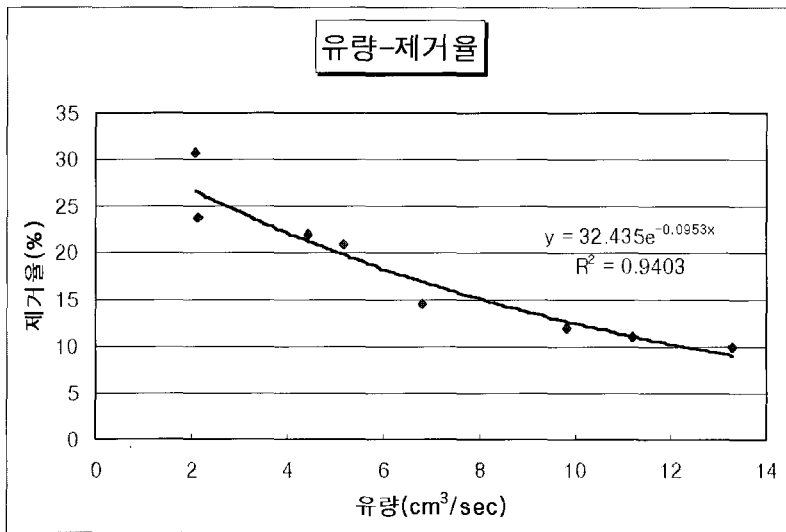


그림 2.9 유량-제거율 관계곡선

#### 제 4 장 감람석 블럭 개발

과 같다.

##### 제 1 절 재료 및 형상

감람석 블럭은 감람석과 시멘트 혼합 블럭으로써 수중의 인을 제거하고 식생이 용이하도록 구조를 형상화하였으며 형상과 단면도는 그림 2.10, 그림 2.11

##### 제 2 절 감람석 블럭의 적용 가능 구간

- 1) 하천 제방
- 2) 하천 낙차공 상 하류부 하상 보호공
- 3) 호수 및 저수지 제방

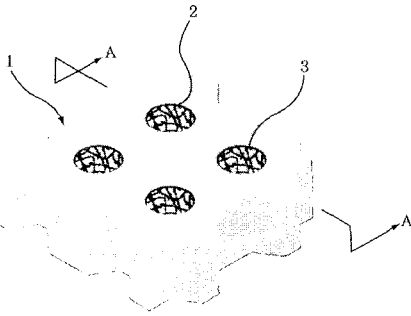


그림 2.10 감람석 블럭의 형상

- 1: 감람석 블럭
- 2: 통공
- 3: 감람석 매트릭스
- 4: 감람석 성분
- 5: 코아넷
- 6: 발아용 씨앗

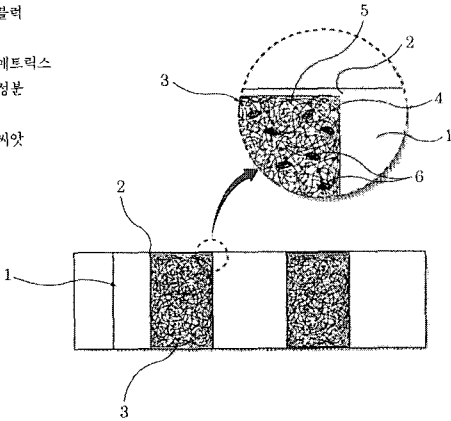


그림 2.11 감람석 블럭의 단면도

- 4) 호수 및 저수지 유입, 유출부 수로

**제 3 절 감람석 블럭의 특성**

- 1) 감람석 블럭으로 인을 제거할 수 있다.
- 2) 고수호안과 저수호안에 시공이 가능하고 유속을 저감시킬 수 있다.
- 3) 인 제거 기능이 저하되는 경우 식생공간에 감람석을 채우거나, 호안블럭 표면에 감람석이 용출된 물을 살포함으로써 기능을 유지할 수 있을 것이다.
- 4) 경도가 높아 깨지거나 부서짐이 없어 오랜 기간 안정된 초기의 시공 상태를 유지할 수 있다.
- 5) 수생식물을 식생 하였을 경우 인 제거율이 배가

될 수 있으며, 친환경적 측면에서 우수할 것으로 판단된다.

**제 5 장 결론**

본 연구에서는 감람석을 이용한 호안블럭을 개발하여 하천이나 저수지 등에 용해되어 있는 인의 제거 특성을 파악하기 위하여 연구되었으며 분석결과는 다음과 같다.

- 1) 감람석 원석에 대한 인 제거 실험 결과, 반응시간 30분일 때 89.2%의 제거효율을 보였으며, 그 이후 반응시간 12시간일 때 93.1%의 제거효율을 보였다.
- 2) 순환수로에서 감람석 블럭의 유속별 인 제거실험 결과를 분석한 결과유속이 0.0m/sec 일때 최대 46%의 인 제거율을 보였으며, 유속이 0.1m/sec 일때 최대 58%의 인 제거율을 나타내었다.
- 3) 유량 및 유속조건에 따른 인제거율 분석하기 위하여 개수로에서 실험한 결과 유량이 2,000cm<sup>3</sup>/sec 일때 약 30.77%의 제거율을 보였으며, 본 실험의 최대유량인 13,300cm<sup>3</sup>/sec일때 약 10%의 제거율을 나타내었다.

또한, 각 조건에 따른 회귀식과 결정계수는 산정하였으며, 결정계수는 0.93이상으로 회귀식이 자료를 잘 표현해 주는 것으로 판단된다.

- 4) 감람석을 이용한 친환경성과 기능성 호안 블럭 모형을 형상화하였으며, 형상 감람석블록과 구조 등을 제시하였다.

상기와 같이 감람석 원석과 감람석 블럭의 인 제거 기능을 분석한 결과 실제하천 적용 시 그 효과가 기대되며, 차후 실제 하천이나 호소등에 적용함으로써 연구내용에 대한 지속적이 보완이 이루어져야 할 것으로 판단된다.