

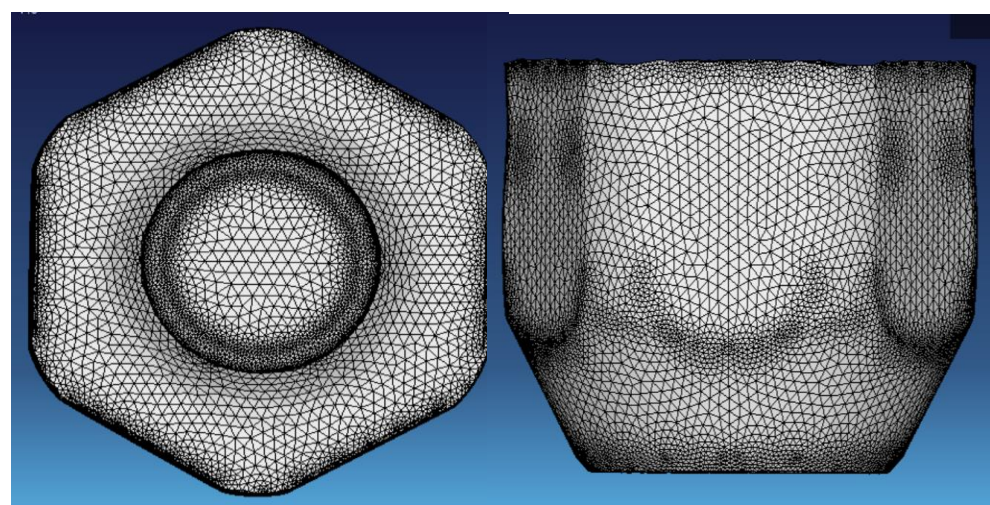
# 머신 러닝을 이용한 단조공정에서의 피로수명 최적화 설계

## 연구 목표

- 머신 러닝과 유전 알고리즘을 이용한 금형 수명 최적화
- 단조공정 유한요소해석을 이용한 데이터 샘플링
- 인공신경망과 유전자 알고리즘을 이용한 최적화

## 연구 내용

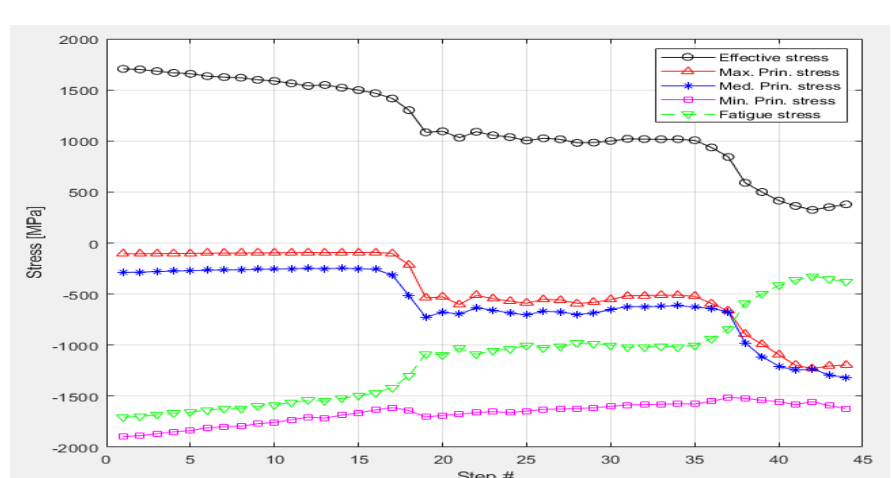
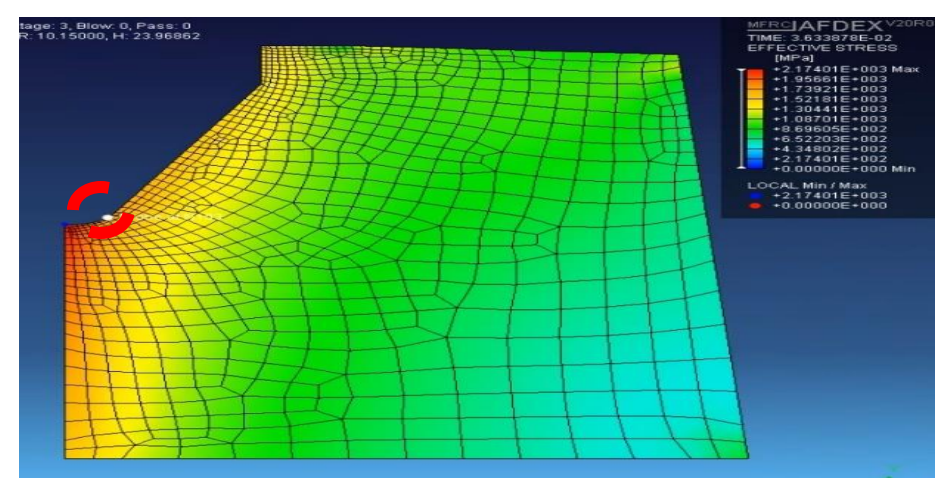
### 문제 정의



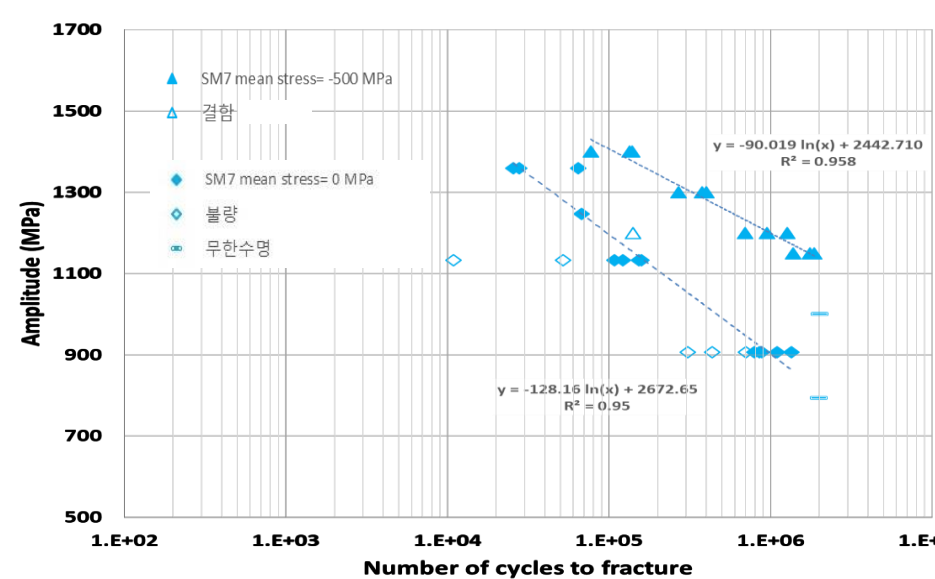
3단 공정의 3번 금형에서 파손이 발생, 파손 부근의 유효응력과 위치를 파악하고 분석한 뒤 금형 형상의 최적화를 이루는 설계변수를 설정

유효응력식	$\bar{\sigma} = C(\bar{\epsilon}, T)\dot{\bar{\epsilon}}^m[\bar{\epsilon}, T]$
탄성계수	210Gpa
프아송비	0.3
밀도	7850kgm/m <sup>3</sup>
열팽창계수	0.000012

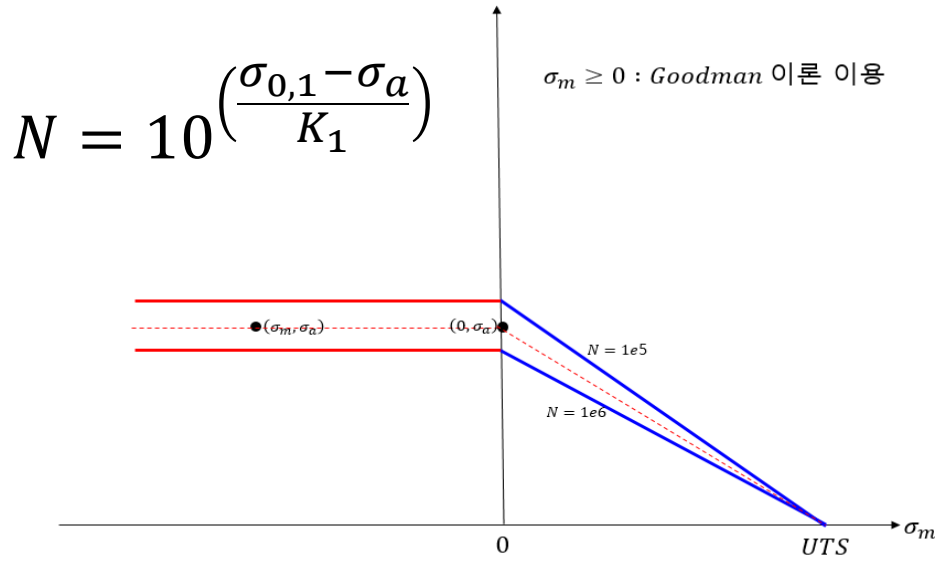
### 최소 수명을 가지는 절점과 절점에서의 주요 응력 그래프



### S-N커브와 Goodman 선도-상수 보간

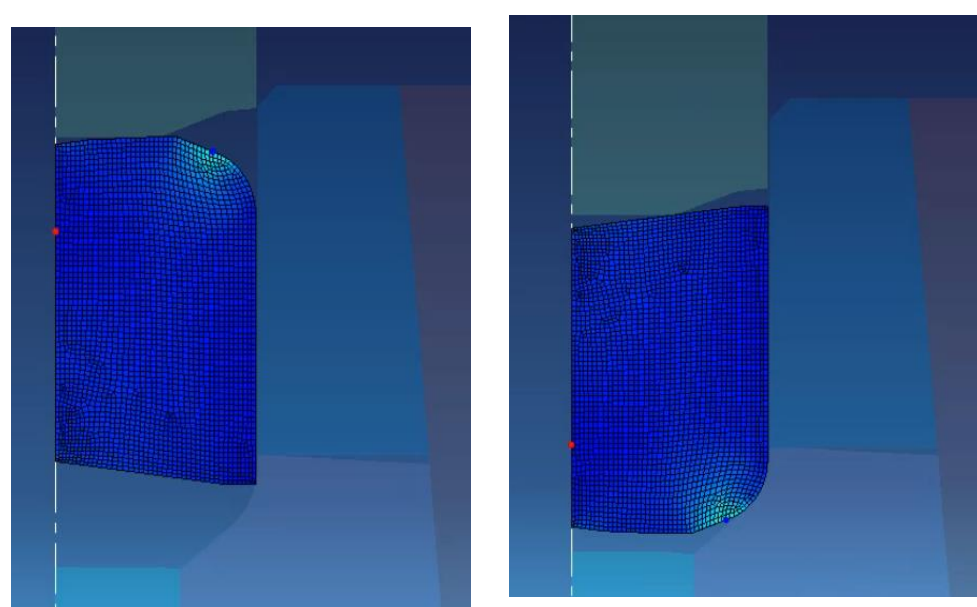


S-N커브 (출처: 생기원 실험)

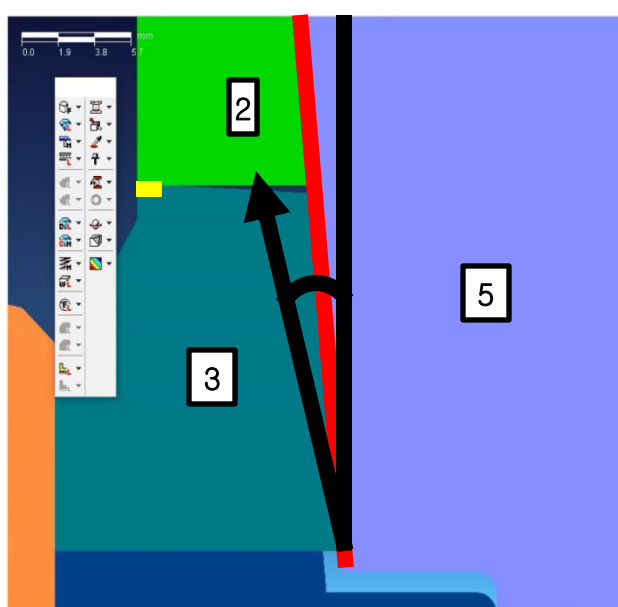


... 응력-수명 피로해석 이론

### 설계 변수 설정

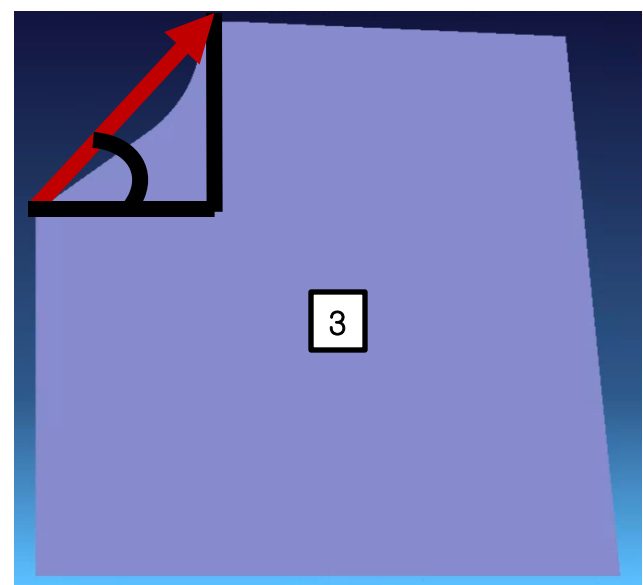


2단 공정에서 소재의 직진(좌)과 턴(우)



3단 공정-3번 금형의 예압 각도

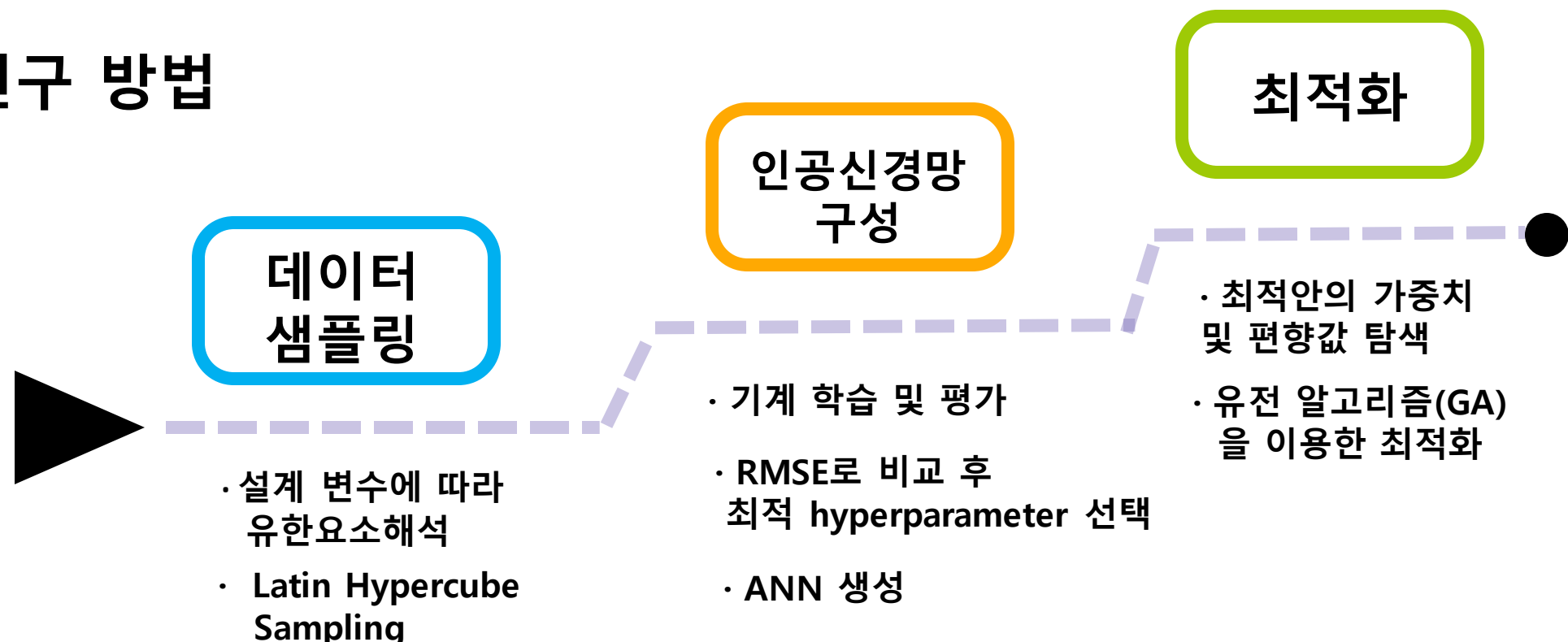
-초기값 : 5° range : 2°~8°



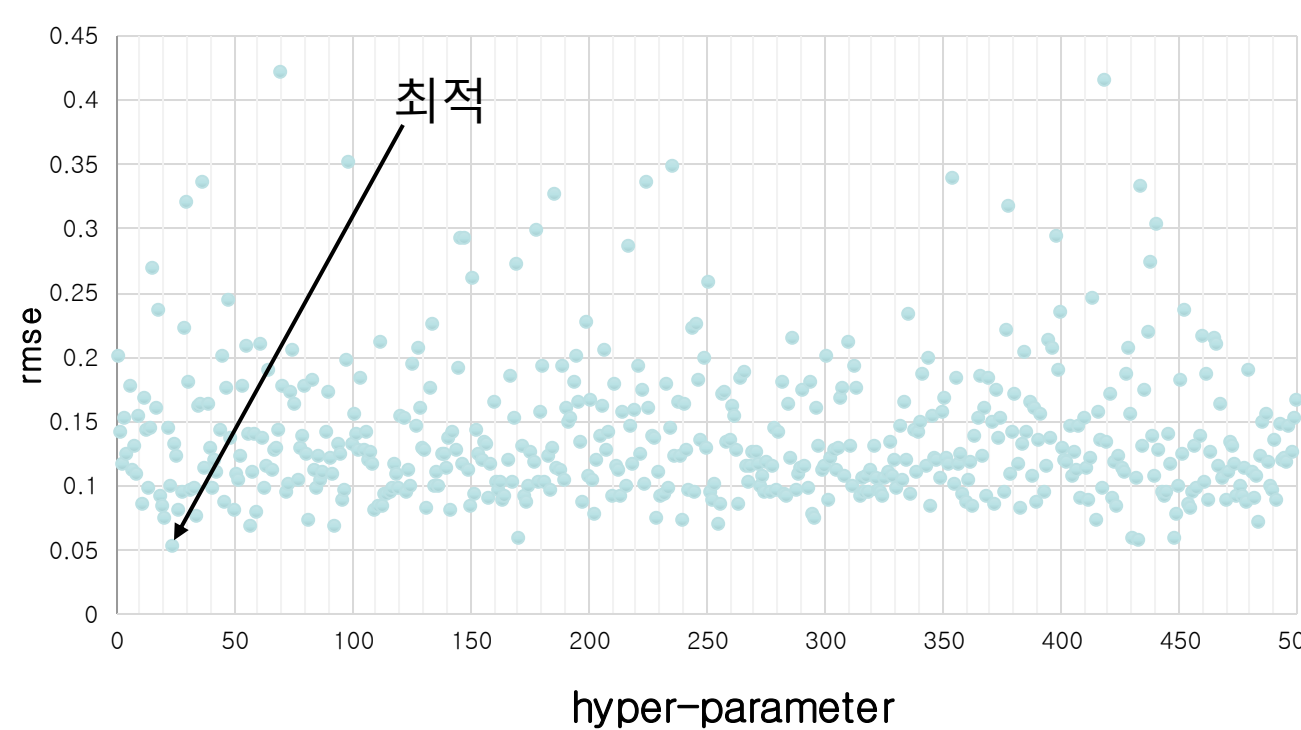
2단 공정- 3번 금형의 각도

-초기값 : 40° range : 30° ~ 50°

### 연구 방법



### 최적의 hyper-parameter 탐색

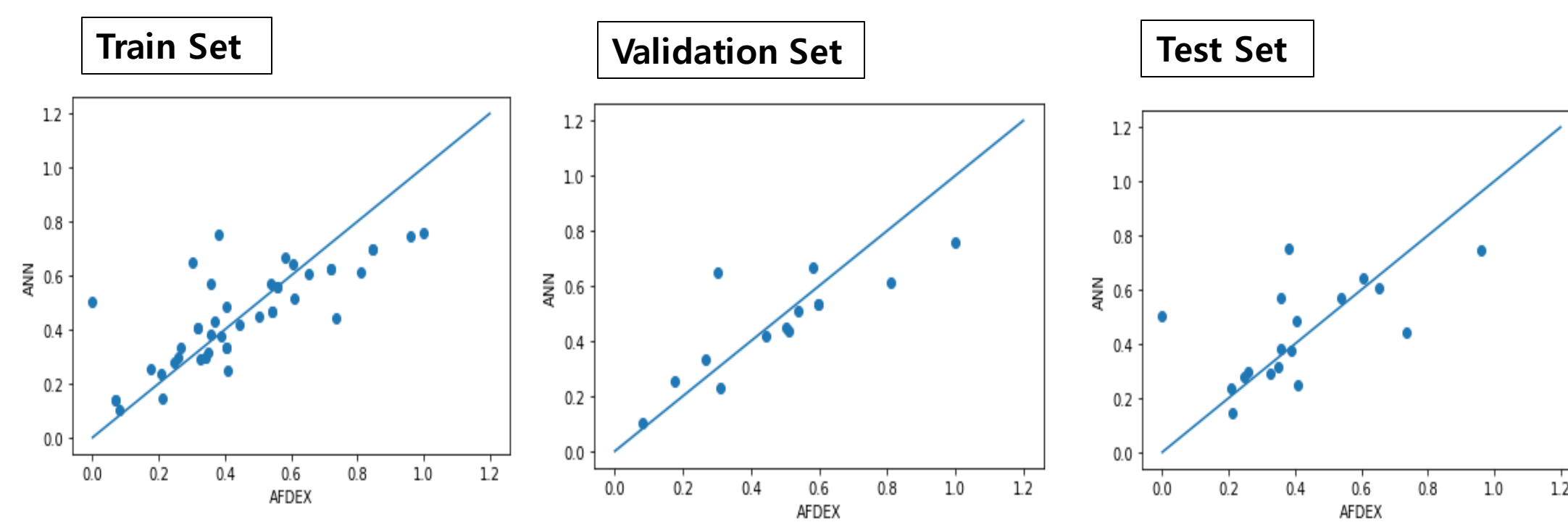


Latin hypercube sampling으로 얻은 100개의 data 중 유한요소해석시 이상치를 제거한 82개의 data 선택

Train set : 50개, validation set : 14개  
test set : 18개

성능 평가 : Latin hypercube sampling으로 얻은 500개의 Hyper-parameter 중 **최적안 선택**

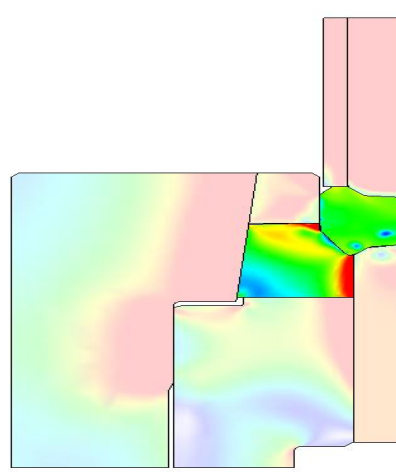
### 머신 러닝과 해석값 비교



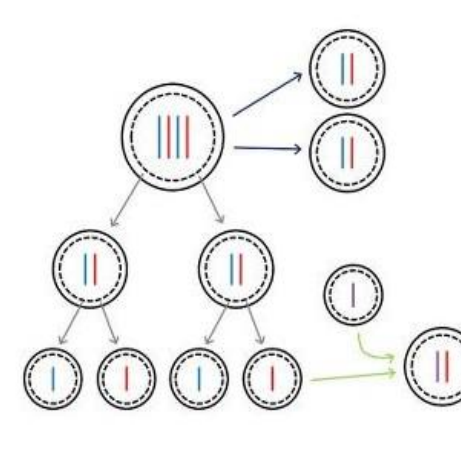
Data set	Train set	Validation set	Test set
RMSE	0.1477	0.1367	0.1850

### 모델별로 최적안 비교

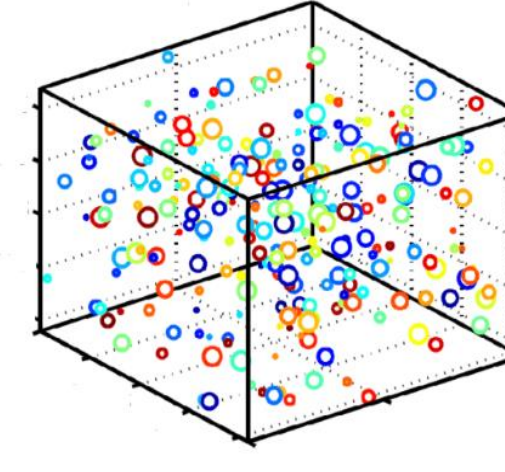
#### 1. 초기 모델(FEM)



#### 2. GA(유전 알고리즘)



#### 3. 검증 모델(FEM)



모델별 금형 수명

	직진,턴	3단-3번 금형 예압 각도	2단-3번 금형 각도	금형 수명	수명증가율
초기 모델(해석)	턴	5°	40°	3.14e+06	-
GA_최적(ANN)	직진	2°	49.8°	4.28e+06	36.3%
검증 모델(해석)	직진	2°	49.8°	3.97e+06	26.4%

-초기 모델에 비해서 GA\_최적안이 36.3% 수명이 증가했음.

-GA\_최적안을 검증한 해석모델은 초기 모델에 비해 26.4% 증가했음.

## 결론

### 최적의 Hyper-parameter 탐색(설계 변수와 Data 선정)

- Latin hypercube sampling을 사용하여 얻은 500개의 hyper-parameter조합 생성
- Train set에 대해 최소의 RMSE값을 가지는 hyper-parameter 조합을 선택

### 머신 러닝의 성능평가(RMSE로 적합성 판정 및 학습)

- 같은 설계 변수에 대하여 머신 러닝으로 예측한 값과 유한 요소 해석값을 비교
- 인공신경망의 성능 검증: Test set의 RMSE가 0.18

### 머신 러닝과 유전 알고리즘을 이용한 최적화(최종 결론)

- 학습시킨 머신 러닝을 메타 모델로 유전 알고리즘을 적용해 설계 변수 최적화
- 초기 모델에 비해 GA\_최적안은 36.3%, 이를 검증한 해석은 26.4% 수명이 증가 했음.

연구자  
지도교수  
소 속

이현준, 이도형, 조영우  
정완진  
서울과학기술대학교 기계디자인금형공학프로그램