Gage R&R에서의 교차 방법과 내포 방법

# 1. 교차 방법 (Crossed Method)

## 이론

교차 방법은 각 부품이 모든 측정자에 의해 여러 번 측정되는 방식입니다. 주로 비파괴 검사에서 사용되며, 이를 통해 부품의 변동성, 측정자의 변동성, 반복 측정의 변동성을 분리하여 측정 시스템의 정확성과 정밀도를 평가할 수 있습니다. 이 방법을 사용하면 측정 시스템의 변동 원인을 구체적으로 분석할 수 있으며, 측정의 반복성을 높이는데 중점을 둡니다.

## 수식

총 변동(Total Variance, σ²\_T)은 다음과 같이 세 가지 구성 요소로 분리할 수 있습니다:  
σ²\_T = σ²\_Part + σ²\_Operator + σ²\_Interaction + σ²\_Repeatability + σ²\_Reproducibility  
- σ²\_Part: 부품 간 변동성  
- σ²\_Operator: 측정자 간 변동성  
- σ²\_Interaction: 부품과 측정자 간의 상호작용 변동성  
- σ²\_Repeatability: 동일한 측정자가 동일한 부품을 여러 번 측정했을 때의 반복성 변동성  
- σ²\_Reproducibility: 다른 측정자들이 동일한 부품을 측정했을 때의 재현성 변동성

## 실제 사례

자동차 부품 검사: 예를 들어, 자동차 엔진의 피스톤 직경을 측정한다고 가정합니다. 동일한 피스톤을 여러 명의 측정자가 여러 번 측정합니다. 이 방법을 통해 측정 시스템에서 발생하는 모든 변동 요인을 파악할 수 있습니다. 이를 통해 각 피스톤의 직경 변동, 측정자 간의 일관성, 그리고 동일한 피스톤을 반복 측정할 때 발생하는 변동을 평가합니다.

# 2. 내포 방법 (Nested Method)

## 이론

내포 방법은 각 측정자가 다른 부품을 측정하며, 동일한 부품을 여러 측정자가 측정하지 않는 방식입니다. 파괴 검사와 같은 경우에 사용되며, 여기서는 부품 간 변동성과 측정자 간 변동성을 평가하는 것이 중요합니다. 내포 방법에서는 각 부품이 특정 측정자에게만 할당되므로, 측정자 간 변동과 부품 간 변동을 명확히 분리하기가 어렵습니다.

## 수식

내포 방법에서의 총 변동은 다음과 같이 나타낼 수 있습니다:  
σ²\_T = σ²\_Part(Operator) + σ²\_Operator  
- σ²\_Part(Operator): 특정 측정자가 측정한 부품 간 변동성  
- σ²\_Operator: 측정자 간 변동성

## 실제 사례

파괴 검사: 예를 들어, 금속 부품의 인장 시험을 한다고 가정합니다. 이 시험은 부품이 파괴될 때까지 당겨야 하므로 동일한 부품을 여러 번 측정할 수 없습니다. 따라서 각 측정자는 각기 다른 부품을 측정하게 됩니다. 이 방법을 통해 각 부품의 강도 변동성과 측정자 간의 변동성을 평가합니다.

# 파괴검사 (Destructive Testing)

## 이론

파괴검사는 재료나 제품을 실제로 파괴하여 그 특성을 평가하는 시험 방법입니다. 일반적으로 제품이 사용 중 받게 될 극한 조건을 모사하여 재료의 성질, 특히 강도, 인성, 취약성 등을 평가합니다. 파괴검사는 재료의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해 중요한 역할을 합니다.

## 수식

파괴검사에서 측정되는 대표적인 지표는 최대 인장 강도(σ\_max)입니다. 이를 구하는 공식은 다음과 같습니다:  
σ\_max = P\_max / A\_0  
- P\_max: 파괴 시점의 최대 하중  
- A\_0: 시료의 초기 단면적

## 실제 사례

철근의 인장 시험: 철근의 최대 인장 강도를 파악하기 위해 철근을 파괴될 때까지 당기는 시험을 진행합니다. 이 시험을 통해 철근이 건설 현장에서 실제로 견딜 수 있는 하중을 평가하며, 철근의 품질을 확인합니다.  
자동차 충돌 시험: 자동차의 안전성을 평가하기 위해 실제 충돌 상황을 모사한 시험을 진행합니다. 차량의 특정 부위를 파괴시켜, 충돌 시 승객의 안전을 확보할 수 있는지를 평가합니다. 이 시험 결과는 차량의 안전 등급에 직접적인 영향을 미칩니다.