

## 도시철도 고가.교량구조물에 대한 내진성능 보강공법 적절성 평가에 관한 연구 방안

City rail and seismic performance of bridge structure. reinforcement study on  
measures of adequacy assessment

백종명 \*† 신민호 \* \* 김박진 \* \* \* 고희규 \* \* \* \*

### ABSTRACT

The existing structures in seismic design, non-urban railway structures and seismic performance of bridge structure; the reinforcement. Therefore, the earthquake caused fatalities, the city is an important railway structures collapse, the loss of the performance of the facility routes award of the great human and material casualties in order to minimize the dangers, particularly to the subway train downtown structures are exposed and non-exposed applied to shockproof performance reinforcement exposed several problems encountered in applying, in this study relates to the seismic performance of reinforcement applies the methods and evaluation of appropriate selection is carried out, the effect on the city railway non-urban railway structures by the earthquake and seismic performance of public law issues raised regarding the suitability and usability of validated against

기존구조물에 내진설계가 적용되지 않은 도시철도구조물 고가.교량구조물에 대한 내진성능보강을 추진하고 있다. 따라서 지진 발생시 인명피해, 도시철도시설물의 붕괴, 노선상 중요한 시설물의 성능상실 등의 중대한 인적 및 물적 사고의 위험성을 최소화 하기 위해서, 특히 열차가 도심을 운행하는 지하철구조물 등에 적용되는 노출 및 비노출 내진성능 보강공법 적용에 있어서 여러 문제점들이 노출되어, 본 연구는 내진성능 보강공법 선정에 관한 적절한 적용방법 및 평가를 실시함으로써, 지진에 의해 도시철도 고가구조물에 미치는 요인과 발생될 문제점 등에 대해 내진성능 공법의 적정성 및 범용성에 대하여 검증하였다.

† 교신저자 : 서울메트로, 서울과학기술대학교 철도전문대학원 건설공학과 박사과정  
([bjm6413@hanmail.net](mailto:bjm6413@hanmail.net))

\*\* 한국철도기술연구원 수석연구원, 철도기술사.공학박사

\*\*\* 서울메트로, 수서차량기지시설 TF 팀장, 철도기술사

\*\*\*\*서울메트로,토목건축사업소,서울과학기술대학교 철도전문대학원 건설공학과 석사과정

# I. 서 론

## 1-1 연구목적

본 연구에서는 내진설계가 적용되지않은 기존시설물에 대하여 “ 도시철도 내진설계 기준”, “ 도시철도내진성능평가 및 보강방안” 에 따라 이들 내진성능 향상요령에서 제시하고 있는 방법들을 최대한 활용하고 , 지진 피해 방지하기 위한 보강시스템 구축 해석방법과 내진성능보강방안을 통하여 구조물 위치별 적절한 내진성능 보강방안에 대한 적용성을 검토 하기 위한 것이다. 그 중 특히 고가.교량구조물의 각 부분별 내진성능보수, 보강공법에 관한 해석방법 및 성능평가를 실시함으로써 지진에 의해 구조물에 미칠 수 있는 요인과 발생될 수 있는 문제점에 대해 다양한 적용성 및 범용성이 가능한 것으로 검증하였다.

## 1-2. 연구동향

### 1-2-1 내진 설계 기준 변천과정

#### ▶ 교각기둥의 휨강도 선정시 소성힌지 구간

1992 년	2000 년	2004 년
내진설계 첫 도입	도로교 내진설계 기준강화 - 횡방향 구속철근 배근 규정	소성힌지 구간내에 철근 겹이음 제한 규정

※참고 :교각기둥의 휨강도 선정시 소성힌지 구간

### 1-2-2 내진 설계 기준 변천과정

#### ▶ 콘크리트 극한변형율과 변위 연성 선정기준

구 분	도로교 설계기준(2005)	기존교량의 내진성능평가 및 향상요령(2004)	고속도로 내진설계 미반영 교량의 내진보강설계 지침(2005)
적용대상	도로교	국도 및 일반교량	고속도로 교량
겹침이음 (유)	일반편에 콘크리트 변형율 0.003 으로 규정	$\epsilon = 0.00012$ $\mu \text{ max}=1.5$	$\epsilon = 0.003$ $\mu \text{ max}=1.8$
겹침이음 (무)		$\epsilon = 0.003$	$\epsilon = 0.004 \text{ or } 0.004 + \alpha$

## 1-3 연구 방향

신설교량의 설계에 있어서는 설계조건 및 단면의 변경 등을 통해 공급역량을 확보하는 방안을 다양하게 수립할 수 있으나, 기존 구조물에 대한 내진성능평가의 경우에는 정해진 구조물의 현황 조건만을 이용하여야 하는 점과 공용하의 보수, 보강이 이루어져야 하는 점 등의 제약조건으로 인해 아래 비교표와 같이 보다 정확한 기존 구조물의 공급역량 평가가 요구된다.

표 1-3 내진설계와 내진성능평가의 차이점 비교

구 분	내진설계	내진성능평가
설계목표	- 구조물의 공용기간 동안 기능수행을 위한 안전을 확보	- 지진시 구조물의 내진성능확보로 피해 최소화
소요역량	- 하중계수 고려(전단면강성)	- 실제 구조시스템 고려(유효강성)
공급역량	- 설계기준강도(강도감소계수)	- 실제강도(재료, 단면, 부재)
변위연성도	- 완전 연성(상수 R) 고려	- 변위 연성도(변수 R) 고려

즉, 기존 구조물의 정확한 내진성능평가를 위해서는 정밀 해석된 결과를 바탕으로 각 구성부재 별 평가를 수행하고 안전성 검토를 통해 내진성능보유 여부를 판별하고, 내진성능이 부족한 대상에 대해서는 적정 보수,보강을 계획할 수 있는 충분한 내진성능평가 결과를 연구코져 하였다.

## II. 연구 배경

최근 전세계적으로 대규모 지진발생으로 과학적인 지진관측 이후 지속적인 지진발생빈도 증가로 한반도에서 지진발생에 대한 위기감 고조되고 있는 실정으로 국가에서는 지진재해 대책수립.

### 2-1. 내진성능 규정에 따른 기준

2-1-1 2010년 3월: 도시철도 시설물의 내진성능 평가지침 (국토해양부)

2-1-2 2011년 7월 : 기존 시설물 내진성능평가 및 향상요령(국토해양부)

## III. 해석 및 평가 방법

### 3-1 대상구조물 별 내진성능평가 해석방법

구 분	소요역량	공급역량		
	선형탄성해석 (다중모드해석)	비선형 정적해석		비선형 동적해석 (시간이력 해석)
		모멘트-곡률	Push-Over 해석	Push Over 해석

			(M- $\Phi$ ) 해석		(Fiber 요소)
교량	일반구간	0	0	-	-
	중요구간	0	0	-	0
정거장	일반구간	0	-	0	-
	중요구간	0	-	0	0

### 3-2 내진성능평가에 대한 판정 방법

#### 3-2-1. 응답변위법

탄성해석에 의한 내진성능평가(구조물에 비선형성 미고려)

#### 3-2-2. 비선형 시간이력해석법

비탄성해석에 의한 내진성능평가(구조물에 비선형성 고려)

### 3-3 내진성능 평가시험 방법

#### 3-3-1 하중-변위시험

#### 3-3-2 내력평가 시험 (최대내력 증대효과 평가)

#### 3-3-3 최대내력 이후 내력 저하율 분석시험

#### 3-3-4 초기강성 평가시험(항복 수평하중과 항복변위에 대한 비)

#### 3-3-5 연성능력 평가시험

#### 3-3-6 에너지 소산 능력 평가시험

(지진 발생시 실제로 흡수 및 소산되는 에너지를 산정)

### 3-4 각 구조물 유형별 내진성능 보강방안

구분	내진 성능부족 유형	보강 방안	비고
고가	휨성능부족	우각부 단면보강, 섬유보강, 댐퍼보강	
	전단성능부족	일면전단보강, 우각부 단면보강, 댐퍼보강	
옹벽	휨 성능 부족	앵커보강	
	전단 성능 부족	일면전단보강	

## IV. 실험결과 및 고찰

- 기존지하철 고가.교량구조물은 시공성, 현장여건 등을 고려하면 내하력 향상이 현실적으로 어려운 실정이기 때문에 지진응답을 효율적으로 줄이기 위한 제진보강(댐퍼공법 등) 적용은 필요할 것이므로
- 기둥부는 실험결과 기둥부 상. 중. 하단부에 발생하는 파괴양상을 감안하여 보다 많은 실험결과를 수집한 후 이를 고려한 내진보강 설계 검토.
- 기둥부 연성(섬유)보강 또는 벽체보강 검토는 포대보강체 실험결과를 보면 기둥과 거더 이음부간 발생하는 파괴양상을 고려하여 기둥(또는 벽체)-거더(또는 슬래브) 연결부 보강 검토가 향후 추가로 필요하다고 판단됨.

### ■ 참고문헌

1. 고가.교량 내진보강 및 방음벽 교체공사 실시설계용역 종합보고서  
(고가.교량 : 2012.12),서울메트로
- 2.내진성능평가 상세평가 및 보강방안 지하철 종합보고서  
(고가 및 교량 : 2010.09),서울메트로