콘크리트 구조물 안전성 향상을 위한 스트럿-타이 모델 적용 방안

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2013년도 고속도로 설계 실무자료집(2014, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 하중이나 부재의 형태가 불연속적이며 평면유지의 법칙이 적용되지 않는 응력교란영역(D영역) 설계에는 일반적인 보 이론이 적용되기 어려워, 복잡·조밀한 철근 배근으로 시공성이 저하됨

(2) 新설계기술인 스트럿-타이 모델을 도입하여 경제성, 안전성, 및 합리적인 콘크리트 구조물 설계를 유도하고, 우리 공사 기술 위상 제고 및 해외 시장 개척을 위한 기술 축척 도모

2. 현황 및 문제점

2.1 현 설계기준

2.1.1 국내 기준

(1) 콘크리트 구조기준(2012)

(1.1) 깊은보의 휨, 압축(6.3.4), 전단(7.8.1)에 대하여 비선형 변형률 분포를 고려하거나 스트럿-타이 모델에 따라 설계하여야 한다.

(1.2) 브래킷, 내민받침(av/d≤2)에 대한 전단설계(7.9.1)에는 스트럿-타이모델을 이용하여 설계할 수 있다.

(1.2.1) 교각 코핑부는 스트럿-타이 모델(2011년 이후) 적용중

(2) 도로교 설계기준(2012)

(2.1) 부재의 응력교란영역의 설계(5.5.5)를 위하여 스트럿-타이 모델을 사용할 수 있다.

2.1.2 국외 기준

구 분	미 국		유 럽
시방기준	AASHTO LRFD 2010	ACI318-08	EuroCode 2
내 용	집중하중 작용점, 비선형부 등 D영역에 대하여 스트럿-타이 모델 검토	기존 경험식에 의존하던 깊은보 전단설계방법을 스트럿-타이 모델로 대체	연속응력부 극한한계상태, 비선형 변형부 등 스트럿-타이 모델 검토
적용부재	깊은보, 파일캡, 브라켓 및 코벨 등	깊은보, 코벨, 보-기둥 접합부, PSC 정착부, 교각 코핑부 등	깊은보, 내민받침, 파일캡, 코벨 등

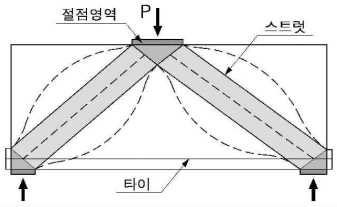
3. 개선내용

3.1 적용방안

3.1.1 스트럿-타이 모델 해석 적용

3.1.1.1 스트럿-타이 모델 적용 타당성

(1) (기본개념) 응력흐름이 균일하지 않은 응력교란구간(D영역)을 해석·설계하는 트러스 모델

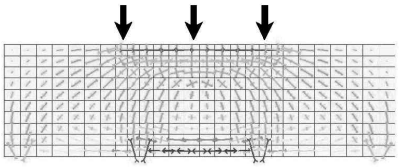
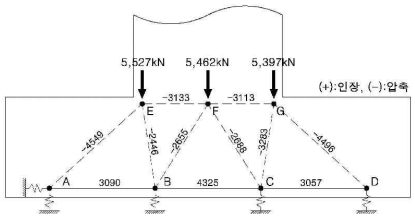
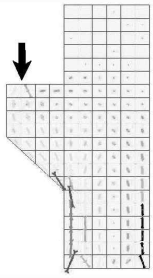
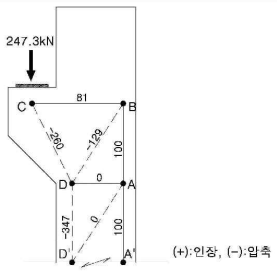
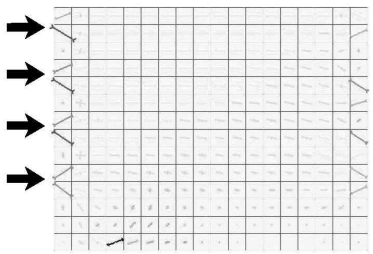
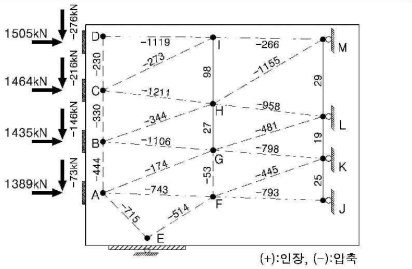
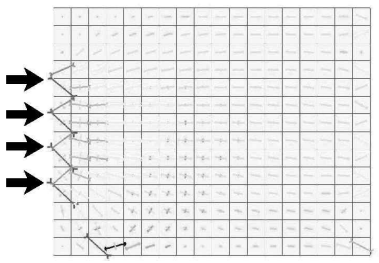
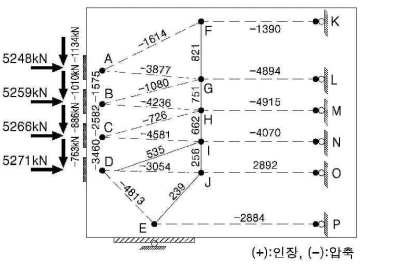
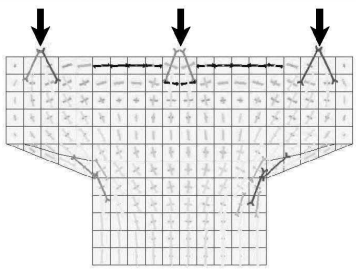
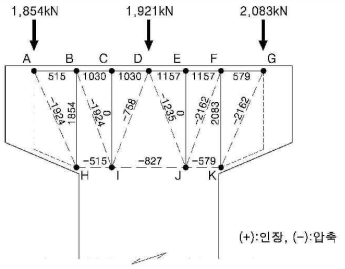


o 스트럿(strut) : 프리즘 모양 또는 부채꼴 모양의 압축응력장을 이상화한 요소
o 타이(tie) : 인장력 전달요소
o 절점영역(nodal zone) : 스트럿과 타이의 힘이 절점을 통해서 전달될 수 있도록 하는 절점의 유한 영역

(2) (기본원리) 스트럿, 타이 그리고 절점의 강도와 평형조건을 만족하는 정역학적 시스템으로 휨, 전단, 축력의 모든 하중 효과를 동시에 고려하여 일관성을 확보함

(3) (적용성 검토) 교량에서 D영역 부재인 말뚝기초, 코벨, PSC 거더 정착부, PSC 박스거더 정착부에 대하여 구조해석 시행

(4) 부재별 적용도

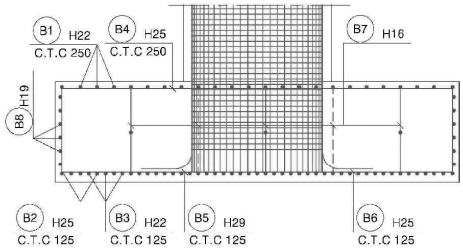
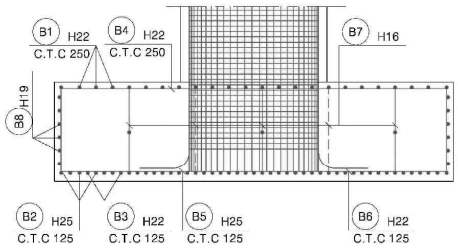
구분	힘의 흐름도	스트럿-타이 모델 적용도
말뚝 기초		
코벨		
PSC I거더 정착부		
PSCB 정착부		
코핑부		

3.1.2 부재별 적용성 검토

3.1.2.1 말뚝기초

(1) 대상 : T형 교각 기초(6×6m), 말뚝(4×4)

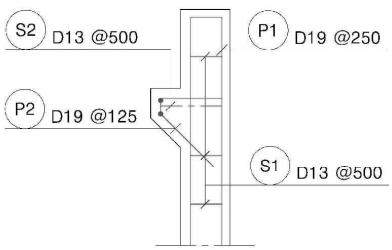
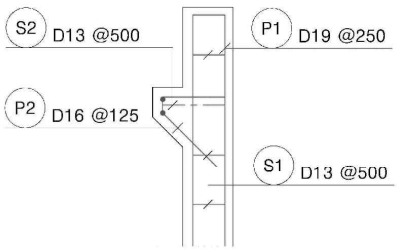
(2) 검토결과, 기초 주철근량 0.6톤(13%) 감소

기존 설계방법	개선방안
	
하부 주철근 : 3.506ton 상부 주철근 : 1.111ton 계 : 4.617ton	하부 주철근 : 3.065ton(Δ 13%) 상부 주철근 : 0.952ton(Δ 14%) 계 : 4.017ton (Δ 13%)

3.1.2.2 코벨

(1) 대상 : 교대 접속슬래브 헌치

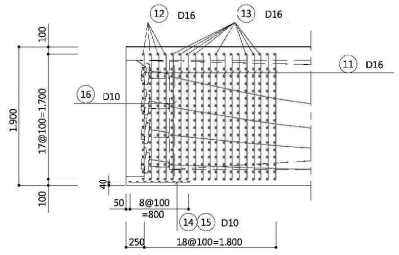
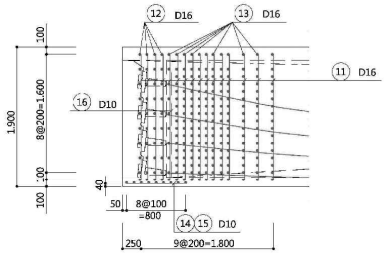
(2) 검토결과, 코벨 주철근량 0.104톤(12%) 감소

기존 설계방법	개선방안
	
코벨 주철근 : 0.760ton 수평전단철근 : 0.097ton 계 : 0.857ton	코벨 주철근 : 0.656ton(Δ 14%) 수평전단철근 : 0.097ton(-) 계 : 0.753ton (Δ 12%)

3.1.2.3 PSC계열 거더 정착부

(1) 대상 : PSC거더(L=30m)

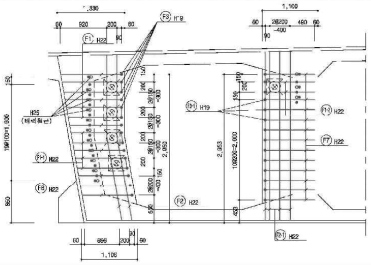
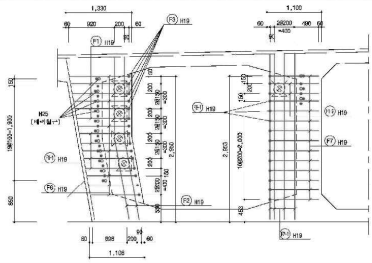
(2) 검토결과, 거더 단부 보강철근 0.155톤(15%) 감소

기존 설계방법	개선방안
	
수직 전단철근 : 0.302ton 수평 전단철근 : 0.168ton 배면 보강철근 : 0.056ton 계 : 0.526ton	수직 전단철근 : 0.255ton(Δ 16%) 수평 전단철근 : 0.137ton(Δ 18%) 배면 보강철근 : 0.056ton(-) 계 : 0.448ton (Δ 15%)

3.1.2.4 PSC 박스거더 정착부

(1) 대상 : PSC 박스거더(B=18.2m, H=3.5m)

(2) 검토결과, 박스 단부 보강철근 3.319톤(19%) 감소

기존 설계방법	개선방안
	
수직 전단철근 : 6.587ton 수평 전단철근 : 12.251ton 배면 보강철근 : 0.228ton 계 : 19.066ton	수직 전단철근 : 4.875ton(Δ 26%) 수평 전단철근 : 10.644ton(Δ 13%) 배면 보강철근 : 0.228ton(-) 계 : 15.747ton (Δ 17%)

3.1.2.5 교각 코핑부

(1) 대상 : T형 교각(설계처-1361, 2011.06)

(2) 검토결과, 코핑 철근량 0.821톤(11%) 감소

3.1.3 결론 및 기대효과

(1) 스트럿-타이 모델 적용은 힘의 흐름에 따른 합리적인 설계로 기존 설계법보다

철근량이 11~17% 절감되어 경제적인 설계 가능

(2) 교량별 하중조건, 부재 형상 등의 설계조건과 경제성을 비교 검토 후 설계 적용

(3) 현 설계노선 적용시 공사비 약 30억원 절감 예상

(3.1) 대상 : 함양~울산 등 5개 노선

4. 결론

(1) 적용

(1.1) 설계중인 노선 : 본 방침 적용

(2) 향후 추진 계획

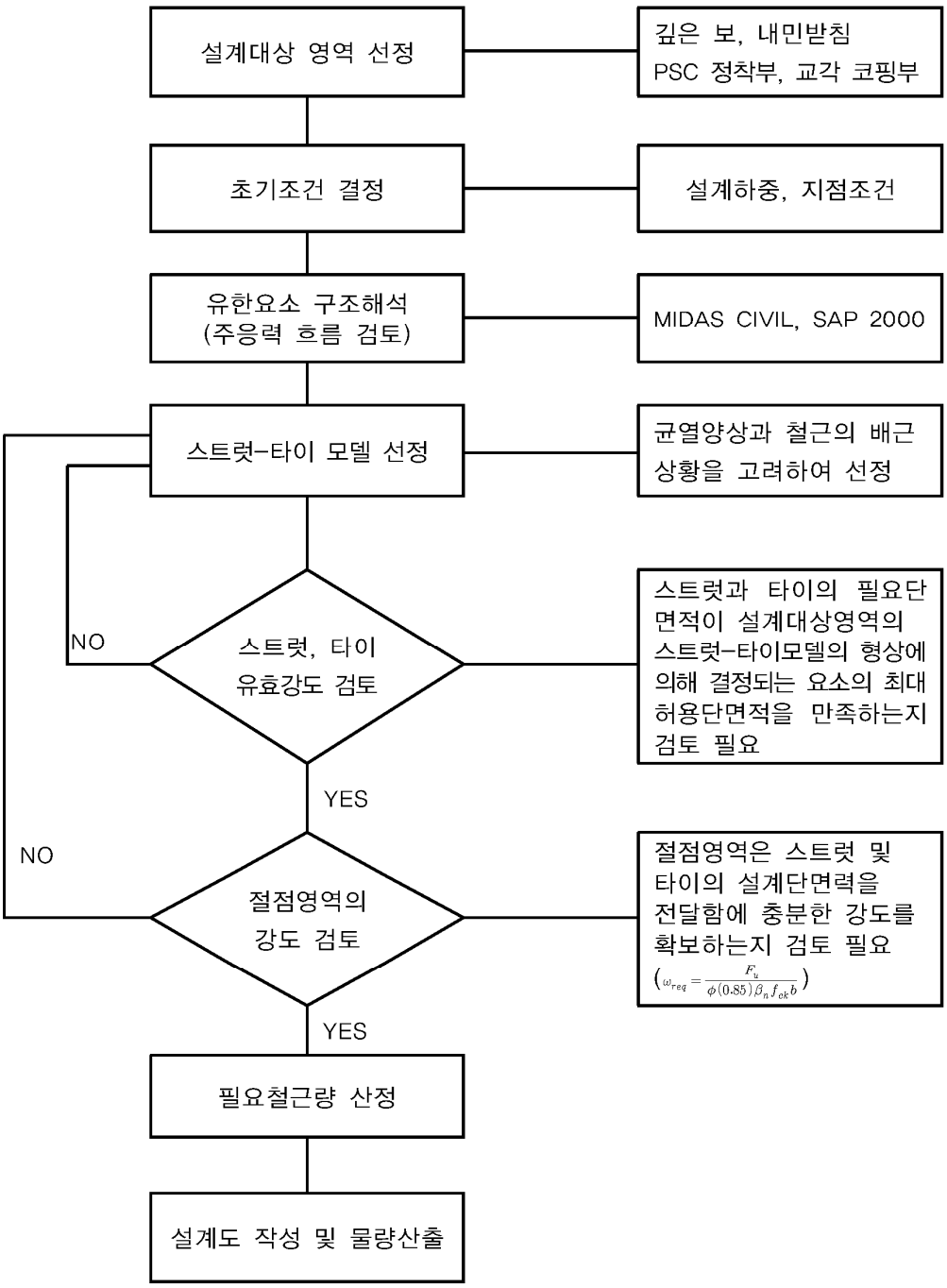
(2.1) 설계 Check List 스트럿-타이 모델 검토 항목 신설

(2.2) 스트럿-타이 모델 설계 적용을 위한 교육 시행 : 2013. 11월

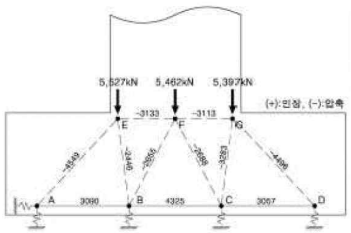
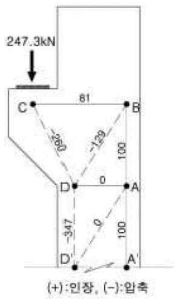
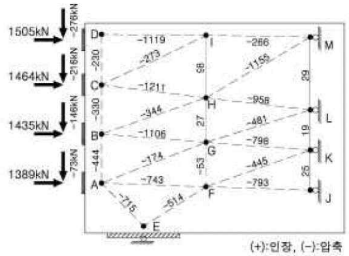
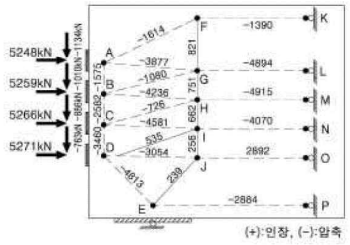
(2.2.1) 대상 : 공사 및 설계용역사 직원

5. 기타

5.1 스트럿-타이 모델 설계 절차



5.2 부재별 STM 검토 결과

구 분	말뚝기초	코벨	PSC 거더 정착부	PSC 박스거더 정착부
STM 적용 개요도				
기존 설계방법 필요철근량	하부 주철근 : 3.506ton 상부 주철근 : 1.111ton 계 : 4.617ton	코벨 주철근 : 0.760ton 수평전단철근 : 0.097ton 계 : 0.857ton	수직 전단철근 : 0.556ton 수평 전단철근 : 0.356ton 배면 보강철근 : 0.118ton 계 : 1.030ton	수직 전단철근 : 6.857ton 수평 전단철근 : 12.251ton 배면 보강철근 : 0.228ton 계 : 19.066ton
STM 설계방법 필요철근량	하부 주철근 : 3.065ton 상부 주철근 : 0.952ton 계 : 4.017ton	코벨 주철근 : 0.656ton 수평전단철근 : 0.097ton 계 : 0.753ton	수직 전단철근 : 0.472ton 수평 전단철근 : 0.285ton 배면 보강철근 : 0.118ton 계 : 0.875ton	수직 전단철근 : 4.875ton 수평 전단철근 : 10.644ton 배면 보강철근 : 0.228ton 계 : 15.747ton
부재별 철근량 검토	철근량 : (Δ) 13%	철근량 : (Δ) 12%	철근량 : (Δ) 15%	철근량 : (Δ) 17%
절감액(천원)	720	125	186	3,983