교량바닥판 프리캐스트 판넬공법의 경험적 설계법 적용방안 검토(안)

제공처 : 한국도로공사 설계처

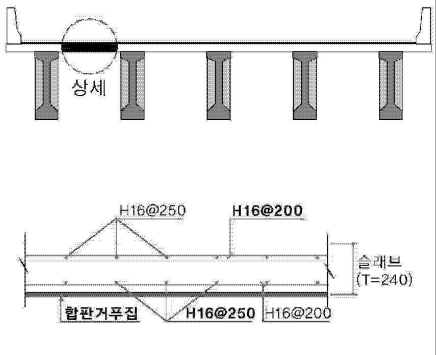
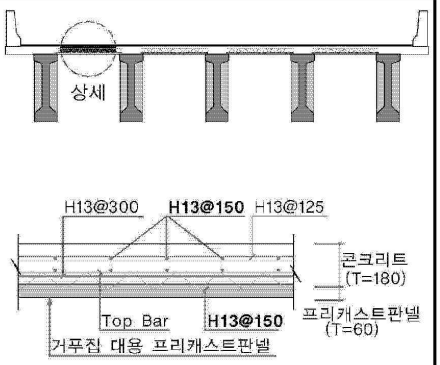
출처 : 2006년도 고속도로 설계 실무자료집(2007, 한국도로공사)

1. 일반현황

거더교의 슬래브 Con'C 타설을 위해 프리케스트 판넬을 사용 시공성 및 안전성 확보(설계처-1220, 강도설계법)토록하고 있으나 슬래브 설계시 실제 바닥판 파괴 메카니즘과 일치되는 경험적 설계법(도연사18204-31780호) 적용에 따른 적용성 여부에 대하여 검토

2. 현황 및 문제점

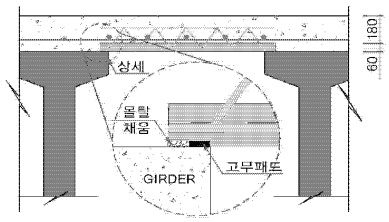
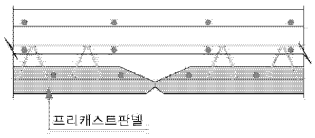
2.1 현 설계법

구 분	경험적 설계법 (합판거푸집 적용)	강도설계법 (프리케스트 적용)
개 요		
장·단점	o 피로파괴에 의한 펀칭전단파괴에 저항 o 거푸집 설치 후 Con'C 타설, 양생 후 거푸집 제거 o 거푸집(동바리)설치와 해체작업으로 안전성 확보 불리 o 공기가 길고 작업효율 저하	o 휨모멘트에 의한 인장파괴에 저항토록 설계 o 프리캐스트 판넬이 Con'C 양생전 거푸집, 양생후 구조체로 작용 o 거푸집, 동바리가 필요없고, 해체공정이 없어 공사중 안전성 확보가능 o 단순 반복작업으로 시공이 신속함

3. 개선내용

3.1 경험적 설계법 적용 적정성 검토

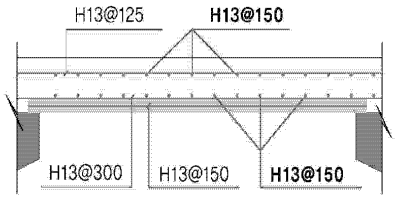
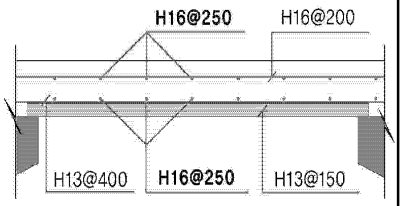
(1) 도로교 설계기준

도로교 설계기준	검 토 내 용
4.7.7 경험적 설계법 4.7.7.3 설계조건 (1) 다음의 조건들을 만족시킬 경우에만 경험적 설계법을 적용할 수 있다 1) ... 2) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생 되어야 함 10) ... [해설] (1) ...이 설계조건에 명시되지 않은 사항이라도 교량기술자의 전문적인 판단, 정밀해석 또는 실험결과가 바람직할 경우 경험적 설계법을 적용할 수 있으며...	도로교 설계기준 4.7.7.3 (1)(2) 항의 요구사항은 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생될 경우에 한하여 경험적설계법을 적용할수 있으나 실험적으로 검증되고 결과가 바람직 할 경우 적용가능함 (1)프리캐스트 판넬을 이용한 철근콘크리트 바닥판의 경험적 설계법 적용성 연구(서울산업대2006. 3)결과 실험에의해 휨강도 및 펀칭전단강도 확보 검증
(2) ...현장타설되는 바닥판의 경우바닥판과 거더가 일체로 합성되는 효과가 프리캐스트 바닥판의 경우 보다 크기때문에 이와같은 조항이 포함되었다. 프리캐스트 바닥판의 경우도... 합성효과가 있지만 현장타설되는 바닥판 보다 합성효과가 떨어지고, 또한 바닥판과 바닥판 사이의 이음부가 존재하여 이부분에 대한 아치작용의 효과가 검증되지 않은 상태이다. 따라서 경험적 설계법을 적용하기 위해서는 보다 많은 실험적 연구가 이루어져야 할 것이다	(2) 바닥판과 거더의 합성효과를 극대화 ① 합성 작용을 위한 모르타르 충진  ② 종방향 철근연속배치  ☞상기와 같이 실물실험을 실시한 결과 Arching-Action효과 검증

(2) 안전성 및 사용성

<table>
<tr><th>검토항목</th><th>검토내용</th></tr>
<tr><td>휨강도
검토</td><td>
<table>
<tr><th>실험부재</th><th>유효지간
(m)</th><th>계수설계하중
P_d(kN)</th><th>극한강도실험값
P_u(kN)</th><th>안전율
($\varnothing P_u/P_d$)</th></tr>
<tr><td>단순지지</td><td>2.6</td><td>46.7</td><td>77.1</td><td>1.40</td></tr>
<tr><td>합성지지</td><td>2.6</td><td>84.7</td><td>154.1</td><td>1.55</td></tr>
</table>
• 단순지지 실험체의 경우 안전율이 1.4, 합성지지 실험체의 경우 안전율이 1.55로서 프리캐스트 판넬 바닥판은 충분한 휨강도를 가지고 있음
</td></tr>
<tr><td>펀칭
전단강도
검토</td><td>
<table>
<tr><th>실험부재</th><th>유효지간
(m)</th><th>펀칭전단강도
P_u(kN)</th><th>ACI 기준
(P_u/P_{ACI})</th><th>CEB-FIP
($P_u/P_{CEB-FIP}$)</th></tr>
<tr><td>단순지지</td><td>2.7</td><td>889.5</td><td>1.35</td><td>1.41</td></tr>
<tr><td>합성지지</td><td>2.85</td><td>1069.6</td><td>1.62</td><td>1.70</td></tr>
</table>
• 경험적 설계법을 적용한 프리캐스트 판넬 바닥판의 판부재 실험결과 정적하중 재하시 모두 펀칭전단으로 파괴되는 것을 확인하였음.
• 펀칭전단강도의 크기는 ACI규정 (현행도로교 설계기준과 동일)과 CEB-FIP 규정치보다 평균 1.4배~1.7배 정도 크게 평가됨.
(※ P_{ACI}=660.32kN,ACI규정에 따른 펀칭전단강도
※ $P_{CEB-FIP}$=628.70kN ,CEB-FIP규정에 따른 펀칭전단강도)
</td></tr>
<tr><td>처짐
검토</td><td>
<table>
<tr><th>실험부재</th><th>유효지간
(m)</th><th>수직처짐량(δ)
(mm)</th><th>허용처짐량(δ_a)
(mm)</th><th>δ/δ_a</th></tr>
<tr><td>단순지지</td><td>2.1</td><td>0.88</td><td>2.625</td><td>0.34</td></tr>
<tr><td>합성지지</td><td>2.85</td><td>0.58</td><td>3.75</td><td>0.15</td></tr>
</table>
• 프리캐스트 판넬 바다판의 하중-처짐곡선을 토대로 처짐에 대한 사용성을 평가한 결과 허용처짐량대비 11%~34% 정도로 처짐량이 작기 때문에 사용성을 충분히 만족.
</td></tr>
<tr><td>균열
검토</td><td>
<table>
<tr><th>실험부재</th><th>유효지간
(m)</th><th>균열폭(ω)
(mm)x10^{-2}</th><th>허용균열폭(ω_a)
(mm)x10^{-2}</th><th>ω/ω_a</th></tr>
<tr><td>단순지지</td><td>2.7</td><td>6.96</td><td>16.75</td><td>0.42</td></tr>
<tr><td>합성지지</td><td>2.85</td><td>6.02</td><td>16.75</td><td>0.36</td></tr>
</table>
• 각 실험체에 설계윤하중 재하시 발생된 균열폭을 측정한 결과 허용균열폭 대비 18%～42% 수준으로 도로교 설계기준의 균열폭에 관련된 사용성을 충분히 만족하고 있는 것으로 평가됨.
</td></tr>
</table>

(3) 설계 공법별 비교

구 분		강도설계법	경험적설계법
개 요			
종방향 철근비	하부	H13@150(ρ=0.00352)	H16@250(ρ=0.00331)
	상부	H13@300(ρ=0.00176)	H16@250(ρ=0.00331)
횡방향 철근비	하부	H13@300(ρ=0.00528)	H13@400(ρ=0.00484)
	상부	H13@125(ρ=0.00422)	H16@200(ρ=0.00414)
경제성 비교	PSC빔교	100%	99.85%
	ST.Box교	100%	94.74%
장단점		· 실제 바닥판 파괴메카니즘과 상치되는 설계법적용으로 불합리 · 지간이 길어질수록 휨설계로 인해 불필요하게 과다설계 우려가 있음 · 경제성 불리	· 실제 바닥판 파괴메카니즘과 일치되는 설계법 적용으로 합리적임 · 지간과 관계없이 일정비율의 철근량을 배근하므로 경제적 설계가능 · 경제성 유리

4. 결론

(1) 교량 슬래브에 프리캐스트 바닥판 사용시 실험적 검증을 통해 일체거동 및 안전성 입증 후 경험적 설계법을 적용토록 규정함에 따라

(2) 프리캐스트 바닥판의 실물 거동 시험을 시행한 결과

(2.1) 일체거동으로 휨강도 및 펀칭강도 등 충분한 안전율이 확보

(2.2) 바닥판 거더의 합성효과 증진의 극대화를 위한 모르타르 충진

(2.3) 종방향 철근 연속배치를 통해 판넬의 연속성 강화 등이 검증

(3) 검증결과에 따라, 현재 프리캐스트 판넬 적용시 사용되고 있는 강도설계법을 경험적설계법으로 전환함이 타당함

(4) 경제성이 확보되는 고소교량(교고h=15m이상)에서 우선적용 검토

(5) 시공시 안전사고의 위험이 높거나 하부통행량이 많아 본 방침적용이 유리하다고 판단되는 교량에 대하여 적용

(6) 적용방안

(6.1) 2006년 11월 준공노선부터 적용

(6.2) 공사중인 노선은 해당 주관부서에서 판단 적용