철근기호 설계도면 표기방안 개선

설계처-127 (2017.01.13)

초고장력 철근(fy=500Mpa이상)이 확대 적용됨에 따라 효율적인 설계 및 시공를 위하여 **설계도면 내 철근기호 표기방안을 개선**하고자 함

관련기준 및 현 설계

관련 기준	도로교설계기준(2010)	도로교설계기준(2012~)
	철근 항복강도(fy)는 **500Mpa 이하 적용 가능**	철근 항복강도(fy)는 **600Mpa 이하 적용 가능**
현 설계	설계도면 내 **SD400과 SD500 철근기호**가 H(High-tension Deformed Bar)로 **동일하여 설계·시공 연계시 혼란 우려**	

※ KS기준 개정('16.6)으로 SD600(특수내진용) 철근 기준 추가

개 선 방 안

구 분	도면 기호		비 고
	당 초	변 경	
SD300(fy=300Mpa)	D19	좌 동	이형철근 (Deformed Bar)
SD400(fy=400Mpa)	H19	좌 동	고장력 이형철근 (High-tension Deformed Bar)
SD500(fy=500Mpa)	H19	S19	초고장력 이형철근 (Super High-tension Deformed Bar)
SD600(fy=600Mpa)	-	U19	초고장력 이형철근 (Ultra High-tension Deformed Bar)

추 진 계 획

o 김포~파주 노선 실시설계부터 적용

4-3 구조물공

교대 벽체 설계 합리화를 위한 건조수축 및 온도철근 설계 방안 검토

설계처-936 (2017.03.23)

1 검 토 배 경

□ 최근 제정된 국가건설기준-**설계기준**(이하 "KDS[1]"라 한다)]에서 제시하는 매스콘크리트[2] 균열제어를 위한 건조수축 및 온도철근(이하 "**온도철근**"이라 한다) 규정이 우리공사 지침과 상이하여,

□ 교대 벽체 설계 시 실무자간의 혼선이 초래하는 바, 이에 대한 합리적인 설계 방안을 검토하고자 함

※ 일반적으로 교대 벽체는 매스콘크리트로 취급되어 온도철근이 배근됨
두께 2.2m 이상

2 검 토 내 용

□ KDS 기준 발췌

<KDS 24 14 21-4.6.15.3. 두께 1,200mm를 초과하는 부재>

단면의 최소치수가 **1,200mm를 초과하는 구조용 매스콘크리트는 D19 이상**의 철근을 450mm이하의 간격으로 건조수축 및 온도철근을 배치하여야 하며, 다음 식을 만족하는 철근량을 부재의 양면에 양방향으로 균등배치 하여야 한다.

$$\sum A_b \geq s(2d_c + d_b)/100$$

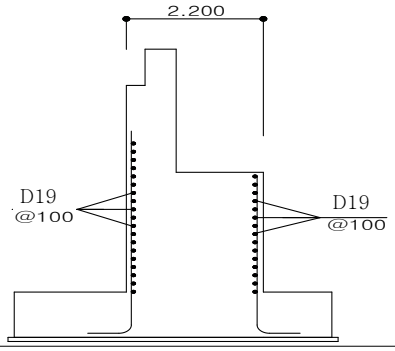
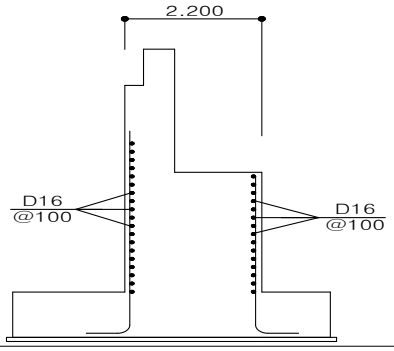
여기서, A_b=최소철근 단면적(㎟), s=철근간격(㎜), d_b=철근 또는 철선의 지름(㎜)
d_c=부재표면에서 가장 근접한 철근 또는 철근의 중심까지의 콘크리트 피복두께(㎜), $(2d_c + d_b)$의 값은 75㎜를 초과해서는 안된다.

※ 고속도로 교량 설계에서는 교대 벽체가 해당됨

□ 온도철근 산출 예시 비교

구분	KDS [붙임1]	우리공사 지침(설계처-814, 2012) [붙임2]
기준 요약	D19 이상의 철근을 450mm 이하가 되도록 배치	철근 간격을 조밀하게 하여 단면적의 0.18% 이상으로 배치

1) KDS : "Korean Design Standard"로서 국가 통합 설계기준을 말함
2) - 콘크리트표준시방서 : 두께 0.8m 이상의 넓이가 넓은 평판구조, **두께 0.5m 이상**의 하단이 구속된 벽체
- 도로교설계기준 : 두께 1,200mm를 초과하는 부재

구분	KDS [붙임1]	우리공사 지침(설계처-814, 2012) [붙임2]
철근 배근 형상		
철근량	$As_{,req} = A_b \times (1000/100) \times 2$ $A_b \geqq s \times \min[(2d_c+d_b), 75]/100$ $A_b = 100 \times 75/100 = 75$ - **$As_{,req}$ = 75 × (1000/100) × 2 = 1,500㎟** - **$As_{,used}$** : D19@100-2ea = **4,536mm²**	- **$As_{,req}$** = 0.0018hs = 0.0018 × 2,200 × 1,000 = **3,960mm²** - **$As_{,used}$** : D16@100-2ea = **3,972mm²**
KDS는 **큰 지름 철근**을 배근하도록 규정하고, **우리공사 지침**은 **작은 지름** 철근을 배근하도록 유도함		

□ 설계실무 적용 경향

o KDS에서 산정되는 온도철근은 우리공사 지침으로 산정되는 온도철근과 비교시 과소하게 산정 [붙임3]

o 따라서, 설계 실무자들은 명확하지 않은 기준에 대해 보수적 설계 지향 ☞ *철근 지름은 KDS, 간격은 우리공사 지침을 적용*

구 분	KDS	우리공사 지침
철근 지름	**직경 19mm 이상(√)**	제한 없음
배근 간격	450mm 이하	**100mm 내외(√)**

□ 검토내용

o 철근콘크리트의 효과적인 균열제어를 위해서는 **동일한 철근량을 사용**하는 경우 **철근 간격을 조밀하게** 하는 것이 유리한 것으로 알려짐 ☞ *균열 제어는 철근의 주장(둘레길이)이 클수록 유리함*

o KDS(24 14 21, 4.2.3.4 균열폭 계산)에 따라 **균열폭을 계산한 결과**도 작은 규격 철근을 조밀하게 배근하는 것이 유리한 것으로 산정됨 [붙임4]

(설계조건) M_s = 400kN-m f_{ck} = 35MPa f_y = 400MPa b = 1,000mm H = 1,000mm	
(case1) H13@100 사용 A_s = 1,267.0㎟ 철근의 주장 = 400mm 균열폭 : **0.644mm**	(case2) H25@400 사용 A_s = 1,266.8㎟ 철근의 주장 = 200mm 균열폭 : **0.969mm**

o 현 KDS는 AASHTO LRFD(2004) **잠정 기준**을 준용함

- 잠정 기준에서 온도철근을 **D19 이상**으로 배근하도록 명시

※ AASHTO LRFD(2007) 이후 위 규정은 없어짐 [붙임5]

□ 기술자문 결과 [붙임6]

o 자문위원 : 서울시립대학교 임성순 교수 등 6명

o 자문내용 : 교대 벽체 온도철근에 대한 KDS 또는 우리공사 지침 적용 관련 검토의견

o 주요 자문의견

① **KDS**의 "매스콘크리트의 온도철근은 **D19이상 배근" 기준은 삭제되는 것이 바람직**하며, AASHTO LRFD2007의 온도철근 기준으로 변경 필요

② **도로공사**의 온도철근 기준은 축적된 시공경험을 바탕으로 국내 건설현장에서 충분히 검증된 식으므로, **가장 합리적인 설계개념**임

③ 도로공사 지침 및 ACI 318에서 제시하는 온도철근 기준은 매스콘크리트 부재에서 **과도한 철근배근 우려가 있음**

④ ACI 318과 AASHTO LRFD 2007에서 제시하는 온도철근 배치 기준이 서로 상이하므로 이에 대한 검토가 필요함

3 검토결론 및 적용방안

□ 검토결론

o KDS의 “매스콘크리트의 온도철근 D19이상 배근” 기준은 명확한 근거가 없으며, 일정 지름 이상의 철근 배근 규정은 적절하지 않음

o 또한 구조물 균열 평가는 기존 실적에 의해 좌우되는 것이므로, 현행 **우리공사 지침을 적용**하는 것이 합리적임

철근 간격을 조밀하게 하여 철근비 0.18% 이상 배근(설계처-814, 2012.3.16)

※ 건조수축 및 온도철근 설계시

- 두께 **1,200mm 이하**인 부재 : KDS 24.14.21 적용

$A_s \geq 0.75A_g/f_y$ * A_g : 부재의 총 단면적(㎟), f_y : 철근의 기준 항복강도(MPa)

- 두께 **1,200mm 초과**하는 부재 : 우리공사 지침 적용

o 국가건설기준센터에 KDS **규정을 개정토록 건의**('17. 4월)

① D19 이상 철근 규정 삭제

② 철근량은 우리공사 지침(철근 간격은 조밀하게, 철근비 0.18%이상) 적용

□ 적용방안

o 실시설계 중 노선 : 새만금~전주 고속도로부터 적용

o 공사 중 노선 : 공사 주관부서 판단 후 적용

붙임 #1 KDS 24 14 21(2016)

#2 매스콘크리트 설계 방안 검토(2012)

#3 설계기준별 철근량 산출 예시

#4 균열폭 계산 결과

#5 AASHTO LRFD (2004, 2007, 2014) 관련기준

#6 기술자문 결과

붙 임 #3

설계기준별 철근량 산출 예시

※ 산출 예시 교량(○○교 **교대벽체**) : f_y=400MPa, f_{ck}=35MPa, h=2,200mm

관련기준	산출기준	산출결과
KDS (2016) 24 14 21, AASHTO LRFD (2004) 5.10.8.1	for $h > 1{,}200mm$, $d_b \geq No.19$ $\Sigma A_b \geq s(2d_c + d_b)/100$ $\Sigma A_b \geq s \times \min(2d_c + d_b, 75)/100$ s ≦ 450 mm 부재의 양면에 양방향으로 균등배치	min(2×80+19, 75) = 75mm $\Sigma A_b \geq 100(75)/100 = 75mm^2/ea$ $\Sigma A_b \geq 75 \times (1000/100) = 750mm^2$ $A_{s,req}$ = 750×2 = **1,500mm²**
매스콘크리트 설계방안 검토 (우리공사, 2012)	$A_s \geq A_{s,req} = 0.0018 A_c$ s : 100mm 내외	$A_{s,req}$ = 0.0018A_c = 0.0018×1,000×2,200 = **3,960mm²**
콘크리트 구조기준(2012) 5.7.2	$f_y \leq 400 MPa$, $A_s \geq A_{s,req} = \min(0.0020 A_c, 1800)$ $s \leq \min(5h, 450)$	$A_{s,req}$ = min(0.0020A_c, 1,800) = min(0.002×1,000×2,200, 1,800) = min(4,400, 1,800) = **1,800mm²**
ACI 318-08 7.12.2	Slab where Grade 40 or 50 deformed bar: $A_s \geq A_{s,req} = 0.0020 A_c$ $s \leq \min(5h, 450)$	$A_{s,req}$ = 0.0020A_c = 0.0020×1,000×2,200 = **4,400mm²**
AASHTO LRFD (2007, 2014) 5.10.8	$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$ (on each faces) $0.233 \leq A_s \leq 1.27$ s : 300mm	$A_{s,req}$ = 0.75bh/(2(b+h)$f_{y)}$ = 0.75×1,000×2,200/(2(1,000+2,200)400) = 0.645 mm^2/mm = 645 mm^2/m $A_{s,req,2faces}$ = **645** ×2 = **1,290mm²**
EUROCODE 2 (EN 1992-1-1: 2004 (E)) 9.6.3	$A_{s,hmin} = \max(0.25 \times A_{s,vertical}, 0.001 A_c)$ $s \leq 400mm$	0.25 $A_{s,vertical}$ ≤ 0.001 A_c $A_{s,req}$ = max(0.25$A_{s,vertical}$, 0.001A_c) = 0.001×1,000×2,200 = **2,200mm²**