

고강도 철근 사용에 따른 순수 철근량에 대한 정착 및 이음 철근량 비교

조승호¹, 나승욱¹, 노영숙^{2*}

Comparison of Pure Reinforcement Quantity to Development & Splice Reinforcement Quantity using High-strength Reinforcing Bars

Seung-Ho Cho¹, Seung-Uk Na¹, Young-Sook Roh^{2*}

Abstract: Whilst it is common to construct high-rise buildings and long-span structures in the construction and building industry, there might be a number of problems such as excessive re-bars arrangement, deterioration of concrete quality, unnecessary quantity take-off and so forth. As these types of buildings and structures are getting more popular, it is widespread to apply high-strength materials such as high-strength concrete and re-bars to sustain durability and stability. This research aims to investigate the effectiveness of the high-strength reinforcing bars on the underground parking in a rigid-frame structure. In this study, the reinforcing bars with different yield strength were applied to corroborate the usefulness and practicability of the high-strength re-bars on the underground parking in a rigid-frame structure. The test results show that the quantity of reinforcement bars is lowered, as the yield strength of the re-bars are grown in general. However, the quantity of reinforcement bars on the development and splice has a tendency to increase slightly. Despite of the increase of the development and splice, the total quantity of reinforcing bars was reduced since the increasing ration of the pure quantity is higher than the development and splice. Base on the test results, it would be possible to achieve the reduction of reinforcing bars arrangement and lowering the amount of work to be done during a construction phase. Moreover, the reduced amount of bar arrangement will make it possible to improve workability and constructability of reinforced concrete structures. Ultimately, we will be able to attain improved quality and efficiency of construction using reinforced concrete.

Keywords: High-strength rebar, Rebar quantity analysis, Development & Splice reinforcement

1. 서론

초고층 및 장경간 등 대형 구조물에 대한 시공시 부재의 품질이 저하될 정도로 과도한 철근이 배근되고 있다는 문제점이 제기되고 있으며(Kim et al., 2003), 최근 건축되고 있는 초고층 건축물에서는 건물의 안정성과 내구성 등을 감안하여 사용 재료의 강도도 점차 증가하고 있다(Kim and Kim, 2008). 초고층 및 장경간 구조물의 시공에서 고강도 철근을 사용할 경우 기존의 일반 강도 철근에 비해 배근량 감소로 인하여 부재에서 배근 간격에도 여유를 줄 수 있어 시공성 향상, 공기단축, 접합부 상세가 간소화 되며, 콘크리트 부재 단면 감소에 따라 콘크리트 재료 감소 및 콘크리트의 운반 및 타설 비용 절감으로 인하여 경제성을 확보할 수 있다.

콘크리트구조설계 기준에서는 주철근의 강도는 550 MPa를, 전단철근의 강도는 400 MPa를 초과하지 못하도록 규정하고 있으며 국내에서는 일반적으로 SD400 철근을 사용하고 있다. 하지만, 초고층 및 장경간 구조물의 증가로 고강도 철근의 적용 기준 마련 필요성이 대두되었고, 이에 2012년 관련 규정을 개정하게 되었다. 한국콘크리트학회에서 2012년 개정·발표한 “콘크리트구조기준”의 중요한 개정사항 중 하나는 철근 강도의 상향이다. 개정 전 기준에서는 550 MPa를 상한선으로 하였으나, 이를 600 MPa로 상향·제시하였다(Moon, 2013).

그러나 SD600 철근을 적용한 사례가 적고 SD500 철근도 제한적으로 사용되고 있다. 또한 SD500, SD600 철근의 사용 시 철근 물량의 증감량을 정량적으로 판단하기 위한 자료가 부족한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 SD500, SD600 철근을 국내에서 설계되었거나 시공되어진 라멘 구조 형식의 지하주차장 건축물에 적용하여 각 부재별로 철근의 강도에 따른 순수 철근에 대한 정착 및 이음 철근의 증감량을 비교 분석하고자 한다.

¹정희원, 서울과학기술대학교 건축학부 건축공학과 외래교수, 공학박사

²정희원, 서울과학기술대학교 건축학부 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자

*Corresponding author: rohys@seoultech.ac.kr

School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, 232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2018년 2월 1일까지 학회로 보내주시면 2018년 3월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

2. 고강도 철근 사용에 따른 순수 철근량에 대한 정착 및 이음 철근량 분석

고강도 철근 사용에 따른 순수 철근량에 대한 정착 및 이음 철근량을 비교하기 위하여 철근콘크리트 구조물 중 라멘 구조형식의 지하주차장 건축물을 선정하여, 고강도 철근의 사용으로 인해 증감되는 철근량(순수 물량+정착이음)을 분석하였다. 주철근의 강도는 SD400, SD500, SD600을 적용하고 전단

철근의 강도는 SD400, SD500을 적용하였으며, SD600에 대한 철근량 산정 시 주철근의 강도는 SD600을 적용하였고 전단철근의 강도는 SD500을 적용하였다. 또한 강도별 철근량에 대한 비교를 위해 모든 직경의 철근을 SD400, SD500, SD600에 각각 적용하였을 때와 D10, D13 철근은 SD400 적용, D16 철근 이상은 각각 SD400, SD500, SD600을 적용하였을 때, D10, D13 철근은 SD500 적용, D16 철근 이상은 각각 SD500, SD600을 적용하였을 때를 분석하였다.

Table 1 Application members in underground parking lot

Items	Slab		Beam & Girder		Column		Wall		Retaining wall		Footing	
	Main rebar	Shear rebar	Main rebar	Shear rebar	Main rebar	Shear rebar	Main rebar	Shear rebar	Main rebar	Shear rebar	Main rebar	Shear rebar
Underground parking lot	○	×	○	○	○	○	○	×	○	×	○	×

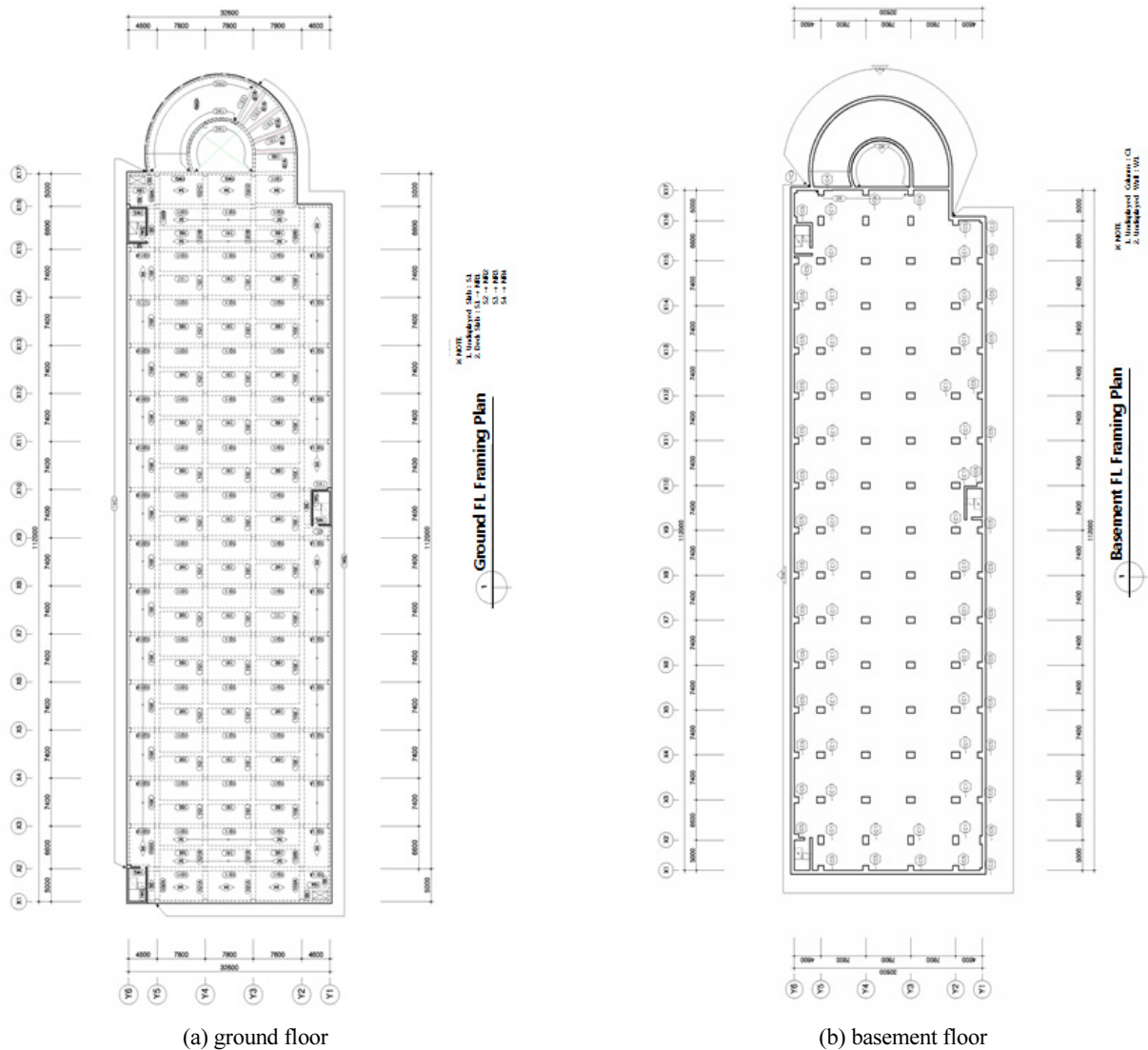


Fig. 1 Flaming plan of underground parking lot

지하주차장 건축물에서 분석되는 부재는 Table 1에서 보는 바와 같다.

2.1 구조물의 개요

분석에 적용된 구조물 개요는 Table 2와 같으며, 구조평면도는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

2.2 적용 기준

부재설계에 적용된 기준은 콘크리트구조설계기준(KCI 2012)이며, 관련 기준에 대한 분석은 부록에서 보는 바와 같다.

3. 정착 및 이음철근에 대한 분석 및 결과

3.1 철근량 분석 방법

부재 및 강도별 철근량을 분석하기 위하여 먼저 SD400, SD500, SD600을 사용할 때 각 부재별 실제 부재력에 의한 순수 물량과 정착 및 이음길이를 산정하였다. 여기에서 강도별 사용된 철근을 정리하면 ① 슬래브는 SD400, SD500은 D10, D13, D16 철근, SD600은 D10, D13 철근을 사용하였으며, ② 보의 주철근으로 SD400은 D25 철근, SD500은 D22 철근,

SD600은 D19 철근을 사용하였고, 전단철근으로는 SD400, SD500으로 D13 철근을 사용하였다. ③ 기둥의 주철근으로 SD400, SD500, SD600 모두 D22 철근을 사용하였고, 띠철근으로는 SD400, SD500으로 D10 철근을 사용하였으며, ④ 지하벽체에서는 수직철근으로 SD400, SD500, SD600 모두 D13, D16 철근을 사용하였으며, 수평철근으로는 SD400, SD500으로 D10, D13 철근을 사용하였다. 마지막으로 ⑤ 기초에는 SD400, SD500은 D16, D19, D22 철근과 SD600은 D13, D16, D19 철근을 사용하였다. 그리고 고강도 철근을 사용할 때 부재력에 의한 철근 감소량과 정착 및 이음에 의한 철근 증가량을 고려한 전체 철근 감소량을 산정하였으며, SD600에 대한 철근량 산정 시 전단철근의 강도는 SD500을 적용하였다.

3.2 순수 철근량과 정착 및 이음 철근량

3.2.1 각 부재별 철근량

3.2.1.1 슬래브

슬래브에서 순수 물량과 정착 및 이음으로 사용된 철근량은 Table 3에서 보는 바와 같고, 순수 물량에 대한 정착 및 이음에 사용된 철근량의 비율은 SD400 기준으로 SD500은 20.7%, SD600은 30.2% 감소하였다. 또한 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 8.58%, SD500의 경우

Table 2 Structural summary

Purpose	Number of stories (ground / basement)	Structural type	Footing type	Concrete compressive strength
Underground parking lot (156)	0/1	Rigid frame	Bearing capacity of soil (mat footing)	$f_{ck}=24$ MPa

Table 3 Slab main rebar(unit : ton)

Yield strength	Diameter	Pure quantity(A)	Develop. & splice quantity(B)	Total	The ratio of A to B
SD400	D10	0.93	0.06	0.99	6.45%
	D13	57.29	4.77	62.06	8.33%
	D16	7.29	0.79	8.08	10.84%
	Subtotal	65.51 (100%)	5.62 (100%)	71.13 (100%)	8.58% (100%)
SD500	D10	18.07	1.3	19.37	7.19%
	D13	29.30	2.96	32.26	10.10%
	D16	3.02	0.49	3.51	16.23%
	Subtotal	51.69 (78.9%)	4.75 (84.5%)	56.44 (79.4%)	9.19% (107.1%)
SD600	D10	26.60	1.97	28.57	7.41%
	D13	18.66	2.39	21.05	12.81%
	Subtotal	45.26 (69.1%)	4.36 (77.6%)	49.62 (69.8%)	9.63% (112.2%)

Table 4 Beam & girder main rebar + shear rebar(unit : ton)

Yield strength	Diameter		Main rebar		Shear rebar quantity(A)	Total	The ratio of A to B
	Main rebar	Strrup rebar	Pure quantity(A)	Develop. & splice quantity(B)			
SD400	D25	D13	81.18 (100%)	13.7 (100%)	31.79 (100%)	126.67 (100%)	12.13% (100%)
SD500	D22	D13	64.10 (79.0%)	11.82 (86.3%)	25.35 (79.7%)	101.27 (79.9%)	13.21% (109.0%)
SD600	D19	-	54.02 (66.5%)	7.89 (57.6%)	25.35 (79.7%)	87.26 (68.9%)	9.94% (82.0%)

Table 5 Column main rebar + hoop rebar(unit : ton)

Yield strength	Diameter		Main rebar		Hoop rebar quantity (A)	Total	The ratio of A to B
	Main rebar	Hoop rebar	Pure quantity (A)	Develop. & splice quantity (B)			
SD400	D22	D10	15.79 (100%)	7.36 (100%)	2.54 (100%)	25.69 (100%)	40.15% (100%)
SD500	D22	D10	14.16 (89.7%)	8.23 (111.8%)	2.54 (100%)	24.93 (97.0%)	49.28% (122.7%)
SD600	D22	-	12.54 (79.4%)	8.75 (118.9%)	2.54 (100%)	23.83 (92.8%)	58.02% (144.5%)

Table 6 Wall vertical rebar + horizontal rebar(unit : ton)

Yield strength	Diameter		Vertical rebar		Horizontal rebar		Pure quantity(A)	Develop. & splice quantity(B)	Total	The ratio of A to B
	Vertical rebar	Horizontal rebar	Pure quantity	Develop. & splice quantity	Pure quantity	Develop. & splice quantity				
SD400	D13, D16	D10, D13	19.74 (100%)	3.85 (100%)	9.28 (100%)	0.48 (100%)	29.02 (100%)	4.33 (100%)	33.35 (100%)	14.92% (100%)
SD500	D13, D16	D10, D13	17.83 (90.3%)	4.37 (113.5%)	9.28 (100%)	0.6 (125.0%)	27.11 (93.4%)	4.97 (114.8%)	32.08 (96.2%)	18.33% (122.9%)
SD600	D13, D16	-	16.98 (86.0%)	4.07 (105.7%)	9.28 (100%)	0.6 (125.0%)	26.26 (90.5%)	4.67 (107.9%)	30.93 (92.7%)	17.78% (119.2%)

9.19%, SD600의 경우 9.63%로 증가하는 경향을 보였다.

3.2.1.2 보

보의 주철근에 순수 물량과 정착 및 이음으로 사용된 철근량과 전단철근에 사용된 철근량은 Table 4에서 보는 바와 같이 SD400 기준으로 SD500은 20.1%, SD600은 31.1% 감소하였다. 또한 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 12.13%, SD500의 경우 13.21%, SD600의 경우 9.94%로 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD400 대비 SD600의 경우는 감소하였다.

3.2.1.3 기둥

기둥의 주철근에 순수 물량과 정착 및 이음으로 사용된 주

철근과 띠철근에 사용된 철근량은 Table 5에서 보는 바와 같이 SD400 기준으로 SD500은 3.0%, SD600은 7.2% 감소하였다. 또한 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 40.15%, SD500의 경우 49.28%, SD600의 경우 58.02%로 증가하는 경향을 보였다.

3.2.1.4 벽체

벽체에 순수 물량과 정착 및 이음으로 사용된 수직철근량과 수평철근량은 Table 6에서 보는 바와 같이 SD400 기준으로 SD500은 3.8%, SD600은 7.3% 감소하였다. 또한 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 14.92%, SD500의 경우 18.33%, SD600의 경우 17.78%로 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD500대비 SD600의 경우는

Table 7 Footing main rebar(unit : ton)

Yield strength	Diameter	Pure quantity(A)	Develop. & splice quantity (B)	Total	The ratio of A to B
SD400	D16	64.58	14.15	78.73	21.91%
	D19	27.62	4.35	31.97	15.75%
	D22	47.92	17.11	65.03	35.71%
	Subtotal	140.12 (100%)	35.61 (100%)	175.73 (100%)	25.41% (100%)
SD500	D16	53.06	13.21	66.27	24.90%
	D19	23.39	4.63	28.02	19.79%
	D22	40.27	15.82	56.09	39.28%
	Subtotal	116.72 (83.3%)	33.66 (94.5%)	150.38 (85.6%)	28.84% (113.5%)
SD600	D13	16.94	4.17	21.11	24.62%
	D16	46.21	11.33	57.54	24.52%
	D19	36.18	13.06	49.24	36.10%
	Subtotal	99.33 (70.9%)	28.56 (80.2%)	127.89 (72.8%)	28.75% (113.1%)

Table 8 The ratio of pure quantity to development & splice quantity(unit : ton)

Yield strength \ Member		Slab	Beam & Girder	Column	Wall	Footing	Total
		Pure quantity(A)	65.51	126.67	18.33	29.02	140.12
SD400	Develop. & splice quantity(B)	5.62	13.7	7.36	4.33	35.61	66.62
	The ratio of A to B(%)	8.58% (100%)	10.82% (100%)	40.15% (100%)	14.92% (100%)	25.41% (100%)	17.55% (100%)
	Pure quantity(A)	51.69	101.27	16.7	27.11	116.72	313.49
SD500	Develop. & splice quantity(B)	4.75	11.82	8.23	4.97	33.66	63.43
	The ratio of A to B(%)	9.19% (107.1%)	11.67% (107.9%)	49.28% (122.7%)	18.33% (122.9%)	28.84% (113.5%)	20.23% (115.3%)
	Pure quantity(A)	45.26	87.26	15.08	26.26	99.33	273.19
SD600	Develop. & splice quantity(B)	4.36	7.89	8.75	4.67	28.56	54.23
	The ratio of A to B(%)	9.63% (112.3%)	9.04% (83.5%)	58.02% (144.5%)	17.78% (119.2%)	28.75% (113.1%)	19.85% (113.1%)

감소하였다.

3.2.1.5 기초

기초에 순수 물량과 정착 및 이음으로 사용된 철근량은 Table 7에서 보는 바와 같이 SD400 기준으로 SD500은 14.4%, SD600은 27.2% 감소하였다. 또한 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 25.41%, SD500의 경우 28.84%, SD600의 경우 28.75%로 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD500대비 SD600의 경우는 감소하였다.

3.2.2 전체 순수 물량과 정착 및 이음 물량

전체적으로 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 Table 8과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 SD400의 경우 17.55%, SD500의 경우 20.23%, SD600의 경우 19.85%로 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD500대비 SD600의 경우는 감소하였다.

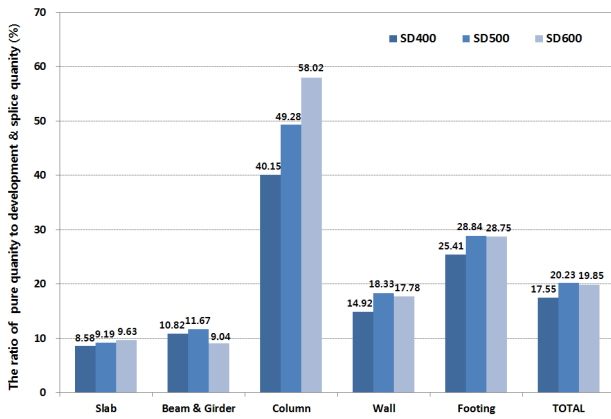


Fig. 2 The ratio of pure quantity to development & splice quantity

4. 결론

철근콘크리트 구조물 중 라멘 구조 형식의 지하주차장 건 축물을 선정하여 고강도 철근 사용에 따른 정착 및 이음 철근 량의 증감량을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 계산된 철근의 정착 및 이음 물량은 사용철근의 강도가 증가함에 따른 정착 및 이음길이의 증가량과 순수 물량의 감소 비율, 사용철근의 직경이 줄었을 때의 단면적 감소 등의 요인들에 의해 정착 및 이음 물량이 결정되었다.
- 2) 슬래브에서 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 8.58%, SD500의 경우 9.19%, SD600의 경우 9.63%로 증가하는 경향을 보였다. 슬래브에서 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 다른 부재에 비해 가장 작게 나타났는데 이는 철근의 직경이 대부분 D10과 D13으로 정착 및 이음길이가 작기 때문이다.
- 3) 보에서 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 10.82%, SD500의 경우 11.67%, SD600의 경우 9.04%로 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD400대비 SD600의 경우는 감소하였다. 이는 SD400에서 SD600으로 갈수록 보 철근의 직경을 D25에서 D19로 줄임으로써 정착길이가 산정 시 고려되는 인자 중 철근의 크기 계수가 1.0에서 0.8로 줄어들었기 때문이다.
- 4) 기둥에서 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 40.15%, SD500의 경우 49.28%, SD600의 경우 58.02%로 증가량이 가장 컸는데 이는 철근의 직경을 모두 D22를 사용하여 강도가 높아질수록 정착 및 이음길이가 증가하였기 때문이다.
- 5) 벽체에서 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 14.92%, SD500의 경우 18.33%, SD600의 경우 17.78%로 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD500대비 SD600의 경우는 감소하였다. 이는 강도가

SD500에서 SD600으로 높아짐에 따라 철근직경을 줄여서 설계하고 또한 강도가 높아짐에 따라 순수 물량도 감소하기 때문이다.

- 6) 기초에서 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 25.41%, SD500의 경우 28.84%, SD600의 경우 28.75%로 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD500대비 SD600의 경우는 감소하였다. 이는 벽체와 마찬가지로 강도가 SD500에서 SD600으로 높아짐에 따라 철근직경을 줄여서 설계하고 또한 강도가 높아짐에 따라 순수 물량도 감소하기 때문이다.
- 7) 전체적으로 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율은 SD400의 경우 17.55%, SD500의 경우 20.23%, SD600의 경우 19.85%로 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD500대비 SD600의 경우는 감소하였다. 이는 보의 정착 및 이음 물량이 전체 정착 및 이음 물량에 미치는 영향이 크기 때문으로 판단된다. 한편 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율에서 SD400과 SD500의 차이는 2.68%, SD400과 SD600의 차이는 2.3%로 그 차이가 미미하여 철근의 정착 및 이음 물량이 강도 증가에 따른 전체 철근 물량의 증감에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 파악되었다.

감사의 글

본 논문은 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Kim, J.-S., Kim, D.-Y., Eun, S.-H., and Kim, Y.-N. (2003), A Study on the Practical Use of High-strength Bar, Magazine of the Korea Concrete Institute, 15(2), 86-89.
- Kim, J. Y., and Kim, D. W. (2008), A Study on the Economic Evaluation Model of Splice of Reinforcement Bar(SD500), Journal of The Korean Institute of Building Construction, 8(1), 71-76.
- Hong, G.-H. (2011), Flexural Performance Evaluation of Reinforced Concrete Beams with High-Strength Reinforcing Bars, Journal of the Architectural Institute of Korea, Structure & Construction, 27(1), 103-110.
- Moon, D. Y. (2013), Flexural Behavior of Concrete Beams Reinforced with High-Strength Steel Bars, Journal of Korean Society of Disaster & Security, 13(6), 107-113.
- KCI (2012), Structural Concrete Design Code and Commentary, Korea Concrete Institute.
- AIK (2009), Korean Building Code-Structural, Architectural Institute of Korea.

- (2) 균열제어를 위한 간격제한 적용(1방향 슬래브)
- (3) 수직하중에 의한 철근 배근

부 록 : 관련 기준 분석

A. 주철근에 관한 기준 분석

(가) 보

$$(1) M_n = \rho f_y b d^2 \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_y}{0.85 f_{ck}} \right)$$

M_n : 단면의 공칭휨모멘트

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준압축강도, MPa

f_y : 철근의 설계기준항복강도, MPa ρ : 인장철근비

b : 부재의 압축면 유효폭, mm d : 유효깊이, mm

SD500(20% ↓), SD600(33.3% ↓) 감소

(2) 최소철근비

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_{ck}}}{f_y} \quad f_{ck} > 30 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad f_{ck} \leq 30 \text{ MPa}$$

SD400(0.35%), SD500(0.28%: 20% ↓), SD600(0.23%: 33.3% ↓)

(3) 최소 허용변형률 및 해당 철근비

$f_y = 400 \text{ MPa}$, 최소 허용변형률 : 0.004, 해당 철근비 : $0.714 \rho_b$

$f_y = 500 \text{ MPa}$, 최소 허용변형률 : $0.005(2\epsilon_y)$, 해당 철근비 : $0.688 \rho_b$

$f_y = 600 \text{ MPa}$, 최소 허용변형률 : $0.005(2\epsilon_y)$, 해당 철근비 : $0.667 \rho_b$

(4) 보 부재의 설계 :

비내진 대상 구조물(철근콘크리트 단근보로 설계)

→ 압축철근 최소 2대 사용(단, 단부 하부 압축철근은 중앙부 인장철근의 1/4 이상 연속, 보폭 600 mm 이상 3대 압축철근 사용) 내진 대상 구조물

→ 압축 부분 철근 : 횡력이 고려된 철근을 배근함.

(5) 균열제어를 위한 간격제한 적용

(나) 슬래브

(1) 수축온도철근비

$$f_y \leq 400 \text{ MPa} \rightarrow 0.002$$

$$f_y > 400 \text{ MPa} \rightarrow 0.002 \times \frac{400}{f_y}$$

(다) 기둥 : 압축제 철근량 산정

$$(1) P_{n, \max} = 0.8 \times [0.85 f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

A_g : 전체 단면적, mm^2 A_{st} : 종방향철근의 전체 단면적, mm^2

(2) 최소, 최대 철근비 $0.01 \leq \rho \leq 0.08$

(3) 고층이면서 건축적인 이유로 각층의 기둥단면이 같을 경우 일정층 이상에서는 기둥부재의 철근은 최소철근비가 지배적임.

(4) 고강도철근을 사용할 때 철근의 절감효과를 얻고자 한다면 기둥단면의 조정이 필요함.

(라) 벽체 : 코어 부분

(1) 수직철근 : 등간격 배치를 원칙으로 함(단부 보강근 없음).

(2) 수직철근 D16 이하 : 0.12% D16 초과 : 0.15%

수평철근 D16 이하 : 0.2% D16 초과 : 0.25%

간격 제한 → 수직철근 : 벽 수평길이/5 두께 3배, 450 mm

수평철근 : 벽 수평길이/3 두께 3배, 450 mm

(3) 벽체의 최소 철근량 제한 규정은 f_y 와는 관계가 없기 때문에 고강도철근을 사용할 경우에도 최소 철근량은 SD400철근을 사용할 때와 같다.

→ 최소 철근량에 의한 배근이 많을수록 고강도 철근사용의 효율은 감소한다.

(마) 기초

(1) 휨 부재에 준해서 설계함.

$$f_y \leq 400 \text{ MPa} \rightarrow 0.002$$

$$f_y > 400 \text{ MPa} \rightarrow 0.002 \times \frac{400}{f_y}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} : 0.002, f_y = 500 \text{ MPa} : 0.0016,$$

$$f_y = 600 \text{ MPa} : 0.00133 \rightarrow 0.0014$$

SD500(20% ↓), SD600(33.3% ↓) 감소

(2) 기초 형식 : 지내력 매트기초

(바) 처짐

고강도 철근을 사용할 때 f_y 가 처짐량에 직접 영향을 주는 변수는 없지만 균열 단면2차모멘트 값의 감소로 고강도 철근을 사용하면 처짐이 다소 증가한다. 이 연구에서는 각 구조물의 대부분의 부재는 처짐에 대해 만족하고 있기 때문에 철근

량 산정에서는 처짐에 대한 고려는 제외한다.

(사) 균열

(1) 균열제어를 위한 철근 간격

$$S = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5c_c, S = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right), \text{ 단 } f_s = (2/3)f_y$$

c_c : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면 사이의 최소두께, mm

f_s : 사용하중상태에서 인장연단에서 가장 가까이에 위치한 철근의 응력, MPa

(2) 보 단면이 큰 경우 특히 보폭이 넓은 경우 SD500, 600 철근을 사용할 때 균열제어를 위한 철근 간격의 제한규정에 의해 주철근의 직경을 동일하게 고려할 경우 물량감소 효과가 미미하여 철근의 직경을 줄여서 철근량 감소 범위를 검토하였다.

(3) 슬래브 균열 간격:

SD400 → 235 mm

$$\min \left[375 \times \frac{210}{266.66} - 2.5 \times 20 = 245.31 \text{ mm}, 300 \times \frac{210}{266.66} = 236.26 \text{ mm} \right]$$

SD500 → 186 mm

$$\min \left[375 \times \frac{210}{333.33} - 2.5 \times 20 = 186.25 \text{ mm}, 300 \times \frac{210}{333.33} = 195.3 \text{ mm} \right]$$

SD600 → 146 mm

$$\min \left[375 \times \frac{210}{400} - 2.5 \times 20 = 146.87 \text{ mm}, 300 \times \frac{210}{400} = 157.5 \text{ mm} \right]$$

(4) 보 균열 간격:

SD400 → 170 mm

$$\min \left[375 \times \frac{210}{266.66} - 2.5 \times 50 = 170.31 \text{ mm}, 300 \times \frac{210}{266.66} = 236.55 \text{ mm} \right]$$

SD500 → 136 mm

$$\min \left[375 \times \frac{210}{333.33} - 2.5 \times 50 = 111.25 \text{ mm}, 300 \times \frac{210}{333.33} = 189.00 \text{ mm} \right]$$

SD600 → 71 mm

$$\min \left[375 \times \frac{210}{400} - 2.5 \times 50 = 71.875 \text{ mm}, 300 \times \frac{210}{400} = 157.5 \text{ mm} \right]$$

(아) 정착 및 이음

(1) 정착 길이

① 압축 이형철근의 정착길이: $l_{db} = \frac{0.25 d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}}$

② 인장 이형철근의 정착길이: $l_d = \frac{0.90 d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{\alpha \beta \gamma}{c + K_{tr}} \right) \left(\frac{1}{d_b} \right)$

③ 표준갈고리를 갖는 인장 이형철근의 정착길이: $l_{hb} = \frac{0.24 \beta d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}}$

d_b : 철근의 공칭지름, mm α : 철근배치위치계수

β : 에폭시도막계수 λ : 경량콘크리트계수

γ : 철근 또는 철선의 크기 계수 K_{tr} : 횡방향철근지수

c : 철근간격 또는 피복두께에 관련된 치수

(2) 보 : 일반 보 상세 적용

(3) 수직부재 : 내진상세 적용

(4) 슬래브 부재 : 1방향 슬래브 → 보에 준하여 계산

(5) 기초 부재 : 보에 준하여 계산

B. 전단철근에 관한 기준분석

(가) 보

(1) 전단력과 휨모멘트만을 받는 부재의 콘크리트 강도

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} b_w d$$

(2) 전단철근의 간격

① $V_u < \frac{\phi V_c}{2}$: 전단철근 불필요

② $\frac{\phi V_c}{2} < V_u \leq \phi V_c$: 전단철근 필요

→ 전단보강근 : $\min[600, d/2, S = \frac{A_v f_y}{0.35 b_w}]$

③ $\phi V_c < V_u \leq \phi V_c + \phi \frac{1}{3} \sqrt{f_{ck}} b_w d$: 전단철근 필요

→ 전단보강근 : $\min[600, d/2, S = \frac{A_v f_y}{0.35 b_w}, S = \frac{\phi A_v f_y d}{\phi V_s}]$

④ $\phi V_c + \phi \frac{2}{3} \sqrt{f_{ck}} b_w d < V_u \leq \phi V_c + \phi \frac{2}{3} \sqrt{f_{ck}} b_w d$: 전단철근 필요

→ 전단보강근 : $\min[300, d/4, S = \frac{\phi A_v f_y d}{\phi V_s}]$

여기서 $V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$

(3) 최소 전단철근량

계수전단력 V_u 가 콘크리트에 의한 설계전단강도 ϕV_c 의 1/2을 초과하는 모든 철근콘크리트 휨부재는 최소단면적의 전단철근 배치

$$A_{v, \min} = 0.625 \sqrt{f_{ck}} \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

그러나 최소전단철근량은 $0.35 b_w s / f_{yt}$ 보다 작지 않아야 함

(4) 최대전단강도 V_s 는 $(2 \sqrt{f_{ck}} / 3) b_w d$ 이하로 하여야 함

(나) 기둥

(1) 축방향 압축력을 받는 부재의 콘크리트 강도

$$V_c = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \sqrt{f_{ck}} b_w d$$

(2) 전단철근 간격

① $V_u < \phi V_c$: 전단철근 불필요

② $V_u > \phi V_c$: 전단철근 필요

전단보강근

min[주철근 16배, 띠철근 48배, b 또는 h 최소값]

→ 비내진지역

전단보강근

min[주철근 8배, 띠철근 24배, b 또는 h 최소값의 1/2, 300]

→ 내진지역

(3) 최대전단강도 V_s 는 $(2\sqrt{f_{ck}}/3)b_w d$ 이하로 하여야 함

(다) 벽체

벽체의 전단설계는 일반적인 보의 전단설계방법과 거의 동일하다. 다만, 수평 및 수직전단철근의 배근 간격, 전단경간비가 매우 작은 경우의 수직전단철근 배근 등에서 차이가 난다.

(1) 전단강도 V_c 는 다음 두 값 중에서 작은 것을 사용

$$V_c = 0.28 \lambda \sqrt{f_{ck}} h d + \frac{N_u d}{4 l_w}$$

$$V_c = \left[0.05 \lambda \sqrt{f_{ck}} + \frac{l_w \left(0.10 \lambda \sqrt{f_{ck}} + 0.2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] h d$$

λ : 경량콘크리트계수 h : 부재의 전체 두께 또는 깊이, mm

d : 부재의 유효깊이, mm l_w : 벽체의 수평길이, mm

N_u : V_u 와 동시에 발생하는 단면에 수직한 크리프와 건조수축으로 인한 인장의 영향을 포함하는 계수축력으로서 압축은 양(+), 인장은 음(-)의 값

(2) $V_u > \phi V_c$ 일 경우 수평전단철근 배근

$$V_s = \frac{A_{vh} f_y d}{s_h}$$

A_{vh} : 간격 s_h 내의 횡인장철근에 평행한 전단철근의 단면적, mm²

s_h : 벽체에서 수평철근의 간격, mm

(3) 최소 철근량 및 배근

V_u 가 $\phi V_c/2$ 보다 작은 경우: ①에서 ④까지, 또는 벽체에 따라 철근 배근

V_u 가 $\phi V_c/2$ 를 초과하는 경우: ①에서 ④까지의 규정에 따라 배근

① 콘크리트의 전체 연직단면적에 대한 수평전단 철근 단면적의 비: $\rho_h = 0.0025$ 이상

② 수평전단철근의 간격: $s_h = l_w/5$ 이하, $3h$ 이하, 450 mm 이하

③ 콘크리트의 전체 수평단면적에 대한 연직전단철근 단면적의 비 ρ_l 은 다음 식의 값 이상, 또한 0.0025 이상

$$\rho_l = 0.0025 + 0.5 \left(2.5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_h - 0.0025)$$

④ 수직전단철근 간격 $s_v = l_w$ 이하, $3h$ 이하, 450 mm 이하

Received : 08/18/2017

Revised : 09/04/2017

Accepted : 09/07/2017

요 지 : 초고층 및 장경간 등 대형 구조물에 대한 시공시 부재의 품질이 저하될 정도로 과다한 철근이 배근되고 있다는 문제점이 제기되고 있으며, 최근 건축되고 있는 초고층 건축물에서는 건물의 안정성과 내구성 등을 감안하여 사용 재료의 강도도 점차 증가하고 있다. 초고층 및 장경간 구조물의 시공에서 고강도 철근을 사용할 경우 기존의 일반 강도 철근에 비해 배근량 감소로 인하여 부재에서 배근 간격에도 여유를 줄 수 있어 시공성 향상, 공기단축, 접합부 상세가 간소화 되는 장점이 있다. 이 연구에서는 SD500, SD600 철근을 국내에서 설계되었거나 시공되어진 라멘 구조 형식의 지하주차장 건축물에 적용하여 각 부재별로 철근의 강도에 따른 순수 철근량에 대한 정착 및 이음 철근량 증감을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 계산된 철근의 정착 및 이음 물량은 사용철근의 강도가 증가함에 따른 정착 및 이음길이의 증가량과 순수 물량의 감소비율, 사용철근의 직경이 줄었을 때의 단면적 감소 등의 요인들에 의해 정착 및 이음 물량이 결정되었으며, 전체적으로 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율이 SD400대비 SD500의 경우는 증가하였지만 SD500대비 SD600의 경우는 감소하였다. 이는 보의 정착 및 이음 물량이 전체 정착 및 이음 물량에 미치는 영향이 크기 때문으로 판단된다. 한편 순수 물량에 대한 정착 및 이음 물량의 비율에서 SD400과 SD500의 차이와 SD400과 SD600의 차이가 미미하여 철근의 정착 및 이음 물량이 강도 증가에 따른 전체 철근 물량의 증감에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 파악되었다.

핵심용어 : 고강도 철근, 철근량 분석, 정착 및 이음 철근