

교면포장용 콘크리트 슬래브의 성능평가에 대한 비교 연구

A Comparative Study on the Performance Evaluation of Concrete Slab for Bridge Deck Overlay

이지훈* · 박준석** · 김두환***

Lee, Ji Hoon · Park, Joon Suk · Kim, Doo Hwan

Abstract

The present study is an exploratory research concerned with evaluation of three types of high performance concrete for bridge deck applications. These include A-Type (silica fume 6%), B-Type (silica fume 6% plus fly ash 20%), C-Type (silica fume 6% plus blast-furnace slag 40%). Test results compare with Latex modified concrete (LMC) and Ordinary portland cement concrete (OPC). The results indicates that high performance concrete for bridge deck overlay shows the excellent mechanical and durability performance for LMC and OPC in case of static loading test. Analytical results are similar with experimental results. However there are relative errors of 1~4mm for deflection and maximum 12% for strain.

keyword : high performance concrete, Latex modified concrete

1. 서 론

본 연구에서는 재료의 생산 및 시공방법에서 기존의 장비를 이용하는 경제적인 고성능 콘크리트를 이용한 교면포장 공법을 개발하여 구조물의 장기계획 수립 및 공용기간 중 안전성을 확보하는 것을 목적으로 하였다. 따라서 배합비를 달리한 3가지 종류의 고성능 콘크리트 슬래브의 정적 및 피로성능을 평가하였고, 유한요소 해석을 통하여 그 결과를 검증하였다. 또한 시험결과의 비교 대상으로 일반콘크리트 슬래브와 현재 국내에서 많이 시공되고 있는 LMC 교면포장 슬래브를 선정하여 실험 결과를 비교·분석하였다.

2. 시험계획 및 방법

2.1 시험체 상세

시험체는 배합비를 서로 다르게 하여 실리카폼을 혼합한 A-Type과 실리카폼, 플라이애쉬를 혼합한 B-Type, 그리고 실리카폼과 고로슬래그를 혼합한 C-Type 시험체를 제작하였고, 비교대상으로 일반 콘크리트 시험체(OPC)와 현재 공용중인 라텍스 개질 콘크리트(LMC) 시험체를 제작하였다. 정적재하시험 및 피로 시험에 사용된 시험체의 치수는 표 1과 같다.

표 1 시험체 치수

Type	치수 (mm)			면적 (m ²)	개당무게 (tonf)	단면2차모멘트 (cm ⁴)	단면계수 (cm ³)
	W	L	H				
시험체	1,700	3,500	300	5.95	4.46	382,500	25,500

* 학생회원 · 서울산업대학교 구조공학과 · 석사과정 E-mail dooggie80@hanmail.net

** 학생회원 · 서울산업대학교 구조공학과 · 석사과정

*** 정회원 · 서울산업대학교 구조공학과 · 교수

2.2 측정방법

시험체의 처짐 측정을 위하여 50mm와 100mm 용량의 LVDT 변위계를 처짐이 가장 크게 발생될 것으로 예상되는 시험체의 지간 정중앙과 양쪽측면에 한 개씩 총 3개를 설치하였고, 광학현미경을 이용하여 균열폭을 측정하였다. 변형률 Gauge는 인장변형률을 측정하기 위해서 인장철근에 총 6개의 Gauge를 부착하였다.

2.3 시험방법

정적재하시험의 초기 하중은 변위제어로 재하 하였으며 시험체가 항복상태에 도달하여 작용하중의 증가 속도가 떨어지기 시작한 이후에는 하중제어로 변환, 10kN씩 재하하여 시험체의 변형 형상을 측정하였다. 피로시험의 경우 일정진폭 반복하중으로 실시하였으며, 파형은 Sine파, 재하속도는 2.5Hz로 재하 하였다.

3. 시험결과

3.1 정적재하실험 결과

가장 큰 처짐이 발생한 중앙부를 비교해 볼 때, C-Type 시험체가 가장 크게 측정되었다. OPC의 최대 하중인 470kN에서의 처짐을 기준으로 비교해볼 때, A-Type 시험체가 가장 우수한 결과를 보였고, 이후 B-Type>C-Type>LMC>OPC 순으로 처짐이 작았다. 시험체 별 중앙부의 처짐을 표 2에 정리하였다.

표 2 시험체 별 중앙부 처짐 비교 (단위:mm)

Load(kN)	100	200	300	400	470	600	720	730
OPC	0.98	3.09	5.75	11.20	18.69	.	.	.
LMC	0.72	3.30	7.26	10.48	13.59	28.94	.	.
A-Type (SF)	0.75	2.32	5.15	8.14	10.33	14.75	26.21	27.25
B-Type (SF+FA)	1.40	3.39	6.35	9.38	11.69	15.88	25.42	26.43
C-Type (SF+BFS)	1.30	3.82	6.92	9.74	11.92	17.46	29.01	.

재하하중에 직접적으로 영향을 받는 위치인 1~4번 Gauge에서의 변형률을 비교해 보면, A,B,C-Type의 시험체 모두 500kN부근에서 항복하였고 이후 LMC>OPC 순으로 나타났다. A,B,C-Type 중에서는 C-Type이 가장 낮았고, 나머지 시험체는 유사한 결과를 보였다. 각 시험체의 항복점을 기준으로 인장철근의 변형률과 응력을 표 3에 나타내었다.

표 3 시험체 별 인장철근 변형률·응력 비교

Type		OPC	LMC	A-Type	B-Type	C-Type
No.1	변형률 ($\times 10^{-6}$)	2113.62	2436.62	2463.85	2884.51	2475.12
	응력 (MPa)	435.41	501.94	507.55	594.21	509.87
No.2	변형률 ($\times 10^{-6}$)	2104.23	2940.85	2763.38	2682.63	2072.30
	응력 (MPa)	433.47	605.82	569.26	552.62	426.89
No.3	변형률 ($\times 10^{-6}$)	2106.10	2658.22	2517.37	2761.50	2560.00
	응력 (MPa)	433.86	547.59	518.58	568.87	527.36
No.4	변형률 ($\times 10^{-6}$)	2115.49	2179.34	2482.63	2535.21	2721.13
	응력 (MPa)	435.79	448.94	511.42	522.25	560.55
No.5	변형률 ($\times 10^{-6}$)	1324.88	915.49	1442.25	649.76	1152.11
	응력 (MPa)	272.93	188.59	297.10	133.85	237.33
No.6	변형률 ($\times 10^{-6}$)	1211.26	1044.13	1022.54	830.04	1024.41
	응력 (MPa)	249.52	215.09	210.64	170.98	211.03

3.2 피로시험 결과

피로시험 결과, 중앙부 최대 처짐의 경우 A-Type이 가장 크게 측정되었고, B-Type이 가장 작게 측정되었다. 균열폭의 경우에는 A,B,C-Type이 OPC 및 LMC에 비하여 50% 정도 작게 측정되었다.

콘크리트 변형률의 경우에도 모든 시험체가 비슷한 변형률 범위 내에서 일정한 변형을 보였고, 인장철근의 변형률의 경우, 3번과 4번 위치에서 LMC 시험체가 가장 큰 값을 보였다. 피로시험의 결과를 표 4에 나타내었다.

표 4 피로시험 결과

Type	최대값				
	OPC	LMC	A-Type	B-Type	C-Type
처짐 (mm)	1.08	1.30	1.38	1.10	1.35
균열폭 (mm)	0.15	0.15	0.10	0.10	0.10
콘크리트 변형률 ($\times 10^{-6}$)	-127.70	-174.65	-161.20	-148.36	-191.55
인장철근 변형률 ($\times 10^{-6}$)	318.31	515.49	300.47	292.96	366.20

4. 유한요소 해석

본 연구에서는 시험체의 정적재하실험 결과를 검증하기 위하여 상용프로그램인 ABAQUS/Standard V.6.5를 이용하여 유한요소 해석을 수행하였다. OPC와 LMC 시험체 유한요소 해석 결과는 그림 1~2와 같다.

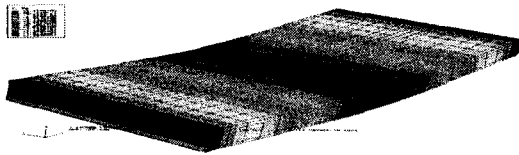


그림 1 OPC시험체의 처짐형상

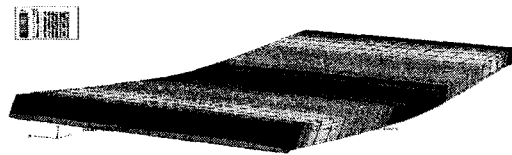


그림 2 LMC시험체의 처짐형상

OPC와 LMC 시험체의 실험결과와 해석결과를 비교하여 표 5~6에 나타내었다.

표 5 OPC시험체의 유한요소 해석결과

Type		해석결과
중양부 처짐 (mm)		24.97
상부 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	-837.37
	Gauge No.2	-2845.71
	Gauge No.3	-835.10
	Gauge No.4	-1875.98
인장철근 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	2659.80
	Gauge No.2	2881.10
	Gauge No.3	2880.70
	Gauge No.4	2658.20
	Gauge No.5	951.64
	Gauge No.6	1247.60

표 6 LMC시험체의 유한요소 해석결과

Type		해석결과
중양부 처짐 (mm)		15.11
상부 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	-635.76
	Gauge No.2	-922.91
	Gauge No.3	-516.46
	Gauge No.4	-923.00
인장철근 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	2117.90
	Gauge No.2	2228.20
	Gauge No.3	2228.10
	Gauge No.4	2117.80
	Gauge No.5	688.74
	Gauge No.6	701.13

A-type, B-type, C-type 시험체의 유한요소 해석결과는 그림 3~5와 같다.

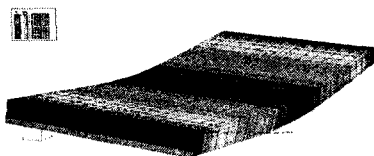


그림 3 A-type 시험체의 처짐형상

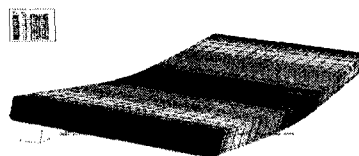


그림 4 B-type 시험체의 처짐형상

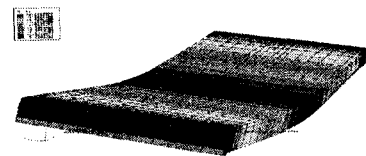


그림 5 c-type 시험체의 처짐형상

A-type, B-type, C-type 시험체의 실험결과와 해석결과를 비교하여 표 7~9로 나타내었다.

표 7 A-type 시험체의 유한요소 해석결과

Type		해석결과
중앙부 처짐(mm)		25.24
상부 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	-1082.32
	Gauge No.2	-1482.07
	Gauge No.3	-868.81
	Gauge No.4	-1528.44
인장철근 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	2190.70
	Gauge No.2	2332.90
	Gauge No.3	2332.60
	Gauge No.4	2189.50
	Gauge No.5	1095.90
	Gauge No.6	1074.60

표 8 B-type 시험체의 유한요소 해석결과

Type		해석결과
중앙부 처짐 (mm)		25.42
상부 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	-873.98
	Gauge No.2	-1384.11
	Gauge No.3	-873.98
	Gauge No.4	-1473.38
인장철근 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	2511.30
	Gauge No.2	2716.80
	Gauge No.3	2682.90
	Gauge No.4	2670.70
	Gauge No.5	828.14
	Gauge No.6	1023.00

표 9 C-type 시험체의 유한요소 해석결과

Type		해석결과
중앙부 처짐(mm)		28.18
상부 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	-842.70
	Gauge No.2	-1397.29
	Gauge No.3	-610.61
	Gauge No.4	-1397.53
인장철근 변형률 ($\times 10^{-6}$)	Gauge No.1	2177.10
	Gauge No.2	2303.40
	Gauge No.3	2303.20
	Gauge No.4	2175.90
	Gauge No.5	1266.80
	Gauge No.6	1041.10

5. 결론

1. OPC의 극한하중인 470kN에서의 처짐 및 균열폭을 비교한 결과, 처짐의 경우 OPC에 비하여 LMC는 27%, 고성능 콘크리트 배합의 경우 36%이상 감소하였고, 그 중 A-Type이 45%의 감소효과를 보여 처짐에 대한 저항성이 가장 우수한 것으로 판단된다.

2. 인장철근의 변형률의 측정결과, OPC의 항복점인 360kN에서의 변형률을 비교하였을 때 LMC는 6%, 고성능 콘크리트 배합의 경우 20%감소하였다. 정적재하시험의 결과 고성능 콘크리트 배합>LMC>OPC 순으로 강성을 확보하고 있는 것으로 판단되고, 고성능 콘크리트 배합 중 A-Type이 가장 우수한 강성을 보유하고 있는 것으로 사료된다.

3. 피로시험 결과, 균열폭의 경우 고성능 콘크리트 배합이 LMC 및 OPC에 비하여 약 50% 감소하여 반복하중에 대한 균열저항성은 고성능 콘크리트 배합이 우수한 것으로 판단된다.

4. 처짐 및 콘크리트와 인장철근 변형률의 경우에는 모든 시험체에서 항복점을 밀도는 변형을 보인 것으로 보아 각 시험체들은 피로하중 범위 내에서 강성을 확보하고 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 원종필 외 3명 (2005), "교면포장용 고성능 콘크리트의 장기 내구 특성", 대한토목학회논문집
2. ABAQUS Inc (2006), ABAQUS Analysis User's Manual