

교량도로 배수받이 퇴적물질의 입경별 오염물질 함량

이준호[†] · 조용진 · 방기웅*

충주대학교 환경공학부 · *한밭대학교 토목환경도시공학부

(2007년 11월 14일 접수, 2007년 12월 4일 채택)

Pollutant Contents with Particle Size Distribution in Bridge Road Drainage Sediment

Jun-Ho Lee[†] · Yong-Jin Cho · Ki-Woong Bang*

Division of Environmental Engineering, Chungju National University

*Division of Civil, Environment and Urban Engineering, Hanbat National University

ABSTRACT : The purpose of this study is to present the basic data for nonpoint pollutant loads from bridge road drainage sediments using the results to analyze organic matter and heavy metals from the four bridge drainage sampling sites with sediments of different particle size ranges. The sediment sample was collected from the bridge road drainage and the masses of nine sediments fractions were obtained after drying the separated sediment in an oven at 85°C: >2,000 μm, 1,000~2,000 μm, 850~1,000 μm, 425~850 μm, 212~425 μm, 125~212 μm, 90~125 μm, 75~90 μm, <75 μm. The sediment extract was analyzed water quality constituents, including chemical oxygen demand(COD), total nitrogen(T-N), total phosphorus(T-P), heavy metals and particle size distribution. The results indicate that most of particle size ranges of the bridge road sediments was 125~425 μm, and portion of <75 μm was low. But most of the pollutants are associated with the finer fractions of the load sediments. As the results of analysis, the range and average values of COD, T-N, T-P, Fe, Cu, Cr, and Pb were 177~198.8 mg/kg(77.6 mg/kg), 23~200 mg/kg(83 mg/kg), T-P 18~215 mg/kg(129 mg/kg), and 1,508~5,612 mg/kg(3,835 mg/kg), 9.2~69.3 mg/kg(49 mg/kg), 19.1~662.2 mg/kg(214 mg/kg), and 28.4~251.4 mg/kg(114 mg/kg), respectively. The relationship between sediment size and pollutants concentration have an inverse proportion. The removal of road sediments with frequently could be reduced the significant nonpoint pollutant load, because of the bridge road sediment contains considerable micro-particles and heavy metals.

Key Words : Bridge Road, Road Sediment, Particle Size Distribution, Heavy Metals

요약 : 본 연구의 목적은 교량도로를 대상으로 배수받이에 퇴적된 퇴적물질을 대상으로 입경별로 유기물질 및 중금속 함량을 조사, 분석함으로서 강우 시 도로 퇴적물에 의한 비점오염부하의 기초 자료를 제공하고자 한다. 연구를 위한 퇴적물질 채취지점은 지방도로, 고속도로, 고가도로 상의 교량도로를 대표하는 지점 4개 지점을 선정하였다. 퇴적물질은 일정 입경범위로 범위(>2,000 μm, 1,000~2,000 μm, 850~1,000 μm, 425~850 μm, 212~425 μm, 125~212 μm, 90~125 μm, 75~90 μm, <75 μm)로 체분리 하였으며, 입경별로 용출 후 COD, T-N, T-P 등 일반 유기오염물질과 Fe, Cu, Cr, Pb 등의 중금속 농도를 분석하였다. 입경분포별 누적증량을 분석한 결과 125~425 μm 입경범위가 가장 많이 분포하는 것으로 조사되었으며, <75 μm 입경은 상대적으로 낮은 것으로 조사되었다. 조사지점 별 평균 오염물질 함량 범위는 COD 177~198.8 g/kg(평균 77.6 g/kg), T-N 23~200 mg/kg(평균 83 mg/kg), T-P 18~215 mg/kg(평균 129 mg/kg)이었다. 중금속의 경우 Fe 1,508~5,612 mg/kg(평균 3,835 mg/kg), Cu 9.2~69.3 mg/kg(평균 49 mg/kg), Cr 19.1~662.2 mg/kg(평균 214 mg/kg), Pb 28.4~251.4 mg/kg(평균 114 mg/kg)를 나타내었다. 입경별로는 오염물질 함량이 입경에 반비례하는 경향을 나타내었는데, 대체로 75 μm 이하의 입자가 오염물질 농도 함량이 가장 높았다. 연구 조사와 같이 교량도로 배수받이의 퇴적물질은 상당량의 미세입자 및 중금속이 다량 함유되어 있으므로 건기 시 주기적으로 퇴적물질을 제거를 통해서도 강우 시 비점오염부하를 상당량 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 : 교량도로, 도로 퇴적물, 입경분포, 중금속

1. 서 론

강우시 도로유출수는 하천을 심각하게 오염시키는 비점오염원으로 알려져 있는데, 일반적으로 교통량이 많은 도시지역의 도로에서 오염물질 농도가 높은 것으로 알려져 있다.^{1,2)} 도로 중에서도 하천이나 호수를 관통하는 교량도로는 배수

받이를 통해 직접 배출되므로 부유물질, 중금속 및 유해물질 등이 인근수계에 미치는 영향 및 잠재력은 매우 크다.³⁾ 특히 봄철 저유량 시기에 하상도로 유출수가 하천 생태계에 치명적인 영향을 미치고 있는 사례는 많은 연구를 통하여 입증되고 있다.⁴⁾ 교량도로 유출수는 차량에 의한 기름성분 뿐만 아니라 타이어 마모 등으로 인한 납, 아연, 구리, 크롬, 철, 니켈, 카드뮴과 같은 유해중금속의 농도가 우려할 수준으로 높게 함유되어 있다.^{5,6)} 교량도로 배수받이 배출 지점에 식물이 고사하거나 주변 토양이 검은색을 오염되는 것은 이와 같은 도로 비점오염원에 기인한 경우가 대부분이다. 최근 국내에

* Corresponding author
E-mail: jlee@cjnu.ac.kr
Tel: 043-841-5723

Fax: 043-841-5350

서도 비점오염원에 대한 중요성을 인식하고 다양한 저감방안을 도색하고 있으나, 저감방안 수립을 위한 도로 및 교량도로에서의 비점오염 유출특성, 입경별 오염물질 함량 등에 대한 기초 자료는 아직도 미진한 실정이다. 도로유출수의 부유물질 입경은 $100 \mu\text{m}$ 이하의 미세입자가 대부분으로 중금속, 기름성분들을 쉽게 흡착/부착하여 유사거동을 하는 것으로 알려져 있다.^{7,8)} 그러므로 교량도로 배수받이에 퇴적된 오염물질들은 강우 시 유출되어 도로 비점오염원이 된다. 따라서 본 연구는 교량도로를 대상으로 배수받이에 퇴적된 퇴적물질을 대상으로 입경별로 유기물질 및 중금속 함량을 조사, 분석함으로서 강우 시 도로 퇴적물에 의한 비점오염부하의 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

2.1. 조사대상지점

교량도로 유출수는 대체로 배수면적이 작고 불투수성 표면으로 인하여 강우개시 후 유출이 즉시 발생하는 특성이 있으므로 유출수가 한 지점으로 집수되는 지점의 배수받이를 대상으로 선정하였다. 본 연구의 조사대상 지역은 지방도로, 고속도로, 고가도로 상의 교량도로를 대표하는 지점을 선정하여 배수받이 퇴적물질을 조사하였다. 조사지점은 충주시 달천동 과선교 지점(GS-Bridge), 중부내륙고속도로 지점(JB Highway-Bridge), 주덕고차로 고가도로(JD-Bridge), 36번국도 증평지점(JP-Road)으로 조사지점별 배수면적, 포장 재질, 평

균 일일교통량 등을 Table 1에 요약하였다. Fig. 1은 조사지점별 주변여건 및 시료채취지점을 나타낸 것이다.

2.2. 시료채취 및 분석방법

선행건기일수가 6일이 경과한 2006년 5월 27일에 전기 시 GS-Bridge, JB Highway-Bridge, JD-Bridge, JP-Road 지점에서 도로유출수 배수지점 퇴적물질을 각 지점별로 약 2.5 kg을 PE용기에 채취하였다. 퇴적물질은 대체로 검은 흙색이나 검은색을 띠고 있었다. 채취한 퇴적물질은 건조기에서 85°C 에서 24시간 건조시킨 후 입경을 $>2,000 \mu\text{m}$, $1,000\sim2,000 \mu\text{m}$, $850\sim1,000 \mu\text{m}$, $425\sim850 \mu\text{m}$, $212\sim425 \mu\text{m}$, $125\sim212 \mu\text{m}$, $90\sim125 \mu\text{m}$, $75\sim90 \mu\text{m}$, $<75 \mu\text{m}$ 로 체 분리하여 시료로 사용하였다. 입경별로 분리된 시료의 건조중량을 측정하고 일정량을 중류수 500 mL에 50 mL 염산을 첨가하여 6시간 동안 진탕을 실시하였다. 진탕한 시료의 여액에 대해 COD, T-N, T-P 성분을 분석하였다. Fe, Cu, Cr, Pb 등의 중금속은 진탕한 시료 50 mL를 취하여 Microwave digestion system (CEM 1200)을 이용 U.S. EPA 중금속 표준 전처리방법을 적용하여 전처리 후 원자흡광광도계(Perkin Elmer AAS300)를 이용하여 농도를 정량하였다. 각 항목별 분석방법으로 COD는 중크롬산칼륨산화법에 의한 적정법을, T-N은 고온고압분해하여 전처리 후 분석하였고, T-P는 여과하지 않은 시료를 황산과 과황산칼륨을 첨가한 후 microwave digestion system (CEM 1200)으로 인산염으로 분해시켜 발색 후 수질공정시험법에 의해 흡광광도계를 이용하여 분석하였다.

Table 1. Summary of monitoring road characteristics

Site	Drainage area(m^2)	Pavement	Average daily traffic volume (vehicles/day)	Description of site
GS-Bridge	550	Asphalt	30,000	Inclined road
JB Highway-Bridge	800	Asphalt	33,000	Highway
JD Bridge	460	Asphalt	10,000	Inclined road
JP-Road	440	Asphalt	30,000	Road junction

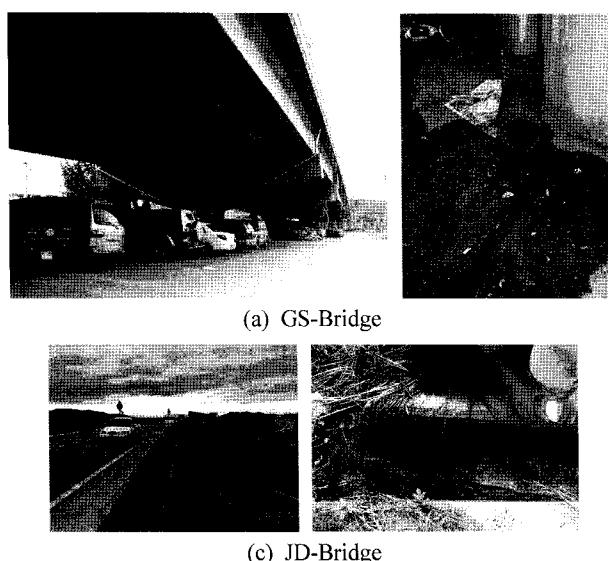


Fig. 1. Monitoring sites for dry sediments and stormwater runoff.

3. 결과 및 고찰

3.1. 퇴적물질의 입경별 분포

Fig. 2는 교량도로 배수받이의 퇴적물질을 24시간 건조 후와 입경 범위별로 분류한 모습이다. 특히 입경이 2,000 μm 이상인 경우 비닐, 담배꽁초, 낙엽, 지푸라기, 플라스틱, 고무, 종이 등이 대부분으로 이러한 물질들은 배수받이의 막힘에 주요 원인물질이 되고 있다. JD-Bridge, JP-Road의 경우 입자들이 모두 검은색을 띠고 있는데 이는 자동차와 관련된 마모성 물질이 원인인 것으로 판단된다.

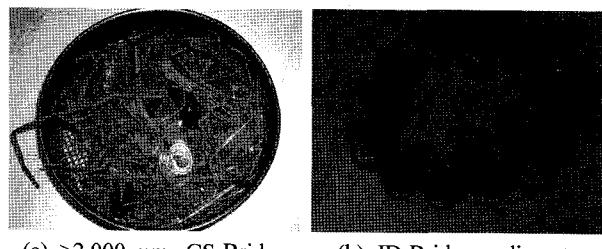


Fig. 2. Separated bridge road sediments with particle size.

Table 3. The results of sediments weight percent with particle size distribution

Particle size fraction(μm)	Percent of Weight (%)			
	GS-Bridge	JB-Highway Bridge	JD-Bridge	JP-Road
> 2,000	8.9	-	9.1	17.6
1,000 ~ 2,000	11.8	7.6	15.6	9.3
860 ~ 1,000	18.0	13.3	24.5	7.0
425 ~ 850	10.3	7.7	11.6	4.0
212 ~ 425	27.1	29.0	21.4	12.6
125 ~ 212	16.1	25.0	16.3	21.3
90 ~ 125	3.2	10.7	1.5	15.1
75 ~ 90	1.2	4.0	-	7.0
< 75	3.4	2.6	-	6.0

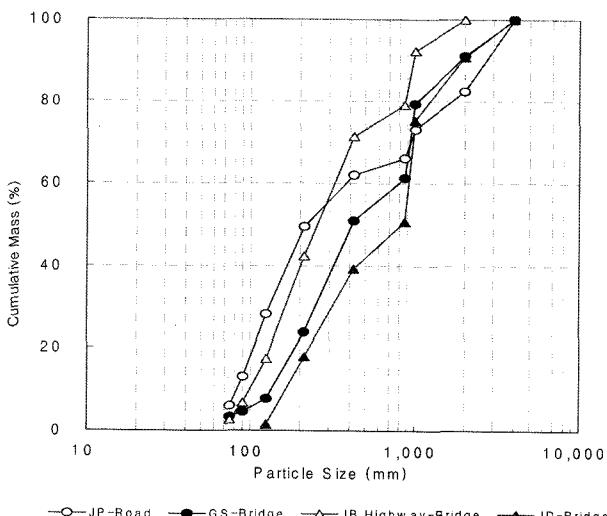


Fig. 3. Cumulative particle size distribution with sediments.

체 분리한 입자의 입경분포별 누적증량을 Table 3과 Fig. 3에 나타내었다. GS-Bridge 지점과 JB Highway-Bridge 지점의 경우 중량기준으로 입경범위가 212~425 μm 인 퇴적물질이 가장 많은 분포를 하고 있다. JD-Bridge 지점은 중량기준으로 800~1,000 μm 범위와 212~425 μm 의 범위의 입자의 함량이 높았으며, JP-Road 지점의 경우는 125~212 μm 의 범위의 입경이 가장 많이 포함되었다. 전반적으로 75 μm 이하의 입자의 함량이 적은 것으로 조사되었으며 미세입자들은 강우 시 4지점 모두 대부분 유출수를 통해 인근 수계로 배출되었을 것으로 판단된다. 조사지점별 입경분포별 누적증량분포는 4지점 모두 유사한 경향을 나타내었다.

3.2. 퇴적물질의 입경별 오염물질 함량 농도

3.2.1. GS-Bridge 지점

GS-Bridge 지점에서 분석된 입경별 오염물질 함량농도를 Table 4에 정리하였다. 입경별로는 중량기준으로 212~425 μm 범위의 입경이 27.1%로 가장 많았지만 오염물질 함량은 T-N을 제외하고는 대체로 낮았다. 75 μm 미만의 입자에서 오염물질이 가장 높게 나타났다. 입경이 높게 나타났다. 또한, 212~850 μm 입경에서 대체로 오염물질의 농도가 낮게 나타났다. 퇴적물질 당 오염물질 함량농도를 산정한 결과 GS-Bridge의 경우 COD 20,000~128,000 mg/kg(평균 57,333 mg/kg), T-N 2.5~65.9 mg/kg(평균 23.2 mg/kg), T-P 94.6~374.0 mg/kg(평균 182.4 mg/kg)을 각각 나타내었다. 중금속의 경우 Fe 1,056~6,112 mg/kg(평균 3,081 mg/kg), Cu 23.5~208.9 mg/kg(평균 69.3 mg/kg), Cr 4.9~36.6 mg/kg(평균 19.1 mg/kg), Pb 16.1~129.3 mg/kg(평균 45.0 mg/kg)을 나타내었다. GS-Bridge의 212~850 μm 입자범위에서 COD와 Pb 농도를 비교해보면 Table 5에서와 같이 Bannerman⁹⁾이 제시한 값이 높은 것을 알 수 있다. 지역적 특성 및 교통량 통행에 따라 입자분포별 오염물질의 양이 다르다는 것을 알 수 있다. 따

Table 4. Pollutant concentration with particle size from GS-ridge road drainage sediment

Particle size fraction(μm)	COD (mg/kg)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)
> 2,000	42,000	2	124	2,819	36.9	20.9	44.3
1,000 ~ 2,000	62,000	20	224	5,465	103.6	36.0	79.4
860 ~ 1,000	46,000	2	208	2,116	36.0	22.4	21.0
425 ~ 850	28,000	50	109	1,616	28.0	16.8	20.3
212 ~ 425	20,000	66	119	1,387	25.6	7.6	16.8
125 ~ 212	20,000	46	95	1,056	23.5	4.9	16.1
90 ~ 125	66,000	8	200	2,468	54.0	9.2	26.5
75 ~ 90	104,000	2	189	4,689	106.8	17.2	51.4
< 75	128,000	11	374	6,112	208.9	36.6	129.3
Min	20,000	2	95	1,056	23.5	4.9	16.1
Max	128,000	66	374	6,112	208.9	36.6	129.3
Mean	57,333	23	182	3,081	69.3	19.1	45.0

Table 5. Pollutant concentration with particle size from road sediment⁹⁾

Particle size fraction(μm)	Weight percent(%)	BOD (mg/kg)	COD (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
3,380 ~ 850	15	3,600	68,000	800	200
850 ~ 420	19	3,000	56,000	3,200	1,000
420 ~ 250	24	3,100	51,000	3,400	1,600
250 ~ 75	32	3,800	106,000	5,900	1,800
<75	10	6,900	211,000	3,400	1,600

라서 도로의 오염부하량은 지점별로 측정값에 의해 다르게 정용되어야 한다고 판단된다. 한편, GS-Bridge지점의 퇴적물질에 함유된 오염물질 농도는 대체로 입경에 반비례하는 경향을 나타내고 있다.

3.2.2. JB Highway Bridge 지점

JB-Highway Bridge 지점에서 분석된 입경별 오염물질 함량농도를 Table 6에 정리하였다. JB-Highway Bridge의 경우 중량기준으로 125~425 μm 입경이 54.0%로 가장 많은 것으로 조사되었으나 오염물질 함량은 <75 μm 입경이 가장 높았다.

퇴적물질 당 오염물질 함량 농도를 산정한 결과 COD 20,000~72,000 mg/kg(평균 36,500 mg/kg), T-N 150.2~361.3 mg/kg(평균 200.4 mg/kg), T-P 42.0~185.2 mg/kg(평균 102.1 mg/kg)을 각각 나타내었다. 중금속의 경우 Fe 626~2,938 mg/kg(평균 1,508 mg/kg), Cu 4.9~19.1 mg/kg(평균 9.2 mg/kg), Cr 45.7~315.9 mg/kg(평균 136.8 mg/kg), Pb 10.3~65.8 mg/kg(평균 28.4 mg/kg)을 나타내었다. 타 조사지점과 비교하여 JB Highway Bridge 지점에서는 T-N 농도가 높게 나타나는데 이는 배수지점 상류에 농경지가 산재하여 비료살포 등 영농활동에 의한 영향일 것으로 추정된다. 대체로 오염물질 함양은 GS-Bridge 지점의 경우와 같이 대체로 입경에 반비례하여 많이 함유하는 경향을 나타내고 있다.

Table 6. Pollutant concentration with particle size from JB-Highway road drainage sediment

Particle size fraction(μm)	COD (mg/kg)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1,000 ~ 2,000	48,000	184	143	1,848	11.3	63.3	17.3
860 ~ 1,000	32,000	150	89	1,592	8.6	45.7	28.6
425 ~ 850	20,000	167	74	626	4.9	50.7	14.0
212 ~ 425	28,000	192	58	670	5.6	96.4	10.3
125 ~ 212	32,000	179	42	1,122	7.9	129.8	23.3
90 ~ 125	28,000	158	68	1,544	6.1	216.1	25.3
75 ~ 90	32,000	211	158	1,728	10.1	176.1	42.5
<75	72,000	361	185	2,938	19.1	315.9	65.8
Min	20,000	150	42	626	4.9	45.7	10.3
Max	72,000	361	185	2,938	19.1	315.9	65.8
Mean	36,500	200	102	1,508	9.2	136.8	28.4

3.2.3 JD-Bridge Road 지점

JD-Bridge Road지점에서 분석된 입경별 오염물질 함량농도를 Table 7에 정리하였다. JD-Bridge의 경우 중량기준으로 860~1,000 μm 입경이 24.5%로 가장 많았으나 오염물질 함량은 높지 않은 것으로 조사되었다.

오염물질 함량을 산정한 결과 COD 9,000~49,000 mg/kg(평균 17,714 mg/kg), T-N 17.4~123.3 mg/kg(평균 82.9 mg/kg), T-P 8.0~41.0 mg/kg(평균 17.7 mg/kg)을 각각 나타내었다. 중금속의 경우 Fe 3,059~6,676 mg/kg(평균 5,139 mg/kg), Cu 29.7~70.1 mg/kg(평균 52.9 mg/kg) Cr 458.4~959.4 mg/kg(평균 662.2 mg/kg), Pb 33.2~490.7 mg/kg(평균 251.4 mg/kg)을 나타내었다. JD-Bridge 지점에서의 Cr과 Pb의 농도는 다른 조사지점과 비교하여 가장 높게 나타났다. 이 지점의 경우 내리막 구간의 주 도로와 합류되므로 잦은 브레이크 사용이 Cr 농도의 증가 원인으로 판단된다.

3.2.4 JP Road 지점

JP-Road지점에서 분석된 입경별 오염물질 용출농도와 함

Table 7. Pollutant concentration with particle size from JD-Bridge road drainage sediment

Particle size fraction(μm)	COD (mg/kg)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)
> 2,000	15,000	74	19	5,242	67.7	458.4	33.2
2,000 ~ 4,000	13,000	111	28	3,059	29.7	504.3	66.6
860 ~ 1,000	10,000	102	8	5,257	36.9	526.7	65.8
425 ~ 850	11,000	102	10	6,676	61.7	745.3	221.8
212 ~ 425	9,000	123	10	5,863	45.2	757.4	426.5
125 ~ 212	17,000	49	9	4,206	58.7	683.9	490.7
90 ~ 125	49,000	17	41	5,667	70.1	959.4	455.1
Min	9,000	17	8	3,059	29.7	458.4	33.2
Max	49,000	123	41	6,676	70.1	959.4	490.7
Mean	17,714	83	18	5,139	52.9	662.2	251.4

Table 8. Pollutant concentration with particle size from JP-road drainage sediment

Particle size fraction(μm)	COD (mg/kg)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)
> 2,000	130,000	7	280	6,493	53.2	40.7	120.5
1,000 ~ 2,000	136,000	93	279	6,472	52.6	71.6	177.7
860 ~ 1,000	60,000	9	108	2,640	14.3	33.9	36.9
425 ~ 850	66,000	23	138	4,722	29.9	28.3	123.7
212 ~ 425	122,000	54	93	2,660	28.0	31.7	40.6
125 ~ 212	125,000	2	217	5,988	52.9	29.2	95.1
90 ~ 125	250,000	32	294	7,008	92.1	31.4	192.0
75 ~ 90	430,000	10	240	7,467	146.0	36.2	177.5
<75	470,000	5	289	7,062	112.2	53.9	224.7
Min	60,000	2	93	2,640	14.3	28.3	36.9
Max	470,000	93	294	7,467	146.0	71.6	224.7
Mean	198,778	26	215	5,612	64.6	39.7	132.1

량농도를 Table 8에 정리하였다. JP-Road 지점의 경우 중량 기준으로 125~212 μm 입경이 21.3%로 가장 많은 것으로 조사되었으나 오염물질 함량은 중간 정도인 것으로 분석되었다.

퇴적물질 당 오염물질 함량을 산정한 결과 COD 60,000~470,000 mg/kg(평균 198,778 mg/kg), T-N 1.7~92.7 mg/kg(평균 26.1 mg/kg), T-P 92.8~293.9 mg/kg(평균 215.1 mg/kg)을 각각 나타내었다. 중금속의 경우 Fe 2,640~7,467 mg/kg(평균 5,612 mg/kg), Cu 14.3~146.0 mg/kg(평균 64.6 mg/kg), Cr 28.3~71.6 mg/kg(평균 39.7 mg/kg), Pb 36.9~224.7 mg/kg(평균 132.1 mg/kg)을 나타내었다. JP-Road 지점에서는 Fe 평균 농도가 다른 조사지점에 비교하여 가장 높게 분석되었다.

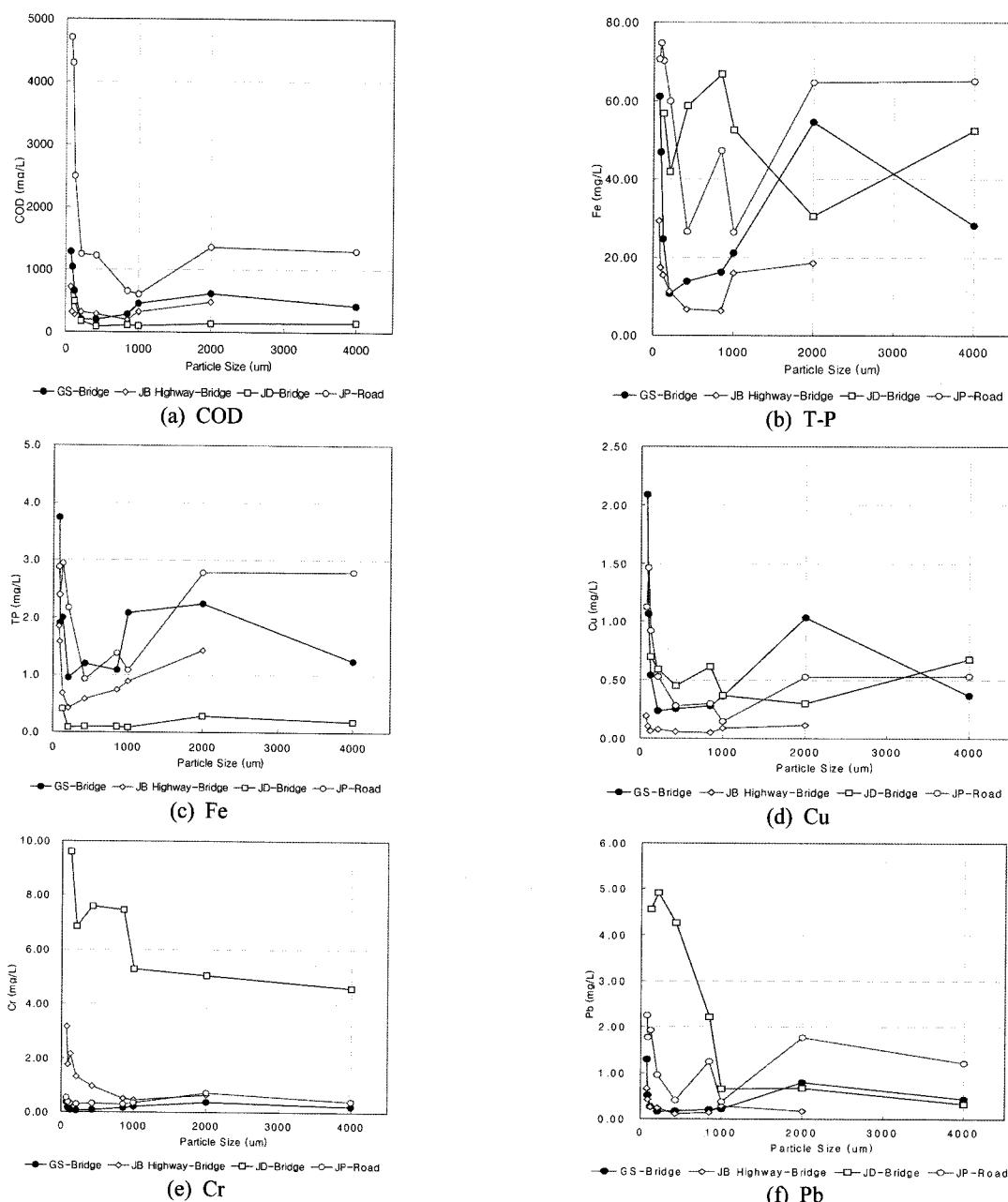


Fig. 4. Leached pollutants concentration with particle size distribution for bridge road sediments.

Table 9. Comparison of heavy metal concentration for road and bridge road sediment(mg/kg)

Constituents	Bridge road ¹⁰⁾	Road drainage manhole ¹¹⁾	Bridge and road sediment(This study)
Cr	26~69(47)	50~345	19.1~662.2(214)
Cu	44~304(132)	200~800	9.2~69.3(49)
Pb	67~213(112)	114~298	28.4~251.4(114)
Fe	-	-	1,508~5,612(3,835)

국내에서 조사 발표된 도로 및 교량도로 퇴적물질의 중금속 함량농도 범위를 정리하면 Table 9와 같다. Table 9의 결과와 본 연구에서 조사한 결과를 비교할 때 Pb를 제외하고

는 항목별로 큰 편차를 나타내고 있었다. 이러한 특성은 조사지점에 따라 다양한 농도분포를 하고 있는 것으로 분석되며, 도로 유출수의 오염부하 제어를 위해서는 광범위한 모니터링을 통해 유출부하가 큰 지점을 우선 대상으로 제어 계획을 수립함이 타당하리라 사료된다.

한편, 조사지점별 퇴적물질을 조사시켜 입경별로 일정량을 종류수를 넣어 산처리 및 전탕후 용출농도(mg/L)를 수질항목별로 정리한 결과는 Fig. 4와 같다. 전반적으로 미세한 입경일수록 용출농도가 높은 것으로 분석되었다. 분석결과 입경별로 COD 177~1,988 mg/L, T-N 0.23~2.0 mg/L, T-P 0.18~2.15 mg/L이었고 중금속의 경우 Fe 15.1~56.1 mg/L, Cu 0.09~0.65 mg/L, Cr 0.4~6.62 mg/L, Pb 0.28~2.51 mg/L의 범위를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구는 도로 및 교량도로를 대상으로 배수받이의 퇴적물질을 입경별로 분류하여 용출된 유기물질 및 중금속농도를 분석하였다. 퇴적물질 채취지점은 지방도로, 고속도로, 고가도로 상의 교량도로를 대표하는 지점 4개 지점을 선정하였다.

입경분포별 누적중량을 분석한 결과 125~425 μm 입경범위가 가장 많이 분포하는 것으로 조사되었으며, < 75 μm 입경은 상대적으로 낮은 것으로 조사되었다.

조사지점 별 평균 오염물질 함량 범위는 COD 177~198.8 g/kg(평균 77.6 g/kg), T-N 23~200 mg/kg(평균 83 mg/kg), T-P 18~215 mg/kg(평균 129 mg/kg)이었다. 중금속의 경우 Fe 1508~5612 mg/kg(평균 3835 mg/kg), Cu 9.2~69.3 mg/kg(평균 49 mg/kg), Cr 19.1~662.2 mg/kg(평균 214 mg/kg), Pb 28.4~251.4 mg/kg(평균 114 mg/kg)를 나타내었다.

입경별로는 오염물질 함량이 입경에 반비례하는 경향을 나타내었는데, 대체로 75 μm 이하의 입자가 오염물질 농도 함량이 가장 높은 것으로 분석되었는데 이것은 Bannerman이 제시한 결과와도 일치하고 있다.

연구 조사와 같이 교량도로 배수받이의 퇴적물질은 상당량의 유기 오염물질과 중금속성분이 다량 함유되어 있으므로 건기 시 주기적으로 퇴적물질을 제거를 통해서도 강우 시 비점오염부하를 상당량 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 충주대학교 대학구조개혁지원사업비(교육인적자원부 지원)의 받아 수행한 연구임.

참 고 문 헌

- Deletic, A. B. and Maksimovic, C. T., "Evaluation of water quality factors in storm runoff from paved areas," *J. Environ. Eng., ASCE*, **124**(9), 869~879(1998).
- Sansalone, J. J., Koran, J. M., Smithson, J. A., and Buchberger, S. G., "Physical characteristics of urban roadway solids transported during rain events," *J. Environ. Eng., ASCE*, **124**(5), 427~440(1998).
- Yousef, Y. A., Wanielista, M. P., Hvittved-Jacobsen, T., Harper, H. H., "Fate of heavy metals in stormwater runoff from highway bridges," *Sci. of The Total Environ.*, **33**(104), 233~244(1984).
- 민경섭, 홍성희, 이명숙, 김용해, 박연준, 김종우, "초기 우수에 의한 하천수질변동이 물고기 생존에 미치는 영향," 1995년도 대한환경공학회 추계학술발표회, 영남대, pp. K-10~18(1995).
- 和田安彦, "도시지역의 우천시 도로배수에 의한 환경오염", 한국수처리기술연구회 기술보고, **10**(4), 1~5(2002).
- Drapper, D., "Pollutant concentrations in road runoff: Southeast Queensland case study," *J. Environ. Eng., ASCE*, **126**(4), 313~320(2000).
- 이준호, 조용진, 방기웅, "강우시 도로유출수 수질특성 및 입경분포," 대한환경공학회지, **27**(7), 777~784(2005).
- Li, Y., Lau, S. L., Kayhanian, M., Sterstrom, M. K., "Particle size distribution in highway runoff," *J. Environ. Eng., ASCE*, **131**(9), 1267~1276(2005).
- Bannerman, R., Baun, P. E., Craczyk, D. A., Evaluation of urban nonpoint source pollution management in Milwaukee County, Wisconsin, US.EPA, Chicago, IL(1983).
- 오재일, 박상우, 최영화, "도로 노면 유출수의 비점오염 원 배출특성-기본 수질항목," 대한상하수도학회·한국물환경학회, 2005공동 추계학술발표회 논문집, 광주, 2005년 11월 10~11일, P-430~435.
- 이평구, 김성환, 윤성택, "도로변 우수관 퇴적물의 중금속 오염(I):서울시 동부지역," 한국지하수토양환경학회지, **6**(4), 25~40(2001).