

친 환경적 맨홀 보수 및 시공 기술개발에 대한 연구

서정환*, 양해정⁺, 김 광⁺⁺

(Manuscript received: Jul, 31, 2012 / Revised: Aug, 23, 2012 / Accepted: Aug, 28, 2012)

The Research on Environmental-Friendly Manhole Repair and Construction Technology

Jeong-Hwan Seo*, Hae-Jeong Yang⁺, Kwang Kim⁺⁺

Abstract

The repair of road pavement and manhole has been resulted long construction times and traffic jams, environmental pollution from construction wastes, and budget waste due to excessive construction costs. In order to resolve such problems, we have developed the new construction method using C-ring, which can fix and raise the manhole securely. This technology is the method by driving in a wedge after inserting C-ring and expanding it in order to raise manhole to the regular height. This has been approved by the test reports of KOLAS(Korea Laboratory Accreditation Scheme), and was confirmed safety, durability and reliability in result. In this paper we approved this technology was able to short working times to around 20% and construction costs to around 50% with compare other construction methods. Also, environmental pollution and civil complaints will be prevented because there will be no longer any noises, vibrations, dust, or construction wastes.

Key Words : Pavement(뚝썩우기), Manhole(맨홀), Raise(인상), Traffic jams(교통혼잡), KOLAS(Korea Laboratory Accreditation Scheme (한국인정기구), Test reports(시험 성적서), Durability(내구성)

1. 서론

산업사회의 발전에 따라 교통량 증가로 인해 도로의 중요성이 커지고 있다. 도로상에 설치되어 있는 각종 맨홀들이 수많은 차량들의 통행이나 노화로 인해 침하되거나 맨홀주변이 파손되면 차량통행의 불편을 초래하고, 사고위험성이 높아진다. 이를 보수하기 위해서는 기존에는 맨홀주변의 침하 또는 파손된 부분을 굴착하고 조절재로 맨홀을 도로의 표면 높이로 인상(raise) 후, 재포장한다. 이런 방법은 지반을 약화시켜 얼마 지나지 않아 또다시 침하되거나 맨홀 주변에 균열을 야기하는 등

내구성이 약하고 시공기간이 장시간 요구됨으로 인해 교통체중에 의한 시민의 불편과 막대한 사회간접자본 비용초래하고 있다. 또한, 높은 시공비로 인하여 국가나 지자체 예산재원의 낭비를 초래하고 있으며, 작업자의 높은 노동 강도와 도로상에서의 작업으로 인한 안전사고의 위험으로 인한 기피현상, 굴착에 따른 다량의 폐자재 발생과 처리문제, 시공상에서 발생하는 소음, 분진 등으로 인해 여러 문제를 야기하고 있다.

본 연구에서는 첫째, 이런 문제점을 해소할 수 있는 친 환경적 맨홀 보수 및 시공 기술개발을 개발하고, 둘째, 이를 실제 시공에 적용하기 위하여 해당 제품과 장비를 설계 제작하고 셋째, 개발

* 한국산업기술대학교 기계설계공학과
+ 교신저자, 한국산업기술대학교 기계설계공학과 (yhj@kpu.ac.kr)
주소: 경기도 시흥시 정왕동 2121
++ 한국산업기술대학교 기계설계공학과

기술에 대한 내구성, 안전성을 객관적으로 입증하기 위한 표준시험방법 개발과 시험 평가, 그리고 시험 결과에 대하여 분석하였다.

2. 친환경적 맨홀 보수 및 시공기술 설계

노후된 기존 도로를 재포장하게 되면 기존 맨홀을 도로 표면 높이만큼 인상해야 한다. 이를 위해서는 맨홀을 기존 시공방법과 달리 굴착하지 않고 적정 높이의 C-ring을 삽입하고 썸뿔을 박아 고정하여 일정높이만큼 인상시키는 기술을 이용또는 개발하였다⁽¹⁾. C-ring은 Fig. 2과 같이 링의 일부를 절단한 C-ring 모양으로, 링을 맨홀에 끼운 후 벌려 썸뿔을 박아 고정하며 다양한 크기와 높이로 제작된다.

2.1 도로포장 덧씌우기 공사 작업시 맨홀 인상

기존 도로에서 덧씌우기 포장공사를 할 경우 Fig. 4와 같이 맨홀 뚜껑을 열고 맨홀 몸체와 링을 썸뿔로 고정한 후 포장공사를 함으로써 맨홀 주변을 굴착하지 않고 맨홀을 인상한 것과 같은 효과를 얻는 방법이다.



Fig. 1 Patterns around the damaged manhole

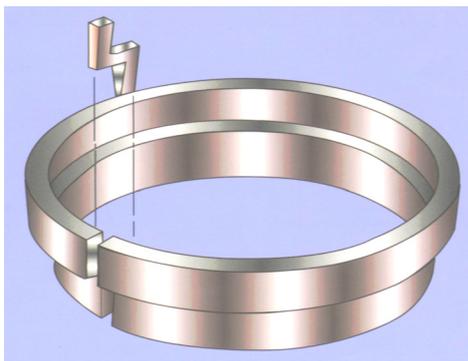


Fig. 2 C-ring appearance

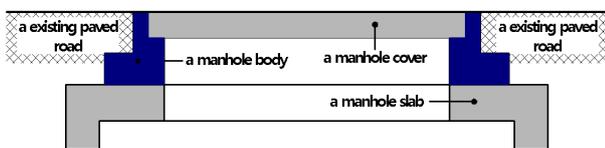


Fig. 3 The previous state of Manhole pavement construction

2.2 맨홀 주변 파손시 보수시공

맨홀 주변과 내부가 파손되어 있는 Fig. 5와 같은 보수시공에는 Fig. 6과 같이 맨홀 주변을 평삭하고 맨홀 본체를 들어내어 기존에 설치된 조적조와 파손된 높이 조절재를 걷어내고, 그 위에 맨홀높이조절용 링을 설치하는 방법으로 조적조의 시공이 없어 맨홀 보수 시공이 빠르고 시공 후 조적조의 파손 위험이 없다.

2.3 매립맨홀 보수 공사시 맨홀 인상

기존 포장면 위에 덧씌우기 포장공사를 한 Fig. 7과 같은 경우, Fig. 8과 같이 맨홀 위에 덧씌워진 아스콘을 파쇄하여 걷어

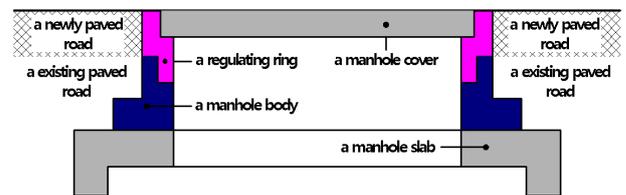


Fig. 4 Standard construction of Manhole pavement construction

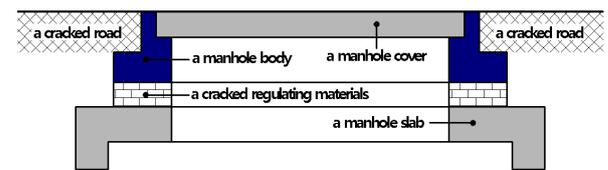


Fig. 5 The previous state of Manhole mending construction

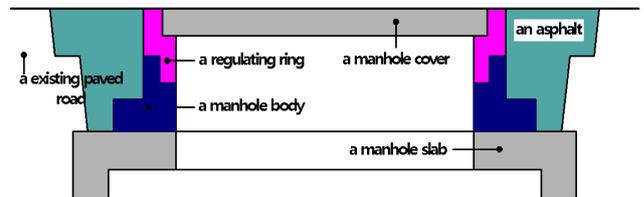


Fig. 6 Standard construction of Manhole mending construction

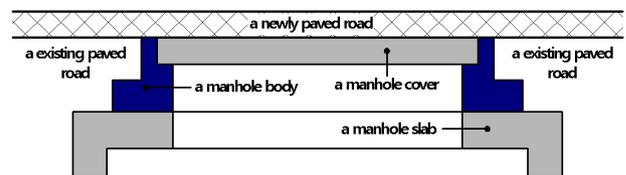


Fig. 7 The previous state of Landfill Manhole construction

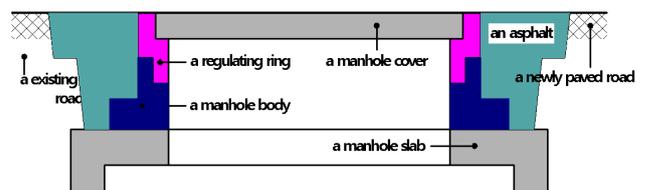


Fig. 8 Standard construction of Landfill Manhole construction

낸 후, 그 위에 맨홀높이보상용 C-ring을 도로 표면 높이와 같이 설치하고 그 주변을 아스콘으로 채워 마무리하는 시공기술이다.

3. 친환경적 맨홀 보수 및 시공장비 개발

환경 친화형 시공 기술을 적용하기 위해서는 전용 장비가 필요하다. Fig. 2과 같이 맨홀 몸체에 고정하는 C-ring과 썸기 이외에도 직경 확장장치(Fig. 9), 맨홀 주변을 평삭하는 평삭기(Fig. 10), 아스콘 보온 차량(Fig. 11)등을 개발하였다.

3.1 직경확장장치 개발

직경확장장치는 유압 실린더와 지지 붕들이 120°의 간격으로 배치되어 있다. 바닥의 맨홀 몸체 내부에 C-ring을 설치하고



Fig. 9 Diameter expansion unit



Fig. 10 Cutting machine



Fig. 11 Asphalt insulation the vehicle

본 장치의 핸들을 상하로 움직여서 맨홀 C-ring을 벌여 여기에 썸기를 박아 고정하기 위한 장치이다.

3.2 평삭기 개발⁽²⁾

Fig. 6, Fig. 8의 시공에서는 균열이나 침하된 맨홀 주변을 먼저 깎아내고 링을 설치하기 위하여 맨홀의 중심 위치에 잡아주는 고정 장치와 고정 장치 주위를 360° 회전하는 두 개의 휠로 동시에 등글게 평삭한다. 평삭시 발생하는 비산을 방지하고 먼지, 소음을 줄이고자 사각형의 케이스 안에서 장착되어 있다. 굴삭기를 개조한 장치로 기동성을 높이기 위해 트럭 위에 탑재하였으며, 5분이내의 단시간으로 평삭할 수 있다.

3.3 아스콘 보온차량 개발⁽³⁾

180°C의 고온으로 생산된 아스콘은, 별도의 보온 장치가 없는 차량에 적재되어 시간의 경과에 따라 온도가 내려간다. 건설 시공표준에는 차량에서 낙하 시점 아스콘 온도가 140°C 이상으로 규정되어 있다. 낮은 온도에서 다짐시 기밀도가 불량하여 도로의 파손 및 수명단축을 유발한다. 특히 맨홀 보수에 사용되는 아스콘은 그 사용량이 적어 많은 량의 아스콘이 굳어서 폐기되고 있는 상태이다. 아스콘 보온차량은 내부에 연소된 화염을 순환시켜 보온을 유지함으로써 아스콘의 운반이나 주변온도, 시간의 경과에 상관없이 온도를 일정하게 유지 할 수 있는 장치이다. 또한, 내부에 스크류를 장착하여 아스콘 하역을 용이하게 함으로써 작업자가 차량에 올라가 하역 작업을 하는 수고를 하지 않고 작업할 수 있어 노동강도가 획기적으로 감소하게 되었다.

4. 시험 결과 및 분석

사용 기술의 안전성과 내구성을 객관적으로 확인하기 위해 먼저 표준시험방법을 개발하고 국제공인검사기관에서 시험한 후 그 결과를 분석하였다.

4.1 고정력 해석⁽⁴⁾

링을 벌려, 썸기로 박게 되면 맨홀과 링 사이에는 Fig. 12와

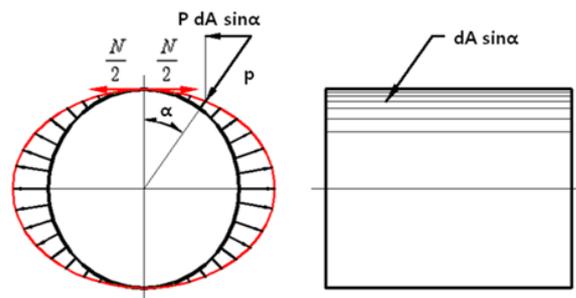


Fig. 12 Pressure distribution in a fixed state of the manhole

같이 포물선 형태의 압력 분포가 생긴다. 링의 지름을 d , 접촉 길이를 L , 썸기를 박을 때 작용하는 수직력이 $N/2$ 이다.

축 상에 미소면적 dA 를 취하여 여기에 작용하는 압력을 p 라 하면,

$$\frac{N}{2} = \int_0^\pi p dA \sin\alpha$$

$dA = L \frac{d}{2} d\alpha$ 이므로, p 가 일정하다고 하면,

$$\frac{N}{2} = p \frac{d}{2} L \int_0^\pi \sin\alpha d\alpha = p dL$$

$$\text{고정력 } F = \mu \frac{N}{2} \times 2 = \mu N$$

여기서,

μ : 맨홀 내벽과 링의 외주 면과의 마찰계수(보통 0.17~0.2)

N : 맨홀과 높이조절 링과의 수직력

4.2 압축시험

맨홀의 상부에 차량의 통행으로 인해 압축하중이 작용한다. 차량이 정지된 상태에서 안전한지 여부를 확인하기 위한 시험이다. 맨홀에 인상 링을 장착한 상태에서 245kN의 압축하중을 가한 시험이다. 실제 차량과 적재화물을 고려하여 1개의 차량바퀴에 작용하는 최대 하중은 24.5kN 미만이나 Fig. 13과 같이 최대 하중의 10배를 가한 상태에서도 C-ring의 파손, 변형, 이탈과 같은 결함이 발생하지 않아 수직하중에 안전하다고 평가된다.

4.3 내구성 시험

C-ring에 대한 재료의 피로시험과 실제 도로에 C-ring이 설치된 맨홀에 대한 차량 통행량 조사를 통해 내구성을 확인하였다^(5~7).

최대하중 : ±2,500kN

최대변위 : ±125mm

주파수변위 : D.C 0. 1~5Hz

피로반복회수: 450,000회

최대속도 : ±1,500kN Dynamic Load and ±3mm at 3Hz, ±7.4cm/s



Fig. 13 Compression test

시공된 맨홀에 대한 차량 통행량을 조사하여 반복 피로 하중에 대한 안전성을 확인하는 방법이다. 서울 송파구 방이동 임마누엘 교회 앞 편도 6차로 중 3,4차선에 대하여 2004.08.16 0시~8월 22일 24시까지 총168시간 동안 조사하여 반복 피로 횟수로 산정하였다.

본 맨홀은 2001. 8. 14에 시공된 곳으로 2004. 8. 20까지 1주일 교통량 45,091대로 전체 반복 하중 횟수는 45,091대×52주×3년×2(앞뒤바퀴)×0.9(교통량 증가율 고려)≃12,661,550회

조사한 맨홀은 시공 후 빈번한 차량의 통행에도 불구하고 3년의 경과에서도 인상 링의 파손이나 썸기의 이탈, 심각한 영구 변형 등이 발견되지 않았다. 시공 품질은 통상 3년 이하임으로 내구성은 물론 안전성에도 이상이 없는 것으로 판단된다.

4.4 높이 가변용 링의 지지력 시험

높이 가변용 링과 맨홀을 조립 후, 만능재료시험기에서 5mm/min의 시험속도로 링을 인장한 결과 18,829N에서 빠짐이 발생하

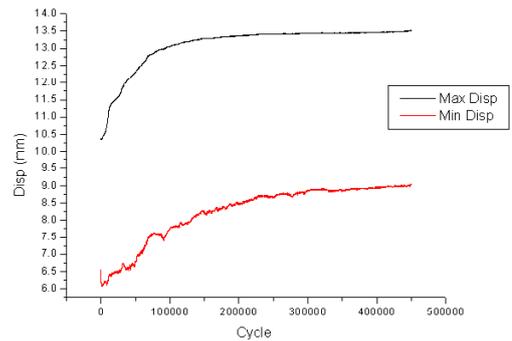


Fig. 14 Fatigue test of the ring



Fig. 15 Manhole state

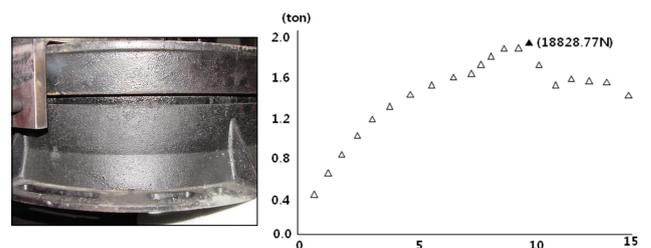


Fig. 16 Tensile test of the ring

였다. Fig. 16은 지지력 시험 결과로 링의 이탈에 18,829N의 지지력과 이보다 훨씬 큰 것으로 추정되는, 링 주변에 아스콘으로 견고하게 고정되어 있다. 이 시험은 차량의 통행에 따라 시공된 링의 안전성을 확인하기 위한 시험이나 실제 링의 위에 맨홀 뚜껑이 올려져 있어 뚜껑이 먼저 빠져야 빠질 수 있는 상태가 됨으로 링의 이탈은 불가능하다.

4.5 전단시험

통행 차량 중량에 의한 수직력과 차량의 이동에 따른 마찰력에 의해 전단력이 작용한다. 시험의 안전성을 위해 400kN까지 힘을 가하였으나, 링의 파괴, 맨홀로부터의 이탈, 절개부 썩기의 이탈과 같은 결함이 발생하지 않았다.

하나의 바퀴에 작용하는 최대하중을 50kN 미만으로 마찰계수를 0.2로 가정하면 마찰력은 10kN 미만의 전단하중이 작용하는 것으로 실제 최대 전단 하중의 40배의 차량 이동 하중에도 안전하다는 것을 보여주고 있다.

4.6 열 변형 시험

인상 링의 팽창 및 수축 영향을 분석하기 위해 시료를 채취하고 시험 온도 구간에서 최대 팽창율을 구하여 직경의 변화를 산출하였다⁽⁸⁾.

- ㉠ 시편의 재질 : 구상흑연주철(GCD 450)
- ㉡ 시편의 크기 : 100×50×10mm
- ㉢ 시험 온도 구간 : 60℃와 -20℃ 구간에서 2시간 항온 유지

직경 650mm 맨홀을 기준으로 계산한 결과, 인상 링 지름의 변화는 0.315%로 아주 미미한 수준이다. 실제로 링과 더불어 맨홀도 같이 신축이 일어나고, 링과 맨홀의 주변에 아스콘이

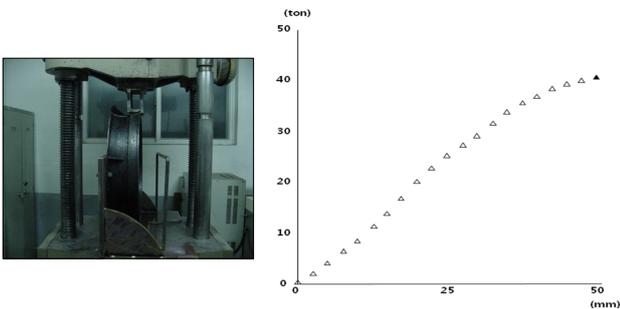


Fig. 17 shearing test of the ring

Table 1 The rate of change in length

division	before test(mm)			after test(mm)			chang rate(mm)		
	length	width	thickness	length	width	thickness	length	width	thickness
60℃×2h	95.40	49.54	9.95	95.43	49.55	9.95	+0.03	+0.01	0.00
-20℃×2h	95.14	49.42	9.96	95.13	49.42	9.95	-0.01	0.00	0.01

고착되어 있어 썩기의 틈새변화로 인한 썩기의 이탈 위험성은 무시해도 좋을 것으로 평가된다.

4.7 C-ring의 절개부 변형량 시험

맨홀에서 가변용 링을 팽창할 경우 하중에 대한 변형량을 확인하고 팽창시 균열의 여부를 확인하기 위한 시험이다.

약 2ton의 힘을 가한 상태에서 1주일 유지 후 절개부의 영구 변형량은 6.54mm이다. 34.3kN의 하중에서 절개부의 최대 변형량은 61.03mm이며 이러한 변형 상태에서도 맨홀 가변용 링은 파괴 또는 파손이 없음을 관찰되었다. 인상 링의 지름이 맨홀의 지름에 비해 5mm 적게 설계되어 있으므로 이를 맨홀에 삽입한 상태에서 확장시 틈새는 15.7mm이다. 최대 변형량 61.03mm는 실제 시공에서 변형량의 약 4배 수준이다.

4.8 조직시험(구상화율 시험)

$$\text{흑연구상화율(\%)} = \frac{0x_1n_1 + 0.73x_2n_2 + 0.92x_3n_3 + 1x_4n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}$$

C-ring의 재질은 소성 변형에도 균열이나 파손이 되지 않도록 구상흑연주철로 제작하였다⁽⁹⁾. 5개의 시료에 대한 조직시험 결과 구상화율은 모두 81% 이상으로 KS D 4302의 구상흑연주철 요건을 만족하고 있음이 확인되었다.

Table 2 The strain of cleavage site

load (kN)	displacement (mm)	load (kN)	displacement (mm)
0	0.00	13.72	22.20
1.96	4.41	15.68	26.92
3.92	7.56	17.64	28.61
5.88	9.98	19.60	32.64
7.84	12.67	24.50	38.35
9.80	15.10	29.40	49.52
11.76	19.21	34.30	61.03

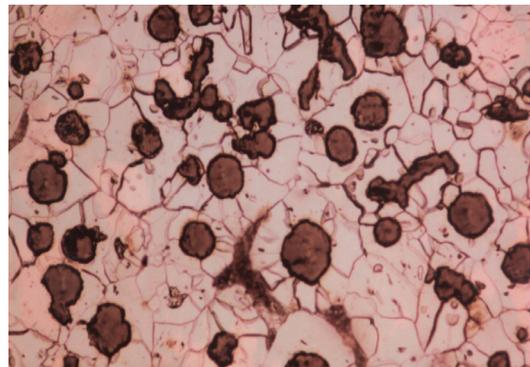


Fig. 18 Microstructure of Spheroidizing ratio(x160)

Table 3 The spheroidizing ratio of graphite

ID Class	Measurement									
	Mean Shape Factor(-)					Particle Count(-)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
max IV	0.40	0.36	0.44	0.27	0.28	9	3	6	12	2
V	0.66	0.67	0.67	0.62	0.65	5	5	8	9	7
VI	0.88	0.89	0.89	0.85	0.86	16	16	34	13	23
ratio	0.700	0.875	0.875	0.647	0.937	21/30	21/24	42/48	22/34	30/32

Spheroidizing ratio of Graphite(%) : 81
 test method : KS D 4302, ISO 945, IMAGE ANALYZER(SIS)

Table 4 The comparison of costs and construction times

company	costs(₩)		construction times(min)
A (M*method)	685,687		90
B (M*method)	774,314		100
C (S*method)	658,238		120
developed method	pavement	204,240	5
	repair	350,140	20

4.9 시공비 및 시공시간 분석

정부로부터 인증을 받은 타기술과의 시공비 및 시공 시간에 대한 비교이다. 이들 기술과 비교하면 포장의 경우 30%, 보수의 경우 50%의 가격으로 시공할 수 있어 획기적으로 시공비를 절감할 수 있다.

5. 결론

- (1) 개발된 본 기술에 대하여 국제공인시험검사기관(KOLAS) 시험결과를 분석한 결과 차량의 이동하중에도 썸기나 인상링의 이탈의 우려가 없고, 변형이나 파괴에 대하여 안전하다.
- (2) 본 기술을 적용하면 기존의 여타 시공 기술에 비하여 평균적으로 도로 포장의 경우, 기존 가격의 30%, 보수의 경우 50%로 시공이 가능하여 정부의 예산 절감효과가 매우 크다.
- (3) 기존의 평균 시공시간이 100min인데 비해 포장의 경우 5분, 보수의 경우 20분으로 도심에서의 도로 정체를 단축하여 도로 정체로 인한 사회간접비용을 획기적으로 줄일 수 있다.
- (4) 기존 신기술은 맨홀 주변을 굴착하고 재시공하는 방법으로 폐자재, 먼지 및 소음 등이 많이 발생한다. 이 기술은 포장공사의 경우 굴착이 없어 폐자재, 먼지 및 소음의 발생이 전혀 없고 보수의 경우에도 표면만을 국부적으로 평삭하여 시공함으로써 기존 대비 폐자재 발생을 상당량 줄일 수 있었다.

- (5) 도로의 평삭기계, 아스콘 보온 차량, 유압직경확장장치 등을 개발, 기계화하였다. 본 기술을 적용함으로써 근로자의 인력에 의한 노동강도를 약 90% 줄일 수 있었다. 또한 도로의 지반을 굴착하지 않아 지반 침하로 인한 맨홀 주변의 균열 현상이 없고, 아스콘을 표준 시공 온도로 사용함으로써 도로의 시공 품질을 높이는 효과가 크다.
- (6) 맨홀의 몸체 내부 지름보다 큰 인상링을 끼워 사용하게 되면 쇠기에 의한 결속력과 함께 링의 변형에 따른 탄성력이 더해져 더 큰 결속력을 얻을 수 있다.

References

- (1) Sin, U. C., 2004, "Manhole raise technique using C-ring, Wedges and Expansion Unit," *Ministry of Construction and Transportation. NET*, No. 425, pp. 1~96.
- (2) Seo, J. H., 2007, "Design technology for vehicle-mounted circular cutting machine," *Korea Industrial Technology Foundation*, pp. 1~14.
- (3) Seo, J. H., and Sin, U. C., 2006, "Development of the insulate vehicle unit for long-term storage," *Small and Medium Business Administration*, pp. 1~22.
- (4) Seo, J. H., and So, E. Y., and Sin, U. C., 2007, *Fixing Method of Raise C-rings using Adhesives and Tight Fit*, KR Patent: 10-0750652.
- (5) The Test Report, 2003, No. 2003-TBS-00004, Korea Testing & Research Institute.
- (6) Yeb, B. S., and Ho, B. D., 2012, "A Study on Fatigue Characteristics for Design Automation of TS-Type Spot Welded Lap Joint," *Journal of the KSMTE*, Vol. 21, No. 3, pp. 290~296.
- (7) Kim, D. E., and Lee, S. H., 2008, "A Study of Stress Analysis of Multi-Grain Orthotropic Material by BEM," *Journal of the KSPE*, Vol. 25, No. 4, pp. 127~133.
- (8) Jung, S. M., and Kim, I. S., 2012, "Study of Welding Toughness Characteristics on the Root-pass Welding Process of High Tower Production for Offshore Wind Power Generation," *Journal of the KSMTE*, Vol. 21, No. 2, pp. 349~354.
- (9) KS, 2001, *Spheroidal graphite iron castings*, KS D 4302: 2001, Korea Standard