

건설기계 시험 기술의 국제동향

Overview for the effective use of testing technology for construction equipment

윤소남
So Nam Yun

1. 서 론

2008년도 자료인 “International Construction, Off highway research”의 보고서에 따르면 Table 1과 같이 국가별 건설기계 시장 점유율이 형성되어 있으며, 이 중에서 Table 2와 같이 Caterpillar(미국), Komatsu(일본), Terex(미국), Hitachi(일본), Volvo(스웨덴) John Deere(미국) 등 상위 10개 기업이 전체 건설기계 시장의 67% 이상을 점유하고 있었음을 알 수 있다.

2010년도에는 건설기계 분야의 성장 여부는 중국 건설기계 시장의 호황이 계속되느냐와 유럽, 미주의 경기회복이 가능한가에 대해서 많은 의견들이 있었는데, 2011년도 “건설기계 산업의 국제 표준화 현황과 한국의 표준화 전략(오원섭)” 논문에서 의하면 2009년도의 극심한 경기불황을 극복하고, 2010년도에는 전년도에 비해서 39.4%를 웃도는 대약진을 이루는 한해였다고 기록하고 있다. 그런데, Table 3과 같이(인터내셔널 컨스트럭션지 4월호)에 의하면 한국과 중국의 약진이 눈에 두드러지게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 결과는 계속되어, 2014년 KIET 산업경제 “세계 건설기계 산업의 최근 동향과 시사점” 보고서에 의하면(Table 4 참조), 세계 건설기계 산업에서 미국, 일본, 중국의 건설기계 시장 비중이 매출액 기준으로 약 73%에 달한다고 기록하고 있다. 여기서 주목할 것은 2008년도에 5위를 차지했던 중국이 3위에 위치하고 있다는 것이며, 매출액뿐만 아니라 50대 건설기계업체 중에서도 9개의 기업을 가지고 있다는 사실은 향후에 중국에 의해서 건설기계 시장에 많은 변화가 있을 것이라는 예측을 가능케 하는 보고서임을 알 수 있다.

2014년 9월 30일의 산업일보에 따르면, “건설기계 산업 미국, 일본, 중국 3강 구도 형성”이라는 타이틀로 중국의 약진을 매우 심도 있게 다루고 있으며, 지속적인 중국의 성장을 예고하고 있다.

2015년도에 들어서 급작스런 경기불황은 건설기

계산업에 까지 영향을 미치고 있으며, 특히 중국의 건설기계 불황은 한국뿐만 아니라 전 세계적으로 침체를 유발시키고 있어, 당분간 지금까지의 성장추세는 둔화되어 하락세를 보일 것으로 전망을 하고 있는 실정이다.

그러나, Table 5와 같이 세계건설기계 산업 매출 추이 그래프와 같이 매출 추이가 불규칙하지만 어느 정도의 주기를 갖는다고 보면, 향후 나아질 가능성이 충분히 있으며, 동남아시아와 서남아시아의 경기 붐이 일어나게 되면 보다 더 건설기계 산업의 성장세가 두드러질 것으로 사료된다. 2011년 Frost & Sullivan 보고서인 “Indian Hydraulic Components Market”의 자료를 인용하면, 인도의 유압시장은 매년 약 15%의 성장율을 보이고 있으며, 2017년에는 3,500억 달러의 유압시장이 형성될 것으로 예측하고 있어 건설기계 분야 장기침체는 일어나지 않을 것으로 사료된다.

때문에 현 시점에서는 보다 더 성능이 안정적이고 우수하며, 신뢰성 있는 건설기계 및 건설기계 부품 개발에 총력을 기울여야 한다고 사료된다.

또한, 열대지나 극한지에서도 우수한 성능을 발휘하는 건설기계 및 부품 개발과 동시에 이들을 실험실에서 객관적으로 실험할 수 있는 장비와 기술들이 필요하다 하겠다.

특히, 최근의 관심대상인 SILS(Software-In-the-Loop Simulation)기술은 건설기계 시스템 및 부품을 개발하는 과정에서 제작공정에서의 시행착오를 줄이는 동시에 시행착오로 인한 시간 및 제작비용을 줄일 수 있는 장점이 있고, HILS (Hardware-In-the-Loop Simulation)인 경우에는 SILS에서 예측하지 못했던 것들에 대해서 재현적이고 객관적인 데이터 수집이 가능하여 보다 우수하고 신뢰도가 높은 개발품을 제공할 수 있다는 장점이 있다.

본 해설에서는 전술한 건설기계 시스템 및 부품의 개발을 위하여, 국제 선진 건설기계 기업에서의 시험장비 및 시험운용 현황과 건설기계 관련 국제

표준화 현황 등에 대해서 기술하고자 한다. 한정된 자료를 통하여 분석되어진 내용을 다루기 때문에 이 자료가 국제적인 건설기계 시험기술을 모두 표현하기에는 다소 부족한 점이 많기에 이해를 구하고자 한다. 또한, 본 해설에서는 표준과 표준화 연구지에 수록된 “건설기계 산업의 국제 표준화 현황과 한국의 표준화 전략(오원섭)” 논문의 내용을 상당 부분 인용했음을 밝히면서 본론으로 들어가하고자 한다.

Table 1 Construction machinery market share classified by country(unit: one hundred million \$)

순위	국가	2006년		
		업체수	매출	점유율(%)
1	미국	10	542	44.4
2	일본	10	232	19.0
3	스웨덴	4	119	9.8
4	독일	4	79	6.5
5	중국	7	79	3.2
6	핀란드	2	39	2.6
7	영국	1	31	2.5
8	한국	2	30	2.5
9	프랑스	3	30	0.9
10	오스트리아	2	11	0.9
11	스위스	1	10	0.4
12	남아공	1	6	0.4
13	인도	1	5	1.3
14	이탈리아	1	4	0.2
15	캐나다	1	3	100
합계		50	1,220	100

Source: International Construction, Off-High research

Table 2 Comparison between world top 10 construction equipment companies (unit: million \$)

순위	회사명	국가	매출 (07)	매출 (08)	증가율	시장점유율	생산기종수
1	캐터필러	미국	28,539	31,804	11	19	11
2	고마츠	일본	19,098	18,353	4	11	11
3	테렉스	미국	9,138	9,890	8	6	15
4	히타치건설기계	일본	6,423	9,100	42	5	8
5	볼보건설기계	스웨덴	9,893	8,535	8	5	9
6	립헬	독일	6,844	8,124	19	5	6
7	샌드빅	스웨덴	4,867	5,883	21	4	3
8	씨엔에치	미국	5,023	5,023	0	3	10
9	아트라스콥코	스웨덴	3,700	4,819	30	3	3
10	존디어	미국	5,035	4,818	4	3	8
합계			96,560	106,349	10	63	-

Source: International Construction, Off-High research, Machinery Outlook(2008)

Table 3 Construction machinery market share classified by company(unit: million \$)

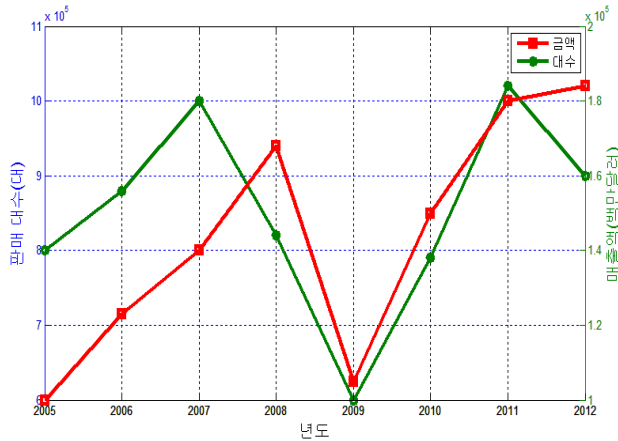
	업체명	국가	매출액	점유율 (%)	생산기종수
1	Caterpillar	미국	27,767	18.3	12
2	Komatsu	일본	17,781	11.7	11
3	Hitachi	일본	8,398	5.5	8
4	Volvo CE	스웨덴	8,325	5.5	9
5	Liebherr	독일	6,392	4.2	6
6	Doosan Infracore	한국	5,200	3.4	9
7	Sany	중국	5,102	3.4	9
8	Sandvik M&C	스웨덴	4,981	3.3	3
9	Zoomlion	중국	4,708	3.1	8
10	XCMG	중국	4,463	2.9	11

Source: International Construction(2010년)

Table 4 Sales and market share of major country for construction equipment (unit: million \$)

순위	국가명	보유 업체 수	매출액	점유율
1	미국	9	64,868	34.8
2	일본	11	43,050	23.2
3	중국	9	27,868	15.2
4	스웨덴	3	12,730	6.8
5	독일	4	11,967	6.4
6	한국	2	9,088	4.9
7	핀란드	1	4,488	2.4
8	영국	1	4,279	2.3
9	프랑스	3	3,222	1.7
10	오스트리아	1	1,202	0.6

Table 5 Sales shift of construction equipment industry⁵⁾



Source: International Statics Committee, International Construction, 한국건설기계산업협회 자료 등 참조

- 주: 1) 대수는 크레인, 지게차 제외
2) 세계 50대 건설기계업체 매출 기준

2. 건설기계 시험관련 국제규격

ISO(<http://www.iso.org>) 위원회 현재 총 300개의 기술위원회가 있으며, 이 중에서 건설기계 관련 위원회는 4개(ISO/TC 96:크레인, ISO/TC 110: 산업차량, ISO/TC 127: 토공기계, ISO/TC 195: 건축기계, 유공압 관련 위원회는 1개(ISO/TC 131: Fluid Power System)가 있으며, 기타, 유사 관련 위원회도 2개(ISO/TC 115: Pumps, ISO/TC 153: Valves)가 운영되고 있다. 먼저 건설기계 관련 기술위원회 및 기술위원회 내의 분야별 위원회를 표로 정리하면 Table 6에서 Table 10과 같이 나타낼 수 있다. Table 11은 ISO/TC 131: Fluid Power System 기술위원회 및 소위원회 분과를 보이고 있는 것이다. 현재 Fluid Power System 소위원회 분과는 모두 9개가 운영되고 있으며, 현재까지도 오염 및 씰링 분야에 활발한 활동이 이루어지고 있음을 예측할 수 있다. Table 12는 ISO/TC 115: Pumps기술위원회 관련 소위원회 및 소위원회 명칭을 보이는 것으로, 여전히 산업용 펌프에 있어서도 많은 활동이 이루어지고 있음을 예측할 수 있다. 전술한 ISO 유압 사이트를 통해서 현재의 제정 규격 상황 및 운영되고 있는 위원회의 동향을 쉽게 이해할 수 있다. “ISO/TC 153: Valve”에서는 분야별 소위원회 운영이 이루어지고 있지 않는 것으로 파악되었다.

Table 6 ISO/TC 96: Cranes

Subcommittee	Subcommittee Title
ISO/TC 96/SC 2	Terminology
ISO/TC 96/SC 3	Selection of wire ropes
ISO/TC 96/SC 4	Test methods
ISO/TC 96/SC 5	Use, operation and maintenance
ISO/TC 96/SC 6	Mobile cranes
ISO/TC 96/SC 7	Tower cranes
ISO/TC 96/SC 8	Jib cranes
ISO/TC 96/SC 9	Bridge and gantry cranes
ISO/TC 96/SC 10	Design principles and requirements

Table 7 ISO/TC 110: Industrial trucks

Subcommittee	Subcommittee Title
ISO/TC 110/SC 1	General terminology
ISO/TC 110/SC 2	Safety of powered industrial trucks
ISO/TC 110/SC 3	Rough-terrain trucks
ISO/TC 110/SC 4	Sustainability

Table 8 ISO/TC 127: Earth-moving machinery

Subcommittee	Subcommittee Title
ISO/TC 127/SC 1	Test methods relatively to safety and machine performance
ISO/TC 127/SC 2	Safety, ergonomics and general requirements
ISO/TC 127/SC 3	Machine characteristics, electrical and electronic systems, operation and maintenance
ISO/TC 127/SC 4	Terminology, Commercial nomenclature, Classification and ratings

Table 9 ISO/TC 195: Building construction machinery and equipment

Subcommittee	Subcommittee Title
ISO/TC 195/SC 1	Machinery and equipment for concrete work

Table 10 ISO/TC 67: Materials, equipment off share structures for petroleum, petrochemical and material gas industries

Subcommittee	Subcommittee Title
ISO/TC 67/SC 2	Pipeline transportation Systems
ISO/TC 67/SC 3	Driving and completion fluids, and well cements
ISO/TC 67/SC 5	Casting, tubing and oil pipe
ISO/TC 67/SC 6	Processing equipment and systems
ISO/TC 67/SC 7	Off share structure
ISO/TC 67/SC 8	Arctic operations
ISO/TC 67/SC 9	Liquefied natural gas installations

Table 11 ISO/TC 131: Fluid Power System

Subcommittee	Subcommittee Title
ISO/TC 131/SC 1	Symbols, terminology and classifications
ISO/TC 131/SC 2	Pumps, motors and integral transmissions
ISO/TC 131/SC 3	Cylinders
ISO/TC 131/SC 4	Connections and similar products and components
ISO/TC 131/SC 5	Control products and components
ISO/TC 131/SC 6	Contamination control
ISO/TC 131/SC 7	Sealing devices
ISO/TC 131/SC 8	Product testing
ISO/TC 131/SC 9	Installation and systems

Table 12 ISO/TC 115: Pumps

Subcommittee	Subcommittee Title
ISO/TC 115/SC 1	Dimensions and technical specifications of pumps
ISO/TC 115/SC 2	Methods of measurement and testing
ISO/TC 115/SC 3	Installation and special application

3. 국가별 건설기계 시험 동향

3.1 국가별 건설기계 시험 연구원

본 절에서 서술되는 내용은 저자가 조사한 내용에 한하여 작성이 이루어졌기 때문에 세계적인 건설기계기업들의 상세한 시험현황 정보를 다루는데

에는 문제가 있었음을 밝힌다. 정확한 정보소개를 못하는 이유는 건설기계 기업의 기술자는 보완 때문에 자료를 공개하지 않는 원인이 있을 수 있으며, 한편으로는 영어가 아닌 독일어나 일본어로 제공하고 있는 경우에 있어서는 키워드 입력에 다소 무리가 있었을 것으로 사료된다. 현재 여러 국가에서 건설기계를 제작하고, 시험이 이루어지고 있다. 대표적인 기관으로는 미국의 “Construction Industry Institute”가 있으며, 일본에는 “Japan Construction Machinery and Construction Association”이 있다. 일본의 건설기계 연구기관에서는 “Hydraulic Fluids for Construction Machinery Implementation Manual”과 같은 국제규격을 이용한 자체 시험 메뉴얼을 제시하고 있다. 유럽에서는 폴란드의 “Institute of Mechanised Construction and Rock Mining”이 있다. 또한 국내 기관으로는 건설기계부품연구원(KOCETI), 한국건설기술연구원(KICT)과 생산기술연구원(KITE CH) 등이 있다.

많은 건설기계 제조사들은 자체적으로 시험센터를 보유하고 있으며, 대표적으로 볼보건설기계에서는 국내의 건설기계 시험센터를 구축하여 활용하고 있다. 또한 일본의 대표적인 건설기계 제조사인 코벨코사와 고마츠사는 Fig. 1과 같은 건설기계 제조 시설 및 시험평가 시설을 갖추고 있다.



(a) Testing facilities(KOBELCO)



(b) Testing facilities(KOMATSU)

Fig. 1 Manufacturing and testing facilities

3.2 건설기계 시험 특성

건설기계 제조사와 연구 기관에서는 건설기계를 제조한 후 다양한 시험을 통해 정상 작동 여부 및 개선사항을 확인하고자 노력하고 있다. 정상 작동 여부를 확인하기 위한 시험에는 크게 유압을 기반으로 구동되는 피스톤과 펌프 등의 유압시험 (Hydraulic Fluid Test)과 전기적인 안정성을 확인하기 위한 전자파 적합성 시험(Electromagnetic Compatibility, EMC) 및 가상 시뮬레이션을 이용한 시험으로 구성되어 있다. 건설기계 유압시험으로는 고압 피스톤 펌프 시험(High-Pressure Piston Pump Test)과 베인 펌프 시험(Vane Pump Test) 및 마찰 특성 시험(Friction Characteristic Test) 등을 수행하게 된다.

Table 13 Hydraulic test list for construction equipment

시험항목	시험모델 및 조건	적용규격	
고압 피스톤 펌프 시험	HPV 35+35 펌프	34.3MPa 2,100rpm 95°C/ 500hrs	JCMAS P044
	A2F 펌프	34.3 MPa 2,100rpm 80°C/500hrs	JCMAS P045
베인 펌프 시험	35VQ 25 펌프	20.79 MPa 2,400rpm 93°C/150hrs	ASTM D6973
	104C 펌프	13.7 MPa 1,200rpm 66°C/100hrs	ISO 20763
마찰 특성 시험	마이크로 클러치 시험	단위: μ SAE J 289 SEP96 마찰시험(1,000 주기)	JCMAS P047
	SAE No. 2		

유압에 의해 작동하는 피스톤과 펌프기구에 대한 시험항목과 적용규격 및 특성은 Table 13에 나타내었다. Table 13에 나타낸 것과 같은 작동유 사용에 따른 작동 기구 시험 항목들은 실제 캐터필러, 히타치, 고마즈, 미쓰비시 기업 등에서 활용하고 있다.

Fig. 2는 히타치사에서 고압피스톤 펌프 시험을 수행하기 위한 회로도를 나타내고 있다. 피스톤으로는 Rexroth사의 제품을 사용하고 있으며, 건설기계용 오일을 80°C로 가열하여 일정한 양의 공기와 함

께 피스톤에 주입되게 된다. 주입된 오일로 의해 발생하는 유압이 반대편 피스톤을 역방향으로 밀어 릴리프 밸브로 35MPa 유압이 전달되게 된다. 이러한 과정을 500시간 동안 반복 운전하여 특성변화를 평가하게 된다.

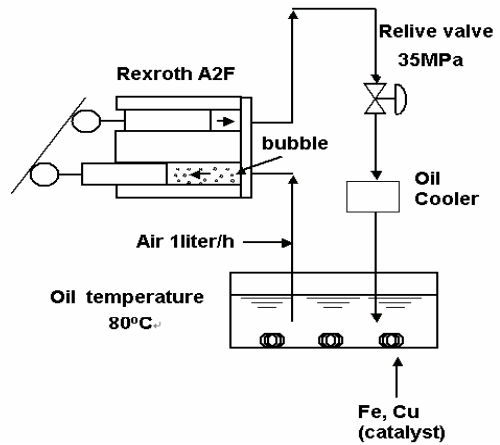


Fig. 2 Testing circuit of high pressure piston pump(HITACHI)

Fig. 3은 베인 펌프 시험을 수행하기 위한 회로도를 나타내고 있다. 비커스(Vickers)사의 베인 펌프를 사용하였으며, 시험에 사용된 유체 용량은 70ℓ이다. 66°C로 가열된 유체를 유압탱크의 게이지를 통해서 일정하게 베인 펌프로 공급하고, 게이지의 500mm 이상이 공급될 수 있도록 회로를 설계하여 시험을 수행하였다. 위와 같은 과정은 100시간 동안 운전하여 평가하게 된다.

유압특성 시험의 마지막인 마찰특성 시험은 주로 마이크로 클러치를 이용하여 수행되며, 800rpm의 마찰 시험 장비를 사용하여 유압실린더를 움직여서 평가하게 된다. 유압시험이 끝난 후 정상작동 여부가 확인되면 전자파 적합시험을 수행하게 된다.

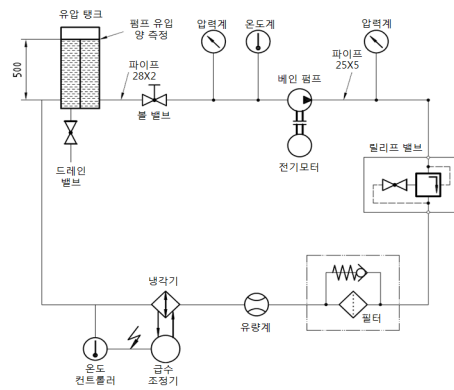


Fig. 3 Testing circuit for vane pump(ISO 20763)

건설기계의 전자파 적합시험은 대부분의 제조회사가 국제 규격을 기준으로 자체시험을 하고 있으며, 건설기계 완제품과 전기부품에 따라서 각각 시험이 이루어지고 있다. 전자파 적합성능을 평가하기 위하여 각 제조사별로 전자파 간섭(Electro-magnetic Interference, EMI)시험과 전자파 내성(Electromagnetic Susceptibility, EMS)시험 및 정전방전(Electrostatic Discharge, ESD)시험이 이루어지고 있다. 각 시험별 국제규격은 Table 14에 나타내었다. Table 14에서 전자파 간섭시험에 적용된 CISPR 12와 CISPR 25는 국제 전자파 장해 특별위원회(International Special Committee on Radio Interference)에서 규정하고 있는 규격이다. CISPR 12는 자동차, 보트와 같은 내연기관에 대한 무선방해 특성에 대한 측정방법에 대해 규정하고 있으며, CISPR 25는 자동차 완제품 및 부품에 대한 무선방해 특성 시험에 대해 규정하고 있다.

Table 14 International standard for EMC of construction equipment

	규격	
	건설기계 완제품	전기부품
전자파 간섭(EMI)	CISPR 12	CISPR 12
	CISPR 25	CISPR 25
전자파 내성(EMS)	ISO 11451-2	ISO 11452-2
	-	ISO 11452-3
	-	ISO 11452-4
	-	ISO 11452-5
정전방전(ESD)	ISO 10605	ISO 10605

Fig. 4는 건설기계의 전자파 방사노이즈(Radiation Noise)를 측정하기 위한 잡음전계강도와 방사내성 시험 장치 구성 및 회로도도를 나타내고 있다.

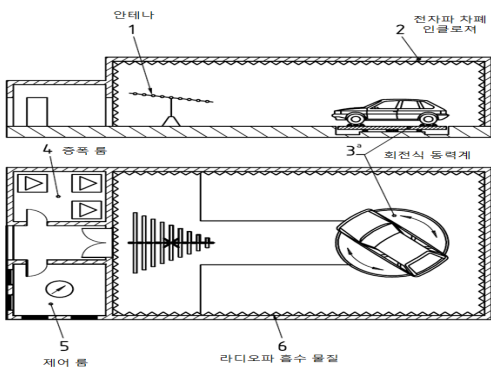


Fig. 4 Structure of measuring system of EMI and EMS(ISO 11451-2)

Fig. 5와 6은 고마츠사의 잡음전계방사 시험과 전기 적합성 시험 중 전자파 내성 평가에 해당하는 방사 내성 시험(Radiated immunity)을 자체 수행하기 위한 장치를 나타내고 있다.

Fig. 7은 전기 적합성 시험을 수행하기 위한 전체 시스템 구성도를 나타내고 있다. 고마츠사와 같이 전자파 적합시험 센터에서 시험이 완료되면 시뮬레이션 시험을 통해서 실제 건설현장과 유사한 조건으로 운전특성을 평가하게 된다.



Fig. 5 Emission (EMI) test(Komatsu)



Fig. 6 Radiated immunity(EMS)(Komatsu)

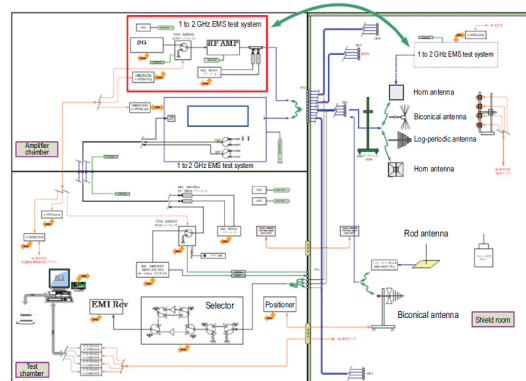


Fig. 7 Structure of measuring system of EMC(Komatsu)

볼보건설기계사(Volvo CE)에서는 전체시험 후 마지막으로 시험비용을 절감하기 위하여 가상시물레이션을 통한 평가를 수행하고 있다. 가상시물레이션은 리얼타임(Real time)과 인간을 순환되는 루프 안에 두는(Human-in-the-Loop) 시스템 형태로 구성되어 있다. Fig. 8은 볼보건설기계사에서 수행하고 있는 가상시물레이션을 나타내고 있다.

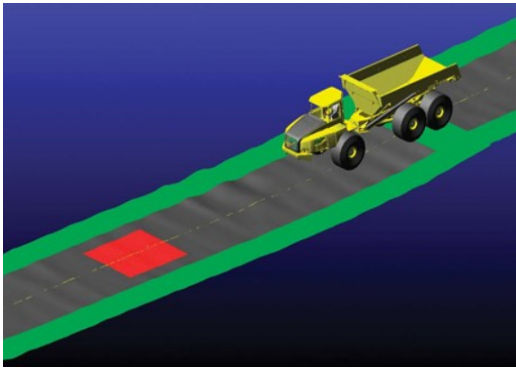


Fig. 8 Simulation test of construction equipment (Volvo C.E.)

많은 건설기계 제조사에서는 위와 같은 시험평가를 거쳐서 다양한 건설기계를 제조하고 있다. 시험평가를 통해서 필수적으로 갖추어야 하는 내구성 대한 신뢰를 확보할 수 있다. 또한 각 제조사에서는 유압 기구 부분과 전기적 특성 부분을 개선하여 뛰어난 건설기계를 제조하고자 노력하고 있다.

4. 결론

본 해설에서는 국가별 건설기계 시장 점유율에 따른 향후 건설기계 시장의 성장 가능성에 대해 기술하였으며, 성장추이 전망에 대해 예견하였다. 다양한 자료를 토대로 볼 때 경기불황으로 인한 건설기계 산업이 일시적인 침체를 겪고 있으나 건설장비의 기본 바탕이 되는 유압시장은 매년 성장기를 보이고 있어 향후 건설기계 분야의 장기침체를 해소시킬 수 있는 방안으로 떠오를 것이다. 유압시장의 활성화로 다양한 형태의 유압장비가 개발되고, 건설기계부품으로 적용되어 우수한 성능을 발휘할 수 있는 건설기계 제조에 충력을 기울여야 할 것으로 사료된다. 또한 건설기계시장을 성장시키기 위해서는 현재 활성화되어 있는 고마츠사와 코벨코사와 같은 건설기계 제조 및 평가시설이 잘 갖추어져 있어야 한다. 또한, 잘 알려져 있는 HILS 시스템의 적

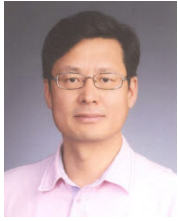
용을 통해 신뢰도를 높일 수 있으며, 건설기계 제조에 있어 우수한 개발품을 획득할 수 있다.

자료의 제약으로 충분한 이해를 돕는데는 다소 무리가 있는 해설 자료이기는 하지만 건설기계 관련 국제적인 동향에 대해서 조금이나마 도움이 되는 자료가 되었기를 기대하면서 맺고자 한다.

참고 문헌

- 1) Frost & Sullivan, "Indian Hydraulic Components Market", pp. 507-510, 2011
- 2) 산업일보, "건설기계산업 미국 일본 중국 '3강 구도' 형성", 2014. 09. 03.
- 3) So-Nam Yun, "Trends of Technologies for Electric from 'Journal of the JFPS', Journal of Drive and Control, Vol. 12, No. 1, pp. 39-44, 2011.
- 4) 산업연구원, "세계 건설기계산업의 최근 동향과 시사점", 산업경제 산업포커스, pp. 56-64, 2014.
- 5) Won Sub Oh, "International Standardization Status of Construction Equipment Industry and Strategy of Korea Standardization", 표준과 표준화 연구, Vol. 1, No. 1, pp. 59-69.
- 6) So-Nam Yun, "건설장비 테마클러스터 중·장기 기술 Road-map 및 장기 발전", THEMA CLUSTER Total Solution for Hydraulic Transport Systems, Vol. 12, No. 1, pp. 39-44, 2013.
- 7) Petroleum and related products-Determination of anti-wear properties of hydraulic fluids-Vane pump method(ISO 20763), 2004.
- 8) Road vehicles-Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy- Part 2: Off-vehicle radiation sources(ISO11451-2), 2001.
- 9) Hydraulic fluids for construction machinery, JCMAS P041, 2004.
- 10) K. Yoshida, T. Masuda et al., "Introduction of Construction Machine EMC Test Facility", KOMATSU TECHNICAL REPORT, Vol. 58, No. 165, pp. 1-5, 2012.
- 11) Nobuei Ariga, "Modern technologies in hydraulic power system for construction machinery and requirement for hydraulic fluids", Hitachi.
- 12) First published in Aggregates Business International, "Volvo CE's virtual testing/simulation cuts prototype costs, 2014.

[저자 소개]



윤소남

E-mail : ysn688@kimm.re.kr

Tel : 042-868-7155

1986년 제주대학교 기계공학과 졸업

1990년 부경대학교 기계공학과 석사

1994년 부경대학교 공과대학 박사과정

졸업, 2005년 어번대 마이크로나노시스

템/재료연구실 객원연구원, 1994년~현재 한국기계연구원 책임연구원, 스마트 액추에이터, 유공압 밸브, 다축 시뮬레이터, 극한지 및 심해잠수정용 유압기기 개발 연구에 종사, KSFC, KSME, KSPSE, KSPE, KSAE, KSAS, SASE, JFPS 등 회원, 공학박사