

제 1장. 건설기계일반 (총론)

1 건설기계 역사

1-1. 세계 건설기계의 역사

1. 18세기 이전

인간은 환경을 극복하는데 있어서 그 시대 인간의 지혜와 사용가능한 자재, 도구로서 필요한 기계장비를 고안해서 사용했다. 고대에는 주로 인간의 노동력과 수공구만으로 이집트의 피라미드나 중국의 대운하와 만리장성, 로마에서는 인력기계를 사용하여 대규모 공사를 시공하였다. 기원적 4~2세기에는 아르키메데스와 증기터빈을 발명한 헤론이 최초의 산업혁명을 일으켜 병기와 산업기계의 개발을 수행하였다. 그러나 기원후는 암흑시대로 모든 기계의 역사가 뒤안길로 사라지게 되었다.

14세기 이탈리아에서 르네상스 운동이 일어나 과학기술의 발전으로 건설기계가 개발되기 시작하였다. 15세기에는 레오나르도 다빈치의 선배에 해당하는 폰타나(Fontana)가 발명한 불도저 리퍼와 유사한 암석제거기와 조르시오(Giorgio)의 향타기가 있었다. 조르시오는 또 건설기계를 연구하여 자동차와 수륙양용차 등 다수의 차량 스케치가 남아 있으며 실제 사용된 것으로 증명되고 있다. 또한 유명한 레오나르도 다빈치의 향타기, 크레인, 셔블식 준설선 및 크레인의 스케치가 전해지고 있다. 16세기 후반에는 축력이나 인력으로 움직이는 거대 크레인으로 대규모 공사를 수행하였으며 셔블식 준설선이 사용되었다.

18세기에 들어서 마차와 크레인을 공사용으로 개량시켰으며 말을 사용하는 향타기와 대형 준설선을 개발하였는데 이때 산업혁명으로 인건비가 높아짐에 따라 인력보다는 말의 활용이 많아지게 되었다. 증기기관은 17세기 전반에 영국에서 개발되어 1700~1730년에 증기선에 사용되기 시작하였다.

1705년 뉴코멘 엔진(Newcomen steam engine), 1767년 제임스와트(James Watt)가 실용증기기관을 발명하였다. 와트는 당시 많이 발생하는 보일러 폭발사고를 피하기 위한 고압화에 성공하지 못하여 배와 차에 탑재시킬 수 있는 콤팩트한 증기기관을 실용화하지는 못하였다. 한편 당시 증기기관의 선진국인 프랑스는 대포 견인용 3륜 증기 트랙터를 발명하였다. 증기선은 1783년 프랑스에서 세계 최초로 실용화되었으며, 1807년 미국의 로버트 풀턴(Fulton, Robert)에 의해 상업적 운행에 성공하였다.

2. 건설기계의 시작

영국의 Trevithick사는 증기기관의 고압화에 성공하여 1801년 증기자동차, 1804년 증기기관차를 발명하여 철재 수송을 담당하였다. 또한 증기준설선을 발명하여 런던항에 실제 사용하고 이후 개량형을 보급시켰다. 한편 미국에서는 고성능 증기기관을 발명하고 수륙양용증기 굴삭기가 개발되었으나 증기기관의 출력에 비해 차체가 무거워 실용화까지는 이르지 못하였다.

1830년대 미국에서는 증기기관이 석탄광석운반용의 증력식 철도에 사용되었다. 1839년에는 미국에서 최초의 증기셔블이 발명되어 제조되었는데, 놀랍게도 이미 현대 셔블의 원형 구조를 갖고 있다. 이 증기셔블은 레일상을 증기기관차가 주행하고 굴삭작업은 셔블부의 선회가 가능하도록 선진적, 실용적으로 설계되었으며, 호평을 받고 수출도 되었고 급속히 신장되어 철도 건설에 많이 사용되었다.

3. 증기 트랙터의 개발과 수에즈운하 공사 (1851~1880년)

영국에서 1858년 자주가능한 트랙터형의 증기기관이 발명되고 이후 증기트랙터는 로드롤러를 견인하는데 상용으로 급속하게 보급되었다. 1867년에는 영국에서 최초의 증기 로드롤러가 실용화되었는데 현재 표준롤러의 3배 중량으로 거대한 기계였으며 운전이 어려워 이후 개량이 되었다. 거의 같은 시대에 영국에서 슬리드 고무 타이어가 발명되어 증기트랙터에 실용화 되었다.

1859~1869년에 공사가 수행된 수에즈운하는 프랑스제의 대형 준설선과 버킷굴삭기가 투입되어 성공을 거두었다. 버킷 굴삭기는 프랑스가 주도한 제 1차 파나마 운하공사(1881~1888년)에 투입되었으나 사막과는 다른

경도의 토질에 적응하지 못하여 공사자체는 실패로 종결되었다. 그러나 버킷 굴삭기는 이후 100년간 세계에서 사용되었다. 1856년 베서머법(Bessemer Process : 철·구리 등의 제련에 쓰이는 전로. 1856년 영국의 발명가 Henry Bessemer가 발명함)의 발명에 따라 철강의 가격이 낮아지게 되어 기계산업의 발전에 박차를 가한다. 가열증기 엔진, 1860년에는 새로운 가스 엔진이 프랑스에서 개발되었으며, 1870년의 증기 엔진은 농업기계용으로 보급되었다.

4. 1881~1900년

이 시대는 증기식 건설기계가 전세계에 보급되었으며 신동력으로 등장하여 건설기계 응용이 시작되었다. 미국은 도로건설용으로 새로운 건설기계인 스크레이퍼를 개발하였다. 증기셔블은 거듭된 개량을 거쳐 1884년에 영국에서 최초의 전선회식 증기셔블이 개발되었다. 독일과 영국에서는 1880년대 전반에 버킷휠 굴삭기(bucket wheel excavator)를 발명하였다. 미국에서는 증기셔블의 대형화가 진행되어 대형셔블이 등장하였으며 당시 운하공사 및 광산개발에 보급되었다. 당시에는 증기셔블에 적당한 주행장치가 발명되지 않아 선로상을 주행하면서 작업하는 방식이었다.

스웨즈 운하에서 활약했던 프랑스제 버킷 굴삭기는 제 1차 파나마 운하공사에 투입되었으나 토질이 다르고 암석이 많아 대응에 실패하였다. 대신 미국은 파나마운하공사에 초대형 셔블을 투입하여 성공하였으며 증기셔블과 비슷한 역할을 하는 크램셴 크레인을 개발하였다. 크램셴은 준설선에도 채용되어 건설과 운하공사는 물론 노천 광산에서 넓게 사용되었다. 증기 트랙터는 구미에서 특히 고출력으로 다양한 형태가 시도되어 농업용, 건설기계용으로 보급되었다. 1885년에는 광폭의 철륵 증기 트랙터, 1889년 증기 콤팩트, 1891년 증기롤러가 출현하였으며 1893년 복동식 증기 향타기가 판매되었다. 증기기관의 전성시대에 가솔린엔진이 보급되기 시작하였으며, 1897년에는 디젤엔진이 발명되었다.

5. 다양한 엔진의 실용화와 파나마 운하공사 (1901~1910년)

신세기에 들어서서 유럽에서는 자동차에 가솔린 엔진, 미국에서는 증기기관과 전기자동차가 자동차 동력으로 주를 이루게 되었으나 점차 가솔린 엔진이 주류를 이루게 된다. 한편 유럽에서는 가솔린 엔진의 성능이 급속히 향상되고 충분한 출력을 위해 가솔린엔진과 배터리의 하이브리드카를 발명하게 된다. 건설기계에도 하이브리드가 적용되어 전기 휠식셔블이 개발되었으며 현재는 초대형 셔블로 세계적으로 채용되고 있다.

미국에서는 철륵식의 대형농업용 트랙터를 제조하였는데 1904년에 크롤러로 변경하는데 성공하였다. 또한 가솔린엔진을 채용하여 크롤러 트랙터를 판매하게 되었다. 그러나 증기기관은 큰 마력, 연료, 내구성이 타 기관보다 우수한 위치였으므로 대형 건설기계와 농업기계에 채용되었다. 이 시대의 셔블용 엔진은 증기기관으로 주행은 소형기종을 제외하고 크롤러식으로 대체되었다. 1904년부터 10년간에 걸친 파나마운하 공사는 미국이 주도하였으며, 100여대의 증기셔블이 활약하였다. 제작회사는 새롭게 개발한 드래그라인 증기식셔블을 판매하였으며 이것은 이후 노천채굴을 위한 광산용 필수 건설기계가 되었다.

한편 새로운 건설기계로 연속구굴기가 개발되었다. 직선적으로 상하수도의 구굴에 사용하는 것으로 유럽을 제외하고 보급되지 않았다. 1870년대에 발명되어 지면을 고르는 그레이더는 도로공사용 블레이드 각도를 다양하게 조정하는 것으로 진보하였다. 최초에 말이 견인하던 것이 주였으나 점차 증기 트랙터를 이용한 견인으로 대체되었다. 또한 프랑스의 르노는 유압구동(HST)의 특허를 취득하였는데 당시의 유압기술력이 없어 실용화되지 못하였다.

6. 건설기계의 다양화와 공황 (1921~1930)

(1) 트랙터의 발전

독일에서는 2사이클 가솔린엔진의 내연기관탑재형 트랙터가 건설기계와 농업용의 2종류로 개발되었다. 소련에서는 전차공장에서 트랙터를 개발하였는데 이는 1928년에 스탈린이 시작한 집단농장에 대량으로 트랙터가 필요했던 것으로 생각된다. 미국에서는 경량의 가솔린 엔진의 특징을 살려 휠식 4륵 구동 트랙터를 출시하였으며, 일본에서는 캐터필러 트랙터를 참고하여 자체 도저를 개발하여 납품을 하게 된다. 가솔린엔진에 대항하여 미국에서는 콤팩트한 증기 트랙터를 발명하였으나 시대의 흐름을 역행하지 못하고 10년후에는 사라지게 되며, 독일에서는 600마력의 초대형 증기 트랙터를 개발하여 1965년까지 사용하기도 하였다.

(2) 셔블의 발전

미국은 가솔린 엔진식 크롤러셔블을 보급하였는데 다양한 작업장치(attachment)가 이미 이 시대에 갖추어진 것으로 나타났다. 한편 증기셔블은 한층 거대화되어 1500톤을 초과하는 노천굴삭용과 드래그라인이 제조되었다. 더욱이 이 셔블에는 외부전력으로 작동하는 전기모터 구동용이 설치되는데 독일에서 대형 전기셔블이 개발되고 일본에서도 셔블의 전기구동이 실현된다. 또한 가솔린엔진을 갖춘 기동성이 있는 트랙셔블이 실용화된다.

(3) 자주식그레이더의 및 기타 건설기계의 등장

도로를 평탄하게 하는 그레이더는 지금까지 증기트랙터로 견인되던 것을 농업용 가솔린엔진트랙터를 사용하는 모터그레이더가 유럽에서 개발되었다. 또한 이 시대에는 크롤러를 장착한 모터 그레이더도 많이 있었다. 영국에서 농업용 가솔린트랙터를 개량시킨 휠로더가 발명되었다. 가솔린엔진을 이용한 이동식 콤프레셔도 생산되었다.

7. 디젤 엔진의 실용화 (1931~1940년)

미국의 캐터필러사는 세계공항의 어려운 시기에 건설기계용 디젤엔진 개발에 성공하였다. 당초 독일이 개발했던 연료분사장치를 사용하였으나 2년후 자사제로 변경하였다. 디젤엔진의 성공에 중요한것이 연료분사장치이다. 이것을 적재한 디젤엔진은 동일한 가솔린엔진에 비하여 연료가 반정도 소비되어 캐터필러사가 재기하는 계기가 되었다. 캐터필러사는 1935년에는 석유 메이커와 공동으로 디젤 윤활유를 개발하여 현재 윤활유 발전의 초석을 만들었다. 유럽에서는 1920년대 중반에 고압연료분사장치가 개발되었으며, 1936년 독일 벤츠사에는 소형 디젤엔진이 등장하였다. 또한 디젤엔진은 항공기용 디젤엔진에 등장하여 1920년부터 제2차 세계대전 말까지 사용되었다.

1930년대에 트랙터는 세계적으로 생산되었는데 블레이드(blade)를 부착한 불도저가 보급되었다. 이탈리아 피아트사가 불도저를 제작하였으며, 일본도 가솔린 트랙터를 제작하여 군용, 개간, 제설용으로 납품하게 된다. 한편 독일에서는 스크레이퍼(scraper) 기능을 갖춘 불도저(scraper dozer)를 발명했다.

이 시대에 대형 셔블은 아직까지 증기기관을 사용하였으며 소형 셔블에는 디젤엔진을 탑재한 기종이 개발되었다. 당초 모터 그레이더는 농업용 트랙터 전문에 블레이드를 부착하여 개조한 것이 보통이었다. 캐터필러사는 모터그레이더 전용 설계를 하여 모델을 등장시키고 1934년에는 디젤엔진을 탑재하였다. 스웨덴에서는 승용차를 이용하여 특이한 모터그레이더를 출시하기도 하였다. 미국에서는 유압식 로더를 개발하였으며 또 오프로드 덤프트럭의 원형인 기종을 개발하여 후버담 건설에 사용하였다. 특히 당시에는 오프로드 타이어가 없어 독자 개발한 철강재 랙을 붙인 특수 타이어를 감아 사용하였다. 또한 대형 농업용 트랙터로 견인하는 스크레이퍼를 대신하여 근대식 모터스크레이퍼를 발명했으며 이후 세련된 모터 스크레이퍼로 개발되었다.

8. 제 2차 세계대전 전후 (1941~1950년)

1941년 일본의 진주만 공격으로 미국의 자동차, 농기계, 건설기계 제작사는 전차와 폭격기 제조 및 부품 조달을 담당하게 되었다. 따라서 이러한 제작사는 폭격기, 불도저, 스크레이퍼, 덤프트럭 등을 대량으로 공급하게 된다. 한편 독일은 1897년 대형 전차를 시험 제작하고, 일본은 불도저와 트랙터를 생산하기 시작하였으며 20톤급 덤프트럭과 증기셔블을 개발하였다. 많은 건설기계가 급격하게 등장하여 개발되는 도중에 종전이 되었다. 그러나 독일이 전쟁중에 실용화시킨 제트엔진은 이후 건설기계에 영향을 주게 된다.

전쟁의 직접 피해가 없는 미국의 건설기계 제조사는 생산을 재개하였으나 군용 공급의 종료로 경기가 급락하는 시기였으며 1947년부터 담과 도로건설 재개에 따라 경기가 급속하게 회복하였다. 패전국인 일본과 독일에도 농업생산과 복구공사를 위해 건설 수요가 크게 증가하였다. 농업용 트랙터를 개조시킨 리어엔진에 사륜구동식이, 불도저에는 파워시프트 트랜스미션이 휠도저에 세계 최초로 채용되었다.

9. 건설기계 혁신의 시대 (1951~1960년)

이 시대는 전후의 혼란을 겨우 복구하는 단계로 세계적으로 고속도로와 댐의 건설이 시작된다. 일본은 한국전

쟁수요로 경기가 급속히 회복된다. 전차의 대량 생산이 종료됨에 따라 건설기계를 생산하는 회사가 세계적으로 많았으며 군사기술이 건설기계에 전용되어 건설기계에 혁신을 일으키는 시대가 된다.

(1) 블도저의 혁신

1956년 미국의 유클리드(euclid)사는 파워시프트 트랜스미션과 2대의 엔진을 채용한 도저를 출시하였으며, 캐터필러사는 D8 사이드식, D9으로 대응한다. 한편 작업시 전방 시야를 양호하게 하기 위하여 리어엔진식 블도저가 개발되었다. 다른 한편에서는 셔블 작업 장치를 도저에 부착하는 다양한 시도가 이루어진다.

(2) 유압셔블의 개발

1953~1954년경 유럽에서 유압셔블의 개발 붐이 일어났다. 프랑스 포크레인(poclair)사에서 최초의 유압 셔블을 선보였으며, 독일에서는 Liebherr, Demag사가 유압 셔블을 개발하였다. 독일 Atlas사의 장비는 환형의 유압 셔블을 개발하였으며 미니셔블의 원조를 출현시켰다.

(3) 굴절식과 밥캣(bobcat)의 등장

휠로더는 농업트랙터의 개조에서 진화하여 대형화로 개발되었다. 스웨덴은 독자적인 휠로더를 제작하였는데, 휠로더의 선회반경이 큰 문제가 있어 버킷부를 선회하는 방식을 발명하기도 하였다. 한편 미국에서는 전륜을 유압실린더로 방향을 변경시키는 굴절식이 발명되었는데, 이 회전 방식은 조작성과 작업성능이 큰 폭으로 개량되었다. 1955년 미국 international harvest사에 의해 현재의 버킷 링크 기구의 주류인 Z-bar 링크기구가 발명되었다. 또한 미국 밥캣사에 의해 좌우 타이어에 회전차를 주는 스키드스티어식(skid steer) 소형 휠로더, 미국의 J.I guess사는 농업용 트랙터의 전부에는 버킷을 후부에는 유압식 셔블을 부착한 백호 로더를 개발하여 현재 미국과 유럽 건설기계의 큰 분야를 담당하고 있다.

(4) 전기구동 트랙터의 등장과 근대화

미국 Euclid사는 2기의 300마력 엔진과 파워시프트 트랜스미션을 병렬로 탑재한 50톤 적재 오프로드 덤프트럭을 등장시켰다. 또한 미국에서는 디젤 전기구동식 대형 덤프트럭을 생산을 시작하였으며, 한편에서는 외부에서 전력을 공급하여 구동하는 덤프트럭을 개발하여 노천광산에 보급하였다.

1957년 Wabco사는 판스프링(leaf spring)을 대체하는 유공압현가장치(hydro-pneumatic suspension)을 채용하여 깊은 V형 하대를 지지하는 프레임 구조의 선진적 덤프트럭을 개발하였는데 이는 현재의 오프로드 덤프트럭의 표준 구조가 되고 있다. 또한 스웨덴의 볼보사는 농업용 트랙터로 부터 덤트 트럭을 만들었고 이후 굴절식 덤프트럭으로 발전하였다.

(5) 모터 스크레이퍼의 진보

이 시대는 미국, 독일, 일본에서 모터 스크레이퍼가 크게 개발된 시기이다. 독일의 Linde사는 12~43톤급에 세계 최초로 유압구동식(HST) 지게차를 개발하였으며, 이후 HST 시스템이 도저, 셔블에 채용되었다.

10. 일본의 건설기계의 진화 (1961~1970년)

1960년대에 유럽에서는 독일과 프랑스가 블도저를 주로 생산하였으며 영국에는 JCB사가 있었다. 일본에서는 미국과의 합작사 설립 또는 독자 개발등의 과정을 거쳐 1968년에는 유압식 블도저를 개발하게 된다.

셔블에 있어서 유럽은 이미 1950년대 후반 유압식 셔블이 보급되었으며 일본은 미국, 독일, 프랑스로 부터 기술 도입을 하여 현재의 기틀을 만들게 된다. 미국에서는 건설기계의 대형화가 화제였는데 이는 당시 석탄노천 채굴이 성업이었던 때문이다. 휠로더에는 백호가 장착되었으며, 휠로더의 버킷을 블레이드로 전환한 휠도저가 출현하였다. 대형 덤프트럭에는 여러 회사가 전기구동방식에 참여하였다. 미국의 Euclid사는 64톤, Wabco사는 109톤급 덤프트럭을 생산하여 판매하기에 이른다. 한편 스웨덴의 볼보사는 혁신적인 굴절식 덤프트럭을 개발하였는데, 이 덤프트럭은 연약지 및 부정지의 주행성능을 크게 높였다. 모터 스크레이퍼는 굴삭력을 높이기 위하여 후륜에 엔진을 장착하는 twin engine식이 일반식으로 사용되었다.

11. 건설기계의 변혁과 가스터빈 엔진의 구동 (1971~1990년)

(1) 대형 블도저

1970년대 일본 코마츠사는 대형 불도저 D355A-1을 개발하여 미국시장에 투입하여 시장을 석권하였으며 1975년에는 당시 최대 D455A-1 불도저를 개발하였다. 당시 일본 코마츠사는 미국의 소련 적규정책에 따라 도저와 파이프레이어 수천대를 소련 시베리아에 수출하였다. 여기서 -70°C 이하에서 사용하기 위한 연료와 윤활유의 개발, 극한지용과 더운지역용의 새로운 설계에 성공한다. 캐터필러사는 D9 2대를 연결한 side by side로 D455A-1에 대응하다가 1977년에 하이드로 드라이브식 D10L를 발표하였다. 또한 새로운 고무 크롤러식 고속 트랙터를 개발하여 농업용에 채용하였다.

(2) 불도저에서 유압셔블

일본에서는 1970년대초 불도저의 트랙을 유압셔블에 채용한 장비를 출시하여 시장 점유율을 높여갔으며 또한 대형 유압셔블 개발에 주력하였다. 유압셔블의 진보에 따라 1970년대 후반에는 불도저의 비율은 현저히 떨어지게 된다. 1972년 미국의 캐터필러사는 새로운 유압셔블 225를 도입하였으나 충분한 시장 점유율을 갖지는 못하였다. 1980년대에는 일본의 유압셔블 메이커의 기술을 도입한 한국 메이커(현대, 대우, 삼성, 한라)가 저렴한 가격으로 세계 시장에 참여하였으며, 현재는 2개사로 감소되어 세계 점유율을 유지하고 있다. 미국에서는 1차 석유쇼크 이래 석탄노천채굴이 융성하여 중량 1만톤급 이상의 거대한 셔블이 다수 투입되었다. 그러나 난개발 문제로 인하여 1977년 제한법이 제정되어 거대 셔블은 생산중단을 맞게 된다.

(3) 덤프트럭의 시베리아 진출

1974년 미국 Terex사는 3300마력, 350톤 적재의 세계 최대의 덤프트럭을 개발하였으며 전기구동식을 겸하고 있어 건설기계 메이커에게 충격을 주었다. 일본에서는 신칸센의 모터 기술을 이용하여 120톤급 적재용량의 덤프트럭을 개발하여 시베리아에 1000대 이상을 수출하기도 하였다. 미국에서는 1980년대까지 전차처럼 가설 전력을 취하여 덤프트럭을 움직여서 노천채굴 광산에 사용하기도 하였으며, 일본에서는 1970년대부터 연약지용 크롤러식 덤프트럭이 사용되었다.

(4) 가스터빈 엔진 붐

1950년대후반 유럽과 미국에서는 가스터빈 엔진의 자동차 탑재가 시작되었다. 목적은 콤팩트하고 고출력이 가능하며 배기가스가 깨끗하기 때문이었다. 세계 여러 메이커가 트랙터, 불도저, 휠로더, 덤프트럭 등에 가스터빈 엔진의 탑재를 연구하고 시제품을 만들거나 판매에 이르기도 하였다. 그러나 1973년 일어난 제1차 석유쇼크로 연비가 나쁜 가스터빈 엔진 붐은 급속히 사그러졌으며, 1979년 2차 석유쇼크로 완전히 종식을 맞이하게 되었다.

(5) 모터스크레이퍼 수요의 돌연한 감소와 굴절식 덤프의 영향

불도저가 보조하여 지반을 굴삭하는 모터스크레이퍼는 1960년에 엘리베이터 방식을 발명하였으며 1971년에는 보급되어 1980년대 초반까지 공사에 많이 사용되었다. 그러나 1985년에 년 5000대가 판매되었으나 1986년에는 1000대로 감소되었다. 모터 스크레이퍼의 감소이유는 저렴한 유압셔블과 굴절식 덤프트럭의 조합이 모터 스크레이퍼 보다 효율적 공사수행이 가능하기 때문으로, 굴절식 덤프트럭의 연약지 주행성능은 모터스크레이퍼를 월등히 앞서고 있는 것이다.

(6) 험지용 크레인

1960년대 후반 험지용(rough terrain) 크레인이 미국과 유럽에서 개발되었으며, 일본에서는 1975년 국산품이 판매되었다. 일본에서는 1990년초까지 험지용 크레인의 붐이 일었으나 버블의 붕괴로 급속히 수요가 감소하면서 험지용 크레인까지 심각한 영향을 받았다.

12. 건설기계의 장래 (1991년~)

(1) 건설기계의 고능력화

건조물의 공기단축으로 비용을 저감하기 위해 건설기계의 대형화가 추진됨으로써 시간당 작업량이 증가되고 있다. 한편에서는 건조물의 일부를 공장 생산화하여 이에 소요되는 기계의 대형화가 진행되고 있다. 또한 건설기계의 고출력화가 추진되어 작업속도와 주행속도가 빨라지고 생산성 향상에 크게 기여하고 있다.

(2) 소형기계의 도입과 현장 적응성의 향상

최근 노동력 부족에 의하여 이러한 인력에 의존하던 작업의 기계화가 추진되어, 초소선회형(超小旋回形) 유압 셔블과 어태치먼트류의 개발로 소규모공사의 기계화가 진행되고 있다. 미니셔블, 부정지(不整地) 운반차의 포장면 주행에는 고무크롤러(rubber crawler)가 주로 사용되고 있다.

(3) 기계의 조작성, 거주성, 정비성의 향상

조작 레버의 표준화 추진으로 조작 레버의 기능이 통일되어 조작성과 안전성이 향상되고 있다. 소음, 진동이 적어 쾌적한 환경에서 조작이 가능하고 주거성도 향상되고 있다. 또한 운전중의 이상이 모니터에 표시되어 일상 점검, 정비작업을 용이하게 함으로써 신뢰성을 높이고 있다.

(4) 기계의 안전성, 환경보전성의 향상

안전향상을 위한 것으로 기계의 전도방지장치, 브레이크 장치의 충실, 인터록 기구에 의한 오조작의 방지, 인력 접촉·협착 사고의 방지, 고장 예지, 이상시 경고와 자동정지 장치가 있으며, ROPS(전도시보호구조), FOPS(낙하시보호구조), 가드류 등이 장치되어 왔다.

환경보전 측면은 저소음형, 초저소음형, 저진동형기계, 배출가스대책형이 급속하게 보급되고 있다. 더 나아가 지구온난화방지에 대응하기 위해 건설기계의 성연비화(省燃費化)와 하이브리드화가 진행되고 있다.

(5) 기계의 자동화와 정보화

숙련 운전원의 부족으로 불도저의 굴삭정지(掘削整地) 자동화, 성토다짐의 자동화가 진행되고 있다. 더욱이 GNSS, 레이저 광선, VR, 자이로(gyro) 등 정보전달 처리기술을 구사하여 시스템시공, 원격제어시공 등의 정보화시공이 현실화되고 있다.

세계 10대 건설기계 제작사

(금액 : billion, USD)

순위	2014	2015			2016		
		제작사	판매금액	점유율	제작사	판매금액	점유율
1	CAT	CAT	28.3	17.8%	CAT	24.1	18.1%
2	KOMATSU	KOMATSU	16.9	10.6%	KOMATSU	14.0	10.5%
3	VOLVO	HITACHI	7.8	4.9%	TEREX	6.5	4.9%
4	HITACHI	VOLVO	7.8	4.9%	HITACHI	6.5	4.9%
5	LIEBHERR	TEREX	7.3	4.6%	LIEBHERR	6.2	4.7%
6	TEREX	LIEBHERR	7.1	4.5%	VOLVO	6.0	4.5%
7	ZOOMLION	JOHN DEERE	6.6	4.1%	JOHN DEERE	6.0	4.5%
8	SANY	XCMG	6.2	3.9%	DOOSAN	4.8	3.6%
9	JOHN DEERE	SANY	5.4	3.4%	XCMG	4.6	3.4%
10	DOOSAN	DOOSAN	5.4	3.4%	JCB	3.5	2.6%

1-2. 우리나라의 건설기계 역사

1. 광복 이전

건설기계에 기계장비를 사용한 우리나라의 역사는 조선시대에 성읍 축조에서 볼 수 있다. 1794년에서 1796년까지 2년 반에 걸쳐 완성한 수원성은 지브 크레인과 같은 거중기를 사용했으며, 처음으로 현대식 중장비를 사용한 것은 일제 때 수력발전용댐 건설에서 볼 수 있다. 1926년 부전강댐을 시작으로 1937년에 착공한 수풍댐에 이르기까지 댐공사에는 콘크리트 배치플랜트, 크러셔, 스크린 플랜트, 케이בל, 파워셔블, 콤프레셔, 착암기, 기관차 등을 사용하였다. 이는 일본인이 우리나라를 합병하고 대륙점거의 기반을 구축하기 위한 철도의 건설 등으로 외국인이 반입한 건설기계가 이 나라에서 가동은 하였으나 우리 손으로 가동되지는 못하였다.

2. 광복 후~1960년대

1945년 해방되었으나 건설산업에서의 기계화는 거의 전무한 상황으로 1950년대 초 주한 미공병단으로부터 중고장비 40대를 이양받아 사용하게 되었고, 전쟁이 끝나면서 1955년에는 미국의 경제원조와 주한 미군 잉여장비 300대를 내무부가 인수하여 도로복구, 교량건설 등의 전후 복구 공사에 투입하였다.

이와같이 1954~60년 까지는 미국의 경제원조에 의하여 주로 토공사용, 아스팔트 포장용, 항만건설용 기계등이 보급되었다.

1962년부터 경제개발계획이 강력히 추진되면서 1965년 건설부는 차관으로 볼도저 200대를 도입하고 대일 청구권 자금으로 각종 기계장비 404대를 도입해 기계화 시공이 태동하였다. 경인고속도로(1967~1968), 경부고속도로(1968~1970), 남강댐(1962~1970), 소양강 다목적댐(1967~1973), 울산공업단지조성(1962~1974) 등의 대규모 토목공사가 추진되면서 기계화 시공이 필요하게 되어 그 수요를 충족하기 위한 건설기계가 도입되었으며 국내건설기계산업의 필요성이 잉태되는 시기이다.

경부고속도로는 1968년 2월 1일 착공, 1970년 7월 7일 428km가 준공되었다. 착공 당시 제 1차 경제개발 5개년계획이 마무리되면서 수송화물의 양적증대 및 대형화에 따른 수송체계의 확립이 시급한 문제로 제기되던 때였다. 그러나 공법은 물론 장비까지 일본, 미국 등 외국 것을 들여올 수 밖에 없었다. 무상차관은 건설비로 소진했기 때문에 민간회사에서 상업차관으로 장비를 들여오도록 했다. 이렇게 해서 민간회사들이 새로운 장비를 소유하게 되고 기계화 시공이 본격적으로 이루어지게 되었다. 이 공사로 인해 건설부분의 해외진출 기반을 확보했으며 관련 중장비 산업의 혁신적인 발전을 가져왔다. 경제개발 계획이 착수되면서 건설기계 대수의 증가와 이를 효율적으로 운용 관리하고 비상시 동원체제 마련 및 차관 자금의 상황을 위한 법적인 제도가 필요하게 됨에 따라 중기관리법이 1966년 12월 제정 공포되었다.

3. 1970년대

1970년대 경제 활동의 근간이 된 제 3차, 4차 경제개발 5개년 계획(1972~1981)의 목표는 중화학 공업화를 추진하여 안정적 균형을 유지하는 데 두었다. 1971년 닉슨쇼크, 1973년 1차 석유파동, 1979년 2차 석유파동 등의 어려운 외전 여건 속에서도 외자도입의 급증, 수출 드라이브 정책, 중동 건설경기 등으로 어려움을 극복하였다. 중동 건설경기의 특수로 인해 국내의 많은 건설회사가 중동지역 건설공사에 참여하면서 공사규모가 커지고 건설노동자의 부족과 노임의 급상승으로 기계화 시공을 촉진시켰으며 가장 선진된 시공기술과 최신장비를 해외에서 사용하게 되었다. 또한 경제개발 5개년 계획에 의하여 국내 대형건설공사의 발주량도 증가하면서 건설기계의 수요가 급격히 증가하였다.

따라서 건설기계용 부품의 일부만 생산하던 국내 건설기계 산업에도 완제품 수입의존에서 탈피하여 수입 대체 품목의 국산 개발 필요성이 확대되었으며, 여러 기업들이 선진 외국과의 기술 제휴를 통하여 국산기계를 생산하기 시작하였다. 현대양행, 한라중공업이 프랑스 포크레인사와의 기술 제휴를 통해 국내 최초의 중형 굴삭기 생산을 하였으며, 이후 삼성중공업은 일본 코마츠 · 야나, 대우중공업은 히타치 · 구보타 등과의 기술제휴를 통해 굴삭기 사업에 본격 진입하였다.

또한 70년대의 산업합리화조치를 기반으로 실시된 산업구조조정정책으로 건설기계산업은 국내산업의 육성보호를 목적으로 다양한 지원책을 사용함으로써 정부가 주도하는 본격적인 산업합리화시책을 통하여 정부의 보호를 받게 된다. 완성장비의 국내 생산 공급 규모 측면에서 1976년에 이르러서야 지게차외 3기종이 200여대 생산공급되었으나, 1977년의 경우 9기종 1,300여대를 생산함으로써 대단한 성장을 기록하였다.

그러나 기술측면에서 완제품 기술의 경우는 대부분 해외 선진사로 부터의 기술도입에 의존해야 했으며, 1970년대 중반의 초도 기술제휴 단계에서는 대부분의 부품을 수입에 의한 조립생산 체제를 시작으로 점차 부품 국산화를 추진하였으나 엔진 및 유압기기 등과 같이 부가 가치가 높은 주요 부품은 수입에 의존할 수 밖에 없었다.

4. 1980년대

경제개발 5개년 계획은 경제사회발전계획으로 그 명칭을 바꾸고 제5차(1982~1986), 제6차(1987~1991) 경제사회발전계획을 통하여 성장보다는 안정 능률 균형, 국민복지증진과 선진국으로의 도약의 발판을 구축하는데 그 중점 추진 목표를 두었다. 1982년부터 본격적으로 시작한 사회 기반 시설의 정비 및 확충, 그리고 88 올림픽 유치는 대규모의 건설토목 공사의 기회를 제공하였으며 신도시 건설, 지하철공사, 올림픽 특수가 이어졌다. 이에 따른 노동 임금의 상승, 노동력의 부족이 야기되었으며 이로 인한 건설기계의 수요는 급격하게 증가되었다.

모든 토목 공사는 경쟁으로 시공업체를 선택하게 되었고 건설업체들은 경쟁력을 향상시키는 데 생산성이 높은

자동화, 대형화, 고급화된 최신 기계장비를 도입하여 사용함으로써 세계 어느 나라에도 뒤지지 않는 수준의 기계화 시공이 이루어졌다. 특히 콘크리트기계와 포장기계 등의 신형이 도입되면서 시공법의 개선과 품질향상에 기여하였다. 중공업의 발달로 국산 불도저, 굴착기, 로더, 롤러, 덤프 트럭 등 각종 기계장비를 생산하게 되어 본격적인 기계화 시공 시대를 맞이하게 되었다.

건설기계산업은 1980년대 중반에 이르러 각사가 자체 설계에 의한 독자 모델을 발표하기 시작할 뿐 아니라 OEM에 의해 수출을 시작하기도 했다. 1985년 대우중공업은 굴삭기 고유 브랜드 솔라(SOLAR), 현대중공업은 1988년 중형굴삭기 고유 브랜드 로벡스(ROBEX) 개발에 성공한다. 또한 산업합리화 조치의 완화에 따라 많은 기업들이 건설기계산업에 참가하게 되며 국내에서도 본격적인 경쟁체제를 통한 경쟁력 강화가 시작되었고 신규업체의 참여에 따라 제작사가 20여개사로 늘어나게 되었다. 그러나 설계기술은 초보단계를 면하지 못한 상태였으며 유압기기, 전자제어 등 주요 부품은 대부분 수입에 의존하는 상태로 제품의 기술경쟁력은 선진업체에 비해 차이를 보이고 있었다.

5. 1990년대

제7차 경제사회발전계획(1992~1996)은 기업의 경쟁력 강화, 사회적 형평제고와 균형발전, 개발국제화의 추진과 통일기반 조성 등을 3대 전략으로 삼았다.

1990년대 초까지 건설 경기의 호황이 계속되어 기계 산업은 최대 호황기를 맞았다. 또한 국산화 개발의 성공에 이어 시작한 수출도 호조를 보여 국내 건설기계 제작업체는 30여개사로 늘어 났으며 생산 체제의 자동화 및 설비 투자로 인하여 이미 과잉공급규모의 수준에 이르렀으나 생산 공급이 수요를 따라가지 못하는 상황이 발생했다. 그러나 1992년 일본의 부동산 과열에 따른 버블 경제가 무너지면서 그 여파로 국내 경기 또한 급격한 침체를 보이게 되어 건설기계의 수요가 급감하게 되었으며 과잉 공급 체제에 가까웠던 국내 건설기계 산업에도 구조 조정의 바람이 불기 시작했다. 건설기계 관련산업은 1990년대 말에 이르러는 수요 규모가 급감하고 적체 생존의 원칙에 따라 업계의 정리가 이루어 졌다.

1990년대 이전까지는 전체 건설기계 수출의 97%가 OEM 방식이었으나, 1991년 이후에는 41%로 줄어들고 1990년대 하반기에는 거의 독자 브랜드에 의한 수출이 시작되어 자사 상표에 의한 수출이 확고한 자리를 점하게 되었다. 또한 1990년대 초반 업체는 해외 생산 거점의 확보를 중점 추진 전략으로 벨기에, 중국 등 현지 생산 기지를 설립하게 된다. 1990년대에는 건설기계 국산제작에 있어 비약적인 발전을 하였고 또한 임대산업의 증가로 인하여 신형, 고성능 기계의 사용을 증가시키는 등 국내 건설발전에 일익을 담당하였다. 그러나 건설기계 제작의 완전 자립화는 아직 어려운 상태였으며 건설기계의 운영측면에서도 많은 문제점을 갖고 있는 실정이었다.

6. 2000년대

어려운 불황의 터널을 통과하여 해외 자본의 국내 유입과 세계 경기의 점차적인 부활, 새로이 등장하는 중국시장의 시장과 함께 새로운 전환기를 맞게 되었다. 2000년대 이후 건설기계산업은 기계산업 내에서 주력산업으로 부상하였으며 굴삭기, 로더 등은 글로벌 경쟁력 확보에 성공한다. 세계 시장에서도 2012년 생산 점유율 4.9%(6위), 2011년 수출 점유율 5.8%(5위)를 기록하며 세계 5위권의 건설기계 강국으로 부상하였다.

그러나 2011년 4대강 사업 종료 및 최대 수출 시장인 중국의 수요 감소에 따라 2012년 이후 건설기계산업의 침체가 본격 심화되고 있다. 중국의 굴삭기 시장 점유율은 2000년대 중반 40%대에 달하던 점유율은 2015년 한자리 대로 추락하였으며, 수출점유율로 2014년 4.9%(6위)로 낮아지게 된다.

(1) 제품 포트폴리오의 한계성

굴삭기, 로더 등의 토공장비 및 지게차 등에 집중된 장비 제품군의 한계성이 있다. 2014년 지게차를 제외한 건설기계 완제품 생산에서 차지하는 굴삭기의 생산 대수, 생산액의 비중은 80.9%, 73.4%를 차지할 정도로 절대적이다. 이는 생산 대수 기준 일본은 47.3%, 세계 시장은 16.7%를 감안했을때 시장 리스크에 취약하다.

(2) 중국 기업의 부상

경제 성장에 따른 민영 기업의 성장에 힘입어 가파른 성장 달성, 중국 정부의 산업 육성 정책 지원
 대외적으로는 2000년 수출 점유율이 1.5%에 불과하였으나 2011년 세계 2위의 수출 점유율을 기록하는 등 가
 파른 성장을 하고 있다.

(3) 수요, 환경 및 기술변화에 대한 역량 확보

① 미니, 소형 장비 소요 증가

국내에서는 대형 토목공사를 수반하는 국토개발보다는 기존의 시설물과 관련하여 개량하는 소형공사가 많아
 질 것을 대비하여 인력을 대신하여 다양한 작업을 할 수 있는 소형의 다기능의 기계장비에 관심을 기울이게 되
 었다. 종래에는 인력에만 의존하던 공정과 소량의 작업에서도 기계시공이 필수적으로 요구되어 소형 다기능의
 기계 수요가 증가되며 기능 인력의 부족으로 기계조작은 간편하고 기계구조는 블록화되어 어셈블리 교체방식
 으로 정비가 가능하고 장비의 수명도 연장되고 있다.

② 배출가스, 소음 등 환경 조건의 강화에 대한 대책

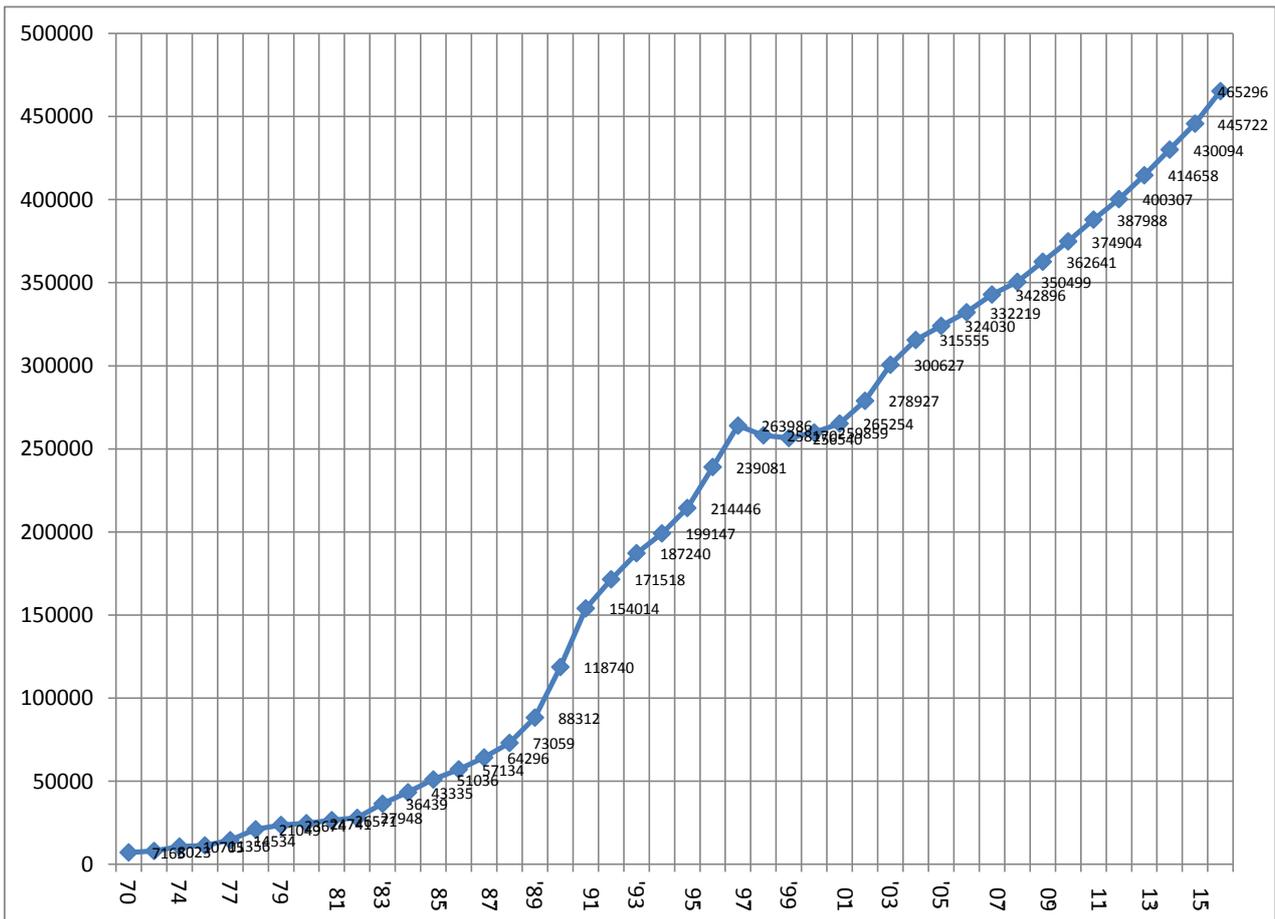
유해 배출물 저감을 위한 기관 내부 대책 및 디젤 배기가스 후처리 대책이 적용되고 있다. 또한 저소음형, 저진
 동형 대책이 강구되어야 한다.

③ ICT 기반의 건설기계 정보화시공 및 예방 유지보수 서비스 역량 확보

- 정보화시공은 건설생산프레세스안에서 시공에 주목하여 정보통신기술을 활용하는 것이다. 건설기계를 제어
 하는 방식은 TS(total station)와 GNSS 기술을 이용하여 MG(machine guidance), MC(machine control)를 적용
 하는 것이다.

- 90년대말~2000년대 초 선진기업들은 예방 유지보수 서비스 제공을 위한 통신, 위성, 센서, 제어 기술 기반의
 ICT 시스템 개발 본격화되었다. 이는 장비 상태와 가동 데이트를 실시간으로 수집, 분석하여 원격 진단 및 제어,
 기계 가동 이력, 소모품 교환 주기 등의 정보를 제공한다.

[건설기계 등록대수 : 1970~2016년)



2 기계화시공

2-1. 기계 계획에 필요한 조사 사항

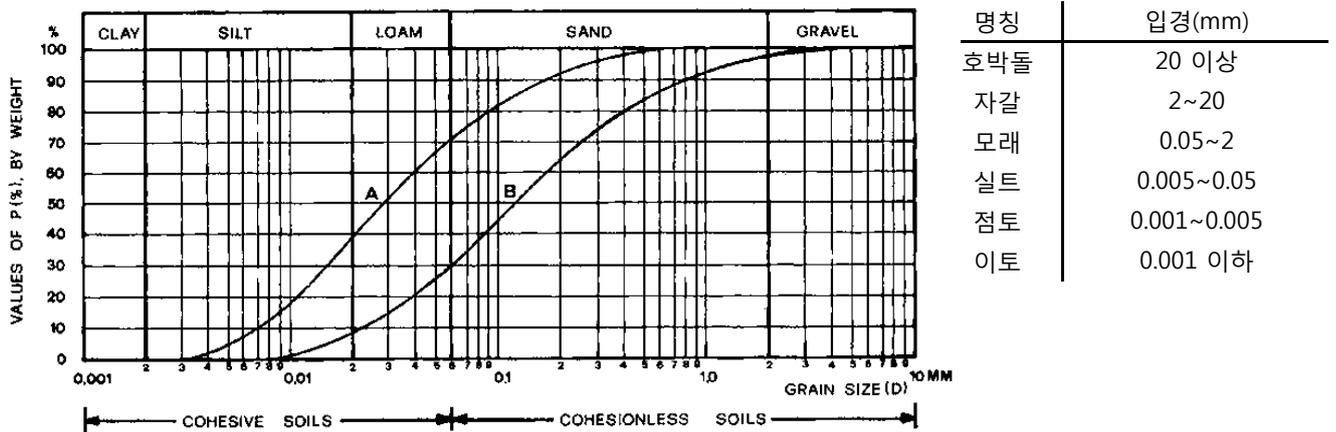
공사 계획은 하천, 도로 등 공사의 종류 및 목적에 의해 결정되지만, 기계화 시공법은 해당 현장에 가장 적합한 것이어야 한다. 이를 위해서는 토공 기계의 경우 먼저 흙의 성질을 조사하여 해당 토질에 적합한 기계를 선정해야 할 뿐만 아니라 해당 토질에 적합한 시공법으로 공사를 수행하여야 한다. 시공법의 적부는 공사비에 많은 영향을 미치기 때문에 사전에 충분한 조사를 바탕으로 공법을 결정할 필요가 있다.

1. 공사현장의 토질

(1) 흙의 입도

해당 공사 대상 토질에는 어떤 기계가 적당한지 흙 운반 방식의 적응성을 판단하고자 하는 경우 간단한 방법은 흙의 입도 분포를 분석하는 것이다. 입도 분포를 표시하는 방법은 여러 가지가 있으나 그 중의 하나가 입경 가적 곡선에 의한 방법이다. 횡축은 대수 눈금으로 토립자를 나타내고 종축은 등간격 눈금으로 가적 통과율(중량 백분율)을 표시하고 있다. 가적 통과율은 해당 입경보다 작은 입자의 흙이 전체 중량에서 차지하는 비율을 나타낸다.

[입경 가적 곡선 (grain size accumulation curve, 粒經加積曲線)]



(2) 흙의 연경도

흙은 그 속에 포함되어 있는 수분의 양에 따라서 그 성질이 변하게 되는데 함수량이 많으면 액체에 가까운 상태가 되고 점차 수분을 줄이면 소성 상태가 되어 점토와 같이 체적을 유지한 채로 자유롭게 변형할 수가 있게 된다. 더욱 수분이 감소하게 되면 반고체 상태가 되고 결국에는 고체 상태가 되고 만다.

이러한 흙의 상태를 표시하는 함수비, 즉 액체와 소성 상태, 소성 상태와 반고체 상태, 반고체 상태와 고체상태 간의 한계를 나타내는 함수비를 각각 액성한계(LL), 소성한계(PL), 수축한계(SL)라 한다.

흙의 자연 함수비가 액성 한계보다 많으면 흙은 액체 상태가 되어 기계의 작업 능률이 저하된다. 흙의 함수비가 소성 한계와 액성 한계 사이에 있으면 다짐이 쉬우며 특히, 소성 한계에 가까울수록 기계로 다루기 쉽고 다짐도 잘 되는 특성이 있다.

(3) 주행로의 지지력

주행로의 지지력은 N치(평판 재하시험결과), CBR 치 또는 콘 지지력(콘 지수) 등에 의하여 정해진다. 주행로반의 지지력이 작을 때에는 운반 차량의 주행성이 좋지 않고 지지력이 큰 경우는 양호하게 된다.

[콘지수]

토공은 토목공사의 큰 부분으로 모든 공사는 토공을 수반하며 공사가 시작되는 작업으로 기계화 시공의 큰 효과를 발휘하는 공종이다. 토공을 작업공종으로 분할하면 벌개제근, 표토제거, 굴착, 상차, 운반, 포설, 함수량 조정, 다짐, 정지, 측구굴착 등이다. 이들 건설기계가 작업을 하는데는 이동과 주행이 따라야 하므로 지반의 지지력이 필요하다.

장비운영에 필요한 지반의 지지능력을 트래피커빌리티(trafficability)로서 표시한다. 지반의 트래피커빌리티는 차량운행을 지지하는 흙의 능력이며, 차량을 지지하는 흙의 지지력과 차량주행을 가능하게 하는 견인능력이다. 이것은 표면층의 점착력과 전단저항에 비례하므로 간편한 방법으로 판단하기 위해 콘 관입시험(cone penetration test)을 통하여 지지력을 콘 지수로 판단한다. 콘지수가 크면 차량의 주행이 용이하고 콘지수가 작은 지반은 장비 진입이 불가능하다.

콘관입시험은 원추형의 콘을 지중에 관입시켜 관입심도와 관입저항을 측정함으로써 깊이방향의 토층성상과 콘지수, 일축압축강도를 알아내는 정적압입시험을 말한다. 콘관입시험에서 구한 콘지수는 지반과 말뚝의 지지력 및 건설장비의 트래피커빌리티를 판단하는 척도로 활용한다.

<토공장비에 필요한 콘지수의 최소값>

장비의 종류	콘지수 (qc), kgf/cm ²
습지불도저	2~4
중형불도저	5~7
대형불도저 (피견인식스크레이퍼)	7~10
자주식 스크레인퍼	10~13
덤프트럭(6~7.5ton)	15이상

<건설장비의 트래피커빌리티 확보방안>

- 배수대책 : 지표수, 지하배수
- 건조후 시공
- 안정처리후 시공
- 별도 운반로 개설
- 습지형 장비의 사용

(4) 탄성과 속도

암반 혹은 암석의 거시적인 상태를 알기 위한 하나의 방법으로 탄성과 속도를 이용하는 경우가 많다. 탄성과 속도란 암을 탄성체로 간주할 경우 지반 파동 중 종파의 전달 속도이다. 암의 균열, 풍화의 정도, 방향성, 함수 상태, 층 두께 등에 따라 그 속도는 다르게 된다.

탄성과 속도가 클수록 일반적으로 경암이라고 하지만 암의 종류에 따라 기준치가 다르다. 동종의 암인 경우에는 탄성과 속도가 클수록 경질이고 작으면 풍화, 균열의 정도가 크다고 보아도 좋다. 이 탄성과 속도는 불도저의 리핑 능력의 판정, 굴착 기계의 선정, 착암기의 천공 속도 산정 등에 이용된다.

(5) 흙의 체적 변화 (토량 변화율)

지반을 굴착할 때는 그 체적이 늘고 성토재로 다짐을 하면 축소된다. 이와 같은 원지반에 대한 체적의 변화를 백분율로 표시한 것을 토량변화율이라 하며 굴착으로 늘어나는 것을 팽창율(swelling), 다짐으로 수축하는 것을 수축률(shrinkage)이라고 한다.

토량변화율 L과 C는 토공계획에서 토량의 균형을 산출하는데 사용한다. 팽창율(L)은 운반계획을 수립하는 데 필요하고, 수축율(C)은 절토와 토량균형을 산출할때 필요한 보정계수이다. 토공수량을 정산하는데는 토량변화율 L과 C가 필요하며 일반적으로 원지반 상태를 토량 계산의 기준으로 하지만 때로는 굴착 후 흐트러진 상태를 기준으로 할때도 있다.

[토량계산기준과 변환토량]

구하는토량	자연상태(원지반)의 토량	흐트러진(굴착후) 상태의 토량	다져진(전압 후) 상태의 토량
기준토량	1	L	C
자연상태(원지반)의 토량	1	1/L	C/L
흐트러진 상태의 토량 (굴착후)	1/L	1	1
다져진(전압후) 상태의 토량	1/C	L/C	1

2. 토질이외의 조사 항목

토량, 토취장, 운반거리, 운반도로 상황, 사토장, 기온, 우량·우천 일수, 수위변화, 지하수위, 인근의 상황, 공기, 노동조건, 공사의 질, 가설용지, 운반로용 부지

3. 기계에 관한 조사

(1) 사용기계의 실태 조사

사용하는 기계에 대한 과거 이력, 가동 상태, 성능 등에 대하여 파악하는 것은 공사 계획을 세우는 데 있어 매우 중요한 사항이다. 특수한 형식의 기계나 특수 공법에 대해서도 연구해둘 필요가 있다. 또한 관련 기계의 보유 현황이나 조달 가능성에 대해서도 충분한 조사를 해 두어야 한다.

(2) 현장 반입 방법에 대한 조사

현장근처에 이용할 수 있는 도로유무, 가설도로가 필요한 경우에는 해당구간에 대한 공사계획도 필요하다.

(3) 기계 용지 조사

- ① 기계 정치장 ② 수리공장 ③ 유지 연료 창고 ④ 운전원 숙소

(4) 기타

수도를 이용할 수 없을 때에는 엔진의 냉각, 세차 또는 주행로에 대한 살수를 위한 물의 수질, 수량, 공급 방법 등에 대한 조사가 필요하다. 또 용접 등 수리 작업에 필요한 동력원 및 작업용, 숙소용 조명에 필요한 전력의 수급에 관한 조사도 행할 필요가 있다.

2-2. 건설기계의 분류

1. 정의

(1) 건설공사에 사용할 수 있는 기계로서 건설장비라고도 한다.

(2) 건축, 도로, 하천, 철도, 상하수도, 발전, 항만, 댐, 방조, 방파제, 농지조성 및 개량, 사방 등 각종 토목·건축공사에서 인력 또는 축력을 대체하거나 인력 또는 축력으로 불가능한 공사를 기계적인 동력을 이용하여 능률적으로 할 수 있는 기계이다.

건설기계관리법	<p>1) 중기(heavy equipment) : 중기관리법 1966년 12월 제정 공포 2) 건설기계(construction machinery) : 1994. 1월 중기관리법에서 건설기계관리법으로 변경 - 제 2조 건설기계의 범위 : 27개 항목으로 분류</p> <p>* 건설기계의 범위 불도저, 굴삭기, 로더, 지게차, 스크레이퍼, 덤프트럭, 기중기, 모터그레이더, 롤러, 노상안정기, 콘크리트벙칭플랜트, 콘크리트피니셔, 콘크리트살포기, 콘크리트믹서, 콘크리트믹서트럭, 콘크리트펌프, 아스팔트믹싱플랜트, 아스팔트피니셔, 아스팔트살포기, 골재살포기, 쇄석기, 공기압축기, 천공기, 향타 및 향발기, 사리채취기, 준설선, *특수건설기계, 타워크레인</p> <p>* 특수건설기계 도로보수트럭, 노면파쇄기, 노면측정장비, 콘크리트믹서트레일러, 아스팔트콘크리트재생기, 수목이식기, 터널용고소작업차, 트럭지게차</p>
산업안전보건법	<p>1) 차량계 하역운반기계등 : 지게차, 구내운반차, 화물운반차, 고소작업대 2) 차량계 건설기계 - 도저형 건설기계, 모터그레이더, 로더, 스크레이퍼, 크레인형 굴착기계 (크렘셀, 드래그라인 등) - 굴삭기, 향타기 및 향발기, 천공용 건설기계 (어스드릴, 어스오거, 크롤러드릴, 점보드릴 등) - 지반 압밀참하용 건설기계 (샌드드레인머신, 페이퍼드레인머신, 팩드레인머신 등) - 지반 다짐용 건설기계, 준설용 건설기계, 콘크리트 펌프카, 덤프트럭, 콘크리트 믹서 트럭, - 도로포장용 건설기계 (아스팔트살포기, 콘크리트살포기, 아스팔트피니셔, 콘크리트피니셔 등) 3) 양중기 : 크레인(호이스트 타워크레인), 이동식 크레인, 리프트, 곤돌라, 승강기 4) 컨베이어</p>
건설현장실무	<p>1) 중장비 건설기계 + 자동차용트럭(트레일러, 연료차, 물차 등) + 소형기기(펌프, 발전기 등)</p>

2. 분류

1) 공사종류별	도로, 철도, 항만, 하천, 터널, 댐, 발전소, 교량, 건축 등
2) 공종별	토공, 다짐, 운반 및 하역, 포장, 콘크리트, 골재생산, 기초공사, 기타, 해상장비 등
3) 작업종류별	벌개, 제근, 굴삭, 적재, 운반, 부설, 다짐, 정지, 도랑파기 등
4) 공사규모별	대형, 중형, 소형 건설기계
5) 기계별	트랙터계, 셔블계
6) 주행방식별	무한궤도식(crawler type), 타이어형(tire type), 레일형(rail type), 케이블형(cable type) 등

[장비분류]

구 분		장비별	
공종별	토공장비	불도저, 굴삭기, 트렌처, 로더, 스크레이퍼, 모터그레이더	
	다짐장비	롤러, 램머, 플레이트컴팩터	
	포장기계	노상노반	소일 스테빌라이저(soil stabilizer), 안정제살포기
		아스팔트	아스팔트믹싱플랜트, 아스팔트페이퍼(피니셔), 아스팔트디스트리뷰터
			아스팔트스프레이어, 현장가열표층재생기
	콘크리트	콘크리트배치플랜트, 사일로, 콘크리트피니셔, 콘크리트스프레더, 콘크리트조면마무리기 콘크리트믹서, 콘크리트믹서트럭, 커터, 콘크리트펌프카, 콘크리트 펌프, 콘크리트진동기	
	골재생산기계 (쇄석장비)	크러셔 벨트컨베이어, 피더, 스크린, 아그리케이트빈, 골재세척설비	
	천공 및 터널기계	드릴웨곤, 크롤러드릴, 착암기, 노면파쇄기, 터널전단면굴착기 공기압축기	
	기초공사용기계	그라우팅믹서, 안정액믹서, 해머, 보링기계, 오거 리버스서클레이션드릴, 해머그래브, 유압식압입인발기, 유압회전식굴착기, 유압식무한궤도	
	해상장비	준설선, 예선, 양묘선, 기중기선, 토운선,	
	운반및 하역기계	하역기계	크레인, 지게차 텔레핸들러(telehandler), 붐리프트(boom lift), 리프트카(lift car)
		운반기계	덤프트럭, 트랙터, 트레일러
	기타	토공지원	스키드스티어로더(skid steer loader)
		동력지원	발전기(generator)

2-3. 건설기계의 운용관리

기계 시공이 유리한 경우는 다음과 같은 경우이다.

- 노임이 높은 곳에서의 시공
- 인력 시공이 힘든 경우 (경고한 토질, 수중 굴착, 고도 적재, 사리질과 같이 흐트러지지 쉬운 토질)
- 긴급 시공이 필요한 경우 (댐 공사나 재해 복구 공사 등)
- 운반이 수반되지 않는 공사 (정지작업, 개간 작업의 불도저, 사리도 보수의 그레이더 작업 등)

건설기계의 효과(목적)

- 시공속도 향상으로 공사기간 단축 (공사 공정관리)
- 균질한 시공으로 공사품질 향상 (공사품질관리)
- 공사원가 절감 (공사 원가절감)
- 공사위험 감소 (공사 안전 제고, 공사 안전관리)
- 공사인력 절감 (공사 생력화)
- 시공능력 향상으로 공사규모 대형화 (대형공사)
- 인력시공 불가능한 공사를 해소 (고층공사, 지하공사, 수중공사, 소규모공간공사)

1. 건설기계의 구비 조건

일반적으로 건설기계는 토사, 암석, 콘크리트, 아스팔트 등의 공사용 재료를 다루기 때문에 열악한 조건하에서 사용하게 되어 충격과 진동에 의한 동적인 중하중을 항상 받는 관계로 다음 구비조건이 필요하다.

내구성	암석 및 지면의 충격, 하중, 마모, 부식, 반복응력 등에 견딜 수 있어야 한다.
안전성	취급 및 조작이 용이하고 운반이 쉬워야 하며 어떠한 공사 현장에서도 안전하게 운전할 수 있어야 한다.
정비성	점검, 정비, 수리 등을 용이하게 할 수 있고, 정비공수가 작게 소요되도록 제작되어야 한다.
범용성	어떠한 작업, 토질, 조작원 등의 운전하에서도 사용상의 불편함이 없어야 한다.
시공능력	최소의 인원과 경비로 최대의 시공 능력을 발휘하여 경제성을 유지하여야 한다.
신뢰성	내구성, 안전성, 정비성, 범용성 등의 제반능능이 종합되어 고장없이 만족하게 가동할 수 있어야 한다.

2. 건설기계 선정시 고려 사항

기계를 구입함에 있어서는 국내외에서의 시공실적과 시공경제성을 조사, 검토하여 기종과 규격을 정해야 하며 기종의 선정은 되도록 동일한 메이커로 하는 것이 운영관리면에서 바람직하다. 경제적인 기계인가의 여부는 그 기계의 의하여 시공되는 공사단가에 따라 결정되므로 공사단각에 영향을 미치는 제반요소에 대한 검토가 필요하다.

건설기계를 선택하는 일반적인 고려사항은 다음과 같다.

- 작업공중에 적합한 장비 (작업대상 토질, 지형에 대응 가능할 것)
- 시방서 규정을 만족시키는 장비 (요구하는 품질을 얻을 수 있을 것)
- 조달이 쉽고 전용이 쉬울 것
- 운전 경비가 적게 들고 공사 단가가 적을 것
- 유지보수가 쉽고 신뢰성이 클 것
- 조합, 관련 장비와 균형된 장비
- 자동화, 성력화에 적정할 것
- 운전의 난이도가 낮고 작업효율이 높은 장비

(1) 작업여건의 검토

1) 공사종류 및 작업종류의 검토	대상공사를 기능적으로 분류하고 분류된 각 공사를 다시 작업형태로 분류하여 각각의 작업에 적합한 기종을 검토한다.
2) 토질, 암질과 작업조건의 검토	작업 대상이 되는 토질, 암석의 강약, 크기, 함습정도, 시공방법, 주작업의 높이 등을 고려한다.
3) 작업물량과 기계조합의 검토	작업물량의 다소, 주작업 및 종속작업의 상호관계를 고려한다
4) 공사기간 및 시공품질의 검토	시공속도의 조절이 필요하거나 특수 공법의 필요성을 검토한다.
5) 작업환경의 영향 검토	소음, 진동의 공해문제, 작업장의 공간, 주변 시설물 여건 등을 검토한다.

(2) 경제적 검토

1) 기계용량과 비용검토	기계의 용량이 커지면 시공능력이 증가하는데 수반하여 기계손료와 운전경비도 많아 지므로 기계용량과 기계경비의 관계를 검토한다.
2) 표준기계의 선정검토	표준기계는 구입 및 운영측면에서 유리하므로 그 사용 가능성을 검토한다.
3) 기계의 사용예정시간 검토	기계의 변동적 비용은 운전시간에 따라 증가하므로 사용예정시간을 고려한다.
4) 기계의 시공실적에 의한 검토	공정별로 기계의 시공량과 그 비용을 비교한 시공단가를 검토한다.

[표준기계]

- 일반적으로 사용빈도가 많고 각 현장에서 범용성이 있다.
- 기계를 구입하거나 임차하기가 쉽고 적기 투입이 가능하다.
- 부품의 구입이 용이하고 고장이 적어 고장대기로 인한 휴지가 적다.
- 운전공이나 정비공이 많아 운영관리가 쉽다.
- 기계를 사용하지 아니하게 된 때에도 그 처분이나 전매가 비교적 쉽다.

3. 건설기계의 조합시공

(1) 작업의 기능적 분류

일반적으로 건설공사는 기계를 1대만 사용하여 공사하는 경우는 거의 없고 2종류 이상을 조합시켜 하나의 작업을 수행한다. 따라서 건설기계의 조합을 합리적으로 하기 위해서는 건설작업이 어떻게 기능적으로 분업되고 어떠한 작업형태로 분류 될 수 있는가를 검토하여 이에 대처할 수 있는 기계조합을 계획하여야 한다.

1) 흐름작업과 단속작업

건설작업은 취급재료의 이동유형에 따라 흐름작업과 단속작업으로 분류한다.

2) 주작업과 종속작업

기계화시공에 있어서 주기적인 흐름작업을 하는 경우가 많으며 이때 기계의 조합작업은 일반적으로 주작업과 종속작업으로 구분한다.

(2) 조합기계의 계획 및 투입

1) 주작업을 선정한다.

2) 전체작업공정에 적합하도록 주작업의 시공속도를 결정한다.

3) 주작업의 시공속도를 확보하기 위한 최대시공속도를 결정하고 이에 부합되는 주작업용 기계를 선정한다

4) 주작업 이후에 연결되는 종속작업의 정상시공속도를 주작업의 최대시공속도와 동일하게 하거나 약간 크게 결정하고 이에 부합되는 기계를 선정한다.

(3) 조합기계의 작업효율 향상

분업된 각 작업의 시공속도가 상이하면 그 중에서 최소 시공속도에 의하여 전체의 시공속도가 지배되므로 가장 효율적인 기계조합을 위해서는 각 작업의 시공속도를 평준화하고 각 작업요소시간을 일정화하는 것이 필요하다.

4. 건설기계의 작업 능력

(1) 시공단가

$$\text{시공단가} = \frac{\text{기계경비 (E)}}{\text{작업량 (W)}}$$

기계경비(E) = 상각비 + 정비비 + 관리비 + 운전경비 + 조립해체비 + 수송비 + 수리시설비

작업량 (W) = 1시간당 작업량(Q) x 1일 작업시간(H) x 공사기간중 작업일수(B)

기계화시공의 능률개선에 관하여는 여러인자가 있는데

- 기계의 능률을 개선, 향상한다는 것은 인위적으로 계획을 수립한다고 해서 이루어 질수는 없으므로
- 시공속도를 보다 가속화하여 같은 기간내에 공사를 보다 빨리 완성하게 되면 공기가 단축될 것이다.

따라서 동일한 조건에서 시공량을 증대시킬 수 있는 것이 Q, H, B의 증대이다.

1) 시간당 작업량의 증대 (Q)

가능한한 유효수효한계를 벗어나지 아니한 대형기계로서 용량을 크게 한다는 것과 사용기계의 수를 증가하게 하는 것이다.

2) 1일 작업시간의 증대 (H)

1일 작업시간은 기본작업시간을 8시간으로 하고 그 시간중의 순근로 시간을 몇시간으로 하는가 함에 있다. 그러므로 2교대, 3교대를 하면 H는 커진다. 또한 작업시간 이외의 시간을 극소화하면 순작업시간이 상대적으로 커지게 된다.

3) 월평균 가동율의 증대 (B)

월평균 가동율은 기상, 정비, 고장, 대기, 공휴일 등이 계상되어야 하기 때문에 가동율은 80% 이내라고 한다. 작업 실가동율이 높아야 함에 반하여 가동율에 제한이 될 요인들을 분석하여 이를 극소화 하여야 한다.

작업능력 산정은 작업조건이 유사한 과거의 작업실적으로 산정하는 방법과 이론식 혹은 각종 데이터로 작성된 실용산정식을 이용하는 방법이 있다. 기계의 시간당 작업량은 각각의 공종, 작업목적에 따라 상이하다.

작업능력은 현장의 조건이 변화므로 이것을 높이기 위해서는 실작업시간의 비율을 향상시킬 필요가 있다. 따라서 다음 사항에 유의한다.

- ① 건설기계의 조정, 정비를 충분히 한다.
- ② 순서대기 및 다른 조합기계와의 대기시간을 감소시킨다.
- ③ 운전원의 기능, 열의를 높인다.
- ④ 공사량을 모아서 처리한다.
- ⑤ 공사현장내 및 공사용도로 등을 잘 정비한다.
- ⑥ 사전준비로서 배수를 충분히 한다.
- ⑦ 성토사상면은 작업종료시 충분한 다짐을 한다. 강우에 의한 배수로의 구배를 확보한다.

(2) 시간당 작업량

[기본식]

$$Q = q \times n \times f \times E, \frac{60 \times q \times f \times E}{C_m}$$

Q : 시간당 작업량
 q : 1회 작업 사이클당 표준 작업량
 n : 시간당 작업 사이클 수
 f : 토량환산계수
 E : 작업효율
 C_m : 사이클타임

1) 시간당 작업량 Q

토공에서의 작업량은 m³/h로 표시되고 자연상태의 토량, 흐트러진 상태의 토량, 다져진 상태의 토량 등 세가지로 표시한다. 한편 기계 종류에 따라 ton/hr, m³/hr, m/hr 등으로 작업량을 표시할 때도 있다.

2) 1회 작업 사이클당 표준 작업량 q

기계는 일련의 동작을 되풀이 하는 작업을 하는데 표준적인 작업 조건과 작업 관리 상태에서 1회 사이클 동작으로 이루어진 작업량을 1회 작업 사이클당 표준 작업량이라 하며, 토량인 경우 흐트러진 상태에서 취급하는 것이 일반적이고 보통 m³ 또는 ton으로 표시한다.

3) 시간당 작업 사이클 수

n = 60 / C_m (min) or n = 3,600 / C_m (sec) 으로 표시되고 C_m 은 사이클 타임으로 기계의 작업속도나 주행 속도에 따라서 분 또는 초로 표시한다.

4) 토량환산계수 f

[토량계산기준과 변환토량]

구하는토량	자연상태(원지반)의 토량	흐트러진(굴착후) 상태의 토량	다져진(전압 후) 상태의 토량
자연상태(원지반)의 토량	1	L	C
흐트러진 상태의 토량 (굴착후)	1/L	1	C/L
다져진(전압후) 상태의 토량	1/C	L/C	1

5) 작업효율

기계의 시간당 작업량은 그 기계 고유의 일정한 값이 아니고 작업 현장의 제반 조건에 따라 변화하는 것이므로 표준적인 작업 능력에 작업 현장의 여러 가지 여건에 알맞은 효율을 고려하여 산정해야 하며 현장작업 여건과 실시간율을 고려한 작업능률과 시간효율의 곱으로 산정한다.

작업효율 (E) = 작업능률 (E1) x 시간효율 (E2)

① 작업능률 (E1)에 영향을 주는 요인

- 기계의 정도, 용량
- 재료의 성질
- 지형과 지질에 관한 기계의 적응성
- 기종선정과 배치상황
- 기계의 조합성
- 기상조건 및 작업장의 환경
- 시공법의 적정성
- 기계유지보수의 타당성
- 감독자의 작업관리
- 작업의욕 및 작업준비 정도

② 시간효율 (E2)에 영향을 주는 요인

- 기계의 조정과 소정비
- 운전원의 현장조사
- 기계의 작업대기
- 장애물 제거를 위한 대기
- 운전원의 숙련도
- 감독자의 지시대기
- 연락대기
- 생리적인 정지
- 연료보급 대기
- 기상으로 인한 대기

물리적경과시간 60분에 대하여 손실시간을 공제한 실제작업 시간의 비율로 1시간당 실작업률은 일반적으로 다음과 같다.

- 작업이 순조롭게 진행되는 경우 : 0.91 (55분)
- 작업이 보통으로 진행되는 경우 : 0.83 (50분)
- 작업이 순조롭지 않은 경우 : 0.75 (45분)

[기계장비의 작업효율]

작업조건	상	중	하
작업능률	1.0	0.85	0.65
시간효율	0.9	0.8	0.7
계	0.9	0.68	0.455

6) 사이클타임 (Cm)

1사이클에 요구되는 시간이다.

불도저는 굴삭, 압토, 후진이며, 셔블계굴삭기는 굴삭, 선회, 적재, 선회이다.

5. 기계경비 산정방법

(1) 기계경비의 구성

기계경비	기계손료	상각비 정비비 관리비	기계의 사용에 따르는 가치의 감가액 overhaul 등 대수리 비용, 현장수리 비용 보험료, 조세공과, 격납보관등의 경비
	운전경비	연료비, 유지비 및 전력비 운전노무비(운전원, 감독의 급여 또는 임금) 소모부품비 잡품비	
	조립해체비		
	수송비		
	수리시설비		

일반 토목공사의 점유 건설기계경비의 비율은 10~30% 정도이며 기계경비를 100%로 할때 기계손료가 50~60%, 운전경비가 35~45%, 기타 5~10% 정도 된다.

(2) 기계손료

1) 기계손료의 구성

건설기계는 사용함에 따라 감모되고 또 사용되지 않아도 신기종의 등장에 따라 진부화등으로 가치가 감소하며, 성능이 저하된 부분을 복원시키기 위하여 overhaul 등 대수리 비용, 현장수리 비용, 기계를 보유하기위한 보험료, 조세공과등의 비용이 필요하다.

① 상각비는 기계의 사용에 따르는 가치의 감가액을 말한다.

② 정비비는 건설기계의 능력을 지속하기위하여 필요한 정비 및 수리 비용으로 운전경비에 포함된 소모부품비 등은 포함되지 않는다.

- ③ 관리비는 기계의 보유를 위해 필요한 보험료, 자동차세, 고정자산세 등의 조세공과, 이러한 건설기계의 격납 시설 비용등 격납보관등의 경비가 있다.
- ④ 연간관리비율은 연간 소요되는 기계관리비의 평균취득 가격에 대한 비율을 말한다.
- ⑤ 정비비율은 기계의 경제적내용시간 동안 소요되는 정비비누계액의 기계취득가격에 대한 비율을 말한다.
- ⑥ 평균취득가격은 취득가격 x (1.1 x 경제적내용년수 + 0.9)/(2x경제적내용년수)로 계산한 값을 말한다.
- ⑦ 취득가격은 수입가격에 대하여는 CIF 가격에 인정할 수 있는 수입에 따르는 제경비를 포함한 가격으로 하고 국산기계는 표준규격에 의한 표준시가로 한다.
- ⑧ 경제적 내용시간은 잔존율이 취득가격의 10%인 경우에 경제적 사용이 가능하다고 인정되는 운전 시간을 말한다.
- ⑨ 잔존율은 경제적 내용시간이 끝날 때의 기계잔존가치의 취득가격에 대한 비율을 말하여 0.1로 한다.
- ⑩ 연간 표준가동시간은 기계가 연간 운전하는데 가장 표준이라고 인정되는 시간을 말한다.
- ⑪ 경제적 내용년수는 경제적 내용시간을 연간 표준가동시간으로 나눈 값을 말한다.

2) 시간당 손료 : (상각비계수 + 정비비계수 + 관리비계수) x 취득가격

3) 운전경비

- ① 연료비, 유지비 및 전력비는 건설기계에 필요한 경유, 가솔린, 전력비 및 엔진오일 등에 필요한 비용이다. 1 시간당 경비에 건설기계의 운전시간을 곱하여 구한다. 휘발유 및 경유의 시간당 소비량은 엔진부하율(load factor) 70~80%, 실작업시간 50/60을 기준으로 산정한 것이다. 엔진유, 기어유, 유압유, 그리스, 너마 등 잡재료는 크랭크케이스 용량, 피스톤 및 링의 상태, 기어박스의 용량, 오일의 교환시간 등을 고려하여 보충량을 포함한 시간당 소비량을 주연료비의 비율로 표기한 것이다.
- ② 운전노무비는 건설기계의 운전에 필요한 비용으로 일반적으로 운전원, 조수, 감독 등을 계상한다. 운전노무비의 조수는 기계적경험, 지식을 갖고 기계에 관련된 정비점검행, 급유지, 청소를 행하며 기계의 유도, 해당기계의 안전확인, 운전회수의 확인, 조합기계와의 연결을 행하는 자이다. 감독은 기계에 관한 기능을 보유하고 현장 foreman이라 칭하는데 소관기계의 관리, 점검, 사용계획, 운전, 수리의 수행하는 자이다.
- ③ 소모부품비는 소모하는 부품중 소모도와 조업도의 상관성이 높고 교체 수리에 특별한 기능이 필요하지 않은 부품의 비용이다.

4) 조립해체비, 수송비 및 수리시설비

① 조립해체비

조립해체비는 조립 및 해체에 사용되는 기계용구의 손료, 운전경비, 조립 및 해체 작업에 종사하는 노동자의 임금, 그리고 잡재료비를 계상한다.

[조립 해체를 필요로 하는 기계]

- 아스팔트 믹싱 플랜트 (정치식), 크러싱 플랜트 (정치식), 콘크리트 플랜트 (정치식)
- 벨트 컨베이어 (정치식), 디젤 파일 해머, 크레인류, 기타 분해조립이 필요하다고 인정되는 기계

② 수송비

수송비는 기계 소재한다고 추정되는 장소에서 공사현장까지 최고 경제적 통상 경로 및 방법인 경우의 운임, 상하차 비용을 계상한다.

③ 수리시설비

대규모공사등에 공사현장에 수리시설을 설치할 필요가 인정될 때는 기계의 수리시설비로 수리시설(공작기계 포함)의 공사현장까지의 반입, 반출 및 가설철거 비용을 계상한다.

(3) 경비의 저감

건설공사에서는 기계관리의 적부가 직접공사비의 증감에 영향을 준다. 기계경비를 저감시키는 조치에이다.

1) 적절한 기계를 선정하여 가동율 향상을 도모한다.

- ① 적절한 시공계획 수립으로 적절한 능력의 기계를 선정한다.
- ② 다목적, 복합적 기능형의 건설기계 이용 및 리스, 렌탈 기계의 도입을 도모한다.
- ③ 근린 시공현장 및 대규모 공사현장은 기계를 공동이용하여 성에너지형기계 및 신기종 도입을 검토한다.

2) 건설기계를 양호한 상태로 유지한다.

- ① 일상점검, 정기정비 등을 적절히 수행한다.
- ② 가동기록, 점검정비기록을 정리하여 기계관리에 활용한다.

3) 시공능률의 향상을 도모한다.

- ① 우수한 운전원 및 감독을 양성한다.
- ② 작업용도로의 정비 및 시공환경의 개선을 도모한다.
- ③ 기계의 운전시는 충격력 및 무리한 부하를 가하지말고 불필요한 고속회전, 공회전, 아이들링을 피한다.
- ④ 시공현장은 하향구배를 이용하여 굴삭운반하는 등 기계의 자중을 활용하여 적절히 시공한다.

2-4. 건설기계의 유지관리

1. 정비계획

건설기계에는 큰 부하가 작용하므로 기계의 점검, 정비를 태만히하면 중대한 사고를 일으킨다. 건설기계를 효율적으로 활용하기 위해서는 현장에서 기계의 사용조건, 환경 등을 충분히 이해하여 적절한 점검, 정비가 수행되어야 한다. 점검정비는 안전성, 가동율향상, 기계의 수명을 연장하고 경제성을 높이는 결과가 된다.

운전중에 반복되는 충격과 하중에 의하여 마찰등의 기계적 작용이 가해진다. 일정한 사용시간이 경과하면 기능 상실과 파괴가 발생한다. 이 시간은 충격작용의 크기와 횟수, 보수의 정도등에 따라 차이가 있으며 각부분, 각각의 고유한 시간이 있어 이것을 구성부품의 내구시간이라 한다. 구성각부의 내구시간은 대체로 내구시간이 짧은 소모품, 내구시간이 상당이 긴 내구부품 그리고 이것들의 중간 내구시간부품의 3종류로 구분할 수 있다.

- ① 소모부품은 불도저의 cutting edge, 유압셔블의 bucket teeth, track link, track roller, tire 등이 있다.
- ② 중간 내구부품은 brake shoe, clutch plate, engine piston link, valve 등이 있다.
- ③ 내구부품은 차량 프레임, 조향 클러치 케이스 등이 있다.

[정비의 구분]

정비	일상정비	매일정비 작업개시전점검, 작업종료후점검 매주정비 매월정비 1개월정기자주검사, 6개월정기자주검사
	정기정비	년간정기자주검사, 정기정비
	수리	재생정비, 사후정비

정비의 목적은 기계를 항상 정상 기능을 유지하면서 동시에 고장의 징후를 조기에 발견하여 고장을 미연에 방지하고 또한 고장을 가능한한 작은 범위로 하는데 있다. 정비에는 일상정비, 정기정비와 수리로 구분될 수 있다. 일상정비와 정기정비는 예방적 보전이며 수리는 고장이 발생됨에 따라 복구하는 사후정비이다.

기계가 일정 대수를 초과하면 정비를 위한 조직과 시설이 필요하며, 현장에서 정비를 추진하는 방법에는 직영과 외주방식과 때로는 이를 혼합한 방식이 쓰이기도 한다.

직영	외주
- 공사 진행에 맞추어 일관된 추진이 가능하다.	- 인원 관리가 수월하다.
- 외주에 비하여 비용면에서 저렴하다.	- 전문인력을 활용할 수 있다.
- 정비원, 부품 등 별도의 관리 조직이 필요하다.	- 부품조달 및 비용정산이 복잡하다.
- 관리자의 능력에 따라 성과 차이가 크다.	- 고장원인 및 수리범위 대처에 차이가 있을 수 있다.

기계의 정비는 일일정비, 주간정비, 월간정비, 전분해정비 등이 있다.

일일정비는 작업개시 전, 운전원이 교대할때 또는 작업 종료 시와 같이 단시간에 일상적으로 행해지는 것으로 특별하게 계획을 수립할 필요는 없다. 그러나 주간 또는 월간 정비 계획은 기계의 조립이나 능률을 낮추게 하는 수가 있기 때문에 미리 예정표를 만들어 둘 필요가 있다.

이들의 정비 내용은 급유 상태를 점검하는 것이 위주가 되며 이때 정비가 필요한 곳은 정비를 하게 된다. 일반적으로 공사용 기계에 대해서는 현장 작업이 없는 날을 골라 정비를 하면 가동률이 좋아진다.

2. 부품계획

정비계획에서 중요한 것중의 하나가 부품 계획이다. 건설기계는 그 성능이 아무리 우수하더라도 부품이 준비되지 않은 경우에는 가동할 수 없게 되어 공사에 지장을 주게 된다. 따라서 기계의 성능이 다소 저하되더라도 부품입수가 용이한 것을 사용하는 것이 훨씬 유리할 경우가 있다. 그러므로 건설기계를 선정, 채택함에 있어 제작사 및 제작사 계열의 서비스 부문에 대한 부품보유 상황을 조사해 볼 필요가 있다. 특히 수입기계의 경우 다량의 부품을 보유하고 있는 기종이 아닌 기계를 선정할 때에는 신중하게 결정하는 것이 좋다.

기계화시공에서 현장에서의 예비 부품 계획은 중요한 업무이지만 현실적으로 기계의 고장을 예측하기란 거의 불가능하다. 따라서 부품 계획을 합리적으로 세우는 것은 매우 어려운 문제이다. 그러나 부품 계획이나 준비가 완전하지 못하면 필요한 때에 손쉽게 부품을 구할 수 없게 되고 반대로 다량으로 보유하고 있으면 자금면에서나 관리측면에서 불리하게 된다.

공사현장에서 부품계획을 세울 때에는 다음 사항들을 충분히 고려할 필요가 있다.

(1) 기계 사용계획

사용 기간 및 추정 운전 누계 시간이 장기적으로 계속될 때에는 부품 구입 계획은 여러 차례로 분할 하여야 하고 누계 시간으로부터 준비하여야 할 부품의 종류, 수량을 결정한다.

(2) 현장 작업조건

공사의 특이성, 특히 기계의 마모 및 손상에 영향을 주는 작업 조건을 고려한다. 예를 들면 바위가 많은 굴착 작업에서는 무한궤도계, 타이어계 기계의 하부 부품, 셔블의 버킷, 삽날의 마모가 빠르다. 또 분진이 많아 필터의 교환 횟수가 많아지므로 이러한 점에 유의하여야 한다.

(3) 기계 관리의 적부

기계의 점검, 정비 불량에 따라 기계의 고장 빈도가 크게 좌우된다.

(4) 운전원의 기량

운전자의 숙련도에 따라 기계의 고장 발생 빈도가 다르며, 미숙련된 운전자의 경우 어떠한 고장이 자주 발생하는지를 조사해 볼 필요가 있다.

(5) 지리적 조건

벽지에 현장이 있는 경우에는 부품을 입수하는 동안 기계의 운휴 손실을 방지하기 위하여 부품의 종류, 수량과 여러 가지 점에 주의해야 한다.

(6) 사용 기계의 대수

동일한 형식의 기계를 동 시간에 몇 대나 사용하는가에 따라서 준비하여야 할 부품의 양도 변하게 된다.

3. 윤활관리

기계 고장이 나는 것은 기계가 나쁘기 때문이 아니라 윤활 관리를 포함한 예방 정비에 결함이 있는 경우가 많다. 윤활 작업의 기준은 기계에 따라 다르며 기계 취급설명서에 기재되어 있는 기준에 따라 실시하는 것이 좋다. 특별한 시방에 의한 특별한 운전 조건 등의 경우는 기계 제작사와 협의하여 적절한 조치를 취할 필요가 있다.

(1) 특별한 시방 및 운전조건

- ① 먼지가 심한 곳의 작업
- ② 수중에서의 작업
- ③ 가혹한 조건에서의 작업
- ④ 암반 굴착
- ⑤ 표고 1,000m 이상에서의 작업
- ⑥ 혹한지에서의 작업
- ⑦ 기온이 높은 곳에서의 작업 등

(2) 적절한 윤활 작업

최근에는 양질이고 고급인 유지류가 많이 사용되고 있지만 윤활 작업이 적절하지 못한 이유로 기계에 고장이 발생하는 예도 종종 있다. 따라서 윤활 작업의 합리적인 관리 방식이 요구된다.

적절한 윤활 작업을 행하지 위해서는 다음의 5원칙을 준수해야 한다.

- ① 적절한 시기
- ② 적절한 개소
- ③ 적절한 윤활유
- ④ 적절한 방법
- ⑤ 적절한 양

4. 타이어 관리

건설기계의 대형화에 따라 대형 타이어의 사용이 급격하게 증가하였다. 대형 타이어 기계로는 덤프트럭, 타이어 로더, 모터 그레이더, 타이어 크레인 등의 여러 가지가 있으며 고가의 것도 있다. 따라서 타이어 비용이 점차로 기계비에서 점하는 비율이 높아져 타이어 관리도 중요한 사항이 되었다.

일반적으로 타이어 비용은 운전 경비의 소모 부품비로 취급되며 타이어의 파손, 마모에 대해서는 내용시간(수명)이 문제가 되는데 타이어의 평균 수명은 다음과 같다.

작업조건	내용시간 (h)		
	양호	보통	불량
보통 덤프트럭	1,500	1,000	500
건설전용 덤프트럭	1,700	1,400	1,100
타이어 로더, 타이어 불도저	3,500	2,500	1,500
모터 스크레이프	2,500	2,000	1,500

일반적으로 타이어의 마모, 절단, 파열 등 폐기 원인으로는 다음의 사항들이 고려된다.

타이어 관리를 효율적으로 하기 위해서는 운반 도로의 정비가 제일 먼저 선행되어야 한다. 운반도로에 대해서는 계획 단계에서 경사, 회전 반경, 횡단 구배, 노면 등에 관하여 충분한 배려가 필요하며 적하의 규제, 속도제한 등의 관리에 있어서도 운전자의 올바른 기계 사용 및 취급에 대한 지도를 잊어서는 안 된다.

이외에도 타이어의 공기압 점검, 볼트의 조임상태, 타이어 표면의 마모상태, 서스펜션(suspension)의 조정 및 더블 타이어의 경우는 돌의 끼임 여부, 타이어 파손상태에 관한 일상 점검 등도 타이어의 내용 시간을 연장하는데 필요한 요소들이다.

5. 기계의 격납

기계는 휴지중에 풍우, 먼지, 한기 등에서 기계를 보호하기 위해 격납고를 수용하고 시트 등으로 덮어 두어야 하며 특히 필요한 부분에는 방청처리를 하는 등의 조치를 하여야 한다.