

전라북도 민유임도의 시기별 공종변화에 관한 연구

손재호¹ · 박종민^{2*} · 이준우³

¹전북대학교 대학원 임학과, ²전북대학교 산림과학부,
³충남대학교 농업생명과학대학

Analysis on Change of Construction Type for the Non-national Forest Road in Jeollabuk-do

Jae-Ho Son¹, Chong-Min Park^{2*} and Joon-Woo Lee³

¹Dep. of Forestry, Graduate school, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

²Faculty of Forest Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

³College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

요약: 1989년부터 2005년까지 시공된 전라북도 내의 민유임도 216개 노선의 설계도서를 대상으로 임도 설계상의 주요 공종변화를 분석하였다. 전라북도의 연평균 민유임도 시설거리는 녹색임도 정책 시행 이전단계에 비해 녹색임도 정책 시행 이후 대폭 감소하였다. 토사절취작업은 1990년부터 불도저에서 불도저와 굴삭기 혼용으로 바뀌었다. 비탈면 녹화공은 초기에는 잔디심기와 죽제비씨리심기가 주종을 이루었는데, 녹색임도정책 시행단계(2단계)부터 종자뿌어붙이기와 줄파종의 혼용, Coir net 또는 벚짚거적 덮기 등으로 발전하였다. 횡단배수관의 경우, 배수관의 설치 간격은 3단계에 평균 92 m로 감소하였고, 규격은 2단계 이후에 대부분 600 mm 이상으로 확대되었으며, 재료는 모두 파형강관으로 설계되었다. 콘크리트포장은 1단계의 평균 40 m/km에서 3단계에는 240 m/km로 현저히 증가하여 임도의 안정성과 기능이 제고되었다. 비탈안정구조물은 석축이 주종을 이루고 있지만, 1993년 이후부터 콘크리트옹벽과 돌망태옹벽 등도 많이 설계되었다. 이와 같은 분석을 바탕으로 본 연구에서는 주요 공종을 대상으로 몇 가지 개선방안을 제안하였다.

Abstract: The study was intended to investigate the changes of construction types of 216 non-national forest roads, which were completed between 1989 and 2005 in Jeollabuk-do, by analyzing their drawing and specification. It was found that the mean length of yearly construction has been significantly reduced after the Policy of Green Forest Roads compared with before the policy. Soil cut-off of earth work was changed from bulldozer to a combination of bulldozer and excavator. Soils were transported by truck in all design, but establishment of spoil-bank was not designed at all. The design of slope revegetation works was developed from turfing and *Bastard indigo* planting to seed spray, combination of seed spray and belt-sodding, and mulching with coir net and rice straw. In design of the culvert, the average interval of culvert installation was reduced to 92m in step 3, the dimension of culverts was expanded to over 600 mm after step 2, and all drainpipes were corrugated steel pipes. The design length of concrete pavement increased from 40 m/km of step 1 to 240 m/km of step 3. Thanks to the enormously increased amount of concrete pavement, the stability and functionality of forest roads could be improved. Stone masonry was the main work drawn for slope stability, and concrete retaining wall and gabion have been drawn for same object since 1999.

Key words : revegetation works, culvert, concrete pavement, stone masonry

서론

「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」의 제9조에 의하면 임도는 ‘산림의 생산기반 확립과 공익적 기능 증진을

위해 필요한 산림관리 기반시설’로 규정되고 있다(산림청, 2006). 즉, 임도는 산림에의 접근성을 향상시켜 적기에 산림사업을 시행할 수 있도록 함으로써 산림관리의 효율성을 증대시키고, 임산물의 운반조건을 개선하고, 임업노동 조건을 개선하며, 산림작업의 기계화를 촉진시켜 임업의 생산성을 향상시키는 데에 기여하는 기반시설로서, 임도

*Corresponding author
E-mail: cmpark@chonbuk.ac.kr

의 개설 및 정비 상태는 임업발전의 정도를 가늠하는 척도라고 할 수 있다. 또한, 임도는 산간 오지의 마을과 마을을 연결함으로써 지역교통을 개선하고 지역산업의 진흥에 기여하며, 국민 보건휴양에 기여하는 등 임업 이외의 간접적인 기능도 가지고 있다(우보명, 1997; 허경태, 2000).

우리나라에서는 이와 같은 임도의 중요성과 필요성에도 불구하고 임도가 절대적으로 부족하였기 때문에, 임도를 조기에 확충하고자 1991년부터 매년 1,000 km 이상의 임도를 건설함으로써, 1990년 말 현재 2,585 km에 불과하던 임도가 2005년에는 임도 총연장이 15,825 km에 달하게 되었다(산림청, 2005). 그러나 우리나라의 임도밀도는 아직 2.4 m/ha로서 독일의 44.9 m/ha, 호주 18 m/ha, 미국 11.8 m/ha, 캐나다 10.6 m/ha, 일본 5.4 m/ha 등 임업선진국에 비하면 아직까지 빈약한 실정이므로 임도의 지속적인 확충이 불가피한 실정이다(김주백, 2004). 정부의 이러한 임도확충 정책에 따라 전라북도에서는 1984년부터 임도를 개설하기 시작하여 2005년까지 총 1,055 km의 임도를 개설하여 전국평균 약 2.82 m/ha의 임도밀도를 보유하고 있다(산림청, 2005).

그러나 그 동안 품질보다 물량확대에 치중하여 적은 시공단비로 많은 임도를 시공함으로써 견실한 임도시설이 어려웠고, 그로 인해 임도에서 토사유출과 사면붕괴 등 많은 피해가 발생하였다. 사회적으로는 자연환경보전에 관한 관심이 높아지면서 임도 개설에 대한 비판적 시각도 많았다. 이에 따라 1999년부터 환경친화적인 임도시설 정책으로 전환하여 물량에 관계없이 현실사업비를 적용하여 임도를 개설토록 하였다(이종찬, 2001). 또한, 임도의 계획설계시공 및 관리 등 모든 과정에 걸쳐 임도건설 시에 주변 자연환경 및 경관에 미치는 악영향을 최소화하기

위해 여러 가지 법적제도적 노력을 기울이고 있다(산림조합중앙회, 2000). 특히 임도의 설계와 시공은 튼튼하고 환경친화적인 임도를 만드는 데에 가장 중요한 과정임에도 불구하고 설계비의 과소책정, 설계기간의 부족, 설계 전문인력 부족, 설계자와 시공자 간의 견해차, 공사기간의 부족 등 여러 가지 이유에 의하여 치밀한 설계와 시공이 이루어지지 못하고 있는 실정이다(김주백, 2004).

우리나라 민유임도의 변화와 관련해서 이종찬(2001)은 시기별 주요 임도정책의 전개과정과 환경친화적 임도정책의 주요내용에 대해 보고하였고, 박종민 등(2003)은 환경친화적 임도시설 정책이 실시된 이후 민유임도의 환경친화성 평가에 관해 분석한 바 있다. 또한 김주백(2004)은 충청남도 민유임도에 적용된 공종의 변화상황을 분석한 바 있고, 손재호와 박종민(2006)은 1989년부터 2005년까지 전라북도 내에서 시공된 민유임도를 대상으로 임도시설비의 시기별 및 발전단계별 변화를 분석한 바 있다.

본 연구는 1989년부터 2005년까지 전라북도 내에서 시공된 민유임도를 대상으로 주요 공종의 시기별 변화를 분석하고 개선방안을 제시함으로써, 향후 환경친화적인 녹색임도시설을 위한 설계 및 시공에 참고자료를 제공하고자 하는 목적으로 수행하였다.

연구방법

1. 조사대상 임도

본 연구는 1989년부터 2005년까지 전라북도의 14개 시군에 개설된 민유임도 전체 시설거리 980.43 km 중 설계를 구할 수 있는 216개 노선의 370.91 km를 대상으로 하였으며, 조사대상 임도노선 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. Situations of surveyed forest roads.

| Region | Total road routes (1984-2005) | Surveyed road routes (1989-2005) | Total constructed road distances (km) | Surveyed road distances (km) |
|--------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Kunsan-city | 18 | 12 | 27.41 | 18.05 |
| Jeongup-city | 39 | 3 | 79.32 | 2.78 |
| Namwon-city | 49 | 34 | 94.62 | 61.39 |
| Kimje-city | 23 | - | 31.11 | - |
| Sunchang-gun | 50 | 56 | 85.915 | 77.24 |
| Wanju-gun | 43 | - | 116.17 | - |
| Jangsu-gun | 41 | 42 | 95.257 | 95.61 |
| Muju-gun | 33 | - | 86.498 | - |
| Jinan-gun | 40 | 19 | 131.79 | 33.39 |
| Iksan-city | 15 | - | 27.59 | - |
| Imsil-gun | 53 | 38 | 94.716 | 64.58 |
| Gochang-gun | 35 | - | 69.26 | - |
| Suan-gun | 26 | 12 | 40.77 | 17.87 |
| Total | 2,449 | 216 | 980.43 | 370.91 |

2. 조사방법

임도설계서를 기준으로 단위노선 전체의 공종별 구성비를 구하였다. 분석대상의 주요 공종은 토공, 녹화공, 배수구조물, 포장공, 흙막이공 등이었다. 분석방법은 먼저 연도별로 각 공종의 구성비율을 분석하고, 환경친화적 녹색임도 시설에 대한 정책을 공포한 1999년을 기준으로 녹색임도 정책 시행 이전단계, 정책 시행 초기단계, 정책 확산단계로 나누어 임도발전단계별로 변화상황을 분석하였다. 임도발전단계의 구분은 다음과 같이 하였다(손재호와 박종민, 2006).

- 가. 1단계 : 녹색임도 정책 이전단계(1989년부터 1998년까지)
- 나. 2단계 : 녹색임도 정책 시행 초기단계(1999년부터 2002년까지)
- 다. 3단계 : 녹색임도 정책 확산단계(2003년부터 2005년까지)

3. 공종별 분석내용

1) 토공

토사절취, 암절취 등에 있어 작업방법과 장비별 비율, 운반성토의 기계장비의 조합, 벌개제근, 잡관목 제거 등에 대한 변화를 분석하였다.

2) 녹화공

폐공, 식재공, Seed Spray, 줄파종, Coir Net 덮기, 벗짚 거적 덮기 등 녹화공으로 사용되는 공법 및 파종시 채택한 초종에 대한 변화추이를 분석하였다.

3) 횡단배수구조물

배수구조물 설치간격, 배수관의 규격 및 재료의 변화추이를 분석하였다.

4) 포장공

km당 콘크리트포장 길이의 변화추이를 분석하였다.

5) 비탈안정구조물

비탈안정구조물은 사용재료에 따라 석축, 콘크리트 옹벽, 돌망태(gabion) 옹벽으로 구분하여 설치 개소와 물량의 변화추이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 임도 시설거리의 변화

전라북도의 민유임도는 1984년 완주군 2.1 km, 진안군 2 km, 임실군 1.02 km 등 총 5.12 km를 개설한 것을 시작으로 하여, 2005년까지 개설한 민유임도의 총 연장은

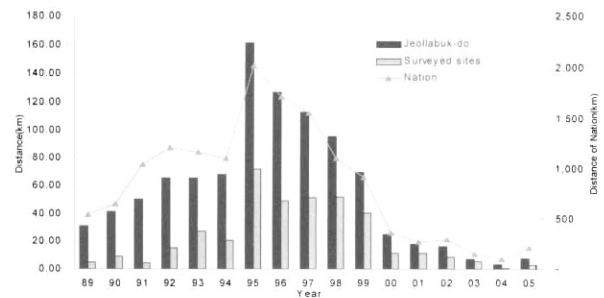


Figure 1. Non-national forest road distances of Nation, Jeollabuk-do, and surveyed sites by year.

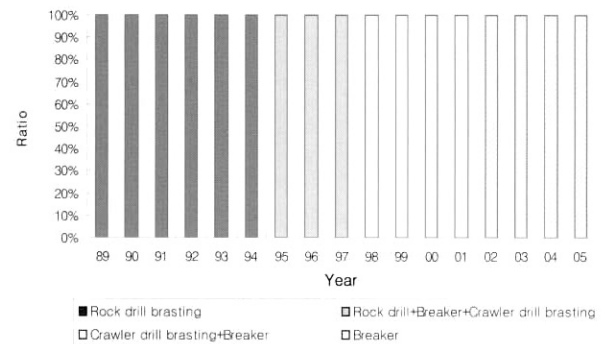


Figure 2. Rate of machines for rock cutting by year.

980.43 km이다. Figure 1에서 보는 바와 같이 본격적인 임도 개설은 1989년부터 1999년까지로 10년 동안 연평균 80.7 km로 주로 물량위주의 임도가 개설되었음을 알 수 있다. 그 이후에는 기설임도의 구조개량사업에 치중함으로써 임도시설사업 초기단계보다도 훨씬 적은 임도를 신설하였는데, 2000년부터 2005년까지 6년 동안의 연평균 신설거리는 12.9 km로 감소하였다. 전라북도에서의 이러한 경향은 전국적인 경향과 거의 비슷한 것이다(Figure 1).

임도발전단계별로 보면, 환경친화적 녹색임도정책 시행 이전단계의 연평균 시설거리는 83 km(총 818 km)이었고, 녹색임도정책 시행 초기단계의 연평균 시설거리는 33 km(총 130 km)로서 본 정책 시행 이전단계의 약 40%로 감소하였고, 녹색임도정책 정착단계의 연평균 시설거리는 6 km(총 18 km)로서 정책시행 이전단계의 약 7% 수준으로 감소하였다(Figure 2).

이것은 2006년까지 임도의 신설물량을 줄이고, 임도 신설사업비의 50% 이상을 투입하여 환경친화적 임도정책 추진 이전인 1998년까지 개설된 기존임도에 대한 구조개량사업을 통해 기존 임도의 피해방지과 기능성 제고 및 경관향상에 중점을 두어 임도사업을 추진한 결과이다(Park 과 Lee, 2002). 또한, 본 정책에 의해 신설임도에 대해서도 환경친화적인 녹색임도 구현을 위해 현실사업비가 어느 정도 적용되어 시공단비가 높아진 것도 연평균 임도의 신설거리를 감소시킨 중요한 원인이라고 생각된다(손재호와 박종민, 2006).

2. 토공의 공중 변화

1) 토사절취

임도개설 초기인 1989년에는 조사대상 모든 임도에서 불도저만을 이용한 토사절취로 설계가 이루어졌고, 1990년부터 불도저와 굴삭기를 혼용하여 설계에 반영하였다. 불도저와 굴삭기의 설계반영비율은 1990년에는 40:60이었는데, 1991년부터 2005년까지는 두 기종의 비율을 각각 50%로 설계하였다. 따라서 1989년과 1990년을 제외하고는 임도발전 1단계, 2단계 및 3단계에서 모두 토사절취용 장비로서 불도저와 굴삭기의 비율을 50%씩 설계에 반영하였다. 굴삭기의 경우에 설계기준은 0.7 m³를 주로 반영하였다. 그러나 실제 시공현장에서는 그 기준보다 약 1.3 배의 작업능률을 보이는 1.0 m³를 혼용하는 경우가 많았던 것으로 보고되고 있다(이준우와 박범진, 1998).

2) 암절취

1989년부터 1994년까지는 공사비가 저렴한 발파를 주로 설계에 채택 하였으나, 1995년부터 1997년까지는 발파 브레이커 크롤러드릴을 설계에 반영하였고, 1998년부터 2001년까지는 크롤러드릴과 브레이커를 설계에 반영하였으며, 2002년부터는 브레이커만을 이용한 암절취 공사를 설계에 반영하였다(Figure 2). 임도발전 단계별로 명확하게 구분되지는 않지만, 대체적으로 1단계에는 발파를 많이 설계하였고, 2단계에는 크롤러드릴과 브레이커를 이용한 암절취 공사로 설계하였으며, 3단계에는 브레이커만을 이용한 암절취로 변화하였다. 이와 같이 발파를 1995년 이후에 부분적으로만 설계에 반영하였거나 전혀 설계에 반영하지 않게 된 것은 발파된 암석이 비산하여 임도 하부의 산지와 계류 등의 환경을 훼손하는 등 부작용이 발생하였기 때문이다. 따라서 앞으로 비용이 다소 증가되더라도 훼손을 최소화하기 위하여 브레이커만을 이용한 암절취의 설계시공이 더욱 증가할 것으로 예상된다.

3) 벌개제근 및 잠관목 제거

전라북도 민유임도 시공에서 1990년대에는 벌개제근 공종을 설계에 많이 반영하였으나, 1999년 이후에는 전혀 설계에 반영하지 않은 것으로 나타났다. 1999년 이후에 벌개제근 공종이 설계에 반영되지 않은 것은 시공시에 비탈면의 흙깎기 공정과 중복된다는 이유에서인 것으로 보인다. 한편, 흙깎기 시공에 앞서 시공구간에 있는 흉고직경 6 cm 미만의 수목을 제거하는 잠관목제거 공종은 1994년까지는 설계에 반영되지 않았으나, 1995년부터 설계에 반영하기 시작하여 2단계 이후에는 정착되었다(Figure 3). 이것은 임도시공지의 벌개작업에서 생산되는 임산물 수익권이 산주에게 속하므로, 공정으로 설계되지 않은 벌목 후 잔존 잠관목제거작업에 소요되는 비용을 시공자가 부

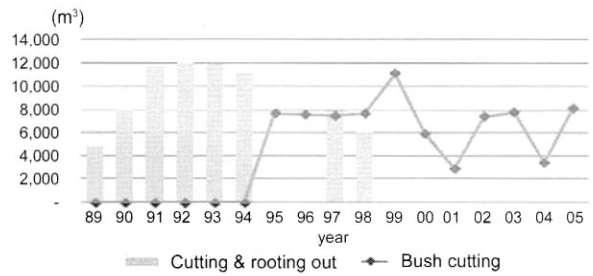


Figure 3. Situation of tree cutting and rooting out, bush cutting facilities by year.

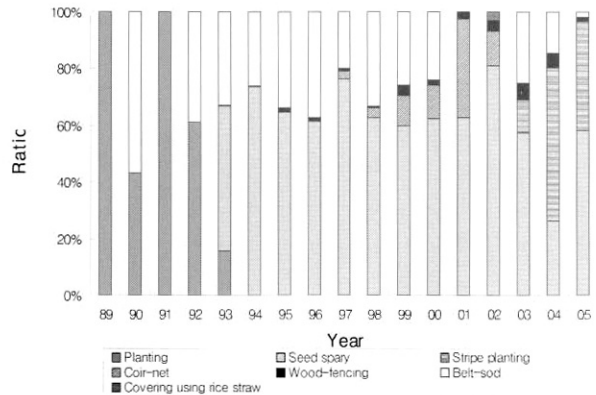


Figure 4. Rate of revegetation facilities for soil cutting and banking slopes.

담하게 되는 불합리한 점을 개선하기 위하여, 현실사업비를 반영하게 되면서 변화된 사항이다. 그러나 흙깎기공정에서 발생한 근주의 처리에 관한 공정은 아직 반영되지 않고 있는데, 임도주변에 방치되거나 성토부에 매립되지 않도록 처리공정의 도입이 요청된다.

3. 비탈면 녹화공의 공중변화

Figure 4에서 보는 바와 같이 전라북도의 민유임도 시공에 있어서, 임도개설 초기의 흙깎기비탈면 녹화공법은 잔디(평매)심기와 족제비싸리 식재 그리고 Seed spray가 주로 이용되었으나, 2단계부터는 종자뿌어붙이기(Seed spray), 줄과종, Coir net 덮기 등 다양한 공법이 설계되고 있다. 흙깎기비탈면 녹화공법에 있어서도 1992년까지는 잔디심기와 족제비싸리 식재만을 이용하였으나, 1993년부터는 종자뿌어붙이기, 줄과종, Coir net 덮기, 벗겨져적 덮기 등으로 다양화되었다. 그러나 비탈면의 특성에 대응하여 적절한 녹화공법을 적극적으로 반영하지 않은 것은 앞으로 개선이 요구된다. 2단계 이후에 많이 설계된 주요 녹화공법에 대한 변화상황을 분석하면 다음과 같다.

1) 종자뿌어붙이기

종자뿌어붙이기는 암반지역을 제외한 모든 비탈면에서 발아율이 높고 시공이 간편하며 조기녹화가 가능하기 때문에 설계에 많이 반영되었다. Figure 4에서 보는 바와 같

이 흙깎기 및 흙쌓기 비탈면에서 1993년부터 종자뽑어붙이기를 계속 설계하여 왔다. 흙깎기비탈면에서는 녹화효과를 증진시키기 위해 종자뽑어붙이기와 줄파종을 병행토록 설계한 사례가 많았으며, 마사토 지역에서는 Coir net 덮기를 병행토록 설계한 경우가 많았다. 또한 환경친화적인 녹색임도정책에 의하여 2000년부터는 이 녹화공법의 사용량이 증가하는 경향을 보였다. 종자뽑어붙이기에 사용한 식물종자의 경우 1단계에는 외래도입초종이 주종을 이루었으나, 2단계인 1999년부터는 외래도입초종과 자생 식물인 참새리 비수리 등을 혼합하여 사용하는 경우가 많아졌다.

2) 줄파종

이 공법은 시공이 간편하고 시공비가 저렴하며 녹화효과가 양호하기 때문에, 흙깎기비탈면에서도 부분적으로 설계되었고 특히 흙쌓기비탈면에 대해서 많이 설계되었다. Figure 4에서 보는 바와 같이 3단계인 2003년부터 계속 설계되고 있는데, 사용량이 특히 많은 이유는 종자뽑어붙이기 시공시에 보조공법으로서 줄파종을 병행하도록 설계되었기 때문이다.

3) Coir net 및 벚짚거적 덮기

Coir net 덮기는 비탈면 표토의 초기침식을 방지할 목적으로 설계되었는데, 다른 녹화공법에 비하여 시공비가 높은 편이어서 마사토 흙깎기비탈면과 시각적으로 중요한 지역 등 특수한 곳에 대하여 제한적으로 설계되었다. Figure 4에서 보는 바와 같이, 1단계의 후반인 1997년부터 시공되기 시작하여 2001년까지 설계량이 증가하였다가 2002년에는 다시 감소하였고, 3단계인 2003년도부터는 Coir net 덮기공법이 설계되지 않았다. 3단계에 Coir net 덮기가 설계되지 않은 것은 임도개설시 비탈면의 길이가 짧아지고 비탈면 안정을 위해 다양한 구조물이 많이 도입되었기 때문인 것으로 분석된다. 벚짚거적 덮기는 2002년에만 일부 흙쌓기비탈면에 대해 설계되었을 뿐이었다.

4. 횡단배수시설의 공중변화

1) 횡단배수관 설치간격

연도별 횡단배수관 설치간격은 Figure 5에서 보는 바와 같이 1994년 이후 계속 감소하여 왔다. 임도발전단계별로 보면, 횡단배수관의 설치간격이 1단계에는 평균 약 200 m 이었으나, 2단계에는 121 m로 감소하였고, 3단계에는 92 m로 감소하여 일반적으로 70~105 m 간격마다 설치토록 설계된 것으로 나타났다. 이러한 변화는 최근 발생빈도가 많은 국지성 집중호우에 대비하고 옆도랑 유하거리가 길어짐에 따른 침식에너지의 증가를 방지하기 위한 개선방안으로 사료된다. 이해주(1999)의 연구에 의하면 측구의

물매가 12% 이상이 되면 침식의 위험이 급격히 증가하고, 유하거리가 80 m 이상이 되면 침식발생에 기여하며, 특히 유하거리가 160 m 이상이 되면 침식량이 기하급수적으로 증가한다고 하였다. 따라서 환경친화적 임도정책 시행 이후에 가장 큰 공중의 변화는 횡단배수관의 설치간격을 줄이는 것과 더불어 배수관의 규격을 확대하여 유수의 배수효과를 높이고자 한 것이라고 할 수 있겠다.

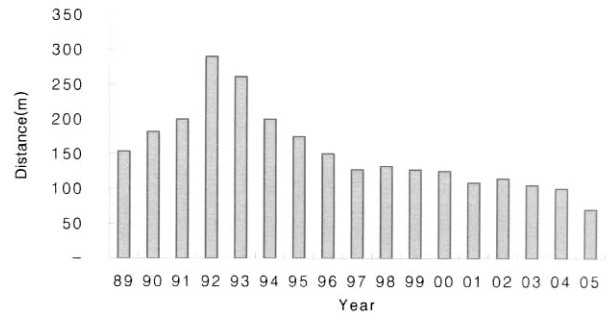


Figure 5. Intervals of culvert structure by year.

2) 횡단배수관의 규격

Figure 6에서 보는 바와 같이 1990년대 초에는 직경 450 mm 이하의 배수관도 설계되었으나, 1993년부터는 특수한 지역(민원발생지, 농경지)을 제외하고는 450 mm 이하 작은 규격의 배수관은 설계되지 않았고, 2002년부터는 800 mm 이상 큰 규격의 배수관으로 설계되는 비율이 증가하

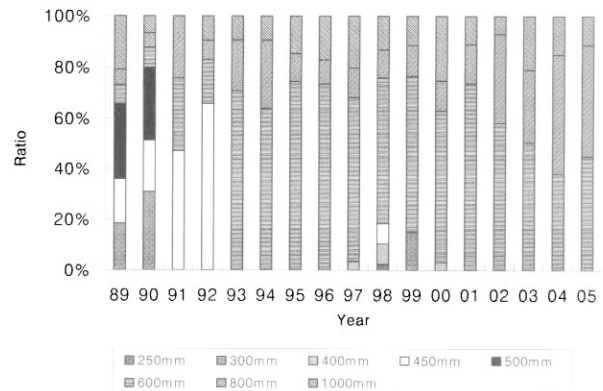


Figure 6. Rate of culvert sizes by year.

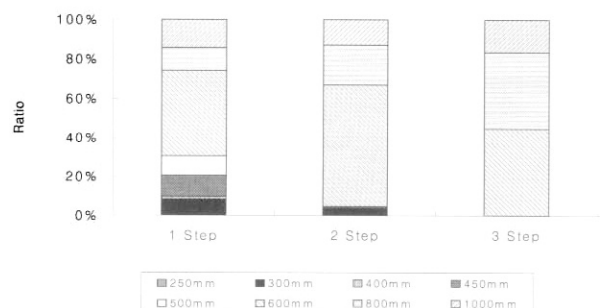


Figure 7. Rate of culvert sizes by development step.

였다. 이러한 원인은 낙엽과 나뭇가지 등의 퇴적물에 의해 유입구가 막혀 제대로 배수되지 않음으로써 임도가 훼손되는 경우가 있었기 때문이다. 임도발전 단계별로 보면, 1단계에서 3단계로 갈수록 직경이 큰 배수관의 설계비율이 높아졌다(Figure 7). 1단계에는 직경 600 mm인 배수관의 비율이 거의 절반 정도로 가장 높았고, 그 다음이 1000 mm이며, 다음으로 800 mm, 450 mm, 500 mm의 순이었으며, 300 mm 배수관도 10% 정도를 차지하였다. 2단계에는 작은 직경의 배수관이 거의 배제되고 600 mm와 800 mm 배수관의 비율이 증가하였으며, 3단계에는 600 mm 미만의 배수관은 설계되지 않았고 2단계에 비해 800 mm와 1000 mm 배수관의 비율이 증가하였다. 이것은 2002년 태풍 ‘루사’와 2003년 태풍 ‘매미’에 의한 집중호우로 인해 막대한 피해가 나타나, 그와 같은 집중호우의 피해를 최소화하기 위해 배수구조물의 수량을 늘리고 규격을 확대한 데에 기인한 것으로 판단된다. 즉 과거에는 홍수량 확률빈도 30년을 기준으로 통수단면적을 설계하였으나, 2단계와 3단계에는 홍수량확률빈도를 50년으로 상향조정하고 통수단면적을 최대통과수량의 1.5배 이상으로 설계하였기 때문이다.

3) 횡단배수관의 재료

1989년에서 1991년까지는 횡단배수관으로 원심력 철근 콘크리트관만을 설계하였고, 1992년부터 1997년까지는 철관매입파형관만을 설계하였으며, 1998년부터는 모두 파형강관을 사용하고 있다. 임도발전단계별로 보면, 1단계에는 재료의 변화가 일어난 기간이기 때문에 철관매입파형관, 철근콘크리트관 및 파형강관의 순으로 세 가지가 모두 설계되었으나, 2단계와 3단계에는 파형강관만을 설계하였다. 이와 같이 최근의 전라북도 민유임도에서 횡단배수관의 재료로 파형강관만을 사용하고 있는 것은, 충청남도의 민유임도에서 철근콘크리트관(흙관)을 많이 사용한 것(김주백, 2004)과 비교가 된다. 초기에 많이 사용했던 철관매입파형관은 산불에 대한 취약성이 있고, 철근콘크리트관은 중량으로서 운반이 곤란하고 이음시공이 불편하여 사용이 중지되었다. 반면에, 파형강관은 내구성이 좋고 외압강도가 강하며, 경량이어서 운반 및 시공이 간편하고, 15 m까지 이음 없이 매설할 수 있는 등 장점이 많기 때문에 선호하는 것으로 보인다. 또한, 거의 대부분의 임도설계를 한 기관에서 담당하기 때문에 동일한 재료를 선택하는 것으로 보인다.

5. 노면 포장공의 변화

조사대상 임도의 콘크리트포장 평균길이의 변화상황은 Figure 8에 나타난 바와 같다. 1989년부터 1992년까지는 콘크리트포장이 전혀 설계되지 않았고, 1993년부터 설계

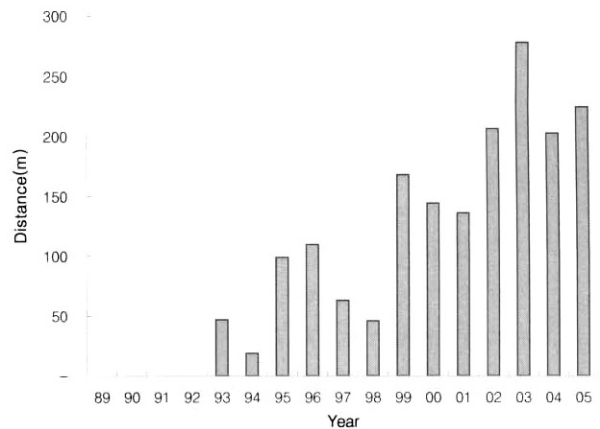


Figure 8. Length of concrete pavement by year.

되기 시작하여 포장길이가 계속 증가하였다. 임도발전단계별로 보면, 1단계의 전체평균은 km당 약 40 m이고 포장공사가 설계된 연도만 볼 때 약 75 m이었던 것이, 2단계에는 평균 160 m이었고, 3단계에는 평균 약 240 m로 증가하였다. 이렇게 1단계와 2단계에 노면포장 설계량이 적은 것은 공사단가가 점차 증가되기는 하였지만 임도개설 단가가 낮았고(최건호와 박종민, 2005), 당시의 임도시설 규정에 의해 지반이 약하고 습한 곳 등을 제외하고 종단경사 11%를 초과하는 구간에 대해 포장을 할 수 있도록 기준이 설정되어 있었기 때문으로 판단된다(산림청 1995). 그러나 3단계에는 환경친화적인 임도정책에 의하여 어느 정도 임도사업비의 현실화가 이루어지고, 포장기준 종단물매도 8% 이상으로 완화되었기 때문에(산림청, 2006), km당 200 m 이상으로 포장공의 설계물량이 증가하였으며, 그로 인해 임도의 안정성과 기능성이 현저히 개선되었다. 그러나 앞으로는 경사구간에 대해 콘크리트포장으로만 해결해 나갈 것인가에 대한 고려가 필요하다고 사료된다.

6. 비탈안정구조물의 변화

Figure 9에서 보는 바와 같이, 석축은 임도시설 초기부

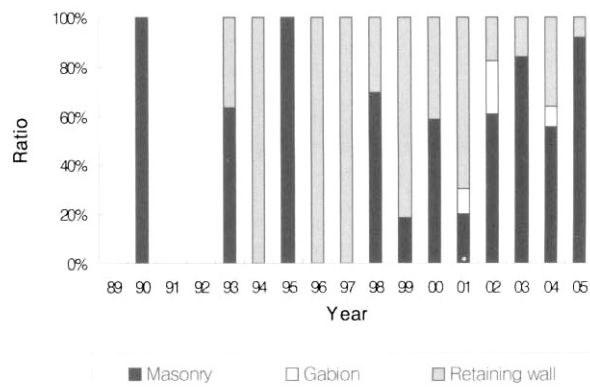


Figure 9. Rate of retaining of earth works by year.

터 가장 많이 그리고 지속적으로 설계되어 왔고, 콘크리트옹벽은 1993년부터 계속하여 설계되고 있으며, 돌방태옹벽은 2001년부터 설계되기 시작하였다. 임도발전단계별로 보면, 1단계에는 석축과 콘크리트옹벽이 연도별로 전체물량을 차지하는 등 기현상을 나타내기도 하면서 주종을 이루었고, 2단계에는 두 가지 공종이 비슷한 비율로 시공되었으며, 3단계에는 환경친화성이 강조되는 정책에 따라 석축의 설계비율이 높아졌다.

7. 임도발전을 위한 개선방안

본 연구에서 1989년도부터 2005년까지 전라북도에 시공된 민유임도에 설계된 공종의 현황과 변화를 분석한 결과 가장 큰 변화는 임도신설물량의 대폭적인 감소, 녹화공종의 다양화, 횡단배수관 설치간격의 축소와 배수관 규격의 대형화, 노면 콘크리트 포장길이의 증대, 비탈안정구조물의 증가 등을 들 수 있다. 그렇지만 적용된 대부분의 공종이 일반 도로에서 적용되어 온 공법들로서 임도를 위한 특별한 공법의 개발과 적용은 미흡한 실정이다. 또한 임도발전단계에 따라 증가한 시공단비의 대부분이 구조물의 물량과 규격의 확대로 이어지고 있는 실정이다(손재호와 박종민, 2006). 따라서 향후 더욱 거세지는 환경보호 움직임과 임도시공의 경쟁력 확보를 위해 기본적으로는 임도 시공단비의 증액이 요구되지만, 동시에 다양한 공법의 개발과 공정의 개선이 필요할 것으로 판단된다. 여기에서는 주요 공종과 공정을 대상으로 개선방안을 제안코자 한다.

1) 토공의 개선

가. 임도지장목 중 이용할 원목은 가급적 절토비탈면 상단에 집적하였다가 완공 후에 반출하도록 권장하고 있지만(산림청, 2004), 별개제근 공정에서 생산된 교목류의 근주는 일부는 성토부에 매립되고 대부분은 임도변에 방치되고 있다. 근주의 매립은 성토부 침하의 원인이 되고, 방치는 주변 산림경관을 훼손한다. 따라서 근주처리를 위해 폐기물처리 공종을 설계에 반영하는 것이 검토되어야 할 것이다.

나. 성토부 시공시 토석을 흘러내려 쌓이게 하는 방법으로 시공하는 것은 붕괴의 원인이 되기 때문에(산림청, 2004; 최건호와 박종민, 2005), 층따기와 진동롤러 또는 소형장비를 이용한 층다지기 공정을 설계에 반영토록 할 필요가 있다. 또한, 노면과 노면의 다지기에 대해서도 수치화된 기준(경도)을 마련할 필요가 있다.

다. 잉여토사에 대하여는 적정한 장소에 사토장을 만들어 운반사토로 처리하도록 규정하고 있고(산림청, 2004), 환경친화적 녹색임도 정책이 시행된 이후에 사토장을 조성하는 사례가 늘고 있으나, 본 연구에 있어서는 운반사

토의 경우가 없는 것으로 나타나 이에 대한 개선이 요구된다. 임도 시공시 사업비의 부족 및 차돌림의 곤란 등의 이유로 성토비탈면에 사토처리함으로써 집중호우시에 토사유출을 초래하기도 한다. 따라서 잉여토사의 안전한 처리를 위하여 사토장 조성과 트럭운반을 설계에 적극 반영하는 것이 필요할 것이다.

2) 비탈면 녹화공의 개선

가. 흙깎기비탈면에 줄과종을 시공할 경우에는 비탈다듬기가 마무리되는 순서대로 시공하도록 설계서에 명기한다면, 구간별로 조기녹화를 이루어나가는 효과가 있을 것이다.

나. 참나무류는 맹아갱신이 양호하므로 벌개제근작업에서 생산되는 참나무류의 그루터기이식공법을 적용하는 것도 적극적으로 검토할 필요가 있으며(박종민, 2002), 흙깎기작업시에 표토를 보전하여 비탈면에 복토하거나 종자뿌어붙이기에 활용함으로써 표토에 잠재하고 있는 자연식생 종자로 복원하는 방법도 고려해야 할 것이다(이장수, 2002).

다. 단단한 화강암질풍화토 비탈면에 대해서는 식혈을 파고 배양토를 주입한 다음 파종하거나 새싹기를 하는 점적 녹화방법의 도입도 효과적이며(농림부, 2004), 가시지역에 위치한 암반비탈면에 대해서는 종비토뿌어붙이기 계통의 녹화공법도 적극적으로 시공해야 할 것이다.

3) 배수시설의 개선

가. 임도의 높이가 제한적인 장소에서는 높이를 최소화하면서 배수능력을 최대화하기 위해서 스퀴시(squash) 배수관, 아치형 배수관, 박스형 속도랑 등의 도입을 적극 검토할 필요가 있다(박종민 등, 2006).

나. 횡단배수구의 유출부 하단이 원지반에 닿도록 도수로를 설계하고, 시공효율을 높이기 위해 콘크리트 또는 철제로 제작된 날개벽을 배수관과 접합시키는 시공방법도 적극적으로 도입하여야 할 것이다.

다. 노면배수를 원활하게 하기 위해서는 종단선형을 고려하여 적절한 간격으로 횡단개거를 설치할 필요가 있다.

라. 물매가 급한 옆도랑에 낮은 낙차공을 설치하여 유속을 감쇄시키는 효과를 보고 있으므로(최건호와 박종민, 2005), 이러한 간이구조물을 설계에 반영할 필요가 있다. 또한 돌붙임수로와 콘크리트수로에서는 간이 낙차공의 설치를 통해 양서파충류의 이동에도 도움이 될 수 있다.

4) 노면포장공의 개선

가. 콘크리트포장은 공사비가 많이 들고 재료가 친환경적이라고 볼 수 없기 때문에, 가급적 임도노선을 설정할 때에 종단물매를 완만하게 설정하여 콘크리트포장이 과

도해지는 것을 지양해야 할 필요성이 있다.

나. 현재 콘크리트포장의 기준인 종단물매 8% 이상인 구간에 대해서도 노반과 노면의 다짐을 충분히 함으로써 자갈포장으로 대체할 수 있도록 설계시공상의 개선이 요구된다.

다. 콘크리트포장 구간에서 토사축구로 유지될 경우 호우시에 급경사지의 토사축구가 세굴되므로써 콘크리트포장이 파괴될 우려가 있으므로, 콘크리트 포장구간에서는 가능한 한 콘크리트 플랩관 또는 콘크리트수로 등으로 연계시키는 설계가 요구된다.

5) 비탈안정 공중의 개선

가. 석축은 환경친화적인 구조물이어서 앞으로도 많이 사용되어야 하나, 숙련된 석공인력이 부족한 실정이어서 시공이 조잡하게 될 문제를 안고 있으므로, 기술인력의 양성이 요청된다.

나. 콘크리트옹벽에 대해서는 경관적 및 생태적 이질감을 감소시킬 수 있는 방법(요철표면 형성, 색감조절 등)을 강구할 필요가 있다.

결 론

1989년부터 2005년까지 시공된 전라북도 민유임도 총 216개 노선의 370.91 km를 대상으로 적용 공중의 변화를 분석하였다. 조사대상 임도의 설계도서를 기초로 하여 토공, 녹화공, 횡단배수시설, 포장공, 비탈안정공 등의 설계 현황을 연도별 및 임도발전단계별로 분석하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 전라북도의 연평균 민유임도 시설거리는 녹색임도 정책 시행 이전단계(1단계)에는 83 km, 녹색임도 정책 시행 초기단계(2단계)에는 33 km, 녹색임도 정책 확산단계(3단계)에는 6 km로 대폭 감소하였다.

2. 토공에서 토사절취는 불도저에서 불도저와 굴삭기 혼용으로 바뀌었고, 압절취는 착암기 발파에서 크롤러드릴 발파를 거쳐 대부분 브레이커 발파로 전환하였다. 초기의 별개제근 공중은 1999년부터 흙짜기공정에 통합하였고 잠관목제거 공중만 설계되었다.

3. 비탈면 녹화공은 1992년 까지는 죽제비싸리와 잔디 식재를 주로 하였고, 1993년부터는 도입초류를 위주로 한 종자뿌어붙이기를 주로 하였으며, 2003년부터는 종자뿌어붙이기와 줄파종을 병행하는 공법이 많이 설계되었다.

4. 2단계 이후 횡단배수관의 규격이 대부분 직경 600 mm 이상으로 확대되었고, 3단계에는 800 mm 이상 큰 배수관의 설계비율이 증가하였다. 배수관의 설치간격은 1단계 평균 200 m에서 3단계에는 평균 92 m로 감소하였으며, 배수관의 재료는 2단계부터 모두 과형강관으로 설계되었다.

5. 임도시설비의 증액과 포장기준 노면물매의 완화에 따라 연평균 콘크리트포장 길이가 1단계에 40 m/km에서 2단계에 160 m/km로 그리고 3단계에 240 m/km로 대폭 증대되었다. 특히 3단계에는 종단물매 8% 이상인 구간에 대해 설계에 반영함으로써 콘크리트포장 물량이 현저히 증가하였다.

6. 비탈안정구조물로는 석축이 지속적으로 많이 설계되었으며, 콘크리트옹벽은 1993년부터 그리고 돌망태옹벽은 2001년부터 설계에 반영되었다.

7. 본 연구에서는 전라북도의 신설 민유임도만을 대상으로 시기별 주요 공중의 변화추이를 분석하였는데, 앞으로 전국적으로 그리고 최근까지의 자료를 확보하여 우리나라 전체의 임도 변화추이를 분석할 계획이다. 동시에 2002년부터 시행된 임도구조개발사업에 대해서도 전국적인 자료를 확보하여 공사비와 설계시공된 공중의 내용을 분석함으로써, 과거 임도의 문제점과 주요 개선사항 등을 파악할 계획이다. 이러한 분석적 연구가 지역별로 수행되어서 전국적으로 비교 및 종합되는 것도 좋은 방법이라고 생각된다.

인용문헌

1. 김기원. 2000. 환경친화적인 녹색임도의 설계 및 관리방향. 환경친화적인 녹색임도 심포지엄 발표집. p. 95-117.
2. 김주백. 2004. 충청남도 민유임도에 적용된 공중의 변화 및 개선방안에 관한 연구. 충남대학교 석사학위논문. p. 1-3.
3. 농림부(이준우, 송호경, 박종민). 2004. 화강암질 풍화도 비탈면의 녹화를 위한 식혈기계 및 종자배합기술 개발에 관한 연구. pp. 247.
4. 박종민. 2002. 일본 구주대 신캠퍼스 개발지구에 적용된 개발훼손지의 원생림 복원기술에 관한 고찰. 한국환경복원녹화기술학회지 5(3): 50-57.
5. 박종민, 이상현, 황상국. 2003. 전라북도 민유임도의 환경친화성 평가에 관한 분석. 전북대학교 농대논문집 34: 13-28.
6. 박종민, 이준우, 지병윤. 2006. 미국 비포장 임도에서 속도랑의 설치요령 및 크기 결정. 산림공학기술 5(1): 45-57.
7. 산림조합중앙회. 2000. 환경친화적인 녹색임도 시설에 관한 연구. p. 244.
8. 산림청. 1995. 임도시설규정(산림청 예규 제435호). 산림청규정집 pp. 1041-1086.
9. 산림청. 2006. 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률. 동법 시행규칙(산림관리기반시설의 설계 및 시설기준). <http://www.foa.go.kr>.
10. 산림청. 2004. 환경친화적 녹색임도 시공관리 매뉴얼. p. 479.
11. 산림청. 2005. 임업통계연보. p. 482.
12. 손재호, 박종민. 2006. 전라북도 민유임도 신설사업의 설계시공 변화에 관한 분석 -임도 시설비를 중심으로-. 산

- 림공학기술 4(3): 183-197.
13. 우보명. 1997. 개정 임업토목공학. 향문사. p. 172-174.
 14. 이장수. 2000. 환경친화적인 녹색임도 시설방안. 환경친화적인 녹색임도 심포지엄 발표집. p. 79-93.
 15. 이종찬. 2001. 임도정책의 변천과 임도의 환경친화성 평가에 관한 연구. 전북대학교 농업개발대학원 석사학위논문. p.36.
 16. 이준우, 박범진. 1998. 임도공사시 굴착기를 이용한 토공사작업의 공중분석에 관한 연구. 한국임학회지 87(1): 82-89.
 17. 이해주. 1999. 임도 축구의 침식요인 평가 및 예측에 관한 연구. 강원대학교 석사학위 논문. p. 34.
 18. 최건호, 박종민. 2005. 저규격 고립지역 도로 개설공사와의 비교를 통한 임도의 발전방안 고찰. 산림공학기술 3(3): 208-226.
 19. 허경태. 2000. 환경친화적 녹색임도정책 추진방향 및 내용. 환경친화적인 녹색임도 심포지엄 발표집. p. 29-37.
 20. Park, C.M. and Lee, S.H. 2002. Developmental courses of policy and environmental soundness assessment within forest roads in South Korea. Proc. Int. Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations. Tokyo, Japan. p. 540-548.

(2007년 8월 28일 접수; 2007년 11월 1일 채택)