

공기압력에 의한 광케이블포설공법의 작업과정분석

오성근 / 가입자망연구소 광선로연구실(Tel. 042-866-3336) / '99. 6. 12

광케이블을 지하관로에 설치하기 위한 기술을 포설기술이라 하는데, 종래의 광케이블 포설공사는 견인포설공법의 인력견인방식에 의한 포설기술로 시행되어 왔으며, 인력견인방식의 비효율성 등의 문제점을 개선한 공기압력에 의한 광케이블포설공법이 '96년 3월 제정된 바 있다. 그러나, 광케이블공사현장에서는 현재까지 공기압력포설공법(이하 “공압포설공법”이라 한다.)이 적용되지 않고 있는데, 이는 본 공법의 기술성이나 현장적용성 등의 문제가 아니라, 새로이 도입되는 기술들이 시설표준(설계기준, 표준공법, 표준품셈 등)에 의해 확산·적용되고 있는 현실에서 본 공법은 설계기준 및 표준공법으로만 채택되어 있어 사업부서에서 공사설계에 반영시키지 않는 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 광케이블포설공사에 있어 인력견인방식에 비해 투자비용을 수 십%정도 절감할 수 있는 공압포설공법의 사업적용을 위해 공사설계시 소요인력산출 및 일위대가 작성에 필요한 품셈을 제정코자 하였으며, 이를 위해 본 공법의 작업공정별 투입인력과 직종, 작업시간 등을 분석, 실측한 과정 및 결과에 대해 서술하였다.

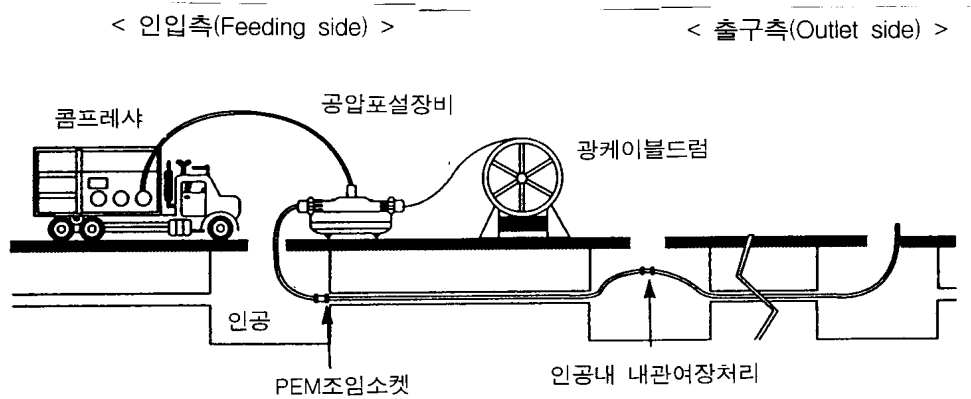
1. 공기압력에 의한 광케이블포설공법

공기압력에 의한 광케이블포설공법은 광케이블을 관로내 공기압력으로 불어넣어 포설하는 방법으로서, (1) 포설과정에서 외적영향에 의한 케이블의 기계적 손상을 최소화할 수 있고(인장력(pulling force), 충격(impact), 비틀림(twist) 등의 최소화), (2) 포설할 관로의 루트형상 및 루트선정에 제한이 적으며, (3) 포설속도가 높고, 작업과정이 단순하여 투입인력이 적은 등의 특징이 있어, 설치후 광케이블의 신뢰도를 보장할 수 있고, 광케이블포설공사 비용을 낮출수 있다.

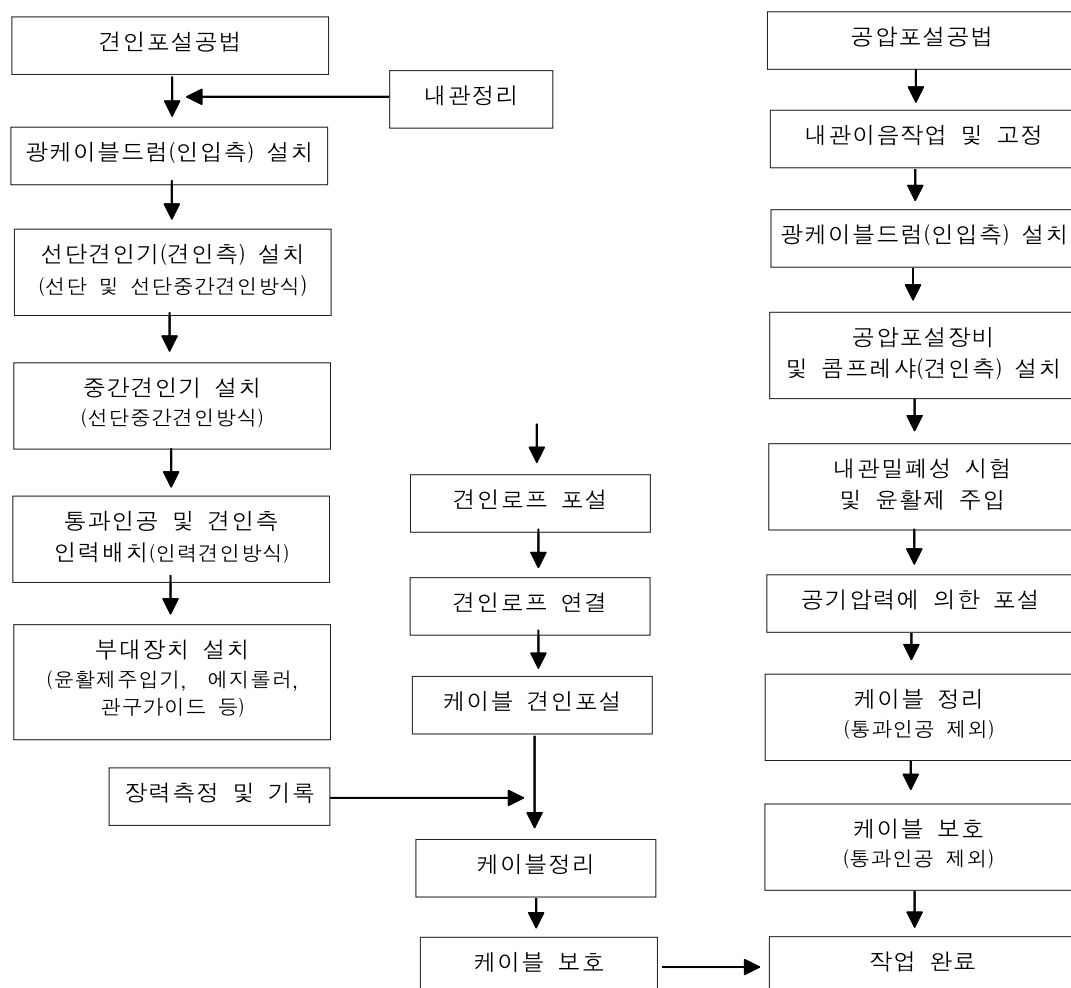
지하관로내 공압포설공법의 적용을 위해서는 포설할 구간의 관로내 삽입되어 있는 내관이 시단부터 종단까지 밀폐되어야 하는데, 현실의 지하관로구간에서는 인공내 수용된 내관들이 단절되어 있어 별도의 내관이음작업이 선행되어야 하는 불편이 있다.

그러나, 공압포설공법은 광케이블의 신뢰성, 경제성 등이 견인포설공법에 비해 상당히 높고, PEM조임소켓에 의해 쉽게 내관이음작업을 할 수가 있기 때문에 내관이음작업 공정은 크게 문제가 되지 않는다. 공압포설공법은 (그림1)에서와 같이 포설작업의 시단을 인입측, 종단을 출구측으로 하여, 통과인공내 내관이음작업이 완료되면, 인입측에 광케이블드럼과 공압포설장비, 콤프레샤 등을 설치하여 케이블을 내관내 공기압력으로 불어 넣어

주고, 출구측에서는 내관 중단으로 나온 케이블을 확인하는 것으로 광케이블포설이 완료된다.



(그림1) 공압포설공법에 의한 광케이블포설



(그림2) 광케이블 포설공사의 작업흐름도

이와 같이, 공압포설공법의 작업과정은 매우 단순하기 때문에 견인포설공법에 비해 투입 인력이 적고, 포설속도가 높아 포설공사 비용을 획기적으로 절감할 수 있다.

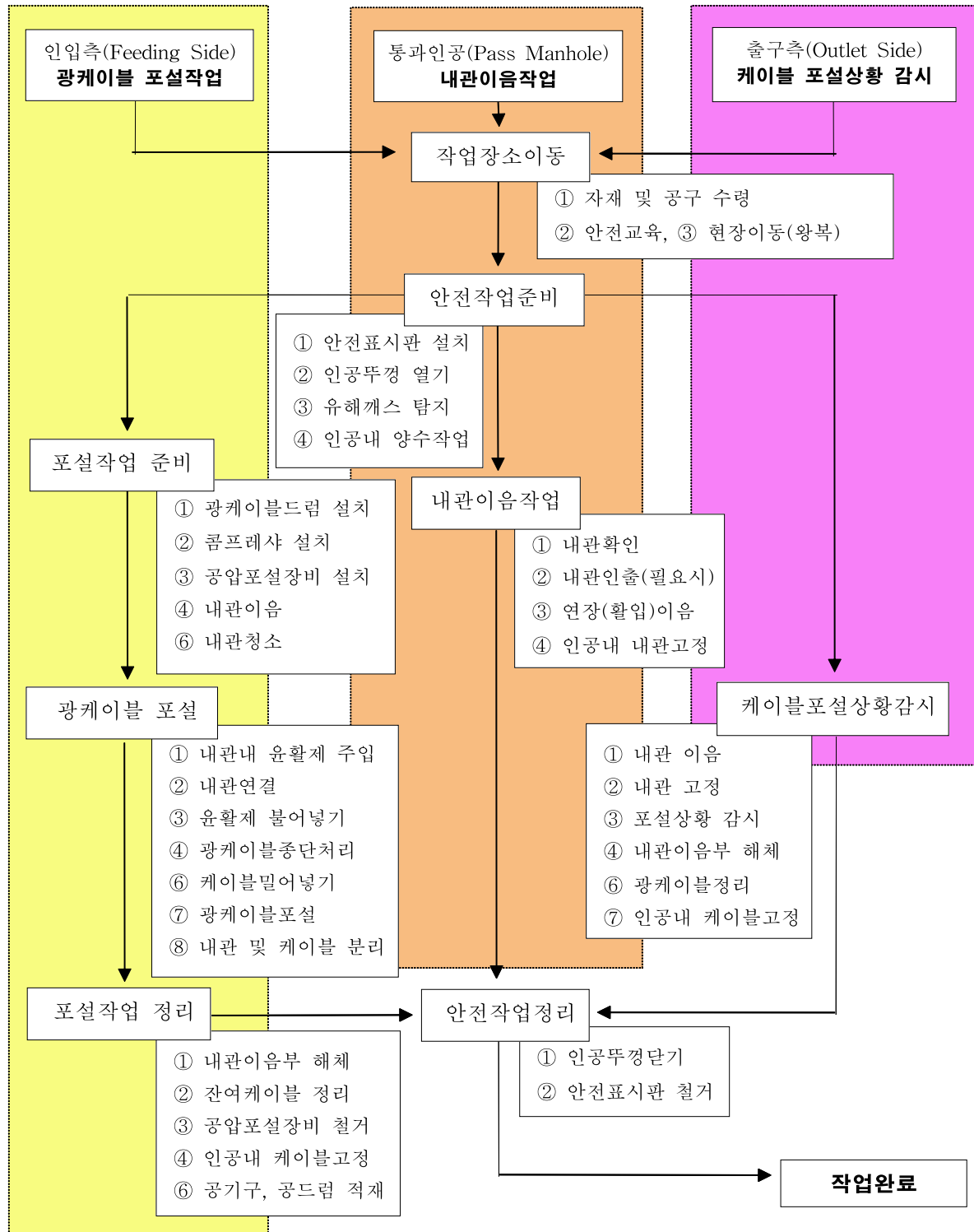
지하관로내 광케이블포설공사는 일반적으로 견인포설공법과 공압포설공법으로 시행되는데, 각각의 포설공법별 작업흐름과 작업과정은 (그림2)와 같다. 공압포설공법은 상기 작업과정 및 절차에 의해 시행되고 있으나, 실제 현장의 작업여건, 안전사고 등으로 인해 작업절차에 차이가 있다. 그러나, 품셈은 공사비용산출과 직결되기 되기 때문에 작업과정 및 투입인력, 작업시간 등에 있어서 공정한 분석이 요구되며, 보다 더 정확한 분석을 위해서는 작업공정들의 적정성 및 합리성, 공법의 기술성에 준한 검토와 작업공정의 세분화가 필요하다.

2. 작업공정별 세부작업내용 분석

공압포설공법의 작업과정을 작업공정별 세부작업내용으로 분석해 보면, (그림3)과 같이 구분할 수 있다.

(그림3)에서와 같이 공압포설공법에 의한 광케이블 포설공정은 인입측, 통과인공, 출구측 등 작업위치에 따라 구분되는데, 실제 광케이블의 포설작업은 인입측에서 이루어지고, 통과인공에서는 내관을 밀폐시키기 위한 내관 이음작업이 포설구간의 통과인공수 만큼 시행되며, 출구측에서는 케이블이 포설되는 상황을 감시하게 된다.

공정별 작업절차는 포설구간의 통과인공들내 단절되어 있는 내관들을 연결하는 내관이음작업이 선행되고 나면, 인입측에서 공압포설장비, 콤프레샤, 광케이블드럼 설치 등의 포설 준비작업과 윤활제 주입, 공압포설장비에 내관 연결, 케이블 밀어넣기 등의 과정을 거쳐 광케이블을 내관에 공기압력으로 불어 넣는 작업이 시행되고, 이와 동시에 출구측에서는 내관종단으로 나오는 공기압력 및 케이블 상태 등 포설상황을 감시하는 작업이 병행된다.



(그림2) 공압포설공법에 의한 작업과정의 흐름도

3. 작업공정별 소요시간 및 투입인력 분석

공압포설공법의 작업공정이나 작업절차는 인력견인방식의 작업과정과는 전혀 다르나, 작업장소의 이동, 안전작업준비, 안전작업정리 등의 공정은 지하관로구간에서 선로공사시 공통적으로 적용되는 일반적인 사항으로 작업소요시간이나, 작업성 등은 동일하다고 볼 수 있다. 그러나, 공압포설공법의 적정한 품셈산출을 위해서는 인입측에서의 포설작업준비, 광케이블포설, 포설작업 정리 등의 공정과 출구측에서의 포설상황감시, 통과인공에서의 내관이음작업 등의 공정을 세부작업내용별로 구분하여 작업시간을 측정하고, 작업의 난이도와 기술성을 충분히 검토하여 투입인력의 직종과 인원수를 결정하여야 한다.

이를 위해서는 공압포설공법으로 광케이블을 시공하는 공사현장에서 실사를 통해 분석하여야 하는 데, 국내에서는 아직까지 이러한 공법으로 포설공사를 시행하지 않고 있어, 광케이블포설공사 직영팀을 구성하여 공압포설공법으로 광케이블을 시공하고 있는 한국통신 충북본부 관내 광케이블공사구간을 선정하여 작업흐름도에 준해 작업공정별 실사를 실시하였다. 대상구간으로는 충북본부 관내 “'99 충주 모자국 광케이블공사”구간을 선정하였고, 이 구간내에서 세부작업내용별 작업의 난이도, 기술성, 투입인력의 직종분석을 위한 기초실사와 작업시간측정 및 투입인력수 검토를 위한 현장실사를 '99.4.23~4.30일 기간중 3일간에 걸쳐 실시하였다.

< 표1 > 실사구간의 개요

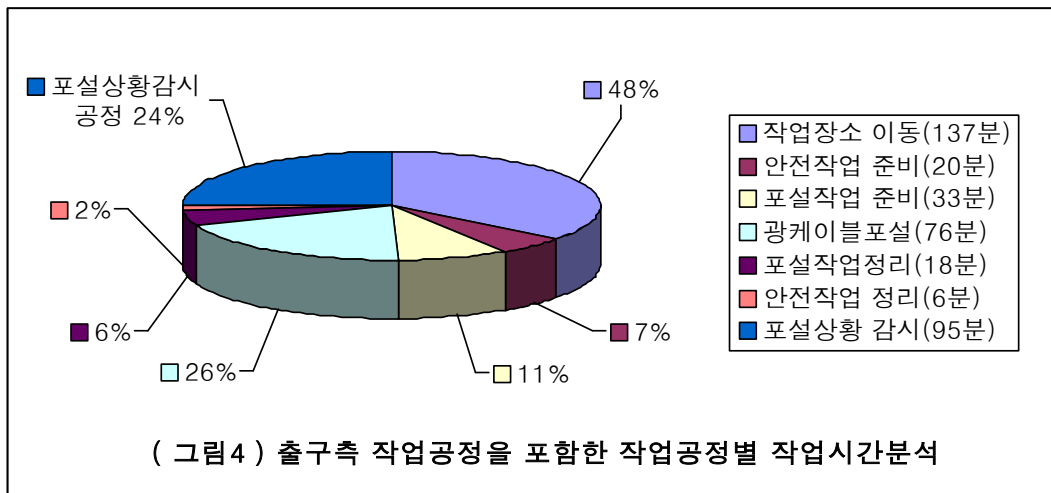
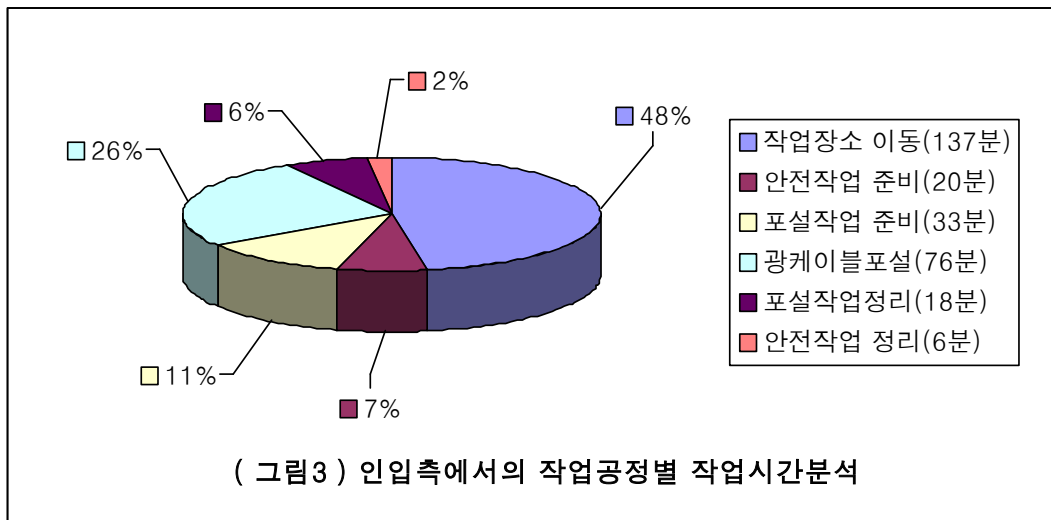
구분	실사일	대상구간	거리 (m)	내 관			광케이블 제원 (‘99.3 / 대성전선)			
				종류 (mm)	시설년도	이음방법	구조	종류	외경	무게
기초 실사	'99.4.23	소영-장연 P6-장연RSS	2,008	28	신설 (인공2구간 기설)	연장이음	루즈 튜브	SM -24C	13mm	0.135 kg/m
	'99.4.23	가흥-주치 G2-G3	2,099	28	신설	연장이음				
현장 실사	'99.4.29	단양-두항 S2-S3	1,927	28	기설	활입이음				
	'99.4.29	단양-두항 S1-S2	1,999	28	기설	활입이음				
	'99.4.30	충주-수안보 S4-S5	1,985	28	기설	활입이음				

가. 작업시간분석

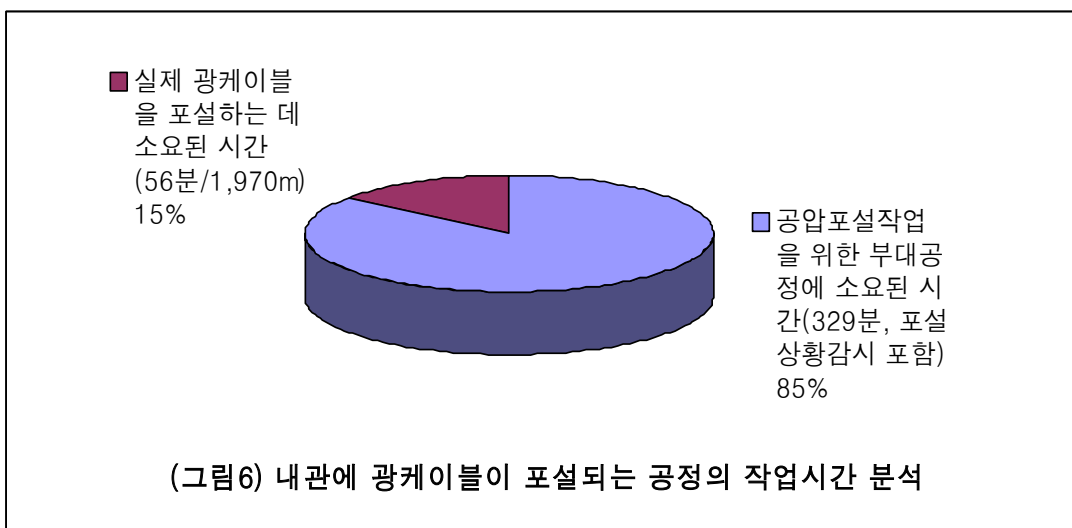
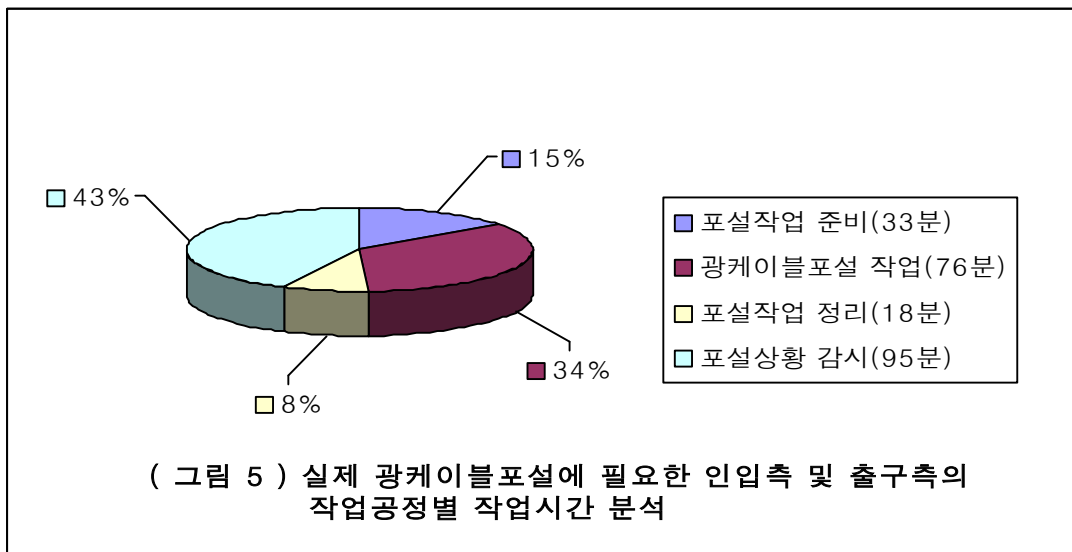
(1) 광케이블 포설

옥외선로공사에 있어서 공통적으로 실시되는 준비공정에서는 작업장소로 이동 시간이 2시간 17분, 현장에 도착하여 차량, 유해캐스 등으로 부터 안전사고를 막기 위해 시행하는 안전작업준비에 20분, 포설작업후 안전작업정리에 6분이 소요되었다.

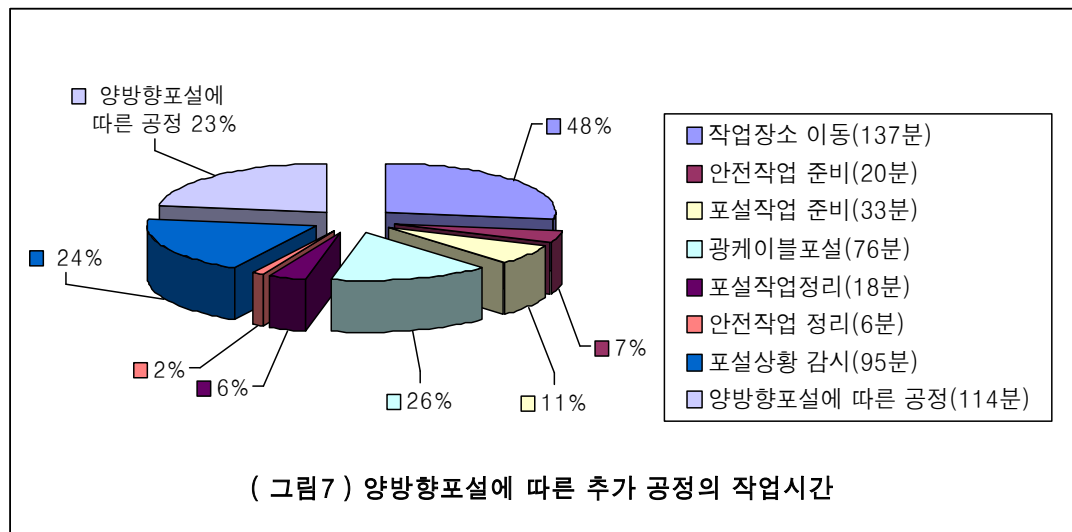
실제 공압포설공법에 의한 광케이블 포설작업에 소요된 시간은 포설할 관로의 형태, 루트의 길이 등에 따라 차이가 있었으나, 3회에 걸친 현장실사에서 회차별 각각의 작업공정별 실측된 시간을 평균산출해 보면, 평균 포설거리 1,990m인 구간에 있어서, 인입측에서는 포설작업준비 공정에 33분, 광케이블포설작업 공정에 1시간 16분, 내관에 광케이블 포설이 완료된 후 실시되는 포설작업정리 공정에 18분이 소요되어, 작업장소에 도착한 후, 실제 광케이블 포설에 걸린 시간은 **2시간 07분**이었고(43%), 이는 각각의 작업공정이 순차적으로 진행될 경우의 소요되는 시간으로 볼 수 있다. (그림3)에 작업공정별 작업시간을 실측한 결과를 나타내었다.



한편, 출구측에서 포설상황을 감시하기 위한 작업공정을 포함하여 작업시간을 분석해 보면 (그림4)에서와 같이 포설상황감시 공정이 전체 공정의 약 24%정도로 차지하지만, 이 공정은 작업과정의 흐름도에서와 같이 인입측의 다른 작업공정들 처럼 순차적으로 진행 되지 않고, 인입측과 거의 같은 시각에 이루어 진다. 따라서, 작업시간에 따른 일일포설 작업량 산출시는 본 공정의 작업시간을 제외해야 하며, 작업위치가 멀리 떨어져 있고, 그들 각각의 세부작업내용들이 포설의 시작과 동시에 양 측에서 시행되기 때문에 동일한 인력이 이 공정을 수행한다고는 볼 수 없기 때문에 투입인력의 별도 산출이 필요하다. 실측한 작업시간을 (그림5)에서와 같이 인입측에서 케이블을 내관내 공기압력으로 불어 넣는 시점(포설작업준비 시간 제외)부터 케이블을 다 불어넣은 후, 광케이블정리가 완료 되는 시점까지의 작업시간과, 출구측에서 포설상황감시 공정에 대한 작업시간을 분석해 보면, 공정별 각각 94분, 95분이 소요되었는데, 이는 이들 공정이 동시에 이뤄지는 것임을 알 수 있다.



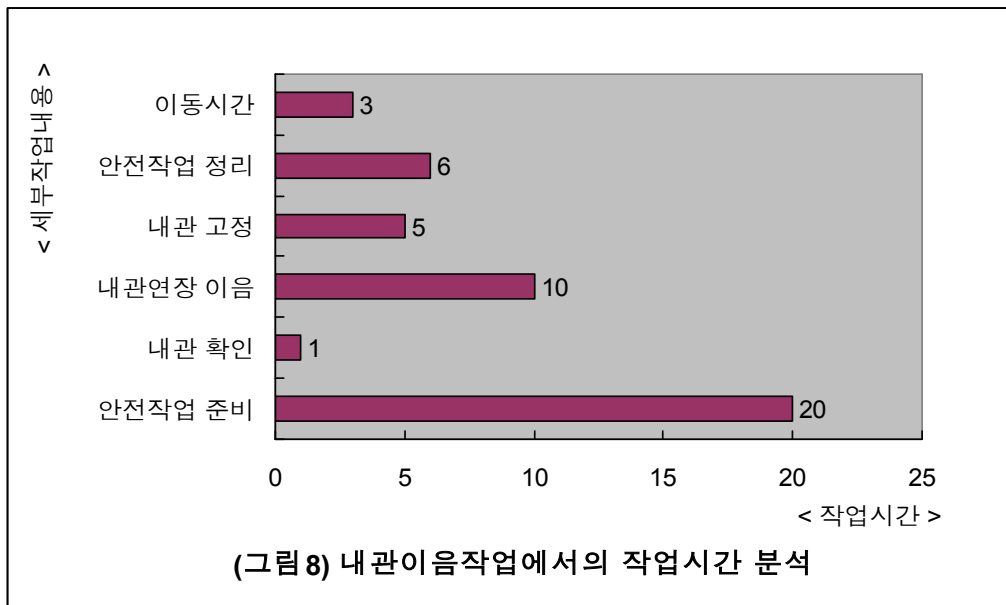
또한, 작업공정의 세부작업내용을 분석해 보면, 포설작업준비나 포설정리작업, 이동 및 안전작업 등 포설공사에 필요한 전체작업공정에 비해 실제 광케이블이 내관내 포설되는 시간은 15%정도 밖에 되지 않는다((그림6) 참조).



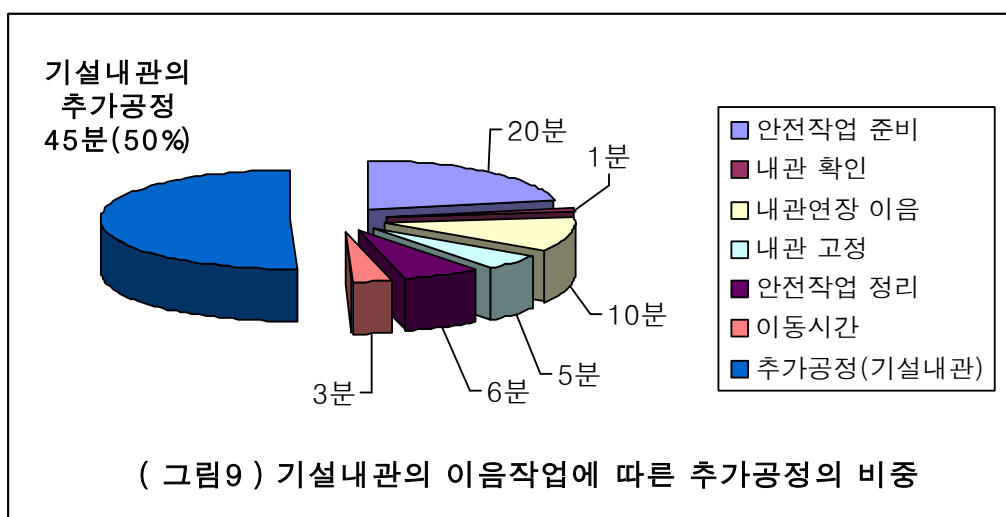
포설할 루트의 굴곡이 심하거나, 내관과 케이블간의 공기압력구배면적이 작거나, 마찰계수가 큰 경우에는 포설성능에 영향을 주어 포설거리가 제한되는 데, 4, 5차 현장실험에서는 포설할 루트에 굴곡이 심해 포설구간의 중간지점을 인입측, 포설구간의 양단을 출구측으로 하는 양방향 포설을 병행하였는데, 이로 인해 인입측에서는 정방향으로 케이블을 포설한 후, 역방향으로 포설하기 위한 포설작업준비, 광케이블포설, 광케이블의 8자형성(시단을 인출하기 위해 케이블을 지상에 8자로 형성하는 작업), 역방향 출구측에서의 포설상황감시 등의 공정이 추가 발생되어, 이에 따른 작업시간이 1시간 54분 정도 지연되었다. (그림7)에 양방향포설에 따른 추가공정의 작업시간을 전체 포설작업시간과 비교하였다.

(2) 내관이음작업

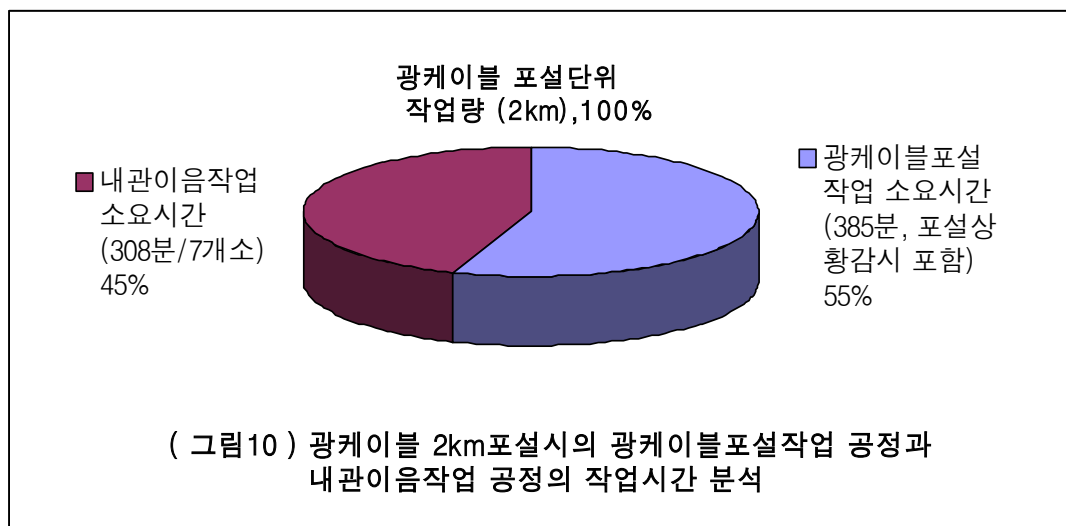
공압포설공법이 적용되는 구간에서는 통과인공내 단절되어 있는 내관들의 이음작업을 사전에 시행하여야 한다. 내관이음작업은 내관의 상태에 따라 그 작업성이 많은 차이를 보이기 때문에 실측에서는 신설내관과 기설내관으로 구분하여 실시하였다. 왜냐하면, 기설내관의 대부분은 내관이 관구내로 밀려들어가 있어 이음작업이 어렵고, 반면에 신설내관은 내관이 관구로 부터 많이 도출되어 있어, 이음작업을 보다 더 수월하게 할 수 있기 때문이다. 내관이음작업은 반드시 인공내에서 시행하게 되는데, (그림8)에서 처럼 신설구간에서의 내관이음작업에 소요된 시간은 평균 45분이었으며, 안전작업준비 및 정리 등을 제외하고 나면, 실제 이음작업에는 16분이 소요되어, 인공의 작업여건이 좋지 않아 예상외로 많은 시간이 걸렸다.



또한, 포설구간에 시설된지 오래된 내관이 존재하는 인공에서의 이음작업은 이 보다 더 많은 시간이 소요되었는데, 이는 시설당시 시공의 잘못으로 인해 수년이 경과되더라도 관구로 부터 도출되어 있어야 할 내관이 관구내로 팔려 들어감으로서 이를 인출하는 작업이 추가되었기 때문이다. 이러한 인공에서는 먼저 관구로 팔려 들어간 내관 인출작업을 시행하고, 인출후에는 예비내관을 활입하여 관구 양측의 내관을 이음하게 된다. 기설내관에서의 이음작업의 작업시간을 실측한 결과, 내관인출작업에 36분, 내관활입에 따른 이음개소 추가로 인해 9분이 더 소요되었다. (그림9)에 신설구간에서 내관이음작업 소요시간과 기설구간에서의 추가공정에 따른 소요시간의 실측결과를 비교하였다. 결과에서 알 수 있듯이 기설구간에서 작업시간은 신설에 비해 약 100%정도 더 지연되었다.



한편, 이음작업이 신설내관 1개소에 45분이 소요될 경우, 광케이블포설단위 작업량을 2km를 기준한 구간에서 총 이음작업시간은 통과인공이 평균 7개소(250m간격)가 존재하기 때문에 약 5시간 정도 소요되어(광케이블포설 공정(6시간25분)에 비해 45%), 광케이블포설공사에서 상당히 많은 비중을 갖는 것을 알 수 있다. 그리고, 내관이음작업으로 인한 포설작업이 지연될 수 있지만, 내관이음작업은 공압포설공법에 있어 매우 중요한 공정으로 소홀히 할 수 없으며, 또한, 내관에 광케이블을 공기압력으로 불어 넣어 포설하는 공정과 통과인공에서의 내관이음작업은 명확히 구분되어지고, 내관이음작업을 사전작업으로 시행할 수 있어, 내관이음작업으로 인해 광케이블포설공사가 지연되지는 않을 것이다.



나. 투입인력 분석

본 공법의 작업공정을 살펴보면, 작업장소 이동 안전작업준비, 안전작업정리 등의 선로공사의 일반적인 공정을 제외한 실제 광케이블포설에 필요한 작업공정은 내관의 이음, 해체, 고정 등 내관에 관계된 작업과, 광케이블 밀어 넣기, 광케이블 풀기, 광케이블 고정, 광케이블 포설 등의 광케이블에 관계된 작업으로 구분할 수 있고, 콤프레샤 가동, 공압포설장비 가동 등의 장비설치 및 운용이 필요하다.

(1) 내관에 관계되는 작업

본 작업은 공압포설공법의 성능을 발휘하기 위한 매우 중요한 공정으로서, 포설구간의 내관이 전부 밀폐되어야 한다. 그러나, 통과인공내 내관은 전부 단절되어 있어, PEM소켓을 사용하여 단절된 내관을 견고하게 연결하여야 하는데, 내관연결작업에서는

이음부의 밀폐성과 결합력이 PEM소켓(시험압력 25bar)의 시험규격을 만족할 수 있을 정도의 결합기술이 필요하다. 또한, 이음부에는 내관중단의 잇갈림이나, 간격, 턱 등이 최소화하도록 하여야 하며, 케이블받침대에 내관고정, 내관인출작업 등 취급시는 허용곡률 반경이나 인장강도 등의 기계적특성을 준수하여야 하는 등의 자격내용을 검토해 볼 때, 본 작업에서는 배관에 관한 설치기술과 지식을 갖고 있는 배관공으로 하여금 시공 할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

(2) 광케이블에 관계되는 작업

광케이블의 잘못된 취급은 광섬유의 광학적특성이나 광케이블의 기계적특성에 직접적인 영향을 주어 광섬유의 단선이나 손실특성, 수명을 단축하게 되는 등의 결과를 초래하게 된다. 따라서, 본 작업에 임하는 작업자는 광케이블에 관한 제원(구조, 종류, 무게, 외경 등)과 광케이블이 갖는 인장력, 굴곡, 축압, 비틀림, 충격 등의 특성에 관한 지식을 숙지하여 광학적특성이나 기계적특성을 저해시키지 않도록 하여야 한다. 광케이블 포설시 관로형태나 광케이블의 설치루트를 모르면, 광케이블을 재포설하거나 시공기간이 지연되는 결과를 초래하기 때문에 작업자는 광선로망의 구성루트를 이해하여야 하며, 광케이블 포설기술과 특징, 공압포설공법에 의한 광케이블포설방법을 알고있어야 하고, 접속, 성단, 시험 등의 광케이블설치에 따른 표준공법을 준수할 수 있는 자격요건을 갖추어야 한다.

한편, 공압포설공법은 지하관로구간에서 시행되기 때문에 통신케이블들이 수용된 인공내에서 작업여건을 잘 이해하여, 돌발적으로 발생할 수 있는 상황이나 안전사고에 대한 대처능력 등 옥외선로공사에 있어서 필요한 전반적인 기술들을 겸비하여야 한다. 따라서, 광케이블에 관계되는 작업에서는 광케이블에 관한 설치기술과 지식을 갖고 있는 광케이블설치사가 투입되어야 한다.

(3) 장비설치 및 운용

공압포설공법에서는 케이블을 공기압력으로 밀어넣기 위한 공기압력포설장비와 포설장비에 공기를 주입하기 위한 콤프레샤가 있어야 하는데, 각 장비들의 요구되는 성능은 < 표2 >와 같다. 또한, 콤프레샤는 중량이 무겁고, 크기 때문에 기동성이 매우 낮아 포설작업에 많은 지장을 주게 된다. 따라서, 콤프레샤를 작업시기에 맞춰 작업장소로 운반하기 위해서는 콤프레샤를 적재할 수 있는 차량이 필요하다.

< 표2 > 공압포설공법에서 사용되는 장비

장 비 명	성 능 (제원)	수 량	비 고
공기압력포설장비	대상케이블 10~32mm, 적용관로 22~63mm 공기압력 7~10bar, 공기용량 10m ³ /min이상(350CFM-450CFM) 추진력 : 공압식휠, 벨트식휠, Pushing force 100kg	1대	
컴프레샤	공기압력 7bar이상, 공기용량 10m ³ /min(350CFM-450CFM) 이상 중량 3ton,	1대	
덤프트럭	4.5ton	1대	

<표2>에서 알 수 있듯이 공압포설공법에서는 광케이블을 7bar(7bar-10bar)정도의 높은 공기압력으로 불어 넣기 때문에 안전사고의 위험이 높고, 컴프레샤와 공압포설장비는 특수장비로 볼 수 있어 동작시는 반드시 전문기사로 하여금 운용토록 하여야 한다.

공압포설공법에 의한 광케이블포설작업에 투입되는 인력의 직종을 내관에 관계되는 작업, 광케이블포설에 관계되는 작업 등 작업종별로 분류하여 그들의 세부작업내용을 <표 3>에 나타내었다.

< 표3 > 투입인력의 직종과 세부작업내용

구 분	투입인력의 직종	세부작업내용
내관에 관계되는 작업	배관공	내관이음(연장, 활입), 내관이음부 해체, 내관인출
광케이블에 관계되는 작업	광케이블설치사	광케이블포설에 필요한 작업, 광케이블드럼설치, 내관청소, 광케이블 정리 및 고정, 광케이블포설상태 감시, 광케이블의 8자형성, 인공내 내관확인 및 고정, 유해가스탐지
장비설치 및 운용	건설기계운전기사 (덤프트럭 운전)	덤프트럭 운전
	건설기계운전기사 (컴프레샤 운전)	컴프레샤 운전 및 설치(철거)
	건설기계운전기사 (공압포설장비 운용)	공압포설장비 운용 및 설치(철거)
기 타	보통인부(공사부문)	안전표시판설치 및 철거, 인공뚜껑열기 및 닫기, 인공내 양수작업, 공기구 및 공드럼 적재,

4. 작업공정 분석결과

공기압력에 의한 광케이블포설은 포설할 내관의 상태에 따라 작업에 많은 영향을 받게 되는데, 시설된지 오래된 내관에 있어서는 1) 내관내 적층된 이물질제거를 위한 내관 청소, 2) 통과인공내 PVC관구 안쪽으로 끌려 들어간 내관의 인출작업, 3) 인공간에 연결된 내관의 파손부분이나 본딩으로 이음된 지점이나, 내관의 기계적강도가 열화된 지점에서 공기압력에 의한 내관 파열 등의 현상으로 광케이블포설이 중단되어 작업시간이 지체되는 경우가 발생하게 된다. 따라서, 포설하기전에 내관의 상태를 정확하게 조사하여 별도의 조치를 강구하여야 하는데, 1)의 경우에 있어서는 공기압력에 의한 내관 청소시 내관내 이물질들이 완전히 제거될 때까지 공기를 불어 넣는 시간을 연장함으로서 해결할 수 있고, 2)의 경우에 있어서는 내관인출공구를 사용하여 관구내로 들어가 있는 내관을 인출할 수가 있으며, 3)의 경우에 있어서는 예측할 수 없는 상황으로서 내관이음작업시 내관을 어느 정도의 힘으로 끌어당기는 실험을 한 후에 알 수 있으나, 현실적으로는 시행하기가 어렵다.

이러한 상황을 고려할 때, 포설작업준비 공정에서 공기를 불어넣어 내관을 청소하는 작업은 실측된 시간보다 2~3배 더 지연된다고 볼 수 있으며, 내관이음작업에서는 내관이 PVC관로내 설치된지 얼마되지 않은 신설구간에서는 2), 3)의 상황이 발생할 확율이 극히 적기 때문에 실측된 작업시간을 적용하더라도 문제가 없으나, 기설구간에서는 상기 실측결과에서와 같이 작업시간이 지연되게 된다. 내관의 신설 및 기설구간의 구분은 <표 4>와 같다.

< 표4 > 내관의 설치 구분

구 분	내 용
신설내관	- 광케이블시설공사시 광케이블과 내관 포설이 함께 설제 및 시공되는 구간 - PVC관로내 내관이 시설된지 6개월 이내의 구간
기설내관	- PVC관로내 내관이 시설된지 6개월이 경과된 구간

기설구간의 내관은 시설된 경과년수에 따라 인공이나 PVC관로내 놓여진 상태가 다양하여 이음작업의 난이도에 많은 차이가 나기 때문에 작업시간도 이보다 더 단축되거나 지연되는 등 작업변수가 크기 때문에 적정인력 및 평균작업시간 산출이 매우 곤란한 문제가 있어, 단위작업당 소요인력산출에서 이러한 부분의 반영이 필요하다.

공압포설기술은 내관과 케이블간의 공기압력구배면적, 케이블무게, 포설루트의 굴곡, 마찰계수에 따라 포설거리가 제한되는데, 공사설계시 내관 및 케이블의 제원만을 가지고

포설거리를 예측하기가 어렵다. 인입측과 출구측을 각 1개소로 하여 단방향으로 포설하는 작업에 있어서, 상기 요인들에 의해 케이블 진행이 중단되는 사태가 발생할 수도 있다. 따라서, 포설루트가 복잡한 구간에서는 양방향 포설을 적용하면 무난하게 포설을 할 수가 있다.

상기와 같은 포설여건을 고려해 지하관로구간에서 공압포설공법을 원만히 적용하기 위해서는 광케이블을 포설하는 방법을 단방향포설, 양방향포설로 구분하고, 내관이음방법은 신설내관이음과 기설내관이음으로 구별하여 적용케 하는 것이 타당하다.

한편, 작업공정별 작업시간과 투입인력의 직종 등의 분석결과를 품셈으로 산출하게 되는데, 작업종류별 작업단위당소요시간을 (식1)에 준해 산출한 후, 이를 일일작업시간으로 나눔으로서 단위작업에 대한 투입인력을 산출할 수 있다.

$$\text{단위당소요시간(직종별)} = (\text{작업에 소요된 시간} * \text{투입인력수}) / \text{작업량} \text{ --- (식1)}$$

작업단위는 작업내용과 성격, 작업위치 등을 종합적으로 검토하여 광케이블포설작업은 100m당, 내관이음작업은 통과인공수(개소) 단위로 하였다.

먼저, 작업종류를 광케이블포설작업과 내관이음작업으로 분류하고, 작업종류별 포설방법과 내관시설형태별로 구분하여, 실측된 작업량에 대한 총작업시간으로 투입인력의 직종별로 단위작업당소요시간을 산출하면, <표5, 6>과 같다.

< 표5 > 작업종류별 단위당소요시간 산출결과(1)

실사항목	공기압력에 의한 광케이블포설(공기압력포설)				작업종별	광케이블 포설 작업
작업공정별	단위	작업량 (가)	소요시간 (나)	시공투입인력		단위당소요시간 (분) (나*다/가)
				직 종	인원수(다)	
(1) 작업장소 이동	100m	1,970m	137	< 인입측 >		<단방향 포설> 광케이블설치사 (385*4)/19.7 = 78 배관공 (385*2)/19.7 = 39 보통인부 (385*3)/19.7 = 58 <양방향포설> 광케이블설치사 (499*4)/19.7 = 101 배관공 (499*2)/19.7 = 51 보통인부 (499*3)/19.7 = 76
(2) 안전작업 준비			20	광케이블설치사 (작업통제자 포함)	3명	
(3) 포설작업 준비 (인입측)			33	배관공	1명	
(4) 광케이블 포설 (인입측)			76	보통인부 (안전원 1인포함)	2명	
(5) 포설작업 정리 (인입측)			18	< 출구측 >		
(6) 안전작업 정리 (인입측)			6	광케이블설치사	1명	
(7) 포설상황 감시 (출구측)			95	배관공	1명	
양방향포설에 따른 추가 공정			114	보통인부 (안전원 겸임)	1명	
소 계(양방향포설)			385(499)			

< 표6 > 작업종류별 단위당소요시간 산출결과(2)

실사항목	공기압력에 의한 광케이블 포설(공기압력포설)				작업종별	내관 이음작업	
세부작업종별	단위	작업량 (가)	소요시간 (나)	시공투입인력		단위당소요시간(분) (나*다/가)	
				직종	인원수(다)		
(1) 안전작업 준비	개소	1	20	< 통과인공 >		<신설내관> 통신케이블공 (45*1)/1 = 45 배관공 (45*1)/1 = 45 보통인부 (45*1)/1 = 45	<기설내관> 통신케이블공 (90*1)/1 = 90 배관공 (90*1)/1 = 90 보통인부 (90*1)/1 = 90
(2) 내관 확인			1	통신케이블공	1명		
(3) 내관 연장 이음			10	배관공	1명		
(4) 인공내 내관고정			5	보통인부	1명		
(5) 안전작업 정리 (인입측)			6				
(6) 이동시간			3				
기설내관에서 이음 작업시 추가공정<주>							
(7) 내관 활입 이음			9				
(8) 내관 인출 작업			36				
소 계(기설내관)			45(90)				

<주> 단, 기설내관에서 이음작업시는 내관활입이음작업으로 (3)항 내용 제외

< 표7 > 단위작업당 투입인력(품셈) 산출

작업종류	작업방법	단위 작업	투입인력의 직종	단위당 소요시간(분) (가)	일일 작업시간(분) (나)	단위작업당 투입인력(인) (가)÷(나)	비 고
광 케 이 블 포설작업	단방향포설	100m	광케이블설치사	78	480	0.16	
			배관공	39		0.08	
			보통인부	58		0.12	
	양방향포설		광케이블설치사	101		0.21	
			배관공	51		0.1	
			보통인부	76		0.15	
내 관 이 음 작업	신설내관	개소	광케이블설치사	45		0.09	
			배관공	45		0.09	
			보통인부	45		0.09	
	기설내관		광케이블설치사	90	0.18	신설내관이음 의 200%	
			배관공	90	0.18		
			보통인부	90	0.18		

이를 근거로 단위작업에 대한 투입인력수, 즉 품셈 (식2)에 준해 투입인력의 직종별로 산출하면, <표7>과 같다.

$$\text{단위작업당 투입인력(직종별)} = \text{단위당소요시간(직종별)} / \text{일일작업시간} \text{ --- (식2)}$$

투입인력산출 결과, 내관이음작업을 기설내관에서 시행하는 경우에는 신설내관의 이음작업품에 비해 약 200%, 광케이블포설방법을 양방향 포설(케이블의 8자형성)로 시행하는 경우에는 단방향으로 포설하는 작업품에 비해 직종별 25~35%정도의 할증이 필요하다.

5. 단위작업당 투입인력의 타당성 검토

가. 광케이블포설작업

공압포설공법의 작업공정별 작업소요시간에 준한 실제 포설할 시설수를 산출해 보면, 광케이블포설작업에 총 6시간 25분(385분)이 소요된 것으로 이는 광케이블 약 2km(1,970m)를 포설하는 데 소요되는 시간으로 하루 작업시간을 8시간으로 보면, 하루에 작업할 수 있는량은 2.5km임을 알 수 있다.

< 표8 > 산출된 품셈에 준한 일일작업량 및 직접노무비의 비교

구 분			광케이블포설작업	내관이음작업
작업량	단위 작업량	소요시간(가)	6시간 25분	45분
		작업량(나)	2,000m	1개소
	일일 작업량	산출방법 (8시간/(가)*(나))	8시간/6시간25분*2km	8시간/45분*1개소
		작업량(다)	2,500m(2.5km)	약 10개소
직접노무비	일일 작업량	단위작업량 비용 (소요인력*노임단가) (라)	광케이블설치사 0.16*90,147원=14,423원 배관공 0.08*48,833원=3,906원 보통인부 0.12*33,755원=4,050원 소계 22,379원/100m	광케이블설치사 0.09*90,147원=8,113원 배관공 0.09*48,833원=4,394원 보통인부 0.09*33,755원=3,037원 소계 15,544원/개소
		일일작업량 비용 ((마)=(라)*(다))	559,475원	155,440원
	일일 투입인력	산출방법 (일 투입인력 *노임단가)	광케이블설치사 4인*90,147원=360,588원 배관공 2인*48,833원=97,666원 보통인부 3인*33,755원=101,265원	광케이블설치사 1인*90,147원=90,147원 배관공 1인*48,833원=48,833원 보통인부 1인*33,755원=33,755원
		노무비	소계 559,519원	소계 172,735원

<주> 단위작업량 투입인력은 <표7>, 일일 투입인력은 <표5, 6> 참조

또한, 일일포설작업량을 직접노무비로 환산해 보면, <표8>에서와 같이 단위작업량 100m당 22,379원이 소요되므로, 일일작업량 2.5Km에 소요되는 비용은 559,475원이다. 이를 실

제 투입되는 인력의 노임단가와 비교해 보면, 광케이블기사 4명, 배관공 2명, 보통인부 3명에게 지급하여야 할 인건비는 559,519원이므로 산출된 단위당소요시간은 비교적 타당성을 갖는다고 볼 수 있다.

나. 내관이음작업

내관이음작업은 통과인공 1개소에 소요되는 시간은 45분으로서 일일 작업량은 10개 정도로 볼 수 있다. 그러나, 일일 케이블포설작업량 2.5km구간의 통과인공수(인공간 거리는 250m간격으로 기준)를 기준하면, 일일 내관이음작업은 9개로 볼 수 있지만, 이는 일일 작업량과 비슷하기 때문에, 내관이음 1개소에 대한 작업시간(45분)은 어느 정도 타당성을 갖는다고 볼 수 있다. 또한, 내관이음 1개소에 투입되는 인건비는 15,544원으로 일일 케이블포설작업량을 기준하여 환산하면 139,896원으로, 이를 실제 투입인력의 노임단가와 비교해 보면, 광케이블기사, 배관공, 보통인부 각 1인에 지급해야 할 인건비 172,735원에 비해 보면 32,839원 정도 적게 산출된다.

단위작업당 투입인력을 기준하여, 단위작업당 비용을 산출하면, <표9>와 같다.

< 표9 > 인력견인방식과 공압포설공법의 단위작업당 직접노무비 비교

직 종 별	산출방법	인력견인 방식 (100m당)	공압포설공법			
			광케이블포설(100m당)		내관이음(개소)	
			(단방향)	(양방향)	(신설)	(기설)
광케이블 설치사	소요단위(개)	0.72인	0.16인	0.21인	0.09인	0.18인
	노임단가(나)	90,147원				
	직접노무비((타)=(가)*(나))	64,905원	14,423	18,930	8,113	16,226
배관공	소요단위(개)		0.08인	0.1인	0.09인	0.18인
	노임단가(나)	48,833원				
	직접노무비((타)=(가)*(나))		3,906	4,883	4,394	8,789
보통인부	소요단위(개)	1.45인	0.12인	0.15인	0.09인	0.18인
	노임단가(나)	33,755원				
	직접노무비((타)=(가)*(나))	48,944원	4,050	5,036	3,037	6,075
소 계		113,849	22,379	28,849	15,544	31,090

다. 기계경비

공압포설공법의 작업과정 분석결과에서 알 수 있듯이 포설작업에는 공압포설장비, 콤프레샤(공기압축기/이동식), 덤프트럭이 투입되는데, 이 장비들의 기계경비를 산출하기 위한 기준이 필요하다. 기계경비는 기계손료와 운전경비, 수송비의 합계액으로서 각각의 투입장비별 기계손료와 운전경비는 건설표준품셈(기계화시공)에 준해 산출하였다. 기계경비의 산출하기 위해서는 투입되는 장비의 시간당 손료를 산출하여야 하는데, 시간당 손료는 장비취득가격에 시간당 손료계수의 합계를 곱한 값을 뜻한다. 장비별 시간당 손료계수는 다음과 같다.

(1) 공기압축기(이동식) 손료

< 표10 > 공기압축기의 손료계수(건설표준품셈, 제11장 기계화시공, p361)

규격 (m ³ /min(CFM))	가격	내용 시간	연간표준 가동시간	상각 비율	정비 비율	연간관 리비율	시간당(10 ⁻⁷)			
							상각비 계수	정비비 계수	관리비 계수	계
10.3(365)		12,000	1,200	0.9	0.7	0.14	750	583	694	2,027

(2) 공압포설장비의 손료

공압포설장비는 국내 처음도입되는 장비로서 손료계수는 정해져 있지 않으나, 용도가 케이블을 포설하는 곳에 사용되기 때문에, 일부 제수치는 전력케이블 포설시 사용되는 윈치(5TON)를 참고하거나, 시간당 손료계수 산출에 필요한 제수치들의 산출방법은 건설표준품셈(제11장 기계화시공, p361)을 근거로 하였고, 윈치는 전기부문표준품셈(제12장 기계경비 산정, p424)을 참고하였다.

(가) 상각비율 : 기계의 사용에 따른 가치의 감가액으로 공기압축기와 윈치와 동일하게 적용할 수 있고(우리나라의 경우 모든 기계에 대해 획일적으로 0.9를 정하고 있음), 상각비계수는 상각비율을 내용시간으로 나눈값을 말하며,

(다) 정비비율 : 기계의 경제적 내용시간 동안에 소요되는 정비비 누계액의 기계 취득가격에 대한 비율로서 정비비를 케이블을 포설하는 용도로 볼 때, 윈치의 정비비율(1.2)로 볼 수 있으며, 정비비계수는 정비비율을 내용시간으로 나눈값을 말한다.

(라) 연간관리비율 : 연간 소요되는 기계관리비의 평균취득가격에 대한 비율로서 모든 기종에 대해 14%, 즉 0.14로 정하고 있다.

(마) 내용시간 : 공압포설장비는 공압모타에 의해 동작되며, 공압모타의 파손은 장비의 파손으로 직결되기 때문에 제조회사측에서는 3,000시간으로 하고 있음.

(바) 연간표준가동시간 : 케이블을 관로내 포설하는 장비이기 때문에 연간가동시간을 포설장비의 가동시간으로 본다면, 약 2km정도를 포설하는 데, 소요된 시간은 56분으로서 일일작업량을 2.5km에 대해 1시간 10분이 소요되며 이 시간을 실제 공압포설장비를 가동한 시간으로 볼 수 있다. 따라서, 일일 작업시간을 1시간10분으로 본다면, 연간 평균 공휴일 65~68일을 제외한 297일을 작업할 수 있는 것으로 보았을 때, 연간 가동시간은 347시간이 되며, 따라서, 연간평균가동년수는 350시간으로 할 수 있다.

(사) 관리비계수 : 관리비계수는 다음의 식에 의해 산출할 수 있으며, 여기서 경제적내용년수와 합은 기계의 내용시간을 연간가동시간으로 나눈값을 말한다.

$$\text{관리비계수} = \frac{(1.1 \times \text{경제적내용년수} + 0.9)}{2 \times \text{경제적내용년수}} \times \frac{\text{관리비율 } 0.14}{\text{연간가동시간}} \quad \text{----- (식1)}$$

따라서, (가)~(사)항의 내용을 근거로 공압포설장비의 시간당 손실계수를 산출하면 다음과 같다.

< 표11 > 공압포설장비의 손료계수

규격 (m ³ /min(CFM))	가격	내용 시간	연간표준 가동시간	상각 비율	정비 비율	연간관 리비율	시간당 (10 ⁻⁷)			
							상각비 계수	정비비 계수	관리비 계수	계
공압포설장비		3,000	350	0.9	1.2	0.14	3,000	4,000	2,411	9,411

(3) 덤프트럭의 손료

< 표12 > 덤프트럭의 손료계수(근거 : 건설표준품셈, 제11장 기계화시공, P330)

규격 (ton)	가격	내용 시간	연간표준 가동시간	상각 비율	정비 비율	연간관 리비율	시간당 (10 ⁻⁷)			
							상각비 계수	정비비 계수	관리비 계수	계
4.5		6,000	2,000	0.9	0.45	0.14	1,500	1,600	490	3,590

(4) 운전경비

공기압축기와 덤프트럭은 건설표준품셈(제11장 기계화시공, P330)을 적용하였고, 동일한 인력이 운전을 할 수 있는 것으로 볼 수 있으며, 공압포설장비는 공기압력에

의해 장비가 구동되기 때문에 연료가 별도 소모되지 않으나 본 장비를 운용하기 위해 공기압축기의 원리, 광케이블의 기계적특성, 공압포설기술 등에 대한 전문지식과 경험을 갖는 조종원, 즉 관련장비별 건설기계운전기사가 필요하다.

< 표13 > 기계별 운전경비

기계명	규격	주연료(ℓ)	잡품(주연료비의 %)	조종원(인/일)	조수(인/일)	건설기계조장(인/일)
덤프트럭	4.5TON	6.7	44	1	-	-
공기압축기(이동식)	10.3m³/min(365CFM)	13.9	20	1	-	-
공압포설장비	10.3m³/min(365CFM)	-	-	1	-	-

(4) 기계경비의 타당성 검토

산출된 기계경비의 타당성을 검토하기 위해 장비별 시간당 손료는 (식4)와 같이 계상하면, <표14>와 같다.

$$\text{시간당 손료} = \text{장비가격} * \text{손료계수} * 10^{-7} \text{ ----- (식4)}$$

< 표14 > 기계별 시간당 및 일일 손료 산출

기계명	규격	가격(원) (가)	시간당 손료계수 (나)	시간당손료(원) (다)=(가)*(나)*10 ⁻⁷	일일손료(원) (다)*8	비고
덤프트럭	4.5TON	15,317,000	3,590	5,498	43,990	장비가격은 '99년 기준
공기압축기 (이동식)	10.3m³/min (365CFM)	24,000,000	2,027	4,864	38,912	
공압포설장비	적용케이블 10-32mm	41,320,000	9,411	38,886	311,088	
소계				49,248	393,990	

광케이블포설공사시 기계손료를 시간단위로 산출하여야 하므로, <표8>에서와 같이 공압포설공법의 작업현장에서는 실제 광케이블의 일일작업량 2.5km에 1시간 10분 밖에 소요되지 않으나, 이 작업을 위해서는 공기압축기, 공압포설장비, 덤프트럭등이 포설작업을 위한 이동 및 대기 등으로 인해 일일근무시간이 다 소요되는 것으로 볼 수 있으며,

따라서, 기계의 일일손료는 393,990원이 집행되는 것은 타당성이 있다. 이를 다시 정리하면, 일일 포설량이 2.5km임을 감안하면, 시간당 0.312km(100m에는 약 19분)를 포설할 수 있으므로, 기계손료는 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$\text{기계손료} = \text{장비가동시간(포설거리(km) / 0.312(km/시간))} * \text{시간당손료} \text{ --- (식5)}$$

운전경비의 산출은 주연료비는 장비의 가동시간으로 계상할 수 있으며, 장비가동에 따른 조정원의 노임은 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$\text{운전경비(노임)} = \text{장비가동시간} / 8 * \text{투입인력} * \text{노임단가} \text{ ----- (식6)}$$

< 표15 > 일일작업량에 준한 운전경비

구 분		내 용	비 고
일일작업량		2.5km/일	
운전경비 (노임비)	산출방법	장비가동시간 / 8 * 투입인력 * 노임단가	
	건설기계운전기사(3인)	8시간 / 8 * 3 * 53,715원 = 161,145원	
	소 계	161,145원	

6. 경제성 비교

이상에서 공압포설공법의 작업과정 및 작업시간, 투입인력 및 직종의 분석결과 도출된 단위작업당 투입인력과 투입장비의 손료 등을 작업성과 시장원리에 근접된 현실성(비용측면) 등을 종합적으로 검토하여 보완하였다.

이렇게 작성된 공압포설공법의 품셈과 기계경비를 적용하여, 광케이블의 임의 포설량에 대해 인력견인방식과의 포설비용을 비교하면, <표16>과 같다. 포설단위는 100m를 기준으로 하여 포설거리가 1km인 경우를 가정하였고, 공압포설공법에서 광케이블의 포설방법별 및 내관이음방법별로 구분하여 비교하였다.

< 표16 > 광케이블 1km포설시 인력견인방식과 공압포설공법의 경제성 비교

구 분		인력견인 방식	공압포설공법(원)			
			광케이블포설(단방향)		광케이블포설(양방향)	
			신설내관	기설내관	신설내관	기설내관
100m당 단가(가)		113,849	22,379		28,849	
개소당 내관이음단가(나)			15,544	31,090	15,544	31,090
1km케이블포설비용 (다)=(가)*10		1,138,490	223,790원		288,490원	
내관이음비용 (라)=(나)*3			46,632	93,270	46,632	93,270
소 계 (마)=(다)+(라)		1,138,490	270,422	317,060	335,122	381,760
기계경비	공기압축기		1/0.312 * 4,864원 = 15,589원			
	공압포설장비		1/0.312 * 38,886원 = 124,634원			
	덤프트럭		1/0.312 * 5,498원 = 17,621원			
	운전경비(노임)		(1/0.312)/8 * 3 * 53,715원 = 64,561원			
	소 계		222,405			
합 계		1,138,490	492,827	539,465	557,527	604,165
인력견인방식에 대한 비교		100%	43%	47%	49%	53%

<표16>에서 알 수 있듯이 위 산출된 공압포설공법의 단위작업별 투입인력이나 기계경비 산출기준을 적용하여 포설비용을 산출하면, 인력견인방식에 비해 43~53%정도밖에 되지 않는다. 이는 본 공법이 갖는 장점중 적은 투입인력(인력견인방식의 약 50%), 포설작업 시간 단축, 단순한 작업과정 등에 의해 주어진 결과로 볼 수 있다. 또한, 공압포설공법의 가장 큰 단점인 포설구간내에 존재하는 통과인공에서의 내관이음작업인데, 이에 따른 노무비가 공압포설공법의 9~15%를 차지하고 있어, 포설구간에 내관이 절단되어 있지 않고 연장되어 있을 경우에는 포설공사비용을 55~61%까지 절감할 수 있다. 또한, 통과인공내 내관이음작업으로 인해 내관으로부터 노출된 광케이블이 없어 스파이날취부작업에 따른 비용도 줄일 수 있고, 내관에 견인선을 포설할 필요가 없기 때문에 견인선포설품도 줄일 수 있다. 즉, 인력견인방식의 광케이블포설비용에 스파이날취부, 견인선포설 등의 추가공정비용을 포함하면, 공압포설공법은 광케이블 1km포설시 인력견인방식의 포설비용을 38~47%으로 낮출 수 있다.

< 표17 > 인력견인포설방식의 추가공정 비용분석

공 정	단위	직 접 노 무 비				재료비	1km포설시비용 (= 공압포설시 절감액)	추가공정 대비 공압포설공 법에서의 절감율
		직종	소요 인력	단가 (원)	소계 (원)			
스파이날 취부(직3호)	개소	보통인부	0.14	33,755	4,725	스파이날 13,200원/4m	17,925원/개소 *3 = 53,755원	1.6~2.3%
견인선포설	100m	통신외선공	0.04	73,980	2,959	견인선 28원/m*103 m=2,884원	8,880원/100m *10 = 88,800원	2.7~3.6%
		보통인부	0.09	33,755	3,037			
소 계							142,555원	4.2~5.5%

공압포설공법은 인력견인방식에 비해 광케이블포설방법이나 내관이음방법에 따라 차이가 있으나, 적게는 47%, 많게는 57%까지 절감효과를 기대할 수 있을 것이다.

한편, 만약에 공기압축기나 공압포설장비가 아주 고가여서 공압포설공법의 비용이 인력견인방식과 동일하게 산출된다 하더라도, 공압포설공법은 포설작업시 광케이블의 기계적 특성을 최소화할 수 있어, 케이블의 신뢰도를 완전히 보장할 수 있는 장점이 있기 때문에 공사현장에서는 본 공법을 적용하는 것이 효과적이라 할 수 있다.

7. 공압포설공법의 품셈정리

상기 공압포설공법에 의한 광케이블포설공사 설계를 위한 단위작업당 투입인력, 투입장비의 기계경비, 즉 일위대가산출을 위한 품셈을 정리하면 아래와 같다.

3-49 광섬유케이블 설치

공 종	규 격	단 위	투입인력(인)		
			광케이블설치사	배관공	보통인부
관로케이블포설	공기압력포설	100m당	0.16	0.08	0.12
	내관이음(신설)	인공개소	0.09	0.09	0.09

[해설(현행의 내용에 추가 및 수정사항)]

- 양방향포설시는 공기압력포설품에 광케이블설치사 132%, 배관공 125%, 보통인부 125%를 각각 적용.
- 내관이음은 통과인공내에서 단절된 내관의 상호이음을 뜻하며, 신설내관을 기준한 것으로 시설내관의 이음에서는 본 품의 200%를 적용.
※ 신설내관이라 함은 광케이블포설시기로부터 PVC관로에 내관이 시설된지 3개월 이내의 구간이나 광케이블포설과 같은 기간에 시행되는 내관포설구간(그 밖의 구간은 시설내관으로 본다.)
- 시설내관의 이음작업품은 내관활입이음과 관구내로 들어 가있는 내관을 인출하는 작업이 포함 됨.
- 3-49 [해설] ⑤에서 견인선포설은 공압포설에서는 적용되지 않으며, ⑥항의 포설장비는 견인포설공법에서 사용하는 견인포설장비를 의미하는 것으로 ⑤, ⑥항을 아래와 같이 변경

변 경 전	변 경 후
⑤ 내관청소, 선통은 견인선포설품에 포함되고, 정리 및 소운반품은 광섬유케이블포설품에 포함됨. ⑥ 포설품은 인력포설을 기준하였으며, 포설장비 사용시는 보통인부품을 23% 삭감	⑤ 내관청소, 선통은 견인선포설품에 포함되고, 견인선포설품은 견인포설공법(인력포설)에 적용하며 , 정리 및 소운반품은 광섬유케이블포설품에 포함됨. ⑥ 포설품은 견인포설공법의 인력견인방식을 기준하였으며, 견인포설장비 사용시는 보통인부품을 23% 삭감

5. 기계경비 산출

(1) 공기압축기(이동식)의 손료계수(건설표준품셈, 제11장 기계화시공, P361)

규격 (m ³ /min(CFM))	가격	내용 시간	연간표준 가동시간	상각 비율	정비 비율	연간관 리비율	시간당 (10 ⁻⁷)			
							상각비 계수	정비비 계수	관리비 계수	계
10.3(365)		12,000	1,200	0.9	0.7	0.14	750	583	694	2,027

(2) 공압포설장비의 손료계수

규격 (m ³ /min(CFM))	가격	내용 시간	연간표준 가동시간	상각 비율	정비 비율	연간관 리비율	시간당 (10 ⁻⁷)			
							상각비 계수	정비비 계수	관리비 계수	계
공압포설장비		3,000	350	0.9	1.2	0.14	3,000	4,000	2,411	9,411

(3) 덤프트럭의 손료계수(근거 : 건설표준품셈, 제11장 기계화시공, P330)

규격 (ton)	가격	내용 시간	연간표준 가동시간	상각 비율	정비 비율	연간관 리비율	시간당 (10 ⁻⁷)			
							상각비 계수	정비비 계수	관리비 계수	계
4.5		6,000	2,000	0.9	0.45	0.14	1,500	1,600	490	3,590

(4) 운전경비 산출

기계명	규격	주연료(ℓ)	잡품(주연료 비의 %)	조종원 (인/일)	조수 (인/일)	건설기계조 장(인/일)
덤프트럭	4.5TON	6.7	44	1	-	-
공기압축기(이동식)	10.3m ³ /min(365CFM)	13.9	20	1	-	-
공압포설장비	10.3m ³ /min(365CFM)			1	-	-

(5) 장비가격(참고)

기계명	규격	가격(원)	비고
덤프트럭	4.5TON	15,317,000	
공기압축기(이동식)	10.3m ³ /min(365CFM)	24,000,000	
공압포설장비	적용케이블 10-32mm	41,320,000	

[해설]

1. 기계손료시는 장비가동시간을 계상하여 시간당 손료를 곱하여 산출하여야 하는데,
케이블포설작업에 따른 장비가동시간은 $\text{포설거리(km)} \div 0.312(\text{km/h})$ 와 같이 산출.
2. 운전경비의 조정원은 건설기계운전기사로 하며, 장비가동시간을 일일작업량으로 환산하여 산출. (운전경비(노임) = 장비가동시간 / 8 * 투입인력 * 노임단가)

< 부록1 > 세부작업종별 작업시간측정(1)

실사항목	공기압력에 의한 광케이블포설	공사구간	'99 충주모자국 광케이블공사 (충주-수안보, 충주-단양)		실사자/소속	오성근/가임자망연구소 최종근/충주건설국			
작업공정	작업내용	기초실사		현장실사				시공투입인력	
		1차(4.23) / 2,008m	2차(4.23) / 2,099m	3차(4.29) / 1,927m	4차(4.29) / 1,999m	5차(4.30) / 1,985m	평균소요 시간	직종	인원수
(1) 작업장소 이동	(가) 자재 및 공구 수령	-	-	-	-	-	17'	광	
	(나) 안전교육	-	-	-	-	-	10'	광,배,장, 보	
	(다) 현장이동(왕복)	-	-	-	-	-	110'	장	
	소 계						137'		
(2) 안전작업 준비	(가) 안전표시판 설치	3'40"	-	5'30"	4'20"	4'30"	4'46"	보	1
	(나) 인공뚜껑 열기	-	-	-	-	-	3'	보	1
	(다) 유해게스탐지, 환기작업	-	-	-	-	3'51"	4'	광	1
	(라) 인공내 양수작업	-	-	-	-	-	8'	보	1
	소 계						19'46"		
(3) 포설작업 준비	(가) 광케이블드럼 설치	10'11"	11'05"	10'25"	7'38"	10'25"	9'26"	광	2
	(나) 콤프레샤 설치	7'	-	-	-	-	7'	장	1
	(다) 공압포설장비 설치	1'20"	2'15"	2'30"	1'35"	1'15"	1'46"	장	1
	(라) 내관 연장이음	5'	5'15"	3'51"	4'10"	3'20"	3'40"	배	1
	(마) 내관 청소	6'11"	7'46"	8'13"	13'05"	12'10"	11'08"	광	2
	소 계						33'		
(4) 광케이블 포설	(가) 내관내 윤활제 주입	46"	38"	49"	56"	52"	52"	광	1
	(나) 내관연결	3'	2'15"	5'39"	5'47"	5'44"	5'43"	장	1
	(다) 윤활제 불어 넣기	3'22"	-	4'15"	4'30"	3'16"	4'	장	1
	(라) 광케이블종단 처리	1'15"	2'25"	-	-	-	1'50"	광	1
	(마) 케이블 밀어 넣기	3'	2'10"	2'	1'30"	1'29"	3'	광	1
	(바) 광케이블 포설	45'10"	43'30"	42'	41'06"	42'10"	56'	광,장	광2,장1
	(사) 내관 및 광케이블 분리	2'49"	3'55"	3'10"/2	1'26"/3	4'50"/1	4'50"	장	1
	소 계						76'		
(5) 광케이블 포설작업 정리	(가) 내관연장 이음부 해체	2'15"	3'20"	1'20"	3'46"	4'30"	3'12"	배	1
	(나) 잔여케이블 정리	45"	1'15"	2'36"	1'59"	1'47"	2'07"	광	1
	(다) 공압포설장비 철거	-	-	1'45"	2'36"	2'20"	2'13"	장	1
	(라) 인공내 케이블 고정	-	-	-	-	-	3'	광	1
	(마) 공기구, 공드럼 적재	5'36"	-	7'15"	6'45"	8'10"	7'23'	보	1
	소 계						17'55"		
(6) 안전작업 정리	(가) 인공뚜껑닫기						3'	보	1
	(나) 안전표시판 철거						3'	보	1
	소 계						6'		
(7) 포설상황 감시	(가) 안전작업준비((2)항 적용)						19'46"	광,보	4
	(나) 내관 연장이음	3'45"	-	1'50"	3'46"	4'30"	3'40"	배	1
	(다) 내관 고정	45"	1'15"	36"	55"	-	45"	배	1
	(라) 광케이블 포설상태 감시	45'10"	43'30"	42'	41'06"	42'10"	56'	광	1
	(마) 내관연장 이음부 해체	-	-	-	-	-	3'12"	배	1
	(바) 광케이블 정리	1'58"	-	1'22"	2'49"	3'15"	2'28"	광	3
	(사) 인공내 광케이블 고정	-	-	-	-	-	3'	광	1
	(사) 안전작업정리((6)항 적용)						6'	보	2
	소 계						94'51"		
총 계							384'32"	6시간25분	

< 부록2 > 세부작업종별 작업시간측정(2)

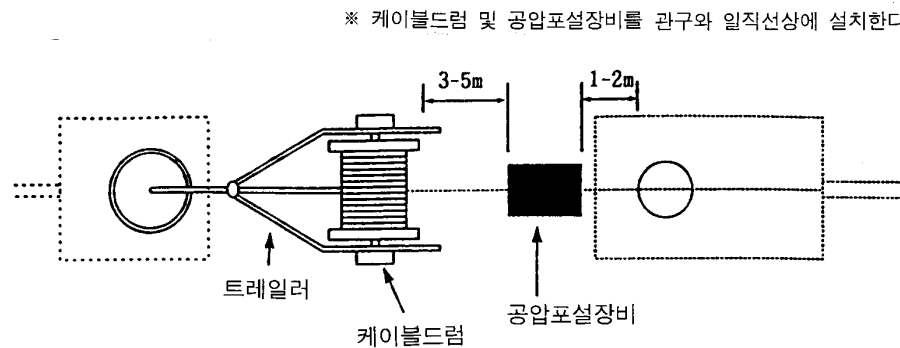
실사항목	공기압력에 의한 광케이블포설	공사구간	'99 충주모자국 광케이블공사 (충주-수안보, 충주-단양)		실사자/소속	오성근/가입자망연구소 최종근/충주건설국			
작업공정	작업내용	기초실사		현장실사				시공투입인력	
		1차(4.23) / 2,008m	2차(4.23) / 2,099m	3차(4.29) / 1,927m	4차(4.29) / 1,999m	5차(4.30) / 1,985m	평균 소요 시간	직종	인원수
(8) 양방향포설시 가공정	(가) 내관 연장이음부 해체	-	-	-	-	-	3'12"	배	1
	(나) 내관 연장이음(역방향)	-	-	-	-	-	3'40"	배	1
	(다) 내관 청소	-	-	-	-	-	8'03"	광	2
	(라) 내관내 윤활제 주입	-	-	-	-	-	52"	광	1
	(마) 내관 연결	-	-	-	-	-	5'43"	장	1
	(바) 윤활제 붙어 넣기	-	-	-	-	-	2'	장	1
	(사) 광케이블 종단 처리	-	-	-	-	-	1'50"	광	1
	(아) 광케이블 밀어 넣기	-	-	-	-	-	3'	광	1
	(재) 내관 및 광케이블 분리	-	-	-	-	-	4'50"	장	1
	(차) 내관 연장이음(정,역방향)	-	-	-	-	-	3'40"	배	1
	(카) 잔여 광케이블 정리	-	-	-	-	-	9'59"	광	1
	(타) 내관 고정	-	-	-	-	-	5'	광	1
	(파) 광케이블의 8자형성	-	-	-	-	-	13'26"	광	3
	(하) 포설상황감시 ((7)항 적용,(태)은 제외)	-	-	-	-	-	38'51"	광,배,보	
	(ㄱ) 이동시간(역방향 출구측)	-	-	-	-	-	10'	광,배,보	
	소 계						114'06"	1시간 54분	
(9) 내관이음 작업 (신설)	(가) 안전작업준비((2)항 적용)						19'46"	광,보	
	(나) 내관 확인	-	-	46"	-	-	46"	광	1
	(다) 내관연장 이음	-	-	9'30"	-	3'51"	9'30"	배	1
	(라) 내관 고정	-	-	5'	-	-	5'	광	1
	(마) 안전작업정리((6)항 적용)						6'	보	
	(바) 이동시간						3'	광,배,보	
	소 계						45'02"	45분	
(10) 내관이음 작업 (기설)	(가) 안전작업준비((2)항 적용)						19'46"	광,보	
	(나) 내관 확인	-	-	46"	-	-	46"	광	1
	(다) 내관 활입이음	-	-	19'	-	-	19'	배	1
	(라) 내관 인출작업	-	-	36'	-	-	36'	배	1
	(마) 내관 고정	-	-	5'	-	-	5'	광	1
	(바) 안전작업정리((6)항 적용)						6'	보	
	(사) 이동시간						3'	광,배,보	
	소 계						89'32"	1시간 29분	

<시공투입인력> 작업종별 난이도 및 중요성을 감안하여 적용
/ 보 ; 보통인부, 광 ; 광케이블기사, 배 ; 배관공, 장 ; 장비운전원 / 세부작업별 소요인력

공압포설공법의 작업과정

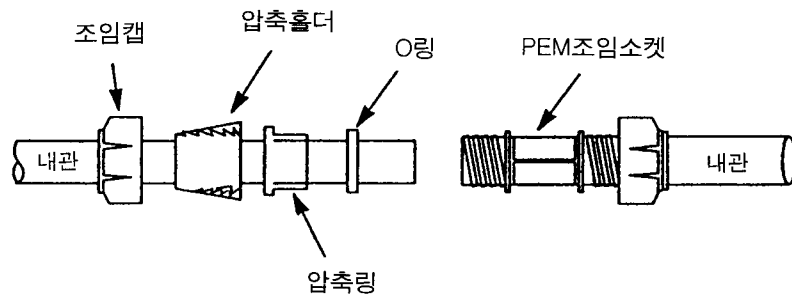
(1) 작업준비

- (가) 인입측(Feeding side) 인공의 1~2m 후방(포설방향의 반대측)에 공압포설장비, 그로부터 3~5m 후방에 광케이블드럼을 관구와 일직선이 되도록 (그림2-28)과 같이 위치시키고, 콤프레샤는 이곳으로 부터 비교적 안전한 거리에 설치한다.



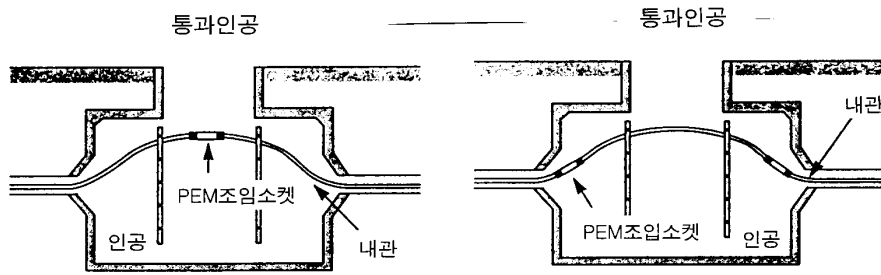
(그림2-28) 공압포설장비 및 콤프레샤 설치

- (나) 포설구간의 통과인공내 단절되어 있는 내관을 PEM조임소켓으로 견고하게 이음하여 포설할 내관의 처음과 끝을 밀폐시킨다. 이때, 이음할 내관의 길이가 짧을 경우는 예비 내관을 삽입하여 이음하고, 내관 이음부에서 간격이나 턱(또는 Bead현상)이 발생하지 않도록 주의해야 한다.



(그림2-29) PEM조임소켓에 의한 내관연결방법

- (다) 인공내 이음된 내관은 허용곡률반경을 준수하여 케이블반침대측으로 돌려서 케이블결이에 케이블타이로 고정시킨다. 이때, 내관은 다른 케이블들로 부터 짓눌림을 받지 않도록 하고, 유동현상이 발생하지 않도록 하여야 한다.



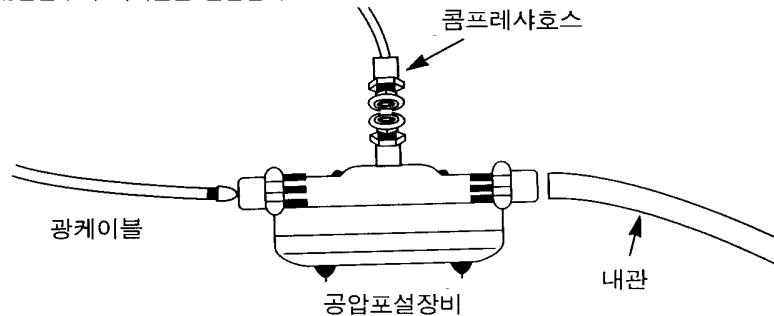
(a) 내관의 여장이 충분한 경우

(B) 예비내관을 활입한 경우

(그림2-30) 통과인공내 내관정리 및 고정

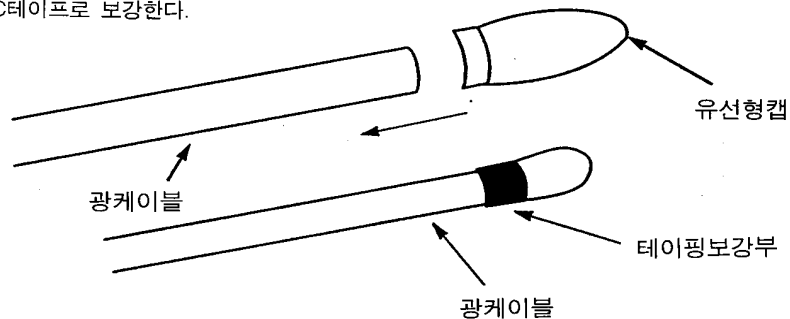
- (라) 인입측 인공내 관구에서 부터 내관을 연장하여 (그림2-31)과 같이 공압포설장비의 내관연결부에 견고하게 조임한다.
- (마) 공압포설장비에 콤프레샤의 공기호스를 견고하게 연결시키고, 케이블 시단은 (그림 2-32)와 같이 유선형캡을 씌운다.

※ 케이블출구측에 내관을 견고하게 연결하고,
케이블인입부에 케이블을 인입한다.



(그림2-31) 공압포설장비에 내관연결작업

※ 케이블종단에 유선형캡을 씌우고,
PVC테이프로 보강한다.



(그림2-32) 케이블의 시단처리

- (바) 출구측(Outlet side) 인공내 관구에서 부터 내관을 3m 정도 연장시켜 인공밖으로 빼내

어 관구와 일직선의 방향으로 움직이지 않게 고정한다.

(사) 인입측에는 드럼에서 케이블풀기작업을 하기 위한 인력 2명, 공압포설장비 운용자 1명, 콤프레샤 운용자 1명 등 4명을 배치하고, 출구측에는 내관 종단의 공기압력상태 등을 감시하기 위한 감시요원 1명을 배치한다.

(아) 포설작업 통제자는 인입측에서 포설작업 전반을 지휘하고, 포설작업에 임하는 작업자들은 통제자의 지시에 따라야 한다.

(2) 포설작업

(가) 공압포설장비에 연결된 내관의 시단에서 부터 출구측 종단까지 내관이 완전히 밀폐되었는가를 확인한다.

(나) 케이블을 내관내 불어 넣기 전에 길이가 3-5cm정도되는 스폰지를 밀어넣고, 공기압력으로 내관 내부의 이물질을 제거한다.

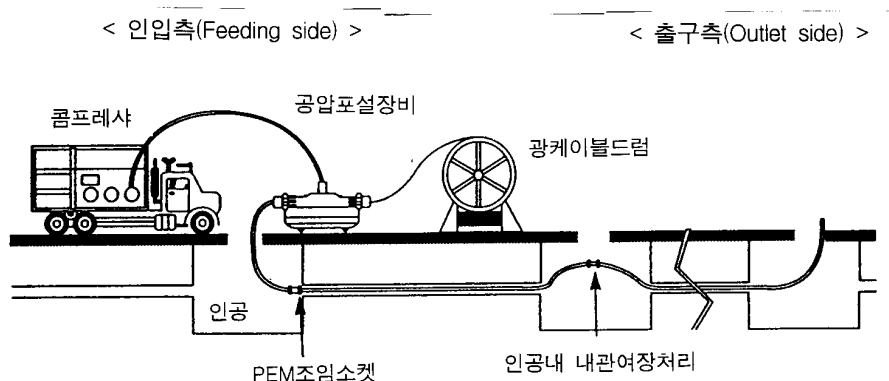
(다) 내관에 공압용윤활제(파라핀오일 등)를 공기압력으로 불어 넣어 내관내벽을 코팅하여 윤활막을 형성시킨다.

(라) 유선형캡이 씌워진 케이블시단을 공압포설장비에 연결된 내관내로 30~50m 정도 손으로 밀어 넣는다.

(마) 공압포설장비를 동작시켜 케이블을 내관내 공기압력으로 불어 넣는다. 단 사전에 윤활제로 내관내벽을 코팅하지 않고, 윤활제와 동시에 케이블을 불어 넣는 방법도 적용이 가능하다.

(바) 공압포설은 포설속도와 내관에 불어 넣는 공기의 압력(약 7bar이상)이 높기 때문에, 인입측의 케이블풀기작업 및 내관연결상태, 출구측의 내관 고정상태 등 작업의 안전성을 높일 수 있도록 각별히 주의해야 한다.

(사) 통제자는 포설과정과 공기압력 등을 수시로 점검하고, 안전하게 포설작업이 진행될 수 있도록 포설속도를 적정하게 조정한다.



(그림2-33) 공압포설공법에 의한 케이블 포설

(아) 출구측에서 케이블시단이 확인되면, 접속점에서의 필요여장 만큼의 길이를 더 확보하고 작업을 중단한다.

(자) 포설작업중 돌발적인 사고로 더 이상 케이블을 포설할 수 없을 때는 케이블8자형성법

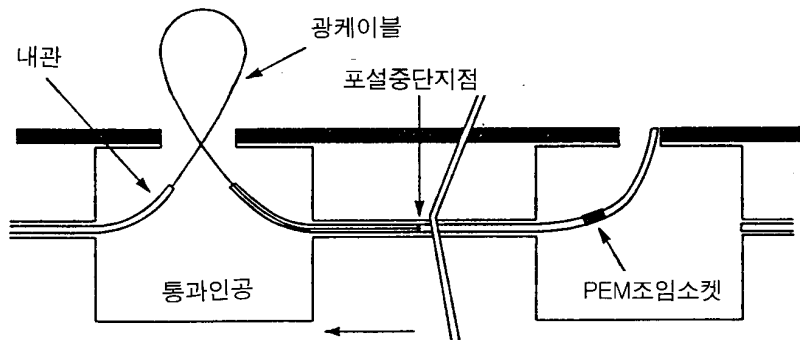
에 의해 다음과 같이 조치한다.

1) 공압포설장비를 1대 사용하는 경우

- 가) 포설중단지점 전의 통과인공을 임시출구인공으로 설정하고 내관을 분리한다.
- 나) 내관이 분리된 인공에서 출구측으로 포설된 케이블을 역방향으로 (그림2-34)와 같이 인출한다.
- 다) 인출된 케이블을 지면에 8자형으로 차곡차곡 적층시켜 정리하고, 8자 형성된 케이블은 시단부가 아래로 가도록 뒤집는다.((그림2-38)참조)

< 임시출구측 >

< 출구측 >



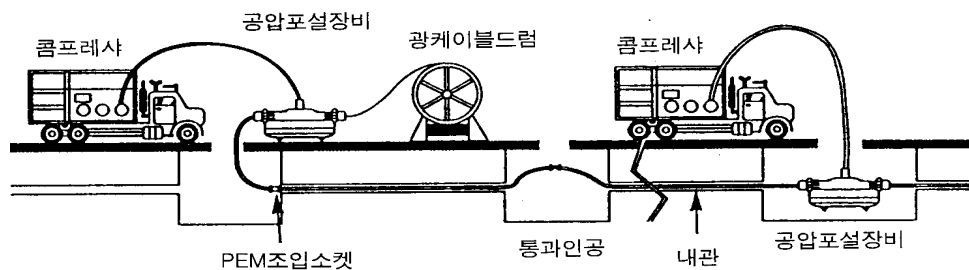
※ 임시출구측에서 케이블을 포설반대방향으로 빼낸다.

(그림2-34) 포설중단지점에서의 케이블인출

- 라) 임시출구인공에서 분리된 인입측의 내관을 인공밖으로 연장 하여 고정시킨다.
- 마) 인입측에서 공압포설장비로 케이블을 낮은 속도(10m/분 이하)로 불러 넣는다.
- 바) 임시출구인공으로 나오는 케이블을 8자형성부에 차곡차곡 적층한다.
- 사) 임시출구인공에서 출구측으로 포설되지 않은 구간의 길이 만 큼 케이블여장이 확보되면, 8자형으로 적층된 케이블의 시단부가 위로 향하게 다시 뒤집어 놓는다.

< 인입측 >

< 인입측(2차) >



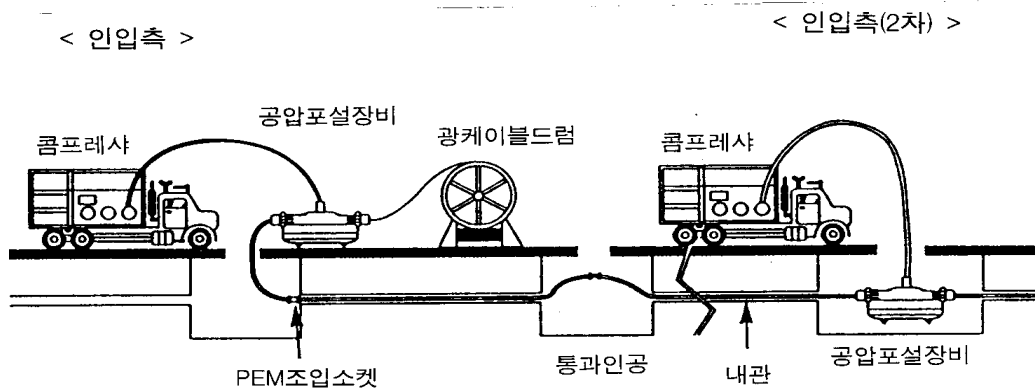
(그림2-35) 포설중단지점에서의 케이블포설

아) 공압포설장비를 임시출구인공에 설치하고, 출구측으로 케이블을 공압으로 불어 넣는다.

2) 공압포설장비를 2대 이상 사용하는 경우

가) 포설중단지점 전의 통과인공을 임시출구인공으로 설정하고 내관을 분리한다.

나) 임시출구인공내에 공압포설장비를 (그림2-36)과 같이 직렬(Cascade)로 설치한다.



(그림2-36) 공압포설장비의 직렬설치

다) 임시출구인공내 설치된 공압포설장비에 케이블을 삽입시킨 후, 인입측과 출구측의 내관을 연결한다.

라) 인입측과 임시출구인공내 직렬로 설치된 공압포설장비를 동작시켜 케이블을 공압으로 불어 넣는다. 이때, 인입측 및 임시출구인공내 설치된 공압포설장비 상호간은 속도를 동조시켜야 한다.

(3) 광케이블의 정리

(가) 접속점이 있는 인공은 견인포설공법을 준용한다.

(나) 접속점이 없는 통과인공내 광케이블은 내관에 의해 케이블이 보호되기 때문에 내관이 음부를 해체시키지 않고 내관이 고정되어 있는 상태로 둔다((그림2-30)참조).

(4) 광케이블 보호

(가) 통과인공내 광케이블은 내관내 수용되어 있어, 외부의 충격으로 부터 보호되기 때문에 스파이럴 취부작업을 별도로 시행하지 않는다.

(나) 광케이블접속이 완료된 후, 접속점인공내 노출된 케이블의 여장은 외부충격으로 부터 케이블이 보호될 수 있도록 스파이럴을 이중으로 중첩되게 씌우고, 케이블고정시 허용곡률반경에 유의하여 감아 정리한 후, 인공벽에 새들로 고정시킨다((그림2-26(b))참조).

(다) 접속점인공내 내관에 의해 보호되지 않는 광케이블은 내관용 케이블고정프러그를 내관과 케이블사이에 끼워넣고, 케이블이 내관 중단에서 움직이지 않도록 케이블을 고정시킨다((그림2-27)참조).