

용비교의 개수를 위한 해체철거공사 Demolition Works for Reconstruction of YongBi Bridge



정 영 수*



정 춘 택**

1. 서 론

1970년대이후 중동지역의 건설시장 개척으로 국내의 경제성장의 견인차 역할을 주도한 각종의 해외 건설공사는 국내의 급속한 경제성장의 가속화 및 각종 사회기반시설에 대한 투자를 크게 확충시키어 각종 토목 및 건축공사 등이 활발하였다. 한편, 급격한 교통량의 증가는 도로의 확장 및 신설, 지하철 건설, 고속선철 건설 등 사회간접자본시설의 건설이 더한층 가속화시키고 있는 실정이다. 그러나, 최근의 사회기반시설의 확충은 기존 시설들의 성능개선을 절실히 요구하고 있으나, 1970년대에 급속하게 준공된 구조물들은 당초의 부실공사는 물론 유지관리의 소홀함으로 많은 구조물들이 준공된 지 약 20여년의 짧은 시간이 지났지만 심한 노후화가 발생되어 사용성에 많은 문제점을 야기하고 있는 것이 현실이다.

본 소고에서 소개하고자 하는 용비교는 표 1 및

사진 1에서 보인 바와 같이 1970년에 준공된 Plate Girder형식의 교량구조물로서 준공된 지 약 25년이 지났지만, 국내의 급속한 경제발전에 의한 산업불동량의 확대는 교통량 및 중차량의 증가를 초래하여 구조물에 많은 손상과 노후화가 발생되었다. 이로 인하여, 사용성에 심각한 문제를 일으키는 물론 설계하중을 DB18에서 DB24로 증가시키기 위하여 전면적인 개수로 결정된 교량이다. 본 소고의 목적은 본 교량의 해체철거공사에 적용된 공법을 소개함은 물론 사회적인 요구에 따라 철거가 바람직한 차후의 각종 구조물의 해체철거

표 1 용비교의 이력사항

교 량 명	용 비 교
준공 년도	1970년 12월
소 개 지	성수1가 685
형 식	Plate Girder교 (23경간 단선교)
교 차	중력식
기 초	원형, 타원형
교 폭	7.5m
교 상	575,600m
설 계 하중	DB 18

* 성회원, 중앙대학교 건설대학 토목공학과 부교수
** 전일기술단 구조부 상부이사 용비교 감리단장

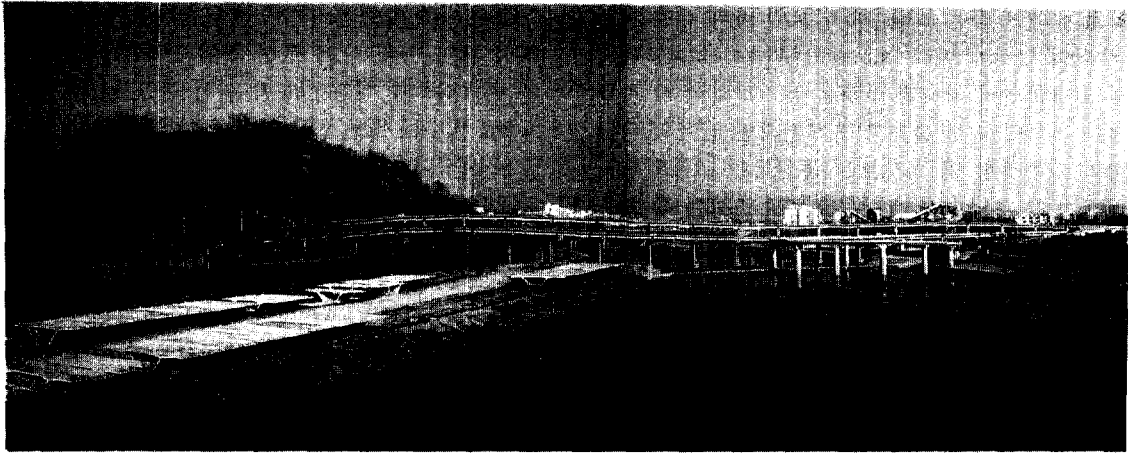


사진 1 해체철거전 용비교의 전경

에 소개된 공법의 적용 및 이를 기초로 새로운 해체철거공법이 개발되기를 바라는 것이다.

2. 해체철거공사의 개요

최근에 준공된지 약 20여년이 지난 1970년대에 시공된 한강상의 주요 교량 등은 상부슬래브의 파손 및 편침문제 등으로 인하여 교통혼잡을 초래하는 사고가 빈번하게 발생하여 교량에 대한 주기적이고 적절한 유지보수의 필요성을 절실히 요구하고 있는 실정이다. 이러한 교량의 파손과 노후화는 주기적이고 합리적인 안전성평가의 필요성을 크게 대두시키고 있으며, 이에 따라 서울특별시에서도 시내의 주요 구조물들을 주기적으로 안전진단을 실시함은 물론 주요 구조물의 안전을 위한 유지관리부서가 대폭 강화되고 있는 것은 바람직한 일이라 하겠다.

본 소고에서 소개하고자 하는 용비교는 주기적인 안전성평가결과 및 설계하중을 DB18에서 DB24로 성능개선했어야 하는 필요성이 요구되어 전면적인 개수공사를 수행하기로 된 구조물이다. 따라서, 우선 선행되어야 하는 해체철거공사는 1995년 12월에 시작하여 1996년 6월경에 완료되는 것으로 계획되었으며 주요 해체철거 구조물은 다음과 같다.

* 슬래브 콘크리트 : 9,082 m³

- * 강제 주형 : 120본(상행선 60, 하행선 60)
- * 가로보 : 771본(상행선 388, 하행선 383)
- * 교대 : 6기(상행선 3, 하행선 3)
- * 교각 : 32기

상기와 같은 교량 구조물의 해체철거공사는 철거순서에 따른 안전성이 요구되는 바 주요 구조물의 철거순서는 다음과 같다.

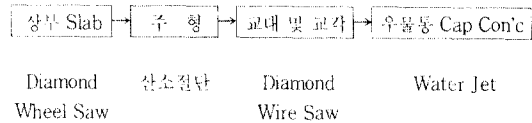


그림 1 해체철거 공사순서

특히, 본 용비교는 그다지 큰 교량이 아니지만, 현재 해체철거되는 각 공정마다 안전관리를 위하여 제반 안전성을 검토 등을 수행하고 있으나, 주로 해체철거 전문업체의 전문성 및 경험에 의한 안전성검토등이 수행되고 있다. 따라서, 향후 복잡한 구조물의 해체철거는 공사단계마다 안전성을 위한 제반의 구조해석이 필요하리라 사료된다.

3. 주요철거공법

우선 철거순서는 상부슬래브, 주형 및 가로보, 교대 및 교각 그리고 우물통 Capping Concrete 순으로 이어진다. 상부슬래브의 노면포장, 철근 콘

크리트 슬래브 등은 그림 2에서 보인 바와 같이 강재 주형의 위치에 따라 Diamond Wheel Saw공법으로 절단하면서 격리된 부분을 제거하면서 각 시간별로 전 콘크리트 슬래브가 제거되면 잔여의 격자형의 강재주형 및 가로보는 동원되는 크레인의 용량에 따라 종방향의 절단필요성을 조사한 후 차례로 제거하는 순서로 시공된다. 한편, 교각 및 교대는 Diamond Wire Saw공법으로 교각 및 교대를 수평으로 크기에 따라 2 혹은 3 부분으로 절단하여 제거한다. 그리고, 우물통 기초의 상부 콘크리트는 Water Jet방식으로 정리되며, 본 해체철거공사를 위하여 동원되는 주요 장비는 표 2와 같고, 구조물별 해체철거공법은 다음과 같다.

표 2 주요 해체철거 장비

품 명	규 격	수 량
Diamond Wire Saw	45HP	2대
Wheel Saw	60HP	2대
	24HP	1대
Core Drill	5HP	3대
Water Jet		1대
Breaker	1.0m ³	1대
	0.5m ³	2대
Crane	150T	3대

3.1 상판 콘크리트 및 주형 해체철거공사

3.1.1 해체철거공법

상판 슬래브 콘크리트의 해체철거공사는 사진 2에서 보인 바와 같이 우선 외부 강재주형의 난간부 콘크리트를 인양 hole을 위한 천공작업후 Diamond Wheel Saw공법으로 슬래브를 절단인양하면서 시작되며, 슬래브 절단시 강재주형의 정확한 위치를 파악하여 절단동안 강재에 손상이 가지 않도록 최대한 유의해야 한다. 내부 주형사이의 콘크리트 슬래브는 그림 2에서 보인 바와 같이 주형과 가로보 사이의 콘크리트 슬래브에 우선 인양을 위한 4개의 lifting hole을 천공(사진 3)한 후 주형과 가로보의 가장자리 부분을 Diamond Wheel Saw공법으로 절단한 후 천공된 4개의 lifting hole을 통하여 wire를 설치한 후 150ton 크레인을 이용하여 순차적으로 제거한다. 사진 4와 5는 각각 인양되는 콘크리트 슬래브 블록 및 슬래브가 인양완료된 모습을 보여주고 있다. Diamond Wheel Saw공법으로 슬래브 콘크리트를 절단하면서 그림 2의 사선친 부분에서 보인 바와 같이 강재주형 및 가로보 상부에 부착된 콘크리트는 파쇄 제거된다. 시간별 모든 난간 및 콘크리트 슬래브가 제거되면 잔여의 격자형의 강재 주형 및 가로보 구조물을 2개의 부분으로 산소절단하여 각각 인양하면서 해체된다.(사진 6) 인양되는 격자형의 강재구조물은 동원되는 크레인의 용량에 따라 종방향으로의 절단을 검토하여 한번에 인양하면서 철거될 수도 있다. 사진 7은 전 지간의 슬래브가

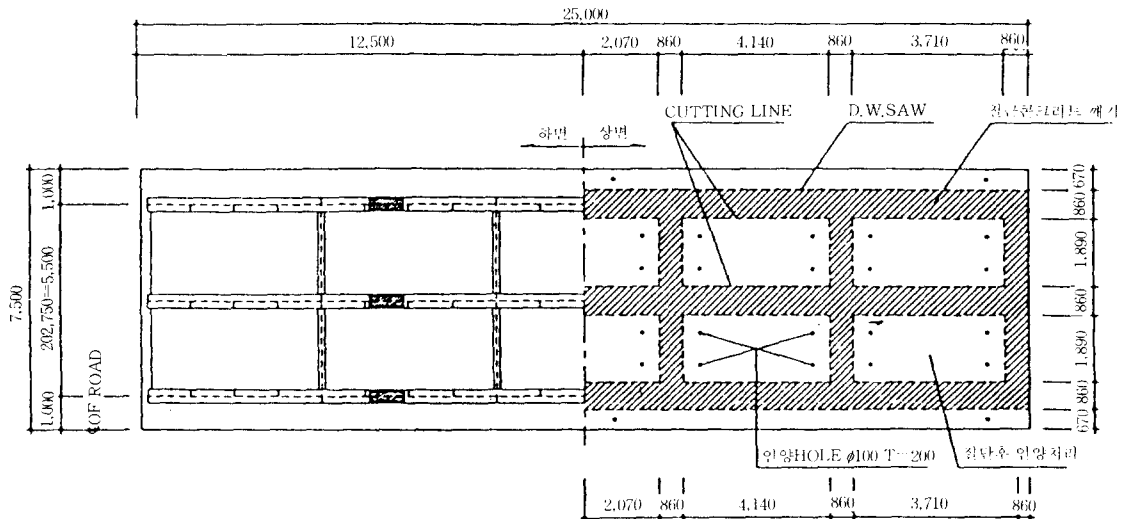


그림 2 상부 슬래브 콘크리트 및 강재 주형 인양계획

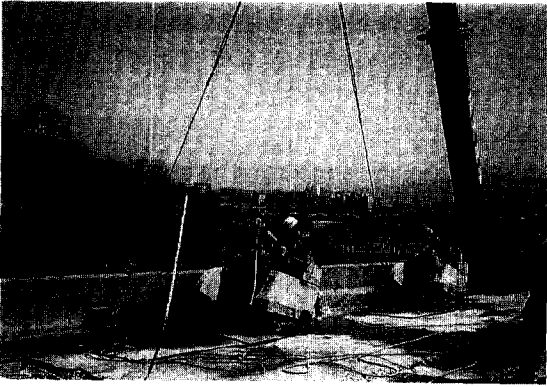


사진 2 난간 슬래브 콘크리트 인양작업

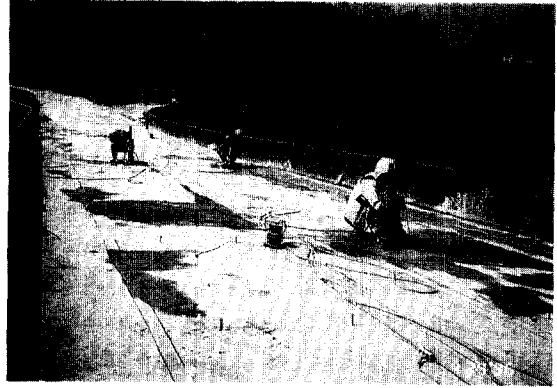


사진 3 Lifting Hole을 위한 천공작업

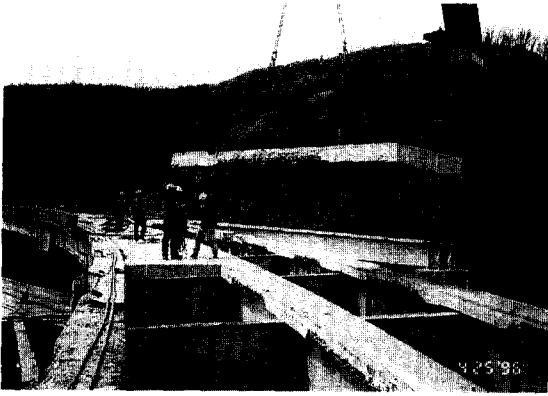


사진 4 인양되는 슬래브 콘크리트 블록

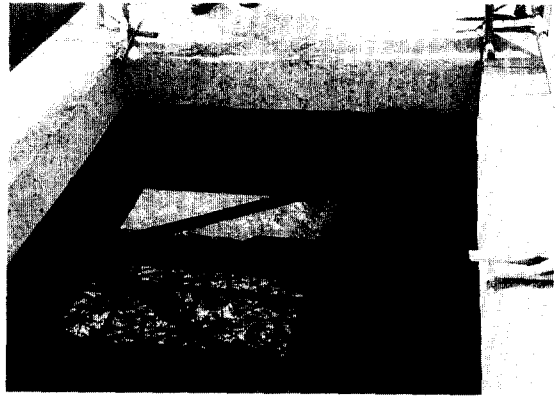


사진 5 인양완료후의 콘크리트 슬래브모습

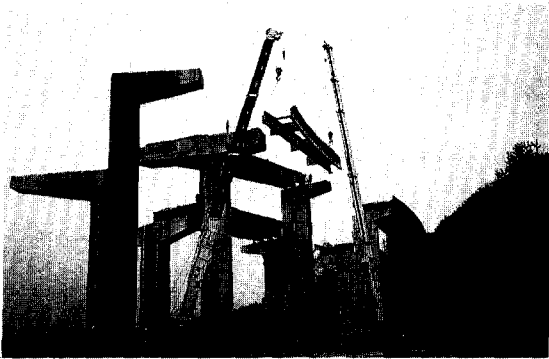


사진 6 절단된 격자형 강재주형 및 가로보의 인양모습



사진 7 임의 지간의 전슬래브가 인양된 후의 모습

인양완료된 후의 격자형의 강재 주형 및 가로보의 모습을 보여주고 있다.

특히, 천공 및 슬래브의 절단은 공정에 따라 계속적으로 수행하지만, 순차적인 인양공정을 위해

이 난간 및 슬래브 등의 절단은 각 블록별로 일부 구간의 절단을 크레인의 wire에 매달린 상태에서 최종수행한 후 인양되므로 콘크리트 블록의 낙하를 방지한다. 최종절단길이의 길정은 현장의 안전

사고 예방을 위하여 안전성에 대한 검토계산등의 과정을 거쳐야 한다. 안전성을 감안한 시공계획에 따라 단계별로 철거가 시행되도록 하여야 하며, 현장여건에 따라 철거전문업체의 전문성 및 경험에 의한 해체철거공사가 수행되고 있는 것이 국내의 실정이다. 따라서, 최근의 부실공사의 예방 및 안전사고에 대한 사회적인 관심이 고조되고 있는 현실을 감안하여 철거의 매단계마다 안전성 검토가 필요하다. 즉, 공법에 따른 매 공정마다 안전을 위한 단계별 검토가 반드시 필요하리라 생각된다. 특히, 일부의 용비교하부에는 동부간선도로 및 철도가 통과하고 있는 상태인지라 해체철거공사동안 일부 자재 및 해체물의 낙하는 심각한 사고를 유발할 가능성이 있으므로 적절한 시기에 교통통제하에 공사를 수행하는 것도 바람직하리라 생각한다. 개략적인 해체철거순서는 다음과 같다.

- 1) Lifting hole 천공
- 2) 난간 및 슬래브 절단
- 3) 절단된 난간 및 슬래브 인양제거
- 4) 격자형 주형 및 가로보 구조물 인양제거

3.1.2 Diamond Wheel Saw 공법

본 공법은 grinder와 같은 원리이며 사진 8에서 보인 바와 같이 grinder의 날대신에 diamond를 회전원판의 칼날에 용접시키어 전동엔진으로 고속회전시키어 철근 콘크리트를 직선상으로 절단하는 것이다. 이 공법의 장단점 및 유의사항은 다음과 같다.

* 장점

- 1) 작업성이 좋고 해체부재의 운반이 용이하다.
- 2) 진동 및 분진이 적다.
- 3) 동원장비에 따라 작업일정을 자유로이 조절할 수 있다.
- 4) 절단공사를 위한 가시설물의 요구가 적다.
- 5) 설계도면에 따라 부재절단길이의 정확한 산출 즉 공사량을 정확히 산정할 수 있으며 이에 따른 정확한 공정계획을 세울 수 있다.

* 단점

- 1) 절단시에 소음의 문제를 발생시킨다. 필요시 소음기를 부착해야 한다.
- 2) 기둥 및 보의 각부 등의 절단이 어렵다

- 3) 블레이드의 가격이 상대적으로 고가이다.
- 4) 본 공법에는 전력 및 물의 지속적인 공급이 필요하다.

* 유의사항

- 1) 절단작업 및 장비 이동시 바닥판은 평탄해야 한다.
- 2) 급배수시설등을 항상 점검해야 한다.
- 3) 톱날의 부착이 안전한가 항상 확인해야 한다.
- 4) 절단도중 과열될 위험이 있으므로 필요시 일시 작업중단 혹은 냉각시켜야 한다.
- 5) 절단시 톱날이 절단면사이에 꼭 끼일때가 있으므로 유의해야 한다.



사진 8 Diamond Wheel Saw에 의한 슬래브 절단모습

3.2 교각 및 교대 해체공사

3.2.1 해체철거공법

교각 및 교대의 해체철거공사는 사진 9에서 보인 바와 같이 Diamond Wire Saw공법을 사용하여 수행한다. 교각의 형태 및 크기에 따라 cutting line을 여러개 즉 해체대상 구조물을 여러개의 조각으로 분리하여 해체인양할 수 있다. 본 용비교의 교각 및 교대해체는 기본적으로 상부 cutting line과 하부 cutting line으로 계획되어 2개의 콘크리트 블록을 순차적으로 해체인양한다.

본 해체철거공법은 교각 및 교대의 절단하고자 하는 부분의 주위에 다이아몬드 와이어 쏘를 걸고 연결시킨 후 구동도르래로 고속회전시키면서 기



사진 9 Diamond Wire Saw에 의한 교각 절단모습

계본체(구동장치)를 주행, 이동시키기도 하고, 유압실린더에 의해 구동도르래를 이동시켜 와이어에 작용하는 장력을 조절하면서 구조물을 절단한다. 공간의 제약이 있는 본 해체공사에서는 가이드 폴리를 사용하여 기계에서 절단부위까지 와이어 방향을 적절히 조절하여 수평방향으로 절단한다. 특히, 본 해체공법을 적용할 시 절단작업동안 wire saw의 끊어짐은 현상에 심각한 사고를 발생시킬 수 있으므로, wire에 작용하는 장력을 계속적으로 점검하여야 한다. 그리고, 최종 절단시에는 절단되는 부위의 낙하방지를 위하여 각별한 주의할 해야하며 크레인에 인양된 상태에서 최종절단을 수행해야 한다. 그리고, 최대 절단면적은 기계의 동력과 와이어의 길이에 따라 달라지고, 절단동안 wire를 교체할 수 없으므로, wire의 수명이 다하기 전에 절단이 끝날 수 있도록 와이어의 길이를 충분히 확보해야 한다.

3.2.2 Diamond Wire Saw 공법

본 공법은 유럽에서 채석작업용으로 개발되었으나 현재는 구조물의 해체절기 및 개축공사에 사용되면서 콘크리트 구조물의 대량 해체공사에 일대 혁신을 가져오고 있는 것으로 평가받고 있다. 이 공법은 지상이나 지하, 수중에서는 물론 협소한 공간에서도 구조물을 신속하게 절단해체할 수 있는 장점이 있으며, 그림 3에서 보인 바와 같이 일련의 가이드 폴리를 사용하여 일정한 간격으로 다이아몬드 비트가 박힌 와이어를 절단 대상물에

감아 걸고 구동장치로 고속회전시켜 구조물을 절단하는 해체기술이다. 이 공법은 깨끗한 절단면을 요구하는 건물의 증축 및 개보수, 공해(소음, 진동, 분진)로 인한 피해의 영향이 큰 곳, 해체 폐기물로 인한 수질오염의 발생이 우려되는 강이나 하천을 통과하는 교량과 항만의 방파제 해체 등에 적용된다.

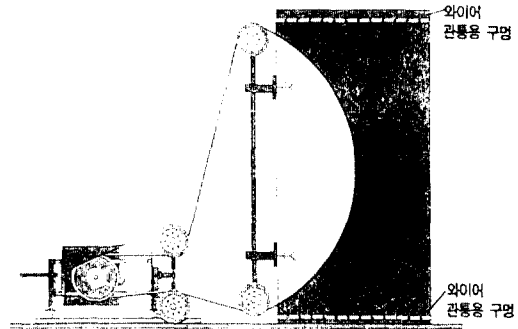


그림 3 가이드 폴리를 이용한 Diamond Wire Saw에 의한 벽면절단 도해

비트의 직경은 통상 10~12mm로 케이블 1m당 40~50개의 비트가 일정 간격으로 장착되어 있는 것이 보통이다. 다이아몬드 와이어는 원형으로 연결하여 구동 휠에 장착하고 중동휠을 이용하여 기계에서 전달 대상물까지 방향을 조정한다. 와이어는 구동휠의 회전운동에 의해 구동되며, 구동휠은 이동장치에 장착되어 있는 유압모터나 전기모터에 의해 회전된다. 이때 유압모터나 전기모터에 의한 구동휠의 후진운동으로 와이어의 장력을 유지하면서 절단작업이 수행된다. 본 구동 시스템에 필요한 유압은 25~40Hp 정도이고, 전기나 가솔

표 3 다이아몬드 와이어 및 유압유니트의 사양

와이어		유압 유니트	도출압력	280kg/cm ²
작용 와이어 직경	φ 10		도출유량	85/100l/min
Pulley 회전수	0~670rpm	유압탱크유량	60l	
Pulley 직경	φ 790	오일냉각	22kw 0.75kw	
송출스트로크	1200mm	전동기	가변피스트럼프	
송출속도	0~3m/min	유압펌프	피스트럼프	
선회각도	360°			
본체 상하 스트로크	120mm			
유압모터	피스트럼프			
송출장치	유압실린더			

표 4 다이아몬드 와이어 쏘의 작업조건 및 성능

구 분	성 능
와이어 속도	15~30 m/sec
와이어 장력	45~270 kg
절 단 율	1~4 m ² /hr
와이어 수명	1~3 m ² /m

린 또는 디젤엔진에 의하여 공급되며 구동휠 본체의 회전속도는 통상 15~30m/sec이다. 다이아몬드 와이어 쏘의 시방은 표 3과 같다. 본 공법의 절단능력은 절단대상물의 특성에 따라 차이가 있으나 철근콘크리트 절단시 절단율은 1~4m²/hr, 와이어 수명은 1~3m²/m가 보통이다. 다이아몬드 와이어 쏘 공법의 작업조건 및 성능은 표 4와 같다.

본 공법은 소음, 분진 및 진동이 매우 작으므로 공해가 발생하지 않으나 절단면의 냉각을 위하여 다량의 물을 사용하므로 배수처리를 잘 고려할 필요가 있다. 본 공법의 장단점 및 유의사항은 다음과 같다.

*** 장점**

- 1) 소음, 분진 소음 등의 공해가 적다.
- 2) 절단깊이나 대상물에 제약이 적다.
- 3) 절단속도가 타 방법에 비하여 빠르다.
- 4) 좁은 장소, 수중에서도 절단이 가능하다.
- 5) 절단에 의한 구조물의 손상(크랙, 잔류응력)이 거의 없다.

*** 단점**

- 1) 장비가 고가이다.
- 2) 사전 준비작업등 가시철물의 공사가 선행되어야 한다.

*** 유의사항**

- 1) 절단작업중 와이어가 끊어지거나 수명이 다할 경우, 와이어교체가 곤란하다.
- 2) 절단 대상물의 절단면적을 고려하여 와이어의 길이를 잘 결정하여야 한다.
- 3) 절단면에 고온이 발생하므로 냉각수 공급을 적절히 하여야 한다.

3.3 기타 해체공사

3.3.1 기타 구조물의 해체철거공법

교각 및 교대의 해체철거공사가 수행된 후 기존의 교각 및 교대의 기초는 개수되는 용비교의 교각 및 교대의 기초로 전용되므로 기초의 상부면의 정리등은 사진 10에서 보인 바와 같은 Water Jet 공법으로 수행된다. 본 과업에 사용되는 워터제트에 의한 파쇄공법은 초고압, 초고속 물의 噴射에 의한 충격에너지에 의해 콘크리트 구조물을 파쇄하는 것으로서, 콘크리트 파쇄에 필요한 분사압력을 콘크리트 강도의 10~15배(3,000~4,500kg/cm²정도의 압력)이상으로 초고속분사수를 콘크리트에 충돌시키어 발생된 충격력에 의하여 콘크리트를 분사점을 중심으로 박리되어 파쇄시키는 것이다.

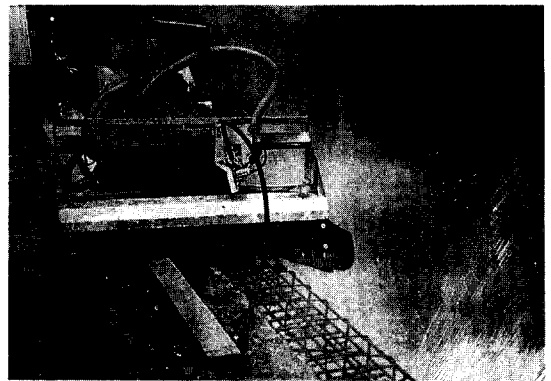


사진 10 Water Jet에 의한 Capping Concrete 정리모습

3.3.2 Water Jet 공법

본 공법은 극미한 nozzle을 통과한 음속이상의 초고압·고속수를 해체대상 콘크리트 구조물에 연속적으로 분사시키어 물의 충격에너지에 의해 콘크리트를 파쇄시키는 원리로서 초고속 분사수가 사용되고 있으며, 발생방법은 파스칼의 원리를 이용한다. 이 방법은 대형의 유압기구를 필요로 하기 때문에 건설 수 있는 피스톤의 Seal 기술을 필요로 한다. 콘크리트의 파쇄효과는 콘크리트의 강도, 제트압력에 의해 큰 영향을 받지만 적정한 제트압력으로 파쇄할 때 두께 30cm의 콘크리트에서 약 8cm/min 정도의 속도로 절단 가능하나 철

근의 절단은 곤란하다. 본 공법은 분진과 진동 등의 공해는 없으나, 장비의 운전음, 물의 분사음 및 콘크리트의 파쇄음 등의 공해가 발생하며 본 공법의 장단점 및 유의사항은 다음과 같다.

*** 장점**

- 1) 절단기를 대상물에 접촉시키지 않고 임의의 방향으로 절단이 가능하며, 수중에서도 절단 가능하다.
- 2) 노즐부는 경량이며, 분사류의 반력도 작기 때문에 높은 곳과 비교적 협소한 장소에서도 시공이 가능하다.
- 3) 분진과 진동의 공해가 적다.

*** 단점**

- 1) 물의 배수처리가 필요하다.
- 2) 제트음은 비교적 작으나, 고압수 발생장치에서의 소음 및 콘크리트의 파쇄음에 의한 공해가 크다.

*** 유의사항**

- 1) 제트압력이 크기 때문에 제트수를 사람에게 직접 부딪히지 않도록 한다.
- 2) 상온의 물은 압력 7,000kg/cm²에서 결빙하기 때문에 그 이상으로 사용하는 경우 동결방지제(글리세린 50%의 혼합수등)를 이용해야 한다.
- 3) 장비에서 발생하는 소음처리에 대한 대책을 마련하여야 한다.
- 4) 연속적인 배수처리가 요구된다.
- 5) 절단위치에 따라 해체속도가 다르므로, 효율적인 절단부위로 공사를 수행해야 바람직하다.

4. 결론 및 개선점

1970년대이후 국내의 급속한 경제성장으로 각종 사회기반시설의 투자가 크게 확충되면서 도로, 항만, 공항 및 각종 토목 및 건축공사 등이 활발하

게 시공·준공되었지만, 당시의 건설공사의 풍토인 돌관공사의 여망 및 기술수준의 부족 등으로 많은 구조물이 부실하게 건설되었던 것이 사실이다. 그러한 구조물등이 준공된지 20여년이 지나는데 지금의 시점에서 지난 2~3년동안 우리는 기술 선진국의 진입을 위하여 너무나 엄청난 인명 및 재산상의 손실을 당하여 값비싼 수업료를 부담하였으며, 이제는 더이상의 출혈을 방지해야 한다. 따라서, 유지관리 및 시공중의 안전관리 등에 많은 관심을 집중시켜야 다시는 인재에 의한 손실을 최대한으로 억제해야 한다. 이는 모든 기술자의 사명임은 물론 관리자 및 국민들의 공사에 대한 인식의 전환이 요구되는 것이다.

일반적으로 해체철거공사는 분진, 소음, 진동 등 많은 공해를 유발하고 있지만 본 용비교의 해체철거공사는 주거지역에서 격리되어 있음은 물론 북쪽에 위치한 용봉산이 발생하는 많은 소음을 흡수하고 있는 탓에 일반적으로 예상되는 공해에 의한 민원은 거의 없다. 그러나, 제반 실험을 수행한 후 현재의 부족한 골재난의 해결방안으로 파쇄되는 각종 콘크리트를 재활용골재 혹은 도로의 기층재료등으로의 사용을 강구하는 것이 바람직하나 현재는 성토등 매립으로 사용하고 있는 것이 아쉬운 점이였다. 본 소고에서는 당초 해체철거공사를 수행하고 있는 S건설에 부탁한 바 있으나 여건이 여의치 못하여 저자들과 함께 현장방문을 통한 자료를 수집하면서 현장에서의 획기적인 공법 및 각 공법에 따른 현장에서의 문제점을 제기하였다. 특히, 안전관리에 많은 주의가 필요한 해체철거공사인 만큼 사고의 위험은 언제나 상존하고 있음을 업무에 두면서 단계별 필요한 점검사항을 반드시 수행할 것을 제언한다. 특히, 난간 및 슬래브 콘크리트의 최종절단길이의 산정등은 간단히 점검할 수 있는 사항으로 반드시 검토하여 작업반별 현장수칙을 마련하는 것이 바람직하며, 돌다리도 두들겨 가면서 공사를 수행하기를 바란다. 