

수해복구 현장 시공사례
(영동선 분천~승부간 각급천 제1,2교량)
A Case study on a flood disaster restoration work

신현곤*
Shin, Hyeon-Kon

김지훈**
Kim, Ji-Hoon

배준현***
Bae, Jun-Hyun

이주혁***
Lee, Ju-Hyuk

ABSTRACT

Recently the unexpected damage is broken out by the unusual change of weather. Misfortune on top of misfortune the typhoon did great damage again before finishing the repair work. And then we should study about the repair work of fast and safety as well as the construction of safety. The paper suggests the case study of a fast disaster restoration work. To minimise the term of repair work which selects Fast Track Method . This work is pcessed as follows. Temporary resortation is progressed at the same time as the main resortation. And In this paper, technique to evaluate the capacity of bridge is tried to develop by means of FEM analysis.

1. 서론

2003년 제 14호 태풍 매미는 제주도 서귀포 남쪽해상에서 북동진한 대형 태풍으로 중심부근에서는 초속 41m/s의 강풍을 동반했다. 이 태풍은 제주도 동쪽 해상을 지나 경상도를 거쳐 9월 13일 아침 울진 앞바다를 거쳐 동해상으로 진출하였다. 특히 영동지방은 작년 폭우의 상처가 아물기도 전에 내린 폭우로 피해가 더욱더 컸다. 또한 이 태풍이 상륙할 때는 사리 때와 만조시간이 겹쳐 최대수위는 부산이 134cm, 제주 260cm까지 올랐다. 이때 강풍과 폭우로 원자력 발전소, 영동선 교량유실, 각종산업시설, 부산항 대형크레인 11기가 파손되고, 사망 130명, 정전사태, 주택, 농경지 침수피해등 총 피해액은 4조 7천 8백억 원 으로 집계되었다.

지구온난화로 인한 기상이변이 빈번한 이때 태풍의 위력이 점차 강해진다는 사실은 누구도 부인할 수 없게 되었다. 특히 하절기 태풍이 사리 때 (음력 그믐과 보름)에 우리나라 부근을 지나면 삼면이 바다인 한반도는 해일 피해로부터 안전지대가 아니다. 건물을 좀더 안전하고 튼튼하게 짓는 것도 중요하지만 그와 동시에 빠르고 안전한 복구방법 역시 병행하여 연구되어야 비상시에 빠르게 대처할 수 있을 것이다.

* 극동건설주식회사 토목기술영업팀 상무 , 정회원

** 극동건설주식회사 영동선 각급천 건설현장소장 , 비회원

** 극동건설주식회사 토목기술영업팀 사원 , 정회원

따라서 본 논문은 ‘영동선 분천~승부간 각급천 1,2교량의 긴급수해복구 시공사례를 통한 단기간의 수해복구 방법을 제시하여 비상 복구시에 도움이 되고자 한다.

2. 현장개요

본 교량은 영주기점 영동선 67.177 km (L = 3,769m)에 위치한 교량으로 낙동강 상류발원지인 경북 봉화군 동북쪽에 위치하고 있으며 주변지역은 험준한 산들이 분포하고 있다. 유로는 계곡사이로 형성되어 유속이 빠른 편이며 교량구간의 하천의 선형은 S자를 그리며 통과하고 있다. 또한 분천~승부간 노선연장 9.85km 이고 선로등급은 병급선으로 최급기울기 22.5%, 최소 곡선반경 R=250m이며 단선 전철로 운행되고 있다.



Fig.1 현장 위치도

2.1 현장붕괴상황

각급천 1교,2교의 교량은 2003년 태풍 ‘매미’로 인해 Fig.2와 같이 교량이 붕괴되는 피해가 발생하였다. 각급천 1(L=92m)의 경우 태풍 매미가 통과한 순간적인 강수량 (203mm) 및 풍속의 영향으로 교량에 변상이 발생하였다. 하부구조 총 4개 (P1~4)의 교각 중 3개(P1~3)의 교각이 하부 확대기초 상단에서 전단 상태로 조사되었고, 나머지 1개(P4)교각은 상단에 국부적인 변상이 발견되었다.

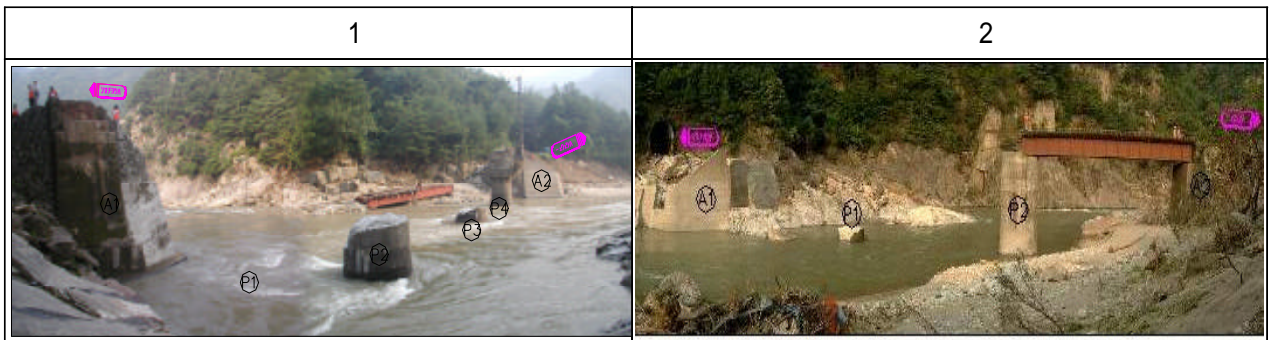


Fig.2 손상된 각급천 1교 ,2교

각급천 2교(L=58m)의 경우 하부구조 총 2개(P1~2)의 교각 중 1개(P1)의 교각이 하부 확대기초 상단에서 전단된 상태로 조사되었다. 특히 각급천 2교의 경우는 2002년 발생한 태풍 ‘루사’때도 교대(A1)배면이 유실되었었던 매우 취약한 교량 이다.

이러한 피해의 붕괴 원인은 (1) 상류에 방치된 암석에 의한 충돌하중과 유수압의 복합적인 힘으로 타설 상태가 취약한 위치를 절단시켜 발생, (2) 통수단면적을 확보하지 못하는 지형적인 여건과 유수가 상부레일 부분에서 월류로 인한 상부 거더 탈락으로 볼 수 있다.

2.2 현장진입여건

태풍 “매미”로 인해 석포-승부간 도로가 낙동강 횡단구간 및 여러 구간이 유실됨에 따라 육상의 기존 진입도로는 진입 불가, 수해 현장까지 현장접근도로가 없고, 철도 주변도 수해복구

공사 중이어서 반입에 필요한 열차운행이 제한적으로 운행되면서, 모든 인력, 장비, 자재 반입을 철도에 의존해야 했으며, 열차 배차 및 통과높이가 3.6m로 제한적인 상황으로 현장 여건은 매우 열악한 상태였다.

3. 복구방안

3.1 공사개요

공사기간(응급복구)은 총 41일간(2003. 9. 19~10. 29) 시행되어졌다.

각급천 교량의 긴급복구 하부구조 설계는 긴급수해복구 공사임을 감안하여 공기단축의 최우선 목표하에 경제성 및 본복구 구조물에의 유용성등을 고려하여 설계하였다.

우선 기존 교각 구조물의 절단면 및 기존 푸팅을 치핑하고 면정리 후 강판을 설치하고 교각구조물은 H-Beam을 이용 팔각기둥으로 제작한 후 현장에 가설하였다. 이때 기 설치된 Rock Anchor와의 연결부는 강결로 처리하여 본복구 교각 완성시 횡하중, 유수압등에 의한 전도력에 대하여 Rock Anchor와 기반암과의 부착에 의한 힘으로 저항하도록 설계하였다. 각급천 1,2교량의 긴급복구 공사 완료 후 콘크리트 공사를 실시하였다. (일부 하부구조 기초는 긴급복구 기간 중에 시공함.) 교량 하부구조는 철골구조물을 이용하여 철근 배치 후 콘크리트로 보강하여 본복구 구조물로 적용하도록 설계하였다.

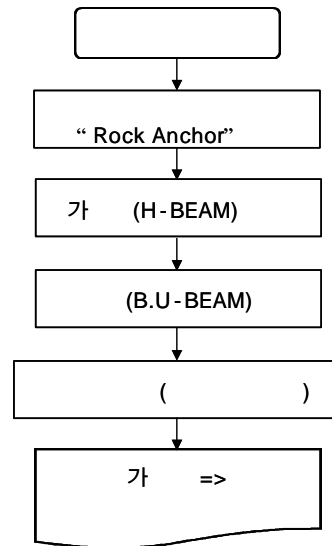


Fig.3 시공 순서도

교량의 하부구조는 대부분 기반암인 연암상에 놓여져 있으나 제2교 P3는 기초 밑에 자갈층이 1.2m이상 분포하여 향후 교각의 안정성이 우려되어 프리젯 공법을 이용하여 안전하게 시공하였다. Fig.4에서는 기존교량과 재시공된 교량의 그림을 볼 수 있다.

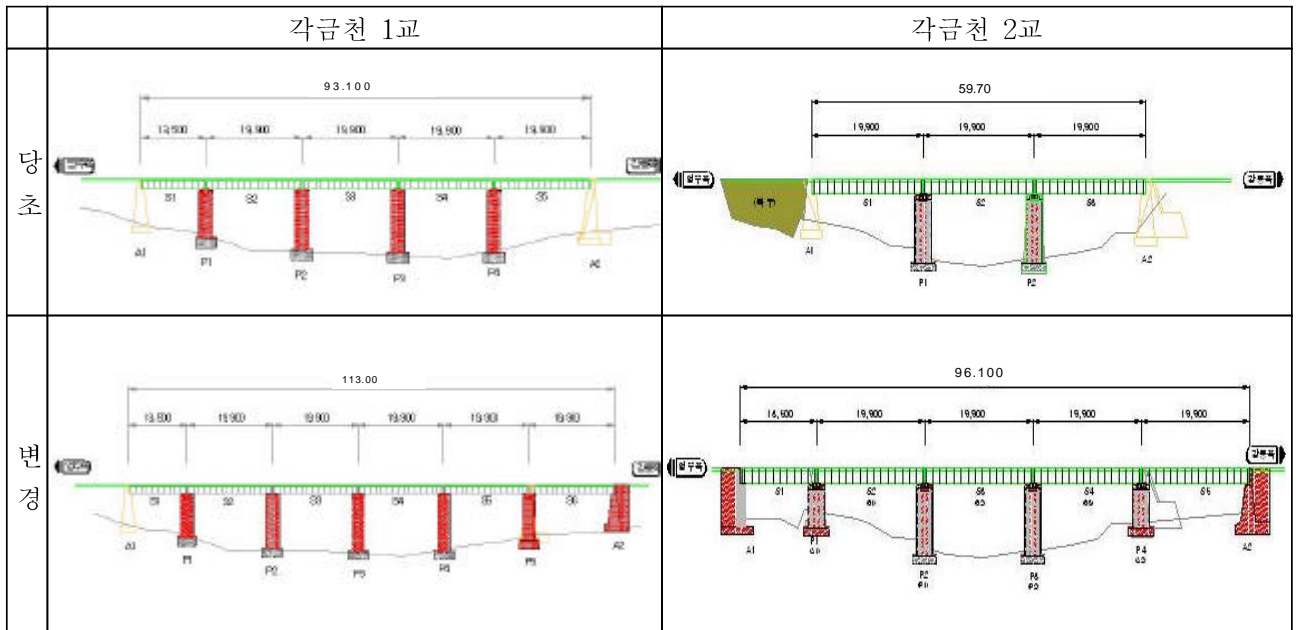


Fig.4 각급천 1교, 2교

당초 각금천 1교(91.6m) 및 각금천 2교(58.1m)가 하천폭이 부족하여 폭우가 발생시 하천의 단면부족 및 교대부분이 유수의 흐름에 저촉되어 각 교량의 연장을 늘려 하천의 유수단면을 확보하기위해 교량의 길이를 각각 1경간씩 늘렸다.

3.2 시공방법

(1) Fast track 방식도입

Fast track 방식도입으로 Fig.5에서 볼 수 있듯이 공기일수의 단축과 경제적인 효용을 얻을 수 있었다.

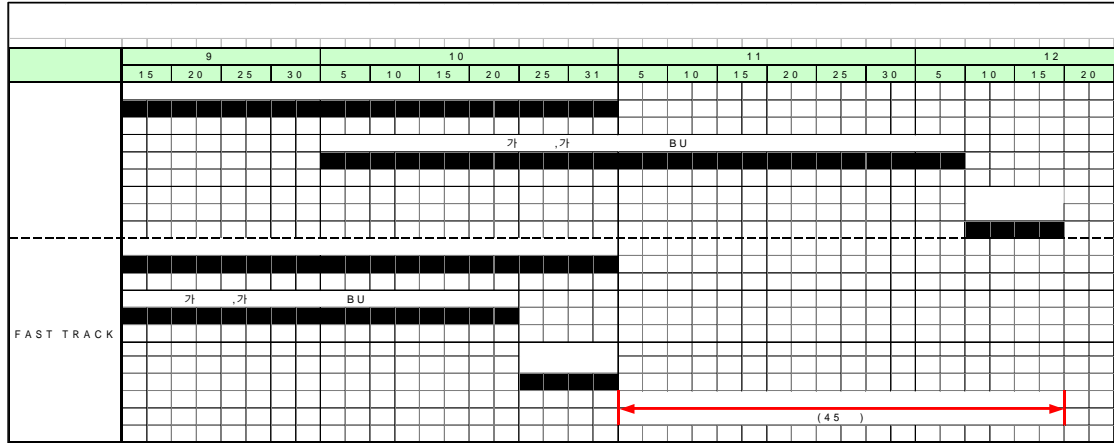


Fig.5 일반공정표와 Fast Track방식을 도입한 공정표

이 방식은 시공을 하면서 동시에 설계를 병행하는 방법으로 전통적인 설계-구매 / 계약-시공의 직렬식 진행과 설계, 구매 및 계약, 시공의 각 단계를 일정기간 중첩해서 진행하는 즉, 병렬식 진행 방식을 말한다. 본 교량의 경우는 상부 빔 설치할 시 총11 경간 중 3경간을 우회(석포⇒태백⇒영월⇒제천⇒단양⇒영주⇒봉화⇒분천)시켜 설치하였고 설치기간동안에 육상 유실부(터널포함, L=400m)를 복구하는 즉, 가복구와 본 복구를 병행 시행하는 방법을 이용하여 공기단축, 원가절감, 열차 운행 중 안전사고 사전차단 등의 효과를 볼 수 있었다.

3.3 안전도 해석

(1) 유한요소 해석

안전도를 검사하기위해서 유한요소 해석프로그램인 MIDAS로 모델링하여 응력값을 산출해 보았다. Fig. 6은 교대와 레일사이의 교좌장치에 관한 모델링이다.

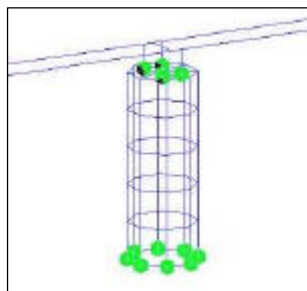


Fig.6 교좌장치 모델링

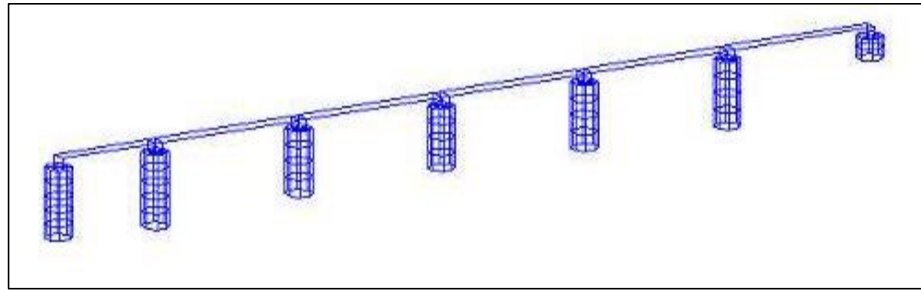


Fig.7 각급천 1교 모델링

표 1, 2, 3은 FEM해석을 통해 재시공된 교량의 응력값 산출을 통해 안전도 검사를 실시하였다.

표 1. 휨응력 검토

* 철도설계기준

교 량	휨응력(kgf/cm ²)	허용휨응력(kgf/cm ²)
각급천 제1교	511.63	1475
각급천 제2교	398.12	1475

표 2. 전단력 검토

* 철도설계기준

교 량	전단력(kgf/cm ²)	허용전단력(kgf/cm ²)
각급천 제1교	118	1100
각급천 제2교	98	1100

표 3. 처짐 검토

* 철도설계기준

교 량	처짐 (cm)	허용처짐(cm)
각급천 제1교	1.479	16
각급천 제2교	1.273	13

표1,2,3에서 알 수 있듯이 응력, 전단력, 처짐의 경우 허용값보다 작게 나왔으므로 본교량은 안전함을 알 수있었다.

(2) 열차 이동 시 양생중인 콘크리트에 미치는 영향

강재교각위에 B.U.-Beam을 거치하고 열차 개통 후 콘크리트 타설 하였다. 이때 본 복구 구조물 시공 시 상부구조로 열차가 운행하면서 하부구조의 콘크리트를 타설 하게 되므로 열차의 진동이 굳지 않는 콘크리트에 미치는 영향을 검토하였다.

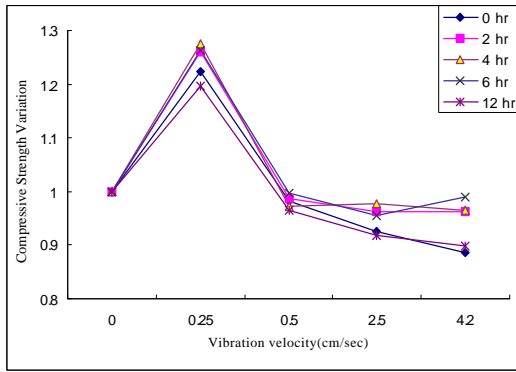


Fig.6 진동 속도에 따른 압축강도

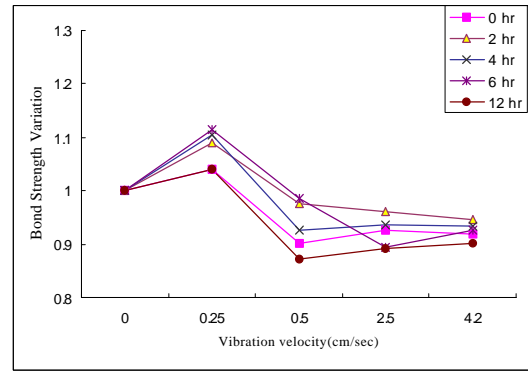


Fig.7 진동 속도에 따른 부착강도

교량 진동해석에 의하면 열차주행속도 50km/h(시간이력(Time History Funtion)해석)일 경우 최대 연직 처짐에 의한 진동속도는 0.0073 cm/s로 나타났다. Fig. 6~7에서도 볼 수 있듯이 진동속도 0.25cm/s까지는 오히려 강도가 높아지고 그 이후부터 강도저감이 이루어지는 것을 보았을 때 본 교량에서는 진동에 따른 콘크리트의 강도저하는 나타나지 않으므로 크게 문제될 것이 없다고 보았다. 미국토목학회 (ASCE)에서도 타설 후 12시간 내의 콘크리트에 최대진동속도 0.254cm/s의 기준을 사용하고 있다. 또한 굳지 않은 콘크리트에 미치는 영향은 콘크리트 설계 강도를 통상 5%미만 감소시키므로, 이에 보강 방안으로 각급천의 경우 콘크리트 기준 배합강도를 $f_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ 에서 $f_{ck}=270\text{kgf/cm}^2$ 으로 상향 타설 함으로서 교량의 안정성을 확보하였다.

4.결론

본 논문은 산업철도의 핵심인 영동선의 태풍피해로 인한 교량 유실의 빠른 피해복구 사례이다. Fast Track 방식을 도입하여 무려 45일이라는 기간을 단축시켰다. 가복구와 본복구를 동시시공하고, 공사 진행중 각각의 상황에 맞는 설계를 하였고, 가복구한 후 레일을 설치해 열차를 개통시키고 그다음에 콘크리트 타설을 실시하였다. 시공에는 다양하고 경제적인 사고방식이 요구된다. 이러한 시공 사례등을 통해서 타 공사시 경제적이고 빠른 시공방식을 찾는 데 도움이 되고자 한다.

-참고문헌-

- 1) 건설산업동향 제 12호. 1997.6.28 “Fast Track 방식과 건설사업의 경제성”. 이복남
- 2) 케어웨더(주) 산업기상연구소. 2003.9.23 “관측이래 가장강함 바람 태풍 ‘매미’”, 김우규
- 3) 서울대학교 토목공학과 1998.2, 진동이 양생중인 콘크리트에 미치는 영향에 관한 연구, 송혜금
- 4) 대한토목학회 1999, 철도설계기준(철도교 편)
- 5) 청해 출판사 2001. 철도궤도 역학, 이종득
- 6) ACI manual of concrete practice, part 2, “ Fresh Concrete During Vibration.”