
디자인과 공학의 시너지 효과에 관하여

About a synergy effect in design and engineering

박 선 우*
Park, Sun Woo

Abstract

This paper deals with a problem about synergy effect in design and engineering. So far a design processing is paralleled to both in Korea, A cooperation between concept design and working plan must be kept up all the way. From three personally designed footbridges I will make clear a total problem for throughout design processing. If we must solve a gaps between technology and art for structural design, we can get an unexpected result. It will be synergy effect between art and technology, design and engineering.

keywords : synerge, synergetics, footbridge design, arch, stayed-cables, structural design, technology, art

1. 서론

우리는 일상생활에서 시너지(synergy) 효과라는 단어를 즐겨 사용한다. 디자인이나 구조에서도 예외는 아니다. 일찍이 풀러(B. M. Fuller)는 일찍이 디자인과 기술이라는 서로 상호관계를 시너지틱스(synergetics)라는 신조어를 만들어 거대한 분량의 명서를 세상에 내어 놓아 많은 디자이너와 엔지니어들에게 많은 감명을 주었다.

본인은 교량 전문가가 아니지만 건설된 교량을 보면 공학 또는 디자인을 전공을 한사람이 하였는가에 대해 확연히 분별할 수 있다. 즉 위에서 언급한 <시너지틱스>이라는 단어의 의미를 무색하게 한다. 즉 한 분야에 너무 치우친 절름발이 형태의 가식적인 외형을 많이 볼 수 있다.

또한 기본설계가 아무리 우수하다 할지라도 이것을 뒷받침 해 줄 수 있는 엔지니어링이 부족하다면 디자이너의 훌륭한 설계는 무용지물이 되고 말 것이다.

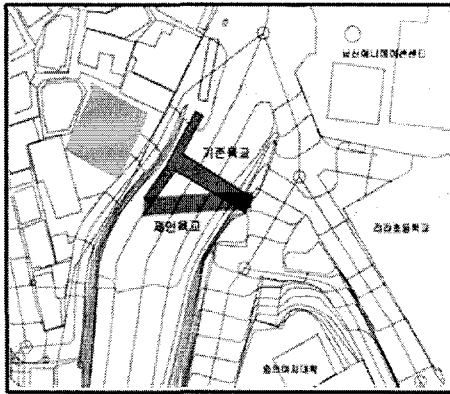
분명히 아직까지도 교량은 주로 토목분야에 속한다는 것에 대해 어느 누구도 부인 할 수 없을 것이다. 그러나 최근에 와서 디자인된 보도육교가 건설되면서 이러한 인식들은 많이 사라진 것 같다. 본인이 기본 설계한 최근에 완성된 또는 시공 중인 보도육교를 중심으로 기본설계가 실시설계에서 어떠한 차이점이 있는지 알아보자.

2. 실제사례

2.1 리라 초등학교 앞 보도육교

기본설계: 경관이 뛰어난 남산에 많은 차량들이 오가는 순환도로의 초입에 기존의 리라초등학교 앞 보도육교를 철거하고 새로운 디자인된 보도육교가 계획되었다. 새로운 보도육교는 기존의 위치와 동일하게 건너편의 대지 상황에 맞게 사선 방향으로 배치하였다. 단순한 기둥과 박스 거더를 이용한 획일적인 기존의 보도육교 형식을 탈피하고 율동적인 하나의 환경조형물로서 새가 날아가는 날개(V-형태)의 연속동작을 형상화하는 컨셉으로 디자인 하였다.

* 정희원 · 한국예술종합학교 건축과 교수



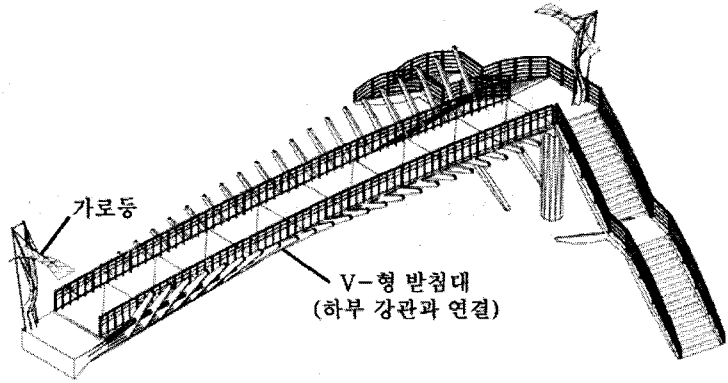
<그림 1> 배치도 (리라초등학교)

기본적인 구조는 ㄱ-형 강관 라멘형식으로서, 상부는 기존 보도육교의 단순함을 피하고 기둥과 계단은 기존의 형식을 답습하였다<그림 1, 2>.

실시설계: 상부구조는 전체 스패ん길이가 26.2m인 강관(φ-812.8x19mm)에 내각이 105도인 V-형태의 부재를 1.0m의 간격으로 22개를 계획하였고 각 부재는 2도로 회전하여 용접되었다. 양 날개의 캔티레버는 길이가 3.5m이고 t=10mm의 강철판으로 용접하여 전체두께는 100cm이고 폭은 하부에서 상부로 갈수록 48cm에서 20cm로 줄어드는 단면을 취하고 있다. 각 날개는 강관(φ-216.3x5mm)으로 중간 지점에서 전체적으로 하나로 묶어 연결하였다.

V-형 부재에 얹혀진 상판의 전체 폭은 3.4m로서 양면에 난간 설치를 위해 20cm의 박스 거더를 설치하였고, 리브(rib) 상판 구조를 위해 2m 간격으로 양 날개사이에 강철판으로 보강하였다. 양단부보다 중앙에서 약 60cm 캠버(camber)되었고 교각상부의 두께가 60cm인 상판은 강철판으로 그리드 형태로 용접하여 제작되었다. 보도의 최종적인 마감은 칼라 패턴 콘크리트를 이용하여 6cm 두께로 마감되었다.

높이가 4.8m인 강관(φ-1.016x16mm)으로 계획된 기둥은 350x350x100cm의 콘크리트 독립기초 상부에 베이스 플레이트(base plate: 1400x1400x22mm)를 설치하여 8개의 앵커 볼트(anchor bolt: M46x1.250)를 이용하여 결속시키고 있다. 또한 기둥과 베이스 플레이트 사이는 8개의 리브 강철판(150x400x10mm)을 이용하여 용접되었다. 기둥 상



<그림 2> 구조 시스템 (리라초등학교)

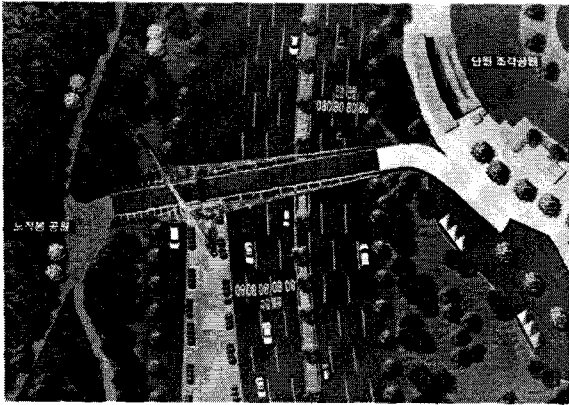
부와 상판은 서로 편심되어 있기 때문에 두께가 16mm인 강철판으로 용접하여 제작된 200x200x20cm 크기의 리브로, 90도의 각도로 2개의 50x50x1.6cm 강철판으로 용접되어 상판을 지지하고 있다<그림 7>.

반대편의 독립 기초(400x240x80cm)위에 설치된 탄성지지 받침대는 두개로 계획되었다. 45t 하중이 적용된 탄성받침은 크기가 200x250x63mm이고, 유효두께가 40mm의 고무를 5겹으로 설치되었다. 이러한 탄성받침에 상부 강관과 연결되는 10mm 두께의 강철판으로 제작된 340x81.2x102.8cm의 크기의 박스가 얹혀진다.

결론적으로 응용된 트러스 구조가 단일 강관으로 받는 구조형태로 변하여 하부에 너무나 두꺼운 강관을 사용하여 날렵한 모양은 사라지고 상당히 둔탁한 시각적인 감을 갖게 하는 아쉬움이 있다. 디자인된 가로등이나 난간은 기성제품이 사용되어 본래의 하이테크한 감이 기본적인 컨셉에 어긋나게 한다. 또한 아름답게 디자인된 계단은 심의과정에서 삭제되어 기존의 획일적인 형태로 바뀌어 신선한감을 사라지게 한다.

2.2 안산 국도 42호선

기본설계: 42번 국도를 횡단하는 두 공원(노적봉과 단원 조각공원)을 연결하는 교량은 아름다운 주위경관을 지니고 있고, 두 공원을 연결하는 기능을 포함하여야 한다. 위와 같은 기능에 걸맞게 기본적인 컨셉을 설정하였다.



<그림 3> 배치도 (42호선)

두 지역 연결하는 게이트의 상징으로 단면이 역삼각형인 강관 트러스로 된 아치에 스패인이 약 72.8m에 달하는 상판을 케이블이 이용된 사장구조로 디자인하였다. 사장 케이블 형태는 일반적인 부채살 또는 하프 형태가 아닌 입면에서 곡선으로 된 입체적인 효과를 선택하였다.

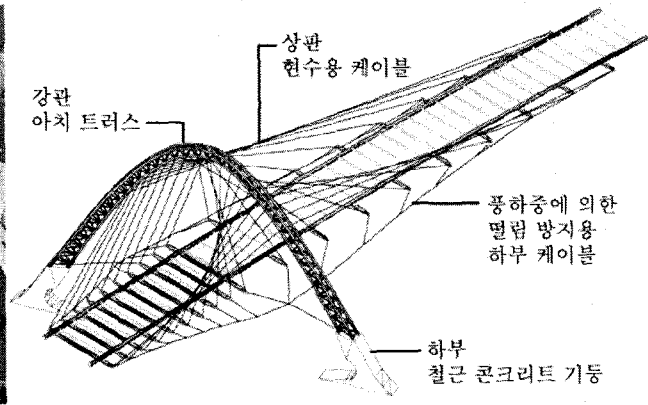
또 하나의 컨셉은 물과 나무를 이용하여 노적봉 공원과 도로공원의 단절을 해소하는 것이었다. 노적봉의 물을 교량상판을 통하여 단원 조각공원으로 끌어들이러 분수 등과 같은 시설에 이용하고, 덩굴나무를 심어 하부로 당기는 케이블 네트에 서식하도록 하여 두 공원을 녹색으로 연결하는 것이다 <그림 3, 4>.

실시설계: 전체적인 구조는 대형 트러스 아치에 상판을 케이블을 이용하여 당기는 사장구조물이다.

총연장 길이가 113.7m인 앵커와 교각사이의 스패인은 약 75.5m로 순수 보도상판은 8.5m에 달한다. 스패인에서 교량상판 하부에 길이가 10.5m인 총 17개의 크로스 강관 파이프(Ø-457.26x12mm)에서 케이블을 이용하여 강관 트러스로 긴장되고, 또한 풍하중에 대해서 케이블(Ø-30mm)을 이용하여 양단의 교각과 아치 하부로 당기고 있다.

아치에 의해 상부로 당겨지는 케이블(Ø-40mm)은 17개의 쌍으로 계획되고, 4개의 케이블(Ø-45mm) 쌍은 노적봉방향에서 날개벽에 앵커된다.

아치는 하부에 5.5m 높이의 콘크리트로 제작되고 이러한 콘크리트 기둥 상부에 높이가 20.35m로 제작된 강관 트러스 아치가 얹혀있다. 지상으로 돌출



<그림 4> 구조 시스템 (42호선)

된 아치의 높이는 전체 높이는 25.85m이고, 하부에서 폭은 35.7m에 달한다.

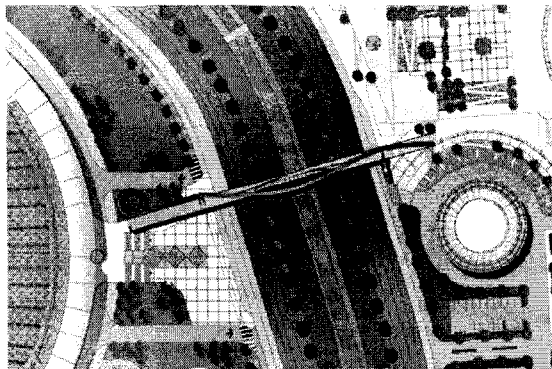
강관 아치의 상현재 간격은 약 2.5m에 높이는 1.0m인데, 메인 파이프는 Ø-508x16mm, 상현재는 Ø-355.6x8mm, 사재와 수직재는 Ø-318.5x7mm로 제작되었다. 이러한 트러스는 하부 콘크리트에 2.0m의 깊이로 앵커된 콘크리트 충전된 강관 Ø-508x16mm은 양단에 908x908x20mm의 원형 플레이트와 8개의 150x16x250mm의 거셋 플레이트를 이용하여 40개의 볼트로 플랜지 접합으로 해결되었다.

상판구조의 전체 폭은 8.5m이고 두께는 0.632m로서 양단에서 지름이 0.66m로 라운딩 처리되었다. 구조단면에서 살펴보면 양단에 1.3x0.6m, 중앙에 2.12x0.6m의 박스 거더로 계획하여 강각관(300x300x15x12mm)으로 조인트되었다. 상부마감은 양단에 2.0m 폭으로 칼라 패턴 콘크리트로, 중앙에 4.0m 폭으로 방부목(120x40mm)으로 마감되었다.

기초는 크게 노적봉 방향의 인장력을 받는 날개벽과 상판에 대한 교대에 대한 기초, 아치에 대한 기초와 단원조각공원 방향의 교대에 대한 기초로 분리된다. 노적봉 방향의 기초는 28개의 파일을 이용한 10.5x5.5x1.2m의 토대를 사용한 인장력과 압축력을 동시에 받는 파일기초다. 또한 아치를 위한 기초는 30개 파일과 8.4x7.5x2.0m의 콘크리트 토대를 이용한 파일기초다. 기본적으로 하중부담이 적은 단원조각공원은 파일을 이용하지 않고 8.2x5.0x1.5m의 온통기초로 시공되었다<그림 8>.

기본적인 외형은 기본적인 컨셉에 일치하지만 부

분적인 디테일에 대한 아쉬움이 남는다. 애초에 교량폭이 5m로 설정되어 상당한 경량적인 날렵함을 볼 수 있었으나, 8m로 바뀌어 아치 트러스가 커지고 전체적으로 거대해져 둔탁함을 갖게 하는 아쉬움이 있다. 또한 교량상판의 높이가 두꺼워지고 난간의 기성제품의 사용은 본질적인 기본적인 컨셉을 무참히도 깨지고 말았다. 풍하중에 대한 흔들림을 방지하기 위한 하부 케이블은 상판이 두꺼워져 제대로의 구조적인 작용이 의심케 한다. 외형에서 즉 42호를 달리는 운전자에게 중요한 하부 기둥은 애초의 긴장감을 느끼게 하는 캔틸레버 형태는 사라지고 일반적으로 차도에서 사용되는 형태를 답습하여 전체적인 균형에 어긋나게 하고 있다.



<그림 5> 배치도 (화정천)

2.3 안산 화정천 보도육교

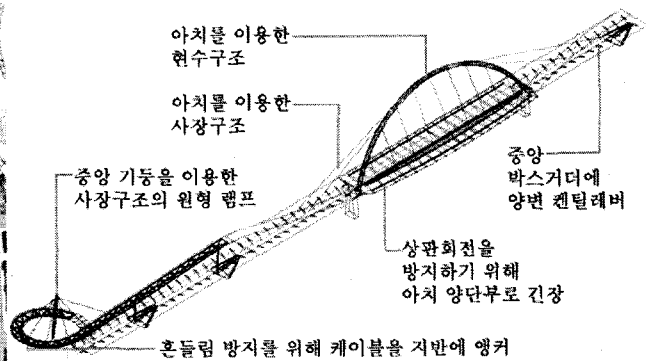
기본설계: 안산 문화예술회관과 현재 공사중인 경기장을 연결하는 약 150m 길이의 육교에 대한 현상공모전이였다. 이 두 지역 사이에는 화정천이 위치하고 천변에 넓은 도로가 계획되었다. 화정천 상부는 아치로, 나머지는 평범한 형태로 디자인하였다.

약 37.8m 스패에 달하는 아치를 이용하여 6m와 2m로 분리되는 상판을 들어 올리고 있다. 또한 이 아치를 이용하여 인접한 상판을 각각 두개의 케이블을 이용하여 현수되어 있다. 아치에서 당기는 케이블은 돌출된 2m 폭의 상판을 당기고 있어 편심이 작용한다. 이것을 해소하기 위하여 다시 케이블을 이용하여 상판 단부에서 하부로 당기고 있다.

2m의 상판은 곡선형태로 상부로 약 2m 돌출하여 보행자로 하여금 운동감을 느끼게 하고 하나의 전망대 기능을 겸하고 있다. 주변의 집수시설을 이용하여 교량 중앙에 설치된 폭포는 화정천에 물의 정수작용과 미래에 계획된 생태계에 도움을 주도록 계획하였다<그림 5, 6>.

실시설계: 총연장길이가 150m (36.6+24.4+37.8+22+28.6m)이고, 상판 폭은 8.0m의 규모다.

약 75도 기울어진 강관(Ø-812.8x26mm)을 이용한 아치는 폭이 37.8m이고 높이가 12.0m이고, 이 아치에 17개의 케이블(Ø-30mm)을 이용하여 2.0m 폭으로 갈라지고 높이를 달리하는 상판을 긴장하고 있다. 양단에 각각 2개의 케이블(Ø-30mm)을



<그림 6> 구조 시스템 (화정천)

이용하여 인접된 교량상판을 당기고 있다. 아치의 추력에 대해 타이드 케이블(tied cable: Ø-40mm)로 아치의 양단에서 긴장하고 있다. 캔틸레버 담부에 3개의 케이블(Ø-20mm)을 이용하여 하부로 긴장하고 있다.

캔틸레버 빔에 얹혀진 상판은 내외측에 각각 강관(Ø-267.4x6.4mm, Ø-216.5x5.854mm)에 앵글을 이용하여 3중 유리(33mm)로 마감되었다.

램프에서는 교측방향으로 75도, 교측 직각방향으로 80도 경사진 주탑은 높이가 12.0m이고, 중앙에서 Ø-600x26mm이고 상하부에서 Ø-350x26mm로 세장해지는 강관과 9개의 케이블(Ø-40mm)을 이용하여 중신선의 내경이 12.0m인 경사로를 긴장하고 있다.

예술의 전당을 시점으로 상판은 8.0m의 폭으로 시작하여 아치부분에서 6.0m와 2.0m(캔틸레버)로

분리되고, 또한 경사로 부분에서 다시 한번 6.0m와 2.0m(경사로)로 분리된다. 폭 중앙에 2.9x0.83m의 박스 거더는 시점에서 종점까지 일직선으로 계획되었다.

아치부분을 제외한 양쪽의 3개의 기초는 12개의 파일 위에 5.0x6.0x1.5m의 철근콘크리트로, 아치 하부의 기초는 15개의 파일 위에 10.0x6.0x2.0m의 철근콘크리트로 시공되었다. 경사로 부분의 주탑 기초는 9개의 파일 위에 5.0x5.0x1.0m의 철근콘크리트로 시공되었다<그림 9>.

6월3일에 완공할 예정인 아직 시공 중이지만, 전체적인 아쉬운 점은 전에 논의된 국도 42호과 유사하게 나타난다. 본래의 조형적인 캔티레버 형태는 사라지고 육중한 교각은 시각적인 효과를 상당한 감소시킨다. 본래의 아치에 걸쳐있는 상판의 긴장감은 사라지고 케이블의 구조적인 역할이 의심스럽다.

경기장에 위치하는 경사로는 기본적인 컨셉에 또 하나의 중요한 조형적인 포인트였다. 중앙에 주탑을 이용하여 경사로를 들어 올리게 계획되었지만, 역으로 경사로가 주탑을 지지하는 하는 것으로 보여 진다. 상부의 조인트 디테일에 대한 많은 아쉬운 감을 들게 한다.

3. 결론

위에서 언급한 실제사례를 언급하면서 본인은 우리나라의 현실을 보면 아직도 많은 안타까움을 느끼지 않을 수 없다. 기본설계와 실시설계간의 갭은 아직도 골이 깊게 분리되어있다. 초기에는 어느 정도 상호보완으로 의견 일치를 볼 수 있지만, 결국은 최종적으로 이러한 작용은 서로의 평행선을 유지하게 된다.

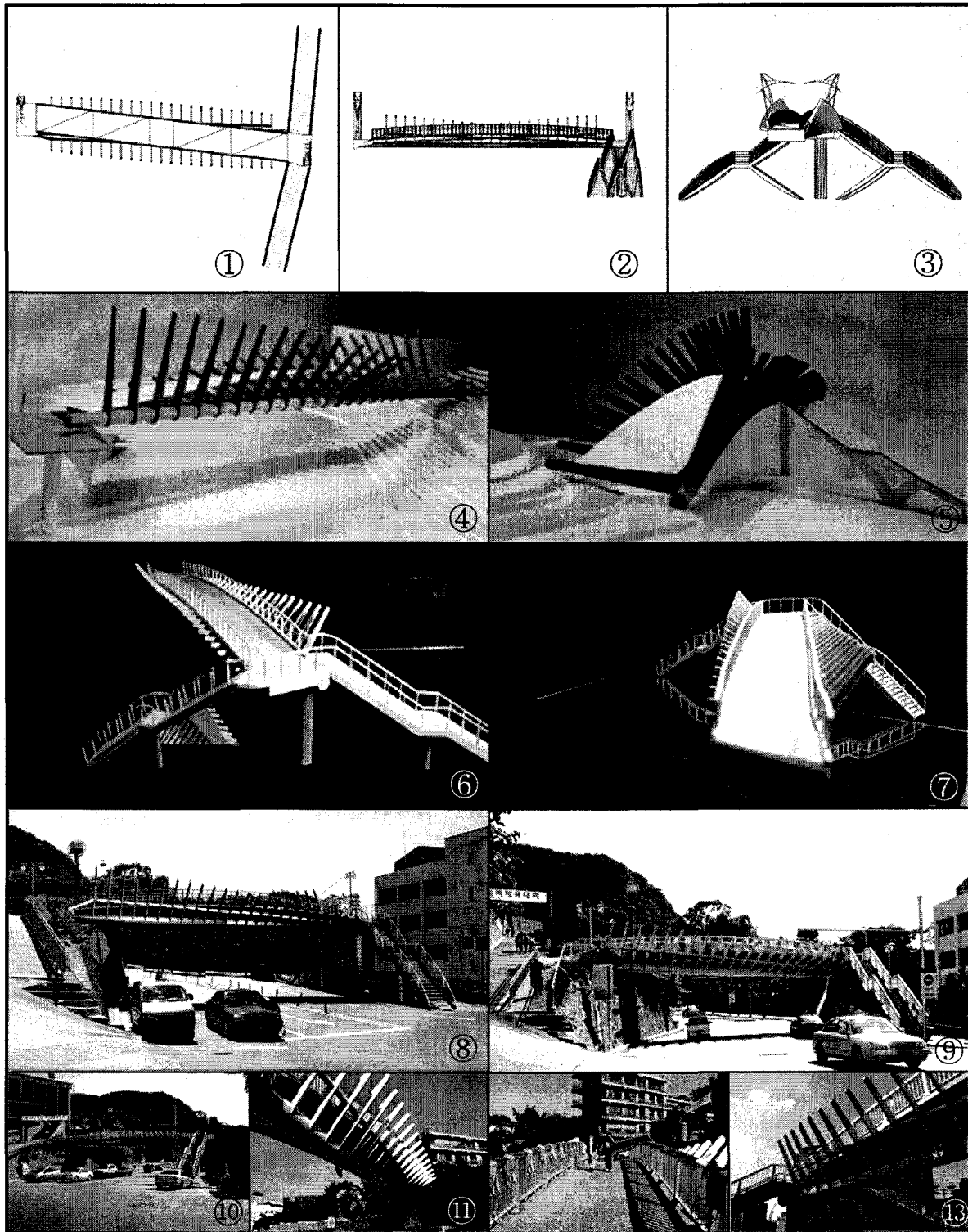
아마도 이러한 실정은 다른 면에서 기인할 수도 있다. 실시설계 과정에서 여러 번의 심사과정에서 심사위원의 의견을 반영하다보면 기본설계의 기본적인 컨셉이 유지되지 않음은 참으로 안타깝다. 또한 행정 담당자들의 기본적인 컨셉을 무시하고 본인의 의견을 너무나 강조하는 면이 있지 않다.

그러나 어두운 면만 있는 것이 아니다. 최근에 획일적인 교량보다는 디자인된 교량에 많은 관심을 가

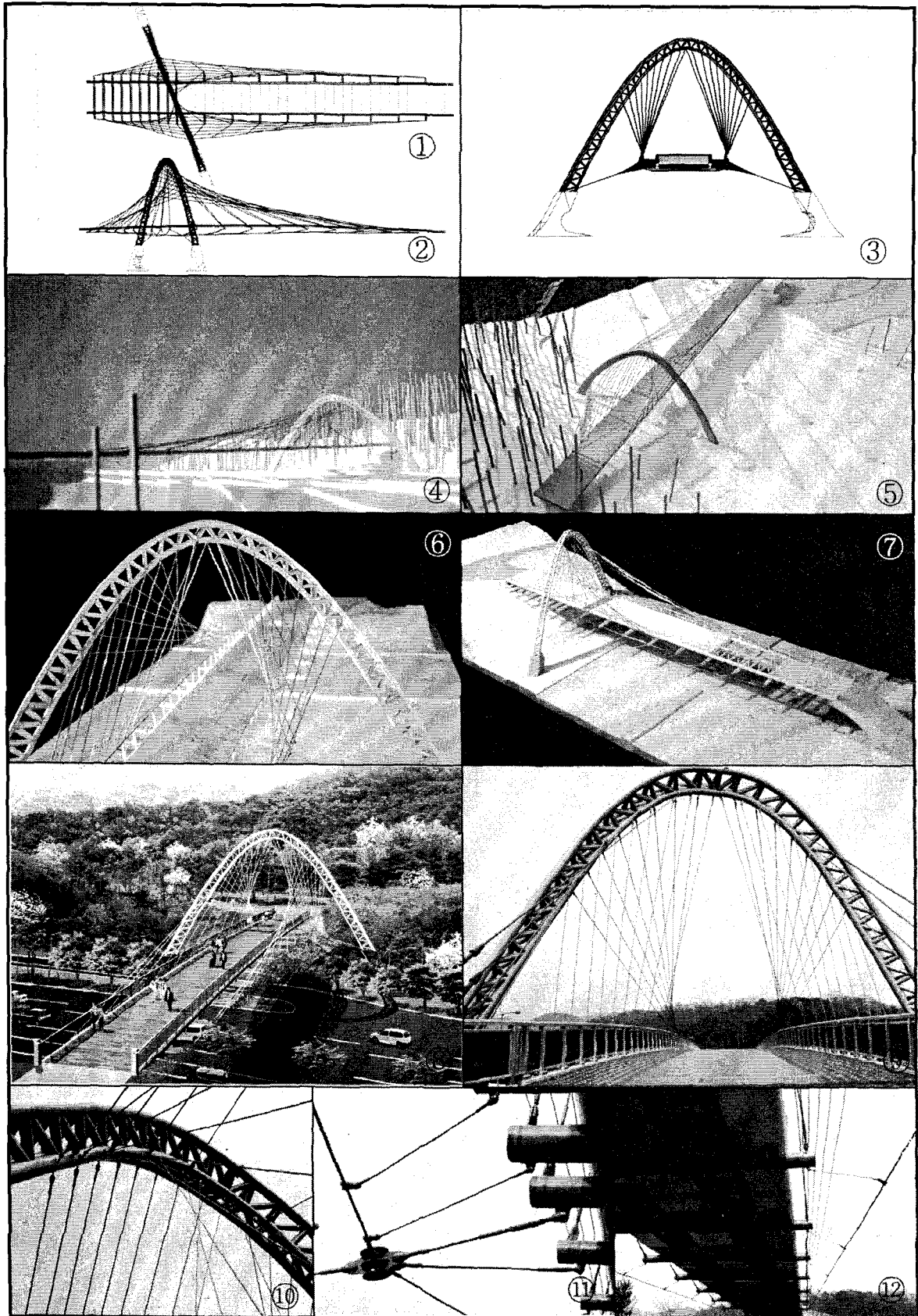
지고 있고 공모전을 통하여 보도육교가 세워지고 있는 사실은 많은 사람들을 고무시키고 있다. 위에서 지적된 사실만이라도 바뀐다면 조형적이고 기능적인 보도육교가 많이 건설될 것으로 믿는다.

우리의 IT 산업은 우리의 한국인 특유의 기질과 음식문화에서 유래된 산물이다. 모든 일에 “빠르게! 빠르게!”는 급변하는 정보산업에 적절하게 대처하였고, 하나의 전자기기에 모든 기능을 첨가 시키는 것은 우리가 좋아하는 “비빔밥 문화”에서 덕을 보지 않았나 싶다. 이러한 것들의 우선적인 성공조건은 품질일 것이다.

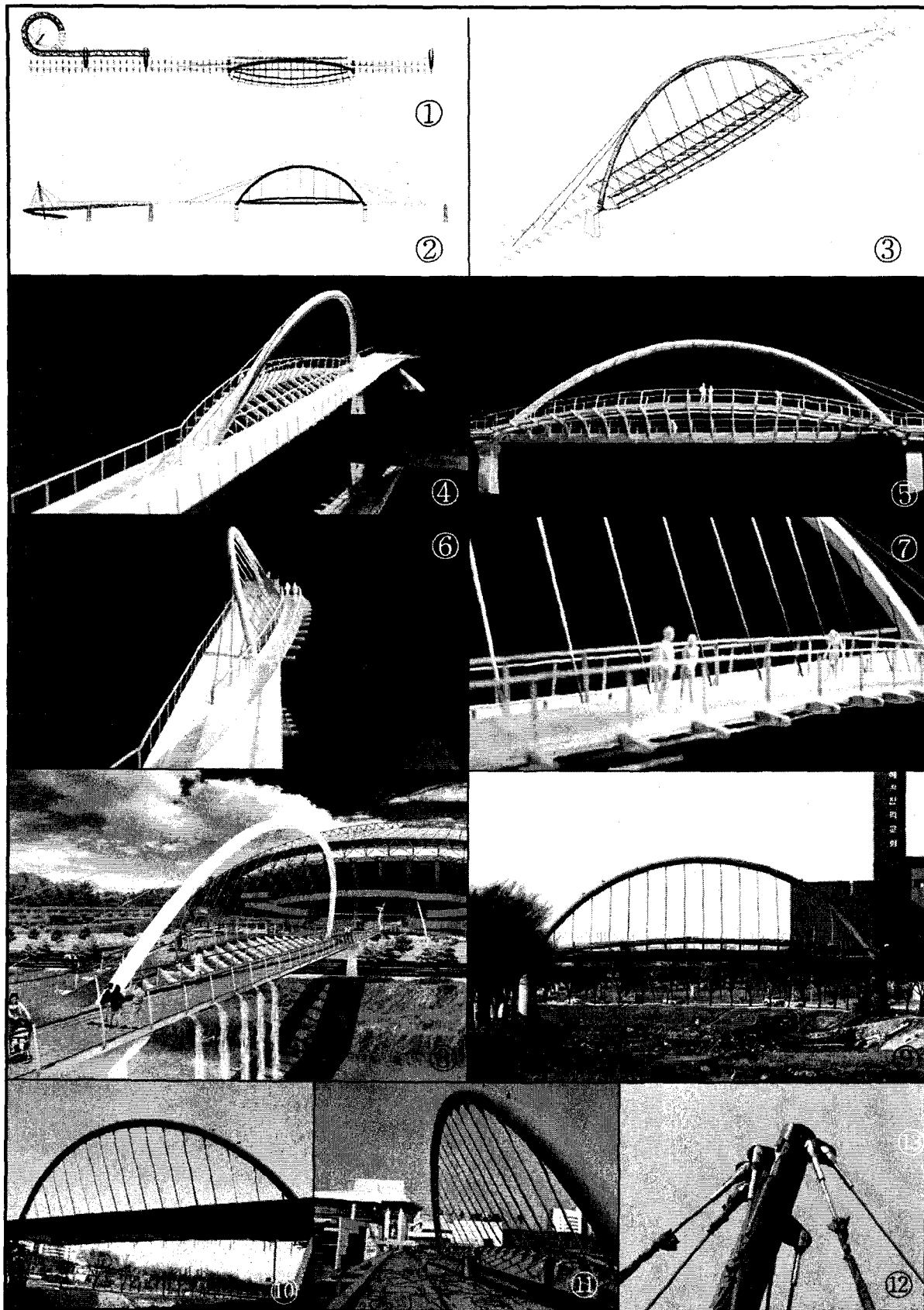
우리도 우리의 비빔밥 문화와 같이 디자인과 공학, 예술과 기술이 서로 혼합되면 대단한 시너지 효과가 발생될 것으로 생각된다.



<그림 7> 리라초등학교 ① 평면도, ②-③ 입면도, ④-⑤ 스터디 모형, ⑥-⑦ 완성모형, ⑧조감도, ⑨-⑬ 준공사진



<그림 8> 안산국도 42호선 ①평면도, ②~③ 입면도, ④~⑤ 스터디 모형, ⑥~⑦ 완성모형, ⑧조감도, ⑨~⑫ 완성 사진



<그림 9> 안산 화정천 ①평면도, ②~③ 입면도, ④~⑦ 완성모델, ⑧조감도, ⑨~⑫ 시공사진