



미국 밀워키미술관 신관

카라트라바가 가동(可動) 루버(louver)로 미국에 처음 시도

시카고의 중심에서 자동차로 1시간 반 정도 북쪽에 있는 밀워키시에 스페인의 건축가 샌티아고 카라트라바가 설계한 밀워키 미술관 신관이 한창 건설중이다. 본관은 에로 사리냉이 설계한 금속적인 건물로, 신관은 이것과는 대조적인 대담한 모습이다. 가장 큰 특징은 수평의 갤러리에서 돌출한 높이 27.6m의 글라스 파빌리온을 짜고 있는 물새의 날개와 같은 가동식 루버이다.



사진의 좌측, 언덕위 서 있는 것이 에로 · 사리냉이 설계한 밀워키미술관 본관. 1957년 완성이래 몇개의 소규모 증축이 시행되고 있으나 이번의 신관은 1만 2,500m²로 넓은 바닥면적을 가지고 있다.

미국 밀워키(위스콘신주)는 미시간호에 면한 도시로 이 도시의 다운타운에는 일본에서 주목하고 있는 중심시가지 활성화계획이 한창 진행중에 있다. 그 계획의 열쇠라고도 할 수 있는 '레이크 프런트지구'의 최대 프로젝트가 바로 밀워키 미술관 재정비 사업이다.

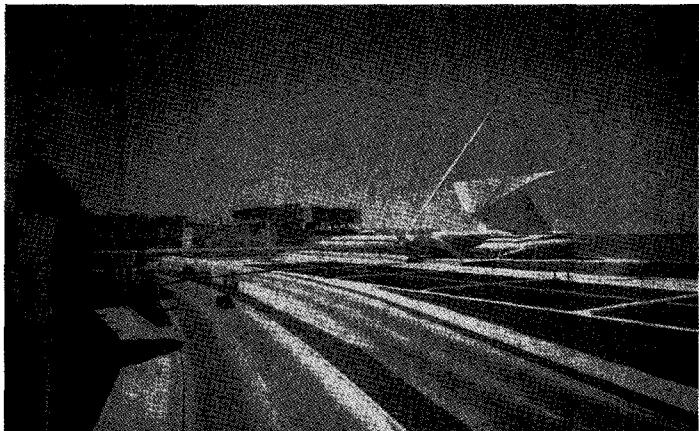
밀워키 미술관 본관은 에로 사리네의 설계로 1957년에 완성되었다. 이 건물은 호수가 눈앞에 펼쳐진 언덕위 부지에 건축되어 로비에 들어서면 호수를 한눈에 내다 볼 수 있다. 입지를 최대한 활용해 설계를 한 이 건물은 미국 중부를 대표하는 모더니즘 건축이다.

현재 신관과 연결되어 가설되고 있고 스페인 태생의 건축가인 샌티아고 카라트라바가 설계를 했는데 그가 미국에서 만든 첫작품이기도 하다. 카라트라바는 1951년생으로 현재 파리에 거주하면서 국제적인 활동을 하고 있다. 건축을 배운 뒤 토목을 전공한 경력이 있어 토목 공학적인 독특한 구조를 가진 건축물 건설에 그의 건축 특성이 있다.

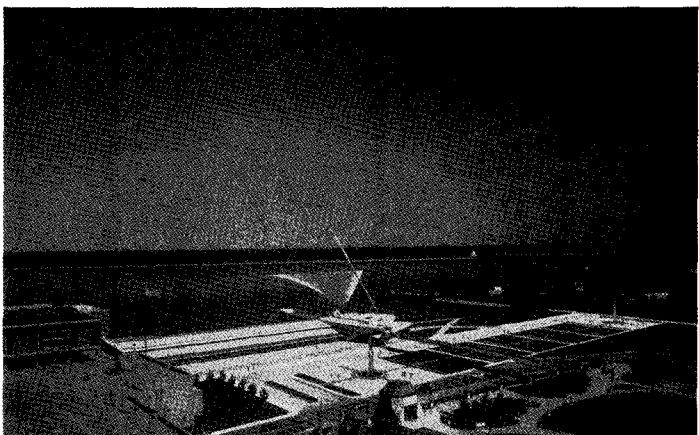
신관은 사리네의 금속적인 디자인과는 대조적으로 범선을 연상시키는 아름다운 형태로 유리로 된 패빌리온과 마스트가 솟아 있는 약 60m의 마스트가 높이 약 27.6m의 아트리움의 주요구조체와 전면도로를 넘어가는 현수교를 받치고 있다.

수평인 미술관에 둘출한 翡翠色

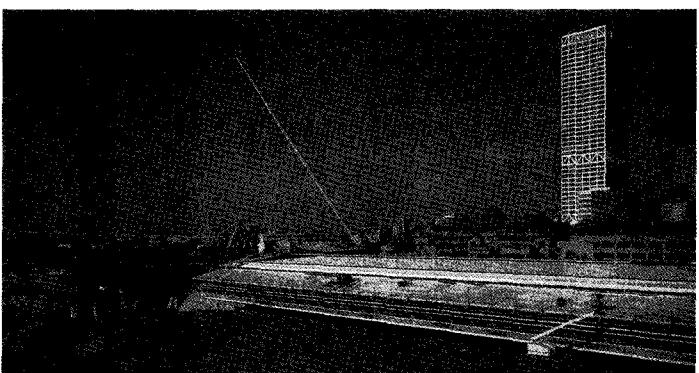
신관은 지하 1층의 도로에 주차장을



완성예상파스. 부지는 밀워키의 중심시가(좌측방향)와 린肯·메모리얼 드라이브로 격리되어 있다. 그 위에 거대한 현수교를 가설하여 미술관과 시가지를 연결한다.



완성예상파스. 이 부지는 밀워키시가 소유하는 미시간 호반의 공원안에 있다. 우측 안쪽으로 펼쳐진 것이 공원.



수평으로 뻗은 신관의 갤러리 부분. 지하는 주차장, 콘크리트아치의 연결로 아름다운 곡면을 가진 금속지붕이 빛난다.



완성예상파스. 이 교량의 자리에 밀워키시가 건설한 지 얼마 되지 않은 보도교가 있었다. 카라트라바의 주장으로 1999년 봄에 폭파하여 철거함으로써 시내 쪽에서 큰 논의를 불러일으켰다.



비슷한 각도에서 건설현장을 본 모습. 이 현수교는 시의 가장 번화한 거리인 위스콘신 아베뉴의 단상에 있다. 이 거리에 서면 정면에 신관의 모양이 보인다.

배치하고 1층에 미술관을 두어 기능이 명확히 구분된다. 갤러리 부분은 미시간호를 향해 수평으로 펼쳐진 간소한 디자인으로 호수가 한눈에 보인다.

골조는 밑부분이 가늘고 위로 올라갈수록 굵어지는 단면을 가진 6각단면 형상의 콘크리트 아치가 채택되고 내부는 무주공간(無柱空間)으로 되어 있다. 이곳에는 기획 전시 스페이스, 300석의 렉처홀, 각종회의실, 레스토랑, 기프트 숍 등이 계획되어 있다.

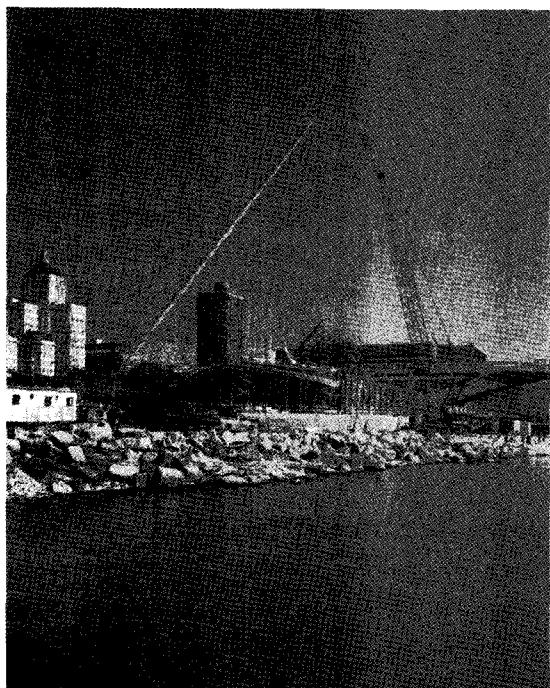
가동하는 76개의 골조

카라트라바는 사리네의 본관과의 경합을 피해 그 대부분을 낮게 수평으로 펴지는 듯한 모습으로 디자인되었다. 그러나 본관에서 약 100m 떨어진 곳에 신관의 모습을 상징하는 카라트라바 건축의 특색이 보인다. 타원형 평면의 글라스 파빌리온이 그것으로 호수를 향해 수평인 미술관에서 돌출한 파빌리온은 높이가 약 27.6m의 아트리엄(atrium)으로 그것을 개폐 가능한 가동식 루버의 차양(遮陽)이 싸는 구성이다. 차양은 76개의 날개로 되어 있고 복잡한 형태를 한 그 구조를 미시간호를 향해 돌출한 파빌리온의 척주기둥(背骨柱)이 지지한다. 가장 큰 30.6m의 날개는 모두 척주 기둥을 축으로 회전, 가동한다(다음 장의 ‘가동지붕의 실현에 부심’ 참조). 좌우로 개폐되는 차양은 마치 호수를 향해 날개짓하는 불새의 모습과 유사하다.

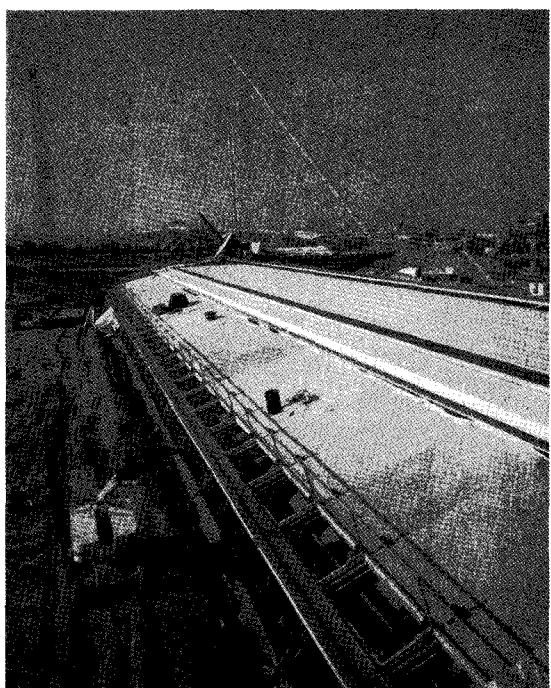
또 파빌리온과 반대로 81m의 스판의 현수교가 있는데 이 현수교는 전면 도로 너머에서 길이 60m의 마스트에서 와이어 케이블로 지지하고 있다. 마스트는 끝단으로 가면서 가늘게 되는 단면모양을 현수교와는 반대방향을 향해 기울여져 파빌리온의 바닥보를 지지하는 장력과 밸런스를 유지하고 있다.

레이크 프런트 지구의 랜드 마크

아름다운 미시간 호반의 ‘레이크 프런트 지구’. 여기에 새로운 랜드 마크로 움직이는 미술관이 등



미시간호 너머에서 본 모습



약 105m 수평으로 편안하게 누워있는 2층 구조지만 미시간 호반에서는 주차장 부분이 보이지 않는 랜드스케이프로 되어 있다.



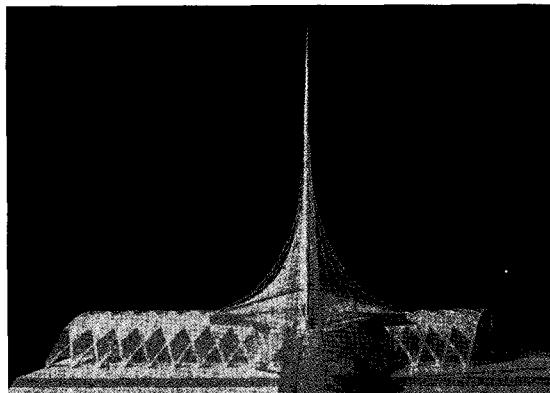


장한다. “카라트라바의 제안은 항상 우리들을 가슴 설레이게 한다. 그와 20여회가 넘는 협의를 거쳐 중심시가지 활성화 계획과 매치되는 현재의 형태로 낙착되었다.”고 밀워키시 장기계획 매니저인 브라이언 오코넬씨는 이야기 한다.

파빌리온과 마스트는 시의 가장 번화가인 위스 콘신 아베뉴의 연장선상에 있다. 21세기의 개막과 동시에 개관할 신관은 변화가를 걸어가는 사람들에게는 움직이는 조각으로, 또 호수의 배위에서는 항구의 관문으로로, 중심시가지 활성화의 상징으로 자리잡게 될 것이다. 이 프로젝트의 총공사비 5천만 달러로 NPO로 기부금으로 조달되는 것도 주목 할 만한 점이다.

가동지붕의 실현

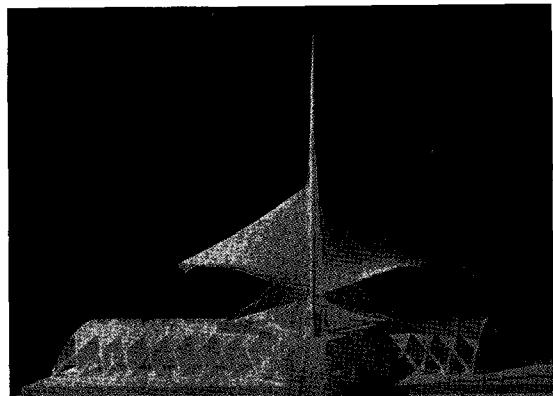
카라트라바의 복잡하면서도 우하한 디자인을 실현하기 위해 유럽 스태프외에 미국인 엔지니어, 시공기술자 등으로 구성된 프로젝트팀이 편성되었다. 움직이는 차양을 실현시키는 큰 역할을 담당한 사람이 종합엔지니어링 사무소의 그래프엔하르트 수레머이다. 미국에 있을 때 동사와 프로젝트를 추진한 경험이 있는 건축가인 津島曉生씨에게 부사



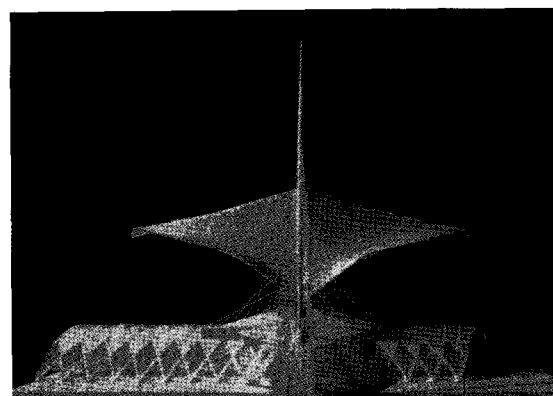
높이 27.6m의 유리 파빌리온에 가설된 가동식 날개의 구조 모형. 이것은 지붕이 닫혀 있을 때의 모습이다.

장인 촌 캣신저 씨를 찾아 고생담을 들어봤다.

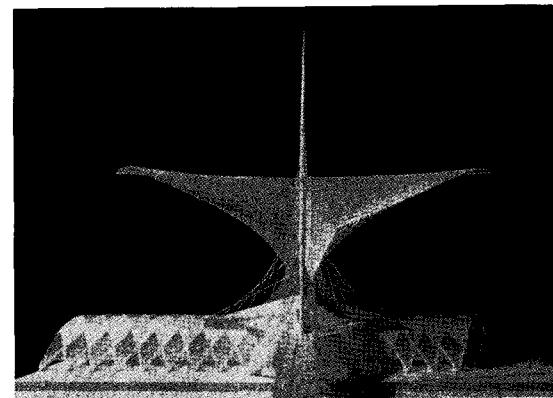
이 미술관의 실현에 가장 어려웠던 문제는 ‘미술



지붕은 기후에 문제가 없다고 상정하고 1일 1회 개폐하는 것으로 계획하고 있다. 이벤트 개최시에도 개폐한다.



내장의 실린더로 개폐를 하는 데 30.6m의 캔틸레버 보를 움직이기 위해 GAS의 엔지니어들이 머리를 짚다.



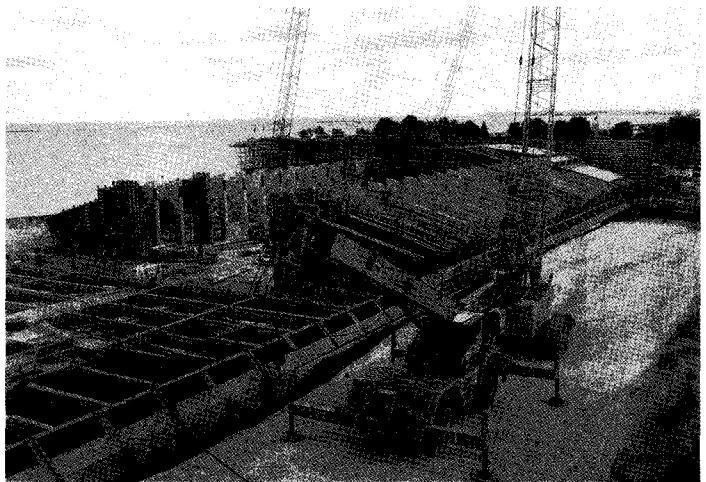
날개가 전부 열린 상태. 닫은 상태에서 열린 상태가 되면 불새가 날개치는 것 같은 이미지가 된다.

관의 날개', 즉 가동식 차양의 구조였다. 두개의 큰 '날개'는 최대 30.6m, 최소가 3m의 캔틸레버 뼈으로 구성되며 평면형은 각각 변형 3각형이고 각기 척주기둥(背骨柱)를 축으로 지붕이 닫힌 상태에서 0~90° 회전하여 수평상태가 될때까지 올라간다.

원래는 밀어내는 성형 알루미늄 부재로 셀 모양으로 할 예정이었으나 구조기술자가 해석해 보니 알루미늄과 같은 경량구조재라 하도 자중이 과중하고 또 구조적으로 너무 연약하다는 것이 발견되었다. 결과적으로 들어 올렸을 때 끝쪽에서 수 피트나 휘어지고 마는 결과가 초래되었다. 다시 초기의 구조해석에서는 알루미늄재 날개의 연약함으로 형태의 복잡성과 돌풍을 만나면 크게 진동해 변형되고 만다는 것을 알게 되었다.

이 날개를 어떻게 들어 올려 고정할 것인가, 또 지붕의 개폐 시스템은 당초 척주기둥(背骨柱)을 축으로 야지로 배애(막대위 끝에 T형으로 가로대를 대고 그 가로대 양 끝에 추를 매달아 좌우가 균형을 이루어 막대기가 넘어지지 않도록 한 형식)로 움직이려고 생각하고 있었으나 디자인상 불가능하였다.

최종적으로는 수압식의 회전 실린더로 지붕을 개폐하기로 하였으나 여전히 알루미늄의 자중문제를 해결하지 못했다. 따라서 GAS의 기술자들은 가볍고 고강도의 복합소재를 모색하기 시작하였다. 알루미늄 보다 가볍고 2배의 강도를 가지면서 또 두배나 단단한 소재의 구조단면으로 가능한한 끊어 내어 경량화도 할 수 있는 소재이며 알루미늄 같이 압출성형을 하지 않고서도 원형, 타원형, 변형타원 등 여러 가지 단면 형상으로 제작이 가능해



작년 여름에 필자가 촬영했을 때의 모습. 1층의 바닥슬래브와 지하층의 천정사이에 설비용 샤프트가 있고 주차장의 천정에는 설비배관이 일절 보이지 않고 구조체의 콘크리트 아치만이 아름답게 연속한다.

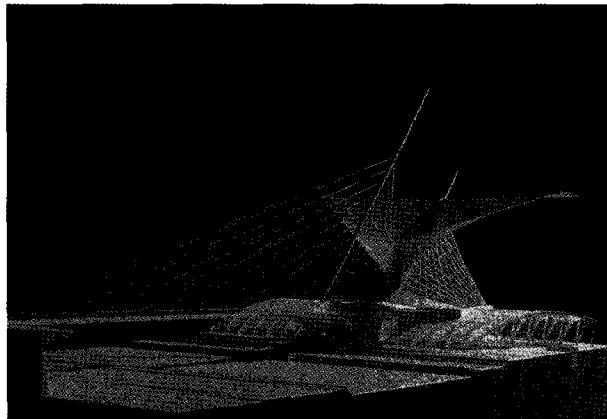
야 했다. 많은 모색 끝에 카본 파이버를 날개의 구조부재로 이용함으로써 실현가능성을 찾을 수가 있었다.

21층에 위치한 옥상 페리온 구조

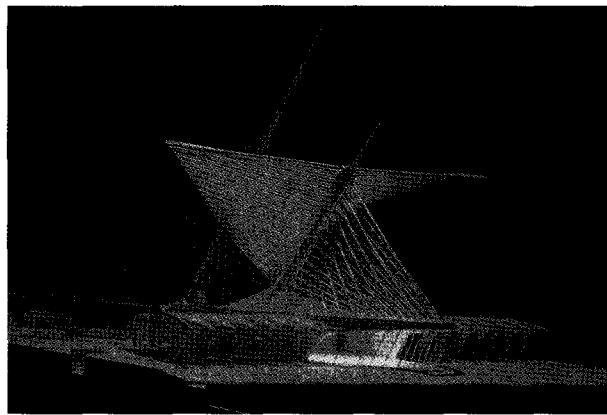
소재가 선정된 다음에는 구조해석에 필요한 성능실험이 시작되었다.

타원형의 평면의 파빌리온은 그 바닥보를 100개의 포스트 텐션 케이블로 마스트에 매다는 구조이다. 이 곳은 콘크리트 보는 포스트 텐션의 고인장 콘크리트로 되어 있고 보의 단면이 극히 작다. 보의 폭이 40cm, 보의 높이가 20cm로 되어 있다. 약 36m의 스팬 가운데 27m가 미시간호 위를 뻗어나가 있다.

파빌리온의 저주파 진동 조사를 위해 풍동실험을 했는데 실험에서는 중량과 강도도 축소 스케일로 해둘 필요가 있다. 그러나 날개의 부재와 그것들의 성능을 1/400로 축소하는 것은 대단히 어려웠다. 날개 자체를 약간 유연한 것과 바꿔서 모델화하여



마스트는 유리 파빌리온 구조체의 일부로, 또는 밀워키 변화가 거리의 연장선상의 랜드 마크로 큰 의미를 가진다.



미시간호는 레크레이션의 이용이 대단히 많다. 밀워키에도 많은 어리너가 있고 카라트라바는 호수에서 보는 경관을 대단히 귀중하게 보고 있다.

다시 날개 부리에 스프링을 설치하는 등 설계에 필요한 날개 전체의 적절한 강도를 갖도록 했다.

풍동시험에 의해 풍속을 시속 16~144km, 풍향을 $0^\circ \sim 360^\circ$ 로 변화시킨, 즉 아트리엄의 날개 부분에 불어 올림, 인장, 그리고 회전 모멘트가 특히 개폐시의 여러 위치 변하에 따라 일어나는 것을 알았다. 이런 결과는 구조설계상의 불확정 요소이지만 풍력의 영향을 적설하중과 빙하중, 그리고 적재하중과 함께 설계하중으로 산정하는 것이 필요했다.

특히 안전대책으로 풍속이 시속 64km를 넘어서

면 지붕에 설치된 센서로 지붕이 자동적으로 닫힌다. 현지에서는 이런 풍속이 절대 일어나지 않기 때문에 1년동안 대체적으로 개폐가 가능한 것이다. 당연히 폭풍과 빙설시 등 악천후 시의 지붕 개폐 기준도 작성되었다.

지원총력과 준공에 대한 기대

Neenah Enginner사 제품인 수압식 실린더는 척주기둥(背骨柱)에 부착되어 회전하므로 루버를 개폐한다. 이 실린더로 두 개의 '미술관의 날개'는 각기 파빌리온의 척주기둥을 축으로 90° 회전하여 개폐동작을 한다. 이 실린더는 약 4분에 회전을 마치고 짧은 시간에 거대한 파빌리온의 차양이 개폐된다.

실제로 이 날개의 제작과 제작기 제조에는 위스콘신주의 지역 기술의 정수가 발휘되었는데 이 제작공장들은 마노미라바라고 하는 밀워키시의 인더스트리얼 파크에 있다. 카본 파이버의 날개 부재재조에는 섬유를 짜는 공정이 필요하게 되며 이를 위해 세계에서 제일 긴 섬유를 짤 수 있는 공작기계의 제작도 필요하게 되었다. 또 섬유를 짜는 방향과 카본파이버의 함유율, 자외선 방지 등 가지가지 요소가 설계에 도입되었고 또 제작 고려되었다.

또 문제가 될 것 같은 날개 부분의 엄밀한 구조해석과 실물크기의 모형을 만들어 구조 설계조건의 검증을 실시하면서 현재 제작이 추진되고 있다.

이와 같이 지역의 기술과 두뇌의 집적이 카라트라바의 미술관을 지금도 시시각각 쌓아 올리고 있다. 아름다운 미시간 호반에 카라트라바의 새로운 랜드 마크가 등장하는 날이 가까워 오고 있다. <外誌에서>