
프리캐스트 세그멘탈 교량의 선형관리를 위한 GEOCON의 개발에 관한 연구(II)

A Study on the development of GEOCON for
the Geometry Control of Precast Segmental Bridges(II)



이환우*

Lee, Hwan Woo



김종수**

Kim, Jong Soo



곽효경***

Kwak, Hyo-Gyoung

ABSTRACT

An interactive software, GEOCON⁽¹⁾, was developed to control the 3-dimensional geometry of precast segmental bridges. It is mainly employed during the fabrication of segments and its results are used to control the geometry of erection. Specially, the logic and ideas of GEOCON to overcome some practical problems for the geometry control were introduced in this paper and its verification results obtained from the application of real project were also discussed. The intercity bridge surrounding Pusan harbor in Korea used GEOCON for geometry control is mainly composed of precast segmental bridge of 2109m in length constructed by span-by-span method. It was completed under very close geometry control and its finished horizontal and vertical alignment were within the acceptable tolerances without shim plates.

Keywords : precast segmental bridge, geometry control, practical problems, surrounding road bridge of Pusan harbor, vertical alignment, horizontal alignment

* 정회원, 부경대학교 토목공학과 조교수
** 정회원, 부경대학교 토목공학과 교수
*** 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 조교수

• 본 논문에 대한 토의를 1998년 6월 30일까지 학회로 보내주
시면 1998년 8월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

프리캐스트 세그멘탈 공법은 하부공사 중에 교량 상판의 세그멘트가 제작장에서 미리 만들어지므로 1) 콘크리트의 필요강도를 얻기위한 양생기간이 상부공사에 배제되므로 교량의 시공속도를 높일 수 있으며, 2) 상부 가설시에는 세그멘트가 충분한 양생기간을 거친 후이므로 건조수축이나 크리프의 영향이 적어지는 등의 장점이 있는 반면에, 교량의 선형이 현장타설공법과 달리 제작장에서 만들어진 세그멘트의 제작선형에 따라 가설이전에 미리 결정되므로 상부 조립시에는 교량의 선형오차에 대한 보정이 매우 어렵다는 단점이 있다. 따라서, 프리캐스트 세그멘탈 공법에서는 세그멘트 제작단계에서의 선형관리가 무엇보다 중요하며, 세그멘트 제작결과를 알 수 있는 제작선형은 상부 가설시의 선형조정에 반드시 필요한 자료이다. 이에따라, 프리캐스트 세그멘탈 교량의 건설을 위해서는 세그멘트의 제작관리와 제작선형을 계산할 수 있는 선형관리용 S/W가 필수적으로 요구된다.

그러나, 실제 현장에서는 세그멘트 제작의 효율성을 위해 제한된 위치와 제한된 갯수의 검측값만으로 세그멘트의 형상을 규정지를 수밖에 없고, 검측값 자체에도 여러 가지 요인들에 의한 오차가 내재될 수 있다. 따라서, 검측값에 대한 철저한 분석작업없이 그대로의 단순한 입력을 통하여 S/W를 운용할 때는 수치계산상으로는 마치 정확한 선형관리가 이루어진 것으로 판정되나 실제로는 그렇지 못한 경우가 발생할 수 있다. 세그멘트의 제작관리와 제작선형을 자동적으로 계산할 수 있는 선형관리용 S/W로 개발된 GEOCON⁽¹⁾에서는 현장에서 발생할 수 있는 실제 상황들을 고려하였다.

본 논문에서는 GEOCON의 현장상황을 고려한 기술적인 특징에 대하여 논하였으며, 부산항 배후도로현장에 적용하여 그 실용성을 검증한 결과에 대하여 논하였다.

2. GEOCON의 기술적인 특징

원칙적으로 제어점⁽²⁾(control point, Fig.1의 점 13~18)에서의 검측데이터는 제어점 자체의 변형량을

이거나 그 근처에 있는 콘크리트의 국부적인 변형을 나타내서는 안되고 3차원 세그멘트의 전체적인 형상을 대표해야 한다. 그러나, 때때로 new 세그멘트의 타설, 양생과정에서 제어점 자체의 변형량으로 의심되는 움직임이 이미 설치된 제어점에서 검측될 때가 있다. 이러한 검측데이터를 그대로 다음 세그멘트들의 보정용 입력데이터로서 사용하는 데는 문제가 있다. 즉, 수치계산상으로는 마치 정확한 선형관리가 이루어진 것으로 판정되나 실제로는 그렇지 못할 수 있기 때문이다. 이에따라, GEOCON에서는 현장에서 발생하는 상황들을 고려하여 검측오차와 계산오차를 최소화할 수 있도록 하였다.

2.1 new 세그멘트의 offset

GEOCON에서는 세그멘트의 제작중에 거푸집의 변형(침하, 뒤틀림, bulk head의 수평, 수직도)은 발생하지 않는 것으로 가정하였다. 이러한 가정은 충분한 강성이 요구되는 거푸집의 설계조건을 고려하면 타당한 가정이며 만약 거푸집의 변형이 예상된다면 세그멘트 제작을 중지하고 거푸집의 강성을 높이는 보강작업이 이루어져야 할 것이다.

이에따라, 교량의 평면선형을 결정하는 데이터로서 new 세그멘트의 offset은 무시하였다. 즉, new 세그멘트의 중심선과 거푸집의 중심선은 항상 일치하는 것으로 가정하였다. 만약, new 세그멘트의 offset이

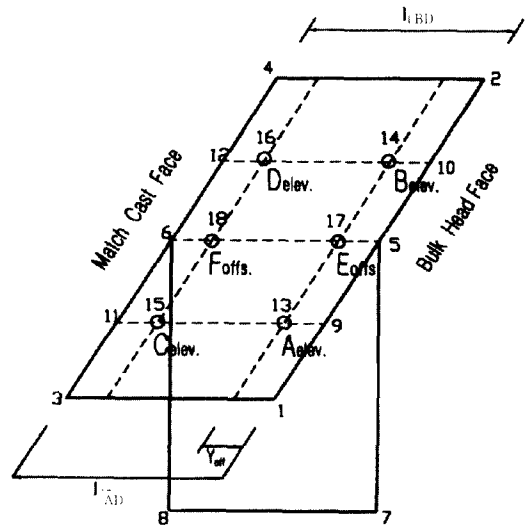


Fig. 1 Control points and data of GEOCON

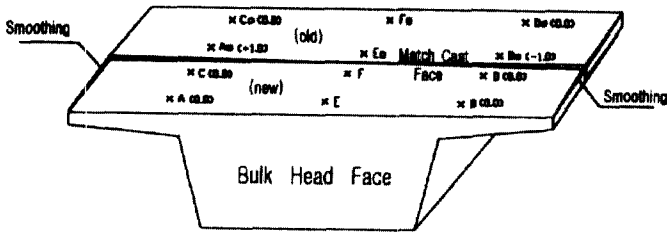


Fig. 2 An example of measured data in practice(case 1)

검측된다면 이 값은 콘크리트 타설중에 발생할 수 있는 제어점 자체의 이동량으로서 교량의 평면선형 보정을 위한 데이터로서 입력되어져서는 안된다. 그렇지만, new 세그먼트에서의 offset에 대한 검측값은 저장되었다가 현재의 new 세그먼트가 old 세그먼트의 위치로 이동되어 설치될 때는 반드시 old 세그먼트의 설치 위치값으로 반영되어야 한다. 한편, 수준(elevation)측량값은 상부슬래브의 경우 거푸집으로 제어하지 않고 있으므로 검측값 그대로 사용하였다.

2.2 match cast면과 bulk head면에서의 단차

new 세그먼트와 old 세그먼트가 서로 접촉되는 match cast 면에서 두 세그먼트들의 상부 슬래브 끝면은 서로 일치되어야 한다. 또한, bulk head 면에서의 new 세그먼트와 bulk head와의 경우도 마찬가지이다.

제어점에서 검측된 수준측량값을 단순히 연장하여 세그먼트의 상부슬래브 면을 계산하면, 서로 단차진 상태로 제작된 것으로 판단되는 경우가 종종 발생된다. 그러나, match cast 면에서의 단차는 크게 문제가 되지 않는다. 이것은, 실제 제작과정에서 작업자들이 new 세그먼트의 상부 슬래브 최종 끝면을 old 세그먼트에 항상 일치시키므로, 제어점의 검측값을 기준으로 한 계산상으로는 match cast 면에서 단차가 발생하는 것으로 나타나지만 실제적으로는 Fig.2와 같이 발생하지 않기 때문이다. 또한, match cast 면에서의 계산상의 단차는 설계 제작곡선의 수정에 영향을 주지 않기 때문이다.

그렇지만, bulk head면에서의 단차는 설계 제작곡선의 수정에 영향을 준다. 특히, bulk head 면에서 new 세그먼트의 슬래브면이 비틀경사도를 가진 상태라면, old 세그먼트가 아무리 정확하게 설치되었다 하더라도 교량의 선형을 유지하기 위해서는 다음

번 세그먼트를 뒤틀리게 제작하도록 하는 설계 제작곡선의 수정이 이루어진다. 한편, 실제 작업장에서는 new 세그먼트의 콘크리트 타설면이 bulk head면에서는 항상 수평면이 되도록 계획되어 지고, 작업자는 bulk head면이라는 수평기준면을 타설 작업중에 항상 확인하면서 작업할 수 있으므로, 비록 제어점의 검측값

을 기준으로 한 계산상으로는 슬래브면이 종단 및 비틀경사도를 갖고 있다하더라도 bulk head면에서 new 세그먼트의 슬래브 최종 끝면은 수평면으로 마무리 지어진다고 보는 것이 현실적이다.

따라서, GEOCON에서는 다음번의 new 세그먼트 제작을 위한 설계 제작곡선의 수정에 영향을 주는 bulk head면에서의 슬래브 최종 끝면을 현장의 실제 상황을 고려하여 다음 식(1)과 같이 계산하고 있다.

$$ELV = (A_{elev.} + B_{elev.}) / 2 + YOFF \\ \times \left(\frac{A_{elev.} - C_{elev.}}{l_{AC}} + \frac{B_{elev.} - D_{elev.}}{l_{BD}} \right) / 2 \quad (1)$$

식(1)은 bulk head면에서의 슬래브 최종 끝면이, new 세그먼트의 제어점인 Fig.1의 점13, 14에서 측정된 수준값의 평균에 new 세그먼트의 평균 종단경사도를 합한 높이로 항상 수평을 유지하는 것을 의미한다. 식(1)의 ELV 는 다음번 세그먼트들의 뒤틀림 제작을 억제하고자 하는 단지 계산상의 가상 슬래브면이다. 그러므로 검측값이 정확하였을 경우는 현재의 new 세그먼트가 old 세그먼트의 위치로 이동되어 설치되었을 때, 다음번 new 세그먼트와 match cast 면에서 고의적인 경사진 단차가 발생할 수 있다. 이 경우는 match cast 면에서 발생하는 단차이므로 앞에서 설명한 바와같이 문제가 되지 않는다. 그러나 만약, bulk head 면에서 new 세그먼트의 슬래브면을 비틀경사도를 가진 상태로 검측값을 그대로 사용할 경우¹⁴⁾에는 다음번 세그먼트들이 현실적으로 검측오차가 내재되었을 가능성이 큰 입력데이터에 의해 뒤틀리게 제작될 수밖에 없어서 오히려 교량의 선형에 유해한 영향을 줄 수 있다¹⁵⁾.

한편, GEOCON 내부에서 new 세그먼트의 슬래브면을 식(1)과 같이 계산할 지라도 제어점에서 검측된 값 자체가 바뀌는 것은 아니다. 검측값은 저장되

었다가 old 세그먼트의 설치 위치값으로 제공된다.

2.3 match cast 면의 경사도결정

제작이 완료된 new 세그먼트는 다음의 new 세그먼트 제작을 위해 old 세그먼트 위치에 설치된다. 이때, new 세그먼트 위치에서의 검측값과 old 세그먼트 위치에서의 검측값에 의한 세그먼트 형상은 반드시 서로 일치되어야 한다. 그러나 실제 현장에서는 검측오차와, 미소하지만 양생온도 등 여러 가지 요인에 의한 세그먼트의 자체 변형에 의해 위의 조건이 만족되지 않는 경우가 있다.

예를 들면, Fig.3에서와 같이 old 세그먼트가 new 세그먼트 위치에서는 모든 제어점(A,B,C,D)에서의 검측값이 0.0이었는데 현재의 old 세그먼트 위치에서는 A_0 , B_0 , C_0 , D_0 점이 각각 +1.0, -1.0, 0.0, 0.0으로 검측되는 경우가 발생될 수 있다. 만약, C_0 , D_0 점도 각각 +1.0, -1.0으로 검측되었다면 분명히 old 세그먼트가 일정한 비틀경사도를 갖고 회전되어 설치된 것으로 판단할 수 있다. 그러나 현재는 A_0 , B_0 점의 검측이 잘못되었는지 아니면 C_0 , D_0 점의 검측이 잘못되었는지 또는 A_0 , B_0 면에서 일정시간이 경과된 old 세그먼트가 뒤틀렸는지 쉽게 판정하기가 어렵다. 만약, 이와같은 오차가 상당히 크다면 검측오차에 대한 원인이 육안으로 쉽게 판명되지만 실제 현장에서와 같이 그 크기가 1mm~2mm로 미소할 때는 검측결과에 대한 신뢰도를 쉽게 판정하기가 어렵다.

몇몇 연구들^(4,5)에서는 검측된 4개의 수준값을 그대로 계산에 반영하여 세그먼트 슬래브면의 좌, 우측 종단경사도와 앞, 뒤쪽 면의 비틀경사도를 각각 구하고, 이 값들로부터 다음 세그먼트들의 관리치를 결정하고 있다. 즉, 설계 제작곡선의 수정계산을 세그멘

트의 슬래브면에서 수행한다. 그러나 양생완료된 세그먼트는 강체(rigid body)이므로 1개의 세그먼트는 각각 1개씩의 종단, 평면, 비틀경사도만을 가질 수 있다. 또한, 2개씩의 경사도를 정의하는 경우는 계산상으로는 정확할 지 모르나, 위의 절에서 설명된 현장상황들의 경우, 그 검측오차가 클 때는 계산된 제작선형과 실제 제작된 교량선형 사이에는 큰 차이가 있을 수 있다.

GEOCON에서는 설계 제작곡선의 수정을 match cast면의 경사도 변화에 따라 계산하였다. 이 면의 경사도는 거푸집의 bulk head에 대한 연직성 유지만 만족된다면 세그먼트의 bulk head면이 항상 수직하게 제작되므로 슬래브면의 좌,우측면의 평균 종단경사도와 앞,뒤쪽면의 평균 비틀경사도에 의해 결정할 수 있다. 이에따라, Fig.3의 경우가 검측오차가 아닌 경우에는 계산상의 정확도는 다소 감소될 수 있으나, 검측오차인 경우는 검측오차의 간과로 인한 보다 심각한 교량선형 관리의 실패에 대한 위험을 분산시킬 수 있다.

3. 현장 적용에 및 결과분석

3.1 부산항 배후도로

부산항 배후도로는 부산항 3, 4단계 컨테이너 부두에서 발생하는 화물의 원활한 배후수송과, 경부 및 남해고속도로 이용차량의 도심내 통행 경감으로 부산시의 극심한 교통체증을 해소할 목적으로 부산시 감만동에서부터 문현동의 동서고가도로와 연결하는 총 연장 3,159.5m, 폭 19.1m(9.5m+0.1m+9.5m)의 왕복 4차선 도로이다. 이 도로는 일부 토공구간(486m)이 있으나 대부분의 구간이 교량구조물로 건설되었다. 교량구간은 Steel Box 구간(270m), 현장타설에 의한 Free Cantilever Method구간(230m) 및 Full Staging Method 구간(64.5m)를 포함하여 대부분의 구간(2109m)이 프리캐스트 세그멘탈 공법으로 가설되었다. 프리캐스트 세그멘탈 공법이 사용된 교량구간은 총 42개의 경간(50m, 일부 53m)과 폭 9.5m의 1434개(Typical Seg.=1266개, Pier Seg.=136개, Exp. Joint Seg.=32개)의 세그먼트로 구성되어

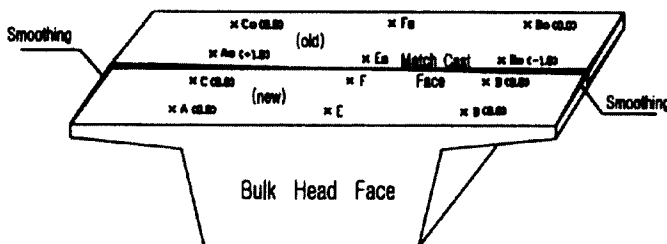


Fig. 3 An example of measured data in practice(case 2)

져 있다. 1개의 경간은 교각세그먼트(pier segment)를 제외하고 상,하행선 15개씩의 경간세그먼트(typical segment)들로 Fig.4와 같이 구성되어 있다. 세그먼트는 Short Line Method에 의한 Match Casting 방식으로 제작되었으며, 상부가설은 Fig.5와 같이 상, 하행선을 동시에 조립할 수 있는 Above Type의 가설용트러스(L=94.5m, W=590ton)에 의한 Span-by-Span Method로 가설되었다. GEOCON은 프리캐스트 세그먼트로 가설되는 구간에서, 선형관리용 S/W로 채택되어 적용되었다.

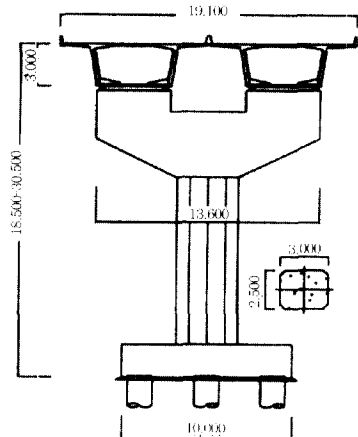


Fig. 4 Typical cross section of the intercity bridge surrounding Pusan harbor

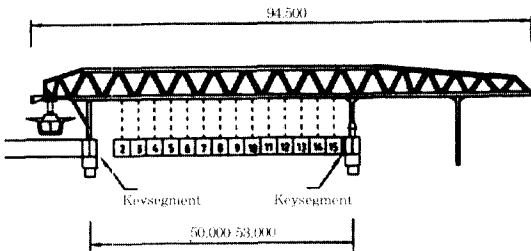


Fig. 5 Launching truss for the assembly of segments

본 연구에서는 직선구간 444m, 클로소이드 구간 2@108m, 곡선구간(R=300m) 240m 등 총 900m 구간에서의 세그먼트 제작값과 실제 시공이 완료된 가설값에 대한 검측을 통하여 GEOCON의 실용성을 검증하였다.

3.2 결과분석

Fig. 6, 7과 6은 각각 직선구간, 클로소이드구간,

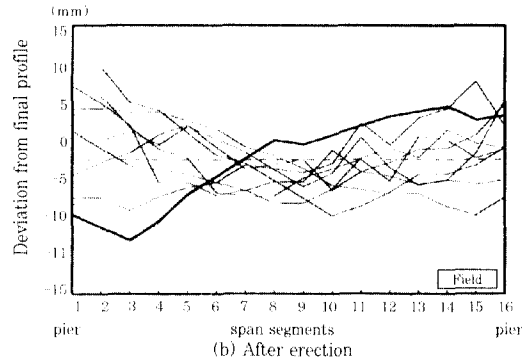
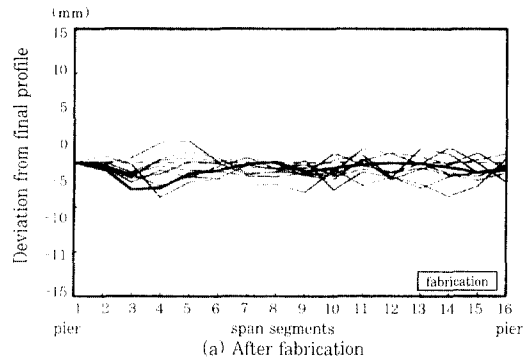


Fig. 6 Vertical alignment attained in straight area

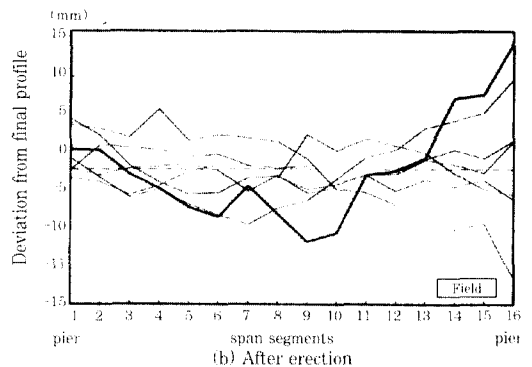
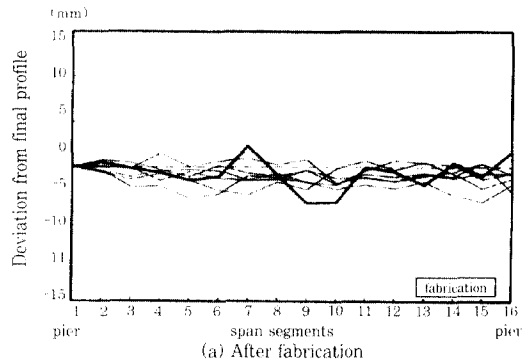


Fig. 7 Vertical alignment attained in transition area

곡선구간의 종단선형에 대한 제작(a) 및 가설완료된 상태(b)에서의 설계곡선과의 오차를 각 경간별로 나타낸 것이고, Fig. 9, 10과 11은 평면선형에 관한 것이다. 가설완료된 상부의 검측은 도로포장 전에 실시되었다.

한편, 부산항 배후도로교량에서는 선형관리를 위하여 어떠한 경우에도 고임판(shim plate)을 사용하지 않았다. 또한, 프리캐스트 세그멘탈 구간에 대한 솟음계산량은 경간 중앙부에서 최대값이 10mm 미만으로 미소하였던 관계로 설계곡선의 제작시에 솟음량을 무시하였다. 따라서, 설계 제작곡선은 교량의 최종 도로곡선을 기준으로 계산하였다.

Fig. 6~11에서 굵은실선은 제작 또는 가설완료된 검측값중 어느 하나의 오차가 다른 구간에 비하여 상대적으로 큰 구간에 대한 결과를 나타낸 것이며, 그림들의 (a), (b)에 있는 굵은실선은 같은 경간에서의 제작 및 가설완료된 상태에 대한 결과이다.

3.2.1 종단선형에 대한 고찰

Fig. 6, 7과 8에서 보는 바와같이 대상현장의 종단

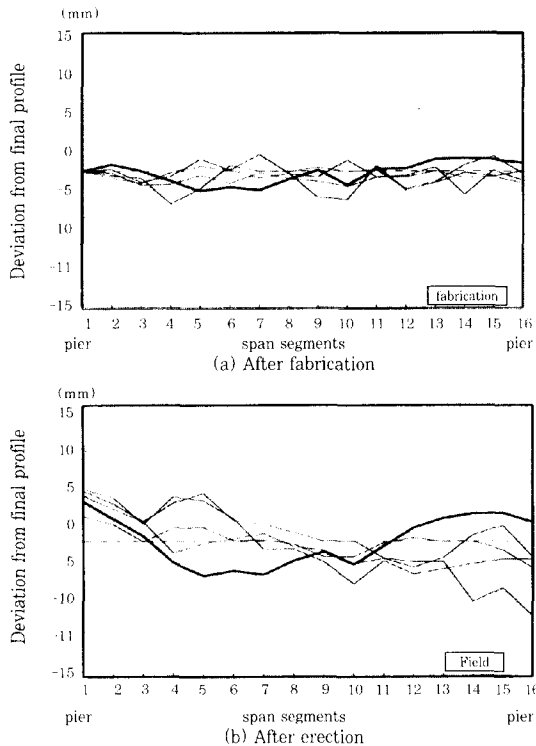


Fig. 8 Vertical alignment attained in curved area

선형에 대한 제작오차는 약 3mm내외이고 가설 후에는 10mm 내외로 나타났으며 직선구간, 클로소이드 구간, 곡선구간에 따른 특이점은 없었다. 이 정도의 오차는 포장하중과 크리프 등 PS 콘크리트의 시간의존적인 성질에 의한 추가적인 처짐(계산값으로 5mm이내)을 예상하더라도 포장두께 50mm를 고려하면 만족할 만한 시공결과인 것으로 판단된다.

가설 완료후에 검측된, 경간내 세그멘트들의 앞, 뒤 세그먼트 사이의 상대적인 선형변화는 Fig. 6, 7과 8에서 보는 바와같이 교각근처의 세그멘트들을 제외하고는 제작선형과 대부분 일치하고 있음을 알 수 있으며, 제작오차가 크게 발생되었던 구간은 가설완료된 결과 역시 선형오차가 크게 나타남을 알 수 있다. 한편, 가설완료후의 세그멘트들 사이의 절대적인 오차가 5mm정도의 범위에서 제작값과 차이가 있는 것은 설계곡선의 제작시 무시되었던 솟음량과 구조 해석시 예측되지 않은 처짐들의 영향인 것으로 판단된다. 또한, 상부가설시에 수행되었던 조정작업의 영향도 원인이 될 수 있을 것으로 판단된다. Fig.7(b)의 굵은실선에 해당되는 경간의 경우는, 설치오차를

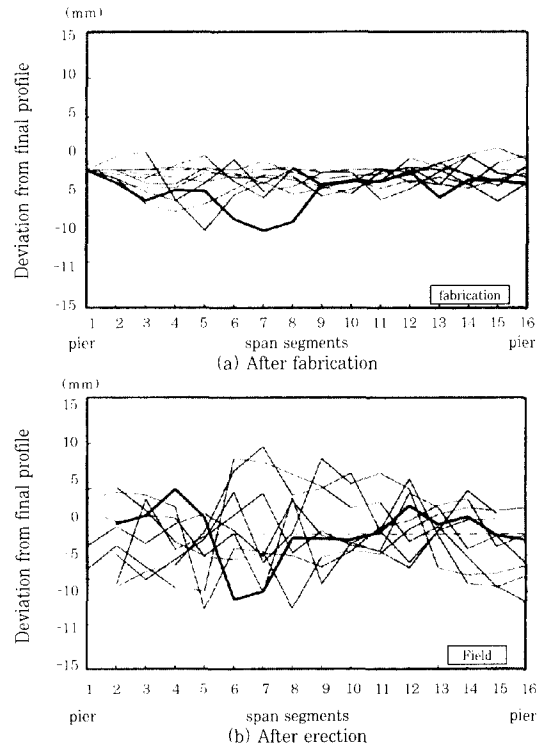


Fig. 9 Horizontal alignment attained in straight area

가진 교각세그먼트에 경간세그먼트들의 선형을 일치시키기 위해 다른 세그먼트들은 고정시키고 접합세그먼트(key segment) 주위의 13,14,15번 세그먼트들에서 가설트러스를 이용하여 상부를 들어올렸다. 이에따라 교량은 그림에서보는 바와같이 활처럼 휘게되었다.

프리캐스트 세그멘탈 교량의 가설시 선형오차에 대한 조정작업은 세그먼트의 조립중에도 이루어지지만 주로 모든 경간세그먼트들의 조립이 완료된 후, 현장 타설 콘크리트에 의한 접합세그먼트 주위에서 이루어진다. 부산항 배후도로 교량의 경우는 Fig.5와 같이 경간의 양쪽에, 교각 세그먼트와 경간세그먼트들 사이에 접합세그먼트가 있다. Fig. 6, 7과 8에서 세그먼트 번호로 1번과 16번 점이 교각세그먼트와 연결되는 접합세그먼트(175mm)의 위치이다. Fig. 6(b), 7(b)와 8(b)에서 보는 바와같이 가설 완료후에 한 경간의 전체적인 선형은, 제작선형과 달리 접합세그먼트 근처에서 상대적으로 큰 선형오차가 발생하였음을 알 수 있다. 이는 대부분이 교각세그먼트의 설치오차에 기인하여, 15개의 경간세그먼트들을 교각세그먼트

트에 일치시키기 위해 접합세그먼트 주위에서 시행된 인위적인 조정작업에 의한 결과이다. Fig.7(b)와 달리 Fig.6(b)의 굵은실선의 경우는, 양쪽 교각세그먼트들의 설치오차가 서로 반대방향으로 거의 비슷한 정도로 발생한 경우로서, 이의 보정을 위해 교량상부에 Fig.7(b)와 같은 변형을 주는 추가적인 외적 보정력이 필요하지 않았다. 즉, 조립이 완료된 경간세그먼트들의 조립체를 전체적으로 회전시켜 교각 세그먼트에 일치시켰으며, 이에따라 Fig.6(b)에서 보는 바와같이 경간 내부 세그먼트들의 상대적인 선형변화는 제작선형을 그대로 유지하고 있다.

이상의 결과들로 부터, 프리캐스트 세그멘탈 교량의 종단선형은 제작오차와 함께 교각 세그먼트의 설치오차도 주된 변수가 됨을 알 수 있다. 교각 세그먼트의 설치오차가 존재하는 경우는 경간 세그먼트들의 조립후에 보정을 위해 설치오차의 종류에 따라 교량상부에 추가적인 하중이 가해질 수도 있다. 이러한 추가적인 하중은 크기와 작용위치에 따라 정밀하게 관리된 제작선형을 변화시킬 수도 있으며, 경우에 따라서는 교량에 구조적인 손상을 줄 수도 있다. 부산

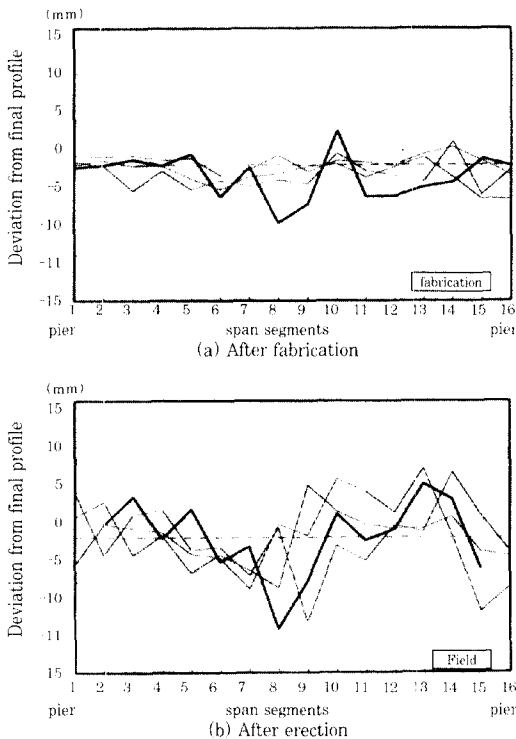


Fig. 10 Horizontal alignment attained in transition area

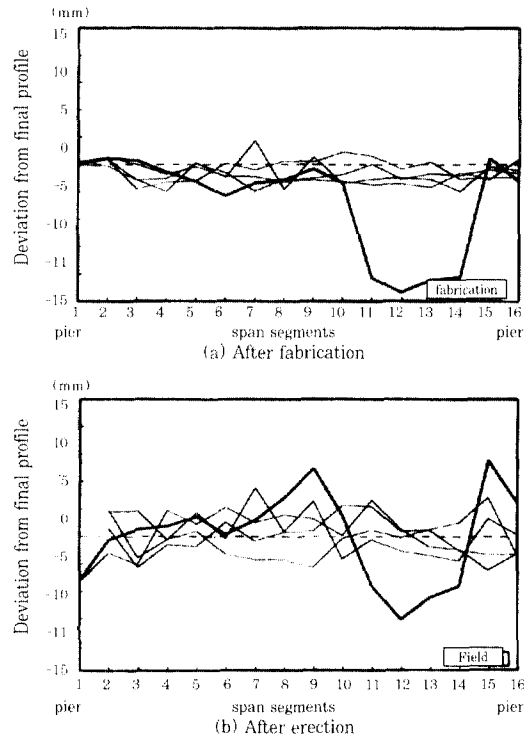


Fig. 11 Horizontal alignment attained in curved area

항 배후도로 교량의 경우는 가설시의 종단선형의 조정을 위해 가설트러스를 이용하였으며 교량에 구조적인 손상을 줄 정도의 보정력은 필요하지 않았다. 다만, 현장관리를 위한 시험결과, 종단선형의 보정을 위해 한 위치에서 약 $\pm 20\text{mm}$ 정도 선형변화를 주었을 때 영구적인 긴장재가 배치되기 전에 설치되는 가설 강봉이 영향을 받기 시작하는 것으로 확인되었다.

3.2.2 평면선형에 대한 고찰

Fig. 9.10과 11에서 보는바와 같이 평면선형에 대한 결과도 종단선형에 대한 결과와 마찬가지로 제작 오차의 영향이 가설완료 후의 선형오차에 가장 큰 영향을 주는 것으로 확인되었다. 이는 곡선구간에 대한 검측결과인 Fig.11의 굵은실선에 해당하는 경간의 예에서 더욱 분명히 알 수 있다. 이에따라, 평면오차에 대한 선형관리에서는 평면선형에 영향을 주는 횡방향 지속하중이 존재하지 않는 관계로 제작시 선형관리에 대한 중요성이 종단선형에 비해 더욱 강조되어야 할 것이다.

가설완료된 상태에서의 평면선형에 대한 검측결과, 일부 경간을 제외하고는 교각 세그먼트의 설치오차를 포함하여 $\pm 5\text{mm} \sim \pm 8\text{mm}$ 정도임을 알 수 있다. 이러한 결과는 오스트레일리아의 West Gate Freeway 프로젝트¹⁵⁾에서의 평면오차에 대한 관리치인 $\pm 8\text{mm}$ 와 비교해 볼 때 만족할 만한 선형관리가 이루어진 것이라 할 수 있다. 또한, 이 정도의 오차는 곡선반경이 300m인 부산항 배후도로 곡선구간에서의 한 경간내 평면선형의 변화가 약 3000mm 정도임을 감안하더라도 매우 정밀한 선형관리가 이루어진 것이라 할 수 있다.

한편, 종단선형에 대한 교각 세그먼트의 설치오차는 $\pm 10\text{mm}$ 정도이었으나, 평면선형에 대하여는 약 $\pm 5\text{mm}$ 정도로 좀더 정밀한 설치가 이루어졌다. 이러한 결과는 교각 세그먼트의 설치에 필요한 검측 및 조정작업에 따른 난이도의 차이에서 비롯된 것으로 판단된다. 즉, 종단선형의 경우는 4개의 제어점에서의 수준값(level)에 대한 조정작업이 동시에 이루어져야 하는 반면에, 평면선형의 경우는 1개의 중심선을 기준으로 한 조정작업만이 이루어지기 때문이다.

세그먼트 제작 후(그림 a)와 가설완료 후(그림 b)의 검측된 선형을 비교하여 보면, 세그먼트들 사이의

상대적인 선형변화 형태가 종단선형의 경우(Fig. 6,7과 8)는 접합세그먼트 근처에서만 일부 달라진 상태를 볼 수 있지만, 평면선형의 경우(Fig. 9,10과 11)는 경간의 중앙부에 있는 일부의 세그먼트들까지도 달라진 모습을 볼 수 있다. 이것은, 부산항 배후도로교량의 경우, 횡방향 휨강성이 종방향 휨강성에 비하여 약 1/5정도의 수준이고 횡방향에 대하여는 가설중에 어떠한 구속력도 없기 때문에 평면거동에 영향을 줄 수 있는 작은 외적하중(가설강봉의 불평형력, 접합세그먼트 근처에서의 보정력등)에도 종방향에 비하여 상대적으로 큰 영향을 받을 수 있기 때문이다. 그러나 그 양은 Fig. 9.10과 11에서 보는바와 3mm 이내로서 평면선형의 관리목표치에 영향을 줄 정도로 의미가 있지는 않다.

4. 결론

1) 부산항 배후도로에서의 적용을 통하여, 프리캐스트 세그멘탈 교량의 선형관리를 S/W로 개발된 GEOCON의 실제 현장에서 발생할 수 있는 여러 가지 상황을 고려한 알고리즘은 효용성이 매우 높은 것으로 검증되었다.

2) 가설완료 후의 검측결과에 대한 분석을 통하여, 프리캐스트 세그멘탈 교량의 선형관리의 성패는 세그먼트의 제작시의 선형관리가 가장 큰 변수가 됨을 다시한번 확인하였으며, 가설현장에서의 교각 세그먼트의 설치오차는 교각과 교각사이의 전체적인 선형을 결정짓는 중요한 변수가 되므로 교각 세그먼트 설치관리도 세그먼트 제작관리와 같은 정도의 정밀성이 요구된다.

3) 향후, GEOCON은 3차원 그래픽 기능의 지원을 받는, 검측 및 입력 데이터의 오류 검색기능과 세그먼트의 제작 및 조립진행에 따른 교량선형의 결과도 및 예측도를 출력할 수 있는 기능이 추가되어야 할 것이다. 이를 위해서는, 국내의 프리캐스트 세그멘탈 교량의 선형관리를 위한 시공사의 관리목표치(tolerance) 설정을 위한 연구와 세그먼트 조립시의 보정에 따른 재해석(reanalysis)과정과의 연계를 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구를 위해 관련 기술자료의 지원을 아끼지 않으신 브이 에스 엘 코리아(주)의 관계자 여러분들께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 이환우,곽효경, "프리캐스트 세그멘탈 교량의 선형관리를 위한 GEOCON의 개발에 관한 연구(I)", 한국콘크리트학회 논문집, 제10권1호, 1998.2, pp.161~169.
2. Podolny, Walter, Jr. and Muller, Jean M., *Construction and Design of Prestressed Concrete*

Segmental Bridges, John Wiley & Sons, New York, N.Y., 1982, pp.485~503.

3. Lount, M. and Sallay, J., *User's Manual for Programm FORMSET*, Lount Sallay and Associates Inc., Canada, 1992.
4. Breen, John E., "Controlling Twist in Precast segmental Concrete Bridge," *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, Vol.30, No.4, July-August 1985, pp.86~111.
5. Highway Authority, *Segment Geometry Control*, Vol.28A, State of Victoria, Australia, 1984.

요 약

프리캐스트 세그멘탈 교량의 3차원적인 선형관리를 수행할 수 있는 S/W로서 GEOCON이 개발되었다". GEOCON은 기본적으로 제작장에서 세그먼트 제작관리를 통한 선형관리를 실시하고, 그 결과로서 자동적으로 계산되는 제작선형은 가설시 선형관리에 활용된다. 본 논문에서는 실제 현장에서 나타날 수 있는 검측오차 등으로 인하여 수치계산상으로는 마치 정확한 선형관리가 이루어지는 것으로 나타날 수 있는 상황을 방지하기 위해 GEOCON에서 채택하고 있는 기술적인 특징들에 대하여 논하고 있다. 또한, 실제 현장적용을 통하여 GEOCON의 효용성을 검증하였다. GEOCON을 통하여 선형관리된 부산항 배후도로 현장은 총 길이 2109m의 프리캐스트 세그멘탈 교량구간을 포함하고 있으며 고임판의 사용없이 허용관리치 내에서 매우 정확한 선형관리가 이루어졌다.

(접수일자 : 1997. 7. 23)