

런칭 트러스의 안전성 평가 및 실측치에 기초한 구조거동에 관한 연구

A Study on the Structural Behavior and Safety Evaluation based on Field Measurement Value of Launching Truss

박 영 훈¹⁾ · 이 승 용²⁾ · 전 준 창²⁾ · 장 동 일³⁾

Park, Young Hoon Lee, Seung Yong Jeon, Jun Chang Chang, Dong Il

요 약 : 프리캐스트 세그먼트의 가설 장비인 런칭트러스는 다른 일반적인 트러스 구조물과는 달리 사재와 상현재, 사재와 하현재간의 연결이 완전한 핀구조로 이루어져 있다. 이러한 런칭트러스의 실거동 파악을 위한 현장측정을 실시한 결과, 측정응력과 계산응력의 상당한 차이가 분석되었다. 따라서 본 연구에서는 측정치를 바탕으로 런칭트러스의 연결부의 특성에 따른 거동상태를 고려하여 분석을 실시하였으며, 그 결과 편연결부의 비정상적인 거동에 의하여 실제 런칭트러스는 시공단계에 따라 해석적으로 평가되는 정상적 거동과 상당히 차이가 나는 거동이 발생하는 것으로 나타났다. 한편, 정상 거동상태에서의 런칭트러스의 안전성 평가를 위하여 실제 런칭트러스를 이용한 교량 가설시에 적용되는 Balanced Cantilever 공법에 있어 주요 가설 단계를 조합하여 각부재의 사하중과 활하중의 조합에 의한 최대 응력을 분석한 결과, Balanced Cantilever 공법에 의하여 인장응력과 압축응력의 상호 상쇄 작용으로 오히려 1개의 세그먼트를 가설하는 경우보다 낮은 응력이 분석되었으며, 발생 최대응력을 허용응력과 비교한 결과, 해석적으로 런칭트러스는 충분한 구조 안전성을 확보하는 것으로 판단된다.

ABSTRACT : Launching truss used for constructing the precast segmental concrete bridge has upper chord, lower chord and diagonal members. And the pin is used for connecting these members. From the field loading test carried out for investigating the actual behavior of launching truss, the great difference is analyzed between measured stress and calculated stress. Based on measured value, the structural analysis are carried out about assumed abnormal behavior of connection part. From the results of analysis, it is analyzed that the abnormal behavior of connection part greatly affect the structural behavior of launching truss. In addition, from the investigation of safety of launching truss, it is evaluated that the launching truss has enough safety with normal behavior of connection part.

핵심용어 : 런칭트러스, 구조해석, 편연결 구조, 비정상거동, 현장재하시험

KEYWORDS : Launching Truss, Structural Analysis, Pin Connected Structure, Abnormal Behavior, Field Loading Test

- 1) 학생회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정
- 2) 학생회원, 한양대학교 산업과학연구소 연구원
- 3) 정회원, 한양대학교 지구환경건설공학부 교수

본 논문에 대한 토의를 1999년 3월 31일까지 학회로 보내 주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

최근 설계 및 이론에 대한 관련 기술의 발달, 신소재의 개발과 품질의 향상 그리고 구조해석 기법의 진보에 의해 교량 구조물의 설계 및 시공은 큰 발전이 이루어지고 있다. 또한, 생활의 여유와 의식수준의 향상, 위험한 작업에 대한 기피현상으로 인한 기능 인력의 감소와 안전의식의 증대로 교량의 시공에 있어서도 기계화 시공으로 변천되어 가고 있다.

프리캐스트 세그먼트 공법은 이와 같은 사회적 여건의 성숙에 따라 발전되어 온 것으로 일정한 길이로 분할된 교량 상판을 제작장에서 균일한 품질로 정밀제작한 후 가설장소에서 각종 가설장비를 이용하여 상부구조를 완성시키는 공법으로 1962년 프랑스의 Choisy-le-Roi교에 최초로 적용되었다⁽¹⁾. 프리캐스트 세그먼트의 가설은 각종 크레인, 문형 가설기, 이동 인양기, 이동 작업거더, 가설탑 등에 의한 방법이 있으며, 가설위치의 입지조건, 공사 규모, 세그먼트 중량, 하부구조, 공기, 경제성 등을 고려하여 적절한 가설방법을 선정하게 된다. 이 중에서 이동 작업거더(이하 런칭트러스)를 이용한 가설공법은 시공기간이 짧고 안전시공이 가능하며, 동바리공이 필요 없어 교량 하부조건에 관계없이 시공이 가능한 장점을 갖고 있어 최근 도시 고속화도로 건설을 중심으로 그 사용이 증가하는 추세이다^(1,2,3,4).

한편, 이러한 런칭트러스는 그 사용 목적상 잦은 조립과 해체 그리고 그에 따른 과도한 충격, 지점조건의 잦은 변경, 일부 무리한 가설 등에 의하여 설계시에 고려하지 못한 조건에서 사용되어 질 수 있다. 특히 상현재-사재, 하현재-사재의 연결은 완전한 편연결로 이루어져 있어 정기적인 점검과 적절한 윤활유의 주입이 이루어지지 않을 경우, 연결부의 비정상적인 거동이 발생할 수 있다.

따라서, 본 연구는 현장측정을 통해 얻어진 런칭트러스 각 부재의 발생용력을 기초로하여 편연결부의 비정상적 거동에 따른 영향을 해석적으로

분석하였으며, 런칭트러스의 안전성 평가를 위하여 Balanced Cantilever 공법에 따른 사하중 및 활하중의 발생 형태를 각 부재별로 분석하였다.

2. 런칭트러스 개요

본 연구의 대상 구조물인 런칭트러스는 총연장 120m, 높이 4m인 2열의 트러스로 구성되어 있으며, 종방향(Rolling) 및 횡방향(Sliding) 이동과 세그먼트의 견인(Lifting)이 가능하다.

런칭트러스는 시공 순서에 따라 그림 1과 같이 대표적으로 2가지 형태의 지지조건을 갖는다. 그림 1(a)는 Support 세그먼트, Transition 세그먼트 및 Field 세그먼트를 차례로 가설하기 위한 지지조건이며, 그림 1(b)는 Diaphragm 세그먼트를 전방 교각에 설치하기 위한 조건이다. 본 연구에서는 그림 1(a)와 같은 지지조건을 Type-A, 그림 1(b)와 같은 지지조건을 Type-B로 하여 세그먼트의 가설단계에 따라 해석을 실시하였다.

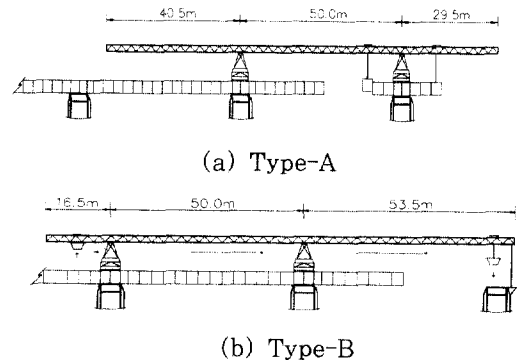


그림 1. 런칭트러스의 지지조건

3. 구조해석

3.1 모델링

구조해석 모델링은 그림 2와 같고 해석 프로그램은 LUSAS를 사용하였다. 사용 요소는 런칭트

러스의 핀 연결부의 특성을 반영하기 위하여 사재는 트러스 요소를 사용하였으며, 하현재 및 상현재는 빔 요소를 사용하였다.

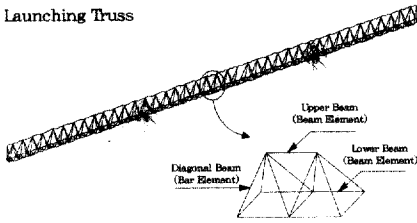


그림 2. 구조해석 모델

한편, 구조해석시 적용된 재료의 물성치는 도로교 표준 시방서에서 규정하고 있는 탄성계수 $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, 포아슨비 0.30 및 단위중량 $7.85 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$ 을 사용하였다.

3.2 허용응력의 설정

이태리산 Fe 510 강재(항복강도 $3,550 \text{ kg/cm}^2$)로 제작된 런칭트러스의 허용응력을 설정하기 위하여 한국산업안전공단의 기준⁽⁵⁾을 적용하였으며, 그 결과를 표 1에 나타내었다.

4. 현장측정

4.1 현장측정방법

런칭트러스의 실구조 거동을 파악하기 위하여 정릉천변 도시고속도로 건설에 사용된 런칭트러스

를 대상으로 현장측정을 실시 하였다.⁽⁶⁾ 현장측정은 런칭트러스를 구성하고 있는 두개의 트러스 중에서 하나의 트러스를 대상으로, 세그먼트의 가설 단계에 따라 최대 응력의 발생이 예상되는 부위의 상현재, 하현재 및 사재에 변형률 게이지를 부착하고, 실제 세그먼트의 가설단계에 따라 변형률 데이터를 획득하였다.

4.2 변형률 게이지 부착위치

각 구조부위에 대한 변형률 게이지의 부착위치는 그림 3과 같다.

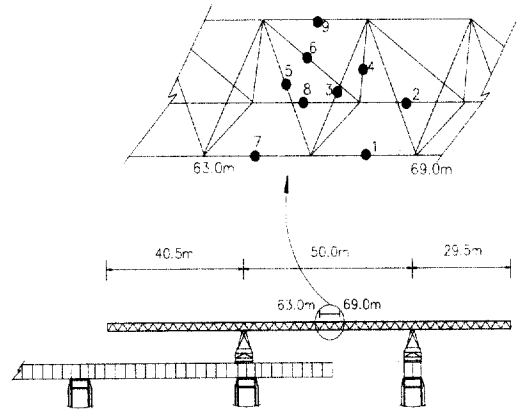


그림 3. 변형률 게이지 부착위치

4.3 가설단계별 측정위치

현장측정시 런칭트러스의 지지조건은 구조해석 결과 응력이 상대적으로 크게 발생하는 Type-A의 지지조건에 대해서 그림 4와 같이 최대 응력의 발생이 예상되는 2가지 경우의 가설단계를 선정하여 측정을 실시하였다.

표 1. 부재별 허용응력

구분	적용식	허용응력(kg/cm ²)	비고
허용 인장응력(σ_{ta})	$\sigma_{ta} = \sigma_y / 1.5$	2,366	$\sigma_y =$ 항복강도 ($3,550 \text{ kg/cm}^2$) $\omega =$ 좌굴계수 (1.35)
허용 압축응력(σ_{ca})	$\sigma_{ca} = \sigma_{ta} / (1.15\omega)$	1,523	
허용 인장휨응력(σ_{bat})	$\sigma_{bat} = \sigma_{ta}$	2,366	
허용 압축휨응력(σ_{bac})	$\sigma_{bac} = \sigma_{ta} / 1.15$	2,057	

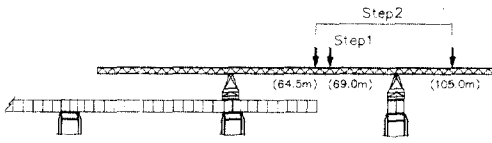


그림 4. 가설단계별 측정위치

5. 결과분석 및 고찰

5.1 측정치와 해석치의 비교

현장측정 결과 각 변형률 게이지로부터 얻어진 측정응력과 구조해석에 의한 계산응력을 가설단계별로 비교하여 응답비(측정응력/계산응력)로 나타내면 표 2와 같다. 한편, 가설단계 1에 따른 각 부재의 해석적 응력 발생 형태를 그림 6에 나타내었다. 표 2에서 분석된 응답비를 살펴보면, 가설단계 1에서는 하현재가 최대 1.22, 사재는 최대 1.04, 상현재는 0.83으로 분석되었으며, 가설

단계 2에서 하현재가 최대 2.02, 사재는 최대 1.28, 상현재는 1.09로 분석되어 대부분의 측정치가 계산치 보다 상회하고 있다.

실제 측정된 응력 양상을 살펴보면, 가설단계 1에서 서로 근접하고 있는 사재의 측정응력, 즉 게이지 부착위치 3번 사재의 측정응력과 게이지 부착위치 5번 사재의 측정응력, 게이지 부착위치 4번 사재의 측정응력과 게이지 부착위치 6번 사재의 측정응력 차이가 각각 $242.0\text{kg}/\text{cm}^2$, $172.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 크게 나타나고 있고, 가설단계 2에서도 각각 $306.6\text{kg}/\text{cm}^2$, $388.7\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 큰 응력차이를 보여주고 있다.

한편, 하중이 가설단계 1과 같이 작용할 경우에 있어서 상현재, 사재, 하현재의 전체적인 해석적 발생응력을 나타내는 그림 5를 살펴보면, 근접한 사재의 해석적 발생응력은 거의 차이가 없으며, 그에 따라 하현재 또한 완만한 응력 변화 형태를 보여주고 있어, 측정오차를 고려하더라도 구조해석 결과치와 실측치는 상당히 다른 양상을 보여주고 있다. 이러한 현상은 본 연구의 대상인 런칭트러스가 일반적인 트러스 구조물과 달리 사재와 하현재 및 상현재와의 연결에 있어 완전한 편

표 2. 응답비

가설단계	게이지 번호	측정응력 (kg/cm^2)	계산응력 (kg/cm^2)	응답비 (측정응력/계산응력)	
1	하현재	1	391.0	318.2	1.22
		2	325.0	318.2	1.02
		7	168.0	218.2	0.77
		8	147.0	218.2	0.67
	사재	3	360.0	345.7	1.04
		4	271.0	345.7	0.78
		5	118.0	345.4	0.34
	상현재	6	99.0	345.4	0.28
		9	-590.0	-713.2	0.83
2	하현재	1	373.8	215.0	1.73
		2	399.0	215.0	1.85
		7	644.7	319.0	2.02
		8	564.7	319.0	1.77
	사재	3	323.4	486.5	0.66
		4	264.4	486.5	0.54
		5	630.0	509.0	1.23
	상현재	6	653.1	509.0	1.28
		9	-900.9	-822.0	1.09

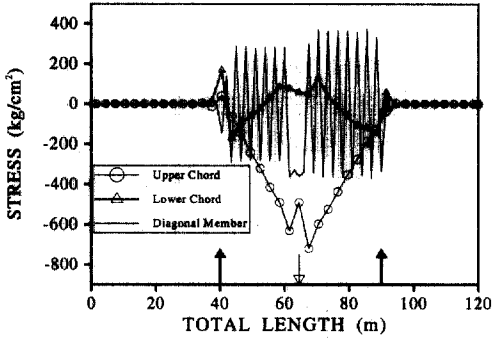


그림 5. 가설단계 1에 따른 발생응력 형태

연결로 이루어져 있어, 하중의 재하위치에 따라 상현재에 작용하는 하중이 특정 편연결부의 비정상적인 거동에 의해 사재에 불규칙적으로 분포되고, 그에 따라 하현재에도 비정상적인 응력전달이 이루어지는 결과로 판단된다. 따라서, 다음 절에서 이러한 편연결부의 기능적 결함에 의한 영향과 실제 구조물의 측정치 및 정상적인 거동을 고려한 해석치와 비교분석 하여 예상 가능한 거동을 분석하였다.

5.2 대상구조물의 비정상 거동에 대한 해석적 분석

런칭트러스의 편연결부는 이물질 유입 및 파손

과 부식 등에 의한 편연결부의 핀과 구멍의 맞물림 현상에 의해 사재에는 추가적인 외력이 작용하고, 핀과 구멍의 직경차 및 핀구멍의 마모 등에 따른 과대공 현상으로 인하여 일부 사재의 응력전달 기능 마비 현상이 발생하여 구조 전체의 거동이 달라질 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 먼저 편연결부의 강철의 영향을 분석하기 위하여, 사재를 범요소로 두어 해석을 실시 하였다.

사재의 회전변위 구속에 있어, 2 가지 예상 가능한 경우를 고려하였으며, 첫 번째 경우는 모든 사재의 회전 변위의 구속을 고려한 경우로서 그 분석 결과와 측정치 비교를 표 3에 나타내었으며, 두 번째 경우는 표 2의 측정치에서 상대적으로 큰 응력이 발생한 사재의 회전 변위를 구속한 경우로서 가설 단계 1에서는 변형을 게이지 3,4번이 부착된 사재의 회전 변위를 구속하였고, 가설 단계 2에서는 변형을 게이지 5,6번이 부착된 사재의 회전변위를 구속하여 분석된 해석치와 측정치와의 비교를 표 4에 나타내었다.

한편, 편연결부의 회전변위가 구속될 경우 사재의 측정응력은 축력뿐만 아니라 모멘트 및 비틀림등의 추가적인 외력의 복합적인 작용으로 나타

표 3. 모든 사재의 회전 변위 구속 정도에 따른 계산응력

가설단계	게이지 번호	측정응력 (kg/cm ²)	회전변위 0% 구속시 계산응력 (kg/cm ²)	회전변위 50% 구속시 계산응력 (kg/cm ²)	회전변위 100% 구속시 계산응력 (kg/cm ²)	
1	하현재	1	391.0	318.2	317.2	317.0
		2	325.0	318.2	317.2	317.0
		7	168.0	218.2	217.5	217.0
		8	147.0	218.2	217.5	217.0
	사재	3	360.0	345.7	351.0	350.0
		4	271.0	345.7	351.0	350.0
		5	118.0	345.4	349.7	350.0
		6	99.0	345.4	349.7	350.0
	상현재	9	-590.0	-713.2	-712.9	-705.0
2	하현재	1	373.8	215.0	214.3	214.0
		2	399.0	215.0	214.3	214.0
		7	644.7	319.0	318.4	318.0
		8	564.7	319.0	318.4	318.0
	사재	3	323.4	486.5	487.6	490.0
		4	264.4	486.5	487.6	490.0
		5	630.0	509.0	510.7	514.0
		6	653.1	509.0	510.7	514.0
	상현재	9	-900.9	-822.0	-821.4	-820.0

나는 결과로 볼 수 있으나, 본 연구의 초기에 실시된 현장측정에서는 이러한 사재의 비정상적인 거동을 충분히 반영하지 못하고 축력만을 고려하여 측정한 관계로 직접 측정용력과 계산용력을 비교하는 것은 적절하지 않다고 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 편연결부의 회전변위 구속에 따른 영향을 분석함에 있어서 회전변위의 구속 조건의 변화에 따른 계산용력의 변화 상태를 중점적으로 분석하였으며, 추가적으로 측정용력에 의한 응답비 평가를 실시하여 가정된 회전변위 구속 조건의 타당성을 평가하였다. 표 3을 살펴보면, 모든 사재의 회전 변위를 구속할 경우에는 계산치가 구속 정도에 관계없이 정상적인 편연결 기능을 고려한 계산치와 거의 같은 값을 보이고 있으나, 표 4의 특정 사재의 회전 변위를 구속할 경우에는 정상적 편연결 기능을 고려한 계산치와는 매우 상이한 결과를 보여주고 있다. 따라서 표 4의 각 부재의 응력 변화 양상을 표 5에 나타내었다.

표 5에서, 특정 사재의 회전 변위 구속에 따른 응력 증가에 따라 인접하는 하현재간의 비슷한 크기의 응력 증가와 감소가 이루어지고 있다. 표 4에서, 측정치와 계산치의 관계를 나타내는 응답비

를 살펴보면, 이물질 유입 등에 의한 특정 사재의 회전 변위의 구속을 고려한 해석 결과는 실제 구조물의 측정거동을 완전히 반영하고 있지 못하고 있다. 그러나 이러한 해석 결과에서는, 특정 사재의 회전 변위 구속 상태가 전체 사재의 회전 변위 구속에 따른 영향보다 크게 분석되었으며, 이러한 특정 사재의 회전변위 구속에 의해 정상적 거동보다 사재에 있어 최대 33%의 발생용력의 차이가 발생하는 것으로 분석되었다. 또한, 그에 따라 하현재와 상현재의 응력 변화가 분석되어, 이와 같은 회전변위 구속이 불특정한 사재들에서 동시에 발생할 경우에는 정상적 거동시의 해석적 결과와는 상당히 다른 비정상적인 거동이 예측된다. 한편, 전술한 바와 같이 편과 구멍의 직경차 및 핀구멍의 마모 등에 의한 과대공 현상으로 인한 일부 사재의 응력전달 기능 마비현상에 대한 영향을 분석하기 위하여 표 2에서 현장측정시 비정상적인 응력전달 상태를 나타낸 사재의 영향을 무시하고 분석을 실시하여 표 6에 나타내었다. 즉, 가설단계 1에서는 상대적으로 낮은 응력이 측정된 사재 5,6의 기능을 무시하였으며, 가설 단계 2에서는 같은 방법으로 사재 3,4의 기능을 무시하였다.

표 4. 특정 사재의 회전 변위를 구속한 경우

가설단계	게이지 번호	측정용력 (kg/cm ²)	계산용력 (kg/cm ²)	응답비 (측정용력/계산용력)	정상적 상태의 계산용력 (kg/cm ²)	
1	하현재	1	391.0	285.0	1.37	318.2
		2	325.0	285.0	1.14	318.2
		7	168.0	251.0	0.67	218.2
		8	147.0	251.0	0.58	218.2
	사 재	3	360.0	406.0	0.75	345.7
		4	271.0	406.0	0.66	345.7
		5	118.0	317.0	0.37	345.4
		6	99.0	317.0	0.31	345.4
	상현재	9	-590.0	-867.7	0.68	-713.2
2	하현재	1	373.8	256.5	1.45	215.0
		2	399.0	256.5	1.55	215.0
		7	644.7	278.0	0.32	319.0
		8	564.7	278.0	2.03	319.0
	사 재	3	323.4	450.0	0.72	486.5
		4	264.4	450.0	0.58	486.5
		5	630.0	678.0	0.93	509.0
		6	653.1	678.0	0.96	509.0
	상현재	9	-900.9	-827.0	1.09	-822.0

표 5. 특정 사재의 회전 변위 구속에 따른 계산 응력 변화 양상

가설단계	게이지 번호	응력 변화 양상 (비정상적 거동시 응력/정상적 거동시 응력)×100(%)		비 고
1	하현재	1.2	사재 3,4의 회전 변위 구속에 의한 응력 감소 12% 발생	사재 3,4 회전변위 구속
		7.8	사재 3,4의 회전 변위 구속에 의한 응력 증가 15% 발생	
	사 재	3.4	회전 변위 구속에 의한 응력 증가 17% 발생	
		5.6	사재 3,4의 회전 변위 구속에 의한 응력 감소 9% 발생	
	상현재	9	사재 3,4의 회전 변위·구속에 의한 응력 증가 22% 발생	
2	하현재	1.2	사재 5,6의 회전 변위 구속에 의한 응력 증가 20% 발생	사재 5,6 회전변위 구속
		7.8	사재 5,6의 회전 변위 구속에 의한 응력 감소 15%발생	
	사 재	3.4	사재 5,6의 회전 변위 구속에 의한 응력 감소 8% 발생	
		5.6	회전 변위 구속에 의한 응력 증가 33% 발생	
	상현재	9	사재 5,6의 회전 변위 구속에 의한 응력 증가 1% 발생	

표 6. 사재의 비정상적인 응력전달을 고려한 계산응력과 측정응력의 비교

가설단계	게이지 번호	측정응력 (kg/cm ²)	계산응력 (kg/cm ²)	응답비 (측정응력/계산응력)	정상적 상태의 계산응력 (kg/cm ²)	
1	하현재	1	391.0	474.0	0.82	318.2
		2	325.0	474.0	0.68	318.2
		7	168.0	233.0	0.72	218.2
		8	147.0	233.0	0.63	218.2
	사 재	3	360.0	372.0	0.96	345.7
		4	271.0	372.0	0.73	345.7
		5	118.0	-	-	345.4
		6	99.0	-	-	345.4
	상현재	9	-590.0	-803.0	0.73	-713.2
2	하현재	1	373.8	234.0	1.59	215.0
		2	399.0	234.0	1.70	215.0
		7	644.7	539.0	1.19	319.0
		8	564.7	539.0	1.04	319.0
	사 재	3	323.4	-	-	486.5
		4	264.4	-	-	486.5
		5	630.0	547.0	1.15	509.0
		6	653.1	547.0	1.19	509.0
	상현재	9	-900.9	758.0	1.18	-822.0

표 6을 살펴보면, 가설단계 1에서는 각 부재의 최대 응답비 변동폭이 하현재 30%, 사재 30%로서 표 2의 정상적인 거동을 고려할 경우의 최대 응답비 변동폭인 하현재 80%, 사재 178% 보다

상당히 낮은 변동폭을 보여주고 있고, 거의 모든 응답비가 1에 가까운 값을 보여주고 있어 특정 사재의 응력 전달 기능 마비의 가정이 가설 단계 1에서는 어느정도 실구조물의 거동을 예측하고

있는 것으로 판단된다. 가설단계 2에서는 사재의 최대 응답비 변동폭이 4%로서 표 2의 정상적인 경우의 127% 보다는 상당히 안정된 형태를 보여주고 모든 응답비가 1에 가까운 수치를 보여주고 있으나, 하현재의 최대 응답비 변동폭은 63%로서, 표 2의 하현재의 최대 응답비 변동폭 17%보다 불안정한 형태를 보여주고 있으며, 응답비 또한 높아지는 경향을 보이고 있어서 가설 단계 2에서는 특정 사재의 응력 전달 기능 마비의 가정이 실 구조물의 거동을 정확히 예측하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 특정 사재의 응력 전달 기능 마비의 가정이 가설 단계 1에서는 어느 정도 실구조물의 거동을 예측하고 있으나 가설단계 2에서는 실구조물의 거동을 예측하지 못하는 것은 하중의 재하위치, Balanced Cantilever 공법의 적용에 따른 재하 세그먼트 수량의 변화 등에 따라 편연결부의 편과 구멍의 과대공 현상에 의해 비 정상적인 기능을 발휘하는 편연결부들의 위치 변화에 따른 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구의 대상인 런칭트러스는 이와 같은 편연결부의 편과 구멍의 맞물림 현상에 의한 회전 변위 구속과 편과 구멍의 과대공 현상에 의한 사재의 응력 전달 기능 마비 현상이 복합적으로 불특정한 위치에서 일어날 경우 실제 구조물은 계산치와는 상당히 다른 거동이 발생할 수 있는 것으로 분석된다.

6. Balanced Cantilever 공법의 적용에 따른 안전성 평가

런칭트러스의 안전성을 해석적으로 평가하기 위하여 그림 1의 Type-A의 지지조건에서 Balanced Cantilever 공법이 적용될 경우에 대하여 최대응력이 발생할 것으로 예상되는 경우를 조합하여 자중 및 활하중이 동시에 작용하는 경우에 대해 해석을 실시하였으며, 고려한 주요 가설 단계는 그림 6에 나타내었으며, 그 결과를 그림 7에 나타내었다.

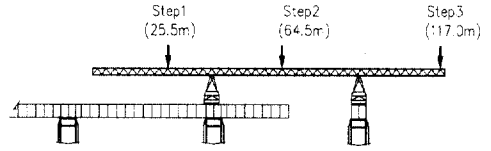
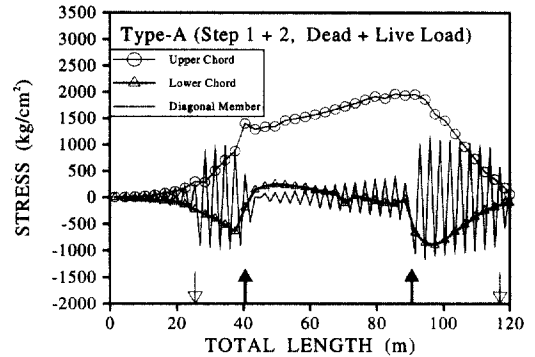
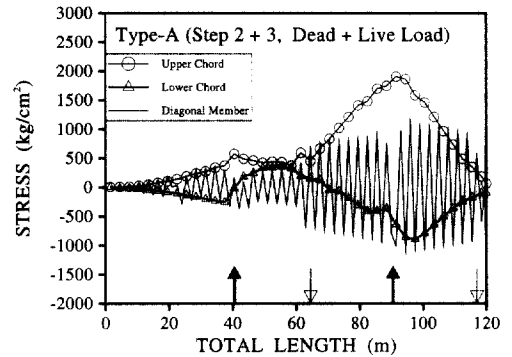


그림 6. 세그먼트의 주요 가설단계



(a) 가설단계 1과 2를 조합한 경우



(b) 가설단계 2와 3을 조합한 경우

그림 7. 가설단계의 조합에 따른 자중과 활하중에 의한 응력분포

그림 6을 살펴보면 상현재는 약 $1,400\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도의 인장응력이 발생하며, 하현재는 약 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도의 압축응력이 발생하고, 사재는 $1,200\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도의 응력범위에서 인장과 압축 응력이 반복적으로 발생하는 것을 알 수 있다. 이를 1개의 세그먼트만을 가설하는 경우의 최대 응력과 비교하면 표 7과 같다.

표 7. 세그먼트 수량에 따른 최대응력의 비교

부재명		최대 발생응력(kg/cm ²)		허용응력(kg/cm ²)
		세그먼트 1개	세그먼트 2개	
상현재	휨인장	1,936	1,904	2,366
	휨압축	-	-	-
하현재	휨인장	350	355	2,366
	휨압축	895	895	2,057
사재	인장	1,179	1,182	2,366
	압축	1,166	1,112	1,523

표 7를 살펴보면 2개의 세그먼트를 동시에 가설하는 경우에는 인장응력과 압축응력의 상호 상호작용으로 1개의 세그먼트만을 가설하는 경우와 비교하여 최대응력이 동일하거나 오히려 적음을 알 수 있다. 따라서, 최대 발생응력과 허용응력을 비교해 볼 경우 시공시 세그먼트의 가설순서가 준수되고 편연결부에 대한 정기적인 점검에 의한 원활한 기능이 확보될 경우, 런칭트러스는 구조적으로 충분한 안전성을 확보하는 것으로 판단된다.

7. 결 론

프리캐스트 세그먼트 공법에 의한 PC 박스 거더교의 가설시 가설 장비로 최근 사용이 증가되고 있는 런칭트러스 각 부재의 측정 발생응력을 기초로 하여 편연결부의 비정상적 거동에 따른 영향을 해석적으로 분석한 결과, 런칭트러스는 편연결부의 특성상 편과 구멍의 맞물림 현상에 의한 일부 사재의 회전 변위 구속 현상과 편과 구멍의 직경차, 편구멍의 마모 등에 따른 과대공 현상으로 인한 일부 사재의 비정상적인 응력전달에 의해 실제 구조의 거동의 형태가 상당히 달라질수 있음이 분석되었다.

따라서, 런칭트러스와 같이 완전한 편연결부를 형성하고 있는 구조물에 있어서는 연결부에 대한 보다 더 세심한 점검이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 한편, 런칭트러스의 안전성 평가를 실시한 결과, 편연결부의 원활한 기능이 확보될 경우, 런칭트러스는 구조적으로 충분한 안전성을 확보하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- (1) 건설교통부 : 콘크리트 교량 가설 특수공법 설계, 시공, 유지관리 지침, 1994, pp. 715-726
- (2) 한국건설기술연구원 : 교량의 계획설계에 관한 연구, 1990, pp.102-116
- (3) 윤만근 : 국내 최초로 북부도시고속도로 공사에 적용되고 있는 PSM공법의 소개, 콘크리트학회지, 제6권 제3호, 1994, pp.84-95
- (4) 김영진, 박칠림 : 프리스트레스트 콘크리트 박스거더 교량의 현황과 전망, 콘크리트학회지, 제6권, 제5호, 1994, pp.65-72
- (5) 한국산업안전공단 : 크레인 제작기준·안전기준 및 검사기준, 1991, pp.5-8
- (6) 한양대학교 건설연구소 : Launching Truss에 대한 안전도 검사 보고서, 1995

(접수일자 : 1998년 6월 12일)