

엑스트라도조교 사재 정착구 시스템에 대한 실험적 연구

김기동 · 박원태[†]

공주대학교 건설환경공학부
(2010. 9. 29. 접수 / 2010. 12. 2. 채택)

Experimental Study of Extradosed Bridge Anchor System

Gi-Dong Kim · Weon Tae Park[†]

Department of Construction and Environmental Engineering, Kongju National University
(Received September 29, 2010 / Accepted December 2, 2010)

Abstract : In this study the experimental results of fatigue specimen for the Strand Stay Cable Assembly of Extradosed bridges is investigated. The fatigue test and tensile experiment is conducted to 6 kinds of specimens. Test specimen OVM250-31 Strand Cable System manufactured by china OVM B-Machinery Co., Ltd, and OVM250-42 Parallel Strand Stay Cable Assembly manufactured by china OVM B-Machinery Co., Ltd, are passed for fatigue test and rupture tensile test. But Test specimen OVM250-42 Parallel Strand Stay Cable Assembly manufactured by korean A-Machinery Co., Ltd, is not passed for fatigue test conducted according to the "Recommendation for Stay Cable Design. The test result are compared to the fatigue criteria of PHI 2001 for cyclic load, and it is concluded that the current korean design code will be needed for representing the fatigue load in Hot Dip Galvanized Strand Stay Cable. It is verified that the new korean specification and quality criteria of Strand Stay Cable and exact experimental applied process will be needed.

Key Words : extradosed bridge, the hot dip galvanized strand stay cable assembly

1. 서론

국내 케이블에 이용한 장대교량 건설의 역사는 1973년 남해대교를 필두로 시작되었다.

진도대교, 돌산대교, 올림픽대교가 건설되었고, 최근 서해대교, 영종대교, 광안대교, 삼천포대교 등의 교량이 순차적으로 건설되었으며, 또한 현재 인천대교, 제2남해대교가 시공중이거나 설계중에 있다. 그러나 장경간이라 할 수 있는 100~200m에 적합한 교량형식에 대한 실적자료가 취약한 관계로 단지 상징성이나 경간의 의미만으로 경제성이 없는 사장교가 적용되는 경향이 있으며, 경간장을 조정하여 100m 이내의 중·소 경간을 계획할 경우에는 교차 대상물의 기능유지에 제약을 주거나 하부공사비의 증대 등 또 다른 문제점이 부각될 수 있다.

따라서 통상 PSC거더·박스거더교 등의 형식을 갖는 중·소 경간의 형식과 장대 경간을 갖는 사장교 사이에 존재하는 교량형식이 요구되었고, 이에

적합한 형식으로 원활한 구조적 연속성을 갖고 형교와 사장교의 장점을 결합한 복합적 특성을 갖는, 엑스트라도조교가 도입하게 되었다.

엑스트라도조 형식의 교량은 1997년 국내최초 제2양평대교를 필두로, 2003년도에 전남 여수시 주삼동에 위치한 3경간 연속 왕복 4차로 평여교와 2005년도에 녹산대교, 초락대교, 각화1교가 각각 착공해서 준공되었으며, 2005년도에 충북 충주시 금가면에 위치한 7경간연속 왕복 4차로 금가대교가 착공해서 현재 시공 중에 있다. 또한 2006년도에 착공해서 현재 시공중인 인제 38대교 등이 엑스트라도조교 형식을 취하고 있다^{1,2)}.

기존의 PSC 거더교는 50~150m 지간에서 가장 경쟁력 있는 교량형식이지만 PS강재 편심량이 거더내로 제한되므로 장지간 채택시 거더교의 증가로 인해 증량화 되는 등 지간 적용에 여러 제한이 뒤따른다. 반면 거더 유효고 이상으로 PS강재를 외부로 편심시킨 엑스트라도조교는 거더교에 비해 자중 및 PS강재 소요량이 적어 경제적이며, 사장교에 비해 사재의 응력변동이 적고 주탑교를 현저하게

[†] To whom correspondence should be addressed.
pwtae@kongju.ac.kr

낮출 수 있어 사장교를 적용하기에 경제성이 없는 시간장 100~200m에 적합한 교량형식이다^{1,2)}.

이와 같이 엑스트라도조 교는 종래의 PSC교와 사장교의 구조적 장점을 취하면서 근래에 부각되고 있는 교량의 조형성에 대한 욕구를 충족시키고 하부 공사량을 줄여 환경영향을 최소화 할 수 있다는 의미에서 더욱 부각되고 있는 새로운 형식의 교량이다. 그러나 아직 국내 실적이 미미하여 설계 및 시공에 있어 외국사례에 많이 의존하고 있다는 점이 아쉬운 부분이라 생각된다. 앞으로 더욱 활발한 연구와 시공을 통해 세부적인 설계기준을 정립하는 것이 시급하다 할 수 있다.

그러나 현재 국내 엑스트라도조 교에 대한 연구가 박원태의 2인 의한 화재의 대한 Extra-dosed 교 케이블의 안정성평가에 대한 연구¹⁾, 박원태의 3인에 의한 화재에 의한 사장교 케이블의 유한요소 해석 연구²⁾, 유용석의 2인에 의한 금가대교(7경간 연속 Extradosed 교)의 설계³⁾, 길태수의 2인에 의한 3경간 연속 Extradosed PSC 철도교의 동적거동에 관한 연구⁴⁾ 등으로 극히 제한적으로 해석연구가 이루어지고 있다.

국외에서는 Magdi A의 4인에 의한 Analysis and design methodology for an FRP cable-stayed pedestrian bridge 해석 연구⁵⁾ 및 Zhang Jun, Kang에 의한 Anti sliding Test of Cable at Pylon Saddle⁶⁾ 실험연구가 수행되었다.

본 연구에서는 엑스트라도조 교의 사재 케이블에 사용되는 국내 및 중국에서 생산되는 도금PC강연선 사재케이블을 대상으로 국제적 공인기관인 스위스 EMPA에서 PTI 2001규정에 의하여 피로 및 정적파괴인장시험을 실시하여 그 결과를 분석하여, 국내의 사재 공사 시방서 규정 및 품질기준의 필요성을 제기하고자 한다.

2. 실험

2.1. 실험개요

본 연구는 엑스트라도조 교량의 가장 중요한 사재 중 사재 케이블에 대한 중국산과 국내산 재료에 대한 실험을 통하여 사재 케이블 품질기준과 시방서 정립을 필요성을 제기하기 위한 실험(test) 결과에 대한 고찰이다.

현재 국제적 공인 시험기관으로는 미국 CTL, 스위스 EMPA, 독일 뮌헨공과대학, 중국상해철도대학 ETC 기관 등을 들 수 있으며, 본 시험은 스위스

EMPA에서 실시하였다. 스위스연방에서 운영하는 시험기관 및 연구기관으로 스위스 Dubendorf, Gallen, Thun 등 3곳에 연구소가 있으며, Swiss Zurich 공과대학과도 공동연구 및 교환교수제도를 통하여 공동연구를 하고 있다. 본 시험을 수행한 EMPA는 재료, 토목 및 구조공학, 자동차, 에너지 및 환경 등 다양한 분야에 대해 연구를 수행하고 있으며, 스위스 국내뿐만 아니라 전세계로부터 각종 시험 및 검증에 대한 요구에 응하고 있고, 신소재 개발 및 응용에 대한 연구도 활발히 진행하고 있다.

2.2. PTI 2001 적용 시방 규정

본 시험에서 적용된 PTI 2001 규정은 다음과 같다.

- 정적 파괴인장시험에 대한 결과는 PTI 2001 규정에서 제시하고 있는 극한하중의 95% 이상 하중을 재하하였을 때 강연선 및 정착장치에 유해한 손상이 일어나지 않아야 한다.
- 피로시험에 대한 결과는 PTI 2001 규정과 같이 응력범위 159MPa(상한응력 0.45UTS, 하한응력 0.3646UTS)로 2,000,000회 반복하중이 완료되기까지 2% 이상의 소선파괴가 없음과 동시에 정착장치에 유해한 손상이 없어야 한다. 본 시험에서는 2%인 OVM 250-31 Stay Cable System에서는 4가닥, OVM 250-42 Parallel Stand Stay Cable Assembly에서는 1차시험에는 6가닥, 2~4차시험에서는 5가닥에서 소선파괴가 없어야 한다.

2.3. 피로시험조건⁷⁻¹²⁾

Table 1. OVM 250-31 stay cable system test parameters

Item	1차시험	2차시험
Upper load(F_U)(45% of MUTS)	3,637kN	3,637kN
Lower load(F_L)(36% of MUTS)	2,947kN	2,769kN
Load range(ΔF)	690kN	868kN
Upper stress level(f_u)(0.45f _s)	837N/mm ²	837N/mm ²
Lower Stress level(f_l)	678N/mm ²	637N/mm ²
Stress range(Δf)	159N/mm ²	200N/mm ²
Number of Fatigue Cycles(N_{IC})	2.0×10 ⁶	2.0×10 ⁶
2% allowable wire failures(N_w)	4 wires	4 wires
Frequency	4Hz	4Hz

Table 2. OVM 250-42 parallel stand stay cable assembly test parameters

Item	1차시험	2차시험	3차시험	4차시험
Upper load(F_U) (45% of MUTS)	4,922kN	4,453kN	4,453kN	4,453kN
Lower load(F_L) (36% of MUTS)	3,988kN	3,608kN	3,608kN	3,608kN
Load range(ΔF)	934kN	845kN	845kN	845kN
Upper stress level(f_u) (0.45f's)	837N/mm ²	837N/mm ²	837N/mm ²	837N/mm ²
Lower Stress level(f_l)	678N/mm ²	678N/mm ²	678N/mm ²	678N/mm ²
Stress range (Δf)	159N/mm ²	200N/mm ²	159N/mm ²	159N/mm ²
Number of Fatigue Cycles(N_{fc})	2.0×10 ⁶	2.0×10 ⁶	2.0×10 ⁶	2.0×10 ⁶
2% allowable wire failures(N_w)	6 wires	5 wires	5 wires	5 wires
Frequency	4Hz	4Hz	4Hz	4Hz

2.4. 사용 정착구 및 사용 자재⁷⁻¹²⁾

본시험에 사용된 정착장치는 중국 OVM B-회사의 “OVM 250-31 Stay Cable Anchorage”와 “OVM 250-42 Parallel Stay Cable Anchorage”를 사용하였으며, 시험에 사용된 재료는 Table 3과 Table 4와 같고, 실험은 총6회에 걸쳐 진행되었으며, “OVM 250-31 Stay Cable System”에 대해서는 2회, “OVM 250-42 Parallel Stay Cable Assembly”에 대해서는 국내 A-회사 강연선의 경우 3회에 걸쳐 실험을 하였으며, 대만회사인 B-회사 제품은 1차례의 실험이 진행되었다.

2.4.1. 사용 정착구 특징

사용 정착구 특징은 고강도 피로응력 저항이 크고, 케이블 최대하중 및 응력 변동폭 250Mpa 조건에서 200만회의 반복하중에 견딜 수 있다. Seal De-

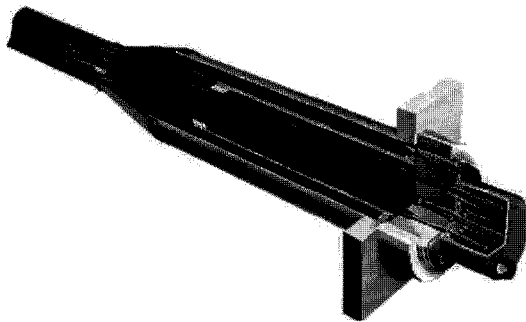


Fig. 1. Structural diagram of anchorage assembly for OVM 250-31 strand cable system.

vice 적용으로 내부 방식이 완전하게 이루어져 사용 기간 중 높은 내구성과 저응력 상태의 정착 성능 확보(Anti-Loosing Device)되고, 다수 시공실적을 갖고 있다.

2.4.2. 사용 케이블 특징

사용 케이블의 특징으로 각 소선을 아연도금 처리하여(190~350g/m²), 아연의 자기방식 효과가 뛰어나 부식방지 성능 우수하다.

3중 처리(아연도금+그리스 or 왁스+PE Sheath)부식방지와 고밀도 폴리에틸렌 피복으로 부식방지 효과 높고, 보관이 용이하며, 제작에서 가설까지 부식에 대한 별도조치 필요 없다.

유연성 있는 표면처리로 진동에 대한 영향이 적으며, 별도의 그라우팅 작업이 필요 없으므로 경제적이다.

또한 유지관리 측면에서 효과적이다.

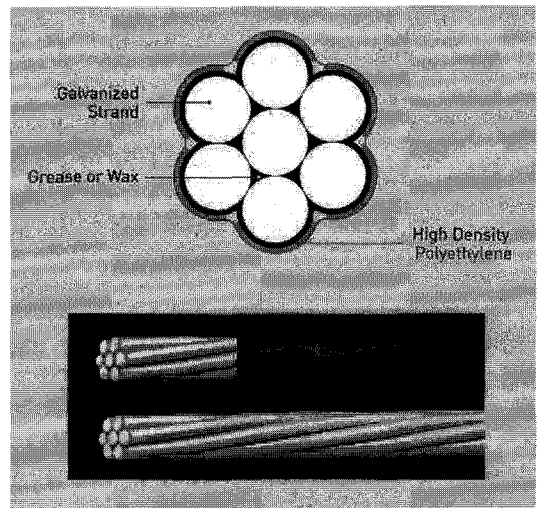


Fig. 2. Configuration of galvanized strand.

Table 3. Physical properties of strand and cable for strand OVM 250-31 stay cable system

		1차시험 (중국산)	2차시험 (중국산)
Strand (강연선)	공칭직경(ϕ_{nom} mm)	15.2	15.24
	공칭단면적(A_{nom} mm ²)	140	140
	공칭인장응력(f_{pk} N/mm ²)	1,860	1,860
	최소극한인장강도($f_{pk,s}$ N)	206.7	206.7
Cable (케이블)	케이블당강연선수(N_s)	31	31
	공칭단면적(A_{nom} mm ²)	4,340	4,340
	최소(공칭)인장강도(F_{pt} kN) (100% MUTS)	8,082	8,081.7

Table 4. Physical properties of strand and cable for strand OVM 250-42 parallel stand stay cable assembly

		1차시험 (국산)	2차시험 (국산)	3차시험 (중국산)	4차시험 (국산)
Strand (강연선)	공칭단면적 ($A_{nom} mm^2$)	140	140	140	140
	공칭인장응력 ($f_{pk} N/mm^2$)	1,860	1,860	1,860	1,860
	최소극한인장강도 ($f_{pk,s} N$)	206.4	206.4	260.4	260.4
	실제극한인장강도 ($f_{pk,s} kN$)	284.1	284.1	284.1	284.1
Cable (케이블)	케이블당강연선수(N_s)	42	38	38	38
	공칭단면적 ($A_{nom} mm^2$)	5,800	5,320	5,320	5,320
	최소(공칭)인장강도 ($F_{pl} kN$) (100% MUTS)	10,937	9,895	9,895	9,895
	실제극한인장강도 ($F_{pl} kN$) (100% AUTS)	10,796	10,796	10,796	10,796

Table 5. Test sample analysis in this experiment

구분	중국산 (B회사)	국산(A회사)
외관	표면이 미려하고 광택을 띠 아연도금 표면이 균일함 공정)신선→도금→ 습식Skin pass→ 연선(stabilizing)	표면이 거칠고 산화된 회색빛을 띠 공정)신선→도금→연선 (stabilizing)
아연 부착량	313g/m ³	245g/m ³
도금 상태	도금두께가 원주상에서 매우 균일한 상태이며, 합금층 크랙이 발생되어 있음 (A.D로 추정)	도금두께가 원주상에서 부위별 매우 불균일하며, 합금층 크랙이 없음 (H,G로 추정)
내부 조직	신선 파이버조직은 유사한 상태임	신선 파이버조직은 유사한 상태임
소재 성분 (%)	C:0.84, Si:0.28, Mn:0.75, P:0.007, S:0.004, Cr:0.20	C:0.83, Si:0.84, Mn:0.73, P:0.012, S:0.005, Cr:0.016

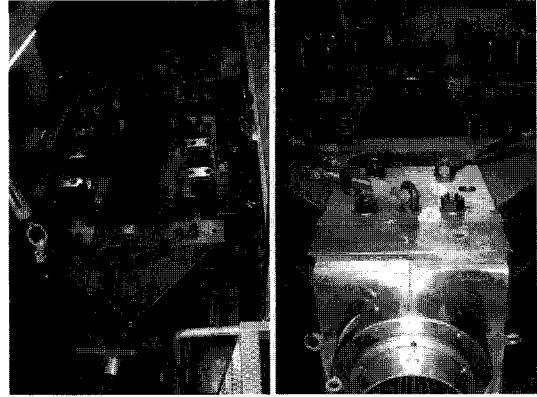


Fig. 4. Tensile static testing machine, ELS 1043.

2.5. 시험결과 분석

엑스트라도조 교량인 금가대교에 사용예정인 중국 B-회사 제품인 “OVM 250-31 Strand Cable System”과 중국 B-회사와 국내 A-회사 제품인 “OVM 250-42 Parallel Stay Cable Assembly” 이용하여 국제적 공인 기관인 스위스 EMPA에서 PTI 규정(Recommendation for Stay Cable Design, Testing and Installation of Post-Tensioning Institute)에 의거하여 피로 및 정적 파괴인장시험을 실시하였다.

2.5.1. OVM 250-31 Strand Cable System 실험 결과분석^{7,8)}

중국 B-회사 제품인 OVM 250-31 Strand Cable System을 대상으로 한 2차례 걸친 실험에서 피로 시험 및 인장정적시험에서 PTI 2001 규준을 만족함을 확인 하였으며, 실험 결과는 아래와 같다.

2.5.1.1. 1차 실험 결과분석⁷⁾

사재케이블 피로시험 샘플의 진동수는 EMPA의 시험규정에 따라 4Hz를 시험기준으로 하며, 2,000,000 회 반복하중이 완료되기까지 소선파과여부와 정착 장치의 유해한 손상여부의 확인결과 중국 OVM B-회사 제품인 OVM 250-31 Strand Cable System을 대상으로 한 1차 피로시험에서 시험이 종료된 반복하중 횟수가 2,000,054까지 아무런 와이어의 파단이 발생되지 않았으며, 비정상적인 거동도 관측되지 않았다. 이 결과는 총 와이어의 2% 이상이 파단되지 않아야 된다는 PTI 2001 규준을 만족하고 있음을 확인할 수 있다. 피로하중 검정을 거친 시료는 케이블 보증 극한인장강도(GUTS)의 95%와 동일한 최소인장력을 발휘해야 인증되는 규정을 만족하는 지를 확인하기 위해 인장정적시험을 실시

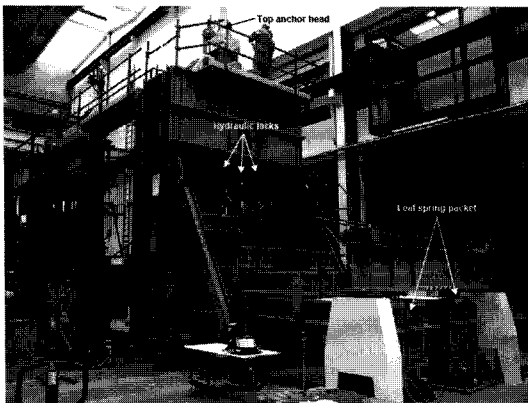


Fig. 3. Fatigue testing machine with leaf spring packed and installed cable system.

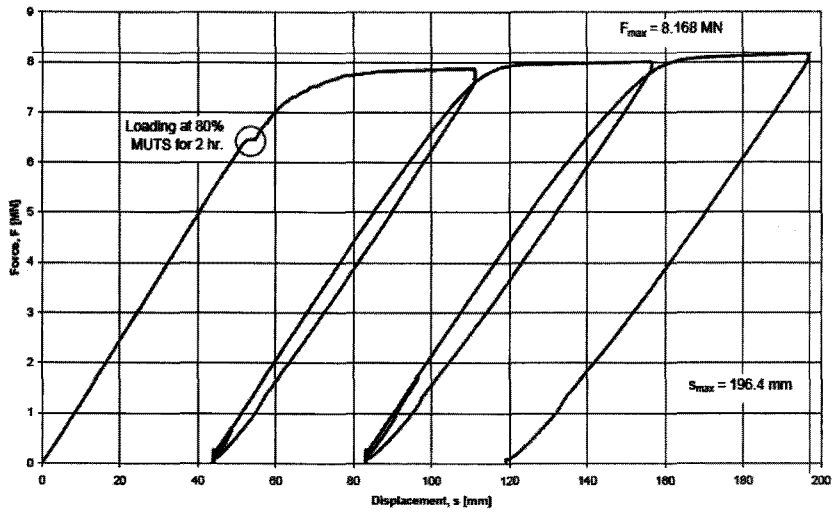


Fig. 5. Force–displacement results from tensile static test of OVM 250–31 Strand Cable System.

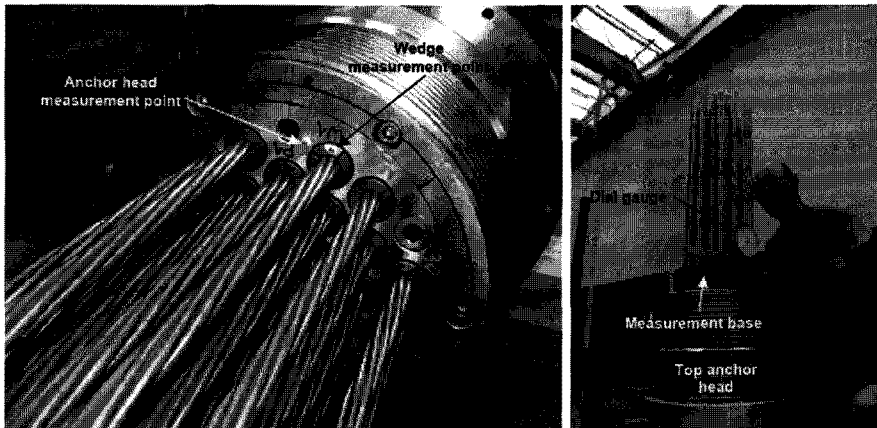


Fig. 6. Measurement points on top anchor head(left):mechanical dial gauge measurement(right).

한 후 인장정적시험에서도 파단없이 케이블의 극한인장강도, MUTS, 8,163kN의 101%까지 재하되었으며, 정적시험후 모든 케이블의 구성장치를 해체한후 육안검사결과 손상된 부분이 없음을 확인하였다. 이 결과는 케이블의 시험편이 케이블의 MUTS의 95%를 발휘해야 된다는 PTI 2001 규준을 만족함을 확인할 수 있었다.

Fig. 5는 인장정적시험에서 힘-변위관계결과이다.

2.5.1.2. 2차 실험 결과분석⁸⁾

중국 B-회사 제품인 OVM 250-31 Strand Cable System을 대상으로 한 2차 피로시험에서 아무런 와이어의 파단이 발생되지 않아 이 결과는 총와이어의 2%이상이 파단되지 않아야 된다는 PTI2001 규준을 만족하고 있음을 확인할 수 있다.



Fig. 7. Bottom anchorage anchor head.

피로시험에서 PTI2001 규준(159MPa)보다 높은 200MPa 응력범위(stress range)를 사용하였으며, 2,769

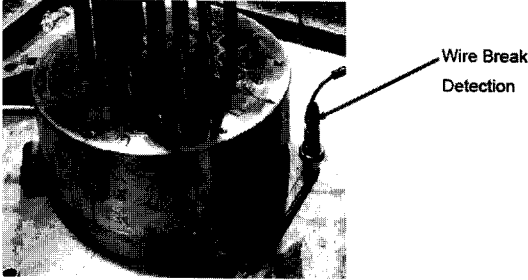


Fig. 8. Top anchorage anchor head.

(34.3%MUTS)와 3,637kN(45%MUTS)사이의 범위에서 2,000,000회수의 반복하중을 재하한 후 아무런 와이어의 파단이 발견되지 않았다.

극한정적시험에서는 peak load가 7,697kN(92.1% AUTS)에 이르러 극한정적시험기준 7,689kN(92% AUTS)을 만족함을 확인하였으며, 양 앵커 헤드에 아무런 손상과 썩기부에 아무런 균열이 발견되지 않았다.

2.5.2. OVM 250-42 Parallel Stay Cable Assembly 실험 결과분석⁹⁻¹²⁾

국내A-회사 및 중국 B-회사 제품인 OVM 250-42 Parallel Stay Cable Assembly을 대상으로 한 4차례 걸친 실험에서 중국 B-회사 제품인 피로시험 및 인장정적시험에서 PTI 2001 규준을 통과하였으나, 국내A-회사 제품은 피로시험에서 PTI 2001 규준을 통과하지 못하여, 더 이상 인장정적시험이 진행되지 않았다.

국내A-회사 제품을 대상으로 3차례에 걸친 피로시험에서 와이어가 파단될 때 반복하중 횟수가 차이가 나는 것은 실험실내의 온도 영향에 의한 것으로 사료되며, 성분분석에서 국내A-회사 제품과 중국B회사 제품의 화학성분분석에서 다른 성분은 들은 유사하나 국내A-회사 제품이 Si성분에서는 0.56%, P성분에서 0.08%가 높게 나왔으며, Cr성분에서는 중국B회사 제품이 0.148% 높게 나왔다.

Table 7. Characteristics of chemical property

구분	특성
망간(Mn)	망간이 강도 강도를 개선하고 충격 특성에 영향을 미친다. 또한 압연성을 좋게 하고 취성을 감소시킨다.
규소(Si)	규소량이 증가하면 인장강도, 항복점이 상승하고 0.2~0.4% 정도에서 신율 및 수축율이 급격히 상승한다.
크롬(Cr)	강도와 경도를 향상시키고 열처리 효과가 증대된다. 또한 Cr이 12%이면 스테인레스강의 특성을 가지게 되므로 부식저항성이 뛰어나다.
니켈(Ni)	강도와 경도를 향상시키며, 다른 원소들에 의한 취성을 감소시킨다.

2.5.2.1. 1차 실험 결과분석⁹⁾

국내 A-회사 제품인 “OVM 250-42 Parallel Stay Cable Assembly”에 대한 1차 피로시험동안, 반복하중 횟수가 456,782번째에서 첫 번째 와이어가 파단되었으며, 1,431,885번째에서는 7개 와이어가 파단되었다. 시험이 종료된 반복하중 횟수가 2,005,415 번째서 케이블을 구성하는 총와이어의 3.8%인 10개의 와이어에서 파단이 일어났다. 이 결과는 피로 시험동안 총와이어의 2%이상이 파단되지 않아야 된다는 PTI 2001 규정을 만족하지 못하고 있다.

시험이 종료된 후 구성장치를 해체한 후 케이블의 육안검사에서 와이어의 파단은 고정정착구와 긴장정착구 헤드부에 있는 썩기에서 관찰되었다.

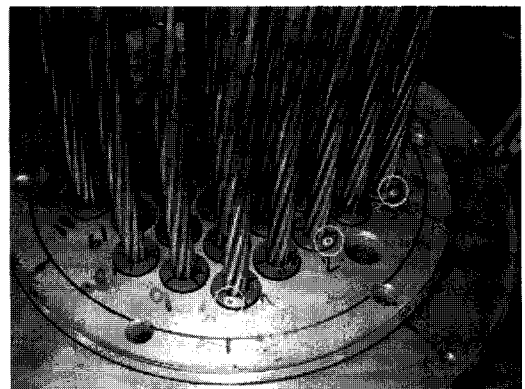


Fig. 9. Wedge measurement points on stresses(top) anchor head.

Table 6. Number of cycles of wire fracture

실험 차수 (실험실 실내온도)	와이어 파단	첫 번째 와이어 파단	4번째 와이어 파단	7번째 와이어 파단	피로실험종료 (와이어 파단개수)
1차(27°C)		456,782	970,797	1,431,855	2,005,415(10개)
2차(23°C)		713,090	743,489	961,159	1,241,713(8개)
3차(19°C)		No fracture	No fracture	No fracture	No fracture (2,004,852)(No)
4차(18°C)		498,041	698,826	716,539	790,774(10개)

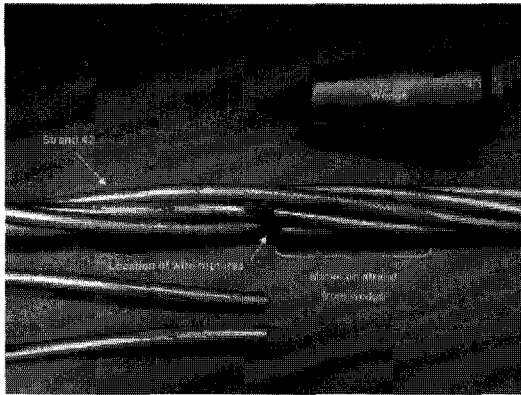


Fig. 10. Two wire fractures at wedge from stresses(top) anchor head.



Fig. 11. Wire fracture at wedge from dead(bottom) anchor head.

2.5.2.2. 2차 실험 결과분석¹⁰⁾

국내 A-회사 제품인 “OVM 250-42 Parallel Stay Cable Assembly”에 대한 2차 피로시험동안, 반복하중 횟수가 713,090번째에서 첫 번째 와이어가 파단되었으며, 961,159번째에서 7개 와이어가 파단되었다. 시험이 종료된 반복하중 횟수가 1,241,713번째서 케이블을 구성하는 총와이어의 3%인 8개의 와이어에서 파단이 발생되어, 와이어 허용 파단 개수가 규정치를 초과하여 피로 시험이 중단되었다. 따라서 피로시험동안 총와이어의 2% 이상이 파단되지 않아야 된다는 PTI 2001 규정을 만족하지 못하였다.

피로시험이 종료된 후 케이블 조립체의 육안관찰에서 고정정착구와 긴장정착구 헤드부에 있는 뼈기에서 와이어의 파단이 관찰되었다.

2.5.2.3. 3차 실험 결과분석¹¹⁾

중국 B-회사 제품인 “OVM 250-42 Parallel Stay

Cable Assembly”에 대한 3차 피로시험에서는, 시험이 종료된 반복하중 횟수가 2,004,852 까지 아무런 와이어에서 파단이 일어나지 않았다.

피로시험을 통과한 “OVM 250-42 Parallel Stay Cable Assembly”에 대한 정적인장시험에서도 케이블 시편은 PTI 2001 규준을 만족하고 있음을 확인하였다.

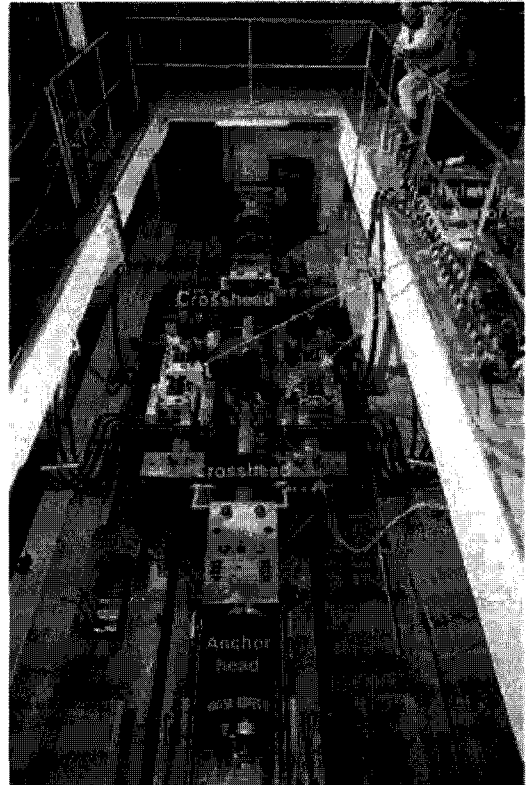


Fig. 12. Tensile static testing machine.

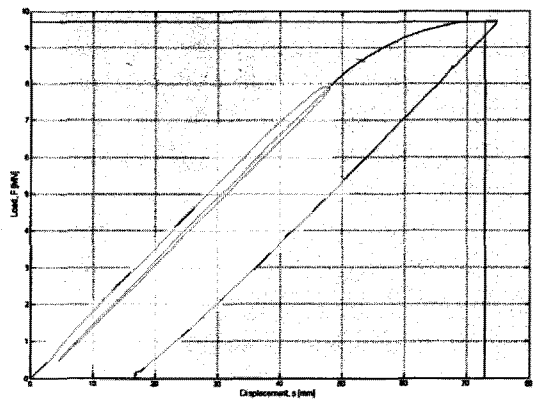


Fig. 13. Load-displacement results from tensile static test of OVM250-42 Parallel Strand Stay Cable Assembly.

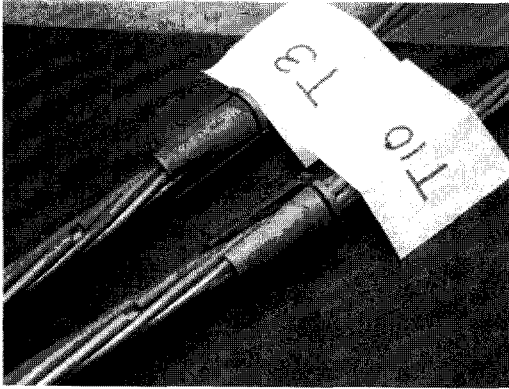


Fig. 14. Wire fractures near wedges at side of stresser anchor head.

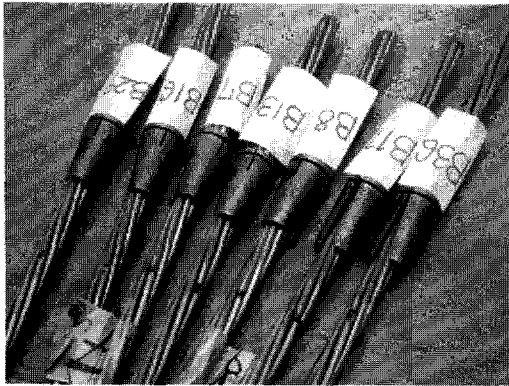


Fig. 15. Wire fractures near wedges at side of dead anchor head.

2.5.2.4. 4차 실험 결과분석¹²⁾

국내 A-회사 제품인 “OVM 250-42 Parallel Stay Cable Assembly”에 대한 4차 피로시험동안, 반복하중 횟수가 498,041번째에서 첫 번째 와이어가 파단되었으며, 716,539번째에서 7개 와이어가 파단되었다. 시험이 종료된 반복하중 횟수가 790,741번째서 케이블을 구성하는 총와이어의 3.8%인 10개의 와이어에서 파단이 발생되어, 와이어 허용 파단 개수가 규정치를 초과하여 피로 시험이 중단되었다. 이 결과는 피로시험동안 총 와이어의 2% 이상이 파단되지 않아야 된다는 PTI 2001 규정을 만족하지 못하고 있다.

피로시험이 종료된 후 케이블 조립체의 육안관찰에서 고정정착구와 긴장정착구 헤드부에 있는 썬기에서 와이어의 파단이 관찰되었다.

3. 결론

실험 연구 결과 중국산 “31가닥 아연도금 강연

선 케이블 시스템 시편”에 대한 2차례의 시험에서 피로시험 및 정적인장강도시험에서 모두 PTI 2001 규정을 통과하였으며, “42가닥 평행 아연도금 강연선 케이블 시스템 시편”을 대상으로 국내산 A회사 제품에 대한 3차례의 피로 시험에서 PTI 규정치를 통과하지 못하여, 정적인장강도시험을 더 이상 진행될 수 없었다. 다만, 결과 시트에서 파단시점의 반복하중 횟수에 실험실 실내온도가 민감하게 영향을 미침을 확인하였으며, 중국대만 B회사의 제품을 사용하여 1차례의 시험에서 피로시험 결과, 단 1가닥의 소선파괴도 일어남이 없이 PTI 규정치를 통과하였다. 파괴인장시험에서도 PTI 규정치를 통과하였으며, 육안관찰에서 사재 케이블의 와이어에서 아무런 파단이 없었고, 정착구 및 썬기의 손상을 발견할 수 없었다. 화학성분 분석을 통해 중국산은 표면이 미려하고 광택을 띠나 아연 부착량이 많아 도금후 와이어 표면을 개선한 제품으로 추정되며, 두 제품의 화학성분상으로 피로수명과 연관성을 한정하기 어려우나 Si 함량이 다소 많은 국내산 제품은 도금작업시 강도저하가 적은 유리한 점이 있을 것으로 사료된다.

6회의 걸친 시험을 통해 확인 할 수 있었던 것은 현재 인장 및 피로시험 검토를 PTI의 허용응력규정을 적용하도록 되어 있으나, 국내의 특성을 반영한 독자적인 시험 규정 정립 및 모델개발이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- 1) 류봉조, 송용선, 박원태, “화재의 대한 Extra-dosed 교 케이블의 안정성평가”, 한국방재학회논문집, 제8권, 제5호, pp. 23~33, 2008.
- 2) 송용선, 이병식, 박원태, 김형주 “화재에 의한 사장교 케이블의 유한요소 해석”, 한국산학기술학회논문집, 제9권, 제1호, pp.136~142, 2008.
- 3) 유용석, 김동근, 조정식, “금가대교(7경간 연속 Extradosed교)의 설계, 대한토목학회지, 제50권, 제11호, pp. 28-39, 2002.
- 4) 길태수, 김성일, 김연태, “3경간 연속 Extradosed PSC 철도교의 동적거동에 관한 연구”, 한국철도학회 논문집, 제9권, 제2호, pp. 137~144, 2006.
- 5) Magdi A. Khalifa, Osama, A, Hodhod, and Mohammed A. Zaki, “Analysis and design methodology for an FRP cable-stayed pedestrian bridge”, Composite : part B, 27B, pp. 307~317, 1996.
- 6) Zhang Jun, Kang, “Anti sliding Test of Cable at Pylon

- Saddle”, Civil Engineering Testing Center of Guangxi Uni. Of Technology, pp. 1~20, 2004.
- 7) Fatigue and tensile tests according to PTI 2001, Test Report No.441'745, OVM MACHINERY CO. LTD., EMPA, 2007.
 - 8) Fatigue and tensile tests based on PTI 2001, Test Report No.446'201, OVM MACHINERY CO. LTD., EMPA, 2007.
 - 9) Fatigue and tensile tests based on PTI 2001, Test Report No.446'201, OVM MACHINERY CO. LTD., EMPA, 2007.
 - 10) Fatigue and tensile tests based on PTI 2001, Test Report No.447'063, OVM MACHINERY CO. LTD., EMPA, 2007.
 - 11) Fatigue and tensile tests based on PTI 2001, Test Report No.447'388, OVM MACHINERY CO. LTD., EMPA, 2007.
 - 12) Fatigue and tensile tests based on PTI 2001, Test Report No.448'079, OVM MACHINERY CO. LTD., EMPA, 2007.