

자동차용 모바일 폰 충전 케이블의 발화 안전성에 관한 연구

권진욱* · 최규식* · 황명환**

*한국산업기술시험원

**인천대학교 안전공학과

A Study on safety against a fire of charging cable for mobile phone for vehicle

Jin-Wook Kwon* · Kyu-Sik Choi* · Myung-Whan Hwang**

*Korea Testing Laboratory

**Department of Safety Engineering, Incheon National University

Abstract

This paper describes result of a study on safety against a fire of charging cable for mobile phone for vehicle. Combustion on the USB cable in the car was happened while driving. Gas coming from the burning USB cable could be a reason which can make a secondary car accident since the driver also can be embarrassed while driving. In order to prevent a secondary car accident connected on the road, to research a reason why USB cable can emit gas and be burned in charging. We did simulation test with abnormal fault condition for the electronic component on the board in the USB cable. So we get the result from abnormal fault condition simulation test, for instance, shorted test for output terminal of 8 pin switch, shorted test for chip resistor after thermal aging in the condition 25 °C , 93 % RH during 48 hours. To analysis the result of all test, Combustion on the USB cable was not the 8 pin but other electrical component such as a chip resistor. Therefore we guess that the reason for USB cable combustion in charging in a car was not 8 pin and a LED but another defective component.

KeyWords: USB cable Combustion, Charging cable, LED burned, Secondary car accident connected, Simulation test with abnormal fault condition.

1. 서론

2016년 KT경제경영연구소의 조사 결과에 따르면, 세계 주요 50개국의 스마트폰 보급률은 69.5 %로 집계 되었다. 이는 2015년 대비 8 % 포인트나 증가한 수치이다. 이 중 한국, 아랍에미리트, 싱가포르는 91 %의 보급률로 상위에 랭크되었으며 스마트폰은 이제 실생활과 밀접한 관계를 맺으며 삶의 일부분으로 자리 잡았다.

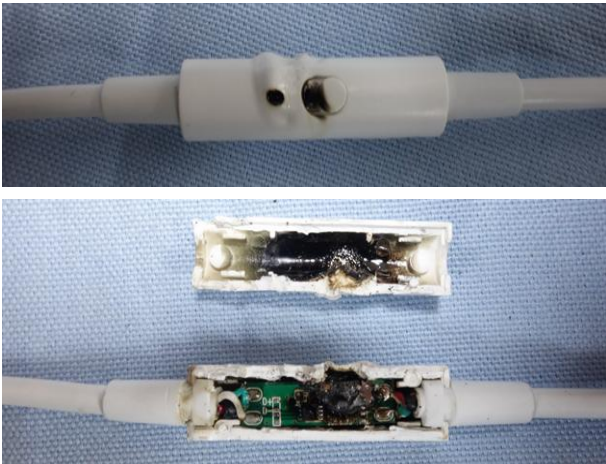
이러한 스마트폰의 보급 확대는 산업계에도 여러 가지 변화를 가져다 주었다. 스마트폰 시장의 확대는 물론이거니와 스마트폰을 구동하기 위한 주변기기의 성장도 함께 가져왔다. 새로운 기기의 출현은 인류의 삶을 더욱 편하게 바꾸었지만, 어떤 새로운 기기의 등장으로 인해 발생할 수 있는 문제점은 항상 극복의 대상이다.

최근 자동차 운전 중 스마트폰에 충전케이블로 충전하는 사례가 늘어나고 있다. Fig. 1은 최근에 운전 중에 충전하다가 차량용 USB 케이블의 전자회로부분에

†This work was partially supported by a Research Grant of Incheon National University(2018).

†Corresponding Author : Myung Whan Hwang, Safety Engineering, Incheon National University, 119, Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon, E-mail : mhhwang@inu.ac.kr Received Aug. 16, 2018; Revision Received May 14, 2018; Accepted Sept. 14, 2018.

서 연소사고가 발생한 사례이다. 케이블연소의 주요 특징은 연소성, 열적손상, 화염전파성 등이 있다^{1,2)}.



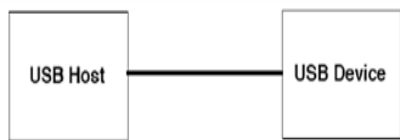
[Figure 1] Burned USB cable in charging while driving

최근 정보통신의 사용이 증가하는 추세에 따라 통신 케이블에 의한 연소 확대 위험성이 높아지고 있다^{3,4)}. 차량용 충전케이블의 연소사고는 연소 시 발생한 유독가스로 운전자에 당황하여 2차 차량사고로 이어질 수 있는 개연성이 있다. 따라서 본 연구에서 차량용 충전 케이블의 사고원인을 분석하고자 한다.

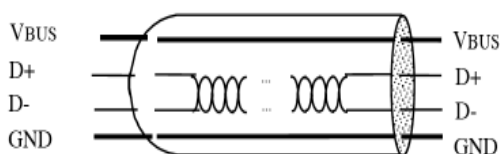
2. 휴대전화 USB 충전케이블 고찰

2.1 충전용 케이블 종류별 특성

일반적으로 Data와 Power 전송용 USB 케이블의 Interface 개략도는 Fig. 2와 같이 표현 할 수 있다⁵⁾.



(a) Simple interface view



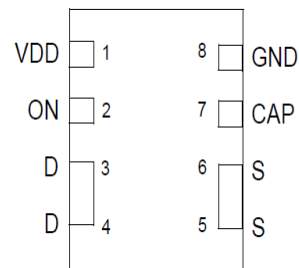
(b) USB cable

[Figure 2] Simple USB Host/Device View

이러한 USB 충전 케이블의 종류는 다음과 같다⁶⁾.

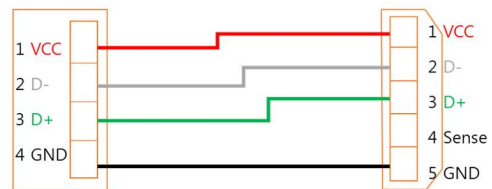
- (1) SDP(Standard Downstream Port)
보통의 일반적인 방식으로, 충전과 데이터 통신을 같이 할 수 있고, 500 mA까지 충전 전류를 뽑아 낼 수 있다.
- (2) DCP(Dedicated Charging Port)
아답터와 마이크로5핀 케이블이 같이 있는(일반적인 핸드폰 충전기)처럼 충전만 가능한 방식의 케이블. 1.5 A ~ 2.0 A까지 충전 전류를 뽑아 낼 수 있다.
- (3) CDP(Charging Downstream Port)
고속 충전도 되면서, 데이터 통신도 되는 방식으로, 별도의 특수 장치가 필요하다.

2.2 2 배속 충전케이블의 특징

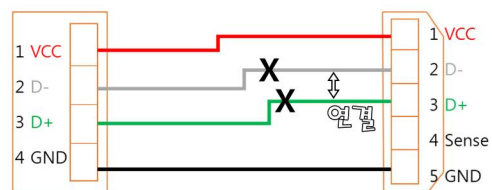


[Figure 3] Pin Configuration (Top View of 8-Pin)

사고가 발생한 차량용 충전케이블의 전자회로 부분은 Fig. 3과 같이 8개의 핀으로 구성된 IC를 사용하여 모바일 폰에 Data전송과 충전 기능을 하고 있다. 사고 충전 케이블에는 간단한 스위칭을 통하여 SPD 방식을 DCP 방식으로 전환해주는 전자회로를 내장하고 있다.



[Figure 4] SPD (Standard Downstream Port)

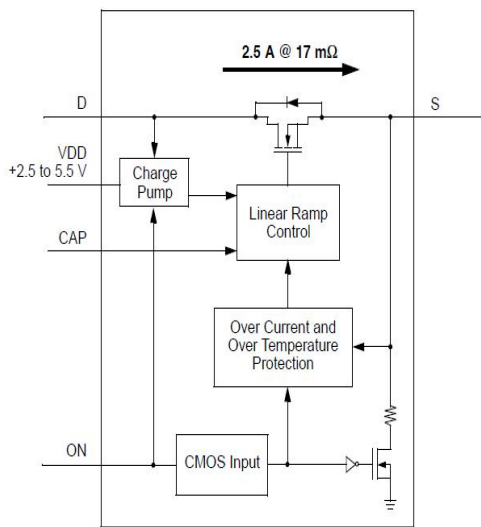


[Figure 5] DCP (Dedicated Charging Port)

급속충전케이블은 Fig. 4와 같은 SPD 방식을, Fig. 5와 같이 Data 송/수신케이블을 단선 시킨 후, D+ 단자와 D- 단자를 단락시킴으로 급속충전케이블로 사용 할 수 있다.

2.3 사고발생 충전케이블의 동작원리

연소된 충전케이블의 전자회로 부분의 동작은 Fig. 6과 같은 Block Diagram 과 같은 메카니즘으로 동작되며 최대전류 정격은 17 mΩ에서 2.5 A 이다.



[Figure 6] Block Diagram of 8 pin IC

3. 휴대폰 충전 케이블의 연소가능성 모의시험

휴대폰 충전 케이블의 발화 연소 가능성 시험을 위해 시중에서 시판되고 있는 정상충전모드와 급속충전모드의 절체 스위칭 회로를 내장하고 있는 A사의 스마트폰 충전케이블 중 B모델 10개를 구매하여 시험을 실시 하였다. 시료의 구체적인 사양은 다음과 같다.

- 제품명 : 스마트폰 충전 케이블
- 제조/판매자 : A
- 모델명 : B
- 정격 : 입력 DC 5 V, 출력 DC 5 V, 2000 mA

3.1 정상동작 확인 시험

시험품은 Fig. 7과 같이 전면과 후면의 전자회로로

구성된 USB 케이블 10개에 각각 1번에서 10번까지 번호를 부여하고 구분하여 시험을 실시하였다.

시험 전, 시험품 10개의 이상 유무를 확인하기 위하여 정상적으로 동작하고 있는지 확인하기 위하여 시험 시료의 입력에 DC 5 V를 공급하고 출력전압이 정상적으로 DC 5 V가 나오는지 확인한 결과 Table 1과 같이 모두 정상임을 확인하였다.



(a) Front View



(b) Rear View

[Figure 7] Specimen for Testing

<Table 1> Test Result of Operation

No. test sample	Test condition	Result
1	Input Voltage : DC 5 V	Normal
2		Normal
3		Normal
4		Normal
5		Normal
6		Normal
7		Normal
8		Normal
9		Normal
10		Normal

<Table 2> Result of test after 72 hours aging

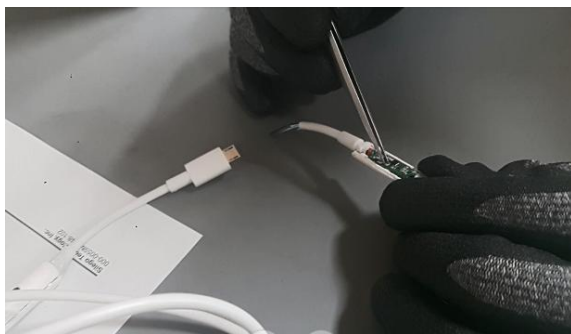
No. test sample	Test condition	Result
8	Input Voltage : DC 5 V, after 72 h aging	Normal
9		Normal
10		Normal

시험품이 정상 동작하는 것을 확인 후 시료번호 #8, #9, #10번은 Table 1의 시험조건에서 2000mA부하를 연결한 상태에서 72시간 Aging시험을 추가로 실시한 후, 다시 Table 1의 시험방법으로 출력전압이 정상적으로 나오는지 확인한 결과 Table 2와 같이 3개 시험품 모두 출력전압이 정상적으로 나오는 결과를 얻었다.

3.2 이상상태 모의시험

실제 사고 사례와 유사한 조건을 구현하기 위하여, 자동차 전원용 배터리에 근사한 5 V, 30 A 정격용량의 독립전원을 사용하여 시험을 실시하였다.

IEC 60950-1(Ed. 2.2) 규격의 5.3절에 따라서 부품의 단락을 모의 시험한 후, 시험품에 가장 불리한 조건을 먼저 찾아내고, 이상상태 모의시험을 각각 조건별로 8번 시험품을 제외한 시험시료 9개에 구분 적용하여 시험을 실시하였다7).

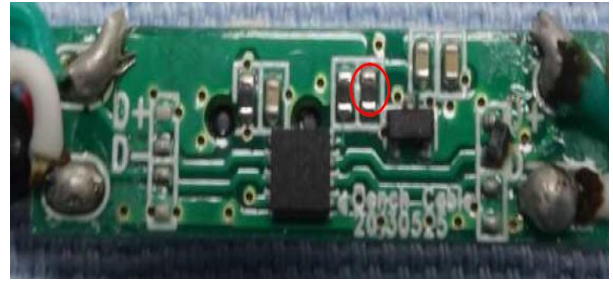


[Figure 8] Making Abnormal fault condition

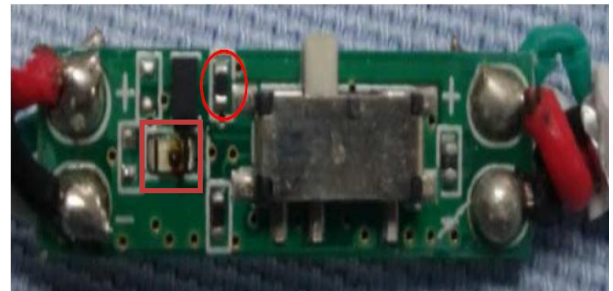
시험시료 9개 중 2개 시험품, 시험시료 #3, #4번은 IEC 60950-1(Ed. 2.2) 규격의 2.9.2절에 근거하여 25 °C ± 1 °C, 상대 습도 93 % ± 1 % 의 조건에서 48시간 온/습도 처리 후 이상상태 모의시험을 수행하였다.

제품 스위치 몰딩 내부 회로 상에서 시험품 4개는 출력단자를 단락시켰고, 나머지 시험품 6개는 Fig. 8과같이 칩 저항을 단락시켜 모의시험을 실시하였다.

모의시험 결과, Fig. 9의 ○로 표기한 Chip Resistor를 단락 했을 때, Fig. 10과 같이 □로 표기한 LED 부분에 소손 현상이 발생하였다. 따라서 과전류로 인해 취약한 부분의 소손현상이 발생하는 부분을 찾았고, 시험품 6개에 동일 부위의 단락시험을 추가로 실시하였다. 시험 중 연소가 발생하고 온도가 상승한 시험품은 Fig. 11과 같이 열화상카메라를 이용하여 온도를 측정하였다.



[Figure 9] Abnormal fault condition test



[Figure 10] Result of abnormal fault condition test



[Figure 11] Measurement of Temperature Rise

3.3 시험결과

이상상태 모의시험을 실시한 9개의 시험품을 조건별로 시험한 결과를 요약정리하면 Table 3과 같다. 시험 결과 값은 시험품의 회로도 입수에 어려움이 있어 부품 위주의 단락시험을 실시한 결과이다.

측정온도는 Fig. 9에 있는 반대편 Chip Resistor Enclosure의 표면온도임.

Table 3에서 모의시험 조건은 Fig. 8에서 Chip Resistor를 단락하거나, Output Terminal의 +극과 -극을 단락한 후 입력전압 DC 5V를 공급하고, 시험품에 이상이 발생하거나 연소한 경우 상황이 종료되는 시점까지 시간과 출력전류를 측정하였다.

시험품 3, 9, 10번에서 출력 전류값이 최대 전류값 2500 mA 를 초과하는 값이 측정되었으며, 연소현상이 발생하였다.

<Table 3> Result of abnormal simulation test

No	Fault condition	In put [V]	Time [min]	Current [A]
				Result
1	Chip resistor shorted	5	10	→ 0
				LED opened
2	Chip resistor shorted	5	10	→ 0
				LED opened
3	Output terminal shorted	5	10	→0.01
				Specimen shot downed
	Chip resistor shorted	5	70	→ 15.44 → 0.09 15.44 A, Temp. Max. 75°C, then 0.09A, 45°C after 2 sec. LED opened
4	Chip resistor shorted	5	10	→ 0
				LED opened
5	Output terminal shorted	5	10	→ 0.01
				Specimen shot downed
	Chip resistor shorted	5	10	→ 0 LED opened
6	Output terminal shorted	5	10	→ 0.01
				Specimen shot downed
7	Output terminal shorted	5	10	→ 0.01
				Specimen shot downed
9	Chip resistor shorted	5	20	→ 20.00 → 0 20.0 A Max. 84°C, then 0 A after 5sec. LED opened
				→ 10.00 → 0 10.0 A, then 0 A after 2 sec. LED off. Other component opened
10	Chip resistor shorted	5	10	→ 10.00 → 0 10.0 A, then 0 A after 2 sec. LED off. Other component opened

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 자동차용 핸드폰 충전 케이블의 사용에 있어서 발생 할 수 있는 연소위험 가능성을 모의시험을 통해 분석 하였고, 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

- 1) 시험품은 온도, 습도 조건보다, 전류가 정격이상으로 흐를 수 있는 모의시험에서 연소되었다. 모의시험 시 단락전류는 최대 20 A가 5초 동안 흐르고 온도는 최대 84 °C까지 상승하였다.
- 2) 10개 시험품 중 Chip Resistor를 단락한 경우 3개가 정격전류를 상회하여 흐르고 연소하며 개스를 발생하였다.
- 3) 출력 단자 단락 시 시험품은 즉시 동작이 정지되고 10분 동안 개스 발생 등 위험요소는 발생하지 않았다.
- 4) 8핀 스위치보다 Chip Resistor 단락이 실제로 더 위험한 결과를 야기 하였다.
- 5) Chip Resistor 단락 시 LED가 소손되며 연소 개스

를 발생하였다.

- 6) SPD방식을 DCP로 사용하지 위하여 절체한 경우, 출력단자를 단락시켜도 USB 케이블이 연소하는 상황은 발생하지 않았다.
- 7) 본 결과를 통해 유추될 수 있는 사항은 Table 3의 3번, 9번, 10번의 시험결과와 같이 Chip Resistor가 단락되는 경우가 정격을 초과하는 전류가 흐를 수 있고 연소될 수 있음을 알았다.
- 8) 따라서 Chip Resistor의 불량으로 인한 연소가능성으로 사료된다.

추가 고려사항으로, 시중에 판매되는 여러 가지 제품들이 모두 동일한 구조라고 볼 수 없고, 또한 기업의 지적 자산의 보호 차원에서 제품의 회로도의 입수가 이루어지지 않아, 핸드폰 충전 케이블 이라는 제품이 모두 위의 시험결과와 같은 문제를 갖고 있다고는 판단 할 수 없지만 시중에 유통 되고 있는 제품이 위와 같은 위험을 내재 하고 있다는 것이 간과되어서는 안 될 것이다. 운전자는 운전 중 충전 시 연소위험 발생 가능성에 대해 인식이 필요하고, 추후 불량 Chip Resistor에 대

한 구체적인 연구가 수반되어야 할 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- [1] H.S. Lim, D.H. Kim(2011) “A Study on Heat-Flux Evaluation for Cable Fire Including Diagnostic Methodology for Degradation in Nuclear Power Plants” Journal of the KOSOS, Vol.26, No. 2, pp. 20~25.
- [2] S.C.Kim, S.H.Lee(2008), “Assessment of Grid Sensitivity in the FDS Field Model to Simulate the Flame Propagation of an Electric Cable Fire” Journal of the KOSOS, Vol. 23, No. 4, pp. 30~35.
- [3] Y.B.Park, S.O.Han(1995), “The Countermeasure of the Fire of Electric Cables ” Journal of the KIFSE, Vol. 9, No. 2, pp.47~56,
- [4] P. Andersson, L. Rosell, M. Simonson, and V. Emanuelsson(2004), “Small and Large Scale Fire Experiments with Electric Cables under Well - Ventilated and Vitiated Conditions” , Fire Technology Vol. 40, No. 3, pp.247~262.
- [5] IEC 62680-1 (Ed. 1.0)(2013) “Universal serial bus interfaces for data and power-Part 1: Universal serial bus specification, revision 2.0” .
- [6] IEC 62680-3 (Ed. 1.0)(2013) “Universal serial bus interfaces for data and power - Part 3: USB Battery Charging Specification, Revision 1.2” .
- [7] IEC 60950-1 (Ed. 2.2)(2013) “Information technology equipment -Safety-Part 1: General requirements” .

저자소개

권진욱



단국대학교 대학원 전기공학과 석사 취득 후, 현재 인천대학교 대학원 안전공학과 박사과정 중, 한국산업기술시험원 수석연구원 재직 중.
관심분야: 전기안전

최규식



광운대학교 전기공학과 학사, 서울시립대학교 전기전자공학과 석사 취득 후, 현재 한국산업기술시험원 선임연구원 재직 중.
관심분야: 전기안전