

2016 年熊本地震における落橋防止ケーブルの破断メカニズムに関する考察

熊本大学大学院 学生会員 ○伊津野省吾 熊本高等専門学校 正会員 岩坪要
 熊本大学 正会員 葛西昭 正会員 重石光弘

表 1 切欠き寸法

		切欠き幅W		
切欠き深さD	1mm			③
	3mm	①	②	④
	5mm			⑤

① W3D3 ② W6D3 ③ W9D1 ④ W9D3 ⑤ W9D5

1. はじめに

2016 年熊本地震が発生し、熊本県道 28 号線に位置する大切畑大橋において落橋防止ケーブルが破断するという被害が報告されている¹⁾。地震によって落橋防止ケーブルが破断したという事例は確認されている限り初めての事例である。最終的に落橋を防ぐことができているものの、破断に至った原因やそのメカニズムは明らかになっていない。しかし、同形式で設置されたケーブルは全国各地に存在しており、今後の大規模地震の為にもケーブル破断のメカニズム解明は重要であると言える。また、吉村らによってケーブル破断を想定した引張実験²⁾が行われているものの実際に PC 鋼より線を用いた試験の事例は少ない。

そこで本研究では、落橋防止ケーブルに用いられる PC 鋼より線に対して 2016 年熊本地震を想定した切欠きを導入し、強度の低下や破断面の調査を行うことによって落橋防止ケーブルの破断メカニズムについて考察を行った。

2. 実験概要

落橋防止ケーブルに用いられるケーブルは JIS G 3536 によって規定された PC 鋼より線を使用することが一般的であり、本研究においては株式会社エスイー社から提供を受けた 7 本より PC 鋼より線である SWPR7BL を用いて実験を行った。

大切畑大橋において落橋防止ケーブルは横桁に設けられた貫通孔を介して設置されており、地震が発生した際にケーブル外縁と貫通孔が衝突し、ケーブル外縁に切欠きが発生したと想定する。表 1 に与えた切欠き形状について示す。切欠きの導入はフライス盤にエンドミルを取り付けて行った。試験には島津製作所製の 1000kN 万能試験機 (UEH-100) を使用し、図 1 のように上下を同じ方法で定着した。計測には試験機から出力される値として荷重とストローク量を用い 200ms 毎に観測を行った。また、ケーブル内の微小な破壊を確認するためにアコースティッ

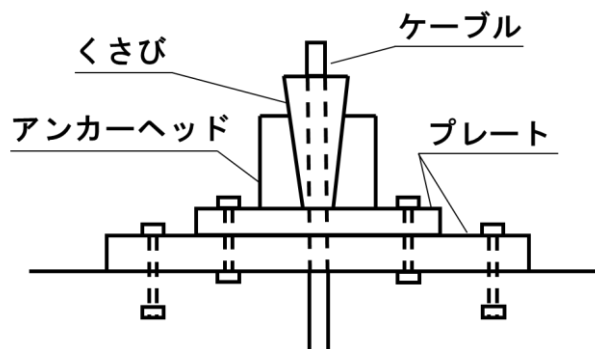


図 1 PC 鋼より線引張試験用定着治具

ク・エミッション (以下 AE と記す) による計測も行った。試験は万能試験機による一軸引張試験であり、ケーブル芯線以外の 6 本が破断した後、試験機ストローク量が 80mm 程度に達した時点で終了とした。載荷速度はストローク量で 1mm/min 程度で行った。

3. 実験結果

試験の結果は紙面の都合上、切欠き深さを変化させた結果のみを示す。表 2 に試験結果について、図 2 にそれを比較したグラフをそれぞれ示す。健全断面に対する切欠き導入後の断面積の比を残存断面比、最大試験力の比を残存強度比とする。切欠きを導入することによる断面積の減少と比べて残存強度比の低下が大きく、断面積を減少させた強度の低下に加えて切欠きを導入したことによる強度の低下が確認できる。

また、図 3 に AE エネルギーと持続時間の関係について示す。素線の破断時に観測される大きな AE エネルギーについてプロットしたところ、健全な素線と

切欠きのある素線とで異なった傾向が確認できた。

4. 2016 年熊本地震の被害との比較

図 4 に試験結果と大切畑大橋における設計荷重との比較を示す。本試験で使用した PC 鋼より線は大切畑大橋で使われているケーブルと径が異なるため、試験結果に対して係数を掛けた値を使用する。死荷重反力から算出した 1 本あたりの荷重を直線で示す。健全状態で 1 本あたり 543.33kN の引張強度を持っていたが、切欠き深さ D の増加とともに強度が低下し、切欠き深さ 5mm において 241.10kN まで低下している。その結果、W9D5 において設計荷重を下回ることが確認できる。これは桁重量を負担しきれないことを示し、ケーブルが引張荷重によって破断すると考えられる。

5. まとめ

2016 年熊本地震の被害を想定した切欠きを導入した PC 鋼より線における引張試験を行った結果、断面を減少させた以上に引張強度の低下が確認できた。また、その結果について設計荷重との比較を行い、切欠き深さ 5mm 与えた試験体において設計荷重を下回る結果となった。したがって 2016 年熊本地震において、落橋防止ケーブルに対して損傷が発生しそれによって引張強度の低下があったことによりケーブルが破断したとするならば、その切欠き深さは 5mm 以上だと考えられる。しかしこれは、引張荷重を負担しきれずに破断したと考えるケースである。あらかじめ引張力が生じている状態でせん断力によって脆性的に破断した場合の検討など他にも考えられるケースは存在する。

今後は、他に想定できるケースについて実験的に検証すること、また数値解析を用いて 2016 年熊本地震の被害について調査していきたい。

参考文献

- 1) 葛西昭, 吉塚卓史, 牛塚悠太: 2016 年熊本地震における大切畑大橋の被害分析と FE モデルの構築, 第 20 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム, 2017.7.4.
- 2) 吉村龍, 岩坪要, 猪原慶士郎: ケーブル破断を想定した鋼棒引張実験, 土木学会西部支部研究発表会, 2019.3.

表 2 最大試験力と低下比

	最大試験力 kN	残存断面比	残存強度比
健全	192.0	1.0	1.0
W3D3	161.7	0.85	0.84
W6D3	152.5	0.85	0.79
W9D1	171.5	0.97	0.89
W9D3	126.0	0.85	0.66
W9D5	85.2	0.63	0.44

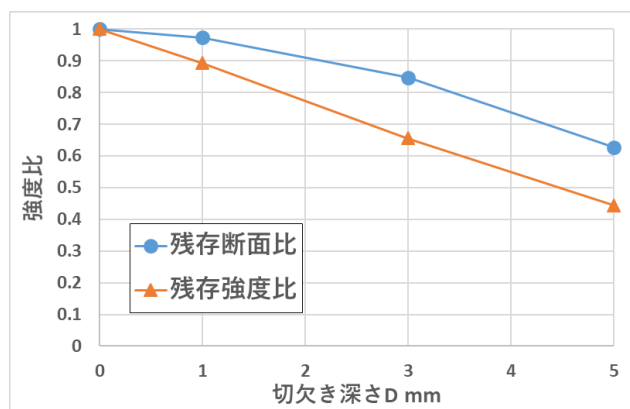


図 2 残存断面による比較

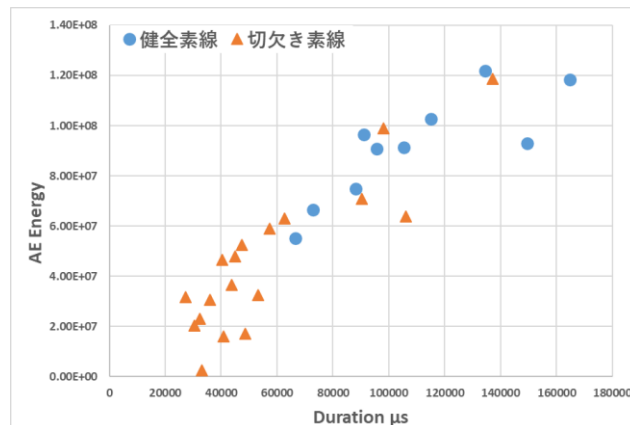


図 3 AE エネルギーと持続時間

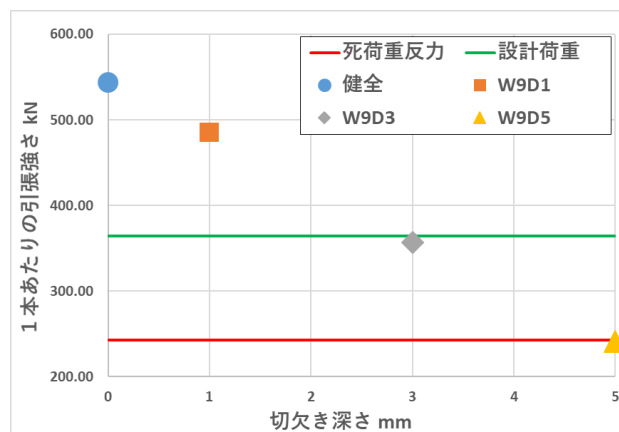


図 4 設計荷重との比較