ケーブル破断を想定した鋼棒引張実験

熊本高等専門学校　学生会員　○吉村龍　　正会員　岩坪要　　非会員　猪原慶士郎
熊本大学　正会員　葛西昭　　非会員　伊津野省吾

1.　はじめに

1995 年兵庫県南部地震以降の耐震対策の中で，落橋防止システムとして落橋防止ケーブルが多用されている [1)2)]。落橋防止ケーブルは支承が機能しなくなった後の上部構造の過剰な変位移動を桁かかり長以内に収める目的で設置されるため，引張力に十分に抵抗する部材としてケーブルが多く用いられている。また設計計算上では，ケーブルの必要耐力として死荷重反力の 1.5 倍を用いて安全性の照査をしている。従って，大地震時に上部構造が大きな変位応答を示してもケーブルが破断することはない。しかしながら 2016 年熊本地震では落橋はしなかったが高橋脚を有する曲線橋である大切畑大橋の落橋防止ケーブルが破断した [3)]。この被災メカニズムについての検証は困難であるが，何らかの状況でケーブルに傷が入ったことが原因の一つと考えている。そこで，ケーブルの破断を想定した複数本の鋼棒を束ねた状態の引張実験を行った。

2.　実験概要

ケーブルには様々な種類があるが，図 1 に示すように素線を撚って束ねた断面を有している。大切畑大橋のケーブルでは，素線 7 本を 1 束にした 7 束で 1 本のケーブルとしている。そこで，今回は素線 7 本の 1 束とほぼ同じ直径を有する直径 8mm の鋼棒を複数本束ねた状態の引張実験を行った。供試体のシリーズは図 2，図 3 に示すように設定した。大きく分けて傷なしシリーズと傷ありシリーズに分けており，傷の場所は部材中央から 30mm 下の場所に傷を人工的に電動工具で導入した。実験は熊本高専に所有している 1000kN 万能試験機（島津製作所製）を用い，図 2 のように 1 本あたり 2 枚のひずみゲージを添付し，伸び量は試験機の移動量を測定した。引張速度は 1mm/min として 1s 間隔で連続計測を行い，全ての鋼棒が破断するまで引っ張った。実験では破断状況を確認するために WEB カメラを用いて動画撮影も行った。

3.　実験結果

実験結果を図 4 に示すが，本稿では紙面の都合上 3 本シリーズの結果までを示している。

1）1 本シリーズ（図 4(a)）

鋼棒 1 本の引張実験の結果を図 4(a)に示す。縦軸には引張力を示し，横軸には伸び量として試験機のポジションを示している。最初の段階で試験機の掴み具チャックのすべりと思われる伸びの後，直線的に伸びていき，弾性限界後に材料非線形性であるカーブを示す。最終的には約 13mm 伸びた辺りでくびれを伴いながら荷重が低下し破断に至っている。傷ありモデルでは，弾性限界付近までは傷なしモデルと同様の挙動を示すが，最大強度に至る前に破断している。破面の違いを見ると，明らかにくびれ破断とせん断破面の違いが表れた。

2）複数本シリーズ（図 4(a)(b)）

1 本シリーズの結果を踏まえ，2 本束にして引張実験を行った結果を図 4(a)に，3 本シリーズの結果を図 4(b)に示すが，傷なしモデルでは，1 本シリーズのほぼ 2 倍，3 倍の荷重が最大荷重となり，伸び量は 1 本シリーズと変わらなかった。すべて傷を与えたモデルは早期にすべての鋼棒が破断に至るが，1 本だけ傷を与えると，その 1 本が早期に破断して強度が低下するが，残った傷がない鋼棒で耐えていることが分かった。注目すべきは破断前の最大強度で，傷なしモデルのほぼ 90%程度の最大強度は有している。しかし，最大強度時の伸びを調べると，ほぼ半分程度の伸びで傷を与えた鋼棒が破断していることが分かった。

4.　まとめ

ケーブルの破断を想定した鋼棒を束ねた供試体の引張実験をした結果，傷を与えたモデルは最大強度の 90%程度の強度を有していることが分かった。しかしながら，その後の伸びは期待できなく，ある程度まで伸びたところで破断に至っている。今後は，これらの結果を踏まえ数値解析上の荷重－伸び関係図を提案していく。

キーワード：引張実験，2016 年熊本地震，落橋防止ケーブル，破断
連絡先：〒866-8501　熊本県八代市平山新町 2627
国立熊本高等専門学校　Tel：0965-53-1339　Fax：0965-53-1349　E-Mail：iwatsubo@kumamoto-nct.ac.jp

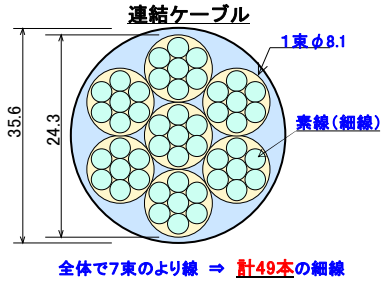
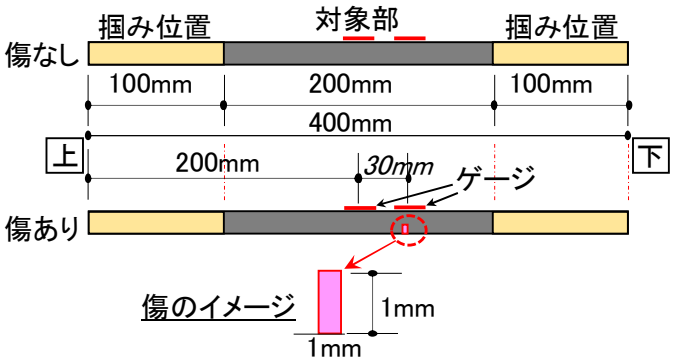
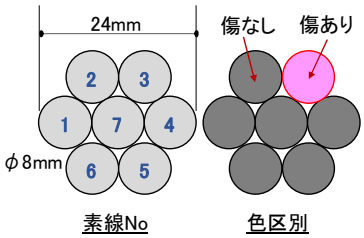


図 1　ケーブル断面図



(a)供試体寸法



(b)束ねた断面図

図 2　実験供試体

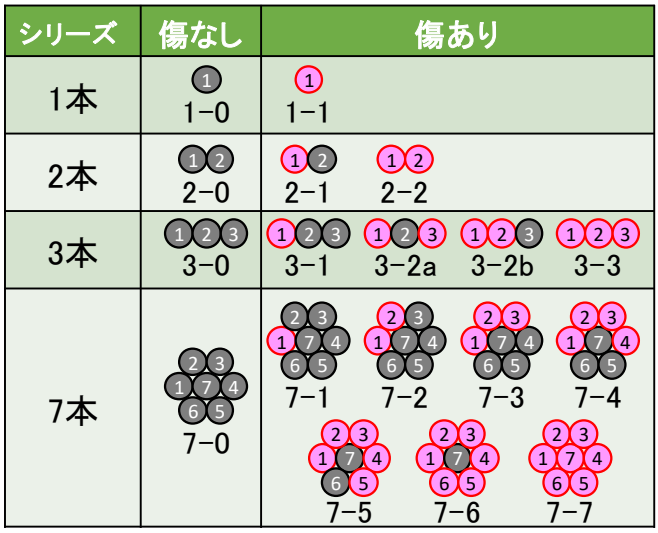
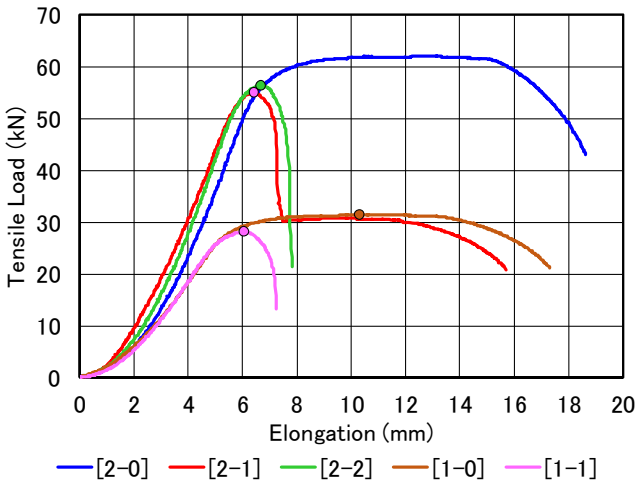
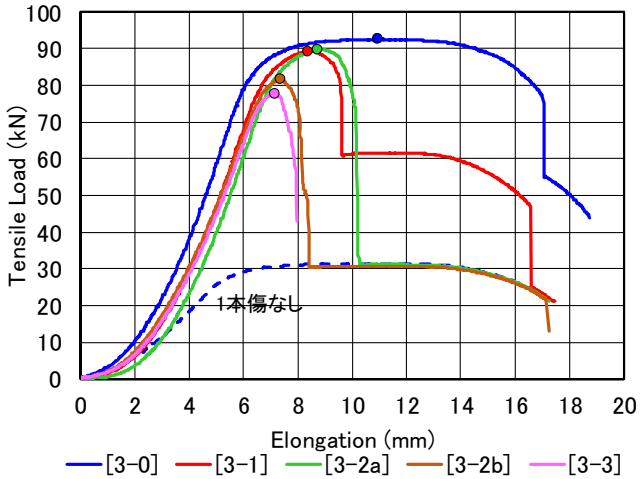


図 3　供試体シリーズ
（図中の数字は供試体識別番号）



(a)1 本，2 本シリーズ



(b)3 本シリーズ

図 4　荷重－伸び曲線図

表1　1 本，2 本，3 本シリーズの実験結果まとめ

供試体No.		最大引張荷重 (kN)	低下率	最大強度時の伸び (mm)	低下率
1本	1-0	31.348	—	10.31	—
	1-1	28.048	89.47%	6.056	58.74%
2本	2-0	62.048	—	12.898	—
	2-1	55.166	88.91%	6.398	49.60%
	2-2	56.336	90.79%	6.692	51.88%
3本	3-0	92.628	—	10.944	—
	3-1	89.36	96.47%	8.36	76.39%
	3-2a	89.74	96.88%	8.698	79.48%
	3-2b	81.62	88.12%	7.338	67.05%
	3-3	77.692	83.88%	7.136	65.20%

【参考文献】1)堺淳一ほか：大規模地震における落橋メカニズムと落橋防止構造の効果に関する分析，土木学会論文集 A1，Vol.67，pp.55-71，2011. 2)土木研究所：過去の大規模地震における落橋事例とその分析，土木研究所資料，第 4158 号，2009. 3)渡邊学歩ほか：2016 年熊本地震で被災した大切畑大橋の被害，地震工学研究発表会講演論文集，Vol.36，pp.1020_1-8，2016.