

ハンガーロープの合理的管理に向けた実験的研究

本州四国連絡橋公団	正会員	○帆足	博明
本州四国連絡橋公団		齊藤	哲男
本州四国連絡橋公団	正会員	津留	和彦
本州四国連絡橋公団	正会員	杉本	健

1. はじめに

吊橋のハンガーロープは、構造部材の中で唯一取替を前提とした部材である。本州四国連絡橋は海峡部に位置し腐食環境が厳しいため、全吊橋 10 橋中 1 橋に供用後十数年でハンガーロープの定着部近傍に著しい腐食が確認された。本四公団ではハンガーロープの合理的な管理手法を確立するため、①断面腐食量の定量的評価手法、②断面腐食量とロープ強度の関係把握、③ハンガーロープの使用限界の設定、④腐食メカニズムの解明と防食対策による延命化、⑤補修・取替方法及び設備について検討を進めている。ハンガーロープの取替は海外の実績によると、ハンガーロープ全体を交換する方法が用いられているが、この補修方法だと莫大な補修費用が必要となる。

そこで本四連絡橋では、ハンガーロープの腐食が定着部の近傍に特定されていることから、経済的な補修方法の一つとして比較的健全な定着部以外はそのまま利用し、定着部のみ部分的に交換する方法の可能性について検討した。本稿はその検討概要を報告するものである。



写真-1 吊橋ハンガーロープ

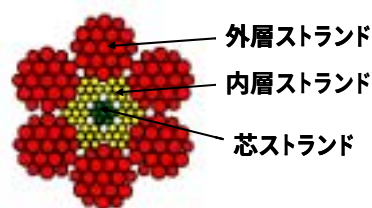


図-1 ハンガーロープ (C.F.R.C)

2. ハンガーロープの補修方法

合理的な補修方法の1つとして図-2 に示す方法を考えた。この構造では新たに取替える部分と既設ケーブルとの継手の構造・安全性が重要となる。継手構造としては、楔定着タイプ、圧着タイプ、ソケット鑄込み定着タイプが考えられるが、構造特性、現場における施工性、安全性、耐久性などの条件を比較検討した。その結果、建築材料分野で実績があり現場施工での品質管理が容易な圧着タイプを選定し、強度特性の確認を実施することとした。

圧着加工は所定の外径を有する金具（スリーブ）にロープ端部を挿入し、そのスリーブを目的の変形率となる外径より小さな径の穴の開いたダイスに端面から押し込み、スリーブ全長をダイス穴に押し通すことによって行う。

（図-3 参照）

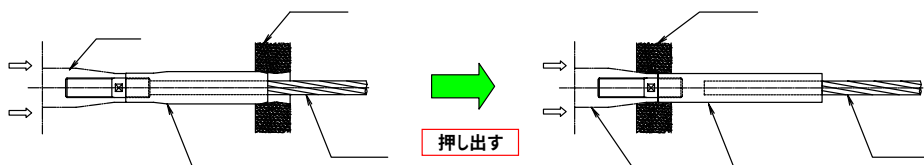


図-3 圧着加工概念図

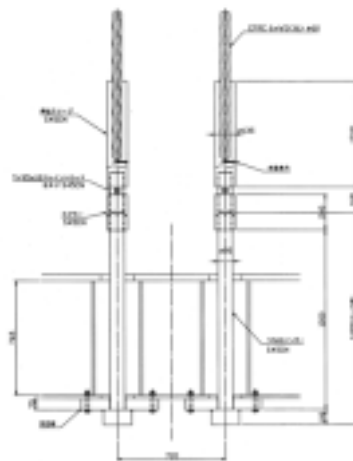


図-2 ハンガーロープ補修概念図

吊橋, ハンガーロープ, C F R C, 圧着, スリーブ

連絡先: 〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22 TEL 078-291-1093 FAX 078-291-135

3. 供試体による引張強度確認試験内容

ハンガーロープ(C.F.R.C.)の圧着スリーブ継手の強度特性は[※]圧着長と変形率の影響を受けられるが、これについては前例がないため圧着長、変形率を変化させた供試体を作成し、強度特性の確認を行った。(表-1参照) ※圧着長：ケーブル挿入長、変形率：スリーブの(加工前径-加工後径)/加工前径

3-1. 試験項目

(1) 繰り返し荷重試験

ハンガーはその荷重条件により張力が様々に変化する。試験では想定される範囲内の荷重(初期張力を100kNとし、1000kNの負荷と100kNまでの除荷)の負荷・除荷を繰り返し、その変化により圧着部からのロープの抜けが無いことを確認する。



写真-2 引張強度試験供試

(2) 引張耐力試験

圧着部はハンガーロープ本体の引張強度を下回らないこと。また逆に必要以上に過剰な締結力を有することは末端部の形状が大きくなる方向で経済性が悪くなる。試験では締結力に結びつく加工条件を変化させた供試体を製作して引張試験を行い、その必要性能を有し、且つ経済的な最適加工条件を確認する。

4. 引張強度確認試験結果

4-1. 繰り返し荷重試験

1回目の1000kNでの拔出し量とその後の100kNまでの除荷時のスリーブおよび口元の変位量がやや多いが、それ以降はほぼ同等の量となっている。しかしながら、2回目以降は負荷、除荷共安定した変位量で再現性があるため、本試験でのロープの抜けはいずれの試験でも生じなかった。

4-2. 引張耐力試験

継ぎ手の引張耐力は圧着長と変形率の影響を受けが、変形率に関しては11%でも過圧による強度低下はみられず適正な変形率であるといえる。変形率10.5%、圧着長8.5Drの場合、スリーブ内で全ストランドが同時破断という、理想的な破壊状況を呈しており、設計条件に問題ないことが確認された。変形率10.5%、圧着長6.0Drの場合、ロープの抜けが観察された。しかしながら、滑り後ロープ破断に至っており、圧着長の不足は少量と思われる。

表-1 引張強度試験結果

No.	スリーブ		圧着長 (mm)	変形率 (%)	引張試験結果			参考(加工結果)	
	鋼種	加工前長 (mm)			最大荷重 (kN)	破壊状況	判定	スリーブ長 (mm)	伸び率
1	S45CN めっきなし	615	510 (8.5Dr)	11.0	2,975	スリーブ内ロープ切断 (全数破断)	合格	710	1.15
2	S45CN めっきなし	615	510 (8.5Dr)	10.5	2,970	スリーブ内ロープ切断 (全数破断)	合格	705	1.15
3	S45CN めっきなし	435	330 (5.5Dr)	10.5	2,630	2,450kNまで荷重が降下し (15mmφ-7抜け)、スリーブ内 ロープ破断(3ストランド)	不合格	487	1.12
4	S45CN めっきなし	465	360 (6.0Dr)	10.5	2,685	2590kNまで荷重が降下 しスリーブ内ロープ切断	不合格	523	1.13

注1) ロープ破断箇所はいずれもスリーブ挿入口から50mm～80mm中に入ったところであった。

注2) CFRC実際破断荷重306tf(3,001kN) Drはハンガーロープ直径

5. 今後の課題

圧着スリーブ継手を用いたハンガーロープの部分取替え補修方法は耐力的には可能であることがわかった。今後、実用化に向けて、定着部の細部構造の決定と圧着スリーブ継手の疲労特性の把握を行うとともに、取替えを行うためのハンガーロープの張力解放装置の開発を行う予定である。