

小規模吊橋用の新型ケーブルクリップの開発

A New Type of Cable Clip for a Small-Scale Suspension Bridge

西岡 秀和*¹
Hidekazu NISHIOKA

Summary

Small-scale suspension bridges often use a pair of clamping pieces that use bolts to hold a main cable. These are used as a clamping device that connect a hanger rope to the main cable. In this paper, we describe a new type of clamping device that does not allow any slippage. This device is compact and has an excellent appearance. We also describe a loading test of the new cable clip device.

キーワード：小規模吊橋，クランプ装置

1. はじめに

小規模吊橋において、主塔間に架け渡すメインケーブルとハンガーロープとを連結するクランプ装置（ケーブルバンド）として、図-1および図-2の方式が多用されている。

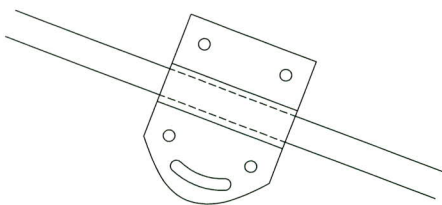


図-1 鋼板による挟み付け方式

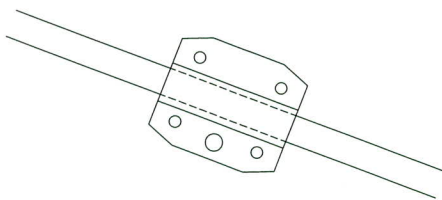


図-2 鋳鋼製品を用いた挟み付け方式

これらはいずれもケーブルを挟む2つのピースをボルトによって締め付けて、ピースとメインケーブルとの間の摩擦力を高めようとするものである。

ケーブルを用いた構造物では、ケーブル分岐の位置ズレを生ずると不測の変形が生じるばかりでなく、構造全体の機能をも失いかねない。そこで、従来のようにボ

ルトの締め付け力によって摩擦力を高める手法に代えて、幾何学的にズレを生じえず、かつコンパクトで景観的に優れたクランプ装置（図-3）を開発した。

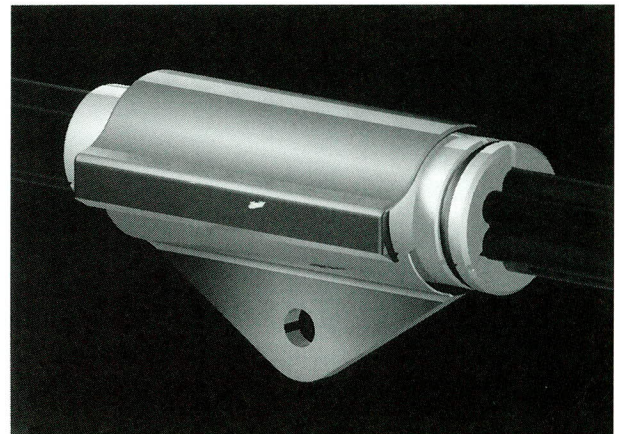


図-3 ケーブルクリップ

2. 構造概要

(1) 特長

1) 従来の形式

従来のケーブルを挟む2つのピースをボルトによって締め付け形式では次のような短所があった。

- a) 締め付けピースとケーブル間に生じるリラクゼーション、載荷量によるケーブルの細りなどを加味したボルト締め付け力の管理が欠かせない。
- b) クランプ装置のボルト締結部がケーブルから突出し

*¹技術本部設計部

ていて景観性を損なう場合がある。

2) 新しいケーブルクリップ

今回開発したケーブルクリップは従来形式の短所を次のように改善した。

- a) ケーブル素線を平面で押えるのではなく、使用するケーブルのより形状と同じ形状の鋳鋼製円筒形ウェッジを使用することで、ケーブルと広い面で接し、ケーブル素線を傷つけない。
- b) 締め付けボルトを使用しないことで、着脱が容易となり、かつ、装着後はケーブルの軸方向のズレを生じない。
- c) ボルト類の使用を排除することで構造をコンパクト化し、すっきりとした外観を有し景観上優れたものとなる。

(2) 構造詳細

ケーブルクリップは、**図-3**のようにメインケーブルの外周に被着される円筒形の「ウェッジ」と、このウェッジの外周に被着されて分岐ケーブルが取り付けられる円筒形の「外バンド」から構成される。

1) ウェッジ

円筒形の内側は、固縛しようとするケーブルのより形状と同じ形状の溝を有し、外径は始端と終端で異なっている。また、現場の施工性を考慮して円周を3分割する形とした(**図-4**参照)。

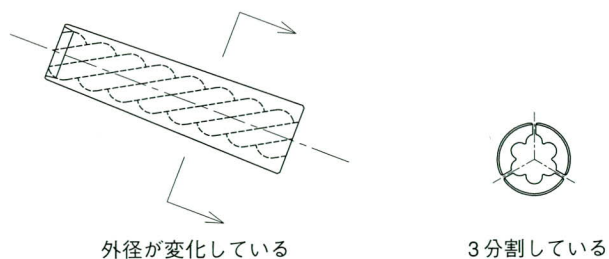


図-4 ウェッジ

2) 外バンド

内径は組み立てられたウェッジの外形の勾配に沿って変化する円筒形とし、現場の施工性を考慮して着脱容易なように上下分割された、上バンドと下バンドで構成する構造とした。また、上下バンドの外殻形状は施工性のみならず景観性に配慮し、ボルトを用いない蟻溝での嵌め合い方式とした(**図-5**参照)。

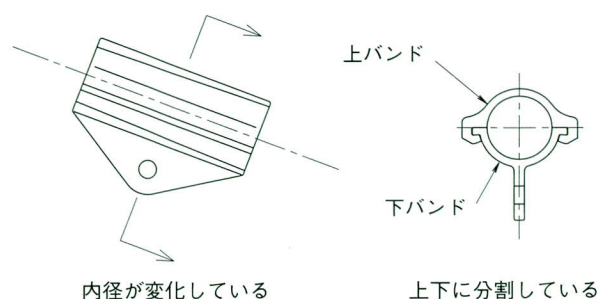


図-5 外バンド

(3) 応力伝達システム

1) ウェッジ

ウェッジは掴むケーブルと完全に一致する内溝を有しているため、施工後において組み立てられたウェッジが、ケーブルの周上を回転することなく、完璧にケーブルを固縛することができる。

2) 外バンド

ウェッジの外勾配に合わせた内側勾配を有するので、ウェッジに外殻を嵌め込んだ場合、それぞれの周径が一致したところで止まり所定の形となる。外殻の役割は、ウェッジを締め付けて所定の形を保つことと分岐ケーブルを定着する構造を併せ持つ。また、逆に分岐ケーブルによって回転を拘束されているので、外バンドがウェッジの回りを回転することはない。

3) ケーブルクリップ

ウェッジと外バンドを合体したものをケーブルクリップと称する。ハンガーロープから入った荷重をメインケーブルに伝える。ケーブルクリップは、1)、2)の理由によりケーブルの回りを回転することも固縛したケーブルの軸方向へズレが生じることもなく、十分にクリップの機能を発揮することができる。

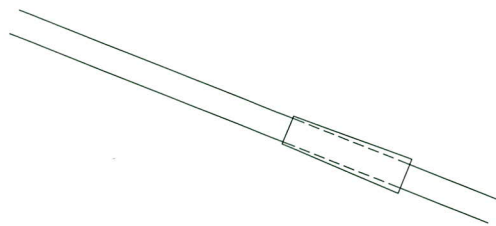
(4) 施工手順

ケーブルクリップの施工手順を**図-6**に示す。

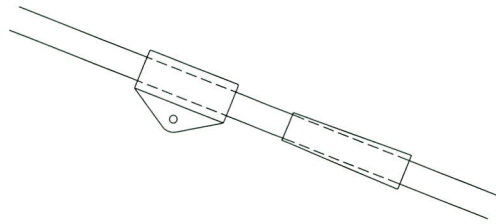
3. 載荷実験

(1) 実験の目的

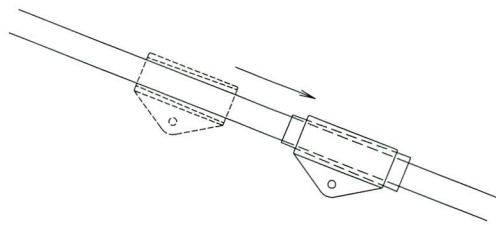
取り付けるケーブルクリップはケーブルの勾配がきつほど応力に偏りが生じ発生応力度も大きくなるので、**図-7**のように実際の吊橋で用いられる最大勾配を再現し、ハンガーロープを介してケーブルクリップに荷重を載荷して、強度を確認するとともに、外バンドの嵌め合い部等の応力伝達状況を調べ、設計法に関する知見を取



(a) ウェッジ (3つ割り) の取り付け



(b) 外バンド (2つ割り) の取り付け



(c) 取り付け完了

図-6 施工手順

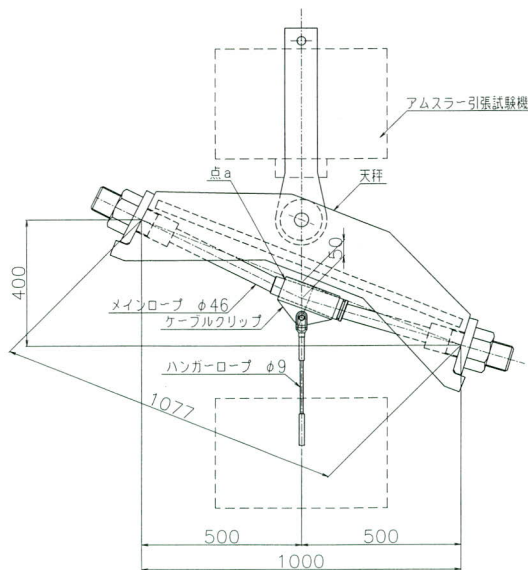


図-7 試験体形状

集した。

(2) 実験の概要

1) 実験の着目点

実験では、次の各項目に着目した。

a) 上バンド

ケーブルの勾配がきつい場合、反力の作用点がクリップ中心より上側に偏り、クリップ端におけるケーブルの折れ角が大きくなる。このことによる外バンド上端 (図-7の点a) のまくれ作用に着目し、バンド端部のひずみ、全体変形を計測した。

b) 下バンド

試験体は、安全側を見て上バンドのフックで支持されている単純版として設計したが、実際には内蔵するウェッジからの水平力を得て曲げモーメントが大幅に軽減される。バンドのさらなる薄肉化を図るための手段としてケーブル軸直角方向のひずみを計測した。

c) 上下バンドの連結 (嵌め合い) 部

試験体は、安全側を見て多少余裕ある形状とした。しかしながら、この部位が大きいことは外観を損なう。形状改善の判断に資するため、ケーブル軸直角方向のひずみを計測した。

d) ケーブルクリップのずれ

荷重载荷によって生じるケーブルとウェッジとのズレ量、ウェッジと外バンドとのズレ量を計測した。

2) 試験体

試験体は小規模吊橋で多く用いられているメインケーブル ($\phi 46$)、ハンガーロープ ($\phi 9$) を対象としたケーブルクリップからなる試験体を2体 (試験体A、B) 製作した。

なお、载荷実験でハンガーロープを介しての荷重载荷を基本とするが、ハンガーロープの破壊強度相当の荷重に対する性状を知るために、ハンガーロープより耐力のあるロッド ($\phi 30$) も使用した。

試験体に使用した材料を表-1に示す。

(3) 実験要領

载荷実験はロッドを用いてハンガーロープの破断強度の50kNまで载荷する引張試験を2回 (試験①、②)、ハンガーロープを用いた破断試験 (試験③) を1回実施した。なお、試験①は試験体A、試験②、③は試験体B、引張試験機はアムスラー2000kNを使用した。計測は次の要領で行った。

a) 各部位のひずみの計測は、1軸ひずみゲージを使用して5kN毎に計測。

表-1 使用材料

部 位	材 質	メーカ-
上バンド	SM490A	川口金属(株)
下バンド	SM490A	〃
ウェッジ	SS400	〃
メインロープ(φ46)	IWSC	神鋼鋼線工業(株)
ハンガーロープ(φ9)	IWSC	〃
ハンガーロッド(φ30)	SS400	〃

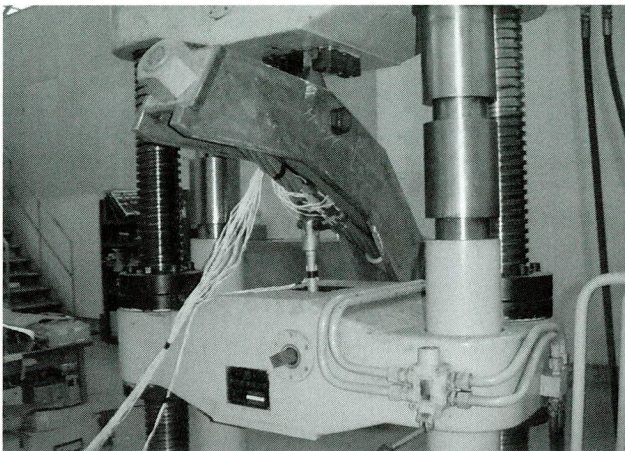


図-8 実験状況

表-2 バンド端面の変形結果

単位：mm

試験No	測定箇所	載荷前	載荷後	差
試験① 50kNまで 載荷	A	45.1	44.9	-0.2
	B	45.1	45.0	-0.1
	C	69.0	68.8	-0.2
	D	45.5	45.4	-0.1
	E	46.2	46.3	0.1
	F	69.4	69.3	-0.1
試験② 50kNまで 載荷	A	45.4	45.5	0.1
	B	45.3	45.3	0.0
	C	69.7	---	---
	D	45.2	45.3	0.1
	E	46.3	46.2	-0.1
	F	69.5	---	---
試験③ 60kNで破断	A	45.4	45.6	0.2
	B	45.3	45.3	0.0
	C	69.7	69.7	0.0
	D	45.2	45.4	0.2
	E	46.3	46.2	-0.1
	F	69.5	69.2	-0.3

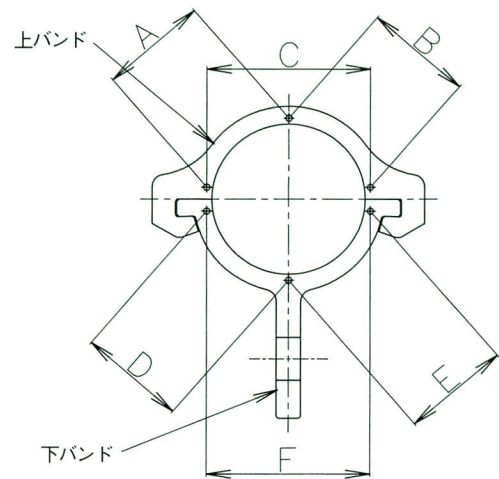


図-9 バンド端面の計測位置

b) バンド端部の全体変形量およびバンドのズレ量は、載荷前後にノギスにて計測。

(4) 実験の結果

1) 上バンド

表-2 にバンド端面の変形結果、図-9 に計測位置を示す。バンド端面の載荷前と載荷後との計測値に差異はほとんどみられない。

図-11, 12 にバンド上端部のひずみ-載荷荷重の関係を示す。上バンド上端に発生する軸方向ひずみは最大で 860μ (圧縮)、軸直角方向ひずみは最大で 1278μ (引張) であり、許容応力度の 14% 以下である。

これらより、上バンド上端の変形がみられず、また、応力度もかなり余裕がある。

2) 下バンド

図-13 に下バンド下端の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係を示す。下バンド下端付近の計測位置に発生する軸直角方向ひずみは最大で 699μ (引張) であり、許容応力度の 1 割以下であることから、載荷端部でも許容

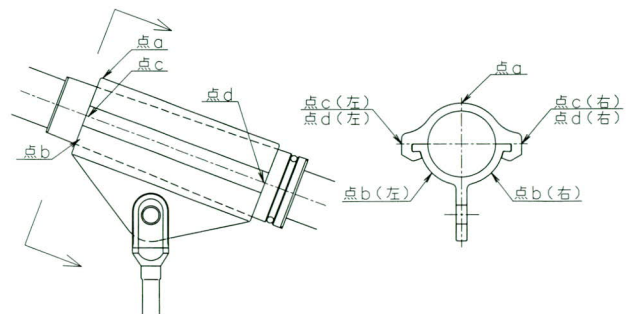


図-10 ひずみ計測位置

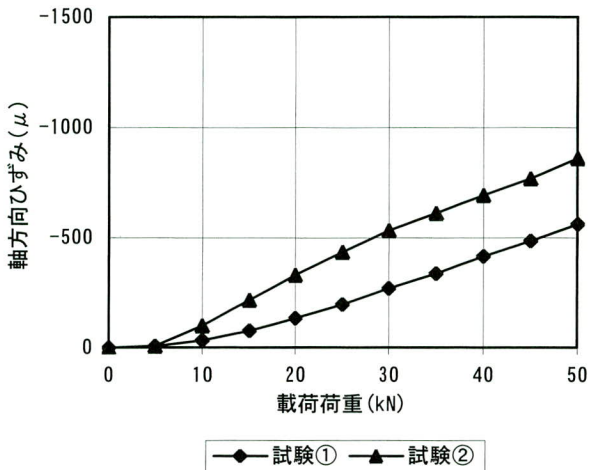


図-11 バンド上端(点a)の軸方向ひずみ-載荷荷重の関係

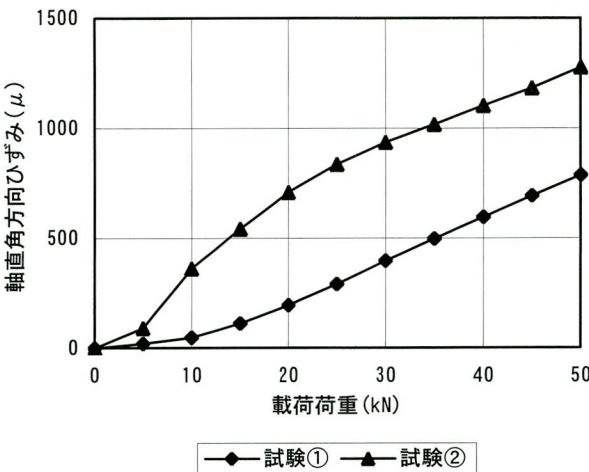


図-12 バンド上端(点a)の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係

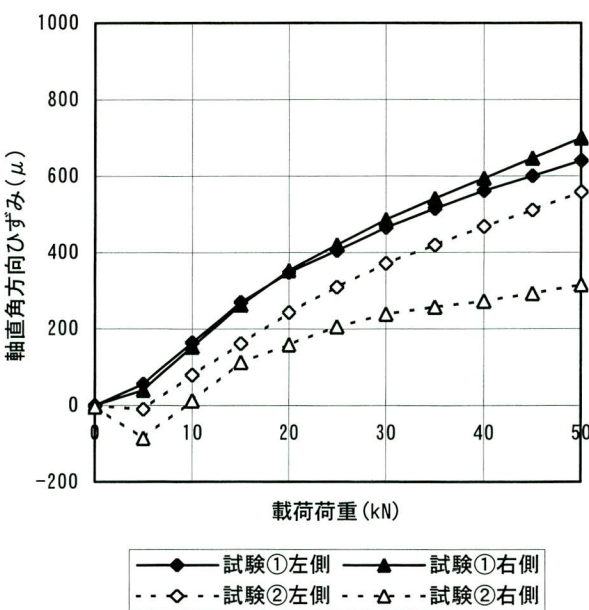


図-13 下バンド下端(点b)の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係

応力度の2割以下と推定される。なお、試験①での左右のひずみはほぼ一致しているのに対し、試験②では左右のひずみに差が生じている。これは試験②のバンドへの載荷が偏心していたと考えられるが、使用した試験設備特有の現象であり実橋においてはありえないことである。

3) 上下バントの連結(嵌め合い)部

図-14に嵌め合い部の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係を示す。嵌め合い部の軸直角方向ひずみは最大で631 μ(圧縮)で、許容応力度の7%以下である。

4) ケーブルバンド

表-3にウェッジおよび外バンドのズレ量、図-15にズレ量測定位置を示す。ケーブルとウェッジとのズレ量は2mm程度、ウェッジと外バンドとのズレ量は1mm程度である。

この値は、部材間の遊びが載荷により詰まったものがあるので、載荷によるクリップのズレは生じないと言える。

5) 破断試験

試験体B、ハンガーロープを使用して、破壊するまで載荷を行った。載荷荷重約60kNで、ハンガーロープが

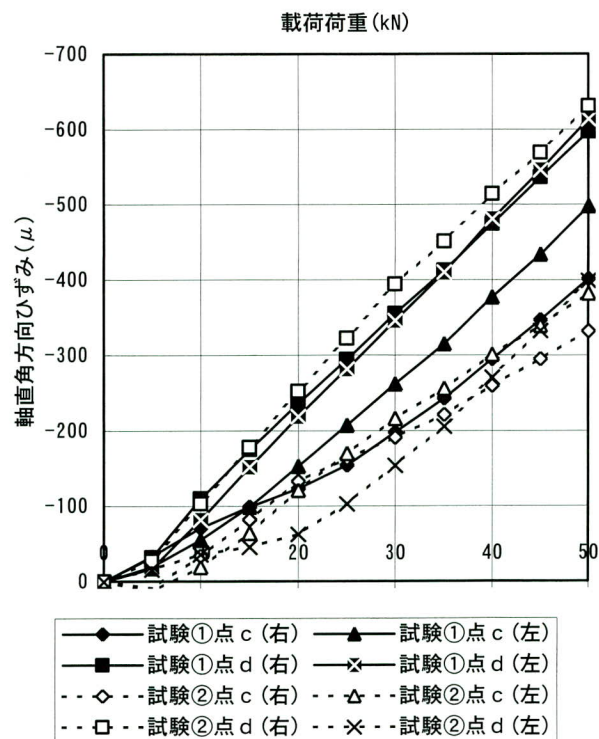


図-14 嵌め合い部(点c、点d)の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係

表-3 ウェッジおよび外バンドのズレ量

単位：mm

試験No	測定箇所	载荷前	载荷後	差
試験①	A	24.5	27.0	-2.5
	B	16.0	17.5	1.5
	C	41.0	40.0	-1.0
	D	30.5	29.0	-1.5
試験②	A	12.0	14.5	2.5
	B	19.5	20.5	1.0
	C	40.0	39.0	-1.0
	D	44.0	40.5	-3.5

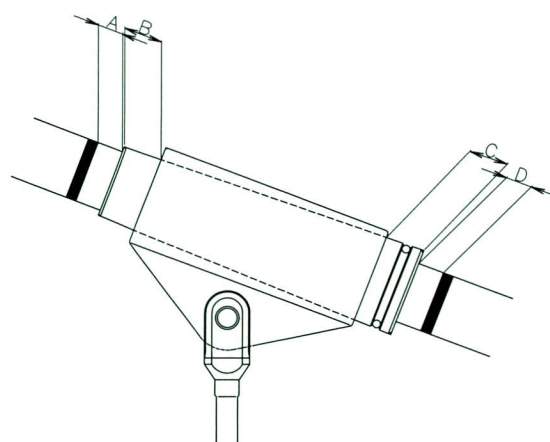


図-15 ズレ量測定位置

破断したが、ケーブルクリップ自体には、何も変化はなかった。

4. 考察

本実験の結果は、ケーブルクリップ各部位が応力的に十分な余裕を有していることを示している。このことから、さらなる薄肉化を求める声もあるが、現状の製作方法（ロストワックス法）では、最小板厚の制約（ $t \geq 5\text{mm}$ ）があり、現形状もやむなしの所がある。

今後、別途実施したFEM解析の結果をも重ね合わせ、求められる性能に対して安全で美しく安価な寸法形状を算定するための設計マニュアルを作成する。



図-16 破断状況

5. あとがき

製品に対する机上検討では、設計計算の結果から十分安全であることを承知していたが、設計解析と実発生応力を比較する目的で実験に踏み切ったものである。ともかく美しくあるため、防錆処理として標準とする溶融亜鉛めっきの他に、景観に優れ、高耐食性を示すディスゴ処理もオプションとして用意している。

なお、当製品は、当社発案のものであるが、開発に際しては、川口金属工業(株)の廣瀬課長、神鋼鋼線工業(株)の田川課長に多大な協力を賜った。紙面をもって感謝の意を表したい。

2003. 12. 2 受付

グラビア写真説明

椎津新田大橋（仮称：中台橋梁）

本橋は千葉市と袖ヶ浦市とを結ぶ延長約13.3kmの都市計画道路八幡椎津線(平成通り)の一部で、市原市椎津地先の中台堰を超える橋梁です。中台堰の自然環境を保全するため、構造形式はバスケットハンドル型ニールセンローゼ、また架設工法もケーブルクレーン斜吊り工法を採用しました。橋名は市原市民からの公募で決まりました。平成15年5月8日から供用開始したことで近隣の渋滞が減少し、国道16号を補完する幹線道路として活用されています。

(中野目 稔)