

E. 斜張橋定着部について

成 果 報 告 書

斜張橋定着部について
成果報告書

平成3年8月

鋼橋技術研究会設計部会
W/G Eグループ

目次

1. はじめに	1
2. 定着構造の分類	2
3. 鋼道路橋実績一覧	4
4. 各定着構造の分析	6
5. あとがき	20

1. はじめに

設計部会ワーキング（E）グループは、『斜張橋定着部について』というテーマを選択した。

これは、近年橋梁型式として景観面から斜張橋が多く選定される実情から、設計者にとってケーブル形式、主桁形式、塔型式の決定と合わせて、定着部構造をどうするかという事が大きな問題となってきたためである。

ケーブル・主桁・塔については、一般の図書、文献等でその特性、選定方法などが解説されているが、定着部構造について詳しく触れられたものはない。

そこで、過去（1990年3月現在工事中のもの）の実績を調査し、各橋梁でどのような形式が選定されているのか、また各定着構造の特性、利点、欠点、また他の構造に与える影響について整理、分析を行った結果をここにまとめてみた。

当初、道路橋、自歩道橋についてまとめる予定であったが、資料収集がうまく行えず、今回の報告では、道路橋（鉄道併用橋含む）を対象とした。

また、形式および関連部材の設計方法についてもまとめる予定であったが、整理分析を進める途中で様々な問題に突き当たり、現在すべてのまとめが完了していない。

そこで、今回の報告ではこれらについて完了したと判断できるもの、抽象的ではあるが、報告して差支えないものについてのみ編集した。

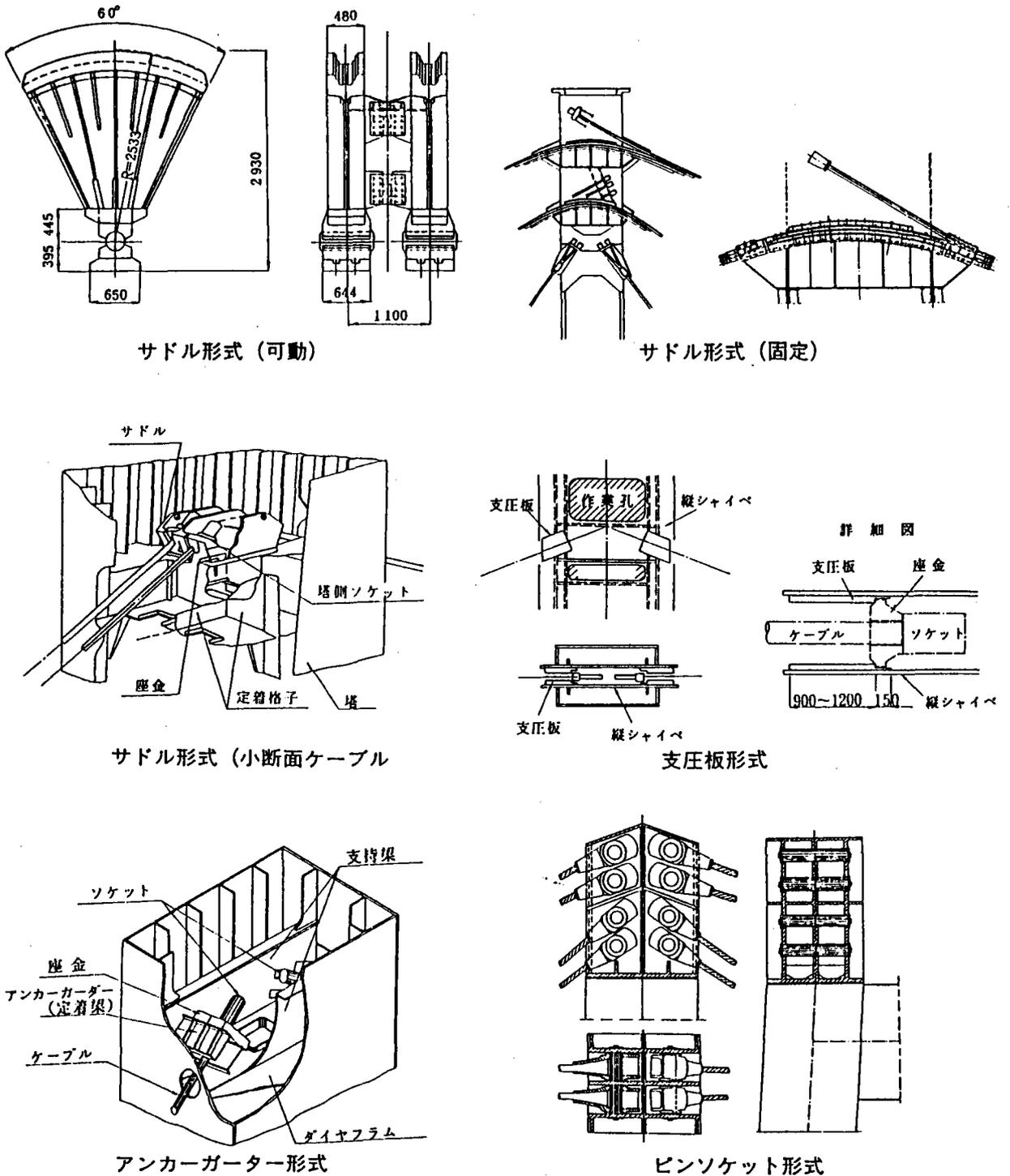
今後は、この未完了項目について分析を進めると共に、斜張橋の設計に必要な項目について整理を行うつもりである。

過去の実績調査を行うに当たり、資料提供で御協力下さった設計部会員各位に対して深く感謝致します。

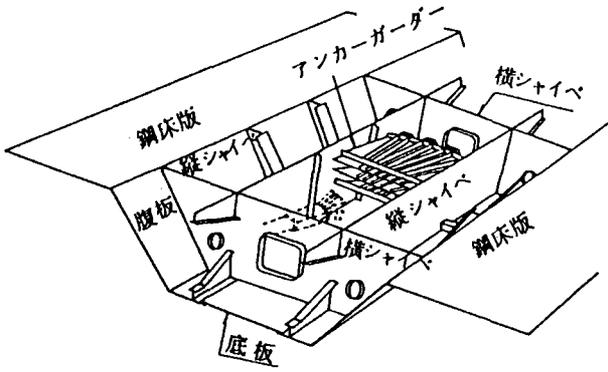
2. 定着構造の分類

定着構造の分類は、『斜張橋の変遷と歴史』（土木学会・平成2年）での解説で説明されているものをベースとする。
以下に分類を示す。

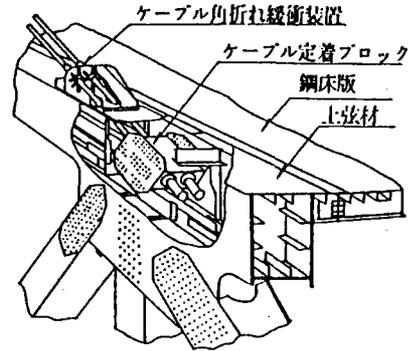
塔側定着構造の分類



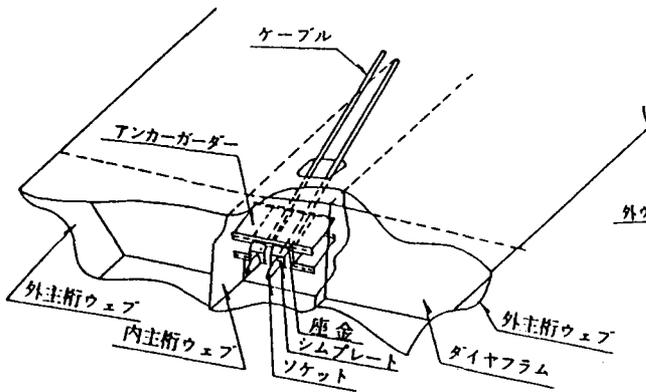
桁側定着構造の分類



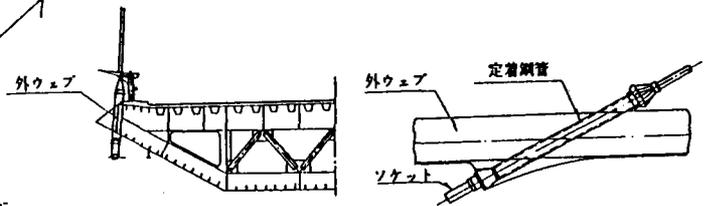
スプレーサドル・アンカーガーダー形式



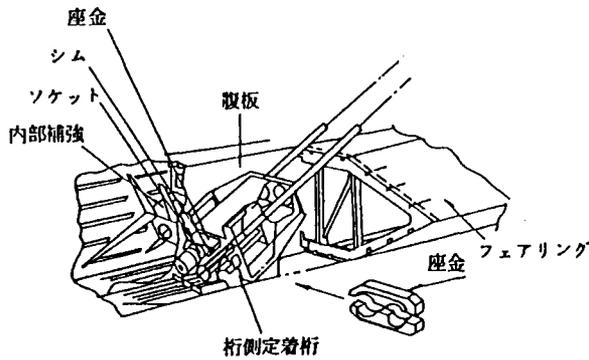
アンカーブロック形式



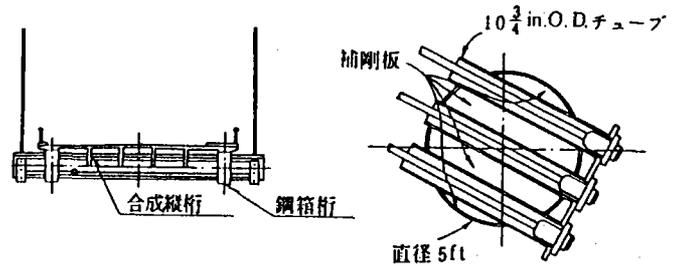
アンカーガーダー形式



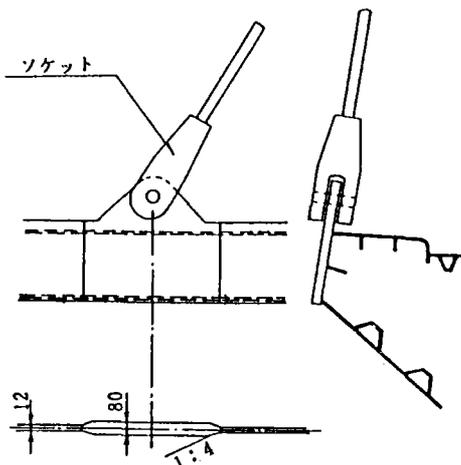
パイプアンカー形式



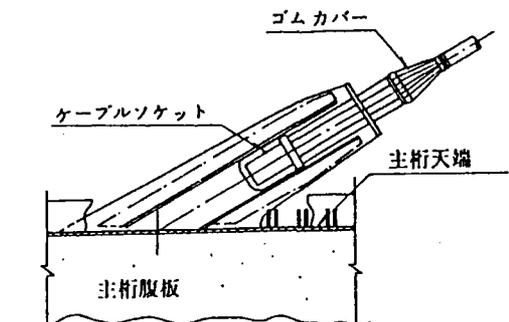
ブラケット形式 (横浜ベイブリッジ)



ブラケット形式



ガセット形式



ガセット形式

3. 鋼道路橋実績一覧

実績一覧では、次の項目に対して整理した。

橋名

施工年

施主

スパン

ケーブル（面数・段数・素線^{注1}）

定着ピッチ（塔側・桁側）

ソケット形式

主桁（形式・桁高）

塔寸法^{注2}

定着構造^{注3}

注1： 最大径のものを表示。略名は、下記

スパ（スパイラルローフ） LRC（ロックコイル） PWS（パラレルワイヤーストランド）

PC（メッシュ状でないもの） 平行（メッシュ状のもの）

注2： 塔断面寸法（A：橋軸方向 B：橋軸直角方向）

注3： 定着構造の分類に拠る

塔 側

- a サドル形式（可動）大断面ケーブル
- b サドル形式（固定）大断面ケーブル
- c サドル形式小断面ケーブル
- d 支圧板形式
- e アンカーガーダー形式
- f ピンケット形式
- g その他

桁 側

- a スプレッドル・アンカーガーダー形式
- b アンカーブロック形式
- c アンカーガーダー形式
- d パイプアンカー形式
- e ブラケット形式
- f ブラケット形式
- g ガセット形式
- h ガセット形式
- i その他

国内斜張橋一覧(道路橋, 道路鉄道併用橋) 1990年3月現在

No.	橋名	竣工年	施主	スパン	ケーブル		定着ピッチ	ソケット		主桁	主塔寸法	定着構造		備考				
					面数	段数		塔側	桁側			A	B		塔	桁		
1	勝瀬橋	1960	神奈川県	128	2	2	42φ*4	7	25000			2-BOX	900	1000	1050	a	a	塔:RC
2	神納橋	1963	北海道開発局	80+80	2	2	LCR 54φ*4	800	26500			2-BOX	2000	1800	1300		a	
3	摩耶大橋	1966	神戸市	139.4+69.4	1	2	LCR 58φ*12	4000	29325			1-BOX	2800	2000		a	b	a
4	尾道大橋	1968	道路公団	85+215+85	2	2	LCR 70φ*4	1600	41500	f		2-I	3200	1200	1500	c	a	
5	豊里大橋	1970	大阪市	80.5+216+80.5	1	2	PWS 5φ*154*16	2000	30000			1-BOX	2400	1100	1300	a	b	a
6	荒川大橋	1970	首都公団	60+160+80	1	2	PWS 5φ*(127*7+91*6)					1-BOX+2-I				a	b	a
7	石狩河口橋	1972	北海道開発局	64+160+64	2	2	PWS 5φ*127*4	2100		f		1-BOX		2000	1000	c	f	
8	大和橋	1974	大阪市	54+83+54	2	1	PWS 5φ*127*4					2-BOX				a	a	塔:RC
9	大黒大橋	1974	横浜市	165.4+100.5	2	2	PWS 5φ*127*12					2-BOX				b	a	
10	末広大橋	1975	徳島県	110+250+110	1	2	PWS 5φ*(169*7+127*6)					1-BOX				b	a	
11	かもめ大橋	1975	大阪市	100+240+100	1	10	PWS 2-5φ*271	1500	6000	f	f	1-BOX	3100	2500	2000	d	c	
12	六甲大橋	1976	神戸市	89.4+220+89.4	2	5	PWS 2-5φ*271			f		トラス				c		
13	新大橋	1976	東京都	103.8+64.6	2	2	LCR 100φ*4					2-BOX				b		
14	水郷大橋	1977	建 関東地建	178.9+111.6	1	3	PWS 5φ*169*19					1-BOX				a		
15	永歳橋	1977	神奈川県	144+90	2	6	LCR 100φ	1100	12000	f	f	1-BOX	2776	1400	1150	c	e	
16	合掌大橋	1979	建 北陸地建	144+(46)+144	2	3	LCR 4-80φ		36000	f	f	2-BOX	1800				e	
17	藤戸橋, 日の浦橋	1980	関西電力	120+27.7, 29.0+127.5+31.25	2	3	PC 7φ*133	1800		f		2-BOX		2100	2600	e		
18	大和川橋梁	1982	阪神公団	149+355+149	1	4	PWS 5φ*217*19					1-BOX				a	a	
19	Luling	1982	アメリカ	79.3+155+372.5+151+79.3	2	3	PC 2-6.35φ*307					2-BOX	4267				e	
20	高梨大橋	1984	島根県大和村	100+58	2	6	PC 15.2φ*19		8300	f	f	1-BOX	1319				e	塔:SRC
21	Adhamiyah	1984	イラク	66.3+182.5+60+61.3	1	2	LCR 2-75φ*12					1-BOX				b	a	
22	名港西大橋	1985	道路公団	175+405+175	2	12	平行 5φ*379	2000	7500	f	f	1-BOX	2775	4000	2700	e	d	
23	秩父橋	1985	埼玉県	151.9	2	6	PC 7φ*409		15000	f	f	1-BOX	1500				e	塔:SRC
24	かつしかハープ橋	1987	首都公団	40+134+220+60	1	17,6	PC 7φ*313	1900	6000	f	f	1-BOX		2500	3000	e	c	
25	鳥飼仁和寺大橋	1987	大阪府道公	124.8+200+61.3	1	8	PC 7φ*421	1500	4200	f	f	1-BOX	3000	3000	2300	d	c	
26	弥栄大橋	1987	建 中国地建	45+45+240+45+45	2	6	PC 7φ*301	3500	15000	b	f	2-BOX	2000	2400	1400	e	e	
27	Rama IX (Chao Phya)	1987	タイ	165.6+450+165.6	1	17	LCR 167φ*1		7200		b	1-BOX	4000				c	
28	檀石島橋	1988	本四公団	185+420+185	2	9	平行 2-7φ*227	3000	12350	f	f	トラス	13000	5476	4000		b	
29	岩黒島橋	1988	本四公団	185+420+185	2	9	平行 2-7φ*227	3000	12350	f	f	トラス	13000	5476	4000	e	b	
30	荒津大橋	1988	福北公社	184.2+115+44.4	1	13	PC 7φ*241	1500		f		1-BOX		3000	2000	d		
31	十勝中央大橋	1989	北 十勝支庁	100+250+100	2	7	PC 7φ*301		15000	f	f	1-BOX	2000				e	塔:RC
32	不動窟橋	1989	奈良県	44.5+29.6	2	2	平行 7φ*37	1000	16500	f		1-BOX	850			e	e	
33	天保山大橋	1989	阪神公団	120+350+170	2	9	PC 7φ*349	3000	14500	f	f	1-BOX	3200	4000	3000	e	e	
34	菅原城北大橋	1989	大阪市	119+238+119	1	11	平行 2-7.11φ*163	1750		f	f	1-BOX	3000	2500	2600	c	c	
35	西羽賀橋	1989	福島県	116+77.5	2	4	平行 7φ*223	2000	17000	b	f	2-BOX	1800	1900	1800	e	e	
36	横浜ベイブリッジ	1989	首都公団	200+460+200	2	11	平行 2-7φ*421	4000	15000	f	f	トラス	3000	5000	4000		e	
37	花咲大橋	工事中	北海道開発局	140.4+87.8	1	11	PC 7φ*499	3140	31000	f		1-BOX	2000	3800	2400	d		
38	引原1号橋	工事中	近畿地建	124+54	2	5	PC 7φ*283	2500	14000	f	f	2-BOX	1500	2800	1700		f	
39	幸魂橋	工事中	関東地建	190+190	1	7	平行 2-7φ*397	5000	25000	f	f	1-BOX	3200	3300	3000	d	c	
40	猪名川大橋	工事中	伊丹市	31.5+90+106.5	2	5	平行 7φ*223	3000	17000	f	f	1-BOX		1500	1500		d	
41	八田原橋	工事中	中国地建	144.2+84.3	2	6	平行 7φ*127	1500	12500	f	f	2-BOX	1800	2400	3200	e	f	
42	生口橋	工事中	本四公団	150+490+150	2	14	平行 7φ*241	2500	16000	f	f	2-BOX	2700	5300	3500	d	d	
43	東神戸大橋	工事中	阪神公団	200+485+200	2	12	平行 7φ*301	6000	12125	f	f	トラス		4500	3500	e	b	
44	Karnali River	工事中	ネパール	325+175	2	15	平行 7φ*199					1-BOX						設計中
45	鱒見航路橋	工事中	首都公団	255+510+255	1	13	平行 7φ*499	3000	14500	f	b	1-BOX	4000		3000	c	c	
46	毛見1号線橋梁	工事中	和歌山県	238.8+168.8	2	10	平行 7φ*301					1-BOX						設計中
47	エアーサイド連絡橋	工事中	運輸省	89+89	2	3	平行 7φ*139	3000	5100	f	f	1-BOX	2000	2300	2000		d	
48	仲良橋	1987	三共製作所	65+45	2	3	平行 7φ*109	2000	14800	b	b	2-BOX	1200	1050	1050	c	e	
49	平成大橋	工事中	前橋市															

注) 記号説明

ケーブル

スパ : スパイラルロープ
 LCR : ロックドコイル
 PWS : パラレルワイヤーストランド
 PC鋼線 : メッキしていない素線
 平行線 : メッキ素線

ソケット

f : 前面定着
 b : 背面定着

定着構造

塔側
 a : サドル形式(可動) 大断面ケーブル
 b : サドル形式(固定) 大断面ケーブル
 c : サドル形式 小断面ケーブル
 d : 支圧板形式
 e : アンカーガーダー形式
 f : ピンソケット形式
 g : その他(a~h以外のタイプ)

桁側

a : スプレーサドル・アンカーガーダー形式
 b : アンカーブロック形式
 c : アンカーガーダー形式
 d : パイプアンカー形式
 e : ブラケット形式
 f : ブラケット形式
 g : ガセット形式
 h : ガセット形式
 i : その他(a~h以外のタイプ)

4. 各定着構造の分析

近年の斜張橋は現場作業を容易に行うことを主眼として、ケーブルに小断面のものをを用いることが多くなってきている。

そこで、ここでの分析は小断面ケーブルでの採用実績のあるものを中心に、定着構造寸法・説明図・力の流れ・特徴についてタイプ毎に一覧表にまとめた。

定着タイプとしては、

塔側 サドル（小断面）形式・支圧板形式・アンカーガーダー形式

桁側 アンカーガーダー形式・パイプアンカー形式

アンカーブロック形式・ブラケット形式

とした。

各タイプの設計方法としては分析途中であるが、現在まとまっている塔側〔支圧板形式〕、桁側〔パイプアンカー形式・アンカーブロック形式・ブラケット形式〕について編集した。

塔側定着構造の分析

サドル形式〔小断面〕

支圧板形式※

アンカーガーダー形式

※ については、設計方法の概設付きを示す。

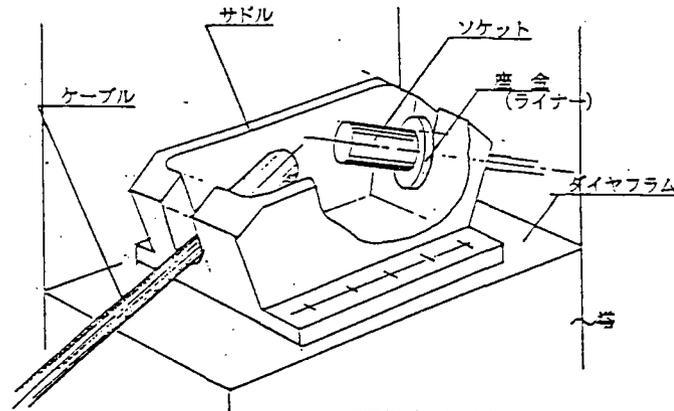
塔側 Cタイプ (サドル形式 [小断面])

*のみmm

橋名	施工	施工主	スパン	ケーブル		定着ピッチ	ソケット	三塔		W	B	L	H	C	T	R	D*	t*	材質	備考	
				ケーブル	定着ピッチ			三塔	三塔												
尾道大橋	1968	日本道路公団	85.0・215.0・85.0	2	2	LCR 70φ×4	1.50	前	1.20	1.50	0.80	0.80	1.80	0.80	1.20	0.25	0.30		40		
石狩河口橋	1972	北海道開発局	64.0・160.0・64.0	2	2	PWS 5φ×127×4	2.10	前	2.00	1.00	0.85	0.85	1.56	0.70	0.85	0.22	0.30	48	50	SC46	
六甲大橋	1976	神戸市港湾局	89.4・220.0・89.4	2	5	PWS 2-5φ×271		前			1.08	1.08	1.70	0.75	1.30	0.16	0.30	35	140	SC41A	
水鏡橋	1977	神奈川県	144.0・90.0	2	6	LCR 100φ	1.10	前	1.40	1.15	0.48	0.48	1.87	0.84	1.50	0.10	0.24	50	40	SC49	
香原城北大橋	1989	大阪市	119.0・238.0・119.0	1	11	平行2-7.11φ×163	1.75	前		2.50											
鶴見航路橋	工事中	首都公団	255.0・510.0・255.0	1	13	平行7φ×499	3.00	前		3.00	1.00	1.00	3.50	1.10	2.50	0.23	0.80	50	100	SC42A	
仲良橋	工事中	三共製作所	65.0・45.0	2	3	平行7φ×109	2.00	前	1.05	1.05	0.66	0.40	0.80	0.50	0.50	0.10	0.15	23	50	SC46	

基本寸法図

説明図



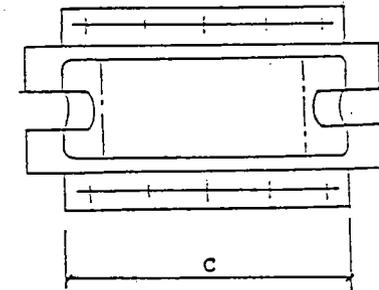
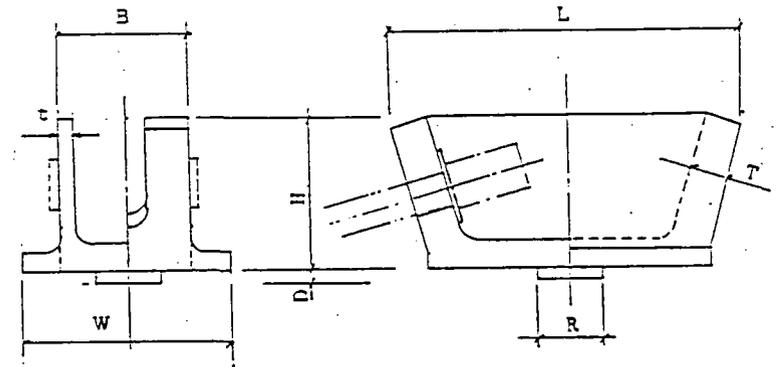
代表例 (仲良橋)

力の流れ

ケーブル→ソケット→座金→サドル前面→サドル底面→ダイヤフラム→塔
 ↳サドル側面→塔

特徴

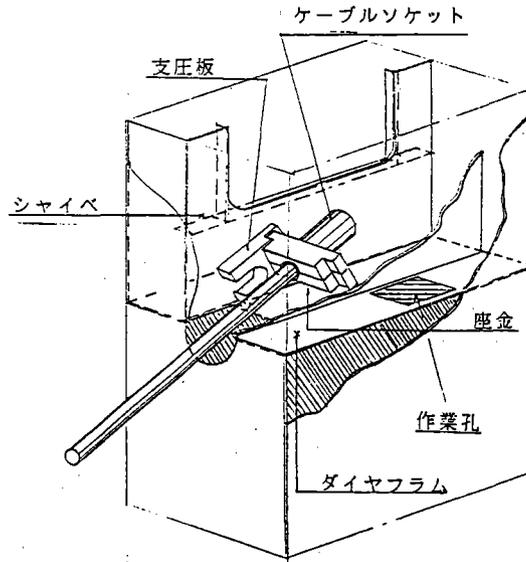
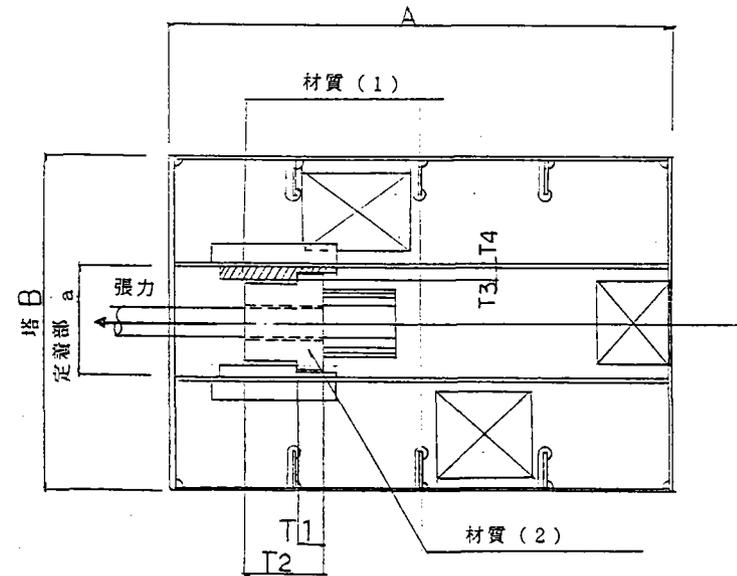
- サドル搬入用大型開口部の設置
- ダイヤフラムの補強の検討
- 塔内昇降設備との配置関係に留意する必要がある
- ケーブル引き込みの作業性に問題がある
- 定着構造が比較的コンパクトである
- 水平力のバランスはサドル内で処理できる



塔側 Dタイプ (支圧板形式) その1

橋名	年	施工主	スパン	ケーブル		ケーブル径 (mm)	ソケット	径 (m)		FEM の種	定着部諸元								
				面	段			素線	A		B	a(mm)	T1(mm)	T2(mm)	T3(mm)	T4(mm)	筋(T)	噴(1)	噴(2)
かもめ橋	1975	大阪市	100.0+240.0+100.0	1	10	PWS 2-5 × φ271	1.5	前面	2.5	2.0		500	100	204	45	36		SM50	SCM _n 2A
鳥飼仁和寺大橋	1987	大阪府道路公社	124.8+200.0+100.0	1	8	PC 7φ×421	1.5	前面	3.0	2.3							998		
荒津大橋	1988	福岡九州道路公社	184.2+115.0+44.0	1	13	PC 7φ×241	1.5	前面	3.0	2.0	有	667	100	285	70	30	510	SM53	SCM _n 2A
花咲大橋	1989	北海道開発局	140.4+87.8	1	11	PC 7φ×499	3.14	前面	3.8	2.4	有	800	3000	400	100	25	1223	SM58	S45C
幸魂橋	I種	(建) 関東地方建設局	190.0+190.0	1	7	桁 2-7φ × 397	5.0	前面	3.3	3.0		750	120	380	50	48	1508	SM53	S45C
生口橋	I種	本州四国連絡橋公社	150.0+490.0+150.0	2	14	桁 2-7φ × 241		前面		3.5							549		

基本寸法図



<荒津大橋の例>

説明図

力の流れ

ケーブル→ソケット→座金→支圧板→シャイベ→主塔 (フランジ→腹板)

特徴

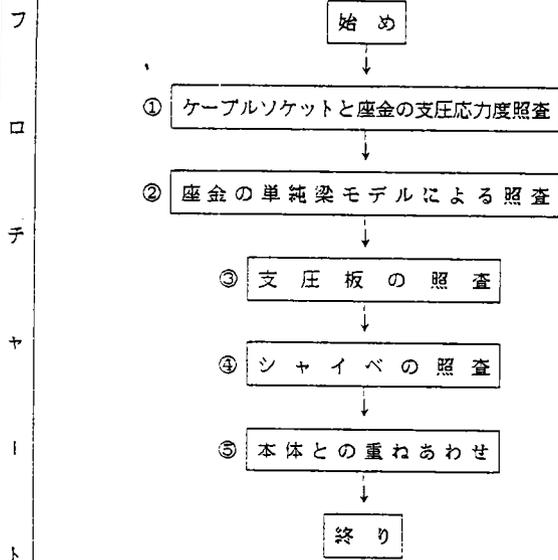
- この形式は、シャイベに取付けられた支圧板に座金を用いてケーブルソケットを定着させる形式である。
- 支圧板からシャイベに直接ケーブル張力が伝達される。
- 定着構造を、他の形式より小さくできる。
- 内部補強が、少ない形式である。
- 支圧板取付け部に、応力集中が発生する。

- シャイベの面外曲げにも留意する必要がある。補強構造が必要。
- 座金が大きくなりやすい。
- 引き込み作業は困難なため、固定側アンカーに利用される。
- 定着点を、塔壁側に、近ずけられる。
- 支圧板2枚の、製作精度管理が重要。

塔側 D タイプ（支圧板形式） その2

設計手法 慣用計算で設計を行い、必要に応じてFEM解析等で照査を行う。

慣用計算法

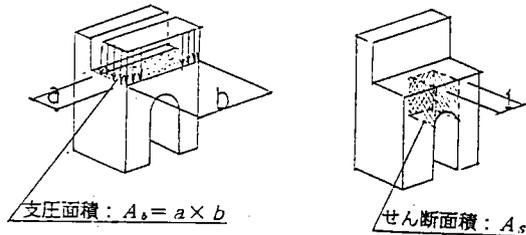


応力度

$$\begin{cases} \sigma_i = m_i / w_i \quad (i=1, 2) < \sigma_a \\ \tau = S/A < \tau_a \\ (\sigma/\sigma_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 \leq 1.2 \end{cases}$$

ここに W: 断面定数 (孔を控除)
A: 断面積

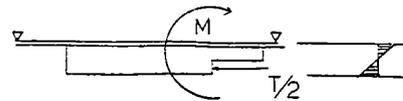
③ 支圧板の照査



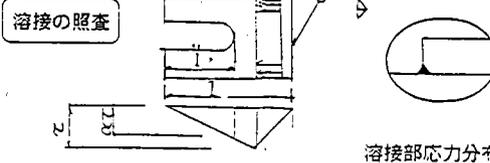
支圧応力度 : $\sigma_b = \frac{T/2}{A_b} < \sigma_{ba}$

せん断応力度 : $\tau = \frac{\sigma_b \cdot a \cdot l}{A_s} < \tau_a$

板曲げの照査 : 下図の如く適切なモデルを設定して照査



<これで背面補強リブを定める>



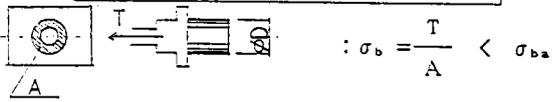
$$a \approx \frac{T/2}{\tau_a (1 + \alpha l')}$$

a : 有効のど厚

- ④ シャイベの照査
- ⑤ 本体との重ね合せ

慣用設計法

① ケーブルソケットと座金の支圧応力度照査



② 座金の単純梁モデルによる照査

断面力

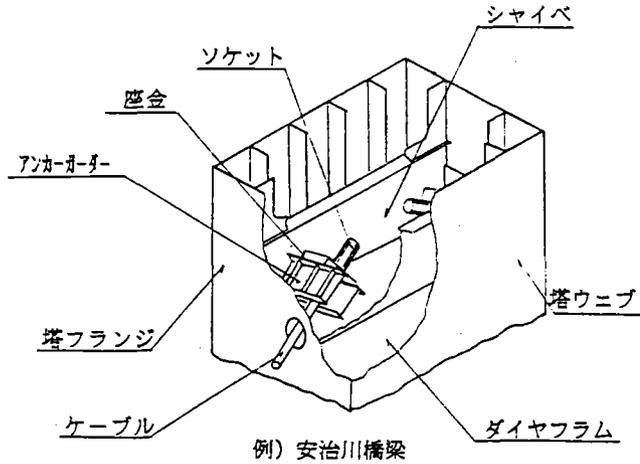
$$\begin{cases} M_1 = \frac{T}{2} l_1 \\ M_2 = \frac{T}{4} l_2 = \frac{q \cdot D^2}{8} \\ S = \frac{T}{2} \end{cases}$$

ここに g=T/D

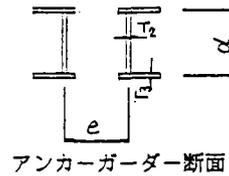
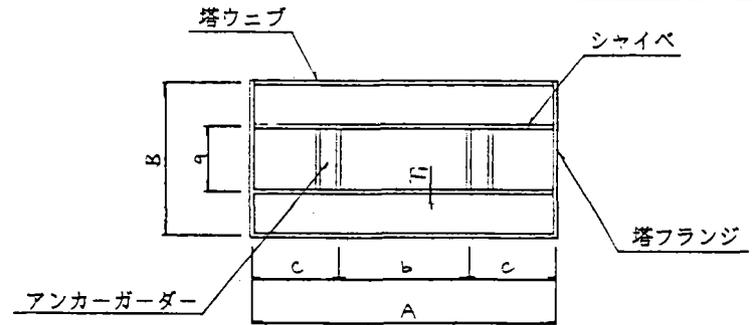
塔側 e タイプ (アンカーガーダー形式)

橋名	施工	施工主	スパン	ケーブル			記号	方向	塔寸法		アンカーガーダー		定着構造の諸元							FEMの有無	
				面	段数	素線			A	B	形状	種類	a	b	c	d	e	T1	T2		T3
藤戸橋、日の浦橋	1980	関西電力	120+27.7, 29.0+127.5+31.25	2	3	PC 7φ*133	1.8	前面	2.1	2.6	③	鉄筋	0.90	1.10	0.55	0.57	0.44	12	14	14	
名港西犬橋	1985	道路公団	175+405+175	2	12	新 5φ*379	2.0	前面	4.0	2.7	②	鉄筋	2.70	2.10	0.95	0.75	0.40	22	38	38	○
おしかり橋	1987	首都公団	40+134+220+60	1	17.6	PC 7φ*313	1.9	前面	2.5	3.0	①	鉄筋	0.70	1.30	0.60	0.40	0.40	32	32	32	○
弥栄大橋	1987	(建)中国地建	45+45+240+45+45	2	6	PC 7φ*301	3.5	背面	2.4	1.4	①	鉄筋	0.70	1.20	0.60	0.25	0.21	32	16	16	
岩黒島橋	1988	本四公団	185+420+185	2	11	新 2-7φ*277	3.1	前面	4.0	4.0	③	鋳物	2.00	4.00	-	1.07	0.45	32	55	100	
不洞窟橋	1989	奈良県	44.5+29.6	2	2	新 7φ*37	1.0														
安治川橋梁	1989	阪神公団	120+350+170	2	9	PC 7φ*349	3.0		4.0	3.0	①	鉄筋	1.20				0.50				
西羽賀橋	1989	福島県	116+77.5	2	4	新 7φ*223	2.0	背面	1.9	1.8	①	鉄筋	0.62	0.90	0.50	0.40	0.24	32	22	25	
八田原橋	工事中	(建)中国地建	144.2+84.3	2	6	新 7φ*127	1.5	前面	2.4	3.2	③	鉄筋	3.20	1.00	0.70	0.60	0.30	25	22	25	
東神戸大橋	工事中	阪神公団	200+485+200	2	12	新 7φ*301	6.0	前面	4.5	3.5	③	鋳物	1.50	3.00	0.75	0.48	0.40	25	75	80	○

説明図



基本寸法図



- 取付方法
- ①-アンカーガーダーをシャイベに溶接しているもの。
 - ②-シャイベに仕口を設けているもの。
 - ③-アンカーガーダーをボルトでとめるもの。

力の流れ

ケーブル → ソケット → 座金 → アンカーガーダー → シャイベ → 塔

特徴

- ・塔側での引き込みが可能である。
- ・アンカーガーダーは、鋳物も可能。
- ・定着位置を塔壁へ寄せられる。
- ・塔寸法によりシャイベをはぶく場合がある。
- ・アンカーガーダーの取付け部の溶接施工性に注意。
- ・シャイベの面外曲げに留意する必要がある。

桁側定着構造の分析

アンカーガーダー形式

パイプアンカー形式*

ブラケット形式*

アンカーブロック形式*

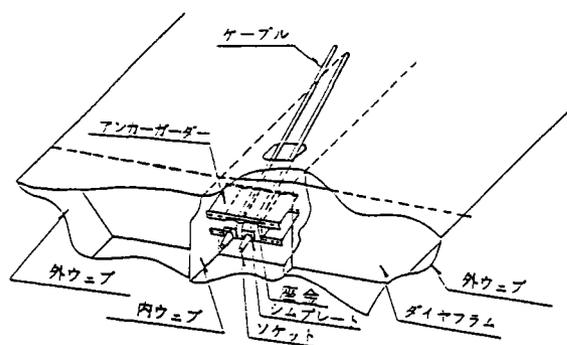
* については、設計方法の概設付きを示す。

(単位：特記なきはm)

橋名	施工	施主	スパン (m)	ケーブル		定着ピッチ	リフト	主桁	FFIの配置	H ₁	H ₂	L	塔幅とGの整合	E	F	tuf (mm)	tw (mm)	材質	備考			
				面数	素線 (mm)															桁側	桁側形式	桁高の有無
かめめ大橋	1975	大阪市	100.0+240.0+100.0	1	10	PMS2-5φ×271	6.0	前	1-Box	3.1	0.50	//	一致	0.73	//	1.14			SMA50			
かつしかループ橋	1987	首都公団	40.0+134.0+220.0+60.0	1	17&G	PC7φ×313	6.0	前	1-Box	3.2	有	1.20	//	一致	1.40	//	3.00			SM50Y		
鳥飼仁和寺大橋	1987	大阪府	124.8+200.0+61.3	1	8	PC7φ×421	4.2	前	1-Box	3.0	有	0.90	//	一致	1.20	//	2.30			SM58		
Rama区橋	1987	タイ国	165.6+450.0+165.6	1	17	LCR167φ	7.2	背	1-Box	4.0						1.80						
雪原城北大橋	1989	大阪市	119.0+238.0+119.0	1	11	平行2-7.11φ×163		前	1-Box	3.0	0.60	3.60									L-Flgの開口なし	
幸魂橋	工事中	関東地建	190.0+190.0	1	7	平行2-7φ×397	25.0	前	1-Box	3.2	1.20		一致	2.20	1.40	3.00				SM53	縦桁式	
鎮見航路橋	工事中	首都公団	255.0+510.0+255.0	1	13	平行7φ×499	9.0~14.5	背	1-Box	4.0	有	1.10	5.20	1.80	2.00	1.20	2.40				SM58	SPLありL-Flg開口なし

E. 14

幸魂橋の例



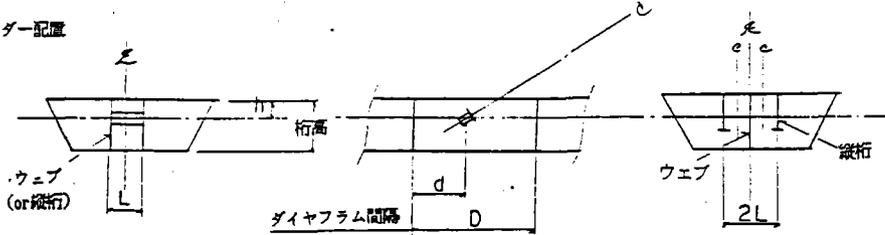
力の流れ ケーブル→ソケット→座金→アンカーガーダー→ウェブまたは縦桁、縦シャイベ→フランジ

特徴

- ① 1面ケーブル対応形式として用いられる。
- ② 引き込む際、下フランジに開口部を設けることが多い。
- ③ 定着構造がコンパクトになる。
- ④ 定着位置をデッキ側に寄せられる。
- ⑤ アンカーガーダーの取付溶接に注意を要する。
- ⑥ 縦桁形式では偏心曲げに注意して設計する必要がある。
- ⑦ ウェブに板曲げ応力が生じるので補強を要する。

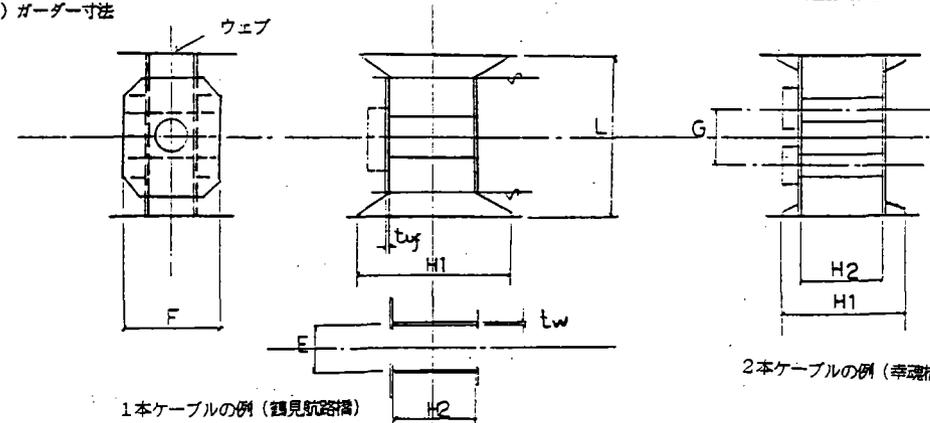
基本寸法記号図

(1) ガーダー配置



ウェブと縦桁併用の例 (雪原城北大橋)

(2) ガーダー寸法



1本ケーブルの例 (鎮見航路橋)

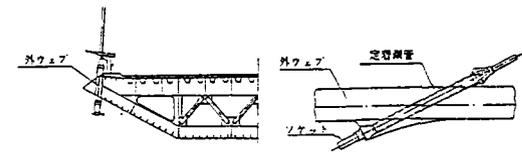
2本ケーブルの例 (幸魂橋)

主桁側 パイプアンカー形式

橋名	施工年	発注者	スパン長	ケーブル		定着ピッチ 桁	ソケット		主桁		主塔		FEM の有無	腹板厚	パイプ				引込み側 (塔or桁)		
				面	段		素線	塔	桁	形式	桁高	A			B	外径	長さ	板厚		材質	フィレット高
名港西大橋	1985	道路公団	175+405+175	2	12	平行 5φ×379	7500	前面	前面	1-BOX	2775	4000	2700	有	28	330	4600	27	SCW35CF	555	桁
猪名川大橋	工事中	伊丹市	31.5+90+106.5	2	5	平行 7φ×223	17000	前面	前面	1-BOX	?	1500	1500	無	22	500	2500	20	STK50	600	桁
生口橋	工事中	本四公団	150+490+150	2	14	平行 7φ×241	16000	前面	前面	2-BOX	2700	5300	3500	有	25	514	6900	32	SCW50CF	570	桁
エアースайд	工事中	運輸省	89+89	2	3	平行 7φ×139	5100	前面	前面	1-BOX	2000	2300	2000	有	22	350	3350	30	SCW49	750	桁

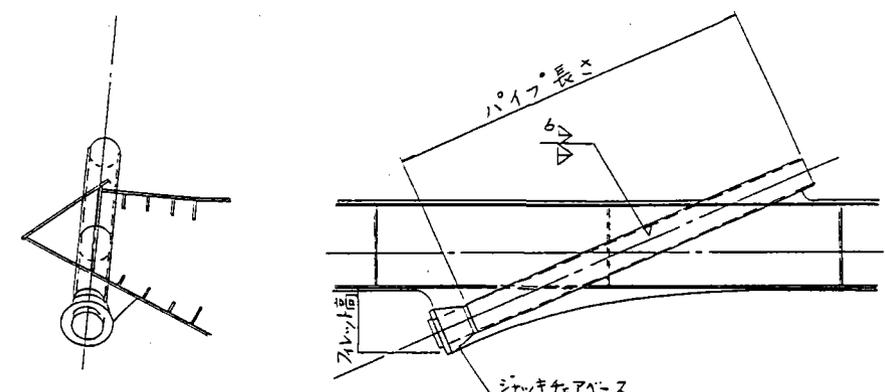
E. 15

説明図

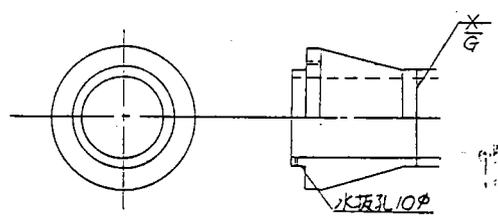


主桁側パイプアンカー形式 (名港西大橋)

ケーブル定着部の慣用計算法は次項にしめす。



ジャッキエアベース詳細



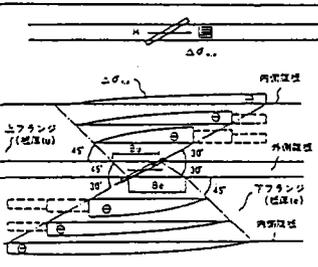
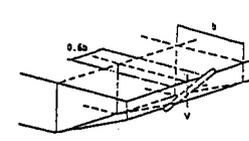
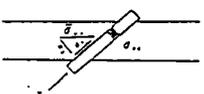
力の流れ ケーブル → ソケット → 座金 → 定着鋼管 → ウェブ

特徴

- ・ パイプの取付け精度が必要
- ・ 景観上の問題 (ソケットが桁下に出る)
- ・ 外ウェブフィレットが大きくなる
- ・ 外ウェブ (定着ウェブ) の設計に注意を要する
- ・ 構造がコンパクト
- ・ 架設上のケーブル引込みが容易
- ・ ケーブル開口部の止水構造が比較的容易

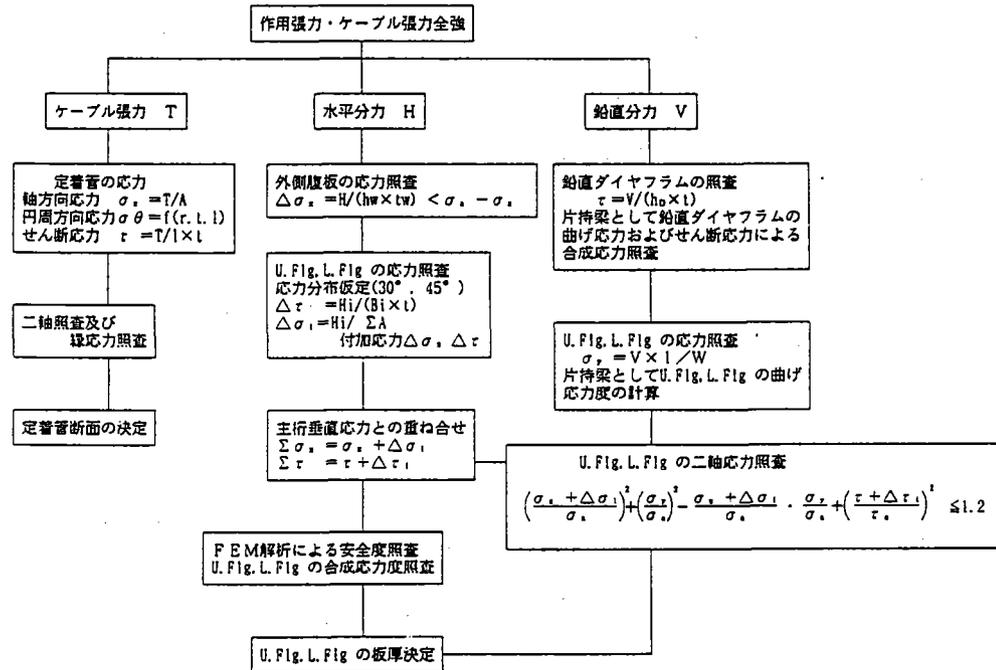
設計法のまとめ

慣用設計法の概要

項目	内容			
基本事項	1. ケーブル定着部応 (σ) = 主桁応力 ($\bar{\sigma}$) + 付加応力 ($\Delta\sigma$) 2. 付加応力に対する設計張力=ケーブルの全強 3. ケーブル張力は水平分力 (H) と鉛直分力 (V) に分けて考える。(鋼管は除く)			
水平分力による付加応力の仮定	外側覆板 ... 等分布圧縮応力として全水平分力が外側覆板に伝わる。 上下フランジ ... 右図分布角度・範囲にて直応力、せん断応力が上下フランジに伝わる。 ◎上下フランジの分担水平力上下フランジの断面積比により水平力を分担する。ただし下フランジについては50%の割増しを行なう。 ◎付加応力の大きさ ... 2次放物線で、算出(直応力) ◎付加応力の符号 ... 2軸応力照査で危険側となるように決定 上フランジ - 引張り、下フランジ - 圧縮		発生付加応力 $\Delta\sigma_{x,x}$ (覆板軸方向応力) $\Delta\tau_{x,y}$ (せん断応力) $\Delta\sigma_{y,y}$ (フランジ軸方向応力) $\Delta\tau_{y,x}$ (せん断応力)	
	鉛直付加応力による仮定 内側覆板を固定端とした上下フランジ、鉛直ダイヤフラムから成る片持梁に全鉛直力が導入される。 ◎上下フランジの有効幅 道路橋示方書8.3.4により 0.6b		$\Delta\sigma_{x,x}$ (フランジ軸方向応力) $\Delta\sigma_{y,y}$ (ダイヤフラム曲げ応力) $\Delta\tau_{x,y}$ (ダイヤフラムせん断応力)	
定着付加応力の力の仮定	ケーブル張力Tの1.25倍(偏心を考慮)が軸方向圧縮力及びせん断力として導入される。なお覆板の主桁応力 $\bar{\sigma}$ による鋼管応力は以下の通りである。 鋼管軸方向応力 $\sigma_{x,x} = \bar{\sigma}$ 鋼管円周方向応力 $\sigma_{y,y} =$ 円筒シェルが集中荷重 σ_0 を受ける場合の応力として算出		$\Delta\sigma_{x,x}$ (鋼管軸方向応力) $\bar{\sigma}$ (鋼管円周方向応力) $\tau_{x,y}$ (鋼管せん断応力)	
主な応力照査式	上下フランジ	$ \bar{\sigma}_{x,x} + \Delta\bar{\sigma}_{x,x} \leq \sigma_{t,x}$ $\left(\frac{\sigma_{x,x}}{\sigma_{t,x}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{y,y}}{\sigma_{t,y}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{x,y}}{\tau_{t,y}}\right)^2 \leq 1.2$	覆板	$ \sigma_{x,x} \leq \sigma_{c,x}$ $ \tau_{x,y} \leq \tau_{c,y}$
	ダイヤフラム	$ \tau_{x,y} \leq \tau_{c,y}$ (注) $\left(\frac{\sigma_{x,x}}{\sigma_{t,x}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{x,y}}{\tau_{t,y}}\right)^2 \leq 1.2$	定着鋼管	$ \sigma_{x,x} \leq \sigma_{t,x}$ (注) $\left(\frac{\sigma_{x,x}}{\sigma_{t,x}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{y,y}}{\sigma_{t,y}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{x,y}}{\tau_{t,y}}\right)^2 \leq 1.2$

(注) 添字 a は許容応力度を示す。

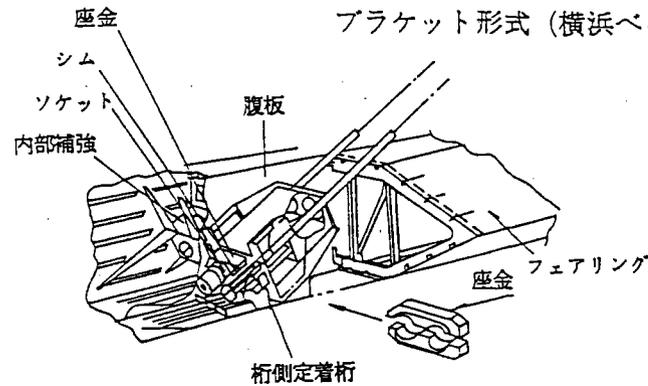
主桁ケーブル定着部の設計手順



桁側 e タイプ (ブラケット型式)

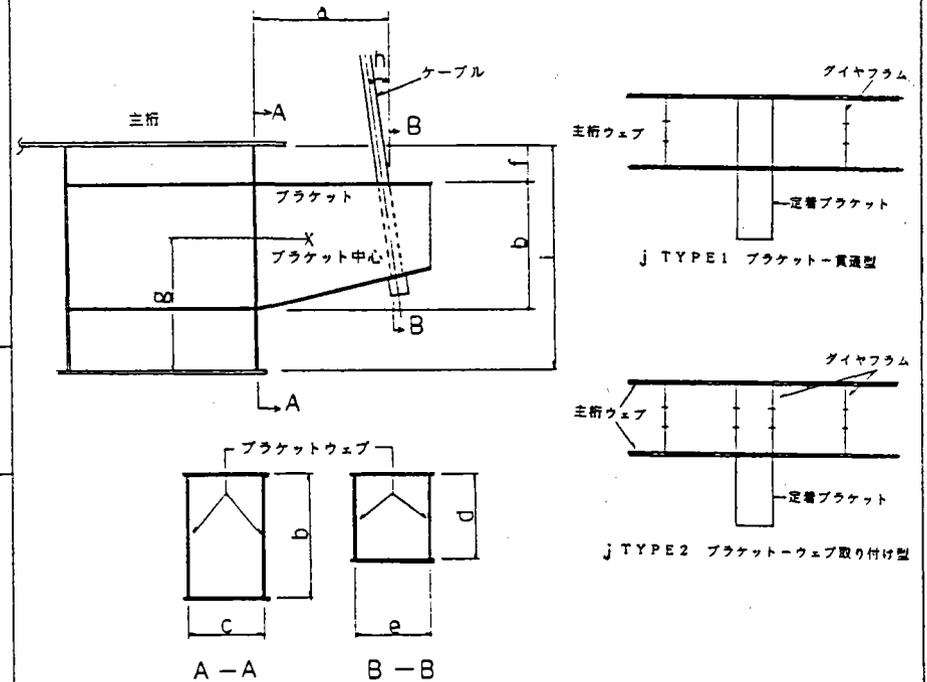
No.	橋名	竣工年	施工主	スパン	ケーブルピッチ		ソケット		主桁		ブラケット諸数値										
					面数	段数	桁側	橋	桁形式	桁高	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
15	永歳橋	1977	神奈川県	144+90	2	6	12000	前	前	1-BOX	2776	945	1100	800	1100	800	500	1400	3'53'16"	2776	1
16	合草大橋	1979	東北陸地建	144+(46)+144	2	3	36000		前	2-BOX	1800		1350	730	1350	730					
19	Luling	1982	アメリカ	79.3+155+372.5+151+79.3	2	3	5379			2-BOX	4267	4648	3300	2300	3300	2300	300	2317		4267	
20	高梨大橋	1984	東京都大和村	100+58	2	6	8300	前	前	1-BOX	1319	2250	1100	500	1373	1000	0	823	0'05'42"	1319	1
23	秩父橋	1985	埼玉県	151.9	2	6	15000	前	前	1-BOX	1500	2750	1000	1300	1500	1500	0	1000	3'31'26"	1500	1
26	弥栄大橋	1987	中国地建	45+45+240+45+45	2	6	15000	後	前	2-BOX	2000	1500	1100	700	1720	700	15	1500	4'23'25"	2000	
31	十勝中央大橋	1989	北十勝支庁	100+250+100	2	7	15000	前	前	1-BOX	2000	4200	824	1200	824	1200	0	1550	14'15'06"	2000	2
32	不動窟橋	1989	奈良県	44.5+29.6	2	2	16500	前		1-BOX	350	600	450	400	450	400	150	475	3'58'30"	350	1
33	天保山大橋	1989	阪神公団	120+350+170	2	9	14500	前	前	1-BOX	3200	1000	1413	1000	1500	1000	420	1600	12'54'36"	3200	1
35	西羽賀橋	1989	福島県	116+77.5	2	4	17000	後	前	2-BOX	1800	305	900	500	900	500	420	1150	0'28'25"	1700	2
36	横浜ベイブリッジ	1989	首都公団	200+460+200	2	11	15000	前	前	トラス	3000	1250	1500	800	1500	800	600	1500	0'26'29"	3000	1
48	神貝い橋	1987	三共製作所	65+45	2	3	14800	後	後	2-BOX	1200	542	1100	400	1100	400	200	500	1'35'47"	1200	1

説明図



ブラケット形式 (横浜ベイブリッジ)

基本寸法図



力の流れ

ケーブル→ソケット→座金→定着桁→ウェブ
ダイヤフラム

特徴

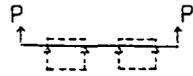
- ・引き込み作業が容易である。
- ・力の流れが明解である。
- ・定着桁の取り付け溶接に注意する必要がある。
- ・定着桁が小さい場合の内部の溶接作業性が悪い。
- ・景観上好ましくない。
- ・定着桁のタイプにより部分補強が必要となる。

設計例)

(1) アンカーガーダーの設計

1. 構造系

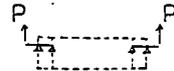
- 主桁腹板またはシャイベ位置を支点とした単純桁または連続桁として考える。



例 永才橋



例 秩父橋



例 天保山大橋

2. 断面設計

- 一般の箱断面部材と同様に断面計算をし、曲げ及び軸力を受ける部材として道示3.3 に従い設計する。
- 主桁デッキ、下フランジと一体となっている場合は次のように設計する。
 - デッキ、下フランジ有効幅は道示8.3.4 に従い算出する。
 - 主桁応力との2軸応力状態の照査(道示8.2.5)をする。

なお、主桁応力の評価については、主桁全体としての応力とケーブル力による局部応力を重ね合わせている例が多い。詳細は(2)主桁の設計にて触れる。

- アンカーガーダーはスパンに対して腹板高が高いので、ディーブームの影響による応力の乱れを考慮して、例えば垂直応力度は応力集中係数 α (例1.4)を乗じ求めている。
- 垂直応力度とせん断応力度の最大値の発生箇所が異なることから、合成応力の照査を行わない例がある。

3. 補強設計

- 補剛材は荷重集中点の補剛材として道示8.7 に従い設計する。
- 圧縮応力の作用する補剛板として道示3.2 に従い設計する。
- 製作スペースが狭い場合は、補剛材を設けず厚板を使用した例がある。
- 座金の接触する位置では支圧応力度の照査をする。
- 主桁腹板にはアンカーガーダーのためのマンホールが必要なため、補強及び応力照査を行う。
- 鋼床版のUリブを用いているが、スカラップの為にアンカーガーダーの腹板の欠損が大きくなることから、補強プレートによって補強した例がある。
- アンカーガーダーと主桁との取り付け部には応力集中が生じる場合があり、別途FEM解析を実施して照査している例がある。

(2) 主桁の設計

- ケーブル張力を水平分力、鉛直分力、押し込み力の3成分に分解し、それぞれの力による主桁への作用応力度を計算する。
- 断面決定時の作用応力度はケーブル張力による応力度と主桁作用による応力度を重ね合わせる。
- 応力度の重ね合わせは基本的には次の通りである(例 天保山大橋)。

(a) 垂直応力度

$$\sigma = \sigma_H + \sigma_V + \sigma_b + \sigma_N - \bar{\sigma}$$

- σ : 合計応力度
- σ_H : 水平分力による応力度
- $\sigma_H = \alpha \cdot \sigma$
- α : 応力集中係数 (FEM解析より評価)
- σ : 平均応力度
- σ_V : 鉛直分力による応力度
- $\sigma_V = M/I \cdot y$
- M : 曲げモーメント

$\sigma_b + \sigma_N$: 主桁作用による応力度

$\bar{\sigma}$: 導入水平分力による平均応力度

(b) せん断応力度

$$\tau = \tau_H + \tau_V + \tau_b + \tau_s$$

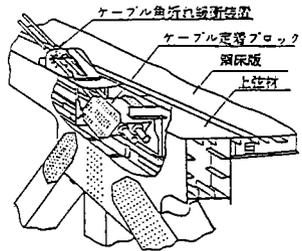
- τ : 合計せん断応力度
- τ_H : 水平分力による応力度
- 応力分布を前面、背面でそれぞれ仮定し算出している
- τ_V : 鉛直分力による応力度
- τ_b : 主桁せん断力による応力度
- τ_s : 主桁単純ねじりによる応力度

主桁側 アンカーブロック形式

橋名	施工年	発注者	スパン長	ケーブル		定着ピッチ		ソケット	主桁		主塔		FEMの有無	引込み側 塔or桁	L	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	B	高力ボルト 本数	ボルト 径	材質	
				面	段	乗線	塔		桁	形式	桁高	A												B
横石島橋	1988	本四公団	185+420+185	2	13	平行 2-7φ×277	3000	12350	前面	トラス	13000	5476	4000	有	塔	1190	60	50	50	100	1000	126	M30	SC46
岩黒島橋	1988	本四公団	185+420+185	2	13	平行 2-7φ×277	3000	12350	前面	トラス	13000	5476	4000	有	塔	1190	60	50	50	100	1000	126	M30	SC46
東神戸大橋	工事中	阪神公団	200+485+200	2	12	平行 7φ×301	6000	12125	前面	トラス	?	4500	3500	有	桁	1050	80	60	85	100	1000	44	M30	SC49
注) 1. トラス形式の桁高は弦材高を示す。 2. 高力ボルトの本数は片側の本数を示す。																								

E. 19

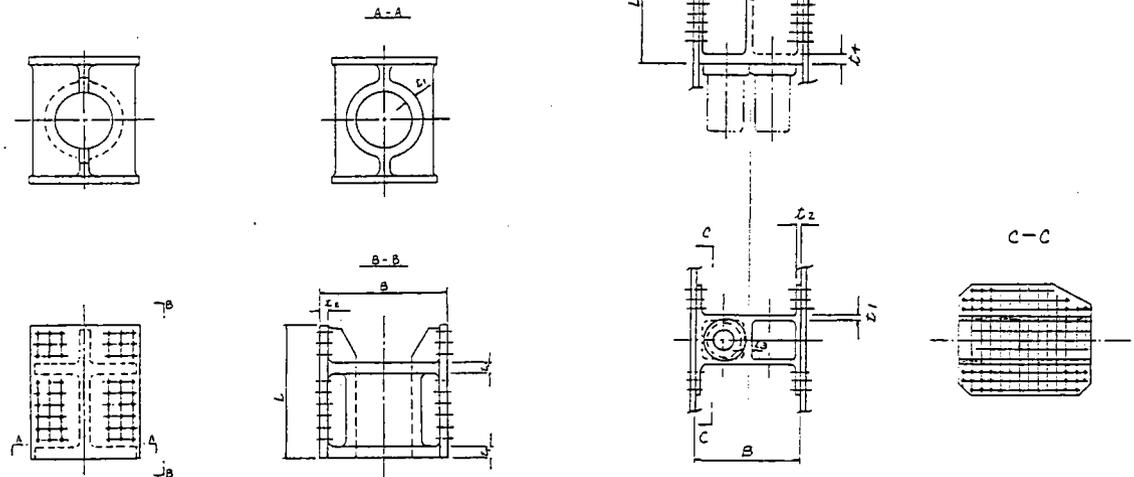
説明図



アンカーブロック形式 (岩黒島橋)

主桁ケーブル定着部の設計

- ① アンカーブロックはFEM等で安全照査し、主桁に対し副とみなして以後設計する。
- ② アンカーブロックの主桁への定着のために、HTBの本数を計算する。
- ③ 主桁へ応力が伝達された後は、他形式と同様の設計。
- ④ ガセットプレートの設計については次項参照。



東神戸大橋

岩黒島橋, 横石島橋

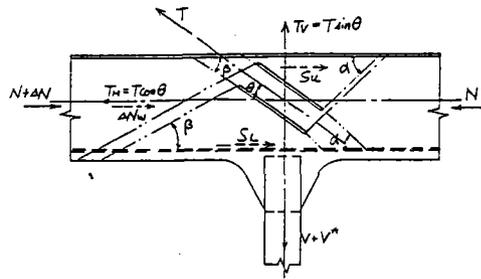
力の流れ

ケーブルソケット → 座金 → アンカーブロック → ウェブ

特徴

- ・ 構造がコンパクト。
- ・ 力は全てせん断力として伝達できる。
- ・ 内部補強が不要。
- ・ アンカーブロックの設置時期が問題となる。
- ・ トラス構造に適する。
- ・ アンカーブロックは独立に製作しボルト止めできる。

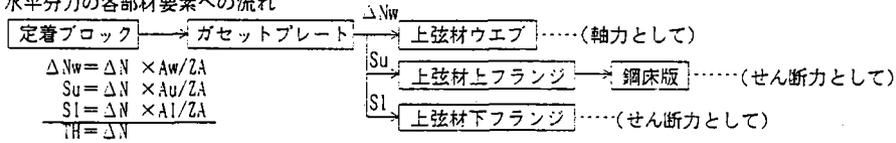
1) ケーブル定着部格点での部材力のつりあい
(a) 垂直材のみの格点



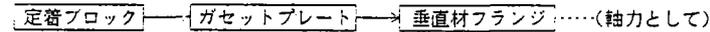
(説明)

- i) ケーブル水平成分(T_H)は、上弦材ウエブ、上弦材上フランジから、鋼床版、上弦材下フランジと全て上弦材に導入される。
- ii) ケーブル鉛直成分(T_V)は、垂直材軸力、鉛直荷重の合計と釣合う。

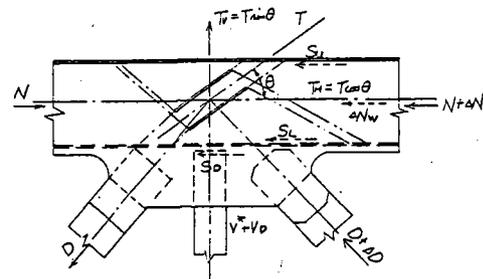
水平分力の各部材要素への流れ



鉛直分力の各部材要素への流れ



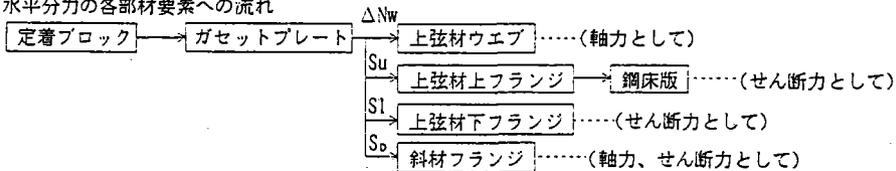
(b) 斜材、垂直材の取付く格点



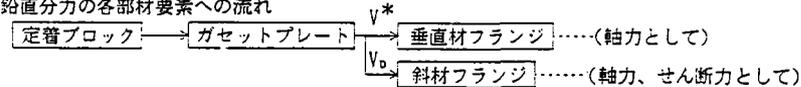
(説明)

- i) ケーブル水平分(T_H)は、上弦材軸力変化量(ΔN)と斜材水平成分($(2D+\Delta D)\cos\alpha$)の合力と釣合う。
- ii) ケーブル鉛直分力(T_V)は、垂直材軸力と斜材軸力鉛直成分の合力と釣合う。

水平分力の各部材要素への流れ

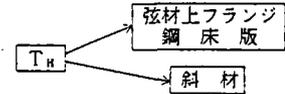
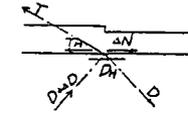
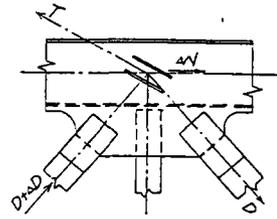


鉛直分力の各部材要素への流れ



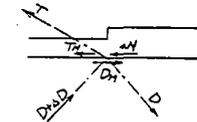
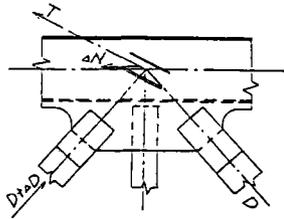
2) 上弦材軸力、斜材軸力の水平分力による場合分け

ケース①: ケーブル水平分力に対して上弦材圧縮力増加方向が同じで斜材軸力水平分力の方向が逆の場合



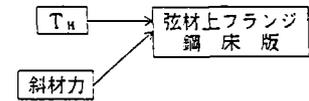
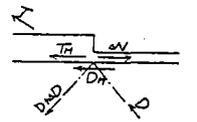
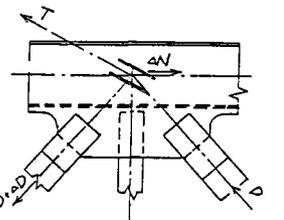
ケーブル張力の水平成分は上弦材上フランジ、鋼床版、斜材の双方に分担される。

ケース②: ケーブル水平分力に対して上弦材圧縮力の増加方向、斜材軸力水平分力の方向が共に逆の場合



ケーブル張力の水平成分は主として斜材に分担される。

ケース③: ケーブル水平分力に対して上弦材圧縮力の増加方向、斜材軸力水平分力の方向が共に同じ場合



ケーブル張力の水平成分は斜材上フランジ、鋼床版に主として分担される。

(設計計算書より)

5. あとがき

これで、ワーキング（E）グループ『斜張橋定着構造について』の報告とするが、はじめに説明したように本課題はまだ完了したものではなく、今後さらに収集資料をもとに整理・分析を進める予定である。

さらに、本報告での実績一覧・タイプ毎の分析表中で空欄としたものについては、収集資料では判定できなかったものであり、施工会社の設計部会員の皆様に御協力いただき完成させていくつもりです。

以 上

ワーキング（E）グループメンバー

大日本コンサルタント（株）	技術本部	守矢 健生
（株） 長大	構造計画第一部	中村 仁司
日本鋼管（株）	長大橋室	小泉 幹男
新日本製鐵（株）	橋梁構造部	室井 近次
（株）片山鉄工所	橋梁設計	川口 一志
（株）春本鐵工所	橋梁設計	奥野 辰芳
石川島播磨重工業（株）	橋梁設計部	能勢 卓