

鋼製伸縮装置の非排水構造の改良について

長谷川 富士夫¹⁾

福 田 長司郎²⁾

伸縮桁長の長い橋梁の場合、ウェブ遊間が大きくなり、圧縮量の増大、シール自重によるバックアップ材のたわみ等の問題があり、施工例も少ない。

今回、丸木橋(伸縮桁長 $L=170\text{m}$) について、バックアップ材を二重構造とし、下方にはサンベルカを使用し、圧縮時に変形しない構造、上方にはオブセルを使用し、シール材の体積変化をオブセルで吸収する構造を考え、実物大の試験体にてシール材、バックアップ材の変形等を測定し、サンベルカは 100mm の厚さで下面をアーチ形とし、オブセルは 70mm の厚さとすることで、形状を決定し実橋で施工することになった。

まえがき

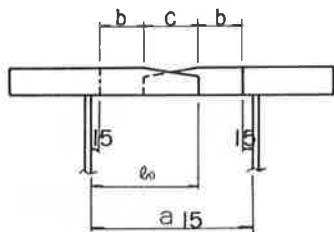
丸木橋は東北自動車道(八戸線)の一部で、九戸 IC～軽米 IC 間に架る 4 径間連続桁である。図-1 に一般図を示す。P₁、P₂ 橋脚上はヒンジであるがフレキシブル橋脚の為、伸縮桁長は橋長となる。

この工事において A₁ 橋台上の伸縮装置を非排水構造として設計することになり、実物大の試験体にてシール材、バックアップ材の形状について検討を行ったので、その試験結果を報告する。

1. 伸縮量の算定

温度変化量	$-20^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ (寒冷地)
基本伸縮量	$\Delta l_0 = l \times 12 \times 10^{-6} \times 60 = 0.72l$
伸縮余裕量	$\Delta l_1 = \Delta l_0 \times 0.20 + 10 = 0.14l + 10$
伸 縮 量	$\Delta l = 0.72l + 0.14l + 10 = 0.86l + 10$

$$\Delta l = 168.9 \times 0.86 + 10 = 155.3\text{mm}$$



2. フィンガー長及びウェブ遊間の決定

フィンガーの最小遊間 $b \text{ min} = 35\text{mm}$

フィンガーの最小ラップ $c \text{ min} = 40\text{mm}$

a. フィンガー長の決定

$$\begin{aligned} l_0 &= \Delta l + b \text{ min} + c \text{ min} + 15 \\ &= 155 + 35 + 40 + 15 = 245\text{mm} \end{aligned}$$

b. ウェブ遊間の決定

標準温度($+15^{\circ}\text{C}$)におけるウェブ遊間

$$a_{15} = l_0 + b + 15$$

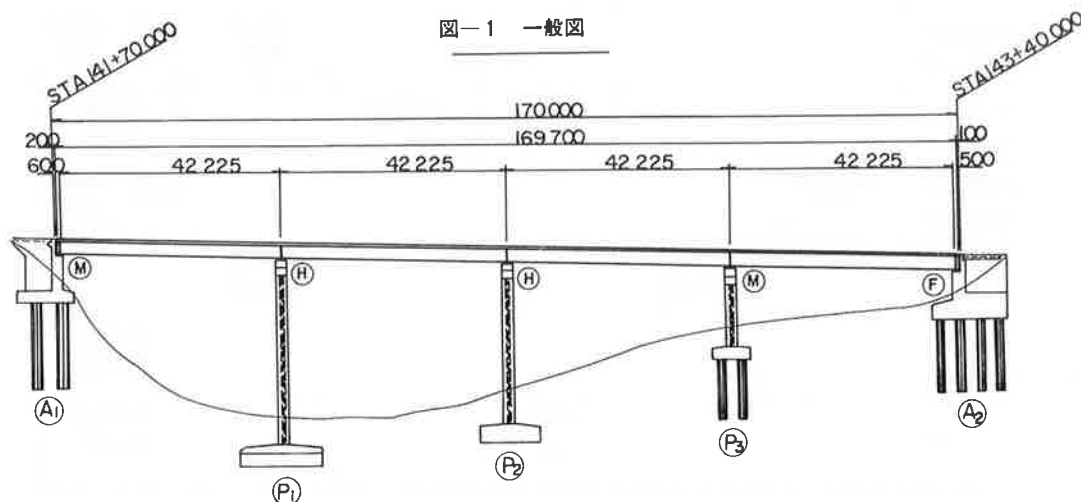
$$b = \Delta T + b \text{ min}$$

$$\Delta T = (0.86l + 10) \times \frac{1}{60} = 65\text{mm}$$

$$b = 65 + 35 = 100\text{mm}$$

$$a_{15} = 245 + 100 + 15 = 360\text{mm}$$

図-1 一般図

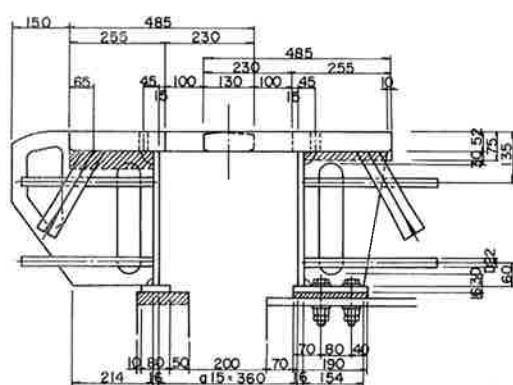


1) 取締役設計部長

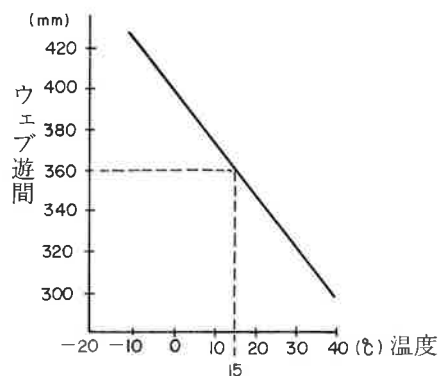
2) 設計部東京設計課係長

3. 伸縮装置の断面は、図—2 となる。

图—2



4. ウェブ遊間の変化は、図-3 となる。



图—3

5. 弾性シール材充填形状の推移

各公団、公社、その他の形状は、表-1である。

表一 1

役所名	昭和52年	昭和53, 54年	昭和55年	昭和56年	昭和57年	昭和58, 59年
本社 標準設計						
東京第一 建設局			同 左		同 左	同 左
東京第二 建設局						
札幌 建設局						
仙台 建設局					同 左	
新潟 建設局				同 左	同 左	
名古屋 建設局						
大阪 建設局					同 左	
広島 建設局						
福岡 建設局						
首都高速 道路公団					※	※
名古屋高速 道路公社				※		※
阪神高速 道路公団						
建設省 中部地建						
建設省 関東地建						
その他						

1) ※印はフェースプレート着脱形式である。

2) 形状は、各役所での実施施工例の 1 部である。

6. 試験の概要

日本道路公団・仙台建設局の場合、寒冷地の為-10℃時の遊間にて弾性シール材充填となっている。その為多くなった圧縮量により、弾性シール材、バックアップ材形状の改良(案)及び補強板の必要の有無等を確認する。

7. 試験の目的

- 1) 弾性シール材に圧縮力を導入した場合の変状及び圧縮力開放時の再現性の確認。
- 2) バックアップ材形状と弾性シール材変状時の追随性の確認。
- 3) 引張力作用時の弾性シール材、バックアップ材の挙動の確認。

8. 供試体

- 1) 本試験に使用する供試体は、A・B・Cの3タイプとする。

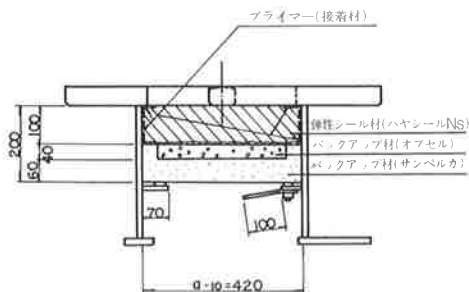
Aタイプ、Bタイプは、バックアップ材の形状を変えており、Cタイプは、従来の形状のままフェースプレート下面に接着剤を塗布している。

弾性シール材充填厚さは、Aタイプ、Bタイプは100mmとし、Cタイプは遊間(a₁₅)の $\frac{1}{3}$ とする。

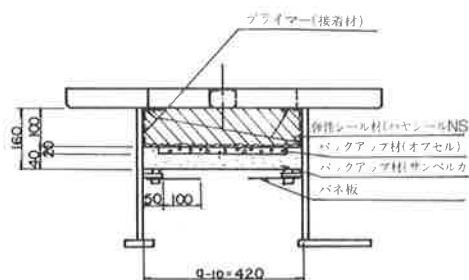
Bタイプは、バックアップ材のたわみを制限させる為にバネ板をセットする。

充填時遊間は、a₁₀=420mmとする。

Aタイプ



Bタイプ



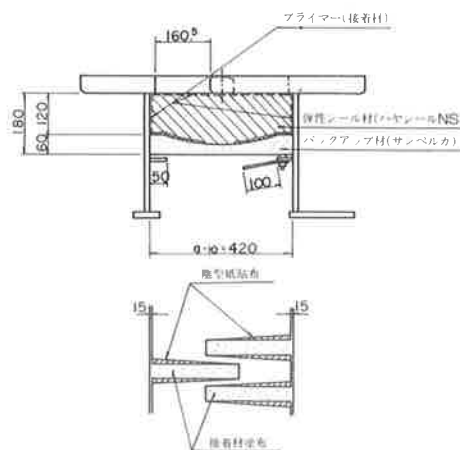
9. 材料

弾性シール材、バックアップ材の材料は下記によるものとする。

1) 弾性シール材

弾性シール材は常温型を使用し、水酸基末端ポリブタジエンを主材とする2液混合型目地材で硬化後は、弾性、水密性、接着性、耐薬品性、耐熱性、低温特性に優れたもので表-2の物性

Cタイプ



と同等、もしくは同等以上のものでなければならない。

2) バックアップ材

バックアップ材は遊間部の変形に追随できる弾性、復元性を有し、耐薬品性、耐候性の優れたもので表-3の物性と同等、もしくは同等以上のものでなければならない。

表-2 弾性シール材物性

項目	条件	一般性質	試験方法
比重	20℃	1.1±0.2	JIS K-6350
	-20℃	25~53	
硬度 (Cタイプ)	0℃	10~26	SRIS-0101-1968 (日本ゴム協会標準規格に準ずる)
	20℃	2~13	
	50℃	1~6	
	200時間ウェザー	2~13	
破断時伸び (%)	-20℃	350以上	JIS A-5758に準じる
	0℃	350以上	
	20℃	400以上	
	50℃	400以上	
	200時間ウェザー	400以上	
最大引張応力 (kg/cm ²)	-20℃	1.5以上	JIS A-5758に準じる
	0℃	1.0以上	
	20℃	0.8以上	
	50℃	0.5以上	
	200時間ウェザー	0.8以上	
50%圧縮強度 (kg/cm ²)	0℃	0.5~1.7	JIS K-6767に準じる
	20℃	0.2~1.3	
	50℃	0.1~1.1	
復元性	30%	90以上	JIS K-6301に準じる (圧縮速度10mm/分、圧縮時間10分間、圧縮開放後60分での値)
	50%	90以上	
180剥離接着力 (kg/cm幅)	20℃	0.6以上	JIS K-6850に準じる
	200時間ウェザー	0.6以上	(引張速度50mm/分にて剥離)
引張・圧縮繰返し試験	7,000回	異状なし	JIS A-5758に準じる 50%圧縮 30%引張

表-3 バックアップ材物性

項目	標準値
密度	0.025~0.040 g/cm ³
25%圧縮後たき	0.30~0.45 kg/cm ²

使用材料は弾性シール材がハヤシール、バックアップ材がポリエチレン系のサンベルカとオプセルである。

10. 試験要領

供試体を冬期温度(-10℃)時の遊間にて接着剤を塗布し、乾燥後シール材を充填する。

室内養生を3日以上静止した後、伸縮を行ない、各々の目的について観察する。

測定(1)圧縮時に各測点におけるフェースプレート

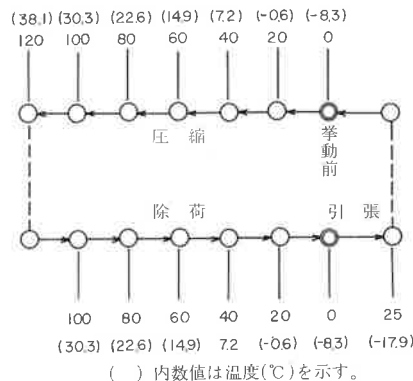
下面からのシール材盛り上り高さδを測定する。

(2)圧縮時におけるシール材、バックアップ材バネ板の動きを各々測定する。

- (3)引張時におけるシール材、バックアップ材
バネの動きを各々測定する。
- (4)その他異常の有無を観察する。

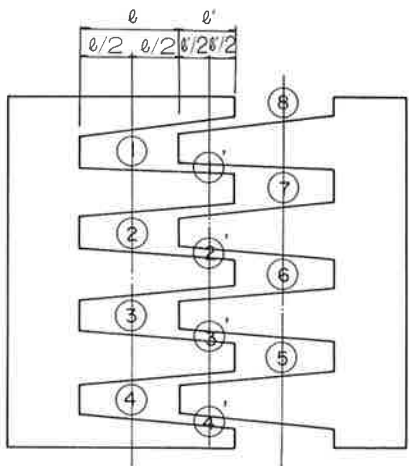
伸縮量

A、B、C各タイプ共、下記の通りとする。
圧縮 120mm
引張 25mm



1) 測定位置

① フェースプレート遊間部シール材変位量(δ)



11. 測定結果

Aタイプ

測定位置	弾性シール材上面										(δ)				
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均		①	②	③	④	平均
圧縮	0	-1	1	1	0	0	0	-1	-4.05		-2	-2	-2	-3	-2.2
	20	1	3	3	2	1	2	1	-2.14		-2	-1	-2	-2	-1.7
	40	2	4	4	3	3	2	2	1.26		-2	-2	-2	-2	-2
	60	6	8	8	7	6	6	5	4.62		-1	-1	-1	-2	-1.2
	80	10	12	13	10	10	10	9	9.04		0	0	0	1	0.3
	100	11	13	13	11	14	15	14	16.134		1	1	1	2	1.3
除荷	120	12	14	14	13	14	16	17	22.152		-2	2	1	2	1.7
	100	10	13	12	10	9	10	9	10.04		0	-1	0	-1	-0.5
	80	3	5	5	3	4	4	4	1.36		-1	-2	-1	-2	-1.5
	60	0	1	2	-1	1	1	0	4.08		-2	-3	-2	-4	-2.7
	40	3	0	0	-2	-2	-1	-2	-6.13		-2	-3	-3	-5	-3.2
	20	-1	-2	-2	-3	-2	-2	-3	-8.29		-3	-4	-4	-5	-4
引張	0	-2	-3	-2	-3	-3	-2	-3	-9.33		-4	-4	-4	-5	-4.2
	25	-3	-2	-3	-3	-2	-2	-2	-3.25		-3	-4	-3	-4	-3.5

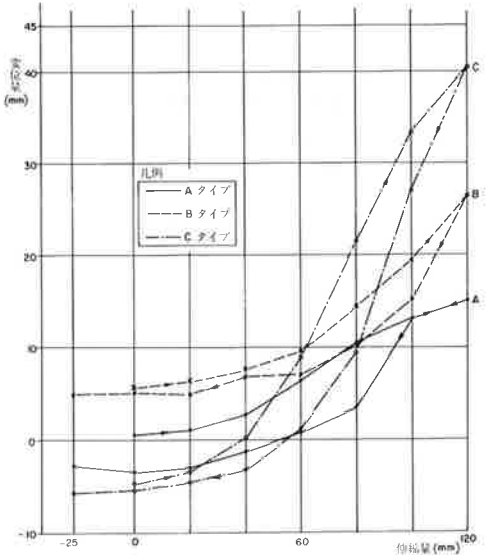
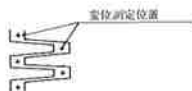
Bタイプ

測定位置	弾性シール材上面										(δ)				
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均		①	②	③	④	平均
圧縮	0	7	7	7	5	4	6	5	6.58		6	5	5	5	5.2
	20	8	7	7	5	6	6	5	6.2		8	8	7	8	7.7
	40	10	9	8	6	7	8	8	6.77		11	10	10	8	9.7
	60	12	12	10	8	9	10	10	8.98		12	12	11	9	11.0
	80	15	17	16	13	13	14	14	12.142		15	15	14	11	13.7
	100	21	22	21	18	18	19	20	19.6		19	16	15	14	16.0
除荷	120	27	28	28	25	24	25	26	26.3		27	19	17	16	18.2
	100	16	17	17	13	14	15	16	15.13		14	16	15	11	14.0
	80	11	12	11	8	10	10	11	10.3		11	15	14	8	12.0
	60	8	8	7	6	7	8	8	7.73		9	11	8	5	8.2
	40	8	7	7	5	7	7	8	7.0		8	9	8	5	7.5
	20	6	5	5	5	4	5	5	5.0		7	8	7	6	7.0
引張	0	6	5	5	5	4	5	5	5.56		7	8	7	6	7.0
	25	7	6	6	5	4	4	5	6.52		6	6	3	2	4.7

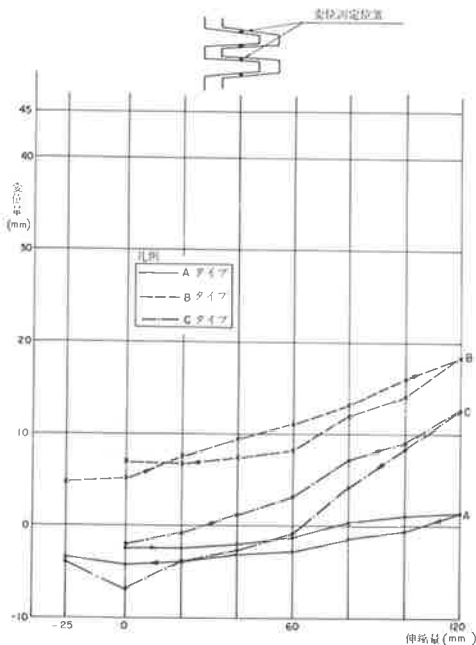
Cタイプ

測定位置	弾性シール材上面										(δ)				
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均		①	②	③	④	平均
圧縮	0	-6	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-4.5		-2	-2	-2	-2	-2
	20	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3.2		-2	-2	-1	0	-0.7
	40	0	0	0	-1	0	0	1	0.1		0	0	3	3	1.5
	60	9	10	9	7	8	9	9	9.2		4	3	4	4	3.7
	80	23	23	23	20	21	21	22	21.7		7	8	8	7	7.5
	100	32	34	35	33	32	32	33	33.6		10	11	8	8	9.2
除荷	120	41	42	41	40	39	38	39	40.1		13	14	12	11	12.5
	100	28	28	27	26	23	24	25	26.7		9	9	8	8	8.5
	80	10	11	10	8	8	8	9	9.8		5	6	3	3	4.2
	60	0	1	1	1	1	2	0	0.6		1	1	2	1	0.7
	40	-6	-3	-2	-3	-2	-3	-6	-3.3		-4	-2	-4	0	-2.5
	20	-6	-5	-4	-3	-5	-4	-5	-4.5		-5	-4	-5	-2	-4.0
引張	0	-6	-6	-6	-4	-5	-5	-6	-5.2		-7	-7	-8	-5	-6.7
	25	-6	-7	-6	-5	-6	-5	-6	-5.7		-5	-4	-4	-2	-3.7

シール材挙動 (フィンガー遊間)



シール材挙動（フィンガーラップ）



12. 試験結果及び考察

12-1 Aタイプ

バックアップ材のたわみを少なくし、シール材の圧縮量を吸収する為に上面にオブセル（軟質）を採用した形状である。その内訳は、サンペルカを60mmとし、オブセルを40mmとしたが予想以上にバックアップ材がたわんでいた。（写真—1，2）これは樋取付プレートが短かく、サンペルカの持っている剛性を生かし切れなかったことが原因である。従って樋取付プレートを長くすれば上面のオブセルが全面平均した動きを示すと同時にサンペルカも平行移動のまま伸縮すると考えられる。次にフェース下面は自然接着を防ぐ為にフィンガー長の半分程度は離型させる方が良いと思われる。

12-2 Bタイプ

このタイプは上面に20mmのオブセル（軟質）を使用し下面にサンペルカを40mmとしている。全体で60mmとバックアップ材を薄くし、たわみ変形を防止する為に樋取付プレートの下面に $t = 1\text{ mm}$ のバネ板（ステンレス）を採用した形状である。充填シール材の施工が悪く、フェース部充填における欠点が明確に出ている。特にラップ部表面のキレツが鮮明である。

又、Aタイプと同様樋取付プレートが短かくバックアップ材のたわみが大きい。この時点ではバネ板の効果は期待できず大きくたわんだままである。仮にバネ板を厚くしてもバックアップ材に喰込むと思われる。但し巾を広くすれば効果を期待出来ると考えられる。（写真—3，4）

12-3 Cタイプ

バックアップ材のたわみが大きくなる事は予想出来た。その為フェース下面に接着材を塗布し、除荷及び引張時のたわみを防ごうとしたがフェー

スプレートのせん断により先端から100mm近くがキレツ及びハクリを起している。次に圧縮時の盛り上がりが激しい原因は、バックアップ材のたわみによる吸収が限界に達しフェースプレート上面に押し出されたものと思われる。（写真—5，6）

12-4 考察

各タイプ共にバックアップ材（サンペルカ）の変形が大きく、AタイプBタイプに採用したオブセルもシール材の体積変化を吸収するには薄すぎた様である。

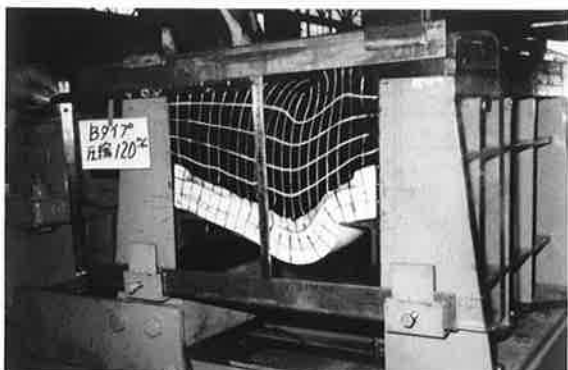
バックアップ材（サンペルカ）は、上下に変動しない。シール材は、フェースプレート上面に大きく盛り上がらない。シール材の体積変化をオブセルで吸収出来る厚さとする。この条件に満足する構造を考え再度試験を行なうこととした。試験概要、測定方法等は、同じとする。



写真—1



写真—2



写真—3



写真-4



写真-5

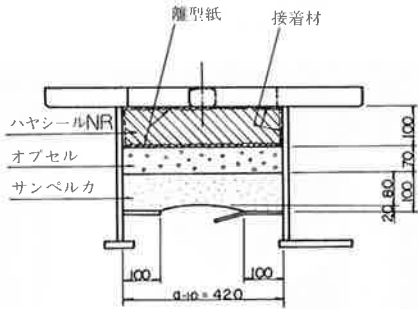


写真-6

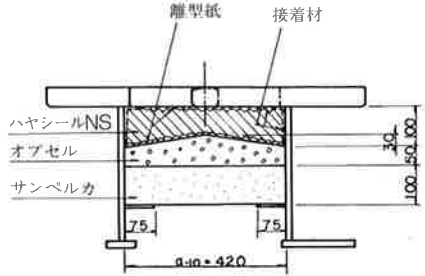
13. 供試体

- 1) 再試験に使用する供試体はA'・B'の2タイプとする。

Aタイプ



Bタイプ



14. 測定結果

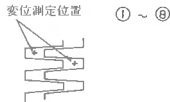
Aタイプ

		弾性シール材上面												(1)	
mm	伸縮量	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均	①	②	③	④	平均
0	-10	-9	-10	-10	-8	-7	-7	-10	-88	-10	-10	-11	-12	-10	-7
20	-3	-3	-4	-5	-3	-1	-1	-5	-31	-6	-6	-7	-8	-33	-3
40	0	1	1	0	1	2	2	0	08	-2	-3	-3	-4	-30	0
60	5	5	4	3	4	4	4	2	39	-2	-2	-2	-3	-22	5
80	8	8	7	6	7	8	8	7	79	-1	-1	-2	-2	-15	8
100	10	10	10	9	9	9	10	9	95	-1	-1	-2	-2	-15	10
120	12	13	13	13	14	14	14	12	13	-1	-1	-1	-2	-13	12
除菌	100	8	8	8	7	7	7	8	75	-1	-2	-2	-2	-17	8
80	3	3	3	3	4	4	4	3	34	-2	-3	-3	-3	-27	3
60	-1	0	0	-1	0	1	1	0	0	-3	-3	-4	-4	-35	-1
40	-4	-2	-2	-3	-2	-2	-1	-3	-36	-5	-5	-6	-6	-55	-4
20	-6	-5	-5	-6	-5	-5	-5	-7	-55	-8	-8	-9	-9	-85	-6
0	-13	-11	-11	-12	-10	-10	-10	-13	-113	-11	-10	-11	-13	-112	-13
引張	25	-14	-12	-12	-12	-11	-11	-10	-13	-119	-12	-12	-13	-15	-13

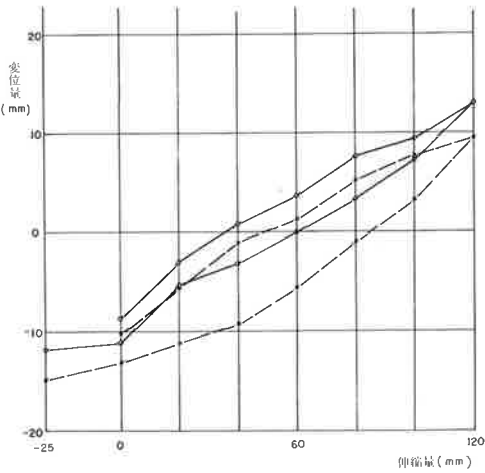
Bタイプ

		弾性シール材上面										(d)					
mm	伸縮量	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	平均	①	②	③	④	平均		
生	0	-1	-9	-9	-12	-11	-9	-11	-11	-103	-12	-12	-12	-15	-127		
	20	-5	-5	-5	-8	-5	-4	-6	-8	-57	-8	-8	-7	-9	-80		
	40	-1	-1	-1	-3	-1	-0	-0	-2	-11	-2	-2	-1	-3	-20		
	60	3	2	2	0	0	2	2	1	15	-2	-2	-1	-2	-17		
	80	4	4	7	6	5	6	6	5	54	-1	-1	-1	-2	-12		
	100	8	8	9	8	7	8	8	7	79	-1	0	0	-1	-05		
縮	120	10	10	10	9	9	9	10	8	94	0	1	1	0	05		
	除菌	100	3	4	4	3	3	3	4	3	34	0	-1	-1	-2	-10	
		80	-2	-1	-1	-2	-1	-0	-1	-1	-11	-5	-4	-3	-5	-42	
		60	-6	-4	-5	-7	-5	-4	-5	-7	-58	-8	-7	-7	-10	-80	
		40	-11	-7	-7	-11	-9	-7	-8	-11	-88	-10	-9	-9	-11	-97	
		20	-12	-10	-11	-12	-11	-10	-11	-12	-112	-12	-11	-11	-13	-117	
引張		0	-15	-12	-13	-14	-13	-12	-13	-15	-133	-14	-13	-13	-14	-135	
	25	-16	-13	-13	-14	-14	-13	-14	-16	-143	-15	-14	-14	-16	-147		

シール材挙動（フィンガー遊間）



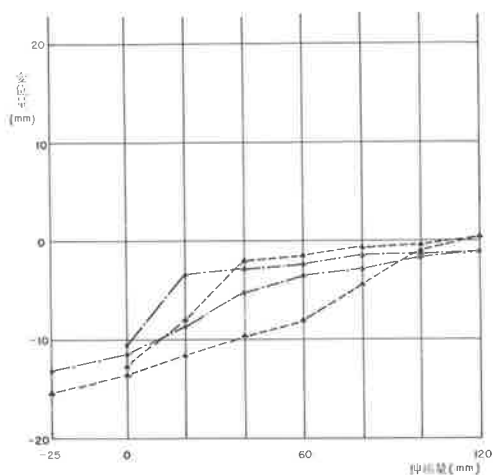
—	: A'タイプ ①～⑥
---	: B'タイプ ①～⑥



シール材挙動（フィンガーラップ）



—— : A タイプ ①' ~ ④'
 - - - : A' タイプ ①' ④'



15. 試験結果及びまとめ

15-1 A'タイプ

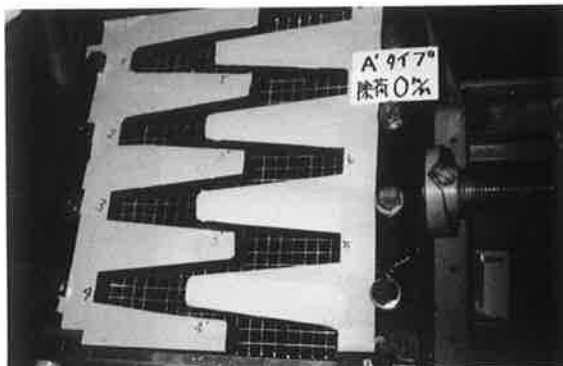
シール材とバックアップ材（サンペルカ）を同一の厚さ、100mmとして、オブセル厚を70mmとした。サンペルカの下への変形を少なくする為下面に円弧の加工をした。圧縮に対してサンペルカの上下変化はほとんどなく、シール材の体積変化はオブセルで吸収しており、フェースプレート上面の盛り上がりも少ない。（写真—7～10）

15-2 B'タイプ

シール材とバックアップ材（サンペルカ）を同一の厚さ、100mmとして、オブセル厚を中央で80mm 端部で50mmとし、サンペルカの下への変形を、オブセル厚を中央で厚くして、吸収させる形状としたが、シール材の体積変化が同一でなく端部附近で、オブセルが吸収し、中央部では、サンペルカが下へ変形した。フェースプレート上面の盛り上りは少ない。（写真—11～14）



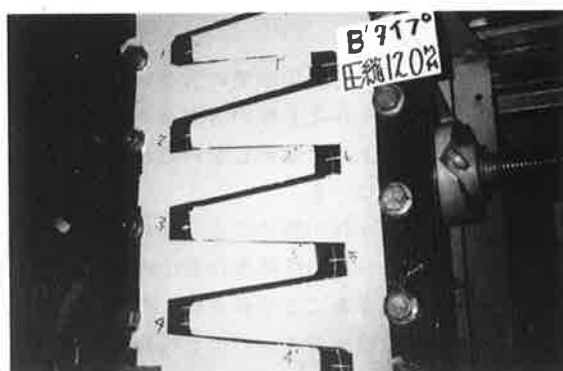
写真—8



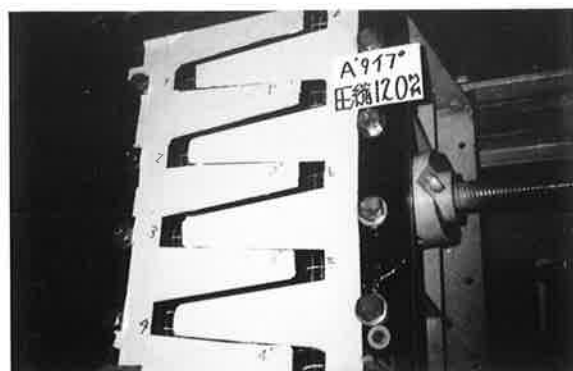
写真—9



写真—10



写真—11



写真—7



写真-12

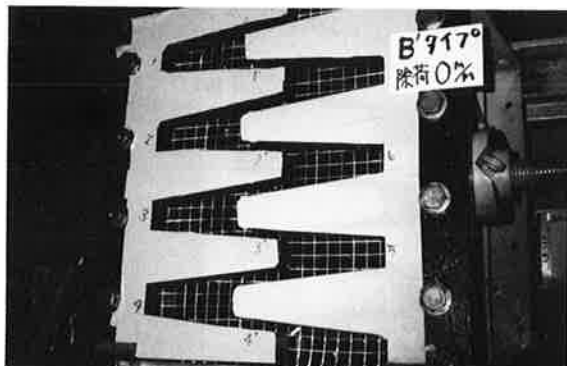


写真-13



写真-14

15-3 まとめ

再試験の結果から、圧縮量の大きい場合は、サンプルカ、オペセルとも厚い方が良く、特に下部のサンプルカが上下に変形しない方がシール材へも好影響を与えている。

圧縮量とシール材の厚さによりサンプルカの厚さを決め、シール材の体積変化量に応じてオペセルの厚さを算定することであるが、今回は、1つの条件のみで試験を行なったので今後も各ケースでの算定表を作成しなければならない。

丸木橋では、今回の試験結果からA'タイプを採用して、実橋で施工する予定である。

あとがき

伸縮桁長 150m 以上での非排水構造の実施例が少なく、バックアップ材の形状を改良し、長大橋にも使用出来るかを実験した結果、一応満足のいく形状を決定したが、現地での気象条件で将来も機能的に満足出来ることを期待する。

実験の計画当初から御指導、御協力いただいた日本道路公団仙台建設局構造技術課、八戸工事事務所構造工事区の方々に、また、実験を行なうにあたり、貴重な助言と協力を得た中井商工(株)の各位に深謝する次第である。

参考文献

- 1) 非排水鋼製クシ型伸縮継手非排水構造部
設計、施工要領(案) 昭和59年 3 月
日本道路公団仙台建設局構造技術課
- 2) 鋼橋伸縮装置設計の手引き
日本橋梁建設協会