

## 第2章 損傷頻度の分析

### 2.1 概要

鋼道路橋では床版や橋台、橋脚、支承などに囲まれたいわゆる桁端部付近と、桁の支間中央部では腐食環境に大きな違いがあると考えられる。また多主げたの場合には、外げたの外側と中げたや外げたの内側でも風雨の条件が大きく異なり、腐食環境に違いがあるものと考えられる。

実際にも桁端部で局所的な腐食が発生している橋梁の事例も多く確認されており、ここでは、橋梁の部位と腐食発生状況の相関関係について過去の点検結果をもとに統計的に分析を行う。

### 2.2 分析方法

分析は、直轄国道の定期点検データを統計的に処理する方法で行った。統計処理を行った対象橋、統計処理方法の詳細については、以下の通りである。

#### 2.2.1 分析対象橋梁

分析対象は、データ数が多い単純および連続の鋼 I 桁橋とした。このとき H 型鋼についてもここでいう評価の観点からは I げたと構造的に相違がないものと考えられるため I 桁橋として取り扱う。

統計的分析では、できるだけ同質で信頼性の高いデータを用いる方がよいため、H16 年 3 月に改定された橋梁定期点検要領<sup>6)</sup>に基づいた点検結果が反映されている直轄国道の点検結果を用いた。

対象橋梁は、橋梁点検データベースの分類より、材料区分、桁形式区分、構造形式の中で以下の○で囲まれてたものを対象とし抽出した。(表-2.1)

表-2.1 分析対象橋梁抽出条件一覧

項目	内容
対象年度	H16 年度 (平成 17 年 7 月現在)
材料区分	鋼溶接橋、鋼リベット橋、H 型橋、RC 橋、PC 橋、SRC 橋、石橋、木橋、その他
桁形式区分	単純桁、連続桁、ダルバー桁、連結桁、その他 (連続桁は、径間番号から「端径間 (端支点を含む径間)」と「中央径間」に分類)
構造形式	床版橋、桁橋、溝橋、トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋、斜張橋、吊橋 桁橋は、I 桁、H 型鋼、箱桁に分類されているが、下記の通り合成・非合成を区別して抽出した。 非合成 I 桁 (I 桁 (非合成) と H 型鋼 (非合成)) 合成 I 桁 (I 桁 (合成) と H 型鋼 (合成)) 「箱桁 (非合成)」、「箱桁 (合成)」

#### 2.2.2 統計処理の方法

抽出された橋梁には、様々な橋長、主桁数のものがあるが、桁端部や支間一般部などの腐食環境との関係で評価を行う観点でそれぞれの部材を位置づける必要がある。

そこで、本分析では、以下に示すように、橋軸方向及び橋軸直角方向について一定のルールに従って位置的に無次元化することとした。

(1) 橋軸方向の無次元化

橋軸方向の無次元化は、1 スパンを桁端、1/4 支間、支間中央、3/4 支間、桁端の 5 分割とした。このとき元となる点検結果では、鋼橋 1 径間を垂直補剛材に区切られたパネルごとに要素化しているため無次元化にあたってはその要素を最小単位として以下のルールを適用した。

端 支 点：主桁の最も端の 1 要素（1 パネル）を桁端とする。（ただし、連続桁の中間支点部は「中間支点」と呼ぶ。）

1/4 及び 3/4 支間：1/4、3/4 は、桁端部より当該支間の概ね 1/4 の区間とした。ただし、要素数が 4 以下の橋梁については、1/4、3/4 は存在しないものとし、端支点以外の部分は、支間中央とした。

支 間 中 央：支間中央は、桁端部、1/4 支間及び 3/4 支間を除いた中央の部分の全てとした。

支間は、主桁の最も端を含めた支間 1/4 の内、桁端部を除いた部分であり、3/4 支間はその対象である。支間中央は、左右 1/4 支間を除いた残りの支間部すべてである。（図-2.1）

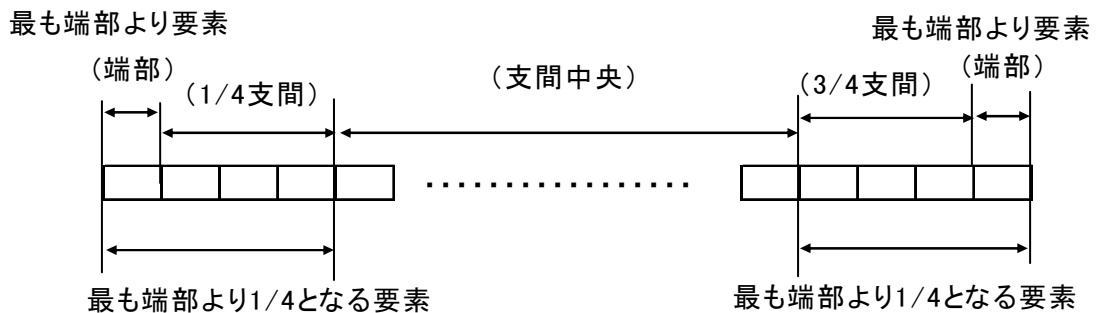


図-2.1 橋軸方向の無次元化

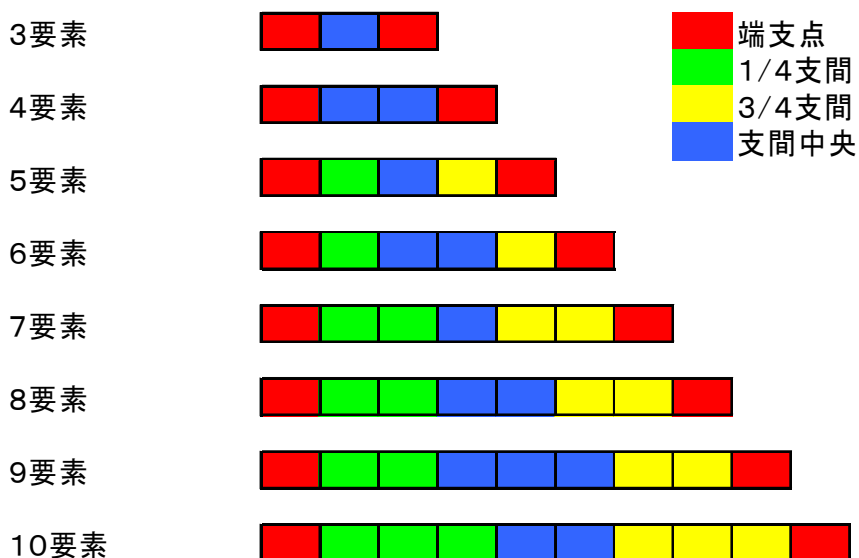


図-2.2 各要素数毎の橋軸直角方向の例

## (2) 橋軸直角方向の無次元化

橋軸直角方向の無次元化方法として、外桁、中桁、外桁の3分割とした。3分割を行うに際しては、最も外部の桁（両サイド）を外桁とし、それ以外の桁は全て中桁として処理した。（図-2.2）

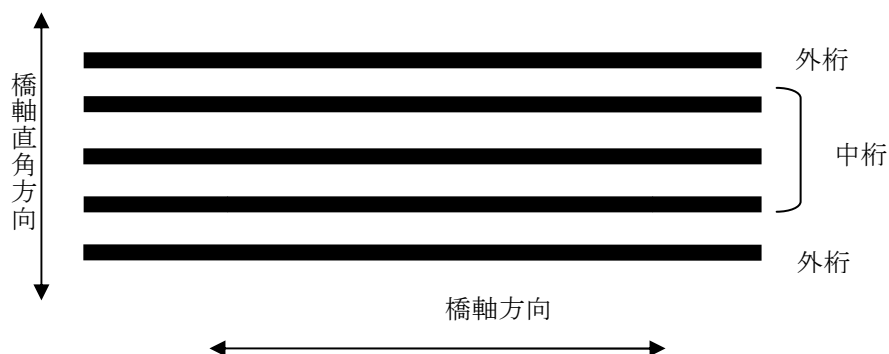


図-2.3 橋軸直角方向の無次元化

すべての対象橋を上記の方法で作られる橋軸方向×橋軸直角方向：5×3のマトリックスで表現される標準橋に置き換えたのち統計的に処理した。（図-2.3）

	桁端	1/4支間	支間中央	3/4支間	桁端
外桁					
中桁					
外桁					

図-2.4 橋梁の無次元化マトリックス

## (3) 結果の整理方法

以上のルールで無次元化した橋梁について、抽出された橋梁を橋種ごとに対象橋梁（径間）に対する腐食の発生数について整理した。また、腐食による損傷レベルを考慮するために、点検要領の損傷ランク a, b, c, d, e に対して a=1、b=2、c=3、d=4、e=5 とした点数化した整理も同時に行った。これらの整理結果を2.3に示す。

### 2.2.3 分析ケース

分析ケースの一覧を以下に示す。

表-2.2 分析ケース一覧

分析ケース名	部材形式	桁形式	対象径間	分析橋梁数	分析径間数	備考	
						抽出橋梁数	腐食データがある橋梁数
ケース1	IIげた(I, H形鋼含む)	合成・単純	-	144	258	220	147
ケース2	IIげた(I, H形鋼含む)	非合成・単純	-	146	233	258	156
ケース3	箱げた	合成・単純	-	10	12	23	11
ケース4	箱げた	非合成・単純	-	20	20	22	37
ケース5	IIげた(I, H形鋼含む)	合成・連続	端径間	14	40	29	16
ケース6	IIげた(I, H形鋼含む)	非合成・連続	端径間	79	186	178	80
ケース7	箱げた	合成・連続	端径間	3	9	4	3
ケース8	箱げた	非合成・連続	端径間	17	28	35	17
ケース9	IIげた(I, H形鋼含む)	合成・連続	中央径間	10	14	21	10
ケース10	IIげた(I, H形鋼含む)	非合成・連続	中央径間	50	99	132	50
ケース11	箱げた	合成・連続	中央径間	3	3	4	3
ケース12	箱げた	非合成・連続	中央径間	9	12	24	9

## 2. 3 分析結果

分析結果を、図-2.5～図-2.16 及び表-2.3～表-2.38 に示す。

### (1) ケース1 (鋼橋 I 桁\_形鋼\_合成\_単純桁)

検索抽出橋梁数：220 橋 腐食データのある橋梁数：147 橋

分析可能橋梁数：144 橋 分析可能径間数：258 径間

表-2.3 要素別点数

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	端支点
外桁	445	304	291	306	405
中桁	286	171	179	186	253
外桁	445	304	291	306	405

表-2.4 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	端支点
外桁	210/258	162/258	154/258	162/258	196/258
中桁	139/258	104/258	104/258	108/258	133/258
外桁	210/258	162/258	154/258	162/258	196/258

表-2.5 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	11/258
中桁	3/258
全体	10/258

以上より、次のような特徴がある。

- ・端支点部の腐食がその他の部位に比べて突出する傾向が顕著である。
- ・端支点よりも支間中央部の腐食程度が悪いケースは非常に稀である。
- ・外げたの腐食が中げたに比べて著しくなる傾向にある。

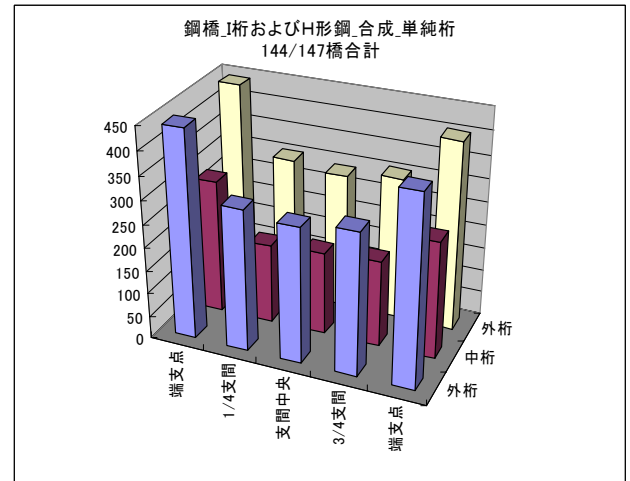


図-2.5 要素別点数

### (2) ケース2 (鋼橋 I 桁およびH形鋼\_非合成\_単純桁)

検索抽出橋梁数：258 橋 腐食データのある橋梁数：156 橋

分析可能橋梁数：146 橋 分析可能径間数：233 径間

表-2.6 要素別点数

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	端支点
外桁	370	282	271	279	385
中桁	136	78	75	74	120
外桁	370	282	271	279	385

表-2.7 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	端支点
外桁	191/233	161/233	160/233	163/233	198/233
中桁	76/233	56/233	56/233	57/233	75/233
外桁	191/233	161/233	160/233	163/233	198/233

表-2.8 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	10/233
中桁	4/233
全体	11/233

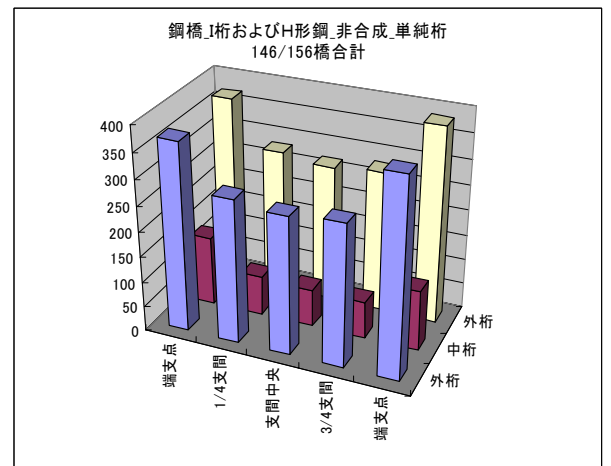


図-2.6 要素別点数

以上より、次のような特徴がある。

- ・端支点部の腐食がその他の部位に比べて突出する傾向が顕著である。
- ・端支点よりも支間中央部の腐食程度が悪いケースは非常に稀である。
- ・外げたの腐食が中げたに比べて著しくなる傾向が顕著である。

また、ケース1及びケース2より合成げたと非合成げたを比較すると両者による腐食の発生への顕著な違いはみられない。

(3) ケース3 (鋼橋\_箱桁\_合成\_単純桁)

検索抽出橋梁数：23 橋 腐食データのある橋梁数：11 橋

分析可能橋梁数：10 橋 分析可能径間数：12 径間

表-2.9 要素別点数

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	端支点
外桁	7	7	6	9	15
中桁	6	4	2	2	14
外桁	7	7	6	9	15

表-2.10 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	端支点
外桁	3/12	4/12	2/12	4/12	7/12
中桁	3/12	2/12	1/12	1/12	7/12
外桁	3/12	4/12	2/12	4/12	7/12

表-2.11 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	2/12
中桁	0/12
全体	2/12

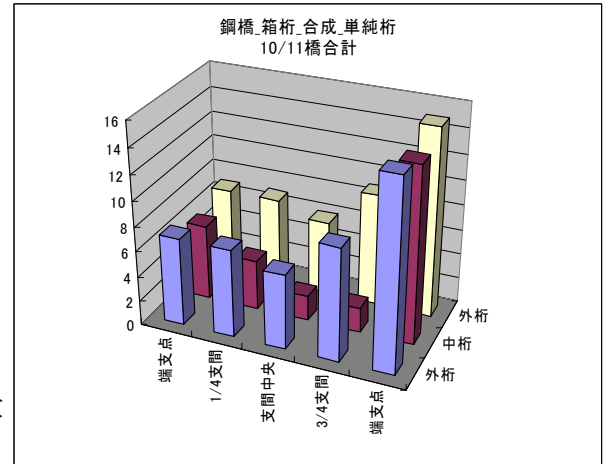


図-2.7 要素別点数

分析対象数が非常に少なく、分析結果は対象橋梁固有の特徴を反映したものである可能性があるため傾向分析は困難である。

(4) ケース4 (鋼橋\_箱桁\_非合成\_単純桁)

検索抽出橋梁数：37 橋 腐食データのある橋梁数：22 橋

分析可能橋梁数：20 橋 分析可能径間数：20 径間

表-2.12 要素別点数

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	端支点
外桁	26	14	10	12	21
中桁	15	8	10	12	13
外桁	26	14	10	12	21

表-2.13 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	端支点
外桁	12/20	11/20	7/20	9/20	12/20
中桁	9/20	8/20	6/20	9/20	8/20
外桁	12/20	11/20	7/20	9/20	12/20

表-2.14 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	2/20
中桁	3/20
全体	3/20

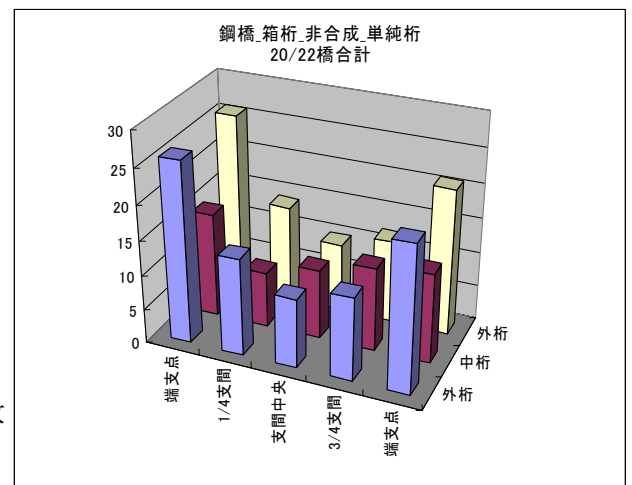


図-2.8 要素別点数

分析対象数が少ないものの、以上より、次のような特徴がある。

- ・端支点部の腐食がその他の部位に比べて突出する傾向が顕著である。
- ・端支点よりも支間中央部の腐食程度が悪いケースは非常に稀である。
- ・外げたの腐食が中げたに比べて著しくなる傾向にある。

単純桁の場合の箱桁と鉸桁及び合成げたと非合成げたでは (ケース1からケース4)、事例数の少ないケース3を除いては、腐食の発生への顕著な違いはみられない。

(5) ケース 5 (鋼橋\_I桁およびH形鋼\_合成\_連続桁\_端径間)

検索抽出橋梁数：29 橋 腐食データのある橋梁数：16 橋

分析可能橋梁数：14 橋 分析可能径間数：40 径間

表-2.15 要素別点数

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	31	12	13	16	29
中桁	20	11	14	10	21
外桁	31	12	13	16	29

表-2.16 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	18/40	12/40	13/40	12/40	17/40
中桁	12/40	11/40	12/40	10/40	11/40
外桁	18/40	12/40	13/40	12/40	17/40

表-2.17 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	10/40
中桁	8/40
全体	15/40

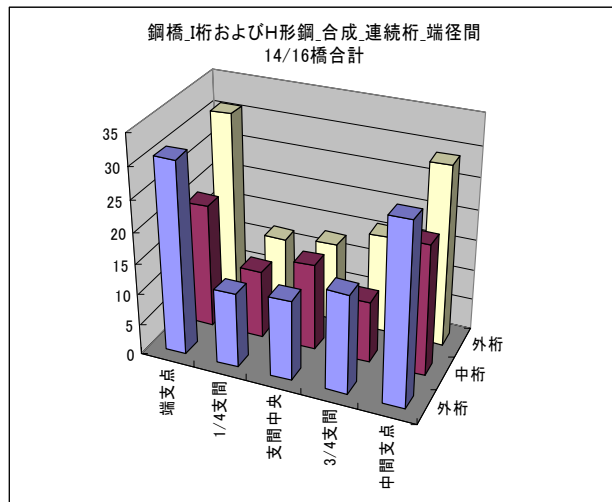


図-2.9 要素別点数

分析対象数が非常に少なく、分析結果は対象橋梁固有の特徴を反映したものである可能性があるため傾向分析は困難である。

(6) ケース 6 (鋼橋\_I桁およびH形鋼\_非合成\_連続桁\_端径間)

検索抽出橋梁数：178 橋 腐食データのある橋梁数：80 橋

分析可能橋梁数：79 橋 分析可能径間数：186 径間

表-2.18 要素別点数

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	185	111	139	123	159
中桁	157	93	104	90	101
外桁	185	111	139	123	159

表-2.19 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	119/186	79/186	89/186	81/186	103/186
中桁	97/186	63/186	63/186	59/186	65/186
外桁	119/186	79/186	89/186	81/186	103/186

表-2.20 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	19/186
中桁	10/186
全体	19/186

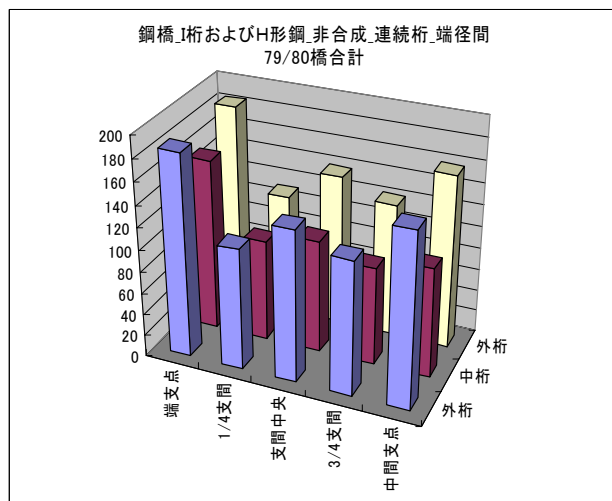


図-2.10 要素別点数

以上より、次のような特徴がある。

- ・端支点部と中間支点部の腐食がその他の部位に比べて突出する傾向が顕著である。
- ・支間中央部の腐食が1/4支間部に比べて卓越する傾向がある。
- ・端支点よりも支間中央部の腐食程度が悪いケースは稀である。
- ・外げたの腐食が中げたに比べて卓越する傾向があるがその差は比較的小さい。

(7) ケース7 (鋼橋\_箱桁\_合成\_連続桁\_端径間)

検索抽出橋梁数：4 橋 腐食データのある橋梁数：3 橋  
 分析可能橋梁数：3 橋 分析可能径間数：9 径間

表-2.21 要素別点数

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	2	3	4	3	2
中桁	0	1	1	1	0
外桁	2	3	4	3	2

表-2.22 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	2/9	3/9	2/9	3/9	2/9
中桁	0/9	1/9	1/9	1/9	0/9
外桁	2/9	3/9	2/9	3/9	2/9

表-2.23 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	5/9
中桁	2/9
全体	5/9

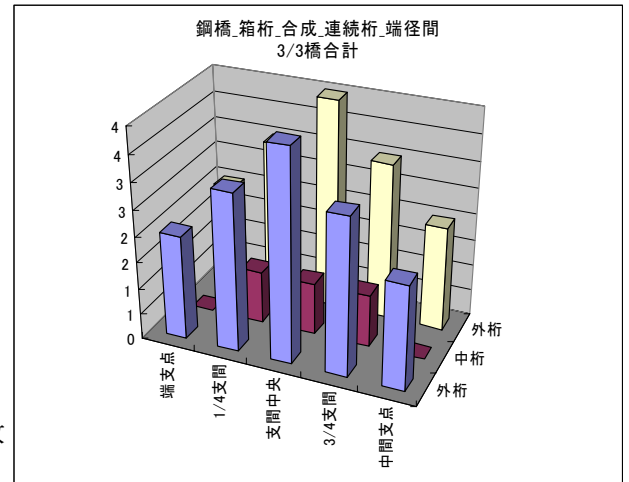


図-2.11 要素別点数

分析対象数が非常に少なく、分析結果は対象橋梁固有の特徴を反映したものである可能性があるため傾向分析は困難である。

(8) ケース8 (鋼橋\_箱桁\_非合成\_連続桁\_端径間)

検索抽出橋梁数：35 橋 腐食データのある橋梁数：17 橋  
 分析可能橋梁数：17 橋 分析可能径間数：28 径間

表-2.24 要素別点数

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	36	19	20	21	15
中桁	7	7	7	4	5
外桁	36	19	20	21	15

表-2.25 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	端支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	18/28	11/28	10/28	12/28	10/28
中桁	4/28	4/28	4/28	4/28	4/28
外桁	18/28	11/28	10/28	12/28	10/28

表-2.26 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	4/28
中桁	3/28
全体	6/28

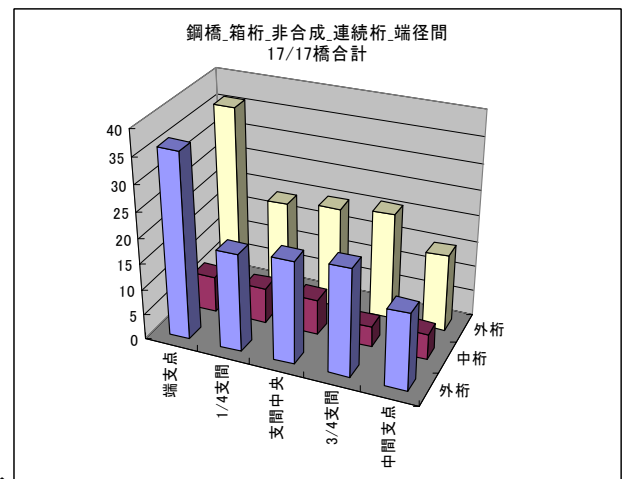


図-2.12 要素別点数

分析対象数が少ないものの、以上より、次のような特徴がある。

- ・端支点部のみの腐食がその他の部位に比べて突出する傾向が顕著である。
- ・外げたの損傷が中げたに比べて著しい傾向にある。

(9) ケース9 (鋼橋\_I桁およびH形鋼\_合成\_連続桁\_中央径間)

検索抽出橋梁数：21 橋 腐食データのある橋梁数：10 橋

分析可能橋梁数：10 橋 分析可能径間数：14 径間

表-2.27 要素別点数

	中間支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	5	4	6	7	11
中桁	4	7	5	4	5
外桁	5	4	6	7	11

表-2.28 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	中間支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	5/14	4/14	5/14	6/14	7/14
中桁	4/14	6/14	5/14	4/14	5/14
外桁	5/14	4/14	5/14	6/14	7/14

表-2.29 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	1/14
中桁	3/14
全体	3/14

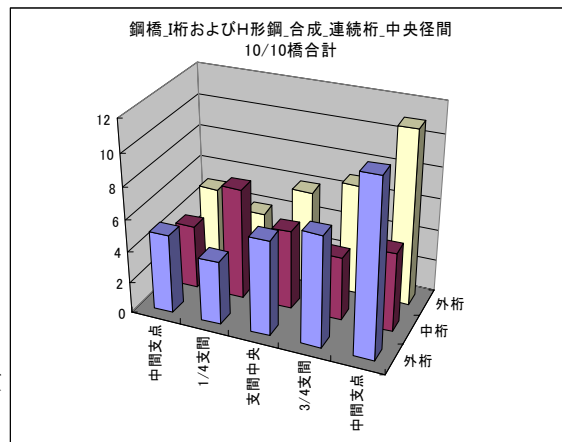


図-2.13 要素別点数

分析対象数が非常に少なく、分析結果は対象橋梁固有の特徴を反映したものである可能性があるため傾向分析は困難である。

(10) ケース10 (鋼橋\_I桁およびH形鋼\_非合成\_連続桁\_中央径間)

検索抽出橋梁数：132 橋 腐食データのある橋梁数：50 橋

分析可能橋梁数：50 橋 分析可能径間数：99 径間

表-2.30 要素別点数

	中間支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	100	94	94	93	91
中桁	80	72	82	79	83
外桁	100	94	94	93	91

表-2.31 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	中間支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	66/99	63/99	63/99	59/99	61/99
中桁	49/99	50/99	55/99	52/99	51/99
外桁	66/99	63/99	63/99	59/99	61/99

表-2.32 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	16/99
中桁	12/99
全体	21/99

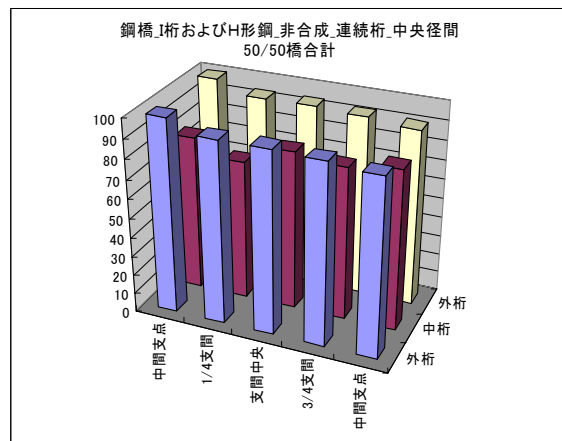


図-2.14 要素別点数

以上より、次のような特徴がある。

- ・ 径間全体で腐食傾向に部位的な特徴がなく、両中間支点部の腐食も突出する傾向は少ない。
- ・ 外げたの腐食が中げたに比べて若干卓越する傾向がある。



(1 1) ケース 1 1 (鋼橋\_箱桁\_合成\_連続桁\_中央径間)  
 検索抽出橋梁数：4 橋 腐食データのある橋梁数：3 橋  
 分析可能橋梁数：3 橋 分析可能径間数：3 径間

表-2.33 要素別点数

	中間支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	0	1	0	1	0
中桁	0	0	0	1	1
外桁	0	1	0	1	0

表-2.34 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	中間支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	0/3	1/3	0/3	1/3	0/3
中桁	0/3	0/3	0/3	1/3	1/3
外桁	0/3	1/3	0/3	1/3	0/3

表-2.35 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	2/3
中桁	0/3
全体	2/3

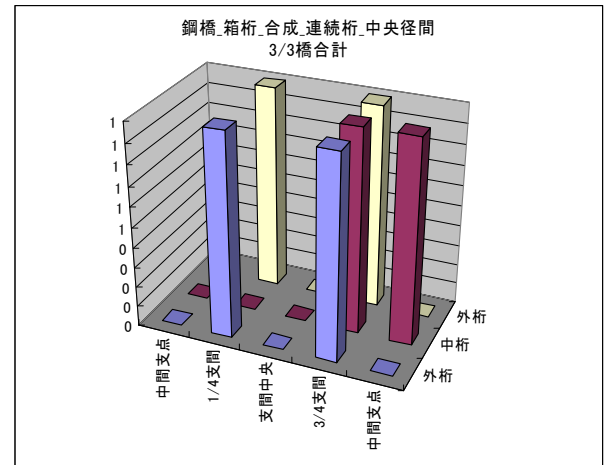


図-2.15 要素別点数

分析対象数が非常に少なく、分析結果は対象橋梁固有の特徴を反映したものである可能性があるため傾向分析は困難である。

(1 2) ケース 1 2 (鋼橋\_箱桁\_非合成\_連続桁\_中央径間)  
 検索抽出橋梁数：24 橋 腐食データのある橋梁数：9 橋  
 分析可能橋梁数：9 橋 分析可能径間数：12 径間

表-2.36 要素別点数

	中間支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	8	13	5	12	3
中桁	1	4	4	6	1
外桁	8	13	5	12	3

表-2.37 要素別損傷数 (損傷数/対象数)

	中間支点	1/4支間	支間中央	3/4支間	中間支点
外桁	7/12	9/12	3/12	8/12	3/12
中桁	1/12	3/12	2/12	4/12	1/12
外桁	7/12	9/12	3/12	8/12	3/12

表-2.38 支点部に損傷が無くかつ、支間中央に損傷のある数

外桁	5/12
中桁	3/12
全体	5/12

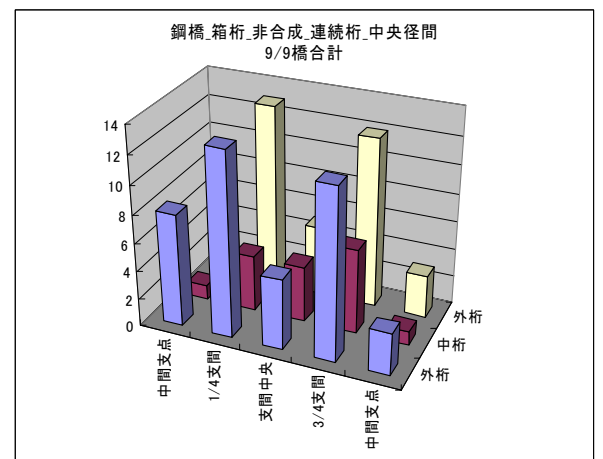


図-2.16 要素別点数

分析対象数が非常に少なく、分析結果は対象橋梁固有の特徴を反映したものである可能性があるため傾向分析は困難である。

## 2. 4 腐食頻度分析のまとめ

定期点検の結果より腐食の発生頻度を分析し結果、以下のことが明らかとなった。

### ○橋軸直角方向について

- ・橋軸直角方向の違いでは、分析数が極めて少ないケース10を除く全ての場合に外げたの腐食が中げたに比べ著しい傾向にある。

### ○橋軸方向について

- ・橋軸方向では、ある程度信頼できる分析可能橋梁数が10橋以上のケースでは、支間中央よりも支点部で腐食が卓越する傾向がある。
- ・単純桁の端支点部では、特に支間中央の腐食数よりも突出する傾向がみられる。これは橋台上の腐食環境が橋梁の中央部にかかる橋脚より閉鎖的かつ狭隘な空間になっている事が大きいために考えられる。
- ・最も腐食の発生傾向が高い外げたの支点部に腐食が発生しておらず、かつ中央支間に腐食の発生しているものは87/914と9.5%にすぎない。つまり、支点部以外に発生している腐食の9割は支点部に腐食を伴っている。

### ○その他

- ・単純桁の場合、箱桁・鈑桁及び合成・非合成といった違いによる腐食の発生傾向の違いは見られない。