

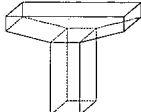
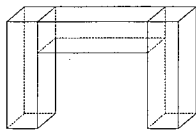
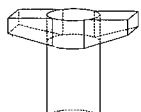
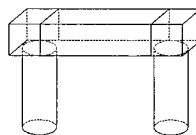
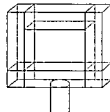
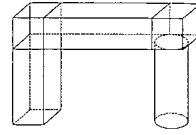
5. 橋脚の断面形状等基本条件と損傷の関係

前述の分析パラメータによる分析結果を以下に述べる。

5.1 分析①-1 橋脚の断面形状と損傷の関係

橋脚の断面形状（表 5-1）と損傷発生の関係について、橋脚別、隅角別、溶接線方向別に分析を行う。

表 5-1 橋脚の断面形状

角柱橋脚	円柱橋脚	混合橋脚
 	 	 

【分析結果】

①橋脚数

分析対象全 319 橋脚は、角柱 191 橋脚（59.9%）と円柱117橋脚（36.7%）および、角柱、円柱が混在する混合橋脚 11 橋脚（3.4%）とに分類される。（図5-1）

全橋脚の損傷発生率は、図5-2に示すように 44.8%であり、角柱および円柱の損傷発生率は、図 5-3 に示すように、角柱で 49.2%、円柱で 35.9%を示す。また、損傷長さ 30 mm以上の損傷発生率は図 5-4 より全橋脚で 8.5%、角柱で 6.8%、円柱で 14.5%を示す。

②隅角数

分析対象全 2462 隅角は、角柱 1452 隅角（59.0%）と円柱 1010 隅角（41.0%）に分類される。（図 5-6）

全隅角数の損傷発生率は、図 5-7 に示すように 14.3%であり、角柱および円柱の損傷発生率は、図 5-8 に示すように、角柱で 15.4%、円柱で 12.7%を示す。また、損傷長さ 30 mm以上の損傷発生率は図 5-9 より全隅角で 1.8%、角柱で 1.3%、円柱で 2.6%を示す。

③溶接線方向

溶接線方向別（X,Y,Z）の損傷状況を見ると、角柱、円柱の各方向とも 5%強程度の損傷発生率を示す。

【考察】

橋脚別、隅角別の分析結果を見ると、角柱の損傷発生率が円柱より高めであるが、損傷長さ 30 mm以上の損傷発生率は円柱の損傷発生率が角柱より高めであり、橋脚種別による

有為差は不明である。また、溶接線方向別にも顕著な損傷傾向は見られなかった。以降の分析において完成年、大型車交通量、大型車累積交通量、支承条件等と損傷発生との関係を確認しながら、どのような状況下に置かれた橋脚が疲労損傷の観点から危険なのかを探索してみることにする。

(1) 橋脚の断面形状別の損傷状況

表5-2 損傷橋脚数

	単位	脚数	損傷有	損傷無
全橋脚	脚	319	143	176
角柱		191	94	97
円柱		117	42	75
混合		11	7	4

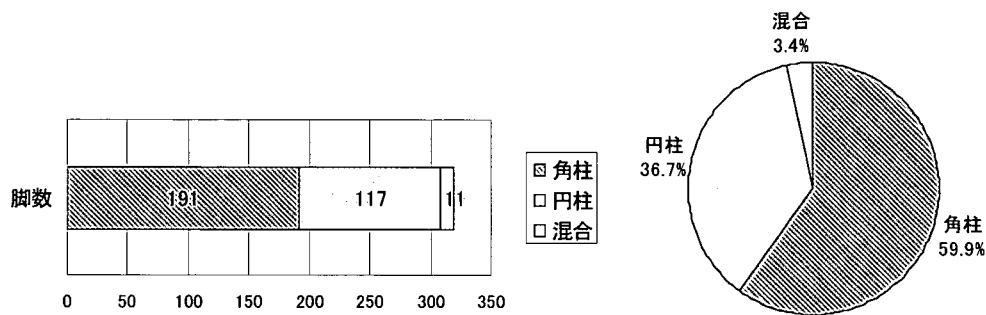


図5-1 橋脚の断面形状

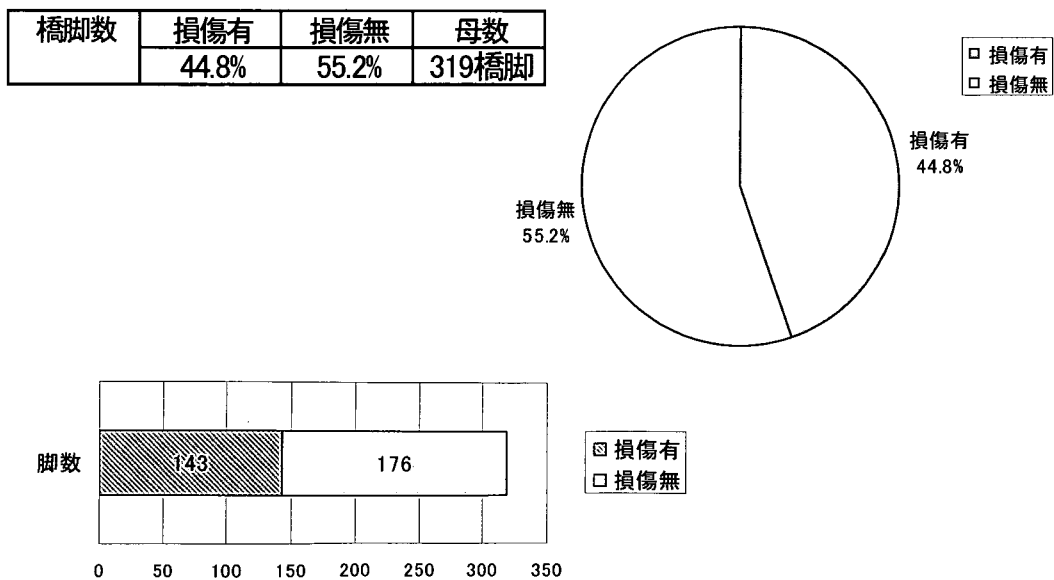
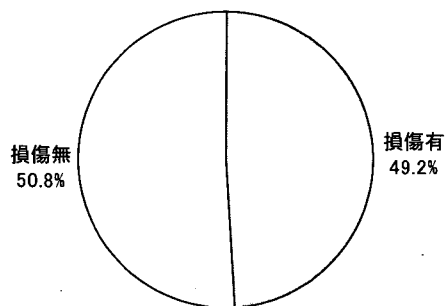
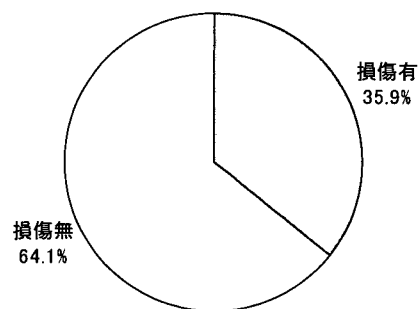


図5-2 橋脚の損傷発生率

角柱	損傷有	損傷無	母数
	49.2%	50.8%	191橋脚



円柱	損傷有	損傷無	母数
	35.9%	64.1%	117橋脚



混合	損傷有	損傷無	母数
	63.6%	36.4%	11橋脚

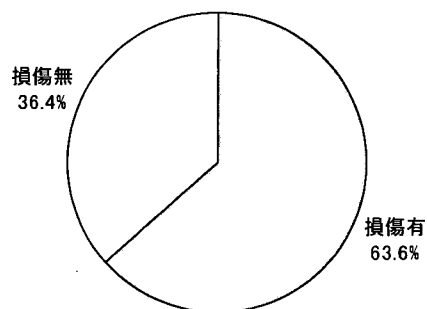
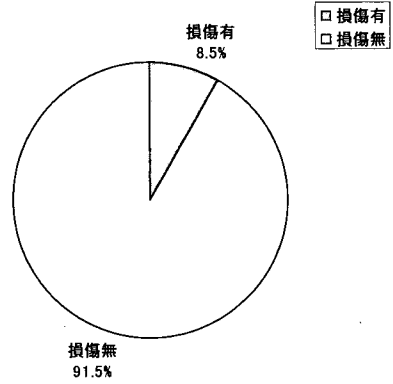


図5-3 橋脚の断面形状別の損傷発生率

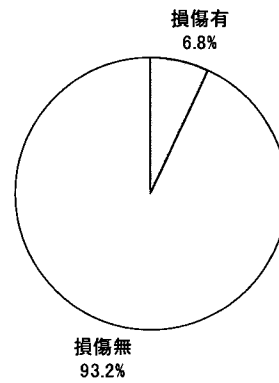
表5-3 損傷長さ30mm以上の損傷橋脚数

	単位	脚数	損傷有	損傷無
全橋脚	脚	319	30	289
角柱		191	13	178
円柱		117	17	100
混合		11	0	11

隅角数	損傷有	損傷無	母数
	9.4%	90.6%	319橋脚



角柱	損傷有	損傷無	母数
	6.8%	93.2%	191橋脚



円柱	損傷有	損傷無	母数
	14.5%	85.5%	117橋脚

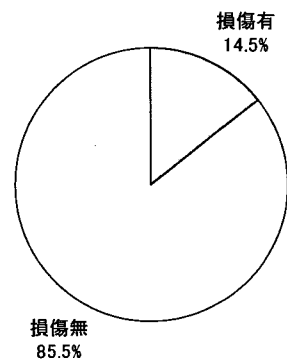


図5-4 橋脚の断面形状別の損傷長さ30mm以上の損傷発生率

(2) 隅角別の損傷状況

表5-4 損傷隅角数

	単位	隅角	損傷有	損傷無
全隅角	隅角	2462	351	2111
角柱		1452	223	1229
円柱		1010	128	882

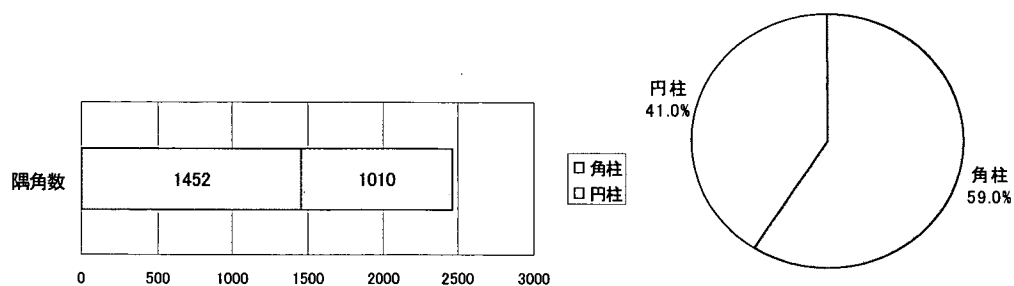


図5-5 角柱、円柱の隅角数

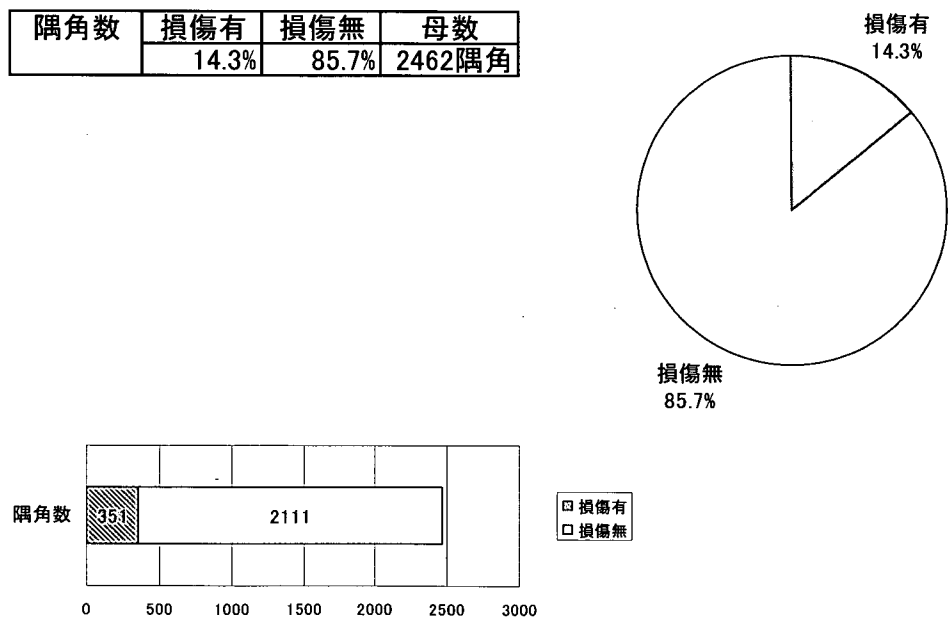
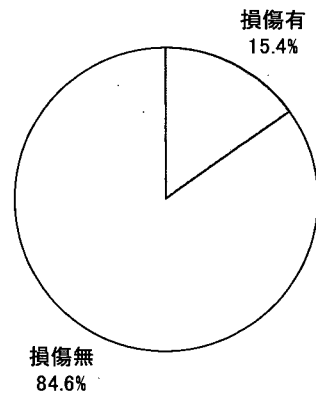


図5-6 隅角別の損傷発生率

角柱	損傷有	損傷無	母数
	223	1229	1452隅角



円柱	損傷有	損傷無	母数
	128	882	1010隅角

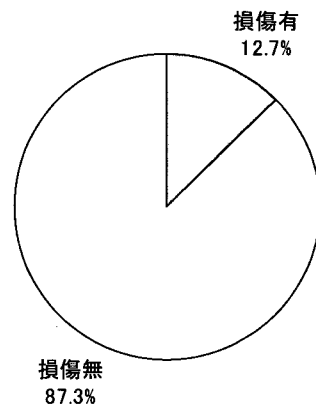
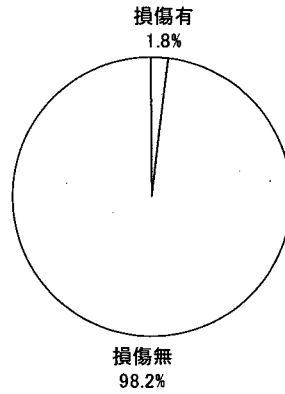


図5-7 角柱、円柱の隅角別の損傷発生率

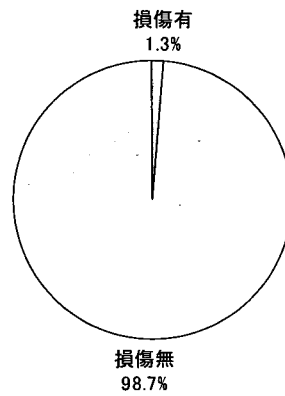
表5-5 損傷長さ30mm以上の損傷隅角数

	単位	隅角	損傷有	損傷無
全隅角	隅角	2462	45	2417
角柱		1452	19	1433
円柱		1010	26	984

隅角数	損傷有	損傷無	母数
	1.8%	98.2%	2462隅角



角柱	損傷有	損傷無	母数
	19	1433	1452隅角



円柱	損傷有	損傷無	母数
	26	984	1010隅角

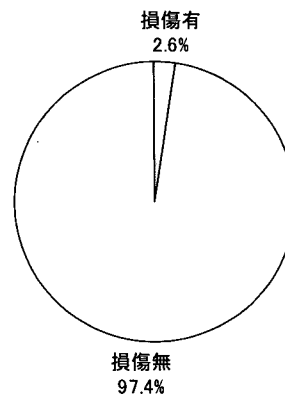


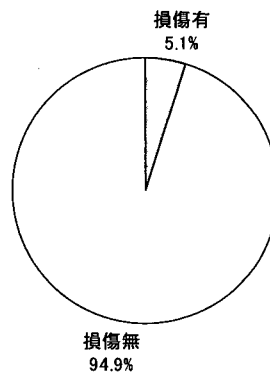
図5-8 損傷長さ30mm以上の隅角別の損傷発生率

(3) 溶接線別の損傷状況

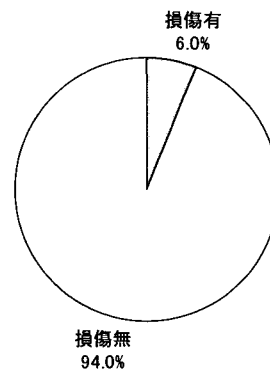
表5-6 損傷溶接線数

		溶接線	損傷有	損傷無
全溶接線	X	2298	118	2180
	Y	2252	136	2116
	Z	2390	170	2220
角柱	X	1322	73	1249
	Y	1314	80	1234
	Z	1428	122	1306
円柱	X	976	45	931
	Y	938	56	882
	Z	962	48	914

溶接線	損傷有	損傷無	母数
X	5.1%	94.9%	2298溶接線



溶接線	損傷有	損傷無	母数
Y	6.0%	94.0%	2252溶接線



溶接線	損傷有	損傷無	母数
Z	7.1%	92.9%	2390溶接線

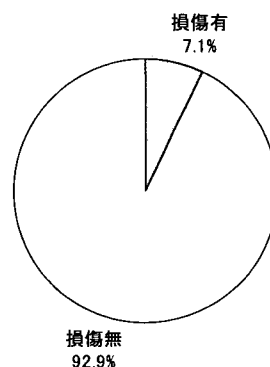
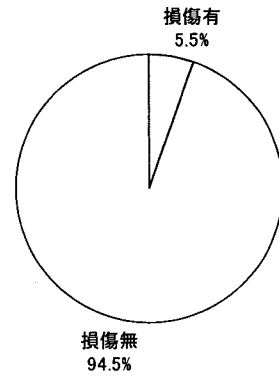
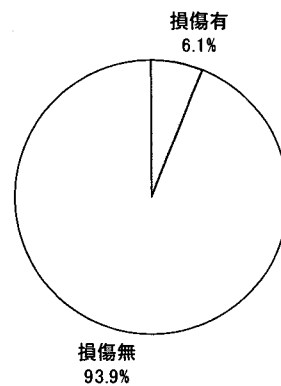


図5-9 溶接線別の損傷発生率

	溶接線	損傷有	損傷無	母数
角柱	X	5.5%	94.5%	1322溶接線



	溶接線	損傷有	損傷無	母数
角柱	Y	6.1%	93.9%	1314溶接線



	溶接線	損傷有	損傷無	母数
角柱	Z	8.5%	91.5%	1428溶接線

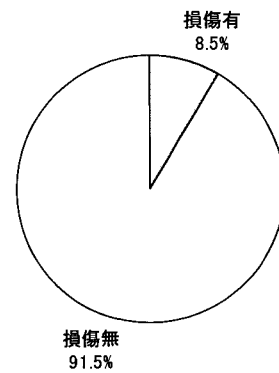
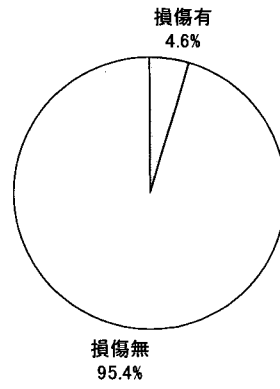
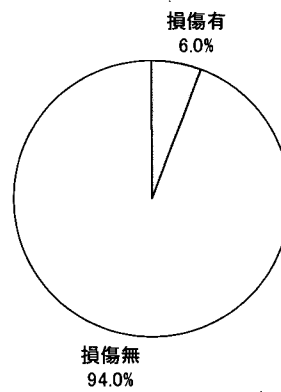


図5-10 溶接線別の損傷発生率（角柱）

	溶接線	損傷有	損傷無	母数
円柱	X	4.6%	95.4%	976溶接線



	溶接線	損傷有	損傷無	母数
円柱	Y	6.0%	94.0%	938溶接線



	溶接線	損傷有	損傷無	母数
円柱	Z	5.0%	95.0%	962溶接線

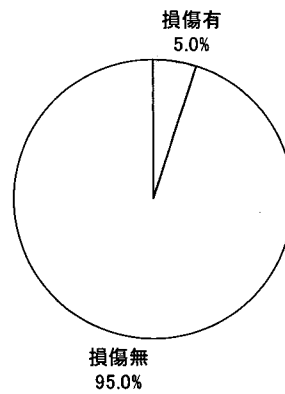
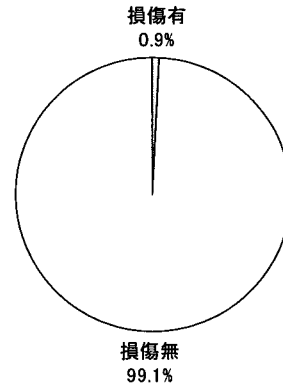


図5-11 溶接線別の損傷発生率（円柱）

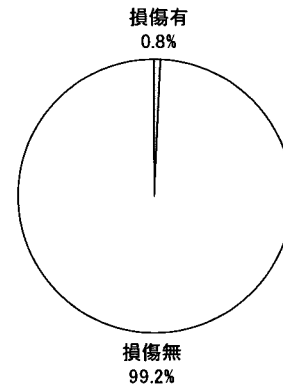
表5-7 損傷長さ30mm以上の損傷溶接線数

		溶接線	損傷有	損傷無
全溶接線	X	2298	21	2277
	Y	2252	19	2233
	Z	2390	10	2380
角柱	X	1322	11	1311
	Y	1314	10	1304
	Z	1428	3	1425
円柱	X	976	10	966
	Y	938	9	929
	Z	962	7	955

溶接線	損傷有	損傷無	母数
X	0.9%	99.1%	2298溶接線



溶接線	損傷有	損傷無	母数
Y	0.8%	99.2%	2252溶接線



溶接線	損傷有	損傷無	母数
Z	0.4%	99.6%	2390溶接線

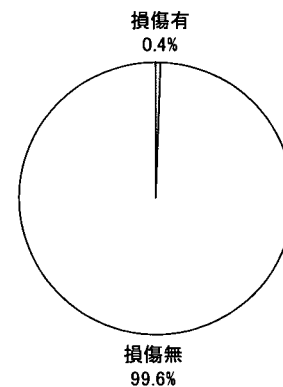
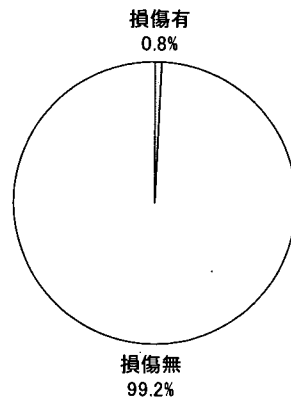
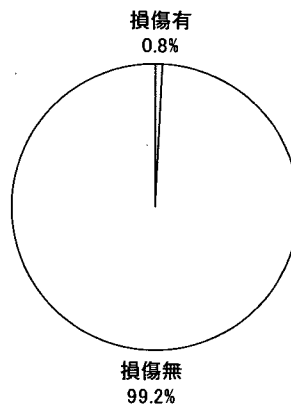


図5-12 損傷長さ30mm以上の溶接線別の損傷発生率

	溶接線	損傷有	損傷無	母数
角柱	X	0.8%	99.2%	1322溶接線



	溶接線	損傷有	損傷無	母数
角柱	Y	0.8%	99.2%	1314溶接線



	溶接線	損傷有	損傷無	母数
角柱	Z	0.2%	99.8%	1428溶接線

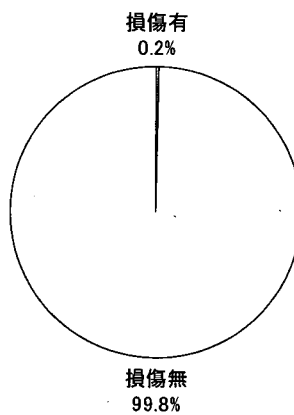
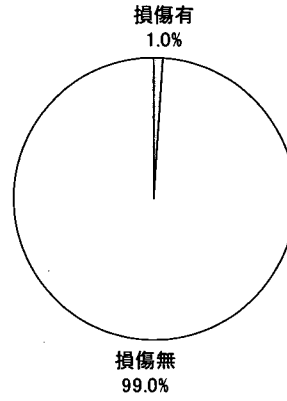
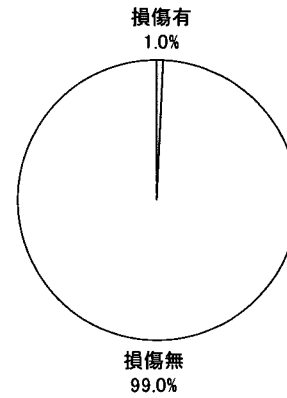


図5-13 損傷長さ30mm以上の溶接線別の損傷発生率（角柱）

	溶接線	損傷有	損傷無	母数
円柱	X	1.0%	99.0%	976溶接線



	溶接線	損傷有	損傷無	母数
円柱	Y	1.0%	99.0%	938溶接線



	溶接線	損傷有	損傷無	母数
円柱	Z	0.7%	99.3%	962溶接線

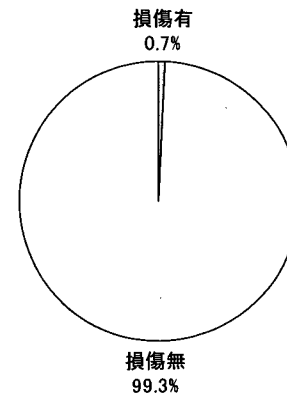


図5-14 損傷長さ30mm以上の溶接線別の損傷発生率（円柱）

5.2 分析② 完成年と損傷の関係

分析対象橋脚全 319 橋脚を、完成年と損傷発生の関係について分析を行う。

【分析結果】

鋼製橋脚の建造は、昭和 30 年代後半から経済成長とともに進められ、国土交通省においては現在（H14 年度時点）に至るまでに 334 橋脚が建造されてきた。それらの内、分析対象とした 319 橋脚を完成年別に分類した橋脚数を図5-15 に示す。

鋼製橋脚の建設ピークが昭和 40 年代中盤、昭和 50 年代後半および平成初期に現れているが、損傷発生橋脚のピークは、脚柱形状によって傾向を異にしている。

鋼製橋脚の建設ピーク年度のうち、角柱の損傷発生は、平成初期（H3 ～ 4）及び近年（H12 ～ 13）に建造された橋脚に顕著に現れており、円柱の損傷発生は、昭和 40 年代中盤及び平成初期に建造された橋脚に発生傾向が認められる。

【考察】

鋼製橋脚の建設ピークは、昭和 40 年代中盤、昭和 50 年代後半および平成初期に現れており、それらの建設ピーク時の損傷発生率は、角柱で平成初期に、円柱で昭和 40 年代中盤に高くなっており、高度経済成長期とバブル経済期に製作された橋脚は損傷発生率が高いことがわかる。

平成に入って建造された橋脚に発生傾向が認められるが、これら平成以降に建設された橋脚の損傷発生は、供用後の交反応力履歴回数がまだ少ないことから、よほど過大な荷重履歴を受けているのか、または疲労のみならず設計・製作上の原因等も予想される。

このため次項の分析③及び分析④では、大型車交通量との関係について分析を行う。

表5-8 完成年別橋脚数

完成年	橋脚数	角柱		円柱		混合	
		損傷有	損傷無	損傷有	損傷無	損傷有	損傷無
S37	1	0	1	0	0	0	0
S38	0	0	0	0	0	0	0
S39	4	0	0	0	4	0	0
S40	1	0	1	0	0	0	0
S41	3	0	0	1	2	0	0
S42	2	1	1	0	0	0	0
S43	23	1	1	3	18	0	0
S44	12	6	2	3	1	0	0
S45	6	1	2	0	3	0	0
S46	6	0	0	1	5	0	0
S47	13	0	0	9	4	0	0
S48	8	3	0	5	0	0	0
S49	6	1	0	2	3	0	0
S50	9	2	2	5	0	0	0
S51	7	1	0	0	2	2	2
S52	4	2	2	0	0	0	0
S53	7	4	0	2	1	0	0
S54	0	0	0	0	0	0	0
S55	1	0	0	0	1	0	0
S56	11	1	2	2	6	0	0
S57	2	0	1	1	0	0	0
S58	17	4	4	2	1	4	2
S59	5	3	2	0	0	0	0
S60	0	0	0	0	0	0	0
S61	1	1	0	0	0	0	0
S63	1	0	0	1	0	0	0
H1	3	1	1	1	0	0	0
H2	9	6	2	1	0	0	0
H3	14	8	5	0	1	0	0
H4	23	17	5	0	1	0	0
H5	11	0	0	1	10	0	0
H6	5	2	3	0	0	0	0
H7	6	3	3	0	0	0	0
H8	12	5	4	0	3	0	0
H9	4	1	3	0	0	0	0
H10	0	0	0	0	0	0	0
H11	10	0	6	2	2	0	0
H12	29	10	18	0	1	0	0
H13	16	2	13	0	1	0	0
H14	4	2	0	0	2	0	0
不明	23	6	13	0	3	1	0
計	319	94	97	42	75	7	4

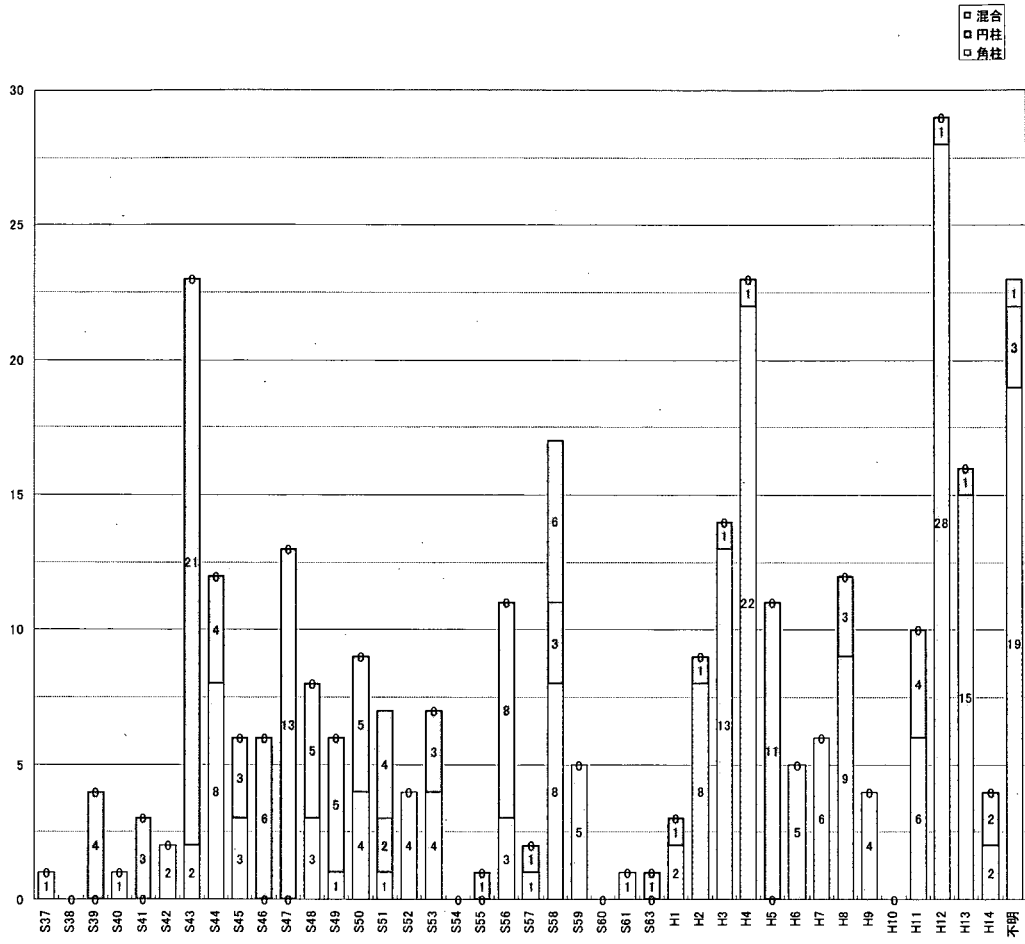
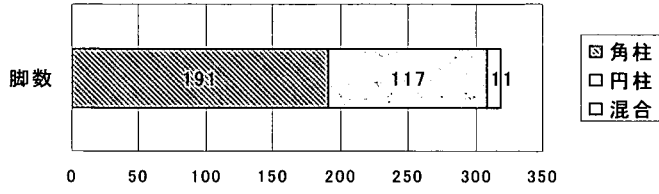
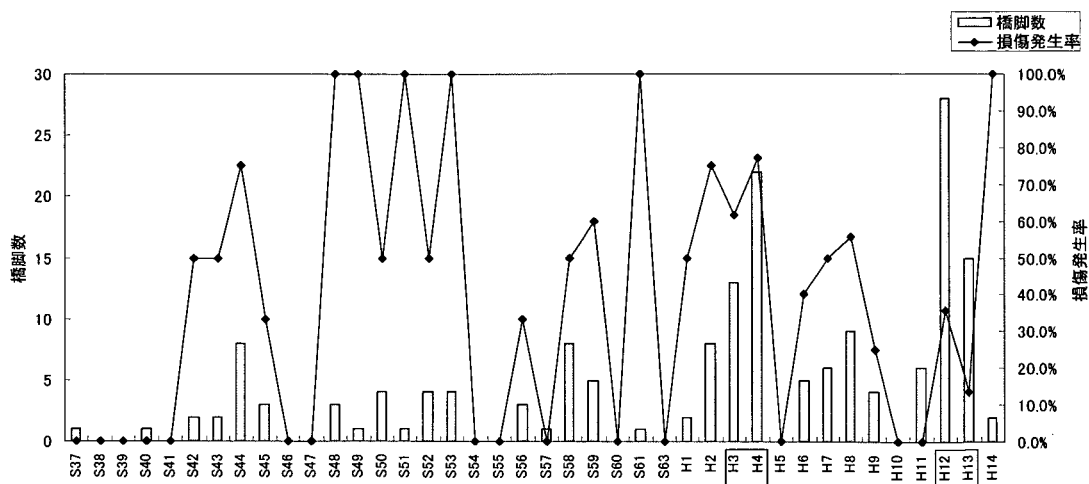


图5-15 完成年别桥脚数

表5-9 完成年別損傷発生率（角柱）

完成年	角柱		母数
	損傷有	損傷無	
S37	0.0%	100.0%	1橋脚
S38	0.0%	100.0%	0橋脚
S39	0.0%	100.0%	0橋脚
S40	0.0%	100.0%	1橋脚
S41	0.0%	100.0%	0橋脚
S42	50.0%	50.0%	2橋脚
S43	50.0%	50.0%	2橋脚
S44	75.0%	25.0%	8橋脚
S45	33.3%	66.7%	3橋脚
S46	0.0%	100.0%	0橋脚
S47	0.0%	100.0%	0橋脚
S48	100.0%	0.0%	3橋脚
S49	100.0%	0.0%	1橋脚
S50	50.0%	50.0%	4橋脚
S51	100.0%	0.0%	1橋脚
S52	50.0%	50.0%	4橋脚
S53	100.0%	0.0%	4橋脚
S54	0.0%	100.0%	0橋脚
S55	0.0%	100.0%	0橋脚
S56	33.3%	66.7%	3橋脚
S57	0.0%	100.0%	1橋脚
S58	50.0%	50.0%	8橋脚
S59	60.0%	40.0%	5橋脚
S60	0.0%	100.0%	0橋脚
S61	100.0%	0.0%	1橋脚
S63	0.0%	100.0%	0橋脚
H1	50.0%	50.0%	2橋脚
H2	75.0%	25.0%	8橋脚
H3	61.5%	38.5%	13橋脚
H4	77.3%	22.7%	22橋脚
H5	0.0%	100.0%	0橋脚
H6	40.0%	60.0%	5橋脚
H7	50.0%	50.0%	6橋脚
H8	55.6%	44.4%	9橋脚
H9	25.0%	75.0%	4橋脚
H10	0.0%	100.0%	0橋脚
H11	0.0%	100.0%	6橋脚
H12	35.7%	64.3%	28橋脚
H13	13.3%	86.7%	15橋脚
H14	100.0%	0.0%	2橋脚
不明	31.6%	68.4%	19橋脚

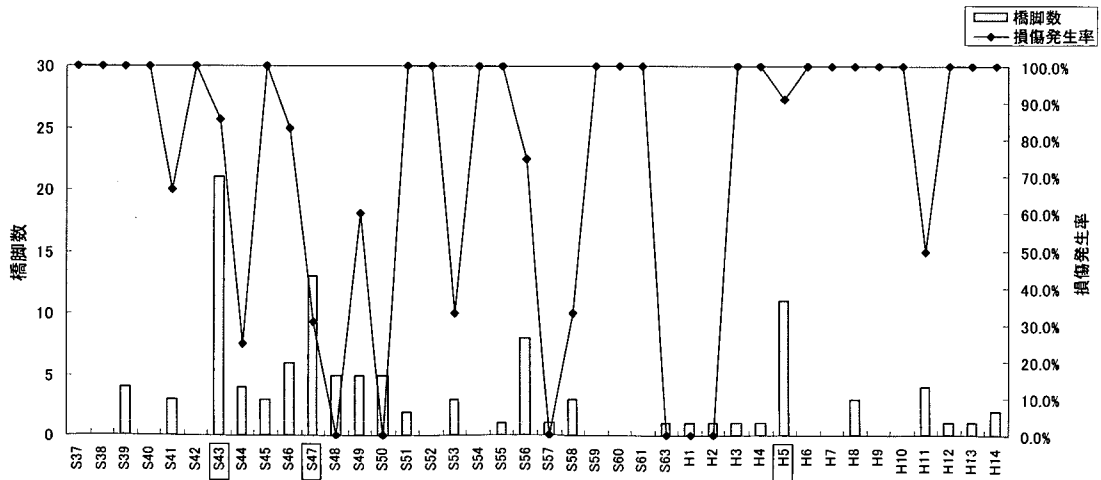


※□は母数が多い箇所を示す。

図5-16 完成年別損傷発生率（角柱）

表 5-10 完成年別損傷発生率（円柱）

完成年	円柱		母数
	損傷有	損傷無	
S37	0.0%	100.0%	0橋脚
S38	0.0%	100.0%	0橋脚
S39	0.0%	100.0%	4橋脚
S40	0.0%	100.0%	0橋脚
S41	33.3%	66.7%	3橋脚
S42	0.0%	100.0%	0橋脚
S43	14.3%	85.7%	21橋脚
S44	75.0%	25.0%	4橋脚
S45	0.0%	100.0%	3橋脚
S46	16.7%	83.3%	6橋脚
S47	69.2%	30.8%	13橋脚
S48	100.0%	0.0%	5橋脚
S49	40.0%	60.0%	5橋脚
S50	100.0%	0.0%	5橋脚
S51	0.0%	100.0%	2橋脚
S52	0.0%	100.0%	0橋脚
S53	66.7%	33.3%	3橋脚
S54	0.0%	100.0%	0橋脚
S55	0.0%	100.0%	1橋脚
S56	25.0%	75.0%	8橋脚
S57	100.0%	0.0%	1橋脚
S58	66.7%	33.3%	3橋脚
S59	0.0%	100.0%	0橋脚
S60	0.0%	100.0%	0橋脚
S61	0.0%	100.0%	0橋脚
S63	100.0%	0.0%	1橋脚
H1	100.0%	0.0%	1橋脚
H2	100.0%	0.0%	1橋脚
H3	0.0%	100.0%	1橋脚
H4	0.0%	100.0%	1橋脚
H5	9.1%	90.9%	11橋脚
H6	0.0%	100.0%	0橋脚
H7	0.0%	100.0%	0橋脚
H8	0.0%	100.0%	3橋脚
H9	0.0%	100.0%	0橋脚
H10	0.0%	100.0%	0橋脚
H11	50.0%	50.0%	4橋脚
H12	0.0%	100.0%	1橋脚
H13	0.0%	100.0%	1橋脚
H14	0.0%	100.0%	2橋脚
不明	0.0%	100.0%	3橋脚



※□は母数が多い箇所を示す。

図5-17 完成年別円柱橋脚損傷発生率

5.3 分析③ 大型車交通量と損傷の関係

大型車交通量と損傷発生の関係について分析を行う。

【分析結果】

図 5-18、図 5-19 に分析対象全 319 橋脚の大型車交通量（H11 年度センサス結果）毎の該当橋脚数を示した。また、図 5-20、図 5-21 には、大型車交通量毎の損傷発生率を示した。

角柱、円柱のいずれも大型車交通量は 10,000 台以上 15,000 台未満の範囲の橋脚数が多いことがわかった。

【考察】

大型車交通量と損傷発生を見ると、大型車交通量が 10,000 台以上 15,000 台未満の橋脚の損傷発生率が 10,000 台未満の橋脚の損傷発生率から急激な上昇を示す。それ以上の重交通量の範囲では、損傷発生率にばらつきがあるものの約半数の橋脚に損傷の発生が見られる。

疲労損傷は荷重の繰り返しの影響を受けるので、次項の分析④では累積大型車交通量と損傷発生について分析を行う。

表5-11 大型車交通量別橋脚数

角柱	橋脚数	損傷有	損傷無
5,000未満	45	11	34
5,000以上10,000未満	19	5	14
10,000以上15,000未満	41	25	16
15,000以上20,000未満	15	5	10
20,000以上25,000未満	3	2	1
25,000以上30,000未満	2	1	1
30,000以上35,000未満	0	0	0
35,000以上40,000未満	37	20	17
不明	29	25	4
円柱	橋脚数	損傷有	損傷無
5,000未満	30	11	19
5,000以上10,000未満	21	8	13
10,000以上15,000未満	31	16	15
15,000以上20,000未満	23	7	16
20,000以上25,000未満	3	0	3
25,000以上30,000未満	0	0	0
30,000以上35,000未満	0	0	0
35,000以上40,000未満	0	0	0
不明	9	0	9
混合	橋脚数	損傷有	損傷無
5,000未満	0	0	0
5,000以上10,000未満	0	0	0
10,000以上15,000未満	11	7	4
15,000以上20,000未満	0	0	0
20,000以上25,000未満	0	0	0
25,000以上30,000未満	0	0	0
30,000以上35,000未満	0	0	0
35,000以上40,000未満	0	0	0
不明	0	0	0
計	橋脚数	損傷有	損傷無
5,000未満	75	22	53
5,000以上10,000未満	40	13	27
10,000以上15,000未満	83	48	35
15,000以上20,000未満	38	12	26
20,000以上25,000未満	6	2	4
25,000以上30,000未満	2	1	1
30,000以上35,000未満	0	0	0
35,000以上40,000未満	37	20	17
不明	38	25	13

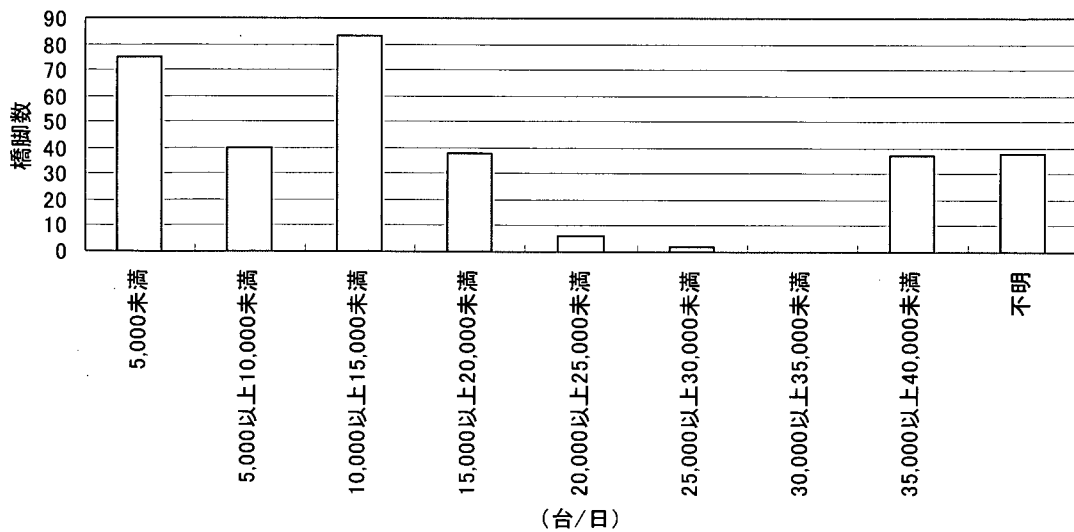
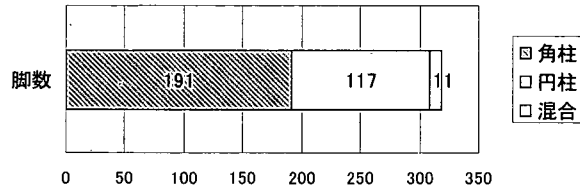
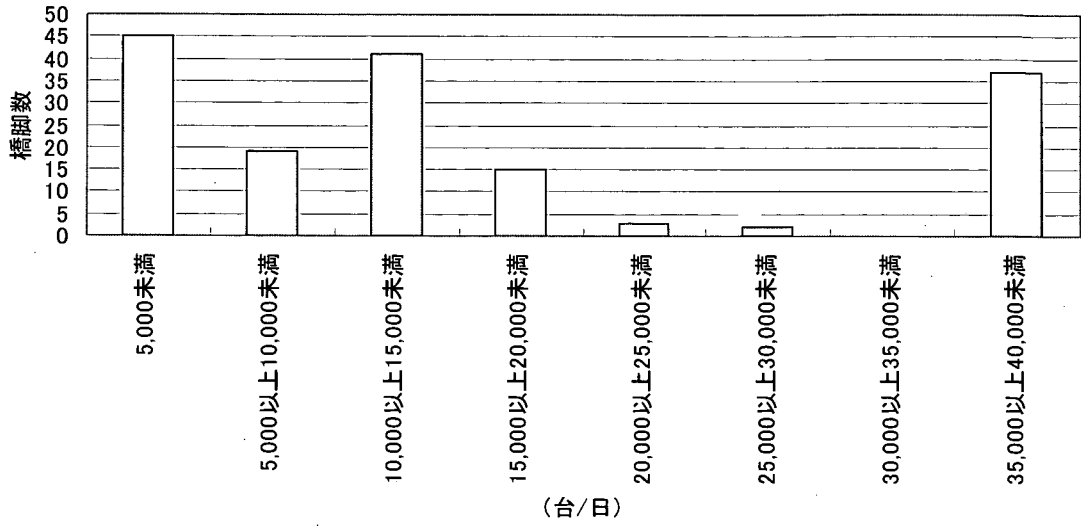


図5-18 大型車交通量別橋脚数



角柱



円柱

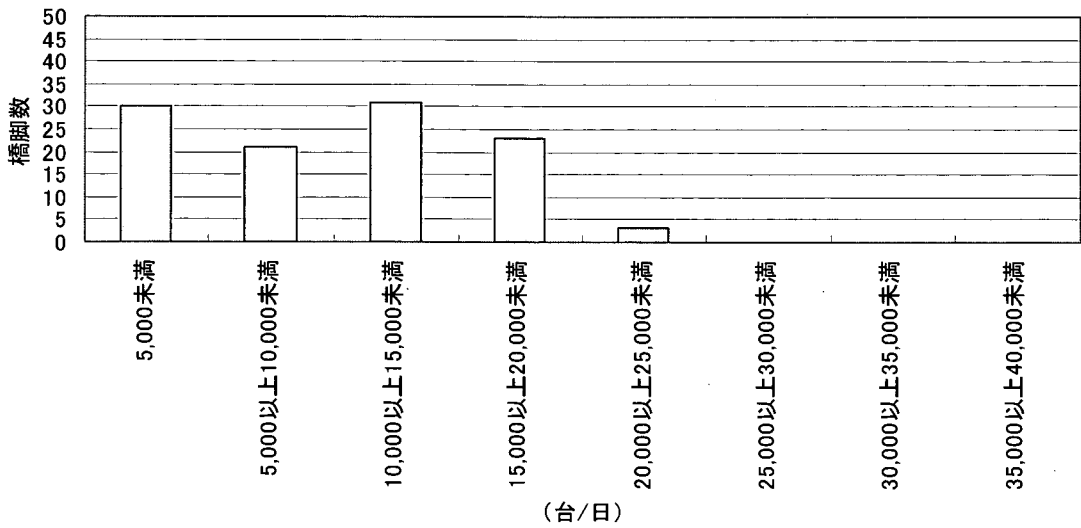


図5-19 角柱、円柱の大型車交通量別橋脚数

表5-12 大型車交通量別の損傷発生率

角柱	損傷有	損傷無	母数
5,000未満	24.4%	75.6%	45橋脚
5,000以上10,000未満	26.3%	73.7%	19橋脚
10,000以上15,000未満	61.0%	39.0%	41橋脚
15,000以上20,000未満	33.3%	66.7%	15橋脚
20,000以上25,000未満	66.7%	33.3%	3橋脚
25,000以上30,000未満	50.0%	50.0%	2橋脚
30,000以上35,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
35,000以上40,000未満	54.1%	45.9%	37橋脚
不明	86.2%	13.8%	29橋脚
円柱	損傷有	損傷無	母数
5,000未満	36.7%	63.3%	30橋脚
5,000以上10,000未満	38.1%	61.9%	21橋脚
10,000以上15,000未満	51.6%	48.4%	31橋脚
15,000以上20,000未満	30.4%	69.6%	23橋脚
20,000以上25,000未満	0.0%	100.0%	3橋脚
25,000以上30,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
30,000以上35,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
35,000以上40,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
不明	0.0%	100.0%	9橋脚
混合	損傷有	損傷無	母数
5,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
5,000以上10,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
10,000以上15,000未満	63.6%	36.4%	11橋脚
15,000以上20,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
20,000以上25,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
25,000以上30,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
30,000以上35,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
35,000以上40,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
不明	0.0%	100.0%	0橋脚
計	損傷有	損傷無	母数
5,000未満	29.3%	70.7%	75橋脚
5,000以上10,000未満	32.5%	67.5%	40橋脚
10,000以上15,000未満	57.8%	42.2%	83橋脚
15,000以上20,000未満	31.6%	68.4%	38橋脚
20,000以上25,000未満	33.3%	66.7%	6橋脚
25,000以上30,000未満	50.0%	50.0%	2橋脚
30,000以上35,000未満	0.0%	100.0%	0橋脚
35,000以上40,000未満	54.1%	45.9%	37橋脚
不明	65.8%	34.2%	38橋脚

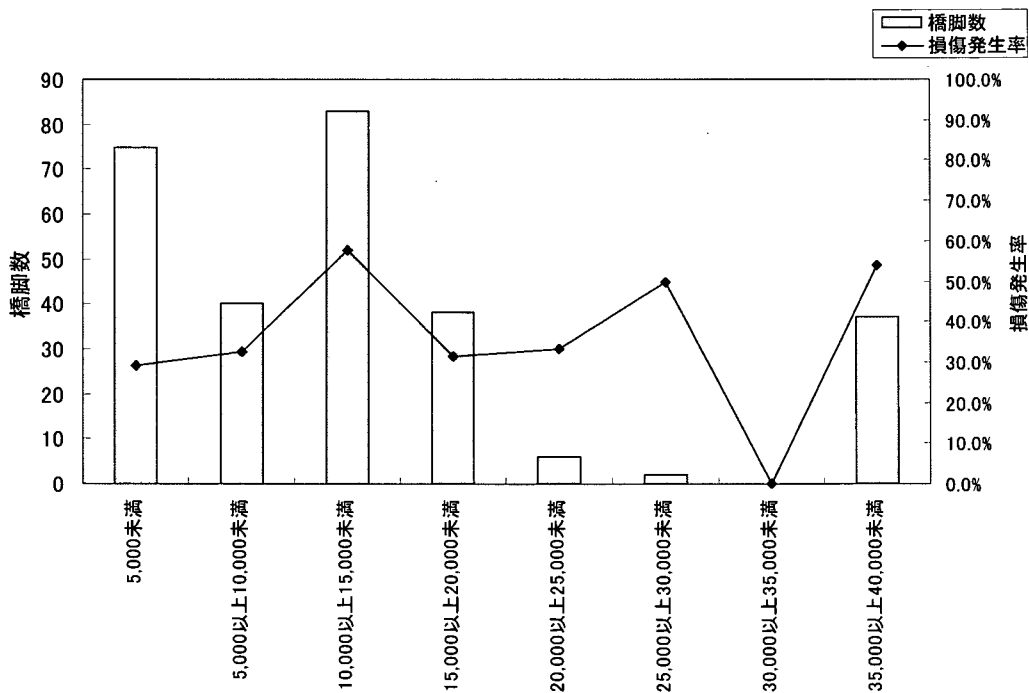


図5-20 大型車交通量と損傷の関係（橋脚数）

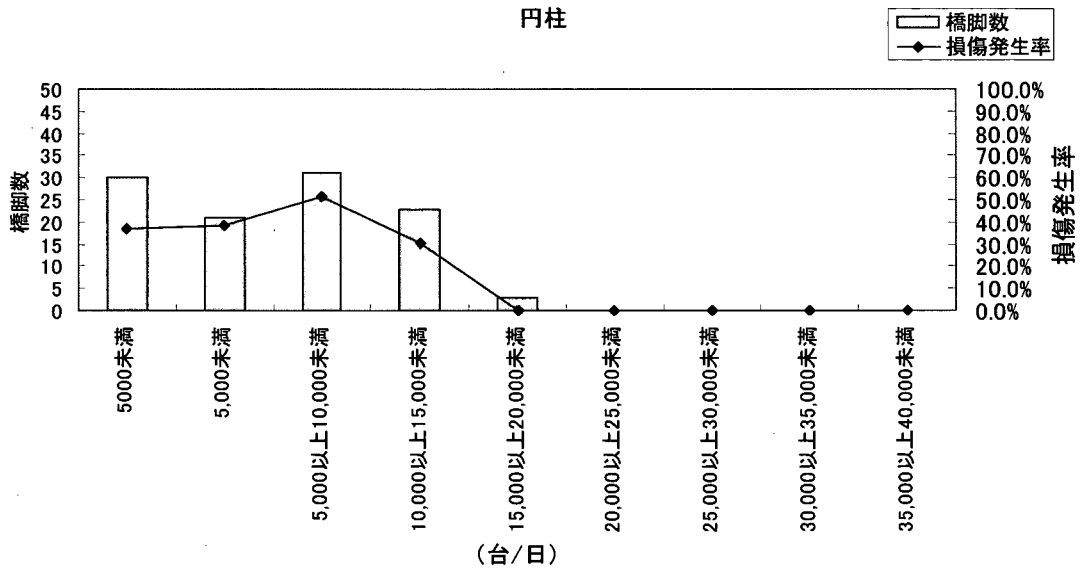
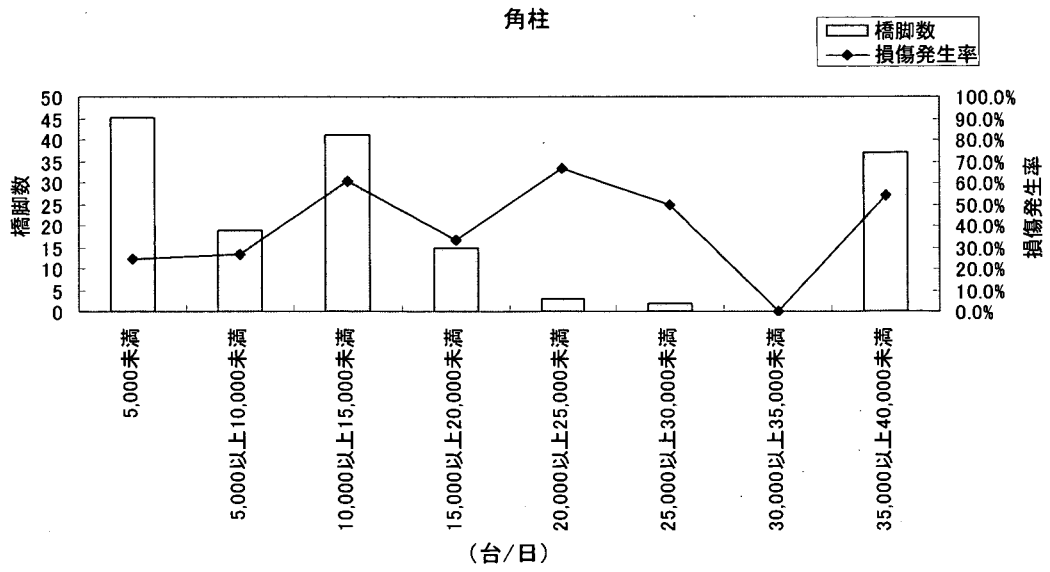


図5-21 橋脚種別および大型車交通量と損傷の関係 (橋脚数)

5.4 分析④

累積大型車交通量と損傷の関係について分析を行う。

$$\text{累積大型車交通量 (台)} = \text{供用年数 (年)} \times \text{大型車交通量 (台/日)} \times 365 \text{ (日)}$$

ここに

$$\text{供用年数 (年)} = 2002 \text{ (年)} - \text{竣工時年 (年)}$$

※分析の基となる損傷調査は、2002年に実施されていることから、2002年を基準として供用年を算出した。

【分析結果】

図 5-22 に累積大型車交通量と該当橋脚数を示した。分析対象橋脚 319 橋脚の 40%強が、累積大型車交通量4,500万台未満である。

図 5-23 より累積大型車交通量と損傷発生率の関係を見ると、累積大型車交通量が2.25億台未満の領域では、累積大型車交通量の増大とともに損傷発生率の増加傾向が見られる。更にそれ以上の累計値が大きな領域では、損傷発生率に大きなばらつきがあるが、この領域の数値は母数が少ないため参考程度に留めるものとする。

【考察】

累積大型車交通量が多いほど傷発生率も上昇しているが、2.25 億台以上で損傷発生率が下降している範囲がある。鋼製橋脚隅角部の損傷発生には大型車の繰返し载荷の影響が大きい、それ以外の要因の影響も大きいと考えられる。

表5-13 累積大型車交通量別橋脚数

角柱	橋脚数	損傷有	損傷無
0.45億台未満	85	38	47
0.45億台以上0.90億台未満	38	19	19
0.90億台以上1.35億台未満	34	21	13
1.35億台以上1.80億台未満	10	7	3
1.80億台以上2.25億台未満	1	1	0
2.25億台以上2.70億台未満	2	1	1
2.70億台以上3.15億台未満	0	0	0
3.15億台以上3.60億台未満	2	1	1
不明	19	6	13
円柱	橋脚数	損傷有	損傷無
0.45億台未満	52	13	39
0.45億台以上0.90億台未満	19	11	8
0.90億台以上1.35億台未満	11	7	4
1.35億台以上1.80億台未満	10	7	3
1.80億台以上2.25億台未満	1	1	0
2.25億台以上2.70億台未満	21	3	18
2.70億台以上3.15億台未満	0	0	0
3.15億台以上3.60億台未満	0	0	0
不明	3	0	3
混合	橋脚数	損傷有	損傷無
0.45億台未満	0	0	0
0.45億台以上0.90億台未満	6	4	2
0.90億台以上1.35億台未満	3	1	2
1.35億台以上1.80億台未満	1	1	0
1.80億台以上2.25億台未満	0	0	0
2.25億台以上2.70億台未満	0	0	0
2.70億台以上3.15億台未満	0	0	0
3.15億台以上3.60億台未満	0	0	0
不明	1	1	0
計	橋脚数	損傷有	損傷無
0.45億台未満	137	51	86
0.45億台以上0.90億台未満	63	34	29
0.90億台以上1.35億台未満	48	29	19
1.35億台以上1.80億台未満	21	15	6
1.80億台以上2.25億台未満	2	2	0
2.25億台以上2.70億台未満	23	4	19
2.70億台以上3.15億台未満	0	0	0
3.15億台以上3.60億台未満	2	1	1
不明	23	7	16

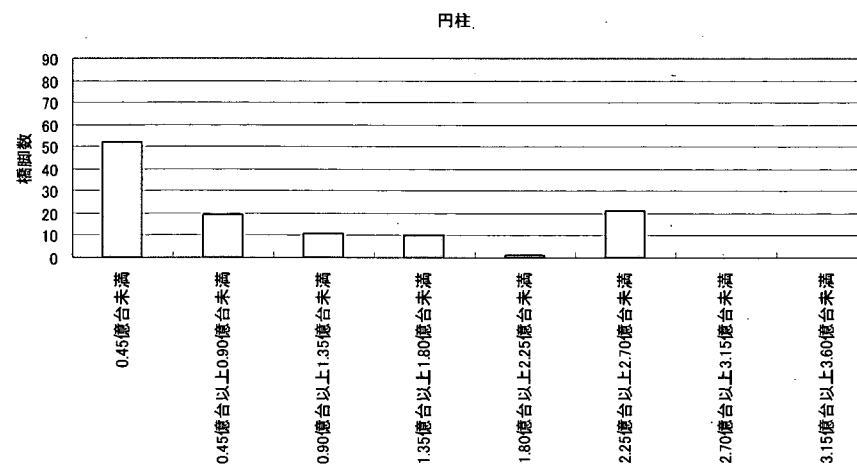
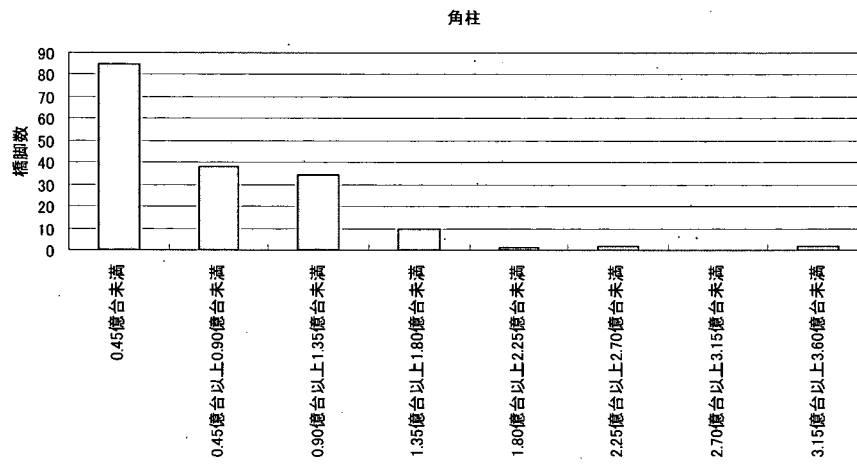
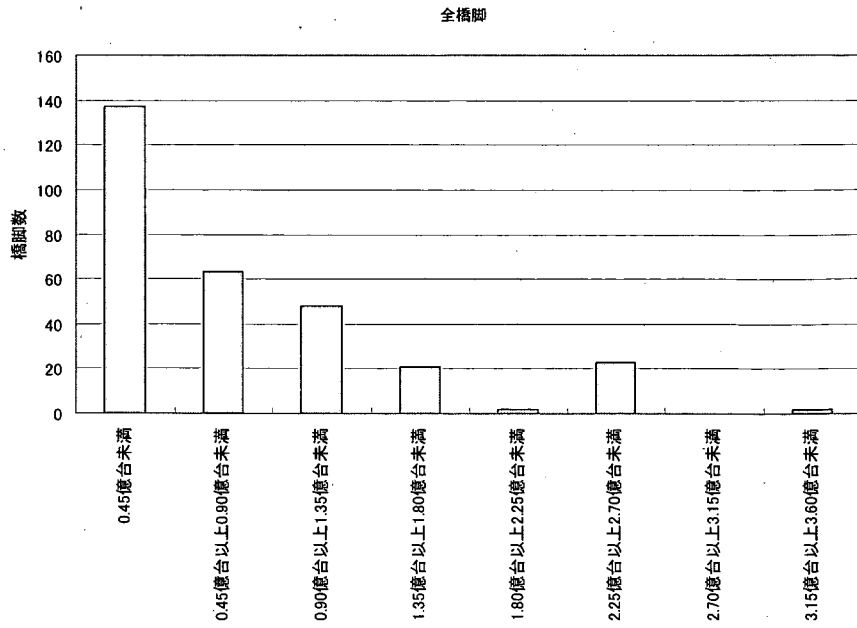


図5-22 累積大型車交通量別の橋脚数

表5-14 累積大型車交通量別損傷發生率

角柱	損傷有	損傷無	母数
0.45億台未滿	44.7%	55.3%	85橋脚
0.45億台以上0.90億台未滿	50.0%	50.0%	38橋脚
0.90億台以上1.35億台未滿	61.8%	38.2%	34橋脚
1.35億台以上1.80億台未滿	70.0%	30.0%	10橋脚
1.80億台以上2.25億台未滿	100.0%	0.0%	1橋脚
2.25億台以上2.70億台未滿	50.0%	50.0%	2橋脚
2.70億台以上3.15億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
3.15億台以上3.60億台未滿	50.0%	50.0%	2橋脚
不明	31.6%	68.4%	19橋脚
円柱	損傷有	損傷無	母数
0.45億台未滿	25.0%	75.0%	52橋脚
0.45億台以上0.90億台未滿	57.9%	42.1%	19橋脚
0.90億台以上1.35億台未滿	63.6%	36.4%	11橋脚
1.35億台以上1.80億台未滿	70.0%	30.0%	10橋脚
1.80億台以上2.25億台未滿	100.0%	0.0%	1橋脚
2.25億台以上2.70億台未滿	14.3%	85.7%	21橋脚
2.70億台以上3.15億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
3.15億台以上3.60億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
不明	0.0%	100.0%	3橋脚
混合	損傷有	損傷無	母数
0.45億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
0.45億台以上0.90億台未滿	66.7%	33.3%	6橋脚
0.90億台以上1.35億台未滿	33.3%	66.7%	3橋脚
1.35億台以上1.80億台未滿	100.0%	0.0%	1橋脚
1.80億台以上2.25億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
2.25億台以上2.70億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
2.70億台以上3.15億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
3.15億台以上3.60億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
不明	100.0%	0.0%	1橋脚
計	損傷有	損傷無	母数
0.45億台未滿	37.2%	62.8%	137橋脚
0.45億台以上0.90億台未滿	54.0%	46.0%	63橋脚
0.90億台以上1.35億台未滿	60.4%	39.6%	48橋脚
1.35億台以上1.80億台未滿	71.4%	28.6%	21橋脚
1.80億台以上2.25億台未滿	100.0%	0.0%	2橋脚
2.25億台以上2.70億台未滿	17.4%	82.6%	23橋脚
2.70億台以上3.15億台未滿	0.0%	100.0%	0橋脚
3.15億台以上3.60億台未滿	50.0%	50.0%	2橋脚
不明	30.4%	69.6%	23橋脚

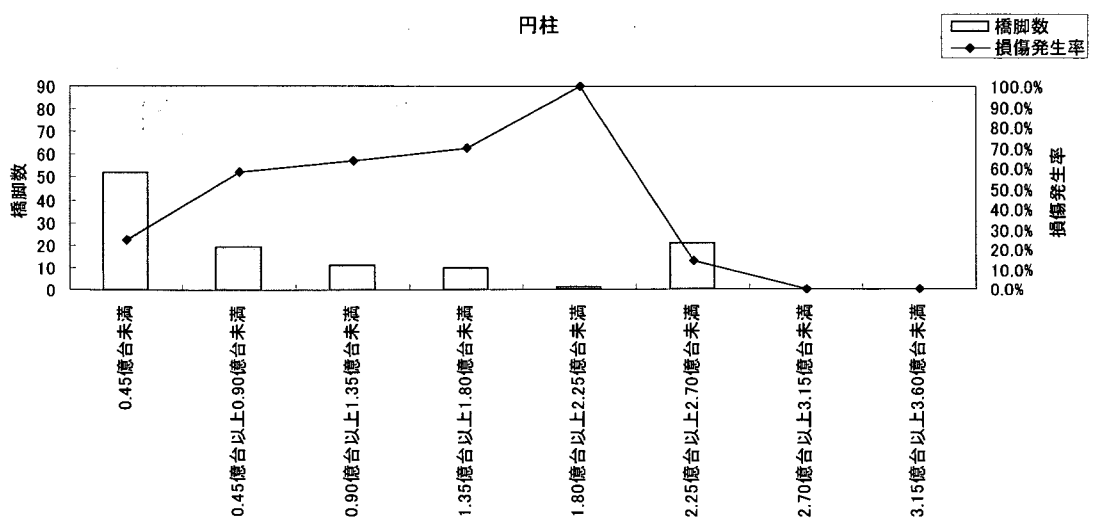
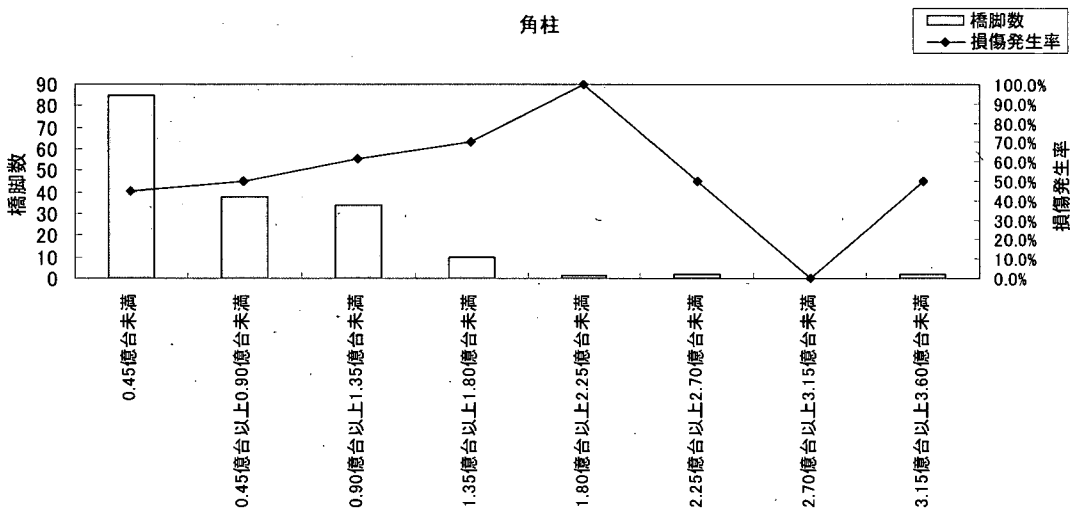
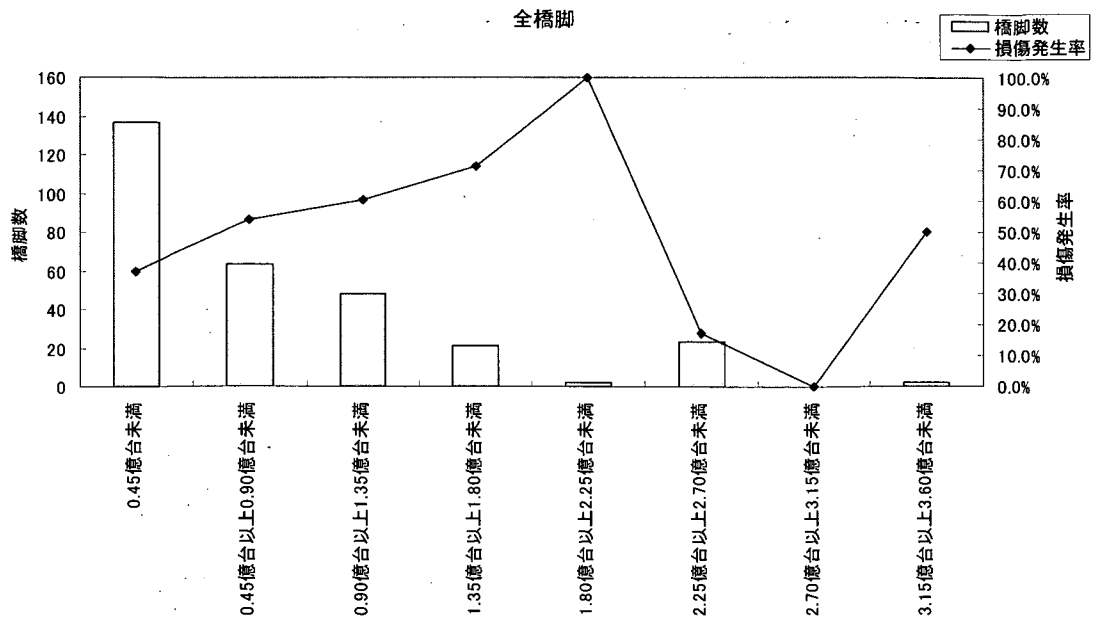
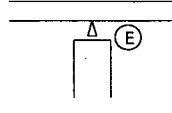
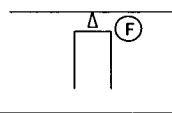
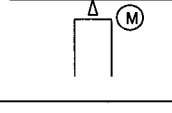
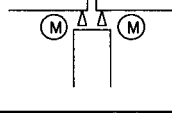
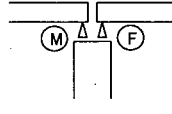
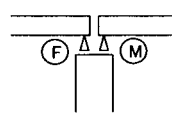
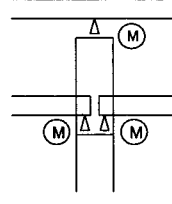
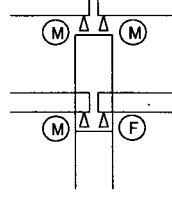


図5-23 累積大型車交通量別の損傷発生率

5.5 分析⑤

表 5-14 に示す支承条件と損傷発生の関係について分析を行う。

表5-15 鋼製橋脚の支承条件

		支持条件	
中間支点	E	弾性	
	F	固定	
	M	可動	
端部(架違い)	MM	可動・可動(架違い)	
	MF	可動・固定(架違い)	
	FM	固定・可動(架違い)	
2層ラーメン	M, MM	上層: 可動(中間支点) 下層: 可動・可動(架違い)	
	MM, MF	上層: 可動(中間支点) 下層: 可動・可動(架違い)	

【分析結果】

各々の該当橋脚数および損傷率を図 5-24、図 5-25 に示す。

固定橋脚（F）、可動・固定の架け違い橋脚（MF）、弾性支持橋脚（E）、可動・可動の架け違い（MM）の採用実績が多く、このうち弾性支持橋脚（E）の損傷発生率が 31%と他の支承条件よりは低い傾向にある。

【考察】

母数の多い支承条件に着目すると、弾性支持橋脚（E）は半数程度の橋脚に損傷の発生している他の支承条件に比べると傾向にあるが、損傷発生率自体は 30 %以上と高い数字を示しており、支承条件による有為差は認められない。

表5-16 支承条件別橋脚数

支承条件	橋脚数	損傷有	損傷無
E	42	13	29
F	45	24	21
FM	10	7	3
M	15	3	12
MF	44	23	21
MM	26	12	14
M.MM	1	1	0
MM,MF	1	0	1
不明	136	61	75
計	320		

※ 2 層ラーメン等により支承条件が複数存在するため橋脚数が他データと異なる。

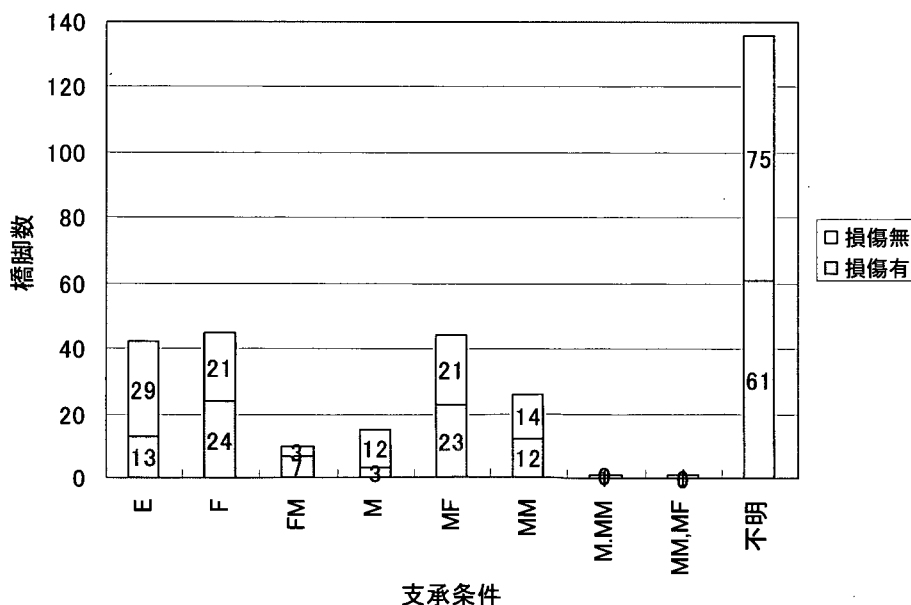


図5-24 支承条件別橋脚数

表5-17 支承条件別損傷発生率

支承条件	損傷有	損傷無	母数
E	31.0%	69.0%	42橋脚
F	53.3%	46.7%	45橋脚
FM	70.0%	30.0%	10橋脚
M	20.0%	80.0%	15橋脚
MF	52.3%	47.7%	44橋脚
MM	46.2%	53.8%	26橋脚
M.MM	100.0%	0.0%	1橋脚
MM,MF	0.0%	100.0%	1橋脚
不明	44.9%	55.1%	136橋脚

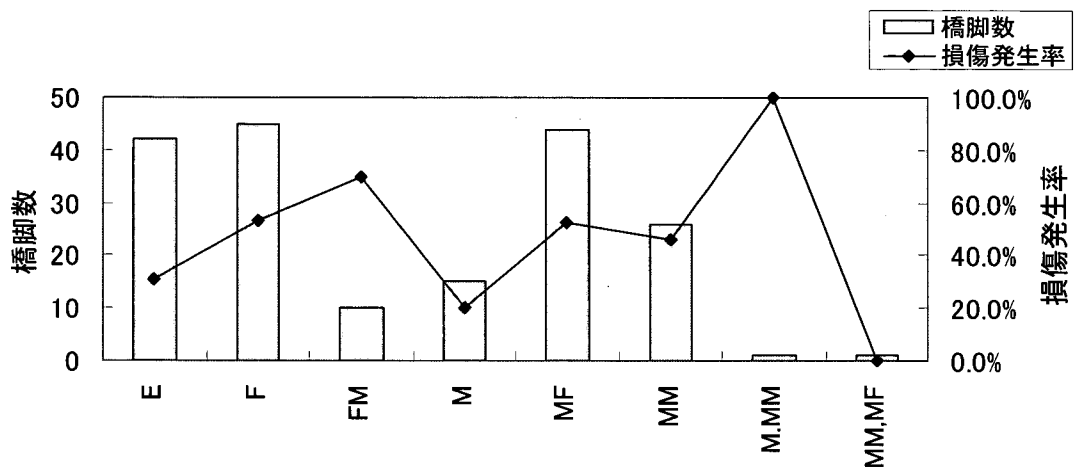


図5-25 支承条件別損傷発生率

5.6 分析⑥

梁の張出し長と損傷発生の関係について分析を行う。

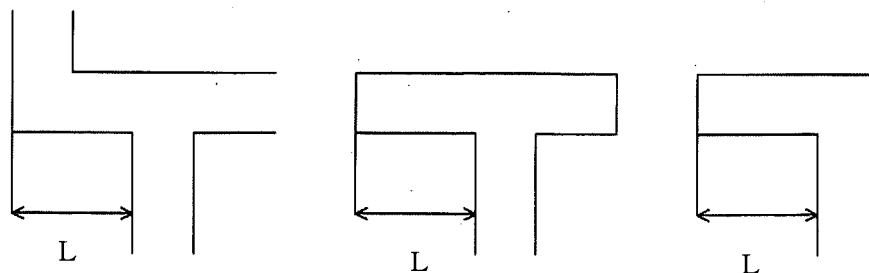


図5-26 張出し長のイメージ

【分析結果】

図 5-27 に角柱、円柱の張出し長別の隅角数を示す。角柱、円柱ともに張出し長 3 m 未満である隅角が多く、ほとんどが張出し長 9 m 未満である。

図 5-28 に張出し長別の損傷発生率を示す。母数の少ない角柱の12m以上15m未満を除くと、張出し長の増大とともに損傷発生率は増大している。

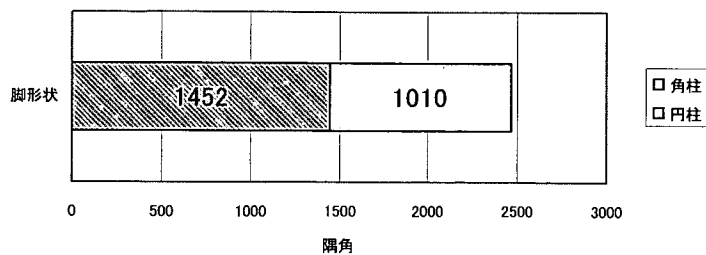
【考察】

張出し長の増加により、隅角部の損傷発生率が上昇する傾向にある。張出し長が長いと活荷重による応力変動が大きくなるためと考えられる。

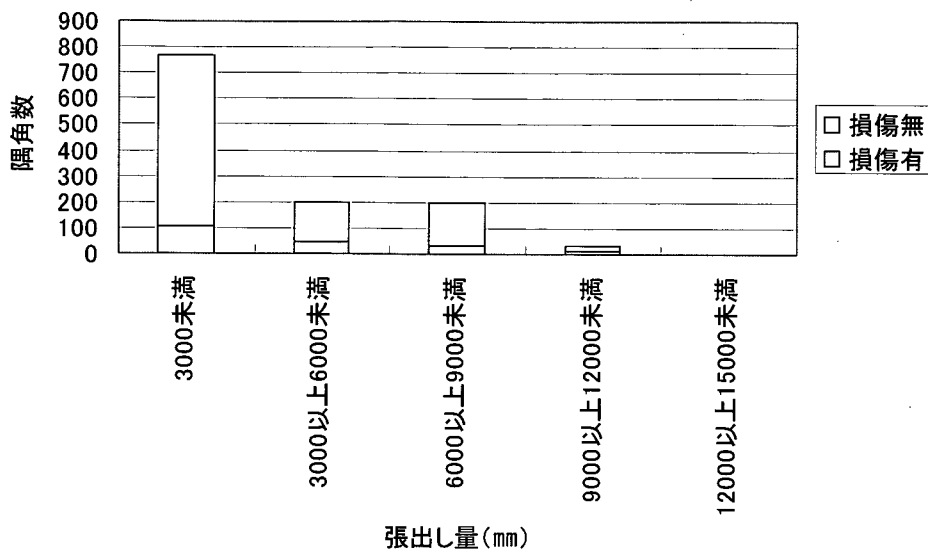
表5-18 張出し長別隅角数

	a柱形状	b隅角箇所	張り出し量L(mm)	隅角数	損傷有	損傷無
角柱	1	1	3000未満	8	0	8
	1	1	3000以上6000未満	4	0	4
	1	1	6000以上9000未満	0	0	0
	1	1	9000以上12000未満	0	0	0
	1	2	3000未満	202	10	192
	1	2	3000以上6000未満	0	0	0
	1	2	6000以上9000未満	12	2	10
	1	2	9000以上12000未満	0	0	0
	1	3	3000未満	766	104	662
	1	3	3000以上6000未満	198	46	152
	1	3	6000以上9000未満	198	31	167
	1	3	9000以上12000未満	36	15	21
	1	3	12000以上15000未満	2	0	2
			不明	26	15	11
	a柱形状	b隅角箇所	張り出し量	隅角数	損傷有	損傷無
円柱	2	1	3000未満	206	24	182
	2	1	3000以上6000未満	70	10	60
	2	1	6000以上9000未満	42	12	30
	2	1	9000以上12000未満	4	2	2
	2	2	3000未満	30	5	25
	2	2	3000以上6000未満	4	0	4
	2	2	6000以上9000未満	0	0	0
	2	2	9000以上12000未満	0	0	0
	2	3	3000未満	424	35	389
	2	3	3000以上6000未満	138	12	126
	2	3	6000以上9000未満	42	18	24
	2	3	9000以上12000未満	4	4	0
			不明	46		46

※単位は隅角数



角柱(隅角箇所③)



円柱(隅角箇所③)

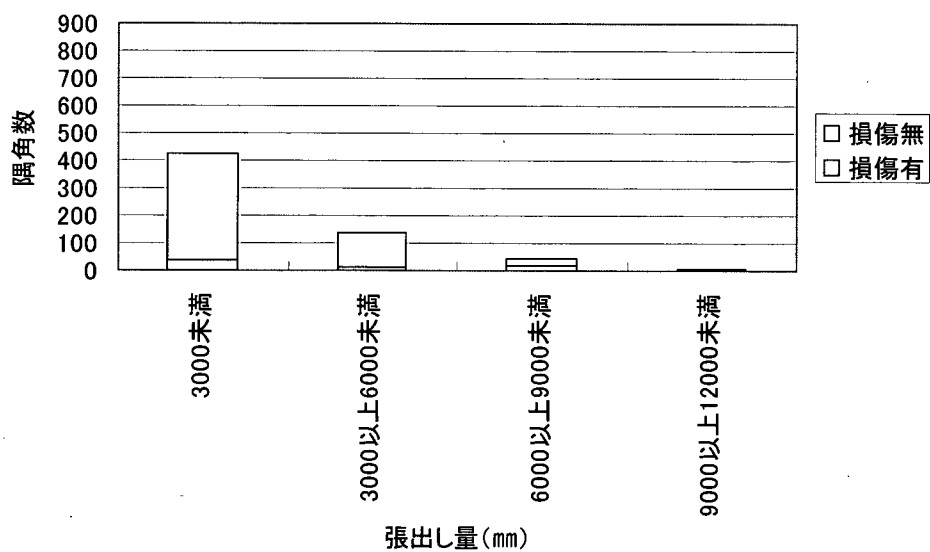


図5-27 脚形状および張出長別の隅角数

表5-19 張出し長別損傷発生率

	a柱形状	b隅角箇所	張り出し量L(mm)	損傷有	損傷無	母数	
角柱	1	1	3000未満	0.0%	100.0%	8隅角	
	1	1	3000以上6000未満	0.0%	100.0%	4隅角	
	1	1	6000以上9000未満	0.0%	0.0%	0隅角	
	1	1	9000以上12000未満	0.0%	0.0%	0隅角	
	1	2	3000未満	5.0%	95.0%	202隅角	
	1	2	3000以上6000未満	0.0%	0.0%	0隅角	
	1	2	6000以上9000未満	16.7%	83.3%	12隅角	
	1	2	9000以上12000未満	0.0%	0.0%	0隅角	
	1	3	3000未満	13.6%	86.4%	766隅角	
	1	3	3000以上6000未満	23.2%	76.8%	198隅角	
	1	3	6000以上9000未満	15.7%	84.3%	198隅角	
	1	3	9000以上12000未満	41.7%	58.3%	36隅角	
	1	3	12000以上15000未満	0.0%	100.0%	2隅角	
				不明	57.7%	42.3%	26隅角
	a柱形状	b隅角箇所	張り出し量	損傷有	損傷無	母数	
円柱	2	1	3000未満	11.7%	88.3%	206隅角	
	2	1	3000以上6000未満	14.3%	85.7%	70隅角	
	2	1	6000以上9000未満	28.6%	71.4%	42隅角	
	2	1	9000以上12000未満	50.0%	50.0%	4隅角	
	2	2	3000未満	16.7%	83.3%	30隅角	
	2	2	3000以上6000未満	0.0%	100.0%	4隅角	
	2	2	6000以上9000未満	0.0%	0.0%	0隅角	
	2	2	9000以上12000未満	0.0%	0.0%	0隅角	
	2	3	3000未満	8.3%	91.7%	424隅角	
	2	3	3000以上6000未満	8.7%	91.3%	138隅角	
	2	3	6000以上9000未満	42.9%	57.1%	42隅角	
	2	3	9000以上12000未満	100.0%	0.0%	4隅角	
				不明	0.0%	100.0%	46隅角

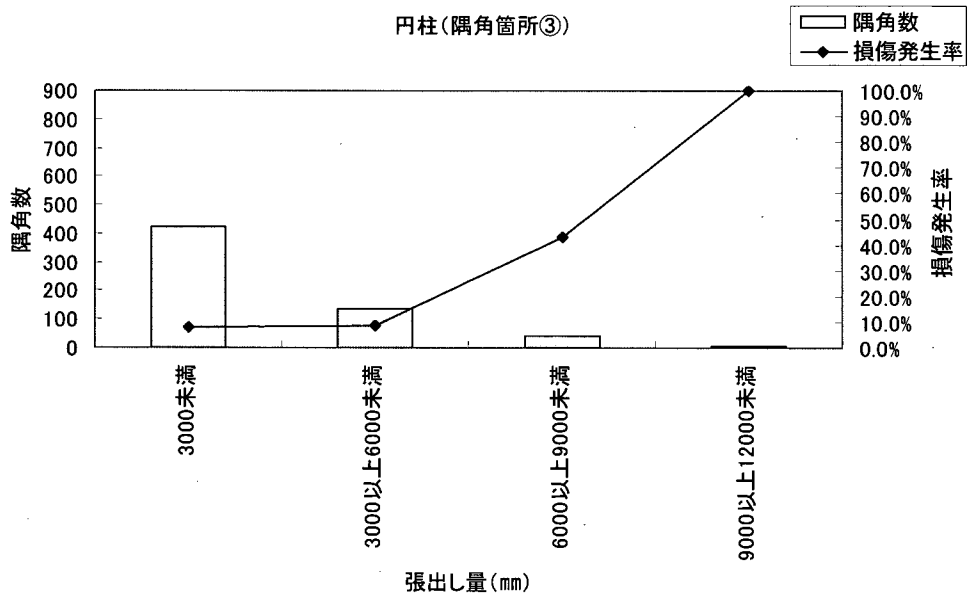
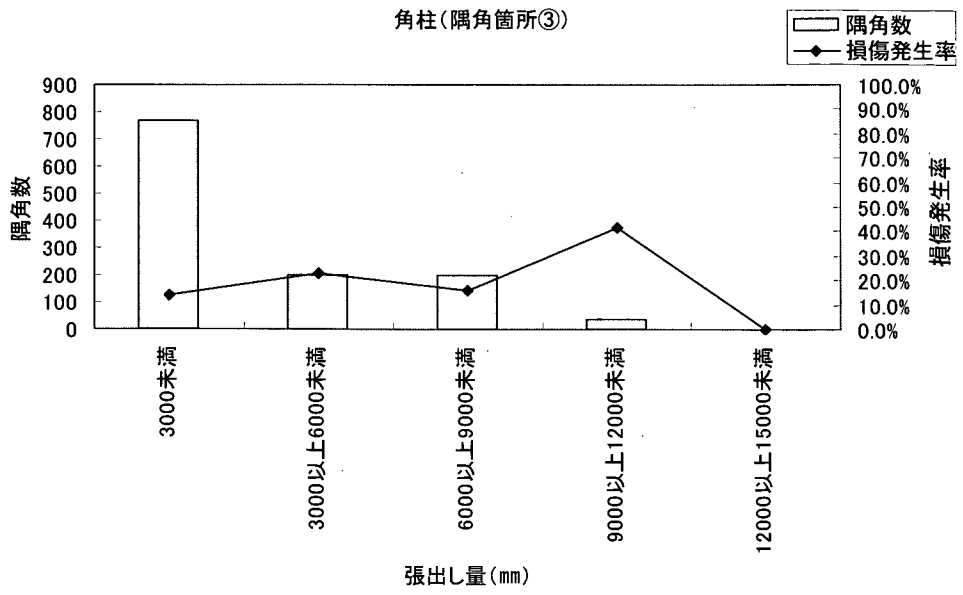


図5-28 張出し長別損傷発生率

5.7 橋脚の断面形状等基本条件と損傷の関係について

橋脚の断面形状等基本条件と損傷の関係についての分析（分析①～分析⑥）結果のまとめを以下に示す。

表5-20 橋脚の断面形状等基本条件と損傷の関係

	橋脚の断面形状	橋脚形状(角、円)		完成年	大型車交通量	累積大型車交通量	支承条件	張出し長	損傷の有無	母数	分析結果(概要)	
		a	b								角柱	円柱
分析①	橋脚の断面形状	●							●	脚・隅角・溶接線	有為差なし	
分析②	完成年	●		●					●	脚	平成初期に損傷集中	S40年代中盤に損傷集中
分析③	大型車交通量	●			●				●	脚	大型車交通量10,000台以上で損傷発生率が上昇	
分析④	累積大型車交通量	●				●			●	脚	累積大型車交通量が増加で、損傷発生率も上昇	
分析⑤	支承条件						●		●	脚	支承条件と損傷発生との間に有為差なし	
分析⑥	梁の張出し長		●					●	●	隅角	張出し長が増加で、損傷発生率が上昇	

①対象橋脚 319 脚のうち、6 割が角柱、4 割が円柱である。また、この 319 脚のうち 143 脚になんらかの損傷が発見されている。橋脚種別でその損傷発生率を見ると角柱で 49%、円柱で 36%だが、損傷長さ 30 mm以上の損傷発生率は角柱で 7%、円柱で 15%と橋脚種別で損傷発生率が逆転しており、橋脚種別による有為差は不明である。なお、角柱、円柱とも溶接線方向別に有為差は見られない。

②鋼製橋脚の建設ピークは、昭和 40 年代中盤、昭和 50 年代後半および平成初期に現れている。それら建設ピークの損傷発生率は角柱で平成初期に、円柱で昭和 40 年代中盤に高くなっており、高度経済成長期とバブル経済期に製作された橋脚は高い損傷発生率を示している。

③大型車交通量 10,000 台/日以上 15,000 台/日未満の路線の橋脚で損傷発生率が上昇しているが、それ以上の重交通量の範囲では損傷発生率のばらつきがみられる。また、累積大型車交通量が多いほど損傷発生率も上昇しているが、2.25 億台以上で損傷発生率が下降している範囲がある。よって、鋼製橋脚隅角部の損傷発生には大型車の繰り返し荷重の影響が大きいと、それ以外の要因も大きいと考えられる。

④支承条件による有為差は認められない。

⑤張出し長の増加により、損傷発生率が上昇する傾向にある。張出し長が長いと活荷重による応力変動が大きくなるためと考えられる。

