

2. 鋼製橋脚隅角部の分析概要

2.1 分析対象

分析は、直轄国道に架かる橋梁のうち、鋼製橋脚隅角部の点検対象（参考資料9.1）となった 334 橋脚の中から、主桁と横梁の剛結構造部を除いた隅角部を有する 319 橋脚（2462 隅角）の点検結果を対象として行った。

なお、分析対象となった橋脚についてその後、適宜継続的に非破壊検査や切削を含む詳細調査や補修・補強が行われているが本分析はあくまで平成 15 年 3 月時点で報告された情報に対して行っている。したがって、亀裂損傷とみなすべきかどうかや亀裂長さなどの判断もあくまでその時点の評価であり、特に切削調査を行った事例ではきずが消滅したり、内部のきずが新たに表面に表れることがあるため亀裂数、寸法ともに最新の状態や情報と乖離している場合もある。

2.2 分析条件

分析に用いる板組や寸法などの構造諸元は、製作図のあるものは基本的に製作図を正とし、分析時点までの詳細点検結果から構造が判明している場合にはそれを正とした。（例えば、円柱の梁ウェブ突合せ溶接部に三角バーを使用している構造）また、製作図のないものについては設計図あるいは竣工図等により最も可能性が高いと考えられる諸元を採用した。

2.3 分析方法

分析は、隅角部を橋脚の構造形式、板組構造などの構造条件によって分類し、それらに交通量や亀裂の有無や開口位置、寸法などを組み合わせて統計的な傾向を評価することを基本として行った。

2.3.1 隅角部の分類

(1) 橋脚種別による分類

a) 基本断面形状による分類

橋脚は、基本的な梁部、柱部の形状により以下の3つに分類した。

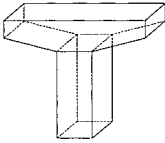
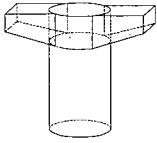
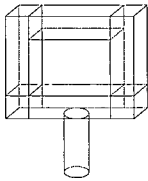
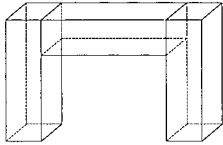
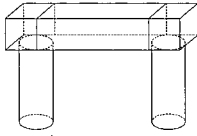
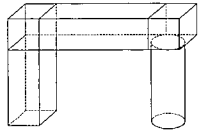
角柱タイプ：単柱または複柱橋脚ですべての脚柱が角形断面で構成された橋脚

円柱タイプ：単柱または複柱橋脚ですべての脚柱が円形断面で構成された橋脚

混合柱タイプ：複柱橋脚の脚柱が角柱断面及び円形断面で構成された橋脚

なお、隅角構造の分類によって梁、柱の断面形状は定義されるため以下の分析において橋脚種別による分類についてはコードを設定しない。

表2-1 橋脚種別

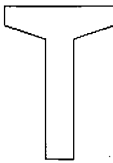
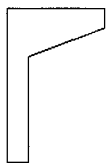
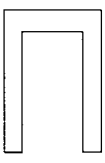
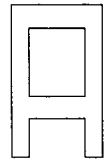
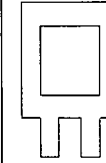
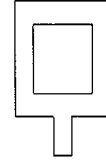
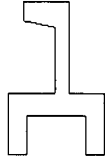
角柱タイプ	円柱タイプ	混合柱タイプ
		
		

b) 構造形式による分類

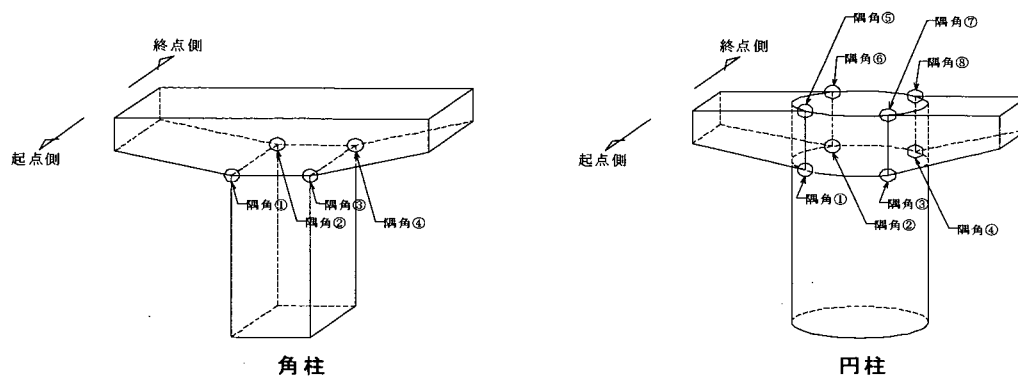
橋脚は、構造形式によって表2-2に示す分類を行った。

分析にあたっては、図中「記号」で示した分類コードによって識別する。

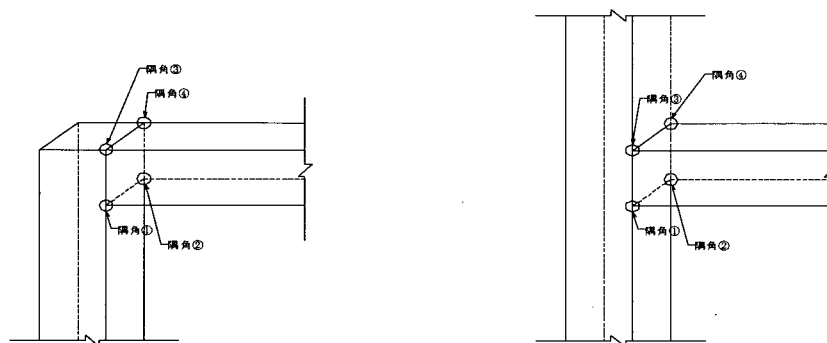
表2-2 構造形式

形式 記号	T型 T	逆型 IL	1層			2層		その他 R
			ラゲル S	ラゲル W	両層ラゲル WO	ラケット型 WR	変形ラゲル WT	
概要図								—

なお、それぞれの構造形式ごとの隅角部に対して梁、柱それぞれの角部が交差する部位をそれぞれ独立した隅角として定義し、傷の有無等の評価は基本的に「隅角」単位で行うこととしている。図2-1に主な橋脚形状毎に隅角の定義を示す。



(1) T型橋脚の隅角部



(2) 一層ラーメン橋脚の隅角部

(3) 二層ラーメン橋脚の隅角部

図2-1 形状及び位置

(2) 板組による分類

隅角部は梁、柱の断面形状および隅角位置に板組のパターン、フィレットの有無など細部構造に関する条件によって、図2-2に示すパターンで分類して附した8桁のコード番号によって識別する。

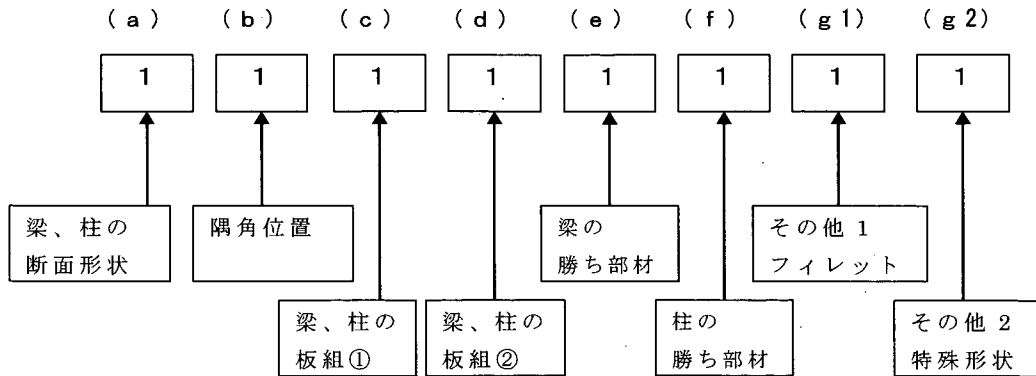


図2-2 板組分類

a) 梁、柱の断面形状

①梁角、柱角	②梁角、柱丸
1 □ □ □ □ □ □ □ □	2 □ □ □ □ □ □ □ □

b) 隅角位置

隅角位置	
□ 1 □ □ □ □ □ □ □ □ ・ □ 2 □ □ □ □ □ □ □ □	
□ 3 □ □ □ □ □ □ □ □ ・ □ 4 □ □ □ □ □ □ □ □	

c) 梁・柱の板組①

■梁角、柱角のウェブ板組

①一体型	②梁W分離	③柱W分離
□□ 1 □□□□□□	□□ 2 □□□□□□	□□ 3 □□□□□□

注：(b)が①の場合は、①か②を選択

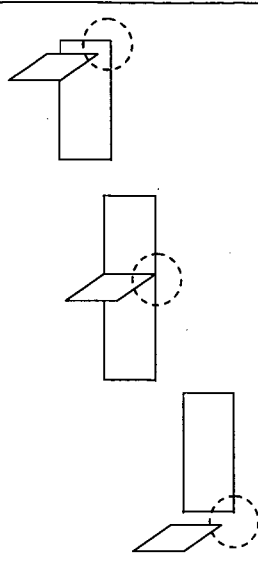
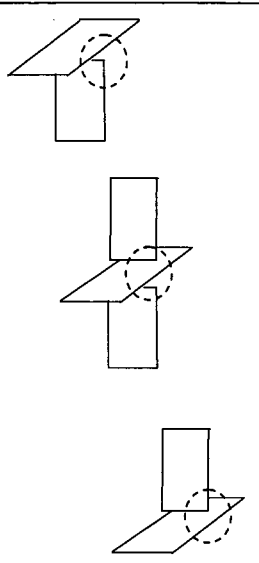
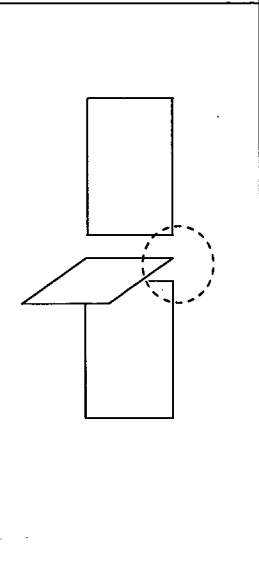
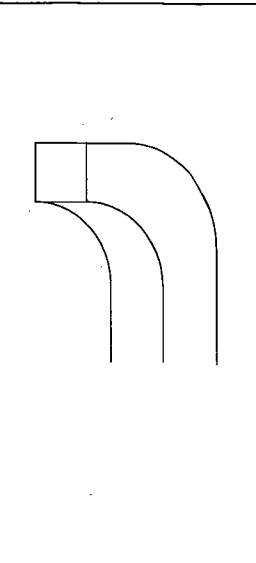
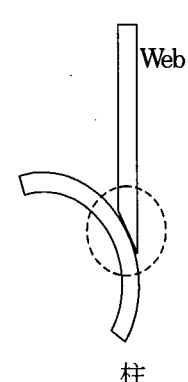
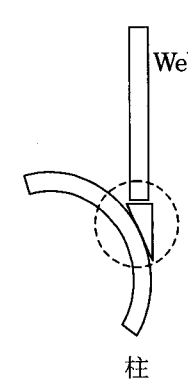
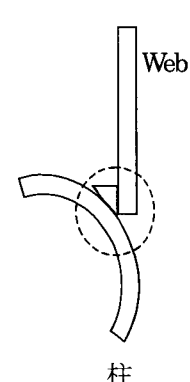
■梁角、柱丸の板組

④梁断面貫通	⑤W貫通F突合せ	⑥W突合せF貫通
□□ 4 □□□□□□	□□ 5 □□□□□□	□□ 6 □□□□□□
	⑧柱断面貫通 (梁幅大)	□□ 6 □□□□□□
□□ 7 □□□□□□	□□ 8 □□□□□□	

d) 梁・柱の板組②

■角柱の梁、柱のフランジ板組

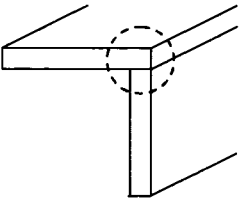
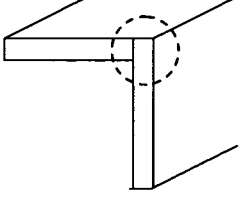
および 円柱の梁ウェブ突合せの状態

①角柱 梁F分離	②角柱 柱F分離	③角柱 梁柱F分離	④角柱 梁柱フランジ一体
□□□ 1 □□□□	□□□ 2 □□□□	□□□ 3 □□□□	□□□ 4 □□□□
			
⑤予備コード	⑥円柱 梁W突合	⑦円柱 三角バー1	⑧円柱 三角バー2
□□□ 5 □□□□	□□□ 6 □□□□	□□□ 7 □□□□	□□□ 8 □□□□
—			

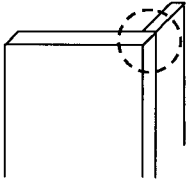
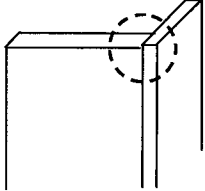
注1 : (b)が①の場合は、①か②を選択

注2 : (b)が④⑤⑧の場合は、0を選択

e) 梁の勝ち部材

①フランジ勝ち	②ウェブ勝ち
□□□□ 1 □□□	□□□□ 2 □□□
	

f) 柱の勝ち部材

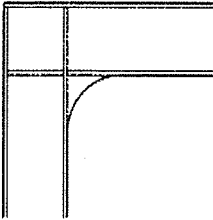
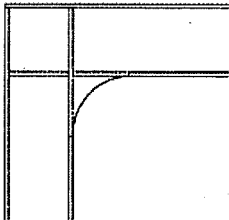
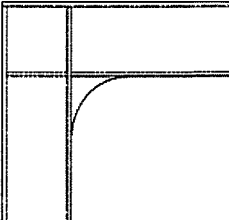
①フランジ勝ち	②ウェブ勝ち
□□□□□ 1 □□	□□□□□ 2 □□
	

注1：円柱の場合は0とする。

注2：角柱の天端、下端の場合は0とする。

g 1) その他 1

■フィレット形式

0) フィレット無	1) フィレット 1	2) フィレット 2	3) フィレット 3
□□□□□□ 0 □	□□□□□□ 1 □	□□□□□□ 2 □	□□□□□□ 3 □
----	隅角部にコーナーフィレットを有するもの 	隅角部にコーナーフィレットを有し、さらにウェブ・フランジの板の組替えが行われているもの 	隅角部に後付けフィレットや耐震補強リブ等を有するもの 

g 2) その他 2

コード番号：□□□□□□□ 1

1 通常タイプ

2以降は特殊タイプ（今後の詳細調査結果により随時追加）

2.3.2 分析シート

点検結果と分析に用いる各種分類結果を整理した分析シートの様式を図2-4に示す。

疲労損傷事例整理分析一覧表（案）

基礎データ															既存データ						1次点検データ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21						
地整 名	事務所名	路線 名	橋梁名	橋脚 番号	構造 形式	脚柱 形状	完成 年	適用 示方 書	交通量		軌道 の有 無	隅角部		定期点 検結果 異常の 有無	外調調査											
									日交 通量	大型車 交通量		隅角 番号	溶接 線		目視検査		渦流探傷		磁粉探傷							
			台/日	台/日	有無	方向	塗膜 割れ	発錆	欠陥 信号	当初 指示模様	リワーク- 処理 実施			指示模様	有無	有無										
			名称	番号	型		年号	年号	台/日	台/日	有無	番号	方向	有無	有無	有無	有無	有無	有無	有無						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	①	X	2	0	0	1	1	1	1						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	①	Y	2	0	0	1	1	1	1						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	①	Z	2	0	0	0	0	0	0						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	②	X	2	0	0	1	1	1	1						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	②	Y	2	1	0	0	0	0	0						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	②	Z	2	0	0	0	0	0	0						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	③	X	2	0	0	0	0	0	0						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	③	Y	2	0	0	0	0	0	0						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	③	Z	2	0	0	0	0	0	0						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	④	X	2	0	0	0	0	0	0						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	④	Y	2	0	0	0	0	0	0						
				P3	S	S	S44	S39	59,871	11,256	0	④	Z	2	0	0	0	0	0	0						

※日交通量のなかでの大型車交通量の台数

【記入要領】

1. 全般

- 本集計表には、供用部及び未供用部全ての点検結果を記入する。
- 本集計表には、1溶接線(下記参照)を1行として、亀裂の有無に関係なく、全ての隅角部、溶接線に関して、データを記入する。
- 全ての有無の欄には、「有：1，無：0」を記入する。

2. 既存データ

1～5, 8, 9, 13, 16～21 橋梁名、橋脚番号、隅角番号等その他の項目は、「鋼製橋脚隅角部の疲労損傷臨時点検要領」を参照して、記入する。
35～41

6 構造形式は、形式に応じて下記のとおり記入する。(T, S, W, R)

T：T型橋脚
S：単層ラーメン
W：二層ラーメン
R：その他

7 脚柱形状は、断面形状に応じて下記のとおり記入する。(S, C, R)

S：矩形(正方形、長方形)
C：円形
R：その他

10, 11 交通量の欄において、未供用部については、「0」を記入する。

平日24時間 大型車混入率(平日12時間)
6754台 28.1%

12 軌道の有無は、当該橋梁に軌道が敷設されているか否かを記入する。

14 溶接線は、当該隅角を含む下記方向別に区分する(次ページ参照)。(X, Y, Z)

X：水平方向(橋軸直角方向、一般的に梁方向)
Y：鉛直方向(柱方向)
Z：水平方向(橋軸方向、一般的に奥行き方向)

15 定期点検結果の異常の有無は、過去の定期点検における当該鋼製橋脚の点検結果を下記のとおり記入する。

0：橋梁定期点検をまだ実施していない。
1：橋梁定期点検で、塗膜割れ等の異常があった。
2：橋梁定期点検では異常はなかった。

3. 調査結果

22～34, 42～54 亀裂数は、内面調査・外面調査別に、亀裂長30mm未満・30mm以上別に、亀裂発生状況(下記参照)別に記入する。
亀裂発生状況を下記のとおり区分し、該当する欄に亀裂数を記入する。

B：ビード部
T：止端部
BM：母材部
BM～B：母材部からビード部(又はその逆)にかけて発生しているもの
BM～T：母材部から止端部(又はその逆)にかけて発生しているもの
内面調査において、渦流探傷及び磁粉探傷検査を未実施の場合は「-」を記入する。

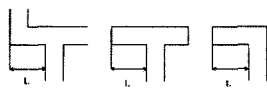
※16～54は、様式1～6を正として再入力する。

図2-3 分析シート(1)

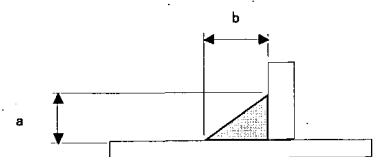
追加データ															基礎データ										
1	2	3	4	5	6	7	7'	8	9	9'	10	11	11'	12	12'	13	14	15							
構脚諸元															隅角諸元										
出張所名	現旧区分	整理番号1	構造形式	柱諸元					梁諸元					張出し長L	施工業者	支保条件	隅角板組分類								
				Flg板厚	Flg幅	Flg材質	Web板厚	Web幅	Web材質	Flg板厚	Flg幅	Flg材質	Web板厚				Web幅	Web材質	(a)梁柱断面形状	(b)隅角所	(c)隅角箇所起終点	(d)梁柱板組①	(e)梁柱板組②	(f)梁の部材	(g)柱の部材
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	S	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	S	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	S	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	E	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	E	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	S	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	S	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	S	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	S	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	E	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	E	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	E	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	E	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	E	1	1	2	2	0	1
現	00450	S	28	1300	SM490	12	1000	SM490	25	1300	SM490	12	1025	SM490	-	FM	1	3	E	1	1	2	2	0	1

【記入要領】

- 出張所名を入力
- 現旧区分を入力
- 整理番号1を入力 (Michiデータ用)
- 構造形式を入力⇒右図参照
- 柱Flg板厚を入力 (mm) 5' : 柱Flg幅を入力 (mm)
- 柱Flg材質を入力 (SI標記)
- 柱Web板厚を入力 (mm) 7' : 柱Web幅を入力 (mm)
- 柱Web材質を入力 (SI標記)
- 梁Flg板厚を入力 (mm) 9' : 梁Flg幅を入力 (mm)
- 梁Flg材質を入力 (SI標記)
- 梁Web板厚を入力 (mm) 11' : 梁Web幅を入力 (mm)
- 梁Web材質を入力 (SI標記) 12' : 梁張出長Lを入力 (mm)
- 施工業者を入力
- 支保条件を入力 (固定F、可動M、弾性E、掛違固定FF、掛違固定可動FM、掛違可動固定MF、掛違可動MM、掛違弾性EE)
- 隅角板組分類 (右図参照)
- 磁粉探傷による亀裂程度を入力⇒A:30mm以上 B:30mm以上30mm未満両者存在 C:30mm未満のみ 0:無
-:実施していない
- 再過流探傷指示模様の有無 (有:1、無:0、実施せず:-)
- 溶接分類 開先形状を入力⇒K、レ、隅肉:F、不明:-
- 溶接分類 溶接種類を入力⇒明確なFP表示:FP、明確なPP表示:PP、不明:-
- 溶接仕上げの有無を入力 (有:1、無:0、不明:-)
- のど厚を入力 (mm) (○mm又は○、△△:a=○mm、b=△△mm、不明:-)
- 余盛り量を入力 (mm) (有:○mm、無:0、不明:-)
- 溶接分類 開先形状を入力⇒K、レ、隅肉:F、不明:- 様式5より入力
- 溶接分類 溶接種類を入力⇒明確なFP表示:FP、明確なPP表示:PP、不明:- 様式5より入力
- 溶接仕上げの有無を入力 (有:1、無:0、不明:-) 様式5より入力
- のど厚を入力 (mm) (○mm又は○、△△:a=○mm、b=△△mm、不明:-) 様式5より入力
- 余盛り量を入力 (mm) (有:○mm、無:0、不明:-) 様式5より入力
- ピード形状の異常の有無を入力 (有:1、無:0、不明:-) 様式5より入力
- 止端部の異常の有無を入力 (有:1、無:0、不明:-) 様式5より入力
- 塗膜割れの延長を入力 (mm) (有:○mm、無:0、不明:-) 様式5より入力



- ※1 : 1~3及び5~14の判断不可能項目については「不明」と入力する。
- ※2 : 5~15 柱が円形の場合、板厚はFlgに入力し、Webは-とする。
- ※3 : 21~25は、様式読取情報。23~30は、現地詳細調査結果情報。
- ※4 : 材質名は、SI表示とする。(例 SM50⇒SM490)
- ※5 : 21、26、36、41のど厚(mm)



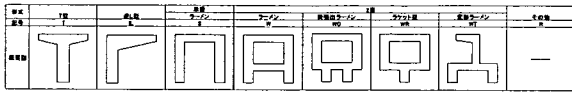
※6 : 31~45は、内面調査結果を示す。(入力手法は、外面調査と同様とする。)

形式	1層				2層			その他
	T型	逆L型	ラーメン	ラーメン	両張りラーメン	ラケット型	変形ラーメン	
記号	T	IL	S	W	WO	WR	WT	R
概要図								-

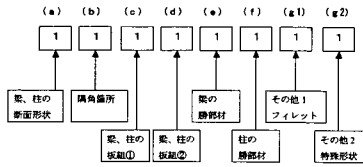
図2-5 分析シート(3)

構造形式・板組分類コード一覧

構造形式分類



板組パターンは8桁の数字で表記する。



a) 梁・柱断面形状

①梁角、柱角 1 □□□□□□	②梁角、柱丸 2 □□□□□□
--------------------	--------------------

b) 隅角位置

隅角箇所 □1 □□□□□□ □2 □□□□□□ □3 □□□□□□ □4 □□□□□□
--

c) 梁・柱の板組①

■梁角・柱角のウェブ板組

①一体型 □1 □□□□□□	②梁W分離 □□2 □□□□□□	③柱W分離 □□3 □□□□□□
-------------------	---------------------	---------------------

■梁角・柱丸の板組

④梁断面貫通 □□4 □□□□□□	⑤W貫通F突合せ □□5 □□□□□□	⑥W突合せF貫通 □□6 □□□□□□
⑦WF突合せ □□7 □□□□□□	⑧柱断面貫通(梁幅大) □□8 □□□□□□	□16 □□□□□□

d) 梁・柱の板組②

■梁・柱のフランジ板組

①角柱 梁F分離 □□□1 □□□□□□	②角柱 柱F分離 □□□2 □□□□□□	③角柱 梁柱F分離 □□□3 □□□□□□	④角柱 梁柱フランジ一体 □□□4 □□□□□□
⑤円柱 コード □□□5 □□□□□□	⑥円柱 梁W突合せ □□□6 □□□□□□	⑦円柱 三角バー1 □□□7 □□□□□□	⑧円柱 三角バー2 □□□8 □□□□□□

注 1(b)が①の場合は、①か②を選択
注 2(b)が④⑤⑧の場合は、0を選択

e) 梁の勝部材

①フランジ勝 □□□□1 □□□□□□	②ウェブ勝 □□□□2 □□□□□□
------------------------	-----------------------

f) 柱の勝部材

①フランジ勝 □□□□□1 □□□□□□	②ウェブ勝 □□□□□2 □□□□□□
-------------------------	------------------------

注 1 円柱の場合は、0とする
注 2 角柱の先端、下端の場合は0とする

g1) その他 1

①) フィレット無 □□□□□□□□	1) フィレット1 □□□□□□1□	2) フィレット2 □□□□□□2□	3) フィレット3 □□□□□□3□
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

隅角部にコーナーフィレットを有するもの

隅角部にコーナーフィレットを有し、さらにウェブ・フランジの部の屈折えが行われているもの

隅角部に後付けフィレットを有するもの

g2) その他 2

コード番号: □□□□□□□1

1 通常タイプ

※2以降 特殊形式 3.3.3 g2の項参照

図2-6 分析シート(4)

2.4 分析項目

分析パターンの一覧を表2-3に示す。

表2-3 分析パラメータ一覧表

該当章	分析番号	着目要素	a	b	c, d	e, f	g	x, y, z	脚 形状	構造 形式	梁				柱				完成 年	大型 車交通 量	累積 交通 量	支 承 条 件	張 出 長 L	損 傷 の 有 無	母 数			
			梁・柱 断面形状 (角、円)	隅角箇所	梁、柱の 貫通状態	フック、ウェブ の勝ち、負け	特殊形式	溶接線の 方向			Flg		Web		Flg		Web											
			幅	板厚	幅	板厚	幅	板厚			幅	板厚	幅	板厚	幅	板厚												
5	分析①	橋脚の断面形状等 基本条件							●																	●	脚	
	分析②									●																	●	脚
	分析③									●																	●	脚
	分析④									●																	●	脚
	分析⑤		●																								●	脚
	分析⑥		●	●																							●	隅角
6	分析⑦-1	板梁組構造	●	●																						●	隅角	
	分析⑦-2		●	●					●																	●	溶接線	
	分析⑦-3		●		●																						●	隅角
	分析⑦-4		●		●					●																	●	溶接線
	分析⑦-5		●			●																					●	隅角
	分析⑦-6		●			●					●																●	溶接線
	分析⑦-7		●	●	●																						●	隅角
	分析⑦-8		●	●	●						●																●	溶接線
	分析⑦-9		●	●		●																					●	隅角
	分析⑦-10		●	●		●					●																●	溶接線
	分析⑦-11		●	●	●	●		●																			●	隅角
	分析⑦-12		●	●	●	●		●			●																●	溶接線
7	分析⑧-1	橋脚の 構造構造	●							●																●	脚	
	分析⑧-2		●	●							●																●	隅角
	分析⑧-3		●	●							●																●	溶接線
	分析⑧-4		●		●						●																●	隅角
	分析⑧-5		●		●						●																●	溶接線
	分析⑧-6		●			●					●																●	隅角
	分析⑧-7		●			●					●																●	溶接線
	分析⑧-8		●	●	●						●																●	隅角
	分析⑧-9		●	●	●						●																●	溶接線
	分析⑧-10		●	●		●					●																●	隅角
	分析⑧-11		●	●		●					●																●	溶接線
	分析⑧-12		●	●	●	●		●			●																●	隅角
	分析⑧-13		●	●	●	●		●			●																●	溶接線
	分析⑧-14		●	●	●	●		●	◆(組合せ)		●																●	溶接線
8	分析⑨-1	柱Flg厚と 梁Flg厚の関係	1							T	●				●											●	脚	
	分析⑨-2		1								S	●				●										●	脚	
	分析⑨-1	柱幅と梁高の関係	1							T		●														●	脚	
	分析⑨-2		1								S		●													●	脚	
	分析⑨-1	梁幅と梁高の関係	1							T	●	●														●	脚	
	分析⑨-2		1								S	●	●													●	脚	
	分析⑨-1	柱Webと柱Flgの関係	1							T					●			●								●	脚	
	分析⑨-2		1								S					●			●							●	脚	
	分析⑨-1	せん断選れパラメータ R=6A/Awに着目	1								T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					●	脚	
	分析⑨-2		1								S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	脚	
	分析⑨-3		1				e, f=2				T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	脚	
	分析⑨-4		1				e, f=2				S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	脚
	分析⑨-1	せん断選れパラメータ Sに着目	1								T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	脚	
	分析⑨-2		1								S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	脚	
	分析⑨-1		梁と柱のせん断選れ 形状パラメータ (b/dAw)に着目	1								T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	脚
	分析⑨-2			1								S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	脚
分析⑨-3	1					e, f=2				T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	脚		
分析⑨-4	1					e, f=2				S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	脚		

分析にあたっては、対象全橋脚を橋脚の断面形状や大型車交通量、支承条件、橋脚張出し寸法等の基本条件毎に損傷発生の傾向を把握したうえで、板組構造、単柱橋脚やラーメン橋脚等の橋脚の構造形式により損傷発生傾向を分析するものとする。さらに、隅角部設計時に必要となる形状パラメータに着目し、損傷発生との関係を分析する。

I. 橋脚の断面形状等基本条件による損傷傾向分析

II. 板組構造による損傷傾向分析

III. 橋脚の構造形式による損傷傾向分析

IV. 隅角部形状パラメータによる損傷傾向分析

なお、本資料では着目部位の亀裂については、整理上全て損傷と扱っている。

2.5 分析結果（概要）

以下に、隅角部構造と損傷発生の関係についての分析結果の概要を示す。なお、詳細な分析結果については3～8に示すとおりである。

2.5.1 橋脚の断面形状等基本条件と損傷の関係

5. 橋脚の断面形状等基本条件と損傷の関係 の分析結果の概要を以下に示す。

(1) 角柱と円柱

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 脚にはなんらかの亀裂が発見されている。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) 完成年

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建設数が多く、損傷発生率も高い数字を示している。

(3) 大型車交通量

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急激な上昇を示しているが、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見られる。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。

(4) 支承条件

支承条件による有為差は認められない。

(5) 橋脚張出し長

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。

2.5.2 板組構造と損傷の関係

対象隅角は、42組の板組構造（角柱27組、円柱15組）に分類される。それら板組構造と損傷状況を見ると、角柱、円柱とも損傷発生率の大小はあるものの、すべての種類の板組構造に損傷は発生していることがわかった。

また、近年の研究¹⁾により、個々の鋼製橋脚隅角部の損傷要因は特定されていないものの、疲労耐久性に悪影響を及ぼしている要因として、

① 3溶接線交差部である隅角部における高い応力集中

② 隅角部の溶接品質

が報告されている。

①については、模型載荷実験やFEM解析により求めた隅角部の局部応力が、奥村・石沢の式によるシアラグを考慮した公称応力を上回る場合があることが確認されている。よって、完全溶け込みされていない隅角部のルート部などには、さらに大きな応力変動が作用している可能性が考えられる。

②については、隅角部には、板組構造、開先形状などにより溶接の溶け込みが不完全な箇所（以下、「溶接困難部」という）や、鋼板の面同士の接触面に生じる溶接されていない箇所（以下、「溶接不可部」という）が存在する場合の多いことが報告されている。高い応力集中が発生する隅角部では、溶接欠陥とあわせてこの溶接困難部や溶接不可部が疲労上の弱点となっている可能性が高いと考えられる。

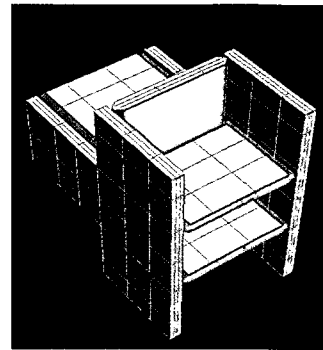
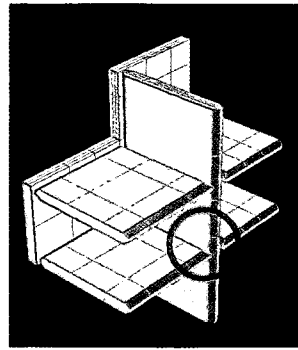
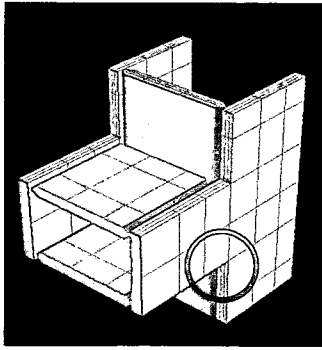
ここでは、3. 分析に用いた板組構造および6. 板組構造と損傷の関係の分析結果の概要を、①に対してはシアラグの低減が期待できる板組構造、②に対しては板組構造と未溶着部との関係、損傷の出やすい板組構造、に着目して以下にまとめた。

(1) シアラグの低減が期待できる板組構造

角柱隅角部は、図 2-7 に示す「梁柱ウェブ一体、梁フランジ分離で梁・柱ウェブ勝ち部材」（13112201）の形式の採用実績が突出しており角柱隅角部の約3割を占め、その損傷発生率は27.1%、損傷長さ30mm以上の損傷発生率は2.8%である。

角柱隅角部で採用実績が最も多い板組構造である13112201と、これにフィレットが設置された板組構造13112211の損傷発生率を比較すると、13112201は27.1%、13112211は12.7%とフィレット付きでは損傷発生率が大きく低減する傾向にある。このように、フィレット構造の板組は損傷発生率が低くなる傾向にあり、隅角部の応力集中の程度に差があるものと考えられる。

13112201



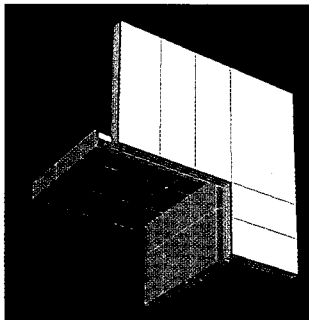
362隅角中98隅角に損傷（損傷発生率27.1%）

→362隅角中10隅角で長さ30mm以上の損傷

（損傷長さ30mm以上の損傷発生率2.8%）

図2-7 採用実績が多い板組構造

13112201



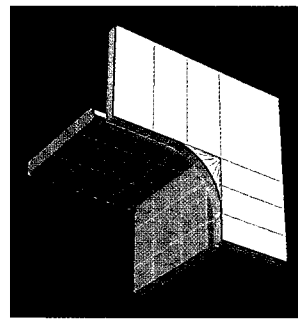
362隅角中98隅角に損傷

（損傷発生率27.1%）

→362隅角中10隅角に長さ30mm以上の損傷

（損傷長さ30mm以上の損傷発生率2.8%）

13112211（13112201にフィレット）



118隅角中15隅角に損傷

（損傷発生率12.7%）

→118隅角中1隅角に長さ30mm以上の損傷

（損傷長さ30mm以上の損傷発生率0.8%）

図2-8 フィレット構造と損傷発生率

(2) 隅角部の溶接品質

① 板組構造に起因する溶接困難部、溶接不可部

近年の研究¹⁾により、鋼製橋脚の隅角部には板組構造や組立て順序、開先形状などに起因して溶接困難部や溶接不可部が存在し、疲労上の弱点となっていると考えられている。直轄国道の鋼製橋脚においても、表 2-4、表 2-5 に例示するように板組構造に起因する溶接困難部や溶接不可部が存在することがわかった。

分析の対象となる直轄国道の鋼製橋脚隅角部の板組構造と溶接構造例は、3. 分析に用いた隅角構造 に詳細を示すが、ほとんどの板組構造で隅角部に溶接が完全に行えない個所が生じる可能性が高いことがわかった。

表2-4 角柱隅角部の溶接構造例

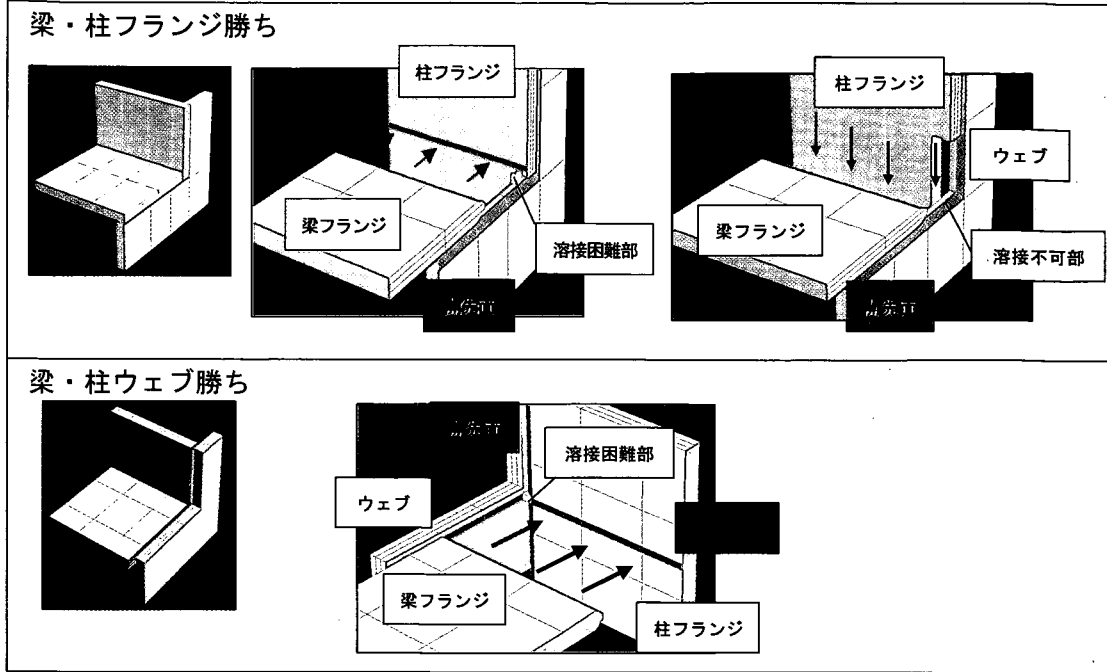
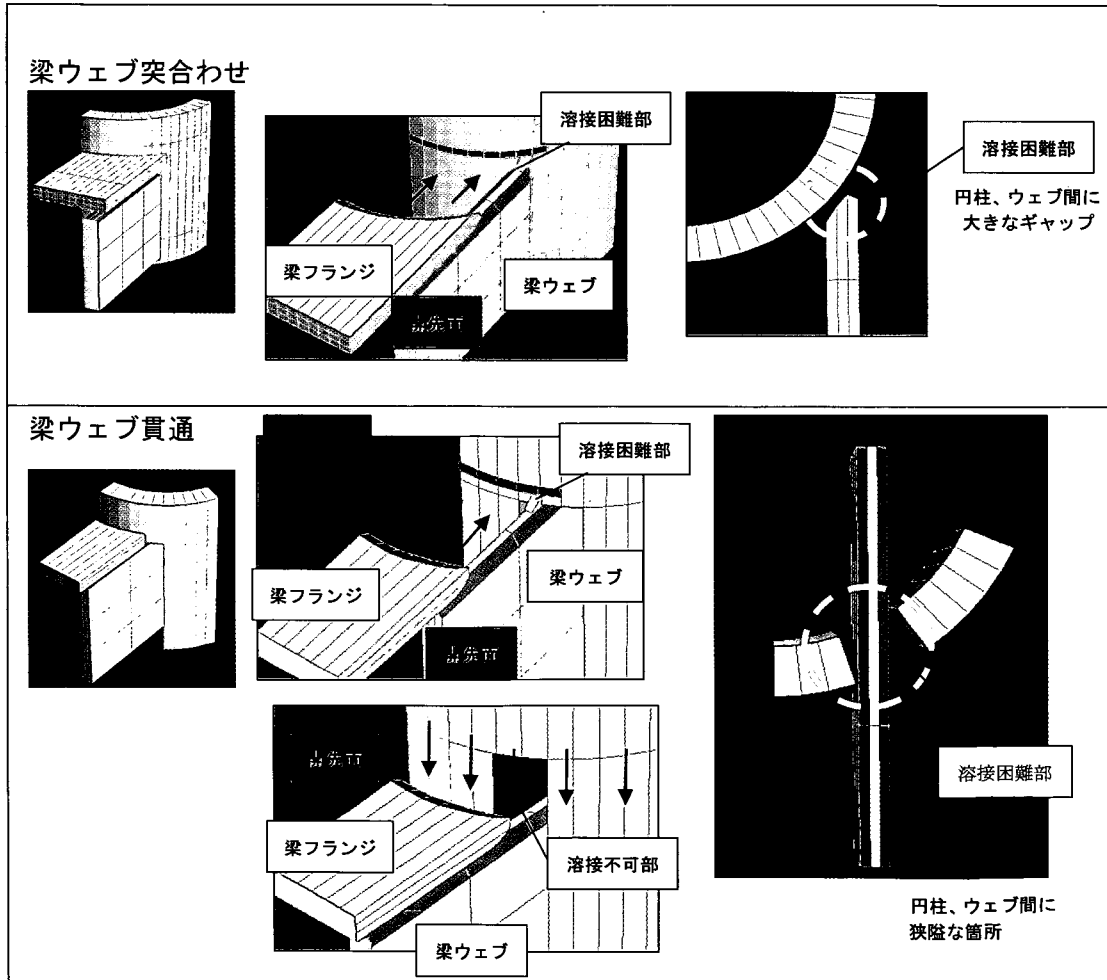


表2-5 円柱隅角部の溶接構造例



②損傷が出やすい板組構造

採用実績は少ないが、損傷発生率が高い板組構造を示す。これらの板組は溶接線が多い、板の組替えがある等、溶接施工の条件が悪く、かつ、完全な溶け込みを行うことが困難な構造である。従って、溶接品質の確保が十分でなかったと思われる。

a) 角柱

柱ウェブを分断したり、梁・柱の勝ち部材の組替えを伴うなど、溶接線が多く、板の分離が多い板組構造は、採用実績は少ないものの損傷発生率が高い傾向にある。

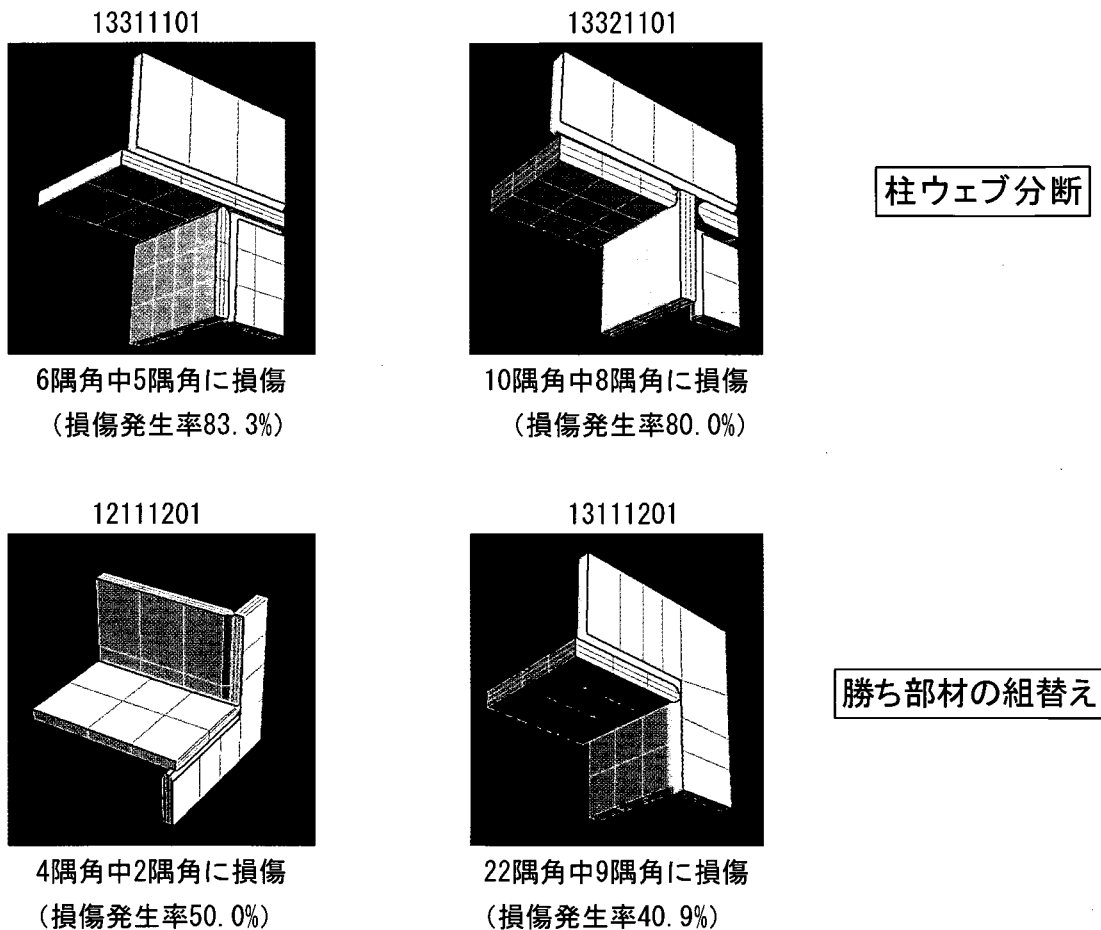
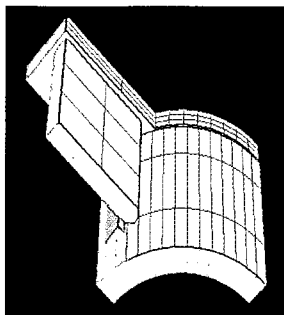


図2-9 損傷発生率が高い板組構造（角柱）

b) 円柱

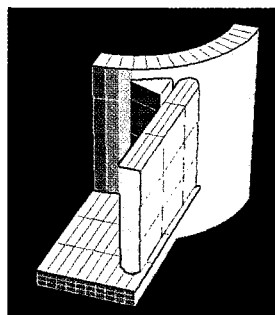
梁ウェブと円柱の突合せ溶接部に、間詰め母材同士の仲介として三角バーを使用した板組構造は採用実績が少ないものの損傷発生率が高い。このような構造では、部材間に溶接されない隙間が残ることも多く、疲労上の弱点となるものと考えられる。

21681001



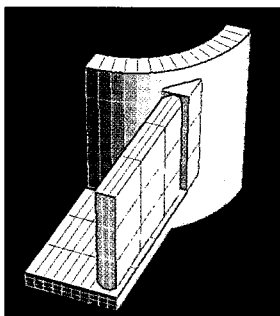
8隅角中5隅角に損傷（損傷発生率25.0%）
 →8隅角中1隅角に長さ30mm以上の損傷
 （損傷長さ30mm以上の損傷発生率12.5%）

23781001

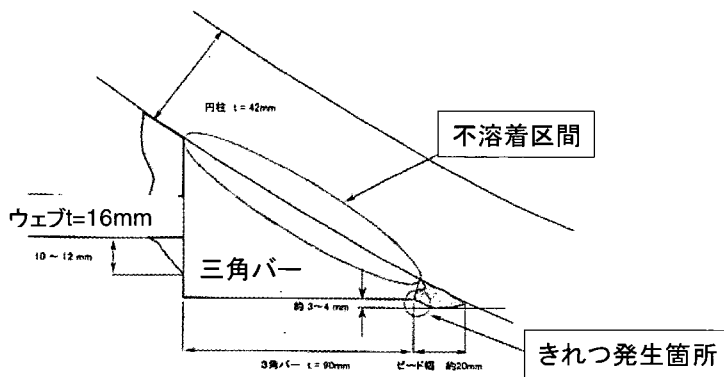


8隅角中4隅角に損傷（損傷発生率50.0%）
 →8隅角中4隅角に長さ30mm以上の損傷
 （損傷長さ30mm以上の損傷発生率50.0%）

23771001



4隅角中1隅角に損傷（損傷発生率25.0%）
 →4隅角中1隅角に長さ30mm以上の損傷
 （損傷長さ30mm以上の損傷発生率25.0%）



梁ウェブと円柱の接合部に三角バー

図2-10 損傷発生率が高い板組構造（円柱）

2.5.3 橋脚の構造形式と損傷の関係

T型橋脚、逆L型橋脚、ラーメン橋脚などの橋脚の構造形式と損傷発生との間には顕著な傾向は見られず、損傷発生率が高い板組の隅角部であれば、橋脚の構造形式にかかわらず高い損傷発生率を示すことがわかった。また、分析⑧-14で溶接線方向（X、Y、Z、XY、XZ、YZ、XYZの組み合わせ）と損傷発生との関係について分析を行ったが、梁フランジの突合わせ溶接であるZ方向の溶接線単独の損傷が多く、複数の溶接線方向に同時に損傷が発見されたケースは少なかった。（7. 橋脚の構造形式と損傷の関係 より）

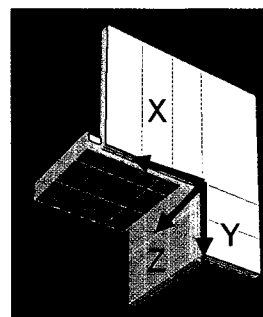


図2-12 溶接線方向

2.5.4 隅角部形状パラメータと損傷の関係

鋼製橋脚隅角部の設計は、せん断遅れを考慮した奥村・石沢の式を用いて行うのが一般的である。この鋼製橋脚隅角部のせん断遅れ応力に影響を与える梁・柱の断面形状、それによるせん断遅れパラメータなどの設計に関連する項目に着目して分析を行ったが、損傷との間に著しい傾向は見られなかった。（8. 隅角部形状パラメータと損傷の関係 より）

