

S-P表を使った道路橋点検員の技能の評価

関西大学工学部 正員 三上 市藏
阪神高速道路公団 正員 山口 良弘
阪神高速道路管理技術センター 林田 哲郎*
関西大学大学院 学生員 北岸 秀一

1. まえがき

道路橋にも疲労損傷が発生する様々な事例が報告されているように、既存の構造物に対して、正しく補修・補強を行い、的確に維持・管理する保守業務が重要になってきている。構造物を維持・管理するためには、点検業務を適切に実施し、構造物の現状を正しく把握する必要がある。そこでは、構造物に対する点検業務を行う点検員の点検技能が重要となってくる。

今回、道路橋の点検業務における点検員の技能評価の方法を研究し、技能向上を図るための方策を検討するために、阪神高速道路公団と(財)阪神高速道路管理技術センターの協力を得て、供用中の道路橋の上部工に対する点検作業を実施した。点検作業は、阪神高速道路公団の定期点検における点検基準¹⁾に基づいて行った。

本論文では、点検作業を行った点検員の点検技能を分析するために、S-P表を適用した分析方法を提案し、点検結果から点検員の点検技能の評価を行う。

2. 点検員の技能調査方法

2.1 対象橋梁

点検作業場所は、大阪府道高速大阪池田線(環状線)の北浜出口付近の橋梁部分(堂島川上)である。橋種は、単純桁構造の活荷重合成鋼プレートガーダー橋である。この橋梁の4スパンに対して点検作業を実施した。

2.2 点検方法

阪神高速道路公団の定期点検における上部工点検の点検基準¹⁾に基づいて点検作業を行った。点検の対象とした構造物は鋼桁(本体部、桁端部)、床版および梁上構造物(支承、落橋防止装置、伸縮継手、床版端部)である。

点検は、足場および検査路を使って目視、叩きおよび簡単な計測によって行い、損傷度は表-1に示す損傷度ランクの判定基準¹⁾に基づいて判定された。

表-1 損傷度ランク判定基準

判定	状況
Ⓐ	損傷が著しく道路構造物の機能低下を招き、交通安全確保上または第三者への影響が大であり、支障をきたす恐れがあると考えられ、緊急補修の必要がある場合
A	損傷が著しく、補修する必要がある場合
B	損傷があり、必要に応じて補修する場合
C	損傷が軽微である場合
OK	上記以外の場合

2.3 点検員構成

点検作業には、班単位(2名構成)で携わり、1名が点検作業にあたり、残りの1名が点検結果を記帳するなどの補助作業を行った。

* 現在、国際技術コンサルタント

表-2に示すように、点検業者4社が対象橋梁の点検を行った。A、C社が5班を、B、D社が4班を出し、合計18班が点検作業を行った。表中、③は阪神高速道路公団が初級点検員であると評価している点検員であり、⑨は同様に中級点検員であると評価している点検員である。

これらに加えて、管理業務の専門家として、(財)阪神高速道路管理技術センターから1班⑬、阪神高速道路公団から1名⑭、日本橋梁建設協会所属の橋梁メーカーから1名⑮が点検を行った。専門家⑯⑰⑱は、全ての損傷の種類に対して点検を行うのではなく、得意な分野に関してのみ点検するように依頼した。

専門家の点検結果を参考にして、模範的な点検結果を作成した。この模範点検結果を基準として、点検員①～⑱による点検結果を採点し、橋梁点検員としての点検技能を評価する。

表-2 点検員構成

班	業者	点検年月日	備考	班	業者	点検年月日	備考
①	B社	1991年9月25日	—	⑫	D社	1991年9月25日	—
②	A社	1991年9月6日	—	⑬	C社	1991年9月6日	—
③	C社	1991年9月25日	初級者	⑭	B社	1991年9月25日	—
④	B社	1991年9月25日	—	⑮	D社	1991年9月25日	—
⑤	C社	1991年9月6日	—	⑯	D社	1991年9月25日	—
⑥	B社	1991年9月25日	—	⑰	C社	1991年9月6日	—
⑦	A社	1991年9月6日	—	⑱	D社	1991年9月25日	—
⑧	C社	1991年9月6日	—	⑲	—	1991年9月25日	専門家
⑨	A社	1991年9月13日	中級者	⑳	—	1991年9月17日	専門家
⑩	A社	1991年9月6日	—			1991年9月18日	
⑪	A社	1991年9月6日	—	㉑	—	1991年9月27日	専門家

2.4 点検実施日

点検作業は、表-2に示すように1991年9月に6回に分かれて実施された。点検を実施した日は、全て晴天であり、天候により点検結果が左右されることはなかった。

複数の班が同時に点検作業を行っているが、他の班と相談することは禁止した。点検実施日により、差がないようにするために、損傷発見箇所にチョーキングなど印を残さないように指導した。

2.5 足場条件

鋼桁の点検では、工事用につけられた足場を用いた。この足場からは、下フランジ周辺の損傷に対しては、接近して点検を行える状況にあったが、上フランジ周辺に対しては、脚立を使用しなければ接近して点検を行えない状況であった。今回の点検では、脚立を使用しなかった。床版の点検では、点検用の検査路を設け、この検査路から点検を行った。

3. 調査結果

3.1 点検結果の報告

点検結果は、通常、用いられている阪神高速道路公団の「点検報告書」の様式をそのまま用いて報告してもらった。この報告書は、点検補助員が各スパンごとに記入し、損傷発見箇所、損傷度ランクの判定および個々の損傷に対する写真が記録された。

3.2 損傷種類と損傷状況

点検の結果、発見された損傷を構造物別にまとめると次のようである。

(1) 鋼桁

点検を実施した4スパンにおいて、6種類の損傷が確認され、計64箇所に損傷が発見された。この内訳を表-3に示す。

(2) 床版

点検を実施した4スパンにおいて、パネル(主桁と横桁に囲まれた部分)ごとに叩き点検を実施した結果、30パネル中7パネルにおいて、不良音が確認された。

(3) 梁上構造物

点検を実施した5本の橋脚上の構造物において、計242箇所損傷が発見された。梁上点検では、支承、床版端部、伸縮継手、落橋防止装置に対して点検が実施されたが、内訳を表-4に示す。

表-3 鋼桁の点検結果

損傷の種類	損傷数
高力ボルトの欠損	28
高力ボルトのゆるみ	4
部材の曲り・歪	17
錆・腐食	11
漏水・滞水	3
その他(未溶接)	1
合計	64

表-4 梁上構造物の点検結果

	損傷の種類	損傷数	損傷の種類	損傷数
支承	アンカーボルトの損傷	37	ひびわれ	8
	サイドB.L等の接触	11	剝離欠落	25
	錆・腐食	15	鉄筋露出	8
	沈下	3	漏水・錆流出	18
	沓座コンクリートの損傷	32	遊離石灰の流出	23
	移動量の良否	5	端横桁からの浮き	6
	ピンチP.Lのボルト損傷	5	空洞	6
	ベアリングB.Lのボルト損傷	2	その他	4
	サイドB.Lのボルト損傷	1		
	その他	1		
落橋防止装置	ボルト締付けの良否	1	本体の損傷	2
	補強部材の損傷	1	異常音	2
			漏水	12
			止水工	8
			端部補強の状態	1
		その他	4	
			合計	242

3.3 点検結果の整理

点検報告書では、分析作業の際に不便であるので、分析作業の便宜を考えて、データを整理した。整理した結果の一部を表-5に示す。表では、行に点検員、列に損傷発見箇所と損傷種類をとって、整理をした。損傷発見箇所は、阪神高速道路公団で定められた記号¹⁾を用いて示している。

A, B, Cは表-1の損傷度ランクを表し、空白部分は損傷が発見されていないことを表す。

表中の最下行⑳は、評価対象の点検員①～⑱の点検結果に、専門家⑲⑳㉑の判定した損傷度ランクを参考にして作成した模範的な点検結果である。

表-5 点検結果の整理

検査員	部材部位	鋼桁本体部					鋼桁端部					
		G1-3	G2-7	G3-3	G3-8	A-8	G2	G3-B	G4	G4-B	G4-B	B1-D
	損傷	(1)	(3)	(1)	(3)	(3)	(5)	(4)	(5)	(4)	(3)	(4)
①						C						C
②		B		B		C						
③												
④												C
⑤		B		B			C	C	C			C
⑥												C
⑦		B		B		C						
⑧		B		B								C
⑨		B		B		B		C				
⑩		B		B		B						
⑪		B		B		B						
⑫						B						C
⑬		B		B				C				C
⑭						C		C		C	C	
⑮						C		C				C
⑯						B						
⑰		B		B								
⑱						B						
⑲				B		B						
⑳												
㉑			A		B							
㉒		B	A	B	B	B	C	C	C	C	C	C

(1)HTBの欠損 (3)曲り・歪 (4)錆・腐食 (5)漏水・滞水

『損傷判定能力』とは、発見した損傷に対して阪神高速道路公団の判定基準に基づいて損傷度ランクを正しく判定できる能力のことである。

また、任意の点検員が、全損傷に対する発見した損傷の割合を『発見率』，発見した損傷に対して損傷度ランクを正確に判定した損傷の割合を『部分判定率』，『発見率』と『部分判定率』を考慮した割合，つまり、損傷を発見し、かつ、その損傷に対する損傷度ランクを正確に判定した損傷の割合を『判定率』と定義する。

5. S-P表の適用

5.1 S-P表の概要

S-P表分析^{2) 3)}は統計数理法であり、テストの項目に正答したか誤答したかというような2値データに関して、その反応パターンを整理したS-P表(Student-Problem score table)から注意を要する項目や被験者を見いだすことができる。

5.2 S-P表の作成

(1) 損傷発見能力

点検員が、損傷を発見しているなら“1”，見落としているなら“0”を与える。ただし、損傷度ランクの判定のいかんは問わない。この2値データのマトリックスの行(点検員)と列(損傷)のそれぞれの合計値を求め、合計値の大きい順に並べ替えを行う。並べ替えを終えたマトリックスに、S曲線およびP曲線を引く。このようにして作成したマトリックスがS-P表である。表-5を例に、S-P表を作成すると表-6のようになる。表-6では、S曲線を実線で、P曲線を点線で示している。

表-6 S-P表

班番号	部材	本体	本体	本体	桁端	桁端	桁端	桁端	桁端	本体	本体	合計
	部位	A-8	G1-3	G3-3	G4-E	G3-E	B1-D	G2	G4	G4-E	G2-7	
損傷	(3)	(1)	(1)	(3)	(4)	(4)	(5)	(5)	(4)	(3)	(3)	
⑤	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	6
⑨	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4
⑬	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
⑭	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4
②	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
⑦	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
⑩	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
⑪	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
⑧	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
⑮	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
⑫	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
⑬	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
⑰	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
①	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
⑯	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
⑱	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
④	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
⑥	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
③	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	11	9	9	7	5	2	1	1	1	0	0	46

(1)HTBの欠損 (3)曲り・歪 (4)錆・腐食 (5)漏水・滞水

(2) 損傷判定能力

点検員の判定した損傷度ランクが、模範点検結果⊗と同じならば“1”，それ以外は“0”を与える。この後の作業は、5.2(1)と同様である。

5.3 S-P表の見方

損傷発見能力に関するS-P表(表-6)では、上の行の点検員ほど、損傷を多く発見していることを示す。また、S曲線より左側に“1”が多い点検員は、発見の容易な損傷を見落とさずに着実に発見しており、信頼度の高い点検員であると評価できる。

左の列にある損傷ほど、多くの点検員に発見されている損傷であることを示す。また、P曲線より下に“1”が多い損傷は、損傷発見数の多い点検員が見落としているにもかかわらず、損傷発見数の少ない点検員が発

見していることから、特異な損傷であると評価できる。

5.4 注意係数

注意係数とは、S曲線とP曲線を境として、“1”と“0”の入れ替わりがない完全な反応パターンを想定し、作成したS-P表のパターンが、完全な反応パターンとどの程度一致しているかを示す係数である。

注意係数が0.0~0.5である点検員は、発見の容易な損傷に対して見落としが少なく、着実に発見しており、点検結果の信頼度が高い点検員である。これに対して、注意係数が0.5を越えるような点検員は、多数の点検員が発見している損傷を見落とす一方で、少数の点検員にしか発見されていない損傷を発見しており、点検結果の信頼度が低い点検員であると評価できる。

6. 分析項目

様々な角度から、点検員の技能評価を行うために、次の項目について分析する。

(1) 全点検結果の分析

点検対象となった構造物の全点検結果について、点検員の技能評価を行う。ただし、全点検結果の分析は、損傷発見数の多い構造物の点検結果に大きく左右される。

(2) 構造物別の分析

点検対象となった、鋼桁、床版および梁上構造物別に点検員の技能評価を行う。

(3) 着目位置別の分析

鋼桁においては本体部と桁端部、梁上構造物においては支承、伸縮継手、床版端部、落橋防止装置における、着目位置別の点検員の技能評価を行う。

(4) 損傷種類別の分析

発見された損傷の種類別に点検員の技能評価を行う。

7. 分析結果

7.1 全点検結果の分析

今回の点検作業において得られた、全点検結果における損傷発見能力に関する図を図-1に示す。また、発見率、部分判定率に対する平均値と標準偏差を表-7に示す。

図-1より、点検員の平均発見率(0.234)が非常に低く、標準偏差(0.055)も小さいことから、全点検員の損傷発見状況が良くないことが分かる。また、全点検員のデータが接近していることから、点検員間の能力差が少ないことが分かる。点検員の発見率が極端に低いので、点検方法を見直す必要があるかもしれない。

点検員の部分判定率の平均値(0.740)が高く、発見した損傷の7割以上に対して、発見した損傷については損傷度ランクを正確に判定していることが分かる。発見した損傷の3割に対して損傷度ランクの

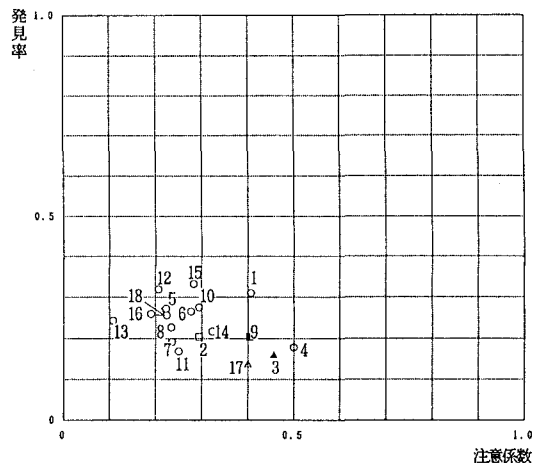


図-1 全点検結果

判定を間違えていることになるので、損傷度ランクの判定基準を判定しやすいように見直す必要があるかもしれない。

7.2 構造物別の分析

構造物別の損傷発見能力に関する図を、鋼桁について図-2、床版について図-3、梁上構造物について図-4に示す。

7.2.1 鋼桁

平均発見率(0.307)が、全点検(0.234)に対する評価よりも高く、鋼桁では比較的多くの損傷を発見できている。図-2より、点検員が3つのグループに分かれていることが分かる。第1のグループは、発見率が相対的に高く、注意係数が低い、損傷発見能力の高いグループであり、第2のグループは、発見率が低く、注意係数が極端に高い、損傷発見能力の低いグループである。残りのグループは第1と第2のグループの中間のグループである。

部分判定率の平均値(0.851)が高く、鋼桁の点検においては発見した損傷の8割以上に対して、損傷度ランクを正確に判定していることが分かる。このように、発見率と部分判定率が、全点検の場合よりも高いのは、点検のための足場が広く、鋼桁の点検作業が行いやすい状況にあったためであると考えられる。

7.2.2 床版

平均発見率(0.595)が高く、床版については、鋼桁よりも損傷の発見はうまくいっている。図-3より、点検員①⑤⑥⑧⑫⑬⑭⑮⑯は、発見率が0.7以上あり、注意係数も0.0なので、床版の点検については損傷発見能力が高いと評価できる。また、部分判定率の平均値(0.955)が非常に高く、発見した損傷のほとんどについて損傷度ランクの判定を正確に行っている。

今回、床版に対する点検はたたきによる不良音の確認のみであった。したがって、発見率と部分判定率が高いということは、点検員にとって、不良音を確認することは容易であり、その損傷度ランクを判定することも容易であると言える。

7.2.3 梁上構造物

平均発見率(0.205)が極端に低く、鋼桁、床版の点検よりも損傷の発見状況が悪いことが分かる。ま

表-7 発見率と部分判定率

	発見率		部分判定率	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
全点検	0.234	0.055	0.740	0.060
鋼桁	0.307	0.091	0.851	0.065
床版	0.595	0.219	0.955	0.083
梁上構造物	0.205	0.066	0.656	0.084
高力材欠損	0.434	0.175	0.921	0.061
曲り・歪	0.225	0.069	0.517	0.252

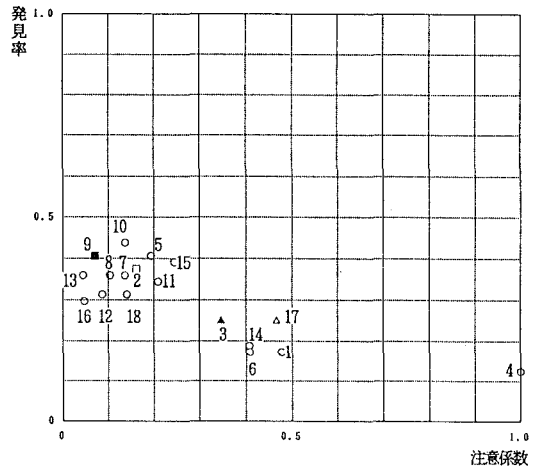


図-2 鋼桁

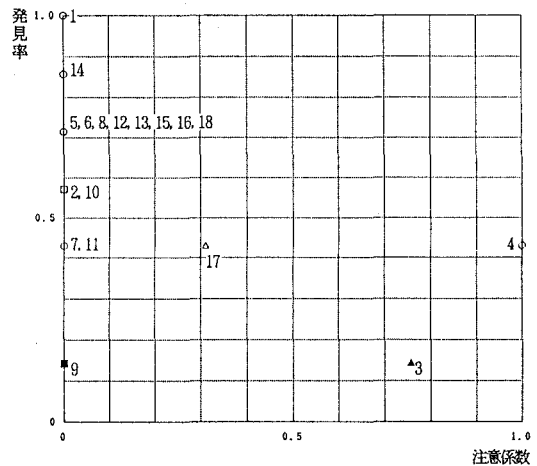


図-3 床版

た、図-4の点検員のデータが接近していることから、点検員間の能力差が少ないと言える。

部分判定率の平均値(0.656)も鋼桁、床版よりも低く、損傷度ランクを正確に判定できていない。このように、梁上構造物の場合、点検員の損傷発見能力、損傷判定能力の評価が低いのは、点検のための場所が狭く、暗いため、点検作業が困難であることや、点検項目も多数に分れている的確な点検が困難な状況にあることが原因であると考えられる。

7.3 着目位置別の分析

鋼桁の点検における、桁端部に着目して、点検員の点検技能を検討する。桁端部の損傷発見能力に関する図を図-5に示す。

7.3.1 鋼桁端部

図より、発見率が非常に低く、桁端部においては損傷が発見しにくいことが分かる。これは、梁上構造物の場合と同様に、点検のための場所が狭く、暗いため、点検作業が困難であることが原因であると考えられる。

しかし、部分判定率の平均値(0.778)は比較的高く、発見した損傷に対して比較的正確に損傷度ランクを判定できている。

7.4 損傷種類別の分析

損傷種類別の分析として、鋼桁の点検において発見された高力ボルトの欠損と曲り・歪に対する損傷発見能力に関する図を図-6、7に示す。

7.4.1 高力ボルトの欠損

図-6より、注意係数の低い点検員が多く、発見率に応じて、損傷の発見しやすい箇所から着実に発見しているのが分かる。平均発見率(0.434)は、鋼桁の点検において発見された全損傷の中で最も高く、この損傷は点検員にとって発見しやすい損傷である。また、部分判定率の平均値(0.921)が非常に高く、損傷度ランクの判定も正確に行われている。

したがって、高力ボルトの欠損は、点検員にとって、比較的発見の容易な、かつ、損傷度ランクの判定も容易な損傷であると考えられる。

7.4.2 曲り・歪

図-7より、発見率にばらつきが少なく、注意係数にばらつきがあることより、点検員によって、損

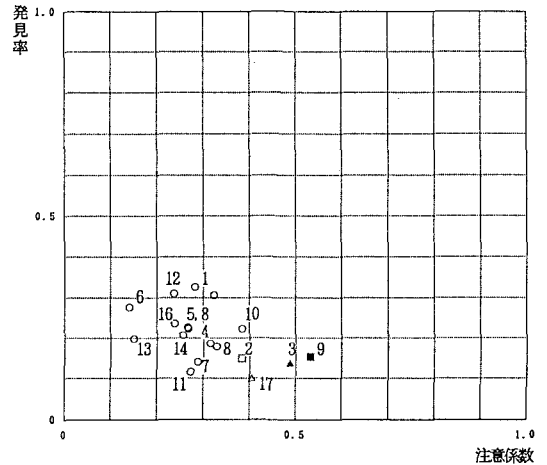


図-4 梁上構造物

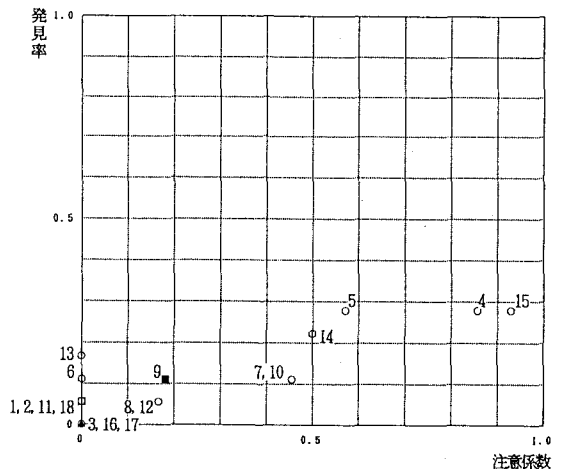


図-5 鋼桁端部

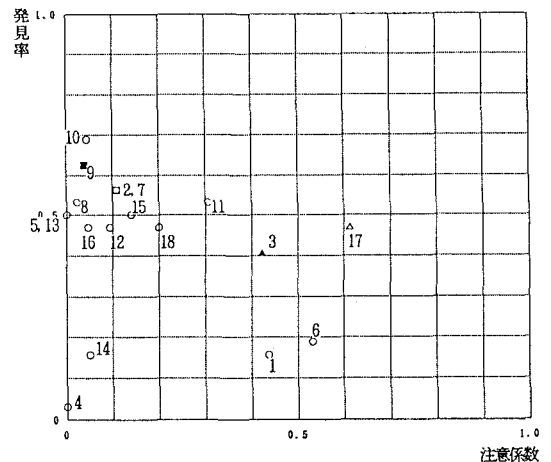


図-6 高力ボルト欠損

傷を発見している箇所が異なっていることが分かる。また、部分判定率の平均値(0.517)は低く、曲り・歪に対しては、損傷度ランクの判定が正確に行われていないことが分かる。

部分判定率の標準偏差(0.252)が大きく、損傷度ランクを正確に判定している点検員とそうでない点検員の差が大きいことを示している。損傷度ランクの判定にばらつきを少なくするために、曲り・歪に関する判定基準を見直す必要があるかもしれない。

8. あとがき

今回、道路橋の点検業務における点検員の点検技能を評価する方法を模索するために、供用中の道路橋に対して点検作業を実施した。そして、点検作業によって得られた点検結果を分析するために、S-P表による分析方法を提案し、点検員に対する点検技能の評価を行った。ここでは、4つの項目(全点検、構造物別、着目位置別、損傷種類別)について分析を行った。

分析の結果、点検員の発見率が全体的に低く、点検方法を見直す必要があるといえる。特に、鋼桁端部や梁上構造物のような橋脚上付近の点検方法を検討する必要がある。また、部分判定率は比較的高いが、判定を間違っている損傷が2~3割あることから、判定基準を見直す余地が残されていると言える。特に、曲り・歪は、損傷度ランク判定基準を検討する必要性のある損傷の1つである。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：道路構造物の点検基準(土木構造物編)，1985. 9.
- 2) 海保博之：心理・教育データの解析法10講 応用編，福村出版，1986.
- 3) 広兼道幸・植田哲司・三上市蔵：S-P表を使った自然斜面の崩壊危険度の判定，土木情報システムシンポジウム講演集，1991. 10.

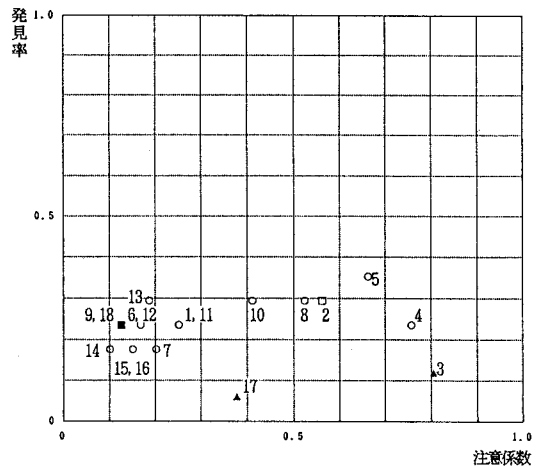


図-7 曲り・歪