

土木研究所資料

新潟地震における被害橋梁に対する耐震性判定法の適用例

昭和52年5月

建設省土木研究所

耐震研究室

新潟地震における被害橋梁に対する耐震性判定法の適用例

耐震研究室	室 長	栗 林 栄 一
	研究員	田 崎 忠 行
	研究員	川 島 一 彦
		市 川 秀 樹
		柴 田 松 雄
		宮 田 忠 明
		千 場 良 信
基礎研究室		堀 部 正 文

昭和 5 2 年 5 月

目

次

1. 概 要	1
2. 現地調査の概容	1
2.1 現地調査実施時期	1
2.2 調査対象橋梁	1
2.3 調査項目	1
2.4 被害度の分類	7
3. 解析手法（数量化分析）	7
3.1 概 説	7
3.2 偏回帰係数の推定	8
3.3 偏回帰係数の規準化	9
3.4 重相関係数と偏相関係数	10
4. 解析結果	11
4.1 数量化分析の結果	11
4.2 偏回帰係数の平滑化	11
4.3 被害度の解析結果の検討	13
4.3.1 被害を受けた橋梁の推計被害度の平均値と信頼区間	13
4.3.2 正規分布の検定	13
4.3.3 橋梁の経過年数による耐震性の差の検定	15
4.3.4 推計被害度による落橋の判定	16
4.3.5 推計被害度の有意性の検討	17
5. 結 論	18
6. 参 考 文 献	19

1. 概 要

地震による橋梁の被害と、橋梁の構造、周辺地盤の状況との関係を調査するために、1964年6月16日に発生した新潟地震当時の新潟県内における橋梁について現地調査を行ない、被害の程度との関係を数値化分析によって解析した。

2. 現地調査の概要

2.1 現地調査実施時期

昭和51年8月23日～26日

2.2 調査対象橋梁

昭和39年の新潟地震発生直後に、土木研究所では被害橋梁の実情調査のため2班に分けて調査団を派遣した外、その後数回現地調査を行い巻末の参考資料に示す93橋の調査が行なわれている。

このなかから、現在残存している橋梁63橋の現地調査を行なった。更に新潟地震で被害が大きくかつ現存していない4橋についても追加して調査を行なった。

図-1に被害橋梁位置図を示す。

2.3 調査項目

調査に用いた点検表を表-1に示す。

尚、調査項目のうち地盤については、参考文献②の地盤分類図から求めており、その対応結果を表-2に示す4種類のカテゴリーに分類した。

表 - 1 橋梁の耐震点検調査項目

耐震点検調査表-1 (橋 梁)				整 理 番 号	
① 地 建 名 都道府県名		② 調 査 担 当 事 務 所 名		③ 調 担 当 者 名	
④ 橋 名		⑤ 路 線 名			
⑥ 地 名	県	郡 市	町 村		
⑦ 地 域 区 分	1 A地域	2 B地域	3 C地域		
⑧ 交 通 量	1 10,000台/日以上	2 5,000台/日~10,000台/日	3 5,000台/日未満		
⑨ 適用示方書	1 大正15年道橋御則又は昭和14年鋼道示	2 昭和31年鋼道示	3 昭和46年道路橋耐震設計指針		
⑩ 地 盤	2.4 悪い	2.7 やや悪い	3.0 普通	3.3 良い	
⑪ 下 部 工	2.4 浮き基礎	3.0 支持基礎	⑫ 洗掘の有無	2.1 有	2.7 不明 3.0 無
⑬ 上部工の構造形式	1.6 外的静定	2.0 外的不静定			
⑭ 上部工の支持条件	2.4 支承の逸脱	2.8 落橋防止構造なし	3.2 移動制限装置、支承縁端距離の確保 隣接けた間連結のうちのいずれか1つ		
	4.0 移動制限装置と支承縁端距離の確保 或いは隣接けた間連結を併用	4.8 移動制限装置、支承縁端距離の確保 隣接けた間連結のすべてを併用			
⑮ 下部工躯体部の高さ (単位 m)	0.7 $20 \leq H$ 0.75 $18 \leq H < 20$ 0.8 $16 \leq H < 18$ 0.85 $14 \leq H < 16$ 0.9 $12 \leq H < 14$				
	0.95 $10 \leq H < 12$ 1.0 $7 \leq H < 10$ 1.05 $5 \leq H < 7$ 1.1 $H < 5$				
⑯ 下 部 工 の 材 料	1.4 レンガ	1.6 無筋コンクリート	2.0 鉄筋コンクリート、鋼		
⑰ 橋梁基礎部周辺の 自然斜面の傾斜	0.8 傾 斜	1.0 平 坦			
⑱ 連 数	0.8 11以上	0.9 4~10連	1.0 2~3連	1.2 1連	
⑲ 斜 角	0.8 60° 以下	1.0 $60^\circ \sim 90^\circ$			
⑳ ⑦ + ⑧					
㉑ ⑨ + ⑩ + ⑪ + ⑫ + ⑬ + ⑭ + ⑮ + ⑯ + ⑰ + ⑱ + ⑲					
㉒ ㉑ + ㉑					

表-2 地盤分類の対応表

文献 2) による分類		本解析に用いた分類
泥層を主とする地域 砂 + シルト	沖積地盤	粘土を主とする地盤
砂層を主とする地域	地盤	砂質地盤
砂礫を主とする地域	地盤	砂礫質地盤
下部第4系新第3系 および先第3系	洪積地盤	岩盤、洪積地盤

又周辺地盤の流動化の有無については、参考文献 3) から、新潟地震当時当該橋梁の地点で流動化の観測されたもの、当該橋梁の近傍数百m以内で流動化の観測されたもの、その他の3種類に分類した。調査結果を表-3に示す。

表-3 調査結果一覧表

サンプル番号	要因(イテム)	下部工	洗掘の有無	上部工の構造型式	上部工の支保条件	下部工の材料	進数	地盤	流動化	被害度(%)
	範疇 (カテゴリー)	浮支 き持 基盤 基礎	不 有 無 明	外 的 不 静 定	支保の 承 上 構 造 な 脱	レ 鉄 筋 コン クリ ート ガ ト 洞	11421 以 103 上	岩砂粘 盤・質土を ・洪質主と 地地地 盤盤盤	なやあ や あ しりり	
1	泰平橋	10	001	10	01000	001	1000	0001	100	2
2	久平橋	10	001	10	01000	001	0100	0001	100	2
3	昌平橋	10	001	10	01000	001	0010	0001	100	2
4	内島見橋	01	001	10	01000	001	0010	0001	100	2
5	加治大橋	01	001	01	00100	001	0100	0010	100	2
6	黒川橋	01	100	10	01000	001	1000	0100	100	2
7	荒川橋	01	100	10	00010	001	1000	0100	100	2
8	水明橋	10	100	10	01000	001	1000	0100	100	2
9	明神橋	10	001	10	01000	001	0100	0001	100	0
10	旭橋	01	100	10	00100	001	1000	0001	100	1
11	横雲橋	01	001	10	01000	001	1000	0010	100	2
12	大野大橋	01	001	10	01000	001	0100	0001	100	2
13	三条大橋	10	100	10	01000	001	0100	0010	100	0
14	三条小橋	01	001	10	01000	001	0010	0010	100	0
15	新彦水橋	01	100	10	01000	001	0010	0010	100	0
16	大河津橋	01	100	10	01000	001	1000	0010	100	0
17	万代橋	10	001	01	01010	001	0100	0001	001	5
18	東跨線橋	01	001	10	01000	001	1000	0001	001	5
19	月見橋	10	001	10	01000	001	0100	0001	001	2
20	崎山橋	01	001	10	01000	001	0100	0001	100	0
21	大萩橋	01	001	10	01000	001	0100	0001	100	2
22	農林省橋	01	001	10	01000	001	0100	0001	100	0
23	帝石橋	01	001	10	01000	001	1000	0001	100	0
24	八千代橋	01	001	10	00100	001	1000	0001	001	5
25	通船橋	01	001	10	01000	010	0010	0001	001	5
26	長堤橋	10	001	10	01000	001	0010	0001	100	0
27	西新堤	10	001	10	01000	001	0010	0010	001	0
28	関口橋	10	001	10	01000	001	0010	0001	100	0
29	笹神大橋	01	001	10	01000	001	0010	0100	100	0
30	安田橋	10	001	10	01000	001	1000	0100	100	2
31	普順橋	01	001	10	01000	001	0100	0010	100	0
32	千歳橋	10	001	10	01000	001	0010	0010	100	0
33	新津跨線橋	10	001	10	01000	001	1000	0010	100	2
44	小須戸橋	01	001	10	01000	001	0010	0001	100	3

サンプル 番号	要因(アイテム)	下部工	洗掘の有無	上部工の 構造型式	上部工の支 持条件	下部工の材 料	速 数	地 盤	流動化	被害 度 (%)
	範 時 (カテゴリー)	浮文 き持 基基 礎礎	不 有 無 明	外 外 的 的 不 不 於 於 定 定	支 支 落 落 防 防 上 上 の の 構 構 造 造 な な な	支 支 承 承 耐 耐 間 間 距 距 離 離 の の 確 確 保 保 脱 Letc用保	11421 以 103 上速速速	岩 岩 砂 砂 盤 盤 ・ 質 洪 洪 積 積 地 地 地 地	な や あ や あ しりり	
35	境 橋	10	001	10	01000	001	0010	0001	100	0
36	大 橋	10	001	01	01000	001	0001	0010	100	0
37	阿賀浦橋	10	001	10	01000	001	0100	0010	100	0
38	寿 橋	10	001	10	01000	001	0001	0001	100	2
39	亀田跨線橋	10	001	01	01000	001	0001	0001	100	0
40	万 國 橋	10	001	10	01000	001	0010	0001	100	2
41	山ノ下橋	10	001	10	01000	001	0100	0001	100	3
42	昭和大桥	10	001	10	01000	001	1000	0001	001	5
43	平 島 橋	10	001	10	01000	001	0001	0001	100	3
44	往 来 橋	01	001	10	01000	001	0100	0001	100	1
45	高 山 橋	01	001	10	01000	001	0100	0001	010	0
46	大 通 橋	01	001	10	01000	001	0010	0001	100	0
47	考 認 橋	10	001	10	01000	001	0000	0010	010	0
48	吉 田 橋	10	001	10	01000	001	0010	0010	010	0
49	朝 風 橋	10	001	10	01000	001	0010	0010	010	0
50	地蔵堂橋	10	001	10	01000	001	0010	0010	100	0
51	避 險 橋	01	001	10	01000	001	0010	1000	100	0
52	下河根橋	10	001	10	00100	001	0010	0010	100	3
53	管 関 道 橋	10	001	10	01000	001	0010	0010	100	2
54	長 生 橋	10	001	10	01000	001	1000	0100	100	3
55	今 町 大 橋	10	001	10	01000	001	0001	0010	100	1
56	草 薙 橋	10	001	10	01000	001	0100	0010	100	2
57	鳴 鹿 橋	10	001	10	01000	001	0100	0100	100	0
58	桃 子 橋	10	001	10	01000	001	0010	0100	100	1
59	大 布 橋	01	001	10	01000	001	0001	0100	100	1
60	矢 津 川 橋	01	001	10	01000	001	0010	0100	100	0
61	境 橋	01	001	10	01000	001	0001	1000	100	1
62	大 橋	01	001	10	01000	001	0100	0100	100	0
63	新 大 橋	10	001	10	01000	001	0100	0010	100	0
64	常 盤 橋	10	001	10	01000	001	0100	0010	100	1
65	栗ノ木橋	01				001	0001	0010	001	3
66	藤 村 橋	10				001	0010	0010	100	5
67	上 塩 橋	01				010	0010	0100	100	5
68	瑞 壁 橋	01				001	0100	0010	001	3

2.4 被害度の分類

橋梁の被害度は新潟地震調査報告¹⁾第5編橋梁関係の被害のなかで用いている被害後の分類(表-4)をそのまま使用した。

表-4 被害度の分類

上部工 及び 下部工	1	被害軽微、補修不要
	2	耐力力の減少に影響のない損傷、補修を要す。
	3	耐力力の減少、局部的破損、部分的補強補修により再使用可
	4	耐力力の減少、部分的破壊、部分構造の取替えにより再使用可
	5	橋全体の破壊

(備考)

- (1) 2、3の差は交通に支障のない程度のもは2に入れる。
- (2) 下部の沈下に伴う上部構造の変状は交通に及ぼす程度により1～3までに分類する。
- (3) 一橋のうち最も被害の大きい箇所をもって判定する。
(例えば一径間でも落橋していた場合は5である。)
- (4) 橋軸方向のわずかな傾斜は1であるが断面の補強を必要とするような傾斜の場合は2もしくは3に入れる。
- (5) 取付道路のみの被害も一応下部に入れる。

ここで、橋梁 i の被害度 y_i としては上部工と下部工との被害度のうち大きい方を使用した。実際に数値化分析を行なった時の目的変数である被害度 y_i は表-4で示した1～5では定量的なデータではないので、落橋の有無に重点を置いて表-5のように仮定した。

表-5 数値化分析に用いた被害度

表-4における被害度	0	1	2	3	4	5
数値化分析に用いた被害度	0	0.5	1	2	3	5

3. 解析手法(数値化分析)

3.1 概 説

数値化分析とは、数だけでなく質に関するデータも数値に表わして分析しようとする手法である。ここでは数値化分析I類によって解析を行なった。

一般に目的変数に影響を与えると考えられる要因(アイテム)の数を m 、各々の要因ごとの範疇(カテゴリー)の数をそれぞれ $n_1, n_2, \dots, n_m$ 、サンプルの個数を N とする。

各々の要因についてそれぞれの範疇に該当するか否かによって0か1のダミー変数

$$x_{ij\lambda} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n_i; \lambda = 1, 2, \dots, N)$$

を与える。

又、目的変数を y_λ ($\lambda = 1, 2, \dots, N$)

で表わす。

同じアイテムの中のカテゴリーは、どれか1個が1で、あとは全部0であるから

$$\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij\lambda} = 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

が成り立つ。

ここで目的変数 y_λ とダミー変数の間には、次のような線形関係が成り立っていると仮定する。

$$y_\lambda = a^{11} x_{11\lambda} + a^{12} x_{12\lambda} + \dots + a^{21} x_{21\lambda} + a^{22} x_{22\lambda} + \dots + a^{31} x_{31\lambda} + \dots + \epsilon_\lambda \quad \dots\dots\dots (2)$$

一般式としては

$$y_\lambda = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} a^{ij} x_{ij\lambda} + \epsilon_\lambda, \quad \lambda = 1, 2, \dots, N \quad \dots\dots\dots (3)$$

である。

ここに、 a^{ij} は各ダミー変数にかかる係数で、偏回帰係数(カテゴリーウェイト)と呼ばれる。 ϵ_λ は残差である。

次に行列記号として以下のように導入する。

$$Y = [y_\lambda] = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \quad (n_1 = 2, n_2 = 3 \text{ とすると})$$

$$X = [x_{ij\lambda}] = \begin{bmatrix} x_{111} & x_{112} & x_{211} & x_{221} & x_{231} \\ x_{112} & x_{122} & x_{212} & x_{222} & x_{232} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{11N} & x_{12N} & x_{21N} & x_{22N} & x_{23N} \end{bmatrix}$$

$$A = [a^{ij}] = \begin{bmatrix} a^{11} \\ a^{12} \\ a^{21} \\ a^{22} \\ a^{23} \end{bmatrix} \quad E = [\epsilon_\lambda] = \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_N \end{bmatrix}$$

したがって上式は

$$Y = XA + E \quad \dots\dots\dots (4)$$

3.2 偏回帰係数の推定

Y と X が与えられたときに偏回帰係数のベクトル A の推定値を求める。 a^{ij} の推定値を $\hat{a}^{ij}$ とすると

$$\hat{y}_\lambda = \hat{a}^{11} x_{11\lambda} + \hat{a}^{12} x_{12\lambda} + \hat{a}^{21} x_{21\lambda} + \hat{a}^{22} x_{22\lambda} + \hat{a}^{23} x_{23\lambda} \quad \dots\dots\dots (5)$$

によって得られる値を y_i の予測値としたとき、残差 $\epsilon_i = y_i - \hat{y}_i$ の平方和が最小になるように $\hat{a}^{ij}$ を求める。残差の平方和は

$$\sum_{i=1}^N \epsilon_i^2 = \epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \dots + \epsilon_N^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

となり $[a^{ij}]$ を同じ A で表わすと

$$\sum_{i=1}^N \epsilon_i^2 = (Y - XA)'(Y - XA) = Y'Y - 2A'X'Y + A'X'XA \quad \dots\dots\dots (7)$$

となる。上式を最小にするためには、 A で偏微分して 0 とおいたものが必要条件である。したがって

$$\frac{\partial}{\partial A} \left(\sum_{i=1}^N \epsilon_i^2 \right) = -2X'Y + 2X'XA = 0 \quad (\text{零行列}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

となるためには、 A は次の関係式を満足しなければならない。

$$(X'X)A = X'Y \quad \dots\dots\dots (9)$$

行列式 $|X'X| = 0$ であるため、上式から直ちに一意に A は求められないので、次のようなことを考える。

X より各アイテムの第 1 カテゴリーの項を除去して列の数が $n_1 + n_2 + \dots + n_m - (m-1)$ になるように行列 X^* を作り、又、 A も同様に第 1 カテゴリーの係数に相当する所を除外して、 A^* を作る。これを前のように Y で表わすと

$$Y = X^*A^* + E^* \quad \dots\dots\dots (10)$$

となり

$$(X^{*'}X^*)A^* = X^{*'}Y$$

$$A^* = (X^{*'}X^*)^{-1}X^{*'}Y \quad \dots\dots\dots (11)$$

となる。

3.3 偏回帰係数の規準化

前節では、偏回帰係数は各アイテムの第 1 カテゴリーを 0 とおいたが、ここでは、次のように変形して偏回帰係数を規準化する。

$$\text{加算平均は、}\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{y}_i, \quad \bar{x}_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} \quad \dots\dots\dots (12)$$

であり

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_i} \hat{a}^{ij} x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \hat{a}^{ij} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} \right) \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \hat{a}^{ij} \bar{x}_{ij} \quad \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

$\hat{y}_i$ から $\bar{y}$ を引いて、 $\bar{y}$ を移項すると

$$\hat{y}_i = \bar{y} + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} \hat{a}_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij}) \quad (14)$$

又、この式は次のように変形でき、各サンプルの推計被害度 y_i を求めることができる。

$$\hat{y}_i = \bar{y} + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} \left(\hat{a}_{ij} - \sum_{k=1}^{n_i} \hat{a}_{ik} \bar{x}_{ik} \right) x_{ijk} \quad (15)$$

3.4 重相関係数と偏相関係数

重相関係数は次式により求められる。

$$R_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (16)$$

これから、回帰平面の当てはまりの度合いを検討することができる。

次に y と m 個のアイテム間の標本相関行列とその逆行列を

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1y} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2y} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{y1} & r_{y2} & \dots & r_{yy} \end{pmatrix} \quad R^{-1} = \begin{pmatrix} r^{11} & r^{12} & \dots & r^{1y} \\ r^{21} & r^{22} & \dots & r^{2y} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r^{y1} & r^{y2} & \dots & r^{yy} \end{pmatrix}$$

で表わすと、 R の各要素は次のように定義できる。

$$\left. \begin{aligned} r_{ij} &= \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ii}} \sqrt{\sigma_{jj}}} & r_{iy} &= \frac{\sigma_{iy}}{\sqrt{\sigma_{ii}} \sqrt{\sigma_{yy}}} \\ X_{i1} &= \sum_{j=1}^{n_i} a_{ij} x_{ij1} & \bar{X}_i &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{i1} \\ \sigma_{ij} &= \sum_{i=1}^N (X_{i1} - \bar{X}_i) (X_{ij} - \bar{X}_j) \\ \sigma_{iy} &= \sum_{i=1}^N (X_{i1} - \bar{X}_i) (y_i - \bar{y}) \\ \sigma_{yy} &= \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

次に y と第 i アイテムの偏相関係数を

$$\rho(y, i) = \frac{-r^{iy}}{\sqrt{r^{ii}} \sqrt{r^{yy}}} \quad (18)$$

で定義すると、第 i アイテムの目的変数に及ぼす影響の度合いを調べることができる。

4. 解析結果

4.1 数値化分析の結果

耐震点検のすべての調査項目を入力として解析した結果、得られたサンプルの特性に偏りがあったり、結果から目的変数である被害度 y_i への影響即ち、偏相関係数が低いものがあったためその都度それらの項目を削除して最終的な結果が得られた。以下に被害度と各アイテムとの偏相関係数を示す。

表-6 被害度と各アイテムとの偏相関係数

地 盤	下 部 工	下部工の材料
0.36	0.22	0.53
連 数	液 状 化	—
0.33	0.66	—

尚、重相関係数 R_Y は、0.79であった。実際の被害度 y と数値化の分析によって得られた推計被害度 y の関係を図-2に示す。

4.2 偏回帰係数の平滑化

各アイテムの偏回帰係数を図-3に示す。この図から例えば構成物質を例にとると①の地盤は②の地盤より良いと考えられるが実際には大きい値で表われており②と③においても、同じことが言える。このように偏回帰係数に矛盾が生じたため、偏回帰係数を図中の直線で示されるように平滑化した。

偏回帰係数の平滑化した値は表-7のとおりとなった。平滑化した偏回帰係数を用いた推計被害度と実際の被害度 y の関係は図-4のようになった。

重相関係数 R_Y は 0.49となり、平滑化をしていない場合が $R_Y = 0.79$ であるから、かなり低い値に落ちている。

表-7 平滑化した偏回帰係数

要 因	範疇	a_{ij}	要 因	範疇	a_{ij}
地 盤	1	-0.28	連 数	1	0.41
	2	-0.13		2	0.94
	3	0.02		3	1.47
	4	0.17		4	2.00
下 部 工	1	0.0	流 動 化	1	8.87
	2	-0.82		2	11.15
下部工の材料	1	0.0		3	13.45
	2	-6.84			

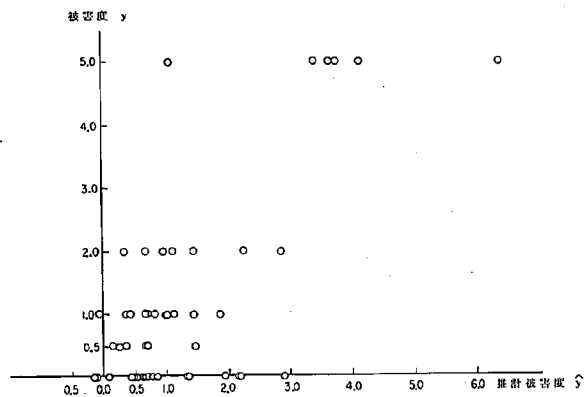


図-2 被害度 (y) と推計被害度 ($\hat{y}$) の関係

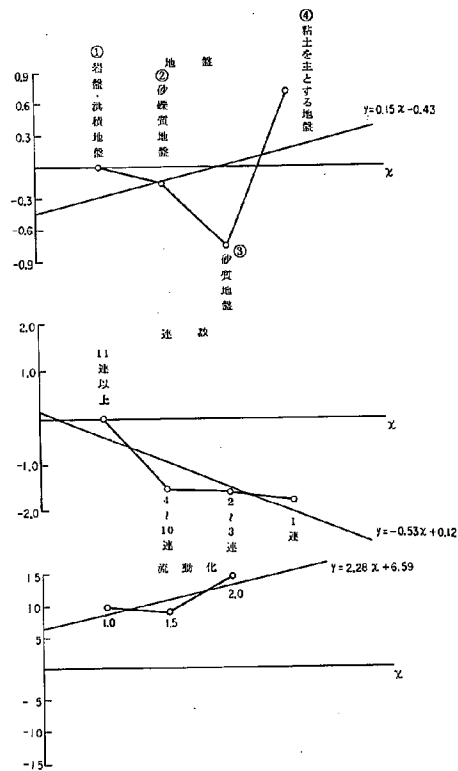


図-3 偏回帰係数の平滑化

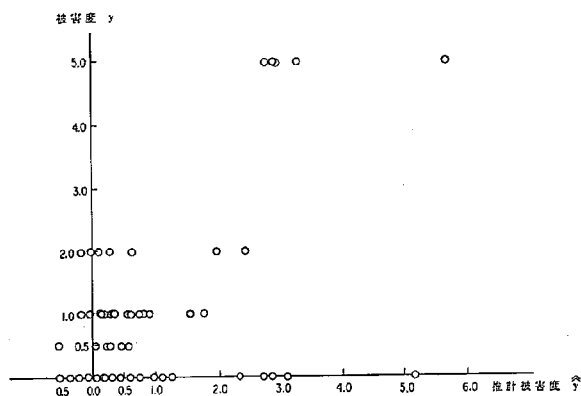


図-4 被害度(y)と推計被害度(ŷ)の関係

4.3 被害度の解析結果からの検討

4.3.1 被害を受けた橋梁の推計被害度の平均値と信頼区間

地震によって交通に支障があったと考えられる被害度 y が 2～5 における推計被害度の平均値およびその 90% 信頼区間を求めた。図-5 には橋の経過年数と推計被害度の関連があわせて図示してある。

被害度 y が 2～5 の橋梁の推計被害度の平均値 $\bar{\hat{y}} = 1.85$ 、信頼区間は正規分布を仮定すると

$$\bar{\hat{y}} - 1.65 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < m < \bar{\hat{y}} + 1.65 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

より $1.10 < m < 2.60$ となった。

4.3.2 正規分布の検定

推計被害度 $\hat{y}$ を χ^2 検定によって正規分布に適合しているかどうか検定を行った。

(i) 被害度 (0～2) における推計被害度(ŷ)の正規分布の検定

A				B	
階	級	度数	相対度数	正規近似による度数	(A-B)/B
1	～0.50	2	0.03	7.32	3.87
2	-0.5 ～0.25	2	0.03	3.66	0.75
3	-0.25～0.00	8	0.13	4.27	3.26
4	0.0 ～0.25	10	0.16	4.88	5.37
5	0.25～0.5	12	0.20	5.49	7.72
6	0.5 ～0.75	10	0.16	11.59	0.22
7	0.75～1.0	3	0.05	5.49	1.13
8	1.0 ～1.25	3	0.05	5.49	1.13
9	1.25～1.50	1	0.02	4.88	3.08
10	1.5 ～1.75	1	0.02	3.66	1.93
11	1.75～2.00	2	0.03	3.05	0.36
12	2.00～	7	0.11	6.71	0.01
計		61	1.00	66.49	28.83

$\Rightarrow \chi^2$

$\chi^2 < \chi_0^2$ ならば正規分布に適合している。したがって、 $\chi^2 = 2.883$ となり、自由度 $(12-1) = 11$ の χ^2 - 分布表から、有意水準 0.1% とすると $\chi_0^2 = 2.959$ であるから $\chi^2 < \chi_0^2$ が成り立ち、したがって正規分布ではないということは棄却できた。

(II) 被害度 (2~5) における推計被害度 $\hat{y}$ の正規分布の検定

	A	B		
	階 級	度数	正規近似による度数	$(A-B)^2/B$
1	~0.0	2	1.96	0.0008
2	0.0~1.0	4	2.35	1.1585
3	1.0~2.0	1	3.18	1.4945
4	2.0~3.0	5	2.98	1.3693
5	3.0~4.0	1	2.07	0.5531
6	4.0~5.0	0	0.99	0.9900
7	5.0~	1	1.46	0.1449
計		14	14.99	5.7111 $\Rightarrow \chi^2$

$\chi^2 = 5.71$ 自由度 6 の χ^2 - 分布表から有意水準 5% とすると $\chi_0^2 = 1.259$ となり $\chi^2 < \chi_0^2$ が成り立ち、したがって正規分布に適合していることになる。

(III) 被害度 (3~5) における推計被害度 $\hat{y}$ の正規分布の検定

	階 級	度数	正規近似による度数	$(A-B)^2/B$
1	~1.0	1	0.70	0.13
2	1.0~2.0	0	1.19	1.19
3	2.0~3.0	4	1.68	3.20
4	3.0~4.0	1	1.68	0.28
5	4.0~	1	1.75	0.32
計		7	7.00	5.12 $\Rightarrow \chi^2$

$\chi^2 = 5.12$ 自由度の χ^2 - 分布表から有意水準 5% とすると $\chi_0^2 = 1.259$ となり $\chi^2 < \chi_0^2$ が成り立ち、したがって正規分布に適合していることになる。

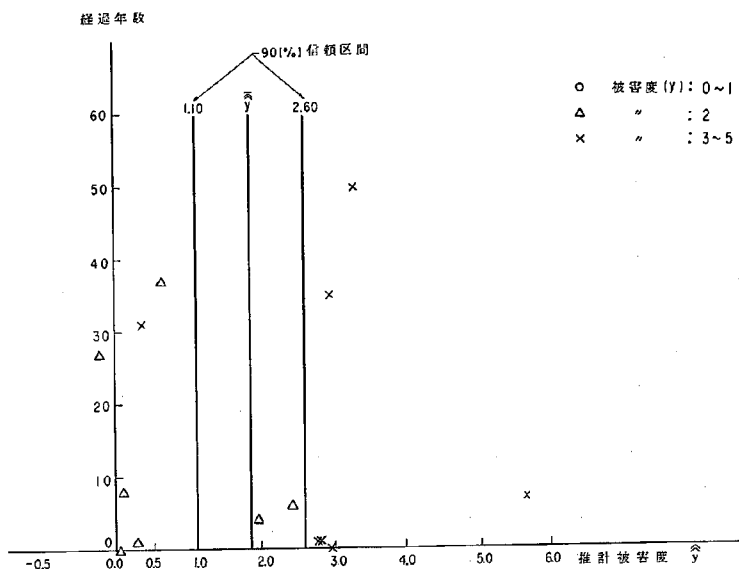


図-5 推計被害度 $\hat{y}$ の平均値の信頼区間

4.3.3 橋梁の経過年数による耐震性の差の検定

経過年数20年以上と20年以下の橋梁の耐震性に差があるかどうかの検定を行なった。

経過年数20年以下の橋梁の平均被害度を μ_1 、20年以上の橋梁の平均被害度を μ_2 とし

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

を帰無仮説とおく。

経過年数20年以下

$$n_1 = 53 \text{ 橋}, \mu_1 = 0.96, (n_1 - 1) S_1^2 = 68.64$$

経過年数20年以上

$$n_2 = 15 \text{ 橋}, \mu_2 = 0.87, (n_2 - 1) S_2^2 = 17.08$$

有意水準 $\alpha = 0.05$ として

$$t_\alpha (n_1 + n_2 - 2) = 1.998 \text{ となる。ここで、}$$

$$|\mu_2 - \mu_1| \geq t_\alpha (n_1 + n_2 - 2) \sqrt{\frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} \quad \text{..... (19)}$$

が有意水準 α の棄却域である。したがって

$$\text{左辺} = |\mu_2 - \mu_1| = |0.87 - 0.961| = 0.09$$

$$\text{右辺} = t_{\alpha}(66) \sqrt{\frac{68.64 \times 17}{66} \cdot \frac{0.8(53+15)}{53 \times 15}} = 2.464$$

よって

左辺 < 右辺

となり、橋梁の経過年数が異なることによって耐震性に差はないという仮設は棄却できなかった。

4.3.4 推計被害度による落橋の判定

橋梁が完成してからの経過年数と推計被害度の関係を図-7に示す。又この図はデータを実際の被害度が(0~1), (2), (3~5)に分類して表示し、(0~1), (2)のグループと(3~5)のグループの各々の平均値および境界値をあわせて表示している。

境界値 C_0 は次式によって求めた。

$$C_0 = \frac{-4(\sigma_2^2 \mu^{(1)} - \sigma_1^2 \mu^{(2)}) \pm \sqrt{4(\sigma_2^2 \mu^{(1)} - \sigma_1^2 \mu^{(2)})^2 - 4 \times 2(\sigma_1^2 - \sigma_2^2) \times \{2(\sigma_1^2 \mu^{(1)2} - \sigma_2^2 \mu^{(1)2}) - 4\sigma_1^2 \sigma_2^2 \ln \frac{\pi_2}{\pi_1}\}}}{2 \times 2(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)}$$

図-6に示した斜線の部分の面積が両グループ間の誤判別の確率であり、この C_0 を判定規準にするときそれぞれの推計被害度の誤判別の確率は両方の分布が正規分布と仮定できる場合には次のようになる。

$$P_{1,2} = P_r \left\{ u > \frac{C_0 - \mu^{(1)}}{\sigma_1} \right\} = P_r \left\{ u > \frac{1.77 - 0.71}{1.04} \right\} \\ = P_r \{ u > 1.02 \} = 0.154$$

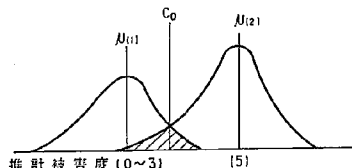


図-6 2群の大きさの異なる場合の判別

$$P_{2,1} = P_r \left\{ u < \frac{C_0 - \mu^{(2)}}{\sigma_2} \right\} = P_r \left\{ u < \frac{1.77 - 2.96}{1.54} \right\} = P_r \{ u < -0.77 \} = 0.221$$

ここで、 $P_{1,2}$ は推計被害度(0~3)なのであるが推計被害度(5)と判定する確率であり $P_{2,1}$ はその逆である。したがって両者の誤判別の確率 P は、出現比率 $\pi_1 = \frac{61}{68}$ 、 $\pi_2 = \frac{7}{68}$ をかけて

$$P = \pi_1 \times 0.154 + \pi_2 \times 0.221 = \frac{61 \times 0.154 + 7 \times 0.221}{68} = 0.161$$

よって全体の誤判別の確率 P は16.1%である。

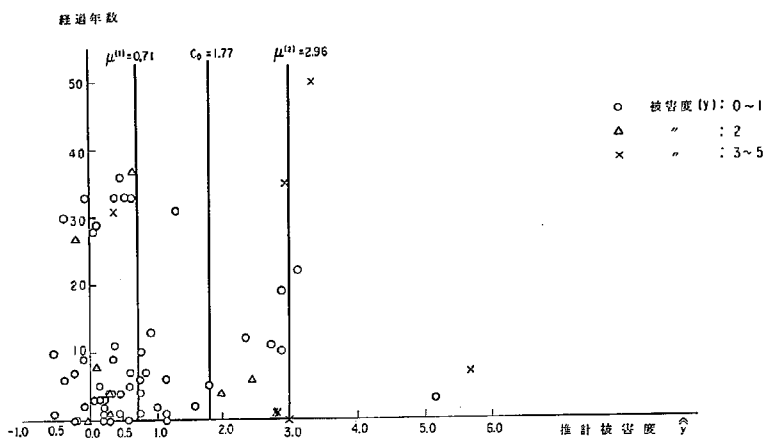


図-7 推計被害度による落橋の判定

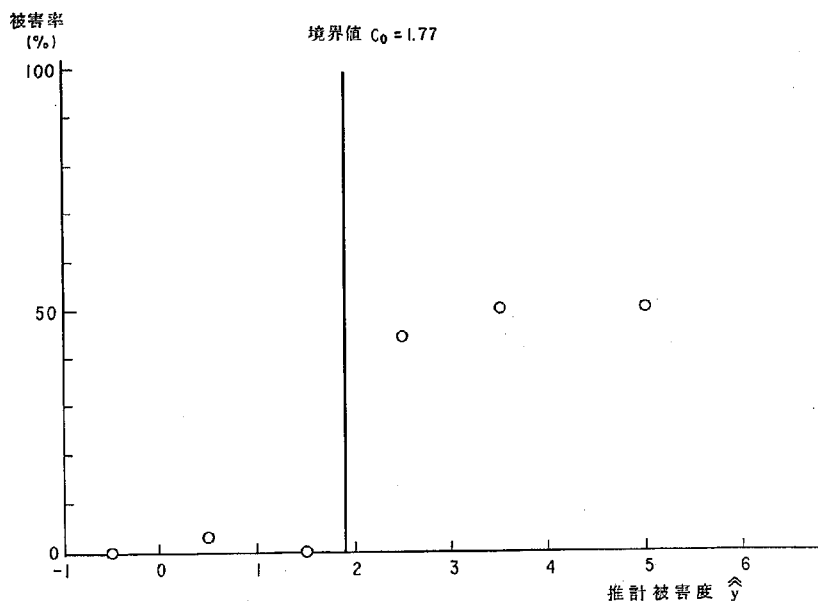
4.3.5 推計被害度の有意性の検討

表-8 推計被害度と実際の被害度の関係

被害度 推計被害度	(A) 0 ~ 1	(B) 2	(C) 3 ~ 5	(D) (A)+(B)+(C)
-1 ~ 0	10	2	0	0.00
0 ~ 1	32	3	1	0.03
1 ~ 2	6	1	0	0.00
2 ~ 3	4	1	4	0.44
3 ~ 4	1	0	1	0.50
4 ~	1	0	1	0.50

表-8は、各推計被害度における実際の被害度の分析である。また、各推計被害度ごとの被害度(3~5)の橋梁の割合を図-8に示す。

図-8に図-7で示した境界値 C_0 を表わすと、よく適応しているの、境界値 C_0 は妥当な値ではないかと考えられる。



図一 8 各推計被害度と被害率

5. 結 論

以上の解析の結果、つぎのことが明らかになった。

1. 新潟地震の際の橋梁の被害は、地盤、下部工の支持条件、下部工の材料、連数および周辺地盤の流動化の有無によって説明づけることができる。このうち、周辺地盤の流動化の有無の与える影響が最も大きい。
2. データのばらつきが大きいために、重相関係数は係数の平滑化を行なったあとでは0.49とかなり低く、又落橋の有無についての判別を誤る解率も16.1%とかなり大きい。

このように落橋の可能性の有無の判別は、かなりの誤差を伴うものと考えられる。

6. 参考文献

- 1) 土木研究所報告第125号、新潟地盤調査報告、昭和40年6月、建設省土木研究所
- 2) 土地分類図(新潟県)、昭和48年、経済企画庁総合開発局
- 3) 土木研究所彙報第30号、明治以降の本邦の地盤液状化履歴、昭和49年12月
- 4) 片山恒雄、橋の耐震性判定の一方法
- 5) 河口、至商、多変量解析入門、森北出版
- 6) 奥野忠一他、多変量解析法、日科技連

謝 辞

新潟県内の橋梁の現地調査にあっては下記機関の御協力を頂いた。

- (1) 北陸地方建設局 道路部道路管理課
- (2) " 新潟国道工事々務所
- (3) 新潟県 土木部道路維持課
- (4) 同 新潟土木事務所
- (5) 同 新発田土木事務所
- (6) 同 新津土木事務所
- (7) 同 巻土木事務所
- (8) 同 与板土木事務所
- (9) 同 長岡土木事務所
- (10) 同 三条土木事務所
- (11) 同 村上土木事務所
- (12) 新潟市 道路課

ここに記して謝意を表する。

[参考資料] (参考文献 D による)

新潟県内調査橋梁一覧表

番号	路線名	橋 名	所 在 地	発源地よ りの距離	架設年月	河 川 名	橋 格	橋 長	幅 員
1	7	万 代	新 潟 市	50~60	S 4. 8	信 濃 川	26. B	308. 00	21. 80
2	7	栗ノ木	"	"	S 35. 10	栗ノ木川	56. A	23. 30	27. 00
3	7	馬 越	"	"	S 13	信越本線		268. 27	7. 50
4	7	阿 新	"	"		新栗ノ木川		42. 62	7. 50
5	7	泰 平	"	"	S 26. 12	阿賀野川	39. A	938. 00	7. 50
6	7	久 平	"	"	S 6. 12	新井郷川	26. B	44. 80	7. 30
7	7	昌 平	北蒲原郡豊栄町	"	S 6. 12	新発田川	26. B	31. 80	7. 30
8	7	内島見	"	40~50	S 6. 12	"	26. B	23. 80	7. 30
9	7	加治大	新 発 田 市	"	S 36. 3	加 治 川	56. A	193. 50	8. 00
10	7	黒 川	北蒲原郡黒川村 中条町	30~40	S 30. 3	胎 内 川	39. A	200. 50	7. 50
11	7	荒 川	岩 船 郡荒川町 神林村	"	S 35. 5	荒 川	56. A	436. 80	8. 00
12	7	山辺里	村 上 市	20~30	S 4	門 前 川	26	57. 30	4. 50
13	7	水 明	岩船郡朝日村	"	S 29. 8	三 面 川	39	350. 50	6. 00
14	8	平 島	新 潟 市	50~60	S 31. 8	西 川	56. A	30. 80	8. 00
15	8	大野大	西蒲原郡黒崎村	60~70	S 38. 3	中ノ口川	56. A	164. 70	9. 50
16	8	三条大	三 条 市	80~90	工 事 中	信 濃 川	56. A	330. 00	9. 50
17	8	三条小	新 潟 市	"	工 事 中	貝 喰 川	56. A	39. 40	9. 5
18	8	嵐 川	三 条 市	"	S 34. 12	五 十 嵐 川	56. A	72. 30	7. 00

上部構造	下部構造	被害度				被害状況
		総合	交通	変状 上部	下部	
1.8RC2絞アーチ 2~7RC無絞アーチ	A重力・くい(木) 1~7版・ケーソン	4	3	5	5	左右岸の側径間 14.63m 部分の被害著しく、架替えの必要を生じた。A ₀ は 12m、A ₀ 0.4m 沈下。取付道路の擁壁大きく滑動。
1ST単純ゲタ	A扶壁・くい(R.C.)	3	1	3	2	A ₀ のはみ出しにより可動支承部にてゲタが橋軸方向外側に 12cm 移動。右岸バラベットにゲタが衝突し、バラベット破損。石積み擁壁傾斜・破損
1~15 RCゲルバー 17~31 スラブ 16ST単純ゲタ	A半重力・くい 1~30 ラーメン・くい	3	1	—	2	取付道路石積み擁壁傾斜・破損
1~4RC単純ゲタ	A半動・井筒 1~3 ラーメン・井筒	3	1	1	2	P ₁ 上ゲタ横ズレ 0.4cm。取付道路石積み擁壁が変位・破損。親柱傾斜。
1~14ST単純トラス	A重力・くい(木) 1~13 版・井筒	3	1	2	2	9、10 径間の伸縮継ぎ手間隔拡がり。交通荷重により床版端部破損。その他のスパンにも間隔の移動あり。枯高欄傾斜。
1~4RC単純ゲタ	A重力・井筒 1~3 ラーメン・井筒	3	1	2	2	橋台バラベットにクラック。左岸は破損。高欄(RC)にクラック。一部剝離。取付道・盛土沈下。石積み擁壁滑動。変形。親柱移動。
1~3RC単純ゲタ	A半重力・くい 1~2 ラーメン・くい	2	1	—	2	A ₀ バラベットにクラック。取付道路石積み擁壁滑動。盛土沈下。
1~2RC単純ゲタ	A重力・直接 1 ラーメン・直接	3	1	2	2	上部構造変位。A ₀ バラベットにクラック。取付道石積み擁壁滑動。左・下流親柱落下。高欄破損。
1.5ST単純合成ゲタ 2~4ST・PS連続合成ゲタ	A重力・くい 1~4 版・井筒	3	1	2	2	A ₀ 傾斜。P ₀ 沈下。A ₀ バラベットにクラック。取付道擁壁にクラック。
1~14RC単純ゲタ	A重力・直接 1~13 版・直接	2	1	2	—	ゲタが橋軸方向に僅かずつ移動。特に第1通と第2通との間隔狭少。
1~12PC単純ゲタ	A重力・井筒 1~11 版・井筒	2	1	—	2	A ₀ にクラック。P ₂ 天端にクラック。
1~7ST単純ゲタ	A重力・くい 1~6 ラーメン・くい	2	1	—	2	P ₀ 約 10cm 沈下。
1~13RCゲルバーゲタ	A重力・井筒 1~12 版・井筒	3	1	2	2	第 5, 7, 9, 11 径間の吊りゲタ横方向に変位。P ₀ 沈下。左岸袖壁滑動して変位。高欄前後一部破損。
1. ST単純トラス	A半重力・直接	3	1	3	2	橋台変位し固定支承が橋軸方向に移動。可動支承も同様。上部構造が橋台バラベットに接触。取付道・石積み擁壁破損。
1. STランガー 2~5ST単純合成ゲタ	A重力・くい(RC) 1~4 版・くい(RC)	3	1	2	2	第 2 通および第 5 通支承部モルタルにクラック。P ₁ 天端にクラック。枯擁壁沈下・滑動。取付道盛土沈下。
15~8CT単純合成ゲタ 2~4ST連続ゲタ	A扶壁・くい(ST) 1~7 ラーメン(ST)	—	—	—	—	
1~3ST単純ゲタ	A扶壁・くい(ST) 1~2 柱・くい(ST)	—	—	—	—	
1~3ST単純ゲタ	A半重力・くい(RC) 1~2 版・ケーソン	1	1	—	—	

番号	路線名	橋 名	所 在 地	発源地よ りの距離	架設年月	河 川 名	橋 格	橋 長	幅 員
19	8	今 町 大	見附市南蒲原郡 中之島村	90~100	S 36. 11	刈谷田川	56. A	69. 40	9. 50
20	8	十二 鴻	長 岡 市	100~110	S 9	猿 橋 川	26. A	29. 00	8. 80
21	8	城 岡	"	"	S 29	栖 吉 川	39. A	27. 20	11. 00
22	8	長 生	"	"	S 12	信 濃 川	26. A	851. 10	7. 00
23	49	山 本	新 潟 市	50~60		新 栗ノ木		58. 60	5. 80
24	49	小 山	"	"	S 12	栗ノ木川	26. A	46. 00	7. 1
25	49	月 見	"	"	S 5	"	26. A	24. 70	7. 00
26	49	峯	中蒲原郡亀田町	"	S 12	"	26. A	22. 20	7. 20
27	49	亀田新	"	"	S 29. 3	信越本線	39. A	102. 35	7. 50
28	49	横 雲	中蒲原郡越 北蒲原郡京ヶ瀬	"	S 37.	阿賀野川	56. A	905. 10	7. 00
29	116	高 山	西蒲原郡 中野小屋村	60~70	S 28. 1	新 川	39. B	76. 60	5. 5
30	116	考 認	" 吉田町	80~90	S 27. 3	西 川	39. B	20. 00	5. 5
31	116	吉 田	"	"	S 29. 3	"	39. B	20. 30	6. 0
32	116	朝 嵐	" 分水町	90~100	S 20	"	39. B	22. 00	5. 50
33	116	栄	西蒲原郡分水町	"	S 35. 2	"		21. 0	9. 5
34	116	大 河 津	西蒲原郡分水町 三島郡寺泊町	"	S 17. 2	新信濃川		620. 0	5. 5
35	116	新 落 水	" 和島村	"	S 32	落 水 川	56. A	27. 22	6. 0
36	503	万 国	新 潟 市	50~60	S 28. 7	栗ノ木川	39	24. 70	22. 70
37	503	山 の 下	新 潟 市	"	S 2. 10	通 船 川	56. A	64. 80	
38	503	松 浜	新 潟 市	40~50	架 設 中	阿賀野川	56. A	921. 3	6. 0
39	503	紫 雲 寺	北蒲原郡 紫雲寺町	"	S 10. 5	加 治 川	26. C	125. 60	5. 5

上部構造	下部構造	被害度				被害状況
		総合	交通	変状 上部	下部	
ISTローゼ	A半重力・くい(ST)	2	1	1	1	伸縮継ぎ手クシ型部分変形し、やや上向。パラベットにクラック、やや前面につき出し。
1~3RC単純ゲタ	A重力・くい(木) 1~2版・くい(木)	2	1	1	-	主ゲタが横方向に5~8cmずれ。
12RC単純ゲタ	A重力・くい(木) 1版・くい(木)	1	1	-	-	
1~13STゲルバー ワーレントラス	A扶壁・くい(木) 1~12ラーメン・井筒	3	1	3	-	ゲルバーヒンジ付近の縦ゲタおよび下横橋が座屈変形。
1~3RCゲルバー Tゲタ	A重力・くい(木) 1~2版・井筒	2	1	-	2	橋台と袖端壁が剝離、袖端壁下、傾斜。取付道路部分沈下。
1~3RC連続Tゲタ	A重力・くい(木) 1~2版・井筒	2	1	-	2	取付部分、約10cm沈下。
1~3RC連続Tゲタ	A重力・くい(木) 1~2版・井筒	2	1	-	2	取付部分、左右岸側とも約4~5m区間約10cm沈下。
1~2RC単純Tゲタ	A重力・くい(木) 1版・井筒	1	1	-	-	
1~5RCゲルバー 7~11 ラーメン 6PC単純スラブ	A半重力・直接 1~10ラーメン・くい(木)	2	1	2	-	跨線部のPCスラブ、橋軸方向に約3cmずれ。跨線部高欄にクラック
1~6ST単純ワーレン トラス 7~28ST単純合成ゲタ	A重力・直接 1~9版・井筒 10~27版・直接	1	1	-	-	
1~8RC単純Tゲタ	A重力・くい(RC) 1~7柱・くい(RC)	1	1	-	-	
1~3RC単純Tゲタ	A半重力・井筒 1~2版・井筒	1	1	-	-	
1~3RC単純Tゲタ	A重力 1~2柱・くい(RC)	1	1	-	-	
1~2RC単純Tゲタ	A重力・井筒 1版・井筒	1	1	-	-	
1~3RC単純Tゲタ	A重力・ 1~2柱・くい(ST)	1	1	-	-	
1~20RCゲルバー Tゲタ 21~24ST単純トラス	A重力・ケーソン 1~4ラーメン・ 10~24 ケーソン 5~9版・ケーソン	1	1	-	-	
1~2RC単純Tゲタ	A半重力・くい(木) 1版・くい(RC)	1	1	-	-	
1~2RC単純Tゲタ	A重力・くい(RC) 1柱・くい(RC)	2	1	1	2	G ₂ ゲタ端損傷、取付部陥没、A _{1R} 胸壁亀裂
1~6ST単純Tゲタ	A重力 1~5 ラーメン	3	3	2	3	取付部沈下、橋台亀裂、高欄座屈
1~14ST単純ワーレン トラス 10・11 架設中	A版・井筒 1~13版・井筒	-	-	-	-	11. 連目トラス落橋(架設中)橋脚傾斜支承部損傷、伸縮継ぎ手破壊
1~7RCゲルバーTゲタ	A重力・くい(木) 1~6ラーメン・井筒	2	1	1	3	親柱傾斜、高欄亀裂、P ₂ 沈下、亀裂

番号	路線名	橋 名	所 在 地	震源地よ りの距離	架設年月	河 川 名	橋 格	橋 長	幅 員
40	503	落 堀	北蒲原郡 紫雲寺町	40~50	S 13. 5	落 堀 川	26. B	37. 80	5. 5
41	503	旭	岩 船 郡 神 林 川	30~40	S 35. 3	荒 川	56. A	382. 8	6. 0
42	503	明 神	村 上 市	"	S 8. 11	石 川	26. C	44. 0	5. 5
43	503	藤 村	北蒲原郡 紫雲寺町	20~30	S 8	落 堀 川	26. C	33. 0	3. 7
44	504	関 口	" 笹神村	50~60	S 38. 3	申 明 川	56. A	44. 76	6. 00
45	504	両 新	" 水原町	60~70	S 36. 5	安 野 川	56. A	25. 64	6. 5
46	504	阿 賀 浦	新津市北蒲原郡 京ヶ瀬村	"	S 33	阿 賀 野 川	56. A	243. 65	6. 0
47	504	大	新 津 市	"	S 11. 7	刈 谷 田 川	26	42. 0	7. 5
48	505	亀田路線	新 潟 市	50~60	S 37. 4	信 越 線	56. A	21. 65	6. 0
49	505	寿	北蒲原郡横越村	60~70	S 10	小阿賀野川		87. 6	6. 0
50	506	西 宮	加 茂 市	80~90	S 34	加 茂 川	26. A	33. 0	7. 2
51	508	常 盤	三 条 市	90~100	S 6. 10	五十嵐川	39. A	100. 0	7. 2
52	508	草 薙	見 附 市	80~90	S 39. 3	刈 谷 田 川	56. A	67. 30	6. 0
53	510	樋 脇	加 茂 市	80~90	S 31. 12	加 茂 川	56. A	36. 30	6. 0
54	510	境	南蒲原郡下田町	90~100	S 38. 6	大 平 川	56. B	26. 60	6. 0
55	510	上 塩	栃 尾 市	"	T 3. 8	塩 谷 川		20. 0	3. 63
56	510	矢 津 川	栃 尾 市	100~110	S 9. 3	矢 津 川		20. 8	5. 5
57	518	笹 神	北蒲原郡笹神村	50~60	S 33	折 居 川	56. A	25. 0	6. 0
58	518	安 田	北蒲原郡安田	70~80	S 39. 8	阿 賀 野 川	56. A	894. 43	6. 0
59	518	善 願	五 泉 市	"	工 事 中	早 出 川	56. A	175. 5	6. 0
60	518	藤 原 川	五 泉 市	"	"	藤 原 川	56. A	26. 0	6. 0

上部構造	下部構造	被害度				被害状況
		総合	交通	変状 上部	下部	
1~3RC単純Tゲタ	A半重力・くい(木) 1・2版・井筒	1	1	-	-	P ₁₀ 胸壁亀裂, G ₇ , G ₉ , G ₁₀ ゲタ端剥離 魚船衝突, 高欄折損, 主ゲタ亀裂, 親柱傾斜
1~11RC単純Tゲタ	A半重力・井筒 1~10版・井筒	2	1	1	1	
1~4RC単純Tゲタ	A半重力・直接 1~3版・直接	(3)	(3)	(3)	(2)	
1~4RC単純Tゲタ	A半重力・直接 1~3ラーメン・直接	5	6	5	5	主ゲタ亀裂多く再使用不能, 兩岸橋合の滑動・沈下・傾斜大, 躯体の亀裂も大きく再使用不能, 取付道銘クラックならびに沈下
1~4PC単純スラブ	Aくい(RC) 1~3くい(RC)	1	1	-	-	右岸親柱2基河中に落下
1・2PC単純スラブ	A半重力・くい(RC) 1版・くい(RC)	1	1	-	-	
1~4ST単純ランガー	A版・井筒 1~3版・井筒	1	1	-	-	
1~3RCゲルバーTゲタ	A重力 1・2版・井筒	1	1	-	-	P ₄ 上主ゲタ, 橋軸方向に約3cm変位 橋脚座座クラック
1・ST単純ゲタ	A半重力・くい	1	1	-	-	
1~5RCゲルバーTゲタ	A半重力・くい(木) 1・2版・井筒 3・4版・井筒	2	1	2	-	
1~3STゲルバー プレートガーダー	A重力 1・2ラーメン	1	1	-	-	伸縮継ぎ手間隔の拡大, 支承部モルタル破損
1~5ST単純ゲタ	A重力 1~4版・井筒(C)	2	1	1	-	
1~3ST単純合成ゲタ	A柱・くい(ST) 1・2柱・くい(ST)	2	1	2	-	
1~3RC単純Tゲタ	A重力・直接 1・2版・井筒(S)	1	1	-	-	3主ゲタのA _R 上可動支承が約2cm橋軸方向に滑動, 下流側耳ゲタの下フランジ端部が橋合壁面に約1cmめりこみ。 A _L 頭部折損, 最大20cm開口, 一部崩壊, 再使用不能。高欄放出。
1ST単純合成ゲタ	A重力・直接	2	1	1	-	
1~3ST単純ゲタ	A重力 1・2版	4	3	2	5	
1・2RC単純ゲタ	A重力 1ラーメン	1	1	-	-	A _R 袖石積みクラック。P ₃ アンカー移動, コーピング破損, P ₄ , P ₅ , P ₇ 上地盤にクラック。可動ロッカー一箇所傾斜, 伸縮継ぎ手伸縮
1・2RC単純Tゲタ	A半重力・直接 1版・直接	1	1	-	-	
1~3 PC単純Tゲタ 5~24 4ST単純トラス	A半重力・くい(木) 1~23版・井筒	2	1	1	2	
1~6ST単純合成ゲタ	A版・井筒 1~5版・井筒	-	-	-	-	
1・2RC単純Tゲタ	A版・直接 1版・直接	-	-	-	-	

番号	路線名	橋名	所在地	発源地よりの距離	架設年月	河川名	橋格	橋長	幅員
61	519	長場	北蒲原郡豊栄町	50~60	S 35. 4	駒林川	56. A	34. 2	6. 0
62	521	新津跨線	新津市	60~70	S 32. 11	信越線 越西線	56. B	75. 6	9. 5
63	522	地藏堂	西蒲原郡分水	90~100	S 32. 12	西川		21. 0	6. 0
64	524	大	南蒲原郡下田村	80~90	S 34. 12	五十嵐川	56. A	151. 0	6. 0
65	525	鳴鹿	見附市	90~100	S 30. 3	刈谷田川	39. B	60. 6	5. 5
66	525	銚子	栃尾市	100~110	S 39. 1	稚児清水川	56. A	22. 26	6. 0
67	525	大布	栃尾市	100~110	S 3. 9	西谷川		22. 48	6. 05
68	526	与板	三島郡与板町南蒲原郡中ノ島村	90~100	工事中	信濃川	56. A	886. 1	6. 0
69	527	黄円道	三島郡三島町	100~110	S 35	黒川	56. A	57. 00	6. 0
70	528	本与板	三島郡与板町	90~100	架設中	黒川	56. A	46. 6	6. 0
71	528	下河根	三島郡三島町	"	S 38. 12	黒川	56. A	44. 5	6. 0
72	529	避橋	三島郡寺泊	90~100	S 29. 2	落水川	39. B	22. 4	4. 5
73	537	大迫	西蒲原郡巻町	70~80	S 37. 3	大通川	56. A	30. 0	6. 0
74	538	境	白根市	"	S 33. 11	境川		32. 20	6. 0
75	538	小須戸	中蒲原郡小須戸	"	工事中	信濃川	56. A	188. 8	6. 0
76	538	千歳	五泉市	"	S 34. 3	能代川	56. A	40. 84	6. 0
77	163	昭和大	新潟市	50~60	S 39. 5	信濃川	56. A	303. 9	24. 0
78	549	新大	三条市	80~90	S 38. 12	五十嵐川	56. A	101. 0	6. 0
79	新潟市道	往来	新潟市	60~70	S 36. 3	新川	56. A	63. 0	6. 0
80	"	月見	"	"	S 34. 10	新川	56. A	60. 1	2. 2 5. 5

上部構造	下部構造	被害度				被害状況
		総合	交通	変状		
				上部	下部	
1~3PC単純スラブ	A重力・くい(RC) 1~2柱・くい(RC)	1	1	-	-	
1~9 RCゲルバー 14~20 Tゲタ 10~12ST連続ゲタ	A9版・くい(RC) 1~8 ラーメン・くい 14~19 (RC) 10~13柱・くい(RC)	2	1	1	2	P ₉ 傾斜, 固定岩下のモルタル剥離。 ただしボルトまでは被害なし。
1~3RC単純Tゲタ	A半重力 1~2柱・くい(ST)	1	1	-	-	
1~5PC単純ゲタ	A重力・直接 1~2版・直接 3~4版・井筒(S)	1	1	-	-	
1~3ST ゲルバー合成ゲタ	A半重力・くい(RC) 1~2版・井筒(S)	1	1	-	-	
1~2PC単純ゲタ	A重力・くい(木) 1版・くい(木)	2	1	-	1	A _R ウィングコンクリートとそれにつ ながる石積みの継ぎ目および石積み とそれにつながるブロック積みとの継 ぎ目に max 1cmのクラック。
1RC無筋アーチ	A半重力	2	1	-	1	A _L 上流側面に1mm幅のクラック
1~16ST単純合成ゲタ 17~22ST単純トラス	A半重力・くい(木) 1~22版・井筒	-	-	-	-	峯の破損, 橋脚橋軸方向移動, 伸縮継 ぎ手伸縮。
1~3ST単純合成ゲタ	A柱・くい(ST) 1~2柱・くい(ST)	2	1	2	1	取付道路沈下。P ₁ の眠休・P ₂ のコ ーピングにクラック。
(1,2ST単純合成ゲタ) 地震時未架設	A重力・くい(RC) 1版・くい(RC)	-	-	-	-	
1,2ST単純合成ゲタ	A柱・くい(ST) 1柱・くい(ST)	3	1	-	3	A _L 傾斜・滑動, P ₁ クラック, 変位 A _R 傾斜・滑動。取付道路沈下, 橋脚 負沈下, 伸縮継ぎ手伸縮
1,2RC単純Tゲタ	A重力・直接 1版・直接	1	1	-	-	
1~3RC単純スラブ	A柱・くい(RC) 1~2柱・くい(RC)	1	1	-	-	
1~3RC単純Tゲタ	A重力 2柱	1	1	-	-	
1~3ST単純トラス	A版・井筒 1~2版・井筒	4	2	2	3	P ₁ 75 cm, P ₂ 10cm, A _L 25 cm, A _R 5~6 cm沈下。高欄損傷, 橋合, 橋 脚, 橋座クラック。
1~3RC単純Tゲタ	A版・くい(木) 1~2ラーメン・くい(RC)	1	1	-	-	
1~12ST単純ゲタ 2~11ST 活荷重単純合成ゲタ	A柱・くい(ST) 1~11柱・くい(ST)	5	6	5	5	G ₃ ~G ₅ 右岸側落下, G ₆ 全体水平落下, G ₇ 左岸側落下。P ₂ ~P ₇ 変位・変形, P ₅ ~P ₆ は座屈。
1~4ST単純合成ゲタ	A柱・くい(ST) 1~3柱・くい(ST)	1	1	-	-	
1~6PC単純スラブ	A柱・くい(RC) 1~5柱・くい(RC)	2	1	1	1	P ₁ 4cm沈下, A _L , A _R 水平貫刺離, 袖 擁壁クラック。
1ST単純ゲタ 2~4PC単純スラブ 5RC単純スラブ	A柱・くい(RC) 1~4柱・くい(RC)	3	1	-	2	A ₁ 水平貫, 翼壁亀裂, 親柱傾斜取付 道路沈下。

番号	路線名	橋 名	所 在 地	発源地よりの距離	架設年月	河 川 名	橋 格	橋 長	幅 員
81	新潟市道	大 萩	新 潟 市	60~70	S 36	新 川	56. B	63.08	3.6
82	"	焼 島	"	50~60	S 35	通 船 川		96.0	6.0
83	"	長 嶺	"	"		栗ノ木川		40.0	
84	"	笹 口	"	"		栗ノ木川	56. A	56.0	9.5
85	"	通 船	"	"	S 38. 4	通 船 川	56. A	36.2	6.0
86	"	東 跨 線	"	"	S 38. 3	信 越 線	56. A	229.5	8.0
87	"	八 千 代	"	"	S 37. 11	信 濃 川	56. A	307.4	8.0
88	"	竜 石	"	"	S 32. 10	信 濃 川	56. A	271.7	6.5
89	"	農 林 省	"	60~70	S 35. 8	新 川		64.6	7.0
90	"	崎 山	"	"	S 38. 3	新 川		63.08	3.6
91	新潟市道	笹 越	新 潟 市	50~60	S 34. 3	栗ノ木川		56.0	9.5
92	"	栗ノ木川	"	"	S 30. 10	栗ノ木川		29.7	12.0
93	8	瑞 雲	三 条 市	70~80	S 33. 7	信 濃 川		284.0	7.0

注 「工事中」とは既に上部工の架設は終了しているが、床版、高欄などが工事中で、車両の通行ができないものをいう。

「架設中」とは上部工が全部架設しおえていないものをいう。（下部工は完成している。）

上部構造	下部構造	被害度				被害状況
		総合	交通	変状 上部	下部	
1~6 PC単純ゲタ 7 ST単純ゲタ	A柱・くい(RC) 1~6柱・くい(RC)	2	1	-	2	P ₂ 10cm沈下
1~4 } 木橋 7~10 } 5~6 ST単純ゲタ	A重力・くい(木) 1~3 } 柱・くい(RC) 7~9 } 4~6版・くい(RC)	4	6	-	5	A _L 基礎、滑動・沈下・転倒
1~4 RC単純ゲタ	A重力 1~3版・くい	2	1	1	2	G ₄ ケタ端亀裂圧壊、A _L 天端亀裂
1~5 PC単純スラブ	A重力・くい 1~4柱・くい(RC)	2	1	2	2	高欄破損、A _L 天端亀裂
1~3 ST単純ゲタ	A半重力・くい(RC) 1~2柱・くい(RC)	4	4	-	5	A _L 沈下、転倒 60cm、取付道路 2cm 沈下クラック。
1~8 } PC単純ゲタ 10~16 } 9 単純合成ゲタ	A版・くい(木) 1~7 } ラーメン 10~15 } くい(木) 8版・くい(木) 9版・くい(RC)	5	6	5	3	G ₉ 落橋、P ₉ ~P ₁₅ 、A _R 傾斜・沈下、取付道路沈下。
1~2 } PC単純ゲタ 13~14 } 3~12 単純鋼合成ゲタ	A版・くい(RC) 1~13版・くい(RC)	4	5	4	5	G ₅ 、G ₁₀ 変形・損傷、支承部剥離亀裂、P ₂ 、P ₁₂ 折損、A _{1R} 、P ₁ 、P ₁₃ 滑動傾斜、取付道路沈下
1~13 PC単純ゲタ	A重力・くい(木) 1~12版・くい(RC)	1	1	-	-	取付道路沈下袖工破壊
1~3 } PC単純ゲタ 5~7 } 4 ST単純ゲタ	A柱・くい(RC) 1~6柱・くい(RC)	1	1	-	-	
1~3 } PC単純ゲタ 5~7 } 4 ST単純ゲタ	A柱・くい(RC) 1~6柱・くい(RC)	1	1	-	-	
1~5 PC単純スラブ	A柱・くい(RC) 1~4柱・くい(RC)	1	1	-	-	取付道路沈下、袖石詰めクラック。
1~4 RCゲルバー Tゲタ	A柱・くい(RC) 1~3柱・くい(RC)	3	2	2	2	取付部沈下。A ₁ クラック。ケタにクラック。橋台橋脚不等沈下、床版クラック。
1~8 ST単純ゲタ 2~7 ST連続ゲタ	A版・井筒 1~7版・井筒	3	1	2	3	P ₁ 躯体上部に幅 1cm のクラック、変位・コーピング破損。P ₁ 上巻 3cm 移動。A ₁ 規柱剥離・変位、伸縮継手陥まる。