

道路橋の伸縮装置部の凹凸性状

ROUGHNESS CHARACTERISTICS AT EXPANSION JOINT
ON HIGHWAY BRIDGES

本田 秀 行*・梶 川 康 男**・小 堀 為 雄***

By Hideyuki HONDA, Yasuo KAJIKAWA and Tameo KOBORI

1. ま え が き

著者らは道路橋の路面の実態調査として、橋梁部分の路面凹凸を測定し、その路面スペクトルの性状について文献 1) に報告した。本文は、文献 1) で触れなかった伸縮装置部の凹凸性状について補足するものである。

さて、道路橋の伸縮装置部を自動車通過するとき、走行自動車には大きな衝撃が生ずることがある。このことから、伸縮装置部の凹凸は路面凹凸と同様走行自動車による道路橋の動的応答を解析する際の重要な因子となっている。また、橋梁が連続して架設されている都市高速道路では、伸縮装置部の乗心地が自動車の走行性を左右する直接的原因となっていることが報告されている²⁾。さらに、橋梁の低周波空気振動や騒音および橋梁周辺の地盤振動などに関する研究においても、伸縮装置部での衝撃の影響が少なくないものと考えられている^{3), 4)}。

そこで、著者らは、一般国道や県道における橋梁の伸縮装置部の凹凸を測定し、その凹凸性状に検討を加えてきた⁵⁾。本調査は、その測定結果に基づいて伸縮装置部の実際の凹凸性状を把握し、以上に述べた研究分野に関する基礎的な一資料を得るために行ったものである。

2. 伸縮装置部凹凸の調査

本調査では、伸縮装置部を自動車通過する際、自動車振動のおもな原因が縦断方向の凹凸であると考へ、この段差の凹凸性状を対象とした。そして、北陸 3 県のおもに一般国道と県道に架設されている 91 橋を選び、橋台と橋脚上の合計 248 の伸縮装置部の凹凸を測定した。図-1 に架設年

が明らかな 82 橋についての経過年数の分布を示す。

以下に、本調査での測定結果に基づいて、実際の凹凸性状について考察を加える。

(1) 測定方法

伸縮装置部の凹凸測定は、3 m の直線定規 (路面仕上げ検査機) を用いる方法が一般的である²⁾。このことから、本調査では、図-2 に示す 5 本のボルトを用いた木製の測定機を製作し、使用した。そして、ボルト G を伸縮装置の中央に設置して、その前後 1.5 m の合計 3.0 m の凹凸値を縦断方向に、中央部の 1 m については 5 cm 間隔、その他の 1 m 部については 10 cm 間隔にノギスを用いて測定した。その測定位置は、測定時の交通整理

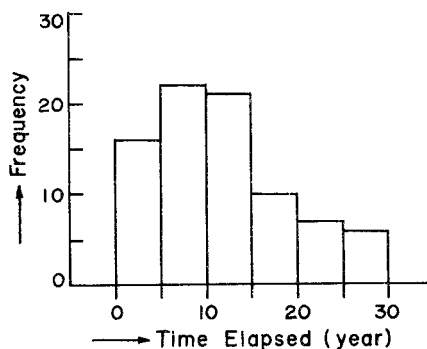


図-1 実測橋梁の経過年数の分布

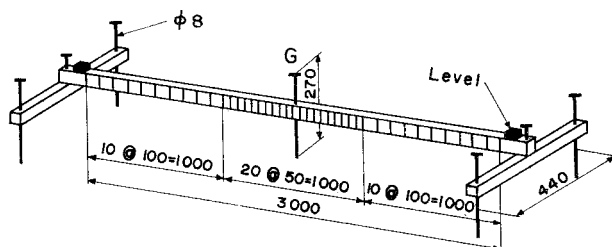


図-2 伸縮装置部凹凸の測定機

* 正会員 工修 金沢工業大学講師 土木工学科

** 正会員 工博 金沢大学助教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工博 金沢大学教授 工学部建設工学科

の関係上、センターラインから 2.0m 地点とした。

伸縮装置部 3m の凹凸値は 図-3 に示すように、最初と最後の測定値を結んだ線を基準線とし、この基準線からの凹凸の最大値を最大凹凸値 y_{max} とした²⁾。さらに、測定間隔 5cm の中央 1m 部については、伸縮装置部の局所的な凹凸パターンとして、図-4 に示すパターン A, B および C に分類した。なお、凹凸パターンが基準線に関して上下逆の形状の場合も、それぞれパターン A, B および C とした。

(2) 測定結果および考察

本調査では、最大凹凸値が自動車の走行性に最も影響

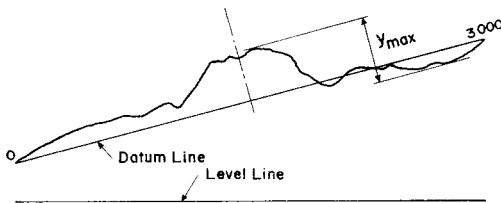


図-3 最大凹凸値 y_{max} の読み取り方法

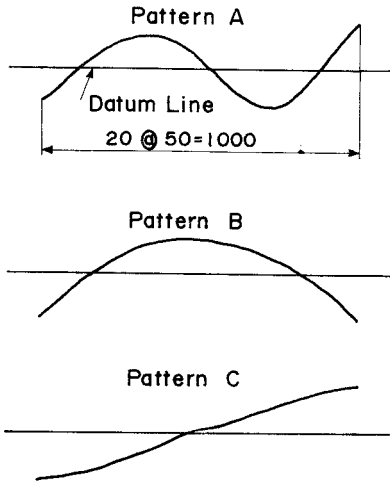


図-4 凹凸パターンの分類

を及ぼす要素であるという調査報告²⁾から、図-3 に示した最大凹凸値 y_{max} によって伸縮装置部の凹凸性状を評価することにした。

a) 数量化理論 I 類による凹凸評価

伸縮装置部の凹凸性状を評価する場合、その凹凸に大きく影響を及ぼす要因を見出すことは重要である。そこで、そのような要因を見出すために、数量化理論 I 類⁹⁾を用いて計算した結果が表-1 である。表中の y_{max} は最大凹凸値を、 Σ は 3m 部をすべて 10cm の測定間隔とした実測値から求めた標準偏差を、 R は重相関係数を、そして () 内の数値はカテゴリ・ウエイトから計算したレンジの順位をそれぞれ示している。外的基準として、ここでは y_{max} と Σ を用いた。この外的基準に影響を及ぼすと考えられる要因(アイテム)としては、桁橋形式か、あるいはそれ以外の形式かを示す橋梁の構造系、路面の舗装、伸縮装置の設置位置、装置の形式ならびに凹凸パターンとし、また各アイテムについてのカテゴリは表-1 に示したものを考えた。なお、Unknown は、伸縮装置上にアスファルト舗装をオーバーレイしているため、装置の形式が不明の場合を示している。そして、測定総数 248 についての各カテゴリの反応表から、各カテゴリ・ウエイトを計算した。その結果、表-1 に示したように、外的基準が y_{max} の場合のレンジ値から、伸縮装置部の凹凸パターンとその設置位置(橋脚上か、橋台上か)の要因の影響が、他の要因に比べて大きいことがわかった。また、外的基準が Σ の場合、 $R=0.621$ で大きくないが注1)、 y_{max} の場合で得た結果と同様な傾向を示している。しかし、この Σ の重相関係数が小さい値となったことは、伸縮装置部の凹凸性状を要因別に評価する際の尺度として Σ を用いることがあまり適当でないことを示しているものと思われる。なお、数量化理論 I 類における結果をふまえ、伸縮装置部の最大凹凸値の推定式を検討したが、凹凸の説明変数が少ないこともあって、精度の悪いものであった。

表-1 数量化理論 I 類による伸縮装置部凹凸の性状評価

Criterion	Item	Bridge System		Pavement		Joint Position		Joint Type				Roughness Pattern			R
		Girder	Non-girder	Asphalt	Concrete	Pier	Abutment	Unknown	Rubber	Steel Lap	Steel Finger	A	B	C	
y_{max}	Category Weight	1.825	1.872	0	0.143	0	0.411	0	-0.147	-0.247	-0.188	0	-0.044	-0.488	0.885
	Range	0.045(5)		0.143(4)		0.411(2)		0.247(3)				0.488(1)			
Σ	Category Weight	0.496	0.187	0	0.139	0	0.558	0	0.133	-0.029	0.328	0	-0.037	0.639	0.621
	Range	0.309(4)		0.139(5)		0.558(2)		0.352(3)				0.676(1)			

y_{max} : Maximum Value of Roughness

Σ : Standard Deviation of Roughness (Measured Interval 10 cm)

R : Multiple Correlation Coefficient

() : Rank of Range of Category Weight

注 1) 重相関係数は、実測値と計算された推定値との相関の程度を表わすものであり、一般に $R=0.85$ 以上あれば十分であるといわれている⁹⁾。

b) y_{max} の分布

数量化理論I類による結果から、凹凸性状に大きく影響を及ぼす要因のうち、伸縮装置の設置位置による y_{max} の度数分布を示したのが 図-5 である。図中の \bar{y}_{max} と $\sigma_{y_{max}}$ は y_{max} の平均値とその標準偏差である。いま、橋脚と橋台上の \bar{y}_{max} を比較すると、橋脚よりも橋台上の方が大きい値を示している。このことから、一般

に、橋台上に設置されている伸縮装置付近の凹凸性状は橋脚上より悪く、走行自動車に生ずる衝撃も大きいことが推測される。なお、大阪1号線と神戸1号線における伸縮装置部の凹凸調査によれば、先付けと後付け伸縮装置とを含めた最大凹凸値の平均値はそれぞれ 0.94 cm (測定数 18) および 0.59 cm (測定数 16) の値が報告⁹⁾ されている。高速道路におけるこれらの値と図中に示した測定数全体の y_{max} の平均値 1.83 cm とを比較した場合、本調査で得た平均値はこれらの約2倍および約3倍大きい値を示している。このことから、本調査で対象とした一般国道や県道における伸縮装置部の凹凸の実態は、最大凹凸値の平均値から考えると、高速道路に比べて段差が顕著であることが定量的にうかがえた。

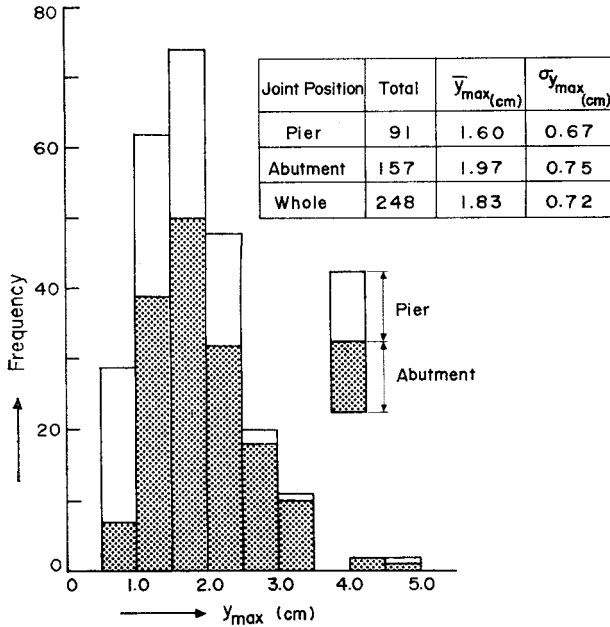


図-5 伸縮装置の設置位置による y_{max} の分布

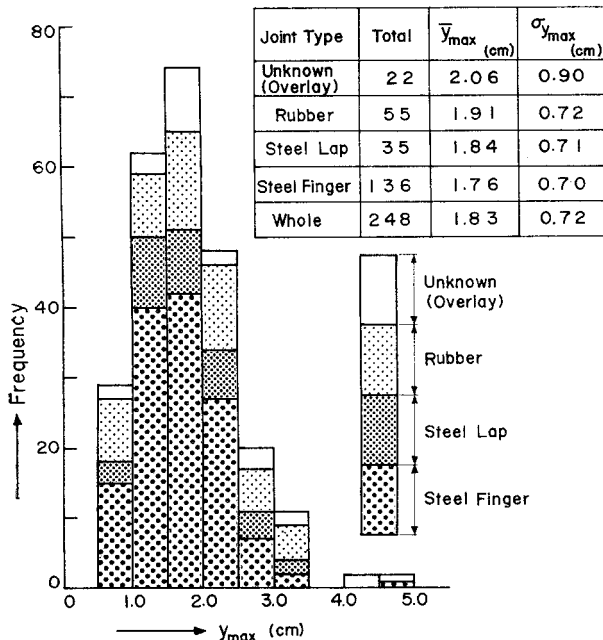


図-6 伸縮装置の形式による y_{max} の分布

次に、伸縮装置の形式による y_{max} の度数分布を示したのが 図-6 である。いま、Unknownを除いて \bar{y}_{max} をみると、装置の形式による大きな差異はみられないようである。

c) 各要因による凹凸性状

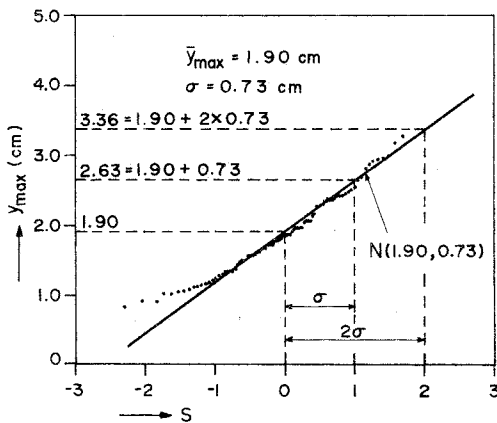
伸縮装置部の凹凸パターン A, B および C の測定頻度、あるいは y_{max} の平均値とその標準偏差を知るために、伸縮装置の設置位置と凹凸パターンおよび装置の形式による y_{max} の平均値とその標準偏差を示したものが 表-2 である。なお、測定数が4以下の場合は標準偏差を記入していない。この表から、Unknown, ゴムおよび鋼重ね合わせ形式ではパターン A の測定頻度が最も多く、特にゴム形式では橋台上において顕著であることがわかる。鋼フィンガー形式ではパターン C の測定頻度が最も多く、パターン A および B の順である。装置の形式全体では、橋脚と橋台上ともパターン A の測定頻度が最も多い。平均値をみると、パターン C は小さくなっており、そして鋼製の伸縮装置においてパターン A と B は同程度の値となっている。また、表-2 の Whole 部に示した伸縮装置の設置位置による y_{max} の平均値を比較した場合、装置の各形式とも橋台の方が橋脚上より大きい値を示しており、特にゴムおよび鋼フィンガー形式において顕著である。さらに、橋脚上においては装置の形式による差が現われているが、橋台上ではこの差がほとんどみられない。このことは、橋台上では、装置の形式よりも他の要因（たとえば、取付け道路部の圧密沈下など）が大きく影響しているものとも考えられる。

表-2 に示した要因による y_{max} のうち、一例として、最も測定数の多い橋台上に設置された鋼フィンガー形式の y_{max} 値を標準正規確率紙上に

表一 伸縮装置の設置位置、凹凸パターンおよび装置の形式による y_{max} の平均値とその標準偏差

		Joint Type				
		Unknown (Overlay)	Rubber	Steel Lap	Steel Finger	
Pier	Roughness Pattern	A	(4) 2.12 —	(4) 2.37 —	(10) 1.76 0.69	(13) 1.73 0.51
		B	(6) 2.20 1.18	(8) 1.28 0.63	(5) 1.76 0.23	(11) 1.77 0.29
	C	(2) 0.85 —	(6) 1.50 0.49	(2) 0.91 —	(20) 1.25 0.41	
	Whole	(12) 1.95 1.08	(18) 1.60 0.66	(17) 1.68 0.65	(44) 1.48 0.61	
Abutment	Roughness Pattern	A	(5) 2.46 0.89	(20) 2.28 0.71	(10) 2.10 0.84	(34) 1.98 0.58
		B	(2) 2.42 —	(8) 1.79 0.43	(6) 2.01 0.50	(24) 2.13 1.00
	C	(3) 1.63 —	(9) 1.82 0.66	(2) 1.40 —	(34) 1.66 0.55	
	Whole	(10) 2.20 0.78	(37) 2.06 0.75	(18) 1.99 0.76	(92) 1.90 0.73	

() : Number of Measurement
 Upper : Average Value of y_{max} (cm)
 Lower : Standard Deviation Value of y_{max} (cm)



図一 橋台上の鋼フィンガー形式による y_{max} の分布

プロットしたのが図一である。横軸の s は標準正規確率変数の値であり、 s が 0 のとき y_{max} の平均値を与える。図中の実線は、平均値 1.90 cm と標準偏差値 0.73 cm を用いた理論正規分布を示している。例外的に大きなものもあり、また小さい範囲ではある下限に漸近するような傾向を示しているが、 y_{max} は $-\sigma \sim 2\sigma$ の範囲でほぼ直線となり、その分布は正規分布に近い形を示し

ている。なお、図一に示した y_{max} 以外の伸縮装置の設置位置と装置の形式による y_{max} 値を標準正規確率紙上にプロットした結果、 y_{max} はいずれの場合も $-\sigma \sim 2\sigma$ の範囲でほぼ直線となった。このことから、伸縮装置部の凹凸を確率変数として取り扱う解析においては、表一に示した伸縮装置部の最大凹凸値の平均値とその標準偏差の値を用い、もし分布形が必要であれば正規分布と考えてもよいものと思われる。また、平均値プラス標準偏差の 2 倍を考えれば各要因における y_{max} の最大値が予測できるものと思われる。

3. あとがき

本調査は、橋梁の伸縮装置部の凹凸を測定し、最大凹凸値 y_{max} から実際の凹凸性状について検討したものである。また、この y_{max} に影響を及ぼすと考えられる要因をアイテムとして、数量化理論 I 類を用いて凹凸性状の評価を試みた。その結果、橋梁の構造系、伸縮装置の形式、路面の舗装などは最大凹凸値にはあまり影響せずに、凹凸パターンや橋台上か橋脚上かを示す設置位置が大きく影響していることがわかった。さらに、本調査では、伸縮装置部の凹凸を確率変数に考えて取り扱う解析の一資料として、確率変数の重要なパラメーターである伸縮装置部の最大凹凸値の平均値とその標準偏差の代表値を示した。

伸縮装置は従来より改良が加えられてはいるが、橋梁の設計理論の進歩にもかかわらず、その破損や欠陥が多く、橋梁や路面の維持管理上の問題点の 1 つとなっている。しかし、伸縮装置を用いる以上はその付近の凹凸は避けがたく、凹凸を減らすためには抜本的な対策を講ずる必要がある。今後、本調査で得た知見が関係者の参考になれば幸いである。なお、伸縮装置部の凹凸の経年変化については、現在調査中である。

参考文献

- 1) 本田秀行・城戸隆良・梶川康男・小堀為雄：道路橋の路面凹凸パワースペクトル密度に関する調査，土木学会論文報告集，第 315 号，pp. 149~155，1981 年 11 月。
- 2) 野口勇二郎・沖野 真：伸縮継手部の走行性に関する調査および研究，道路，第 313 号，pp. 2~10，1967 年 3 月。
- 3) 成田信之・桂樹正隆・野中 宏：自動車走行にともなう道路の騒音と振動，自動車技術，30 巻 12 号，pp. 1010~1016，1976 年。
- 4) 足立義雄・藤城泰行：低周波空気振動の実態と問題点，土木学会第 8 回環境問題シンポジウム講演論文集，pp. 67~72，1980 年 8 月。
- 5) 本田秀行・梶川康男・小堀為雄：道路橋の伸縮継手部の凹凸特性，土木学会第 36 回年次学術講演会講演概要集，I-130，1981 年 10 月。
- 6) 吉田信夫：土木技術者への計画と管理のための予測手法，山海堂，pp. 104~143，1974 年 9 月。

(1981.9.7・受付)