

橋梁の騒音に係わる環境限界状態に関する基礎的研究

(株)ACE 正会員 藤田 庸介
 大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

1. 研究背景および目的

近年、我国では限界状態設計法への移行を視野に入れた性能照査型設計法確立に向けての動きが活発化している。そのような背景のもと、今後は国際標準化機構（ISO）の信頼性に関する一般原則などを参考に、従来の限界状態設計法ではあまり重要視されていない環境に関する具体的な項目を含んだ限界状態設計法を確立し、環境にも配慮した地域社会に受け入れられやすい構造物を設計する必要がある。

本研究では、従来の限界状態設計法を参考にして環境に関する限界状態、つまり環境限界状態を新たに定義し、これを、信頼性理論を用いて定量的に評価することを試みる。

2. 橋梁環境の現状

橋梁環境とは、図 2.1 に示す、“橋梁と橋梁を取り囲む周辺地域を含んだ環境”を言う。橋梁構造物を設計する場合、構造物の安全性、経済性にのみ重点を置くのではなく、地域社会との調和を考え、構造物を取り巻く周辺地域の環境にも配慮しなければならない。これは、橋梁周辺の生活環境を人や動物、鳥、魚、昆虫などの生物、植物にとって好ましい状態、そして利用者への利便性を好ましい状態に保つ、または改善することを考えなければならないことを示している。このように橋梁環境は、橋梁の設計や既設橋梁の補修、補強を行う際の思考の最小単位として扱う必要がある。その結果、橋梁の設計や補修、補強を行う際の、橋梁技術者とその他の人々、例えば橋梁周辺住民や自然環境調査団、利用者や自動車設計者などとの対話が促進され、橋梁環境がより良好な方向へと発展することが期待され、さらに橋梁を中心とした文化の創造にも大きく貢献することが期待される¹⁾。



図 2.1 橋梁環境のコンセプト

2.1 橋梁環境限界状態

構造物設計の世界標準ガイドラインである ISO 2394²⁾ が設定している、既往の限界状態を参考に、本研究では橋梁環境に関する限界状態として以下に示す

限界状態を橋梁環境限界状態として定義する。

- ・ 構造物周辺環境に永続的に影響を及ぼすような状態（例えば、日照条件、風、水質、生態系や地域社会の景観など）
- ・ 過度の構造物利用による汚染物質の飛散（CO₂、NO_xなどを含む）
- ・ 周辺住民に不快感を与えるような振動および騒音、そして中でも騒音に特に注目する。

3. 橋梁環境の騒音に関する現状評価

3.1 橋梁構造物から発せられる騒音に関する限界状態のアンケート調査

3.1.1 調査方法

橋梁構造物周辺で記録した騒音に対して、どの程度の大きさで人が不快に感じるかを、アンケート調査により調べ、その分布形を同定した。被験者には室内で騒音レベルを徐々に変化させ我慢できないと判断される（アンペアラブル限界状態）になった段階で挙手し、その時の騒音レベル（dB）と人数とを記録する。アンケート調査に用いた騒音計とスピーカーの設置位置を図 3.1 に示す。調査参加人数は男性 85 人、女性 2 人の計 87 人であり、有効回答数は 70 人であった。

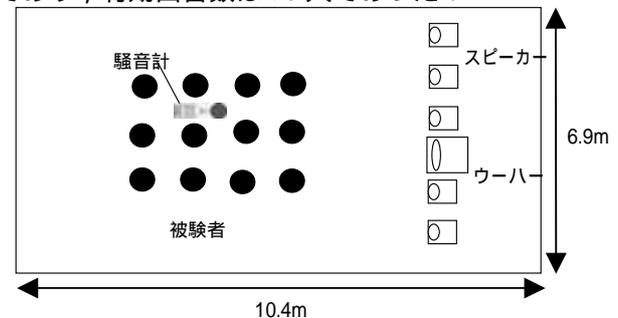


図 3.1 スピーカーと騒音計の配置

3.1.2 計測結果

図 3.2 に騒音に関するアンケート調査結果とこれを正規分布に近似した分布形を示す。正規分布のパラメータである期待値を、アンケート結果のモードである 67.5dB とし、そこから標準偏差を算出して近似した。

3.2 橋梁構造物から発せられる騒音の定点観測

定点観測で対象とした橋梁は、昭和 10 年完成の RC 床版橋で、片側二車線計四車線の幅員を有する道路橋である。周辺には小学校や集合住宅などがある。路面の段差が目視でも確認できるほど目立っていた。通行量も多く、大型車も頻繁に通過していた。伸縮部直下と側道で計測を行い、橋梁から発せられる騒音の時間分布を調査した。本計測では、側道計測位置は歩道の都合上、車道

キーワード 橋梁環境

連絡先 大阪市住吉区杉本 3 丁目 3 番 138 号 大阪市立大学大学院 橋梁工学研究室

から約 1m の位置に騒音計を設置した。計測は 50 分間の連続計測とその後 10 分間のデータ処理を合わせた、60 分を 1 サイクルとして、8:00~20:00 までの 1 日 12 時間を計 3 日間行った、ただし、緊急車両のサイレン音は後処理で除去した。サンプリング周期は 0.1sec とした。

3.2.1 計測結果

側道での騒音計測結果の頻度分布図を図 3.3 に示す。本研究では得られた頻度分布を、3 つの正規分布に重ね合わせて近似した。これは、側道で騒音計が収録した音は、車両通行時に伸縮装置の段差周辺から生じる衝撃音と、車両から発せられるエンジン音や走行音、車両が通行していない時の音の 3 種類が支配的であると考えられるためである。最後に、これらの正規分布を足し合わせ、一つの正規分布として表す。

対象橋梁周辺には伸縮部から約 20m の位置に集合住宅が建っており、音源からの距離を 20m として距離減衰を考え、式(1)を用いて環境基準で用いられる測点での騒音を算出する。

$$\Delta L_p = 20 \log_{10} \frac{r_2}{r_1} \text{ [dB]} \quad (1)$$

アンケート調査結果と定点観測結果の比較を図 3.4 に示す。

4. 信頼性指標を用いた橋梁環境の評価

4.1 信頼性指標 の算出

アンケート調査結果と騒音計測結果のそれぞれの期待値と標準偏差を用いて信頼性指標 を算出し、橋梁環境の限界状態の評価を試みた。アンケート調査結果に対する桁下および桁上の騒音の信頼性指標 β_L および β_U は正規分布を仮定するとそれぞれ

$$\beta_L = \frac{\mu_A - \mu_L}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_L^2}} \quad (2), \quad \beta_U = \frac{\mu_A - \mu_U}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_U^2}} \quad (3)$$

と表される。ここに μ は期待値、 σ は標準偏差、添え字の A, U, L はそれぞれアンケート調査結果、桁上騒音計計測結果、桁下騒音計計測結果である、その結果、信頼性指標として、

$$\beta_L = 4.90 \quad , \quad \beta_U = 3.27$$

を得た。

4.2 環境基準値に対する信頼性指標

環境基準値を期待値として、標準偏差を騒音計の計測結果から算出した。得られた騒音限界超過現象の信頼性指標の値を表 4.1 にまとめる。表 4.1 中の括弧内の数値は、橋梁の騒音に関する限界状態の超過確率を表している。静な地域となるほどアンペアラブル状態を超過する確率が小さくなっており妥当である。また、AA 地域での信頼性指標は 3~4.5 となっている。このように、信頼性指標を用いることで地域ごとの騒音の分散を得ることができれば、騒音に関する橋梁環境を地域の実態を反映させた形で定量的に評価することが可能となると考えられる。

等価騒音レベルで提示される環境基準値は、時間平均であるため多くの暗騒音も含まれており、今後はこれらを考慮した限界状態を設定する必要があると考えられる。

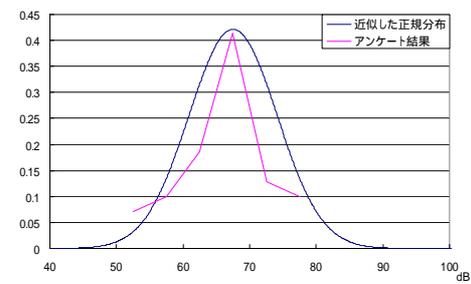


図 3.2 アンケート調査結果

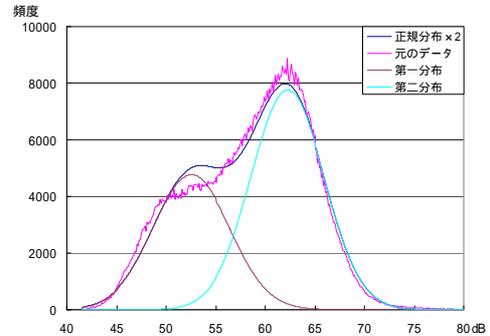


図 3.3 定点観測結果

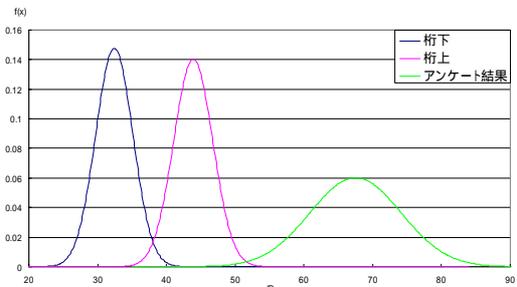


図 3.4 アンケート調査と定点観測結果の比較

表 4.1 環境基準から算出した信頼性指標

地域の類型: 当該地域は都道府県知事が 地域の区分ごとに指定する。	時間の区分		
	昼間	朝・夕	夜間
AA: 医療施設が集合している 地域など特に静穏を要する地域	3.12 (0.85×10^{-3})	3.81 (0.65×10^{-4})	4.51 (0.29×10^{-5})
A: 主として住居の用に供される地域	2.43	3.12	3.81
A地域のうち2車線を 有する道路に面する地域	1.73	2.43	3.12
A地域のうち2車線を越える車線を 有する道路に面する地域	1.04	1.73	2.43
B: 相当数の住居と併せて 商業、工業等の用に供される地域	1.04	1.73	2.43
B地域のうち2車線以下の車線を 有する道路に面する地域	0.35	1.04	1.73
B地域のうち2車線を越える車線を 有する道路に面する地域	0.35	1.04	1.04

5. まとめ

本研究では、橋梁構造物周辺の騒音に関する橋梁環境の限界状態を明確にし、これを定量的に評価することを試みた。すなわち、人間の不快に感じる騒音レベルの限界値分布形、および橋梁構造物から発せられる主な騒音の原因として考えられる伸縮装置周辺の段差による騒音分布を同定し、これらの分布形を用いて、橋梁環境限界状態に対する信頼性指標を算出した。

参考文献

- 1) G. Park and P. Disney: Bridge Management Five, pp.647~653, 2005.4
- 2) ISO: ISO 2394, 1998