

P86 魚道に関する実態調査結果の主成分分析による整理の試み

国土技術政策総合研究所 富田陽子 (現 富士砂防工事事務所)
柳原幸希、南雲賢一
財団法人建設技術研究所 ○本間久枝

1. はじめに

砂防堰堤等に設置された魚道について、全国の実態が把握できるものとして建設省土木研究所資料第 2907 号「溪流における魚道の実態調査」(平成 2 年 11 月)がある。これは砂防堰堤に魚道が設置されはじめて(資料の中で最も古い魚道として昭和 14 年竣工のものがある)から平成元年度までに竣工した 142 基の魚道について、設置年度、設置場所(河川名、河床勾配等河川の状況など)、魚道の概要(魚道の種類、設置理由、維持管理の状況など)及び魚道に対する現場担当者の満足度(相対評価)についての調査結果が記載されている。

筆者らは、これらデータの更新と砂防設備に設置する魚道の設計や維持管理に有用な情報を抽出することを目的に、前回の平成 2 年と同じ内容のアンケート調査を平成 2 年度～10 年度に竣工した魚道について実施した。またその結果をもとに、魚道が設置されている河川的环境要因について主成分分析を行い、魚道の設置環境として意味づけられた主成分を介して、魚道機能の評価(満足度)と魚道の設置環境・魚道の構造等との関係を整理することを試みた。

2. 主成分分析による整理の試み

2.1 アンケートで得られたデータの整理方法

魚道が設置された河道の状態を表す要因として、流域面積、河床勾配、流量、水面幅、水深、施設水通し部の平均水深、平均粒径の 7 項目を数値で、土砂量、滲筋の 2 項目をそれぞれ 2 段階の相対評価で得ている。このうち、「流量」と「平均水深」については、回答票の数値がデータとしての精度に劣っていると考えられた(アンケート票における「平常時」の定義が明確でなかったため、低水流量や洪水に近い流量が記入されていた)ため、残りの 7 項目のデータが全て揃って、かつ、魚道の機能評価(現場担当者が回答した満足度)が得られている地点について主成分分析を行い、主成分を説明変数とする『満足度』に関する回帰分析を行うこととした。

なお、除外することとした流量については、河川環境を支配する大きな要因であることから、流量は流域面積に比例すると考えるものとして流域面積で代用することとし、さらに流量がほぼ同様の傾向を有すると考えられる(つまり降雨量・降雨強度が概ね同様と考えられる)「地域毎」(北海道・東北、北陸、中部など)にグループ化して分析を進めることとした。ここでは、北海道・東北の事例をもとに行なった分析結果を示す。

2.2 主成分分析

北海道・東北の事例から抽出した 26 件のデータを用いて主成分分析を行った。

2.2.1 主成分とその意味

主成分の累積寄与率は第 5 主成分 Z_5 までで 97% を越え

表 1 各主成分の意味

第 1 主成分	・水面幅、B/H (水面幅水深比) 及び河床勾配の 3 つの要因が関係する成分。水面幅、B/H が大きくなるほど、また、河床勾配が緩くなるほど大きくなる傾向を持つ。→河道内の低水路の変化の度合いを示す指標と考えられる。
第 2 主成分	・流域面積、河床勾配及び B/H に関係する成分。流域面積が大きくなるほど、河床勾配と B/H が大きくなるほど大きくなる傾向を持つ。→溪流の攪乱の度合いを示す指標と考えられる。
第 3 主成分	・水深と滲筋(河床の安定)に関する成分。水深が小さく滲筋が安定しているほど大きくなる傾向を持つ。→溪流の安定の度合いを示す指標と考えられる。
第 4 主成分	・水深と滲筋(河床の安定)に関する成分。→流量の大きい河川の不安定の度合いを示す指標と考えられる。
第 5 主成分	・平均粒径に関する成分。粒径が小さいほど大きくなる傾向がある。→堆積の傾向を示す指標と考えられる。

るので、魚道を巡る水理環境を表現するのに第 1～5 までの 5 成分を取れば十分と考えられる。各主成分の意味は表 1 のように整理されると考えられる。

2.2.2 主成分の得点と満足度

図 1 は、溪流の攪乱の度合いを示す第 2 主成分 Z_2 と溪流の安定を示す第 3 主成分 Z_3 の 2 つの主成分を縦横軸とする平面上に各測点をプロットしたものである。各測点に付記した数字は魚道機能の満足度の評価値である。満足度の評価は 4 段階で行っており、評価値④：満足度が大きい、評価値③：中程度、評価値②：小さい、評価値①：不満、と設定している。評価④の測点の分布する領域、評価④と③の測点の混在する領域、評価③の分布する領域、評価②の測点の分布する領域を区分する補助線が記入できる。この 2 つの主成分は魚道の機能の良否に影響を及ぼす要因であることが伺える。

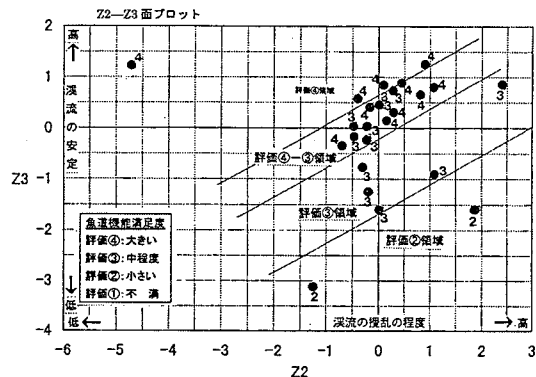


図 1 主成分平面上の分布

2.2.3 回帰分析

主成分 Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 を説明変数、魚道機能の満足度評価値 Y を目的関数として、

$$Y = C_0 + C_1 Z_1 + C_2 Z_2 + C_3 Z_3 + C_4 Z_4 + C_5 Z_5 \quad \dots (1)$$

のような線形結合式を考え、回帰分析により定数 $C_0 \sim C_5$ を決定することとした。各定数を代入すると、(1)式は次のように確定する。

$$Y = 3.347 - 0.067Z_1 - 0.076Z_2 + 0.436Z_3 - 0.056Z_4 - 0.011Z_5 \quad \dots (2)$$

重相関係数=0.748

図 2 は、回答された満足度と回帰式により得られた満足度の関係を示したものである。

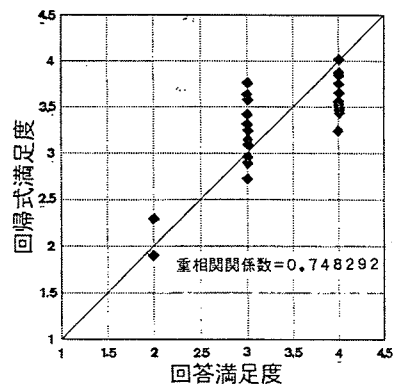


図 2 満足度の回答値と回帰式値との関係

各主成分の係数の符号は、第 3 主成分 Z_3 (溪流の安定度) が (+) で、その他の主成分はすべて (-) である。これはそれらの主成分が全て河道の不安定を示す指標であるこ

とを考えると、(2)式は魚道を設置した場合に満足の得られやすい河道の条件式として矛盾しないことが窺える。

2.2.4 魚道形式と満足度

図2における満足度の回答値と(2)式による値が一致しない理由として、(2)式が考慮していない魚道の形式や対策工などの影響が考えられる。そこで、回答値と回帰式値の残差が魚道形式とどのように関連するかを調べることにした。

図3は、魚道の種類を横軸に残差を縦軸にして各測点をプロットしたものである。残差=満足度のアンケート回答値-回帰式による満足度の計算値である。回帰式がある設置環境に対する魚道機能の標準的な満足度を表すと考えれば、残差が(+)とは対象としている魚道の現場での実際の満足度がその設置環境に対して平均的に予想される満足度よりも高いことを意味し、その魚道が成功していることを示す。残差が(-)とはその魚道が予想通りの機能を果たしていないことを意味すると解釈できる。測点の分布を見ると、魚道の種類が同じでもバラツキがある。

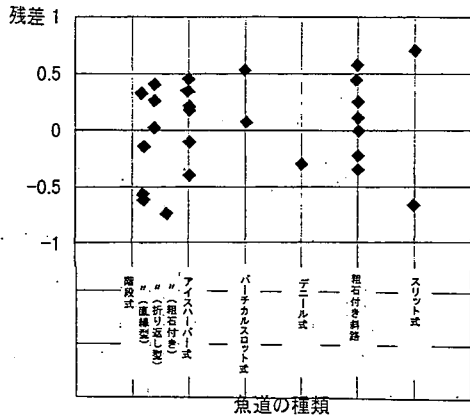


図3 魚道の満足度に及ぼす魚道形式の影響

図4は、満足度の回答値が③以下の場合と④の場合とで、回帰式値との残差と魚道形式の関係がどうなるかを示したものである。ここで満足度③以下と④の意味を設置環境の良否ととらえることとした。つまり、満足度④は好条件、③以下は設置条件として劣る場所、という解釈である。

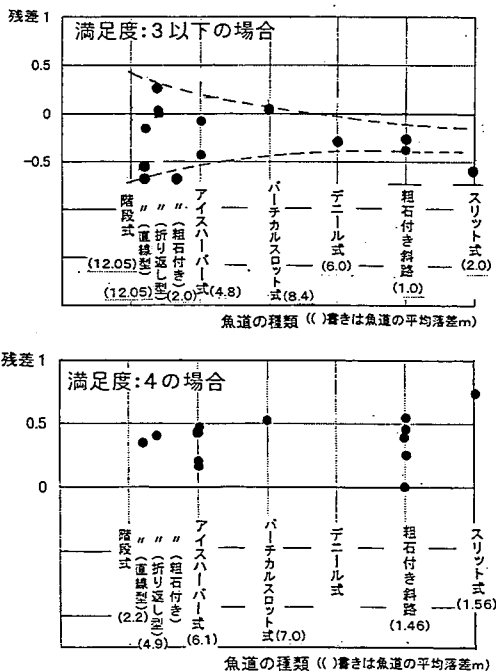


図4 設置環境が魚道形式別の満足度に及ぼす影響

このような観点にたつと、設置環境が劣る(満足度③以下)場合には、直線型と粗石付きの階段式は残差の分

布幅が広く成功する場合と失敗する場合が混在することを示し、階段式(折り返し型)とパーチカルスロット式以外の形式はすべて残差が(-)であることから平均的に成果が挙げられない状況になることが読みとれる。

一方、設置環境が良好(満足度④)な場合では、魚道形式による残差の分布幅は狭く残差はすべて(+)であり、設置条件が良ければ魚道形式にあまり関係がない。つまり、好条件の場所では魚道設計の自由度が増し、有効に機能する魚道設計が可能であることを示唆している。

魚道落差については、粗石付き斜路、スリット式は他の形式より小さい傾向に、階段式(折り返し型)では大きい傾向にある。階段式(直線型)で落差が大きいと残差が(-)となる傾向が窺え、階段式では落差が大きい場合に折り返さず直線型とすると無理が生じることが理解できる。他の形式では落差による満足度の違いは見られない。

なお、図3に見られる同一魚道間の残差のバラツキの大きさは、河道特性、魚道形式以外に魚道の機能に影響を与える要因があることを示唆している。

2.2.5 魚道の機能を左右するその他の要因

河道特性、魚道形式以外の影響要因について抽出するために、残差が(+),つまり回帰式が予測する満足度よりも実際の評価が高い測点群(A群)と、残差が(-)の回帰式が予測する満足度よりも実際の評価が低い測点群(B群)に2分(図5)し、それぞれに共通する事項をアンケート回答原票から読みとることとした。その結果、特にB群では遡上状態に関するコメントと満足度評価に矛盾があり、過小評価となっていると考えられる測点(○印)があった。たとえば、「よく遡上している」とコメントしながら評価は3(中程度)としているなどである。一方で、コメントとして「河床低下で登り口が浮き上がり、魚が遡上しにくくなっている」など魚道そのもの以外に問題があると考えられるものや、「河川の流量が少なく遡上する魚の絶対数も少ない」など元々の河川環境に起因して評価されている測点(□印)があった。満足度評価が共通の基準で行われていないことがこれら測点のバラツキの原因と考えられる。

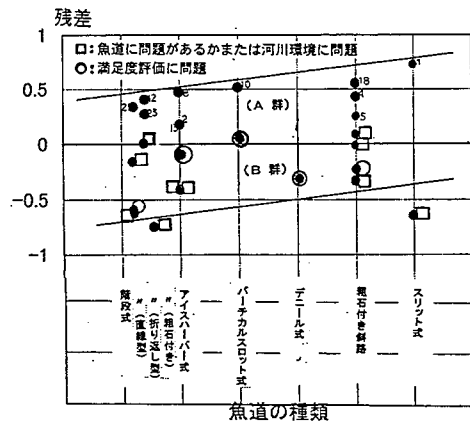


図5 魚道の満足度を左右するその他の要因

3. おわりに

今回実施した主成分分析の結果、魚道に対する満足度と河川条件、魚道形式には一定の関係があることが認められた。これにより河川条件から魚道設置の適否を概略評価でき、設置可能な魚道形式の種類もある程度推定できる可能性を示した。

ただし、今回解析に供した「満足度」は、遡上調査等に基づき客観的に評価されたスコアではない。機能的な魚道を計画・設計するためには、魚道の機能を客観的に評価しておくことが必要である。既設の魚道について、魚道の形式や設置条件等を含む環境要因を把握し、その上で魚類等の実際の遡上調査を継続的に実施していくことが重要である。