

氏 名 瀬尾 公子

授与した学位 博士

専攻分野の名称 環境学

学位授与番号 博甲第4787号

学位授与の日付 平成25年 3月25日

学位授与の要件 環境学研究科 社会基盤環境学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 連結石礫を用いた水理構造物に作用する流体力の評価に関する研究

論文審査委員 教授 前野 詩朗 教授 大久保賢治 准教授 吉田 圭介

学位論文内容の要旨

河川行政が環境への配慮を重要視する展開の中で、多自然川づくりに貢献する多くの工法や技術が開発されてきた。とくに、自然石や間伐材などを有効活用する工法は、コンクリート製品などと同様の水理構造物としての効果を有しつつ、環境面、景観面などで優れた効果を発揮することができる。そのひとつが自然石のみを高耐久連結金具で強固に連結した連結石礫である。しかし、これらは洪水時の挙動について様々な状況に活用できる普遍的な技術が現時点では確立しておらず、多くは経験に基づき設計されている。また、射流場においては、水理構造物に作用する流体力については、連結石礫に限らず、コンクリートブロックについても、不明瞭である。本研究では、「護岸ブロックの水理特性試験法マニュアル」に準じて、水理特性試験を行い、様々な形状、配置の連結石礫の水理特性、あるいは水制や落差工に用いた場合や射流場での水理特性について明らかにすることを試みた。また、3次元数値解析により水理特性試験での近傍流速の評価や、2次元解析により設計の際に用いる流速についての評価を試みた。

具体的には、常流場において、自然石単体と連結石礫の水理特性試験を実施し、自然石単体の抗力係数 $C_D=0.53$ 、揚力係数 $C_L=0.31$ と結果を得ており、連結数の増加により抗力・揚力係数が変化し、安全性が増すことより、連結石礫が破壊に対して有効であること、透過性は抗力係数 C_D に対して影響を及ぼすことなどが明らかとなった。

次に、射流場において、連結石礫やコンクリートブロックに作用する流体力を検討したところ、フルード数 $F_r=1.5$ 以下の場合、単体設置時の抗力・揚力係数は、常流場に比較してやや大きくなる傾向があることが明らかとなった。続いて、群体設置時においては、常流場の抗力・揚力係数と同程度となることが明らかになった。フルード数 $F_r=1.2$ を超える場合には、抗力・揚力ともに振動の影響が大きくなるため、フルード数の増加に伴い、安全率を大きく設計する必要があることが確認された。

また、連結石礫で構築した水制工や落差工構造物に着目し、水制工や落差工周辺について実験と数値解析により、構造物に作用する流体力や流速を検討した。その結果、水制や落差工周辺流速は、接近流速の1.2倍程度となることが確認できた。また、従来の設計方法では、作用流体力を過大に評価する可能性があった。しかし、水制や落差工などに立体型連結石を用いる場合には、3次元流体解析などにより設計流速を推定し、安全率として1.2倍～1.3倍程度与え、連結石礫の安定性について評価することで効率的な設計ができることが確認された。

実設計で水制などの構造物を設置する際には、平面二次元解析を用いて局所的な流速を予測して設計することが有効であることが明らかとなった。

本研究により、これまで明らかにされていなかった自然石を連結した工法を現地に設置する際に必要となる抗力係数や揚力係数が明らかにされた。また、これまで明らかにされていなかった射流場における係数も明らかにされた。さらに、自然石連結工法を現地へ適用する際の、安全率の考え方や、設計流速の設定方法における従来の方法の問題点を明らかにした。得られた成果は、今後の合理的な水理構造物設計に大いに貢献するものである。

論文審査結果の要旨

本研究は、コンクリート製品などと同様の水理構造物としての効果を有しつつ、環境面、景観面などで優れた効果を発揮することができる。自然石のみを高耐久連結金具で強固に連結した連結石礫を対象として、常流場のみならず、これまでの研究で取り扱われていなかった射流場において連結石礫に作用する流体力を評価し、洪水時等の様々な状況に活用できる普遍的な設計技術を確立することを目的としている。本研究では、「護岸ブロックの水理特性試験法マニュアル」に準じて、水理特性試験を行い、様々な形状、配置の連結石礫の水理特性、あるいは水制や落差工に用いた場合や射流場での水理特性について明らかにするとともに、3次元数値解析により水理特性試験での近傍流速の評価や、2次元解析により設計の際に用いる流速についての評価を試み、以下の結果を得ている。

連結石礫を現地に設置する際に必要となる、常流場・射流場における連結石礫の抗力係数・揚力係数を明らかにした。また、連結石礫を水制や落差工として設置する際に作用する流体力を明らかにし、設計の際に必要な流体力の割り増しの必要性を明らかにするとともに、現地にこれらの水理構造物を設計する際には、3次元流体解析により、設計流速を推定することで効率的な設計が出来ることを示した。さらに、連結石礫を現地に適用するさいには、平面2次元解析を用いて局所的な流速を予測して設計することが被災防止に有効であることを明らかにしている。

以上の研究によって示された知見の数々は、今後のこの方面の研究の発展並びに河川の環境管理の実務に大いに寄与するものである。よって、本論文は博士（環境学）の学位に値するものと判断する。