

耐衝撃挙動を考慮した落石防護柵支柱の根入れ深さ 決定法に関する基礎的研究

著者	近藤 里史
学位名	博士（工学）
学位の種類	課程博士
報告番号	甲第479号
研究科・専攻	工学専攻
学位授与年月日	2021-09-27
URL	http://doi.org/10.15118/00010420

氏名	近藤 里史
学位論文題目	耐衝撃挙動を考慮した落石防護柵支柱の根入れ深さ決定法に関する基礎的研究
論文審査委員	主査 教授 小室 雅人
	教授 溝口 光男
	准教授 菅田 紀之
	特任教授 岸 徳光

論文内容の要旨

本研究では、無筋コンクリート製落石防護擁壁天端に設置されている防護柵支柱の根入れ深さに関する耐衝撃性を考慮した合理的な設計手法を確立することを目的に、無筋コンクリート躯体（以後、躯体）中に支柱を貫通させた場合や根入れ深さを有限長とする場合の試験体を作製し、静荷重及び重錘落下衝撃荷重載荷実験を実施した。測定項目は、載荷荷重、載荷点変位、支柱各点の軸方向ひずみに関する時刻歴波形および躯体のひび割れ分布である。本論文の構成は、以下の通りである。

第1章では、本研究の背景および現行設計法の考え方、研究の目的について述べている。

第2章では、本研究で用いた実験装置および計測器の概要について述べている。

第3章では、支柱を躯体中に貫通させた場合の曲げが卓越する載荷状態に着目し、静荷重および衝撃荷重載荷実験について述べている。実験結果より、静荷重載荷時には基部近傍に塑性ヒンジが形成され、降伏荷重程度に漸近することを明らかにしている。衝撃荷重載荷時には、最大荷重は全塑性荷重程度であることや、コンクリート基部前面（以後、基部）のひび割れ分布は支柱の上下フランジ端部から上下45°方向にひび割れが進展すること、現行設計法による根入れ深さは、実験結果に比較して安全側の結果を与えること等を明らかにしている。

第4章では、曲げとせん断が連成する場合に関する実験について述べている。実験結果より、平均衝撃力は全塑性荷重程度であることや、入力エネルギーが大きい場合には支柱下部のコンクリートがブロック化して剥落する傾向を示すこと等を明らかにしている。

第5章では、第3章、第4章で得られた実験結果を基に、最大変位及び残留変位と入力エネルギー関係について論じ、載荷点位置に拘わらず最大変位と残留変位は入力エネルギーに対して線形な分布性状を示すことを明らかにしている。

第6章では、根入れを有限長にした場合における、第4章と同様の実験について述べている。実験結果から、根入れが確保されている場合には基部近傍に塑性ヒンジが形成されること、根入れが確保されていない場合には静荷重載荷時には押抜きせん断破壊に至ること、衝撃荷重載荷時には支柱下部コンクリートがブロック化して剥落する傾向を示すこと、現

行設計法に基づく根入れ深さは実験結果に対して安全側の評価を与えること等を明らかにしている。

第7章では、総括として本研究で得られた結果をまとめると共に、今後の課題と展望について述べている。

ABSTRACT

Rockfall protection walls and fences were constructed along the roadsides with steep cliff to ensure the safety of people's lives and transportation networks. Generally, the walls were made of plain concrete and the base of steel posts of the fences were embedded into the top of the walls. Normally, the anchoring depth of the posts has been designed following the specification which is constituted with not considering the dynamic effect due to the rocks impacting but considering only static loads. It may be important to investigate an applicability of the design method to the impact loading. In order to establish a rational design method, static and drop-weight impact loading tests of small sized H-section post models supported by anchoring one end into the plain concrete block were conducted, in which the anchoring depth and input impact energy were varied. In these experiments, the time histories of impact force, deflection at the loading point, and the axial strain distribution along the depth of the post were measured and crack patterns of the concrete block after experiments were inspected. The results obtained from this study are as follows: (1) the plastic hinge was formed in the post near the base of the concrete block under not only static but also impact loading; (2) in the case of that the anchoring depth was sufficient, the maximum and residual deflection at the loading point may linearly increase corresponding to an increment of the input impact energy; (3) even if the anchoring depth was insufficient, the concrete cover underneath of the post may be exfoliated; (4) the anchoring depth obtained from the impact load testing tends to be decreased comparing with that from static one; and (5) the required anchoring depth obtained following the current design specifications approximately corresponds to that obtained from the experimental results.

論文審査結果の要旨

我が国の道路山岳や海岸線に沿う道路には、人命や交通網の安全性を確保するために、無筋コンクリート製落石防護擁壁と共に落石防護柵が設置されている。防護柵は通常擁壁天端に箱抜きして設置される。その支柱の根入れ深さは、現在落石衝突による動的挙動特性を考慮せず、静力学的な考えに基づいて設計が行われている。しかしながら、支柱への落石衝突によって擁壁コンクリートがブロック化し剥落した事例も報告されており、耐衝撃挙動

を考慮した合理的な設計法を確立することは喫緊の課題となっている。

このような観点から、本論文ではコンクリート躯体中に支柱を模擬した小型H形鋼を埋設した試験体を作製し、室内実験による静荷重及び重錘落下衝撃荷重実験を実施して、その挙動特性を把握するとともに、支柱の必要根入れ深さに関する検討も行っている。具体的には、支柱を躯体内に貫通させた試験体を対象に載荷位置を変化させることで曲げが卓越する場合と曲げとせん断が連成する場合や、支柱の根入れ深さを有限長にした試験体を対象に曲げとせん断が連成する場合に関する検討を行っている。実験では、衝撃力、動的な載荷点変位や支柱の軸方向ひずみ分布を計測し、試験体の挙動性状を詳細に検討している。

その結果、(1) 静載荷および衝撃荷重載荷や載荷位置にかかわらず、根入れ深さが確保されている場合には、支柱基部近傍に塑性ヒンジが形成される。(2) 根入れ深さが不足している場合には、躯体がブロック化して剥落する傾向を示す。(3) 根入れ深さが十分に確保されている場合には、載荷点の最大あるいは残留変位は入力エネルギーに対応して線形的に増加する傾向を示す。(4) 衝撃荷重作用下で評価される根入れ深さは、静載荷のそれと比較して小さくなる傾向を示す。(5) 現行設計法に準拠して算出される必要根入れ深さは、躯体の押抜きせん断破壊性状が実験結果と異なるものの、実験結果の根入れ深さとほぼ対応すること、等を明らかにしている。

以上の成果は、衝撃荷重載荷を考慮した落石防護柵支柱の合理的な設計法の確立に寄与するところ大であり、博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認められる。