

学位論文の要旨

氏名

坂本 和也

学位論文題目

プレキャスト壁高欄への部材更新時のアンカーおよびエポキシ
接着による固定に関する基礎的研究

日本では、日本では、高度経済成長期に建設された構造物の老朽化が深刻な問題となっている。特に、道路橋には、建設年代の古いものが多く、建設後50年に達する道路橋の割合は、2023年には約43%、2033年には約67%に達すると報じられている。同時に、少子高齢化にともなう熟練技能者の不足も社会問題化しつつあり、建設分野においてその傾向は特に顕著である。

このため、国土交通省では、これらの問題に対処するために、『i-Construction』という取組を行っており、その中では、工期短縮・品質の安定・熟練技能者不足等への対策として、プレキャストコンクリートの更なる利用促進にも、期待を抱いている。しかし、既存構造物とプレキャスト部材を一体化するための確実な方法は、十分には確立されておらず、未だ、アンカーや機械式継手による接合が一般的に用いられているのが現状であり、この場合には、既存構造物の厚さ不足や、鉄筋が障害となって所定の位置にアンカーを挿入することが出来ないなど、必要耐力を確保することが難しいケースも多発している。

そこで、このような現状に鑑み、本論文では、道路橋の壁高欄を対象として、その新旧部材交換時のより簡便かつ機能的な交換手法の開発を研究テーマとし、その際の新しい手法として、アンカーとエポキシ樹脂を併用することで、アンカーに要求される引き抜き耐力の一部をエポキシ樹脂の接着力に負担させることで、アンカーの本数の削減ならびにその埋込深さを低減させることでアンカー部交換時の省力化を図る新たな工法を提案するとともに、その工法の構造安全性および耐久性を確認するための一連の実験を行った結果について、取りまとめた。

すなわち、本論文は、以下に示す7つの章により構成されている。

第1章は、社会インフラの維持補修に関して、労働者不足や予算不足、少子高齢化などの社会的背景による様々な課題、また社会資本の老朽化の現状などを取り上げ、この研究の意義を定義し、本研究の目的と概要について述べた。

第2章では、プレキャスト部材をアンカーにて構造躯体コンクリートに一体化させるために用いるエポキシ樹脂の特性について述べた。本章では、硬化収縮を低減するための特殊フィラーの混入率を様々に変化させて充填性、硬化収縮量、接着強度などについての実験を行い、使用するエポキシ樹脂の基本的な性能について評価し、その考察をまとめた。

第3章は、アンカーとエポキシ樹脂接着剤を併用することによるアンカーの接着効果を検証するため、引抜試験を実施し、その結果を取り纏めた。

第4章では、プレキャスト部材と既設床版を模擬した供試体を製作し、両者を実際の施工と同様にエポキシ樹脂とアンカーを用いて接合させたうえで、静的曲げ載荷試験により接合部の性能を確認した結果を示した。さらに、同様のブロックに対して200万回の疲労試験も実施し、その結果についても考察した。

第5章では、実構造物の施工を想定して、実物大の試験体を製作し、橋梁床板部を模擬した基礎部に横連結部2箇所を含む、合計6体のプレキャスト壁高欄を試験施工し、従来の現場打コンクリートやプレキャスト製品の他工法との工期短縮、人工削減効果を比較検証した。

第6章では、今回の研究において新たに開発した道路橋壁高欄の実物大の試験体に対して、実際の車両の衝突荷重を想定した静的載荷実験を、高欄の中央部、横連結部、端部の3箇所で行い、その結果をもとに、新たに開発した壁高欄の構造安全性の評価を行った。

第7章は、各章で得られた結果を取りまとめて結論とした。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

Structural Rigidity of Connections of Reinstalled Precast Bridge Barriers Using Combination of Steel Anchors and Epoxy Resin

Name: Kazuya Sakamoto

In Japan, aging of structures built during the period of high economic growth is a serious problem. In particular, road bridges reaching 50 years of service life after construction is reported to be about 43% in 2023 and about 67% in 2033. At the same time, the shortage of skilled technicians due to the declining birthrate and aging population is also becoming a social problem, and this is particularly remarkable in the construction field. In order to deal with these problems, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is taking an initiative called i-Construction. As a part of this program, promotion of the use of precast concrete is expected as a measure to shorten the construction period and stabilize the quality. The precast concrete finds its application in the quick reinstallation of old deteriorated structures. However, a reliable method for integrating the existing structure with the precast member has not been established at present, and joints using anchors and other mechanical joints are generally used. There are many cases in which it is difficult to ensure the required strength. For example, it is impossible to insert the anchors at a predetermined position, if the embedding depth is restricted by thin existing foundation, and if the existing reinforcement density is high. Therefore, in this research, a simpler and more functional replacement technique for improved structural integrity by using a combination of anchors and epoxy resins was proposed. With the use of anchor-epoxy combination, the pulling strength required for anchors was improved further by the adhesive strength of epoxy resins. This technique resulted in the reduction of the number of anchors used and their embedding depth without compromising the rigidity of the connection. The structural performance and durability based on the new technique was confirmed by series of experiments. The results were analyzed and summarized. The thesis is divided into following 7 chapters.

Chapter 1 introduces the research work and background of the study. The purpose and the objective of the study are explained. In this chapter, precast concrete technology, its advantages and necessity for further improvements in structural integrity and installation technique are discussed. This section also deals with the socio-economic aspects, constructability and other issues and the solutions to improve the productivity in such scenario. The present situation of the construction industry along with socio-economic aspects leading to the present research is detailed.

Chapter 2 describes the materials used in the study. Especially, the properties of epoxy resin, used with the anchors for integrating the replaced bridge barrier with the existing foundation, were determined. Particularly, when using epoxy resin for bridges, occurrence of poorly filled parts, poorly bonded parts due to curing shrinkage, and the decreased adhesive strength due to temperature changes are a concern. Therefore, experiments were conducted to confirm these aspects. In addition, to improve the filling

characteristics and specifically to reduce the shrinkage, inert filler was added to the epoxy resin to produce epoxy mortar. So, the effect of mixing ratio of the filler was also studied and the results were summarized.

Chapter 3 summarizes the results of pull-out strength test conducted to verify the effect of using anchor-epoxy mortar combination. The pull-out strength of the anchor varies depending on the diameter and embedding length of the anchor used and the performance of the filler. Therefore, in order to confirm the effect of using the anchor-epoxy mortar, the anchor was embedded in the precast member similar to the construction site conditions, and the anchor pull-out strength was measured using simple tensile strength testing equipment.

Chapter 4 explains the experiment conducted on the prototype specimen prepared to simulate the actual condition. Two separate concrete blocks were prepared; one corresponding to the precast barrier and the other representing the existing foundation structure. The precast barrier block was then joined to the foundation block using anchors and epoxy mortar, performed in the same manner as in actual condition. After a predetermined material age, static flexural load test was performed. The structural performance of the anchor-epoxy mortar bond was determined and the results were analyzed for safety. Fatigue resistance test of the specimen was also conducted by applying cyclic loading up to 2 million loading cycles.

Chapter 5 reports the structural performance of full scale models prepared. Static loading test was conducted at three locations, the center of the precast barrier, the lateral connection between 2 specimens, and at the far end/edge of the specimens.

Chapter 6 illustrates the collision load experiment conducted on the full scale model specimens. An iron block weighing around 7 tons was allowed to collide on the specimens assuming the actual vehicle collision. The impact test was performed at three locations similar to the static loading test described in Chapter 5.

Chapter 7 shows the concluding remarks based on the experimental results.