

学 位 論 文 題 名

大深度地中連続壁の設計施工計画に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、室蘭港を横断する吊橋^{はくちよう}白鳥大橋を対象に行った、大深度地中連続壁の設計施工計画に関する研究についてまとめたものである。なお、本工法の実施は、国内外で初めての試みである。

白鳥大橋は、中央径間720m、側径間330m、全長1,380mの鋼箱桁形式の吊橋である。本橋の巾員は、中央分離帯を含め14.25m、2車線の自動車専用道路橋で、中央径間長、及び、鋼箱桁において積雪寒冷地では国内最大規模のものとなる。本橋の特徴としては、吊橋の両主塔の支持層が、陣屋側（以下3P）、祝津側（以下4P）で、各々TP-73m、-57mと大深部に位置しており、主塔基礎構築のため地中連続壁を仮設工とする新工法「地中連続壁併用逆巻剛体基礎」工法を採用したことである。

本研究は、白鳥大橋の主塔基礎施工に際し、地中連続壁を仮設構造物として採用に至った経緯、構造設計の手法、施工計画、試験工事における結果と実施への適用、また構造設計値と実施における静的応力変化等についての検討をまとめたものであり、本論文は5章より成っている。

第1章では、地中連続壁の工法分野において、設計、施工上本研究の位置づけについて述べている。

地中連続壁工法はヨーロッパにおいて考案され、我が国には1955年頃柱列工法の一つとしてダム止水壁に用いられたのを初めとしている。場所打ち杭と、ニューマチックケーソンの長所を兼ね備えた本工法は、発展的な技術開発のもと今日では多分野で採用されており、地中連続壁の既往の研究成果、現状とともに本研究の概要について述べている。

第2章では、白鳥大橋の形状とともに、地質調査、基礎形式の選定の検討について述べている。

当初、白鳥大橋は中央スパン400mの斜張橋案であったが、1977年から行われた地質調査により、斜張橋の基礎支持地盤として期待していた第四紀洪積層の中間層約30m付近が、調査検討の結果、斜張橋の基礎に適さないと判断し、橋梁形式を吊橋案に変更することにした。

地質調査では、架橋予定路線上の室蘭港海底地盤の状態を明かにするとともに、各橋脚の岩盤支持力に関し、ボーリング調査、深層載荷試験、横坑内原位置岩盤試験等により、陣屋側アンカレッジ1A、側塔橋脚2Pは 300 t f/m^2 、3Pは 250 t f/m^2 、4Pおよび祝津側側塔5P、アンカレッジ6Aは 200 t f/m^2 （常時）とした検討内容について述べている。また、各橋脚基礎の地震時の地盤応答解析、海底地盤の液状化現象の有無について調査検討を行うとともに、基礎形式選定に関し、3形式の比較検討により耐震性、経済的安定性から有利なピアタイプのオープンケーソンとした検討を行っている。

第3章では、本橋に用いる地中連続壁の設計に関する検討について述べている。

本橋に用いる新工法「地中連続壁併用逆巻剛体基礎」に関する確立した設計法が当時まだなく、地中連続壁の平面形状、偏圧、地中連続壁と側壁との結合状態などから3次元有限要素法解析による逐次累加法の解析手法に関する検討を行い、静的な応力計測の結果により、有限要素法による設計モデルと、水圧、土圧、偏土圧と比較照査し設計の適性に関する検討を行っている。

地中連続壁の形状は円形で高強度コンクリートの使用により、壁厚1.5m、径3.7m、掘削深さTP-103mで、28のパネルに分割している。地中連続壁の上端から20mの区間は、異形鉄筋の水平継手のためジョイントボックスを設け、それ以深は各パネル間のコンクリートカッティングを併用した新たな連結法について検討を行っている。また、地中連続壁完成後は支持底面まで内部掘削を行うが、支持底面の安定に関し地中連続壁の根入れ長について、ボーリング、ヒービング等の検討を行っている。

第4章では、最大深度の3Pを対象に施工計画及び施工に関する検討について述べている。

施工計画に関しては、実際の施工時と変わらぬ試験工事を行い、この試験工事より得られた結果を本工事に適用すべく検討を行っている。

本体工事の前に海上部で築島工事を施工するが、一般土砂に代え築島の中詰め材として産業廃棄物の石炭灰を国内外で初めて現場利用を試みた。石炭灰の利用に際しては、自立自硬性、強度等の特性を明かにし、築島安定性に関する検討を行っている。

地中連続壁の施工では、溝壁掘削精度、溝壁の崩落防止、安定液の配合と管理、スライムの除去、鉄筋竪建込み、コンクリート型枠の省力化、地中連続壁の内部掘削等各工程とも未経験の施工でありこれらの対応に関する検討を行っている。

コンクリート打設では、連続壁の水中コンクリート、側壁、底盤の3種類について品質向上の研究について述べている。

連続壁は、高強度、高落差での材料分離、ワーカビリティに富み温度ひび割れに対処した流動化コンクリートが求められ低発熱型特殊高炉セメントの利用について検討を行っている。側壁は逆巻施工によるため、特にブロック間の一体化が重視され、逆打ち用高流動コンクリートとして特殊表面処理をしたアルミ粉末の膨脹材と分離低減材および流動化材を同時併用した膨脹コンクリートについて検討を行っている。底盤は、高落差でのポンプ圧送による管内閉塞を防止すべく石灰石粉を細骨材に内割りで混合した配合について検討を行っている。これらの配合は、いずれも地中連続壁では初めての試みである。

第5章では、総括とともに、地中連続壁の今後の課題及び発展性について述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 角 田 興史雄

副 査 教 授 佐 伯 昇

副 査 教 授 三田地 利 之

副 査 教 授 石 山 祐 二

学 位 論 文 題 名

大深度地中連続壁の設計施工計画に関する研究

室蘭港に建設中の吊橋白鳥大橋の主塔基礎の支持層はTP-73mと非常に深く、そのためこれまで世界に例のない100mを超える大深度に地中連続壁工法が適用されるとともに、地中連続壁併用逆巻剛体基礎工法という新工法が開発された。施工手順の概要は、サンドコンパクションパイルによる海底地盤の改良を行った後、径1000mmの鋼管矢板 168本を外径67mmの円形に打設閉合させて締切り、その内部の中詰めを行って人工島を築き、次に外径37mm、壁厚1.5mm、深さ103mの地中連続壁による仮設工を構築した後、その内面に沿って逆巻工法により基礎本体側壁を構築し、最後に底版、隔壁、頂版の構築を行っている。

本論文は、この新工法による主塔基礎の設計施工計画に関して行われた各種の研究について述べたもので、その主要な成果をまとめれば次のとおりである。

- ① 地中連続壁の設計に用いる解析手法として、平面形状が施工上の理由から多角形状となること、および内部の掘削・基礎本体側壁施工の各段階ごとの検討が必要であること、とくに大深度の場合には設計荷重の設定が重要であり、偏圧の影響を考慮する必要があることから、3次元有限要素解析による逐次累加法を開発した。これら解析法および設計荷重の設定が妥当なものであることが、実際の施工時における計測結果により実証された。
- ② 地中連続壁は、大きな引張応力が生じる上部のみ鉄筋コンクリート、その他は無筋コンクリートからなる複合構造とし、円周を28の要素に分割して施工したが、要素間の継手は、鉄筋コンクリート区間はジョイントボックスによる鉄筋重ね継手方式、その他の区間はコンクリートカッティング方式により、満足すべき施工が得られることを明らかにした。
- ③ コンクリートとしては、壁厚の低減および施工上の要求を満たすため、地中連続壁としては初めて低発熱型特殊高炉セメントを用いた高強度高流動コンクリートを開発し、良好な結果が得られることを実証した。また、基礎本体側壁では逆打ち用として膨張材、分離抵抗材および流動化材を同時併用した特殊コンクリート、底版は高落差でのポンプ圧送における管内閉塞と材料分離をとともに防止するため石灰石粉を混入した特殊コンクリートをそれぞれ開発し、有効性を実証した。
- ④ 人工島の鋼管矢板に作用する側圧の大幅な低減を図るため、中詰め材として石炭灰スラリーの利用を考案し、その有効性を実証した。

これを要するに、著者は、大深度に建設する基礎構造物に対して地中連続壁を用いる新工法を開発し、その合理的な設計施工方法を考案するとともに、その妥当性を実証したも

ので、多くの有用な新知見を得ており、構造工学の発展に寄与するところ大である。
よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。