

学位論文題名

コンクリートの表層強度と耐凍害性に関する研究

学位論文内容の要旨

コンクリートの表層部は大気中、地中、水中などの環境条件によって劣化作用を直接的に受け、コンクリートのフロントとしての役割を担い、美観、景観、耐久性あるいは自然との調和を保ちながら、長期間に渡ってコンクリートの安定性を保持する役目を担っている。

本論文はコンクリート表層部の強度特性について非破壊試験の1つである引抜き法によって、材料、配合条件、施工条件などの違いによる性状および表層部の強化方法について明らかにしている。さらに、表層部の耐久性について凍結融解作用による劣化挙動および耐凍害性の評価についても研究している。

第1章の序論では、本研究の目的、コンクリート表層部の重要性や耐久性との関係について述べ、2章から6章までの構成を明らかにしている。

第2章のコンクリート表層部の強度試験方法では、古くからある釘抜き試験方法やこれまでの試験方法、現場で簡便に行える方法についてまとめ、本研究で用いた試験方法の特徴を述べながらより簡便で精度の高い表層強度試験法を提案している。

コンクリート表層部の強度特性は試験法の違いによって表層部の評価算定が異なることより、それらとの強度特性の相関性について述べている。本研究で用いた引抜き法が簡便であり、凍結融解などの劣化作用を受けたコンクリート表層部の強度特性を評価する上で有効な方法であることを示している。

第3章ではコンクリートの表層強度に及ぼす内的要因について実験的検討を行っている。この結果以下の特性を明らかにしている。

コンクリート表層部の強度特性に及ぼす内的要因としてセメント、骨材などの使用材料、配合、養生を取り上げ、表層強度はセメント種類によってあまり変化がないこと、養生の日数や乾湿の違いによって表層強度は変化すること、混和材料としてシリカフェームを用いた場合は混入率が高くなるにつれて表層強度が高くなること、粗骨材の有無の影響を受けること、また最大寸法によって差異があること、材齢の違いによって表層強度は変化することなど、通常の

施工で用いられる範囲内の実験を行い、コンクリートの表層強度に及ぼす各種要因の影響について明らかにしている。さらに、引抜き法での埋込み鋼片の深さと半径の違いによる表層強度の変化、圧縮強度、引張強度などと表層強度との相関性を明らかにしている。

第4章ではコンクリート表層部の強化方法について、表層部の水セメント比を低下させる透水シートの使用、また表面被覆により水分の出入りを制御し、表層部を緻密化する手法を用いた結果、次のようなことが判った。不織布のシートを用いた透水型砕工法によってコンクリート表層部を緻密化させることにより表層部を強化でき、これらの強度の向上について明らかにしている。シート種類によって排出される水量が違うことから、シート使用による水セメント比の変化と強度向上、また表面被覆による強度変化についても明らかにしている。さらに透水型砕工法によって強化した大型供試体を海岸部と内陸部に暴露し、長期材齢による表層強度の変化およびシート使用によるコンクリート表面強度の変化率について調べ、透水型砕工法の有効性を明らかにしている。

第5章では、3章と4章で取り上げた要因について凍結融解試験を実施し、凍害を受けたコンクリートの表層強度および表層強度による耐凍害性評価について明らかにしている。

A Eコンクリートとしたものでは使用材料の種類による耐凍害性に対する大きな変化はみられないがシリカフュームを多く混入したときには耐久性が劣ること、透水型砕工法によって表層部を強化した表層強度は強度が大きく向上し、耐凍害性の向上に有効であること、凍結融解作用によるコンクリート表面からの深さによる強度低下率は表面に近いほど大きくおよそ7mm深さまで及ぶことを明らかにしている。表面を被覆して水の浸入を制御することによってプレーンコンクリートでも十分な耐久性を保持することも明らかにしている。耐久性指数と表層強度低下率および相対動弾性係数と凍結融解を受ける前の表層強度の関係から耐凍害性について検討し、凍結融解作用によるコンクリート表層部の凍害劣化について埋込の鋼片直径10mm、深さ7mmの引抜き試験では、7MPa以上であれば凍害によるスケーリング損傷は少ないこと、4MPa以下になると被害が大きくなることを明らかにしている。

第6章は、2章から5章まで行った研究の成果についてまとめ、結論を述べるとともに今後の課題も含めて総括している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 佐 伯 昇
副 査 教 授 友 澤 史 紀
副 査 教 授 大 沼 博 志
副 査 教 授 三 上 隆

学位論文題名

コンクリートの表層強度と耐凍害性に関する研究

近年、コンクリートの耐久性が大きな社会問題となっている。特に、コンクリートの表層部は大気中、地中、水中などの環境条件によって劣化作用を直接的に受けるため、コンクリート構造体のフロントとして、美観、景観、耐久性あるいは自然との調和を保つ役目を担っている。

本論文は、表層部のコンクリートを取り上げ、表層強度特性および耐久性評価について明らかにしている。コンクリート表層部の強度試験法について非破壊試験の1つである簡便な引抜き法を提案し、材料、配合条件、施工条件などの違いによる表層強度特性および表層部の強化方法について明らかにしている。さらに、表層部の耐久性について凍結融解作用による劣化挙動および表層強度による耐凍害性の評価について明らかにしている。

第1章は、本論文の研究の背景と目的について述べている。

第2章は、コンクリート表層部の強度を調べる試験方法について、古くからある釘抜き試験方法やこれまでの試験方法についての変遷を述べ、表層部の強度を調べる破壊力学的な試験方法を参考にし、改良ミハエリス試験機による引抜き試験、現場で簡便に行えるように開発した Pull-out 試験によってコンクリート表層部の強度を測定している。コンクリート表層部の強度特性は試験方法の違いによる強度差はあまりないことを明らかにしている。提案した引抜き試験方法の特徴を述べ、凍結融解作用などの劣化作用を受けたコンクリート表層部の強度特性を評価する上で有効な方法であることを示している。

第3章は、コンクリートの表層強度に及ぼす内的要因を取り上げ、広範囲にわたって実験的検討を行い、コンクリート表層部の強度特性について明らかにしている。

コンクリート表層部の強度に及ぼす内的要因としてセメント、骨材などの使用材料、配合、養生を取り上げ、表層強度はセメント種類によってあまり変化がないこと、養生の日数や乾湿の違いによって表層強度は変化すること、混和材料としてシリカフュームを15%程度まで混入した場合は混入率が高くなるにつれて表層強度が高くなること、粗骨材の有無の影響を受けること、また粗骨材最大寸法によっても差異があること、材齢によって表層強度は増加するなど、通常の施工で用いられる配合範囲での実験を行い、コンクリートの表層強度に及ぼす各種要因の影響について明らかにしている。さらに、引抜き法での埋込み鋼片の深さと半径の違いによる表層強度の変化、表

層強度と圧縮強度、引張強度の相関性を明らかにしている。

第4章は、コンクリート表層部の強化、向上方法について、不織布の透水性シートを用いた透水型枠によって、コンクリート表層部を緻密化させる工法を用いて表層強度を向上させることができることを明らかにしている。

透水型枠工法の一つである透水性シートの使用によって、コンクリート表層部の余剰水を排出させ、表層部の水セメント比が低下することによって強度増加につながることを明らかにしている。透水性シートの種類によって排出される水量が異なることから、各種透水性シートを使用し、フレッシュコンクリートにおける水セメント比の変化挙動と硬化コンクリートの強度増加についても明らかにしている。さらに透水型枠工法によって強化した大型供試体を海岸部と内陸部に曝露し、長期材齢による表層強度の変化および透水性シート使用によるコンクリート表面の反発硬度や粗面の変化率について調べ、コンクリート表層部を強化する方法として透水性シートを用いた透水型枠工法が有効であることを明らかにしている。

第5章は、3章と4章で取り上げた要因について凍結融解試験を実施し、凍結融解作用を受けたコンクリートの表層強度および表層強度による耐凍害性評価について明らかにしている。

A Eコンクリートとしたものでは使用材料の種類による耐凍害性に対する大きな変化はみられないこと、シリカフェームをあまり多く混入すると耐久性が劣ること、透水型枠工法によって表層部を強化すると表層強度が大きく向上し、耐凍害性の向上に有効であること、凍結融解作用によるコンクリート表面からの深さによる強度低下率は表面に近いほど大きくおよそ深さ7mmまで及ぶことを明らかにしている。表面を被覆して水の浸入を制御することによってプレーンコンクリートでも十分な耐久性を保持することも明らかにしている。耐久性指数と表層強度低下率、相対動弾性係数と凍結融解を受ける前の表層強度および凍害によるスケーリングと表層強度の関係から耐凍害性について検討し、凍結融解作用によるA Eコンクリートを主体とした表層部の凍害劣化について埋込み鋼片の直径20mm、深さ7mmの引抜き試験では、7MPa以上であれば凍害によるスケーリング損傷は少ないこと、4MPa以下になると被害が大きくなることを明らかにしている。

第6章は、本論文でえられた結果をまとめている。

これを要するに、著者はコンクリート表層部における強度の測定方法を提案し、表層強度特性および耐凍害性評価について明らかにし、多くの新知見を得たものでコンクリート工学に寄与するところ大なるものがある。

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。