

(別紙様式第3号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 満都拉

題目: **中国産フライアッシュを用いた舗装コンクリートの耐久性**
(Durability of Concrete Pavements with Fly Ash from China)

本論文は、舗装コンクリートの摩耗抵抗性を評価するための簡易な摩耗試験機を中国の国家標準である GB/T 16926-1997 を踏まえて作製し、その実用性の評価をしたものである。そのために、筆者の出身である中国内蒙古自治区の気候およびコンクリート舗装としての特徴を踏まえ、内蒙古自治区の石炭火力発電所で排出されたフライアッシュを混入した舗装コンクリートの実用性を検証することを目的として、中国産フライアッシュを混入した舗装コンクリートの凍結融解作用後の耐摩耗性を検討し、また補強用繊維として近年注目されている、ポリプロピレン繊維を用いたフライアッシュ置換率の異なる舗装コンクリートの曲げ強度および耐摩耗性について検討した。

中国の現状、特に電力については、その 76%は石炭燃焼火力発電所に頼っており、毎年 4 億 ton 以上の石炭が発電に使用されている。これは、石炭年生産量の 1/3 を占め、石炭工業に関する第九次五か年計画と 2010 年発電計画によると、2000 年は 14 億 5000 万 ton に、2010 年は 18 億 ton に達することを目標にしており、2020 年までに 21 億 ton になると予想されている。その中で内蒙古は中国の石炭生産量第二位で、石炭発電量も一番大きい地域であり、多量の石炭灰の産出は避けられない。

内蒙古では石炭灰の利用率が 20%に達しない状況であり、残った石炭灰を発電所からスチールパイプやコンクリートパイプで水流を利用して数キロ離れた野外に排出している。石炭灰の再生資源としての利用が、中国における経済と社会発展および環境に対して重大な課題となっており、ひいては地球環境保全に関する問題となっている。このような社会情勢の変化から、石炭灰のコンクリート分野への用途を拡大し、その使用量を格段に増加させることが緊急の課題となっている。

近年、中国内陸部の内蒙古自治区では、中国政府の西部大開発「西部地域の交通建設は西部開発の第一要務」方針に基づいて交通網の建設が優先的に実施されている。第 11 次 5 年計画 (2006~2010 年) の発展要領では、「社会主義新農村建設」が方針として打ち出されており、農村におけるインフラ整備の強化に基づいた農村道路の整備が進められている。したがって、多量のフライアッシュが舗装コンクリートの混和材として利用可能となれば、環境保全からも意義深いものとなる。本研究もこの点にポイントを置いている。

一方、寒冷地である内蒙古自治区では、冬期におけるタイヤチェーンやスパイクタイヤの使用によって道路舗装が摩耗を受ける。加えて、農産物や石炭などを運搬するための大型自動車の交通量が多いことから、摩耗の進行も著しい。また、中国における従来のコンクリート

舗装の設計は、強度評価のみで行われていたため、摩耗に対する耐久性の評価が欠けている。そのため、供用耐用年数の評価が明らかにされておらず、劣化した路面状態のままで使用され続けており、耐久性指標として摩耗抵抗性を加えた舗装の設計を確立することが急務になっている。

中国では、舗装コンクリートの摩耗抵抗性を評価するための摩耗試験の必要性およびその実施数が今後増す方向にあることから、国家標準として定められた GB/T を踏まえつつも手軽に試験を行うことができる簡易な摩耗試験機が必要となっている。そこで本研究では、GB/T よりも摩耗材である剛球数が少なく、回転速度が小さく、GB/T では一定にされている摩耗材の載荷力を 0~120N に変化させることができる簡易な摩耗試験機(Ball Bearing Method)を作製し、材齢および養生条件を変えたモルタル供試体とコンクリート供試体による摩耗試験を実施することで、この摩耗試験機の実用性を評価した。

次に、今回の研究で中国内蒙古自治区の 3 ヶ所（通遼市、呼市、托県）石炭火力発電所から手入した 5 種の類フライアッシュを分析し、その中の通遼市産フライアッシュ品質が最も良質なることを確認した上で、通遼市産フライアッシュを用いたコンクリートの凍結融解作用後の耐摩耗性を検討した。その結果、以下の点を明らかにすることができた。

- ① 中国産フライアッシュをセメント質量の内割で 50%混入したコンクリートの曲げ強度は、中国の一般的な舗装コンクリートの設計基準曲げ強度である 4N/mm^2 を材齢 28 日までに満たす。
- ② 中国産フライアッシュを混入したコンクリートの耐凍結融解性は、スケーリングという形態で表面の劣化は起こるが、凍結融解作用による微細なひび割れの進展によるコンクリート組織の緩みとしての内部劣化は深刻でない。
- ③ 凍結融解試験に供していないコンクリートの摩耗深さは、フライアッシュの置換率が多くなるほど大きくなる。
- ④ 凍結融解試験終了後のコンクリートの摩耗深さについて、フライアッシュの置換率は摩耗深さの増加にあまり影響を及ぼしていない。
- ⑤ 中国産フライアッシュの置換率が 50%以内の範囲であれば、中国の基準に基づいた舗装コンクリートへの適用は十分に可能である。

また、補強用繊維として近年注目されている、ポリプロピレン繊維を用いた異なるフライアッシュ置換率の舗装コンクリートの曲げ強度および耐摩耗性について検討した。その結果以下の点がわかった。

- ① ポリプロピレン繊維の混入は、フライアッシュ置換率が異なるコンクリートの曲げ強度、曲げじん性の改善に大きく寄与している。
- ② ポリプロピレン繊維の混入によってフライアッシュ置換率50%を含め、各供試体の摩耗深さが概ね同じくらいになっていることを分かった。
- ③ 繊維の混入率は曲げじん性係数および曲げポストクラック強度の影響に対して同じ傾向を示している。
- ④ 多量のフライアッシュを混入した供試体の摩耗抵抗比はフライアッシュ無混入の普通コンクリート供試体の摩耗抵抗比と比べ、27%ほど上回る。