

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 杉 橋 直 行

マスコンクリートのひび割れ照査方法は、(公社)土木学会編コンクリート標準示方書の昭和 61 年 (1986 年) 制定版に初めて示されて以来、現在までに 3 回の改訂を経ているが、コンクリートの引張強度の引張応力に対する比であるひび割れ指数が十分に大きいにもかかわらず比較的大きなひび割れ発生確率が算定されることや、その一方で、高い水準の管理を実施したコンクリート構造物群の低いひび割れ発生確率とは整合しないことが明らかになっており、その妥当性を包括的に再検証すべき状況にあった。このような背景の下、本論文は、土木構造物のマスコンクリートのひび割れ照査法の変遷を詳細に分析して、現状のひび割れ照査方法の問題点を明らかにするとともに、確率論に基づいて合理性が高く汎用的な新たなひび割れ照査法を提案したものである。

第 1 章は序論であり、本論文の背景と目的を述べている。

第 2 章では、土木構造物のマスコンクリートにおけるひび割れ照査方法の変遷を整理しており、特にひび割れ発生確率図がどのように改訂されてきたのかについて、その要因と対応の内容を明らかにしている。

第 3 章では、現行版のひび割れ発生確率図を分析して、現状の問題点を指摘している。現行版のひび割れ発生確率図では、供試体の割裂引張強度を用いて算出したひび割れ指数が 1.0 の時にひび割れ発生確率が 50% となっているが、確率としては、構造物中の引張強度と引張応力が等しい時にひび割れ発生確率が 50% となるべきであるとしている。供試体の割裂引張強度は構造物中の引張強度よりも大きいため、ひび割れ指数の算定に割裂引張強度を用いるのであれば、本来、ひび割れ発生確率が 50% の時のひび割れ指数は 1.0 よりも大きくなければならず、現行版のひび割れ発生確率図は、ひび割れ発生確率を小さく与える危険側の評価になっているとしている。また、現行版のひび割れ発生確率図はひび割れ指数が 2.0 と大きくてもひび割れ発生確率が数%もある裾野の広い曲線であるが、これは瑕疵とみなすべきような標準的とは言えないデータを含めた結果までも包含したためであると分析している。

第 4 章では、ひび割れ指数とひび割れ発生確率の関係について理論的に論じている。まず、ひび割れ発生確率を引張応力が引張強度を超える確率と捉えて、引張強度と引張応力が正規分布すると仮定すれば、強度

と応力の平均値と標準偏差をパラメータとして、誤差関数を使用して算定できること、また、ひび割れ指数と、強度と応力の変動係数からも算定できることを示している。次に、この方法を利用して、過去のひび割れ発生確率図の変動係数を逆算し、算定された 5～25% 程度の変動係数は、我が国における標準的な施工を行った場合の変動係数と推定している。さらに、近年、山口県で実施されている高い管理水準で建設されたコンクリート構造物群のひび割れ発生確率は、強度と応力の変動係数が共に 6% 程度と小さいと考えられると推定している。

第 5 章では、提案したひび割れ発生確率算定方法を用いて、確率論に照らして合理性が高く、管理水準を反映してひび割れ発生確率を算定できる汎用的なひび割れ照査法として、我が国の標準的な管理が実施されることを前提とした標準的な方法と、個別の管理水準の相違を考慮できるより高度な方法の二つを新たに提案している。

標準的な照査方法は、ひび割れ発生確率図を利用する方法であり、強度と応力の変動係数を 5% と 25% とした場合のひび割れ発生確率の理論曲線を示し、この範囲内で管理の程度によって適切に変動係数を設定する。これにより、管理水準の高度化にインセンティブを付与することを可能としている。また、標準的な変動係数としては、強度も応力の変動係数も 15% に設定することを提案している。

物性値に関しては、ひび割れ指数の算定に用いる構造物中の引張強度の推定値は割裂引張強度を材料係数で除したものとすることを提案し、その標準値は 1.25 とし、山口県の事例に基づいて、管理水準が高い場合には 1.1 まで低減できるとしている。また、圧縮強度からの割裂引張強度の推定式は、ACI 算定式を元とした 2007 年版まで利用されていた平方根式に戻すことを提案している。

さらに、より高度なひび割れ照査方法として、引張強度と引張応力の変動係数を設定し、ひび割れ指数から誤差関数を利用して直接ひび割れ発生確率を求めて照査する方法を提案している。確率を 5% 以下としてひび割れ発生を防止する場合のひび割れ指数と変動係数の上限の関係を図示し、ひび割れ指数だけでなく、変動係数、材料係数も管理指標とすることを提案している。

第 6 章では、各章の内容をまとめ、本論文の結論を示している。

以上のように、現行の土木構造物のマスコンクリートにおけるひび割れ照査方法の問題点を過去の変遷も踏まえて包括的に明らかにするとともに、確率論に基づいて合理性が高く汎用的な新たなひび割れ照査法を提案したことの意義は極めて高く、本研究は、実務における有用性に富む独創的な成果を示したものと評価できる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。