

コンクリート構造物の維持管理システム

北見工業大学工学部	○桜井 宏
北見工業大学工学部	岡田 包儀
北見工業大学大学院	木俣 昌宏
北海道大学院工学研究科	佐伯 昇

1. はじめに

1.1 背景 今日，社会経済状況の変貌に対応してコンクリート構造物の整備や維持管理の形態も PFI 等の導入により益々多様化し，かつ高度化すると共に，効率的な維持管理が要求される事例が多くなっている．建設事業者はそれぞれの立場から，これらのシステムや法規を把握し，その系統的な理解と，運用を検討する必要がある．また，企業運営に「安全評価（リスク評価）をシステムに組み込む」という思想も広がり，今後，本格的に普及すると考えられる PFI 事業におけるコンクリート構造物の建設においても，リスクの定量的な把握と，発注者と受注者のリスク分担を明確にする必要に迫られている．

1.2 目的 本研究では，第 1 に，今後主流になる PFI 事業におけるコンクリート構造物等に生じるリスクの定量化の可能性を考察する．第 2 に，我が国のコンクリート構造物等における安全性と耐久性のシステムを見直すべき点の検討を行うため，我が国より 20 年早くコンクリートの高齡化に直面し対策を立てている米国と，現状の我が国の土木・建築のコンクリート構造物等の維持管理システムや関連法規を比較し検討する．

2 研究方法

2.1 リスク発生の定量化の検討方法 コンクリート構造物等に生じるリスクの定量化の可能性を考察するために，寒冷地海洋環境下のコンクリート曝露実験に導入した信頼性理論の応用方法を検証する．これは，統計解析によるワイブル分布による確率密度関数と信頼度によって明確な数値化（SAS による）である．

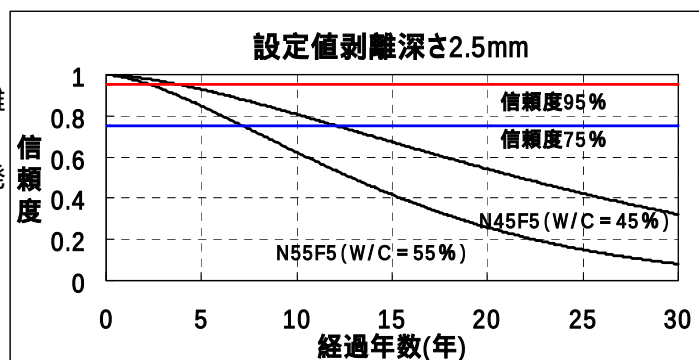
2.2 維持管理のシステムと関連法規調査方法 土木構造物の維持管理に関する法規等を調査より，我が国の土木・建築等の維持管理と米国の維持管理のシステムと関連法規を比較した．そこから我が国の維持管理上の課題を検討する．これと同時にバックグラウンドで PFI 事業のリスク評価と指標の確立の可能性を検証した．

3 検討結果および考察

3.1 検討結果

3.1.1 リスク発生の定量化の検討結果

寒冷地海洋環境下のコンクリート曝露実験に導入した凍害による表面剥離の信頼性解析の検証結果を Fig3.1.1 に示す．これは，凍害による表面剥離の発生状況を信頼性解析したものである．信頼性解析結果として剥離深さの設定値 2.5mm で，信頼度 95% を確保できる年数は W/C=45% では 4 年，W/C=55% では 3 年と定量的に信頼度が求められる．経年的変化を定量的確率的に把握することで適切な補修時期が判断できるとされる．



が求められる．経年的変化を定量的確率的に把握することで適切な補修時期が判断できるとされる．

3.1.2 維持管理のシステムと関連法規調査検討結果

a) 日本：土木では主として民法の請負責任を根拠として構造物の瑕疵担保責任が担保される．しかし，建築では瑕疵担保責任は特別法である建築基準法他によっても担保される．現場での施工不良を台射的に監視する専門家がいいたため，建設会社の現場代理人が工事全体を監督する一部として行う．

b) 米国：1994 年に発令された社会資本の維持管理に関する大統領令により，建造から解までの全て

の費用(ライフサイクルコスト)を年頭に置くことが義務付けられているため、コスト面での施工

Table 1 我が国と米国の構造物に関する法規システムの比較

	設計・施工	瑕疵担保責任	維持管理	保険(リスク)	その他(処分)
アメリカ	・大統領令(1995):社会資本の維持管理について(ライフサイクルコスト) ・スペシャルインスペクター (コンクリートの品質 施工に関するcheck)		・点検員 ・コンピューター (PONTIS)		
日本の建築	・建設会社の現場監督(コンクリートのcheck) ・市や区の職員(鉄筋のcheck) ・民営責任(第3節 第32~643条) ・JISの安全性・信頼性:JIS C 0508-1~8	・建築基準法等		・建設事業保険 (東京海上)	
日本の土木	・道路橋示方書 ・会社検査法 ・官公庁監督責任 ・建設会社の現場監督(コンクリートのcheck) ・民営責任(第3節 第32~643条) ・JISの安全性・信頼性:JIS C 0508-1~8		・旧国鉄築造法 ・運送事業法 ・国有財産法 (第2章 第2条) ・コンクリート継ぎ手	・土木工事保険 (東京海上)	・地方自治法 ・国鉄養護事業法 ・文化財保護法 第2節 第29~35条 第3節 第34.2~48条

不良の問題を抑えられる。また、施工者と独立した権能を有するスペシャルインスペクターと呼ばれるコンクリートを専門に検査する専門家を施工時に現場へ派遣し、確実な客観的な管理が可能である。

3.1.3 評価システム調査結果 以下に、システムとして現段階で応用可能なものを示す。

a) SAS: コンクリート構造物の維持管理データを一元的に管理し、解析評価するシステム化の例として、統計解析ソフト SAS による解析手法がある。SAS の統計解析システムでは各種統計解析の他、ワイブル分布による確率密度関数化と信頼度によって明確な各部材等の劣化や寿命の数値化が可能である。

b) PONTIS: 米国カリフォルニア州運輸局(CALTRANS)によって整備された橋梁の維持管理の方法で連邦道路局でも採用されている。当初カリフォルニア州では、少ない費用で効率的に補修を行うため、橋梁に関して PONTIS というシステムを開発導入した。PONTIS では劣化予測にマルコフ過程による劣化モデルを用いる。同モデルは遷移確率により5つの劣化区分に分類しているが、劣化機構と要因との関係が十分考慮されず、明確に数値化されない問題点もある。

3.2 考察

3.2.1 信頼性理論等の適用によるコンクリートの劣化発生リスク定量化 寒冷地海洋環境下等の他、塩害等の相当な分野で、コンクリート維持管理データの解析に導入し、信頼性理論の検証が、劣化の発生の状況を信頼度解析し、経年的変化を把握することで適切な補修時期が判断できる。

3.2.2 PFIの際に生じる危険負担について 今後、我が国では民間資本導入方式(PFI)が本格的に、進むことが予測されその際に合理的な契約を立てリスクを評価する指標が必要とされる。

3.2.3 評価システムの改良 SAS の統計解析システムではワイブル分布による劣化要因を共変量として把握した上で、確率密度関数と信頼度によって明確な数値化が可能である。ゆえに PONTIS と比較して、より正確な劣化予測が可能となる。しかし、PONTIS では維持管理上有効な割引動的計画法により予測ライフサイクルコストまで計算することができる。この二つの利点を併せ持ち、且つ今後の法規整備にも対応できるリスク評価のできるシステムが必要とされる。

3.2.3 総合的な評価について

a) 法規システム: 工学的手法と法規等を含んだ総合的なシステムが必要である。現存するシステムでは工学的手法のみを扱ったシステムしかなく、法規を含む、すなわちリスクを考慮したシステムを確立しなければならない。

b) 数値化: 評価の基準を明確化し数値で表すことで、詳細を把握することができ、万全な対策を立てられる。これはさらにリスク評価に関しても重要である。

c) リスク管理: 今後進むであろう PFI に備えリスクを定量化し、適用できる保険等を整備充実させる。

4 結論 コンクリート構造物の維持管理システム研究の結果、以下のことが明らかになった。コンクリート構造物の劣化等を信頼性理論等の適用でリスクとして定量化する必要がある。コンクリート構造物の維持管理は、今後、PFI に備え予算規模や契約上の問題になるリスクを工学的手法のみならず、法規や基準等の制度や契約を考慮した条件に対応できる総合的なシステムを確立することが必要である。