

(V-19) システム・ダイナミクス理論によるコンクリート 構造物の余寿命診断と設計へのフィードバック

村坂 宗信¹・西山 均²・西山 文男³

¹正会員 富士技研センター株式会社 (〒150 東京都渋谷区東1-22-11渋谷三信ビル6F)
²正会員 博士(工学) 富士技研センター株式会社
³フェロー会員 富士技研センター株式会社

1. まえがき

橋梁は道路網の基幹をなすものであり、道路網整備のレベルアップと相まってその維持・管理の重要性が認識されつつある。既設橋梁の維持・管理の核となるのは補修・補強に先立って行われる『診断』であり、耐荷・耐久性等を考慮した耐用性に基づく余寿命予測(評価)が必要となる。特にコンクリート構造物の場合、地域の環境下による中性化・塩害・アルカリ骨材反応・凍害や交通振動等の諸要因による劣化(鉄筋の腐食及びそれに伴うコンクリートのひび割れ等)が顕著に見られるため、これらを含めた適切な耐用性診断法の確立が望まれている。本論文では、特に既設コンクリート構造物を対象とした橋梁診断過程において、劣化要因を単一的に考慮するのではなく、システム・ダイナミクス理論によりシステム的にとらえ、総合的余寿命予測手法を確立すると共に、コンクリート構造物設計へのフィードバックを検討する。

2. システム・ダイナミクス理論

本研究はシステム・ダイナミクス手法を用いた鉄筋の腐食によるコンクリート構造物の耐荷力に着目した“余寿命モデル”により、現状把握と現時点からの余寿命を予測すると共に、既設コンクリート構造物補修・補強設計のフィードバックを検討することを主としている。図1は構造物の耐荷力と鉄筋腐食量及び耐荷力低下による資本投資を結びつけたループを示している。これらのループの中では、ある環境下により決定される圧縮強度・中性化深さ・塩化物イオン濃度により、増加する鉄筋腐食量が構造物の耐荷力を低下させ、その低下の度合いにより構造物の補強対策が設定される。これにより資本投資発生レートが増大し、構造物の耐荷力を増加させることにより余寿命の延命を図るシステムとなっている。

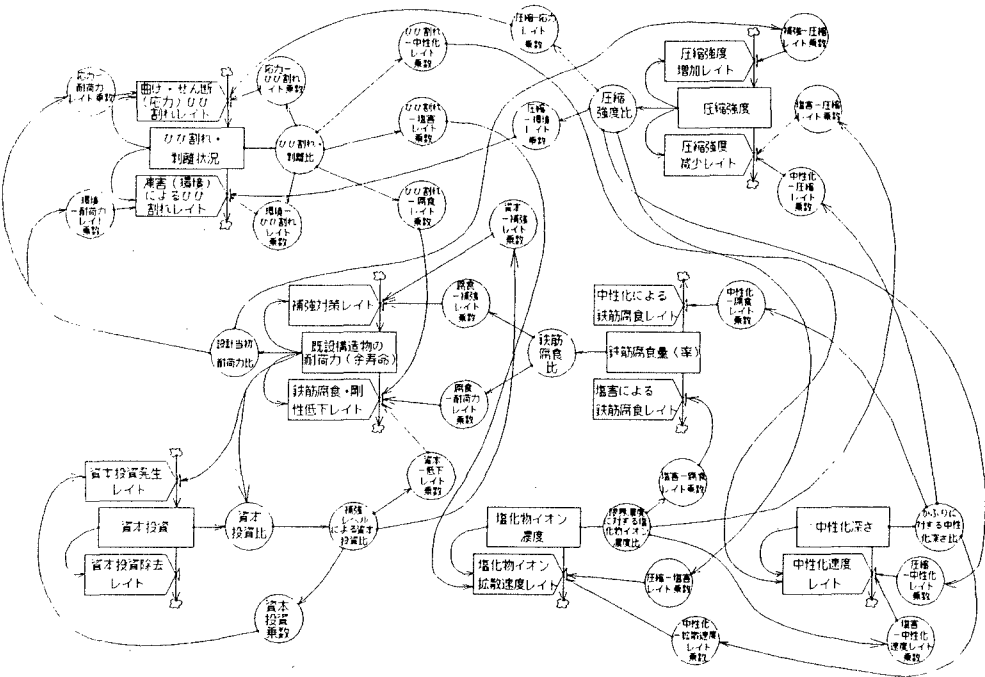


図1 既設コンクリート構造物余寿命モデル

1. システムダイナミクス理論 2. 鉄筋腐食
3. 余寿命予測 4. ファジー理論

TEL 03-3409-3160 FAX 03-3409-7930

3. 余寿命モデルによる解析結果(実橋への適用)

コンクリートコアを採取し、化学的分析により得られた解析に必要な基本データ(現状の中性化深さ・塩化物イオン濃度・圧縮強度・コンクリートひび割れ幅等)から各指標の変数間の相互作用を分析し、関数式を設定して“余寿命モデル”に組み入れ①現状把握②既設構造物耐荷力による余寿命予測について解析した。尚、各システム間の関係は差分方程式で表現されているため、誤差が大きくなる傾向にある。よってファジー理論を援用することとした。

(1) 対象橋梁の概要: A橋

A橋は昭和34年に設計活荷重L-20により竣工された橋長59.0mの単純RC桁+2径間連続RC桁橋(図3)である。竣工以来年月が経過し、特に床版及び主桁の中性化によるコンクリート劣化は顕著である。今回の解析に先立ち、主桁部においてコンクリートコアを採取し化学的分析を行い、主桁平均かぶり厚さ3cmに対して①中性化深さ3cm②圧縮強度292kgf/cm²(設計時基準強度210kgf/cm²)③塩化物イオン濃度85.1g/m³(許容塩化物イオン濃度600g/m³)の結果が得られた。また目視調査より曲げ・せん断ひび割れ及び凍害・鉄筋腐食によるコンクリート剥離が確認された。

(2) 余寿命モデルによる当該橋主桁診断結果

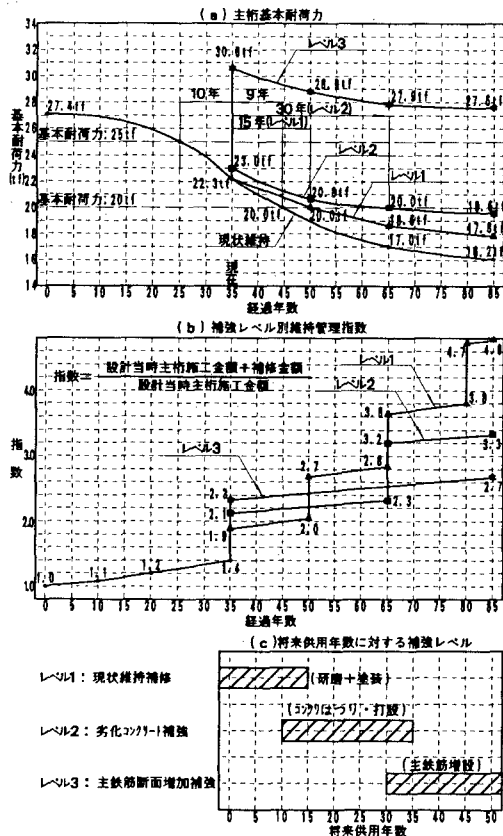


図2 余寿命モデル解析結果

側面図

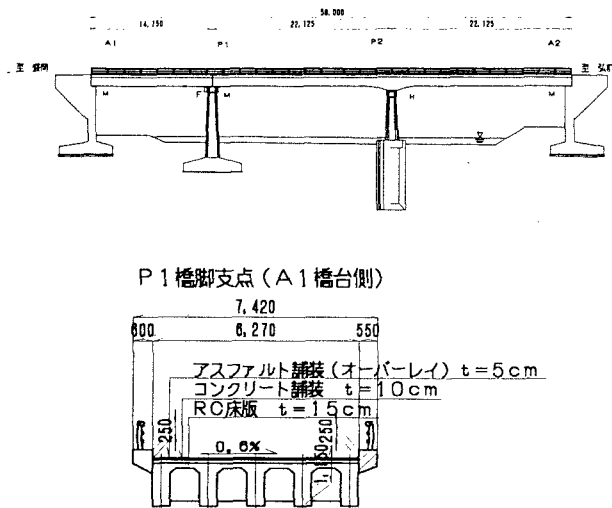


図3 A橋一般図

図2は余寿命モデルにより横軸に経過年数、縦軸には(a)主桁基本耐荷力、(b)補強レベル別維持管理指数を示した、現状維持の状態と将来供用年数に対する補強レベル(レベル1:現状維持補修・レベル2:劣化コンクリート補強・レベル3:主鉄筋断面増加補強)により得られた解析結果である。この解析結果より必要基本耐荷力を20tfとした場合、現状維持の状態では現在より9年後、補強レベル1では15年後、レベル2では30年後には基本耐荷力を下回る結果が得られ、レベル3においては50年以上の余寿命が得られた。また将来供用年数を50年と設定した場合の補強レベル別維持管理指数は、設計当時の維持管理指数を1.0とすると、補強レベル1では4回の補強が必要となりその指数は4.8となる。レベル2では2回の補強が必要となり指数は3.3を示し、レベル3では1回の補強で指数は2.7を示した。

4. まとめ

本論文では既設コンクリート構造物の物理的耐用性を主眼とした診断システム及び補強レベルによる余寿命予測手法の考え方を確立し、実橋への適用例を示したが、今後に残された課題はなお多いと考えられる。以下に橋梁余寿命予測を含めた診断法開発における、今後の課題と考えられるものを挙げまとめる。

- ①今後の構造物の維持管理の方向づけをはかり、現在多大な労力を費やして実施されている実橋試験データを収集し、統計解析が可能となるようにする。
- ②構造物の劣化現象から考えられる各種限界状態とそれを支配する要因との間の関連性をより明確にし、診断過程、判断の統一を行う。
- ③設計時、建設時に将来の維持管理を意識した処置を導入する。つまり完成時の初期値の収集、管理用部材の設置等を行い、将来の非破壊的試験法の適用が有効となるように心掛ける。