

CS-57

既設合成桁橋の外ケーブル補強設計のシステム化に関する基礎的研究

山口大学大学院 学生員○鄭 勝仁 山口大学工学部 正会員 宮本文穂,中村秀明
山口大学大学院 学生員 藤原 充 カイ ヤマグチ 原田照男

1. はじめに

今日, 既設橋梁の多くは, B活荷重への対応や交通量の増加および車両の大型化, 重量化などによる耐荷力不足に対して, 補修・補強の必要性が高まっている。著者らは, 鋼橋形式の中で既設の鋼鈑桁橋(単純形式)の主桁曲げ補強の新たな方法として, 外ケーブル方式によるプレストレッシング技術を応用した補強方法(外ケーブル補強工法)に着目し, これまで合成桁を対象にその力学的な補強特性を, 実験的および解析的に明らかにしてきた[1]。本研究では, 外ケーブル補強設計のシステム化に関する基礎的研究として, これまでの桁モデルを対象にした種々の検討結果に基づいた合成桁橋の補強設計支援システム(以下「支援システム」)を開発し, システム化の有効性を検討した。

2. 外ケーブル補強工法の特徴と設計パラメータ

一般に, 主桁補強(曲げ耐荷力の向上)の力学的な考え方には, ①曲げ剛性の向上, ②死荷重応力を軽減し, 活荷重に対する耐荷力をアップ, ③支点間距離の縮小等がある。本研究の外ケーブル補強工法(以下「本補強工法」)は, 上記①～③の要素を全て有する補強工法であるといえる。さらに施工面からは, 工期や交通規制等を最小限に留めることができるといった長所も有する。このことから, 本補強工法は力学的および施工の合理性を有するものと考えられる。一方, 本補強工法を施した桁の挙動解析および実施工には, 補強設計段階から十分な検討が必要と考えられる。例えば, 補強設計の際の検討すべき設計パラメータの多さや, 緊張管理などが挙げられる。本補強工法は基本的に④緊張材の引張剛度, ⑤配置形状, ⑥導入プレストレス力の3項目の各状態に補強効果が依存することが, これまでの研究結果から明らかとなっている[1]。したがって, 本補強工法における補強設計とは, ④～⑥に関連した構造パラメータを設計パラメータとして扱い, 設計空間内の設計適合値を決定することであると言

える。そこで本研究で着目した補強設計パラメータは, 緊張材の配置形式にクイーンポストを採用したこと, 緊張材の断面積, 配置パラメータ(桁端定着偏心, 偏向角)および導入プレストレス力の3項目である。さらに設計パラメータそれぞれの設計適合値の決定は, パラメータ解析結果[1]を利用した設計プロセスのアルゴリズム化とユーザの判断で行う。これらを基に, 外ケーブル補強設計の基礎的システムを構築した。

3. 外ケーブル補強設計支援システムの概念

設計は一般に, 企画あるいは計画段階で行われる「概略設計」と, 製作・架設施工と直結した「詳細設計」の二つに分かれる。本支援システムは, 基本的に, 設定した補強目標を満たすよう, 3項目の設計パラメータを決定することが目的となる。しかしながら, 定着部および偏向部構造(桁部, 緊張材)等の細部設計を現段階では設計項目と考えていないため, 本支援システムは厳密な設計プロセスを反映しているわけではない。一方, 個々の既設橋梁に対する躯体工事は, 多種少数な橋梁が対象であり, その上, 対象数が膨大になると, 必然的に概略設計の合理化に対して力点を置いた考え方が重要となる。したがって, 本支援システムは, 性質的には「概略設計」段階でのユーティリティツールとしての役割が強く, 煩雑さが伴う本補強工法の検討段階には設計戦略的にも有意であると考えられる。また, 本支援システムは, 技術者が行う補強設計作業が円滑に運び, さらに, 解が盲目的なプロセスで得られることがなく, ユーザの恣意が反映すること等を開発コンセプトに掲げている。これらは設計プロセスをアルゴリズム化し, 開発ツールに“Visual Basic for Windows”を用いてシステム構築を行った。これにより, パソコン水準でかつGUI(Graphical User Interface)環境のシステムを比較的容易に開発することができた。

図-1に本支援システムのメインプロシーダを示し, 以下にその概略を説明する。本支援システムでは

合成桁橋, 外ケーブルプレストレス, 補強設計, 支援システム

〒755 山口県宇部市常盤台2557 TEL&FAX:0836-35-9951

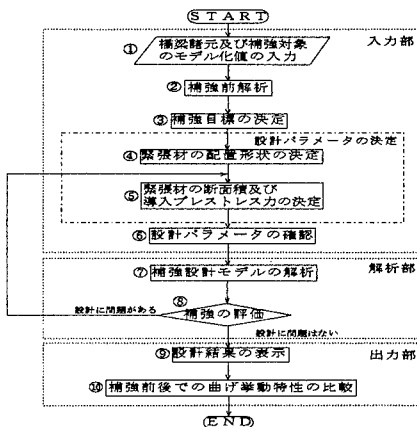


図-1 本支援システムのメインプロセス

桁モデルの補強設計が目的である。まず、図-1中①で橋梁の構造諸元および対象桁の数値モデルを入力する。②で対象桁モデルの弾塑性挙動解析を行い、補強前の曲げ挙動データを得ておき、補強目標の設定および設計パラメータの策定に利用する。③で補強目標を決定した後、設計パラメータを設計アルゴリズムに従い、④で配置形状、⑤で緊張材の断面積および導入プレストレス力の順にそれぞれ決定し、その後、④、⑤で決定した設計パラメータを⑥で視覚的に確認する。⑦で設計パラメータを含む補強設計モデルに対して弾塑性挙動解析を行い、補強後の曲げ挙動データを得る。⑦のデータを⑧で評価（ユーザ自身）し、補強目標を満たしていない、あるいは補強設計に納得が行かない場合は、再度⑤から設計パラメータの策定を行う。⑧で満足のいくものであれば、⑨でその時の設計パラメータを設計適合値として出力する。⑩では補強前後での桁の挙動データをグラフと表で整理表示し、ユーザに対する補強効果等の理解に役立てている。なお、弾塑性挙動解析には変形増分法を用いている[1]。

④は、パラメータ解析結果[1]に基づいてif-thenルールによりアルゴリズムを構築している。一方⑤は、緊張材を安全かつ無駄なく利用するように、補強倍率（補強前後の降伏耐力比）と変形の適合条件から、近似的に設計空間近傍の設計パラメータを求めている。

4. システムの検証

本研究ではスパン7mの合成桁モデル[2]について、本支援システムを用いた試設計を行い、実験結果等との比較から、本支援システムの有効性を検証した。

表-1 実験結果(上段)と本支援システム結果(下段)の比較

	導入PS力 [t]	A_t [cm ²]	降伏耐力 [t]	補強 倍率
実験<無補強>	—	—	29.8	—
結果<補強後>	63.3	6.258	52.2	1.75
(補強前解析)	(—)	(—)	(35.8)	(—)
case-1	63.3	6.258	58.0	1.62
case-2	63.3	16.0	62.7	1.75
case-3	70.0	9.0	62.7	1.75

表-1に実験結果および本支援システムによる試設計結果(3case)を示す。同表から分かるように、まず実験では導入プレストレス力(導入PS力)が63.3t、緊張材断面積(A_t)が6.258cm²で補強倍率は1.75となった(同表上段)。一方、本支援システムによる試設計結果については、実験と同じ導入PS力および A_t の場合(case-1)では、補強倍率が1.62となり実験による補強倍率を下回った。またこの時、桁が終局状態を迎える以前に緊張材は降伏ひずみに達した。さらに、導入PS力をcase-1と同じとし、補強倍率を実験結果と同じ1.75に設定した場合(case-2)では、算定される A_t は16.0cm²となった。また、緊張材を有効利用する場合(case-3)、補強倍率を目標値(1.75)に到達させるのに導入PS力および A_t はそれぞれ70.0t、9.0cm²となった。この検証結果から、煩雑な補強設計プロセスをシステム化することで、有意な結果が比較的容易に短時間で得られることがわかった。なお本検証では、緊張材にPC鋼より線を用い、配置パラメータは実験供試体に等しい[2]。

5. まとめ

本研究では、外ケーブル補強設計のシステム化に関する基礎的研究として、外ケーブル補強設計支援システムの開発を試み、システム化の有効性を検討した。以上のまとめとしては、①本支援システムは、これまでの研究結果に基づいた設計プロセスのアルゴリズム化により、比較的短時間で設計に適合した設計パラメータの決定を可能にする。②ユーザの恣意性を認めた対話型のシステム構築は、盲目的な設計プロセスが解消されることから、支援システムの発想によるシステム構築の意義は大きい。③本支援システムはGUIベースで構築した。よってシステム環境にman-machine interfaceの特性が反映し、利用性を高めることができた。

参考文献：[1]宮本、平田、鄭：プレストレスト合成桁の弾塑性挙動解析と性能評価に関する研究、土木学会論文集、No.513/I-31,pp.65-76,1995,4,
[2]宮本、平田、柳下、森：プレストレスト合成桁の弾塑性挙動解析と橋梁補強工法への適用、構造工学論文集、Vol.40A,pp.1101-1114,1994,3