

外ケーブルプレストレスによる合成桁橋の補強設計支援システムの開発

山口大学大学院 学生員 ○藤原 充

山口大学工学部 正会員

中村秀明

山口大学大学院 学生員 鄭 勝仁

山口大学工学部 正会員

宮本文徳

1. はじめに

今日、既設橋梁の多くは、新設計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などに対して補修・補強の必要性が高まっている。このように補修・補強問題が大きくクローズアップされる中、著者らは主桁の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ス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。本研究では、これまでの種々の検討結果を基礎とした外ケーブル補強設計支援システムの開発に関する基礎的研究として、桁モデルを対象とし、補強設計パラメータに緊張材の断面積、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を採用した補強設計のシステム化を試み、数ケースの試行結果から、本補強設計支援システムの有効性を検討したものである。

2. 外ケーブル方式によるプレストレス力導入補強設計の方針

一般に、主桁補強の主目的である降伏耐荷力の向上には、次に示すような三つの方法が考えられる：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。本研究で対象とする外ケーブル補強工法は、上記①～③の全てを保有している補強工法であるといえる。さらに施工性については、工期の短縮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。このように、本補強工法は力学的合理性だけでなく施工性の面からも利点を有するが、一方、本補強工法を施した桁の挙動解析および実施施工には補強設計段階から十分な検討が必要とされる。例えば、補強設計を行う際に検討すべき設計パラメータが多く、そのために設計プロセスが煩雑となる、等々である。本補強工法は、基本的に①緊張材の引張剛度、②配置形状、③導入プレストレス力の3項目の各状態に補強効果が支配されることがこれまでの研究から明らかになっている[1]。したがって、本補強工法を合理的に採用する際は、①～③に関連した構造パラメータを設計段階で決定する必要がある。そこで本研究では、上述した3つの設計パラメータのそれぞれの決定を、文献[1]の解析方法によるパラメータ解析結果を利用してアルゴリズム化し、本補強設計の基本的なシステム化をはかった。なお、補強対象は合成桁モデルとし、緊張材の配置はクイーンポスト形式とした。

3. 外ケーブル補強設計支援システムの開発

Fig.1 に本研究で開発した補強設計支援システム（以下、本システム）のメインプロシーダを示し、以下にその概略を説明する：本システムでは、主桁単体の補強設計が主な目的であることから、まず Fig.1 中①で橋梁の構造諸元および対象桁構造モデルの数値データを入力する。次に対象桁モデルの静的弾塑性挙動解析を②で行い、補強前の曲げ挙動特性を把握し、設計パラメータの決定および補強目標の設定に必要なデータを得る。②を基に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する。④、⑤で決定した設計パラメータを⑥で視覚的に確認した後、補強設計モデルに対して静的弾塑性挙動解析を⑦で行い、補強後の曲げ挙動データを算出する。⑦の結果を⑧で評価し、補強設計が十分でない、または補強目標を満たしていない場合は、再度⑤から設計パラメータの決定を行う。⑧で満足のいくものであれば、設計結果を⑨で出力する。⑩では補強前後の桁の挙動特性を図と表で比較し、補強効果を確認する。なお、静的弾塑性挙動解析には変形増分法を用いている。ここで対象としている外ケーブル構造の場合には、曲げ変形による外ケーブル緊張材のひずみを算定する際、平面保持則を適用して曲げモーメント最大断面から緊張材ひずみを直接求めることができない。したがって、変位増分による解析手法を適用し、「変形の適合条件」から緊張材ひずみを求め

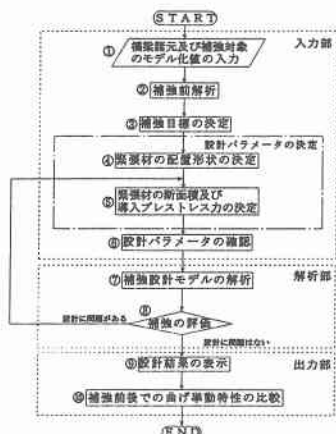


Fig.1 本システムのメインプロシージャ

ている[1]. また、システム開発には「Visual Basic for Windows」を用いた。これにより、システム全般に GUI(Graphical User Interface)を導入することで基本的な操作をマウスで行い、システムのユーザーに対する操作性の向上をはかった。

4. システムの検証

本システムの有効性の検証例として、本研究では、スパン 34.6 m の実橋モデルについて、補強目標を降伏耐力にとり、外ケーブル緊張材および偏向部における偏向角度を変化させた 6 ケースについて補強設計を実施した。その主な結果を Table 1 に示す。また、本システムの画面表示の一例として、Fig.2 に補強目標を降伏耐力に設定した場合の配置形状を決定する画面を示す。この図から、補強目標を降伏耐力に設定した場合は、偏向部を移動させて偏向角度を調整していることがうかがえる。さらに Table 1 からわかるように FRP 系緊張材の場合、補強目標を満たしているものの引張剛度の影響から鋼線系緊張材に比べ降伏耐力がわずかに低くなった。また、偏向角の異なる鋼線系緊張材の比較から、偏向角が大きい方が曲げ剛性の補強に効果的であることがわかった。このことから、補強目標を降伏耐力に設定したにもかかわらず要求された降伏耐力を満たしながら曲げ剛性の向上もはかれる補強設計が行える可能性があることがわかった。また、このような適用例を本システムに入力して検証を行った結果、一連の煩雑な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得られることがわかった。

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、煩雑な補強設計プロセスを迅速かつ容易に行うため、3 項目の設計パラメータを対象にした外ケーブル補強設計のシステム化を試みた。以下に、本研究で得られた主な成果をまとめる：①これまでの研究結果を参考にした合理的な設計アルゴリズムの構築により、補強設計プロセスが簡略化でき、比較的短時間で設計値として適合した設計パラメータが決定できることが分かった。②入力および出力に関しては、GUI を導入することで、マウスによる基本操作が可能となっただけでなく、マン・マシンインターフェースに優れた GUI の特性を本システムに反映させることができたことから、システム全体の操作性が向上した。なお、今後はさらに設計パラメータの自由度が高く、しかも操作性の良い補強設計支援システムの構築を目指す予定である。

参考文献

[1]宮本 文雄, 平田 勝己, 野崎 仁: 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.513/1-31, 65-76, 1995.4.

Table1 補強設計の主要な結果一覧

	偏向角 [°]	目標補強倍率	断面積 [cm ²]	導入プレストレス トレス力 [t]	降伏耐力 [t]	終局耐力 [t]	降伏耐力重 のたわみ [mm]	曲率 [1/cm]
補強前	—	—	—	—	57.00	70.61	96.8	— 0.0006
補強後	7.0	1.5	22	130	87.37	128.56	93.5	— 0.0005463
					1.53	1.82	0.97	1.10
					89.96	162.83	107.6	— 0.0005404
	7.4	1.75	30	200	86.16	167.47	113.4	— 0.0005291
					1.51	2.37	1.17	1.13
					103.73	157.13	92.1	— 0.000546
補強後	7.0	1.75	30	200	1.82	2.23	0.95	1.10
					107.49	195.53	112.8	— 0.0005289
					1.89	2.77	1.17	1.13
	7.4	1.75	30	170	102.76	211.43	124.5	— 0.0005242
					1.80	2.99	1.29	1.14

注) AFRP: アラミド緊張材



Fig.2 システムの画面表示の一例 (配置形状決定画面)