

外ケーブル工法を利用したPS合成桁橋の補強設計のシステム化に関する研究

山口大学工学部 学生員○王 璽鵬 正会員 中村秀明 宮本文徳
山口大学大学院 学生員 藤原 充 鄭 勝仁

1. はじめに

今日、既存橋梁の多くは、交通量の増加や車輛の大型化などのため、過酷な荷重条件の中で供用されている。このために耐荷力不足が懸念される既存橋梁の補修・補強の必要性が高まっている。このような中、既存橋梁の曲げ補強工法の一つとして、プレストレッシング技術を応用した外ケーブル補強工法が注目されている。外ケーブル補強工法は優れた補強効果が期待される。しかしながら、補強設計段階では考慮すべき補強項目が多いため、補強設計プロセスが極めて複雑となる。これまでの研究では、3つの補強項目（「緊張材配置形状」、「導入プレストレス力」、「緊張材断面積」）に着目し、補強設計の一助となるような補強設計支援システム DSSEPT Ver1.0（以下 Ver1.0）を開発してきた。本研究では、設計アルゴリズムを再構築し、新たに応力・たわみ照査プロセスを導入した DSSEPT Ver2.0（以下 Ver2.0）の構築を行った。

2. 補強設計支援システム Ver1.0 および Ver2.0

これまでの研究では、補強対象構造に鋼・コンクリート合成桁を取り挙げ、補強評価項目（降伏および終局耐荷力、曲げ剛性）に影響を与える外ケーブル緊張材の配置パラメータ（桁端定着距離比、偏向角度、緊張材偏向部距離）および導入プレストレス力、使用緊張材の断面積を考慮した設計アルゴリズムを考案し、補強設計時における力学的検討作業プロセスを合理的に支援することを構築思想に据えた、補強設計支援システムの構築を試みてきた。

Ver1.0 では、補強モデルに対し 2 点荷重による変形増分法を用いて、補強評価を行っている。しかしながら、この考え方は、補強前後での相対的な補強効果については論じることが可能であるが、実践的な観点からは設計荷重モデルの考え方などに、検討の余地を残していた。そこで、本研究では、Ver1.0 における設計アルゴリズムを再構築し、より実際の橋梁設計プロセスを意識した補強設計支援システムの構築を試みた。すなわち、Ver2.0 では、現在の橋梁設計で適用される許容応力度設計法に準拠した設計アルゴリズムを構築し、設計荷重として活荷重（道路橋示方書モデル）を載荷した際の応力照査に基づいた設計を実施している。また、システムユーザインターフェースの作成では、Ver1.0 の SDI(Single Document Interface)に対し、MDI(Multi-Document Interface)を採用することで、ユーザインターフェースの向上を図ることに努めた。

3. システムアルゴリズムの再構築

Ver2.0 のシステム構成を図-1 の流れ図に示す。緊張材の配置形式（直線形式、King-Post 形式、Queen-Post 形式）および配置形状（桁端定着位置、折り曲げ配置における偏向部位置および偏向角度）に関する配置パラメータは、配置パラメータの補強効果に対するパラメータ解析結果の傾向に基づいて考案したアルゴリズムにより、選定期初値として自動的に決定されるが、その後はユーザの判断を、本選定プロセスに反映させることが可能になっている。導入プレストレス力 P_t および緊張材断面積 A_t の選定プロセスは、補強目標および設計条件を満たす P_t 、 A_t の組合せの中から、最大の P_t および最小の A_t がそれぞれ得られるアルゴリズムを構築している。ただし、 P_t および A_t はユーザにより適宜システム内で変更可能であり、その都度応力計算を実行し、補強設計状態を確認（図-2 参照）した上で P_t および A_t を選定している。また、Ver1.0 と同様に、GUI

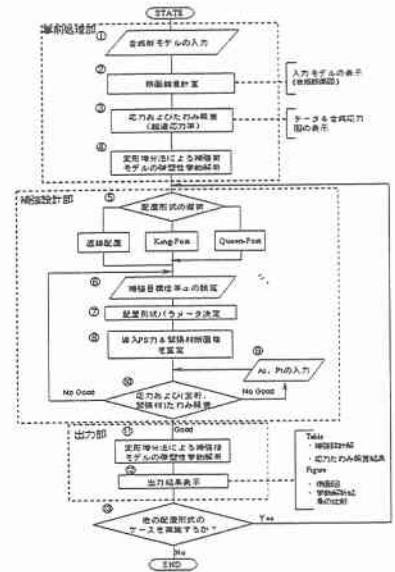


図-1 Ver2.0 のシステム構成

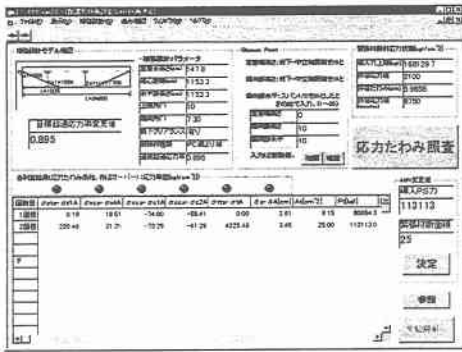


図-2 ユーザインターフェースの一例

の適用により、直感的かつ迅速な処理過程で補強目標を満たす補強設計パラメータを決定することが可能である。

4. システムの検証

スパン 34.6m の合成桁橋 (M 橋) を補強対象モデルにして本システムの検証を行った。補強設計の目的として、当初、TL-14 の設計荷重で設計されていた M 橋を、B 活荷重に対応させる補強を想定した。また、外ケーブルの配置形式をクィーンポスト形式とした (図-3 参照)。

本システムによる出力結果を表-1 に示す。なお、比較のために、Ver1.0 の出力結果を併記した。また、表中の Ver2.0 の結果は、B 活荷重に対応する応力照査を合格した補強設計モデルの解析結果 (変形増分法) である。Ver2.0 では、TL-14 を B 活荷重対応にする、即ち、補強倍率を 1.27 倍として補強設計を行なった。一方、Ver1.0 では、降伏荷重を 1.27 倍に向上させる目的で補強設計を行なった。その結果、両者の解析結果はほぼ同様な値を示している。このことから、設計荷重形態が異なっても、補強前後における相対的な荷重比に基づく補強設計は、弾性範囲において、ほぼ等しいことが分かった。一方、補強設計値では、Pt および At に明らかな違いが見られるが、これは、Ver2.0 と Ver1.0 での緊張材に関する設計思想の異なりによると思われる。

以上から、Ver2.0 と Ver1.0 では補強後の補強倍率に同程度の結果が得られるものの、Ver2.0 では、通常対象となる活荷重モデルに対する応力照査が行なえることから、より実践的な補強設計を支援する設計アルゴリズムとして評価できるとと思われる。

5. まとめ

Ver2.0 は許容応力度設計法に基づき、補強前後で応力・たわみ照査を行うため、補強設計プロセスがより実践的となった。また、独自の緊張材断面積 At および導入プレストレス力 Pt を算出するアルゴリズムの提案により、膨大な繰り返し作業数が減少し、補強設計の自由度を高め、補強設計支援システムの効率化が行えた。

参考文献

- 1) 宮本文徳, 平田勝己, 鄭勝仁: 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/I-31, 65-76, 1995.4.
- 2) 藤原充, 鄭勝仁, 中村秀明, 宮本文徳: 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, 土木学会中国支部研究発表会発表要集, No.49/132, 63-64, 1997.5.

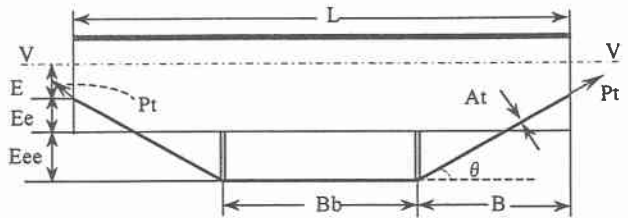


図-3 補強設計パラメータ

表-1 Ver2.0 と Ver1.0 の補強設計結果の比較

補強状態		Ver2.0 の場合		Ver1.0 の場合	
		補強前	補強後	補強前	補強後
挙動解析によるデータ	P (比)				
	降伏時	1.00	1.27	1.00	1.28
	終局時	1.00	1.44	1.00	1.66
	ϵ_{s1} [μ]				
	降伏時	1714	1714	1710	1711
	終局時	15006	15076	15000	15080
	ϵ_{c2} [μ]				
	降伏時	-345	-416	-295	-352
	終局時	-1448	-1715	-1371	-1725
	$\Sigma \epsilon_s$ [μ]				
補強設計パラメータ	降伏時	***	4764	***	2709
	終局時	***	10779	***	8560
	ΣPt [tf]				
	降伏時	***	90.9	***	97.5
	終局時	***	172.2	***	308.2
	δ_{y2} (比)				
	降伏時	1.00	0.85	1.00	0.87
	Pt [kgf]	***	79480	***	76220
	At [cm ²]	***	9.1	***	18.0
	θ [Deg]	***	7.2	***	7.2
補強設計パラメータ	E [cm]	***	3.3	***	0.0
	Ee [cm]	***	146.1	***	146.1
	Eee [cm]	***	0	***	0.0
	B [cm]	***	1153.3	***	1153.3
	Bb [cm]	***	1153.3	***	1153.3