

日本大学大学院 学生会員 斉藤 準平

日本大学理工学部 正会員 柳沼 善明

1. はじめに

近年、交通量の増加、車両の大型化などに伴うコンクリート橋の耐力低下や損傷の顕在化により、多くの橋梁に補修・補強が必要となってきた。いくつかの補強工法の中で外ケーブル工法はケーブルの取り替え、再緊張が可能であることから、コンクリート橋の補強において有効な工法として多に注目されている。

本研究は、PC はりが健全な場合、損傷を受けた場合、損傷を受けて外ケーブルで補強した場合について曲げ載荷実験を行い、外ケーブルのプレストレス力導入時における PC はりの変形性状、使用限界状態における補強前後のひび割れ幅や変形性状等を比較することにより外ケーブルによる補強効果を検討した。

2. 実験方法

実験に用いた供試体は表-1 に示す通り、健全な場合 (NE-1)、損傷を受けた場合 (OL-1)、損傷を受けて外ケーブルで補強した場合 (MEA-1, MEB-1) の PC はりである。損傷は内ケーブルの有効プレストレス力が 20% 減少したものと仮定し、補強は外ケーブル工法で行った。外ケーブルの有効プレストレス力は、はりの損傷によって減少した応力を外ケーブルで補ったものである。

代表的な供試体形状を図-1 に示す。はりは T 形アンボンドポストテンション

ン PC はりとした。補強を行った PC はりはデビエータを 2ヶ所に設けた。軸鉄筋には D10mm 異形鉄筋を、スターラップには $\phi 6$ mm 丸鋼を、PC 鋼材には PC 鋼棒で内ケーブルに $\phi 17$ mm を 1 本、外ケーブルには $\phi 9.2$ mm を 2 本使用した。実験に使用した材料の力学的性質について、コンクリートの圧縮強度 f'_c を表-1 に、鉄筋および PC 鋼材の降伏強度 f_y 、引張強度 f_u 、弾性係数 E_s を表-2 に示す。

実験は 2 点載荷で行い、各荷重ごとにたわみ、ひずみ、ひび割れ幅、PC 鋼材の緊張量、ひび割れ状況等を測定した。実験の進行手順は供試体によって異なり、補強を行わないはりは内ケーブルにプレストレス力導入後、設計荷重 P_d (20kN) および $1.25 P_d$ (25kN) までの載荷と除荷を繰り返した後、曲げ破壊させた。補強を行ったはりは内ケーブルにプレストレス力導入後、設計荷重および $1.25 P_d$ までの載荷と除荷を繰り返した後、外ケーブルにプレストレス力を導入して補強を行い、再び設計荷重および $1.25 P_d$ までの載荷と除荷を繰り返した後、曲げ破壊させた。

3. 実験結果および考察

(1) 外ケーブル導入時の PC はりの変形性状

プレストレス力の導入実験において、外ケーブルのプレストレス力が増加するにしたがってはりのそりが 27 ~ 31% 増加することから、外ケーブルを用いた補強の効果が得られたといえる。縦軸に外ケーブルのプレストレス力、横軸をそり (ー) とすると MEB-1 は導入プレストレス力の増加に対するそりの増加が大きく、そりの

表-1 供試体の要因

はりの状態	Beam No	内ケーブル		外ケーブル(補強)		f'_c (N/mm ²)
		P_e (kN)	e_p (mm)	P_e (kN)	e_p (mm)	
健全	NE-1	150	48.3	—	—	39.5
	OL-1	120	48.3	—	—	41.2
損傷補強	MEA-1	120	48.3	23.5	62	34.7
	MEB-1	—	—	14.0	124	37.3

表-2 鋼材の力学的性質

		f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	E_s (kN/mm ²)
鉄筋	$\phi 6$	783.0	854.9	222.7
	D10	378.6	519.7	184.8
PC 鋼材	$\phi 9.2$	1251	1281	201
	$\phi 17$	1193	1281	200

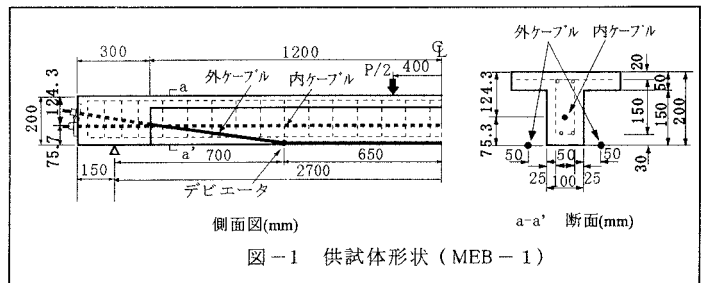


図-1 供試体形状 (MEB-1)

キーワード：外ケーブル工法，補強効果，設計荷重

〒274-8401 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 TEL 047-469-5345 FAX 047-469-2581

勾配が小さい。逆に MEA-1 は大きいプレストレス力を導入してもその増加が MEB-1 より小さく、その勾配が大きい。この勾配は MEA-1 では $-28.198(\text{kN/mm})$ 、MEB-1 では $-46.227(\text{kN/mm})$ となる。本研究では MEA-1 および MEB-1 において、外ケーブルの偏心距離と有効プレストレス力を同一の偏心モーメントとなるように設計している。したがって、勾配が異なるのは偏心距離の相違が影響していると推察され、偏心距離が大きい場合は少ないプレストレス力ですぐにそりが得られるのに対し、偏心距離が小さい場合は大きいプレストレス力が必要と考えられる。

(2) 使用限界状態における変形性状

図-2 に MEA-1 の荷重とたわみの関係を、図-3 に補強前と補強後の設計荷重時および設計荷重増加時の $\delta / \delta_{\text{new}}$ を示す。ここで δ は各 PC はりのスパン中央のたわみであり、 δ_{new} は健全な PC はり (NE-1) の設計荷重時のスパン中央のたわみ 0.565mm とした。図-3 より、補強後の δ は補強前の δ に比べ、設計荷重時の MEA-1 が 32%、MEB-1 が 37% 小さくなったのに対し、設計荷重増加時には MEA-1 は 29%、MEB-1 は 40% 小さくなり、補強効果が得られたといえる。

たわみに対する偏心距離と外ケーブルの有効プレストレス力の関係は MEB-1 が MEA-1 より補強効果が概ね 10% 高く、偏心距離が増加するにしたがって補強効果が大きくなるといえる。

(3) 使用限界状態における平均ひび割れ幅

図-4 に MEA-1 の荷重と最大ひび割れ幅の関係を示す。図-5 に補強前と補強後の設計荷重時と設計荷重増加時の $w_{\text{max}} / w_{\text{newmax}}$ を示す。ここで w_{max} は補強前については各 PC はりの最大ひび割れ幅であり、補強後においては補強前の最大ひび割れと同一ひび割れのひび割れ幅である。 w_{newmax} は健全な PC はり (NE-1) の設計荷重時の最大ひび割れ幅 0.0058mm である。最大ひび割れ幅 w_{max} において、補強後の w_{max} は補強前の w_{max} に比べ、設計荷重時の MEA-1 が 9%、MEB-1 が 3% 小さく、設計荷重増加時には MEA-1 が 26%、MEB-1 が 36% 小さくなり、補強効果が得られたといえる。

(4) 最大荷重の計算値と実験値の比較

Naaman の提案式を用いて最大荷重を算出した¹⁾。計算値/実験値は MEA-1 が 0.973、MEB-1 が 1.062 となり、よく一致した。

4. まとめ

- ① 本研究において使用限界状態では、補強したはりのたわみは約 30 ~ 40% 補強効果が得られ、また、ひび割れ幅においても補強効果が得られた。
- ② 外ケーブルの偏心距離を増加させると、補強効果は大きくなった。

【参考文献】

- 1) 斉藤準平, 柳沼善明: 外ケーブル工法を用いた PC はりの補強設計に関する一考察, 第 41 回日本大学工学部学術研究報告会講演要旨集, pp.99~102, 1998.12

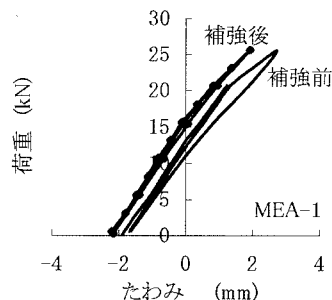


図-2 荷重とたわみの関係

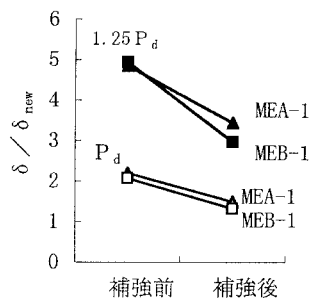


図-3 $\delta / \delta_{\text{new}}$

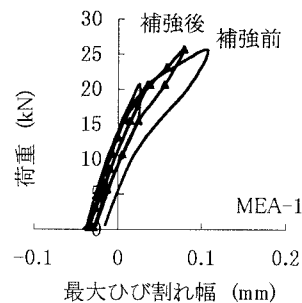


図-4 荷重と最大ひび割れ幅の関係

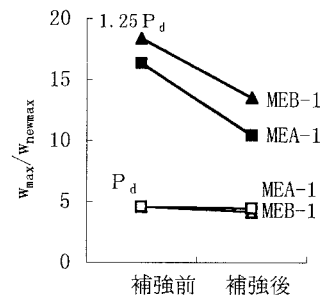


図-5 $w_{\text{max}} / w_{\text{newmax}}$