

運輸省港湾局 正員 池田哲郎
 北海道大学工学部 正員 佐伯 昇
 北海道工業大学 正員 堀口 敬
 日本高圧コンクリート㈱ 正員 秦 滋敏

1. 目的

塩害、凍害、交通荷重の増加等の要因によるコンクリート構造物の損傷に対して、コンクリート表面の処理、鋼板・合成樹脂・FRPを用いた補強工法などの措置が採られている。こうした中で、海岸構造物の塩害の損傷のように部材下部のコンクリートや鋼材が劣化し、上部コンクリートがまだ健全であると考えられる場合については、外ケーブル方式による補修が有用であると考えられる。本研究では、アラミドロープを用いて外ケーブル方式で補修を行う場合について、その補強効果、変形およびひびわれ性状に関して検討を行うことを目的としている。

2. 実験概要

供試体は、鉄筋量を変化させた3本のT形断面のRC桁に、アラミドロープを用いた外ケーブル方式でプレストレスを与え、PRC桁としたものである。コンクリートは、目標強度 350kgf/cm^2 、スランプ 8cm とし、普通ポルトランドセメントを用いた。鋼材は引張鉄筋にSD345、圧縮鉄筋及びスターラップにSD295A、D10を用いた。供試体の形状を図-1に、断面の諸元を表-1に示す。

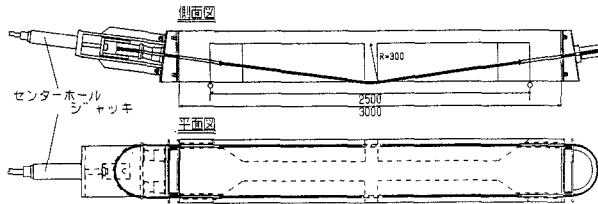


図-1 供試体形状

表-1 断面諸元

	$A_s(\text{cm}^2)$	$d(\text{cm})$	$p(\%)$	$s_s(\text{cm})$
PT1	7.74	35.5	0.44	20
PT2	11.46	33.3	0.69	15
PT3	15.48	33.3	0.93	10

支間中央にはロープ曲げ上げのための横桁が作成され、ロープとの接触位置には曲率半径 30cm の溝がつけられた。ロープの曲げ上げ角は、約 15° である。曲げ上げ部での摩擦を極力取り除くため、ロープにはグリースを塗布し、テフロンシートを巻き付けた。

緊張材として用いたアラミドロープは、直径 13.5mm 、公称破断荷重が 10.5tf のものである。心材のアラミド繊維がポリエチレンシースの中に平行に並べられている。 100m あたりの重量は 14.4kg と軽量であり、また非常に柔軟で自由な配置が可能である。破断応力は 19600kgf/cm^2 （繊維実断面積 0.5347cm^2 ）、弾性係数は $7.92 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ であり、破断に至るまで弾性的な挙動を示す。本研究は、RC桁の補修への適用性の検討を目的とすることから、ロープを設置する前のRC桁の状態で引張鉄筋の応力が 1800kgf/cm^2 となる荷重まで静的に載荷し、曲げひびわれを発生させた。導入プレストレスはケーブル1本あたりの張力が 2tf 、 3.5tf 、 5tf となるようにして静的載荷を行い、それぞれ変形、ひびわれ性状について調べ、また 3.5tf のプレストレスを与えた場合について、曲げ終局耐力を測定した。

荷重増加とともに、支間中央のたわみは、引張鉄筋が降伏する荷重(P_{sy})に至るまで、ほぼ直線的に増加をし、その後、終局耐力(P_u)に至るまではより大きな変形を示す(図-2)。鋼材降伏後の変形量は、引張鉄筋量が小さなものほど大きくなっている。また、全ての桁の破壊形式は、鋼材降伏後の圧壊であり、ケーブル及び引張鉄筋の破断は起こらなかった。

3. 解析方法

終局耐力の算定は、部材を付着の無いP R C部材として扱い、Pannell式をもとに検討を行った。付着の無いP R C部材の場合、平面保持の仮定が成立しないために終局時の緊張材応力を求めるためには別の考え方が必要となる。Pannell式では、緊張材位置でのコンクリートのひずみが、 ϕkd (kd : 中立軸深さ) で表されるある塑性区間を除けば無視できると仮定し、緊張材張力の増加が、その塑性区間の緊張材位置のコンクリートのひずみの増加分によりもたらされるものとしている。そこで、鉄筋指数 (q_s) および緊張材指数 (q_p) を用いて、塑性区間との関係を検討することにより (図-3)、耐力を算定した。また、終局時の変形を、部材の塑性回転能を評価することで、近似的な算定を行った。

弾性挙動については、外ケーブルによるプレストレスを外力として捉え、曲げと軸力とを受けるR C部材として検討した。P R C部材としては、既にひびわれが発生した状態であるが、ここでは、デコンプレッションモーメントよりも小さなモーメントが作用する場合は全断面有効とし、それよりも大きなモーメントに対しては、Bransonの換算断面二次モーメントを用いた。これらを用いて計算されるたわみに対し、緊張材張力の増加を求める繰り返し計算を行い、桁の弾性挙動 (図-4) および鋼材が降伏する荷重を算定した。終局耐力 (P_u)、およびそのときの変形量 (δ_u)、鋼材の降伏する荷重 (P_{sy}) についての実験結果および計算結果を表-2に示す。

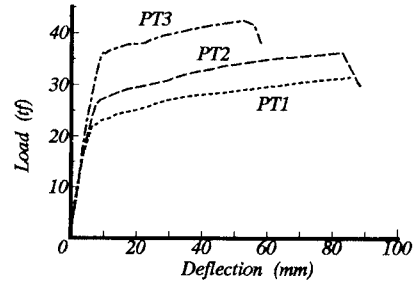


図-2 荷重変位曲線

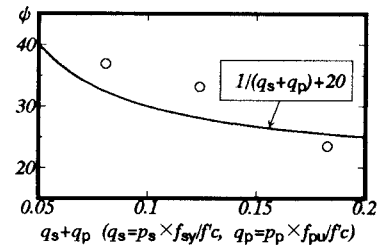


図-3 ϕ の決定

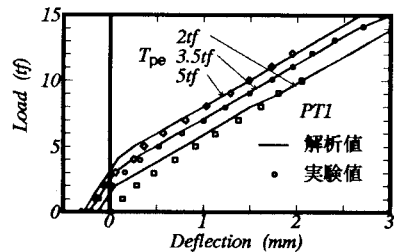


図-4 弾性解析の結果例

表-2 実験および計算結果 (括弧内は実験値/計算値を表す)

Beam No.	P_{sy} (tf)		P_u (tf)		δ_u (mm)	
	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値
PT1	20.1	20.0 (1.01)	33.9	29.4 (1.15)	89.9	94.0 (0.96)
PT2	23.2	22.4 (1.04)	37.4	32.8 (1.14)	82.6	84.2 (0.98)
PT3	31.3	29.2 (1.07)	42.5	39.7 (1.07)	52.4	79.2 (0.66)

4. まとめ

- (1) 外ケーブルP R C部材の終局耐力は、部材を付着の無いP R C部材としてとらえ、引張鉄筋量や緊張材量に応じた塑性域長さを考慮することで、多少安全側ではあるが、簡単な方法で算定が可能である。
- (2) 終局時の変形量は、弾性変形量は無視し、塑性域長さに対応した塑性回転角から求めたが、比較的良好な推定値が得られた。
- (3) 鋼材が降伏に至る前の桁の弾性挙動は、Bransonの式を用いることで、軸力を受けるR C部材として把握することが出来る。

[謝辞] 実験に際し、アラミドロープを提供して頂きました、岡村康弘氏 (帝人) に感謝の意を表します。