

埼玉大学大学院 学生会員 土田一輝
ハザマ技術研究所 正会員 谷口裕史

埼玉大学工学部 正会員 睦好宏史
埼玉大学工学部 正会員 町田篤彦

1. 研究の背景および目的

近年、鋼材の代替材料として新素材のコンクリート構造物への適用が注目されている。その中で新素材の高強度、高耐食性等の特性を有効に利用した構造形式として外ケーブル式プレストレストコンクリート（PC）部材が挙げられている[1]。本研究では外ケーブルとして新素材およびPC鋼より線を用いた外ケーブル式PCはりの力学的性質を把握するために要素分割法による解析を行い、載荷試験結果との比較を行った。

2. 解析方法

外ケーブル式PC部材の場合、ケーブルとコンクリートの間に付着がないため部材の各断面においてケーブル歪とケーブル位置のコンクリート歪が一致せず平面保持の仮定を用いることが出来ない。そこで、本解析では精解を得るために、ある荷重段階におけるケーブルの伸びとケーブル位置のコンクリートの全変形量が等しいという変形の適合条件を用いて解析を行った。

本解析を行うに当たり、コンクリートの応力-歪関係を2次曲線と直線により近似し、拘束筋を用いた供試体に対しては既往のモデル式[2][3]を使用して最大応力および最大応力時歪、終局時応力および終局時歪を求めた。外ケーブルの応力-歪関係は、直線により近似したものをを用いた。本解析では、最初にケーブル歪を仮定し各部材断面に要素分割法を用いて断面に作用するモーメントを求め、次に部材全長での変形の適合条件を適用する手法を用いた。また、ケーブルの配置、曲げ上げによる上方分力および外ケーブル曲げ上げ部（サドル）とはり中央部とのたわみの差によって生じるケーブル有効高さの変化を考慮した。部材の終局はコンクリートが終局歪に達した時、あるいは外ケーブルが破断歪に達した時とした。

3. 実験概要

図-1に供試体の形状寸法を示す。本供試体は、ケーブルを曲線配置とするためのサドルを有し、No.1～4については、はり中央70cmの区間に拘束筋を使用している。外ケーブルには樹脂で固められていないロープ状新素材のアラミドロープ、CFRP、AFRPおよびPC鋼より線を用いた。表-1に供試体の要因を示し、表-2に外ケーブルとして使用した材料の特性を示す。載荷は等曲げモーメント区間40cmの静的2点載荷とし、コンクリートの圧壊あるいはケーブルの破断が生じるまで載荷を行った。

表-1 供試体要因

供試体 No.	ケーブル種類	補強筋種類	導入プレストレス量 (tF)	コンクリート強度 (kgf/cm ²)
1	アラミドロープ	鋼材	12	320
2	アラミドロープ	CFRP	12	263
3	CFRP φ17.8	鋼材	12	360
4	SWPR7B	鋼材	12	300
5	CFRP φ12.5	鋼材	14	370
6	AFRP	鋼材	12	370
7	SWPR7A	鋼材	12	370

表-2 外ケーブルに用いた材料の特性

種類	降伏点荷重 (tF)	切断保証荷重	公称断面積 (mm ²)	弾性係数 (kgf/mm ²)	伸び (%)
アラミドロープ	—	15.0	76.4	12900	1.5
CFRP φ17.8	—	27.7	154.9	14000	1.6
CFRP φ12.5	—	14.5	76.0	14000	1.6
AFRP	—	19.5	150.0	6600	2.0
SWPR7A	13.9	16.3	92.9	20000	3.5
SWPR7B	15.0	18.7	98.7	20000	3.5

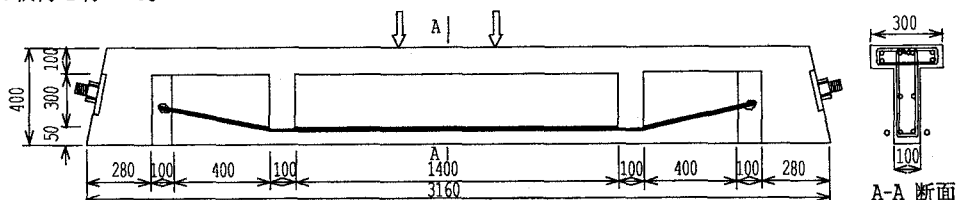


図-1 供試体形状寸法 (mm)

表-3 曲げ耐力および終局時ケーブル張力の推定

供試体 No.	曲げ耐力(tf)		終局時ケーブル張力(tf)	
	実験値	解析値	実験値	解析値
1	20.4	21.6 (1.06)	28.0	30.0 (1.07)
2	26.6	22.9 (0.86)	25.8	30.0 (1.16)
3	25.2	30.8 (1.22)	34.3	53.6 (1.56)
4	23.9	22.9 (0.96)	34.8	33.0 (0.95)
5	22.3	20.7 (0.93)	22.3	27.6 (1.24)
6	18.7	19.1 (1.02)	20.0	25.0 (1.25)
7	22.2	20.4 (0.92)	25.3	28.2 (1.11)

() : 解析値/実験値

4. 解析結果および実験結果

表-3に実験および解析で得られた曲げ耐力およびケーブル張力を示す。曲げ耐力では、（解析値/実験値）の値が0.86~1.22の範囲にあり、概ね曲げ耐力を推定しているといえる。終局時ケーブル張力を見てみると、外ケーブルにFRPを用いた供試体では解析値が張力を過大に推定しているが、その他の供試体では（解析値/実験値）の値は0.95~1.16の範囲にありよく一致している。これはFRPを用いた実験供試体において曲線配置によるケーブルの強度低下が生じ、切断保証荷重より低い荷重でケーブルが破断したことが原因といえる。

図-2に供試体No.1およびNo.3の荷重-変位関係を示す。解析結果はNo.1およびNo.3ともに耐力をやや大きく推定している。これは解析では拘束コンクリートの応力-歪関係を部材断面全体に適用しているが、実験では拘束筋で囲まれていないかぶりコンクリートの剥落が生じ耐力が低下したためと思われる。

図-3にNo.1およびNo.3の荷重-ケーブル張力関係を示す。No.1では解析値と実験値はよく一致しているものの、No.3では解析により得られたケーブル張力が実験値よりかなり大きな値を示している。No.1に使用したアラミドロープでは切断保証荷重の90%程度で破断したのに対し、No.3に用いたCFRPでは約70%で破断したことが原因と考えられる。

5. まとめ

変形の適合条件を用いた本解析により新素材を外ケーブルとして用いたPCはりの力学的挙動を概ね推定することができることが明らかとなった。ケーブルとサドルの摩擦、曲線配置によるケーブル強度の低下等を考慮することで、より精度よく外ケーブル式PCはりの力学的挙動を推定できると考えられる。

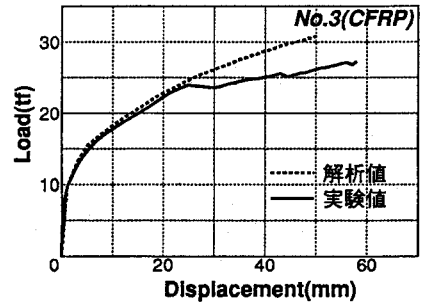
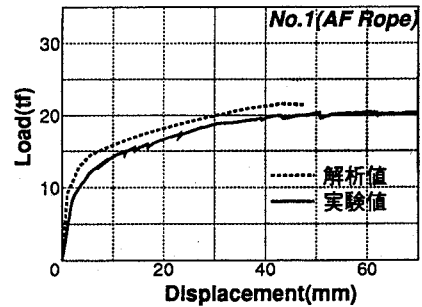


図-2 荷重-変位関係

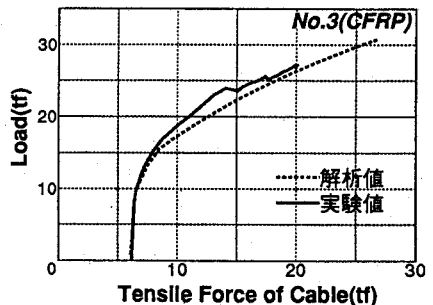
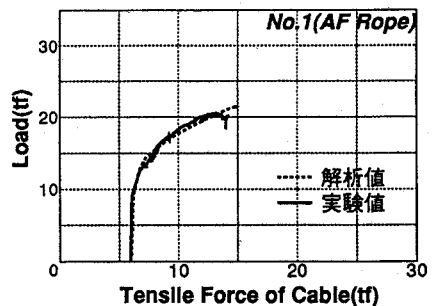


図-3 荷重-ケーブル張力関係

(参考文献)

- [1] 陸好、町田：FRPを外ケーブルに用いたPCはりの力学的性状および曲げ耐力、土木学会論文集、No.442/V-16、pp.153~159、1992.2
- [2] 陸好、谷口、喜多、町田：連続繊維補強材を用いたPC部材の曲げ靱性に関する研究、土木学会論文集、No.460/V-18、pp103~111、1993.2
- [3] 境有紀：横拘束された高強度コンクリートの構成則、コンクリート工学年次論文報告集第13巻2号、pp43~48