

V-202 レジン]ンクリート曲げ部材の合理的設計に関する一提言

岐阜大学 正会員 小柳 洽
同上 “ 大野 定俊
名阪工材 林 富男

1. はじめに

不飽和ポリエステル樹脂を結合材とするレジンコンクリート(以下 REC と略)は、その良好な引張り・曲げを主体とする強度特性あるいは高い比強度、耐酸性を主とする良好な耐食性、水密性、耐凍結融解性などの種々の長所のいずれかあるいは組合せによつて、土木材料としての利用が拡大しつつある。REC の構造部材としての利用の上で、現在その設計方法はセメントコンクリート部材のそれに準拠している。ここで、REC の材料特性を考慮に入れて、補強を有する曲げ部材の設計方法について検討し、また載荷試験によってその力学挙動の検討を行った結果をもとに、REC 曲げ部材の合理的設計法の樹立についての提言を試みる。

2. REC 曲げ部材の補強と限界状態

REC の曲げ部材への利用は、 $\sigma_b \geq 200 \text{ kg/cm}^2$ の高強度に注目したものが主であるが、 $\sigma_c \geq 1000 \text{ kg/cm}^2$ の高強度の利用も考えられる。後者の場合は通常の RC と同様の目的によつて補強がなされるが、前者の場合は突発的な破壊に伴う急激な耐力低下を防ぐ目的から、延性付与の目的をもって補強がなされる。一方、REC の大なる硬化収縮のため、補強材の配置によつて内部応力が発生し、従つて補強材の増加は却つて曲げ耐力の低下を招くものであり、また硬化収縮の低減のための低収縮 REC の使用も、曲げ耐力の向上には効果的ではない¹⁾。

REC の補強材として鋼材を用いる場合には、曲げひびわれの発生によつて剛性が低下すると共に、セメントコンクリートのようなひびわれ発生後の耐食性を期待することができないため、REC 曲げ部材の使用限界状態に対する設計は、ひびわれ発生限界状態を対象として行うことが適切である。それゆゑ、REC 補強材の量は、ひびわれ発生荷重の低下を少なくするため、ひびわれ発生後は延性を確保するのみで耐力の増加は期待しない程度に止めておくことが一般的には最適である²⁾と考える。このとき、使用限界状態の検討に対しては、REC の硬化収縮を考慮した曲げひびわれ耐力の算定方法の確立が重要である。²⁾ この曲げ耐力の算定には REC の曲げ強度の寸法依存性(図-1)も考慮に入れる必要がある。³⁾ また、終局限界状態の検討に対しては、部材の延性を考慮して構造物全体の系を対象とした耐力算定を行ふべき。

次に、上記の考え方をもとにして補強材量を変化させた REC はりの曲げ載荷試験の結果を示す。

3. REC はりの曲げ載荷試験

3.1 実験概要

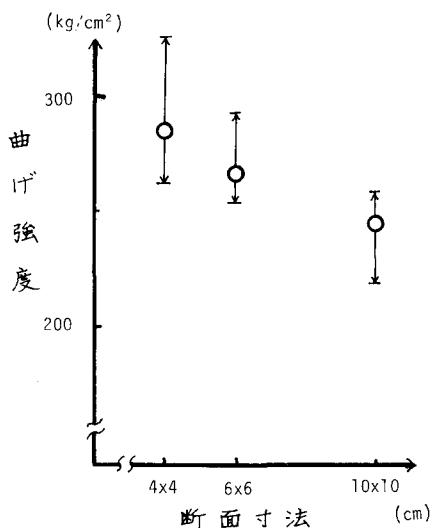
REC の使用材料は、樹脂(P):不飽和ポリエステル(日触 G-103)、充填材(F):重質炭酸カルシウム、細骨材(S):山砂(F.M.=2.0)、粗骨材(G):玉砕石(M.S.=10mm)であり、その配合は P:F:S:G=9.5:19:19:52.5(重量百分率)である。触媒および促進剤は、M.E.K.P.O およびナフテン酸エポルトで、使用量は各々 3.0 および 0.21(phr)である。補強材として、公称径 9 および 16mm の普通丸鋼($\sigma_{sy}=37$ および 31 kg/mm^2 , $E_s=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)、ならびに公称径 9.2 および 15mm の高周波焼入高張力鋼($\sigma_{sy}=147$ および 119 kg/mm^2 , $E_s=1.95 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)を使用した。これらの補強材量は、はり供試体にひびわれが発生する時点での、REC から補強材に移行する引張力を考慮して選定した。

はり供試体は、 $b \times h \times l = 8 \times 15 \times 120 \text{ cm}$ であり、補強材は各1本を、その中心がはり下縁より 3cm の

位置となるように配置した ($d = 12 \text{ cm}$)。はりにはスパン 100 cm の対称曲げ載荷 ($40 + 20 + 40$) とした。はり供試体は同一条件に対して2体作成した。硬化収縮に従って鋼材に導入されるひすみを経時的に計測した。

3. 2 実験結果

図-1 REC断面寸法と曲げ強度の



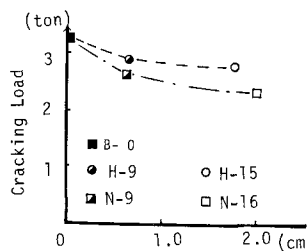
本実験に用いたRECの強度は、 $\sigma_c = 1150 \text{ kg/cm}^2$ ($10 \phi 20 \text{ cm}$ 円柱供試体), $\sigma_t = 130 \text{ kg/cm}^2$ (同上), $\sigma_b = 231 \text{ kg/cm}^2$ ($10 \times 10 \times 40$ はり供試体)であった。

計測されたはり中点のたわみと荷重の関係を図-2に示す。はりには、ひびわれ発生点までは、線形弾性体として挙動する。はり試験結果ならびに断面諸数値をまとめて表-1に示す。

ここで、換算断面二次モーメントは、RECのヤング係数を $E_p = 3.18 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ (普通丸鋼に対し $n = 6.60$, 高張力鋼に対して $n = 6.13$) として求めたものである。 $\Delta\sigma$ はひびわれ発生時のREC下縁応力と、同形状の無筋RECの曲げ強度 ($\sigma_b = 212 \text{ kg/cm}^2$) との差を示す。 σ_s は、ひびわれ発生時にRECに作用している引張応力がすべて鉄筋に移行するものと仮定して求めた鉄筋応力である。一方、 σ_p は硬化収縮によって鋼材に導入されたひすみから拘束力 P_s を求め、これをもとに弾性論に従って求めた下縁応力である。

ひびわれ荷重は、図-3に示すように、鉄筋量の増加に従って低下するが、その低下の程度は高張力鋼の場合より普通丸鋼の場合の方が大である。

図-3. 曲げひびわれ荷重



4. ひすみ

REC 曲げ部材の使用限界状態は、一般には曲げひびわれ発生時であり、線形弾性の力学特性と硬化収縮に伴う曲げ耐力の低下を考慮した設計が合理的である。

RECの補強は、

表-1. はり試験結果

供試体名称	鋼材公称径	鋼材断面面積 A_s (cm^2)	換算断面二次モーメント I (cm^4)	ひびわれ発生直前モーメント M_{cr} (t-cm)	ひびわれ発生直前鋼材応力 σ_{so} (kg/cm^2)	ひびわれ発生時下縁応力 σ_{cr} (kg/cm^2)	無筋曲げ強度との差 $\Delta\sigma$ (kg/cm^2)	ひびわれ発生直後鋼材応力 σ_s (kg/cm^2)	鋼材ひすみ ϵ_s ($\times 10^{-6}$)	拘束力 P_s (kg)	σ_p (kg/cm^2)
N-9	1 普通	0.581	2314	51.6	98	165	47	(8360)	980	1200	20
	2 9			53.6	101	171	41	(8690)	1180	1440	32
N-16	1 普通	1.961	2454	44.4	75	129	83	1870	500	2060	53
	2 16			48.0	81	139	73	2020	660	2720	40
H-9	1 高張力	0.636	2314	59.2	113	189	23	8760	900	1120	25
	2 9.2			55.4	105	177	35	8200	1020	1270	28
H-15	1 高張力	1.744	2419	58.8	102	175	37	2880	630	2140	43
	2 15			51.6	89	153	59	2530	590	2010	40

一般には耐力増加を期待せず、延性の増加を考慮すればよい。

終局限界状態に対しては部材の延性を考慮した検討を行うことが適切である。

参考文献

- 小柳, 大野, 村井, 林; セメント技術年報, 32巻, 昭54.12 pp 544 ~ 548
- 小柳, 大野, 村井, 林; 第2回コンクリート工学協会年次講演会講演論文集 昭55, pp 241 ~ 244
- 小柳, 大野, 戸崎, 林, 小宮山; 昭和56年度材料学会年次講演会講演要集 (印刷中)