

京都大学大学院工学研究科 正会員 小野 紘一
京都大学大学院工学研究科 正会員 杉浦 邦征
京都大学工学部 学生員 ○平井 啓
日石三菱株式会社 技術開発部 秋山 正成

1. はじめに

近年、地球環境問題の観点から、産業副産物を再利用した硫黄高炉スラグ固化体(以下 SSC)が開発され、高強度コンクリート並みの強度を発揮する遮水性に優れた材料であることが明らかにされている^[1]。SSC は、高炉スラグおよびフライアッシュを被結合材、硫黄を結合材とする固化体であり、硫黄の自然冷却に伴う固化作用により硬化する。そのため養生を必要とせず乾燥収縮も生じないという特徴を有している。既往の研究からSSCは高強度コンクリートに非常によく似た性質を持っていることが明らかにされた^[1]。よって建設部材として SSC を用いるためには鉄筋などによる補強が必要であり、補強材との複合化を検討する必要がある。本研究では鉄筋により補強したSSCはりの曲げ試験を行い、複合部材としての特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

供試体では、D16(SD390)を主鉄筋として曲げ補強を行い、D6(SD295)を横拘束筋としてせん断補強を行う。供試体シリーズを表1および図1に示す。ただし各シリーズにつき2体ずつ载荷試験を行っている。

表-1 供試体諸元

	a mm	b 本	破壊予想
R-1	—	—	せん断
R-2	30	12	せん断
R-3	120	3	曲げ

表-2 SSC の強度

圧縮強度	96.7 (N/mm ²)
割裂強度	5.2 (N/mm ²)
曲げ強度	10.8 (N/mm ²)

SSCの材料強度を表-2に示す。载荷試験は2点载荷で行い、载荷スパンは200mmとした。またロードセルにより、ひび割れ発生荷重、鉄筋降伏荷重、破壊荷重の測定を行った。そして供試体中央部における変位計により、ひび割れ発生時及び鉄筋降伏時の変位を測定した。

3. 実験結果および考察

実験結果を表-3に、また载荷時の荷重－変位関係

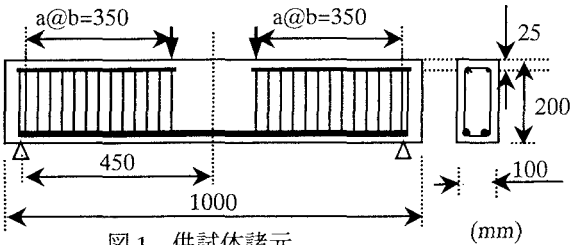


図1 供試体諸元

表-3 実験結果

R-1	ひび割れ発生荷重	26.7
	破壊荷重	165
R-2	ひび割れ発生荷重	30.2
	鉄筋降伏荷重	170
R-3	破壊荷重	191
	ひび割れ発生荷重	32.2
	鉄筋降伏荷重	176
	曲げ終局荷重	224

(kN)

SSC 部材の降伏曲げモーメントおよび終局曲げモーメントは、コンクリート部材の降伏曲げモーメントおよび終局曲げモーメントの算定式^[2]を用いて、弾性係数と圧縮強度の値としてSSCの実

験結果を代入することで求めた。ただし SSC の場合でも平面保持を仮定する。まず降伏曲げモーメント M_y の算定では算定式(1)を利用した。式中の中立軸高さ x は、鉄筋と SSC の静弾性係数を考慮に入れた二次方程式を解いて求めた。ただし式中の A_s を鉄筋断面積、 f_y を鉄筋の降伏強度、 d をはりの有効高さとする。

$$M_y = A_s \cdot f_y (d - x/3) \tag{1}$$

また、終局曲げモーメント M_u は式(2)で与えられる。式中の圧縮力の作用点 x_g と中立軸位置 x_a は、断面に軸力が発生しないという条件のもとで求める。ただしこの場合も平面保持を仮定し、はり断面に発生する圧縮力は、応力ひずみ関係により与えられる応力の合力であるとする。

$$M_y = A_s \cdot f_y (d - x_a + x_g) \tag{2}$$

式(1),(2)によって得られた理論値と、実験値を以下の表-4 に示す。

降伏曲げモーメントの算定値は、実験値とほぼ一致した。しかし、終局曲げモーメントの算定値は、実験値よりも下回った。算定式では、SSC の引張強度を無視しており、終局耐力を過小評価したためであると考えられる。

一方、SSC の曲げ破壊試験から得られる曲げ強度を用いて算定される曲げひび割れ発生荷重は 41.1kN となり、実験値 32.2kN と比較して多少過大評価されている。また割裂強度から得られた算定値は 19.8kN となり、過小評価となる。しかし寸法効果の影響を考えると、この算定式は妥当であると考えられる。

4. 結論および今後の課題

- SSC 供試体の曲げ破壊やせん断破壊の破壊性状はコンクリートに類似している。
- コンクリートの算定式に SSC の圧縮強度および弾性係数を代入して降伏曲げモーメントおよび終局曲げモーメントを算定した結果、降伏曲げモーメントに関してはほぼ実験値と一致したが、終局曲げモーメントは過大評価する結果となった。またこの原因として算定式における引張強度無視が影響していると考えられる。
- 曲げ破壊試験結果から算定されるひび割れ発生荷重は実験値よりも上回り、割裂試験による算定値は下回った。しかし寸法効果を考えると、この算定式で妥当な評価が行えるといえる。

今後の課題として、

- 炭素繊維シートなど、新たな材料との複合化の検討
- SSC は高温での施工となるため、SSC プラントの開発、運搬用重機の改良など、SSC の実用化に向けての検討が必要である。

参考文献

[1]小野紘一ら:硫黄・高炉スラグ固化体の基礎物性に関する研究,平成12年度土木学会関西支部年次学術講演会 概要,土木学会関西支部, V3-1-2, 2000, 6

[2]日本コンクリート工学協会:コンクリート便覧(第二版),技報堂出版, pp865-870, 1996.

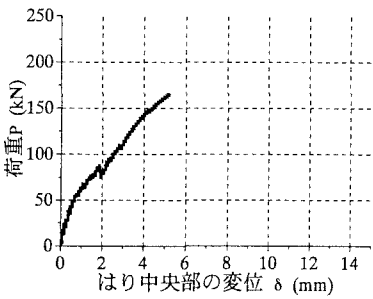


図-2 荷重－変位関係(R-1)

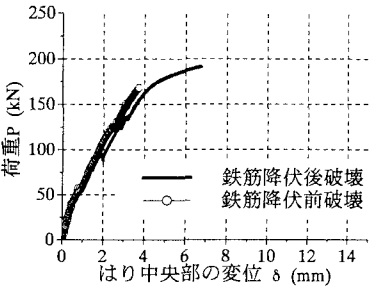


図-3 荷重－変位関係(R-2)

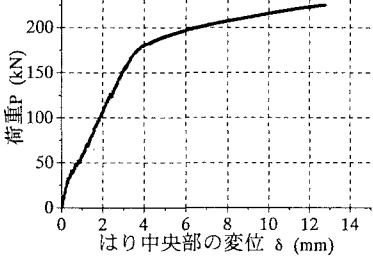


図-4 荷重－変位関係(R-3)

表-4 曲げモーメント(N・mm)

	理論値	実験値
M_y	2.84×10^7	3.06×10^7
M_u	3.06×10^7	3.93×10^7