

珉殻灰を混入した RC はり部材の破壊挙動

名古屋工業大学大学院 正会員 ○梶原 教裕
碧南市職員 非会員 河合 良紀

名古屋工業大学大学院 正会員 上原 匠
名古屋工業大学大学院 学生員 加納 侑岳

1. はじめに

本研究室では、タイ王国における火力発電で副産物として大量に排出される珉殻灰に着目し、コンクリート構造物への有効利用を目的とした研究⁽¹⁾を行なっている。珉殻灰を混入したコンクリートは粘性が高く施工性は劣るが、ポゾラン反応性が活発となり、気中養生時の強度発現にも優れている。そこで、実用化に向けて混和材として珉殻灰を加えた RC はり部材の破壊挙動を実験に基づいて検討することを目的とした。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を、表-2 に配合表を示す。また、図-1 に RC はり部材の形状寸法を示す。幅 200mm、高さ 300mm、部材長 2000mm の鋼製型枠に、主鉄筋として D19(SD345) の異形棒鋼を 3 本配置した。また載荷試験中のせん断破壊を防止するために、D10(SD295) の異形棒鋼をスターラップとして 100mm 間隔で配置した。打設時はコンクリートを 2 層に分けて詰め込み、棒状バイブレーターで入念に締固めを行った。試験体は各配合について 1 本ずつ作製し 20±2.5℃、60±20% の環境下で養生した。曲げ破壊試験には 1000kN 構造試験機を使用した。図-1 に示すように、せん断スパン長 (a=800mm) および有効高さ (d=250mm) として、材齢 91 日の試験体に対して、2 点載荷による曲げ引張破壊 (a/d=3.2) を想定し、試験を実施した。支点は一方を固定ヒンジ支承、他方を可動ヒンジ支承とし、載荷点の上に丸棒、荷重分配桁およびロードセルを載せ、曲げ破壊となるまで載荷した。たわみの算定および終局曲げモーメントの算定は、コンクリート標準示方書の有効曲げ剛性モデル⁽²⁾を用い、各配合に対してたわみの算定を行った。また、算定されたたわみ量(以下、たわみの計算値)を曲げ破壊試験から計測されたたわみ量(以下、たわみの実測値)と比較し、珉殻灰を混入した RC はり部材のたわみ量の算定における安全性および適応性を検証した。

終局曲げモーメントの計算には、コンクリート標準示方書に準じた終局曲げモーメントの算定式が一般に多く用いられている。珉殻灰を混入した RC はり部材に対しては、終局曲げモーメントの算定についての安全性および適応性を検討する必要がある。そのため本研究では、算定された終局曲げモーメント(以下、終局曲げモーメントの計算値)を曲げ破壊試験から計測された終局曲げモーメント(以下、終局曲げモーメントの実測値)と比較することにより、その安全性および適応性を検証した。

終局曲げモーメントの計算には、コンクリート標準示方書に準じた終局曲げモーメントの算定式が一般に多く用いられている。珉殻灰を混入した RC はり部材に対しては、終局曲げモーメントの算定についての安全性および適応性を検討する必要がある。そのため本研究では、算定された終局曲げモーメント(以下、終局曲げモーメントの計算値)を曲げ破壊試験から計測された終局曲げモーメント(以下、終局曲げモーメントの実測値)と比較することにより、その安全性および適応性を検証した。

3. 実験結果および考察

3.1 全体挙動

材齢 91 日における Base ならびに珉殻灰を混入したコンクリートの圧縮強度はそれぞれ 30.3N/mm²、42.0N/mm²

キーワード 珉殻灰, RC はり部材

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL052-735-5502

表-1 使用材料

種別	記号	物性値
普通ポルトランドセメント	C	密度: 3.16g/cm ³ 比表面積: 3290cm ² /g(UM社製)
細骨材	S	表乾密度: 2.67g/cm ³ 絶乾密度: 2.64g/cm ³ 吸水率: 1.24% 粗粒率: 2.77
粗骨材	G	表乾密度: 2.72g/cm ³ 絶乾密度: 2.70g/cm ³ 吸水率: 58.9% 粗粒率: 6.64 実積率: 58.9%
混和材	RHA	密度: 2.41g/cm ³ 平均粒径: 80.1μm 比表面積: 321000cm ² /g 未燃カーボン: 3.5%
混和剤	高性能AE減水剤	主成分: ポリカルボン酸系 非空気連行タイプ
	AE剤	主成分: 高級脂肪酸および非イオン系界面活性剤

表-2 配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					化学混和剤		
			水 W	セメント C	珉殻灰 RHA	細骨材 S	粗骨材 G	計	SP (B×%)	AE (B×%)
Base	60	39.5	175	292	-	725	1127	2319	0.70	0.003
RHA		37.0			75	642		2311	2.30	0.050

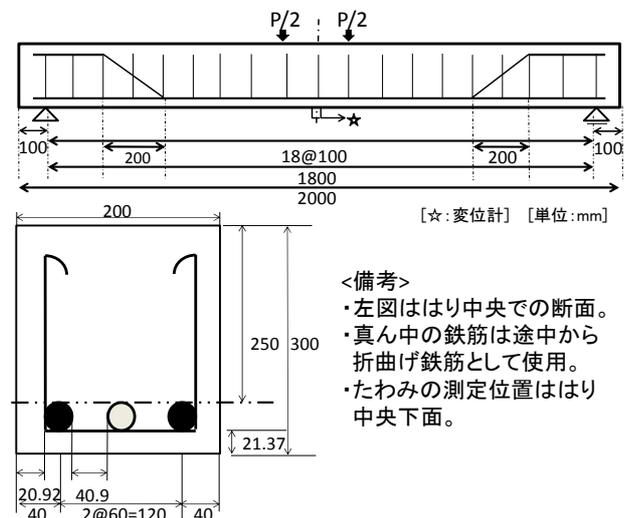


図-1 RC はり部材の形状寸法

<備考>
・左図ははり中央での断面。
・真ん中の鉄筋は途中から折曲げ鉄筋として使用。
・たわみの測定位置ははり中央下面。

であった。(空気量はそれぞれ 4.6%、4.7%) 図-2 に各配合における曲げ破壊に至るまでの荷重-たわみ曲線を示す。曲げ破壊に至るまでに Base の RC はり部材とほぼ同じ荷重-たわみ曲線を描くことから、珪殻灰を混入した RC はり部材への利用においては Base と同様に扱うことが出来るといえる。

また、破壊形態については、Base の RC はり部材と同様に珪殻灰を混入した RC はり部材でも、まず、曲げひび割れが発生し、次第にひび割れ本数が増加した。主鉄筋の降伏後、曲げひび割れが大きく成長し、最終的にコンクリート圧縮域の破壊に至った。

3.2 ひび割れ状況

図-3 に曲げ破壊時における各 RC はり部材のひび割れの状況を示す。各 RC はり部材が曲げ破壊に至ったとき、珪殻灰を用いた配合でのひび割れ本数および長さは Base と同様な結果が得られた。

3.3 たわみの実測値と計算値の比較

表-3 に各 RC はり部材におけるたわみの実測値と計算値の比較を示す。試験結果より、いずれの RC はり部材もたわみの計算値と実測値がほぼ同等であることから、短期たわみの計算に用いたコンクリート標準示方書の規定式が曲げ剛性の評価に適用できることがわかった。また、Base の RC はり部材よりも珪殻灰を混入した RC はり部材の短期たわみ量の実測値が小さくなった。これは、珪殻灰のポズラン反応による圧縮強度の長期的増加が曲げ剛性に影響していることから、珪殻灰を混入することにより安全側で設計されることが確認された。

3.4 曲げモーメントの実測値と計算値の比較

表-4 に終局曲げモーメントの実測値と計算値との比較を示す。表-4 では、計算値に対する実測値の比も示しているが、Base の RC はり部材(0.95)と RHA の RC はり部材(0.96)との結果からほぼ同等の性能と考えられる。すなわち、コンクリート標準示方書に準じた終局曲げモーメントの算定方法は本研究に用いた RC はり部材の曲げモーメントの評価に適用できることがわかった。

4. まとめ

- (1) 珪殻灰を混入した RC はり部材は Base の RC はり部材とほぼ同じ荷重-たわみ曲線を描くことから、珪殻灰は混和材として利用可能であるといえる。また、破壊形態についても同様に制御できることが明らかになった。
- (2) たわみ量算定において、コンクリート標準示方書の有効曲げ剛性モデルを用いて、珪殻灰を混入した RC はり部材の短期たわみ量の評価することは可能であり、安全側で設計されることが確認された。
- (3) 曲げモーメント算定において、コンクリート標準示方書に準じた終局曲げモーメントの算定方法は珪殻灰を用いた RC はり部材の曲げモーメントの評価に適用できることが明らかとなった。

参考文献

- (1) 梶原教裕ほか：火力発電所より排出される珪殻灰の有効利用に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集 2009
- (2) 土木学会：コンクリート標準示方書[設計編:標準]、P172~176、232~234、2012

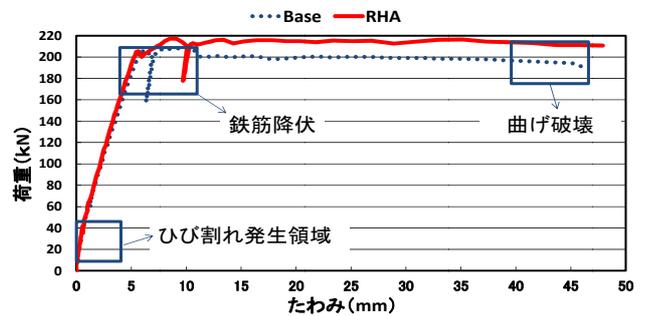


図-2 荷重-たわみ曲線

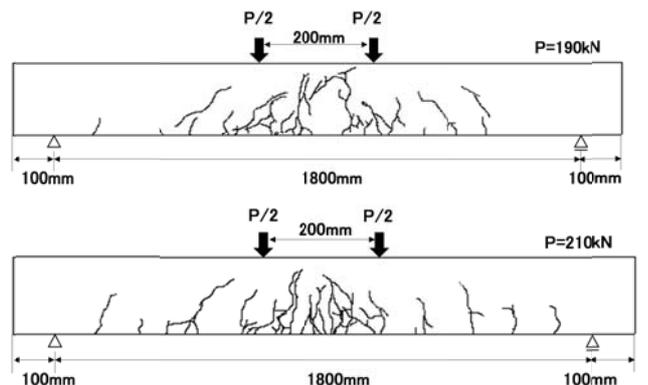


図-3 RC はり曲げ破壊時の状況(上:Base 下:RHA)

表-3 たわみの実測値と計算値の比較

配合名	項目	125kN	135kN	145kN	154kN	164kN	175kN	184kN	195kN	205kN	
Base	実測値 (mm)	3.05	3.40	3.70	4.00	4.30	4.70	5.00	5.40	5.85	平均値
	計算値 (mm)	3.46	3.71	3.96	4.20	4.46	4.76	4.98	5.26	5.54	
	比率	0.88	0.92	0.94	0.95	0.96	0.99	1.00	1.03	1.06	0.97
RHA	実測値 (mm)	2.90	3.20	3.45	3.75	4.15	4.45	4.75	5.05	5.65	平均値
	計算値 (mm)	3.20	3.47	3.75	4.00	4.31	4.62	4.83	5.11	5.41	
	比率	0.91	0.92	0.92	0.94	0.96	0.96	0.98	0.99	1.04	0.96

表-4 終局曲げモーメントの実測値と計算値の比較

配合名	曲げモーメント (N・mm)		実測値/計算値
	実測値	計算値	
Base	6.3×10^7	6.6×10^7	0.95
RHA	6.5×10^7	6.8×10^7	0.96