石灰石骨材を用いたＲＣ・ＰＣはりの曲げ性状

太平洋セメント（株）　正会員　○肥後　康秀
茨城大学工学部　正会員　木村　亨
茨城大学工学部　正会員　福澤　公夫
鈴与建設（株）　非会員　大古田　和也

１．はじめに

コンクリート骨材の需要が減少している中，石灰石骨材の需要は増加している．石灰石は，骨材自体の強度は低いものの，石灰石砕石を用いたコンクリートは，硬質砂岩砕石を用いたコンクリートと比較して，圧縮，引張および曲げ強度は同等か同等以上[1)]，乾燥収縮は硬質砂岩砕石を用いた場合よりも小さい[2)]という報告がある．また，石灰石砕砂と砕石を用いたコンクリートは，セメント原料としてリサイクルも可能であり[3)]，コンクリートポールへの適用例もある．日本は豊富に石灰石を有していることや，近年の環境意識の高まりからも，今後多くの構造物や製品に石灰石の利用が期待できる．

しかし，石灰石骨材を用いたコンクリート構造体の性能を確認した報告は見あたらない．そこで本研究は，RC・PC はりを用いて曲げ性状の把握に関する基礎的な検討を行った．

２．実験概要

実験の要因と水準を表１に，使用材料を表２に，コンクリートの配合を表３に示す．コンクリートは，いずれも関東地区産の骨材を用いて硬質砂岩砕砂と砕石とする SS，硬質砂岩砕砂と石灰石砕石とする SL，石灰石砕砂と砕石とする LL の３種類とし，補強材量を変化させた RC, PC はりを作製し曲げ試験を行った．

試験体諸元を表４に示す．PC はりの導入プレストレスは，コンクリート下縁で 10.0 および 20.0MPa であり，RC はりは，断面の鉄筋量を約 1.1%および 2.3%と変化させた．

はりは，両端で支え（距離 1800mm），中央２点（距離 500mm）で載荷するいわいる 4 点載荷によって行った．なお，中央の変位を変位計にて，中央部の上下面３カ所，側面 5 カ所のひずみを 60mm ワイヤストレインゲージにて，主鉄筋・PC 鋼棒のひずみを 6mm ワイヤストレインゲージにて測定した．

表１　要因と水準

要因	水準
配合	SS:普通細骨材+普通粗骨材 SL:普通細骨材+石灰石粗骨材 LL:石灰石細骨材+石灰石粗骨材
構造	RC、PC

表２　使用材料

材料	記号	規格･銘柄等
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度3.16g/cm^3
細骨材	S1	硬質砂岩,表乾密度2.64g/cm^3 吸水率1.38%, 実積率64.8%
	S2	石灰石砕砂，表乾密度2.64g/cm^3 吸水率1.8%, 実積率64.3%
粗骨材	G1	硬質砂岩, 表乾密度2.68g/cm^3 吸水率0.64%, 最大寸法20mm
	G2	石灰石砕石, 表乾密度2.70g/cm^3 吸水率0.51%, 実積率58.0%, 最大寸法20mm
混和剤	SP	高性能AE減水剤，レオビルド8000S
軸方向補強材		φ26 B種1号（fy=1054N/mm^2, fb=1132N/mm^2）
		SD345（D22:fy=392N/mm^2, D32:fy=406N/mm^2）
剪断補強筋		SD345（D16:fy=390N/mm^2）
組立鉄筋		SD345（D10:fy=354N/mm^2）

表３　コンクリートの配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量(kg/m^3) W	C	S1	S2	G1	G2	SP
SS	35	41	4.5	165	471	689	−	1026	−	3.77
SL	35	41	4.5	165	471	689	−	−	1021	3.30
LL	35	41	4.5	165	471	−	684	−	1021	2.83

S1,G1は普通骨材を示し、S2,G2は石灰石骨材を示す。

表４　試験体諸元

試験体	全長 L mm	幅 b mm	高さ h mm	有効高さ d mm	軸方向補強材	条件 プレストレス* MPa	鉄筋比
M-PC-①	4000	200	400	267	φ26×1	10.0	−
M-PC-②					φ26×2	20.0	
M-RC-①				350	D22×2	−	1.1%
M-RC-②					D32×2		2.3%

*:引張縁における緊張時のプレストレス

キーワード：石灰石，はり，ＰＣ，曲げ性状
連絡先：〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2　TEL:043-498-3855　FAX:043-498-3904

3. 曲げ試験結果

曲げ試験結果を表５に，荷重と変位の関係を図１および図２に示す．表５におけるひび割れ荷重の計算値(Pcr(cal))は，コンクリートの引張側の縁応力が曲げ強度に達する時点として算出した．破壊荷重は，単純ばりとして終局曲げモーメントから算出した．ひび割れ荷重の実測値は，下面のゲージの値が変化する荷重(Pcr(gage))および肉眼によりひび割れを発見した荷重(Pcr(obs))として求めた．

Pcr(gage) / Pcr(cal)が0.80～1.51，Pcr(obs) / Pcr(cal)が1.00～1.77であり，多少ばらつきがあるものの，ゲージの変化点から求める Pcr(gage)は，計算値とほぼ一致している．Pu(exp) / Pu(cal)は，0.99～1.22であり，良く一致した．

はりの破壊形態を見ると，RC試験体では主鉄筋が降伏する曲げ引張破壊と計算され，実測においても予測どおりとなった．PC試験体においては，緊張時下縁プレストレスが10.0MPaの場合，曲げ引張破壊と計算され，骨材SSおよびLLの実測は予測と一致した．緊張時下縁プレストレスが20.0MPaの場合は，主鉄筋が降伏することなく，はり上縁のコンクリートが圧縮破壊する曲げ圧縮破壊と計算され，実測は予測と一致した．

また，図１および図２の荷重と変位の関係および図３に示す代表的な載荷後のひび割れ図においても，その耐荷挙動に使用した骨材による差はほとんど見られなかった．

4. まとめ

石灰石骨材を用いたRC･PCはりの曲げ性状に関する検討を行った結果，硬質砂岩との骨材の違いによるひび割れ荷重，破壊荷重，ひび割れ図および破壊に至るまでの荷重変形量関係は，変わらないことを確認した．

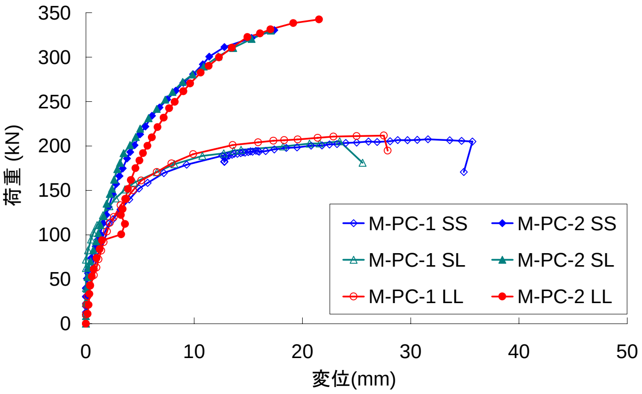

図１　荷重と変位の関係(PC試験体)

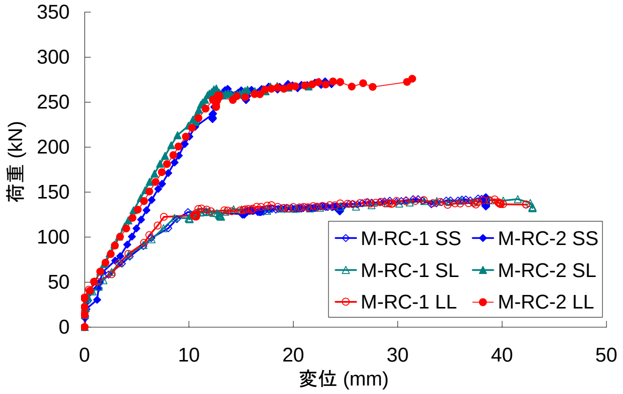

図２　荷重と変位の関係(RC試験体)

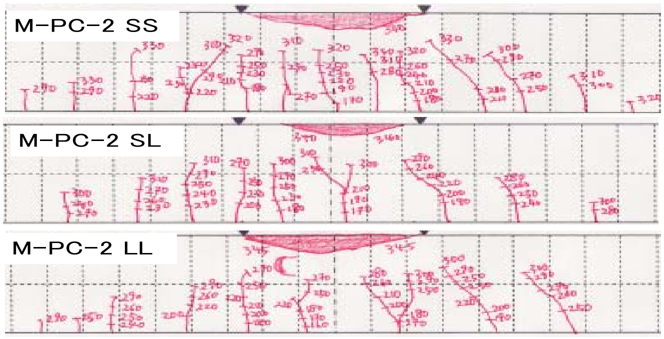

図３　破壊時におけるM-PC-２のひび割れ

表５　曲げ試験結果

部材	種類	圧縮強度 (N/mm^2)	ひび割れ発生荷重 Pcr(gage) kN	ひび割れ発生荷重 Pcr (obs) kN	計算値 Pcr (cal) kN	Pcr(gage) / Pcr(cal)	Pcr(obs) / Pcr(cal)	終局荷重 Pu (exp) kN	計算値 Pu (cal) kN	Pu(exp) / Pu(cal)	破壊形態
M-PC-1	SS	53.9	90	100	93.8	0.96	1.07	205	170.9	1.20	曲げ引張破壊
	SL	48.8	100	100	92.6	1.08	1.08	204	169.9	1.20	曲げ圧縮破壊
	LL	55.5	110	110	89.4	1.23	1.23	210	173.5	1.21	曲げ引張破壊
M-PC-2	SS	60.5	160	170	155.9	1.03	1.09	340	303.1	1.12	曲げ圧縮破壊
	SL	50.0	170	170	155.9	1.09	1.09	340	279.3	1.22	曲げ圧縮破壊
	LL	60.9	160	160	159.9	1.00	1.00	345	298.8	1.15	曲げ圧縮破壊
M-RC-1	SS	65.3	40	30	26.5	1.51	1.13	143	136.1	1.05	曲げ引張破壊
	SL	51.5	20	40	22.6	0.88	1.77	140	134.6	1.04	曲げ引張破壊
	LL	54.7	20	30	23.6	0.85	1.27	145	135.0	1.07	曲げ引張破壊
M-RC-2	SS	54.0	30	30	23.4	1.28	1.28	270	272.5	0.99	曲げ引張破壊
	SL	51.9	20	30	22.8	0.88	1.32	270	271.3	1.00	曲げ引張破壊
	LL	59.8	20	40	25.0	0.80	1.60	275	275.5	1.00	曲げ引張破壊

注)：1)Pcr(gage):ゲージの変化する点から求めたひび割れ荷重、2)Pcr(obs):肉眼によりひび割れを発見した荷重

参考文献

1.小畠明他：石灰石砕石を用いたコンクリートの強度特性，コンクリート工学年次論文集，vol.26，No.1，2004，pp93-98

2.（社）セメント協会：コンクリートの乾燥収縮に及ぼす各種要因の検討，耐久性専門委員会ひびわれ分科会報告H-23，1992.10

3.友澤史紀他：完全リサイクルコンクリート（エココンクリート）の研究，日本建築学会学術講演概要集，1994，pp337-338