



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 3 Tahun 2024 Page 11165-11175

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Analisis Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi 20 mm Berdasarkan Nilai Kuat Tekan dan Porositas

Toni Budi Santoso<sup>1✉</sup>, M.Zainul Ikhwan<sup>2</sup>, Zainuddin<sup>3</sup>, Bella Luthfiani Al Zakina<sup>4</sup>

Universitas Bojonegoro

Email: [prawoto.poni@gmail.com](mailto:prawoto.poni@gmail.com)<sup>✉</sup>

### Abstrak

Salah satu inovasi yang sedang dilakukan dalam dunia konstruksi adalah beton porous. Beton non pasir merupakan jenis beton ringan yang dibuat tanpa menggunakan agregat halus (pasir). Tidak adanya agregat halus dalam campuran menghasilkan beton yang berpori sehingga beratnya menjadi berkurang. Mix design yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada ACI-522R-10 dengan menggunakan ukuran agregat kasar 20 mm. menggunakan total 15 buah benda uji dengan perawatan dalam bak perendam. Dilakukan pengujian kuat tekan, porositas dan permeabilitas beton pada umur 7, 14 dan 28 hari. Benda uji mempunyai dimensi silinder 15 cm x 30 cm dan 10 cm x 20 cm untuk pengujian porositas. Hasil penelitian ini menunjukkan kuat tekan beton porous dengan menggunakan agregat kasar ukuran 20 mm untuk umur 7 hari rata-rata sebesar 4,501 Mpa dan umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 5,206 Mpa sedangkan umur 28 hari mengalami penurunan kuat tekan nilai kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 4,092 Mpa Sehingga beton porous yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi persyaratan kuat tekan beton porous menurut ACI 522R – 10. Sedangkan untuk porositas beton porous pada umur 7 hari sebesar 12.95 % dan umur 14 hari sebesar 11.95 % pada umur 28 hari nilai porositas sebesar 13.22 %. Sedangkan untuk permeabilitas beton porous pada umur 28 hari sebesar 1.17 mm/s.

Kata Kunci: *Beton Porous, Porositas, Permeabilitas*

## Abstract

One of the innovations that is being carried out in the world of construction is porous concrete. Non-sand concrete is a type of lightweight concrete made without using fine aggregate (sand). The absence of fine aggregate in the mixture produces porous concrete so its weight is reduced. The mix design used in this research refers to ACI-522R-10 using a coarse aggregate size of 20 mm. using a total of 15 test objects with treatment in a soaking bath. Tests were carried out for compressive strength, porosity and permeability of concrete at the ages of 7, 14 and 28 days. The test object has cylindrical dimensions of 15 cm x 30 cm and 10 cm x 20 cm for porosity testing. The results of this research show that the compressive strength of porous concrete using 20 mm coarse aggregate for an average age of 7 days is 4,501 Mpa and at 14 days the average compressive strength is 5,206 Mpa, while at 28 days the compressive strength decreases in compressive strength values at age 28 days is 4,092 Mpa. So the porous concrete used in this research meets the compressive strength requirements for porous concrete according to ACI 522R - 10. Meanwhile, the porosity of porous concrete at 7 days is 12.95% and at 14 days is 11.95%. At 28 days, the porosity value amounting to 13.22%. Meanwhile, the permeability of porous concrete at 28 days is 1.17 mm/s.

Keywords: *Porous Concrete, Porosity, Permeability*

## PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan berbagai infrastruktur menyebabkan berkurangnya daerah resapan air, seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana pelayanan. Limpasan permukaan disebabkan oleh penggunaan lahan yang mengabaikan faktor lingkungan, yang meningkatkan bahaya pencemaran air tanah. Akibatnya, pemanfaatan material diperlukan untuk mengurangi risiko (Dong et al., 2023). Pada perkerasan jalan, penggunaan lahan dapat dilakukan secara efektif dan efisien dengan inovasi Beton Porous (Lee et al., 2024). Beton porous dapat digunakan sebagai komponen struktural serta saluran drainase, memungkinkan air limpasan dialirkan ke bumi dan mencegah banjir (Yang et al., 2023). Beton porous terdiri dari campuran air, semen, agregat kasar dengan gradasi seragam atau pecahan, dan agregat halus dengan kadar sedikit atau tanpa agregat halus sama sekali. Campuran ini menghasilkan jaringan pori yang luas dan saling berhubungan Porositas (Browne et al., 2023).

Beton Porous adalah material yang permeabel karena tingginya, yang memungkinkan cairan mengalir melalui lubang pada konstruksi beton (Frías et al., 2024). Agregat kasar, sebagai pencampur bahan campuran untuk beton Berpori, merupakan mayoritas campuran, berkisar antara 75 hingga 85% (Li et al., 2023). Salah satu variabel kunci kinerja campuran beton porous adalah agregat berupa butiran. Rongga kuantitas dan stabilitas

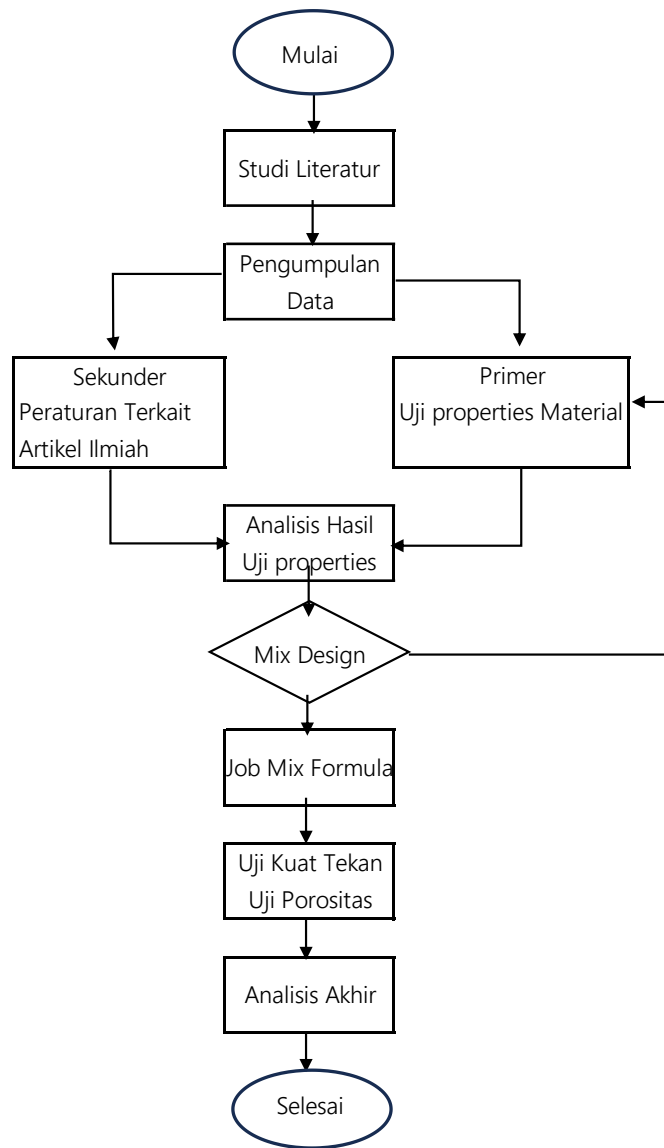
campuran dipengaruhi oleh ukuran agregat (C. Zhang et al., 2024). Salah satu parameter yang mempengaruhi pencapaian kuat tekan, permeabilitas optimum, dan porositas adalah pemilihan ukuran agregat kasar. Pada tekan kuat, beton porous dengan porositas tinggi menyebabkan masalah (Sui et al., 2024). Kekuatan beton berkurang seiring dengan bertambahnya volume pori. Tambahkan sedikit pasir ke dalam campuran untuk memperkecil volume pori-pori dan gunakan penekan yang kuat pada beton yang tembus air (W. Zhang, Wang, et al., 2024).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan dalam pembuatan beton porous ini menggunakan sejumlah sampel dengan komposisi variasi ukuran agregat kasar. Ada empat variasi yang diuji, yakni variasi 1 dengan komposisi 55% dan 45%, Variasi 2 dengan komposisi 55% dan 45%, Variasi 3 dengan komposisi 100%, Variasi 4 dengan komposisi 45% dan 55%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa untuk parameter nilai kuat tekan optimum didapat pada variasi ke 4, sedangkan untuk parameter permeabilitas optimum didapat pada variasi ke 3 dengan jenis agregat yang seragam yaitu agregat lolos saringan 1/2" tertahan 3/8" (Mañosa et al., 2024).

Aplikasi umum untuk penggunaan beton porous adalah untuk lapangan parkir, trotoar, jalan setapak, lapangan tenis, taman, stabilisasi lereng, teras kolam renang, lantai rumah kaca, area kebun binatang, bahu jalan, drainase, peredam kebisingan, lapisan permukaan untuk perkerasan jalan raya, lapisan permeabel dibawah perkerasan beton, dan jalan dengan volume lalu lintas rendah (W. Zhang, Zhao, et al., 2024). Beton yang dapat tembus pada umumnya tidak digunakan sebagai perkerasan dengan lalu lintas padat dan beban roda berat (Jiang et al., 2024). Untuk itu penelitian perlu dilakukan terhadap beton porous dengan mengambil substitusi pada agregat kasar dengan gradasi 20 mm.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian berskala laboratorium dengan melakukan pemeriksaan material, mix design, pengecoran atau pembuatan benda uji (silinder), slump test, perawatan beton, pengujian berat isi agregat, uji kuat tekan, pengujian porositas dan pengujian permeabilitas. Pada penelitian ini metode yang di gunakan adalah metode kuantitatif eksperimen. Dimana perhitungan data diperoleh dari hasil eksperimen di laboratorium. Variabel bebas penelitian berupa ukuran agregat kasar 10-20 mm, sedangkan variabel terikat berupa kuat tekan dan porositas. Uji laboratorium digunakan untuk mendapatkan data primer yaitu data pengujian beton dan mix design dengan pendekatan "ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete Reapproved".



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

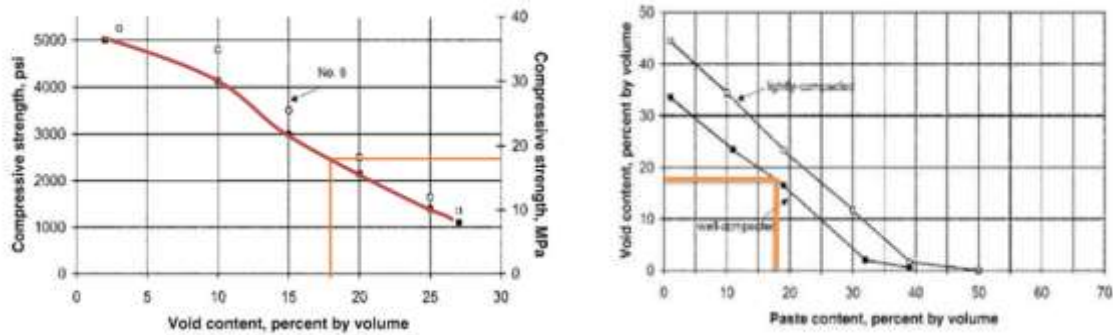
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan campuran beton porous (*mix design*) dilakukan berdasarkan hasil dari masing masing bahan yang sudah di uji dan akan digunakan untuk pencampuran beton porous. Pembuatan Rencana Campuran Beton porous ini mengacu kepada ACI 522 R-10. Hasil dari perencanaan *mix design* dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perencanaan Mix Design

No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	kuat tekan rencana	18	mpa	
2	Berat Agregat Kasar dalam Unit Volume Beton (b)	1391	kg/m <sup>3</sup>	Uji lab
3	Berat Agregat Kasar dalam Unit Volume Beton padat (bo)	1644	kg	Uji lab
4	b/bo	0.85		metode b/bo
5	penyerapan	1.37	%	Hasil uji lab
6	Berat Agregat Kasar dalam Unit Volume Beton padat (ssd)	1786	kg	berat per unit volume + penyerapan
7	void content	18	%	Gambar 2 (a)
8	pasta content (vp)	0.18	%	Gambar 2 (b)
9	w/c	0.27		Tabel 2
10	Berat Semen Digunakan (c)	307.692	kg/m <sup>3</sup>	$C = \frac{V_p}{0,315 + w/c} \times 100 \text{ kg/cm}^3$
11	Air ( W )	83.0769	kg/m <sup>3</sup>	$w = c * (w/c)$
	Rencana silinder tiap m <sup>3</sup>			semen : 308 kg
				air : 83 liter
				batu pecah : 1644 kg
				Total : 2035
	Rencana silinder diameter 15 tinggi 30 cm 12 x			semen : 20 kg
				air : 5 liter
				batu pecah : 115 kg
				Total : 140 kg
	Rencana silinder diameter 10 tinggi 20 cm 9x			semen : 4.3 kg
				air : 1.2 liter
				batu pecah : 23.3 kg
				Total : 28.8 kg

Proporsi campuran untuk beton porous menggunakan materian semen 270-415 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan rasio air dan semen 0,27-0,34 kg m<sup>3</sup>, rasio air dan agregat 4-4,5 : 1, rasio pasir dan agregat 0-1 : 1 dengan mengacu pada ACI 522R-20. Untuk void content dan pasta content dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Void Content (b) Pasta Content

Pengujian kuat tekan dilakukann pada benda uji yang berumur 7,14,28 hari. Pengujian kuat tekan di lakukan dengan alat Compression Testing Machine untuk mendapatkan beban maksimum pada saat beton hancur ketika nenerima beban tersebut (P max).

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Nomor kode benda uji	Umur	Berat (kg)	Kuat tekan	rata rata
1	7	9,879	2,835	4,501
2		9,772	4,106	
3		9,561	5,456	
4		9,959	5,606	
1	14	9,933	5,405	5,206
2		9,985	5,676	
3		9,974	4,869	
4		9,725	4,872	
1	28	9,552	2,684	4,092
2		10,297	5,089	
3		10,092	5,588	
4		9,551	3,008	

Dari hasil data pengujian kuat tekan beton di atas diketahui bahwa pada umur 7 hari kuat tekan rata-rata sebesar 4,501 Mpa sedangkan pada umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 5,206 Mpa sedangkan pada umur 28 hari nilai kuat tekan rata – rata sebesar 4,092 Mpa.

Pengujian porositas diawali dengan pengujian berat sampel dalam air dengan menggunakan timbangan dilanjutkan dengan menimbang berat sampel kondisi permukaan

jenuh, kemudian dilanjutkan dengan mengoven sampel selama 24 jam dengan kondisi suhu 110o C, setelah sampel dioven selama 24 jam sampel dikeluarkan dan ditimbang beratnya. Setelah itu dilakukan pengumpulan data dai sampel – sampel yang digunakan dalam pengujian porositas, kemudian dilakukan analisis data porosotas menggunakan rumus porositas beton. Setelah melalui tahap– tahap tersebut maka didapatkan hasil pengujian.

Tabel 3. Pengujian Porositas

Umur (Hari)	Nomor kode	Berat kering oven	Berat basah	Berat permukaan	Porositas %	Rata-rata
	benda uji	(C)	(B)	(A)	$\frac{B - C}{B - A} \times 100\%$	
7	I	2.418	1.417	2.568	13.032	12.95
	II	2.467	1.437	2.658	15.643	
	III	2.399	1.389	2.524	11.013	
14	I	2.398	1.391	2.531	11.667	11.95
	II	2.392	1.394	2.589	16.485	
	III	2.401	1.411	2.512	10.082	
28	I	2.400	1.391	2.531	11.491	13.22
	II	2.392	1.394	2.589	16.485	
	III	2.392	1.411	2.512	10.899	

Berdasarkan tabel di atas didapatkan nilai porositas sebesar 12.95 % pada umur7 hari sedangkan pada umur 14 hari di dapatkan nilai porositas sebesar 11.95 % dan pada umur 28 hari di dapatkan porositas sebesar 13.22% nilai porositas di atas sudah memenuhi persyaratan porositas beton porous dimana menurut ACI 522R-10 nilai porositas beton porous berkisar 12 % - 25 %.

Tabel 4. Pengujian Permeabilitas

Umur (Hari)	Benda Uji	Koefisien luas permukaan (A)	Waktu	Tinggi	Permeabilitas	Rata - rata
			detik (T)	air jatuh	$K = \frac{A}{t}$	
7	1	176.78	157	1.72	1.13	1.16
	2	176.78	143	1.51	1.24	
	3	176.78	131	1.41	1.35	
	4	176.78	190	1.39	0.93	
14	1	176.78	157	1.62	1.13	1.14

	2	176.78	143	1.41	1.24	
	3	176.78	129	1.52	1.37	
	4	176.78	189	1.4	0.94	
28	1	176.78	150	1.72	1.18	1.17
	2	176.78	152	1.51	1.16	
	3	176.78	142	1.72	1.24	
	4	176.78	178	1.41	0.99	

Berdasarkan Tabel 4 didapatkan nilai permeabilitas pada umur 7 hari sebesar 1,16 mm/s sedangkan pada umur 14 hari sebesar 1,14 mm/s dan pada umur 28 hari nilai permeabilitas sebesar 1,17 cm/s untuk persyaratan nilai permeabilitas yang di tetapkan oleh ACI 522R – 10 minimum 0,14 mm/s dan maksimum 1,22 mm/s.

Pengujian berat jenis ini dilakukan pada saat akan melakukan pengujian kuat tekan beton. Benda uji yang berada di dalam perendaman diangkat terlebih dahulu kemudian dikeringkan selama 24 jam. Setelah proses pengeringan, benda uji ditimbang menggunakan timbangan digital. Kemudian dicatat berat yang tertera pada timbangan pada timbangan digital untuk masing-masing benda uji tersebut.

Tabel 5. Pengujian Berat Jenis

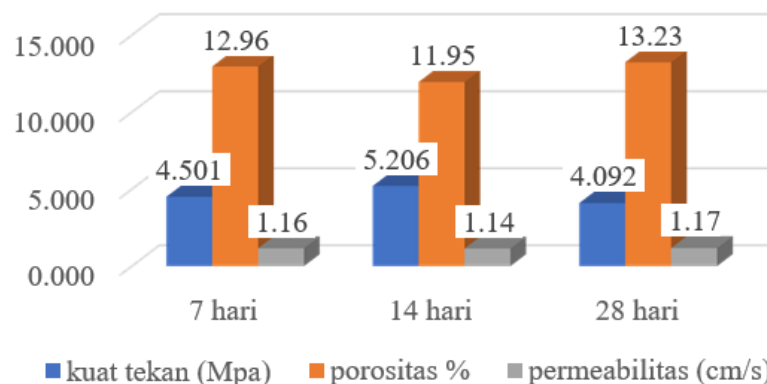
Umur	Nomor kode	Berat Kg	Volume benda uji (m <sup>3</sup> )	Berat jenis kg/m <sup>3</sup>	Berat jenis rata-rata
	Benda uji				
7	I	9.879	0.0053	1863.96	1847.69
	II	9.772	0.0053	1843.77	
	III	9.561	0.0053	1803.96	
	IV	9.959	0.0053	1879.06	
14	I	9.933	0.0053	1874.15	1868.73
	II	9.985	0.0053	1883.96	
	III	9.974	0.0053	1881.89	
	IV	9.725	0.0053	1834.91	
28	I	9.552	0.0053	1802.26	1862.78
	II	10.296	0.0053	1942.64	
	III	10.092	0.0053	1904.15	
	IV	9.551	0.0053	1802.08	

Hubungan antara kuat tekan, porositas dan permeabilitas yang didapatkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hubungan Kuat Tekan, Porositas, Permeabilitas

Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Porositas (%)	Permeabilitas (mm/s)
7 hari	4.501	12.96	1.16
14 hari	5.206	11.95	1.14
28 hari	4.092	13.23	1.17

Dari Tabel 6 dapat diketahui nilai kuat tekan 4,501 Mpa di dapatkan nilai porositas 12.96% dan nilai permeabilitas 1,16 mm/s, nilai kuat tekan 5,206 Mpa di dapatkan nilai porositas 11.95 % dan nilai permeabilitas 1,14 mm/s, nilai kuat tekan 4,092 Mpa di dapatkan nilai porositas 13.23 % dan nilai permeabilitas 1.14 mm/s. Berdasarkan Tabel 6 maka dibuat kedalam bentuk grafik seperti mengenai hubungan kuat tekan, porositas dan nilai permeabilitas sebagai berikut ini:



Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat Tekan, Porositas dan Permeabilitas

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui beton porous dengan nilai kuat tekan tertinggi dapat menyebabkan penurunan porositas dan permeabilitas nilai kuat tekan tertinggi terjadi pada umur 14 hari sebesar 5,206 Mpa sedangkan nilai porositas tertinggi. Pada umur 28 hari sebesar 13,23 % dan permeabilitas tertinggi 1.17 mm/s terjadi pada umur 28 hari sedangkan semakin rendah nilai kuat tekan beton porous maka semakin besar nilai porositas dan permeabilitas beton porous.

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Kuat tekan beton porous dengan menggunakan agregat kasar 20 mm pada umur 7

hari rata-rata sebesar 4,501 Mpa dan pada umur 14 hari rata-rata 5,206 Mpa sedangkan pada umur 28 hari rata-rata sebesar 4,092 Mpa.

2. Nilai porositas beton porous dengan menggunakan agregat kasar 20 mm pada umur 7 hari rata-rata sebesar 12,96 % dan pada umur 14 hari rata-rata 11,95 % sedangkan pada umur 28 hari rata-rata sebesar 13,23 %.
3. Nilai permeabilitas beton porous dengan menggunakan agregat kasar 20 mm pada umur 7 hari rata-rata sebesar 1.16 cm/s dan pada umur 14 hari rata-rata 1.14 mm/s sedangkan pada umur 28 hari rata-rata sebesar 1.17 mm/s.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Browne, D. E., Peverall, R., Ritchie, G. A. D., & Viles, H. A. (2023). Direct monitoring of drying kinetics of building limestones using cavity ring-down spectroscopy. *Construction and Building Materials*, *369*(February), 130554. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130554>
- Dong, G., Liu, X., Yin, L., Fu, X., Song, J., Zhao, X., & Pei, W. (2023). Development characteristics and genetic analysis of dense limestone reservoirs in the Taiyuan Formation of the Ordos Basin, China. *Journal of Natural Gas Geoscience*, *8*(5), 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.jnggs.2023.09.002>
- Frías, M., Guerrero, A., Monasterio, M., Insignares, Á., & Sánchez de Rojas, M. I. (2024). Viability of using limestone concrete waste from CDW to produce ternary cements type LC3. *Construction and Building Materials*, *411*(June 2023). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134362>
- Jiang, L., Zhang, Y., Kong, P., Cheng, L., Liu, G., & Sun, J. (2024). Coal fly ash-bound limestone-derived sorbent pellets for high-temperature CO<sub>2</sub> capture. *Carbon Capture Science and Technology*, *10*(October 2023), 100155. <https://doi.org/10.1016/j.ccst.2023.100155>
- Lee, J., Lothenbach, B., & Moon, J. (2024). Performance improvement of Portland-limestone cement by mechanochemical activation. *Cement and Concrete Research*, *176*(November 2023), 107411. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2023.107411>
- Li, L., Li, C., Huang, B., Li, J., Li, S., & Li, X. (2023). Meso-mechanical anisotropy and fracture evolution of reef limestones from the Maldives Islands and the South China Sea. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, *15*(12), 3173–3187. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2023.02.027>
- Mañosa, J., Calderón, A., Salgado-Pizarro, R., Maldonado-Alameda, A., & Chimenos, J. M.

- (2024). Research evolution of limestone calcined clay cement (LC3), a promising low-carbon binder – A comprehensive overview. *Helijon*, 10(3). <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2024.e25117>
- Sui, S., Shan, Y., Li, S., Geng, Y., Wang, F., Liu, Z., Jiang, J., Wang, L., & Yang, Z. (2024). Investigation on chloride migration behavior of metakaolin-quartz-limestone blended cementitious materials with electrochemical impedance spectroscopy method. *Case Studies in Construction Materials*, 20(March), e03064. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03064>
- Yang, Z., Zhang, W., Zhu, H., Chen, Y., Xu, L., Wang, P., & Lai, Y. (2023). Thaumasite form of sulfate attack in ettringite rich-ternary systems: Effects of limestone filler, etching solutions and exposure temperature. *Developments in the Built Environment*, 15(August), 100208. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100208>
- Zhang, C., Wang, J., Zhang, X., Hou, J., Huang, J., Feng, S., Wang, J., & Duan, G. (2024). Influence of limestone powder on water film thickness and plastic viscosity of UHPC. *Case Studies in Construction Materials*, 20(March), e03036. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03036>
- Zhang, W., Wang, J., & Chen, Z. (2024). Hydration kinetics, strength, autogenous shrinkage, and sustainability of cement pastes incorporating ultrafine limestone powder. *Case Studies in Construction Materials*, 20(April), e03149. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03149>
- Zhang, W., Zhao, M., Yang, Z., Guo, R., Wang, X. Y., & Lin, R. S. (2024). Properties of red sandstone-limestone-cement ternary composites: Hydration mechanism, microstructure, and high-temperature damage. *Developments in the Built Environment*, 17(October 2023), 100346. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100346>.