



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039



Analisa Filler Nanomicro Graphene pada Campuran Beton dengan Variasi Faktor Air Semen

Muhammad Shalahuddin^{a*}, Andre Novan^b, Gussyafri^c, Fakhri^d, Amun Amri^e

^{a,b,c,d,e} Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Jl HR Soebrantas km 12,5, Pekanbaru 28293, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
 Diterima Redaksi: 10 Juni 2024
 Revisi Akhir: 28 Juni 2024
 Diterbitkan Online: 29 Juni 24

KATA KUNCI

Graphene, beton, kuat tekan, berat isi, slump

KORESPONDENSI

Telepon: 081365748005
 E-mail: mhdshalahuddin@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Kebutuhan material modern memerlukan komponen struktural dengan ketahanan dan kekuatan yang lebih baik. Informasi karakteristik beton lanjutan ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi few layer graphene dengan metode high-shear liquid exfoliation pada campuran beton. Preliminary penelitian pada mortal dilakukan dengan variasi graphene 2,5%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5% dan 15% sebagai referensi awal dan hipotesa. Selanjutnya dengan referensi awal, dilakukan campuran beton dengan variasi graphene 2.5%, 5%, 7,5% dan 10% dengan spesimen beton ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dan pengujian dilakukan setelah usia 28 hari. Kuat tekan maksimum terjadi pada penambahan graphene 5%, nilai kuat tekan lebih 36,31% dibandingkan beton tanpa graphene, nanomicro graphene tidak mempengaruhi berat isi beton juga tidak mempengaruhi kepadatan beton serta tidak mempengaruhi slump beton.

1. Pendahuluan

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI, 2002). Kekuatan, keawetan dan sifat beton

Adapun sifat-sifat beton yang sering dipergunakan sebagai acuan (Tjokrodinuljo, K. 2007) antara lain modulus Elastisitas Beton, kekerasan Air dan kuat tekan beton, berat isi beton dan slump beton.

Parameter yang mempengaruhi kekuatan beton (Nawy, 2005) adalah : kualitas semen, proporsi semen terhadap campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, interaksi antara pasta semen dan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, penempatan yang benar, penyelesaian,

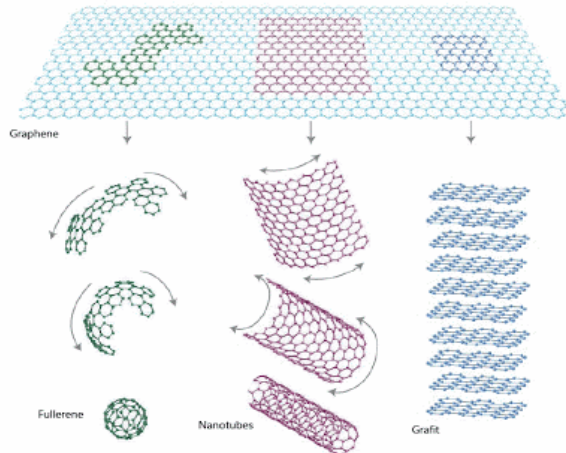
tergantung pada sifat-sifat bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukannya, maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan Tjokrodinuljo, K (2007).

pemadatan beton dan perawatan beton. Bahan pembentuk beton bisa dilakukan dengan aditif untuk mempengaruhi efek kimia maupun efek fisika nya.

2. Tinjauan Pustaka

Graphene mempengaruhi efek fisika beton. Atom-atom karbon nano-graphene berjarak 0,142 nm membentuk material lapisan berdimensi dua. Jika dibandingkan dengan grafit

dengan ketebalan 1 mm, dalam 1 mm grafit terdapat sekitar tiga ribu lapisan *graphane* (Syakir Dkk, 2015). Dengan pengamatan mikroskop, *graphane* tampak berupa material kristaline berdimensi dua berbentuk heksagonal. Jika lembaran *graphane* ini dibentuk menjadi bangun ruang bola maka akan diperoleh struktur fullerene dan jika lembaran *graphane* ini dibuat berbentuk tabung akan diperoleh struktur nanotubes seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur *Graphane* dengan Pola Heksagonal (sumber : Brcic, 2016).

Meskipun sangat tipis, kekuatan *graphane* melebihi baja. Ikatan kovalen antar karbon yang kuat menyebabkan *graphane* sulit untuk diregangkan, sehingga memiliki modulus Young hingga 1,1 TPa. Struktur yang terdiri dari lapisan-lapisan membuat grafena sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai serat lembaran yang mengisi rongga pada campuran beton. Nilai young modulus *graphane* yang cukup tinggi yang diperkirakan akan menjadi bahan perkuatan pada campuran beton. Tinjauan komprehensif tentang penggabungan *graphane* ke dalam pasta semen telah dilakukan (Du et al., 2020; Lin dan Du, 2020). Penggunaan *graphane* nanoplatelets dapat meningkatkan konduktivitas listrik komposit semen (Le et al., 2014).

Serat *graphane* mempengaruhi sifat fisik beton, karena serat-serat nanographene ini dapat mengurangi keretakan mikro beton pada saat proses proses mengerasnya beton saat hidrasi, air bereaksi dengan semen portland dalam campuran beton dan membentuk kristal-kristal yang saling mengait dan memadatkan campuran menjadi massa yang keras. Kontribusi pengaruh retakan mikro dengan adanya piezoresistif semen akan berkurang pada pengembangan masa depan komposit semen yang mengandung *graphane* nanoplateletes (Zhi Ge et al, 2021). Perubahan resistensi digunakan untuk mewakili sifat piezoresistif spesimen di bawah kondisi pembebanan yang berbeda. Mekanisme yang mendasari pengamatan eksperimental dibahas. Temuan studi ini memberikan wawasan

tentang sifat komposit semen *graphane* secara konsisten dan mengungkapkan implikasi praktisnya.

Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa jika penambahan *Graphane* nanoplatelets mengakibatkan pengurangan 5% semen Portland, efek campuran beton terhadap pemanasan global dapat berkurang sebesar 21% (Ioanna P. et al, 2019). *Graphane* merupakan struktur fundamental penyusun alotrop karbon seperti *graphite* dan *carbon nanotube*. *Graphane* terbentuk dari susunan atom karbon dua dimensi yang membentuk struktur kristal heksagonal menyerupai sarang lebah. Struktur dua dimensi dan ikatan kovalen pada *graphane* membuatnya memiliki sifat-sifat yang unik dan luar biasa. Dengan keunikan sifatnya, *graphane* berpotensi untuk diaplikasikan diberbagai bidang (Brcic, 2016). *Carbon nanotube* merupakan lembaran atom *graphite* yang dibentuk menjadi silinder berongga (Le et al, 2016).

Penambahan 0,03% *graphane* oxide meningkatkan kekuatan lentur beton lebih dari 40%, dan konsentrasi 0,05% *graphane* oxide mengoptimalkan kekuatan lentur sekitar 35% serta peningkatan hingga 79,5% dalam kekuatan lentur. 0,01–0,1% *graphane* berdasarkan berat dapat meningkatkan kekuatan tekan, kekuatan lentur, dan modulus elastis lebih dari 100% (Ali H. Alateah, 2023).

Gambaran umum tentang hasil utama dari uji coba lapangan yang menyertainya di mana penggunaan beton yang ditingkatkan dengan *graphane* telah berhasil diterapkan pada skala besar (Lee S.C., 2023).

Ketika *Graphane* nanoplatelets ditambahkan ke dalam campuran beton dengan dosis 0,025%, peningkatan maksimum sebesar 17% dalam kekuatan tekan diamati, sementara tidak ada efek signifikan dari GNPs pada kekuatan lentur yang terlihat (Zhangfan Jiang et al, 2021, Birenboim et al 2019). Memperkuat fungsi mereka karena struktur monolayer dan biaya rendah (Sun et al., 2017). Telah dilaporkan bahwa penambahan 0,05 wt% *graphane* meningkatkan kekuatan lentur dan tekan masing-masing sekitar 20 dan 5% (Wang et al., 2016). Hasil serupa telah dilaporkan dalam studi lain (Alkhateb et al., 2013; Liu et al., 2016). Ketangguhan juga dapat ditingkatkan dengan menggunakan *graphane* yang dimodifikasi (Wang dan Pang, 2019). Ketahanan terhadap pembekuan/pencairan dan korosi juga meningkat dengan berbagai dosis *graphane* (Tong et al., 2016; Chen et al., 2019).

3. Metodologi

Metode yang dilakukan adalah :

1. *Graphane* dibuat dengan metode Electrochemical and Mechanical Liquid Exfoliation EMLE (Eswaraiah, V, dkk 2014). Proses nya adalah 10 gram *graphite* + surfaktan 1,25

gram + aquadest 500 ml, diblender selama 60 menit serta didiamkan sampai buih menghilang. Variasi penggunaan graphene adalah 2,5 %, 5 %, 7,5 % dan 10 % (ini persentase graphene cair EMLE metoda Aswariyah sehingga persentasenya lebih besar dibandingkan graphene kering (0,025 % - 0,1 %).

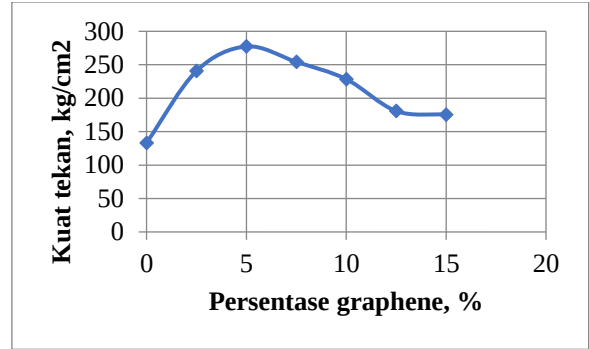
2. Untuk hypotesa awal penggunaan nano-graphene pada campuran beton maka dibuat initial test pada campuran mortar untuk melihat pengaruhnya terhadap kuat tekannya.
3. Buat sampel kubus beton ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dan uji beton setelah curing 28 hari, uji yang dilakukan:
 - Uji berat isi pada beton yang menggunakan graphene untuk mengetahui apakah serat nano-graphene mempengaruhi berat volume nya, jumlah sampel seperti Tabel 1.
 - Uji slump dilakukan untuk mengetahui apakah bentuk fisik partikel nano-material graphene yang seperti lembaran serat mengisi rongga antar partikel, lembaran serat nano-graphene memberikan pengaruh terhadap ikatan fisik antar partikel agregat beton.
 - Uji kuat tekan beton untuk mengetahui pengaruh graphene terhadap kuat tekan beton.

Tabel 1. Variasi graphene dan jumlah sampel beton

Variasi Graphene (%)	Jumlah sampel			Total
	fas 0,3	fas 0,4	fas 0,5	
0	5	5	5	
2.5	5	5	5	
5	5	5	5	
7.5	5	5	5	
10	5	5	5	
Jumlah	25	25	25	75

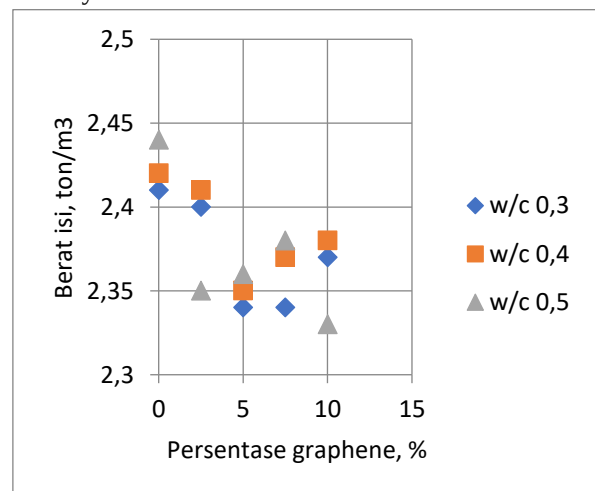
4. Hasil dan Pembahasan

Hasil Initial Test seperti pada Gambar 2, kuat tekan mortar dengan dan tanpa tambahan nano filler graphane memperlihatkan bahwa optimasi penggunaan graphene adalah 5 %. Hal ini menjadi referensi awal untuk penelitian filler nano micro graphene pada campuran beton.

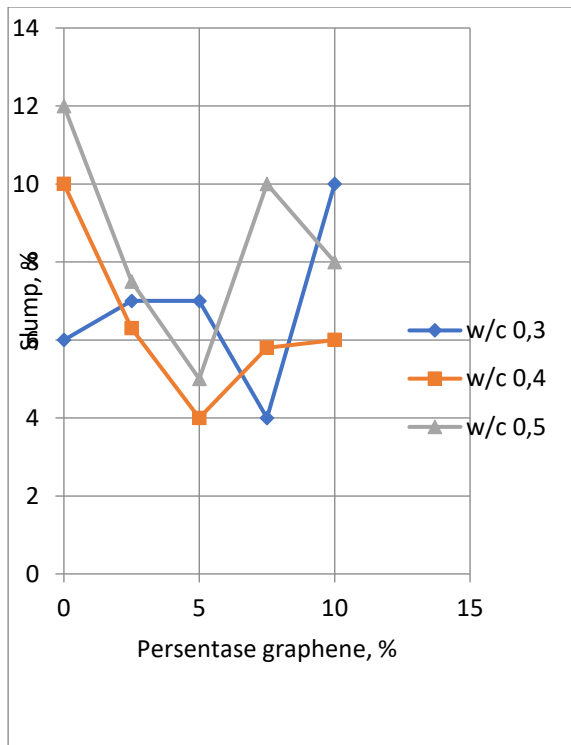


Gambar 2. Grafik hubungan persentase graphene dengan kuat tekan mortar

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada campuran beton dengan variasi persentase graphene tidak terlihat perubahan signifikan nilai berat isi beton dengan range 2,35 – 2,44 ton/m³, kesemuanya mendekati nilai berat isi beton 2,4 ton/m³ seperti beton normal (beton tanpa bahan pengisi graphene). Artinya, nanomicro material graphane tidak mempengaruhi berat isi beton dan tidak mempengaruhi nilai kepadatan beton. Perubahan resistansi menjadi tinggi jika kandungan graphene tinggi, nano-partikel mungkin sepenuhnya terhubung satu sama lain melalui kontak (Liu et al., 2016). Oleh karena itu, pengaruh deformasi spesimen menjadi lemah pada resistansi. Aditif graphene mempengaruhi kuat tekan beton secara fisik. Graphene yang secara fisik berbentuk nano serat lembaran akan menyelimuti agregat sehingga akan memperbesar nilai gesekan antar butir. Perbesaran gesekan ini akan mempengaruhi nilai slump beton dan Penambahan GNPs memiliki efek negatif pada workability beton.

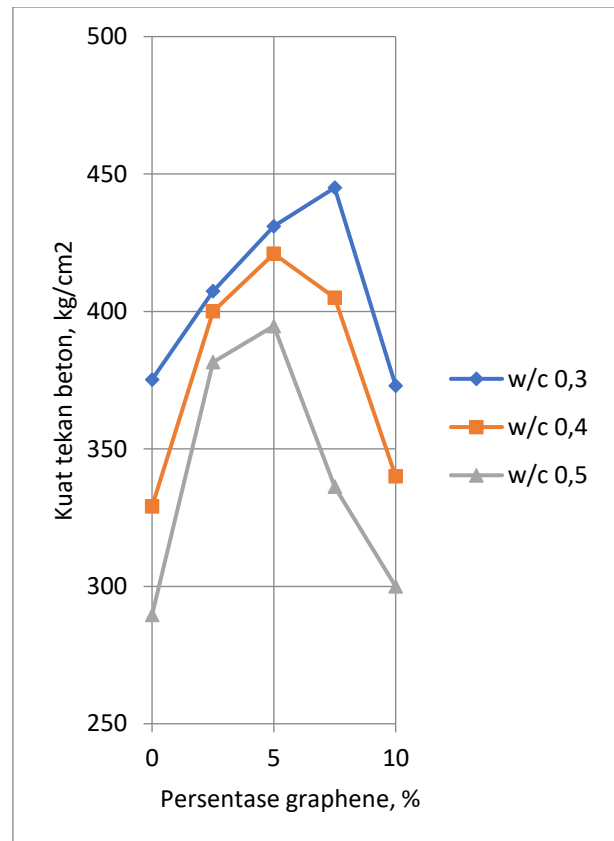


Gambar 3. Grafik hubungan variasi penggunaan graphene dengan berat volume beton



Gambar 4. Hubungan nilai slump dengan persentase graphene.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa graphene secara umum menurunkan nilai slump, tetapi tidak signifikan sehingga nilai slump tidak berada di bawah nilai slump minimum. Penambahan graphene secara umum menyebabkan penurunan nilai slump sehingga flowability juga menurun. Alasan yang mungkin untuk penurunan nilai slump dapat dikaitkan dengan fenomena flokulasi yang disebabkan oleh rasio aspek tinggi dan gaya van der Waals yang kuat dari graphene. Secara lebih spesifik, graphene tersebar dalam beton segar pada permukaan agregat, yang menghambat aliran normal beton segar.



Gambar 5. Hubungan kuat tekan beton dengan persentase graphene.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa pada w/c 0,4 dan w/c 0,5 nilai kuat tekan beton tertinggi pada saat persentase graphene 5 % sedangkan pada saat w/c 0,3, nilai kuat tekan beton tertinggi pada persentase graphene 7,5 %. Makin kecil nilai faktor air semen maka penggunaan persentase additive graphene akan membesar.

Penggunaan faktor air semen 0,5 biasa dilakukan pada produksi beton non pabrikan di lapangan. Dianjurkan penggunaan beton hasil pabrikan, karena dengan bahan yang sama kuat tekan beton yang dicapai lebih tinggi karena faktor air semen 0,3. Makin kecil w/c maka kuat tekan beton akan lebih tinggi. Peningkatan kekuatan terlihat signifikan pada konsentrasi graphene nanoplatelets sebesar 0,05% dan 0,1%, dengan peningkatan masing-masing sebesar 13,23% dan 16,58% (Rayed Al Yousef et al, 2024, Baomin et al 2019).

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian adalah :

1. Terjadi optimasi kuat tekan mortar dengan penggunaan graphene adalah 5 %.

2. Penggunaan graphene tidak signifikan terhadap berat isi beton, nilainya umumnya mendekati 2,4 ton/m³.
3. Penambahan graphene menyebabkan penurunan nilai slump dan flowability yang dikaitkan dengan fenomena flokulasi yang disebabkan oleh rasio aspek tinggi dan gaya van der Waals yang kuat dari graphene.
4. Nilai kuat tekan beton tertinggi pada saat persentase graphene 5 %, nilai kuat tekan lebih 36,31% dibandingkan beton tanpa graphene. Nilai faktor air semen mempengaruhi persentase graphene.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kepala Laboratorium Material Kimia Universitas Riau yang telah mengizinkan pembuatan graphene dari grafit metoda EMLE.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ali H. Alateah, 2023, Graphene concrete: Recent advances in production methods, performance properties, environmental impact and economic viability, *j.case studies in construction materials*, volume 19 Desember 202.
2. Alkhateb, H., Al-Ostaz, A., Cheng, A. H.-D., and Li, X. (2013). Materials Genome for Graphene-Cement Nanocomposites. *J. Nanomech. Micromech.* 3 (3), 67–77.
3. Baomin, W., and Shuang, D. (2019). Effect and Mechanism of Graphene Nanoplatelets on Hydration Reaction, Mechanical Properties and Microstructure of Cement Composites. *Constr. Build. Mater.* 228, 116720.
4. Birenboim, M., Nadiv, R., Alatawna, A., Buzaglo, M., Schahar, G., Lee, J., et al. (2019). Reinforcement and Workability Aspects of Graphene-Oxide-Reinforced Cement Nanocomposites. *Compos. B. Eng.* 161, 68–76.
5. Brcic, 2016, H., Investigation of the Rheological Properties of Asphalt Binder Containing Graphane Nanoplatelets, Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Norway.
6. Chen, G., Yang, M., Xu, L., Zhang, Y., and Wang, Y. (2019). Graphene Nanoplatelets Impact on Concrete in Improving Freeze-Thaw Resistance. *Appl. Sci.* 9 (17), 3582.
7. Du, M., Jing, H., Gao, Y., Su, H., and Fang, H. (2020). Carbon Nanomaterials Enhanced Cement-Based Composites: Advances and Challenges %. *Nanotechnol. Rev.* 9 (1), 115–135.
8. Ioanna Papanikolaou et al, 2019, Graphene nanoplatelet reinforced concrete for self-sensing structures – A lifecycle assessment perspective, *Journal of Cleaner Production*, Volume 240, December 2019, 118202.
9. Le, J. et al., 2016, Graphane Nanoplatelet (GNP) Reinforced Asphalt Mixtures: A Novel Multifunctional Pavement Material, IDEA Program Final Report NCHRP 173.
10. Le, J.-L., Du, H., and Pang, S. D. (2014). Use of 2D Graphene Nanoplatelets (GNP) in Cement Composites for Structural Health Evaluation. *Compos. B. Eng.* 67, 555–563.
11. Lee S.Cunningham, 2023, Practical application of graphene-enhanced concrete, Volume 177 Issue 2, March, 2024, pp. 57-61 *jconstruction materials*.22.00068.
12. Liu, Q., Xu, Q., Yu, Q., Gao, R., and Tong, T. (2016). Experimental Investigation on Mechanical and Piezoresistive Properties of Cementitious Materials Containing Graphene and Graphene Oxide Nanoplatelets. *Constr. Build. Mater.* 127, 565–576.
13. Rayed Al Yousef et al, 2024, Predicting the properties of concrete incorporating graphene nano platelets by experimental and machine learning approaches, *Case studies in construction materials* volume 20 july 2024, e03018.
14. SNI 1970:2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standardisasi Nasional (BSN).
15. Sun, S., Ding, S., Han, B., Dong, S., Yu, X., Zhou, D., et al. (2017). Multi-layer Graphene-Engineered Cementitious Composites with Multifunctionality/intelligence. *Compos. B. Eng.* 129, 221–232.
16. Tjokrodinuljo, K., 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta: Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.
17. Tong, T., Fan, Z., Liu, Q., Wang, S., Tan, S., and Yu, Q. (2016). Investigation of the Effects of Graphene and Graphene Oxide Nanoplatelets on the Micro- and Macro-Properties of Cementitious Materials. *Constr. Build. Mater.* 106, 102–114.
18. Wang, B., and Pang, B. (2019). Mechanical Property and Toughening Mechanism of Water Reducing Agents Modified Graphene Nanoplatelets Reinforced Cement Composites. *Constr. Build. Mater.* 226, 699–711.

19. Wang, B., and Shuang, D. (2018). Effect of Graphene Nanoplatelets on the Properties, Pore Structure and Microstructure of Cement Composites. *Mat. Express* 8 (5), 407–416. doi:10.1166/mex.2018.1447.
20. Young, R. Jet al., 2012, The Mechanics of Graphane Nanocomposites: A Review, *Composites Science and Technology*, 72(12), 1459-1476.
21. Zhangfan Jiang et al, 2021, Mechanical properties of graphene nanoplatelets-reinforced concrete prepared with different dispersion techniques, Volume 303 october 2021, *Construction and Building Materials*, 124472.
22. Zhi Ge et al , 2021, The Effect of the Addition of Graphene Nanoplatelets on the Selected Properties of Cementitious Composites, Volume 7 – 2021, *front built environ.*2021.673346.