

CHAPTER 6

CONCLUSION

SECTION ONE

RUBBERIZED CONCRETE AT LOW VOLUME FRACTIONS

- **Cube compressive strength** is strongly affected by the change of the studied parameters and their levels. In general, as expected, the cube compressive strength decreases gradually with the increase in rubber content.
- Rubberized concrete yields a ductile mode of failure comparing to that of conventional concrete.
- The addition of silica fume increases the compressive strength significantly.
- The change in rubber type slightly affects compressive strength of rubberized concrete.
- For rubber surface treatment, the effect on compressive strength is hardly significant.
- From the effect of two factors interactions, the best compressive strength is obtained by the combination of these factor levels; C30 concrete grade, 0.5% rubber volume fraction and the addition of 10% silica fume as a replacement of cement by weight.
- The actual cube compressive strengths of the mixes, which are not included in the principle block, are very close to the calculated expected values from the classical method of analysis. Thus, the 1/9 fractional factorial of 3^5 design is applicable and can be used to predict the compressive strength or any other property conducted in the study for any treatment combination.
- For **slump test results**, rubberized concrete achieves slump varies from 10 mm to 60 mm as compared to 30 mm to 32 mm for control mixes without rubber.
- Rubberized concrete that contains rubber particles at 1.5% volume fraction gives slightly higher slump values than that of 2.5% rubber.
- Rubber type has the most significant effect on slump values. Fiber 8 yields high slump of 43mm as compared to 27mm and 17mm for crumb rubber and Fiber 4, respectively.
- The surface treatment of rubber particles has the least effect on slump values of the studied parameters.

- For **static modulus of elasticity**, almost all the rubberized concrete mixes yield lower static modulus of elasticity than the control mixtures.
- Rubber volume fraction has the most significant effect on the static modulus of elasticity, while rubber type has the lowest effect on the static modulus of elasticity.
- The results reveal that, the elastic modulus of rubberized concrete decreases gradually with increase in rubber content.
- **Impact resistance** of rubberized concrete improves significantly with the addition of rubber particles comparing to normal concrete.
- The impact resistance of rubberized concrete with fibrous rubber seems to be suitable for applications where high impact resistance is required.
- The surface treatment of rubber particles has the least effect on Impact resistance of the studied parameters.
- From the effect of two factors interactions, the best impact resistance is obtained by the combination of these factor levels; C30 concrete grade, 2.5% rubber volume fraction and the addition of 0.2% polypropylene fiber.
- **Flexural toughness** is also improved by the addition of rubber particles. Also the concrete mass was able to withstand loads even when it was highly cracked.
- Rubber type has a significant effect on flexural toughness, as rubber fibers yield to improve flexural toughness of rubberized concrete.
- From the effect of two factors interactions, the best flexural toughness is obtained by the combination of these factor levels; C30 concrete grade, 2.5% rubber volume fraction and the addition of 0.2% polypropylene fiber.
- For **abrasion resistance**, all rubberized concrete mixes have abrasion resistance comparable to control mixtures.
- Rubberized concrete with crumb rubber yields the best abrasion resistance comparing to that of rubber fibers.
- The addition of silica fume enhances the abrasion resistance of rubberized concrete significantly.

SECTION TWO

In the second section of the research, rubber was used at high portions in concrete as sand replacement by volume. Also, the properties of rubber-cement and rubber-epoxy composites were investigated.

RUBBERIZED CONCRETE AT HIGH VOLUME FRACTIONS OF SAND REPLACEMENT

- **Thermal conductivity** decreases significantly with the increase in rubber content for rubberized concrete, as the reduction in k-value at 100% fine aggregate replacement is 58.6%.
- The ACI model for thermal conductivity of concrete is not applicable for rubberized concrete as the actual k-values are lower than the values derived from the ACI model.
- The implementation of rubber particles into concrete improves the **sound insulation** properties by 69% at 100% fine aggregate replacement.
- The maximum reduction in **density** was recorded by 20% at 100% replacement of fine aggregate. Also, the absorption increases with the increase in rubber content.
- **Compressive strength** decreases significantly when rubber particles are used as fine aggregate replacement. The maximum reduction in compressive strength for rubberized concrete is 93% at 100% fine aggregate replacement.
- **Impact resistance** yields the same reduction for rubberized concrete.
- Despite of the reduction in impact resistance, the number of blows corresponding to the crack propagation improves with the increase in rubber content.
- **Flexural strength** of rubberized concrete decreases significantly with the increase in rubber content. Furthermore, large deformations are recorded for rubberized concrete, especially at high rubber contents.

RUBBER-CEMENT AND RUBBER-EPOXY COMPOSITES

- Rubber composites have distinguished **thermal and sound insulation** properties. As the average thermal conductivity of rubber-cement and rubber-epoxy composites are 0.47 and 0.25, respectively.
- The sound attenuation coefficient of rubber-cement and rubber-epoxy composites varies significantly with the change in rubber type.
- The average **dry unit weight** of rubber-cement and rubber-epoxy composites are 1200 and 900 kg/m³, respectively. Thus rubber composites may be considered as a lightweight material, based only on the unit weight test results.
- Rubber-epoxy composites exhibit a significant **elastic behavior** especially for Fiber 8 and Fiber 4 as it retains to its original dimensions after unloading. Thus, it may be suitable to be used as contraction and expansion joints.

RECOMMENDATIONS

- It is recommended to study the durability properties of rubberized concrete at low volume fractions with different types of rubber particles, as rubberized concrete seems to be promising in terms of freezing and thawing resistance.
- Further investigation is needed to study the damping capacity of rubberized concrete at different rubber contents, as rubberized concrete is expected to improve the damping capacity of concrete.
- The new composites of rubber-binder, especially rubber-epoxy, conducted in this investigation are very promising in terms of sound and thermal insulation, so more investigation is required to determine other properties like sound absorption, damping capacity and impact resistance. Also, more investigation is required for rubber-epoxy composites to predict its behavior as contraction and expansion joints.

REFERENCES

- [1] Rubber Manufacturers Association, Scrap Tire Markets in the United States 9th Biennial Report (2011). <http://www.rma.org>
- [2] Cairns, R.A. and Kew, H.Y. and Kenny, M.J. “The use of recycled rubber tyres in concrete construction,” In: Proceedings of the International Conference of the Concrete and Masonry Research Group 2004: Sustainable Waste Management and Recycling: Used / Post Consumer Tyres. Thomas Telford Ltd, pp. 135-142. ISBN 0-7277-3286-2
- [3] Topcu, I.B. “The properties of rubberized concrete,” Cement and Concrete Research, 1995; Vol.25, No.2, pp.304-310
- [4] IDSC (egyptian Information and decision support center). “Facts and numbers about cars in Egypt,” November 20007; Vol. 11 (Http://www.idsc.gov.eg)
- [5] Mehta PK, Monteiro PJM. "Concrete, microstructure, properties and materials," 3rd edition, New York: McGraw Hill; 2006
- [6] Maciej Sienkiewicz, Justyna Kucinska-Lipka, Helena Janik, Adolf Balas. “Progress in used tyres management in the European Union: A review,” Waste Management journal, 2012; Vol. 32, pp.1742–1751
- [7] United States Environmental Protection Agency: Office of Solid Waste, Markets for Scrap Tires, Policy Planning and Evaluation PM-221, (1991).
- [8] R. Siddique, T.R. Naik. “Properties of concrete containing scrap tire rubber: an overview,” Waste Management, 2004; Vol. 24, pp.563-569
- [9] Read, J., Dodson, T., and Thomas, J. “Experimental project: use of shredded tires for lightweight fill,” Oregon Department of Transportation, Post Construction report for Project No. DTFH -71-90-501-OR-11, Salem, Oregon, 1991
- [10] Heitzman M. “Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber,” Transportation Research Record, No. 1339, Transportation Research Board, Washington DC, 1992
- [11] Gideon Momanyi Siringi. “Properties of concrete with tire derived aggregate and crumb rubber as a lightweight substitute for mineral aggregates in the concrete mix,” PHD, The University of Texas at Arlington, 2012.
- [12] G.M. Engstrom, R. Lamb. “Using shredded waste Tires as a lightweight fill material for road sub grades,” MN/RD No. 94/10 (1994)
- [13] Esch, D. C. “Asphalt pavement modified with coarse rubber particles: Design, construction and ice control observations,” Alaska Department of Transportation and Public Facilities, 1984
- [14] Adams, C., Lamborn, M., and Shuler, S. “Asphalt-rubber binder laboratory performance,” Report FHWA/TX-8571, 347-1F, Texas Department of Highways and Public Transportation, 1985

- [15] Estakhri, C. "Use, availability and cost effectiveness of asphalt rubber in Texas," Research Report 1902 -1F, Texas Transportation Institute, Texas A&M University System, 1990
- [16] Khosla, N.P. and Trogdon, J. T. "Use of ground rubber in asphalt paving mixtures," Technical Report, Department of Civil Engineering, North Carolina State University, Raleigh, May 1990.
- [17] Khatib Z.K. and Bayomy F.M. "Rubberized portland cement concrete," Journal of Materials in Civil Engineering, 1999; Vol. 11, pp.206-213
- [18] Eldin, N.N. and Senouci, A.B. "Rubber-tire particles as concrete aggregates. Journal of Materials in Civil Engineering," ASCE, 1993; Vol. 5, No. 4, pp. 478-496
- [19] M M Balaha, A A M Badawy and M Hashish, "Effect of using ground waste tire rubber as fine aggregate on the behavior of concrete mixes," Indian journal of Engineering and Material Sciences, Dec 2007; Vol.14, pp. 427-435
- [20] Ali, N. A., Amos, A., D. and Roberts, M., "Use of Ground Rubber Tyres in Portland Cement Concrete," Proc. Int. Conf. Concrete 2000, University of Dundee, UK, 1993, pp.379-390
- [21] N. I. Fattuhi and L. A. Clark. "Cement based materials containing shredded scrap truck tyre rubber," Construction and Building Materials journal, 1996; Vol.10, No.4, pp.229-236
- [22] El-Gammal, A.; A. K. Abdel-Gawad; Y. El-Sherbini, and A. Shalaby, "Compressive Strength of Concrete Utilizing Waste Tire Rubber," Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS), 2010; Vol. 1, No. 1, pp.96-99
- [23] Hai Huynh, Gharmaraj Raghavan and Chiara F. Ferraris "Rubber particles from recycled tires in cementitious composite materials," National institute of standard and technology, Gaithersburg, MD 20899, May 1996
<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build96/PDF/b96129.pdf>.
- [24] Hernandez-Olivares, F., Barluenga, G., Bollati, M. and Witoszek, B., "Static and dynamic behaviour of recycled tyre rubber-filled concrete," Cement and Concrete Research, 2002; Vol. 32, No. 10, 1587-1596
- [25] Raimundo K. Vieira , Rafael C. Soares, Samantha C. Pinheiro, Otavio A. Paiva, Jose O. Eleuterio, Raimundo P. Vasconcelos, "Completely random experimental design with mixture and process variables for optimization of rubberized concrete," Construction and Building Materials, 2010; Vol. 24, pp.1754-1760
- [26] Tantala, M. W., Lepore, J. A. and Zandi, I., "Quasi-elastic Behaviour of Rubber Included Concrete," in Proceedings, 12th International Conference on Solid Waste Technology and Management, 1996
- [27] Goulias, D. G. and Ali, A. H., "Non-destructive Evaluation of Rubber Modified Concrete," in Proceedings, Special Conference ASCE, New York, 1997, pp.111-120
- [28] Chen, Zhen-Fu, Ke, Guo-Jun, Hu, Shao-Quan, Shi, Jian-Jun, Guo, Chang-Qing, Chen, Jun-Jie, Sun, De-Lun, "Study on Damping of Rubber Powder Concrete in Small Deformation," Noise and Vibration Control, Vol. 24, No. 3, pp.32-34

- [29] Ching-Yao Lin, George C. Yao and Chung-Hong Lin, "A Study on the Damping Ratio of Rubber Concrete," *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, November 2010; pp. 423-429
- [30] Piti Sukontasukkul, "Use of crumb rubber to improve thermal and sound properties of pre-cast concrete panel," *Construction and Building Materials*, 2009; Vol. 23, pp.1084–1092
- [31] Rana H. G., Dina M. H., "Effect Of Rubber Treatment On Compressive Strength And Thermal Conductivity Of Modified Rubberized Concrete," *Journal Of Engineering And Development*, Dec 2011; Vol. 15, No.4, ISSN.1813- 7822
- [32] Osama A. Abaza, Saleem M. Shtayeh. "Crumbed Rubber for Non-Structural Portland Cement Concrete Applications," *Dirasat, Engineering Sciences*, Volume 37, No. 2, 2010, pp.214-225
- [33] C.Albano, N. Camacho, J. Reyes, J.L. Feliu, M. Hernandez, "Influence of scrap rubber addition to Portland I concrete composites: destructive and non-destructive testing," *Composite Structures journal*, 2005; Vol.71, pp.439-446
- [34] S. Herrero a, P. Mayor, F. Hernandez-Olivares, "Influence of proportion and particle size gradation of rubber from end-of-life tires on mechanical, thermal and acoustic properties of plaster–rubber mortars," *Materials and Design*, 2013; Vol. 47, pp.633–642
- [35] K.B. Najim, M.R. Hall, "A review of the fresh/hardened properties and applications for plain- (PRC) and self-compacting rubberised concrete (SCRC)," *Construction and Building Materials*, 2010; Vol. 24, pp.2043–2051
- [36] Paki Turgut , Bulent Yesilata, "Physico-mechanical and thermal performances of newly developed rubber-added bricks," *Energy and Buildings journal*, 2008; Vol. 40, PP.679–688
- [37] Paine K A, Dhir R, "Research on new applications for granulated rubber in concrete", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 2010, *Construction Materials* 163, pp 7-17
- [38] Savas, B. Z., Ahmad, S. and Fedroff, D., "Freeze-thaw Durability of Concrete with Ground Waste Tyre Rubber," *Transportation Research Record*, No. 1574, Nov. 1996, pp.80-88
- [39] Benazzouk, M., Douzane, O., Mezreb, K. and Queneudec M., "Physico-mechanical properties of aerated cement composites containing shredded rubber waste," *Cement Concrete Composites*, 2003; Vol. 25, pp.711–720.
- [40] Segre, N. and Joekes, I. "Use of tire rubber particles as addition to cement paste," *Cement and Concrete Research*, Vol. 30, No. 9, 1998, pp.1421-1425
- [41] Liang Hsing Chou, Chun-Ku Lu, Jen-Ray Chang and Maw Tien Lee, "Use of waste rubber as concrete additive," *Waste Manag Res*, 2007; pp.25-68.
wmr.sagepub.com/content/25/1/68.full.pdf

- [42] Fernando Pelisser, Nilomar Zavarise, Tiago Arent Longo, Adriano Michael Bernardin, "Concrete made with recycled tire rubber: Effect of alkaline activation and silica fume addition," *Journal of Cleaner Production*, 2011; Vol. 19, pp.757-763
- [43] Erhan Gu'neyisi, Mehmet Gesog lu, Turan O zturan, "Properties of rubberized concretes containing silica fume", *Cement and Concrete Research*, 2004; Vol. 34, pp.2309–2317
- [44] H. Rostami, J. Lepore, T. Silverstrim, I. Zandi, "Use of recycled rubber tyres in concrete," in *proc. of the International Conference: Concrete 2000 Ð Economic and Durable Construction through Excellence Vol. 2*, University of Dundee, Scotland, UK, 1993, pp. 391± 399
- [45] Z. Li, F. Li, J.S.L. Li, "Properties of concrete incorporating rubber tyre particles," *Mag Concr Res*, 1998; Vol. 50, No. 4, pp.297-304
- [46] I.B.Topc,u, "Analysis of rubberized concrete as a composite material," *Cem. Concr. Res.*, 1997; Vol. 27, No. 8, pp.177– 183
- [47] D. Raghavan, H. Huynh, C.F. Ferraris, "Workability, mechanical properties and chemical stability of a recycled tyre rubber-filled cementitious composite," *J. Mater. Sci.*, 1998, Vol. 33, pp.1475–1752
- [48] I.B. Topc,u, "Assessment of the brittleness index of rubberized concrete," *Cem. Concr. Res.*, 1997, Vol. 27, No. 2, pp.1135–1139
- [49] I.B. Topc,u, "Collision behaviors of rubberized concrete," *Cem. Concr. Res.*, 1997, Vol. 27, No. 12, pp.1893– 1898
- [50] F. Herna'ndez-Olivares, G. Barluenga, I. Serra, L. Casanueva, Hormigones, "Concrete reinforced with short shredded rubber and polypropylene fiber", *Internal Report for PAS*, 2000.
- [51] W.H. Waddell, L.R. Evans, "Use of nonblack fillers in tire compounds," *Rubber Chem. Technol.* 69 (1996).
- [52] N.G. McCrum, B.E. Read, G. Williams, "Inelastic and Dielectric Effects in Polymeric Solids," *Dover Publications*, New York, 1991
- [53] Ali A. Aliabdo, "The uses of phosphogypsum for the manufacture of building products", *PHD*, Alexandria university, 1994
- [54] Fisher, T.A, "Design of Experiments", 11th edition, Oliver and Boyed, 1957
- [55] Owen L. Davis, "The design and analysis of industrial experiments", 11th edition," *Oliver and Boyed*, 1954
- [56] Winer, B.J., "Statistical Principles in experimental design", 2nd edition, McGraw-Hill, 1971.
- [57] M. Nelkon, P. Parker, *Advanced Level Physics*, 3rd Edition, Heinman, London, 1988, pp. 336–338.
- [58] Lees' *Conductivity Apparatus (Electrical Method) LL44-590 I.S. 1122/7302*, Griffin & George Ltd., Wembley, Middlesex, UK.

- [59] T.P. Philippidis, D.G. Aggelis, "Experimental study of wave dispersion and attenuation in concrete," *Ultrasonics*, 2005; Vol. 43, pp.584-595
- [60] Ali A. Aliabdo, Abd-Elmoaty M. Abd-Elmoaty, Hani H. Hassan. "Utilization of crushed clay brick in cellular concrete production," *Alexandria Engineering Journal*, 2014; Vol. 53, pp.119-130
- [61] ASTM C150, Standard Specification for Portland Cement
- [62] ASTM C136, Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- [63] ASTM-Designation-C778. Standard specification for standard sand. American Society for Testing and Materials; 2000.
- [64] ASTM C642 - 06. Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete.
- [65] ASTM C78 – 00. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
- [66] ASTM C469. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression C469 / C469M - 10.
- [67] ASTM C 1609/ C1609M- 12. Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)
- [68] ASTM D 1557- 00 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)).
- [69] ACI Committee 211, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91).
- [70] ACI Committee 213, Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete (ACI 213R-03)
- [71] ACI Committee 503, Use of Epoxy Compounds with concrete (ACI 503R-93).
- [72] ACI Committee 544, Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.2-89).
- [73] ACI Committee 122, Guide to Thermal Properties of Concrete and Masonry Systems (ACI 122R-02).
- [74] British standard Method for determination of compressive strength of concrete cubes 1881 -116:1983.
- [75] Egyptian Standard Specifications. Aggregates for concrete, 2001.Rep.No.1109.
- [76] ECP. Egyptian Code of Practice for design and construction of concrete structures, 2001. Rep. No. 203. Ministry of Housing, Cairo, Egypt.
- [77] Egyptian Standard Specifications. Cement-physical and mechanical tests. Part 2: Determination of fitness. 2005; Rep. No. 2421.



جامعة الإسكندرية
كلية الهندسة
قسم الهندسة الإنشائية

استخدام بودرة المطاط الناتج من الاطارات فى الخرسانة كمادة انشائية

رساله علميه مقدمة الى

قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية

استيفاء لمتطلبات الحصول على درجه

الماجستير فى العلوم

فى

الهندسة الإنشائية

مقدمة من

م / مصطفى محمد عبد الباسط محمد كامل

بكالوريوس الهندسة المدنية - كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية

2010

تقديم: 2015



جامعة الإسكندرية
كلية الهندسة
قسم الهندسة الإنشائية

لجنة الاشراف

.....
ا.د/ على عبد الحكم على عبده
أستاذ دكتور خواص و اختبارات المواد
قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة
جامعة الإسكندرية

.....
ا.د/ عبدالمعطي محمد عبد المعطي
استاذ مساعد بقسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة
جامعة الإسكندرية



استخدام بودرة المطاط الناتج من الاطارات فى الخرسانة كمادة انشائية

رساله مقدمة من

م / مصطفى محمد عبد الباسط محمد كامل

استيفاء لمتطلبات الحصول على درجه

الماجستير فى العلوم
فى
الهندسة الإنشائية

التوقيع

لجنة الحكم والمناقشة

إ.د/ احمد محمد دياب

أستاذ دكتور خواص و اختبارات المواد
قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة
جامعة الإسكندرية

إ.د/ السيد عبد الرؤوف عبد القادر

أستاذ دكتور خواص و اختبارات المواد
قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة
جامعة عين شمس

إ.د/ على عبد الحكم على عبده

أستاذ دكتور خواص و اختبارات المواد
قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة
جامعة الإسكندرية

إ.د/ عبدالمعطي محمد عبد المعطي

استاذ مساعد بقسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة -جامعة الإسكندرية

وكيل الكلية للدراسات العليا والبحوث
كلية الهندسة - جامعة الاسكندرية

/د.ا

ملخص البحث

استخدام بودرة المطاط الناتج من الاطارات فى الخرسانة كمادة انشائية

- المقدمة:

الهدف الرئيسى من هذا البحث هو اعاده استخدام حبيبات المطاط الناتجة من تقطيع الاطارات المستعمله فى تطبيقات مختلفه فى مجال الهندسه المدنية. حيث انه يوجد كمية هائلة من الاطارات المستعمله التى ليس لها استخدام و يوجد صعوبه فى التخلص منها او اعاده استخدامها. وبناء على الدراسات السابقه تم إجراء عده طرق لإستخدام حبيبات المطاط الناتجة من تقطيع الاطارات فى انتاج الخرسانة المطاطية و كذلك تم عمل مركبات جديدة من المطاط والاسمنت والمطاط والإيبوكسي بغرض استخدامها فى التطبيقات الغير انشائية.

الباب الأول:

يعرض حجم المشكلة البيئية التى يعانى منها العالم و بالأخص دول العالم الثالث من تراكم مخلفات الاطارات و تزايدها سنويا. و كذلك يشمل مقدمة عن أسباب استخدام حبيبات المطاط فى الخرسانة.

الباب الثانى:

يقدم نظرة عامه عن كميات مخلفات الاطارات فى دول العالم المختلفة وبالتحديد فى مصر و كذلك يتناول مكونات المطاط و الطرق المتعارف عليها عالميا فى إعادة تدوير مخلفات الاطارات. أيضا تم ذكر الدراسات السابقه المختصة بإعادة تدوير حبيبات المطاط فى الخرسانة و مدى تأثيرها على خواص الخرسانة المختلفة.

الباب الثالث:

يختص بالبرنامج العملى و خواص المواد التى تم استخدامها فى البحث من أسمنت و ركام خشن و ركام ناعم و كذلك الياف البولى بروبيلين و حبيبات السيليكافيوم و حبيبات المطاط و الطرق المستخدمة للمعالجة السطحية لحبيبات المطاط. الجزء الأول من البرنامج العملى يعرض نسب الخلط والاختبارات التى تم إجراؤها للخرسانة المطاطية و التى تم فيها استخدام حبيبات المطاط بنسب ضئيلة كإضافة للخرسانة. و تم عرض تصميم الخلطات لهذا الجزء باستخدام طريقة تصميم التجارب بالتحليل الجزئى.

و المتغيرات المختلفة التى تم دراسة تأثيرها على خواص الخرسانة المختلفة هى :

- تأثير تغير رتبه الخرسانه (رتبة 20 و 25 و 30)
- تأثير تغير نسبه اضافته حبيبات المطاط (0.5% و 1.5% و 2.5%)
- تأثير الاضافات المختلفة على الخرسانه المطاطية (الياف البولى بروبيلين و حبيبات السيليكافيوم)
- تأثير تغير شكل حبيبات المطاط (حبيبات كرويه مقاس 4 مم و الياف مقاس 2.35 مم و الياف مقاس 4.75 مم)
- تأثير نوع المعالجة السطحية لحبيبات المطاط (المعالجه بمحلول قلوئى NaOH و المعالجه ببولى فينيل استيات PVA)

و الجزء الثانى من البرنامج العملى يتناول استخدام حبيبات المطاط كإحلال للركام الناعم بنسب كبيرة فى الخرسانة و كذلك خواص المواد المستخدمة فى مركبات المطاط مع الاسمنت و المطاط مع الايبوكسى. ويشمل أيضا تفصيل نسب الخلط و التجارب التى تم إجراؤها لدراسة الخواص المختلفة.

الباب الرابع:

يختص بعرض و تحليل النتائج للاختبارات التي تم إجراؤها على الخرسانة المطاطية التي تحتوى على نسب ضئيلة من حبيبات المطاط المختلفة. و تم تحليل النتائج باستخدام طريقة تصميم التجارب بالتحليل الجزئى و تم عرض النتائج بالتفصيل و تأثير تغير كل عامل على خواص الخرسانة المطاطية. كذلك تم دراسة تأثير التداخل بين العوامل المختلفة على خواص الخرسانة و عرض كل مما سبق بشكل كافي بطريقة الجداول و المنحنيات. و كذلك تم استنتاج نتائج الخلطات التي لم يتم تنفيذها و هي 216 خلطة. كما تم عمل تجارب لبعض هذه الخلطات و مقارنتها مع النتيجة المستنتجة و كانت نسبة الخطأ فى حدود من 4 الى 10%.

الباب الخامس:

و يختص بدراسة و تحليل النتائج الخاصة بالاختبارات التي تم اجراؤها على الخرسانة التي تم استخدام حبيبات المطاط فيها كإحلال بالحجم للركام الناعم. كذلك يشمل الباب تحليل نتائج الاختبارات الخاصة بمركبات المطاط مع الاسمنت و المطاط مع الإيبوكسى.

الباب السادس:

و يشمل ملخص لأهم الاستنتاجات التي تم التوصل اليها من الاختبارات المختلفة التي تم اجراؤها خلال البحث و التي من بينها:

- بالنسبة للخرسانة المطاطية التي تحتوى على حبيبات المطاط بنسب ضئيلة:
- 1 - يمكن اضافة حبيبات المطاط بنسب صغيرة الى الخرسانه بدون حدوث انخفاض كبير فى مقاومة الضغط خصوصا فى الخرسانة ذات الرتب العالية. لأن الانخفاض فى المقاومة يزيد بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة المطاط فى الخرسانة.
- 2 - تحسن ملحوظ فى مقاومة الخرسانة مع اضافة السيليكا فيوم نظرا لنعومه حبيباته مقارنة بالاسمنت مما يزيد من قوة الترابط مع حبيبات المطاط.
- 3 - التغير فى شكل حبيبات المطاط و طريقة المعالجة ليس له تأثير ملحوظ على مقاومة الضغط مقارنة بالعوامل الأخرى.
- 4 - تم تسجيل انخفاض ملحوظ فى معايير المرونة الاستاتيكي للخرسانة المطاطية مقارنة بالخرسانة العادية خصوصا مع زيادة نسبة المطاط فى الخرسانة.
- 5 - تحسن كبير فى مقاومة الخرسانة للصدم مع زيادة نسبة المطاط فى الخرسانة خصوصا مع استخدام ألياف المطاط ذات مقاس 4.75 مم.
- 6 - متانة الخرسانة المطاطية تزيد عن الخرسانة العاديه نظرا لتحملها اجهادات اضافية حتى بعد تعرضها للشروخ نتيجة التحميل. و تم ملاحظة ان ألياف المطاط ذات المقاس الأكبر تعطى أفضل النتائج مقارنة بالأنواع الأخرى من حبيبات المطاط.

- و بالنسبة للخرسانة المطاطية التي تحتوى على نسب كبيرة من حبيبات المطاط كإحلال للرمل:
- 1 - تم تسجيل انخفاض كبير فى جميع الخواص الميكانيكية للخرسانة مع زيادة نسبة إحلال المطاط للركام الصغير و أن الانخفاض فى مقاومة الضغط قد يصل الى أكثر 90% عند نسبة إحلال 100%.
- 2 - بالرغم من الانخفاض فى الخواص الميكانيكية للخرسانة المطاطية عند استخدام نسب إحلال كبيرة إلا انها اظهرت تحسن ملحوظ فى خواص العزل للصوت و الحرارة.

- و بالنسبة لمركبات المطاط مع الاسمنت و المطاط مع الإيبوكسى:
- 1 - تبين من الدراسة امكانيه استخدام مركبات المطاط و الاسمنت و مركبات المطاط و الايبوكسى كمواد جيدة للعزل الصوتي و عزل الحرارة.
- 2 - وكذلك تم التوصل الى امكانية استخدام مركبات المطاط و الايبوكسى فى الفواصل الانشائية نظرا لمرونتها الفائقة.