

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ISPARTA VE YÖRESİNDEKİ DOĞAL TAŞ İLE ENDÜSTRİ
ATIKLARININ ISI YALITIMLI PANEL DUVAR ELEMANI
ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hüsnü TATLIDİL

**Danışman
Doç. Dr. Emre SANCAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2013**

© 2013 [Hüsnü TATLIDİL]

TEZ ONAYI

Hüsnü TATLIDİL tarafından hazırlanan "**Isparta ve Yöresindeki Doğal Taş ile Endüstri Atıklarının Isı Yalıtımlı Panel Duvar Elemanı Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Yapı Eğitimi Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Emre SANCAK
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mümin FİLİZ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Cenk ÖCAL
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN



TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Hüsnü TATLIDİL



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Polipropilen Lifler	14
2.1.1. Kullanım alanları.....	14
2.1.2. Özellik ve performans değerleri.....	15
2.1.3. Betona katılığı ve kullanım oranları	15
2.2. Sentetik Makro Fiber Lifler Ve Kullanım Alanları.....	16
2.2.1. Sentetik makro fiber donatı nedir?	16
2.2.2. Beton çatlaklarına karşı sağladığı faydalar	17
2.2.3. Betonun donma-çözülme dayanıklılığına sağladığı faydalar	17
2.2.4. Tekrarlanan yükler altında daha elastik davranış sergilemesinin sağladığı faydalar	17
2.2.5. Betona tutunma yeteneğine sağladığı faydalar	18
2.2.7. Maliyet ve uygulama avantajları.....	18
2.2.8. Sentetik makro fiber donatı uygulama alanları	19
2.3. Kimyasal Katkılar	20
2.4. Beyaz Çimento	21
2.5. Granüle Plastik Atığı.....	22
3. MATERYAL VE METOD	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Kullanılan malzemeler	23
3.2. Metod	33
3.2.1. Harç numunelerinin basınç ve eğilme dayanımı deneyi	33
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	36
4.1. Dozaj Ve Kimyasal Katkı Kullanımı Belirlenmesi.....	36
4.2. Hafif Panel Duvar Elemanı Eldesinde Kullanılacak Lif Türü Ve Lif Oranının Belirlenmesi	40
4.3. Belirlenen Karışımlarda Pomza Agregası Yerine Atıkların Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi	47
4.3.1. Polipropilen Liflerin Atık İkameli Panel Duvar Elemanı Eldesinde Kullanılabilirliği	54
4.3.2. Sentetik Makro Fiber Liflerin Atık İkameli Panel Duvar Elemanı Eldesinde Kullanılabilirliği	59
4.4. Termal Özellik Sonuçlarının Değerlendirilmesi	65
4.5. Boy Değişim Sonuçlarının Değerlendirilmesi	72
4.6. İklimlendirme Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	80
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ	94

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISPARTA VE YÖRESİNDEKİ DOĞAL TAŞ İLE ENDÜSTRİ ATIKLARININ ISI YALITIMLI PANEL DUVAR ELEMANI ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hüsnü TATLIDİL

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Emre SANCAK

İnsanların barınma ve hayatlarını idame ettirmeleri amacıyla çalışmalarını yürüttükleri yapıların iklimlendirilerek konfor şartlarının sağlanması amacı ile kullanılan enerjinin büyük çoğunluğu fosil yakıtlardan elde edilmekte ve yurt dışından yüksek döviz harcamaları ile ithal edilmektedir. Binalar ve yerleşimler küresel ısınmaya sebep olan başlıca sera gazı olan CO₂ salınımının % 40'ından sorumludur. Bu nedenle binaların ısıtılmasında gerekli olan enerjiyi en aza indirmek için çeşitli yalıtım sistemleri ve yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı; yalıtım amaçlı mantolama ve sandviç duvar sistemlerdir. Bunlar oluşturulurken kullanılan ana malzeme strofor ve çeşitleridir. Straforun üretiminde yurtdışından temin edilen petrol ürünlerinden faydalanılmaktadır. Bu da ülkemizin ekonomik olarak dışa bağımlı olmasına neden olmaktadır. Ayrıca straforun üretilmesi safhalarında en son alınan BM kararlarında Dünya genelinde azaltılması planlanan CO ve CO₂ gazlarının salınımları söz konusudur. Bu yüzden en uygun ısı yalıtım sistemlerinin yapılarda uygulanarak ekonomik çözümlerin saptanması gerekir.

Bu amaçla tüm dünya ile birlikte ülkemizde de uygulanmaya başlanan ısı geçirim düzeyi minimum, panel duvarlar, incelenmesi ve ülkemiz iklim koşullarında uygulanma şekillerinin araştırılması gereken bir konudur. Isı Yalıtımlı Panel Duvar Elemanları dünyanın birçok ülkesinde yıllardır kullanılmaktadır. Bu sistem, hızlı üretilmesi, sağlamlığı, ısı depolama yeteneği ile ideal bir ısı yalıtımı sağlaması, ısı köprüleri oluşumuna izin vermemesi, yoğunlaşma ve buharlaşma oluşturmaması gibi özellikleri ile tercih edilmektedir. Isı Yalıtımlı Levha Duvar Elemanı üretiminde endüstriyel atıklardan; granüle plastik atıkları ve ASTM C-1116'ya uygun kopolimer/polipropilen lifler kullanılmıştır. Ayrıca Isparta yöresinde doğal yapı taşlarının işlenmesi sırasında ortaya çıkan andezit ve mermer tozu atıklarının çevre sorunlarına sebep olmasına engel olunması açısından bu atıkların da üretilecek levha duvar elemanlarında agrega ile yer değiştirilerek kullanılması planlanmaktadır.

Isparta yöresi pomza agregası kullanılarak birim ağırlığı düşük ve ısı yalıtımı yüksek lifli panel duvar elemanlarının geliştirilmesi için yine Isparta ve çevresinde yaygın olarak ortaya çıkan Andezit Tozu(AT) ve Mermer Tozu(MT) atıklarının geri dönüşümüne olanak sağlamak üzere oluşturulan harçlarda önce çimento dozajı belirleme çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda yeterli işlenebilirliği sağlaması amacı ile ticari bir süperakışkanlaştırıcı katkının, yapılan ön denemeler ile % 2 oranında(çimento ağırlığının) kullanımı kararlaştırılmıştır. % 10-20-30 oranlarında pomza agregasının yerine AT-MT ve granüle plastik atıkları (GPA), % 1-2-3 oranlarında polipropilen lifler ve sentetik makro fiberler ile takviye edilerek eğilme gerilmesi kapasitelerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu aşamada elde edilen sertleşmiş harç örneklerinde optimum lif oranının % 2 olduğu belirlenmiştir. Lif katkısız % 2 SA katkılı örneklerde 28 günlük basınç dayanımı 16.72N/mm^2 iken aynı oranda PP lifli % 2 SA katkılı örneklerde 25.21N/mm^2 , SMF'li ve % 2 SA'lı örneklerde 24.48N/mm^2 basınç dayanımı elde edilmiştir. Çeşitli atıklarda AT'nun % 20-30 oranlarında pomza agregası ile ikame edildiği % 2 SA katkılı lifsiz örnekler sırası ile 28.61 ve 27.42N/mm^2 ve % 30 MT ikameli % 2 SA'lı lifsiz örnekler 25.12N/mm^2 28 günlük basınç dayanımı sergilemiştir. 28 günlük % 2 PP lifli % 2 SA katkılı örneklerde AT ve MT atık ikame oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımlarında artış eğilimi görülmüştür. (sırası ile AT için $23.04-25.25-27.31\text{N/mm}^2$, MT için $17.87-21.32-25.44\text{N/mm}^2$). GPA ikame oranının artışına bağlı olarak 28 günlük basınç dayanımları düşme eğilimi sergilemiştir.

% 2 SMF katkılı AT ikameli örneklerde de ikame oranının artışına paralel olarak 28 günlük basınç dayanımları artış eğilimi sergilemişlerdir(sırası ile $20.94-25.96-30.40\text{N/mm}^2$). MT ikameli % 2 SMF'li % 2 SA katkılı örneklerden % 10-20-30 oranlarında ikame için birbirlerine birbirlerine yakın basınç dayanımları elde edilmiştir. (sırası ile $26.48-26.69-25.11\text{N/mm}^2$). % 2 SMF'li GPA ikameli örneklerdeki 28 günlük basınç dayanımları 20N/mm^2 daha düşük olmakla beraber artan ikame oranına bağlı olarak azalma eğilimi sergilemiştir.(sırası ile $17.87-14.86-12.61\text{N/mm}^2$)

% 100 pomza ile üretilen % 2 SA katkılı örneklerde % 2 SMF veya PP lif ilavesi ile sırasıyla 0.78 ve 0.83 W/mk ısı iletkenlik katsayısı elde edilmiştir. Atıklarda AT'nun pomza ile % 10-20-30 oranlarında ikame edildiği % 2 SA içeren % 2 SMF veya % 2 PP lifli örnekler $0.71-0.85\text{ W/mk}$ aralığında değişen ısı iletkenlik katsayısı sergileyerek TS 825'te belirtilen 1800kg/m^3 yoğunlukta hafif beton dolu bloklar için verilen sınır değer olan 0.87W/mk 'den daha olumlu davranış sergilemiştir.

Boy değişimi özelliği bakımında PP ve SMF kullanımı boy değişimi hızını sınırlandırarak olumlu katkı sağlamıştır. Atık türünün boy değişimine belirgin bir etkisi gözlenmemiştir. Lifsiz örneklerde en fazla boy değişimleri P90+AT10 ve P70+AT30 örneklerde, en az boy değişimleri ise P100 ve P80+AT20 örneklerde meydana gelmiştir. Lifli örneklerde ise en fazla boy değişimi P80+AT20 ve P70+AT30 örneklerde, en az boy değişimi ise P100 ve P90+AT10 örneklerinde ölçülmüştür.

40°C olarak uygulanan 120 saat iklimlendirme süresi neticesinde yapılan eğilme dayanımı deneylerinde en fazla dayanım kaybına uğrayan seriler sırası ile P70+MT30(SMF Lifli); P70+MT30(PP Lifli); P90+AT10(PP Lifli); P90+MT10(PP Lifli) ve P100(PP Lifli) olmuştur. En az eğilme dayanım kaybı ise P90+AT10(SMF Lifli); P80+AT30(SMF Lifli); P90+MT10(SMF Lifli) serilerde gerçekleşmiştir. PP ve SMF lifli örnekler örnekler arasında lif tipinin eğilme dayanımına belirgin bir etkisi yoktur. Eğilme dayanımları lif tipinden bağımsız olarak değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji tasarrufu, ısı yalıtımı, panel duvar elemanı, mermer tozu, andezit tozu, plastik atıkları, kimyasal katkı malzemesi, polipropilen lifler, sentetik makro fiber, ısı köprüleri, yoğuşma, ısı depolama yeteneği.

2013, 93 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

STUDY ON USABILITY OF NATURAL STONES AND INDUSTRIAL WASTES IN PANEL WALL ELEMENTS PRODUCTION IN ISPARTA DISTRICT

Hüsnü TATLIDİL

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Construction Education**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Emre SANCAK

Great portion of the energy required to air-condition the buildings where people reside, live or work in order to grow the standards of comfort is obtained from fossil fuels overwhelmingly imported from abroad with huge amount of money. Housing and settlements account for 40% of CO₂ greenhouse gas emission which is one of the primary causes of global warming. Thus, several insulation systems and materials are employed so as to reduce the amount of energy required to heat the buildings. The most prevailing ones of those are jacketing for insulating purposes and sandwich wall systems. Styrofoam and styrofoam products are main materials of these systems. In styrofoam production, imported petroleum products are used, which leads Turkey to rely heavily on outside financial sources. Huge amount of CO and CO₂ gases emission, aimed to reduce across the globe in accordance with UN resolutions, takes place in styrofoam production. Thus, the most environment-friendly as well as affordable heat insulation systems are to be applied in structures and buildings.

To that end, panel walls with minimum level of heat conduction, becoming more prevailing in Turkey and world, and its suitability with the climatic conditions of Turkey are to be investigated. Panel wall elements with heat insulation have been used in many countries for many years. This system is highly preferred because of its fast-production, stiffness, capacity to store heat as well as because it does not allow heat bridges, condensation and evaporation. In panel wall element with heat insulation production, industrial wastes like granule plastic wastes and copolymer/polypropylene fibers in accordance with ASTM C-1116. Besides, andesite and marble powder that emerges during the processing of natural stones in Isparta District is intended to replace the aggregate in production of panel wall elements so that it could reduce andesite and marble powder-related environmental issues to minimum.

In order to obtain panel wall elements with low unit-weight and high heat insulation as well as to recycle Marble Powder (MP) and Andesite Powder (AP) that emerges during the processing of natural stones in Isparta District, cement content analyses have been conducted. Within this context, a commercial super-plasticizer additive has been used in rate of 2% of cement weight as a result of preliminary tests for purposes of providing sufficient processability. Instead of 10-20-30% of pumice

aggregate, AP and MP and granule plastic wastes supported with 1-2-3% of polypropylene fibers and synthetic macro fibers have been used to improve their capacities of flexural and compressive strengths. Optimum fiber rate in samples of hardened mortar obtained at this level of the study has been found as 2%. In non-fiber samples with 2% super-plasticizer additive, 28 days pressure strength is 16.72N/mm^2 while it is 25.21N/mm^2 in samples with polypropylene fiber and 2% super-plasticizer additive and 24.48N/mm^2 in samples with synthetic macro fiber and 2% super-plasticizer additive. In non-fiber samples with 2% super-plasticizer additive in which AP has been replaced with pumice aggregate at rate of 20% and 30% have respectively displayed 28.61 and 27.42 N/mm^2 of 28 days pressure strength while non-fiber samples with 2% super-plasticizer additive in which MP has been replaced with pumice aggregate at rate of 30% have displayed 25.12N/mm^2 of 28 days pressure strength. In samples with 2% polypropylene fiber and 2% super-plasticizer additive of 28 days the pressure strength rates incline to increase depending AP and MP waste replacement rates (for AP respectively 23.04-25.25- 27.31N/mm^2 , for MP 17.87-21.32- 25.44 N/mm^2). Pressure strength rates of 28 days incline to decrease depending the increase of granule plastic wastes replacement.

In samples with 2% synthetic macro fiber additive and AP replacement, 28 days pressure strength rates incline to grow in parallel with the increase in replacement rates (respectively $20.94\text{-}25.96\text{-}30.40\text{N/mm}^2$). In samples with 2% synthetic macro fiber and super-plasticizer additive as well as MP replacement, very close pressure strength rates have been obtained at 10-20-30% of replacement rates (respectively $26.48\text{-}26.69\text{-}25.11\text{N/mm}^2$). In samples with 2% synthetic macro fiber and granule plastic wastes replacement 28 days pressure strength rates are much lower than 20N/mm^2 while the rates incline to decrease depending the replacement rate (respectively $17.87\text{-}14.86\text{-}12.61\text{N/mm}^2$).

In samples with 2% super-plasticizer additive produced with 100% pumice, 0.78 and 0.83 W/mk heat conductivity coefficients have been obtained respectively with 2% synthetic macro fiber and polypropylene additives. Samples with 2% synthetic macro fiber, polypropylene and super-plasticizer additives in which AP has been replaced with pumice at rates of 10-20-30% have displayed heat conductivity coefficients between 0.71 and 0.85 W/mk , which is more positive than the limit value of 0.87 W/mk given for the low-concrete blocks at 1800kg/m^3 condensation identified at Turkish Standards no 825.

With respect to length change, PP and SMF use has contributed positively by limiting the length change speed. The type of waste has had no significant impact on the length change. In non-fiber samples, the biggest length change has been obtained from P90+AP10 and P70+AP30 samples while the least changes from P100 and P80+AP20 samples. However, in samples with fiber the biggest length change has been measured in P80+AP20 and P70+AP30 samples while the least changes in P100 and P90+AP10 samples.

Flexural strength experiments conducted within 120 hours of air-conditioning in 40°C have demonstrated that P70+MP30 (SMF), P70+MP30 (PP Fiber), P90+AP10 (PP Fiber), P90+MP10 (PP Fiber) and P100 (PP Fiber) series have been subject to biggest loss of flexural strength. However, the least flexural strength loss has occurred in P90+AP10 8(SMF), P80+AP30 (SMF) and P90+MP10 (SMF) series.

The type of fiber has had no significant impact on flexural strength among samples with PP and SMF fibers. Flexural strengths vary independent of type of fiber.

Key Words: Energy saving, heat insulation, panel wall element, marble powder, andesite powder, plastic wastes, chemical admixture, polypropylene fibers, synthetic macro fiber, heat bridges, condensation, heat storage ability

2013, 93 pages

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında, bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım her zaman beni destekleyen ve yanımda olan, Sayın Danışmanım Doç. Dr. Emre SANCAK' a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca tezimde çok büyük emeği olan ve değerli bilgileri ve manevi desteklerini esirgemeyen daima yanımda olan Prof. Dr. Mümin FİLİZ' e ve tez çalışmalarım sırasında manevi desteklerini esirgemeyen arkadaşım Süleyman DALKILIÇ' a teşekkür ederim.

2822-YL-11 No' lu proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Beni bu günlere getirip hayatımın her aşamasında destekleyen aileme sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hüsnü TATLIDİL
ISPARTA, 2013

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3. 1. Karışımlarda kullanılan 0-4 mm dane aralığındaki pomzanın görünümü	24
Şekil 3. 2. Karışımlarda kullanılan mermer tozunun görünümü	25
Şekil 3. 3. Karışımlarda kullanılan andezit tozunun depolanması	27
Şekil 3. 4. Karışımlarda kullanılan granüle plastik atığının görünümü	28
Şekil 3. 5. Karışımlarda kullanılan polipropilen liflerin görünümü	29
Şekil 3. 6. Karışımlarda kullanılan sentetik makro fiber donatı lifin görünümü	30
Şekil 3. 7. Akma tablası	33
Şekil 4. 1. 7 Günlük numunelerde dozaj ve katkı kullanım oranına bağlı eğilme dayanımları	37
Şekil 4. 2. 7 Günlük numunelerde dozaj ve katkı kullanım oranına bağlı basınç dayanımları	38
Şekil 4. 3. 28 Günlük numunelerden elde edilen basınç dayanımları	39
Şekil 4. 4. Karışımlara ait lif tipi ve yüzdesi ile SA katkı kullanım durumuna göre yayılma çapları	42
Şekil 4. 5. 7 Günlük % 100 pomzalı örneklerde polipropilen lif ve SA katkı kullanım oranına bağlı eğilme dayanımları	43
Şekil 4. 6. 7 Günlük %100 pomzalı örneklerde sentetik makro fiber lif ve SA katkı kullanım oranına bağlı eğilme dayanımları	43
Şekil 4. 7. 7 Günlük polipropilen lifli numunelerde SA ve lif kullanım oranına bağlı basınç dayanım değişimi	44
Şekil 4. 8. 7 Günlük SMF lifli numunelerde SA ve lif kullanım oranına bağlı basınç dayanımları	45
Şekil 4. 9. 28 günlük polipropilen lifli numunelerde SA ve lif kullanım oranına bağlı basınç dayanımları	45
Şekil 4. 10. 28 günlük SMF lifli numunelerde SA ve lif kullanım oranına bağlı basınç dayanımları	46
Şekil 4. 11. Karışımlara ait pomza agrega ile % 10–20–30 AT-MT-GPA'nın yer değiştirilmesi ile SA katkılı ve katkısız üretilen karışımlarda yayılma çapları	50
Şekil 4. 12. 7 Günlük AT-MT-GPA ikameli eğilme dayanımı değerleri	51
Şekil 4. 13. 7 Günlük AT-MT-GPA ikameli basınç değerleri	52
Şekil 4. 14. 28 Günlük AT-MT-GPA ikameli basınç değerleri	53
Şekil 4. 15. Karışımlara ait % 10–20–30 AT-MT-GPA ile SA katkı kullanım durumuna göre yayılma çapları	55
Şekil 4. 16. 7 Günlük AT-MT-GPA ikameli %2 PP lifli örneklerde eğilme dayanımı değerleri	56
Şekil 4. 17. 7 Günlük AT-MT-GPA ikameli %2 PP lifli örneklerde basınç dayanımı değerleri	57
Şekil 4. 18. 28 Günlük AT-MT-GPA ikameli %2 PP lifli basınç değerleri	58
Şekil 4. 19. Karışımlara ait % 10–20–30 AT-MT-GPA ile SA katkı kullanım durumuna göre yayılma çapları	60
Şekil 4. 20. 7 Günlük AT-MT-GPA ikameli %2 SMF lifli eğilme değerleri	61
Şekil 4. 21. 7 Günlük AT-MT-GPA ikameli %2 SMF lifli basınç değerleri	62
Şekil 4. 22. 28 Günlük AT-MT-GPA ikameli %2 SMF lifli basınç değerleri	64
Şekil 4. 23. Lif tipine ve katkı tipi ile katkı oranına bağlı ısı iletkenlik katsayısının değişimi	68
Şekil 4. 24. Isı iletkenlik numuneleri	69

Şekil 4. 25. Rötire ölçümlerinin yapıldığı deney komparatörü	73
Şekil 4. 26. Lifsiz numunelerin (P100, P90+AT10, P80+AT20) boy değişim değerleri.....	74
Şekil 4. 27. Lifli numunelerin (P70+AT30, P100) boy değişim değerleri.....	75
Şekil 4. 28. Lifli numunelerin(P90+AT10, P80+AT20) boy değişim değerleri	76
Şekil 4. 29. Lifli numunelerin(P80+AT20, P70+AT30) boy değişim değerleri	77
Şekil 4. 30. Lifli ve lifsiz örneklerin boy değişimleri	79
Şekil 4. 31. İklimlendirme numunelerinin eğilme deneyi.....	81
Şekil 4. 32. Lif tipine ve katkı tipi ile katkı oranına bağlı levha örneklerin iklimlendirme sonunda meydana gelen eğilme dayanımı	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1. Pomzanın fiziksel özellikleri	23
Çizelge 3. 2. Pomzaların kimyasal özellikleri.....	24
Çizelge 3. 3. Pomza (0-4mm) agregasına ait fiziksel özellikler	24
Çizelge 3. 4. Isparta andeziti fiziksel özellikleri	26
Çizelge 3. 5. Isparta andeziti ve mermer tozu kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	27
Çizelge 3. 6. Polietilen plastik atıklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini gösteren grafik aşağıda verilmiştir	28
Çizelge 3. 7. Fiziksel özellikleri.....	30
Çizelge 3. 8. BPC 52,5 R/85 süper beyaz çimentosu fiziksel ve kimyasal özellikleri.	32
Çizelge 4. 1. Dozaj ve katkı oranının belirlenmesinde kullanılan malzeme miktarları	36
Çizelge 4. 2. Lif ve katkı oranının belirlenmesinde kullanılan malzeme miktarları..	41
Çizelge 4. 3. Lif sabit katkı oranı (% 0-2) sabit pomza azaltılarak (% 10-20-30) AT-MT-GPA oranlarının belirlenmesinde kullanılan malzeme miktarları	48
Çizelge 4. 4. Isı iletkenlik katsayısı ölçümü için 50x200x400mm boyutunda numunelerin karışıma giren malzeme miktarları	66
Çizelge 4. 5. % 2 kimyasal katkılı örneklerde ısı iletkenlik katsayısı değerleri	67
Çizelge 4. 6. Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri (λh) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)	70
Çizelge 4. 7. 25x25x285mm Boyutundaki kalıplara boy değişim numunelerin karışıma giren malzeme miktarları.....	72
Çizelge 4. 8. Lifli ve lifsiz numunelerin boy değişim sonuçları	78
Çizelge 4. 9. 20x310x310mm Boyutundaki numunelerin karışıma giren malzeme miktarları.....	80
Çizelge 4. 10. Lif tipine ve katkı tipi ile katkı oranına bağlı levha örneklerde iklimlendirme sonunda meydana gelen eğilme dayanımı değişimleri.....	82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	Amerikan standardı
AT	Andezit tozu
BHA	Birim hacim ağırlık
MT	Mermer tozu
PP	Polipropilen lif
PÇ	Portland çimentosu
PE	Polietilen
P	Pomza
R	Referans
SA	Süper akışkanlaştırıcı
SMF	Sentetik makro fiber
TS	Türk standardı
W	Su

1.GİRİŞ

Tüm dünya ile birlikte ülkemizde de uygulanmaya başlanan ısı geçirim düzeyi minimum, panel duvarlar özellikle incelenmesi ve ülkemiz iklim koşullarında uygulanma şekillerinin araştırılması gereken bir konudur. Isı Yalıtımlı Panel Duvar Sistemi dünyanın birçok ülkesinde yıllardır kullanılmaktadır. Bu sistem hızlı üretilmesi, sağlamlığı, ısı depolama yeteneği ile ideal bir ısı yalıtımı sağlaması, ısı köprüleri oluşumuna izin vermemesi, yoğunlaşma ve buharlaşma oluşturmaması gibi özellikleri ile tercih edilmektedir (Aksöz, 2009).

Bir yapının, yapılış amacına uygun olarak, kullanıcılarına hizmet vermesi ve değerini yıllarca koruyabilmesi ancak, iç ve dış olumsuz etkenlere karşı iyi korunmuş olmasına bağlıdır. Yapıların iç ve dış faktörlerden korunabilmesi de yalıtım yapılmış veya yapılmamış olmasıyla ilgilidir. Yalıtım; binayı, taşıyıcı sistemi ve yapı bileşenleri ile birlikte, tüm bu iç ve dış faktörlerden korumayı, sağlıklı ve konforlu mekânlar oluşturmayı hedefler. Yalıtım, hem yapıyı hem de kullanıcıları korumaya yönelik önlemleri içerir. Yalıtımın amacı yapıların ömrünü uzatmak, bakım masraflarını azaltmak ve kullanıcı için sağlıklı, huzurlu, rahat kullanabileceği mekânlar oluşturmaktır (Aksöz, 2009).

Doğal taş tozu, en küçük boyutlu doğal taş atıklarıdır. Doğal taş işleme tesislerinde blokların ve plakaların kesilmesi sırasında oluşan ve büyük çoğunluğu da 1 mm.nin altında olan doğal taş tanecikleridir. Kesme işleminde su kullanılması nedeniyle suyla birlikte çökeltme havuzlarına taşınır. Havuzlarda çökelen doğal taş tozu daha sonra atık sahalarına alınmaktadır. Bu miktarın çok büyük bir kısmı atık olarak kalmakta ve çevresel problemlere neden olmaktadır (Kocaman, 2006).

Son zamanlarda endüstriyel atık maddelerin panel duvar üretimi için kullanımı ön plana çıkmıştır. Bu bağlamda doğal taş fabrikalarının atığı olan doğal taş tozu, iyileştirme için katkı maddesi olarak düşünülebilir. Bu amaç için çeşitli üniversitelerimizde gerçekleştirilen deneyler sonucunda, atık doğal taş tozunun panel duvar üretiminde kullanılabilir bir malzeme olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Kocaman, 2006).

Atık olarak elde edilen çeşitli ürünlerin depolanması veya doğaya terk edilmesi çok büyük güçlükler yaratmakta, çevre kirliliği dâhil topluma çok büyük sorunlar getirmektedir. Günümüzde, çeşitli ürünlerin üretimi sırasında elde edilen atıkların değerlendirilmesi üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır (Üstümkol 2009).

Türkiye’de de son yıllarda, endüstriyel atıkların değerlendirilmesi ve panel duvar üretiminde performansa olan etkilerinin araştırılması, gündemi oluşturan önemli konulardan biri olmuştur. Termik santral, demir-çelik, bakır, ferrokrom, gübre, kâğıt vb. sanayi alanlarından elde edilen birçok atık malzemeye kullanım olanaklarının yaratılması çok yönlü yarar sağlayacaktır. Yapı malzemelerinin iyileştirilmesi, enerji tasarrufu, ekonomi, çevre koruma ve doğal kaynakların daha akılcı kullanımı gibi avantajlara da neden olacaktır (Öztürk, 2002).

Hızlı kentleşme ve nüfus artışı nedeniyle artan konut ihtiyacının seri olarak endüstrileşmiş yapı malzemeleriyle karşılanması, konutlarda harcanan ısı enerjisinin, enerji kaynaklarının tükenebilirliği nedeniyle minimum seviyeye indirilmesi, ısı yalıtım değeri yüksek malzemelerin kullanımını gerekli kılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda, gelişen teknolojiye paralel olarak, yeni yapı malzemeleri üretilmekte ve tuğla gibi geleneksel yapı malzemelerinin özellikleri de değiştirilip, geliştirilmektedir (Aksin, 2007).

Yapılacak tez çalışmasında; Isparta ve yöresinde (Burdur, Afyon) mevcut doğal hafif pomza agregası ile elde edilecek harç karışımına doğal yapı taşlarının işlenmesi sırasında ortaya çıkan (mermer, andezit) taş tozları, endüstriyel atıklarla,(Granüle Plastik Atıkları: GPA) birlikte kullanılarak ve lif ile takviye edilerek ısı yalıtımlı levha duvar elemanı elde edilmesine çalışılacaktır.

Ön deneme karışımlarında elde edilecek örnekler üzerinde öncelikle şartname ve standartlara göre uygunluk testleri yapılacaktır. Yeterli mekanik dayanıma (basınç ve eğilme) sahip karışımlar tespit edildikten sonra, ısı iletkenliği tespit edilecektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Aksin (2007), yaptığı çalışmada, tuğla ve kiremit üretiminde kullanılan ana malzeme olan kil ile sanayi atıkları olarak nitelendirilen uçucu kül ve fosfojips karışımlarından yeni bir tuğla – kiremit hammaddesi elde etmenin yolları araştırılmıştır. Uçucu kül malzemesinde bulunan yanmamış karbon parçacıklarının üretim sırasında verilen yüksek sıcaklığın etkisi ile yanarak bünyeden uzaklaşıp geride küçük çaplı boşluklar bırakacağı öngörülmüş ve bu malzeme deneysel çalışma kapsamına alınmıştır. Genel olarak tuğla bünyesinde oluşan mikroporların avantajları, nemin kapilarite ile taşınım imkânını gözlemlenebilir oranda yavaşlatması, ısı izolasyonuna yardımcı olması ve hafifletici etki oluşturmastır. Literatür araştırmaları sırasında faydalı olabileceği gözlenen fosfojips malzemesi de ikinci katkı malzeme olarak kullanılmış ve hafifletici etkisinden faydalanılmasını amaçlamıştır.

Aksöz (2009), yaptığı araştırmada; ısı yalıtımı ile ilgili ekonomik analizler yapılmıştır. Bu bağlamda; faiz ve enflasyon oranları, toplam ısı geçiş katsayısı, yıllık ısıtma süreleri, ortam sıcaklıkları, kullanılan enerjinin ısı değerleri ile yalıtım malzemesi fiyatları incelenmiştir. Bunlara bağlı olarak malzeme cins ve fiyatları da dikkate alınarak ısıtma için gerekli olan yıllık toplam minimum maliyet hesaplanarak optimum yalıtım kalınlığı elde edilmiştir. En ucuz yakıt türü olarak bilinen kömür baz alınarak diğer yakıt türlerine göre enerji maliyetleri bulunmuştur. Uygulamada en çok kullanılmakta olan dört çeşit yalıtım malzemesi (EPS, XPS, taş yünü ve cam yünü) kullanılarak analizler yapılmıştır. Bunun için farklı duvar modeli (dışarıdan, içeriden ve ortadan yalıtımlı) esas alınmıştır. Bunlar üzerinde her bir parametre için ayrı ayrı; optimum yalıtım kalınlığı, yalıtımlı ve yalıtımsız yıllık toplam maliyet tutarı, yapılabilecek enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri bulunmuştur.

Kırgız (2007), yaptığı çalışmada, çimento yerine mermer veya tuğla tozunun % 6, 20, 21, 35 oranlarında ikamesiyle, ikameli çimento örnekleri, klinkere mermer veya tuğla tozunun % 6, 20, 21 ve 35 oranlarında katılmasıyla, katkılı çimento örnekleri üretilmiştir. Referans çimento olarak CEM I 42,5 N çimentosu kullanılmıştır. Ayrıca ikameli, katkılı ve referans çimento hamuru ve harç örnekleri hazırlanmıştır. Çimento ve çimento hamuru örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra harç örneklerinin 7, 28 ve 90. gün fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri

belirlenmiştir. Sonuç olarak, mermer tozuna göre, tuğla tozunun çimento içerisinde ikame veya klinkerde katkı olabilecek daha uygun mineralojik özellikleri taşıdığını rapor etmiştir.

Anabal (2007), çalışmasında; gittikçe artan kullanımı nedeniyle plastik atıklar arasında ilk sıralarda yer alan PET atıkların geri dönüşümü konusu tüm aşamalarıyla ele alınmıştır. PET atıkların toplama sistemi, toplanıp ayrıldıktan sonraki geri dönüşüm aşamaları ve PET geri dönüşümünü etkileyen temel faktörler detaylarıyla irdelenmiştir. Ayrıca PET atıkların geri dönüşümünde prosesi olumsuz yönde etkileyen PVC (poli vinil klorür)'nin ayrılma teknikleri ortaya konulmuş, laboratuvar şartlarında PET ve PVC karışım çapakları bazı kimyasal maddelerle etkileştirilerek ve elektrostatik yöntem kullanılarak ayrılmaya çalışılmıştır.

Türker vd. (2003), yaptığı çalışmasında uçucu kül hakkında ve nasıl sınıflandırıldığı hakkında bilgi vererek Türkiye'deki uçucu kül potansiyelinden bahsetmiştir. Ayrıca uçucu külün betona sağladığı katkıdan da bahsederek Türkiye'deki 11 termik santralden alınan uçucu küllerin özelliklerini belirlemiş ve özellikleri doğrultusunda sınıflandırmıştır.

Ünal ve Uygunoğlu (2004), tarafından yapılan araştırmada, Afyon mermer tozu ve Soma uçucu kül katkılı betonların donma-çözülme özellikleri ve ekonomik değerlendirilmesi isimli çalışmasında beton bileşimi içerisine hacim olarak farklı oranlarda katılan yapay agregalarla üretilen betonların donma-çözülme özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla birinci seri betonların üretiminde uçucu kül, ikinci seri betonlarda mermer tozu kullanılmış ve numunelere 28 gün donma-çözülme çevrimi uygulanmış, bu deneylerin ardından ultrases geçirgenliği ile elastisite modülü bulunan numunelerin donma çözülme durumları belirlenerek ekonomik yönden sağlayacağı yarar araştırılmıştır.

Temiz (2009), yaptığı çalışmada ağırlıklı numunelerin üretilmesinde beyaz çimento, öğütülmüş bims tozu, Afşin -Elbistan Termik Santral uçucu kulu kullanmıştır. Numunelerin eğilme ve çekme dayanımlarını arttırmak için atık tekstil liflerinden yararlanmıştır. Hafif beton numunelerin su içeriği, kuru birim ağırlığı, basınç dayanımı, eğilmede -çekme dayanımı, ısı iletkenlikleri, ses geçirgenlikleri, ateş

direnci ve su emme ile mikro yapı özellikleri saptanmıştır. Saptanan test sonuçlarına göre 28 günlük numunelerin en yüksek basınç dayanımı 20.9 MPa bulunmuştur. En düşük ısı iletim katsayısı hesap değeri 0.34 W/mK, en düşük ses geçirgenlik hızı (v) 2.52 km/s, en düşük birim ağırlık 1.19 g/cm³, en yüksek su emme oranı %17.5 bulunmuştur. SEM resimlerinin incelenmesiyle, bims tozu ve Afşin –Elbistan Termik Santral uçucu kulu katkılı numunelerde çimentonun reaksiyon ürünlerinin meydana geldiği açıklanmıştır.

Özkaya (2001), Yalıtım yoluyla yangına yapısal dayanıklılığın sağlanmasında performans temelli yaklaşım konulu çalışmasında yangın sorunlarının çözümünde geleneksel yaklaşımın tamamlayıcısı olan ve daha çok uygulama alanı sunup daha güvenilir olan performans temelli yaklaşım yalıtım yoluyla yapısal dayanıklılığın sağlanmasında etkili olacağı öngörülmüştür.

Demirel (2007), Cam elyaf takviyeli polyester kompozitlere yanmazlık özelliği kazandırılması konulu çalışmasında oldukça geniş bir kullanım alanına sahip cam elyaf takviyeli polyester kompozitlerin yanmazlığını sağlamak amacıyla çeşitli alev geciktirici maddeler kullanılarak kompozitler üretmiştir. Bu amaçla, doymamış polyester reçine matris sistemi olarak, kırılmış “E”camı elyafı takviye sistemi olarak ve alev geciktirici katkı malzemeleri olarak magnezyum hidroksit, borik asit ve çinko borat kullanmıştır. LOİ (limit oksijen indisi) testi sonuçlarından, borik asidin cam elyaf takviyeli polyester kompozit için iyi bir alev geciktirici etki gösterdiği görülmüştür. Kompozit numuneye ağırlıkça %15 borik asit eklenmesi ile numunenin LOİ değeri 25,3 olarak elde edilmiştir.

Yazıcıoğlu ve Bozkurt (2006), Pomza ve mineral katkılı taşıyıcı hafif betonun mekanik özelliklerinin araştırılması isimli çalışmasında; pomza ve mineral katkılı taşıyıcı hafif betonun mekanik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada CEM I 42.5 N sınıfı çimento kullanılmış olup mineral katkı olarak kullanılan silis dumanı (SD) % 10 ve uçucu kül (UK) % 30 oranlarında çimento ile ağırlıkça yer değiştirilmiştir. Kullanılan katkılarla birlikte hazırlanan 3, 7, 14, 28 ve 90 günlük numunelere basınç, yarmada çekme dayanımı ve ultrasonik test deneyleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre silis dumanı katkılı beton numunelerin her yaşta daha iyi dayanım özellikleri sergilediği rapor edilmiştir.

Subaşı vd. (2009), çalışmalarında; genleştirilmiş kil agregasıyla üretilen alternatif karışım özelliklerine sahip hafif betonlarda yarmada çekme dayanımı değerlerinin bulanık mantık yöntemiyle tahmin edilebilirliğini araştırmışlardır.

Gündüz vd. (2006), Genleşmiş kilin hafif agrega olarak kullanılabilirliği isimli çalışmasında üstün teknolojik özellikleri sayesinde birçok endüstriyel hammaddeye nazaran önemli avantajlar sergileyen hafif agregaların, son yıllarda artan bir eğilimle farklı endüstri dallarında geniş bir kullanım sahasının bulunduğundan bahsedilmiştir. Endüstriyel olarak elde edilen hafif agregaların başında genleşmiş kil agregalar gelmesinden ve genleştirilmiş killerin, basınç mukavemeti en yüksek olan hafif yapı malzemelerinden birisi olduğundan bahsedilmiştir. Avrupa'da (özellikle'de Danimarka'da) ve diğer dünya ülkelerinde hafif agrega olarak en yaygın kullanılan malzeme olduğundan bahsedilmiştir.

Yaprak vd. (2004), Cam ve çelik liflerin bazı beton özelliklerine etkisi isimli çalışmalarında betonun mekanik özelliklerini iyileştirmek için çelik, polipropilen ve cam liflerin betona katılmasının betona olan etkilerini, farklı türdeki liflerin belirli oranlarda birlikte kullanımı, daha olumlu ve çok yönlü bir iyileştirmeye olanak sağlayabileceği ve uçucu kül, çelik lif ile üretilen betona 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 kg/m³ cam lif katılarak, betonun basınç ve çekme dayanımındaki değişimler araştırmışlardır. Cam liflerin, basınç ve çekme dayanımına olumlu yönde etkide bulunduğu saptanmıştır.

Akkaş vd. (2010), Polipropilen lif katkılı yarı hafif betonların basınç dayanımı özellikleri isimli çalışmasında polipropilen lifli yarı hafif betonların üretilmesi ve basınç dayanımı incelemiştir. Yapılan deneysel çalışmada normal dayanımlı beton ile aynı karışıma çimento ağırlığının % 6 oranında polimer ilave ederek polipropilen lifli yarı hafif beton numuneler üretmişler ve numuneler üzerinde basınç dayanımı deneyi yaparak numunelerin 7 ile 28 günlük dayanımlarını değerlendirmişlerdir.

Yıldırım vd. (2006), çalışmalarında, polipropilen, cam ve çelik lifli betonların dona dayanıklılıklarını araştırmışlardır. Deneyler için, lifsiz, polipropilen, cam, çelik ve karışık lifli 12 farklı beton üretmişler ve beton karışımında mikro yapılı çapı 50 µ, boyut oranı 400 polipropilen ve çapı 14 µ, boyut oranı 857 olan cam lifler ile makro

yapılı çapı 0.75 mm, boyut oranı 80 olan çelik lifler kullanmışlardır. % 0.5, 0.75 ve %1 hacimsel oranında çelik lifler, beton içinde % 0.1 hacimsel oranında polipropilen ve cam liflerle karışık ve ayrı ayrı kullanılarak deneyler ASTM C 666 standardından havada hızlı donma-çözülme koşulları dikkate alarak yapmışlardır. 30 donma-çözülme çevrimi sonucunda hazırlanan numuneler üzerinde ağırlık kaybı, ultrases geçiş hızı ve dayanıklılık faktörü değerlerini belirlemişler ve deney sonuçlarının, betonda kullanılan lif tipine göre değerler arasında önemli farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir.

Güntekin (2009), Hızlı Yaşlandırma Testlerine Maruz Bırakılmış Çimentolu Lif Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri isimli çalışmasında kızılcıam lifleri ve ticari çimento kullanarak laboratuvar şartlarında üretilmiş çimentolu lif levhaların hızlandırılmış yaşlandırma testleri öncesi ve sonrasında bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmıştır. Levhalar üzerinde ayrıca yoğunluğun, lif/çimento oranının ve kullanılan kimyasal oranının etkisini de incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre hızlandırılmış yaşlandırma testleri fiziksel ve mekanik özellikleri azaltıcı etki yapmaktadır. Yoğunluğun ve kullanılan bağlayıcı oranının artırılması mekanik özellikleri genellikle önemli düzeyde arttırmaktadır. Lif/çimento oranının artması eğilme direnci, kalınlığına şişme ve su alma değerlerini önemli oranda arttırırken elastikiyet modülünü önemli ölçüde düşürmüştür.

Arıcı (2010), çalışmasında betonun çarpma mukavemetine basınç dayanımının etkisini belirleyebilmek için Charpy metodunu kullanmıştır. Çarpma mukavemetinin belirlenmesi için yapılan deneylerde max. agrega çapı 8 mm. olan, farklı başlangıç çatlağı boyutuna (relatif çentik boyu 0,2 ve 0,3) ve basınç dayanımına sahip üç seri numune hazırlamıştır. Ayrıca serilerin basınç, yarma ve eğilme dayanımları belirlenebilmesi içinde numuneler dökerek elde edilen deneysel verilerden çarpma dayanımında betonun basınç dayanımının etkisini incelemiştir.

Karakoç (2010), yaptığı tez çalışmasında, hafif agreganın ve hava sürükleyici katkı (HSK) maddesinin yüksek dayanımlı betonun (YDB) donma-çözülme dayanıklılığına etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, beton karışımında ince agreganın 0-2 mm'lik kısmının yerine, toplam agrega hacminin % 10, %20 ve %30 oranlarında genleştirilmiş perlit agregası (GPA) ve pomza agregası (PA) kullanılmıştır.

Su/bağlayıcı (w/b) oranları 0.25, 0.30 ve 0.35 olarak belirlenmiştir. Ayrıca her w/b oranı için HSK'lı bir grup hazırlanmıştır. Numunelerin 0, 100, 200, 300 ve 1500 donma-çözülme çevrimi sonunda basınç dayanımları, ultrasonik hızları (UPV), ağırlık ve boy değişimleri, poroziteleri, bağlı dinamik elastisite modülleri (BDEM), BET analizleri ve SEM mikrografları tespit etmiştir. Donma-çözülme dayanıklılığı açısından, HSK'lı grupların ve %10 hafif agregalı grupların, kontrol gruplarına göre daha iyi sonuçlar verdiği açıklanmıştır. Ancak daha yüksek hafif agregası oranlarında donma-çözülme dayanıklılığının azaldığı gözlenmiştir. Ağırlık ve boy değişimlerinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Donma-çözülme sonrası içyapı ve porozite değerleri göz önüne alındığında içyapıda hasarların meydana geldiği tespit edilmiştir. 300 çevrim sonunda; basınç dayanımı, UPV, BDEM, porozite değerlerinden elde edilen sonuçlar ve genetik algoritma ile elde edilen optimum değerler ve yapay sinir ağırları ile elde edilen modeller incelendiğinde hafif agregaların yaklaşık olarak %10 oranında kullanılmasının donma-çözülme dayanıklılığı için uygun olduğu belirlenmiştir.

Yegin (2009), özellikle sıcaklık farkının çok fazla olduğu yerlerde betonun uğramış olduğu önemli etkilerden birisi olan donma-çözülme hasarına karşı dayanıklılığının iyileştirilmesini araştırmayı amaçlamıştır. Bu amaçla betona hafif agregası katılarak betonun donma-çözülme hasarına karşı dayanıklılığı incelenmiştir. Betona hafif agregası olarak ince agreganın (0-2 mm) yerine tüm agregası hacminin %10, %20 ve %30'u oranında genişletilmiş perlit agregası (GPA) ve pomza agregası (PA) kullanmıştır. Ayrıca bir gruba da toplam hacmin %0,01'i oranında hava sürükleyici katkı (HSK) katılmıştır. Tüm karışımlara mineral katkı olarak bağlayıcı ağırlığının %7'sini oluşturacak şekilde silis dumanı katılmıştır. Kimyasal katkı olarak bütün karışımlara farklı oranlarda süper akışkanlaştırıcı (SAK) katkı kullanılmıştır. Tüm karışımların su/bağlayıcı (w/b) oranı 0,25, 0,30 ve 0,35 olacak şekilde üretilmiştir. Donma-çözülme çevrimi olarak ASTM C 666 standardında belirtilen yöntem A ve yöntem B için 200 donma-çözülme çevrimi yapılmıştır. Donma-çözülme hasarını belirlemek için numunelerin basınç dayanımları, ultrason hızları ve birim ağırlık değişimleri incelenmiştir. % 10 hafif agregalı ve HSK'lı karışımların donma-çözülme hasarına karşı daha iyi sonuç verdiği açıklanmıştır.

Yıldız vd. (2004), tarafından yapılan bir çalışmada; beton karışımına styropor ilave edilerek elde edilen hafif betonun fiziksel özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Araştırma yapılan numuneler, katkısız ağırlığından %10, 20, 30 ve % 40 oranlarında azalma oluşturacak miktarlarda styropor ilave edilerek hazırlanmıştır. Araştırılan fiziksel özellikler; donma-çözülme dayanımı, su emme, boşluk oranı ve birim ağırlık oranının belirlenmesidir. Numunelerdeki styropor oranının artması ile malzemenin birim ağırlığında azalma olurken, su emme ve boşluk oranında artma olmuştur. Donma-çözülme neticesinde numunelerde çatlamlar ve az miktarda da parçalanmalar olduğu belirtilmiştir.

Binici vd. (2010), tarafından yapılan bir araştırmada; barit, kolemanit, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomza içeren betonların dayanım ve dayanıklılığını incelenmiştir. Çimento ve ince agreganın yerine barit, kolemanit, yüksek fırın cürufu ve pomza kullanılmıştır. Çimento ile yer değiştirme yüzdelerinin Referans ve katkılı betonlarda, basınç dayanımı, sülfat dayanımı, aşınma dayanımı, donma-çözünme direnci ve permeabilite özellikleri incelenerek araştırılmıştır. Sonuç olarak; kolemanitin basınç, donma-çözülme, aşınma, sülfat dayanımlarına ve su geçirimsizliği gibi birçok özelliğine olumlu katkılarda bulunduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar kolemanitin çalışmalarda daha çok kullanılarak daha da geliştirilebileceğini ve böylece ülkede bol miktarda bulunan kolemanit için çeşitli kullanım alanları ortaya çıkabileceğini açıklamışlardır.

Al-Jabri et al.(2009), yaptıkları araştırmada beton bloklarda atık malzemelerin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Üç farklı atık malzeme ile bloklar üretilmiştir (vermikülit, granüle polistren taneleri: hafif agrega olarak karışım içinde değişik oranlarda) çimento fırın tozu(CKD) ise çimento ile yer değiştirilerek kullanılmışlardır. Üç tip üretilen (ikisi hafif, birisi normal ağırlıklı) beton blokların dayanımı ve bu beton bloklarla yapılan yığma kolonların dayanımı birbirleri ile karşılaştırıldı. Geliştirilen hafif beton blokların ısı yalıtım özellikleri de karşılaştırıldı. Sonuçlara göre yoğunluk ve basınç değişikliğindeki değişime rağmen, polistren taneli hafif beton bloklar vermikülit ile üretilen ve normal beton bloklardan daha düşük ısı iletkenliği değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Çimento fırın tozunun % 15'ine kadar çimento ile yer değiştirilmesinin basınç dayanımı ihmal edilebilir düzeyde kalmıştır.

Özbalta vd. (2010), Farklı duvar sistemlerinin termal özellik etkileri ile zaman farkı ve eksiltme faktöründe yalıtım bölgesinin etkilerinin çalışıldığı tarafından gerçekleştirilen araştırmada, günlük termal davranışları değişik duvar sistemleri temsili olarak geliştirmişlerdir. Zaman farkını yalıtımlı dış duvarda 4.34 ve 6.74, yalıtımlı iç duvarda 3.64 ve 5.86 olarak belirlemişlerdir. Azaltma faktörü sırsı ile 0.008 - 0.023 ve 0.019 - 0.029 olarak hesaplama neticesinde rapor edilmiştir.

Güntekin ve Şahin (2009), tarafından yapılan araştırmada ahşap yongalı çimento levhalarda yapılan hızlandırılmış hava koşullandırma etkisi nedeni ile renk değişimi de dahil olarak bazı mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hızlandırılmış hava koşullandırma etkisinin yongalı çimentolu levhaların mekanik ve fiziksel özelliklerine önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Koşullandırmanın artışına paralel olarak özelliklerde de azalmalar kaydedilmiştir.

Beycioğlu vd. (2008), Ülkeler endüstriyel yönden hızlı ve büyük bir gelişim içerisinde. Bu büyük gelişim insanlık açısından olağanüstü bir öneme sahiptir. Endüstriyel gelişimin yararlarının yanı sıra şüphesiz ki bir takım olumsuz getirileri de göz ardı edilemez bir gerçektir. Endüstriyel gelişimin insanlık ve çevre için olumsuz getirilerinin başında atık maddeler bulunmaktadır. Bu atık maddelerin faydalı geri dönüşüm mekanizmaları ile tekrar kullanılması hem çevresel korunum yönünden hem de ekonomik kazanım yönünden çok büyük öneme sahiptir.

Bu çalışmada büyük çevre sorunları haline gelen endüstriyel atıklardan, atık araç lastikleri, uçucu küller, silis dumanı, granüle yüksek fırın cürufu ve mermer toz atıklarının inşaat sektöründe kullanılabilirliği incelenmiştir. Önemli çevre sorunları oluşturan bu atık malzemelerin inşaat sektöründe kullanılabilirliği üzerine yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar alındığı görülmüştür. Endüstriyel gelişime paralel olarak ortaya çıkabilecek atık malzemelerin faydalı geri kazanım mekanizmaları ile tekrar kullanılabilirliği ve olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması üzerine yapılacak çalışmaların çevresel korunum ve insanlığın geleceği açısından çok önemli olduğu belirlenmiştir.

Bilgin (2010), Bu çalışmanın amacı ocaklarda ve işleme tesislerinde oluşan mermer atıklarını yapı malzemesi üretiminde kullanmak ve dolayısıyla çevreye olan

zararlarını en aza indirerek hem çevreyi korumak hem de hammadde ve enerjiden tasarruf ederek ekonomiyi kalkındırmaktır. Atık tozların değerlendirilebileceği pek çok alan vardır. Bunlardan biri de atıkları yapı endüstrisinde kullanmaktır. Çalışmada üç farklı yöreye ait ocaklardan alınan atık tozlar karakterizasyon testlerinin ardından yapay mermer karo ve tuğla üretiminde kullanılmıştır. Fiziksel, mekanik optik ve analitik testlerle kullanılabilir maksimum atık miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar mermer atıklarının ağırlıkça % 20 oranda reçine ile karıştırılarak en iyi özellikte karo üretimini sağladığı ve tuğla harcı içerisinde % 50'ye kadar kullanılarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Uysal vd. (2011), Ülkemizde beyaz portland çimentosu (BPÇ) genellikle estetik ve dekoratif amaçlı kullanılmakta olup, yapısal olarak beyaz beton kullanımı henüz tam olarak yaygınlaşmamıştır. Bu çalışmada BPÇ, beyaz kalker agregası ve mermer tozu kullanılarak elde edilen beyaz betonun, taşıyıcı elemanlarda kullanımı için en önemli özelliklerinden olan basınç dayanımı üzerinde farklı kür şartlarının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla BPÇ dozajı 250-650 kg/m³ aralığında değiştirilerek ve kimyasal katkı oranı sabit tutularak, katkılı ve katkısız olmak üzere 10 ayrı karışıma sahip numuneler üretilmiştir. Hazırlanan beton karışımları 20±2°C kirece doymuş su içerisinde, laboratuvar ortamında (20±3°C sıcaklık ve %68 nem) açık olarak ve naylon örtü içerisinde sarılı olmak üzere üç farklı kür yöntemi uygulanmak suretiyle 7, 28 ve 90 gün boyunca bekletilerek bu süreler sonunda basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Üretilen betonlar üzerinde basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Bulunan basınç deneyi sonuçları değerlendirilerek farklı dozajda üretilen numunelerde süper akışkanlaştırıcı katkının ve farklı kür şartlarının beton basınç dayanımları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre, üretilen betonlarda özellikle ilk günlerde su kürü yönteminin uygulanması ve kimyasal katkı kullanımının beton basınç dayanımının artmasında etkili olduğu görülmüştür.

Ceylan (2000), Bu çalışmada mermer fabrikalarından üretim atığı olarak çıkan mermer toz atıklarının endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu tip fabrikalarda yapılan gözlemler sonucunda toz atıkların bertarafında çevre mevzuatı açısından sorunlar yaşandığı tespit edilmiştir. Bu nedenle çalışmada hem çevresel olumsuzlukların giderilmesi, hem de bu atıkların hammadde olarak endüstride kullanılabilirliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Çalışmada, toz atıkların

potansiyeli ve mevcut değerlendirilme olanakları hakkında genel bilgi verildikten sonra derz dolgu malzemesi (halk arasında beyaz çimento) üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, Isparta, Afyon ve Aydın'da faaliyet gösteren bazı mermer fabrikalarının toz atıklarından numuneler alınarak derz dolgu malzemesi üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca belirtilen fabrikalarda işlenen mermer türlerinin parça atıkları da laboratuvar koşullarında kırma ve öğütme işlemine tabi tutulmuş, elde edilen mermer tozlarının derz dolgu malzemesi üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Mermer toz atıklarının derz dolgu malzemesi üretiminde kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla dört özelliği analiz edilmiştir. Bu özellikler, tane boyut dağılımı, kimyasal bileşim, beyazlık ve rutubet oranıdır. Analiz bulgularında fabrikalardan alınan mermer toz atıklarının CaCO_3 oranlarının yüksek çıkmasına rağmen, tane boyut dağılımı, beyazlık ve rutubet oranı değerlerine göre, derz dolgu malzemesi üretiminde doğrudan kullanımının mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durumda, mermer toz atıklarının, derz dolgu malzemesi üretiminde kullanılabilmesi için, temizlenmesi, kurutulması ve öğütülmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Kırma ve eleme sonucu elde edilen Afyon Şeker, Rozalya ve Bilecik Bej mermerlerine ait tozların tane boyut dağılımı, kimyasal bileşim, beyazlık ve rutubet oranı analizlerinden, derz dolgu malzemesi üretiminde kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

Demir vd. (2003), Bu çalışmada mermer çökeltme havuzlarında biriken mermer tozlarının hafif duvar bloğu üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çökeltme havuzundan alınan örneklerin kimyasal yapısı belirlenmiş, tane boyutu analizi yapılarak fiziksel yapısı belirlenmiştir. Çalışmada ana hammadde olarak havuz çökeltisi mermer tozu ve katkı olarak genleştirilmiş perlit kullanılmıştır. Perlit katkı ürünün birim hacim ağırlığını azaltmak ve gözenek oluşturmak amacı ile ağırlıkça % 2,5- 5 arasında mermer tozuna katılmıştır. Mermer tozu, genleşmiş perlit ve bağlayıcı olarak değişik oranlarda katılan kireç- alçı malzemeler önce kuru karışım yapılarak homojen karışımı sağlanmıştır. Karışıma su ilave edilerek homojen ve plastik kıvama gelinceye kadar karıştırılmıştır, örnekler kalıba döküldükten 24 saat sonra kalıptan çıkarılarak mukavemet kazanmaları için nemli bez ile örtülerek 28 gün süre ile kür edilmiştir. Deney örnekleri üzerinde fiziksel ve mekanik testler uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçta kendi gurubuna giren hafif beton duvar malzemeleri ile

karşılaştırıldığında ekonomik şartlarda ve yeterli mekanik özellikleri sağlayan hafif duvar elamanı üretilebileceği belirlenmiştir.

Çelik vd. (2003), Mermer ve taş ocağı işletmelerinin yeryüzünün genel yapısı, bitki örtüsü, hava, yer altı ve yerüstü sulan gibi çevre elemanlarına olumsuz yönde etkisi bulunmaktadır. Taş ocaklarından değişik amaçlarla taşlar çıkarılmakta ve farklı endüstrilerde kullanılmaktadır. Mermer ocaklarındaki işletme faaliyetleri dekapaj ve mermer üretimini içermektedir. Bu faaliyetler sonucunda da arazide topografik yapıyı bozan yığma tepeler ve derin çukurluklar oluşmaktadır. Bu manzaranın çevre görüntüsüne kattığı olumsuz imajdan dolayı psikolojik boyutta tepkilerin oluşmasına sebep olmuştur. Mermer ve taş ocaklarının çevreye olan zararları sorunun bilinmesi, zararlı etkilerin derecesi, bunlardan korunması ve giderilmesi kriterleri göz önüne alındığında diğer endüstrilere göre daha az zararlı olup sadece görsel etki yönünden dezavantajlı olduğu görülmektedir. Çünkü mermer artıklarının çevrede kalıcı bir etkisi bilinmemekte olup diğer kirletici unsurların da alınacak önlemlerle azaltılması veya tamamen bertaraf edilmesi mümkündür.

Üstümkol vd. (2009), Günümüzde, çeşitli ürünlerin üretimi sırasında elde edilen atıkların değerlendirilmesi üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır. Bu çalışmada mermer tozu, uçucu kül, fosfo alçı ve cam tozu gibi endüstriyel atıkların asfalt beton kaplama karışımlarında % 7 - % 0 arasında değişen değerlerde filler malzeme olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Optimum bağlayıcı oranının belirlenmesi için % 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 ve 6.5 oranlarında asfalt çimentosu kullanılarak Marshall stabilite numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere Marshall stabilite deneyi uygulanarak optimum bitüm yüzdesi belirlenmiştir. % 4.9 olarak bulunan optimum bitüm yüzdesi için % taş tozu - % endüstriyel atık filler değişen oranlarda kullanılarak hazırlanan numunelere Marshall stabilite deneyi uygulanmıştır. Endüstriyel atık filler kullanılan bitümlü karışımlar Marshall stabilite ve akma değerlerinin değişimi araştırılmıştır.

Kocaman (2006), Doğal taş sektörü her geçen gün büyümekte, ihracat rakamları her yıl bir önceki yıla oranla çok büyük artışlar göstermektedir. Aynı oranda bu sektörde faaliyet gösteren şirketlerinde sayısı her geçen yıl artmakta ve mevcut olan şirketler de üretimlerini, kapasitelerini, pazar paylarını arttırmaktadırlar. Bu çalışmada doğal

taş sektörünün genel analizi yapılarak sektöre yeni girecek ve mevcut şirketler için bilinmesi gereken konulara değinilmiş, daha sonra şirketlerin ihracatlarını ve pazar paylarını büyütmeleri için yapılması gerekenler üzerinde durulmuştur. şirketlerin büyümeleri, daha fazla istihdam sağlamaları, ülke ekonomisine daha fazla katma değer yaratmaları pazar kapma yarısında bir adım nde olabilmeleri için pazarlama stratejileri geliştirilerek, bunların uygulanması ile elde edilecek faydalar üzerinde durulmuştur.

Öztürk (2009), Yapılan bu çalışmada endüstriyel atık malzeme olarak, Tunç bilek termik santral linyit kömürü puzolanik uçucu külü seçilmiş, Kılıç oğlu kiremit-tuğla fabrikasından alınan kille belirli oranlarda kompoze edilerek laboratuvar şartlarında farklı sıcaklıklar için sinterlenmiştir. Kullanılan uçucu külün, tuğlanın fiziksel ve mekanik özelliklerini ne yönde etkileyeceği araştırılmıştır.

Türkiye'de son yıllarda, endüstriyel atıkların değerlendirilmesi ve kompozit malzeme üretiminde performansa olan etkilerinin araştırılması, gündemi oluşturan önemli konulardan biri olmuştur. Termik santral, demir-elik, bakır, ferrokrom, gübre, kâğıt vb. sanayi alanlarından elde edilen atık malzemelere kullanım olanaklarının yaratılması çok yönlü yarar sağlayacaktır. Özellikle konvansiyonel yapı malzemelerinin iyileştirilmesi yeni kullanım alanları bulunabilmesini sağlarken, atıkların değerlendirilmesi; enerji tasarrufu, ekonomi, evre koruma ve doğal kaynakların daha akılcı kullanımı gibi avantajlara neden olacaktır.

2.1. Polipropilen Lifler

2.1.1. Kullanım alanları

- Garaj, ambar, depo, saha ve park betonlarında,
- Saha betonlarında ve endüstriyel zemin uygulamalarında,
- Su depolarında sızdırmazlık ve çatlak engellemesi amacıyla,
- Ufalanma ve parçalanma dayanımı sayesinde deprem koruyucu olarak,
- Dış ve i sıvaların aderansının arttırılmasında,
- şaplar ve yerden ısıtma uygulamalarında,

- Serpme ve kaba sıvalarda file donatı yerine,
- Püskürtme beton (shotcrete) uygulamalarında,
- Pompa yapılacak betonlarda,
- Anti bakteriyel beton üretiminde,
- Prekast eleman imalatında,
- Hafif beton uygulamalarında ve kütle betonu ve radye temel uygulamalarında kullanılırlar.

2.1.2. Özellik ve performans değerleri

- Plastik betondaki rötre ve büzülme çatlaklarını azaltır.
- Segregasyonu / ayrışmayı azaltır.
- Betona tokluk kazandırır, sünek hale getirir.
- Betonu geçirimsizleştirir.
- Betonun darbeye karşı dayanımını artırır.
- Betonun aşınma mukavemetini artırır.
- Asit ve bazlardan etkilenmez. Degrade olmaz.
- Donatının korozyonunu ve paslanmasını geciktirir.
- Betonun dağılmasını önler. Yapılar depremde az hasar görür ve çökme riski azalır.
- Betonun tutunganlığı artar, kayar kalıplarda betonun şişmesini önler.
- Yorulma dayanımını kazandırır ve beton hizmet ömrünü artırır.
- Aşındırıcı kimyasallara karşı dayanımı artırır.
- Yüzey tozumasını ve pullanmasını engeller.

2.1.3. Betona katılığı ve kullanım oranları

1 m³ beton, sıva harcı veya şap için ASTM C-1116 standardına göre hacimce %0,1 oranında bir poşet (0.9 kg) polipropilen elyafı kullanılmalıdır. Su ile çözünen özel torbalar sayesinde torbası ile beraber atılmalıdır, açılmasına gerek yoktur. Betoniyer, taşıyıcı kamyon veya beton santraline beher metreküp için bir paket ilave edilir. Yeni bir karışım dizaynı ya da karışım oranlarında bir değişiklik gerektirmez. 5 dakika yüksek devirde karıştırıldıktan sonra, polipropilen demetleri çözülür ve yüz

milyonlarca elyaf, betonun her tarafına homojen bir şekilde dağılır. Fazla karıştırmanın ürünü performansına bir mahsuru yoktur. Yüksek aşınma direnci ve mikro donatı yoğunluğu gereken yerlerde polipropilen elyaf dozajı hacimce % 0.2 ye kadar artırılabilir (Atlas1, 2012).

2.2. Sentetik Makro Fiber Lifler Ve Kullanım Alanları

2.2.1. Sentetik makro fiber donatı nedir?

- Betonda birincil donatı olarak kullanılabilen,
- Dayanımı yüksek, polimer esaslı,
- Çelik hasır ya da çelik tel yerine yapısal dayanım sağlayan,
- Çatlak dayanımı ve yük taşımayı bileşimindeki iki farklı malzeme ile sağlayan,
- Uzun ömürlü, Sentetik Makro Fiber Donatıdır..
- Sentetik Makro Fiber Donatı beton içerisinde homojen dağılarak döküm esnasında ve dökümden sonra istenilen beton görünümü ve dayanımını en az işçilik ve maliyetle sağlayarak, projelere uygulama kolaylığı sunar.

İçeriğinde;

- Büyük oranda içerdiği tek lifli kopolimer yapı sayesinde yük aktarımını ve iç gerilmelerden doğan çatlak oluşumunu engeller ve eğilme ve yarmada çekme dayanımını artırır.
- Kopolimer yapıya ek olarak karışımda özel oranda bulunan polipropilen lifler sayesinde rötne ve ısıya bağlı çatlaklar engellenir.

Sentetik Makro Fiber Donatı çelik donatı veya çelik hasır gibi sadece iki boyutlu değil, üç boyutlu çalışmaktadır.

Zemin altında boşluk oluşması durumunda, mesnet noktalarında meydana gelen çekme gerilmelerini geleneksel donatılar, beton içerisinde konumlanması nedeniyle karşılayamaz.

Sentetik Makro Fiber Donatı betonda üç boyutlu dayanım sağladığından, yapının her yerinde eğilme dayanımını artırır, hem basınç hem de çekme bölgesi donatısı görevini üstlenir.

2.2.2. Beton çatlaklarına karşı sağladığı faydalar

Betonun dayanımını azaltan en olumsuz etkenlerden biri de rötredir.

Betonun büzülmesi anlamına gelen rötre, beraberinde betonda yüzeysel veya derin çatlakları da getirir.

Isıl etkiler ile meydana gelen genleşme veya büzülme, şişme, sünme ve rötre, betonda görülen erken yaştaki hacim değişikliklerine yol açan temel olaylardır.

- Büzülme gerilmelerine karşı direnç meydana getirir,
- Büzülmeden dolayı oluşan çatlak miktarını minimuma indirir,
- Beton içinde homojen olarak dağılır ve betona çok güçlü tutunur,
- Çatlağın karşısına ilk anda çıkarak çatlağın ilerlemesini engeller.

2.2.3. Betonun donma-çözülme dayanıklılığına sağladığı faydalar

Islanarak doygun hale gelen ve donma-çözülme devirlerine maruz kalan bütün betonlar kısa sürede hasar görürler. Tekrarlanan donma-çözülme olayları karşısında betonun içerisinde çatlaklar oluşmakta ve bu çatlaklar giderek daha büyük çatlaklar haline gelmektedir.

Sentetik Makro Fiber Donatı, donma-çözülme olayında çatlağın ilerlemesini durdurup betonu bir arada tutarak, agrega-çimento matrisinin bozulmasını engelleyerek, betonda kopmaları minimum seviyede tutarak, donma-çözülme dayanımı sağlamış olur.

2.2.4. Tekrarlanan yükler altında daha elastik davranış sergilemesinin sağladığı faydalar

Betonun gevrek malzeme olması sebebiyle şekil değiştirmesi çok sınırlıdır. Tekrarlanan yükler altında ise yorulma etkisi sonucunda taşıma kapasitesinin altındaki değerlerde bile göçme ihtimali ortaya çıkar.

Ayrıca, betonun elastik şekil değiştirememesi servis ömrünü daha kısa sürede tamamlaması ile sonuçlanır.

Yapılan testler sonucunda, Sentetik Makro Fiber Donatı tekrarlanan yüklemeler altında betona kısmi elastik yapı kazandırdığı görülmüştür.

Bu sayede Sentetik Makro Fiber Donatı, betonun küçük şekil değiştirmelerini telafi ederek, betonun daha uzun süre aynı şekilde kullanılmasını sağlamaktadır.

2.2.5. Betona tutunma yeteneğine sağladığı faydalar

Kancalı uçlu liflerin kanca uçlarında zamanla açılma gözlemlenmektedir. Bu durum kancalı uçlu liflerde sıyrılmanın daha kolay gerçekleşmesine neden olur. Düz liflerde ise sıyrılma hızı çengelli liflere göre çok daha fazladır.

- Sentetik Makro Fiber Donatı, deforme yapısı sayesinde sıyrılmaya karşı direnç gösterirken Sentetik Makro Fiber Donatı en yüksek sıyrılma yükü ve bu yükte gerçekleşen kayma miktarı düz ve kanca uçlu liflere göre daha fazladır.
- Bu durum, Sentetik Makro Fiber Donatı enerji yutma kapasitesinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

2.2.6. Betonda yüksek sıcaklık etkisine sağladığı faydalar

Yangının etkileri beton yüzeyinde patlama, çatlak veya parçalanma olarak görülür. Yangın etkisinde kalmış betonun parçalanması betonun genleşme alanına ve beton içinde oluşan buhar basıncına bağlıdır.

Sentetik Makro Fiber Donatı,

- Yüksek sıcaklıkta eriyerek kanallar oluşturur, bu kanallar gazların dışarı çıkmasını sağlar ve boşluk basıncını azaltarak betonda patlamaları engeller.
- Ayrıca betonun genleşmesi için alan yaratarak betonun patlamasını engeller.

2.2.7. Maliyet ve uygulama avantajları

- Uygulama sırasında işçilik açısından avantaj sağlar.
- Çelik hasırın montajı sırasında oluşan zaman kaybı Sentetik Makro Fiber Donatı ile yaşanmaz.

- Alış maliyetinde de çelik hasır ve çelik telden daha avantajlıdır.
- Pas payı kullanılmadığı için döşeme kalınlığı azalır.
- Korozyona uğramaması servis ömrünü ve bakım periyotlarını uzatır.
- Stok sırasında hasar görmez ve uzun süre muhafaza edilebilir.

2.2.8. Sentetik makro fiber donatı uygulama alanları

2.2.8.1. Saha ve zemin betonları

- Fabrika zemin betonları ve stok sahaları, soğuk hava depolama zemin betonları lojistik üsler, topping (üst kaplama) betonları, akaryakıt istasyonları, metro istasyonları bekleme ve yürüyüş alanları, beton yollar.

2.2.8.2. Kıyı yapıları ve limanlar

- Deniz limanı beton kaplamaları, tersaneler, marinalar, iskeleler ve rıhtımlar, kıyı koruma elemanları, dalgakıran beton kaplamaları.

2.2.8.3. Prekast elemanlar

- Beton borular, beton bloklar, istinat duvarları, segmentler, otoyol bordürleri, sıvı tankları, cephe panelleri.

2.2.8.4. Tüneller

- Zemin stabilizasyonu püskürtme betonları, dolgu püskürtme betonlar, tünel taban kaplama betonları, invert ve tam boy beton kaplamalar, tünel segment kaplamaları, şevlerin stabilizasyonu.

2.2.8.5. Konut inşaatları

- Konut içi şaplar, hayvan barınakları, açık-kapalı otopark zemin betonları ve diğer trafik alanları, çevre düzenleme ve yürüyüş yolları, açık & kapalı havuz betonları.

2.2.8.6. Su yapıları

- Hidroelektrik Santralleri (HES), İçme Suyu ve Kanalizasyon Projeleri, Sulama Projeleri, Hidroloji ve Taşkın Çalışmaları, Kanal Yapıları.

2.2.8.7. Madenler

- Zemin stabilizasyonu püskürtme betonları ayna – geçiş ve iniş yolu betonları imalathane zeminleri yeraltı odaları cevher atık çukurlarını doldurma setleri (Forta-Ferro, 2013).

2.3. Kimyasal Katkılar

- Temel, döşeme, perde, kolon ve kiriş betonlarında
- İnce, sık donatılı beton elemanların imalatında
- Prefabrik beton elemanların üretiminde
- Köprü ve konsollarda
- Ön gerilmeli beton imalatında
- Erken kalıp alınması veya hızlı yükleme yapılması gereken yerlerde
- Soğuk havalarda erken yüksek dayanım istenen betonun dökümünde

Özellikleri;

Betonun karma suyunu yüksek oranda azaltarak erken ve son dayanımları artıran veya aynı miktarda su ile betona yüksek oranda akışkanlık kazandıran süper akışkanlaştırıcı beton katkısıdır.

Süper akışkanlaştırıcı olarak;

- Ayırışma riski olmadan veya karışım suyunu artırmadan, işlenebilirliği kolaylaştırır
- Betonun yoğun ve düzgün yüzeyli olmasını sağlar
- Betonun yerleştirilmesini kolaylaştırır, vibrasyon, şişleme ve işçiliği azaltır

Yüksek Oranda Su Azaltıcı olarak;

- Su miktarını önemli oranda azaltır.
- Kullanım dozuna ve beton bileşime bağlı olarak, katkısız betona göre erken ve son dayanımları önemli oranda artırır.
- Su/çimento oranını azaltarak geçirimsizliği düşürür, dayanıklılığı artırır.
- Azaltılmış su içeriği ve düşük geçirimsizlik sayesinde betonun dona ve suya karşı direncini artırır.
- Betonda karbonatlaşma hızını düşürür.
- Büzülme ve sünmeyi azaltır.

Betonun erken ve nihai dayanımlarını artırarak ekonomi sağlar.

Süperakışkanlaştırıcı katkı donatıda korozyona sebep olacak klorür veya başka bir bileşen içermez. Bu sebeple betonarme yapılarda ve ön gerilmeli elemanlarda kullanıma uygundur (Sika, 2012).

2.4. Beyaz Çimento

Mevcut içeriği gereği, diğer çimentolara göre düşük alkalili olmasından dolayı agregalarla uzun dönemde oluşabilecek Alkali-Silika reaksiyonunun en aza indirgenmesinde büyük rol oynar. Ayrıca bu özelliği sayesinde lif takviyeli betonlarda (FRC) ve izolasyonlu dış cephe prekast kaplamalarda lifin ömrünün uzamasına ve korunmasına yardımcı olur. Yapıların durabilitesini artırır, çatlakları önler, yüksek geçirimsizlik sağlar. Hacim genleşmesi çok düşüktür.

Minimum %85 gibi çok yüksek ve stabil bir beyazlık derecesine sahiptir. Bu özelliği nedeniyle, renklendirilmiş harçlar ve betonlarda daha homojen, canlı, parlak ve solmayan renkler elde edilebilir. Güneşin Radyoaktif enerjisini beyaz olmasından dolayı daha az adsorbe etmesi nedeniyle, özellikle gece gündüz ısı farklarının yüksek olduğu bölgelerde donma –çözülme etkisini düşürerek yapı elemanının ömrünü uzatır. R tipi olarak adlandırılan erken dayanımlı bir çimento olması yanı sıra dayanım kazanma hızı ve nihai dayanımı da yüksektir. İnce öğütülmesinden dolayı yüksek yapışma dayanımı sağlar bu nedenle de yapı kimyasallarında en çok tercih edilen üründür (Çimsa, 2012).

2.5. Granüle Plastik Atığı

Polietilen (PE): En çok kullanılan ve en ucuz plastik türüdür. Normal ve düşük sıcaklıkta çarpma mukavemeti yüksektir. Asitler, alkaliler ve organik çözücülerden etkilenmezler. Arı halde saydamdır ve sudan hafiftir. Genellikle ince film halinde paketlenme, ambalaj ve örtü işlerinde, sulama ve yağmurlama borularında ve çeşitli ucuz mutfak eşyası üretiminde kullanılır. Kolay alev alır, alevin dışında da kendiliğinden yanmaya devam eder. Elektrik yalıtkanlığı iyidir, Tuz ve bakterilerden etkilenmediğinden yeraltında kullanılabilir. Yüksek elektrik direncine sahiptir Bundan dolayı önemli bir izolasyon malzemesidir. Isıl genleşme katsayısı yüksek olduğundan (160×10^{-6}) güneş ışınlarından etkilenir.

Plastik malzemeler değişik amaçlı çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır.

Kullanıldıkları bu alanlar:

- 1-Boru, kapı ve pencere doğraması, dekoratif kaplama ile çatı ve döşeme kaplaması olarak,
- 2-Isı ve ses izolasyonu amacıyla kaplamalarda,(plastik köpükler)
- 3- Su ve rutubet izolasyonu amacıyla kaplama malzemesi olarak,(plastik örtüler)
- 4-Boyalar,
- 5- Hazır dış cephe sıvalarında bağlayıcı olarak,
- 6-Harç ve betonlarda katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır (Ünal, 2012).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan malzemeler

Deneysel çalışmalarda, Isbaşı Bims Blok üretim tesislerinden alınan pomza, Isparta Sav Kasabası Metamar Mermer İşletmesi atık mermer tozları, Isparta İstem işletmesi atık andezit tozu, granüle plastik atığı, polipropilen lif, kimyasal katkı ve bağlayıcı olarak beyaz çimento kullanılmıştır.

3.1.1.1. Pomza

Çimento ve harçların üretim aşamasında Isparta Isbaşı Bims Blok üretim tesislerinde kullanılan pomzalardan yararlanılmıştır. Pomzalara ait fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1 ve 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Pomzanın fiziksel özellikleri (Davraz, 2005)

Gevşek birim hacim ağırlık	356 kg/m ³
Gerçek özgül ağırlık	2.34 - 2.45gr/cm ³
Renk	Kirli beyaz- sarımtrak
Sertlik (Mohs'a göre)	5-5.5
Organik madde	Yok
Su emme	36.65(5-10 dk'lık/2cm-7.5cm agrega için ort.)
Yabancı taş oranı	7-10 (andezit-traki-andezit)
200 µ elek üstü kalan (%)	19.3
80 µ elek üstü kalan (%)	73.85

Çizelge 3. 2. Pomzaların kimyasal özellikleri (Davraz, 2005)

Kimyasal bileşenler	Miktarı (%-ort.)
SiO ₂	60.50
Al ₂ O ₃	17.15
Fe ₂ O ₃	3.38
CaO	4.68
MgO	2.09
K ₂ O	4.54
SO ₃	0.16
TiO ₂	0.41
Na ₂ O	4.30
Kızdırma Kaybı	< 2.64

Çalışmada kullanılan pomza agregası Isparta Isbaş Bims Blok üretim tesislerinden temin edilmiştir. Beton karışımlarında kullanılan 0-4 mm pomza agregasına ait fiziksel özellikleri TS EN 3526 ya uygun olarak belirlenmiştir. Tablo 1’de, pomzaya ait resim ise Şekil 1’de verilmiştir.

Çizelge 3. 3. Pomza (0-4mm) agregasına ait fiziksel özellikler (Tatlıldil, 2012)

Agrega Boyutu	Etüv Kurusu Yoğunluk (gr/cm ³)	DYK Yoğunluk (gr/cm ³)	Su Emme Oranı (%)	Gevşek Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Sıkışık Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
0-4 mm	1.72 gr/cm ³	1.44 gr/cm ³	36.7	2.85gr/cm ³	3.14gr/cm ³



Şekil 3. 1. Karışımlarda kullanılan 0-4 mm dane aralığındaki pomzanın görünümü

3.1.1.2. Mermer tozu

Isparta Sav Kasabasında faaliyet gösteren Metamar mermer işleme tesisinde kesilen mermerlerin makinelerden suyla karışık olarak çıkan ve toplama havuzlarında biriken tozları poşetlenerek deney laboratuvarına getirilmiştir. Elde edilen tozlar ıslak ve içinde bir miktar yabancı malzeme olup incelikleri her hangi bir öğütme işlemi gerektirmeyecek şekildedir. Malzeme etüvde kurutulduktan ve eleklerde elendikten sonra deneylerde kullanılacak hale getirilmiştir.

Mermerlere ait fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3. 2. Karışımlarda kullanılan mermer tozunun görünümü

3.1.1.3. Andezit tozu

Isparta İstem Yazı söğüt Köyü’ndeki andezit işleme tesisindeki andezitlerin işlendikten sonra makinelerden atık olarak çıkan tozları poşetlere doldurularak deneylerin yapılacağı beton laboratuvarına getirilmiştir. Andezit tozları alındığında daha sonra herhangi bir öğütme işlemine gerek olmayacak incelikte olup tamamen kuru olarak alınmıştır.

Andezitlere ait fiziksel ve kimyasal özellikler aşağıdaki Çizelge 3.4 de ve 3.5 de verilmiştir.

Çizelge 3. 4. Isparta andeziti fiziksel özellikleri (Özkan, 2009)

Örnek Boyutları	Andezit Taşının Deney Metotları	Deney Sonuçları
200 µ elek altı	Birim hacim ağırlığı (TS 699)	2.58 g / cm ³
70 × 70 × 70mm	Hacimce atmosfer basıncında su emme (TS EN 13755) Hacimce kılcal etkiyle su emme (TS EN 1925)	% 2.99 (≅ Σ) 13.63 g / m ² s ^{0.5} (≅ Σ)
70 × 70 × 70mm	Basınç dayanımı (TS EN 1926)	86.98 N/mm ²
50 × 150 × 300mm	Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı (TS EN 12372)	23.14 N/mm ²
200 µ elek altı	Toplam gözeneklilik tayıni (TS EN 1936)	% 14.27 (≅ Σ)
70 × 70 × 70mm	Donma/çözülme sonucu basınç mukavemeti (TS 699)	69.29 N/mm ²
50 × 50 × 50 mm	Darbe mukavemeti (TS 699)	56 kgf. cm / cm ³
70 × 70 × 70mm	Donma anında (– 30° c) basınç mukavemeti	89.05 N/mm ² (≅ Σ)
20 × 200 × 200mm	Termal şok etkisiyle yıpranmaya karşı direncin tayıni (TS EN 14066)	% 0.36 (kütle kaybı)
70 × 70 × 70mm	Donma / çözülme sonucu kütle kaybı tayıni (TS EN 11371)	% 1.41 (kütle kaybı)
20 × 200 × 200mm	Saplama deliğinde kırılma yükünün tayini (TS EN 13364) (d l = Saplama deliği ile kuvvet doğrultusu Yüzeyi arasındaki mesafe mm) (b A = Saplama deliği ile en uzak kırılma Doğrultusu arasındaki mesafe mm)	d 1 b A F(N) 1. Numune 86 mm 60 mm 2250 N 2. Numune 86 mm 65 mm 2400 N 3. Numune 86 mm 47 mm 2150 N
71 × 71 × 71mm	Böhme yüzey aşınma kaybı (TS 699)	% 0.02 (aşınma kaybı)
Şekilsiz numuneler	Pas tehlikesinin tayıni (TS 699)	Renk kaybı yok
40 × 200 × 200mm	Su geçirirmliliği (permeabilite) (TS 699)	1 atm basınçta: ıslanma gözlemlendi 3 atm basınçta: 11 gr. damlama gözlemlendi 7 atm basınçta: 17 gr damlama gözlemlendi
70 × 70 × 70mm	Porozite ve görünen porozite tayıni (TS 699)	% 85.73 doluluk oranı
Şekilsiz numuneler	Ağırlıkça sodyum sülfat don kaybı tayıni (TS 699)	% 5.93 don kaybı (≅ Σ)
200 µ elek üstü kalan (%)	-	0.7
80 µ elek üstü kalan (%)		22.54

Çizelge 3. 5. Isparta andeziti ve mermer tozu kimyasal ve fiziksel özellikleri (Bilgin v.d, 1990)

Fiziksel ve kimyasal özellikleri	Andezit tozu (AT)	Mermer tozu (MT)
SiO ₂	57.1	0.67
Al ₂ O ₃	15.9	0.34
Fe ₂ O ₃	5.00	0.19
CaO	4.90	53.01
MgO	3.20	1.16
FeO	1.08	-
MnO	0.10	-
Na ₂ O	4.50	-
K ₂ O	6.40	-
P ₂ O ₅	0.18	-
CaCO ₃	-	94.66
200 µ elek üstü kalan (%)	-	1.70
80 µ elek üstü kalan (%)	-	21.75
Kızdırma kaybı	0.15	-



Şekil 3. 3. Karışımlarda kullanılan andezit tozunun depolanması

3.1.1.4. Granüle plastik atığı

Granüle plastik atıkları Isparta petek sanayi içerisindeki atık malzemeleri toplayan hurdacıdan granül hale getirilmiş halde temin edildi.

Polietilen plastik atıklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3. 6. Polietilen plastik atıklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini gösteren grafik aşağıda verilmiştir (Ünal, 2012).

Plastik Çeşidi	Özgöl ağırlık (gr/cm ²)	Renk	Daimi ısıya day. (°C)	Yumuşama (°C)	Erime (°C)	Isı İlet. Λ W/mk	Q çekme N/mm ²	Q basınç N/mm ²	Q eğilme N/mm ²
Polietilen	0.92	Süt beyaz	80	125	125	0.35	8	15	28

Atık olarak toplanan plastiklerin granüle hale getirildikten sonraki hali resim olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Karışımlarda kullanılan granüle plastik atığının görünümü

3.1.1.5. Polipropilen lif

Mikro sentetik lifler erken aşamadaki beton çatlaklarını önlemek üzere formüle edilmiştir. Plastik betonda (genelde çatlakların oluştuğu aşama) rötre ve büzülme çatlaklarını %80-100 oranında engeller. Plastik yerleşme aşamasında betona homojen dağılan elyaflar yerçekiminin aşağı çekişine dayanan 3 boyutlu bir destek ağı sunar, agregayı askıda tutar ve eşit bir dağılım sağlar. Bu ağ betona plastik büzülme aşamasında gerilme dayanımı sağlar.

Betonun içinde üç boyutlu bir mikro donatı oluşturarak, betonda doğal olarak varlığı kabullenilen eksiklik ve zaafı yok eder.



Şekil 3. 5. Karışımlarda kullanılan polipropilen liflerin görünümü

3.1.1.6. Sentetik makro fiber donatı

Teknik Yönden Avantajları

- Rötire çatlaklarını ve mikro çatlakları engeller.
- Yüksek enerji yutma kapasitesine sahiptir.
- Betonun yorulma direncini ve sünekliğini artırır.
- Yüzey aşınmalarını azaltır.
- Darbe dayanımını artırır.
- Yüksek eğilme ve yarmada çekme dayanımı sağlar.
- 3 boyutlu çalışır, yüzeyde oluşan negatif momentlere karşı basınç donatısı görevi görür.
- Korozyona uğramayarak durabiliteyi artırır.
- Donma çözülmeden dolayı zayıflayan betona ekstra direnç kazandırır.
- Asidik ve tuzlu ortamlarda ayrıışan betonun bir arada durmasını sağlar.
- Yangın dayanımını artırır.
- Betonun elastoplastik davranış kazanmasını sağlar.
- Yüksek narinlik oranına sahiptir.
- Saçaklı yapısı sayesinde diğer fiberlerden daha üstün aderans kabiliyeti vardır.

Karışımlar içerisinde kullanılan SMF liflerinin resim olarak görüntüsü Şekil 3.6'da fiziksel özellikleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3. 6. Karışımlarda kullanılan sentetik makro fiber donatı lifin görünümü

Çizelge 3. 7. Fiziksel özellikleri (Forta-Ferro, 2012)

Ham madde	%100 Saf Kopolimer PP/PE
Uzunluk	54 mm
Elastisite modülü	5.75 GPa
Yüzey dokusu	Deforme edilmiş yüzey
Fiber sayısı	220.000 Parça / kg
Yoğunluk	0.91 g/cm ³
Erime noktası	162-168 °C
Yanma noktası	398 °C
Su emilimi	Sıfır
Asit / Alkali direnci	Mükemmel
Standart	ASTMC-1116
Çap	0.677 mm

Dozaj Ve Kullanım

Sentetik makro fiber donatı farklı uygulamalarda 1-10kg/m³ arasında değişen kullanım dozajlarına sahiptir. Ortalama zemin koşullarında ve ortalama püskürtme ve zemin betonu ortalama yükleri altında sıklıkla 2-4 kg/m³ dozaj aralığında sentetik makro fiber donatı kullanılmaktadır.

Homojen karışım için sentetik makro fiber donatı beton santralinde agrega bandına koyularak beton karışımına eklenmesi yeterlidir.

Şantiye alanında karıştırılmak istenmesi durumunda transmiklere belirlenen dozajda eklenerek minimum 5 dakika karıştırılması tavsiye edilir. Bu sürenin ardından homojen karışım elde edilir ve standart beton döküm uygulaması dışında bir işleme ihtiyaç duyulmadan sahaya uygulanır (Forta-Ferro, 2012).

3.1.1.7. Kimyasal katkı kullanımı

Sarfiyat / Dozaj;

Betonda istenilen performansa bağlı olarak, bağlayıcı dozunun %0,8–3,0 aralığında (100 kg bağlayıcı için 800–3.000 gr) kullanılır. Optimum katkı dozu, kullanılan bağlayıcı ve agrega kalitesi, su/bağlayıcı oranına göre belirlenir. Bu yüzden ön deneme karışımları yapılarak tespit edilmesi önerilir (Sika, 2012).

3.1.1.8. Beyaz çimento

BPÇ 52,5 R/85 Süper beyaz çimentosu, 28 günlük fiili mukavemeti yaklaşık 60 MPa civarında olan, en yüksek mukavemetli çimentolarının arasında yer alır. Mukavemeti nedeniyle prefabrik yapı elemanlarında buhar kürünü tamamen ortadan kaldırma veya azaltma gibi etkilere sahiptir. Yine yüksek mukavemeti nedeniyle, ince kesitli dizayn edilen veya yüksek mukavemet gerektiren yapı elemanları üretiminde diğer çimentolar içinde en iyi performansı verir.

Yapı kimyasallarında üretilen ürünlerde de aşınmaya karşı yüksek direnç istenmesinden dolayı en çok tercih edilen çimentodur (Çimsa, 2012).

Çizelge 3. 8. BPC 52,5 R/85 süper beyaz çimentosu fiziksel ve kimyasal özellikleri (Çimsa, 2012).

Kimyasal Özellikler	Sonuçlar	Test Metodu	Standart	
			En az	En çok
Kızdırma kaybı (%)	3.22	EN 196-2	-	5.00
Çözünmeyen kalıntı (%)	0.18		-	5.00
Kükürttrioksit (SO ₃) (%)	3.46	XRF	-	4.00
Çözünen krom Cr ⁺⁶ ppm	0.50	EN 196-10	-	-
Klorür (Cl) (%)	0.0070	EN 196-2	-	0.10
Fiziksel Özellikler				
Beyazlık (CIE Sistemi Y Değeri) (%)	85.3	CEI Sistemi Y Value	85.0	
0,045 elekte dağılım (%)	0.8	EN 196-1,3,6	-	-
Özgül yüzey (blaine) (cm ² /gr)	4840		-	-
Priz başlangıcı (dakika)	105		45	-
Hacim genleşmesi (mm)	1.5		-	10
2 Günlük basınç dayanımı (MPa)	37.2		30	-
28 Günlük basınç dayanımı (Mpa)	60		52.5	-
Yoğunluk (gr/cm ³)	3.15		-	-

3.2. Metod

Deneyisel çalışmanın 1. Aşamasında dozaj ve kimyasal katkı kullanımının belirlenmesi için harç örneklerinin karışımlarında 0-4 mm dane çapındaki pomza agregası kullanılmıştır. Çimento kullanımı için 200, 300, 400 ve 500 kg/m³ dozlu olacak şekilde 5 farklı harç karışımı oluşturulmuştur. Karışımlara çimento ağırlığının % 0-1-2-3'ü oranında akışkanlaştırıcı katılmıştır. Karışımın Su/Çimento (S/Ç) oranı 0.40'dır.

Harç örneklerinin üretilmesi için TS EN 196-1'e uygun olarak Çizelge 4.1'de gösterilen karışımlar hazırlanmış ve kalıplara standartta belirtilen yönergeye göre yerleştirilmiş ve bakımları yapılmıştır. 7. Ve 28. Günlere kadar 20±2°C sıcaklıktaki havuzlarda standarda uygun olarak kür edilmiştir. Harç karışımlarının su ihtiyacı, ASTM C 1437 "Standart test method for flow of hydraulic cement mortar" standardında belirtilen esaslara göre, akma tablası kullanılarak %110 ± 5 akma olacak şekilde belirlenmiştir. ASTM C 230/C 230M-98'in gereksinimlerini karşılayan bir akma tablası kullanılmıştır.



Şekil 3. 7. Akma tablası

3.2.1. Harç numunelerinin basınç ve eğilme dayanımı deneyi

TS EN 196-1 e göre eğilme ve kırılarak ikiye ayrılan parçaların 40x40 mm lik yüzeyine basınç deneyi uygulanarak basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Deneyde Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri ve Beton Laboratuvarındaki 25 ton yükleme kapasiteli, dijital kumanda üniteli ve

yüklemeye hızı ayarlanabilen tek eksenli çimento basınç presisi ile 5 ton kapasiteli çimento eğilme test cihazı kullanılmıştır.

Eğilme dayanımı R_f , N/mm^2 olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$R_f = \frac{1.5 \times F_f \times l}{b^3} \quad (3.1)$$

Burada; R_f : Eğilme dayanımı, (N/mm^2), b : Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (mm), F_f : prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet (Newton), l : Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık (mm)'dir.

Basınç dayanımı R_c , aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (3.2)$$

Burada; R_c : Basınç dayanımı (N/mm^2), F_c : Kırılmadaki en büyük yük (N),
1600 : Plakaların veya yardımcı plakaların ($40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$) alana (mm^2)'dır.

Yapılan ön denemeler ile elde edilen bulgulara göre çalışma şekillendirilerek çimento dozajının 500 kg/m^3 olmasına karar verilmiştir. Ayrıca su-çimento oranı 0.40 ve kimyasal katkı yüzdesi % 2 olarak belirlenmiş ve bu karışımlar asıl karışımlar olarak kullanılarak deney numuneleri üretilmiştir. Kür sürelerinin sonunda deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda çalışmanın 2. aşamasında hafif panel duvar elemanı eldesinde kullanılacak lif türü ve lif oranının belirlenmesi için eğilme ve basınç dayanımlarını artırmak amacıyla polipropilen ve sentetik makro fiber donatı olarak iki tip lif % 1-2-3 oranlarında kullanılmış ve % 2 oranındaki lifli numune değerlerinin istenilen değeri verdiği görülmüştür. Harç örneklerinin üretilmesi için TS EN 196-1'e uygun olarak çizelge 4.2'de gösterilen karışımlar hazırlanmış ve kalıplara standartta belirtilen yönergeye göre yerleştirilmiş ve bakımları yapılmıştır. 7. ve 28. günlere kadar $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki havuzlarda uygun olarak kür edilmiştir.

Deneysel çalışmanın 3. aşamasında belirlenen karışımlarda pomza agregası yerine atıkların kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi için lif % 2 sabit tutularak pomza agregasında %10-20-30 oranlarında azaltmaya gidilerek bu miktar yerine ayrı ayrı seriler oluşturularak andezit tozu, mermer tozu ve granüle plastik atığı kullanılmıştır. Harç örneklerinin üretilmesi için TS EN 196-1'e uygun olarak çizelge 4.3'de gösterilen karışımlar hazırlanmış ve kalıplara standartta belirtilen yönergeye göre yerleştirilmiş ve bakımları yapılmıştır. 7. ve 28. günlere kadar $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki havuzlarda uygun olarak kür edilmiştir.

Deneysel çalışmanın 4. aşamasında ise Hot disk TPS 500 tipi ISO Standardına (ISO/DIS 22007-2.2) uygun ölçüm cihazı kullanılarak 50x50x50mm boyutundaki % 100 kuru duvar elemanı örnekleri üzerinde ısı iletkenlik ölçümleri yapılmıştır.. Harç örneklerinin üretilmesi için TS EN 196-1'e uygun olarak çizelge 4.4'de gösterilen karışımlar hazırlanmış ve kalıplara standartta belirtilen yönergeye göre yerleştirilmiş ve bakımları yapılmıştır. 28. güne kadar $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki havuzlarda uygun olarak kür edilmiştir.

Deneysel çalışmanın 5. aşamasında 25x25x285mm boyutundaki kalıplara boy değişim numuneleri dökülerek TS 3453 ve ASTM C157 standartlarına göre ilk rötre ölçümleri 0.001 hassasiyetli dijital komparatör yardımı ile 1hafta boyunca her gün daha sonra 1 haftalık, 2 haftalık ve aylık ölçümleri yapılmıştır. Harç örneklerinin üretilmesi için TS EN 196-1'e uygun olarak çizelge 4.7'de gösterilen karışımlar hazırlanmış ve kalıplara standartta belirtilen yönergeye göre yerleştirilmiş ve bakımları yapılmıştır. 28. güne kadar $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki havuzlarda uygun olarak kür edilmiştir.

Deneysel çalışmanın 6. Aşamasında 20x310x310mm boyutundaki numune kalıplarına numuneler dökülerek Atlas UV2000 iklimlendirme cihazında 40°C 'deki sıcaklıkta, 120 saat aralıklarla, 4 adet numune konulmuş ve yer değiştirilerek bekletilmiştir. Harç örneklerinin üretilmesi için TS EN 196-1'e uygun olarak çizelge 4.8'de gösterilen karışımlar hazırlanmış ve kalıplara standartta belirtilen yönergeye göre yerleştirilmiş ve bakımları yapılmıştır. 7. ve 28. günlere kadar $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki havuzlarda uygun olarak kür edilmiştir. Bu işlemin arkasından numunelerin eğilme dayanımlarındaki değişimlere bakılmıştır.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Dozaj Ve Kimyasal Katkı Kullanımı Belirlenmesi

Bu bölümde Bölüm 3'te detaylı özellikleri verilen malzemelerin Çizelge 4.1'deki miktarlarda kullanılarak TSE EN 196-1 de belirtilen yönergeye uygun olarak 40x40x160mm boyutundaki prizma kalıplara yerleştirilmiştir. Ön deneme amaçlı olarak 200-300-400-500 dozlu su/çimento oranı 0.4 olan örnek numuneler dökülmüştür. Harçlar kalıplara yerleştirildikten sonra nemini muhafaza etmek üzere üzerlerine plastik örtüler örtülmüş ve lastikle sabitlenmiştir. Bu numuneler 7 günlük eğilme ve basınç 28 günlük basınç testlerine tabi tutulmuştur. Bütün karışımlarda pomzaya emdirilen su miktarı % 36.6 olarak uygulanmıştır.

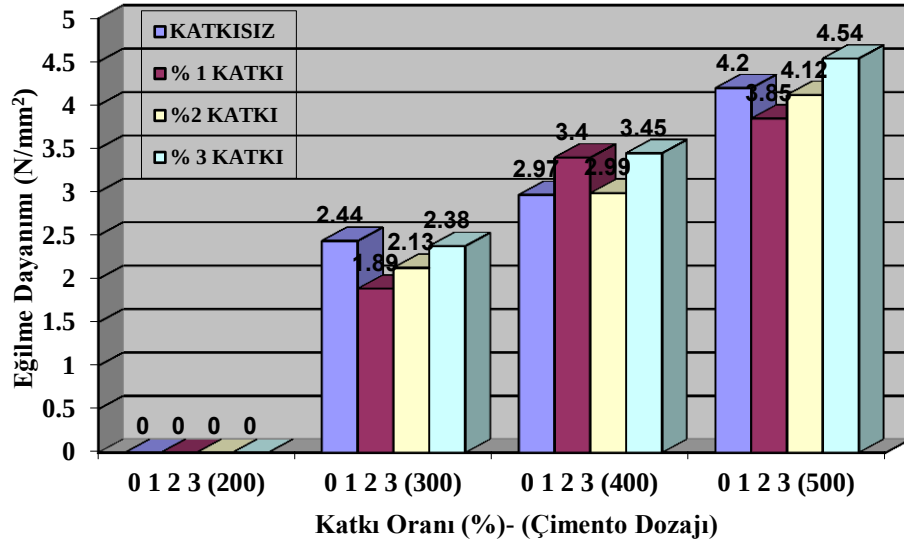
Çizelge 4. 1. Dozaj ve katkı oranının belirlenmesinde kullanılan malzeme miktarları

DOZAJ (kg/m ³)	Katkı oranı (%)	Çimento (gr)	Pomza(gr)	Su(gr)	İlave su miktarı (gr)	BHA gr/cm ³	Yayılma (cm)
200	0	154	936	61	344	1.72	22
	1			55		1.63	20
	2			49		1.62	21
	3			43		1.65	15
300	0	253	943	101	346	1.78	26
	1			91		1.61	27
	2			81		1.74	30
	3			71		1.87	25
400	0	399	1011	160	371	1.73	30
	1			144		1.75	30
	2			128		1.73	30
	3			112		1.79	30
500	0	538	978	215	359	1.78	30
	1			193.5		1.74	30
	2			173.5		1.72	30
	3			153.5		1.82	30

Numunelerden elde edilen 7 günlük eğilme ve basınç dayanımı değerleri ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 de verilmiştir.

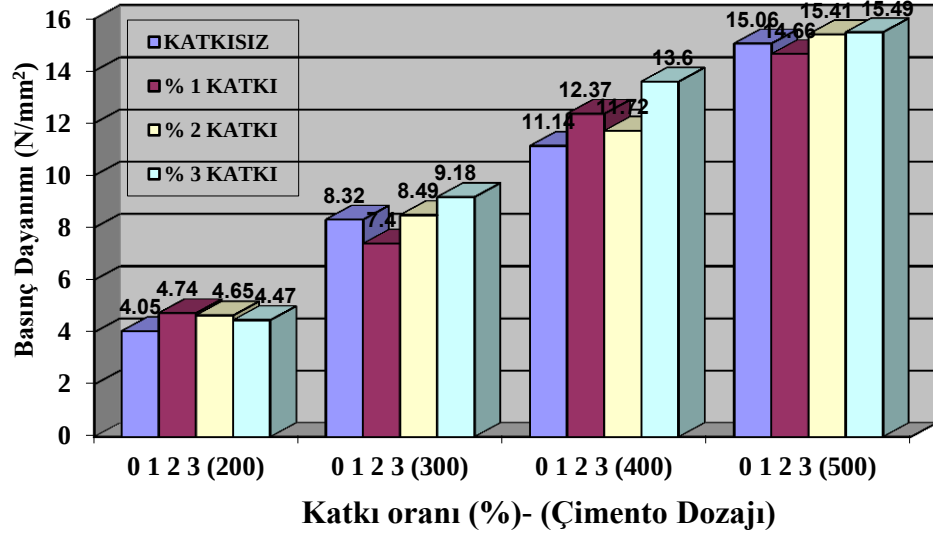
Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, değerlendirildiğinde agregası %100 pomza olan betonun agrega basınç dayanımının düşük olmasından dolayı beton basınç

dayanımının arttırılabilmesi için çimento dozajı olarak 500kg/m³ seçilmiştir. Yapılan ön denemeler ile elde edilen bulgularla çalışma şekillendirilerek çimento dozajının 500 kg/m³ olmasına karar verilmiştir. Dayanımın belirli bir düzeyin altına düşmesinin engellenmesi amacı ile su/çimento oranının düşük tutulması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için ön denemelerden Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, incelenerek görüleceği üzere % 2 kimyasal katkı oranının optimum sonucu verdiği anlaşılmıştır. Bu yüzden su-çimento oranı 0.40 ve kimyasal katkı oranı % 2 olarak belirlenmiş ve bu karışımlar asıl deneme karışımları olarak seçilmiştir.



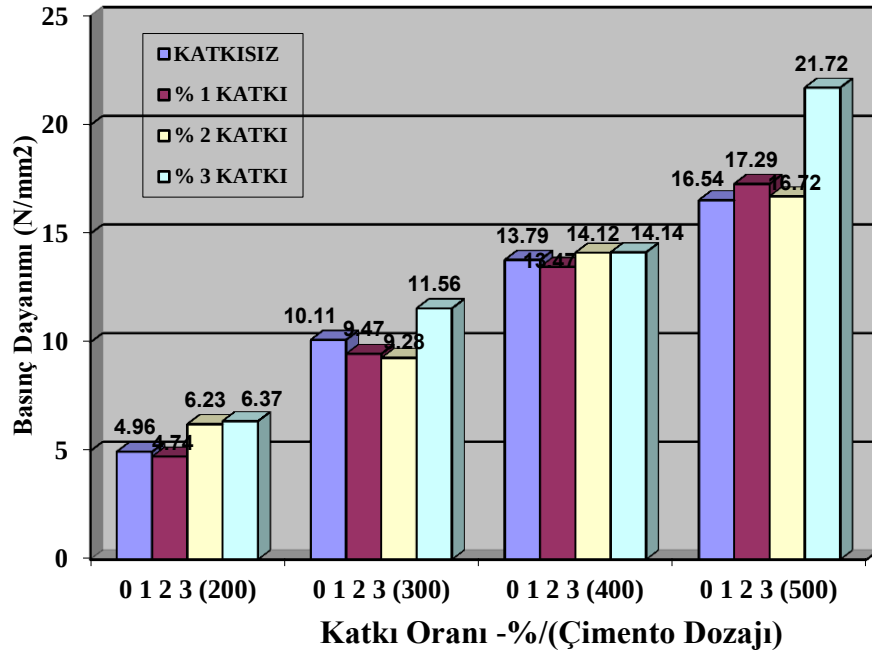
Şekil 4. 1. 7 Günlük numunelerde dozaj ve katkı kullanım oranına bağlı eğilme dayanımları

Şekil 4.1 incelendiğinde 7. Günde 200 dozlu örneklerde eğilme dayanımı tespit edilememiştir. En yüksek eğilme dayanımları 500 dozlu karışımlarda elde edilmiştir. 7 günlük eğilme dayanımlarında dozaj ve kimyasal süperakışkanlaştırıcı katkı kullanımı arasında belirgin bir ilişki olmadığı söylenebilir.



Şekil 4. 2. 7 Günlük numunelerde dozaj ve katkı kullanım oranına bağlı basınç dayanımları

Şekil 4.2'ye göre harç çubuğu örneklerde dozaj arttıkça basınç dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. 7 günlük 200-300-400-500 dozlu % 0-1-2-3 oranları ile üretilen numunelerde en yüksek basınç dayanımları 500 dozlu % 2 ve % 3 katkılı karışımlarda elde edilmiştir. Ancak % 2 ve % 3 oranlarında katkı kullanılan 500 dozlu numunelerin basınç dayanımı artışları arasında belirgin bir fark kaydedilmemiştir.



Şekil 4. 3. 28 Günlük numunelerden elde edilen basınç dayanımları

Şekil 4.3'ün değerlendirilmesi ile görüleceği gibi Şekil 4.2'ye benzer olarak dozaj arttıkça dayanımın arttığı ancak katkı kullanım oranının artışına bağlı belirgin bir değişiklik olmadığı anlaşılmaktadır. 28 günlük en yüksek basınç dayanımları 500 dozlu karışımlarda % 3 katkılı numunelerde elde edilmiştir. Sadece 28 günlük basınç dayanımı değerlerinde % 3 katkılı numunelerin diğerlerine oranla belirgin bir artış sağladığı tespit edilmiştir. Burada katkısız ve % 2 katkılı numunelerin basınç dayanımları arasında belirgin bir fark yoktur. Ancak % 1 katkı kullanımı ile 500 dozlu örnekte bir artış kaydedilmiştir. Diğer dozajlarda aynı durum söz konusu olmadığı için katkı kullanım oranının artışına bağlı olarak bir artış olduğu genellemesi yapılamaz.

4.2. Hafif Panel Duvar Elemanı Eldesinde Kullanılacak Lif Türü Ve Lif Oranının Belirlenmesi

Yapılan ön denemeler ile elde edilen bulgulara göre çalışma şekillendirilerek çimento dozajının 500 kg/m^3 olmasına karar verilmiştir. Ayrıca su-çimento oranı 0.40 ve kimyasal katkı kullanım oranı % 2 olarak belirlenmiş ve bu karışımlar asıl karışımlar olarak kullanılarak deney numunelerinin üretilmesi ve kür sürelerinin sonunda deneysel çalışmaların yapılması kararlaştırılmıştır.

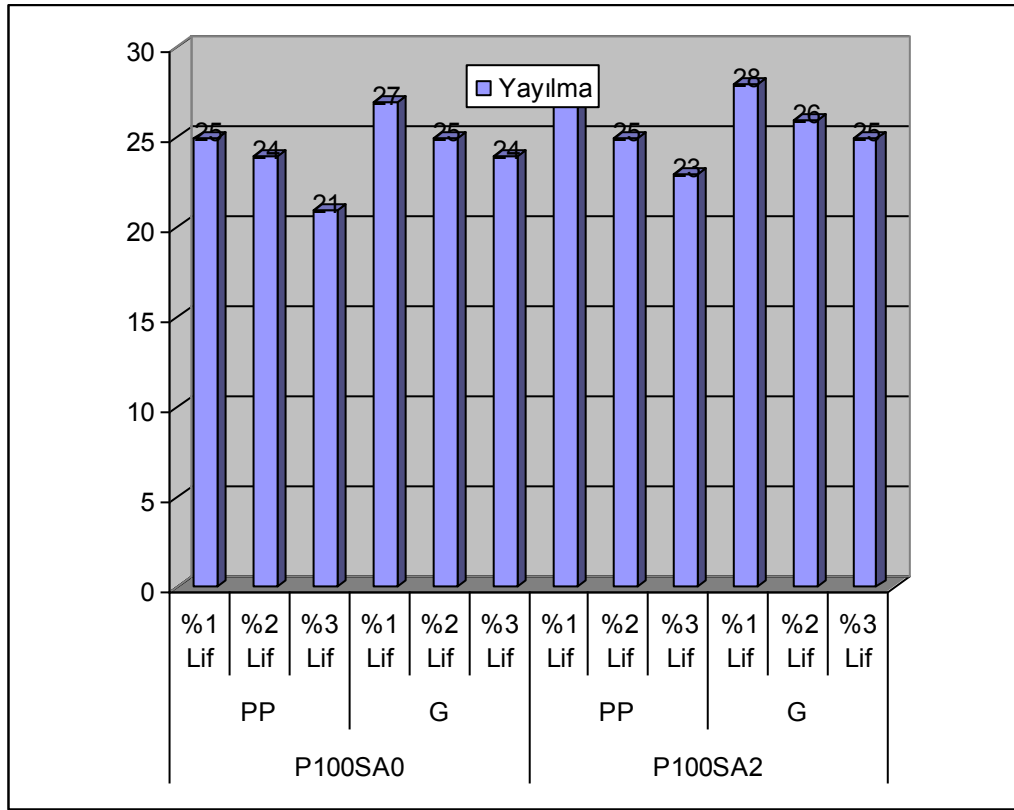
Çalışmanın 1. aşamasında yapılan ön denemelerde elde edilen bulgular doğrultusunda çalışmanın bu bölümünde eğilme ve basınç dayanımlarını artırmak amacıyla iki farklı tip polipropilen lifin % 1-2-3 oranlarında kullanılması ve ayrıca % 2 oranındaki süper akışkanlaştırıcı (SA) kimyasal katkı kullanılarak akışkanlığın sağlanması planlanmıştır. Kimyasal katkının etkinliğini belirleyebilmek için karşılaştırma amacı ile kimyasal katkının kullanılmadığı örnekler de üretilmiştir. Bu çalışmalar sırasında lif katkı oranının da optimize edilmesi sonucunda %2 olarak kullanımına karar verilmiştir. Dozaj 500 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Çalışmada referans numune üretiminde ana agrega olarak pomza kullanılmıştır. Bu karışım R serisi, deneme karışımlarında ise pomza agregasında % 10-20-30 oranlarında azaltmaya gidilerek bu miktar yerine ayrı ayrı seriler oluşturulmak üzere, Andezit Tozu ile AT serisi, Mermer Tozu ile MT serisi ve Granüle Plastik Atığı ile GPA serisi oluşturulmuştur. Üretilen karışımlar, $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$ boyutundaki kalıplara dökülmüştür. Pomza agregasının su emiciliğinin yüksek olmasından dolayı pomzaya ön emdirme yapılarak agreganın %36.6 su emdirilmesi sağlanmıştır. Karışım oranlarının hesaplanması numunelerin döküleceği 3 adet $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$ boyutlu kalıpların hacmi olan 768 cm^3 'e göre yapılmıştır.

Çizelge 4. 2. Lif ve katkı oranının belirlenmesinde kullanılan harçlar için malzeme miktarları

Çimento (gr)	Pomza (gr)	Su (gr)	İlave edilen su (gr)	PP Lif ve SMF Lif (%)	SA Katkı oranı (%)	28 günlük BHA (gr/cm ³)
538	978	215	359	0	0	1.78
				1		1.77
				2		1.88
				3		1.79
538	978	215	359	0	2	1.72
				1		1.79
				2		1.83
				3		1.78
538	978	215	359	0	0	1.78
				1		1.92
				2		1.89
				3		1.67
538	978	215	359	0	2	1.72
				1		1.94
				2		1.99
				3		1.93

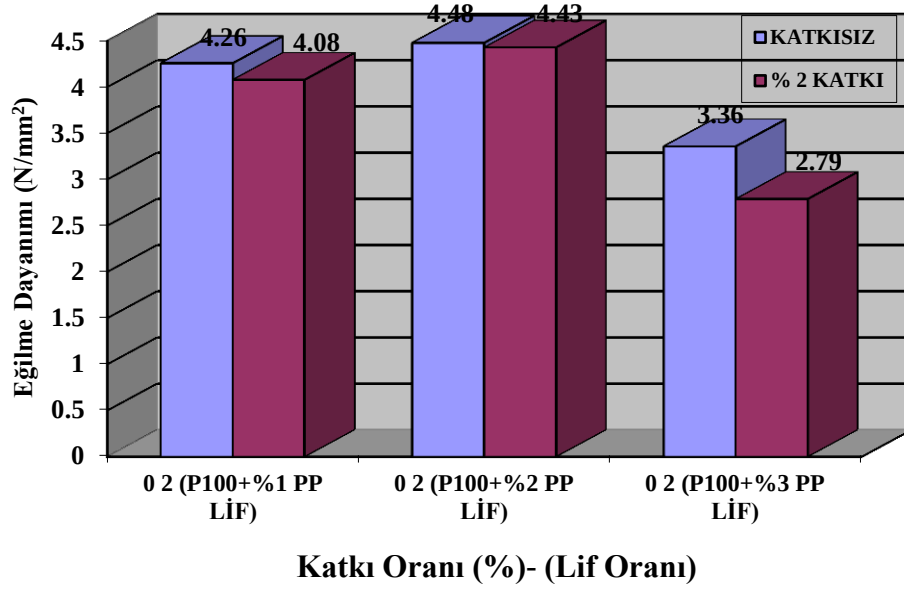
7 günlük bağıl nemi % 100 olan ortamda kür edilen örneklerde eğilme ve basınç dayanımı deneysel bulguları ile yine aynı ortamda 28 günlük kür edilmesinden sonra basınç dayanımı değerleri bulunmuştur.

Karışımların üretiminde %100 pomzanın agrega olarak kullanıldığı serilerden 40x40x160 mm boyutlu kalıplara dökülen örnekler üzerinde yapılan deneylerde elde edilen bulgular Şekil 4.4 ile 4.22 arasında verilmiştir. Harçlar üzerinde taze halde iken yayılma çapı belirlenmiştir. Sertleşmiş halde iken harçlar üzerinde 7 gün ve 28 gün sonunda 20±2°C sıcaklıkta musluk suyu içerisinde bırakıldıktan sonra TSE EN 196-1 e uygun olarak eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.



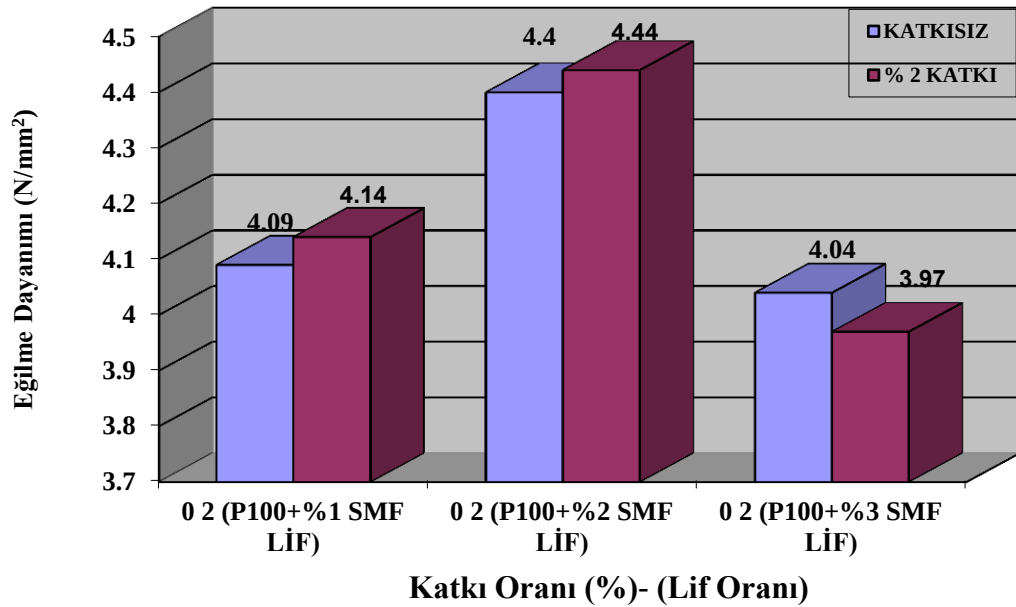
Şekil 4. 4. Karışımlara ait lif tipi ve yüzdesi ile SA katkı kullanım durumuna göre yayılma çapları

Şekil 4.4 ten de görüleceği gibi taze halde harçlar üzerinde yayılma çapı deneyinde belirlenen çaplara göre SA katkının kullanılmadığı örneklerle % 2 SA katkının kullanıldığı örneklerin yayılma çapları arasında fark görülmüştür. Bunun nedeni örneklerde SA katkı kullanımının akışkanlığı artırmış olmasıdır.



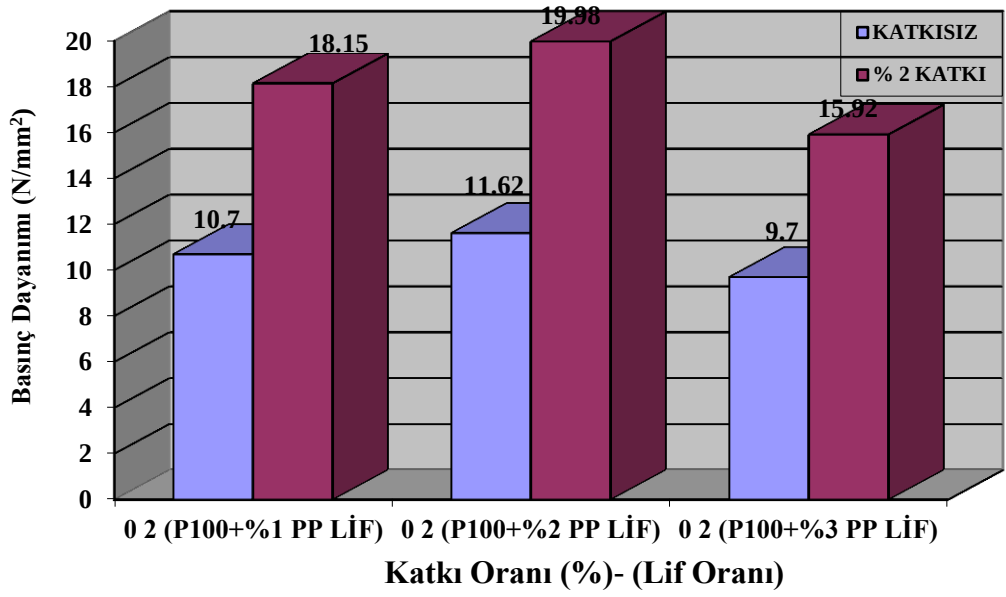
Şekil 4. 5. % 100 pomzalı örneklerde polipropilen lif ve SA katkı kullanım oranına bağlı 7 günlük eğilme dayanımları

Şekil 4.5 incelendiğinde % 2 SA katkı kullanılan ve hiç SA kullanılmayan örneklerin 7 günlük eğilme dayanımlarının birbirlerine çok yakın değerler aldıkları görülmektedir. % 2 PP lif katkılı örneklerin en yüksek eğilme dayanımını sergilediği söylenebilir.



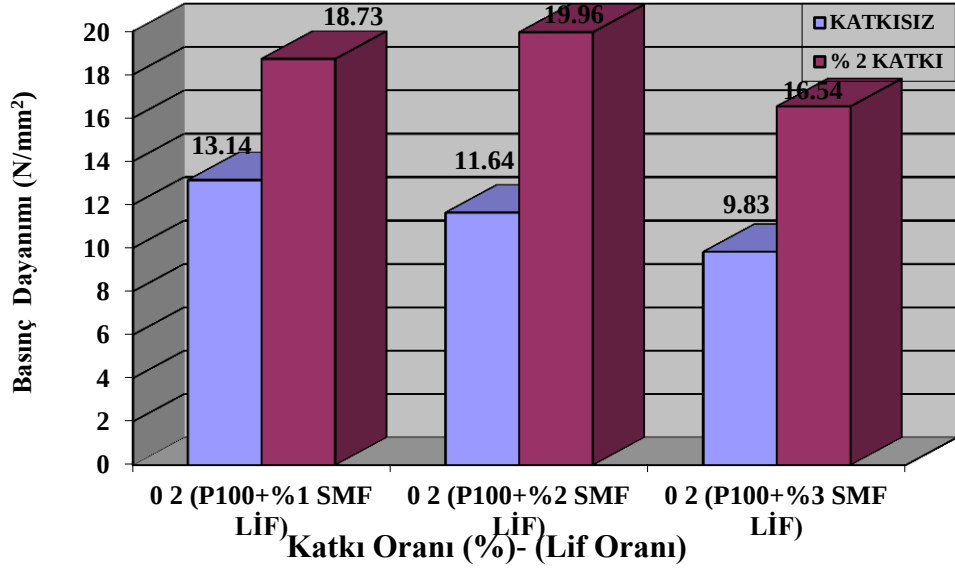
Şekil 4. 6. %100 pomzalı örneklerde sentetik makro fiber lif ve SA katkı kullanım oranına bağlı 7 günlük eğilme dayanımları

Şekil 4.6 incelendiğinde % 2 kimyasal katkılı ve % 2 SMF lifli numunelerin 7 günlük eğilme değerlerinin, kimyasal katkısız % 1 ve % 2 SMF lifli örneklere nazaran yüksek olduğu görülmüştür. Bunun aksine % 3 SMF lifli %100 pomzalı numunelerde SA katkısız olanların SA katkılı olanlara göre daha yüksek eğilme dayanımına sahip olduğu görülmüştür. Şekil 4.5 ve şekil 4.6 birlikte değerlendirildiğinde lif türünün %100 pomzalı örneklerin eğilme dayanımlarına etkisi yaklaşık olarak aynı olmuştur.



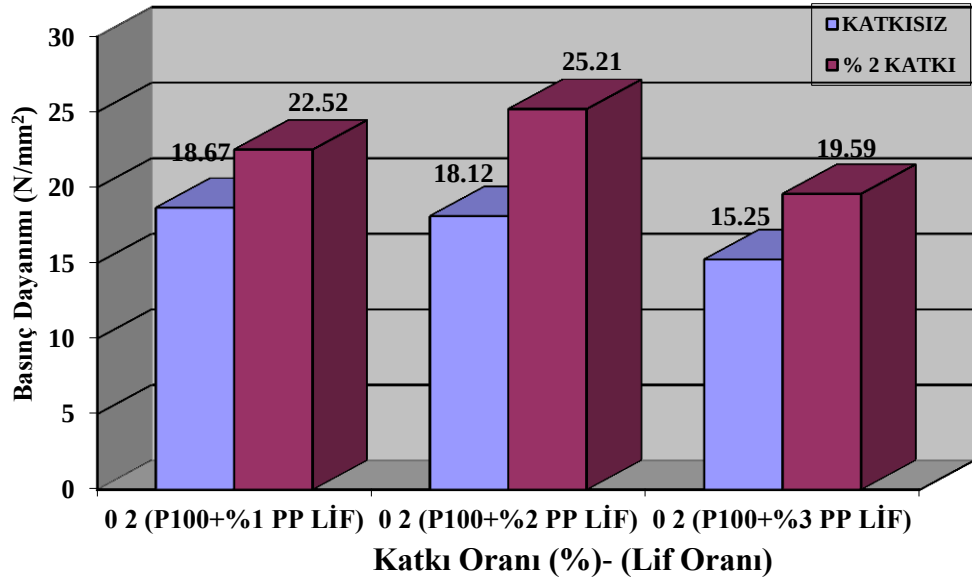
Şekil 4. 7. Polipropilen lifli numunelerde SA ve lif kullanım oranına bağlı 7 günlük basınç dayanım değişimi

Şekil 4.7 incelendiğinde % 2 kimyasal katkılı ve % 2 PP lifli numunelerin 7 günlük basınç değerlerinin, % 1 ve % 3 PP lifli örneklere nazaran yüksek olduğu görülmüştür.



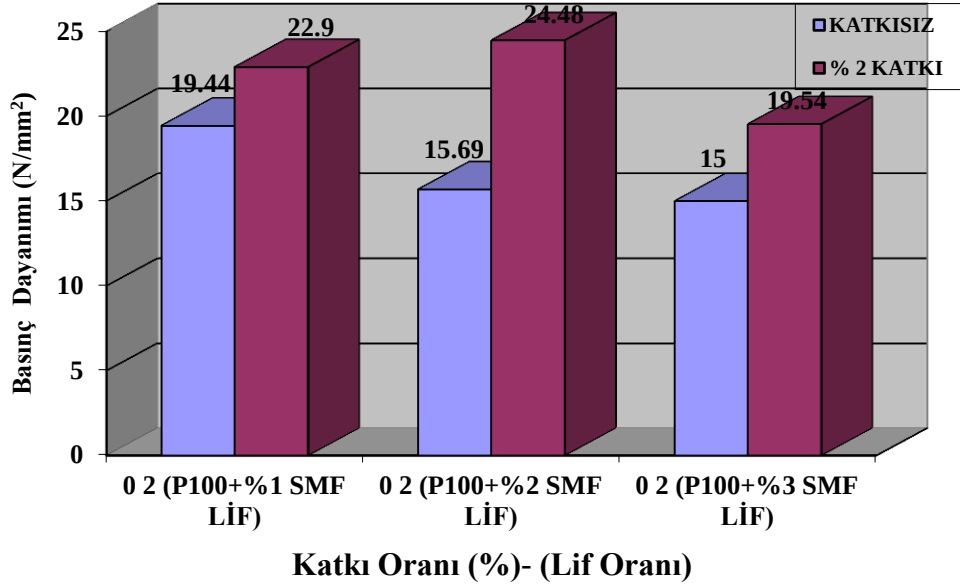
Şekil 4. 8. SMF lifli numunelerde SA ve lif kullanım oranına bağlı 7 günlük basınç dayanımları

Şekil 4.8 incelendiğinde % 2 kimyasal katkı ve % 2 SMF lifli numunelerin 7 günlük basınç değerlerinin, % 1 ve % 3 SMF lifli örneklerle nazaran yüksek olduğu görülmüştür (19.96 N/mm²). Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 değerlendirildiğinde örneklerde kullanılan lif türünün basınç dayanımlarında etkisinin yaklaşık aynı olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 9. Polipropilen lifli numunelerde SA ve lif kullanım oranına bağlı 28 günlük basınç dayanımları

Şekil 4.9 incelendiğinde % 2 kimyasal katkı ve % 2 PP lifli numunelerin 28 günlük basınç değerlerinin hem SA katkılı hem de katkısız % 1 ve % 3 PP lifli örneklerle nazaran yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 10. 28 günlük SMF lifli numunelerde SA ve lif kullanım oranına bağlı basınç dayanımları

Şekil 4.10 incelendiğinde % 2 kimyasal katkı ve % 2 SMF lifli numunelerin 28 günlük basınç değerlerinin hem SA'lı hem de SA katkısız % 1 ve % 3 SMF lifli örneklerle nazaran yüksek olduğu söylenebilir. Şekil 4.9 ve şekil 4.10 birlikte değerlendirildiğinde her lif katkı oranı için polipropilen liflerin, sentetik makro fiberlerden farklı bir etki oluşturmadığı söylenebilir.

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 birlikte değerlendirildiğinde her lif katkı oranı için polipropilen liflerin, sentetik makro fiber liflerden farklı bir etki oluşturmadığı söylenebilir.

Şekillerden de anlaşılacağı üzere % 2 kimyasal katkı ve %2 PP ve SMF lifli numunelerin 7 günlük eğilme ve basınç ile 28 günlük basınç değerlerinin yüksek olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar doğrultusunda lif takviyeleri örneklerin üretiminde lif oranının % 2 oranında kullanılmasına karar verilmiştir.

4.3. Belirlenen Karışımlarda Pomza Agregası Yerine Atıkların Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde bölüm 4.1 ve 4.2 de yapılan ön denemelerle yeterli işlenebilirliği ve dayanımı sağlayan karışımlar belirlendikten sonra elde edilen karışımlara Isparta ve yöresinde yaygın olarak bulunan andezit, mermer tozu atıkları ve genel bir atık olan granüle plastik atıklarının % 10-%20-%30 oranlarında pomza agregası ile yer değiştirmek suretiyle kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Dozaj 500 kg/m³ olarak belirlenmiştir. PP ve MSF lifin karışım içerisindeki miktarı 1m³ için üretici firma tarafından 600-800 gr önerilmiştir. Çalışma başlangıcında yapılan ön denemeler neticesinde üreticinin önermiş olduğu oranlardan yola çıkılarak % 1-2-3 olarak denenmiş ve % 2 oranının uygun olduğu gözlenmiştir. Bu oranla ayrı ayrı PP ve SMF lifli örnekler üretilmiştir. Pomza agregasının su emiciliğinin yüksek olmasından dolayı pomzaya ön emdirme yapılarak agreganın %36.6 su emdirilmesi sağlanmıştır. Karışım oranlarının hesaplanması numunelerin döküleceği 3 adet 40x40x160mm boyutlu kalıpların hacmi olan 768cm³'e göre yapılmıştır.

Çizelge 4.3 de bu aşamada karışıma giren malzeme miktarlarının dağılımı gösterilmiştir.

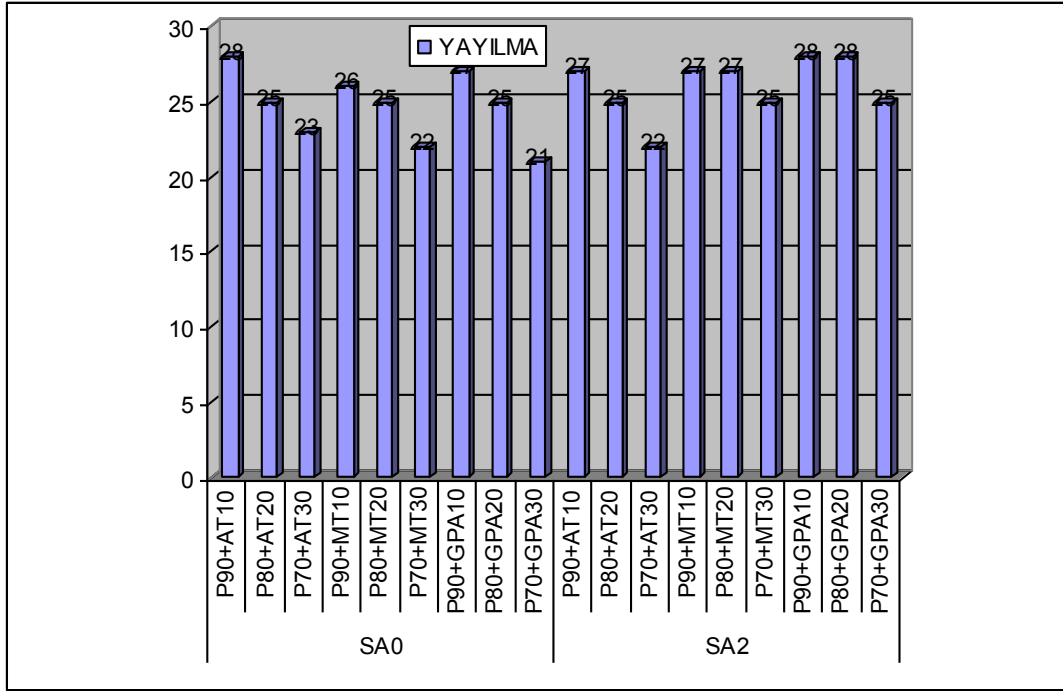
Çizelge 4. 3. PP ve SMF katkılı ve katkısız karışımlarda pomzanın yerine AT-MT ve GPA kullanıldığı karışımlarda malzeme miktarları

Çimento (gr)	Pomza (gr)	Su (gr)	İlave edilen su (gr)	AT (gr)	MT (gr)	GPA (gr)	Lif(PP-SMF) (%)	SA katkı oranı (%)	28 Günlük BHA (gr/cm ³)
576	943.2	230	346	104.8	-	-	0	0	1.89
		184					0	2	2.01
576	943.2	230	346	104.8	-	-	2	0	1.81
		230					2	0	1.86
576	943.2	184	346	104.8	-	-	2	2	1.95
		184					2	2	1.96
576	943.2	230	346	209.6	-	-	0	0	1.90
		184					0	2	2.03
576	943.2	230	346	209.6	-	-	2	0	1.96
		230					2	0	1.98
576	943.2	184	346	209.6	-	-	2	2	2.00
		184					2	2	1.96
576	943.2	230	346	314.4	-	-	0	0	1.87
		184					0	2	2.02
576	943.2	230	346	314.4	-	-	2	0	2.02
		230					2	0	2.02
576	943.2	184	346	314.4	-	-	2	2	2.01
		184					2	2	2.04
576	943.2	230	346	-	104.8	-	0	0	1.87
		184					2	2	1.93
576	943.2	230	346	-	104.8	-	2	0	1.94
		230					2	0	1.89
576	943.2	184	346	-	104.8	-	2	2	1.84
		184					2	2	1.93
576	943.2	230	346	-	209.6	-	0	0	1.92
		184					2	2	1.95
576	943.2	230	346	-	209.6	-	2	0	1.90
		230					2	0	1.93
576	943.2	184	346	-	209.6	-	2	2	1.92
		184					2	2	2.02

Çizelge 4.3. PP ve SMF katkılı ve katkısız karışımlarda pomzanın yerine AT-MT ve GPA kullanıldığı karışımlarda malzeme miktarları (devamı)

Çimento (gr)	Pomza (gr)	Su (gr)	İlave edilen su (gr)	AT (gr)	MT (gr)	GPA (gr)	Lif (PP-SMF) (%)	SA katkı oranı (%)	28 Günlük BHA (gr/cm ³)
576	943.2	230	346	-	314.4		0	0	1.93
		184					2	2	1.99
576	943.2	230	346	-	314.4	-	2	0	2.01
		230					2	0	2.02
576	943.2	184	346	-	314.4	-	2	2	1.98
		184					2	2	1.96
576	943.2	230	346	-	-	104.8	0	0	1.78
		184					2	2	1.82
576	943.2	230	346	-	-	104.8	2	0	1.81
		230					2	0	1.78
576	943.2	184	346	-	-	104.8	2	2	1.78
		184					2	2	1.83
576	943.2	230	346	-	-	209.6	0	0	1.63
		184					2	2	1.75
576	943.2	230	346	-	-	209.6	2	0	1.76
		230					2	0	1.75
576	943.2	184	346	-	-	209.6	2	2	1.76
		184					2	2	1.76
576	943.2	230	346	-	-	314.4	0	0	1.61
		184					2	2	1.60
576	943.2	230	346	-	-	314.4	2	0	1.64
		230					2	0	1.62
576	943.2	184	346	-	-	314.4	2	2	1.65
		184					2	2	1.73

Şekil 4.11’de Çizelge 4.3’de gösterilen malzeme miktarları ile yapılan karışımlarda elde edilen yayılma çapları gösterilmiştir.



Şekil 4. 11. Karışımlara ait pomza agrega ile % 10–20–30 AT-MT-GPA’nın yer değiştirilmesi ile SA katkılı ve katkısız üretilen karışımlarda yayılma çapları

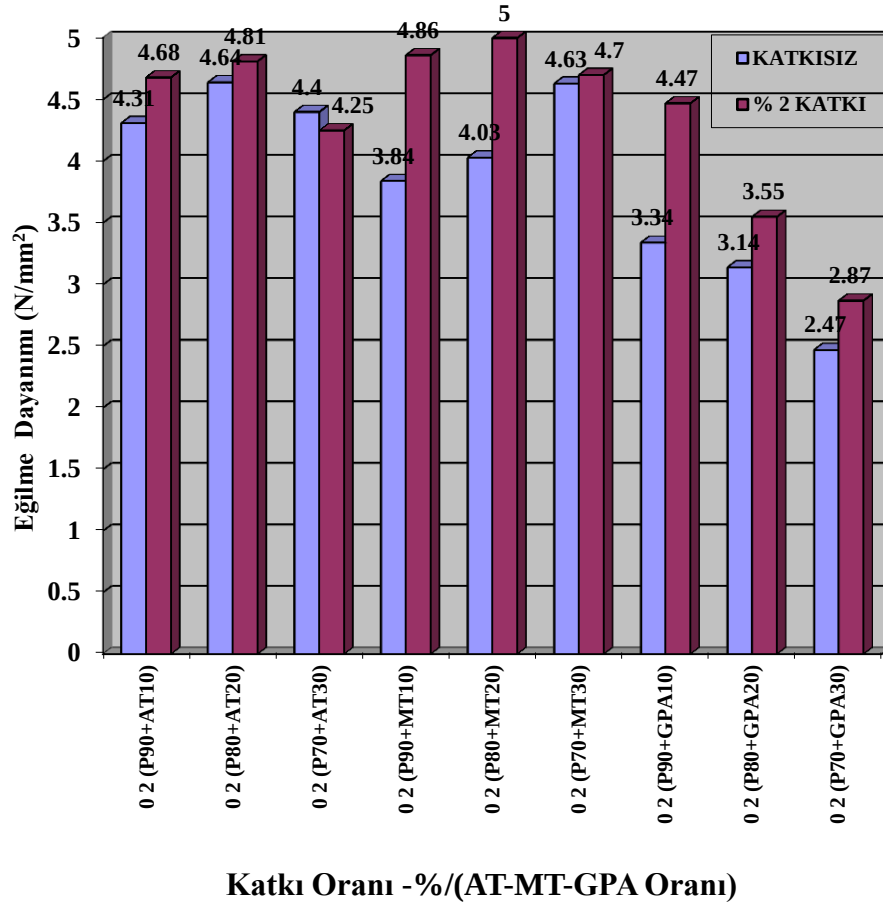
Pomza agregası, AT, MT ve GPA’nın her birisi ile % 10 oranında yer değiştirmesi ile SA katkısı kullanılarak ile yaklaşık aynı değerlerde yayılma çapları elde edilmiştir. (27-28 cm) Atık katkı kullanım oranının artışına bağlı olarak özellikle SA katkısız örneklerde yayılma çapında birbirine paralel bir davranış görülmüştür.

SA katkısı kullanılan AT atığı katkılı örnekler SA katkısız örneklerle hemen hemen aynı yayılma çapı değerleri sergilemişlerdir.

% 2 SA katkısı MT atığı katkılı örneklerde ise % 10 katkı oranında ve % 20 katkı oranında aynı yayılma çapı değerleri elde edilirken, oran % 30 çıktığında beklendiği gibi yayılma çapında azalma meydana gelmiştir.

% 2 SA kullanılan GPA atığı katkılı örneklerde katkı kullanım oranının artışına paralel olarak azalması beklenen yayılma çapı değerleri % 10 ve % 20 oranlarında aynı olmuş, % 30 oranında 25cm'ye gerilemiştir.

Şekil 4.12'de ilgili karışımların 7 günlük eğilme dayanımları grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4. 12. 7 günlük AT-MT-GPA ikameli eğilme dayanımı değerleri

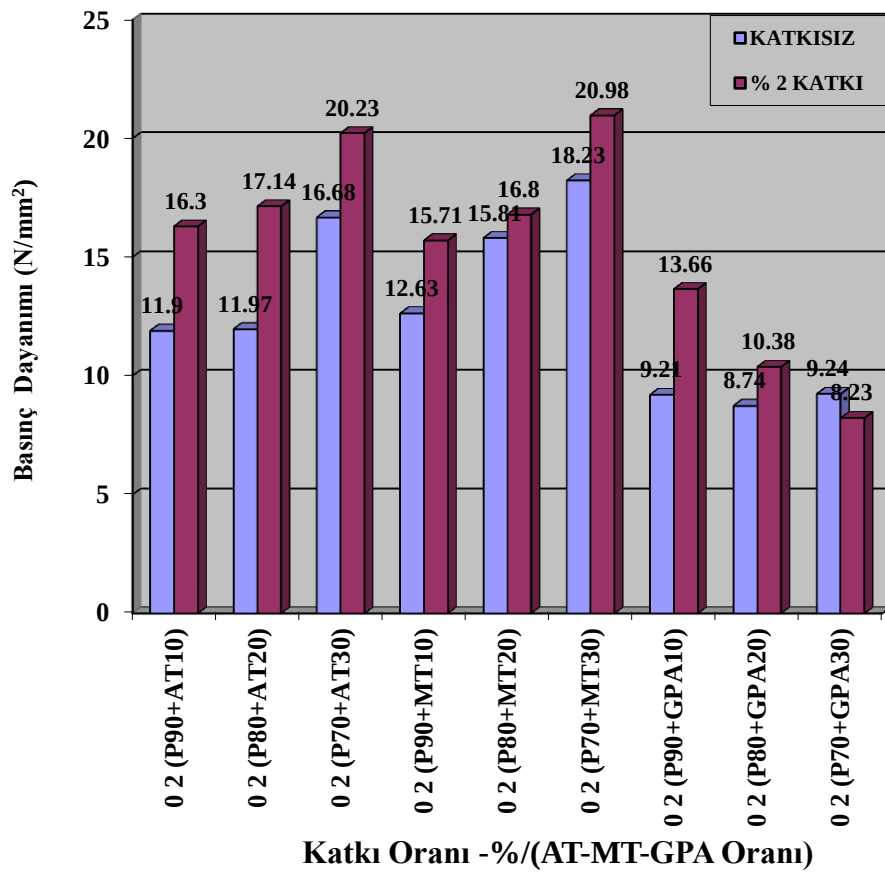
Şekil 4.11 den de görüleceği gibi taze halde harçlar üzerinde yayılma çapı deneyinde belirlenen çaplara göre SA katkının kullanılmadığı örneklerle % 2 SA katkının kullanıldığı örneklerin yayılma çapları arasında fark görülmüştür. Bunun nedeni örneklerde SA katkı kullanımının akışkanlığı artırmış olmasıdır.

Şekil 4.12 incelendiğinde pomza azaltılarak içerisine % 10–20–30 andezit ve mermer tozu ilave edilen numunelerde SA katkılı % 10-20 andezit ve mermer tozu ilave edilen numunelerin en yüksek 7 günlük eğilme dayanımlarına sahip oldukları gözlenmiştir. Granüle plastik atığı ilave edilen numunelerde 7 günlük eğilme

değerlerinde atık katkı oranının artışına bağlı olarak düşme eğilimi meydana gelmiştir.

Genel olarak SA katkı kullanımının eğilme dayanımı değerlerini SA'sız olanlara nazaran olumlu etkilemekte olduğu söylenebilir.

Şekil 4.13'de ilgili karışımların 7 günlük basınç dayanımları grafik olarak gösterilmiştir.

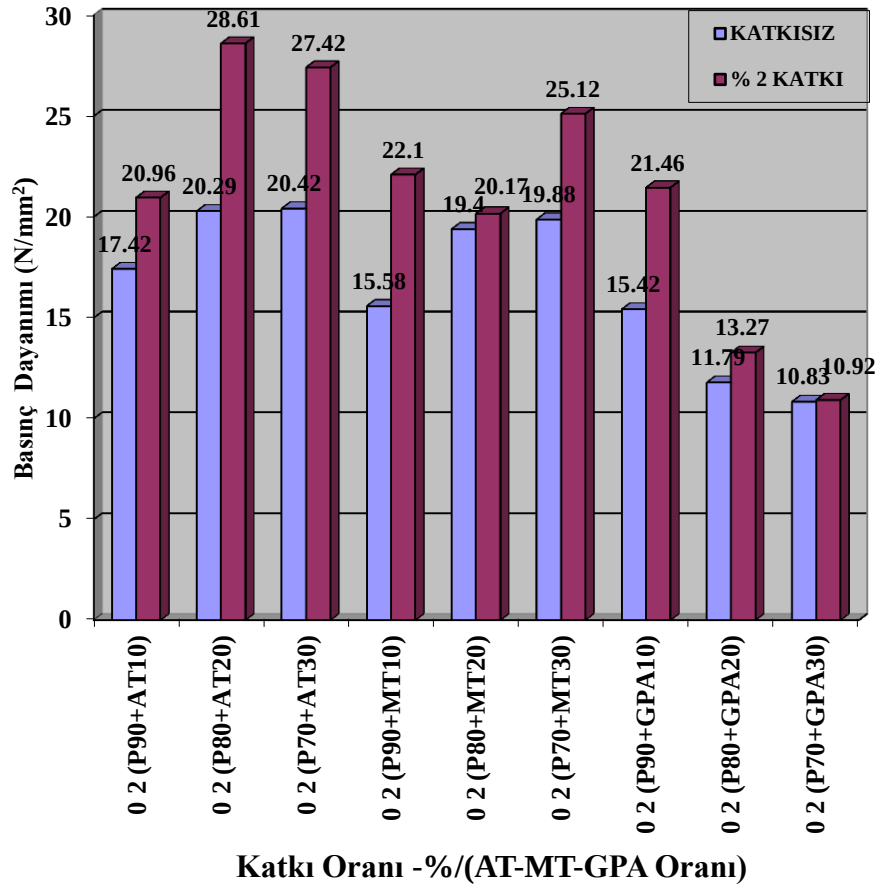


Şekil 4. 13. 7 günlük AT-MT-GPA ikameli basınç değerleri

Şekil 4.13'e göre pomza azaltılarak içerisine % 10–20–30 andezit ve mermer tozu ilave edilen numuneler arasında bir karşılaştırma yapıldığında % 30 andezit ve mermer tozu ikamesinin numunelerin 7 günlük basınç değerlerini % 10-20 oranlarındaki ikame oranlarına göre daha olumlu etkilediği görülmüştür. Granüle plastik atığı ilave edilen numunelerde GPA katkının kullanım oranındaki artış oranına paralel olarak 7 günlük basınç dayanımı olumsuz etkilenmiştir.

Süper akışkanlaştırıcı katkının kullanımının, katkı kullanılmayanlara nazaran örneklerin 7 günlük basınç dayanımlarını % 30 GPA içeren örnekler hariç olumlu etkilediği görülmüştür.

Şekil 4.14’de pomza yerine AT-MT-GPA ikamesinin kullanım oranına bağlı olarak 28 günlük basınç dayanımına etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4. 14. 28 günlük AT-MT-GPA ikameli basınç değerleri

Şekil 4.14 incelendiğinde pomza azaltılarak içerisine % 10–20–30 AT ve MT ilave edilen numunelerde % 2 SA katkılı % 20-30 AT ikameli örnekler ile % 30 MT ikameli örneklerin 28 günlük basınç dayanımı değerlerinin diğer gruplara göre daha olumlu olduğu söylenebilir. GPA ikame edilen numunelerde 28 günlük basınç dayanımı değerlerinde atık katkı kullanım oranına bağlı olarak düşme eğilimi görülmüştür.

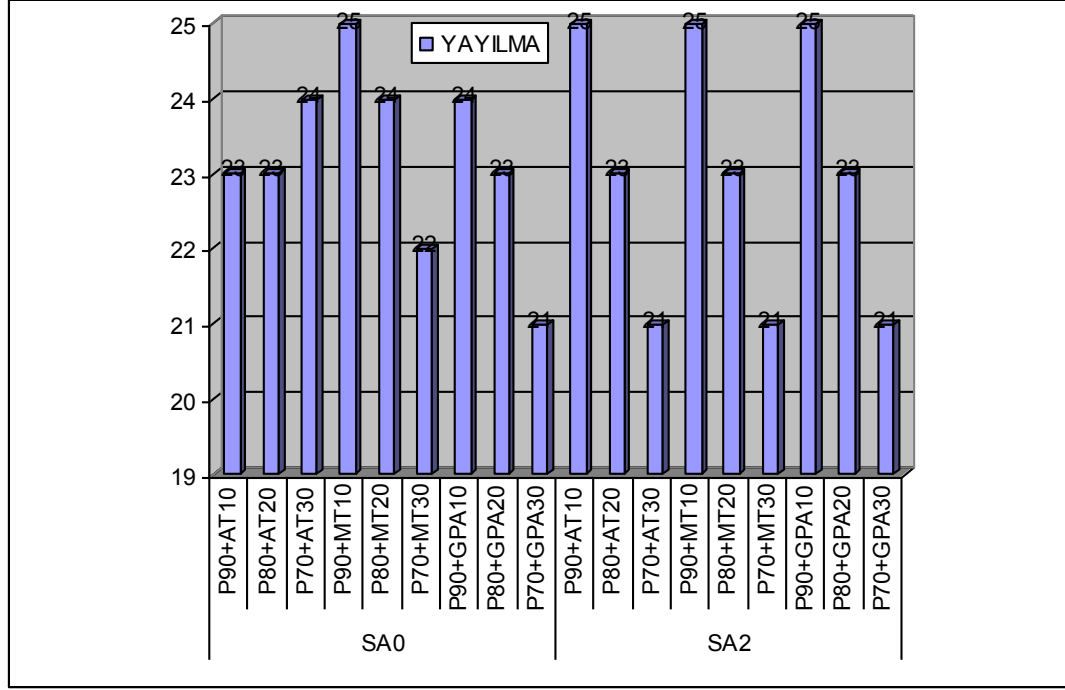
Genel bir değerlendirme yapıldığında pomza azaltılarak yerine % 10-20-30 AT ve MT ikame edilen numunelerin 7 günlük eğilme dayanımları birbirine yakın değerler sergilemiştir. SA katkısının belirgin bir etkisi gözlemlenmemiştir. Granüle plastik atığı ikame edilen numunelerde 7 günlük eğilme ve basınç ile 28 günlük basınç dayanım değerlerinde net bir düşüş eğilimi görülmüştür.

4.3.1. Polipropilen Liflerin Atık İkameli Panel Duvar Elemanı Eldesinde Kullanılabilirliği

Şekil 4.15 ten de görüleceği gibi taze halde harçlar üzerinde yapılan yayılma çapı deneyinde belirlenen çaplara göre SA katkının kullanılmadığı rneklerle % 2 SA katkının kullanıldığı örneklerin yayılma çapları arasında çok az farklar görülmüştür. Bunun nedeni karışıma giren AT, MT ve GPA ile polipropilen liflerin işlenebilirliği azaltarak SA katkının yayılmalara olan etkisini azaltmasıdır.

AT katkı oranında % 10-20 ikame oranı için aynı olan yayılma çapı % 30 ikame oranı için artarak 24 cm'ye çıkmıştır. MT atık katkı ikame oranının artışına bağlı olarak yayılma çapı da azalmaktadır. SA katkısız GPA ikameli örneklerde ikame oranı ve yayılma çapı arasında doğrusal bir ilişki yoktur.

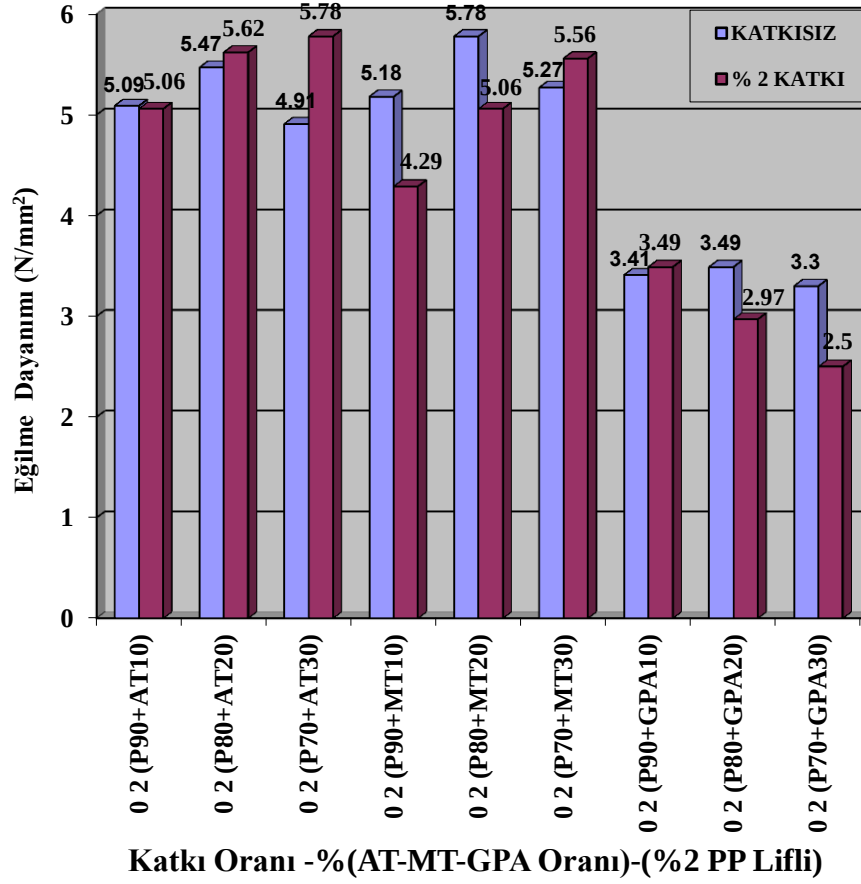
Yayılma çapı deneyinde elde edilen deney sonuçları grafikler üzerinde Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 15. Karışımlara ait % 10–20–30 AT-MT-GPA ile SA katkı kullanım durumuna göre yayılma çapları

SA katkılı örneklerde bir değerlendirme yapıldığında AT, MT ve GPA atıklarının kullanım oranına bağlı olarak yayılma çapında bir azalma eğilimi gözlenmiştir.

Şekil 4.16'da % 2 PP katkılı, SA katkılı ve katkısız örneklerde yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçları gösterilmiştir.



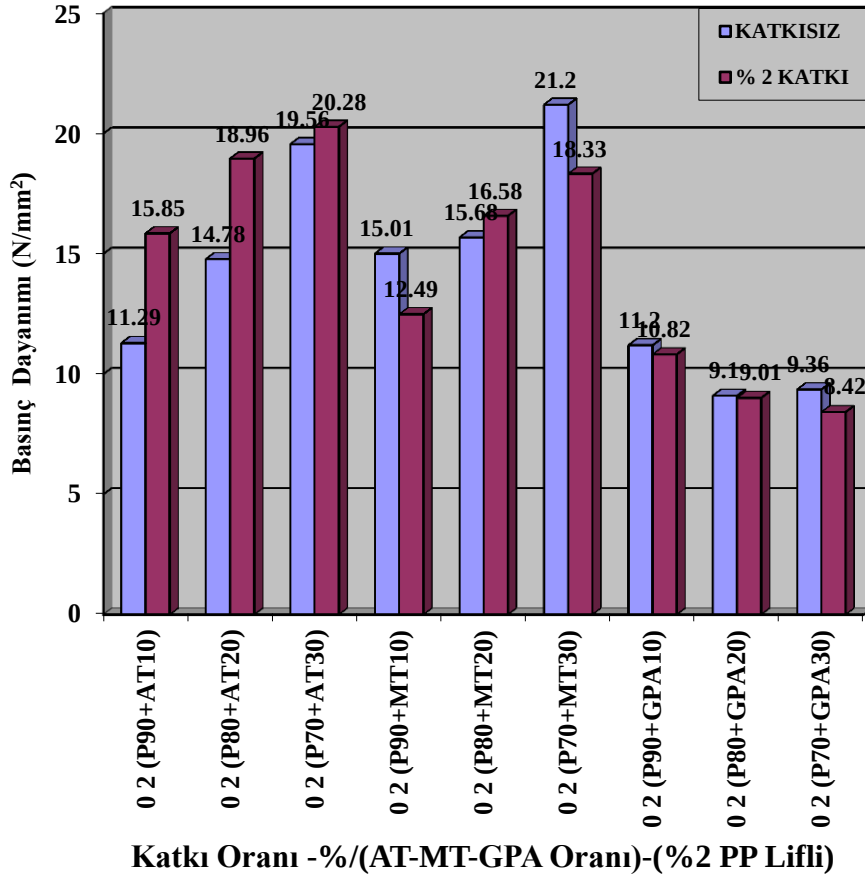
Şekil 4. 16. 7 günlük AT-MT-GPA ikameli %2 PP lifli örneklerde eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.12 incelendiğinde pomza azaltılarak içerisine % 10–20–30 AT ve MT ikame edilen numunelerde atık katkı kullanım oranının artışına paralel olarak 7 günlük eğilme dayanımı da artmıştır. % 20-30 AT ikame edilen SA katkılı numunelerde artış gözlenmiştir.

% 10-20 oranında MT ikame edilen numunelerin SA katkısız olanlarının SA katkılı olan örneklerle nispeten daha yüksek değerler verdiği, %30 MT ikameli % 2 katkılı numunenin 5.78N/mm² eğilme dayanımı ile daha yüksek değer verdiği görülmüştür.

GPA ikameli numunelerde ise % 20-30 GPA ikame edilen SA katkısız numunelerin SA katkılılara nazaran daha yüksek değerler verdiği görülmüştür.

Şekil 4.17’de % 2 PP katkılı, SA katkılı ve katkısız örneklerde yapılan basınç dayanımı deneyi sonuçları gösterilmiştir.



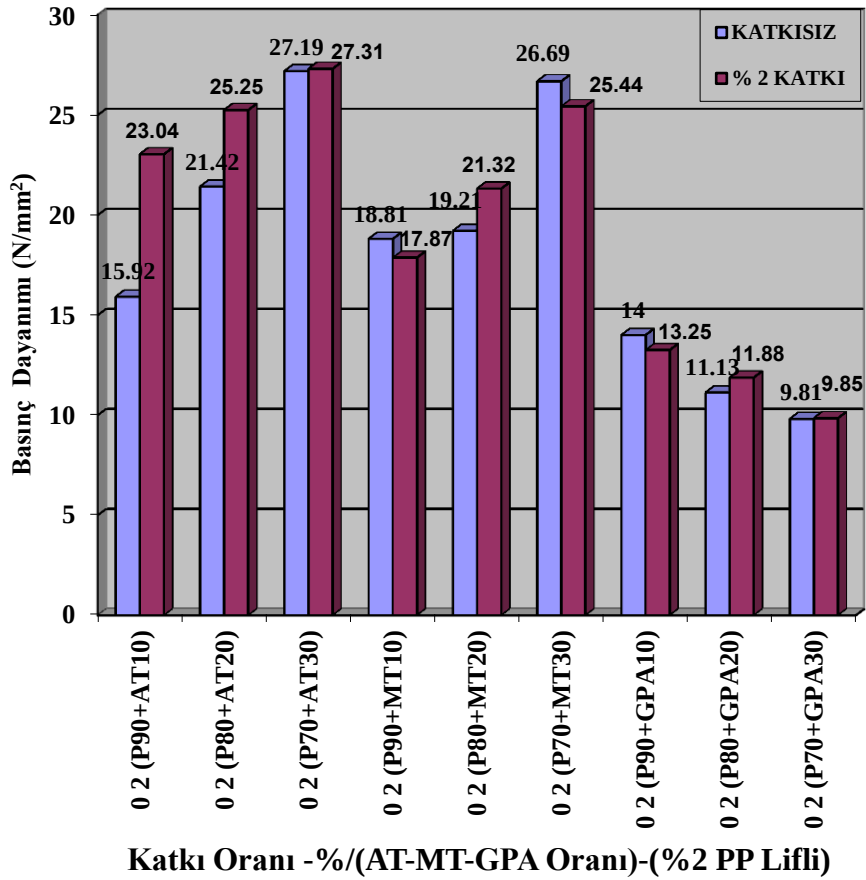
Şekil 4. 17. 7 günlük AT-MT-GPA ikameli %2 PP lifli örneklerde basınç dayanımı değerleri

Şekil 4.17 incelendiğinde pomza azaltılarak içerisine % 10–20–30 AT ve MT ilave edilen numunelerde, % 10-20 AT ikame edilen katkılı numunelerin MT ikameli numunelere göre daha yüksek değerler verdiği görülmüştür.

MT ikame edilen numunelerde % 10-30 atıklı numunelerin SA katkısız olanlar ile % 20 MT ikameli ve SA katkılı numunenin daha yüksek değer verdiği görülmüştür. Pomza yerine GPA ikameli numunelerin ise basınç dayanımlarında çok fazla farklılıklar görülmemiştir.

Şekil 4.9 ve Şekil 4.17 birlikte değerlendirildiğinde % 100 pomzalı % 2 SA katkılı örneklerin basınç dayanımı 25.24N/mm^2 iken % 30 AT ikameli % 2 SA katkılı P70+AT30 örneği 7. günde 20.28N/mm^2 , % 2 SA katkısız P70+MT30 örnekleri 21.2N/mm^2 basınç dayanımı sağlamıştır. SA katkılı % 2 PP lifli P70+MT30 basınç dayanımı ise 18.33N/mm^2 olmuştur.

Şekil 4.18’de % 2 PP katkılı, SA katkılı ve katkısız örneklerde elde edilen basınç dayanımı deneyi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4. 18. 28 günlük AT-MT-GPA ikameli %2 PP lifli örneklerde basınç dayanımı değerleri

Şekil 4.18’e göre pomza azaltılarak içerisine %10–20–30 AT ve MT atığı ikame edilen numuneler arasında bir değerlendirme yapıldığında SA katkılı % 10-20-30 AT ikame edilen numunelerin basınç dayanımları ikame oranı arttıkça artmıştır. (Sırası ile $23.04-25.25-27.31\text{N/mm}^2$)

% 10-30 MT ikameli SA katkısız numuneler SA katkılı MT ikameli örneklerden çok yüksek olmamakla birlikte daha yüksek basınç dayanımı değerleri sergilemiştir.

% 10-20-30 GPA ikameli SA katkılı ve katkısız numunelerin basınç dayanımı değerleri atık ikame oranına bağlı olarak azalma eğilimi göstermiştir.

% 20 MT ikameli SA katkısız örneklerde 28 günlük basınç dayanımı ortalaması 19.21 N/mm^2 iken SA katkılı örneklerde 21.32 N/mm^2 olmuştur. % 100 pomza SA katkılı % 2 PP lifli örneklerdeki 28 günlük basınç dayanımı ise Şekil 4.9'dan görülebileceği gibi 25.21 N/mm^2 olmuştur.

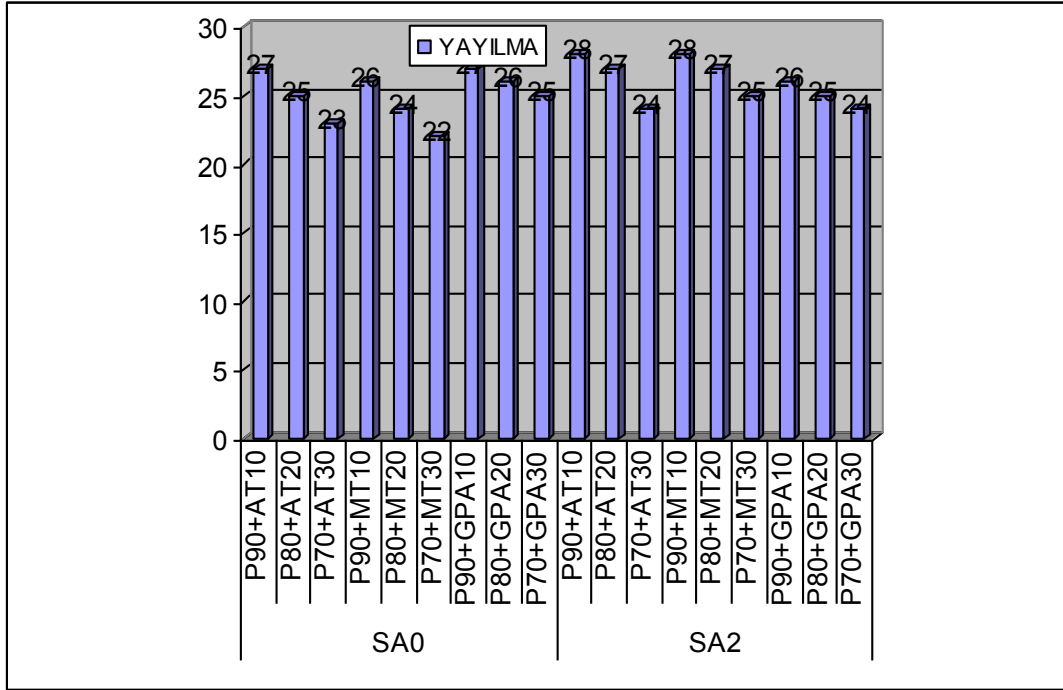
Buradan elde edilen bulgularla çevre kirliliğine neden olan AT ve MT atıklarının pomza ile % 30 oranında ikame edilerek kullanımı basınç dayanımını olumsuz etkilememiştir.

4.3.2. Sentetik Makro Fiber Liflerin Atık İkameli Panel Duvar Elemanı Eldesinde Kullanılabilirliği

Şekil 4.19 dan da görüleceği gibi bütün karışımlarda atıkların kullanım oranına bağlı olarak yayılma çaplarında azalma tespit edilmiştir. SMF katkılı örneklerin yayılma çapları PP lifli örneklerde elde edilen yayılma çaplarına benzer bir davranış sergilemiştir.

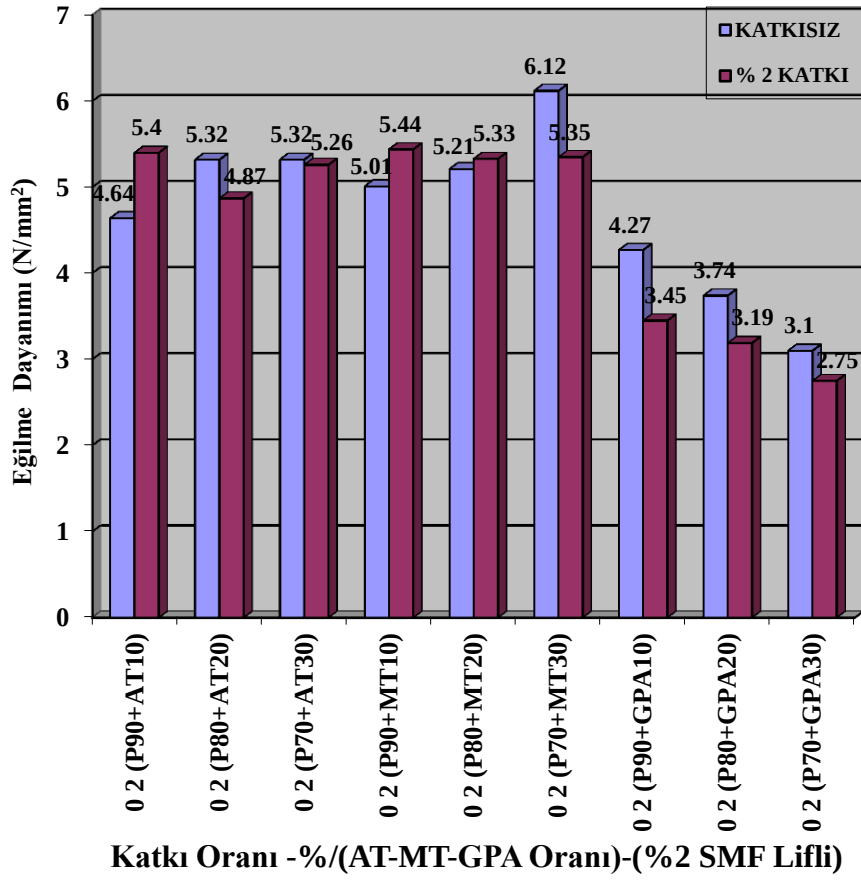
SA katkılı ve katkısız karışımlarda yayılma çapları atıkların pomza agregası ile ikame oranlarının artışına bağlı olarak benzer davranış sergilemiştir. İkame oranına bağlı olarak yayılma çapları azalma göstermiştir. % 2 SA kullanımı, SA kullanılmayan numunelere göre yaklaşık 1-2 cm civarında yayılma çapı artışına neden olmuştur.

Yayılma çapı deneyinde elde edilen deney sonuçları grafikler üzerinde Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 19. Karışımlarda % 10–20–30 AT-MT-GPA ile SA katkı kullanım durumuna göre yayılma çapları

Şekil 4.20’de % 2 SMF katkılı, SA katkılı ve katkısız örneklerde yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4. 20. 7 günlük AT-MT-GPA ikameli %2 SMF lifli eğilme dayanımı değerleri

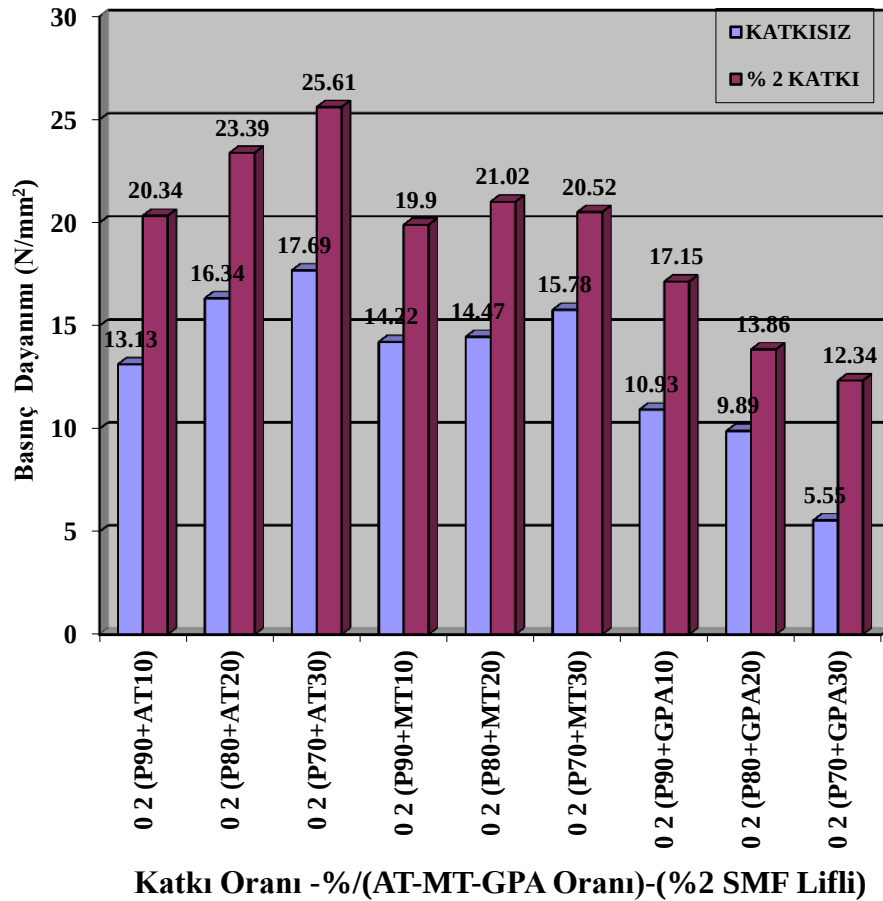
Şekil 4.20 incelendiğinde pomza azaltılarak içerisine % 10–20–30 AT ve MT atıkları ilave edilen numunelerin 7 günlük eğilme dayanım sonuçlarına göre % 10 oranında AT ikame edilen SA katkılı numunenin SA katkısız numuneden nispeten yüksek değer verdiği görülmüştür (Sırası ile 5.4N/mm^2 ve 4.6N/mm^2). % 20 oranında AT ikame edilen SA katkısız numunelerin SA katkılı numunelere nazaran yüksek eğilme dayanımları sergilediği % 30 AT ikameli SA katkılı ve katkısız yaklaşık aynı eğilme dayanımı sağlamıştır.

MT ikameli numuneleri incelendiğinde % 10 atıklı SA katkılı numunelerin 5.44N/mm^2 SA katkısız ise 5.06N/mm^2 eğilme dayanımına sahip olduğu görülmüştür. % 20 MT ikameli SA katkılı ve katkısız numunelerinde birbirine yakın eğilme dayanımına sahip olduğu görülmüştür. % 30 MT ikameli SA katkısız numunenin 6.12N/mm^2 , SA katkılı numunelerin ise 5.35N/mm^2 eğilme dayanımı sergilemiştir.

Şekil 4.16 ve Şekil 4.20 birlikte değerlendirildiğinde PP katkılı örneklerin SA katkılı ile üretildiği durumda AT ikamenin artış oranına bağlı eğilme dayanımlarının da arttığı ancak % 2 SMF ile üretilen AT ikameli örneklerin atık ikame oranından bağımsız hareket ettiği ve eğilme dayanımında büyük bir artışa sebep olmadığı görülmüştür. SMF katkılı örneklerde en yüksek eğilme dayanımı PP lif katkılı örneklerde yüksek olarak 6.12N/mm^2 olarak gerçekleştirilmiştir.

% 10-20-30 oranlarında GPA ikameli numunelerde SA katkısız numunelerin daha yüksek değerler verdiği görülmüştür.

Şekil 4.21’de % 2 SMF katkılı, SA katkılı ve katkısız örneklerde yapılan basınç deneyi sonuçları gösterilmiştir.

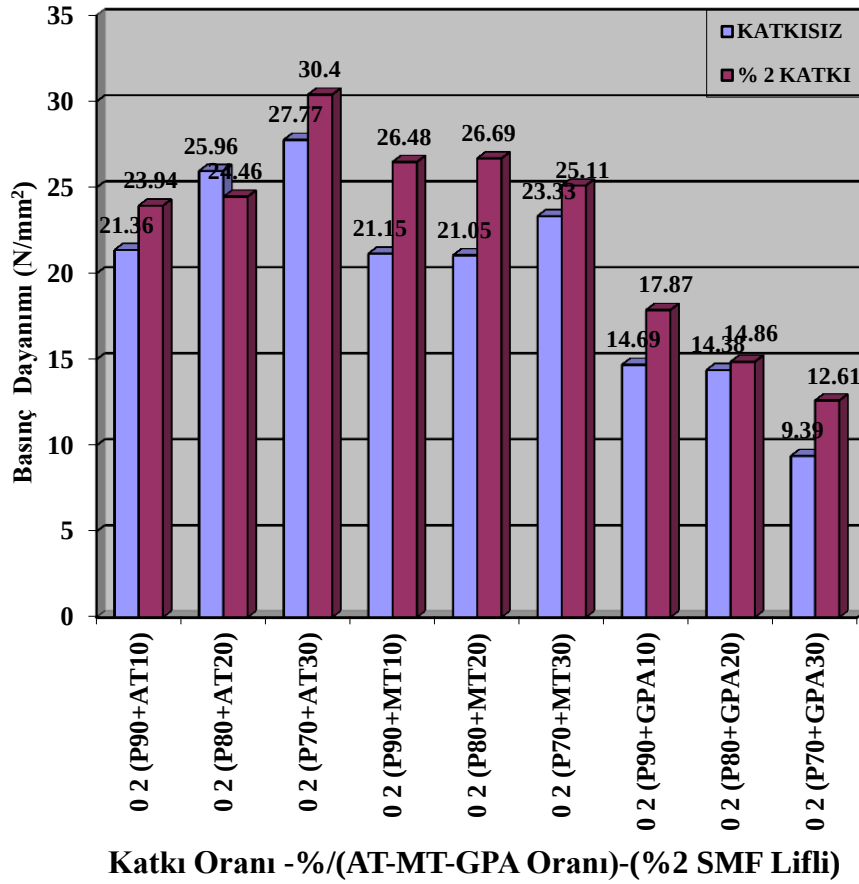


Şekil 4. 21. 7 günlük AT-MT-GPA ikameli %2 SMF lifli basınç değerleri

Şekil 4.21 incelendiğinde pomza azaltılarak içerisine % 10–20–AT ve MT atıkları ikame edilen numunelerde SA katkılı numunelerin bütün numunelerde yüksek değerler verdiği görülmüştür. En yüksek değeri % 30 AT ikameli numunenin verdiği görülmüştür.(25.61N/mm²). MT ikameli örneklerde basınç dayanımları katkı oranlarında bağımsız değişmektedir. Ancak % 2 SMF katkılı örneklerde SA katkının SA katkısız olan numunelere göre daha yüksek basınç dayanımları göstermesi işlenebilirlikte olumlu katkısı olduğu ifade etmektedir.

GPA ikameli örneklerde PP lif katkılı GPA ikameli örneklere benzer bir şekilde atık ikame oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımlarında azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Atıkların panel duvar elemanı üretiminde kullanımı ile ilgili AT atığının artan ikame oranlarında, atık ikame edilmeyen % 100 pomzalı SA'lı SMF katkılı örneklerde daha yüksek basınç dayanımı elde edilmiştir. % 30 AT ikame oranı için 25.6N/mm² 7 günlük basınç dayanımı elde edilmiş iken % 100 pomzalı örnekte 28 günlük basınç dayanımı 24.48N/mm² olmuştur.

Şekil 4.22'de % 2 SMF katkılı, SA katkılı ve katkısız örneklerde yapılan basınç deneyi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4. 22. 28 günlük AT-MT-GPA ikameli %2 SMF lifli örneklerde basınç değerleri

Pomza azaltılarak içerisine % 10-20-30 AT ve MT ikame edilen numunelerden % 10-30 AT ikameli SA katkılı numunelerin sırası ile 23.94N/mm^2 ve 30.4N/mm^2 basınç dayanımlarına karşın SA katkısız örnekler 21.36N/mm^2 ve 27.77N/mm^2 değerlerinde kalmışlardır. göre yüksek değer verdiği, % 20 AT ikameli numunelerde SA katkılı ve katkısız olanlar birbirlerine yakın olarak sırası ile 24.46N/mm^2 ve 25.96N/mm^2 olmuştur.

% 10-20-30 oranında MT ve GPA ikameli örneklerde ise SA katkılı numunelerin SA katkısızlardan bir miktar yüksek değerler verdiği görülmüştür.

MT ikameli örneklerde MT ikame oranında bağımsız bir basınç dayanımı değişimi gözlenmiştir.

GPA ikameli örnekler ise ikame oranlarına paralel olarak basınç dayanımlarında azalma eğilimi sergilemişlerdir.

Şekil 4.10 ve Şekil 4.22 birlikte değerlendirildiğinde % 100 pomzalı % 2 SA ve % 2 SMF katkılı örneklerin 28 günlük basınç dayanımı 24.48 N/mm^2 iken en yüksek ikame oranı olan % 30 AT içeren örnek 30.4 N/mm^2 basınç dayanımına sahiptir. MT atığının % 10-20-30 ikame oranında SMF ve SA ile birlikte kullanıldığı örneklerde elde edilen 28 günlük basınç dayanımı değerleri 26.48 - 26.69 - 25.11 N/mm^2 olarak sıralanmış ve % 2 SA ve % 2 SMF katkılı % 100 pomzalı örneklerin basınç dayanım değeri olan 24.48 N/mm^2 'den daha yüksek olmuştur.

4.4. Termal Özellik Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bölüm 4.1, 4.2 ve 4.3'de deneyler sonucunda ısı iletkenlik ölçümü için dozaj 500 kg/m^3 %100 pomza ile % 10-20-30 ikameli AT ve MT katkılı numunelerin dökümüne karar verilmiştir. GPA ikameli numunelerin PP ve SMF katkısı kullanımı ile yeterli eğilme ve basınç dayanımını sağlamaması nedeni ile ısı iletkenlik özellikleri araştırma kapsamına alınmamıştır. Numunelerin dökümü için Çizelge 4.4'deki malzeme karışım oranları kullanılacaktır. Pomza agregasının su emiciliğinin yüksek olmasından dolayı pomzaya ön emdirme yapılarak agreganın %36.6 su emdirilmesi sağlanmıştır. Karışım oranlarının hesaplanması numunelerin döküleceği 2 adet $50 \times 200 \times 400 \text{ mm}$ boyutlu kalıpların hacmi olan 8000 cm^3 'e göre yapılmıştır.

Çizelge 4. 4. Isı iletkenlik katsayısı ölçümü için 50x200x400 mm boyutunda numunelerin karışıma giren malzeme miktarları

Çimento (gr)	Pomza (gr)	Su(gr)	İlave edilen su (gr)	AT (gr)	MT (gr)	Lif (PP-SMF) (%)	SA katkı oranı (%)	28 günlük BHA (gr/cm ³)
3456	6288	1105,6	2308	-	-	2	%2	1.94
						2		1.95
6912	11318.4	2210	4153.8	1257,6	-	2	%2	1.91
						2		1.94
7603	10060.8	2431	3692.3	2746	-	2	%2	1.93
						2		1.97
7603.2	9683.5	2431	3553.8	4150	-	2	%2	2.03
						2		2.01
6912	11318.4	2210	4153.8	-	1257.6	2	%2	1.95
						2		1.97
7603.2	11066.9	2431	4062	-	2766.7	2	%2	1.96
						2		2.02
7603.2	96835.2	2431	3553.8	-	4150	2	%2	2.03
						2		2.03

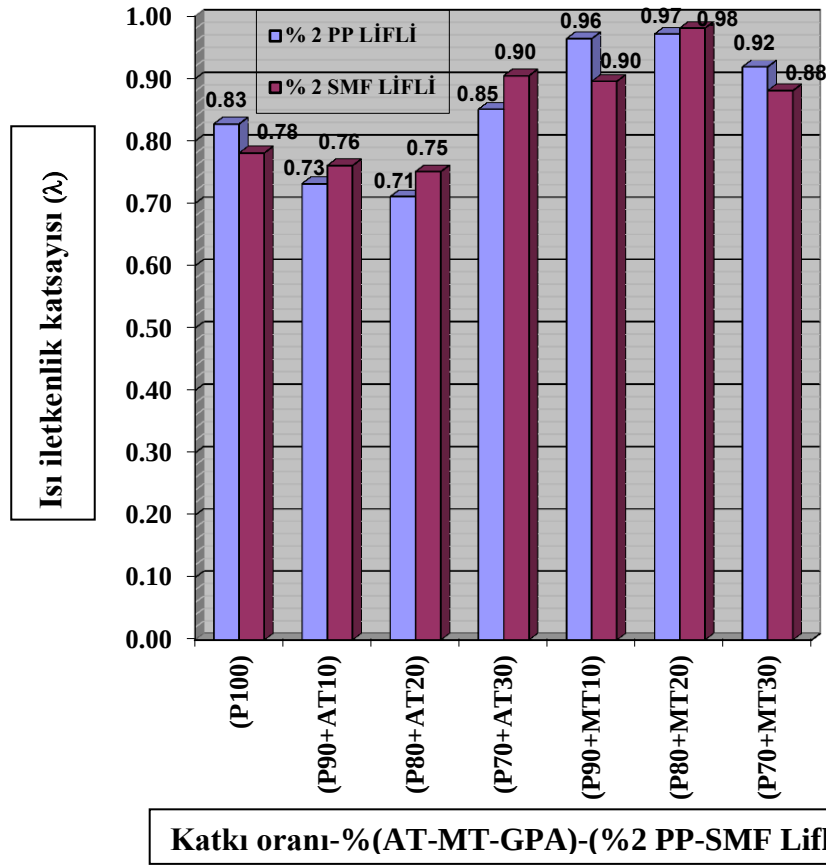
Hot disk TPS 500 tipi ISO Standardına (ISO/DIS 22007-2.2) uygun ölçüm cihazı kullanılarak 50x200x400mm boyutundaki % 100 kuru duvar elemanı örnekleri üzerinde ısı iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Yapılan deneyde elde edilen sonuçları aşağıda Çizelge 4.5 ve Şekil 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. % 2 SA kimyasal katkılı 500 dozlu örneklerde ısı iletkenlik katsayısı değerleri

Karışım Oranı	5x20x40cm örnekler(ısı iletkenlik katsayısı ($\lambda(w/mk)$))	Ortalama değerler ($(\lambda(w/mk))$)	Numune Ağırlıkları (gr)
P100(PP Lifli)	0.8156	0.8275	7798
P100(PP Lifli)	0.8394		7716
P100(Gri Lifli)	0.7776	0.78095	7715
P100(Gri Lifli)	0.7843		7914
P90+AT10(PP Lifli)	0.7338	0.73175	7538
P90+AT10(PP Lifli)	0.7297		7731
P90+AT10(Gri Lifli)	0.7535	0.76075	7708
P90+AT10(Gri Lifli)	0.7680		7797
P80+AT20(PP Lifli)	0.7109	0.711	7649
P80+AT20(PP Lifli)	0.7111		7795
P80+AT20(Gri Lifli)	0.7575	0.751	7867
P80+AT20(Gri Lifli)	0.7445		7930
P70+AT30(PP Lifli)	0.8618	0.8512	8083
P70+AT30(PP Lifli)	0.8406		8154
P70+AT30(Gri Lifli)	0.8932	0.9048	8027
P70+AT30(Gri Lifli)	0.9164		8047
P90+MT10(PP Lifli)	0.9547	0.9644	7945
P90+MT10(PP Lifli)	0.9741		7684
P90+MT10(Gri Lifli)	0.8852	0.896	7929
P90+MT10(Gri Lifli)	0.9068		7826
P80+MT20(PP Lifli)	0.9735	0.9717	7954
P80+MT20(PP Lifli)	0.9699		7754
P80+MT20(Gri Lifli)	0.9864	0.98115	8123
P80+MT20(Gri Lifli)	0.9759		8045
P70+MT30(PP Lifli)	0.9175	0.91915	8062
P70+MT30(PP Lifli)	0.9208		8174
P70+MT30(Gri Lifli)	0.8766	0.88105	8188
P70+MT30(Gri Lifli)	0.8855		8065

Çalışma önceki dönemlerde yapılan deney sonuçlarına göre sınır değerleri sağlayan numuneler üzerinde yapılmıştır. Buna göre 43 örnek üzerinde ısı iletkenlik deneyi uygulanmıştır. Elde edilen bulguların gösterimi Şekil 4.23’de sunulmuştur.

Şekil 4.23’de Lif tipine ve atık tipi ile ikame oranına bağlı ısı iletkenlik katsayısının değişimini gösterilmiştir.



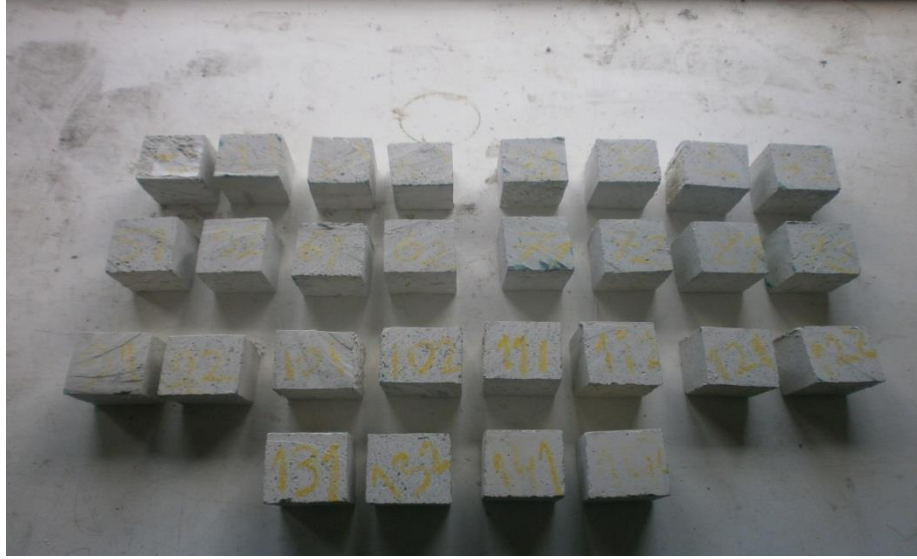
Şekil 4. 23. Lif tipine ve atık tipi ile ikame oranına bağlı ısı iletkenlik katsayısının değişimi

Şekil 4.23. incelendiğinde, iki farklı lif kullanılarak üretilen numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda lif değişiminin ısı iletkenlik sonuçlarına belirgin etkisinin olmadığı görülmüştür.

Isı iletkenlik deneyi sonucunda elde edilen ısı iletkenlik katsayısı sonuçlarına göre % 100 pomzalı numunelerin ısı iletkenlik katsayısı değerleri, belirgin olmasa da % 10-20-30 AT ve MT ikameli numunelere göre daha iyi değerler verdiği görülmüştür.

Ayrıca detaylı bir karşılaştırılma yapılacak olursa P100 % 2 PP ve %2 SMF lifli örneklere nazaran, % 10-20 AT ikameli örnekler daha düşük ısı iletkenliği göstermişlerdir(min 0.71-max 0.76 w/mk). % 30 andezit tozu katkılı numuneler %10 ve %20 ile karşılaştırıldıklarında daha yüksek ısı iletkenliğine sahip olarak, 0.85 W/mK değeri elde edilmiştir. Burada elde edilen değerler TS 825'e göre TS EN 771-1'e uygun dolu ve düşey delikli tuğla duvarlarda belirtilen sınır değerleri

sağlamaktadır. Çizelge 4.6’da TS 825’e göre yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri (λh) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) sunulmaktadır. “Yapı elemanın bir örgü harcı kullanılarak uygulanması durumunda λh değeri Sıra no: 7’den alınmalıdır” direktifinden dolayı standartta belirtilen hesap değeri 7.4 ve 7.5 satırları dikkate alınmıştır.



Şekil 4. 24. Isı iletkenlik numuneleri

Çizelge 4. 6. Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri (λh) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim Kütlesi ^{1,2} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λh ³ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile yapılan duvarlar			
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla) 5)	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0.31 0.32 0.33 0.34 0.35 0.37 0.40 0.43 0.46 0.54 0.63 0.74 0.87 0.99	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 10 / 15 10 / 15 10 / 15
7.4.2	Doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200	0.28 0.29 0.30 0.31 0.32 0.33 0.36 0.39 0.42 0.49	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.5.2.1	2 sıra bosluklu; genişlik < 240 mm , 3 sıra bosluklu; genişlik < 300 mm, 4 sıra bosluklu; genişlik < 365 mm, olan bloklarda	<1800	0.92	20-30
7.5.2.2	2 sıra bosluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra bosluklu; genişlik = 365 mm, olan bloklarda	<1800	1.3	20-30

Çizelge 4.6.'ye göre Madde 7.4.1'de belirtilen hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla) eğer 1800 kg/m³ lük birim hacim kütleyle sahip ise 0.87 W/m K'lik sınır ısı iletkenlik katsayısından düşük değere sahip olmalıdır. Eğer birim eleman olarak bağımsız yapı malzemelerinden TS 825 Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114 EN 13055-1'e uygun agregalarla 1400 kg/m³ yoğunluklu 0.79 W/mK'lik değerden küçük olmalıdır)(duvar oluşturulması için harç uygulanması gerektiğinden Çizelge 4.6'da

gösterilmemiştir). Ayrıca doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış ise ve birim hacim kütlesi 2000kg/m^3 ise ısı iletkenlik katsayısı 0.74 W/m K 'den düşük olmalıdır. Eğer birim hacim kütlesi 1800 kg/m^3 den küçük Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun) kategorisinde ise ısı iletkenlik katsayısının 0.92 W/mK 'den küçük olması gerekmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında bunun anlamı burada üretilen AT atık katkılı pomzalı levha elemanın ısı iletkenlik katsayısı istenilen değerlerdedir. Ayrıca normal betondan mamul briket ve bloklarda belirtilen 0.92 W/mK değerinden de daha düşüktür.

% 10-20-30 MT ikameli numunelerin ısı iletkenlik katsayı değerleri incelendiğinde $0.88\text{-}0.98\text{ W/mK}$ arasında değişen değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Burada atık ikame kullanım oranına bağlı bir değişimden bahsedilemez. Ancak genel olarak çizelge 4.6'da belirtilen 7.5.2.2 maddesindeki TS 406'ya uygun Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla yapılan duvarların 2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm olarak kullanımı ile elde edilmesi durumunda bloklarda birim hacim kütlenin 1800 kg/m^3 den küçük ısı iletkenlik katsayısının da 1.3 W/mK ile sınırlanmış olduğu dikkate alındığında; çalışma kapsamında üretilen MT katkılı pomzalı levha eleman örneklerinin de yeterli ısı yalıtımı özelliğini sağladığı söylenebilir.

4.5. Boy Değişim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bölüm 4.4’de yapılan deneyler sonucunda boy değişimi için ısı iletkenlik sonuçları doğrultusunda 0.90 Wmk değeri altında kalan seriler olan %100 pomza ile % 10 ikameli AT katkılı 500 kg/m³ dozajlı numunelerin dökümüne karar verilmiştir. Pomza agregasının su emiciliğinin yüksek olmasından dolayı pomzaya ön emdirme yapılarak agreganın %36.6 su emdirilmesi sağlanmıştır. Karışım oranlarının hesaplanması numunelerin döküleceği 2 adet 25x25x285mm boyutlu kalıpların hacmi olan 356.25cm³’e göre yapılmıştır.

Numunelerin dökümü için çizelge 4.7’deki karışım oranları kullanılacaktır.

Çizelge 4. 7. 25x25x285mm Boyutundaki kalıplara boy değişim numunelerin karışıma giren malzeme miktarları

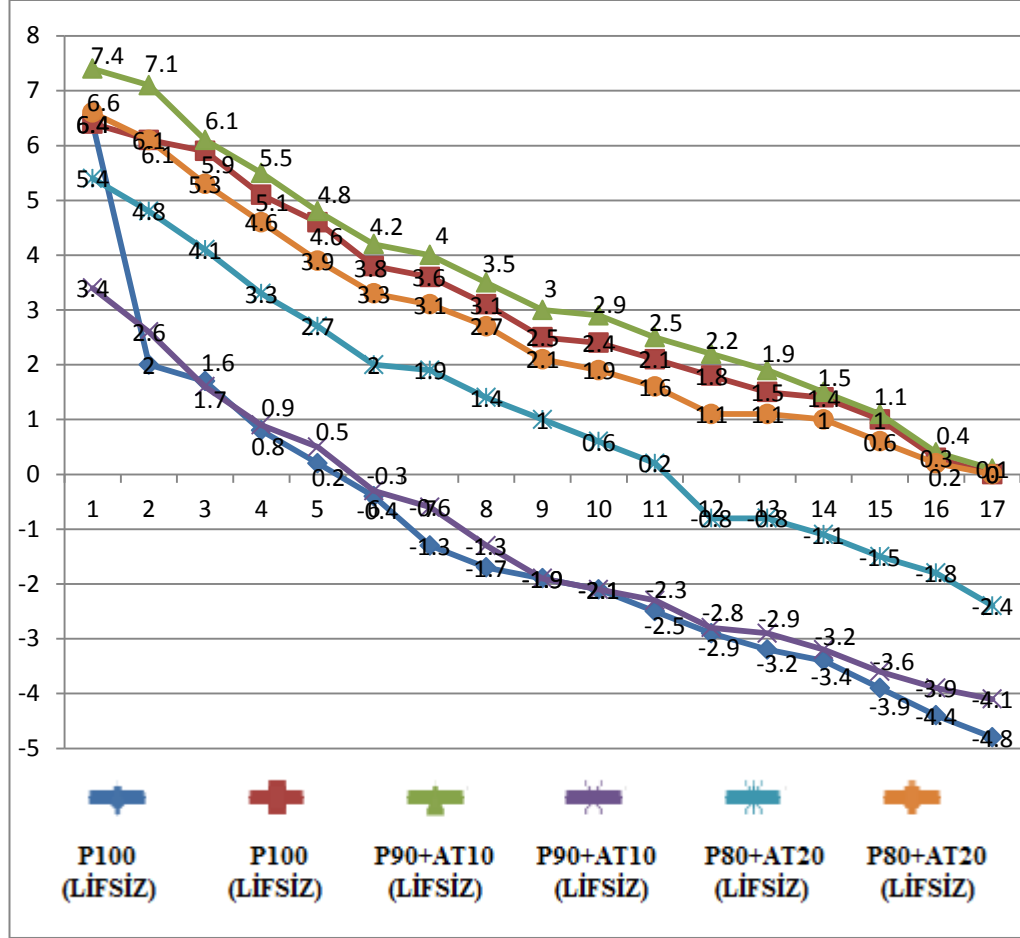
ÖRNEK KODU	Çimento (gr)	Pomza (gr)	Su (gr)	İlave edilen su (gr)	AT (gr)	Lif (PP-SMF) (gr)	SA katkı oranı (%)
P100(Lifsiz)	538	978	172	359	-	-	2
P90+AT10(Lifsiz)	576	943	184	346	104.8	-	2
P80+AT20(Lifsiz)	576	838	184	308	209.6	-	2
P70+AT30(Lifsiz)	576	733.6	184	269	314.4	-	2
P100(PP Lifli)	538	978	172	359	-	2	2
P100(SMF Lifli)	538	978	172	359	-	2	2
P90+AT10(PP Lifli)	576	943	184	346	104.8	2	2
P90+AT10(SMF Lifli)	576	943	184	346	104.8	2	2
P80+AT20(PP Lifli)	576	838	184	308	209.6	2	2
P80+AT20(SMF Lifli)	576	838	184	308	209.6	2	2
P70+AT30(PP Lifli)	576	733.6	184	269	314.4	2	2
P70+AT30(SMF Lifli)	576	733.6	184	269	314.4	2	2



Şekil 4. 25. Rötre ölçümlerinin yapıldığı deney komparatörü

Yapıların tasarım hesapları yapılırken, betonun zaman içerisinde ne kadar deformasyon yapacağı hususunun bilinmesi ve bu durumun tasarım hesaplarında göz önünde tutulması gerekmektedir. Ayrıca normal ağırlıklı agregalara göre daha düşük elastik modülüne sahip olan hafif agregalarla yapılan betonlarda daha çok büzülme olmaktadır. Bu yüzden hafif agregalar ile üretilen gerek kendinden yerleşen gerekse vibrasyon ile yerleştirilen betonlarda kuruma büzülmesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

25x25x285mm boyutundaki boy değişim numunelerinin 1hafta boyunca her gün daha sonra 1 haftalık, 2 haftalık ve aylık ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelge 4.26 ve 4.29 arasında verilmiştir.



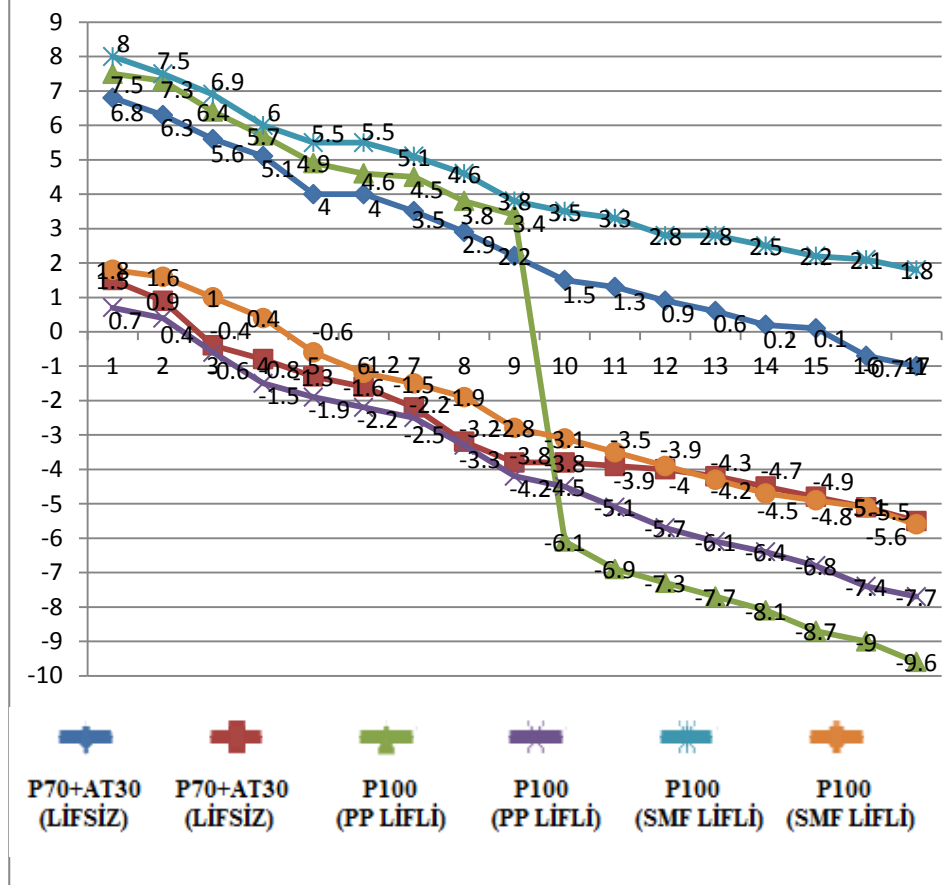
Şekil 4. 26. Lifsiz numunelerin (P100, P90+AT10, P80+AT20) boy değişim değerleri

Şekil 4.26 ile 4.29 arasındaki grafiklerde x ekseninde gösterilen 1-7 arasındaki rakamlar birer gün arayla yapılan ölçümleri 8-11 arasındaki rakamlar haftalık ölçümleri, 12-15 arasındaki rakamlar 2 haftalık ölçümleri 16-17 arasındaki rakamlar aylık ölçümleri ifade etmektedir. Toplamda 157 günlük bir zaman dilimi içerisinde boy değişim ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.26 incelenerek yapılan gözlemler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Bütün numunelerde sürekli olarak boy değişimi olduğu gözlemlenmiştir.

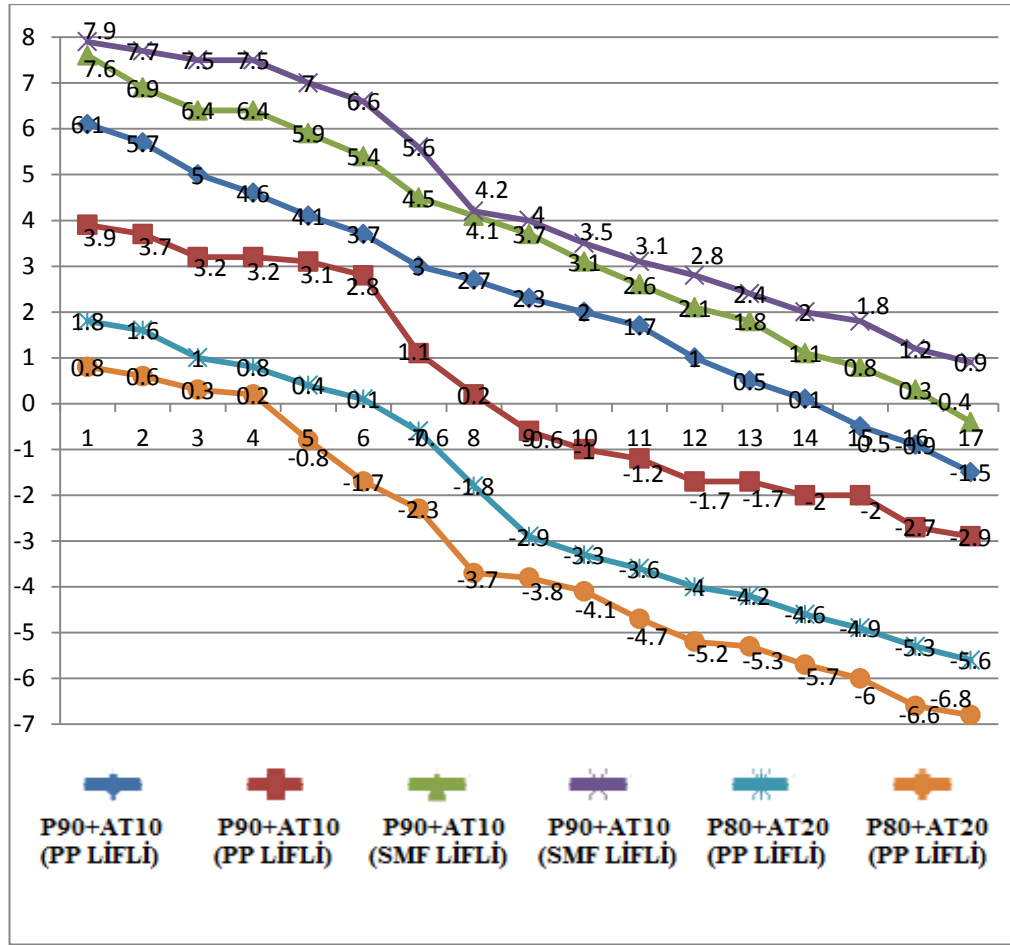
- Boy değişiminin ilk bir hafta boyunca yapılan ölçümlerde hızlı, daha sonra yapılan haftalık, iki haftalık ve aylık ölçümlerde yavaş olduğu gözlemlenmiştir.
- P100 lifsiz adlı serinin ikinci gün büyük oranda boy değişimine uğradığı ancak 3. gün ölçümlerinden itibaren daha sonra diğer numunelere paralel bir davranış sergilediği görülmüştür.



Şekil 4. 27. Lifli numunelerin (P70+AT30, P100) boy değişim değerleri.

Şekil 4.27 incelenerek yapılan gözlemler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

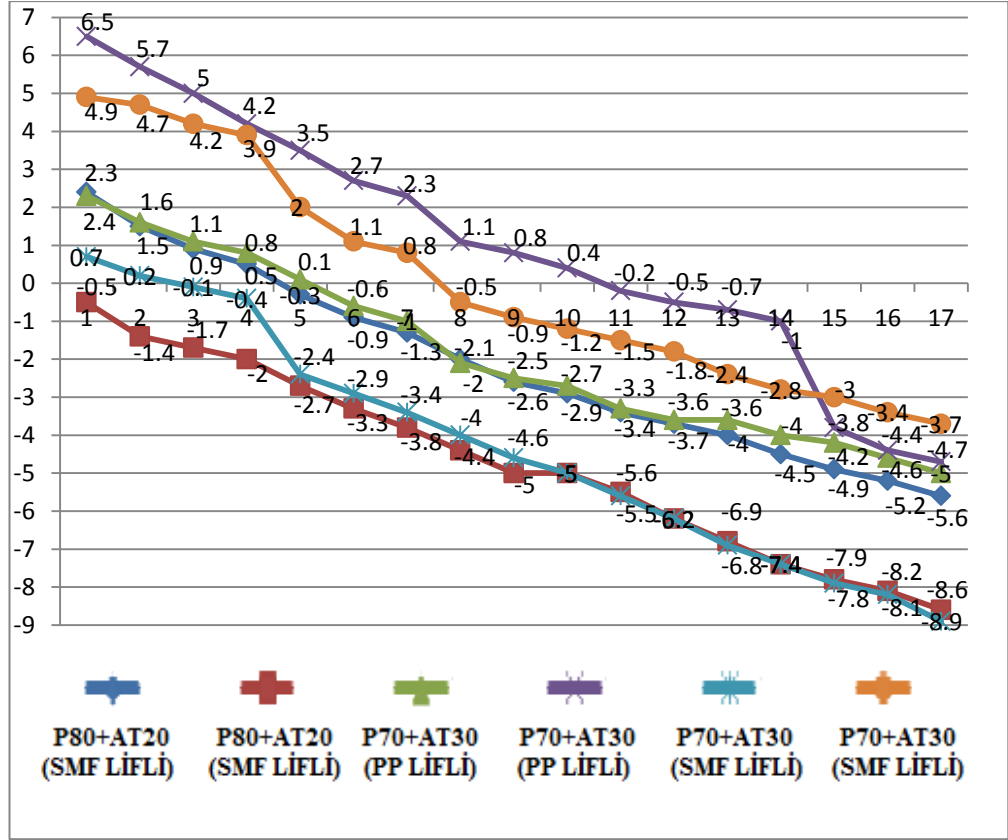
- Bütün numunelerde sürekli olarak boy değişimi olduğu gözlemlenmiştir.
- Boy değişiminin ilk bir hafta boyunca yapılan ölçümlerde hızlı, daha sonra yapılan haftalık, iki haftalık ve aylık ölçümlerde yavaş olduğu gözlemlenmiştir.
- P100 PP lifli adlı seri dördüncü haftada büyük oranda boy değişimine uğradı ama daha sonra diğer numuneler gibi boy değişimi belli bir seviyede olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 28. Lifli numunelerin (P90+AT10, P80+AT20) boy değışim değeri

Şekil 4.28 incelenerek yapılan gözlemler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Bütün numunelerde sürekli olarak boy değışimi olduğı gözlemlenmiştir.
- Boy değışiminin ilk bir hafta boyunca yapılan ölçümlerde hızlı, daha sonra yapılan haftalık, iki haftalık ve aylık ölçümlerde yavaş olduğı gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 29. Lifli numunelerin (P80+AT20, P70+AT30) boy değışim değeri

Şekil 4.29 incelenerek yapılan gözlemler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Bütün numunelerde sürekli olarak boy değışimi olduğu gözlemlenmiştir.
- Boy değışiminin ilk bir hafta boyunca yapılan ölçümlerde hızlı, daha sonra yapılan haftalık, iki haftalık ve aylık ölçümlerde yavaş olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 8. Lifli ve lifsiz numunelerin boy değişim sonuçları

Örnek kodu	Boy değişim sonuçları $L = \frac{(L_x - L_i)}{G} \times 1000$	Boy değişim sonuçları ortalama
P100(liflsiz)	25.61	24.21
P100(liflsiz)	22.80	
P90+AT10(liflsiz)	22.80	31.05
P90+AT10(liflsiz)	39.29	
P80+AT20(liflsiz)	27.36	26.84
P80+AT20(liflsiz)	26.31	
P70+AT30(liflsiz)	21.75	40.87
P70+AT30(liflsiz)	60	
P100(PP lifli)	26.31	25.96
P100(PP lifli)	25.61	
P100(SMF lifli)	24.91	27.19
P100(SMF lifli)	29.47	
P90+AT10(PP lifli)	24.56	26.31
P90+AT10(PP lifli)	28.07	
P90+AT10(SMF lifli)	26.66	25.26
P90+AT10(SMF lifli)	23.85	
P80+AT20(PP lifli)	25.96	26.31
P80+AT20(PP lifli)	26.66	
P80+AT20(SMF lifli)	39.29	34.73
P80+AT20(SMF lifli)	30.17	
P70+AT30(PP lifli)	28.07	26.84
P70+AT30(PP lifli)	25.61	
P70+AT30(SMF lifli)	33.68	32.80
P70+AT30(SMF lifli)	31.92	

Boyut stabilitesinin belirlenmesi için örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerin Denklem 4.1’de yerine konulmasıyla boy değişim sonuçları hesaplanmıştır.

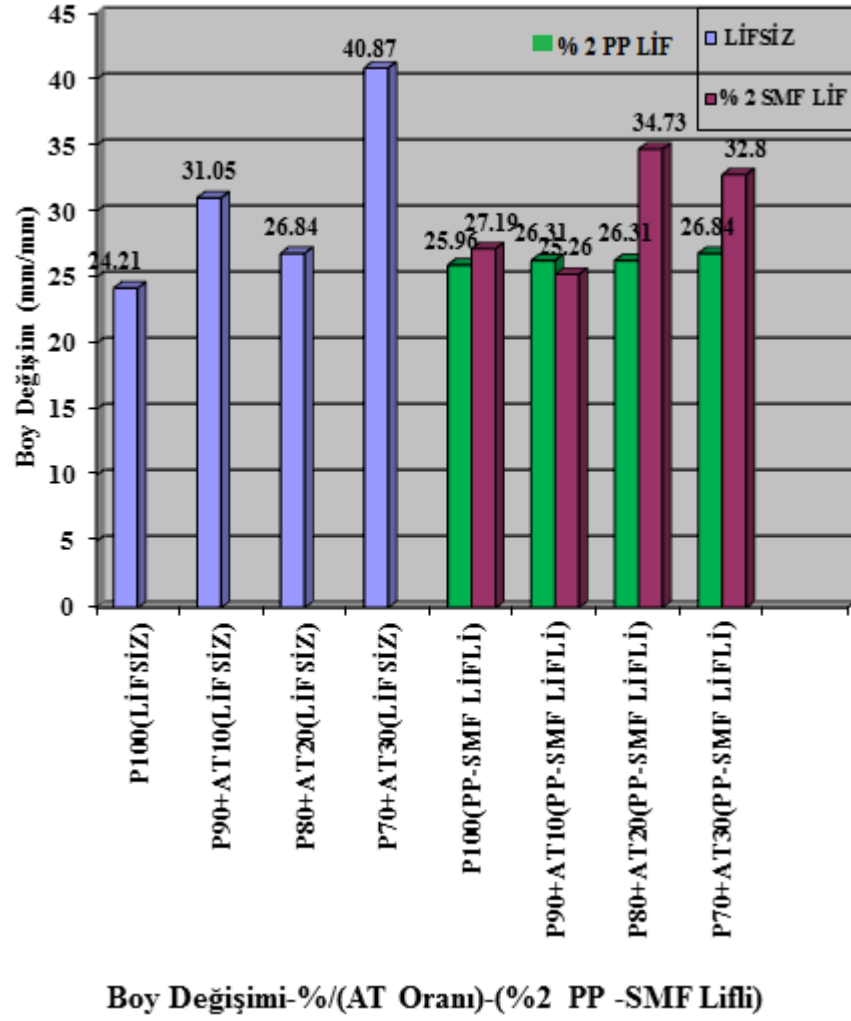
$$L = \frac{(L_x - L_i)}{G} \times 1000 \quad (4.1)$$

L = Boy değişim sonucu

L_x = İlk boy değişimi (mm)

L_i = Son boy değişimi (mm)

G = Numunenin boyu (mm)



Şekil 4. 30. Lifli ve lifsiz örneklerin boy değişimleri

Şekil 4.30 incelendiğinde lifsiz örneklerde en fazla boy değişiminin P90+AT10 ve P70+AT30 numunelerde, en az boy değişiminin ise P100 ve P80+AT20 numunelerde olduğu görülmektedir.

Lifli numunelerde ise en fazla boy değişiminin P80+AT20 ve P70+AT30 numunelerde, en az boy değişiminin ise P100 ve P90+AT10 numunelerinde olduğu görülmüştür.

4.6. İklimlendirme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bölüm 4.1, 4.2 ve 4.3’de deneyler sonucunda iklimlendirme için dozaj 500kg/m^3 olarak %100 pomza ile % 10-20-30 ikameli AT ve MT katkılı numunelerin dökümüne karar verilmiştir. Buna göre Pomza agregasının su emiciliğinin yüksek olmasından dolayı pomzaya ön emdirme yapılarak agreganın % 36.6 su emdirilmesi sağlanmıştır. Karışım oranlarının hesaplanması numunelerin döküleceği 2 adet $20 \times 310 \times 310\text{mm}$ boyutlu kalıpların hacmi olan 3844 cm^3 ’e göre yapılmıştır. Bu numunelerin dökümü için aşağıda verilen karışım oranları kullanılmıştır.

Çizelge 4. 9. $20 \times 310 \times 310\text{mm}$ Boyutundaki numunelerin karışıma giren malzeme miktarları

Örnek Kodu	Çimento (gr)	Pomza (gr)	Su(gr)	İlave edilen su (gr)	AT (gr)	MT (gr)	Lif (PP-SMF) (gr)	SA katkı oranı (%)
P100(PP veya SMF Lifli)	3456	6288	1105.6	2308	-	-	2	2
P90+AT10(PP veya SMF Lifli)	6912	11318.4	2210	4153.8	1257.6	-	2	2
P80+AT20(PP veya SMF Lifli)	7603	10060.8	2431	3692.3	2746	-	2	2
P70+AT30(PP veya SMF Lifli)	7603,2	9683.5	2431	3553.8	4150	-	2	2
P90+MT10(PP veya SMF Lifli)	6912	11318.4	2210	4153.8	-	1257.6	2	2
P80+MT20(PP veya SMF Lifli)	7603.2	11066.9	2431	4062	-	2766.7	2	2
P70+MT30(PP veya SMF Lifli)	7603.2	96835.2	2431	3553.8	-	4150	2	2

20X310X310mm boyutundaki numuneler Süleyman Demirel üniversitesi Orman Fakültesi Laboratuvarlarındaki iklimlendirme cihazı içerisinde 120 saat süre boyunca bekletilmiş ve numuneler üzerinde eğilme deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 4.10’da gösterilmiştir. Şekil 4.31’de eğilme dayanımı deneyinin uygulandığı düzenek gösterilmiştir.



Şekil 4. 31. İklimlendirme numunelerinin eğilme deneyi

Çizelge 4.10’da lif tipine ve katkı tipi ile katkı oranına bağlı levha örneklerin iklimlendirme sonunda meydana gelen eğilme dayanımı değişimleri görülmektedir.

İklimlendirme uygulaması sonrasında örnekler üzerinde yapılan eğilme dayanımı testi sonucunda elde edilen verilerin Denklem 4.1’ de yerine konulmasıyla eğilme dayanımları hesaplanmıştır.

$$Q_e = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4.2)$$

Q_e = Kırılma yükü

P = Kırılma yükü

L = Mesnetler arası mesafe

b = Kiriş kesitinin eni

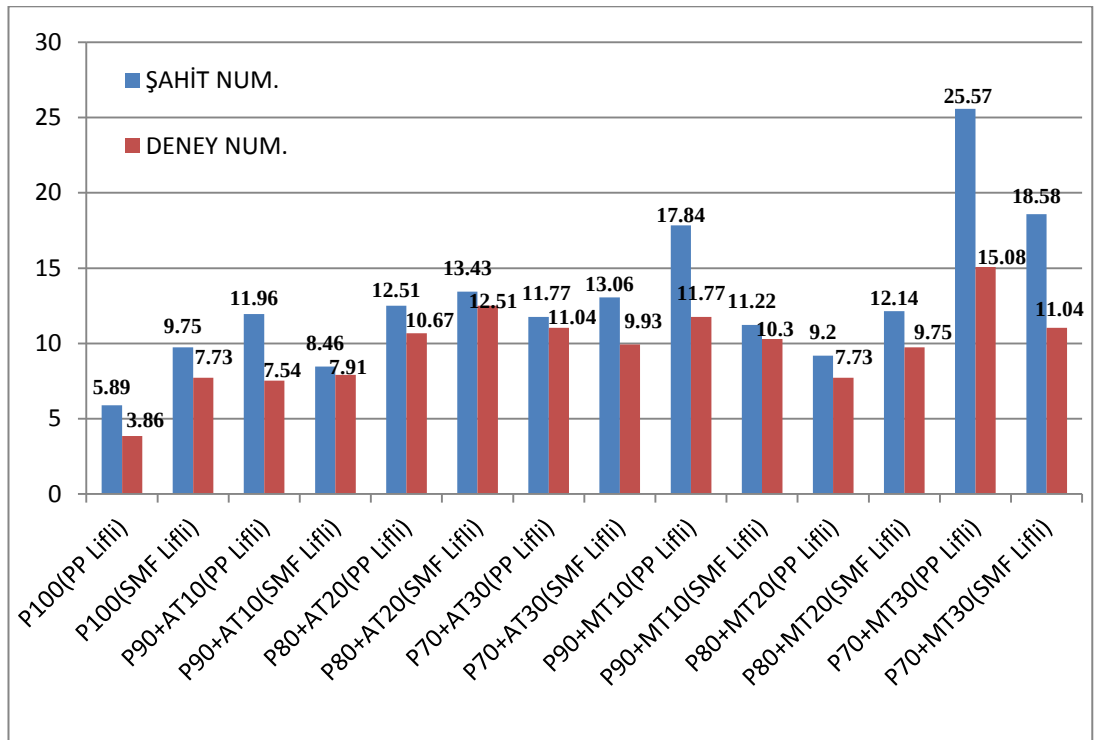
d = Kiriş kesitinin yüksekliği

Çizelge 4. 10. Lif tipine ve katkı tipi ile katkı oranına bağlı levha örneklerde iklimlendirme sonunda meydana gelen eğilme dayanımı değişimleri

Örnek Kodu	İklimlendirme öncesi eğilme dayanımları (N/mm ²)	İklimlendirme sonrası eğilme dayanımları (N/mm ²)	Değişim (%)	28 günlük BHA (gr/cm ³)
P100(PP Lifli)	5.89	3.86	34.5	1.86
P100(SMF Lifli)	9.75	7.73	20.7	1.78
P90+AT10(PP Lifli)	11.96	7.54	37.0	1.97
P90+AT10(SMF Lifli)	8.46	7.91	6.5	1.87
P80+AT20(PP Lifli)	12.51	10.67	14.7	1.89
P80+AT20(SMF Lifli)	13.43	12.51	6.9	1.99
P70+AT30(PP Lifli)	11.77	11.04	6.2	1.98
P70+AT30(SMF Lifli)	13.06	9.93	24.0	2.04
P90+MT10(PP Lifli)	17.84	11.77	34.0	1.94
P90+MT10(SMF Lifli)	11.22	10.3	8.2	1.97
P80+MT20(PP Lifli)	9.2	7.73	16.0	2.12
P80+MT20(SMF Lifli)	12.14	9.75	19.7	2.07
P70+MT30(PP Lifli)	25.57	15.08	41.0	2.15
P70+MT30(SMF Lifli)	18.58	11.04	40.6	2.05

Çizelge 4.10'dan da görüleceği gibi iklimlendirme etkisi ile en fazla dayanım kaybına uğrayan seriler sırası ile P70+MT30(SMF Lifli); P70+MT30(PP Lifli); P90+AT10(PP Lifli); P90+MT10(PP Lifli) ve P100(PP Lifli) olmuştur. En az eğilme dayanım kaybı ise P90+AT10(SMF Lifli); P80+AT30(SMF Lifli); P90+MT10(SMF Lifli) serilerde gerçekleşmiştir.

Lif tipine ve katkı tipi ile katkı oranına bağlı levha örneklerin 120 saat iklimlendirme cihazında bekledikten sonunda meydana gelen eğilme dayanımları Şekil 4.32'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 32. Lif tipine ve katkı tipi ile katkı oranına bağlı levha örneklerin iklimlendirme sonunda meydana gelen eğilme dayanımı

Şekil 4.32 incelendiğinde levha örnekler üzerinde yapılan eğilme sonuçlarına baktığımızda PP ve SMF lifler arasında eğilme dayanımları arasında çok büyük farklılıklar görülmemiştir.

Yapılan deneyler sonucunda belirlenen cihaz şartlarında toplam 120 saat bekletilen numunelerin şahit numunelere göre daha düşük eğilme dayanımları verdiği sonucuna varılabilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında yapılan deneylerle Isparta yöresinde fazla miktarlarda ortaya çıkan mermer tozu, andezit tozu atıkları ile genel bir endüstriyel atık olan granüle plastik atıklarının ısı yalıtımlı panel duvar elemanı üretiminde kullanılabilirliği araştırılmış elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

Ön denemelerde dozajın belirlenmesi amacı ile 200-300-400-500 dozlu su/çimento oranı 0.4 olan %100 pomza agregası ile pomzaya kütesinin % 36.6'sı kadar su emdirilerek örnekler dökülmüştür. Öncelikle işlenebilirlikle ilgili yayılma çapı deneyi ile belirlenen yayılma çapları 200dozlu örneklerde ortalama 21cm, 300 dozlu örnekler 26cm, 400 ve 500 dozlu örneklerde ortalama 30cm olmuştur. Dozaj arttıkça yeterli işlenebilirlik için ihtiyaç duyulan su miktarı da artmıştır. Bu örnekler eğilme ve basınç testlerine tabi tutulmuştur. 7 günlük en yüksek eğilme dayanımları 500 dozlu karışımlarda elde edilmiştir. 7 günlük eğilme dayanımlarında dozaj ve kimyasal SA katkı kullanımı arasında belirgin bir ilişki yoktur. 7 günlük en yüksek basınç dayanımları 500 dozlu % 2 ve % 3 katkılı karışımlarda elde edilmiştir. 28 günlük en yüksek basınç dayanımları 500 dozlu karışımlarda % 3 SA katkılı örneklerde elde edilmiştir.

İkinci aşamada iki farklı tip olarak PP ve SMF lifler % 1-2-3 oranlarında ve ayrıca % 2 oranında SA kimyasal katkı kullanılarak çimento içeriği 500kg/m^3 olan örnekler üretilmiştir. Bu örneklerden elde edilen bulgulara göre lif kullanım oranının artışına bağlı olarak yayılma çaplarında azalma eğilimi görülmüştür. SA katkı kullanımı ile bütün serilerde yayılma çaplarında 1cm artış meydana gelmiştir. Aynı ayrı PP ve SMF lifli olarak üretilen örneklerden % 2 SA ve % 2 lifli olanlarda en yüksek 7 günlük basınç dayanımlarına ulaşılmıştır(sırası ile 19.98 ve 19.96 N/mm^2). 7 günlük eğilme dayanımları bakımından % 2 SA'lı ve SA'sız % 2 PP lifli örnekler birbirlerine yakın dayanımlara sahiptirler.(sırası ile 4.48N/mm^2 ve 4.43N/mm^2). % 2 SMF örneklerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.(sırası ile 4.4 ve 4.44N/mm^2). 28 günlük basınç dayanımlarında aynı şekilde hem PP hem de SMF lifli örneklerde %2 oranında lifli ve %2 SA katkılı olanlar (sırası ile 25.21 ve 24.48N/mm^2) sergilemişlerdir.

3. aşamada ısı yalıtımlı panel duvar elemanı harcında pomza agregası azaltılarak içerisine % 10-20-30 oranlarında sırasıyla AT-MT-GPA malzemeleri ikame edilmiştir. Bu pomzanın, AT, MT ve GPA'nın her birisi ile % 10 oranında yer değiştirildiği karışımlarda SA katkı kullanımı ile yaklaşık aynı değerlerde yayılma çapları elde edilmiştir (27-28 cm). Atık katkı kullanım oranının artışına bağlı olarak özellikle SA katkısız örneklerde yayılma çaplarında birbirine paralel şekilde azalma davranışı gözlenmiştir. SA katkılı % 10-20 andezit ve mermer tozu ikame edilen örneklerin en yüksek 7 günlük eğilme dayanımlarına sahip oldukları gözlenmiştir. GPA ikame edilen örneklerde 7 günlük eğilme dayanımları atık katkı oranının artışına bağlı olarak düşme eğilimine sahiptir. Genel olarak SA katkı kullanımı eğilme dayanımı değerlerini SA'sız olanlara nazaran olumlu etkilemektedir. % 30 andezit ve mermer tozu ikamesinin örneklerin 7 günlük basınç değerlerini % 10-20 oranlarındaki ikame oranlarına göre daha olumlu etkilediği görülmüştür. Granüle plastik atığı ilave edilen örneklerde GPA katkının kullanım oranındaki artış oranına paralel olarak 7 günlük basınç dayanımı olumsuz etkilenmiştir. Süper akışkanlaştırıcı katkının kullanımının, katkı kullanılmayanlara nazaran örneklerin 7 günlük basınç dayanımlarını % 30 GPA içeren örnekler hariç olumlu etkilediği görülmüştür. % 2 SA katkılı % 20-30 AT ikameli örnekler ile % 30 MT ikameli örneklerin 28 günlük basınç dayanımı değerlerinin diğer serilere göre daha olumlu olduğu söylenebilir. GPA ikame edilen örneklerde 28 günlük basınç dayanımı değerlerinde atık katkı kullanım oranına bağlı olarak düşme eğilimi görülmüştür.

4. aşamada 3. Aşamada elde edilen AT, MT ve GPA ikameli karışımlara PP ve SMF ilave edilerek lifli örnekler üretilmiştir. Yayılma çapı bakımından AT, MT ve GPA ikameli örneklerde polipropilen lifler, işlenebilirliğin azalmasına neden olmuş ve SA katkının yayılma çaplarına olan arttırıcı etkisini azaltmıştır. % 2 SA katkılı ve %2 PP lifli örneklerde 7 Günlük eğilme dayanımı AT ikame oranı artışına bağlı artmıştır. MT ikameli örneklerde aynı durum geçerli iken SA katkısız MT içeren örneklerden % 10 ve % 20 ikameli olanlar SA katkılılardan daha yüksek eğilme dayanımına sahiptirler. GPA ikame oranına paralel olarak 7 günlük eğilme dayanımı düşmektedir. 28 günlük basınç dayanımlarının AT ve MT ikameli örneklerin SA katkılı olanlarda ikame oranı artışına bağlı olarak artmaktadır. GPA ikameli örneklerin hem SA katkılı hem de SA katkısızlarda ikame oranına paralel olarak

azalmıştır. 28 günlük basınç dayanımlarında 7 günlük basınç dayanımlarına paralel bir davranış izlenmiştir.

SMF lifli örnekler de yayılma çapı ile ilgili olarak PP lifli örneklerle benzer bir davranış sergilemiştir. Atık ikame oranının artışına paralel olarak yayılma çapları azalmıştır. Ancak lifsiz örneklerle nazaran ikame oranının artışına bağlı daha küçük bir azalma meydana gelmiştir. 7 günlük eğilme dayanımlarında SA katkı ve atık türün ile atık ikame oranının GPA hariç belirgin bir etkisi görülmemiştir. GPA içeren örneklerde ise artan ikame oranına paralel olarak düşük de olsa azalma eğilimi gözlenmiştir. GPA içeren SA katkısız örnekler SA katkılılara nazaran daha yüksek eğilme dayanımlarına sahiptirler. SMF' li SA katkılı ve katkısız AT içeren örneklerde ikame oranının artışına paralel olarak 7 günlük basınç dayanımlarında artış görülmüştür. SA katkılı ve katkısız MT içeren örneklerde ise ikame oranının belirgin bir etkisi görülmemiştir. SA katkılı ve katkısız GPA ikameli örneklerde artan ikame oranına bağlı olarak 7 günlük basınç dayanımları da azalmaktadır. SMF'li SA katkılı ve katkısız AT-MT-GPA içeren örnekler; 28 günlük basınç dayanımlarında 7 günlük basınç dayanımlarına benzer bir davranış sergilemişlerdir.

Genel olarak GPA ikame edilen örneklerin ikame oranları arttıkça eğilme ve basınç dayanımı değerlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda GPA atığı ikameli örnekler bundan sonraki denemelere dahil edilmeyerek ısı iletkenlik iklimlendirme ve boy değişimi örneği üretilmemiştir.

5. aşamada yapılan ısı iletkenlik deneyi neticesinde % 100 pomzalı ve % 10-20-30 AT içeren PP ve SMF lif tiplerinin her ikisi için ve PP lifli %10 MT içeren örnekler 0.85 W/mK değerinden düşük ısı iletkenlik değerine sahiptir. Bu değer TS 825'e 1800 kg/m³ yoğunluktaki TS 406'ya uygun üretilmiş olan Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar için sınır değer olan 0.87 W/mK den daha düşük olduğundan yeterli bir ısı iletkenlik değeridir.

6. aşamada yapılan boy değişimi testi sonuçlarına göre lifli örneklerdeki boy değişim hızı lifsiz örneklerle nazaran daha yavaştır. Atık türünün boy değişimine belirgin bir etkisi görülmemiştir. PP ve SMF kullanımı boy değişim hızını sınırlandırarak olumlu katkı sağlamıştır. Lifsiz örneklerde en fazla boy değişimleri P90+AT10 ve

P70+AT30 örneklerde, en az boy değişimleri ise P100 ve P80+AT20 örneklerde meydana gelmiştir. Lifli örneklerde ise en fazla boy değişimi P80+AT20 ve P70+AT30 örneklerde, en az boy değişimi ise P100 ve P90+AT10 örneklerinde ölçülmüştür.

7. aşamada 120 saat olarak uygulanan iklimlendirmenin eğilme dayanımlarını olumsuz etkilediği sonucuna varılabilir. en fazla dayanım kaybına uğrayan seriler sırası ile P70+MT30(SMF Lifli); P70+MT30(PP Lifli); P90+AT10(PP Lifli); P90+MT10(PP Lifli) ve P100(PP Lifli) olmuştur. En az eğilme dayanım kaybı ise P90+AT10(SMF Lifli); P80+AT30(SMF Lifli); P90+MT10(SMF Lifli) serilerde gerçekleşmiştir. PP ve SMF lifli örnekler örnekler arasında lif tipinin eğilme dayanımına belirgin bir etkisi yoktur. Eğilme dayanımları lif tipinden bağımsız olarak değişmektedir.

Yapılan bu çalışmalar ile doğal taş atığı olarak kullanılan AT'nun % 30'a kadar ve MT'nun % 20'ye kadar ısı yalıtımlı panel duvar üretiminde pomza agregası ile ikame edilerek kullanılabileceği, endüstri atığı olarak GPA'nın ise ısı yalıtımlı panel duvar üretiminde kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır. Böylece bir çevre sorunu olan bu doğal taş kesim artığı tozların bir kullanım alanı olarak yapı malzemesinde değerlendirilmesine imkân sağlanabilecektir.

Pomza ile üretilen panel duvar elemanları standart tuğla elemanların dayanım değerlerini sağlaması yanında, daha iyi yalıtım özelliğine sahip olması da bölme elemanları için kullanılmasına bir avantaj teşkil edebilir. İçerdikleri boşluk miktarından dolayı yalıtım amaçlı hafif beton ve hafif blok eleman üretiminde pomza malzemesi halen yaygın olarak değerlendirilmektedir.

Konu ile ilgili çalışmaların farklı yörelere ait pomza agregaları ile tekrarlanmasında yarar vardır.

Uygulamaya dönük olarak bilgisayar programları yardımı ile modelleme yapılarak farklı oranlar için tahmin modelleri geliştirilebilir. Bu şekilde daha az laboratuvar çalışmasına ihtiyaç duyulduğunda belirli düzeyde ekonomiklik sağlanabilecektir.

Ayrıca maliyet analizleri yapılarak elde edilen; AT ve MT atıklarının uygun geri kazanımlarında panel duvar elemanların kullanım ve yaygınlaştırma imkânlarının araştırılması yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akkaş, A., Arslan, L., Arabacı, S., Başığit, C., 2010. Polipropilen Lif Katkılı Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanımı Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi International Technologic Science, Construction Technology, 2-1, 9-14.
- Aksin, E., 2007. Endüstriyel Atıkların Tuğla ve Kiremit Üretiminde Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, İzmir.
- Aksöz, H., 2009. Betonarme Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Amaçlı Duvar Elemanlarının Isıl ve Ekonomik Yönden Analizi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 123s, Tekirdağ.
- Al-Jabri, K. S., Hago, A. W., Taha, R., Alnuaim, A. S. İ., Al-Saidy, A. H., 2009. Strength and Insulating Properties of Building Blocks Made from Waste Materials, Journal of Materials in Civil Engineering, 5(21), 191-197.
- Anabal, F., 2007. Pet Atıkların Endüstride Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, Ankara.
- Arıcı, E., 2010. Betonunun Çarpma Mukavemeti Üzerine Basınç Dayanımının Etkisi. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Teknik-Online Dergi, 9-1, 1-9. ISSN 1302/6178
- ASTM C230 / C230M - 08 Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement
- Beycioğlu, A., Başığit, C., Subaşı, S., 2008. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı ile Geri Kazanılması ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması. Çevre Sorunları Sempozyumu, 14-17 Mayıs, Kocaeli, 1387-1394
- Bilgin, N., 2010. Mermer Tozu Atıklarının Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 114s, İstanbul.
- Binici, H., Sevinç, A., H., Durgun M. Y., 2010. Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Betonların Özellikleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1), 1-14.
- Ceylan, H., 2000. Mermer Fabrikalarındaki Mermer Toz Atıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 53s, Isparta.
- Çelik, M, Y., Sarıışık, A., Gürçan, S., 2003. Mermer ve Taş Ocaklarının Çevreye Olan Görsel Etkileri Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (mersem'2003) 18-19 Aralık Afyon, 463-474.
- Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş (Mersin) Çimento Deney Raporu,2012.

- Demir, İ., Başpınar, M, S., 2001. Mermer Tozu Artıklarının (havuz çökeltisi) Hafif Yapı Blokları Üretiminde Kullanılması. Türkiye IV. Mermer Sempozyumu, 18-19 Aralık, Afyon, 213-220.
- Demirel, M., 2007. Cam Elyaf Takviyeli Poliester Kompozitlere Yanmazlık Özelliği Kazandırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 123s, Ankara.
- Guntekin, E., Sahin, H.T., 2009 Accelerated Weathering Performance of Cement Bonded Fiberboard. Scientific Research and Essays, 4(5), 484-492.
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Davraz, M., Uğur ve Çankıran, O., 1998. Pomza Teknolojisi, I, Süleyman Demirel Üniversitesi, ISBAS, 14-31, Isparta.
- Gündüz, L., Şapıcı, N., Bekar, M., Yorgun, S., 2006 Genleşmiş Kilin Hafif Agregası Olarak Kullanılabilirliği. Kil Bilimi ve Teknoloji Dergisi, 1(2), 43-49.
- Guntekin, E., 2009. Hızlı Yaşlandırma Testlerine Maruz Bırakılmış Çimentolu Lif Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-2, 92-103.
- İnternet: Atlas1 Yapı Malzemeleri, 2012. Erişim Tarihi: 03.11.2012. <http://www.atlas1.net>
- İnternet: Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş (Mersin) Çimento Deney Raporu,2012.
- İnternet: Çimsa Çimento, 2012. Erişim Tarihi: 03.11.2012. <http://www.cimsa.com.tr>
- İnternet: Forta-Ferro, 2012. Erişim Tarihi: 03.11.2012. <http://www.forta-ferro.com.tr>
- İnternet: İzoder, 2012, Erişim Tarihi: 03.11.2012. www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/krediler/.../hesapdegerleri.pdf
- İnternet: Sika Yapı Kimyasalları, 2012. Erişim Tarihi: 03.11.2012. <http://www.sika.com.tr>
- Karakoç, M. B., 2010. Hafif Agreganın Ve Hava Sürükleyici Katkı Maddesinin Yüksek Dayanımlı Betonun Donma-Çözülme Dayanıklılığına Etkisinin İncelenmesi ve Modellenmesi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 211s, Erzurum.
- Kırgız, M., 2007. Mermer ve Tuğla Endüstri Atıklarının Çimento Üretiminde Mineralojik Katkı Olarak Kullanılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 86s, Ankara.
- Kocaman, F., 2006. Doğal Taş Sektörü ve Pazarlama Stratejileri. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 71s, Kütahya.

- Ozbalta, T. G., Ozbalta, N., 2010. The effects of insulation location and thermo-physical properties of various external wall materials on decrement factor and time lag, Scientific Research and Essays, 5(23), 3646-3659.
- Özkan, Ş., 2009. Kimyasal Etkilere Dayanıklı Çimento Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, Isparta.
- Özkaya, A. Yalıtım Yoluyla Yangına Yapısal Dayanıklılığın Sağlanmasında Performans Temelli Yaklaşım. Türkiye Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi 23-24-25 Mart 2001 Eskişehir-Türkiye, 149-156.
- Öztürk, A., 2002. I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi Bildirisi. Tuğla Üretiminde Termik Santral Atığı Puzolanik Uçucu Küllerin Değerlendirilmesi.
- Subaşı, S., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., 2009 Genleştirilmiş Kil Agregalı Hafif Betonlarda Bulanık Mantık Yöntemiyle Yarmada Çekme Dayanımı Tahmin Modeli Geliştirilmesi. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, XXII, 157-166.
- Temiz, H., Yeğinobalı, A., Uçucu Kül ve SD Katkılı Çimento Hamur ve Harçlarının Bazı Özellikler, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, Bildiri Kitabı. 1995Ankara ss. 213- 227.
- TS EN 196-1 Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım., Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 3526 Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini., Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türker, P. Erdoğan, B. vd.,(2003) Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özelliklen, TÇMB, Ankara.
- Uysal, M., Mercan, N., Kemalettin, Y., 2011. Farklı Dozlarda Üretilen Beyaz Betonların Basınç Dayanımına Farklı Kür Şartlarının Etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 15(2), 139-145.
- Ünal O., Uygunoğlu T., Afyon Mermer Tozu ve Soma Uçucu Kül Katkılı Betonların Donma-Çözülme Özellikleri ve Ekonomik Değerlendirilmesi. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs 2004 İzmir-Türkiye, 83-88.
- Ünal, O., 2012. Yapı Malzemesi Ders Notları.
- Üstümkol, F., 15-27 Temmuz 2009. Endüstriyel Atıkların Karayolu Üstyapısında Değerlendirilmesi Baü Fbe Dergisi, 11-1, 15-27.
- Yaprak H., Şimşek, O., Öneş, A., 2004 Cam ve Çelik Liflerin Bazı Beton Özelliklerine Etkisi, Politeknik Dergisi, 7-4, 353-358.

- Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., 2006 Pomza Ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21- 4, 675-680.
- Yegin, Y., 2009. Donma-Çözülme Hasarına Hafif Agreganın, Hava Sürükleyici Katkının ve Donma-Çözülme Yönteminin Etkisi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 132s, Erzurum.
- Yıldırım, S. T., Ekinci C. E., 2006. Çelik, Cam ve Polipropilen Lifli Betonlarda Donma-Çözülme Etkilerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(3), 359-366.
- Yıldız, S., Kaya, A., Keleştemur, H., 2004. Styropor Kullanılarak Elde Edilen Hafif Betonların Fiziksel Özelliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması” Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(2), 357-366.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hüsni TATLİDİL

Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1985

Medeni Hali : Bekâr

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : hsnt_1985@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Gülistan Lisesi, 1999

Ön Lisans : SDÜ, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknikeri

Lisans : SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Tasarımı Öğretmenliği

Yüksek Lisans : SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Tasarımı Öğretmenliği

Mesleki Deneyim

FSM Yapı Denetim 2011-..... (halen)

Yayınları

Sancak E., Çoban Ö., Tatlıdil, H., (2011). Developing a Model Through Fuzzy Logic for Freeze-Thaw Resistance to Abrasion Loss in Some Artificial Stonemasonry Units. International Symposium on Advances in Applied Mechanics and Modern Information Technology, 22-23 September 2011, Baku, Azerbaijan, 121-125.

Tatlıdil, H., Sancak, E., 2012. Pomza Agregalı Hafif Betonların Panel Duvar Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Uluslararası Yapı Kongresi 11-13 Ekim 2012, Isparta, 1-8.