

Kahramanmaraş ve Hatay Depremlerinden (6 ve 20 Şubat 2023) Kaynaklı Bina Yıkım Moloz Atıklarının Yol Üstyapı Tabanında Kullanımının Maliyet Değerlendirmesi

İhsan Güzel^{1*}

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bingöl Üniversitesi, Türkiye

*iguzel@bingol.edu.tr Başlıca yazarın mail adresi

Özet – Ülkemizde Doğu Anadolu fay hattında 6 ve 20 Şubat 2023 tarihlerinde Kahramanmaraş (Pazarcık, Elbistan) ve Hatay (Yayladağı) merkezli depremlerden kaynaklı afet atığı depolarında büyük paya sahip olan bina inşaatı ve yıkım moloz atıkları yaklaşık 170 milyon ton olarak tahmin edilmiştir. Bina moloz atıklarınızdan geri dönüştürülmüş agrega temin edilmesinde malzemelerin ayrıştırma güçlükleri ve kullanım miktarı potansiyel engellerdendir. Bu engellerin etkisini azaltmak için malzemelerin karışık olarak kırılarak boyutlandırılması, elde edilecek 0-37,50 mm aralığında karışık geri dönüştürülmüş agrega (KGDA) karışımının üst yapı tabanında kullanımı planlanmıştır. KGDA karışımların literatürde belirtilen esneklik modülü değerleri referans alınarak Esnek Yol Üstyapı Projelendirme Rehberinde devlet yollarında 45- 60 milyon standart yükü aralığında hesaplanan gerekli üst yapı sayısı (SN) ile mevcut SN arasında farkı azaltacak alternatif üstyapı kesiti belirlenmiştir. Alternatif kesitle Rehberde minimum alt temel kalınlığı için belirtilen kesit tipinin maliyet karşılaştırılması yapılmıştır. Alternatif kesitte toplam granüler tabaka yapım maliyetlerinde %26 avantajlı olmasına karşın nakliye ve kamulaştırma maliyetlerinin dikkate alınarak ekonomik değerlendirmenin daha uygun olacağı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Deprem, Moloz, Üstyapı Tabanı, Karışık Agrega, Afet Atığı

I. GİRİŞ

Depren, sel, kasırga, fırtına çığ, heyelan, yangın ve volkanik olaylardan kaynaklanan afetlerin etkilediği bölgelerde büyük miktarlarda afet atığı meydana gelir. Bu atıklar bitki örtüsü, kazı toprağı doğal agrega, inşaat ve yıkım molozları (beton, tuğla, ahşap, cam, metal vb.), araç, taşıt, elektrikli ürün ve cihazlar gibi parçaları içerir[1]. Afet atıkları içerisinde en büyük paya sahip yapı atıklarının içeriği afetin olduğu ülkelerin sosyal kültürel, gelişmişlik, hammadde kaynakları ve afet bölgesinin coğrafi konumlarına göre değişiklik göstermektedir.

Kamu ve özelin varlıkları olan atıkların bir sorundan ziyade bir kaynak olma potansiyelini insan sağlığı çevresel ve ekonomik boyutları dikkate alınarak yönetilmelidir. Geçmişte yaşanan afet atıkların değerlendirmelerinden depo alanlarının, ham madde talebinin, atık yönetim maliyetlerini azaltma ve istihdam artırma faydaları sağlanmıştır[2]. Atıkların verimli şekilde

değerlendirilerek katma değer oluşturmasında yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım olmak üzere üç temel yöntem ön plan çıkmaktadır [3]. Bu yöntemler saha (kaynağında) içinde veya dışında uygulanmaktadır. Atık geri dönüşümün saha içi ve saha dışında yapılmasını zaman kısıtlamaları, kaynak durumu, atıkların karışma derecesi, insan ve çevre tehlikesi faktörleri dikkate alınarak belirlenmektedir

Bu yöntemlerden saha içerisinde yeniden kullanım ve geri kazanım malzemelerinin ayrıştırılması en verimli biçimde uygulanmaktadır. Geriye kalan atıkların nakledildiği depo (saha dışı) alanlarında yeniden kullanım ve geri kazanım yöntemleri için yapılabilen malzeme ayrıştırmalardan sonra geriye kalan büyük miktarlarda yapı atıkları metal, ahşap, seramik beton tuğla, cam, asfalt, alçı, harç, kâğıt kazı malzemeleri içeren karışık katı atık malzemeleridir. Karışık yapı atıkları yol ve alan dolgularının belirli kısımlarında büyük miktarlarda kullanımı atık

miktarlarında azalma, dolgu malzemesi temin edilecek ocaklarının korunması ve geri dönüşüm maliyetlerinde azalma sağlanmasına karşın atıklara yeterince katma değer sağlanamaz. Atıklara yeterince katma değer kazandırılmasını için geri dönüşüm yöntemiyle ikincil hammadde veya işlenmemiş malzemeye dönüştürülmelidir.

Katı atıklar içerisinde en büyük paya sahip beton, tuğla, briket kiremit atıklarından geri dönüştürülmüş agrega üretimi, atıklara katma değer kazandırılması, çevre ve agregaların temin edildiği doğal hammadde kaynaklarının korunması açısından önemlidir

Karışık malzemeli atıkların ayrıştırılarak elde edilen beton atıkların geri dönüşüm tesislerinde kırılarak ve boyutlandırılarak elde edilen geri kazanılmış agregaların belli oranlarda hazır beton, parke, bordür taşı, beton tuğla ve blok imalatlarında, nehir seti ve yol dolgusu inşaatlarında [4,5], mikron mertebesinde boyutlandırılarak köpük beton üretiminde kullanılabilir [6]. Ayrıca geri dönüştürülmüş beton agregalı karışımların alt temel, temel tabakalarında [7], bitümlü temel tabakası agrega karışımlarında %25 geri kazanılmış beton agregası kullanılabilmesi laboratuvar testleriyle belirlenmiştir [8].

Geri dönüşüm sahalarında karışık malzeme ayrıştırmalarının ek maliyetleri ve güçlüklerinden dolayı karışık metal parçacıklarının elene tesislerinde ayrıştırılarak karışık şekilde kırılarak elde edilen malzemelerin yol inşaatlarında geoteknik uygulama ve bağlayıcısız yol üst yapı tabakalarında (Alt temel, temel, üst yapı tabanı) kullanımı atıkların geri dönüşüm miktarını ve geri dönüşüm verimliliğini artıracaktır

Üst yapı tabanı, alt temel ve temel tabakaları KGDA karışımlarından teşkil edilen kaplamasız kırsal deneme yollarında üç yıl süresince teker izi ve defleksiyon ölçümlerinden olumlu sonuçlar elde edilmiştir [9]

Alt temel tabakası KGDA, temel tabakası geri dönüştürülmüş beton agregası karışımlarından ve kaplaması bitümlü sıcak karışım yapılan ağır taşıt trafiğine sahip deneme yollarında beş yıl içerisinde yapılan değerlendirilmeler sonucunda tabakaların defleksiyon ve yüzey düzgünlüğü açısından iyi performans gösterdiği belirtilmiştir [10,11]

Asfalt, cam ahşap, seramik, alçı, bağlayıcısız agrega, çimentolu bağlayıcılık agrega içeren KGDA karışımlarının seramiklerin hidrolik veya puzolonik reaksiyonu sonucu taşıma gücünün geri

dönüştürülmüş beton atığı ve doğal agrega karışımlarına göre yüksek olduğu, kuru birim hacim ağırlıklarının yaklaşık doğal agrega karışımlarına göre %15 daha düşük ve optimum su içeriğinin kırılmış doğal agrega karışımlarına göre 1.5 kat fazla, Kaliforniya Taşıma Oranının (CBR %) 70-117 aralığında değiştiği laboratuvar testleriyle tespit edilmiştir [12-14].

KGDA karışımların en önemli mekanik özelliklerinden esneklik modülünün 350Mpa ile 450Mpa arasında değiştiği, bu karışımların % 3 oranında kireç veya çimento ile stabilize edilmesi durumunda karışımların 6,12, 18 ay sonra yapılan esneklik modülü testlerinde bu değer 2800 Mpa ile 3400 Mpa arasında değiştiği stabilize edilmemiş göre esneklik modülünün yaklaşık 5 kat arttığı gözlemlenmiştir [15].

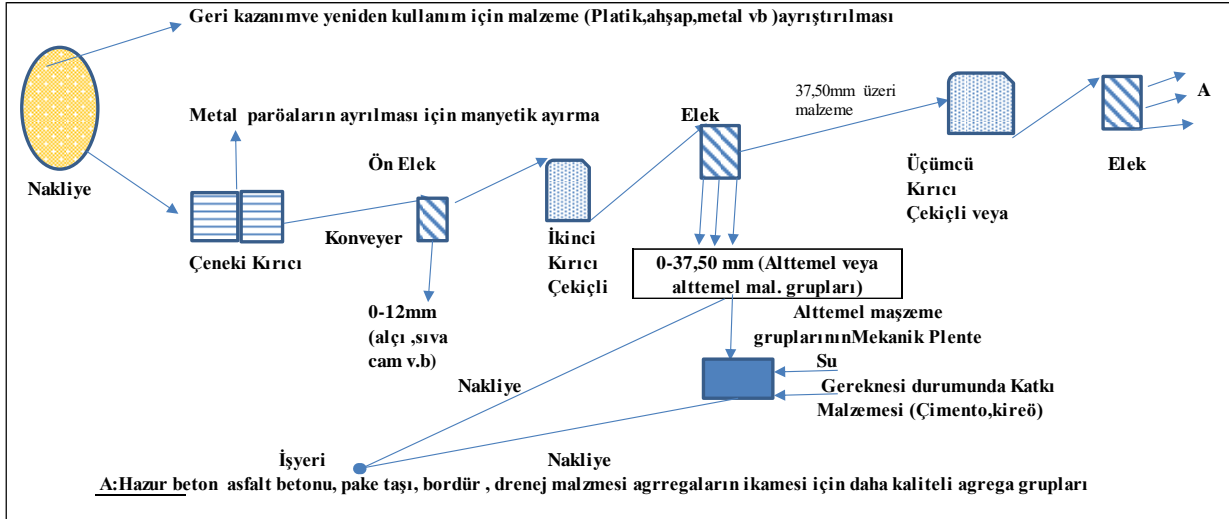
KGDA karışımı bağlayıcısız üst yapı tabaka ağırlıklarında yaklaşık % 15 azalma ve yüksek esneklik modüllerinden (MR) dolayı alt temel yapılmaması durumunda üst yapı maliyetlerinde azalmalar sağlanacaktır.

Afet atığı sahalarının bakım onarım ve yeni yapılacak karayolu güzergâhlarına konumu ve mesafesi geri dönüşümün önünde en büyük engellerden olan maliyet değerlendirmelerini ve atıkların geri dönüşüm oranını etkileyecektir.

Bu çalışmada ülkemizde 6 Şubat Kahramanmaraş ve 20 Şubat Hatay illerinde meydana gelen depremlerden dolayı yaklaşık 110.000 km² alana dağılan atık depo sahalarında bulunan bina atıklarından karışık geri dönüştürülerek elde edilecek agrega ile taş ocaklarında temin edilecek agregaların esnek yol üst yapılarında kullanımının yapım maliyetleri hesaplanmıştır. Maliyetler farklılıklarının geri dönüşüm sahalarının iş yerlerine konumuna bağlı nakliye maliyetleri araştırılmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Depremlerin etkilediği 11 ilde meydana gelebilecek toplam bina yıkım moloz atığından üretilecek KGDA karışım miktarı 6 Mart 2023 tarihli bina hasar tespit raporu [16] değerlendirilerek tahmin edilmiştir. Geniş alana dağılan deprem atığı depolarında bulunan karışık malzemelerden temin edilecek agrega karışımlarının kalitesini artırmak için Şekil 1'de gösterilen biçimde kırılarak ve elenerek boyutsal ayrıştırma yapılacağı düşünülmüştür.



Şekil 1. Afet atığı depolarında KGDA üretim planlaması

Kırma ve eleme işlemleri sonucu temin edilecek 37,50 mm altı agreganın esnek üstyapıların tabanında kullanılması için literatürde benzer boyutta karışık deprem atığı malzemelerinde üretilen agrega karışımlarının esneklik modülleri dikkate alınarak Esnek Üstyapı Projelendirme Rehberinde (EÜYPR) devlet yollarının 45-60 milyon standart dingil sayısı aralığında [17], üstyapı projelendirilmesi yapılarak tespit edilen alternatif kesitle rehberde aynı yol sınıfı ve standart dingil yükü aralığında minimum alt temeli üstyapı kesiti maliyetleri 2023 yılı Karayolları Genel Müdürlüğü birim fiyatlarına [18] göre hesaplanarak değerlendirilmiştir.

III. BULGULAR

Ülke yüzölçümünün yaklaşık % 15'i olan afet bölgesinde bulunan toplam 2.618.697 binanın 6 Mart 2023 tarihinde % 60'ında hasar durumu kararlaştırılmıştır (Tablo.1).

Afet bölgesinde 6 Mart 2023 tarihli hasar tespit raporuna göre %82,56'sı hasarsız ve az hasarlı %17,44'ü orta, ağır hasarlı ve yıkık / yıkılacak binadır.

Ekonomik, psikolojik ve sosyal nedenlerle güçlendirilmesi yapılmayacağı düşünülen orta

hasarlı binalar dâhil olmak üzere afet bölgesinde yıkılmış/ yıkılacak 456.782 (2.618.697 x 0,1744) binada, ortalama 3 (5117036 / 1712182) konuttan (Bağımsız bölüm) 1.370.345 yıkılmış ve yıkılacak konut tahmin edilmiştir.

Tablo 1. Afet bölgesinde 6 Mart 2023 tarihinde binaların hasar tipleri [16]

Hasar Tipi	Sayısı	%	Bağımsız Bölüm
Hasarsız	860.006	54,98	2.387.163
Az hasarlı	431.421	27,58	1.615.817
Orta Hasarlı	40.228	2,57	166.132
Ağır hasarlı	179.786	11,49	494.588
Yıkık	35.355	2,26	96.100
Acil yıkılacak	17.491	1,12	60.728
Toplam	1.564.287	100,00	4.820.528
Tespiti yapılamayan	147.895	8,64	296.508
G Toplam	1.712.182	100,00	5.117.036

Ülkemizin istatistikler verilerine göre konut başına düşen kişi ortalaması 3,40 olup, kişi başına ortalama 30 m2 alan kabul edilerek yıkılmış ve yıkılacak binaların inşaat alanı 139.775.190 m2 (1.370.345 x 3,4 x 30) hesaplanmıştır.

İnşaat alanında agrega olarak kullanılacak malzemelerin metraj sabitlerinden [19] hesaplanan toplam birim alan ağırlığından (Tablo.2) afet bölgesinin depo sahalarında 172 x 10 6 ton (139.775.190 x 1,233) geri dönüştürülecek karışık bina atık agregası potansiyeli olduğu tahmin edilmiştir.

Tablo 2. Binaların agrega temin edilecek imalatların metraj sabitlerine göre birim alan ağırlık ve yüzdeleri [19]

Malzeme	Birimi	Miktar (Metraj Sabitleri)	Kalınlık (m)	Hacim (m ³)	Birim Hacim Ağırlık (Ton/ m ³)	Ağırlık (ton)	Ağırlık Oranı(%)
Betonarme betonu	m ³ / m ²	0,38		0,38	2,20	0,8360	67,80
Tuğla duvar	m ³ / m ²	0,15		0,15	1,30	0,1950	15,81
İç sıva	m ² / m ²	2,4	0,02	0,048	1,90	0,0912	7,40
Dış sıva	m ² / m ²	1,3	0,03	0,039	2,00	0,0780	6,33
Tavan sıvası	m ² / m ²	0,9	0,005	0,0045	1,90	0,0086	0,69
Fayans, Seramik	m ² / m ²	0,3	0,005	0,0015	1,50	0,0023	0,18
Mozaik döşeme kaplama	m ² / m ²	0,9	0,01	0,009	2,00	0,0180	1,46
Cam	m ² / m ²	0,3	0,003	0,0009	2,52	0,0023	0,18
Alçı	m ² / m ²	0,3	0,005	0,0015	1,20	0,0018	0,15
Toplam				0,6344		1,2331	100

Geri dönüştürülecek agregaların fazla miktarlarda kullanım alanları yol dolguları ve esnek üstyapıların granüler tabaklarıdır.

Esnek üst yapıların granüler tabakaların (Üstyapı tabanı, alt temel, temel) kalınlık hesaplamalarını kapsayan Ülkemizde yürürlükte olan EÜYPR' inde bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamalı esnek üstyapıları tabaka kalınlıkları, standart dingil yükü, üstyapı taban MR ve servis kabiliyeti katsayılarına dikkate alınarak Eşitlik1'den hesaplanan gerekli SN göre tespit edilmektedir. EÜYPR'inde il yollarında 3-10 milyon standart dingil yükü sayısı aralığı hariç BSK kaplamalarda aşınma, binder, bitümlü temel ve plent mix temel (PMT) tabakalarının yapılması gerekmektedir. Bu tabakaların standart dingil yükü sayısı aralıklarında belirtilen kalınlıklara göre izafi mukavemet (a_{i,j}) katsayılarına bağlı olarak mevcut SN (Eşitlik-2) toplamı belirlenmiştir. Gerekli SN'den mevcut SN çıkarılarak granüler alt temel kalınlığı veya plent miks alt temel (PMAT) kalınlığı hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} \log(T_{8,2}) = Z_R \cdot S_o + 9,36 \cdot \log(SN + 1) - 0,20 \\ + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log(M_R) \\ - 8,07 \end{aligned} \quad (1)$$

T_{8,2}: P_t (Son servis kabiliyeti katsayısı (2,5-2,00)) erişinceye kadar standart dingil yükü sayısı

Z_R: Standart normal sapma

S_o: Toplam standart sapma (0,40-0,50)

SN: Üstyapı sayısı (inc)

M_R: Esneklik modülü (psi)

ΔPSI: Servis kabiliyetinde azalma miktarı (P_o-P_t)

P_o: ilk servis kabiliyeti katsayısı (4,5-4,20)

P_t: Son servis kabiliyeti katsayısı (2,5-2,00)

$$SN = \sum_{i=1}^{i=k} a_i \cdot D_i + \sum_{j=1}^{j=n} a_j \cdot D_j \cdot m_j \quad (2 =$$

a_{i,j}: Granüler ve bitümlü tabakaların izafi mukavemet katsayıları

k: Bitümlü tabaka sayısı

n: Granüler tabaka sayısı

m_j: Granüler tabakaların drenaj katsayısı

D_{ji}: Granüler ve bitümlü tabakalarının kalınlıkları

Granüler tabakaların izafi mukavemet katsayıları ise Eşitlik 3'den hesaplanmaktadır.

$$a_j = 0,0042 \cdot \sqrt[3]{M_R} \quad (3)$$

Çalışmada EÜYPR'inde referans alınan 45- 60 milyon standart dingil yükü aralığında devlet yollarında mevcut SN ve üst yapı taban tabakasının MR'nün 9500 psi ile 14000 psi aralığında değişmesi durumunda gerekli olan minimum 15 cm kırma taş PMAT için SN değeri Şekil 2'de gösterilmiştir.

TABAKAAR	a _{i,j}	D(cm)	SN
Aşınma	0,42	5,00	2,10
Binder	0,40	8,00	3,20
Bitümlü temel	0,36	11,00	3,96
Esnek Üstyapı	0,15	20,00	3,00
Toplam Mevcut SN (cm)			12,26
Min Alt temel. (PMAT) Kalınlığı için SN (0,15	15	2,25
Mevcut Toplam SN (cm)			14,51
Üstyapı tabanı MR (9500psi-14000 psi)			14,49cm-12,80cm
için gerekli SN (cm) aralığı:			

Şekil 2. EÜPR göre minimum alt temel kalınlığında mevcut ve gerekli SN

Literatürde bina deprem atıklarından elde edilen KGDA karışımların MR 50763 psi (350Mpa) ile 65267 psi (450Mpa) aralığında değişmektedir. Bu malzemelerin T_{8,2}=60 000.000, Z_R=-1,037, S_o=0,45, ΔPSI=4,2- 2,5=1,7, MR= 50763 psi değerlerine göre üst yapı tabanında kullanılması durumunda Eşitlik1'den gerekli SN 3,17 inç (8,052 cm) olarak hesaplanmıştır. Bu değer mevcut SN değerinden küçük olması nedeniyle mevcut SN değerlerinin yeniden değerlendirilerek ekonomik esnek üst yapı tabakaları belirlenmelidir.

KGDA karışımların MR değerlerinde malzeme içeriğinin değişkenlikler, trafik ve çevresel etkilerinde altında azalma olabileceği göz önüne alınarak mevcut SN ile gerekli SN arasında güven aralığı olmalıdır. Güven aralığı için PMT karışımların maksimum agrega boyutları göz önüne alınarak PMT tabakasının 10 cm kalınlıkta yapılması

durumunda uygulanabilecek alternatif esnek üst yapı en kesitinin SN değerleri Şekil 3’de gösterilmiştir.

TABAKAAR	a _{i,j}	D(cm)	SN
Aşınma	0,42	5,00	2,10
Binder	0,40	8,00	3,20
Bitümlü temel	0,36	11,00	3,96
PMT	0,15	10,00	1,50
Toplam Mevcut SN (cm)			10,76
KGDA karışımı üst yapı tabanı (MR=5073 psi)	Gerekli SN (cm)		8,05
Güven aralığı :10,76-8,05=2,71			

Şekil 3. Üst yapı tabanı KGDA Karışımı alternatif en kesitinin mevcut ve gerekli SN

Devlet yollarında belirlenen standart dingil yükü aralığında bu kesitlerin değerlendirilmesinde en büyük etkenlerden olan maliyetler 2023 Yılı KGM birim fiyat tariflerine göre maliyetleri nakliyeler

hariç olarak hesaplanmıştır. Maliyet hesaplamalarında literatürde belirtilen KGDA karışımların taş ocaklarında temin edilen karışımlara göre maksimum kuru birim hacim ağırlığında (MKBA) yaklaşık %15 azalma dikkate alınmıştır.(Tablo 3 ve 4). Maliyet hesaplamalarında PMT ve PMAT tabakalarının MKBA sırasıyla 2,30 ton/m³, 2.20 ton /m³, optimum su içerikleri ise % 5 kabul edilmiştir. KGDA karışımların PMAT karışımları gibi mekanik plentte karıştırılarak finişerle serilmesinin PMT tabakasının kalınlığını minimum seviyede sağlayacağı için üst yapı tabanında kullanılan bu karışımların birim maliyeti PMAT birim fiyatları referans alınarak taş temini maliyeti çıkarılarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. EÜPR göre minimum alt temel kalınlığında granüler tabaka yapım maliyeti

Yapılan İmalat	Poz No	Birim	Fiyat	Kalınlık (m)	MKA (Ton/m ³)	Miktar (Ton / m ²)	Maliyet (TL/ m ²)
PMT Yapılması (Taş temini dahil)	KGM 6100 /2	Ton	189,25	0,2	2,3	0,46	87,06
PMAT Yapılması (Taş temini dahil)	KGM 6100/3-1	Ton	165,61	0,15	2,2	0,33	54,65
Toplam Maliyet							141,71

Tablo 4. Alternatif en kesit granüler tabaka yapım maliyeti

Yapılan İmalat	Poz No	Birim	Fiyat	Kalınlık (m)	MKA (Ton/m ³)	Miktar (Ton / m ²)	Maliyet (TL/ m ²)	
PMT Yapılması (Taş temini dahil)	KGM 6100 /2	Ton	189,25	0,1	2,3	0,23	43,53	
KGDA Karışımı								
PMAT Yapılması (Taş temini dahil)	KGM 6100/3-1	Ton	165,61	0,25	1,87*	0,4675	77,42	
Taş Temini	KGM 08.021/K	Ton	34,69			0,4625	-16,04	
*PMAT Karşım KBA. (1-0,15)=1,87 ton/ m ³							Toplam Maliyet	104,91

İki üst yapı kesiti maliyetleri karşılaştırıldığında üst yapı tabanı KGDA karışımı yapılan kesitin 36,80 TL/ton-m² daha az maliyetli olduğu dolayısıyla granüler tabakalarında % 26 ((141,71-104,91).100 /141,71) maliyet azalması sağlanacaktır.

Bu maliyet azalmasının KGDA karışımlarının mekanik plent iş yeri arasında mesafesinde nakliye avantajı sağlamakla beraber bu avantajın KGM nakliye birim fiyat eşitliklerine göre (Eşitlik 3,4) nakliye ve iş yerlerinin kamulaştırma maliyetleri dikkate alınarak Eşitlik. 6’ya göre değerlendirilmelidir.

$$F_{a,10} = 1,25 \cdot A \cdot K \cdot 0,00017 x \sqrt{L} \quad (4)$$

$$F_{ü,10} = 1,25 \cdot A \cdot K \cdot (0,0007 \cdot L + 0,01) \quad (5)$$

F_{a,10}, F_{ü,10}: 10000 m altında üstünde nakliye maliyetleri (TL / ton)

A: Taşıma katsayısı

L Taşıma Mesafesi (L<10000 için birim metre, L>10000m için birim kilometre)

K: Yıllara göre değişen taşıma katsayısı (2023 yılı için K=191)

$$F_{T-K} + F_{K-P} + F_{P-i} + K_{TS} + K_{KS} + K_{PS} > 36,40 \quad (6)$$

F_T: Taş ocağı konkasör, geri dönüşüm sahası konkasör nakliye maliyeti farkı (TL /Ton)

F_{K-P}: Taş ocağını konkasör mekanik plent, geri dönüşüm konkasör geri dönüşüm mekanik plent nakliye bedeli farkı (T /Ton)

F_{P-i}: Taş ocağı mekanik plent iş yeri, geri dönüşüm mekanik plent iş yeri nakliye maliyeti farkı (TL /Ton)

K_{TS}: Taş ocağı kamulaştırma maliyeti (TL /Ton)

K_{KS}: Taş ocağı konkasör sahası, geri dönüşüm konkasör sahası kamulaştırma maliyeti farkı (T /Ton)

K_{PS}: Taş ocağı mekanik plent sahası, geri dönüşüm mekanik plent sahası kamulaştırma maliyeti farkı (T /Ton)

Eşitsizlik koşulunun sağlanması durumunda KGDA üretiminin daha ekonomik olacaktır.

IV. TARTIŞMA

Geniş bir alanda farklı hacim ve diğer yapı atıklarını içeren afet atığı depolarında kırılarak ve

boyutlandırılarak temin edilen karışık geri dönüştürülmüş agreganın imalatlarda kullanımını artırılması için

- Afet Bölgesinde afet atığı depolarında bulunan malzeme miktarı ve konumlarını gösteren planlar hazırlanarak yapılacak proje çalışmalarında değerlendirilmeleri

- Afet atığı depo sahalarında ayrıştırma maliyetleri

- Afet atığı depo sahalarında yapı atıklarıyla beraber diğer atıklarda bulunmakta olup seyyar kırma eleme makinalarıyla temin edilen KGDA karışımlarının mekanik özellikleri belirlenerek depoların agrega kalitesi ve verimliği

- KGDA karışımların imalatlarda kullanılması artırmak için imalatların mevcut fenni şartnamelerinde istenilen agregaların mekanik özellik sınırlarının yeniden düzenlenmesi

- KGDA karışımların yol üst yapısında kullanılmasının belirlenmesi için yapılacak laboratuvar testleriyle birlikte deneme yollarının performansları

- Çevresel ve sosyal bir sorun olan afet atıklarının azaltılmasında büyük paya sahip olan geri dönüştürülmüş agregaların üretimi ve imatatlarda kullanım hızını artırılması için uzun vadeli devlet tarafından yapılacak mali destek planlamaları araştırılmalıdır.

V. SONUÇLAR

Afet bölgesinde geniş bir alana dağılan afet atığı depolarında karışık halde bulunan tahmini 170 milyon ton bina moloz atıklarından geri dönüştürülmüş agrega elde edilmesinde malzemelerin ayrıştırılmasında güçlükler, imatatlarda kullanma miktarı ve maliyet potansiyel engeller arasındadır..

Karışık halde bulunan bina moloz atıklarının karışık olarak kırılarak boyutlandırılmasının elde edilecek agreganın kalitesini artırırken ayrıştırma güçlüklerinin azaltacaktır. Boyutlandırılan 0-12.5mm arası yol ve diğer dolgu alanlarında,0-37,50 mm arası KGDA karışımların yol üst yapı tabanında kullanılması ise kullanım miktarını artırarak atık malzemenin katma değerini artıracaktır.

KGDA karışımların (0-37,50mm) EÜYPR’inde devlet yollarının 45- 60 milyon standart dingil yükü aralığında üst yapı tabanında verimli SN kullanımına dikkate alınarak belirlenen üst yapı kesitiyle aynı yol sınıfı ve dingil yükü aralığında

rehberde belirtilen minimum alt temelli üst yapı en kesiti maliyet karşılaştırmalarında ise

- Üst yapı tabanı KGDA karışımı en kesitlerin doğal taş ocaklarından üretilen PMAT ve PMT tabakalı kesitlerin granüler tabaka yapım maliyetlerine (nakliye hariç) göre toplam %26 azalma sağladığı

- Yapım imalatında sağlanan maliyet azalmasının, taş ocaklarından ve atık sahalarında temin edilecek agregaların kamulaştırma ve nakliye maliyetlerini dikkate alınarak Eşitlik-6!ya göre hesaplanmasının kısa dönemli maliyet değerlendirmelerine katkıda bulunacağı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] C. Brown, and M. Milke “ Recycling disaster waste: Feasibility, method and effectiveness”. Resources, Conservation and Recycling. Vol 106, pp 21-32. 2016

[2] F. Baycan “Emergency Planning for Disaster Waste: A Proposal based on the experience of the Marmara Earthquake in Turkey”. International Conference and Student Competition on post-disaster reconstruction Planning for reconstruction 2004 UK.

[3] A. A. Satın, K, Kamacı “Atıkların Geri Kazanımı” Teori, Güncel Araştırmalar ve Yeni Eğilimler 1.Ed 2020

[4] B. Salgın, C. A. İpekçi, N. Coşgun, And T. T. Karadayı “Enerji ve Ham Madde Korunumu Açısından Yapısal Atıkların Yeniden Kullanımına/Geri Dönüşümüne Yönelik Bir Değerlendirme “.Journal of Architectural Sciences and Applications, vol. 6, no. 2, pp.526-537,2021

[5] J. Xiao, H. Xie and C. Zhang “ Investigation on building waste and reclaim in Wenchuan earthquake disaster area “ Resources, Conservation and Recycling, vol 61, pp.109-117. 2012

[6] M. Oğuz, “Geri dönüştürülmüş betonların köpük betonda kullanılabilirliğinin araştırılması “ Master’s thesis, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 2015 Turkey

[7] B. AYTEKİN, B. “Geri Dönüştürülmüş Beton Agregalarının Yol Temel ve Alttemel Tabakalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması “ Ph.D. dissertation , Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 2021, Turkey

[8] S. Terzi, and M. Vural. “Bina beton atıklarının karayollarında bitümlü temelde agrega olarak kullanılabilirliğinin araştırılması” . Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol. 26, no.6, pp 1035-1041, 2020

[9] I. Del Rey, J. Ayuso, A. P. Galvín, J. R. Jiménez, J. R. and A. Barbudo,” Feasibility of using unbound mixed recycled

aggregates from CDW over expansive clay subgrade in unpaved rural roads”. *Materials*, vol.9, no.11,pp. 931-954, 2016.

[10] J. Tavira, J. R. Jiménez, J. Ayuso, M. J. Sierra and E. F. Ledesma “Functional and structural parameters of a paved road section constructed with mixed recycled aggregates from non-selected construction and demolition waste with excavation soil.” *Construction and Building Materials*,vol .164, pp. 57-69. 2018

[11] J. Tavira, J. R Jiménez, E. F. Ledesma, A. López-Uceda, and J.Ayuso “Real-scale study of a heavy traffic road built with in situ recycled demolition waste” *Journal of Cleaner Production*, vol. 248, 119219 ,pp.1-20 ,2020

[12] J. Vegas, J.A. Ibañez, A. Lisbona, A. S De Cortazar and M. Frías, “Pre-normative research on the use of mixed recycled aggregates in unbound road sections”. *Construction and Building Materials*, vol.25, no. 5, pp.2674-2682, 2011

[13] L. Garach, M. López, P. Agrela, J. Ordóñez, J. Alegre, and J. A. Moya ” Improvement of bearing capacity in recycled aggregates suitable for use as unbound road sub-base” . *Materials*, vol .8, no.12, pp.8804-8816, 2015

[14] R. Cardoso, R. V. Silva, J. de Brito, and R. Dhir, “Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review”. *Waste management*,vol. 49, pp.131-145, 2016

[15] I. A Beja, R. Motta and L. B. Bernucci, “Application of recycled aggregates from construction and demolition waste with Portland cement and hydrated lime as pavement subbase in Brazil.” *Construction and Building Materials*, vol.258, 119520. pp.2-7, 2020

[16] Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı “Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu “ Strateji ve Bütçe Başkanlığı,pp.27-32,2023

[17] KGM,” Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi”, Teknik Araştırmas Dairesi Üst Yapı Şubesi Müdürlüğü, pp. 5-99,2008

[18] KGM, ““Yol, Köprü, Tünel, Bitümlü Kaplamalar, Trafik İşlerine Ait Birim Fiyat Listesi”, Program Ve İzleme Dairesi Başkanlığı Yapım Ve Danışmanlık İhaleleri Şubesi Müdürlüğü, 2023

[19] M. E. Karagöz “BIM ile yapı yaklaşık maliyeti hesaplama önerisi”. *Yapı Bilgi Modelleme*, vol.1,no.1, 39-45. 2019“