

Nehir ve Kanallarda Kabili Tecviz Akım Hızlarına Ait Müşahade Değerleri (1)

Yazan : Dr. Ing. Günther GARBRECHT

Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Ankara

Tercüme : Dumrul APAK

İÇİNDEKİLER

Giriş.

A. Genel bilgiler.

1. Suyun müessir kuvvetleri.
2. Zemin malzemesinin mukavim kuvvetleri.
3. Sahil ve taban.

B. Daneli zeminler.

1. Esas alınacak dane çapı.
2. Akım derinliğinin kabili tecviz hızlara tesiri.
3. Askıdaki maddelerin kabili tecviz hızlara tesiri.
4. Kabili tecviz hızlar.
 - 4.1. Genel bilgiler.
 - 4.2. Bilinen değerler.
 - 4.3. Türkiye nehirlerinde yapılan ölçmeler.
 - 4.4. Amerikan kanallarında yapılan ölçmeler.
 - 4.5. Hülâsa.
 - 4.6. Özel haller.

C. Kohezyonlu zeminler.

1. Zeminin esas alınacak özellikleri.
2. Bilinen değerler.
3. Askıdaki maddelerin kabili tecviz hızlara tesiri.
4. Türkiye nehirlerinde yapılan ölçmeler.

D. Hülâsa.

Giriş :

Nisbeten büyük çapta projeler hazırlanırken, nehir ve kanallarda kabili tecviz akım hızlarının tesbiti, zemin mekaniği ve hidrolik yönünden yapılacak geniş araştırmalardan sonra olmalıdır. Avan projeler ve küçük çapta yapılar için mezkûr araştırmalardan sarfınazar edilir, ve mevcut zemin malzemesine uygun bir tahminle yetinilir. Böyle bir tahmini kolaylaştırmak amacıyla yapılan ölçme ve müşahadelerin neticeleri aşağıda bir araya toplanmıştır. Bu araştırmalar, 1958 ve 1959 senelerinde DSİ, «Araştırma Dairesi» tarafından yapılmıştır.

Esas itibariyle derelerin sürüklenici madde getirenleri (erozyonlu) ve getirmiyenleri (erozyonsuz) olarak tefrik edilebilirler. Eğer sürüklenici madde mevcut değilse akım hızları, sahil ve taban mukavim kalacak şekilde seçilir. Sürüklenici madde mevcut ise, evvelâ tabanın denge halinde bulunduğunu, yarı nehrin muayyen bir parçasına menbadan gelen sürüklenici madde ile aynı zaman fasılası dahilinde mansaptan çıkanın birbirine eşit olduğu hipotezini kabul e-

diyoruz. Böyle hallerde mesele, sahilin mukavemeti meselesi olarak tahdide uğrar. Ekseriyetle sahilde mevcut zemin malzemesi sürüklenen malzemeden farklıdır.

A. Genel bilgiler

1. Suyun Müessir kuvvetleri

Nehir yatağının sınırlarına suyun tesiri, su ile cıdarlar arasındaki kayma gerilmelerinden meydana gelir. Bu kayma gerilmeleri laminer harekette suyun viskozitesine, türbülanslı akımda da herşeyden evvel türbülânstan mütevellit enine momentam mübadelesine bağlıdır.

Enine momentam mübadelesi ayrıca kesitteki ortalama akım hızına da esaslı şekilde müessir olduğundan, bilmukabele ortalama akım hızı, su ile sahil arasında meydana gelen kuvvetlerin bir ölçüğü gibi telâkki edilebilir. Ortalama akım hızı kolaylıkla elde edilir ve zaten bütün projelerde bu hızı hesaplamak lazımdır. Bu sebepten başka memleketlerde son senelerde neşredilen nizamname ve şartnameler çoğunlukla ortalama akım hızını esas almaktadır.

Umumiyetle ortalama akım hızları, su derinliğinin artması ile su tesirleri için esas alınan taban hızına nazaran daha çabuk büyürler. O halde ortalama akım hızı bir kriter olarak alınırken, su derinliğinin de gözönünde tutulması gerekir.

Tecrübe ve müşahadelerden bilindiği üzere berak suyun tesir kuvveti, bulanık suyunkinden büyüktür. O halde bulanık sulara ait kabili tecviz ortalama hızlar, berak sularinkinden daha yüksek olarak hesaplara ithal edilebilir.

Netice itibariyle akan suların müessir kuvvetlerini şu üç unsurla ve iyi bir yaklaşımla karakterize etmek kabildir:

- a) Suyun ortalama akım hızı.
- b) Hidrolik yarıçap.
- c) Su içinde askıda bulunan madde muhtevası.

2. Zemin malzemesinin mukavim kuvvetleri

Zeminlerin akan sulara karşı haiz oldukları mukavemet kuvvetine müessir olan başlıca özellikler şunlardır :

- (1) Bu makalenin neşrine DSİ tarafından müsaade edilmiştir.

- Dane büyüklüğü ve granülometri (granülometri eğrisi ile belirtilir).
- Özgül ağırlık.
- Sıkışma derecesi (boşluk hacmi ile belirtilir).
- Kohezyon.

Zemin malzemelerinin özgül ağırlıkları umumiyetle birbirine çok yakın olan $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$ ve $\gamma = 2,8 \text{ t/m}^3$ sınırları arasında bulunur. Bu sebepten bütün hesaplardan $\gamma = 2,7 \text{ t/m}^3$ esas alınacaktır. Ancak bazalt, spat ve apatit gibi özgül ağırlığı çok yüksek trahit bünyeli lâv gibi özgül ağırlığı çok düşük olan malzemelerde bu husus hesaplara aksettirilecektir. Muhtelif zemin cinslerinden bahsederken a, c, ve d özellikleri izah edilecektir.

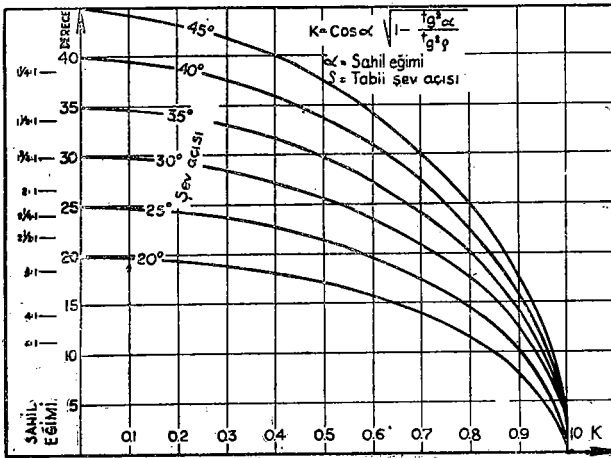
3. Sahil ve taban

Derenin tabanında bulunan bir kum veya çakıl danesi için hareket ettirici kuvvet olarak sadece suyun müessir kuvveti bahis konusudur. Buna karşılık dane sahil sevi üzerinde bulunuyorsa, müessir kuvvetler şunlardır:

- Suyun müessir kuvveti.
- Yer çekimi kuvvetinin şev eğimi istikametindeki bileşeni.

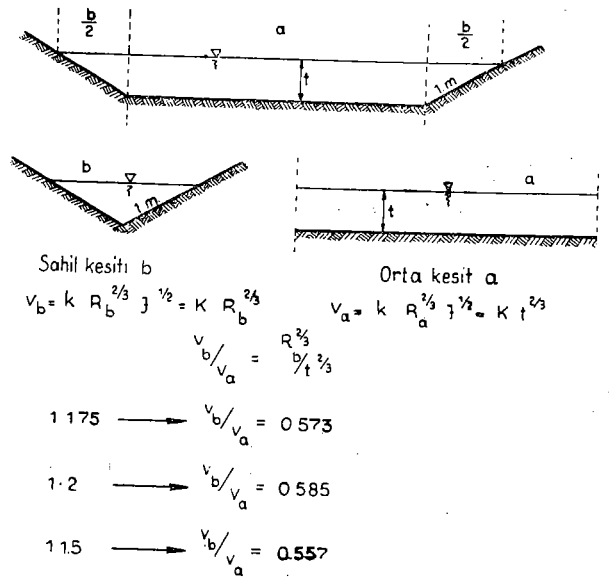
O halde bu ikinci durumda her iki kuvvetin bileşkesini esas almak gerekir. Taban ile kıyaslanınca şevde bulunan bir parçanın hareketi daha zayıf bir müessir su kuvveti ile sağlanabilmektedir.

Şev üzerinde gerekli müessir kuvvet ile tabanda gerekli müessir kuvvet arasındaki K oranları, Şek. 1



Şek. 1: Daneli zeminler için sahil ve tabana müessir kuvvetlerin nisbeti ([23] den).

de [23] verilmiştir. Meselâ zemin malzemesinin tabii şev açısı $\beta = 35^\circ$ ve şevin eğimi 1:1,75 ise, şev üzerindeki bir dânenin hareket ettirilmesi için gerekli kuvvet, tabandakinin yarısıdır.



Şek. 2: Sahil yakınında ve nehrin ortasında su akımının ayrı ayrı hesabı.

Diğer taraftan sahil yakınlığında akım hızlarının düşük olması sebebiyle suyun müessir kuvvetleri buralarda, nehrin ortasındaki yatay akımın doğurduğu kuvvetlerden daha zayıftır. Şek. 2 de gösterildiği gibi akım kesiti bir sahil kısmı ile bir de orta kısma bölünürse, sahildeki ortalama akım hızının, ortadakinin 0,57 katı olduğu görülür. Bunun mânası, mutad 1:1,5 ilâ 1:2 lik sahil eğimlerinde her iki tesirin birbirini hemen hemen ifna etmesi demektir. Tabandaki erozyon sahillerdeki erozyona ait eşdeğer su miktarına ulaşıncaya başlar. O halde aşağıdaki bahislerde taban ile sahil arasında bir tefrik yapmağa lüzum yoktur.

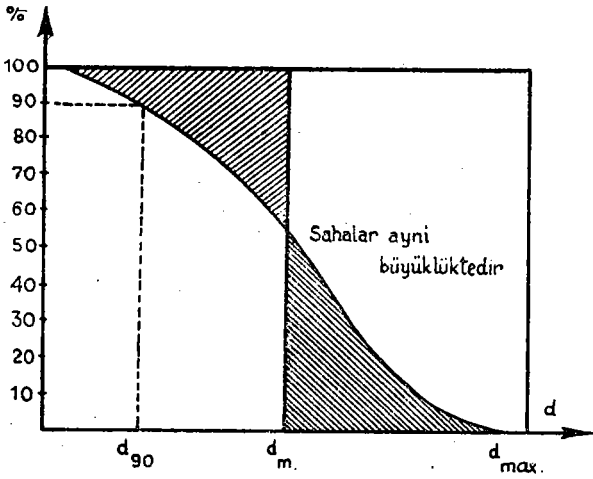
B. Daneli zeminler

1. Effektif dane çapı.

Granülometri eğrisinin tamamı üzerinde, hangi dane çapının zemin malzemesi için karakteristik olduğu meselesi ortaya çıkıyor. Teorik olarak d_{min} ile d_{max} arasında sonsuz sayıda karışım diyagramı mevcuttur. Ancak [15] de, muhtelif nehirlerle ait sürüklenici maddelerin granülometri diyagramlarının, d_{max} 'a izafe edildikleri takdirde, birbirlerine çok benzer eğriler verdiği gösterilmiştir. O halde tabii granülometri diyagramlarını yaklaşık olarak bir tel parametre ile karakterize etmek kabildir. Esas alınacak bu karakteristik dane çapı.

$$d_m = \frac{\sum d. \Delta p}{100}$$

dür. Bu çap granülometri diyagramını, Şek. 3'deki taralı alanlar birbirine eşit olacak tarzda keser.



Şek. 3: Esas alınacak d_m çapının bulunması ([14] den)

Daneli zeminlerde kohezyon mevcut değildir ve daneli zemin malzemesinin sıkışma derecesi zemin ile suyun temas tabakasında akım tarafında tahrip edilir. O halde zeminin mukavemet kabiliyetini karakterize eden yegâne faktör olarak, d_m dane çapını gözönüne almak gerekir.

2. Akım derinliğinin kabili tecviz hızlara tesiri.

[12] ye göre erozyon'un başlangıcında :

$$J = 0.000076 \times \frac{d_m + 0.8}{t_m}$$

yazılabilir. Burada;

d_m = Effektiv dane çapı, mm cinsinden

t_m = Ortalama akım derinliği, m cinsinden

J = Eğim'dir.

B/t nin büyük değerleri için $t_m = R$ dir. Böylece yukardaki münasebet şu şekle sokulabilir.

$$J \cdot t_m = 0.000076 \times (d_m + 0.8)$$

$$\sqrt{J \cdot t_m} = 0.0087 \sqrt{d_m + 0.8}$$

$$\frac{1}{n} \cdot t^{2/3} J^{1/2} = \frac{0.0087}{n} \cdot t^{1/6} \cdot \sqrt{d_m + 0.8}$$

$$v = \frac{0.0087}{n} \cdot t^{1/6} \cdot \sqrt{d_m + 0.8}$$

$$\text{Strickler'e göre } \frac{1}{n} = \frac{21.1}{6\sqrt{d_{90}}} \text{ dir. (Burada)}$$

$d_{90} = \%90$ nisbetinde elekten geçişi karakterize eder). Bu değer lineer ve üniform kanalların taban pürüzlülüğü için caridir. Tecrübe ile bilindiği üzere enine ve boyuna kesitteki intizamsızlıklar, kurlar ve sahillerdeki bitkiler ortalama olarak n 'in $\%10 - 15$ büyü-

mesine sebep olur. Diğer taraftan $d_{90} = 2,3 d_m$ yazılabilir. Böylelikle

$$n = 1.13 \times \frac{6\sqrt{2.3 d_m}}{21.1}$$

$$n = 1.30 \times \frac{6\sqrt{d_m}}{21.1}$$

olur. Bu değer yerine konursa

$$v = 0.14 \times t^{1/6} \times \frac{\sqrt{d_m + 0.8}}{6\sqrt{d_m}}$$

bulunur. Bu münasebet yardımı ile erozyonun başlangıcına tekabül eden akım hızları yaklaşık olarak hesaplanabilir. Yani yukardaki münasebet kabili tecviz hızların üst sınırıdır. Hesabı yaparken dikkat edilecek husus pay ve paydada d_m i mm cinsinden almaktır.

Erozyon'un başlangıcında tekabül eden bir diğer münasebet [15] de verilmiştir.

$$\frac{B}{p} \left(\frac{k_s}{k_r} \right)^{3/2} \cdot t \cdot J = 0.08 d_m$$

$(k_s / k_r)^{3/2} = 0.65$ ve $B \cdot t / p = t$ (ki bu B/t nin büyük değerleri için doğrudur) alınarak

$$t \cdot J = 0.123 d_m$$

$$\sqrt{t \cdot J} = 0.35 d_m$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot t^{2/3} J^{1/2} = \frac{0.35}{n} \cdot t^{1/6} \cdot d_m$$

$$\text{yazılır. Ayrıca } n = 1.3 \frac{6\sqrt{d_m}}{21.1} \text{ konarak}$$

$$v = 5.7 \times t^{1/6} 3\sqrt{d_m}$$

çıkarak

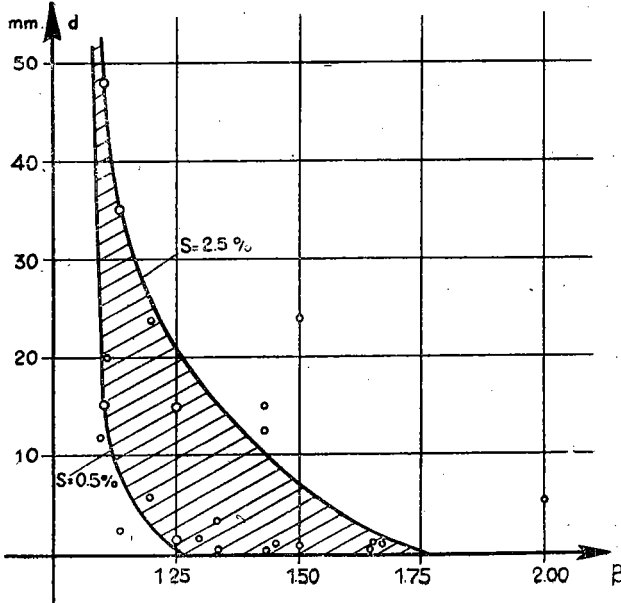
Erozyon'un başlangıcına tekabül eden ve Meyer - Peter/Müller tarafından kurulmuş bulunan denklemden de, $t^{1/6}$ değeri ile ifade edilebilen ve akım derinliğine bağlı olan bir münasebet çıkartılabilir.

Hesapların gösterdiğine göre, literatürde kabili tecviz hızlar için verilen ve akım derinliği veya hidrolitik yarı çapı ihtiva etmiyen münasebetler kabili tatbik değildir.

3. Askıdaki maddelerin kabili tecviz hızlara tesiri

Eğer su içinde askıda maddeler mevcutsa, müessir kuvvet zayıflar ve kabili tecviz hızlar da aynı nisbette büyür. Literatürde bu hususta verilen değerler Şek. 4 de gösterilmiştir. β tashih faktörleri çok farklı değerlere maliktir. Bunun sebebi herhalde verilen değerlerin, birbirinden çok farklı askıdaki madde miktarlarına istinad etmesidir. Ancak hepsinde müşterek olan temayül, dane çapının büyümesi ile β nın küçülmesidir.

Kenar değerleri nazarı itibare almayarak, Şek. 4'de taralı olarak gösterilen bölge takriben ortalama değerleri verir. [2]'ye göre suyun askıdaki maddelerinin üst sınırı için ağırlık yüzdesi olarak 2.5 alınabilir. Alt sınır ise % 0.5 dir.



Şek. 4: Daneli zeminlerde askıdaki maddelerin kabili tecviz akım hızına tesiri.

Eğer askıdaki maddelerin miktarı ölçmeler yardımı ile bulunmamışsa, bunları hiç nazarı itibare almamak daha doğrudur.

Askıdaki maddelerin büyüklük mertebesini mukayese etmek üzere kanal ve nehirlerde yapılan şu ölçmeleri verelim. (Değerler ağırlık yüzdesidir):

Konya ovasında sulama kanalları: % 0.2
Sarıyar'da Sakarya nehri (Ocak, Haziran): % 1.4

Türk-Suriye hududunda Fırat nehri (Senelik ortalama):	% 2.0
Türk-Suriye hududunda Fırat Nehri (Yüksek su):	% 26.0
Inn nehri -Braunau'da- (Senelik Ortalama):	% 0.02
Inn nehri -Braunau'da- (Yüksek Su):	% 0.2
Tuna nehri -Linz'de- (Senelik ortalama):	% 0.013
Tuna nehri -Linz'de- (Yüksek Su):	% 0.26
Hoang Ho nehri (Çin), ölçülen azami değer:	% 10
San Juan nehri (Güney Amerika), ölçülen azami değer:	% 40.0

4. Kabili tecviz hızlar:

4.1. Genel bilgiler.

Suyun müessir kuvvetleri ile zeminin mukavim kuvvetleri arasındaki denge, sahil malzemesinin zengin mekanığı ile ilgili özelliklerinin tamamına ve akımın bünyesinin tamamına bağlıdır. Pratikte bu özelliklerin belli başlıları ile yetinmek gerekir. Bunlar da B.1— B.3 bahislerinde verilen izahattan anlaşılacağı üzere şu şekilde sıralanabilir:

Zemin için: Esas alınacak dane çapı d_m

Su için: Ortalama akım hızı v_m

Akım derinliği: t

Askıdaki madde miktarı: S

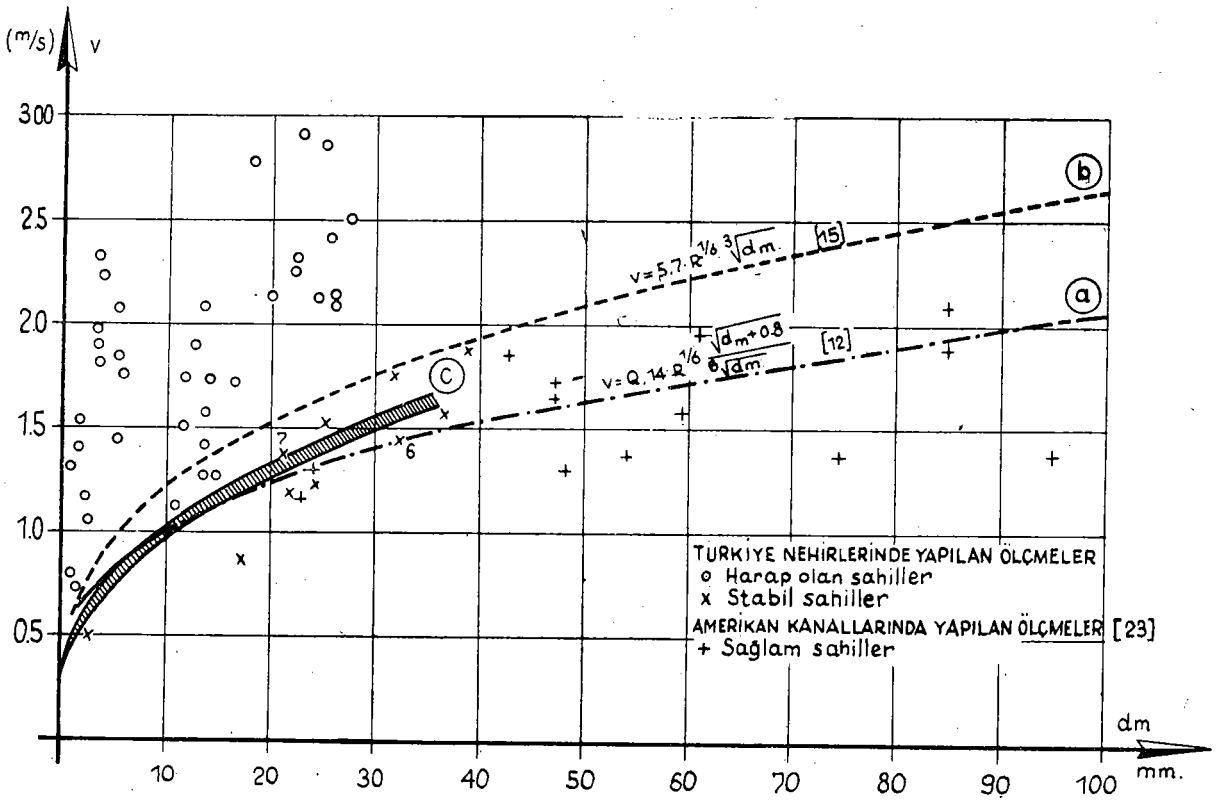
Bu esas özelliklerle yetinmek neticesinde, buradan tâyin edilecek kabili tecviz hızlar hassas değerler olmayıp iyi bir yaklaşımdırlar.

Aşağıda verilen bütün değerler $t = 1$ m lik akım derinliği ve berrak su için caridir. $t \neq 1$ m olan derinlikler için, verilen kabili tecviz değerleri $t^{1/6}$ ile çarpmak gerekir. Eğer askıda maddeler mevcutsa ve bunların miktarı biliniyorsa, kabili tecviz hızı Şek. 4'de gösterildiği gibi yükseltmek caizdir.

4.2. Billnen değerler.

Erozyonun başlangıcına ait iki formül B.2. bahsinde değerlendirilmişti ve $v = f(d_m, t)$ şeklinde iki ifade bulunmuştu. Bu ifadeler yardımı ile kabili tecviz hız, esas dane çapına ve akım derinliğine bağlı olarak hesaplanabilir. Her iki fonksiyon $t = 1$ m için Şek. 5'de gösterilmiştir. Mukayeseden görüleceği üzere Meyer-Peter formülüne göre bulunacak erozyon, [12] de verilen münasebete göre bulunacak erozyon'dan daha geç başlamaktadır.

Literatürde, daneli zeminlerdeki kabili tecviz hızlara ait birçok değerlere rastlanmaktadır. Ancak bu değerler birbirlerinden çok farklı bulunmakta ve bazan % 100 nisbetinde farklar görülmektedir. Bunun sebebi ilk başta bütün değerlerin muhtelif derinliklerde ve tabiatla yapılan ölçülerde de askıdaki madde muhtevası farklı olan sularda elde edilmiş olmasıdır. Müteakabil derinlikleri verilmiş olan değerlerle yetinilirse ve bunlar $t = 1$ m'ye irca edilirse, o za-



Şek. 5: Türkiye'deki nehirlerde ve Amerikadaki kanallarda yapılan araştırmalar

man değerlerin birbirlerine iyice intibak ettikleri görülmüş. Böylece mevcut değerlerin % 90'ı dar bir şerit içine sığar; Şek. 5'de bu şerit de gösterilmiştir. 15 mm'ye kadar olan küçük dane çapları için mezkûr şerit b eğrisine intibak etmekte, bundan sonra iki eğri arasında kalmakta ve ekstrapolasyon halinde de a eğrisine yaklaşacağı tahmin edilmektedir.

Türkiye nehirlerinde yapılan erozyon araştırmalarında istisnasız olarak tesbit edildiğine göre, 20 mm'den daha küçük dane çaplarında erozyon başlangıcı b eğrisine göre hesaplanabilmektedir; halbuki Meyer-Peter/Müller formülüne göre erozyonun çok daha sonra başlaması gerekirdi.

4.3. Türkiye nehirlerinde yapılan ölçmeler.

Müellif, DSİ Araştırma Dairesinin verdiği vazife üzerine, Türkiye'nin takriben 50 nehrinde araştırmalar yapmıştır. Sahillerin mukavemeti bakımından yapılan ölçmelerin neticeleri Şek. 5 üzerine nakledilmiştir. Şekildeki v harfi, 3 ilâ 5 senede bir görülen yüksek su seviyesine tekabül eden hızlardır.

$v = f(Q)$ fonksiyonunun üst kolu ekseriyetle çok yatık gittiğinden, bu değerlere her sene hemen hemen ulaşılmaktadır.

Harap olmuş sahillerde hız değerleri, 20 mm den küçük dane çapları için b eğrisinin ve müteakiben

c müşahade değerlerinin teşkil ettiği şeridin üzerindedir. 30 mm. den büyük dane çaplarında a eğrisi muhtemelen stabil ve harap olmuş sahiller arasındaki hududu göstermektedir.

İlave etmek lazımdır ki, noktalar sınır çizgisinden ne kadar uzaklaşmışsa, sahiller de o derece harap olmuşlardır. Sahilin durumuna ait birkaç misal Şek. 6 ilâ 9 da verilmiştir. (Şekillerin numaraları ölçme yapılan noktaların yanındadır.) Antakya'daki Asî nehri (Şek. 6), iri çakıldan ibaret stabil sahillere mâliktir. Kurb'daki dış sahilin maruz kaldığı hafif aşınmalar, şu hükme varılmasını intaç etmektedir: Nehrin düz kısımlarında suyun müessir kuvvetleri ile sahilin mukavim kuvvetleri arasında hemen hemen bir denge vardır. Kurların dış sahillerinde müessir kuvvetler şiddetlenmeye başlayınca oyuntular derhal kendini gösterir. Keza Demirci deresi'nin tanzim edilmiş kısımlarında da sahiller stabil'dir. (Şek. 7) Buna mukabil Bolu'nun Büyük Su deresi de yer yer vahşileşmiştir. Dere'nin islâhı bittikten sonra gelen iki yüksek su, (Şek. 8) de görülen tahribatı yapmıştır; zira $v = 2.10$ m/sec lik akım hızları, sahil malzemesi için lüzumundan fazladır. Keza Küçük Karadere'nin sahilleri de suyun tesirlerine mukavemet edememektedir. (Şek. 9).



Şek. 6: Antakyadaki Asi nehri.



Şek. 7: Demirci deresi (Çayırköy ovası)

4.4. Amerikan kanallarında yapılan ölçmeler

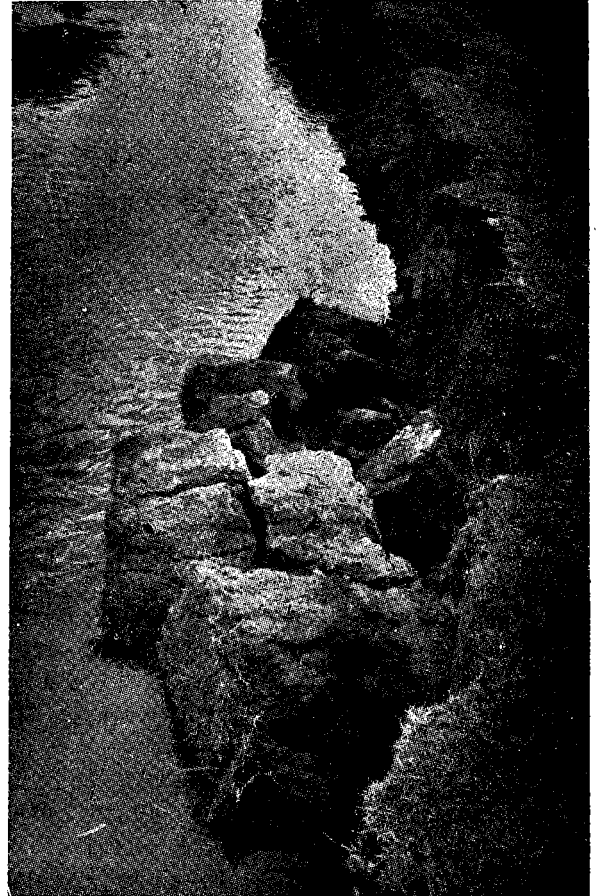
Bir nehrin tabanı ve sahilleri uzun müddet kabili tecviz değerlerden daha küçük hızlara malik akımlara maruz kalırsa, bu müddet zarfında, zemin malzemesi içindeki ince daneler akıp gider ve geriye taban ve sahillerde iri danelerden ibaret bir ta-

baka kalır. Müşahade neticesinde bilindiği üzere bu tabakadaki danelerin ortalama çapı % 90'ı elekten geçen bir karışımın dane büyüklüğüne tekabül eder. Diğer bir ifade ile böyle şartlar altında ve zaman geçtikçe sahiller, su tesislerine karşı daha mukavim olmaktadır.

Güney Colorado (USA) nun San Luis Valley isimli muntıkasında 19. asrın son senelerinde sulama



Şek. 8: Bolu Büyük su.



Şek. 9: Küçük Karadere (Susurluk ovası).

kanalları inşa edilmiştir; bunlar halâ çalışmaktadırlar. Bu kanallar üzerinde yapılan ölçme neticeleri [23] de bir araya toplanmıştır. 60 seneden fazla işletmeye açık kalmış olan bu kanallarda, biraz evvel bahsettiğimiz cinsten bir tabaka meydana gelmiştir. Bu yüzden böyle kanallarda rastlanabilecek azami hızlar tabii zemin malzemesinin d_m değerine değil, «yatık malzemesinin» d_m değerine, yani tabii zemin malzemesinin d_{90} değerine tekabül ettirilmiştir. Bütün kanalların sahilleri stabildir. [23] den elde edilen ölçme noktaları Şek. 5'e nakledilmiştir.

4.5. Hülâsa :

Effektif dane çapları 20 mm. nin altında bulunan daneli zeminler için kabili tecviz hızlar, Şek. 5'deki müşahade değerleri ve ölçmelerden ve b eğrisi ile b formülünden hesaplanabilirler. 40 mm'den büyük d_m çapları için a formülü ve müteakiben a eğrisi hakikate yakın değerler verir. 20-40 mm. arasındaki bölgede Şek. 5'de görüldüğü gibi enterpolasyon yapılabilir.

Şek. 5'in değerleri berrak su ve $t = 1$ m'lik akım derinlikleri içindir. Su içinde askıda bulunan maddeleri Şek. 4'ün verdiği tashih faktörü ile nazarı itibara almak kabildir. 1 m'den farklı derinlikleri hesaba katmak için $t^{1/6}$ çarpanı kullanılır.

Misâl : Derenin kenarlarında bulunan zemin malzemesinin efektif çapı $d_m = 15$ mm olsun; islah edilmiş yeni dere yatağında mevcut âzamî akım derinliği $t = 1.85$ m'dir. Suyun içinde askıda bulunan maddeler $S = \% 0.8$ değeri ile bilinmektedir. Bunlara göre kabili tecviz âzamî hız $v_{zu} = 1.85^{1/6} \times 1.13 \times 1.10 = 1.38$ m/sec olur.

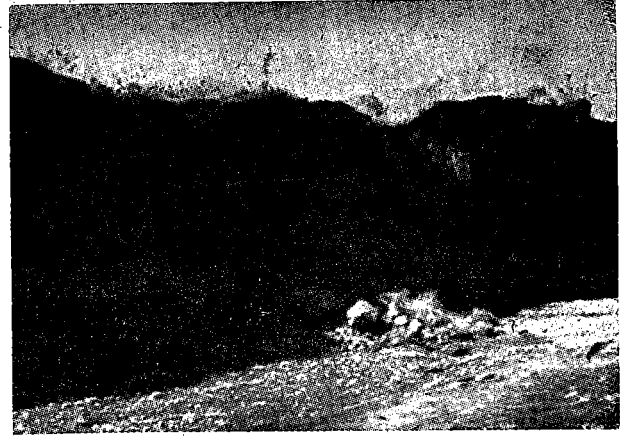
4.6. Özel haller.

Bazı hallerde daneli zeminler, bünyelerinde mevcut kohezyonlu kısımlar veya kimyasal değişimler sebebiyle konglomera şeklinde sertleşmiş durumda bulunurlar. Bu sertleşmenin derecesi hafif bir yapışma ile hakiki bir konglomera teşekkülü arasındaki geniş saha içindedir.

Bu gibi zeminler, sırf daneli zeminlere nazaran daha büyük akım hızlarına maruz bırakılabilirler. Kabili tecviz hızın artırılma derecesi, zeminin sertlik derecesine bağlıdır. Zemin mekaniği yönünden yapılan araştırmalar neticesinde hızın artırılma derecesi tesbit edilir. Yapılan ölçmeler neticesinde $\% 50$ ilâ $\% 120$ nisbetinde hız arttırmalarının kabil olduğu tesbit edilmektedir.

Çok kere aslında mukavim olan zeminler içinde daha az mukavim malzemelerden teşekkül etmiş tabakalara rastlanmaktadır. İri daneli çakıl zeminlerde kum tabakaları veya kohezyonlu zeminlerde daneli malzemedan müteşekkil tabakalar bu hususa birer mi-

saldır. Böyle durumlarda eğer hız daha mukavim olan malzemeye göre hesaplanmışsa, az mukavim olan tabaka akıp gider. Şek. 10'da zayıf malzemenin akıp gittikten sonra sahilin yıkılmış durumu görülmektedir. Sahiller tabakalar halinde muhtelif cins malzemedan teşekkül ediyorsa, kabili tecviz hızların hesabı en düşük mukavemetli malzemeye göre yapılmalıdır. Eğer hesap daha mukavim olan malzemeye göre yapılsa, zayıf tabakanın kaplanması gerekir.



Şek. 10: Mukavim lem içinden çakıl tabakalarının yıkılıp gitmesi.

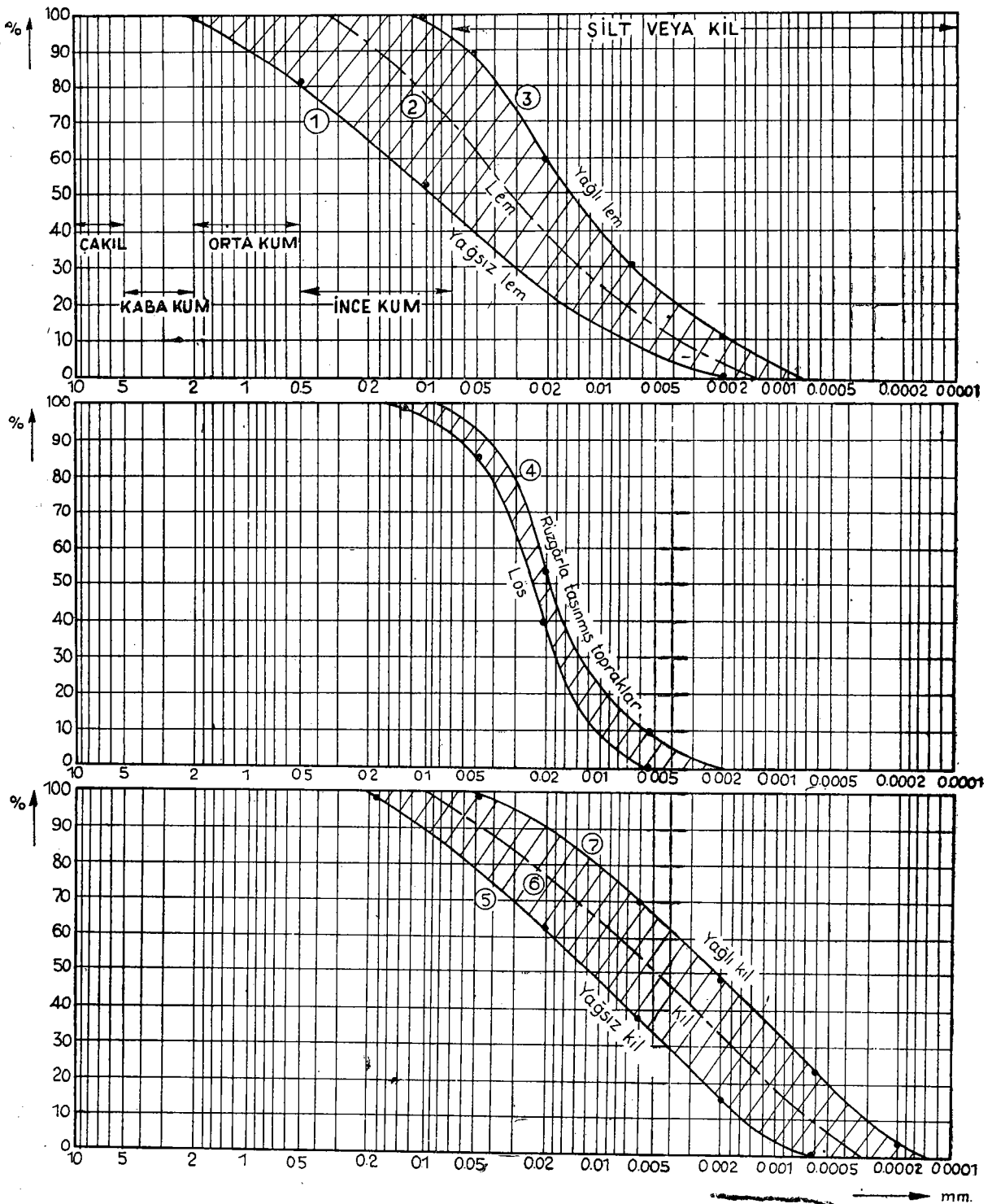
C. Kohezyonlu zeminler :

A bahsinde verilen bilgiler, umumiyetle kohezyonlu zeminlere de şâmilirdir.

1. Kale alınacak zemin özellikleri :

Kohezyonlu zeminlerde dane büyüklüğü ve granülometri sadece tâli bir rol oynamaktadır. Müessir kuvvetlerle kıyaslanırsa danelerin çapları ve ağırlıkları o kadar küçüktür ki, artık bir dane çapının 0,02 veya 0,002 mm. olmasının hiçbir rolü kalmaz. Buna karşılık zeminin sıkışma derecesi ve kohezyonu esas faktörler halini alır. Kohezyon, yani daneleri birbirine yapıştıran kuvvet veya diğer tâbirle danelerden müteşekkil iskeletin «çekme mukavemeti» ne kadar büyük ve boşluk hacmi (= porozite) de ne kadar küçük olursa, zemin malzemesi su tesislerine karşı derece mukavim olur. Aşağıda, literatürde mevcut bazı değerleri verdikten sonra, boşluk hacmi esas faktör olarak kabul edilecektir; boşluk hacmi muayyen bir bakımdan kohezyonu da bünyesinde taşımaktadır. İlerde, değerlerin iyi bir şekilde intibak ettiği görüldünce, boşluk hacmini esas faktör alma hipotezinin haklı olduğu anlaşılacaktır.

Kohezyonlu zeminlerde kabili tecviz hızlar için literatürün verdiği değerler çok kere ve sadece umumi mahiyettedir; meselâ yumuşak kil, sert lem, katı lör v.s. gibi. Bu anlamları daha hassas olarak tarif



Şek. 11: Kohezyonlu zeminler için tipik granülometri diyagramları.

etmek icap eder. Yumuşak, katı, sert v.s. dendiği vakit bundan böyle aşağıdaki değerler anlaşılacaktır:

Gevşek	: Boşluk hacmi	$n = \% 70 - 90$
Yumuşak	: » »	$n = \% 50 - 70$
Sıkı	: » »	$n = \% 30 - 50$
Katı	: » »	$n = \% 15 - 30$

Sert : » » $n = \% 5 - 15$
Kohezyonlu zeminler genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

Toz zeminler (Lös, şlüf, silt). Bunlar çoğunlukla rüzgârlar tarafından sürüklenerek getirilmiş olup gi yet üniformdurlar. (Şek. 11).