

İnşaat Mühendisliğinin Modern Bir Âleti : Hidrolik Model Tecrübeciliği

Yazan :

Dr.-Ing. Günther GARBRECHT
(Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

Çeviren :

C. ÇIRAY

○

A. Giriş.

Tatbiki hidrolikte kullanılan formüllerden mühim bir kısmı tek boyutlu düşünüş tarzından elde edilmiştir. Umumiyetle, gayet basit fizik kanunlarına istinat etmekte veya tamamen ampirik mahiyettedirler. Bu ifadelerin bazılarını teorik olarak dahi, itiraz etmek mümkün olmamakla beraber; umumiyetle akımın hakiki karakterini veya durumunu tebarüz ettiren tashih emsalleri ile muamele etmek füzumu hasıl olmaktadır.

Bu formüller sayesinde mühendis; hız, derinlik ve ivme vs. gibi akım karakteristiklerinin ortalama değerlerini hesaplamak imkânına sahiptir. Fakat, su tesislerinin bugünkü muazzam boyutlara vasıl olması sebebiyle, bu kadarlık bilgi kâfi gelmemekte, daha fazlasına ihtiyaç duyulmaktadır. Barajlar, regülâtörler ve seyrüsefer kontrol kapakları gibi tesisler ancak; hız dağılımı, basınç dağılımı, iç kuvvetler gibi akım içinde husule gelen hâdiselerin tam olarak bilinmesi sayesinde emniyetle projelendirilebilir. Bu hesaplar ise ancak iki ve üç boyutlu akımları inceleyen akışkanlar mekaniği metodlarından faydalanılarak yapılabilmektedir.

Günümüzün hidroliğinde, her iki metodda, yani klasik tek boyutlu ve modern çok boyutlu düşünüş tarzı birbirinin yanında yer almakta, birçok hidrolik problemleri bu metodlardan biri veya diğerinin yardımıyla çözülmektedir.

Fakat gene de akımın rejimi veya mevcut sınır şartları dolayısıyla, bilinen umumî formüllerin tatbikinin gayet güç olduğu haller mevcuttur ('tabii akar-sular, seyrüsefer kontrol kapakları civarındaki akımların çoğu veya separasyon hâdisesinin husule geldiği akımlar gibi).

Kalan diğer akımlara ait hesaplar bilinen formüller ile yapılabilirse de, akımın veya akışkanın hakiki vasıflarının tesirini nazarı itibara alan tashih emsalleri bilinmemektedir.

Bu problemlerin çözümü ancak, tesisin ufak ve ucuz bir modelinin inşaaı ve değerlerin hesap yerine, bu model üzerinde ölçülmesi ile mümkün olabilir.

Bu gün her memlekette bu gaye ile hidrolik laboratuvarları tesis edilmektedir.

Hidrolik araştırmacılığın, inşaat mühendisliğinin modern bir aleti haline gelmesini temin eden tekâmül; müteakip sahifelerde hidroliğin genel tarihçesi içinde kısaca verilecektir.

B. Hidrolik model tecrübeciliğinin tarihçesi.

İnsanlığın pratik gayelerle sudan ilk istifadesi, gemi inşa edip üzerinde yüzdürmek ve gerek nakliye gerekse muhabere vasıtası olarak kullanmak şeklinde olmuştur. Halihazırda, ilk deniz vasıtasının kimin tarafından inşa edildiği kesin olarak bilinmemektedir. M. Ö. 3000 tarihlerinde, gerek Mısırlıların gerekse Sümerlerin gayet mükemmel gemilere sahip oldukları bilinmektedir.

Suyun pratik gayeler ile ikinci kullanıma yerinin sulama olduğuna aşağı yukarı muhakkak nazariyle bakılmaktadır. M. Ö. 3000 tarihlerine kadar uzanan, gayet iyi inşa edilip bakılmış, aynı zamanda sulama gayeli barajları da haiz olan sulama sistemlerine Çin, Mısır, Mezopotamya ve Indus vadisinde rastlanmaktadır.

1500 sene sonra Suriye, Kıbrıs ve Ürdün'de sulama ve su getirme kanallarını vadilerden geçirmek için aködükler inşa edilmiştir. Sifon ve pipet ile su değirmenlerinin bu devrede mevcut olduğu görülmektedir.

M. Ö. 1000 ile 500 arasında 100 m derinliğe varan kuyuların açıldığı bilinmekte ve gene o tarihlerde Sakız'a su getirme gayesiyle inşa edilmiş $2.5 \times 2.5 \times 420$ m lik bir tünel halen dahi kullanılmaktadır.

Arşimed (M.Ö. 287-212) o tarihe kadar yalnız tatbikata istinat eden hidrolik bilgisine büyük bir hamle yaptırmıştır. Mühendislik mevzuunda muhtelif keşiflerinden başka, hidroliğe en büyük hizmeti, hidrostatik'in prensiplerini vazetmesidir. Bugün dahi bu husus, o devrin en büyük hâdiselerinden biri olarak kabul edilmekte ve modern akışkanlar mekaniğinin buna ilâve edeceği pek az şey bulunmaktadır. Bir diğer keşfi de, Arşimed vidası olup bu gün dahi değişik şekiller ile muhtelif Orta Doğu memleketlerinde kullanılmaktadır.

Arşimed ve Heron (M. Ö. 150 civarı) muhtemelen tarihin ilk hidrolik tecrübecileri olmuşlardır. Sifonun pek çok tatbikatı Heron tarafından münakaşa edilmiştir. Alçalan su seviyesi üzerine bir sifon koyarak, bu sifondaki su hızı ile sarfiyatın sabit tutulabileceğini ilk defa ifade eden odur. Bu, muhtemelen süreklilik mefhumunun ve hız ile sarfiyat arasında bir bağıntının ilk ifadesidir. Ayrıca dönen fiskiye de ilk defa tarif eden odur.

M.S. 300 tarihine kadar uzanan Roma devrinin bilhassa büyük aködükleri, sulama şebekeleri, hamam-

ları ve çeşmeleri meşhur olmuştur. Bu gün dahi, mühendisler için, bu muazzam eserler calibi dikkattir. Fakat ilmi mânada hidrolik bilgisi, yukarıda bahis edilen Yunan devrine kıyasen gayet zayıftı. Bu arada sarfiyat Q, hız V ve meyil S arasındaki münasebet bilinmemekte idi; çünkü inşa edilmiş aködük ve kanalların meyilleri hidrolikten ziyade topografik şartlara uygun görülmektedir. Diğer taraftan uzun boruların, kısa borulara nazaran akıma daha fazla mukavemet gösterdikleri; hakiki bir bilgiye istinattan ziyade hissi olarak kabul edilmekte idi.

Ayrıca, bir borudan akan suyun miktarı, ıslak sa-
tış olan πr^2 yerine ıslak çevre olan $2\pi r$ ye nazaran ifade edilmekte idi.

Roma devrinden 15. asra kadar olan aralıkta ilmi bakımdan şayanı dikkat bir ilerleme olmamıştır; dolayısıyla bu devreye karanlık devre diyebiliriz.

Bir dâhi olan **Leonardo da Vinci** (1453-1519), bil-hassa sanat, fizik, anatomi, botanik, jeoloji, mühendislik ve mimarlık mevzularına hamleler yaptırmış ve su mevzuunu da yeniden ele almıştır. Bu mevzudaki hususi incelemesi şu cümle ile başlamaktadır: «Suyun akışını inceliyorsanız, önce tecrübe yapıp, bilâhare onun üzerinde düşünmelisiniz».

Leonardo da Vinci yaptığı tecrübeler ile:

- Keskin köşelerde, akımda husule gelen separasyonu,
- Dönen katı bir cisimde hızı veren $v = \omega r$ 'e zıt olan ve $v = \frac{c}{r}$ ile verilen, bir vortexde hız dağılımının ifadesini (ki bunu şahane bir hadise olarak tavsif etmiştir),
- Cismin şeklinin, teşkil ettiği mukavemete tesirini; damla şeklinin en az mukavemet gösteren şekil olduğunu,
- Süreklilik prensibinin nispeten basit ifadesini,
- Bir hazneden dışarı doğru olan akımın yük ile orantılı olduğunu (bu hata 120 sene sonra Toricelli tarafından düzeltilmiştir),
- Hareket, yansıma ve girişim hâdiselerinin tam ve doğru tariflerini tesbit etmişti.

Leonardo da Vinci; Arşimed ve Heron'dan sonra rastlanan ilk hakiki âlim ve fiziki hâdiselerin mükemmel bir müşahadecisidir. 100 sene sonra, yani 1600 yıllarında **Galilei** (1564-1642) ile başladığını söyleyebileceğimiz modern ilim çağının piri olarak Leonardo da Vinci gösterilebilir. Bu tarihten sonra sistematik tecrübeler çalışmaların temelini tesbit etmiştir. 1600 senesindenberi keşifler birbirini takip etmektedir.

Bacon (1561-1626) suyun sıkışabilme kabiliyetini ispat etmiştir.

Galilei'nin bir talebesi olan **Toricelli** (1608-1648) orifisten çıkan su hızının, yükün karekökü ile orantılı olduğunu göstermiştir.

(1627-1691) aralarında yaşayan **Boyle** akan bir suyun, çarptığı bir cisme tatbik ettiği kuvvetin, hızın

karesiyle doğru orantılı olduğunu bulmuş ve boru ile kanallarda hız dağılımı üzerinde tecrübeler yapmıştır. Bilâhare boruların sürtünme mukavemetlerini incelemiştir.

Guglielmini (1655-1710) ilk defa açık bir kanalda suyun hızına ait formülü vermiş ve hızın kanal meyili ile su derinliğinin bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir.

Pascal (1623-1662) hidrostatik'in tekml teorisini vermiştir.

(1653-1703) aralarında yaşayan **Hook**, akışkanların izafi hareketlerini inceliyerek rüzgâr değirmenlerinin kanatlarının en müsait şeklini tespit etmiştir.

Akışkanlarda sürtünmeyi, orifisten çıkan suya ait büzülme katsayısı mefhumunu (vena kontrakta), hareketin izafiliğini ve mukavemet ile hızın karesi arasındaki bağıntıyı (1642-1728) **Newton**'a borçluyuz.

Daniel Bernoulli (1700-1782) kendi adına izafe edilen meşhur formülleri ve bir akım ipciği boyunca enerjinin sabit olduğunu vaz etmiştir. Bir tecrübeci sıfatıyla, basınçları ölçmek için piezometre boru ve deliklerini düşünmüştür.

(1707-1783) arasında yaşayan **Euler** akışkanların hareketinde ivmeler arasındaki temel münasebeti vermiş olup, bu münasebet sayesinde ilim adamı, süreklilik prensibi ile sınır şartlarını nazarı itibara alarak herhangi bir akışkana ait hareketi inceleyebilir.

Denebilir ki, bugün kullanılmakta olan teorik akışkanlar mekanikinin esas prensipleri :

Pascal, **Newton**, **Euler**, **D'Alembert**, **Bernoulli** ve **Laplace** tarafından verilmiştir.

Aşağıda ismi verilen âlimler, daha ziyade, kurulan bu iskelet arasındaki boşlukları doldurup, tecrübeler yapmışlar ve günlük mühendislik problemleri için hususi hallere ait formülleri istihraç etmişlerdir.

Gerstner (1756-1832) aralarında yaşamış olup deren sularda dalgaların intişarına ait formülleri vermiştir.

(1683-1781) aralarında yaşamış olan **Poleni** bir savaktan akan suya ait formülleri vermiş olup, bugün dahi aynı formüller muteberdir.

Boruların mukavemetini tespit hususunda ilk tecrübeleri **Couplet**'ye borçluyuz.

Pitot (1695-1711) daha sonra kendi adıyla anılan ve dinamik basıncı ölçmeye yarayan Pito borusunu keşfetmiştir.

Aynı şekilde 18 inci asırda İtalya'da akımın $S^{1/2}$ (meylin kare kökü) ile orantılı olduğu bulunmuş ve Almanya'da **Brahms**, sürüntü maddesi hareketine ait ilk müşahedeleri yapmıştır.

1718-1789 aralarında yaşayan **Chezy** kanalların daha küçük modellerini yaparak, prototip kanalda akımın mahiyetini anlayabilmek için model üzerinde tecrübe yapmak fikrini ilk defa ortaya atmıştır.

Bugün, hidrolikte çok kullanılan formüllerden biri ilk defa onun tarafından ortaya atılmıştır.

Fakal model kelimesini bugün anladığımız mânada hidroliğe dahil eden ilk insan **John Smeaton** (1724-1792) dur.

«Su ve hava değirmenleri ile elde edilen tabii enerji ve diğer dönel hareketler hakkında, tecrübeye dayanan mülâhazalar» adlı eserinde şöyle demektedir : «Sizlere burada arzettiğim neticeler, önce küçük ölçekli modeller üzerinde yapılan tecrübelerden elde edilmişlerdir. İlmî araştırmalarda takip edilmesi icap edilen yol, benim kanaatimce bu olmalıdır. Ancak, bu halde model ile prototip arasındaki münasebetin tam olarak tarif edilmesi gerektir, aksi halde model üzerinde yapılacak tecrübeler bizi neticeye yaklaştıracığına, uzaklaştırır. Umumiyetle modellerden elde edilen neticelere güvenilebilir.»

Model tecrübeleri yardımıyla **Smeaton** güç, yük, sarfiyat ve hız arasındaki münasebeti bulmuştur.

Borda (1733-1799), muhtelif şekildeki cisimlerin su ve havaya göstermiş oldukları mukavemeti incelemiş, hazne içine dalmış borular halinde huzmenin büzülmesinin 0.50 oranında olduğunu ispat etmiş ve muhtemelen akışkanların hareketinde 2 g'nin oynadığı mühim rolü ilk defa farketmiştir.

Huzmelerin büzülmesi, kanal ve borulardaki sürtünme mukavemetleri, akar suya muhtelif şekildeki cisimlerin göstermiş oldukları mukavemet üzerinde tecrübeler yapan **Dubuat** (1734-1809)'nin sayesinde, bu genç ilim bir hayli ileri gitmiştir.

Woltman, Girard, Venturi, Prony, Eytelwein, Bidone, Weber, Burdin, Fournayron, Belanger ve Coriolis' 19 uncu asrın başında, hidroliğin tanınmış simaları olarak görüyoruz.

Bu devirde, gemi inşa mevzuunda birinciliği elinde tutan İngiltere'de **Russel** (1808-1887) ve **Reech** (1805-1880) en iyi gemi şeklini bulabilmek için bir seri tecrübe yapmışlardır. **Reech** şöyle diyor «Prototip gemilerin göstermiş oldukları mukavemeti, bunların daha küçük modellerinin göstermiş oldukları mukavemete göre önceden bilmek lazımdır! Eğer boylar arasındaki oran L ise, hızlar arasındaki oran $L^{1/2}$ ve kuvvetler arasındaki oran L^3 dür.»

Böylece daha sonra **Froude**'un benzeşim kanunları olarak bilinen bağıntılar, ilk defa olarak **Reech** tarafından verilmiştir.

Su ile tecrübeler yapan **Hagen** (1797-1884) ve aynı tecrübeleri cıva ile tekrarlayan **Poiseuille** (1799-1869) ilk defa türbülanslı ve laminar akımlardan bahsetmişlerdir. Her iki akımı gayet iyi inceleyip, tarif etmelerine rağmen, sarıh olarak, hangi şartlar altında husule geldiklerini söyleyememişlerdir.

Hidroliğin ilerlemesine âmil olan mühim isimlerden biri de **Weisbach** (1806-1871) olup, muhtelif sebepler ile yapmış olduğu tecrübelerde her bir hal için akım durumunu mükemmel bir şekilde tasvir etmiştir. Borulardaki yük kayıpları, savak formülleri ve muhtemelen **Bernoulli** denkleminin bugünkü şekli **Weisbach** tarafından verilmiştir.

Francis (1815-1892), türbinlerin randımanını yükseltmek için tecrübeler yapmış, **De Saint Venant** ve **Bresset** tedricen değişen akımları hesaplamak için metodlar vermişlerdir.

(1803-1858) aralarında yaşayan **Darcy** borularda ve geçirimli zeminlerde akım durumunu incelemiştir. Hidrolik yarıçapın ehemmiyetini ilk farkedendenlerden biri de gene **Darcy** olmuştur.

Du Boys bir akım tarafından taşınan sürüntü maddesi miktarı hakkında ilk formülü vermiştir.

19 uncu asrın ikinci kısmında, **Bazin, Ganguillet, Kutter, Gauckler** ve **Manning** sayesinde kanal ve borularda hızı veren **Chezy** formülü bugün kullandığımız şeklini almıştır.

Fargue 1875 senesinde **Garonne** nehrinin ıslahı esnasında vazetmiş olduğu kaideleri ispat için ilk defa hareketli yatağı olan bir model üzerinde tecrübeler yapmıştır.

Bugün çok iyi tanınan cam boru tecrübeleri ile **Reynolds** (1852-1921) türbülanslı akımın hangi şartlar altında husule geldiğini sarıh olarak tarif ve ifade etmiştir. Bu çok bilinen hizmetinden başka, kavitasyon hadisesine ilk ışığı tutan, distorsiyonlu modeller için benzeşim şartlarını ilk defa vazeden (**Liverpool** civarında **Mersey** nehrindeki med cezir hadisesini inceleyen tecrübeler) türbülanslı akımın iç mekanizmasını izah eden gene **Reynolds**'dur. Her biri yeni bir bilgi ihtiva eden takriben 70 kadar muhtıra yayınlamış olmasına rağmen, bu büyük adamın laboratuvarı olmadığı için ilk tecrübelerini, evinde mutfak ve banyoda yapmış olması zikre şayandır.

19 uncu asrın ortasında **Navier** (1785-1836) ve **Stokes** (1819-1903) sayesinde teorik hidrodinamik büyük bir hamle yapmıştır; böylece temel **Euler** denklemlerine, hakiki akışkanlarda mevcut sürtünmeyi de nazarı itibara alan yeni bir şekil verilmiştir. **Boussinesq** (1842-1929) birçok hidrolik problemlerini analitik ve tecrübi olarak incelemiş ve çözüm tarzlarını açıklamıştır.

20 nci asrın başına geldiğimiz zaman durum şu idi :

Bir tarafta **Euler** ve **Navier-Stokes** diferansiyel denklemler takımına istinad eden ve bunların integrasyonu, süreklilik prensibi ve sınır şartlarını nazarı itibara alarak herhangi bir akımı çözmek imkânını veren teorik hidromekanik :

Diğer tarafta ise akımın tek boyutlu olarak incelenmesi ve daha ziyade tecrübi-istatistik metodlar ile gelişmiş ve mevcut akışkanlar mekaniğinin % 95'ini teşkil eden tatbiki hidrolik.

Bundan önceki kısımlarda kısaca bahsedildiği gibi bu metod, denklem ve formüller son 150 senelik tekâmül neticesinde ortaya çıkmışlardır.

Bu iki grubun birbiriyle bağlantısı pek zayıf hattâ yoktu. Birçok su mühendisleri, tecrübelerine istinat ederek, tatbikatta rastlanan sınır şartlarının doğru bir şekilde hesaplara dahil edilemeyeceğini ileri sürerek, açıkça teorik metodları reddetmekteydiler.

Bu tarihlerde su mühendislerinin karşılaştıkları durumu şu misal sarıh olarak gösterebilir :

Meselâ, 1917 senelerinde köprü ayaklarından ileri gelen kabarmayı veren 26 formül mevcuttu. Hususiyeti olmıyan bir köprü için normal şartlar altında, bu formüller ile 0.03 m ile 0.83 m arasında değişen kabarmalar hesaplanmakta idi. Ortalama değer 0.27 m olup, bilâhare model üzerinde yapılan tecrübe hakiki kabarmanın 0.06 m olduğunu göstermişti. Dolayısıyla mühendislerin hidrolik formüllerine göstermiş oldukları alâka pek cüzi idi.

Bu durum karşısında, bazı mühendisler emin olmıyan formüller ile hesap yapmaktan ise, bilinmeyen değerleri, mevcut benzeşim şartlarından istifade ederek, yapılacak ufak ve ucuz modeller üzerinde ölçmek fikrini daha cazip buldular.

(1854-1945) aralarında yaşıyan **Engels** ilk defa, tamamen inşaat mühendisliği problemlerini halletme gayesiyle Dresden Yüksek Teknik Okulunda, 1898'de, bir hidrolik laboratuvarı kurdu. Bu laboratuvarın gayelerini şu veciz sözlerle ifade etmektedir: «Su mühendisliğinin, yaşama şartlarımızı tekâmül ettirmeye hizmet eden bir ilim haline gelmesi ancak model tecrübeciliği sayesinde mümkün olabilir. Bununla beraber tecrübeyi yapacak olana klavuzluk edecek gene teori olup, bunun pratik ile elele yürütülmesi lâzımdır. Münferit tecrübeleri birbirine bağlamak, bunlardan muteber ve umumî kanun veya kaideleri çıkarmak ancak teori sayesinde mümkündür.»

1899 da **Rehbock** (1864-1950) Karlsruhe Yüksek Teknik Okulundaki hidrolik kürsüsünü, bir hidrolik laboratuvarı kurmaları şartiyle kabul etti. Bu laboratuvar 1900 senesinde faaliyete geçti, 1903 senesinde Berlin'de **Krey**'in idaresinde bir üçüncüsü kuruldu. Ar-

tık, hidrolik üzerine yapılan araştırmaların, inşaat mühendisliğinin temel taşlarından biri olduğunu anlıyan memleket ve üniversiteler, birbiri ardından hidrolik laboratuvarları kurmaya başladılar.

Hidrolik laboratuvarlarının, teorik akışkanlar mekaniği ile pratik hidrolik arasında bir köprü vazifesi görmesi dolayısıyla, beraberce tekâmül eden bu iki grup bugün birbirini tamamlayan unsurlar haline gelmişlerdir.

1900 senesinden, yani hidrolik laboratuvarlarının kullanılmaya başlanmasından sonra, akışkanlar mekaniğinin gelişmesinde büyük rol oynıyanlar **Kaplan**, **Forchheimer**, **Parshall**, **Moody**, **Blasius**, **Nikuradse**, **Prasil**, **Riabouchinsky**, **Bakhmeteff** ve **Navier Stokes** ve **Reynolds** ile aynı hizaya konulması icap eden **Prandtl** ile **V. Karman**'dır.

Son elli sene içinde hidrodinamik bilgisi okadar ileri gitmiştir ki, bazı kısımları yeni sahalar olarak mütalâa edilmeğe başlanmıştır, ki bunlar da ballistik, meteoroloji, süpersonik aerodinamik, oseanografi ve jet hareketidir.

Hattâ, su mühendisliği dahi, birbirinden müstakil Sulama mühendisliği

Su kuvvetleri mühendisliği.

Hidrolik araştırma mühendisliği

bölümlerine parçalanmak üzeredir.

Diğer taraftan, sair sahalardan elde edilen bilgilerin hidroliğe büyük yardımları olmuştur. Aerodinamik şekillerin su makinalarına çok büyük tesiri olmuştur. İzotermal şebekeler ve sürtünmesiz akım ile elektrik akımı arasındaki benzerlikten istifade ederek bugün üç boyutlu akımlar çözülmektedir.

(Devamı Gelecek Sayıda)

TÜRKİYE MÜHENDİSLİK HABERLERİ

İNŞAAT VE MÜHENDİSLİK MEVZUUNDA
TEKNİK MAKALE, HABER VE İŞ İLANLARI
İLE SİZLERİ TATMİN EDEBİLECEK VE
İHTİYAÇLARINIZA CEVAP VEREBİLECEK
M E C M U A D İ R

Atatürk Bulvarı Ökmen Apt. No. 86/10 Ankara - Yenışehir Tel: 12 13 69