

## EDUARDO TORROJA MADALYASI BANA NEDEN VERİLDİ?

Prof. Dr. - Ing. İhsan MUNGAN

### GİRİŞ

Eduardo TORROJA Madalyasının 29 Eylül 2009 tarihinde bana verilmesi üzerine İnşaat Mühendisleri Odası Başkanı Sayın **Serdar HARP** ve İMO İstanbul Şubesi Başkanı Sayın **Cemal GÖKÇE** beni kutladılar ve bu önemli olayı Odamız üyelerine duyurmak üzere bir yazı hazırlamamı istediler. İnşaat mühendisliğinin yapı alanında verilen pek az sayıda uluslararası ödül vardır ve Torroja Madalyası da nispeten az sayıda verildiği için özellikle büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle Sayın meslektaşlarıma benim için de büyük bir sürpriz ve sadece kendim için değil Türkiye açısından da büyük önem taşıyan bu ödülün neden bana verildiğini belirten ve bu yıl ellincisini doldurmakta olduğum meslek hayatımda beni bu ödüle götüren uzun yolculuğu açıklayan bu yazıyı, özellikle kendilerine bilim yolunu seçmek isteyen genç meslektaşlarıma yararlı olacağını düşünerek, yazmaya karar verdim.

Halen 55 ülkeden 640 üyesi olan IASS "International Association for Shell and Spatial Structures (Uluslararası Kabuk ve Uzamsal Yapılar Derneği)" İspanyol bilim adamı ve 20. yüzyılın önde gelen yapı mühendislerinden Profesör Eduardo TORROJA'nın (1899-1961) öncülüğünde 1959 yılında Madrid'de kuruldu. Torroja, o yıllarda, tarafsızlık politikası izleyen bir ülkenin bilim adamı ve mühendisi olarak, soğuk savaşın en yoğun hissedildiği bir dönemde

bu dernek aracılığıyla, Batılı ülkelerin ve Doğu Bloku ülkelerinin kabuk yapılar konusunda bilimsel araştırma yapan bilim adamlarıyla, kabuk inşa eden mühendislerini ve mimarlarını dostluk ortamında bir araya getirerek bilgi ve deneyimlerini paylaşmalarını sağlamayı başardı. IASS'in 50 yıldır kabuk ve uzamsal yapılar konusunda her yıl farklı bir ülkede düzenlediği sempozyumlar, dünyanın en önde gelen kabuk ve uzamsal yapı tasarımcısı mimarlar ile bu tür yapılarla ilgili bilimsel araştırma yapan yapı mühendislerini bir araya getirmektedir.

Verilmesine 1974 yılında başlanan TORROJA MADALYASI bu yıla kadar geçen 35 yılda sadece 12 yapı mühendisi ve bilim adamına verildi: Arendt HAAS, Hollanda (1974); Yoshikatsu TSUBOI, Japonya (1976); Florencio del POZO, İspanya (1979); Andre PADUART, Belçika (1984); Rafael Lopez PALANCO, İspanya (1988); Herman RÜHLE, Doğu Almanya (1990); Stefan J. MEDWADOWSKI, ABD (1991); Alexander SCORDELIS, A.B.D. (1994); Heinz ISLER, İsviçre (1996); Gian Carlo GIULIANI, İtalya (1999); Mamoru KAWAGUCHI, Japonya (2001) ve Jörg SCHLAICH, Almanya (2004). IASS'nin Yönetim Kurulu, madalyanın en az üç önde gelen Dernek üyesi tarafından önerilen adaylardan kime verileceğini iki kriteri göz önünde bulundurarak karara bağlamaktadır. Bu ödülün bana verilmesine karar veren IASS Yönetim Kurulu'nun, Prof. John ABEL (ABD) Başkan

olmak üzere, toplam 23 üyesi vardır ve üyelerin ülkelere göre dağılımı şöyledir: ABD (3), Almanya (1), Çin (2), Danimarka (1), Fransa (1), İspanya (4), İngiltere (2), Japonya (4), Kanada (1), Kore (1), Macaristan (1), Meksika (1), Tayvan (1). Madalyaya ek olarak verilen, IASS Dernek Başkanının ve Sekreterinin imzalarını taşıyan İngilizce beratta, Madalyanın bana 'Betonarme soğutma kulelerinin bilimsel yönden araştırılmasında ve tasarımındaki "fevkalade (outstanding) ve üstün (distinguished) katkılarım" ile Derneğe yaptığım "müstesna (exceptional)" hizmet nedeniyle verildiği belirtilmektedir. Bu nedenle yazımda bu 'katkılarım' ve 'hizmetim' ne ve nasıl mümkün olduğunu, gerektiği için özgeçmişime de atıfta bulunarak, en kısa şekilde açıklamak istiyorum.

### BİLİMSEL ARAŞTIRMALARIMIN ARKA PLANI

1936 yılında Mardin'de doğdum. İlk ve ortaokulu Diyarbakır'da, liseyi İstanbul Erkek Lisesi'nde okudum. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'ne 1954 yılında ön sıralarda dereceyle girdim ve Betonarme kolundan 1959 yılında yine ön sıralarda bir dereceyle mezun oldum. Liseyi dönem birincisi olarak bitirmiş olduğum için, Fakülteyi de üstün başarı ile bitirince, İstanbul Erkek Liseliler Derneği bana yurt dışına giderek bilgimi arttırmak üzere bir yıl süreli karşılıksız bir burs verdi. O yıllarda kabuk yapılar Avrupa'da, özellikle Almanya'da çok rağbette olduğu



ve büyük açıklıklı yapılarda tercih edildiği için, Almanya'ya gitmeye ve orada Betonarme Kabuklar konusunda kendimi yetiştirmeye, maddi imkan bulursam da doktora yapmaya karar verdim. Mühendislik eğitimini Berlin Teknik Üniversitesi'nde yapmış ve Prof. Dr. DISCHINGER'in (1887-1953) öğrencisi olan, Betonarme Köprüler dersini aldığım rahmetli hocam Prof. Yusuf BERDAN'dan, Almanya'da kabuklar konusunda bilgi sahibi olmak üzere yanına gidebileceğim bir Profesör konusunda tavsiye ve destek rica ettim. Berdan Hocam bana yörel aksansı olmayan bir Almanca öğrenmem için Hannover'e gitmemi tavsiye etti. Hannover Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Statik ve Betonarme Kürsüsü Başkanı Prof. Dr. Georg KNITTEL'in yakın arkadaşı ve yardımsever olduğunu, ona yazarsa bana her türlü desteği vereceğinden emin olduğunu söyledi.

Almanya'ya gidince başlangıç için Hannover Teknik Üniversitesi'ne gitmemin, sadece dil bakımından değil, Kabuk Teorisi bakımından da en isabetli seçim olduğunu gördüm. Orada kabuk dersleri hem Almanya'nın kabuklar konusunda en önde gelen teorisyeni ve

Betonarme Kürsüsü Başkanı Prof. Dr. Wolfgang ZERNA tarafından, hem de Statik Kürsüsünde Zerna'nın doktora hocası olan Prof. Dr. Alf PFLÜGER tarafından veriliyordu. Prof. Pflüger inşaat mühendisi değil, uçak mühendisiydi. Kabuk derslerini, kabuk davranışını da açıklayarak, alışlagelmiş yöntemle anlatıyordu ve derslerinde değişik formlardaki kabukların mekanik yönden özelliklerini açıklayıp yorumluyordu. Harpte esir düştüğü İngiltere'de esaret yıllarını matematikçi A. E. GREEN ile birlikte Elastisite Teorisi ve Kabuk Teorisi alanında çalışarak geçirmiş olan eski öğrencisi Prof. Zerna ise kabuk teorisini Diferansiyel Geometriyi ve Tansör Cebirini kullanarak tamamen matematiksel olarak anlatıyordu. Zerna'nın derslerini daha iyi anlayabilmek için matematik bölümünün ilgili bazı derslerine de girdim. Bir taraftan da Almanca'yı hızla öğrenmek için Türkiye'de okutulmayan 'Öngerilmeli Betonarme (Spannbeton)' konusundaki kitapları okuyor ve haftada 500 yeni Almanca kelimeyi lugatları da kullanarak, öğreniyordum. Bu şekilde Hannover Teknik Üniversitesi'nde kendimi Almanca ve kabuk teorisinde en mükemmel şekilde donattıktan

sonra, bir inşaat mühendisi olarak, kabukların meslekte uygulanmasıyla ilgili bilgi ve deneyim edinmek istiyordum. Prof. Knittel'den bu hususta yardım rica ettim. Prof. Knittel sömestr tatillerinde o yıllarda kabuk inşaat alanında Almanya'nın bir numaralı firması olan Dyckerhoff & Widmann Firmasının Düsseldorf bürosunda çalışmamı sağladı. Orada bana öncelikle 'shed' tipi betonarme çatıların ve öngerilmeli silindirik depoların hesaplanmasının yanı sıra Dortmund kent tiyatrosunun sadece dört noktaya oturan kabuk strüktürünün avan projesinin hazırlanmasına yönelik ön hesapların yapılmasında görev verildi. Sömestr tatili bitince büro şefi Dr. SCHMITZ'in bütün ısrarlarına rağmen orda kalmak istemedim ve Hannover'e döndüm. Çünkü hedefim Münih'te Betonarme Kürsüsü Başkanı Prof. Dr. Hubert RÜSCH'ün yönetiminde betonarme kabuklar konusunda doktora yapmaktı.

Prof. Rüsç'ü seçmemin nedeni onun 1930'lu yıllarda Almanya'da kabuk teorisi ve uygulaması konusunda en önde gelen beş mühendisten birisi olmasıydı: Franz DISCHINGER (1887-1953), Ulrich FINSTERWALDER (1897-1988), Hubert RÜSCH (1903-1979), Anton TEDESCO (1903-1994) ve Wilhelm FLÜGGE (1904-1990). Bu mühendislerin hepsi Dyckerhoff & Widmann Firmasında yetişmişti. Dr. Finsterwalder üniversite hocası olmayıp firmada çalışmaya devam ettiği için doktora yaptırılmazdı. Dr. Tedesco ise A.B.D.'de yaşıyordu ve orada betonarme kabuk inşaatını tanıtan ve yerleştiren mühendis olarak Almanya'daki deneyimlerini Amerikalılara aktarıyordu. Prof. Flügge ise Stanford Üniversitesi'nde hocalık yapıyordu. Oradayken yazdığı 'Statik und Dynamik der Schalen' isimli eser 1960'lı yıllarda

'Stresses in Shells' adıyla İngilizce olarak yayımlandı. Bu kitap burkulma dahil, kabukların bütün problemlerini kapsayan eşsiz bir başucu kitabıdır. Dolayısıyla bu 5 Alman kabuk inşaat uzmanından sadece Prof. Rüşch bana doktora yaptırabilirdi. Prof. Rüşch tarafından doktora öğrenciliğine, hele de kabuk alanında kabul edilmek son derece zordu. Bu konuda da Prof. Knittel'in bana büyük bir yardımı oldu. Kendisi de doktorasını Prof. Rüşch'ün yanında 1949 yılında silindirik kabuklar üzerine yapmıştı ve beni ona tavsiye etti. Rüşch önce beni kabul etmek istemedi. Bunun üzerine Prof. Knittel benim 22-24 Mart 1961 günlerinde Berlin'de yapılacak olan ve 'Betontag 1961' diye adlandırılan Alman Beton Kongresi'ne katılmamı istedi. Beni orada Prof. Rüşch'le tanıştıracaktı. Kongrenin ana konusu Almanların bizdeki TS500'ün karşılığı olan DIN 1045'in taşıma gücü yöntemine göre yeniden hazırlanması alanında yapılmış olan bilimsel araştırmaların ve taslak halindeki DIN 1045'in tanıtılarak tartışılmasıydı. Bu nedenle Kongreye katılımcı sayısı 1000 civarındaydı, Almanya'nın en önde gelen öğretim üyeleri ile inşaat firmalarının temsilcileri oradaydı. Prof. Rüşch DIN 1045'in girişlerin eğilmeye karşı tasarımı ve hesabıyla ilgili en önemli bölümünü hazırlamakta olduğu için kongrenin odak noktasıydı ve herkes onun etrafındaydı, onunla görüşmeye çalışıyordu. Yine böyle etrafının çevrili olduğu bir sırada Prof. Knittel bir suskunluk anını değerlendirdi ve "benim size bahsettiğim ve sizde doktora yapmak isteyen Türk genci bu" diyerek araya girdi. Prof. Rüşch bana baktı ve "Siz ben de ne kadar süre kalmak istiyorsunuz?" diye sordu. Almanya'ya gitmeden önce rahmetli hocam Prof. Dr. Kemal ÖZDEN'e "Almanya'da doktora kaç yılda yapılır?" diye sormuştum ve

o da bana "Almanya'da minimum süre yoktur, bir senede bile yapabilirsiniz" demişti. O söz hatırıma geldi ve hemen "bir yıl" diye cevap verdim. Hiçbir şey söylemedi sadece hafifçe gülümsedi. Münih'e dönünce Prof. Knittel'e telefon etmiş ve "Herr Mungan laboratuvarımda 650 DM maaşla 16 Nisan'dan itibaren çalışmaya başlayabilir, ancak çalışma alanı şimdilik verev plak köprüler olacak" demiş. Bu gün bile plakları tekdüze bulduğum ve sevmediğim halde, 16 Nisan 1961 günü Prof. Rüşch'ün yönetimindeki 'Materialprüfungsamt für das Bauwesen (İnşaat Mühendisliği Malzeme Deneme Dairesi)' diye adlandırılan, her branştan yaklaşık 40 mühendisin araştırma yaptığı laboratuvarında çalışmaya başladım.

Prof. Rüşch ile doktora yapmamla ilgili ilk görüşmem benim için düş kırıcı oldu. Prof. Rüşch bana "Almanya'da doktora öğrencisi tez konusunu kendisi arar, bulur. Dolayısıyla siz bana bir konu bulduğunuzda gelin" dedi. Zaman geçiyordu ve ben uygulamaya yönelik, araştırılmamış bir konu yakalamaya çalışıyordum. Aradan 6 ay kadar geçti, derken Prof. Rüşch betonarme kabuklarla ilgili bir konunun acilen sistematik olarak incelenmesini bizzat kendisi ister duruma geldi. Bir gün beni odasına çağırdı ve bana hazırlamış olduğu sadece 3 sayfalık bilirkışı raporunun pelür kağıdı kopyasını verdi ve "Herr Mungan, bu raporu okuduktan sonra bana gelin görüşelim" dedi. Odama gidince hemen raporu okudum ve hayran kaldım. Bunun için de raporu defalarca tekrar tekrar okudum. Rapor Selanik'te inşa edilecek olan 73m çapındaki bir spor salonunun üstünü örtecek olan 80m yarıçaplı küre kapağı şeklindeki basık bir betonarme kabuğun tasarımıyla ilgiliydi ve kendisinden, kabuğun

burkulma güvenliğinden akustiğine kadar varan 5 farklı soruya yanıt vermesi isteniyordu. Prof. Rüşch'ün rapora yansıyan bilgi birikimine, deneyimine, mantığına ve irdelemelerine hayran kalmıştım (izniyle bu raporun tümünü defterime yazdım ve rapor hala arşivimdedir). Örneğin, çok basit formül ve hesaplarla kabuğun burkulmasını, betonun krip ve sünmesini de göz önünde bulundurarak, irdeliyordu ve kabuk kalınlığının onların yapmak istediği gibi 10cm değil en az 13cm olması gerektiği sonucuna varıyordu. Kendisine tekrar gittiğimde "Herr Mungan, raporumu okudunuz ve teoriye dayanarak hesaplanan kabuk burkulma yükleri ile deneylerde ölçülen burkulma yükleri arasında 20-kata varan farklılıklar olduğunu belirttiğimi gördünüz. Herkes farklı bir sonuç buluyor ve bu sonuçlar maalesef yayımlanarak literatürde yer alıyor. Bu böyle devam edemez. Kabukların burkulma probleminin acilen sistematik olarak çözülmesi gerekiyor. Bunun son derece güç bir problem olduğunun bilincindeyim" dedikten sonra "siz doktoranızı bu konuda yapmak ister misiniz?" diye sordu. "Hayır" deme lüksüm yoktu. "Sizin sadece teorik bir çalışma yapıp bu güne kadar yayımlanmış onlarca değere bir yenisini katmanızı kabul edemem. Ayrıca çok sayıda deneyler yapmanız gerekecek ve eğer siz teorik yoldan bulacağınız değerleri yapacağınız deneylerle doğrularsanız ben ancak o zaman sizin değerlerinize inanabilirim. Deney ise para demektir, çok deney de çok para demektir. Şu halde derhal kabuk burkulması konusunda bir araştırma projesi hazırlayacaksınız. Ben bu projeyi 'Deutsche Forschungsgemeinschaft (Alman Bilimsel Araştırma Kurumu)'na sunacağım. Projenizin onaylanması için çok iyi

*gereçlendirilmiş ve hazırlanmış olması gerekiyor. Çünkü kabuk burkulması problemi öncelikle Üniversitelerin Çelik İnşaat Kürsüleri ile Almanya'da Amerika'daki NASA'ya karşı gelen Havacılık ve Uzay Araştırmaları yapan birimlerin ilgi alanı içindedir, dolayısıyla da projeyi değerlendirecek hakemler o alandan seçilecektir. Yani işiniz bir hayli zor”* dedikten sonra yakın arkadaşı olan tanınmış İspanyol Profesör Eduardo TORROJA'nın Madrid'deki laboratuvarında mikrobeton kabuk modeller üzerinde bazı burkulma deneyleri yapmış olduğunu da ekledi.

### EDUARDO TORROJA MADALYASININ VERİLMESİNİN BİLİMSEL NEDENİ

#### 1961-1965: MÜNİH DÖNEMİ

“Dönel Kabukların İki Eksenli Değişik Asal Gerilme Konumları Göz Önünde Tutularak Burkulması” başlığını taşıyan araştırma projem 1962 yılının başlarında onaylandı. Projeyi hazırlamak için kabuk burkulması konusunda yazılmış makaleler için bütün Alman dergilerinin yanısıra, ABD’de NASA tarafından ayrıca da SSCB’de yapılmış olan yayınları taradım. Projem Silindirik kabuklar ile Gauss Eğriliği positif olan eliptik dönel kabuklarla sınırlanmıştı. Araştırma projem kabuk burkulması problemine o güne kadar denenmemiş yeni bir anlayış ve yaklaşım getiriyordu. Betonarme kabuklar için geliştirdiğim bu deneysel yaklaşımın ana fikri ve değişik parametreler bakımından konsepti aşağıdaki gibidir:

- Burkulma sonrasının (post-buckling) değil, primer lokal burkulmanın araştırılması (ilk burkulma çöküntüsünün oluşumunun incelenmesi)

- Deneylerin herkesin yaptığı gibi deformasyon değil ‘yük kontrolü’ altında yapılması  
- Deneylerde Liapunov’un stabilite tanımı gereği modellere küçük bir dinamik pertürbasyon uygulanması  
- Değişik modellerdeki şekil hatalarının etkisini en aza indirmek için değişik asal gerilme konumları için aynı modelin kullanılması, bunun için de deneylerde model malzemesinin elastik sınırının aşılması  
- Burkulma konumları için boyutsuz etkileşim diyagramlarının elde edilmesi  
- Deneylere paralel olarak numerik hesapların yapılması  
- Projenin sonucu olarak incelenen kabuk geometrileri için, kolonlar için geçerli olan Euler Burkulma Formülüne karşı gelecek ‘Burkulmaya Yol Açan İki Eksenli Gerilme Konumlarını Veren Formül ve Denklemleri Geliştirmek’

Örneğin, ilk üç fikir sayesinde silindirik kabuklarda sadece meridyen doğrultusunda gerilmeye yol açan aksenal basınç altında yapılan deneylerde ölçülen burkulma gerilmelerindeki dispersiyon (deney sonuçlarındaki büyük sapmalar) kontrol altına alınabildi. ‘Uluslararası Onbirinci Uygulamalı Mekanik Kongresi’ 30 Ağustos-5 Eylül 1984 tarihleri arasında Münih’te yapıldı. Kongreye katıldım ve o kongreye katılmış olan, kabuk burkulması konusunda çalıştıklarını incelediğim kaynaklardan bildiğim bütün Alman, Amerikan ve Rus bilginlerine deneylerimi anlattım ve eğer deneyleri nasıl yaptığımı görmek isterlerse benimle laboratuvara gelebileceklerini söyledim. Hepsi geldiler. Deneylerimde burkulma olayının nasıl geliştiğini hem doğrudan hem de ölçmelere dayanarak onlara gösterip açıklıyordum. Bu bilim adamlarının hepsi Hava ve Uzay Araştırmaları

alanında çalıştıkları için onların araştırdıkları kabuklarda yarıçapın kabuk kalınlığına oranı 2000 civarındadır. İnşaat mühendisliğindeki kabuklarda ise bu oran en fazla 200 civarındadır. Dolayısıyla onlar için kalınlığın on katı büyüklüğünde olabilen geometri hataları önem taşımadığından (inşaat mühendisliğinde 12cm kalınlıktaki bir kabuk için ancak 2cm civarında bir şekil hatası tolere edilebilir), dolayısıyla da ilk burkulmadan sonraki denge konumları (post-buckling range) büyük önem taşıırken, betonarme kabukta ilk çöküntünün (dimple) oluşumu kabuğun oluşan eğilme momentleri nedeniyle taşıma gücünün erişilmesine yol açar. Misafirlerim deneylerime önce çok şaşırırdılar, hatta şoke oldular diyebilirim. Ancak inşaat mühendisliğinde kullandığımız betonarme kabuklar yönünden tasarım kriterlerini ve buna dayanan burkulma konseptimi yukarıdaki gibi kendilerine açıklayınca hayretleri beğeniye dönüştü. Doktoramı 1965 yılı Ocak ayında “Mit Auszeichnung bestanden (müstesna başarı)” notuyla tamamladım. Prof. Rüsç sonuçtan son derece memnun kaldı. Almanya’da doktora çalışmaları zaten kitap halinde yayımlandıkları halde, benden çalışmamın özünü ayrıca makale halinde yayımlamamı istedi ve kabuk burkulması konusunda çalışmaya devam etmemi arzuladığını belirtti. Ancak 1985 yılının Mayıs ayında askerlik yapmak üzere Türkiye’ye dönmem gerekiyordu. 1971 yılının Mayıs ayına kadar Türkiye’de Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde Yardımcı Doçent olarak 15 değişik dersi İngilizce olarak hazırlayıp vermek zorunda bırakıldığımdan, ayrıca da Türkiye’de kabuk burkulmasına karşı ilgi duyulmadığından Prof. Rüsç’ün beklentisini o yıllarda yerine getiremedim. Bunu ancak

1971'den sonra yine Almanya'da gerçekleştirebilecektim.

### 1971-1985 BOCHUM DÖNEMİ

İngiltere'nin Ferrybridge kasabasında bulunan 2000 MW gücündeki elektrik santralının 108m yüksekliğindeki 8 betonarme soğutma kulesinden üçü 01 Kasım 1965 günü bir 'orkan (rüzgar fırtınası)' sırasında çökerken görenlerin anlattıkları ve çekilen resimler bu çökmenin kabukların burkulması sonucu olduğunu açık olarak gösteriyordu. Yıkılmanın sebeplerini ortaya koymak üzere bir taraftan bir komisyon kurulurken bir taraftan da bu defa Gauss Eğriliği negatif olan hiperbolik kabukların burkulmasının incelenmesine başlandı. Aynı yıl Almanya'nın 103m yüksekliğindeki ilk betonarme soğutma kulesi inşa edilmişti ve bunu daha pek çok sayıda soğutma kulesi izleyecekti. Bu nedenle hiperbolik kabukların burkulma probleminin en kısa zamanda çözülmesi büyük önem taşıyordu. Almanya'da soğutma kulelerinin hesap ve tasarımı için öncelikle Hannover Teknik Üniversitesinde Prof. Zerna ve ekibine başvuruluyordu. Prof. Zerna'nın Türk yardımcılarından yana büyük bir şansı vardı. Jeoloji hocam Prof. Malik SAYAR'ın oğlu, 1954 İTÜ İnşaat Fakültesi mezunu Kaya Sayar, 1961 yılında onunla Negatif Gauss Eğrilikli kabukların 'Karakteristikler Yöntemi' ile membran teorisinin çözümü konusunda 'Mit Auszeichnung bestanden' ile değerlendirilen bir doktora yapmıştı, 2-3 yıl sonra da Talat KORMAN ve rahmetli Yavuz BAŞAR kabukların genel eğilme teorisi konusunda doktora çalışması yapmıştı. Dolayısıyla burkulma problemi dışında soğutma kulesi kabuklarının tasarım ve hesaplanmalarında bir güçlük kalmamıştı. 1966 yılında Prof.

Zerna Bochum'da kurulmakta olan Ruhr-Üniversitesi'nde 'Yapı Mühendisliği Enstitüsü'nün kurulmasıyla görevlendirildi ve Yavuz Başar dahil, Hannover'deki asistanlarının bir kısmını yanına alarak Bochum Ruhr-Üniversitesi'ne geçti. Prof. Zerna ve ekibi benim doktoramı biliyorlardı ve bana Ankara'ya yazarak benden bir nüshasını istediler. Gönderdim. 1968-1971 arasında ODTÜ'de eğitim-öğretim ve araştırma boykotları nedeniyle sürekli kesiliyordu. Benim ise Doçent olabilmem için bilimsel araştırma ve yayın yapmam gerekiyordu. Bu nedenle Prof. Zerna'ya 1-2 yıllığına araştırma yapmak üzere Bochum Ruhr-Üniversitesi'ne gelmek istediğimi yazdım. Bana "hemen gelebilirsiniz ve size şimdilik 'Kaynar Su Nükleer Reaktörleri' ile ilgili dinamik bir problemin araştırılması projesinden 2500 DM civarında maaş verebilirim. Ancak sizden bize öncelikle soğutma kulelerinin burkulmasıyla ilgili araştırma projesinde yardımcı olmanızı bekleyeceğiz" diye yanıt verdi.

Bochum'da işim Münih'e göre çok kolaydı. Yapacağım araştırmanın konsepti ve deneylerin yapılması Münih'tekininki aynıydı. Sadece kabuk modelleri hiperboloid şeklinde olacaktı. Bochum'daki ekip bu geometrideki modelleri

istenilen mükemmeliyette imal edememişlerdi ve yaptıkları araştırmalardan sonra imal edilemeyeceklerine inanıyorlardı. Prof. Zerna bana Hollanda'nın Delft Üniversitesi'nde bir deney makinesi olduğunu ve 100.000 DM fiyatla bu cihazı vakit kaybetmemek için alabileceğimizi söyledi. "Cihazı incelemeden almayalım" diyerek Delft Üniversitesi'ne gittim ve cihazın amacımıza hiç uygun olmadığını yaptığım basit bir burkulma hesabıyla gösteren bir rapor halinde Prof. Zerna'ya bildirdim. Çok şaşırdı, çünkü Hollandalı meslektaşına ona cihazı çok methetmişti ve o da "peki alınız" demişti. Raporum üzerine Prof. Zerna Delft'teki meslektaşına telefon etti ve durumu bildirdi. Hollanda'nın yanıtı "Size cihazı bedava vereceğiz, alabilirsiniz" oldu. Tabii cihazı yine istemedim. Bu arada Münih'teki doktoramın konseptini ve sonuçlarını açıklayan bir makaleyi Amerikan İnşaat Mühendislerinin organı olan 'ASCE Journal of the Structural Division' dergisine gönderdim. Makale derhal yayımlandı. Bir Alman dergisi yerine ASCE dergisini seçmemin sebebi o yıllarda Amerikalıların soğutma kuleleri konusunda dünyada lider durumunda olması ve bu nedenle soğutma kuleleri alanında yapacağım araştırmaların sonuçlarını da onlarla aynı dergide



yayımlamak istememdi. Daha sonra 20 civarında makalemin yayımlandığı ASCE dergilerine doktora çalışmamla ilk adımımı atmış oluyordum.

İmal edilemez denen hiperboloid formundaki soğutma kulesi modellerini hızla ve çok büyük bir prezisyonla ve yeterli sayıda imal ettikten sonra sadece iki yıl içinde hiperboloidlar için burkulma gerilme konumlarının veren etkileşim diyagramlarını hem hesap yoluyla hem de deneysel olarak elde ettik. Geliştirdiğim yeni formüllere göre kabuk kalınlığını eski tasarım yöntemine göre çok daha gerçekçi olarak hesaplamak mümkün oluyordu ve soğutma kulesinde kullanılacak beton hacminde önemli bir azalma sağlanıyordu. Almanya'da bu yöntem derhal uygulanmaya başladı ve 1977 yılında yüksekliği 162m olan bir soğutma kulesi Mülheim-Kärlich elektrik santralinde inşa edildi. Bu şekilde Amerikalıların o yıla kadar inşa edebilmiş oldukları soğutma kulelerinden daha büyük bir kule inşa edilmiş oldu ve bu alandaki liderlik Almanlara geçti. Fransızlar da Bochum'a gelerek bana yöntemi açıklattılar ve onlar da yöntemi hemen uygulamaya başladılar ve birkaç yıl sonra Golfch nükleer santrali için 178,5m yüksekliğindeki soğutma kulesini inşa ettiler.

Yöntemimi açıklayan makalemi ASCE'nin dergisinde yayımlanmak üzere gönderdim, ancak makalemin yayımlanması, daha sonra çok yakın dost olduğumuz Amerikalı meslektaşlarım tarafından engellenmeye çalışıldı ve ben hakemlerin bütün eleştirilerinin geçersiz olduğunu kanıtlama durumunda bırakıldım. Makalem bu şekilde ancak geciktirilmiş oldu, sonunda ASCE Journal of the Structural Division, 1976 yılı Ekim ayı sayısında yayımlandı. Makale

soğutma kulesi tasarımı yapan mühendislerde ve inşaat firmalarında 'bomba' etkisi yaptı ve büyük bir ilgi gördü. Amerikalılar da dahil, konuyu doğru anlayanlar bana tebrik mektupları (o yıllarda internet yoktu) gönderdiler. Amerikan İnşaat Mühendisleri Odası'nın 1978 yılında yaptığı kongrede bir oturum soğutma kulelerine ayrılmıştı ve ben o kongreye araştırmalarımı anlatmak üzere davet edildim. Orada iki bildiri sundum ve soğutma kulelerinin halkalar yardımıyla rijitlendirilmesi konusundaki en son araştırmalarımı da anlattım. Bu konu hasar görmüş soğutma kulelerinin güçlendirilmesi yönünden de önem taşıyordu ve Amerika'da bitmek üzereyken vinç devrilmesi sonucu hasar görmüş Port Gibson, Mississippi Grand Gulf nükleer santralının soğutma kulesi tamamen yıkmayı düşünüyorlardı. Onlara yıkmamalarını ve rijitlendirme halkaları ekleyerek burkulma direncinin arttırılabileceğini izah ettim. Tavsiyeme uydular. Chicago'da herkes "*Bochum Group is number one!*" diyordu. Bu araştırmalarım Türkiye'ye döndüğüm 1985 yılına kadar sürdü. Kendi doktora çalışmama ve yaklaşık 10 Alman asistanın doktora tezlerinin sonuçlarına dayandığı için, toplamda yaklaşık 50 (yıl.adam) sürdürdüğünü varsayabileceğimiz bu araştırmalar 1987 yılında ABD'de yayımlanan 'Civil Engineering Practice (İnşaat Mühendisliği Uygulamaları)' adlı kitabın editörü tarafından aldığım davet üzerine 'Wind-Buckling Approach for R/C Cooling Towers (Betonarme Kabukların Rüzgar Yüğü Altında Burkulması için bir Yaklaşım)' başlığı altında özetlendi. Betonarme soğutma kulelerinin tasarımı ile ilgili olarak geliştirdiğim formüller, başta Almanya ve Fransa olmak üzere, birçok ülkenin ilgili yönetmeliklerinde yer almakta ve

35 yıldan beri bütün ülkelerde kullanılmakta olup günümüzde çapı 150 metreye, yüksekliği 200 metreye ulaşmış olan bu kulelerin, ekonomik olarak sadece 20cm kalınlıkta inşa edilmelerini mümkün kılmaktadır.

### TORROJA MADALYASININ VERİLMESİNDE IASS DERNEĞİNE HİZMET BOYUTU

- IASS'in soğutma kulelerinin tasarımıyla ilgili rehberinin (1977) hazırlanmasına olan katkı
- 1982 yılından başlayarak 21 yıl IASS Yönetim Kurulunda görev yapmam
- 2000-2003 yılları arasında Başkan Yardımcılığı görevini üstlenmem
- Derneğin değişik Çalışma Gruplarında hala aktif görev yapıyor olmam
- Yayın Kurulunda üye olmam
- Kabuk ve Uzamsal Yapıların son 50 yıldaki gelişmesi konusunda hazırlanmakta olan 'IASS 50.Yıl Jübile Kitabı'nın editörlüğü
- 1988-2009 yılları arasında IASS ile birlikte Almanya'da 2, Türkiye'de 5 uluslararası sempozyum düzenlemiş olmam.

Madalya bana IASS'nin 28 Eylül-02 Ekim 2009 tarihlerinde İspanya'nın Valencia kentinde yapılan 50. Yıl Jübile Sempozyumu sırasında törenle verildi ve bu törende "*A Conceptual Approach to Shell Buckling With Emphasis on Reinforced Concrete Shells*" başlıklı konferansımın kabuk yapıların burkulması alanında yapmış olduğum bilimsel araştırmaların yukarıda açıkladığım arka planını ve dayanağını oluşturan kendi özgün konseptimi açıkladım. Teşekkür ederken de önce bana Matematik, Teknik Mekani ve Statik alanlarında çok güçlü bir temel eğitim veren İstanbul Teknik Üniversitesindeki hepsi vefat etmiş değerli hocalarıma teşekkür ettim.