

KİŞİSEL BİLGİSAYAR İLE ÇERÇEVE OYUNU

1. GİRİŞ

Cengiz DÜNDAR *, Erhan KIRAL **

Yönetmelikler giderek yapı analizinde binayı parçalara ayırmadan çerçeve şeklinde çözümleme eğilimi göstermektedir. Örneğin TS 500 Mart 1982, "Betonarme yapının hesap ve yapım kuralları", baskısında eşdeğer çerçeve yöntemi genel bir yöntem olarak önerilmektedir⁽¹⁾. Ayrıca yapının düğüm noktalarının hareket ettiği bir yükleme durumunda (rüzgâr ve deprem gibi) çerçeveleri parçalara ayırmak mümkün olamamaktadır. Ne var ki çerçeveyi tüm olarak ele alan çözüm yöntemleri elle yapıldığında yorucu ve zaman alıcıdır. Bu nedenle uygulamada dizayn edilerek kat, kolonlarının alt ve üst katlara birleştikleri yerden kesilerek çıkartılır ve kolon uçlarında ankastre olduğu kabul edilir⁽²⁾. Böylece tüm çerçeve alt çerçevelere indirginmiş olmaktadır. Diğer taraftan rüzgâr ve deprem yükleri etkileri altında bir yapının düğüm noktaları hareketli olacağından alt çerçevelere ayırma yöntemi gerçekçi olmayacaktır. Bu durumlar için Muto, Smith, Portal v.b. yaklaşık yöntemler geliştirilmiştir. Diğer bir hususta düşey yükler altında çerçevelerin düğüm noktalarının yer değiştirme yapmayacağı kabulü ile hesaplar yürütülmekte ve böylece çözüm elle yapılabilir bir kolaylığa getirilmektedir. Yükler düşey olmasına rağmen açıklıklar birbirinden çok farklı olduğunda bu yaklaşımın sonuçları gerçeğe yakın olmaktadır.

Günümüzde kişisel (mikro) bilgisayar yardımı ile keyfi yükler altında çerçevelerin kesin çözümü otomatik olarak yapılabilmesine göre (bu amaç için 48k yeterli olmaktadır.) aşağıda yaklaşık yöntemler özel bir örnek üzerinde kesin çözümle karşılaştırılacaktır.

2. TÜM VE ALT ÇERÇEVE (DÜĞÜM NOKTALARI SABİT)

Kişisel bilgisayarların mevcut olmadığı yakın zaman öncesine kadar çerçeve çözümleri her zaman yorucu olmuştur. Bu nedenle uygulamada mümkün mertebe az sayıda da çerçeve hesabına yönelinilmekte veya çerçeveler par-

çalanarak alt çerçeveler ele alınıp çözüm yapılmaktadır⁽³⁾. Şekil 1 de verilen çerçeveyi göz önüne alalım. Çerçeve şekil 2 de görüldüğü gibi alt çerçevelere ayırarak yapılacak yaklaşık yöntemle karşılaştırılacağından düğüm noktalarının yer değiştirme yapmadığı varsayılmaktadır. Deplasman yöntemi^(4,5) ile Basic dilinde hazırladığımız genel bir program ile tüm ve alt çerçeveler verilen düşey yükler altında çözülerek kolon ve kirişlerin uç momentleri hesaplanmış olup Tablo 1-5 de verilmektedir. * Çözüm bilgisayar programının verdiği kolaylıkla üç yükleme durumu için bir defada elde edilebilmiştir. Tabloların incelenmesinden aşağıdaki gözlemler çıkarılabilir: (i) Açıklık momentleri beklenildiği gibi o açıklığın toplam yük, komşu açıklığın ölü yük ile yüklendiği zaman meydana geldiği (ii) Tüm açıklığın toplam yükü yüklendiğinde kiriş uç momentlerinin en büyük değeri aldığı (iii) moment sıfır noktalarının kolonlarda yaklaşık olarak orta noktalarda oluşmasına rağmen bu durumun zemin kat kolonlarında bozulduğu (iv) Kolon uç momentleri alt çerçevelere bölerek elde edilen sonuçlarla tüm çerçeve için elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında zemin kattan üst katlara doğru gidildikçe farkın önemli ölçüde arttığı ancak kiriş uç momentlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Uygulamada alt çerçevelere ayırmanın yakında tek kademeli Cross yöntemi kullanılarak çözüme ikinci bir yaklaşıklık getirildiği unutulmamalıdır (Biro yöntemi). Ayrıca düğüm noktalarının sabit olduğu varsayımında gerçeğe uygun olmamaktadır.

3. TÜM ÇERÇEVE (DÜĞÜM NOKTALARI HAREKETİ)

Bu bölümde şekil 1 de verilen çerçeve üç değişik yükleme durumu için düğüm noktaları hareketine değişik serbestlik vererek bilgisayar yardımı ile tekrar çözülmüştür. Yer darlığı nedeni sadece yükleme no 1 için sonuçlar Tablo 6 da verilmiştir. Kolon ve kiriş uç momentleri düşey

* Yrd. Doç. Dr. Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi.

** Prof. Dr. Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi.

* Hesaplar Sinclair ZX Spectrum 48 K mikro bilgisayarı ile yapılmıştır.

yüklemeye halinde düğüm noktaları hareketli ve hareketsiz sistemler için birbirine yakın çıkmaktadır. Çerçevenin yatay hareketini yok kabul etmek çözümde etken olmaktadır. Düğüm noktalarının düşey hareketi yani kolonların boy değişimlerinin ihmal edilebileceği gözlenmektedir.

4. YATAY YÜKLEME GÖRE HESAP

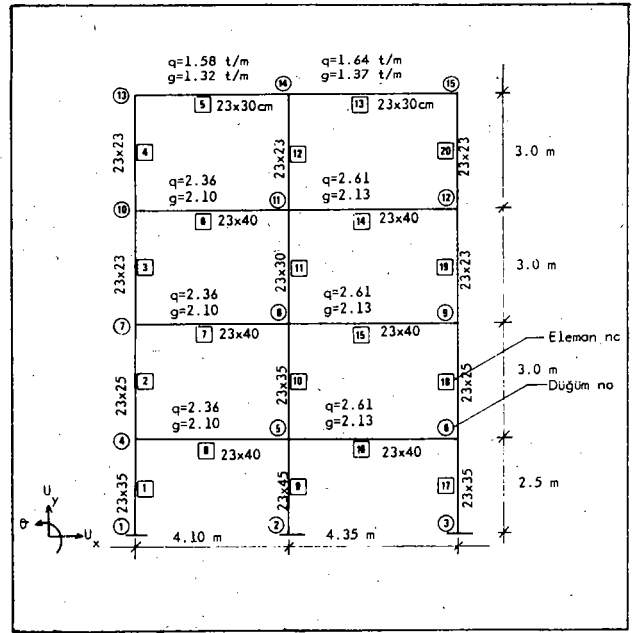
Bu bölümde şekil 3 de verilen çerçeve rüzgâr yükü etkisi altında yaklaşık yöntemler kullanılarak çözülmüş ve sonuçlar mikro bilgisayar yardımı ile elde edilen kesin çözüm ile karşılaştırılmıştır. Tablo 7 nin incelenmesi sonucu aşağıdaki gözlemleri sıralayabiliriz: (i) yatay yükler altında ele alınan yaklaşık çözümler arasında Muto yöntemi kesin çözüme en yakın sonuçları vermektedir. (ii) Bununla beraber bazı elemanlarda sonuçlar oldukça fark göstermektedir.

Yaklaşık bir şekilde yapılan rüzgâr ya da deprem hesaplarının verdiği sonuçlar yine yaklaşık bulunan düşey yükler halindeki sonuçlar ile toplanması hatalarında toplanmasına neden olmaktadır. Günümüz olanakları ile işlemleri hızlı ve kesin yapan bilgisayar (kişisel bilgisayar bile) kullanımı emniyet, ekonomi ve zaman açısından gerekmektedir. Bilindiği üzere düşey yükler altında boyut tahkiki yapıldığında verilen kesitlerden bir kısmı yeterli olmayabilir. Benzer şekilde düşey yükler altında verilen boyutlar uygun olsa bile rüzgâr ve deprem hesabı sonunda bir kısım boyutlar yine yetersiz olabilir. Bu durumda sistem ya yeni baştan yeni boyutlar ile çözülecek veya ilave donatı arttırımı yapılarak emniyet sağlanacaktır⁽³⁾. Donatı arttırımı iki sakınca getirebilir; birincisi çok donatılı (denge üstü) bir kesit oluştuğunda çökme ani ve habersiz olacaktır. İkincisi ülkemizde pahalı olan donatı beton yerine kullanıldığında ekonomik bir çözümde uzaklaşılacaktır.

Bu makaleden görüldüğü gibi önünde kişisel bilgisayar olan bir mühendis masası başında hayali deneyler yapma olanağı bulunmaktadır. Böylece bilgilendiği bir konuda değişik seçenekler deneyerek o konuda bilgisini genişletecek yaratıcı ve yapıcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ersoy, U., ve Atımtay, E., "Betonarme - Temel İlkeler ve Hesap Yöntemleri", Güven Kitabevi, Ankara, 1975.
2. Hughes, B.P., "Limit State Theory for Reinforced Concrete Design", Pitman Publishing Limited, second edition, 1976.
3. Uluğ, T.N., ve Odaş, Y., "Betonarme İnşaat Hesapları", Uluğ Kitabevi, İstanbul, 1972.
4. Lürsen, H.I., "Structural Analysis", McGraw-Hill Book Company, second edition, 1978
5. Çakıroğlu, A., Özden, E. ve Özmen, G., "Yapı Sistemlerinin Hesabı için Matris Metodları ve Elektronik Hesap Makinası Programları" Cilt 1, İTÜ Kütüphanesi, Sayı 313, 1970.

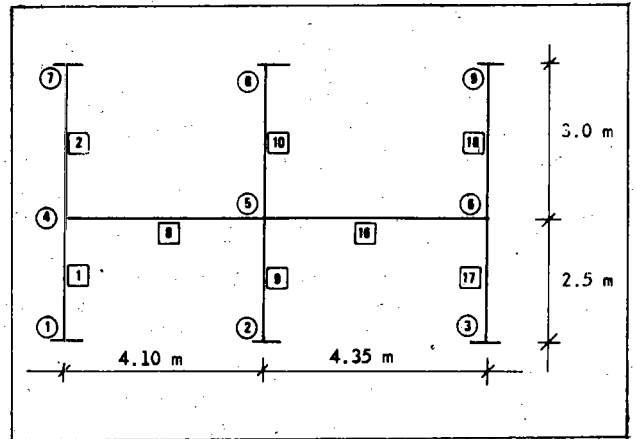


Şekil 1: Düşey yüklerle maruz bir çerçeve örneği

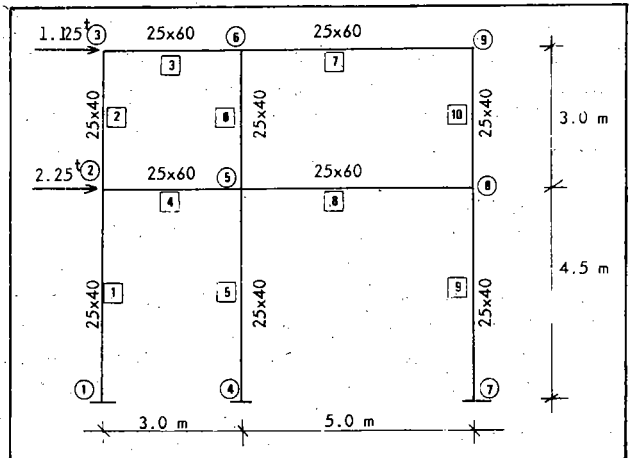
Yüklemeye no 1: tüm açıklıklar toplam yükü dolu

Yüklemeye no 2: 1 inci açıklık toplam yük 2 inci açıklık ölü yük

Yüklemeye no 3: 1 nci açıklık ölü 2 nci açıklık toplam yük



Şekil 2: 1 nci kat alt çerçevesi



Şekil 3: Yatay yüklerle maruz bir çerçeve örneği.

Tablo 1. Tüm çerçeve momentleri, ($U_x = 0, U_y = 0, \theta \neq 0$)

Eleman No	YÜKLEME NO 1		YÜKLEME NO 2		YÜKLEME NO 3	
	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}
1	-0.5720	-1.1441	-0.4996	-0.9991	-0.5892	-1.1783
2	-0.5812	-0.6392	-0.5046	-0.5523	-0.6030	-0.6672
3	-0.5387	-0.5335	-0.4649	-0.4617	-0.5674	-0.5643
4	-0.6569	-0.7854	-0.5381	-0.6176	-0.6967	-0.8322
5	0.7854	-3.0886	0.6176	-2.7887	-0.8322	-2.8776
6	1.1904	-4.6747	0.9998	-4.3555	1.2610	-4.3546
7	1.1779	-4.6151	1.0172	-4.2692	1.2345	-4.3572
8	1.7253	-4.2590	1.5038	-3.9034	1.7814	-4.0803
9	0.1713	-0.3425	-0.2517	-0.5034	-0.0066	-0.0192
10	-0.2372	-0.2726	-0.3492	-0.4019	-0.0092	-0.0107
11	-0.2132	-0.2311	-0.3093	-0.3305	-0.0106	-0.0135
12	-0.1208	-0.1295	-0.2037	-0.2492	-0.0061	-0.0197
13	3.2181	-1.0486	3.0378	-1.0865	2.8579	-0.8326
14	5.0266	-1.6720	4.8896	-1.7094	4.3619	-1.3183
15	5.1009	-1.6475	4.9804	-1.6740	4.3786	-1.3050
16	4.8387	-2.3274	4.7560	-2.3540	4.1027	-1.8732
17	0.7671	1.5343	0.7752	1.5504	0.6152	1.2305
18	0.7931	0.8846	0.8036	0.8983	0.6328	0.7028
19	0.7629	0.7646	0.7758	0.7770	0.6022	0.6015
20	0.9074	1.0486	0.9324	1.0865	0.7168	0.8326

Tablo 2. Kat 1 alt çerçeve momentleri ($U_x = 0, U_y = 0, \theta \neq 0$)

Eleman No	YÜKLEME NO 1		YÜKLEME NO 2		YÜKLEME NO 3	
	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}
1	-0.5446	-1.0892	-0.4724	-0.9448	-0.5662	-1.1324
2	-0.3985	-0.1993	-0.3456	-0.1728	-0.4143	-0.2071
8	1.4877	-4.4178	1.2904	-4.0689	1.5466	-4.1995
9	-0.1792	-0.3584	-0.2634	-0.5268	-0.0071	-0.0142
10	-0.1689	-0.0845	-0.2483	-0.1241	-0.0067	-0.0033
16	4.9451	-2.039	4.8440	-2.067	4.2204	-1.6244
17	0.7464	1.4928	0.7567	1.5133	0.5947	1.1893
18	0.5462	0.2731	0.5537	0.2768	0.4351	0.2176

Tablo 3. Kat 2 alt çerçeve momentleri ($U_x = 0$, $U_y = 0$, $\theta \neq 0$)

Eleman No	YÜKLEME NO 1		YÜKLEME NO 2		YÜKLEME NO 3	
	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}
2	-0.2584	-0.5169	-0.2210	-0.4419	-0.2440	-0.5480
3	-0.4032	-0.2016	-0.3447	-0.1724	-0.4275	-0.2137
7	0.9201	-4.7999	0.7866	-4.4636	0.9755	-4.4904
10	-0.1264	-0.2529	-0.1856	-0.3709	-0.0057	-0.0113
11	-0.1604	-0.0802	-0.2352	-0.1117	-0.0072	-0.0036
15	5.1227	-1.3196	5.0698	-1.3462	4.5089	-1.0373
18	0.3707	0.7414	0.8782	0.7563	0.2914	0.5828
19	0.5783	0.2891	0.5899	0.2950	0.4545	0.2278

Tablo 4. Kat 3 alt çerçeve momentleri ($U_x = 0$, $U_y = 0$, $\theta \neq 0$)

Eleman No	YÜKLEME NO 1		YÜKLEME NO 2		YÜKLEME NO 3	
	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}
3	-0.2062	-0.4124	-0.1744	-0.3489	-0.2217	-0.4434
4	-0.4124	-0.2062	-0.3489	-0.1744	-0.4434	-0.2217
6	0.8247	-4.9151	0.6977	-4.6075	0.8867	-4.5383
11	-0.0987	-0.1794	-0.1447	-0.2894	-0.0045	-0.0091
12	-0.0888	-0.0444	-0.1302	-0.0651	-0.0041	-0.0021
14	5.2013	-1.2143	5.0271	-1.2440	-4.5515	-0.9457
19	0.3036	0.6071	0.3110	0.6220	0.2364	0.4728
20	0.6071	0.3036	0.6220	0.3110	0.4728	0.2364

Tablo 5. Kat 4 alt çerçeve momentleri ($U_x = 0$, $U_y = 0$, $\theta \neq 0$)

Eleman No	YÜKLEME NO 1		YÜKLEME NO 2		YÜKLEME NO 3	
	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}
4	-0.3299	-0.6598	-0.2530	-0.5061	-0.3517	-0.7033
5	0.6598	-3.1742	0.5061	-2.8762	0.7033	-2.9441
12	-0.0530	-0.1061	-0.1079	-0.2158	-0.0104	-0.0208
13	3.2803	-0.8813	3.092	-0.9182	2.9232	-0.6982
20	0.44064	0.8813	0.4591	0.9182	0.34907	0.6982

Tablo 6. Tüm çerçeve momentleri (Yükleme No. 1)

Element No	$U_x \neq 0, U_y \neq 0, \theta \neq 0$		$U_x = 0, U_y \neq 0, \theta \neq 0$		$U_x \neq 0, U_y = 0, \theta \neq 0$	
	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}
1	-0.5899	-1.1836	-0.4678	-0.9357	-0.5718	-1.1448
2	-0.6092	-0.6815	-0.5711	-0.7142	-0.5782	-0.6359
3	-0.5939	-0.5930	-0.6675	-0.6663	-0.5412	-0.5331
4	-0.7617	-0.8873	-0.7919	-0.9187	-0.6948	-0.8195
5	0.8873	-2.9473	-0.9187	-2.8659	-0.8195	-3.0647
6	1.3548	-4.4005	1.4582	-4.1718	-1.2279	-4.6474
7	1.2755	-4.4354	1.3817	-4.2065	1.1771	-4.6170
8	1.7928	-4.1657	1.5067	-5.1722	1.7231	-4.2598
9	-0.1877	-0.3626	-1.0894	-2.1789	-0.1895	-0.3604
10	-0.2216	-0.2598	-0.0997	-0.2163	-0.2221	-0.2582
11	-0.2211	-0.2373	-0.2362	-0.2505	-0.2208	-0.2360
12	-0.1735	-0.1814	-0.1286	-0.1380	-0.1729	-0.1805
13	3.1286	-1.0754	3.0039	-1.1725	3.2453	-1.0070
14	4.8112	-1.7574	4.5509	-1.9181	5.0562	-1.6290
15	4.9162	-1.7541	4.6590	-1.8854	5.0960	-1.6547
16	4.7499	-2.3898	3.8615	-2.6483	4.8424	-2.3206
17	0.7684	1.5555	0.8725	1.7450	0.7484	1.5182
18	0.8343	0.9377	0.9033	1.0083	0.8023	0.8922
19	0.8164	0.8290	0.8769	0.8852	0.7625	0.7684
20	0.9284	1.0754	1.0329	1.1725	0.8606	1.0071

Tablo 7. Yatay yüklemeye göre çerçeve analizi

ELEMEN NO	YÖNTEM	MUTO		SMITH		PORTAL		KESİN ÇÖZÜM	
		M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}	M_{ij}	M_{ji}
1		2.421	2.421	2.515	2.515	1.897	1.897	2.607	2.396
2		0.503	0.615	0.562	0.562	0.422	0.422	0.347	0.567
3		-0.615	-0.439	-0.563	-0.382	-0.421	-0.421	-0.567	-0.385
4		-2.920	-0.900	-3.077	-2.163	-2.318	-2.318	-2.743	-1.826
5		-2.660	-2.660	2.916	2.916	3.794	3.794	2.736	2.666
6		0.583	0.713	0.619	0.619	0.843	0.843	0.822	0.872
7		-0.274	-0.528	-0.238	-0.506	-0.421	-0.421	-0.488	-0.547
8		-1.250	-2.940	-1.372	-2.660	-2.318	-2.318	-1.661	-2.477
9		2.510	2.510	2.155	2.155	1.897	1.897	2.526	2.257
10		0.432	0.528	0.506	0.506	0.422	0.422	0.220	0.547