

Küçük şebekelerin takribî usul ile muvazenesi

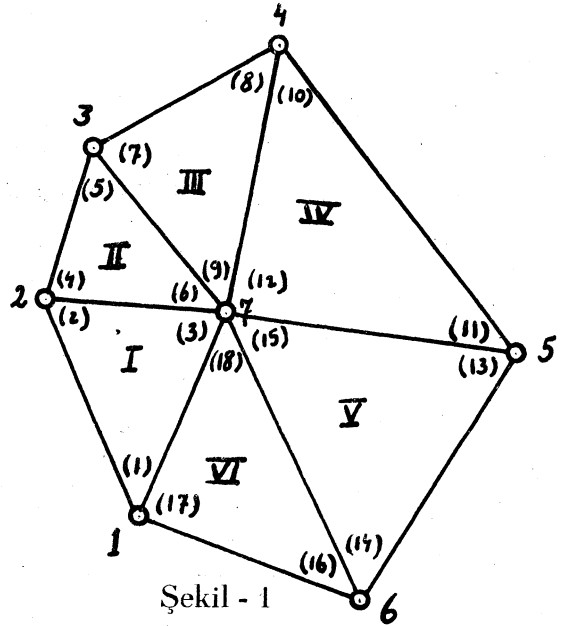
Yazan : Albay
A. Nuri Denkmen

Nirengi şebekelerin muvazenesinde kullanılan ekalli murabbaat usulü muvazene usullerinin en başında gelir. Bu usulü tatbik edebilmek için tatbiki nirenginin hemen kâffesinde had-dinden fazla mesaha yapılır. Böylece sıhhat derecesi artar ve neticenin derecei kabulü hakkında bir fikir hasıl olur. Ekalli murabbaat muvazene usulünün esasını, kurulacak normal muadelelerin halli teşkil edüp bu muadelelerin adedi çoğaldıkça hesap çoğalır ve güçleşir. Nirengi hesaplarında buna da-ima tesadüf edilir.

Bu makaleden maksat
hem bu müşkilâta çare
bulmak ve hem bu vesile ile
ekalli murabbaat usulünde

yapılan muvazeneyi basit olarak bildirmektir.

Şekil - 1 6 müsellesli bir küçük nirengi şebekesini gösterebilir. Zaviyeleri gösteren (1) rakamları aynı zamanda zaviyelere ait miktarı tashihleri de ifade eder.



Her müsellesdeki zaviyeler zemin üzerinde ölçülmüş ve mecmularının 200 ile farkları alınarak kapanma hataları bulunmuştur. 7 noktasındaki zaviyeler mecmuunun da 400 grada müsavi olması lâzımdır. O halde burada şu şartların ifası lâzımdır:

1 — 7 noktasındaki zaviyelerin mecmuunun 400 grad olması,

2 — Her müsellesdeki zaviyelerin mecmuunun 200 grad olması lâzımdır.

3 — I ve VI müselleslerinin halli ile bulunan 1 - 7 dılının iki kıymeti fark vermeksizin birbirinin aynı olmalıdır.

4 — Muvazene neticesinde bulunan v miktarı tashihlerinin murabbalarının mecmuu asgari olmalıdır.

Ekalli murabbaat usulünde görüldüğüne göre bu şartların ifası için lâzımgelen muadelelerin adedi şu düsturla bulunur:

$$b = Z - 2 p + 4$$

Burada b muadele adedini, 2 rasad edilen zaviyeler adedini, p nokta adedini gösterir. Bu halde şekle göre $Z = 18$, $p = 2$ olduğundan muadele adedi:

$$b = 18 - 14 + 4 = 8 \quad \text{olup bunun:}$$

1 adedi 7 noktasındaki devri ufun muadelesi

6 » müselles muadelesi,

1 » dılı muadelesidir,

Şimdi mevkiîlerde ölçülen zaviyelerle şekle nazaran müsellesleri kapayalım ve müselles muadelelerini yazalım:

$$\text{I. } 1 \quad 49.9522.5 + (1)$$

$$2 \quad 68.4403.0 + (2)$$

$$7 \quad 81.6081.4 + (3)$$

$$\hline 200.0006.9$$

$$\text{II. } 2 \quad 87.5852.6 + (4)$$

$$3 \quad 58.2676.4 + (5)$$

$$7 \quad 54.1489.9 + (6)$$

$$\hline 200.0018.9$$

$$(1) + (2) + (3) + 6.9 = 0 \quad (b) \quad (4) + (5) + (6) + 18.9 = 0 \quad (c)$$

$$\begin{array}{r}
 \text{III. } 3 \quad 93.3615.9 + (7) \\
 4 \quad 54.6876.4 + (8) \\
 7 \quad 51.9504.7 + (9) \\
 \hline
 199.9997.0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{IV. } 4 \quad 52.9264.6 + (10) \\
 5 \quad 51.3446.8 + (11) \\
 7 \quad 95.7309.2 + (12) \\
 \hline
 200.0020.6
 \end{array}$$

$$(7) + (8) + (9) - 3.0 = 0 \text{ (d)} \quad (10) + (11) + (12) + 20.6 = 0 \text{ (e)}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{V. } 5 \quad 73.2583.9 + (13) \\
 6 \quad 63.0573.7 + (14) \\
 7 \quad 63.6847.3 + (15) \\
 \hline
 209.0004.9
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{VI. } 1 \quad 48.0652.7 + (16) \\
 6 \quad 99.0561.9 + (17) \\
 7 \quad 52.8782.6 + (18) \\
 \hline
 199.9997.2
 \end{array}$$

$$(13) + (14) + (15) + 4.9 = 0 \text{ (f)} \quad (16) + (17) + (18) - 2.8 = 0 \text{ (g)}$$

Bu zaviyelere göre devri ufuk muadelesi de:

$$(3) + (6) + (9) + (12) + (15) + (18) + 11.1 = 0 \quad (\text{a})$$

Dılı muadelesine gelince bunun muadelesi 7 — 1 nin iki kıymetini hallederek:

$$\frac{\sin (1) \sin (4) \sin (7) \sin (10) \sin (13) \sin (16)}{\sin (2) \sin (5) \sin (8) \sin (11) \sin (14) \sin (17)} = 1 \text{ bulunur.}$$

Bu muadele yukarıdaki zaviye kıymetleri alınarak hattı şekle konur ise:

Zaviye

1 = 49.9522.5	lg sin	İ. 84915901	cot	+ 1.00 (1)
2 = 87.5852.6		İ. 99168923		+ 0.20 (4)
3 = 93.3615.9		İ. 99763456		+ 0.10 (7)
4 = 52.9264.6		İ. 86855814		+ 0.91 (10)
5 = 73.2583.9		İ. 96050218		+ 0.45 (13)
1 = 48.0652.7		İ. 83587701		+ 1.06 (16)
		İ. 50342013		

2 = 68.4403.0	İ. 94429392	— 0.54 (2)
3 = 58.2676.4	İ. 89912241	— 0.77 (5)
4 = 54.6876.4	İ. 87921650	— 0.86 (8)
5 = 51.3446.8	İ. 85846717	— 0.96 (11)
6 = 63.0573.7	İ. 92236302	— 0.65 (14)
6 = 99.0561.9	İ. 99995227	— 0.01 (17)
	İ. 50341529	

İ. 50342013

İ. 50341529

0484

ρ^* 2. 684845
 $\frac{8}{10 \text{ M}}$ 2. 166096
 0.850941

$w_8 = + 7.09$ olur.

Dili muadelesi

$$+ 1.00 (1) - 0.54 (2) + 0.20 (4) - 0.77 (5) + 0.10 (7) - 0.86 (8) + 0.91 (10) - 0.95 (11) + 0.45 (13) - 0.65 (14) + 1.06 (16) - 0.01 (17) + 7.09 = 0 \quad (h)$$

Bu suretle bulunan 8 şarı muadelesinden atideki normal muadele sistemi teşkil olunur;

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	w
a k ₁			+1			+1			+1			+1			+1			+1	+11.1
b k ₂	+1	+1	+1																+ 6.9
c k ₃				+1	+1	+1													+18.9
d k ₄							+1	+1	+1										- 3.0
e k ₅										+1	+1	+1							+20.6
f k ₆													+1	+1	+1				+ 4.9
g k ₇																+1	+1	+1	- 2.8
h k ₈	+1.0	-0.54		+0.20	-0.77		+0.10	-0.86		+0.91	-0.95		+0.45	-0.65		+1.06	-0.01		+ 7.1

$$[aa] = 6$$

$$[ab] = 1 [bb] = 3$$

$$[ac] = 1 [bc] = 0 [cc] = 3$$

$$[ad] = 1 [bd] = 0 [cd] = 0 [dd] = 3$$

$$[ae] = 1 [be] = 0 [ce] = 0 [de] = 0 [ee] = 3$$

$$[af] = 1 [bf] = 0 [cf] = 0 [df] = 0 [ef] = 0 [ff] = 3$$

$$[ag] = 1 [bg] = 0 [cg] = 0 [dg] = 0 [eg] = 0 [fg] = 0 [gg] = 3$$

$$[ah] = 0 [bh] = +0.46 [ch] = -0.57 [dh] = -0.76 [eh] = -0.04 [fh] = -0.20 [gh] = +1.05 [hh] = 6.15$$

Bu halde normal muadele sistemi şöyle olur:

$$\begin{aligned}
 6 k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6 + k_7 &+ 11.1 = 0 \\
 k_1 + 3 k_2 &+ 0.46 k_8 + 6.9 = 0 \\
 k_1 + . + 3 k_3 &- 0.57 k_8 + 18.9 = 0 \\
 k_1 &+ 3 k_4 - 0.76 k_8 - 3.0 = 0 \\
 k_1 &+ 3 k_5 - 0.04 k_8 + 20.6 = 0 \\
 k_1 &+ 3 k_6 - 0.20 k_8 + 4.9 = 0 \\
 k_1 &+ 3 k_7 + 1.05 k_8 - 2.8 = 0 \\
 +0.46 k_2 - 0.57 k_3 - 0.76 k_4 - 0.04 k_5 - 0.20 k_6 + 1.05 k_7 + 6.15 k_8 + 7.1 &= 0
 \end{aligned}$$

Bu normal muadele sisteminin gerek cebir usulile ve gerek mihaniki gavs usulile halli yukarıda dediğimiz gibi meçhul olan k adedi çoğaldıkça güçleşir ve çok zaman icap ettirir. Bundan başka eğer başlangıçta bir hata yapılır ise bu ancak hesabın sonunda meydana çıkar. Hesabı yeni baştan yapmak mecburiyeti hasıl olur. ve hep günlerce devam eder.

Yalnız müselles muadeleleri ile teşkil edilen normal muadele sistemleri aynı şekil ve mahiyetde olduğu için her hangi meçhul bir muadelenin hallinde w kapanma hataları cinsinden k ların kıymetini veren umumî bir dustur veya cedvel tertip oluna bilir. Bu cedveller veya düstur bulunsa dahi, bundan sanra bir sürü zarp ameliyatı yapmak ve geri kalan deviri ufuk ve dılı muadelelerinin işine sokmak lâzımdırki, bütün bunlar çok zaman isteyen bir ameliyattır. Bunun için profesar Yordanın (fenni mesahâ) kitabının birinci cildinde kısacaca bahs edilen takribi ve tedrici meçhul bulma usulü bilhassa o kadar büyük olmayan şebekelerin muvazenesinde pek güzel tatbik olunabilir. Burada bu usulün tatbikından bahis edeceğiz.

Evvelden hazırlanmış bir cedvelde birinci sütuna haddi mutlaklar yazılır.

$k_5 \parallel -5.87$		$k_3 \parallel -6.30$		$k_8 \parallel -1.80$		$k_2 \parallel -2.02$		$k_6 \parallel -1.75$		$k_1 \parallel +0.97$	
+ 11.1	- 6.87	+ 4.23	- 6.30	- 2.07	0	- 2.07	- 2.02	- 4.09	- 1.75	- 5.84	+ 5.82
+ 6.9	0	+ 6.90	0	+ 6.90	- 0.83	+ 6.07	- 6.06	+ 0.01	0	+ 0.01	+ 0.97
+ 18.9	0	+ 18.90	- 18.90	0	+ 1.03	+ 1.03	0	+ 1.03	0	+ 1.03	+ 0.97
- 3.0	0	- 3.00	0	- 3.00	+ 1.37	- 1.63	0	- 1.63	0	- 1.63	+ 0.97
+ 20.6	- 20.61	- 0.01	0	- 0.01	+ 0.07	+ 0.06	0	+ 0.06	0	+ 0.06	+ 0.97
+ 4.9	0	+ 4.90	0	+ 4.90	+ 0.36	+ 5.26	0	+ 5.26	- 5.25	+ 0.01	+ 0.97
- 2.8	0	- 2.80	0	- 2.80	- 1.89	- 4.69	0	- 4.69	0	- 4.69	+ 0.97
+ 7.1	+ 0.27	+ 7.37	+ 3.55	+ 10.96	- 11.07	- 0.11	- 0.93	- 1.04	+ 0.35	- 0.69	0

$k_7 \parallel +1.24$		$k_3 \parallel -0.67$		$k_5 \parallel -0.34$		$k_8 \parallel -0.16$		$k_6 \parallel -0.34$		$k_2 \parallel -0.30$	
- 0.02	+ 1.24	+ 1.22	- 0.67	+ 0.55	- 0.34	+ 0.21	0	+ 0.21	- 0.34	- 0.13	- 0.30
+ 0.98	0	+ 0.98	0	+ 0.98	0	+ 0.98	- 0.07	+ 0.91	0	+ 0.91	- 0.90
+ 2.00	0	+ 2.00	- 2.00	0	0	0	+ 0.09	+ 0.09	0	+ 0.09	0
- 0.66	0	- 0.66	0	- 0.66	0	- 0.66	+ 0.12	- 0.54	0	- 0.54	0
+ 1.03	0	+ 1.03	0	+ 1.03	- 1.02	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.02	0	+ 0.02	0
+ 0.98	0	+ 0.98	0	+ 0.98	0	+ 0.98	+ 0.03	+ 1.01	- 1.02	- 0.01	0
- 3.72	+ 3.72	0	0	0	0	0	- 0.17	- 0.17	0	- 0.17	0
- 0.69	+ 1.30	+ 0.61	+ 0.38	+ 0.99	+ 0.01	+ 1.00	- 0.98	+ 0.02	+ 0.07	+ 0.09	- 0.14

$k_4 \parallel +0.18$		$k_1 \parallel -0.04$		$k_8 \parallel -0.03$		$k_3 \parallel -0.04$		$k_7 \parallel -0.03$		$k_5 \parallel -0.02$		$k_2 \parallel -0.02$	
- 0.43	+ 0.18	- 0.25	+ 0.24	- 0.01	0	- 0.01	- 0.04	- 0.05	+ 0.03	- 0.02	- 0.02	- 0.04	
+ 0.01	0	+ 0.01	+ 0.04	+ 0.05	+ 0.01	+ 0.06	0	+ 0.06	0	+ 0.06	0	+ 0.06	
+ 0.09	0	+ 0.09	+ 0.04	+ 0.13	- 0.02	+ 0.11	- 0.12	- 0.01	0	- 0.01	0	- 0.01	
- 0.54	+ 0.54	0	+ 0.04	+ 0.04	- 0.02	+ 0.02	0	+ 0.02	0	+ 0.02	0	+ 0.02	
+ 0.02	0	+ 0.02	+ 0.04	+ 0.06	- 0	+ 0.06	0	+ 0.06	0	+ 0.06	- 0.06	0	
- 0.01	0	- 0.01	+ 0.04	+ 0.03	- 0.01	+ 0.02	0	+ 0.02	0	+ 0.02	0	+ 0.02	
- 0.17	0	- 0.17	+ 0.04	- 0.13	+ 0.03	- 0.10	0	- 0.10	+ 0.09	- 0.01	0	- 0.01	
- 0.05	- 0.14	- 0.19	0	- 0.19	+ 0.18	- 0.01	+ 0.02	+ 0.01	+ 0.03	+ 0.04	0	+ 0.04	

Birbirinin altına yazılan bu haddi mutlaklardan kıymeti mutlakaca en büyüğü alınır ve bu haddi mutlak, aid olduğu normal muadelede aksi işaretle en büyük emsale taksim edilir. Misalde en büyük mutlak +20.6 olup 5 inci muadeleye aiddir.

Bu muadelede aksi işaretle en büyük emsal — 3 dir. O halde $\frac{20.8}{-3} = -6.87$ olup $k \parallel -6.87$ dir. ($\parallel$ işareti takriben müsavi demektir). Yalnız k_5 nazarı itibara alınıp diğer k ların hepsi sıfır itibar olunur. Normal muadele sisteminde k_5 ler yerine muvakkat kıymeti konur ve neticesi 2 nci sütuna yazılır. (1) ve (2) sütunundaki kıymetler işaretlerine göre muadele edilir ve neticesi 3 üncü sütuna yazılır. Aynı veçhile 3 üneü sütuna yazılan kıymetlerin en büyüğü aranır. Bu — 18.9 dır ve 3 üncü normal muadelededir. Bu muadelede en büyük emsal yine + 3 dür. O halde $\frac{18.9}{3} = +6.30$ olup bu k_3 ün takribi kıymetidir. Bu suretle emeliyata en son kalan bakilerin istenen şeyin artık derecesi sıhhatine müessir olamayacağına kanaat getirilinceye kadar devam edilir.

Bundan sonra cetvelde bulunan k ların muhtelif kıymetleri toplanarak k lar bulunur.

$$k_1 = + 0.97 + 0.04 = + 1.01$$

$$k_2 = - 2.02 - 0.30 - 0.02 = - 2.34$$

$$k_3 = - 6.30 - 0.67 - 0.04 = - 7.01$$

$$k_4 = + 0.18 = + 0.18$$

$$k_5 = - 6.87 - 0.34 - 0.02 = - 7.23$$

$$k_6 = - 1.75 - 0.34 = - 2.09$$

$$k_7 = + 1.24 + 0.06 = + 1.27$$

$$k_8 = - 1.80 - 0.16 + 0.03 = - 1.93$$

Hat muadeleleri k cetveline bakarak kolayca yazılır.

$$(1) = + k_2 + 1.00 k_8 \quad (7) = k_4 + 0.10 k_8 \quad (13) = k_6 + 0.45 k_8$$

$$(2) = + k_2 - 0.54 k_8 \quad (8) = k_4 - 0.86 k_8 \quad (14) = k_6 - 0.65 k_8$$

$$(3) = + k_2 + k_1 \quad (9) = k_4 + k_1 \quad (15) = k_6 + k_1$$

$$(4) = + k_3 + 0.20 k_8 \quad (10) = k_5 + 0.91 k_8 \quad (16) = k_7 + 1.06 k_8$$

$$(5) = + k_3 - 0.77 k_8 \quad (11) = k_5 - 0.95 k_8 \quad (17) = k_7 - 0.01 k_8$$

$$(6) = + k_3 + k_1 \quad (12) = k_5 + k_1 \quad (18) = k_7 + k_1$$

k ların kıymetleri yerine konur ise miktarı tashihler bulunur.

(1) = — 4.27	(7) = — 0.01	(13) = — 2.96
(2) = — 1.30	(8) = + 1.84	(14) = — 0.84
(3) = — 1.33	(9) = + 1.19	(15) = — 1.08
(4) = — 7.40	(10) = — 8.99	(16) = — 0.78
(5) = — 5.52	(11) = — 5.40	(17) = + 1.29
(6) = — 6.00	(12) = — 6.22	(18) = + 2.28

Bu miktarı tashihlerle zaviyeler tashih olunduktan sonra müsellesler şöyle kapanır:

I) 49.9518.23	III) 93.3615.89	V) 73.2580.94
68.4401.70	54.6878.24	63.0572.86
81.6080.07	51.9505.89	63.6846.22
<u>200.0000.00</u>	<u>200.0000.02</u>	<u>200.0000.02</u>
II) 87.5845.20	IV) 52.9255.61	VI) 48.0651.92
58.2670.88	51.3441.40	99.0563.19
54.1483.90	95.7302.98	52.8784.88
<u>199.9999.98</u>	<u>199.9999.99</u>	<u>199.9999.99</u>

Azami hata burada 2 olup sekizinci logaritme hanesinde bir kaç saniye hatayı mucip olur.

Miktarı tashihleri birinci devri ufuk muadelesine koyar isek + 0.01 hata buluruz. Dili muadelesine gelince bir kerre de tashih olunmuş kıymetlerle halledelim:

49.9518.23	$\bar{1}. 84915609$	68.4401.70	$\bar{1}. 94429344$
87.5845.20 + ¹	$\bar{1}. 99168823$	58.2620.88 + ¹	$\bar{1}. 89911951$
93.3615.89 - ¹	$\bar{1}. 99763456$	54.6878.24	$\bar{1}. 87921759$
52.9255.61	$\bar{1}. 86855254$	51.3441.40	$\bar{1}. 85846364$
73.2580.94 - ¹	$\bar{1}. 96050127$	63.0572.86 + ¹	$\bar{1}. 92236265$
48.0651.92	$\bar{1}. 83587644$	99.0563.19	$\bar{1}. 99995228$
	<u>$\bar{1}. 50340913$</u>		<u>$\bar{1}. 50340911$</u>

Son bir tahkik olmak üzere $[v v] = -[w k]$ düsturu tatbik olunur. Bu tahkiki yapmaktan maksat daha ziyade bu usul ile meselenin ne dereceye kadar doğru hallolunduğunu göstermektir.

	v^2		v^2		k	w	—kw
(1) = - 4.27	18.2329	(10) = - 8.99	80.8201	1.	+ 1.01	+ 11.1	- 11.211
(2) = - 1.30	1.6900	(11) = - 5.40	29.1600	2.	+ 2.34	+ 6.9	- 16.146
(3) = - 1.33	1.7689	(12) = - 6.22	38.6884	3.	- 7.01	+ 18.9	+ 132.489
(4) = - 7.40	54.7600	(13) = - 2.96	8.7616	4.	+ 0.18	- 3.0	+ 0.540
(5) = - 5.52	30.4704	(14) = - 0.84	0.7056	5.	- 7.23	+ 20.6	+ 148.938
(6) = - 6.00	36.0000	(15) = - 1.08	1.1664	6.	- 2.09	+ 4.9	+ 10.241
(7) = - 0.01	0.0001	(16) = - 0.78	0.6084	7.	+ 1.27	- 2.8	+ 3.556
(8) = + 1.84	3.3856	(17) = + 1.29	1.6641	8.	- 1.93	+ 7.1	+ 13.703
(9) = + 1.19	1.4161	(18) = + 2.28	5.1984				
	<u>147.7240</u>		<u>166.7730</u>				
			<u>147.7240</u>				
			[vv] = 314.4970				

$$- [wk] = 314.402$$

Kâfi mutabakat mevcut demektir. Vasati $[v v] = 314.577$ olup bir zaviyenin vasati hatası:

$$m = \pm \sqrt{\frac{314.50}{7}} = \sqrt{44.93}$$

$$m = \pm 6.70^\circ \text{ grad saniyesi olur.}$$

Bu usul ile 30 müsellesden mürekkep bir şebeke muvazene edilmiş ve miktarı tashihler virgülden sonra iki hane yürütülerek saniyenin yüzdesine kadar hesap edilmiştir. Aynı usul bir de diğer bir memur tarafından daha dakik olan cebir ve gavs usuli ile halledilmiştir. Bulunan iki kıymet arasındaki fark en son hanede ± 1 bulunmuştur ki saniye cinsinden takriben $\pm 0.03^\circ$ demektir. Aynı şebekenin cebir usulile halli takribi usule nazaran nisbet edilmeyecek derecede uzundur. Bu takribi usul bilhassa küçük şebekeler için her halde faideli ve daha pratik bir usuldür.