

ГЕОДЕТСКА КОНТРОЛА ВЕРТИКАЛНОСТИ ВИСОКИХ ОБЈЕКТА

Младен Ђурић¹

Славко Васиљевић²

Младен Амовић³

УДК: 528.02 : 624

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2016.102

Резиме: Изградња високих објеката последица је повећања концентрације популације, ограниченог простора за градњу, високе цијене грађевинског земљишта и технолошког напретка. Геодетском контролом вертикалности високих објеката обезбјеђује се квалитет градње, сигурност и поузданост, како у току градње, тако и приликом експлоатације објекта. На овај начин могуће је предвидјети понашање објеката, као и спријечити евентуалне негативне последице узроковане одступањем изведене геометрије објеката од пројектованог стања. У раду ће бити приказана контрола вертикалности високих објеката примјеном геодетског тестирања подударности фигура.

Кључнеречи: Високи објекти, контрола подударности фигура, контрола вертикалности објеката

1. УВОД

Инжењерска геодезија представља посебан дио геодезије који се бави позиционирањем и обезбјеђењем геометрије инжењерских објеката. Захваљујући убрзаном развоју техничких наука у последњих неколико деценија и све већим захтјевима за прецизним мјерењима, инжењерска геодезија добија на значају и издваја се као посебна научна област. У току изградње објеката, обавеза геодетског стручњака је да обезбједи да се геометрија пројектованог објекта обиљежи на терену или у одређеном простору (да се објекат пренесе из пројекта на терен или у одговарајући простор), у границама задатих толеранција грађења и монтаже објекта или постројења. Класичне геодетске мјерне методе и поступци замјењују објекат или тијело чија се геометрија контролише скупом дискретних тачака на површини објекта из којих се оцјењују геометријски параметри модела. На тај начин се као замјена облика реалног објекта добија скуп координата мјерених тачака, из којих се оцјењују карактеристични параметри геометријске фигуре (замјене реалног модела), а чије оцјене зависе од броја и позиције мјерених (карактеристичних) тачака.

¹Младен Ђурић, дипл.инж.геодезије, е – mail: djomla.dj@gmail.com

²Славко Васиљевић, мастер инж. геодезије., е – mail: svasiljevic@agfbl.org

³Младен Амовић, мастер инж. геодезије, е – mail: mamovic@agfbl.org

2. ГЕОДЕТСКА КОНТРОЛА ВЕРТИКАЛНОСТИ ВИСОКИХ ОБЈЕКТАТА

Суштина контроле геометрије састоји се у томе да се докаже подударност контролисане фигуре са унапријед задатом априорном (пројектованом) фигуром. Априорна фигура може бити позната без грешке (пројектована фигура) или са грешком (из претходно реализованих мјерења). За тестирање подударности фигура користи се теорија тестирања општих линеарних хипотеза, с тим што изравнање може бити са регуларном или сингуларном матрицом нормалних једначина. Према томе, ови тестови се могу класификовати на[3]:

- тестове подударности фигура са тестирањем једнакости вектора положаја тачака (тјемена фигуре) и
- тестове подударности фигура са тестирањем једнакости неопходних и довољних елемената одређености фигуре.

При тестирању хипотеза о подударности тачке са њеним априорним положајем све координате испитиване тачке морају бити обухваћене хипотезом, стога ће хипотезе бити једнодимензионалне, дводимензионалне или тродимензионалне, зависно од типа мреже којој тачка припада. Вишедимензионалне хипотезе се могу свести на тестирање више појединачних хипотеза.

Приликом тестирања вертикалности неког објекта, све тачке на једној вертикали требају имати једнаке координате у пројекцији (нулта хипотеза). У случају да се бар једна од координата било које тачке на вертикали разликује од осталих (у пројекцији), одбацује се нулта хипотеза.

За потребе овог рада приказан је примјер контроле вертикалности далеководног затезног стуба челично решеткасте конструкције, називног напона 20kV и називне висине 11 m, чије су димензије темеља 1.60 m × 1.60 m. Стуб је облика зарубљене пирамиде до пројектоване висине од 8740 mm, а од ове висине до највише тачке облика квадрата.

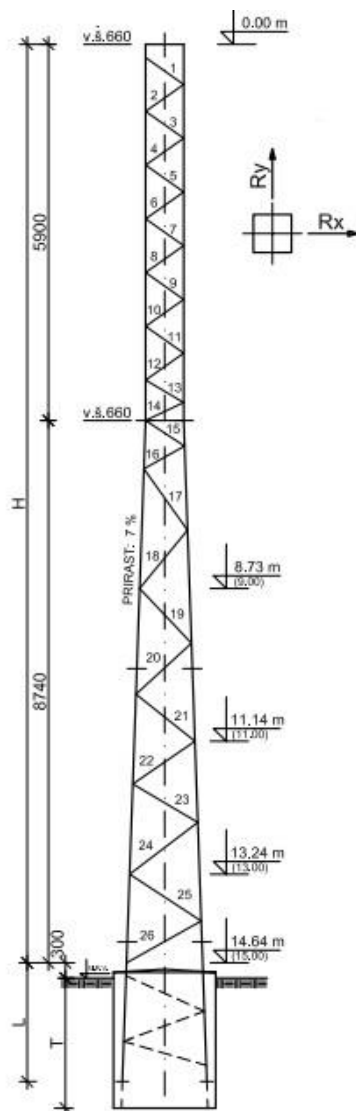
2.1. ОСНОВНА И КОНТРОЛНА ГЕОДЕТСКА МРЕЖА

Математичка дефиниција геодетске мреже гласи: „Скуп геодетских тачака/репера, датих и тражених, са скупом L_1, L_2, \dots, L_n мерених величина, које могу бити и разнородне, назваћемо геодетском мрежом, ако између ових n мерених величина можемо наћи q ($q \leq u \leq n$) независних – које ћемо назвати неопходним, таквих да било који елемент (величину) у мрежи, чија врста припада врсти мерених величина, можемо изразити помоћу тих q неопходних величина“. Бројем u је означен број непознатих величина у мрежи[4].

Према томе, произилази да се геодетском мрежом не може сматрати било која геометријска констелација геодетских тачака, него само она код које се све непознате величине у мрежи могу изразити у функцији мјерених величина. Геодетска мрежа објекта састоји се од основне геодетске мреже коју чине тачке изван објекта и мреже контролних тачака коју чине тачке на објекту.

Геодетске мреже за контролу геометрије високих објеката, поред постојећих захтјева тачности, геометријских захтјева и захтјева догледања тачака треба да испуњавају и додатне, као што је довољна удаљеност тачака основне мреже од

објекта, како би се омогућило несметано визирање високих тачака и избјегле стрме визуре.

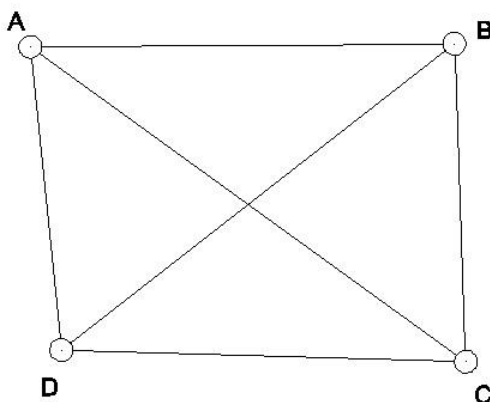


Слика 1. Затезни далеководни стуб челично решеткасте конструкције
[Извор: <http://www.dalekovod.com>]

За потребе контроле вертикалности далеководног затезног стуба развијена је основна геодетска мрежа коју чине четири тачке. Подаци о основној геодетској мрежи дати су у табели:

Табела 1. Подаци о основној геодетској мрежи

Број тачака у мрежи	4
Број мјерених величина	24
Број непознатих параметара	12
Дефект мреже	3
Начин дефинисања датума	Минимални траг кофакторске матрице на свим тачкама мреже



Слика 2. Скица основне геодетске мреже

Након посредног изравњања основне геодетске мреже по Гаус-Марковљевом моделу, добијене су оцијењене вриједности координата тачака и њихова тачност.

Табела 2. Оцијењене координате тачака основне геодетске мреже и њихова тачност

Тачка	Y[m]	X [m]	m_y [mm]	m_x [mm]	m_p [mm]
A	995,541	1019,630	0,453	0,465	0,649
B	1032,370	1019,908	0,453	0,462	0,647
C	1033,364	992,198	0,454	0,463	0,649
D	998,241	993,216	0,453	0,461	0,646

Контролну геодетску мрежу чини 12 тачака на изводницама затезног далеководног стуба на три висинска нивоа. Опажања према контролној мрежи вршена су са тачака основне геодетске мреже. Подаци о контролној геодетској мрежи дати су у табели.

Табела 3. Подаци о контролној геодетској мрежи

Број тачака у мрежи	12
Број мјерених величина	36
Број непознатих параметара	28
Дефект мреже	0
Начин дефинисања датума	Дефинисан тачкама основне геодетске мреже

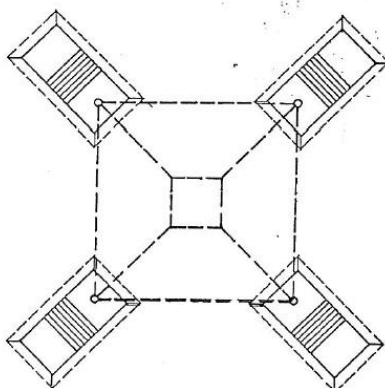
Након посредног изравнања контролне геодетске мреже по Гаус-Марковљевом моделу, добијене су оцијењене вриједности координата тачака и њихова тачност.

Табела 4. Оцијењене координате тачака контролне геодетске мреже и њихова тачност

Тачка	Y[m]	X [m]	m _y [mm]	m _x [mm]	m _p [mm]
K1	1011,010	1009,948	10,922	5,574	12,262
K2	1012,205	1010,053	11,881	5,904	13,267
K3	1012,310	1008,857	11,439	5,882	12,863
K4	1011,114	1008,753	11,254	6,111	12,806
L1	1011,163	1009,819	11,048	5,660	12,413
L2	1012,076	1009,899	11,818	5,902	13,210
L3	1012,157	1008,986	11,471	5,919	12,908
L4	1011,243	1008,906	11,305	6,093	12,842
M1	1011,316	1009,691	11,166	5,740	12,555
M2	1011,948	1009,746	11,762	5,913	13,165
M3	1012,003	1009,114	11,491	5,949	12,940
M4	1011,371	1009,059	11,355	6,077	12,879

2.2. ОДРЕЂИВАЊЕ ВРИЈЕДНОСТИ КООРДИНАТА ТАЧАКА НА ВЕРТИКАЛИ ОБЈЕКТА

Попречни пресједи далеководног затезног стуба облика зарубљене пирамиде су квадрати. За одређивање вриједности координата тачака на вертикали објекта, коришћене су координате тачака на изводницама објекта, с обзиром да је теоријска претпоставка да тежишта попречних пресјека објекта припадају вертикали.



Слика 3. Плочни приказ стуба облика зарубљене пирамиде

Након оцјене координата тачака на изводницама објекта, одређене су координате тежишта на три висинска нивоа, за која се претпоставља да припадају вертикали објекта.

Табела 5. Вриједности координата тежишта објекта на три висинска нивоа

Тачка	Y[m]	X [m]
T1	1011,660	1009,403
T2	1011,659	1009,403
T3	1011,660	1009,403

2.3. ХИПОТЕЗЕ О ВЕРТИКАЛНОСТИ ОБЈЕКТА

Теситрање полази од претпоставке да испитиване тачке на вертикали објекта имају једнаке вриједности положајних координата, односно да нулта хипотеза гласи:

$$H_0: T_1(Y_1, X_1) = T_2(Y_2, X_2) = T_3(Y_3, X_3) \quad (1)$$

У математичком облику, хипотеза гласи:

$$H_0 = M \begin{bmatrix} \hat{Y}_1 - \hat{Y}_2 \\ \hat{X}_1 - \hat{X}_2 \\ \hat{Y}_1 - \hat{Y}_3 \\ \hat{X}_1 - \hat{X}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

У случају да тест статистика не потврди нулту хипотезу, ондосно да тачке на вертикали објекта немају једнаку вриједност бар једне (Y или X) положајне координате, прихвата се алтернативна хипотеза која гласи:

$$H_a: T_1(Y_1, X_1) \neq T_2(Y_2, X_2) \neq T_3(Y_3, X_3) \quad (3)$$

Алтернативна хипотеза ће бити усвојена ако се утврди неједнакост вриједности положајних координата било које двије тачке на вертикали.

2.4. ТЕСТ СТАТИСТИКА

Одлука о прихватању нулте хипотезе доноси се на основу вриједности тест статистике, која има облик:

$$T = \frac{(\hat{\mathbf{d}}^T \mathbf{Q}_d^{-1} \hat{\mathbf{d}})/k}{\hat{\sigma}_0^2} \sim F_{0,95}(k, f), \quad (4)$$

гдје је:

$\hat{\mathbf{d}}$ - вектор одступања од хипотезе (вектор разлика оцијењених координата тачака),

\mathbf{Q}_d - кофакторска матрица,

k - ранг матрице парцијалних извода по оцијењеним координатама,

$\hat{\sigma}_0^2$ - оцјена априорног дисперзионог фактора,

$F_{0,95}(k, f)$ - квантил Фишерове расподеле.

За вриједности оцјене априорног дисперзионог фактора $\hat{\sigma}_0 = 0,08$ и броја степени слободе $f = 8$, тест статистика има вриједност $T = 0,005$, док квантил Фишерове расподеле има вриједност $F_{0,95}(k, f) = 3,838$. С обзиром да је $T < F$, са вјероватноћом од 95% прихвата се нулта хипотеза, на основу чега се закључује да тачке означене као T_1 , T_2 и T_3 припадају истој вертикали.

3. ЗАКЉУЧАК

Сталним развојем и напретком изградње објеката, постављају се нови захтјеви пред геодетске стручњаке у погледу контроле геометрије објеката. Уз стално повећање комплексности објеката са конструктивног становишта, одржавају се високи критеријуми у погледу тачности геодетских мјерења и квалитета резултата. На овај начин, улога геодетске контроле геометрије, као и деформационе анализе током експлоатације објеката, све више добија на значају. Овдје се отвара простор за примјену нових геодетских технологија и имплементацију нових метода и модела мјерења и обраде података.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ашанин, С., Панцић, С., Госпавић, З., Миловановић, Б.: *Збирка одабраних задатака из инжењерске геодезије.*, Грађевински факултет, Београд, 2007.,
- [2] Ашанин, С.: *Инжењерска геодезија*, Грађевински факултет, Београд, 2003.,

- [3] Госпавић, З.: *Методологија контроле геометрије инжењерских објеката*, Грађевински факултет, Београд, **1995.**,
- [4] Ђурић, М.: *Контрола вертикалности стубова у индустријским условима, Синтезни рад првог циклуса студија*, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Бања Лука, **2013.**,
- [5] Марковић, Д.: *Контрола вертикалности високих објеката, Дипломски рад*, Грађевински факултет, Београд, **2009.**,
- [6] Перовић, Г.: *Сингуларна изравнања*, Научна књига, Београд, **1986.**,
- [7] Сарач, Ц., Верић, Ф., Хорват, К.: *Димензионирање темеља далеководних ступова према влачној сили*, Фонд радова подuzeћа „Geoexpert“, Загреб, **1976.**
- [8] <http://www.dalekovod.com>, преузето 10.03.2016. год.

GEODETIC CONTROL OF VERTICALITY OF HIGH OBJECTS

Summary: The construction of high-rise buildings is due to the increased concentration of the population, limited space for construction, the high cost of building land and technological progress. Geodetic control of the verticality of high-rise buildings provides construction quality, safety and reliability, both during construction and during the exploitation of the building. In this way it is possible to predict the behavior of objects, as well as prevent any negative effects caused by the geometric differences between built objects and the projected situation. The work deals with control of verticality of high objects using the geodetic testing of figure concurrency.

Keywords: *High buildings, figure concurrency control, facility verticality control*