

ЛИНЕАРНА И НЕЛИНЕАРНА СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА АБ ЗГРАДЕ ПРЕМА ЕВРОКОДУ 8

Александар Панчић¹
Александар Прокић²

УДК: 624.042.7

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2015.035

Резиме: У раду су приказани резултати линеарне и нелинеарне статичке сеизмичке анализе армирано-бетонске зграде од 10 спратова, правоугоне основе димензија 15x20m. Главна носећа конструкција се састоји од 7 независних армирано-бетонских зидова. Зграда је у основи и висински правилна па се анализира раванским моделима у два окомита правца употребом Еврокода 8. Након спроведеног димензионисања урађена је Pushover анализа и то за класе средње (DCM) и високе дуктилности (DCH) и тиме приказане криве сеизмичког захтјева и капацитета.

Кључне речи: Сеизмичка анализа, Pushover анализа, Еврокод 8, дуктилност

1. УВОД

Основни циљ правилног пројектовања и извођења зграда у сеизмичком подручју је очување људских живота прије и последице потреса. То значи да се зграде и при најачим потресима, који се очекују у вијеку трајања, не би требале срушити али се значајна оштећења не могу избјећи. У сврху анализирања конструкција на сеизмичка дејства развијене су према Еврокоду 8 линеарне и нелинеарне методе прорачуна чији избор зависи од проблема који се посматра, [2]. Нелинеарне анализе (статичке и динамичке) омогућују квалитативну и квантитативну процјену постигнутог помјерања и деформација и тиме добру анализу сеизмичке сигурности.

2. НУМЕРИЧКИ ПРИМЈЕР

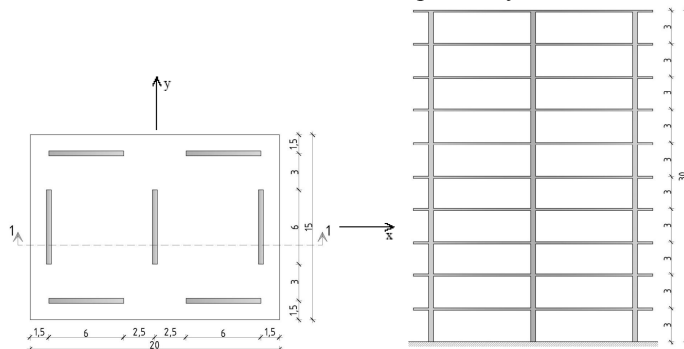
Пројектује се АБ пословна зграда са диспозицијом конструктивних елемената датих на слици 1. Употребљава се бетон класе C25/30 и запреминске тежине 25kN/m³ и арматура S400. Стално оптерећење по свим спратовима износи g=9.00

¹Александар Панчић, дипл.инж. грађ., тел: +38765893405, е – mail: pancic2707@hotmail.com

²проф. др Александар Прокић, дипл.инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: aprokic@eunet.rs

kN/m². Усвојена је дебљина плоче је 15 cm, а зида 30 cm. Тло је С категорије, а пројектно убрзање тла $a_g=0.25g$, а одговарајући параметри за еластични спектар одговора (тип 1-подручје високе сеизмичности) су $S=1.15$, $T_B=0.2$ s, $T_C=0.6$ s, $T_D=2.0$, $\eta=1$.

Зграда је у основи симетрична па се центар крутости и центар маса поклапају, поред тога висински је правилна па су задовољени услови према Еврокоду 8 [1] за примјену методе еквивалентног статичког оптерећења у два окомита правца.



Слика 1. Диспозиција конструктивних елемената зграде

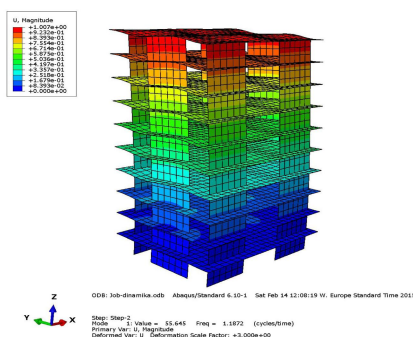
За прорачун основног периода осциловања за објекте до 40 m висине употребљава се приближни поступак дат према изразу (1) а који је детаљније објашњен у [1].

$$T_I = C_t * H^{3/4} \tag{1}$$

Са циљем провјере резултата за основни период у програмском пакету *Wolfram Mathematica* спроведена је мултимодална анализа и добијени су виши периоди осциловања. Поред тога модална анализа извршена је и у програмским пакетима SAP2000 и ABAQUS. Приказ резултата основног периода дат је у табели 1, док је облик форме првог тона, добијен у програму ABAQUS, приказан на слици 2.

Табела 1. Резултати за основни период осциловања

Основни период осциловања	T_{1X} [s]	T_{1Y} [s]
Приближни поступак	0.884	1.038
Wolfram Mathematica	0.897	1.037
SAP2000	1.029	1.059
ABAQUS	0.819	0.842



Слика 2. Први тон осциловања - ABAQUS

Да би конструкција имала капацитет ношења сила потреса те да би се осигурало њено нелинеарно понашање она треба да се пројектује на дјеловање сила које су мање од оних кад је одговор линеаран. То се постиже увођењем фактора понашања којим се умањује еластични спектар a и тиме се избјегава сложена нелинеарна анализа. Добијени фактори понашања за класу DCM је $q=3.0$, а за DCH је $q=4.4$. Поступак одређивања фактора понашања односно пројектног спектра одговора као и укупне сеизмичке силе у два окомита правца дефинисани су детаљније у [1]. У табели 2 приказани су резултати укупне сеизмичке силе за двије класе дуктилности.

Табела 2. Резултати сеизмичке силе

Сеизмичка сила	F_x [kN]	F_y [kN]
DCM	7128.33	6035.03
DCH	4854.26	4110.82

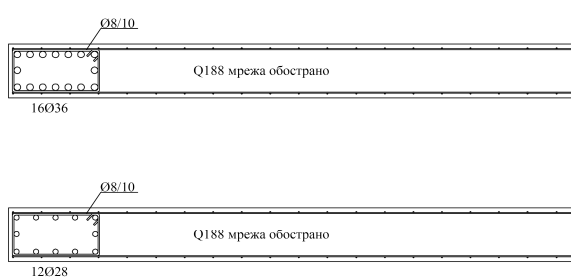
Након одређених укупних сеизмичких сила слиједи њихова расподјела по спратовима а затим одређивање пресјечних сила (на овом примјеру рачунају се само на дну прве етаж-горња ивица темеља). Затим се врши расподјела утицаја по зидовима за правце x и y . Торзиони утицај се узима у обзир преко коефицијента δ који се множи са пресјечним силама. Описани поступак дат је детаљније у [1]. Поступак димензионисања за мјеродавни правац у спроводи се према Еврокоду 2 [3] с тим да се мора водити од рачуна о одређеним условима дефинисаним у изразу (2), за дуктилне зидове класе DCM,

$$\alpha * \omega_{wd} \geq 30 * \mu_{\phi} * (v_d + \omega_v) * \varepsilon_{sy,d} * \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \quad (2)$$

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{b * d * f_{cd}} \leq 0,4$$

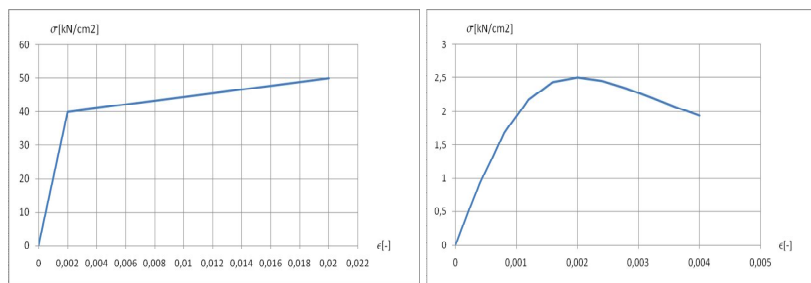
док за класу DCH важи $v_{Ed} \leq 0,35$. Детаљније је објашњено у [1] и [3].

На слици 3, приказани су попречни пресјци зидова са прорачунском араматуром за двије класе дуктилности.

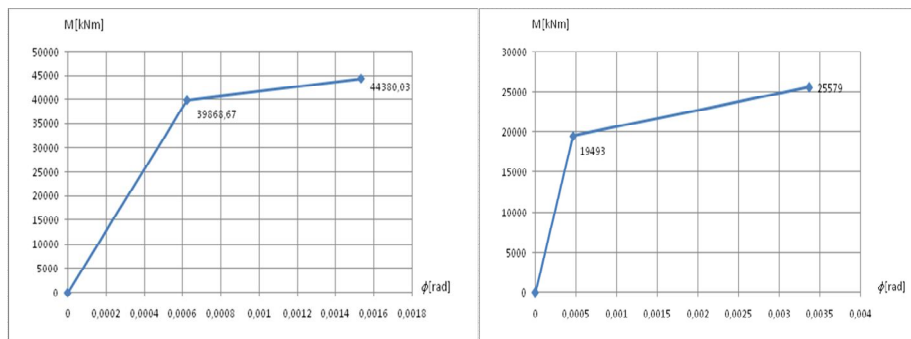


Слика 3. Арматура за диктилне зидове класе DCM (горе) и DCH (доле)

Након усвојене потребне арматуре у носивим зидовима спроводи се *Pushover* анализа. За одређивање криве капацитета користи се поступак, који је детаљније објашњен у [4] и употребом програмског пакета SAP2000. У програму су дефинисани рачунски дијаграми арматуре и бетона приказани на слици 4, као и попречни пресеци са усвојеном арматуром са слике 3. У програму се читавају вриједности момента и обртања са дилатацијама на граници великих издужења као и на граници лома а то је довољно да се одреди билинеарни дијаграм момент-обртање који је приказан на слици 5.



Слика 4. Рачунски дијаграм арматуре S400 и бетона C25/30

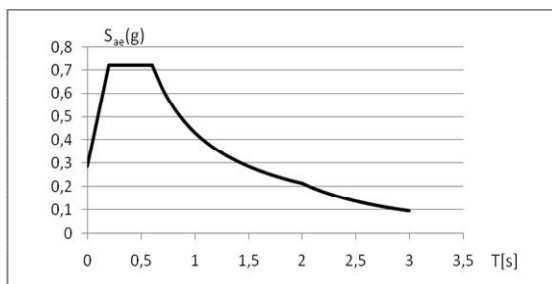


Слика 5. Билинеарни дијаграм момент-обртање одређен у програму SAP2000 за класу DCM (лијево) и DCH (десно)

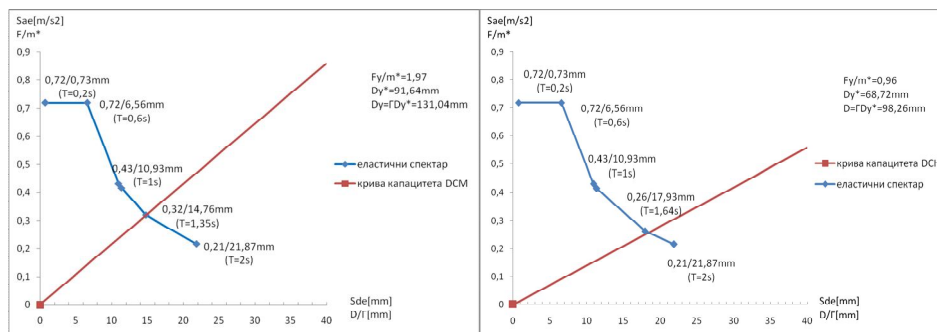
Према процедури која је дата у [4] слиједи одређивње еквивалентног динамичког система са једним степеном слободе. То је систем код кога су утицаји на мјесту укљештења за посматрани тон индентични оним код реалног мултимодалног система. Овдје за тај систем се добија висина $h=21$ m и маса $m^*=2884,53$ kN, а при томе се уводи претпоставка о троуганом распореду помјерања за први тон, при чему се усваја јединична вриједност помјерања на задњем спрату зграде. Из познатих вриједности момената на различитим степенима искориштености попречног пресека а на основу система са једним степеном слободе могуће је одредити припадајуће силе на нивоу темеља (base shear forces), које елемент прихвата у одговарајућим фазама напрезања. Исто важи и код односа обртање-помјерање при чему треба водити рачуна о дужини пластичног зглоба који се јавља у зиду, а датог према изразу (3), детаљније у [4].

$$L_{pl} = a_{st} * (0,08 * h^* + 0,022 * f_s * d_{bl}) \quad (3)$$

Да би се могло процијенити да ли конструкција задовољава сеизмички захтјев потребно га је преbacити у AD (*Acceleration-Displacement*) формат те на истом дијаграму приказати криву сеизмичког капацитета. На слици 6, приказан је еластични спектар у стандардном формату док на слици 7 приказ истог спектра у AD формату заједно са кривама капацитета двије класе дуктилности.



Слика 6. Еластични спектар – стандардни формат



Слика 7. Еластични спектар (AD формат) и крива капацитета за DCM класу (лијево) и DCH класу (десно)

Као што се види из пресјечне тачке између криве капацитета за класу DCM и еластичног спектра (сеизмичког захтјева) помјерање врха зграде (циљани помак) износи 14,76 mm што је мање од вриједности помјерања на граници течења еквивалентног система са једним степеном слободe које износи 91,64 mm (код стварног мултимодалног система помјерање врха зграде на граници течења је 131,04 mm). Вриједност фактора трансформације који омогућује прелаз из система са више степени слободe у систем са једним степеном и обратно износи $\Gamma=1,43$. Код класе дуктилности DCH помјерање врха зграде износи 17,93 mm (код стварног система 25,64 mm) што је мање од вриједности помјерања на граници течења 68,72 mm (код стварног система 98,26 mm). На основу слике 7 се може уочити да армиранобетонска зграда за усвојену арматуру на слици 3 за обе класе дуктилности задовољава сеизмички захтјев. Фактор редукције и фактор дуктилности [2] помоћу којих се одређује нееластични спектар одговора односно умањује еластични спектар, а који су аналогни фактору понашања који је кориштен у линеарној методи прорачуна, нису узети у обзир јер се за усвојену арматуру види да конструкција за обе класе дуктилности има доста резерве до достизања границе течења.

3. ЗАКЉУЧАК

Као што се показало у изложеном примјеру тек након спроведене нелинеарне статичке анализе се може боље оцијенити сеизмичка сигурност конструкције па се због тога и јавила потреба за увођењем ове методе у европске нормe. Треба напоменути да ова метода даје задовољавајуће резултате само за конструкције које имају доминантан први тон осциловања јер је основна претпоставка да облик помјерања конструкције остаје константан при убрзању подлоге. У току су још увијек истраживања из ове области након којих ће се ова метода проширити и узети у обзир више тонова осциловања што ће омогућити инжењерима у пракси добијање бољих и сигурнијих резултата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben (Dezember 2010)
- [2] Мехмед Чаушевић, Динамика конструкција, Загреб, 2010.
- [3] Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken (Januar 2011)
- [4] Перић, Анализа потресно отпорних конструкција методом темељеном на помацима: Метода поступног гурања-Pushover Analysis, 2008 година

LINEAR AND NONLINEAR SEISMIC ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BUILDING ACCORDING TO EUROCODE 8

Summary: *This Paper gives results of a linear and nonlinear static seismic analysis for RC building with 10 floors. Building is 15x20m with 7 independent RC ductile walls. Regularity of building provides to application of equivalent static lateral forces in two separate directions according to eurocode 8. After this calculation is applied Pushover analysis for ductility classes DCM and DCH and shown the diagram with seismic capacity and seismic demand.*

Keywords: *Seismic analysis, Pushover analysis, Eurocode 8, Ductility*