ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

УДК 624.016

Ж.С. БЕКБОЛОТОВА
КГУСТА им. Н.Исанова
г. Бишкек, Кыргызская Республика
e-mail: altai67@mail.ru
ZH.S. BEKBOLOTOVA
KSUCTAn.a. N. Isanov
Bishkek, Kyrgyz Republic
E.mail. ksucta@elcat.kg

КӨП КАБАТТУУ ИМАРАТТАРДЫН СЕЙСМИКАЛЫК ТААСИРДЕН УЛАМ ӨСҮҮЧҮ КЫЙРООГО ТУРУШТУК БЕРҮҮСҮН ЭСЕПТӨӨ ЫКМАСЫ

РАСЧЕТ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ НА ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ РАЗРУШЕНИЮ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

PROGRESSIVE COLLAPSE RESISTANCE FOR THE MULTISTORY BUILDING UNDER SEISMIC LOADING

Макалада чектүү элемент ыкмасы (КЭМ) менен катуу жер титирөөгө дуушар болгон көп кабаттуу имараттардагы күчөөчү кыйроо процессинин пайда болуусу, аны чектөө жана токтотуу каралган. Динамикалык жүктөөлөр сейсмикалык жана өсүүчү кыйроо жүктөмө аркылуу каралган. Санарип моделдөөнүн жардамы менен конструкциялардын баштапкы абалдан кыйроо абалына жетүү чекити жана кыйроонун башталыш чекити аныкталат. Эсептин негизинде берилген имараттын бекемдиги жана туруктуулугун жогорулатуу чаралары каралат.

Өзөктүү сөздөр: *чектүү элемент ыкмасы (КЭМ), көп кабаттуу имараттар, өсүүчү кыйроо, статикалык жана динамикалык жүктөөлөр.*

В статье рассматривается процесс прогрессирующего разрушения при воздействии сейсмических нагрузок. Многоэтажное здание подвергается воздействию статических и динамических нагрузок, определяются наиболее уязвимые элементы конструкций. При расчете здания применены акселлелограммы землетрясения Эл Центро (1940) и временной анализ конструкций.

Ключевые слова*: метод конечных элементов (МКЭ), прогрессирующее разрушение, многоэтажное здание, статические и динамические воздействия.*

This paper presents the finite elements model (FEM) and analysis for the seismically designed multistory building with reinforced concrete frames during concentric and complete collapse of the columns under seismic impact. This paper presents results for the structure's behavior under seismic loading; in particular, the structure's behavior during progressive collapse is described. ElCentro earthquake (1940) ground motion records were used as seismic inputs, and the structure was analyzed using time–history methods.

Key words: *finite element method (FEM), progressive destruction, high-rise building, static and dynamic effects.*

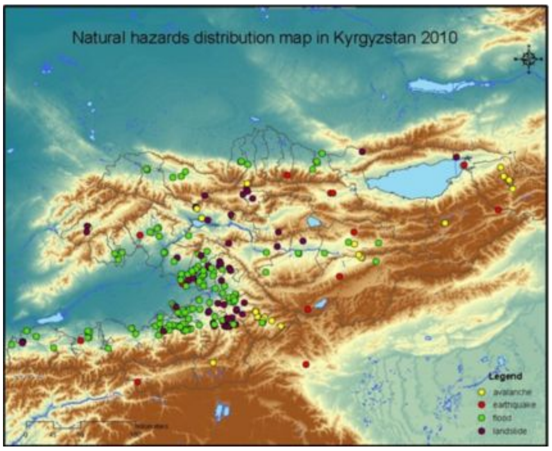
Киришүү. Акыркы жылдары террордук чабуулдардын көбөйүшү жана алар жер титирөөлөр активдүү райондордо орун алгандыктан, долбоорлонуучу көп кабаттуу жана бийик имараттарга кошумча талаптар коюла башталды.

Жер титирөөлөр кесепетинен кыйроого дуушар болгон көп кабаттуу бийик

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com
ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

имараттардын бекемдигин жогорулатуу максаттары каралбастан, башка динамикалык күчтөрдүн таасирлери да каралып, жалпы имараттын туруктуулугун камсыздоо маселесинин зарылчылыгы келип чыкты /1/. Динамикалык күчтөрдүн таасирин эсептөө бир нече баскычтуу каралып, атайын эсеп-анализдик программалардын жардамы менен аткарылууда. Мындай эсептик ыкма заманбап технологиялардын өнүгүшүнө байланыштуу болду. Анткени кандай гана имарат болбосун динамикалык таасирлерди толугу менен реалдуу шартка жакындаштыруу жана лабораториянын ичинде сыноо өткөрүү мүмкүн эмес. Ошондуктан имаратты санарип моделдөө аркылуу реалдуу шартка жакындаштыруу аракеттери жүргүзүлүүдө.

Бул илимий макалада сейсмикалык күчтүн таасиринен 5 кабаттуу имараттын бекемдигин толук жоготууда сейсмикалык түркүктөрдүн темир-бетон алкагында иштелип чыккан үч өлчөмдүү моделдери берилген жана алардын талдоосу жүргүзүлгөн. Бул изилдөө үчүн жалпы Кыргызстан территориясында курулган бир типтүү көп кабаттуу турак жай имараты эсептик модель катары кабыл алынган. Берилген макала сейсмикалык күчүркөнүүдө жана өсүүчү (прогрессивдик) кыйроо башталган учурдагы курулуш конструкциялардын жана материалдардын аракетин сүрөттөйт. Сейсмикалык ресурстар катары Elcentro (1940) жер титирөөнүн жер кыймылынын санарип жазуусу колдонулган жана түзүмү убакыт аралык ыкмалар анализи менен жүргүзүлгөн. Имараттын үч дизайн түрү каралган. Изилдөө учурунда кадимки сейсмикалык күчүркөнүү, жер титирөөнү жазуу (акселерограмма) аркылуу жана өсүүчү кыйроо маалындагы конструкциялардын туруштук берүү аракети талдоого алынган.



1-сүрөт. Кыргызстандагы жер титирөөлөр картасы

Өсүүчү кыйроону эсептөө эл аралык нормаларга ылайыктуу, алардын ичинен АКШ мамлекетинде кабыл алынган General Services Administration (GSA2013) боюнча жүргүзүлгөн. GSA2013 талаптар боюнча конструкцияга аныкталган же көрсөтүлгөн тилкелер алып салуу менен камсыз болгон.

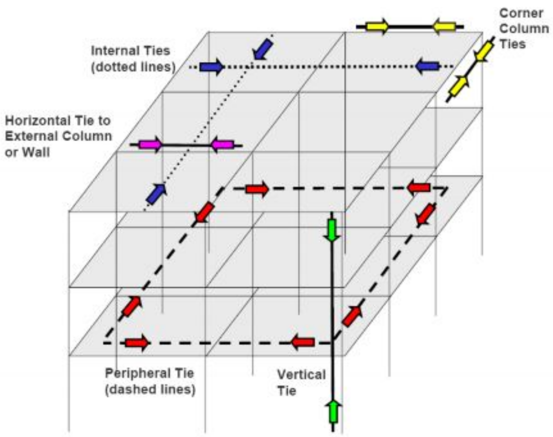
Өсүүчү кыйроону изилдөөнүн жыйынтыгы боюнча плитанын кысылуу-чоюлуусу, бийиктиги боюнча жайгашкан конструкциялардын (түркүктөр) аракеттери аныкталат. Сейсмикалык күчүркөнүүдөн кийин кайсы алсыз элементтер кыйроого дуушар болгону, кайсы элемент көтөрүү мүмкүнчүлүгүн жоготоору так аныкталат. Ошол эле кезде көтөрүү мүмкүнчүлүгүн жоготкон элемент раманын башка элементтери менен биргелешип иштөөсү токтоп, күчтөмөлөрдүн өз-ара бөлүштүрүсү башталат. Изилдөөнүн эң негизги максаты болуп, күчтөмөлөрдүн өз-ара бөлүштүрүсү башталганда, бири-бирин тартып, толук имараттын конструкцияларын кыйроого дуушар болбоосун камсыздоо эсептелинет.

Кыргызстан сейсмикалык активдүү район болгондуктан /2/, кыйроону болтурбоо же чектөө зарыл тапшырмалардын бири. Бирок ошол эле кезде бизде иштелип чыккан нормативдик документтерде толугу менен өсүүчү кыйроо процесстери каралбайт жана эске алынбайт. Ошондуктан бул изилдөөнүн негизинде, сейсмикалык жүктөлгөн имараттарды долбоорлоодо өсүүчү (прогрессивдик) кыйроону алдын алуу үчүн талдоо жүргүзүлөт.

Эсептөө натыйжалары алсыз түркүктөр жер титирөөдөн бүтүндөй конструкциянын кыйроосуна жана адамдын өлүмүнө алып келиши мүмкүн экенин көрсөтүп турат. Сейсмикалык стандарттарга ылайык иштелип чыккан темир-бетон конструкцияларынын сейсмикалык каршылыгын эске албаганда жана өсүүчү кыйроону эсептөөдөн кийинки бышыктык алда канча жогору турары далилденди. Сейсмикалык дизайн прогрессивдүү

кыйроонун тобокелчилигин азайтаарын дагы бир жолу далилдеп турат.

Моделдөө жана сандык эсептөө. Төмөндө келтирилген (2-сүр.) GSA2013 талаптар боюнча конструкцияга аныкталган же көрсөтүлгөн тилкелер каралган жана берилген тилкелер боюнча жүктөөлөр өз ара кайра бөлүштүрүлөт деп такталган.

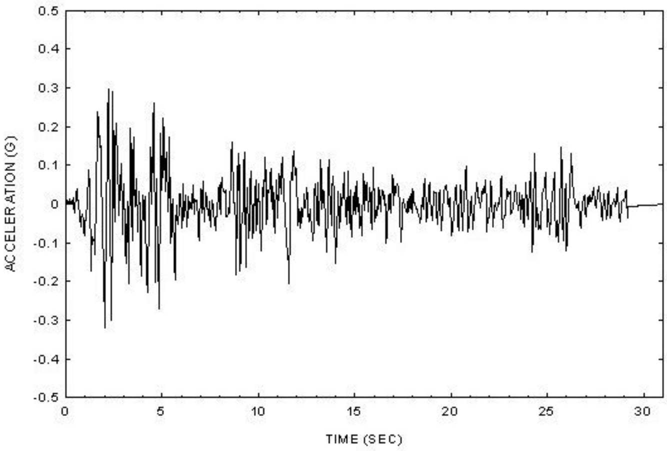


2- Сүрөт. Кыйроого дуушар болгондогу күчтөмөлөрдүн өз-ара бөлүштүрүүсү/3/

Сейсмикалык жүктөөлөр үчүн 1940-ж. Калифорнияда (АКШ) болгон El Centro жер титирөөнүн санарип жазуусу колдонулуп, чыгыш-батыш жана түндүк-түштүк багыттары алынган. Төмөндө (3-сүр.) түндүк-түштүк багытындагы акселлелограммасы берилген.

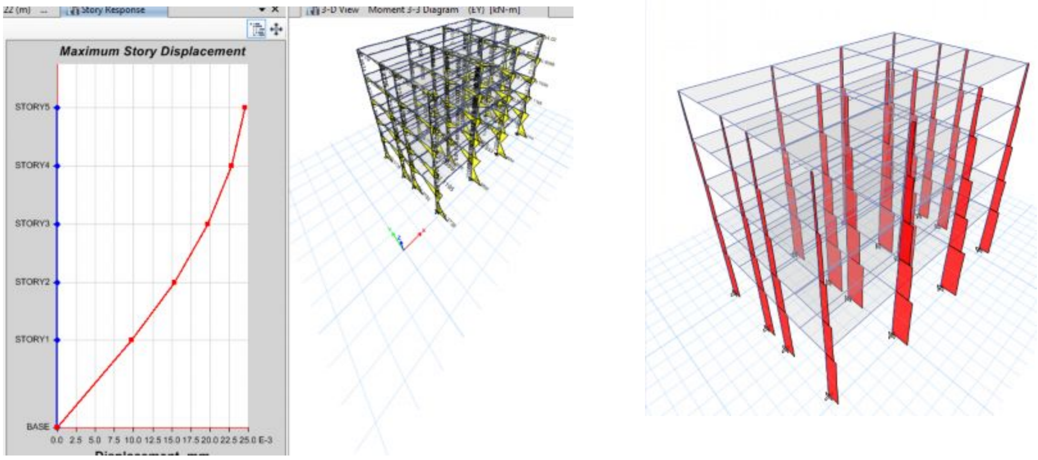
5 кабаттуу имарат сейсмикалык күчүркөнүүлөргө 0,25g жер ылдамдануусуна эсептелинип, сейсмикалык жактан туруктуу экени такталган. Эсепке жана GSA2013 талаптарга ылыйык каралган имарат кайра өсүүчү кыйроого текшерилет /4/. Мында GSA2013 колдонмосунун негизги талаптары болуп: имараттын кыска тараптын ортосунда жакын тилкеде алып салууну; бурчта жайгашкан түркүктөрүнүн бирин; узун тарабынын ортосуна жакын орун алган орток октогу бир түркүктү; имараттын бурчунда жана имараттын бурчуна чектеш түркүктөрдү баалоону талап кылат.

Имараттын сейсмикалык күчтөмөлөрдүн аракетинен иштөөсү жана өз-ара бөлүштүрүсү 4-сүрөттө көрсөтүлгөн. Кабат аралык жылышуунун графиги жана сан маанилери 4,5-сүрөттө көрсөтүлгөн. Каралган имаратта тышкы бурчта жайгашкан түркүк кыйроого дуушар болуп, толугу менен көтөрүү мүмкүнчүлүгүн жоготкон кездеги имараттын абалы.



3-сүрөт. El Centro 1940 жер титирөөнүн санарип жазуусу

(http://www.vibrationdata.com/elcentro.htm)



4- сүрөт. Эсептин негизинде аныкталган конструкциялардагы күчтөмөлөр

Тышкы катардагы орток окто жайгашкан түркүк кыйроого дуушар болуп, толугу менен көтөрүү мүмкүнчүлүгүн жоготкон кездеги имараттын абалы жана жалпы мүнөздөмөсү 6-сүрөттө келтирилген.

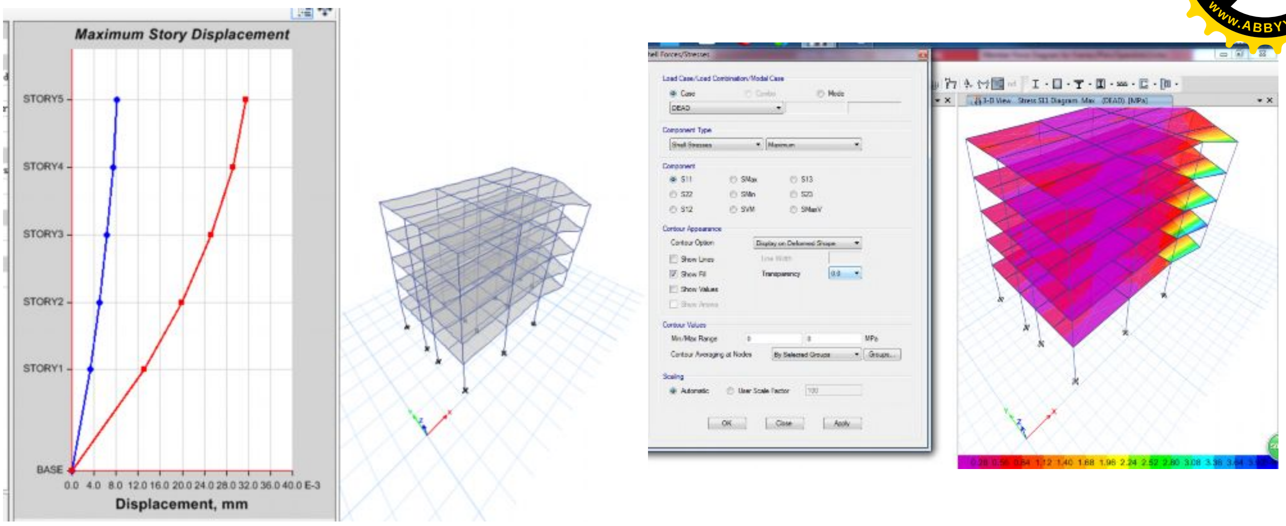
Эсептин негизинде, орток окто жайгашкан түркүк кыйрагандан кийин ошол катардагы N күчтөмөлөрдүн сан маанисин жана башка орток октогу түркүктөрдүн маанисин салыштырып карасак, бир топ айырмачылыктар далилденди. Ошол эле кезде, орток октогу күчтөмөлөрдүн өз-ара бөлүштүрүү аракеттери да аныкталды /5/.

Ошону менен бирге, сейсмикасыз эсептелген имараттын моделине салыштырмалуу көп кабаттуу имараттарды сейсмикалык жүктөөлөргө долборлоо жана конструктивдик эсептөө кошумча туруктуу экенин көрүүгө болот.

Корутунду: Азыркы учурдун талабына ылайык, Кыргызстан эл аралык долборлоо нормалары менен таанышып жана кыргыз нормативдик документтерде чагылдырылбаган маселелерди изилдеп, биздин шартка дал келген эл аралык талаптарды жаңы нормативдик документтерге киргизүүсү зарыл экени анык. Ошондуктан макалада каралган имараттын санарип моделин түзүүдө ETABS программасы жана жаңы эсептик ыкмалар колдонулган. Көп кабаттуу имаратты убакыт аралык анализ ыкмасы менен эсептеп, кабат аралык жылышуунун маанилери саналаган.

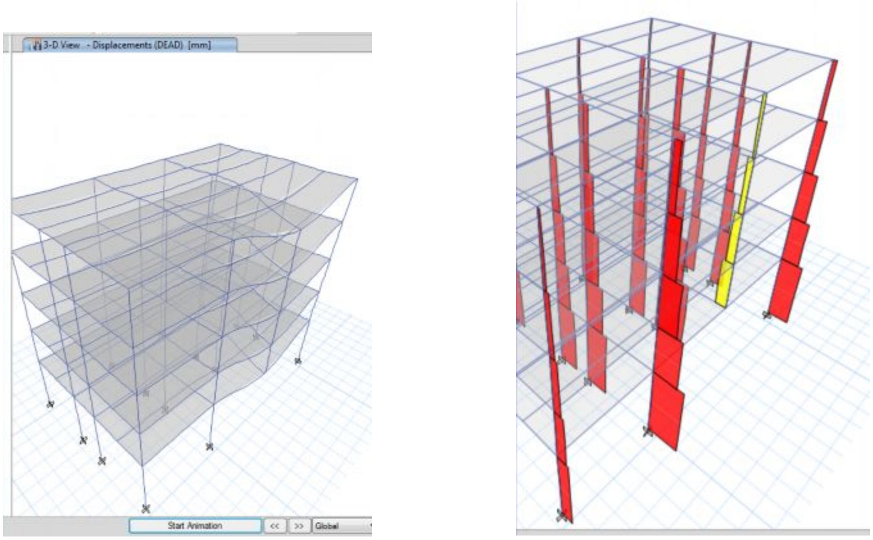
ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

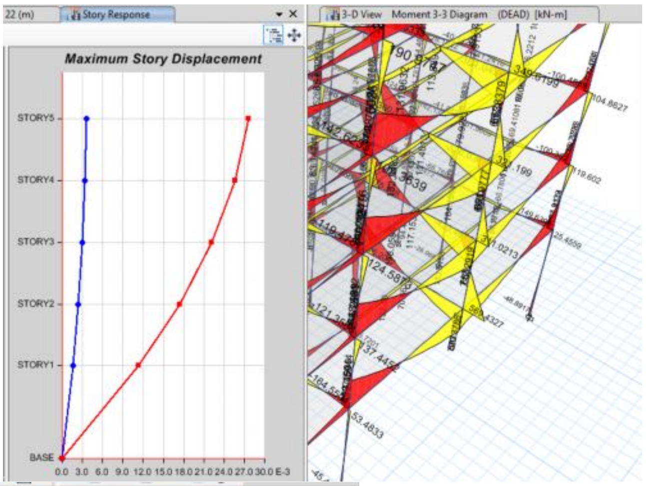


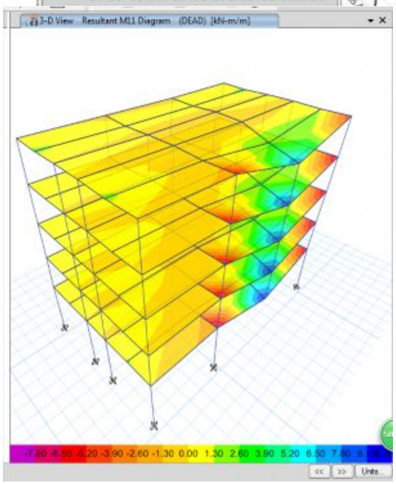
5-сүрөт. Эсептин негизиндеги имараттын деформациялары

а)



б)





6-сүрөт.Тышкы катардагы орток октогу түркүк кыйроо учурундагы имараттагы күчтөмөлөрдүн аракети: а- N – вертикалдуу күчтөмөлөр, б- M – ийилүүчү моменттер

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

7-сүрөт. Тышкы катардагы орток октогу түркүк кыйроо учурундагы имараттагы күчтөмөлөрдүн аракети астындагы деформациялар диаграммасы

Эсептөө учурунда жер титирөө жазуусу программага киргизилип, реалдуу жер кыймылына карата иштелген ыкма. Ошондой эле, бурчта жайгашкан түркүк кыйроого дуушар болгондо, имарат тез (5сек.) өсүүчү кыйроого дуушар болду. Ошол эле кезде орток октордо жайгашкан элементтер кыйроого туруштук берип, күчтөмөлөрдүн өз-ара бөлүштүрүүсү аркылуу бекемдиги жогорулаган. Ошол себептен, каралган имарат өсүүчү кыйроого туруктуулугу жетишсиз болуп эсептелинди.

Адабияттар тизмеси

1. Li CS, Lam SSE, Zhang MZ, Wong YL. Shaking table test of a 1: 20 scale high-rise building with a transfer plate system. *Journal of Structural Engineering* 2006; 132(11):1732-1744.

2. *Abdrachmatov, K.E.; Djanuzakov, K.D.; Delvaux, D. (2002). "Active tectonics and seismic hazard of the Issyk-Kul Basin in the Kyrgyz Tian-Shan". In Klerkx J.; Imanackunov B.* Lake Issyk-Kul: its natural environment. *NATO science series: Earth and environmental sciences. Springer. p.156.*ISBN 978-1-4020-0899-3. Retrieved 30 December 2010

3. General Service Administration (2013) Alternate Path Analysis and Design Guidelines for Progressive Collapse Resistance October 24, 2013, Washington, DC, USA, 2013

4. Lin KQ, Li, Y, Lu XZ, Guan H, Effects of seismic and progressive collapse designs on the vulnerability of RC frame structures. Journal of Performance of Constructed Facilities-ASCE, 2017, 31(1): 04016079. DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000942

5. ETABS Tutorial Example. Seismic Analysis & Design of 10 Story RC Building (Equivalent Lateral Force)/ ACECOMS, AIT 2015