

PHISYCAL SCIENCES
ФИЗИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Рахымберді І.Е, Шарипхан З.Қ, Тлеумуратова Н.Т, Тасыбай К.А

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті

Жер сілкінісі және оның салдарының шешу жолдары

Аннотация

Жер сілкінісі – жердің кенеттен сырғып кетуінен болатын жер сілкінісі. Жердің сыртқы қабатындағы кернеулер жарылыстың бүйірлерін бір-біріне итереді. Күйзеліс күшейіп, тау жыныстары кенеттен сырғып, жер қыртысы арқылы өтетін толқындардағы энергияны шығарады және жер сілкінісі кезінде біз сезінетін сілкініс тудырады.

Кілт сөздер : Сейсмикалық осалдық-сұйылту-крекинг-Құрылыс құрылымдары

Кіріспе

Жер сілкінісі тарихтағы ең ірі табиғи апат болып табылады және сейсмикалық деңгейі жоғары ауылдардағы апаттар мен инфрақұрылымның бұзылуының бірқатар ықтимал себептерін білдіреді. Соңғы жылдары жер сілкінісі әлемнің көптеген қалаларын қиратып, көптеген қиындықтар туғызды. Жер сілкінісінің адам өміріне әсері мен экономикалық салдары да көптеген зерттеушілер зерттейтін маңызды аспектілер болып табылады. Жер сілкінісі-адам өміріне қауіп төндіретін механикалық және құрылыс нысандарына әсер ететін күшті табиғи күш. Осы қуатты толықтыру үшін ғимараттарды жобалау сейсмикалық аймақтар үшін экономикалық ауыртпалыққа айналды. Алдыңғы зерттеулер жер сілкінісінің қалалық инфрақұрылымға әсерін зерттеген.

Әдетте, үлкен ғимараттар табиғи сейсмикалық күштермен күресу үшін карталарды блоктаудың арнайы кодтарын қолдану арқылы жобаланады. Осы күштерді ескермей ғимараттарды жобалай алмау қатты жер сілкінісі кезінде жағымсыз экономикалық салдарға әкелуі мүмкін. Көбінесе қатты жер сілкіністері сейсмикалық белсенділік қайта оралған кезде 50-100 жылда бір

рет қана болады. Сондықтан кез-келген үлкен құрылымға өмір бойы қатты жер сілкінісі әсер етуі мүмкін, егер оның дизайны қолайлы сейсмикалық қондырғының қажетті құрылыс нормаларына сәйкес келмесе. Қауымдастықтар оларды табиғи апаттардан қорғау үшін қандай инвестицияларды жақсы салу керектігі туралы дилеммаларға тап болады, бұл үлкен экономикалық шығындарға әкелуі мүмкін, бірақ ешқашан болмайды. Қазіргі уақытта жаһандық деректер мен статистикалық талдау дамушы елдердегі сейсмикалық тұрақтылықтың дамыған елдерден төмен екенін көрсетеді. Нәтижесінде жер сілкінісі дамушы елдердегі адамдардың өмірі мен экономикалық дамуына қауіп төндіреді. Дамыған елдердегі экономикалық шығындар шарықтау шегіне жетті, бірақ өлім саны біртіндеп азайды. Жарылыстар мен жер сілкіністері жер сілкіністерінен туындаған ең сезімтал әсерлер болып табылады, бұл ғимараттар мен басқа да берік инфрақұрылымға аз немесе көп зиян келтіреді. Жергілікті география мен жер сілкінісінің эпицентрінен қашықтықтың үйлесуі жергілікті әсердің ауырлығын анықтайды. Алдыңғы зерттеулер жер сілкіністерінде жергілікті геологиялық ерекшеліктер мен геологиялық құрылымдардың маңызды рөл атқаратынын және тіпті қарқындылығы төмен жер сілкіністеріне байланысты Жердің үдеуіне әкелуі мүмкін екенін көрсетті. Бұл процесс жергілікті күшейту немесе сайтты күшейту деп аталады. Үлкен ғимараттардың қызмет ету мерзімі Ішінде Жерді бұзуы мүмкін жарықтығы жоғары ақауларды мұқият картаға түсіруге ерекше назар аудару қажет. Сонымен қатар, жер сілкінісінің магнитудасы эпицентрден қаншалықты алыс екеніңізге немесе жер сілкінісі кезінде орналасқан жеріңізге байланысты орналасқан жеріңізге байланысты өзгереді. Дегенмен, әрбір жер сілкінісінің магнитудасы өзгеріссіз қалады және Рихтер шкаласы бойынша жалғыз сандық мән болып табылады. Осыған байланысты жер сілкінісінен туындаған құрылымдық ауытқуларды азайту мақсатында жер сілкінісінің азаматтық құрылыс саласына әсерін зерттеуге көбірек көңіл бөлінуде. Бұл зерттеу сейсмикалық көкжиектің ерте қалпына келуін азайту шешімдерін қарастыра отырып, жер сілкіністерімен байланысты инфрақұрылымның деструктивті факторларын зерттеді. Бұл зерттеу келесідей жүргізіледі: 2-Бөлімде Азиядағы ірі жер сілкіністерінің хронологиясы сипатталған. Дін жер сілкінісінің негізгі себептері туралы жалпы көзқарасты талқылайды. 3. Дін жер сілкінісінің техникалық нысандарға әсерін және жер сілкінісін жоюдың ықтимал шешімдерін тізімдейді.

Азиядағы ең жойқын жер сілкінісі

Азия ең сейсмикалық белсенді континент болып табылады және халық саны ең көп. Ол адамзат тарихындағы кез келген басқа континенттерге қарағанда

ауыр табиғи апаттарды басынан өткерді. Сондықтан жер сілкінісі кезінде және одан кейінгі адамның мінез-құлқы адамның жарақат алу қаупін қалай арттыратынын түсіну маңызды. Жер сілкінісінен ең көп зардап шеккен аймақтарды анықтау жарақаттарды азайту үшін қауіпті азайту стратегияларына, соның ішінде тиісті құрылысты жоспарлауды жақсартуға және жер сілкінісі кезінде ұсынылған қорғаныс шараларын хабарлауға мүмкіндік береді. Кейбір тарихи сейсмикалық апаттардың қысқаша сипаттамасы төмендегідей:

8 балдық Хуассиан жер сілкінісі 1556 жылы 23 қаңтарда болған ерекше жер сілкінісі болды. Бұл Қытайдың Шэньси провинциясындағы Вэйхэ бассейнінде 830 000 адам қаза тапқан ең үлкен оқиға болды. Жер сілкінісінің ошағы Хуасянь қаласынан оңтүстік-шығыстағы Вэйхэ ойпатында болды. Негізгі жарықтар сейсмикалық аймақтың шығысында, батысында, шығысында және солтүстік-батысында бар. Жарықтардың кеңістіктік айналымы, жылдамдығы және бұзылу қатынасы бойынша біркелкі емес, геоморфологиялық бақылаулар бойынша олар жарылған флювиальды террасалар мен аллювий желдеткіштері болып саналады. 1556 жылғы Ұлы Хуансиан жер сілкінісі Солтүстік Хуашань жырығымен тығыз байланысты болуы мүмкін. Шығыстан батысқа қарай бағытталған Вэйхэ жарылысы жайылма құрылымы ретінде сипатталатын тағы бір белсенді жарықшақ болып табылады. Сейсмикалық зардаптарды болдырмау үшін бұл бұзылулардың белсенділігін бақылау қажет.

1974 жылы Пәкістанның солтүстігіндегі Сват, Хунза және Хазара аймақтарында магнитудасы 6,2 Рихтер жер сілкінісі болды. Шамамен 5300 адам қаза тауып, 17 000 адам жарақат алып, 97 000 адам зардап шекті. Көшкіндер мен тастардың құлауы зиян келтірді. Қираудың көп бөлігі Исламабадтан солтүстікке қарай 160 км жерде орналасқан Паттан ауылының айналасында болды .

1976 жылғы Таншан жер сілкінісі магнитудасы 7,8 Рихтер, соңғы 300 жылдағы Солтүстік Қытай жазығында болған ең ірі жер сілкінісі болды. Жер сілкінісінің қоқыстары мен артефактілерін қоспағанда, жер сілкіністерінің көпшілігі бұзылған немесе жоғалып кеткен. Жарық аймағының ұзындығы 47 км-ден астам болды. Елеулі қайталама сыну аймақтары негізгі беткі бұзылыстың шығысында және батысында орын алды. Таншан жарығы 115КА жылдан бері тоғыз биіктікте жер сілкінісін бастан өткерді. 1976 жылғы жер сілкінісіне дейінгі төрт бұзылу оқиғасының тізбегі 7,76–8,13 км, 16,2 км, 24,3 км және 32,41 км-ден астам болды. 1976 жылғы жер сілкінісін ескере отырып, бес ірі жер сілкінісінің қайталану аралығы шамамен 8,1 км құрайды .

2005 жылы Рихтер шкаласы бойынша 7,6 балдық жер сілкінісі Кашмир мен Пәкістанның солтүстік-батысында болды. Салдарынан 73 мың адам қаза

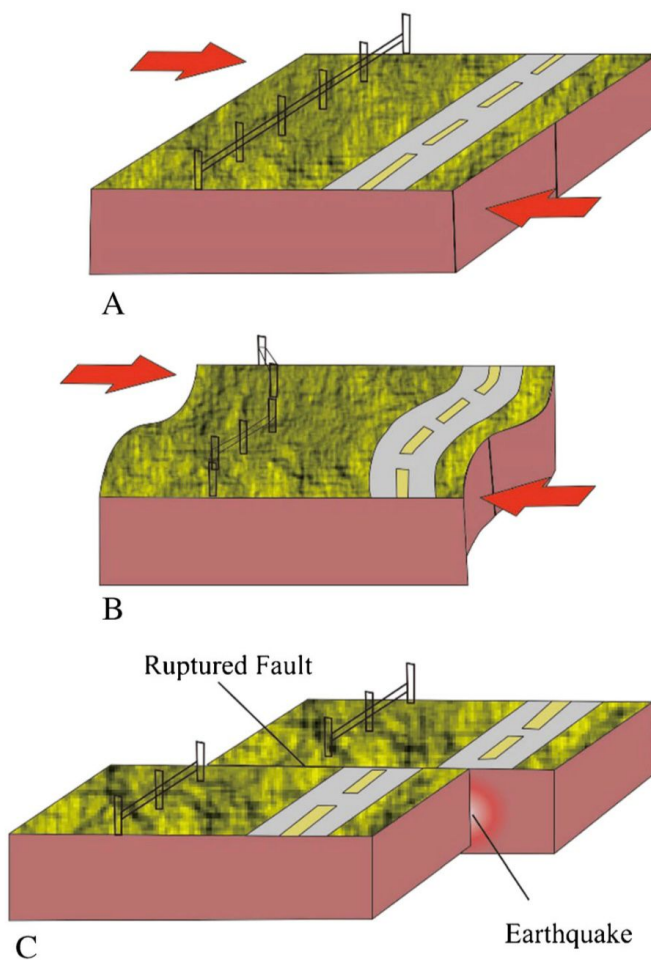
тауып, 3,3 миллионнан астам адам босқынға айналды. Жер сілкінісінің геологиялық жағдайын Хусейн және т.б. (2009). Күрделі әсерлер пайда болады.

Жер сілкінісінің жалпы механизмі

Жер сілкінісі серпімді кернеуленген тау жыныстарында жинақталған энергия кенеттен босатылған кезде пайда болатын табиғи апат . Энергияның бұл разряды жер сілкінісі көзіне жақын жердің қарқынды діріліне және жердегі сейсмикалық толқындар деп аталатын серпімді энергия толқындарына әкеледі. Жер сілкіністерін бомба жарылыстары , жанартау атқылаулары (Aspinall және т.б. 1998; Hales 1750; Hill et al. 2002) және ақаулар бойымен кенет сырғанау .Сондықтан жобалау және құрылыс сызбаларында жер сілкінісі тудыратын сейсмикалық толқындар мен сейсмикалық қауіптерді ескеру қажет.

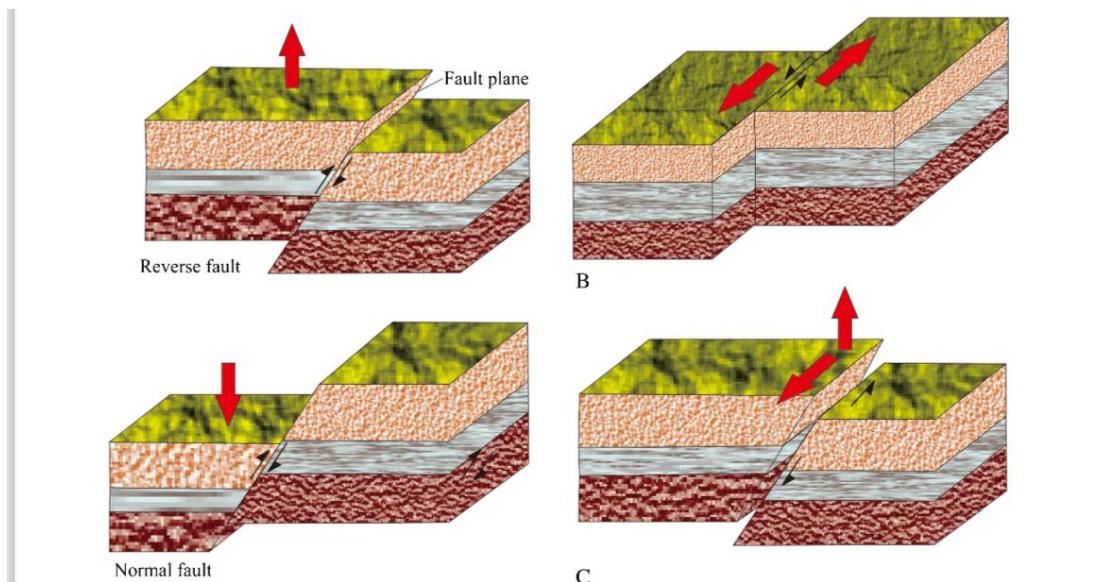
Геологиялық жағдайлардың зақымдану қарқындылығы мен сілкінісіне әлеуетті әсері жер сілкінісінің мінез-құлқына әсер ететін факторлардың бірі болып табылады және геологтар мен инженер-геологтардың мұқият назарын аударуға тұрарлық. Рейд серпімді кері байланыс теориясын ұсынды және жер сілкіністерінің көпшілігі 1-суретте көрсетілгендей, бұзылу аймағы бойында жинақталған энергияның кенеттен бөлінуінен болатынын көрсетті (Моги 1967). сырғанау, сырғанау немесе қиғаш сырғанау. Сырғымалы бұзылуларда блоктардың қозғалысы көлбеу бұзылу жазықтығына параллель болады. Зақымдану көлбеу бетінің үстіндегі блокты тірек қабырға деп атайды, ал көлбеу жазықтықтың астындағы блокты табан қабырғасы деп атайды. Қалыпты бұзылуларда ілулі қабырға табан қабырғасына қатысты төмен қарай жылжиды және 2А-суретте көрсетілгендей кері ақаулар үшін керісінше. Төмен бұрышты (<math><30^\circ</math>) көлбеу ақаулық жоспары бар кері зақымдану итермелеу деп аталады. Блоктардың сырғанауы горизонтальды және ақаулық соқтығысқа параллель болатын бұзылу соғу сырғанау деп аталады (2В-сурет). Егер ақауға қарап тұрған бақылаушыға қарама-қарсы блок оңға қарай жылжитын болса, сырғанау оң жақ бүйірлік деп аталады. Сол жақ бүйірлік қозғалыста сырғанау мүмкіндігі ақаулық бойынша солға қарай болады. 2С-суретте (Plummer 2016) көрсетілгендей сырғанау және соғу құрамдас бөлігі бар ақаулық қиғаш ақау деп аталады. Бұзылу жағдайында кернеу кернеуі (пластиналар бір-бірінен алыстайды) қалыпты ақауларды тудырады, қысу кернеуі (пластиналар бір-біріне қарай жылжиды) кері ақауларды тудырады, ал ығысу кернеуі (пластиналар бір-бірінен өтіп кетеді) трансформация ақауларын тудырады.

1-сурет (А) Деформацияға дейінгі кернеуі бар тау жыныстарының бастапқы орналасуы, (В) тектоникалық күштердің қарама-қарсы бағытта сақталатын деформациясы және (С) энергияның бөлінуі арқылы бұзылудың пайда болуы Жер сілкінісінің локализациясына қатысты гипоцентрді бір өлшемді (1-D) немесе үш өлшемді (3-D) толқын жылдамдығы құрылымы бойынша орналастыруға болады, ол бар жер сілкіністерінің инверсияларын біріктіреді. 3-D толқын жылдамдығы модельдерін инверсиялау үшін гипоцентрлер мен келулер саны қажет . Белгілі әдіс «Қос айырмашылық жер сілкінісінің орналасу алгоритмі» үлкен қашықтықтағы жоғары ажыратымдылықтағы гипоцентрдің орнын анықтайды. Орналасу әдісі жол жүру уақытының абсолютті бағалауын немесе Р және S толқындарының кросс-корреляциясының дифференциалды саяхат уақытын бағалауды қамтиды



Жер сілкінісінің инженерлік құрылымдарға әсері қалалық инфрақұрылымға әсері

Қалалық аймақта үлкен жер сілкінісі болған кезде, ол құрылыс инфрақұрылымының кең спектріне әсер етеді және ғимараттар мен негізгі нысандарға әртүрлі зақым келтіреді (Гхобара және т.б. 2006). Зақым жер сілкінісінің қарқындылығы мен магнитудасына ғана емес, сонымен қатар жер сілкінісі болуы мүмкін аймақтың жергілікті геологиясына және құрылыс әдістеріне де байланысты. Нашар құрылыс тәжірибесі және құрылыс нормаларын қолданбау ғимараттарды жер сілкіністерінің зақымдалуына әлдеқайда осал етеді. Тиісті құрылыс нормаларын тиімді орындайтын ғимараттар зақымға төтеп беруі мүмкін. Ғимараттардың зақымдалуы жұмсақ шөгінділері бар аймақтарда жоғары, ал биік ғимараттар кішігірім ғимараттарға қарағанда көбірек зақымдалады. Ғимараттар жер сілкіністерінің көпшілігіне төтеп бере алатындай жобалануы керек және бұл тәжірибе жер сілкінісі қаупі бар аймақтарда біртіндеп қабылдануда. Дегенмен, адам шығынының көпшілігі қалалық үйлердің қирауынан болады, ал экономикалық шығындар маңызды инфрақұрылымдардың зақымдануынан болады (Франке және т.б., 2019).



Итакоши Хиноде аудандық жағдайлық зерттеу

2011 жылы Жапонияның Итакоши қаласындағы Хиноде аймағы Ұлы Шығыс Жапония жер сілкінісі салдарынан қатты сұйылтудан зардап шекті. Екі минуттық қатты сілкіністен кейін сұйылту Хиноде маңындағы аймақта айтарлықтай өсті. Тротуарлар астындағы үйлер мен тұрғын үйлердің едәуір қисаюуы және көмілген арықтардың көтерілуі, құмның қайнауымен және бүйірлік жылжуымен қатар жүрді (Чжан және т.б. 2020b). Хиноденің үйі 1-2° еңкейіп, шамамен 50 см шөгінді болды. Хинодеде де жолдың бұзылуы орын алды, оңтүстік тротуардағы бетон тақтайшасы жоғары және сыртқа жылжып, жол төсемі батып кетті. Оңтүстік жолдың бойымен қатар көмілген қадалар 50 см-дей жағына қарай итерілді. Контейнер түріндегі жер асты дренажының сыртқы қабырғасына ені шамамен 2,0 м және тереңдігі 1,5 м, таяз тереңдігі шамамен 5,0 м болатын қадалар орнатылды. Бұл үзілген арнаның дәрекі нобайы 3-суретте көрсетілген. Hinode 4-chome-де жасанды тоған бар және тоғанды қоршап тұрған толтыру бүйірлік таралуына байланысты суға қарай 3-5 м жылжыды (Ишихара және Камата 2015). Осы жағдайды зерттеу негізінде сұйылту борпылдақ құмды шөгінділердің және сұйылтудың зақымдануы жиі болатын осы аймақта таяз жер асты суларының қабатының қалыптасуына байланысты болды. Қорытындылай келе, іргетасы терең қадалы үйлердің шөгуінде қиындықтар болмағаны, ал биіктігі 1 м өңделген топыраққа салынған үйлердің де жер сілкінісінен айтарлықтай зардап шекпегені анықталды.

Катори қаласы Савара ауданындағы жағдайды зерттеу

2011 жылғы жер сілкінісі кезінде қалалық жерлерде кең таралған сұйылту орын алды, соның ішінде топырақ айдау, лай су тасқыны жолдар және үйлердің батып кетуі және .Ең үлкен залал Джуккен ағыны полигонының жанында, ауыл шеберханасы ғимаратының жанында болды. Бұл зақым жердің сұйылту мүмкіндігінің салдары болды, соның салдарынан лайлы су жолдарға шығып, елордадағы жолдарда қиындық тудырды. Бұл Тон өзенінің сулы-батпақты кіреберісі Жуккен өзенінің бойындағы үйлердің қисаюуына әкелді . Оногава өзенінің төменгі ағысы бүйірлік ағыстың таралуына және өзен арнасының көтерілуіне байланысты 400 м-ден астам ұсталды. 3А суретінде көрсетілгендей (Ишихара және Камата 2015) өзен арнасының көтерілуі ағын жағасының ішке қарай жылжуына себеп болды. Әлсіз сұйылтылатын топырақ профилі, әсіресе экструдталған құм қайнауы, топырақтың сұйылтуының ауқымды зақымдалуына және ғимараттың қисаюуына әкеліп соқтырған бүйірлік таралуына әкелді.

Бөгеттерге әсері

Сейсмикалық қауіп жоғары аймақта салынған бөгеттер жел мен құтқару жүйелерінің өмір сүруіне ықтимал қауіп төндіреді (Пэн және басқалар. 2014). Алдыңғы зерттеулер бөгеттің немесе үлкен су қоймасының жанындағы белсенді ақаулар жағалау сызығын апатты түрде бұзып, бөгеттің тұрақтылығына әсер ететінін көрсетті. Ғалымдар периналық құрылымдардың

сейсмикалық толқындарға қалай жауап беретінін көрсету үшін көптеген зерттеулер жүргізді . Олар жер сілкінісінің бөгеттерге әсері бөгеттің түріне байланысты деген қорытындыға келді. Ямагучи және т.б. олар сейсмикалық күштердің әсерінен бөгеттердің әртүрлі түрлеріндегі көлеңке үлгілеріне ауқымды зерттеулер жүргізді және нәтижелер 1-Кестеде келтірілген. Жағалаудағы бөгеттер мен жер сілкіністерінің қауіпсіздігіне байланысты проблемаларға төтенше тұрақсыздық немесе деформация жатады, мысалы, жарықтар, шөгу, тегістеу және жағалау беріктігі мен деструктивті материалдардың жоғалуына байланысты.

1-кесте тексерілген бөгеттердің істен шығуы туралы Жиынтық статистика
сейсмикалық оқиғалар

Жағалаудағы бөгеттер		Бетон бөгеттері	
Зақымдалған, зақымдалмаған		Зақымдалған	Зақымдалған жоқ
24	109	19	201
Тексерілген бөгеттердің жалпы саны			353
Зақымдалған			46
Зақымдалған жоқ			307
Жағалаудағы бөгеттердегі статикалық ақаулар:			
Сәтсіздік түрі		Бөгеттер бүлінген жоқ	
Бөгеттің корпусындағы жарықтар		13	
Ағып кетудің жоғарылауы		5	
Бөгеттің корпусындағы жарықтар және ағып кетудің жоғарылауы		1	
Су төгетін немесе су қабылдайтын қондырғының зақымдануы		6	

Көпірлерге әсері

Көпірді жобалау кезінде сейсмикалық тербеліс кезінде күшейетін автомобиль көпірлерінің дизайны мен сипаттамаларына ықтимал әсерді ескеру өте маңызды. Жалпы, егер топырақ жұмсақ болса, топырақтың қозғалысы күрт болса, көпір құрылыс нөмірінсіз салынса немесе көпірдің қалыптасуы тұрақты болмаса, көпірлердің бұзылуы артады. Көпірлердің жалпы орналасуына, орналастыру жағдайларына және топырақтың қозғалысына байланысты белгілі бір көпірлермен байланысты ақаулар бірнеше формада көрінуі мүмкін. Әдетте, көпір құрылымының бұзылуы құлаудың негізгі себебі емес. Олар көпірдің зақымдануы туралы сейсмикалық зерттеулер жүргізді және ең ауыр зақым келесі төрт түрдің бірі болуы мүмкін екенін анықтады:

1) Болат тіректердің иілуіне байланысты ішкі иілуден туындаған икемділіктің жеткіліксіздігімен байланысты темірбетон тіректеріндегі тіректердің бұзылуы, олардың құлауына әкеледі;

2) қондырманың дұрыс орналаспауына байланысты аралық бұрылыстарда немесе қалыпты тіректерде орын ауыстыру. Орындықтың биіктігі. Бұрылыстар немесе конфигурация қисықтары арқылы әлсіз жақтар артады. Осыған байланысты қателіктер Испания мен тірек арасындағы туыстарының қозғалысына байланысты болуы мүмкін.;

3) тірек беріліс кілттерінің зақымдануы (яғни, олардың геометриясына байланысты қатты элементтерді қарапайым етіп жасау өте қиын);

4) күрделі құрылымдарда ерекше ақаулар бар. Радиалды бағандарға соғылған кезде кәдімгі радиалды баған немесе көлденең сәуле зақымдалады.

Жер сілкінісіне көпірлердің реакциясы туралы соңғы зерттеулер 2-кестеде келтірілген.

2-кесте көпірлердің сейсмикалық реакцияларын бағалайтын соңғы зерттеулердің Қысқаша Мазмұны

Негізгі міндеттері	Қолданылатын әдістер	Негізгі тұжырымдар
Көпірдің сейсмикалық жобалау кодтарын белгілеу	Сызықтық емес динамикалық талдау, ABAQUS, MATLAB	1) көліктің үздіксіз қозғалысына байланысты үлкен бойлық орын ауыстыру орын алды. 2) көпір мойынтіректерінің Салыстырмалы орын ауыстыруы, әдетте, көлік құралдарының қозғалысына байланысты азайды.
Арқалық көпірлерінің жер сілкінісіне реакциясын зерттеу	Тәжірибелік жұмыстарды жобалау	1) Жердегі ең жоғары үдеу кезінде Пирстердің табиғи жиілігі 0,38 г-ға дейін төмендеді. 2) Жер сілкінісінің қарқындылығының жоғарылауымен Жоғарғы пирстердің үдеуіне реакция айтарлықтай болды, ал үдеу 0,20 г-нан асқанда төменгі пирстер зақымдалды.
Жер сілкінісіне реакцияузақ уақытқа созылатын тас қалау көпірлері	Зертханалық зерттеулер, ақырғы элементтерді талдау, сызықтық емес модельдеу	3) HSR көпіріндегі Бекітілген мойынтіректер 0,32 г-нан төмен зақымдалды. Алыс қашықтықтағы жер сілкіністері жақын маңдағы әріптестеріне қарағанда көбірек зиян келтіреді, бұл жақын маңдағы жер сілкінісінің ядролық құрылымдарға әсері туралы зерттеулермен толық келісуге әкеледі. Ұзындығы аз қалау арка көпірінің далалық сейсмикалық өнімділігі ұзын көпірге қарағанда жақсы. Пирстердің қозғалысын шектеу арқылы іргелес қондырғылар арасындағы соққы пирстердің күштері мен орын ауыстыруын азайтады. Жер сілкінісіне өте осал непап тас жолдарының көпірлері жердің төмен үдеуінен зардап шегеді. ал бүкіл көпірдің динамикалық реакциясы үшін модельдік жауап басқа құрылымдық элементтермен салыстырғанда мұнаралар мен палуба үшін тиімдірек деп табылды
Арка көпірлерінің сейсмикалық тиімділігін бағалау	Қосымша динамикалық талдау немесе сызықтық емес динамикалық әдіс	
Жер сілкінісінен туындаған соққылардың көпір тіректеріне әсері	Аналитикалық модельдеу, сызықтық емес гистерезис моделі, сызықтық вискоэластикалық модель Эмпирикалық сынғыштық функциялары	

Туннельдерге әсер ету

Жер сілкінісінің туннельдерге әсерін екі түрге бөлуге болады: толқынның таралуына байланысты жер сілкінісі және бүйірлік кеңею, көшкін және жарылу салдарынан жердің бұзылуы. Геологиялық жағдайлар, құрылымдық формалар және жер сілкінісінің параметрлері негізгі әсер ететін факторлар болып саналады (Wang et al. 2001). Геологиялық жағдайлар құрылыстардың сейсмикалық көрсеткіштеріне үлкен әсер етеді; бұл тау жыныстары құрылымы мен топырақтың өзара әрекеттесуіне байланысты. Геологиялық жағдайлар бойынша тұрақты деформациялар (яғни, бұзылудың орын ауыстыруы және топырақтың бұзылуы) және учаскенің деградациясы (яғни, жұмсақ құмды топырақтар үшін сұйылту және сейсмикалық шөгудің деградациясы, қатты тау жыныстары үшін атмосфералық бұзылулар мен декомпрессиялар) қарастырылады. екі ықтимал шарт бар. геологиялық жағдайларға қатысты. Әдетте, еңістердің бұзылуы туннель ашылатын жердегі сапасыз тау жыныстарының массасына байланысты болады. Конструкциялық пішінді, көму тереңдігін, туннель төсеу жағдайын, құрылыс әдісін, жүк

пішінін және туннель дизайнын өзгерту арқылы көлденең қимасын ескере отырып, негізгі әсер ететін факторлар болып табылады.

Эпицентрлік қашықтық, ошақтық тереңдік, магнитудасы және толқынның таралуы жер сілкінісі параметрінің төрт негізгі аспектісі болып табылады. Алғашқы үш параметр бірігіп белгілі бір аумақта жер сілкінісінің қарқындылығын анықтауға мүмкіндік береді. Егер жер сілкінісінің магнитудасы жоғары болса, әсер эпицентрлік қашықтықтары қысқа және ошақтық тереңдіктері таяз аймақтарда көбірек болады. Сонымен қатар, зерттеушілер туннельдегі сейсмикалық зақымға эпицентрлік қашықтықтың әсерін зерттеді. Жер асты құрылымының потенциалды реакциясына сейсмикалық толқынның таралуының әсерін бағалау үшін қолдануға болатын деформацияның үш түрі бар: крекинг, иілу, қысу және созылу.

Жер сілкінісінен туындаған туннельдердің бұзылуына қатысты соңғы зерттеулер 3-кестеде жинақталған.



Қорытынды ескертулер мен сейсмикалық осалдықты төмендету бойынша ұсыныстар

Бұл зерттеуден алынған сабақтар құрылымдық зақымдану жер сілкінісінің ауырлығы мен ұзақтығына, сондай-ақ азаматтық құрылымның ерекшеліктеріне байланысты. Жоғары қарқынды жер сілкіністері ұзаққа созылады және күштірек болады, сондықтан құрылымдарға көбірек зақым келтіреді. Дегенмен, құрылымдардың сейсмикалық қауіпсіздігін ескере отырып, ешбір құрылымды 100% қауіпсіз салу мүмкін емес, бірақ жер сілкінісіне төзімді құрылымдарды жобалау арқылы зақымдануды азайтуға болады. Сейсмикалық әсерлердің белгілі бір деңгейін ескере отырып, құрылымдар жер сілкіністеріне төтеп беруге жеткілікті үлкен беріктігі, қаттылығы және серпімсіз деформация қабілеті бар құрылыс нормаларымен белгіленеді. Әдетте, бұл құрылымдық элементтердің жер сілкінісіне төзімді сәйкес конфигурациясы және құрылымдық құрамдас бөліктерді мұқият егжей-тегжейлі көрсету арқылы қол жеткізіледі. Құрылымдардың өнімділігін растау үшін сейсмикалық әсерді зерттеудің әртүрлі әдістері ұсынылады. Тиімді және кеңінен қолданылатын әдістердің бірі ретінде сейсмикалық діріл үстелі қолданылады.

Сонымен қатар, жер сілкінісінен туындаған сұйылтуды азайту маңызды параметр болып табылады. Топырақтың сұйылтуын және оны бақылауды талқылағанда, жұмсарту әдістері синтетикалық талшықтармен және наноматериалдармен өңдеу, биоцементтеу арқылы топырақты қанықтыру, қайта өңделген материалдарды пайдалана отырып толтыру және микро майда цемент немесе басқа тығындау материалдарын қолданатын ерітінділер ретінде жіктеледі. Биологиялық материалдарды, микроцементтерді немесе наноматериалдарды пайдалану арқылы ену дәстүрлі әдістерге қарағанда жоғары еңбек сыйымдылығы, жоғары құны, қоршаған ортаның ластануы, пайдалану проблемалары және жақын орналасқан құрылымдардың зақымдануы мәселелерін шешуде тиімдірек болады. Дегенмен, үлкен аумаққа тұрақты енуге немесе қолданыстағы құрылымдардың жанында құрылысқа қол жеткізу үшін күрделі және тиімді әдістерді алу үшін одан әрі әзірлемелер қажет. Сонымен қатар, инженерлік тәжірибеде жаңа тәсілдер мен материалдарды ескере отырып, олардың қоршаған ортаға әсерін білу өте маңызды. Зиянды бағалау мен ерте қалпына келтіру схемаларын, сондай-ақ жер сілкінісіне дайындықты қамтитын жер сілкінісінен кейінгі жақсы дайындалған жоспар инженерлік және ғылыми қоғамдастық шешуді қажет ететін маңызды міндет болып табылады. Олар оқиғадан кейін дереу әрекет ету үшін жабдыкталуы керек. Жер сілкінісі алдындағы және одан кейінгі шараларды ескере отырып, сейсмикалық осалдықты азайтуға арналған арнайы дайындық және жұмсарту бойынша нұсқаулықтар мыналар болып

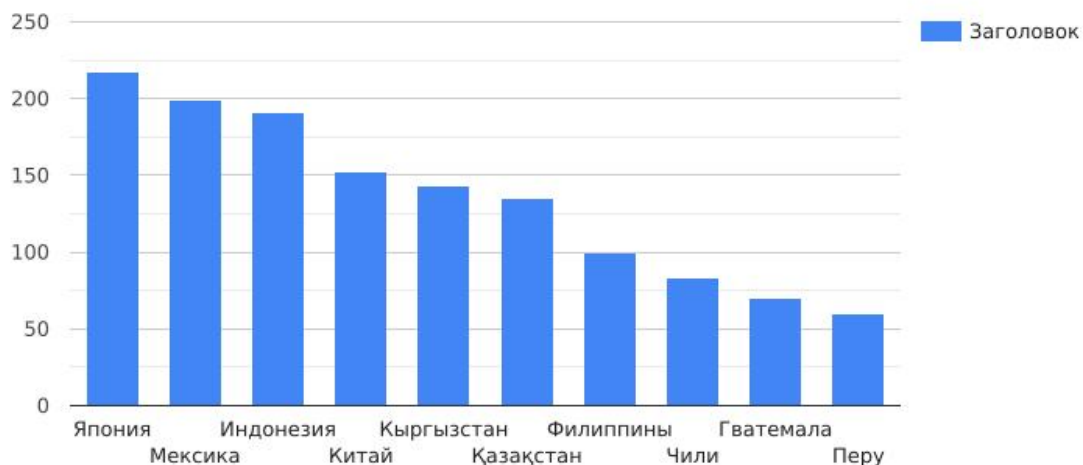
табылады: жер сілкінісі алдындағы кезең үшін: 1) құрылыс нормалары мен нұсқауларын қайта құру және қатаң түрде орындау, 2) сейсмикалық қауіпті аймақтардағы қатаң заңнама. , 3) жоғары сейсмикалық қауіпті аймақтардағы барлық құрылымдар мен ғимараттарға сейсмикалық төзімді элементтерді енгізу, 4) геогидрологиялық жағдайларды анықтау үшін егжей-тегжейлі зерттеу, 5) топырақтың сұйылтылатын немесе сұйылмайтынын анықтау және соңғы кодекстерде көрсетілген әдістер Жер сілкінісі кезінде: 1) ғимараттарды және инфрақұрылымды орнында немесе жаңа жерде қалпына келтіру, 2) зақымдалған ғимараттарды жөндеу, 3) экономикалық әлеует пен әлеуметтік-мәдени қажеттіліктерді жақсарту, 4) уақытша баспаналарды зақымдалған ғимараттардан адамдарды эвакуациялау.

Қорытынды

Бұл мақалада жер сілкінісінің азаматтық құрылыс құрылымдарына әсері талқыланды және сейсмикалық осалдықты азайту үшін жұмсарту шешімдері ұсынылды. Алдыңғы зерттеулер, жаһандық деректер мен статистикалық талдаулар жер сілкінісінің зақымдануы дамымаған елдерде әлдеқайда ауыр екенін көрсетті. Нәтижелер жер бетін өңдеу, сейсмикалық тұрақты құрылымдық жобаны қабылдау және жер сілкінісінің ерте алдын алу шараларын қарастыру арқылы барлық ықтимал тәуекелдерді азайтуға болатынын көрсетті. Сонымен қатар, темірбетон конструкциялары бетінің жарылуын өңдеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Нәтижелер сұйылтуды бақылаудың ең тиімді әдістері реактивті грутинг, PVD, денитрификация және карбонатты тұндыру, тас бағанасы және сейсмикалық дренаж екенін көрсетті. Жер сілкіністерінің зардаптарын азайтуға арналған кейбір сабақтар:

1. Сейсмикалық құбылыстардың әртүрлі деңгейін ұстап тұру үшін сейсмикалық құрылыс ережелерін қолдану қажет. Ескі құрылыстар мен нормаларға сәйкес келмейтін ғимараттар жер сілкінісіне төзімділігін арттыру үшін жөнделіп, абаттандырылуы керек.
2. Жер сілкінісі қаупі бар аймақтарда қауіпсіз құрылымдық жобалауды енгізу қажет. Қауіпсіз сейсмикалық дизайн құрылымдардың толық бұзылуын болдырмауға көмектеседі.
3. Жобалық аумақтың жер асты аймағындағы үзіліс параметрлерін, сейсмикалық белсенділік деңгейін, тау жыныстарын, жер асты суларының жағдайын анықтау үшін егжей-тегжейлі геологиялық барлау қажет.
4. Жер сілкінісі салдарынан топырақтың сұйылту мүмкіндігі болса, күрделі зақымдануды азайту үшін құрылыста топырақты жақсарту әдістерін қолдану қажет.
5. Жергілікті өзін-өзі басқару органдары жер сілкіністерінен кейін үлкен шығынды болдырмау үшін ерте қалпына келтіру бөлімдерін құруы керек.

Әлем бойынша жер сілкіністерінің соңғы жылдардағы саны



Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/329-investigating-earthquakes-introduction>
2. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/340-seismic-waves>
3. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/654-plate-tectonics-volcanoes-and-earthquakes>
4. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1426-the-moving-earth>
5. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/339-plate-tectonics>
6. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/337-inside-the-earth>
7. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/931-under-the-earth-s-surface>
8. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1557-earthquakes-timeline>
9. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/331-seismic-engineering>

10. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/651-magma-on-the-move>
11. <https://sci-hub.se/downloads/2021-08-13/5e/abbas2021.pdf>
12. <https://sci-hub.se/downloads/2020-01-30/1c/10.1016@j.ijdr.2020.101512.pdf>
13. <https://sci-hub.se/downloads/2021-08-11/d3/bikar2021.pdf>
14. <https://sci-hub.se/downloads/2020-06-08/89/babu2019.pdf>
15. <https://sci-hub.se/downloads/2021-06-30/cc/duppati2021.pdf>
16. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29AS.1943-5525.0000943>
17. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/41130%28369%2927>
18. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267726116000191?via%3Dihub>