

69.05:606.9
670

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

Муаллифлар: Қосимова С. Т., Шоджалилов Ш.,
Ходжаев С. А. Қамбаров Д. С., Толипова Н. З.

«ШАҲАР ҚУРИЛИШИ ВА ХУЖАЛИГИ» КАФЕДРАСИ

„БИНО ВА ИНШОТЛАРНИ СИНАШ МЕТРОЛОГИЯСИ“

УҚУВ ҚУЛЛАНМА

I ҚИСМ

ТОШКЕНТ — 2002

68.05

Б-70

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРАЛИГИ

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

Муаллифлар: Қосимова С.Т., Шоджалилов Ш., Ходжаев С.А.

Қамбаров Д.С., Толипова Н.З.

«ШАҲАР ҚУРИЛИШИ ВА ХЎЖАЛИГИ» КАФЕДРАСИ

«БИНО ВА ИНШООТЛАРНИ СИНАШ МЕТРОЛОГИЯСИ»

ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА

I – ҚИСМ

TAQI kutubxonasi

№

8/11

ТОШКЕНТ — 2002

БИБЛИОТЕКА

Бух. ТИП и ЛП

№ 74207

Муаллифлар: Қосимова С.Т., Шоджалилов Ш., Ходжаев С.А., Камбаров Д.С., Толипова Н.З. Бино ва иншоотларни синаш метрологияси Ўқув қўлланма. I—Қисм (Қосимова С.Т., Шоджалилов Ш., Ходжаев С. Камбаров Д, Толипова Н, ТАҚИ, 2002 й — 111 бет).

Мазкур қўлланмада қурилиш конструкциялари ва ашёларини статик ва динамик юклар остида синашнинг назарий ва амалий масалалари ёритилган. Синашни ташкил этиш бўйича маълумотлар ҳамда қўлланиладиган асбоб—ускуна ва жиҳозларнинг тавсифлари берилган. Конструкцияларнинг зўриқиш — деформация ҳолатини белгиловчи синов ўтказиш амалий усуллари ва ўлчов параметрлари, механик асбоблар, тензометрия услублари, муҳандислик геодезияси, фотограмметрия ва бошқа усуллар билан аниқлашга диққат эътибор қаратилган.

Синов натижаларини дастлабки ва тўлиқ қайта ишлаш усуллари ҳамда уларни таҳлил этишда эҳтимоллар назарияси, статистик усуллари қўллаш баён этилган.

I—Қисм

Тақризчилар: 1. Т.ф.д. проф. «Қурилиш механикаси ва иншоотларни зилзилабардошлиги»

кафедра мудири Абдурашидов Қ.С.

2. Т.ф.н. ЎзР ФА. «Механика ва иншоотлар зилзилабардошлиги»
инститuti бўлим бошлиғи Тешабоев З.Р

Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта махсус таълим вазирлиги томонидан турдош олий ўқув юртлари учун ўқув қўлланма сифатида тавсия этилган.

БИНО ВА ИНШООТЛАРНИ СИНАШ МЕТРОЛОГИЯСИ.

I – ҚИСМ МУНДАРИЖА.

СЎЗ БОШИ	5
КИРИШ	7
I – БОБ. ҚУРИЛИШ КОНСТРУКЦИЯЛАРИ ВА ИНШООТЛАРИНИ СИНАШ	10
1.1. Конструкция ва иншоотларни синаш буйича умумий маълумотлар	10
1.2. Қурилишда метрология ва стандартлаштириш асослари	12
1.3. Синалиши лозим бўлган конструкция ва элементларни тайёрлаш ва шаҳодатлаш	14
1.4. Мавжуд бино ва иншоотларнинг синалувчи конструкцияларини тайёрлаш ва шаҳодатлаш	17
1.5. Бузулмас синов усуллари	19
II – БОБ. ҚУРИЛИШ КОНСТРУКЦИЯЛАРИ ВА ИНШООТЛАРИНИ МЕХАНИК УСУЛЛАР БИЛАН СИНАШ ..	21
2.1. Статик синовлар	21
2.1.1. Умумий ҳолатлар	21
2.1.2. Синаш учун стенд ва қурилмаларнинг турлари	23
2.1.3. Юклаш схемасини танлаш	26
2.1.4. Балкаларни синаш	35
2.2. Статик синов усуллари учун назорат ўлчов аппаратураси	39
2.2.1. Прогибомерлар	39
2.2.2. Тензометрлар	44
2.2.3. Клинометрлар	64
2.2.4. Динамометрлар	66
2.3. Динамик синовлар	69

2.3.1. Умумий ҳолатлар.	69
2.3.2. Иншоотларда динамик жараёнларни экспериментал тадқиқ этиш.	71
2.3.3. Назорат ўлчов аппаратураси.	76
2.4. Синовларни ўтказиш ва синов натижаларига ишлов бериш.	95
1 – БОБ. АКУСТИК УСУЛЛАР	101
3.1. Ультратовуш импульсли усул.	101
3.2. Бетон ва металл нуқсонларини ультратовуш билан аниқлаш	103
3.3. Бошқа акустик усуллар.	108
АДАБИЁТЛАР.	110

СЎЗ БОШИ.

Иқтисоди ривожланган демократик жамият қуришнинг янги стратегияси фаннинг ҳам мазкур тизимда тутган ўрни ва ролини тубдан қайта қуришни, унинг вазифаларини аниқ белгилаб бериш заруратини илгари суради. Фан — таълим мазмунини тубдан янгилашда: таълим стандартлари, таълим дастурлари, ўқув дарсликлари ва қўлланмалар тайёрлашда, илмий — услубий таъминотни амалга оширишда бевосита ва билвосита иштирок этади. [1]

Қурилишда доираси оғишмай кенгайиб бораётган турли — туман мухандислик масалаларини ечишда бино ва иншоот конструкциялари ишини тадқиқ этишнинг экспериментал услубларидан кенг фойдаланилмоқда.

Бино ва иншоотлар конструкциясини синашга бўлган эҳтиёж ҳар хил. Шу жумладан, назарий йўл билан ҳал қилиш мумкин бўлмай қолган шароитларда вужудга келади. Бундай ҳолларда ашёлар, конструкциялар, умуман бино ва иншоотларнинг ишлашини тадқиқ этишнинг экспериментал усуллари барча қабул қилинган ҳисобий шарт — шароитларни текширишнинг пировард босқичига айланиб қолади. Шунинг учун, улар ҳозирги замон қурилишининг назарияси ва амалиёти учун ниҳоятда муҳим аҳамият касб этади.

Иншоотлар конструкциясини лойиҳалаш назариясининг ютуқлари ажойиб ва дадил ечимларга олиб келади. Бугунги кунда мутахассислар олдига бино ва иншоотларни жаҳон қурилиш амалиёти даражасида барпо этиш масаласи қўйилмоқда.

Шундай қилиб бино ва иншоотлар конструкциясини синашни, тажриба ишларига асосланган ҳолда олиб борилувчи чуқур назарий тадқиқот деб қараш тўғри бўлар эди.

Синаш объектининг сифатига, тадқиқотнинг мақсад ва вазифасига кўра бино ва иншоотларни экспериментал тадқиқотини йўлга қўйиш, реал шароитларда иншоотнинг аслий синовидан

мавжуд иншоот ашёлари ҳоссаларидан фарқланувчи ашёлардан тайёрланган моделларни синашгача бўлган турли — туман куринишда намоён бўлади.

Янги яратиладиган иншоотларнинг ниҳоятда мураккаблигидан, уларни аввал моделларда синаш кенг тарқалган. Ухшашлик назарияси, моделлар тайёрлаш, уларни синаш услуби, моделларнинг синов натижаларини таҳлил этиш каби илмий ва конструкторлик — технологик муаммоларнинг синтезидан иборат бўлган қурилиш конструкциялари ва иншоотларини моделлаштириш — қурилиш фанидаги алоҳида йўналишни яратилганлиги ҳақида куп гапириш мумкин.

Бино ва иншоотлар конструкциясини синашнинг ҳозирги замон босқичида назария ва амалиётнинг рабнақи механик ва радиотехник усулларнинг йиғиндисидан иборат дейиш мумкин. Механик усуллар конструкцияларни мавжуд юк таъсирида тадқиқ этишга асосланган.

Синашнинг радиотехник усуллари эса конструкцияларни зўриқиш — деформация ҳолатини тадқиқ этишга асосланган.

Сўнгги йиллар тажрибаси шуни кўрсатдики, конструкцияларни синашнинг механик ва радиотехник усуллари бир — бирини сезиларли даражада тўлдириб, уларни қурилишда қўллашнинг амалий соҳаларини кенгайтиради.

Мазкур ўқув қўлланмада баён этилган материаллар талабаларнинг математика ва физика, қурилиш ашёлари, материаллар қаршилиги ва қурилиш механикаси, ҳамда металл, темир бетон, тошли конструкциялар, ёғоч ва пластмасса конструкциялар соҳасида олган билимларига таянади.

Муаллифлар ТАҚИ «Қурилиш механикаси ва иншоотларнинг зилзилабардошлиги» кафедраси мудирини техника фанлари доктори, профессор Қ.С. Абдурашидовга қимматли маслаҳатлари учун ўз миннатдорчиликларини билдирадilar.

КИРИШ.

Бино, иншоотлар ва конструкцияларни синаш фан сифатида бошқа қурилиш соҳасидаги фанлардан кейинроқ шаклланди, бироқ, айрим ҳолларда иншоотларни синаш қадимдан амалга оширилган.

Иншоотларни синаш конструкция ҳолатига баҳо бериш ҳамда назарий ҳисобларнинг туғрилиги ва аниқлигини текшириш эҳтиёжидан пайдо бўлган.

Синаш, конструкциянинг юк кутарувчанлигини назарий жиҳатдан ҳисобга олиш мумкин бўлмаган ҳолларда конструкциянинг турли вариантларини солиштириш учун маълумотлар етишмаганида, бино каркаси айрим элементларининг фазовий ишлашини унинг юк кутарувчанлигига таъсирини, ҳамда турлича икки конструкциянинг (масалан металдан бўлган балка ёки фермаларнинг темир бетон плиталар билан бирга ишлаши) биргаликда ишлаш самарасини кўрсатиш каби омиларнинг таъсирини аниқлаш имконини беради.

Иншоот ҳолатини баҳолаш ё қурилиш ишлаб чиқариш жараёнлари билан, ё конструкцияни тиклаш ёки кучайтириш билан боғланган.

Синов юкининг турига кўра синовнинг 2 асосий усули мавжуд: статик (статик юк билан синаш) ва динамик (динамик юк билан синаш).

Динамик синовларни эксплуатациявий динамик — зарбли, вибрацияли ёки вибродинамик юклар билан амалга оширилади.

Иншоот ва конструкциялар синовини ё махсус синов лабораторияларда (лаборатория синови), ё дала шароитларида (дала синовлари) ўтказилади.

Лаборатория синовлари дала синовларига қараганда аниқроқ натижалар беради, чунки бу ҳолда аниқроқ синов асбобларидан фойдаланилади ва синаш учун маъқулроқ шароит яратиш мумкин. Аммо шунини ҳам айтиш лозимки, лабораторияда ҳамма вақт ҳам

конструкция ишининг аслий шароитига мос келадиган шароитни яратиш имкони бўлмайди.

Ҳозирги вақтда эксплуатация қилинаётган иншоот ва конструкция қисмларини синаш учун кучма лабораториялардан (темир йўл платформалари ёки автомобиллардан) фойдаланилади.

Синаш юкини қатталиги бўйича икки турдаги синовлар бор: эксплуатациявий юк таъсирига ва бузувчи юк таъсирига синаш. У ёки бу юк турини танлаш синов вазифасига боғлиқ.

Эксплуатациявий юк остида турган конструкция ва иншоотлар синаш натижаларини назарий ҳисоблашлар билан солиштириш уларни ҳақиқий ишлаши ҳақида фикр юритиш имконини беради. Конструкция ёки иншоотни бузувчи юк билан синаш эксплуатациявий юк чегарасини аниқлаш имконини беради.

Лаборатория шароитларида синовларининг икки тури мавжуд: аслий синов — синов объекти аслий ўлчамда бажарилади ва моделларда синаш.

Синов натижаларининг аниқлиги нуқтаи назаридан афзаллик аслий синовларга берилади, чунки модел синов натижалари конструкциянинг аслий ўлчамларига ўтказилганида айрим хатоликлар пайдо бўлиши мумкин. Аммо кичрайтирилган моделларни синаш тайёрлаш меҳнатсарфлилигини ва ашё сарфини камайтиради.

Ниҳоят, қурилиш экспериментининг ҳозирги замон ҳолати олдида турган мақсадларга йўналтиришни ривож билан ажралиб туради. Ашёларнинг физик — механик ҳоссаларини, конструкция элементларидаги 3 зўриқиш — деформация ҳолатларини аниқлаш ҳозиргача синовларда ва илмий тадқиқотларда фойдаланилар ва фақат айрим ҳоллардагина бино қурилиши ва эксплуатациясида сифатни текширишда ишлатилар эди. Ҳозир эса синовлар қатор ҳолларда қурилиш жараёнининг ажралмас қисми бўлиб қолаяпти.

Ҳозирги пайтда ишлаб чиқарувчиларга ҳам, қурувчиларга ҳам, иншоот ва биноларни барпо этишда ва эксплуатация қилишда сифатни баҳолашнинг замонавий усуллари ҳақида маълумотлари керак.

I – БОБ. ҚУРИЛИШ КОНСТРУКЦИЯЛАРИ ВА ИНШООТЛАРИНИ СИНАШ.

1.1. Конструкция ва иншоотларни синаш бўйича умумий маълумотлар.

Қурилиш конструкциялари ва иншоотларини лойиҳалаш, барпо этиш ва эксплуатация қилиш жараёнлари қатор мураккаб муҳандислик масалаларини назарий ва экспериментал ечимлари билан боғлиқдир. Бунда экспериментал тадқиқотларнинг ўрни назариядаги камчиликларни аниқлаш ва уларни бартараф этиш йўллари топишдан иборат. Қатор ҳолларда тадқиқотларнинг назарий усуллари иншоот ва конструкцияларнинг ва унинг мустаҳкамлигини баҳолашда ожизлик қилиб зуриқиш – деформация ҳолати қолади. Бундай ҳолларда юқоридаги кўрсаткичлари бўйича хулосалар бериш учун ягона йўл — иншоотларни синаш бўлади.

Иншоот ва конструкцияларни синаш метрологияси мустақил соҳаси сифатида бир асрдан зиёд мавжуддир. Катта ҳажмда қурилиш ишларининг олиб борилиши, йирик илмий текшириш институтларининг барпо этилиши синаш жараёнини мислсиз ўсишига олиб келди. Мустақил Давлатлар Ҳамдўстлиги давлатларининг бир неча йирик илмий марказларида («ЦНИИСК», «НИИЖБ», «НИИСК», «Минтрансстройнинг ЦНИИС», «Киев ЗНИИЭП») лаборатория шароитида айрим иншоот фрагментларини аслий ўлчамда синашни амалга ошириш имкониятлари мавжуд. Юқорида санаб ўтилган илмий марказлардан ташқари, бундай тадқиқотлар ЛенЗНИИЭП да, Грузия фанлар академияси «Қурилиш механикаси ва зилзилабардошлиги» институтида, Беларусия давлат қурилиш қўмитаси, ЎзЛТИИ ва шу каби қатор илмий тадқиқот институтларида бундай тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Иншоот ва уларнинг моделларини экспериментал тадқиқ этиш Германия, Польша, Чехословакия, Франция, Италия, Япония ва бошқа чет давлатларнинг илмий тадқиқот фирмаларида олиб борилмоқда.

Ҳозирги вақтда илмий—тадқиқот ишлари ва уларга боғлиқ конструкция ва иншоотларни синашга уларнинг ҳар бирини барпо этиш ва эксплуатация қилиш босқичлари бир вақтда олиб борилади. Конструкцияни ишлаб чиқиш босқичига кура синашнинг мақсадини қуйидагича ифода этиш мумкин:

1. Иншоотларни лойиҳалаш, уларнинг катта қисмини қамраб олувчи мавжуд назарий ишланмаларга асосан амалга оширилади. Иншоотни ҳисоблашнинг назариясини ишлаб чиқиш, олинган назарий натижаларни ойдинлаштиришга имкон берувчи қатор экспериментал тадқиқотларга таянади. Бунда қуйидаги масалалар характерли бўлиши мумкин:

а) Иншоот ва унинг моделларини синаш йули билан конструкциянинг зуриқиш—деформация ҳолатини аниқлаш, унинг ҳисобий схемасини ойдинлаштириш. Синов натижасида олинган маълумотлар ишлаб чиқилган назарияни баҳолашга хизмат қилади.

б) Юкнинг қиймати ва интенсивлиги, иншоотнинг айрим физик муҳитлар билан ўзаро таъсири натижаси сифатида аниқлаш.

2. Одатда лойиҳалаштирилган иншоот экспериментал текширувдан ўтказилиши лозим бўлади. Бу босқичда қуйидаги масалалар ечилади:

а) Иншоотнинг ҳисобий схемасини текшириш ва ойдинлаштириш. Бу масалага мисол бўлиб йиғма ва йиғма—яхлитқуйма иншоотларнинг ҳисобий схемасини ойдинлаштириш хизмат қилиши мумкин.

б) Иншоотнинг айрим боғламларини конструкциялашни тўғрилигини текшириш.

в) Иншоотнинг юк кўтариш қобилиятини аниқлаш. Иншоотни бузулишга қадар олиб бориш, унинг схемасини ва бузувчи юк қийматини ўрнатиш тадқиқот босқичидаги синовнинг пировард мақсади бўлиб қолади.

3. Замонавий қурилиш амалиётида синов иншоотларни барпо этиш, ва эксплуатация қилиш жараёнида ҳам ўтказишни кўзда тутади:

а) Иншоотларнинг йиғма элементларини қурилиш индустрияси корхоналарида оммавий равишда тайёрлашда сифат назорати.

б) Иншоотнинг юк кўтарувчи конструкциялари едирилган ва ишлаш номувофиқ бўлган тақдирда иншоот ҳолатини текшириш.

в) Аҳамиятли иншоотларни эксплуатацияга топширишдан аввал синов юки билан текшириб қўришни лозим топади.

Иншоот ишлашини ўрганишнинг экспериментал усуллариға авариялар таҳлилини ҳам киритиш лозим.

1.2. Қурилишда метрология ва стандартлаштириш асослари.

Илмий — техникавий прогресснинг тезланиши шароитларида қурилишда қурилиш конструкциялари, деталлари ва боғичларини унификациялашга, қурилиш конструкцияларини тайёрлаш ва монтаж қилиш сифатини оширишга алоҳида аҳамият берилмоқда. Қўйилган масалаларни ечиш, қурилишда метрология ва стандартлаштириш ролини кескин оширишни тақозо этади.

Метрология — бу ўлчашлар, уларнинг бирлигини ва талабдаги аниқлигига эришиш йўлларини таъминловчи усул ва воситалар ҳақидаги фан. Метрологияда: ўлчашларнинг умумий назарияси, физикавий катталиклар ва уларнинг тизимини бирликлари, ўлчаш усуллари ва воситалари, ўлчаш аниқлигини топиш усуллари, ўлчаш муштараклиги ва ўлчаш воситаларининг бир хиллигини таъминлаш

асосларини, ўлчов бирликларини эталон ёки намуна ўлчов воситаларидан ишчи ўлчов воситаларига узатиш усуллари кўрилади.

Метрология — метрологик таъминотнинг илмий асосидир. Метрологик таъминотда ўлчашнинг ягоналиги ва талабдаги аниқликка эришиш учун керакли илмий ва ташкилий асосларни, техникавий воситаларни, қоида ва меъёрларни ўрнатилади ва қабул қилинади. Метрологик таъминот қуйидаги тизимларни:

— бирликларни юқори аниқликда акс эттиришни таъминловчи физик катталикларнинг **давлат эталон** бирлиги;

— ўлчашнинг намунавий воситалари ва бошқа текширув воситалари ёрдамида ўлчам бирликларини барча ўлчов воситалари эталонларидан физик катталикларга узатиш;

— моддий ишлаб чиқариш сферасида, фаолиятнинг илмий — тадқиқод ва бошқа гурларидаги маҳсулот, технологик жараёнлар ва бошқа объектларнинг тавсифларини талабдаги аниқликларини белгилашни таъминловчи ишланмаларни ишлаб чиқаришга қўйишни ва ишчи ўлчов воситаларини муомалага қўйиш;

— ашё ва конструкцияларни олиш ва фойдаланишдаги технологик жараёнларни ишлаб чиқиш ва илмий — тадқиқодларни ишончли маълумотлар билан таъминловчи физик константалар ва модда ва ашёларнинг хоссалари ҳақидаги стандарт маълумотномаларни ўз ичига олади.

Булардан ташқари метрологик таъминотта:

— серияли ёки оммавий ишлаб чиқаришга ва ҳориждан партиялар билан келтирилишга мўлжалланган ўлчаш воситаларини ишлаб чиқишда ва муомалага чиқаришда бир хилликни таъминловчи ўлчов воситаларининг давлат синови ёки метрологик шаҳодатлаш;

— тайёрлаш, эксплуатация қилиш ва ремонт қилишда ўлчов воситаларининг бир хиллигини таъминловчи мажбурий давлат ва маҳкамавий текшируви;

— қиймат бирликларини акс эттиришни таъминловчи, модда ва ашёларнинг таркиб ва хоссаларини тавсифловчи таркиб ва модда хоссаларининг стандарт намуналари киради.

Ўлчашнинг метрологик таъминоти муаммоси стандартлаштириш олдида турган масалалар билан узвий боғланган. **Стандартлаштириш** — маълум бир соҳанинг фаолиятини фойдали йулга қуйиш учун қоидалар ишлаб чиқиш ва қўллашдир. Стандартлаштириш объектига фанда, техникада, қурилишда фойдаланиладиган, кўп марта қўлланиш истиқболига эга бўлган муайян маҳсулотлар, меъёрлар, талаблар, усуллар ва атамалар киради. Қурилишда стандартлаштиришга конструкция ва иншоотларни ҳисоблаш усуллари ва лойиҳалаштириш, ашё ва буюмларга бўлган талаблар, бино ва иншоот конструкцияларини қурилиш ва монтажи босқичидаги қўйимлар, синаш ва ўлчов ўтказиш усуллари, олинган ўлчов натижаларини тақдим этиш ва қайта ишлаш усуллари ва бошқалар молиқдир.

Стандартлар ишлаб чиқаришнинг тараққиёт суратига ва даражасига катта таъсир кўрсатади. Фан, техника ва амалий тажрибаларнинг энг охирги ютуқларига таяниб стандартлаштириш кўп ҳолларда ишлаб чиқаришда эришилган муваффақиятларни қайд этибгина қолмай, шу билан бирга илм ва техника тараққиётининг ричагларида бирига айланиб қолади.

1.3. Синалиши лозим бўлган конструкция ва элементларни тайёрлаш ва шаходатлаш

Синаш учун мўлжалланган конструкция ва иншоотларни тайёрлаш экспериментал тадқиқот ўтказишнинг муҳим босқичларидан биридир. Уларни тайёрлашдаги эътиборсизлик натижаларни шу даражада бузиб юборадики, уларни қандайдир баҳолаш ҳам мумкин бўлмай қолади.

Конструкция ва иншоотларнинг экспериментал намуналарини тайёрлаш жараёнига қўйиладиган асосий талаблар қўйидагилардан иборат:

1. Ашёларга бўлган талаблар. Экспериментал намуналарни тайёрлаш учун ашёларнинг физик—механик тавсифлари имкони борича меъёрий курсаткичларга яқин бўлиши лозим. Иншоотларни синашнинг мураккаблигини ҳисобга олган ҳолда, одатда текширишга бир нусха буюм қўйилади. Моделларни синашда камдан—кам ҳолларда намуналарнинг сони учтага етади. Шу сабабдан экспериментал иншоотларни тайёрлаш учун ишлатиладиган ашёларни танлаш ва тайёрлаш усули одатдаги технологияга қараганда ашёнинг физик—механик тавсифлари ниҳоятда паст дисперсияни таъминлаши лозим.

2. Конструктив ўлчамларининг аниқлигига бўлган талаблар. Синашга мулжалланган иншоотларнинг конструктив ўлчамларининг аниқлиги ниҳоятда баланд бўлиши керак. Бу айниқса иншоотнинг белгиловчи ҳисобий схемасига тааллуқли ўлчамларига алоқадордир.

3. Ташки юзага бўлган талаблар. Қурилиш конструкциялари ва иншоотларининг замонавий синовлари синалувчи иншоот юзасига тегиб турувчи катта миқдордаги асбоблар билан тавсифлидир. Конструкция юзасига синовлар учун аҳамияти муттасил ошиб боровчи тензорезисторлар ёпиштирилади. Бу эса иншоот юзасининг тозаллигига бўлган талабни оширади. Конструкцияни тайёрлаш мобайнида вужудга келган нотекисликлар иншоотнинг ишлашига умуман таъсир этмаса ҳам, юзага ёпиштирилган ёки ўрнатилган асбобларнинг кўрсатмаларини қаттиқ бузиши мумкин.

Шу талабларни ҳисобга олган ҳолда синаладиган иншоот конструкцияларни тайёрлаш одатдаги технологияларда амалга оширилади. Кўпинча иншоот конструкцияларини тайёрлаш мобайнида синовлар вақтида ўлчов асбобларини маҳкамлаш учун мослама ва қурилмалар қўйиб кетилади. Баъзан эса ўлчов

асбобларининг ўзи ҳам ўрнатилади. Масалан, темир бетон конструкцияларнинг арматураларига тензорезисторлар ёпиштирилади, бетон массивларига ҳажмий зуриқиш ҳолати компонентларини ўлчаш учун тензометрик элементлар жойлаштирилади. Экспериментал конструкцияни тайёрлаш технологияси нуқтаи назаридан, экспериментал тадқиқот услубини жорий этишни таъминловчи бундай деталларга бўлган талаблар уларнинг йиғинчоқлигида, синаладиган иншоот кесимини ҳам заифлашувидадир. Иншоотни тайёрлаш босқичлари махсус журналда қайд этилади, бунда тайёрланадиган элементлар қўлланиладиган ашёлар ва тайёрлаш технологияси таърифланади. Элементлар ювилмайдиган бўёқ билан тамғаланади. Тайёрлаш санаси худди шундай бўёқ билан элементни ўзига ёзилади. Кўпинча аслий иншоот ўрнига унинг модели синалади.

Тайёрлаш технологиясини ҳисобга олишни моделини лойиҳалашдан бошлаш лозим. Хусусан, элементнинг барча кесимлари ниҳоят даражада йириклаштирилган (ўхшашликни сақлаш доирасида) ва соддалаштирилган бўлиши лозим. Унинг юк кўтарувчанлигига ва деформацияланишига таъсир этмайдиган деталларини чиқариб ташлаш керак. Масалан, йирик панелли биноларнинг моделини лойиҳалаштиришда вазифаси чокларнинг герметиклигини таъминлашдан, ҳамда монтаж вақтида элементларни ўрнини белгиловчи деталлар, агар улар кейинчалик иншоотнинг ишлашига қўшилмаса, бундай деталларни тушириб қолдириш мумкин. Моделларни тайёрлашда уларнинг элементлари ўлчамларининг аниқлигига бўлган талаб анчагина юқори бўлади.

Ҳар қандай синовнинг бошланиши иншоот ёки унинг моделини шаҳодатлашдан бошланиши лозим. Унинг натижасида иншоот ёки унинг моделини синовгача бўлган якуний баҳоси таркиб топади. Бунда ҳам бутунлай иншоотнинг ўзи, ҳам уни тайёрлаш учун ишлатиладиган ашёлар баҳоланади. Бу ерда тайёрлаш мобайнида юз

берган лойиҳадан беихтиёр оғишларни баҳолаш масаласи қўйилади. Шу билан бирга иншоотдаги бир ашёни иккинчиси билан алмаштириш ва аввал белгиланган тайёрлаш технологиясини ўзгариши билан боғлиқ бўлган мажбурий ўзгаришлар ҳам баҳоланади. Ашёлар сифатини баҳолаш иншоот билан бир вақтда тайёрланган назорат намуналарини синаш орқали амалга оширилади.

Иншоот ёки унинг моделини бир намунада тадқиқ этишда одатда синовларнинг етарли даражада катта дастури рўёбга чиқарилади. Уларнинг ҳар бири конструкцияда озми — кўпми сезиларли қолдиқ деформация туپлайди, дарзлар пайдо бўлади, у ёки бу боғламлар ва элементлар бузулади. Синовларнинг ҳар бир кейинги босқичини бошлашдан аввал шаҳодатлашни қайтариш лозим. Кўпинча унинг натижаси синалувчи объектни қисман ремонт қилиш, унинг ҳисобий схемасини ўзгартириш ҳақида қарор қабул қилиш бўлади.

1. 4. Мавжуд бино ва иншоотларнинг синалувчи конструкцияларини тайёрлаш ва шаҳодатлаш

Экспериментал тадқиқотларнинг умумий ҳажмида барпо этилиб бўлинган иншоотни синаш етарли даражада катта урин эгаллайди. Бундай ҳолда синов объектини танлаш юқорида баён этилган иншоот экспериментал намунасини тайёрлаш жараёнига услубий жиҳатдан айнан мос келади. Барпо этилган ноёб иншоотни топширишдан олдин синовни ташкил этишда танлаш муаммоси бўлмайди. Синов объектини танлаш масаласи кўпинча бир типли иншоотлар гуруҳидан синаш вақтида юзага келади.

Танланган синов объектни шаҳодатланади. Бунинг учун иншоотнинг лойиҳавий ҳужжатлари, ишчи чизмалари, статик ҳисобларни ўрганиб чиқиш лозим. Кейинги босқич яширин ишлар

БИБЛИОТЕКА

Бух. ТИП и ЛП

№ 74207

баённомалари билан танишишдан иборат. Лойиҳавий ечим билан уларнинг аслий бажарилишидаги аниқланган тафовутлар махсус журналда акс эттирилади. Худди шу ерга кейинги босқич натижалари — иншоотнинг ташқи кўриги киритилади. Уни кўриш орқали ёки асбоблар билан ўлчаш орқали амалга оширилади. Кўрик вақтида иншоот элементларининг ҳақиқий ўлчамлари, ҳисобий ораликлар, дарзларнинг мавжудлиги текширилади. Иншоотнинг дарзлари чизиб чиқилган бундай участкаларини расмга олиш мақсадга мувофиқдир. Фотография майдонида расмга олинувчи участканинг тамғаловчи жадвалини жойлаштириш лозим. Йўғма — яхлитқуйма иншоотларни ташқи кўригида уланмаларнинг ҳолатига (кавшарлашнинг сифати ва ҳолати), қуйилма деталларнинг анкерланишига, темир бетон конструкцияларга, чокларнинг яхлитлигига алоҳида диққатни қаратиш лозим. Чокларга алоҳида эътибор қаратиш керак, чунки ноҳўя яхлитлаш иншоотнинг эксплуатацион сифатини пасайтирувчи сабаблар ичида кўпроқ тарқалгани ҳисобланади.

Иншоотнинг таъқиқ кўриги вақтида яширин ишлар баённомасидаги ишларнинг ҳақиқий бажарилишининг мувофиқлигини оралатиб текшириш лозим. Баённомалар бўлмаган ҳолда иншоотда қисман очиш ва яширин ишчи элементларни ўлчаш амалга оширилади. Масалан, темирбетон элементларда айрим жойларда ҳимоя қатлами ажратилиб, қуйилган арматурани ўлчанади. Эгилувчи элементларда бундай ҳимоя қатламининг қалинлиги ҳам ўлчанади.

Ташқи кўрик иншоотнинг умумий ўлчамлари билан тугайди. Унда ҳисобий элементларнинг аслий ўлчамлари, уларнинг шакли, айрим, элементларнинг ўзаро жойлашуви ўз аксини топади. Ташқи кўрикнинг натижасида иншоотнинг аслий ҳисобий схемаси бўлади. Унда иншоотнинг аслий ўлчамлари ва унинг айрим элементларнинг кесимлари бўлиши лозим. Шунинг ҳам айтиш керакки, қатор ҳолларда

иншоотнинг деформацияланувчи схемада ишлаши, идеал деформацияланмайдиган схемадан анчагина фарқ қилади. Шунинг учун иншоот элементларининг аслий узаро ҳолатлари хамиша тадқиқотчининг диққат марказида бўлиши лозим.

Иншоотни шаҳодатлашнинг иккинчи таркибий қисмига ишлатиладиган ашёларнинг сифатини аниқлаш киради. Бундай баҳолашнинг кўпроқ қўлланиладиган ва ҳақиқатга яқин усули иншоотдан танлаб олинган ашё намуналарини синашдир.

1.5. Бузулмас синов усуллари.

Бино ва иншоотларга кўриш орқали баҳо бериш текширилаётган конструкциянинг ҳолати ҳақидаги дастлабки маълумотни, конструкция элементларининг эскириш даражаси ҳақида фикр бериш, синовнинг бундан кейинги боришини аниқлаштириш имконини беради. Биринчи навбатда бу ҳолат синовларнинг бузулмас усуллари қўллаш билан боғлиқ, яъни бино ва иншоот конструкцияси ва унинг айрим элементларини бузулишга олиб келмайдиган усуллардир. Бундай синовларни хох статик юклашда бўлсин, ҳоҳ юкларнинг динамик таъсирида бемалол ўтказиш мумкин. Синовларнинг мазкур мажмуаси бино ва иншоотнинг геометрик параметрларини (оралиқлар, қалинликлар, баландликлар ва шу кабилар), ашёларнинг мустаҳкамлик ва структуравий ҳоссаларини, бетоннинг ҳимоя қатлами қалинлиги, арматураларнинг жойлашувини, элементларнинг солқилиги ва деформациясини, силжишнинг динамик амплитудасини, конструкцияларнинг тебраниш даврини, айрим нуқталарнинг тезланиши ва ҳоказоларининг қийматини аниқлашни ўз ичига олади.

Бино ва иншоотларни текширишда муҳандислик геодезияси усуллари кенг қўлланилади. Унинг ёрдамида бино ва иншоотларнинг чуқиши, уларнинг сурилиши, дарз ва деформация чокларининг

параметрлари, конструкция элементларининг солқилиги ўлчанади. Мухандислик фотограмметрия усуларида статик ва динамик таъсирларда нуқтанинг силжиши ва конструкция элементларининг деформациялари аниқланади. Сўнгги вақтларда лазерли интерференция усули самарали ривожланиб бормоқда.

Қурилиш конструкциялари элементларини тайёрлаш сифатини назорат қилиш бузулмас ва бузиш синов усулларидан фойдаланиб амалга оширилади. Бироқ ҳар бир буюмни бузиш орқали синаш бемаъниликдан бошқа нарса эмас, бинобарин бунда буюмнинг ҳақиқий ишлаш ҳолати ҳақида 100% ахборотга эга бўлинса ҳам комбинат ёки завод дарвозасидан қурилишда ишлатишга биронта буюм чиқмайди. Бузулмас усулларда синалаётган объектнинг тула тавсифини ҳамма вақт ҳам олиб бўлмайди. Шу билан бирга бундай усуллардаги ўлчов параметрларининг аниқлик даражаси (10—15%) амалий мақсадлар учун етарли ҳисобланади. Амалиётда бу икки усулдан биргаликда фойдаланилади. Агар маълум миқдор объектларда бузулмас ва бузиш усулида синовлар утказилиб, сўнгра синов натижалари солиштирилса, у ҳолда уларнинг маълум даражада ўзаро боғлиқлик даражасини аниқлаш мумкин.

II – БОБ. ҚУРИЛИШ КОНСТРУКЦИЯЛАРИ ВА ИНШООТЛАРИНИ МЕХАНИК УСУЛЛАР БИЛАН СИНАШ.

2.1. СТАТИК СИНОВЛАР.

2.1.1. Умумий ҳолатлар.

Ҳозирги вақтда конструкцияларнинг зўриқиш ҳолатини экспериментал тадқиқ этиш асосан деформацияни ўлчаш билан боғлиқ бўлиб қолади. Деформация қийматини билгач, зўриқишни назарий йўл билан аниқлаш мумкин.

Иншоот конструкцияси ташқи куч миқдори ва қўйилиш схемасига, уни тайёрлаш учун ишлатилган ашёларнинг физик – механик хоссаларига, ҳамда қўрилаётган конструкциянинг геометрик ўлчамларига боғлиқ равишда деформацияланади.

Юк таъсири остида конструкция ёки унинг элементининг геометрияси ўзгаришга юз тутаяди: толаларининг қисқариши ёки узайиши, кесим ёки нуқталарнинг ўзаро сурилиши ва шу кабилар рўй беради. Синов жараёнида бу ўзгаришларни аниқлаш конструкциясининг зўриқиш ҳолати, унинг деформацияланиши ва юк кўтарувчанлиги ҳақида фикрлаш имконини беради.

Айрим боғичлардаги деформациялар, боғичларда конструктив элементларнинг ўзаро силжиши ва бурилиши, ҳамда фибр деформацияларини маҳаллий деформациялар деб аташ қабул қилинган. Улардан фарқли умуман иншоот конструкцияларининг деформацияси ва сурилиши умумий деформация дейилади. Бундан келиб чиқадики, конструкцияни юк остида ишлашини баҳолаш учун юклангунча, юк остида ва юк олингандан кейин камида уч ҳолатдаги геометрик параметрлари ҳақида ахборотга эга бўлиш лозим.

Бироқ фақатгина юк таъсирининг энг сўнгги натижасинигина эмас, балки юк ўзгариши мобайнида деформациянинг қандай

ривожланишини, яъни деформация — юк боғлиқлигини дискрет ёки қабул қилинган синов услубига боғлиқ равишда муттасил боғланишни билиш фойдадан ҳоли эмас.

Синаладиган конструкциянинг ишлаш схемасини таҳлил этиш ўлчаш лозим бўлган параметрларни аниқлаб беради. Синаш жараёнида катталиклари ўлчанувчи параметрларнинг туплами кузатув таркиби ёки ўлчаш таркиби деб аталади.

Конструкцияни синашда ҳал қилиниши лозим бўлган масалаларнинг ҳажми ва мазмуни синов тадқиқот ёки амалий мақсадни кўзлаб ўтказилаётганига кўра аниқланади.

Биринчи ҳолатда масала ҳисоблаш назариясини текширишга олиб боради. Бунда синов натижасида олинadиган ахборот ҳажми анчагина кенгайтирилади.

Масаланинг иккинчи ҳолатида эса, сифат назорати бўйича синалаётган конструкциянинг мустаҳкамлик ва деформацияланишини аниқлаш билан чегараланилади.

Синов ўтказилишидан аввал иншоот конструкцияси геометрик ўлчамлари ўлчаниб ва боғич бирикма ва чоклари диққат билан текширилиши орқали синчиклаб кўриқдан ўтказилади. Барча топилган лойиҳавий чекинишлар ва нуқсонлар синов журналига киритилади, лозим бўлганда эса махсус чизма ва фотосуратларга олинади.

Синовга тайёргарлик даврида қайд этилган нуқсонлар ва лойиҳавий чекинишларни ҳисобга олган ҳолда конструкция ҳисоблаб чиқилади ёки тайёрланган ҳисоблар текширилади. Қатор ҳолларда турли фикр ва мулоҳазалар ва тахминлардан келиб чиқиб бир неча ҳисоблар қилишга тўғри келади. Бу синов давомида конструкциянинг ҳақиқий иш ҳолатини курсатиш, ашёларнинг физик — механик хоссаларини идеallasштиришни ҳисобга олган ҳолда уларни ҳисоблашнинг оқилона схемасини белгилаш имконини беради.

Синовларда юкни меъёрийга, махсус ҳолатларда эса ҳисобий ёки бузувчига тенг қилиб олинади. Охирги ҳолатда махсус экспертизанинг қарори талаб этилади.

Синалувчи объекта юкни тақсимланиши лойиҳавий ҳисобий схемага кўра амалга оширилади.

2.1.2. Синаш учун стенд ва қурилмаларнинг турлари.

Қурилиш конструкциялари ва муҳандислик иншоотларини синаш унинг ҳисобий схемасига, юкларнинг қўйилишига ва ўлчашларнинг бажарилишига мувофиқ маълум бир иншоотлар қурилмасини талаб қилади. Синов ўтказишнинг бу уч ажралмас ташкил этувчиларини таъминлаш синов стендлари ва қурилмалари орқали амалга оширилади. Иншоот ва конструкцияларни кўпроқ тарқалган вертикал юк таъсирига синаш уларни ишчи ҳолатида ўрнатиладиган бикр таянч тузилмаси ҳисобланади. Иншоот ёки конструкцияга юкни қўйиш гравитацион усул билан — иншоотта таъсир этувчи юкка тенг бўлган миқдордаги юкни териб чиқилади. Юк сифатида чуян қадоқлар, бетон призмалар, гишт, қум ва сув қўлланилади.

Стенд таянчи темир бетон, гишtdан қилинади. Уларнинг кесим юзаси етарли даражадан вазнли бўлиши лозим.

Синалаётган иншоот ёки конструкциялар қуйидаги турдаги ҳисобий таянишга яқинлаштирилган таянчга эга бўлиши лозим: қўзғолмас шарнирли, цилиндрик ва шарсимон.

Иншоот ва конструкцияларнинг чизиқ бўйича бир вақтда барча таянч тузилмасининг иншоотга тегиб туришини таъминлаши лозим. Бу ҳолатда таянчни айрим участкаларга бўлиб чиқиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Масалан, ораёпма панелини энг оддий стендга таянишида қўзғолмас таянч одатда қиррасини юқорига қилиб асосига пулат тасма кавшарлаб амалга оширилади. Қўзғолувчи

таянч эса қувур ёки айланма кесимли пулатдан қилинади. Бундай таянчларни панелнинг бутун таяниши бўйлаб яхлит қилиниши, таянч тузилмаларидаги муқаррар солқилик оқибатида унинг меъёрий ишлашини қаттиқ бузиб юборади. Таяниши қисқа масофаларга қатор жойлашган юқорида айтиб утилган конструкция бўйича калта таянчларни қўллашга йўл қўйиш мумкин. Таянчларнинг стенд ва панелга зич ёпишиб туриши панелни стендга ўрнатишда бевосита текисловчи қорیشма қатламини қўйиш ёки таянч остига пулат поналар қўйиш орқали таъминланади.

Гравитацион юк билан юклашда юкларни юклаш схемасини аниқ бажарилишини қатъий белгиланган тартибда териш лозим. Синалувчи объектни тупланма юклар билан юклашда, одатда, иншоотга осиладиган юк платформаларидан фойдаланилади. Бу ҳолда куч юзаси маҳаллий эзилишни келтириб чиқармайдиган тақсимловчи қўйилма орқали қатъий берилган нуқтада узатилади. Иншоот узунлиги бўйича текис тарқатиловчи юк қатор осиладиган юкли платформалар кўринишида бажарилади. Бунда платформалар сони юклардан ҳосил бўладиган эгувчи момент муттасил қўйилувчи юк ҳосил қиладиган эгувчи моментдан кам фарқ қилиши шарти билан танланади.

Қадоқ тошлар билан майдон бўйича текис тақсимланган юкни қўйишда иншоот юзаси майдонлари тенг бўлган участкаларга бўлиб чиқилади. Қўйилаётган юкнинг қийматини назорат қилиш учун участкалар майдонини 1 м^2 га тенг қилиб тайинлаш мақсадга мувофиқдир. Участкалар ичида бутун юза бўйлаб бир текисда юклар қўйиб чиқилади. Бу ҳолатларда юкларнинг айрим гуруҳлари орасида қадоқлардан свод ҳосил бўлишини олдини олиш учун каттагина оралиқлар қолдириш лозим, акс ҳолда бу юклаш тавсифини бузиб, синов натижасида жиддий хатолар содир этади.

Кўпинча оддий стендларда синалувчи иншоотларда юкни текис тақсимланиши учун иншоот контури бўйлаб тўсиқлар ўрнатилади ва

унга қум солинади. Бундай юклашнинг камчиликларига авваламбоғ қумнинг ҳажм оғирлигини ўзгаришига сабаб бўлувчи юқори даражадаги гигроскопиклигини айтиш мумкин. Кейинги камчилиги: қумнинг ишқаланиши оқибатида тўсиқларнинг атрофида қум босимининг камайишидир. Бу ишқаланишни, агар тўсиқлар бўилаб полиэтилен пленка тушаб чиқилса, анчагина камайитириш мумкин.

Иншоотни сув билан юклаш ҳам қўлаб турилади. Тупламми юк, юқорида айтиб ўтилган юк платформалари металл баклар ўрнатиш йўли билан барпо этилади. Текис тарқатилган юк иншоотда махсус мустаҳкам сув ўтказмас матодан махсус бассейнлар қилиш орқали барпо этилади. Бундай юклаш тузилмаси фақатгина текис горизонтал юзага эга бўлган иншоотлардагина қўлланилиши мумкин. Юклашнинг бундай тури пухталики билан бажарилганда ҳар қалай юкнинг узатилиш бир текислилиги нуқтаи назаридан ва юклаш жараёнининг меҳнатсарфлилиги нуқтаи назаридан ҳам кўнгилдагидек дейиш мумкин. Бундан ташқари сув билан юклаш усули гравитацион юкларнинг бошқа турларида бўлмаган яна бир афзалликка эгаки, бу юкни тушуришни тез бажарилиш имконияти.

Синовларни бундай стендларда ўтказиш иншоот ишини тўла экспериментал таҳлил этиш мақсадини ўз олдига қўймайди. Одатда бундай ҳолларда меъёрий ва ҳисобий юклардан юк кўтарувчанлик ва деформациялар аниқланади. Бунда катта миқдорда ўлчов асбоблари ишлатиш талаб этилмайди. Асбоблар кўчма штативларда ўрнатилади.

Юқорида тасвирланган оддий стендлар, конструкция ва иншоотларни юклаш усуллари дала ва ишлаб чиқариш шароитларида тадқиқотлар ўтказиш учун мулжалланган. Синовлар ўтказиш учун энг яхши имкониятларни универсал қурилмаларга эга бўлган махсус синов залларида барпо этиш мумкин. Синов залларида энг қимматбаҳо нарса — бу анкер ариқчаларига эга бўлган қалинлиги 60 см дан 3÷4 см гача бўлган бақувват тегири бетон

плитадан иборат бўлган куч полидир. Анкер ариқчалари четлари тўлат прокат профилларидан маҳкамланган темир бетон плитанинг куч поли бўйлама ариқчалар курунишида бажарилади. Анкер ариқчаларига синов стендларининг таянчлари ва юклов гузилмаларининг анкер тортқичлари ўрнатилади. Куч полининг мавжудлиги стенд таянчларига боғланадиган ва куч қўзғатувчиларни анкерлаш учун мулжалланган махсус балкали конструкциялар гузилмасига бўлган эҳтиёжни бартараф этади.

Синаладиган конструкция ёки иншоот одатда эксплуатацияда қандай бўлса, шундай ҳолатда синалади. Агар иншоотта таъсир этадиган юкда хусусий оғирликнинг ҳиссаси унча катта бўлмаса ва агар конструкциянинг ҳолатини ўзгартириш унга таъсир этувчи кучни унчалик ўзгартирмаса, у ҳолда синаш жараёнида конструкция ҳолатини ўзгартиришга йўл қўйилади.

2.1.3. Юклаш схемасини танлаш.

Юкларни тақсимланиши масаласини муҳандислик амалиётида кўпроқ тарқалган ҳолатлар учун бўлган ечимларни кўриб чиқамиз.

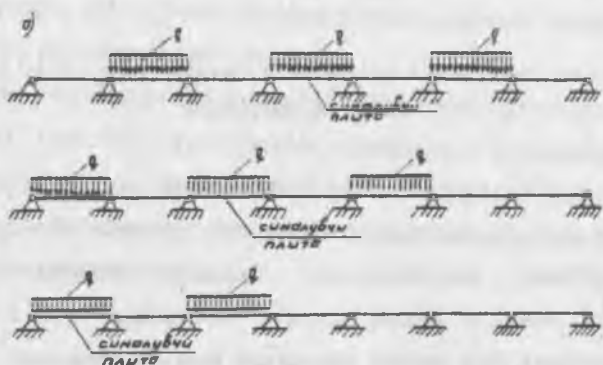
Плиталарни синашда бир хил:

- а) балкаларга эркин таянувчи, кесилувчи плиталар;
- б) купоралиқли кесилмайдиган конструкциялар.

Биринчи ҳолда тадқиқ қилинаётган кесимнинг икки тарафига бир ярим оралиқни юклаш етарли, чунки плита майдони бўйича юклашнинг бундан кейин ошириб борилиши деформациянинг қандайдир ошишига олиб бормайди.

Агар балкалар орасидаги тўлдирувчи йиғма темир бетон плиталардан ёки бошқа шу каби конструкциялардан иборат бўлса, у ҳолда синалаётган платадан ташқари биринчи плитанинг икки тарафидан яна биттадан плитани юклаш лозим бўлади.

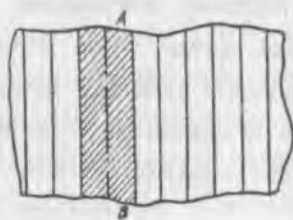
Кўпоралиқли кесилма плиталарни синаш ҳолатида юкни синалаётган оралиққа, ҳамда унинг икки тарафига бир оралиқ ўтказиб, биттадан оралиққа қўйилади. Мазкур ҳолат учун плита урта ёки чекка оралиққа жойлаштишига қараб юкнинг тақсимланиш схемаси 1 — расмда келтирилган.



1 — расм. Синалаётган плитага юкларнинг тақсимланиш схемаси.

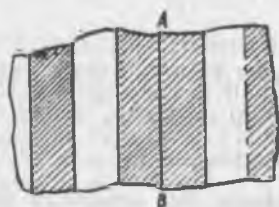
Келтирилган схемадан кўриниб турибдики, синаш учун чекка оралиқдаги плитани танлаш фойдали, чунки бу ҳолда синаладиган конструкция минимал юкланишида энг кўп деформация беради. Юклар бир оралиқ атрофида, бир оралиқли плита ҳолатидаги каби, плитани тутиб турувчи балка ўқиға параллел йўналишда, яъни юк кутарувчи балкалар орасидаги масофанинг учтасига тенг қилиб жойлаштирилади.

Балкаларни синашда, юкни тақсимлаш схемаси уларнинг конструкциясига кўра, ҳамда улар орасидаги тўлдирувчининг конструкциясига қараб белгиланади. Кесилувчи конструкцияли тўлдирувчидан иборат бир оралиқли балкаларда юк 2 — расмда келтирилган схемага мувофиқ бутун оралиққа тақсимланади.



2—расм. Кесилувчи конструкцияли тулдирувчидан иборат балкаларга юкнинг тақсимланиши.

Кесилмас конструкцияли тулдирувчидан иборат бир оралиқли балкаларда юк 3—расмда келтирилган схемага мувофиқ бутун оралиқ бўйлаб тақсимланади. Улардан икkitаси бевосита синаяетган балкага ётади, икkitа кейингиси эса 3—расмдаги схемага мувофиқ бир оралиқ ўтказилиб жойлаштирилади.



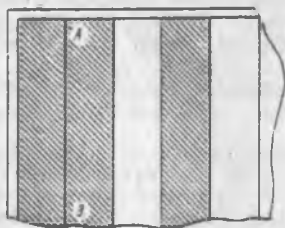
3—расм. Кесилмас конструкцияли тулдирувчидан иборат балкаларга юкнинг тақсимланиши.

Бундай схема қайишқоқ кўп оралиқли плитали бикр балкалар учун оқилона ҳисобланади.

Юклашнинг биринчи схемасида плита таянчи деформацияланмаслиги ва плитанинг таянч кесимининг бурилишига қаршилиқ кўрсатмаслиги учун идеал ҳисобий схема талабига кўпроқ

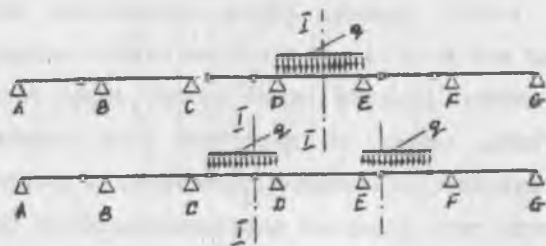
даражада жавоб беради. Бироқ синовларда ҳамма вақт ҳам юклашнинг қайси схемасига афзаллик бериш кераклигини олдиндан аниқлаш қийин. Шундан келиб чиқиб, аввал юклашни биринчи схема бўйича, кейин эса плитанинг буш оралиқларини юклаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Конструкция ҳолати ҳақида қатъий фикр бериш учун, ўлчанган деформацияларнинг икки қийматидан каттароғи ҳисоблашларга олинади.

Агар синалувчи балка девордан биринчи бўлса, унда юклаш 4 — расмдаги схемага кўра амалга оширилади, синовнинг иккинчи босқичида эса — ўтказиб юборилган оралиқ юкланади. Худди аввалги ҳолдагидек, ҳисобларда ўлчанган деформациянинг энг катта қийматидан фойдаланилади.



4—расм. Юкланувчи балка девордан биринчи чеккада жойлашган.

Кўп оралиқли балкалар солқиликнинг қайси оралиқда аниқланиши лозимлигига кўра юкланади. Чунончи, агар солқиликни асосий, иккинчи даражали балкаларда ёки оралиқ шарнирларда ўлчаш лозим бўлса, унда юклашни 5—расмдаги схемага мувофиқ амалга ошириш лозим.

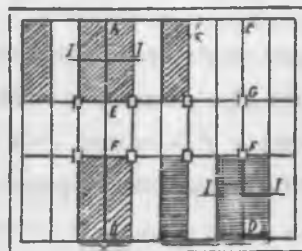


5—расм. Кўп оралиқли балкаларни юклаш.

Балка ўқига нормал йўналишдаги плиталарга юкнинг тақсимланиши худди бир оралиқли балкалардагидек юз беради.

Кўпоралиқли кесилмас балкаларни синашда юклаш схемасини танлаш таянч ўрнатиш билан аниқланади. Масалан, уч оралиқли кесилмас қовурғали темир бетон ораёпма балкалар прогон кўринишда ўрта таянчларга эга бўлиши мумкин ёки улар прогон ва қовурғали балкалар билан бикр боғланган тиргаклардан иборат бўлиши мумкин. Бу иккала ҳолат учун юклаш схемаси ҳар хил бўлади.

Биринчи ҳолда (А Е балкаси) балкага икки ёқдан оралиқни ўтказиб бир участкадан бирлашувчи плиталар юкланади. Бундай юкланишнинг схемаси 6—расмда берилган.



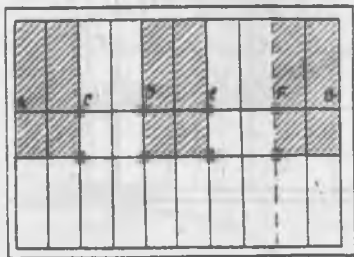
6—расм. Балка юкланишининг биринчи ҳолати

Деформация ўлчанганидан сўнг синалаётган балка қаршисидаги икки бўш плита оралиғи юкланади ва яна кераклик ўлчовлар олинади. Деформациянинг энг катта қиймати ҳисобий деб қабул қилинади.

Иккинчи ҳолда (BF балкаси) синалаётган балка оралиғига ёндошган икки плитани ва бир оралиқ ўтиб битта плитани юклаш кифоя қилади. Ундан сўнг синалаётган балка қаршисидаги иккита бўш оралиқни юкланади ва юклашнинг иккинчи босқичига боғлиқ бўлган кераклик ўлчовлар амалга оширилади. Деформацияларни ўлчашнинг ва уларнинг ҳисобий қийматини танлашнинг умумий тартиблари биринчи ҳолатнинг айнан ўзи.

Прогонларни синашда юклаш схемаси прогонларнинг оралиқлиги ва прогон ушлаб турувчи балкалар тизими орқали аниқланади. Бир оралиқли прогонлар худди бир оралиқли балкалар каби юкланади. Прогон ўқига нормал бўлган йўналишда юклаш синалаётган прогонга балкадан максимал босим берилишини ҳисобга олган ҳолда амалга оширилади.

Кўпоралиқли прогонларни синашда синалаётган оралиқ ва яна иккита оралиқ 7—расмда кўрсатилган схемадагидек юкланади. Прогонлар ушлаб турган балкалар прогоннинг икки тарафидан юкланади.

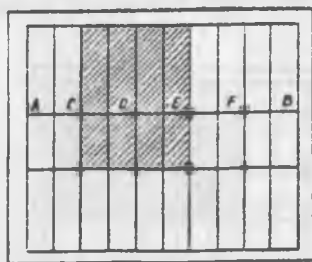


7—расм. Кўп оралиқ прогонларни синаш.

Агар прогонинг чекка оралигидаги деформацияларни ўлчаш лозим бўлса, у ҳолда синалаётган оралиқни ва бир оралиқ ўтказиб яна бир оралиқ, яъни агар АС оралиги синалаётган бўлса АС ва ДЕ оралиғи, ёки агар FB оралиғи синалаётган бўлса FB ва ДЕ оралиқларини юклаш кифоя.

Қаватлараро ораёпмаларни тутиб турувчи колонналарни синашда ўқ бўйича сиқувчи кучни ва кўндаланг кесимнинг бош ўқиға нисбатан эгувчи моментни акс эттириш лозим. Бу колонналарнинг одатда иншоотларда номарказий юкланиши билан боғланган.

Бир вақтнинг ўзида ҳам максимал ўқли куч, ҳам максимал эгувчи момент олиш деярли ҳеч қачон содир бўлмайди. Шунинг учун синовларда юклашнинг бир неча схемасини амалга оширишга тўғри келади. Одатда бир гал энг кўп нормал куч ва озгина эгувчи момент ҳосил бўлса, бошқасида максимал эгувчи момент ва озгина сиқувчи куч ҳосил бўлади. Демак Д колоннада максимал сиқувчи зўриқиш ҳосил қилиш учун унга туташувчи прогон ва балкаларни 8-расмда кўрсатилганга схема бўйича юкланади.



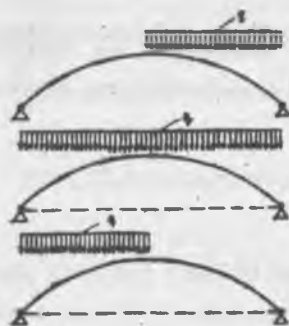
8-расм. Колонналарни синашда юклаш схемаси.

Колонналарнинг бўйлама ва кўндаланг қаторлари текислигида максимал эгувчи момент олиш учун юклашни 8—расмдаги схемага мувофиқ амалга ошириш лозим.

Арка ва сводларни синашда юklar хоҳ симметрик зайлда, хоҳ бир томонлама схемада тақсимланади. Бу билан синалаётган конструкциянинг турли участкаларида деформациянинг максимал қийматини олиш таъминлаб берилади. Шундан келиб чиқиб, свод ва аркаларни юклаш қўйидаги схема бўйича амалга оширилади.

Аввал конструкциянинг ярим оралиғи юкланади. Юкни бироз ушлаб туриб, деформациялар ўлчанганидан кейин, оралиқнинг иккинчи ярми юкланади ва яна кераклик ўлчов ишларини амалга оширилади. Сўнгра синовнинг биринчи босқичида қўйилган юк олинади. Конструкция шу ҳолатда яна юк остида ушлаб турилади ва деформация ўлчанади, ундан сўнг юк олинади. Конструкция юксиз ҳолда ушлаб турилганидан сўнг асбоблардан якуний деформациялар ўлчами олинади.

9—расмда цилиндрик сводни босқичлар бўйича юклаш схемаси келтирилган. Юпқа деворли арка ва сводларни синашда қулф кесимига симметрик равишда учдан бир оралиққа қўшимча юк қўйилади. Бу мазкур кесимда максимал солқилик олиш имконини беради.



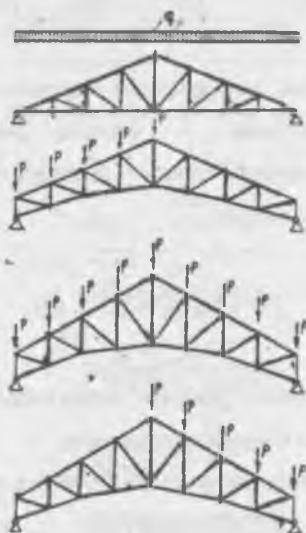
9—расм. Цилиндрик сводни юклаш схемаси.

Фермаларни синашда турлича юклаш схемалари қўлланилади. Ҳар бир хусусий ҳолда юклаш схемасини синаладиган ферманинг конструкциясидан ва синов учун қўйилган вазифадан келиб чиққан ҳолда танланади.

Фермалар юқори камарга жойлашган юкни кутариши мумкин. Агар осма шифт бўлса ёки ферма қандайдир қурилмани ушлаб турса, у ҳолда остки камар ҳам юкланган бўлиб чиқади. Томқоплама конструкциясига кўра юклар текис тақсимланган ёки ферманинг доғичларида жойлашган йиғма кучлар кўринишида бўлиши мумкин.

Агар ферманинг энг катта солқилигини ёки юқори ёки остки камаридаги максимал кучни аниқлаш талаб этилса, унда барча кўринишдаги фермалар бутун оралиқ бўйлаб юкланади.

Агар ферманинг юқори камари билан пастки камарининг кесишув нуқтаси таянч нуқтасидан ташқарида бўлса, у ҳолда панжара стерженларидаги энг кўп кучни топиш учун фермани аввал бир тарафлама юк билан юклаб, кейин уни бутун оралиқ бўйлаб юклаш, ва ниҳоят бошланғич бир тарафлама юкни олиб ташлаш керак. Ҳар бир юклашдан кейин ферма юк остида ушлаб турилади, сунгра панжара стерженларидаги деформациялар ўлчаниб олинади. Юклашнинг ҳар бир босқичи ферма панжараси турли стерженларидаги энг кўп кучни аниқлашни таъминлайди. Юклашнинг бундай схемаси 10 – расмда келтирилган.



10—расм. Фермани юклаш схемаси.

Ферманинг остки камари юкланганда юклаш схемаси ўзгармайди. Остки камари билан устки камарининг кесишув нуқтаси таянч кесимининг ташқарисига чиқмайдиган фермаларда панжара стерженининг кучи бутун оралиқ бўйлаб симметрик юклаш орқали аниқланади.

Шундай қилиб, синовнинг барча ҳолатларида конструкциянинг юклаш схемаси назария ва конструкцияни ҳисоблаш асосий ҳолатларидан келиб чиққан ҳолда танланади.

2.1.4. Балкаларни синаш.

Конструкцияларни синашда ечиладиган асосий масалалардан бири қайишқоқ, қолдиқ ва тўла деформацияларни аниқлашдир. Уларни аниқлаш учун синовларда назорат—ўлчов аппаратурасидан учта саноқ олинади: биринчи — синаладиган конструкция

юклангунча, иккинчи — юк остида, учинчи — юк олиб ташланганидан кейин.

У ҳолда қайишқоқ деформация иккинчи ва учинчи саноқлар айирмаси орқали, қолдиқ — учинчи ва биринчи саноқлар айирмасидан ва тўла деформация — иккинчи ва биринчи саноқлар айирмаси орқали аниқланади:

$$f_{\text{ушр}} = p_2 - p_3 ;$$

$$f_{\text{қолд}} = p_3 - p_1 ;$$

$$f_{\text{тўла}} = p_2 - p_1 .$$

Балканинг солқилик ўқини аниқлашда ўлчамлар оралиқ ўртасида ва таянчларда амалга оширилади.

Солқилик ўқи қуйидаги формула бўйича ҳисобланади :

$$f = f_1 - (f_2 + f_3)/2 ; \quad (1)$$

Бу ерда f_1 — оралиқ ўртасидаги солқилик ;

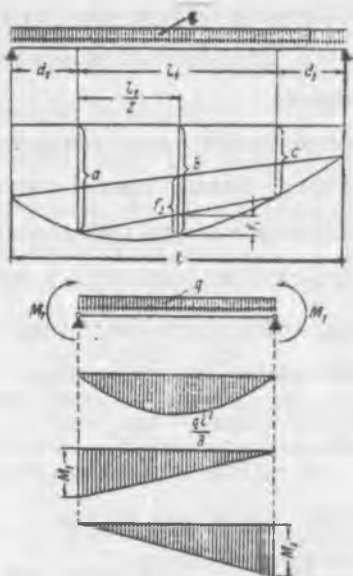
f_2, f_3 — балка таянчларидаги солқилик.

Бироқ конструктив тавсифга эга бўлган сабабларга кўра балканинг таянч кесимларига ҳамма вақт ҳам ўлчов асбоблари қўйиш имкони бўлавермайди. Бу ҳолда солқилик ўқи чекка ўлчов асбоблари орасидаги балканинг участкаси учун аниқланади, унинг умумий солқилиги эса — бу катталиikka ҳисобий тузатиш коэффициентини кўпайтириш орқали топилди.

Бу коэффициентнинг қиймати I_1 ҳисобий участка солқилик ўқини оралиғи l га тенг бўлган балканинг умумий солқилик ўқиға нисбати орқали аниқланади.

Демак 11—расмда схемаси келтирилган балка учун масала қуйидагича ечилади. Балкадаги I_1 участкаси оралиқ ўртасидаги солқилиги ҳисобланадиган мустақил балка деб қаралади:

$$f_1 = q l_1^2 / 384 E I [5 I_1^2 + 12 d_1 (l - d_1) + 12 d_2 (l - d_2)] \quad (2)$$



11 — расм. Балка солқилигини аниқлаш схемаси.

Оралиги l га тенг бўлган балканинг солқилик ўқи қуйидаги ифода орқали аниқланади

$$f = (5 / 384) * q l^4 / EI \quad (3)$$

(2) ва (3) формулалар бўйича ҳисобланган солқиликларнинг нисбати ҳисобий тузатиш коэффициентнинг катталигини беради:

$$k = f / f_1 = 5l^4 / (5l_1^4 + 12d_1l_1^2(1 - d_1) + 12d_2l_1^2(1 - d_2)); \quad (4)$$

Балканинг солқилик ўқи катталигини ҳисобий тузатиш коэффициентига кўпайтириб синалаётган балканинг l га тенг бўлган оралиғининг солқилик ўқини топамиз. Балканинг l_1 участкаси солқилик ўқи (1) формула бўйича топилади, унга ўлчов асбобларида олинган саноқ маълумотлари қўйилади.

Кўпинча статик ноаниқ балкаларда таянчдаги эгувчи моментларни аниқлаш эҳтиёжи туғилади. Агар таянчнинг эзилувчанлигига аҳамият берилмаса, у ҳолда синовларда балканинг таянч кесимларидан биргина ўлчов асбоби кифоя қилади. Шу

асбобларнинг кўрсаткичлари бўйича $\operatorname{tg}\alpha_1$ ва $\operatorname{tg}\alpha_2$ нинг қийматлари аниқланиб, кейин эса изланаётган моментлар M_1 ва M_2 нинг қийматлари ҳисобланади.

Демак, бикр таянчлардаги, текис тарқатилган юкли балка учун, M_1 ва M_2 моментлар билан таянч кесимларининг бурилиш бурчаклари тангенслари $\operatorname{tg}\alpha_1$ ва $\operatorname{tg}\alpha_2$ қуйидагича боғланган:

$$\begin{aligned}\operatorname{tg}\alpha_1 &= ql^3 / 24 EJ - M_1 l / 3 EJ - M_2 l / 6 EJ = l / 3 EJ (ql^2 / 8 - M_1 - M_2 / 2); \\ \operatorname{tg}\alpha_2 &= e / 3 EJ (qe^2 / 8 - M_1 / 2 - M_2),\end{aligned}\quad (5)$$

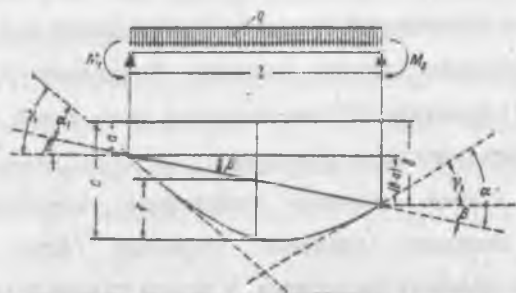
Улардан момент қийматлари аниқланади:

$$\begin{aligned}M_1 &= 2 EJ / e (\operatorname{tg}\alpha_2 - \operatorname{tg}\alpha_1) + ql^2 / 12; \\ M_2 &= 2 EJ / e (\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha_2) + ql^2 / 12.\end{aligned}\quad (6)$$

E — балканинг эластиклик модули;

I — кесим инерция моменти.

Агар балканинг таянчи қайишқоқ бўлса, у ҳолда юк остида унда оғиш юз бериши мумкин. Асбоблар балка ўқининг эгилишидан ҳосил бўлган оғиш билан бирга таянчнинг оғиши ҳисобига бутун балкадаги оғиш билан юзага келган таянч кесимининг бурилиш бурчаги тангенсини қайд этади. Бу ҳолда $\operatorname{tg}\alpha_1$, ва $\operatorname{tg}\alpha_2$ қийматларини аниқлашда балканинг оғиш бурчагини чиқариб ташлаш лозим. Бу масалани ечиш учун таянчларни ўтиришини қайд этувчи асбоблар таянч кесимларига ўрнатилади. Кейинги ҳисоблар 12-расмда кўрсатилган схема бўйича бажарилади.



12-расм. Қайишқоқ таянчли балкаларни синаш.

12 — расмда схемаси келтирилган балканинг ўқи таянч ўтириши таъсирида β бурчакка бурилади. Балканинг таянч кесимлари юк таъсирида α_1 ва α_2 бурчакка бурилади.

Чап таянчдаги асбоб $\operatorname{tg}\gamma_1$, ўнг таянчдаги $\operatorname{tg}\gamma_2$ га тегишли санокни беради. $\gamma_1 = \alpha_1 + \beta$ ва γ_2 эса $\alpha_2 - \beta$ бўлгани учун бурчакнинг кичиклигидан қуйидагиларни ёзиш мумкин;

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \operatorname{tg}\gamma_1 - \operatorname{tg}\beta; \quad (7)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \operatorname{tg}\gamma_2 - \operatorname{tg}\beta$$

бу ерда $\operatorname{tg}\beta = \beta - a/e$, яъни таянч чуқишини қайд этувчи асбобларнинг курсатган маълумотлари бўйича ҳисобланадиган бурулиш бурчаклари.

Мазкур бобда курилган масалалар муҳандислик конструкциялари ишини экспериментал тадқиқ этиш амалиетида кенг тарқалган дейиш мумкин. Бироқ, бу билан биз уларни мавжуд амалий ва муҳандислик конструкцияларини қамраб олган барча масалаларини ечимини берилди деган фикрдан узоқмиз, зеро улар фақатгина қўйиладиган масала ва муаммоларни ечиш учун асос бўлиб хизмат қилади.

2.2. СТАТИК СИНОВ УСУЛЛАРИ УЧУН НАЗОРАТ ЎЛЧОВ АППАРАТУРАСИ.

2.2.1. Прогибомерлар.

Статик синовлар утказиш учун мўлжалланган асбобларни 2 гуруҳга бўлиш мумкин: деформацияни ва зуриқишни ўлчаш учун.

Ўз навбатида биринчи гуруҳ таркибига вазифасига мувофиқ қуйидагилар киради:

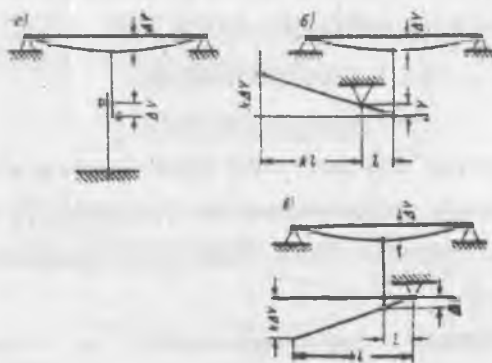
умумий чизиқли деформацияларни ва силжишларни ўлчайдиган асбоблар;

бурилиш бурчагини ўлчайдиган асбоблар.

Деформация ва силжишларни ўлчайдиган, кўпинча прогибомер деб аталувчи асбоблар ўлчанадиган силжишнинг диапозонига, талаб қилинадиган аниқлигига ва эксперимент ўтказишга тайёргарлик шароитига кўра турли конструкцияга эга бўлиш мумкин. Баъзи бир ҳолларда аниқлиги $0,1 - 1,0$ мм дан юқори бўлмаган силжишларни ўлчаш учун энг оддий тузилмалар етарли бўлиши мумкин. Катта силжишларда бундай аниқликни етарли деб ҳисоблаш мумкин. Бошқа ҳолларда эса, юқори даражада аниқлик билан ўлчаш — $0,01$ ва ундан юқори — лозим бўлганда мураккаб ўлчов тизимасига эга бўлган сезгир асбоблар ишлатилади.

Энг содда прогибомерларга бири қўзғалмас асосга маҳкамланган, 2-си конструкцияга ўрнатилинган 2 та планкадан иборат бўлган қурилмани кўрсатиш мумкин (13-расм). Планкаларнинг ўзаро сурилишига кўра конструкциянинг деформацияси ҳақида баҳо берилади.

Бундай қурилмалардаги ўлчаш аниқлиги, одатда, унча юқори эмас, бироқ агар металл планкалар пухта тайёрланган бўлса ва нониус қурилмаси билан таъминланса, у ҳолда ўлчаш аниқлиги $0,1$ мм гача ошиши мумкин.



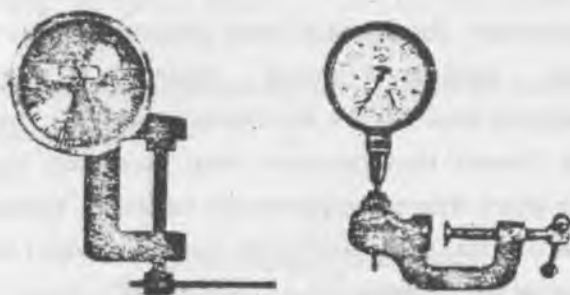
13-расм. Энг содда прогибомер тузилмаси.

Солқиликни 0,1/0,3 мм аниқлик билан ўлчаш учун ричагли прогибомерлар қўлланилади. Ричагнинг бир елкасидаги силжиш шкалада қайд этилган 2—шкаладаги силжишдан К марта кўпроқ (К елкаларнинг нисбати). Бундай асбобларнинг камчилиги, улардаги ошириб беришнинг камлиги $k \leq (10/20)$, уларда люфт ва елкалар нисбатида ноаниқликлар бўлиши мумкин.

Худди шу гуруҳга вертикалдан оғишни ўлчаш учун ишлатилувчи асбоб—шовунни киритиш мумкин. Ундаги тебранишни сўнишини тезлатиш учун қовушқоқ суюқликка ботирилади.

Аниқроқ ўлчамлар олиш учун редуктор схемасидан фойдаланилган прогибомерлар қўлланилади.

Максимов прогибомерларида (14а—расм) шкиф 2 дан ўраб олинувчи бир ипнинг силжиши конструкциянинг худди шундай силжишига мос келади ва диск 3 ни $\Delta\phi$ бурчагига ва стрелка 3 ни $k\Delta\phi$ бурчагига айланишини келтириб чиқаради. (k —диск ва фракцион барабан диаметрларининг қиймати). Стрелка саноқ аниқлиги — 0,05 мм гача.



14—расм. Прогибомерлар схемаси.

Ўлчаш диапазони — чегарасиз. Унчалик бикр бўлмаган фрикцион бирикманинг мавжудлиги асбобнинг камчилиги ҳисобланади.

Емельянов прогибомерида (14б — расм) айланишнинг узатилиши тишли гилдирак ёрдамида амалга оширилади; бунда тишли гилдирак шкиви ва стрелка параллел текисликларда ётади. Бир шкалада бутун миллиметрлар, иккинчи бўйича 0,01 мм гача белгиланади; ўлчаш диапазони — чегарасиз. Тишли бирикманинг люфти тишли гилдиракли қарама — қарши томонга айлантирувчи пружина ёрдамида бартараф этилади.

Аистов прогибомерида (14 в — расм) принципиал схема аввалги билан бир хил. Лекин такомиллаштирилган конструкция бир вақтнинг ўзида учта шкалада силжишни қуйидаги аниқликларда баҳолаш имконини беради: биринчисида — 1 см гача (тўла айланиш 10 см), иккинчисида — 1 мм гача (тўла айланиш 10 мм), учинчисида — 0,01 мм гача (тўла айланиш 1 мм).

Редуктор схемали прогибомерлар эксперимент шароитига қўра конструкциянинг ўзига хос ёки қўзғалмас асосга маҳкамланиши мумкин.

Унча катта бўлмаган — 5 + 10 мм гача деформацияларни ўлчашда *индикаторлар (мессуралар)* кенг қўлланилади (15 — расм). Конструкциядаги силжиш 2 тишли гилдираклар гуруҳини ҳаракатта келтирувчи кремальерга эга бўлган стержен 1 томонидан қабул қилинади. Тишли гилдиракларга бикр боғланган стрелка 3 нинг бурилиш бурчаги бўйича стерженнинг силжиши ҳақида фикр юритиш мумкин: бир шкала бўйича бутун миллиметрларда саноқлар олинади, бошқасида, одатда — 0,01 мм гача, айрим конструкцияларда 0,005 мм гача ва ҳатто 0,001 мм гача.

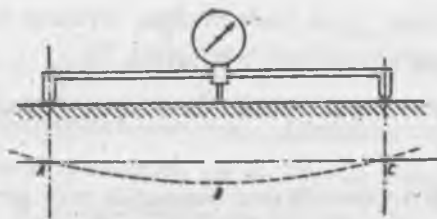


15-расм. Индикаторнинг принципиал схемаси.

Асбоб комплектига асбобни ҳар қандай керакли ҳолатда маҳкамлаш имконини берувчи штатив киради.

Асбобнинг камчилиги — гарчи принципиал схема ўлчаш доирасини аниқликни пасайтирмаган ҳолда ошириш имконини берса ҳам, ўлчашнинг чегараланган диапазонда эканлигида. Мессураларнинг айрим конструкциялари 50 мм гача ўлчаш диапазонида эга бўлган ҳолда 0,05 мм дан кўп бўлмаган аниқликка эга.

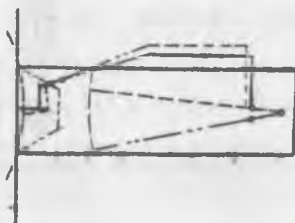
Кривомер ва флексиометрлар (16-расм.) прогибомерларнинг тур кўринишига киради.



16-расм. Кривомерлар.

Кривомер маълум бир фазада В нуқтасининг А ва С нуқталарига нисбатан силжишни аниқлаш имконини беради. Бундай кривомернинг аниқлик даражаси индикатор аниқлик даражаси билан белгиланади.

Катта ошириш коэффициентини берувчи кичик базали ва ричагли схемали кривомерлар флексиометрлар дейилади, (17 – расм), улардаги аниқлик даражаси 0,01 мм гача.



17 – расм. Флексиометрлар.

2.2.2. Тензометрлар.

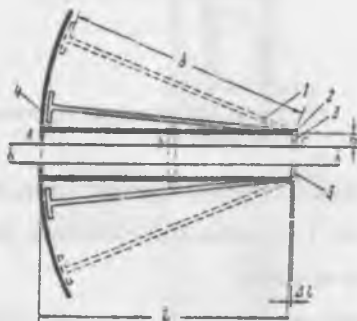
Маҳаллий сурилиш ва деформацияларни ўлчайдиган барча асбоблар тензометрлар дейилади. Тензометр зўриқишни деформация орқали ўлчашга хизмат қилади. У икки нуқтани хусусан асбоб базаси деб аталувчи маълум узунликда тола чизиқли деформациясини ўзаро сурилишини ўлчашни таъминлаб беради. Агар бу икки нуқта турли элементларга тегишли ёки ўлчов базасида ашёнинг бутунлиги қандайдир бузилган бўлса, у ҳолда албатта гап фақат зўриқишни эмас, ўзаро силжишни ўлчаш ҳақида бориши мумкин.

2÷5 дан 200 мм гача бўлган базаларда тола деформацияси 10^{-6} +

10^{-3} мм дан ошмайди. Шу қадар кичик деформацияни ўлчаш учун турли принципаал схемалар қўлланилади: механик, оптик, акустик, электрли, аралаш ва бошқалар.

Агар тензометр масофавий асбоб бўлса, яъни шкаласи ўлчаш қисмидан ажратилган бўлса, у ҳолда уни *телетензометр* дейилади. Тензометрларнинг кўпчилиги, асосан телетензометрлар, ҳам статик, ҳам динамик синовларда қўлланиши мумкин.

Механик схемали тензометрлар асосида ричаглар ёки ричаглар тизимидан фойдаланиш ётади. Елкаларининг нисбатига ва оширилган силжишни қайд этувчи тузулманинг сезгирлигига кура, тензометрлар турли аниқликка эга бўлиши мумкин. 18-расмда кўрсатилган бир ричагли тензометрнинг ишлаш принципи қуйидагилардан иборат.

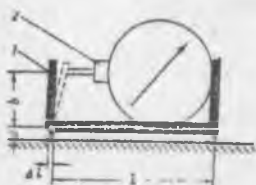


18-расм. Бир ричагли тензометр.

Элемент деформацияланганда асбобнинг оёқчалар 2 билан таъминланган икки симметрик қисми бўлган ричаг 1 ўқ 3 атрофида айланади, бунда уларнинг охиридаги силжиш $R = \frac{v}{a} = 10$ елкалари нисбатига тўғри пропорционал. Асбобнинг аниқлигини 0,001 мм гача

ошириш учун ричагнинг катта елкаси нониус 4 билан таъминланган. Асбобнинг икки симметрик қисмини бир вақтда ўрнатилиши асосан унинг маълум бир катталиқдаги база е ни таъминлаши билан боғланган. Элементнинг қандайдир оралиқ нуктасига бевосита бир асбобни маҳкамлаш ўлчов базаси қийматининг ноаниқлигини келтириб чиқариш мумкин. Асбоб оддий ва ишончли, аммо базасининг катталигидан (100 мм ва ундан кўпроқ) ҳамма вақт ҳам қўлланиб бўлмайди.

Индикаторли тензометр (19—расм) қуйидаги ҳолда ишлайди. Элемент деформацияси ричаг 1 билан қабул қилиб олиниб индикатор 2 нинг қўзғолувчи стерженига узатилади.



19—расм. Индикаторли тензометр.

Асбобнинг аниқлиги индикаторнинг аниқлиги (одатда 0,01 мм) билан белгиланади ва 1 ричагининг елкалари нисбатини ўзгариши ҳисобига оширилиши мумкин.

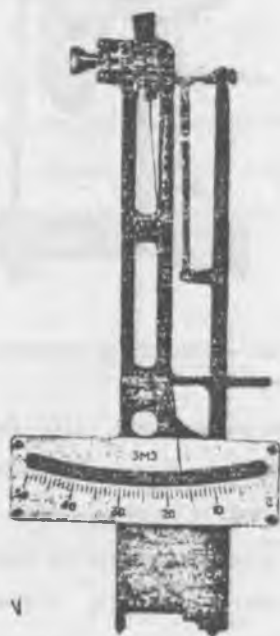
Гутенбергер тензометрининг асосида (20—расм.) қуйидаги нисбатларда оширилиш ҳосил қилувчи икки ричагдан иборат тизим ётади.

$$R = \frac{w}{\angle l} = \frac{nS}{mg} \quad (8)$$

Бу нисбат охирги моделларда 1000 +1200 га тенг. Асбобнинг аниқлиги 0,001 мм, кўрсаткичларни алмаштирилмаган ҳолдаги ўлчаш диапазони — $4 \cdot 10^{-3}$ мм, асбоб базаси — 20 мм. Қўшимча деталлар

ёрдамида асбоб базаси бир неча юз мм ларга оширилиши мумкин. Асбоб струбциналар ёрдамида ўрнатилади.

Бу асбобнинг ўлчашдаги чегараланган диапазони ва очиқ ҳавода ишлаганда ўлчашдаги қийинчиликлар каби камчиликларига қарамай, асбоб узининг юқори аниқлиги, енгиллиги, схемасининг оддийлиги орқасида кенг қўлланилади.

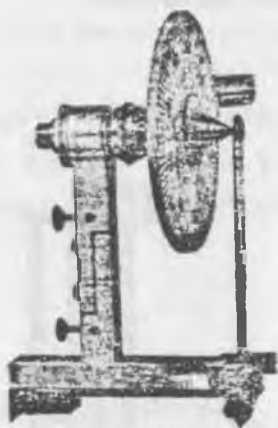


20 — расм. Гутенбергер тензометри.

Аистов тензометрининг схемаси (21 — расм.) ричаг ёки ричаглар тизими ва винт жуфтлигидан фойдаланишга асосланган.

Элемент деформациясига тенг бўлган оёқчанинг сурилиши ричагнинг иккинчи елкасида оғиш ҳосил қилади, электр

занжиридаги контакт узилади ва индикатор сигнали тўхтайди. Винт дискини 100 бўлакка бўлиб, винтнинг қадами 0,5 мм ва елкалар нисбати $n/m=5$ бўлганда асбоб саноғини $K=(100 \cdot 5/0,5) \cdot 1000$ га ошишига, яъни 0,001 мм га тенг бўлган бўлак қийматига эришамиз.



21 — расм. Аистов тензометри.

Асбобнинг иккинчи вариантида (21б — расм.) елка нисбатлари бир хил 5:1 га тенг бўлган икки ричаг қўлланилади.

Асбоб 20 ёки 50 мм ли, қўшимча билан эса 200 мм ли базага эга. Асбоб эксплуатация қилишда ихчам ва оддий.

Шуни назарга олиш лозимки, элементларнинг сурилиш деформацияларини ва ўзаро сурилиб силжишларини ўлчаш учун ҳам турли тензометрлар қўлланилиши мумкин. Бундай ўлчашлар учун махсус мўлжалланган асбоблар — сдвигомерлар — одатда, тензометрлар схемасига жуда ўхшаш механик схемага эга.

Оптик — механик схемали тензометрларнинг ажралиб турувчи хусусияти ундаги синувчи нурни силжиши бўйича деформация ҳақида фикрлаш имконини берувчи кўзгунинг борлигидадир.

Оширишни оптик ва механик схемаларини бириктириш, бу асбобни ниҳоятда сезгир бўлишига имкон берди.

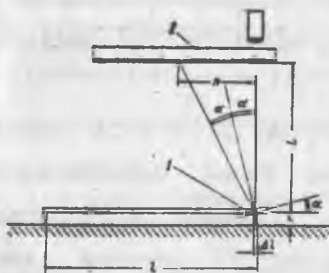
Мартенс тензометрларида (22-расм.) элемент деформацияси кўзгу 1 нинг α бурчагига ва кўзгудан қайтган нурнинг 2α бурчакка бурилганига тўғри келади, бунда шкала 2 даги санок n бирликка ўзгаради. α бурчаги кичик бўлганлигидан $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$, шу сабабдан

$$\Delta l = r\alpha = r \cdot n / 2L \quad (9)$$

Бу ердан асбобнинг оширилиши

$$R = n / \Delta l = 2L / r. \quad (10)$$

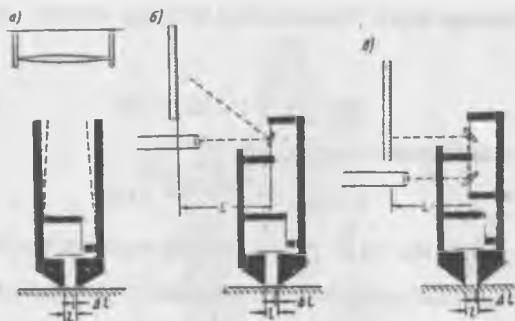
Амадда $r = 4+6$ мм ва $Z = 1+5$ м бўлганда оширилиши 500 дан 2500 гача тенг. Шундай қилиб, деформацияни ўлчашнинг бу схемаси етарли даражада аниқ ва ишончли, аммо ишлатишда қўпол. Уни асосан лаборатория шароитларида қўлланилади.



22-расм. Мартенс тензометри.

Лера-Петерсон ва Лоренс тензометри ҳам рычаг тизими ва кўзгу қўлашга асосланган, бироқ иккита жиддий фарқга эга: ҳаракатланувчи қисмларни қайишқоқ эластик пластинкалар кўринишида бириктириш ва 2,0+5,0 мм га тенг унча катта бўлмаган база. Элемент деформацияси орқасида вужудга келган базани

ўзгартириш тиргакнинг юқори қисмини бураш орқали бажарилади. Лера — Петерсон асбобида (23—расм) тиргакнинг жилиши микроскоп билан қайд этилади.



— расм. Лера — Петерсон ва Лоренс тензометрлари.

Оширилиши 100 га тенг бўлганда ва микроскопнинг ҳам шундай оширилишида асбоб 10^{-4} мм аниқланса деформация ўлчаш имконини беради.

Лоренс тензометрида (23—б расм) тиргакларни юқори қисми қайишқоқ пластинка билан бириктирилган ва унга кўзгу маҳкамланган. Тиргак учларининг силжиши пластинкани эгилишини ва кўзгуни бурадишини келтириб чиқаради. Бу ҳолда микроскопнинг ҳожати йўқ. Саноқлар худди Мартенс тензометридагидек амалга оширилади. Бу вариантда асбобнинг оширилиши $l = 3$ м бўлганда 5000 га етади.

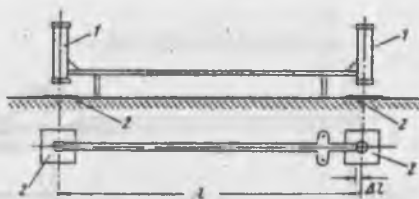
Асбобнинг икки кўзгули вариантыда (23—в расм) оширилиш икки марта кўпаяди ва бунда $l = 10000$ гача етиши мумкин.

Бу гуруҳ асбоблари ниҳоятда аниқ, уларда беҳуда юришнинг таъсири йўқотилган, бироқ уларда ўлчаш схемаси қўпол ва фақатгина лаборатория шароитларида қўлланилиши мумкин.

Ишлаш схемасига кўра **механик** ва **оптик** схемали компараторлар тензометрларга яқин туради. Бу асбобларнинг ўзига хослиги шундан иборатки, улар нуқталар орасидаги масофани узок вақт (ҳатто кўп йил) ўлчаш имконини таъминлайди. Бунда галдаги ўлчашдан кейин асбобни конструкциядан чиқариб олиш мумкин.

Оптик компараторлар (24—расм) учларида икки микроскопларга эга штангадан иборат. Штанга уч оёқли бўлиб, улардан икkitаси уячаларга, учинчиси эса ариқчага ўрнатилади. Микроскоплар остидаги элемент юзасига бўлақлар кўрсатилган пластинка 2 маҳкамланади. Асбобнинг аниқлиги микроскопнинг тавсифига ва пластинканинг бўлақчаларнинг пухталигига боғлиқ.

Бу асбобнинг заиф томони — қўпол ва температура ўзгаришларига бўлган сезгирлиги.



24—расм. Оптик компаратор.

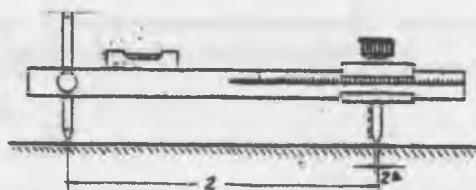
Душечкин **механик** компараторлари (25—расм) ичида пластиналар пружиналар 4 да маҳкамланган инвар брус 3 бўлган қувурсимон корпус 2 дан иборат. Компаратор элементта икки оёқчаси билан таянади, улардан бири корпусда жойлашади, иккинчиси эса — брусда.



25 — расм. Душечкин механик компаратори.

Оёқчалар тешилган уячага киради (25б — расм). Брус элементи деформацияланганида корпусга нисбатан сурилади, буни индикатор 1 кўрсатади. Асбоб муомалада оддий ва температура тебранишларини амалда ҳис этмайди.

Механик компараторнинг оддийроқ хилини (26 — расм) сурилувчи оёқчага ва асбобнинг горизонтал ҳолатини таъминлаб берувчи шайтонга эга бўлган штанген циркулнинг варианти ифода этади.



26 — расм. Механик компараторнинг оддий тури.

ТОРЛИ ТЕНЗОМЕТРЛАР

Торли тензометрларнинг моҳияти шундан иборатки, уларнинг асосий элементи бўлган торнинг хусусий тебраниш частотаси f унинг тортилиш даражасига боғлиқ ва қуйидаги нисбат билан ифодаланади:

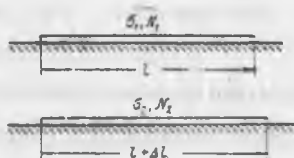
$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}; \sigma = 4l^2 \cdot \rho \cdot N^2 \quad (11)$$

бу ерда, l — торнинг узунлиги;

ρ — тор ашесининг зичлиги.

Агар торнинг учлари синалаётган элементнинг икки нуқтасида бикр боғланган бўлса (27 — расм), у ҳолда тор деформациялангунича тензометр қуйидаги тавсифларга эга бўлади: торнинг узунлиги l , зўриқиш σ хусусий тебраниш частотаси f_1 , Δl га деформациялангандан кейин мос равишда: $l + \Delta l$, σ_2 , f_2 . Агар Δl қийматини эътиборсиз қолдирсак, зўриқишнинг орттирмаси тенг бўлади.

$$\Delta \sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 4l^2 \rho (f_2^2 - f_1^2). \quad (12)$$



27 — расм. Торли тензометр схемаси.

Умумий ҳолда тор синалаётган конструкция ёки буюм юзасидан қандайдир масофада жойлашганлиги учун, қалбаки тола деб аталувчи бўлганлигидан, ўқли сиқилиш ва чўзилишда элемент ва толанинг нисбий деформацияси тенг, эгилиш мавжуд бўлганда эса нейтрал ўқдан бўлган масофани ҳисобга олиш зарур бўлади.

Торли асбобга мисол бўлиб, бетон деформациясини ўлчаш учун мулжалланган — бетон тензометри хизмат қилади (28 — расм). Учларида диски 1 икки телескопик бирлаштирилган қувурчалардан ташкил топган асбобнинг корпусига 2 тор тортилган. Торнинг тебраниши электромагнит уч билан қўзғатилади. Ўз навбатида

торнинг тебраниши электромагнитли ўзгарувчан токни индукциялайди.



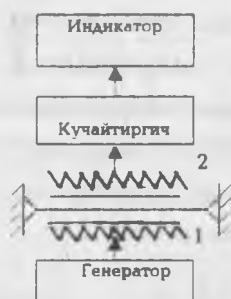
28 — расм. Бетон тензометри.

Торли тензометрлар ёрдамида деформацияни аниқлаш синалаётган элемент деформацияланишидан олдин ва кейин торнинг хусусий тебраниши частотасини аниқлашга олиб келади.

Тор тебраниши частотасини ўлчашнинг 3 та принципаал схемаси мавжуд:

- Резонансли;
- ўз — ўзини қўзғатиш схемаси (автотебрatтичли);
- сўнуvчи тебраниш частотасини ўлчаш схемаси.

Резонансли схемада (29 — расм) ўрамига ўзгарувчан ток юбориладиган электромагнит 1 тор тебранишини қўзғатади. Тебраниш ўз навбатида электромагнит ўрамида кучлантируvчи 2 орқали индикаторга (оператор наушники, гальванометр ёки осциллограф) юборилувчи ток индукциялайди. Генератордаги ток тебраниш частотаси тор хусусий тебраниш частотасига мос келганда, яъни резонансда, индикатордаги сигнал кескин ошади.



29 – расм. Резонансли ўлчов схемаси.

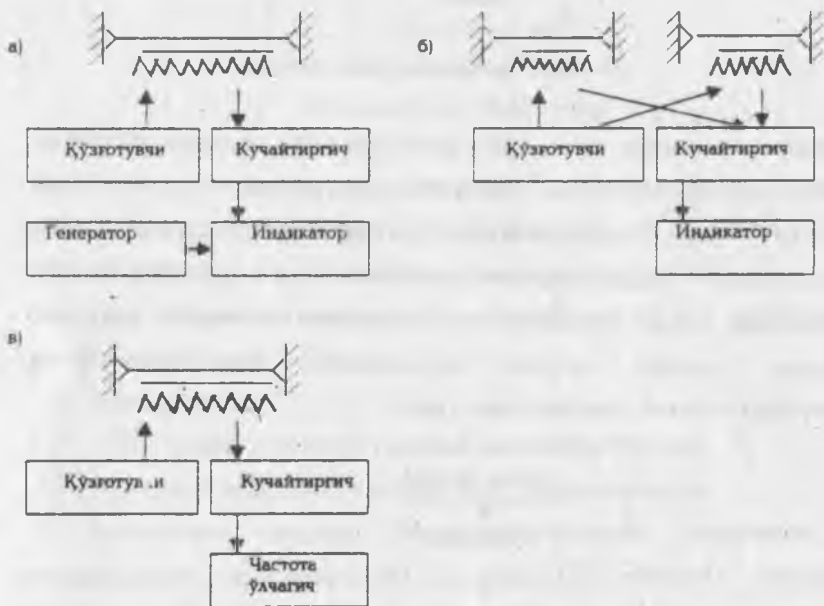
Автотебратгичли схема (30 – расм) тавсифи шундан иборатки, торнинг хусусий тебраниши электромагнит ўрамида 2 худди шундай частотали ток индукциялайди. Кучайтиргич орқали ток электромагнит 1 ўтади, унда резонанс режимида тор тебранишнинг кучайишини, демак кучайтиргичга борадиган сигнални келтириб чиқаради. Торнинг хусусий тебранишига тенг бўлган ток частотасини частота ўлчагич қайд этади.



30 – расм. Автотебратгич схемаси

Ниҳоят, сўнувчи тебранишлар частотасини ўлчовчи схемаси (31 – расм) шундан иборатки, «электроузгич» ёрдамида, яъни электромагнит ўрамига қисқа муддатли ток берилганда, тор тебраниши қўзғолади (31б – расм).

Бу тебранишлар ўрамида кучлантиргич орқали индикаторга узатиладиган частотадан ток индукциялайди. Бир вақтнинг ўзида худди шу томонга генератордан бошқариладиган частота юборилади. Индикаторнинг турига кўра частоталарнинг мос тушиши ҳақида наушникларда ёки осциллограф экранида Лиссаж фигураси бўйича фикр юритилади.



31 – расм. Сўнувчи тебраниш частотасини ўлчаш схемаси

Генератор сифатида камертон ёки тортилиши бошқариладиган эталон тордан фойдаланилади. Уни сўнувчи тебраниш режимига ишчи тор билан бир вақтда киритилади (31в – расм).

Сўнгги схема бўйича қурилган асбобга мисол бўлиб, ВНИМИ тизимли электрон частотомер хизмат қилиш мумкин (32 – расм). Бу асбоб Δt муддатли юз даврга тенг, тор тебранишини ўлчайди ва $T_{ур} = \Delta t / 100$ даврнинг ўртача қийматини аниқлайди. Ундан керак бўлганда частота қийматини топиш осон.



32 — расм. ВНИМИ тизимли электрон частотамерлар.

Асбобнинг сезгир частотаси деформациясини электр занжиридаги қандайдир параметрни ўзгаришига (қаршилик, сифим ёки индуктивлик) олиб боришга асосланган тензометрлаш усули частотали усул билан бир қаторда истиқболли куринади. Қаршилик тензометрлари энг кўп қўлланадиган асбоблардан дейиш мумкин.

Асбобларнинг бу гуруҳига симли ва тензолитли (кўмирли) қаршилик тензометрлари киради. Баъзан худди шу гуруҳга асосан катта динамик силжишларини ўлчашда фойдаланадиган потенцометр схемали асбобларга киради.

Симлик қаршилик тензометрлари ассосига ўтказувчиларнинг чўзилиши ёки сиқилиши жараёнида ўзининг ОМ қаршилигини ўзгартириш ётади, бу ҳолат қуйидагича боғлиқлик билан ифодаланади.

$$\Delta R/R = \eta \Delta l/l = \eta \xi, \quad (13)$$

бу ерда: ΔR — ўтказувчиларнинг деформациялангунича бўлган қаршилиги;

ΔR — деформацияланиш орқасида қаршиликнинг ўзгариши;

Δl — ўтказувчининг узунлиги ёки база;

l — узунликнинг ўзгариши;

η — нисбий сезгирлик (ашёнинг тензосезгирлиги ўтказгичнинг узунлиги назарий жиҳатдан икки марта ошганда қаршиликнинг нисбий ўзгариши, яъни константа ўтказгич учун $\eta=2,0-2,2$ нихром ўтказгич учун $\eta=3,5$);

ξ — ўтказгичнинг нисбий деформацияси.

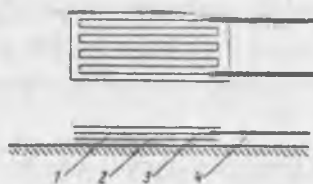
Агар изоляция қатлами 2 ни ётқизиб (33 — расм), ўтказгич 1 ни синалувчи элемент 3 бир бутун равишда бириктирилса, у ҳолда ўтказгичнинг деформацияси элементнинг тегишли участкасидаги деформациясига тенг бўлади, яъни ўтказгичнинг қаршилигини ўзгариши бўйича конструкциядаги нисбий деформация ҳақида фикр билдириш мумкин.



33 — расм. Қаршилиқ тензометрини ишлаш схемаси.

Одатда симлик тензометрлардан эластик деформацияларни аниқлашда ва маълум эластиклик модули бўйича зуриқишни ҳисоблаш учун фойдаланилади. Бироқ, улар айрим участкаларда деформацияни ёғоч, бетон ва пулат, шу жумладан ўта мустаҳкам пулатнинг эластиклик чегарасидан ташқари ҳам аниқлаш имконини беради. Бу шу билан изоҳланадики, ёпиштирилган сим пропорционаллик, ҳатто оқиш чегарасидан ўтганидан кейин ҳам бир текис деформацияланаверади. Константа сими учун деформациялашнинг чизиқли тавсифи $\Delta R=f(\xi)$ амалда $\xi=1,0-1,5\%$ гача сақланиб қолади.

Датчиклар одатда ёлғиз бўлмаган илон изи кўринишидаги симни (панжарали) 1, юпқа қоғоз 2 варақага ёпиштирилганини ифода этади (34 – расм).

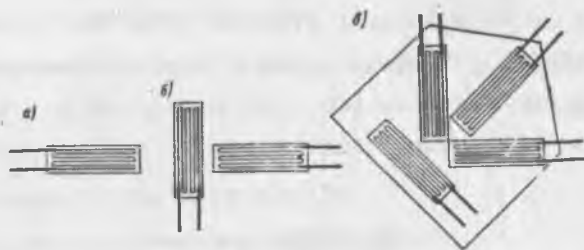


34 – расм. Датчикларнинг кўриниши.

Шикастланишдан сақлаш учун сим устидан иккинчи қатлам қоғоз 3 ёпиштирилади. Симли панжара каттароқ диаметрдаги сим кесимлари кўринишидаги ёки тасма фольга кўринишида 4 чиқиш жойига эга.

Датчик базаларини қўллаш мақсадига ва ўлчаш шароитига кўра 3 дан то 150 мм гача чегараларда (бунда қаршилиқ 30–50 ОМ дан 2000 ОМ гача ўзгаради) бўлган датчиклар кўпроқ қўлланилади. Датчикларнинг оғирлиги жуда кам ва ўндан бир граммларда ўлчанади.

Синалаётган элементнинг зўриқиш ҳолатини тавсифига кўра бир нуқтасига бир ёки бир неча датчиклар ёпиштирилиши мумкин: бир ўқли зўриқиш ҳолатида ва бош деформациянинг маълум йўналишида – иккита датчик (356 – расм), бир нуқтага ёпиштирилган «розетка» ҳосил қилади (35в – расм).



35 — расм. Датчикларнинг синалаётган элементдаги ўрни

Симли датчиклар қатор афзалликларга эга:

— кичик ўлчам ва оғирлик, юриш қийин жойларга ўрнатиш имконияти;

— деформацияни эпкинли хатоларсиз, частотанинг кенг диапазонларида — 0 дан 30 кгц гача ўлчаш имконияти;

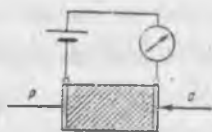
— санок олинишининг оддийлиги, курсатмаларнинг бир текислиги, анчагина юқори аниқлик.

Шу билан бирга улар айрим камчиликлардан ҳам ҳоли эмас: датчиклар бир марта ишлатилиши мумкин, яъни кўчириб олиб яна ёпиштириш мумкин эмас, бундан келиб чиқадики танлов орқали синаб кўриш лозим.

Сим ва елим зўриқиш ҳолатида оқиш хусусиятига эга, бу эса хақиқий деформация ҳолатини бузиб кўрсатишга олиб келади. Шу сабабдан симлик датчиклардан қисқа муддатли синовларда фойдаланилади, деформацияни узоқ муддат назорат қилишда эса кўпинча бўлак схемага эга бўлган датчиклар қўлланилади.

Қаршилик датчиклари сифатида ярим ўтказгич ашёлардан фойдаланиш мумкин. Булар асосан тензолитлар — асосий қисм графит ёки кўмир бўлган пластмассалар. Сунгги вақтларда тензометрларда радиотехникада қўлланиладиган айрим ярим ўтказгичлар, хусусан германий ва кремнийдан фойдалана бошланди.

У ёки бу шаклдаги (пластина, ишлар, устунлар, юпқа пленкалар ва бошқалар) тензолит элементлар деформацияланганда ўзининг электрик қиршилигини анчагина ўзгартириш хоссасига эга; уларнинг сезгирлиги симлик датчикларга қараганда деярли 10 марта юқори. Бундай элементни асбобнинг сезгир қисми сифатида қўйиб ва уни электр занжирига киритиш билан куч ва деформацияни ўлчаш учун фойдаланиш мумкин (36 – расм).



36 – расм. Датчиклар схемаси.

Тензолит датчикларининг ижобий томони юқори сезгирлик. Бу сифат ўлчов аппаратурасига бўлган талабни пасайтириш, қатор ҳолларда эса кучайтиргичсиз ишлаш имконини беради.

Бироқ кўрсатмаларнинг беқарорлиги, уларнинг температура ва намликка боғлиқлиги, гистерезис омилининг мавжудлиги (тўғри ва тескари юришдаги кўрсатмалардаги фарқ), тензолит датчиклари аниқликда симлик датчиклардан орқада қолади. Бундан ташқари улар механик жиҳатдан мустаҳкамлиги паст бўлганлигидан, симликларга қараганда анча кам қўлланилади.

Тензорезисторларнинг панжараси деформацияланганда унинг қаршилигини ўзгариши мингдан бир ОМ ларга тўғри келади. Бундай кичик қаршилиқлар одатда кўприклар деб аталувчи махсус электр занжирлари ёрдамида ўлчанади. Тензометрик асбобларда тензорезистор қаршилигининг ўзгариши ўлчаш учун Уистон кўприги ва Кельвин қўш кўприги схемаси қўлланилади.

Замонавий тензометрик асбоб фақат тамойилда бу схемани такрорлайди. Улардан кўпчилиги мураккаб электрон асбоб бўлиб, электр катталикларини ўлчаш жараёнида юзага келувчи қатор жиддий хатоларни бартараф этиш имконини беради. Бу асбоблардан айримлари кўприкни автоматик равишда мувозанатлаш имконига эга бўлиб, шкалаларида эса маълумотларни қайта ишлаш хажмини кескин камайтирувчи омил, яъни нисбий деформацияларни тўғридан тўғри кўрсатилган.

Бино ва иншоотлар синови амалиётида кўпроқ тарқалган айрим тензометрик асбобларнинг техник тавсифларини баён этамиз.

Статик деформацияларни ўлчаш асбоби ИСД-3, ҳам лаборатория, ҳам дала шароитларида муваффақият билан қўлланилган кичик ўлчамли асбобни ифодалайди. Асбоб зўриқиши 4,5 вольт бўлган КБС-Л-0,5 русумдаги битта батарея билан автоном равишда ишлайди. Асбобдаги бўлақлар катталиги $1 \cdot 10^{-5}$ нисбий деформацияга. Асбобга бевосита 20 тензорезисторни улаш мумкин. Асбобни кўчма коммутатор билан ҳам фойдаланиш мумкин.

Деформацияни автоматик мувозанатловчи кўприклар АИ-1 ва АИД-1 автоматик мувозанатланувчи кўприкларни ифода этади. Асбоблар ўзгарувчан ток тармоғидан қувват олади. Асбобнинг ўлчов диапазони $1 \cdot 10^{-2}$, бўлақлар катталиги $1 \cdot 10^{-5}$. Асбоблар 102 фаол ва 6 компенсация тензорезисторларини кўприкка улайдиган коммутатор билан бирга чиқарилади. АИД-1 асбобнинг коммутацияловчи тузилмаси билан умумий кўриниши 37-расмда кўрсатилган.



37—расм. АИД—1 асбобининг коммутацияловчи тузилмаси.

Дискрет чиқишли автомат равишда тензометрик резистор ТК—2 тензометрик мажмуани ташкил этувчи қатор асбоблардан иборат. Бу мажмуага автоматик мувозанатланувчи куприк АИ—3 асбоби ҳам киради. АИ—3 стрелкаси муттасил ўлчаш курсаткичларига ва дискрет рақамли чиқишга эга.

Мажмуанинг коммутацияловчи тузилмаси бўлиб, 4 та 100—позицияли автоматик ўтказувчан АП—1 хизмат қилади. Уларнинг ҳар бири 99 фаол ва 12 компенсацион тензорезисторларни улаш имконига эга.

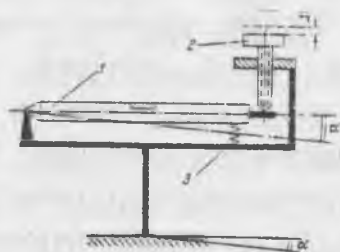
Ўтказувчининг максимал тез ҳаракатланиши 1 секундда 4 ўтказувни ташкил этади. Асбобнинг кўрсатмаси рақам босувчи блокда ЦП қайд этилган ва ПЛ—20 тасмали перфораторга ёзиб чиқарилади. ЦП эксперимент маълумотларни қайта ишлаш учун ҳисоблаш машинасига киритиш имконини беради.

Юқорида санаб утилган асбоблардан ташқари илмий—текшириш институтларида ва олий—ўқув юртлари лабораторияларида электротензометрлаш бўйича Ватанимизда ва хорижда чиқарилган бошқа асбоблар муваффақият билан ишлатилмоқда.

2.2.3. Клинометрлар.

Бурилиш бурчагини ўлчаш учун қўлланиладиган асбоблар клинометрлар дейилади. Амалда қўлланиладиган клинометрлар одатда механик схемага эга. Бу схемаларда сезгир элемент сифатида маятник ёки шайтон хизмат қилади. Бурилиш бурчагини ўлчаш учун қўлланиладиган энг содда тузилма аввалроқ айтиб ўтилган шовун дейиш мумкин.

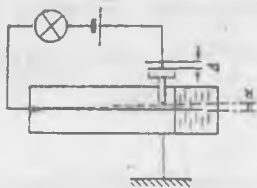
Шайтонли клинометр, ёки Стоппони клинометри, синалаётган конструкцияга бикр маҳкамланган асбобни ифодалайди (38 — расм).



38 — расм. Шайтонли клинометр.

Кесим, демакки асбоб бурилганда, шайтондаги томчи бир томонга оғади. Винт 2 ни айлантериш ва сурилиши ва пружина 3 нинг ҳаракати шайтонни яна горизонтал ҳолатта олиб келади. Бурчак катталиклари мосланган винтнинг сурилишига кўра оғиш бурчагининг ўзгариши, яъни кесим бурилиш ҳақида фикр юритилади. Асбоб кичик ўлчамли, содда ва етарли даражада аниқликка эга.

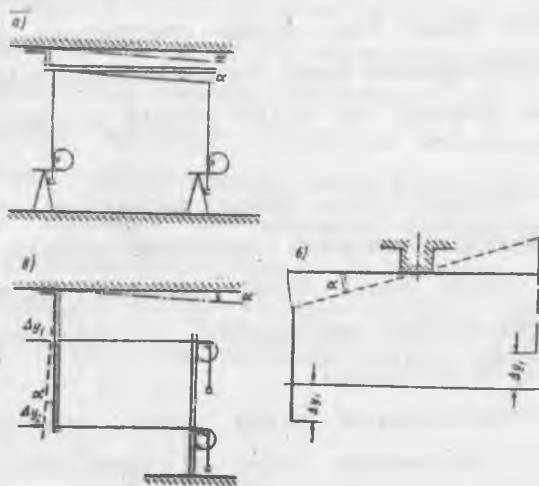
Маятникли Аистов клинометри (39 — расм) худди аввалгидек, конструкцияга бикр маҳкамланади. Конструкцияни бурилиши маятникни оғишини ва занжирнинг узилиши ва индикатор сигналнинг (лампочка ёки қўнғироқ) ўчишини келтириб чиқаради.



39—расм. Маятникли Аистов клинометри.

Бурчак қийматларида мосланган винт сурилиши билан занжир яна тикланиши мумкин. Асбоб кичик ўлчамли, аниқлик даражаси юқори (5 гача), аммо аввалгига қараганда ўрнатилиш ва ишлатилиши мураккаб.

Ричагли клинометрларнинг (40—расм) хусусияти ричагнинг икки нуқтасини сурилиши бўйича бурилиш бурчагини аниқлашдан иборат. Сурилиш прогибомерлар ёрдамида ўлчанади. Бундай тузилма бир қадар қўпол, бироқ схемаси бўйича оддий ва ниҳоят аниқ.



40—расм. Ричагли клинометр.

Дарҳақиқат, прогибомернинг аниқлиги 0,01 мм ва базаси 1000 мм бўлганда $\arctg\alpha=0,00001$, яъни тахминан 2» тенг бўлган бўрилиш бурчак аниқланиши мумкин.

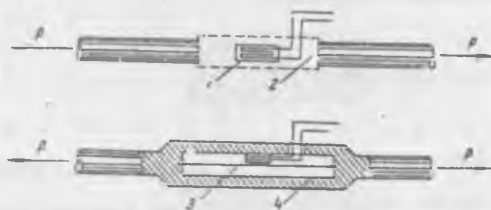
2.2.4. Динамометрлар.

Зуриқиш деформациясини бевосита ўлчаш имконияти улкан қизиқиш уйғотади. Деформациядан зуриқишга ҳисобий йўл билан ўтиш назарий ифодалардан фойдаланиш билан боғлиқ бўлиб, кўпинча ҳақиқатдан узоқроқ бўлади. Бундан ташқари бундай ўтиш эластиклик модули, Пуассон коэффициентини ва шу каби бошқа экспериментал йўл билан аниқлаш муракаб бўлган физик – механик гавсифларга эга бўлишини тақазо этади.

Ва ниҳоят, қатор ҳолларда деформация қиймати бўйича зуриқиш ҳақида фикрга келиш мутлақо мумкин эмас. Масалан, агар тўғри стержен учларини қўзғалмас қисқичга маҳкамлаб қўйилса, у ҳолда температура ўзгаришида унинг бўйлама деформацияси 0 га тенг бўлади. Шу билан бир вақтда стержендаги зуриқиш температуранинг ўзгариришига қараб ўзгаради. Бетонни киришиш деформациясидаги ҳолатида ҳам ҳудди шундай ҳулосага келиш мумкин.

Зуриқишни тўғридан – тўғри ўлчаш масаласини ечишдаги ютуқларни авваламбор физикадаги замонавий ютуқлар билан боғлаш мумкин. Бунга мисол бўлиб зуриқиш тадқиқотнинг магнитометрик усуллариининг ривожланиши имкониятлари билан боғлиқ имкониятлар хизмат қилади.

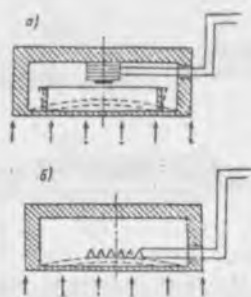
Арматура стерженларидаги кучни ўлчаш учун арматура динамометрлари АД қўлланилади. Асбоб (41 – расм) кесим юзаси арматуранинг кесим юзасига тенг бўлган стержендан иборат бўлиб, ундан бир бўлак кесиб олинган арматура ўрнига кавшарланади.



41 — расм. Арматура динамометри.

Сезгир элемент сифатида АД симли тензометр 1 ёки тор 3 га тенг. Асбобни мослашда биринчи ҳолатда $P - \Delta R$ боғланиши топилади (куч — қаршилиқнинг ўзгариши), иккинчи ҳолатда эса $P - \Delta f$ (куч — торнинг тебраниш частотаси ўзгариши). Шундай қилиб, синов жараёнида ΔR ёки Δf қийматларини ўлчаб, P кучнинг катталигини аниқлаш мумкин, уни майдонга бўлиш эса зуриқишнинг қийматини беради.

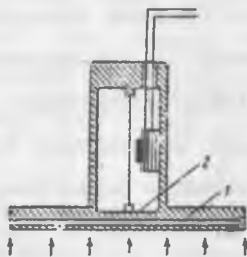
«Асос — пойдевор» чегарасидаги контакт зуриқишини ва тўкма грунтнинг деворга бўлган босимни аниқлашда *грунт динамометри* ГД қўлланилади (42 — расм). ГД баландлиги диаметрдан анчагина кичик бўлган буш цилиндр кўринишига эга. Цилиндр тубида (мембранасида) қаршилиқ тензометри ёпиштирилган ёки тор маҳкамланган. Улар мос равишда ташқи босим остида мембрананинг эгилишида қаршилиқ ва тебраниш частотасини ўзгартиради. Асбобни мослашда $q - \Delta R$, ёки $q - \Delta f$ боғланиш топилади, бу эса синов жараёнида ΔR ва Δf нинг ўлчанган қийматларига кўра контактли зуриқишнинг катталаги ҳақида фикрлаш имконини беради.



42 — расм. Грунт динамометри.

Карлсон томонидан таклиф этилган бетонли динамометр БД симоб билан тўлдирилган тўла дискка 1 эга (43 — расм).

Бетондаги зўриқиш таъсири остида диск деформацияланади. Ўз навбатида симобнинг мембрана 2 ни деформациялайди, бу эса тор ёки қаршили тензометри кўринишидаги сезгир элемент томонидан қайд этилади.



43 — расм. Бетонли динамометр.

Асбобни мослашда $\sigma - \Delta R$ ёки $\sigma - \Delta t$ боғланиш топилади. Асбоб схемасидан кўриниб турибдики бу усул билан фақатгина сиқувчи зўриқишларни ўлчаш мумкин.

2.3. Динамик синовлар.

2.3.1. Умумий ҳолатлар.

Динамик юк таъсири остида конструкция зўриқиш ҳолатининг деформацияланиши ва ўзгариши худди статик юк таъсири остида бўлганидек, чизиқли ва бурчак компонентларининг ўзгариши билан, яъни конструкция нуқталарининг ўзаро ва фазовий силжиши билан, ашё толаларининг узайиши, кесимларнинг буралиши билан тавсифланади. Динамик юк таъсирида бу жараёнлар нисбатан тез кечади, шунинг учун мазкур ҳолатда синовчини кўпроқ чизиқли ва бурчак компонентларининг вақт мобайнида ўзгариши қизиқтиради.

Чизиқли компонентларни тадқиқ этиш учун вақт функцияси сифатида ишлатиладиган асбоблар виброметр, бурчак компонентларини эса торсиометр деб аталади. Бу функцияларни билиш ўлчов натижаларини таҳлил этишда у ёки бу даражадаги хатолик билан биринчи, иккинчи ва учинчи ҳосила ифодасини, яъни тезлик, тезланиш, амплитуда ва частотанинг вақт функциясига боғлиқлигини таҳлил давомида эмас, балки бевосита экспериментда олиш лозим бўлади. Бу катталикларни ўлчаш учун ишлатиладиган асбоблар тегишли равишда велосиметр, акселорометр, амплитудомер ва частотамер деб аталади. Агар механик катталикларни қўшимча қайта ўзгаришсиз электрли асбоблар виброграммалар, яъни ўлчанувчи компонентлар эгрилиги ўзгаришини вақт мобайнида олиш имконини берса, унда уларни виброграф, торсиограф, акселограф деб аташ қабул қилинган.

Ҳозирги вақтда тебранишни ўлчашнинг икки тамойили мавжуд — кинематик ва динамик. Биринчи ҳолда ўлчаш ускунаси ташқи мустақил қўзғалмас координат тизимига бикр боғланган, ва тебранаётган элементнинг силжиш катталиги ўлчов ускунасига нисбатан унинг ҳақиқий силжишига тенг.

Кинематик тамойилдан фойдаланишга эгилаётган ёпма балка ёки ферманинг ҳавозага маҳкамланган шкалага нисбатан тебранишини ўлчаш мисол бўла олади. Толанинг бўйлама деформациясини ўлчашни ҳам кинематик тамойилга алоқадор дейиш мумкин, чунки таянч нуқталардан бири ва нуқталарни бирлаштирувчи тўғри чизик қўзғалмас координат тизими каби қаралиши мумкин ва унга нисбатан иккинчи таянч нуқтаси силжийди.

Аммо ташқи қўзғалмас координат тизимини вужудга келтириш кўпчилик ҳолларда машаққатли ва шунинг учун кўпинча ўлчашнинг иккинчи — динамик тамойили қўлланилади. У шундан иборатки, инерцион схема (кўпинча бу пружинага маҳкамланган масса) ёрдамида тебранаётган жисмнинг силжиши ўлчанадиган координат тизими барпо этилади. Инерцион схема ва ўрганилаётган ҳаракат тавсифлари нисбатини билиш орқали, нисбий силжишдан бирон қўзғалмас координат тизимининг силжишига, яъни ҳақиқий силжишига ўтиши мумкин.

Ҳозирги вақтда тебранишни ўлчашнинг қўшгина усуллари бор. Лекин, улардан иншоот конструкцияларини синашда энг кўп қўлланаётганларини шартли равишда уч гуруҳга бирлаштирилиши мумкин: механик, оптик ва электрли.

Механик усулларда: тадқиқ этилаётган элемент ҳаракат параметрлари қайта тузишсиз механик воситалар ёрдамида ўлчанади, масалан, соат типигаги индикаторлар билан (мессуралар билан), ўлчанаётган параметрларни қўзғалмас ёки маълум бир тезликда ҳаракатланувчи майдончада бевосита график тасвирини берувчи мосламалар билан.

Ўлчашнинг оптик усуллари шундан иборатки, бунда тебраниш оптик восита ёрдамида синовчи учун керак бўлган йўналишда қайта тузилади. Ўлчашнинг бу усулига асосланган воситаларга

вибромаркалар, оптик катталаштирадиган воситалар, геодезик асбоблар, кўзгули қурилма, ҳамда фото ва кинотехника воситалари.

Ўлчашнинг электрик усуллари кўпроқ ривожланган ва истиқболли ҳисобланади. Унинг асосий ўзгариши электромагнит асбобларнинг шкалаларида кузатиш мумкин бўлган ва осциллограф ёрдамида пленкаларга муҳрланувчи электрик катталиклар датчиклар ёрдамида механик параметрлардан ҳосил қилинади.

Қайта тузишнинг қандай ўтишига кўра датчиклар генераторли, яъни механик ҳаракат энергияси электр ҳаракатлантирувчи кучга айланади ва механик катталикларнинг ўзгариши электр занжирнинг (қаршилиқ, индуктивлик, сиғим) ўрганилаётган ҳаракат тавсифига боғлиқ бўлмаган энергиянинг доимий манбага эга бўлган параметрлари ўзгаришидан қайта тузилувчи параметрик турларда бўлиши мумкин.

Бу гуруҳ асбоблари қатор афзалликларга эга, улардан асосийлари қуйидагилардан иборат: масофавий ўлчаш ва ўлчашни автоматлаштириш имконияти, датчикларнинг ихчамлиги, қайд этишнинг олий сифати, бир неча датчикдан сигналларни бир вақтда қайд этиш имконияти, ўлчаш жараёнида сигналларни қайта тузиш (интеграллаш ва дифференциаллаш) имконияти.

2.3.2. Иншоотларда динамик жараёнларни экспериментал тадқиқ этиш.

Динамик юкларни иншоотга таъсир этиш тавсифи бўйича қуйидагича ажратиш мумкин:

зарбли, ёки бирдан қўйиладиган;

қандайдир қонун бўйича (қўпинча гармоник қонун бўйича) ўз амплитуда ва частотасини ўзгартирувчи титратувчи юк;

тасодифий тавсифга эга бўлган ғайриқонуний динамик юклар.

Кўпинча иншоотта зарбли ва титратувчи юклар бир вақтнинг ўзида таъсир этиши мумкин. Бу ҳолда тадқиқотчининг вазифаси бу юкларнинг ҳар бири учун тегишли бўлган таъсир натижасини ажратишдан иборат бўлади.

Иншоотларни динамик юк таъсирига синашда уларда эркин ва мажбурий бўлиши мумкин бўлган тебранишлар вужудга келади. Эркин тебраниш деб иншоотнинг мувозанат ҳолатидан чиқарилгандан кейинги шу ҳолатга нисбатан даврий силжишга айтилади.

Иншоотнинг эркин тебраниши энергиянинг сийракланиши оқибатида сўнувчи тавсифга эга. Тадқиқотчини иншоотнинг эркин сўнувчи тебраниш жараёнини ўрганишда бошланғич амплитуда, тебраниш даври, каби амплитуда ўзгаришига боғлиқ бўлмаган ва тебранишнинг сўниш эффектини тавсифловчи бир қанча катталиклар қизиқтиради. Эркин тебранишга тезликка пропорционал бўлган куч тўсиқлик қилса у вақтда икки ёнма — ён даврлар тебраниши амплитуда катталикларининг нисбати қуйидаги ифода орқали топилади.

$$A_n/A_{n+1} = e^{nT} \quad (14)$$

Бу катталик (тебраниш декременти) доимий бўлиб, тебранишнинг бир даври мобайнидаги амплитуданинг камайишини тавсифлайди. Сўнувчи тебранишларда амплитуданинг камайишини тавсифлаш учун тебранишнинг логарифмик декрементини (15) ва сўниш коэффициенти (16) ҳам киритилади.

$$d = \ln e^{nT} \quad (15)$$

$$n = 1/d \quad (16)$$

Бу катталик n амплитудаси $e = 2,7182$ марта камаювчи тебраниш даври сонини кўрсатади.

Мажбурий тебранишлар деб, вақт мобайнида қандайдир ўзгарувчан куч келтириб чиқарувчи тебранишга айтилади. Техникада кўпинча учрайдиган тебранишларни келтириб чиқарувчи куч, тезланиш ва амплитудага пропорционал бўлган икки таркиб топувчининг чизиқли комбинациясини ифодалайди. Мажбурий тебраниш мураккаб динамик жараён бўлиб, ундан қўзғатувчи кучга боғлиқ бўлган хусусий тебраниш ва соф мажбурий тебранишни ажратиш мумкин. Иншоот учун қўзғатувчи кучнинг ўзгариш қонунияти гармоник тавсифга эга бўлган ҳолат кўпроқ хавф туғдирувчи ҳисобланади, ва унда қўзғатувчи куч ва хусусий тебранишнинг частоталари бир бирига мос тушади. Бунда тебранаётган иншоотнинг амплитудаси кескин ошади. Бу ҳодиса резонанс деб аталади. Қайишқоқ иншоотлар учун резонанснинг вужудга келиши частотаси хусусий тебраниш частотасига тенг бўлган шамолнинг кучайишида кўпроқ хавф туғилади. Бундай юкнинг таъсири остида Такома дарёсидан (АҚШ) ўтувчи осма кўприкнинг бузулиб тушганлиги маълум.

Иншоотга таъсир этувчи динамик юкларнинг кенг тарқалган турларидан бири сейсмик юк ҳисобланади. Иншоотга бўлган сейсмик таъсирнинг тавсифи шундан иборатки, зилзила эпицентридан тарқалувчи сейсмик тўлқинлар грунт зарраларини тебранишини келтириб чиқаради. Ундан кейин иншоот ва грунтнинг биргаликда тебраниши юз беради. Иншоотга бўлган сейсмик таъсирнинг интенсивлиги грунт сейсмик спектри ва иншоотнинг динамик хоссалари хусусиятлари нисбатига боғлиқ. Ер қимирлашни иншоотга бўлган таъсирини ўрганиш учун моделларни экспериментал тадқиқ қилишдан ва реал иншоотлардаги кичик тебранишларни экспериментал тадқиқ этишдан кенг фойдаланилмоқда. Бино ва иншоотларнинг зилзилабардошлиги ҳақида бевосита кучли ер қимирлаш вақтида маълумотлар олиш ва уларнинг ҳолатини тегishли асбоблар ёрдамида кузатиш мақсадида

муҳандислик — сейсмометрик хизмат тизимини яратиш, катта натижаларга эришиш имкониятини яратади.

Конструкция ва иншоотларни динамик юк таъсири остида экспериментал тадқиқ этиш вазифаси, ўрганилаётган катталиқнинг амплитудасини, тебраниш частотаси ва хусусий тебранишнинг сўниш тавсифини (тебраниш декременти ёки сўниш коэффициенти) аниқлаш йўли билан ечилади.

Иншоотта бўлган динамик таъсирни ўрганиш учун динамик тавсифга эга бўлган юклар қўйилади. Бунда ҳам табиий, ҳам сунъий вужудга келтирилган динамик юклар бўлиши мумкин.

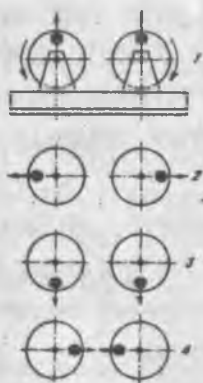
Табиий ҳаракатдаги юклар — бу темир йўл ва автомобиль транспорти, кўприк кранлар, зарбли ҳаракат ва айланувчи қисмга эга бўлган қўзғолмас станоклар. Табиий юклар қўйилганда механизм ва уларнинг қисмлари максимал режимда ҳаракатга келтирилади. Динамик самарани ошириш мақсадида ҳаракатланувчи юк таъсир этаётганда транспорт воситасининг ҳаракатланиш йўлига тахта ёки металдан трамплин ўрнатилади. Релсга транспорт ҳаракатланишида трамплин вазифасини тонасимон металл қистирма бажаради. Юк ташиш вақтида йиғма иншоот элементига қўйиладиган ҳаракатланувчи юк алоҳида кўриниш касб этади. Юк турлича тезланишга ва тасодифий вақт оралиғида қўйиладиган инерцион кучни ифодалайди. Юк ташишда конструкция тебранишни ўрганиш транспорт воситаси ва ташилаётган конструкциядан ҳосил бўлувчи қўшма тебранишни ўрганиш эҳтиёжи билан боғлиқ бўлган мураккаб вазифадан иборат. Иншоотта бўлган аслий таъсирлар сирасига таъсири муҳандислик сейсмик хизмат томонидан баҳоланувчи сейсмик юкни алоқадор дейиш мумкин.

Иншоотни тебрантиришнинг кенг тарқалган сунъий усули юкни бир лаҳзада йўқотиш усулидир.

Иншоотни титратувчи юк, турли қувватдаги титратувчи машиналар ёрдамида ҳосил қилинади. Титратувчи машиналарнинг

қўзғотиш кучининг катталиги, унинг қувватига ва ўлчамларига боғлиқ ва бир неча юз килограммга етиши мумкин.

Машина (44—расм.) дебаланслар маҳкамланган жуфт сонли айланувчи дисклардан иборат тизимни ифода этади. Дебалансларнинг дискда жойланиш ҳолати шундайки, дискларнинг расмнинг юқори қисмидаги кўрсаткич бўйича айланишида икки марказдан қочувчи куч ҳосил бўлиб, уларнинг горизонтал ташкил этувчилари ҳамisha мувозанатланади. Вертикал ташкил этувчилари эса гармоник қонунга мувофиқ ўзгаради. Титратувчи машинанинг 44—расмда кўрсатилган ҳолатида уни қўзғотувчи кучлар вертикал йўналишда ҳаракат қилади.



44—расм. Титратувчи машинанинг ҳаракатланиш схемаси.

1—4— дебаланслар ҳолати фазалари.

Горизонтал йўналишда таъсир этувчи титратувчи юкни ҳосил қилиш учун титратувчи машина кўрилаётган ҳолатга нисбатан 90° га бурилади.

2.3.3. Назорат ўлчов ашпаратураси.

Динамик синовларда инерцион асбоблар кенг қўлланилади. Инерцион асбобларнинг ишлаш схемаси масса бириктирилган эластик элемент ва демпфирловчи тузилмани ифода этувчи сезгир элементдан йиғилади.

Сезгир элементлар асбоб хусусий тебраниш частотасининг қийматига кўра турли кўринишда бажарилади. Одатда улар винтли ва текис пружинали паст частотали маятниклардир.

Тебранишлар жараёнини ўрганиш учун қуйидаги асосий параметрларни қайд этиш ва ўлчаш талаб этилади:

— частота, амплитуда, тезлик ва тезланиш.

Тебранма ҳаракатни қайд этиш учун қўлланиладиган барча асбобларни икки гуруҳга бўлиши мумкин: асосий ва ёрдамчи асбоблар. Синалувчи объект билан алоқа турига кўра асбоблар ўз навбатида яна икки гуруҳга бўлинади: контактли ва масофали асбоблар.

Контактли асбоблардан фойдаланилганда синалаётган конструкцияга асбобнинг ўзи ёки унинг кўчма элементи — датчик ўрнатилади. Замонавий титрашни ўлчовчи асбоблар айнан охириги тамойилга биноан барпо этилади.

Тебранма жараёнларни қайд этиш учун мўлжалланган асбоблар тебранаётган предметнинг чизиқли сурилишини ўлчовчи ва ёзиб олувчи асбоб—вибрографларга; зилзила ёки портлашдан юзага келувчи грунтнинг тебранишини ёзиб олиш учун қўлланиладиган асосий асбоб—сейсмографларга бўлинади. Бу турдаги асбоблар вибрографларга қараганда ўзларининг юқори даражадаги аниқликлари билан тавсифланади; бурама тебранишни ўлчовчи асбоблар — торсиографлар; тебранаётган жисм тезлигини ўлчовчи ва ёзиб олувчи асбоблар — велосиографлар, тебранаётган жисм тезланишини ўлчовчи ва ёзиб олувчи асбоблар — акселерографлар.

Масофавий титрашни ўлчовчи асбобларга махсус кинога олувчи камералар — фотосояли ва фотозлектрон асбоблар, ҳамда ўзаро индукцияланувчи ва вихрли ток усулларига асосланган асбоблар киради.

Асбобларнинг кейинги гуруҳи — ёрдамчи асбобларга: осциллографлар, турли анализаторлар титратиш стендлари киради. Бу асбоблар билан текшириладиган объектнинг тебранма ҳаракатини тасвирловчи эгри чизиқларни кузатиш, қайд ва талқин этиш амалга оширилади.

Осциллограф томонидан ёзилган мураккаб тебранма ҳаракат осциллограммаси тебранма жараеннинг вақт функцияси кўринишида график интерпретациясини ифодалайди.

Тебранма ҳаракатнинг эгри чизигини қайта ишлаш учун механик, оптик ва электрон анализаторлардан фойдаланилади.

Ўлчов асбобларини калибрлашда лозим бўлган эталон тебранияшларини тебратиш стенди ва столи ёрдамида ҳосил қилиш мумкин. Қуйида қурилиш конструкцияларини синашда қўлланиладиган титрашни ўлчовчи асбобларнинг айримларининг типик конструктив ечимлари келтирилган.

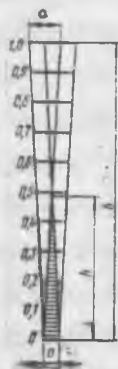
Амплитуда ўлчагичлар.

Агар юқори аниқлик талаб қилинмаси амплитудани ўлчаш учун синовчининг ўзи тайёрлаган анча оддий асбоблардан фойдаланиш мумкин.

Вибромарка (45—расм) тенг ёнли учбурчак чизилган қоғоздан тайёрланади. Учбурчакнинг асоси 5—20 мм атрофида, баландлиги — тахминан асосининг ўлчамига тенг қилиб олинади. Учбурчак баландлиги бўйича 10 та бўлақларга бўлинади.

Вибромарка билан частота 7 Гц дан кўпроқ ва доимий амплитудада тебранияш амплитудасини ўлчаш мумкин. Унинг ишлаш

тамойили одам кўриш қобилиятининг инерциялилик хоссасига асосланган. Агар предметнинг кўриниш зонасида туриш давомийлиги 1,7 секунддан камроқ бўлса, у ҳолда инсон кўзи тасвирни аниқ кўринишда қабул қилмайди. У бир умумий майдонга ёйилиб кетади.



45—расм. Вибромарка.

Амплитуда минутига 500 циклгача бўлган частотада 10 дан 20 мм гача ва минутига 1000 циклгача бўлган частотада 1 дан 10 мм гача ўзгарган ҳолда вибромаркадан фойдаланиш мумкин.

Индикатор. Муқим тебраниш амплитудасини индикатор билан ҳам тақрибан ўлчаш мумкин (46—расм). Бунинг учун индикатор синалаётган конструкцияга боғлиқ бўлмаган қандайдир қўзғалмас нуқтага маҳкамланади. Индикатор шундай йуналтириладики, унинг шток ўқи титраш йуналишига параллел бўлиши, охири эса тебраниш амплитудаси ўлчанаётган конструкциянинг бирор нуқтасига тақалиб туриши лозим, бироқ бу ҳолда санок олиш анчагина қийинчилик туғдиради.

Кичик частота ва амплитудаларда индикатор стрелкасининг ҳаракат тезлиги шунчалик кичикки, инсон кўзи индикаторнинг

шкаласида стрелканинг энг чекка ҳолати бўйича бемалол санок имкониятига эга. Шуни ҳам таъкидлаб ўтиш керакки индикатордан фойдаланишни, айниқса тадқиқ қилинаётган тебраниш юқори частоталарга эга бўлганда, фақатгина бошқа иложи қолмагандагина қўллаш мумкин, чунки бундай усул асбобни бузулишига олиб келиши мумкин.



46 — расм. Тебраниш амплитудасини индикатор билан ўлчаш.

Юқорида айтиб ўтилгандек, тебраниш амплитудасини индикатор билан ўлчашда қўзғалмас нуқта талаб этилади. Конструкция ёнида бундай нуқталар бўлмаган ҳолларда, уни сунъий равишда ҳосил қилинади. Бунинг учун махсус маятниклардан фойдаланилади (47 — расм).



47—расм. Вертикал ва горизонтал маятникларнинг энг оддий турлари.

Вертикал титрашни ўлचाда схемаси 47 а расмда келтирилган энг оддий маятник қўлланилади. У юк ва спирал пружинадан иборат. Пружинанинг юқори қисми тадқиқ қилинаётган конструкцияга, қуйи қисмига эса оғирлиги 20 кг атрофидаги юк осиб қўйилади. Юкнинг оғирлиги остида пружина ва юк $y_{ст}$ масофага силжийди.

Агар конструкциянинг тебраниш частотаси юкнинг хусусий тебраниш частотасидан катта бўлса, у ҳолда тебраниш даври

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{y_{ст}}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (17)$$

бу ерда R — юкни 1 см силжишини келтириб чиқарувчи куч;
 m — юк массаси ва юк қўзғалмас ҳолатда қолади.

Пружина диаметри, узунлиги ва симнинг кесим юзаси маятник хусусий частотаси беш баробаридан кам бўлмаслик шarti билан танланади.

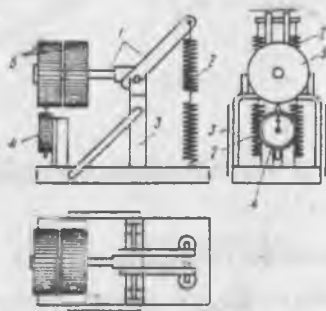
Горизонтал тебранишларда қўзғалмас нуқта хосил қилиш учун горизонтал маятникдан фойдаланилади (486—расм). У ғайри оддий конструкцияга эга ва диаметри 15—20 см, узунлиги 1,5—2 м, тўртта нуқтада арқон ёки сим билан осиб қўйилган ғўлачани ўзида ифода этади. Горизонтал маятникнинг тебраниш даври

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

бу ерда l — осилманинг узунлиги (486—расм). В.С.

Мартышкин ва В.Ф. Смотров маятниклари.

Горизонтал ва вертикал йўналишларда тебраниш амплитудасини ўлчаш учун В.С. Мартышкин ва В.Ф. Смотровлар махсус маятниклар ишлаб чиқишди.

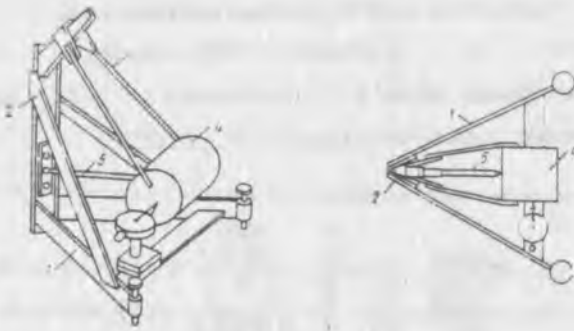


48—расм. В.С. Мартышкин ва В.Ф. Смотровларнинг вертикал маятниклари.

1. Вертикал йўналишидаги тебраниш амплитудасини ўлчаш учун муъжалланган маятник 49—расмда кўрсатилган. Маятникнинг асосий қисми 1—тирсакли ричагдир. Унинг горизонтал елкаси учига массаси 10 кг бўлган юк 5 қўйилган; ричагнинг қия елкаси асос билан пружина 2 ёрдамида бириктирилган. Тирсакли ричагнинг букилган нуқтасида призма жойлаштирилган бўлиб, унинг ёрдамида маятник таглик 3 га таянади.

Шундай қилиб, тирсакли ричаг бир томондан юк билан, иккинчи томондан эса пружина тортилиши билан мувозанатланган. Унда индикатор штокининг учи юк 5 га тақалади.

2. Горизонтал тебранишни ўлчаш учун қўлланиладиган маятник (49—расм) учбурчак асос 1, тиргак 2, унинг юқори қисмига тортқич 3 ёрдамида массаси 10 кг бўлган юк 4 осиб қўйилган.



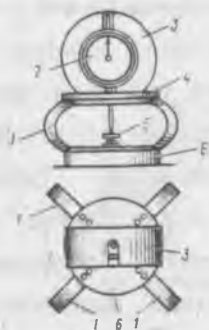
49—расм. В.С. Мартышкин ва В.Ф. Смотровларнинг горизонтал маятниги.

Юк горизонтал йўналишда силжиши мумкин. Маятник асоси 1 га индикатор маҳкамланган бўлиб, унинг штоки юк чеккасига шундай таяниши керакки, индикатор штоки ўқининг йўналиши маятник ҳаракати йўналишига параллел бўлиши лозим. Бу маятникнинг хусусий тебраниш частотаси 0,67 гц га тенг.

А.М. Емельянов ва В.Ф. Смотров амплитудомери (50—расм) листли пружина 1 га таъинувчи вазни халқа 3 дан иборат.

Пружинанинг пастки қисми диск 6 га, юқориси эса диск 4 га маҳкамланади. Халқа 3 га индикатор 2 ўрнатилади, унинг штоги пастки диск 6 га ўрнатилган микрометрик винт 5 га таянади.

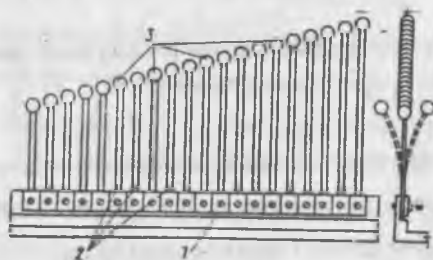
Асбобнинг юқори қисмидаги хусусий тебранишнинг частотаси 2,5 гц га тенг. Асбоб синалаётган конструкция юзасига тебраниш йўналиши индикатор штокининг ўқи мос келадиган ҳолатда ўрнатилади. Пастки диск 6 синалаётган конструкция тебранишини такрорлайди.



50 — расм. А.М. Емельянов ва В.Ф. Смотровлар амплитудомери

Частотамерлар.

Фрама қўп тилчали частотамери (51 — расм) учларига юкчалар 3 ўрнатилган ва умумий таглик 1 га махкамланган пластинкалар 2 тўпламидан иборат. Пластинкалар турли узунликка эга. Пластинкаларнинг ўлчамига ва юкчаларнинг оғирлигига қўра уларнинг ҳар бири маълум бир хусусий тебраниш частотасига эга. Бу частоталар маълум оралиқни қоплайдиган даражада танланган.

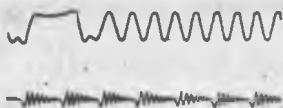


51 — расм. Қўп тилчали частотамер.

Тебранишни ёзувчи асбоблар.

Юқорида кўрилган оддий асбоблар билан (амплитудомерлар, частотамерлар) фақатгина тебраниш амплитудаси ва частотасини ўлчаш мумкин. Шундай мураккаб асбоблар ҳам борки, уларнинг ёрдамида бутун тебраниш жараёнини ёзиб олиш мумкин(виброграмма), уларни қайта ишлаш натижасида эса тебранма қаракатнинг тўлиқ тавсифини олиш мумкин. Бундай асбоблар қаторига: динамик прогибомерларни, вибрографларни, осциллографларни ва бошқаларни қўшиш мумкин.

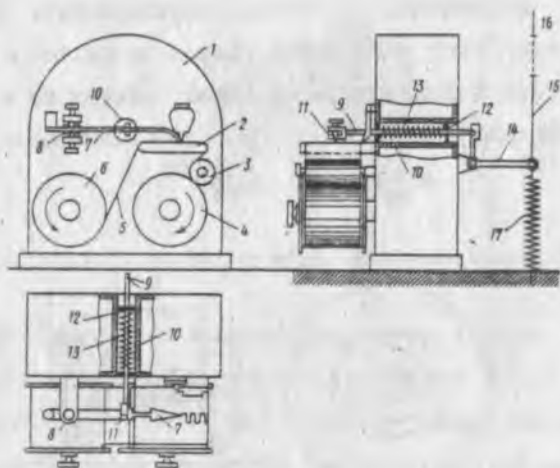
Виброметр ва вибрографлар тебранувчи жисмнинг чизиқли силжишини ўлчашга ёки ёзишга мўлжалланган асбобдир. Агар амплитуда ёки частотанинг катталиги бевосита асбоб шкаласи бўйича топилса, бундай асбоб виброметр дейилади. Агар тебранма жараён асбоб билан қоғозга, фотопенкага ва бошқа шу каби предметларга ёзилса, бундай асбоблар виброграф дейилади.



52—расм. Вақтни белгилаб берувчи Виброграмма (вақтни белгилувчи Гейгер асбоби).

52—расмда вақт белгилари қўйилган виброграмма келтирилган.

Гейгер динамик прогибомери (53—расм.) Ичида ғалтак 4 ни ҳаракатга келтирувчи тасма тортувчи механизм жойлашган корпус 1 дан иборат. Узатувчи ғалтак 6 га қоғоз тасма 5 ўралган бўлиб, тасмача столча 2 га ўтади. Ундан кейин эса ролик 3 дан ўтиб қабул қилувчи ғалтак 4 га ўралади.



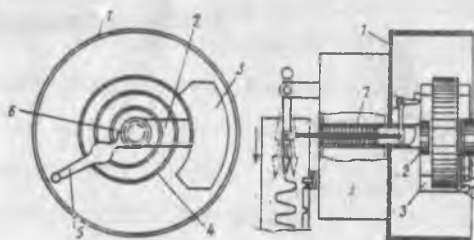
53—расм. Гейгер динамик прогибомер.

Қоғоз тасмага перо 7 тегиши орқали виброграмма ёзилади. Фетрли ролик 3 ортиқча сиёҳни шимиб олади. Перо 7 таянч 8га шарнирли равишда маҳкамланган. Конструкция тебраниши 11— нўқтада рычаг 14 ва перо 7 ни бириктирувчи шайба 12 ли стержен 9 ва тирсакли рычаг 14 га узатилади. Рычагли тизим елкаларининг ўзгаришини тизимдаги оширув коэффициентини ўзгартириш орқали эришиш мумкин. Улар 3, 6, 12, 24 ни ташкил этади.

Тизимдаги люфтни йўқотиш учун тебранишни тирсакли рычагдан 14 перо 7 га узатишда стержен 9 қувур 10 га жойлашган пружина 13, тирсакли рычаг 14 дан перо 7 га ўтувчи стерженни сиқади.

Текшириляётган конструкция билан асбобнинг 16 нўқтадаги алоқаси рычаг 14 га бириктирилган 15 сим ёрдамида амалга оширилади. Симни тортилган ҳолатда ушлаб туриш учун қўзғалмас асосга маҳкамланган пружина 17 дан фойдаланилади.

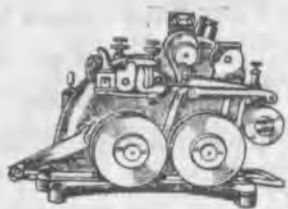
Гейгер вибрографи бевосита конструкцияга ўрнатилиши мумкин. Бунинг учун унга ичига спирал пружина 4 га осилган инерция массаси 3 жойлаштирилган ҳовол цилиндрик корпус 1 дан ташкил топган махсус қурилма (54 – расм.) маҳкамланади.



54 – расм. Гейгер вибрографининг схемаси.

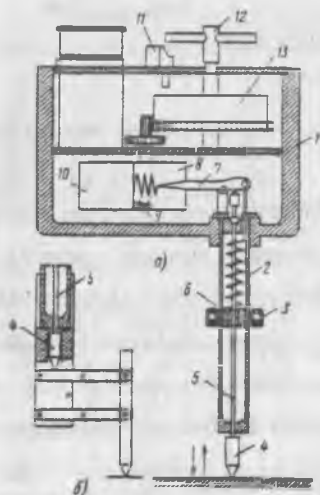
Тутқич 5 ёрдамида инерцион масса 3 нинг ҳолатини ўзгартириш мумкин. Инерцион масса қувурча 7 га кийгазиладиган втулка 6 га эга бўлган планка 2 билан бириктирилади. Шундай қилиб, инерцион масса қувурча 7 га нисбатан тебраниш ҳосил қилиш мумкин. Тирсакли ричаг планка 2 билан бириктирилади. Гейгер вибрографининг умумий кўриниши 55 – расмда кўрсатилган.

Қўл вибрографи ВР–1. Вибрографларнинг бир қанча турлари мавжуд, шу жумладан виброграмма ёзилаётган вақтда синовчи бевосита қўлида ушлаб турадиган қўл вибрографи ВР–1. Бу ҳолда инерцион масса вазифасини асбобнинг хусусий оғирлиги ўтайди.



55 — расм. Гейгер вибрографининг умумий кўриниши.

Вибрографнинг асосий қисми (56а — расм) қувурча 2 ўрнатилган корпус 1 дан иборат. Бу қувурчадан пастки учида конуссимон пойнак 4 бўлган стержен 5 ўтади. Стержен 5 нинг юқори учи ричаг 7 га тиралади. Стержен 5 га пастта тортувчи пружина маҳкамланган. Пружина қўзилишини ростлаб туриш учун винт 3 билан тўхтат қоладиган хомутта 5 хизмат қилади. Ричаг 7 нинг учи ўткирланган бўлиб, унинг кассета 10 дан тортиб чиқарилувчи мўмланган қоғоз 8 устида ҳаракатланиб қоғозни тирнаши натижасида виброграмма ёзилади.

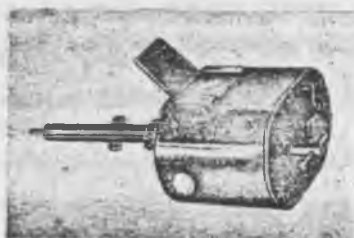


56 — расм. Қўл вибрографи ВР-1

Худди шу тасмага 1 сек оралиқ билан пойнак 9 ёрдамида вақт белгилари тушурилади. Тасма тортувчи механизм корпуснинг ташқи тарафига жойлашган тортқич 12 билан ҳаракатга келтирувчи пружина 13 ёрдамида ҳаракатлантиради. Вибрографлар тутқич 11 билан ишга туширилади.

Вибрографлар 0,05 дан 6 мм гача бўлган тебраниш амплитудасини 6:1; 2:1; 1:1; масштабларда ўлчаши мумкин.

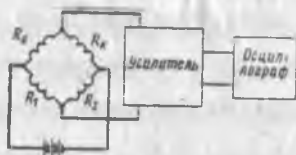
ВР-1 вибрографининг габарит ўлчамлари; 80x130x230 мм, асбобнинг оғирлиги 1,7 кг. Вибрографнинг умумий кўриниши 57-расмда кўрсатилган.



57-расм. ВР-1 вибрографининг умумий кўриниши.

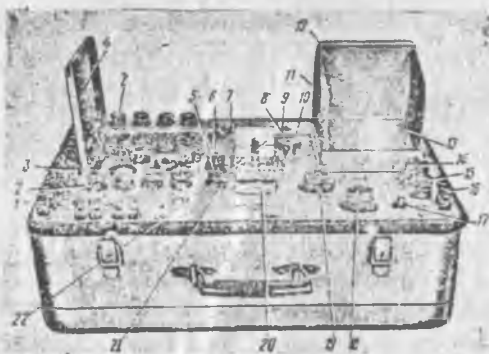
Осциллографлар ўзгартгич-датчиклар сигналининг ёзиб олувчи ёрдамчи асбоблар саналади. Бундай мақсадлар учун ёруғлик нурланишли ва электрон (электрон-нурланишли) осциллографлар қўлланилади. Қурилиш конструкцияларини тадқиқ этиш учун тадқиқ қилинаётган конструкциянинг бир вақтда бир неча нуқтасида (24 тагача) тебраниши бевосита ёзиб олиш имконини берувчи ёруғлик-нурланишли осциллографлар айниқса кенг тарқалган. Бу осциллографлар частота диапазони 2 дан 3 кГц гача чегараланган.

Электрон — нурланувчи осциллографлар амалда инерциясиз. Улар тадқиқ қилинаётган жараён частотаси 3 кгц дан ошган ҳолларда (масалан, портлаш юки) қўлланилади. Деформацияни ўлчаш қурилмасининг принципитал схемаси 58 — расмда кўрсатилган. Бу схемада ўлчов кўпригини қувват билан таъминлаш доимий токдан фойдаланишни кўзда тутди.



58 — расм. Осциллографлар орқали деформацияни ўлчаш қурилмасининг схемаси.

Н — 102 туридаги осциллографлар (кўчма) бир вақтнинг ўзида саккизта виброграммани кўз билан кузатиш ва ёзиш учун мўлжалланган (59 — расм).



59 — расм. Н — 102 осциллографининг умумий кўриниши;

1 — қисқич; 2 — даста; 3 — ўчирғич; 4 — қопқоқ; 5 — даста; 6 — даста; 7 — диафрагма; 8 — вольтметр; 9 — "кўзча"; 10 — ўчирғич; 11 — парда; 12 — қопқоқ; 13 — экран; 14 — даста; 15 — реостат; 16 — клемма; 17 — кнопка; 18 — 19 — даста; 20 — кассета; 21 — даста; 22 — қабул қилувчи кассета.

Мазкур осциллографлар қуйидаги модификацияларда ишлаб чиқилади: ҳаво ҳарорати $+10$ дан -35°C гача, ҳавонинг нисбий намлиги 80%, ва ҳаво ҳарорати $+10$ дан -35°C гача ва ҳавонинг нисбий намлиги 98% ($\text{H}-102\text{T}$) бўлган шароитда ишлатилиш учун.

Осциллограф металл корпусда жойлашган бўлиб, унинг устки панелда тегишли кўрсаткичлари билан бошқарув органи жойлашган.

Осциллографдан фойдаланилганда зарб ёки айрим импульсларни қайд этиш учун уни зарб рўй бермасдан аввалроқ ишга тушириш лозим, акс ҳолда тасма — пленка етарли тезлик билан ҳаракатланишга улгура олмай, ҳодисанинг бошланғич қисми бой берилиши мумкин.

$\text{H}-700$ осциллографи (14 каналли) частотаси 0 дан 2000 Гц гача бўлган электр жараёнларини қайд этиш учун муъжаланган. Конструкциясининг оддийлиги, шинамлиги ва унча катта бўлмаган массаси уни лаборатория шароитида ва дала синовларида қўллаш самарадорлигини беради. Осциллографни қувват билан таъминлаш кучланиши 27 в бўлган аккумуляторлардан ёки махсус ўзгартиргичлар орқали ўмумий тармоқдан амалга оширилади.

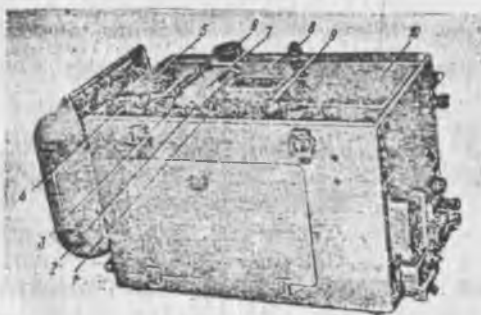
Вақт белгилари тасмага нозик кўндаланг чизиқлар кўринишида аниқлиги 1% гача бўлган махсус белгиловчилар ёрдамида туширилади (60 — расм).



60 — расм. $\text{H}-700$ осциллографида ёзилган вақт белгилари кўрсатилган виброграмма.

Тебранма ҳаракатларни кўз билан кузатиш учун осциллографлар кенгайтирувчи қурилмаси бўлган махсус экранга эга. 61 — расмда осциллографнинг умумий кўриниши берилган.

Бу осциллографнинг Н-102 осциллографидан принципиал фарқи шундан иборатки, биринчисида ички автоном магнитли гальванометрлар катта ўлчамга, нисбатан катта массасига эга бўлиб, жуда эҳтиёткорлик билан муомала қилишни талаб этади. Иккинчисида эса осциллографга ўрнатилинган битта умумий магнит блокидан фойдаланилади. Қисқача айтганда, гальванометр ичида кўзгули рамка жойлашган герметик ёпиқ бўлган диаметри 5,5 мм алюминий қувурчани ифода этади. Бу гальванометр худди Н-102 осциллографи гальванометри каби ишлаган ҳолда, унинг конструкцияси ишончлироқ.



61 — расм. Н-700 осциллографининг умумий кўриниши.

1 — белгилловчининг ўчиргичи; 2 — электрон муфта ўчиргичи; 3 — реостат дастаси; 4 — вольтметр; 5 — ёратувчининг қопқоғи; 6 — тезликни ўзгартирувчи; 7 — кўз билан кузатиш экрани; 8 — ялтирмайдиган экранда эгри чизиқларни ёйиш учун даста; 9 — сигнал лампаси; 10 — гальванометр блокнинг қопқоғи.

Электрон осциллографлар. Динамик жараёнларни тадқиқ этишда жараёни кўриниши электрон нурли трубкаларда намоён этилувчи электрон осциллографлардан фойдаланиш кенг йўлга қўйилган. Унинг ишлаш принципи айрим моддаларнинг (масалан руҳ олтингугурти) электрон бомбардимони таъсирида нурланиш хусусиятига эга. Трубкада ингичка электрон нур пайдо бўлиб, унинг экранга тушиши натижасида нурланишга олиб келади. Осциллографдаги ёйувчи генератор нурни экранда чапдан ўнгга ҳаракатланишга олиб келади. Ёйилишнинг частотаси 10 гц дан ошиқ бўлганда экранда биз яхлит горизонтал ёрқин чизиқни кураимиз. Текшириладиган сигнал тегишли кучлантиришдан кейин нурни вертикал бўйича оғдира бошлайди. Шу аснода сигналнинг кўринадиган тасвири пайдо бўлади.

Электрон осциллографларнинг бир — биридан ҳам конструкцияси, ҳам вазифаси бўйича фарқланувчи турли — туман хиллари мавжуд. Хотирасида сақлаб қолувчи трубкали осциллографлар бир марта ҳосил бўлган импульсларни қайд этиб, кейин эса бир неча марта ёки узоқ вақт давомида уни кўрсатиш имконига эга.

Вибродатчиклар.

Ўлчанаётган механик катталиқни электрик қийматга айлантириб берувчи тузилма *датчик* дейилади.

Замонавий виброўлчов асбобларида механик тебраниш электр катталигига айлантирилиб, осциллограф томонидан ёзиб олинади. Датчик ва қайд этувчи аппаратура орасидаги алоқа ўтказгичлар орқали амалга оширилади, титраш параметрларини ўлчаш эса масофадан амалга оширилиши мумкин.

Виброўлчов техникасида генераторли ва параметрик вибродатчиклар кенгроқ тарқалган. Нозлектрик катталиқларни

ўлчашда электр юритувчи куч ҳосил қилувчи вибродатчиклар генератор дейилади.

Ўлчанувчи нозлектрик катталикларни ўзгаришини қаршилиқ, индуктивлиқ, сифим ва бошқа шу каби электр параметрларини ўлчашга ўзгартирувчи датчиклар *параметрик датчик* дейилади.

Параметрик датчиклар индуктив, сифимли, ОМ қаршилиқли, акустик турларга бўлинади. Параметрик датчиклар қаторига дифференциал индуктив вибродатчик ВД-3, сифимли вибродатчик ВР-1 ва бошқалар киради.

Механик ўзи ёзар асбобларга қараганда кичик массага эга бўлган шинам замонавий вибродатчиклар етиши қийин жойларга ҳам ўрнатиш имконига эга. 62-расмда айрим индукцион вибродатчиклар кўрсатилган.

Уларнинг кўпчилигини ишлаш тамойилини осонгина ВЭГИК вибродатчигининг конструктив схемасида кўриш мумкин (63-расм).

Асбоб қуйидаги асосий қисмлардан иборат: тиргак 1 да турувчи люфтсиз шарнир 3 ёрдамида корпус 11 га маҳкамланган цилиндрик масса кўринишидаги вибродатчик маятниги 3. Вертикал тебранишни қайд этувчи маятник айланиш ўқи горизонтал, горизонтал тебранишни қайд этиш учун эса — вертикал йуналтирилган.



а)

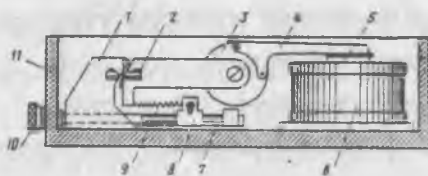


б)



в)

62 — расм. Вибродатчиклар.
а) ВЭГИК; б) ВИБ-А; в) К-001.



63—расм. ВЭГИК нинг конструктив схемаси.

Маятникнинг оғирлиги пружина — 9 ёрдамида мувозанатланган. Маятник хусусий тебраниши частотасининг ўзгариши винт 7 ёрдамида амалга оширилади. Ушбу винт айлантирилганда пружина 9 маҳкамланган гайка 8 сурилади ва пружинанинг тортиш кучи ўзгаради. Винт корпус ташқарисига чиқарилиб, унга даста 10 ўрнатилинган. Маятникка органик шишадан тайёрланган цилиндрлик каркас 5 осилган алюминий ричаг 4 маҳкамланган. Каркасга ингичка сим ўралган ғалтак бириктирилган. Бу ғалтакнинг охирлари икки қисқичга чиқарилган. Индукцион ғалтак доимий магнит майдони 6 да жойлашган

Вибродатчиклар ишлаш тамойилининг батафсил тавсифи (1) да келтирилган.

2.4. Синовларни ўтказиш ва синов натижаларига ишлов бериш.

Иншоот ва конструкцияларни синаш жараёни, табиийки экспериментал тадқиқотнинг энг муҳим босқичи саналади. Синовни бошлашдан аввал бўлғуси тадқиқот услубини яна бир бор муҳокама қилиш зарур. Бундан ташқари барча ўрнатилинган ўлчов асбобларини мавжудлигини кўздан ўтказиш ва уларнинг тўғри ўрнатилинганлигини текшириш лозим. Агар синовларда электрли ўлчаш аппаратураси қўлланилаётган бўлса, у ҳолда датчиклар ва ўлчов асбоблари орасидаги ўтказгичларнинг бутунлигини, электр

тармоқда кучланиш борлигини текшириш керак. Агар электр ўлчов аппаратураси автоном таъминотта эга бўлса, у ҳолда албатта таъминот манбаидаги кучланишни ўлчаш лозим.

Юклов қурилмасини диққат билан текшириш ва уларни паст юкланишларда синаб кўриш керак. Юкланишнинг гидравлик ва пневматик усуллари қўллашда тизимнинг герметиклигига ва у билан боғлиқ бўлган юкнинг берилган даражасини узоқ вақт ушлаб туриш қобилиятига алоҳида аҳамият бериш керак. Ричаг—балкали тақсимлов тизими қўлланилганда барча яруслардаги балкаларнинг туғри ўрнатилганлигини, маҳкамлов тортқичларини ишончлилигини, шарнирларнинг мавжудлигини ва бошқаларни текшириш лозим. Синов бошлашдан аввал синовга тайёргарлик вақтида қўйиш керак бўлган барча юклардан бўшатилиши лозим.

Тайёргарлик синовда қатнашувчи барча шахсларнинг техника хавфсизлиги бўйича йўриқномадан ўтишлари ва иш воситаларининг синовни бехатар ўтказишни таъминоловчи тайёргарлигини текшириш зарур.

Синалаётган конструкция ва иншоотта синов юки ишлатилаётган ўлчов асбобларининг аниқлик даражасидан ва синов дастури талабларидан келиб чиққан ҳолда босқичлар билан берилади. Юклаш босқичларини адабиётда келтирилган бузулиш юкининг $1/10+1/15$ дан иборат бўлган тавсиялар бўйича тайинлаш, фақатгина бузувчи юкнинг қиймати етарли даражада асосланмаган ҳоллардагина қабул қилиниши мумкин. Қолган барча ҳолларда юклашни асбоблар ўлчайдиган деформация ва силжишларнинг максимал даражасини олиш учун етарли даражада катта босқичларда олиб бориш лозим. Бу талаб тадқиқ қилинаётган объектни катта миқдордаги турли хилдаги электр ўлчов аппаратураси билан тўлдириб юборилган ҳолда алоҳида аҳамият касб этади. Кўпчилик электр ўлчовларида одатда бузувчи тўсиқлар

мавжуд бўлади. Бу тўсиқларнинг таъсирини камайтиришнинг асосий йўли иншоотни катта босқичлар билан юклашдир.

Кўрсатилган ҳоидаларни юкларнинг қиймати меъёрий катталиқдан ошмаган ҳолларда ёки иншоотнинг ишлаши эластик босқичларда тадқиқ қилинаётганда қўллаш лозим. Тадқиқ этиш вазифаларига кўра синовларни эластик босқичларда кўп марта такрорлаш мумкин. Ундан ташқари тадқиқот натижалари статистик қайта ишланиб, одатда у ёки бу ҳисоблаш назариясини баҳолаш учун материал бўлиб хизмат қилади. Конструкция ёки иншоотни эластик — пластик босқичда юклаш бир маротаба амалга оширилади, чунки бунда иншоотда қайтмайдиган пластик деформациялар ривожланиб, эластик — пластик жараёнини кўп марта такрорлашга йўл қўймайди. Бунда иншоотнинг бузулиб тушиш эҳтимолини ҳам назарда тутиш лозим, шунинг учун юклашни ниҳоятда эҳтиёткорлик билан, кичик босқичларда олиб бориш керак. Пластик деформацияларнинг ўсиши ва деформация модулининг мавҳумлиги оқибатида зўриқишни у ёки бу тензометрлар ёрдамида ўлчаш мумкин бўлмай қоляпти. Иншоотларнинг солқилиги ҳатто юкланишнинг кичик босқичларида ҳам етарли даражада аниқлик билан ўлчанади. Шунинг учун юклаш босқичини камайтириш деформацияни ўлчашда халал бериш таъсири хавфини келтириб чиқармайди.

Синов жараёнида одатда иншоот ва конструкцияларни тайёрлаш жараёнида бўлиши мумкин бўлган турли — туман камчиликлар оқибатида ҳар бир синов босқичида деформация ва солқиликнинг ўсиши бирданига юз бермайди. Иншоотнинг ишлаш босқичи ва ашёсига кўра бу вақт 5 — 20 минутни ташкил этади.

Қатор ҳолларда синов дастури деформация ва солқиликни юкнинг узоқ давом этиш таъсирида аниқлашни талаб этади. Агар юклаш гравитацион усулда амалга оширилса, асбобларни ўрнатилишнинг доимийлигини таъминлаш қўшимча тадбир бўлиб

қолади. Синов ўтказиладиган жой тўсилган бўлиши ва синов зонасига киришни таъқиқловчи плакатлар билан қуролланган бўлиши лозим.

Иншоот ва конструкциянинг бузулиш вақти яқинлашиб қолганида, яъни солқиликни кескин ошиши ёки қўйилаётган юкнинг миқдори ҳисобий бузулиш қийматига яқинлашганида иншоот ёки конструкцияни бузулишини қайд этувчи асбоблардан бўлак ўлчов асбобларини чиқариб олиш лозим. Синов услубини тузишда қандай асбоблар бузулишини қайд этиш учун қолдирилишини кўзда тутиш лозим.

Асбобларни турли—туман ходисалардан сақлаш учун керак бўлган чора—тадбирларни қўллаш керак бўлади. Бузулиш вақтини солқиликнинг кескин ошишидан аниқланади.

Юқорида зикр қилинган тартиблар иншоот ва конструкцияларни статик юк остида синаш учун кўзда тутилган. Иншоот ва конструкцияларни динамик юк таъсири остида синашда синовни бошлашга бўлган тайёргарлик тартиби худди шундайлигича қолади. Шунинг ҳам назарга олиш лозимки, динамик синовлар жуда қисқа вақт мобайнида ўтади, шу сабабдан синовларни юқори даражада ташкиллаштиришни талаб этади. Синов жараёнида бир қатор асбоб ва механизмларнинг биргаликда бетўхтов ишлашини таъминлаб бериш фақатгина ишларни синчковлик билан юқори даражада ташкиллаштириш орқалигина эришиш мумкин. Агар синалаётган иншоот ва конструкцияда тебраниш жараёнини қайд этувчи катта миқдордаги асбоблар жойлашган бўлса, ҳар бир қайд этувчи қурилмаси вақт белгисини қўйиб чиқишни ташкил этиш керак бўлади. Вибрация тавсифини ўлчовчи мавжуд асбоблар ўзларининг хусусий вақт белгиловчиларига эгадирлар. Катта миқдордаги асбобларни қўллаб динамик синовлар ўтказишда вақт белгиловчиларни марказий бошқарилувчи бир занжирга бириктириш лозим бўлади.

Динамик синовларда техника хавфсизлиги бўйича қўшимча чора — тадбирлар кўзда тутилмоғи лозим. Титратувчи машиналарнинг айланувчи қисмлари ҳимоя қалпоқчалари билан беркитилиши керак. Электр токини титратувчи машиналарнинг электр моторларига улашни бажаришда ва уларнинг ишончли ерга уланган ҳимоя симининг тузилмасида электр хавфсизлиги қоидаларини бажариш лозим. Ҳаракатланувчи юклар синов давомида хавф — хатар туғдириши мумкин. Иншоотдан катта тезликда транспорт ва бошқа турдаги ҳаракатланувчи юкларни ўтишда бахтсиз ҳодисаларни олдини олишга доир чораларни қўллаш керак. Синов тутагандан кейин иншоотдан қўйилган юклар олинishi лозим. Агар синов бузулгунча олиб борилмаган бўлса, у ҳолда қўйилган юклар юклашдаги тартибнинг тескариси билан олинади. Юқдан туширишнинг оралиқ босқичларида деформация ва силжишларнинг муқимлашувчи учун тўхтамлар берилади. Агар синаш иншоотининг бузулиши билан тутаган бўлса, у ҳолда бузулган конструкция ва юклаш тузулмасини ажратиш такелаж ишлардан хабардор ишчиларни жалб этиб, эҳтиёткорликка риоя қилинган ҳолда бажарилади.

Синовнинг биринчи натижаларини бевосита синов давомида қайта ишлаш лозим. Синовлар тажрибаси шундан далолат берадики, ишларни тўғри ва аниқ ташкиллаштиришда юклашнинг айрим босқичлари ўртасидаги вақт мобайнида барча график ва эпюраларни бемалол қуриш мумкин. Одатда бундай материал юклаш тузилмаси ва ўлчов аппаратурасининг тўғри ишлаганлигини баҳолаш учун етарли ҳисобланади. Айрим графиклар бўйича эса иншоотнинг зўриқиш — деформация ҳолатига дастлабки баҳо бериш ҳам мумкин. Синов давомида юклашнинг ҳар бир босқичида олинган маълумотларни олдиндан таҳлил этиш синовчининг синовни боришига ва лозим бўлган тузатишлар киритишига бўлган эҳтиёжни қондиришга имкон беради.

Синов давомида иншоот ҳолатини муттасил кузатиб бориш лозим. Иншоотнинг кўпроқ зўриқиш ва куч тушиши мумкин бўлган участкаларига алоҳида эътибор қаратиш керак бўлади. Юклашнинг барча босқичларида, охиргисидан ташқари, конструкция ва иншоотдаги дарзларнинг очилишига катта эътибор бериб туриш лозим. Уларни ўз вақтида қалам ёки шу каби бошқа қулай воситалар ёрдамида белгилаб қўйиш керак. Бу маълумотлар синовнинг туташ вақтида дарзлар кўринишини тула – туқис ифодалаши лозим бўлган тегишли чизмасига кўчирилади.

Динамик синовлар ўтказишда осциллограммаларни дарҳол намоён қилиш лозим. Намоён қилинган фото қоғозларда синов санасини, юк тури, қиймати ва айрим графикларнинг маъносини белгилаб қўйиш керак. Динамик синовлар мобайнида олинган маълумотларнинг мураккаблиги уларнинг натижаларини дарҳол таҳлил этиш имконини бермайди.

Унда фақатгина ўрнатилган асбобларнинг тўғри ишлаганлигига баҳо бериш мумкин.

III – БОБ. АКУСТИК УСУЛЛАР.

Ультратовуш акустик усуллар конструкцион ашёларда тарқалиш тавсифини ўрганиш асосида пайдо бўлган. Товуш — газ, суюқлик ҳолати ёки қаттиқ муҳитда тўлқин кўринишида тарқалувчи ҳаракатидан иборат. Эластик тўлқинларни частотаси 20 Гц дан 20 кГц гача оралиқда ётувчи товушларга, частотаси 20 кГц дан то 1000 МГц гача ультратовушлар ва частотаси 1000 МГц дан ошувчи гипертовушларга бўлиш қабул қилинган. Бетон ва сопол буюмларни синашда частотаси 20 кГц дан 200 кГц гача, металл ва пластмассаларни синашда эса частотаси 30 кГц дан то 10 МГц гача бўлган ультратовушлардан фойдаланилади.

Ашёларда ультратовушдан фойдаланишнинг қатор усуллари мавжуд. Булардан кўпроқ тарқалгани ультратовуш импульсли усул, резонансли усул, импедансли усул ва акустик эмиссия усули.

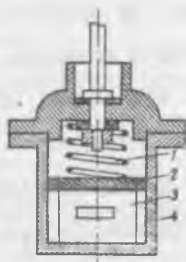
3.1. Ультратовуш импульсли усул.

Ультратовуш импульсли усулида қурилиш конструкциясидаги нуқсонларни аниқлаш (дефектоскопия) масаласи ўз ечимини топади ва материалларнинг эластиклик тавсифлари, ғовақдорлик каби физик — механик константалари аниқланади.

Хар қандай ультратовуш қурилмаси экспериментларни асбоб билан таъминлашдаги айрим элементлардан ташкил топади. Бу мажмуага нурлантирувчи ва тебранишни қабул қилувчи киради. Айри ҳолларда нурлантирувчи бир вақтнинг ўзида қабул қилиб олувчи функциясини ҳам бажаради. Акустик эмиссия услубида эса фақатгина қабул қилувчи сифатида ишлатилади.

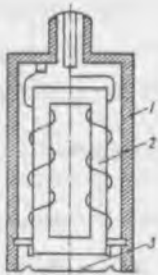
Нурлантирувчилар ва қабул қилувчилар — ультратовуш ўзгартирувчиларни пьезоэлектрикли ва магнитострикцияли бўлиши лозим. Пьезоэлектрик ўзгартирувчи (64 — расм) ичида пьезоэлектрик

эфектига эга бўлган ашё 3 жойлашган металл корпусдан иборат. Бундай ашёлар қаторига кварц турмалин, барий титанати ва бошқалар киради. Сунгги вақтларда сегнет тузи ҳам кенг қўлланила бошланган. Электр энергиясини механик энергияга ва аксинча айлантирувчи кристалл, эркин тебранишни демпфирловчи пружина 1 ёрдамида қўйилма 2 га ёпиштирилади ёки сиқилади.



64 — расм. Пьезоэлектрик ўзгартирувчи.

65 — расмда магнитострикцияли ўзгартирувчининг тасвири берилган. Магнитостриктор 2 магнит майдони таъсирида сиқилиш ва чўзилиш имконига эга бўлган никель ёки бошқа ашёлардан қилинган бир — биридан изоляция қилинган юпқа пластинкалардан йиғилади. Пластинкалар пакети ўзгарувчан электр токи ўтказиладиган ғалтакка жойланади. Чеккасида корпус 1 га бикр маҳкамланган металл мембрана 3 жойлашган.



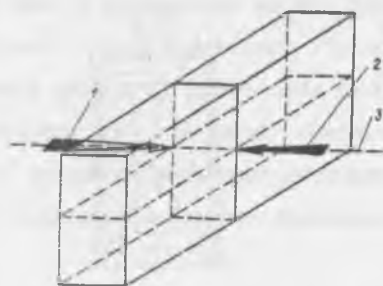
65 — расм. Магнитострикцион ўзгартирувчи.

3.2. Бетон ва металл нуқсонларини ультратовуш билан аниқлаш.

Бетонни синашда ультратовуш импульсли усулни қўллаш фақатгина буюмнинг нуқсонларини аниқлаш билан чегараланиб қолмай, унинг физик—механик тавсифларини аниқлаш имконини беради.

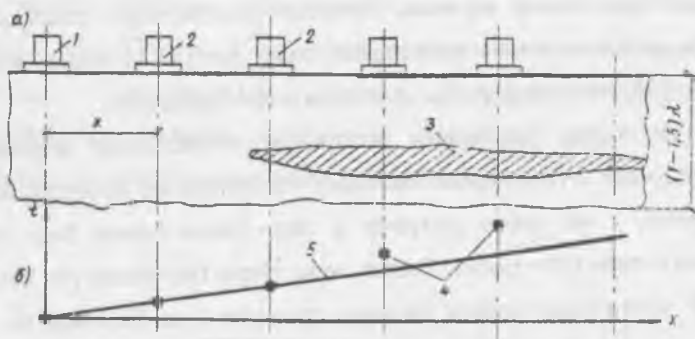
Бетон турли—туман ашёлардан ташкил топганлиги сабабли, ундаги нуқсонларни аниқлашда, фақатгина ўлчамлари тўлдирувчиларнинг тавсифли ўлчамидан катта бўлган нуқсонларнигина топиш мумкин. Бетонни ультратовуш импульсли усул билан дефектоскопия қилишнинг икки усули: товушни тўлиқ ўтказиш ва бўйлама профилаш усуллари кенг тарқалган.

Товушни тўлиқ ўтказишда текширув объектининг қарама—қарши тарафлари нуқталарни белгилаш ультратовуш аппаратининг нурлантирувчи 1 ва қабул қилувчи 2 бир—бири билан бир ўқда жойлашиши лозим (66 — расм). Одатда юза тўғри бурчакли тур билан белгиланиб, боғламлари товуш ўтказиш трассаси 3 ни белгилайди.



66—расм. Товушни тўлиқ ўтказиш усули схемаси.

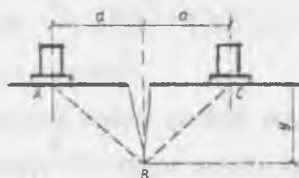
Бўйлама профиллаш усули (67—расм) шуниси билан қулайки, унда нурлантирувчи 1 ва қабул қилувчи 2 буюмнинг бир юзасида ўрнашади. Бироқ бунда нуқсонларни фақатгина қалинлиги 1—1,52 полосада аниқлаш мумкин, бу ерда λ 1 дан 15 см гача катталикини ташкил этувчи тўлқин узунлиги. Бундан ташқари ўлчов натижаларини интерпретация қилишнинг аниқлиги товушни тўлиқ ўтказиш услубидагидан пастроқ эканлигини айтиб ўтиш лозим.



67—расм. Нуқсонларни бўйлама профиллаш усулида аниқлаш схемаси.

Нуксонларнинг 3 мавжудлиги қабул қилувчиларнинг тўғри чизиқ 5 га нисбатан экспериментал нукталар 4 ни кетма-кет сурилиш вақтида содир бўлувчи оғишлар орқали аниқланади (676 – расм).

Нурлантирувчи ва қабул қилувчи бир юзага жойлаштиришда юзадаги дарзларнинг чуқурлашув катталиги уни аниқлаш масаласини ечиш мумкин (68 – расм).



68 – расм. Дарз чуқурлигини аниқлаш схемаси.

Бунинг учун дарз ўқига перпендикуляр тенг қилиб (а) олинган масофаларга нурлантирувчи ва қабул қилувчилар ўрнатилади, ундан кейин эса ABC трассаси бўйлаб импульснинг ўтиш вақти t_1 ни экспериментал аниқланади. Бетоннинг дарзсиз участкасида ҳам ультратовуш ўтишнинг тезлиги аниқланади ва унга тегишли тезлик $V=v/t_2$ аниқланади. ABC трассаси бўйлаб ўтувчи товушнинг тезлигини белгиловчи нисбат қуйидагича кўринишга эга бўлади.

$v = 2\sqrt{a^2 + y^2} / t_1$. Тезликларни тенглаштириб қуйидаги кўринишга эга бўламиз.

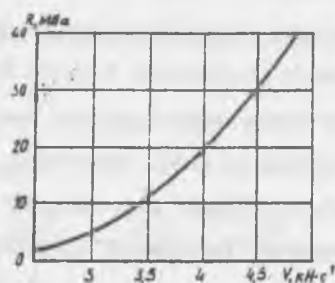
$$y = \sqrt{\frac{0,25v^2 \cdot t_1^2}{t_2^2 - a_2}}; \quad (18)$$

Сўнги вақтларда бетон конструкцияларда импульсли ультратовуш усулидан фойдаланишда осциллографлар ўрнида рақамли индикаторларда ишловчи микросекундомерлардан фойдаланилади.

Материалнинг зичлиги бевосита тортиш орқали ёки радиометрик усул билан аниқланиши мумкин. Агар ультратовуш тарқалиш тезлигини стерженда V_c ва бир хил қоришмадан тайёрланган кубда V_k аниқлашни амалга оширилса, динамик Пуассон коэффицентини топиш мумкин.

$$\mu = \frac{1}{4}(1 - v^2_c / v_k^2)[-1 + \sqrt{1 + 8(1 - v^2_c / v_k^2)}]^{-1} \quad (19)$$

Ультратовуш тезлиги бўйича бетон мустаҳкамлиги R аниқлаш учун айланма эгри чизиқ қуриш лозим (69 – расм).



69 – расм. Ультратовуш тезлиги бўйича бетон мустаҳкамлигини аниқлаш учун айланма эгри чизиқ қуриш.

Бунинг учун бир хил шароитларда камида 45 намуна тайёрлаб, уларни турли муддатларда синалади. Сўнгра ҳар бир намунани бетонни ётқизиш йўналишига перпендикуляр тарафда товуш ўтказилиб, ундан кейин уларни прессда бузилгунча синалади.

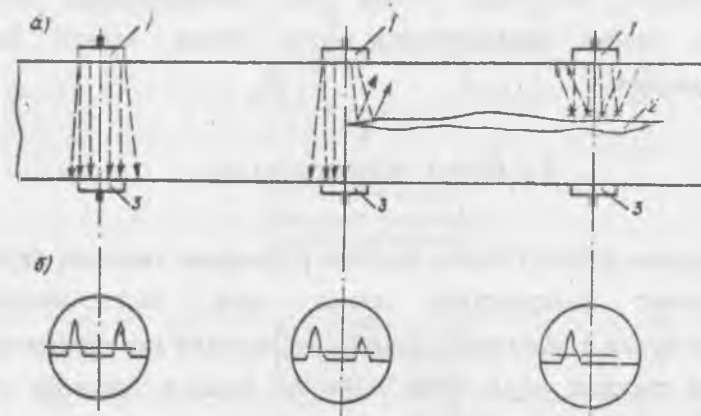
Бетонда ультратовуш тарқалиш тезлигига турли омилар: бетоннинг ёши ва уни қотиш шароити, тўлдирувчининг миқдори ва

тури, цемент миқдори, температура, арматуранинг тури ва ўлчамлари.

Ультратовуш ёрдамида металл конструкцияларни синаш, металлдаги нуқсонларни аниқлаш ва пайванд чокларнинг сифатини назорат қилишда ишлатилади.

70а – расмда соя усулидан фойдаланиш мисоли келтирилган. Нурлантирувчи 1 дан ва қабул қилувчи 3 дан сигнал осциллограф экранига узатилади. Нуқсонлар бўлган тақдирда қабул қилувчи қайтарадиган сигналнинг заифлашуви ёки бутунлай йўқолиши юз беради.

Конструкциянинг товуш ўтказиш трассаси ихтиёрий йўналишга эга бўлиши мумкин.



70 – расм. Соя усулида буюмдан товуш ўтказиш схемаси.

Пайванд чоклар сифатини соя ёки кўзгу – соя усули билан назорат қилишда шлакли қушимчалар, раковиналар, ҳаво бўшлиқлари, дарз ва нопайванд жойлар кўриниб қолади.

Пайванд бирикмаларни назорат қилиш учун ультратовуш тўлқинлари α турли тушиш бурчакларига эга бўлган призматик ўзгартирувчилар қўлланилади. Пайванд бирикмаларида одатда нуқсонлар пайвандланадиган буюмнинг юзаси бўйлаб ривожланишидан, назорат жараёнида ўзгартиргични чок бўйлаб зигзагсимон йўналтирилади.

Ультратовушли назорат таврли ва учма—уч бирикмаларда очилиш кенглиги 0,2 мм дан камроқ бўлган ички дарзларни ва чок илдизидagi нопайвандларни аниқлаш имконини беради.

Пайванд чокларни назорат қилишда эталонлардан (сунъий нуқсон киритилиб олдиндан пайвандланган бирикмалар) фойдаланилади.

Қайтарув (акс—садо усули) ёки конструкцияда нуқсон бўлганда, унинг заифлашувини (соя усули) эталон билан солиштирилади.

3.3. Бошқа акустик усуллар.

Юқорида кўриб ўтилган акустик усуллардан ташқари акустик синовларнинг ультратовуш, ҳамда анча паст частотали тебранишлардан фойдаланиладиган бошқа турлари ҳам қўлланилади.

Зарб тўлкини усули енгил болға ёки масалан, берилган кучни катта бўлмаган зарбда бериш учун электр ҳаракатини қўллаш каби махсус қурилмаларнинг зарбидан келиб чиқувчи битта—яримта импульсларнинг таркалиш тезлигини ўзгаришига асосланган.

Сигналларни қабул қилиб олиш ва қайд этиш учун худди ультратовуш импульс усулида қўлланилган аппаратлардан фойдаланиш мумкин.

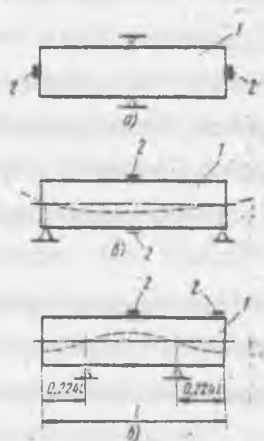
Бу усул йўл ва аэродром қопламаларининг асфальт ва цемент бетон қатламларини мустаҳкамлигини назорат қилишда, ҳамда катта

ўлчамли (30 м гача) бетон ва темирбетон элементларни синашда қўлланиши мумкин.

«Югурувчи тўлкинлар» усули. Бу оригинал усулда қайд этувчи асбобга, қабул қилиб олувчи ўзгартирувчининг сигналидан ташқари, бетўхтов тебранишни келтириб чиқарувчи генератор сигналларини ҳам ушлаб қўйилади.

Ушбу қўрилган усул йўл ва аэродром қопламаларнинг бунёд этишда технологик жараёни кетиши ҳақида тез ва ишончли жараёнларни автоматик бошқарув асосини ҳосил қилиш мумкин.

Титратувчи усул. (товуш частотасининг тебранишидан фойдаланиш асосида) бетон намуналарини синашда қўлланилади (71 — расм).



71 — расм. Бетон намуналарини резонанс усулида синаш:

а — бўйлама ва зғувчи тебранишларни ҳосил қилиш; 1 — синаётган намуна;

б — пьезоўзгартирувчи.

Ашёнинг тавсифлари ҳақида резонанс ҳодисаси юз берганида амплитуда ўлчамининг кескин ошишига тегишли бўлган частота бўйича ҳукм қилиниши мумкин.

АДАБИЁТЛАР.

1. Каримов И.А. Баркамол авлод орзуси. "Кадрлар тайёрлаш миллий дастури" ни амалга ошириш борасидаги публицистик мулоҳазалар. "Шарқ" Нашриёт — Матбаа концерни. Бош тахририяти. Тошкент 1998 йил.
2. Геводян Т.А., Кисилев Л.Т. Приборы для измерения и регистрации колебаний. Маш. Гиз., 1962 год.
3. Долидзе Д.Е. Испытание конструкций и сооружений. М., "Высшая школа", 1975 год.
4. Сердюков В.М., Григоренко А.Г., Кривелов Л.И. Испытаемые сооружений. Киев "Будвельник", 1976 год.
5. Крылов Н.А., Глуховский К.А., Испытание конструкций сооружений. Изд литературы по строительству, 1970 г.
6. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. М, Стройиздат, Ленинградское отд-ни, 1986 г.
7. Аистов Н.Н. Испытание сооружений. М., Стройиздат, 1960 г.
8. Веников В.А. Теория подобие и моделирования. М., "Высшая школа", 1966 г.
9. Григоренко А.Г. Фотоэлектрический кренометр. Извести ВУЗов "Строительство и архитектура", 1968 г, №11.
10. Питмок Д.А. Испытание строительных конструкций на моделях. М., 1971 г.
11. Сердюков В.М. фотограмметрия в инженерно-строительном деле. М., "Недри", 1970 г.
12. Сытник В.С. "Строительная геодезия". М.. "Недра", 1974 г.
13. Смоленская Н.Т и др. "Современные методы контроля зданий". М., Стройиздат, 1972 г.
14. Аронов Р.И. Испытание сооружений. М, "Высшая школа". 1974 г.

15. Новгородский М.Н. Испытание материалов, изделий и конструкций. Издательство. "Высшая школа", 1971 г.
16. Почтовик Г.Я., Злочевский А.Б., Яковлев А.И., Метод и средства испытание строительных конструкций. Издательство., "Высшая школа", 1979 г.
17. Поль Э., Неразрушающие методы испытание бетона. Пер с нем. Стройиздат.
18. Шапиро Г.А и др. Вибрационные испытание зданий. Стройиздат. 1972 г.
19. Якубовский Б.В, Ермолаев Н.Н, Акридин Д.В. Испытание железобетонных конструкций и сооружений. "Высшая школа".1965 г.
20. Гринберг В.Е, Семетов В.Г, Шойхет Г.Б, Контроль и оценка состояния несущих конструкций зданий и сооружений э эксплуатационный период – Л; Стройиздат. 1982 г.
21. Золотухин Ю.Д. Испытание строительных конструкций. Учебное пособие для вузов. "Высшая школа", 1983 г.
22. Лужин О.В, Волохов В.А, Шмаков Г.Б и др. Неразрушающие методы испытание бетона. Совом изд. М., Стройиздат, 1985 г.
23. Лужин О.В, Злочевский А.Б, Горбунов И.А, Волохов В.А. Обследование и испытание сооружений. Москва, Стройиздат, 1987 г.
24. Павлов Е.И., Ивановский А.Б. Информационно-измерительная система, Сборник научных трудов ЦНИИС. Динамические испытания строительных материалов, конструкций и сооружений. Выпуск 2002-155 стр. М; ЦНИИС, 2000г.(135-42).
25. Павлов Е.И., Вастуро В.И. методика вибродинамических испытаний зданий. Сборник научных трудов ЦНИИС. (33-58 стр.) динамические испытания строительных материалов, конструкций и сооружений. Выпуск 202-155 стр. М; ЦНИИС 2000г (135-142 стр).

№1872 буюртма. Ротопринт усулида босилди. Формати 60×84¹/₁₆. Жами 50 нусха. 70 бл. Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлигининг Тошкент китоб-журнал фабрикасида чоп этилди. Тошкент, Юнусобод даҳаси, Муродов кўчаси, 1-уй.