CE 412: Computational Lab Manual/ कम्प्यूटेशनल प्रयोगशाला मैनुअल

Program/ कार्यक्रम**:** B.Tech. (Civil Engineering)/ बी.टेक. (सिविल इंजीनियरिंग)

Semester/ सेमेस्टर**:** VII (Year IV)/ सप्तम (चतुर्थ वर्ष)

Course Code/ पाठ्यक्रम कोड**:** CE 412

Course Type/ पाठ्यक्रम का प्रकार**:** Core/ कोर

Prerequisite/ पूर्वापेक्षा**:** Basic Concepts of Structural Design/ संरचनात्मक डिजाइन की मूल अवधारणाएँ

1. Introduction/परिचय

The Computational Lab is designed to provide hands-on exposure to modern structural analysis and design software widely used in civil engineering practice. The laboratory focuses primarily on **STAAD.Pro** and **ANSYS**, with an introductory overview of other relevant civil engineering software. Students will learn modeling, loading, analysis, and interpretation of results for various structural systems.

कम्प्यूटेशनल लैब का उद्देश्य सिविल इंजीनियरिंग में व्यापक रूप से उपयोग होने वाले आधुनिक संरचनात्मक विश्लेषण एवं डिजाइन सॉफ्टवेयर का व्यावहारिक ज्ञान प्रदान करना है। यह प्रयोगशाला मुख्य रूप से STAAD.Pro और ANSYS पर केंद्रित है तथा अन्य प्रासंगिक सिविल इंजीनियरिंग सॉफ्टवेयर का प्रारंभिक परिचय भी देती है। विद्यार्थियों को विभिन्न संरचनात्मक प्रणालियों के मॉडलिंग, लोडिंग, विश्लेषण एवं परिणामों की व्याख्या करना सिखाया जाएगा।

2. Course Outcomes/पाठ्यक्रम परिणाम

After successful completion of this laboratory course, students will be able to:

1. Understand the concept of building analysis and design using different software tools.
2. Model, analyze, and interpret results using STAAD.Pro.
3. Analyze determinate and indeterminate structures such as beams, trusses, and frames.

4. Analyze single-storey and multistorey buildings under different loading conditions.
5. Gain introductory knowledge of other civil engineering software as per industry needs.

इस प्रयोगशाला पाठ्यक्रम को सफलतापूर्वक पूर्ण करने के बाद विद्यार्थी:

1. विभिन्न सॉफ्टवेयर टूल्स का उपयोग कर भवन विश्लेषण एवं डिजाइन की अवधारणा को समझ सकेंगे।
2. STAAD.Pro का उपयोग करके मॉडलिंग, विश्लेषण एवं परिणामों की व्याख्या कर सकेंगे।
3. बीम, ट्रस एवं फ्रेम जैसी निर्धार्य एवं अनिर्धार्य संरचनाओं का विश्लेषण कर सकेंगे।
4. विभिन्न लोड स्थितियों में एक-मंजिला एवं बहु-मंजिला भवनों का विश्लेषण कर सकेंगे।
5. उद्योग की आवश्यकताओं के अनुसार अन्य सिविल इंजीनियरिंग सॉफ्टवेयर का प्रारंभिक ज्ञान प्राप्त कर सकेंगे।

3. Software Used/प्रयुक्त सॉफ्टवेयर

- **STAAD.Pro**
- **ANSYS**
- Introduction/Demonstration of: MX Road, GEO STUDIO, WATER GEMS, SEWER CAD, etc.

- STAAD.Pro
- ANSYS
- MX Road, GEO STUDIO, WATER GEMS, SEWER CAD आदि का परिचय/डेमो

4. General Laboratory Instructions/सामान्य प्रयोगशाला निर्देश

1. Students must attend the lab with prior theoretical knowledge of the experiment.
2. Each experiment should be completed individually unless specified otherwise.
3. Proper SI units must be used consistently.
4. Screenshots of models, loading, and results should be included in the lab record.
5. Lab records must be submitted on time and duly signed by the instructor.

1. विद्यार्थियों को प्रयोग से संबंधित सैद्धांतिक ज्ञान के साथ प्रयोगशाला में उपस्थित होना अनिवार्य है।
2. प्रत्येक प्रयोग व्यक्तिगत रूप से करना होगा, जब तक अन्यथा न कहा गया हो।
3. सभी गणनाओं में SI इकाइयों का सही एवं सुसंगत उपयोग करें।
4. मॉडल, लोडिंग एवं परिणामों के स्क्रीनशॉट लैब रिकॉर्ड में संलग्न करें।
5. लैब रिकॉर्ड समय पर जमा करना एवं प्रशिक्षक से हस्ताक्षर कराना अनिवार्य है।

5. List of Experiments/प्रयोगों की सूची

STAAD PRO:

1. Introduction, overview of STAAD PRO environment (menus and tool bars), generating geometrical modeling.

   STAAD.Pro का परिचय, इंटरफेस (मेन्यू व टूलबार) तथा ज्यामितीय मॉडलिंग।

2. Creation of model (application of section properties and different loads).

   मॉडल का निर्माण (सेक्शन गुण एवं विभिन्न लोड का प्रयोग)।

3. Analysis of simply supported, fixed and continuous beams.

   सिंपली सपोर्टेड, फिक्स्ड एवं कंटीन्यूअस बीम का विश्लेषण।

4. Analysis of truss.

   ट्रस का विश्लेषण।

5. Analysis of multistoried space frame (create model, apply floor load etc.).

   बहु-मंजिला स्पेस फ्रेम का विश्लेषण (मॉडल निर्माण, फ्लोर लोड का प्रयोग)।

6. Application of combination loads with seismic loads.

   भूकंपीय लोड सहित लोड संयोजन का प्रयोग।

ANSYS:

7. Introduction, overview of ANSYS environment (menus and tool bars), generating geometrical modeling.

   ANSYS का परिचय एवं ज्यामितीय मॉडलिंग।

8. Creation of model in ANSYS (application of section properties and different loads).

   ANSYS में मॉडल निर्माण (सेक्शन गुण एवं लोड का प्रयोग)।

9. Determination of deflection and stresses in 2D and 3D trusses.

   2D एवं 3D ट्रस में विक्षेपण एवं तनाव का निर्धारण।

10. Determination of deflection and stresses in beams.

    बीम में विक्षेपण एवं तनाव का निर्धारण।

11. Introduction of other software's like MX Road, GEO STUDIO, WATER GEMS, SEWER CAD etc.

    अन्य सॉफ्टवेयर का परिचय।

STAAD.Pro Experiments

Experiment 1: Introduction to STAAD.Pro

प्रयोग 1: STAAD.Pro का परिचय

Aim/ उद्देश्य:

To understand the STAAD.Pro interface, menus, toolbars, and basic geometrical modeling.

STAAD.Pro के इंटरफेस, मेन्यू, टूलबार तथा मूल ज्यामितीय मॉडलिंग को समझना।

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Structure type: Plane frame/ संरचना प्रकार: प्लेन फ्रेम

- Units: kN, m

- Node coordinates/ नोड निर्देशांक:

- Node 1: (0, 0, 0)

- Node 2: (5, 0, 0)

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Open STAAD.Pro and create a new project/नया प्रोजेक्ट बनाएं.
2. Set units to kN and meters/इकाइयाँ सेट करें.
3. Generate nodes using given coordinates/नोड्स बनाएं.
4. Connect nodes using beam elements/बीम एलिमेंट से जोड़ें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Correctly generated geometry visible in the graphical window/ ग्राफिकल विंडो में सही प्रकार से निर्मित ज्यामिति दिखाई देगी.

- Node and member numbers displayed without errors/ नोड एवं मेंबर नंबर बिना किसी त्रुटि के प्रदर्शित होंगे.

Experiment 2: Creation of Structural Model and Loading

प्रयोग 2: संरचनात्मक मॉडल एवं लोडिंग

Aim/उद्देश्य:

To create a structural model and apply section properties and different types of loads.

सेक्शन गुण एवं लोड के साथ संरचनात्मक मॉडल बनाना।

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Material/ सामग्री: Concrete (E = 25 GPa)/ कंक्रीट (E = 25 GPa)

- Section/ सेक्शन: Rectangular beam 300 mm × 450 mm/ आयताकार बीम 300 mm × 450 mm

- Load cases/ लोड केस:

- Dead Load: Self-weight/ **डेड लोड:** स्व-भार

- Live Load: 10 kN/m (UDL)/ 10 kN/m (समान रूप से वितरित भार – UDL)

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Assign material and section properties/ संरचनात्मक मेंबरों को सामग्री एवं सेक्शन गुण असाइन करें.
2. Apply self-weight in Y direction/ ग्लोबल Y-दिशा में स्व-भार लागू करें.
3. Apply uniformly distributed live load/ समान रूप से वितरित लाइव लोड (UDL) लागू करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Members assigned with correct section properties/ मेंबरों को सही प्रकार से सेक्शन गुण असाइन किए गए होंगे.

- Load diagram showing applied UDL and self-weight/ लागू किए गए UDL एवं स्व-भार को दर्शाने वाला लोड डायग्राम.

Experiment 3: Analysis of Beams

प्रयोग 3: बीम का विश्लेषण

Aim/उद्देश्य:

To analyze simply supported, fixed, and continuous beams.

सिंपली सपोर्टेड, फिक्स्ड एवं कंटीन्यूअस बीम का विश्लेषण।

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Span length: 6 m/ **स्पैन लंबाई:** 6 मीटर
- Load: UDL = 15 kN/m/ **लोड:** समान रूप से वितरित भार (UDL) = 15 kN/m
- Support conditions/ सपोर्ट कंडीशन:
- Case 1: Simply supported/ **केस 1:** सिंपली सपोर्टेड
- Case 2: Fixed ends/ **केस 2:** फिक्स्ड सिरे

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Model beam with given span/ दिए गए स्पैन के अनुसार STAAD.Pro में बीम का मॉडल बनाएं.
2. Assign support conditions/ उपयुक्त सपोर्ट कंडीशन असाइन करें.
3. Apply UDL/ समान रूप से वितरित भार (UDL) लागू करें.
4. Run analysis/ विश्लेषण (एनालिसिस) कमांड रन करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Shear Force Diagram (SFD)/ शियर फोर्स डायग्राम (SFD).
- Bending Moment Diagram (BMD)/ बेंडिंग मोमेंट डायग्राम (BMD).
- Maximum deflection value at mid-span/ मध्य स्पैन पर अधिकतम विक्षेपण (डिफ्लेक्शन) का मान.

Experiment 4: Analysis of Truss

प्रयोग 4: ट्रस का विश्लेषण

Aim/उद्देश्य:

To analyze a plane truss using STAAD.Pro.

STAAD.Pro सॉफ्टवेयर का उपयोग करके एक समतलीय (प्लेन) ट्रस का विश्लेषण करना।

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Truss type: Pratt truss/ **ट्रस का प्रकार:** प्रैट ट्रस
- Span: 12 m/ **स्पैन:** 12 मीटर
- Load: 20 kN downward at top joints/ **लोड:** शीर्ष जोड़ों पर 20 kN का नीचे की ओर भार
- Supports: Hinged and roller/ **सपोर्ट:** हिंग्ड एवं रोलर सपोर्ट

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Generate truss geometry/ STAAD.Pro में ट्रस की ज्यामिति (जियोमेट्री) तैयार करें.
2. Assign truss member property/ सभी मेंबरों को ट्रस मेंबर प्रॉपर्टी असाइन करें.
3. Apply joint loads/ निर्दिष्ट नोड्स पर जॉइंट लोड लागू करें.
4. Run analysis/ विश्लेषण (एनालिसिस) कमांड रन करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Axial force values in each truss member/ प्रत्येक ट्रस मेंबर में अक्षीय बल (Axial Force) के मान.
- Identification of tension and compression members/ तनन (Tension) एवं दाब (Compression) में कार्यरत मेंबरों की पहचान.

Experiment 5: Analysis of Multistorey Space Frame

प्रयोग 5: बहु-मंजिला स्पेस फ्रेम का विश्लेषण

Aim/उद्देश्य:

To analyze a multistorey space frame structure.

बहु-मंजिला स्पेस फ्रेम संरचना का विश्लेषण करना।

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- No. of storeys: 3/ मंजिलों की संख्या: 3
- Storey height: 3 m/ मंजिल की ऊँचाई: 3 मीटर
- Bay width: 5 m/ बे की चौड़ाई: 5 मीटर
- Floor load: 4 kN/m²/ फ्लोर लोड: 4 kN/m²

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Create 3D frame geometry/ STAAD.Pro में 3D स्पेस फ्रेम की ज्यामिति तैयार करें.
2. Assign beam and column sections/ बीम एवं कॉलम के उपयुक्त सेक्शन गुण असाइन करें.
3. Apply floor loads/ संरचना पर फ्लोर लोड लागू करें।.
4. Perform analysis/ संरचनात्मक विश्लेषण करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Nodal displacements at each storey/ प्रत्येक मंजिल पर नोडल विस्थापन.
- Member forces in beams and columns/ बीम एवं कॉलम में उत्पन्न मेंबर बल.
- Support reactions/ सपोर्ट रिएक्शन.

Experiment 6: Load Combinations with Seismic Loads

प्रयोग 6: भूकंपीय लोड सहित लोड संयोजन

Aim/उद्देश्य:

To apply load combinations including seismic loads as per IS codes.

भारतीय मानक (IS कोड) के अनुसार भूकंपीय लोड सहित विभिन्न लोड संयोजनों का प्रयोग करना

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Seismic zone: III/ **भूकंपीय क्षेत्र:** III
- Importance factor (I): 1.0/ **महत्त्व गुणांक (I):** 1.0
- Response reduction factor (R): 5/ **प्रतिक्रिया न्यूनीकरण गुणांक (R):** 5
- Load combinations:
- 1.5 (DL + LL)
- 1.2 (DL + LL ± EQ)

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Define seismic load parameters/ संबंधित IS कोड के अनुसार भूकंपीय लोड पैरामीटर परिभाषित करें.
2. Generate load combinations/ आवश्यक लोड संयोजन तैयार करें.
3. Analyze structure/ निर्धारित लोड संयोजनों के लिए संरचना का विश्लेषण करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Governing load combination/ डिजाइन को नियंत्रित करने वाला प्रमुख (गवर्निंग) लोड संयोजन.
- Increased member forces due to seismic loading/ भूकंपीय लोड के कारण मेंबर बलों में वृद्धि.

ANSYS Experiments/ ANSYS प्रयोग

Experiment 7: Introduction to ANSYS

प्रयोग 7: ANSYS का परिचय

Aim/उद्देश्य:

To understand ANSYS interface and basic geometric modeling.

ANSYS सॉफ्टवेयर के इंटरफेस तथा मूल ज्यामितीय मॉडलिंग को समझना

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Geometry/ ज्यामिति: Cantilever beam/ कैंटिलीवर बीम
- Length/ लंबाई: 2 m/ 2 मीटर

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Open ANSYS Workbench/ ANSYS वर्कबेंच खोलें.
2. Create geometry using DesignModeler/ DesignModeler का उपयोग करके ज्यामिति तैयार करें.
3. Assign analysis system/ उपयुक्त विश्लेषण प्रणाली (Analysis System) असाइन करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Successfully generated geometry in ANSYS Workbench/ ANSYS वर्कबेंच में सफलतापूर्वक निर्मित ज्यामिति.

Experiment 8: Model Creation in ANSYS

प्रयोग 8: ANSYS में मॉडल निर्माण

Aim/उद्देश्य:

To create a structural model with material properties and loads.

सामग्री गुणों एवं लोड के साथ एक संरचनात्मक मॉडल का निर्माण करना

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Material/ सामग्री: Structural steel (E = 200 GPa)/ संरचनात्मक स्टील (E = 200 GPa)
- Load/ लोड: Point load = 5 kN/ बिंदु भार = 5 kN

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Assign material properties/ मॉडल को उपयुक्त सामग्री गुण असाइन करें.
2. Apply boundary conditions/ सीमा स्थितियाँ (Boundary Conditions) लागू करें.
3. Apply loading/ निर्दिष्ट लोड कंडीशन लागू करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Properly constrained and loaded model ready for solution/ समाधान (Solution) के लिए तैयार, सही प्रकार से प्रतिबंधित एवं लोड किया गया मॉडल.

Experiment 9: Analysis of 2D and 3D Trusses

प्रयोग 9: 2D एवं 3D ट्रस का विश्लेषण

Aim/उद्देश्य:

To determine deflection and stresses in 2D and 3D trusses.

2D एवं 3D ट्रस संरचनाओं में विक्षेपण (डिफ्लेक्शन) एवं तनाव (स्ट्रेस) का निर्धारण करना।

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Truss type: 2D Warren truss/ **ट्रस का प्रकार:** 2D वॉरेन ट्रस
- Load: 10 kN at joint/ **लोड:** जॉइंट पर 10 kN का भार

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Create truss geometry/ ANSYS में ट्रस की ज्यामिति तैयार करें.
2. Mesh the structure/ संरचना की उपयुक्त मेशिंग करें.
3. Solve the model/ मॉडल को सॉल्व करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Maximum nodal deflection/ अधिकतम नोडल विक्षेपण.
- Stress distribution in truss members/ ट्रस मेंबरों में तनाव का वितरण.

Experiment 10: Analysis of Beams in ANSYS

प्रयोग 10: ANSYS में बीम का विश्लेषण

Aim/उद्देश्य:

To determine deflection and stresses in beams.

बीम में विक्षेपण (डिफ्लेक्शन) एवं तनाव (स्ट्रेस) का निर्धारण करना

Sample Input Data/ नमूना इनपुट डेटा:

- Beam length/ **बीम की लंबाई**: 3 m/ 3 मीटर
- Load/ लोड: UDL = 2 kN/m/ समान रूप से वितरित भार (UDL) = 2 kN/m

Procedure/ प्रक्रिया:

1. Model beam geometry/ ANSYS में बीम की ज्यामिति तैयार करें.
2. Apply material and loads/ सामग्री गुण एवं लोड कंडीशन लागू करें.
3. Solve and post-process/ मॉडल को सॉल्व करें तथा पोस्ट-प्रोसेसिंग करें.

Expected Output/अपेक्षित परिणाम:

- Total deformation plot/ कुल विकृति (Total Deformation) प्लॉट.
- Bending stress contour plot/ बेंडिंग तनाव (Bending Stress) कंटूर प्लॉट.

Experiment 11: Introduction to Other Civil Engineering Software

प्रयोग 11: अन्य सिविल इंजीनियरिंग सॉफ्टवेयर का परिचय

Aim/उद्देश्य:

To gain awareness of other software tools used in civil engineering.

सिविल इंजीनियरिंग में प्रयुक्त अन्य सॉफ्टवेयर टूल्स के बारे में जागरूकता प्राप्त करना

Software Covered/ कवर किए गए सॉफ्टवेयर:

MX Road, GEO STUDIO, WATER GEMS, SEWER CAD, etc.

Outcome/ परिणाम:

Basic understanding of applications and scope of various software/ विभिन्न सॉफ्टवेयर के उपयोग, अनुप्रयोग एवं कार्यक्षेत्र की मूलभूत समझ.

6. Recommended Text and Reference Books/अनुशंसित पुस्तकें

Text Book/पाठ्य-पुस्तकें**:**

1. STAAD.Pro Tutorial Manuals/ STAAD.Pro ट्यूटोरियल मैनुअल

Reference Book/ संदर्भ पुस्तकें**:**

1. Learning Bentley STAAD.Pro V8i for Structural Analysis – CADCIM Technologies

7. Lab Evaluation Scheme (Suggested)/ प्रयोगशाला मूल्यांकन योजना

- Continuous Assessment / Lab Performance: 40%
- Lab Record: 30%
- End-Semester Practical/Viva: 30%
- सतत मूल्यांकन / लैब प्रदर्शन: 40%
- लैब रिकॉर्ड: 30%
- सेमेस्टर अंत प्रायोगिक/वाइवा: 30%