1. What is Column and strut

स्तम्भ (Column) : स्तम्भ वह संरचनात्मक सदस्य होता है जो ऊर्ध्व (Vertical) दिशा में स्थित होता है और जिस पर अक्षीय संपीडन भार (Axial Compressive Load) लगता है। यह ऊपर से आने वाले भार को नींव (Foundation) तक सुरक्षित रूप से पहुँचाता है।

उदाहरण: भवनों में RCC स्तम्भ, स्टील कॉलम।

स्ट्रट (Strut) : स्ट्रट वह संपीडन सदस्य होता है जो ऊर्ध्व, तिरछा (Inclined) या क्षैतिज (Horizontal) किसी भी दिशा में हो सकता है। इसका उपयोग मुख्यतः ट्रस और फ्रेम संरचनाओं में किया जाता है।

उदाहरण: रूफ ट्रस के सदस्य, ब्रेसिंग सदस्य।

2. Difference Between Column and strut

आधार	Column (स्तम्भ)	Strut (स्ट्रट)
परिभाषा	Column एक vertical structural member होता है जो मुख्यतः axial compressive load को वहन करता है।	Strut एक structural member होता है जो compressive load को वहन करता है और विभिन्न दिशाओं में हो सकता है।
दिशा (Orientation)	Column सदैव vertical (ऊर्ध्व) दिशा में होता है और जमीन के लम्बवत स्थित रहता है।	Strut vertical, inclined या horizontal किसी भी दिशा में लगाया जा सकता है।
भार का प्रकार	Column पर मुख्यतः axial compressive load कार्य करता है।	Strut पर भी compressive load कार्य करता है, जो प्रायः inclined या horizontal direction में होता है।
भार का स्थानांतरण	Column का कार्य ऊपर से आने वाले भार को सीधे foundation (नींव) तक पहुँचाना होता है।	Strut भार को एक structural member से दूसरे member तक स्थानांतरित करता है।
उपयोग (Application)	Column का उपयोग buildings, bridges और frame structures में primary load carrying member के रूप में होता है।	Strut का उपयोग truss structures, bracing system और frames में compression resist करने के लिए होता है।
संरचनात्मक भूमिका	Column संरचना की stability और safety के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण सदस्य होता है।	Strut संरचना की shape बनाए रखने और forces को balance करने में सहायक सदस्य होता है।
उदाहरण	RCC column in building, steel column in industrial shed	Roof truss member, diagonal bracing

3. What is Short and Long Column

Short Column (लघु स्तम्भ) : Short column **वह** column **होता है जिसकी** effective length कम **होती है और जिस पर मुख्यतः** crushing (संपीडन) **का प्रभाव पड़ता है। इसमें** buckling की संभावना बहुत कम **होती है और failure सामान्यतः material के crushing के कारण होता है।**

Long Column (दीर्घ स्तम्भ) : Long column **वह** column **होता है जिसकी** effective length अधिक **होती है और जो axial load के कारण** buckling (वक्रण) **से failure करता है। इसमें crushing की तुलना में buckling अधिक प्रभावी होती है।**

4. Write about Different Mode of Failures in Column.

स्तम्भ पर लगने वाले **axial compressive load** के कारण वह विभिन्न प्रकार से fail हो सकता है। स्तम्भ की विफलता उसकी **length और slenderness ratio** पर निर्भर करती है। मुख्यतः स्तम्भ के **तीन modes of failure** होते हैं:

1. Crushing Failure : यह विफलता short column में होती है। जब compressive stress material की crushing strength से अधिक हो जाता है, तब column बिना मुड़े crush हो जाता है।

2. Buckling Failure : यह विफलता long column में होती है। axial load के कारण column sideways bend (buckling) करता है और अचानक fail हो जाता है।

3. Combined Crushing and Buckling Failure : यह विफलता intermediate column में होती है, जहाँ crushing और buckling दोनों का प्रभाव एक साथ होता है।

5. Write short notes on the following (निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए) :

(i) Buckling load (बकलिंग लोड)
(ii) Slenderness ratio (स्लेन्डरनेस अनुपात)
(iii) Assumptions of Euler's theory (यूलर थ्योरी की अभिकल्पनायें)

(i) Buckling Load (बकलिंग लोड) : Buckling load वह **critical axial compressive load** होता है जिस पर कोई **long column** अचानक **sideways bend (buckling)** करना शुरू कर देता है और अस्थिर (unstable) हो जाता है। यह लोड material की crushing strength से कम हो सकता है।

Euler के अनुसार,

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$$

जहाँ E = Young's modulus, I = moment of inertia, L_e = effective length।

👉 *Buckling load वह न्यूनतम लोड है जिस पर column buckling से fail करता है।*

(ii) Slenderness Ratio (स्लेन्डरनेस अनुपात) : **Slenderness ratio** स्तम्भ की **लंबाई और cross-section** के अनुपात को दर्शाता है। यह यह बताता है कि स्तम्भ **short है या long**।

$$\text{Slenderness Ratio} = \frac{L_e}{r}$$

जहाँ L_e = effective length और r = radius of gyration।

👉 *अधिक slenderness ratio होने पर buckling की संभावना अधिक होती है।*

(iii) Assumptions of Euler's Theory (यूलर थ्योरी की अभिकल्पनायें)

Euler's theory को लागू करने के लिए निम्न assumptions मानी जाती हैं:

1. Column **perfectly straight** और **uniform cross-section** का होता है।
2. Material **homogeneous और isotropic** होता है।
3. Load **axial और centrally applied** होता है।
4. Column में **initial imperfection** नहीं होती।
5. Column elastic limit के भीतर रहता है और **Hooke's law** follow करता है।
6. Column **long column** होता है और failure **buckling से** होता है।

👉 *Euler's theory □□□□ long columns □□ □□□ valid □□□□ □□□*

6. Write the Euler's formulae to calculate critical load for a column or strut and name the notations used. Also Write the limitation of Euler's formula.

किसी स्तम्भ या स्ट्रट के क्रिटिकल भार ज्ञात करने का यूलर का सूत्र लिखिए और उपयोग किए गए संकेत चिन्हों के नाम दीजिए। युलर सत्र की सीमाएँ भी लिखिए |

यूलर का सूत्र (Euler's Formula) — स्तम्भ / स्ट्रट का क्रिटिकल भार

किसी **long column** या **strut** के लिए **critical buckling load** ज्ञात करने हेतु यूलर का सूत्र निम्न है:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$$

उपयोग किए गए संकेत चिन्हों के नाम

संकेत	अर्थ
P_{cr}	क्रिटिकल (बकलिंग) भार
E	यंग का गुणांक (Young's Modulus)
I	क्रॉस-सेक्शन का जड़त्व आघूर्ण (Moment of Inertia)
L_e	स्तम्भ की प्रभावी लंबाई (Effective Length)
π	गणितीय स्थिरांक (≈ 3.142)

यूलर सिद्धांत / सूत्र की सीमाएँ (Limitations of Euler's Theory)

1. यूलर का सूत्र केवल **long columns** पर ही लागू होता है।
2. यह मानता है कि column **पूरी तरह सीधा (perfectly straight)** है, जो व्यवहार में संभव नहीं होता।
3. Material को **homogeneous और isotropic** माना गया है।
4. Load को **केवल axial और centrally applied** माना गया है।
5. Column में **कोई प्रारंभिक दोष (imperfection)** नहीं माना गया है।
6. यह सिद्धांत केवल **elastic range** में मान्य है (Hooke's law लागू)।

7. Write short notes on the Equivalent / Effective length of column.
(कॉलम का इक्वीवलेन्ट लेन्थ पर संक्षिप्त टिप्पणि लिखिए)

स्तम्भ की समतुल्य लंबाई (Equivalent Length) या **प्रभावी लंबाई (Effective Length)** वह **काल्पनिक लंबाई** होती है जो किसी **hinged (पिन-जॉइंट) स्तम्भ** की होती है और जिसका **buckling load**, दिए गए वास्तविक स्तम्भ के **buckling load** के बराबर होता है (समान material और cross-section के लिए)।

दूसरे शब्दों में, प्रभावी लंबाई वह दूरी है जो **buckling के समय बनने वाले वक्र (buckled shape)** में दो **contra-flexure points (जहाँ bending moment शून्य होता है)** के बीच होती है।

प्रभावी लंबाई स्तम्भ की **end conditions** पर निर्भर करती है, जैसे कि सिरा **fixed, hinged या free** है। अलग-अलग end conditions के कारण स्तम्भ की **buckling resistance** बदल जाती है।

गणितीय रूप से,

$$L_e = K\,L$$

जहाँ—

- L_e = प्रभावी / समतुल्य लंबाई
- L = वास्तविक लंबाई
- K = प्रभावी लंबाई गुणांक (end condition पर निर्भर)

विभिन्न End Conditions के लिए प्रभावी लंबाई

End Condition	प्रभावी लंबाई L_e
दोनों सिरे hinged	$L_e = L$
दोनों सिरे fixed	$L_e = \frac{L}{2}$
एक सिरा fixed, दूसरा hinged	$L_e = \frac{L}{\sqrt{2}}$
एक सिरा fixed, दूसरा free	$L_e = 2L$