بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية

هندسة مباني

مشروع التخرج

التصميم الإنشائي لـِ "كلية الفنون والعمارة" بجامعة بوليتكنك فلسطين

فلسطين-الخليل

فـريـق الـعـمـل

إبراهيم يوسف أحمد بلال جمال شكارنة

دريد خليل البطران مهدي يعقوب أبو لطيفة

مهند محمد عبد السلام طنينة

إشراف :

م. سفيان الترك

كانون الثاني – 2017م

بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

هندسة مباني

التصميم الإنشائي لـِ " كلية الفنون والعمارة" بجامعة بوليتكنك فلسطين.

فلسطين-الخليل

فـريـق الـعمـل

إبراهيم يوسف أحمد — بلال جمال شكارنة

دريد خليل البطران — مهدي يعقوب أبو لطيفة

مهند محمد عبد السلام طنينة

بناء على توجيهات الأستاذ المشرف على المشروع وبموافقة جميع أعضاء اللجنة الممتحنة، تم تقديم هذا المشروع إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا للوفاء بمتطلبات الدائرة لدرجة البكالوريوس.

توقيع مشرف المشروع — **توقيع رئيس الدائرة**

م. سفيان التركمي. فيضي شبانة

.....

كانون الثاني – ٢٠١٧م

الإهـــــــداء

إلى من جعلوا من أنفسهم جسراً تعبره نجاحاتنا، إلى من سهروا ليلهم لتشرق شمسنا، إلى من عرقت جباههم وما جفّت وتعبت جوارحهم وما كلّت وما أنّت، إلى من وهبوا أنفسهم وما ملكت أيديهم شموعاً تحترق لتنير لنا الدرب، إلى من غرسوا بذور العطاء والبر والتقوى والمحبة في أراضينا القاحلة، وعصروا من قلوبهم ترياقاً لهمومنا وبلسماً لحياتنا، إلى من آثروا الحرمان لنكتفي نحن فيكتفون ونرتفع نحن فيرتفعون، إلى آبائنا وأمهاتنا العظام الذين لا يجازي رضاهم مداد البحر من الكلمات، ولا يوفيهم حقّهم مدى الدهر من الوفاء والطاعات، **إليكم** نهدي هذا العمل المتواضع.

كما ونهدي هذا العمل إلى كل **الأساتذة والأخوة والأصدقاء** الذين وقفوا وما يزالون إلى جانبنا في السراء والضراء، وبوجودهم تذوقنا طعم الحياة وحلاوة الأوقات وبمحبتهم وعطائهم تجاوزنا الصعاب وبلغنا الأهداف.

فـريـق الـعـمـل

شـــكـــر وتـــقـــديـــر

لا فضل علينا إلا فضله، وما من نعمةٍ نحن بها إلا من عنده، وما توفيقنا إلا به فله **الحمد وللشكر عدد الأوراق والأشجار، وعدد ما ذكره الذاكرون الأبرار، وعدد ما** سبح الطير وطار وما تعاقب الليل والنهار، حمداً كثيراً طيباً مباركاً لا إنقضاء له في **للسعد والحزن، وللسر والعلن.**

كما ونتقدم بجزيل شكرنا، وعظيم امتناننا وتقديرنا وعرفاننا إلى كل من ساهم في إنجاز مشروعنا هذا، متحدين كل الظروف والعقبات.

ونخص بالشكر أستاذنا الفاضل المهندس سفيان الترك المشرف والموجة، الذي لم يتوانى ولم يتأخر عن تقديم ما آتاه الله من علم وحلم لنا وبكل سعة صدر، ولم يدخر جهدا في توجيهنا والأخذ بأيدينا إلى طريق النجاح.

ونشكر طاقم دائرة الهندسة المدنية والمعمارية كلٌ بمكانه، فقد كرّسوا وقتهم وجهدهم لمساعدتنا ومساعدة زملائنا طوال فترة الدراسة.

ونشكر زملائنا وزميلاتنا الأعزاء الذين لولا وجودهم لما تذوقنا حلاوة العلم، ولا شعرنا بمتعة المنافسة الإيجابية.

وختام القول مسك، فكل الشكر لآبائنا وأمهاتنا أصحاب الدور الأبرز في **الوصول** إلى ما وصلنا إليه.

فـريـق الـعـمـل

ملخص المشروع

التصميم الإنشائي لـِ " كلية الفنون والعمارة" بجامعة بوليتكنك فلسطين

التصميم الإنشائي هو أهم التصميمات اللازمة للمبنى بعد التصميم المعماري فتوزيع الأعمدة وحساب الأحمال والحفاظ على المتانة وبأفضل طريقة اقتصادية وأعلى درجات الأمان والسلامة يقع على عاتق الإنشائي.

سنقوم في هذا المشروع بالتصميم الإنشائي لكلية العمارة بجامعة بوليتكنك فلسطين حيث يتكون من أربع كتل على النحو التالي :-كتلة كبيرة من ثلاث طوابق وكتلة أخرى من طابقين ومكتبة من طابق واحد، ومدرج على ارتفاع طابقين حيث تبلغ مساحة المشروع الإجمالية ١٠١٠٠م^{٢}.

حيث صُمّم المشروع بحيث يلبي الغاية التي يسعى المشروع إلى تحقيقها وهي توفير مبنى خاص لتخصص الفنون والعمارة كأول فكرة في فلسطين، ونحن بحاجة لوجود هذا المشروع في فلسطين لأهمية هذا التخصص.

من الجدير بالذكر أنه سيتم استخدام الكود الأردني لتحديد الأحمال الحية، ولتحديد أحمال الزلازل ، أما بالنسبة للتحليل الإنشائي وتصميم المقاطع فسيتم استخدام الكود الأمريكي (ACI_318_08) ، ولا بد من الإشارة إلى أنه سيتم الإعتماد على بعض برامج الحاسوب مثل :-

Autocad (2007+2015), ATIR, ETABS 2015, SAFE 2014 SAP 2000,Google SketchUp, Microsof Office XP.

ويتضمن المشروع دراسة إنشائية تفصيلية من تحديد وتحليل للعناصر الإنشائية والأحمال المختلفة المتوقعة ومن ثم التصميم الإنشائي للعناصر وإعداد المخططات التنفيذية بناء على التصميم المعد لجميع العناصر الإنشائية التي تكوّن الهياكل الإنشائية للمبنى .

والله ولي التوفيق

Abstract

Structural Design For "College of Arts & Architecture" In Palestine Polytechnic University

Structural design is the most important designs necessary to the building after the architectural design, distribution of columns and the highest level of security and safety is the responsibility of the structural designer.

We will in this project, the structural design of the Art and Architectural, Which it consists of four blocks as follows:-

a library of single-story, Runway bungalows at a height of two floors, two block and two other at an altitude of three floors with a total project area of 10100 m^2.

The project is designed to meet the purpose for which the project seeks to achieve a special building to provide building specialization architecture and art first idea in Palestine, this project, we need your presence in Palestine of the importance of this specialization in Palestine, and this project we need your presence in Palestine of the importance of this specialization.

It is noteworthy that Jordan's code will be used to determine the live loads, and to determine the seismic loads, but for the structural analysis and design section will be the use of the US Code (ACI_318_14), it must be noted that it will rely on some computer programs such as:-

Autocad (2007+2015), Atir, ETABS 2015, SAFE 2014, SAP 2000Google SketchUp, Microsoft Office XP.

The project will include a detailed structural study of the identification and analysis of the elements of construction and different loads expected and then the structural design of the elements and the preparation of shop drawings based on the prepared for all the structural elements that are structural frames of the building.

God grants success

فهرس المحتويات Table of Contents

الصفحات الابتدائية	رقم الصفحة
تقرير مقدمة مشروع التخرج	I
تقييم مقدمة مشروع التخرج	II
الاهداء	III
الشكر و التقدير	IV
الملخص باللغة العربية	V
الملخص باللغة الانجليزية	VI
فهرس المحتويات	VII
فهرس الجداول	X
فهرس الاشكال	XI
List of Figures	XII
List of Abbreviations	XIII

الفصل الاول	المقدمة	١
١-١	مقدمة	٢
١-٢	وصف عام للمشروع	٢
١-٣	أسباب اختيار المشروع	٢
١-٤	أهداف المشروع	٣
١-٥	مشكلة المشروع	٤
١-٦	المسلمات	٤
١-٧	فصول المشروع	٤
١-٨	الجدول الزمني للمشروع	٤

الفصل الثاني	الوصف المعماري	٥
٢-١	مقدمة	٦
٢-٢	لمحة عامة عن المشروع	٦
٢-٣	موقع المشروع	٧
٢-٣-١	أهمية الموقع	٨
٢-٣-٢	حركة الشمس والرياح	٨

٢-٣-٣	الرطوبة	١٠
٢-٣-٤	العناصر المعمارية	١٠
٢-٤	وصف طوابق المشروع	١٠
٢-٤-١	الطابق الأرضي	١٠
٢-٤-٢	الطابق الأول	١١
٢-٤-٣	الطابق الثاني	١٢
٢-٥	وصف واجهات المشروع	١٣
٢-٥-١	الواجهة الشرقية	١٣
٢-٥-٢	الواجهة الغربية	١٤
٢-٥-٣	الواجهة الشمالية	١٤
٢-٥-٤	الواجهة الجنوبية	١٥
٢-٦	وصف الحركة	١٥
٢-٧	وصف المداخل	١٦

الفصل الثالث	**الوصف الانشائي**	١٧
٣-١	مقدمة	١٨
٣-٢	الهدف من التصميم الانشائي	١٨
٣-٣	مراحل التصميم الانشائي	١٨
٣-٤	الأحمال	١٩
٣-٤-١	الأحمال الميتة	١٩
٣-٤-٢	الأحمال الحية	١٩
٣-٤-٣	الأحمال البيئية	٢٠
٣-٤-٣-١	أحمال الرياح	٢٠
٣-٤-٣-٢	أحمال الثلوج	٢٢
٣-٤-٣-٣	أحمال الزلازل	٢٢
٣-٥	الاختبارات العملية	٢٣
٣-٦	العناصر الانشائية	٢٣
٣-٦-١	العقدات	٢٤
٣-٦-١-١	عقدات العصب ذات الاتجاه الواحد	٢٥
٣-٦-١-٢	عقدات العصب ذات الاتجاهين	٢٥
٣-٦-١-٣	العقدات المصمتة ذات الاتجاه الواحد	٢٦

٣-٦-١-٤	العقدات المصمتة ذات الاتجاهين	٢٦
٣-٦-٢	الأدراج	٢٧
٣-٦-٣	الجسور	٢٨
٣-٦-٤	الأعمدة	٢٩
٣-٦-٥	جدران القص	٣٠
٣-٦-٦	الأساسات	٣١
٣-٧	فواصل التمدد	٣٢
٣-٨	العناصر الانشائية المكونة للمنشأ المعدني	٣٣
٣-٨-١	جملونات فولاذية	٣٣
٣-٨-٢	طبقة التغطية	٣٤
٣-٩	النظام الميكانيكي للمبنى	٣٥
٣-١٠	برامج الحاسوب التي تم استخدامها	٣٥

Chapter 4	**Structural Analysis and Design**	٣٦
4-1	Introduction	٣٧
4-2	Design Method and Requirements	٣٨
4-3	Check of Minimum Thickness of Structural Member	٣٩
4-٤	Design of Topping	٤٠
4-5	Design of One Way Rib Slab	٤٢
4-6	Design of One Way Solid Slab	٥٤
4-7	Design of Stair	68
4-8	Design of Beam	80
4-9	Design of Column	90
4-10	Design of Shear Wall	97
4-11	Design of Footing	101

الفصل الخامس	**النتائج والتوصيات**	١٠٨
٥-١	مقدمة	١٠٩
٥-٢	النتائج	١٠٩
٥-٣	التوصيات	١١٠

فهرس الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
جدول (١-١)	الجدول الزمني للمشروع	٤
جدول (٣-١)	الكثافة النوعية للمواد المستخدمة	١٩
جدول (٣-٢)	الأحمال الحية لعناصر المبنى	٢٠
جدول (٣-٣)	سرعة وضغط الرياح اعتمادا على الكود الألماني DIN 1055-5	٢٠
جدول (٣-٤)	احمال الثلوج حسب الارتفاع عن سطح البحر	٢٢
جدول (٤-١)	Check of Minimum Thickness of Structural Member	٣٩
جدول (٤-٢)	Dead Load Calculation of Topping	٤٠
جدول (٤-٣)	Dead Load Calculation of Rib (R 19)	٤٤
جدول (٤-٤)	Dead Load Calculation of Horizontal Solid Slab	55
جدول (٤-٥)	Dead Load Calculation of Flight	69
جدول (٤-٦)	Dead Load Calculation of Landing	73

فهرس **الأشكال**

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
الشكل (٢-١)	الموقع العام لقطعة الأرض	٧
الشكل (٢-٢)	اتجاه الرياح على قطعة الأرض	٩
الشكل (٢-٣)	حركة الشمس على قطعة الأرض	٩
الشكل (٢-٤)	مسقط الطابق الأرضي	١٠
الشكل (٢-٥)	مسقط الطابق الأول	١١
الشكل (٢-٦)	مسقط الطابق الثاني	١٢
الشكل (٢-٧)	الواجهة الشرقية	١٣
الشكل (٢-٨)	الواجهة الغربية	١٤
الشكل (٢-٩)	الواجهة الشمالية	١٤
الشكل (٢-١٠)	الواجهة الجنوبية	١٥
الشكل (٢-١١)	مقطع A-A	١٦
الشكل (٢-١٢)	مقطع B-B	١٦
الشكل (٣-١)	تأثير الرياح على المباني من حيث ارتفاع المبني والبيئة المحيطة به	٢١
الشكل (٣-٢)	توضيح لبعض العناصر الانشائية للمبنى	٢٣
الشكل (٣-٣)	عقدات العصب ذات الاتجاه الواحد	٢٥
الشكل (٣-٤)	عقدات العصب ذات الاتجاهين	٢٥
الشكل (٣-٥)	العقدات المصمتة ذات الاتجاه الواحد	٢٦
الشكل (٣-٦)	العقدات المصمتة ذات الاتجاهين	٢٦
الشكل (٣-٧)	الدرج	٢٧
الشكل (٣-٨)	أنواع الجسور المستخدمة في المشروع	٢٨
الشكل (٣-٩)	أنواع الأعمدة المستخدمة في المشروع	٢٩
الشكل (٣-١٠)	جدار قص	٣٠
الشكل (٣-١١)	الأساسات	٣١
الشكل (٣-١٢)	فاصل التمدد	٣٢
الشكل (٣-١٣)	Steel Truss	٣٣
الشكل (٣-١٤)	أشكال مختلفة من صفائح التغطية	٣٤

List of Figures

Figure #	Description	Page #
4-1	Topping Load	٤٠
4-2	One Way Rib Slab (R 19)	٤٣
4-3	Statically System and Loads of Rib (R 19)	٤٣
4-4	Shear and Moment Envelope Diagram of Rib (R 19)	٤٥
4-5	One Way Solid Slab (S 10)	04
4-6	Shear and Moment Envelope Diagram of Solid Slab (S10)	56
4-7	Stair Plan	68
4-8	Stair Section	69
4-9	Statically System and Loads Distribution of Flight	70
4-10	Shear and Moment Envelope Diagram of Flight	71
4-11	Statically System and Loads Distribution At First 1m ofLanding	74
4-12	Shear and Moment Envelope Diagram After 1m of Landing	74
4-13	Statically System and Loads Distribution After 1m of Landing	76
4-14	Shear and Moment Envelope Diagram of Landing	77
4-15	Stair Reinforcement	79
4-16	Statically System and Loads Distribution of Beam (B20)	81
4-17	Shear and Moment EnvelopeDiagram of Beam (B20)	82
4-18	Column Reinforcement	93
4-19	Shear and Moment Diagram of Shear Wall	97
4-20	Foundation Section	101
4-21	Foundation Reinforcement	107

List of Abbreviations

- **Ac** = area of concrete section resisting shear transfer.
- **As** = area of non-prestressed tension reinforcement.
- **$A_s^{`}$ =** area of non-prestressed compression reinforcement.
- **Ag** = gross area of section.
- **Av** = area of shear reinforcement within a distance (S).
- **At** = area of one leg of a closed stirrup resisting tension within a (S).
- **b** = width of compression face of member.
- **bw** = web width, or diameter of circular section.
- **C_c =** compression resultant of concrete section.
- **C_s**= compression resultant of compression steel.
- **DL** = dead loads.
- **d** = distance from extreme compression fiber to centroid of tension reinforcement.
- **Ec** = modulus of elasticity of concrete.
- **$f_c^{`}$** = compression strength of concrete .
- **fy** = specified yield strength of non-prestressed reinforcement.
- **h** = overall thickness of member.
- **Ln** = length of clear span in long direction of two- way construction, measured face-to-face of supports in slabs without beams and face to face of beam or other supports in other cases.

- **LL** = live loads.
- **Lw** = length of wall.
- **M** = bending moment.
- **Mu** = factored moment at section.
- **Mn** = nominal moment.
- **Pn** = nominal axial load.
- **Pu** = factored axial load.
- **S** = Spacing of shear in direction parallel to longitudinal reinforcement.
- **Vc** = nominal shear strength provided by concrete.
- **Vn** = nominal shear stress.
- **Vs** = nominal shear strength provided by shear reinforcement.
- **Vu** = factored shear force at section.
- **Wc** = weight of concrete.
- **W** = width of beam or rib.
- **Wu** = factored load per unit area.
- **Φ** = strength reduction factor.
- ε_c **=** compression strain of concrete = 0.003.
- ε_s **=** strain of tension steel**.**
- $\acute{\varepsilon}_s$ **=** strain of compression steel.
- **ρ** = ratio of steel area.

١

الفصـــــــــل الأول

المقدمة

١ـ١ مقدمة .

١ـ٢ وصف عام للمشروع .

١ـ٣ أسباب اختار المشروع .

١ـ٤ أهداف المشروع .

١ـ٥ مشكلة المشروع .

١ـ٦ المسلمات .

١ـ٧ فصول المشروع .

١ـ٨الجدول الزمني للمشروع .

الفصل الاول المقدمة

١ـ١ مقدمة

دأب الإنسان منذ بداياته إلى البحث عن المسكن فالتجأ إلى الكهوف والتجاويف الصخرية المحيطة به ومع محاولاته لتطوير أساليب الحياة لديه،والتكيف مع بيئته إجتهد لتطوير مسكنه، فإستخدم المواد المحيطة به لإنشاء هذا المأوى من أخشاب وجلود الحيوانات والحجارة والطين، وصولاً إلى إستخدامه الحديد والاسمنت المستخدم حالياً في البناء.

وإستجابة لمتطلبات القدم والتطور بدأ بالإتجاه إلى الأبنية المتخصصة في مجالات حياته العامة والخاصة فجعل لكل إحتياج مبناه الخاص مثل الجامعات و المدارس والمستشفيات والشقق السكنية والمراكز الصحية والمجمعات التجارية ...الخ.

ومع تطور الإنسان وتطور حياته ومع الإنفتاح الصناعي المستمر كان لا بد من مواكبة الأحداث لتلبية إحتياجات الناس بمختلف فئاتهم وأشغالهم، من هنا يأتي دور المهندس الذي يضع أفكاره وحلوله من أجل المضي قدما في ركب الثورة البشرية.

محور الدراسة في هذا المشروع هو القيام بإجراء التصميم الإنشائي لمبنى متعدد الطوابق وهو تصميم إنشائي لكلية الفنون والعمارة في جامعة بوليتكنك فلسطين.

١ـ٢وصف عام للمشروع

المشروع عبارة عن كلية للفنون والعمارة تقع في مدينة الخليل، يتكون المبنى من ثلاثة طوابق، على مساحةقطعة أرض ١٥٠٠٠متر مربع، ومساحة البناء الكلية لجميع الطوابق ١٠١٠٠متر مربع، موزعة على أربع كتل على النحو التالي:-

١. الكتلة الرئيسة من ٣ طوابق مساحة كل طابق ٢٤٥٠ متر مربع.
٢. مدرج على ارتفاع طابقين بمساحة ٧٠٠ متر مربع.
٣. مكتبة من طابق واحد ومساحتها ٤٠٠ متر مربع.
٤. كتلة منفصلة من طابقين لمختبرات الحاسوب، مساحة كل طابق ٤٧٠ متر مربع.

١ـ٣أسباب اختيار المشروع

تعود أهمية اختيار المشروع إلى عدة أمور من أهمها إكتساب المهارة في التصميم للعناصر الإنشائية في المباني،وخاصة المباني الضخمة مثل المشروع الذي نعرضه في هذا البحث،بالإضافة إلى زيادة المعرفة للنظم الإنشائية المتبعة في بلادناوكذلك اكتساب المعرفة العلمية والعملية المتبعة في تصميم وتنفيذ المشاريع الإنشائية والتي ستواجهنا بعد التخرج في سوق العمل إن شاء الله.

هناك عدة أسباب دفعت إلى اختيار هذا المشروع؛ منها أسباب تتعلق بطبيعة المشروع، وأخرى تعود إلى أسباب شخصية يمكن تلخيصها على النحو التالي:-

الأسباب المتعلقة بطبيعة المشروع :-

١. حاجة الجامعة إلى مثل هذا المشروع.
٢. توفر قطعة أرض بمساحة تستوعب حجم المشروع.
٣. حيوية المنطقة.
٤. سهولة الوصول إلى الموقع.
٥. إحتفاظ الموقع بمميزات طبيعية تؤهله لإحتواء المشروع.

الأسباب الشخصية :-

١.رغبة فريق المشروع بأن يكون المشروع إنشائياً.

٢.الرغبة في اكتساب مهارة التصميم الإنشائي من خلال الربط بين النواحي النظرية التي تم إكتسابها من المساقاتالمدروسةوتطبيق ذلك فعلياً في هذا المشروع وما يحتويه من عناصر إنشائية مختلفة، وتصميم هذه العناصر بحيث تتناسب مع الأحمال الواقعة عليها، مع مراعاة توفير عاملي المتانة و الإقتصاد.

١ـ٤ أهداف المشروع

١ـ أهداف معمارية :-

مثل هذه المشاريع الكبيرة تلفت نظر وإنتباه المواطنين والزوار والسياح، لذلك يجب التركيز الجيد على النواحي المعمارية،فمن خلال هذه المشاريع يستطيع المعماري أن يجعل منها حدثا تاريخيا من خلال الكتل المتناسقة والعناصر المستعملة في الواجهات،ويكون للمراكز الصحية طابع معماري خاص بها يدل على تطور الذوق المعماري،وهذا يدل على تطور المدينة وحضارتها.

٢ـ أهداف انشائية:-

١. القدرة على إختيار النظام الإنشائي المناسب للمشاريع المختلفة وتوزيع عناصره الإنشائية على المخططاتمع مراعاة الحفاظ على الطابع المعماري.
٢. العمل على توظيف كافة المعلومات التي إكتسبناها أثناء حياتنا الدراسية من خلال المساقات المختلفة من أجل الوصول إلى مشروع متكامل.
٣. التعرف على نماذج وطرق إنشائية جديدة لم نكتسبها خلال دراستنا ومعرفة كيفية التعامل معها حسب الحاجة.
٤. و بذلك يمكن أن يعد المشروع بمثابة مرجع متكامل في مجال التحليل والتصميم لمختلف العناصر الإنشائية في المباني لما يحويه من أمثلة وتطبيقات على هذه الموضوعات.

١-٥مشكلة المشروع

تتمثل مشكلة هذا المشروع في التحليل والتصميم الإنشائي لجميع العناصر الإنشائية المكونة للمبنى،وفي هذا المجال سيتم تحليل كل عنصر من العناصر الإنشائية مثل البلاطات والأعصابوالجسوروالأعمدة والجدران والاسلس....الخ،وذلك بتحديد الأحمال الواقعة عليهومن ثم تحديد أبعاده وتصميم التسليح اللازم له مع الأخذ بعين الاعتبار عامل الأمان للمنشأ،ومن ثم تم عمل المخططات التنفيذية للعناصرالإنشائية التي تم تصميمها،لإخراج هذا المشروع من حيز الاقتراح إلى حيز التنفيذ.

١-٦المسلمات

تهدف دراستنا الى اعداد المخططات الإنشائية اللازمة لكافة عناصر المشروع، وسوف يتم الاعتماد في المشروع على كل من الكود الأمريكي (ACI -318-08) و الكود الأردني للأحمال الحية.

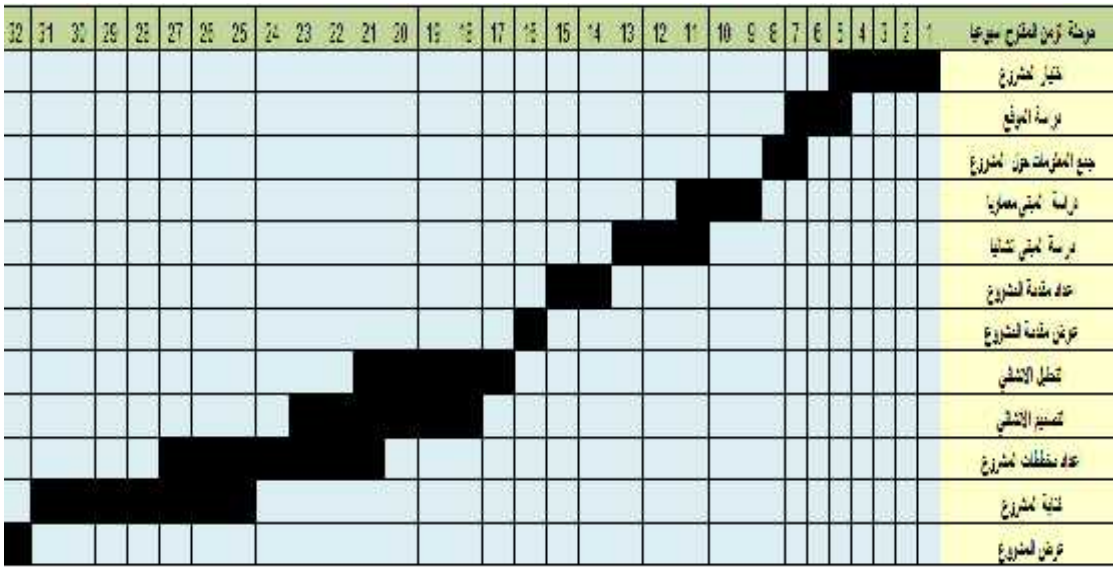
١-٧فصول المشروع

يتكون المشروع من خمس فصول على النحو التالي:-

- **الفصل الأول :-**المقدمة.
- **الفصل الثاني** :- الوصف المعماري.
- **الفصل الثالث :-**الوصف الإنشائي.
- **الفصل الرابع :-**التحليل والتصميم الإنشائي.
- **الفصل الخامس :-**النتائج والتوصيات.

١-٨الجدول الزمني للمشروع

يبين الجدول رقم (1-1)المخطط الزمني لمراحل العمل بالمشروع وفق الخطوات المقترحة للعمل خلال فصلين دراسيين.



جدول (١-١): الجدول الزمني للمشروع.

٣

الفصـــــــــل الثالث

الوصف الإنشائي

٣ـ١ مقدمة .

٣ـ٢ الهدف من التصميم الإنشائي.

٣ـ٣ مراحل التصميم الإنشائي.

٣ـ٤ الأحمال.

٣ـ٥ الإختبارات العملية .

٣ـ٦ العناصر الإنشائية المكونة للمشروع .

٣ـ٧ العناصر الإنشائية المكونة للمنشأ المعدني.

٣ـ٨ فواصل التمدد .

٣ـ٩ النظام الميكانيكي للمشروع .

٣ـ١٠ برامج الحاسوب.

٣ـ١ مقدمة

بعد دراسة المشروع من الناحية المعمارية لابد من الإنتقال للجانب الإنشائي لدراسة العناصر الإنشائية ووصفها وصفاً دقيقاً حيث يتم دراسة طبيعة الأحمال المسلطة على المبنى وكيفية التعامل معها للخروج بتصميم إنشائي يلبي جميع متطلبات الأمان ويراعي الجانب الإقتصادي للمشروع.

كما يتطلب التصميم الإنشائي اختيار العناصر الإنشائية المناسبة للمشروع المراد إنشاؤه ومراعاة قابلية تنفيذها على أرض الواقع بحيث يكون المبنى آمناً، ونحافظ على التصاميم المعمارية.

٣ـ٢ الهدف من التصميم الانشائي

التصميم الإنشائي عبارة عن عملية متكاملة تعتمد على بعضها البعض حيث تلبي مجموعة من الأهداف والعوامل التي من شأنها الخروج بمنشأ يحقق الهدف المرجو منه، وهذه الأهداف هي على النحو التالي:-

- الأمان(Safety):- حيث يكون المبنى آمن في جميع الأحوال ومقاوم للتغيرات الطبيعية المختلفة.
- والتكلفة الاقتصادية(Economical):- وهي تحقيق اكبر قدر من الأمان للمنشأ بأقل تكلفة اقتصادية.
- ضمان كفاءة الاستخدام (Serviceability):- تجنب أي خلل في المنشأ كوجود بعض التشققات وبعض أنواع الهبوط التي من شأنها أن تضايق مستخدمي المبنى.
- الحفاظ على التصميم المعماري للمنشأ.

٣ـ٣ مراحل التصميم الانشائي

يمكن تقسيم مراحل التصميم الإنشائي إلى مرحلتين رئيسيتين:-

١. المرحلة الأولى :-

وهي الدراسة الأولية للمشروع من حيث طبيعة المشروع وحجمة، بالإضافة لفهم المشروع من جميع جوانبه المختلفة وتحديد مواد البناء التي سوف يتم إعتمادها للمشروع، ثم عمل التحاليل الإنشائية الأساسية لهذا النظام، والأبعاد الأولية المتوقعة منه.

٢. المرحلة الثانية:-

تتمثل في التصميم الإنشائي لكل جزء من أجزاء المنشأ، بشكل مفصل ودقيق وفقاً للنظام الإنشائي الذي تمّ إختياره وعمل التفاصيل الإنشائية اللازمة له من حيث رسم المساقط الأفقية والقطاعات الرأسية وتفاصيل تفريد حديد التسليح.

٣ـ٤ الأحمال

تقسم الأحمال التي يتعرض لها المبنى إلى أنواع مختلفة وهي كما يلي:-

٣-٤-١ الأحمال الميتة:-

هي الأحمال الناتجة عن الوزن الذاتي للعناصر الرئيسة التي يتكون منها المنشأ، بصورة دائمة وثابتة، من حيث المقدار والموقع، بالإضافة لأجزاء إضافية كالقواطع الداخلية باختلافها وأي أعمال ميكانيكية أو إضافات تنفذ بشكل دائم وثابت في المبنى،ويمكن حسابها من خلال تحديد أبعاد العنصر الإنشائي، وكثافات المواد المكونة له، والجدول (٣-١) يبين الكثافات النوعية للمواد المستخدمة في المشروع.

الرقم	المادة المستخدمة	الكثافة (KN/m^3)
1	البلاط	23
2	الخرسانة المسلحة	25
3	الطوب	10
4	القصارة والمونة	22
5	الرمل	١٧
6	الفولاذ	78

جدول (٣-١) : الكثافة النوعية للمواد المستخدمة.

٣-٤-٢ الأحمال الحية:-

وهي الأحمال التي تتغير من حيث المقدار والموقع بصورة مستمرة كالأشخاص، الأثاث، الأجهزة، والمعدات واحمال التنفيذ كالخشب والمعدات وتعتمد قيمة هذه الأحمال على طبيعة الإستخدام للمنشأ و يؤخذ عادة مقدارها من جداول خاصة في الكودات المختلفة،والجدول (٣-٢) يبين الأحمال الحية في المشروع والمحددة بالرجوع إلى الكود الأردني.

الرقم	الاستخدام	الحمل الحي (KN/m^2)
1	الجامعات	5
3	المكاتب	2
4	المطاعم	5
5	الأدراج	3

جدول (٣-٢) : الأحمال الحية لعناصر المبنى.

٣-٤-٣ الأحمالالبيئية :-

وتشمل الأحمال التي تنتج بسبب التغيرات الطبيعية التي تمر على المنشأ كالثلوج والرياح وأحمال الهزات الأرضية والأحمال الناتجة عن ضغط التربة، وهي تختلف من حيث المقدار والاتجاه ومن منطقة لأخرى، و يمكن إعتبارها جزءاً من الأحمال الحية وهي كما يلي:-

٣-٤-٣-١ أحمال الرياح :

أحمال الرياح تؤثر بقوى أفقية على المبنى،ولتحديد أحمال الرياح تم الإعتماد على سرعة الرياح القصوىالتي تتغير بتغير إرتفاع المنشأ عن سطح الأرضوموقعه من حيث إحاطته بمباني مرتفعة أو وجود المنشأ نفسه في موقع مرتفع أو منخفض والعديد من المتغيرات الاخرى.

وسيتم إعتماد الكود الألماني (DIN 1055-5)للحصول على قيم قوى الرياح الافقية، وهذا يظهر جليا في المعادلة التالية وبإستخدام الجدول رقم (٣-٣) الموضح فيما يلي:-

Height Above the surface(m)	0 to 8	>8 to 20	>20 to 100	>100
Wind Speed (m/sec)	28.3	35.8	42	45.6
Wind velocity Pressure (KN/ m^2)	0.50	0.80	1.1	1.30

جدول (٣- ٣) : سرعة وضغط الرياح إعتماداً على الكود الالماني DIN 1055-5

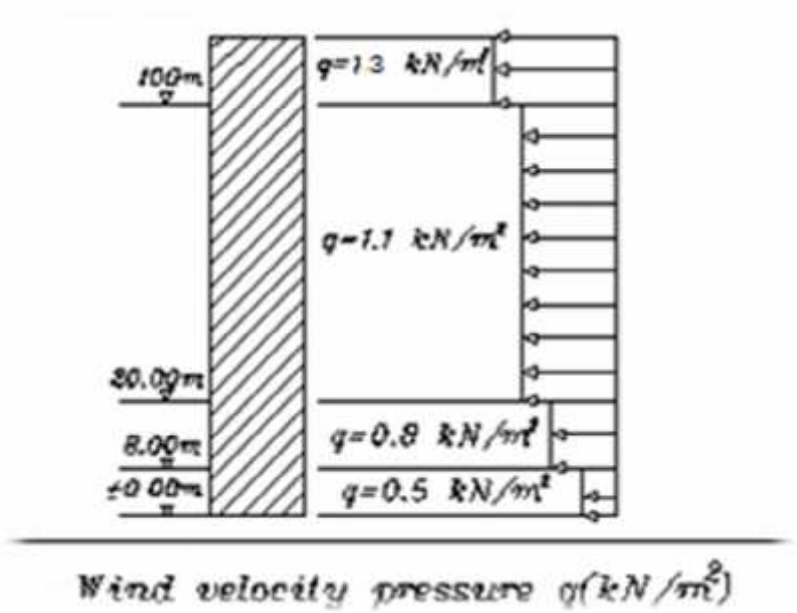
$q = v^2 / 1600$

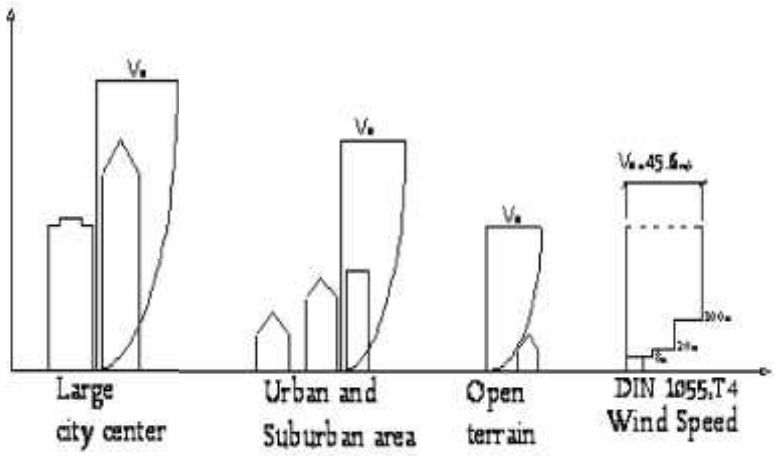
حيث أن :

q:- (wind velocity pressure) الضغط الديناميكي للرياح على إرتفاع محدد من منسوب سطح الأرض المحيطة (KN/ m²).

V :- السرعة التصميمية للرياح (m/sec) .

ويبين الشكل (٣-١) تأثير الرياح على المباني من حيث إرتفاع المبنى والبيئة المحيطة به.





الشكل (٣-١) : تأثير الرياح على المباني من حيث إرتفاع المبنى والبيئة المحيطة به.

٣-٤-٣-٢أحمال الثلوج :

تعتمد أحمال الثلوج على إرتفاع المنطقة عن سطح البحر، وعلى شكل السقف، ويتم تحديدها بإستخدام الكوداتالبناء المختلفة، من خلال جداول تأخذ إرتفاع المُنشأ عن سطح البحر و زاوية ميل السقف كأساس لتحديد قيمة القوى التي تؤثر بها على المنشأ.

و الجدول التالي يبين قيم أحمال الثلوج حسب الإرتفاع عن سطح البحر مأخوذا من كود البناء الأردني.

الارتفاع عن سطح "h"(المتر)	احمال الثلوج(KN/m^2)
h < 250	0
500 > h > 250	(h-250)/1000
1500 > h > 500	(h-400) / 400
2500 > h > 1500	(h – 812.5)/ 250

جدول (٣-٤) : أحمال الثلوج حسب الإرتفاع عن سطح البحر.

إستناداً إلى جدول أحمال الثلوج السابق وبعد تحديد إرتفاع المبنى عن سطح البحر،و الذي يساوي (920م) وتبعاً للبند الثالث تم حساب أحمال الثلوج كالأتي:-

$$s_L = \frac{h - 400}{400}$$

$$s_L = \frac{920 - 400}{400}$$

$$s_L = 1.3(\text{KN}/\text{m}^2)$$

٣-٤-٣-٣ أحمال الزلازل :

تنتج الزلازل عن إهتزازات أفقية ورأسية،بسبب الحركة النسبية لطبقات الأرض الصخرية،فتنتج عنها قوى قص تؤثر على المنشأة، ويجب أن تؤخذ هذه الأحمال بعين الإعتبار عند التصميم وذلك لضمان مقاومة المبنى للزلازل في حال حدثت وبالتالي التقليل من الأضرار المحتملة نتيجة حدوث الزلزال.

وسيتم مقاومتها في هذا المشروع عن طريق جدران القص الموزعة في المبنى بناءً على الحسابات الإنشائية لها،والتي ستستخدم من أجله، لتجنب الآثار الناتجة عن الزلازل مثل:-

- حدود صلاحية المبنى للتشغيل (Serviceability)من حيث تجنب أي هبوط زائد (Deflection) و تجنب التشققات (Cracks) التي تؤثر سلباً على المنظر المعماري المطلوب.
- الشكل والنواحي الجمالية للمنشأ.

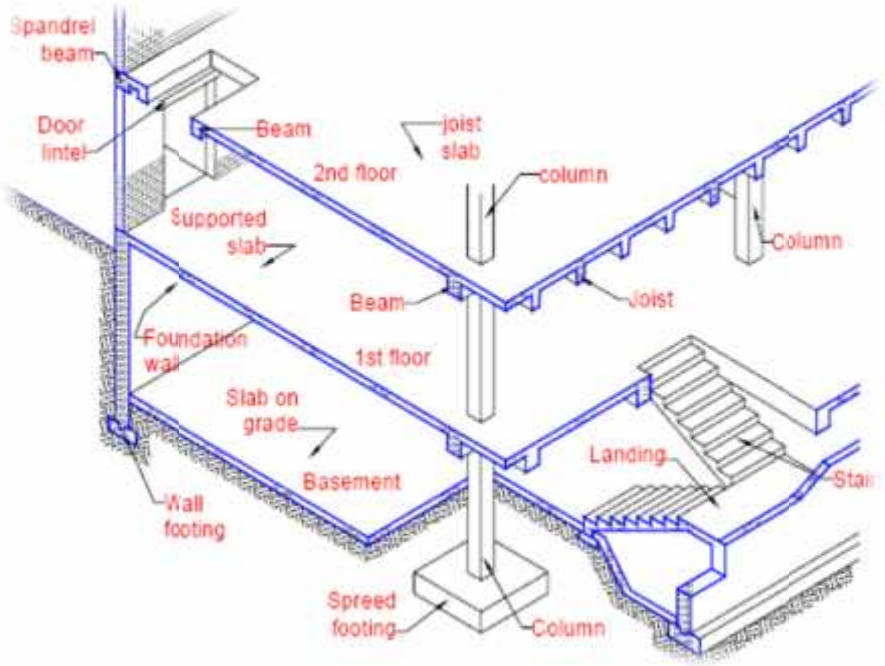
٣-٥الإختبارات العملية

يسبق الدراسة الإنشائية لأي مبنى، عمل الدراسات الجيوتقنية للموقع، ويقصد بها جميع الأعمال التي لها علاقة بإستكشاف الموقع ودراسة التربة والصخور والمياه الجوفية، وتحليل المعلومات وترجمتها للتنبؤ بطريقة تصرف التربة عند البناء عليها، وأكثر ما يهتم به المهندس الإنشائي هو الحصول على قوة تحمل التربة اللازمة لتصميم أساسات المبنى.

٣ـ٦العناصر الإنشائية

تتكون المباني عادةً من مجموعة عناصر إنشائية تتقاطع مع بعضها لتقاوم الأحمال الواقعة على البناء وتشمل:-

العقدات والجسور والأعمدة وجدران القص والأدراج والأساسات.



الشكل (٣ـ٢) : توضيح لبعض العناصر الإنشائية للمبنى.

ويحتوي المشروع العناصر التالية:-

٣-٦-١ العقدات :-

هي عبارة عن العناصر الإنشائية القادرة على نقل القوى الرأسية بسبب الأحمال المؤثرة عليها إلى العناصر الإنشائية الحاملة في المبنى مثل الجسور و الأعمدة و الجدران و الدراج و الأساسات، دون تعرضها إلى تشوهات.

ونظراً لوجود العديد من الفعاليات المختلفة في المبنى ومراعاة للمتطلبات المعمارية فإنه سيتم استخدام أنواع العقدات التالية في المشروع:-

١. البلاطات المصمتة (Solid Slabs) وتقسم إلى :-

- العقدات المصمتة ذات الإتجاه الواحد (One way solid slab).
- العقدات المصمتة ذات الإتجاهين (Two way solid slab).

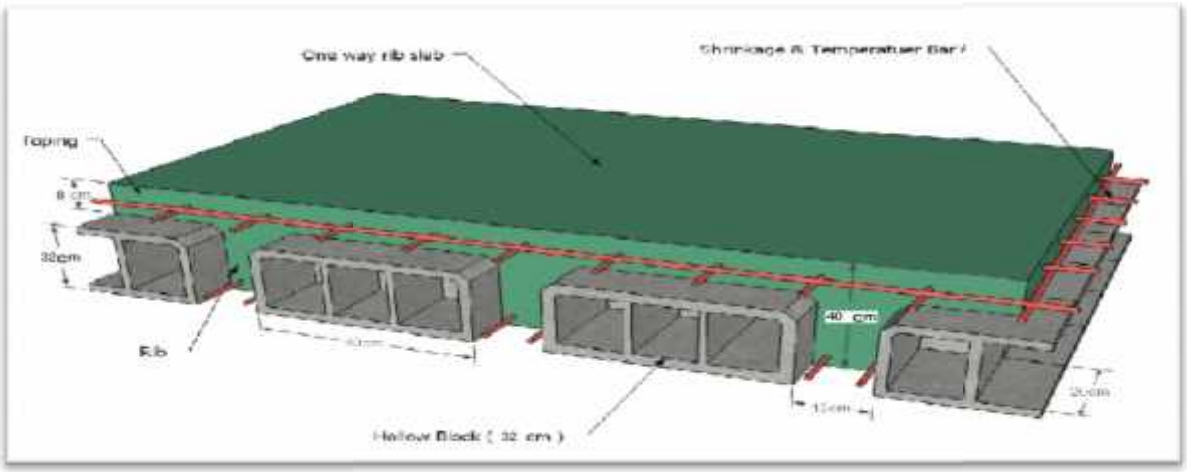
٢. البلاطات المفرغة (Ribbed Slabs) وتقسم إلى :-

- عقدات العصب ذات الإتجاه الواحد (One way ribbed slab).
- عقدات العصب ذات الإتجاهين (Two way ribbed slab).

هذا وتستخدم عقدات الأعصاب ذات الإتجاه الواحد في تغطية المساحات التي تتراوح فيها الأبعاد بين الأعمدة من ٥ الى ٦ متر،أما عقدات العصب ذات الإتجاهين فتستخدم في حالة المساحات الكبيرة نسبياً، و في التصميم الانشائي لهذا المشروع سنستخدم كلا النوعين.

٣-٦-١-١ عقدات العصب ذات الإتجاه الواحد (One way ribbed slabs) :

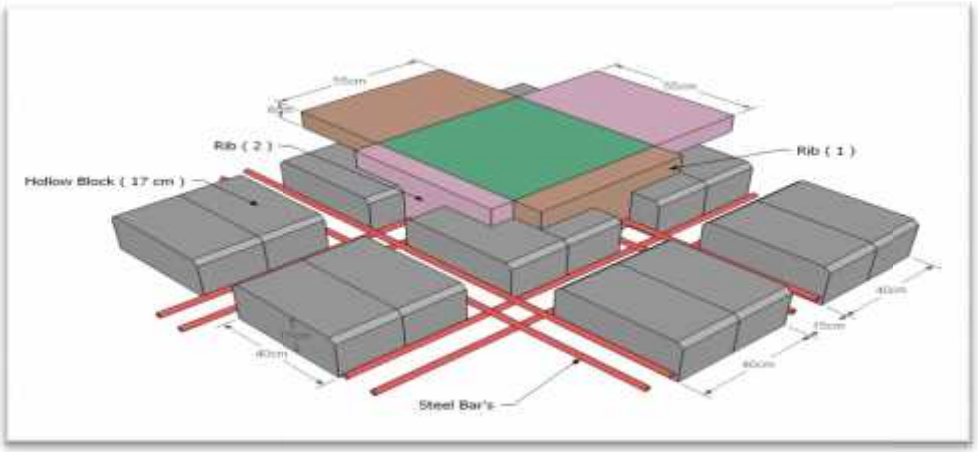
إحدى أشهر الطرق المستخدمة في تصميم العقدات في هذه البلاد وتتكون من صف من الطوب يليها العصب، ويكون التسليح بإتجاه واحد كما هو مبين في الشكل (٣-٣).



الشكل(٣-٣) : عقدات العصب ذات الإتجاه الواحد.

٣-٦-١-٢عقدات العصب ذات الإتجاهين (Two way ribbed slabs) :

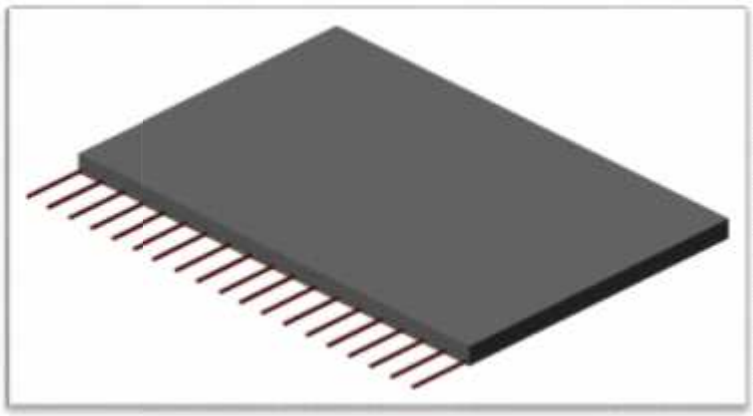
تشبه السابقة من حيث المكونات ولكن تختلف من حيث كون التسليح بإتجاهين، ويتم توزيع الحمل في جميع الإتجاهاتويراعى عند حساب وزنها طوبتين و عصب في الإتجاهين، كما يظهر في الشكل (٣-٤).



الشكل(٣-٤) : عقدات العصب ذات الإتجاهين.

٣-١-٦-٣ العقدات المصمتة ذات الإتجاه الواحد (One way solid slabs) :

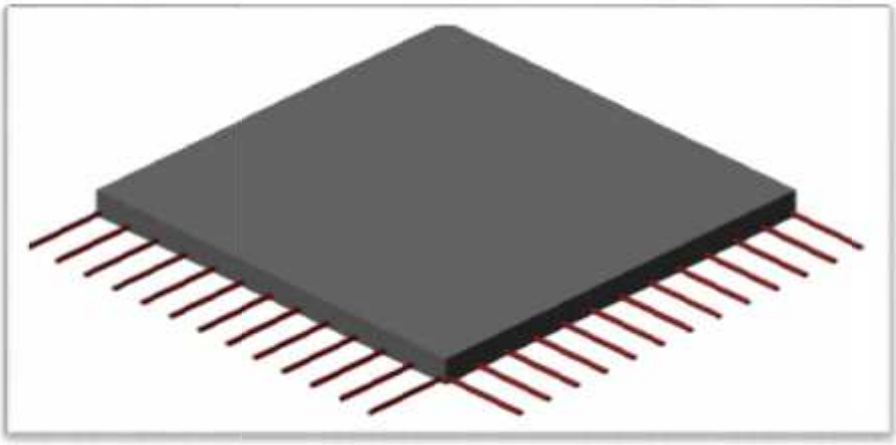
تستخدم في المناطق التي تتعرض كثيرا للأحمال الحية، وذلك تجنباً لحدوث إهتزاز نظراً للسماكة المنخفضة وتستخدم عادة في عقدات بيت الدرج ، كما في الشكل (٣-٥) .



الشكل (٣-٥) : العقدات المصمتة ذات الإتجاه الواحد.

٣-١-٦-٤ العقدات المصمتة ذات الإتجاهين (Two way solid slabs) :

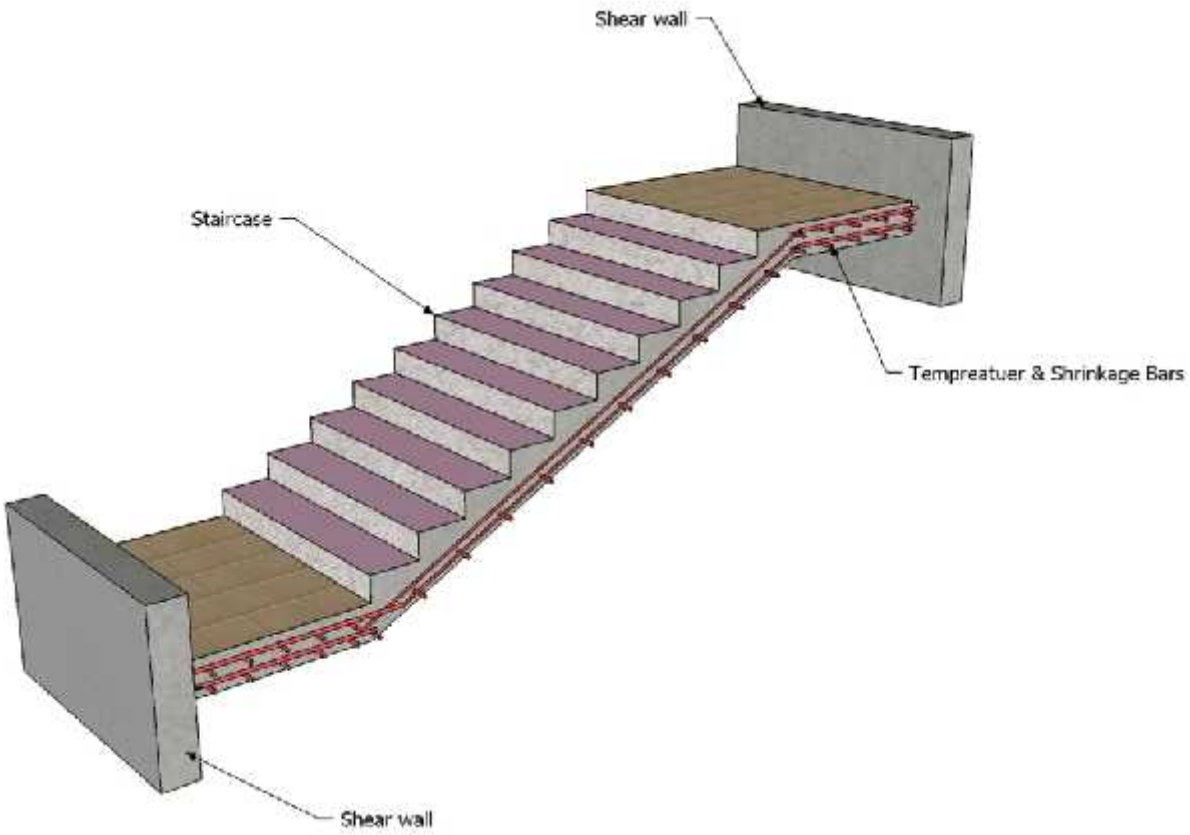
تستخدم في حال كانت الأحمال المؤثرة أكبر من المقدار الذي تستطيع العقدة المصمتة ذات الإتجاه الواحد مقاومتها، وعند ذلك يتم اللجوء إلى تصميم هذا النوع من العقدات و ذلك لأنها تستطيع مقاومة الأحمال بشكل أكبر حيث يوزع التسليحالرئيسي فيها بإتجاهين موضحه في الشكل (٣-٦).



الشكل (٣-٦) : العقدات المصمتة ذات الاتجاهين.

٣-٦-٢ الأدراج :-

الأدراج عنصر معماري يوجد في المباني للإنتقال بين مستويين في نفس الطابق أو بين عدد من الطوابق عبر المبنى، ويتم عادةً تصميم الدرج إنشائيا بإعتباره عقدة مصمتة في إتجاه واحد كما في الشكل (٣-٧).



الشكل (٣-٧) : الدرج.

٣-٦-٣الجسور :-

وهي عناصرإنشائية أساسية في المبنى تقوم بنقل الأحمال الواقعة على الأعصاب إلى الأعمدة، حيث تقسم الى:-

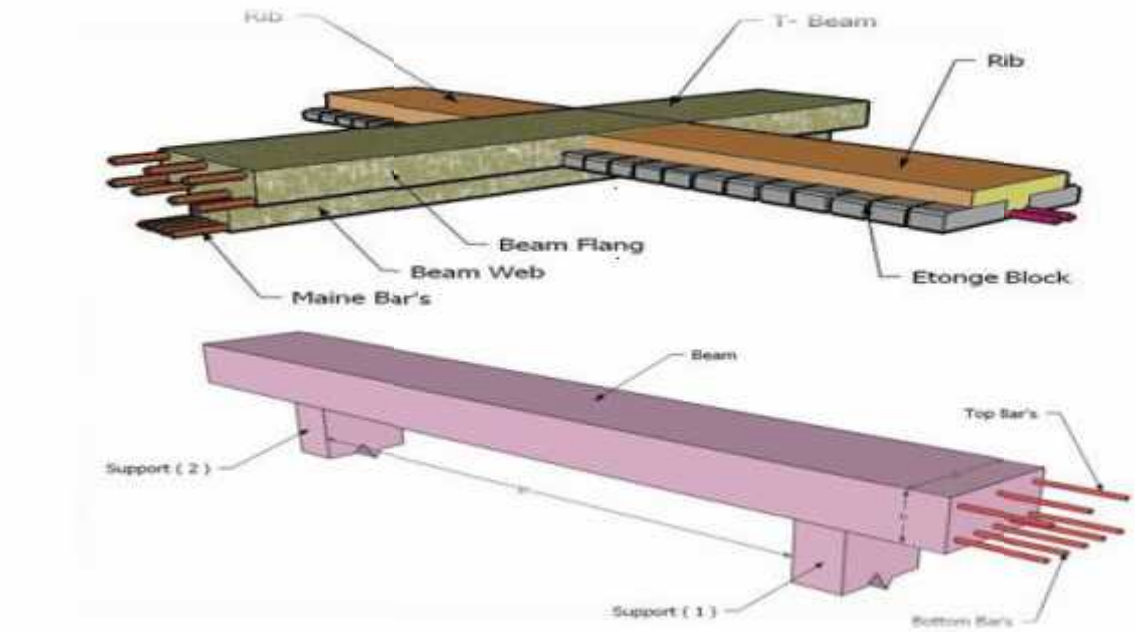
١- جسور مسحورة (Hidden Beam).

وهي التي يكون إرتفاعها مساوي لإرتفاع العقدة.

٢- جسور ساقطة (Dropped Beam).

وهي التي يكون إرتفاعها اكبر من إرتفاع العقدة، ويتم إبراز الجزء الزائد من الجسر في أحد الإتجاهين السفلي أوالعلوي وتسمىL-sectionأوT-section.

ويكون التسليح بقضبان الحديد الأفقية لمقاومة العزم الواقع على الجسر، وبالكانات لمقاومة قوى القص والشكل (٣-٨) يبين أنواع الجسور التي استخدمت في المشروع.



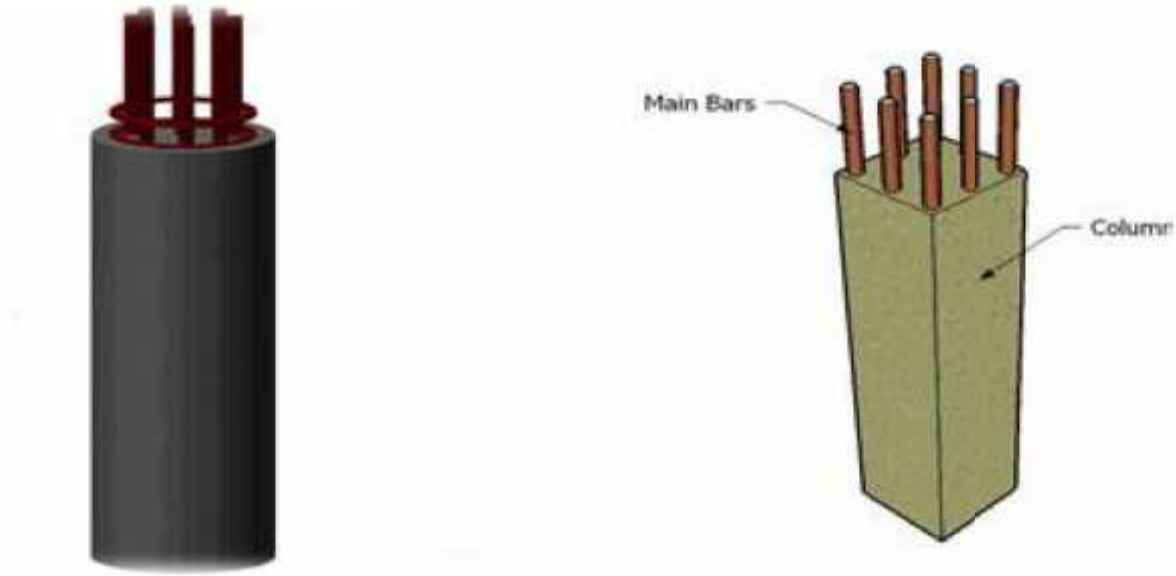
الشكل (٣-٨) : أنواع الجسور المستخدمة في المشروع.

٣-٦-٤ الأعمدة:-

هي عناصر إنشائية أساسية ورئيسية في المنشأ، حيث تنتقل الأحمال من العقدة إلى الجسور، وتنقلها الجسور بدورها إلى الأعمدة، ثم إلى أساسات المبنى، لذلك فهي عنصر وسطي أساسي،ويجب تصميمها بحرص لتكون قادرة على نقل وتوزيع الأحمال الواقعة عليها،والأعمدة نوعين من حيث التعامل معها في التصميم الإنشائي:-

١- الأعمدة القصيرة (short column).
٢- الأعمدة الطويلة (long column).

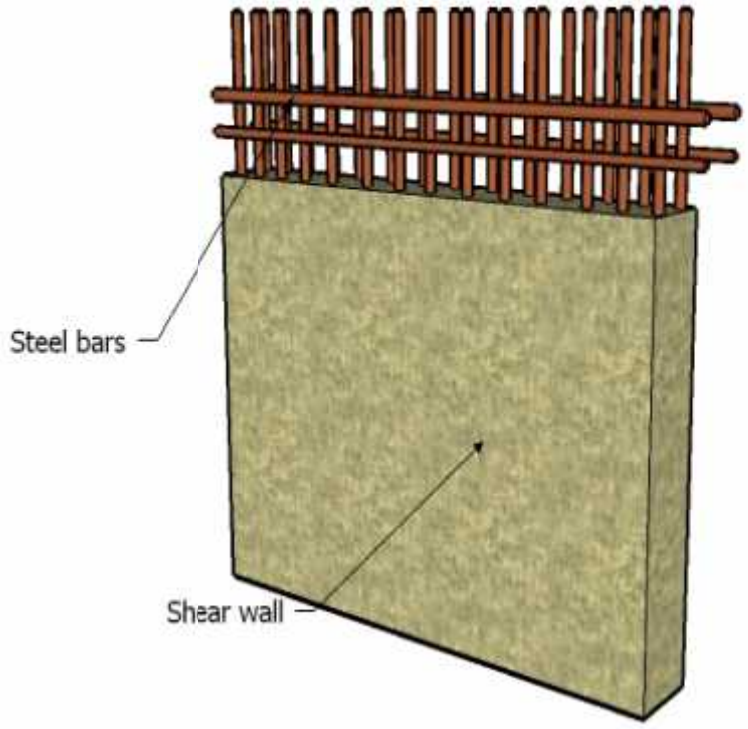
أما من حيث الشكل المعماري أو المقطع الهندسي فهي تقسم الى ثلاث انواع وهي :- المستطيلية والدائرية والمربعة وفي هذا المشروع تم إستخدام النوعين المستطيلي و الدائري كما هو مبين في الشكل (٣-٩).



الشكل (٣-٩) : أنواع الأعمدة المستخدمة في المشروع.

٣-٦-٥جدران القص:-

هي الجدران التي تحيط بيت الدرج، وجدران المصاعد، وأحيانا في بعض المناطق في المبنى حسب ما تقتضي الحاجة ووظيفة جدران القص مقاومة قوى القص الأفقية التي قد يتعرض لها المنشأ نتيجة لأحمال الزلازل والرياح إضافة إلى كونها جدران حاملة، ويراعى توفرها في إتجاهين متعامدين في المبنى لتوفير ثبات كامل للمبنى والشكل (٣-١٠) يبين جدار قص مسلح الشكل.



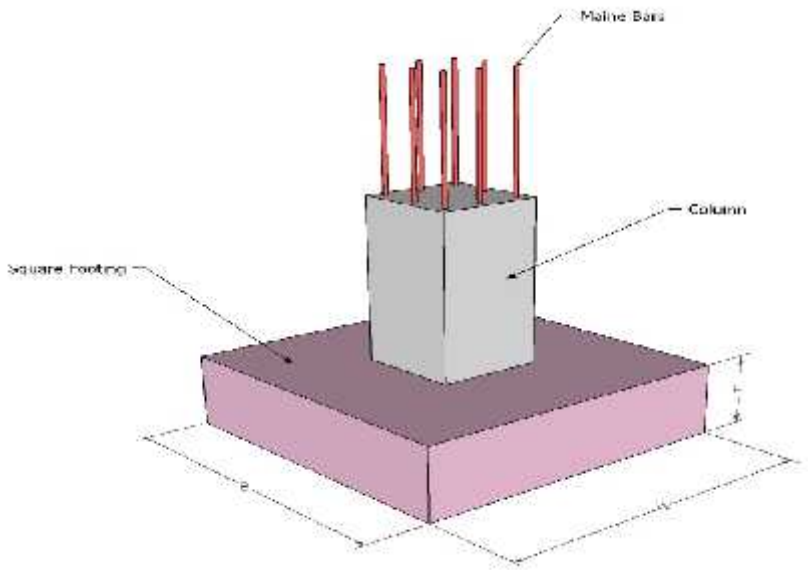
الشكل (٣-١٠) : جدار قص.

٣-٦-٦الأساسات:-

الأساسات هي أول ما يبدأ بتنفيذها عند بناء المنشأ، إلا أن تصميمها يتم بعد الإنتهاء من تصميم كافة العناصر الإنشائية في المبنى، حيث تقوم الأساسات بنقل الأحمال من الأعمدة والجدران الحاملة إلى التربة على شكل قوة ضغط، وهي على عدة أنواع كما يلي:-

١- أساسات منفصلة(Isolated Foundation).
٢- أساسات مزدوجة(Combined Foundation).
٣- أساسات شريطية(Strip Foundation).
٤- أساسات البلاطة (Mat Foundation).

وسوف يتم استخدام أساسات من أنواع مختلفة وذلك تبعا لنوع التربة وقوة تحملها والأحمال الواقعة عليها.



الشكل (٣-١١) : الأساسات.

٣ـ٧ فواصل التمدد

تنفذ في كتل المباني ذات الأبعاد الأفقية الكبيرة أو ذات الأشكال والأوضاع الخاصة فواصل تمدد حراري أو فواصل هبوط، وقد تكون الفواصل للغرضين معاً، وعند تحليل المنشآت لدراستها كمقاوم لأفعال الزلازل تدعى هذه الفواصل بالفواصل الزلزالية، ولهذه الفواصل بعض الإشتراطات والتوصيات الخاصة بها، وينبغي إستخدام فواصل تمدد حراري في كتلة المنشأ حسب الكود المعتمد، على أن تصل هذه الفواصل إلى وجه الأساسات العلوي دون اختراقها، وتعتبر المسافات العظمى لأبعاد كتلة المبنى كما يلي:-

١) (40m) في المناطق ذات الرطوبة العالية.
٢) (36m) في المناطق ذات الرطوبة العادية.
٣) (32m) في المناطق ذات الرطوبة المتوسطة.
٤) (28m) في المناطق الجافة.

كما يجب أن لا يقل عرض الفاصل عن (٣ سم)، ويظهر الشكل (٣ـ١٢) صورة لفاصل التمدد.

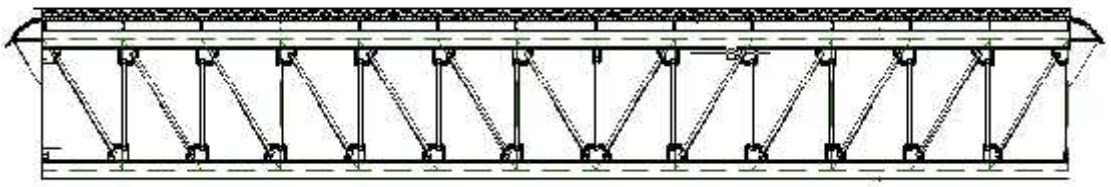
الشكل (٣ـ١٢) : فاصل تمدد.

٣ـ٨ العناصر الإنشائية المكونة للمنشأ المعدني

يتكون المنشأ المعدني من أعمدة خرسانية وأساسات مماثلة لتلك المستخدمة في المشروعأما بالنسبة للسقف فهو يتكون من:-

٣-٨-١ جملونات فولاذية (steel trusses) :-

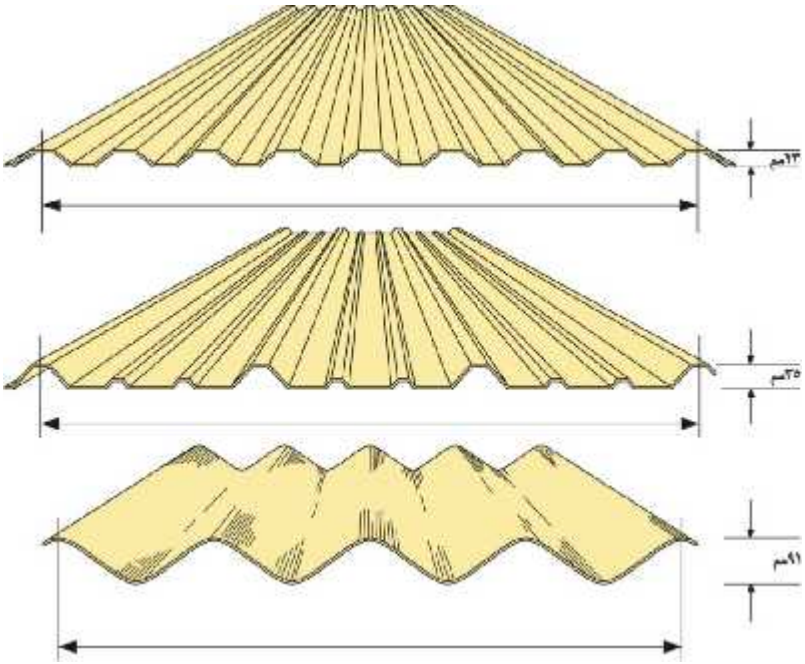
ويعرف بأنه جسر مكون من قضبان مجمعة بشكل هندسي في وصلات عديمة الإحتكاك، ويستعمل لمنشأ يبلغ بحره على الأقل ٩ متر الى بحر ١٠٠ متر ويصنع من الصلب، وقد شاع إستخدامه كثيرا لقابليته للتحميل بكفاءة، مثل حمل الأسطح والأرضيات في المباني، وحمل عناصر الخدمات الداخلية والأسقف المعلقة، و سوف يتم استخدام جملونات يبلغ بحر الواحد منها 20متر كما هو مبين في الشكل (٣ـ١٣).



الشكل (٣ـ١٣) : Steel Truss

٣-٨-٢ طبقة التغطية :-

تتكون من صفائح فولاذية مطلية بطبقات مقاومة للصدأ حيث تُغطى الصفائح الفولاذية بطبقة من التوتياء (غلفنة) تليها طبقة دهان أساس ومن ثم طبقة دهان للوجه الخارجي لتعطي اللون المناسب، كما هو مبين في الشكل (٣- ١٤).



الشكل (٣- ١٤) : أشكال مختلفة من صفائح التغطية.

٣ـ٩النظام الميكانيكي للمبنى

تم تزويد المبنى بفتحة تهوية(Duct) داخلية، لأهداف عديدة منها:-

- ✓ التهوية (Ventilation).
- ✓ نظام التكييف (HVAC):- ويتم من خلاله توزيع الهواء البارد والتدفئة لجميع أرجاء المبنى.
- ✓ التمديدات الكهربائية والميكانيكية(MEP Sheft).
- ✓ الصرف الصحي (Drainage).

٣ـ١٠برامج الحاسوب التي تم استخدامها

١. AutoCAD (2007+2015) for Drawings Structural and Architectural.
٢. Microsoft Office (2010) For Text Edition.
٣. Microsoft ExcelXP
٤. ATIR
٥. SAFA 2014.
٦. ETABS 2015.
٧. SAP 2000.
٨. Google SketchUP 2015.

٢

الفصـــــــــل الثاني

الوصف المعماري

٢ـ١ المقدمة.

٢ـ٢ لمحة عامة عن المشروع .

٢ـ٣ موقع المشروع.

٢ـ٤ وصف طوابق المشروع .

٢ـ٥ وصف واجهات المشروع .

٢ـ٦ وصف الحركة.

٢ـ٧ المداخل.

٢ـ١مقدمة

تعتبر العمارة أحد أبرز العلوم الهندسية، وهي ليست وليدة هذا العصر؛ بل هي منذ أن خلق الله تعالى الإنسان الذي أطلق العنان لمواهبه و خواطره، فإنتقل بهذه المواهب من حياة الكهوف إلى أفضل صورة من صور الرفاهية، مستغلاً ما وهبه الله من جمال لهذه الطبيعة الخلابة.

إن بساطة المبنى ليست دليلاً على بساطة العمل المعماري، بل إن المبنى على الرغم من البساطة قد يخبئ لنا بين ثناياه من الجمال والفن المعماري في أجزاءه الداخلية ما يجعله يتفوق على الكثير من الأبنية الأخرى، فالمبنى مهما كانت وظيفته يكون قد حقق الشروط المعمارية تماماً عندما يمزج بين الجمال الحقيقي في واجهات وشكل المبنى والوظيفة التي سيؤديها ذلك المبنى وبذلك يكون قد نجح معمارياً، لأن المفهوم المعماري لا يقتصر على الشكل فحسب كما يظن البعض؛ وإنما يحقق الوظيفة أيضاً.

إن عملية التصميم لأي منشأ أو مبنى تتم عبر عدة مراحل حتى يتم إنجازه على أكمل وجه، تبدأ أولاً بمرحلة التصميم المعماري حيث يتم في هذه المرحلة تحديد شكل المنشأ ويؤخذ بعين الإعتبار تحقيق الوظائف والمتطلبات المختلفة التي من أجلها سيتم إنشاء هذا المبنى، حيث يجري توزيع أولي لمرافقه، بهدف تحقيق الفراغات والأبعاد المطلوبة وتحديد مواقع الأعمدة والمحاور، وتتم في هذه العملية أيضا دراسة الإنارةوالتهوية والحركة والتنقل وغيرها من المتطلبات الوظيفية.

وبعد الانتهاء من مرحلة التصميم المعماري وإخراجها بصورتها النهائية تبدأ عملية التصميم الإنشائي التي تهدف إلى تحديد أبعاد العناصر الإنشائية وخصائصها إعتماداً على الأحمال المختلفة الواقعة عليها والتي يتم نقلها عبر هذه العناصر إلى الأساسات ومن ثم إلى التربة.

إن فكرة تصميم كلية الفنون والعمارة في جامعة بوليتكنك فلسطين كانت وليدة الواقع في الجامعة الذي يحتاج إلى مثل هذه الكلية نظراً للإكتظاظ وقلة القاعات والمراسم في الجامعة، كل ذلك وغيره من الأسباب دفع إلى التفكير الفعلي في هذا التصميم لهذه الكلية في جامعة البوليتكنك التي هي في أمسّ الحاجة إليه.

٢ـ٢لمحة عامة عن المشروع

تتلخص فكرة المشروع في إنشاء مبنى كلية فنون في جامعة بوليتكنيك فلسطين يتمتع بجميع المرافق والأقسام اللازمة كما أنه يتمتع بشكل معماري جميل جداً، أضف إلى ذلك كله أنه يحافظ على أداء الوظيفة المرجوة منه بالموازاةمع كل ما يحويه من اللمسات المعمارية لإبرازها في كثير من المنشأت.

ولقد حصلنا على المخططات المعمارية للمشروع من خريج كلية الهندسة- تخصص هندسة معمارية في جامعة بوليتكنك فلسطين، وذلك كي نشرع في أعمال التصميم الإنشائي بعد دراسة تحليلية ومفصلة لتلك المخططات المعماريةمن إعداد الطالب (جهاد فرج الله) وتحت إشراف الدكتور(غسان دويك)، وتبلغ المساحة الإجمالية للمبنى حوالي ١٠١٠٠ متر مربع، موزعة على٤ كتل على النحو التالي:-

١. الكتلة الرئيسة من ٣ طوابق مساحة كل طابق ٢٤٥٠ متر مربع.
٢. مدرج على إرتفاع طابقين بمساحة ٧٠٠ متر مربع.
٣. مكتبة من طابق واحد ومساحتها ٤٠٠ متر مربع.
٤. كتلة منفصلة من طابقين لمختبرات الحاسوب، مساحة كل طابق ٤٧٠ متر مربع.

وتتنوع فيها الخدمات الوظيفية بشكل مناسب مع الحاجة المبتغية من التصميم.

٢-٣ موقع المشروع

لتصميم أي مشروع فإنه ينبغي دراسة الموقع المراد الإنشاء فيه بعناية فائقة، مراعياً بذلك الموقع الجغرافي وتأثير الظروف المناخية السائدة في المنطقةبحيث تصان العناصر القائمةوتتألف وتتناغم مع التصميم المقترح.

فلذلك يجب إعطاء فكرة عامة عن عناصر الموقع من توضيح لمقاسات الأرض المقترحة للبناء، وعلاقة الموقع بالشوارع والخدمات المحيطة، وإرتفاع المباني المحيطة، وإتجاه الرياح السائدة والضجيجومسار الشمس.

يقع هذا المشروع المقترح على أرض جامعة بوليتكنك فلسطين في منطقة وادي الهرية بمدينة الخليل، كما هو موضح في الشكل (٢-١) ، وترتفع قطعة الأرض ٩٢٠ متر عن سطح البحر، ويجب القول أن البنية التحتية من طرق وكهرباء واتصالات تصل إلى ذلك الموقع وتلبي ما يحتاجه المشروع.

الشكل (٢-١): الموقع العام لقطعة الأرض.

٢-٣-١أهمية الموقع:-

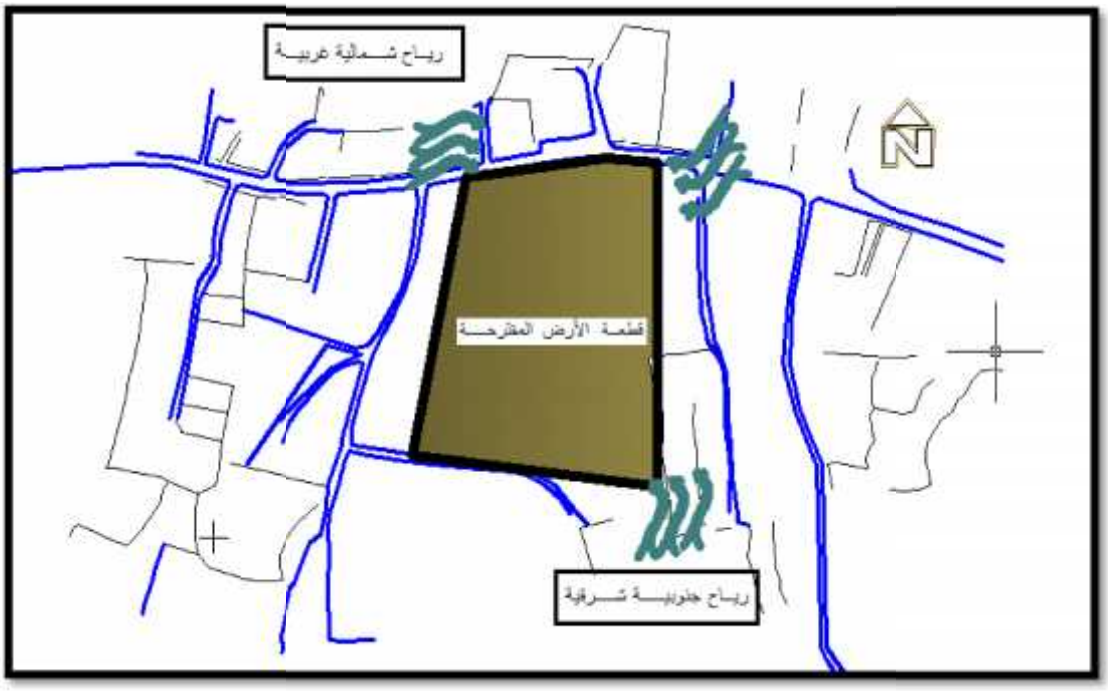
تتمتع مدينة الخليل بموقع مميز بين مدن فلسطين،بسبب المستوى الجغرافي والإقتصادي،وكانت هناك مجموعة من الأسباب التي أدت إلى إختيار هذه المنطقة لإنشاء كلية الفنون والعمارة إلى جانب حيوية المنطقة والمتطلبات الأخرى اللازمة لإختيار الموقع المناسب والمميزات التي توافرت في موقع هذا المشروع وتم مراعاتها و هي على النحو الآتي:-

١. حاجة الجامعة إلى مثل هذا المشروع.
٢. توفر قطعة أرض بمساحة تستوعب حجم المشروع.
٣. حيوية المنطقة.
٤. سهولة الوصول إلى الموقع.
٥. إحتفاظ الموقع بمميزات طبيعية تؤهله لإحتواء المشروع.

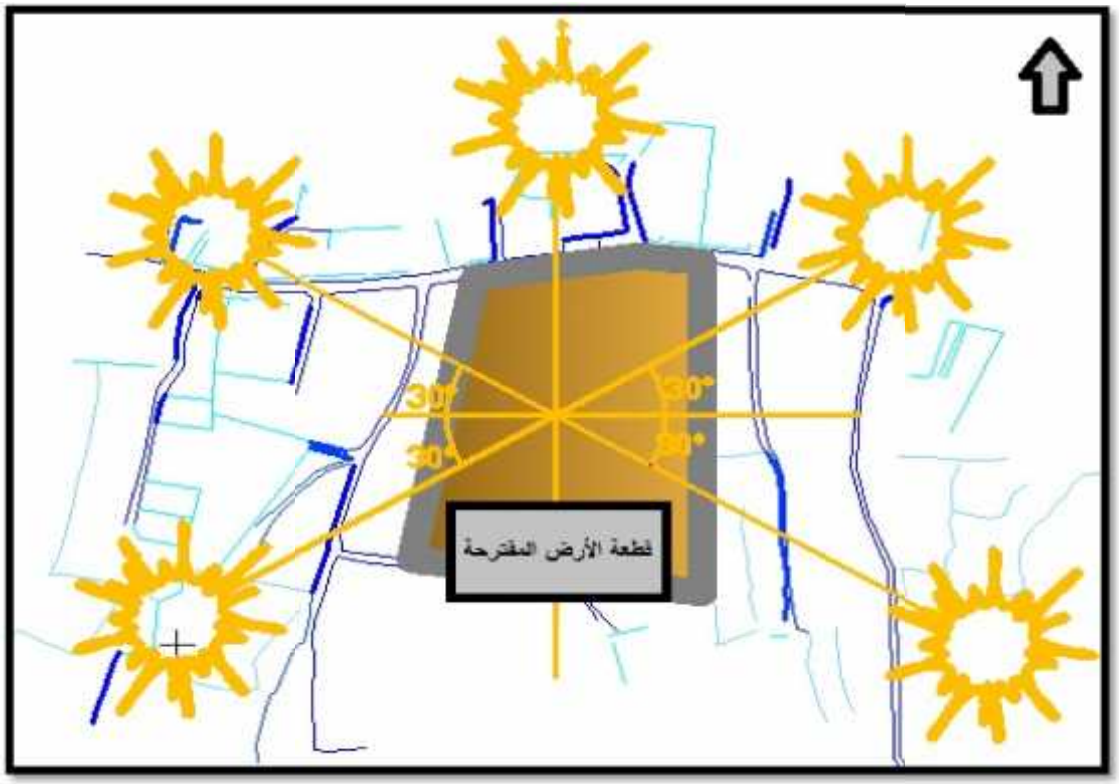
٢-٣-٢حركة الشمس والرياح:-

تتعرض مدينة الخليل إلى الرياح الشمالية الغربية وهي رياح باردة جدا وجافة،وإليها يعود إنخفاض الحرارة في المناطق المرتفعة، كما تتعرض إلى الرياح الجنوبية الشرقية وهي رياح محملة بالأمطار والرطوبة، ونظراً لموقعها الجغرافي فإن الرياح الغربية تهب عليها وتصطدم بتيارات دافئة،وتلتقي تلك القادمة من الشرق بالرياح القادمة من الغرب فتقلل من رطوبتها وتجعلها أكثر انسجاماً، إذ تجعل الهواء معتدلا جافا،كما تهب على المدينة رياح جافة كرياح الخماسين في أواخر فصل الربيع.

إن دراسة حركة الشمس والرياح من العوامل المهمة في تحليل المبنى، فالشمس طاقة مرغوب فيها، وتوجيه المبنى تجاه الشمس مع حمايته من السطوع الواقع عليه من المنطقة الغربية هي وسيلة ناجحة في الحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة الشمسية في أيام البرد، والتقليل من كمية الطاقة المستهلكة للتدفئة، وللرياح تأثير كبير على المباني، فهي تعد حمل أفقي يؤثر على جدران المبنىوبالتالي على الهيكل الإنشائي له،لذلكفيجب مراعاة تأثير الشمس والرياح على المبنى ليتسنى تقسيمه إلى فراغات تتناسب وتوجيهه المناخي بحيث يلبي شروط التصميم المتعلقة بالتهوية والإضاءة الطبيعية، والشكلان (٢-٢)، (٢-٣) يوضحان اتجاه الرياح وحركة الشمس على قطعة الارض.



الشكل (٢-٢) : إتجاه الرياح على قطعة الأرض.



الشكل (٢-٣) : حركة الشمس على قطعة الأرض.

٢-٣-٣ الرطوبة :-

مناخ مدينة الخليل يتأثر بمناخ فلسطين الذي يعرف بأنه جاف وحار صيفاً ومعتدل وماطر شتاءً، ومناخ الخليل رغم صغرها يتباين تبعاً للتضاريس والمسطحات المائية المجاورة والبعد عن الصحراء، أما فيما يتعلق بالأمطار فإن معدلات التساقط متفاوتة تبعاً لتضاريس المنطقة الجغرافية حيث إن الأمطار في الخليل تتراوح ما بين (٤٠٠-٦٠٠ ملم) سنوياً.

٢-٣-٤ العناصر المعمارية :-

مدينة الخليل تقع الى الجنوب من الضفة الغربية محاطه بقمم الجبال العالية، وهذا ما أكسبها مقومات معينة جعلها تتحكم بالبوابة الطبيعية من النقب جنوبا إلى مرتفعات القدس شمالاً، وشهدت مدينة الخليل في العقود الأخيرة تزايدا في عدد السكان وفي عدد الأبنية والمنشآت، وهذا بالإضافة إلى طبيعة نشاطها الإقتصادي الذي هو في معظمه تجاري وصناعي، مما أكسب طرازها المعماري طرازاً فريداً يتماشى مع طبيعتها.

٢ـ٤وصف طوابق المشروع

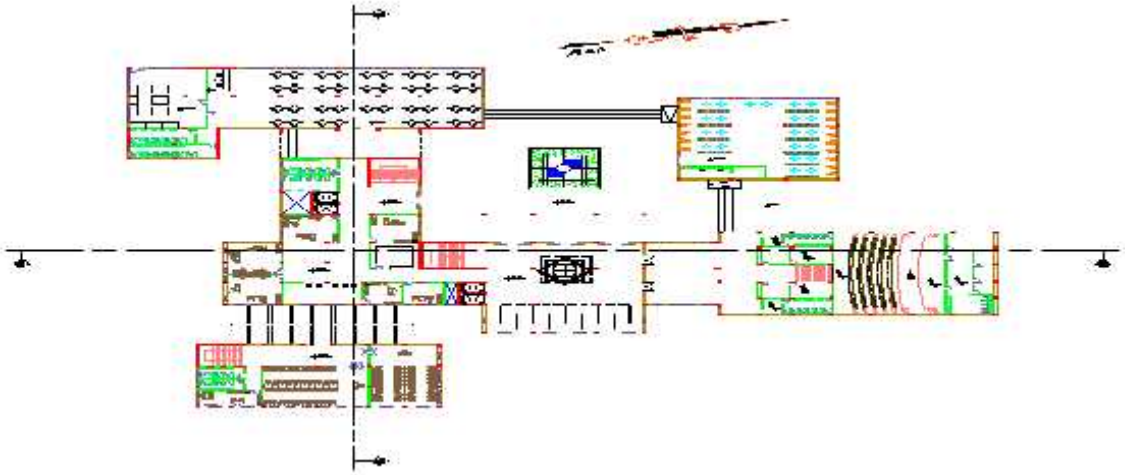
المبنى في تركيبته الهندسية يعتمد على الشكل المستطيل وهذا محكوم بطبيعة قطعة الارض وموقعها في مدخل المدينة وتبلغ مساحة البناء ١٠٨٥٠ متر مربع،والتوزيع المعماري لهذه المرافق يتسم بالتنوع مما أدى إلى التنوع في التصميم الإنشائي،وهي موزعة على النحو التالي:-

٢-٤-١الطابق الأرضي :-

(منسوب ٠.٤٥+) بمساحة تقدر ب٤٠٢٠ متر مربع.

إستعمالات الطابق:-

١. قسم الكافتيريا.
٢. المدرج.
٢. المكتبة.
٤. قسم المختبرات ومكاتب المدرسين.
٥. المصاعد والأدراج والمدخل الرئيس.
٦. الوحدات الصحية.



الشكل (٢ـ٤): مسقط الطابق الأرضي.

٢-٤-٢ الطابق الأول :-

(منسوب ٤.٤٥+) بمساحة تقدر ب٣٦٢٠ متر مربع.

إستعمالات الطابق :-

١- قاعات تدريس ومراسم.

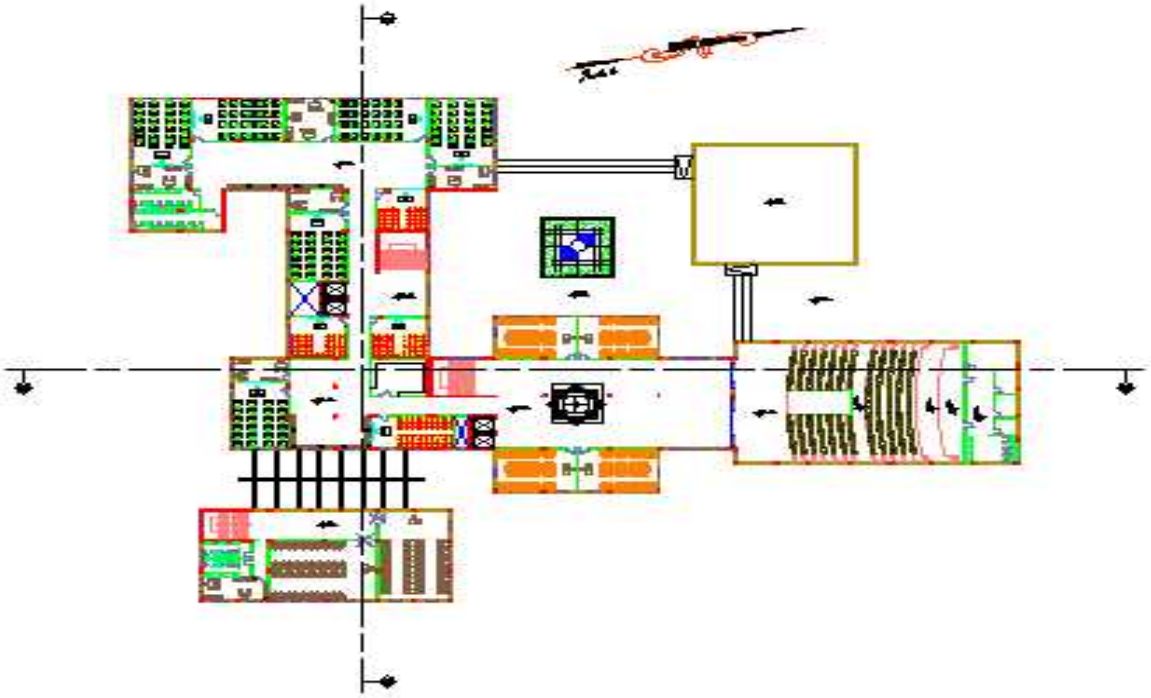
٢- المدرج.

٣- مختبرات حاسوب.

٤- مكاتب مدرسين.

٥- المصاعد والأدراج.

٦- الوحدات الصحية.



الشكل (٢-٥): مسقط الطابق الأول.

٢-٤-٢ الطابق الثاني:-

(منسوب ٨.٤٥+) بمساحة تقدر ٢٤٥٠ ب متر مربع.

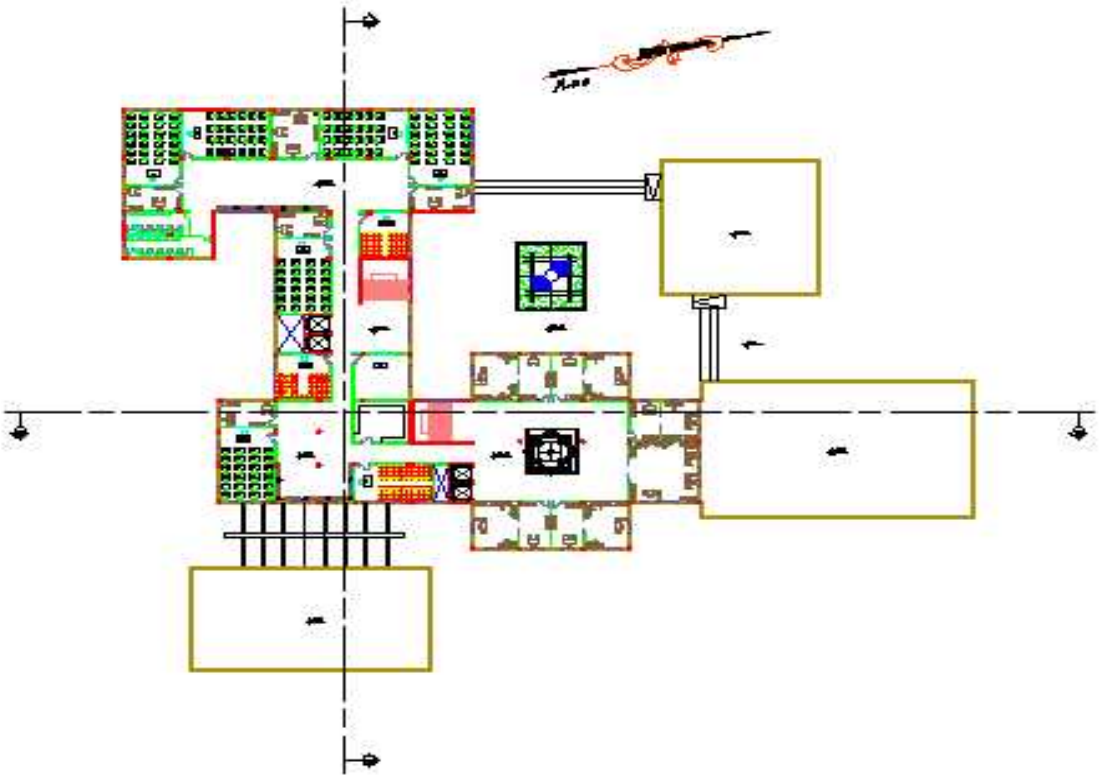
إستعمالات الطابق :-

١- قاعات تدريس ومراسم.

٢- مكاتب مدرسين.

٣- المصاعد والأدراج.

٤- الوحدات الصحية.



الشكل (٢-٦): مسقط الطابق الثاني.

٢ـ٥ وصف واجهات المشروع

لا شك في أن الواجهات المنبثقة من أي تصميم تعطي الإنطباع الأولي عن المبنى، ومدى علاقته مع البيئة المحيطة بل وتظهر إختلافات الوظيفة التي تؤديها الفراغات والتي تعكسها الواجهة، وهذا يتأتى من خلال نظام الفتحات التي تظهر في الواجهة والتي لا بد أن تتناسب مع وظيفة هذا الفراغ أو من خلال المناسيب وتفاوتها.

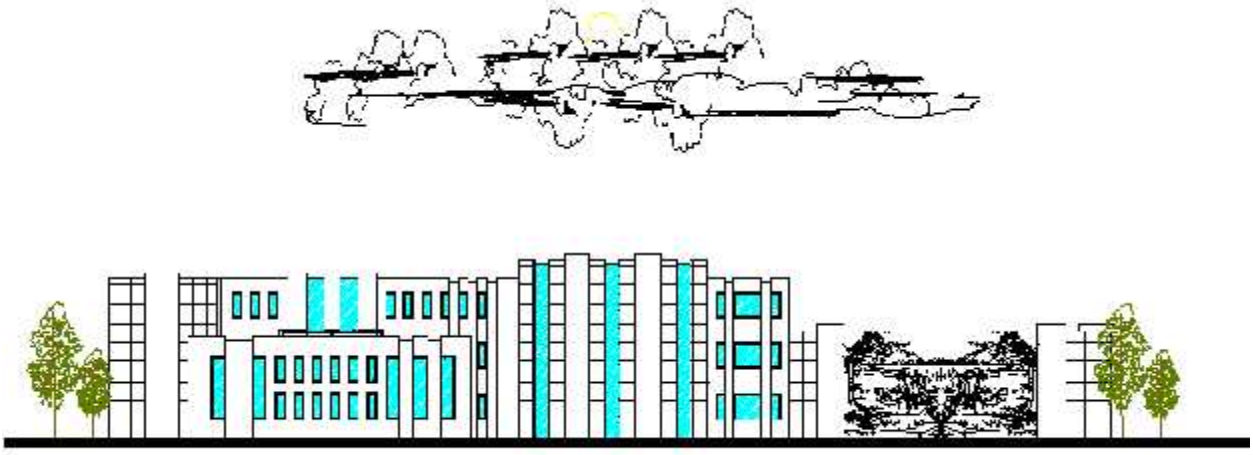
٢-٥-١ الواجهة الشرقية :-

هي الواجهة الرئيسة للمشروع حيث تمتلك الإطلالة الكاملة للمبنى ومدخله الرئيسي، وتضم هذه الواجهة تصوراً جيداً عن حجم المشروع للناظر كما أنها تبرز المدخل الرئيسي الذي يدفع المقبل على المبنى إلى التوجه إليه دون الحاجة إلى إشارة أو دليل.

الشكل (٢ـ٧): الواجهة الشرقية.

٢-٥-٢الواجهة الغربية :-

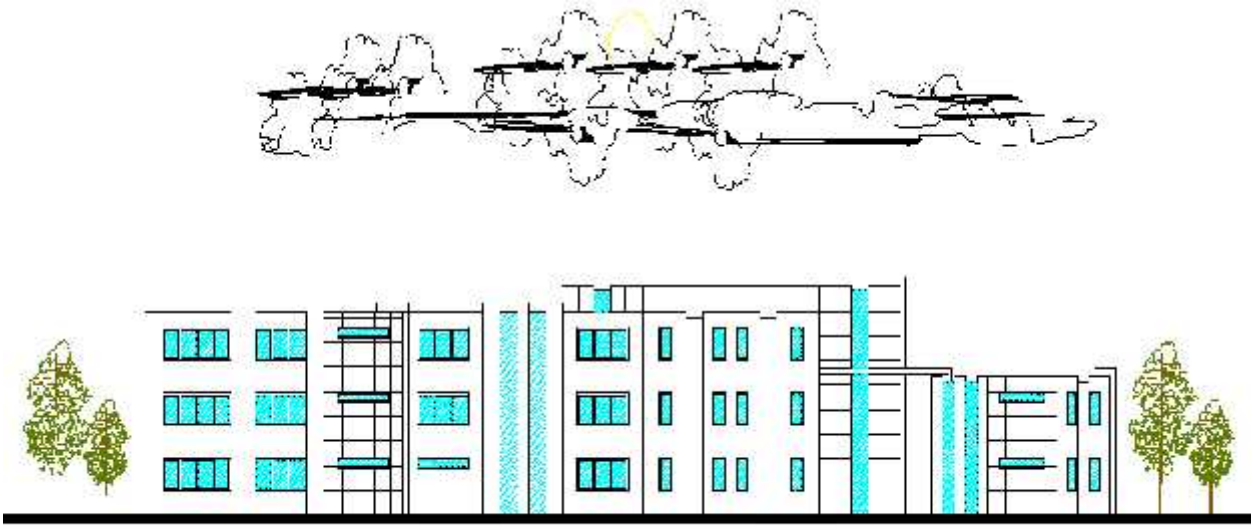
ويظهر في هذه الواجهة كل من المدرج والكتلة المنفصلة وأجزاء من الكتلة الرئيسة، ويبرز من هذه الناحية جمال توزيع الكتل المعمارية.



الشكل (٢-٨): الواجهة الغربية.

٢-٥-٣الواجهة الشمالية :-

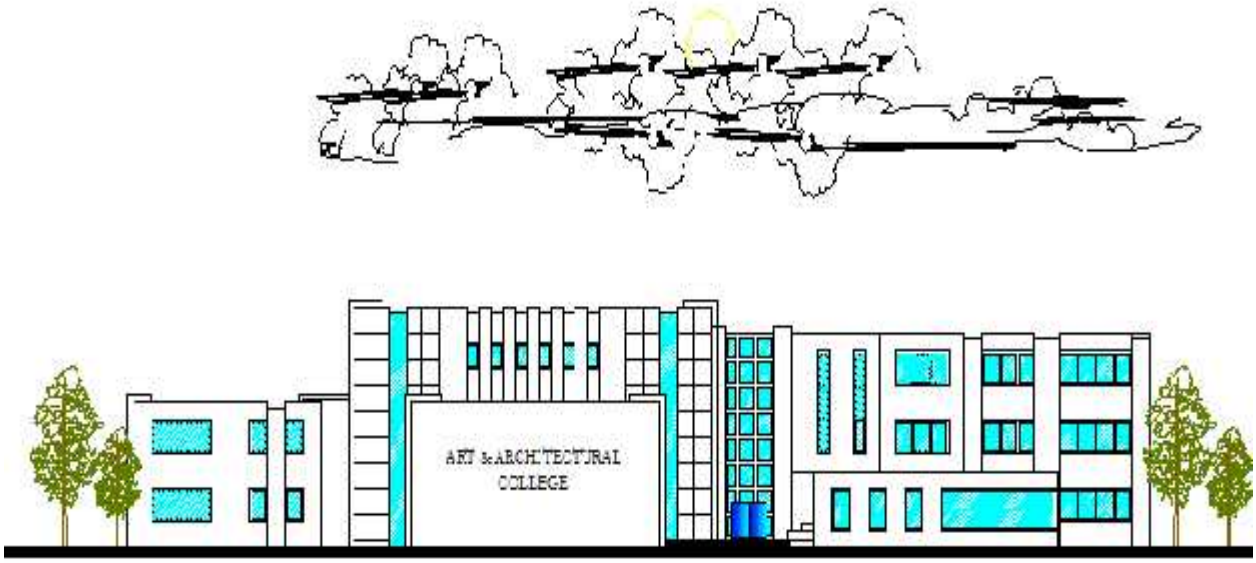
وتظهر فيها الكتلة الرئيسة والمنفصلة بشكل كامل، ويظهر أيضاً في هذه الواجهة إستمرارية الشبابيك على عرض المبنى وهذا يبرز الجمال المعماري للواجهة.



الشكل (٢-٩): الواجهة الشمالية.

٢-٥-٤ الواجهة الجنوبية :-

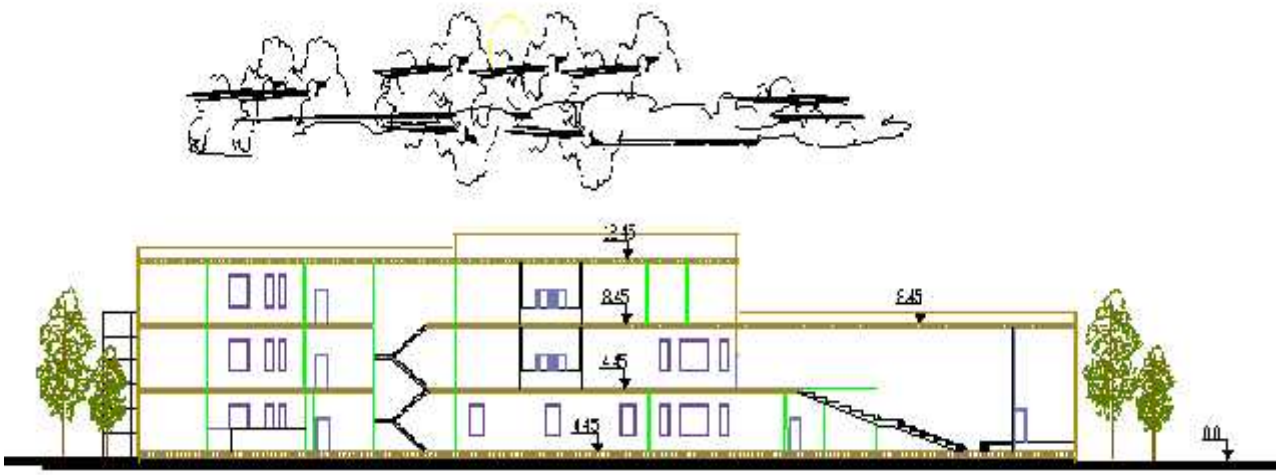
وفي هذه الواجهة تظهر بعض التداخلات في الكتل كما يظهر التباين في إرتفاعاتها، بحيث تضفي عليها بشكل واضح نوع من الجمال والحيوية، ويجعل لها طابعاً مميزاً ولمسة معمارية رائعة .



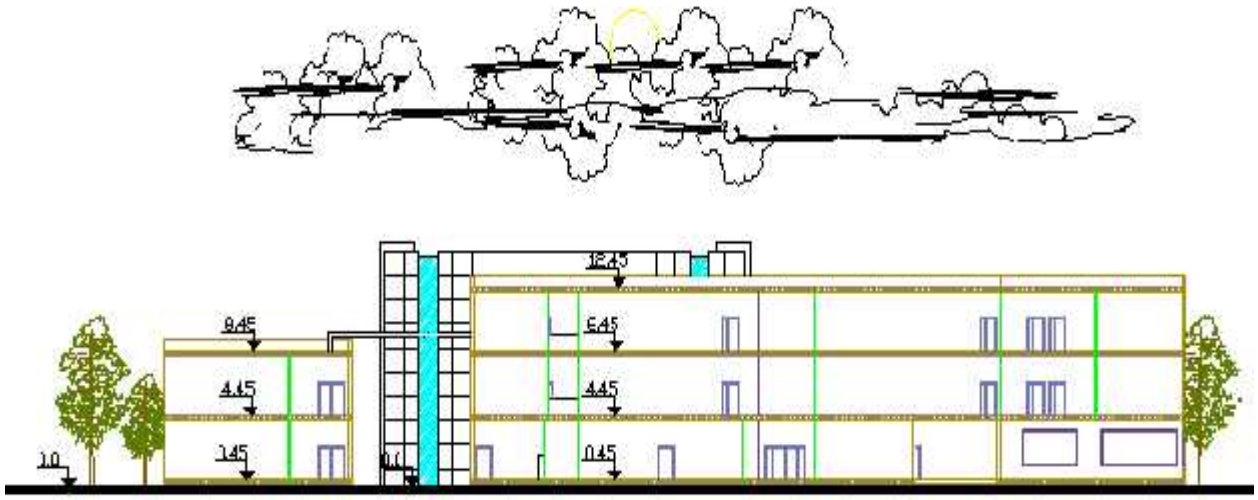
الشكل (٢-١٠): الواجهة الجنوبية.

٢-٦وصف الحركة

تأخذ الحركة أشكالاً عدة، سواء من خارج المبنى بإتجاه الداخل أو الحركة داخل المبنى نفسها، فالحركة من خارج المبنى إلى داخلها تتم بشكل سلس نظراً لعدم وجود فرق بين المنسوب الخارجي والداخلي، أما بالنسبة للحركة داخل المبنى فتقسم إلى حركة خطية وحركة رأسية، الحركة الخطية تكون في الممرات داخل الطوابق، على عكس الحركة الراسية التي تكون بين الطوابق من خلال الأدراج والمصاعد الكهربائية حيث أنها تأخذ أماكن متعددة في المبنى وهذا بدوره يسهل الحركة الأفقية داخل الطوابق والحركة الرأسية بينها، وهذا ما يوضحه الشكلان (٢-١١) ، (٢-١٢).



الشكل (٢-١١): مقطع A-A.



الشكل (٢-١٢): مقطع B-B.

٢-٧وصف المداخل

يحتوي المشروع على مدخلين اساسيين، هما:-

١. المدخل الشرقي وهو المدخل الرئيس للكلية.
٢. المدخل الجنوبي وهو مدخل اخر للكلية.

٥

الفصـــــــــل الخامس

النتائج والتوصيات

٥ـ١ مقدمة .

٥ـ٢ النتائج.

٥ـ٣ التوصيات.

٥ـ١ مقدمة

في هذا المشروع تم الحصول على مخططات معمارية تفتقد إلى الكثير من الأمور، بعد دراسة جميع المتطلبات تم إعداد المخططات المعمارية والمخططات الإنشائية الشاملة لكلية الفنون والعمارة المقترح بناءها في مدينة الخليل.
وتم إعداد المخططات الانشائية بشكل مفصل ودقيق وواضح لتسهيل عملية البناء، ويقدم هذا التقرير شرحا لجميع خطوات التصميم المعمارية والانشائية للمبنى.

٥ـ٢ النتائج

١. يجب على كل طالب أو مصمم إنشائي أن يكون قادراً على التصميم بشكل يدوي حتى يستطيع إمتلاك الخبرة والمعرفة في إستخدام البرامج التصميمية المحوسبة.
٢. من العوامل التي يجب أخذها بعين الإعتبار، العوامل الطبيعية المحيطة بالمبنى وطبيعة الموقع وتأثير القوى الطبيعية على الموقع.
٣. من أهم خطوات التصميم الإنشائي، كيفية الربط بين العناصر الإنشائية المختلفة من خلال النظرة الشمولية للمبنىومن ثم تجزئة هذه العناصر لتصميمها بشكل منفرد ومعرفة كيفية التصميم، مع أخذ الظروف المحيطة بالمبنى بعين الإعتبار.
٤. القيمة الخاصة بقوة تحمل التربة هي $300KN/m^2$.
٥. لقد تم إستخدام نظام عقدات المفرغة(Ribbed Slab) في كثير من العقدات نظراً لطبيعة وشكل المنشأ، كما تم إستخدام نظام القداة المصمتة (Solid Slab) في مناطق بيت الدرج، نظراً لكونها أكثر فاعلية من عقدات الأعصاب في تحمل ومقاومة الأحمال المركزة.
٦.برامج الحاسوب المستخدمة:-
هناك عدة برامج حاسوب تم إستخدمها في هذا المشروع وهي:-

a. AUTOCAD (2007+2015) :- و ذلك لعمل الرسومات المفصلة للعناصر الإنشائية.
b. ATIR, SAFE2014, ETABS 2015:- للتحليل والتصميم الإنشائي للعناصر الإنشائية.
c. SAP 2000 :- للتحليل والتصميم الإنشائي للعناصر الإنشائية المكونة للمنشأ المعدني.
d. Microsoft Office XP:- تم إستخدامه في أجزاء مختلفة من المشروع مثل كتابة النصوص والتنسيق وإخراج المشروع، وإعداد الجداول المرافقة للتصميم.
e. Google SketchUp :- تم إستخدام هذا البرنامج لعمل عرض فيديو لمراحل البناء.

٧. الأحمال الحية المستخدمة في هذا المشروع كانت من كود الأحمال الأردني.
٨. من الصفات التي يجب أن يتصف بها المصمم، صفة الحس الهندسي التي يقوم من خلالها بتجاوز أية مشكلة ممكن أن تعترضه في المشروع وبشكل مقنع ومدروس.

٥ـ٢ التوصيات

لقد كان لهذا المشروع دور كبير في توسيع وتعميق فهمنا لطبيعة المشاريع الإنشائية بكل ما فيها من تفاصيل وتحاليل وتصاميم، حيث نود هنا ـ من خلال هذه التجربة ـ أن نقدم مجموعة من التوصيات، نأمل بأن تعود بالفائدة والنصح لمن يخطط لإختيار مشاريع ذات طابع إنشائي.

ففي البداية، يجب أن يتم تنسيق وتجهيز كافة المخططات المعمارية، بحيث يتم إختيار مواد البناء مع تحديد النظام الإنشائي للمبنى، ولابد في هذه المرحلة من توفر معلومات شاملة عن الموقع وتربته وقوة تحمل تربة الموقع، من خلال تقرير جيوتقني خاص بتلك المنطقة، بعد ذلك يتم تحديد مواقع الجدران الحاملة والأعمدة بالتوافق والتنسيق التام مع الفريق الهندسي المعماريويحاول المهندس الإنشائي في هذه المرحلة الحصول على أكبر قدر ممكن من الجدران الخرسانية المسلحة، بحيث تكون موزعة بشكل منتظم أو شبه منتظم في كافة أنحاء المبنى؛ ليتم إستخدامها فيما بعد في مقاومة أحمال الزلازل وغيرها من القوى الأفقية.

4

Chapter Four

Structural Analysis and Design

4-1 Introduction.

4-2 Design Method and Requirements.

4-3 Check of Minimum Thickness of Structural Member.

4-4 Design of Topping.

4-5 Design of One Way Rib Slab.

4-6 Design of One Way Solid Slab.

4-7 Design of Stair.

4.8 Design of Beam.

4.9 Design of Column.

4.10 Design of Shear Wall.

4.11 Design of Footing.

4-1 **Introduction**

Many structures are built of reinforced concrete: bridges, buildings, retaining walls, tunnelsand others.

Reinforced concrete is logical union of two materials: plain concrete, which possesses high compressive strength but little tensile strength, and steel bars embedded in the concrete, which can provide the needed strength in tension.

Plain concrete is made by mixing cement, fine aggregate, coarse aggregate, water, and frequently admixtures.

Understanding of reinforced concrete behavior is still far from complete, building codes and specifications that give design procedures are continually changing to reflect latest knowledge.

Structural concrete can be classified into:-

Lightweight concrete with unit weight from about 1350 to 1850 kg/m3.

Normal weight concrete with unit weight from about 1800 to 2400 kg/m3.

Heavyweight concrete with unit weight from about 3200 to 5600 kg/m3.

4-2 Design Method and Requirements

The design strength provided by a member is calculated in accordance with the requirements and assumptions of **ACI_code (318_08)**.

✓ Strength design method:-

In ultimate strength design method, the service loads are increased by factors to obtain the load at which failure is considered to be occurring.
This load called factored load or factored service load. The structure or structural element is then proportioned such that the strength is reached when factored load is acting. The computation of this strength takes into account the nonlinear stress-strain behavior of concrete.
The strength design method is expressed by the following,

Strength provided ≥ strength required to carry factored loads.

NOTE:-

The statically calculation and the key plans dependent on the architectural plans.

- Code:-

  ACI 2008
  UBC

- Material:-

  Concrete:-B300

  $fc' = 30\ N/mm^2\ (MPa)$ For circular section

  but for rectangular section ($fc' = 30 * 0.8 = 24 MPa$).

  Reinforcement steel:-

  The specified yield strength of the reinforcement {fy = 420 N/mm² (MPa)}.

✓ Factored loads:-

The factored loads for members in our project are determined by:-

$W_u = 1.2\ D_L + 1.6\ L_L$ **ACI-code-318-08(9.2.1)**

4.3 Checkof MinimumThicknessof Structural Member

Table4-1 :- MinimumThicknessofNonprestressed Beam or One-Way Slabs Unless Deflectionsare Calculated. **(ACI 318M-11)**.

	Minimumthickness (h)			
Member	Simply supported	One end continuous	Both end continuous	Cantilever
solid one way slabs	L/20	L/24	L/28	L/10
Beams or ribbed one way slabs	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Table (4.1): Checkof Minimum Thicknessof StructuralMember.

For Rib :-

$h_{min}$for(one end continuous)=L/18.5=5.32/18.5=29cm

$h_{min}$for(both end continuous)=L/21=5.07/21=24cm

$h_{min}$for(one end continuous)=L/8=4.77/18.5=26cm

Take h = 32 cm

24 cm block + 8 cm topping = 32cm

ForBeam :-

$h_{min}$for(one end continuous)=L/21=7/18.5=38cm

$h_{min}$for(one end continuous)=L/18.5=5.58/18.5=31cm

Take h = 60 cm

4.4 Design of Topping

✓ Statically System For Topping :-

Consider the topping as strip of (1m) width, and span of mold length with both end fixed in the ribs.

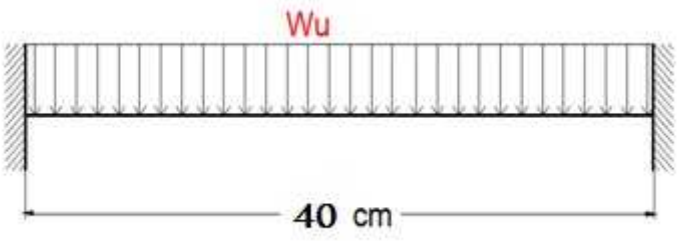


Fig 4.1: Topping Load.

✓ Load Calculations:-

Dead Load:-

No.	Parts of Rib	Calculation	
1	Tiles	0.03*23*1 = 0.69 KN/m	
2	Mortar	0.03*22*1 = 0.66 KN/m	
3	Coarse Sand	0.07*17*1 = 1.19 KN/m	
4	Topping	0.08*25*1 = 2.0 KN/m	
		Sum =	4.54 KN/m

Table (4.2): Dead Load Calculation of Topping.

Live Load :-

L_L =5 KN/m^2

L_L =5 KN/m^2×1m=5KN/m

Factored Load :-

W_U = 1.2 ×4.54 + 1.6×5 =13.45 KN/m

Check the strength condition for plain concrete, ø$M_n \geq M_u$, where ø = 0.55

$M_n = 0.42\ \lambda\ \sqrt{f'_c}\ S_m$ **(ACI 22.5.1, equation 22-2)**

øM_n =0.55×1×$\sqrt{24}$ ×1066666.67 ×10^{-6} =1.232 KN.m

$M_u = \frac{W_u L^2}{12} = 0.18$ KN. m (negative moment)

$M_u = \frac{W_u L^2}{24} = 0.089$ KN. m (positive moment)

øM_n>> M_u = 0.18 KN. m

No reinforcement is required by analysis. **According to ACI 10.5.4**, provide$A_{s,min}$for slabs as shrinkage and temperature reinforcement.

$\rho_{shrinkage}$= 0.0018 **ACI 7.12.2.1**

$A_s = \rho \times b \times h_{topping}$ =0.0018 ×1000×80 = 144 mm^2/m

Step (s) is the smallest of:

1. 3h = 3×80 =240 mm ***control*** **ACI 10.5.4**
2. 450mm.
3. S =380 $\frac{280}{f_s} - 2.5C_c = 380\ \frac{280}{\frac{2}{3}420} - 2.5\ .20 = 330$mm

S≤ 300 $\frac{280}{fs} = 300\ \frac{280}{\frac{2}{3}420} = 300mm$ **ACI 10.6.4**but

Take ø 8 @ 200 mm in both direction , S = 200 mm < S_{max} = 240 mm … OK

4.5 Design of One Way Rib Slab

Requirements For Ribbed Slab Floor According to *ACI- (318-08)* .

bw ≥ 10cm……**ACI(8.13.2)**

Select bw=14 cm

h ≤ 3.5*bw ……..…**ACI(8.13.2)**

Select h=35cm<3.5*14= 49 cm

tf ≥ Ln/12≥50mm ……..**ACI(8.13.6.1)**

Select tf=8cm

❖ **Material :-**

⇒ concrete B300 Fc' = 24 N/mm^2

⇒ Reinforcement Steel fy = 420 N/mm^2

❖ **Section :-**

⇒ B = 540 mm

⇒ Bw= 140 mm

⇒ h= 320 mm

⇒ t= 80 mm

⇒ d=320-20-10-12/2= 284 mm

✓ **Statically System and Dimensions:-**

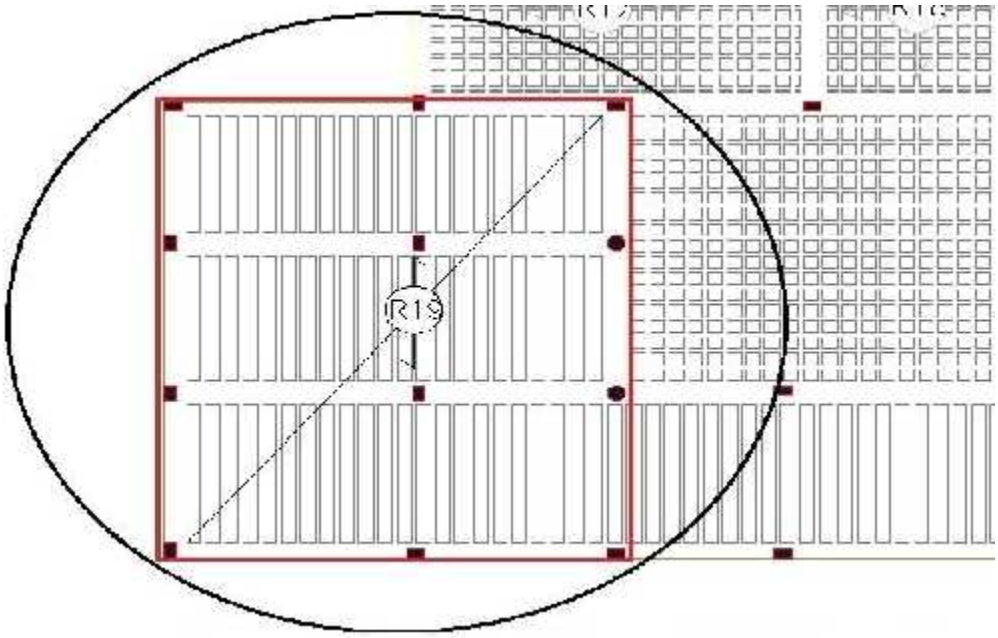


Fig 4.2: One Way Rib Slab (R 19).

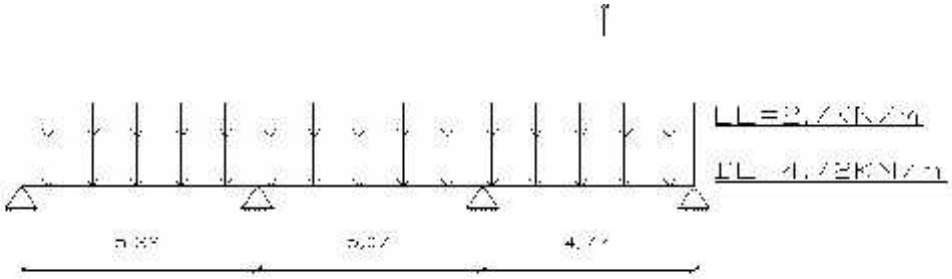
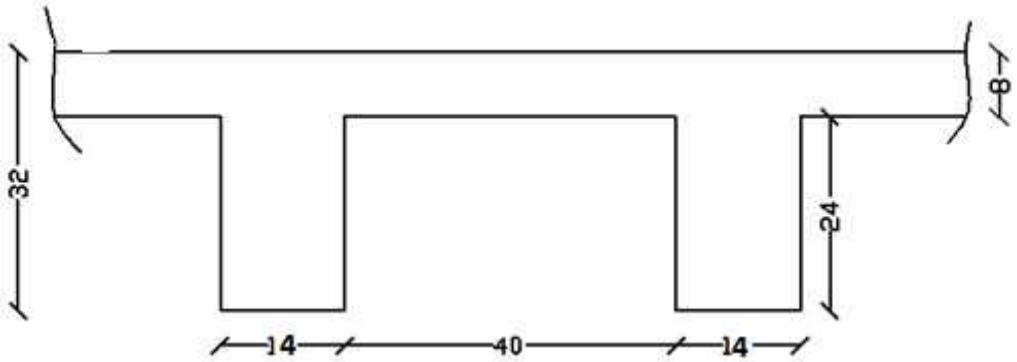


Fig 4.3: Statically System and Loads Distribution of Rib(R 19).



✓ Load Calculation:-

Dead Load:-

No.	Parts of Rib	Calculation
1	**Tiles**	0.03*23*0.54 = 0.373 KN/m/rib
2	**Mortar**	0.03*22*0.54 = 0.356 KN/m/rib
3	**Coarse Sand**	0.07*17*0.54 = 0.643 KN/m/rib
4	**Topping**	0.08*25*0.54 = 1.08 KN/m/rib
5	**RC. Rib**	0.27*25*0.14 = 0.95 KN/m/rib
6	**Hollow Block**	0.27*10*0.4 = 1.08 KN/m/rib
7	**plaster**	0.02*22*.54= 0.24/rib
		Sum = 4.72 KN/m/rib

Table(4-3): Dead Load Calculation of Rib(R 19).

Dead Load /rib = 4.72 KN/m

Live Load:-

Live load = 5 KN/M^2

Live load /rib = 5 KN/m^2 × 0.54m = 2.7 KN/m.

❖ Effective Flange Width (b_E):-**ACI-318-11 (8.10.2)**

b_E For T- section is the smallest of the following:-

b_E = L / 4 = 532/ 4 =133 cm

b_E = 12 + 16 t = 12 + 16 (8) = 140 cm

b_E = b_e ≤ center to center spacing between adjacent beams = 540 mm. ***Control***

b_E **For T-section = 54 cm .**

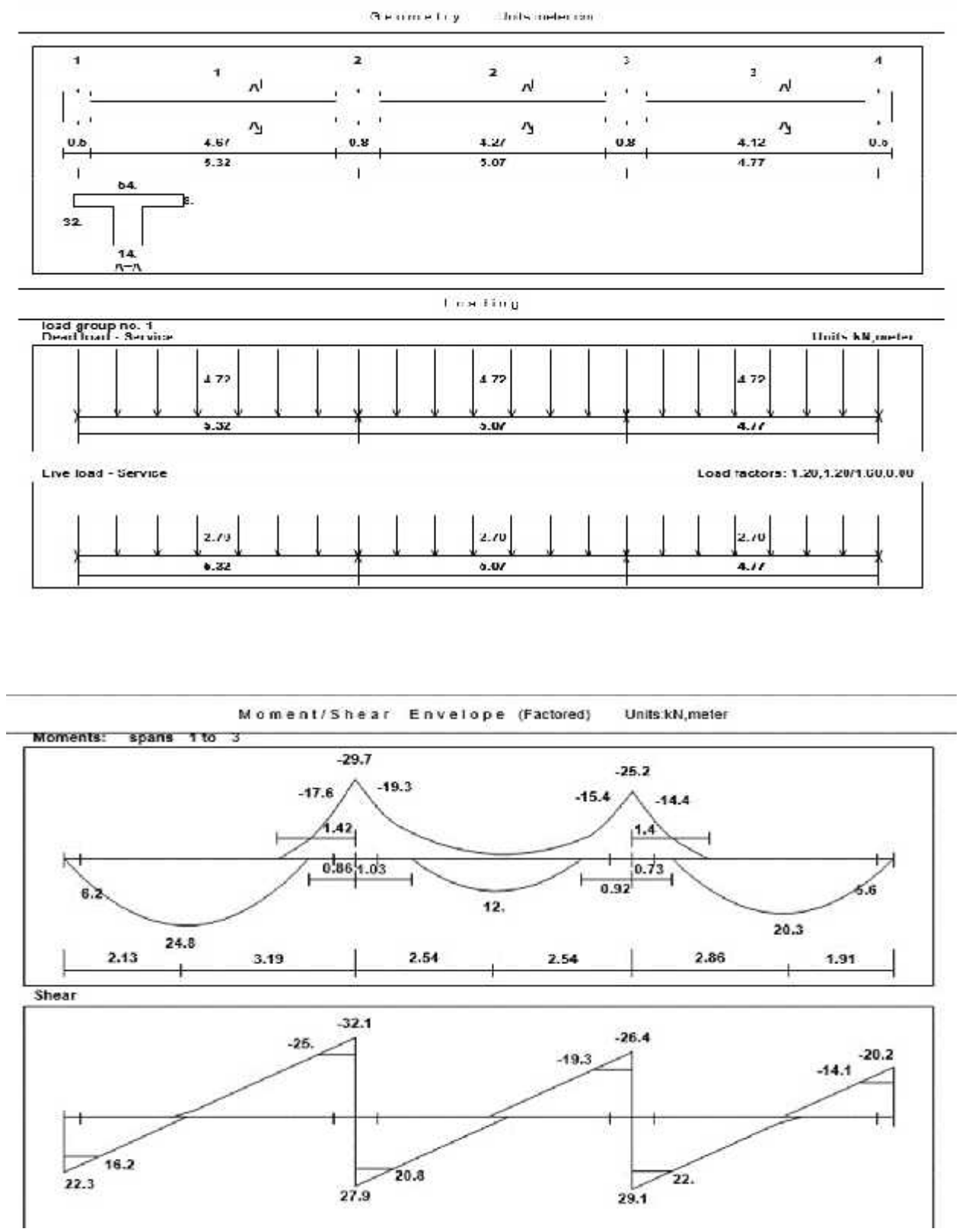


Fig 4.4: Shear and Moment Envelope Diagram of Rib (R 19).

Factored				
DeadR	12.07	32.99	30.04	10.77
LiveR	10.21	27.01	25.44	9.42
Max R	22.20	60.	55.48	20.19
Min R	11.06	43.02	39.76	9.56
Service				
DeadR	10.06	27.49	25.03	8.97
LiveR	6.33	16.88	15.9	5.89
Max R	16.44	44.37	40.93	14.86
Min R	9.43	33.76	31.11	8.22

✓ **Moment Design for (R 19):-**

4.5.1 Design of Positive Moment for(Rib 19):-(Mu=24.8 KN.m)

Assume bar diameter ø 12 for main positive reinforcement

d =h- cover - $d_{stirrups} - \frac{d_b}{2} = 320 - 20 - 10 - \frac{12}{2} = 284\ mm$

Check if a> h_f to determine whether the section will act as rectangular or T- section.

$M_{nf} = 0.85.\ f_c'.\ b_e.\ h_f.\ (d - \frac{h_f}{2})$

$= 0.85 \times 24 \times 540 \times 80 \times \left(284 - \frac{80}{2}\right) \times 10^{-6} = 215.03$ KN. m

M_{nf} $\frac{M_u}{\varphi} = \frac{24.8}{0.9} = 27.55$ KN.m , the section will be designed as rectangular section with b_e =540 mm.

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{24.8 \times 10^6}{0.9 \times 540 \times 284^2} = 0.632\ Mpa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{420}}\right) = \frac{1}{20.6}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20.6 \times 0.632}{420}}\right) = 0.00153$

$A_{s,req}$ = ρ.b.d = 0.00153 ×540×284 = 234.64 mm^2

Check for As min:-

$$A_s\ min = \frac{\sqrt{fc'}}{4(fy)}(bw)(d)$$ **ACI-318 (10.5.1)**

$$A_s\ min = \frac{\sqrt{24}}{4(420)}(140)(284) = 115.94 mm^2$$

$$A_s\ min = \frac{1.4}{(fy)}(bw)(d)$$

$$A_s\ min = \frac{1.4}{420}(140)(284) = 132.53 mm^2$$ **controls**

As_{req}= 234.64mm^2 >As_{min}= 132.53 mm^2 **OK**

Use 2 ø 14 , $A_{s,provided}$ = 307.87 mm^2> $A_{s,required}$ = 234.64 mm^2 …. Ok

$$S = \frac{140-40-20-(2\times14)}{1} = 52\ mm > d_b = 14 > 25\ mm$$ ***OK***

Check for strain:-

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{307.87\times420}{0.85\times540\times24} = 11.73\ mm$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11.73}{0.85} = 13.8\ mm$$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{284\ -13.8}{13.8} = 0.0587 > 0.005$$ ***0k***

4.5.2 Design of Positive Moment for(Rib19):- (Mu=12KN.m)

d =h- cover - $d_{stirrups} - \frac{d_b}{2} = 350 - 20 - 10 - \frac{12}{2} = 284\ mm$

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{12\times10^6}{0.9\times540\times284^2} = 0.30\ Mpa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{420}}\right) = \frac{1}{20.6}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\times20.6\times0.30}{420}}\right) = 0.000719$

$A_{s,req}$ = ρ.b.d = 0.000719×540×284 = 110.26 mm^2

Check for As min:-

$A_s\ min = \frac{\sqrt{fc'}}{4(fy)}(bw)(d)$ **ACI-318 (10.5.1)**

$A_s\ min = \frac{\sqrt{24}}{4(420)}(140)(284) = 115.94 mm^2$

$A_s\ min = \frac{1.4}{(fy)}(bw)(d)$

$A_s\ min = \frac{1.4}{420}(140)(284) = 132.53 mm^2$ **controls**

$A_{s,required}$= 110.26 mm^2.

Use 2 ø 10 , $A_{s,provided}$ = 157.08 mm^2> $A_{s,required}$ = 110.26 mm^2… Ok

$S = \frac{140-40-20-(2\times10)}{1} = 60\ mm > d_b = 10 > 25\ mm$ **OK**

Check for strain:-

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{157\times420}{0.85\times540\times24} = 5.98\ mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5.98}{0.85} = 7mm$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{284-7}{7} = 0.118 > 0.005 \qquad \textbf{0k}$$

4.5.3 Design of Positive Moment for(Rib19):- (Mu=20.3 KN.m)

Assume bar diameter ø 12 for main positive reinforcement

d =h- cover - $d_{stirrups} - \frac{d_b}{2} = 320 - 20 - 10 - \frac{12}{2} = 284\ mm$

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{20.3\times10^6}{0.9\times540\times284^2} = 0.517\ Mpa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{420}} = \frac{1}{20.6}\ 1 - \sqrt{1 - \frac{2\times20.6\times0.517}{420}} = 0.00125$

$A_{s,req}$ = ρ.b.d = 0.00125 ×540×284 = 191.7 mm^2

Check for As min:-

$$A_s\ \min = \frac{\sqrt{fc'}}{4(fy)}(bw)(d)\ \textbf{ACI-318 (10.5.1)}$$

$$A_s\ \min = \frac{\sqrt{24}}{4(420)}(140)(284) = 115.94 mm^2$$

$$A_s\ \min = \frac{1.4}{(fy)}(bw)(d)$$

$$A_s\ \min = \frac{1.4}{420}(140)(284) = 132.53 mm^2\ \textbf{controls}$$

As_{req}= 191.7mm^2 >As_{min}= 132.53 mm^2**OK**

Use 2 ø 12 , $A_{s,provided}$ = 226.19 mm^2> $A_{s,required}$ = 191.7 mm^2… Ok

$S = \frac{140-40-20-(2\times12)}{1} = 56\ mm > d_b = 12 > 25\ mm$ ***OK***

Check for strain:-

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{226.19 \times 420}{0.85 \times 540 \times 24} = 8.62\ mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{8.62}{0.85} = 10.14\ mm$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{284-10.14}{10.14} = 0.0789 > 0.005 \qquad \textbf{0k}$$

4.5.4Design of Negative Moment for(Rib19):- (Mu=-19.3 KN.m)

Assume bar diameter ø 12 for main positive reinforcement

$d = h - \text{cover} - d_{stirrups} - \frac{d_b}{2} = 320 - 20 - 10 - \frac{12}{2} = 284\ mm$

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{19.3 \times 10^6}{0.9 \times 140 \times 284^2} = 1.9\ Mpa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{420}} = \frac{1}{20.6}\ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20.6 \times 1.9}{420}} = 0.00475$

$A_{s,req} = \rho.b.d = 0.00475 \times 140 \times 284 = 188.86\ mm^2$

Check for As min:-

$$A_s\ \min = \frac{\sqrt{fc'}}{4(fy)}(bw)(d)\ \textbf{ACI-318 (10.5.1)}$$

$$A_s\ \min = \frac{\sqrt{24}}{4(420)}(140)(284) = 115.94 mm^2$$

$$A_s\ \min = \frac{1.4}{(fy)}(bw)(d)$$

$A_{s\,min} = \frac{1.4}{420}(140)(284) = 132.53 mm^2$ **controls**

As_{req} = 188.86mm^2 >As_{min}= 132.53 mm^2**OK**

Use 2 ø 12 , $A_{s,provided}$ = 226.19 mm^2> $A_{s,required}$ = 188.86 mm^2… Ok

$S = \frac{140-40-20-(2\times12)}{1} = 56\ mm > d_b = 10 > 25\ mm$ ***OK***

Check for strain:-

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{226.19\times420}{0.85\times140\times24} = 33.26\ mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{33.26}{0.85} = 39.13\ mm$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{284-39.13}{39.13} = 0.0187 > 0.005 \qquad \textbf{0}k$$

4.5.5Design of Negative Moment for(Rib19):- (Mu=-15.4 KN.m)

Assume bar diameter ø 12 for main positive reinforcement

d =h- cover - $d_{stirrups} - \frac{d_b}{2} = 320 - 20 - 10 - \frac{12}{2} = 284\ mm$

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{15.4\times10^6}{0.9\times140\times284^2} = 1.51\ Mpa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{420}}\right) = \frac{1}{20.6}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\times20.6\times1.51}{420}}\right) = 0.00374$

$A_{s,req}$ = ρ.b.d = 0.00374 ×140×284 = 148.7 mm^2

Check for As min:-

$$A_s\ min = \frac{\sqrt{fc'}}{4(fy)}(bw)(d)$$ **ACI-318 (10.5.1)**

$$A_s\ min = \frac{\sqrt{24}}{4(420)}(140)(284) = 115.94 m^2$$

$$A_s\ min = \frac{1.4}{(fy)}(bw)(d)$$

$$A_s\ min = \frac{1.4}{420}(140)(284) = 132.53 mm^2$$ **controls**

As_{req} = 148.7 mm^2 >As_{min}= 132.53 mm^2 **OK**

Take

Use 2 ø10 , $A_{s,provided}$ = 157.079 mm^2> $A_{s,required}$ = 1148.7mm^2… Ok

$$S = \frac{140-40-20-(2\times10)}{1} = 60\ mm > d_b = 10 > 25\ mm \qquad \boldsymbol{OK}$$

Check for strain:-

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{157.079\times420}{0.85\times140\times24} = 23.1\ mm$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{23.1}{0.85} = 27.18\ mm$$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{284-27.18}{27.18} = 0.0283 > 0.005 \qquad \boldsymbol{0k}$$

✓ Shear Design for (R 19):-

V_u at distance d from support= 25 KN

Shear strength V_c, provided by concrete for the joists may be taken 10% greater than for beams. This is mainly due to the interaction between the slab and closely spaced ribs. **(ACI, 8.13.8).**

$V_c = \frac{1.1}{6} \lambda \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{1.1}{6}\sqrt{24} \times 140 \times 284 \times 10^{-3} = 35.71\ KN$

ø V_c =0.75×35.71 =26.78 KN

0.5 ø V_c =0.5×26.78 =13.39 KN

0.5 ø V_c< V_u< ø V_c

for shear design, minimum shear reinforcement is required ($A_{v,min}$), exception for Ribbed slab No shear Reinforcement.

Use stirrups U-shape as montage (2 leg stirrups) ø 8 @ 150 mm , A_v = 2 × 50.24 = 100.5 mm^2

$Av_{min} = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{fyt} \geq \frac{1}{3} \frac{b_w s}{fyt}$

Av_{min} =100.5 $= \frac{1}{16}\sqrt{24} \frac{140s}{420} \rightarrow s = 0.98m$

$100.5 = \frac{1}{3} \frac{140s}{420} \rightarrow s = 0.905m$

S max $\rightarrow \frac{d}{2} = 157mm$

S max $\rightarrow \leq 600mm$

Take (2 leg stirrups) ø 8 @ 150 mm

$A_v = \frac{2*50.3}{0.15} = 670.67\ mm^2/m_{strip}$

4.6 Design of One Way Solid Slab

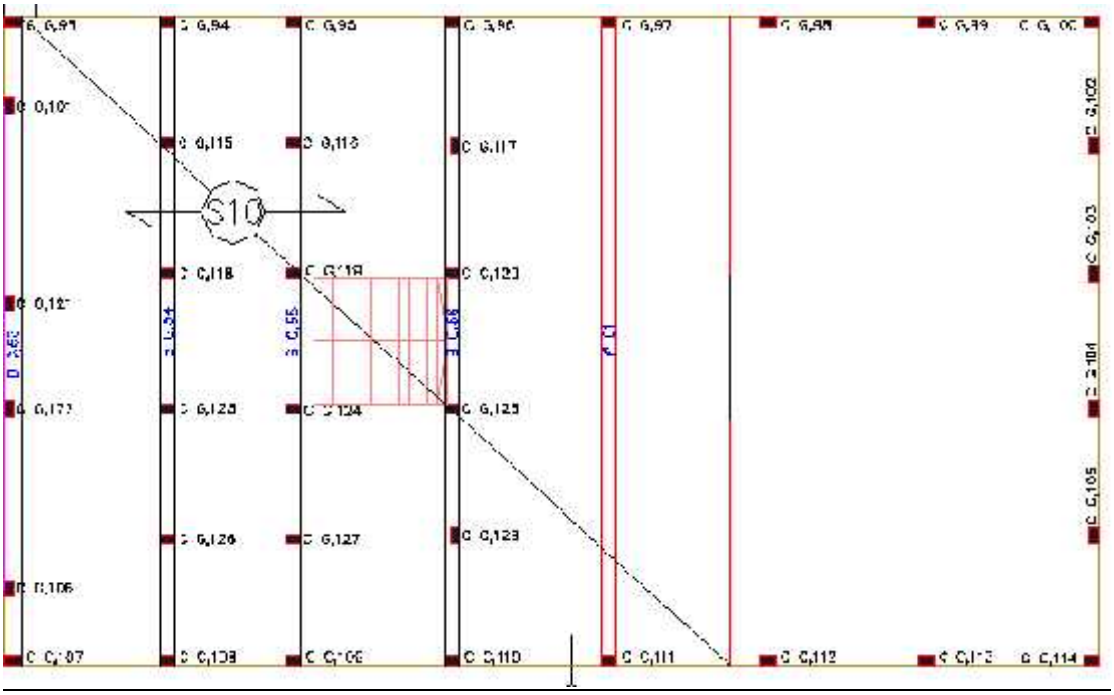


Fig 4.5 : One Way Solid Slab(S 10).

❖ **Material:-**

⇒ concrete B300 $Fc' = 24\ N/mm^2$

⇒ Reinforcement Steel $Fy = 420\ N/mm^2$

✓ **Slab Thickness Calculation:-**

The overall depth must satisfy ACI Table (9.5.a):

Min h (deflection requirement) :-

-For One end continous:-

$$\frac{L}{24} = \frac{4.9}{24} = 0.204\,m$$

For One way solid slab, will use thickness of slab 20 cm.

✓ Load Calculation:-

For the one-way solid slabs, the total dead load to be used in the analysis and design is calculated as follows:-

-Load Calculation For the Horizontal Slab:- (For one Meter Strip)

#	material	calculation
1	Tiles	0.03*23=0.69
2	mortar	0.03*22=0.66
3	Coarse sand	.07*17=1.19
4	RC concrete	0.2*25=5
5	Plaster	0.02*22=0.44
	Sum	7.98

Table (4.4): Dead Load Calculation of Horizontal Solid Slab.

Live load = 5 Kn/m

-Load Calculation For the Inclined Solid Slab:- (For one Meter Strip)

$\theta = \tan^{-1}(1.7 / 6.5) = 14.7^{o}$

flight = 0.2*25/cos14.7=5.17

plaster = .02*22/cos14.7=0.45

horizontalmorter = 0.03*22=0.66

horizontal tiles =0.03*23=0.69

verticalmorter =0.03*22*0.3/1.2 = 0.165

vertical tile=0.03*23*0.3/1.2 = 0.17

triangle = 0.5*0.3*25= 3.8

DL = 11.1 KN\m

LL = 5 KN\m

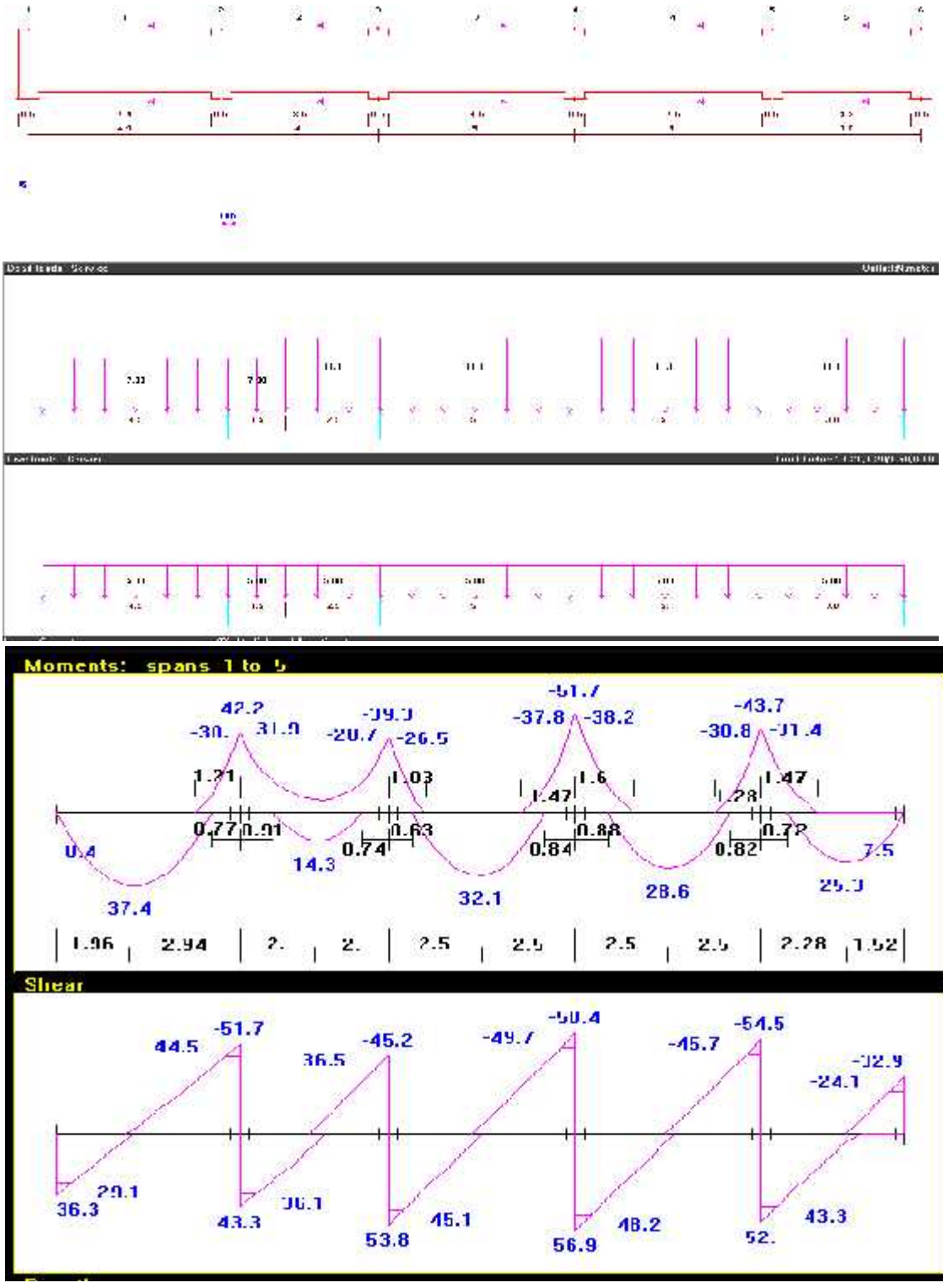


Fig 4.6: Shear and Moment Envelope Diagram of Solid Slab (S 10).

Reactions

Factored

DeadR 19.	50.24	56.82	69.33	64.41	18.6
LiveR 17.3	44.72	42.17	46.03	42.07	14.26
Max R36.31	94.96	90.99	115.36	106.40	32.86
Min R 17.68	63.01	66.36	87.51	79.38	15.51
Service					
DeadR15.84	41.86	47.35	57.77	53.68	15.5
LiveR 10.02	27.95	26.35	20.77	26.29	0.91
Max R26.65	69.81	73.71	86.54	79.97	24.41
Min R 15.01	49.85	53.32	69.14	63.03	13.57

✓ Moment Design for (S 10):-

Spacing Between Bars Is the Smallest of:-

$\leq 380\left(\frac{280}{fs}\right) - 2.5 * C$

$\leq 380 * \left(\frac{280}{\frac{2}{3}f_y}\right) - 2.5 * 20 = 380 * \left(\frac{280}{\frac{2}{3} * 420}\right) - 2.5 * 20 = 330mm$

$\leq 300\left(\frac{280}{fs}\right) = 300 * \left(\frac{280}{\frac{2}{3}f_y}\right) = 300 * \left(\frac{280}{\frac{2}{3} * 420}\right) = 300$ mm (control)

$\leq 3 * h = 3 * 200 = 600$ m

≤ 450 mm.

4.6.1 Design of Positive Moment for (S 10):-(Mu=37.4KN.m)

Assume bar diameter Φ14 for main reinforcement

$m = \frac{fy}{0.85 * fc'} = \frac{420}{0.85 * 24} = 20.59$

$Rn = \frac{Mu \quad / ¤}{b * d^2}$

Rn = $\frac{37.4 * 10^{6} / 0.9}{1000 * (173)^{2}}$ = 1.39 N/mm² (Mpa)

$\rho = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2m * Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1 - \sqrt{1 - \frac{2(20.59)(1.39)}{420}}) = 0.00343$

As=ρ * b * d = 0.00343* 100 *17.3= 5.93 cm²

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018 * 100 * 20 = 3.6cm^2$

$As_{req} = 5.93cm^2 > As_{min} = 3.6cm^2$ **OK**

Use ø 12/18cm ,$A_{s,provided} = 6.28cm^2 > A_{s,required} = 5.93cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$628 * 420 = 0.85 * 24 * 1000 * a$

$a = 12.9mm$

$c = \frac{a}{1} = \frac{12.9}{0.85} = 15.2mm$

$£_s = \frac{173 - 15.2}{15.2} * 0.003$

$£_s = 0.031 > 0.005 \longrightarrow ok$

4.6.2 Design of Positive Moment for (S10):-(Mu=14.3KN.m)

m = $\frac{fy}{0.85 * fc'} = \frac{420}{0.85 * 24}$ = 20.59

Rn = $\frac{Mu \quad / ¤}{b * d^{2}}$

Rn = $\frac{14.3*10^{6}/0.9}{1000*(173)^{2}}$ = 0.53 N/mm² (Mpa)

$\rho = \frac{1}{m}(1-\sqrt{1-\frac{2m*Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1-\sqrt{1-\frac{2(20.59)(0.53)}{420}}) = 0.00128$

As=ρ * b * d = 0.00128* 100 *17.3= 2.2 cm²

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018*100*20 = 3.6cm^2$

$As_{req} = 2.2cm^2 < As_{min} = 3.6cm^2$ **NOT OK**

Use ø 10/20cm ,$A_{s,provided} = 3.6cm^2 \geq A_{s,required} = 3.6cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$360*420 = 0.85*24*1000*a$

$a = 7.4mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7.4}{0.85} = 8.7mm$

$\varepsilon_s = \frac{173-8.7}{8.7}*0.003$

$\varepsilon_s = 0.0566 > 0.005 \longrightarrow ok$

4.6.3 Design of Positive Moment for (S10):-(Mu=32.1KN.m)

m = $\frac{fy}{0.85*fc'} = \frac{420}{0.85*24}$ = 20.59

Rn = $\frac{Mu/\phi}{b*d^{2}}$

Rn = $\frac{32.1*10^{6}/0.9}{1000*(173)^{2}}$ = 1.19 N/mm² (Mpa)

$\rho = \frac{1}{m}(1-\sqrt{1-\frac{2m*Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1-\sqrt{1-\frac{2(20.59)(1.19)}{420}}) = 0.0029$

As=ρ * b * d = 0.0029* 100 *17.3= 5.05 cm²

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018*100*20 = 3.6cm^2$

$As_{req} = 5.05cm^2 > As_{min} = 3.6cm^2$ **OK**

Use ø 10/15cm ,$A_{s,provided} = 5.23cm^2 > A_{s,required} = 5.05cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$523*420 = 0.85*24*1000*a$

$a = 12.9mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10.8}{0.85} = 12.7mm$

$\varepsilon_s = \frac{173-12.7}{12.7}*0.003$

$\varepsilon_s = 0.038 > 0.005 \longrightarrow ok$

4.6.4 Design of Positive Moment for (S10):-(Mu=28.6KN.m)

m = $\frac{fy}{0.85*fc'} = \frac{420}{0.85*24}$ = 20.59

Rn = $\frac{Mu/\phi}{b*d^{2}}$

Rn = $\frac{28.6 * 10^{6} / 0.9}{1000 * (173)^2}$ = 1.06N/mm² (Mpa)

$\rho = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2m * Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1 - \sqrt{1 - \frac{2(20.59)(1.06)}{420}}) = 0.0026$

As=ρ * b * d = 0.0026* 100 *17.3= 4.5 cm²

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018 * 100 * 20 = 3.6cm^2$

$As_{req} = 4.5cm^2 > As_{min} = 3.6cm^2$ **OK**

Use ø 10/15cm ,$A_{s,provided} = 5.23cm^2 > A_{s,required} = 4.5cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$523 * 420 = 0.85 * 24 * 1000 * a$

$a = 12.9mm$

$c = \frac{a}{1} = \frac{10.8}{0.85} = 12.7mm$

$\varepsilon_s = \frac{173 - 12.7}{12.7} * 0.003$

$\varepsilon_s = 0.038 > 0.005 \longrightarrow ok$

4.6.5 Design of Positive Moment for (S10):-(Mu=25.3KN.m)

m = $\frac{fy}{0.85 * fc'}$ = $\frac{420}{0.85 * 24}$ = 20.59

Rn = $\frac{Mu \quad / \phi}{b * d^2}$

Rn = $\frac{25.3*10^{6}/0.9}{1000*(173)^{2}}$ = 0.94N/mm² (Mpa)

$\rho = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2m*Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1 - \sqrt{1 - \frac{2(20.59)(0.94)}{420}}) = 0.0023$

As=ρ * b * d = 0.0023* 100 *17.3= 3.98 cm²

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018 * 100 * 20 = 3.6cm^2$

$As_{req} = 3.98cm^2 > As_{min} = 3.6cm^2$ **OK**

Use ø 10/15cm ,$A_{s,provided} = 5.23cm^2 > A_{s,required} = 3.98cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$393 * 420 = 0.85 * 24 * 1000 * a$

$a = 8.1mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{8.1}{0.85} = 9.5mm$

$\varepsilon_s = \frac{173 - 9.5}{9.5} * 0.003$

$\varepsilon_s = 0.052 > 0.005 \longrightarrow ok$

4.6.6 Design of Negative Moment for(S 10):- (Mu=-31.9KN.m)

m = $\frac{fy}{0.85 * fc'} = \frac{420}{0.85 * 24} = 20.59$

Rn = $\frac{Mu}{b * d^{2}}$

$Rn = \frac{31.9 * 10^{6} / 0.9}{1000 * (173)^2} = 1.18\ N/mm^2\ (Mpa)$

$\rho = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2m * Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1 - \sqrt{1 - \frac{2(20.59)(1.18)}{420}}) = 0.0029$

$As = \rho * b * d = 0.0029 * 100 * 17.3 = 5\ cm^2$

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018 * 100 * 20 = 3.6 cm^2$

$As_{req} = 5cm^2 > As_{min} = 3.6cm^2$ **OK**

Use ø 12/20cm ,$A_{s,provided} = 5.65cm^2 > A_{s,required} = 5cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$565 * 420 = 0.85 * 24 * 1000 * a$

$a = 11.6mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11.6}{0.85} = 13.7mm$

$\varepsilon_s = \frac{173 - 13.7}{13.7} * 0.003$

$\varepsilon_s = 0.03 > 0.005 \longrightarrow ok$

4.6.7 Design of Negative Moment for(S 10):- (Mu=-28.7KN.m)

$m = \frac{fy}{0.85 * fc'} = \frac{420}{0.85 * 24} = 20.59$

$Rn = \frac{Mu / \phi}{b * d^2}$

Rn = $\frac{28.7 * 10^{6} / 0.9}{1000 * (173)^{2}}$ = 1.06N/mm² (Mpa)

$\rho = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2m * Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1 - \sqrt{1 - \frac{2(20.59)(1.06)}{420}}) = 0.0026$

As=ρ * b * d = 0.0026* 100 *17.3= 4.5 cm²

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018 * 100 * 20 = 3.6cm^2$

$As_{req} = 4.5cm^2 > As_{min} = 3.6cm^2$ **OK**

Use ø 10/15cm ,$A_{s,provided} = 5.23cm^2 > A_{s,required} = 4.5cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$523 * 420 = 0.85 * 24 * 1000 * a$

$a = 12.9mm$

$c = \frac{a}{1} = \frac{10.8}{0.85} = 12.7mm$

$\varepsilon_s = \frac{173 - 12.7}{12.7} * 0.003$

$\varepsilon_s = 0.038 > 0.005 \longrightarrow ok$

4.6.8 Design of Negative Moment for(S 10):- (Mu=-38.2KN.m)

m = $\frac{fy}{0.85 * fc'}$ = $\frac{420}{0.85 * 24}$ = 20.59

Rn = $\frac{Mu \quad / \phi}{b * d^{2}}$

Rn = $\frac{38.2 * 10^{6} / 0.9}{1000 * (173)^2}$ = 1.4 N/mm² (Mpa)

$\rho = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2m * Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1 - \sqrt{1 - \frac{2(20.59)(1.4)}{420}}) = 0.00346$

As=ρ * b * d = 0.00346* 100 *17.3= 6 cm²

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018 * 100 * 20 = 3.6cm^2$

$As_{req} = 6cm^2 > As_{min} = 3.6cm^2$ **OK**

Use ø 12/18cm ,$A_{s,provided} = 6.28cm^2 > A_{s,required} = 6cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$628 * 420 = 0.85 * 24 * 1000 * a$

$a = 12.9mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{12.9}{0.85} = 15.2mm$

$\varepsilon_s = \frac{173 - 15.2}{15.2} * 0.003$

$\varepsilon_s = 0.031 > 0.005 \longrightarrow ok$

4.6.9 Design of Negative Moment for(S 10):- (Mu=-31.4KN.m)

m = $\frac{fy}{0.85 * fc'}$ = $\frac{420}{0.85 * 24}$ = 20.59

Rn = $\frac{Mu / \phi}{b * d^2}$

Rn = $\frac{31.4 * 10^{6} / 0.9}{1000 * (173)^2}$ = 1.14 N/mm² (Mpa)

$\rho = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2m * Rn}{fy}})$

$\rho = \frac{1}{20.59}(1 - \sqrt{1 - \frac{2(20.59)(1.14)}{420}}) = 0.0028$

As=ρ * b * d = 0.0028* 100 *17.3= 4.84 cm²

Check for As min:-

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018 * 100 * 20 = 3.6cm^2$

$As_{req} = 5cm^2 > As_{min} = 4.84cm^2$ **OK**

Use ø 12/20cm ,$A_{s,provided} = 5.65cm^2 > A_{s,required} = 4.84cm^2$ …. Ok

Check for strain:-

Tension = Compression

$A_s * fy = 0.85 * fc' * b * a$

$565 * 420 = 0.85 * 24 * 1000 * a$

$a = 11.6mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11.6}{0.85} = 13.7mm$

$\varepsilon_s = \frac{173 - 13.7}{13.7} * 0.003$

$\varepsilon_s = 0.03 > 0.005 \longrightarrow ok$

Shrinkage and Temperature:-

$\rightarrow \rho = 0.0018$

$As_{min} = \rho_{min} * b * h = 0.0018 * 100 * 200 = 3.6mm^2$ (control)

Use Φ10 @ 200 mm

✓ Shear Design for (S 10):-

Check for Wether Thickness Is Adequate For Shear:-

$V_{u,\max}$ = 49.7 KN/ 1m strip

d = h – 20 – db = 200 – 20 – (14 /2) = 173 mm

ΦVc= $\frac{1}{6} * \Phi * \sqrt{fc'} * bw * d$

= $\frac{1}{6} * 0.75 * \sqrt{24} * 1000 * 173$ = 106 KN / 1 m strip

ΦVc= 106 KN > $V_{u,\max}$ = 49.7 KN/ 1m strip

The thickness of the slab is adequate enough.

4.7 Design of Stair

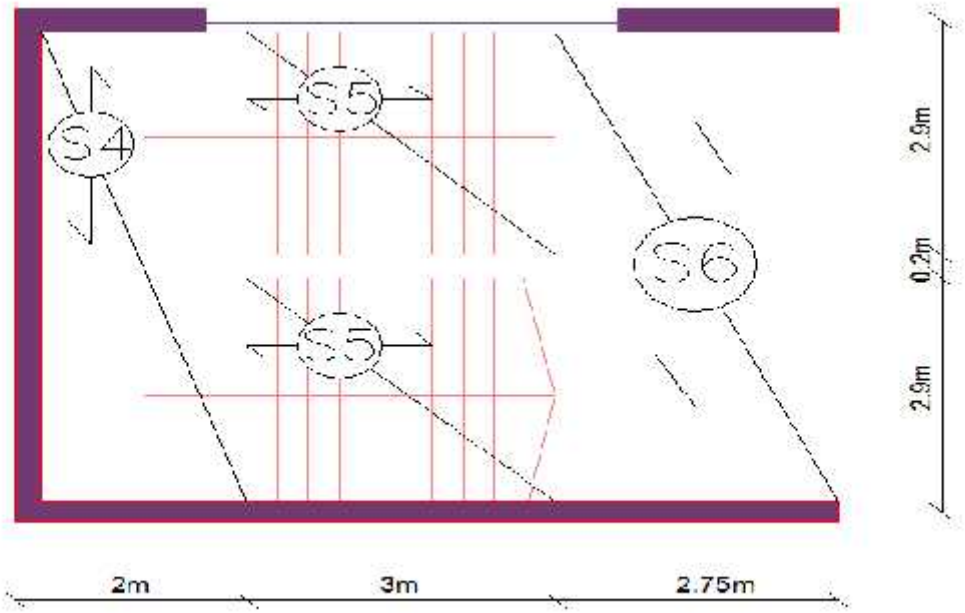


Fig 4.7:Stair Plan.

❖ **Material :-**

⇒ concrete B300 $Fc' = 24\ N/mm^2$

⇒ Reinforcement Steel $Fy = 420\ N/mm^2$

1- Design of Flight :-

✓ **Determination of Thickness:-**

$h_{min} = L/20$

$h_{min} = 3.8/20 = 19\ cm$

Take h = 30 cm

The Stair Slope by $\theta = \tan^{-1}(18.2 / 30) = 31.24^{o}$

✓ Load Calculation:-

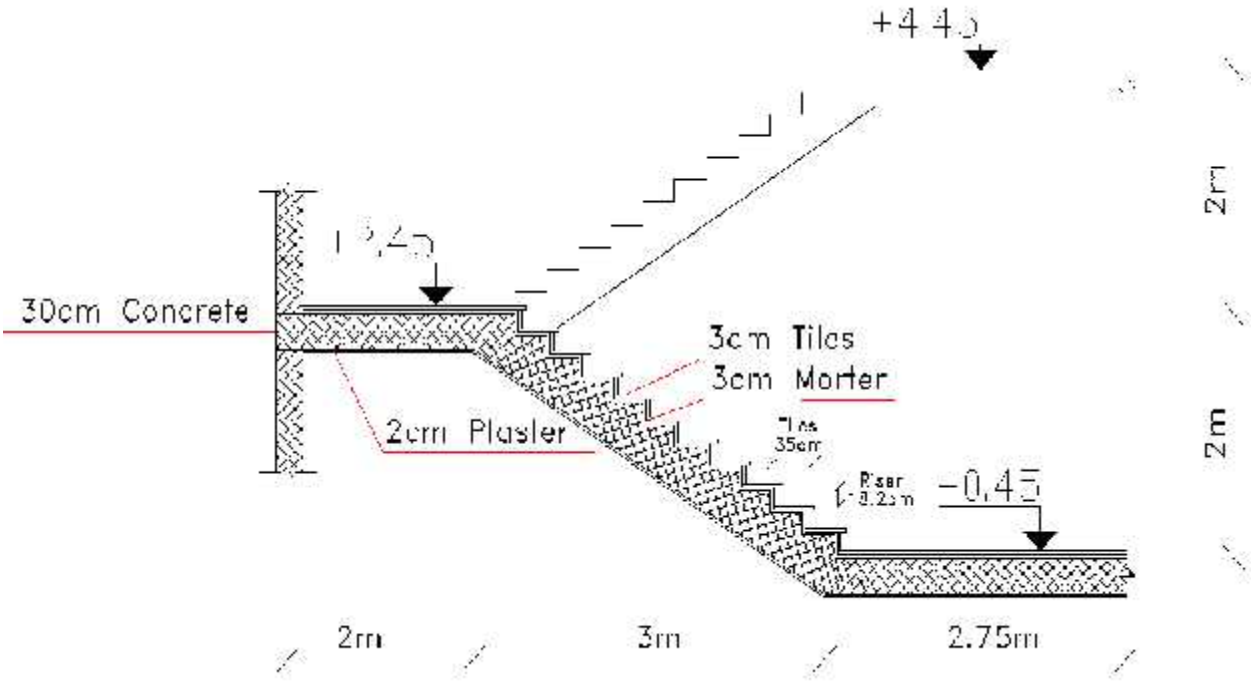


Fig 4.8:Stair Section.

Dead LoadFor Flight For 1m Strip:-

No.	Parts of Flight	Calculation	
1	Tiles	23*0.03*1*(0.35+0.182/0.3) = 1.22Kn/m	
2	Mortar	22*0.03*1*(0.3+0.182/0.3) = 1.06Kn/m	
3	Stair	25*0.5*0.182*1 = 2.28Kn/m	
4	R.C	25*0.3*1 / cos31.24^{o} = 8.77Kn/m	
5	Plaster	22*0.02*1 / cos31.24^{o} = 0.51Kn/m	
		Sum	13.84 Kn/m

Table (4.5): Dead Load Calculation ofFlight.

LiveLoadFor Landing For 1m Strip = 5*1 = 5 Kn/m

FactoredLoad For Flight :-

W_U = 1.2 ×13.84 + 1.6×5 = 24.608Kn/m

✓ System of Flight:-

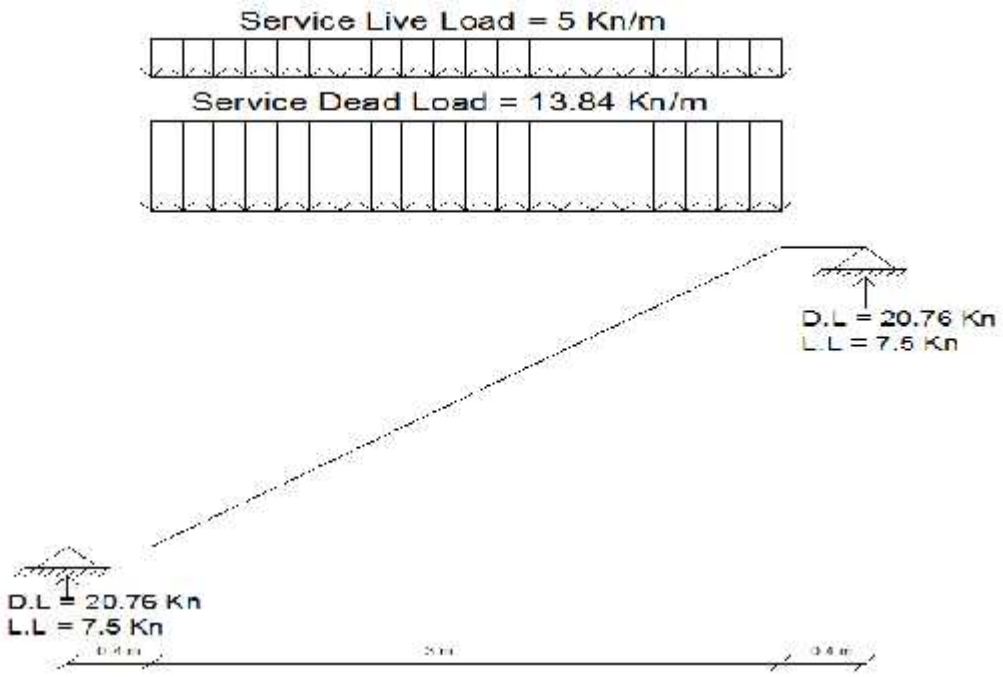
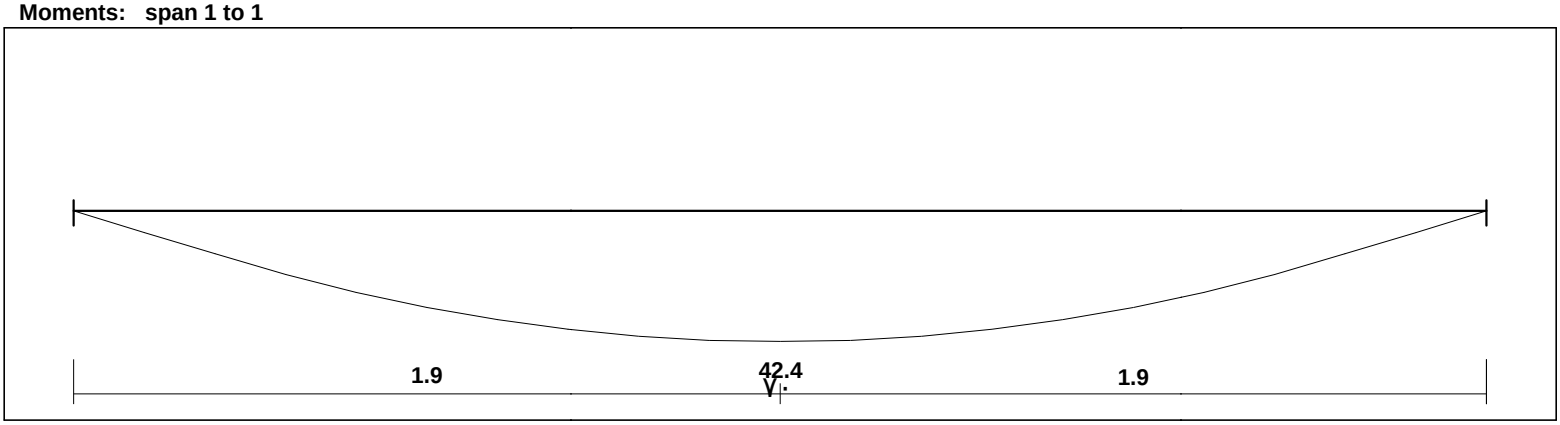


Fig 4.9: Statically System and Loads Distribution of Flight.

Moment / Shear Envelope (Factored) Units:kN,meter

Moments: span 1 to 1



Shear

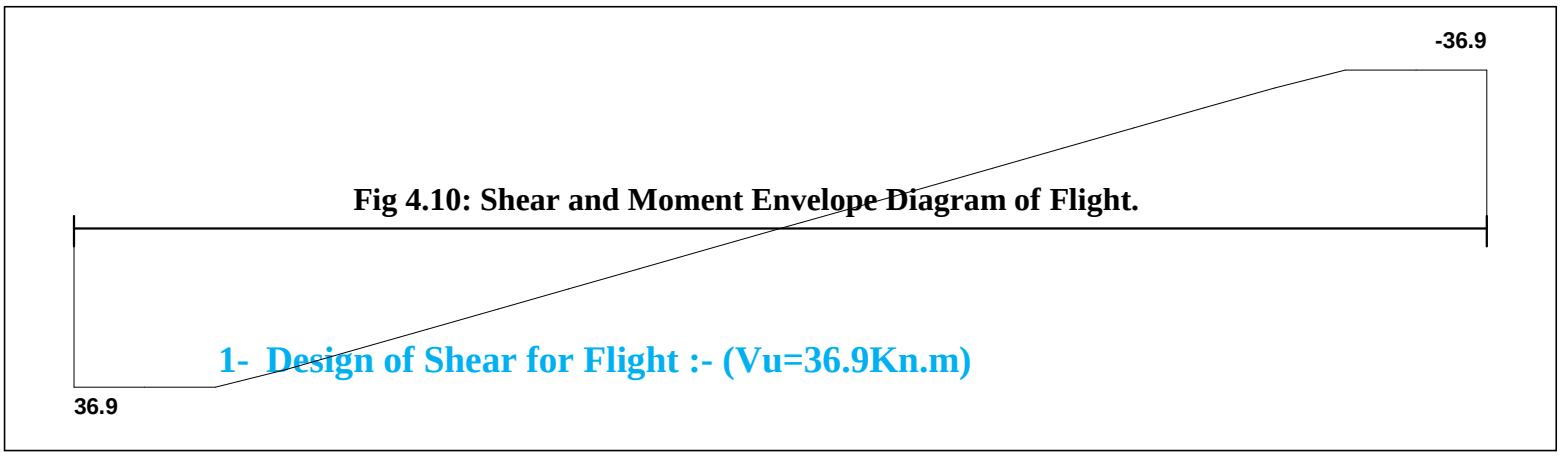


Fig 4.10: Shear and Moment Envelope Diagram of Flight.

1- Design of Shear for Flight :- (Vu=36.9Kn.m)

Assume bar diameter ø 14 for main reinforcement

d =h- cover $-\frac{d_b}{2} = 300 - 20 - \frac{14}{2} = 273\ mm$

$V_c = \frac{1}{6}\ \overline{fc'}b_w\ d = = \ \frac{1}{6}\sqrt{24} * 1000 * 273 = 222.9$ Kn

$\Phi\ V_c = 0.75 * 222.9 = 167.18$ KN > Vu = 36.9 Kn**…… No shear reinforcement are required**

2- Design of Bending Moment for Flight :- (Mu=42.4Kn.m)

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{42.4\times10^6}{0.9\times1000\times273^2} = 0.63\ Mpa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\ 1 - \ \overline{1 - \frac{2.m.R_n}{420}} \ = \frac{1}{20.6}\ 1 - \ \overline{1 - \frac{2\times20.6\times0.63}{420}} \ = 0.00153$

$A_{s,req} = \rho.b.d = 0.00153 \times1000\times273 = 417.45\ mm^2$

$A_{s,min}$= 0.0018*1000*300 = 540 mm^2

As_{req} =$A_{s,min}$=540 mm^2**…… is control**

Check for Spacing :-

S = 3h = 3*300 =900 mm

S = 380*$\left(\frac{280}{\frac{2}{3}*420}\right)$ – 2.5*20 = 330

S = 450 mm

S = 450 mm **…… is control**

Use ø12 @ 200 mm ,$A_{s,provided}$= 565 mm^2>$A_{s,required}$= 540 mm^2… Ok

Check for strain:-

a =$\frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{565\times420}{0.85\times1000\times24} = 11.63\ mm$

c=$\frac{a}{\beta_1} = \frac{11.63}{0.85} = 13.69\ mm$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{273-13.69}{13.69} = 0.0568 > 0.005 \quad \dots\dots \mathbf{0k}$$

3- Lateral or Secondary Reinforcement For Flight :-

$A_{s,req}$= $A_{s,min}$ =0.0018*1000*300 = 540 mm^2

Use ø12@ 200 mm ,$A_{s,provided}$= 565 mm^2>$A_{s,required}$= 540 mm^2… Ok

2- Design of Landing :- (For First One Meter)

✓ Determination of Thickness:-

$h_{min} = L/20$

$h_{min} = 6/20 = 30$ cm

Take h = 30 cm

✓ Load Calculation:-

Dead LoadFor Landing For 1m Strip:-

No.	Parts of Landing	Calculation	
1	Tiles	23*0.03*1= 0.69Kn/m	
2	Mortar	22*0.03*1= 0.66Kn/m	
4	R.C	25*0.3*1= 7.5 Kn/m	
5	Plaster	22*0.02*1= 0.44Kn/m	
		Sum	9.29 Kn/m

Table (4.6): Dead Load Calculation ofLanding.

LiveLoadFor Landing For 1m Strip = 5*1 = 5 Kn/m

Reaction From Flight:-

DL = 20.76 Kn/m
LL = 7.5 Kn/m

Total Dead Load = 9.29 + 20.76 = 30.05 Kn/m

Total Live Load = 5 + 7.5 = 13.5 Kn/m

FactoredLoad For Landing :-

$W_U = 1.2 \times 30.5 + 1.6 \times 13.5 = 57.66$ Kn/m

- ✓ **System of Landing:-**

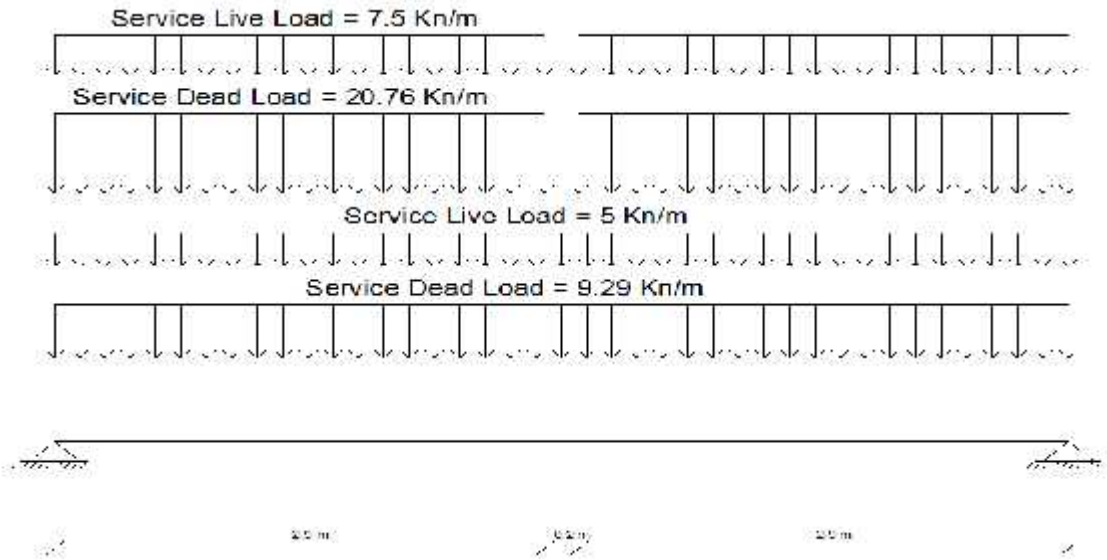
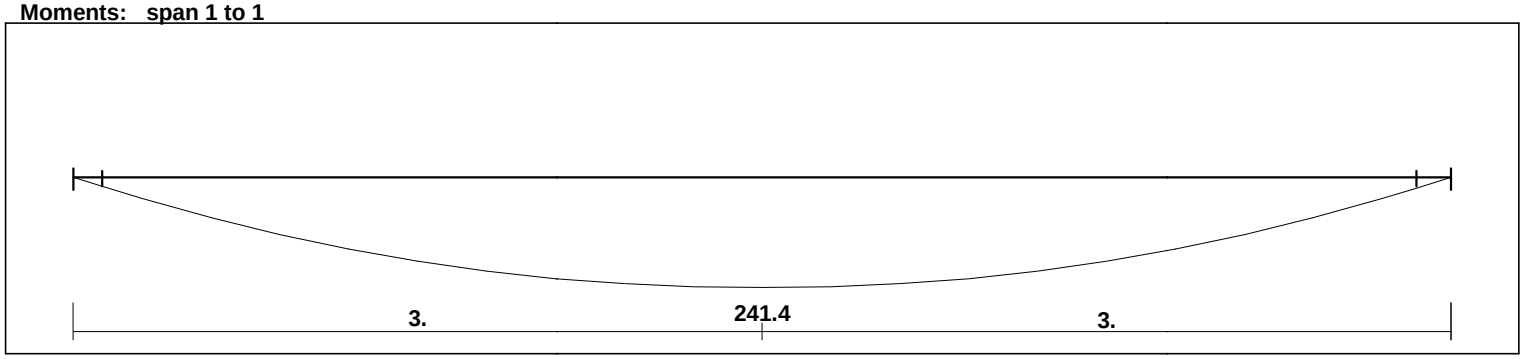


Fig 4.11: Statically System and Loads Distribution AtFirst 1m 0f Landing.

Moment/Shear Envelope (Factored) Units:kN,meter

Moments: span 1 to 1



Shear

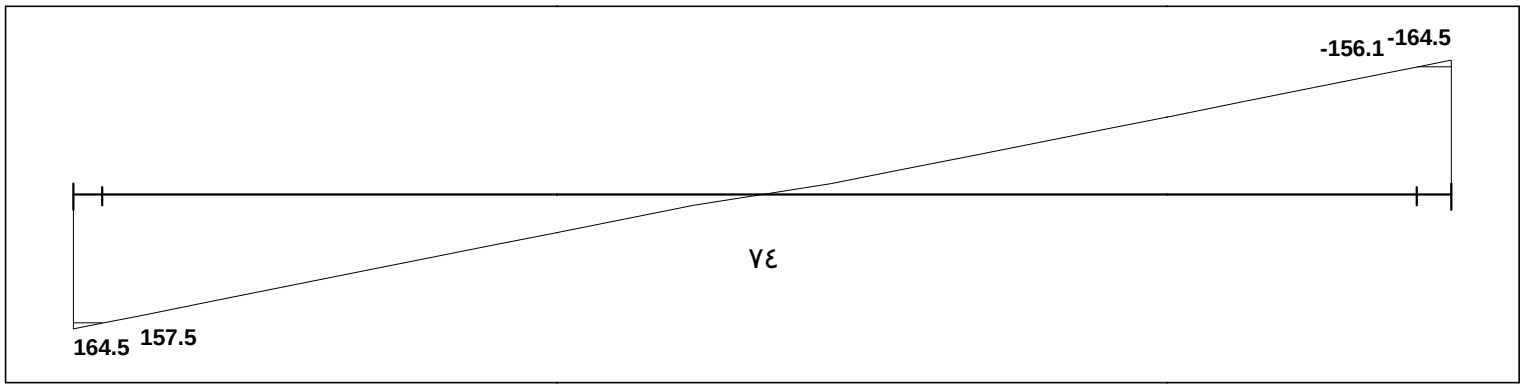


Fig 4.12: Shear and Moment Envelope Diagram At First 1m ofLanding.

1- Design of Shear:- (Vu=157.5Kn)

Assume bar diameter ø 14 for main reinforcement

d =h- cover $-\frac{d_b}{2} = 300 - 20 - \frac{14}{2} = 273\ mm$

$V_c = \frac{1}{6}\ \overline{fc'}b_w\ d == \frac{1}{6}\sqrt{24} * 1000 * 273 = 222.9$ Kn

Φ* V_c = 0.75* 222.9 = 167.18Kn> Vu = 157.5Kn**….. No shear reinforcement are required**

2- Design of Bending Moment :- (Mu=241.4Kn.m)

Assume bar diameter ø 14 for main reinforcement

d =h- cover $-\frac{d_b}{2} = 300 - 20 - \frac{14}{2} = 273\ mm$

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{241.4\times10^6}{0.9\times1000\times273^2} = 3.6\ Mpa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\ 1 - \ \overline{1 - \frac{2.m.R_n}{420}}\ = \frac{1}{20.6}\ 1 - \ \overline{1 - \frac{2\times20.6\times3.6}{420}}\ = 0.0095$

$A_{s,req}$ = ρ.b.d = 0.0095×1000×273 = 2592.95 mm^2

$A_{s,min}$ =0.0018*1000*300 = 540 mm^2

$A_{s,req}$ = 2592.95 mm^2**…… is control**

Check for Spacing :-

S = 3h = 3*300 =900 mm

$S = 380*\left(\frac{280}{\frac{2}{3}*420}\right) - 2.5*20 = 330$

S = 450 mm

S = 450 mm **…… is control**

Use ø20 @ 120 mm ,$A_{s,provided}$= 2616.67 mm^2>$A_{s,required}$= 2592.95 mm^2… Ok

Check for strain:-

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f'_c} = \frac{2616.67 \times 420}{0.85 \times 1000 \times 24} = 53.87\ mm$

$c = \frac{a}{E_1} = \frac{53.87}{0.85} = 63.38\ mm$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{273-63.38}{63.38} = 0.00992 > 0.005\ \ldots\ldots\ \mathbf{0k}$$

3- Design of Landing :- (After First One Meter)

✓ Load Calculation:-

Dead LoadFor Landing For 1m Strip = 9.29 Kn/m

LiveLoadFor Landing For 1m Strip = 5*1 = 5 Kn/m

FactoredLoad For Landing :-

W_U = 1.2 ×9.29 + 1.6×5 = 57.66 Kn/m

✓ System of Landing:-

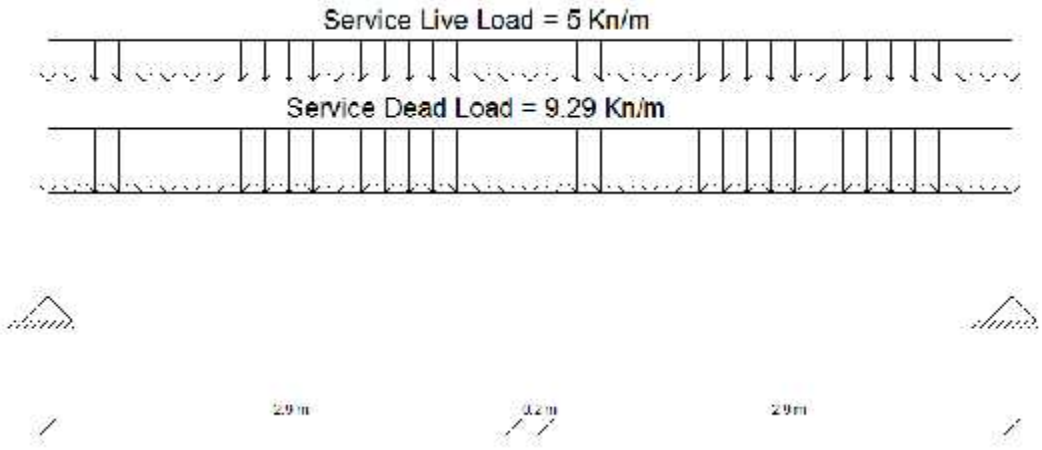
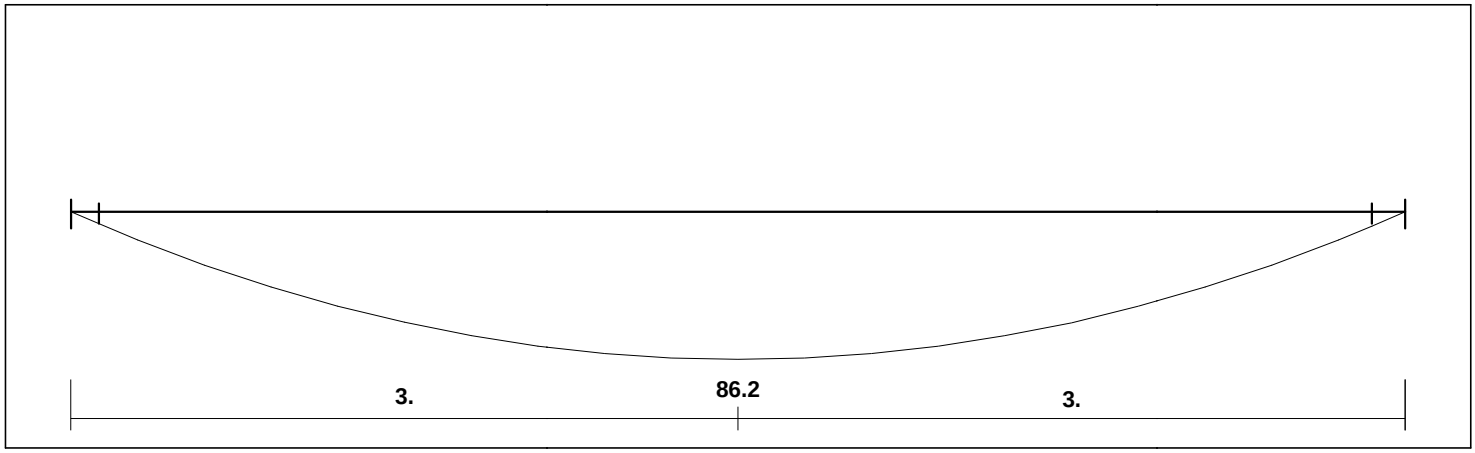


Fig 4.13: Statically System and Loads Distribution After 1m of Landing.

M o m e n t / S h e a r E n v e l o p e (Factored) Units:kN,meter

Moments: spans 1 to 1



Shear

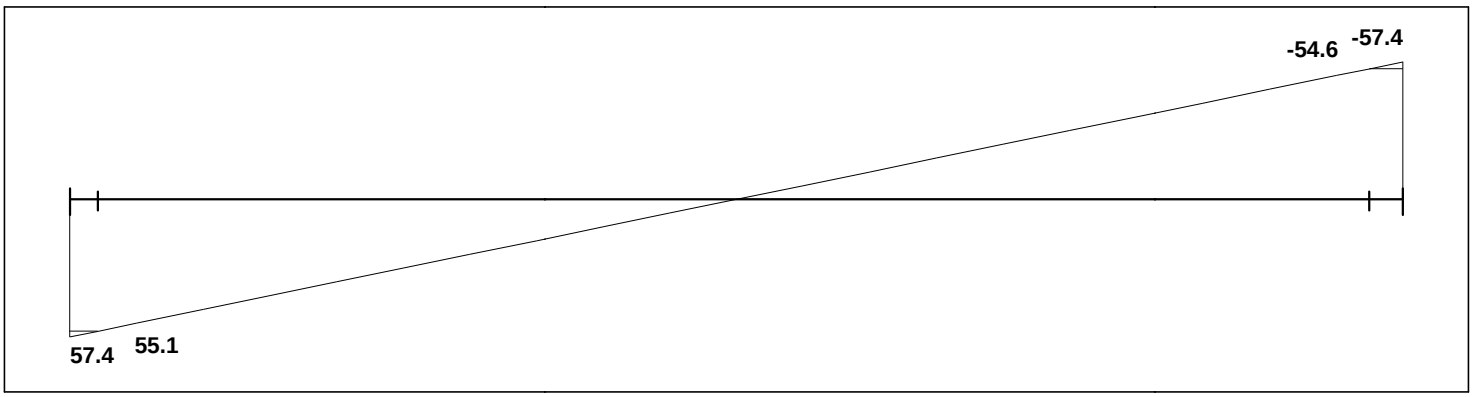


Fig 4.14: Shear and Moment Envelope Diagram After 1m of Landing.

1- Design of Shear:- (Vu=55.1Kn)

Assume bar diameter ø 14 for main reinforcement

d =h- cover $-\frac{d_b}{2} = 300 - 20 - \frac{14}{2} = 273\ mm$

$V_c = \frac{1}{6}\ \overline{fc'}b_w\ d == \frac{1}{6}\sqrt{24} * 1000 * 273 = 222.9$ Kn

Φ* V_c = 0.75* 222.9 = 167.18Kn> Vu = 55.1Kn**….. No shear reinforcement are required**

2- Design of Bending Moment:- (Mu=86.2Kn.m)

Assume bar diameter ø 14 for main reinforcement

d =h- cover $-\frac{d_b}{2} = 300 - 20 - \frac{14}{2} = 273\ mm$

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{86.2\times10^6}{0.9\times1000\times273^2} = 1.29\ Mpa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\ 1 - \ \overline{1 - \frac{2.m.R_n}{420}}\ = \frac{1}{20.6}\ 1 - \ \overline{1 - \frac{2\times20.6\times1.29}{420}}\ = 0.0032$

$A_{s,req}$ = ρ.b.d = 0.0032×1000×273 = 863.45 mm^2

$A_{s,min}$ =0.0018*1000*300 = 540 mm^2

$A_{s,req}$ = 863.45 mm^2**…… is control**

Check for Spacing :-

S = 3h = 3*300 =900 mm

$S = 380*\left(\frac{280}{\frac{2}{3}*420}\right) - 2.5*20 = 330$

S = 450 mm

S = 450 mm **…… is control**

Use ø12 @ 125 mm ,$A_{s,provided}$= 904 mm^2>$A_{s,required}$= 863.45 mm^2… Ok

Check for strain:-

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{904\times420}{0.85\times1000\times24} = 18.6\ mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{18.6}{0.85} = 21.9\ mm$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{273-21.9}{21.9} = 0.0344 > 0.005 \ \ldots\ldots \mathbf{0k}$$

3- Lateral or Secondary Reinforcement For Landing :-

$A_{s,req}$= $A_{s,min}$ =0.0018*1000*300 = 540 mm^2

Use ø12 @ 200 mm ,$A_{s,provided}$= 565 mm^2>$A_{s,required}$= 540 mm^2… Ok

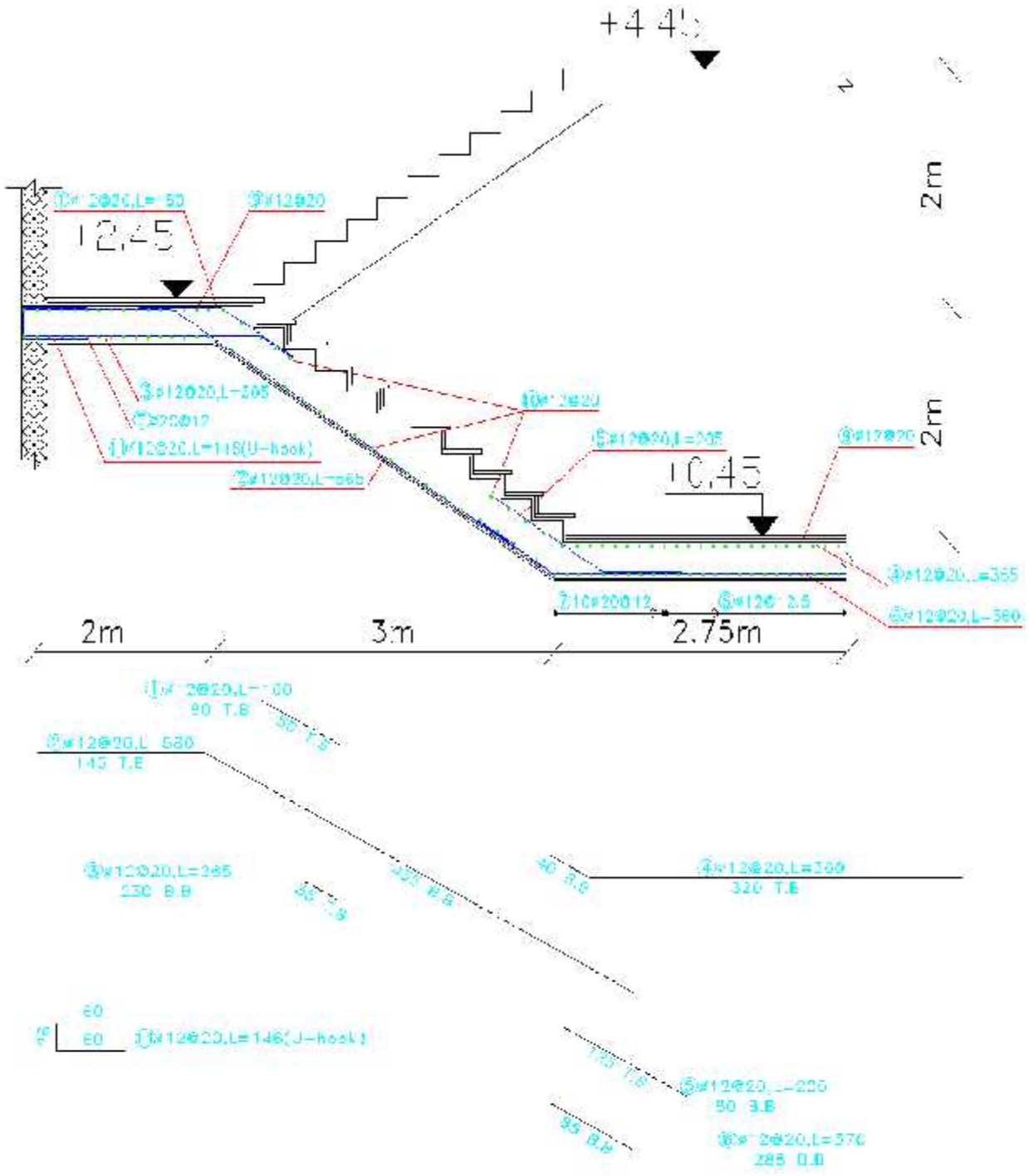


Fig 4.15:Stair Reinforcement.

4.8 Design of Beam

❖ Material :-

⇒ concrete B300 Fc' = 24 N/mm^2

⇒ Reinforcement Steel fy = 420 N/mm^2

❖ Section :-

⇒ B = 800mm

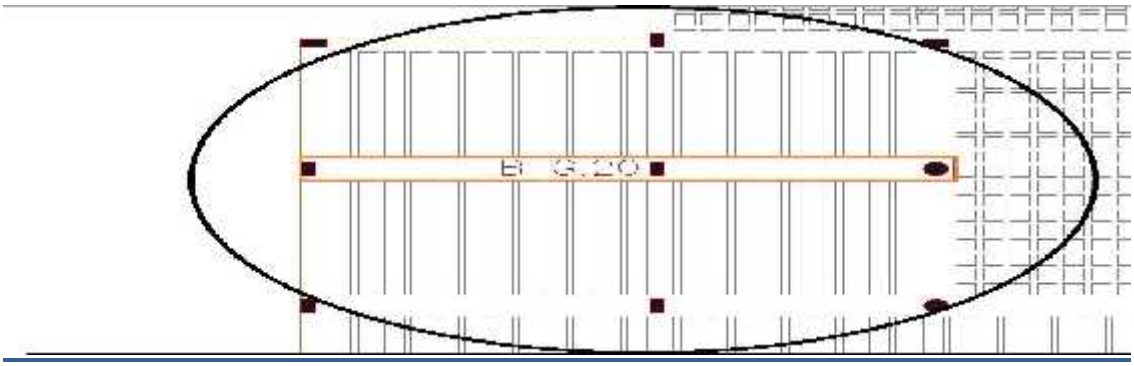
⇒ Bw= 500 mm

⇒ h= 600 mm

⇒ tf = 350 mm

⇒ d=600-40-10-25/2= 537.5 mm

✓ Statically System and Dimensions:-



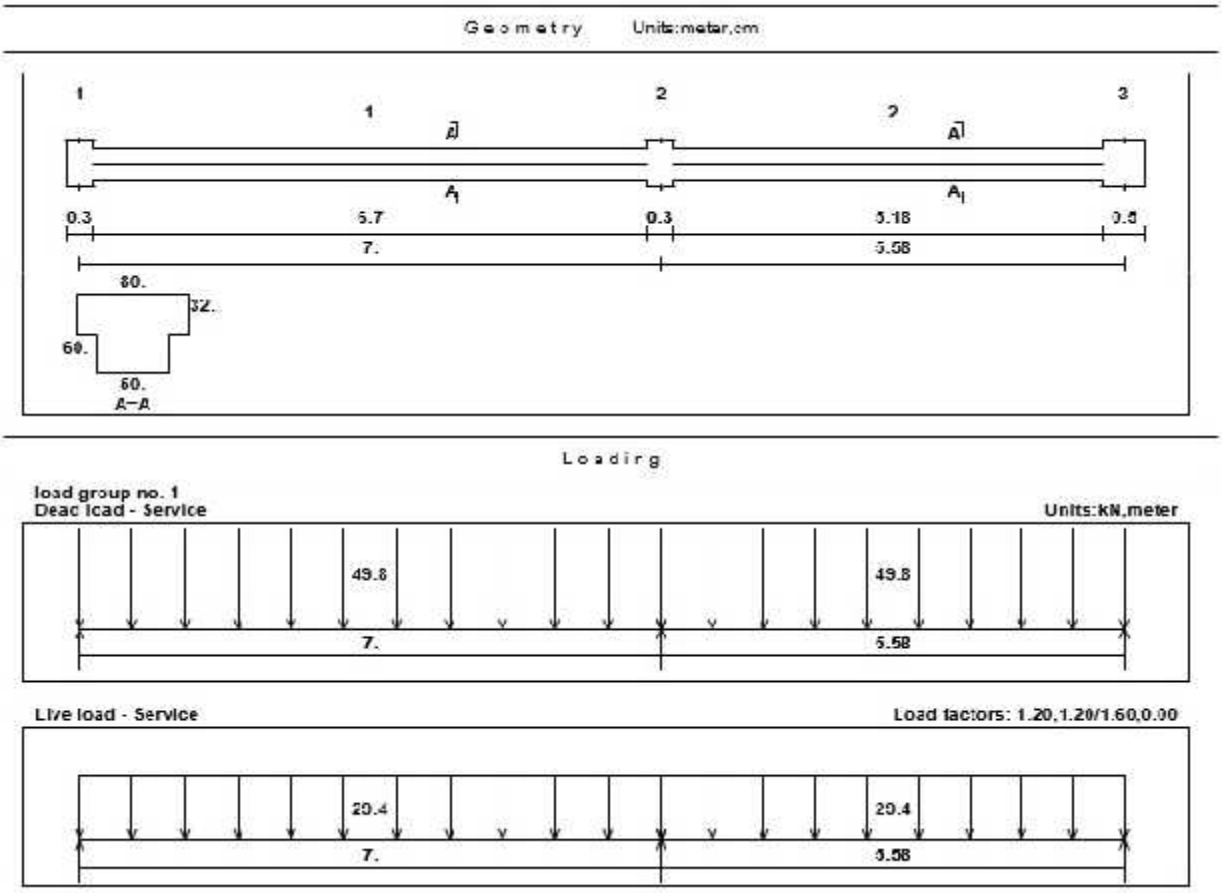


Fig 4.16: Statically System and Loads Distribution of Beam (B 20).

✓ Load Calculations:-

Dead Load Calculations for Beam(B20):-

The distributed Dead and Live loads acting upon B20 can be defined from the support reactions of the R19.

From Rib19

The maximum support reaction (factored) from Dead Loads for R19 upon B20is 25.03 KN, The distributed Dead Load from the R19 on B20.
self weight = 3.5 KN
DL =25.03/ 0.54= 46.35+ 3.5 = 49.85 KN/m

Live Load calculationsfor Beam (B 20):-

The maximum support reaction (factored) from Live Loads for R19 upon B 20 is 15.9 KN The distributed Live Load from the Rib 19 on B 20.

LL =15.9/ 0.54= 29.44 KN/m

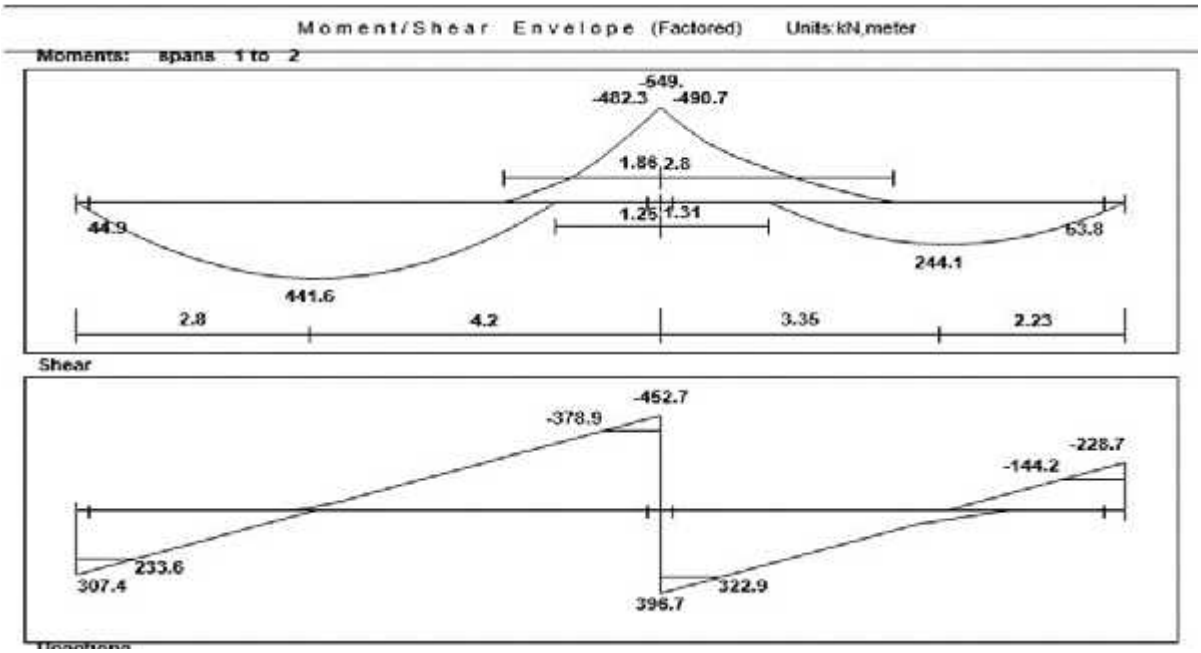


Fig 4.17: Shear and Moment Envelope Diagram of Beam (B20).

Factored			
	| |	| |	| |
DeadR	155.49	475.19	111.85
LiveR	141.93	374.18	116.85
Max R	307.42	849.37	228.7
Min R	153.87	632.8	83.08
Service			
DeadR	137.91	395.99	93.21
LiveR	88.71	233.86	73.03
Max R	226.62	629.85	166.24
Min R	130.65	494.5	75.23

✓ **Moment Design for (B 20):-**

4.8.1 Flexural Design of Positive Moment for(B20):-(Mu=441.6 KN.m)

Determine of $M_{n,max}$

d =600 – 40 -10 – 25\2 = 537.5 mm

$$c = \frac{3}{7}d = \frac{3}{7}.537.5 = 230.35\ mm$$

$$a = \mathcal{B}.c = 230.35 * 0.85 = 195.8\ mm$$

Mn_{max}= $0.85f'_c ab(d - \frac{a}{2}) = 0.85*24*195.8*800*(537.5-195.8/2) *10^{-6}$= 1404.72 KN.m

Ø Mn_{max} = 0.82* 1404.72 = 1151.9KN.m >441.6

Design as singly reinforcement

$$Rn = \frac{M_u}{\emptyset bd^2} = \frac{441.6 \times 10^6}{0.9 \times 800 \times 537.5^2} = 2.12Mpa$$

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{420}}\right) = \frac{1}{20.6}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\times20.6\times2.12}{420}}\right) = 0.00534$$

$A_s = \rho.b.d = 0.00534\times800\times537.5 = 2296.2\ mm^2$

Check for $A_{s,min}$:-

$As_{min} = \frac{\sqrt{fc'}}{4(fy)}(bw)(d) = \frac{\sqrt{24}}{4*420} * 500 * 537.5 = 783.7\ mm^2$

$As_{min} = \frac{1.4}{(fy)}(bw)(d) = \frac{1.4}{420} * 500 * 537.5 = 895.83\ mm^2$ **Controls**

$A_{s,min} = 895.83\ mm^2 < A_s = 2296.2\ mm^2$

Use 5 ø 25 Bottom, $A_{s,provided} = 2454.36\ mm^2 > A_{s,required} = 2296.2\ mm^2$… Ok

Check spacing :-

$S = \frac{500-40*2-20-(5\times25)}{4} = 68.75\ mm > d_b = 25 > 25$ **OK**

Check for strain:-

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{2454.36 \times 420}{0.85\times800\times24} = 63.16\ mm$

$c = \frac{a}{E_1} = \frac{63.16}{0.85} = 74.30\ mm$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{537.5-74.3}{74.3} = 0.0187 > 0.005 \quad \textbf{0k}$$

4.8.2 Flexural Design of Positive Moment for(B20):-(Mu=244.1 KN.m)

$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{244.1\times10^6}{0.9\times800\times537.5^2} = 1.17 Mpa.$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{420}}\right) = \frac{1}{20.6}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\times20.6\times1.17}{420}}\right) = 0.00287$

$A_s = \rho.b.d = 0.00287\times800\times537.5 = 1234.1\ mm^2.$

Check for $A_{s,min}$:-

$A_{s,min} = 0.25\frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w . d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w . d$

$A_{s,min} = 0.25\frac{\sqrt{24}}{420} 600 \times 290 = 507.4\ mm^2$

$A_{s,min} = \frac{1.4}{420} 600 \times 290 = 580\ mm^2$ **control**

$A_{s,min} = 580\ mm^2 < A_s = 1234.1\ mm^2$

Use 4 ø 20 Bottom, $A_{s,provided} = 1256.63\ mm^2 > A_{s,required} = 917.36\ mm^2$ … Ok

Check spacing :-

$S = \frac{500-40*2-20-(4\times20)}{3} = 96.66\ mm > d_b = 20 > 25$ ***OK***

Check for strain:-

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f'_c} = \frac{1256.63 \times 420}{0.85 \times 800 \times 24} = 32.34\ mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{32.34}{0.85} = 38.1\ mm$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{537.5-38.1}{38.1} = 0.039 > 0.005 \qquad \textbf{0k}$$

4.8.3 Flexural Design of Positive Moment for(B20):-(Mu=-490.7 KN.m)

$$Rn = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{490.7 \times 10^6}{0.9 \times 500 \times 537.5^2} = 3.77\ Mpa$$

$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 24} = 20.6$

$\rho = \frac{1}{m}\ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{420}} = \frac{1}{20.6}\ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20.6 \times 3.77}{420}} = 0.01$

$A_s = \rho.b.d = 0.01 \times 500 \times 537.5 = 2687.5\ mm^2$

Check for $A_{s,min}$:-

$$A_{s,min} = 0.25\frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w . d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w . d$$

$$A_{s,min} = 0.25\frac{\sqrt{24}}{420} 600 \times 290 = 507.4\ mm^2$$

$$A_{s,min} = \frac{1.4}{420} 600 \times 290 = 580\ mm^2 \qquad \boldsymbol{Control.}$$

$A_{s,min} = 580\ mm^2 < A_s = 2014.6\ mm^2$

Use 6 ø 25 Top , $A_{s,provided} = 2945.24\ mm^2 > A_{s,required} = 2687.5\ mm^2$… Ok

Check spacing :-

$$S = \frac{600 - 40*2 - 20 - (6\times 25)}{5} = 50\ mm > d_b = 20 > 25 \qquad \boldsymbol{OK}$$

Check for strain:-

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f'_c} = \frac{2945.24 \times 420}{0.85 \times 500 \times 24} = 121.27\ mm$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{121.27}{0.85} = 142.67 mm$$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{537.5 - 142.67}{142.67} = 0.0083 > 0.005 \qquad \boldsymbol{0k}$$

✓ Shear Design for (B 20):-

1. V_u = -378.9 KN

$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{fc'} b_w d == \frac{1}{6}\sqrt{24} * 500 * 537.5 = 219.43$ KN

Φ V_c= 0.75*219.43 =162.32 KN

Φ Vsmin ≥ 0.75 $(\frac{1}{3})$ * bw * d =0 .75* $(\frac{1}{3})$*500*537.5*10^{-3} = 67.19 KN **Controls**

Φ Vsmin ≥ 0.75 $(\frac{\sqrt{fc'}}{16})$ * bw * d = 0.75*$(\frac{\sqrt{24}}{16})$ * 500 * 537.5*10^{-3} = 61.75 KN

Φ Vc<Vu ≤ Φ Vc + Φ Vsmin

162.32<378.9 ≤ 229.51…… not satisfied

Cases 1&2&3 is not suitable

Case 4 :-

$v_{s'} = \frac{1}{3} \sqrt{fc'} b_w d = \frac{1}{3}\sqrt{24} * 500 * 537.5$ = 438.9 KN

$\emptyset(v_c + v_{s,min}) < v_u \leq \emptyset(v_c + v_{s'})$

0.75(142.1 + 58) < 378.9 < 0.75(219.43 + 438.9)

shear reinforcement are required

Use 2 leg Φ 10

As =157 mm^2

$V_s = V_n - V_c = \frac{380.1}{0.75} - 219.43 = 287.37KN$

$$S = \frac{A_v f_{yt}\, d}{v_s} = \frac{157 * 420 * 537.5}{287.37 * 1000} = 123.33\ mm \qquad \textbf{control}$$

$$s_{max} \le \frac{d}{2} = \frac{537.5}{2} = 268.75\ mm \qquad or\ s_{max} \le 600\ mm$$

Use 2 leg Φ 10 @100mm

2. V_u = -233.6KN

$V_c = \frac{1}{6}\ \overline{fc'} b_w\, d == \frac{1}{6}\sqrt{24} * 500 * 537.5 = 219.43$ KN

Φ V_c= 0.75*219.43 =162.32 KN

Φ Vsmin ≥ 0.75 $(\frac{1}{3})$ * bw * d =0 .75* $(\frac{1}{3})$*500*537.5*10^{-3} = 67.19 KN**Controls**

Φ Vsmin ≥ 0.75 $(\frac{\sqrt{fc'}}{16})$ * bw * d = 0.75*$(\frac{\sqrt{24}}{16})$ * 500 * 537.5*10^{-3} = 61.75 KN

Φ Vc<Vu ≤ Φ Vc + Φ Vsmin

162.32<233.6 ≤ 229.51…… not satisfied

Cases 1&2&3 is not suitable

Case 4 :-

$v_{s'} = \frac{1}{3} \sqrt{fc'} b_w d = \frac{1}{3}\sqrt{24} * 500 * 537.5 = 438.9$ KN

$\emptyset(v_c + v_{s,\min}) < v_u \leq \emptyset(v_c + v_{s'})$

$0.75(142.1 + 58) < 233.6 < 0.75(219.43 + 438.9)$

shear reinforcement are required

Use 2 leg Φ 10

As =157 mm^2

$V_s = V_n - V_c = \frac{233.6}{0.75} - 219.43 = 90.97$ KN

$$S = \frac{A_v f_{yt}\, d}{v_s} = \frac{157 * 420 * 537.5}{90.97 * 1000} = 389.6\ mm$$

$$s_{max} \leq \frac{d}{2} = \frac{537.5}{2} = 268.75\ mm \qquad \boldsymbol{control}$$

$$or\ s_{max} \leq 600\ mm$$

Use 2 leg Φ 10 @ 250 mm

4.9 Design of Column

❖ **Material :-**

⇒ concrete B300 Fc' = 24 N/mm^2

⇒ Reinforcement Steel Fy = 420 N/mm^2

✓ **Load Calculation:- (From Column Group A)**

ServiceLoad:-

Dead Load = 417KN
Live Load = 82 KN

FactoredLoad:-

P_U = 1.2 ×417+ 1.6×82 = 631.6 KN

✓ **Dimensions of Column:-**

$Assume \ \ °g = 0.01$

¤ * Pn = $0.65 \text{ x } 0.8 \times Ag\{0.85\ fc'(1-°g)+°g*Fy\}$

$631.6 = 0.65 \text{ x } 0.8 \times Ag\{0.85*24(1-0.01)+0.01*420\}$

Ag= 49787.48 mm2
Assume Square Section
b =h = 300 mm

✓ **Check Slenderness Parameter:-**

$$\frac{klu}{r} < 34 - 12\frac{M1}{M2} \leq 40$$

Lu: Actual unsupported (Unbraced) length.

K: effective length factor.

R: radius of gyration = $\sqrt{\frac{I}{A}}$ ≈0.3 h ……For rectangular section

Lu = 4 - 0.6= 3.4 m
M1/M2 =1
K=1 for braced frame.

- **about X-axis (b= 0.3m)**

$$\frac{klu}{r} < 34 - 12\frac{M1}{M2} \le 40$$

$$\frac{1\times 3.4}{0.3\times 0.3} = 37.78 > 22$$

Column Is Long About X-axis

- **about Y-axis (h= 0.3m)**

$$\frac{klu}{r} < 34 - 12\frac{M1}{M2} \le 40$$

$$\frac{1\times 3.4}{0.3\times 0.3} = 37.78 > 22$$

Column Is Long About Y-axis

✓ Minimum Eccentricity:-

$$ex = ey = \frac{Mux}{Pu} = 0$$

$$\min ex = \min ey = 15 + 0.03\times h = 15 + 0.03\times 300 = 24\,mm = 0.024\,m$$

$$ex = ey = 0.024\,m$$

✓ Magnification Factor:-

$$¢_{ns} = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{0.75\,P_c}} \ge 1.0\,and \le 1.4$$

$$Cm = 0.6 + 0.4\left(\frac{M1}{M2}\right) \ge 0.4$$

$$Cm = 0.6 + 0.4 * 1 = 1 \ge 0.4$$

$$P_{cr} = \frac{®^2 EI}{(KLu)^2}$$

$$EI = 0.4\frac{E_c I_g}{1+_d}$$

$$E_c = 4700\sqrt{fc'} = 4700 \times \sqrt{24} = 23025.2 Mpa$$

$$_d = \frac{1.2DL}{Pu} = \frac{1.2*(417)}{631.6} = 0.8 < 1$$

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0.3 \times 0.3^3}{12} = 0.00675\, m^4$$

$$EI = \frac{0.4 \times 23025.2 \times 0.00675}{1+0.8} = 3.45 MN.m^2$$

$$P_{cr} = \frac{®^2 * 3.45}{(1*3.4)^2} = 2.95 MN$$

$$¢_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{631.6}{0.75 * 2.95}} = 1.4 \geq 1.0 \; and \; \leq 1.4$$

✓ Interaction Diagram:-

$$Assume \; °g = 0.02$$

$$ex = ey = e_{\min} \times ¢_{ns} = 0.024 \times 1.4 = 0.0336 \; m$$

$$\frac{ex}{b} = \frac{ey}{h} = \frac{0.0366}{0.3} = 0.1$$

$$\frac{¥}{b} = \frac{¥}{h} = \frac{300 - 2*40 - 2*10 - 25}{300} = 0.6$$

$$For \; \frac{¥}{h} = 0.6 \; and \; °g = 0.02 \Rightarrow \frac{¤ * Pnx}{Ag} = \frac{¤ * Pny}{Ag} = 2.23 \, KSI$$

$$Pnx = Pny = 2.23 * \frac{1000}{145} * \frac{0.3 * 0.3}{0.65} = 2.13 \, MN$$

✓ Bressler Equation:-

$$\frac{1}{Pn} = \frac{1}{Pnx} + \frac{1}{Pny} - \frac{1}{Po}$$

$$Po = 0.8 * 300 * 300 * \{0.85 * 24 * (1 - 0.02) + 420 * 0.02\}$$
$$Po = 2.04\ MN$$

$$\frac{1}{Pn} = \frac{1}{2.13} + \frac{1}{2.13} - \frac{1}{2.04}$$
$$Pn = 2.23\ MN$$

$$¤ * Pn = 0.65 * 2.23 = 1.45\ MN \geq Pu = 0.6316\ MN$$
$$\therefore\ Safe$$

$$As = °g * Ag$$
$$As = 0.02 * 30 * 30 = 18\ cm\ 2$$

$$Select\ \ 4¤25 \Rightarrow Asprov = 19.64\ cm\ 2$$

✓ Design of the Stirrups:-

The spacing of ties shall not exceed the smallest of :-

$$spacing \leq 16 \times d_b = 16 \times 2.5 = 40\ cm$$
$$spacing \leq 48 \times d_s = 48 \times 1.0 = 48\ cm$$
$$spacing \leq least\ \text{dim} = 30\ cm$$

$$Use ¤10@20\ cm$$

Fig 4.18:Column Reinforcement.

Group A:- From 0 To 500 KN

»» (C 73) D.L = 417 KN , L.L = 82 KN

External Columns:-

C 21 = 453 KN	C 62 = ٣67 KN	C 63 = 4٢٩ KN	C 72 = 490 KN
C 73 = 498 KN	C 74 = 447 KN	C 75 = 497 KN	C 77 = 304 KN
C 86 = 311KN	C 87 = 483 KN	C 92 = 328 KN	C 93 = 76.07 KN
C 94 = 230 KN	C 95= 231 KN	C 96 = 262 KN	C 97 = 112 KN
C 98 = 112 KN	C 99 = 121 KN	C 100 = 40 KN	C 101 = 277 KN
C 102 = 50 KN	C 103 = 49 KN	C 104 = 49 KN	C 105 = 50 KN
C 106 = 294 KN	C 107 = 82 KN	C 108 = 230KN	C 109 = 231 KN
C 110 = 262 KN	C 111 = 112KN	C 112 = 112 KN	C 113 = 121 KN
C 114 = 40 KN	C 129 = 178 KN	C 130 = 382 KN	C 131 = 382 KN
C 132 = 178 KN	C 133 = 401 KN	C 136 = 401 KN	C 137 = 401 KN
C 140 = 401 KN	C 141 = 178 KN	C 142 = 382 KN	C 143 = 382 KN
C 144 = 178 KN			

Internal Columns:-

C 115= 354 KN	C 116 = 368 KN	C ١١7 = 422 KN	C ١18= 341 KN
C 119 = 354 KN	C 120 = 404 KN	C 121 = 159 KN	C 122 = 178 KN
C 123 = 341KN	C 124 = 354 KN	C 125 = 404KN	C 126 = 354 KN
C 127 = 368KN	C 128 = 422 KN		

Group B:- From 500KN To 1000 KN

»» (C ٢٩) D.L = ٨٤٦ KN, L.L = ١٢٦ KN

External Columns:-

C 01 = ٧40 KN	C 04 = 793 KN	C 06 = 840 KN	C 19 = 747 KN
C 22 = 9٣4 KN	C 23 = 584 KN	C 24 = 932 KN	C 25 = 664 KN
C 26 = 583KN	C 29 = 972 KN	C 30 = 941 KN	C 33 = 553 KN
C 44 = 789 KN	C 45 = 629 KN	C 47 = 735 KN	C 49 = 545 KN
C 50 = 784 KN	C 53 = 696 KN	C 57 = 644 KN	C 67 = 916 KN
C 68 = 780 KN	C 71 = 636 KN	C 76 = 552 KN	C 81 = 541 KN
C 82 = 776 KN	C 85 = 726 KN	C 88 = 677 KN	C 90 = 687 KN
C 91 = 545 KN			

Internal Columns:-

C 78 = 949 KN	C 134 = 837 KN	C 135 = 837 KN	C 138 = 837 KN
C 139 = 837 KN			

Group C:- From 1000KN To 1500 KN

»» (C 52) D.L = ١٢٣٤ KN , L.L = ٢٦٢ N

External Columns:-

C 02 = 1378 KN	C 03 = 1396 KN	C 18 = 1016 KN	C 34 = 1495 KN
C 37 = 1٠٥٨ KN	C 40 = 1١٥١ KN	C 46 = 12١٨ KN	C 48 = 12٣0 KN
C 52 = 14٩٦KN	C 89 = 1032 KN		

Internal Columns:-

C 12 = 1135 KN C 16 = 1442 KN C 20 = 1350 KN C 35 = 12٢٥ KN

C 79 = 1214 KN C 80 = 1450 KN C 83 = 1035KN C 84 = 1070 KN

Group D:- From 1٥00KN To ٢٠00 KN

»» (C ٤٣) D.L = ١٣35 KN, L.L = ٥٢٠ KN

External Columns:-

C 05 = 1642 KN C 07 = 1761 KN C 15 = 1566 KN C 17 = 1567 KN

C 27 = 1701 KN C 32 = 1662 KN C 51 = 1503 KN C 61 = 1525 KN

C 69 = 1503 KN C 70 = 1503 KN

Internal Columns:-

C 09 = 1522 KN C 36 = 1801 KN C 38 = 1804 KN C 43 = 1854 KN

Group E:-From 2000 Kn To ∞

»» (C ١٣) D.L = 23٢٢ KN, L.L = ٧٧٣ KN

External Columns:-

C ١٤ = ٢٠١٨ KN C ٥٦ = ٢٢٩٦ KN C ٦٦ = ٢٨٥٠ KN

Internal Columns:-

C ٠٨ = ٢٩٢٤ KN C 1٠ = ٢٧٧٣ KN C ١١ = ٢٧٣٦ KN C ١٣ = ٣٠٩٥ KN

C ٢٨ = ٢٤٣٠ KN C ٣١ = ٢٥٦٩ KN C ٤١ = ٢٠١٢ KN C ٥٤ = ٢٣١٩ KN

C ٥٥ = ٢٠١٥KN C ٦٠ = ٢٧٦٧ KN C ٦٤ = ٢٨٤٥KN C ٦٥ = ٢٥٢4 KN

Group F:-

»» (C 58) D.L = ١٨٨٧ KN , L.L = ٦٦٢ KN

Circular Column

C 39 = 1412 KN C 42 = 1131 KN C ٥٨ = ٢٥٤٨ KN C ٥٩ = ٢٢١٨ KN

4.10 Design of Shear Wall

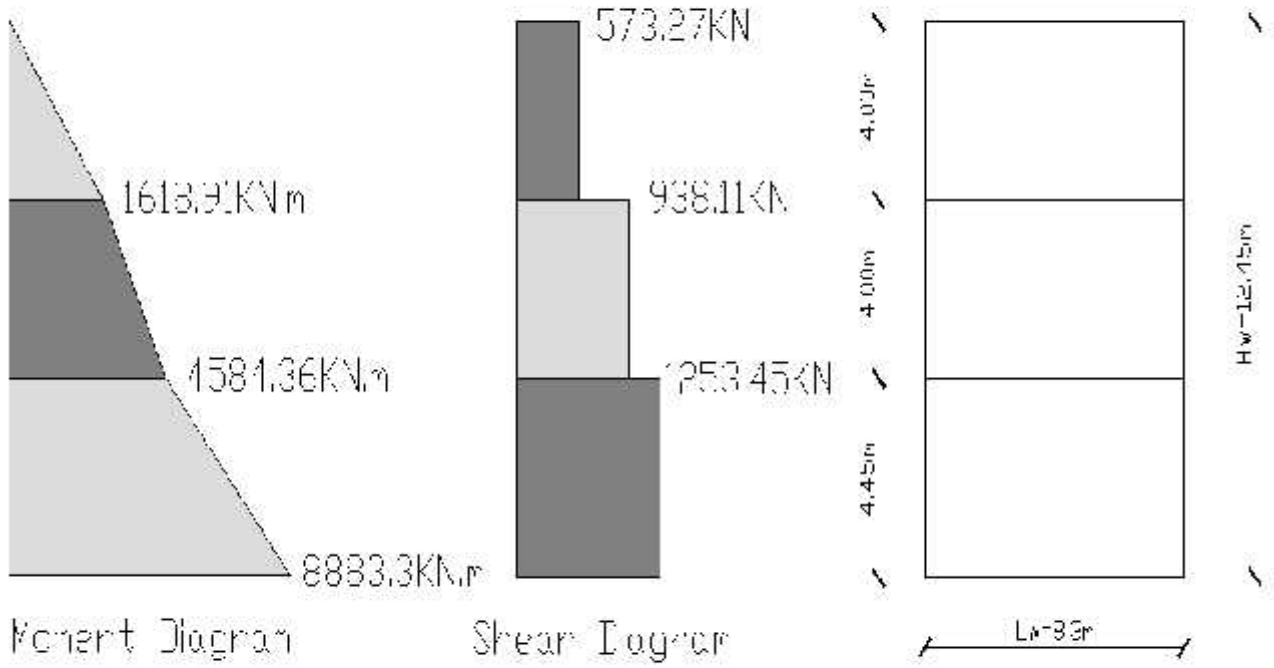


Fig 4.19:Shear and Moment Diagram of Shear Wall.

❖ Material and Sections:- (From Shear Wall 2)

⇒ concrete B300 Fc' = 24 N/mm^2

⇒ Reinforcement Steel Fy = 420 N/mm^2

⇒ Shear Wall Thickness h = 30 cm

⇒ Shear Wall Width Lw = 8.3 m

⇒ Shear Wall Height Hw = 12.45 m

✓ **Design of Horizontal Reinforcement:-**

$$\sum Fx = Vu = 1253.45KN$$

The critical Section is the smaller of:

$$\frac{lw}{2} = \frac{8.3}{2} = 4.15\,m$$

$$\frac{hw}{2} = \frac{12.45}{2} = 6.225\,m$$

$$storyheigh \quad (Hw) = 4\,m \ldots\ldots\ldots Control$$

$$d = 0.8 \times Lw = 0.8 \times 8.3 = 6.64\,m$$

$$\emptyset V_{nmax} = \emptyset \frac{5}{6} \sqrt{f_c'}\, hd$$

$$= 0.75 * 0.83 * \sqrt{24} * 300 * 6640 = 6099.23\,KN > V_u = 1253.45KN$$

V_c is the smallest of :

$$1 - V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'}\, hd = \frac{1}{6}\sqrt{24} * 300 * 6640 = 1626.46KN \quad \ldots\ldots\ldots \text{Control}$$

$$2 - V_c = 0.27 \sqrt{f_c'}\, hd + \frac{N_u d}{4 l_w} = 0.27\sqrt{24} * 300 * 6640 + 0 = 2634.867KN$$

$$3 - V_c = \left[0.05 \sqrt{f_c} + \frac{l_w \left[0.1 \sqrt{f_c'} + 0.2 \frac{N_u}{l_w h}\right]}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right] hd$$

$$\frac{8883.3 - 4584.36}{4.45} = \frac{M_u - 4584.36}{4.45 - 4} \Rightarrow M_u = 5019.082 KN.$$

$$\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} = \frac{5019.082}{1253.45} - \frac{8.3}{2} = -0.15 \leq 0.00 \ldots\ldots\ldots \text{Neglected}$$

Vu = 1253.45 KN

Ø*Vc = 0.75*1326.46 = 1219.85 KN

Vs,min = $\frac{\sqrt{fc'}}{16}$ * bw * d = $\frac{\sqrt{24}}{16}$ * 300 * 6640 = 609.92 KN ……. Control

Vs,min = $\frac{1}{3}$ * bw * d = $\frac{1}{3}$ * 300 * 6640 = 664 KN

Ø *(Vc + Vs,min) = 0.75*(1626.46 + 609.92) = 1677.285 KN

Case 3 :-

Ø*Vc = 1219.85 KN ≤ Vu = 1253.45 KN ≤ Ø *(Vc + Vs,min) = 1677.285

$$\frac{A_{vh}}{S_h} = \frac{V_{s,min}}{Fy * d} = \frac{609.92 * 10^3}{420 * 6640} = 0.2187$$

Min ($\frac{A_{vh}}{S_h}$) = 0.0025*h = 0.0025*300 = 0.75 ……. Control

Select Ø 12 in Two Layer

A_{vh} = $\frac{2*\pi*12^2}{4}$ = 226.2 mm2

$$\frac{226.2}{S_h} = 0.75$$

S_h= 300 mm

- Maximum spacing is the least of :

$\frac{Lw}{5}$ = $\frac{8300}{5}$ = 1660mm
3*h = 3*300 = 900mm
450 mm ……. Control

Use ϕ 12/300 mmfor two layers

✓ Design of Vertical Reinforcement:-

$$\frac{A_{vv}}{S_v} = \left[0.0025 + 0.5 \ \ 2.5 - \frac{h_w}{Lw} \ \ \frac{A_{vh}}{S_h * h} - 0.0025 \right] * 300$$

$$\frac{A_{vv}}{S_v} = \left[0.0025 + 0.5\ \ 2.5 - \frac{12.45}{8.3}\ \ \frac{226.2}{300*300} - 0.0025\ \right]*300$$

$$\frac{A_{vv}}{S_v} = 0.752$$

Select Ø 14 in Two Layer

$A_{vh} = \frac{2*\pi*14^2}{4}$ = 307.876 mm2

$$\frac{307.876}{S_v} = 0.752$$

S_v= 409.4 mm

- Maximum spacing is the least of :

$\frac{Lw}{3} = \frac{8300}{3}$ = 2766.67 mm

3*h = 3*300 = 900mm

450 mm ……. Control

Use ϕ 14/400 mmfor two layers

✓ Design of Bending Moment:-

$$A_{st} = \frac{8300}{400} * 2 * 153.94 = 6388.43\ mm^2$$

$$w = \frac{A_{st}}{L_w h}\ \frac{f_y}{f_c'} = \frac{6388.43}{8300 * 300}\ \frac{420}{24} = 0.0449$$

$$\alpha = \frac{P_u}{l_w h f_c'} = 0$$

$$\frac{C}{l_w} = \frac{w + \alpha}{2w + 0.85\beta_1} = \frac{0.0449 + 0}{2 * 0.0449 + 0.85 * 0.85} = 0.055$$

$$\emptyset M_n = \emptyset\ \ 0.5 A_{st} f_y l_w (1 + \frac{P_u}{A_{st} f_y})(1 - \frac{c}{l_w})$$

$$= 0.9\ \ 0.5 * 6388.43 * 420 * 8300(1 + 0)(1 - 0.055)\ \ = 9467.6\ KN.m \geq 8883.3 KN.m$$

Use ϕ 14/400 mmfor two layers

4.11 Design of Foooting

❖ **Material :-**

⇒ concrete B300 $Fc' = 24\ N/mm^2$

⇒ Reinforcement Steel $Fy = 420\ N/mm^2$

✓ Load Calculations :- (From Column Group B)

Dead Load = 846 Kn , Live Load = 126 Kn

Total services load = 846 + 126 = 972 Kn

Total Factored load = 1.2*846 + 1.6*126 = 1216.8 Kn

Column Dimensions (a*b) = 40*30 cm

Soil density = 18 Kg/cm3

Allowable Bearing Capacity = 300 Kn/m2

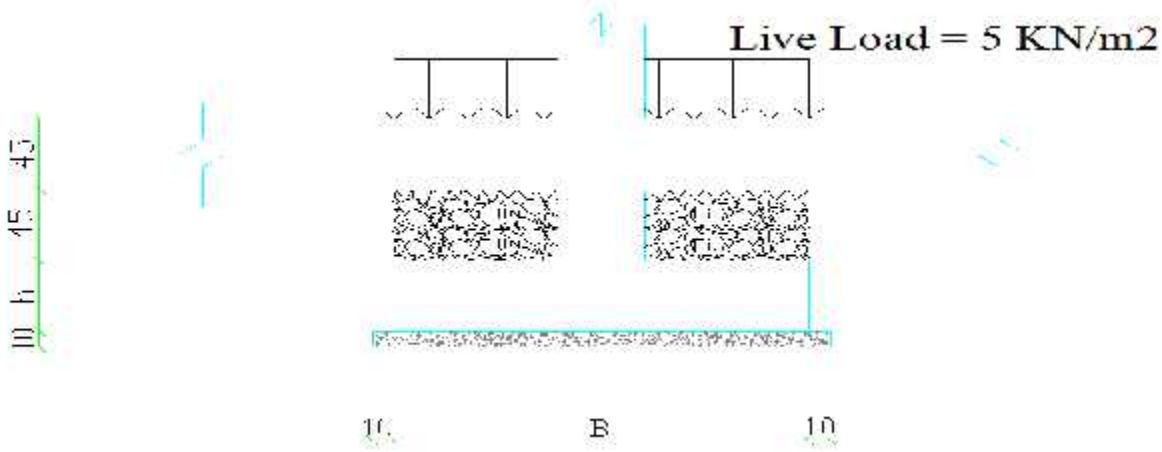


Fig 4.20 :FoundationSection.

Assume h = 45cm

$q_{net-allow}$ = 300 – 25*0.45 – 18*0.45 – 25*0.45 – 5= 264.4kn/m2

✓ Area of Footing :-

$$A = \frac{Pt}{q_{net-allow}} =$$

Assume Square Footing

Select B = 1.9 m

✓ Bearing Pressure :-

q_u = 1216.8/1.9*1.9 = 337.06Kn/m^2

✓ Design of Footing :-

1- Design of One Way Shear Strength :-

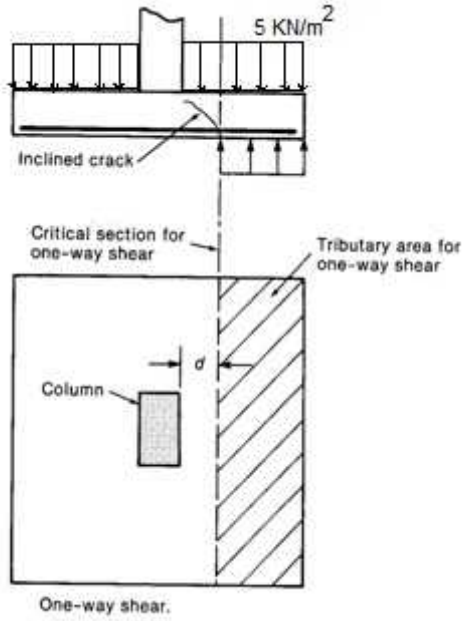
Critical Section at Distance (d) From The Face of Column

Assume h = 45cm , bar diameter ø 14 for main reinforcement and 7.5 cm Cover

d = 450 – 75 – 14 = 361 mm

Vu = $q_u * \frac{B-a}{2} - d * L$

Vu = 337.06$* \frac{1.9-0.3}{2} - 0.361 * 1.9$ = 281.14Kn



$\phi.Vc = \phi.\frac{1}{6} * \sqrt{fc'} * b_w * d$

$\phi.Vc = 0.75 * \frac{1}{6} * \sqrt{24} * 1900 * 361 = 420.03Kn$

$\phi.Vc = 420.03KN > Vu = 281.14Kn$

$\therefore$ *Safe*

2- Design of Two Way Shear Strength :-

$Vu = Pu - FR_b$

$FR_b = q_u * area\ of\ critical\ section$

$Vu = 1216.8 - [337.06 * (0.4 + 0.361) * (0.3 + 0.361)] = 1047.25Kn$

The punching shear strength is the smallest value of the following equations:-

$\phi.V_c = \phi.\frac{1}{6}\left(1 + \frac{2}{c}\right)\sqrt{f_c'}\, b_o d$

$\phi.V_c = \phi.\frac{1}{12}\left(\frac{\sim_s}{b_o / d} + 2\right)\sqrt{f_c'}\, b_o d$

$\phi.V_c = \phi.\frac{1}{3}\sqrt{f_c'}\, b_o d$

Where:-

$_C = \frac{Column\ Length\ (a)}{Column\ Width\ (b)} = \frac{40}{30} = 1.33$

b_o = Perimeter of critical section taken at (d/2) from the loaded area

$b_o = 2 * (36.1 + 40) + 2 * (36.1 + 30) = 284.4cm$

$\sim_s = 40$ for interior column

$$¤.V_C = ¤.\frac{1}{6}\left(1+\frac{2}{c}\right)\sqrt{f_c'}\,b_o d = \frac{0.75}{6}*\left(1+\frac{2}{1.33}\right)*\sqrt{24}*2844*361 = 1574.15Kn$$

$$¤.V_C = ¤.\frac{1}{12}\left(\frac{\sim_s}{b_o/d}+2\right)\sqrt{f_c'}\,b_o d = \frac{0.75}{12}*\left(\frac{40*361}{2844}+2\right)*\sqrt{24}*2844*361 = 2224.81Kn$$

$$¤.V_C = ¤.\frac{1}{3}\sqrt{f_c'}\,b_o d = \frac{0.75}{3}*\sqrt{24}*2844*361 = 1257.43Kn$$

ΦVc =1257.43 Kn>Vu=1047.25Kn

3- Design of Bending Moment :-

Critical Section at the Face of Column

FR = $q_{u*}\ \frac{B-a}{2}\ *L$ = 337.06 * $\frac{1.9-0.3}{2}$ *1.9 =512.33Kn

Mu = 512.33* 0.4 = 204.93Kn.m

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{204.93\times10^6}{0.9\times1900\times361^2} = 0.92\ Mpa$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{420}{0.85\times24} = 20.6$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.m.R_n}{420}}\right) = \frac{1}{20.6}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times20.6\times0.92}{420}}\right) = 0.00224$$

$A_{s,req}$ = ρ.b.d = 0.00224×1900×361 = 1537.27 mm^2

$A_{s,min}$ = 0.0018*1900*450 = 1539 mm^2

$A_{s,req}$ = $A_{s,min}$ = 1539 mm^2 **…… is control**

Check for Spacing :-

S = 3h = 3*450 = 135 mm

$$S = 380*\left(\frac{280}{\frac{2}{3}*420}\right) - 2.5*75 = 192.5\ mm$$

S = 450 mm

S = 450 mm **…… is control**

Use 9ø16 in Both Direction, $A_{s,provided}$= 1809 mm^2>$A_{s,required}$= 1539 mm^2… Ok

Check for strain:-

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c'} = \frac{1809 \times 420}{0.85 \times 1900 \times 24} = 19.6\ mm$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{19.6}{0.85} = 23\ mm$$

$$\varepsilon_s = 0.003\ \frac{d-c}{c} = 0.003\ \frac{361-23}{23} = 0.044 > 0.005\ \ldots\ldots \mathbf{ok}$$

4- Design of Dowels :-

Load Transfer In Footing :-

$$\Phi Pn.b = \Phi(0.85\, fc' A_1 \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}})$$

$A_1 = 40 * 30 = 0.12\ m^2$

$A_2 = 190 * 190 = 3.61\ m^2$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{3.61}{0.12}} = 5.48 > 2 \ldots\ldots\ldots\ldots \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 2$$

$$\Phi Pn.b = 0.65 \times (0.85 \times 24 \times 120 \times 2) = 3182.4 Kn$$

$$\Phi Pn = 3282.4 > Pu = 1216.8 \ldots\ldots\ldots .ok$$

No Need For Dowels

Load Transfer In Column :-

$$\Phi Pn.b = 0.65 \times (0.85 \times 24 \times 120) = 1591.2 Kn$$

$$\Phi Pn = 1591.2 > Pu = 1216.8 \ldots\ldots\ldots .ok$$

No Need For Dowels

As,min = 0.005 * Ac = 0.005 * 400 * 300 = 600 mm2

Use 8ø20, $A_{s,provided}$= 2512 mm^2>$A_{s,required}$= 600 mm^2… Ok

5- Development Length In Footing :-

Tension Development Length In Footing :-

$$Ld_{T\,req} = \frac{9}{10} * \frac{F_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} * \frac{\psi_e \psi_s \psi_t}{\frac{ktr+cb}{db}} * db > 300mm$$

$$Ktr = 0 \quad Nostripes \; cb = 75 + \frac{16}{2} = 83mm \; Or \; cb = \frac{200}{2} = 100\,mm$$

$$\frac{ktr+cb}{db} = \frac{0+83}{16} = 5.19 > 2.5$$

$$\frac{ktr+cb}{db} = 2.5$$

$$Ld_{T\,req} = \frac{9}{10} * \frac{420}{1*\sqrt{24}} * \frac{1*1*0.8}{2.5} * 16 = 395.054\,mm > 300mm$$

$Ld_{T\ available} = \frac{1900-300}{2}$ -75= 725 mm

$Ld_{T\ available}$ = 725 mm > $ld_{req} = 395.054\,mm$**…….. OK**

Compression Development Length In Footing :-

$Ld_{Creq} = \frac{0.24*Fy*dB}{\sqrt{24}}$ > 0.043*Fy*dB >200mm

$Ld_{Creq} = \frac{0.24*420*12}{\sqrt{24}}$ = 246.9 > 0.043*420*12 = 216.72 >200mm

Ld_{Creq}= 246.9 mm

$Ldc_{available}$ = 450 – 75 – 16 – 16 = 343 mm >Ld_{Creq}= 246.9 mm **…….. Ok**

Lap Splice of Dowels In Column :-

Lsc = 0.071×fy×db = 0.071×420 ×12 = 357.84 mm > 300 mm

Select Lsc = 500 mm

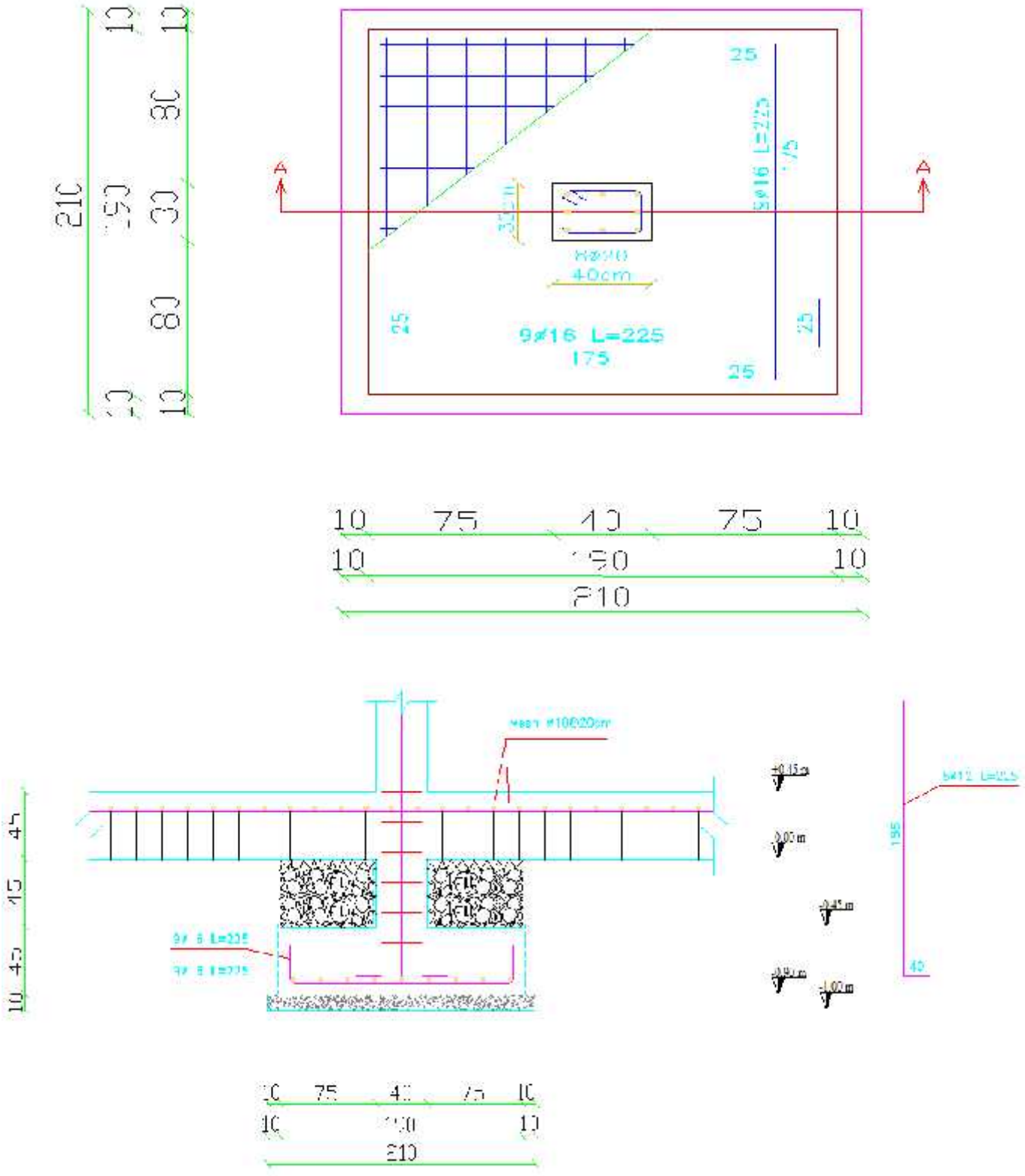


Fig 4.21 :Foundation Reinforcement.