মোহাম্মদ মাইনুল ইসলাম

বি এস সি ইন সিভিল ইঞ্জিঃ**(DUET)**

চিফ ইন্সট্রাক্টর (টেক) সিভিল

শেরপুর পলিটেকনিক ইন্সটিটিউট, শেরপুর।

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

টেকনোলজিঃ সিভিল

পর্বঃ৬ষ্ঠ

বিষয়ঃ ডিজাইন অব স্ট্রাকচার-১ (২৬৪৬৪)

অধ্যায়-৪

শিয়ার পীড়ন

৪.১ আরসিসিতে শিয়ার বল এবং পীড়নের প্রভাব ঃ

বিভিন্ন ধরনের আরসিসি কাঠামো ডিজাইনে শিয়ার বল এবং শিয়ার পীড়নকে গুরুত্ব সহকারে বিবেচনা করা হয়। আমরা জানি বিমের উপর বাহি¨ক লোডের কারণে যেমন বেন্ডিং মোমেন্টের হিসাব করা হয়। তেমনি সাথে সাথে শিয়ার বলের মান ও বিবেচনা করা হয়। শিয়ার বলের প্রভাবে বিমের নিরপেক্ষ তলের উপরে চাপ পীড়ন এবং নিচে টান পীড়নের সৃষ্টি হয়। এছাড়াও এক ধরনের কোনাকুনি টান এর সৃষ্টি হয়। কারণ কোনাকৃনি টান অনুভূমিক ও উল্লম্বিক শিয়ারের মিলিত ফল । তবে বাস্ত বর্গক্ষেত্রে উল্লম্বিক শিয়ার বলের মানের উপরেই কোনাকুনি টানের মান নির্ভর করে। সুতরাং শিয়ার বল নিরূপণ করে শিয়ার পীড়ন নির্ণয় করতে হবে এবং পরবর্তীতে অনুমোদনযোগ¨ মানের সাথে তুলনা করে নিরীক্ষা করতে হবে । আর শিয়ার বলের প্রভাবে সৃষ্ট কোনাকুনি টান প্রতিরোধ সঠিক ব¨বস্থা গ্রহণ না করলে বিমে কোনাকুনি ফাটল এমনকি বিম ব¨র্থ হয়ে যেতে পারে।

আরসিসি বিমের শিয়ার পীড়ন সূত্রের সাহাযে¨ নির্ণয় করা হয় , যা অনুভূমিকের সাথে কোণে ক্রিয়া করে।

উপরের চিত্রে একটি ব্লকের উপর শিয়ারের ক্রিয়া দেখানো হয়েছে । যখন ব্লকের উপর শিয়ার পীড়ন ক্রিয়া করে , তখন কর্ণ বরাবর চাপ পীড়ন এবং কর্ণ বরাবর টান পীড়নের সৃষ্টি হয়। এ চাপ পীড়ন বা টান পীড়ন উভয়ই শিয়ার পীড়ন এর সমান । এ অবস্থায় যদি ব্লকটি চাপে দুর্বল হয় তবে ব্লকটির মালামাল চূর্ণ হয়ে ব¨র্থ হবে এবং কর্ণ বরাবর পীড়ন ক্রিয়া করে। অপরদিকে যদি ব্লকটির মালামল টানে দুর্বল থাকে তবে চুর্ণ হয়ে কর্ণ বরাবর দুটি অংশে বিভক্ত হওয়ার প্রভণতা থাকে ।

৪.২ কৌণিক টান বা কোনাকুনি টানের ব¨খ¨া ঃ

আরসিসি বিমের উপর প্রযুক্ত লোডের ফলে তার নিরপেক্ষ অক্ষের উপরের অংশে চাপ পীড়ন এবং নিচের অংশে টান পীড়নের সৃষ্টি হয়। এ ছাড়াও বিমের মধে¨ কৌণিকভাবে আর এক ধরনের টান পীড়নের সৃষ্টি হয় ,যার বিমে কৌণিক

ফাটলের সৃষ্টি হয়। বিমের মধ¨স্থলে এ ফাটলগুলো প্রায় খাড়াভাবে থাকে । কিন্তু বিমের প্রান্তের দিকে এ ফাটলগুলো নিরপেক্ষ অক্ষের সাথে প্রায় কোণে অবস্থান করে। সুতরাং যে পীড়নের ফলে এরূপ কৌণিক ফাটলের সৃষ্টি হয়, তাকে ডায়াগোনাল টেনশন বা কৌণিক টান বলে।

কৌণিক টানজনিত ফাটল প্রতিহত করার জন¨ এর আড়াআড়ি অতিরিক্ত রড ব¨বহার করা প্রয়োজন । কিন্তু সর্বত্র ফাটলের দিক এক রকম নয় বলে তীর্যক রড ব¨বহার করা ব¨য়বহুল ও কষ্টকর। তাই যেহেতু কৌণিক টান একপ্রকার বল সেহেতু একে অনুভূমিক উপাংশ এবং খাড়া উপাংশ এ রূপান্তরিত করা যায়। সুতরাং আরসিসি নির্মাণ প×তিতে মনে করা হয় যে ,কৌণিক টানের উ×ব হয় অনুভূমিক ও উল্লম্ব টানের লব্ধি বল হিসাবে । এ অনুভূমিক টানকে প্রতিহত করতে বিমে লম্বলম্বি রড এবং উল্লম্ব টান প্রতিহত করতে বিমে আলাদা খাড়া রড ব¨বহার করা হয়। এ আলাদা খাড়া রডকে চূড়ি বা ÷রাপ বলে।

বিমের মধে¨ অনুভূমিক ও উল্লম্ব টানের সৃষ্টি হয় অনুভূমিক ও উল্লম্বিক শিয়ার বল থেকে । ব¨বহারিক ক্ষেত্রে কৌণিক টানের মানকে উল্লম্ব শিয়ার বলের মানের সমান ধরা হয়। তাই কৌণিক টানের এই খাড়া উপাংশের মান নির্ণয়ের সূত্রাবলি শিয়ার বলের উপর নির্ভরশীল বলে একে একক শিয়ার পীড়ন বলে।

বিমের যে অংশে টান পীড়ন প্রতিরোধের জন¨ লম্বালম্বি রডের দরকার হয় না , সেখানে ঐ রডকে উপরের দিকে নিয়ে যাওযা হয়। একে বলে ঘোড়া তোলা রড । ঘোড়া তোলা অংশটিও শিয়ার প্রতিরোধক হিসাবে কাজ করে । শিয়ার পীড়ন প্রতিরোধী এই রিইনফোর্সমেন্টকে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট বলে। সাধারণত বা মিমি (বা সুতা) ব¨াসের রডকে বা আকারে তৈরি করে ÷রাপ হিসাবে ব¨বহার করা হয়। বিমের প্রস্থ বেশি হলে আকারের ÷রাপ ব¨বহার করা হয়।

৪.৩ ছবিসহ কৌণিক টান সৃষ্টির কারণ ঃ

বিমে প্রযুক্ত বাহি¨ক বল যখন বেশি মাত্রায় থাকে এবং সুষম বিমের যে পরিমাণ রিইনফোর্সমেন্ট প্রয়োজন তার তুলনায কম বা বেশি রিইনফোর্সমেন্ট ব¨বহার করলে অথবা সঠিকভাবে ও সঠিক পরিমাণে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট ব¨বহার না করলে কৌণিক টান এর সৃষ্টি হয়। কৌণিক টানজনিত কারণে কৌণিক টানের সৃষ্টি হয়ে থাকে । যেমন ঃ

১। যখন বিমে বেন্ডিং মোমেন্টের তুলনায় শিয়ার ফোর্স বেশি তখন বিমে কৌণিক টানজনিত কারণে কৌণিক কারণে কৌণিক ফাটলের সৃষ্টি হতে পারে । সাপোর্টের কাছাকাছি এ ফাটলগুলো অনুভূমিকের সাথে প্রায় টানজনিত কারণে কৌণিক ফাটলের সৃষ্টি হতে পারে । সাপোর্টের কাছাকাছি এই ফাটলগুলো অনুভূমিকের সাথে প্রায় কোণে সৃষ্টি হয় (চিত্র ঃ ৪.৩) এবং মধ¨স্থলে এ ফাটল গুলো প্রায় খাড়াভাবে বা কোণে অবস্থান করে।

২। যখন বিমে শিয়ার ফোর্সের চেয়ে বেল্ডিং মোমেন্ট তুলনামূলকভাবে বেশি হয়, তলন বিমে ফ্লেকচার শিয়ার এর মাধ¨মে কৌণিক ফাটলের সৃষ্টি হয়। এই ফাটলগুলো বিমে অনূভুমিকের সাথে প্রায় কোণে অবস্থান করে (চিত্র ঃ ৪.৪)।

৩। বিমের উপর প্রয়োগকৃত লোডের কাছাকাছি (কেন্দ্রীভূত লোডের ক্ষেত্রে) চাপ এলাকার মধে¨ কংক্রিট চূর্ণবিচূর্ণ হয়ে ব¨র্থতার সৃষ্টির করে । ফলে কৌণিক ফাটলের সৃষ্টি হয়ে চাপ এলাকার অভ¨ন্তরে প্রবেশ করে ।এ জাতীয় ব¨র্থতাকে কৌণিক চাপজনিত ব¨র্থতা বলে (চিত্র ঃ ৪.৫) ।

৪.৪ বিমের শিয়ার পীড়ন নির্ণয়ের সুত্র ঃ

আরসিসি বিম ডিজাইনের প্রা°ালে প্রথমে বিমের কার্যকরী গভীরতা এবং টেনসাইল রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ নির্ণয় করতে হয়। তারপর কৌণিক টান প্রতিরোধের জন¨ ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট বা ি÷রাপ এর প্রয়োজন আছে কি না তা নির্ণয় করা হয়। কংক্রিট কিছু পরিমাণ শিয়ার ে্রস প্রতিরোধ করতে সক্ষম সুতরাং বিমে সৃষ্ট শিয়ার ে্রসের পরিমাণ যদি কংক্রিটের গ্রহণযোগ¨ শিয়ার ে্রস অপেক্ষা বেশি হয় । তবে ি÷রাপের প্রয়োজন হবে ।

মনে করি ,

বিমের বিবেচ¨ সেকশনে শিয়ার ফোর্সের পরিমাণ কেজি

ঐ সেকশনে একক শিয়ার পীড়নের পরিমাণ কেজি/বর্গ সেমি

বিমের প্রস্থ সেমি

বিমের কার্যকরী গভীরতা সেমি

চাপ পীড়ন এবং টান পীড়নের লব্ধিদ্বয়ের মধ¨বর্তী দূরত্ব সেমি

চিত্রানুযায়ী শিয়ার স্ট্রেস নির্ণয়ের জন¨ বিমের যে-কোনো অংশে অতি ক্ষুদ্র দৈর্ঘ¯ বিবেচনা করি। এ ক্ষুদ্রতম অংশ এত ক্ষুদ্র যে, তার উভয় পার্শ্বে শিয়ার ফোর্স এর পরিমাণ প্রায় সমান বিবেচনা করা হয়। ক্ষুদ্রতম দৈর্ঘ¨বিশিষ্ট বিমটির টান পীড়ন ও চাপ পীড়নের প্রভাবে সাম¨াবস্থায় আছে । সাম¨বস্থার নীতি অনুযায়ী বিমটির বিবেচ¨ সেকশনের যে-কোনো বিন্দুতে আরোপিত সমস্ত বল দ্বারা সৃষ্ট মোমেন্টগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শুন¨ হবে ।

চিত্রে বিন্দুতে মোমেন্ট নিলে

অর্থাৎ

বা

বা

বা

বা

এখন অক্ষ বরাবর অনুভূমিক তলের পরিমাণ বা ক্ষেত্রফল এবং অনুভূমিক শিয়ার ফোর্স

আবার অনুভূমিক তল বরাবর উৎপন্ন শিয়ার ফোর্স চিত্রের অনুভূমিক শিয়ার কে প্রতিরোধ করবে বলে হবে ।

(১) নং সমীকরণে এর মান বসালে

বা

কিন্তু বর্তমানে কোড ( ) অনুযায়ী এর মান বাদ দেওয়ার ফলে শিয়ার স্ট্রেস

কোড অনুযায়ী আরসিসি বিমের শিয়ার স্ট্রেস নির্ণয়ের জন¨ বিমের সার্পোট থেকে দূরত্বে শিয়ার ফোর্স এর মান বিবেচনা করা হয় এবং স্ল¨াবের ক্ষেত্রে সার্পোট থেকে দূরত্বে শিয়ার ফোর্সের মান বিবেচনা করা হয়। একে ক্রিটিক¨াল শিয়ার ফোর্স বলে যাকে দ্বারা নির্দেশ করা হয়। অতএব ।

৪.৫ ও ৪.৬ ওয়ার্কিং স্ট্রেস ডিজাইন এবং আল্টিমেট স্ট্রেংথ ডিজাইন প×তিতে শিয়ার পীড়নের সমস¨া ও সমাধান ঃ

সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স ঃ

(১) সাধারণভাবে স্থাপিত ও পুরোপুরি অবিচ্ছিন্ন বিমের ক্ষেত্রে

(২) আংশিক অবিচ্ছিন্ন বিমের ক্ষেত্রে ,

অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের সর্বোচ্চ শিয়ার

বিচ্ছিন্ন প্রান্তের সর্বোচ্চ শিয়ার

(৩) ক¨ান্টিলিভার বিমের ক্ষেত্রে

(৪) সার্পোট থেকে দূরত্বে ক্রিটিক¨াল শিয়ার

(৫) শিয়ার পীড়ন

(৬) বিমের সর্বোচ্চ অনুমোদনযোগ¨ শিয়ার পীড়ন ঃ

প×তিতে

প×তিতে

(৭) কংক্রিট কর্তৃক গ্রহণযোগ¨ শিয়ার পীড়ন ঃ

প×তিতে

প×তিতে

এখানে ,

শিয়ার ফোর্স

প্রতি একক দৈর্ঘ¯ আরোপিত লোড

মোট লোড

ক্রিটিক¨াল শিয়ার

শিয়ার পীড়ন

শিয়ার ফ¨া±র

কংক্রিটের সর্বোচ্চ চাপ পীড়ন

উদাহরণ-৪.১ একটি সাধারণভাবে স্থাপিত আয়তাকার বিমের কার্যকরী গভীরতা সেমি এবং প্রস্থ সেমি । বিমটির দৈর্ঘ মিটার এবং এতে প্রতি মিটার দৈর্ঘ নিজস্ব ওজনসহ কেজি সমবিস্তৃত লোড বহন করে। যদি কেজি/বর্গ সেমি হয়, তবে বিমটিতে ি÷রাপ ব¨বহারের প্রয়োজন আছে কি ? প×তিতে সমাধান কর ।

সমাধান ঃ

আমরা জানি শিয়ার পীড়ন

এখানে সার্পোট থেকে দূরত্বে শিয়ার ফোর্স

বিমের প্রস্থ

বিমের কার্যকরী গভীরতা

আবার সর্বোচ্চ শিয়ার

সুতরাং

কিন্তু কংক্রিট কর্তৃক অনুমোদনযোগ¨ শিয়ার ে্রস সুতরাং , ি÷রাপ ব¨বহারের প্রয়োজন আছে ।

উদাহরণ-৪.২ একটি সাধারণভাবে স্থাপিত আয়তাকার বিমের দৈর্ঘ্য মিটার প্রস্থ সেমি কার্যকরী গভীরতা সেমি এবং কভারিং সেমি । এর উপর প্রতি মিটার দৈর্ঘ্য নিজস্ব ওজন ছাড়া কেজি লোড সমভাবে বিস্তৃত আছে । বিমটিতে ÷িরাপ বা শিয়ারিং রিইনফোর্সমেন্ট ব¨বহারের প্রয়োজন আছে কি? প×তিতে সমাধন কর ।

সমাধান ঃ

এখানে বিমের প্রস্থ

এবং বিমের গভীরতা

সুতরাং (১) বিমের নিজস্ব ওজন

(২) বিমের উপর আরোপিত ওজন

মোট লোড

বিমের সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স

আমরা জানি , শিয়ার ¯ট্রস

এখানে ,

সুতরাং বিমটিতে ÷িরাপ ব¨বহারের প্রয়োজন আছে ।

উদাহরণ-৪.৩। সাধারণভাবে স্থাপিত একটি আরসিসি আয়তাকার বিমের স্প¨ান মিটার প্রতি মিটার দৈর্ঘ নিজস্ব ওজনসহ কেজি নিশ্চল ভর এবং কেজি সচল ভর আরোপিত । বিমটির প্রস্থ সেমি এবং মোট গভীরতা সেমি মোট কভারিং সেমি হলে প×তিতে শিয়ার পীড়ন নির্ণয় কর।

সমাধানঃ

আল্টিমেট লোড

আল্টিমেট শিয়ার

বিমটির কার্যকরী গভীরতা = মোট গভীরতা - মোট কভারিং

সার্পোট থেকে দূরত্বে শিয়ার

শিয়ার পীড়ন

উদাহরণ-৪.৪ । একটি সাধারণভাবে স্থাপিত বিমের প্রস্থ কার্যকরী গভীরতা এবং স্প¨ান দৈর্ঘ্য । বিমটি নিজস্ব ওজনসহ মোট লোড বহন করছে । যদি কংক্রিটের সর্বোচ্চ পীড়ন হয় , তবে বিমটিতে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্টের প্রয়োজন হবে কি ?

সমাধান ঃ

দেয়া আছে ,

বিমের প্রস্থ

বিমের কার্যকর গভীরতা

কংক্রিটের সর্বোচ্চ পীড়ন

বিমের স্প¨ান দৈর্ঘ্য

বিমটির উপর আরোপিত (নিজস্ব ওজন সহ) মোট ওজন

প্রতি মিটারে ওজন

সর্বোচ্চ শিয়ার

সার্পেটি থেকে দূরত্বে শিয়ার ফোর্স

বিমে উৎপন্ন শিয়ার পীড়ন

কংক্রিট কর্তৃক অনুমোদনযোগ¨ শিয়ার পীড়ন

যেহেতু অর্থাৎ বিমে উৎপন্ন শিয়ার পীড়ন কংক্রিটের অনুমোদনযোগ¨ শিয়ার পীড়ন অপেক্ষা বেশি সুতরাং বিমটিতে ব¨বহারের প্রয়োজন হবে ।

উদাহরণ-৪.৫ স্প¯ানবিশিষ্ট সাধারণভাবে স্থাপিত একটি আরসিসি আয়তাকার বিমের প্রতি মিটার দৈর্ঘ্য নিজস্ব ওজনসহ ডেড লোড এবং লাইভ লোড আরোপিত । বিমটির প্রস্থ এবং মোট গভীরতা এবং মোট কভারিং প×তিতে উৎপন্ন শিয়ার পীড়নের মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

আল্টিমেট লোড

আল্টিমেট শিয়ার

বিমের কার্যকর গভীরতা

সার্পোট থেকে দূরত্বে শিয়ার

শিয়ার পীড়ন

৪.৭ বিমের অনুমোদনযোগ¨ শিয়ার পীড়ন এবং কংক্রিট কর্তৃক গ্রহণযোগ¨ শিয়ার পীড়ন ঃ

বিমের অনুমোদন যোগ¨ শিয়ার পীড়ন এবং কংক্রিট কর্তৃক গ্রহণযোগ¨ শিয়ার পীড়ন এর মান কংক্রিটের সর্বোচ্চ চাপশক্তি এর মানের উপর নির্ভরশীল ।

কোড অনুযায়ী নিম্নে এবং উভয় প×তির অনুমোদন যোগ¨ মান গুলো দেয়া হলো ঃ

(ক) বিমের সর্বোচ্চ অনুমোদনযোগ শিয়ার পীড়ন ঃ

WSD পদ্ধতিতে, v=1.33 $\sqrt{f'c}$ কেজি/বর্গ সেমি

v= 5 $\sqrt{f'c}$ পাউন্ড/বর্গ ইঞ্চ

USD পদ্ধতিতে v_u = 2.65 $\varphi \sqrt{f'c}$ কেজি/বর্গ সেমি

v_u = 10 $\varphi \sqrt{f'c}$ পাউন্ড/ বর্গ ইঞ্চি

(খ) কংক্রিট কর্তৃক গ্রহণযোগ¨ শিয়ার পীড়ন ঃ

WSD পদ্ধতিতে $v_c=0.292\sqrt{f'c}$ কেজি/বর্গ সেমি

$v_c=1.1\sqrt{f'c}$ পাউন্ড / বর্গ ইঞ্চি

USD পদ্ধতিতে $v_{cu}=0.53\varphi\sqrt{f'c}$ কেজি/বর্গ সেমি

$v_{cu}=2\varphi\sqrt{f'c}$ পাউন্ড/ বর্গ ইঞ্চি

এখানে, $\varphi =$ শিয়ার ফ্যাক্টর= 0.85

f’c= কংক্রিটের সর্বোচ্চ চাপ পীড়ন , কেজি/বর্গ সেমি অথবা পাউন্ড/ বর্গ ইঞ্চি