অধ্যায়-৫

সিমেন্ট এবং লাইম
(Cement and Lime)

৫.১ সিমেন্ট এবং লাইমের সংজ্ঞা (Definition of cement and lime) ঃ

সিমেন্ট (Cement) ঃ সিমেন্ট একটি উন্নতমানের জোড়ক পদার্থ। প্রকৌশল নির্মাণে জোড়ক পদার্থ হিসেবে এটা সর্বাধিক ব্যবহৃত। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম যৌগ সম্বলিত চুনজাতসামগ্রী পুড়িয়ে মিহি পাউডারে পরিণত করে সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এর সাথে উদক চুনের সাদৃশ্য আছে। তবে এটা উদক চুন অপেক্ষা অধিক উদক গুণসম্পন্ন।

বর্তমান যুগে কাঠামো নির্মাণের এ উন্নয়নের পিছনে যে জোড়ক পদার্থটির ভূমিকা সর্বাধিক, তার নাম সিমেন্ট। ঈপ্সিত কাজের উপযোগী করে বিভিন্ন মান ও ব্র্যান্ডের সিমেন্ট তৈরি করা সম্ভব হয়েছে বিধায় প্রায় সকল কাঠামো নির্মাণেই সিমেন্ট ব্যবহৃত হয়। সিমেন্ট মিহি পাউডারবিশেষ। এগুলো সহজে পানির উপস্থিতিতে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে জমাটবদ্ধ হয়ে নির্মাণের এককসমূহকে সংযুক্ত করে বিধায় এগুলো শক্তিশালী কাঠামো নির্মাণে সহায়ক। এগুলোর সাথে অ্যাডমিক্সচার মিশ্রণ করে এগুলোর জমাটবদ্ধতার সময় নিয়ন্ত্রণ করা যায় বিধায় এগুলো দ্রুত জমাটবদ্ধতা ও কাঠিন্য অর্জনে সক্ষম এবং কাজের চাহিদানুযায়ী অ্যাডমিক্সচার মিশিয়ে এগুলোর জমাটবদ্ধতা ও কাঠিন্য অর্জনের সময় বিলম্বিতও করা যায়। এগুলো পানির নিচের কাজে যেমন–বাঁধ, পোতাশ্রয়, জেটি ইত্যাদি, গননচুম্বী অট্টালিকা নির্মাণে, ঝুলন্ত কাঠামো ইত্যাদি নির্মাণে সফলভাবে ব্যবহার করা যায়। এগুলোর জোরালো ও স্থায়ী বন্ধন ক্ষমতা, দীর্ঘ আয়ুষ্কাল ও যে-কোনো আবহাওয়ায় টিকে থাকার গুণ থাকায় জোড়ক পদার্থ হিসেবে এগুলোর ব্যবহার ব্যাপক। এ ছাড়াও এগুলো যে-কোনো আকার-আকৃতির কাঠামো নির্মাণে ব্যবহার করা যায়। বিভিন্ন বর্ণের সিমেন্ট প্রস্তুত করা যায় বিধায় বিভিন্ন অলংকারমূলক কাজে জোড়কসামগ্রী হিসেবেও এগুলো ব্যবহার করা যায়। এগুলো ধাতব পদার্থের (আয়রন) সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না বিধায় এগুলোর নির্মাণে রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা যায়। পরিশেষে বলা যায় যে, এ জোড়ক পদার্থের উপযোগিতা এত বেশি এবং ব্যবহার এত ব্যাপক যে, এর আবিষ্কার না হলে মানব সভ্যতার বর্তমান পূর্ণতাপ্রাপ্তি অসম্পূর্ণ থেকে যেতো।

সিমেন্টকে প্রধানত দু'শ্রেণিতে ভাগ করা হয়, যথা–

১। প্রাকৃতিক সিমেন্ট (Natural cement)

২। কৃত্রিম সিমেন্ট (Artificial cement)।

১। প্রাকৃতিক সিমেন্ট ঃ 25% হতে 40% কর্দমযুক্ত এবং অবশিষ্টাংশ কার্বোনেট অব লাইম বা কখনও কার্বোনেট অব ম্যাগনেশিয়াযুক্ত প্রাকৃতিক চুনাপাথর পুড়িয়ে এবং মিহি পাউডারে চূর্ণ করে এ ধরনের সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এর বর্ণ বাদামি এবং পানির সাথে মিশ্রণে এ সিমেন্ট দ্রুত জমাটবদ্ধ হয়। তবে এ সিমেন্ট কৃত্রিম সিমেন্টের ন্যায় অধিক শক্তিসম্পন্ন নয়। ইংল্যান্ডে উৎকৃষ্ট মানের প্রাকৃতিক সিমেন্টকে রোমান সিমেন্ট (Roman cement) বলা হয়। রোমিওগণ প্রথম চুনাপাথর পোড়ানো পাউডার নির্মাণকাজে জোড়ক পদার্থ হিসেবে ব্যবহার করেন। তবে এ সিমেন্ট বাংলাদেশে ব্যবহার হয় না। ইংল্যান্ডে জোসেফ পার্কার ১৮২৪ সালে কাদামিশ্রিত চুনাপাথর পুড়িয়ে প্রথম প্রাকৃতিক সিমেন্ট তৈরি করেন।

২। কৃত্রিম সিমেন্ট ঃ ১৮২৪ সালে লিডসের জনৈক রাজমিস্ত্রি জোসেফ আসপদীন প্রথম কৃত্রিম সিমেন্ট তৈরি করেন। বিশুদ্ধ চুনাপাথরের সাথে সঠিক অনুপাতে মৃত্তিকা মিশ্রিত করে মিশ্রণকে কাঁচিক হবার প্রারম্ভিক তাপমাত্রায় পুড়িয়ে এবং উদ্ভূত 'ক্লিংকার'কে মিহি পাউডারে চূর্ণ করে এ জাতীয় সিমেন্ট তৈরি করা হয়। কৃত্রিম সিমেন্টের মধ্যে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট সবচেয়ে জনপ্রিয় এবং বহুল ব্যবহৃত। এর বর্ণ এবং গুণাগুণ ইংল্যান্ডের পোর্টল্যান্ডের নিকটবর্তী স্থানে প্রাপ্ত পাথরের মতো। তাই একে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট নাম দেয়া হয়। একে নরমাল সেটিং সিমেন্টও বলা হয়। তবে কৃত্রিম সিমেন্ট বলতে মূলত পোর্টল্যান্ড সিমেন্টকেই বুঝায়। নির্মাণকাজের চাহিদা, পরিবেশ, অবস্থান, ধরন ইত্যাদি দিক বিবেচনায় পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের উপাদানগুলোর আনুপাতিক হারের তারতম্য করে, ক্ষেত্রবিশেষে নতুন উপাদান সংযোজন করে কাজের ক্ষেত্র উপযোগী পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরি করা হয়। সে মতে, বিভিন্ন ধরনের পোর্টল্যান্ড সিমেন্টগুলো হলো– (ক) সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Ordinary portland cement), (খ) র‍্যাপিড হার্ডেনিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Rapid hardening protland cement), (গ) এক্সট্রা র‍্যাপিড হার্ডেনিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট বা কুইক সেটিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Extra rapid hardening portland cement or Quick setting protland cement), (ঘ) লো-হিট পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Low heat portland cement), (ঙ) পোর্টল্যান্ড ব্লাস্ট ফারনেস স্লাজ সিমেন্ট (Portland blast furnance slag cement), (চ) পোর্টল্যান্ড পাজোলান সিমেন্ট (Portland puzzolan cement), (ছ) সালফেট রেজিস্টিং সিমেন্ট (Sulphate resisting cement), (জ) হোয়াইট পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (White portland cement), (ঝ) কালার্ড পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Coloured portland cement)।

Scanned with CamScanner

এ ছাড়াও অন্যান্য কৃত্রিম সিমেন্টগুলো হলো– (i) হাই অ্যালুমিনা সিমেন্ট (High alumina cement) (ii) সুপার সালফেট সিমেন্ট (Super sulphate cement) ও (iii) বিশেষ সিমেন্ট (Special cement) যেমন– (ক) ম্যাসনরি সিমেন্ট, (খ) ট্রাইফ সিমেন্ট (Trief cement), (গ) এক্সপ্যানসিভ সিমেন্ট (Expansive cement) ও (ঘ) অয়েল ওয়েল সিমেন্ট (Oil well cement) ইত্যাদি।

চুন (Lime) ঃ

রাসায়নিক দিক হতে চুন কমবেশি অপদ্রব্য মিশ্রিত CaO। এটি বাঁধনি গুণসম্পন্ন পদার্থ। কমবেশি অপদ্রব্য মিশ্রিত চুনাপাথর ($CaCO_3$) পুড়িয়ে চুন তৈরি করা হয়। তা ছাড়া, সামুদ্রিক প্রাণীর খোলস ও জীবজন্তুর হাড় ইত্যাদিতে চুন পাওয়া যায়। চুনাপাথর হতেই মূলত চুন তৈরি করা হয়ে থাকে। চুনের সাথে নিচের পরিভাষাগুলো বিশেষভাবে জড়িত বিধায় সেগুলো উল্লেখ করা হলো–

(ক) ভস্মীকরণ (Calcination) ঃ চুনাপাথরকে বাতাসের উপস্থিতিতে লোহিত বর্ণ ধারণ করা পর্যন্ত (1500°ফাঃ) পোড়ানোকে ভস্মীকরণ বলা হয়। পোড়ানোর ফলে চুনাপাথর বিভাজিত হয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় ($CaCO_3$ উত্তাপে = $CaO + CO_2$)।

(খ) বিদাহী চুন (Quick lime) ঃ চুনাপাথরকে ভস্মীকরণ করার পর ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) পাওয়া যায়, এগুলোকে বিদাহী চুন বলা হয়। এগুলো কস্টিক লাইম (Caustic lime) নামেও পরিচিত। বিদাহী চুনের আপেক্ষিক গুরুত্ব প্রায় 3.1 এবং এগুলো অদানাদার। বিদাহী চুন অতি দ্রুত বাতাস হতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে বলে চুনের বিদাহী অবস্থা স্বল্প সময় স্থায়ী হয়।

(গ) পানিযোজন (Hydration) ঃ বিদাহী চুনে অল্প পরিমাণ পানি সংযোগ করলে এগুলো শুষ্ক গুঁড়া পাউডারে পরিণত হয়। একে চুনে পানিযোজন (Hydration of lime) বলা হয় এবং প্রাপ্ত পাউডার আকৃতির চুনকে পানিযোজিত চুন [Hydrated lime, $Ca(OH)_2$] বলা হয় [$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$]। পানিযোজিত চুন প্রস্তুত করাই পানিযোজনের মূল উদ্দেশ্য। চুনকাম, পলেস্তর প্রভৃতিতে পানিযোজিত চুন ব্যবহার করা হয়।

(ঘ) কলিকরণ (Slaking) ঃ বিদাহী চুনে পানিযোজনের প্রয়োজনীয় পানি অপেক্ষা কিছু বেশি পরিমাণ পানি দিলে হিসহিস শব্দ হয়, তাপ উৎপন্ন করে এবং আয়তনে বৃদ্ধি পেয়ে নমনীয় পেস্টে পরিণত হয়। এ পদ্ধতিকে কলিকরণ (Slaking) বলা হয় এবং এ ক্রিয়াকে কলিকরণ ক্রিয়া (Slaking action) বলা হয়।

(ঙ) কলিচুন (Slaked lime) ঃ কলিকরণের ফলে যে আঠালো নমনীয় চুন-পানির পেস্ট পাওয়া যায়, এগুলোকে কলিচুন (Slaked lime) বলা হয়। $CaO + H_2O$ (বেশি) $= CaO.H_2O$ (কলিচুন)

(চ) লাইম পাটি (Lime putty) ঃ কলি করা চুনে (Slaked lime) ন্যূনতম প্রয়োজনীয় পানি মিশিয়ে তৈরি নমনীয় পেস্ট বা আঠা (Plastic mass)-কে লাইম পাটি (Lime putty) বলা হয়।

(ছ) চুনের ঘোল বা মিল্ক অব লাইম (Milk of lime) ঃ কলিচুনে (Slaked lime) পানি মিশিয়ে প্রয়োজনীয় ঘনত্বে তৈরি তরল দ্রবণকে (Suspension) চুনের ঘোল বা মিল্ক অব লাইম (Milk of lime) বলা হয়।

(জ) জমাটবদ্ধতা (Setting) ঃ কলিচুনের সাথে বাতাসের কার্বন ডাই-অক্সাইডের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এগুলো ধীরে ধীরে শক্ত হতে পারে অর্থাৎ ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়, একে চুনের জমাটবদ্ধতা (Setting) বলে। জমাটবদ্ধতায় চুনের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। আবার চুনের পেস্ট হতে পানি বাষ্পাকারে উবে যেয়ে চুন শক্ত হতে পারে, একে চুনের শুষ্ক হওয়া (Drying) বলা হয়। শুষ্ক হওয়ায় চুনের ভৌত পরিবর্তন ঘটে।

জমাটবদ্ধতায় ঃ $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
(বায়ুমণ্ডল হতে; জমাটবদ্ধ রূপ; বাতাসে যাবে)

শুষ্ক হওয়ায় ঃ $Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O$
(শুষ্ক রূপ; বাতাসে যাবে)

(ঝ) উদকতা (Hydraulicity) ঃ চুনে যে গুণ থাকার দরুন এগুলো পানির নিচে বা বায়ু অপ্রবেশ্য স্থানে জমাটবদ্ধ হতে পারে, ঐ গুণকে উদকতা গুণ বলে।

চুনের শ্রেণিবিভাগ (Classification of lime) ঃ

প্রধানত চুনকে দুই শ্রেণিতে ভাগ করা হয়, যথা–

১। স্থূল, ধনিক বা বিশুদ্ধ চুন (Fat, rich or pure lime), ২। ঔদক চুন (Hydraulic lime)।

১। বিশুদ্ধ চুন ঃ এ জাতীয় চুনে ক্যালসিয়ামের মাত্রা সর্বাধিক। কলিকরণে এ চুন আয়তনে 2-3 গুণ বৃদ্ধি পায়। খাঁটি চুনাপাথরকে ভস্মীকরণের মাধ্যমে এ চুন তৈরি করা হয়। এগুলোতে সামান্য পরিমাণ অপদ্রব্য থাকতে পারে। এগুলোর রং ধবধবে সাদা। এগুলো পানিতে বিগলনীয় এবং পানির নিচে জমাটবদ্ধ হতে পারে না। এগুলো পানির উপস্থিতিতে নমনীয় পেস্টে পরিণত হয়ে ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড তৈরি করে [$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$]। ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড বাতাস হতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে ক্যালসিয়াম কার্বনেটে রূপান্তরিত হয়ে জমাটবদ্ধ হয় এবং [$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$] পানি বাষ্পাকারে বায়ুমণ্ডলে উড়ে যায়। এগুলোর জমাটবদ্ধতার জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি অপরিহার্য। তাই পুরু দেয়ালে এগুলো ব্যবহার করা হয় না।

আস্তরের উপরিতলে, চুনকামে ও লাইম পানিং-এর কাজে এগুলো ব্যবহার করা হয়। এগুলোর সংকোচন প্রবণতা অধিক, তাই শলায় ব্যবহার কালে 2-3 গুণ বালি মিশাতে হয়। এগুলো বাতাসে উন্মুক্ত অবস্থায় রাখলে পাউডারে পরিণত হয়।

Scanned with CamScanner

২। **উদক চুন ঃ** এ জাতীয় চুনে অপদ্রব্যের পরিমাণ অধিক। এগুলো পানির নিচে, বায়ু অপ্রবেশ্য স্থানে জমাটবদ্ধ হতে পারে। কাদা, ম্যাগনেশিয়া ও সিলিকা মিশ্রিত চুনাপাথরকে উত্তপ্ত করে এ চুন তৈরি করা হয়। এগুলোতে সিলিকা, অ্যালুমিনা ও ম্যাগনেশিয়া থাকায় পানি যোজিতকরণের ফলে এগুলো ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের হাইড্রোক্সাইডে পরিণত হয়। বালির সংমিশ্রণে এগুলোর মসলা তৈরি করলে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট লবণ এবং ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডে রূপ নেয়। এগুলোতে আরো অধিক পরিমাণে পানি দিলে জটিল রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এগুলো জমাটবদ্ধ হয়। তাই এ জাতীয় চুন পানির নিচে জমাটবদ্ধ হতে পারে। এগুলো বাঁধ নির্মাণে, পুরু দেয়ালে, পানির নিচের কাজে ও জলছাদে ব্যবহার করা হয়।

বিশুদ্ধ চুন এবং উদক চুন প্রস্তুত উপযোগী চুনাপাথরের রাসায়নিক গঠন ঃ

চুনাপাথরের মুখ্য উপাদান	বিশুদ্ধ চুনের প্রয়োজনীয় শতকরা হার	উদক চুনের প্রয়োজনীয় শতকরা হার
ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO)	96	45–65
ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড (MgO)	1–2	30–40
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3)	–	2–5
সিলিকা (SiO_2)	2	20–30
FeO	2	2–5
অন্যান্য অপদ্রব্য	–	1–5

ভালো চুনের নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপথ

১। এগুলো অবশ্যই জ্বালানি ছাইমুক্ত থাকবে।

২। এগুলোতে কম পোড়া চুনাপাথর খণ্ড ও অন্যান্য অপদ্রব্য (সিলিকা, অ্যালুমিনা ইত্যাদি) 5% এর অধিক থাকবে না।

৩। এগুলো শক্ত পিণ্ডাকারে থাকবে।

৪। এগুলোকে সহজে পানিযোজিত করা যাবে।

৫। এগুলো মৃদু পানিতে দ্রবণীয় হবে।

৬। এগুলো 64 নং চালনি দিয়ে অতিক্রম করবে।

৫.২ সিমেন্টের কাঁচামাল ও বিভিন্ন উপাদানের কার্যাবলি (Raw materials of cement and functions of various ingredients of cement) ঃ

সিমেন্টের কাঁচামাল ঃ সিমেন্ট তৈরিকরণে প্রধানত দু'ধরনের কাঁচামাল ব্যবহার করা হয়, যথা–

(ক) চুনজাতীয় দ্রব্য (Calcareous materials) ঃ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের যৌগ যেমন– চুনাপাথর, চক, মার্ল ইত্যাদি এ জাতীয় দ্রব্যের অন্তর্ভুক্ত।

(খ) কাদাজাতীয় দ্রব্য (Argillaceous materials) ঃ প্রধানত সিলিকা, অ্যালুমিনা, আয়রন অক্সাইড যেমন– কাদা, স্লেট, শেল ইত্যাদি এ জাতীয় দ্রব্যের অন্তর্ভুক্ত।

সিমেন্টের উপাদানিক গঠন ঃ

সিমেন্ট গঠনের উপাদানসমূহকে প্রধানত দু'ভাগে বিভক্ত করা হয়, যথা–

১। খনিজ উপাদান

২। অম্ল ও ক্ষারকীয় উপাদান (রাসায়নিক উপাদান)।

পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের গঠনে খনিজ উপাদানের তালিকা ঃ

১। ট্রাই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ($3CaO, SiO_2 – C_3S$) 50%

২। ডাই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ($2CaO, SiO_2 – C_2S$) 25%

৩। ট্রাই ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট ($3CaO, Al_2O_3 – C_3A$) 10%

৪। টেট্রা ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইট ($4CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3 – C_4AF$) 10%

৫। ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) 3%

৬। অন্যান্য যৌগ 2%

মোট 100%

Scanned with CamScanner

পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের রাসায়নিক গঠনে অম্ল ও ক্ষারকীয় উপাদানের তালিকা ঃ

১। ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO)	..... 63%
২। সিলিকা (SiO_2)	..... 22%
৩। অ্যালুমিনা (Al_2O_3)	..... 7%
৪। ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড (MgO)	..... 2%
৫। আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3)	..... 3%
৬। সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3)	..... 2%
৭। ক্ষারকীয় পদার্থ	..... 1%
	মোট 100%

নিম্নে সিমেন্টের উপাদানগুলোর কার্যাবলি উদ্ধৃত করা হলো–

১। লাইম বা চুন (CaO) ঃ সিমেন্টে প্রায় 63% চুন থাকে। ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট তৈরির জ পর্যাপ্ত চুন থাকা আবশ্যক। এর পরিমাণ কম হলে সিমেন্টের শক্তি হ্রাস পায় এবং জমাটবদ্ধতার সময় ত্বরান্বিত করে। চুনের পরিম অধিক হলে সিমেন্ট খুঁতযুক্ত হয় এবং এর প্রসারণ ও সংসক্তি হারিয়ে ফেলে।

২। সিলিকা (SiO_2) ঃ সিমেন্টে প্রায় 22% সিলিকা থাকে। এটা চুনের উপস্থিতিতে ডাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ট্রাই ক্যালসিয়াম সিলিকেটে রূপান্তরিত হয়। এটা সিমেন্টের শক্তি বৃদ্ধি করে।

৩। অ্যালুমিনা (Al_2O_3) ঃ সিমেন্টে প্রায় 7% অ্যালুমিনা থাকে। এটা ক্লিংকার গঠনের তাপমাত্রা কমিয়ে দেয় এবং সিমেন্টে অন্যান্য যৌগকে সহজে পানির সঙ্গে সংযুক্ত করে। এটা সিমেন্টের জমাটবদ্ধতা ত্বরান্বিত করে। এটার আধিক্য সিমেন্টকে দুর্বল করে।

৪। ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড (MgO). ঃ সিমেন্টে ম্যাগনেশিয়ার পরিমাণ 2% এর অধিক হওয়া উচিত নয়। এটার আধিক্য সিমেন্টের জন্য ক্ষতিকর এবং এটা সিমেন্টের শক্তি কমিয়ে দেয়।

৫। আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3) ঃ সিমেন্টে আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ প্রায় 3%। এটা সিমেন্টের কাঠিন্য ও শক্তি উন্নত করে। সিমেন্টের বর্ণও এটার উপর নির্ভর করে। আয়রন অক্সাইড উচ্চতাপে ক্যালসিয়াম ও অ্যালুমিনার সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে ট্রাই ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনোফেরাইট গঠন করে। এ যৌগটির উপরই সিমেন্টের শক্তি ও কাঠিন্য নির্ভর করে।

৬। ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) বা জিপসাম ঃ সিমেন্টে ক্যালসিয়াম সালফেটের পরিমাণ প্রায় 4%। এটা জিপসাম ($CaSO_4, 2H_2O$) হিসেবে সিমেন্ট ক্লিংকারের সাথে মিশিয়ে মিহি পাউডারে পরিণত করা হয়। এটা সিমেন্টের জমাটবদ্ধতার গতি মন্থর করে। সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টে 3–4% জিপসাম মিশালে প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় 30 মিনিটের কম হয় না এবং চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় 10 ঘণ্টার অধিক হয় না।

৭। সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) ঃ সালফার ট্রাই-অক্সাইডের পরিমাণ 2% এর অধিক হওয়া অনুচিত। এর আধিক্য সিমেন্টকে খুঁতযুক্ত করে।

৮। ক্ষারকীয় দ্রব্য ঃ ক্ষারকীয় দ্রব্যের পরিমাণ 1% এর অধিক হওয়া অনুচিত। সিমেন্টের কাঁচামালে যে ক্ষারকীয় দ্রব্য থাকে পোড়ানোর সময় তা দূরীভূত হয়। এটার আধিক্য কাঠামোকে লোনাক্রান্ত করে।

৫.৩ সিমেন্টের প্রস্তুতপ্রণালির প্রবাহ চিত্র অঙ্কন (Draw the flow diagram of manufacturing process of cement) ঃ

সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট প্রস্তুতপ্রণালি ঃ

সাধারণত দু'পদ্ধতিতে সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরি করা হয়, যথা–

(i) সিক্ত পদ্ধতি (Wet process)

(ii) শুষ্ক পদ্ধতি (Dry process)।

(i) সিক্ত পদ্ধতি (Wet process) ঃ এ পদ্ধতিতে তিন ধাপে সিমেন্ট প্রস্তুত করা হয়, যথা–

১। কাঁচামালসমূহ আনুপাতিক হারে মিশিয়ে স্লারি তৈরিকরণ

২। স্লারিকে পুড়িয়ে পিণ্ডে পরিণতকরণ

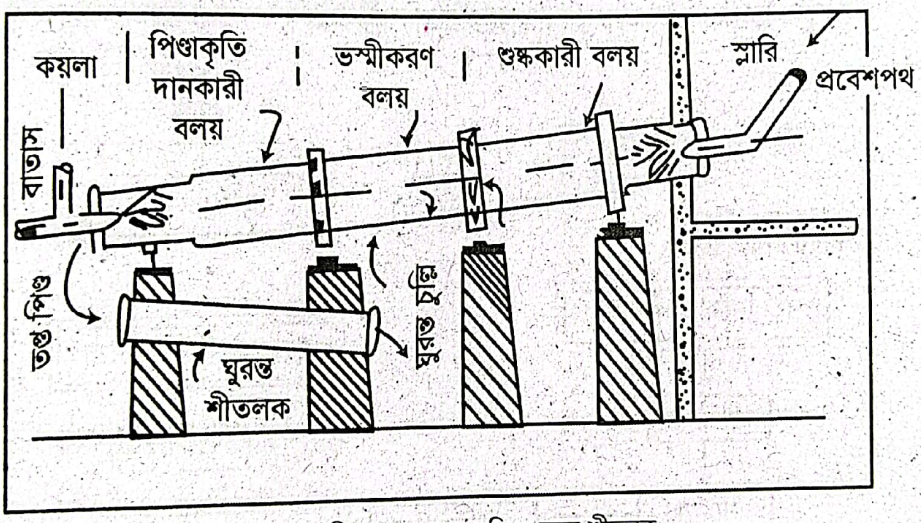
৩। পিণ্ডের সাথে জিপসাম মিশিয়ে চূর্ণ করে মিহি পাউডারে পরিণতকরণ।

Scanned with CamScanner

প্রথম পর্যায়ে কাঁচামালসমূহ (চুনাপাথর চক, কংকর, মার্ল ইত্যাদি চুনজাতীয় দ্রব্য; সিলিকা, অ্যালুমিনা, ম্যাগনেশিয়া, আয়রন অক্সাইড ইত্যাদি সংমিশ্রিত কাদাজাতীয় দ্রব্য) একত্রে মিশ্রণ করে নেয়া হয়। সচরাচর চুনজাতীয় দ্রব্য 2 ভাগের (অর্থাৎ 60–65%) সাথে 1 ভাগ (অর্থাৎ 35–40%) কাদাজাতীয় দ্রব্য একত্রিত করা হয়। এ মিশ্রণকে চূর্ণক যন্ত্রে চূর্ণ করা হয়। এ সকল চূর্ণকৃত কাঁচামাল 'ওয়াশমিলে' প্রয়োজনীয় পরিমাণ পানি সহযোগে মিহি করে পেষণ করা হয়। এ সময় পানির পরিমাণ প্রায় 45% হতে 50%। 'ওয়াশমিলে' পেষণকৃত মিশ্রণের 80% হতে 90% ভাগ 200 নং চালনি (Sieve) দিয়ে অতিক্রমণ করে। এ মিশ্রণকে স্লারি (Slurry) বলা হয়। এ স্লারির (Slurry) তারল্য এমন যে পাম্পের সাহায্যে পাইপের মাধ্যমে স্থানান্তর করা যায়। ওয়াশমিলে পেষণকৃত সমসত্ত্ব মিশ্রণ 'স্লারি' পাম্পের সাহায্যে সাইলো (Silo)-তে নেয়া হয়। এখানে স্লারির উপাদানসমূহের আনুপাতিক হার পরীক্ষা করে প্রয়োজনীয় সংশোধন করা হয়।

দ্বিতীয় পর্যায়ে সংশোধিত স্লারি পাম্প করে ঘুরন্ত চুল্লির উপরের প্রান্তীয় মুখে সরবরাহ করা হয়। সাধারণত ঘুরন্ত চুল্লির (Rotary kiln) দৈর্ঘ্য 60–120 মিটার, ব্যাস 2.5–3.5 মিটার হয়ে থাকে। এটা সিলিন্ডার আকৃতির এবং এর ইস্পাতের খোলকের অভ্যন্তরে তাপসহিষ্ণু ইটের লাইনিং করা থাকে। এটা 20:1 ঢালে 'রোলার রিয়ারিং'-এর উপর স্থাপিত। এটা নিজ অক্ষের উপর প্রতি মিনিটে 1 হতে 3 বার ঘুরে। এটা তিনটি বলয়ে বিভক্ত তবে চুল্লিটির নিম্নপ্রান্তে নির্গমন পথ সংলগ্ন অতিতপ্ত অঞ্চলকে চতুর্থ বলয় 'অতিতপ্ত বলয়' হিসাবে বিবেচনা করা যায়। এটাতে জ্বালানি হিসেবে কয়লা, তৈল বা গ্যাস ব্যবহার করা হয়। কয়লা ব্যবহার করলে গুঁড়া করে দিতে হয়। বাতাসের প্রবাহে (ব্লোয়ারের সাহায্যে) কয়লা চুল্লির নিম্নপ্রান্তের প্রজ্বলিত অংশে দেয়া হয়।

চুল্লিটির উপরে প্রান্তের প্রথম কয়েক মিটারে বিশেষ ধরনের শিকল ঝুলন্ত অবস্থায় থাকে। উপরের প্রান্ত দিয়ে সরবরাহকৃত স্লারি স্প্রে আকারে ঝুলন্ত তপ্ত শিকলের গায়ে পতিত হলে শুষ্ক হয়ে চুল্লির তলদেশে পড়ে। চুল্লির এ অঞ্চলই শুষ্ককারী বলয়। এ বলয়ে তাপমাত্রা 400° হতে 600° ফা.। এ অঞ্চলের পরই ভস্মীকরণ বলয়।



চিত্র ঃ ৫.১ ঘুরন্ত চুল্লি ও ঘুরন্ত শীতলক

ঢালের কারণে শুষ্ক স্লারি ক্রমশ গড়িয়ে ভস্মীকরণ বলয়ে প্রবেশ করে এবং ভস্মীকরণের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত হয়। এ বলয়ে তাপমাত্রা 1200° হতে 1600° ফা.। ভস্মীকরণ অঞ্চল অতিক্রমকালেই ভস্মীকরণ সমাপ্ত হয় এবং উপাদানসমূহ পিণ্ডাকৃতি দানকারী বলয়ে প্রবেশ করে। এখানে উচ্চতাপে (1600° হতে 3000° ফা.) উপাদানগুলো রাসায়নিক বিক্রিয়া করে সিলিকেট, অ্যালুমিনেট ও ফেরাইটের যৌগ গঠন করে এবং 60 মিলিমিটার হতে 120 মিলিমিটার ব্যাসের মটর কলাই আকৃতির ছোট ছোট কাচ-সদৃশ পিণ্ডে পরিণত হয় এবং চুল্লির নিম্নপ্রান্তের অতিতপ্ত বলয় (Firing zone) হয়ে (যার তাপমাত্রা ৩০০০° ফা. এর বেশি) নির্গমন পথে বের হয়ে শীতলীকরণ সিলিন্ডারে প্রবেশ করে। শীতলকরণ সিলিন্ডারের উভয় প্রান্ত খোলা বিধায় অবাধ বায়ু চলাচলের ফলে পিণ্ডগুলো (Clinker) শীতল হয়।

তৃতীয় পর্যায়ে শীতল করা পিণ্ডগুলোর সাথে 2% হতে 3% জিপসাম মিশিয়ে 'বল মিলে' বা টিউব মিলে মিহি পাউডারে পরিণত করা হয়। এ মিহি পাউডারই সিমেন্ট।

(ii) শুষ্ক পদ্ধতি (Dry process) ঃ এ পদ্ধতিতে সিমেন্ট প্রস্তুত করার ক্ষেত্রে চুনজাতীয় ও কাদাজাতীয় বিভিন্ন কাঁচামাল সঠিক অনুপাতে শুষ্ক অবস্থায় মিশিয়ে ভালোভাবে চূর্ণ করে চূর্ণকৃত মিশ্রণ 'র-মিক্স' (Raw mix)-কে ঘুরন্ত চুল্লিতে (Rotary kiln) সিক্ত পদ্ধতির ন্যায় পুড়িয়ে পিণ্ড (Clinker) তৈরি করা হয় এবং শীতল করা পিণ্ডের সাথে জিপসাম সহযোগে পাউডারে (বল মিল বা টিউব মিলের সাহায্যে) পরিণত করা হয়। এ পাউডারই সিমেন্ট।

Scanned with CamScanner

(খ) আকস্মিক জমাটবদ্ধতা (Flash setting) ঃ ট্রাই-ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট (C_3A) পানির উপস্থিতিতে প্রচণ্ড ক্রিয়া সৃষ্টি করে এবং শীঘ্রই সিমেন্টের পৃষ্ঠ কঠিন হওয়া আরম্ভ করে। এ জমাটবদ্ধতাকে আকস্মিক জমাটবদ্ধতা বলা হয়। এ অবস্থা হতে নিরাপদ থাকার জন্য সিমেন্ট ক্লিংকারের সাথে জিপসাম মিশিয়ে সিমেন্ট প্রস্তুত করা হয়।

৩। সিমেন্টের সূক্ষ্মতা (Fineness of cement) ঃ যেহেতু সিমেন্ট পানির সহযোগে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে। কাজেই সিমেন্টের প্রতিটি সূক্ষ্ম কণার বহিঃপৃষ্ঠে পানির স্পর্শই রাসায়নিক বিক্রিয়া তথা পানি যোজনের কাজ সহজতর করে। এক্ষেত্রে সহজেই বলা যায়, সিমেন্টের সূক্ষ্মতা যত বেশি হবে পানিযোজিতকরণ তত সহজতর হবে এবং দ্রুত সিমেন্টের শক্তি বৃদ্ধি করবে। কিন্তু অতি সূক্ষ্ম সিমেন্টের জন্য খরচের পরিমাণ ও বায়ুদূষিতকরণের দিকে লক্ষ রেখে সূক্ষ্মতার মাত্রা নির্ধারণ করতে হয়।

৪। সিমেন্টের নিখুঁততা (Soundness of cement) ঃ সিমেন্ট পেস্ট একবার জমাটবদ্ধ হয়ে গেলে এটার আয়তন বৃদ্ধি পাওয়া সম্ভব নয়। কিন্তু সিমেন্টের কোনো উপাদানিক যৌগের মন্থর পানি যোজনের কারণে অথবা সিমেন্টে মুক্ত লাইম, ম্যাগনেশিয়া এবং ক্যালসিয়াম সালফেট থাকলে আয়তনে বৃদ্ধি পাবে, ফলে ফাটল দেখা দিবে। কাজেই সিমেন্টের কাঁচামালে মন্থর পানি যোজীয় উপাদান, লাইম, ম্যাগনেশিয়া, ক্যালসিয়াম সালফেট-এর মাত্রা নির্ধারণে সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়।

৫। সিমেন্টের শক্তি (Strength of cement) ঃ নির্মাণে ব্যবহারের জন্য কাঠিন্যপ্রাপ্ত সিমেন্টের যান্ত্রিক শক্তি সম্পর্কে ধারণা থাকা আবশ্যক। কিন্তু সিমেন্টের শক্তি পরীক্ষার জন্য বিশদ বিবরণ নির্দিষ্ট করে দেয়া আছে। মূলত সিমেন্ট সরাসরি নির্মাণে ব্যবহার করা হয় না বরং এর তৈরি মসলা, কংক্রিটই নির্মাণে ব্যবহার করা হয়। কাজেই কংক্রিট, মসল্লার শক্তিই বিবেচনা করা উচিত। মসলা বা কংক্রিটের শক্তি নির্ভর করে– (ক) সিমেন্টের সাথে অ্যাগ্রিগেটের সংযুক্তির মাত্রা এবং (খ) অ্যাগ্রিগেটের শক্তির উপর। সিমেন্টের শক্তি পরীক্ষার জন্য নির্দিষ্ট নির্দেশ অনুযায়ী কংক্রিট ও মসলা তৈরি করে সিমেন্টের শক্তি পরীক্ষা করা হয়। আমাদের দেশে ব্যবহারিকক্ষেত্রে সিমেন্টের কম্প্রেসিভ ও টেনসাইল স্ট্রেংথ পরীক্ষা করা হয়।

প্রধানত নিম্নের ক্ষেত্রগুলোতে সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়–

১। যে-সকল ভিত্তি পানির স্পর্শে আসে, ঐ সকল ভিত্তি নির্মাণে যেমন– জলাধার, পানি অপ্রবেশ্য মেঝে, ডক ইয়ার্ড ইত্যাদি।
২। গুরুত্বপূর্ণ শক্তিশালী নির্মাণকাজে যেমন– ব্রিজ পায়ার, লাইট হাউজ, সুউচ্চ টাওয়ার ইত্যাদি।
৩। নির্মাণের অনাবৃত অংশে যেমন– চিমনির চূড়ার অংশ, দেয়ালের কপিং, ব্রিজ ইত্যাদিতে।
৪। সিমেন্টের মসলা, কংক্রিট, রিইনফোর্সড্ কংক্রিট, রিইনফোর্সড ব্রিকওয়ার্ক, কৃত্রিম পাথর তৈরি ইত্যাদিতে।
৫। পানি সরবরাহ ও নিষ্কাশন সংক্রান্ত নির্মাণে।
৬। নির্মাণের বহিঃপৃষ্ঠকে আবহাওয়ার বিরূপতা হতে রক্ষার জন্য।
৭। কম পুরুত্বের দেয়ালে প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত শক্তি বৃদ্ধির জন্য।
৮। পয়েন্টিং কাজে।
৯। ইমারতের সৌন্দর্যবর্ধনমূলক কাজে।

পোর্টল্যান্ড কম্পোজিট সিমেন্টের ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য ঃ

(i) পোর্টল্যান্ড কম্পোজিট সিমেন্টের প্রাথমিক চাপশক্তি কম।
(ii) OPC-এর তুলনায় এটির সেটিং টাইম ধীরগতি হয়।
(iii) PCC সিমেন্ট অধিক তাপ সহ্য করতে পারে।
(iv) ফ্লাই অংশ, স্ল্যাপ এবং লাইম স্টোন মিশিয়ে এটি তৈরি করা হয়।
(v) এটি অর্থনৈতিকভাবে অধিক সাশ্রয়ী।
(vi) এই সিমেন্ট তৈরির মূল উপাদান হিসেবে পোর্টল্যান্ড ক্লিংকার ব্যবহার করা হয়।

পোর্টল্যান্ড কম্পোজিট সিমেন্টের (PCC) ব্যবহার ঃ

(i) পোর্টল্যান্ড কম্পোজিট সিমেন্ট সাধারণত সকল ধরনের নির্মাণকাজে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়, যেমন– কাঠামো, ব্রিজ টাওয়ার ইত্যাদি।
(ii) এই সিমেন্ট কংক্রিট, মশলা (Mortur) এবং স্টাকো (Stucco)-তে ব্যবহৃত হয়।
(iii) যেখানে অগ্নিপ্রতিরোধকের প্রয়োজন সেখানে ব্যবহৃত হয়।
(iv) প্লাস্টারিং-এর কাজে
(v) ফ্লোর ফিনিশিং-এর কাজে
(vi) কাঠামো নির্মাণের ক্ষেত্রে সব ধরনের পাইলিং, ফাউন্ডেশন, গাঁথুনি ছাদের কাজে PCC সিমেন্ট ব্যবহৃত হয়।
(vii) কংক্রিট খুব দ্রুততার সাথে জমাটবদ্ধতার প্রয়োজন হলে।

Scanned with CamScanner