624
LIME
1984
0796

दि इंस्टिट्यूशन आफ़ इंजीनियर्स (इंडिया) का जरनल, जिल्द 64, खंड हिन्दी 3, अप्रैल 1984 से पुनर्मुद्रित

UDC : 666.92/95 : 691.5

सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण—एक उत्तम सीमेंटीय पदार्थ[1]

डॉ इरशाद मसूद,
सतीश कुमार मल्होत्रा,
सुरेश प्रकाश मेहरोत्रा,
मुन्ना लाल वर्मा,
डॉ नटवर दवे

इस निबन्ध में केन्द्रीय भवन अनुसंधान संस्थान, रुड़की में विकसित शीघ्र जमने और पर्याप्त सामर्थ्य गुणों वाले सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण की निर्माण विधि, प्राप्त गुणों एवं उत्पादन लागत आदि की विस्तृत जानकारी प्रस्तुत की गई है।

प्रस्तावना

आजकल हमारे देश में लगभग सभी निर्माण कार्यों में पोर्टलैण्ड सीमेन्ट ही प्रमुख बंधक पदार्थ के रूप में प्रयोग किया जा रहा है। सीमेन्ट उद्योग देश के 4-5 प्रमुख उद्योगों में से एक है और सीमेण्ट की माँग निरंतर बढ़ती जा रही है। यह तथ्य सीमेन्ट के वार्षिक[2] उत्पादन एवं आवश्यकता के आंकड़ों (सारणी 1) से स्पष्ट है। यद्यपि देश में प्रतिवर्ष लगभग 300 लाख टन सीमेन्ट का उत्पादन हो रहा है पर आवश्यकता इससे कहीं अधिक है। सीमेन्ट के उत्पादन में तत्काल वृद्धि के लिए दो मिश्रित प्रकार के सीमेन्टों, पोर्टलैण्ड पोज़ोलाना सीमेन्ट और पोर्टलैण्ड स्लैग सीमेन्ट का उत्पादन काफी बढ़ाया गया है, फिर भी सीमेन्ट की बढ़ती मांग को निकट भविष्य में पूरा करना सम्भव नहीं है। इसके प्रमुख कारण हैं; सीमेन्ट उत्पादन में अधिक पूंजी तथा अधिक ऊर्जा की आवश्यकता।

भारत तथा अन्य देशों में पुराने समय से भवन निर्माण कार्यों में चूना बन्धक पदार्थ के रूप में प्रयुक्त होता रहा है। रामेश्वरम् व कोणार्क के देवालय, चित्तौड़ का विजय स्तम्भ, आगरा का ताजमहल, मदुराई का मीनाक्षी मन्दिर, आदि इसके उपयोग के कुछ उदाहरण हैं। एक अच्छा बन्धक पदार्थ होने के कारण चूने में अनेक विशेष गुण जैसे उत्तम जोड़ सामर्थ्य[2], अच्छी जल रोधकता[3], काफी सुकरता[4], व सुघटचता[5], स्वतः दोष मुक्ति[6], दरारों का अभाव व टिकाऊपन आदि मिलते हैं। चूने में सामर्थ्य वृद्धि, वायु में उपस्थित कार्बन डाई-आक्साइड की चूने से क्रिया तथा इसमें अशुद्धियों के रूप में विद्यमान सिलिकान डाई-आक्साइड व एल्युमिनियम ट्राई-आक्साइड की चूने व जल के साथ क्रिया से प्राप्त होती है। यदि चूने में इन अशुद्धियों की मात्रा कम हो तो, इसकी सामर्थ्य वृद्धि के लिए इसमें पॉत्सलाना[7] पदार्थ मिलाए जाते हैं। पॉत्सलाना पदार्थ वे पदार्थ होते हैं जो जल की उपस्थिति में चूने से क्रिया करने पर सीमेंटीय पदार्थ बनाते हैं। मुख्यतः निस्तापित[8] मिट्टी (सुर्खी), तापीय विद्युत घरों से प्राप्त उड़न राख[9] व धमन भट्ठियों से प्राप्त धातुमल[10] पॉत्सलाना पदार्थों के रूप में इस्तेमाल किए जाते है। चूना व पॉत्सलाना पदार्थों से बने मसाले सीमेन्ट से बने मसालों की अपेक्षा धीमी गति से जमते व सामर्थ्य देते हैं। आजकल निर्माण

डॉ इरशाद मसूद, सतीश कुमार मलहोत्रा, सुरेश प्रकाश मेहरोत्रा, मुन्ना लाल वर्मा, एवं डॉ नटवर दवे, केन्द्रीय भवन अनुसंधान संस्थान, रुड़की में कार्यरत हैं।

यह निबन्ध 5 अक्तूबर, 1983 को प्राप्त हुआ था। इस निबन्ध पर अपने लिखित विचार 30 जून, 1984 तक भेजें।

1. Activated Lime Pozzolana Mixture—An Improved Cementitious Binder 2. bond strength 3. water retention 4. workability 5. plasticity 6. autogenous healing 7. pozzolana 8. calcined 9. fly ash 10. slag

सारणी 1 सामेन्ट का वार्षिक उत्पादन एवं आवश्यकता

वर्ष	अनुमानित आवश्यकता (लाख टन)	उत्पादन (लाख टन)
1980-81	280.00	185.6
1981-82	302.00	220.6
1882-83	326.50	231.3
1983-84	352.50	328.6 (अनुमानित)
1984-85	380.70	372.6 ,,

कार्यों में तेज गति आ जाने से चूने पर आधारित बन्धकों के प्रयोग में कुछ कमी आ गई है। अगर चूने व पॉत्सलाना पदार्थों द्वारा निर्मित बन्धकों को शीघ्र जमने व पर्याप्त सामर्थ्य जैसे गुण दिए जा सकें तो इनका उपयोग उन कार्यों के लिए भी किया जा सकता है जिनमें इस समय सीमेन्ट का उपयोग होता है।

इस दिशा में केन्द्रीय भवन अनुसन्धान संस्थान, रुड़की में सफल प्रयास किए गए हैं व एक सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण का विकास किया गया है। इस नई विधि द्वारा चूना-पॉत्सलाना के ऐसे मिश्रण बनाए गए हैं, जो साधारण चूना-पॉत्सलाना मिश्रण से प्रत्येक दृष्टि में उत्तम हैं और उनमें शीघ्र जमने व सामर्थ्य देनेवाले गुण विद्यमान हैं।

प्रयुक्त पदार्थ व निर्माण विधि

इस अध्ययन के लिए विभिन्न स्त्रोतों से पॉत्सलाना पदार्थ जैसे साधारण ईंटों से बनी सुर्खी, तापीय विद्युत घरों की उड़न राख, रेलवे यार्ड से प्राप्त सिंडर, शेल, लौह युक्त मिट्टी, चिकनी मिट्टी व एक निम्न कोटि की चीनी मिट्टी को चुना गया। किसी भी पॉत्सलाना पदार्थ का प्रयोग करने से पहले उसका चूना सक्रियता मान[11] ज्ञात करना अति आवश्यक होता है। पॉत्सलाना पदार्थ का चूना-सक्रियता मान उस पदार्थ की क्रिया शीलता प्रदर्शित करता है और उस पदार्थ की चूने से क्रिया करने की क्षमता दर्शाता है। पॉत्सलाना पदार्थ का चूना-सक्रियता मान भारतीय मानक संख्या 1727-1967 में दी गई विधि द्वारा ज्ञात किया जाता है। इस विधि में जलीय चूने, पॉत्सलाना पदार्थ व मानक रेत के मिश्रण को भार के अनुसार 1 : 2 : 9 के अनुपात में 70±5% बहाव पर 5 से मी आकार के घन बनाकर 48 घंटे तक 27±2° सेंटीग्रेड तापक्रम पर रखा जाता है। इसके पश्चात इन घनों को 50±2° सेंटीग्रेड तापक्रम व 100% आर्द्रता पर आठ दिन तक रखने के उपरान्त ठण्डा करके इनकी दाब सामर्थ्य ज्ञात की जाती है। इस प्रकार प्राप्त दाब सामर्थ्य द्वारा पॉत्सलाना पदार्थों का चूना सक्रियता मान आंका जाता है। अधिक दाब सामर्थ्य देनेवाले पदार्थ उच्च चूना सक्रियता मान रखते हैं व इनसे उच्च कोटि के चूना-पॉत्सलाना मिश्रण प्राप्त होते हैं।

प्रयुक्त प्रथम तीन पदार्थों का उपयोग प्राप्त होनेवाली अवस्था में किया गया और इनकी चूना-सक्रियताएँ ज्ञात की गईं, परन्तु शेष चारों पदार्थों का अधिकतम चूना सक्रियता मान ज्ञात करने के लिए इनको प्रयोगशाला में स्थित मफल भट्ठी में विभिन्न तापक्रमों पर निस्तापित किया गया। इन सभी नमूनों के अधिकतम चूना सक्रियता मान 800-900° सेंटीग्रेड के बीच प्राप्त हुए (सारणी 3)।

मीलिंग व साथियों के अनुसार किसी भी मिट्टी का अधिकतम चूना सक्रियता मान एक निर्धारित तापक्रम पर उसमें उत्पन्न संरचना[12] दोष के कारण होता है। यही विचार श्रीनिवासन द्वारा भी पुष्ट किया गया। इस प्रकार विभिन्न प्रकार की मिट्टियों के अलग-अलग तापक्रमों पर निर्जलित अवस्था में परिवर्तन से उत्पन्न संरचना दोष व जालकविन्यास[13] में विकृति इनकी क्रियाशीलता को प्रभावित करती है। इसी प्रकार मिट्टियों की क्रियाशीलता इनमें उपस्थित अशुद्धियों की मात्रा व प्रकार पर भी निर्भर करती है। साधारणतया प्रयोगशाला में प्रत्येक मिट्टी का अधिकतम चूना-सक्रियता मान ज्ञात करने के लिए अनुकूलतम तापक्रम प्रयोगात्मक विधि का प्रयोग किया जाता है। सभी पॉत्सलाना पदार्थों के रसायनिक व भौतिक गुणों का परीक्षण भारतीय मानक[14] 1727-1867 में दी गई विधियों द्वारा किया गया। परिणाम सारणी 2-3 में दिए गए हैं।

चूना

इन मिश्रणों के निर्माण में प्रयुक्त चूना के पत्थर उसी स्थान से एकत्रित किए गए जहाँ से पॉत्सलाना पदार्थ प्राप्त होते हैं। प्राप्त चूना के पत्थरों को 1000° सेन्टीग्रेड तापक्रम पर चार घंटे तक निस्तापित करके अच्छा चूना प्राप्त किया जाता है। निस्तापित चूना के गुणों का परीक्षण भा मा 6932-1973 में दी गई विधियों द्वारा किया गया और उनसे प्राप्त परिणाम सारणी 4-5 में दिए गए हैं।

निर्माण विधि

प्रायः यह देखा गया है कि प्रचलित विधियों द्वारा निर्मित चूना-पॉत्सलाना मिश्रणों के गुण अच्छे नहीं प्राप्त होते। अतः इसके लिए एक विशेष भौतिकी-रसायन प्रक्रिया[15] द्वारा सक्रिय करके आशा के अनुसार उन्नत किया जाता है। इन मिश्रणों के निर्माण में प्रयुक्त पॉत्सलाना पदार्थों का सक्रियता मान, चूना के नमूनों के प्रकार, प्राप्त चूना की मात्रा के आधार पर उचित अनुपात में मिश्रण लेते हैं। इन मिश्रणों के शीघ्र जमने व सामर्थ्य बढ़ाने की क्रिया में योगदान हेतु बहुत कम मात्रा में रसायनिक यौगिक मिलाकर गोला-चक्की[16] में इतना महीन पीसते हैं कि 90 माइक्रॉन (70 मैश) की छलनी से छानने पर अवशेष 10% से अधिक न हों।

11. lime reactivity 12. structural defects 13. lattice array 14. Indian Standard 15. physico-chemical reaction 16. ball mill

सारणी 2 पॉत्सलान पदार्थों का रासायनिक विश्लेषण

अवयव	साधारण सुर्खी	उड़न राख	सिंडर	निस्तापित			
				शेल	निम्न कोटि चीनी मिट्टी	लोह युक्त मिट्टी	चिकनी मिट्टी
जलाने पर भार में कमी (%)	3.11	0.30	11.7	2.98	3.91	3.25	3.07
सिलिका (%)	77.15	65.83	60.02	65.04	65.36	54.31	70.30
एल्युमिना + फैरिक आक्साइड (%)	16.08	27.72	23.76	24.45	24.45	38.94	20.38
कैल्शियम आक्साइड (%)	2.13	1.62	2.14	5.13	5.77	1.96	2.50
मैग्नीशियम आक्साइड (%)	0.41	0.90	1.03	1.55	0.06	—	4.61

परिणाम व परिचर्चा

उपरोक्त विधि द्वारा निर्मित सभी सक्रियत चूना-पॉत्सलाना मिश्रणों एवं प्रचलित विधि[17] द्वारा निर्मित चूना-पॉत्सलाना मिश्रणों के गुणों का परीक्षण भा मा 4098-1967 में दी गई विधियों द्वारा किया गया। परिणाम सारणी 6-7 में दिए गए हैं।

प्राप्त परिणामों के आधार पर यह पाया गया कि पॉत्सलाना पदार्थों के भिन्न-भिन्न चूना-सक्रियता मानों के अनुरूप ही सक्रियित चूना-पात्सलाना मिश्रण प्राप्त होते हैं। इसका कारण यह है कि पॉत्सलाना पदार्थों की क्रियाशीलता उनमें उपस्थित सिलिका व एल्युमिना के प्रकार एवं मात्रा, उनकी महीनता एवं अनुकुल तापक्रम पर उनके जालक विन्यास में उत्पन्न विकृति तथा संरचना दोष आदि पर निर्भर करती है तथा किसी भी पॉत्सलाना पदार्थ के चूना-सक्रियता मान के लिए उत्तरदायी है। प्रयुक्त सिंडर व उड़न राख में उपरोक्त गुणों के अतिरिक्त काँचाभ प्रावस्था[18] की उपस्थिति भी इनकी क्रियाशीलता[19] बढ़ाने में सहायक होती है।

प्रयुक्त सभी चूना-पॉत्सलाना पदार्थों के नमूनों का साधारण विधि एवं विकसित विधि द्वारा बनाए गए मिश्रणों का तुलनात्मक अध्ययन किया गया। प्राप्त परिणामों के अनुसार सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रणों में अपेक्षाकृत अच्छे गुण पाए गए। ये अच्छे गुण इनको रासायनिक यौगिकों की उपस्थिति में गोला-चक्की में महीन पीसने पर प्राप्त हुए। पीसने की प्रक्रिया में महीन कण एक दूसरे के सम्पर्क में आकर नई सतहें उत्पन्न करके आपस में समान रूप से विसर्जित[20] हो जाते हैं एवं अधिक क्रियाशील अवस्था में आ जाते हैं, जिसके परिणाम स्वरूप चूना-पॉत्सलाना मिश्रण अधिक सक्रिय हो जाता है।

भारतीय मानक 4098-1967 के अनुसार साधारण चूना-पॉत्सलाना मिश्रणों को 28 दिन की दाब सामर्थ्य के आधार पर तीन श्रेणियों, एल पी 7, एल पी 20 तथा एल पी 40 में विभक्त किया गया है। प्राप्त दाब सामर्थ्य के अनुसार साधारण सुर्खी, सिंडर व उड़न राख से निर्मित सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण एल पी 20 की श्रेणी व क्रमांक 4-7 पदार्थों से निर्मित सक्रियत चूना-पॉत्सलाना मिश्रण एल पी 40 की श्रेणी में आते हैं। अच्छी दाब सामर्थ्य के साथ-साथ ये मिश्रण पोर्टलैण्ड सीमेंट की तरह शीघ्र जमने का गुण रखते हैं।

उत्पादन लागत

सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण निर्माण हेतु स्थापित 20 टन प्रतिदिन क्षमता वाले उद्योग के लिए लगभग 8-10 लाख रुपए की पूंजी आवश्यक होती है। इस उद्योग में प्रयुक्त होने वाले पदार्थ स्थानीय या आस-पास के क्षेत्रों में ही उपलब्ध होने चाहिए। सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण का उत्पादन मूल्य विभिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न होगा, फिर भी इसका औसत मूल्य लगभग 450 रुपए प्रति टन होने का अनुमान हैं।

सारणी 3 पॉत्सलाना पदार्थों के भौतिक गुण

पॉत्सलाना पदार्थ	चूना सक्रियता मान (कि ग्रा/से मी^{2})	अनुकेलनम् तापक्रम (°सें ग्रे)	आपेक्षिक घनत्व	महीनता (से मी^{2}/ग्रा)
साधारण सुर्खी	24.00	—	2.521	3 300
उड़न राख	52.00	—	2.317	4 686
सिण्डर	22.30	—	2.497	3 380
निस्तापित शेल	60.40	900	2.507	2 489
निस्तापित निम्न कोटी की चीनी मिट्टी	85.70	800	2.600	3 290
निस्तापित लोह युक्त मिट्टी	57.85	800	2.713	3 400
निस्तापित चिकनी मिट्टी	40.57	900	2.582	3 310

17. conventional method 18. glassy state 19. reactivity 20. disperse

सारणी 4 प्रयुक्त चूने के नमूनों का रासायनिक विश्लेषण

अवयव	साधारण सुर्खी	उड़न राख	सिंडर	प्रतिशत			
				शेल	निम्न कोटि चीनी मिट्टी	लौह युक्त मिट्टी	चिकनी मिट्टी
जलाने पर भार में कमी	4.73	0.60	6.51	1.51	0.40	1.47	2.16
सिलिका	1.60	7.22	0.96	1.09	19.82	2.83	21.20
एल्युमिना + आयरन	1.44	6.73	0.85	0.38	8.52	0.89	6.25
कैल्शियम आक्साइड	86.18	81.39	87.25	96.40	42.98	92.80	68.77
मैग्नीशियम आक्साइड	4.82	3.97	4.00	0.54	28.01	2.01	1.10

सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण से बने मसालों का उपयोग और तुलनात्मक लागत

सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण विभिन्न निर्माण कार्य में मुख्यतः चिनाई तथा प्लास्टर में प्रयोग किया जाता है तथा प्रतिबलित[21] कार्यों के अतिरिक्त अन्य सभी प्रकार की कंक्रीट संरचनाओं में भी इसका इस्तेमाल किया जा सकता है। जैसा कि पहिले कहा गया है चूने पर आधारित मसाले में सीमेंट से बने मसालों की अपेक्षा अच्छे गुण होते हैं। सीमेन्ट व रेत के 1 : 6 अनुपात के मिश्रण तथा विभिन्न सक्रियित चूना-पॉत्सालना मिश्रणों के 110% बहाव[22] पर बने एक घन मीटर मसालों के तुलनात्मक लागत मूल्य सारणी 8 में दिए गए हैं। इन आंकड़ों के आधार पर सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रणों से बने मसाले अपेक्षाकृत सस्ते पड़ते हैं, तथा उन सभी स्थानों पर जहाँ सीमेन्ट प्रयोग होता है इनका उपयोग बिना कठिनाई के किया जा सकता है।

सारणी 5 चूने के नमूनों के भौतिक गुण

गुण	चूना क्रमांक						
	साधारण सुर्खी	उड़न राख	सिंडर	निस्तापित			
				शेल	निम्न कोटि चीनी मिट्टी	लौह युक्त मिट्टी	चिकनी मिट्टी
महीनता (प्रतिशत)							
2.36 मि मी छलनी पर अवशेष	—	0.0	—	—	—	—	—
850 माइक्रॉन छलनी पर अवशेष	2.53	2.1	2.12	0.2	1.35	3.5	1.7
300 माइक्रॉन छलनी पर अवशेष	3.07	1.4	4.12	1.8	2.80	4.0	2.2
212 माइक्रॉन छलनी पर अवशेष	2.71	—	5.03	5.2	—	6.0	—
जमने का समय (घंटे)							
प्रारम्भिक	—	—	—	—	—	—	—
अन्तिम	—	—	—	—	—	—	98
दाब सामर्थ्य (कि ग्रा/से मी^{2})							
14 दिन	—	8.00	—	—	14.35	—	10.93
28 दिन	—	15.82	—	—	20.50	—	22.70
अनुप्रस्थ सामर्थ्य[23] (कि ग्रा/से मी)							
28 दिन	—	7.45	—	—	5.75	—	7.58
सुकरता	22	17	21	38	19	20	—
समांगता[24] (फैलाव-मि मी)	—	1	—	—	1	—	—
फुटकी परीक्षण	ठीक है	ठीक है	ठीक है	ठीक है	ठीक है	ठीक है	ठीक है

21. reinforced 22. flow 23. transverse strength 24. soundness

सारणी 6 सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रणों के भौतिक गुण

गुण	मिश्रण के मुख्य अवयव						
	साधारण सुर्खी व चूना	उड़न राख व चूना	सिण्डर व चूना	शेल व चूना	निम्न कोटि की चीनी मिट्टी व चूना	लौह युक्त मिट्टी व चूना	चिकनी मिट्टी व चूना
महीनता (प्रतिशत)							
90 माइक्रॉन छलनी पर अवशेष (170 मैश)	10.0	3.0	3.5	1.1	3.2	2.7	2.0
जमने का समय							
प्रारम्भिक (मिनट)	55	35	40	30	70	35	75
अन्तिम (मिनट)	240	570	290	90	540	270	120
दाब सामर्थ्य (किग्रा / सेमी^{2}) (1 : 3 भारानुसार)							
7 दिन	6.82	10.23	9.10	17.26	39.98	20.22	13.31
28 दिन	34.43	36.40	26.95	54.34	82.17	58.72	48.07
जल रोधकता (%)	72	71	66	70	71	71	64

निष्कर्ष

सक्रियित चूना-पॉत्सलाना मिश्रण शीघ्र जमने व अच्छी सामर्थ्य वृद्धि के गुणों से सम्पन्न हैं। इसमें प्रयुक्त चूना व पॉत्सलाना पदार्थ देश में बहुत से स्थानों पर प्रचुर मात्रा में उपलब्ध हैं। अतः इस बन्धक पदार्थ को लघु उद्योग स्तर पर बनाकर विभिन्न निर्माण कार्यों में भली-भांति प्रयोग किया जा सकता है। इस के उत्पादन सम्बन्धी समस्त जानकारी एवं तकनीकी सहायता कई निर्माताओं को प्रदान की जा चुकी है और देश के लगभग 20 स्थानों पर इसका उत्पादन किया जा रहा है। एक अनुमान के अनुसार इस विधि द्वारा लगभग एक लाख टन मिश्रण प्रति वर्ष बनाया जा रहा है। कई निजी, सरकारी व अर्द्ध सरकारी निर्माण विभागों में इस पदार्थ का प्रयोग सफलता पूर्वक हो रहा है। अतः इसके उप्पादन एवं प्रयोग से बंधक पदार्थों की दिन-प्रतिदिन बढ़ती हुई मांग को पूरा करने में बहुत सहायता मिलने की आशा है।

सारणी 7 प्रचलित चूना-पॉत्सलाना मिश्रणों के गुण

गुण	मिश्रण के मुख्य अवयव						
	साधारण मुर्खी व चूना	उड़न राख व चूना	सिण्डर व चूना	शेल व चून	निम्न कोटि की चीनी मिट्टी व चूना	लौह युक्त मिट्टी व चूना	चिकनी मिट्टी व चूना
जमने का समय (घंटे)							
प्रारम्भिक	24	22	26	6	2.30	4	18
अन्तिम	61	70	76	23	19.0	22	44
दाब सामर्थ्य (किग्रा/सेमी^{2})							
7 दिन	1.5	1.5	3.7	11.2	15.2	12.2	8.4
28 दिन	7.0	4.8	7.9	34.7	47.7	36.7	24.5

सारणी 8 विभिन्न मसालों के अनुमानित मूल्य

मिश्रण आयतनानुसार			110 % बहाव पर एक घन मीटर मसालों के भवन सामग्री गुणांक[26]			एक घन मीटर मसाले का मूल्य		सीमेन्ट मसालों की तुलना में बचत (%)		अनुमानित दाब सामर्थ्य (किग्रा/सेमी²)
सीमेन्ट	सक्रियित चूना पॉत्सलाना मिश्रण	रेत	सीमेन्ट	सक्रियित चूना पॉत्सलाना मिश्रण	रेत	नियंत्रित मूल्य का सीमेन्ट	बाजार मूल्य का सीमेन्ट	नियंत्रित मूल्य का सीमेन्ट	बाजार मूल्य का सीमेन्ट	
—	1	3	—	0.34 (9.79 बैग)	1.02	177.45		7.79	50.04	20
1	2	12	0.08 (2.26 बैग)	0.16 (4.56 बैग)	0.96	175.60	255.85	8.75	27.97	25
1	—	6	0.165 (4.65 बैग)	—	0.99	192.45	455.20	—	—	25

प्रयुक्त सामग्रियों के मूल्य

सक्रिय चूना पॉत्सलाना — 450 रुपए प्रति टन
सीमेन्ट — 700 रुपए प्रति टन (नियंत्रित), 1 400 रुपए प्रति टन (बाजार मूल्य)
रेत — 30 रुपए प्रति घन मीटर

(सूक्ष्मता गुणांक[26] = 1.26)

संदर्भ-सूची

1. 'Report on Working Group of Cement Industry appointed by Planning Commission for the Sixth Five Year Plan', *Cement*, vol 15 no 1, 1981.
2. Central Building Research Institute, Roorkee, *Annual Report*, 1975.
3. M Richard, *et al.* 'Symposium on the Use of Pozzolanic Materials in Mortars and Concrete', *Special Technical Publication no 99, ASTM Publication* 43, 1949.
4. N R Srinivasan. 'Road Research Paper no 1', *CRRI Special Report*, 1956, New Delhi.
5. A K Chatterjee, *et al. Journal of Scientific and Industrial Research*, 19B, p 493, 1960.
6. N G Dave and S P Mehrotra. 'A New Approach to Lime Based Products Construction Consultation', *Lime Pozzolana Papers and Proceedings*, New Delhi, December 1977.

25. materials constant 26. fineness modulas