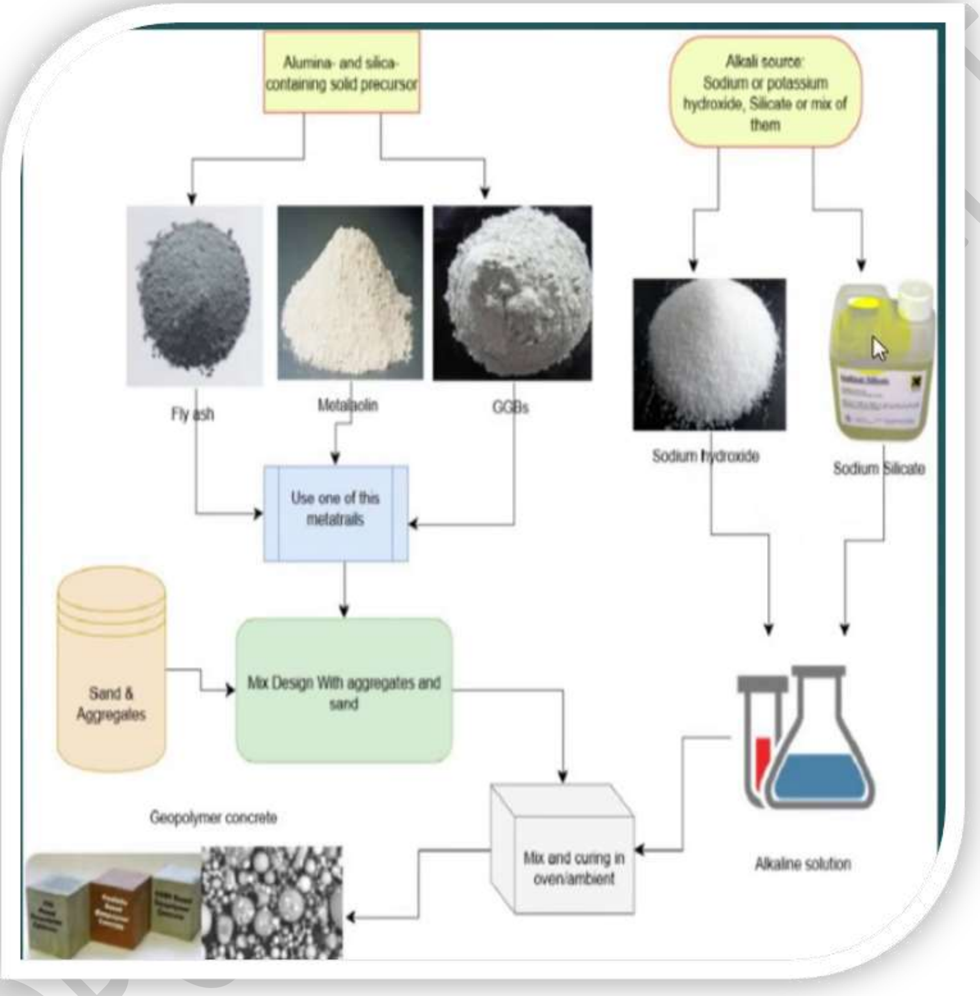
توێژینەوەیەك بۆ / یەکێتی ئەندازیارانی کوردستان

بۆ وەرگرتنی پلەی ڕاوێژکار لە ئەندازیاری شارستانی



ئامادەکردن : صباح محمد محمود

ژمارەی پێناسی یەکێتی ئەندازیارانی کوردستان : ٤٦٧١

پێشەكی

پەرەپێدانی بەستەری چالاككراوەكانی ئەلكالی كە تایبە تمەندیی ئەندازیاریی گرنگیان هەیە بۆ پرۆژە جیاوازەكان , بۆ زیادكردنی تەمەنی كۆنكریت وەك بەدیلێك بۆ كۆنكریتی ئاسایی (OPC) سەری هەڵداوە و دەتوانرێت بەكاربهێنرێت بە بەكارهێنانی گیراوەیەكی ئەلكالی چالاككراو لەگەڵ پاشماوەی خۆڵەمێشی كارگەكان.

بەتایبەتی هی كارگەی ئاسن و چیمەنتۆ....هتد.بۆ بەدەستهێنانی گیراوەیەكی نوێ كە پێی ئەوترێت كۆنكریتی جیۆپۆلیمەر.

لایەنە باشەكانی كۆنكریتی ئاسایی بریتین لە :

1.ئاسانی بەكارهێنان : ئەتوانین لە شێوە و قەبارەی جیاواز لە قاڵبی بدەین.

2.كەمترین نۆژەنكردنەوەی ئەوێت لە چاو هەر كەرەستەیەكی تری بیناسازی دا.

3.بەرگەی پلەی گەرمی بەرز ئەگرێت لە كاتی گڕگرتنی بیناكاندا, بەرگری زۆر دەكات , كەمترین كشانی هەیە بە گەرما بە بەراورد بە هەر مادەیەكی تری بیناسازی.بە پێی توێژینەوەكان دەركەوتووە كە كاتی بەركەوتنی كۆنكریت بە پلەیەكی گەرمی زۆر بەرز بۆ ماوەی یەك سەعات.تەنها بە قوڵایی 2.5سم بۆ 7.5 سم لە ڕووی كۆنكریتەكەوە گەرمیەكە دادەبەزێت.

4.توانای بەرگەگرتنی قورسایی كوتوپڕ و درێژخایەنی هەیە.
كەمترین كاریگەری لەسەر دەرئەكەوێت كاتێك تەن و قورساییە زیندووەكان دەچنە سەری بە هۆی زۆری كێشی تایبەتی خودی كۆنكریتەكە خۆی.

5.ئەتوانرێت كۆنكریتی (precast)ی لی بەدەست بهێنرێت.

٦.تەمەنی زۆرە.

٧.بەردەست بوونی پێكهاتەكانی كۆنكریت لە سرووشت دا بە ئاسانی.

٨.گواستنەوەی ئاسانە لە شوێنی تێكەڵ كردنەوە بۆ شوێنی بەكارهێنان, پێش بەستنی سەرەتایی ڕووبدات (نیو سەعات تا ٤٥ دەقیقە).

٩. ئەتوانرێت بە پەمپ بۆ شوێنە بەرز و دوورەكان ڕەوانە بكرێت بۆ پڕكردنەوەی درز بە شێوەیەكی شل بۆ ناوپۆشی تونێلەكان بەكاربهێنرێت.

GEOPOLYMER CONCRETE

لایەنە نەرێنیەکانی کۆنکریتی ئاسایی :

١ . کێشی تایبەتی خۆی قورسە , نزیکەی ٢٤٠٠کگم/م٣ ئەمە بەبێ ئەو شیشەی کە تێی دەکرێت. ئەم کێشە زۆرەی ماددەی کۆنکریت ئەبێتەهۆی ئەوەی بیناکان بناغەی گەورەیان بۆ دروست بکرێت . کە لە کۆتاییدا ئەم گەورەکردنی بناغەی بینایانە بە مانای بەرزبوونەوەی گوژمەی تێچوونی خودی بیناکان دێت .

٢.بەرگەی ڕاکێشان (Tenssion) ناگرێت یان زۆر کەمە .بەواتای ئەوەی هێزی بەرگری بۆ ڕاکێشان کە نزیکەی ٥میگا پاسکاڵە.بۆیە بۆ پڕکردنەوەی ئەم کەم و کورتیە شیش بەکار ئەهێنرێت لە پێکهاتەی کۆنکریتەکەدا بە ڕێژە و شێوازی بەستنی جیاواز بە پێی دابەش بوونی کێش و قەبارەی بیناکان.

٣.کاتێکی زۆر ئەوێت تا هێزی بەرگری کۆتایی خۆی وەرئەگرێت کە بریتیە لە ٢٨ڕۆژ.

٤.ئەبێت زۆر بە ووردی دیزاین بۆ ڕێژەی ئاسن بکرێت بۆ کۆنکریت چونکە کە ڕێژەکە زۆر زیادبوو زیانی ئەبێت وە زۆریش کەم بوو هەر زیانی هەیە بۆ تەقینی کۆنکریتەکە.

٥.لە کاتی کۆنکریت کردندا و دوای کۆنکریت کردن پێویستی بە چاودێری ورد هەیە چ بۆ ماڵە لێدان یان بۆ معالجەکردن بە ئاو یان داپۆشینی بە ڕووپۆشێکی کیمیاوی بۆ کەکردنەوەی ڕێژەی بەهەڵم بوونی ئاو لە کۆنکریتەکەدا.

٦.توانای کشان و چوونەوە یەکی زۆری نیە , بۆیە بۆ چارەسەرکردنی ئەم بابەتە جۆینتی ئاسۆیی و شاوڵی لە بیناکاندا بەکار ئەهێنرێت و بڕێکی تری زیادە لە شیش لە دیزایندا بەکارئەهێنرێت بۆ پڕکردنەوەی ئەم کەم و کوڕییە.

٧.بوونی خوێ لە پێکهاتەی کۆنکریت دا دەبێتە هۆی زەردبوونی ڕووی کۆنکریتەکە لە تەمەنێکی دووردا.

٨. لە کارگەکانی بەرهەمهێنانی چیمەنتۆ پێویستمان بە وزەیەکی زۆر زۆر هەیە.

GEOPOLYMER CONCRETE

پێکهاتە کیمیاییەکانی چیمەنتۆی پۆرتلاندی ئاساییە(opc):

Lime (CaO)	60 to 67%
Silica (SiO2)	17 to 25%
Alumina (Al2O3)	3 to 8%
Iron oxide (Fe2O3)	0.5 to 6%
Magnesia (MgO)	0.1 to 4%
Sulphur trioxide (SO3)	1 to 3%

ئەمەش سیفاتە باوەکانی چیمەنتۆی پۆرتلاندی ئاساییە :

Table 1.1 chemical properties of portland cement :

Properties	Values
Specific Gravity	3.12
Normal Consistency	29%
Initial Setting time	65min
Final Setting time	275 min
Fineness	330 kg/m2
Soundness	2.5mm
Bulk Density	830-1650 kg/m3

GEOPOLYMER CONCRETE

بەراورد لە نێوان کۆنکریتی ئاسایی و کۆنکریتی جیۆپۆلیمەر دا :

Table 1.1 Geopolymer concrete VS OPC:

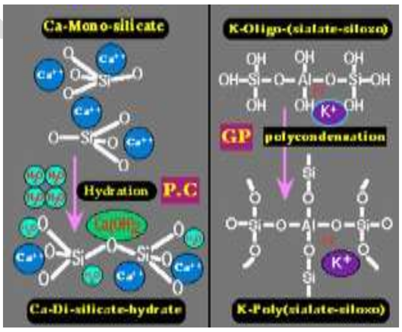
Properties	Portland Cement	Geopolymer	Remark
Physical and mechanical Properties :			
Setting Time	30 to 300mint	10 to 60 mint	**Usually set faster than Portland cement, but depends on raw material reactivity and alkali concentration.**
Compressive Strength	33-53Mpa after 28days	30-120 Mpa after 7days	**Strength can tailored by optimizing raw material reactivity and alkali concentration.**
Durability	Moderate	More durable than Portland cement	**Geopolymer systems are Alumino- silicate based system which are resistant to acid attack.**
Environmental Impact :			
CO_2 emission	800-900 kg/ton	150-200 kg/ton	**CO_2 emission in geopolymer is during production of alkali hydroxide and silicate from carbonates.**
Embodied energy	**4000-4400 Mj/ton**	**2000-2400 Mj/ton**	**As is mostly uses of waste and by products with no embodied energy.**

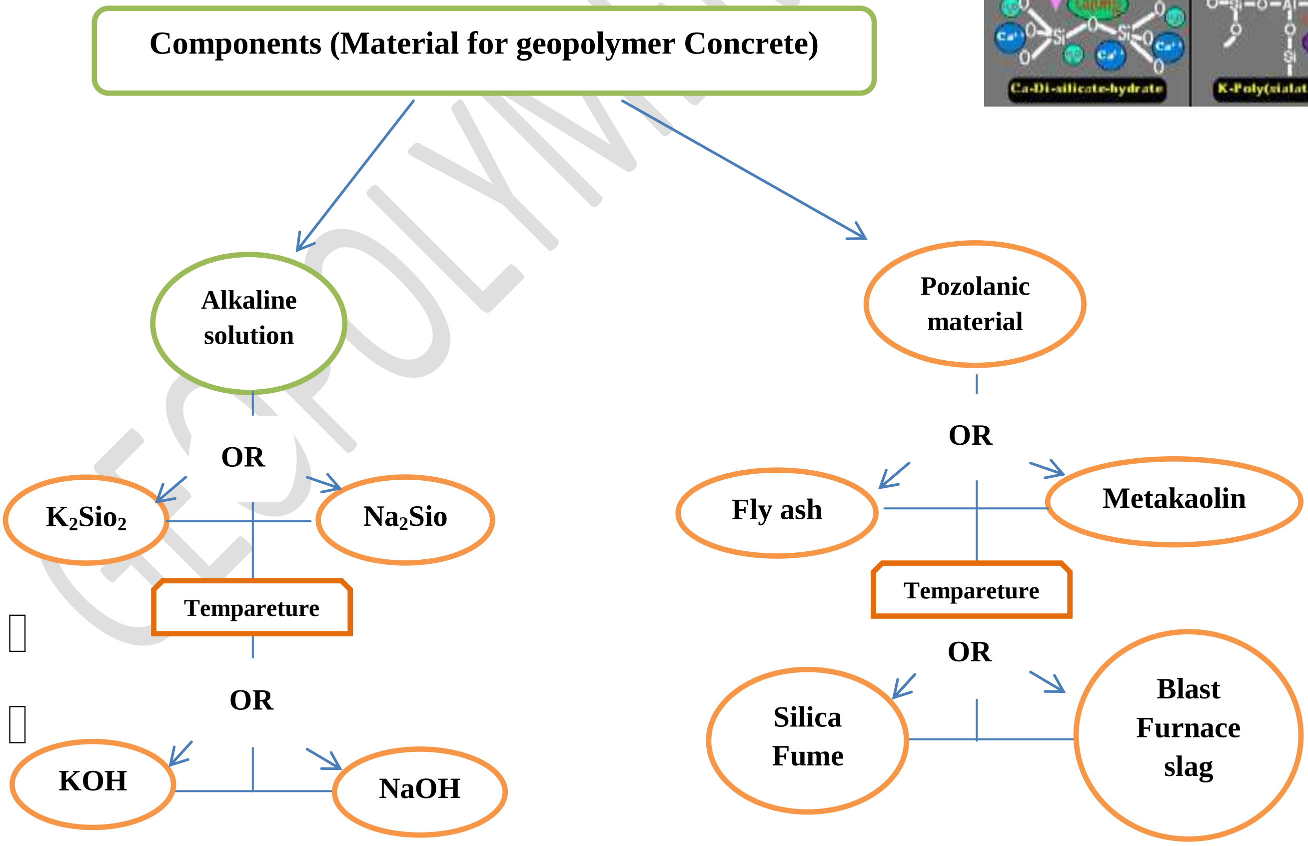
GEOPOLYMER CONCRETE

بەم شیوەیە دەبینین کە لە زۆر ڕووەوە دەکرێت سوود لەم جۆرە کۆنکریتە وەربگیرێت کە بە هاوڕێی ژینگە ناسراوە چونکە لە ڕوویەکەوە بێجگە لە کەمی تێچوونی لە ڕووی ئابووریەوە , ڕێژەیەکی زۆر کەم لە گازی دوانەئۆکسیدی کاربۆن دەکاتە هەواوە بە بەراورد بە کۆنکریتی ئاسایی,ئەویش لەبەر ئەوەی بۆ بەرهەم هێنانی یەك تەن چیمەنتۆی ئاسایی کارگەکانی نزیکەی ٨٠٠کگم بۆ ٩٠٠کگم لە گازی دوانەئۆکسیدی کاربۆن دەکەنە هەواوە. ئەمە لە ڕوویەکەوە . لە ڕوویەکی تریشەوە ئێمە بۆ بەدەستهێنانی ئەم جیۆپۆلیمەرە خۆڵمێشی پاشماوە فڕێدراوەکانی کارگەکان بەکارئەهێنین. کە بەم شێوەیە دووجار هاوڕێی ژینگەیە.لە لایەك ڕێژەی ٧٥٪ دووانە ئۆکسید کەم ئەکات لە هەوادابەراورد بە هەمان بڕ کۆنکریتی ئاسایی کە چیمەنتۆی پۆرتلاندنی ئاسایی بەکاربهێنرێت و لە لایەکی ترەوە ژینگە لەو خۆڵمێش و پاشماوەی کارگانە ڕزگار دەکات کە ژینگە پیس ئەکەن و کارگەکان بە

پارەیەکی زۆر لە ناوچەی ژیار و گوزەرانی هاولاتیان دووری دەخەنەوە , بۆ ئەوەی زیان بە ژینگە و زەوی کشتوکاڵی دانیشتوان نەگەیەنێت.

ئەم جۆرە تێکەڵەیە بۆ یەکەم جار لە لایەن پرۆفیسۆری فەرەنسی دەیڤد ئۆڤید دروستکرا لە ساڵی ١٩٧٨ , کە بیرۆکەی بەکارهێنانی گیراوەی تفتی بەکارهێنا لەگەڵ مادەیەکی سروشتی یان پاشماوەی پیشەسازی کە مەرجی بنچینەیی لەم مادەیەدا بریتییە لەوەی کە دەوڵەمەند بێت بە سلیکا (SI) و ئەلەمنیۆم (AL).کە ئەم ماددانە کارێك دەکەن لەگەڵ مادە تفتەکەدا و کرداری پەلەرێن (polymerization process) روو ئەدات.لە ئەنجامی ئەم کارلێکە مادەی لکێنەر دروست دەبێت کە جێگای چیمەنتۆ دەگرێتەوە لە تێکەڵەی کۆنکریتی ئاساییدا لە نێوان (چەو و لم و شیشدا).





GEOPOLYMER CONCRETE

Manufacturing Process

Mix coarse and fine aggregate with fly ash for 3mint

↓

Adding alkaline Solution + Extra water

↓

Casting in to mold after mixing

↓

Compaction and vibration then left in air

↓

Specimens were heat cured in the oven with different

GEOPOLYMER CONCRETE

لایەنە باشەکانی کۆنکریتی جیۆپۆلیمەر بریتین لە :

١. کاتی بەستنی کەمە لە نێوان (١٠ – ٦٠) دەقیقە دایە.
٢. هێزی بەرگری بەرزە (High strength) لە نێوان (٣٠-١٢٠)میگا پاسکاڵە دوای تەمەنی ٧رۆژی.
٣. هاورێی ژینگەیە بەوەی بۆ بەرهەم هێنانی ڕێژەیەکی زۆر کەم دووانە ئۆکسیدی کاربۆن ئەکاتە هەواوە کە بەراورد بە چیمەنتۆی ئاسایی نزیکەی ٢٠٪. وە پاشماوەی خۆڵی کارگەکان و هەندێك جۆر خۆڵەمێش بەکاردێت کە ئەگەر لەم جۆرە کۆنکریتەدا بەکارنەیەت ئەوا دەبنە هۆی ژەهراوی بوونی خاك و پیس بوونی ژینگە.
٤. وزەیەکی زۆر کەمی ئەوێت بۆ بەرهەم هێنانی بە بەراورد بە کۆنکریتی ئاسایی.
٥. تەمەنی لە کۆنکریتی ئاسایی زیاترە.
٦. عەزلی گەرما سەرما و دەنگی زیاترە لە کۆنکریتی ئاسایی.
٧. بەرگری سوتاندن(Fire resistance) و گر گرتنی زیاترە لە کۆنکریتی ئاسایی.
٨. کێشی سووکترە (Low density) لە کۆنکریتی ئاسایی چونکە چڕی کەمترە.
٩. بەرگەی مەوادی کیمیایی زیاتر ئەگرێت (Sulfate resistance).
١٠. ئەم جۆرە کۆنکریتە بەرگری لە ژەنگ ئەکات.ئەمەش بەو مانایە دێت کە بەرەنگاری تێکچوون دەبێتەوە کە بە هۆی مادە کیمیاییەکان و هۆکارە ژینگەییەکانی ترەوە دروست دەبێت.
١١. کۆنکریتی جیۆپۆلیمەر توانای هەناسەدانی بەرزە (Breathability) ئەمەش وایکردووە کە گونجاو بێت بۆ بەکارهێنان لەو ناوچانەی کە شێدارییان بەرزە.

١٢. کۆنکریتی جیۆپۆلیمەر ڕێژەی کشان و چوونەوەیەکی کەمە , ئەمەش واتە لە بوونی شێ و هۆکارە دەرەکیەکانی تردا بە شێوەیەکی بەرچاو فراوان نابێت و بە شێوەیەکی بەرچاو کرژ نابێت.ئەمەش وا دەکات کە بژاردەیەکی جێگیرتر بێت کاتێك لە پرۆژەکاندا بەکاردەهێنرێت کە پێویستی بە پلەیەکی بەرزی مانەوە و بەرگری لە کەش و هەوا هەیە. سەرەڕای ئەوەش چیمەنتۆی جیۆپۆلیمەر تایبە تمەندی عەزلی گەرمی باشی هەیە, ئەمەش وای کردووە کە گونجاو بێت بۆ بەکارهێنان لەو بینایانەی کە پێویستیان بە پاراستنی زیاترە لە بەرامبەر پلەی گەرمی سارد یان ناڵەباری کەش و هەوای گەرم.

لایەنە نەرێنیەکانی کۆنکریتی جیۆپۆلیمەر :

١. گرانی ماددەی تفت .

٢. ترسی ژەهراوی بوون هەیە لە کاتی تێکەڵ کردنی تفت و ماددەی پۆزۆلانە و مادەکانی تر.

٣. لە ڕووی کرداریەوە ئاسان نیە ئەو پلە گەرمیە بە هەڵم لەسەر پرۆژەکان بەردەست بکرێت بۆ مەبەستی مەیاندنی ماددەکان بەیەکەوە. بەلاّم ئەتوانرێت بۆ کارگەکانی دروست کردنی قالبی کۆنکریتی ئامادەکراو سوودی لێ ببینرێت. چونکە ئەو پلە گەرمیە لە کارگەیەکدا ئەتوانرێت فەراهەم بکرێت. وە سوودێکی گەورەی تری ئەم جۆرە (Precast) ئەوەیە کە پێویست ناکات ١٤ رۆژ و ٢٨ رۆژ چاوەڕێ بکەین تا هێزی تەواوی خۆی بەرجەستە بکات , بەڵکو لە ماوەی چەند کاتژمێرێکی کەم دا ئەم کۆنکریتی جیۆپۆلیمەرە ئەگاتە ئەوپەڕی توانای بەرگری بۆ هێزی پەستانی دەرەکی و توانای بەکارهێنانی هەیە لە بیناسازی دا.

٤. بۆ بەدەست هێنانی مادەی خۆڵەمێشی کارگەکان یان ئەو کەرەستە خاوەی کە رێژەی سلیکا و ئەلەمنیۆمی زۆر بێت لە سروشتدا, کارێکی ئاسان نیە و ئەگەر دەستیش بکەوێت پڕاو پڕ ئەو برەمان دەست ناکەوێت کە بەشی هەموو پرۆژەکان بکات لە یەك کاتدا.

٥. پێویستی بە پلەیەکی گەرمی بەرز هەیە بۆ بەرهەمهێنان بۆ کرداری polymerization ئێستا توێژینەوەکان لەسەر ئەوە ئەکرێت کە کارلیکی ئەو گیراوەیە لە پلەی ئاسایی هەوادا جێ بەجێ بکرێت و پێویستی بە ئەو پلە گەرمیە بەرزە نەبێت. بەلاّم هێشتا ئە نجامی کۆتایی ئەو لێکۆلینەوە و توێژینەوانە نەچوونەتە بواری جێ بە جێ کردنەوە.

ئەو هۆکارانەی کار ئەکەنە سەر جۆرایەتی و هێزی بەرگری کۆنکریتی جیۆپۆلیمەر :

١. چڕی هایرۆکسیدی سۆدیۆمەکە لە گیراوەکەدا.
٢. ڕێژەی هایدرۆکسیدی سلیکات /ڕێژەی هایدرۆکسید سۆدیۆم.
٣. ڕێژەی گیراوە تفتەکە بۆ بڕی خۆڵمێشی بەکارهێنراو.
٤. ڕێژەی ئاو لە گیراوەکەدا.
٥. پلەی گەرمی فەراهەم کراو بۆ مەیاندن و قاڵبوونی کۆنکریتی جیۆپۆلیمەرەکە.
٦. بوونی خلتەی تر و مەوادی لاوەکی تر لە خۆڵمێشی کارگەکان یان هەر مەوادێکی ئەوەلی تر کە لە سرووشت دا دابین ئەکرێت کە ڕێژەی سلیکا و ئەلەمنیۆمی بەرز بێت.
٧. یەکێك لە جۆرەکانی کۆنکریتی جیۆپۆلیمەر بریتیە لە (HySSIL) کە کێشی کەمە کە نزیکەی نیوەی کێشی کۆنکریتی ئاساییە و پێنج ئەوەندەی کۆنکریتی ئاسایی عەزلی گەرما و سەرما ئەکات و توانای بەرگری بۆ پەستان و قورسایی زۆر بەرزە.

HySSIL is as strong as normal concrete but only half as heavy

GEOPOLYMER CONCRETE

وردەكـارى تێچـوونى(نزيكـەيى) برگـە و تێچـوونى گشـتى بـۆ يـەك مـەتر سـێجا بـۆ هـەر يـەك لـە كـۆنكريتى ئاسايى و كۆنكريتى جيۆپۆليمەر:

Table 2.Detail of item and total cost of both OPC and Geopolymer concrete for one cubic metric:

Consistence	Cost rate (usd/kg)	OPC		Geopolymer concrete	
		Mix content (Kg/m^3)	Cost of the consistence (usd/m^3)	Mix content (Kg/m^3)	**Cost of the consistence (usd/m^3)**
OPC	0.1	370	37	-	**-**
Fly ash	0.008	-	-	303.75	**2.65**
Ground granulated blast-furnace slag (GGBFS)	0.031	-	-	101.25	**3.1**
NaOH	0.12	-	-	40.5	**4.86**
Na_2Sio_2	0.12	-	-	101.25	**12.65**
Fine aggregate	0.0016	683	10.93	683	**10.93**
Coarse aggregate	0.0014	1289	18.04	1269	**17.76**
Water	0	148	0	40.5	**0**
Total		**2493.7 Kg/m^3**	**65.97 USD/m3**	**2543.7 Kg/m^3**	**51.95 USD/m^3**

Table 3.Chemical analysis and physical properties of local fly ash. Chemical composition:

Oxides	**Content %**	**Requirements of class1 N pozzolan1 (ASTM 618-02)**
SiO2	**35.99**	**≥ 70**
Fe2O3	**14.83**	
Al2O3	**27.70**	
CaO	**8.31**	
MgO	**1.18**	
K2O	**2.68**	
Na2O	**0.83**	
SO3	**2.79**	**Max. 4%**
L.O.I	**5.06**	**Max. 10%**
Physical properties *		
Specific surface area1 m2/Kg	**1650**	**-**
Specific gravity	**1.7**	**-**

Table 4. Chemical analysis of foreign fly ash:

Oxide	Content, %
SiO_2	56.29
Al_2O_3	28.12
Fe_2O_3	5.32
CaO	2.21
MgO	0.98
SO_3	0.67
Na_2O	0.21
K_2O	2.32
L.O.I	2.77

Chemical tests were conducted by national center for construction laboratories and research

....

Table 5. Chemical requirements of natural pozzolan according to the ASTM C 6181 (ASTM C 618, 2002).

Oxide composition	Pozzolan class F	Fly ash
$SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$, min. percent .	70	89.73
SO_3, max. percent .	5	0.67
Loss on ignition1, max. percent .	6	2.77

GEOPOLYMER CONCRETE

Table 6. Energy needs and CO2 emissions for 1 ton of Portland cement and Rock-based Geopolymer cement.

Energy needs (MJ/ton)	Calcination	Crushing	Silicate Sol.	Total (MJ/ton)	Reduction
Portland Cement	4270	430	0	4700	0
GP-cement, slag by-product	1200	390	375	1965	59%
GP-cement, slag manufacture	1950	390	375	2715	43%
CO2 emissions (tonne)					
Portland Cement	1	0.02		1.02	0
GP-cement, slag by-product	0.14	0.018	0.05	0.208	80%
GP-cement, slag manufacture	0.24	0.018	0.05	0.308	70%

Table 6. Energy needs According to the US Portland Cement Association (2006), energy needs for Portland cement is in the range of 4700 MJ/tonne (average). The calculation for Rock-based geopolymer cement is performed with following parameters: - the blast furnace slag is available as by-product from the steel industry (no additional energy needed); - or must be manufactured (re-smelting from non granulated slag or from geological resources). In the most favorable case — slag availability as by-product — there is a reduction of 59% of the energy cement in comparison with Portland needs in the manufacture of Rock-based geopolymer cement. In the least favorable case —slag manufacture — the reduction reaches 43%. 4.2.1.2 CO2 emissions during manufacture in the most favorable case — slag availability as by-product — there is a reduction of 80% of the CO2 emission during manufacture of Rock-based geopolymer cement in comparison with Portland cement. In the least favorable case —slag .manufacture — the reduction reaches 70%

GEOPOLYMER CONC

سەرچاوەکان :

ASTM C618, (2002) “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete”, American Society for Testing and Materials.

Basil S. Al-Shathr, Tareq S. Al-attar, and Zaid A. Hasan (2015), “Optimization of Geopolymer Concrete Based on Local Iraqi Metakaolin”. The 2nd International Conference of Buildings, Construction and Environmental Engineering (BCEE2-2015), pp. 97-100.

Davidovits, J. (2011) “Geopolymer Chemistry and Applications”, 3rd. edition, Institute Géopolymère, France.

Duxson, P.A., Jimenez, A.F., Provis, J.L., Lukey, G.C., Palomo, A. and Van Deventer, J.S.J. (2007) “Geopolymer technology: the current state of the art”, Journal of Materials Science, Vol. 42, pp. 2917–2933.

Hardjito, D. and Rangan, B. V. (2005) “Development and properties of Low- Calcium Fly Ash- based geopolymer Concrete”. Research Report GC-1, Faculty of Engineering, Curtin University of Technology.

Iraqi Specification, No.45/1984, “Aggregate from Natural Sources for Concrete and Construction”

Jian He, Yuxin Jie, Jianhong Zhang, Yuzhen Yu, Guoping Zhang (2013) “Synthesis and characterization of red mud and rice husk ash-based geopolymer composites”. Cement and Concrete Composites

Kais J. Frieh, Dr. Waleed A. Abbas, and Samer H. Malik (2014) “Investigate about the Iraqi Attapulgite Clay as a Mineral Admixture for Concrete”, Eng. &Tech. Journal, Vol. 32, Part A, No.10, pp. 2364- 2375

Kirschner, A.V. and Harmuth, H. (2004) “Investigation of Geopolymer binders with respect to their application for building materials”, Ceramics, Vol. 48, Issus 3, pp.117-120.

Lloyd, N.A. and Rangan, B.V. (2010) “Geopolymer Concrete with Fly Ash”, Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Vol. 3, pp. 1493- 1504.

Li, Z., Ding, Z. and Zhang, Y. (2004) “Development of sustainable cementitious materials”, International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, Beijing, China.

Malhotra, V. M. (1999) “Making concrete greener with fly ash” ACI Concrete International, 21, pp. 61-66.

Malhotra, V. M. (2002) “Introduction: Sustainable development and concrete technology, ACI Board Task Group on Sustainable Development.” ACI Concrete International, 24(7); 22.

Mehta, P. K. (2001) “Reducing the environmental impact of concrete”. ACI Concrete International, 23 (10); pp. 61-66

Rangan, B.V. (2011) “Fly Ash-Based Geopolymer Concrete”, Proceedings of the International Workshop on Geopolymer Cement and Concrete, Mumbai, India, December, pp. 68-106

Rattanasak, U., Pankhet, K., and Chindaprasirt, P. (2011). “Effect of chemical admixtures on properties of high-calcium fly ash geopolymer.” Int. J. Miner. Metall. Mater., 18(3), 364–369.

Rovnaník, P. (2010) “Effect of curing temperature on the development of hard structure of Metakaolin-based Geopolymer”, Construction and Building Materials, Vol. 24, pp. 1176-1183.

Wallah, S.E. and Rangan, B.V. (2006) “Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete: Long-Term Properties”, Research.

Kufa Journal of Engineering Vol. 9, No. 4, October 2018, P.P. 174-186 Received 5 December 2017, accepted 16 January 2018.

GEOPOLYMER CONCRETE