

PENGARUH PENAMBAHAN SLAG BESI TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN FLOWABILITY PADA SELF COMPACTING CONCRETE

Apyangki Wahono¹, Agustinus Andy Nugroho², Handoko Sugiharto³

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekuatan tekan dan *flowability* dari penambahan slag besi pada *Self Compacting Concrete*. Kandungan kimia dalam slag besi antara lain CaO, SiO₂, MgO. Kandungan kimia inilah yang membuat slag besi memiliki sifat *pozzolanic* bagi beton. Slag besi terdiri dari molekul-molekul berbentuk bulat sehingga akan baik jika digunakan sebagai *filler*. Penelitian ini menggunakan 6 macam *mix design*, dimana campuran slag besi yang digunakan berbeda-beda komposisinya pada tiap *mix design*. Komposisi slag besi yang digunakan antara lain 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% dari berat semen. Beberapa pengujian beton segar dilakukan agar memenuhi syarat *flowability* yaitu *Sieve Segregation Test*, *Slump Flow Test*, *T₅₀*, *V-Funnel Test*, *L-Box Test*. Hasil yang diperoleh dari pengujian beton segar adalah dengan penambahan slag besi *flowability* pada beton bertambah, serta penambahan kekuatan tekan lebih besar dibandingkan dengan tidak ada penambahan slag besi. Peningkatan kekuatan yang signifikan terjadi setelah 14 hari umur beton. Hal ini disebabkan karena sifat *pozzolanic* pada slag besi baru bereaksi sepenuhnya..

KATA KUNCI: slag besi, flowability, self compacting concrete.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam dunia konstruksi yang saat ini menuntut semua *engineer* untuk menerapkan konsep *green construction*. Konsep ini menuntut untuk menggunakan bahan-bahan bekas atau limbah untuk bisa digunakan kembali dalam konstruksi bangunan. Slag besi merupakan limbah berbahaya jenis B-3 yang produksinya meningkat seiring dengan produksi besi yang meningkat. Akibatnya perlu dilakukan suatu penelitian agar limbah ini dapat digunakan kembali. Komposisi kimia dalam slag besi yang menyerupai semen, sangat cocok jika ditambahkan pada campuran beton, selain itu molekul-molekul dalam slag besi yang bulat-bulat cocok sebagai *filler* dalam beton. Disisi lain, perkembangan teknologi dari beton yang semakin pesat, sehingga dikembangkannya pula beton yang dapat mengalir serta memadat sendiri yang dikenal *self compacting concrete*. Sifat slag baja serta *self compacting concrete* inilah yang diharapkan peneliti dapat menjadi suatu kesatuan beton yang lebih *flowable*, lebih kuat dan dengan permukaan yang halus.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan slag besi pada *self compacting concrete* dan diharapkan penelitian ini bermanfaat bagi semua orang baik dalam jangka waktu pendek maupun dalam jangka waktu panjang.

¹ Mahasiswa S-1 Program Studi Teknik Sipil, smart_angki92@yahoo.com

² Mahasiswa S-1 Program Studi Teknik Sipil, agustinus_andy@ymail.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, hands@peter.petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

2.1. *Self Compacting Concrete*

Ada beberapa metode *mix design* untuk *Self Compacting Concrete* pada pelaksanaannya, mulai dari metode empiris sampai dengan metode yang mengarah pada model matematika. Beberapa peneliti mengemukakan dua metode yang secara garis besar diketahui dan disimpulkan ini menjadi yang terbaik pada *mix design Self Compacting Concrete*. Dignan, Li, dan Gaimster (2003) mengemukakan: Ada beberapa karakteristik yang menjadi dasar fundamental ketika membuat beton agar dapat diklasifikasikan sebagai *Self Compacting Concrete* (SCC). Pertama, *Self Compacting Concrete* (SCC) harus mempunyai adukan yang cukup encer sehingga *deformability* yang tinggi tercapai. Kedua, *Self Compacting Concrete* (SCC) harus memiliki *viscositas* yang sesuai sehingga tidak terjadi *bleeding* dan segregasi. Okamura (1998) dan Ozawa (1995) memberikan metode desain empiris yang didasarkan pada pembatasan jumlah agregat. Agregat kasar kurang lebih 50% dari volume padat, serta agregat halus kurang lebih 40% dari volume mortar.

Metode *mix design* dari Domone (1999) merupakan kelanjutan dari *mix design* Okamura dan Ozawa. Metode ini terdiri dari metode matematika dan metode empiris untuk mendapatkan jumlah agregat, z/p rasio, volume pasta dan lain-lain.

2.2. Pengujian Beton Segar

Berbagai pengujian harus dilakukan untuk mengetahui karakteristik beton segar agar memenuhi kriteria *Self Compacting Concrete*.

- ***Sieve Segregation Test***

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah beton tersebut mengalami segregasi. Pengujian seperti **Gambar 1**. Syarat untuk *Self Compacting Concrete* dengan *flowability* tinggi mengharuskan agar tidak mengalami segregasi, maka diperlukan material halus yang cukup untuk memberikan kepaduan (*cohesiveness*) yang tepat. (BS EN 12350-11; 2010)



Gambar 1. Pengujian *Sieve Segregation Test*

- ***Slump Flow Test***

Pengujian ini dengan cara campuran beton dimasukan kedalam kerucut sampai penuh dan tidak dilakukan pengerojokan. Kemudian kerucut diangkat secara perlahan dan konstan sehingga aliran beton tidak terputus seperti **Gambar 2**. Catat waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm dan seberapa jauh radius yang dapat dicapai dari campuran beton. (BS EN 12350-8; 2010)



Gambar 2. Pengujian *Slump Flow dan T50*

- **V-Funnel Test**

Pengujian ini dilakukan dengan cara adukan beton segar dimasukan ke cerobong yang bagian bawahnya terbuka, agar adukan beton dapat mengalir seperti **Gambar 3**. Pencatatan dilakukan terhadap waktu yang diperlukan oleh adukan beton untuk mengalir keluar dari cerobong. (BS EN 12350-9; 2010)



Gambar 3. V-Funnel Test

- **L-Box Test**

Pengujian ini dengan cara beton diisikan pada *L-Shaped Box* pada kotak yang berukuran lebih tinggi dengan volum penuh sesuai ketinggian alat seperti **Gambar 4**. Kemudian pintu dibuka, sehingga beton mulai mengalir pada arah horizontal dari *L-Shaped Box*. Catat waktu yang dicapai oleh aliran beton untuk jarak 40 cm dari ujung dalam *L-Shaped Box* (FL40). Catat waktu yang dicapai beton untuk mencapai ujung luar dari *L-Shaped Box* (FL max). Cek perbedaan tinggi dalam arah horizontal (H_2/H_1), maksimal perbedaan tinggi yang terjadi kurang dari 20%. (BS EN 12350-10;2010)



Gambar 4. L-Box Test

2.3. Slag Besi

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) *Slag* merupakan bahan sisa dari pengecoran besi (*pig iron*), dimana prosesnya memakai dapur (*furnance*) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (*blast*). Pada peleburan baja, biji besi atau besi bekas dicairkan dengan kombinasi batu gamping, delomite atau kapur, pembuatan baja dimulai dari dengan menghilangkan ion – ion pengotor baja, diantaranya alumonium, silicon dan phosphor. Untuk menghilangkan ion – ion pengotor tersebut, diperlukan kalsium yang terdapat pada batu kapur. Campuran kalsium, alumonium, silicon dan phosphor membentuk slag besi yang bereaksi pada temperature 1600° C dan membentuk cairan, bila cairan ini didinginkan maka akan terjadi kristalisasi, dapat digunakan sabagai campuran semen dan dapat juga sebagai pengganti agregat. (ASTM C 494; 1995)

Menurut Lewis (2003) Keuntungan penggunaan limbah padat slag besi dalam campuran beton adalah mempertinggi kekuatan tekan beton karena kecenderungan melambatnya kenaikan kekuatan tekan, menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan beton, mengurangi variasi kekuatan tekan beton, mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut, mengurangi serangan alkali-silika, mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu, memperbaiki penyelesaian akhir dan memberi warna cerah pada beton, mempertinggi keawetan karena pengaruh perubahan volume, mengurangi porositas dan serangan klorida.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang akan dilakukan berkaitan dengan tujuan dari penelitian ini adalah Menguji bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat beton *Self Compacting Concrete*. Bahan-bahan yang dimaksud adalah kehalusan dari slag besi yang telah dihaluskan, agregat halus dan agregat kasar. Menghitung kandungan campuran *mix design* dengan data-data yang diperoleh dari pengujian material-material yang ada. Mencoba *mix design* yang telah didapatkan dengan cara perhitungan rasional *mix design* dan menambahkan *superplasticizer* untuk mencapai standar yang sesuai dengan BS EN, ASTM. Membuat beton *Self Compacting Concrete* dengan *mix design* yang telah diperoleh dengan penyesuaian yang ada dengan penambahan slag besi sebanyak 15%, 20%, 25%, 30%, 35% dari semen dan juga membuat beton dengan tidak ada penambahan slag besi sebagai pembandingan terhadap kekuatan. Komposisi dari masing-masing material dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Mix Design

<i>Mix Design</i>	1	2	3	4	5	6
Semen (kg/m ³)	502.758	502.758	502.758	502.758	502.758	502.758
Krikil 1x1 (kg/m ³)	1040	1040	1040	1040	1040	1040
Pasir (kg/m ³)	829.8	829.8	829.8	829.8	829.8	829.8
<i>Silica Fume</i> (kg/m ³)	25.13	25.13	25.13	25.13	25.13	25.13
Slag Besi (kg/m ³)	0	75.4	100.54	125.67	150.81	175.94
<i>SP</i> (l/m ³)	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54
Air (l/m ³)	137.74	137.74	137.74	137.74	137.74	137.74

Jumlah beton yang akan dibuat sebanyak 12 sampel pada masing-masing *mix design* yang direncanakan. Ukuran sample beton yang digunakan kubus 15x15cm² dan tambahan sebesar 0.019m³ untuk pengujian pada beton segar. Melakukan pengujian terhadap beton segar dengan pengujian *Slump flow*, *U-Funnel*, *T₅₀*, *L-Shapes Box Test*, *Sieve segregation test*. Melakukan pengujian tekan beton pada umur 3, 7, 14, 28, 56 dan 90 hari. Mengambil kesimpulan dan juga hasil-hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada beton segar maupun pada pengujian tekan beton.

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil Pengujian Material

Pada pengujian material dilakukan pemeriksaan nilai *specific gravity* dari pasir dan kerikil yang digunakan. Selain itu dilakukan pemeriksaan nilai *water content*. Setelah itu hasil dari pemeriksaan tersebut dicatat. Hasil dari pemeriksaan *specific gravity* pasir dan kerikil dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**. Hasil pemeriksaan *water content* material pasir adalah 2.7% dan pada kerikil 0.2%.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Specific Gravity Pasir

No	W1	W2	W3	W4	$X=W2-W1$	$Y=W2+W4-W1-W3$	GS=X/Y	RATA2
1	67.436	118.486	346.64	313.634	51.05	18.044	2.829195	2.766174
2	67.662	131.258	353.821	314.024	63.596	23.799	2.672213	
3	67.76	149.556	366.529	313.976	81.796	29.243	2.797114	

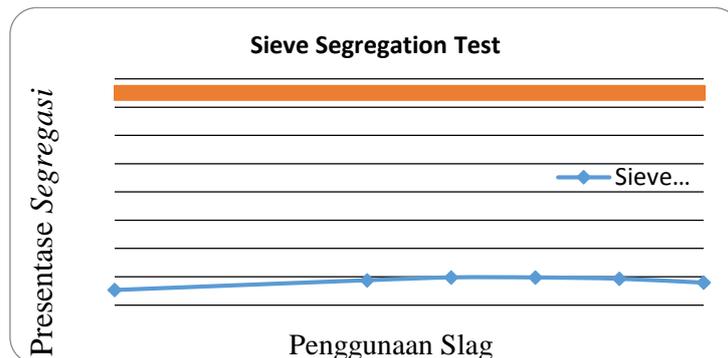
Tabel 3. Hasil Perhitungan Specific Gravity Krikil

No	W1	W2	W3	W4	$X=W2-W1$	$Y=W2+W4-W1-W3$	GS=X/Y	RATA2
1	399	678	1375	1200	279	104	2.682692	2.606312
2	399	667	1364	1200	268	104	2.576923	
3	400	702	1384	1200	302	118	2.559322	

4.2 Hasil Pengujian Beton Segar

4.2.1 Sieve Segregation Test

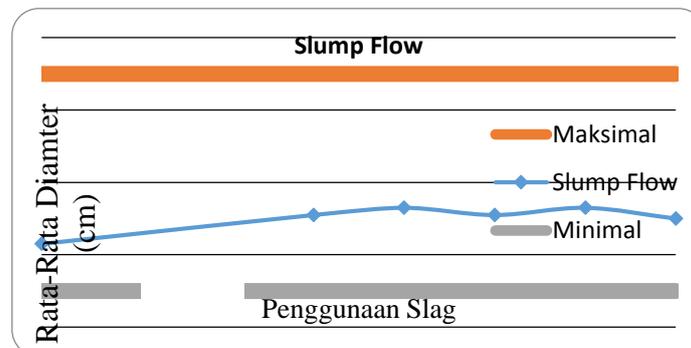
Hasil dari *Sieve Segregation Test* ini harus kurang dari 15% untuk mendapatkan beton yang tidak terjadi *segregasi*. Berikut adalah hasil perbandingan *sieve segregation test* pada beton dengan penambahan slag besi **Gambar 5**.



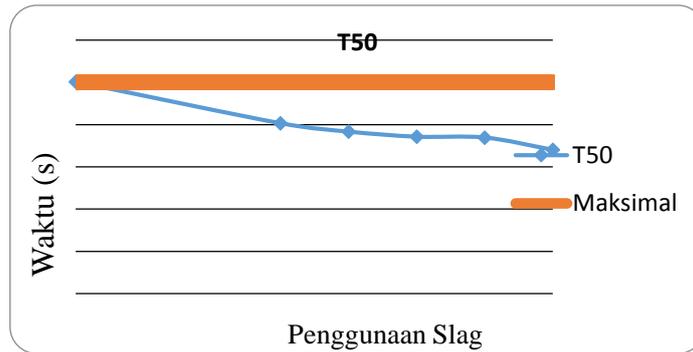
Gambar 5. Hasil Sieve Segregation Test

4.2.2 Slump Flow Dan T50

Batasan *Slump Flow* yaitu memiliki ukuran diameter 550-850 mm. Dalam T50 sendiri juga memiliki batasan yang dapat dimasukkan kedalam kategori beton SCC batasan itu sendiri adalah ≤ 5 detik. Berikut adalah hasil perbandingan *slump flow* dan T50 pada beton dengan penambahan slag besi **Gambar 6** dan **Gambar 7**.



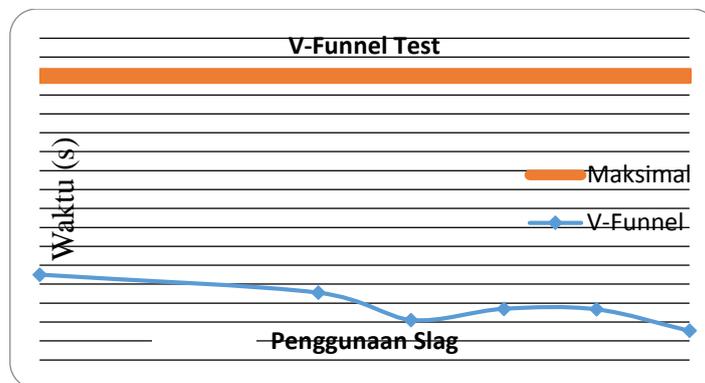
Gambar 6. Hasil Slump Flow



Gambar 7. Hasil Pengujian T50

4.2.3 V-Funnel Test

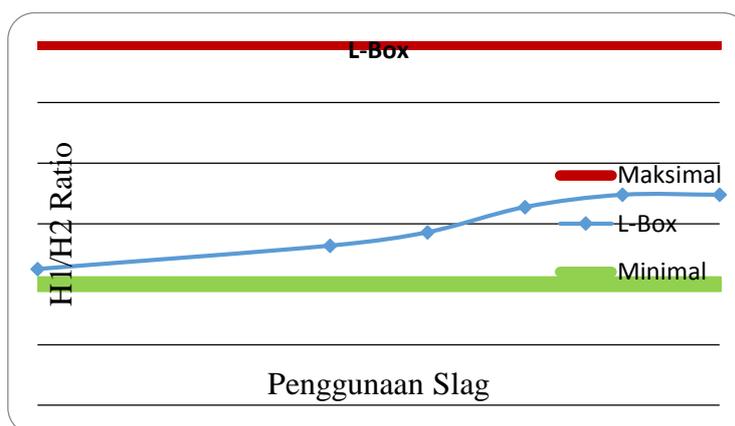
Dalam beton SCC terdapat peraturan yang harus dipenuhi yaitu mengkosongkan *V-Funnel* dalam jangka waktu ≤ 25 detik. Berikut adalah hasil perbandingan *V-Funnel* pada beton dengan penambahan slag besi Gambar 8.



Gambar 8. Hasil V-Funnel Test

4.2.4 L-Box Test

Syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai beton SCC dalam *L-Box test* ini adalah ≥ 0.80 . Berikut adalah hasil perbandingan *L-Box Test* pada beton dengan penambahan slag besi Gambar 9.



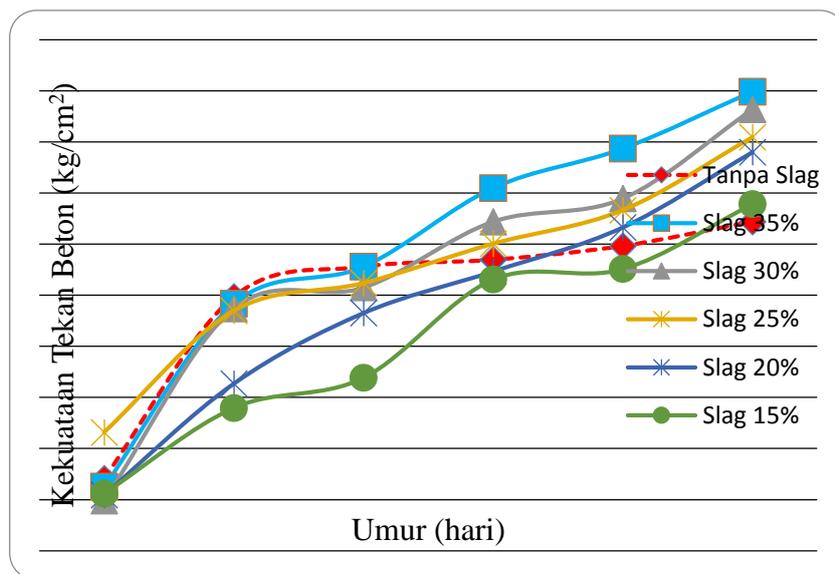
Gambar 9. Hasil Pengujian L-Box Test

4.3 Hasil Kekuatan Rata-Rata Beton

Pada saat beton mencapai umur 3, 7, 14, 28, 56 dan 90 hari, beton dikeluarkan dari kolam *curing* sehari sebelum pengujian dilakukan. Setelah itu maka beton siap dilakukan pengujian tekan. Setiap *mix design* diberikan 2 *sample* yang sama yang kemudian akan diujikan bersama-sama. Dari hasil pembacaan nilai kuat tekan beton pada *Universal Testing Machine* dapat diperoleh nilai tegangan beton dengan cara membagi nilai kuat tekan dengan luas bidang tekan. Dalam hal ini luas bidang tekan adalah seragam yaitu 15 x 15 cm². Hasil perbandingan kekuatan tekan dapat dilihat pada **Tabel 4** dan **Gambar 10**.

Tabel 4. Hasil Kekuatan Rata-Rata Tekan Beton

No.	Penambahan Slag	Kekuatan Rata-Rata Tekan (kg/cm ²)					
		3 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari	56 Hari	90 Hari
1	0%	320.53	498.4	527.806	534.602	548.193	571.979
2	15%	305.81	389.6	419.074	515.347	525.541	588.968
3	20%	304.68	413.4	482.501	523.276	566.316	639.937
4	25%	365.84	484.8	511.949	550.459	583.305	654.661
5	30%	299.01	487.0	507.419	571.979	594.631	681.844
6	35%	312.61	491.6	527.806	604.825	643.334	699.06



Gambar 10. Grafik Perbandingan Kekuatan Test Tekan Beton

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Secara umum, beton dengan menggunakan rasional *mix design* ini dapat dilihat bahwa hasil dari kekuatan tekan dari beton SCC tanpa penambahan slag besi memiliki kekuatan K-500 pada umur 28 hari. Beton SCC dengan penambahan slag besi memiliki kekuatan awal yang rendah dan meningkat tajam pada umur 14-90 hari. Dengan penambahan slag besi lebih dari 15% dari berat semen sangat efektif dalam peningkatan mutu beton dibandingkan tanpa menggunakan slag besi pada umur beton 90 hari. Pada umur beton 28 hari maka slag dengan penambahan lebih dari 25% lebih efektif.

Penambahan slag besi hingga mencapai 35% dari berat semen masih memiliki kekuatan yang tinggi dibandingkan dengan penambahan 15% - 30% dan tanpa penambahan slag. Dari percobaan pada beton segar dapat disimpulkan bahwa beton SCC dengan penambahan slag besi dapat menambah

kemampuan beton SCC dalam hal *workability* tanpa harus menambah air dan *superplasticizer*. Dengan menambahkan slag besi sebanyak 15% dari berat semen membantu membuat beton segar lebih *flow* dibandingkan dengan beton segar tanpa penambahan slag besi.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya dalam pembuatan beton SCC dengan penambahan slag besi, sebaiknya komposisi slag besi dalam penelitian ini masih belum mencapai kekuatan maksimalnya sehingga perlu dilakukan penambahan slag besi hingga mencapai kekuatan optimum yang dapat diperoleh dengan penambahan slag besi serta dalam penghalusan slag besi peneliti menggunakan alat *los angeles abrasion machine* ini kurang seberapa efektif karena kurang halus dalam penghancuran batuan slag besi.

6. DAFTAR REFERENSI

- ASTM C 494/C 494M. (2001). *Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete Type F*. ASTM Int.
- BS EN 12350-8. (2010). *Testing Self Compacting Concrete : Slump Flow Test*, British Standard Int.
- BS EN 12350-9. (2010). *Testing Self Compacting Concrete : V-Funnel Test*, British Standard Int.
- BS EN 12350-10. (2010). *Testing Self Compacting Concrete : L-Box Test*, British Standard Int.
- BS EN 12350-11. (2010). *Testing Self Compacting Concrete : Sieve Segregation Test*, British Standard Int.
- Dignan, Li., and Gaimster, R. (2003). *A Review of Mix Design of Self Compacting Concrete*. World Conference on Concrete Materials and Structures, Malaysia, May 30.
- Domone, P. (1999). "Self Consolidating Concrete". *The International Journal of Concrete International*. No. 39-45.
- Lewis, R. et al. (2003). "Cementitious Additions. In Advanced Concrete Technology." *The International Journal Constituent Materials*. No. 127–141.
- Nugraha, Paul dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Andi. Surabaya, Indonesia
- Okamura, H., (1998). *Self Compacting High Performance Concrete*. Ferguson Lecture. New Orleans. United States of America.
- Ozawa, K., (1995). *Mix Design for Self Compacting Concrete*. Concrete Library of JSCE. pp.107-120.