

Ujian Musnah dan Tanpa Musnah

Destructive and Non Destructive Test of Hardened Concrete (DT & NDT)

Emmy Sherina Ismail Hashim

Bahagian Perkhidmatan Forensik Struktur

Kandungan Taklimat DT & NDT Test

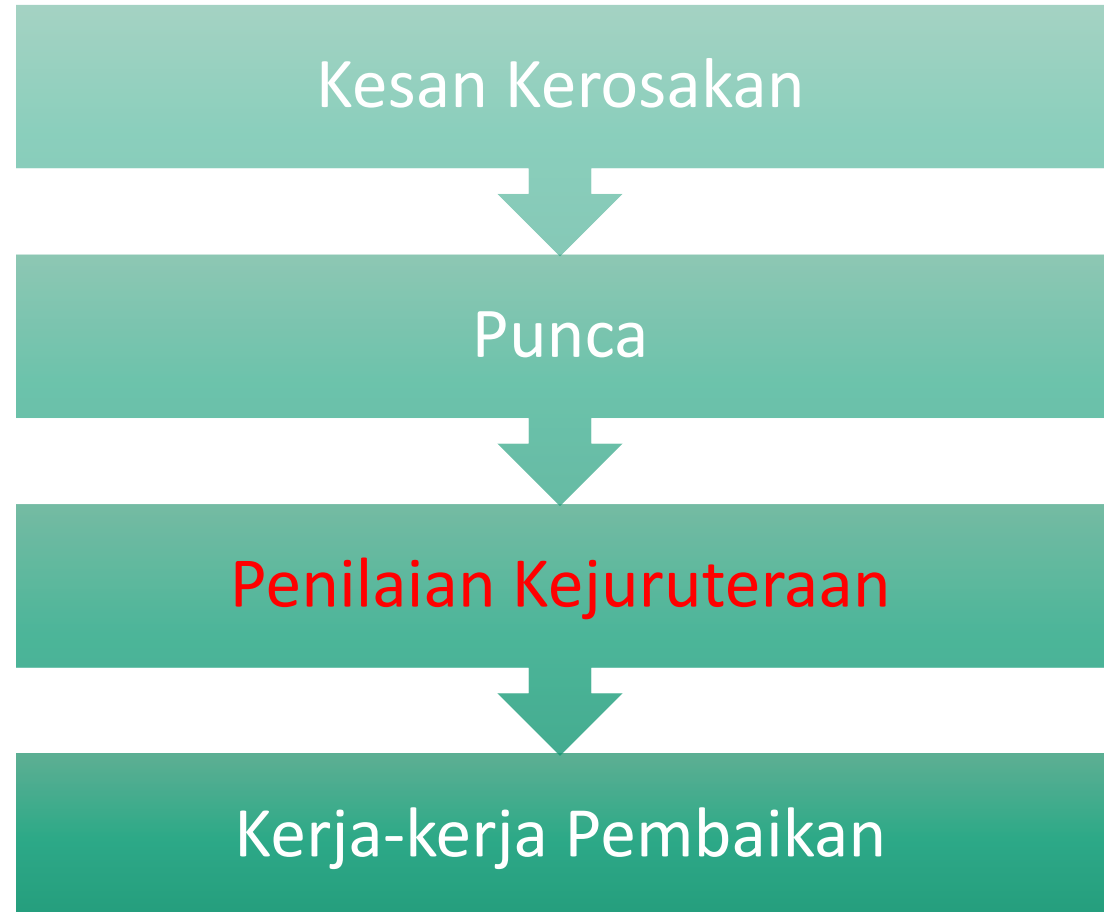
- Pengenalan
- Keperluan Ujian Dijalankan
- Jenis-jenis Ujian Tanpa Musnah
- Jenis-jenis Ujian Musnah
- Analisis Keputusan Ujian
- Kerja-kerja Pembaikan Selepas Ujian Dijalankan

Penilaian Kerosakan Konkrit

Keperluan ujian bahan:

- Apabila struktur asal perlu diubah rekabentuk (i.e. pertambahan beban);
- Untuk menilai kecukupan struktur (*structural adequacy*) di dalam penyiasatan disebabkan oleh kesilapan pembinaan / kebakaran;
- Apabila penilaian struktur diperlukan semasa pembinaan;
- Apabila ujian konkrit piawai gagal (non conformance); dan
- Penilaian pematuhan konkrit jika ditetapkan di dalam spesifikasi atau piawaian produk.

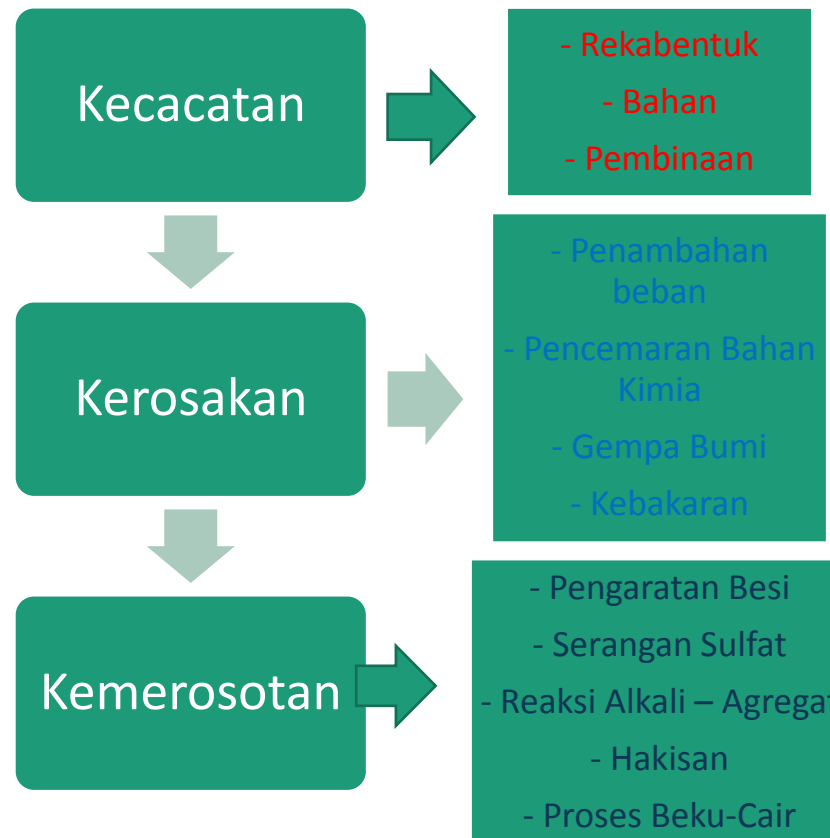
(Diambil dari BS EN 13791:2007)



Prosedur Penilaian Struktur

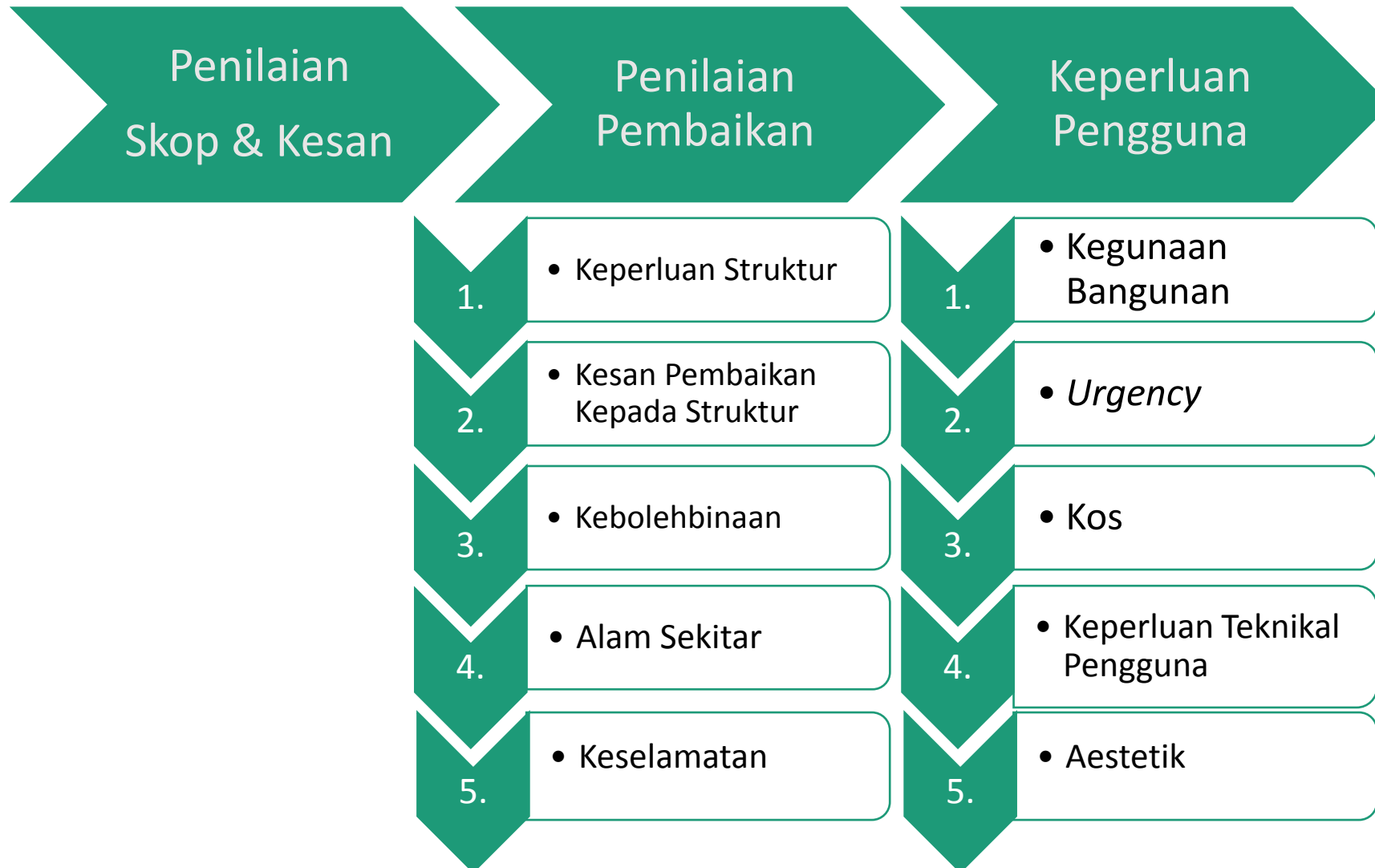


- Keretakan
- Pemendapan
- Kebocoran
- Melendut
- Kehausan
- Pengelupasan
- Pelekangan
- Disintegrasi
- *Scaling*



- Keselamatan Awam?
- Integriti Struktur?
- Kebocoran?
- Kesan Kepada Alam Sekitar?
- Kegagalan Fungsi?
- Aestetik?

Prosedur Pembaikan Struktur



Kaedah Ujian Untuk Penilaian Konkrit



Sifat Mekanikal

- **Kekuatan Mampatan**
 - Ujian Teras (1)
 - Proba Windsor (3)
 - Tukul Rebound(2)
- **Kualiti Konkrit**
 - Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) (4)
- **Kekuatan Tegangan**
 - Ujian *Pull-Off*
 - Kekuatan Tegangan *Splitting* (5)
- **Kekuatan Lenturan (Flexural)** (6) (7)
- **Rintangan Lelasan (Abrasion Resistance)** (8)
- **Kekuatan Ikatan (Bond)** - Ujian *Pull-Off*



Kandungan Kimia

- **Aktiviti Elektrokimia**
 - *Half-Cell Potential* (9)
 - *Rintangan Elektrik* (10)
- **Kedalaman Karbonasi**
 - *Indikasi Phenolphthalein*
 - *Analisa Petrografik* (11)
 - *Difraksi X-Ray*
 - *Spektroskopi Infrared*
- **Reaksi Alkali-Agregat**
 - *Analisa Petrografik*
 - *Uranyl Acetate Fluorescence Method*
- **Kandungan Klorida** (12) (13) (14)



Keadaan Fizikal

- Keseragaman
- Sistem Air-Void
- Pelekangan/Ruang Udara
- Lokasi / Keadaan Besi Tertanam
- Kebolehtelapan Air
- Kebolehtelapan Udara
- Kebolehserapan Air (19)
- Rintangan Beku-Cair (16) (17)
- Rintangan Terhadap Garam Pencair



Tingkah – laku Disebabkan Manifestasi Luaran (*External Manifestation – Behaviour*)

- **Keretakan / Pengelupasan*
- **Pesongan dari beban tambahan*
- **Kebocoran*
- **Suhu / kelembapan*
- **Geometri Luaran*

Prosedur Ujian Piawai Untuk Penilaian Konkrit

NO	PIAWAI	TAJUK
1	ASTM C 42	Obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete
2	ASTM C 805	Rebound Number of hardened concrete
3	ASTM C 803	Penetration resistance of hardened concrete
4	ASTM C 597	Pulse velocity through concrete
5	ASTM C 496	Splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens
6	ASTM C 78	Flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading)
7	ASTM C 293	Flexural strength of concrete (using simple beam with centre-point loading)
8	ASTM C 418	Abrasion resistance of concrete by sand-blasting
9	ASTM C 876	Half cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete
10	ASTM D 3633	Electrical resistivity of membrane-pavement systems

Prosedur Ujian Piawai Untuk Penilaian Konkrit

NO	PIAWAI	TAJUK
11	ASTM C 856	Standard practice for petrographic examination for hardened concrete
12	AASHTO T 259	Resistance of concrete to chloride ion penetration
13	AASHTO T 260	Sampling and testing for total chloride ion in concrete and concrete raw materials
14	AASHTO T 277	Rapid determination of the chloride permeability of concrete
15	ASTM C 457	Microscopical determination of parameters of the air-void system in hardened concrete
16	ASTM C 666	Resistance of concrete to rapid freezing and thawing
17	ASTM C 671	Critical dilation of concrete specimens subjected to freezing
18	ASTM C 672	Scaling resistance of concrete surfaces exposed to deicing chemicals
19	ASTM C 642	Specific gravity, absorption and voids in hardened concrete

Peranan Jurutera Bangunan di Tapak

Memastikan ujian dijalankan mengikut piawaian dan spesifikasi ditetapkan

Keputusan boleh diterimapakai

Analisis sebenar boleh dibuat berpandukan keadaan sebenar di tapak

Menentukan lokasi sebenar ujian di tapak

Lokasi di tapak mungkin berubah disebabkan akses dan lain-lain

Pertambahan atau pengurangan bilangan ujian tidak berlaku

Memastikan integriti sampel dihantar pihak kontraktor

Keputusan boleh diterimapakai

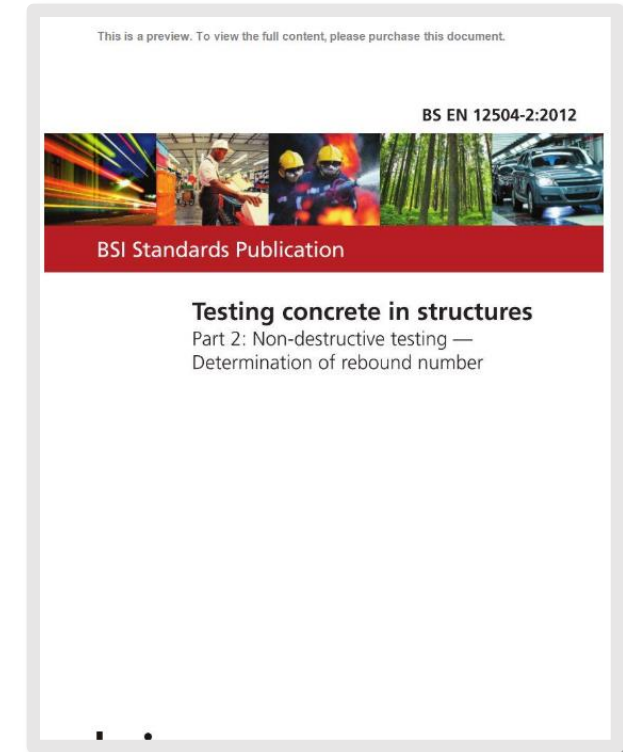
Analisis sebenar boleh dibuat berpandukan keadaan sebenar di tapak

UJIAN TANPA MUSNAH KE ATAS STRUKTUR KONKRIT

- 1. Rebound Hammer*
- 2. Windsor probe test*
- 3. Cover-meter survey*
- 4. Carbonation test*
- 5. Half cell potential test*
- 6. Ultrasonic pulse velocity test (UPV)*

TUKUL REBOUND (*REBOUND HAMMER / SCHMIDT HAMMER / SWISS HAMMER*)

- Tukul Rebound adalah alat paling populer bagi mengukur kekerasan permukaan konkrit. Ujian adalah berdasarkan prinsip kekuatan pantulan bahan elastic adalah berdasarkan kekerasan permukaan di mana bahan elastic dikenakan. Kekuatan ini diekspresikan sebagai Nombor Rebound.
- MENGUKUR BAHAGIAN PERMUKAAN KONKRIT (~ 30 mm) berdasarkan BS EN 12504-2:2012 (*Testing concrete in structures. Non-destructive testing. Determination of rebound number*);
- Menguji keseragaman konkrit;
- Anggaran kekuatan struktur konkrit (~25%) (*Emmons, Concrete Repair and Maintenance*)



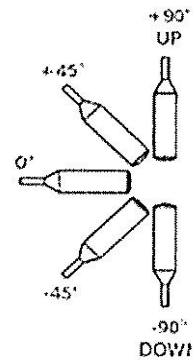
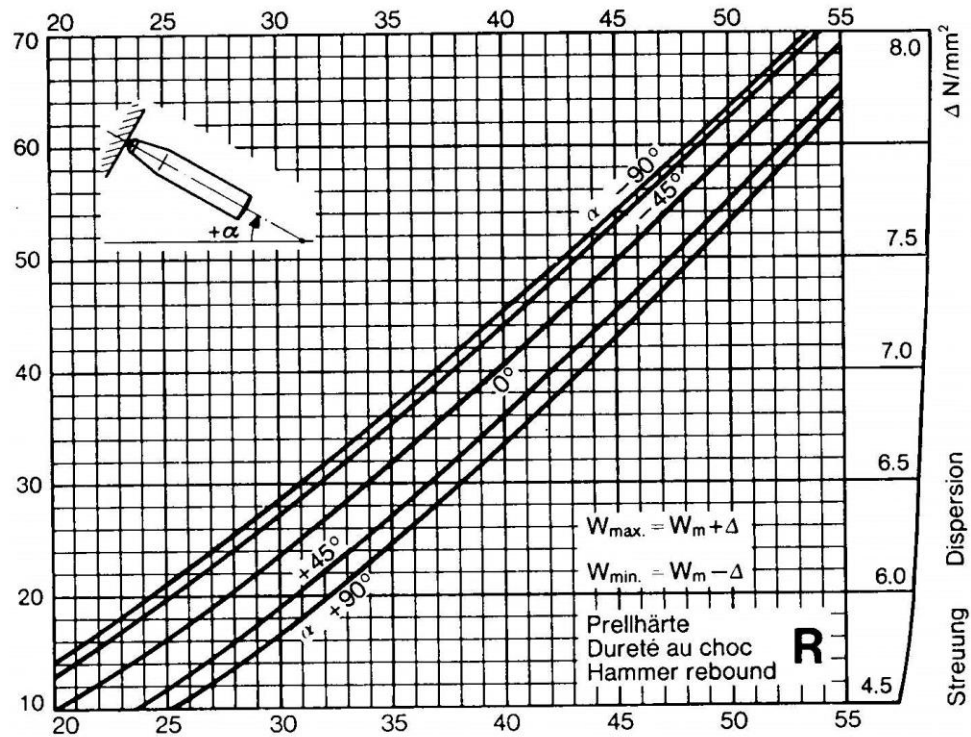
REBOUND HAMMER



REBOUND HAMMER



REBOUND HAMMER



1-2 inci spacing)

- Guna graf dan unjurkan untuk dapatkan kekuatan mampatan konkrit

REBOUND HAMMER



Electronic Rebound Hammer

* Bacaan kekuatan mampatan konkrit boleh diambil terus dari 'display'. Tak perlu rujuk graf.

REBOUND HAMMER



- **Electronic Concrete Tester (ECT)**
- *** Bacaan kekuatan mampatan konkrit boleh diambil terus dari 'display'. Tak perlu rujuk graf.**

PENETRATION RESISTANCE TEST (WINDSOR PROBE TEST)

- Teknik ini dikenali secara komersial sebagai Windsor Probe Test. Ia menentukan kekuatan konkrit dengan mengukur rintangan konkrit terhadap tusukan proba yang terdiri dari rod keluli.
- Ujian ini dijalankan untuk mendapatkan:
 - Menilai keseragaman konkrit dan untuk assess the uniformity of concrete and to delineate zones of poor quality or deteriorated concrete in structures; and
 - Menganggarkan kekuatan in-situ, dengan syarat telah dibuat ujian bagi menentukan hubungan di antara rintangan tusukan dan kekuatan konkrit.

PENETRATION RESISTANCE TEST (WINDSOR PROBE TEST)



PENETRATION RESISTANCE TEST (WINDSOR PROBE TEST)

- ***Driver Unit – e.g. powder-actuated device that capable of driving the probe into the concrete with an accurately controlled energy***
- **Proba – atau *bolt of hardened steel alloy*. Berukuran 6.35 mm pada diameter dan 79.5 mm panjang dan boleh menembusi konkrit sehingga 40 mm.**
- ***Measuring unit – untuk mengukur dan merekod panjang proba di luar konkrit sehingga 0.5 mm terdekat.***

PENETRATION RESISTANCE TEST (WINDSOR PROBE TEST)



Peletakan *Driving Unit* dengan Proba sebelum ditembak ke dalam konkrit.

LESEN:
Sama seperti lesen memiliki senjata api

PENETRATION RESISTANCE TEST (WINDSOR PROBE TEST)



**Proba tertanam di dalam
struktur konkrit**

PENETRATION RESISTANCE TEST (WINDSOR PROBE TEST)

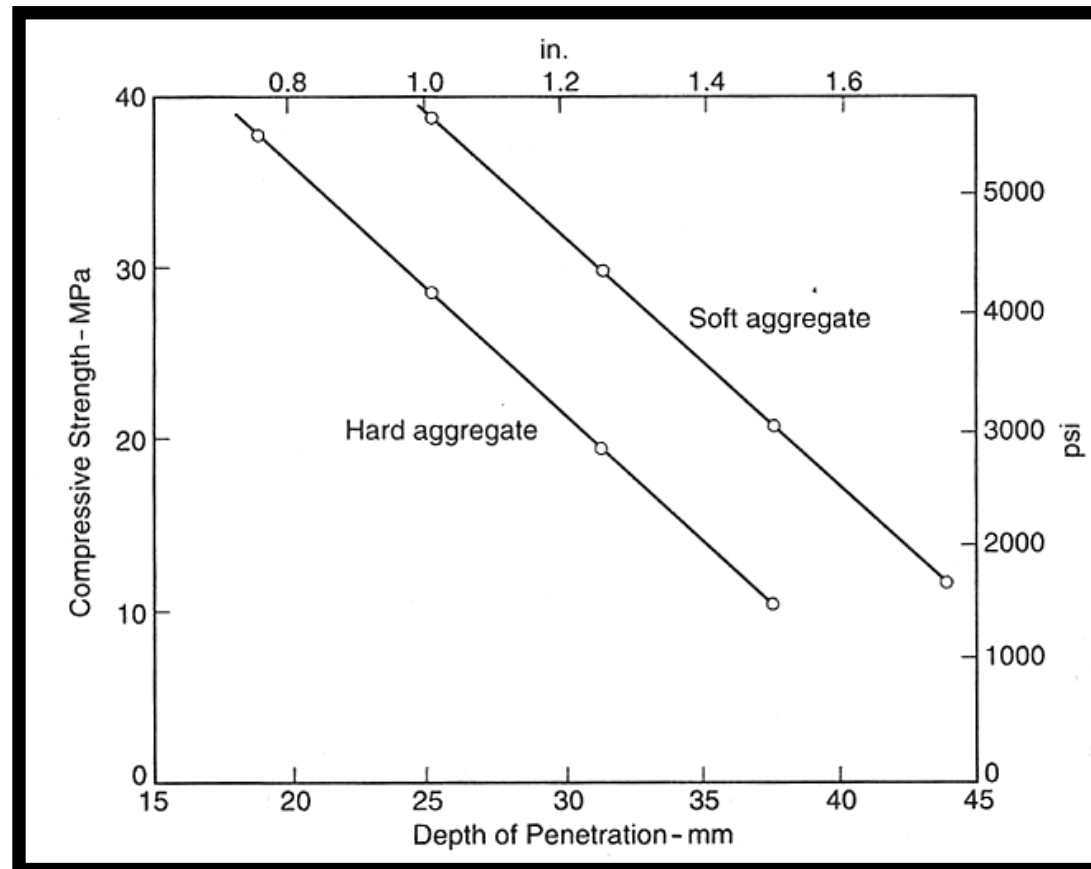


Mengukur panjang Proba yang terdedah

PENETRATION RESISTANCE TEST (WINDSOR PROBE TEST)

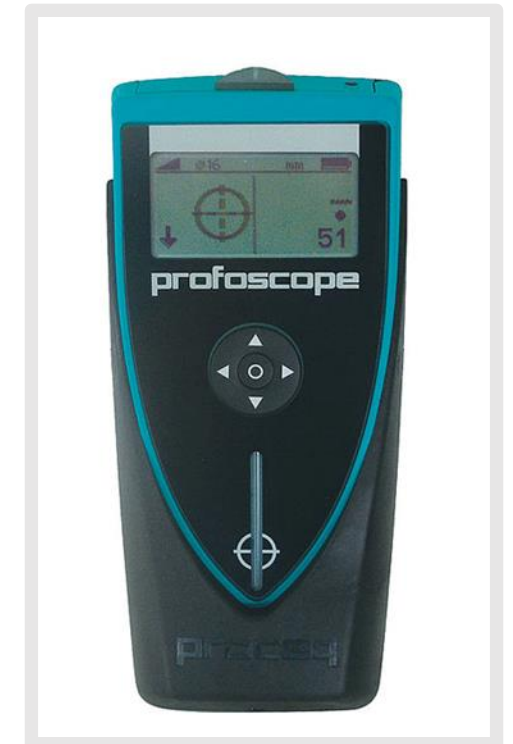
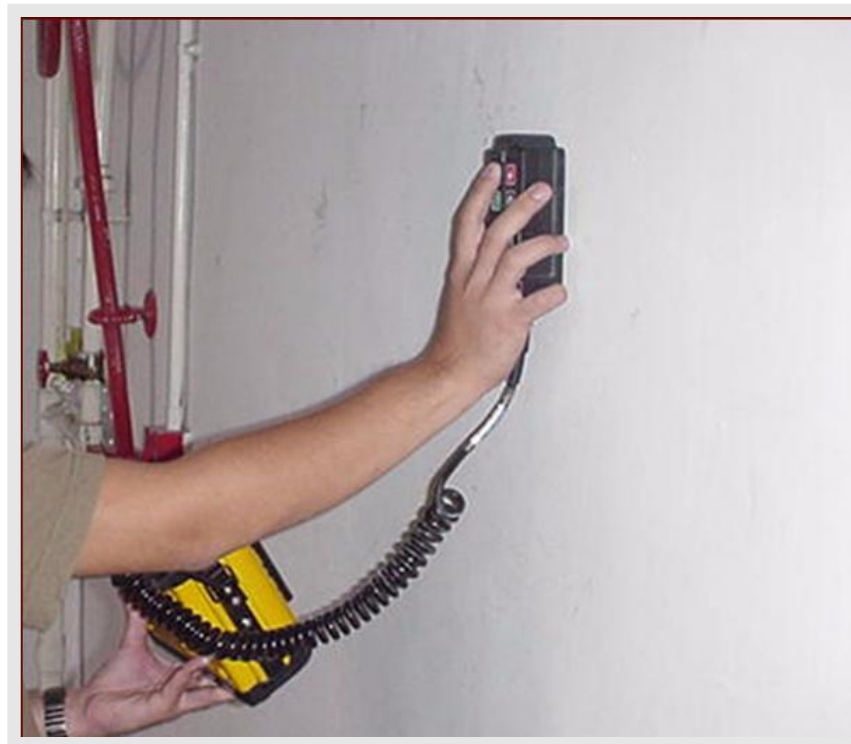
Korelasi Windsor Probe
Tipikal

**Kedalaman penusukan
berkadar songsang
dengan kekuatan
mampatan**



COVERMETER SURVEY

- 1) Covermeter: Biasa juga dipanggil Profometer, Rebar Locator, Rebar Detector
- 2) Tujuan
 - Semak & banding dengan As Built Drawing
 - Analisis semula guna As Built Detail
 - Sebelum kerja 'coring' – untuk elak coring terkena besi.

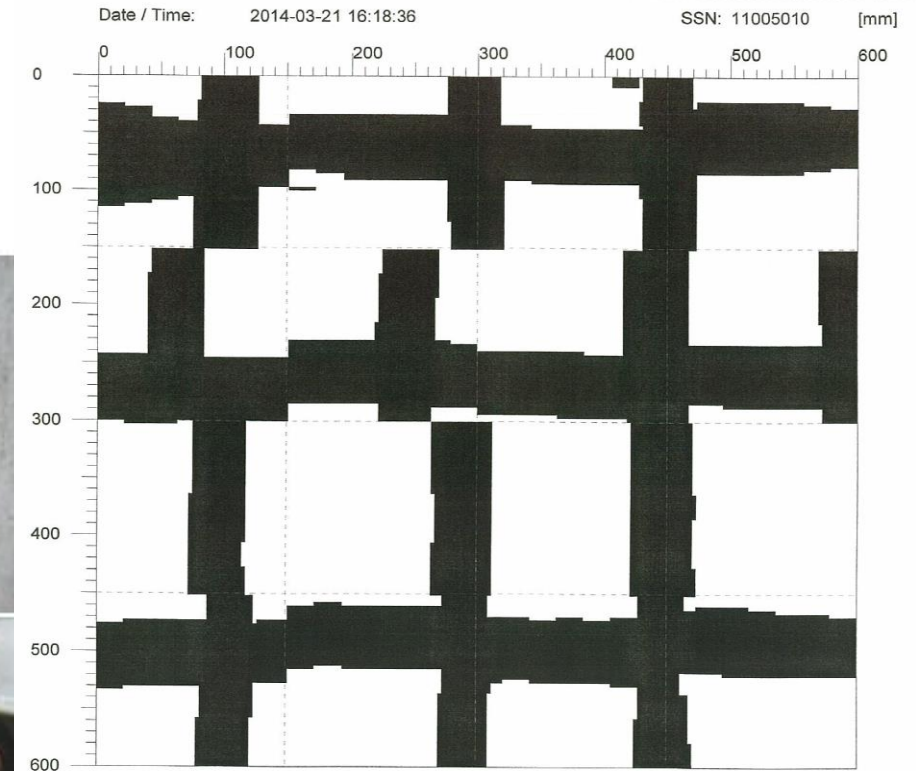


COVERMETER SURVEY

Ferrosan (HILTI)



Imagescan: FS002474.XFF



Customer: Bahagian Forensik (Struktur & Jambatan) JKR

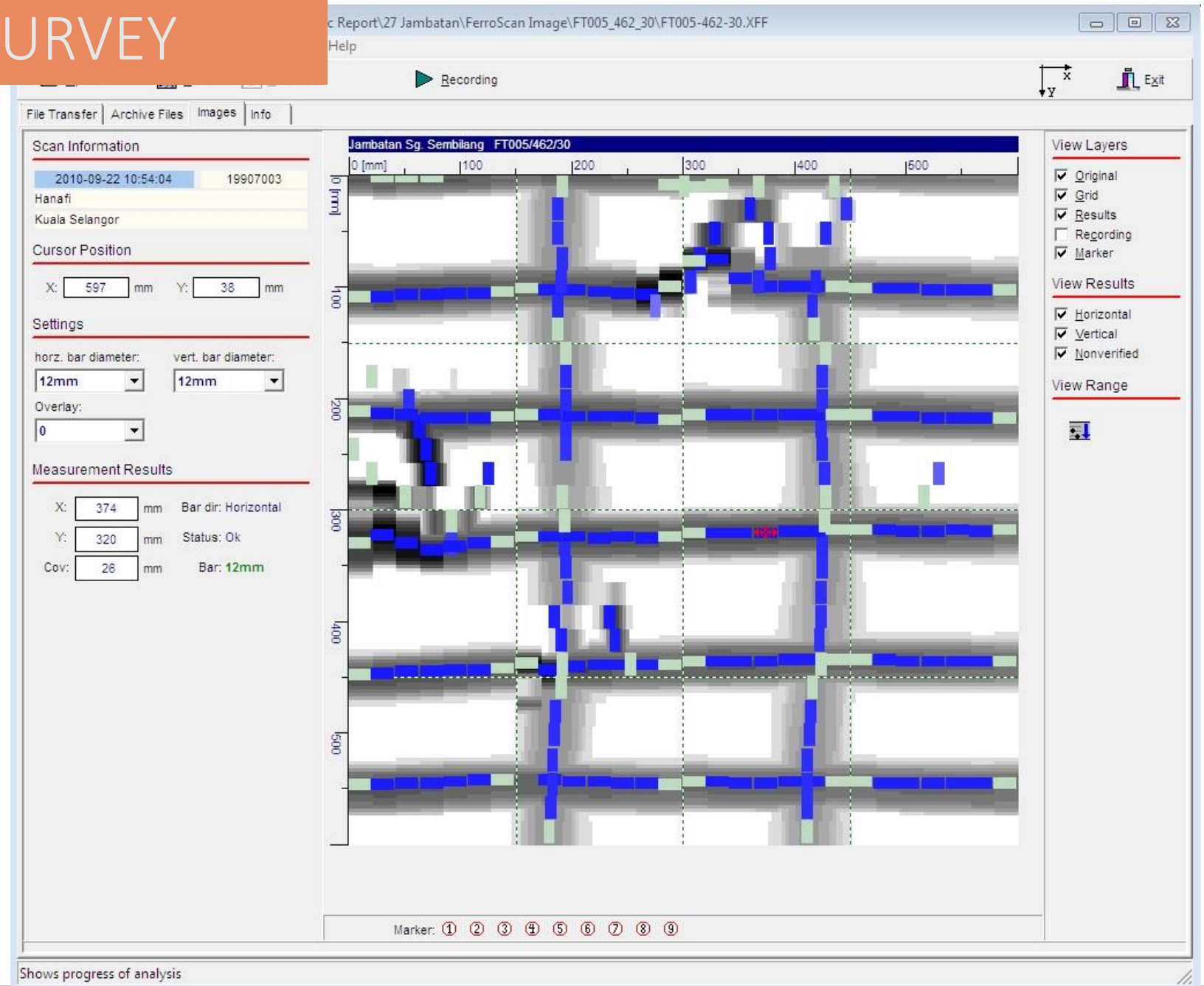
Location: Ground Floor Slab (Soffit) G/L 2/D Operator: Muchlasin & Hafiz

Comment:

FS 98 - Scan image shows 3 numbers of reinforcement bars along the 'x' axis with estimated bar diameter of 10mm and 3 numbers of reinforcement bars along the 'y' axis with estimated bar diameter of 10mm. The average bar spacing was about 150mm. The indicative concrete cover was 35mm to 45mm.

COVERMETER SURVEY

Keputusan Ferroskan



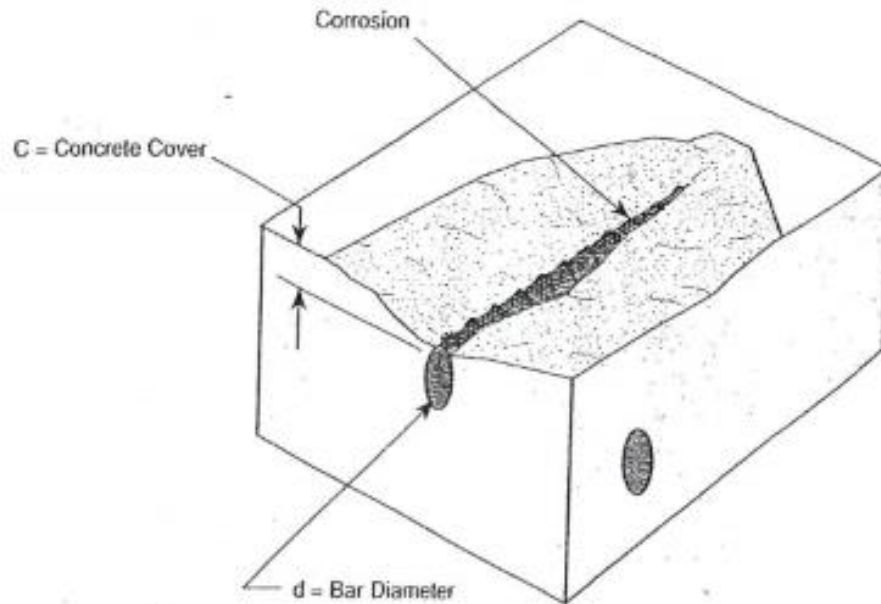
COVERMETER SURVEY

- Kekurangan
 - a) Sangat perlahan dan memerlukan tenaga kerja intensif.
 - b) Keputusan dipengaruhi oleh kehadiran lebih dari satu jenis besi seperti kawasan tindihan, lapisan kedua, wayar pengikat besi dan penyokong besi.
 - c) Untuk ketepatan maksimum, peralatan harus dikalibrasikan untuk konkrit yang digunakan pada struktur bagi menghapuskan kesan kandungan iron dalam agregat dan simen.
 - d) Kaedah ujian ini tidak sesuai untuk elemen struktur dengan pemasangan besi yang rapat.
 - e) Ketepatan bacaan berkurangan sekiranya permukaan konkrit kasar atau tidak rata e.g. permukaan kemasan agregat terdedah. Kesan ke atas kedalaman penutup konkrit akan sama dengan permukaan tidak rata tersebut.

COVERMETER SURVEY

- Kekurangan (sambungan)
 - g) Untuk pengukuran yang tepat penutup konkrit dan saiz besi, tetulang keluli mestilah lurus dan selari dengan permukaan konkrit.
 - h) Terdapat kemungkinan bacaan yang dibaca adalah tidak tepat / salah apabila terdapat pengaratan tetulang keluli yang menyebabkan berlaku *scaling* dan pemindahan produk pengaratan.
 - i) Kesan Interferen akan berlaku pada kawasan yang mengandungi struktur metallic yang bersaiz ketara seperti besi tingkap, besi perencah, besi paip, conduit elektrik.

COVERMETER SURVEY



C/D Ratio	Cover in./mm	Bar Size	Corrosion % to Cause Cracking
7	3.5/89	#4	4%
3	1.5/38	#4	1%

Nisbah C/D	Kedalaman Penutup Konkrit (mm)	Diameter Tetulang Keluli (mm)	Peratus Pengaratan Sehingga Berlaku Keretakan
7	89	13	4 %
3	38	13	1 %

Kajian dijalankan oleh Al-Sulaimani, Kaleemullah, Basunbul dan Rasheed, "Influence of Corrosion and Cracking on Bond Behaviour and Strength of Reinforced Concrete Members," *ACI Structural Journal*, March-April 1990, p220.

COVERMETER SURVEY



Di dalam kajian kekuatan lenturan rasuk konkrit; didapati rasuk konkrit yang mempunyai pengaratan tetulang keluli sebanyak 1.5% mengalami penurunan ultimate load capacity dan pada 4.5% pengaratan tetulang keluli, ultimate load kapasiti rasuk tersebut didapati mengurang sebanyak 12%. Keadaan ini berkemungkinan besar disebabkan pengurangan diameter tetulang keluli disebabkan pengaratan.

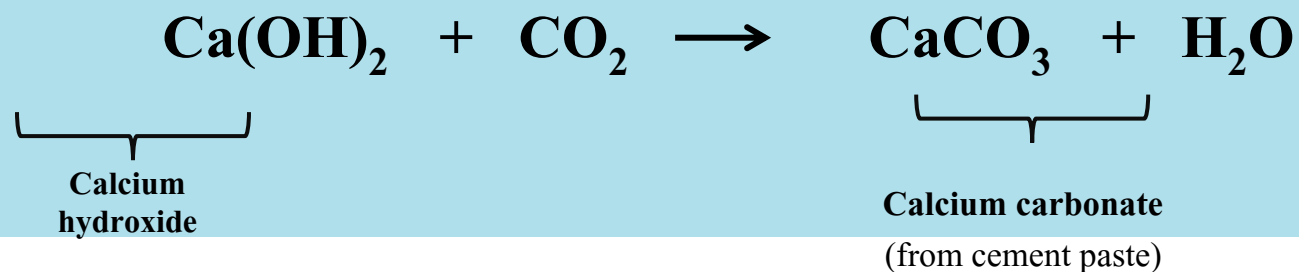
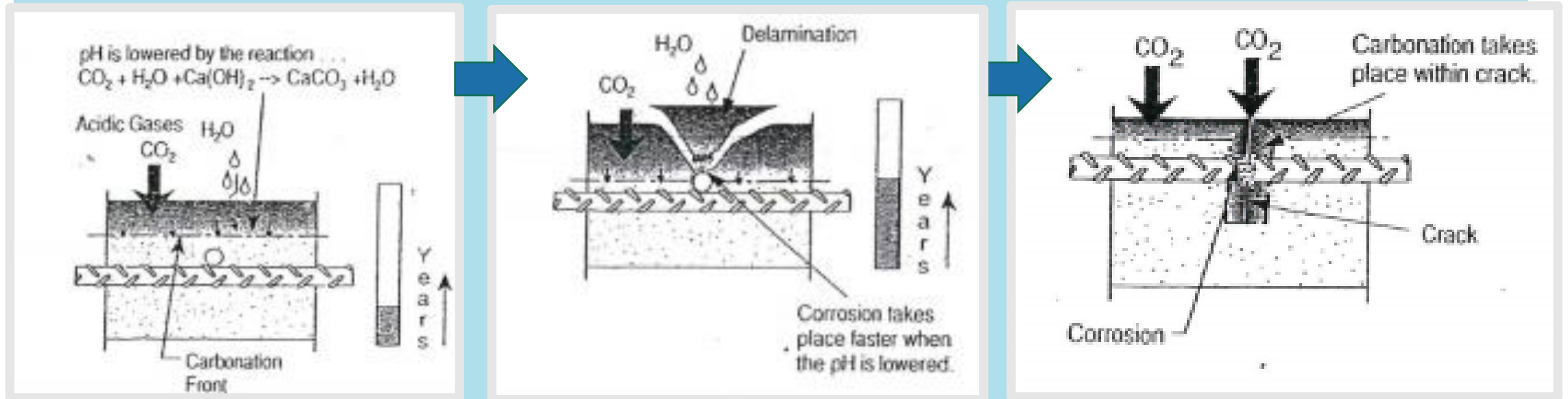
Kajian dijalankan oleh Al-Sulaimani, Kaleemullah, Basunbul dan Rasheed, *"Influence of Corrosion and Cracking on Bond Behaviour and Strength of Reinforced Concrete Members," ACI Structural Journal*, March-April 1990, p220.

CARBONATION TEST

- Karbonasi ialah proses di mana karbon dioksida di udara meresap (diffuse) ke dalam konkrit dan bertindakbalas secara kimia dengan simen terhidrat.
- Tindakbalas ini akan mengurangkan kealkalian konkrit dari pH melebihi 12.5 kepada pH sekitar 8.0.
- Keadaan ini memusnahkan lapisan pasif ($\text{pH} < 9$) pada tetulang keluli dan menyebabkannya mula berkarat.
- Keadaan karbonasi dan pengaratan berterusan akan akhirnya menyebabkan keretakan konkrit dan pengelupasan konkrit akan berlaku.

CARBONATION TEST

CARBONATION IS ONE OF THE MAIN CAUSES OF CORROSION OF STEEL IN CONCRETE, THE OTHER IS CHLORIDE ATTACK



CARBONATION TEST

TUJUAN: Sebagai petunjuk bagi mengesan kehilangan sifat kealkalian pada konkrit (pH drop from 13 to below 9). Konkrit akan menjadi berasid dan ia akan menyebabkan pengaratan.

2 Kaedah ujian dijalankan:

- (a) Menggunakan ujian teras (core)**
- (b) Menggunakan kaedah 'drill' (concrete dust sample)**

CARBONATION TEST



Semburkan teras konkrit dengan cecair ‘phenolphthalein’. Ukur panjang teras yang tidak bewarna pink.

CARBONATION TEST



Drill dan ambil sampel pada setiap kedalaman 10mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mm

Sampel pada setiap kedalaman akan disemur dengan *phenolphthalein*.

Contoh:

Jika pada kedalaman 10mm, serbuk (dust) tidak bertukar pink, pengkarbonatan berlaku.

Jika pada kedalaman 20mm, dust tidak bewarna pink, pengkarbonatan telah berlaku

Jika pada kedalaman 30mm, dust bertukar pink, tiada pengkarbonatan.

Oleh itu, kita boleh simpulkan 'carboation depth' = 20mm

CARBONATION TEST

Bandingkan dengan tebal penutup konkrit

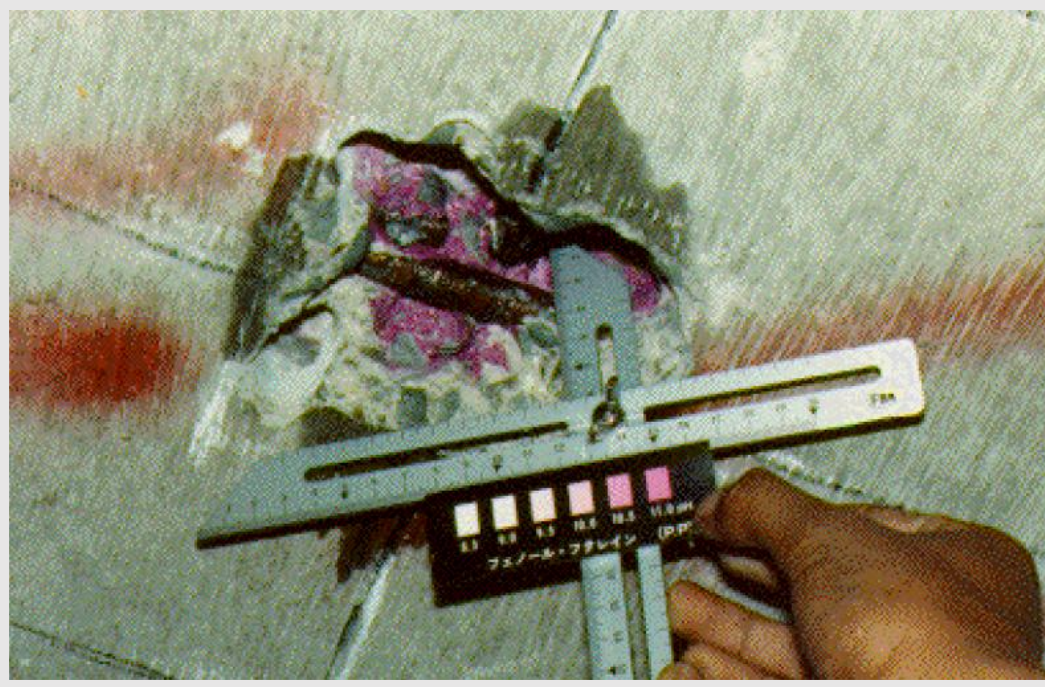
**Penutup = 35mm
Carbonation depth = 20mm**

**Keluli tetulang masih selamat dan tidak berkarat
(belum bertindak balas)**



CARBONATION TEST

PENENTUAN KETEBALAN KARBONASI



Ketebalan karbonasi menghampiri tetulang keluli

Ujian untuk menguji ketebalan karbonasi boleh dibuat dengan mudah di tapak

- Tebuk / ketuk konkrit sehingga menampakkan tetulang keluli
- Sembur larutan fenolftalein dengan segera
- Konkrit tidak terkarbonisasi akan bertukar merah-ungu
- Konkrit terkarbonisasi akan kekal tidak berwarna

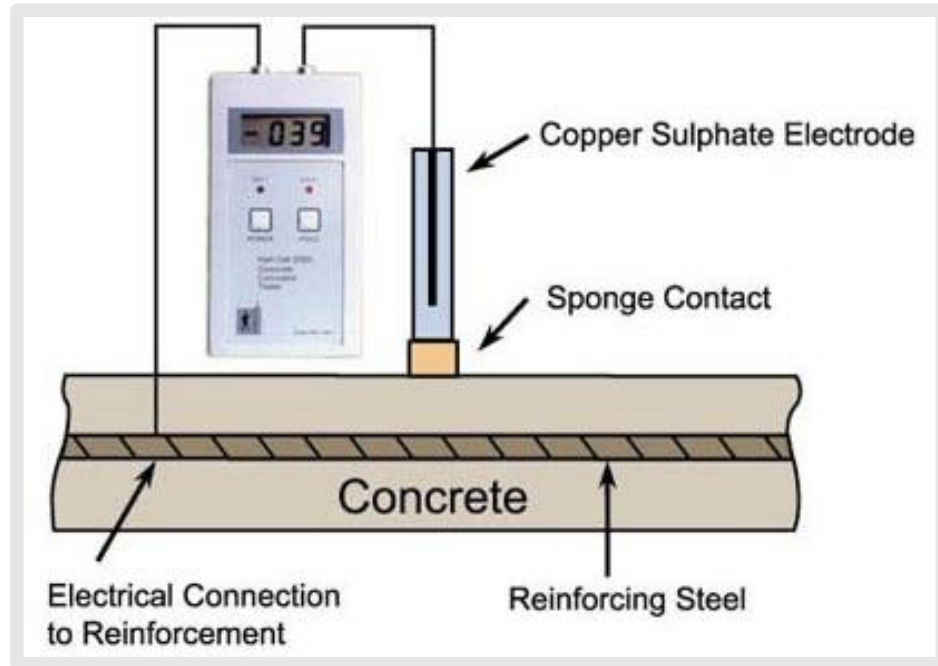
HALF CELL POTENTIAL TEST

- Mesti dibuat berpandukan ASTM C876 – 09 (*Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete*)
- Pengaratan, proses elektrokimia yang berlaku dengan kehadiran oksigen dan lembapan di dalam konkrit. Pengaratan sebenar ialah pertukaran tenaga di antara bahagian berbeza pada tetulang keluli yang tidak bersalut. Tahap relative tenaga ini boleh ditentukan dengan merujuk kepada elektrod rujukan dengan potensi elektrokimia yang stabil.
- Dengan menyambungkan *high impedance voltmeter* di antara tetulang keluli dan elektrod rujukan yang diletakkan di atas permukaan konkrit, ukuran potensi *half cell* boleh dibuat pada lokasi rujukan. Nilai ini adalah ukuran kebarangkalian pengaratan di kawasan sekitar *cell* rujukan.
- Cell rujukan ialah kuprum di dalam solusi kuprum sulfat. Dengan mengambil ukuran potensi half cell pada garisan grid yang ditetapkan, kawasan tetulang keluli berpotensi mengalami pengaratan boleh ditentukan.
- Untuk menganalisa keputusan, ukuran potensi half cell boleh diplot pada grid dan garisan kontor equopotential dilukis. Kawasan berkemungkinan mengalami pengaratan boleh dikenalpasti.

HALF CELL POTENTIAL TEST

- **ASTM C-876 menggunakan kuprum/kuprum sulfat half cell:**
 - Untuk bacaan 350mV dan lebih; terdapat 95% kemungkinan berlaku pengaratn tetulang keluli;
 - Untuk bacaan 200 ke 350mV; terdapat 50% kemungkinan berlaku pengaratn tetulang keluli;
 - Untuk bacaan kurang dari 200mV; terdapat 5% kemungkinan berlaku pengaratn tetulang keluli;
- **Ujian ini sangat berguna untuk keperluan pemeriksaan pengaratn di :**
 - *Bridge Decks*
 - *Parking Garages*
 - *Concrete Piers & Docks*
 - *Substructure*
 - *Tunnel Lining*
 - *Foundations*

HALF CELL POTENTIAL TEST



HALF CELL POTENTIAL TEST

Half-Cell Test Equipments



1. Half-cell voltmeter – measure and record electrical potential
2. Crocodile clip – to connect the reinforcement steel to voltmeter
3. Half-cell probe – move about on surface to measure potential of reinforcing steel at various location
4. Rod – to support half-cell probe for testing on soffit at high level e.g. slab.

HALF CELL POTENTIAL TEST

Test Procedure



Scanning the rebar

HALF CELL POTENTIAL TEST

Test Procedure



Marking the testing grid

HALF CELL POTENTIAL TEST

Test Procedure



HALF CELL POTENTIAL TEST

Test Procedure



Chip off concrete plaster and clean the surface of test location by brushing

HALF CELL POTENTIAL TEST

Test Procedure



Hacking of concrete surface to expose the reinforcement to make a direct electrical connection to the expose rebar.

HALF CELL POTENTIAL TEST

Test Procedure



Spray water to the testing grid to moisten the concrete surface

HALF CELL POTENTIAL TEST

Test Procedure



Measure and record the reading as showed on voltmeter (in mV)

HALF CELL POTENTIAL TEST

Test Procedure



HALF CELL POTENTIAL TEST

Half-Cell Corrosion Potential Test

Range mV	Probability of Corrosion %
< -350	95%
-200 to -350	50%
> -200	5%

ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) TEST

Untuk mengukur kekuatan konkrit secara korelasi

Ujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) ialah ujian tanpa-musnah yang biasa digunakan untuk mengukur modulus elastic dan kekuatan konkrit secara korelasi. Kaedah ini boleh dilakukan dengan cepat dan mudah tanpa merosakkan struktur konkrit tetapi memerlukan akses kepada permukaan konkrit yang bertentangan untuk keputusan terbaik.

ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) TEST



ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) TEST



**Peletakan transduser bagi
transmisi secara terus**

ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) TEST



Peletakan transduser bagi
transmisi semi-terus (*semi-
direct*)

ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) TEST



**Peletakan transduser bagi
transmisi tidak terus**

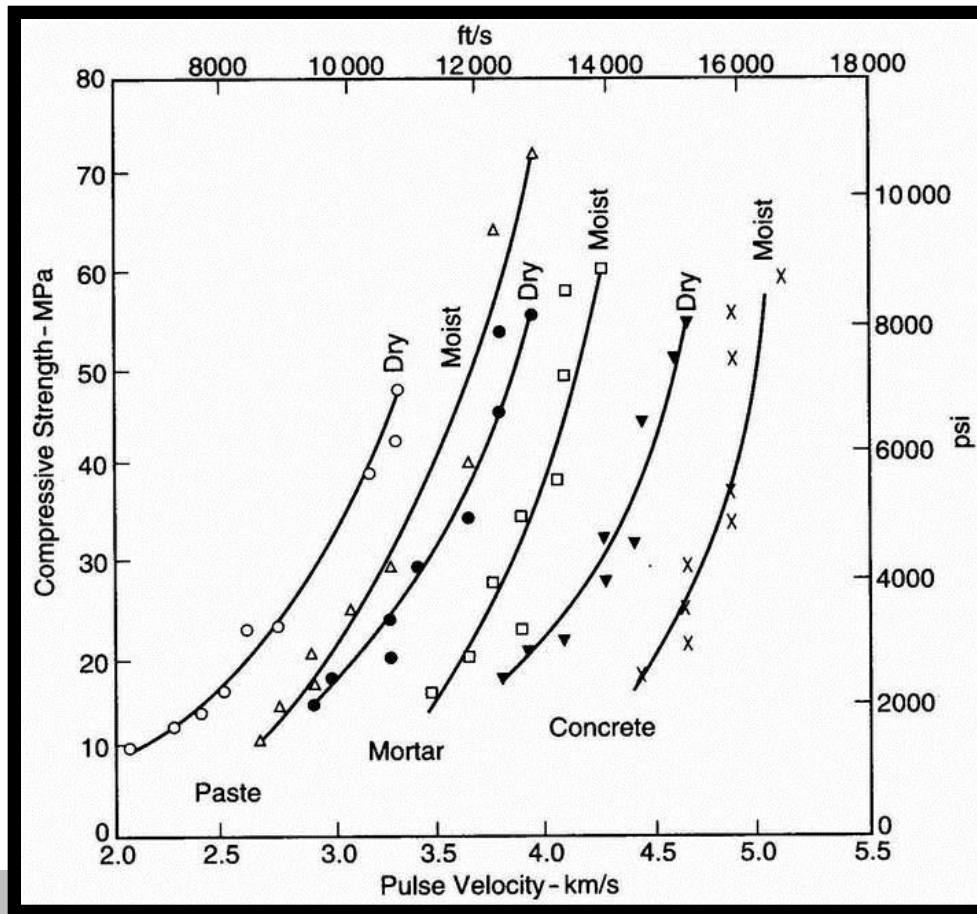
ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) TEST

Apabila arus dialirkan, gelombang ultrasonic melalui struktur konkrit dari transduser punca ke transduser penerima.

Masa yang diambil untuk gelombang bergerak di antara dua transduser tersebut dipaparkan pada peralatan merekod gelombang tersebut.

$$\text{UPV} = \frac{\text{PATH LENGTH}}{\text{TRANSIT TIME}} \quad (\text{km/s})$$

ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) TEST

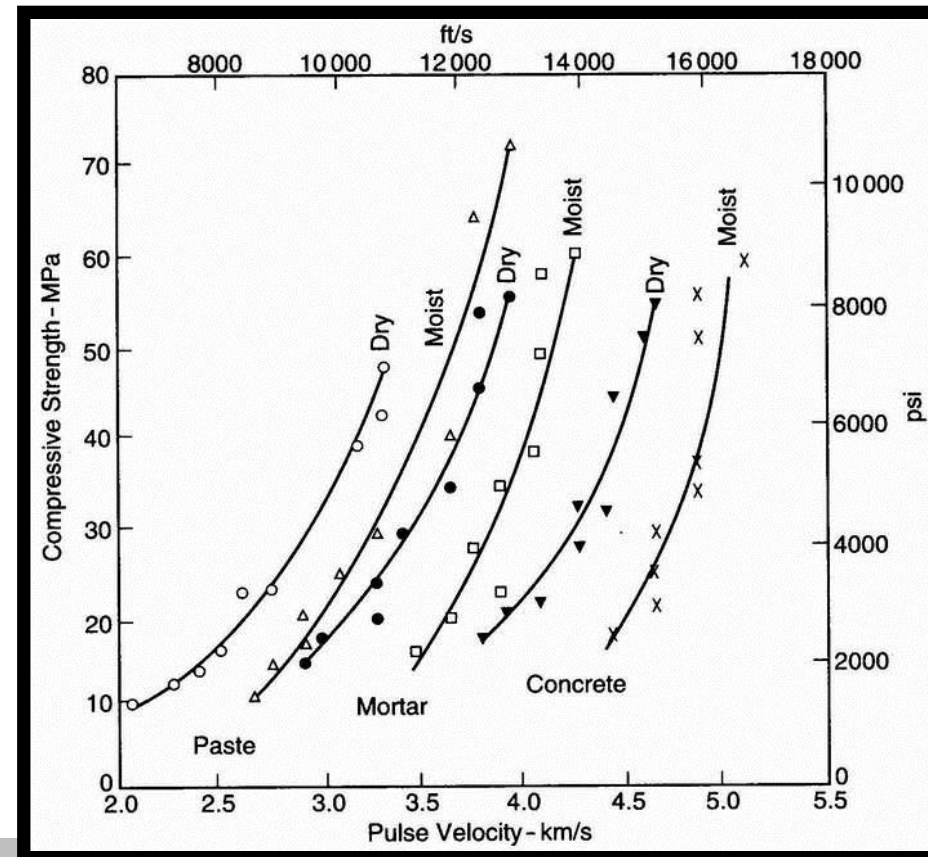


- i) Dapatkan nilai 'Pulse Velocity' dari formula
- ii) Tentukan jenis struktur atau bahan yang diuji
- iii) Unjurkan nilai 'Pulse Velocity' ke lengkung dan unjurkan ke kiri untuk dapatkan nilai Compressive Strength.

ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) TEST

High pulse velocity readings are generally indicative of **good quality concrete**

Refer to the graph



GENERAL GUIDELINE FOR CONCRETE QUALITY BASED ON UPV

Pulse Velocity (km/s)	
> 4.50	Very Good to Excellent
3.50 – 4.50	Good to Very Good, Slight Porosity May Exist
3.00 – 3.50	Satisfactory But Loss of Intergrity is Suspected
< 3.00	Poor & loss of Intergrity Exist

UJIAN MUSNAH KE ATAS STRUKTUR KONKRIT

- 1. Concrete core*
- 2. Steel tensile strength test*
- 3. Verification of steel*
- 4. Pull off test*

UJIAN TERAS KONKRIT (Concrete Core)

- Paling popular untuk menentukan kekuatan mampatan konkrit
- Juga untuk mendapatkan maklumat berikut:
 - Penyerapan air (water absorption)
 - Ketumpatan konkrit (concrete density)
 - Crack depth
 - Pemerhatian visual – aggregate distribution, honeycomb, segregation etc.
- Diameter: 50mm, 75mm, 100mm, 150mm

UJIAN TERAS KONKRIT (Concrete Core)

- Peralatan

- ❖ 1. Coring machine
- ❖ 2. Core bit
- ❖ 3. Coring machine stand
- ❖ 4. Drill equipment
- ❖ 5. Anchor Bolt
- ❖ 6. Water pump
- ❖ 7. Screw driver, chisel, hammer
- ❖ 8. Safety socket



UJIAN TERAS KONKRIT (Concrete Core)

- Peralatan
 - ❖ Compression test machine



UJIAN TERAS KONKRIT (Concrete Core)

- Coring process



UJIAN TERAS KONKRIT (Concrete Core)

- Coring process



UJIAN TERAS KONKRIT (Concrete Core)

- Coring process – grinding & capping



UJIAN TERAS KONKRIT (Concrete Core)



Result:

- core strength
- convert to cube strength



UJIAN TERAS KONKRIT (Concrete Core)

- Core – juga untuk memeriksa kedalaman keretakan (crack depth)



STEEL REBAR TEST

TUJUAN:

Untuk mendapatkan ‘tensile strength’
bagi keluli tetulang dan BRC

Juga dipanggil
“Tensile Strength Test”

“Test Besi” – bahasa
layman

BILA?

- Sebelum pembinaan: $f_y = 460\text{N/mm}^2$
atau 250N/mm^2
- Struktur terdedah kepada kebakaran.
Microstruktur keluli mungkin telah
berubah. Kekuatan juga akan berubah

STEEL REBAR TEST



TUJUAN:

- Untuk mendapatkan 'tensile strength' bagi keluli tetulang dan BRC
- Struktur terdedah kepada kebakaran. Mikrostruktur keluli mungkin telah berubah. Kekuatan juga akan berubah

KAEDAH:

- Pecahkan konkrit disekeliling keluli tetulang.
- Potong sekurang2nya 300mm
- Uji dengan tensile test machine
- Bandingkan dengan original tensile strength

STEEL REBAR TEST



Gunakan f_y yang diperoleh dan buat analisis semula. Jika 'fail', bahagian struktur tersebut perlu diperkukuhkan 'strengthening'

STEEL TENSILE STRENGTH TEST

Summary of Tensile Strength Test

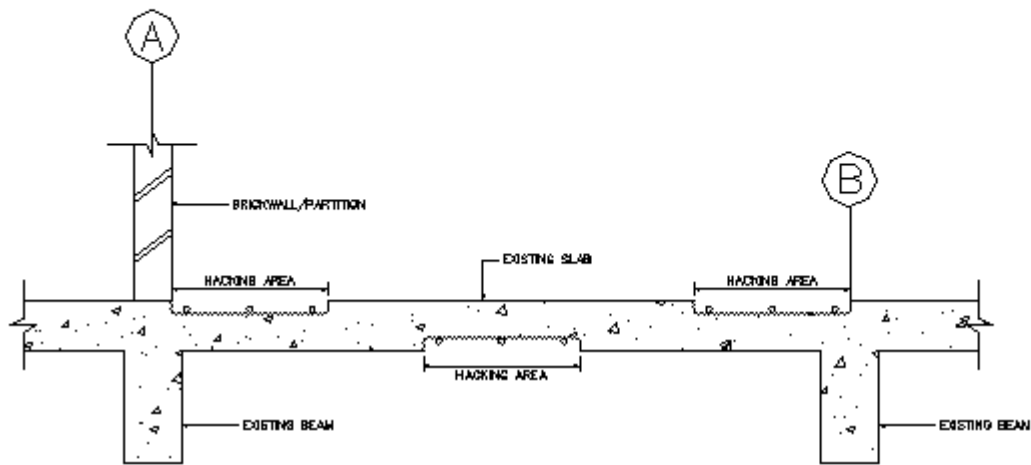
No	Test Ref	Structural Element	Type of Bar	Nominal Size	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Stress (N/mm ²)
1	S1	Slab	R	12	342.9	469.2
2	S2	Slab	R	12	327.1	451.6
3	S3	Slab	R	12	342.0	468.3
4	B3	Beam	Y	25	420.6	690.2
5	B5	Beam	Y	25	416.2	672.0
6	B6	Beam	Y	25	368.5	638.6
7	B7	Beam	Y	25	417.9	677.1
8	B9	Beam	Y	25	383.8	672.9

☐ Not OK
☐ OK

High Yield Steel	SD	23.73	Mean	401.40	Characteristic strength of reinforcement, f_y	362.49
Mild Steel	SD	8.87	Mean	337.33	Characteristic strength of reinforcement, f_y	322.78

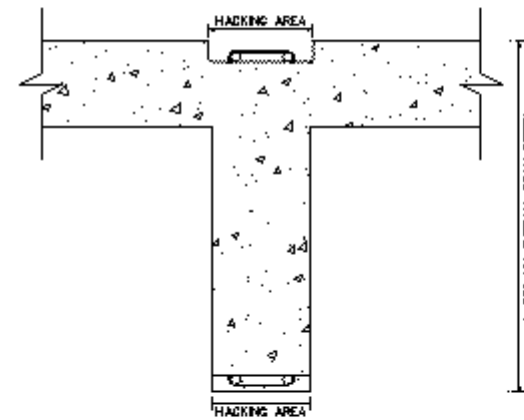
None of elements tested below the acceptable limit **356.7 N/mm²** (**410x0.87**) for high yield steel and **217.5 N/mm²** (**250x0.87**) for mild steel.

Verification of steel

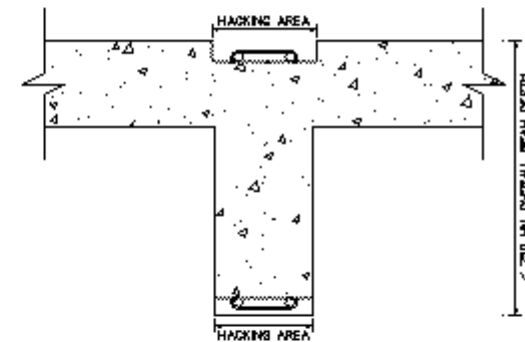


SECTION A-A

4. The actual location of concrete hacking area at site shall refer to JKR confirmation.
5. Reinstatement works for all concrete hacked shall refer to the drawing CKASJ/UFS2/2014/N/08/006.



SECTION B-B (≥ 750 MM
OVERALL BEAM DEPTH)



SECTION C-C (< 750 MM
OVERALL BEAM DEPTH)

PULL-OFF TEST

MS 26 : Part 3 : Cl 1.2.20

BS 1881 : Part 207

PERALATAN UJIAN *PULL-OFF*



Control box

Handle for applying load

Base shock absorber

Threaded loading rod

UJIAN *PULL-OFF*

- Kawasan Penggunaan
- Penentuan kekuatan konkrit in-situ.
- Penentuan tahap kerosakan konkrit akibat mekanisma kerosakan / kemerosotan



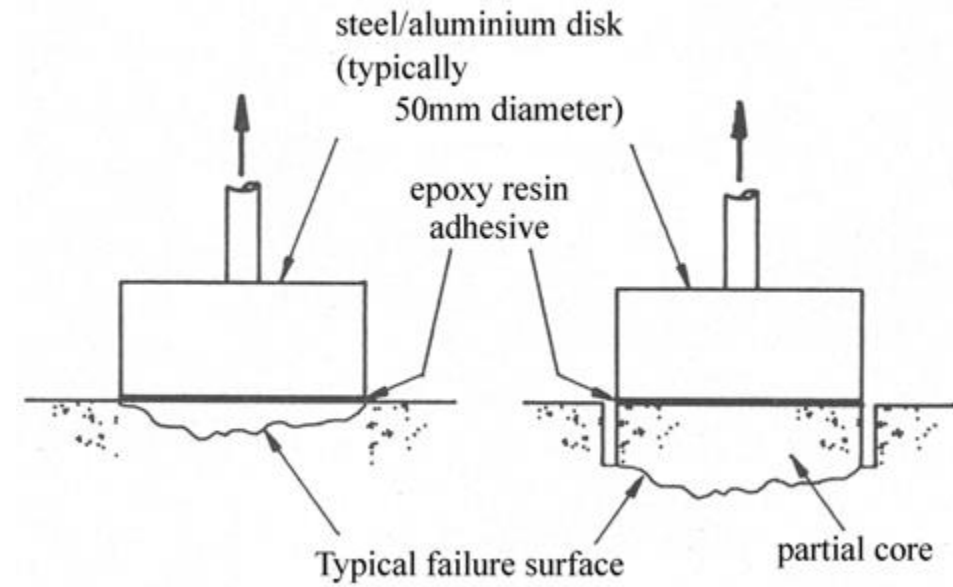
UJIAN *PULL-OFF*

- Aplikasi
 - Memantau kesan keretakan mikro ke atas kekuatan bahan pembinaan.
 - **Penilaian kekuatan pembaikan secara *patch repairs*.**
 - Pengukuran kesan konkrit *curing*.
 - Pengukuran kesan penggunaan *special formworks*, seperti *controlled permeability formwork*, ke atas kekuatan konkrit.
 - Menentukan kesan keretakan pengecutan dan pemendapan ke atas kekuatan konkrit.
 - Pemastian kualiti bahan binaan.
 - Ujian pematuhan mengikut spesifikasi pembinaan.

UJIAN *PULL-OFF*

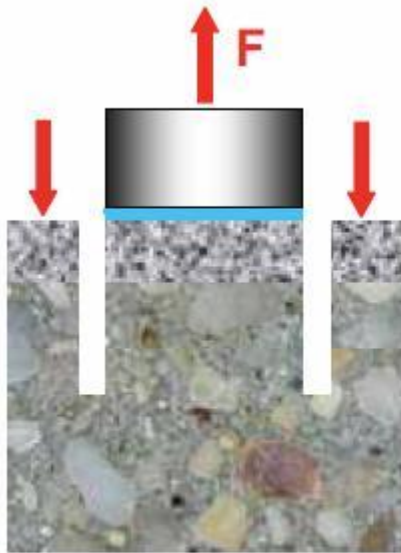
- Kaedah pengujian
 - Terdapat dua kaedah pengujian pull-off
 - a) Disc besi dilekatkan di permukaan konkrit
Kaedah ini digunakan untuk menilai kekuatan struktur konkrit apabila tiada keraguan bahawa bahan konkrit pada permukaan adalah seragam pada keseluruhan konkrit.
 - b) Sebahagian permukaan ditebuk sebelum disc besi dilekatkan

Kaedah ini mempunyai nilai tertentu dalam menentukan dan memastikan kekuatan di antara dua permukaan berbeza jenis bahan.

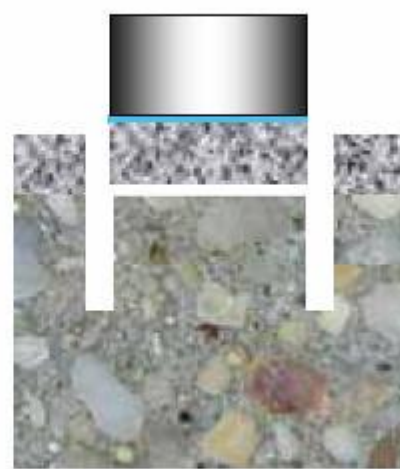
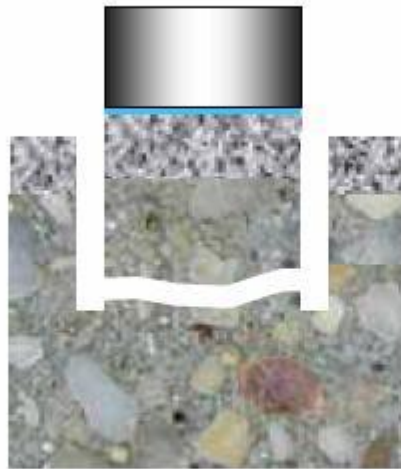


UJIAN *PULL-OFF*

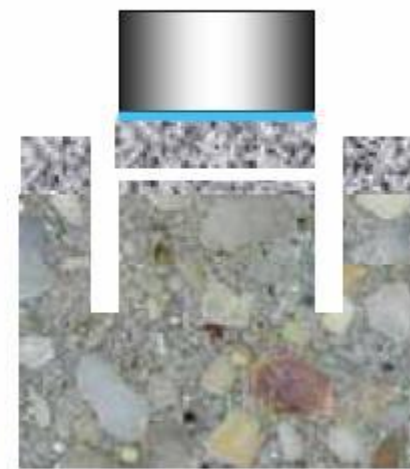
JENIS KEGAGALAN



(a) *Failure in substrate*



(b) *Bond failure*



(c) *Failure in overlay*

- Contoh keputusan

Sample Reference		1
Test Location		LV 2 B1/4
Sample Ref		Smart Cote SGB/SGF
Date of Bonding		04-01-2012
Date of Testing		27-01-2012
Nominal Size	mm	50
Test Area (whole number)	mm ²	2500
Maximum Load	KN	2.5
Tensile Strength	N/mm ²	1.00
Mode of Failure		A

Note

A : Surface delamination of the plaster

B :Adhesion failure between the plaster and concrete subs

C : Major in surface delamination, minor adhesion failure between the concrete substrate and plaster

UJIAN PENENTUAN KANDUNGAN SULFAT

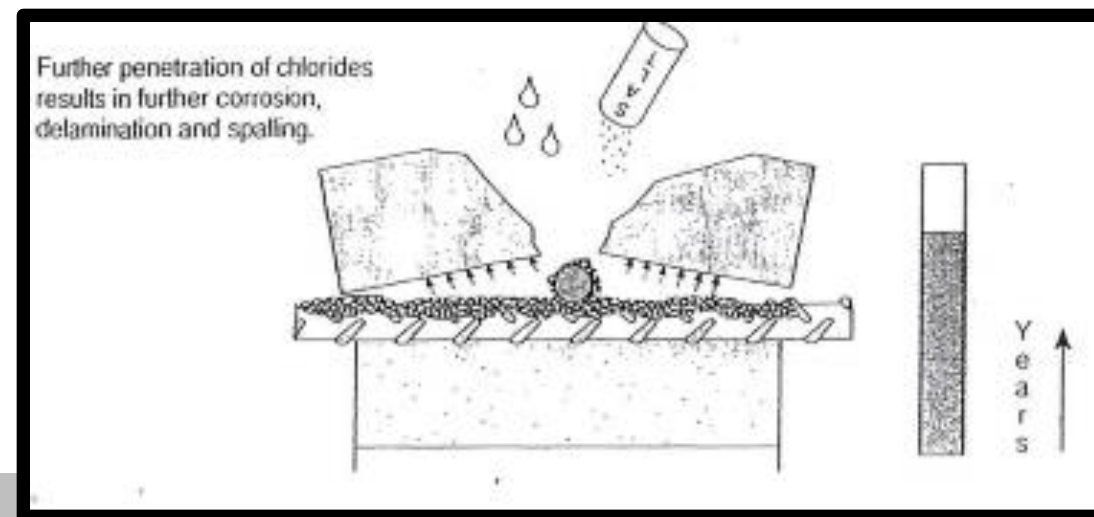
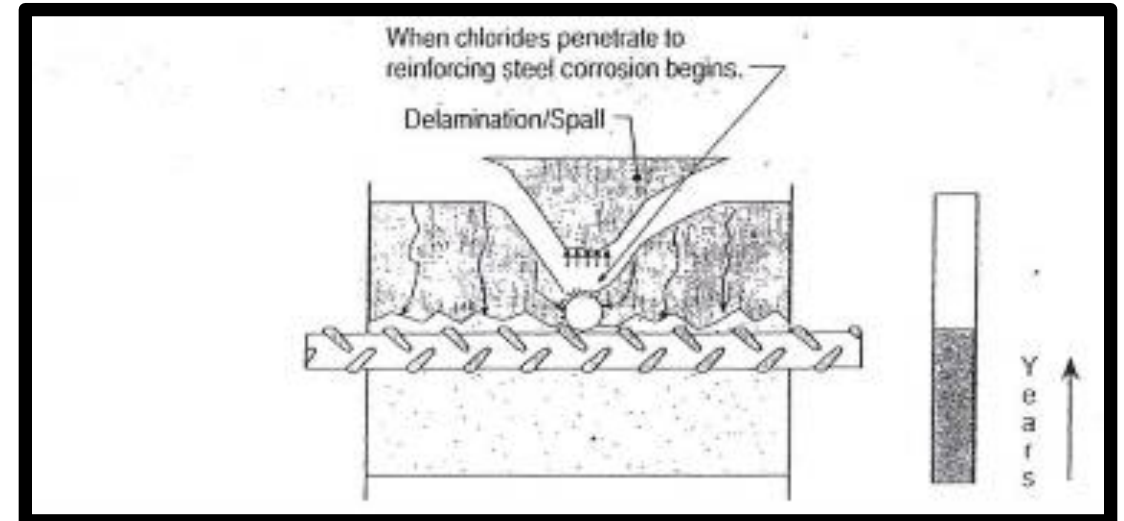
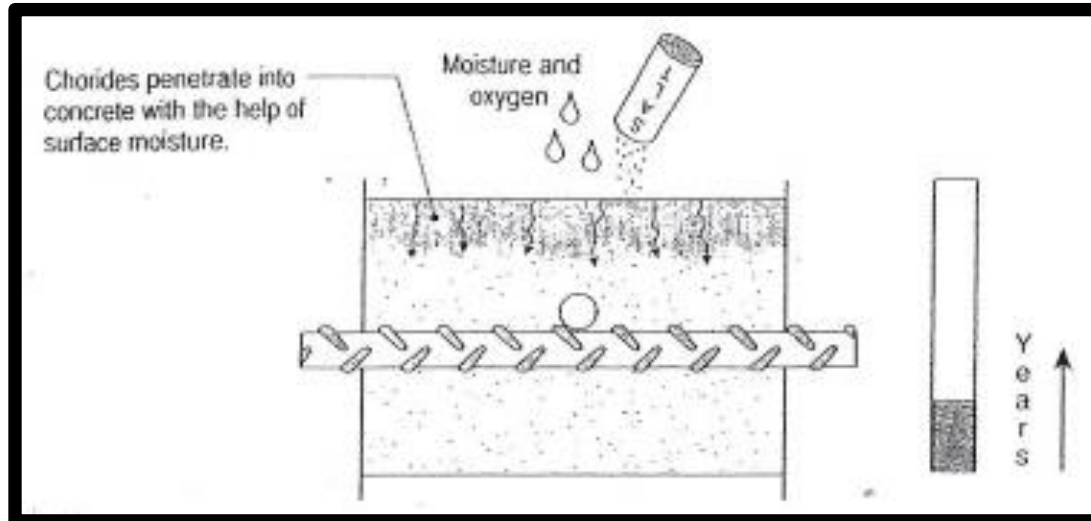
BS 1881 Part 124 : 1988

UJIAN PENENTUAN KANDUNGAN SULFAT

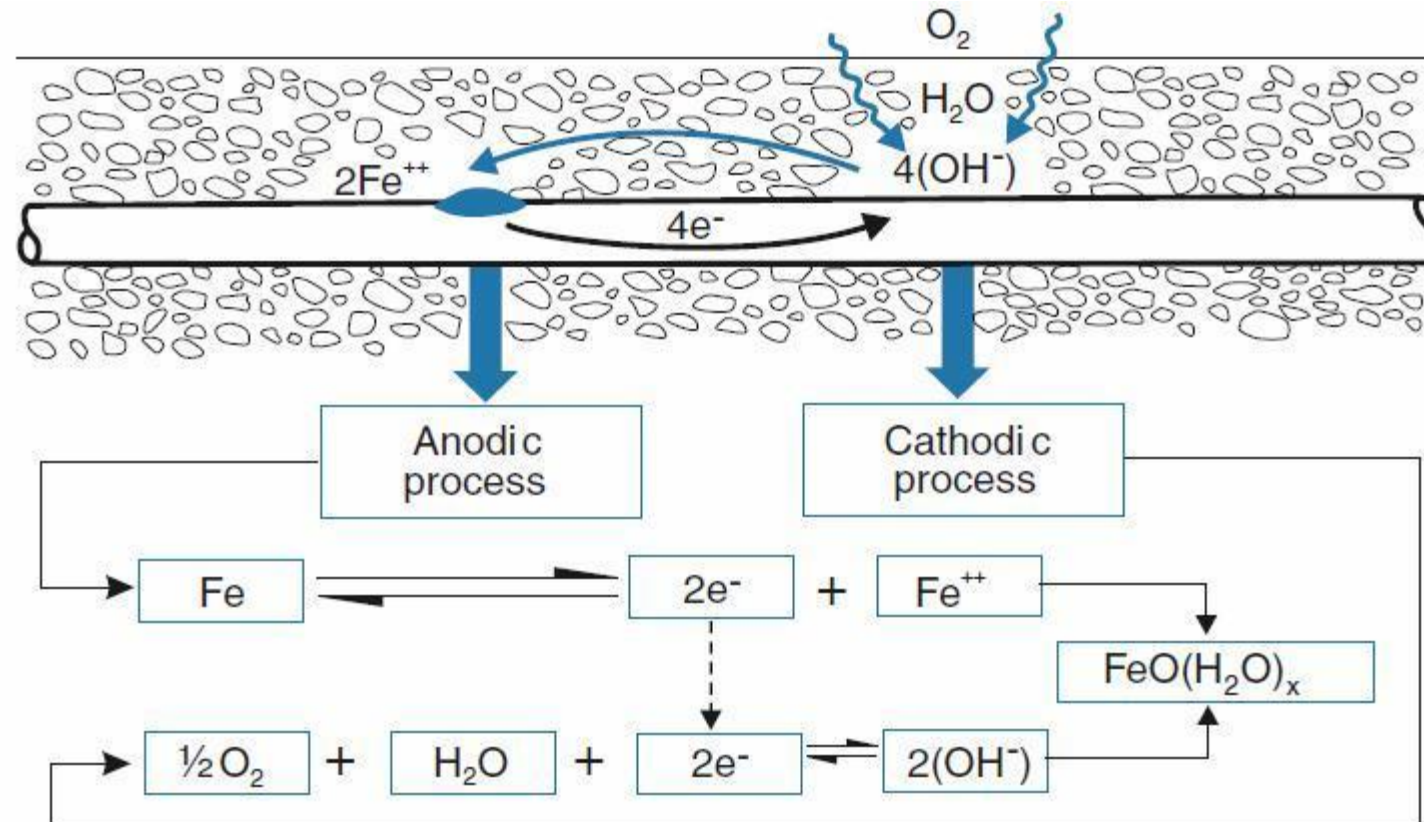
- Dua komponen simen yaitu Kalsium Hidroksida dan Kalsium Aluminate bertindakbalas dengan solusi sulfat. Tindakbalas ini menyebabkan pengembangan dan mengganggu kestabilan *paste* simen.
- Serangan klorida amat ketara dalam pengurangan progresif dan disintegrasi permukaan konkrit.
- Sulfat boleh berpunca dari udara tepi kawasan laut, sumber air bawah tanah, penggunaan baja dan effluen industri.

UJIAN PENENTUAN KANDUNGAN SULFAT

MEKANISMA SERANGAN SULFAT



UJIAN PENENTUAN KANDUNGAN SULFAT



UJIAN PENENTUAN KANDUNGAN SULFAT

- Mekanisma serangan sulfat
 - Tetulang keluli di dalam konkrit biasanya terlindung dari pengaratan oleh keadaan pasif permukaan tetulang keluli disebabkan oleh keadaan tinggi alkali konkrit. Apabila kandungan sulfat mencukupi menembusi lapisan penutup konkrit hingga ke tetulang keluli, ia melepasi lapisan pasif ini dan menyebabkan berlaku pengaratan.
 - Serangan sulfat secara dalaman kebanyakannya adalah disebabkan oleh kewujudan dan pembesaran ettringite di dalam paste simen. Ia disebabkan kelebihan sulfat di dalam bahan simen dan juga disebabkan konkrit terdedah awal dengan suhu melebihi 60 °C (eg penggunaan steam cured).

UJIAN PENENTUAN KANDUNGAN SULFAT

- Kaedah ujian
 - Kandungan sulfat biasanya ditentukan dengan kaedah yang diberi di dalam BS 1881 Part 124:1988.
 - Kaedah ini melibatkan *acid extraction* dan *precipitation of the sulfate as barium sulfate with barium chloride solution*.
 - Barium sulfate tersebut ditapis dan ditimbang untuk menentukan berat *gravimetrically*.
 - BS 8110 Part 1 – 1985 menetapkan bahawa jumlah kandungan acid-soluble sulphate (SO_3) sebatian konkrit tidak boleh melebihi 4% SO_3 dari kandungan simen.

UJIAN PENENTUAN KANDUNGAN SULFAT

CHLORIDE TEST KIT



UJIAN PENENTUAN KANDUNGAN SULFAT

- Prosedur Ujian
 - Sampel habuk konkrit dikumpul menggunakan gerudi dan bekas.
 - Selepas dicampur dan dibahagikan, sampel seberat 3 g ditimbang dan dimasukkan ke dalam botol yang mengandungi acid extraction.
 - Elektrod klorida dan suhu yang telah dibasahkan diletakkan di dalam botol tersebut.
 - Paparan digital akan menunjukkan peratusan klorida berbanding berat sampel.

Low Risk < 0.4% by weight of cement
Medium Risk between 0.4% and 1.0%
High Risk > 1.0%

PELAN UJIAN BAHAN

- *1. Skop Kerja Ujian Bahan*
- *2. Metodologi Ujian*
- *3. Lukisan*
- *4. Senarai Kuantiti*



CADANGAN UJIAN BAHAN BAGI BANGUNAN RKAT,
PANGKALAN UDARA LABUAN, WILAYAH
PERSEKUTUAN LABUAN.

FACTUAL TESTING REPORT

DECEMBER 2014



Kumpulan IKRAM (Sabah) Sdn Bhd

Lot 10, Fortuna Commercial Centre, Loring Senja 2,
Mile 27.2, Jalan Pongau, 86000 Kota Kinabalu
P.O. Box 14242, 88888 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia
Tel: 088-218511 Fax: 088-217709

Skop Kerja Ujian Bahan

1. Menyediakan jadual perancangan kerja bermula daripada tarikh milik tapak sehingga penyerahan laporan akhir ujian bahan;
2. Melaksanakan ujian bahan mengikut lokasi sepertimana lukisan atau perubahan yang ditentukan oleh Pegawai Penguasa (P.P);

Skop Kerja Ujian Bahan

3. Memastikan keselamatan penguji / pengguna bangunan di sepanjang tempoh pengujian;
4. Membaikpulih struktur pada lokasi yang terlibat dengan ujian musnah (reinstatement works), dan;
5. Menyediakan laporan ujian bahan yang komprehensif dan disahkan oleh Jurutera Profesional yang berdaftar dengan Lembaga Jurutera Malaysia (BEM).

PERKARA YANG PERLU DIAMBIL PERHATIAN SEMASA KERJA UJIAN BAHAN DIJALANKAN

- Mengimbas anggota stuktur untuk mengelakkan terkena tetulang keluli
- Melakarkan grid pada anggota stuktur yang akan diuji.
- Menanggalkan lapisan lepaan/ kemasan sehingga ke permukaan konkrit sebelum ujian dan pengambilan sampel.
- Mengikut standard prosedur seperti di dalam Malaysia Standard atau Bristish Standard serta mengikut pelan ujian yang telah disertakan.

PERKARA YANG PERLU DIAMBIL PERHATIAN SEMASA KERJA UJIAN BAHAN DIJALANKAN

- Memastikan sample yang diambil dari tapak tidak terjejas.
- Lokasi sebenar ujian hendaklah ditentukan bersama dengan pihak S. O dan pihak Forensik. Sebarang pertukaran lokasi dan jenis ujian bahan perlu mendapat persetujuan dari pihak Forensik dan S.O.
- Memastikan kesemua peralatan dalam keadaan baik dan dikalibrasi.

OUTPUT KERJA UJIAN BAHAN

- Laporan Ujian Bahan
 - 4 set Laporan Ujian Bahan & Lukisan Terbina struktur bersama dua (2) salinan CD yang mengandungi:
 - Maklumat mengenai ujian bahan
 - Keputusan lengkap ujian bahan
 - Gambar-gambar sampel dan kemajuan kerja
 - Appendix – Method statement ujian yg dijalankan
 - ❖ Laporan dan lukisan hendaklah disahkan oleh Jurutera Profesional yang berdaftar dengan (BEM)

LUKISAN UJIAN BAHAN

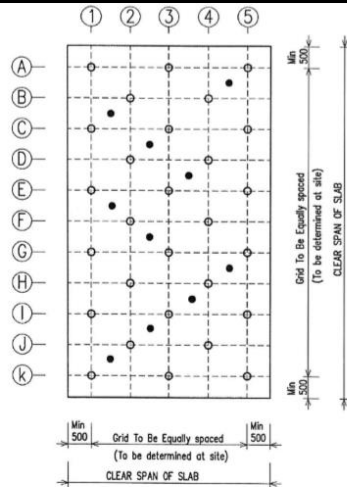


FIGURE 1 : TYPICAL MATERIAL TEST AT SOFFIT SLAB / WALL

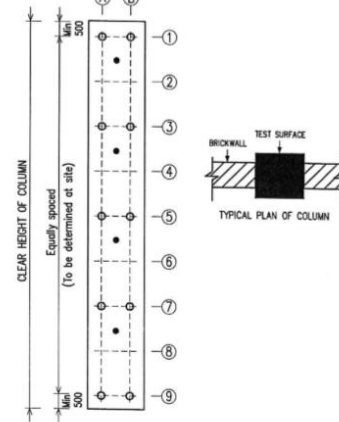


FIGURE 2: TYPICAL MATERIAL TEST AT COLUMN

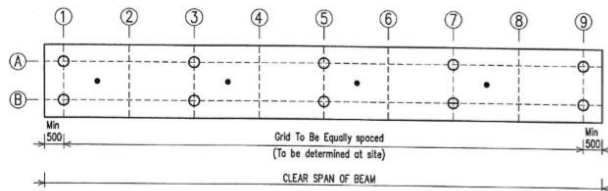


FIGURE 3: TYPICAL MATERIAL TEST PLAN AT BEAM SOFFIT

- This drawing shall be read in conjunction with other structural plans indicating locations of structural components to be sampled for tests.
- Actual test locations to be confirmed at site by JKR.
- All gridlines shall coincide with the position of rebar in structure and shall be determined at site using rebar locator and to the approval of JKR.
- The minimum number of tests listed in the Drawing No. OKASJ/UP3/2013/W/13/003 shall be maintained and adjusted on a regular grid to suit a non-typical size member.
- The location for Rebound Hammer Test to be determined at site. The test points were marked according to a grid of 50 mm apart. Twelve (12) points for an area of 200 mm x 300 mm are recommended.
- All tests shall conform to the Malaysian Standards or British Standard. Where a test is not prescribed in any such standard, the procedure shall be agreed upon by JKR.
- All reports and test results submitted to JKR shall be endorsed by a Professional Engineer, registered with the Board of Engineers Malaysia (BEM).
- Drill a hole of 25mm of slab, beam & column using 25mm diameter drill bit for carbonation test.
- Drill a hole of 100mm of slab, beam & column using 100mm diameter drill bit for coring test.
- All cored and drilled holes must be grouted back using polymer-modified cementitious repair mortar.
- All dimensions are in millimetres.
- All plaster shall be removed prior to the test.

LEGEND :

- Cover measurement
- Carbonation testing
- Reinforcement Bar
- ⊙ Coring sample
- + Rebound hammer test (12 readings/test)

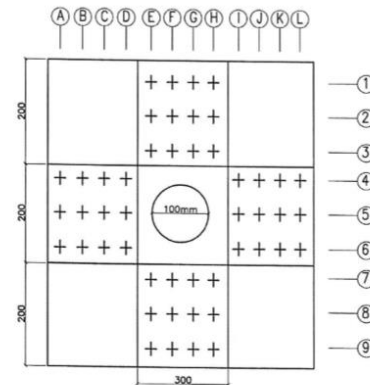
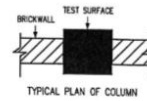


FIGURE 4: CORING AND REBOUND HAMMER TEST PLAN AT SOFFIT SLAB

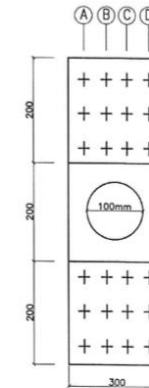


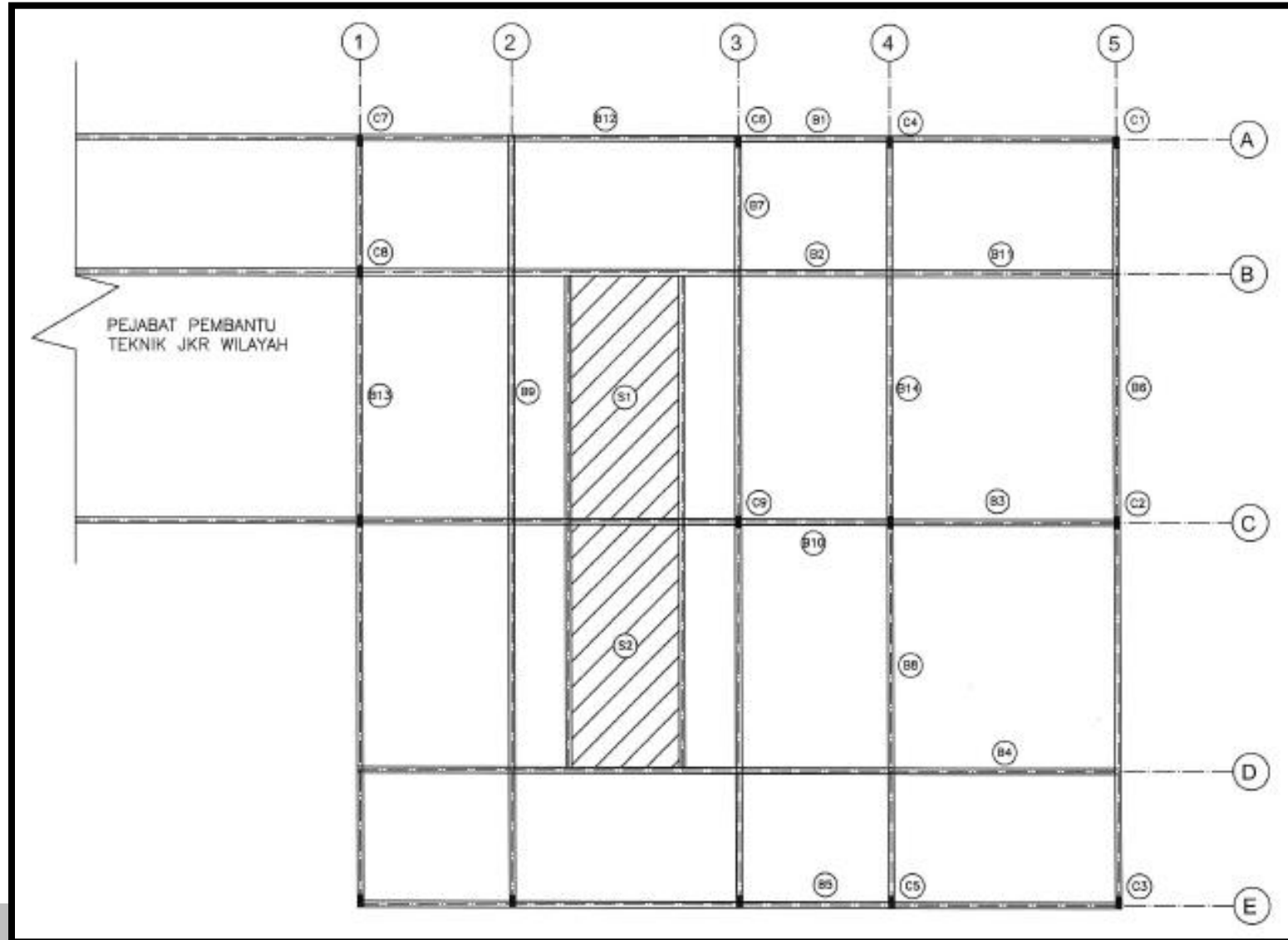
FIGURE 5: CORING AND REBOUND HAMMER TEST PLAN AT SIDE BEAM / SIDE COLUMN

 JABATAN KERJA RAYA MALAYSIA	DIBAHARUKAN : AZIAN BIN ABDU BAKAR DISEMAK : MOHD SAFWAN HATIM DILAKSI : RAIAN KHAIRUL ZAKI BIN RAJA SAUD DITAMBAH : HTS NO FAL PROJEK : JKR OKASJ/UP3/2013/W/13/003	PONGKONG KEMAS : DATO' S. D. AZUL AZIZ BIN ARSHAD PONGKONG (PENGANT PANGKONG) : KAMALUDDIN ABIDA, BAHU KETUA PONGKONG PONGKONG KEMAS : N. D. LIM CHAI CHENG PONGKONG PONGKONG KEMAS : MOHD ZAHRI BIN KEMAS TARIKH : SEPTEMBER 2013	HURUF PETAK	PRIBAH	TARIKH TANDA TUGAS	NAMA PROJEK : KERJA-KERJA PEMBAIKAN DAN MENAKTARAF BANGUNAN UTAMA, INSTITUTE MEDICAL RESEARCH (IMR), KUALA LUMPUR TAJUK LUKISAN : MATERIAL TEST PLAN NO. LUKISAN : OKASJ/UP3/2013/W/13/004
	BAHAGIAN TEKNIK (STRUKTUR & JABATAN) KAWASAN KEKAWASAN ANJAL, STRUKTUR & JABATAN 801 PEKANTAN JALAN MALAYSIA Tingkat 20, Menara P.D. No. 50, Jalan Tun Razak, 50000 Kuala Lumpur Tel: 03-2011231 Faks: 03-2011270					
	NO FAL PROJEK : JKR OKASJ/UP3/2013/W/13/003					
	TARIKH : SEPTEMBER 2013					

IN-SITU & LABORATORY MATERIAL TESTING

LIST MATERIAL OF TEST				
Member	Sampling No.	Type of Test	Quantity of Test	Remarks
Slab	S1, S2	Tensile	2 Nos./slab	Refer to the Drawing No: CKASJ/UFS1/2014/W/26/002
		Rebound Hammer + Coring	4 Nos./slab (12 Reading/test) 1 Nos./slab	
		Rebound Hammer	2 Nos./slab (12 Reading/test)	
Beam	B1, B2, B3, B4, B5, B6	Tensile	2 Nos./beam	
		Rebound Hammer + Coring	2 Nos./beam (12 Reading/test) 1 Nos./beam	
		Rebound Hammer	1 Nos./beam (12 Reading/test)	
	B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13	Rebound Hammer	2 Nos./beam (12 Reading/test)	
	B14	Petrography Examination	1 Nos./beam	
Column	C1, C2, C3, C4	Rebound Hammer + Coring	2 Nos./column (12 Reading/test) 1 Nos./column	
		Rebound Hammer	1 Nos./column (12 Reading/test)	
	C5, C6, C7, C8	Rebound Hammer	2 Nos./column (12 Reading/test)	
	C9	Petrography Examination	1 Nos./column	

ANGGOTA STRUKTUR BAGI UJIAN BAHAN



SENARAI KUANTITI

Bill of Quantities for Material Test

ITEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT	RATE (RM)	AMOUNT (RM)
1.0	Preliminaries				
1.1	Allow for insurances (CAR, WC, PL), SOCISO, site communication, temporary access, temporary support, working platform, temporary water and electrical supply, clearance of site upon completion,		L/S	-	
2.0	Site Mobilisation and Demobilisation				
2.1	Site mobilisation and demobilisation for the concrete sampling team and equipments.		L/S	-	
3.0	Material Testing and Sampling				
3.1	Carbonation Test				
3.1.1	Drilling of 25 mm diameter hole for depths not exceeding 75mm for concrete carbonation test, include patching back hole with shrinkage compensated mortar, but exclude reinstatement of finishes or re-painting, if any.	72	nos		
3.1.2	Measurement of carbonation depth for concrete by spraying 1% solution of phenolphthalein to drilled hole.	72	nos		
3.2	Chloride Content Test				
3.2.1	Drilling of slab, beam and column for 3 depths (0-20 mm, 20-40 mm, 40-60 using 25 mm dia drill bit including patching drilled hole with shrinkage compensated grout, but exclude reinstatement of finishes and / or re-painting (minimum of dust sample for each depth is 20 gram).	40	Nos		
3.2.2	Laboratory chloride content test on dust sample. (Total chloride content shall be determined as % of cement content).	120	Nos		
3.2.3	Laboratory cement content test on dust sample	3	Nos		
3.3	Half-cell Potential Measurement				
3.3.1	Measurement of corrosion probability of steel rebar in concrete using half-cell to access the probability of corrosion along the length of the rebar	476	m		
3.4	Cover Measurement Identify depth and location of rebars in concrete using electromagnetic covermeter	112	Nos		
4.0	Deliverables and Reporting				
4.1	Scope including: (a) project coordination and planning of testing schedule; (b) compilation of test data; (c) statistical analysis of test data; and (d) writing of factual testing report. 4 original copies of report certified by PE will be submitted upon completion of all agreed scope.		L/S		
	Grand Total				

BAHAN BACAAN / RUJUKAN:

1. *Guidebook for fresh and hardened concrete*
2. *BS1881 – Testing Concrete*
3. *MS26: Part 2 - 1991 Methods of Testing Hardened Concrete*
4. *MS26: Part 3 - 1992 Recommendations for Use of Non-Destructive Testing of Concrete*
5. *Concrete Repair and Maintenance Illustrated – Peter H. Emmons*

Sekian. Terima kasih.

emmy.jkr@1govuc.gov.my

03-2610 7492