الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

كلية هندسة البترول
Faculty of Petroleum Engineering

صفات الخزانات المتشققة

السنة الخامسة م 7

الدكتور نضال شقير

2019 - 2018

مواصفات الشقوق المتعددة *Multi-fracture parameters*

توزع الشقوق Fracture distribution

إن شبكة الشقوق هي الشبكة التي تحتوي على نظامين أو أكثر من الشقوق، فان كل نظام من هذه الأنظمة الشقوقية تتشكل عموما من حالات إجهاد محددة. علما بأن أزواج الشقوق المقترنة التي تشكلت بنفس حالة الإجهادات هي حال استثنائية.

توزع الشقوق يُعبر عنه **بدرجة عامل التشقق** degree of fracturing factor. يكون عامل التشقق **أقوي** stronger عندما يكون هناك اتصال مستمر بين نظام الشقوق، وإذا كانت الأنظمة تعادل بعضها البعض .

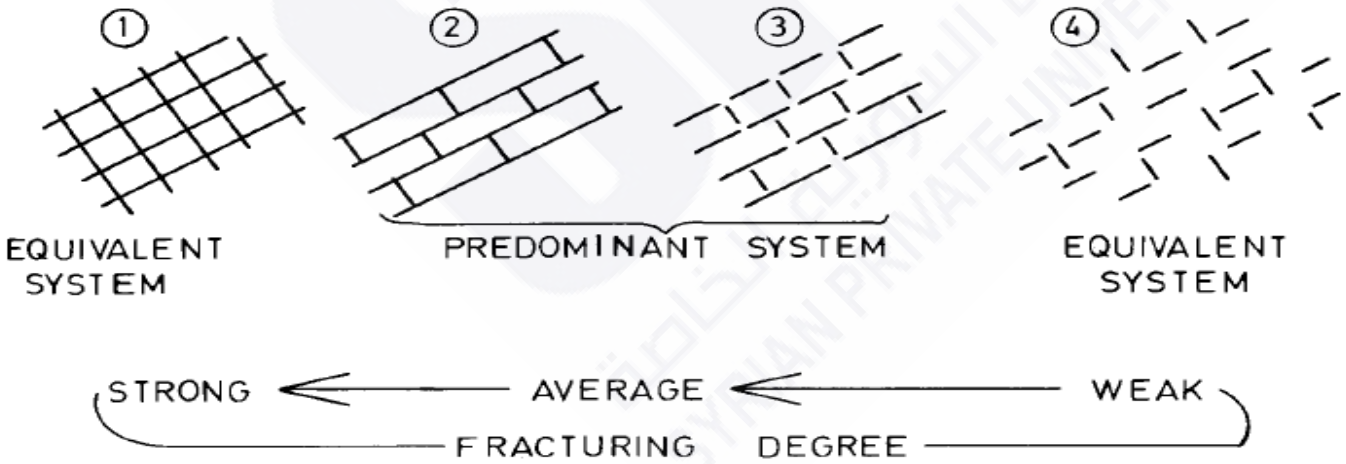
تكون درجة التشقق **ضعيفة (اضعف)** weaker إذا كان نظام الاتصال بين الشقوق منقطع (متوقف)، وإذا ساد احد أنظمة الشقوق فوق الأخر.

كمثال على ذلك لدينا نظامين من أنظمة الشقوق المتعامدة كما في الشكل (2-5):

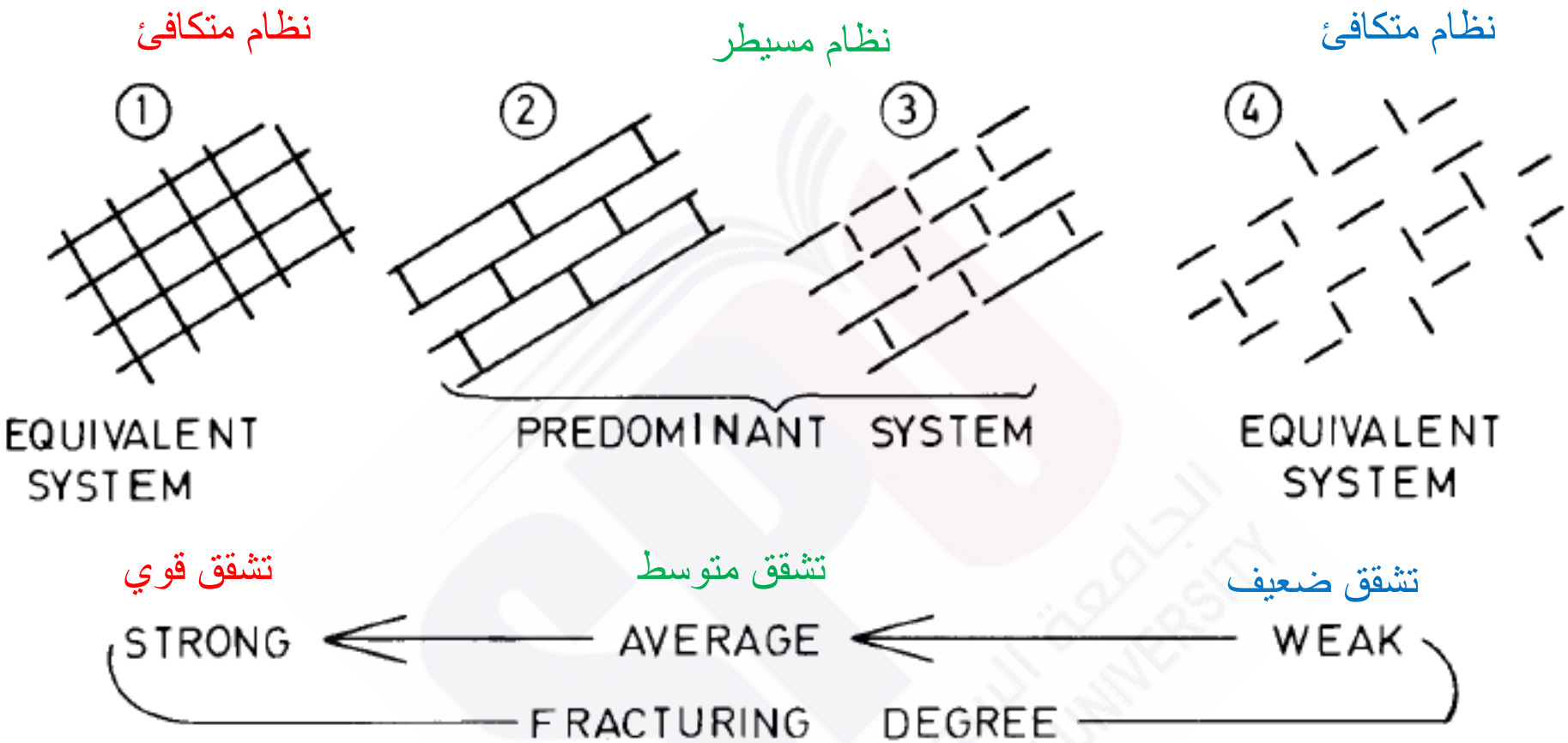
الحالة 1 : كثافة الشقوق للنظامين متعادلة ومستمرة الاتصال. وهذا يؤدي إلى درجة عالية من التشقق.(نظام التشقق متكافئ والشقوق متصلة ومستمرة).

الحالة 4: إن شبكة الشقوق المتقطعة في **الحالة 4** تؤدي إلى درجة ضعيفة من التشقق، رغم أن نظام التشقق متكافئ.

أما في **الحالة 2 و3** حيث احد النظامين مسطر والأخر متقطع بشكل جزئي، فان درجة التشقق تعبر وسطية.



2.5 – Various combinations of orthogonal fracture systems and the qualitative evaluation of the degree of fracturing (Ruhland[3])



2.5 – Various combinations of orthogonal fracture systems and the qualitative evaluation of the degree of fracturing (Ruhland[3])

الشكل(٢-٥) مجموعة مختلفة من أنظمة التشقق المتعامدة والتقييم النوعي لدرجة التشقق

صور لبعض الشقوق في الصخور

Matrix block unit واحدة مصفوفة الحجم

إن الشقوق التي تقطع صخور الخزان باتجاهات مختلفة، تُصوِر بدقة وحدة الكتلة أو بتعبير أخر بسيط واحدة مصفوفة الحجم.

وان كل كتلة أو حجم مفرد يجب أن يكون قد انفصل من كتل متجاورة.

وهكذا يمكن اعتبار كل وحدة كتلة في الواقع، محصورة داخل نظام .

في الحقيقة هذه الكتل على اتصال من خلال نقاط إسناد، ولكن الاتصال الهيدروديناميكي بين الكتل تبقى عمليا مقطوعة.

المصفوفة الحجمية تحدد:

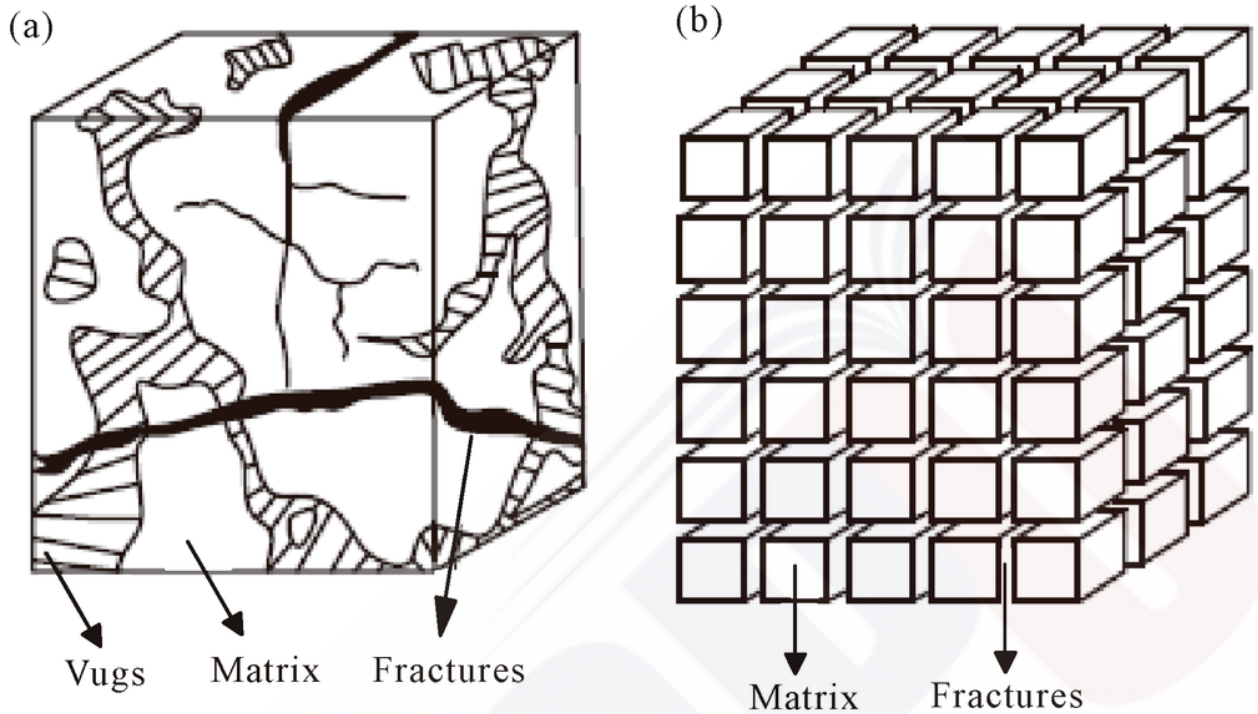
بالشكل والحجم والارتفاع height, volume, shape

ارتباطاً بأنظمة الشقوق من حيث الميل والاتجاه و التوزع

.dip, strike, distribution

شكل وحدة مصفوفة الحجم غير منتظمة، ولكن وحدة الكتلة هي مصغرة لأحجام هندسية مبسطة، كمكعبات أو متوازيات سطوح ممدودة أو مسطحة.

أشكال الأحجام المختلفة يمكن وصفها من خلال الموديلات الهندسية المبسطة كما في الجدول (2-1).



نظام مفهوم الشبكة

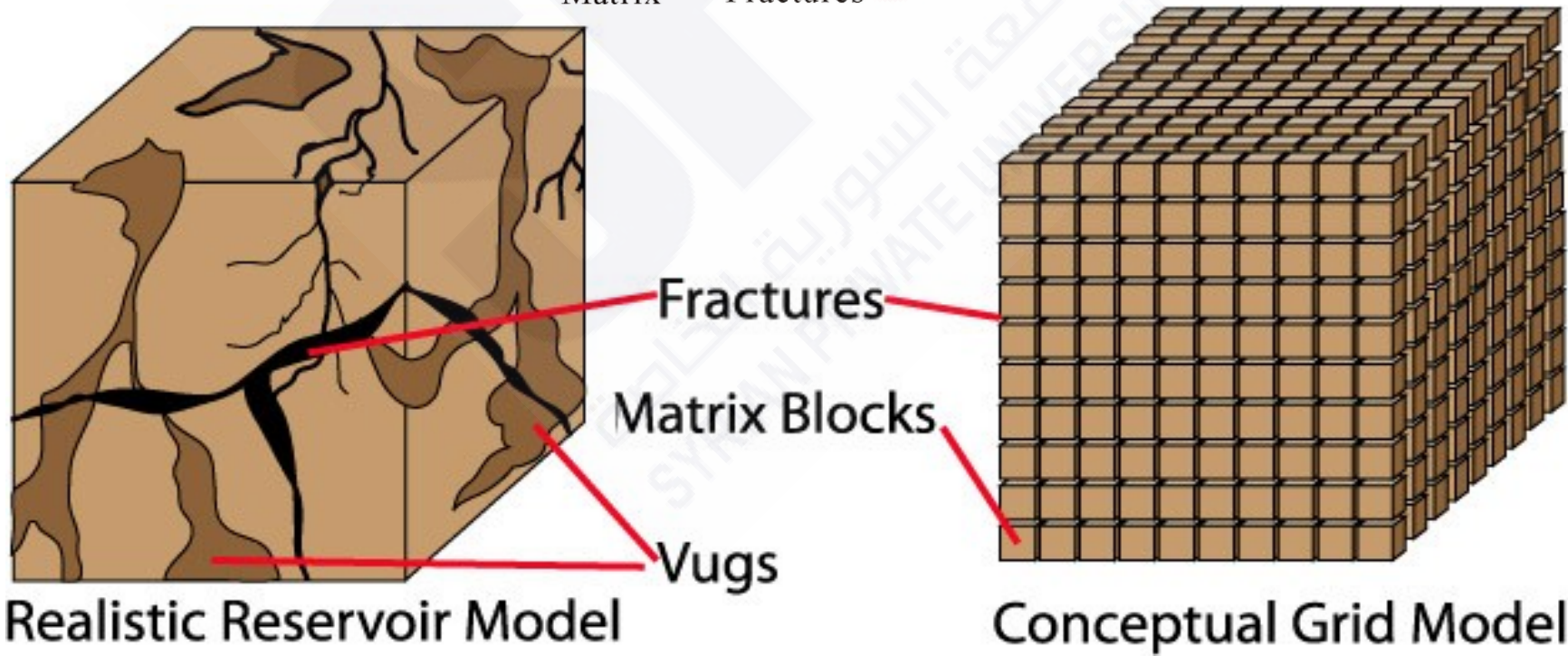
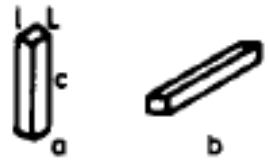
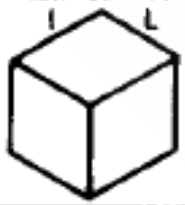
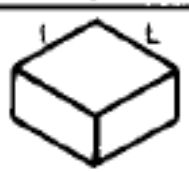
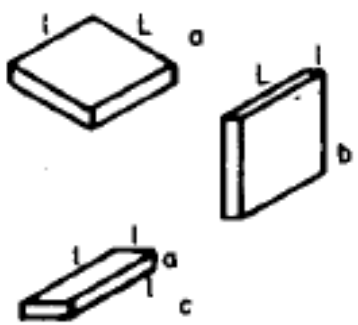
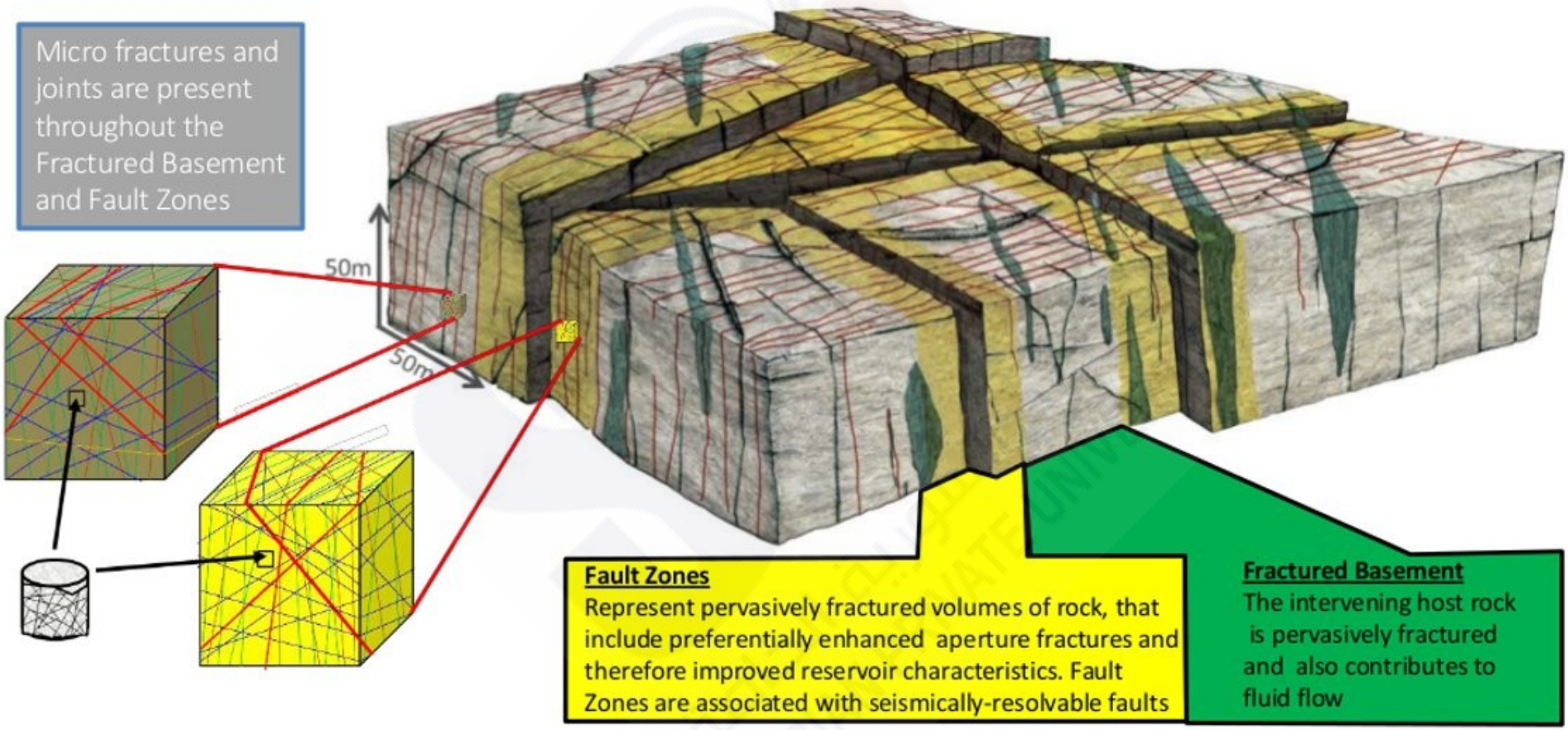


Table 2.1.

Matrix block unit description

Case	BLOCK SHAPE	RATIO $\frac{L}{c}$ $\frac{l}{c}$ $\frac{L}{l}$	SCALE		
			100cm	100 - 10cm	10cm
1		a $< \frac{1}{5}$ 1 b $\frac{1}{5}$ 1 $\frac{1}{5}$	COLUMN	SMALL COLUMN	PENCIL MATCHES
2		$\frac{1}{5}$ to $\frac{1}{2}$ 1	BIG BLOCK PARALLELIPIPED	AVERAGE BLOCK PARALLELIPIPED	SMALL BLOCK PARALLELIPIPED
3		1	METRIC CUBE	DECIMETRIC CUBE	CENTIMETRIC CUBE
4		2 to5 1	SLAB	AVERAGE SLAB	SMALL SLAB
5		a >5 1	PLATE	AVERAGE PLATE	SMALL PLATE
		b 1 $\frac{1}{5}$ >5		AVERAGE PLATE	PLATELET
		c >5 $\frac{5}{2}$ 2	BOARD	AVERAGE BOARD	RULER


Micro fractures and joints are present throughout the Fractured Basement and Fault Zones
50m
50m
Fault Zones
Represent pervasively fractured volumes of rock, that include preferentially enhanced aperture fractures and therefore improved reservoir characteristics. Fault Zones are associated with seismically-resolvable faults
Fractured Basement
The intervening host rock is pervasively fractured and also contributes to fluid flow

Fracture density كثافة الشقوق

كثافة الشقوق تعبر عن درجة تشقق الصخور من خلال نسب تقريبية مختلفة .

إذا كانت النسبة تشير إلى حجم الكتلة فان كثافة الشقوق تسمى **الكثافة الحجمية للشقوق** ***fracture density volumetric.***

إذا كانت النسبة تشير إلى المساحة أو الطول فان كثافة الشقوق تسمى **الكثافة المساحية أو الخطية للشقوق** ، ***areal or linear fracture density .***

إن التعبيرات التحليلية لتلك الكثافات هي كما يلي:

الكثافة الحجمية للشقوق : **V**olumetric **f**racture **d**ensity :

هي النسبة بين سطح شقوق الكتل S و حجم مصفوفة الكتلة V_B.

$$V_{fD} = \frac{S}{V_B}$$

الكثافة المساحية للشقوق: **A**real **f**racture **d**ensity:

هي النسبة بين الطول التراكمي للشقوق l_T و مصفوفة (مساحة الكتلة S_B).

$$A_{fD} = \frac{n_f x l}{S_B} = \frac{l_T}{S_B}$$

الكثافة الخطية للشقوق : **L**inear **f**racture **d**ensity: هي النسبة بين عدد الشقوق (n) القاطعة للخطوط المستقيمة (والعمودية على خطوط الاتجاه الجاري) و طول هذه الشقوق مباشرة :

وتسمى كذلك الكثافة الخطية للشقوق نسبة التشقق أو تواتر التشقق أو التواتر الخطي.

$$L_{fD} = \frac{n_f}{L_B}$$

مسافات الشقوق Fracture interval

كثافة الشقوق في المكعب Fracture density of a cube:

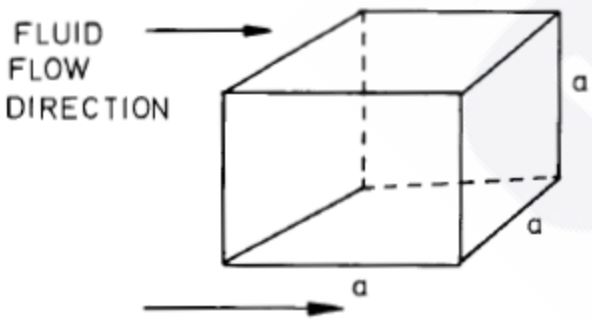
إذا مصفوفة الحجم لها شكل المكعب ذات طول a عندها السائل يتدفق بشكل موازيا السطح الأفقي كما في الشكل (2- 6) والنتيجة هي :

كثافة الشقوق الحجمية: Vfd

- مساحة سطح الشقوق - matrix (a^2)
- المساحة الكلية – matrix (6 a^2)
- الكتلة الحجمية - matrix (a^3)

Volumetric fracture density;

- contact fracture surface – matrix (a^2)
- total surface – matrix ($6a^2$)
- bulk volume – matrix (a^3)



2.6 – Horizontal flow around a cubic matrix block unit

Vfd

$$V_{fD} = \frac{6a^2}{a^3} = \frac{6}{a}$$

كثافة الشقوق المساحية Areal fracture density:

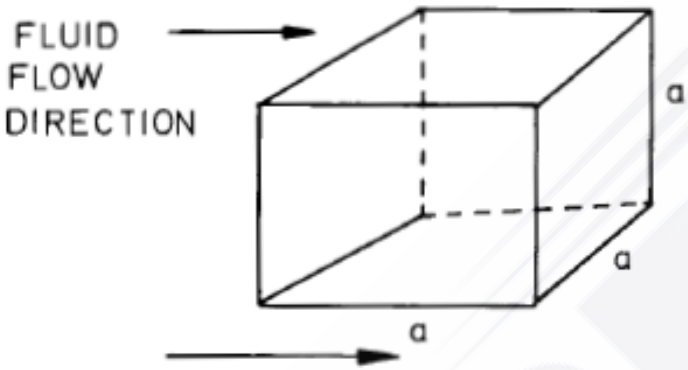
إذا كان التدفق أفقي فإن السائل سيتصل بشقين ذات الطول a. nx1=2a المقطع العرضي للمساحة a2 عندها:

$$n \times l = 2a$$

$$A_{fD} = \frac{n \times l}{s} = \frac{2a}{a^2} = \frac{2}{a}$$

كثافة الشقوق الخطية Linear fracture density

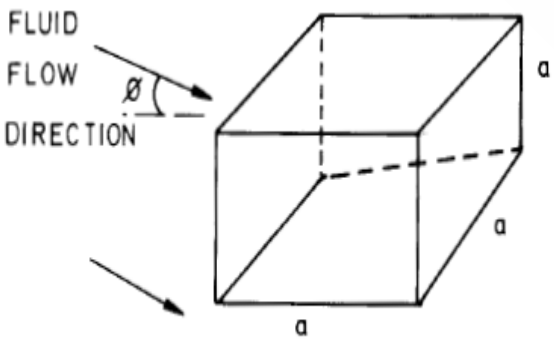
على الخط الشاقولي العمودي على اتجاه التدفق الأفقي، فقط شقين يقطعان الخط الشاقولي و مصفوفة الطول بين الشقين هي a :



2.6 – Horizontal flow around a cubic matrix block unit

$$L_{fD} = \frac{n_f}{L_B} = \frac{2}{a}$$

إذا كان في المكعب الحجمي من المصفوفة، اتجاه التدفق يميل بزاوية θ للمكعب الرئيسي كما في الشكل (2- 7)، يكمن التصحيح باستخدام الزاوية θ فقط للكثافة المساحية و الخطية.

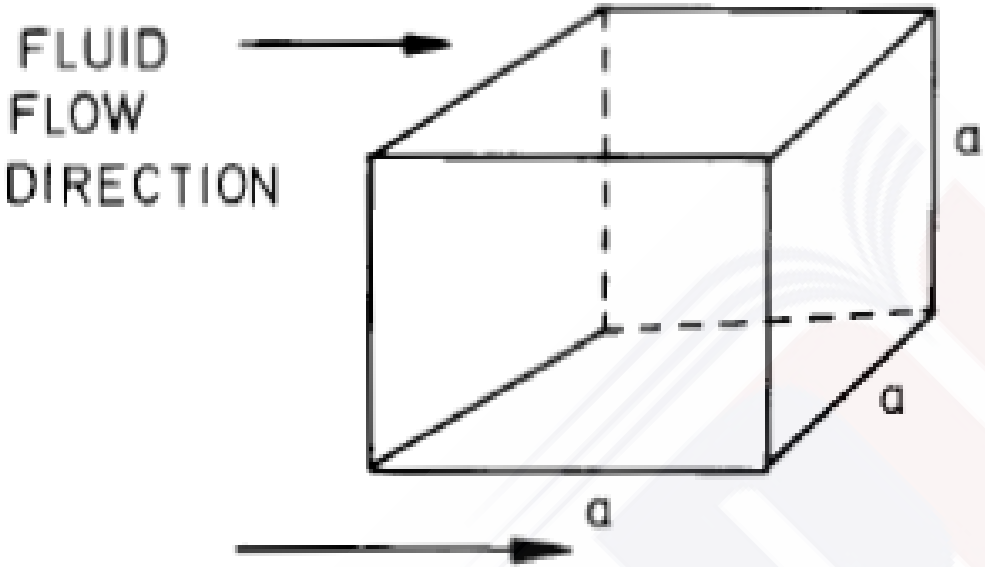


2.7 – Flow around a cubic matrix block unit (angle α between flow direction and cube base

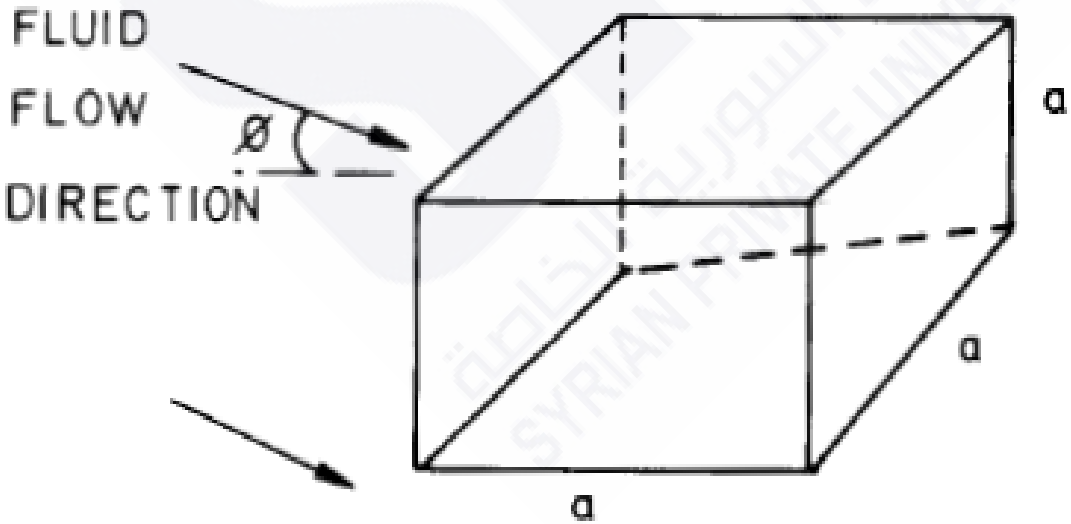
$$V_{fD} = \frac{6a^2}{a^3} = \frac{6}{a}$$

$$A_{fD} = \frac{2a\cos\theta}{a^2} = \frac{2}{a} \times \cos\theta$$

$$L_{fD} = \frac{2}{a\cos\theta}$$



2.6 – Horizontal flow around a cubic matrix block unit

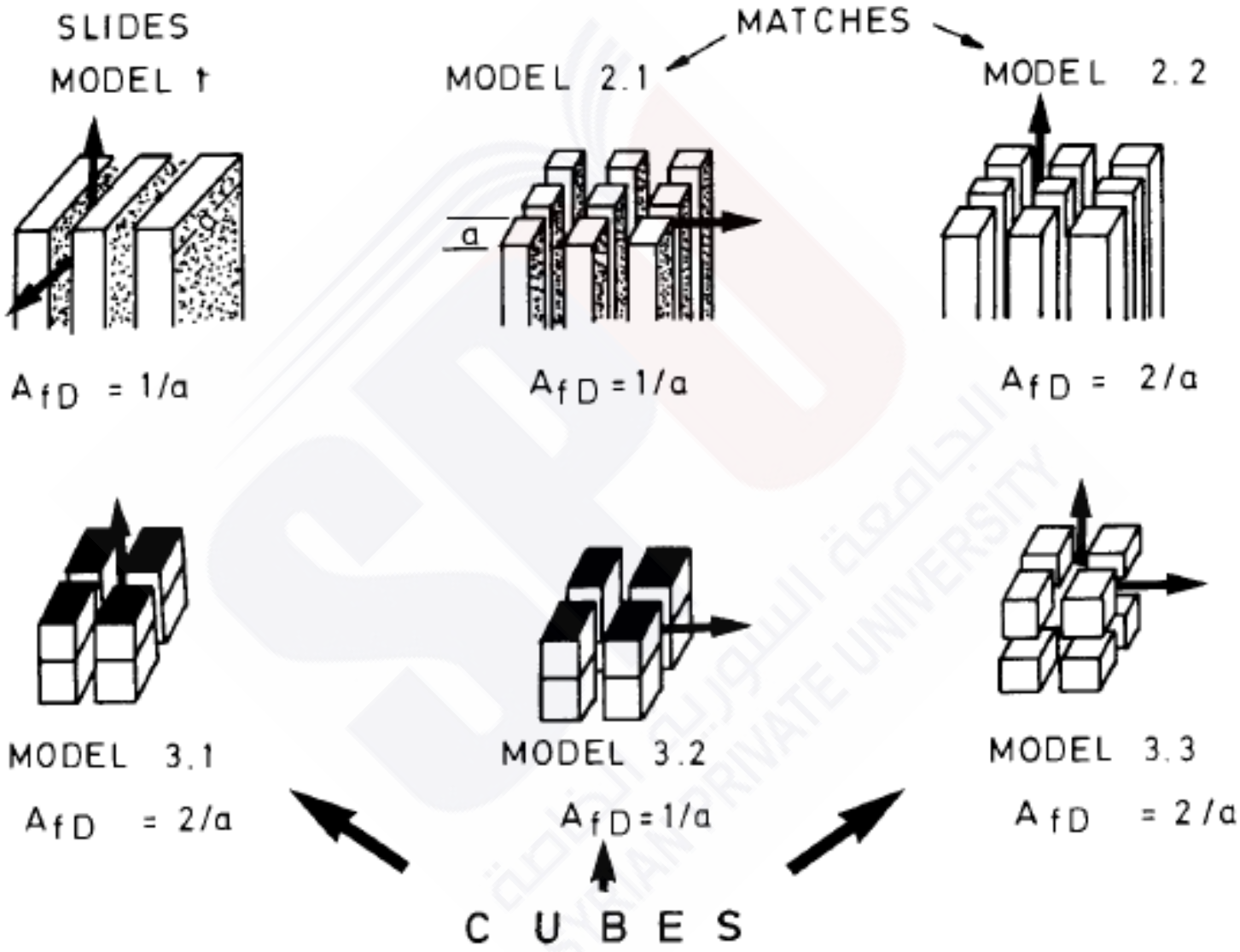


2.7 – Flow around a cubic matrix block unit (angle α between flow direction and cube base

f. Fracture density vs. idealized model

If various matrix block units are grouped into certain geometrical distributions, a number of idealized fractured networks can be obtained. If the models are as shown in figure 2.8 (Reiss[5]), the volumetric, areal and linear densities are modified according to the flow direction and to the impermeability of the block faces.

As observed, model 1 *slides* have only one fracturing plane independent of the flow direction. The blocks which are match-shaped (model 2) have a fracture density associated to the flowing direction, horizontal or vertical. The cubes (model 3) have, according to impermeable horizontal planes (case 3.1 and 3.2), different fracture densities if the flow is towards a vertical or horizontal direction, or if the cubes are completely permeable on all faces (model 3.3).



2.8 – Idealized models and fracture density expressed as a function of flowing direction (Reiss[5])

e. Fracture density vs. lithology (example)

In the outcrops of Yuzhno-Minusiuskaya (Devonian) sediments in the USSR, the fracture density vs. rock lithology was recorded as listed below[3]:

Table 2.2.

Rock lithology	Fracture density 1/m
Medium-grained sandstone	9.0
Fine-grained sandstone	50.0
Glauconitic sandstone	19.5
Calcareous sandstone	9.5
Flaggy bedded limestone	30.0
Algal limestone	33.0
Massive limestone	12.3
Medium-grained limestone	12.0
Fine-grained limestone	27.0
Thick-bedded limestone	24.0
Argillaceous siltstone	60.0
Argillite	56.0
Volcanic rock	48.0
Thin-bedded marl	20.0
Massive porphyrite	36.4
Conglomerate	44.0

Fracture intensity شدة الشقوق

هذا العامل يعبر عن النسبة بين: تواتر الشقوق (fracture frequency (FF
وتواتر سماكة الطبقات layer thickness frequency (THF) .

$$FINT = \frac{\text{fracture frequency}}{\text{thickness frequency}} = \frac{FF}{THF}$$

هذا العامل يمكن أن يحدد الدور الذي تلعبه المواصفات الجوهرية والحقيقية لكل طبقة:
(النفاذية ، المسامية، السمنتة،الخ) من خلال عملية التشقق لسماكات الطبقات والموقع ضمن التراكيب (أعلى ، أوسط ، أسفل التركيب).

شدة التشقق يمكن تطبيقها على الشقوق المفتوحة أو المغلقة ، وعند شروط محددة على الشقوق الكلية حيث:

شدة الشقوق الكلية (Total fracture intensity) تساوي إلى:

FINT t = FF t/THF t

شدة الشقوق المفتوحة (Open fracture intensity)تساوي:

FINT o = FF o/THF o

شدة الشقوق المغلقة (Closed fracture intensity) تساوي:

FINT c = FF c/THF c

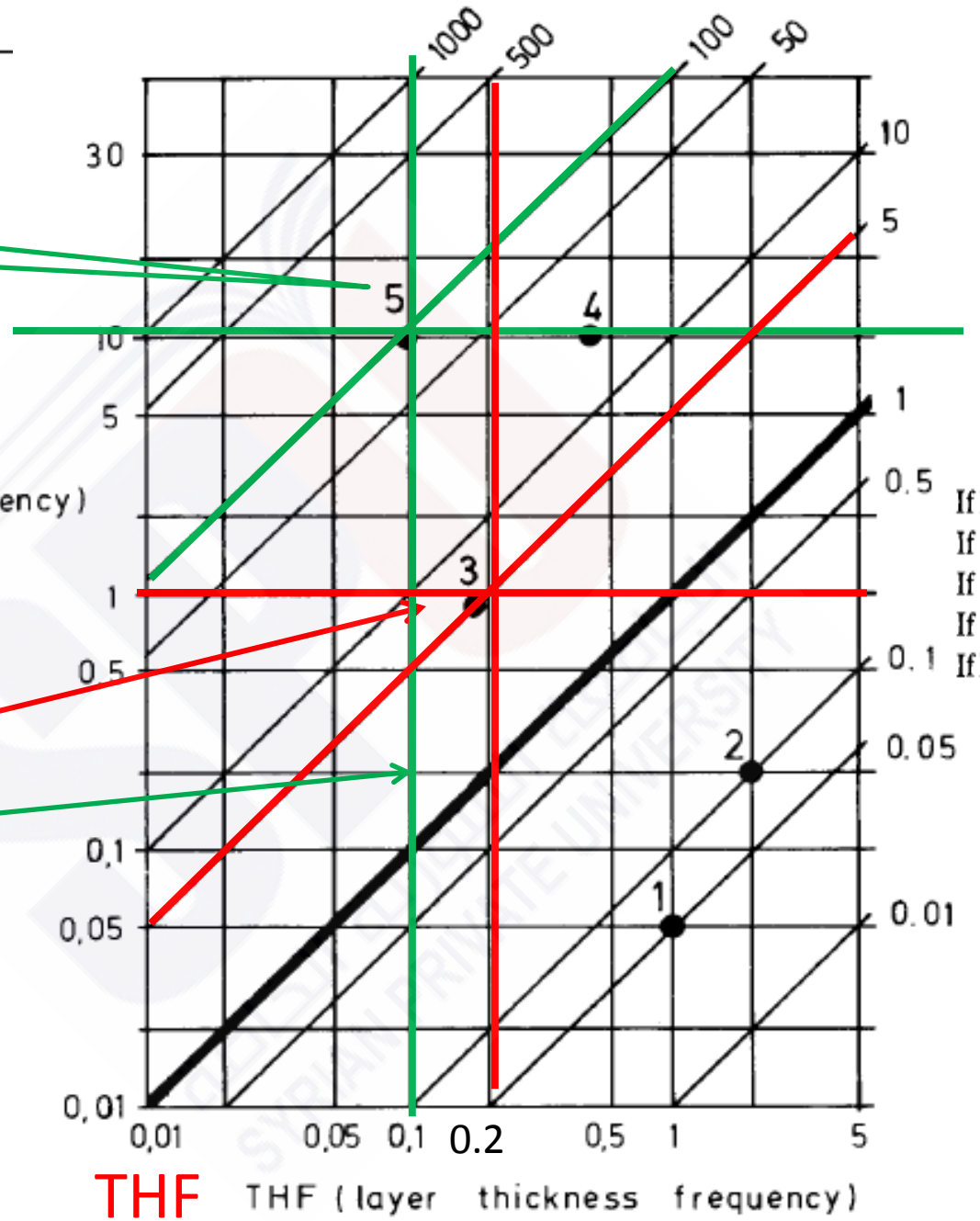
عادة بارامترات شدة الشقوق تتغير بين 0.01 حتى 100 . درجة التشقق FINT هامة بسبب إمكانية التقييم النوعي لعلميات التشقق كما يلي:

		category
If FINT ≥ 0.05	it is practically a fractured zone	1
If FINT ~ 0.1	it is an average fractured zone	2
If FINT = 5 to 10	it is a strong fractured zone	3
If FINT = 20 to 50	it is a very strong fractured zone	4
If FINT ≥ 100	it is a breccia	5

فئات الشقوق تتحول من 1 إلى 5 كما في الشكل (٢-٩) كمثال على نسبة تغيرات اثنين من البارامترات التكرارية FF و THF .

$$FINT = \frac{\text{fracture frequency}}{\text{thickness frequency}} = \frac{FF}{THF}$$

10/0.1=100≡5



If FINT ≥ 0.05
If FINT ~ 0.1
If FINT = 5 to 10
If FINT = 20 to 50
If FINT ≥ 100

	category
If FINT ≥ 0.05	1
If FINT ~ 0.1	2
If FINT = 5 to 10	3
If FINT = 20 to 50	4
If FINT ≥ 100	5

it is practically a fractured zone
it is an average fractured zone
it is a strong fractured zone
it is a very strong fractured zone
it is a breccia

2.9 – Fracture intensity diagram (Ruhland[3]) for estimation of fracturing process (cases 1, 2, 3, 4 and 5 discussed in section 2.2.3.4)

التقييم المباشر للشقوق DIRECT EVALUATION OF FRACTURING

تحديد وتقييم الشقوق يتم من خلال الأعمال الحقلية مثل:

الاستكشاف، عمليات الحفر، القياسات البئرية، اللباب أو الاختبارات الأخرى. exploration, drilling, logging, coring ,testing

بعض هذه النتائج تعطي معلومات مباشرة، كمراقبة الشواذات من خلال فحص اللباب مخبريا. ومجموعة أخرى من المعلومات المباشرة يمكن الحصول عليها من خلال عمليات مختلفة كالحفر والاختبارات المرافقة أو القياسات البئرية ..الخ.

التقييم المباشر للشواذ وللباب الصخري يوجه بشكل رئيسي إلى تحديد المواصفات الرئيسية للشقوق المفردة، كالعرض والاتجاه والطول الخ.

إضافة لذلك مجموعة الشقوق يتم فحصها واختبارها لتقييم الحالة الهندسية لها ولتوزعها وشدتها وكثافتها.

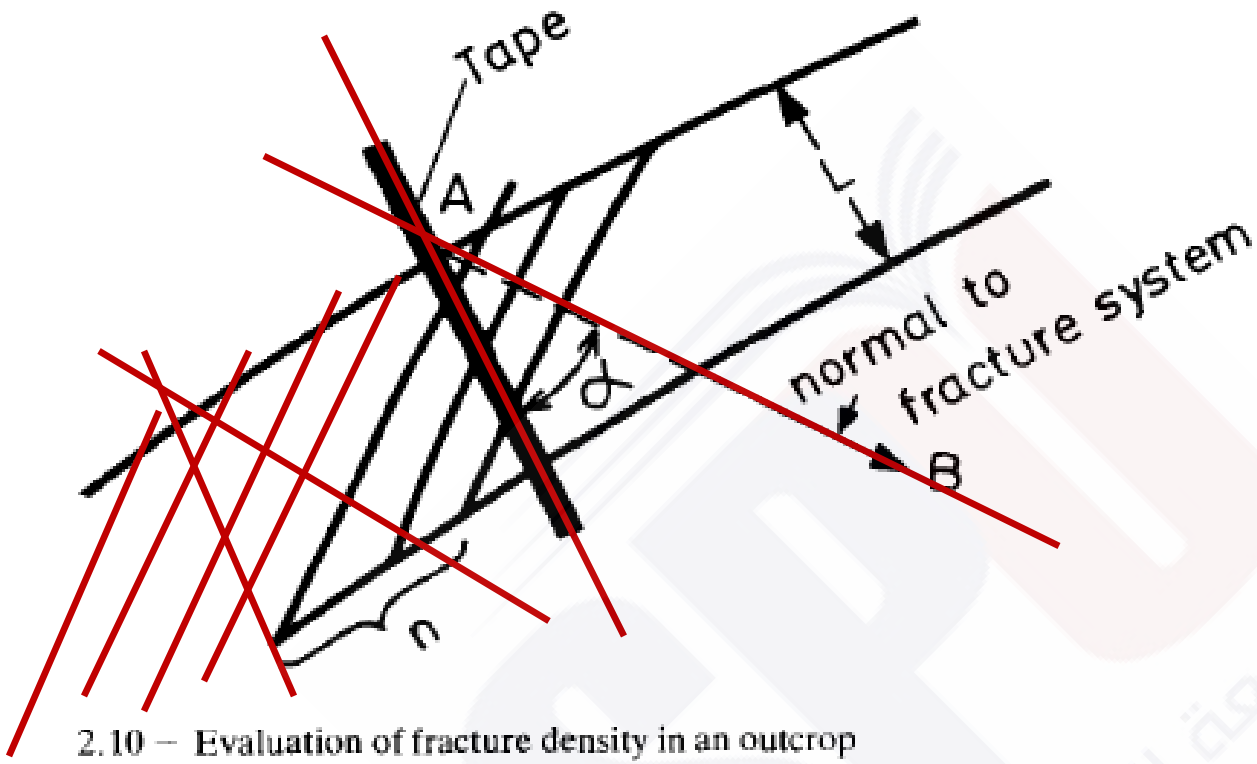
1- تكشفات الشقوق Outcrop fractures

دراسة الشقوق من خلال التكشفات ينطوي تحتها مجموعة مختلفة من المعلومات:

كنظام اتجاه الشقوق، عدد الشقوق في كل نظام و مورفولوجية الشقوق وغيرها.

طرائق قياس الشقوق يتم بوضع علامة للتكشفات باستخدام شريط قياس بأي اتجاه، بناءا على اتجاه نظام الشقوق وقياس السمت،

ممكن حساب الزاوية بين خط القياس والمستوي العمودي على الشقوق AB كما في الشكل (2- 10).



2.10 – Evaluation of fracture density in an outcrop

كثافة الشقوق (LfD) fracture density هي نتيجة عدد الشقوق nf التي تقطع الخط المستقيم AB كما في الشكل (2- 10) .

الطول على طول الخط AB يمكن أن يصحح قياس الاتجاه من خلال الزاوية α.

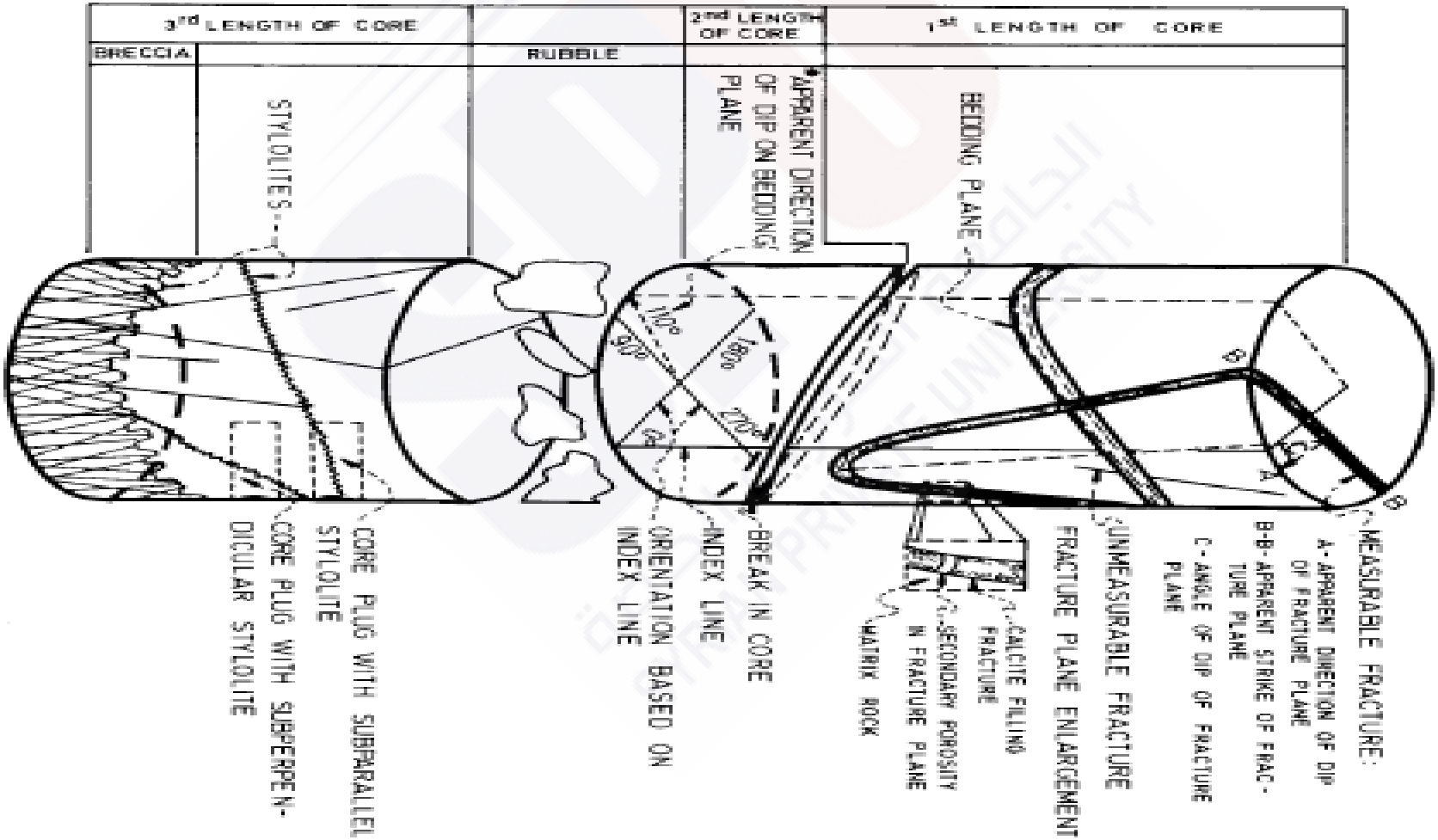
كثافة الشقوق الخطية في هذه الحالة هي :

$$L_{fD} = \frac{\eta_f}{L/\cos\alpha}$$

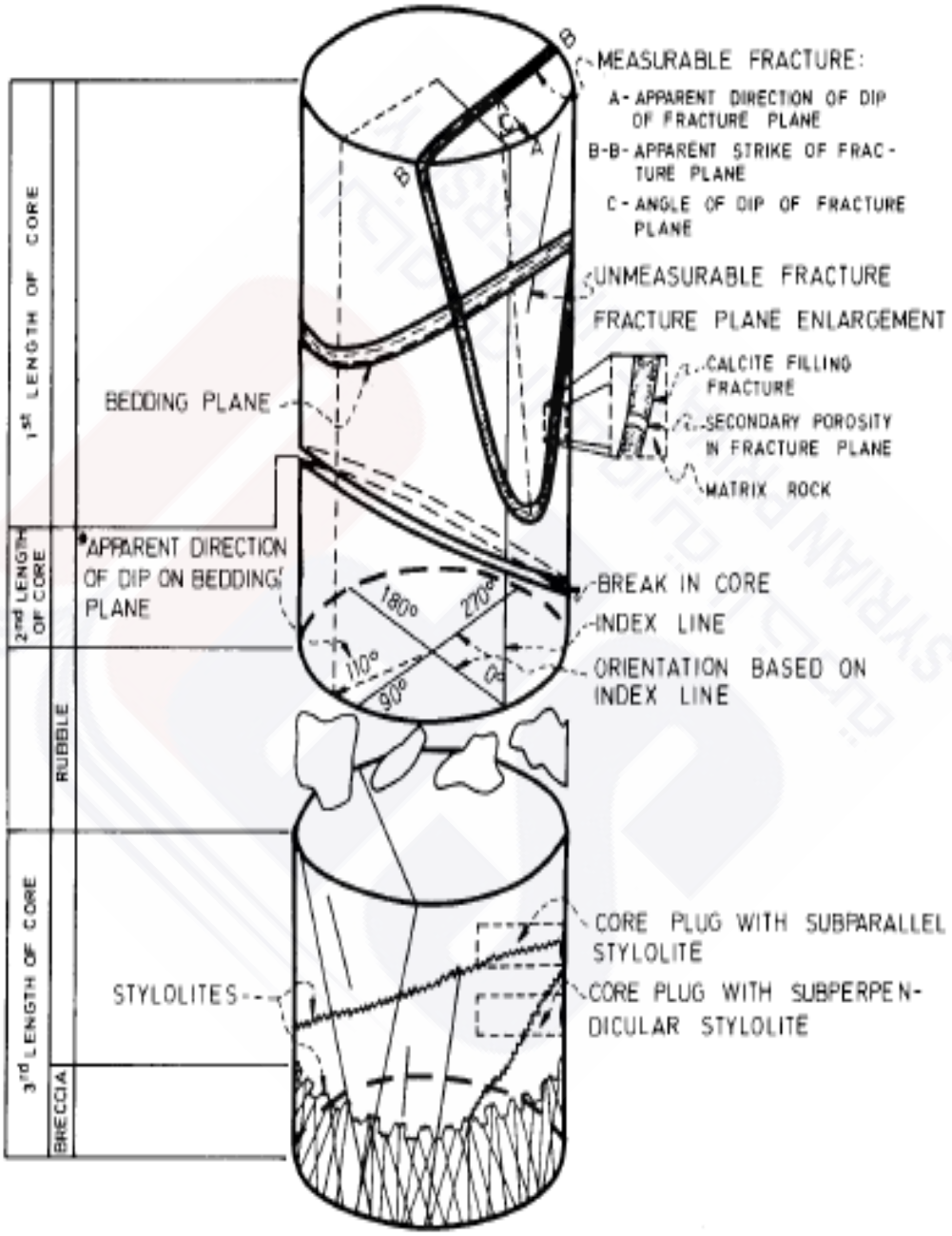
2- تقييم الشقوق من خلال اختبار اللباب Fracture evaluation through core examination

المعلومات التي يمكن الحصول عليها من اختبارات اللباب الصخري هي العرض والميل والاتجاه للشقوق المقيسة، والمواد المالئة للشقوق الغير مقيسة.

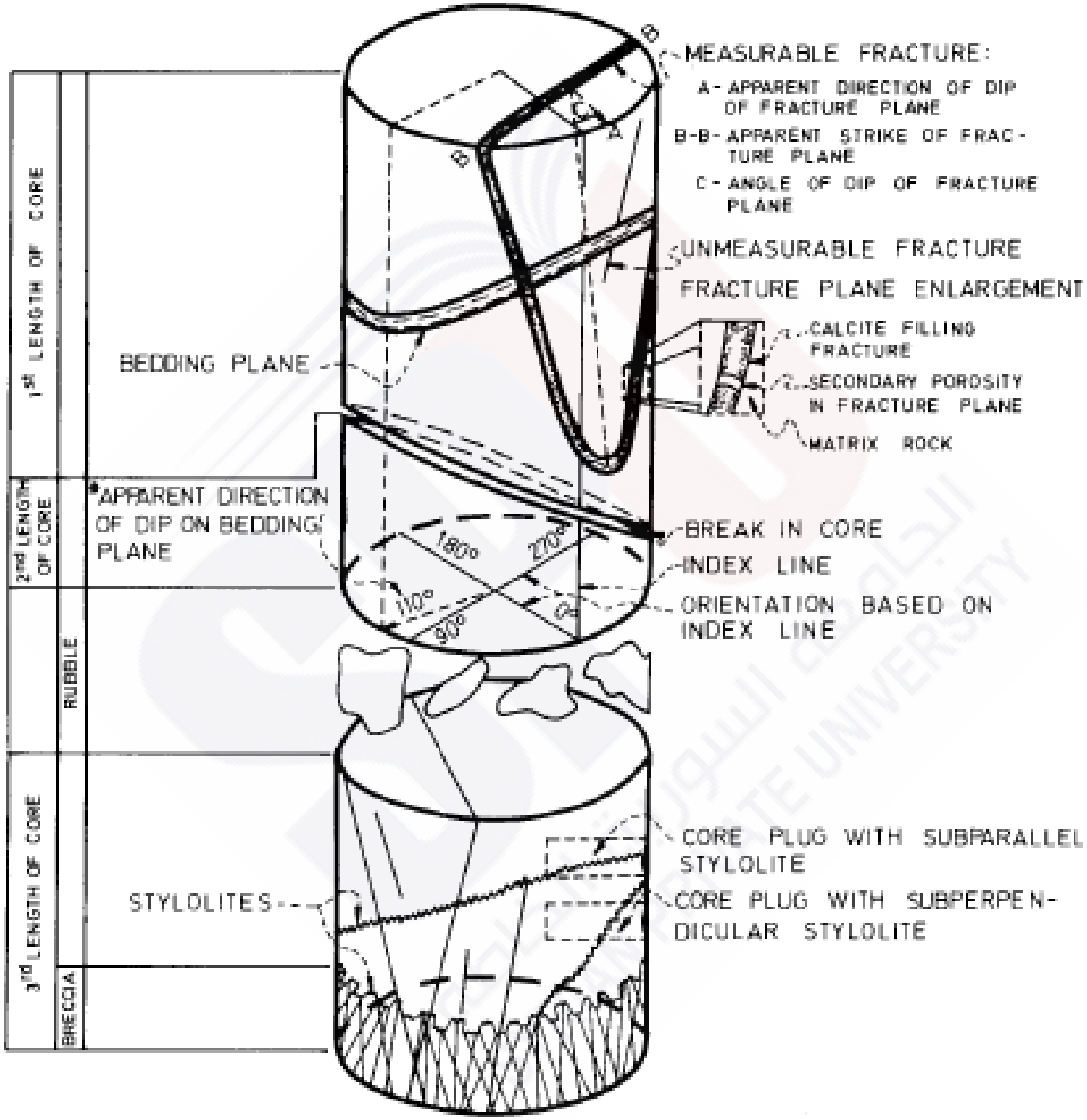
الشكل (2-11) يبين لباب مركب من خزان مشقق .



2.11 – Composite core of a fractured reservoir



2.11 – Composite core of a fractured reservoir

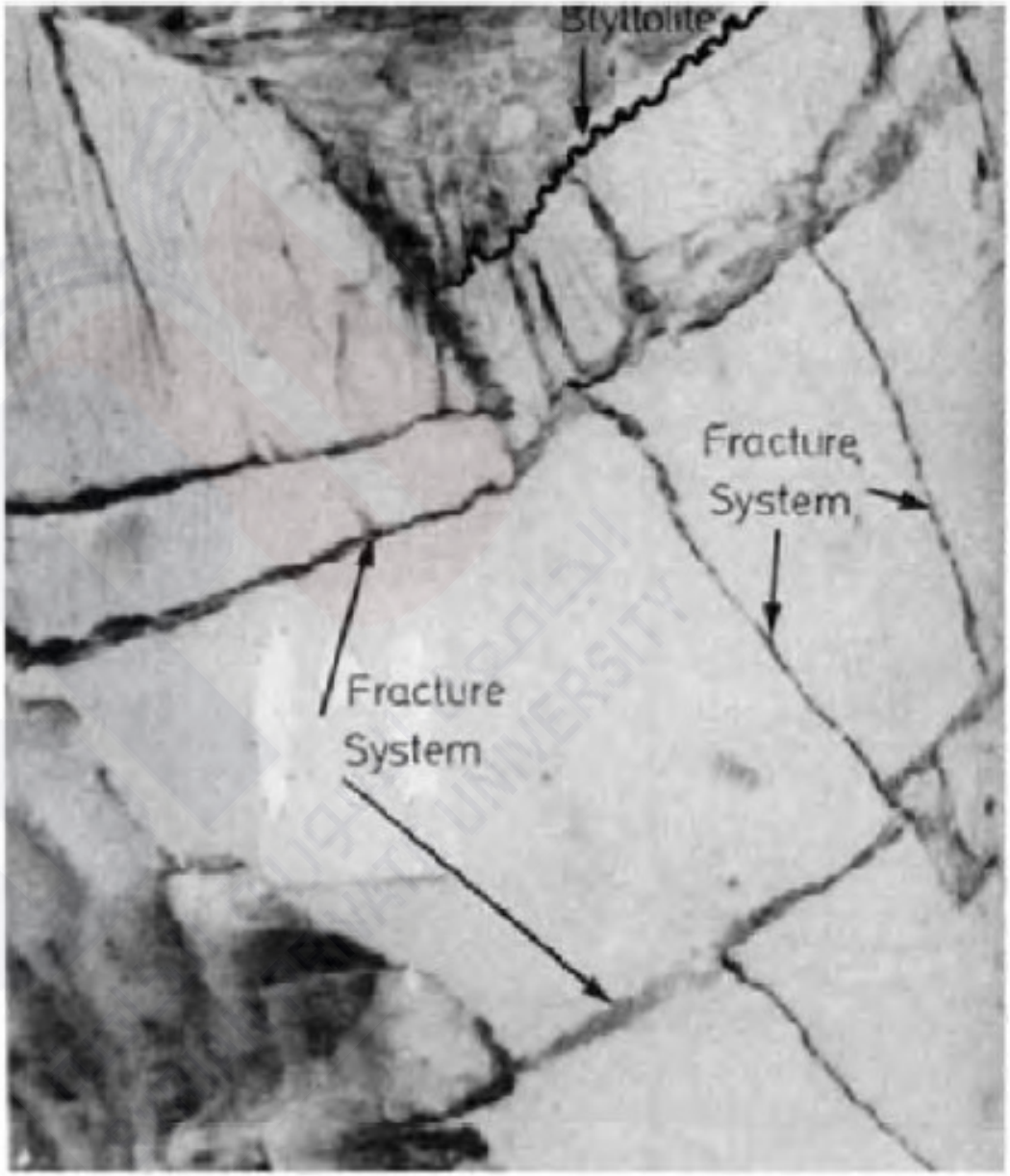


2.11 – Composite core of a fractured reservoir

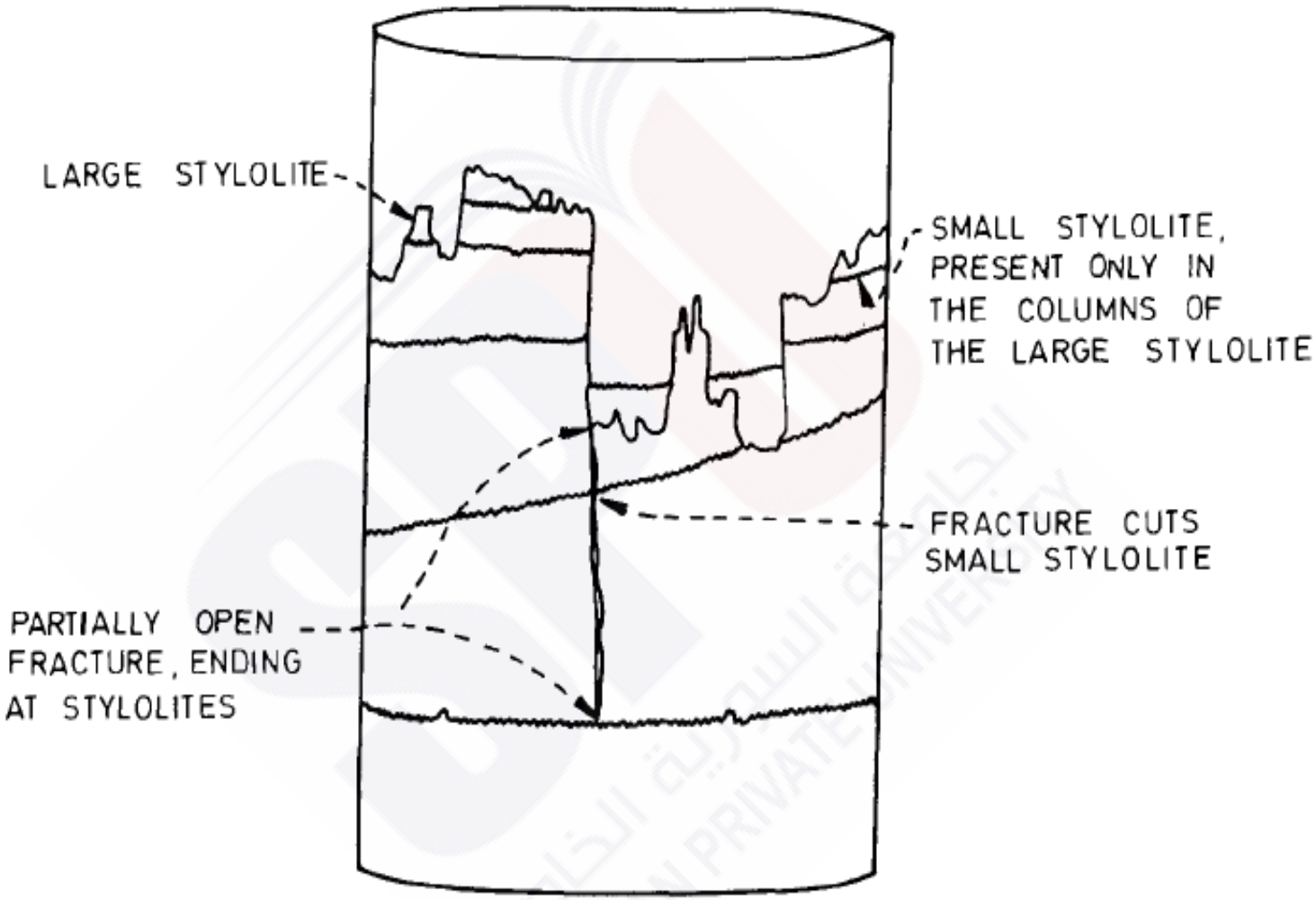
الستيلوليت هام جداً في شقوق اللباب الصخري ويجب وصفه بإجراءات متشابهه لوصف الشقوق.

اتجاهات الستيلوليت كما في الشكل (2- 12)، الشبة عمودي والشبة متوازي للقاعدة أو التي تقطع الشقوق وتتقاطع معها كما في الشكل السابق، والذي يعبر عن تمثيل الملاحظات الأساسية.

تصوير الستيلوليت من(الكور)اللباب يتضمن مواصفات الحجم (صغير، كبير) مفتوح ،..الخ. كما في الشكل (3- 13).



2.12 – Picture of a fractured core



2.13 – Stylolites in a fractured core

شكرا لإصغائكم