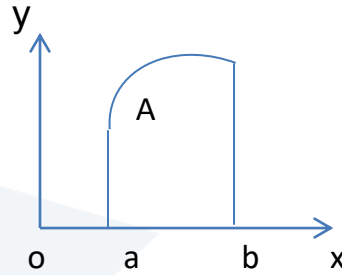


3-4-4-1-آ - طريقة التكامل :

تستخدم عندما يتخذ مقطع الأرض الطبيعية شكلاً يمكن تقريبه إلى منحنى هندسي ذي معادلة مفروضة (يُعتبر قطع مكافئ أغلب الأحيان) ثم تحسب مساحة المقطع من العلاقة

التالية :

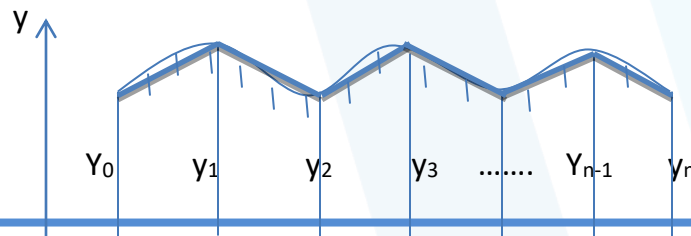


$$A = \int_a^b f(x) \cdot dx$$

وهذه الطريقة ضئيلة الاستعمال

3-4-4-1-ب - طريقة أشباه المنحرف :

وهي أكثر الطرق استعمالاً في حساب مختلف أنواع السطوح وخاصة في الحفريات الطويلة ذات المقطع الضيق كحفريات خطوط الأنابيب وشبكات الكهرباء والهاتف، حيث نعدّ سوية الأرض في عرض الحفر أفقية، أو الحفر غير الضيق كالطرق والسكك الحديدية إذا كانت الأرض أفقية أو شبه أفقية، وهي تفترض أن تغير الارتفاع لسوية الأرض بين كل نقطة وأخرى هو خطي وبذلك يقسم السطح المفروض إلى عدد من أشباه المنحرف (n شبه منحرف باعتبار n زوجياً أو فردياً) .



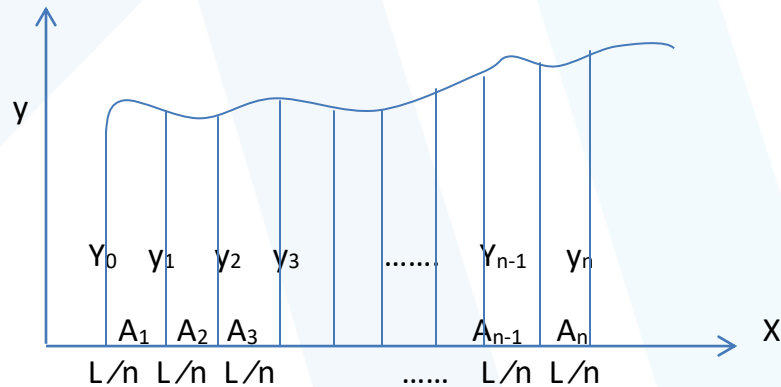
$$A = \frac{y_0 + y_1}{2} \frac{l}{n} + \frac{y_1 + y_2}{2} \frac{l}{n} + \frac{y_2 + y_3}{2} \frac{l}{n} + \dots + \frac{y_{n-1} + y_n}{2} \frac{l}{n}$$

$$A = \frac{l}{2n} [y_0 + 2(y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1}) + y_n]$$

$$A = \frac{l}{2n} (y_0 + y_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} y_i)$$

3-4-4-1-د- طريقة سامبسون :

هذه الطريقة أكثر دقة من الطريقة السابقة تستخدم في الحفر غير الضيق كالطرق والسكك الحديدية والأقنية الكبيرة وتعتمد على تقسيم السطح إلى n سطحاً جزئياً (n عدد زوجي) وتعتبر المنحني الواصل بين كل ثلاث نقاط متجاورة (أي الذي يحدد سطحين جزئيين متجاورين) قطعاً مكافئاً . وبما أنه لا يمكن أن يمر من ثلاث نقاط إلا قطع مكافئ واحد ذو محور شاقولي فإن بالإمكان حساب سطحه على النحو التالي :



$$A_1 + A_2 = \frac{1}{6} \frac{2l}{x} (y_0 + 4y_1 + y_2)$$

$$A_3 + A_4 = \frac{1}{6} \frac{2l}{x} (y_2 + 4y_3 + y_4)$$

$$A_{n-1} + A_n = \frac{1}{6} \frac{2l}{x} (y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n)$$

$$A = \frac{l}{3n} (y_0 + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{n-2}) + y_n)$$

$$A = \frac{l}{3n} (y_0 + y_n + 4 \sum y'_i + 2 \sum y''_i)$$

y'_i : ترتيب مفرد

y''_i : ترتيب زوجي

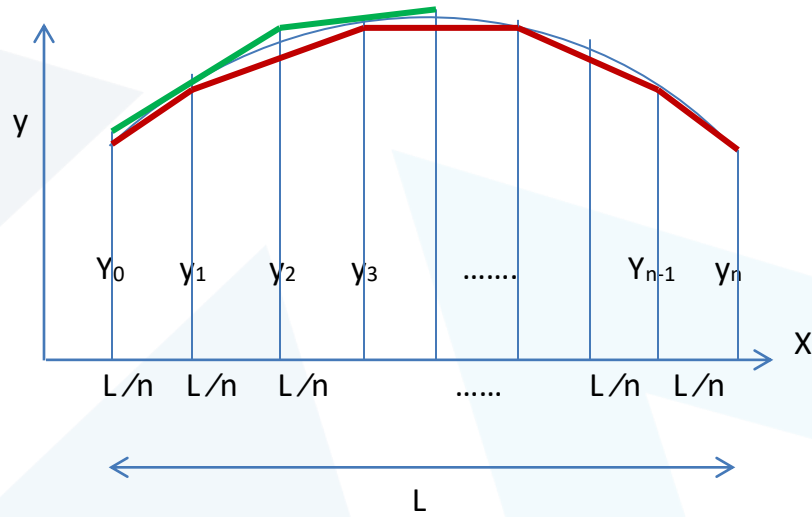
ملاحظة: عندما يكون n فردياً : يمكن تطبيق طريقة سيمبسون على السطح باستثناء القسم الأخير أو الأول ثم تحسب مساحة هذا القسم حساباً منفصلاً بطريقة شبه المنحرف .

3-4-4-1-د- طريقة بونسلية :

تستخدم أيضاً في الحفر غير الضيق وتعتمد هذه الطريقة على أن **تقعر المنحني لا يغير** إشارته **طيلة المسافة المفروضة** ويقسم السطح إلى n قسم أيضاً (n عدد زوجي) بتباعد $\frac{l}{n}$ ويُعتبر أن السطح الفعلي المفروض هو سطح أصغر من مجموع السطوح المرسومة خارجياً على المنحني وأكبر من مجموع السطوح المرسومة داخلياً فيه .

السطوح المرسومة خارجياً فهي السطوح المحددة بتقاطع المماسات المرسومة لهذا المنحني في النقاط الفردية مع خطوط الترتيب ذات الأرقام الزوجية وتحدد نقاط التقاطع هذه المحيط الخارجي للسطوح.

أما السطوح المرسومة داخلياً فهي السطوح المحدودة بوصل رؤوس المنحني في نقاط تقاطعه مع المحاور الشاقولية ذات الترتيب المفردة أيضاً والترتيبين الأول والأخير .



فإذا كان A_e مجموع السطوح المرسومة خارجياً

A_i مجموع السطوح المرسومة داخلياً

$$A = \frac{A_e + A_i}{2} \text{ السطح الفعلي}$$

$$A_e = \frac{2l}{x} (y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1})$$

$$A_i = \frac{l}{x} \left(\frac{y_0 + y_1}{2} + \frac{y_{n-1} + y_n}{2} \right) + \frac{2l}{x} \left(\frac{y_1 + y_3}{2} + \frac{y_3 + y_5}{2} + \dots + \frac{y_{n-3} + y_{n-1}}{2} \right)$$

$$A = \frac{A_e + A_i}{2}$$

$$A = \frac{l}{2x} (2 y_1 + 2 y_3 + \dots + 2 y_{n-1}) + \frac{y_0+y_1}{2} + \frac{y_{n-1}+y_n}{2} + y_1 + 2 y_3 + 2 y_5 + \dots + 2 y_{n-3} + y_{n-1}$$

$$A = \frac{l}{n} (y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_0+y_1}{4} + \frac{y_{n-1}+y_2}{4} + \frac{y_1}{2} + y_3 + y_5 + y_{n-3} + \frac{y_{n-1}}{2})$$

نضيف ونطرح $\frac{y_1}{2}$ ، $\frac{y_{n-1}}{2}$

$$A = \frac{l}{n} [2 (y_1 + y_3 + y_5 + \dots + y_{n-1}) + \frac{y_0+y_n}{4} - \frac{y_1+y_{n-1}}{4}]$$

وهذه الصيغة تعطي ميزة كبيرة إذ أنها لا تأخذ بالاعتبار إلا الارتفاعات ذات الترتيب المفردة . فإذا كانت ارتفاعات النقاط قد سجلت كلها في النقاط المفردة والزوجية على السواء كما هي العادة فإنه يمكننا أن نفرض أن هذه النقاط كلها نقاط ذات أرقام مفردة وأن نفرض بينها نقاط (وهمية) لم تسجل ارتفاعاتها وتقع كل منهما بين نقطتين ببعد متساوٍ عنهما وعندئذٍ يمكن تطبيق الصيغة السابقة بأكثر دقة بعد أن نستبدل n بالعدد n' (عدد النقاط التي سجلت ارتفاعاتها).

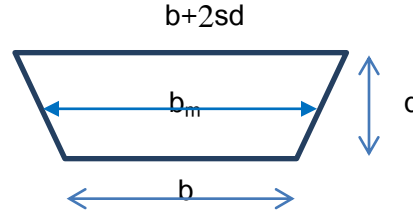
3-4-4-2 حساب الحجم من المقاطع الطولية:

✓ يمكن حساب حجم الأعمال الترابية في الحفر الضيق بعد حساب مساحة المقطع الطولي ثم إيجاد جداء هذه المساحة بالعرض الوسطي للمقطع العرضي كما يلي:

$$V = A * b_m$$

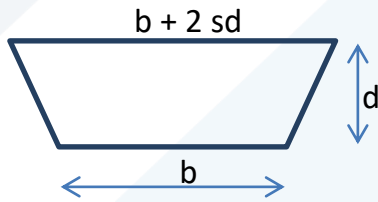
حيث b_m : العرض الوسطي للمقطع العرضي.

A: مساحة المقطع الطولي



✓ يمكن حساب الحجم التقريبي من المقاطع الطولية للحفر الطويل الضيق وغير الضيق (كالطرق وسكك الحديد) وذلك برسم المقطع الطولي عادة بتسجيل سوية الأرض الطبيعية في محور الحفر وعلى أبعاد متساوية، ثم اتباع طريقة أدنجر (Edinger):

وهي طريقة تقريبية ذات دقة مقبولة لحساب الحجم من المقطع الطولي حساباً سريعاً جداً .
وتستند هذه الطريقة إلى أن مساحة المقطع ذي القاعدة المستوية هي :



$$A = \frac{b+2sd+b}{2} \cdot d = (b + sd) \cdot d = bd + s d^2$$

$$A = b \cdot d + s \cdot d^2$$

فإذا بقي كل من b و s ثابتين خلال مسافة في الطريق كما هي العادة وكان البعد L بين مقطعين ثابتاً أيضاً فإن الحجم الكلي :

$$V = \sum V_i = (b \cdot \sum d + s \sum d^2) \cdot L$$

$$V = \frac{b \cdot d_0 + s \cdot d_0^2 + b \cdot d_1 + s \cdot d_1^2}{2} \cdot L + \frac{b \cdot d_1 + s \cdot d_1^2 + b \cdot d_2 + s \cdot d_2^2}{2} \cdot L + \dots + \frac{b \cdot d_{n-1} + s \cdot d_{n-1}^2 + b \cdot d_n + s \cdot d_n^2}{2} \cdot l$$

$$V = (b \sum d + s \sum d^2) \cdot l$$

في المقطع الأول والأخير: $d^2 = \frac{d^2}{2}$ و في الحد الأول والأخير $d = \frac{d}{2}$

مثال:

احسب بطريقة أدنغر كمية الحفر بين المحطتين 17 , 22 والمبين في الجدول أعماق الحفر عند كل محطة مع العلم أن المسافة بين المحطتين $L = 20$ m وعرض الطريق 6 m وميل جانبي الطريق $s = 1.5$.

l_0	17	1.45
l_1	18	2.35
l_2	19	3.40
l_3	20	5.85
l_4	21	2.10
l_5	22	0.80

طريقة أدنغر :

	d	d ²
17	$\frac{1.45}{2}$	$\frac{2.1025}{2}$
18	2.35	5.5225
19	3.40	11.5600
20	5.85	34.2225
21	2.10	4.4100
22	$\frac{0.80}{2}$	$\frac{0.6400}{2}$
	14.815 $\times 6$ (89.88	57.08625 $\times 1.5$ 85.62945)*20= 3490.389