جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية
قسم هندسة النقل ومواد البناء

العلو الاضافي

المحاضرة 13

هندسة الطرق

محتوى المحاضرة:

مفهوم العلو الإضافي

تنفيذ العلو الإضافي

فوائد العلو الإضافي

أمثلة

مفهوم العلو الإضافي:

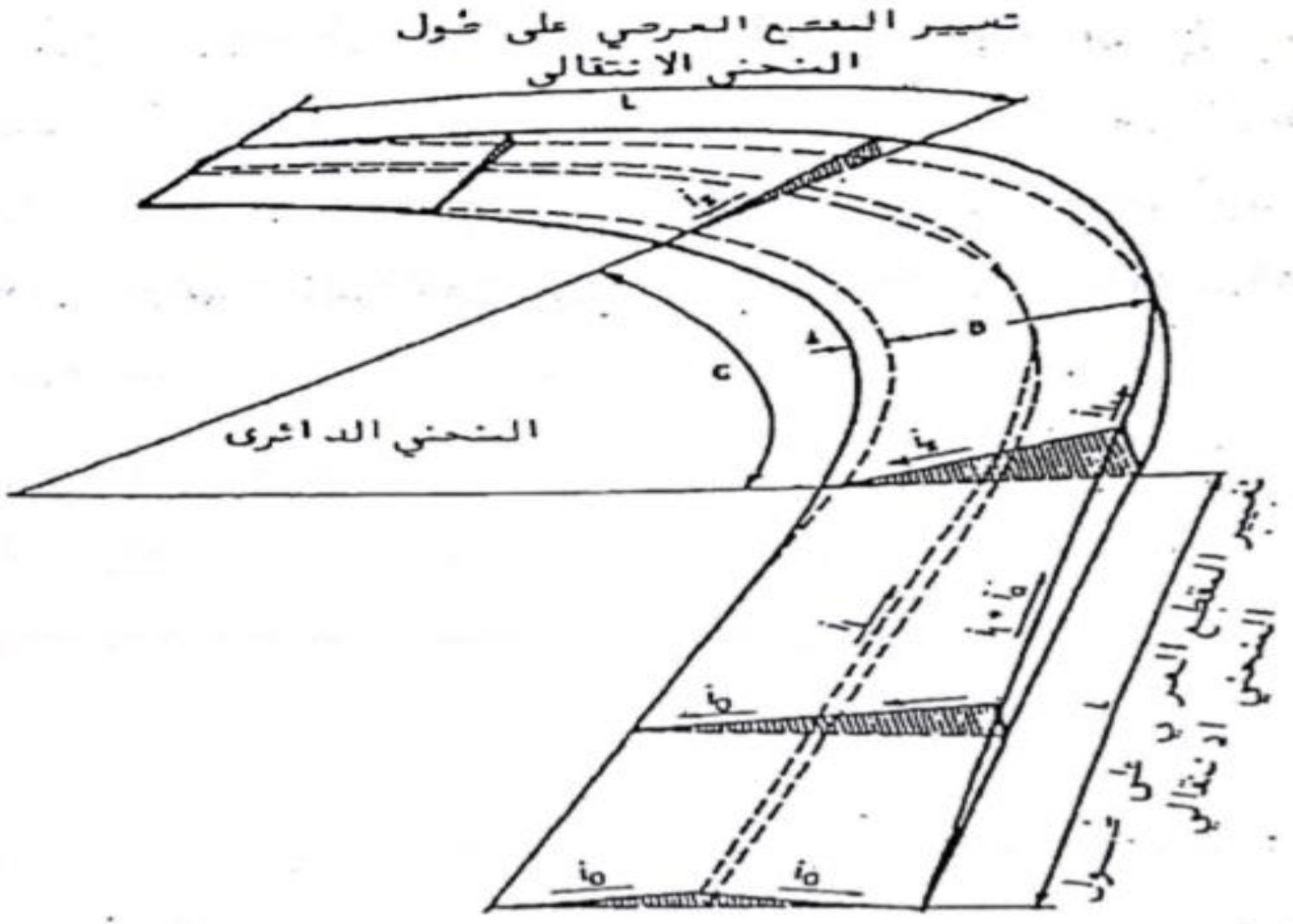
إن عرض الطريق يبقى ثابتاً في الاستقامة وكذلك ميله العرضي i أما في المنعطفات الدائرية والمنحنيات الانتقالية فأن الطريق يزداد عرضه ويزداد ميله العرضي وقد درسنا سابقاً زيادة عرض الطريق في هذين النوعين من المنعطفات أما العلو الإضافي في المقطع العرضي فسندرسه الآن.

إذا بقيت الميول العرضية للغطاء عند المنحنيات بالقيمة نفسها والاتجاه نفسه كما هو الحال عند الاستقامات فأن حركة السيارة على المسرب الخارجي من الغطاء تصبح أقل ثباتاً من حركة السيارة على المسرب المجاور (الداخلي) وذلك لأن مركبة وزن السيارة على المحور الموازي للغطاء سوف تضاف إلى المركبة الموافقة للقوة النابذة كما تصبح قيادة السيارة أكثر صعوبة بسبب زيادة قيمة الانحراف الجانبي للدواليب بنسبة أكبر مما هي للسيارات التي تسير على المسرب الداخلي للمجاور.

ولكي نتمكن من زيادة ثبات حركة السيارة وجعل السائق أكثر ثقة عند القيادة على المنحنيات نعمد إلى رفع الطرف الخارجي للطريق بحيث يصبح الغطاء والأكتاف الجانبية ذو ميل واحد باتجاه مركز المنحني أو ما يسمى العلو الإضافي.

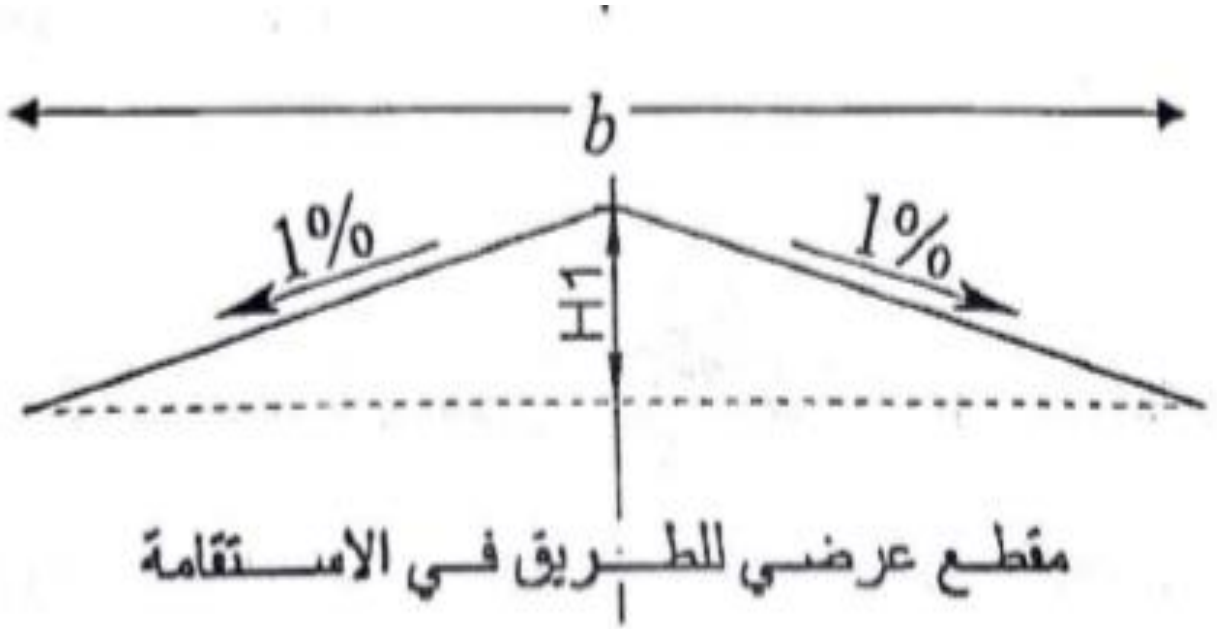
اعتبر العلو الإضافي في الماضي على أنه عنصر إضافي مساعد للطريق عند المنحنيات ذات أنصاف الأقطار الصغيرة من أجل تأمين أمان لحركة السيارات إلا أن الخبرة المكتسبة من استثمار الطرق الرئيسية أظهرت أن العلو الإضافي له تأثير نفسي إيجابي على السائقين يجعلهم أكثر ثقة في القيادة على المنحنيات بالسرعة نفسها التي كانوا يسيرون فيها على الأجزاء المستقيمة وتنخفض السرعة عادة عند عدم وجود العلو الإضافي لذلك يُعمد إنشائه على كافة المنحنيات التي تقل أنصاف أقطارها عن 3000m للطرق من الدرجة الأولى و 2000 للطرق الأخرى.

يبين الشكل التالي منظور تغير الميول العرضية على الطريق عند المنحنيات من ميلين متعاكسين عند الاستقامة إلى ميل أعظمي "باتجاه واحد" عند المنحني الدائري.



شكل(١٢)- منظور تغير الميول العرضيه على الطريق عند المنحنيات

إن المقطع العرضي لطريق ما في استقامة ما هو عبارة عن ثنائية محدبة للأعلى لها ميلان ينحدران بمقدار يتراوح بين 1-2% وبصورة استثنائية 3% كما في الشكل:



مقطع عرضي للطريق في الاستقامة

$$H_1 = \frac{b}{2} * \frac{i}{100}$$

أما المقطع العرضي في منعطف هو عبارة عن مقطع مستوي له ميل واحد يتجه نحو الداخل ويتراوح هذا الميل بين 2% إلى 10%

نرى من الشكل السابق أن:

$$i = \tan(\alpha) = \frac{H}{b} = \frac{c}{\rho} = \frac{c}{m * g} = \frac{\frac{m * v^2}{R}}{m * g} = \frac{v^2}{R * g}$$

$$H = \frac{b * v^2}{R * g}$$

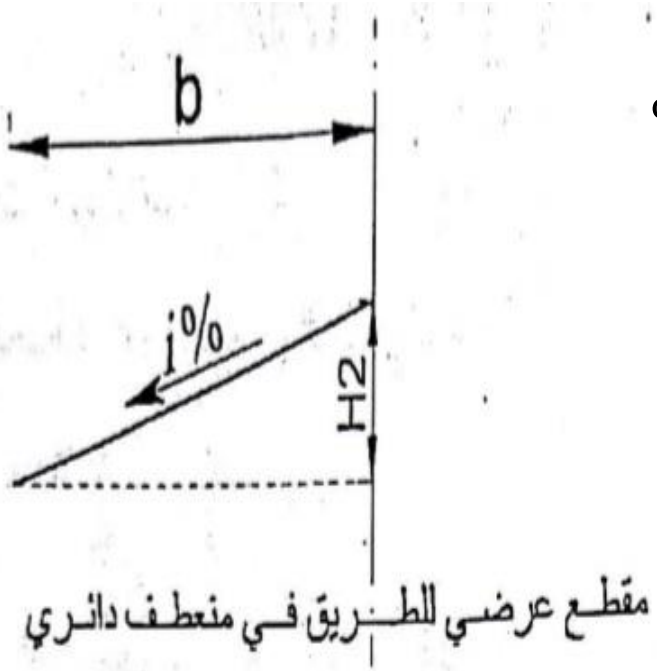
وبما أن V(m/sec)=V(km/h)/3.6 و g=9.8 m/sec^2 فتصبح العلاقة السابقة:

$$H = \frac{b * v^2}{127R}$$

حيث: V السرعة ب km/h R نصف قطر المنحني الدائري

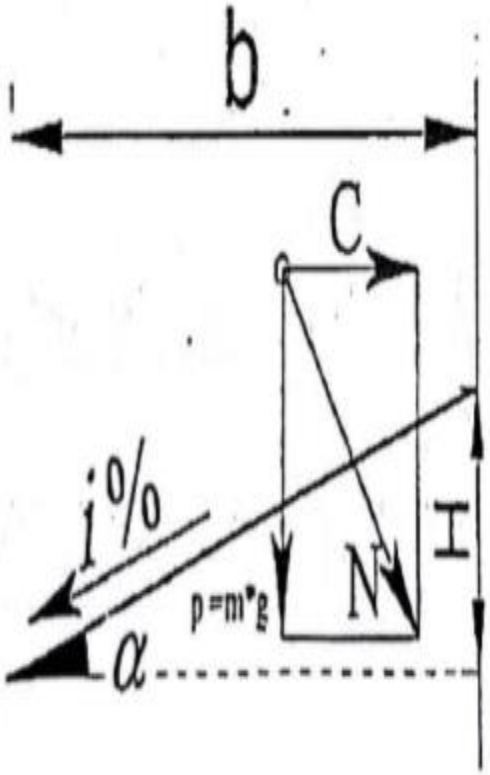
ب m

H مقدار العلو الإضافي ب m



مقطع عرضي للطريق في منعطف دائري

$$H_2 = b * \frac{i}{100}$$



مقطع عرضي للطريق
في منعطف دائري

من هنا نستطيع حساب الميل العرضي للطريق في المنعطف الدائري وعلى طول المنحني الانتقالي ، فإذا أخذنا بعين الاعتبار الاحتكاك العرضي بين الدولاب والطريق "عامل المقاومة الجانبية" فأن العلاقة السابقة كما يلي:

$$\tan(\varphi) = \mu$$

$\varphi = \mu$ الاحتكاك العرضي بين الدولاب والطريق.

α الميل العرضي للطريق, وبما أن α وμ قيم صغيرة يمكن كتابة العلاقة السابقة:

$$\tan(\alpha + \varphi) = \tan\alpha + \tan\varphi = \frac{v^2}{127R}$$

عادة $\mu = \tan\varphi = 0.15$

$i \approx 6\%; \tan\alpha = \frac{1}{15}$ وبالتعويض:

$$\frac{1}{15} + 0.15 = \frac{v^2}{127R} \rightarrow R_{min} = 0.036 * v^2$$

أي يمكن حساب نصف قطر الانحناء الأصغري في المنعطف الدائري بعد معرفة السرعة التصميمية v(km/h)

وكما مر معنا سابقاً العلاقة التالية:

$$R = \frac{v^2}{g(\mu + i)} \rightarrow R * g(\mu + i) = v^2$$

$$(\mu + i) = \frac{v^2}{R * g} \rightarrow i = \frac{v^2}{R * g} - \mu$$

وبما أن V(m/sec)=V(km/h)/3.6 و $g=9.8\ m/sec^2$ فتصبح العلاقة السابقة:

$$i = \frac{v^2}{127R} - \mu$$

μ عامل القوة الجانبية (0.15-0.05) i الميل العرضي.

تنفيذ العلو الإضافي:

1. نبدأ برفع النصف الخارجي من الغطاء لأعلى حول محور الطريق حتى الوصول إلى مقطع عرضي بميل واحد ولكامل الغطاء باتجاه مركز المنحني ثم نقوم بتدوير كامل الغطاء حول محوره حتى الوصول إلى الميل العرضي المطلوب.
2. يجب ألا يتجاوز الميل العرضي نتيجة العلو الإضافي عند المنحنيات عن 4% في المناطق التي يتشكل فيها الضباب بكثرة أو التي يتشكل فيها الجليد شتاء.
3. يجري الانتقال من الميل باتجاهين متعاكسين للمقطع العرضي عند الاستقامات إلى الميل باتجاه واحد نتيجة العلو الإضافي عند المنحنيات بشكل انسيابي ضمن مسافة تسمى المسافة الانتقالية تكون عادة هو طول المنحني الانتقالي.
4. يجب أن تتم عملية التدوير "الرفع الإضافي" على كامل طول المنحني الانتقالي في حالة المنحني الانتقالي.
5. أما في حالة عدم وجود منحني انتقالي "منحني دائري فقط" فأن عملية التدوير يجب أن تتم:

تحقق ثلثي قيمة العلو الإضافي اللازمة على الاستقامة التي تسبق المنحني الدائري.

والثلث المتبقي ضمن المنحني الدائري.

نعتمد طول مسافة التدوير "التدريج" في هذه الحالة مساوية لطول المنحني الانتقالي الموافق لنصف قطر المنحني الدائري الذي يحسب بالعلاقة:

$$L = \frac{v^3}{47 * R_m * J}$$

J=0.8 m/sec^2 التسارع الجانبي

عامل القوة الجانبية $\varphi = \mu$ يتراوح بينن 0.05-0.15 وأثناء حساب القيمة الدنيا لنصف القطر وكلما كانت السرعة التصميمية أكبر اعتمدنا قيمة أقل لعامل القوة الجانبية، فعلى سبيل المثال في المواصفات الروسية جرى تحديد R_{min} على أساس $\mu = 0.12$ من أجل السرعات 120-150 km/h

فوائد العلو الإضافي:

- الإقلال من مخاطر انقلاب أو انزلاق السيارة خارج المنعطف بسبب القوة النابذة.
- زيادة ارتفاع المقطع العرضي في المنعطف يسمح بزيادة سرعة السيارة دون خوف، الذي يؤدي إلى تصريف جيد للسيارات.
- اقتصاد في نفقات الصيانة وذلك لأنه لولا وجود العلو الإضافي للمنعطف لزادت حمولة الدولاب الداخلي (بالنسبة للدولاب الخارجي) الأمر الذي يؤدي إلى تخريب الطريق تحت الدولاب الداخلي أسرع من الجزء الذي يمر فوقه الدولاب الخارجي وبالتالي يزداد التخريب على الطريق.

مثال 1:

طريق من الدرجة الثانية بعرض إجمالي 7.50 m ونصف قطر المنعطف R=1500m

والسرعة التصميمية v=120 km/h والمطلوب:

1. إيجاد الميل العرضي المطلوب في المنعطف؟
2. واصل تدريج العلو الإضافي من الميل 3% حتى الميل المطلوب؟
3. تغير مناسيب أطراف الغطاء بالنسبة للمحور؟

علما أن القوة الجاذبية $\varphi = 0.15$

الحل:

لحساب قيمة الميل العرضي الأعظمي من العلاقة:

$$i = \frac{v^2}{127R} - \mu = \frac{120^2}{127 * 1500} - 0.15 = 0.08$$

يحسب فرق الارتفاع بين الحافة الداخلية أو الخارجية بالنسبة لمحور الطريق:

$$H_1 = \frac{b}{2} * i = \frac{7.50}{2} * 3\% = 11.25\ cm$$

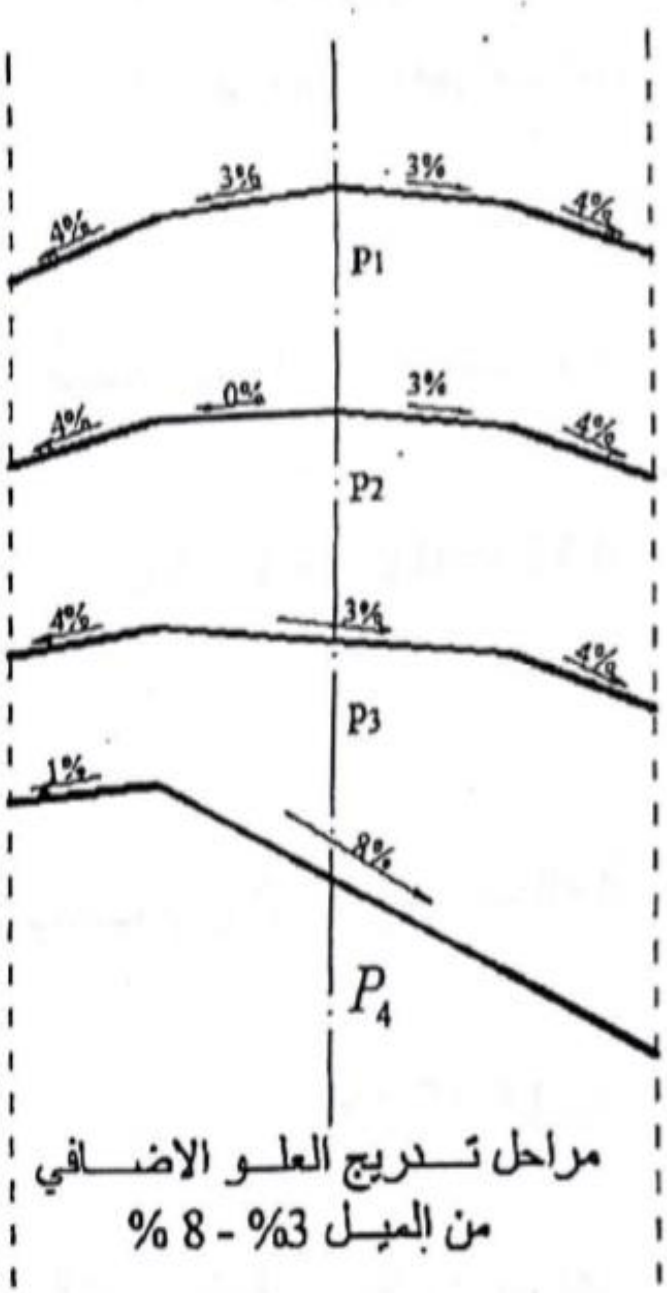
يمثل الرقم السابق فرق الارتفاع بين المحور والحافة الداخلية بينما تنطبق الحافة الداخلية للمسار الداخلي مع الحافة الخارجية للمسار الخارجي (المقطع P1-P2) هو نفسه عند المقطع P1.

عند المنعطف P3:

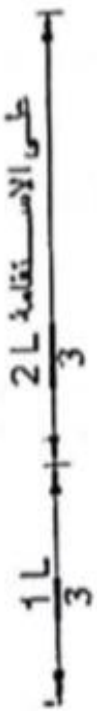
$$H_2 = b * i = 7.50 * 3\% = 22.50cm$$

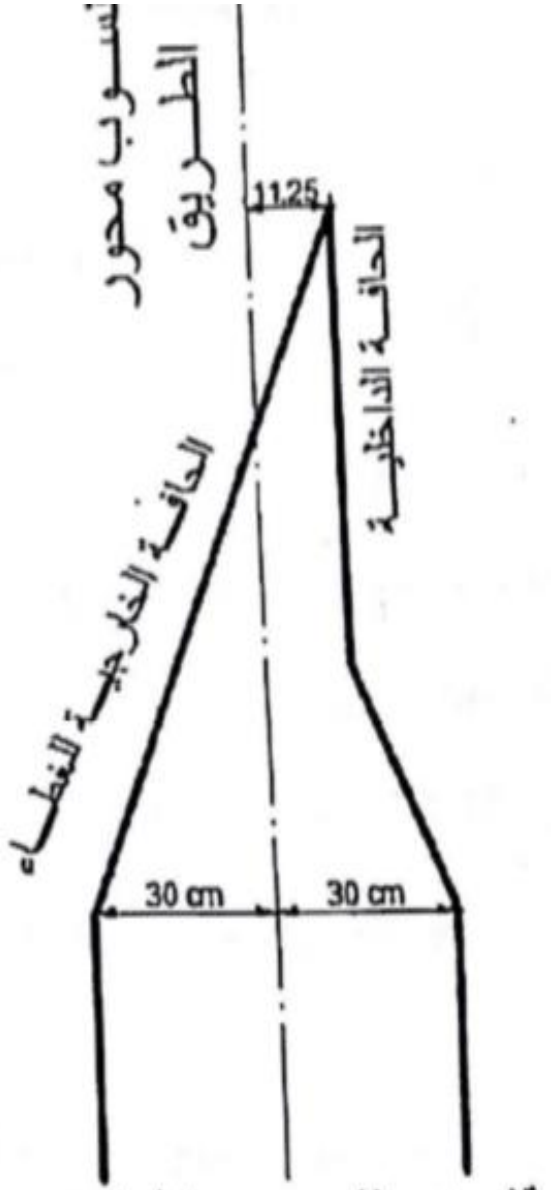
عند المنعطف P4:

$$H_3 = \frac{b}{2} * i_T = \frac{7.50}{2} * 8\% = 30cm$$

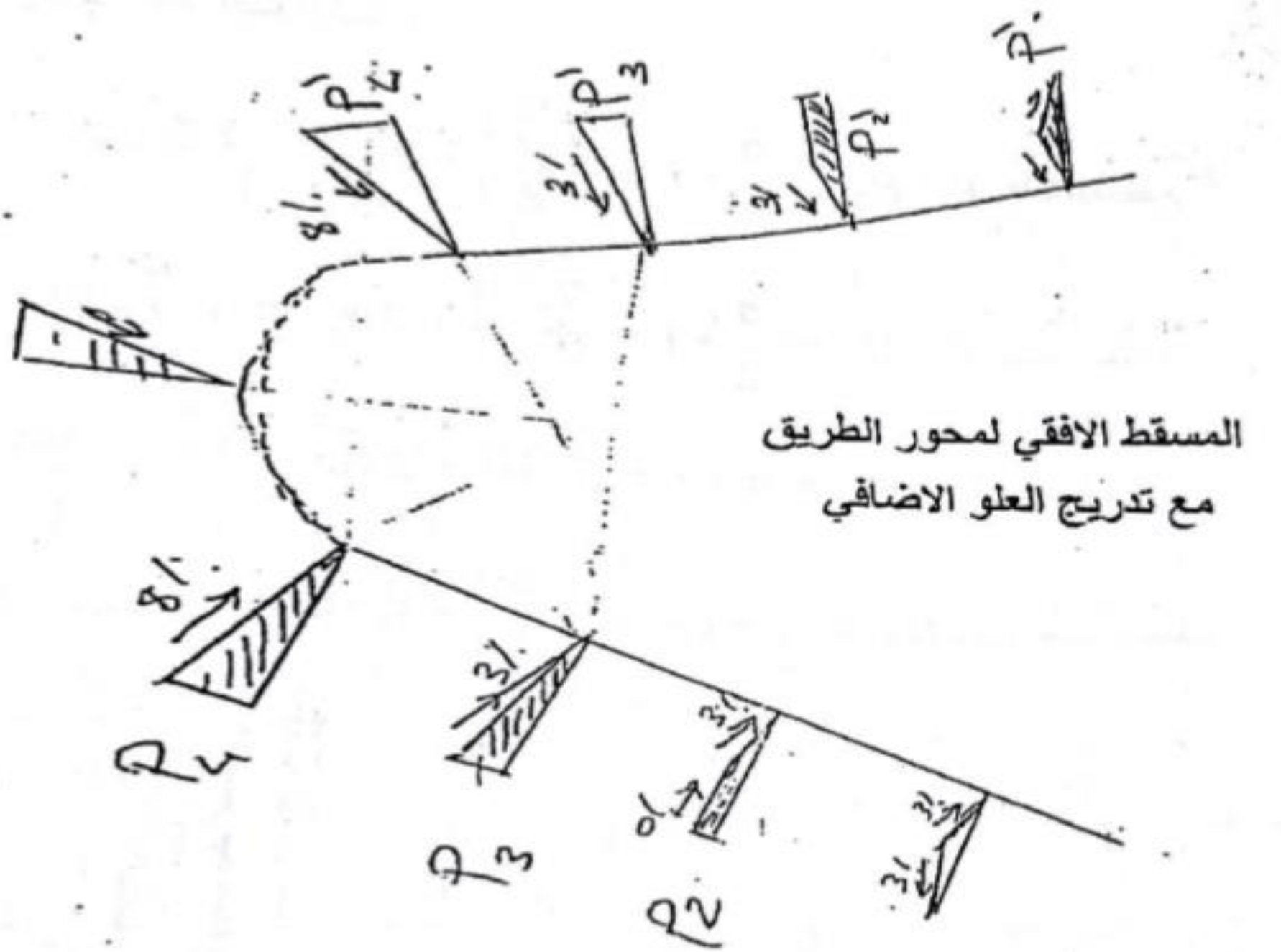


مراحل تـــدريج العلـــو الاضـــافي
من الميـــل 3% - 8 %





تغـــير مناســـيب اطراف
الغطـــاء بالنســـبة للمحـــور



المسقط الافقي لمحور الطريق
مع تدريج العلو الاضافي

مثال 2:

طريق من الدرجة الثانية بحارتي مرور 2*3.75m وبميل عرضي 2%، تم استخدام نصف قطر منحني دائري R=2000m والسرعة التصميمية v=120 km/h وعامل القوة الجانبية $\varphi = \mu = 0.12$ والمطلوب:

1. إيجاد قيمة الميل الأعظمي عند العلو الإضافي؟؟
2. تغير مناسيب أطراف الغطاء وتدرج العلو الإضافي من 2% حتى الميل الأعظمي؟

الحل:

لحساب قيمة الميل الأعظمي من العلاقة:

$$i = \frac{v^2}{127R} - \mu = \frac{120^2}{127 * 2000} - 0.12 = 0.06$$

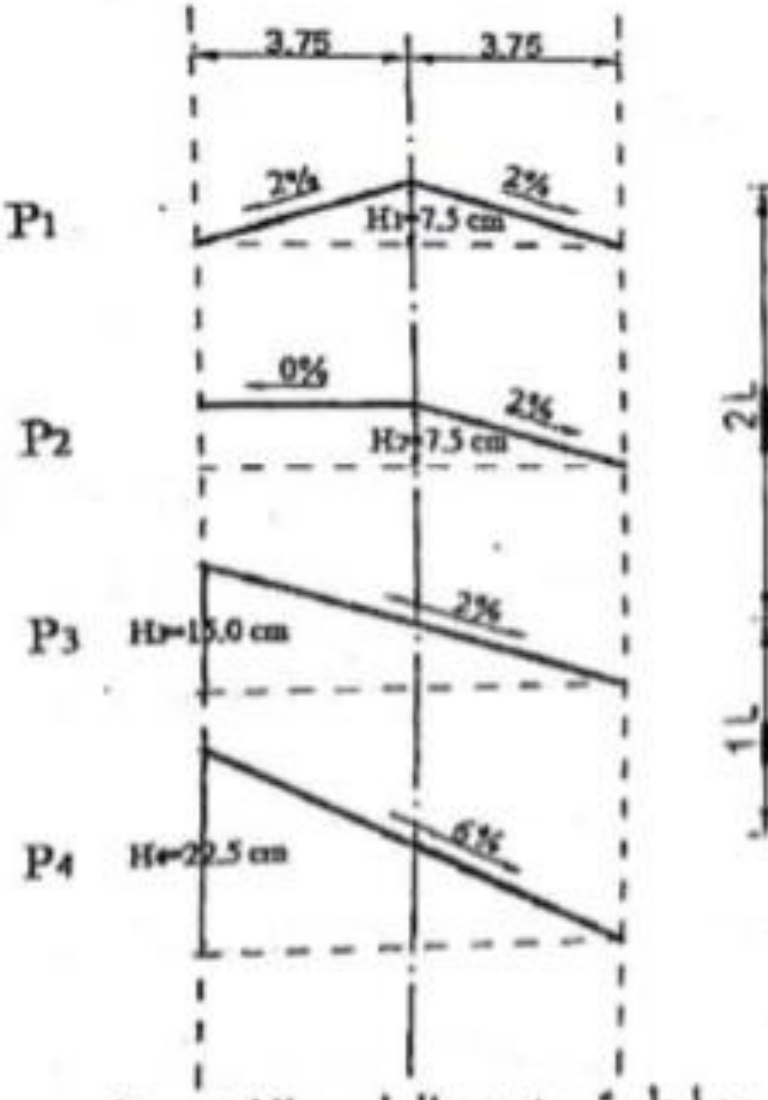
تغير مناسيب الأطراف:

المقطع P1: $H_1 = \frac{b}{2} * i = \frac{7.50}{2} * 2\% = 7.5\ cm$

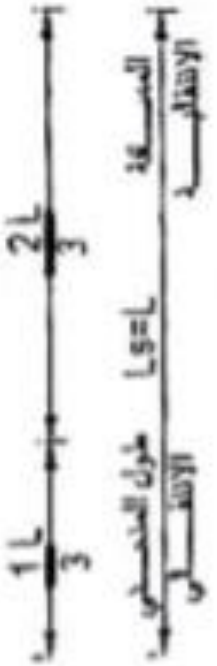
المقطع P2: $H_2 = \frac{b}{2} * i = \frac{7.50}{2} * 2\% = 7.5\ cm$

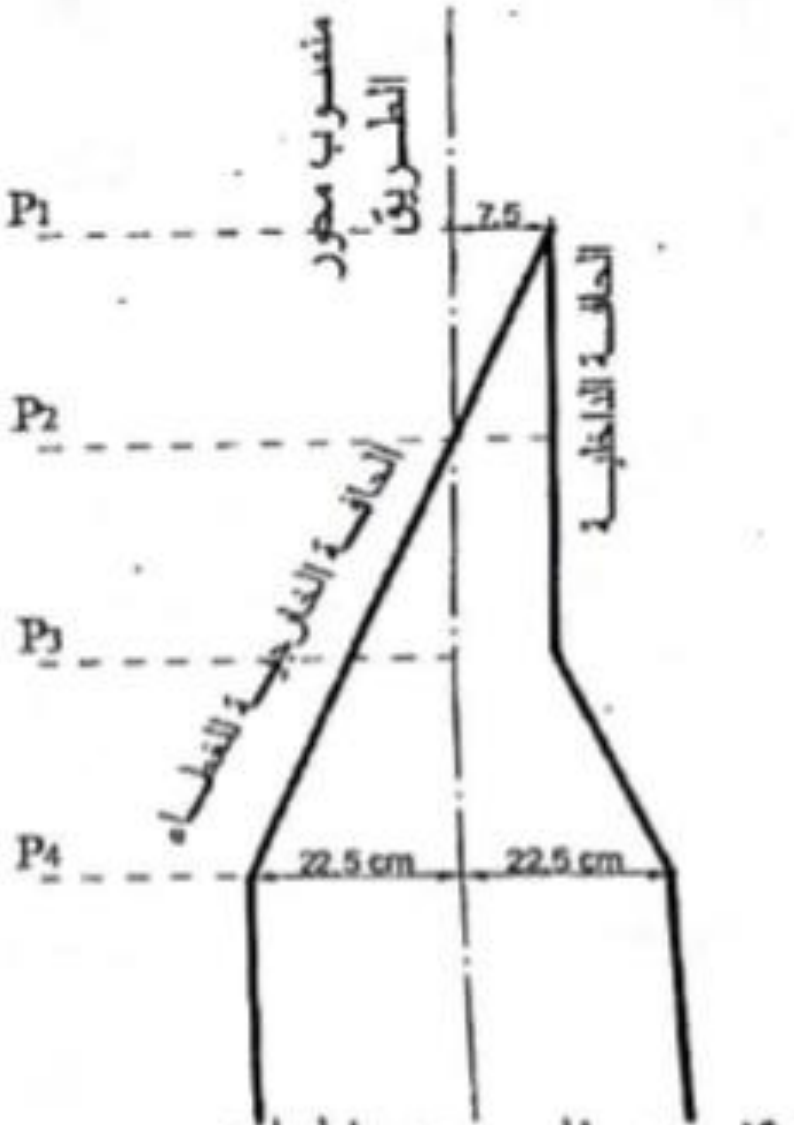
المقطع P3: $H_3 = b * i = 7.50 * 2\% = 15\ cm$

المقطع P4: $H_3 = \frac{b}{2} * i_T = \frac{7.50}{2} * 6\% = 22.50cm$

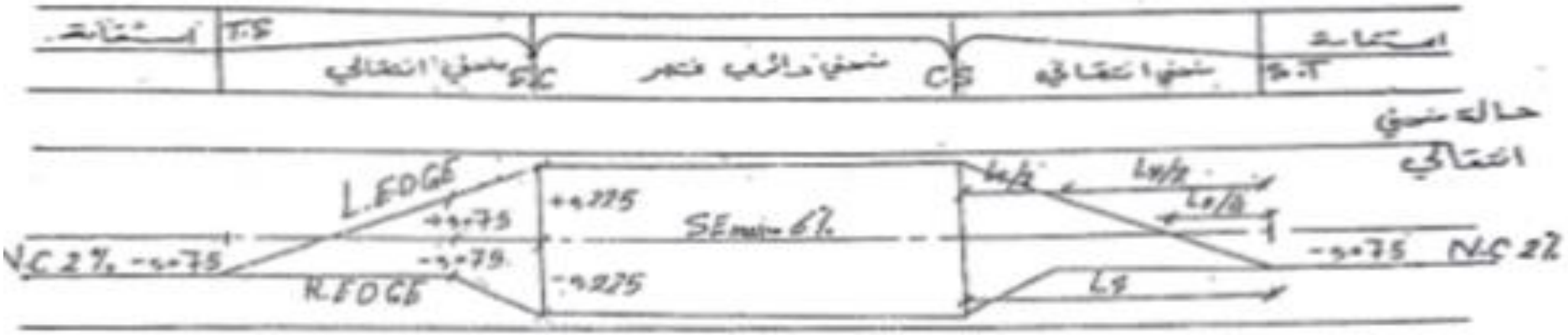


مراحل تـــدريج العلـــو الاضـــافي من الميـــل 2% - 6 %

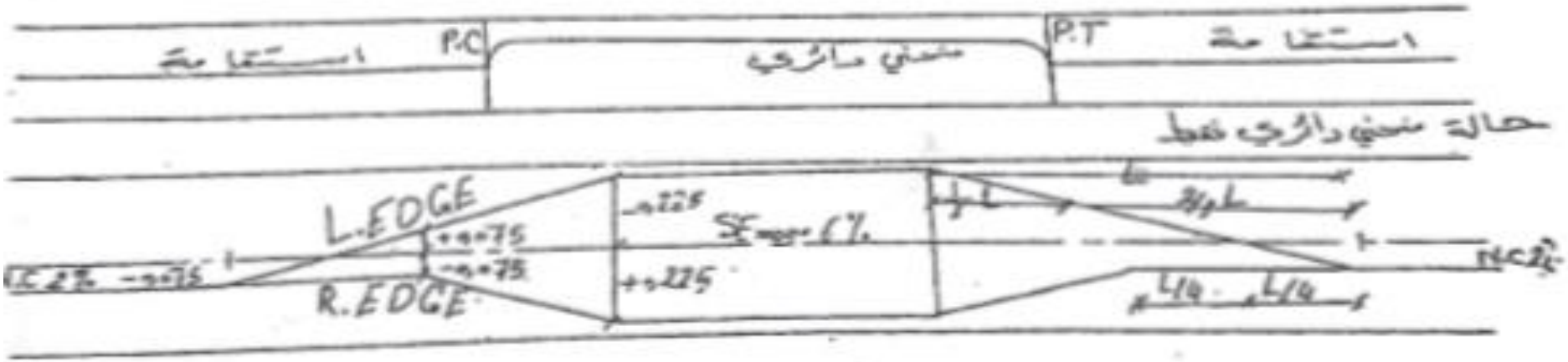




تغـــير مناســـيب اطراف الغطـــاء بالنســـبة للمحـــور



حالة منحني انتقالي



حالة منحني دائري فقط