

鋪面工程

- 公路實體構築分爲：路堤路塹、隧道及橋梁等三類構造，構造分爲下部結構（Substructure）及上部結構（Superstructure）等兩部分。
- 路堤路塹
 - 路堤（embankment）係指填土滾壓而成，路塹（excavation）係指挖掘地面而成。
 - 路堤下部結構係指填土的路床及路基部份，上部結構係指位於路基上的鋪面結構系統（pavement structure system）。
 - 路塹下部結構係指挖掘地面的路床及路基部份，上部結構係指位於路基上的鋪面結構系統。
- 隧道構造
 - 公路採隧道構造時提供車輛承載者爲鋪面，面層結構爲瀝青混凝土或水泥混凝土
 - 下部結構係指開挖回填的仰拱，上部結構係指鋪面結構（面層）。
- 橋梁構造
 - 公路採橋梁構造時，提供車輛承載者爲橋面板，是爲鋼筋混凝土構造
 - 下部結構係指橋墩基礎或橋台部份，上部結構係指橋面板及支承梁等。

鋪面的功用及目標

- 公路的固定設施提供車輛行駛及停靠之用，且達到安全、快速、可靠、便利及大量等服務績效，則有賴鋪面結構提供相關的行車安全及品質。
- 鋪面結構是介於車輛輪胎與路基以上承載層的結構，主要功用在抵抗交通及環境等載重
- 鋪面的組成使作用於面層頂的外部載重，經鋪面結構（面層、底基層及路基等）逐層降低應力及應變，並將外力經傳遞及分佈於路基下的自然土層。
- 鋪面的結構（Structure）及功能(Function)的好壞，會直接影響行駛車輛的行車速度、舒適、安全及運轉成本。
- 現代的公路及市區道路等鋪面需滿足使用者要求，提高行車速率、增加舒適及安全、降低使用費與延長鋪面壽命。

鋪面結構的基本功能

- 鋪面爲提供全天候的行車安全及便利應具備基本功能
 - 鋪面結構的力學強度，承載車輛的輪作用、抵抗鋪面的損壞。
 - 鋪面頂面的不滲透，降低鋪面內部受水或化學藥劑的侵蝕。
 - 鋪面頂的平坦，提供使用者可接受的行車舒適及品質。
 - 鋪面頂的耐久性，提供承受車輛輪胎的磨耗爲最小。
 - 鋪面頂的排水功能，設置良好的表面水排除措施。
 - 鋪面結構組成，爲具有成本效益及較長的壽命。
 - 鋪面頂的反光能力，需能提昇行車時的能見度。

鋪面種類

- 現在常用的鋪面種類，依據面層採用的材料分爲：碎石鋪面、瀝青混凝土鋪面及波特蘭水泥混凝土鋪面等三者，後兩者屬於高級鋪面（High Type Pavement），亦是本單元所談的鋪面工程。
- 碎石鋪面（Broken Stone Road）
 - 係用碎石材料分一層或多層鋪築而成，以石粉及水爲黏結料，黏結碎石及填實碎石間空隙，以壓路機碾壓堅實。
- 瀝青混凝土鋪面(Asphalt Concrete Pavement)
 - 係基底層用碎石級配或處理材料及面層用瀝青混凝土鋪築而成，鋪面結構由下而上分爲路基、基層、底層及面層等組成，以壓路機碾壓堅實。
- 波特蘭水泥混凝土鋪面(Portland Cement Concrete Pavement)
 - 係基層用碎石級配料及或處理材料及面層用水泥混凝土鋪築而成，鋪面結構由下而上分爲路基、基（底）層及面層等組成；基層用壓路機碾壓堅實，面層澆置水泥混凝土時要搗實。

碎石鋪面種類

- 碎石路面依據碎石材料黏結及壓實方式分為交通結碎石路面、水結碎石路面、瀝青結碎石路面及水泥結碎石路面
- 交通結碎石路面
 - 以碎石分數層鋪築，每修築完一層（2.5至5.0公分）之後，即開放通車，令車輛滾壓及雨水等之壓實。俟車輛將碎石層壓實後，再加一層於其上，鋪築至設計厚度，最後以碎石屑整理其路面。
- 水結碎石路面
 - 以碎石為鋪築材料，以石粉及水為黏結料，黏結碎石及填實碎石間空隙，並以壓路機碾壓堅實。
- 瀝青結碎石路面
 - 係按規定將碎石鋪築於路基或底層上，經壓路機壓實後，於表面澆灌瀝青材料，瀝青貫入碎石壓實層之空隙而黏結粒料而成一體。
- 水泥結碎石路面
 - 係按規定將碎石鋪築於路基或底層上，經壓路機壓實後，於表面澆灌水泥砂漿，將水泥砂漿貫入碎石壓實層之空隙而黏結粒料而成一體。

瀝青混凝土鋪面特性

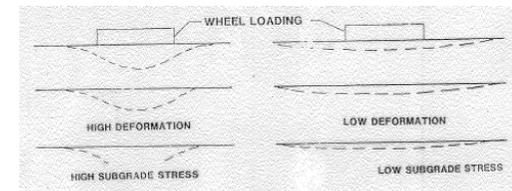
- 瀝青混凝土係由粗細骨材、石粉及瀝青膠泥等經熱拌後而成，由於瀝青膠泥對溫度敏感的材料，冷固的瀝青混凝土當溫度升高後會有軟化現象，易造成材料表面變形。
- 瀝青混凝土鋪面係面層採用瀝青混凝土，因瀝青混凝土冷固後材料勁度及強度較低，較難承受彎曲應力，會隨外載重（車輛輪重或路基沈陷）產生較大的彈性變形及恢復。
- 凡鋪面之面層不能承受彎曲應力，路基結構發生變形時，其上各層亦隨即發生變形，且各結構層均成同樣形狀者，是為柔性鋪面。
- 鋪面結構依賴各層間緊密結合以傳遞載重，以及材料彼此間之鎖扣性（Interlock）、摩擦力（Friction）、黏結力（Bonding）等以維持結構穩定。
- 鋪面所需的結構厚度設計及分析理論，係依據土壤承載原理作應力分析，距離面層愈深的應力愈小，是為層理論。

波特蘭水泥混凝土鋪面特性

- 波特蘭水泥混凝土係由水泥、粗細骨材、水及添加劑等冷拌合而成，波特蘭水泥混凝土對溫度不敏感，硬固後波特蘭水泥不會軟化，在表面不留任何痕跡。
- 波特蘭水泥混凝土鋪面係面層採用波特蘭水泥混凝土，因波特蘭水泥混凝土硬固後材料勁度及強度較高，面層版可承受彎曲應力，會隨外載重（車輛輪重或路基沈陷）產生較小的彈性變形及恢復。
- 凡鋪面之面層能承受彎曲應力，路基結構發生變形時，是利用面層版的勁度及強度抵抗變形，且各結構層的變形不同樣形狀，是為剛性鋪面。
- 鋪面結構依賴面層版分散外載重，經路基以傳遞載重及維持結構穩定。
- 鋪面所需的結構厚度設計及分析理論，係依據版承載原理作應力分析，在面層下的應力為均値，是為版理論。

鋪面結構應力及應變

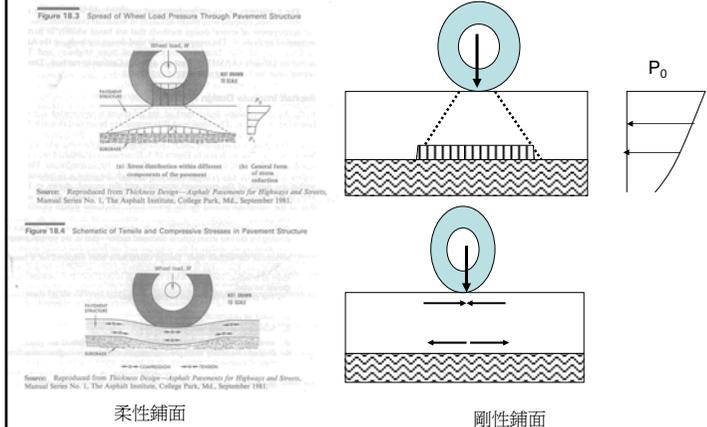
- 柔性鋪面(Flexible Pavement)
 - 依據層承載原理作應力分析，距載重位置愈近應力愈大，距載重位置愈遠應力愈小
 - 距載重位置愈近應變愈大，距載重位置愈遠應變愈小
- 剛性鋪面(Rigid Pavement)
 - 依據版承載原理作應力分析，版分散外載重
 - 在有效半徑內的應力及應變大致相同
 - 在有效半徑外的應力及應變較小



柔性鋪面的應力及應變

剛性鋪面的應力及應變

鋪面結構的載重特性



剛性鋪面種類 (一)

- 接縫式混凝土鋪面 (Joint Plain Concrete Pavement 簡稱 JPCP)
 - 混凝土鋪面不加鋼筋，為求能控制混凝土因溫差及乾縮而產生之不規則裂縫，於固定間隔設置橫向接縫。
 - 接縫間隔為混凝土厚度的24倍（公制），混凝土厚度採英吋而接縫間隔為2倍英呎（英制），版塊長度約為4公尺至6公尺。
 - 接縫加設縱縫筋，面層版使具有更加荷重傳遞功能。
- 接縫式鋼筋混凝土鋪面 (Joint Reinforced Concrete Pavement 簡稱 JRCP)
 - 混凝土鋪面加鋼筋或鋼絲網，使因溫差及乾縮而產生之裂縫密合，於固定間隔設置橫向接縫。
 - 接縫間隔明顯增大，需視鋪面基底層材料及鋼筋之使用量而定，最小為12公尺，一般為30公尺，最大可達60公尺。
 - 接縫加設縱縫筋，面層版使具有更加荷重傳遞功能。

剛性鋪面種類 (二)

- 連續式鋼筋混凝土鋪面 (Continuously Reinforced Concrete Pavement 簡稱 CRCP)
 - 係於混凝土鋪面加入相當數量之連續鋼筋，鋼筋之功能為因溫差及乾縮而產生之裂縫密合，於鋪面不設置橫向接縫。
 - 因溫差及乾縮所形成之裂縫，遂以細微裂縫出現，而非不規則之寬大裂縫。
 - 鋪面不設置橫向接縫，在降雨量大及路基有嚴重侵蝕問題之地區，採用此種鋪面仍持保留態度。
- 預力混凝土鋪面 (Prestressed Concrete Pavement 簡稱 PCP)
 - 係於混凝土鋪面採用預力之連續鋼筋，鋼筋之功能在增加鋪面結構強度與因溫差及乾縮而產生之裂縫密合。
 - 鋪面在預力固定處設置橫向接縫，由於造價較高及需要特殊施工技术，故未被普遍採用。

柔性鋪面的優點及缺點

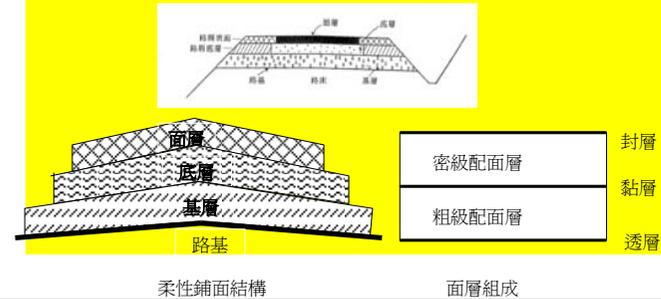
- 優點
 - 適於鋪面結構分期施築。
 - 結合材料種類多，可滿足各重施工需求，達到因地制宜效果。
 - 鋪面結構損壞易於修補。
 - 除高級鋪面外，一般建築費用低。
 - 鋪面結構具有回彈性，增加行車舒適，減少保養費用。
 - 鋪面結構厚度達某程度時，即不受冰凍及水份等影響。
 - 可用全厚度瀝青鋪面結構施築。
 - 施工期間可縮短工期，交通運轉干擾少。
- 缺點
 - 鋪面結構易受溫度影響而變形
 - 鋪面在短期間內需進行鋪面刨除回鋪維護
 - 鋪面易受油類或煤氣等滴落的影響及侵蝕
 - 鋪面結構抵抗外載重能力較差

剛性鋪面的優點及缺點

- 優點
 - 使用年限較久，保養費低。
 - 用作底層極佳，可被將來重鋪面層之用
 - 鋪面顏色明淡，夜間行車具有較佳光線及視線
 - 外載荷重可分佈於較大面積上
 - 可直接鋪築於較弱或含砂質的路基上
 - 外載重牽引阻力低，及可抵抗回轉應力
 - 鋪面不受油類或煤氣等滴落的影響及侵蝕
 - 鋪面平滑，不生噪音及無塵埃發生
- 缺點
 - 施工期間所需工期較長，交通運轉干擾較大
 - 鋪面顏色明淡，日間行車易受光線反射影響
 - 鋪面接縫的填縫料，易受溫度影響及老化

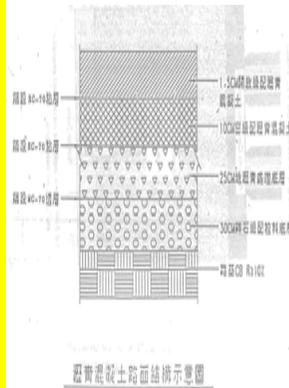
柔性路面結構配置

- 柔性鋪面結構由下而上分為路床 (Roadbed)、路基 (Subgrade)、基層 (Subbase)、底層 (Base)、面層 (Surface)
- 面層可細分為透層、粗級配面層、黏層、密級配面層



柔性鋪面結構組成

- 路床(Roadbed)地面經挖填整平後提供鋪面結構基礎，承受面層傳遞的載重
- 路基(Subgrade)位於路床頂部分，厚度最小為15公分、最大為100公分
- 基層(Subbase)位於路基上底層下，提高承載能力，降低路基單位承載力，減少冰凍作用
- 底層(Base)位於基層上面層下，具有排水能力及提高承載能力，減少上層受地下水干擾
- 面層(Surface)一般為鋪面結構最上層，直接承受外荷重，必須堅固穩定
- 磨耗層(Wearing Surface)高速公路的車道，在面層上加鋪2公分開放級配，提供排水及磨耗之用



鋪面結構層定義 (一)

- 路床 (Roadbed)
 - 路床係指一條公路在路權邊坡範圍內，將地表面經填方或挖方整平後，提供鋪面結構系統施築及承載的基礎，實際承受由面層傳遞而下的載重。
 - 其構造型式分為路堤及路塹等兩者，在路堤 (填方) 路段係指由整平的地表至路基下方部份，其在路塹 (挖方) 路段係指路基下經扒鬆再夯實部份。
 - 本層係在提供鋪面高程達到縱面設計高所需的結構，所用材料種類及條件較鬆，除有機質土、泥碳土或靈敏黏土外，其他土壤均可使用。
 - 構造型式不分路堤或路塹，皆須分層滾壓，其土壤夯實度要求，達到最大乾密度的90%以上，路床頂平整度在4公分以內。
- 路基 (Subgrade)
 - 路基係指位於路床頂上表面部份，與基層或底層相切及相接處，其最小厚度為15公分，最大者為100公分左右。
 - 在分層滾壓時應整理成完整、平滑且均勻的表面，提供鋪面結構基礎及面層施築時的平台。
 - 分層滾壓時土壤夯實要求，達到最大乾密度的95%以上，路基頂平整度在2公分以內。

鋪面結構層定義（二）

- 基層（Subbase Course）
 - 基層係指建於路基上，面層或底層下的一層結構，提高鋪面結構強度，並使鋪面承載均勻分佈，提供鋪面結構底層及面層施築時的平台，減少鋪面結構過度變形，作為面層或底層的基礎。
 - 此層有時可省略，惟在路床軟弱或有嚴重冰凍作用地區，最好能加建此層以降低鋪面結構受霜凍作用，以及路床單位荷重強度。
 - 本層所使用的材料以粒料級配為主，其他處理材料（瀝青、石灰或水泥）為輔，分層滾壓時粒料級配夯實要求，達到最大乾密度的95%以上，基層頂平整度在1.5公分以內。
- 底層（Base Course）
 - 底層係指建於路基或基層上，面層下的一層結構，提高鋪面結構強度，補助面層承載均勻分佈，提供面層施築時的平台，減少鋪面結構過度變形，並可抵抗毛細管及冰凍作用，作為面層的基礎。
 - 本層所使用的材料為處理（水泥或瀝青）粒料級配為主，粒料級配材料為輔，分層滾壓時粒料級配夯實要求，達到最大乾密度的95%以上，基層頂平整度在1.0公分以內。

鋪面結構層定義（三）

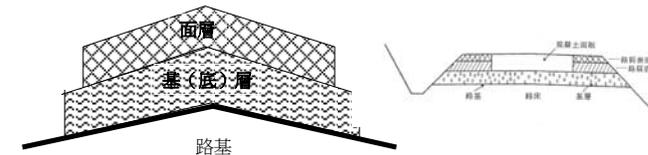
- 面層（Surface Course）
 - 面層係鋪面結構最上一層，建於底層或基層上的一層，直接承受外載荷重。
 - 所用材料必須堅定穩固，才能承受車輛外載重，抵抗車輛輪胎的磨損，適應各種日曬雨淋，並防止面層剝離、裂縫貨車輾產生。
 - 其表面需平順，且能排除路面水，及防止風雨所堆積的塵土。
- 柔性鋪面
 - 本層所使用的材料為瀝青混凝土
 - 分層滾壓時粒料級配夯實要求，達到最大乾密度的98%以上，面層頂平整度在0.3至0.5公分以內。
- 剛性鋪面
 - 本層所使用的材料為波特蘭水泥混凝土
 - 澆置混凝土的夯實要求，面層不能產生蜂窩，面層頂平整度在0.3至0.5公分以內。

柔性鋪面之面層黏結材料

- 透層（prime coat）
 - 係指塗在夯實的路基土壤或級配粒料的基底層上的瀝青材料，其目的在於黏結粒料層與瀝青混凝土或瀝青處理材料，使兩層間受外力時，因有黏結作用減少分離發生。
 - 另一目的，當粒料層未鋪設瀝青混凝土或瀝青處理層前，減少水份滲入粒料層內；或鋪面結構完成後地下水水位升高或下雨時，減少水份滲入基底層的處理材料內。
- 黏層（tack coat）
 - 係指塗在瀝青混凝土或瀝青處理材料上的瀝青材料，其目的在於黏結分層滾壓的瀝青混凝土或瀝青處理材料，使兩層間受外力時，因有黏結作用減少分離發生，加強鋪面結構作用。
- 封層（seal coat）
 - 係指塗在面層的瀝青材料，其目的在於封住瀝青混凝土面層孔隙，阻止及減少因下雨或其他原因的使表面水滲入鋪面結構內，降低鋪面結構損壞，維持鋪面結構完整及使用壽命。

剛性鋪面結構配置

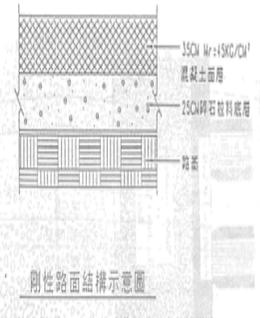
- 剛性鋪面結構由下而上分為路床（roadbed）、路基（subgrade）、基（底）層（subbase（base））、面層（surface）



剛性鋪面結構組成

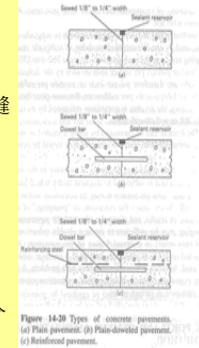
剛性鋪面結構組成

- 結構組成
 - 由下而上為路床、路基、基層(底層)、面層
- 最早剛性鋪面結構由路基及面層組成，後因發生唧水及噴砂現象而破壞
- 於面層下加入基層(底層)，降低鋪面結構損壞及維持服務績效
- 鋪面板不能均勻支撐的原因
 - 土壤膨脹
 - 霜凍作用
 - 唧水及噴砂現象
- 增加基層(底層)穩定，採用石灰、水泥或瀝青添加於級配料，成為處理基層(底層)材料



剛性鋪面型式

- 混凝土版係澆置於平整的基層或路基上，依據鋼筋設置方式分為四種
 - 純混凝土鋪面(Plain Pavement)接縫間隔約4.5公尺
 - 綴縫筋鋪面(Plain Doweled Pavements)接縫間隔不超過6公尺
 - 接縫式鋼筋混凝土鋪面(joint Reinforced Pavements) 接縫間隔達12公尺
 - 連續式鋼筋混凝土鋪面(Continuously Reinforced Pavements)面層版只有施工縫
- 水泥混凝土板彎曲後有產生裂縫傾向，相鄰版提供荷重傳遞(load transfer)，分為骨材內鎖或綴縫筋



鋪面結構設計

- 鋪面結構設計包括幾何線形、結構組成及材料選擇
- 幾何線形
 - 決定鋪面之橫斷面及平縱面線形，包括橫向坡度及超高，安排地面及地下排水流向
 - 本項作業需配合路線幾何設計之標準
- 結構組成
 - 決定鋪面結構組成(摩擦層、面層、底層及基層)種類及厚度，亦稱為厚度設計
 - 本項作業需配合柔性鋪面或剛性鋪面設計手冊之規定
- 材料選擇
 - 決定各鋪面結構層材料之規格或配比，亦稱為材料配比設計
 - 本項作業需配合柔性鋪面或剛性鋪面施工規範之規定

鋪面結構設計考慮因素

- 設計年限—目標年其多長，鋪面結構為一次鋪築或分階段鋪築
- 交通—交通量、交通組成、方向分配因子、軸重、車速、車道分配率
- 路基土壤—承載力、土壤性質、收縮及膨脹
- 結構材料—物理性質、力學性質、溫感性、耐久性
- 地區自然環境—降雨量、氣溫、地下水位、地面及地下排水
- 工程成本—建造成本、養護成本
- 可靠度—設計的鋪面結構達成期望目標之機率
- 其他因素—安全性、行車舒適度、施工技術、施工機械、環境保護

鋪面結構設計程序

- 分析年限—10年、20年或30年依據實際狀況而定
- 交通量—依據交通調查資料預測目標年交通組成及總量，計算鋪面設計的軸重當量數
- 方向及車道因子—預測交通量分單向或雙向需方向因子，雙車道以上道路需要車道因子
- 標準軸當量—車輛軸重為18,000lb為基準，目標年的ESAL
- 服務績效水準—新建開放通車時的服務指數，鋪面養護時的服務指數
- 可靠度—因設計、材料製造及施工等因素影響鋪面結構的服務績效程度，可靠度愈高表示品質愈佳
- 路基土壤承載特性—路基材料之力學性質及強度
- 鋪面結構材料承載特性—結構組成各層的材料力學性質及強度
- 鋪面結構組成分析—經查表或計算公式求得結構厚度，依據結構材料特性設計各層的厚度

柔性鋪面結構設計方法

- 柔性鋪面厚度設計方法甚多，無論採用圖或公式，大部分均係來自實際工程經驗及統計成果。
- 柔性鋪面結構的承載，當外載重作用於鋪面後，應力分佈面積愈往下愈大，而應力強度愈小。
- 鋪面結構所承受之壓力與深度成反比，面層以下各層所用之材料可較其上層所用者為差
- 常用的設計方法
 - 土壤分組指數(GI)
 - 加州承載比(CBR)
 - 土壤阻力值(R)
 - 彈性模數(M_R)
 - 美國州公路暨運輸官員協會(AASHTO)

柔性鋪面結構的影響因子

- 交通荷重(Traffic Loading)
 - 交通組成、軸重、軸重組成、胎壓及接觸面積
- 材料特性(Material Characteristics)
 - 路基土壤性質與承載能力
 - 鋪面材料品質及承載特性
 - 抵抗反覆載重的效果
- 氣候或環境(Climate or Environment)
 - 氣溫大小與變動影響材料某些性質
 - 低氣溫及變動與霜凍及凍溶作用相關
 - 含水量影響許多材料行為及績效
 - 路基土壤飽和含水量會產生體積改變

土壤分組指數(GI)設計法

- 利用AASHTO土壤分類法評估路基強度，應用到篩分析之百分數、液性限度及塑性指數等計算分組指數 (Group Index)，以之判定土壤之類別。
- 交通量分類標準

交通量分類	每日每車道最多交通量 (輛)	
	小客車及輕型貨車	大型貨車及大客車
輕級	25	5
中級	500	25
重級	無限制	250

- 瀝青面層及碎石底層之最小厚度
 - 輕級交通量20公分
 - 中級交通量20公分
 - 重級交通量25公分

加州承載比(CBR)設計法

- 加州承載比(CBR)設計法採用美國瀝青學會1969年出版之手冊，鋪面厚度設計內容
 - 利用加州承載比 (California Bearing Ratio簡稱CBR) 試驗評估路基強度，加州承載比試驗乃路基土壤或級配粒料之承載力與一種優良級配碎石承載力 (2000psi) 之百分比。
 - 本法需作路基土壤之CBR試驗，試體需浸水48小時後進行測試，求得路基CBR值。
 - 設計年限為20年，依據路基CBR值及設計每日交通當量求得瀝青混凝土總厚度，厚度設計範圍10cm至46cm。
 - 鋪面結構組成與各層厚度，依據各層結構係數及特殊規定等，決定鋪面層厚度。
- 交通量分類
 - 輕級之設計交通當量 (DTN) 小於10。
 - 中級之設計交通當量 (DTN) 小於10 ~ 100。
 - 重級之設計交通當量 (DTN) 小於100 以上者。

土壤阻力值(R)設計法

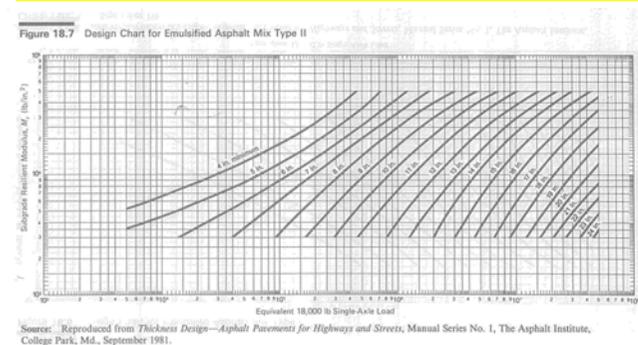
- 土壤阻力值(R)設計法採用美國瀝青學會1969年出版之手冊，鋪面厚度設計內容
 - 利用威氏 (Hveem) 穩定試驗評估路基強度，土壤阻力R (Soil Resistance Value) 為土體承受垂直壓力後，此壓力將等量的傳佈各方向。而能傳遞壓力者無阻力，故側壓力與土壤阻力成反比，土壤阻力值在0至100間。
 - 本法需作路基土壤之R試驗，求得路基R值。
 - 設計年限為20年，依據路基R值及設計每日交通當量求得瀝青混凝土總厚度，厚度設計範圍10cm至43cm。
 - 鋪面結構組成與各層厚度，依據各層結構係數及特殊規定等，決定鋪面層厚度。
- 交通量分類
 - 設計交通當量同加州承載比(CBR)設計法

彈性模數(M_R)設計法

- 彈性模數(M_R)設計法採用美國瀝青學會1981年出版之手冊，鋪面厚度設計內容
 - 利用三軸土壤試驗評估路基強度，土壤彈性模數(M_R)為土體承受反覆垂直壓力後，使土體因孔隙水壓力產生破壞，測得土壤彈性模數(M_R)值。
 - 本法需作路基土壤之(M_R) 試驗，求得路基 M_R 值。
 - 設計年限一般為20年，可依據設計另訂設計年限。
 - 依據路基 M_R 值及18k單軸載重當量數求得瀝青混凝土總厚度。
 - 鋪面結構組成與各層厚度，依據各層結構係數及特殊規定等，決定鋪面層厚度。
- 交通量分類
 - 交通量依據設計年限預估累加車輛載重，各種車輛載重皆以18k單軸載重 (EAL) 為基準
 - 交通量無區分輕級、中級及重級

瀝青協會(AI)設計圖

- 1981年出版之第九版全厚度瀝青混凝土設計圖
- 水平軸為交通量 (EAL累計值)、垂直軸為路基土壤強度
- 厚度設計曲線由4in (10cm) 至24in (60cm)

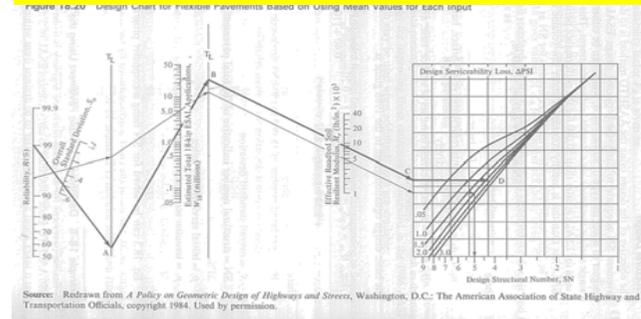


美國州公路暨運輸官員協會(AASHTO)

- 美國州公路暨運輸官員協會依據AASHTO道路試驗資料，研究車輛載重大小及次數，鋪面結構情況，路基土壤承載值等對鋪面服務績效 (pavement service performance) 的影響，利用統計回歸分析求得柔性鋪面設計公式及圖。
- 鋪面厚度設計內容
 - 利用三軸土壤試驗評估路基強度，土壤彈性模數(M_R)為土體承受反覆垂直壓力後，使土體因孔隙水壓力產生破壞，測得土壤彈性模數(M_R)值。
 - 本法需作路基土壤之(M_R) 試驗，求得路基 M_R 值。
 - 設計年限一般為20年，可依設計另訂設計年限
 - 依據基年交通組成及年成長率，計算目標年之ESAL總數
 - 依據路基 M_R 值及18k單軸載重當量總數求得瀝青混凝土總厚度。
 - 鋪面結構組成與各層厚度，依據各層結構係數及特殊規定等，決定鋪面層厚度。

AASHTO設計圖

- 鋪面厚度設計參數
 - 可靠度 (80~95%)
 - 18k單軸載重當量之預估總數
 - 路基土壤彈性模數
 - 設計服務效用損失

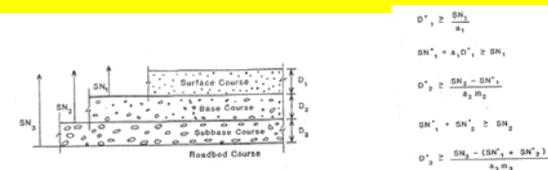


柔性鋪面的全厚度設計

- 柔性鋪面的全厚度設計，係指路基以上的鋪面結構只採瀝青混凝土或瀝青處理材料，不採用任何粒料層
- 全厚度設計的優點
 - 承受鋪面應力之能力較強
 - 能改進鋪面之行車品質
 - 不受冰凍及濕度所影響
 - 施工較不受嚴酷氣候的影響，所需時間較短
 - 適用於分階段施工
 - 鋪面所需之厚度較薄，對管線之妨礙較少，由適用於市區道路之鋪設
- 柔性鋪面的結構組成，由下而上分為路基、基層、底層及面層等
- 基層材料採級配料料為主、處理材料為輔，底層材料採處理材料為主、級配料料為輔

柔性鋪面結構組成計算

- 鋪面設計結構係數SN表示鋪面所需結構強度
- 鋪面結構組成依設計結構數值來計算各層厚度
 - 依據鋪面各層材料強度給於層結構係數， a_1 (0.42) 為面層、 a_2 (0.14) 為底層、 a_3 (0.11) 為基層
 - 各層厚度， D_1 為面層、 D_2 為底層、 D_3 為基層
 - 各層厚度乘層結構係數為各層結構厚度並加總之， $SN = D_1 \times a_1 + D_2 \times a_2 + D_3 \times a_3$ ，所得的鋪面設計總結構厚度值，公制的SN值需乘於2.54
 - 以層理論分析所得鋪面總結構厚度值作為檢核，以確定鋪面結構組成及厚度是否合乎要求。



剛性鋪面設計方法

- 剛性鋪面厚度設計方法甚多，無論採用圖或公式，大部分均係來自實際工程經驗及統計成果。
- 剛性鋪面受車輛外載重後，面層將因彎曲變形產生撓曲應力，由於水泥混凝土抗壓性質良好，而抗張性質不佳，面層受壓不致破碎損壞，但受撓曲張力而破裂，剛性鋪面結構厚度設計主要考面層材料的撓曲強度。
- 剛性鋪面結構僅須面層具有足夠的強度，以抵抗車輛外載重的重複作用，為降低唧水現象及結構損壞，在路基上鋪設基底層。
- 厚度設計所需的土壤承載值(k)，係依據路基與基層所組成之承載力，使用路基反應係數k值加以衡量。
- 常用的設計方法
 - 波特蘭水泥協會(PCA)
 - 美國混凝土協會(ACI)
 - 美國州公路暨運輸官員協會(AASHTO)

剛性鋪面結構的影響因子

- 交通荷重(Traffic Loading)
 - 鋪面服務期間的重軸車輛的數量及載重
- 材料特性(Material Characteristics)
 - 混凝土強度以抗彎強度為主，破裂模數採梁試體及三點荷重試驗，材料齡期為28及90天
 - 路基或基層力學性質採土壤反應模數k值
- 氣候或環境(Climat or Environment)
 - 路基土壤飽和含水量會產生體積改變
 - 路基土壤多餘水份產生唧水造成基礎侵蝕
- PCA剛性鋪面設計準則
 - 疲勞(Fatigue)反覆載重使鋪面應力小於0.5
 - 沖蝕(Erosion)混凝土版角或邊的變形控制

波特蘭水泥協會(PCA)設計法

- 波特蘭水泥協會依據版理論、輪荷重位置、現場試驗結果及經驗等建立PCA剛性鋪面設計方法，設計標準分為疲勞及侵蝕。
- 疲勞分析
 - 使鋪面車輛重複作用的鋪面應力在可接受限度內，防止疲勞裂縫產生
 - 疲勞分析以累積交通荷重在橫向接縫版端應力為基準，不含溫度及水份變化的撓曲作用
 - 允許的荷重重複次數依據混凝土地彎曲應力與強度比例而定，當比例小於0.55時混凝土可承受無限次數而不失敗，PCA將比例降為0.5
- 侵蝕分析
 - 限制版角隅及接縫的撓曲效果，來控制路基材料的侵蝕及接縫高差為最小
 - 侵蝕分析為假設6%貨車的外側輪行駛於外車道邊0.6m處
 - 計算鋪面角隅及接縫的超額撓曲效果，例如唧水現象、基礎侵蝕及接縫高差
- 面層厚度需符合疲勞及侵蝕分析的和要小於一

美國混凝土協會(ACI)

- 水泥混凝土直接澆注於地面上，底層所夯實的碎石級配，提供面層的均勻支撐及排水。不均勻沈陷及超載可能引起裂縫產生，而限制收縮及體積改變同樣產生裂縫。
- 板塊承受集中荷重分析
 - 版塊角隅輪荷重，混凝土臨界應力位於面層版頂的張力
 - 距離版端適當位置的輪荷重，混凝土臨界應力位於面層版底的張力
 - 版中間位置的輪荷重，混凝土臨界應力位於荷重下面層版底的張力
- 依據面層承受外荷重所產生的張力，假如計算的張應力大於混凝土允許張力，則需增加面層厚度或提供鋼筋。鋼筋提供所有張力，且安裝於板塊受荷重產生的張應力區內。
- 鋪面厚度設計被要求，在外荷重所產生的最大張應力應小於混凝土允許張力，而發展出一套水泥混凝土鋪面設計方法(ACI committee 325 concrete pavement)。

美國州公路暨運輸官員協會(AASHTO)

- 美國州公路暨運輸官員協會依據AASHTO道路試驗資料，利用統計回歸分析求得剛性鋪面設計公式及圖。
- 鋪面厚度設計內容
 - 鋪面績效， P_o 為4.5， P_t 在主要公路為2.5、次要公路為2.0。
 - 路基強度，級配粒料或穩定材料。
 - 基層強度，路基回彈模數季節效應，基層材料及厚度，基層潛在侵蝕效應及路基下3m路床情況
 - 交通量，設計年限一般為20年，依據基年交通組成及年成長率，計算目標年之ESAL總數
 - 混凝土性質，材料強度以28天齡期為基準，材料彎曲強度為 $35\text{kg/cm}^2(500\text{psi})\sim 49\text{kg/cm}^2(700\text{psi})$
 - 排水係數，排水情況係鋪面績效公式的因子 C_d
 - 可靠度，為交通及績效等預測的可能不確定性， $S_o=0.45$ 、 $R=95\%$ 、 $Z_R=-1.645$ 。