Prof. Shamsul Sir

CE 451

28/8/16/Sun

Transportation Engineering II

(1)

Syllabus:

* Pavement Design

* Pavement Design ↳ eqn নাই, Nomograph থাকে based on performance → Imperical Design

* Sub-imperical → Hybrid of analytic and observational science

* Authority → AASHTO

Highway Pavement

* Airport, seaport এর জন্য pavement design থাকে - Heavy Duty Pavement

What is a Pavement?

→ Multilayer superimposed system

* Natural soil এর subgrade বলে

* Improved subgrade – naturally খারাপ ছিল, বাইরে থেকে ভাল material নিয়ে আসলে
  – subgrade এর উপরে, subbase এর নিচে

* Subbase – composed of granular material
  – void বেশি, density কম

* Base course – ছোট granular material
  – void কম, stiffness বাড়বে
  – load carrying capacity বাড়বে

* Surface / wearing course – binding material
  ↓
  adjust করতে হয়
  – fine হবে, max^m density যাতে achieve করা যায়
  – সবচেয়ে বেশি stress concentration নিয়ে distribute করে দেয় foundation এর load bearing capacity র কাছাকাছি পর্যন্ত

* Pavement = layer + shoulder (without shoulder কখনও pavement হবে না)

* Shoulder কিসে road নিচে বা side এ আসতে পারবে না

* Long lasting pavement → Engineering Pavement

Function and Desirable characteristics of pavement:

⇒ Waterproof না হলে subgrade এর performance কমে যাবে so dry রাখতে হবে।

* Capillary Rise Potential → Soil embankment এর পানি water যেভাবে vertically against the gravity পানি উপরে উঠতে পারে, বাংলাদেশের soil এর 1-1.5 ft rise হতে পারে।

⇒ vertical & lateral drainage both consider করতে হবে।

⇒ Impervious layer হতে হবে।

Requirements of Pavement structure:

* Wheel घूमते, movement रुकते नहीं → slip
* " " नहीं, " " → skid (Surprise situation में hard brake apply करते)

Pavement History:

* Introduction
  - Elephant का road में सभी all weathered road
* Roman roads
* Telford
* Macadam

* Rocky Mountain → Boulder → Shingle/gravel → Pre-gravel
  ↓
  Sand – Coarse
  – Fine
  ↓
  silt
  ↓
  Clay
* Rounded aggregate में load bearing capacity नहीं,
* Blasted agg. crushed boulder में as blasted agg. angular shape में होता, crushed boulder में one side rounded होता,

CE 451 04/09/16 | Sun

(2)

Early Portland Cement Concrete pavement :

- edge confinement না দিলে road durable হয় না।

- camber or crowning করে transverse drainage এর ব্যবস্থা করি।

- flat terrain এ longitudinal drain করা যায় না, side drain করা হয়।

- ছোট block এর vibration করলে হয় joint এ, বড় block use করে joint কমাতে পারি

Pavement types

* Classification of Pavements (pg-8)

• Unbound pavement - binding material নাই, low-cost pavement

- concrete pavement panel কেন্দ্র বানানো হয়

↓

rigid pavement (fit and forget)

* Bituminous pavement → Maintainable pavement (flexible pavement)

↓

creep load নিতে পারে না

↓

(long duration load)

* Interlocking blocks (ILB) → performance rigid এর মত

→ semi-rigid pavement বলা হয়

Where you can suggest semi-rigid pavement?

⇒ airport & seaport

Flexible Pavement

- Rigid pavement এ local deformation হয় না, load wider area তে distribute করে দেয়

- Flexible pavement is very sensitive to subgrade. load চলে গেলে deformation recover করে, তাই flexible pavement এর aggregate ভাল হতে হবে।

- Rigid pavement এ aggregate বেশি load নেয় না,

- Angular agg. gives interlocking resistance

What is the load carrying mechanism of flexible pavement?

⇒ intergranular friction & interlocking resistance
↓ ↓
from roughness from angularity

- flexible pavement এ shingles use করতে পারে না, 100% healthy agg. use করতে হবে।

25/09/16 | Sun

CE 451

(3)

⊞ Structure of Flexible Pavement :

* CBR → California Bearing Ratio. CBR যত বেশি হবে soil তত ভাল।

* Wearing course এর নিচের soil হল সবচেয়ে best type of soil as stress concentration বেশি হয়

* Improved Sub-grade → এর embankment এর fill material. Required for BD. as our land is formed by alluvial deposit. So to avoid flood, we need embankment

* Best material will be at top.

* Wearing course → Black top. not structural layer. Binding layer হচ্ছে structural layer.

* 3" এর মধ্যে 2.5" → Binding course (load carry করবে)

0.5" → Weaning " (seal করে দিবে যাতে vertically drainage না হয়)

* Nominal Aggregate → সবচেয়ে বড় size এর agg.

* Silt এর void cement দিয়ে and cement এর void fume দিয়ে fill up করা হয়।

* Well graded agg → বড় size এর agg. এর void immediate ছোট size এর agg. দ্বারা fill up করলে

* Open " " → fine particle বেশি থাকবে, coarse " কম " "

* Bitumen → deliverately 2% void রাখতে হবে, temp. বাড়লে soft হয়ে যায়, binder উপরে চলে আসে

* Dense graded → Impervious

* Gap graded → Stone to stone contact

  • SMA - Stone Matrix Asphalt (Stone to stone contact)

* Full depth → WC ছাড়াও নিচের layer গুলোতেও Bitumen দেয় ফলে thickness কমে যায়,

* Partial " → 99% Bitumen ই WC ১ দেওয়া হয়, material cost কম, thickness বেশি,

⊞ Rigid Pavement:

→ load নিবে panel slab এর- মত, নিচে বি subgrade condition এসটার উপর তেমন dependent না,

* Subgrade extremely poor হলে optional layer দেয়া হয়

* 2 types of joint based on direction of traffic.

* Dowel bar
  - Size 32 mm থেকে start হয়ে to 60 mm
  - transverse joint এ থাকে

* Edge এ load আসলে load transferring device হিসেবে dowel bar 50% পরিমাণ slab এ transfer করে দেয়, তখন আর cantilever হিসেবে act করবে না।

* dia যত বেশি হবে তত বেশি shear strength হবে। shear failure হবে cross section বরাবর।

* Tie bar → load আসলে রাস্তার crown সরে যেতে চাইবে, so monolithically tie bar দিতে হয়। Deformed bar দেয়া হয়। এখানে rod tension এ থাকবে। So ছোট dia র rod দেয়া যাবে।

* Equilibrium panel size 6.1 m, weather এর attack করতে পারে না।

Dowel bar, Tie bar & Temparature reinforcement এর কাজ কী?

Types of Rigid Pavement

CE 451

02/10/16/Sun

(4)

Joint types :

- Contraction joint
- Expansion "
- Construction "

* Contraction joint এ $\frac{1}{4}$th depth কেটে দিতে হবে তাহলে shrinkage crack যে জায়গায় develop করবে

* construction joint created by formwork. load transfer করতে চাইলে dowel bar দিতে হবে।

* contraction joint এ load transfer হয় by aggregate interlocking.

* Expansion gap থাকলে pavement blow up হয় or gap এর ভিতর solid material trap থাকলে

* Jointless rail line for high speed train. এখানে sleeper concrete এর instead of wood and elastic spike আছে instead of nail. So welded rail is used.

* Teeth joint - laterally sway করতে দিবে না।

* Isolation joint - pavement এর সাথে কোন additional জিনিস embedded হলে, joint এ thickness বাড়াই দিতে হয় (thickening edge)

* Skew joint দিলে dowel bar দেয়া লাগে না, same for staggered joint.

* Slab thickness যত ছোট হবে, panel size তত ছোট হবে।

* Aspect ratio 1:25 এর মধ্যে হতে হবে, square এর অন্তর্বিধা হল joint বেশি হয় so rectangular form এ দেয়া হয়।

* But joint → 100% vertically কাটা

* Tee " → one depressed, other embedded into it

* Odd shape joint → 2 ft এর নিচে construct করা যাবে না
→ periphery র সাথে 90° angle হবে যাতে কোন acute angle না হয়

* Sealing joint → 6mm বড় দিতে হবে যাতে summer time এ expand না করে surface এ না আসে
→ sealant joint (figure)

CE 451

16/10/16/ Sun

(5)

Comparison between Flexible and Rigid pavement:

(CT Next week, Pg - 26 to 37)

* Flexible pavement is sensitive to subgrade performance.

* Flexible pavement ↳ round aggregate ব্যবহৃত হয়, it is sensitive to aggregate type, gradation & quality.

Rigid pavement ↳ even shingles use ব্যবহৃত হয়,

* Concrete pavement ↳ 50% aggregate হয় সাশ্রয়, maintainance কম লাগে,

oncrete pavement environmental friendly

r. to aggregate requirement.

* Fatigue failure – repetitive load ও continuous failure

* Rutting – post consolidation

* Shear failure – বড় load আসলে tear up হয়

* life cycle cost = construction cost + maintainance cost

* Concrete pavement ও spalling হলে concrete দ্বারা fill up করলে বোঝাযায় কিভাবে না as old and new concrete differentiate হয়।

* Urban area তে rigid pavement expected না, as utility line টানতে খোঁড়াখুঁড়ি করতে হয়, structural integrity নষ্ট হয় for rigid pavement. so flexible pavement use হয়।

* Bitumen and aggregate nearly same temparature ও mix করতে হবে otherwise seggregation হবে।

• Environmental condition (correction in pdb)

* Fuel Saving

* Approach ও concrete pavement দিয়ে হয়।

* Flexible pavement capitally intensive.

* Curing করি যাতে ভিতরের পানি দ্রুত না হয়

06/11/16/Sun

CE 451

(6)

Perpetual pavement

Considerations of perpetual movement

Use of Polymer Modified Binder (PMB)

13/11/16 | Sun

CE 451

(7)

Pavement distresses :

Flexible pavement

* Fatigue failure

⇒ time dependent repititive load এর ফলে যে failure . pavement bottom থেকে failure start হয়, structural integrity নষ্ট হয়ে যায়, (alligator crack)

⇒ repair ছোট হলে seal করা, বড় হলে remove and replace

* Bleeding

⇒ Glossy and slippery, longitudinally to vehicle movement.

⇒ Summer time এ soft হয়ে paste হয়ে উপরে উঠে আসে

⇒ design এ সাধারণ 4% void রাখতে হয়

* Block cracking

⇒ ছোট ছোট irregular crack (Shrinkage crack)

bitumen binder bad quality হলে means binder এ problem হলে

⇒ Water infiltrate করে নিচে চলে যাবে so Subgrade খারাপ হয়ে যাবে

* Corrugation and Shoving

⇒ Shoving – irregular heaving

⇒ heavy loaded গাড়ি চললে, angularity বেশি থাকলে

⇒ Corrugation – 90° driving direction এর সাথে heaving

* Depression

⇒ thin lamination of water between tyre and pavement.

⇒ নিচের layer ভাল করে compaction হয় নি

* Joint reflection cracking

⇒ Joint पर movement पड़ जाना

* Longitudinal cracking

* Patching

⇒ mode of stress में

* Polished aggregate

* Potholes

* Raveling

* Rutting

* Slippage cracking

* Stripping

* Transverse Cracking

* Repair techniques

- Fog seals
- Slurry seals
- Micro-surfacing
- Crack sealing
- Patch work steps

Rigid Pavement Distress:

Blow up

Corner break

Durability cracking

Faulting

Joint load transfer system deterioration

Linear cracking

Reactive aggregate distress

Spalling

Shrinkage cracking

Polished aggregate

Pumping

Punchout

Joint and crack repair

AASHO Road test

* Empirical – Observation based (from nomograph

* Semi-empirical – observation + experiment

ESAL

PSI

Layer equivolencies

Joint spacing

Outcomes

Limitations

Pavement Design

Pavement design methods (pg 86)

- 18K → Standard load

Example (ESAL) (pg 85)

Some typical values (Table) (pg 85)

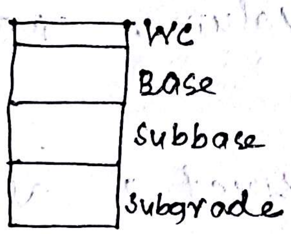
* CBR < 3 হলে ⇒ soil improve করতে হবে

Why structural design of pavement is a complex one?

Type of pavement

Pavement catalogue:

- Catalogue method এ 1.5 – 30 million পর্যন্ত traffic measure করা যায়।



⇒ Thickness পাব

- Only traffic measure করতে হবে।
- cost ও direct পাওয়া যাবে।
- Brick, stone, asphalt etc এর জন্য thickness provide করা আছে।

Table : Roads cross section design capacities

7.4 – 6.2 ⇒ 1.2m shoulder (for 15000 PCU)

(7.4 → crest width; 6.2 → Black top)

Catalogue of pavement structures (PDF)

(A) Problems associated with road infrastructures development in Bd.

Problem 1

- $(1+r)^n$ → 15 yrs পর volume কত হবে
- ESAL → 18k এর respect এ all axle কে convert করতে হবে
- DD (Directional distribution) = 50% (যা যায় তা ফেরত আসে)

* Upto bus পর্যন্ত heavy vehicle ধরব for calculating channelisation factor (এক lane এর গাড়ি অন্য lane এ shift করলে)

interpolate করে table দেখে বের করতে হবে।

* 1.9 মানে → clone এ যা load ছিল তার চেয়ে বেশি load এর জন্য design করতে হবে

- S4 T4 → Stone
- costing → per m^2

Pavement Design Guide for Roads and highway department

- From Table:

  min^m 3 - max^m 80 million ESA

- for 10 million,

  WC = 40+80 = 120 mm

- Normally type II use করি for base course.

* CBR < 5 হলে, improved subgrade দিতে হয় (Table)

Scanned by CamScanner

* Table 5 থেকে, so 5 করে নিতে হবে। additional layer দিতে হবে।

* CBR < 3 হলে → soil replace করতে হবে

Problem:

** RHD method বললে → design life 20 years ধরে নিতে হবে।

* Table 2 (মুখস্থ রাখতে হবে)

Appendix 2: Example of pavement design

** ·5 × 2 way flow → one direction এর দেওয়া আছে, so DD use করতে হবে না।

Then use Nomotable.

AASHTO Design nomograph for flexible pavement

- SN (Structural Number) বসিয়ে trial দিয়ে eq^n থেকে বের করতে পারি।

- PSI → Present Serviceability Index (0–5)

- যখন PSI ২.৫ এর কাছাকাছি হবে, তখন maintain করতে হবে।

* ΔPSI → Initial serviceability − Terminal serviceability

2 যখন PSI 3 এর কাছাকাছি

* SN → WC, base course etc এর thickness sum করা যায় না, but SN এ convert করলে add করতে পারি।

Layer concept of structural design (Fig)

- SN = thickness * coefficient of layer

• ⊛ সাধন হল,

$D_1^* = 7.88$ in.

** fractional thickness দেয়া যাবে না।

Rounding 0.5" করতে হবে, তবে eqn এ

8" use করতে হবে।

* Table 1 : Axle load Equivolency factors ....

(Pt = 2.5)

↓

Terminal serviceability

Example 1: (Worksheet for calculating design 18-Kip ESAL)

* SN assume করে factor বের করতে হবে।

(6)

** Nomograph থেকে আবেরটা SN পাব। যা assume SN এর সাথে compare করব। যাছাকাছি very less হলে ESAL. very loss হলে again trial দিতে হবে।

AASHTO Worksheet for flexible pavement design

- Worksheet exam এ দিবে, only Ans লিখতে হবে।

- $SN_1 = D_1 a_1 m_1$

** Thickness should be rounded to 0.5".

* Modified SN বের করতে carry হবে।

PCA Design Method

(Portland Cement Association)

- Modulus of subgrade reaction (k) → psi/in

** sum > 1 হলে, thickness বাড়িয়ে দিতে হবে।
sum << 1 হলে, " কমিয়ে " "

Example:

** Unlimited এবং দুই আকে এমন exam এ দিবে।
(একটা trial দিলে হবে)

** Comment করব percentage abnormally low or high করলে,

* overdesign → percentage বেশি আসলে thickness বেশি হবে।

* underdesign → percentage 100 এর চেয়ে কম আসলে thickness বাড়াতে হবে

* trial দেয়ার দরকার নাই, only comment দিবেন হবে।

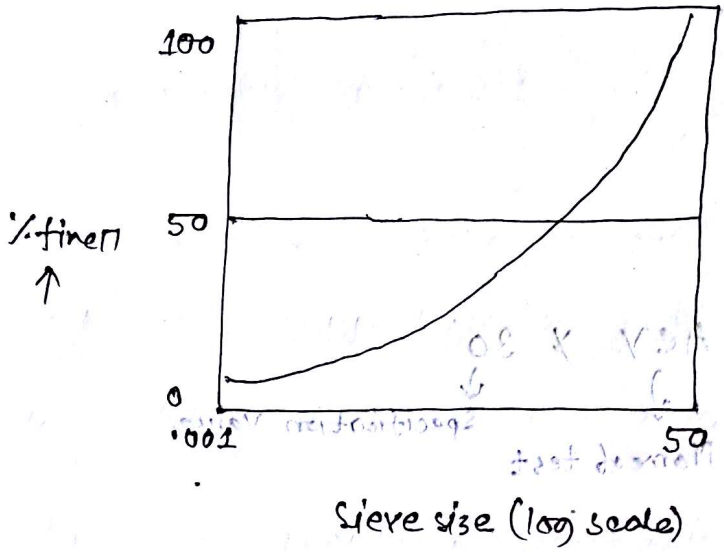
Reinforcement details of Rigid pavement

JRCP

- Doweel bar empirical eqn.

** cross-section & side view দিয়ে দিতে হবে।

What is the difference between grading and FM?



$$* FM = \frac{\Sigma \text{ total \% retained on } \#4, 8, 16, 30, 50, 100}{100}$$

⇒ Grading is the complete picture and FM represents the fineness and coarseness of aggregates.

For one grading, we will have only one FM but for 1 FM we can have more than one grading.

Blending of Aggs. | What is it?

Tests of Agg. | Strength tests | – ASTM
– BS
– Others

Specification of Aggs.

SAND

* Blending:
– It is the mixing of aggregates

- Why blending needed?
– We have to mix aggregates one, two or more in order to get a specified gradation for concrete or road aggs.

Where there is an agg. const., there is an agg. grading – Justify.

(1) What type of agg? (Brick/stone chips)

(2) Crushed/uncrushed? (What type of stone agg.?)

(3) What is the max^{m} size? – 25 mm

(4) What are the proportions of other size is?