

インターロッキングブロック舗装 Technical Report - 設計編3 - (構造設計(その1))

Vol.17

1. 構造設計

構造設計では、疲労破壊抵抗性や透水性、排水性、保水性などの構造設計条件を設定し、その条件に応じた性能指標を満足するように、舗装を構成する各層の材料と厚さおよび舗装端部の拘束構造などを経済性も考慮してバランスの取れた構造になるよう設計します。

(1) 構造設計条件

① 交通条件

IL ブロック舗装の構造条件は、IL1(歩行者系道路)、IL2(乗用車乗入れ部)、IL3(交通量の少ない道路)、IL4(交通量の多い道路)、IL5(産業ヤード)の5つの交通区分に分類されます。5つの交通区分の詳細を表1に示します。

表1 IL ブロック舗装の交通区分

IL ブロック舗装の交通区分				交通荷重・利用の主体
記号	大分類	中分類	小分類	
IL1	歩道	歩行者系道路	<ul style="list-style-type: none"> ・歩行者専用道路 ・自転車専用道路 ・歩行者自転車専用道路 ・公園内道路、広場、住宅の駐車場など 	歩行者・自転車・車椅子 (乗用車)
IL2	車道	乗用車乗入れ部	<ul style="list-style-type: none"> ・駐車場・歩道などの乗用車乗入れ部 ・最大積載量 6.5トン未満の管理用車両が走行する道路 	歩行者・自転車・車椅子 普通自動車
IL3		交通量の少ない道路	<ul style="list-style-type: none"> ・普通道路 N₁～N₃ ・小型道路 S₁～S₃ ・駐車所・歩道の車両乗り入れ部(大型車・小型貨物自動車対象) ・最大積載量 6.5トン以上の管理用車両が走行する道路 ・消防自動車乗入れ部 	普通自動車 大型自動車
IL4		交通量の多い道路	<ul style="list-style-type: none"> ・普通道路 N₄～N₆ ・小型道路 S₄ 	普通自動車 大型自動車
IL5		産業ヤード	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテナヤード ・空港エプロン 	フォークリフト・トローイングトラクタ・航空機

② ILブロック舗装の構造設計方法

ILブロック舗装の設計には、一般的に CBR- T_A 法が用いられます。CBR- T_A 法は、米国 AASHO(American Association of State Highway Officials)の道路試験をもとにした道路設計法です。CBR- T_A 法は、路床の設計 CBR(California Bearing Ratio) と設計期間に応じた設計交通量(疲労破壊輪数)から求められる T_A 値(等値換算厚:表層から路盤までの全層をすべて表層、基層用加熱アスファルト混合物でつくと仮定したときに必要な厚さ)を下回らないように舗装各層の構成材料の厚さを決める方法です。(CBR- T_A 法の詳細については後述します。)

③ ILブロック舗装の交通量区分(疲労破壊輪数)

車道舗装である IL3 と IL4 では道路の区分に応じて、普通道路(大型車が供用する道路)の場合には表2の疲労破壊輪数を、小型道路(小型車が供用する道路)の場合には表3の疲労破壊輪数を用いて CBR- T_A 法により T_A 値を求めます。

表2 普通道路における舗装計画交通量と疲労破壊輪数

記号	交通量区分	舗装計画交通量 (台/日・方向)	49kN 標準荷重疲労破壊輪数(回)	
			設計期間10年	設計期間20年
IL3	普通道路 N ₁	15未満	1,500	3,000
	普通道路 N ₂	15以上 40未満	7,000	14,000
	普通道路 N ₃	40以上 100未満	30,000	60,000
IL4	普通道路 N ₄	100以上 250未満	150,000	300,000
	普通道路 N ₅	250以上 1,000未満	1,000,000	2,000,000

表3 小型道路における舗装計画交通量と疲労破壊輪数

記号	交通量区分	舗装計画交通量 (台/日・方向)	17kN 標準荷重疲労破壊輪数(回)	
			設計期間10年	設計期間20年
IL3	小型道路 S ₁	300未満	660,000	1,320,000
	小型道路 S ₂	300以上 650未満	1,100,000	2,200,000
	小型道路 S ₃	650以上 3,000未満	2,400,000	4,800,000
IL4	小型道路 S ₄	3,000以上	11,000,000	22,000,000

④ 路床の設計

路床の設計とは、路床土の調査および路床の評価結果に基づき、構築路床の厚さと路床の支持力などを設計することをいいます。

㊦ 区間の CBR

① 路床が深さ方向に異なるいくつかの層をなしている場合は、その地点の CBR は路床面以下 1m までの各層の CBR を用いて、式(1)によって求まる CBR_m とします。

$$CBR_m = \left\{ \frac{\left(h_1 CBR_1^{\frac{1}{3}} + h_2 CBR_2^{\frac{1}{3}} + \dots + h_n CBR_n^{\frac{1}{3}} \right)^3}{100} \right\} \dots (1)$$

ここに、 CBR_m : m地点の CBR
 CBR₁, CBR₂ …… CBR_n : m地点の各層の CBR
 h₁, h₂ …… h_n : m地点の各層の厚さ (cm)
 h₁ + h₂ + …… + h_n = 100 (cm)

② 均等な舗装厚で施工する区間を決定し、この区間の中にある CBR_m のうち、極端な値を除いて、式(2)により区間の CBR を求めます。

区間の CBR = 各地点の CBR の平均値 — 各地点の CBR の標準偏差 (σ_n - 1) … (2)

㊦ 設計 CBR

設計 CBR は、区間の CBR から表4により求めます。

表4 区間の CBR と設計 CBR

区間の CBR		設計 CBR
3以上	4未満	3
4以上	6未満	4
6以上	8未満	6
8以上	12未満	8
12以上	20未満	12
20以上		20

⑤ 路床の改良

設計 CBR が3未満の場合は、路床を改良して構築路床を施工します。路床改良は、路床土に地盤改良材(セメント系や石灰系など)を加えて混合・攪拌するなどして強固な路床を形成するものです。詳細については「舗装設計便覧」(平成18年、(社)日本道路協会)を参照ください。

(2)IL ブロック舗装の構造設計

IL ブロック舗装の構造設計は、IL ブロックの等値換算係数(アスファルト混合物の表・基層の厚さに置き換えるための計数)が1.0として、CBR- T_A 法で構造設計することを原則とします。

① 交通量の区分

IL ブロック舗装の構造設計に用いる舗装計画交通量は、設計期間における1日1方向当りの大型車および小型車交通量とし、表2および表3に示したように普通道路と小型道路に区分されます。

② 交通量区分により求められる必要等値換算厚 T_A

普通道路では、標準荷重49kN で式(3)による T_A を満足するよう舗装厚を決定します。

$$\text{普通道路の必要等値換算厚 } T_A = \frac{3.84N^{0.16}}{\text{設計CBR}^{0.3}} \dots\dots (3)$$

小型道路では、標準荷重17kN で式(4)による T_A を満足するよう舗装厚を決定します。

$$\text{小型道路の必要等値換算厚 } T_A = \frac{1.95N^{0.16}}{\text{設計CBR}^{0.3}} \dots\dots (4)$$

ここに、 N ：普通道路では設計期間における49kN 標準荷重疲労破壊輪数(回)
普通道路では設計期間における17kN 標準荷重疲労破壊輪数(回)

なお、式(3)、式(4)はアスファルト舗装の設計では信頼度90%を示すものです。ILブロック舗装では信頼性を検討できる十分なデータの蓄積がないことから、従来の実績に基づき、アスファルト舗装の信頼度90%の設計式を用いています。(舗装の信頼性とは、舗装が設定された設計期間を通して破壊しない確からしさをいい、その場合の破壊しない確率を信頼度といいます。これを簡単に表現すると信頼度90%とは「同じように設計した舗装が100区間あった場合、そのうち10区間が破壊に至る。」「一つの区間のうち10%の舗装面積が破壊に至る。」ということです。)

表5には表2に示す普通道路の交通量区分における設計期間中の49kN 標準荷重疲労破壊輪数を(3)式に代入した T_A 早見表を示します。

表5 普通道路での必要等値換算厚(T_A)早見表(信頼度 90%相当) (単位cm)

記号	交通量 区分	舗装計画交通量 (台/日・方向)		設計 CBR(%)											
				3		4		6		8		12		20	
				10 年	20 年	10 年	20 年	10 年	20 年	10 年	20 年	10 年	20 年	10 年	20 年
IL3	N ₁	15未満		9	10	9	10	8	9	7	8	6	7	5	6
	N ₂	15以上	40未満	12	13	11	12	10	11	9	10	8	9	7	8
	N ₃	40以上	100未満	15	17	14	15	12	13	11	12	10	11	9	10
IL4	N ₄	100以上	250未満	19	21	18	20	16	17	14	16	13	14	11	12
	N ₅	250以上	1,000未満	26	29	24	26	21	23	19	21	17	19	15	16

注) T_A が11cm未満になる場合(青色網掛け)については、表7に示す路盤構成とします。なお、上層路盤のみの設計でその厚さが7cmとなる場合には、表層厚と路盤厚とのバランスを考慮して、路盤厚はILブロックの厚さ(80mm)以上とします。

表6には表3に示す普通道路の交通量区分における設計期間中の17kN 標準荷重疲労破壊輪数を(4)式に代入した T_A 早見表を示します。

表6 小型道路での必要等値換算厚(T_A)早見表(信頼度 90%相当) (単位cm)

記号	交通量 区分	舗装計画交通量 (台/日・方向)		設計 CBR(%)											
				3		4		6		8		12		20	
				10 年	20 年	10 年	20 年	10 年	20 年	10 年	20 年	10 年	20 年	10 年	20 年
IL3	S ₁	300未満		12	14	11	13	10	11	9	10	8	9	7	8
	S ₂	300以上	650未満	13	15	12	14	11	12	10	11	9	10	8	9
	S ₃	650以上	3,000未満	15	17	14	16	12	14	11	13	10	11	9	10
IL4	S ₄	3,000以上		19	21	18	20	16	17	14	16	13	14	11	12

注) T_A が11cm未満になる場合(青色網掛け)については、表7に示す路盤構成とします。なお、上層路盤のみの設計でその厚さが7cmとなる場合には、表層厚と路盤厚とのバランスを考慮して、路盤厚はILブロックの厚さ(80mm)以上とします。

表7 必要 T_A が11cm未満になる場合の路盤構成

普通道路	小型道路	路盤構成		T_A' (cm)
N ₁ , N ₂	S ₁ , S ₂	設計CBRが6未満	粒度調整碎石路盤7cm +クラツシャラン7cm	12.2
		設計CBRが6以上	粒度調整碎石路盤8cm	10.8

③ 舗装構成の決定

㊦ 路盤の最小厚さ

舗装構成の決定に際し、路盤の厚さは表8に示す路盤の最小厚さを下回らないようにします。

表8 路盤の最小厚さ

普通道路	小型道路	工法・材料	1層の最小厚さ(cm)
N ₁ , N ₂	S ₁ , S ₂	・粒度調整砕石 ・クラツシャラン	7
		・瀝青安定処理(常温混合式)	7
		・瀝青安定処理(加熱混合式)	5
		・セメント・瀝青安定処理	7
		・セメント安定処理	12
		・石灰安定処理	10
N ₃ , N ₄ , N ₅	S ₃ , S ₄	・瀝青安定処理(加熱混合式)	最大粒径の2倍かつ5
		・その他の路盤材料	最大粒径の3倍かつ10

㊧ 等値換算厚

等値換算厚は、舗装各層の厚さを表層・基層用加熱アスファルト混合物の厚さに置き換え、その厚さを合計して算出したものです。

㊨ 等値換算係数

等値換算係数(a)は、舗装を構成するある層の厚さ1cmが表層、基層用加熱アスファルト混合物の何cmに相当するかを示す値(係数)です。舗装を構成する各材料と工法の等値換算係数を表9に示します。

ILブロックの等値換算係数は、国内における使用実績の調査および諸外国における設計基準、厚さ80mmのILブロックを用いた試験舗装の解析結果から1.0と設定されています。敷砂層の等値換算係数は、0として等値換算厚の計算に含めません。

表9 等値換算係数

使用する層	材料・工法	品質規格	等値換算係数(a)
表層	・ILブロック	・曲げ強度:5.0N/mm ² 以上 または 圧縮強度:32.0N/mm ² 以上 ・厚さ 80mm	1.00
上層路盤	・瀝青安定処理	・加熱混合:安定度3.43kN以上	0.80
	・セメント・瀝青安定処理	・一軸圧縮強さ(7日) 1.5~2.9MPa ・一次変形量(7日) 5~30(1/100cm) ・残留強度率(7日) 65%以上	0.65
	・セメント安定処理	・一軸圧縮強さ(7日) 1.5~2.9MPa	0.55
	・粒度調整砕石	・修正 CBR 80以上 注)	0.35
	・粒度調整鉄鋼スラグ	・修正 CBR 80以上	0.35
下層路盤	・クラッシュラン	・修正 CBR 30以上	0.25
	・鉄鋼スラグ など	・修正 CBR 20以上 30未満	0.20

注)修正 CBR とは、路盤材料を「最大乾燥密度の95%に締め固めたもの」に対する CBR であり、「路盤材料として適しているか否か」の判断の指標として用いられます。前述の設計 CBR とは異なるものです。

④ 舗装構成の決定

舗装構成の決定に際しては、表8に示した路盤の最小厚さの規定に従い、設計した舗装断面の等値換算厚(T_A')が式(3)または式(4)で算出した必要等値換算厚(T_A)を下回らないように決定します。(T_A は表5および表6の早見表でも確認できます。)

$$T_A' = a_1 T_1 + a_2 T_2 + \dots + a_n T_n \geq T_A$$

ここに、 a_1, a_2, \dots, a_n : 等値換算係数(表9)

T_1, T_2, \dots, T_n : 舗装各層の厚さ

【演習問題】

- ・図1に示された舗装構造が適切かどうか判断しなさい。
- ・設定条件は以下の通りとする。

- ① 交通量区分 IL3の普通道路 N₃
- ② 舗装の設計期間 : 20年
- ③ 設計 CBR : 6%
- ④ クラッシュランの修正 CBR : 30以上

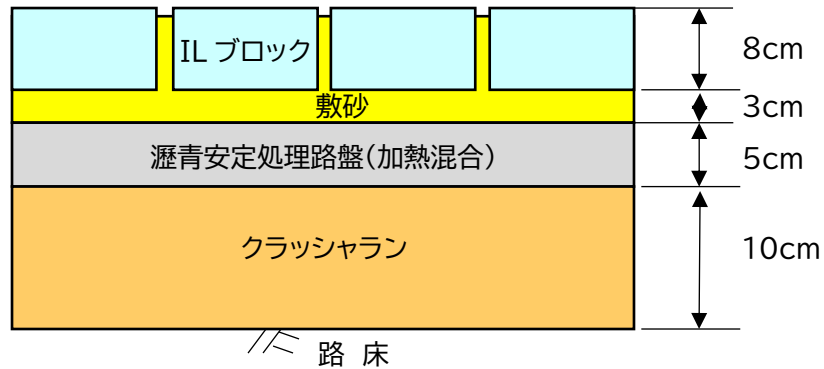


図1 ILブロック舗装の構造断面

【解答】

- ① 必要等値換算厚(T_A)を求める。

前述、式(3)から

$$\text{普通道路の必要等値換算厚 } T_A = \frac{3.84N^{0.16}}{\text{設計CBR}^{0.3}} \dots\dots (3)$$

N : 普通道路では設計期間における49kN 標準荷重疲労破壊輪数(回)

N = 60,000回(表2 IL3、普通道路 N₃、設計期間20年から)

設計 CBR = 6%

これを式(3)に代入すると、

$$\text{普通道路の必要等値換算厚 } T_A = \frac{3.84N^{0.16}}{\text{設計CBR}^{0.3}} = \frac{3.84 \times 60,000^{0.16}}{6^{0.3}} = 13$$

- ② 設計した舗装断面の等値換算厚(T_A')を求める。

$$\begin{aligned} T_A' &= a_1T_1 + a_2T_2 + \dots\dots\dots + a_nT_n \geq T_A \\ &= 1.00 \times 8(\text{ILブロック}) + 0.0 \times 3(\text{敷砂}) + 0.8 \times 5(\text{瀝青安定処理路盤}) \\ &\quad + 0.25 \times 10(\text{クラッシュラン路盤}) = 14.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

- ③ 設計した舗装断面の等値換算厚(T_A')と必要等値換算厚(T_A)を比べる。

$$T_A' = 14.5\text{cm} > T_A = 13\text{cm}$$

【結果】

設計した舗装断面の等値換算厚(T_A')は、必要等値換算厚(T_A)よりも大きいため、図1に示された舗装構造は適切である。

④ 凍上抑制層

寒冷地における IL ブロック舗装は、路床土の凍結融解の影響を大きく受けるので、必要な深さまで路床を凍上の生じにくい砂や砂利、砕石などに置き換えます。凍上に対する置き換え深さ(Z)と舗装の厚さ(H')とを比較して、置き換え深さの方が大きい場合は、路盤の下にその厚さの差だけ凍上の生じにくい材料の層を設けます。この部分を凍上抑制層と呼び、路床の一部と考えるとともに、必要等値換算厚(T_A)の計算には含めません。

- ⑥ 置き換え深さは、設計期間 n 年に一度生じると推定した凍結深さの70%または経験値とします。ただし、舗装の一部に断熱性の高い材料を使用する場合には、別途検討が必要になります。
- ⑦ 気象庁が発表する気象観測データから凍結指数の年変動を統計処理して凍結深さを推定するには、まず n 年凍結指数(舗装設計便覧:(社)日本道路協会, 平成18年 参照)を求めた後、図2に示す凍結指数と凍結深さの関係を使用します。
- ⑧ 凍上抑制層を設けるために20cm以上の置き換えを行った場合、設計CBRの再計算を行う必要があります。

なお、参考として(社)インターロッキングブロック舗装技術協会が作成した凍結指数・凍結深さ計算用ファイルを図3に示します。

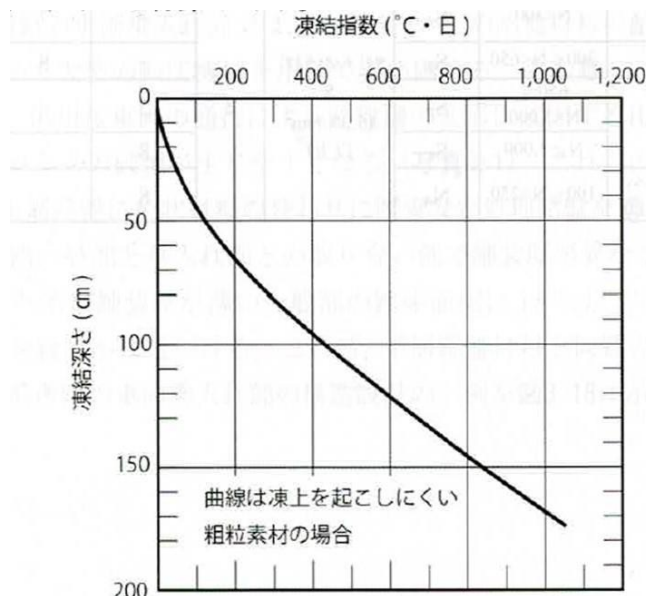


図2 凍結指数と凍結深さの関係

この図は、過去の気象データから「凍結指数・凍結深さ計算用ファイル」を用いて凍結深さを推定する方法について紹介するものです。このファイルは(社)日本道路協会作成の「10年確率凍結指数・凍結日数 ver1.6」を参考に、(社)インターロッキングブロック舗装技術協会が作成したものです。なお、この計算結果は各自治体における経験値等により定められた凍結指数とは一致しない場合がありますので、これを理解の上、ご活用ください。

凍結指数・凍結深さ計算用ファイルの作業手順

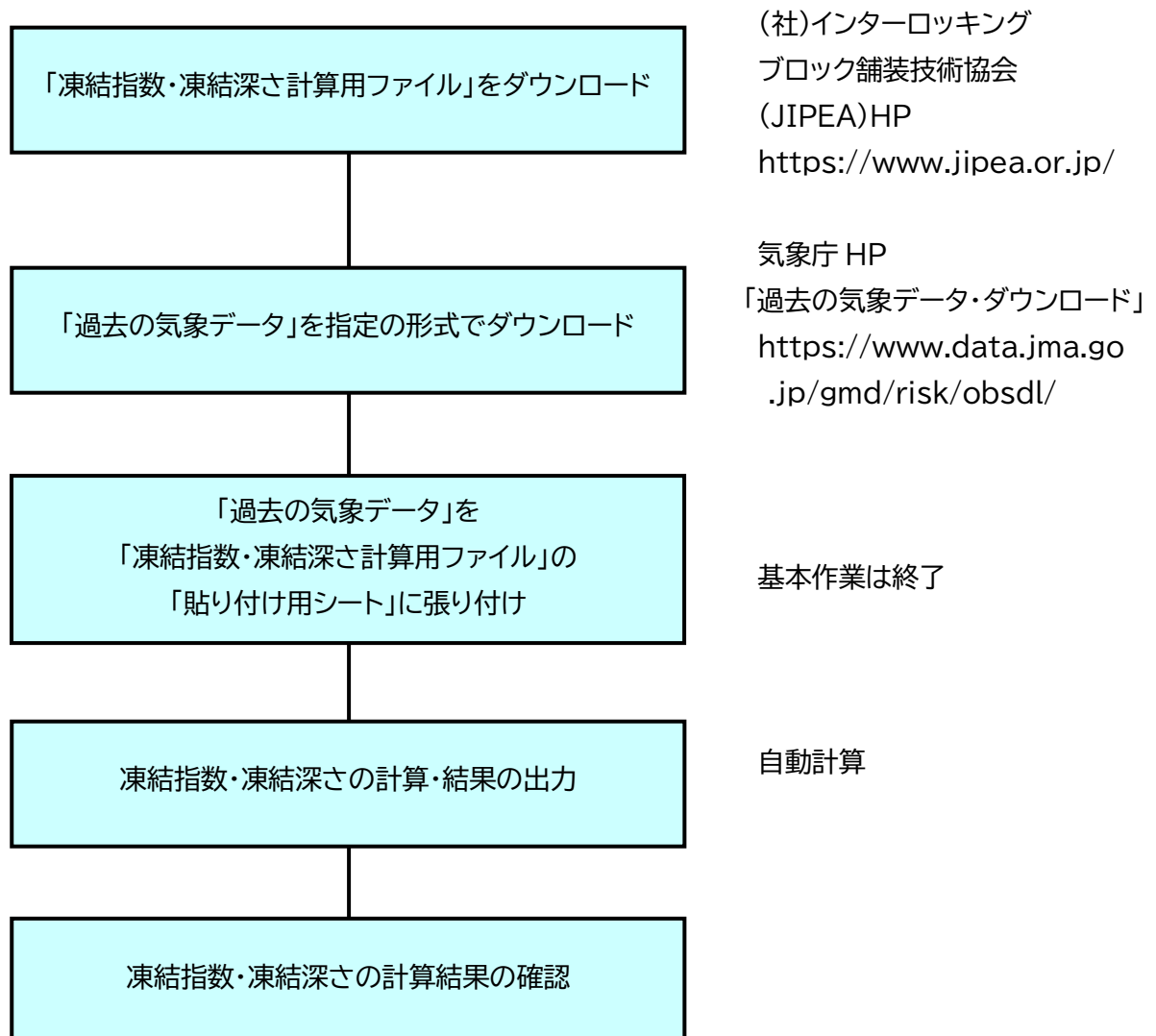


図3 (社)インターロッキングブロック舗装技術協会が作成した凍結指数・凍結深さ計算用ファイル

以上