



Title	アスファルト混合物のクリープ性状に関する基礎的研究
Author(s)	森吉, 昭博; Moriyoshi, Akihiro; 上島, 壮 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 68(2), 285-292
Issue Date	1973-09-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41164
Type	departmental bulletin paper
File Information	68(2)_285-292.pdf



アスファルト混合物のクリープ性状に 関する基礎的研究

森吉昭博* 上島 壮* 高橋 将*

(昭和48年3月22日受理)

Basic Research on Creep behaviour of Asphalt Pavements

Akihiro MORIYOSHI Tsuyoshi KAMIJIMA Masaru TAKAHASHI

Abstract

This paper describes the test results on the creep behaviour of bituminous mixtures. The purpose of this investigation is to clarify the creep property of a mixture in use in hydraulic structures such as a facing or a lining of soil structures and as the deformation of a highway pavement brought about by a constant load over a long duration. Two types of mixtures were chosen, namely an asphalt concrete type mixture for hydraulic use and British type rolled asphalt for highway pavement.

The creep behaviour of a long loading duration ($10^0 \sim 10^3$ sec) for asphalt concrete, and the creep behaviour of rolled asphalt for shorter duration ($10^0 \sim 10^1$ sec) was studied.

The tests were carried out by means of beam flexure and the load was applied at the center of the beam and the tests were performed at various temperature and stress. The deflection and time relationship was measured under each creep stress and the creep compliance of the mixture was calculated.

The principle of time-temperature superposition was applied for the analysis of creep compliance and master curves of creep compliance were obtained for both types of mixture. The relationship between creep compliance and reduced time varied over a wide loading duration; $10^{-2} \sim 10^0$ sec for the highway mixtures and $10^0 \sim 10^5$ sec for the hydraulic mixtures.

The effect of binder property on creep behaviour of mixture was also investigated. The increase of binder content also controls the creep behaviour. High filler content shows a decrease of creep compliance.

As a result of this study the creep behaviour of both types of mixture was clarified to be a function of the loading condition, temperature, type of mixture, type of binder, mixture composition and the creep compliance obtained on the various creep stress as showed a good agreement.

1. ま え が き

最近アスファルト混合物は道路舗装や空港舗装ばかりか、水利用構造物にも利用されはじめている。この原因はこれら構造物に使用されるアスファルト混合物に長時間荷重が加わると変形

* 土木工学科 交通材料講座

し、下層の構造物に非常によくなじみ、亀裂が生じにくいためであると考えられているからにほかならない¹⁾。しかし、このような構造物が長時間荷重を受けるとき、アスファルト混合物はクリープして流動する性質を有するが、アスファルト混合物のクリープ性状とバインダー性状、バインダー量等との関係はほとんど知られていない^{2),3)}。

本研究は、以上のことを考慮して一般道路用と水利構造物用の2種の混合物について温度10~45°C、応力レベル0.2~7.2 kg/cm²なる範囲で曲げクリープ試験を行ない、主としてクリープコンプライアンスの面からクリープ性状に関して各種の検討を加えた。

この結果一般道路用混合物では10⁻²~10⁰ sec、水利用混合物では10⁰~10⁵ secなる範囲におけるクリープコンプライアンスが求められたとともに、このクリープコンプライアンスがアスファルト混合物の配合、バインダー性状等によりいかに影響されるかということについても明らかにされた。

2. 実験方法

2.1 使用材料

(1) バインダーの性状

一般に水利用構造物においては、針入度級80/100のストレートアスファルトがよく使用されるため本研究でもこれに準じTable 1に示すバインダーAを使用した。

一般道路用混合物ではわだち掘れを防止する目的で、ラテックスを混入したバインダーが最近よく用いられている⁴⁾。本研究ではこれらバインダーがアスファルト混合物のクリープ性状に及ぼす影響を検討するためTable 1に示すバインダーB~Fを使用した。

Table 1.

Binder	Temperature of Softening point (°C)	Penetration (5 sec, 25°C, 100 g)	Penetration Index (P.I.)	Temperature (°C)	
				Mixing	Compaction
Asphalt A	47.0	97	-0.3	146	99
Asphalt B	52.9	63	0.1	162	110
Asphalt C	46.9	93	-0.4	159	104
Asphalt D (C+latex 3%)	52.7	85	0.9	166	113
Asphalt E (C+latex 5%)	56.3	78	1.5	175	123
Asphalt F (C+latex 7%)	58.9	70	1.8	202	133

(2) 骨材の性状

使用した骨材の粒度および比重をTable 2~5に示す。

Table 2.

	Grading	Specific Gravity
Crushed Stone	13~10	2.69
	10~7	2.69
	7~5	2.69
	5~2.5	2.68
	2.5~1.2	2.63

Table 3.

	Grading	Specific Gravity
Sand	1.2~0.6	2.78
	0.6~0.3	2.80

Table 4.

	Sieve Opening (mm)	% Passed	Specific Gravity
Filler	0.6	100.0	2.68
	0.3	98.8	2.68
	0.15	96.8	2.68
	0.074	82.8	2.68

Table 5.

	Sieve Opening	% Passed	Specific Gravity
Silica Sand	0.3	100.0	2.62
	0.15	29.0	2.62
	0.074	4.0	2.62

(3) 混合物の配合

本研究に使用した混合物の配合は Appendix に示す。

一般道路用混合物としてロールドアスファルトタイプとアスファルトモルタルタイプの2種の混合物を採用し、バインダー量およびバインダー性状が混合物のクリープ性状に及ぼす影響を検討する。一方水利構造物では通常アスファルトコンクリートは斜面に舗設される。このためアスファルト混合物の自重により混合物がクリープする。これを防止するためには混合物中にフィラー分を多量に混入することが望ましいとされている。本研究では一般の水利構造物で使用されているアスファルトコンクリートタイプ A の混合物の 0.6 mm 以下の骨材を重量で 50% 増加させたアスファルトコンクリートタイプ B を作製し、これと一般の混合物とのクリープ性状とを比較する。

2.2 供試体作製法

30×30×5 cm の型枠にバインダーの粘度で 2 ポアズなる温度 (Table 1 参照) で混合したアスファルト混合物を投入し、30 ポアズの温度に達したときローラーコンパクターを用いて転圧する。その後供試体を室温まで冷却しカッターを用いてこれから曲げクリープ試験用供試体 (2.5×2.5×2.5 cm) を六面カットして切り出す。

2.3 試験の手法ならびに解析法

(1) 実験条件

本研究では両端単純支持、中央集中荷重方式による曲げ試験を採用した。実験条件を以下に示す。

Table 6.

Mixture	Test Temperature (°C)	Stress (kg/cm ²)
Asphalt Concrete Type A	15~40	0.2~7.2
Asphalt Concrete Type B	15~40	0.2~7.2
Rolled Asphalt	20~45	1.3
Asphalt Mortar	10~45	0.4~2.1

(2) 曲げクリープ試験の解析

両端単純支持方式の曲げクリープ試験で、自重と中央集中荷重をうけるアスファルトコンクリート桁中央下縁部の応力、ひずみおよびクリープコンプライアンス、 $D(t)$ は次式の弾性解を用い計算した。

$$\sigma = \frac{3(2Pl + \omega l^2 - 4\omega l_1^2)}{4ab^2}$$

$$\varepsilon(t) = \frac{24d(t)b(2Pl + \omega l^2 - 4\omega l_1^2)}{5\omega l^4 - 24\omega l^2 l_1^2 + 8Pl^3}$$

$$D(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma}$$

- ここで σ : 応力 (kg/cm²)
 $\varepsilon(t)$: ある時間におけるひずみ
 $D(t)$: ある時間におけるクリープコンプライアンス (cm²/kg)
 P : 荷重 (kg)
 l : スパン長 (20 cm)
 l_1 : 支承からのはみだし長さ (cm)
 w : 単位長さ当りの供試体の重さ (kg/cm)
 $d(t)$: ある時間におけるたわみ (cm)
 a : 供試体の幅 (cm)
 b : 供試体の高さ (cm)

3. 実験結果ならびに考察

一般道路および水利用混合物はともにクリープ性状をクリープコンプライアンスなる粘弾性常数でとらえ、これがバインダー量、バインダー性状、配合および応力レベルによりいかに変化するかを以下に述べる。

3.1 バインダー量の影響

Fig. 1 はロードアスファルト配合でバインダー量 7.2% の混合物を用いクリープ試験を行ったときのたわみ量～時間曲線を示す。図より明らかなごとく温度が低くなると共に、たわみ量～時間曲線の勾配は緩やかとなり、温度により著しくこれらの曲線の形状が変化する。Fig 1 からクリープコンプライアンスを計算すると Fig. 2 が得られる。

Fig. 2 においてひずみ量 1% までの範囲で時間～温度の重ね合わせの法則を適用し⁶⁾、基準温度を 45°C にとり、クリープコンプライアンス～時間曲線のマスターカーブを作製すると Fig.

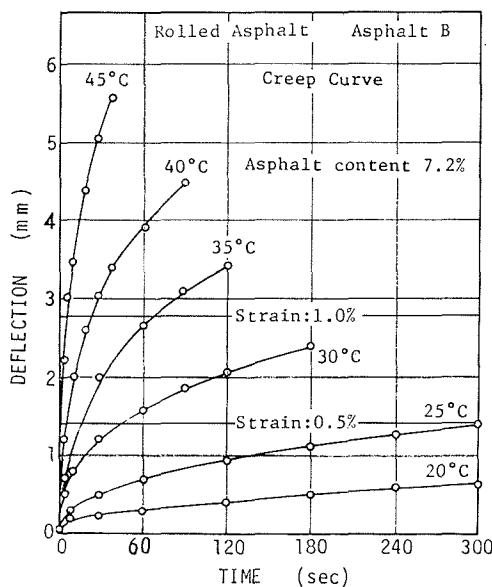


Fig. 1. Creep Curve of Rolled Asphalt.

3 が得られる。Fig. 3 には同じ配合でバインダー量が変わったときのクリープコンプライアンス～時間曲線マスターカーブも示す。換算時間として $10^{-2} \sim 10^0$ なる比較的短時間の時間範囲しか得られなかったが、いずれの混合物もこの領域においてはクリープコンプライアンスのマスターカーブはほぼ直線となる。

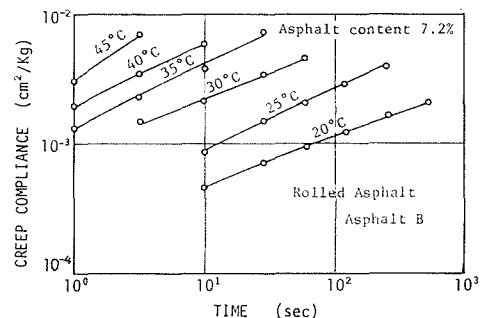


Fig. 2. Relation Between Creep Compliance and Time.

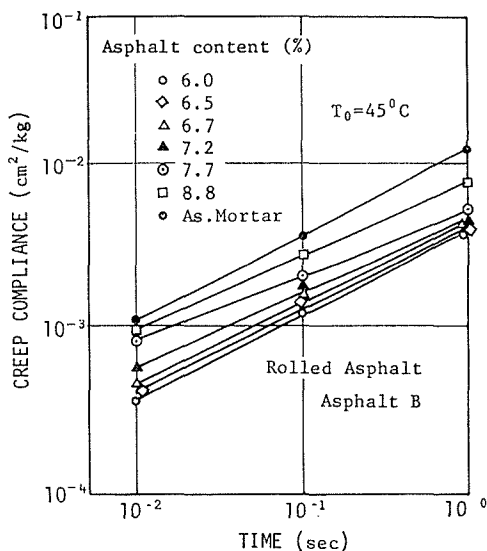


Fig. 3. Effect of Binder Content on Creep compliance.

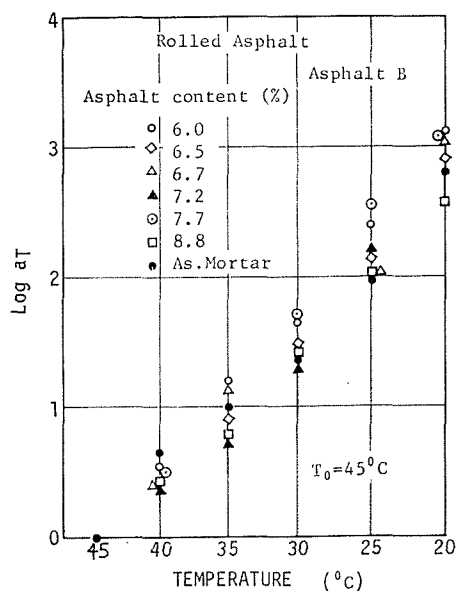


Fig. 4. Shift Factor of Creep Compliance.

バインダー量とクリープコンプライアンスの関係に注目するとクリープコンプライアンスはバインダー量の増加と共に増加する傾向にあるといえる。

参考のため砕石が混入されていないアスファルトモルタル（バインダー量12%）のクリープコンプライアンスを Fig. 3 に示した。アスファルトモルタルの場合のクリープコンプライアンスはロードアスファルトのバインダー量8.8%の混合物のそれとを比較すると約20%程度大きな値を有している。

以上のマスターカーブを合成するときに得られるシフトファクターと温度との関係を Fig. 4 に示す。混合物の配合やバインダー量が異なってもシフトファクターと温度との関係はクリープコンプライアンスにおけるほどははっきりした差はみだされない。

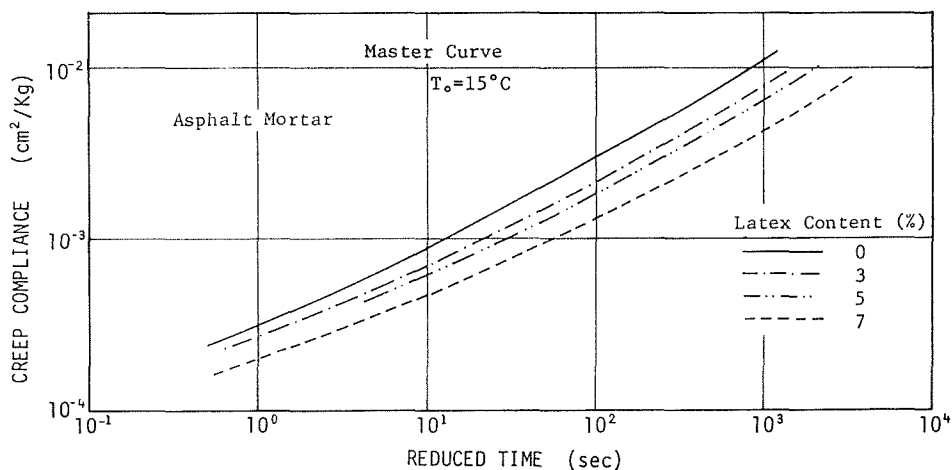


Fig. 5. Effect of Binder Property on Creep Compliance.

(2) バインダー性状の影響

バインダー性状の異なるバインダーを使用したとき、混合物のクリープコンプライアンスに及ぼす影響を検討するため、比較的バインダー性状に依存するとされている、アスファルトモルタルについて曲げクリープ試験を行なった。Fig. 5 は基準温度を 15°C に設定したとき各種バインダーを使用した混合物のクリープコンプライアンスのマスターカーブを示したものである。ラテックスの混入率の増加（針入度指数の増加）と共にクリープコンプライアンスは小さくなる傾向にある。

(3) 配合の影響

アスファルトコンクリートタイプ B の混合物におけるクリープコンプライアンスと時間との関係を Fig. 6 に示す。試験温度が高くなると共にクリープコンプライアンス～時間曲線は Fig. 2 と同様クリープコンプライアンス軸にほぼ平行に上側に移動する。この移動量は温度 5°C の変化に対し、クリープコンプライアンスの値は、約 20~30% の増加を示している。

Fig. 6 を利用して基準温度 15°C におけるクリープコンプライアンス～時間曲線のマスターカーブをひずみ量 5% 以内で作製すると Fig. 7 が得られる。

Fig. 7 は比較のためアスファルトコンクリートタイプ A の混合物のクリープ

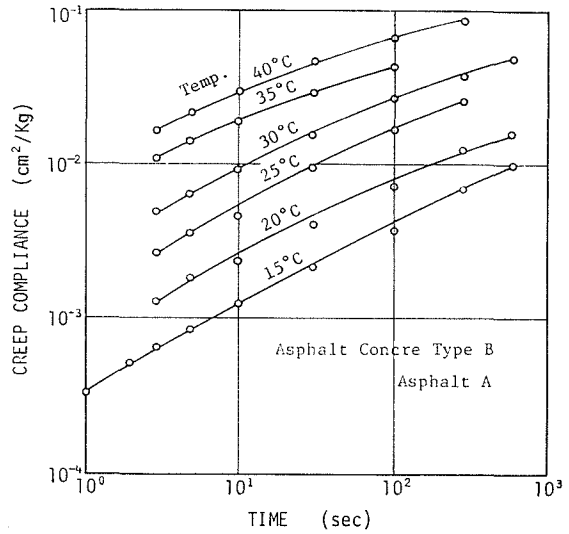


Fig. 6. Relation Between Creep Compliance and Time.

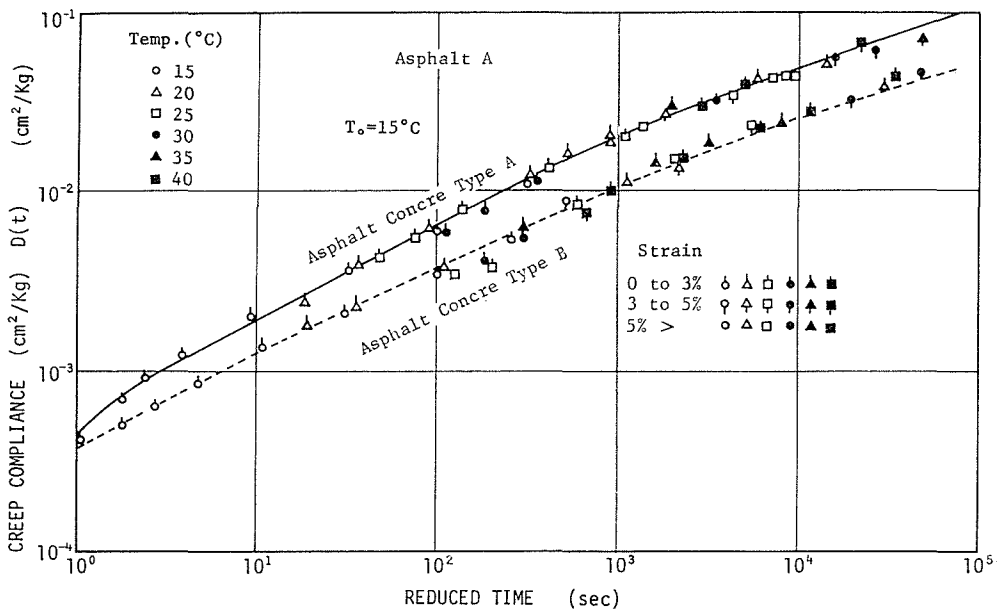


Fig. 7. Effect of Filler Content on Creep Compliance.

コンプライアンスも図中に示す。この混合物はアスファルトコンクリートタイプBのそれとバインダー量は同じであるがフィラー量が少ないためクリープコンプライアンスは $10^0 \sim 15^5$ sec たいう広範囲の時間領域のすべてにわたり、約15~20% 大きい値となっている。このことはアスファルトコンクリートタイプAの混合物の方がタイプBのそれより約15~20% 変形しやすいということを裏付けている。

Fig. 7 を作製するときには得られるシフトファクターと温度との関係は Fig. 8 に示す。

(4) 応力レベルの影響

アスファルト混合物のクリープ試験は一般に応力レベルの変化に伴ない、クリープコンプライアンスの値も変化するといわれている⁷⁾。本研究でもこの点を検討するためアスファルトコンクリートタイプBの混合物を使用し、応力レベルを $0.8 \sim 4.7 \text{ kg/cm}^2$ 、温度を $15 \sim 30^\circ\text{C}$ に変化させて曲げクリープ試験を行なった。Fig. 9はこのときの結果を示す。本実験条件においてはクリープコンプライアンスは応力レベルに無関係であることが見いだされた。しかし、さらに高温かつ高い応力レベル状態におけるクリープ性状についてもさらに詳しく検討する必要がある。

4. 結 論

以上の実験から得られた結論を要約すると以下のとおりである。

(1) 種々のアスファルト混合物に対してなめらかなクリープ曲線が得られた。

(2) クリープ性状を支配する要因の1つであるクリープコンプライアンスはアスファルト混合物の配合、バインダー性状、バインダー量等に依存する。

(3) クリープコンプライアンス~時間曲線は上記要因の変化に伴ないクリープコンプライアンス軸にほぼ平行に上下に移動する。

(4) バインダー量の増加、バインダーの針入度指数の低下、骨材体積率の減少および混合物中のフィラー分の減少はクリープコンプライアンスを増加させる傾向にあり、この増加量はこれらの要因に依存する。

(5) 本実験条件ではクリープコンプライアンスは応力レベルに依存しない。

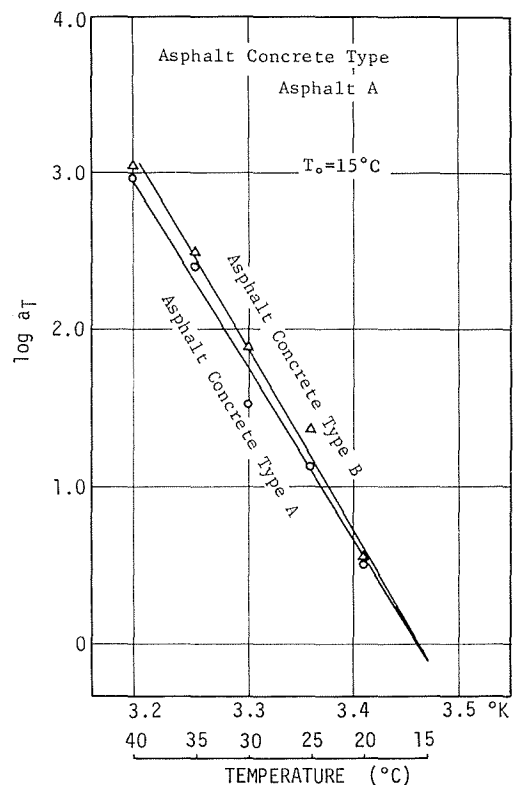


Fig. 8. Shift Factor of Creep Compliance.

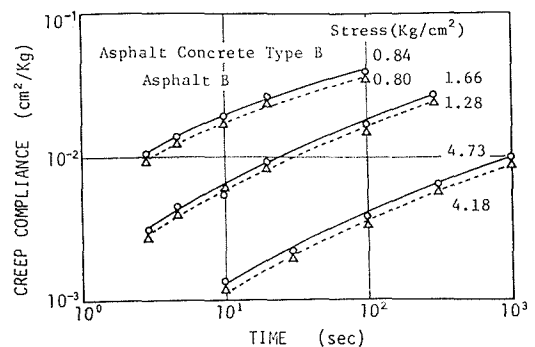


Fig. 9. Effect of Stress on Creep Compliance.

Appendix

Composition of Mixture (%)				
mixture sieve opening (mm)	Rolled Asphalt	Asphalt Mortar	Asphalt Concrete Type A	Asphalt Concrete Type B
20	100			
15	91			
13			100	100
10	70		90	93
7	57		83	89
5	57		75	84
2.5	57		65	76
1.2	57		54	69
0.6	57	100	43	55
0.3	42	74	32	48
0.15	14	24	19	28
0.074	11	19	12	19
Asphalt Content (%)	6.0, 6.5, 6.7, 7.2, 7.7, 8.8	12	7	7
Binder	B	C~F	A	A

参 考 文 献

- 1) 工藤忠夫, 菅原照雄: 水工用アスファルト混合物のクリープ挙動に関する研究. 土木学会論文報告集, 第201号, 1972, pp. 113~122.
- 2) Secor, K. E. and Monismith, C. L.: Viscoelastic Response of Asphalt Paving Slabs Under Creep Loading, Hwy. Res. Record, No. 67, 1965, pp. 84-97.
- 3) Factors involved in the Design of Asphaltic Pavement Surfaces. N.C.H.R.P. report No. 39, pp. 6-24.
- 4) 佐武邦夫, 曾根富穂, 鶴見 隆, 森吉昭博: 溶液重合 SBR によるゴムアスファルトの道路舗装への利用について. あすふるとにゆうざい, 第25号, 1970, pp. 21~27.
- 5) 1)に同じ
- 6) 3)に同じ
- 7) Krokosky, E. M. and Andrews, R. D.: Rheological Properties of Asphalt Aggregate composition, Pro. A.S.T.M. Vol. 63, pp. 1263-1287.