

2-5 技術的な検討

セミトレーラ等の大型自動車の走行を想定して、技術的な観点から以下の事項について検討を実施した。

2-5-1 平面曲線に関する事項

セミトレーラの走行に適用する平面曲線に関する次の事項について検討を実施した。

(1) 曲線部の拡幅量

曲線部の拡幅について最小半径から拡幅を要しない最大半径について、計算により求め、走行のシミュレーション軌跡図を用いて検証を実施した。

① 拡幅量の計算

林道規程第 17 条（曲線部の拡幅）では、曲線半径別に必要な拡幅量が示されている。その算出根拠は、同条解説の「4. 拡幅量の計算」により以下の様に示されている。

$$\varepsilon = R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

ε : 拡幅量 (m)

R : 車道中心の半径（車両前端中心の曲線半径）(m)

L : 車両の前面から後輪軸までの距離（自動車道 1 級及び 2 級は 8 m）

上表を展開し、 $L^2 = 2R \cdot \varepsilon - \varepsilon^2$ となり、 ε^2 は $2R \cdot \varepsilon$ と比べて非常に小さいので、省略して、通常は次式によって拡幅量を計算する。

$$\varepsilon = L^2 / 2R$$

また、セミトレーラの場合の拡幅量は次式によって計算することができる。

$$\varepsilon = L_{12}^2 / 2R + L_{22}^2 / 2R' \quad (\text{けん引車} + \text{被けん引車})$$

ε : 拡幅量 (m)

R : 車道中心線の半径 (m)

R' : $R - L_{12} / 2$

L₁ : セミトレーラの全面から第 2 軸までの距離 (m)

L₂ : セミトレーラの第 2 軸から最後車事務までの距離 (m)

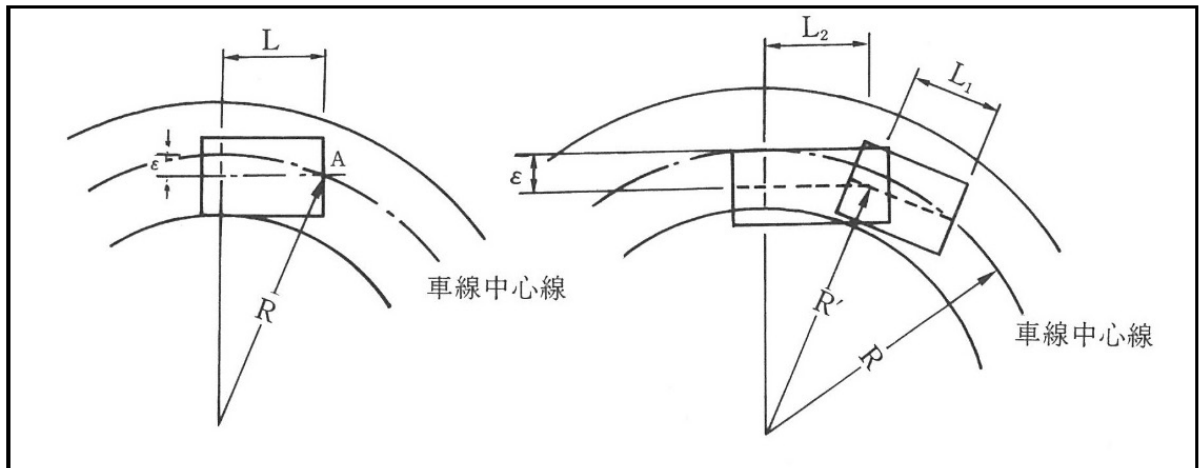


図 2-17 拡幅量の算出方法（左：普通自動車、右：セミトレーラ）

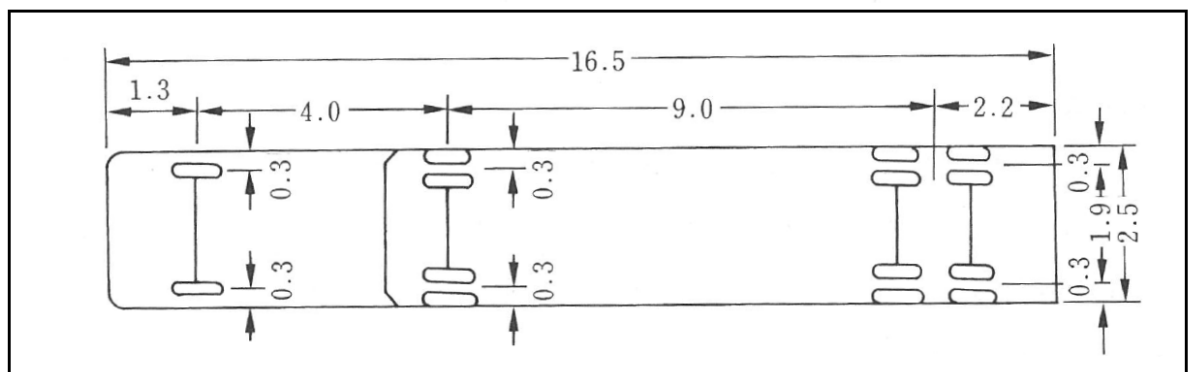


図 2-18 セミトレーラの緒元

前述の式（ $\varepsilon = L_{12}/2R + L_{22}/2R'$ ）に図2-18に示したセミトレーラの緒元を以下の様に代入して、曲線半径を変化させたものが次表である。なお、拡幅量については道路構造令と同様に0.25m括約で切り上げで算出した。

$$L_1 = 1.3 + 4.0 = 5.3 \quad L_2 = 9.0$$

表 2-28 計算により求められる拡幅量

単位：(m)

拡幅量	後輪差	L1	L2	曲線半径	拡幅量	後輪差	L1	L2	曲線半径
4.75	4.545	5.3	9	12	1.75	1.653	5.3	9	33
4.25	4.196	5.3	9	13	1.75	1.604	5.3	9	34
4.00	3.896	5.3	9	14	1.75	1.558	5.3	9	35
3.75	3.636	5.3	9	15	1.75	1.515	5.3	9	36
3.50	3.409	5.3	9	16	1.50	1.474	5.3	9	37
3.25	3.209	5.3	9	17	1.50	1.435	5.3	9	38
3.25	3.030	5.3	9	18	1.50	1.399	5.3	9	39
3.00	2.871	5.3	9	19	1.50	1.364	5.3	9	40
2.75	2.727	5.3	9	20	1.50	1.330	5.3	9	41
2.75	2.597	5.3	9	21	1.50	1.299	5.3	9	42
2.50	2.479	5.3	9	22	1.50	1.268	5.3	9	43
2.50	2.372	5.3	9	23	1.25	1.240	5.3	9	44
2.50	2.273	5.3	9	24	1.25	1.010	5.3	9	54
2.25	2.182	5.3	9	25	1.00	0.992	5.3	9	55
2.25	2.098	5.3	9	26	1.00	0.758	5.3	9	72
2.25	2.020	5.3	9	27	0.75	0.747	5.3	9	73
2.00	1.948	5.3	9	28	0.75	0.500	5.3	9	109
2.00	1.881	5.3	9	29	0.50	0.496	5.3	9	110
2.00	1.818	5.3	9	30	0.50	0.250	5.3	9	218
2.00	1.760	5.3	9	31	0.25	0.249	5.3	9	219
1.75	1.705	5.3	9	32	0.25	0.140	5.3	9	390

②軌跡の検証

実際のセミトレーラが、曲線を旋回したときの軌跡を図上でシミュレートし、計算により求められた値について検証すると図 2-19～図 2-23 のとおりであった。

ヘアピンカーブ セミトレーラ R12 縮尺:1/100

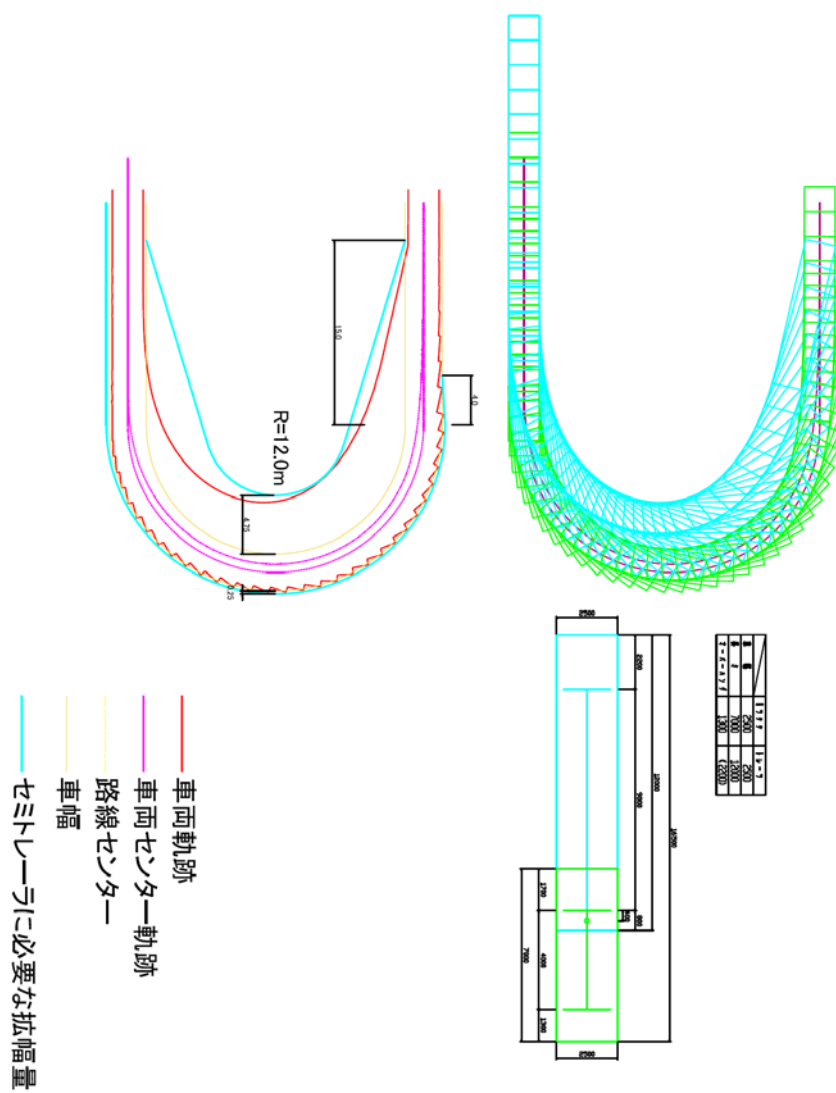


図 2-19 ヘアピンカーブにおける拡幅量の検討(R12)

ヘアピンカーブ セミトレーラ R14 縮尺:1/100

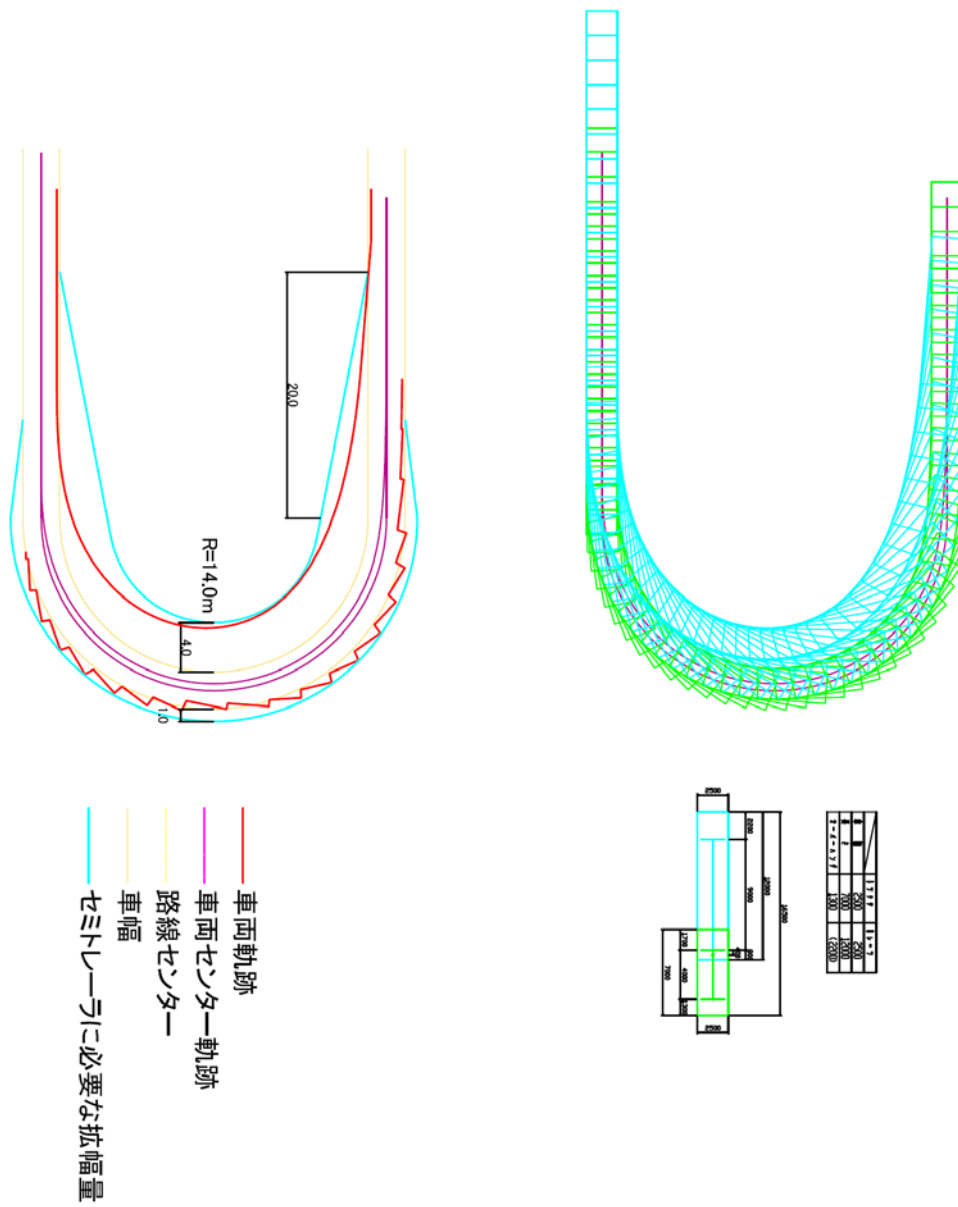


図 2-20 ヘアピンカーブにおける拡幅量の検討(R14)

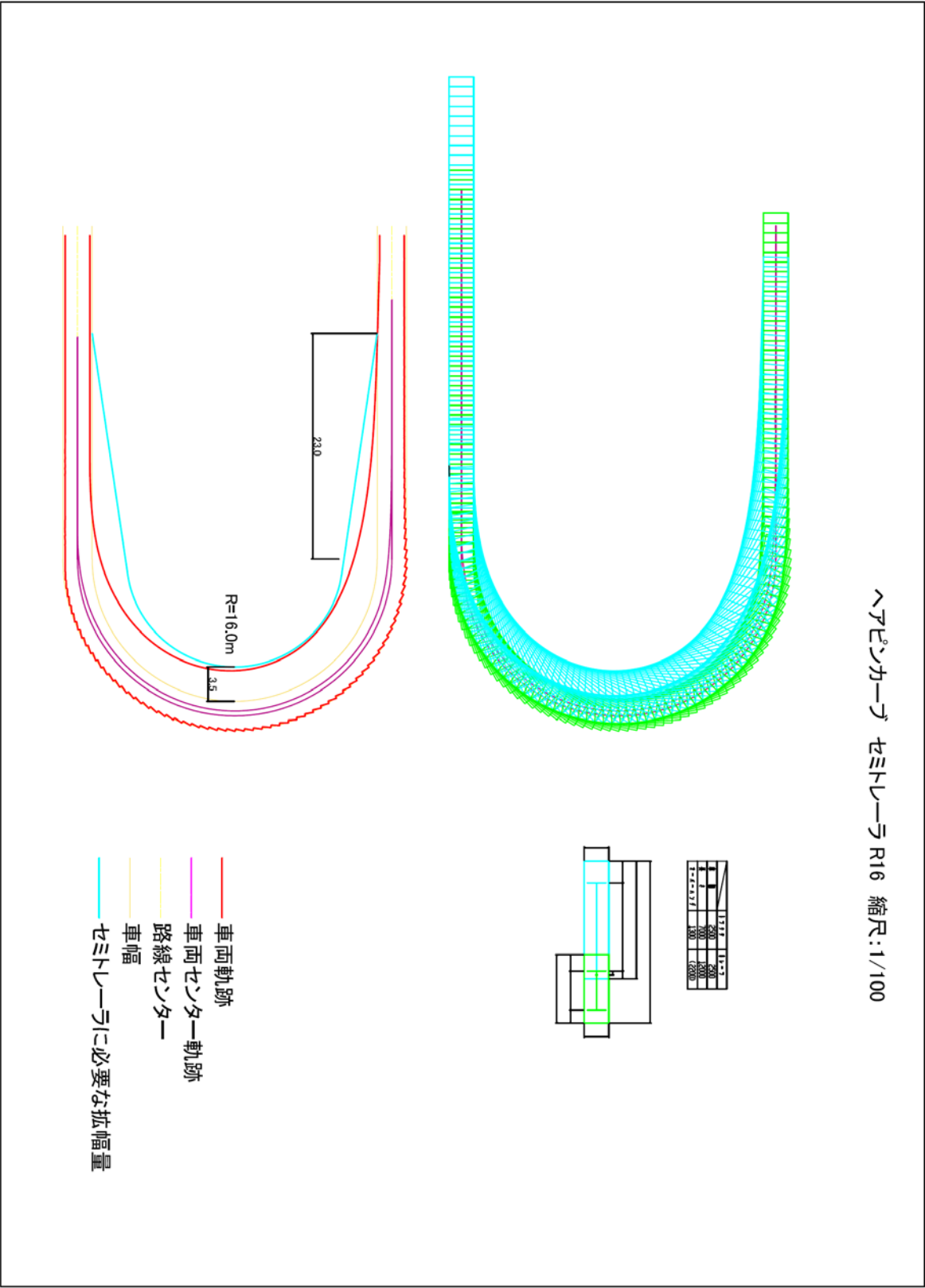


図 2-21 ヘアピンカーブにおける拡幅量の検討(R16)

S字カーブ セミトレーラ R12 縮尺:1/100

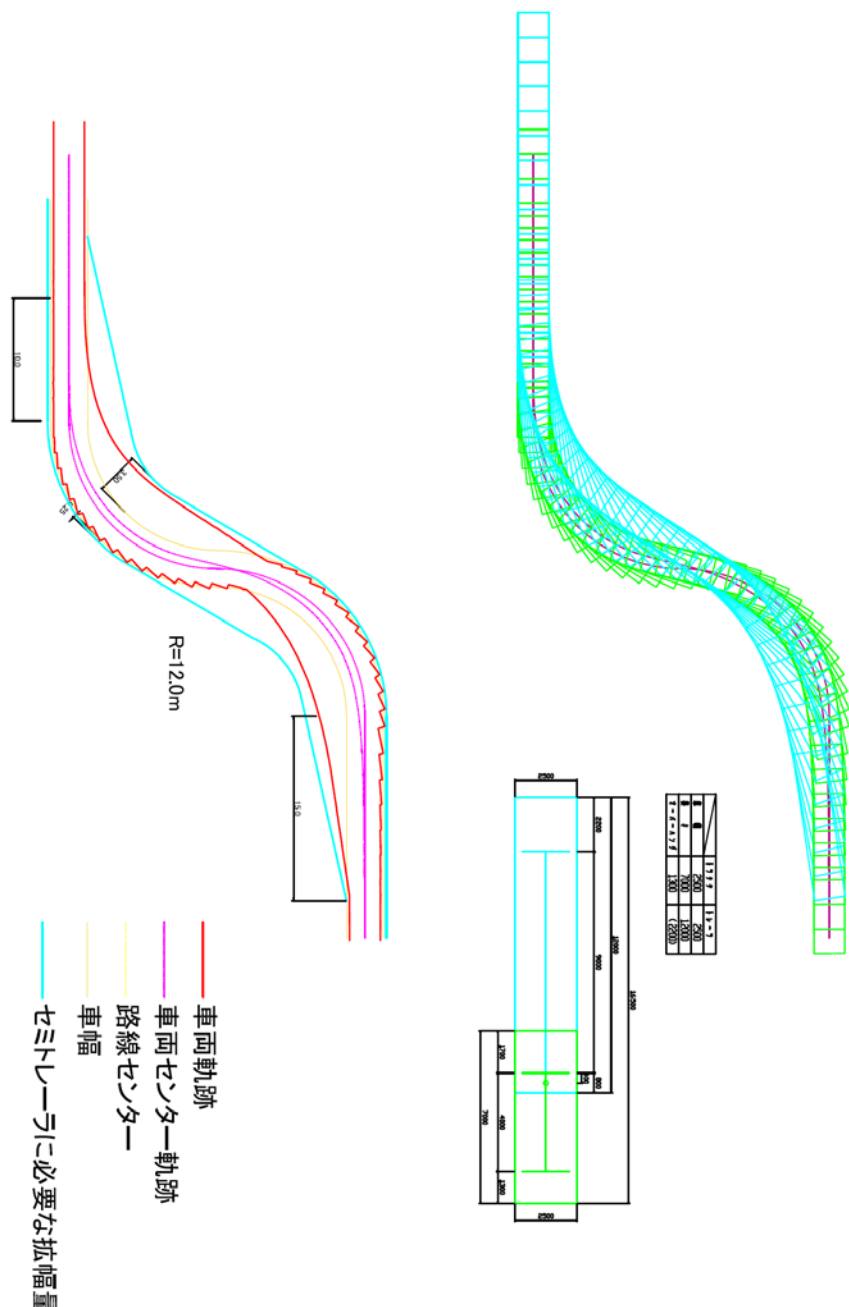


図 2-23 S 字カーブにおける拡幅量の検討(R12)

検討の結果、以下の様なことを把握した。

○内側拡幅については、計算により求められた値と同じものとなった。

○R14までは外側にも拡幅が必要となる。

○すり付け区間がR16で最も長くなりL=23.0m必要となった

以上の結果を基に、拡幅の数量をまとめると以下のとおりである。

表 2-29 拡幅量

単位：（m）

曲線半径(メートル)	拡幅量(メートル)	
	内側	外側
以上 未満		
12 ～ 13	4.75	1.00
13 ～ 15	4.25	1.00
15 ～ 16	3.75	0.00
16 ～ 17	3.50	0.00
17 ～ 19	3.25	0.00
19 ～ 20	3.00	0.00
20 ～ 22	2.75	0.00
22 ～ 25	2.50	0.00
25 ～ 28	2.25	0.00
28 ～ 32	2.00	0.00
32 ～ 37	1.75	0.00
37 ～ 43	1.50	0.00
43 ～ 55	1.25	0.00
55 ～ 73	1.00	0.00
73 ～ 110	0.75	0.00
110 ～ 219	0.50	0.00
219 ～ 390	0.25	0.00

（２）緩和区間

曲線部の緩和区間について最小半径から最大半径について、走行軌跡のシミュレーションを実施し、検討を行った。

セミトレーラをヘアピンカーブ内側拡幅で走行させた場合、曲線半径 R16mで 23m以上、外側拡幅で走行させた場合、20m以上の緩和区間長が必要であることが確認された。シミュレーションは図 2-24 及び図 2-25 のとおりである。

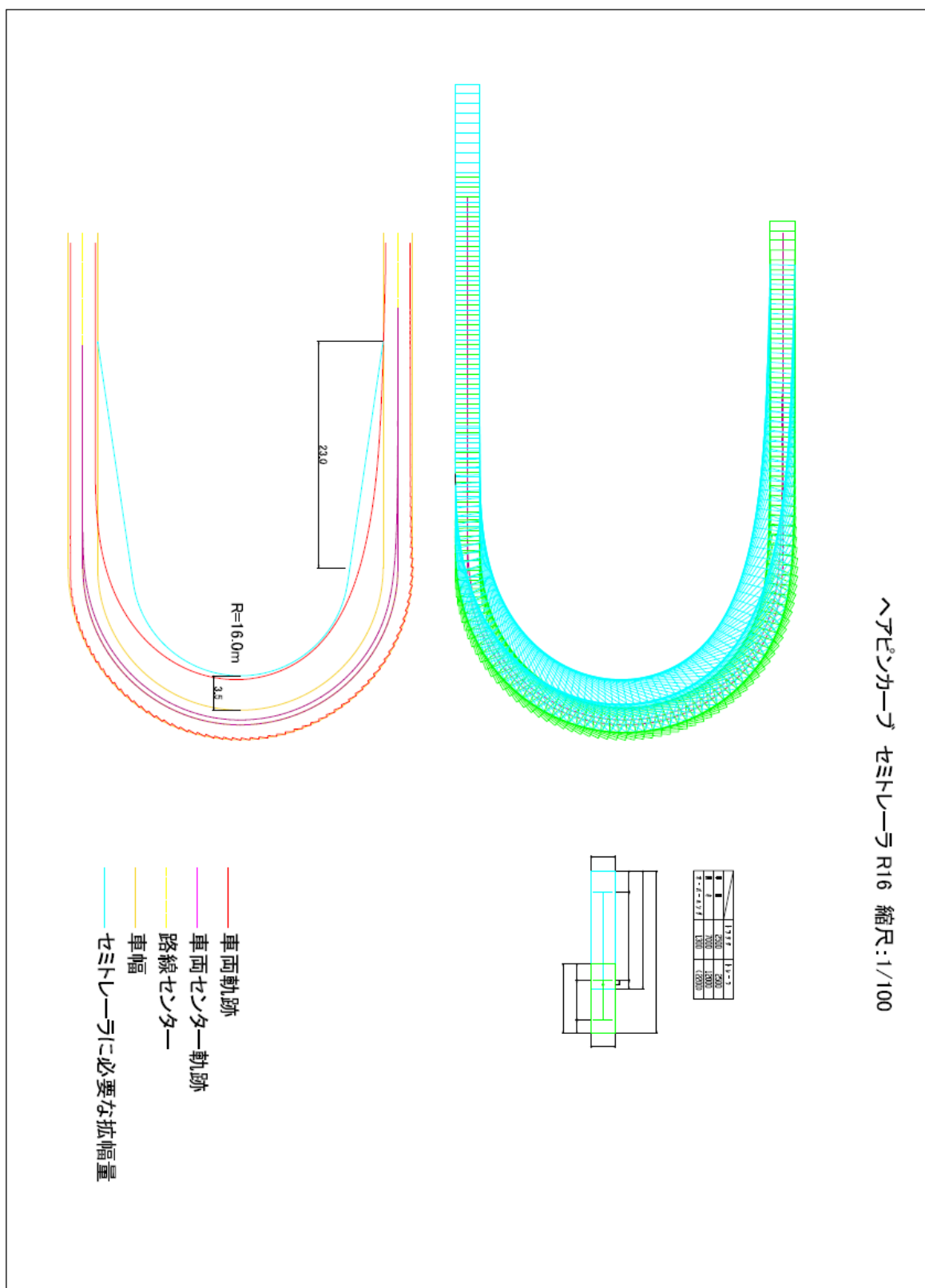


図 2-24 ヘアピンカーブ内側拡幅における緩和区間長の検討(R16)

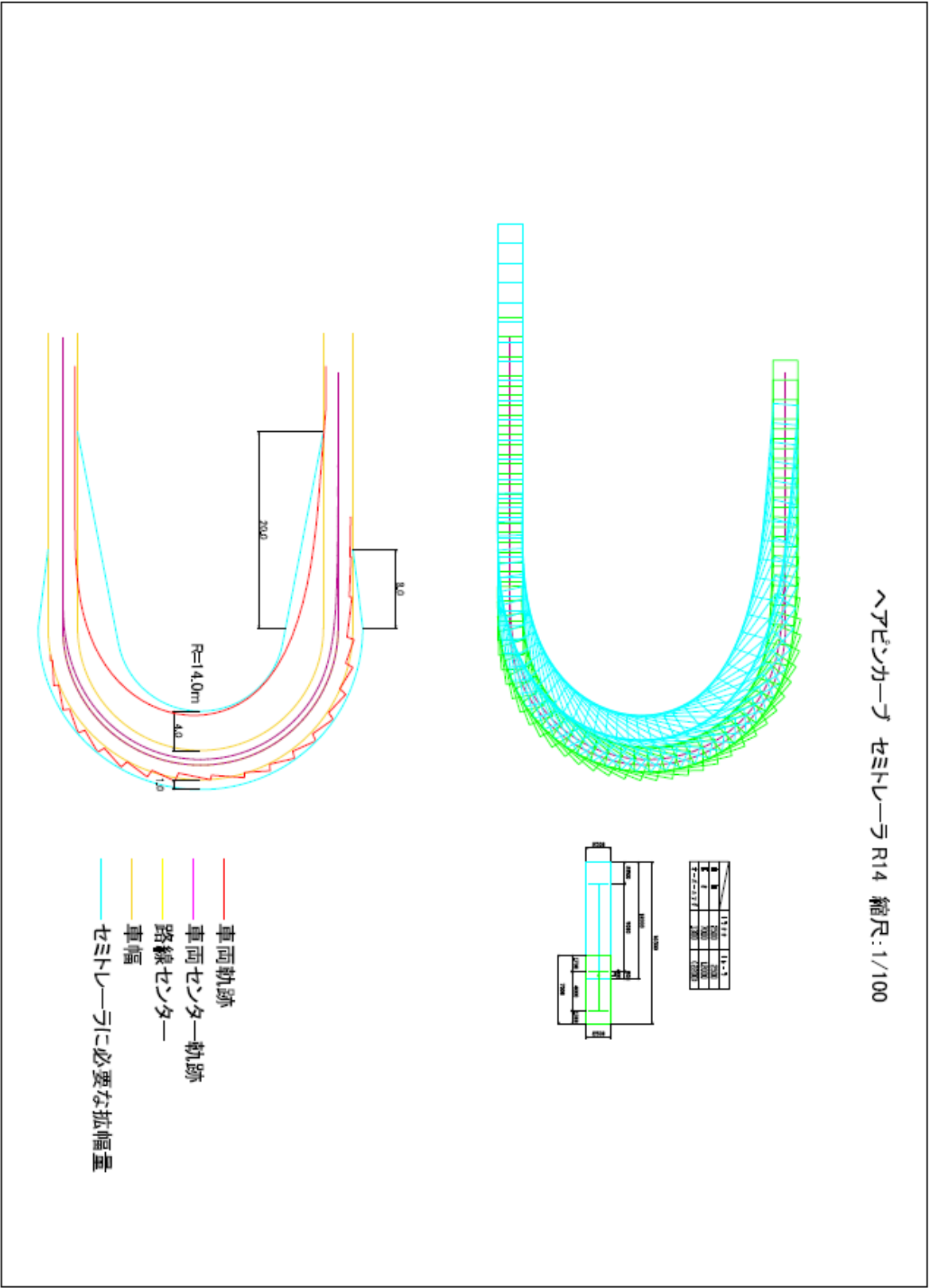


図 2-25 ヘアピンカーブ外側拡幅における緩和区間長の検討 (R14)

(3) 片勾配

曲線部における車両の横すべりと片勾配の関係について検討を実施した。

物理的な横すべり摩擦係数は、路面及びタイヤの状態によって変化するが、片勾配の路面上の車両の静止限界から、次式によって求めることができる。

$$w \cdot \sin \alpha = f \cdot w \cdot \cos \alpha \quad \text{から}$$

$$f = \frac{w \cdot \sin \alpha}{w \cdot \cos \alpha} = \tan \alpha \quad \dots \textcircled{1}$$

ここに w : 車両の重量
 α : 路面の傾斜角
 f : 横すべり摩擦係数

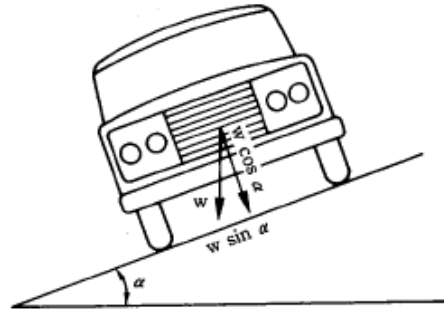


図 2-26 車両の横すべりと片勾配の関係

また、タイヤと路面の摩擦を考慮した場合の曲線半径は、次式によって算定することができる。

$$R = \frac{V^2}{127(f+i)} \quad \dots \textcircled{2}$$

ここに R : 曲線半径 (m)
 V : 設計速度 (km/h)
 f : 横すべりに対する路面とタイヤの摩擦係数
 i : 路面の横断勾配 (片勾配) (%)

①②式ともに車両の大きさ、重量に関係なく求められることから、セミトレーラ、フルトレーラなど車両別の影響はない。

2-5-2 縦断勾配に関する事項

セミトレーラ等大型自動車の走行を想定して、縦断勾配と自動車の規格別の制動距離について検討を実施した。

(1) 自動車の規格別による制動距離の検討

自動車の運動エネルギーは

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad \dots \textcircled{3}$$

自動車を止める摩擦抵抗によるエネルギーは

$$= \mu NL = \mu mgL \quad \dots \textcircled{4}$$

①②の両式が釣り合った場合に自動車が停止するので以下の関係が成り立つ

$$\frac{1}{2}mv^2 = \mu mgL \quad \dots \textcircled{5}$$

③式より制動距離 L を求めると

$$L = \frac{1}{2}mv^2 \times \frac{1}{\mu mg} = \frac{1}{2}v^2 \times \frac{1}{\mu g} = v^2 \times \frac{1}{2\mu g} \quad \dots \textcircled{6}$$

ここに、F：自動車の運動エネルギー

m：自動車の質量

v：自動車の速度

μ ：摩擦係数

g：重力加速度

N：制動力

L：制動距離

⑥式より、制動距離 L の計算には速度と摩擦係数、重力加速度が影響する。

従って制動距離 L は車両の重量 m に関係なく求められることになる。制動距離は自動車の規格別の影響はない。

2-5-3 待避所・車廻しに関する事項

(1) 待避所

待避所の取付け長について、走行軌跡のシミュレーションを実施し、検討を行った。

対向するセミトレーラがすれ違い可能な取付け長は、対向車が 0.15m 路肩に寄った場合 16m、対向車がセンターを通過した場合、17m 必要であることが確認された。

シミュレーションは図 2-27 のとおりである。

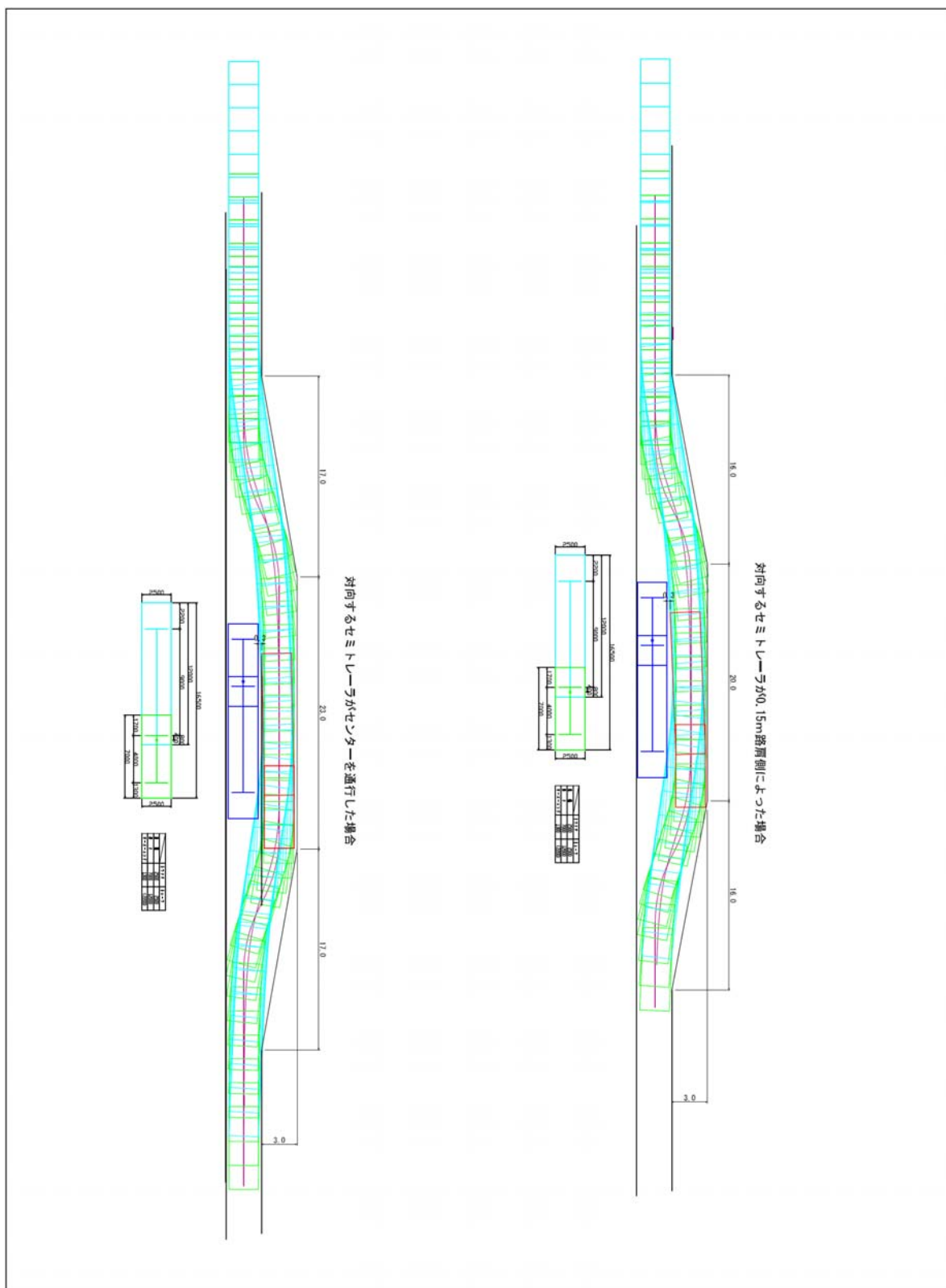


図 2-27 待避所の取付け長の検討

（２）車廻し

車廻しについて、走行軌跡のシミュレーションを実施し、次の４つの検討を行った。

①繰り返し片側拡幅タイプ②繰り返し両側拡幅タイプ③旋回タイプ④セミトレーラ繰り返し
位置の違いによるトレーラ部の挙動

シミュレーションは図 2-28～図 2-31 のとおりである。

車廻し セミトレーラ 切り返し片側拡幅タイプ 縮尺: 1/200
 $A=839\text{m}^2$

一旦車廻し側に寄せてから、バックで車廻しに入れた場合

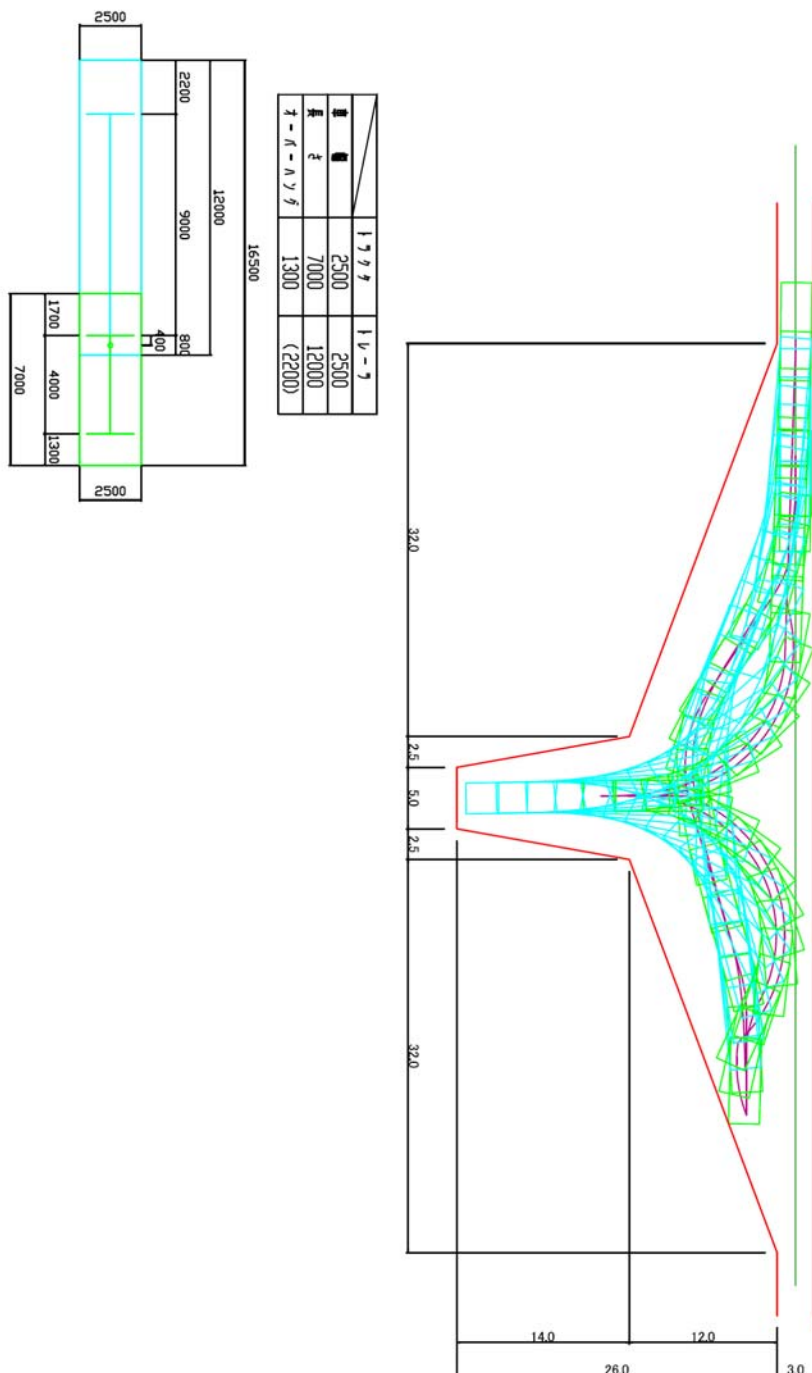


図 2-28 車廻しの検討 (切り返し片側拡幅タイプ)

車廻し セミトレーラ 切り返し両側拡幅タイプ 縮尺:1/200

A=776m²

直進後、バックで車廻しに入れた場合

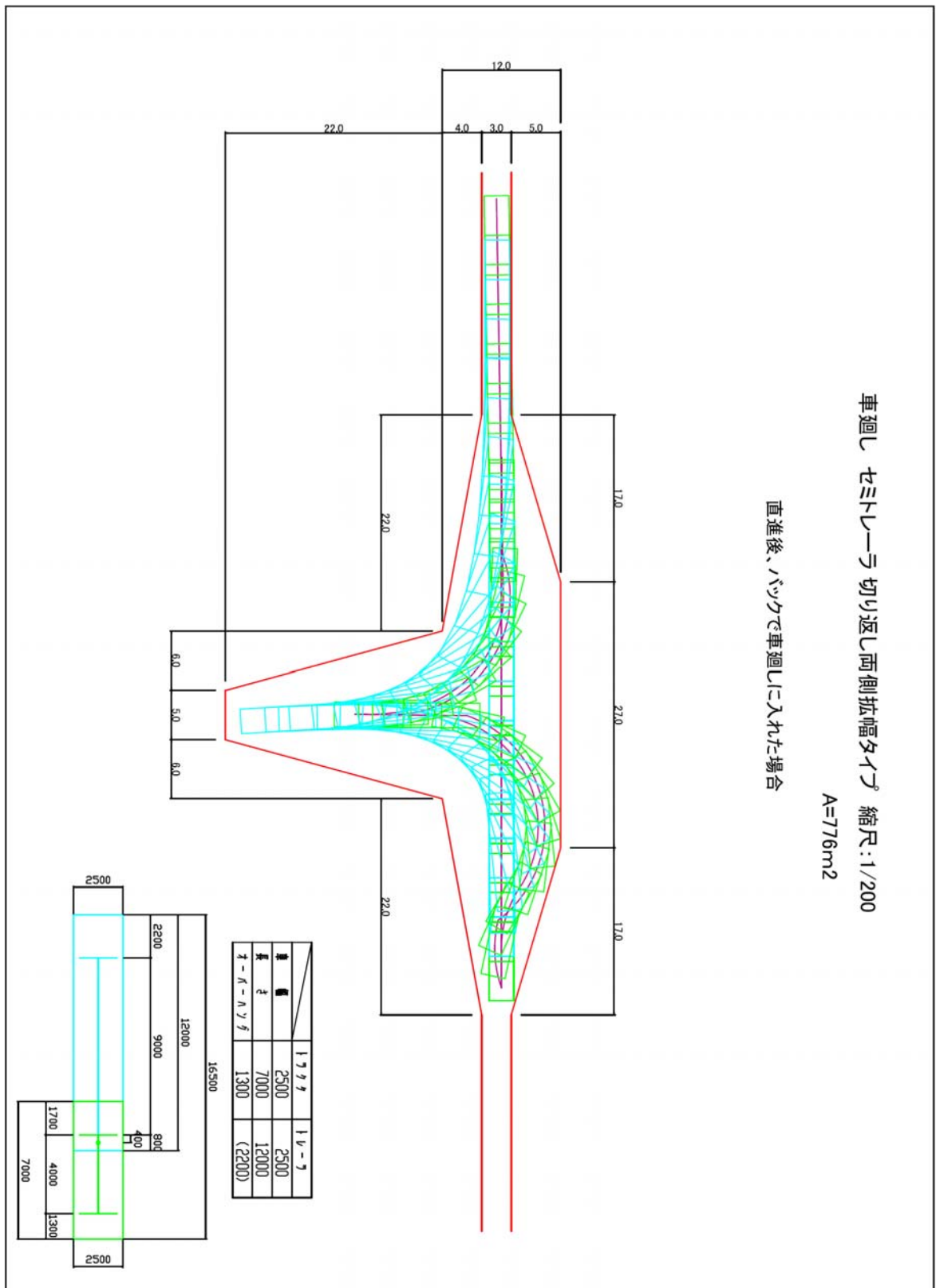


図 2-29 車廻しの検討 (切り返し両側拡幅タイプ)

車廻し セミトレーラ 旋回タイプ 縮尺:1/200
 $A=1130\text{m}^2$
 $A=891\text{m}^2$ (舗装箇所)

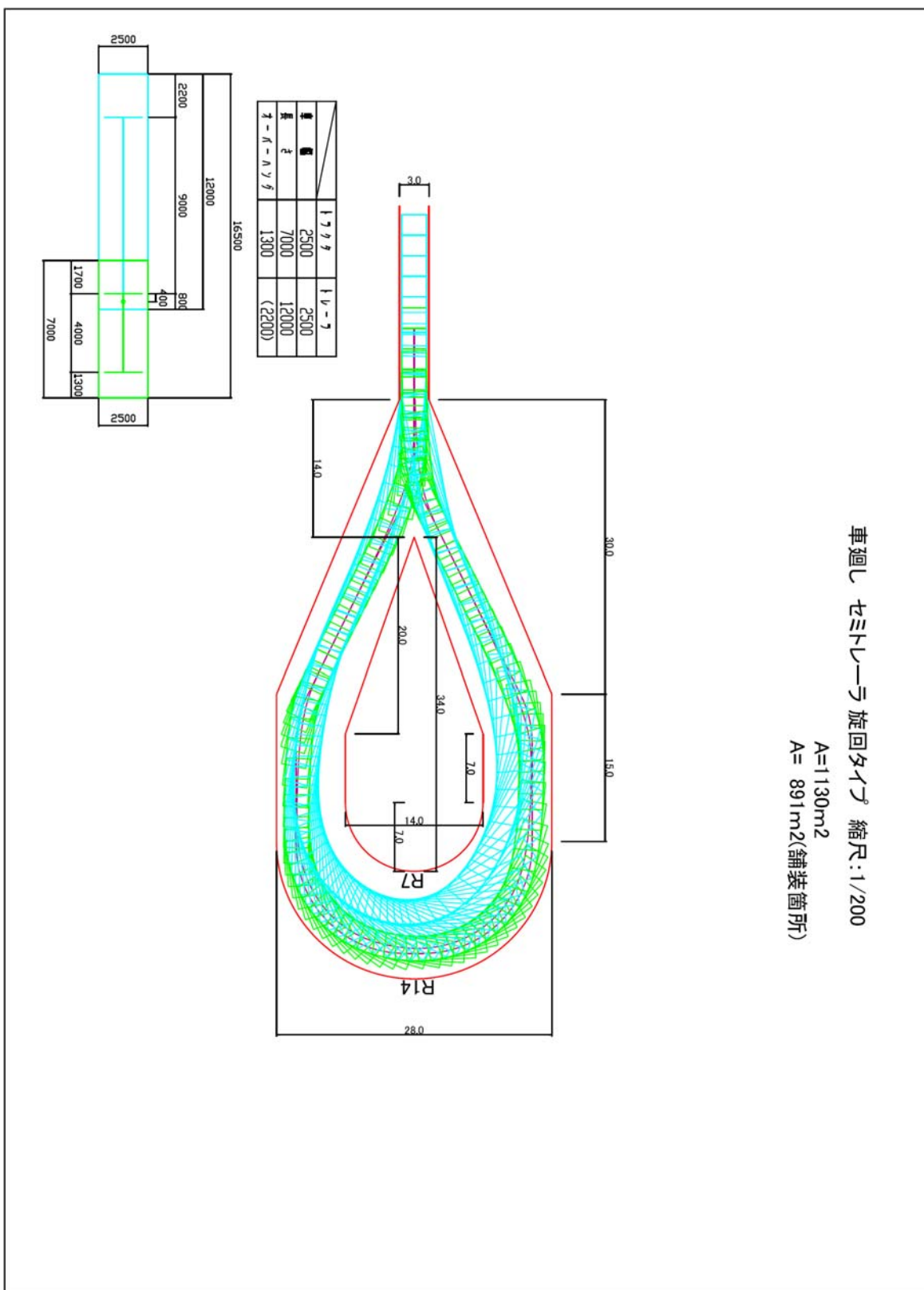


図 2-30 車廻しの検討 (旋回タイプ)

セミトレーラの切り返し位置の違いによるトレーラ部の挙動

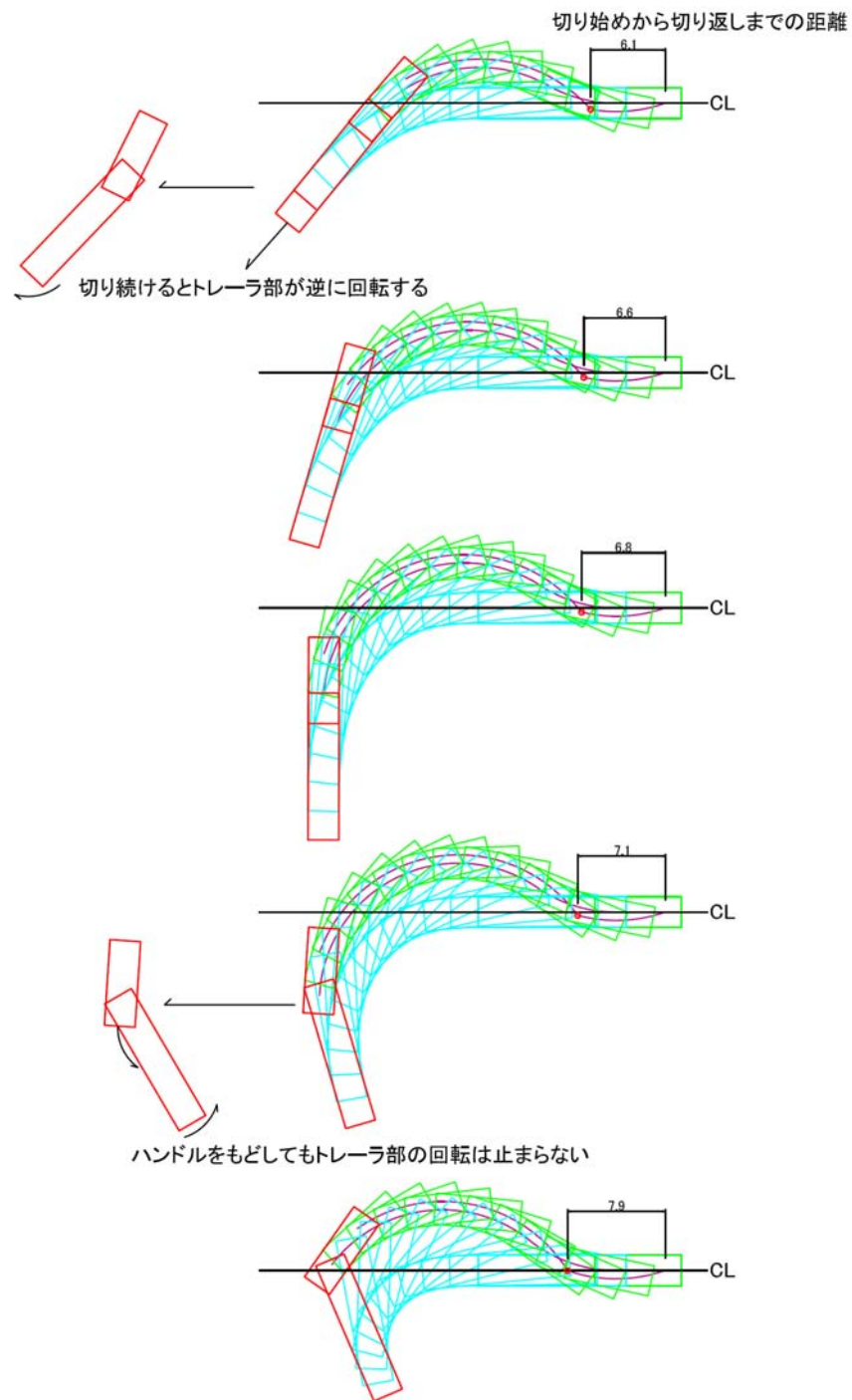


図 2-31 車廻しの検討 (セミトレーラ切り返し位置の違いによるトレーラ部の挙動)