

R15 カーブ林道路盤耐久性実規模実験
&
わだち掘れ平坦性試験

報 告 書

エターナルプレザーブ株式会社

2023年10月24日

目次

1. 背景・実験目的
2. 実験概要
3. 実験ケース
4. 調査事項
 - CBR 調査
 - 締固め度調査
 - 平坦性調査
5. 実験結果
 - ① わだち掘れ評価
 - ② International Roughness Index 評価
6. 施工手順写真
7. 実験中の写真情報
8. 実験を了えて（まとめ）
9. 付属資料
 - ◆Ecoweb™ カタログ
 - ◆AW 工法 カタログ
 - ◆カタマ SP 品質情報
 - ◆RC40 の品質情報
 - ◆キャスポル カタログ
 - ◆Handyprofiler カタログ
 - ◆タイヤローラ TZ701 カタログ
 - ◆振動ローラ SW504 カタログ
 - ◆締固め試験結果報告書

1. 背景・実験目的

- ◆林道、森林施業「林業専用道」コンクリート舗装に変わる
ジオセルを使ったパフォーマンス・施工性向上路盤工法開発
- ◆急カーブ R15 条件における高炉スラグ（カタマ SP：水硬性）を用いた工法など
対策工法を 4 水準と RC40 路盤工の合計 5 水準のパフォーマンス比較
(7%~12%の勾配設定は、試験場設定困難な為 R12 に近い水準の R 条件にて
実験)

2. 実験概要

- ・R15 円形実験ヤードを総荷重 20 トンのダンプが速度 9km/hour で
1,000 周回通行した実験を行った。
- ・R15 円形実験ヤード上で対策構造を 5 種類分けて設置した。
母材は RC40, スラグ(カタマ SP)を使用した。
- ・表層にアーモコード有無箇所を分けて実施した。
- ・締固めは 4 トン振動ローラ SW504 で振動をかけずに転圧した。
- ・RC40 を充填材としたケースは往復 3 回転圧を行った。
- ・カタマを充填材としたケースは、

①	10トンタイヤローラTZ701による大散水・転圧	往復1回
②	4トン振動ローラSW504で振動をかけずに小散水・転圧	往復3回
③	10トンタイヤローラTZ701による大散水・転圧	往復1回
④	4トン振動ローラSW504で振動をかけずに小散水・転圧	往復2回
計	十分に散水しながら転圧	往復7回

- ・締固め度 90%以上を目標とした。

3. 実験ケース

表 1 にケース毎の対策構造一覧を示す。

実験ヤードの平面図を図 1 に示す。

実験ヤードの各実験ケースにおけるカーブの半径と円周長さを表 1 に示した。

表 1 耐久性実験の対策構造一覧表

ケース	試験ケース	円周距離 m	半径R m	ジオセル高 (充填材) cm	カーパー層
Case1	ジオセル+カタマSP	17.2	9.6	10(10)	カタマ 2cm
Case2	ジオセル+カタマSP+アーマー	16.3	26.4	10(10)	アーマー 2cm
Case3	ジオセル+RC40+アーマー	14.7	10.3	10(10)	アーマー 2cm
Case4	ジオセル+RC40	18.4	15.0	10(10)	RC40 2cm
Case5	RC40	12.0	13.1	10(10)	RC40 2cm
	合計円周長さ (m)	78.6	14.9 (平均)		

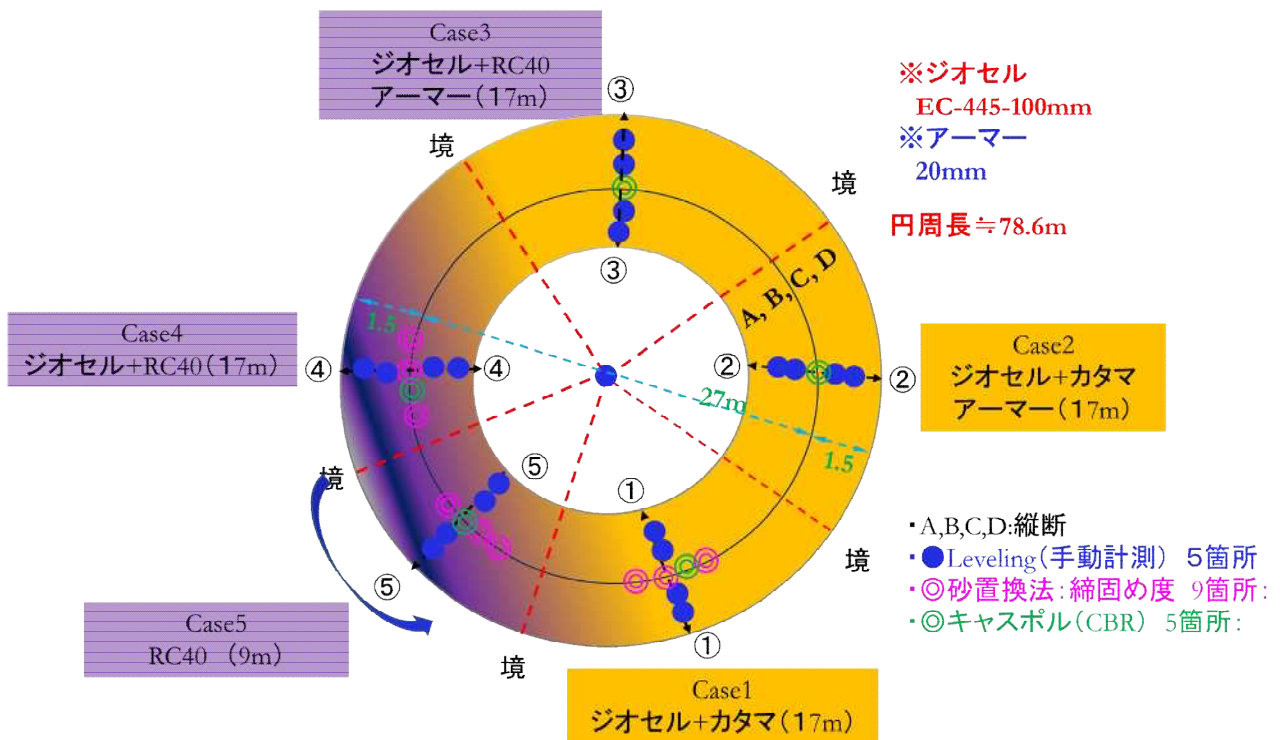
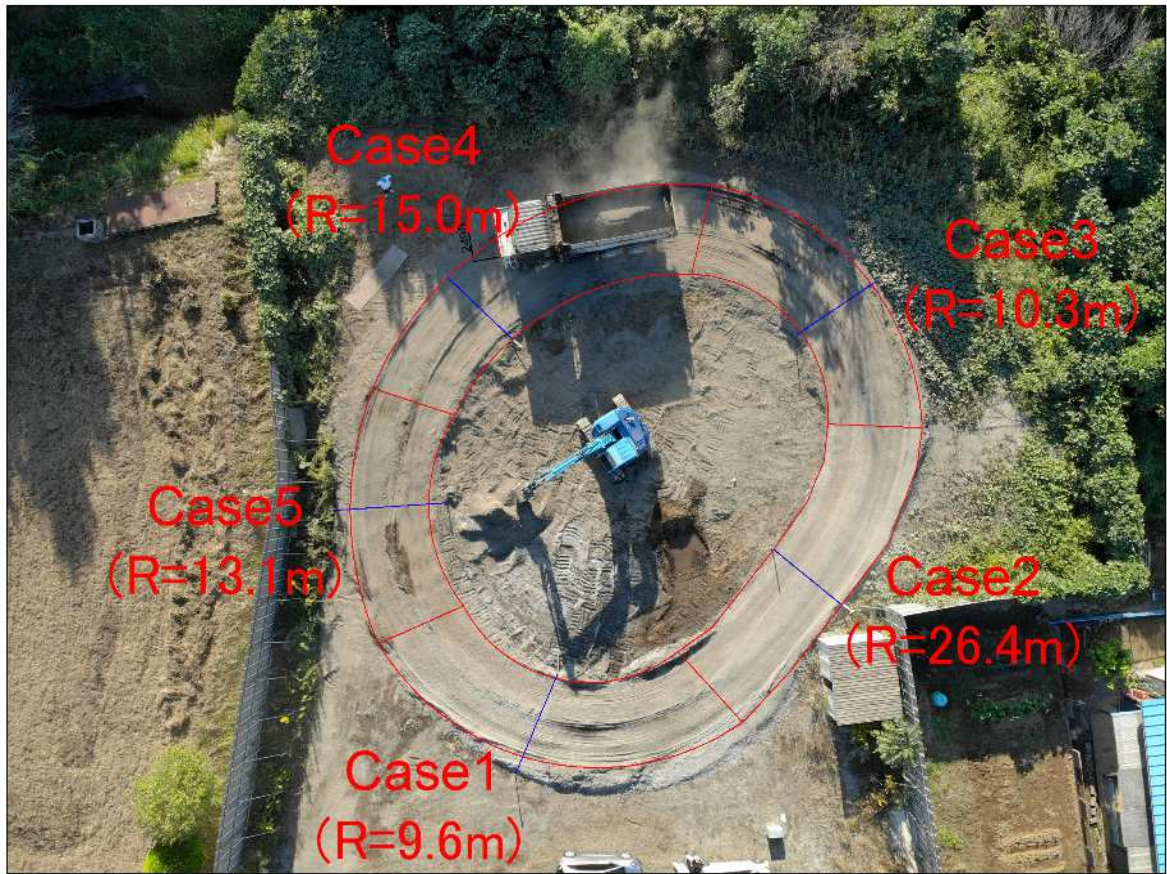
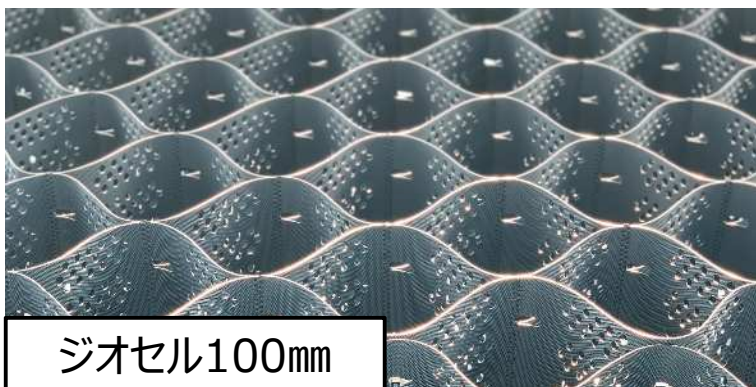
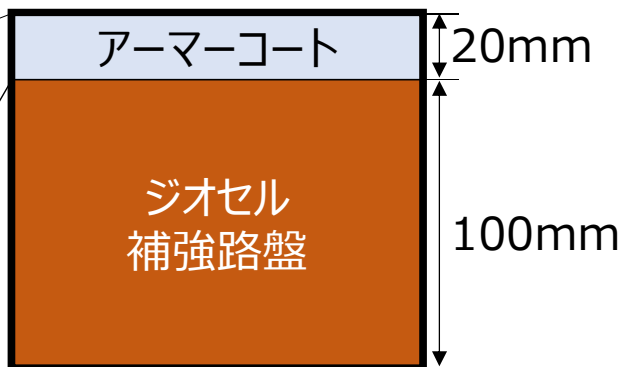
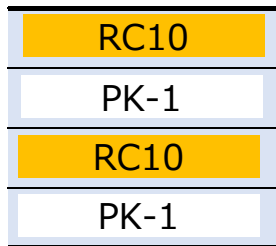


図1 実験場の平面図

アーマーコートの構造



ジオセル100mm

※充填材

- ・カタマ
- ・RC40
- ・ $D_c \geq 90\%$ 以上

図2 対策構造イメージ

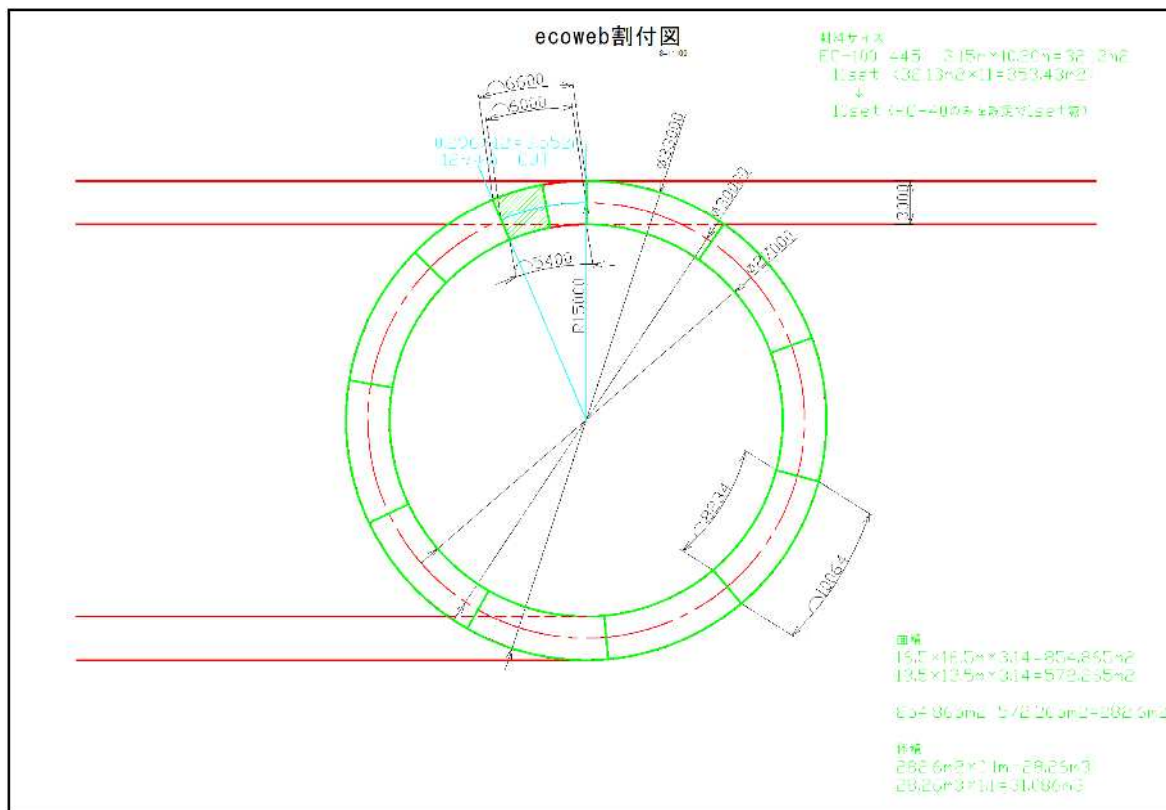


図3 ecoweb 割付図

4. 実験測定機器と調査結果

1. キヤスポルを用いて各対策構造の路面固さ CBR を調査した。
 対策構造作成後 11 日目の各対策構造の路面固さ CBR は、以下の通りである。
 Case1≒44 カタマ SP : 14 日養生後強度 1400 kN/m(メーカーhearing 10 日後ほぼ到達)
 Case2≒42 カタマ SP : 14 日養生後強度 1400 kN/m(メーカーhearing 10 日後ほぼ到達)
 Case3≒25
 Case4≒28
 Case5≒37 ※転圧回数が多い
 なお、実験ヤード近辺の基層地盤の表面固さ CBR は 41 である。
2. 砂置換法にて対策構造の締固め度を調査した。
 Case1≒ 98.9%
 Case2≒調査不可
 Case3≒調査不可
 Case4≒98.6%
 Case5≒97.5%
3. レベル (手動) に各対策構造の路面横断のわだち掘れ状況を調査した。
4. TX プロファイラ 平坦性試験機を用いて、路面縦断の平坦性を調査した。

※3.4 の詳細結果については、5 章に述べる。

5. 実験結果

◆わだち掘れ評価【レベル計測】

各対策構造中央位置における横断部のわだち掘れを評価した。【表 2】
 測定は通行回数 49 回、112 回、361 回、635 回、1000 回後に実施した。

表 2 ダンプの通行回数と各対策構造のわだち掘れ状況評価

日付け	通行回数	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
2023/10/10	49	○	◎	○	○	✕
	112	▲	◎	▲	✕	✕
2023/10/11	361	▲→✕	◎	▲→✕	✕	✕
2023/10/12	635	✕	◎	✕	✕	✕
2023/10/13	1000	✕	◎	✕	✕	✕
性能評価		2	1	3	4	5

◎通行可能、▲通行可能ですが一部崩壊、✕通行不可

◆通行回数 49 回・112 回後のレベル計測結果

各対策構造中央位置のレベル計測結果を以下に示す。
測定は構造体外側から内側へ 1m 距離毎の位置で図った。

① Case5 のレベル計測結果

通行回数 49 回完了時点で Case 5 構造の路面レベルが 9cm 凹みと 21cm 膨らみにて路面にわだち掘れが生じており、路面の凹凸が対策構造高さ以上となり、構造が崩壊されたと判断する。

【 図 4 】 49 回完了時点で、修復作業（ならし作業・母材補填作業）を行った

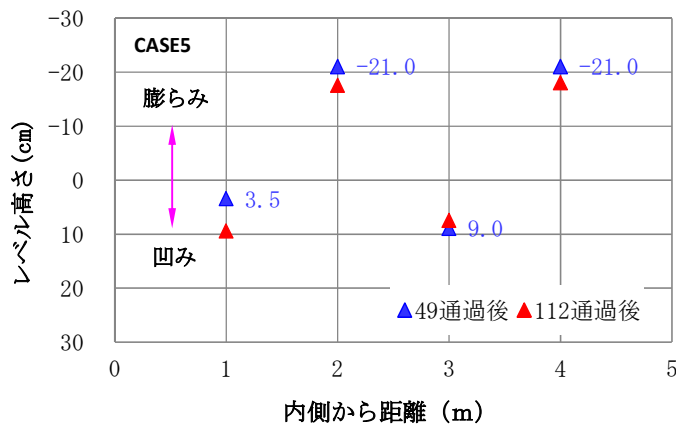


図 4 Case5 のレベル計測結果

② Case4, Case3, Case1 のレベル計測結果

Case 4 構造においては、49 回完了時点で外輪部の修復作業を行った。通行回数 112 回完了時点で路面レベルが 5.0cm 凹みと 7.5cm 膨らみにて路面に路面にわだち掘れが生じており、路面の凹凸が対策構造高さの半分以上となり、構造が崩壊されたと判断する。【 図 5 下 】

Case 3 構造においては、通行回数 112 回完了時点で路面レベルが 2.5cm 凹みと 0.5cm 膨らみにて路面にわだち掘れが多少乗じているが、路面の凹凸が対策構造高さの半分以下であり、構造が崩壊されてないと判断する。【 図 5 中 】しかし、レベル計測定地点の手前位置における外側前輪部の轍ぼれが顕著であり、ジオセルが僅かに覗いている状況であった。112 回終了後修復作業を行った。

Case 1 構造においては、通行回数 112 回完了時点での路面レベルが 6.0cm 凹みと 7.0cm 膨らみにて路面にわだち掘れが生じており、路面の凹凸が対策構造高さの半分以上となり、構造が崩壊されたと判断する。【 図 5 上 】しかしジオセルが地表面から露出してなかった。修復作業は 112 回完了時点で行った。特記すべきことは、内側前輪及び内側後輪位置に轍ぼれが発生しているが、これは 9 日の雨の影響により、10 日において R 15 試験場で CASE 1 の内側のみに水溜まりが発生し、その影響で近接するカタマ SP の強度が低下したことが主因と思われる。写真 7：実験中の写真情報 2) 参照

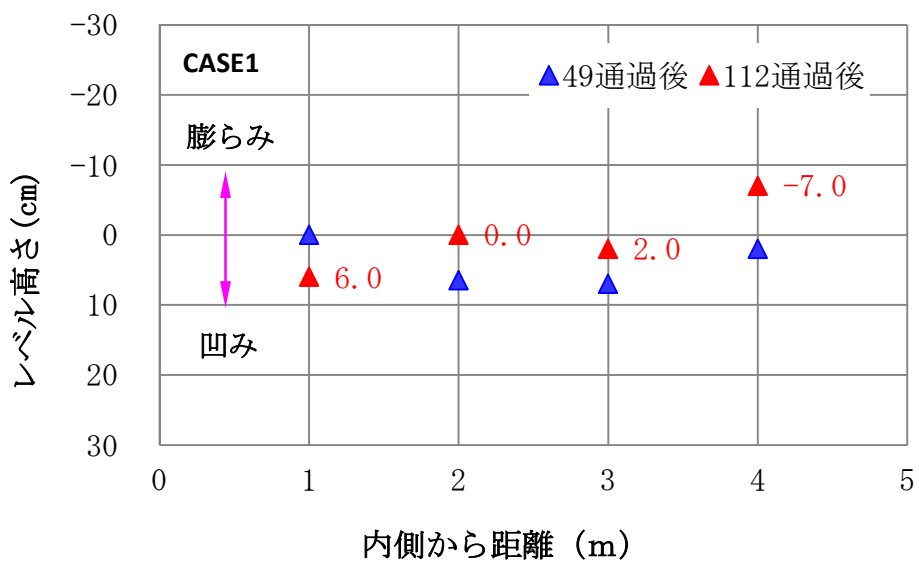
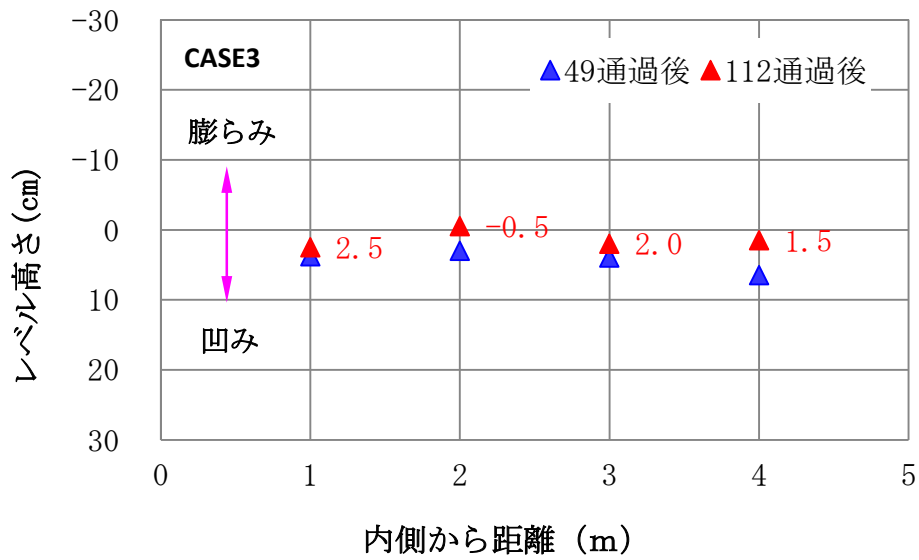
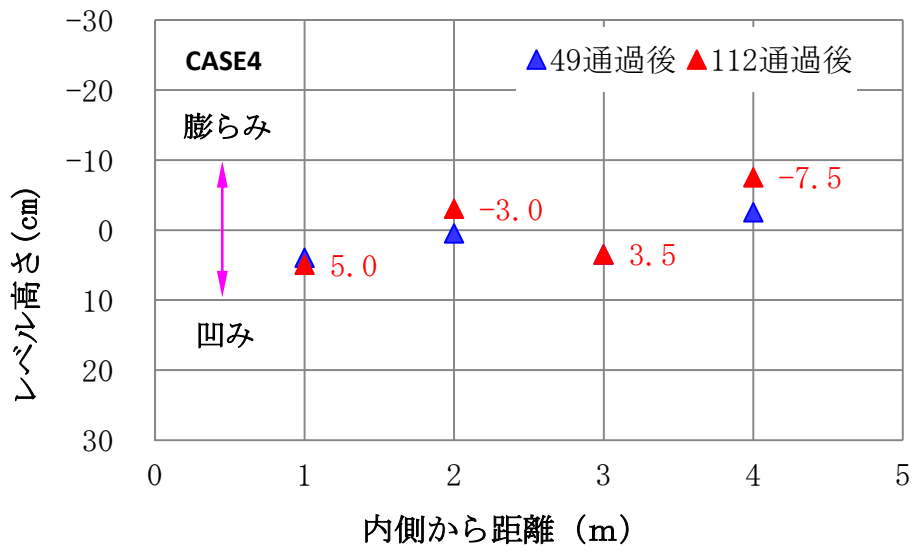


図5 Case4, Case3, Case1 のレベル計測結果

③ Case 2のレベル計測結果

通行回数 112 回完了時点で Case2 構造の路面レベルが 1.0cm 凹み程度で、路面にわだち掘れがほとんど生じてない。構造が健全状態と判断できる。

通行回数 1000 回完了時点で Case2 構造の路面レベルが 2.5cm 凹みと 0.4cm の膨らみ程度で、路面にわだち掘れが少なく、構造が健全状態で残っている。

なお、図7は Case2 におけるレベル計測結果です。

測定箇所は①内側後輪②内側前輪③外側後輪④外側前輪位置である。

この計測は通行回数 361 回から 1000 回終了後に行った為、通行回数 361 回終了後の値を初期値とした。

1000 回通行後における後輪通行位置が 0.5 cm～1.0 cm 程度凹みが生じたものの、わだち掘れが生じてない。対策構造が健全状態で残っている。

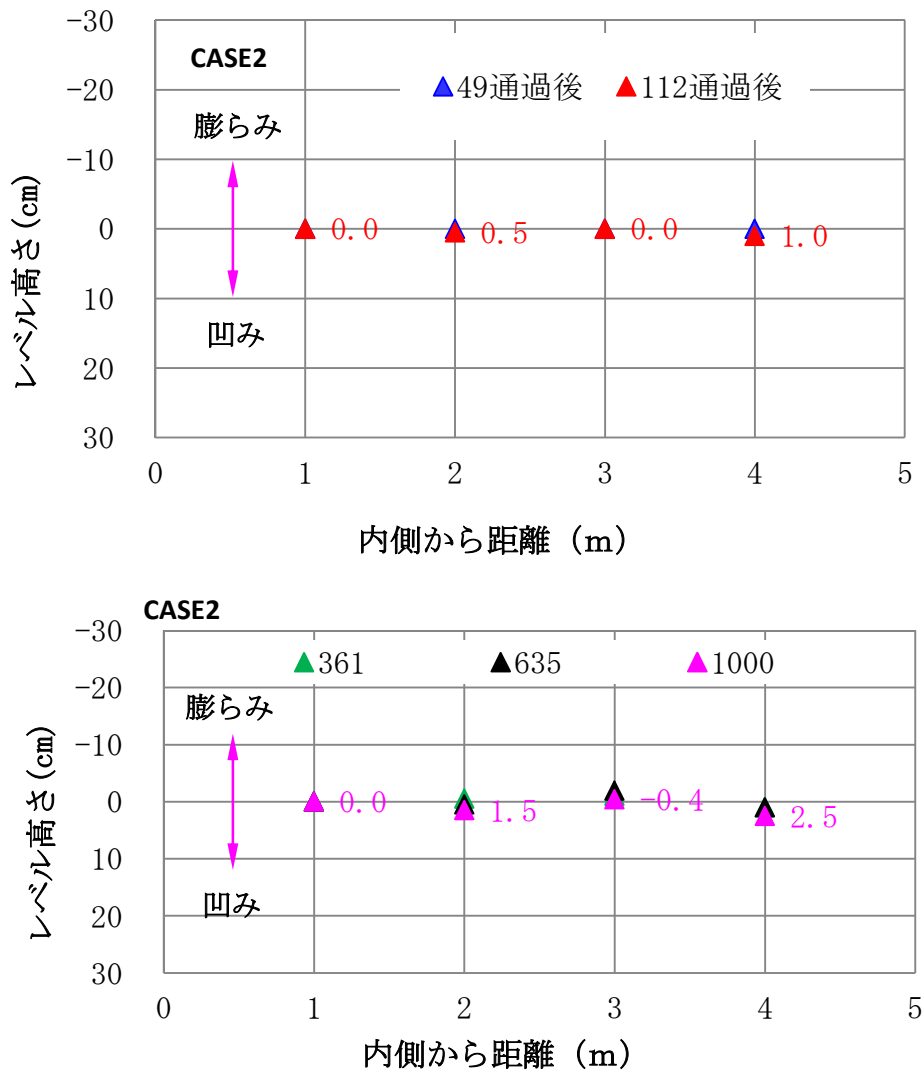


図6 Case2 レベル計測結果

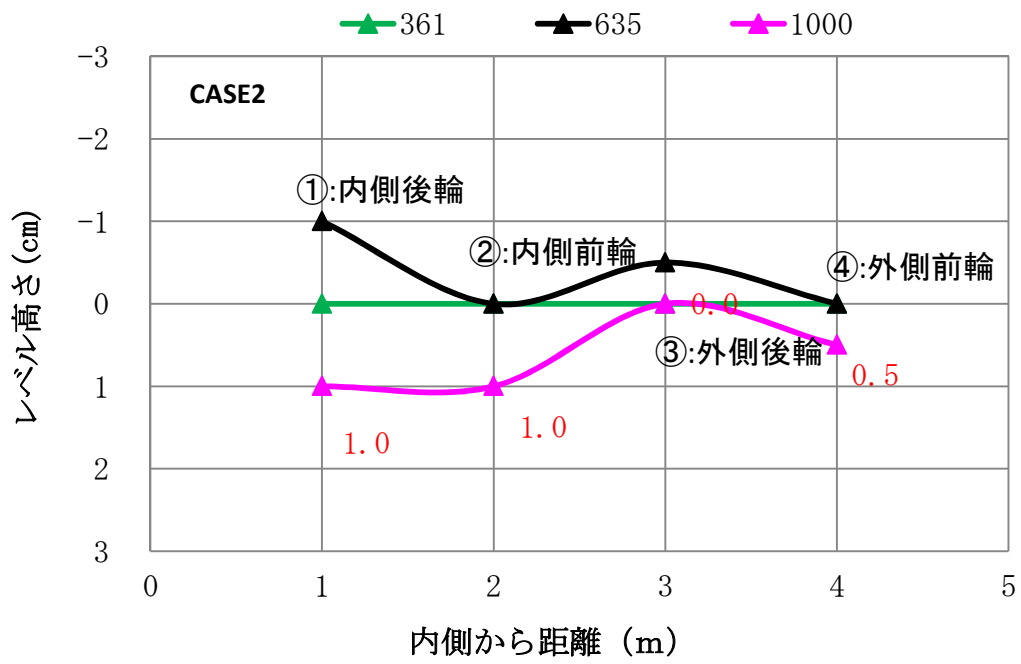


図7 Case2 レベル計測結果

◆路面縦断の IRI 評価

路面縦断の IRI は TX プロファイラ試験機を用いて照査した。
測定箇所は①内側後輪②内側前輪③外側後輪④外側前輪位置である。
実験前、通行回数 49 回、112 回後（1 日目）は全ての対策構造の路面縦断に計測した。【一周計測】
一方、通行回数 361 回、635 回、1000 回後は Case2【ジオセル・カタマ・アーマー】
区間のみ計測した。【Case2 のみ計測】
平坦性指数(IRI 値) (mm/m \div 1m 区間値)の結果を以下に示す。

【IRI : International Roughness Index】

Case5 区間はダンプの通行回数 49 回完了時点において、路面平坦性指数 (IRI 値) を測定した。【図 8】から分かるように内側の前輪と外側の前輪の IRI 値が高かった。40 回完了時点における轍ぼれがへこみ 10 cm、隆起 21cm であり、修復作業を行った。

Case4 区間はダンプの通行回数 49 回完了してさらに 112 回完了まできたので IRI を測定した。【図 8】から分かるように 4 側線とも IRI 値は大きかった。112 回完了時点で轍ぼれが大きく、修復作業を行った。

Case3 区間はダンプの通行回数 112 回完了時点において、路面縦断の平坦性指数 (IRI 値) の変化が少ない。【図 8】しかしながら外側の前輪は R10.3 のこともあり轍ぼれが見られ、さらにジオセルが僅かに垣間見られることとなった。その為 Case4 ほどひどくはないが 112 回完了後、修復作業を行った。

Case 1 区間はダンプの通行回数 112 回完了時点において、路面縦断の平坦性指数 (IRI 値) の変化をみると Case2 区間前において IRI 値が増えている。【図 8】R9.6 であるが、特記すべきことは、内側前輪及び内側後輪位置に轍ぼれが発生していることである。写真 7 : 実験中の写真情報 2) 参照
その為 112 完了後修復作業を行った。

Case2 区間はダンプの通行回数 1000 回完了時点において、路面平坦性指数 (IRI 値) の変化が少ない。【図 9】一方、内側前輪及び内側後輪位置の路面平坦性指数の変化は外側に比べ大きい。これは、Case1 の内側の水溜まりによる影響を受け内側タイヤが濡れたままでケース 2 の内側前輪・内側後輪位置を通過し、その為カタマ SP 強度への僅かな影響がみられているのではないかと考えられる。

また 635 回における IRI 値が最も大きく 1000 回においては IRI 値が小さくなったのは、ケース 1 の修復作業の影響を受けているためであり、ケース 2 の内側への轍ぼれ影響が減少したことが考えられる。

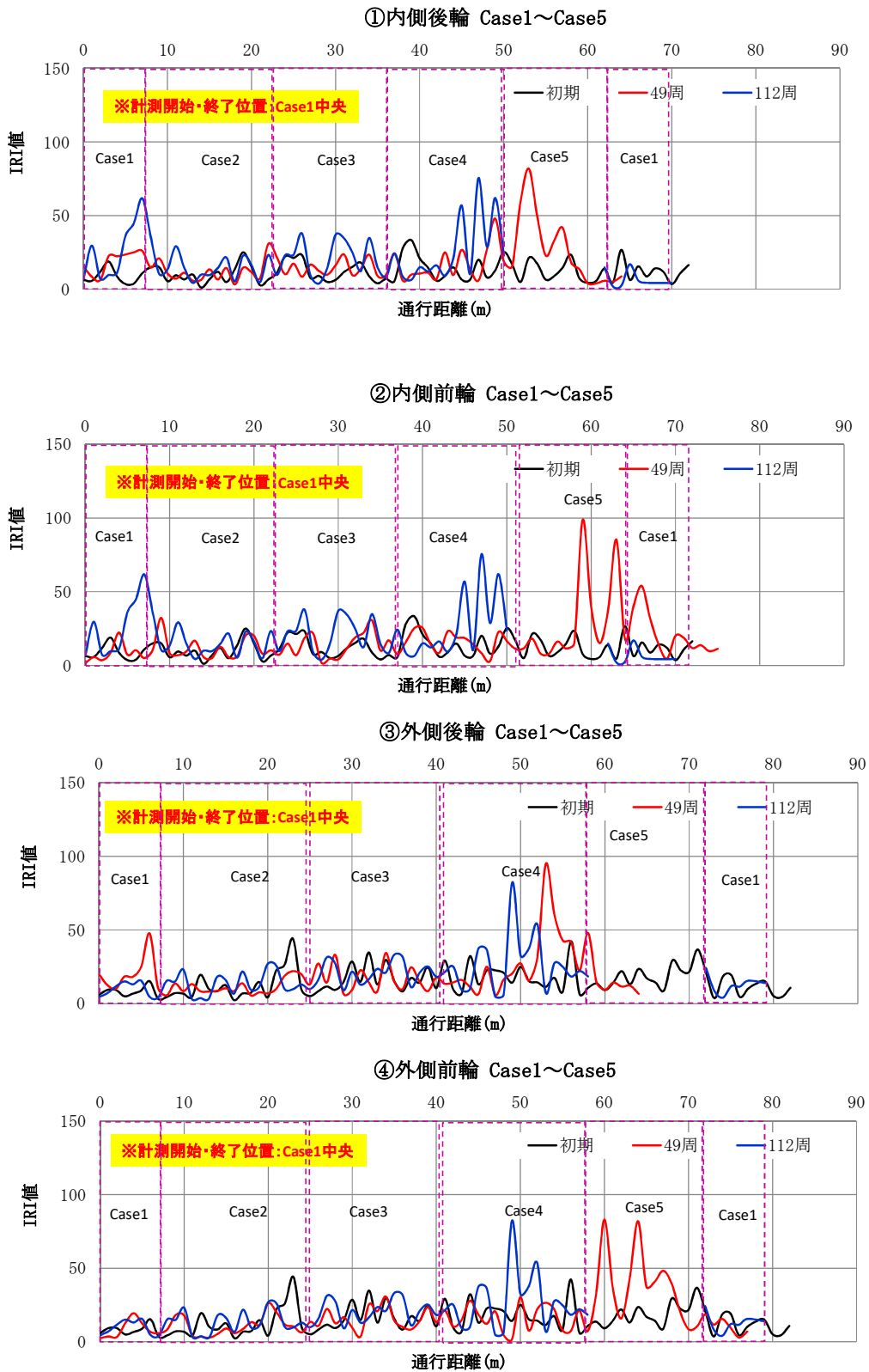


図8 各対策構造路面平坦性指数 (IRI 値)

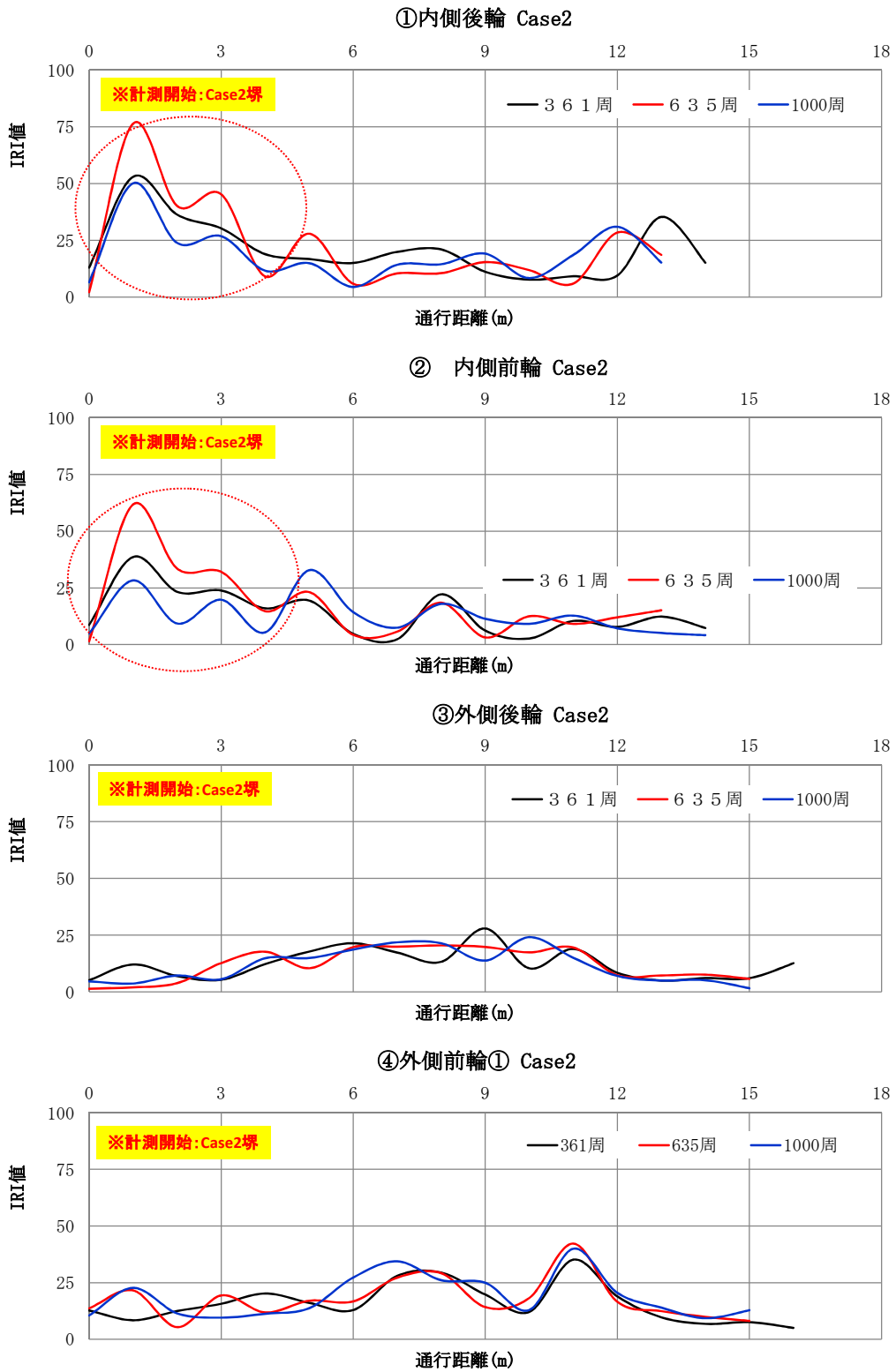


図9 Case2 対策構造区間路面平坦性指数

6. 施工手順写真

1) 不織布敷設



2) ジオセル展開



3) 充填材投入



4) スラグ散水、転圧【タイヤローラ TZ701】



5) RC40 転圧 【振動ローラ SW504】



6) アーマー工 (乳剤散布、骨材まき出し)



7.実験中の写真情報

1) 走行の様子



2) 49回後

Case1 ジオセル+カタマ



Case2 ジオセル+カタマ+アーマー



Case3 ジオセル+RC40+アーマー



Case4 ジオセル+RC40



Case5 RC40のみ



3) 112回後
Case1 ジオセル+カタマ



Case2 ジオセル+カタマ+アーマー



Case3 ジオセル+RC40+アーマー



Case4 ジオセル+RC40 ジオセル破損



4) 360 回後

Case2 ジオセル+カタマ+アーマー



5) 1000 回後



8. 実験を了えて (まとめ)

高炉スラグの選定において、アスファルト舗装が必要とされる鉄鋼スラグではなく、アスファルト舗装を必要とせずアルカリ溶出の無い水硬性鉄鋼スラグ (カタマ SP) を選んだ。

Case 1 のカタマ SP+ジオセルが本命であったといえる。しかし Case 2 のカタマ SP+ジオセル+AW 工法 (アスファルト簡易舗装) が 4 日間通して 1000 回の 20t トラック走行を可能とした。一方 Case 1 は 2 日目には内側が轍ぼれがあった。現場条件で試験走行前の前日に雨が降った水たまりが Case 1 走行内側に有った事、またカタマ SP 路盤工の表層が削られたことが大きかったと思われる。

1 日目 49 回走行後で Case 5 の RC 路盤工は崩壊された。Case 4 は外輪修復作業を 49 回走行後行ったが、112 回走行後は崩壊された。Case 3 と Case 1 は、112 回走行後は修復作業を行った。

結果、1 日目完了時点において Case 2 のみ 2 日目以降も修復せずに引き続き走行実験を続けることが出来た。

Case 3 は、RC40+ジオセルと簡易アスファルト舗装 (AW工法) であり、Case 4 に比べ明らかに耐久性が上がっている。

Case 1 は、高炉スラグ (カタマ SP) を用いたジオセル路盤工であり、明らかに RC40 に比べ耐久性が上がっている。

Case 2 は、高炉スラグとジオセルと簡易アスファルト舗装を用いることにより、1 日 4 回走行することとして R26.4 において 20 トントラックにて 8 カ月は耐久性が有ることが分かった。アーマ一+カタマ SP+ジオセルの工法 (AKW 工法) の優位性が立証出来た。