

四連コンクリート桁橋の動的解析

曹研究室

学籍番号 13T3042E

氏名 三井達也

平成 29 年 2 月

目次

1章 序論	1
1.1 はじめに.....	1
1.2 構成	1
2章 解析対象橋梁の構造モデル.....	2
2.1 構造概要	2
2.2 モデルの構造フレーム	3
2.3 上部構造の断面図	4
2.3.1 上部構造 I	4
2.3.2 上部構造 II	6
2.4 橋台の断面図.....	8
2.4.1 橋台断面 I	8
2.4.2 橋台断面 II	10
2.4.3 橋台深基礎 I	12
2.4.4 橋台深基礎 II	14
2.5 橋脚の断面図.....	16
2.5.1 第1橋脚	16
2.5.2 第1橋脚基礎	18
2.5.3 第2橋脚	20
2.5.4 第2橋脚基礎.....	22
2.5.5 第3橋脚	24
2.5.6 第3橋脚基礎.....	26
2.5.7 橋脚梁上部	28
2.6 今回のモデル作成に用いた材料とそのヒステリシス.....	30
3章 構造解析のパターン	32
3.1 構造解析のパターン	32
3.2 荷重ケース	33
3.2.1 自動車荷重	33
3.2.2 大型トラック荷重.....	34

3.2.3 地震荷重	34
4 章 構造解析結果	37
4.1 地震動を受けるパターンの損傷状況	37
4.2 各パターンについて代表的な断面に生じる最大ひずみ	50
4.2.1 橋台基礎	50
4.2.2 梁	51
4.2.3 橋脚下部	52
4.3 各パターンの代表断面での変位	53
4.4 パターン別の損傷箇所数	54
5 章 構造解析結果の考察	55
5.1 今回用いたモデルについての考察	55
6 章 まとめ	57
6.1 まとめ	57
謝辞	57
参考文献	59

1 章 序論

1.1 はじめに

現在,日本国内では,数多くの橋梁が人々の生活を豊かにするために活躍している.しかし,その多くは,戦後の高度成長期に建設されたものが大多数を占めており,供用開始から橋梁の寿命と考えられている 40 年, 50 年が経過しており,老朽化が心配され近年,維持管理は大きな課題である.このような状況で大地震を受けるならば,大きな損傷を負う可能性が高くなる.日本は地震大国であり,首都直下型地震や,東海地震の想定の影響を受けより現実味をおびてきている.今度安心して生活するためには,巨額の費用を必要とする架け替え,改修を行うのは困難であるため,橋梁の維持管理が重要になってくる.そこで,地震動は方向を持ち,また複数回発生することもあるため,橋梁の方位,つまり地震動の入力角度,回数によって地震時の挙動が異なると予想される.これらから橋梁に対する地震動の影響を調べることで橋梁の維持管理をしていくうえで役立つようにする.

1.2 構成

本論文は 6 章から成り立つ. 2 章では, 参考にした橋梁の構造について説明し, 3 章では作成したモデルの動的解析に用いた自動車, トラック荷重について述べている. 4 章では実際にモデルへ荷重、地震動を加えた動的解析結果について, ひずみやパターン別の部材ごとの損傷などの項目に分けて記した. 5 章は 4 章で得た結果について考察をして, 損傷の原因及び地震動との因果関係について述べている. 6 章では本研究のまとめをした.

2章 解析対象橋梁の構造モデル

2.1 構造概要

橋桁は総幅 10.65m,高さ 3.180m,床版 0.3mである. 橋桁全体の断面形状は後に記述する.

図 2.1 の示す第 1 橋台 (左の橋台) と第 2 橋台 (右の橋台) は高さ 4.427mあり橋台を 2本の柱が支える形になっている.最下点から 14.4mは半径 2.5mの円形断面を持つ柱が 6.5mの間隔で 2本配置されており,それより上は橋桁に合わせて幅 9.51m,幅 3.0mの長方形断面の橋台が乗っている.第 1 橋脚 (1番左の橋脚) は最下点から 7.5mは直径 6.5mの円形断面であり第 3 橋脚も同じ円形断面を持つ.その上に高さ 23.127m,幅 5.0m,厚さ 2.5mの長方形断面があり,第 2,3 橋脚も同じ長方形断面を持っている.第 2 橋脚 (中央の橋脚) は最下点から 2mは幅 11m,厚さ 9.0mの長方形のフーチング,その上に高さ 27.8mの長方形断面を持つ.第 3 橋脚 (右の橋脚) は最下点から 8mは円形断面があり,その上に高さ 26.5mの長方形断面を持っている.最後に橋桁を支える部分の梁は高さ 1.5m,幅 6.7m,厚さ 2.5mの長方形である.

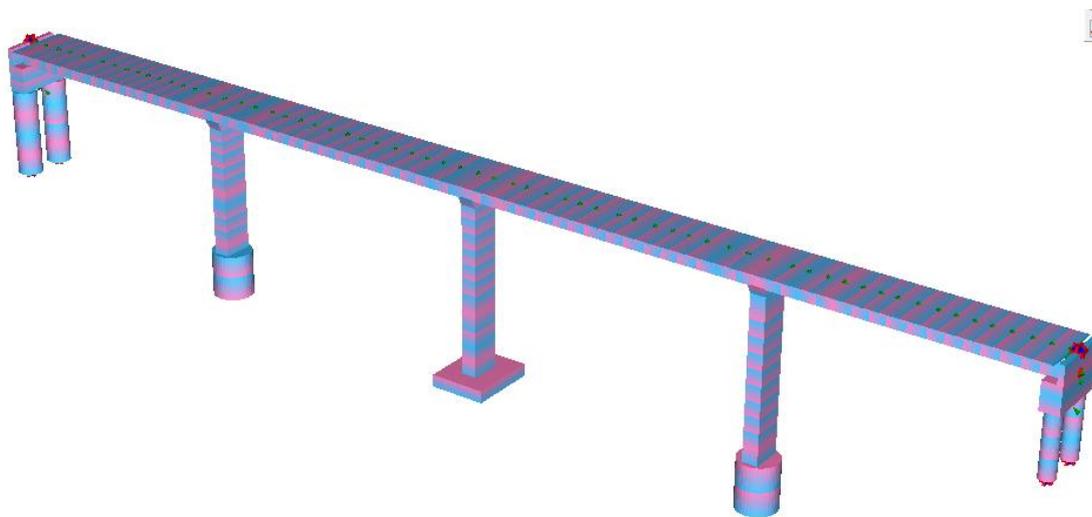


図 2.1 橋梁全体のイメージ

2.2 モデルの構造フレーム

フレーム構造とは、この解析ソフト内で、計算に使用されるモデルのことである。部材の支点と終点を示す節点(図 2.2 の緑の点)を指定し、その間に線要素(図 2.2 の細い青い線)を指定することで 1 つの部材とし、それらを組み合わせることで全体の構造を表現する。図 2.2 の太い青い線は剛体要素でありそれで結ばれた節点と節点が結合され剛域として扱われる。部材の強度などの物理的な特徴は、線要素にどのような断面を適用するかによって決定される。橋台、橋脚に相当するフレーム構造の下部にある赤い点は全方向に固定された支点であることを示している。

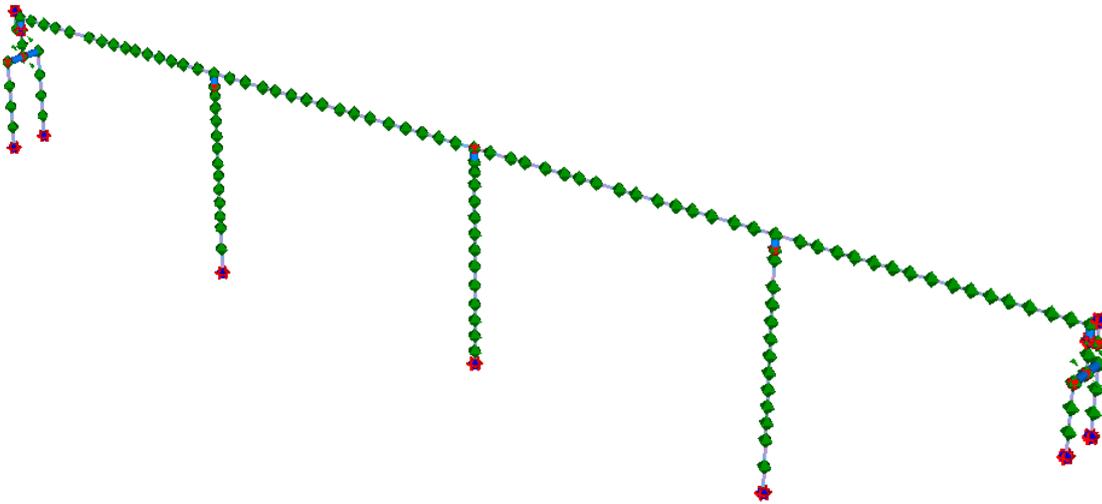


図 2.2 モデルのフレーム構造

2.3 上部構造の断面図

図 2.1 で示し橋梁の概略に対しどのような断面を割り当てているか等を説明する.

2.3.1 上部構造 I

上部構造 I は図 2.3 の黒い部分で表示されている部分の断面である.床版には SD345D13 が 100mm 間隔で 100 本,SD345D19 が 125mm 間隔で 26 本使用されておりコンクリート強度は 50N/mm^2 としている.

断面の性質は次ページの表 2.1 及び表 2.2 に示す.

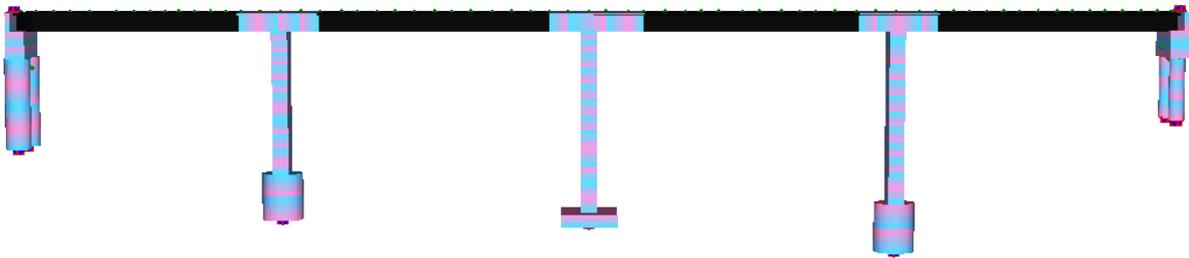


図 2.3 上部構造Iの位置

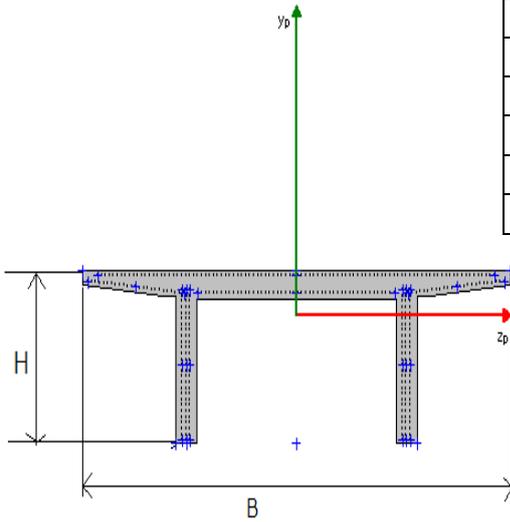
表 2.1 上部構造Iのパラメータ

断面全幅 B(m)	10.65	
断面全高 H(m)	3.18	
鉄筋(SD345)	D13*100	12670
鉄筋(SD345)	D19*26	7449
鋼材全断面積 (mm ²)	20119	

表 2.2 上部構造Iの断面の性質のパラメータ

A (m ²)	7.39E+00	J (m ⁴)	5.67E-01
yu (m)	0.784	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	2.216	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	5.47E+00	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	5.79E+01	V (m ³)	23.659
θ (°)	0		

A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積



2.3.2 上部構造Ⅱ

上部構造Ⅱは中間支点部であり,図 2.4 に示す黒い部分で示されている断面である.床版は D13 が 100 本,D25 が 125mm 間隔で 1203 本使用されている.コンクリート強度は 50N/mm² としている.断面の性質は次ページの表 2.3 及び 2.4 に示す.

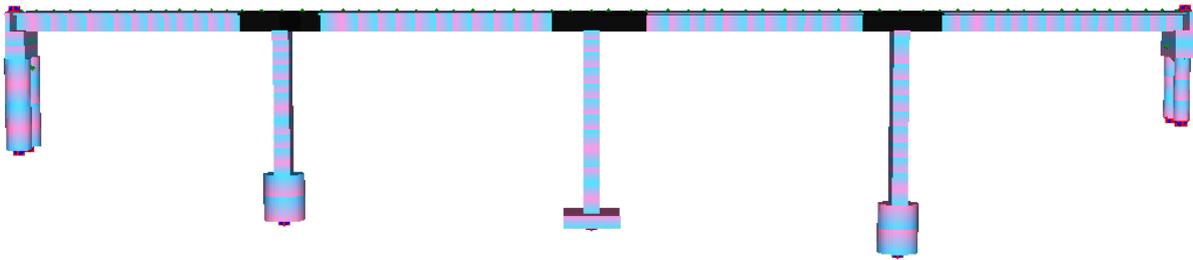


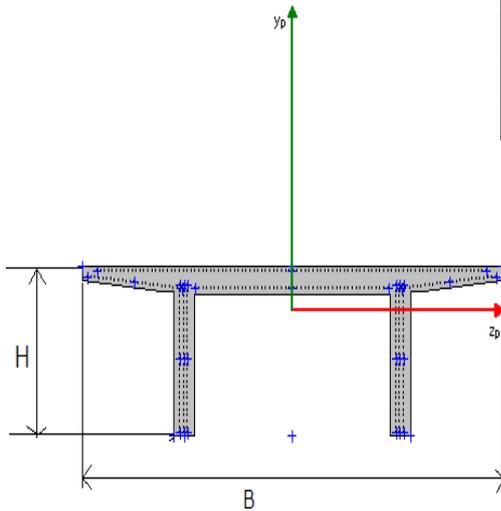
図 2.4 上部構造Ⅱの位置

表 2.3 上部構造IIのパラメータ

断面全幅 B (m)	10.65	
断面全高 H (m)	3.18	
鉄筋(SD345)	D13*100	12670
鉄筋(SD345)	D25*1203	609560.1
鋼材全断面積 (mm ²)	622230.1	

表 2.4 断面性質のパラメータ

A (m ²)	7.39E+00	J (m ⁴)	5.67E-01
yu (m)	0.784	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	2.216	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	5.47E+00	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	5.79E+01	V (m ³)	23.659
θ (°)	0		



A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.4 橋台の断面図

この橋梁モデルの橋台は2.1で説明したような概要をもつ鉄筋コンクリート構造である。以下にモデルに使用されている橋台部分の断面を示す。

2.4.1 橋台断面 I

橋台断面 I は以下の図 2.5 に示す黒い部分で表示された橋台の主要な部分の断面である。幅 9.51 m、厚さ 3m の長方形断面であり、SD345D25 が 83 本、SD345D22 が 121 本配置され、コンクリート強度は 50N/mm² としている。

断面の性質は次ページの表 2.5 及び 2.6 に示す。

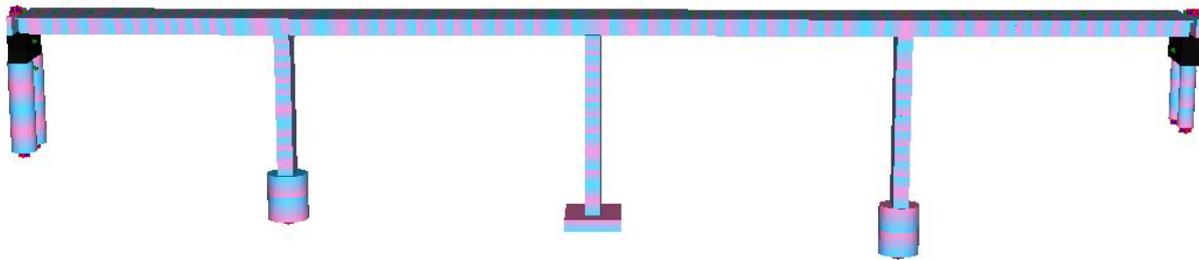


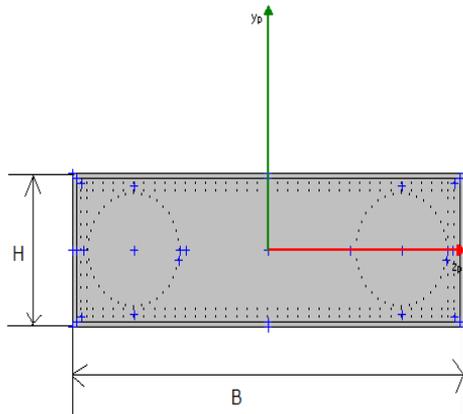
図 2.5 橋台断面Iの位置

表 2.5 橋台断面Iのパラメータ

断面全幅 B(m)	9.51	
断面全高 H(m)	3	
鉄筋(SD345)	D25*83	42056.1
鉄筋(SD345)	D22*121	46839.1
鋼材全断面積(mm ²)	88895.2	

表 2.6 橋台断面Iの断面性質のパラメータ

A (m ²)	2.85E+01	J (m ⁴)	6.64E+01
yu (m)	1.5	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	1.5	E (N/mm ²)	2.80E+04
I _{zp} (m ⁴)	2.14E+01	G (N/mm ²)	1.20E+04
I _{yp} (m ⁴)	2.15E+02	V (m ³)	57.06
θ (°)	0		



A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
I _{zp} : 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
I _{yp} : 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.4.2 橋台断面Ⅱ

橋台断面Ⅱは以下の図 2.6 に示す黒い部分で表示された部分の断面である。

幅 9.2m,厚さ 0.85m の長方形断面であり,SD345D25 が 141 本,SD345D16 が 143 本使用され,コンクリート強度は 50N/mm²としている.断面の性質は次ページの表 2.7 及び 2.8 に示す.

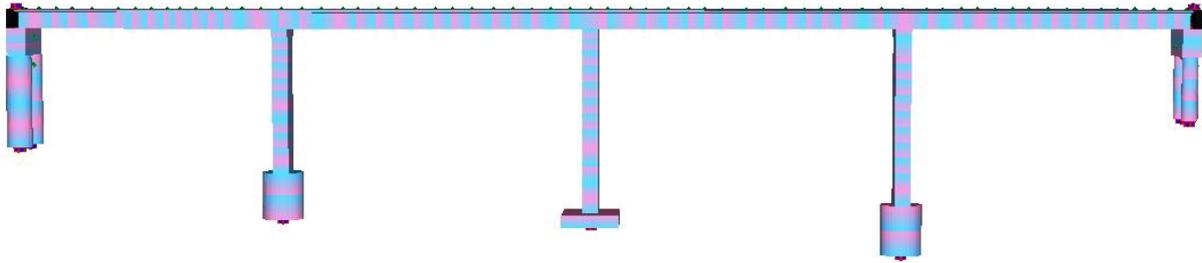


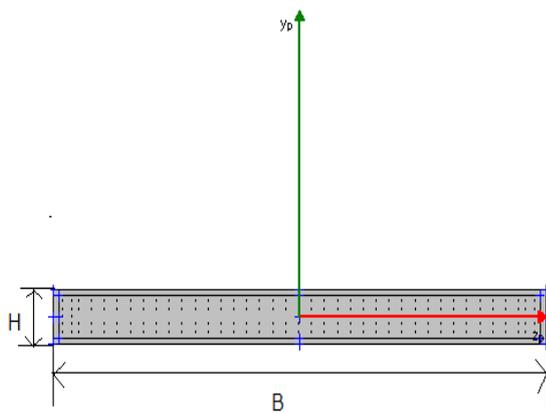
図 2.6 橋台断面Ⅱの位置

表 2.7 橋台断面IIのパラメータ

断面全幅 B (m)	9.51	
断面全高 H (m)	0.85	
鉄筋(SD345)	D25*141	71444.7
鉄筋(SD345)	D16*143	28399.8
鋼材全断面積 (mm ²)	99844.5	

表 2.8 橋台断面IIの断面性質のパラメータ

A (m ²)	8.08E+00	J (m ⁴)	1.70E+00
yu (m)	0.425	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	0.425	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	4.87E-01	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	6.09E+01	V (m ³)	24.032
θ (°)	0		



A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.4.3 橋台深基礎 I

橋台深基礎 I は以下の図 2.7 に示す黒い部分で表示された部分の断面である。半径 2.5m の円形であり、1 本あたり SD345D32 が 36 本、SD345D22 が 75 本使用され、コンクリート強度は $50\text{N}/\text{mm}^2$ としている。この部分は全て地面に埋まっている。断面の性質は次ページの表 2.9 及び 2.10 に示す。

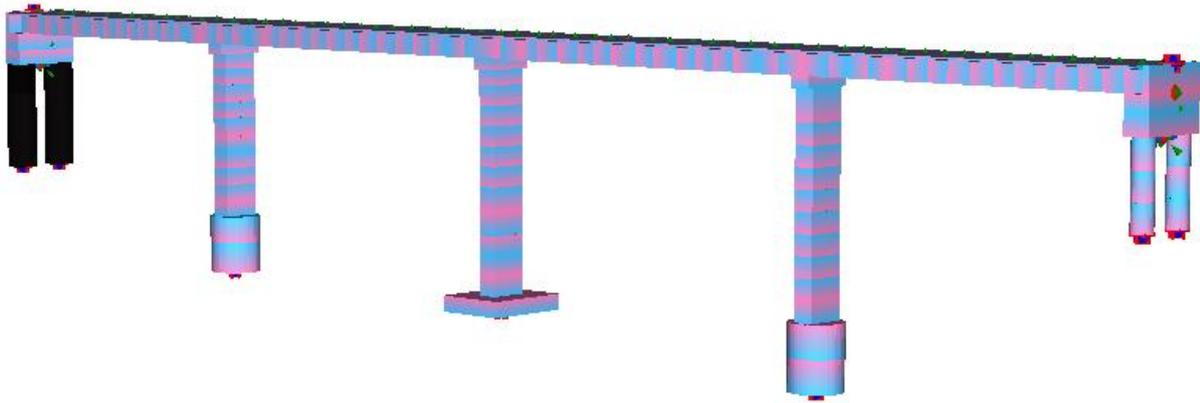
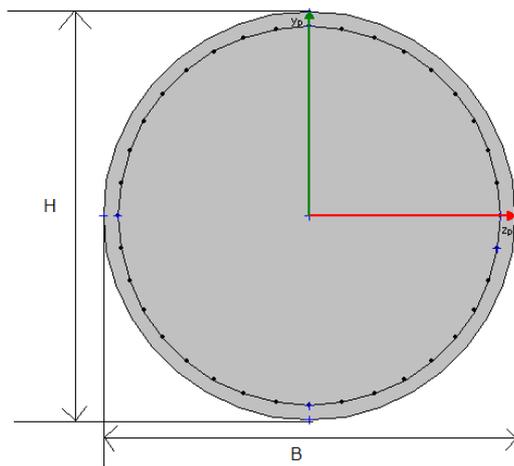


図 2.7 橋台深基礎Iの位置

表 2.9 橋台深基礎Iのパラメータ

断面全幅 B(m)	2.5
断面全高 H(m)	2.5
鉄筋(SD345)	D32*72 57182.4
鉄筋(SD345)	D22*150 58065
鋼材全断面積(mm ²)	115247.4

表 2.10 橋台深基礎Iの断面性質のパラメータ



A (m ²)	1.26E+01	J (m ⁴)	2.50E+01
yu (m)	2	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	2	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	1.26E+01	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	1.26E+01	V (m ³)	43.982
θ (°)	0		

A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.4.4 橋台深基礎Ⅱ

橋台深基礎Ⅱは以下の図 2.8 に示す,黒い部分で表示された部分の断面である.半径 2.5m の円形であり 1 本あたり SD345D29 が 24 本,SD345D22 が 120 本使用されコンクリート強度は 50N/mm²としている.この部分は全て地面に埋まっている.断面の性質は次ページの表 2.11 及び 2.12 に示す.

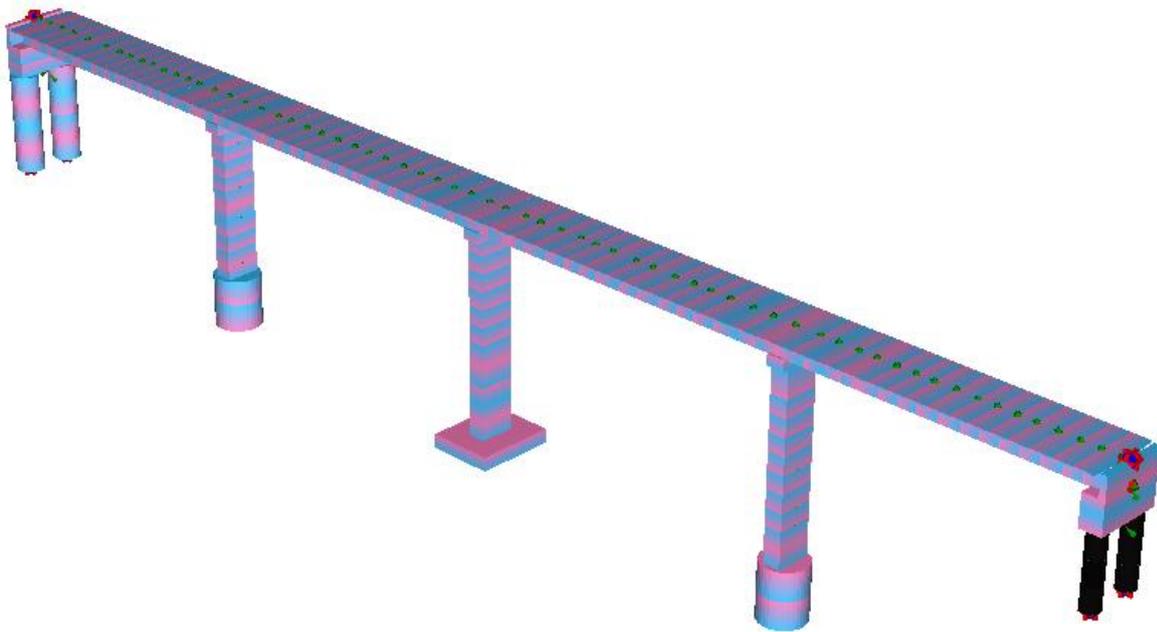


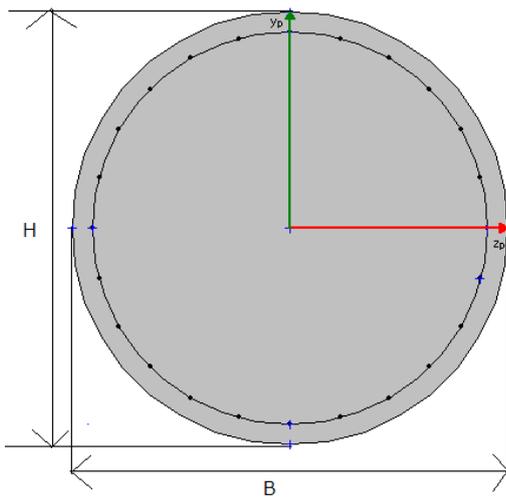
図 2.8 橋台深基礎Ⅱの位置

表 2.11 橋台深基礎IIのパラメータ

断面全幅 B(m)	2.5
断面全高 H(m)	2.5
鉄筋(SD345)	D29*48 30835.2
鉄筋(SD345)	D22*240 92904
鋼材全断面積(mm ²)	123739.2

表 2.12 橋台深基礎IIの断面の性質のパラメータ

A (m ²)	4.91E+00	J (m ⁴)	3.82E+00
yu (m)	1.25	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	1.25	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	1.92E+00	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	1.92E+00	V (m ³)	16.199
θ (°)	0		



A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.5 橋脚の断面図

この橋梁モデルの橋脚は 2.1 で説明したような概要をもつ鉄筋コンクリート構造である。以下にモデルに使用されている橋脚部分の断面を示す。

2.5.1 第 1 橋脚

第 1 橋脚は次ページの図 2.9 に示す黒い部分で表示された部分の断面である。幅 5m、厚さ 2.5m の長方形断面であり、SD345D35 が 150 本、SD345D22 が 2346 本使用されておりコンクリート強度は 50N/mm²としている。高さは 23.127m である。断面の性質は次ページの表 2.13 及び 2.14 に示す。

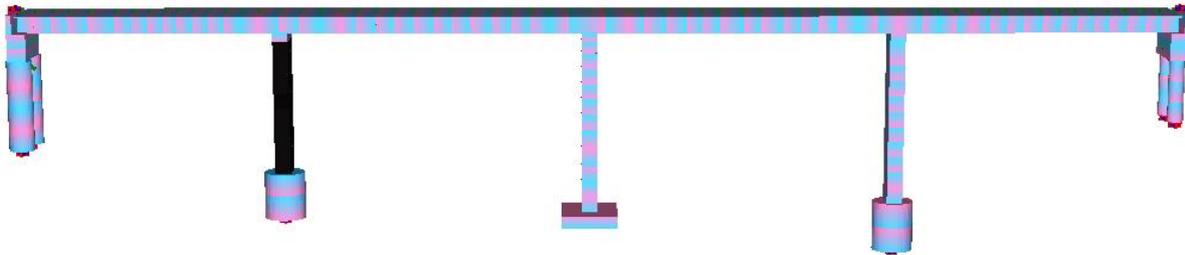
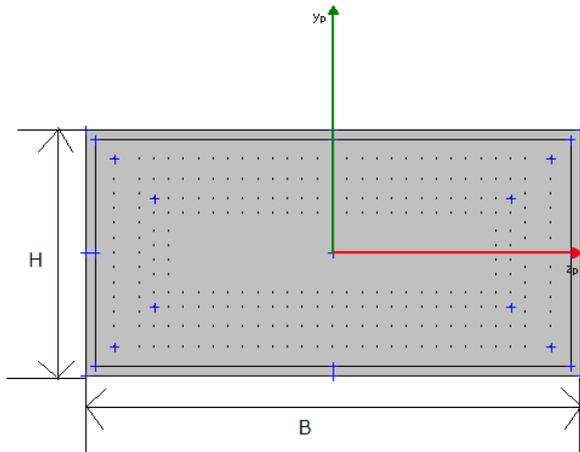


図 2.9 第 1 橋脚の位置

表 2.13 第 1 橋脚のパラメータ

断面全幅 B (m)	5
断面全高 H (m)	2.5
鉄筋(SD345)	D35*150 143490
鉄筋(SD345)	D22*2346 908136.6
鋼材全断面積 (mm ²)	1051626.6

表 2.14 第 1 橋脚の断面の性質のパラメータ



A (m ²)	1.25E+01	J (m ⁴)	1.75E+01
yu (m)	1.25	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	1.25	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	6.51E+00	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	2.60E+01	V (m ³)	31.25
θ (°)	0		

A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.5.2 第1橋脚基礎

第1橋脚基礎は図2.10に示す,黒い部分で表示された部分の断面である.半径3.25mの円形断面をもち,SD345D38が152本,SD345D29が464本使用されており,コンクリート強度は50N/mm²としている.高さは7.5mであり,この部分は全て地面に埋まっている.断面の性質は次ページの表2.15及び2.16に示す.

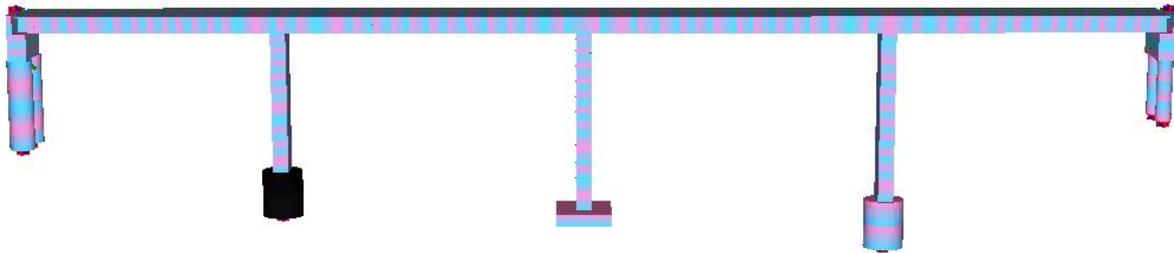
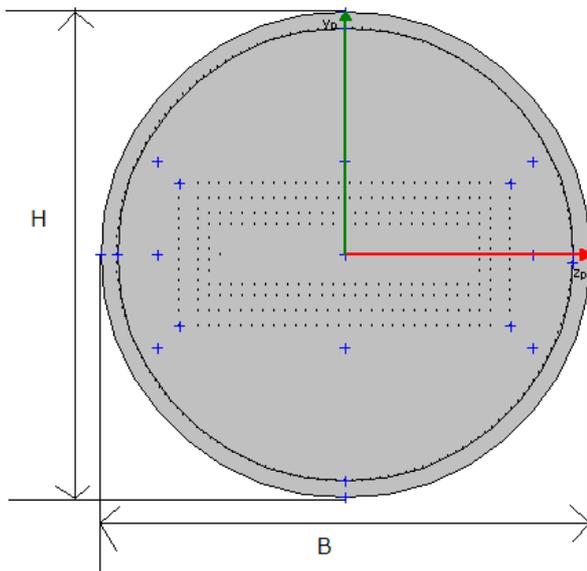


図2.10 第1橋脚基礎の位置

表 2.15 第1橋脚基礎のパラメータ

断面全幅 B (m)	6.25
断面全高 H (m)	6.25
鉄筋(SD345)	D38*152 171000
鉄筋(SD345)	D29*464 298073.6
鋼材全断面積 (mm ²)	469073.6

表 2.16 第1橋脚基礎の断面の性質のパラメータ



A (m ²)	3.32E+01	J (m ⁴)	1.75E+02
yu (m)	3.25	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	3.25	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	8.76E+01	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	8.76E+01	V (m ³)	116.141
θ (°)	0		

A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.5.3 第2橋脚

第2橋脚は以下の図 2.11 に示す黒い部分で表示された部分の断面である。幅 5m 厚さ 2.5m の長方形断面であり、SD345D38 が 138 本、SD345D22 が 3346 本使用されており、コンクリート強度は 50N/mm^2 としている。高さは 23.127m である。断面の性質は次ページの表 2.17 及び 2.18 に示す。

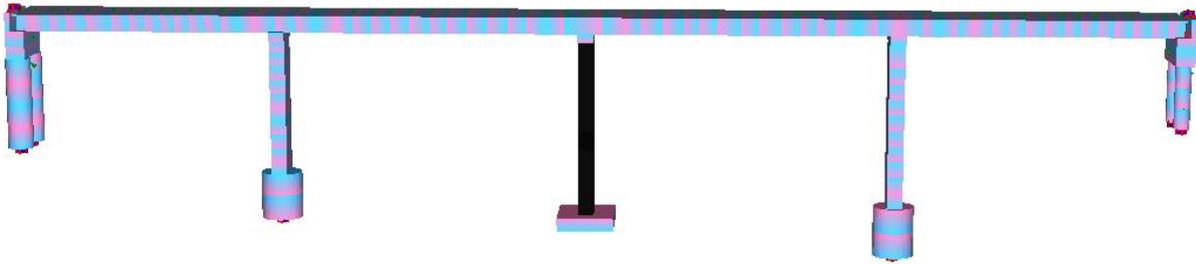
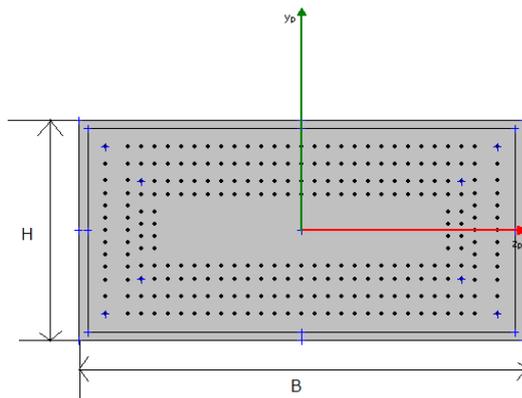


図 2.11 第2橋脚の位置

表 2.17 第2橋脚のパラメータ

断面全幅 B (m)	5	
断面全高 H (m)	2.5	
鉄筋(SD345)	D38*138	157320
鉄筋(SD345)	D22*3346	1295236.6
鋼材全断面積 (mm ²)	1452556.6	

表 2.18 第2橋脚の断面性質のパラメータ



A (m ²)	1.25E+01	J (m ⁴)	1.75E+01
yu (m)	1.25	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	1.25	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	6.51E+00	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	2.60E+01	V (m ³)	31.25
θ (°)	0		

A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.5.4 第2橋脚基礎

第2橋脚基礎は以下の図 2.12 に示す黒い部分で表示された部分の断面である。幅 11m、厚さ 9m の長方形断面であり、SD345D29 が 150 本、SD345D32 が 452 本配置され、コンクリート強度は 50N/mm²としている。この断面は地面に埋まっている。断面性質は次ページの表 2.19 及び 2.20 に示す。

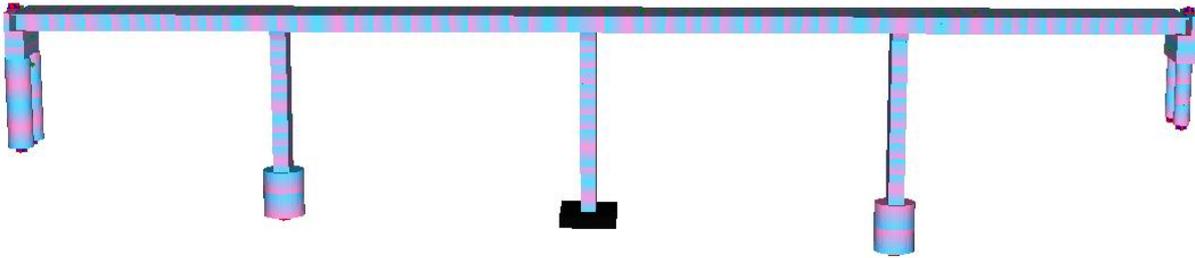
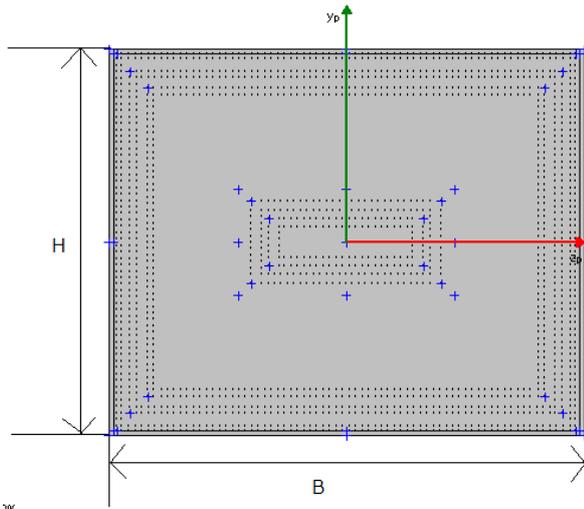


図 2.12 第2橋脚基礎の位置

表 2.19 第2橋脚基礎のパラメータ

断面全幅 B(m)	11
断面全高 H(m)	9
鉄筋(SD345)	D29*222 142612.8
鉄筋(SD345)	D32*452 358978.4
鋼材全断面積(mm ²)	501591.2

表 2.20 第2橋脚基礎の断面性質のパラメータ



A (m ²)	9.90E+01	J (m ⁴)	1.33E+03
yu (m)	4.5	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	4.5	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	6.68E+02	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	9.98E+02	V (m ³)	198
θ (°)	0		

A:面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.5.5 第3橋脚

第3橋脚は図 2.13 に示す,黒い部分で表示された部分の断面である.幅 5m,厚さ 2.5m の長方形断面であり,SD345D35 が 112 本,SD345D29 が 2652 本配置され,コンクリート強度は $50\text{N}/\text{mm}^2$ としている.高さは 26.5m である.断面の性質は次ページの表 2.21 及び表 2.22 に示す.

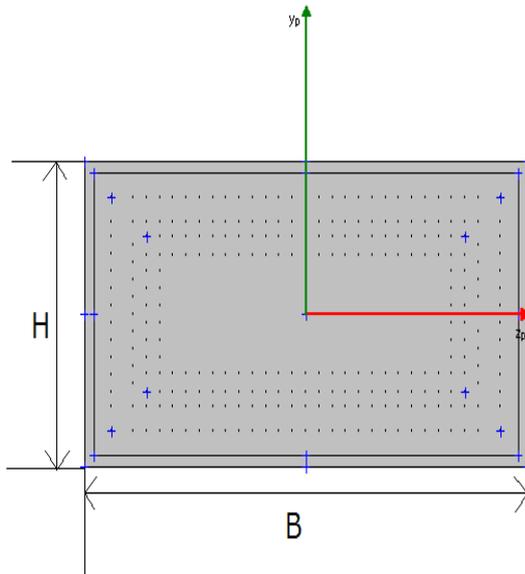


図 2.13 第3橋脚の位置

表 2.21 第3橋脚のパラメータ

断面全幅 B(m)	5
断面全高 H(m)	2.5
鉄筋(SD345)	D35*112 107139.2
鉄筋(SD345)	D29*2652 2106218.4
鋼材全断面積(mm ²)	2213357.6

表 2.22 第3橋脚の断面性質のパラメータ



A (m ²)	1.25E+01	J (m ⁴)	1.75E+01
yu (m)	1.25	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	1.25	E (N/mm ²)	2.80E+04
Izp (m ⁴)	6.51E+00	G (N/mm ²)	1.20E+04
Iyp (m ⁴)	2.60E+01	V (m ³)	31.25
θ (°)	0		

A:面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
Izp: 主軸のzp軸周りに関する断面二次モーメント
Iyp: 主軸のyp軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.5.6 第3橋脚基礎

第3橋脚基礎は以下の図 2.14 に示す,黒い部分で表示された部分の断面である.

直径 6.5m の円形断面を持ち,SD345D38 が 112 本,SD345D29 が 420 本配置され,コンクリート強度は $50\text{N}/\text{mm}^2$ としている.高さは 8m あり地面に埋まっている.断面の性質は次ページの表 2.23 及び 2.24 に示す.

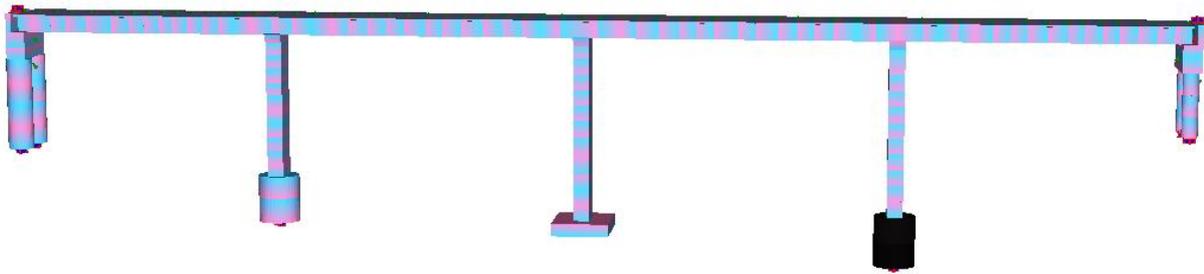
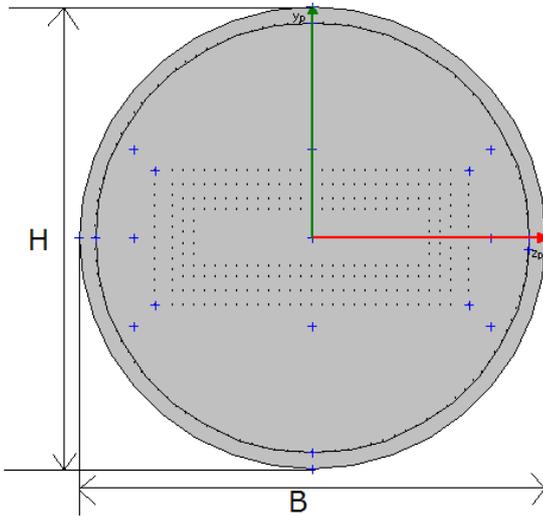


図 2.14 第3橋脚基礎の位置

表 2.23 第 3 橋脚基礎のパラメータ

断面全幅 B (m)	6.5
断面全高 H (m)	6.5
鉄筋(SD345)	D38*112 127680
鉄筋(SD345)	D29*420 269808
鋼材全断面積 (mm ²)	397488

表 2.24 第 3 橋脚基礎の断面性質のパラメータ



A (m ²)	3.32E+01	J (m ⁴)	1.75E+02
yu (m)	3.25	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	3.25	E (N/mm ²)	2.80E+04
I _{zp} (m ⁴)	8.76E+01	G (N/mm ²)	1.20E+04
I _{yp} (m ⁴)	8.76E+01	V (m ³)	132.732
θ (°)	0		

A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
I _{zp} : 主軸のz _p 軸周りに関する断面二次モーメント
I _{yp} : 主軸のy _p 軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.5.7 橋脚梁上部

橋脚梁上部は以下の図 2.15 に示す,黒い部分で表示された桁を支える梁部分の断面である.幅 6.7m,厚さ 2.5m の長方形断面であり,それぞれに SD345D16 が 71 本,D16 が 62 本配置されておりコンクリート強度は $50\text{N}/\text{mm}^2$ としている.断面の性質は次ページの表 2.25 及び表 2.26 に示す.

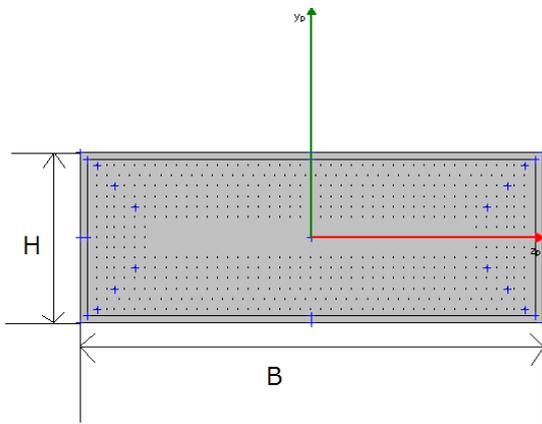


図 2.15 橋脚梁上部の位置

表 2.25 橋脚梁上部のパラメータ

断面全幅 B(m)	6.7
断面全高 H(m)	2.5
鉄筋(SD345)	D16*71 14100.6
鉄筋(SD345)	D16*62 12313.2
鋼材全断面積(mm ²)	26413.8

表 2.26 橋脚梁上部の断面性質のパラメータ



A (m ²)	1.68E+01	J (m ⁴)	2.60E+01
yu (m)	1.25	α (1/°C)	1.00E-05
zr (m)	1.25	E (N/mm ²)	2.80E+04
I _{zp} (m ⁴)	8.72E+00	G (N/mm ²)	1.20E+04
I _{yp} (m ⁴)	6.27E+01	V (m ³)	21.9375
θ (°)	0		

A: 面積
yu: 図心から断面上端までの距離
zr: 図心から断面下端までの距離
I _{zp} : 主軸のz _p 軸周りに関する断面二次モーメント
I _{yp} : 主軸のy _p 軸周りに関する断面二次モーメント
θ : 主軸の角度
J: ねじり係数
α : 断面の線膨張係数
E: ヤング係数
G: せん断弾性係数
V: 体積

2.6 今回のモデル作成に用いた材料とそのヒステリシス

ここでモデルに使用されている主な材料の詳細とヒステリシスを示す.

① コンクリート(上部構造及び橋脚,橋台部材に使用)

使用材料	50MPa
σ'_{ck}	50N/mm ²
σ_{bt}	3.12N/mm ²

横拘束材料(鉄筋)	SD345
σ_{sy}	345.00N/mm ²

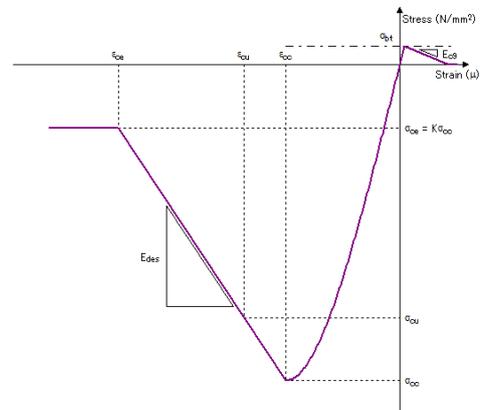
断面形状	矩形	円形
α	0.2	1.0
β	0.4	1.0

ピークひずみ

ε'_{cc} (μ) 2700.9

損傷基準

破壊(圧縮) (μ) -6646.8



② 鉄筋(全ての断面で使用)

使用材料	SD345
ヒステリシス	F3D を使用
σ_{sy}	345.00N/mm ²
E_s	2.00E+005N/mm ²

応力

σ'_{cyo}	345.00N/mm ²
σ'_{int}	341.55N/mm ²

ひずみ

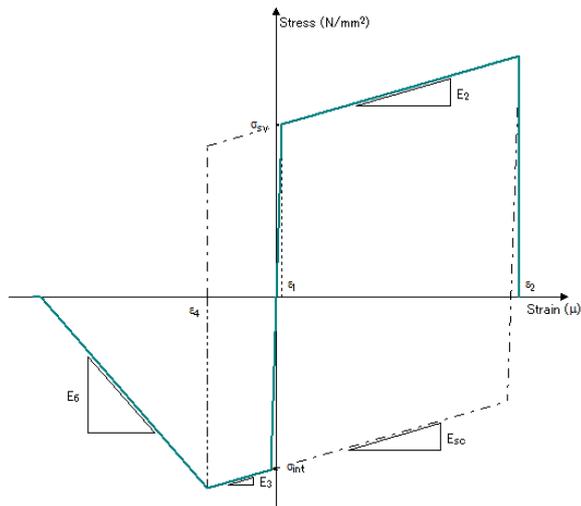
$\epsilon_2(\mu)$	70000
$\epsilon'4(\mu)$	20000
$\epsilon'6(\mu)$	20000

勾配

E_{sc}	2000N/mm ²
E_2	2000N/mm ²
E_3	2000N/mm ²
$E'6$	8000N/mm ²

損傷基準

降伏(引張)(μ)	1725
降伏(圧縮)(μ)	-1725
破断(引張)(μ)	70000
座屈(圧縮)(μ)	-20000



3 章 構造解析のパターン

3.1 構造解析のパターン

今回の研究では以下の表 3.1 で示すように 11 個の構造解析パターンを想定した。パターン 1～7 は橋梁上に自動車及びトラックが存在する状態で地震が発生した場合の構造解析である。地震動は方向性を持つため、橋梁の方位、すなわち地震動の方向によって地震動の挙動が異なると予想される。それを調べるために地震を X,Y,Z,XY,XZ,YZ,XYZ の 7 方向に分け、全てに死荷重及び自動車荷重,トラック荷重を同じ条件に加え、破壊状況の違いを調べた。パターン 8～11 は地震波が 2 回かかった場合の構造解析である。

表 3.1 構造解析のパターン

パターン名	荷重ケース						
	死荷重	自動車荷重	トラック荷重	X 方向地震	Y 方向地震	Z 方向地震	地震波の回数
パターン 1	○	○	○	○			1
パターン 2	○	○	○		○		1
パターン 3	○	○	○			○	1
パターン 4	○	○	○	○	○		1
パターン 5	○	○	○	○		○	1
パターン 6	○	○	○		○	○	1
パターン 7	○	○	○	○	○	○	1
パターン 8	○	○	○	○	○		2
パターン 9	○	○	○	○		○	2
パターン 10	○	○	○		○	○	2
パターン 11	○	○	○	○	○	○	2

X方向地震は、橋軸に対して平行である。Z方向地震は地面に対して水平で橋軸に対し直角である。Y方向地震は地面に対して垂直に作用する。モデルに対する方向は以下の図 3.1 を参照。

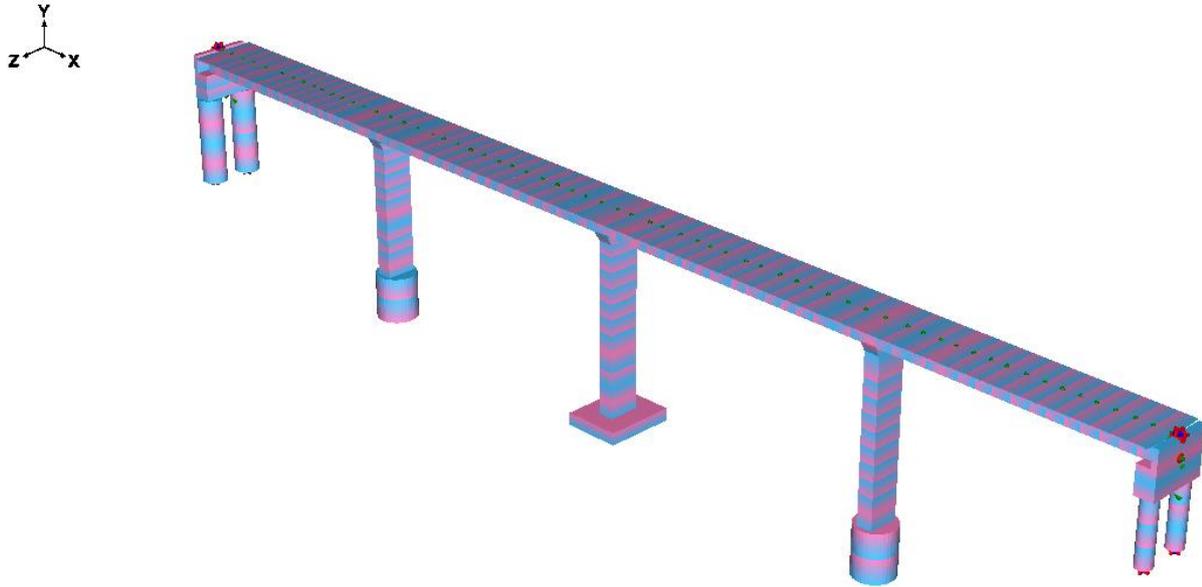


図 3.1 地震動の方向

3.2 荷重ケース

以下に構造解析の際に用いた荷重ケースを説明する。

3.2.1 自動車荷重

自動車は1台 1500kgとし、上下車線に2台ずつ、1スパンに合計20台の自動車が存在しているという状況を想定した。フレーム構造に対して、以下の図 3.2.1 のような形で荷重がかけられている。(節点上にある黄色の下向き三角形、1つあたり $1500 \times 9.8 \times 4 = 58800\text{KN}$ が作用している。)

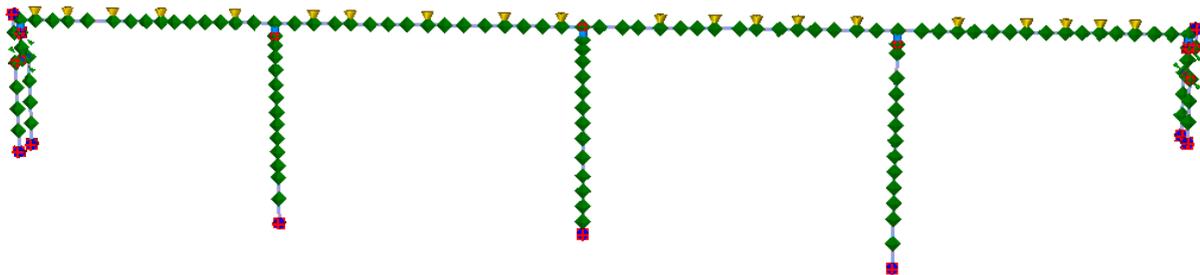


図 3.2.1 自動車荷重の作用している節点の図

3.2.2 大型トラック荷重

1台 20000kg(20t)の物を想定し,全長 11m 程度の車両であると仮定,1 台の荷重を 2つの節点に分散してかけることとした.上下車線に 1 台ずつトラックが存在している状況を仮定した.フレーム構造に対して,以下の図 3.2.2 のような形で荷重がかけている.(節点上にある黄色の下向きの三角形,1つあたり $10000 \times 9.8 \times 2 = 196000\text{KN}$ が作用している.)

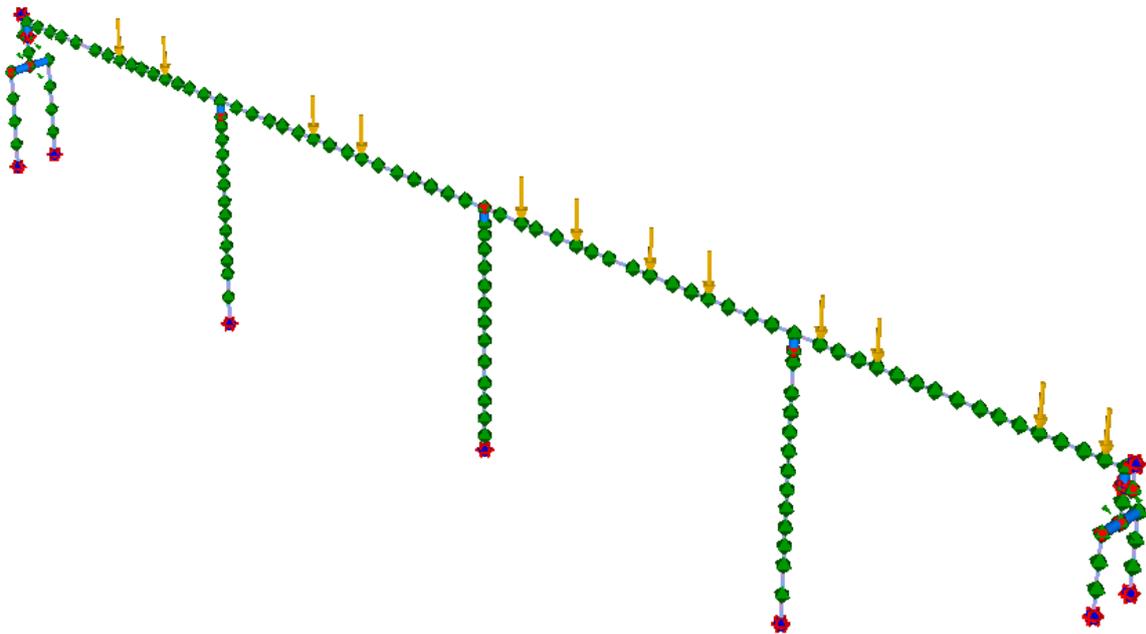


図 3.2.2 トラック荷重の作用している節点の図

3.2.3 地震荷重

地震荷重には最大加速度が 6.868m/s^2 となるものを使用した.

次ページに 3 方向 (X 方向:水平,橋軸に対して平行,Z 方向:水平,橋軸に対して直角,Y 方向:垂直)の地震の振動の様子を図 3.2.3 及び図 3.2.4,図 3.2.5 に,また 2 回かける時の地震の振動を図 3.2.6 及び図 3.2.7,図 3.2.8 に示す.

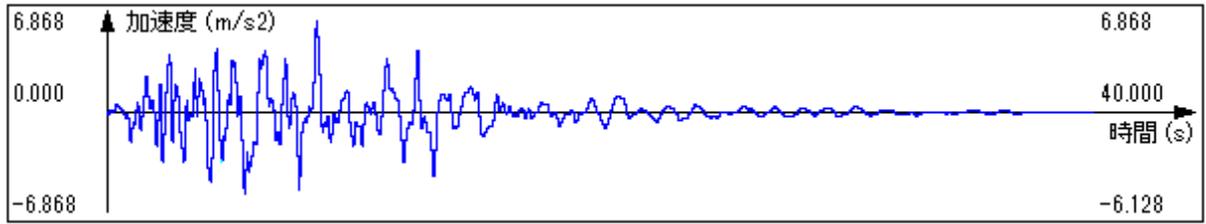


図 3.2.3 X 方向の地震動

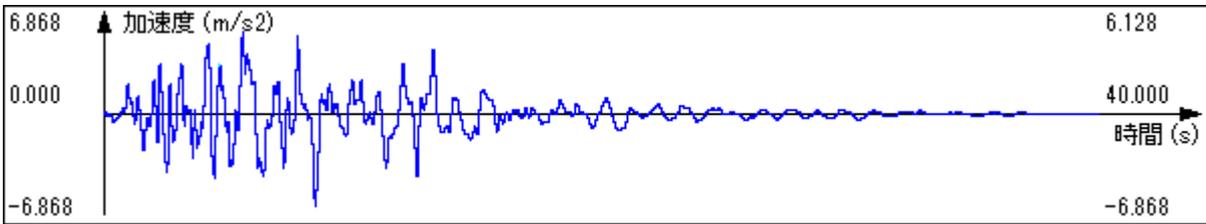


図 3.2.4 Z 方向の地震動

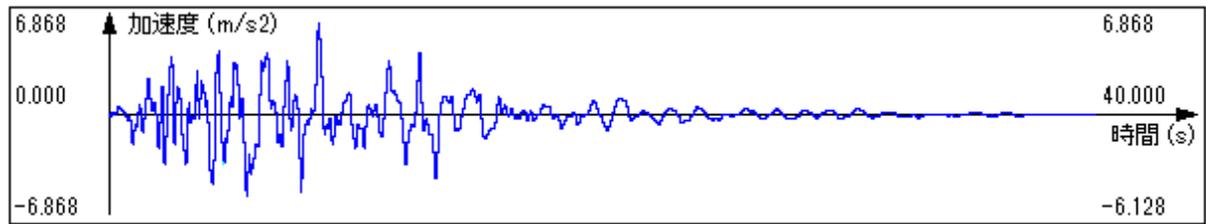


図 3.2.5 Y 方向の地震動

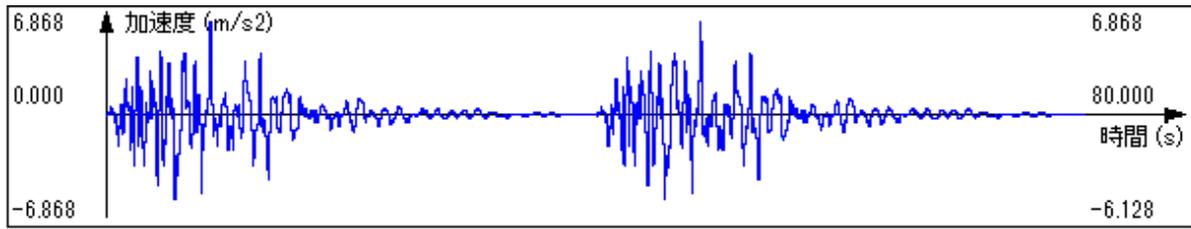


図 3.2.6 X 方向の地震動 2 回

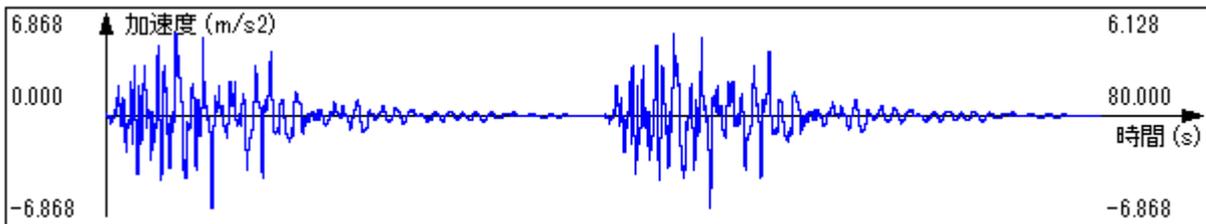


図 3.2.7 Z 方向の地震動 2 回

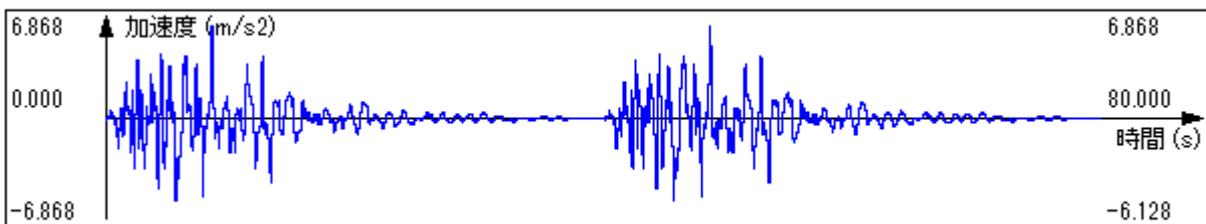


図 3.2.8 Y 方向の地震動 2 回

4章 構造解析結果

4.1 地震動を受けるパターンの損傷状況

各パターンの結果,損傷箇所,損傷状況と損傷過程を以下に示す.損傷状況を説明するためにどのような損傷基準を設けているか説明する.

a) コンクリートの損傷基準

・コンクリートの損傷基準は以下の5つに分類して定義している.

- ① ひび割れ：引張側の損傷. ひび割れ強度 σ_{bt} をヤング係数 E_c で割ったもので定義.
- ② 軽微：圧縮側の損傷基準. $(\sigma_{ck}/3) / E_c$ で定義.
- ③ 終局Ⅰ：圧縮側の損傷基準. ピークひずみ ϵ_{cc} で定義.
- ④ 終局Ⅱ：圧縮側の損傷基準. ϵ_{cu} で定義.
- ⑤ 破壊：圧縮側の損傷基準. ϵ_{ce} で定義

損傷の度合いは①<②<③<④<⑤となっている.

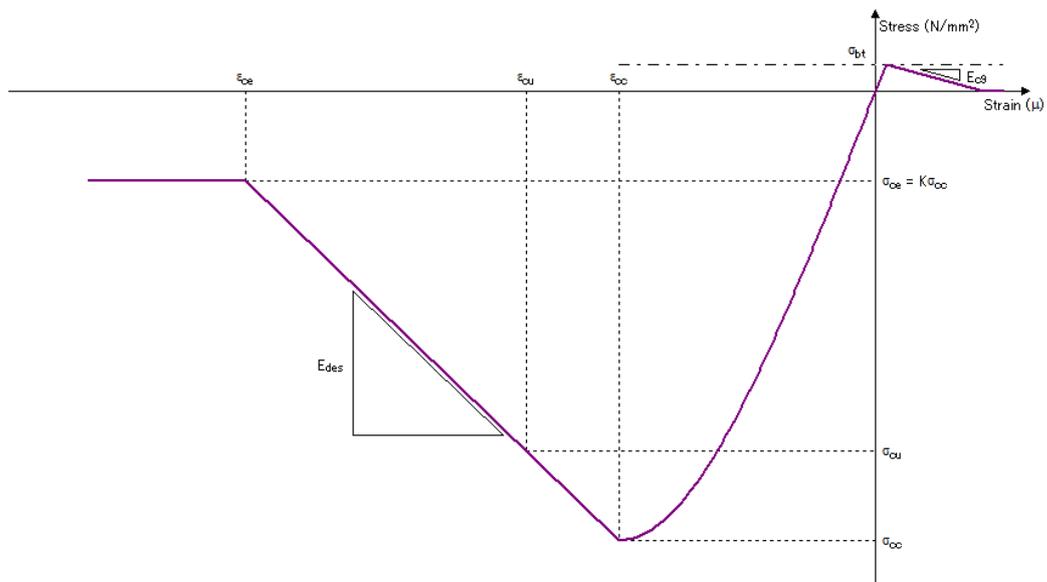


図 4.1(a) コンクリートのヒステリシス

b)鉄筋の損傷基準

・鉄筋の損傷は以下の4つに分類している

- ① 引張降伏：引張側の損傷基準.降伏点 σ_{sy} をヤング係数 E_s で割った降伏ひずみで定義.
- ② 破断：引張側の損傷基準.破断ひずみ ϵ_2 で定義.
- ③ 圧縮降伏：圧縮側の損傷基準.降伏点 σ_{cy0} をヤング係数 E_s で割った降伏ひずみで定義.
- ④ 座屈：圧縮側の損傷基準.座屈開始ひずみ ϵ_6 で定義.

損傷の度合いは①<②<③<④となっている.

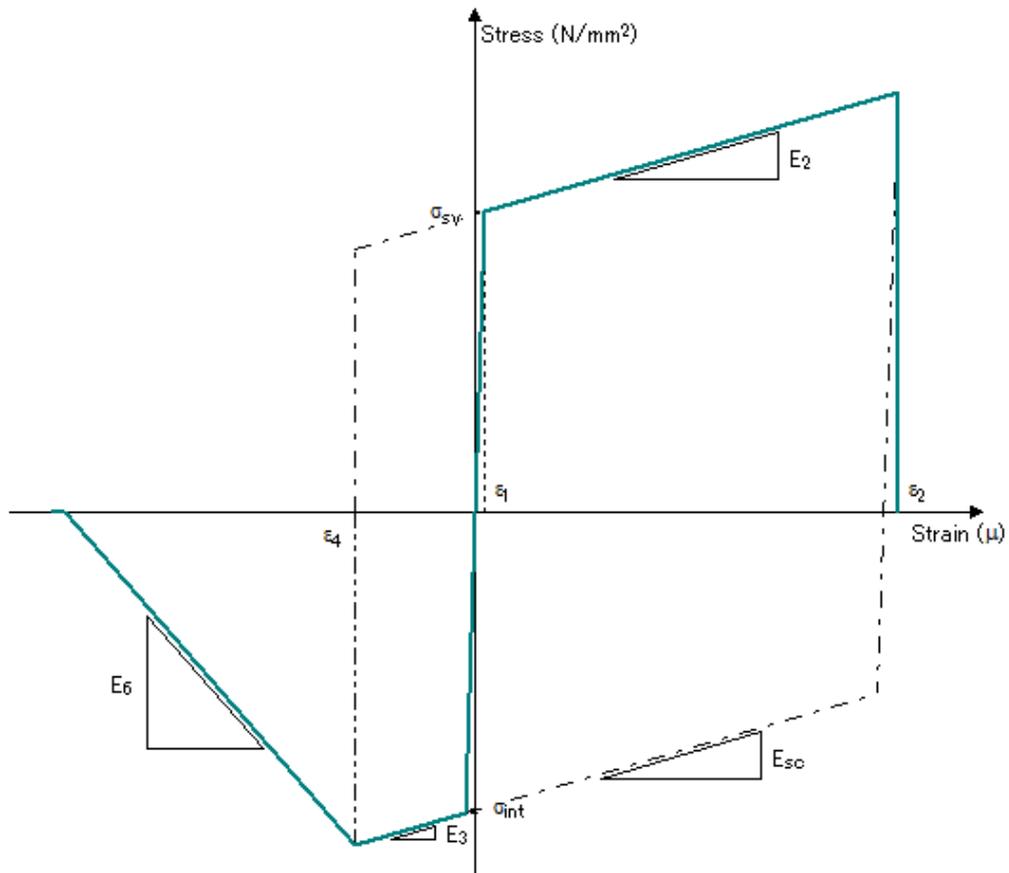


図 4.1(b) 鉄筋のヒステリシス

4.1.1 パターン 1 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

図 4.1.1 で示すように軽微が 19 箇所、ひび割れが 52 箇所発生した。橋脚と上部構造が接している部分の損傷が大きい。

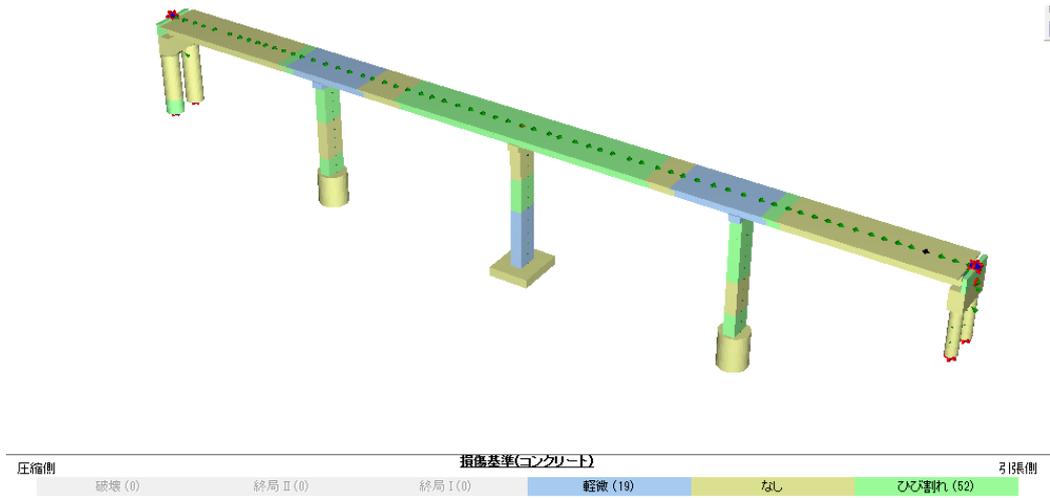


図 4.1.1 パターン 1 のコンクリートの損傷状況

b) 損傷状況

以下の図 4.1.2 に示すように、橋脚の 1 番下の部材が圧縮側に降伏した。

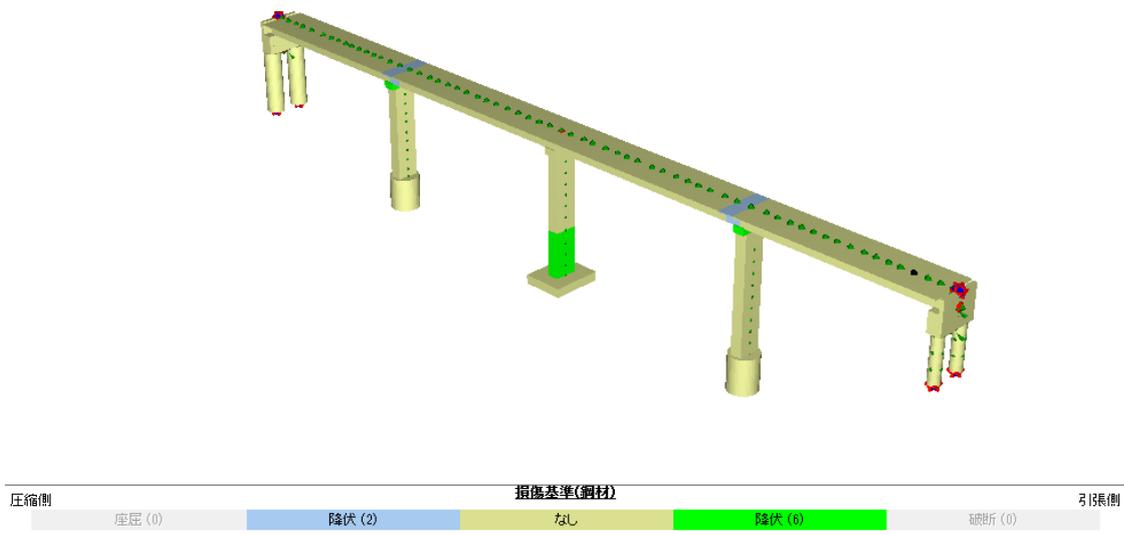


図 4.1.2 パターン 1 の鉄筋の損傷基準

4.1.2 パターン 2 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.3 のように上部構造に大きな損傷を与えている。またパターン 1 (X 方向の地震動) より橋脚の損傷は少ない。

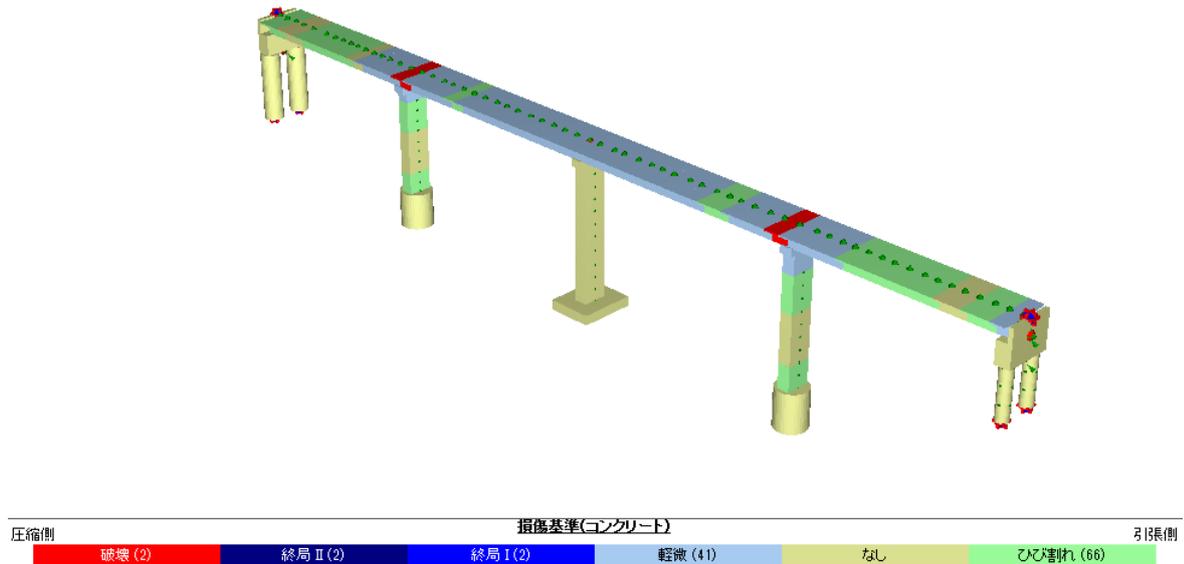


図 4.1.3 パターン 2 のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.4 のように上部構造に損傷が大きい。また橋脚に損傷はない。

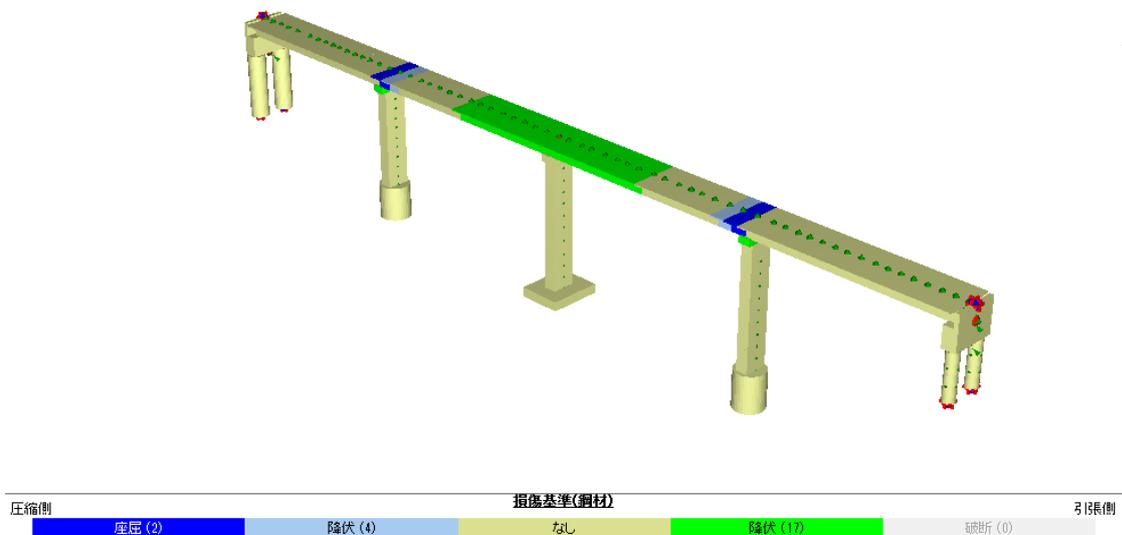


図 4.1.4 パターン 2 の損傷状況

4.1.3 パターン 3 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.5 のように上部構造と橋脚に多くの損傷がみられる。

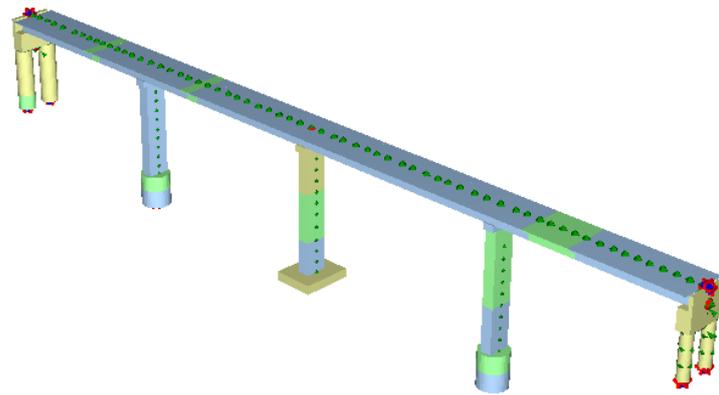


図 4.1.5 パターン3のコンクリートの損傷基準

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.6 のように橋脚との接触部分の鉄筋が多く損傷している。

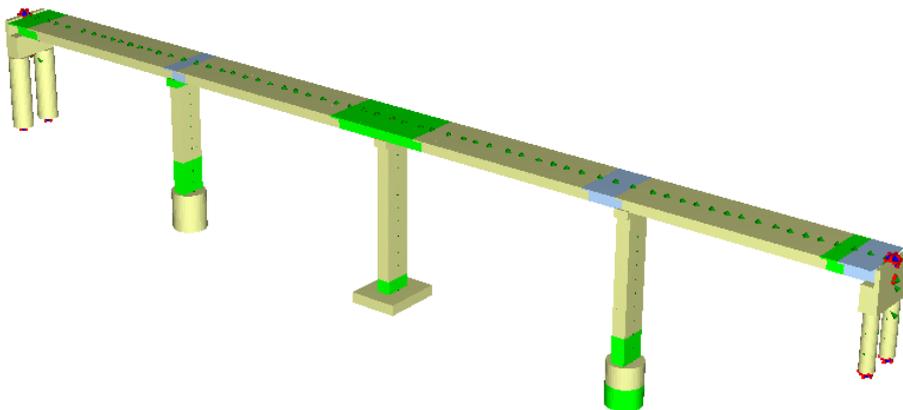


図 4.1.6 パターン 6 の鉄筋の損傷状況

4.1.4 パターン 4 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.7 に示すように上部と橋脚の損傷が多い。

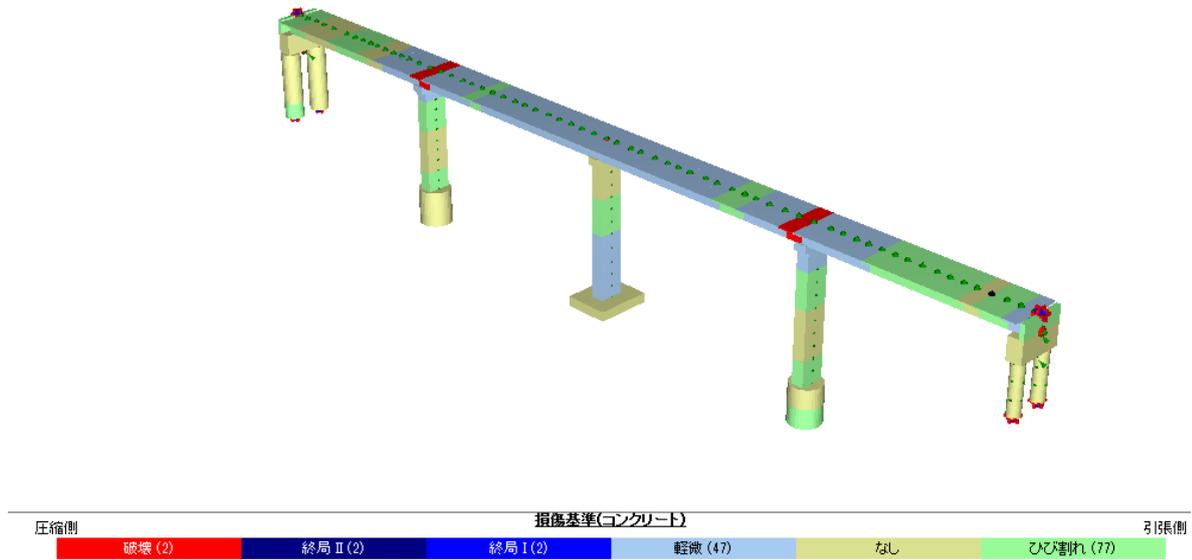


図 4.1.7 パターン4のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.8 のように第 2 橋脚付近の上部構造が降伏し、コンクリートが破壊した箇所は座屈している。

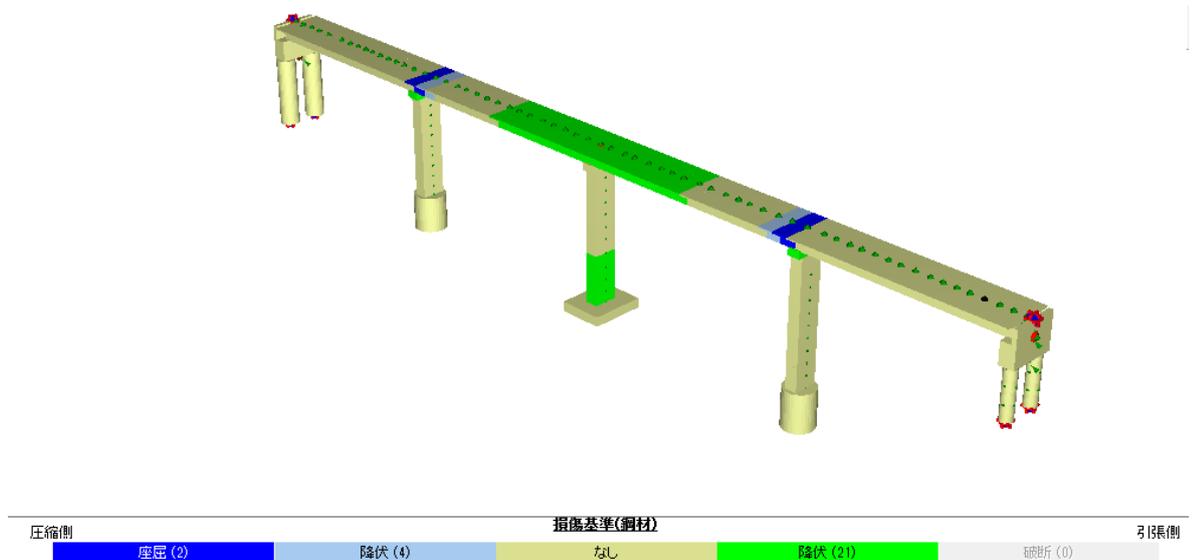


図 4.1.8 パターン4の鉄筋の損傷状況

4.1.5 パターン 5 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.9 のように上部構造と橋脚が損傷している。

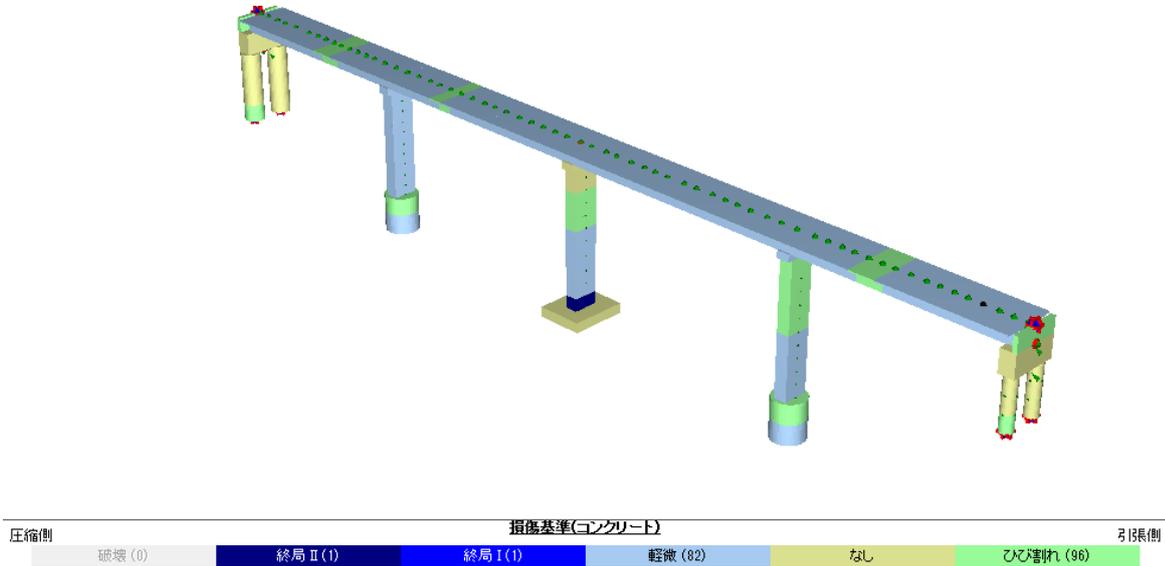


図 4.1.9 パターン 5 のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.10 のように橋脚の下部と橋脚、橋台と接している部分が損傷している。

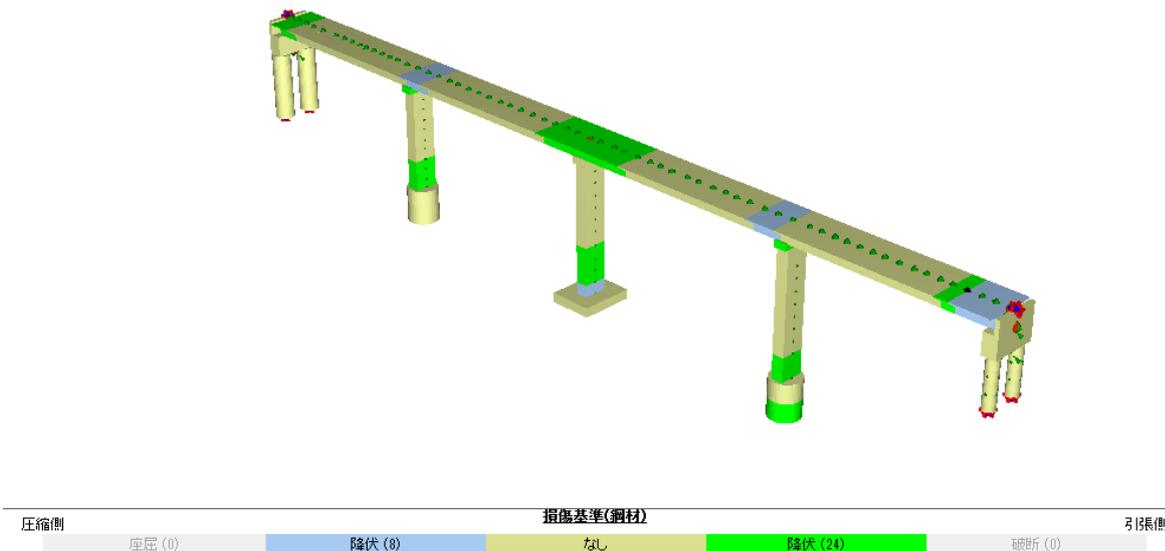


図 4.1.10 パターン5の鉄筋の損傷状況

4.1.6 パターン 6 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.11 のように上部構造と橋脚が損傷している。

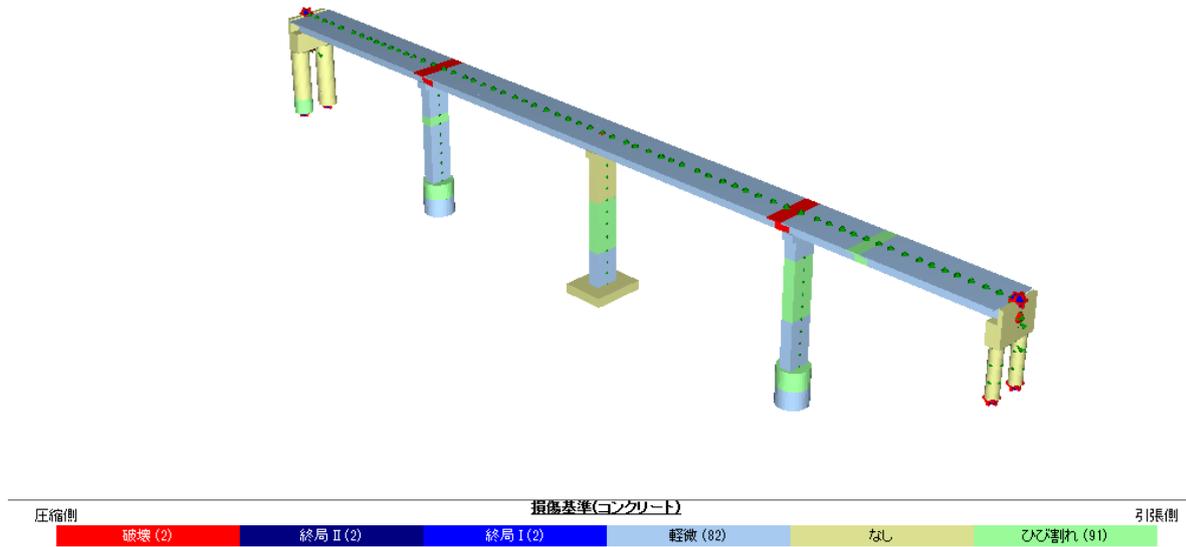


図 4.1.11 パターン 6 のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.12 のように橋脚,橋台と接している上部構造付近が損傷している。

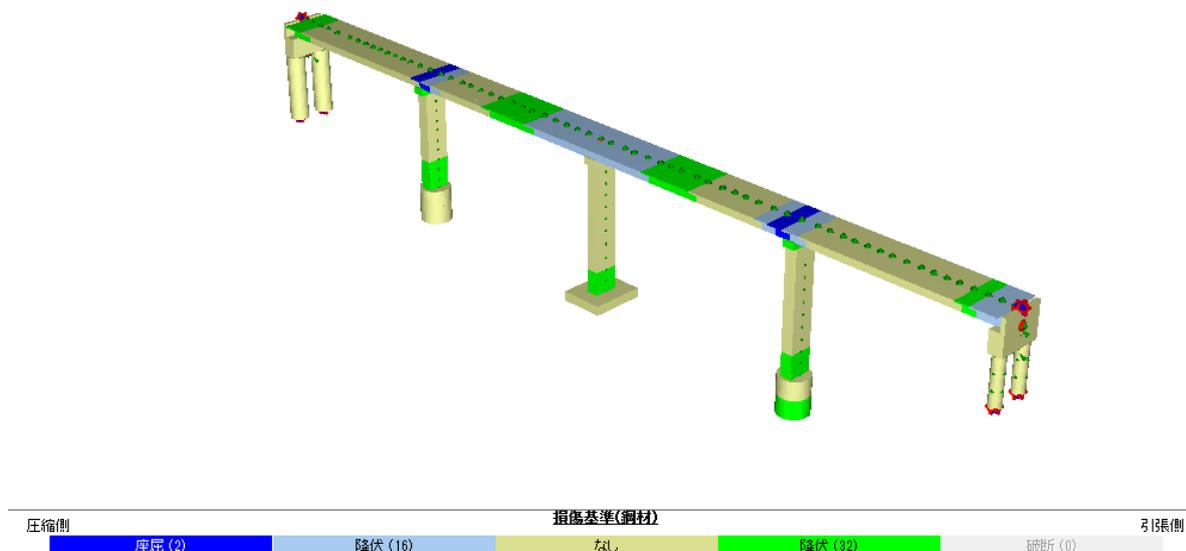


図 4.1.12 パターン 6 の鉄筋の損傷状況

4.1.7 パターン7の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.13 のように上部構造,橋脚共に損傷している.

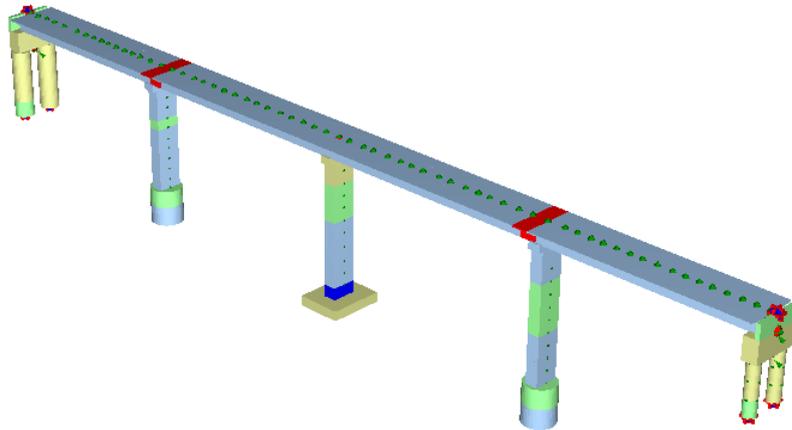


図 4.1.13 パターン7のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.14 のように橋脚の下部,橋脚と橋台と接している上部構造付近が損傷している.

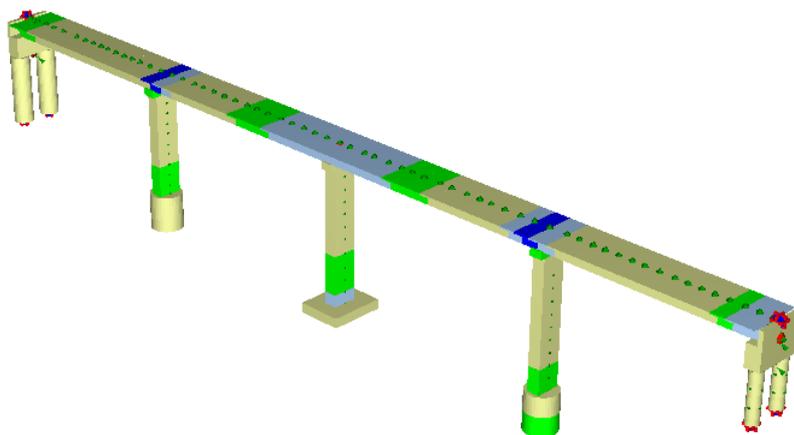


図 4.1.14 パターン7の鉄筋の損傷状況

4.1.8 パターン 8 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.15 のように上部構造,橋脚ともに損傷している。パターン 4 の時ひび割れだった箇所が 2 回地震動を加えたことにより軽微になっていること分かる。

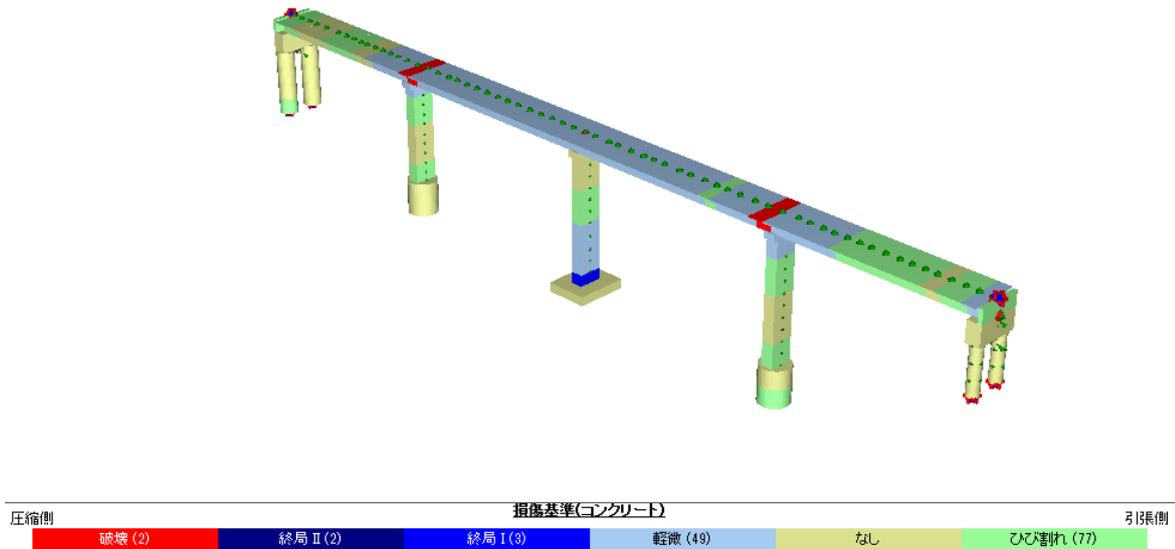


図 4.1.15 パターン 8 のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.18 のように橋脚と接する上部構造付近と橋脚の下部が損傷している。2 回地震動を加えたことで橋台や第 2 橋脚と接している上部構造が新たに損傷を受けた。

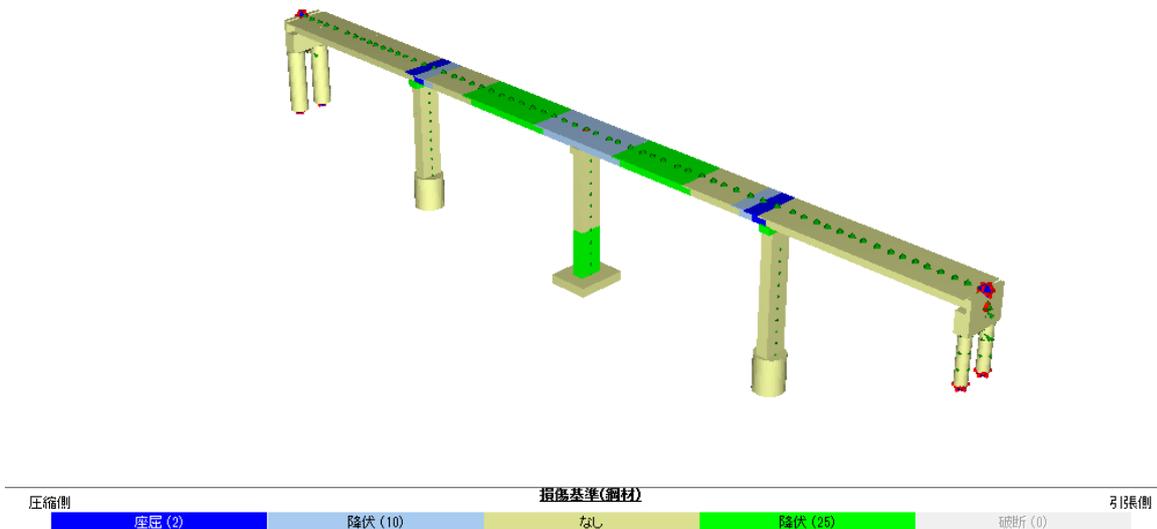


図 4.1.16 パターン 8 の鉄筋の損傷状況

4.1.9 パターン 9 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.17 のように損傷した.パターン 5 に比べ,上部構造がより損傷している.

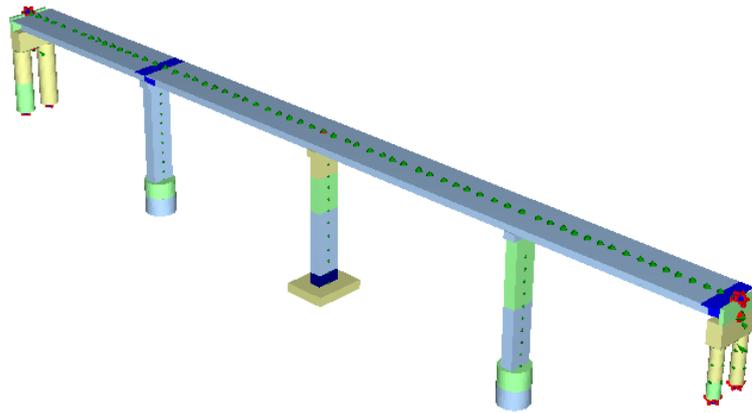


図 4.1.17 パターン 9 のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.18 のように損傷した.パターン 5 と比べ,第 1,3 橋脚の基礎と第 2 橋脚と接する上部構造,橋台と接する上部構造の鉄筋が圧縮側に降伏した.

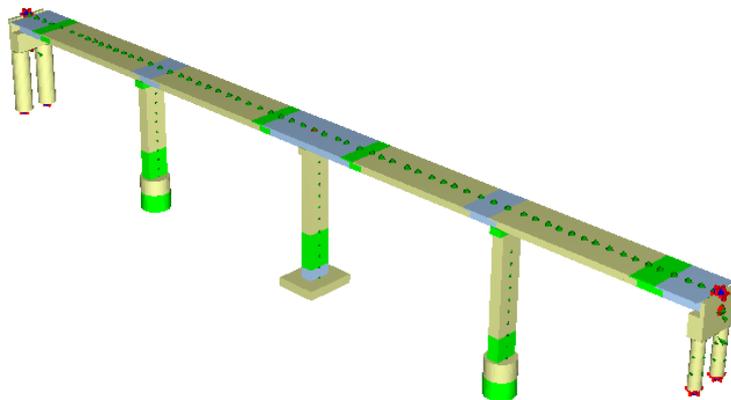


図 4.1.18 パターン 9 の鉄筋の損傷状況

4.1.10 パターン 10 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.19 のように損傷した.パターン 6 と比べ,第 2 橋脚と接する上部構造がより損傷している.

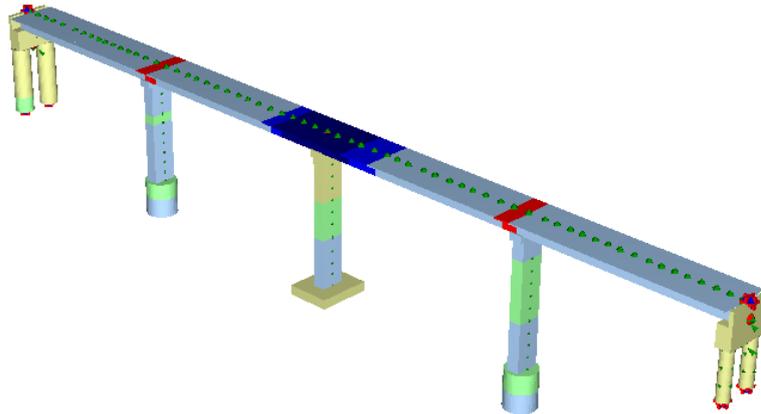


図 4.1.19 パターン 10 のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 4.1.20 のようにパターン 6 に比べ,第 2 橋脚と接する上部構造が圧縮側に降伏した.また橋脚の基礎や橋脚の下部が引張側に降伏した.

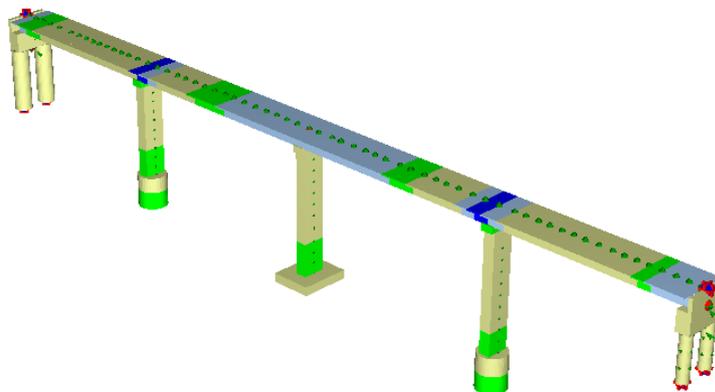


図 4.1.20 パターン 10 の鉄筋の損傷状況

4.1.11 パターン 11 の損傷状況

a) コンクリートの損傷状況

以下の図 4.1.21 のように損傷した.パターン 7 と比べ,第 2 橋脚と接する上部構造がより損傷した.

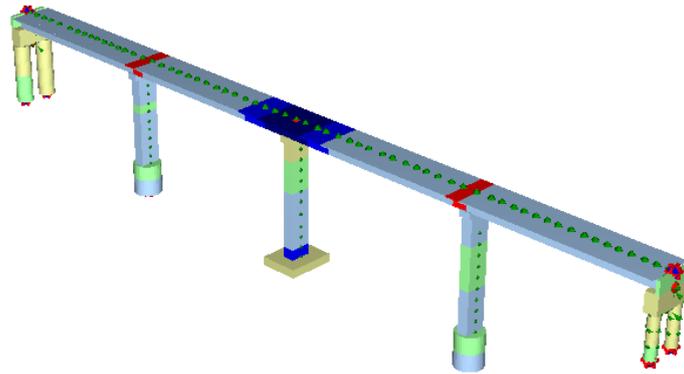


図 4.1.21 パターン 11 のコンクリートの損傷状況

b) 鉄筋の損傷状況

以下の図 2.1.22 のように損傷した.パターン 7 と比べ橋脚の基礎は引張側に,上部構造は引張側に降伏する部材が増えた.

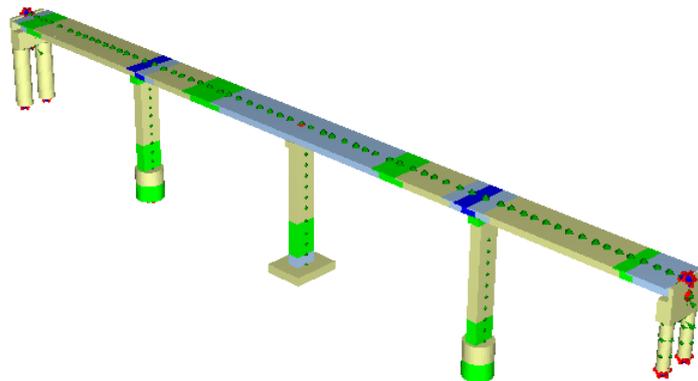


図 4.1.22 パターン 11 の鉄筋の損傷状況

4.2 各パターンについて代表的な断面に生じる最大ひずみ

以下の図 4.2.1 の黒い箇所(橋台,橋脚下部,梁)の断面において,各パターンの荷重条件より生じた最大ひずみ(圧縮及び引張)の結果を示す



図 4.2.1 代表断面の箇所

4.2.1 橋台基礎

以下の表を参考にすると引張,圧縮ともにパターン 9(XZ 地震動 2 回)が最も大きな変化が見られた.Y 方向地震動ではそれほど変化しないが X や Z 方向の地震動が加わると大きく変化することが分かる.地震動を 2 回加えるとひずみは大きくなったがそれほど変化はしていない.

表 4.2.1 橋台でのひずみの結果

橋台基礎		
パターン名	圧縮側	引張側
パターン 1	-154.7	132.6
パターン 2	-18.9	0
パターン 3	-154.8	132.7
パターン 4	-161.2	127.2
パターン 5	-233	232.8
パターン 6	-161.3	127.1
パターン 7	-234.3	248.5
パターン 8	-161.4	129.1
パターン 9	-258.1	276.5
パターン 10	-161.6	129.2
パターン 11	-253	255.9

4.2.2 梁

以下の表のように、X 地震動の時は Y,Z 地震動の時の 2 倍以上のひずみが生じている。X 地震動が加わるとどれも同じようなひずみが生じるが圧縮側で最も大きいのはパターン 6,11 の XYZ 地震動を加えた時で、引張側で最も大きいのはパターン 5,9 の XZ 地震動を加えた時である。Y 地震動は梁にほとんど影響を与えないことが分かる。また 2 回地震動を加えてもほぼ変化はない。

表 4.2.2 梁のひずみ結果

梁		
パターン名	圧縮側	引張側
パターン 1	-4.6	3.4
パターン 2	-1.1	0
パターン 3	-2.1	0.9
パターン 4	-4.9	3.3
パターン 5	-5	3.7
パターン 6	-2.3	1
パターン 7	-5.3	3.6
パターン 8	-5.1	3.4
パターン 9	-5	3.7
パターン 10	-2.5	1.3
パターン 11	-5.3	3.6

4.2.3 橋脚下部

以下の表のように橋台,梁と比べると全体的にどの地震動の時も大きな値になっている.
 圧縮側はパターン 5,9 の XZ 地震動の時最も大きくなった.引張側はパターン 8 の XY 地震動の時最も大きくなった.圧縮,引張ともに X 地震動が加わるとひずみが大きくなることが分かる.

表 4.2.3 橋脚下部のひずみ結果

橋脚下部		
パターン名	圧縮側	引張側
パターン 1	-2594.3	12600.9
パターン 2	-37.5	0
パターン 3	-978	2310.3
パターン 4	-2602.1	12614.5
パターン 5	-3949.5	17718.2
パターン 6	-968.9	2328.1
パターン 7	-3849.9	17553.4
パターン 8	-2913.3	18161.1
パターン 9	-3949.5	17852.2
パターン 10	-1173.3	3245
パターン 11	-3849.9	17959.5

4.3 各パターンの代表断面での変位

以下に各部から代表として抽出した要素の最終的な変位を示す。地震によって生じた変位を表 4.4.1 と表 4.4.2 を通して見る事が出来る。

表 4.3.1 橋台と梁の変位

	橋台変位 (mm)			第2橋脚梁変位 (mm)		
	δX	δY	δZ	δX	δY	δZ
パターン 1	0	0	0	-64.8	5.8	0
パターン 2	0	0	0	0	-0.4	0
パターン 3	0	-0.1	0	0	-0.5	-1.3
パターン 4	0	-0.1	0	-64.7	5.7	0
パターン 5	0	-0.1	0	-29.3	7.2	-32.4
パターン 6	0	-0.1	0	0	-0.5	-1.5
パターン 7	0	-0.1	0	-27.4	7.1	-31.9
パターン 8	0	-0.1	0	108.6	9.5	0
パターン 9	0	-0.1	0	106.3	9.0	-18.6
パターン 10	0	-0.1	0	0	-0.2	-2.9
パターン 11	0	-0.1	0	103.8	8.9	-19.9

表 4.3.2 橋脚の変位

	第 2 橋脚下部変位 (mm)		
	δX	δY	δZ
パターン 1	-0.8	4.6	0
パターン 2	0	0	0
パターン 3	0	0	0
パターン 4	-0.9	4.6	0
パターン 5	0.8	5.8	-2.7
パターン 6	0	-0.1	-0.1
パターン 7	0.9	5.8	-2.6
パターン 8	5.4	6.8	0
パターン 9	4.4	6.2	-1.4
パターン 10	0	0.2	-0.2
パターン 11	4.6	6.3	-1.5

4.4 パターン別の損傷箇所数

構造解析モデルに地震荷重を作用させた際に、パターンごとの全体の損傷箇所数を比較する。結果に出ている数値はその状態になった要素の数である。つまり終局Ⅰになった要素は軽微、ひび割れにも数えられてしまっている。そのため最終的にその状態になった要素の数は計算しなければならない。それをまとめたのが以下の表である。この表よりコンクリートは、地震動が2回加わると損傷箇所が増える事が分かる。XY,XZ地震動が2回加わっても終局Ⅱ以上の損傷数は変わらないが、YZ,XYZ地震動が加わると終局Ⅱの損傷が増え、終局Ⅰの損傷数もXY,XZ地震動の時より増えている。これらの損傷は上部構造で発生しているので、上部構造はY,Z地震動に弱いことが分かる。鋼材も地震動が2回加わると損傷数は増える。また橋脚は引張側に降伏が多く、上部構造は圧縮側に降伏する部材が多い。

表 4.4.1 パターン別の損傷数

パターン名	← 損傷基準 (コンクリート) →					← 損傷基準 (鋼材) →			
	圧縮 破壊	終局Ⅱ	終局Ⅰ	軽微	引張 ひび割れ	圧縮 座屈	引張 降伏	引張 降伏	引張 破断
パターン1	0	0	0	19	33	0	2	6	0
パターン2	2	0	0	39	27	2	2	17	0
パターン3	0	0	0	77	14	0	5	18	0
パターン4	2	0	0	45	30	2	2	21	0
パターン5	0	1	0	81	14	0	8	24	0
パターン6	2	0	0	80	9	2	14	32	0
パターン7	2	0	1	84	9	2	15	32	0
パターン8	2	0	1	46	28	2	8	25	0
パターン9	0	1	2	84	10	0	17	30	0
パターン10	2	5	3	74	7	2	21	38	0
パターン11	2	3	5	77	10	2	22	39	0

5 章 構造解析結果の考察

5.1 今回用いたモデルについての考察

今回の解析の結果,この橋梁は橋脚の下部や橋脚,橋台と上部構造の接合部に特に損傷が生じるということが分かった.

上部構造の中央部は終局Iや終局IIなどの大きな損傷が生じている.これは,橋脚の高さに対し橋長が長いことや,橋脚と上部構造を接合する際に剛体要素を用いた事,この付近に他の箇所 비해大きい荷重を加えた事などの理由が考えられる.橋台,橋脚との接合部も損傷が大きいのが剛体要素を用いたため剛結されているので,変形による影響を受けやすかったのだと考えられる.

コンクリートの損傷を見ると橋台や橋脚との接合部の上部構造付近がよく損傷していた.また上部構造は Y,Z 地震動に弱く,1 方向の地震動でも大きな損傷を受けていた.また,YZ 地震動が 2 回加わると第 2 橋脚との接合部付近の上部構造が大きな損傷を受けた.付近の荷重が大きいのと橋脚がひずまないため,上部構造が損傷したのだと考えられる.しかし橋脚は YZ 地震動が 2 回加わってもそれほど変化はない.

XY 地震動を 2 回かけた時,コンクリートの損傷は変化せず鋼材の損傷が酷くなっている.2 回目の地震動を加えた時鋼材がほとんどの応力を受け持ったためコンクリートの損傷が変化しなかったと考えられる.

橋脚は横揺れである X,Z 地震動が加わると損傷が大きくなった.特に Z 地震動の時は基礎まで損傷を受けてしまっている.橋脚は高さがあることや,細長い部材であるので大きな損傷を受けたのだと考えられる.また第 2 橋脚下部は終局 1 の損傷を受けている.第 1,3 橋脚は基礎まで損傷を受けているものの軽微までである.3 本の橋脚のうち特に力が加わるのが第 2 橋脚と言うことが分かる.また致命的な損傷は受けていないが第 1, 3 橋脚は基礎が損傷を受けているので点検するときは注意する必要がある.

橋台はどちらも大きな損傷は受けていない.第 1,2 橋台共に 2 本ある基礎の手前側のみが損傷している.加わる力が偏っているためだと考えられる.また XY,XZ 地震動の時は第 1 橋台の基礎のみが損傷を受けているが,第 1 橋脚は高さ 14.5m,第 2 橋脚は高さ 10m と高さが異なるため,損傷のし易さに違いが出たのだと考えられる.

鋼材の損傷を見ると,第 2 橋脚との接合する上部構造がよく損傷している.コンクリートもこの部分は大きな影響を受けていたので鋼材も損傷を受けたと考えられる.上部構造では,コンクリートは全体的に損傷を

受けていたが、鋼材は橋台、橋脚との接合部が特に損傷していた。地震動を2回加えた時も接合部付近がより損傷していることから、接合部が特に力を受ける事が分かる。

橋脚はどのパターンの時も下部が損傷を受けており上部に損傷はない。下部は引張側のひずみが多いので鋼材も引張側に損傷したと考えられる。地震動を2回加えた時、橋脚の損傷はそれほど変わらない。第1,3橋脚の基礎は第3橋脚から損傷している。第3橋脚は36m、第1橋脚は30.6mと高さが異なるので損傷に差が出たと考えられる。

6章 まとめ

6.1 まとめ

今回の研究で、地震動の方向が変わることで橋脚、橋台、上部構造の損傷の違いが発生することが分かった。また2回地震動を加える事をしたが、どの方向の地震動を2回加えるかによって損傷する箇所が異なる事やコンクリートは全体的に損傷するが、鋼材はコンクリートに比べ損傷箇所が少ないことが分かった。現在、日本各地で東海地震や首都直下型地震などが想定されている。東日本大震災のように予想外の規模の地震や熊本地震のように、最大震度7の地震が2回発生するなど様々な地震が発生する可能性がある。また地震動は地域ごとに、その土地の地盤などによって要素が異なることが予想される。このような事を踏まえて、今後は橋梁の維持管理をしていく上で、予想される地震動に対しどのような方向の要素をもっているかを把握することで損傷への影響を考慮することが重要であろう。

また今回のモデルで目立った損傷を受けた上部構造や橋脚などは目視により大まかな損傷状態が推測できるものと考えられるが、橋台、橋脚の基礎のように地盤内に埋まっているものや鋼材のようにコンクリートの内部にあり、外からは見えないような箇所に損傷が生じる事もあるため、維持管理する時は注意が必要ではないかと考えられる。

今回のモデルの橋梁は上部構造や橋脚に損傷が生じやすかった。これは剛体要素を用いて橋桁及び橋脚を接合させたため、より地震動が橋桁に伝わりやすくなったことが原因として考えられる。しかし橋台と上部構造、橋脚と上部構造と言った接合部はより注意を払うことが重要であると考えられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、曹西助教授には、研究環境の充実にご配慮いただくとともに、研究の進め方など数多くの助言を頂きました。

また株式会社森組様には貴重な資料を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

そして曹研究室の皆様などにも様々な御助言、御協力頂きましたことに感謝します。

参考文献

1)鎌田相互,松浦聖, 鋼構造・橋梁工学,森北出版,2000

.

2)宇治公隆,コンクリート構造学,コロナ社,2012

3)熊本地震 産経新聞

<http://www.sankei.com/main/topics/main-32009-t.html>

4)気象庁 震度データ検索

<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/>

