

令和 6 年度 室蘭工業大学 博士論文公開発表会資料

実規模衝撃荷重載荷実験に基づいた落石防護柵支柱の 根入れ深さ決定法に関する研究

林 茂樹

2024 年 8 月 9 日（金） 15 時 30 分 ～

室蘭工業大学 研究・教育 1 号館 C207 講義室

実規模衝撃荷重載荷実験に基づいた落石防護柵 支柱の根入れ深さ決定法に関する研究

室蘭工業大学大学院 工学研究科
博士後期課程 工学専攻 先端環境創生工学コース

林 茂樹

研究背景

2

我が国の落石防護柵の多くは
無筋コンクリート落石防護擁壁あるいは無筋コンクリート
基礎天端上に埋設・定着されている

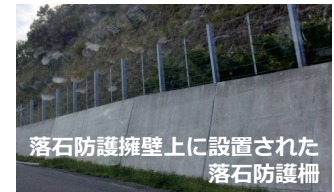


落石対策便覧

支柱の定着長に関する現行設計：
「落石対策便覧」に基づいて実施
(動的挙動性状は考慮していない)



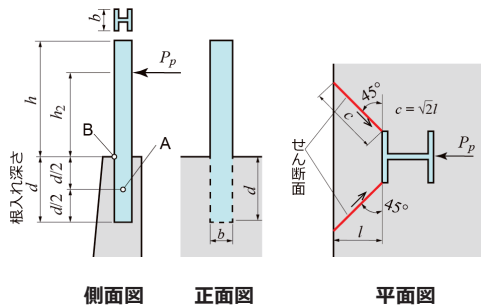
落石の衝突によって防護柵支柱埋設部の
コンクリートが剥落する事例あり



《 課 題 》
支柱の根入れ深さに関する
現行設計法の妥当性検証と合理的設計法の確立が重要

現行設計法 (落石対策便覧 日本道路協会)

3



防護柵支柱の設計計算モデル

曲げ圧縮応力

- ・ A点に作用する曲げモーメント
※落石が衝突して支柱基部に塑性ヒンジが
形成されることを前提

$$M = P_p \left(h_2 + \frac{d}{2} \right)$$

P_p : 降伏荷重
 h_2 : 荷重作用高さ

- ・ B点に作用する曲げ圧縮応力 σ

$$\sigma = \frac{P_p}{A} + \frac{M}{Z} \leq \sigma_a$$

A : $b \cdot d$ (断面積)
 Z : 断面係数

- ・ 許容曲げ圧縮応力曲げ圧縮応力

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{ck}}{4} \leq 5.5$$

参考: 日本道路土工
・ 擁壁工指針

押抜きせん断

- ・ せん断面に作用するせん断応力

$$\tau = \frac{P_p}{2ld} \leq \tau_a$$

l : かぶり厚

- ・ 許容押抜きせん断応力度

$$\tau_a = \left(\frac{\sigma_{ck}}{100} + 0.15 \right)$$

参考: 日本道路土工
・ 擁壁工指針

既往の研究および研究目的

4

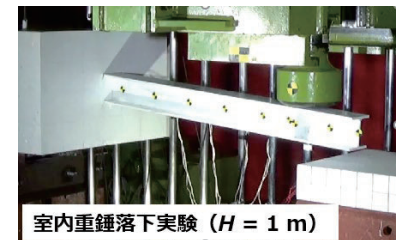
既往の研究

室内での小型試験体を用いた静荷重載荷および
重錘落下衝撃荷重載荷実験を実施

《 課 題 》

- ✓ 支柱の曲げ剛性が実構造物より小さいこと
- ✓ 擁壁模型のモデル化や境界条件に制約あり

→ 矩形状のコンクリートブロック、定着固定のため片持ち状等



室内重錘落下実験 ($H = 1 \text{ m}$)

※ 近藤里史, 小室雅人, 岸徳光, 山元康弘, 沼田あずさ:
載荷点を变化させた異通型鋼製防護柵支柱模型に関する重錘落下
衝撃実験, 構造工学論文集, Vol.66A, pp.963-974, 2020

《 研究目的 》

実規模擁壁模型及び防護柵支柱を用い, 静荷重及び衝撃荷重作用下における, 無筋コンクリート擁壁埋設部の挙動性状を明らかにして, 支柱の合理的な根入れ深さ決定法を確立することを最終的に, 無筋コンクリート擁壁に支柱としてH形鋼を貫通させた場合や, 根入れを有限長にした場合の実験を行い, 合理的な根入れ深さ設計法確立に向けた検討を行う。

第1章 序論

第2章 防護柵支柱を貫通させた場合における静荷重載荷実験

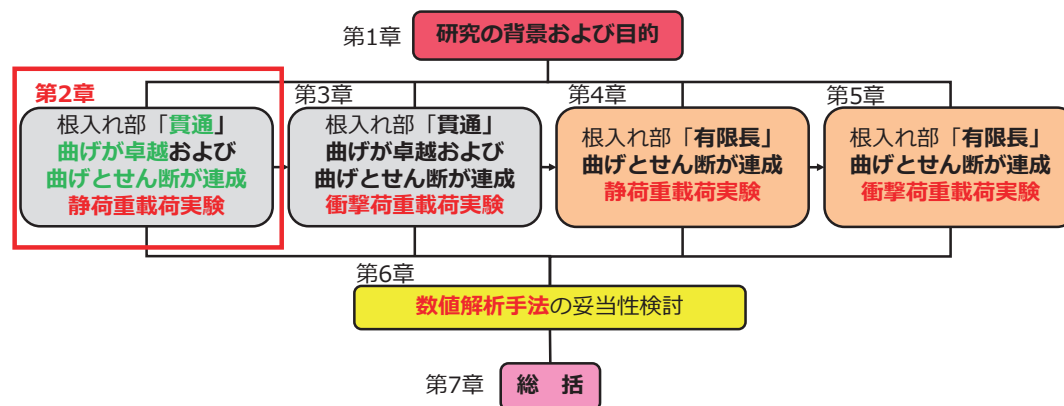
第3章 防護柵支柱を貫通させた場合における衝撃荷重載荷実験

第4章 防護柵支柱の根入れ深さを変化させた場合における静荷重載荷実験

第5章 防護柵支柱の根入れ深さを変化させた場合における衝撃荷重載荷実験

第6章 防護柵支柱の耐衝撃挙動に関する数値解析手法の妥当性検討

第7章 総括



第2章 静荷重載荷実験：貫通型支柱 試験体概要

1) 試験体の形状寸法：柵高 2 m の従来型落石防護柵支柱を対象

擁壁：高さ 2 m，幅 3 m，天端幅 0.5 m，
道路側勾配 1: 0.4

支柱：200 × 100 の H 形鋼 (SS400)，
支柱を貫通

2) 載荷点：擁壁天端から 1.4 m (PB) の位置

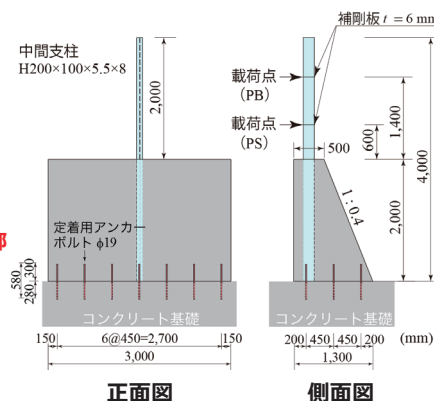
曲げが卓越する場合を想定

※便覧の規定による柵高の 2/3 の位置
落石が下から 5 番目と 6 番目のロープの中間部
に衝突する場合を想定

擁壁天端から 0.6 m (PS) の位置

曲げとせん断が連成する場合を想定

※落石が 2 本目と 3 本目のロープ中間部に
載荷する場合を想定
作用荷重が大きく評価されるため
設計的に厳しい条件となる



試験体の形状寸法および設置状況

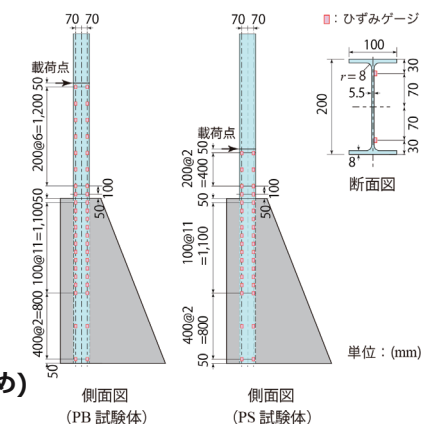
実験方法および計測項目

実験方法

- 1) 擁壁模型底面：コンクリート基盤に定着
→支柱の定着性状に限定し、挙動特性を
安全側で評価するため
- 2) 支柱載荷点部：径 30 mm の鋼棒を設置し、
線荷重載荷状態
- 3) 載荷方法：シーブを介してロープを鉛直方向に
向け、75 ton 級のクレーンで引き上
げることで載荷

計測項目

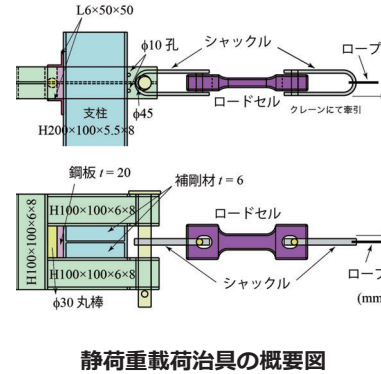
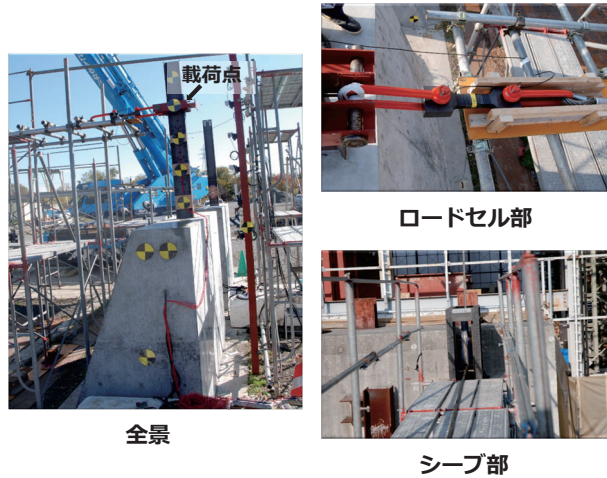
- 1) 載荷荷重
- 2) 支柱各断面の軸方向ひずみ
(ウェブ中心から両フランジ縁に向けて 70 mm の
位置に貼付：付着挙動の影響を極力小さくするため)
- 3) 支柱各点の水平方向変位 (ワイヤ式変位計)
- 4) 支柱の変形挙動 (高速度カメラ)



ひずみゲージの貼り付け位置

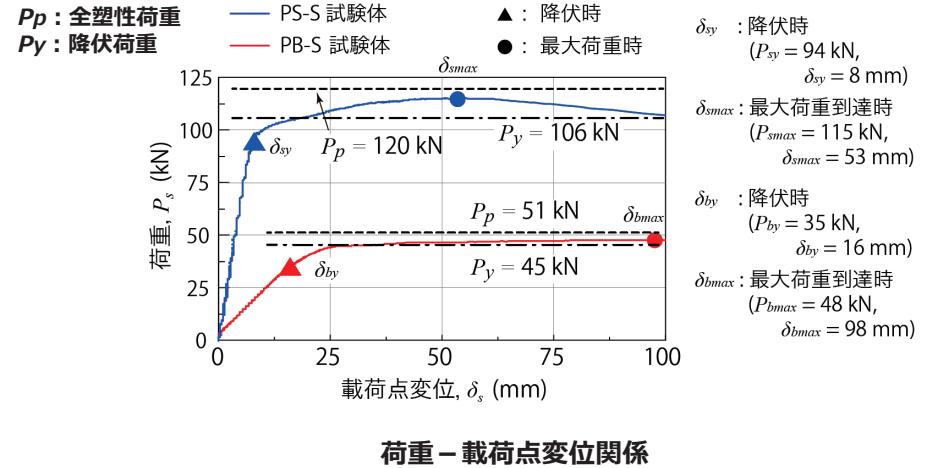
静荷重装置の設置状況

9



実験結果：荷重－載荷点変位曲線

10



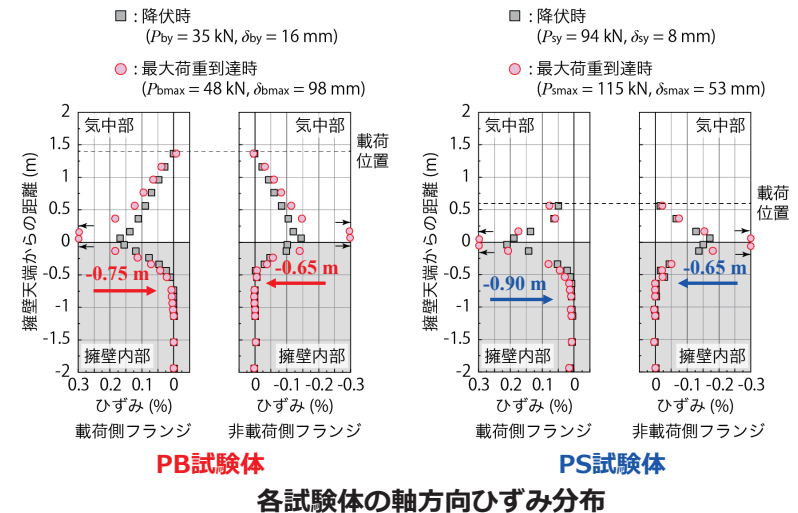
実験結果：支柱の変形状況

11



実験結果：支柱の軸方向ひずみ分布

12



まとめ 第2章 静荷重載荷実験：貫通型支柱

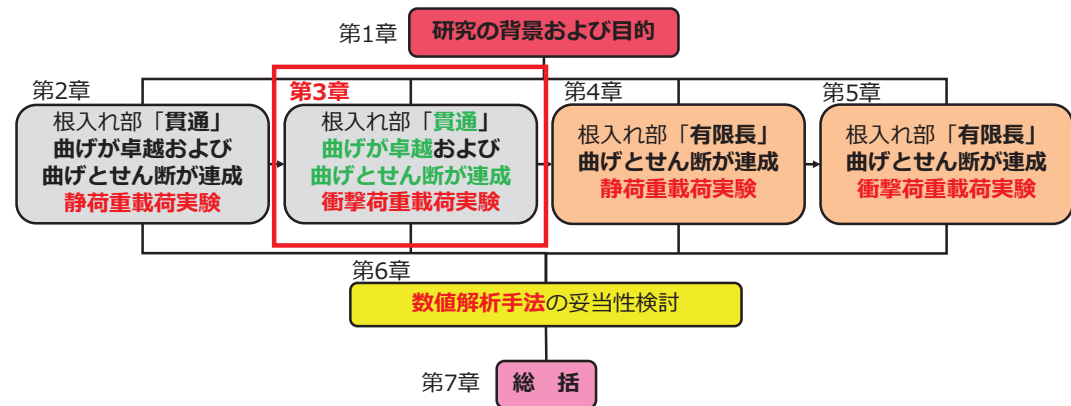
13

本章では、擁壁内を**貫通**して支柱を設置した場合における支柱の**必要根入れ深さ**に着目し、H 200×100×5.5×8 形鋼支柱を**貫通させて配置**し、**载荷点高さ**を擁壁天端から**1,400 mm (PB)**と**600 mm (PS)**とした場合における**静荷重載荷実験**を実施した。本章で得られた結果を整理すると、以下のように示される。

- **最大荷重**は、**曲げが卓越**する場合には支柱基部を固定端とする梁理論に基づく**降伏荷重**程度、**曲げと共にせん断が連成**する場合には**全塑性荷重より若干小さい**程度になる；
- いずれの場合も、支柱基部近傍に**塑性ヒンジが形成**されると共に、最終的には弱軸周りの**局部座屈**によって終局に至る；
- 支柱が**完全定着**に至る根入れ深さは、**曲げが卓越**する場合には**750 mm**、**曲げとせん断が連成**する場合には**900 mm 程度**として評価される。

論文の構成

14



第3章 衝撃荷重載荷実験：貫通型支柱 試験体概要

15

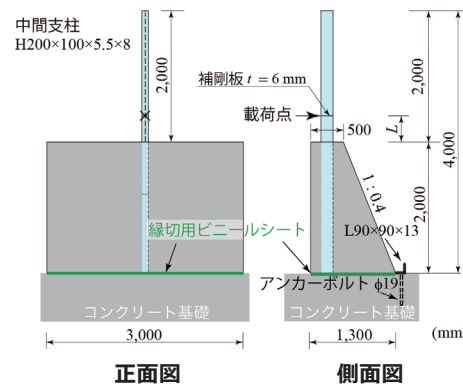
- 1) 試験体の形状寸法：柵高 **2 m** の従来型落石防護柵支柱を対象

擁壁：高さ **2 m**，幅 **3 m**，天端幅 **0.5 m**，
道路側勾配 **1: 0.4**

支柱：**200 × 100** のH形鋼 (SS400)，
支柱を **貫通**

- 2) 载荷点：擁壁天端から **1.4 m (PB)** の位置
曲げが卓越する場合を想定
擁壁天端から **0.6 m (PS)** の位置
曲げとせん断が連成する場合を想定

- 3) 重錘落下高さ：各4ケースで実施
PB 試験体：0.5, 1, 1.5, 2 m
PS 試験体：1, 2, 3, 4 m



試験体の形状寸法および設置状況

実験方法および計測項目

16

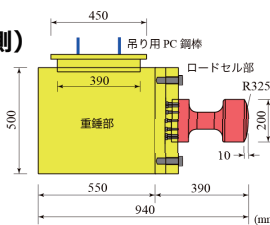
実験方法

- 1) 擁壁模型底面：基盤と縁切りし、擁壁の**回転を許容**
(つま先部にアングル材設置)
- 2) 载荷方法：**重量 1,000 kg** の重錘を振り子式で载荷
(単一载荷方式)

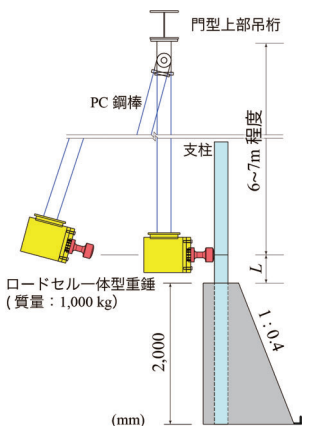
計測項目

- 1) 重錘衝撃力
(ロードセル一体型重錘を用いて計測)
- 2) 支柱各断面の軸方向ひずみ
(ウェブ中心から両フランジ縁に
向けて 70 mm の位置に貼付)
- 3) 重錘の衝突速度、擁壁模型の回転、
支柱の変形状況
(2,000 fps 高速度カメラ撮影)

※ひび割れ分布：**ひび割れは発生せず**



ロードセル付き鋼製重錘
最大容量：650 kN



衝撃荷重載荷装置の概要図

実験状況 (PB試験体)

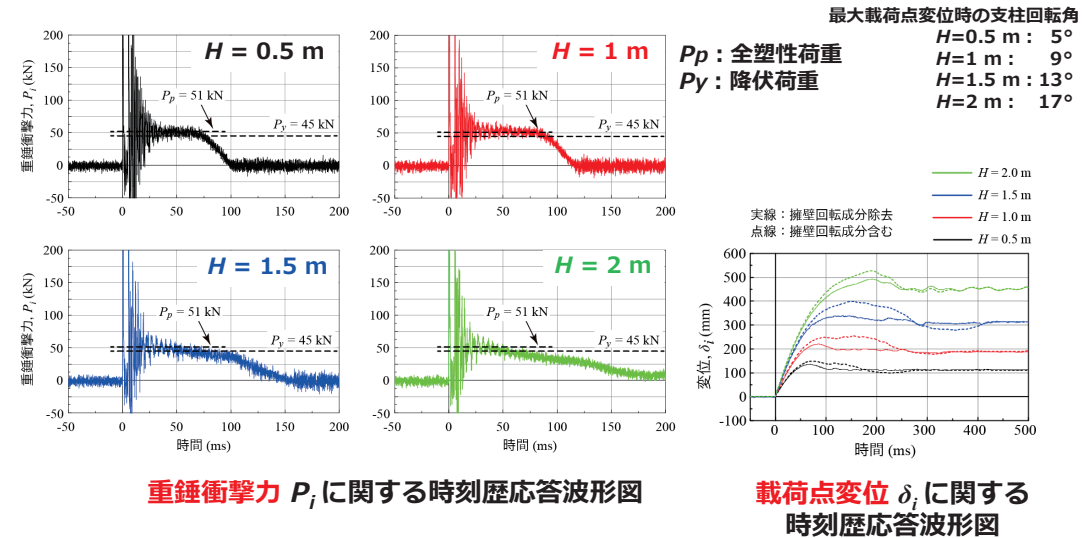
17

実験動画 (PB試験体 $H = 2$ m)

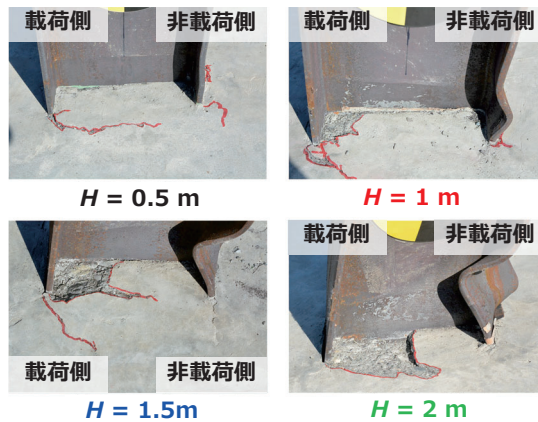


実験結果：各種時刻歴応答波形図 (PB試験体)

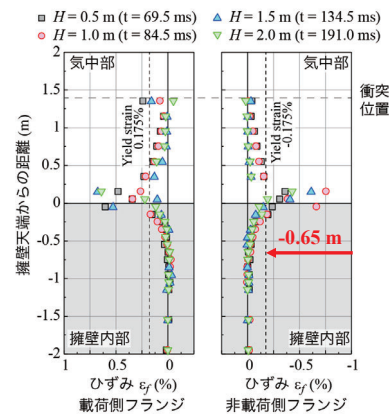
18



実験結果：変形状況および支柱縁ひずみ分布 (PB試験体)₁₉



実験終了後における支柱基部の変形状況



最大変位発生時における支柱縁ひずみ分布

実験状況 (PS試験体)

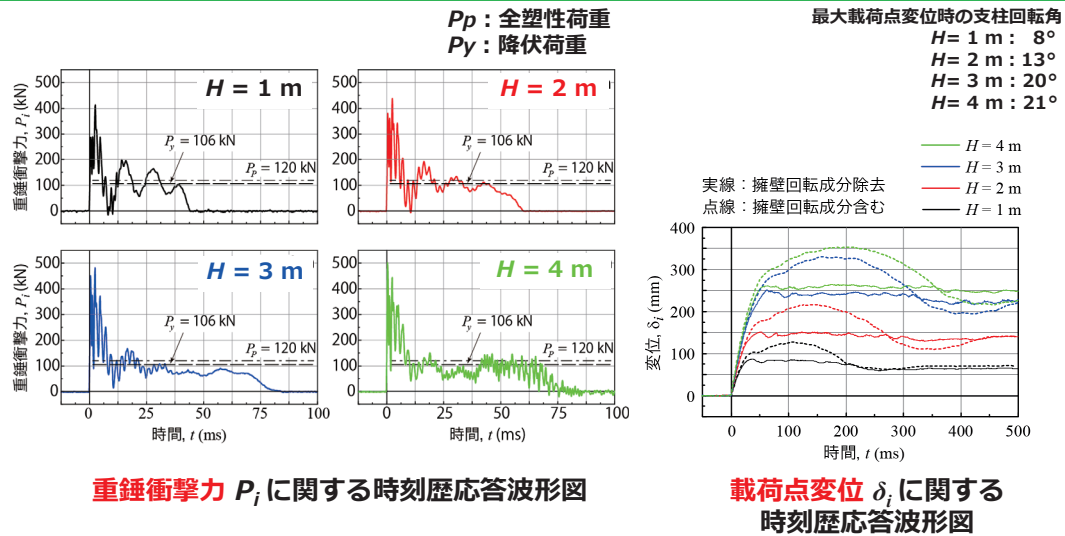
20

実験動画 (PS試験体 $H = 2$ m)



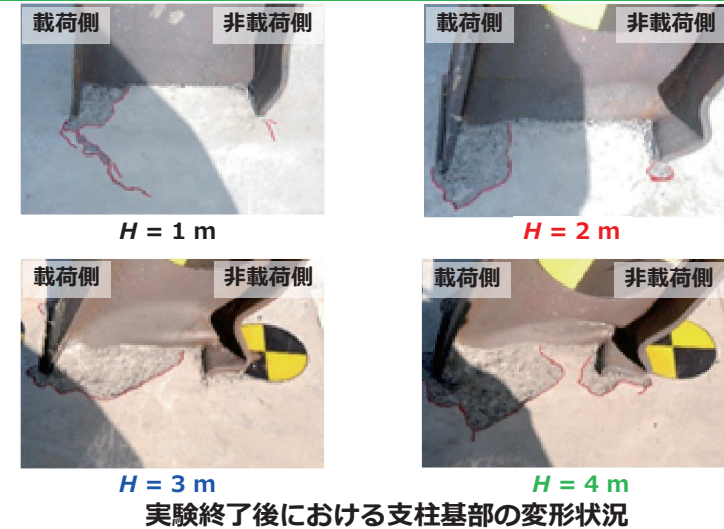
実験結果：各種時刻歴応答波形図 (PS試験体)

21



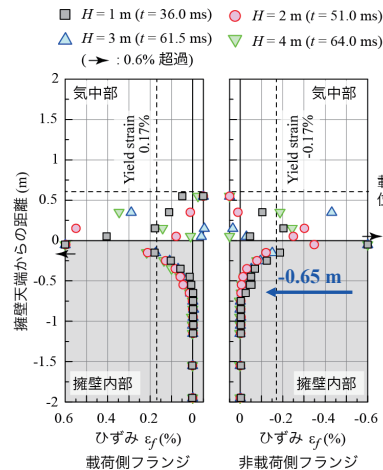
実験結果：変形状況 (PS試験体)

22



実験結果：支柱縁ひずみ分布 (PS試験体)

23

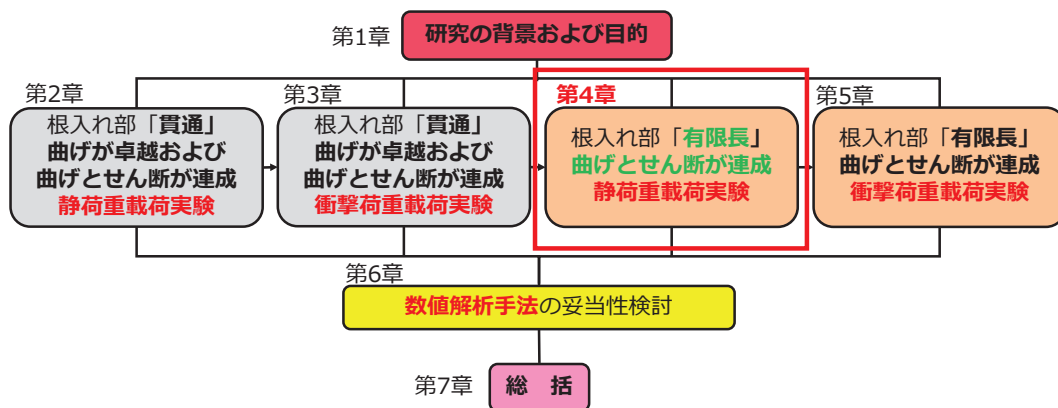


最大変位発生時における支柱縁ひずみ分布

まとめ 第3章 衝撃荷重実験：貫通型支柱

24

- 衝撃荷重実験時における高周波成分を除いた最大衝撃力は、荷重点位置や入力エネルギーの大きさにかかわらず静的な**全塑性荷重**で**安全側**で**評価可能**である；
- 入力エネルギーが大きい場合には、基部の非荷重点側フランジに**局部座屈**が発生する；
- 荷重点位置にかかわらず、擁壁部の損傷は支柱基部近傍表面部が**圧壊によって剥離**する程度であり、入力エネルギーは擁壁の回転によるエネルギーを除きほぼ**支柱の変形によって吸収**されるものと推察される；
- 支柱が**完全定着**に至る根入れ深さは、荷重点位置にかかわらず **650 mm** 程度として評価される；
- 前章で得られた静荷重実験時における**完全定着**に至る根入れ深さが **900 mm** として得られていることより、衝撃荷重実験時は静荷重実験時よりも**小さく評価**される；
- **便覧**に基づく支柱の根入れ深さは、**1,071 mm** として評価される。従って、便覧は実験結果と比較して、静荷重実験時及び衝撃荷重実験時を含めて設計的に**安全側の値**を与える。



1) 試験体の形状寸法：柵高 2 m の従来型落石防護柵支柱を対象

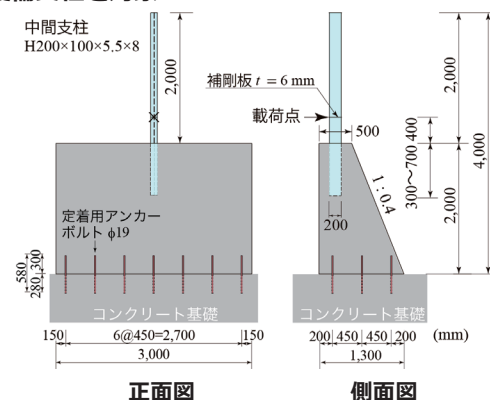
擁壁：高さ 2 m, 幅 3 m, 天端幅 0.5 m,
道路側勾配 1: 0.4

支柱：200 × 100 のH形鋼 (SS400),
根入れ有限長

2) 載荷点：擁壁天端から 0.4 m (PS) の位置
曲げとせん断が連成する場合を想定

※可能な限り載荷位置を低くし、全塑性荷重
及びせん断力が大きい場合を想定

3) 支柱の根入れ深さ：700mm (PS7-SP試験体)
500mm (PS5-SP試験体)
300mm (PS3-SP試験体)



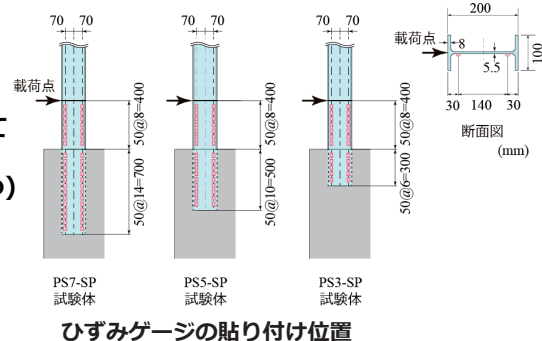
試験体の形状寸法および設置状況

実験方法

- 1) 擁壁模型底面：コンクリート基盤に**定着**
- 2) 支柱載荷点部：径 30 mm の鋼棒を設置し、線荷重載荷状態
- 3) 載荷方法：H形鋼からなる載荷治具をリニアウェイレール上に固定し、油圧ジャッキにより**押し込む形で試行的に載荷**

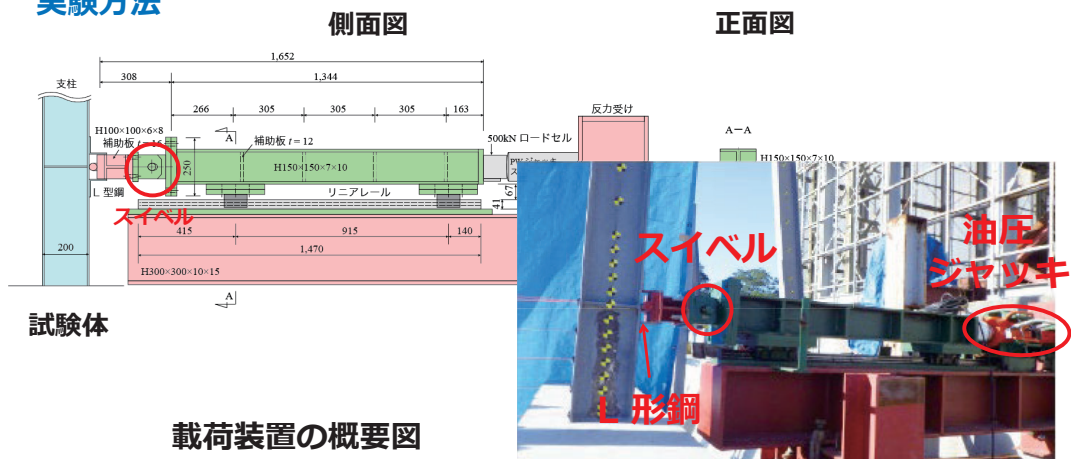
計測項目

- 1) 載荷荷重
- 2) 支柱各断面の軸方向ひずみ
(ウェブ中心から両フランジ縁に向けて
70 mm の位置に貼付：
付着挙動の影響を極力小さくするため)
- 3) 支柱各点の水平方向変位
(ワイヤ式変位計)
- 4) 支柱の変形挙動 (高速度カメラ)



ひずみゲージの貼り付け位置

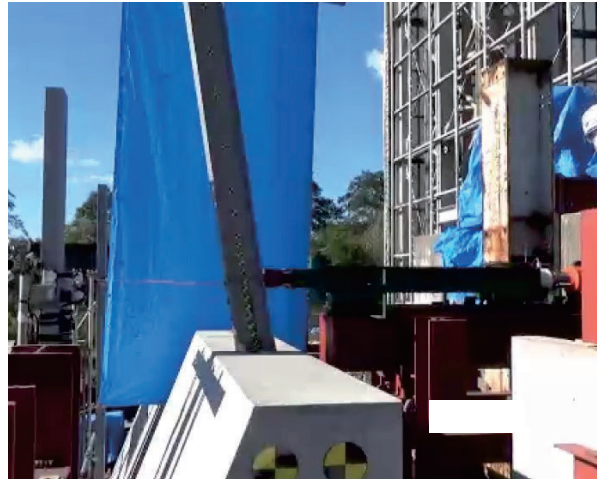
実験方法



実験状況（試行実験）

29

実験動画（PS5-SP 試験体, 50 倍速）

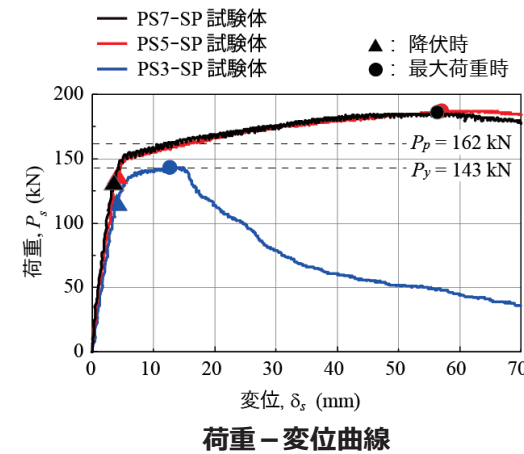


実験結果：荷重－変位曲線（試行実験）

30

各荷重および変位一覧

| 試験体名 | 降伏荷重 $P_{s,y}$ (kN) | 降伏時変位 $\delta_{s,y}$ (mm) | 最大荷重 $P_{s,max}$ (kN) | 最大荷重時変位 $\delta_{s,max}$ (mm) |
|--------|------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| PS7-SP | 132 | 3.5 | 186 | 56.4 |
| PS5-SP | 137 | 4.2 | 187 | 57.1 |
| PS3-SP | 116 | 4.0 | 143 | 12.7 |

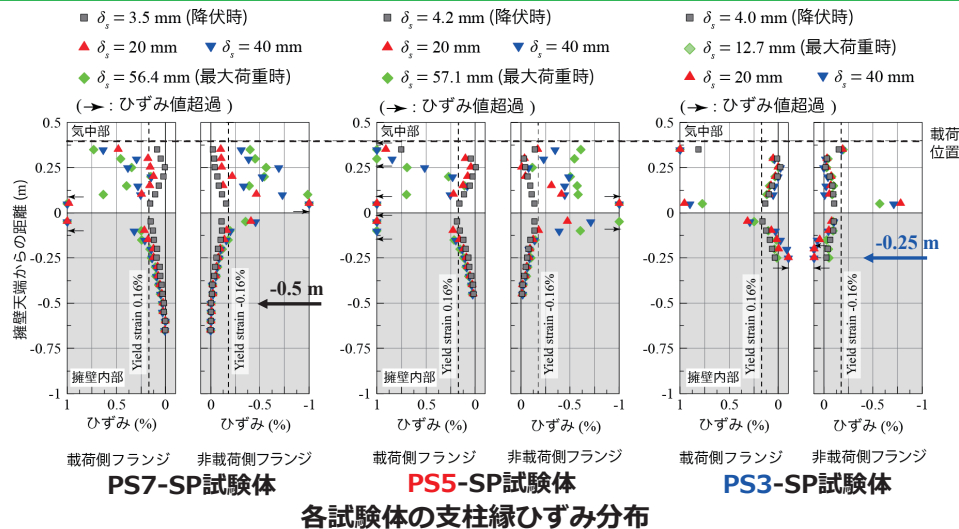


PS5-SP 試験体拡大



実験結果：支柱縁ひずみ分布（試行実験）

31



実験結果：支柱基部の変形状況（試行実験）

32



便覧に基づいて算定される必要根入れ深さ

| | |
|-------------|-----------------|
| 曲げモーメントに対して | 1,292 mm |
| 押抜きせん断に対して | 1,348 mm |
| 最終的な設計根入れ深さ | 1,348 mm |

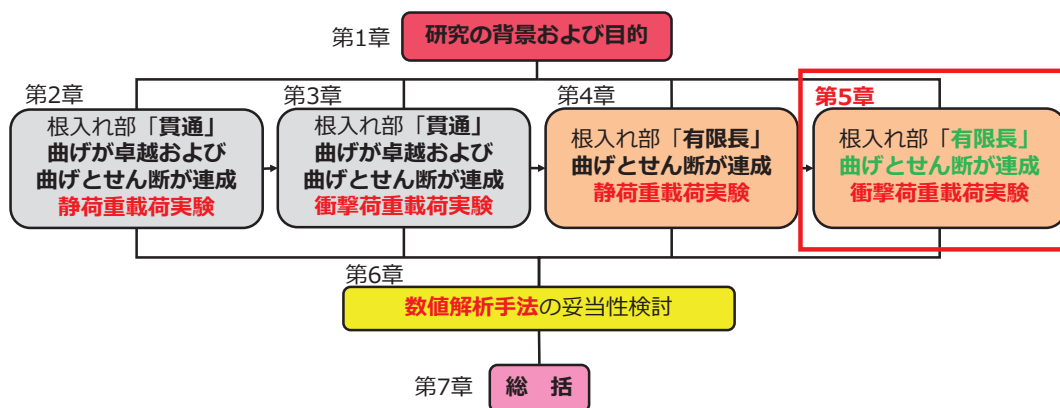
実験により得られた必要根入れ深さ

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 本章の 有限長 による実験結果 | 500 mm |
| 第2章の 貫通型 による実験結果 | 900 mm (零ひずみに収斂する深さ) |



※**便覧**に基づいた算定値および**貫通型実験**で得られた完全定着に至る根入れ深さは、**安全側の値**を示す。

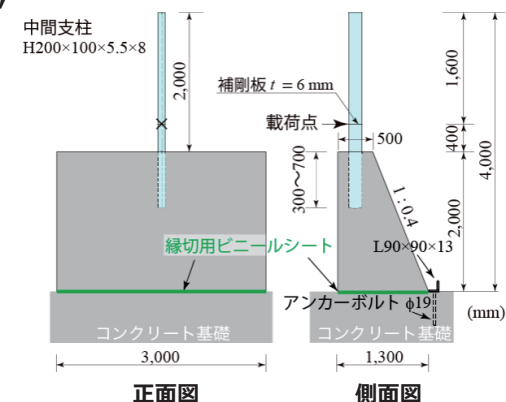
- 試行実験結果，降伏荷重や塑性ヒンジ荷重が大きく評価される場合においても，必要定着長は **500mm** として評価され，その値は支柱を貫通して設置する場合と比較して**小さい**；
- そのときの擁壁天端では，支柱ウェブ近傍のコンクリートは剥離する傾向を示すが，**損傷は軽微**である；
- 根入れ深さを **300mm** とする場合には，支柱端部を確実に定着することができずに，擁壁は**押抜きせん断破壊**に至る；
- そのときの擁壁天端における**押抜きせん断破壊面**は，便覧で規定している非載荷側フランジ端部からではなく，**載荷側フランジ端**から形成される；
- 静荷重を**引き込み型**で載荷することにより，これまでの実験で得られた荷重－変位曲線と類似の性状となることが確認され，**最大荷重**は基部を固定端とする**梁理論**から得られる**塑性ヒンジ荷重**より**小さく**なる。



- 1) 試験体の形状寸法：柵高 **2 m** の従来型落石防護柵支柱を対象
擁壁：高さ **2 m**，幅 **3 m**，天端幅 **0.5 m**，
道路側勾配 **1: 0.4**
支柱：**200 × 100** 形鋼 (SS400)，
根入れ**有限長**
700 mm，**500 mm**，**300 mm**
- 2) 載荷点：擁壁天端から **0.4 m (PS)** の位置
曲げとせん断が連成する場合を想定
- 3) 重錘落下高さ： $H = 1 \text{ m}$ と 2 m (**19.6 kJ**)

実験ケース一覧

| 試験体名 | 設定重錘 落下高さ H (m) | 実測 衝突速度 V (m/s) | 実測入力 エネルギー E_i (kJ) |
|--------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| PS7-H1 | 1 | 4.40 | 9.7 |
| PS5-H1 | 1 | 4.38 | 9.6 |
| PS3-H1 | 1 | 4.50 | 10.1 |
| PS7-H2 | 2 | 6.16 | 19.0 |
| PS5-H2 | 2 | 6.21 | 19.3 |
| PS3-H2 | 2 | 6.31 | 19.9 |



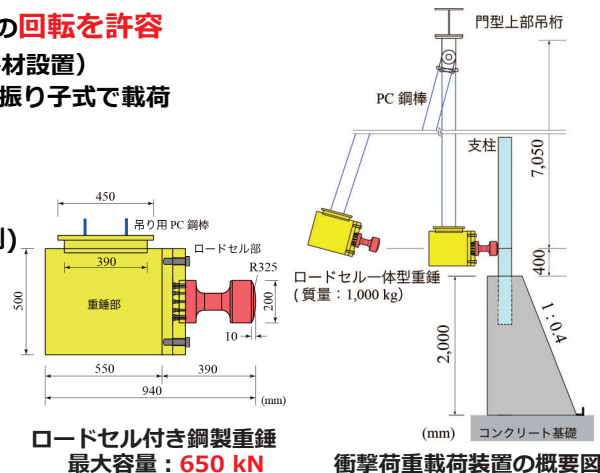
試験体の形状寸法および設置状況

実験方法

- 1) 擁壁模型底面：基盤と縁切りし擁壁の**回転を許容**
(つま先部にアングル材設置)
- 2) 荷重方法：重量 **1,000 kg** の重錘を振り子式で荷重
(**単一荷重方式**)

計測項目

- 1) 重錘衝撃力
(ロードセル一体型重錘を用いて計測)
- 2) 支柱各断面の軸方向ひずみ
(ウェブ中心から両フランジ縁に向けて 70mm の位置に貼付：
付着挙動の影響を極力小さくするため)
- 3) 重錘の衝突速度、擁壁の回転、
支柱の変形状況
(2,000 fps 高速度カメラ撮影)

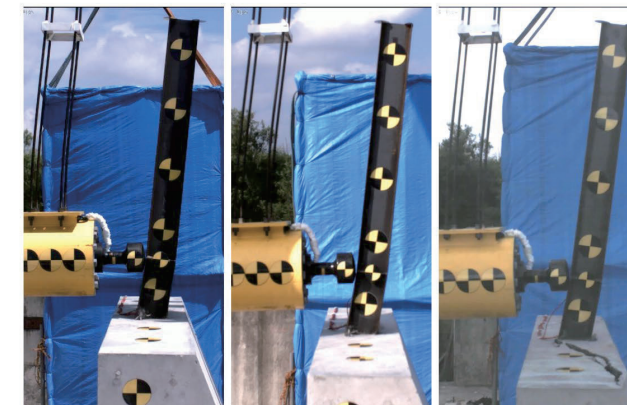


全景動画



PS3-H2

高速度カメラ動画

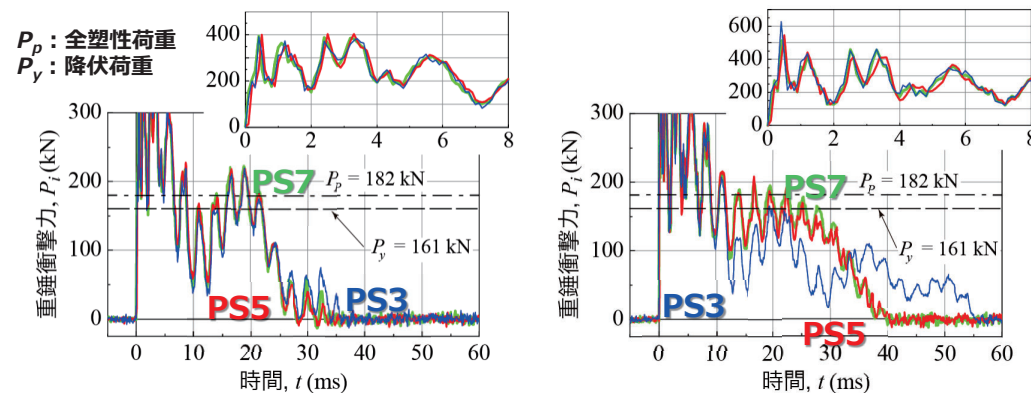


PS7-H2

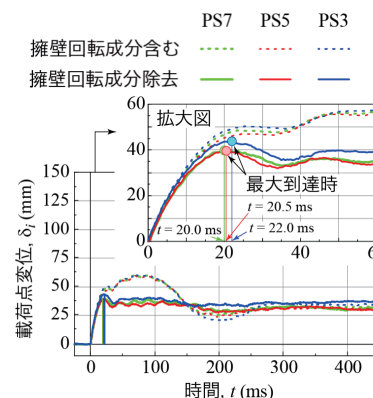
PS5-H2

PS3-H2

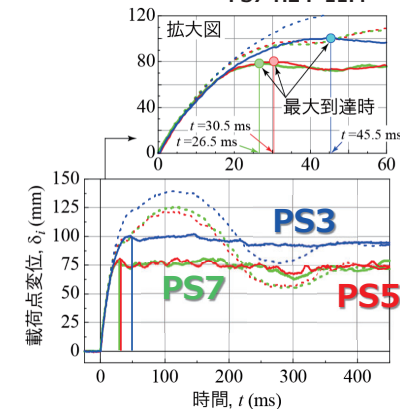
重錘衝撃力波形



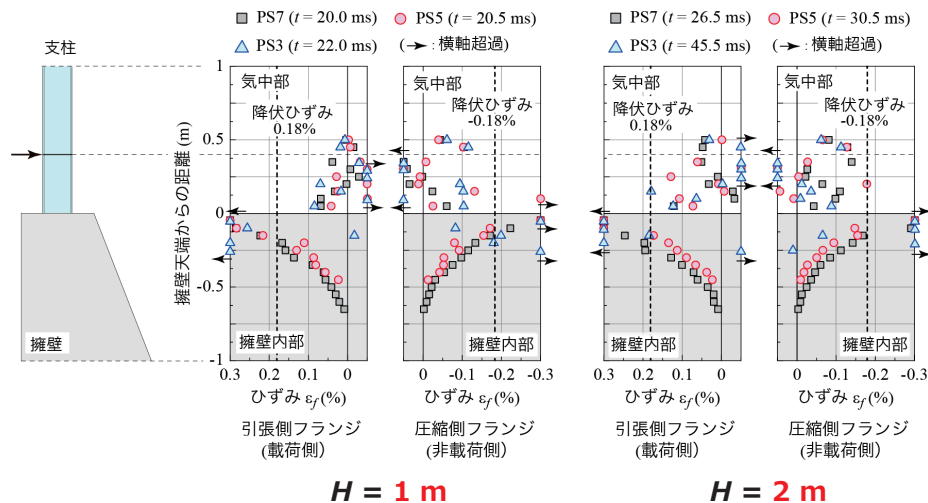
最大荷点変位時の支柱回転角
 PS3-H1: 6.2°
 PS5-H1: 5.7°
 PS7-H1: 5.7°



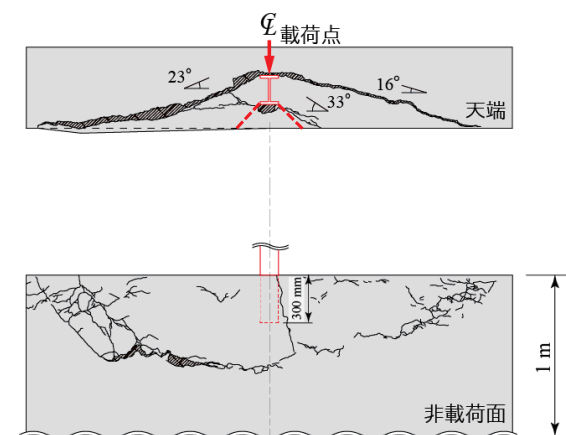
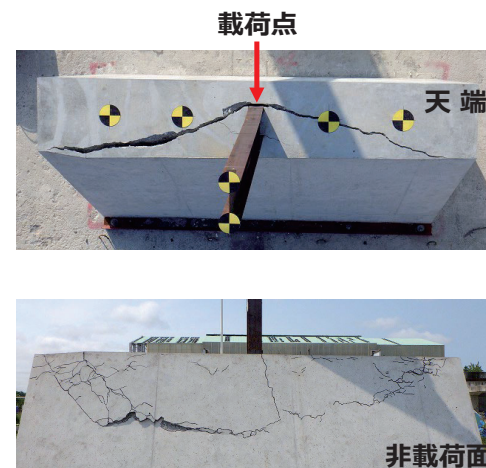
最大荷点変位時の支柱回転角
 PS3-H2: 14.3°
 PS5-H2: 11.6°
 PS7-H2: 11.4°



最大変位発生時の支柱縁ひずみ分布



PS3-H2 試験体に関する損傷状況



支柱基部の変形および擁壁天端の損傷状況

落下高さ $H = 2 \text{ m}$



設計照査式の提案

各方法により検討した必要根入れ深さ

- 便覧に基づいて算出

曲げ応力 $dr_b = 1,292 \text{ mm}$

せん断応力 $\sigma_{rs} = 1,348 \text{ mm}$

- 実験結果 $def_i = 500 \text{ mm}$

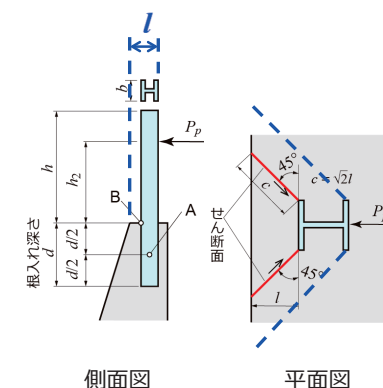
便覧は大きく安全側の値を示している！

- **実験結果に基づき**かぶり厚さを**載荷側フランジ**
を**基点**とした場合

曲げ応力 $d_{rb}' = 1,292 \text{ mm}$

せん断応力 $d_{rs}' = 578 \text{ mm}$

提案の考え方：いまだ若干安全側の値を示している！



支柱の必要根入れ深さに関する設計の考え方

設計照査式の提案（既往の小型実験で再検討）

49

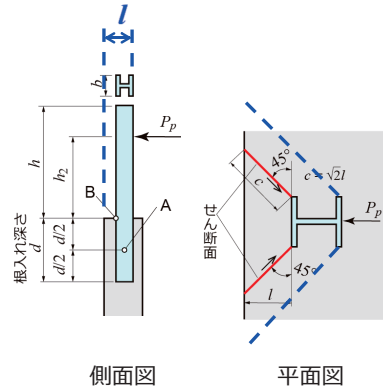
既往の小型試験体の実験結果においても同様に検討を行うと：

- ・コンクリート躯体中に埋設された落石防護柵支柱の必要根入れ深さに関する実験的研究（砂防学会誌）
※載荷位置：天端から400mm，根入れ深さ 700，500，300mmで検討
支柱はH100×100×6×8を使用

各方法により検討した必要根入れ深さ

- 便覧に基づいて算出
曲げ応力 $drb = 671 \text{ mm}$
せん断応力 $drs = 518 \text{ mm}$
- 実験結果 $defi = 500 \text{ mm}$ （根入れ300mmのみ不足）
- 実験結果に基づきかぶり厚さを**載荷側フランジを基点とした場合**
曲げ応力 $drb' = 671 \text{ mm}$
せん断応力 $drs' = 311 \text{ mm}$

提案の考え方：概ね対応している！



設計照査式の提案

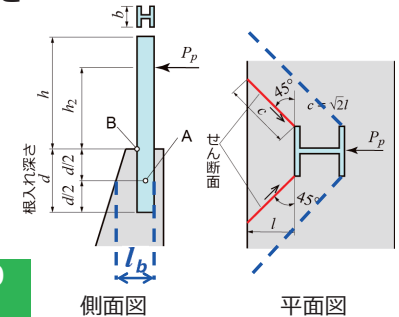
50

擁壁の勾配を考慮して平均厚さにより算出した必要根入れ深さ

- 実験結果に基づき，かぶり厚さを**載荷側フランジを基点**とし変厚を考慮した根入れ深さの1/2 の位置 l_b により算出

$$\text{せん断応力} \quad dmrs = 458 \text{ mm}$$

実験結果の必要根入れ深さは **500 mm** 程度であり大略対応する



支柱の必要根入れ深さに関する設計の考え方

落石対策便覧（現行設計法）に関する指摘事項

51

落石対策便覧に関する指摘事項

- 曲げ圧縮応力における照査は適切か？
→ 天端部の圧壊は定着長への影響は著しく小さい
- 設計における落石荷重の作用位置は，落石最大跳躍高（柵高の2/3の位置）に設定している！
→ 作用位置が低い場合がより厳しい条件になる
- 押抜きせん断に対する便覧の照査式のかぶり厚さは，非載荷側フランジ端を基点とした厚さになっており実験結果と異なる！
→ H形鋼に，コンクリートが巻いているため，**載荷側フランジ端からのかぶり厚**により押抜きせん断力に抵抗している
- 押抜きせん断における便覧の照査式のかぶり厚さは，擁壁の勾配を考慮していない！
→ 天端面の最もかぶり厚が薄い断面で検討していることより，安全側に評価されている

曲げ圧縮応力

- ・ A点に作用する曲げモーメント
※落石が衝突して支柱基部に塑性ヒンジが形成されることを前提
$$M = P_p \left(h_2 + \frac{d}{2} \right)$$

 P_p ：全塑性荷重
 h_2 ：荷重作用高さ

$$\sigma = \frac{P_p}{A} + \frac{M}{Z} \leq \sigma_a$$

A: $b \cdot d$ (断面積)
Z: 断面係数

- ・ 許容曲げ圧縮応力曲げ圧縮応力

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{ck}}{4} \leq 5.5$$

参考：日本道路土工・擁壁工指針

押抜きせん断

- ・ せん断面に作用するせん断応力

$$\tau = \frac{P_p}{2ld} \leq \tau_a$$

l: かぶり厚

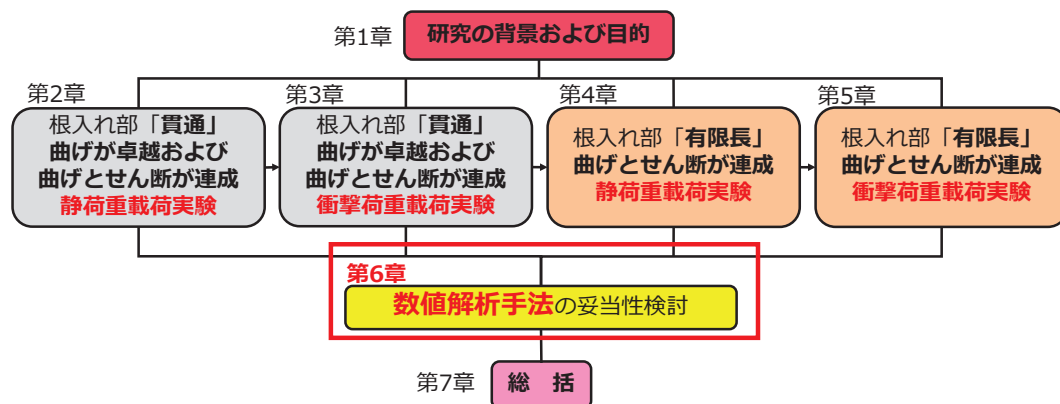
- ・ 許容押抜きせん断応力
$$\tau_a = (\sigma_{ck}/100 + 0.15)$$

参考：日本道路土工・擁壁工指針

まとめ 第5章 衝撃荷重載荷実験：根入れ有限長

52

- 支柱の根入れ深さが十分に確保されている場合
→ 衝撃力平坦域の最大振幅は静的な**全塑性荷重**にほぼ対応
→ 基部非載荷側フランジ：局部座屈が発生，擁壁天端：軽微な剥離が生じる
- 支柱の根入れ深さが不足している場合
→ **塑性ヒンジの形成が擁壁内部に移行**
→ 基部非載荷側フランジ：局部座屈は発生せず，擁壁：**押抜きせん断破壊**に至る
→ 押抜きせん断破壊面：**載荷側フランジ端部から形成される**
便覧による仮定とは異なる
- 実験結果での必要根入れ深さは **500 mm** 程度
- 実験結果を基に**根入れ深さに関する照査式**を以下のように**提案**した
1) **支圧曲げ**による擁壁天端部の損傷は**軽微**であることより，**照査の必要はない**；
2) **押抜きせん断破壊に関する照査**は，**根入れ深さの1/2における載荷側フランジ端部からのかぶり厚を考慮**して行う



境界条件

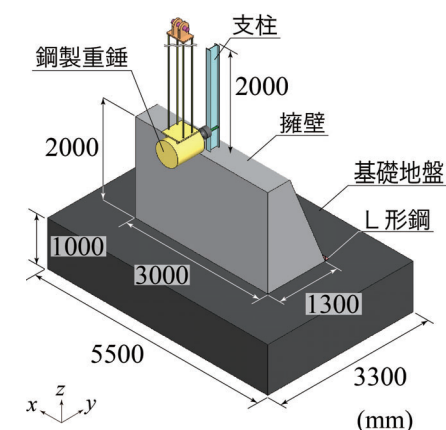
- 基盤コンクリート底面，側面
完全固定
- 重錘吊り下げ治具上部
ピン支持

接触条件

- H形鋼支柱－擁壁間，擁壁底部－基盤コンクリート上面間：剥離・すべりを伴う面-面の接触を定義（摩擦係数：**0.3**）

※衝撃荷重は重錘全節点に実験で得られた衝突速度を付加

有限要素モデル

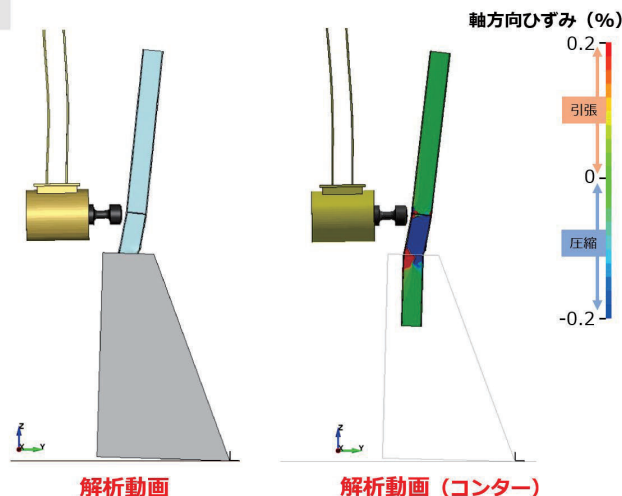


実験・解析動画比較

根入れ深さ：**700 mm (PS7-H2)**
落下高さ：**2 m**



実験動画



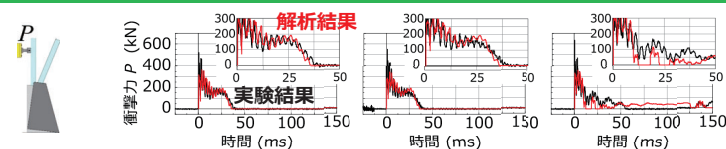
解析動画

解析動画（コンター）

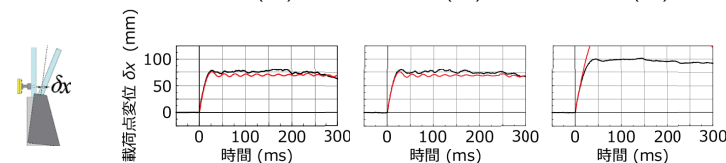
各種時刻歴応答波形

$H = 2\text{ m}$

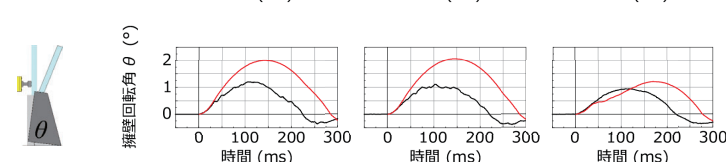
重錘衝撃力



载荷点変位



擁壁回転角

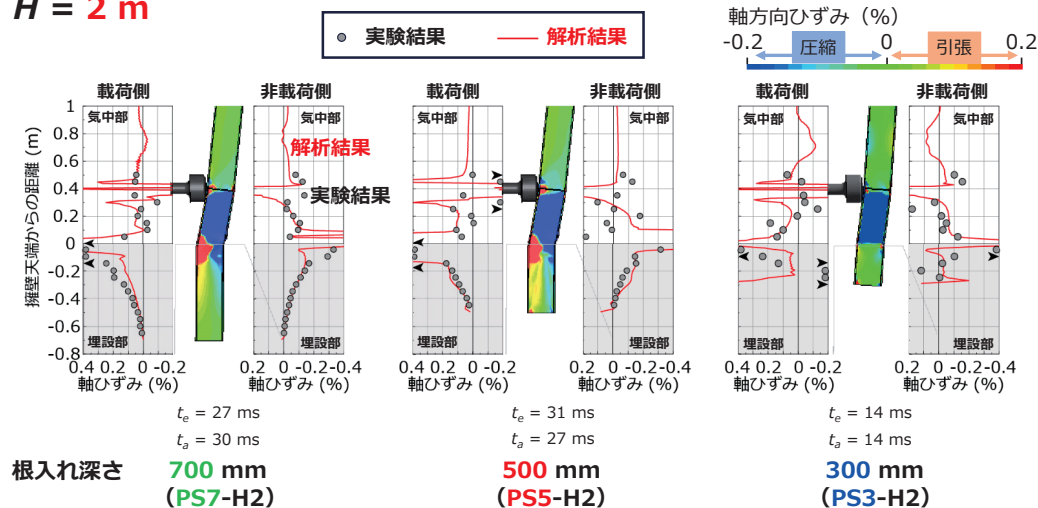


根入れ深さ **700 mm (PS7-H2)** **500 mm (PS5-H2)** **300 mm (PS3-H2)**

最大変位時軸方向縁ひずみ分布

57

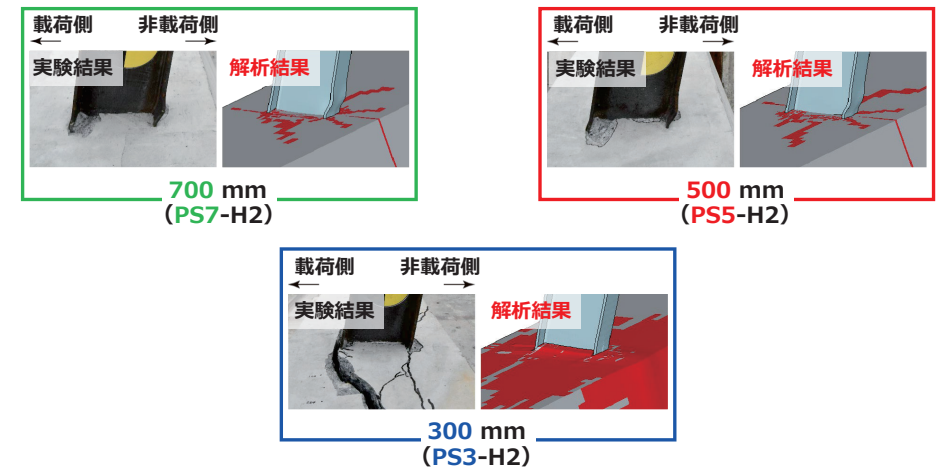
$H = 2 \text{ m}$



支柱基部近傍および擁壁天端の損傷状況

58

$H = 2 \text{ m}$



まとめ 第6章 数値解析

59

- 提案の数値解析手法は、支柱の根入れ深さを満たしていないPS3試験体を除き、衝撃力波形及び載荷点における相対変位波形を概ね適切に評価可能である。擁壁回転角波形に関しては、実験結果よりも過大な評価を与える；
- PS3試験体の場合における解析結果は、衝撃力波形に関しては、1波目の波形は実験結果と対応するが、その後の波形は再現できない。載荷点相対変位波形に関しても、数値解析結果は経過時間が $t = 75 \sim 100 \text{ ms}$ 程度まで単調増加の傾向を示すことにより、実験結果を再現するには至らない；
- 支柱の軸方向ひずみ分布に関する数値解析結果は、擁壁内も含めて実験結果と大略一致する；
- 数値解析結果から得られる支柱基部の変形性状は、実験結果と大略一致する。また、擁壁の損傷状況に関しては、PS3試験体を除き概ね再現可能である；
- 提案の数値解析手法を用いることによって、落石による衝撃荷重載荷時におけるH形鋼支柱の動的挙動性状や、必要根入れ深さを適切に評価可能である。

総括

60

実規模衝撃荷重載荷実験に基づいた落石防護柵支柱の根入れ深さ決定法に関する研究

支柱の合理的な根入れ深さ決定法について

柵高が2 m の場合を対象とした実験結果を基に、落石防護柵支柱の根入れ深さに関する照査式を提案した。

- 1) 支圧曲げによる擁壁天端部の損傷は軽微であることより、照査の必要はない。
- 2) 押抜きせん断破壊に関する照査は、根入れ深さの1/2における載荷側フランジ端部からのかぶり方を考慮して行うこと。

数値解析手法の妥当性検討について

提案の数値解析手法を用いることによって、衝撃荷重載荷時におけるH形鋼支柱の動的挙動性状や、必要根入れ深さを適切に評価可能である。