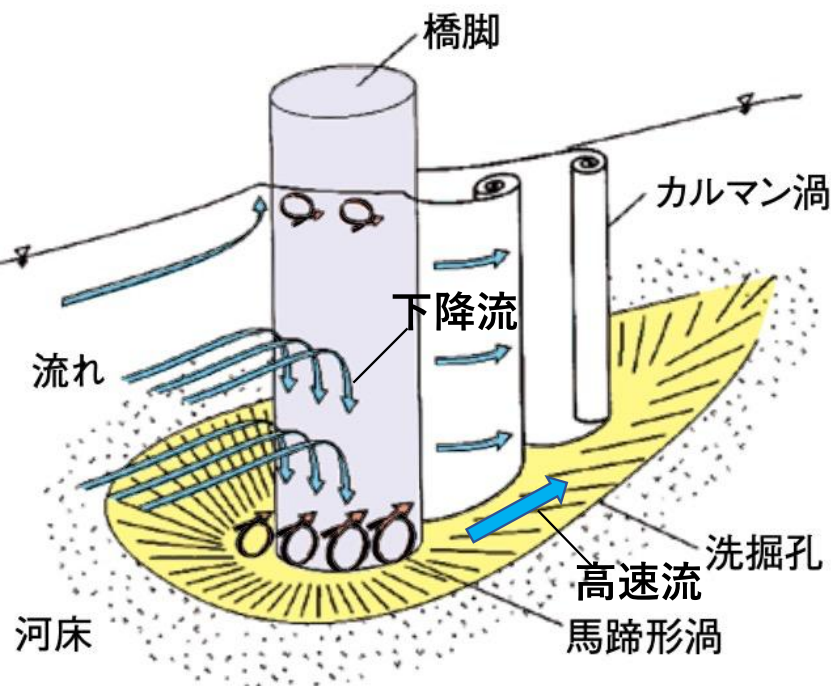


小規模河床波が橋脚基礎周りの 洗掘に与える影響

INFLUENCE OF DUNE MIGRATION ON SCOUR AROUND
VERTICALLY NON-UNIFORM PIER



(国研) 土木研究所

○正会員
正会員
正会員
正会員
正会員
正会員

河道保全研究グループ
橋梁構造研究グループ
橋梁構造研究グループ
橋梁構造研究グループ
橋梁構造研究グループ
河道保全研究グループ

竹崎 奏詠
梶野優介
岡本宗一郎
飯島翔一
西田秀明
猪股広典

国土交通省 国土技術政策総合研究所
正会員 河川研究部 河川研究室

小関博司

研究背景① ○2021年～2025年に洗掘で被災したと推定される河川橋梁

傾斜・沈下を伴う河川橋梁
の洗掘被災が**毎年**発生

直接基礎に加え**ケーソン基礎**
の被災も見られる

被災橋梁名	管理者	被災年	架設年	基礎形式
A橋りょう	鉄道	2021	1920	不明
B橋りょう	鉄道	2021	1909	不明
C橋	県	2021	不明	不明
D橋	県	2021	1953	ケーソン基礎
E橋	県	2021	1962	ケーソン基礎
F橋りょう	鉄道	2022	1931	直接基礎
G橋	県	2022	1957	ケーソン基礎
H橋りょう	鉄道	2023	不明	不明
I橋	県	2023	1933	直接基礎
J橋	県	2023	1962	直接基礎
K橋	県	2024	1966	直接基礎（推定）
L橋	県	2025	1932	直接基礎

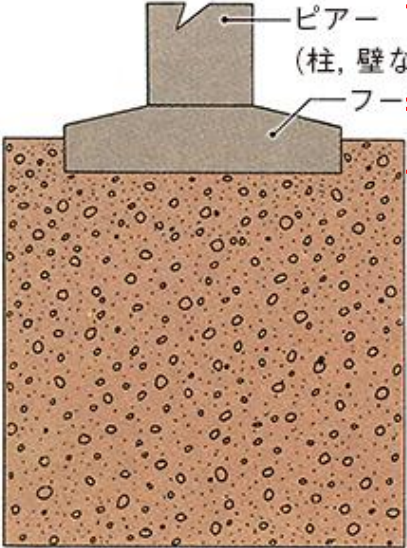
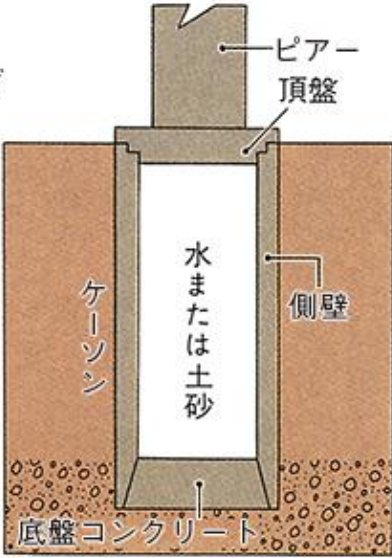
J橋（2024年被災）



D橋（2021年被災）



研究背景② ◎一般的に、道路橋の橋脚は躯体部に比べ幅の広い基礎部を有している

基礎形式	直接基礎	ケーソン基礎
被災橋脚		
イメージ図		

既往文献¹⁾では幅の広い基礎部の洗掘の進行特性は円柱とは異なる場合があることを指摘

1) 竹崎奏詠, 田中一徳, 小関博司: 橋脚基礎の土被り厚が洪水水中の洗掘深に与える影響, 土木学会論文集特集号 (水工学), 82巻, 16号, 2026. 3

研究目的

◎躯体部に比べ幅の広い基礎部を有する橋脚を対象とした既往研究

共通点①：静的洗掘条件下（洗掘孔以外では土砂移動が無い）

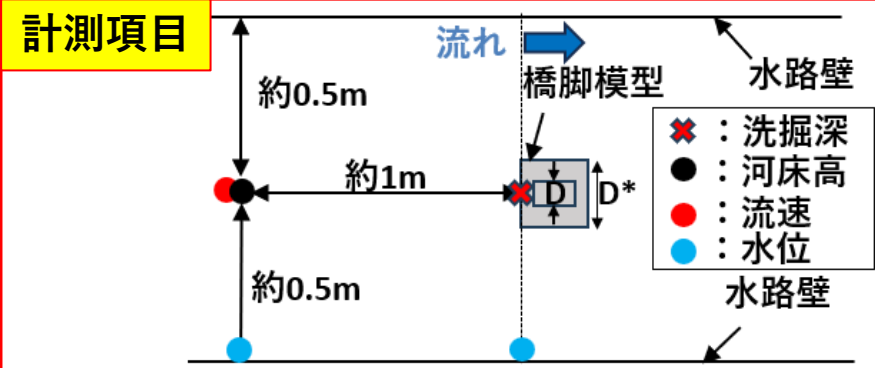
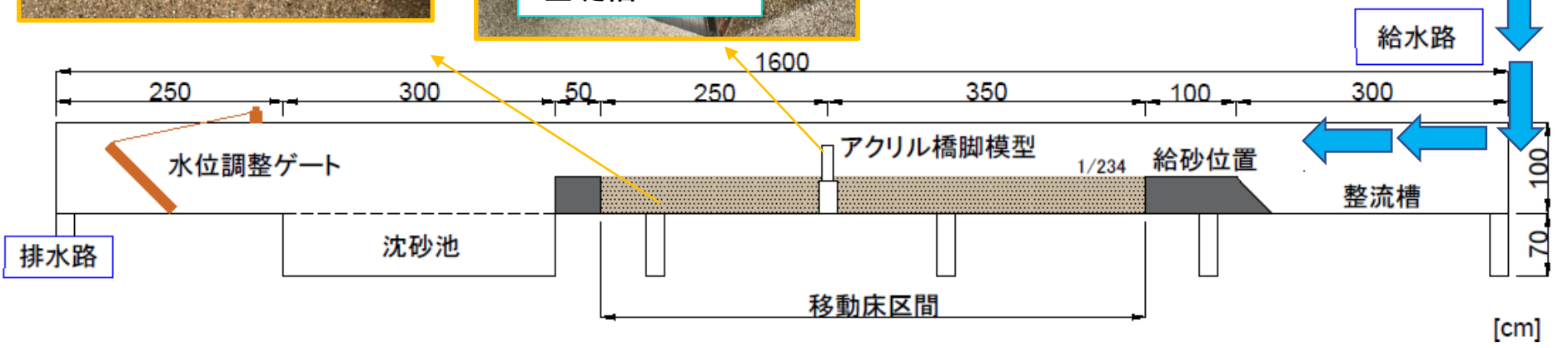
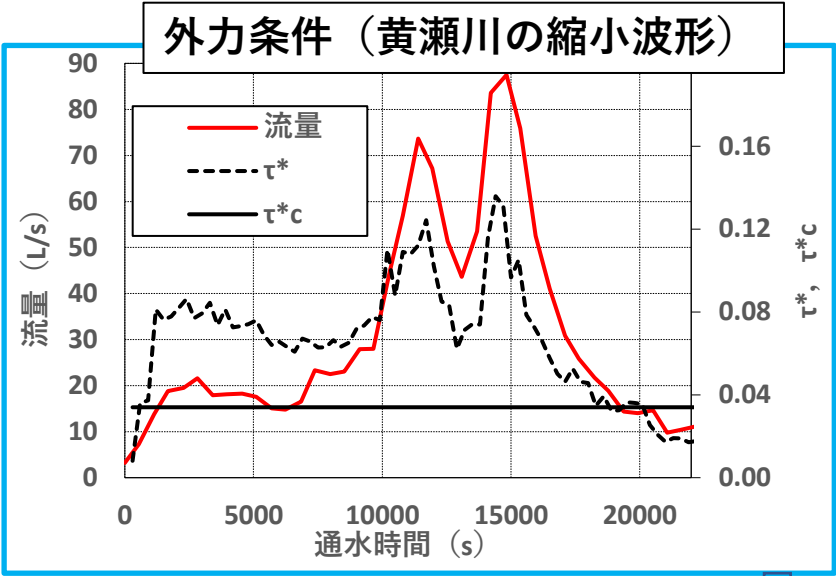
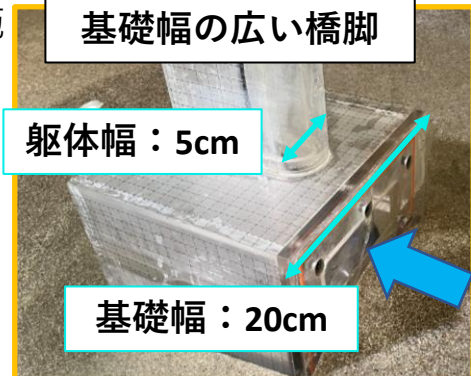
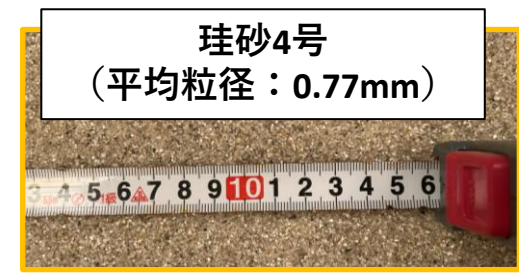
共通点②：フルード数が低い

文献名	静的洗掘 or 動的洗掘	定常流 or 非定常流	一様粒径 or 混合粒径	躯体幅 D (m)	基礎幅 D^* (m)	断面平均流速 U (m/s)	水深 h (m)	フルード数 Fr	通水時間 T (h)
今本ら (1985)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.022~0.06	0.076	0.181~0.36	0.0533~0.1178	0.20~0.40	-
Jones et al (1992)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.097	0.197	0.283~0.365	0.124~0.292	0.167~0.33	4
Fotherby et al. (1993)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.152	0.305, 0.457, 0.610	0.30	-	-	3.5
Parola et al. (1996)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.01875, 0.0375, 0.05625	0.075	0.30	0.15	0.247	8
Melville et al. (1996)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.045	0.063	0.32	0.2	0.230	>24
Melville et al. (1996)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.01~0.045	0.055~0.081	0.38	0.2	0.271	>24
楳田ら (2010)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.03	0.05	0.17	0.147	0.142	96~120
Lu et al. (2011)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.02~0.05	0.05, 0.07	0.33	0.179	0.248	46.8~93.9
Lu et al. (2011)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.02~0.05	0.05, 0.07	0.33	0.186	0.245	46.8~93.9
Lu et al. (2011)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.02~0.05	0.05, 0.07	0.33	0.197	0.240	46.8~93.9
Lu et al. (2011)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.02~0.05	0.05, 0.07	0.33	0.204	0.237	46.8~93.9
Lu et al. (2011)	静的洗掘	非定常流	一様粒径	0.05	0.07	0.329~0.335	0.179~0.204	0.24~0.25	7
Kothyari et al. (2012)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.048~0.114	0.114~0.32	0.28	0.16	0.224	7
Kothyari et al. (2012)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.048~0.114	0.114~0.32	0.43	0.165	0.338	7
Kumar et al. (2012)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.114	0.21	0.28	0.16	0.223	7
Nimbalkar et al. (2022)	静的洗掘	定常流	一様粒径 混合粒径	0.032	0.047~0.107	0.35~0.47	0.11~0.138	0.30~0.452	8.3
Dakheel et al. (2024)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.04	0.06	0.223~0.34	0.035~0.042	0.386~0.49	2?
Krishna et al. (2025)	静的洗掘	定常流	一様粒径	0.05	0.1	0.26	0.12	0.240	414~20

既往研究は総じて外力規模が小さい。橋脚が被災する規模の洪水中の土砂動態はどうなっている？

実験条件・計測項目

- ◎近年被災の多い**セグメント1**の洗掘被災事例に着目
I. 今回は**黄瀬川大橋**（R3.8被災）に着目
II. 黄瀬川（セグメント1）の河道特性および黄瀬川大橋被災時の洪水波形をフルード相似に沿って**1/40**換算した実験を実施



- 水位：サーボ式水位計を使い0.1s間隔で計測
- 河床高：ポイントゲージを使い5分間隔で計測
- 局所洗掘深：橋脚内カメラより30s間隔で計測
- 流速：プロペラ式流速計により1s間隔で計測

実験ケース

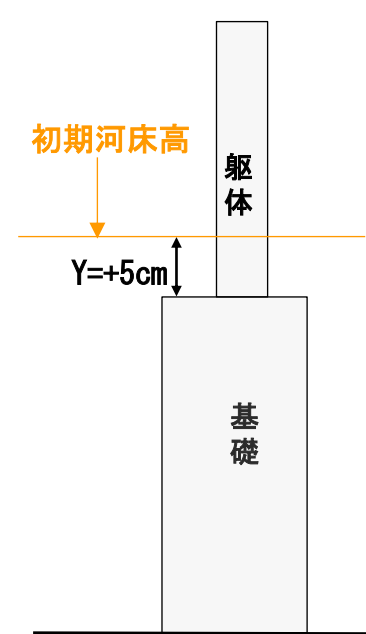
◎経年的な河床低下を想定し、初期の土被り厚のみを+5→ -5に系統的に変化させた5ケースを実施

本日発表
する実験
ケース

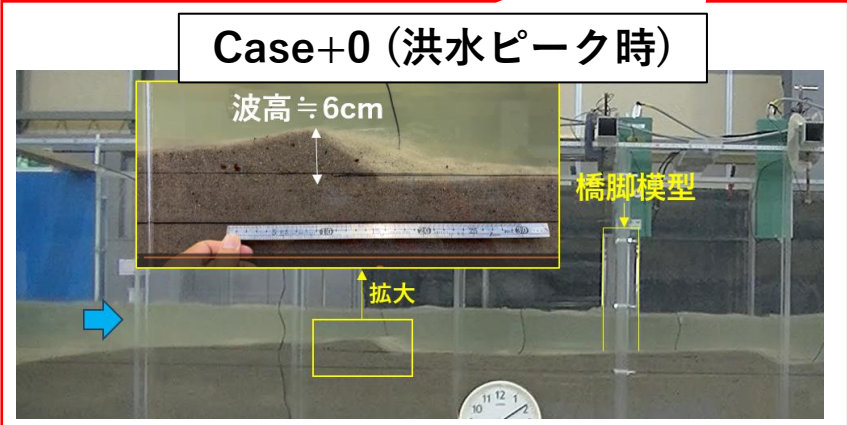
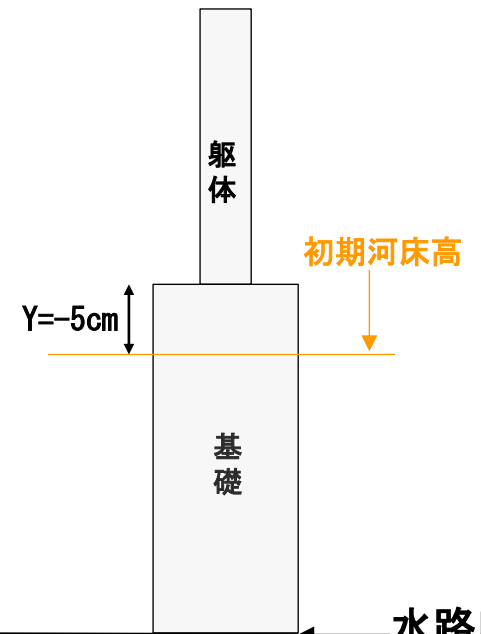
ケース名	土被り厚 Y(cm)	無次元掃流力 の最大値 (5ケース平均値)	フルード数 の最大値 (5ケース平均値)	給砂量	河床形態
Case+5	5	0.14	0.78	芦田・道上式より求まる 流砂量の半分の流砂量と なるように給砂	砂堆発生 領域
Case+2	2				
Case+0	0				
Case-2	-2				
Case-5	-5				

土被り厚（例：+5cm、-5cmの場合）
（初期河床高を変化させ土被りを変化）

Y=+5cm



Y= -5cm

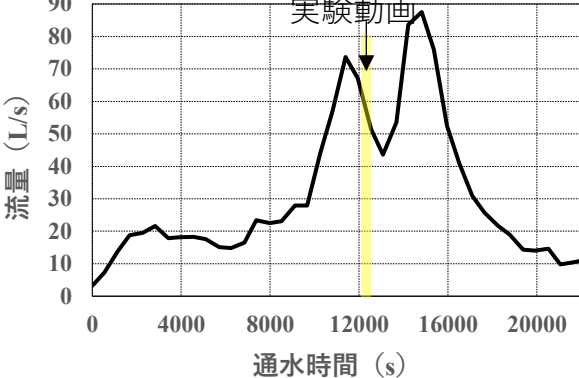


実験中の着眼点

着眼点①. 洗掘深の時間変化
砂堆の移動に伴う橋脚周りの洗掘深の時間変化は？

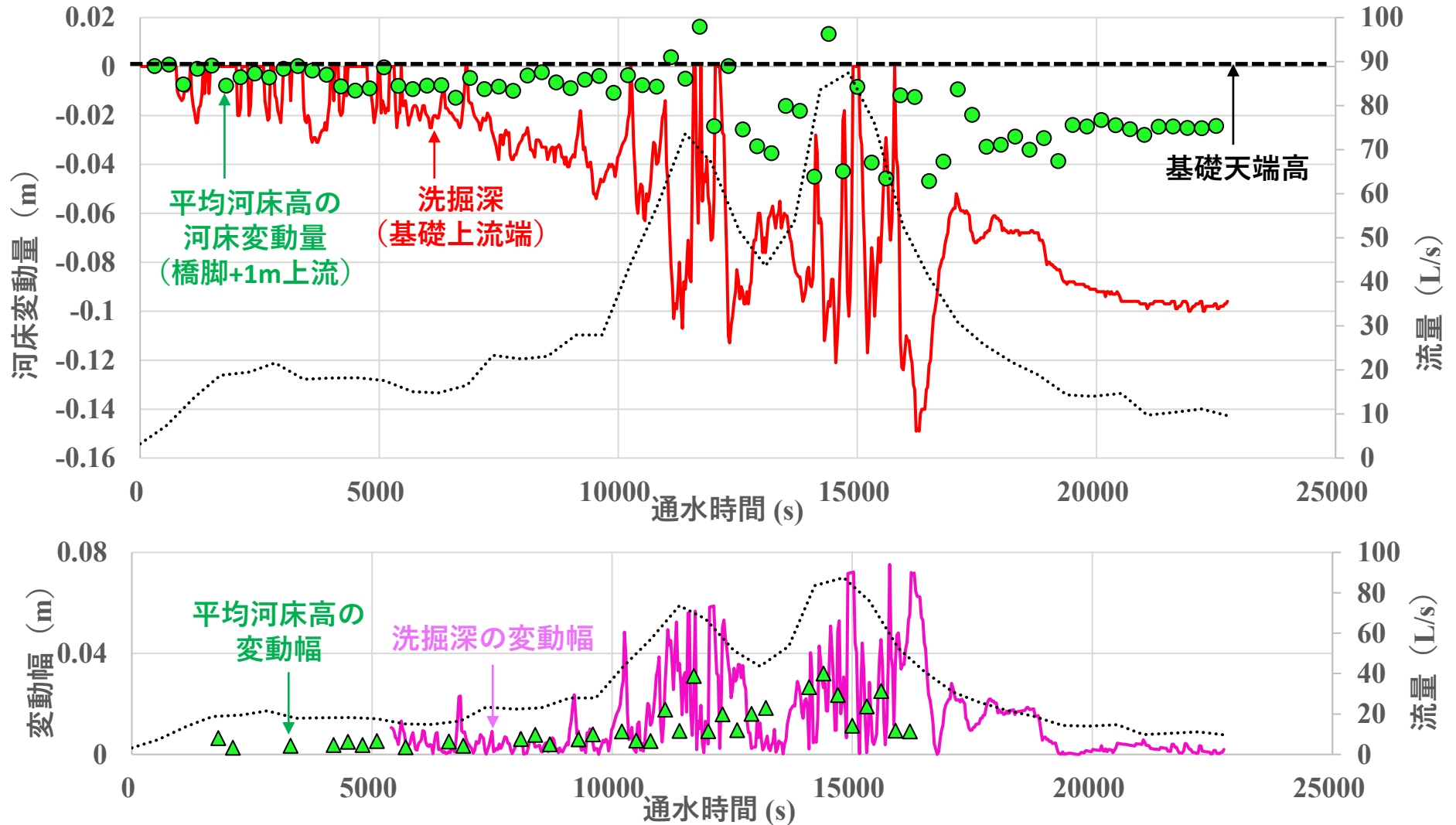
着眼点②. 最大洗掘深
土被り厚と最大洗掘深の関係は？ 既存の推定式の適用性は？

実験動画 4倍速 (Case+0を例示)

通水時間	実験動画
橋脚上流側	躯体部 基礎部 僅か90 s (実スケールで10 min) 程度の中に基礎前面が河床から露出し洗掘深が大幅増大 実験動画  The graph plots flow rate (流量) in L/s on the y-axis (0 to 90) against time (通水時間) in seconds on the x-axis (0 to 20,000). A black line shows the flow rate fluctuating between 10 and 30 L/s until approximately 11,000 seconds, then rising sharply to a peak of about 85 L/s at 12,000 seconds, before dropping and fluctuating again. A vertical yellow line marks the 12,000-second point, with an arrow pointing to the peak. The title '実験動画' is at the top right. 
橋脚内カメラ (上流側を望む)	 The image shows a dark, narrow view from inside a bridge pier looking upstream. The concrete walls of the pier are visible on both sides, and the water surface is dark and turbulent in the distance.

実験結果一着眼点①：洗掘深の時間変化－（Case+0を例示）

- **砂堆**の移動に伴い洗掘深が時間とともにほぼ**周期変動**していることを確認
 - 基本的には、流量が大きい時間帯で洗掘深の変動が大きくなる傾向
 - 平均河床高の変動幅に対し**洗掘深の変動幅が大きい**
- ⇒**円柱**を対象に実施された既往の研究結果¹⁾とは**真逆の傾向**

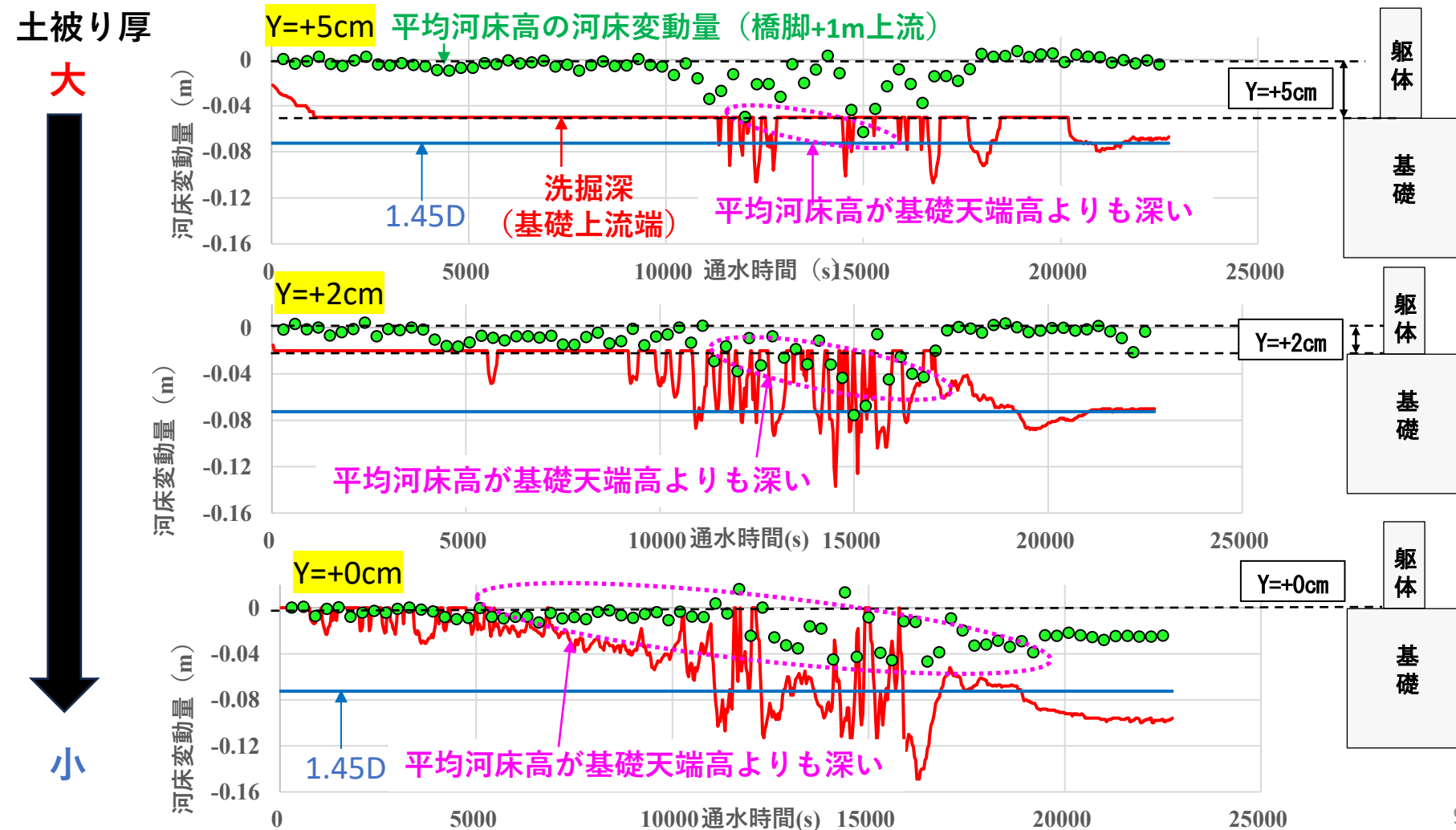


1) 道上正規，鈴木幸一，片岡幸三：橋脚周辺の動的洗掘について，鳥取大学工学部研究報告第13巻，1982.

実験結果一着眼点①、②（洗掘深の時間変化、最大洗掘深）

- 平均河床高が基礎天端高よりも深い場合に洗掘が**一時的に増幅**され、既存の最大洗掘深推定式（1.45D式）による推定値以上に洗掘が進行する時間帯が度々見られる
- ➔ 洗掘の一時的な増幅は基礎前面が露出することにより生じるものと推定

河床低下等により基礎が**恒常的に**露出している場合に従来から知られている洗掘増加メカニズム（基礎前面の露出による洗掘の増大）が**砂堆による一時的な基礎の露出**によっても生じ得る



洗掘に対する橋の維持管理に関する方向性

本検討から得られた知見：

一時的にでも基礎前面を露出させないことが、経年の影響を考慮したうえで基礎が安定した状態を確保する観点からは重要

↓
この観点に立てば

維持管理フロー（案）：

洪水前の時点で基礎前面が露出している場合には措置を検討する必要がある。一方、洪水前の時点で土被りがある橋脚に対しては、小規模河床波の影響含め一時的にでも**基礎前面が洪水中に露出しないかどうかを見極める必要があり**、基礎前面が露出すると判断された場合には措置を検討するといった維持管理フローが考えられる。

↓
そのためには

今後の検討：

土被りが減少するプロセスに加え、基礎天端上に洗掘が留まり続けるプロセスから洗掘が再増加を始めるまでの**幅広い洗掘進行プロセス**を網羅的に表現できる推定手法を構築することが必要

結論

● **躯体に比べ幅の広い基礎**を有する橋脚を対象に、**橋脚が被災する規模の洪水中**における橋脚周りの土砂動態を明らかにすることを目的に、基礎の土被り厚 Y のみを系統的に変化させた外力規模の大きな模型実験を実施

1. 洪水中には**砂堆**が発生・発達していることを確認したうえで、その移動に伴い洗掘深が時間とともにほぼ**周期変動**していることを確認
2. 平均河床高の変動幅に対し洗掘深の周期的な変動幅は大きく、円柱を対象に実施された**既往研究結果とは真逆の傾向**が得られた
3. 砂堆による河床変動によって基礎が**一時的に露出**した場合において洗掘が**増幅**することを示した上で、洗掘に対する橋の維持管理に関する方向性を示した