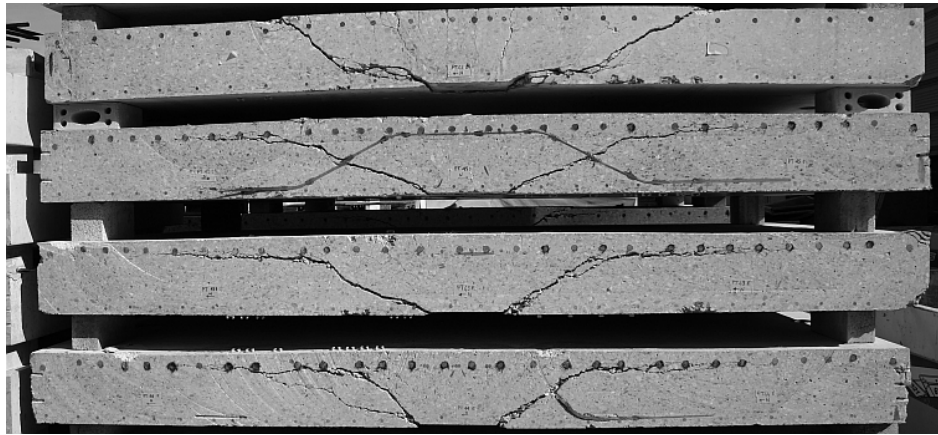


Essais de poinçonnement de dalles en béton armé avec barres relevées



**Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
Institut de structures
Laboratoire de construction en béton (IBETON)**

**Prof. Dr Aurelio Muttoni
Dr Miguel Fernández Ruiz
Ing. Luca Tassinari**

3 novembre 2009

Rapport d'essai IBETON

Lausanne le 3 novembre 2009

Institut	EPFL-ENAC-IIC
Laboratoire	IBETON
Essais effectués	Essais de poinçonnement symétrique de dalles en béton armé avec barre relevées
Date des essais	du 10 décembre 2008 au 6 juillet 2009
Directeur	Prof. Dr Aurelio Muttoni
Collaborateurs	L. Tassinari, G. Guignet, M. Fernández Ruiz
Auteurs du rapport	L. Tassinari, A. Muttoni, M. Fernández Ruiz

Ce rapport contient 84 pages et 3 annexes

Ce rapport ne peut être reproduit totalement ou partiellement, ni utilisé ou mentionné dans le but de réclame, quel qu'il soit sans l'accord écrit du laboratoire. Les résultats figurant dans ce rapport ne concerne que les objets soumis aux essais.

1^{ère} édition : 3 novembre 2009

Avant–propos

Ce rapport présente la description et les résultats d'une campagne d'essai de poinçonnement symétrique conduite dans le LABORATOIRE DE CONSTRUCTION EN BETON de l'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FEDERAL DE LAUSANNE. Les essais ont été effectués sur des dalles carrées en béton armé avec armature d'effort tranchant composée de barres relevées. Les variables principales de la campagne d'essais sont le taux d'armature de l'armature de flexion des dalles, la quantité de barres relevées ainsi que leur inclinaison.

Le premier but de la campagne expérimentale est de mieux comprendre le comportement des barres relevées dans les dalles en béton armée. Le second but est d'étudier l'influence des barres relevées sur le comportement des dalles et sur la résistance au poinçonnement.

Table des matières

Table des figures	9
Liste des tableaux	11
Notation	13
1 Introduction	15
1.1 Motivation des essais	15
1.2 Programme d'essai	15
2 Dalles d'essai	17
2.1 Géométrie	17
2.2 Armatures	17
2.3 Matériaux	19
2.3.1 Béton	19
2.3.2 Acier	21
3 Gestion des essais	23
3.1 Bâti de charge	23
3.2 Mesures	25
3.3 Caractéristiques principales des capteurs	31
4 Résultats	33
4.1 PT41	35
4.2 PT42	41
4.3 PT43	47
4.4 PT44	53
4.5 PT45	59
A Relevé des fissures en surface	65
B Relevé des fissures sur la section des dalles coupées	69
C Plans d'armature, de coffrage et listes de fer	73

Table des figures

2.1	Géométrie des dalles et hauteurs nominales et effectives.	17
2.2	Schéma de la disposition de l'armature de flexion. Coupe le long de l'axe N-S.	18
2.3	Caractéristique des barres relevées disposées dans les dalles d'essai. Coupe le long de l'axe N-S.	19
3.1	Bâti de charge, dimensions en [mm]	24
3.2	Vue en plan du bâti, système d'appui et d'introduction de la charge. Dimensions en [mm]	24
3.3	Disposition des inclinomètres	25
3.4	Disposition des capteurs de déplacement et leur distance (r) au centre de la dalle.	26
3.5	Emplacement des dispositifs de mesure de déformations, distances du centre de la dalle (r) et bases de mesure (ℓ_0).	27
3.6	Capteurs de changement d'épaisseur.	28
3.7	Dénomination des barres relevées avec jauges de déformation.	29
3.8	Numérotation générale des positions de mesure de déformation sur les barres relevées.	29
3.9	Disposition de jauges de déformation sur les barres relevées.	30

Liste des tableaux

1.1	Résumé des résultats.	15
2.1	Paramètres des armatures supérieures	18
2.2	Paramètres des armatures inférieures	18
2.3	Composition du béton de dalles PT41 et PT42.	20
2.4	Composition du béton de dalles PT43 à PT44.	20
2.5	Essais sur le béton frais et durci.	20
2.6	Caractéristiques de l'acier d'armature (valeurs entre parenthèses : écart-type).	21
3.1	Données techniques des instruments de mesure	31
4.1	Résumé des résultats.	33

Notation

Majuscules latines

L	longueur du côté de la dalle
V	charge appliquée sur la colonne (poids propre inclus)
V_R	charge de rupture (poids propre inclus)

Minuscules latines

a	dimension de la plaque d'appui
d_m	hauteur statique moyenne effective de l'armature supérieure
$d_{m,nom}$	hauteur statique moyenne nominale de l'armature supérieure
d'_m	hauteur statique moyenne effective de l'armature inférieure
$d'_{m,nom}$	hauteur statique moyenne nominale de l'armature inférieure
$f_{cm,28}$	résistance moyenne à la compression du béton sur cylindre à 28 jours
$f_{cm,essai}$	résistance moyenne à la compression du béton sur cylindre lors de l'essai
$f_{ctm,28}$	résistance moyenne à la traction directe du béton à 28 jours
f_s	limite d'écoulement de l'acier d'armature passive
f_{sw}	limite d'écoulement de l'acier des barres relevées
f_t	résistance à la traction de l'acier de l'armature supérieure
h	épaisseur effective de la dalle
h_{nom}	épaisseur nominale de la dalle
ℓ_0	base de mesure des jauges oméga
r	distance au centre de la dalle
s_{sup}, s_{inf}	écartement des barres d'armature supérieures, resp. inférieures
w	déformée de la dalle le long de l'axe nord-sud
x, y	axe de référence selon la direction est-ouest (fort), resp. nord-sud (faible)

Lettres grecques

$\Delta l_i, \Delta l_{it}, \Delta l_s$	déformations à la surface du béton : inférieure radiale, resp. inférieure tangentielle, resp. supérieure radiale
Δh	changement d'épaisseur
β	inclinaison des barres relevées par rapport au plan moyen de la dalle
ε_{su}	allongement spécifique de rupture de l'acier de l'armature supérieure
ε_{sw}	déformation des barres relevées
ρ_{nom}, ρ'_{nom}	taux d'armature nominal de l'armature supérieure, resp. inférieure
ρ, ρ'	taux d'armature de l'armature supérieure, resp. inférieure
ψ	rotation moyenne de la dalle mesurée à 1380 mm du centre
ψ_R	rotation moyenne maximale (selon l'axe nord-sud), de la dalle à la rupture mesurée à 1380 mm du centre

Notations particulières

\emptyset	diamètre
$\emptyset_{sup}, \emptyset_{inf}$	diamètre des barres de l'armature supérieure, resp. inférieure

1 Introduction

1.1 Motivation des essais

Les barres relevées sont un système d'armature d'effort tranchant et de poinçonnement qui a été beaucoup utilisé dans le passé dans les poutres et dans les dalles en béton armé. Ce système consiste à plier les armatures de traction sur appuis pour développer l'ancrage dans la zone comprimée. De cette façon, les barres d'armature peuvent être également utilisées comme armature de poinçonnement. Avec l'utilisation des barres à haute adhérence, ce système a été pratiquement abandonné en faveur de systèmes avec étriers et goujons, qui sont généralement plus simples à mettre en place. Cependant, grâce à ses avantages, le système avec barres relevées est encore utilisé dans certains cas particuliers. La résistance au poinçonnement des dalles munies de barres relevées est donnée par la somme de deux composantes : la composante du béton et la composante des barres relevées. Cette dernière dépend de la contrainte atteinte dans les barres relevées lors de la rupture de la dalle. Cette série d'essai a pour but d'étudier le comportement des barres relevées et la contribution de ce système à la résistance au poinçonnement.

1.2 Programme d'essai

La campagne d'essais se compose de cinq dalles carrées en béton armé de 3000 mm de côté et de 250 mm d'épaisseur. Les variables principales de la série d'essais sont le taux d'armature de flexion, la quantité de barres relevées ainsi que leur inclinaison. Les caractéristiques nominales principales des dalles d'essai sont données au tableau 1.1.

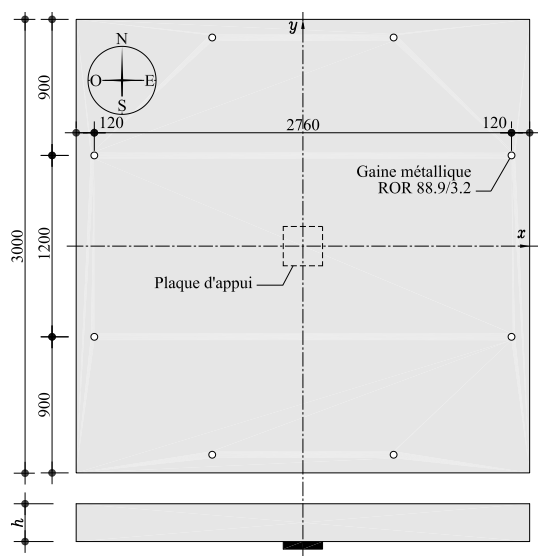
TABLE 1.1 – Résumé des résultats.

Dalle	Dimensions [mm]	ρ_{nom} [%]	Barres relevées	β [°]
PT41	3000 × 3000 × 250	0.77	6Ø14	45°
PT42	3000 × 3000 × 250	1.50	6Ø14	45°
PT43	3000 × 3000 × 250	1.50	6Ø10	45°
PT44	3000 × 3000 × 250	1.50	6+6Ø10	45°
PT45	3000 × 3000 × 250	1.50	6Ø10	30°

2 Dalles d'essai

2.1 Géométrie

La figure 2.1 montre la géométrie des dalles. Chaque dalle présente huit trous le long de ses bords qui servent à la mise en charge. Les trous ont été réalisés par des réservations au moyen de tubes fixés au coffrage de type ROR 88.9/3.2. Toutes les dalles ont une épaisseur nominale h_{nom} de 250 mm. Le tableau de la figure 2.1 donne les épaisseurs nominales et effectives mesurées au niveau de la plaque d'appui après le sciage.



Dalle	h_{nom} [mm]	h [mm]
PT41	250	250
PT42	250	251
PT43	250	251
PT44	250	252
PT45	250	250

FIGURE 2.1 – Géométrie des dalles et hauteurs nominales et effectives.

2.2 Armatures

Les barres d'armature de flexion sont disposées parallèlement aux bords de la dalle et en nappes orthogonales. La figure 2.2 montre un schéma de la disposition des armatures de flexion. L'orientation conventionnelle choisie pour l'axe nord-sud coïncide avec la direction des nappes internes 1 et 3 pour les dalles symétriques et des nappes externes 1 et 4 pour les dalles non symétriques. Les tableaux 2.1 et 2.2 contiennent les données nominales et mesurées des armatures supérieures et inférieures. Les plans d'armatures détaillés pour chaque dalle sont présentés dans l'annexe C. La hauteur statique effective d_m , soit la distance entre la fibre la plus comprimée du béton et l'interface des deux nappes d'armature supérieures (fig. 2.2), a été mesurée sur les dalles coupées.

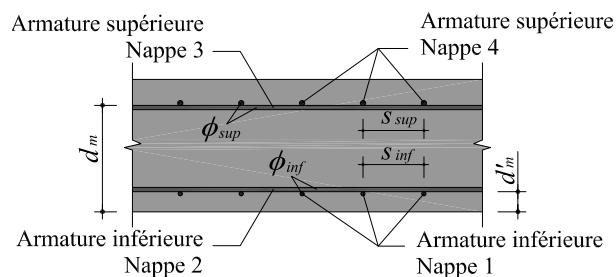


FIGURE 2.2 – Schéma de la disposition de l'armature de flexion. Coupe le long de l'axe N-S.

TABLE 2.1 – Paramètres des armatures supérieures

Dalle	ϕ_{sup} [mm]	s_{sup} [mm]	$d_{m,nom}$ [mm]	ρ_{nom} [%]	d_m [mm]	ρ [%]
PT41	16	125	210	0.77	200	0.80
PT42	20	100	210	1.50	200	1.57
PT43	20	100	210	1.50	195	1.61
PT44	20	100	210	1.50	195	1.61
PT45	20	100	210	1.50	195	1.61

TABLE 2.2 – Paramètres des armatures inférieures

Dalle	ϕ_{inf} [mm]	s_{inf} [mm]	$d'_{m,nom}$ [mm]	ρ'_{nom} [%]	d'_m [mm]	ρ' [%]
PT41	10	125	30	0.30	31	0.31
PT42	10	100	30	0.37	29	0.39
PT43	10	100	30	0.37	25	0.40
PT44	10	100	30	0.37	25	0.40
PT45	10	100	30	0.37	25	0.40

La disposition et la géométrie de barres relevées disposées dans le dalles d'essai sont montrées à la figure 2.3.

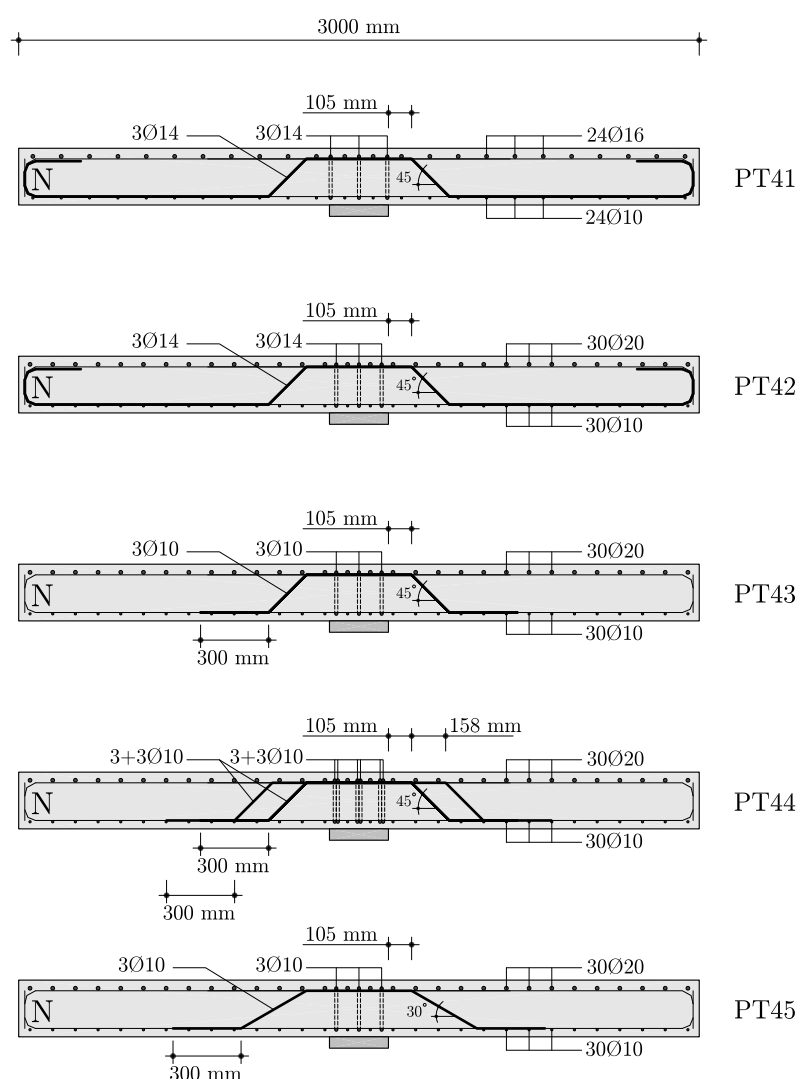


FIGURE 2.3 – Caractéristique des barres relevées disposées dans les dalles d'essai. Coupe le long de l'axe N-S.

2.3 Matériaux

2.3.1 Béton

Pour la fabrication des dalles, deux recettes de béton ont été utilisées : une recette pour les dalles PT41 et PT42 (tableau 2.3) et une recette pour les dalles PT43 à PT45 (tableau 2.4).

Les dalles ont été bétonnées en plusieurs séries à des dates différentes dans une usine de préfabrication. Lors des bétonnages, des tests d'étalement et d'affaissement ont été effectués afin de vérifier la consistance du béton. Des essais sur le béton durci ont aussi été effectués pour suivre l'évolution dans le temps de la résistance à la compression et pour avoir la résistance du béton lors des essais des dalles. Ces essais ont été réalisés en compression simple sur des éprouvettes cylindriques $\text{Ø}160$ mm et 320 mm de hauteur¹. Le tableau 2.5 résume les résultats significatifs des essais sur le béton frais et durci.

1. Les essais ont été conduits en partie par le laboratoire Holcim et en partie par le laboratoire de matériaux

TABLE 2.3 – Composition du béton de dalles PT41 et PT42.

	Quantités	Proportion
Sable 0–4	765 kg/m ³	31.5 %
Gravier 4–8	305 kg/m ³	12.6 %
Gravier 8–16	845 kg/m ³	34.8 %
Ciment*	350 kg/m ³	14.4%
Eau	205 kg/m ³	6.4%(E/C = 0.44)
Adjuvants**	5.7 kg/m ³	0.2%

*CEM II/A-LL 42,5 N (Holcim Fluvio 4)

**Superfluidifiant Sika® ViscoCrete®

TABLE 2.4 – Composition du béton de dalles PT43 à PT44.

	Quantités	Proportion
Sable 0–4	867 kg/m ³	36 %
Gravier 4–8	429 kg/m ³	18 %
Gravier 8–16	644 kg/m ³	27 %
Ciment*	322 kg/m ³	13 %
Eau	132 kg/m ³	6 %(E/C = 0.43)

*NORMO 4

TABLE 2.5 – Essais sur le béton frais et durci.

Date de bétonnage	Dalle	Etalement [mm]	Affaissement [mm]	$f_{cm,28}$ [N/mm ²]	$f_{ctm,28}$ [N/mm ²]	Date de l'essai	Age de l'essai [jours]	$f_{cm,essai}$ [N/mm ²]
14.11.2008	PT41	390–405	–	51.7	3.43	10.12.2008	26	51.8
	PT42					12.12.2008	28	51.7
24.04.2009	PT43	380–400	45	34.8	2.8	12.06.2009	49	38.2
	PT45					18.06.2009	55	38.3
29.04.2009	PT44	340-360	33	37.8	2.7	06.07.2009	68	43.0

2.3.2 Acier

L'acier d'armature utilisé pour la confection des spécimens a fait l'objet d'essais de traction avec mesure de l'allongement. Les essais ont été conduits dans la halle de laboratoire de l'institut de structure (IS) de l'EPFL. Les éprouvettes ont été prélevées dans l'usine de préfabrication au moment de la confection des cages d'armature. Deux séries d'essais ont été effectuées, une pour les dalles PT41 et PT42 et une pour les dalles PT43 à PT45. De plus, trois barres ont été testées pour chaque diamètre. Le tableau 2.6 résume les résultats significatifs de chaque diamètre.

TABLE 2.6 – Caractéristiques de l'acier d'armature (valeurs entre parenthèses : écart-type).

Série	\emptyset [mm]	f_s [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]	ε_{su} [%]
I	10	500 (7.00)	553 (2.00)	4.50 (0.40)
	14*	550 (3.08)	649 (1.62)	13.9 (4.06)
	16	510 (2.00)	607 (4.00)	12.9 (0.50)
	20	551 (3.00)	659 (1.00)	9.40 (1.00)
II	10*	526 (6.94)	592 (1.46)	10.0 (4.29)
	20	578 (0.47)	684 (2.05)	13.8 (4.18)

*barres relevées

3 Gestion des essais

3.1 Bâti de charge

Les figures 3.1 et 3.2 montrent les dimensions principales du bâti de charge. Le même bâti a été utilisé pour tous les essais de poinçonnement. Les dalles sont appuyées sur une plaque carrée 260×260 mm, comme le montre la figure 3.2. Une couche de plâtre d'environ 1 mm d'épaisseur a été coulée entre la dalle et la plaque afin de régulariser la surface d'appui. La colonne repose sur une grande poutre métallique s'appuyant sur un bloc en béton ($500 \times 500 \times 500$ mm) posé sur le sol de réaction. Entre la poutre et la plaque d'appui, des plaques de répartition et 3 capteurs de force ont été disposés pour mesurer la force dans la colonne (fig. 3.1).

La dalle est mise en charge au moyen de quatre vérins de type BIERI de 1000 kN de capacité chacun qui s'appuient sur la face inférieure du sol de réaction. La force de chaque vérin est transmise par une barre Dywidag à une poutre de répartition métallique qui l'introduit par deux barres Dywidag en deux points le long du bord de la dalle.

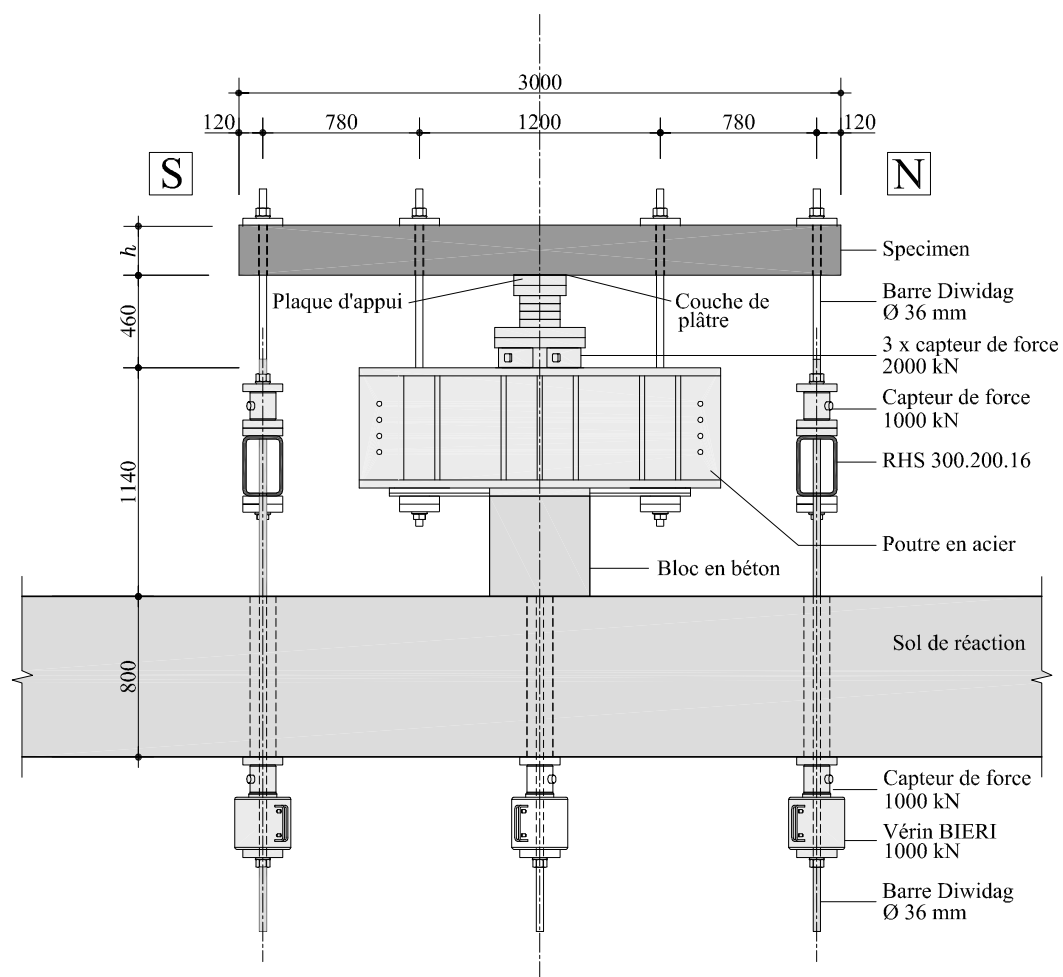


FIGURE 3.1 – Bâti de charge, dimensions en [mm]

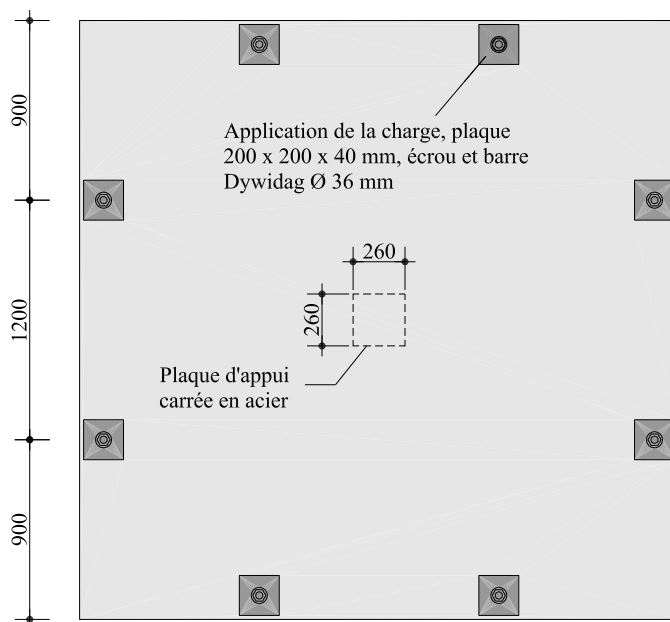


FIGURE 3.2 – Vue en plan du bâti, système d'appui et d'introduction de la charge. Dimensions en [mm]

3.2 Mesures

Diverses mesures ont été effectuées pendant les essais :

1. Mesure de la force introduite :

Huit capteurs de force de 1000 kN ont été utilisés pour le contrôle de la force appliquée au périmètre de la dalle; 4 placés entre les vérins et la surface inférieure du sol de réaction et 4 placés entre les profilés de répartition RHS et les écrous des tiges reliées aux vérins. De plus, 3 capteurs de 2000 kN placés au droit de la colonne ont permis de mesurer la réaction d'appui centrale (fig. 3.1). La différence observée pendant les essais entre les diverses séries de mesures est entre 0.5% et 1.5% au maximum. Dans les résultats du chapitre 4, seules les mesures de la réaction centrale sont présentées.

2. Mesure de la rotation :

La rotation ψ de la dalle a été mesurée au moyen de cinq inclinomètres posés sur à la face supérieure des dalles, à 1380 mm du centre. La figure 3.3 donne un schéma de leur emplacement.

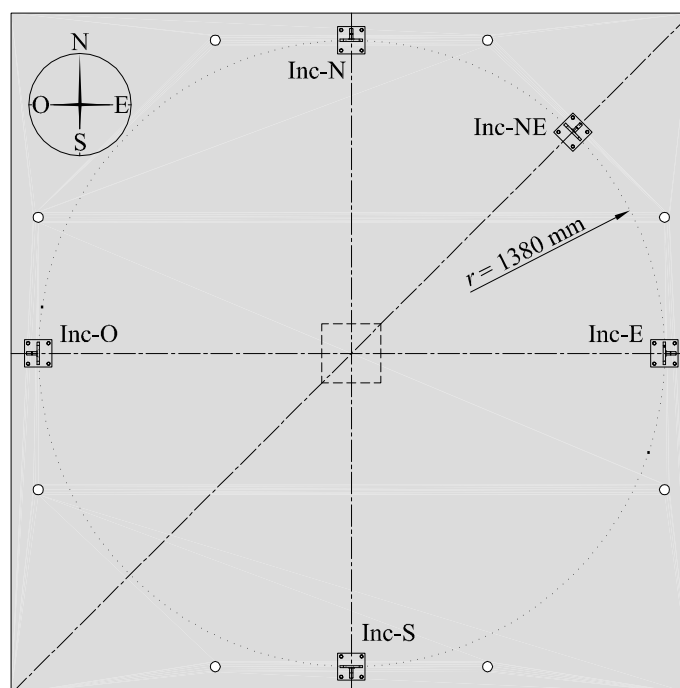


FIGURE 3.3 – Disposition des inclinomètres

3. Mesure des flèches :

Afin de mesurer la flèche des dalles en fonction de la charge appliquée, des mesures de déplacement aux faces inférieures et supérieures ont été effectuées à l'aide de capteurs inductifs. Pour cela, 13 capteurs inductifs ont été placés sur la face supérieure des dalles dans la direction nord - sud et 14 ont été disposés sur la face inférieure selon la même direction. De plus, deux capteurs ont suivi les déformations à l'est et à l'ouest des dalles (fig. 3.4).

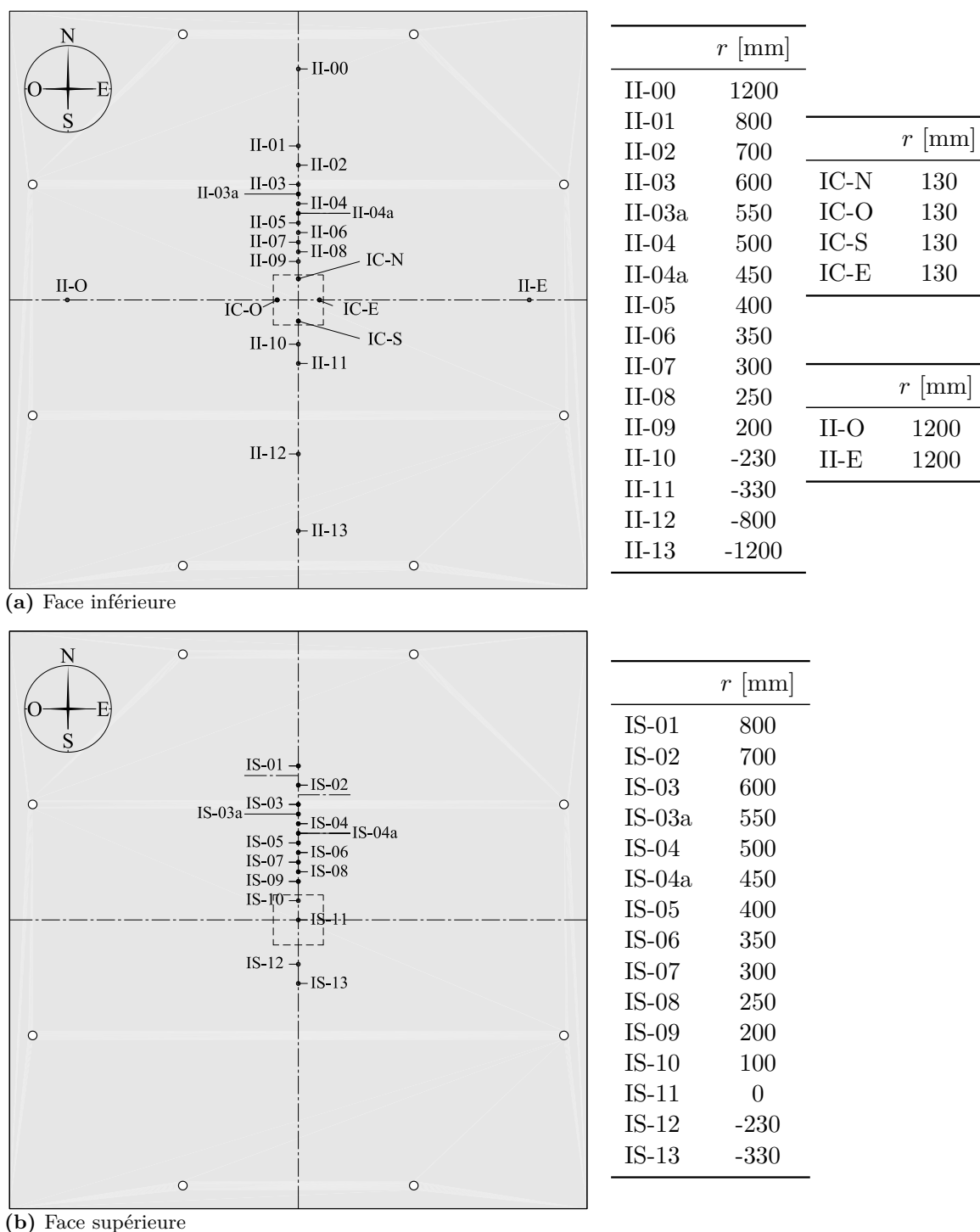


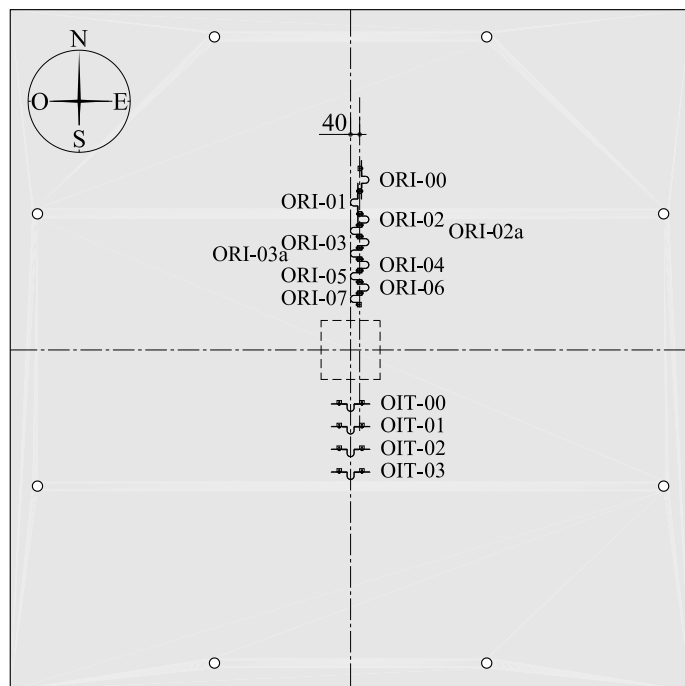
FIGURE 3.4 – Disposition des capteurs de déplacement et leur distance (r) au centre de la dalle.

4. Mesures sur la plaque d'appui :

Quatre capteurs inductifs étaient disposés pour suivre les mouvements de la plaque métallique d'appui dans les directions nord, sud, est et ouest (fig. 3.4). En outre, un capteur a été placé sur cette même plaque métallique afin de mesurer le déplacement horizontal relatif entre la dalle et la colonne.

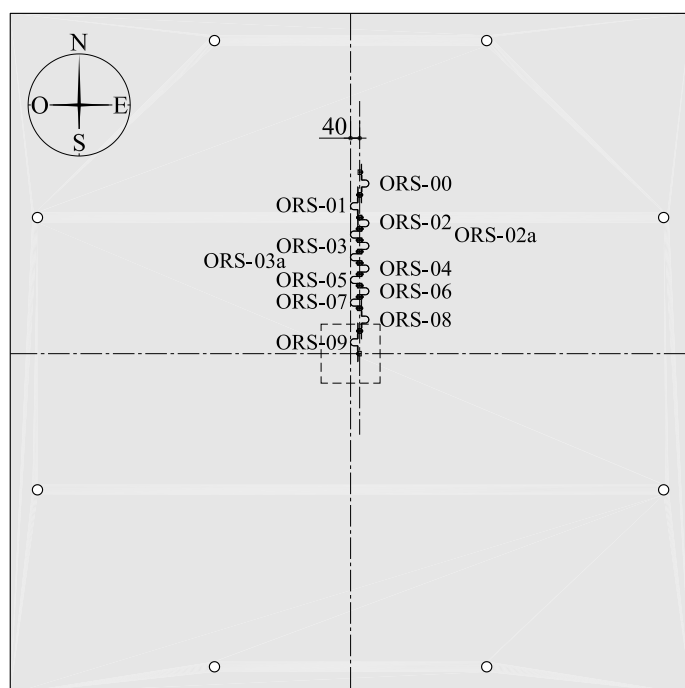
5. Mesures de déformations :

Des jauges oméga ont été placées sur les faces supérieures et inférieures des dalles. Ces mesures ont permis de connaître la déformation du béton en surface, sur une base ℓ_0 de 100 et 50 mm. L'emplacement des jauges oméga ainsi que leur distance du centre de la dalle et leur base de mesure sont donnés à la figure 3.5.



(a) Face inférieure

	r [mm]	ℓ_0 [mm]
ORI-00	750	100
ORI-01	650	100
ORI-02	575	50
ORI-02a	525	50
ORI-03	475	50
ORI-03a	425	50
ORI-04	375	50
ORI-05	325	50
ORI-06	275	50
ORI-07	225	50
OIT-00	230	100
OIT-01	330	100
OIT-02	430	100
OIT-03	530	100



(b) Face supérieure

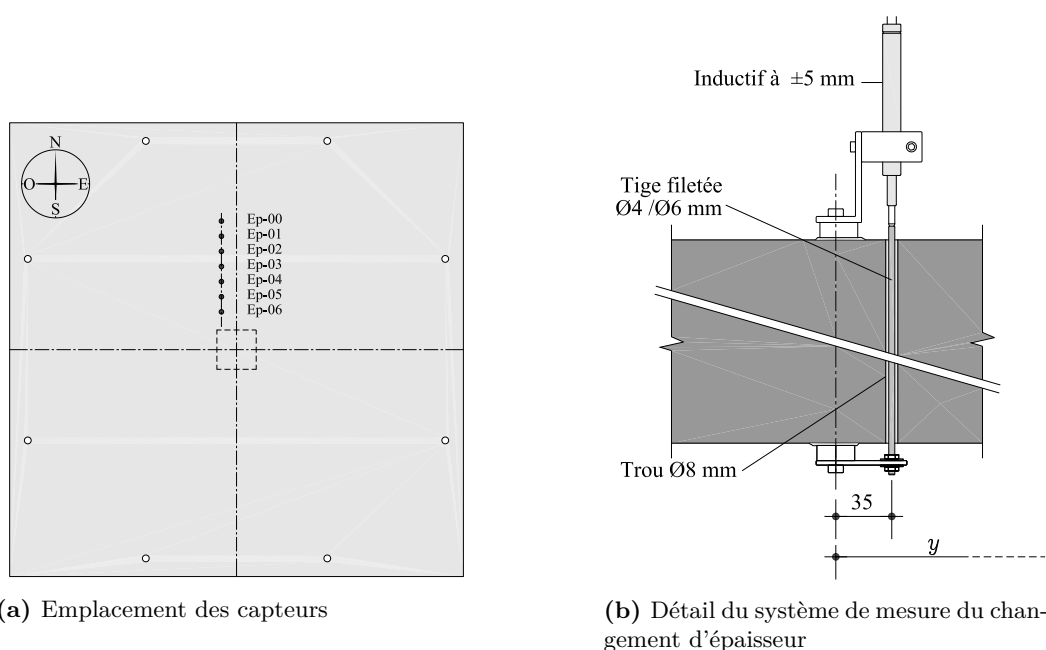
	r [mm]	ℓ_0 [mm]
ORS-00	750	100
ORS-01	650	100
ORS-02	575	50
ORS-02a	525	50
ORS-03	475	50
ORS-03a	425	50
ORS-04	375	50
ORS-05	325	50
ORS-06	275	50
ORS-07	225	50
ORS-08	150	100
ORS-09	50	100

FIGURE 3.5 – Emplacement des dispositifs de mesure de déformations, distances du centre de la dalle (r) et bases de mesure (ℓ_0).

6. Mesures de changement d'épaisseur.

Le changement d'épaisseur de la dalle a été mesuré à l'aide du système montré dans la figure 6. Le système est constitué d'une tige traversant la dalle dans un trou $\text{Ø}8$ mm. Cette tige est fixée à une extrémité à la surface inférieure et son mouvement est suivi à l'autre extrémité par un capteur inductif fixé sur la face supérieure de la dalle. Cette mesure permet de connaître l'ouverture de la fissure d'effort tranchant à l'intérieur de la dalle. Six mesures ont été effectuées pour chaque dalle avec ce système.

L'emplacement des systèmes de mesure de changement d'épaisseur est montré à la figure 3.5(a), avec les positions de chaque trou (figure 3.5(c)). Les trous ont été percés après durcissement du béton.



(a) Emplacement des capteurs

(b) Détail du système de mesure du changement d'épaisseur

	PT41	PT42	PT43	PT44	PT45
Ep-00	590	565	640	580	735
Ep-01	520	505	580	520	695
Ep-02	470	430	510	475	630
Ep-03	405	385	450	430	580
Ep-04	335	330	400	385	510
Ep-05	285	290	350	345	405
Ep-06	245	250	300	295	275

(c) Coordonnées y des capteurs d'épaisseur en [mm]. Coordonnée x : -100 pour les dalles PT41 et PT42, -80 pour la dalle PT43, -65 pour la dalle PT44, -85 pour la dalle PT45.

FIGURE 3.6 – Capteurs de changement d'épaisseur.

7. Mesures de déformation sur les barres relevées.

Des mesure de déformation sur les barre relevées on été effectues au moyen de jauges de déformation placées sur le barres. Dans chaque position, deux jauges ont été disposés : une sur la partie supérieure de la barre et une sur la partie inférieure. La déformation de la barre a été calculée comme la moyenne de déformations mesurées par le deux jauges. La figure 3.7 montre la dénomination des barres sur lesquelles de jauges de déformation ont été placées. Pour la présentation des résultats des mesures de déformation, la dénomination suivante des positions des jauges sera utilisée : (nome barre)(direction)(n°jauge). Le (n°jauge) vaut 1 pour le point centrale de la barre et il augment lorsqu'on s'éloigne du centre comme montré à la figure 3.8. Ainsi, par exemple, la position du point de mesure placé au point centrale d'un barre X est désignée avec XN1, la position du deuxième point de mesure en direction nord est désignée avec XN2 et la position du deuxième point de mesure en direction sud est désignée avec XS2. La figure 3.9 illustre l'emplacement des jauges sur les différents barres relevées.

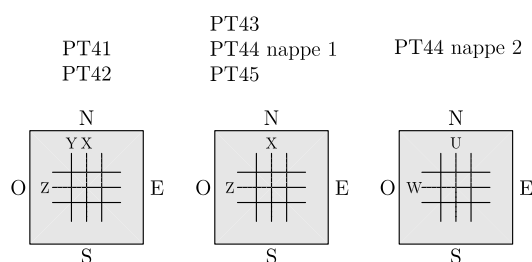


FIGURE 3.7 – Dénomination des barres relevées avec jauges de déformation.

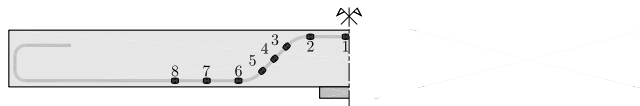


FIGURE 3.8 – Numérotation générale des positions de mesure de déformation sur les barres relevées.

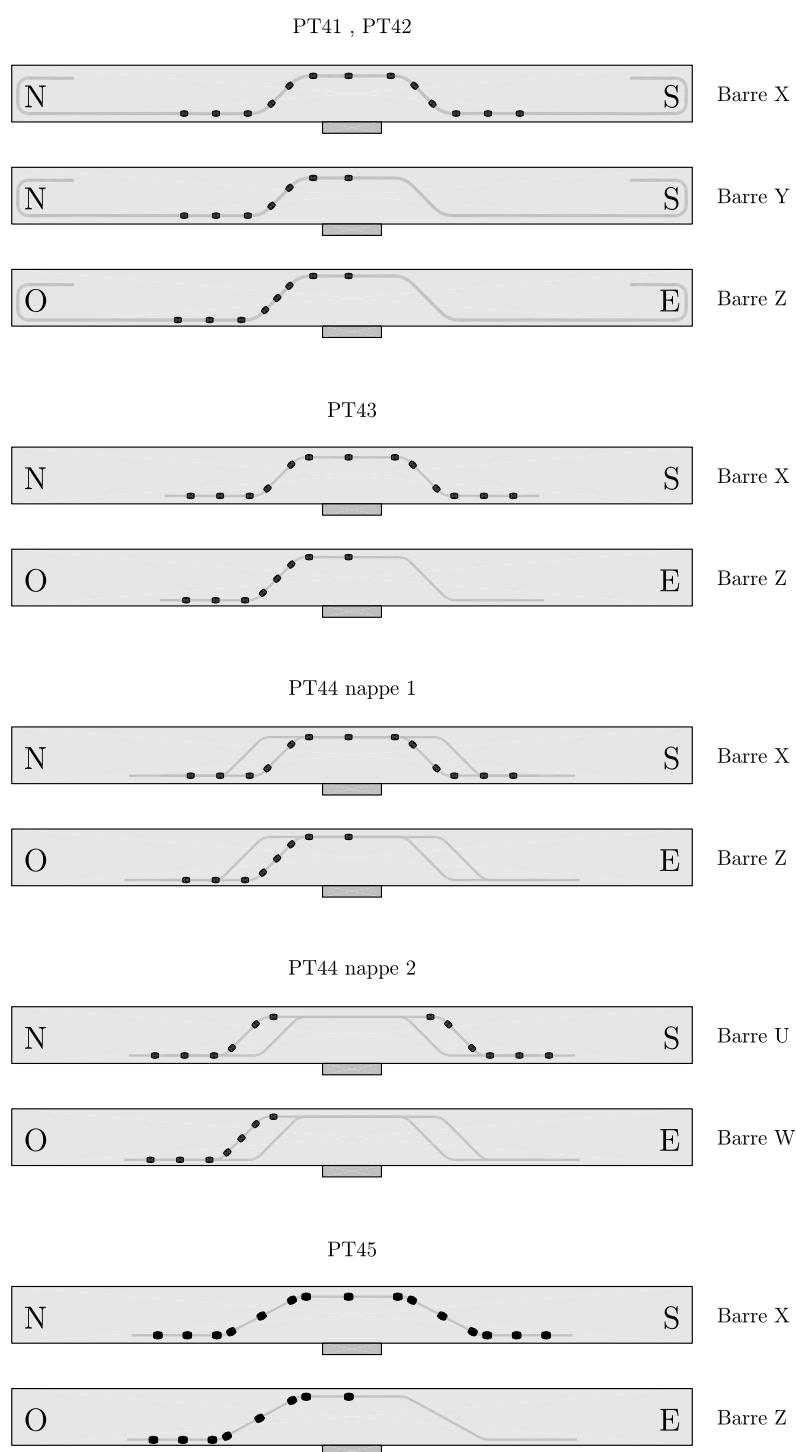


FIGURE 3.9 – Disposition de jauges de déformation sur les barres relevées.

3.3 Caractéristiques principales des capteurs

Le tableau 3.1 résume les plages de mesure et les données techniques des types de capteurs utilisés lors de l'essai.

TABLE 3.1 – Données techniques des instruments de mesure

Mesure :	Instrument	Type	Plage de mesure
Force	Capteur de force	Losinger	0 ÷ -1000 kN
			0 ÷ -2000 kN
Rotation	Inclinomètre	Wyler	± 175 mrad ±17.5 mrad
Déplacement	Inductif	HBM W5	±5 mm
		HBM W10	±10 mm
		HBM W20	±20 mm
		HBM W50	±50 mm
		HBM W100	±100 mm
Épaisseur	Inductif	HBM W5	±5 mm
Déformation	Jauge oméga	TML PI-2-100	±2 mm

4 Résultats

Dans ce chapitre les résultats principaux sont donnés, pour chaque dalle, dans le même format :

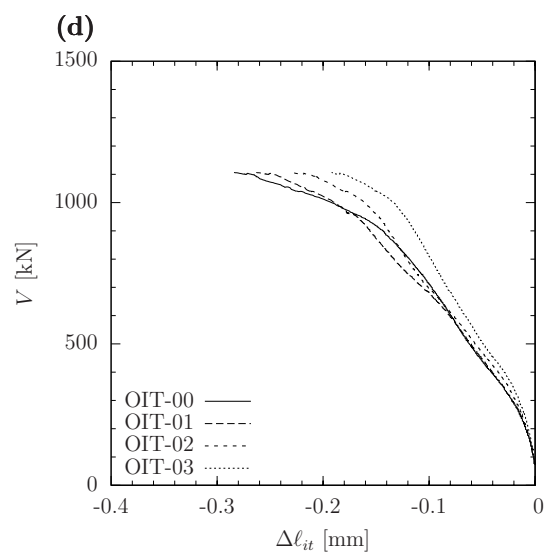
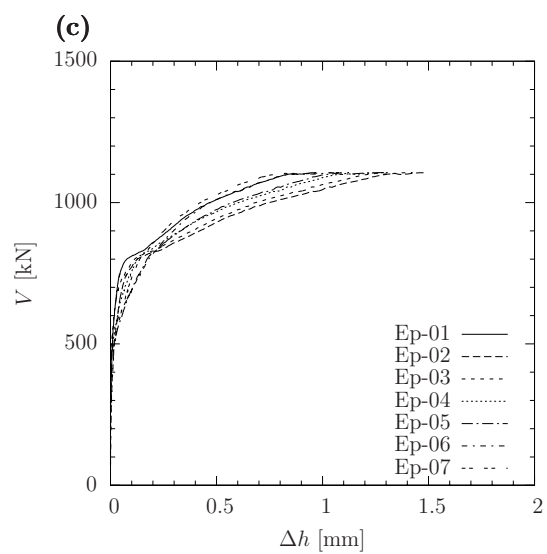
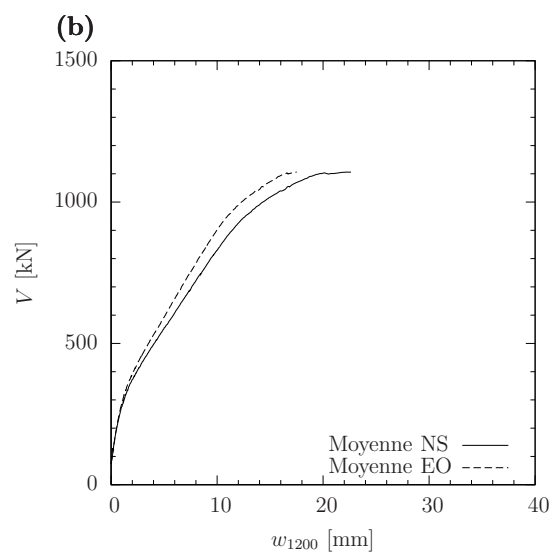
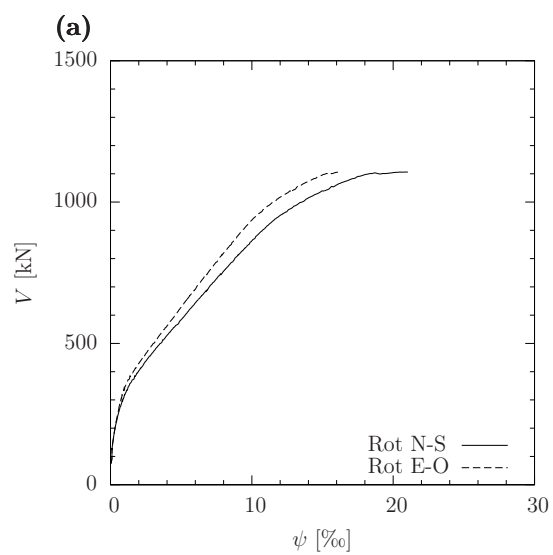
- (a) charge - rotation mesuré avec les inclinomètres : $V - \psi$ (moyenne nord-sud et est-ouest)
- (b) charge - déplacement verticale à 1200 mm du centre mesuré avec les capteurs inductifs : $V - w_{1200}$ (moyenne nord-sud et est-ouest)
- (c) charge - changement d'épaisseur de la dalle : $V - \Delta h$
- (d) charge - déformation tangentielle de la face inférieure : $V - \Delta \ell_{it}$
- (e) charge - déformation radiale de la face supérieure : $V - \Delta \ell_s$
- (f) charge - déformation radiale de la face inférieure : $V - \Delta \ell_i$
- (g) charge - déformation des barres relevées mesurées avec les jauges de déformation : $V - \varepsilon_{sw}$
- (h) déformée supérieure et inférieure à divers niveaux de charge

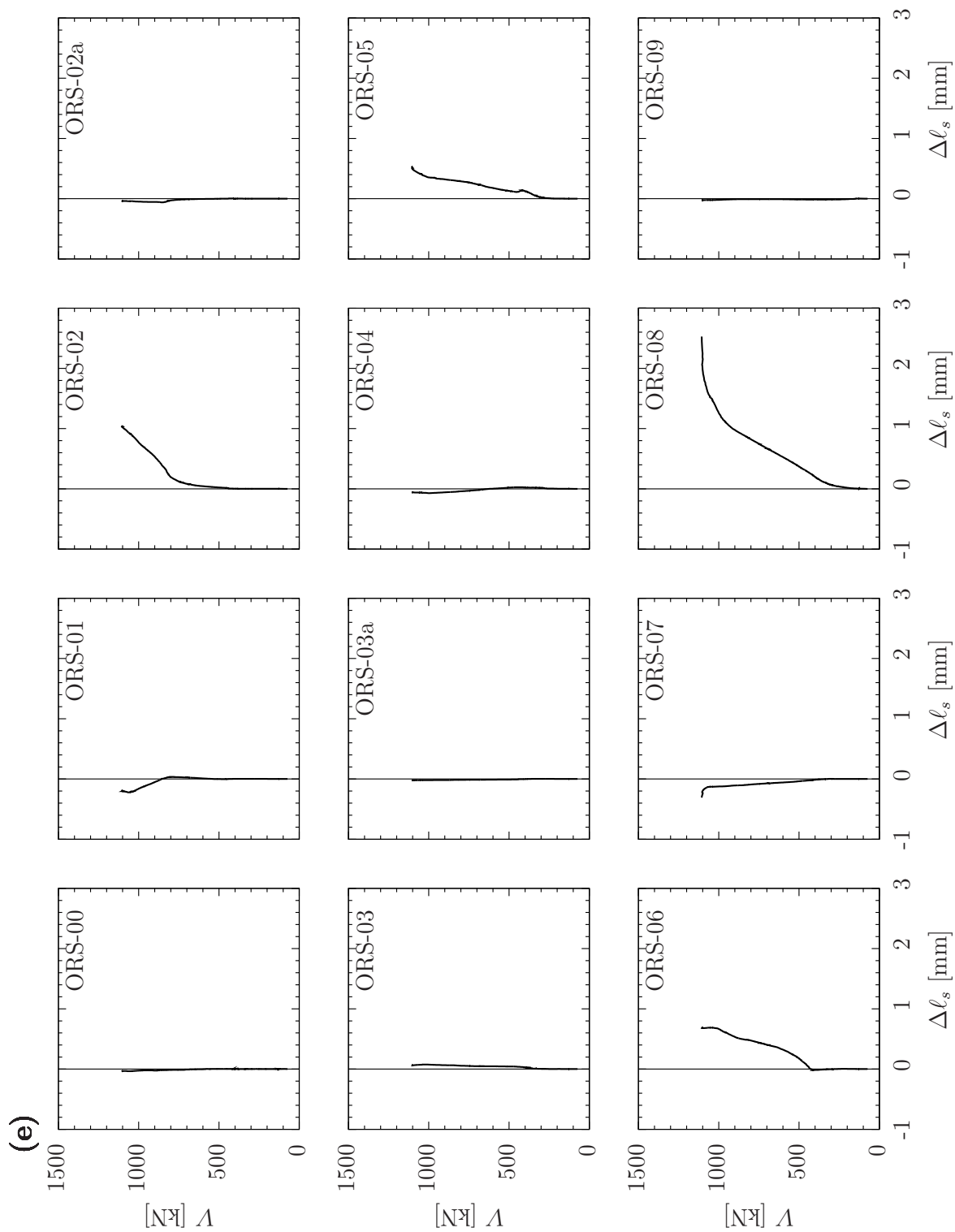
Le tableau. 4.1 donne une vue d'ensemble des caractéristiques des dalles et des résultats principaux. La valeur de la charge de rupture V_R inclut le poids propre de la dalle et du bâti de charge (73 kN).

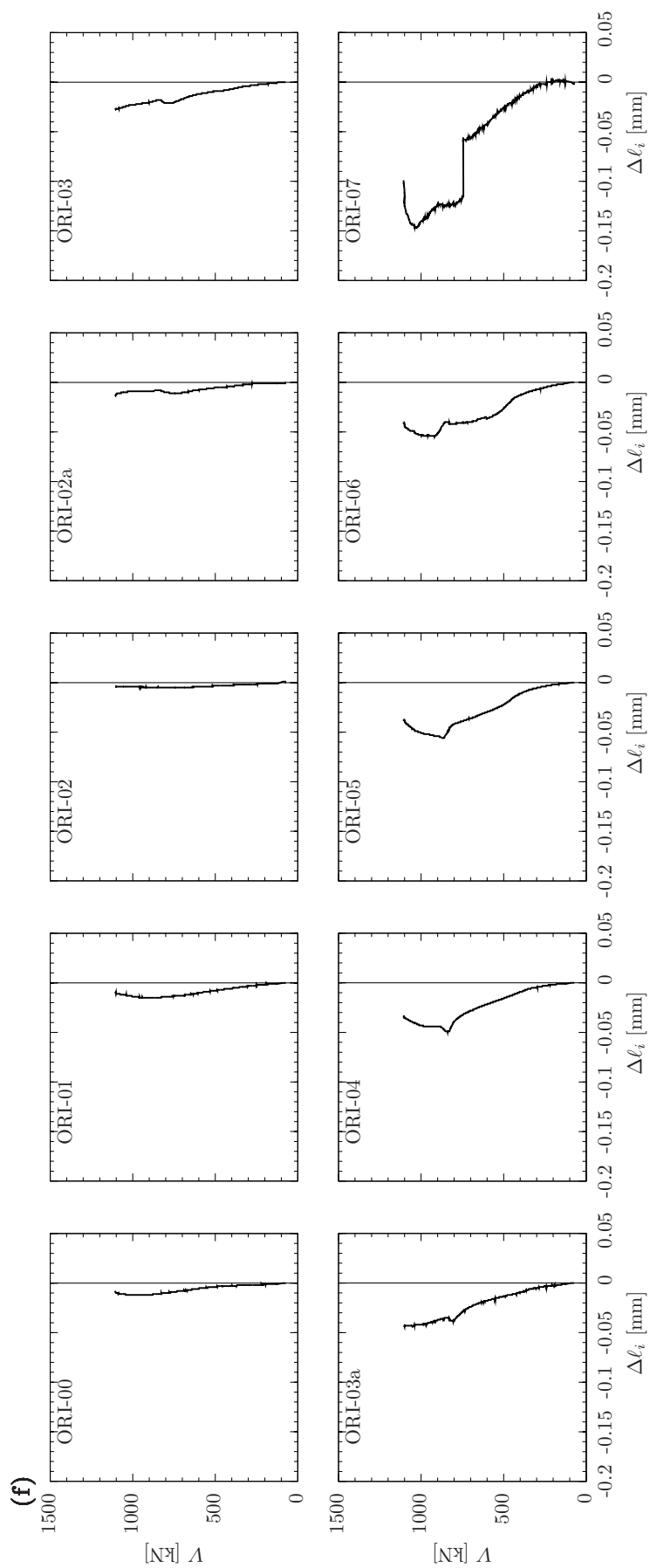
TABLE 4.1 – Résumé des résultats.

Dalle	d_m [mm]	$f_{cm,essai}$ [N/mm ²]	ρ [%]	f_s [N/mm ²]	Barres relevées	β [°]	f_{sw} [N/mm ²]	ψ_R [%]	V_R [kN]
PT41	200	50.8	0.80	510	6Ø14	45°	550	20.5	1106
PT42	200	51.7	1.57	551	6Ø14	45°	550	11.3	1283
PT43	195	38.2	1.61	578	6Ø10	45°	526	12.7	1250
PT44	195	43.0	1.61	578	6+6Ø10	45°	526	14.9	1416
PT45	195	38.3	1.61	578	6Ø10	30°	526	10.6	1121

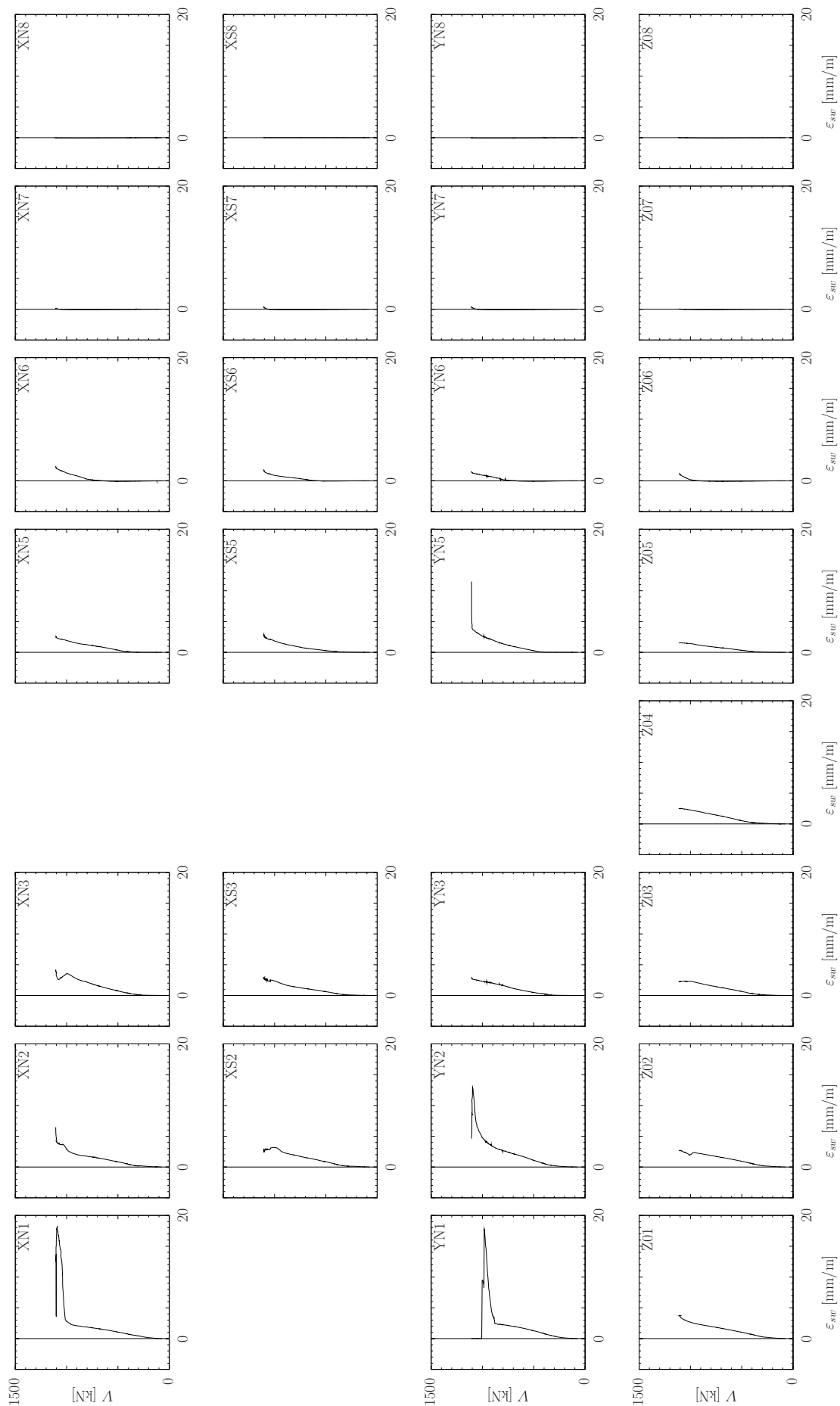
4.1 PT41

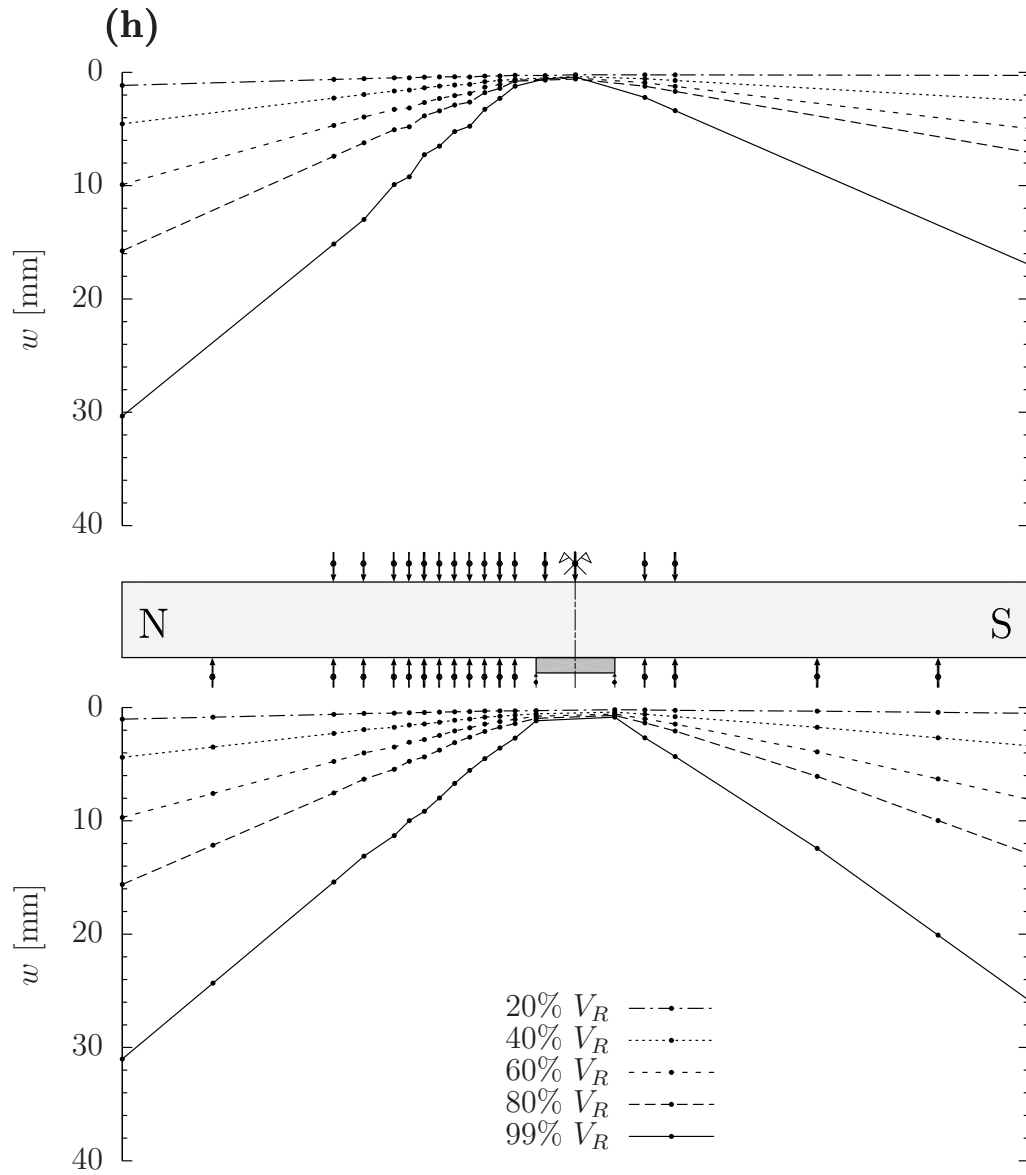




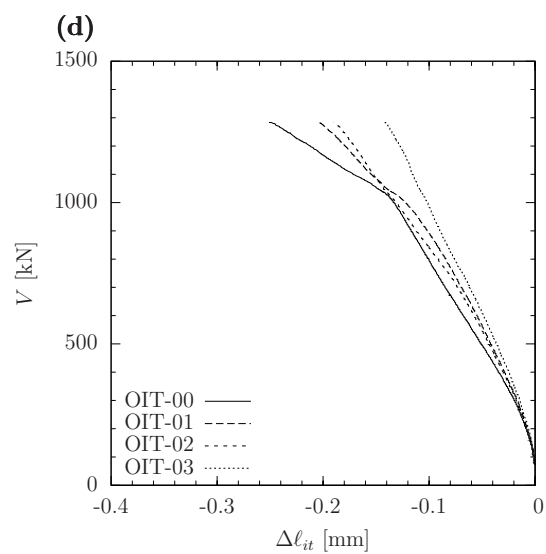
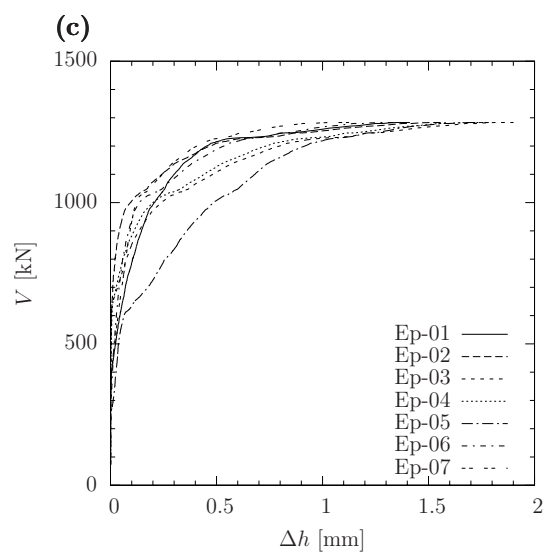
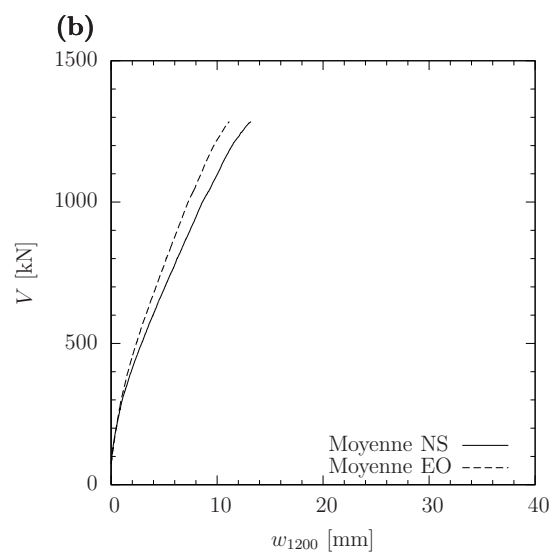
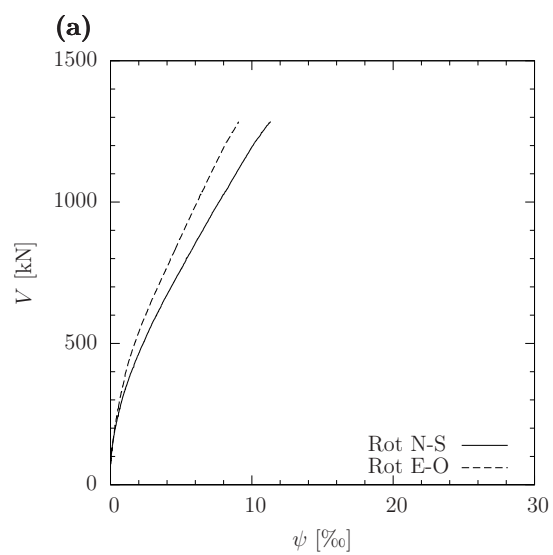


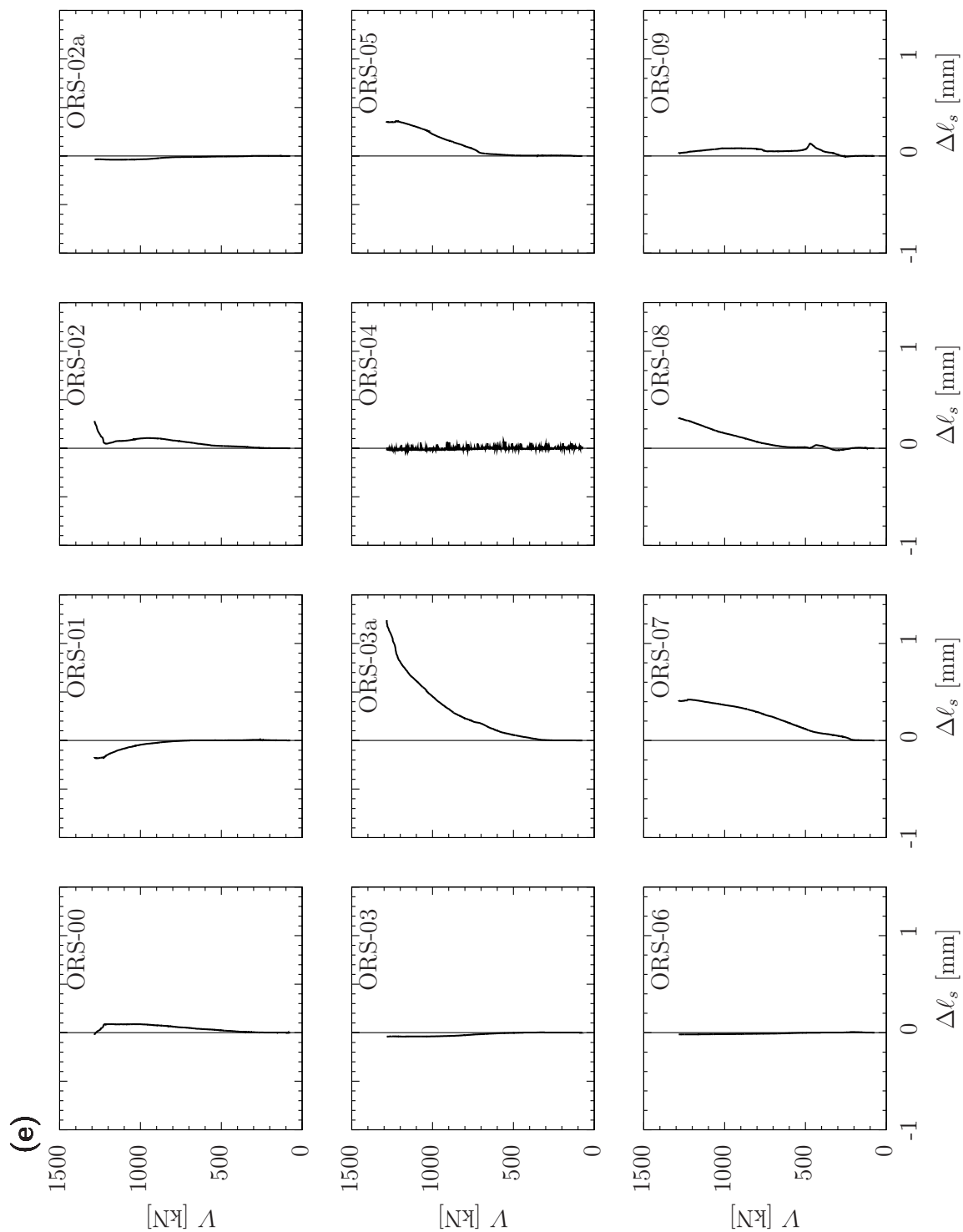
(g)

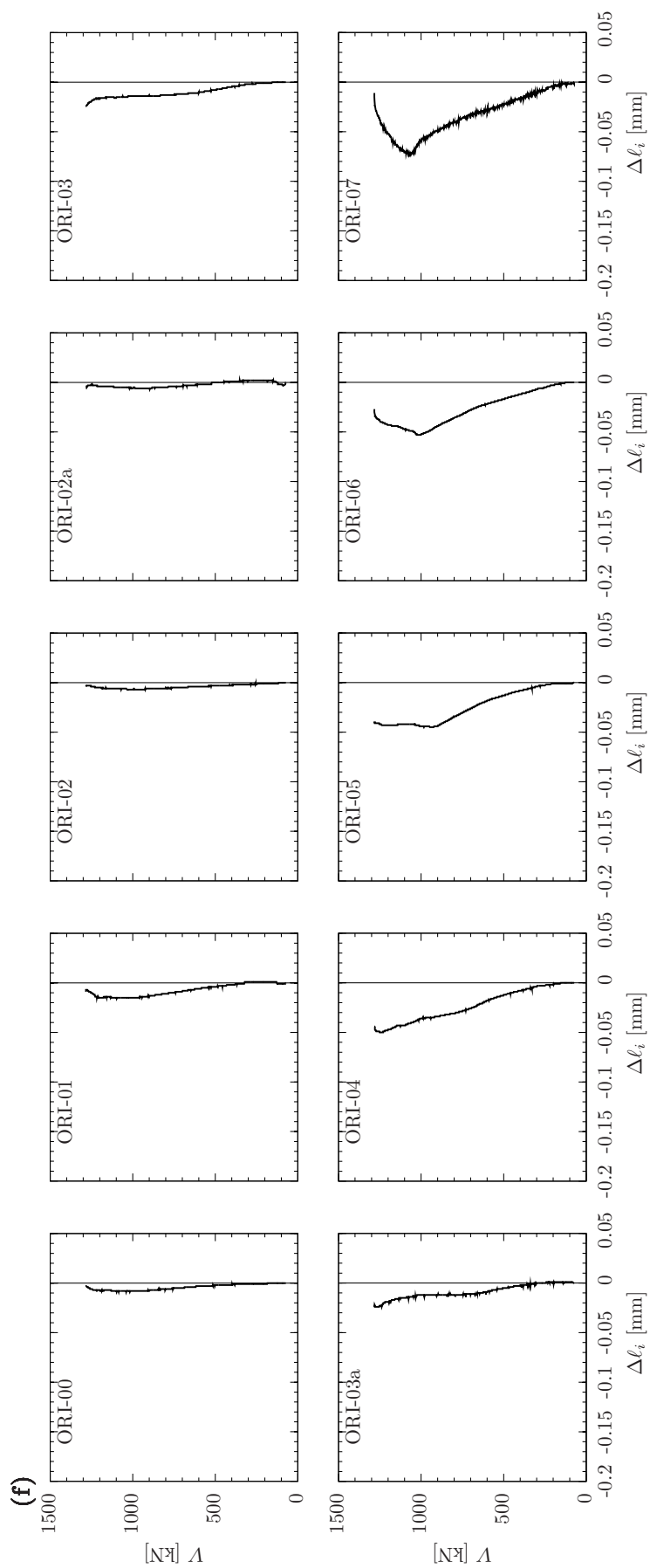




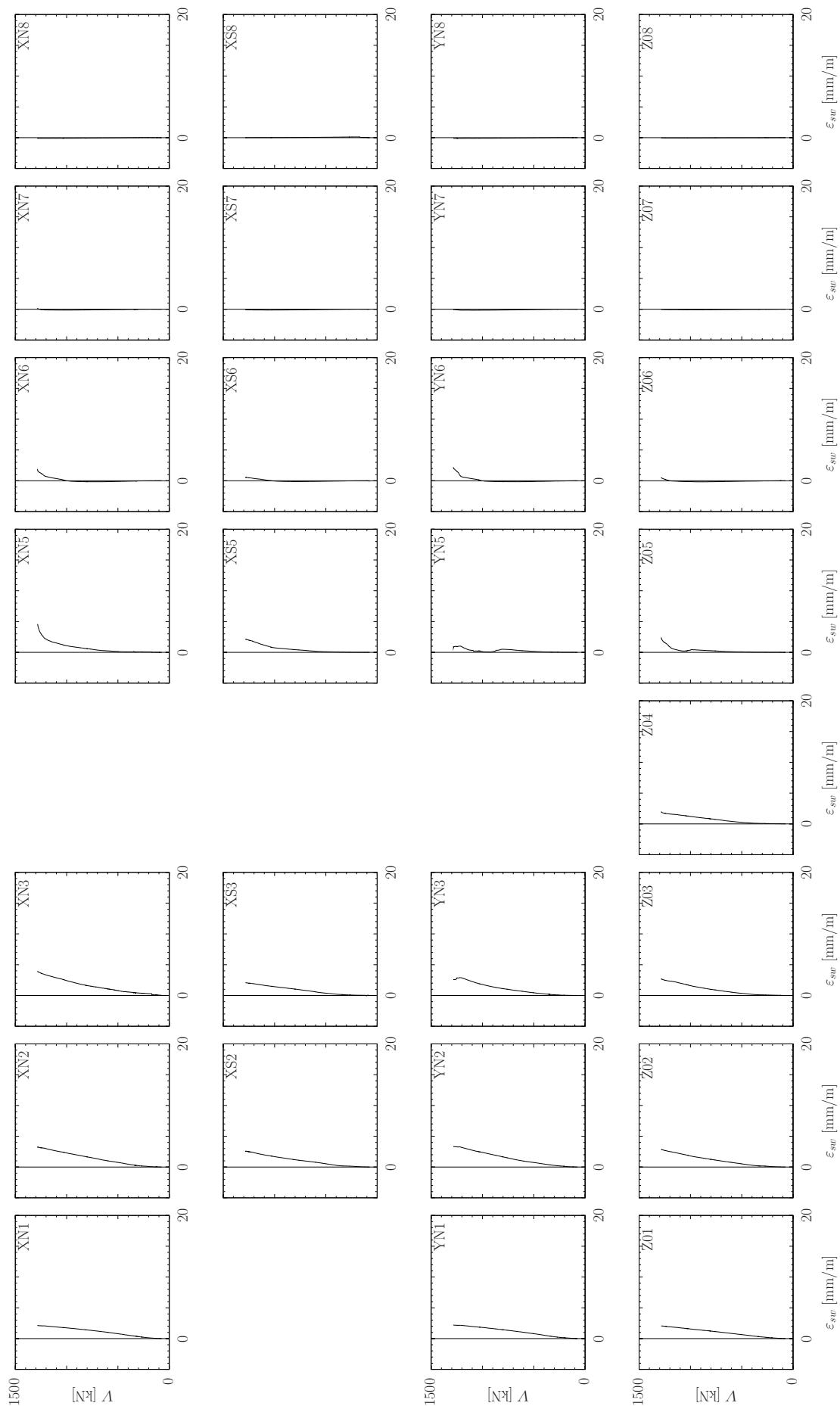
4.2 PT42

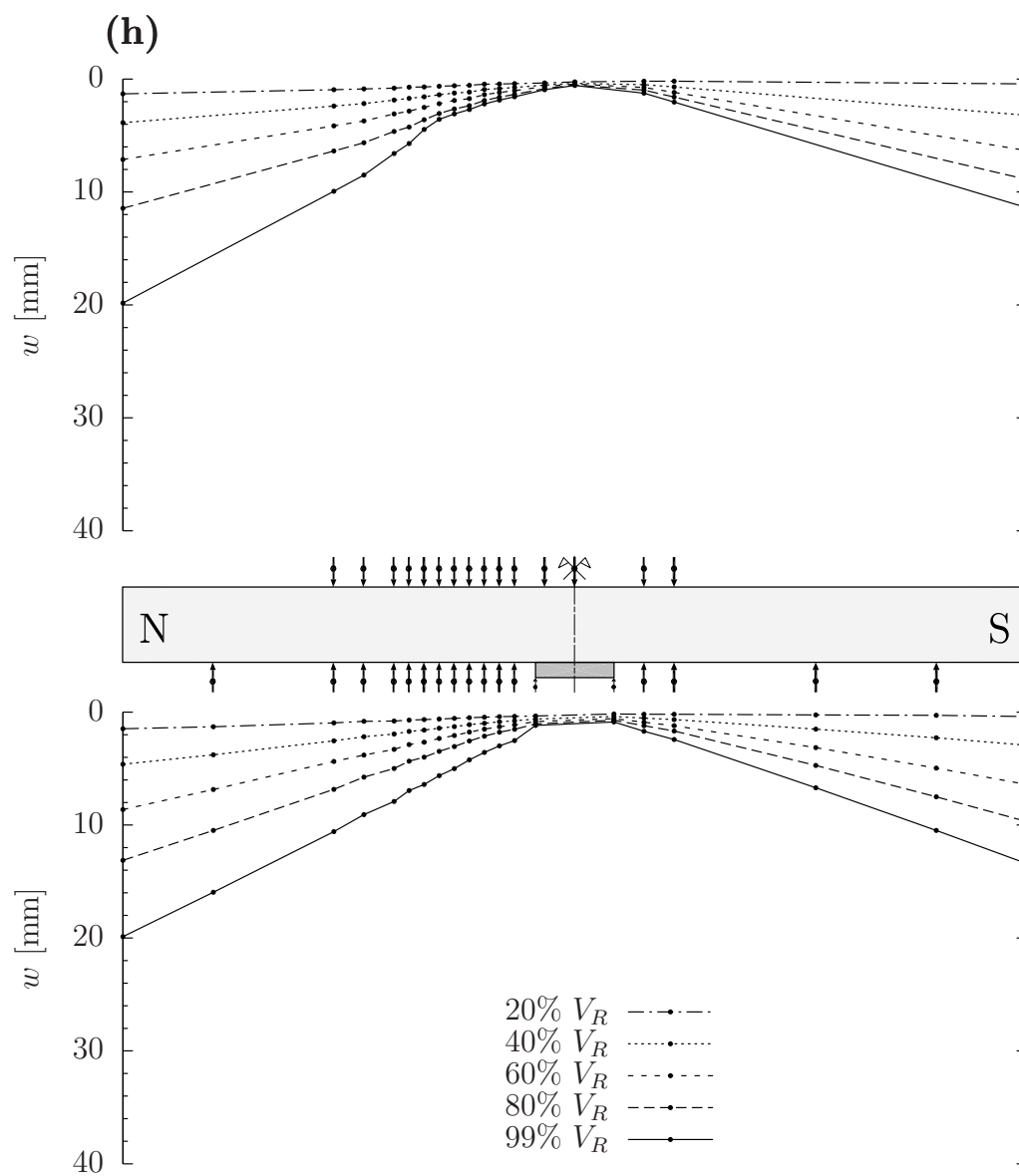




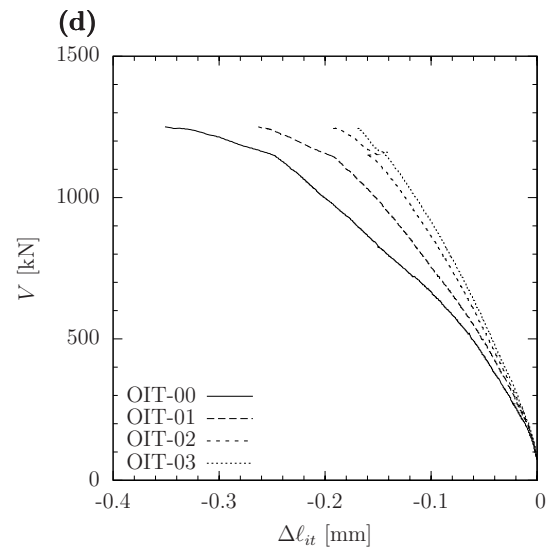
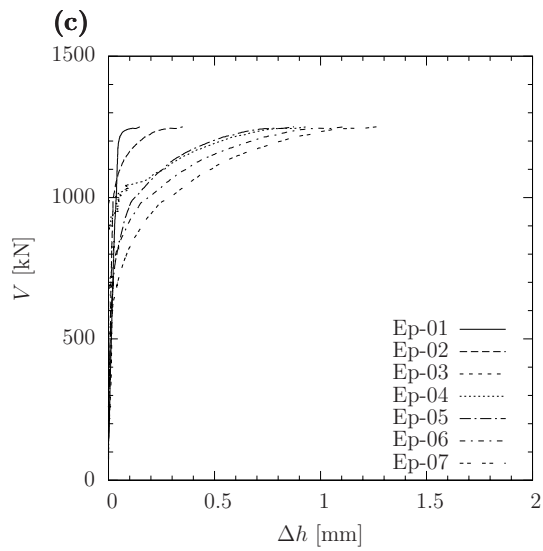
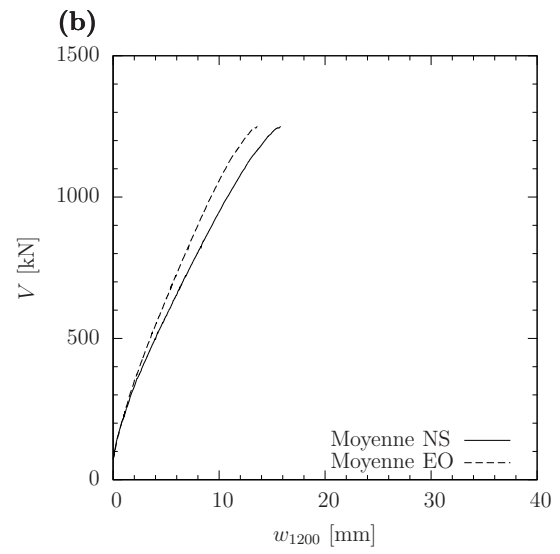
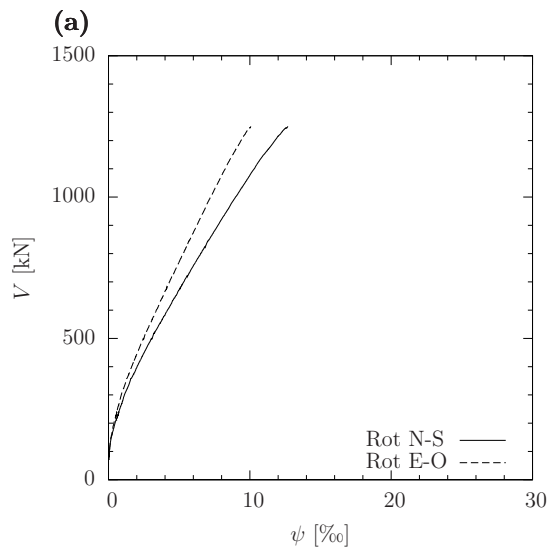


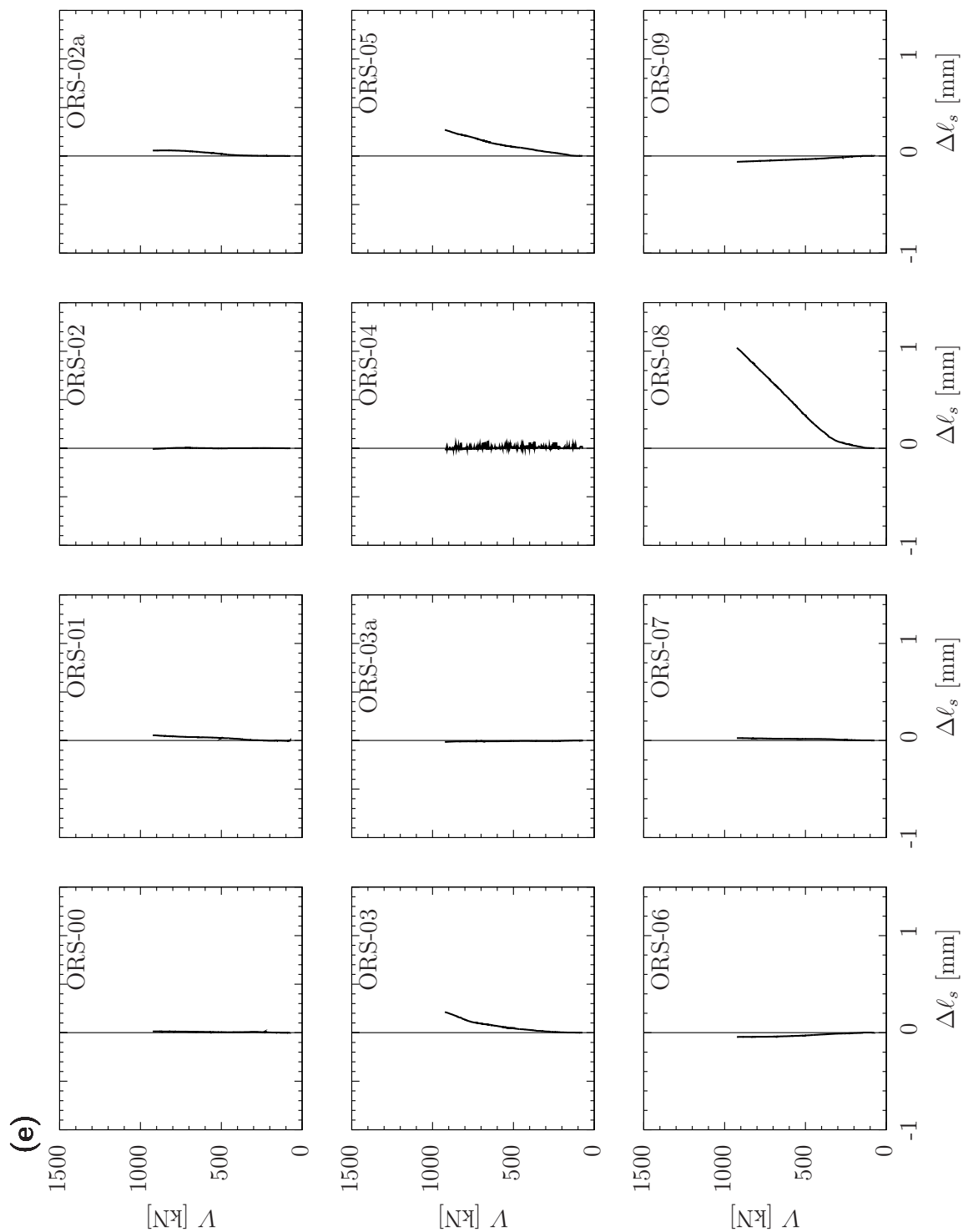
(g)

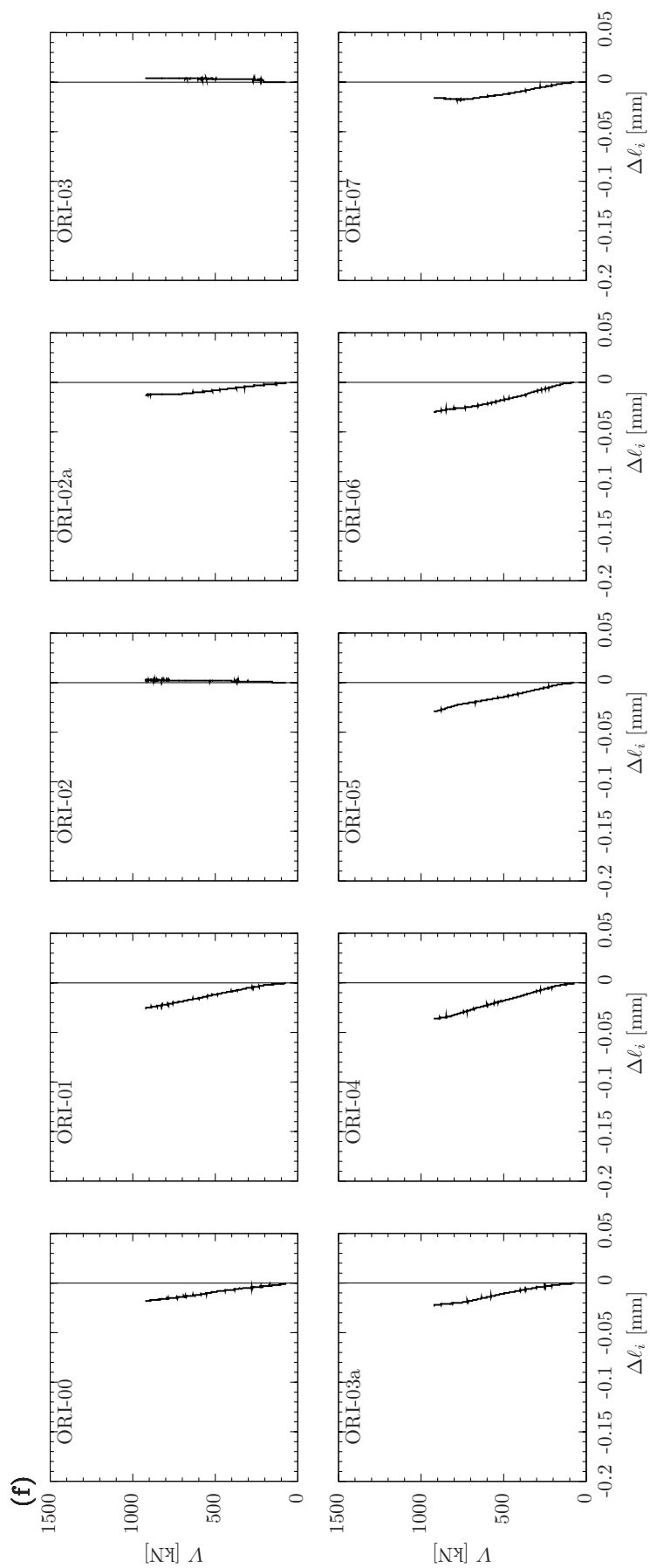




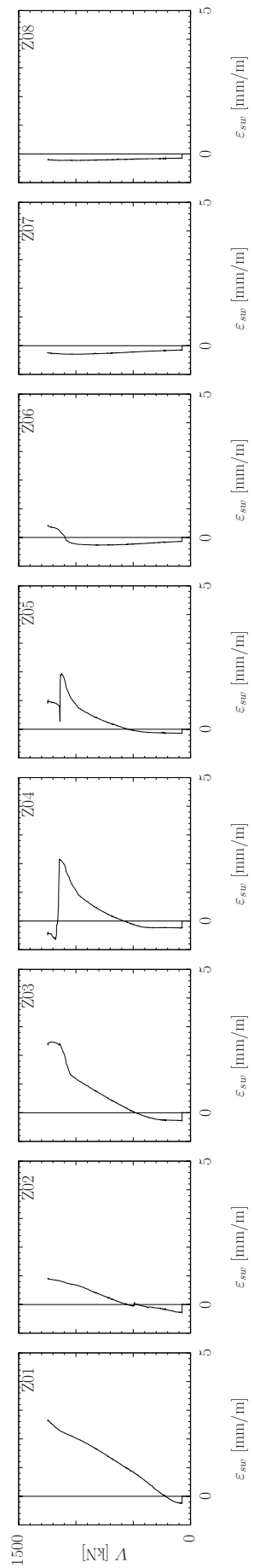
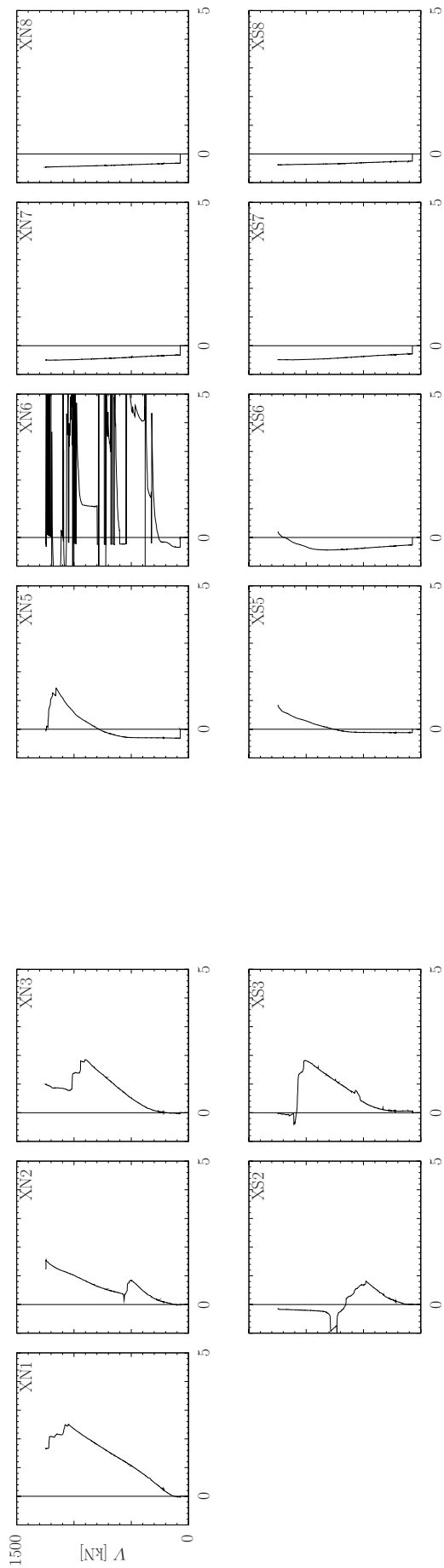
4.3 PT43

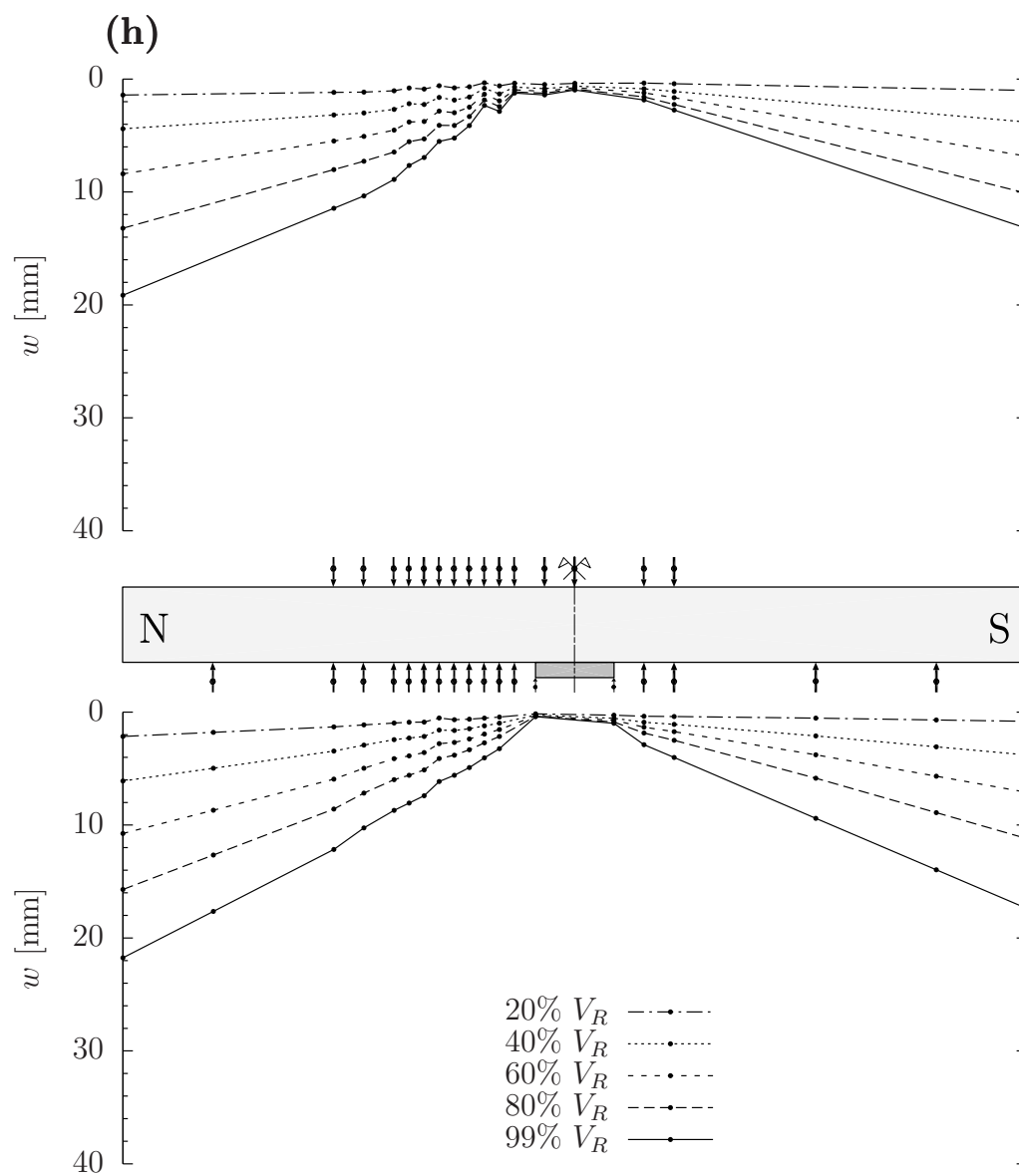




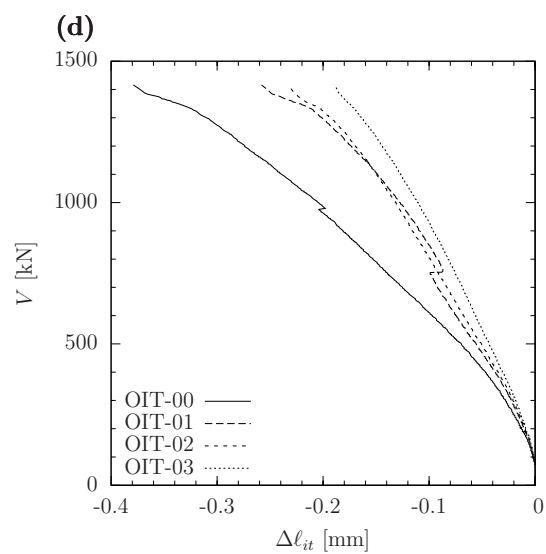
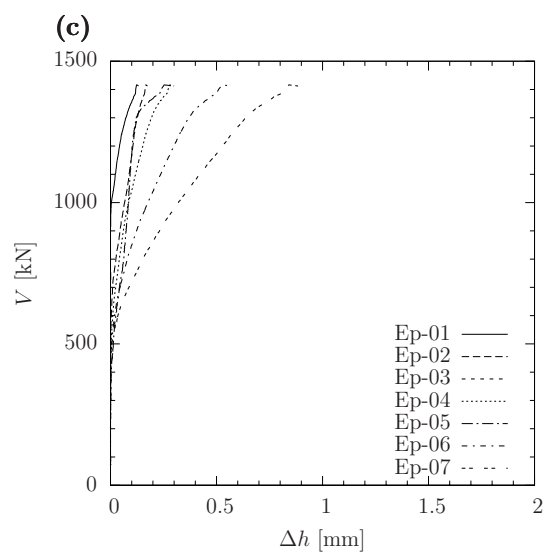
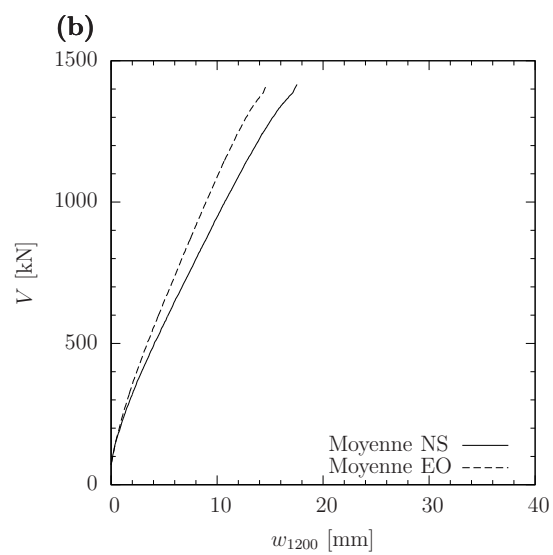
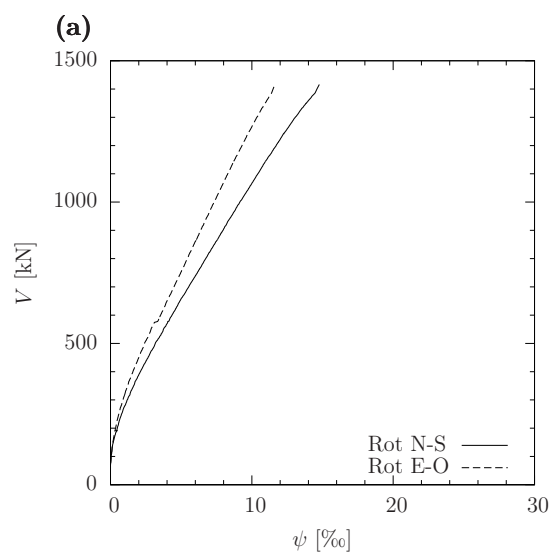


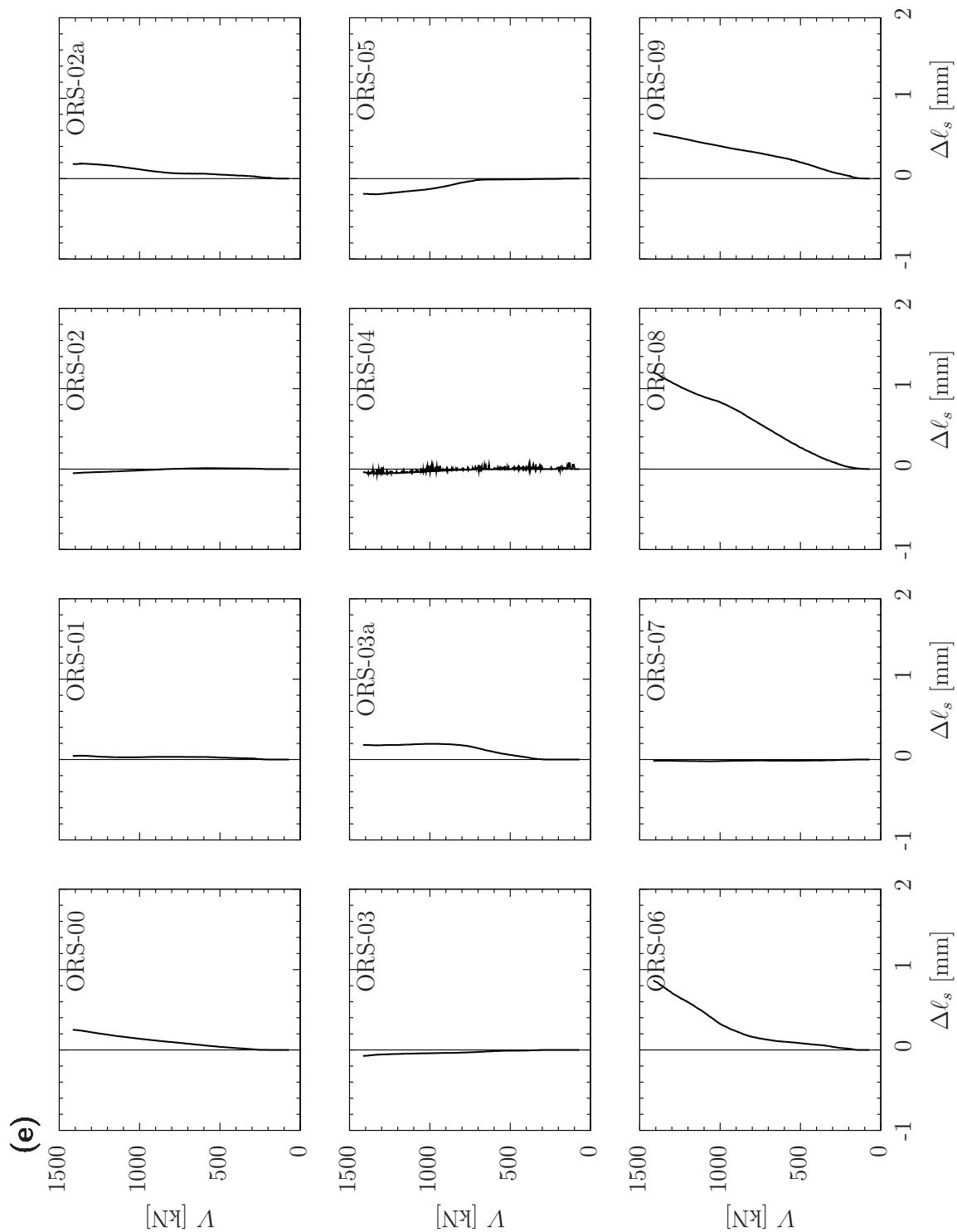
(g)

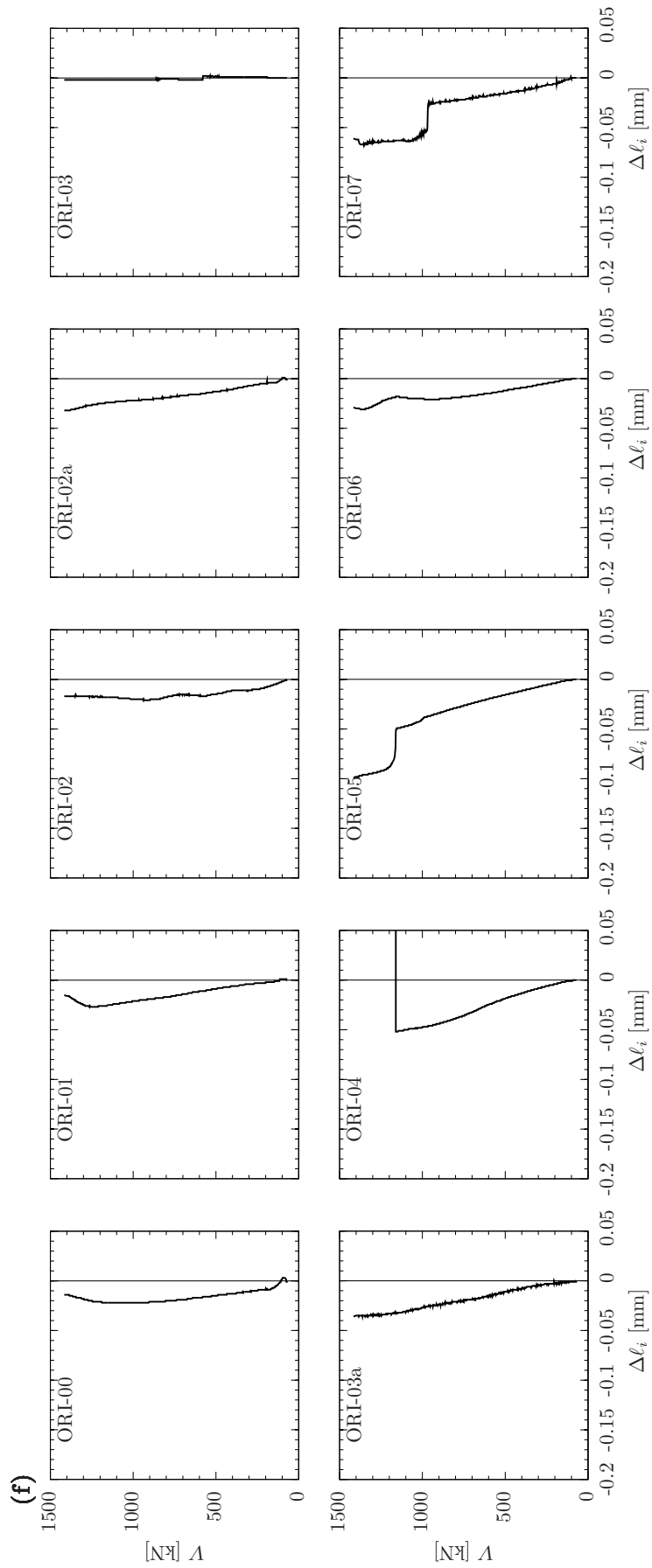


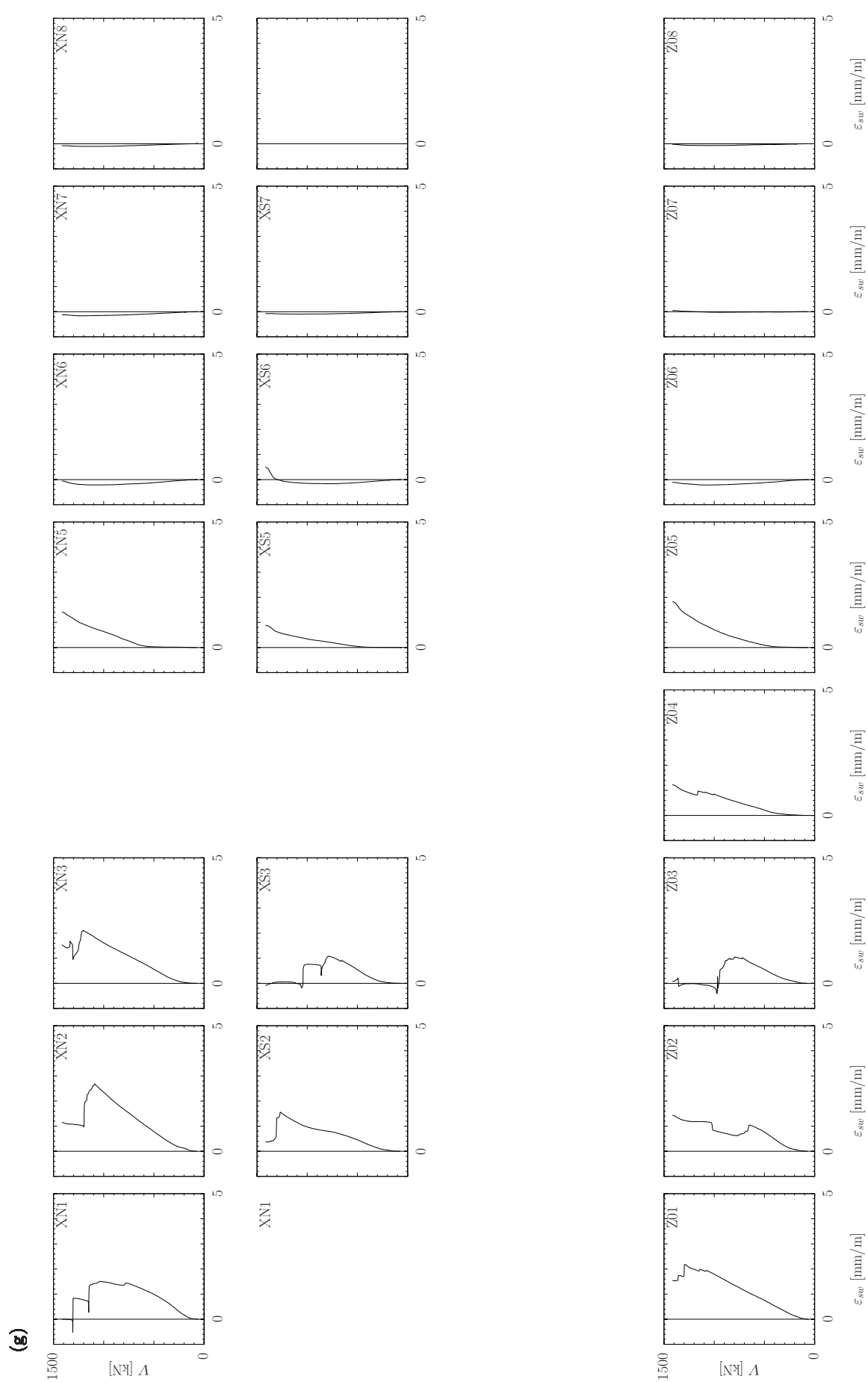


4.4 PT44

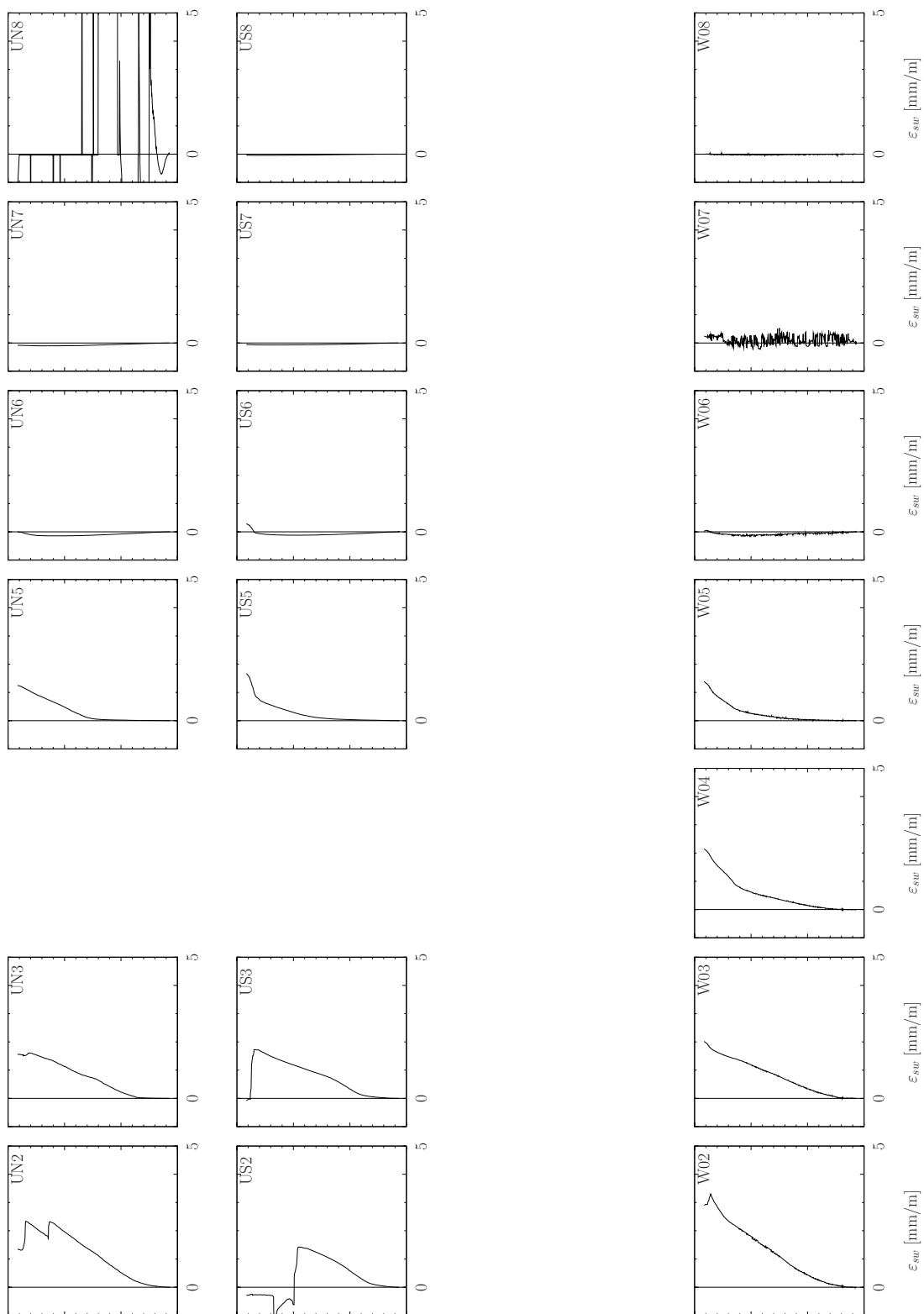


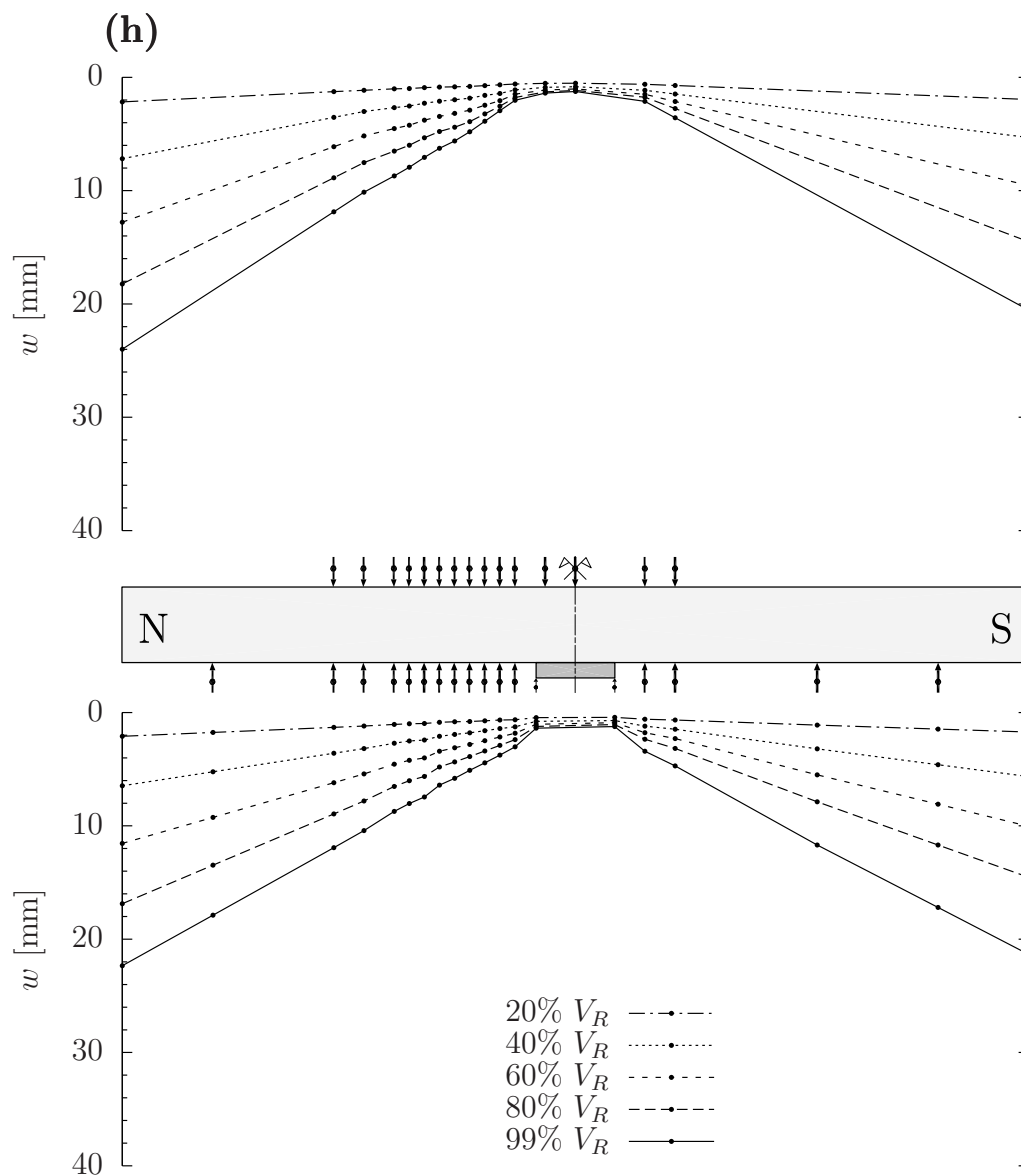




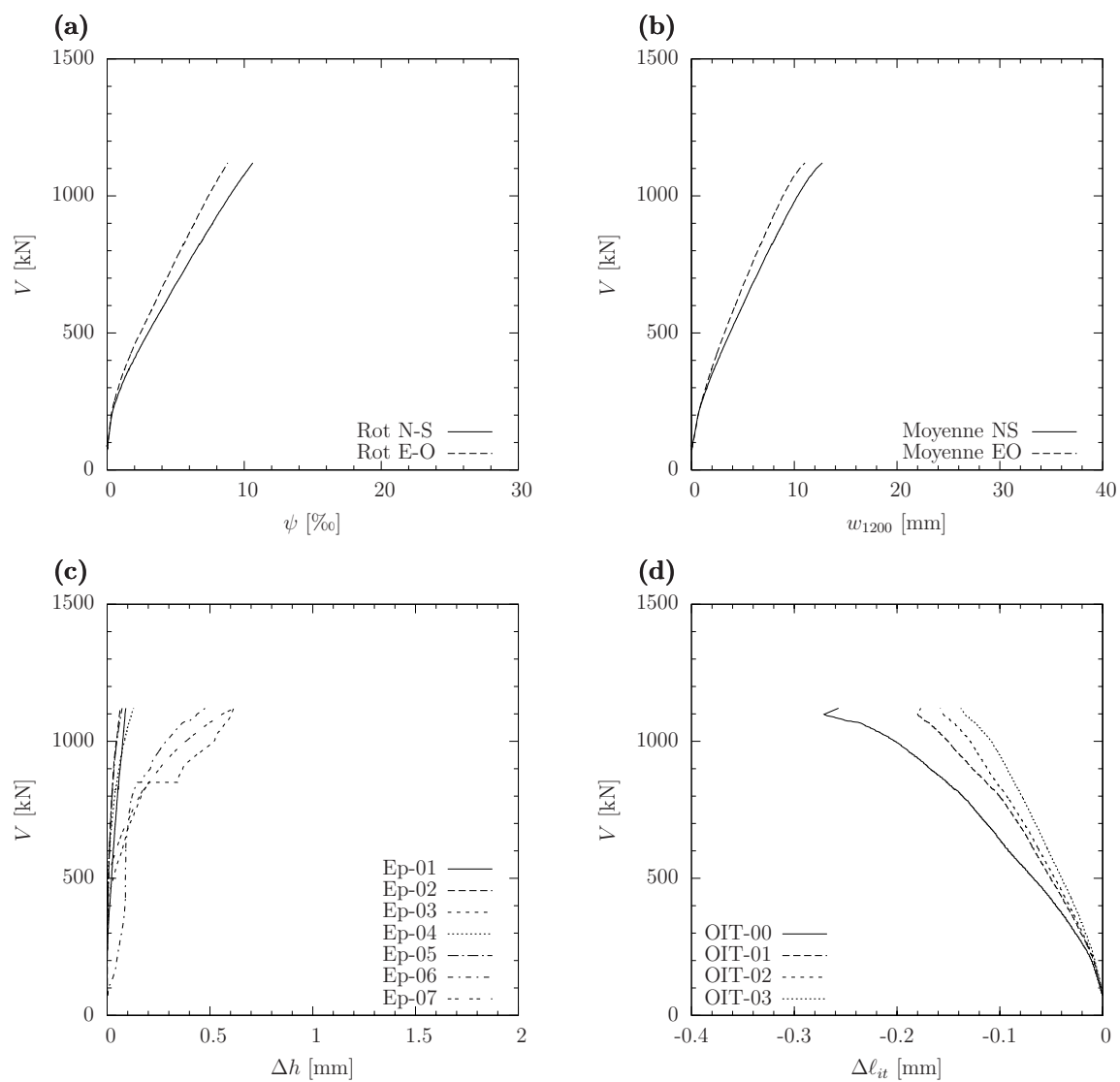


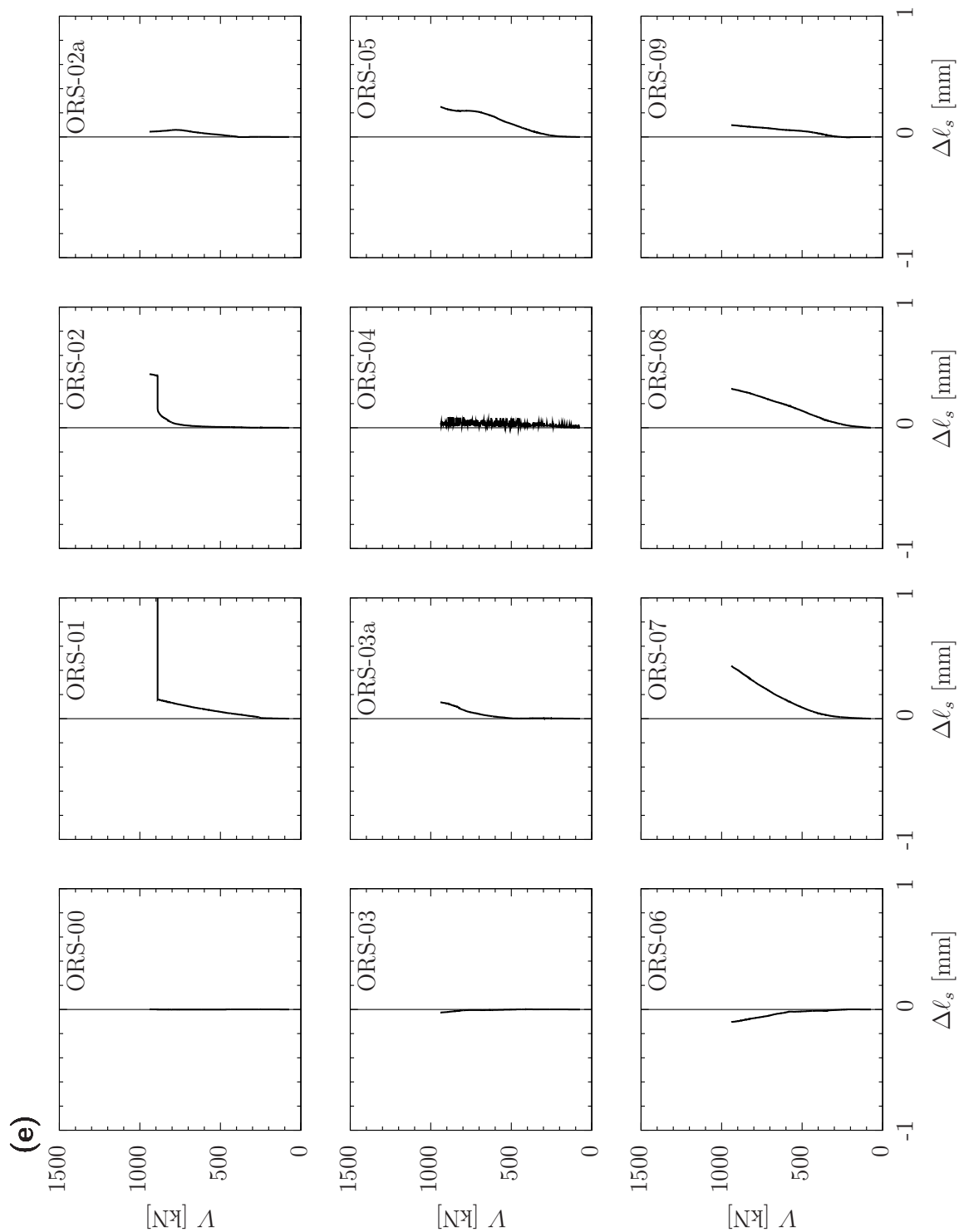
(8)

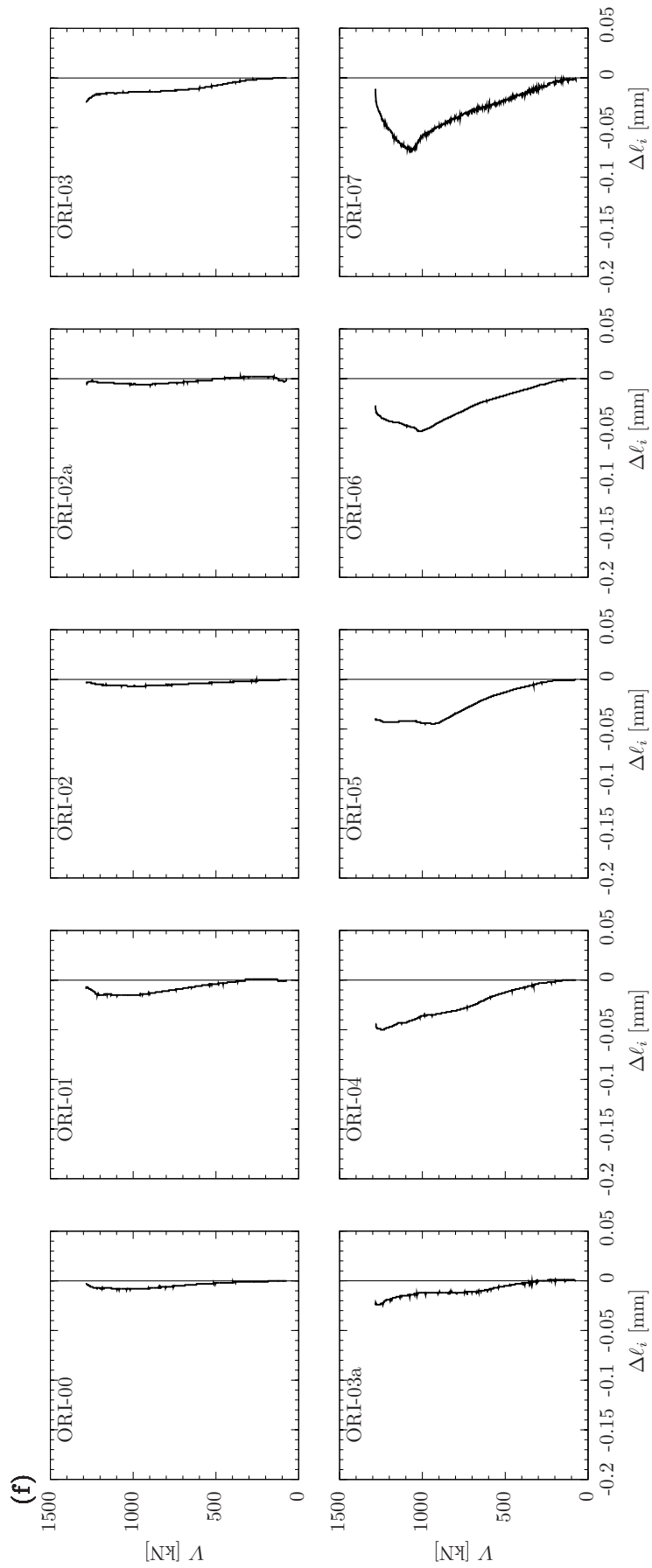


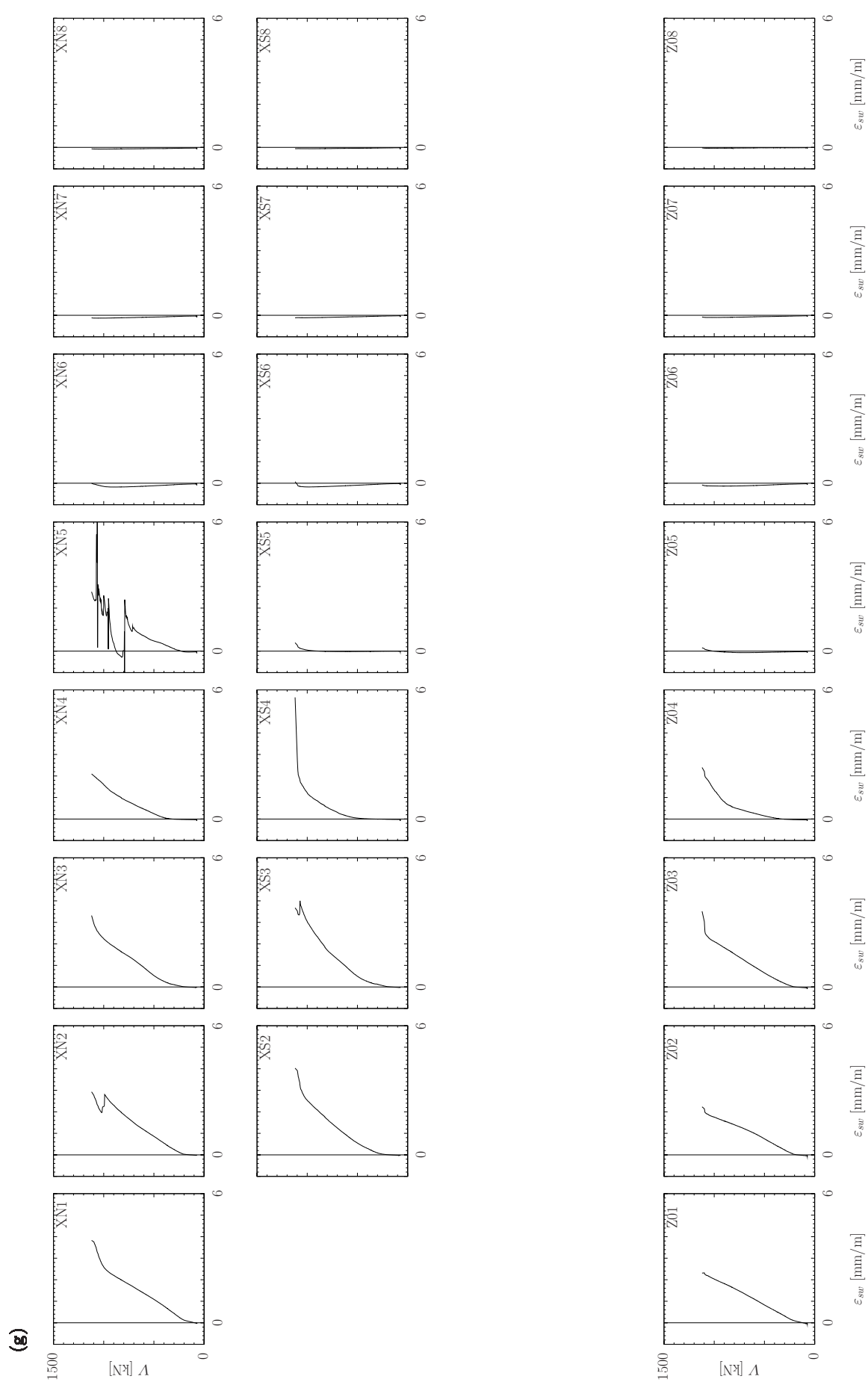


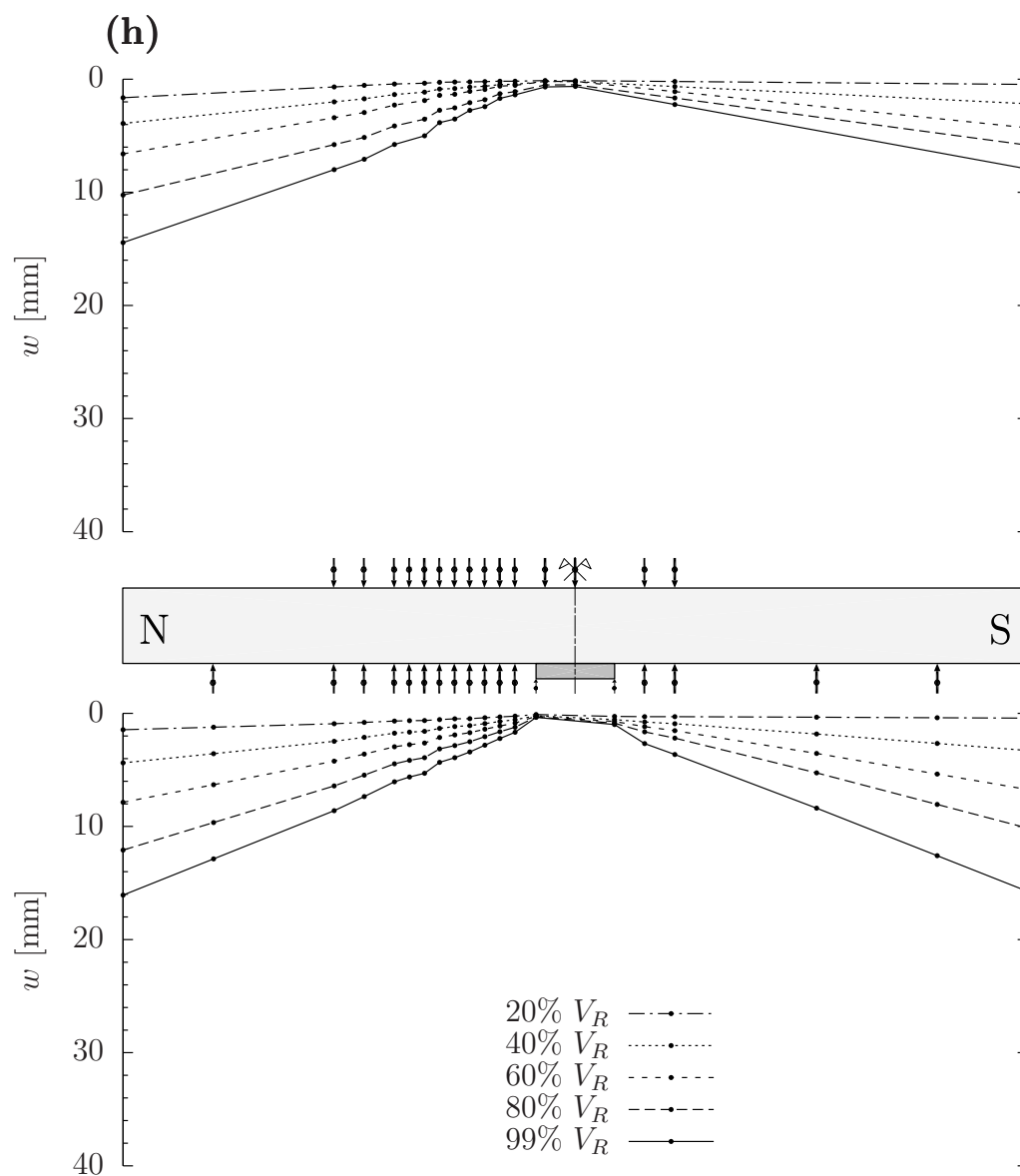
4.5 PT45







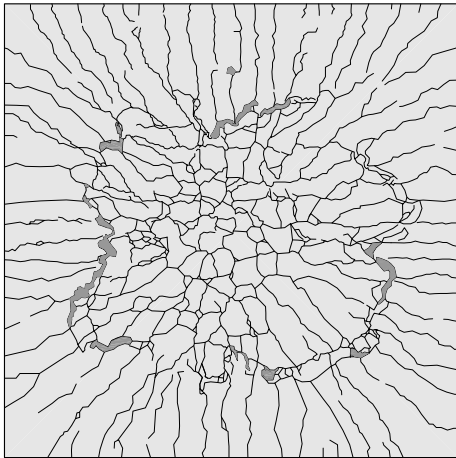




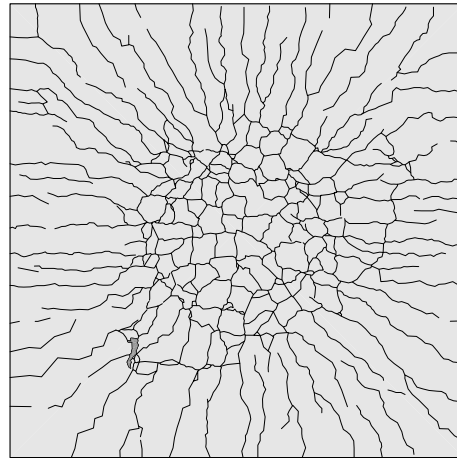
Annexe A

Relevé des fissures en surface

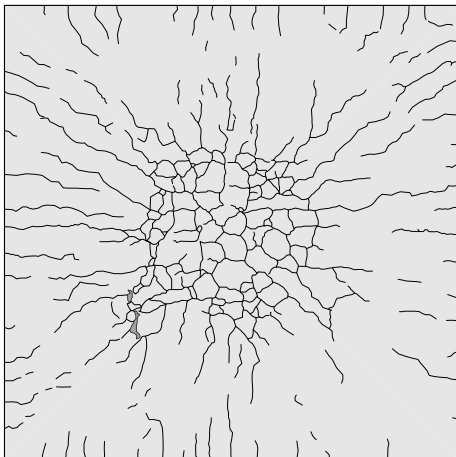
PT41



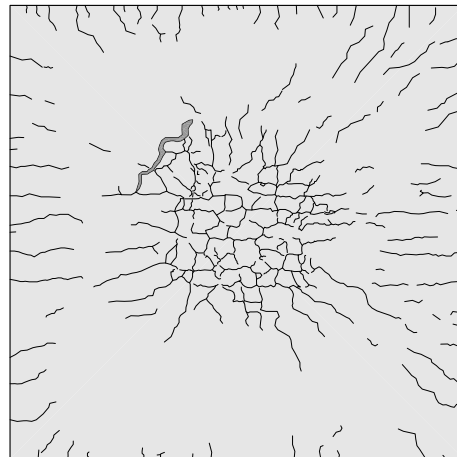
PT42



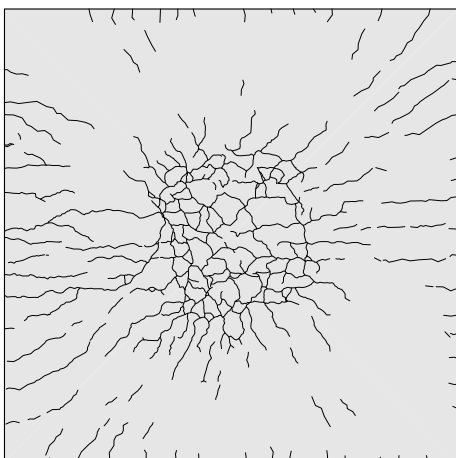
PT43



PT44

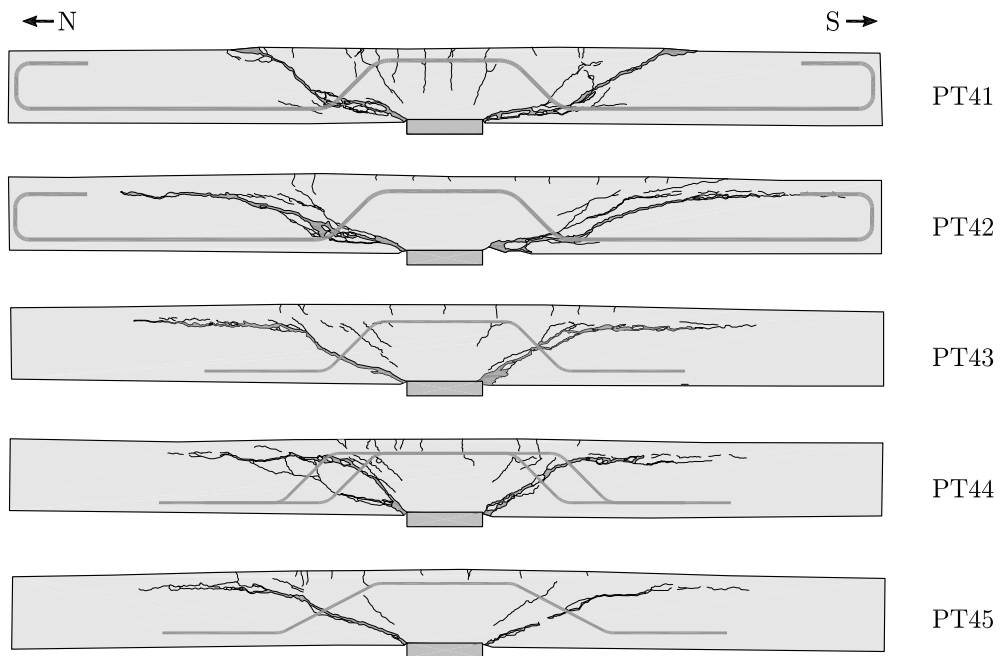


PT45



Annexe B

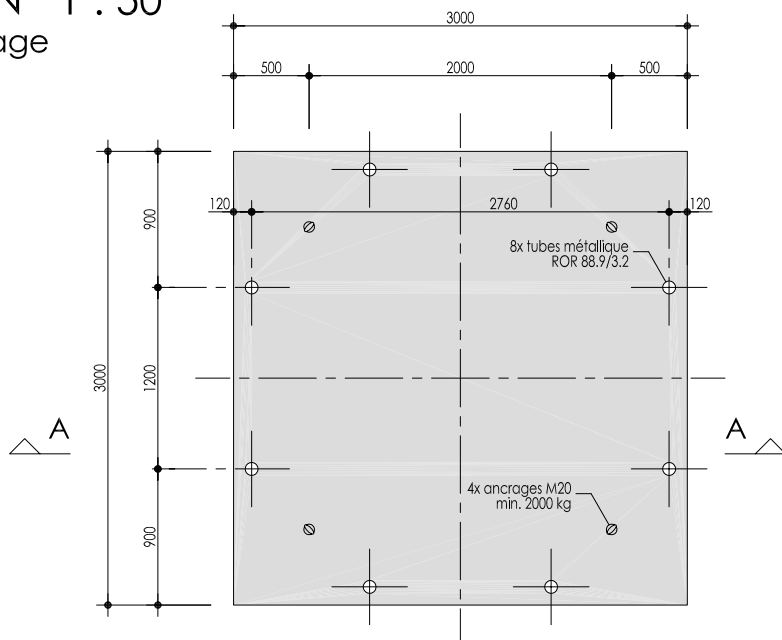
Relevé des fissures sur la section des dalles coupées



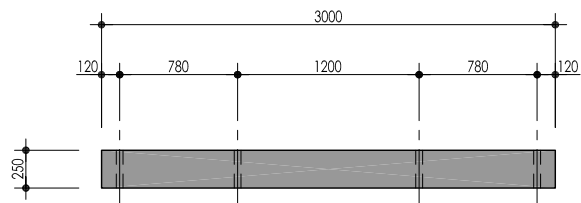
Annexe C

Plans d'armature, de coffrage et listes de fer

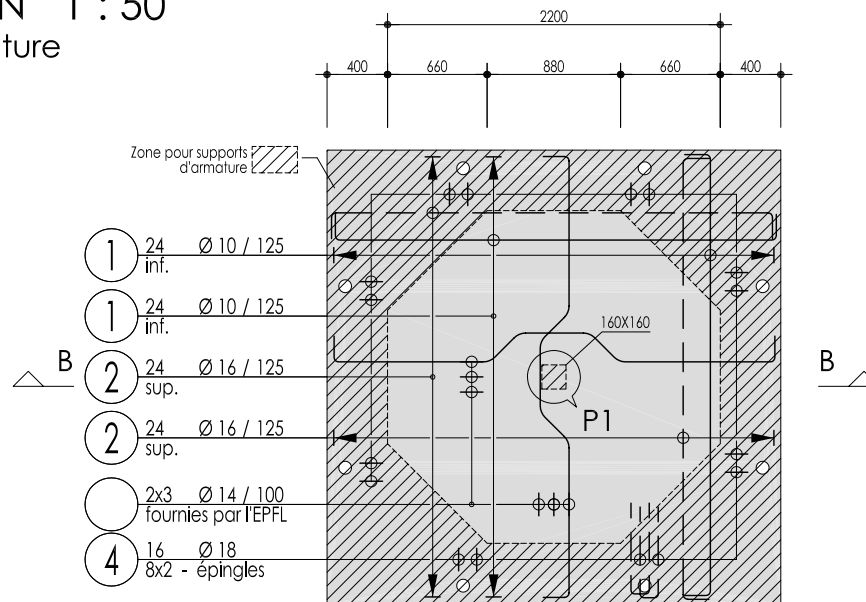
PLAN 1 : 50
coffrage



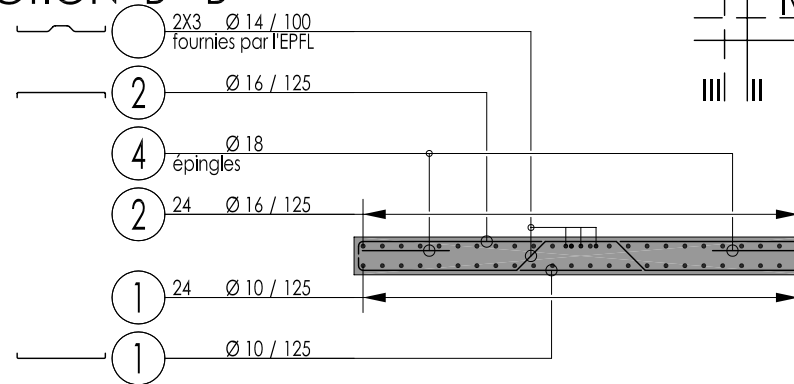
SECTION A - A



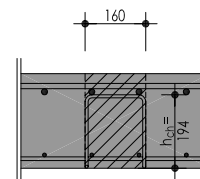
PLAN 1 : 50
armature



SECTION B - B



DETAIL P1 1 : 20

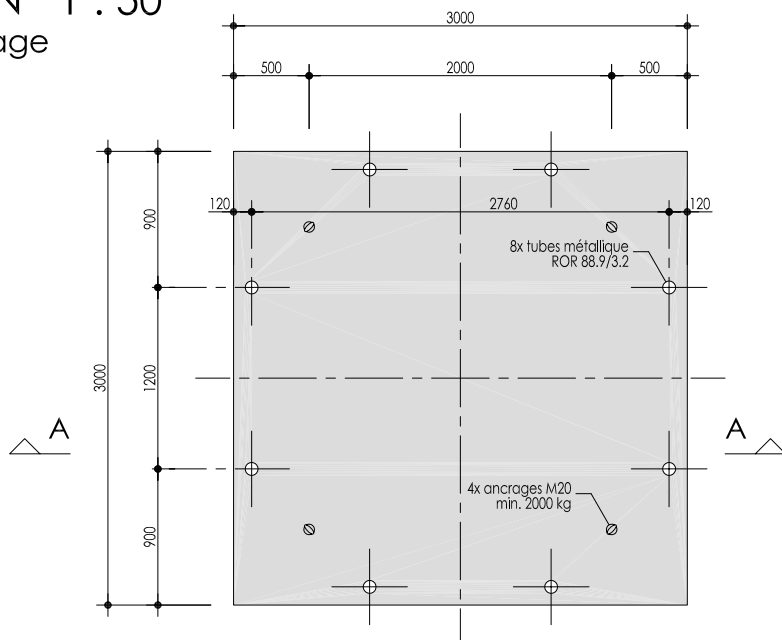


Remarques :

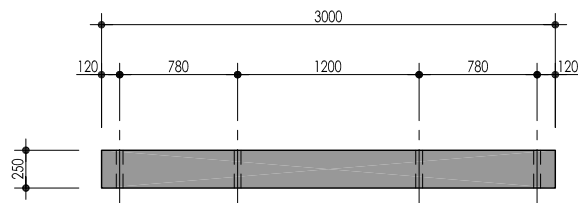
- pour essais des matériaux 2 barres Pos. 2 sont à transmettre à l'EPFL
- zone pour les supports plus grande

Date : 07 octobre 2008	Béton : vibré (fourni par Holcim)		
Des. : It	Con. :	It	
Révisions :	D _{max} : 16 mm		
-	Enrobage : 20 mm (sur surfaces coffrées)		
-			
-			
Dalles de poinçonnement		EPFL - ENAC - IS-Béton	
Dalles : PT41 (ρ=0.75 %)		laboratoire de construction en béton	
plan de coffrage et d'armature		Plan N° : 2008-07.01-001	

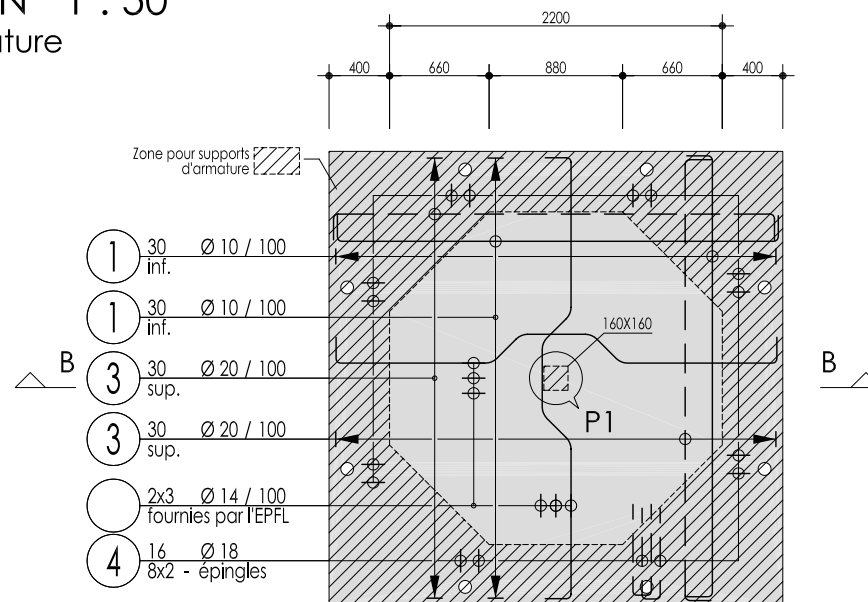
PLAN 1 : 50
coffrage



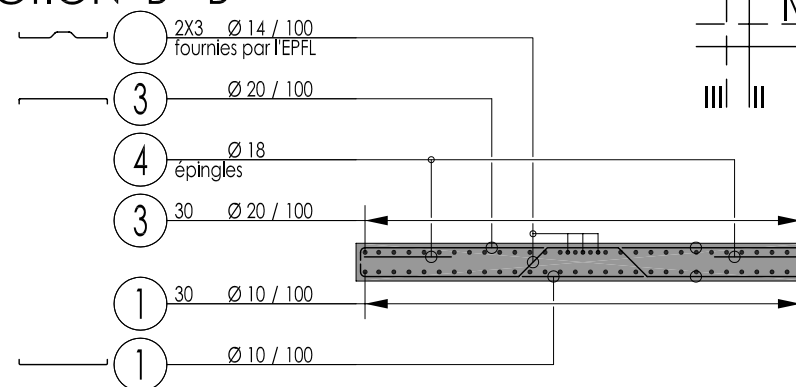
SECTION A - A



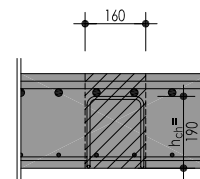
PLAN 1 : 50
armature



SECTION B - B



DETAIL P1 1 : 20



Remarques :

- pour essais des matériaux 2 barres Pos. 2 sont à transmettre à l'EPFL
- zone pour les supports plus grande

Date : 07 octobre 2008

Béton : vibré (fourni par Holcim)

Des. : It Con. : It

D_{max} : 16 mm

Révisions :

Enrobage : 20 mm (sur surfaces coffrées)

Dalles de poinçonnement

EPFL - ENAC - IS-Béton

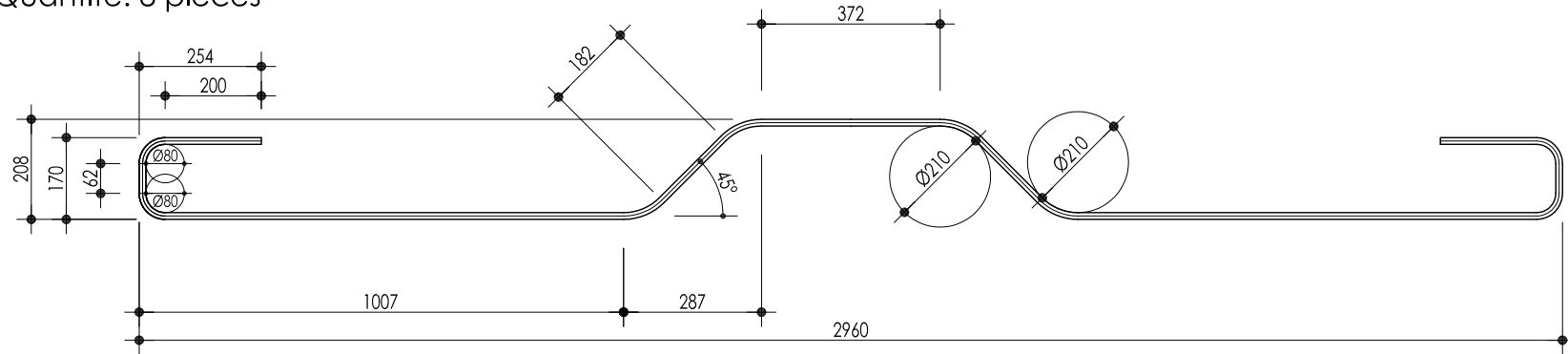
Dalles : PT42 ($\rho=1.50\%$)
plan de coffrage et d'armature

laboratoire de construction en béton

Plan N° : 2008-07.01-002

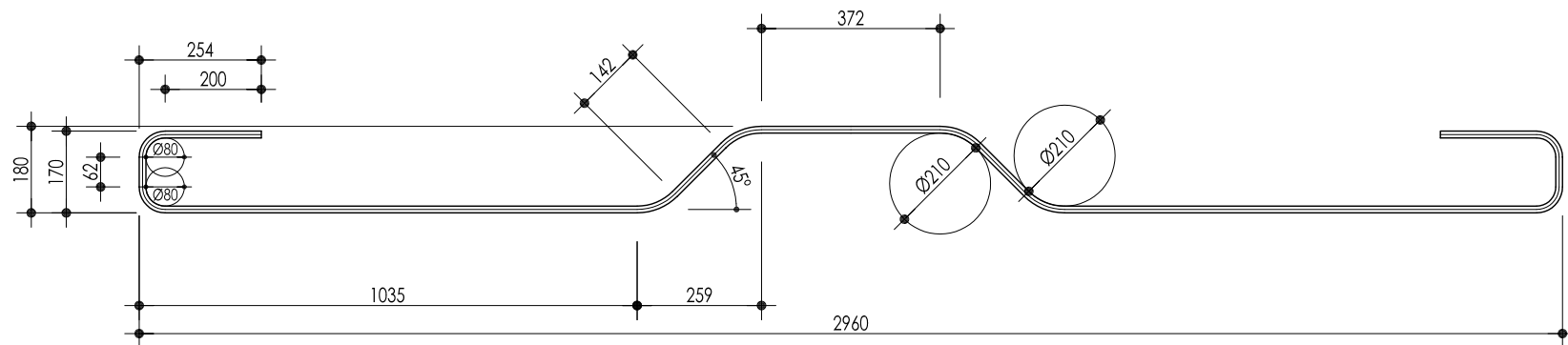
Barre type 1

Acier: B 500B TOPAR S
Quantité: 8 pièces



Barre type 2

Acier: B 500B TOPAR S
Quantité: 8 pièces



Date : 15 octobre 2008	Acier: B 500B TOPAR S selon SIA 262 (2003)
Des. : It Con. : It	
Révisions : - - -	Façonnage et pliage: selon SIA 262 (2003) chiffre 5.2.4
Barres relevées pour dalles de poinçonnement	EPFL - ENAC - IS-Béton laboratoire de construction en béton
Dalles : PT41 et PT42 Détail d'armature: barres relevée	Plan N° : 2008-07.01-A

Ingénieur :	Liste d'armatures No. : 2008-08.02-901a	
Construction : Dalles de poinçonnement série : PG et PT dalles : de PG19 à PG36; PT41 et PT42	Pour le plan No. : de 2008-08.02-001 à 005 et de 2008-07.01-001 à 002	
	Date : 07.10.2008	ACIER B 500B TOPAR S selon SIA 262
Dessiné : rg		
Vérifié : -		
Révisé : -		
Entreprise : EPFL - ENAC - IS-BETON GC B2, 1015 Lausanne		

Récapitulation de la liste d'armatures :

Ø [mm]	Longueurs fixes et de stock :		Poids par m [kg/m] :	Ø [mm]	Barres façonnées :	
	Longueur [m] :	Poids [kg] :			Longueur [m] :	Poids [kg] :
6			0.222	6		
8			0.395	8		
10			0.617	10	3027.12	1867.7
12			0.888	12		
14			1.21	14		
16			1.58	16	1149.24	1815.8
18			2.00	18	363.52	727.0
20			2.47	20	1831.80	4524.5
22			2.98	22		
26			4.17	26		
30			5.55	30		
34			7.13	34		
40			9.87	40		

Total longueurs fixes et de stock :	-	kg	Total barres façonnées :	8935.0	kg
-------------------------------------	---	----	--------------------------	--------	----

Nombre de positions : (sans les longueurs de stock)	7	Total général :	8935.0	kg
---	---	-----------------	--------	----

Paniers de support : (longueur 2.5 m)	Cavaliers :
---------------------------------------	-------------

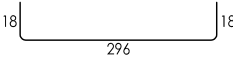
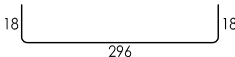
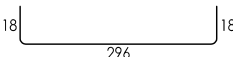
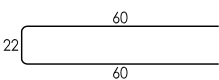
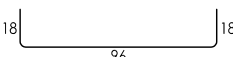
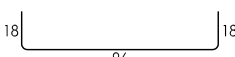
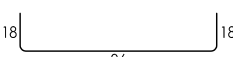
Nbre.	Longueur totale [m]	Hauteur [mm]	Pied plast.		Nbre.	Hauteur [mm]	Remarques	Pied plast.	
			avec	sans				avec	sans
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ACIER B 500B
TOPAR S

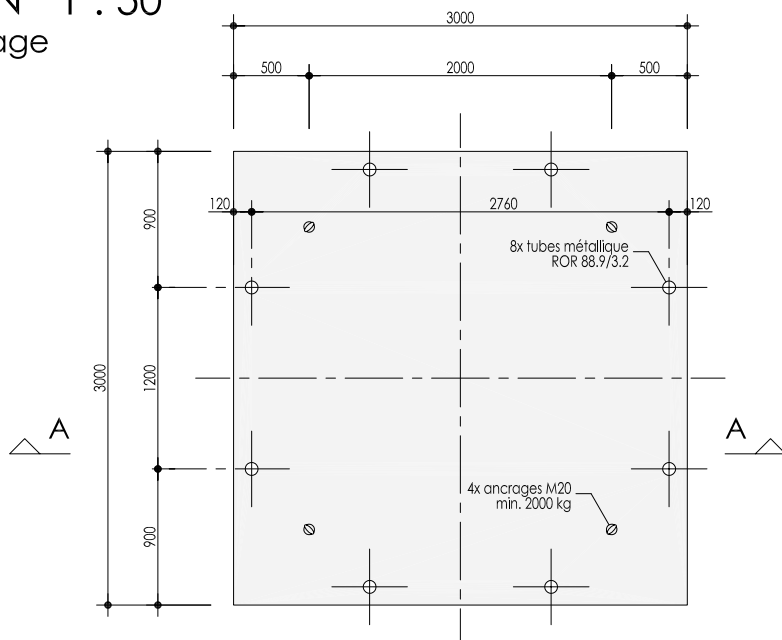
Plan No. :
08.02-001 / 005
07.01-001 / 002

Liste de fer No. :
2008-08.02-901a

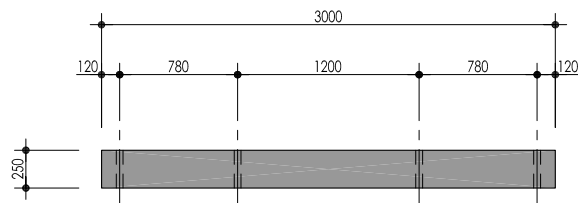
Page :
1

Pos.	Nbre.	Ø	Longueur		Façonnage (mesures exterieures en [cm]) sauf indications spéciales les armatures sont pliées selon les spécifications de la norme SIA 262	Remarques
			dev.	totalle		
1	876	10	3.32	2908.32		7x (24+24) + 9x (30+30)
2	339	16	3.32	1125.48		7x (24+24) + 3
3	543	20	3.32	1802.76		9x (30+30) + 3
4	256	18	1.42	363.52		16x 16
5	90	10	1.32	118.80		5x (7+7) + (9+9) + 2
6	18	16	1.32	23.76		8+8 + 2
7	22	20	1.32	29.04		10+10 + 2
<p>Remarques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les barres livrées sont destinées aux trois séries de dalles pour l'EPFL. - Il est impératif de ne pas les mélanger avec d'autres armatures et de les conserver soigneusement. - Pour essais des matériaux 3 barres des positions 2, 3, ainsi que 2 barres des positions 5, 6 et 7 sont à transmettre à l'EPFL. - Toutes les barres du même diamètre doivent être coupées de la même fourniture d'acier. 						

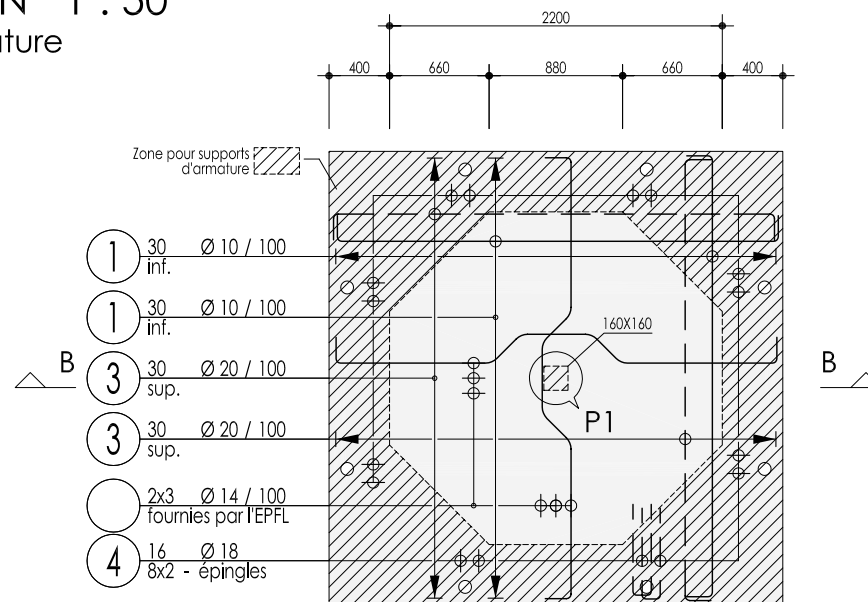
PLAN 1 : 50
coffrage



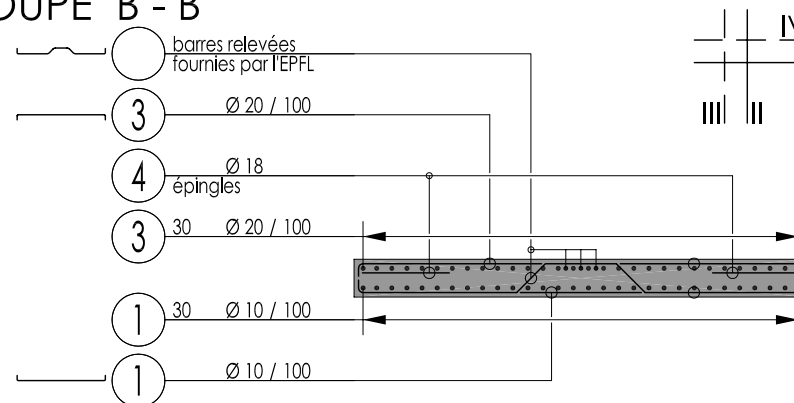
COUPE A - A



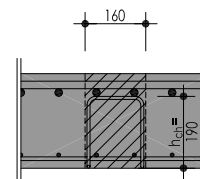
PLAN 1 : 50
armature



COUPE B - B



COUPE DETAIL P1 1 : 20



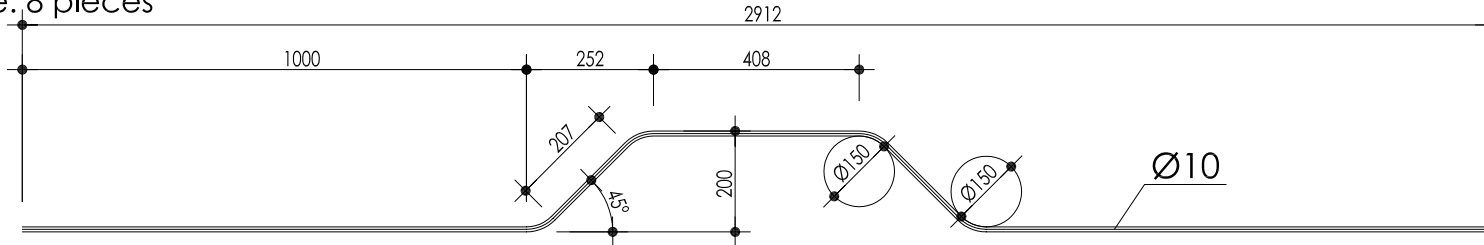
Remarques :

- pour essais des matériaux 2 barres Pos. 2 sont à transmettre à l'EPFL
- respecter les zones pour les supports

Date : 26 février 2009	Béton : vibré	Acier : B500B TOPAR S
Des. : It	Con. : It	
Révisions :	D _{max} : 16 mm	
-	Enrobage : 20 mm (sur surfaces coffrées)	
-		
-		
Dalles de poinçonnement		EPFL - ENAC - IS-Béton
Dalles : PT43 à PT45 (ρ=1.50 %)		laboratoire de construction en béton
plan de coffrage et d'armature		Plan N° : 2009-07.01-001

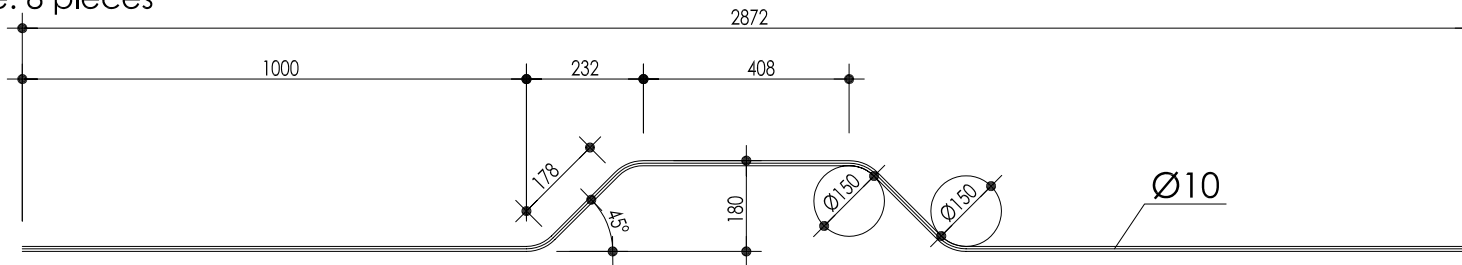
Barre type 1a

Acier: B 500B TOPAR R
Quantité: 8 pièces



Barre type 2a

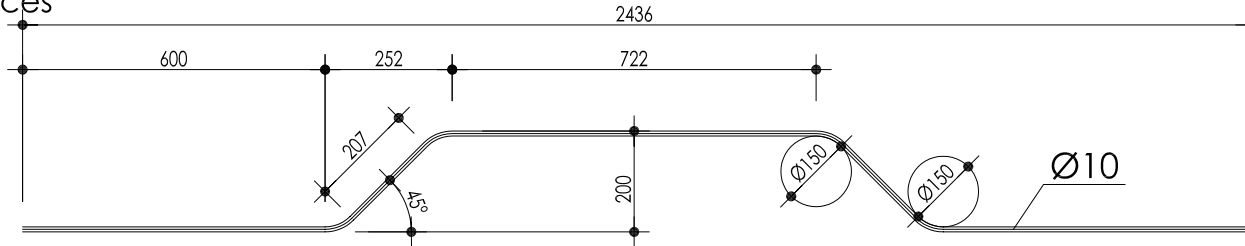
Acier: B 500B TOPAR R
Quantité: 8 pièces



Date : 26 février 2009		Acier: B 500B	
Des. :	It	Con. :	It
Révisions :		TOPAR R	
-		selon SIA 262 (2003)	
-		Façonnage	
-		et pliage: selon SIA 262 (2003) chiffre 5.2.4	
Barres relevées pour dalles de poinçonnement		EPFL - ENAC - IS-Béton	
Dalle : PT43 et PT44		laboratoire de construction en béton	
Détail d'armature: barres relevée		Plan N° : 2009-07.01-a	

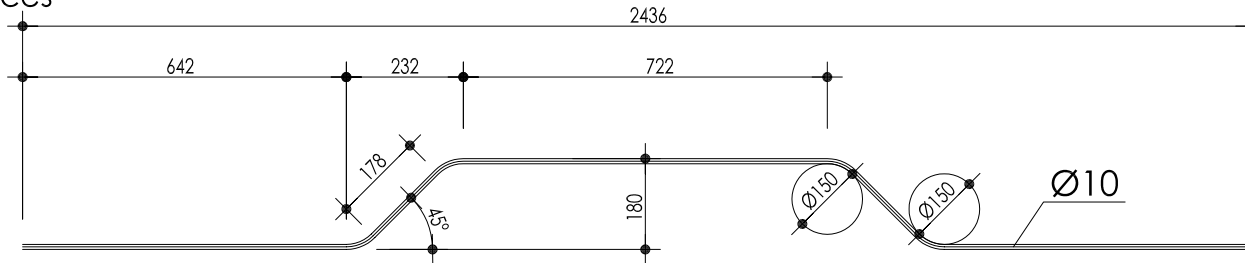
Barre type 1b

Acier: B 500B TOPAR R
Quantité: 3 pièces



Barre type 2b

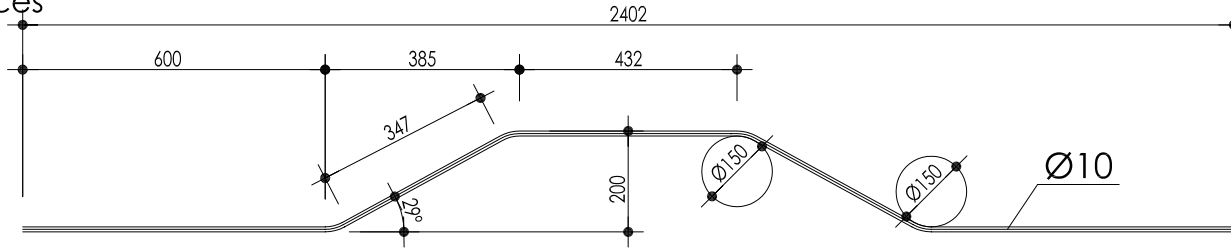
Acier: B 500B TOPAR R
Quantité: 3 pièces



Date :	26 février 2009	Acier: B 500B TOPAR R selon SIA 262 (2003)
Des. :	It Con. : It	
Révisions :		Façonnage et pliage: selon SIA 262 (2003) chiffre 5.2.4
-		
-		
Barres relevées pour dalles de poinçonnement		EPFL - ENAC - IS-Béton laboratoire de construction en béton
Dalle : PT44		Plan N° : 2009-07.01-b
Détail d'armature: barres relevée		

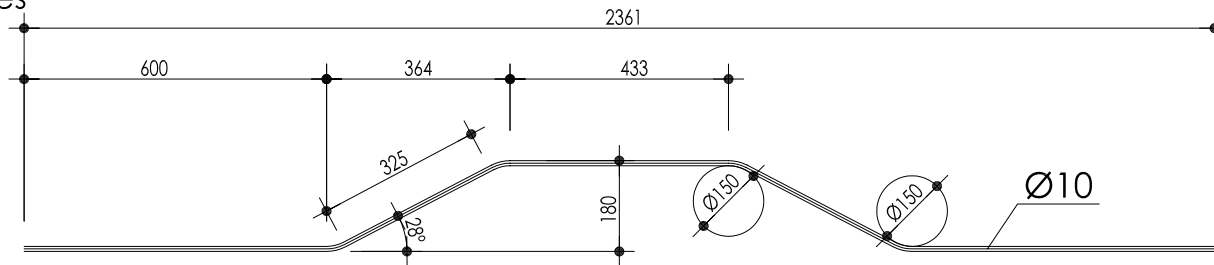
Barre type 1c

Acier: B 500B TOPAR R
Quantité: 3 pièces



Barre type 2c

Acier: B 500B TOPAR R
Quantité: 3 pièces



Date :	26 février 2009	Acier:	B 500B TOPAR R selon SIA 262 (2003)
Des. :	It	Con. :	It
Révisions :	Façonnage et pliage: selon SIA 262 (2003) chiffre 5.2.4		
-			
-			
-			

Barres relevées pour dalles de poinçonnement	EPFL - ENAC - IS-Béton laboratoire de construction en béton
Dalle : PT45 Détail d'armature: barres relevée	Plan N° : 2009-07.01-c

Ingénieur :	Liste d'armatures No. : 2009-07.01-101	
Construction : Dalles de poinçonnement série : PT dalles : de PT43 à PT45	Pour le plan No. : -	
	Date : 06.02.2009	ACIER B 500B TOPAR S selon SIA 262
Dessiné : It		
Vérifié : -		
Révisé : -		
Entrepise : EPFL - ENAC - IS-BETON GC B2, 1015 Lausanne		

Récapitulation de la liste d'armatures :

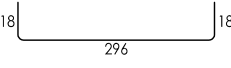
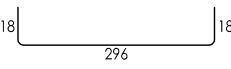
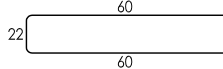
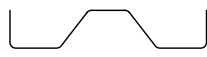
Ø [mm]	Longueurs fixes et de stock :		Poids par m [kg/m] :	Ø [mm]	Barres façonnées :	
	Longueur [m] :	Poids [kg] :			Longueur [m] :	Poids [kg] :
6			0.222	6		
8			0.395	8		
10			0.617	10	567.6	350
12			0.888	12		
14			1.21	14		
16			1.58	16		
18			2.00	18	68.16	136
20			2.47	20	567.6	1402
22			2.98	22		
26			4.17	26		
30			5.55	30		
34			7.13	34		
40			9.87	40		

Total longueurs fixes et de stock :	- kg	Total barres façonnées :	1888 kg
-------------------------------------	------	--------------------------	---------

Nombre de positions : (sans les longueurs de stock)	3	Total général :	1888 kg
---	---	-----------------	---------

Paniers de support : (longueur 2.5 m)	Cavaliers :
---------------------------------------	-------------

Nbre.	Longueur totale [m]	Hauteur [mm]	Pied plast.		Nbre.	Hauteur [mm]	Remarques	Pied plast.	
			avec	sans				avec	sans
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ACIER B 500B TOPAR S					Plan No. : -	Liste de fer No. : 2009-07.01-101	Page : 1/1
Pos.	Nbre.	Ø	Longueur		Façonnage (mesures exterieures en [cm]) sauf indications spéciales les armatures sont pliées selon les spécifications de la norme SIA 262	Remarques	
			dev.	totalle			
1	180	10	3.32	567.6		3 x (30+30)	
2	-	-	-	-		-	
3	180	20	3.32	567.6		3 x (30+30) + 3	
4	48	18	1.42	68.16		3 x 16	
						fournies par l' IS-BETON	

Remarques :

- Les barres livrées sont destinées aux séries de dalles pour l'EPFL.
- Il est impératif de ne pas les mélanger avec d'autres armatures et de les conserver soigneusement.
- Pour essais des matériaux 2 barres des positions 2 et 3 sont à transmettre à l'EPFL.
- Toutes les barres du même diamètre doivent être coupées de la même fourniture d'acier.