

Badanie wpływu zagłębienia dybli w betonie na pracę szczeliny w nawierzchniach z betonu cementowego.

**Tytuł oryginalny: Untersuchungen über den Einfluss reduzierter Dübeleinbindelängen auf die
Wirksamkeit der Fugenkonstruktion bei Betonstraßen**

**Autor: prof. Stephan Freudenstein TU Monachium
Opracował: mgr inż. Piotr Heinrich OAT**

Spis treści

- Przegląd literatury
- Badanie teoretyczne metodą FE
- Próby laboratoryjne na małych próbkach
- Próba na dużym stanowisku badawczym
- Podsumowanie

Institut für Bauingenieurwesen VI
Lehrstuhl und Prüfamnt für Bau von Landverkehrswegen
Technische Universität München

Untersuchungen über den Einfluss reduzierter Dübeleinbindelängen auf die
Wirksamkeit der Fugenkonstruktion bei Betonstraßen

Dipl.-Ing. Univ. Stephan Freudenstein

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor – Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. F. Valentin

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing. habil. G. Leykauf

2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. P. Schießl

Die Dissertation wurde am 05.04.2001 bei der Technischen Universität München eingereicht und
durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen am 29.06.2001 angenommen.

Plan

- Wymagania specyfikacji
- Przyczyny niewłaściwego położenia dybli
- Wyniki obliczeń teoretycznych
- Badania laboratoryjne pojedynczych dybli
- Badania lab. zachowania dybli w płycie
- Wnioski i zalecenia

Institut für Bauingenieurwesen VI
Lehrstuhl und Prüfamnt für Bau von Landverkehrswegen
Technische Universität München

Untersuchungen über den Einfluss reduzierter Dübeleinbindelängen auf die
Wirksamkeit der Fugenkonstruktion bei Betonstraßen

Dipl.-Ing. Univ. Stephan Freudenstein

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor – Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. F. Valentin

Prüfer der Dissertation:

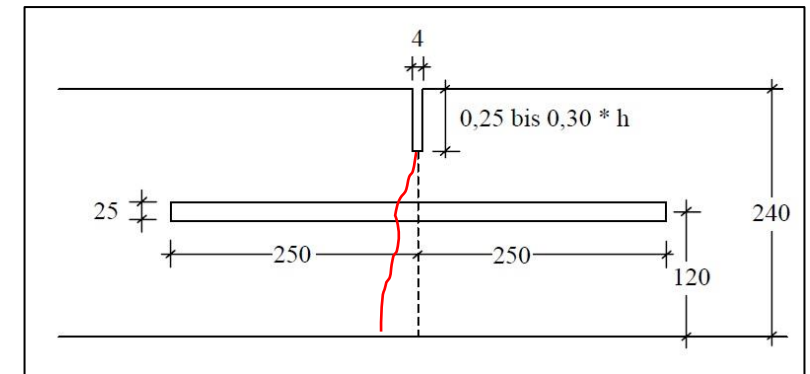
1. Univ.-Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing. habil. G. Leykauf

2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. P. Schießl

Die Dissertation wurde am 05.04.2001 bei der Technischen Universität München eingereicht und
durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen am 29.06.2001 angenommen.

Wstęp

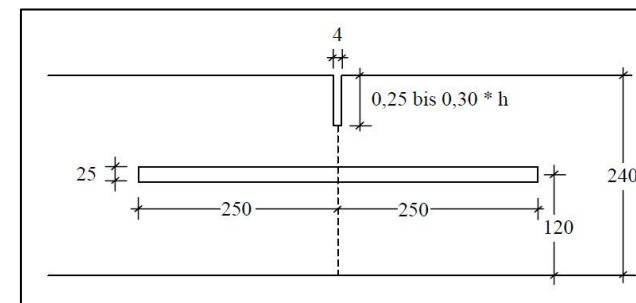
- lata 70-te XX w. - nawierzchnie dyblowane bez szczeliny rozszerzania
- dyble powlekane zapewniające swobodne liniowe przesunięcie wzajemne płyt
- praca badawcza w celu wyjaśnienia przyczyn powstawania rys w sąsiedztwie szczelin
- położenie dybli zależy od sił tarcia między świeżym betonem a powierzchnią dybla
- przy 30 cm odstępie między dyblami i typowym obciążeniu 50 kN
 - na 1 dybel przypada 14,6% obciążenia tj. ok. 4 kN
 - dla 130 kN nacisku osi daje to ok. 5 kN
- zazębianie krawędzi rysy obniża obciążenie dybli ale zmienia się w czasie



Wymagania specyfikacji

Tabela 19. Przewodnik do oceny jakości ustawienia pojedynczego dybla w nawierzchni betonowej

Rodzaje odchyłek błędnego ustawienia pojedynczego dybla od położenia projektowanego	Akceptacja/zgodność z wymaganiami/ - bez potrąceń	Granice przedziału odchyłek - z potrąceniami	Dolna granica przedziału odchyłek - nie do odbioru
Podłużne przesunięcie dybla w poziomie	$\leq 50 \text{ mm}$	$51 \div 100 \text{ mm}$	101 mm
Przesunięcie dybla w pionie	$\leq 20 \text{ mm}$	$21 \div 40 \text{ mm}^{\text{a)}}$	$41 \text{ mm}^{\text{b)}}$
Zmiana rozstawu dybli wynikająca z poprzecznego przesunięcia dybla w poziomie	$\leq 50 \text{ mm}$	$51 \div 75 \text{ mm}$	76 mm
Odchylenie w poziomie dybla o długości 500 mm	$< 15 \text{ mm}$	$15 \div 40 \text{ mm}$	41 mm
Odchylenie w pionie dybla o długości 500 mm	$< 15 \text{ mm}$	$15 \div 40 \text{ mm}$	41 mm
a) oraz dodatkowe wymagania konieczne do spełnienia: odległość środka dybla od spodu nacięcia szczeliny jest nie mniejsza od wartości: $(6 + \frac{1}{2} \text{ średnicy dybla}) \text{ [mm]}$ i grubość otuliny betonu nad górnym końcem dybla (w wyniku przesunięcia pionowego) jest nie mniejsza niż 65 mm. b) oraz dodatkowe warunki dyskwalifikujące dyble do odbioru: odległość środka dybla od spodu nacięcia szczeliny jest mniejsza od wartości: $(6 + \frac{1}{2} \text{ średnicy dybla}) \text{ [mm]}$ lub grubość otuliny betonu nad górnym końcem dybla (w wyniku przesunięcia pionowego) jest mniejsza niż 65 mm.			



Wg. ZTV Beton:

$\leq 50 \text{ mm}$

$\leq 20 \text{ mm}$

$\leq 20 \text{ mm}$

Na podstawie: Instrukcja DP-T 14, GDDKiA 2020

Przyczyny niewłaściwego położenia dybli

- W kierunku podłużnym
 - oznakowanie miejsca nacięcia szczeliny
- Wysokościowe:
 - Konsystencja betonu
 - Prędkość przesuwu układu
- Skośne
 - Konsystencja betonu (swoboda przemieszczenia)

Ciężar właściwy:

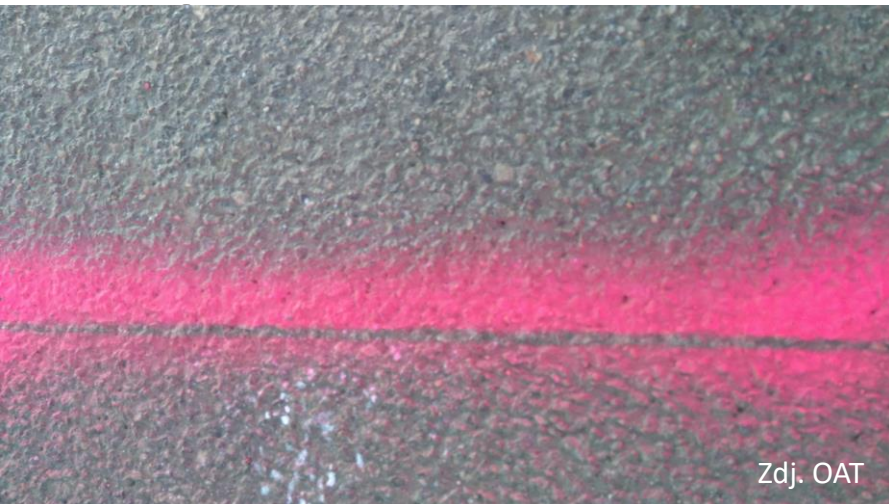
$$\gamma_{\text{betonu}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{stali}} = 78,5 \text{ kN/m}^3$$



Przyczyny niewłaściwego położenia dybli

- W kierunku podłużnym
 - oznakowanie miejsca nacięcia szczeliny
- Wysokościowe:
 - Konsystencja betonu
 - Prędkość przesuwu układarki



Przyczyny niewłaściwego położenia dybli

- W kierunku podłużnym
 - oznakowanie miejsca nacięcia
- Wysokościowe:
 - Konsystencja betonu
 - Prędkość przesuwu układu
- Skośne
 - Konsystencja betonu

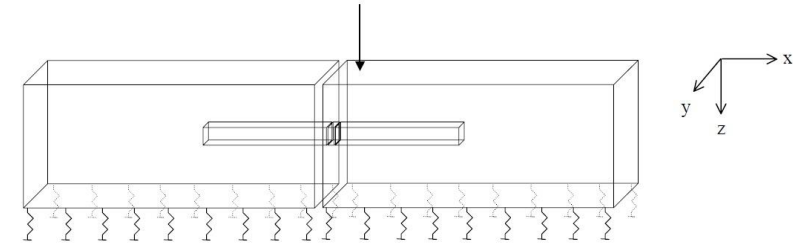
Ciężar właściwy:

$$\gamma_{\text{betonu}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

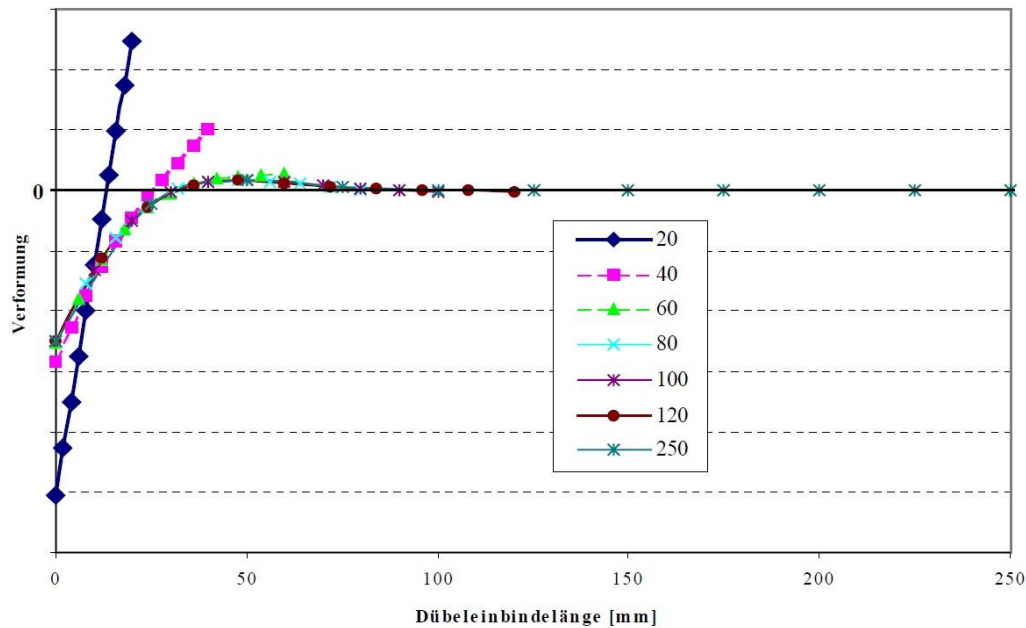
$$\gamma_{\text{stali}} = 78,5 \text{ kN/m}^3$$



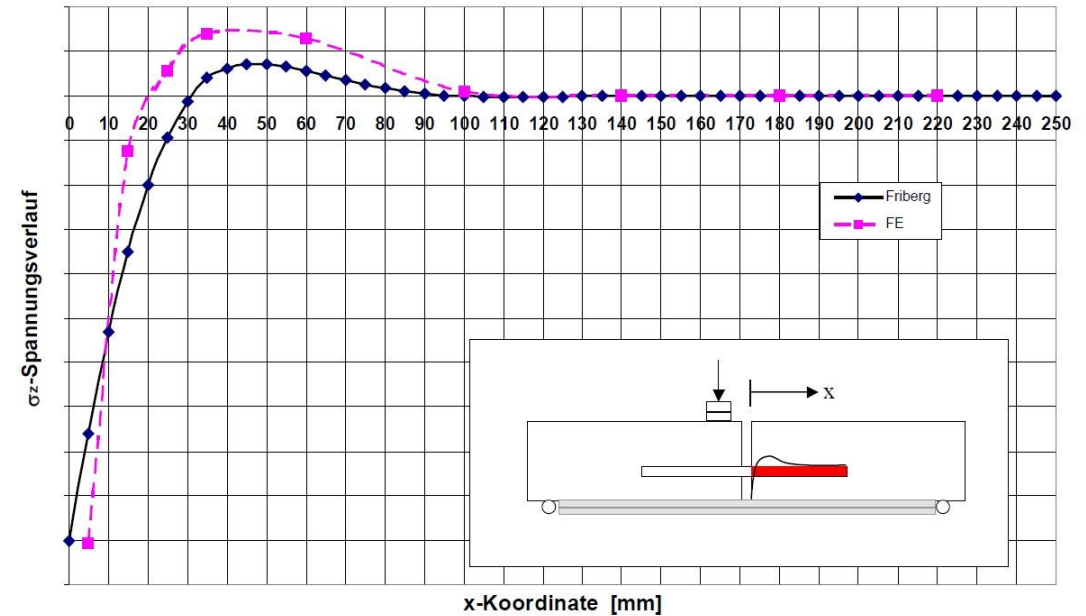
Przebieg odkształcenia dybli



Model dybla 25x25 mm do obliczeń (belka na spr. podłożu)

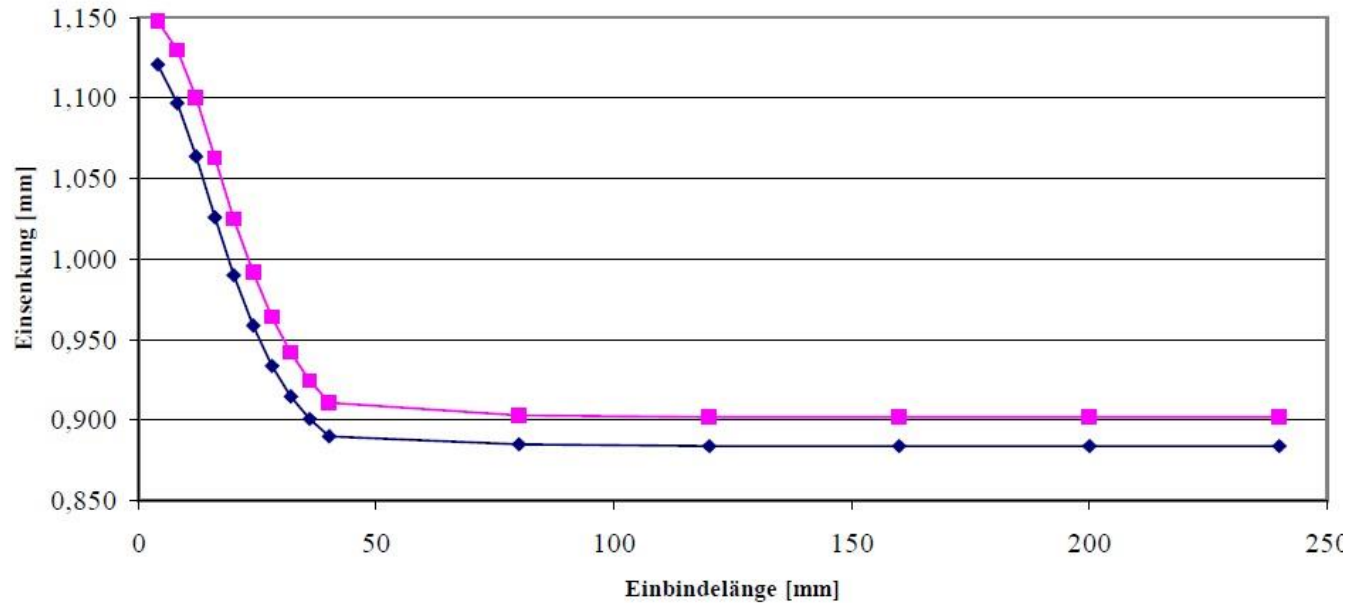


Odkształcenie dybli w zależności od zagłębienia w betonie



Pionowe naprężenia ściskające w zależności od zagłębienia w betonie dla 10 kN

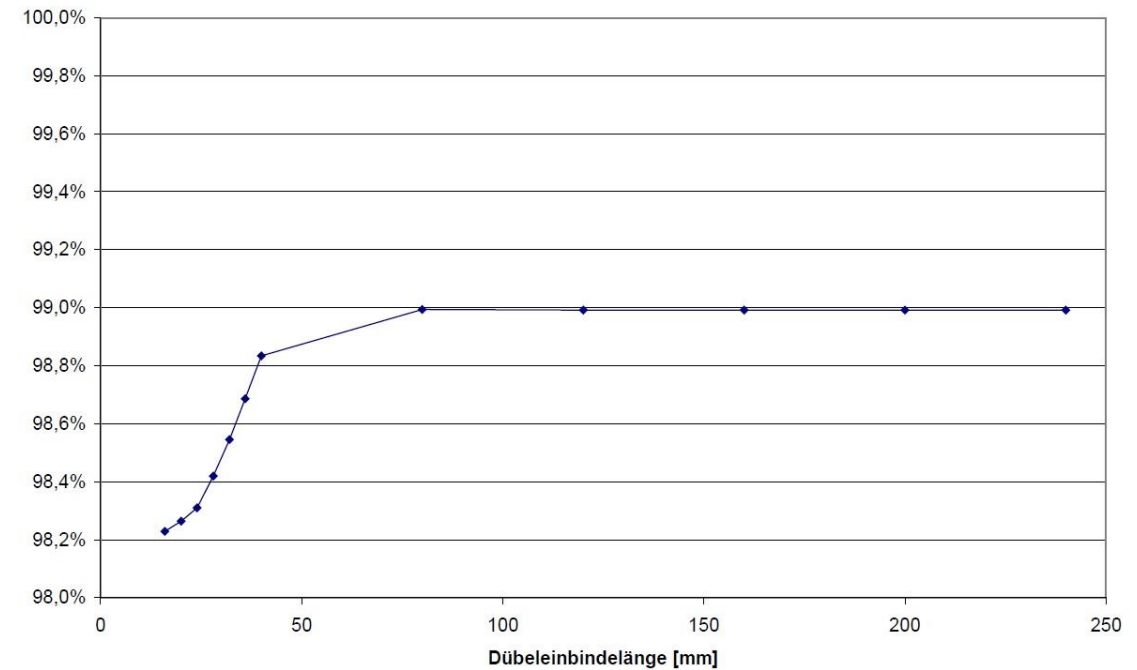
Wskaźnik współpracy płyt



Przemieszczenie krawędzi w zależności od zagłębienia dybla w betonie

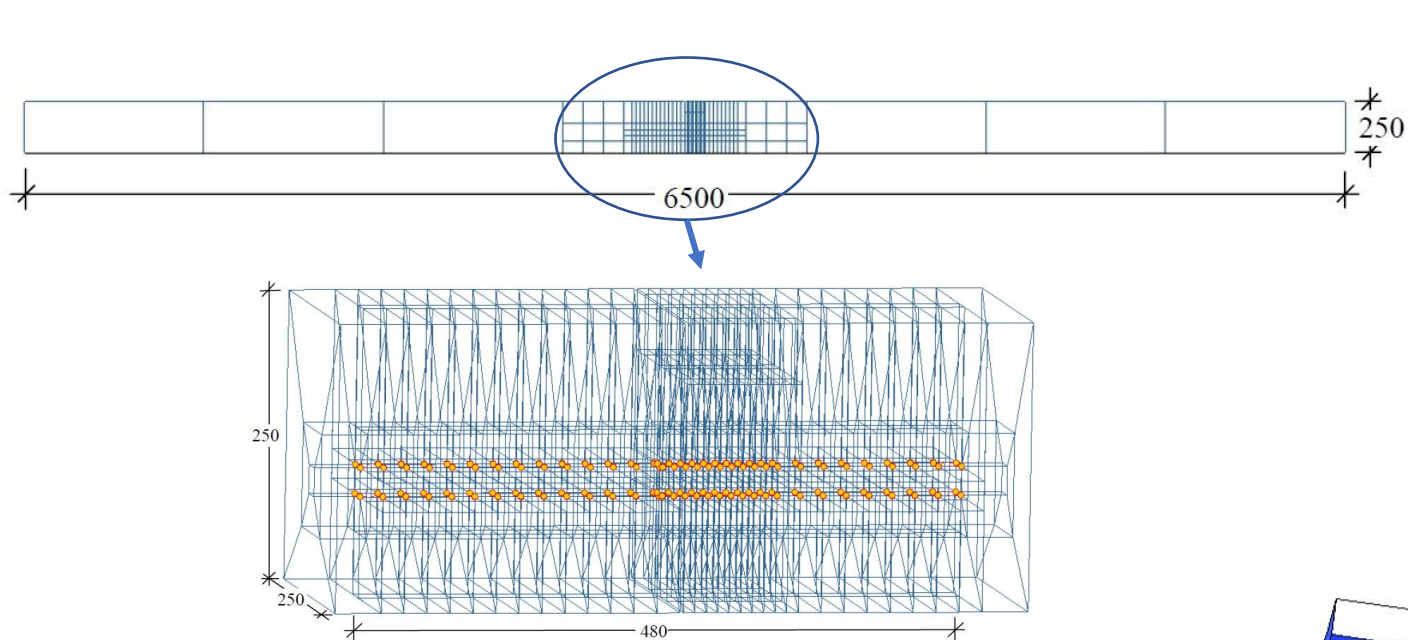
$$W = \frac{2 \cdot y_{nb}}{y_{nb} + y_b} \cdot 100 [\%]$$

Gdzie: y_b przemieszczenie płyty obciążonej; y_{nb} nieobciążonej

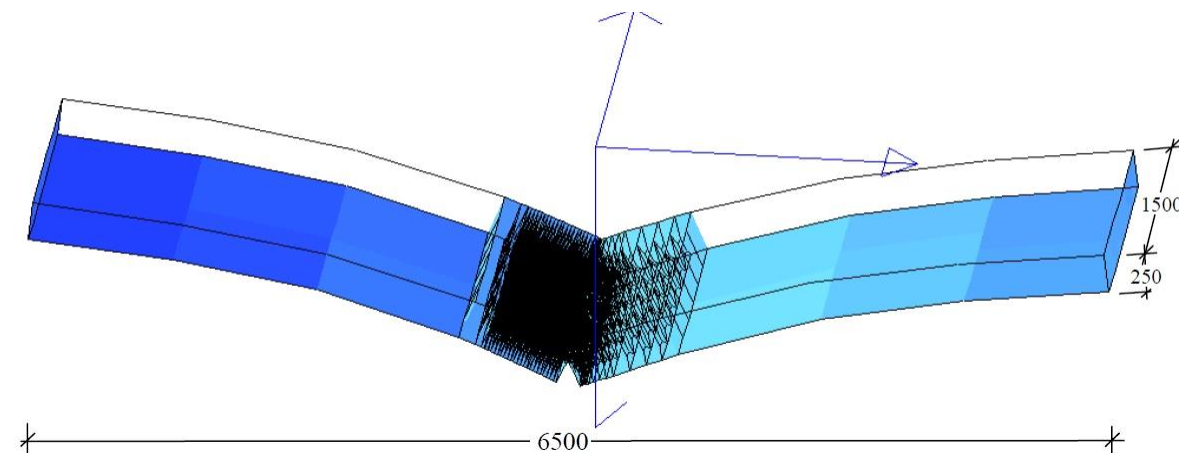
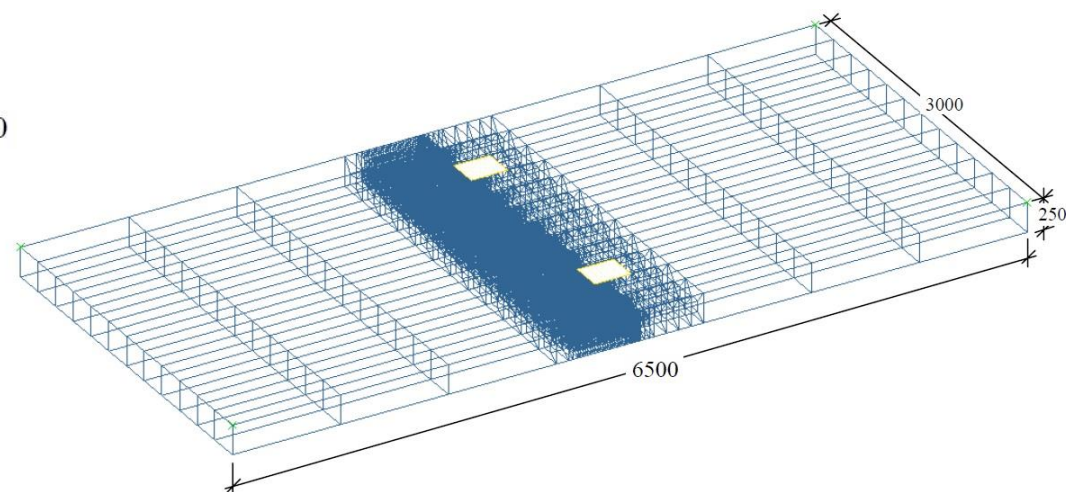


Wskaźnik współpracy płyt w zależności od zagłębienia dybla

Model do obliczeń FE

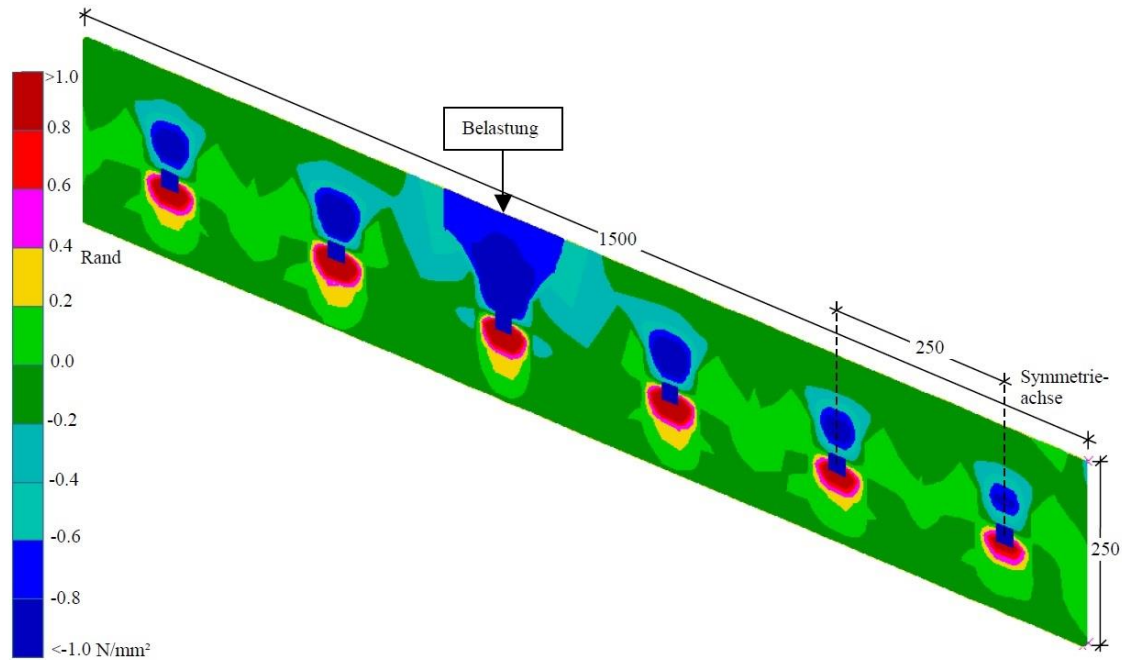


12 dybli
10 000 elementów objętościowych
20 000 elementów powierzchniowych
1500 elementów liniowych



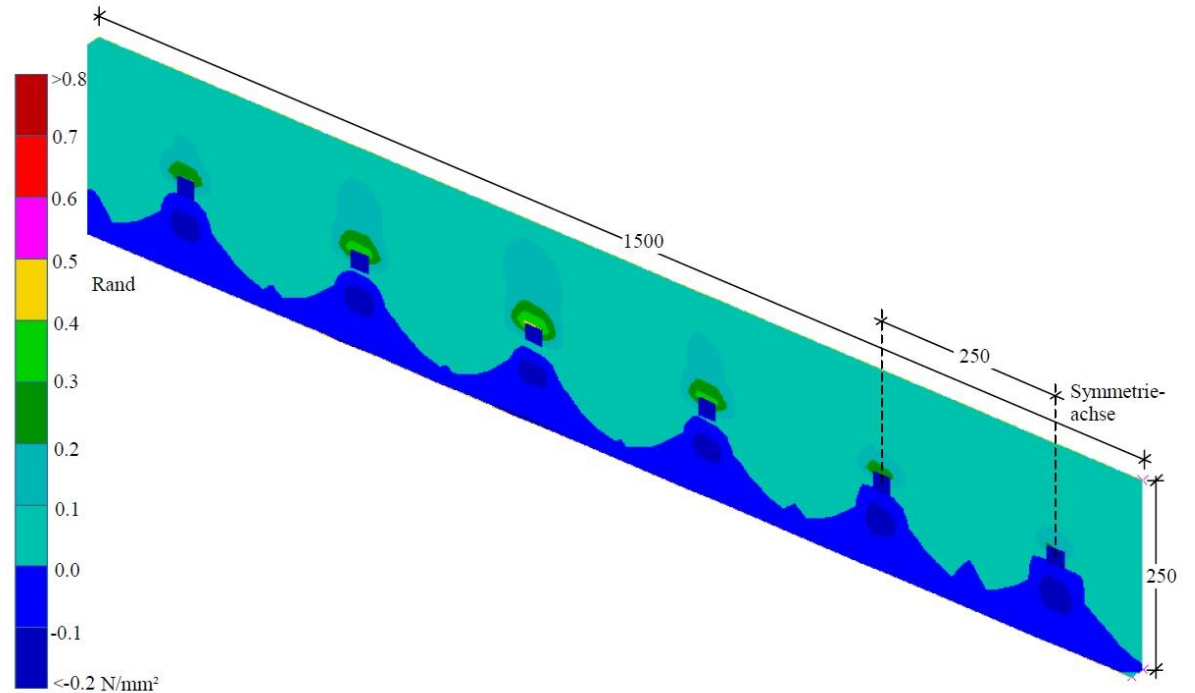
Model ugięcia przy 40 mm zagłębienia dybli (1000 x powiększenie w osi Z)

Naprężenie w sąsiedztwie dybli



Rozkład naprężeń pionowych w przekroju położonym 10 mm od szczeliny na płycie obciążonej (40 mm zagłębienia Dybla)

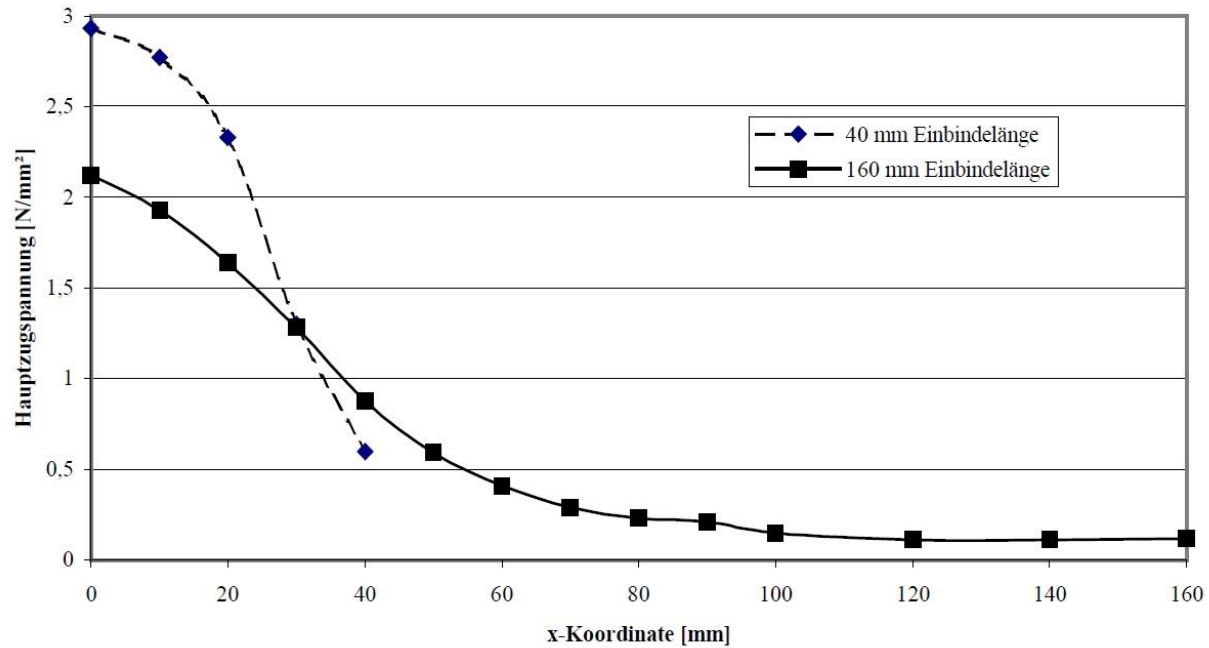
Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu wymagana¹⁾ 5,5, MPa spada z czasem do 2,75 MPa



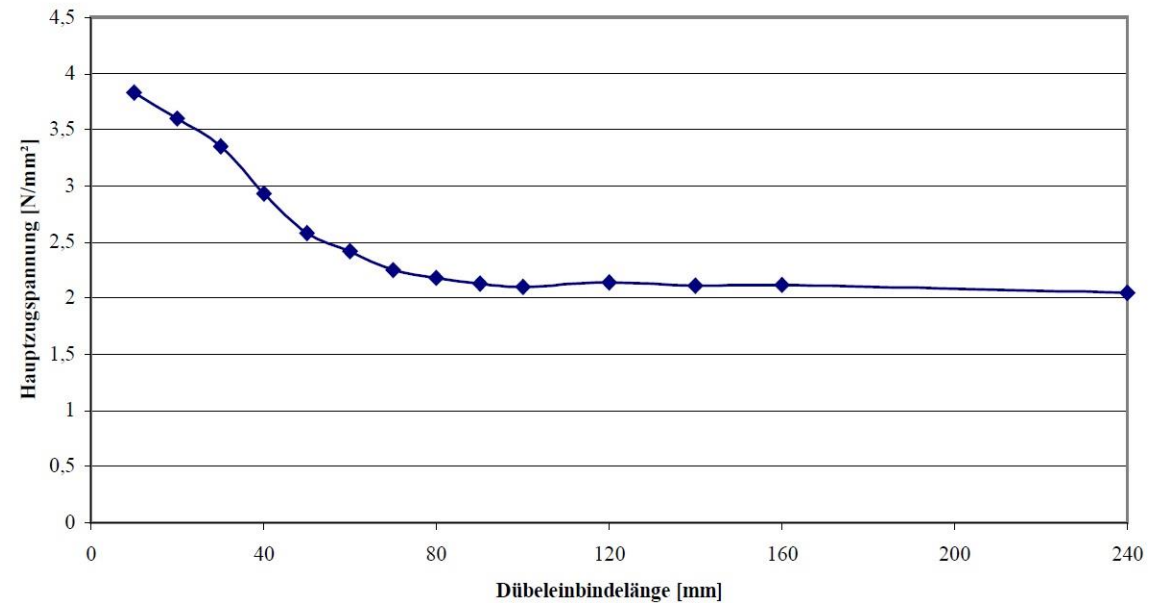
na płycie nieobciążonej w przekroju 30 mm od szczeliny

1) wg. ZTV Beton

Naprężenia główne rozciągające

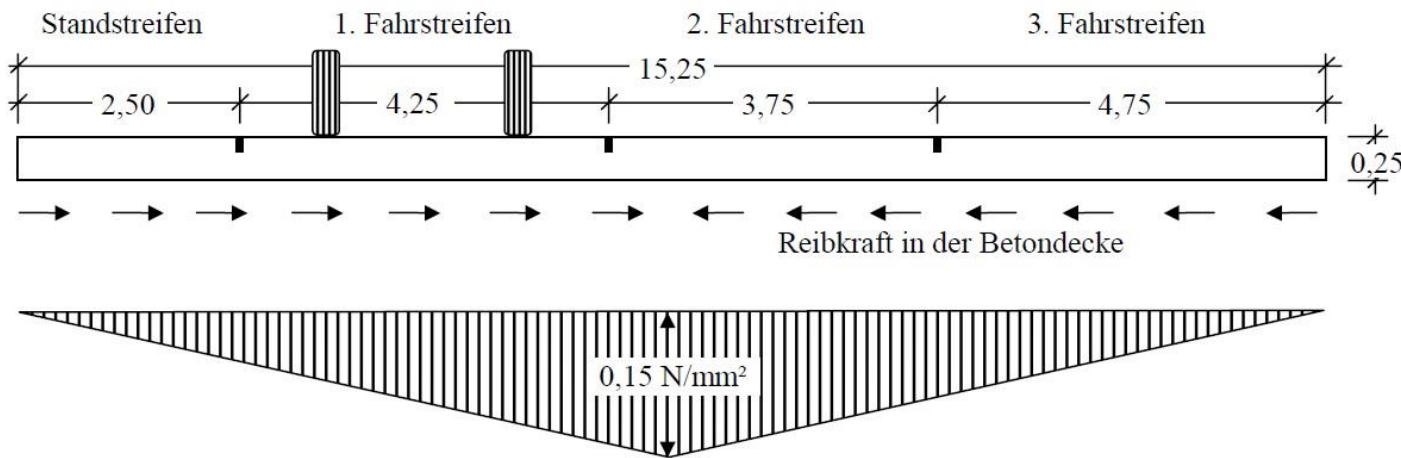
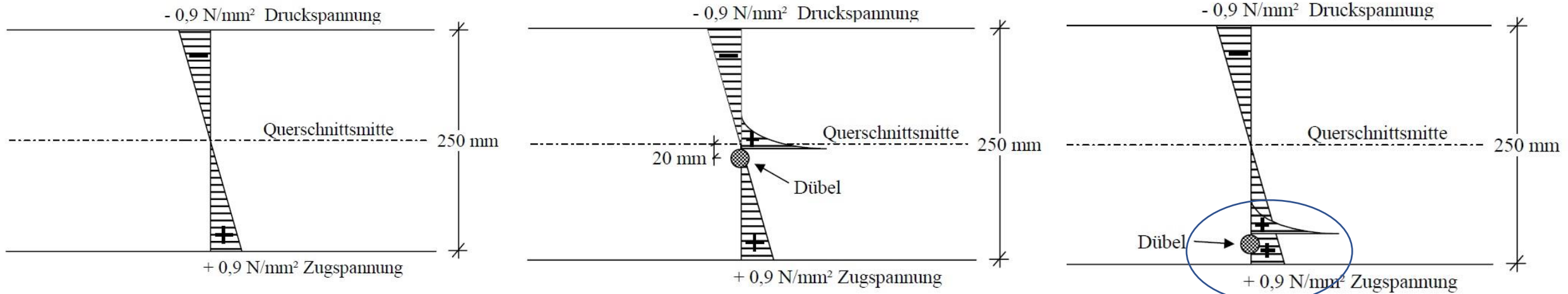


Naprężenia rozciągające bezpośrednio nad dyblem dla 40 mm i 160 mm zagłębienia dybla w betonie



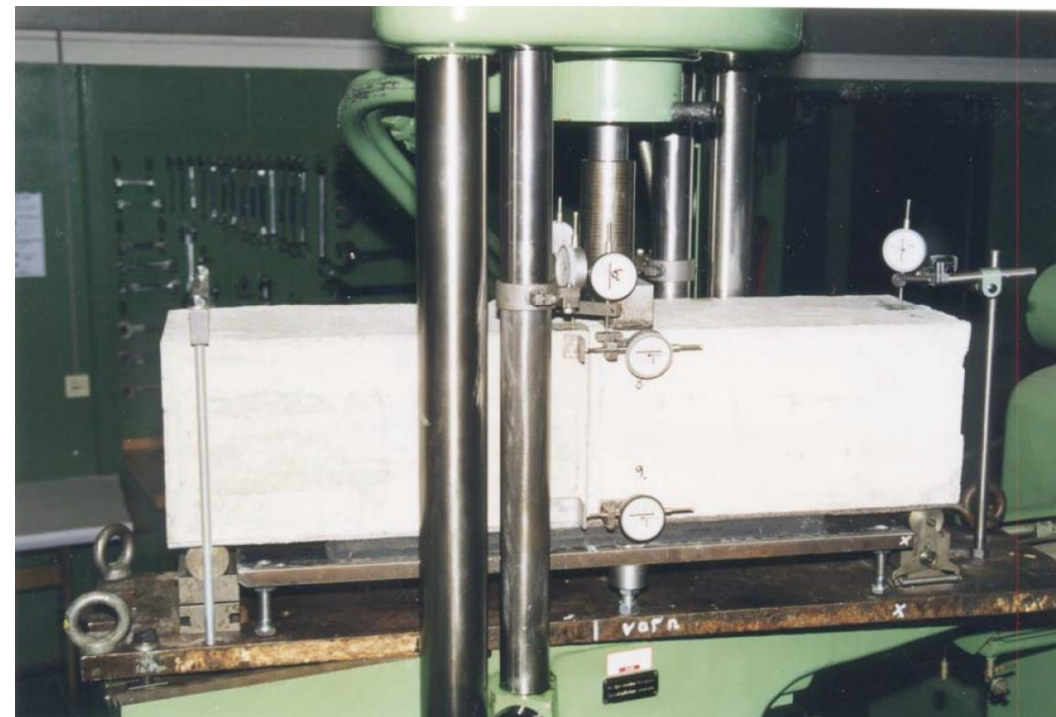
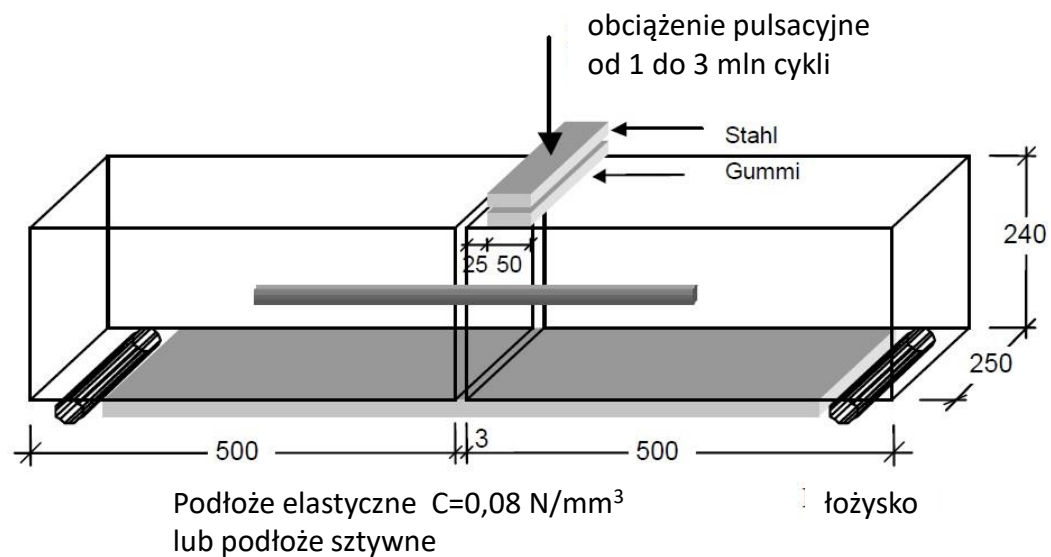
Naprężenia rozciągające główne nad dyblem w zależności od głębokości zagłębienia dybla w betonie

Liniowy rozkład naprężeń w płycie



Naprężenia rozciągające od równomiernego obniżenia temperatury

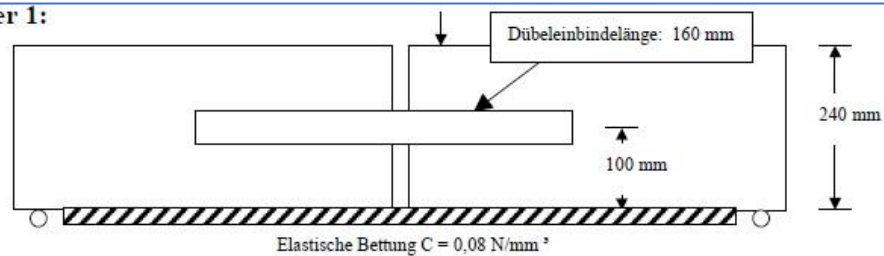
Badania laboratoryjne pojedynczych dybli



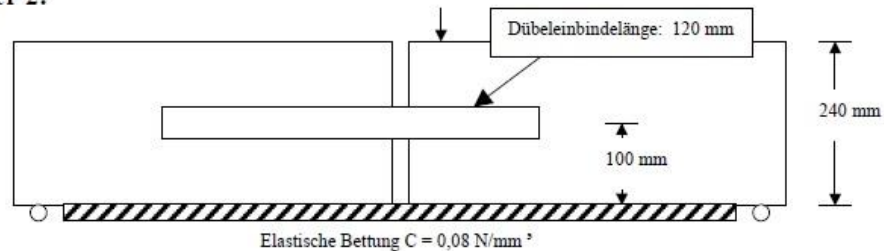
Rozmieszczenie czujników przemieszczenia na stanowisku badawczym

B

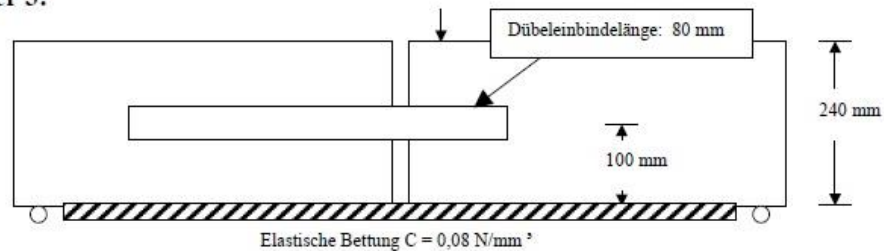
Probekörper 1:



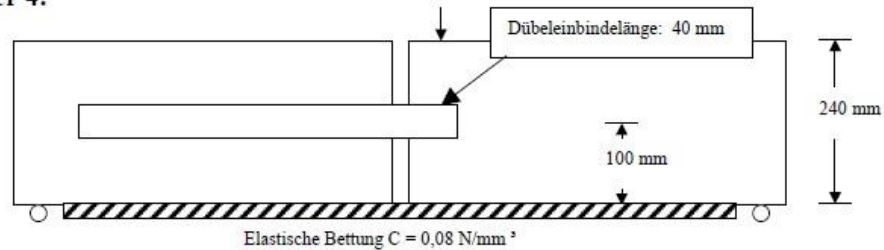
Probekörper 2:



Probekörper 3:

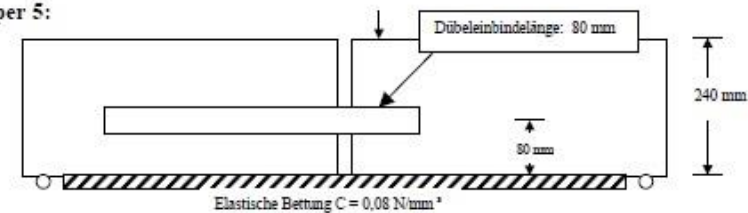


Probekörper 4:

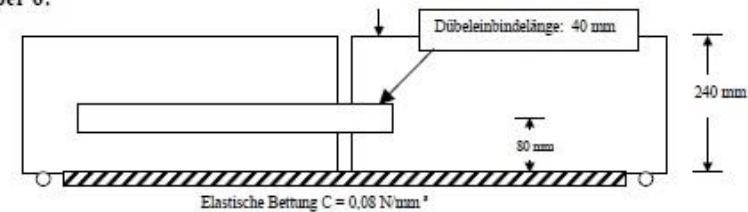


dync

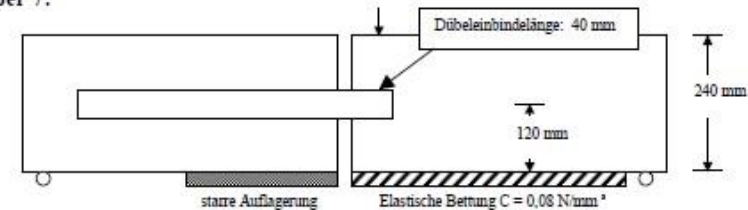
Probekörper 5:



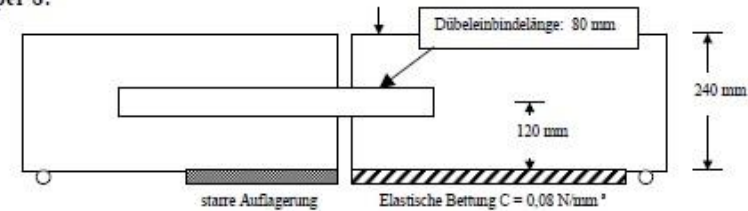
Probekörper 6:



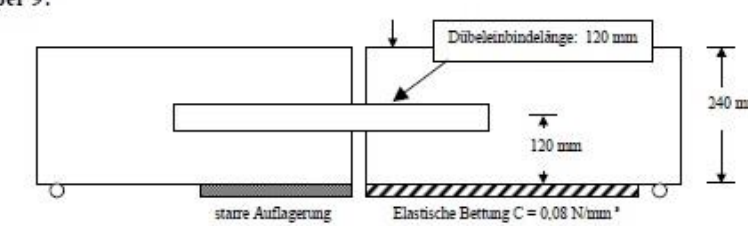
Probekörper 7:



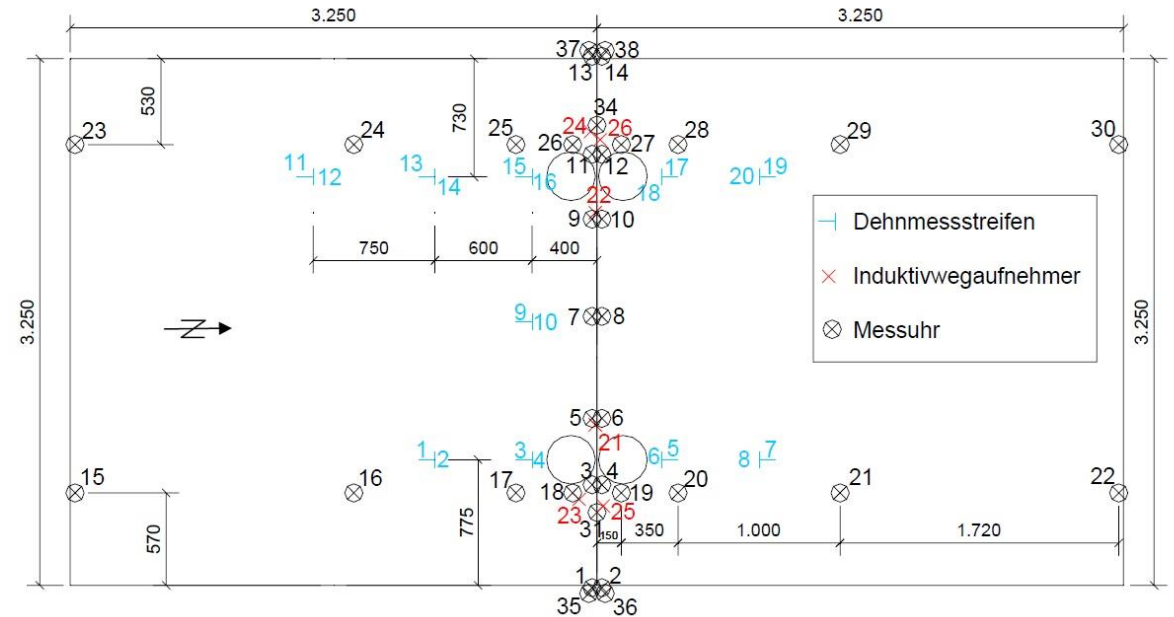
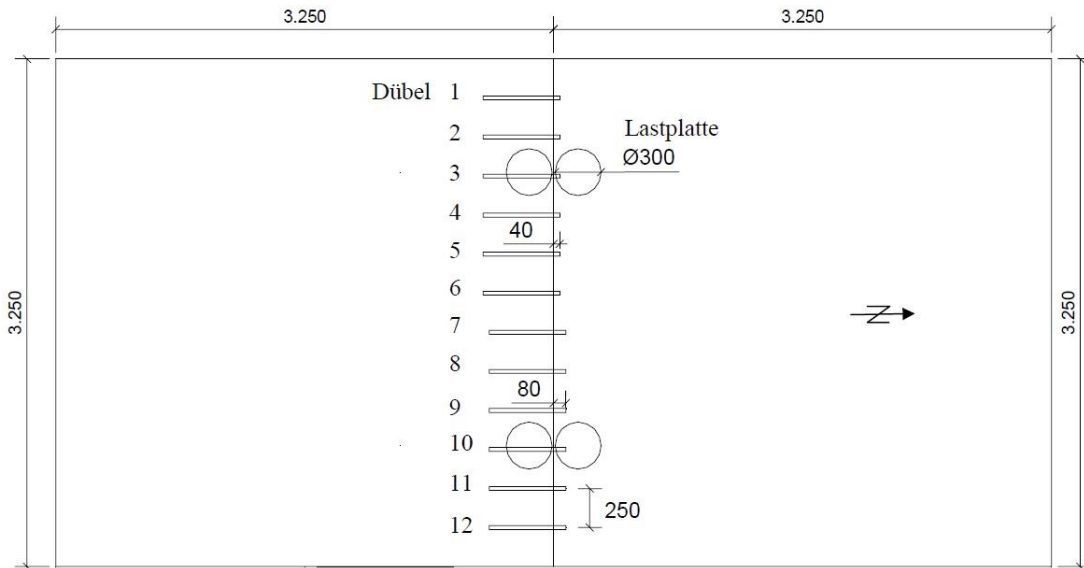
Probekörper 8:



Probekörper 9:

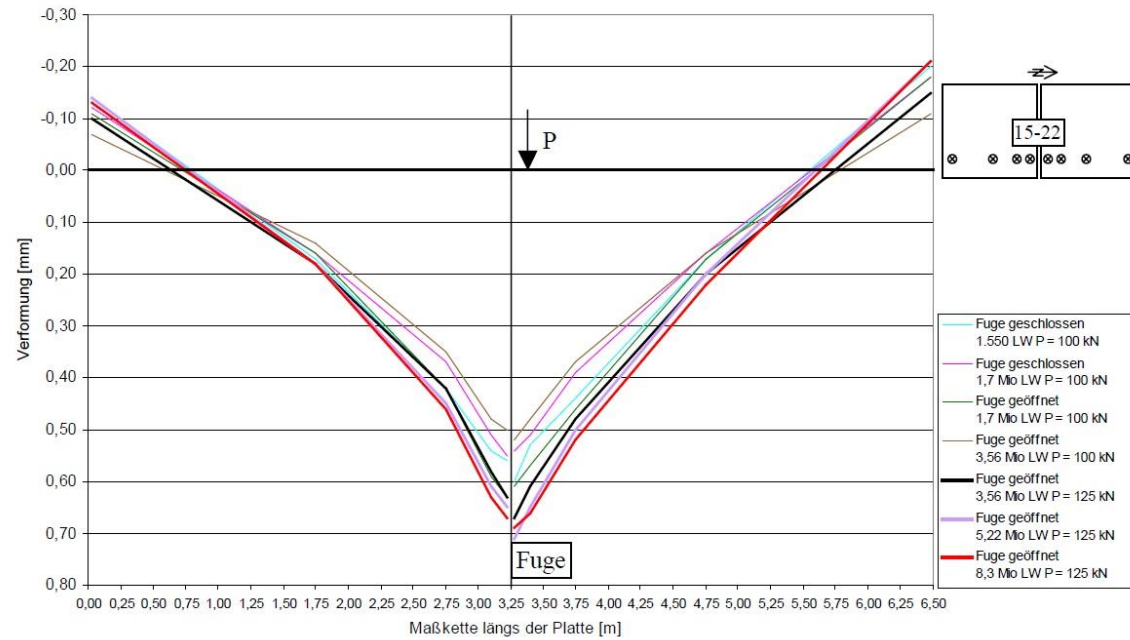


Duże stanowisko badawcze

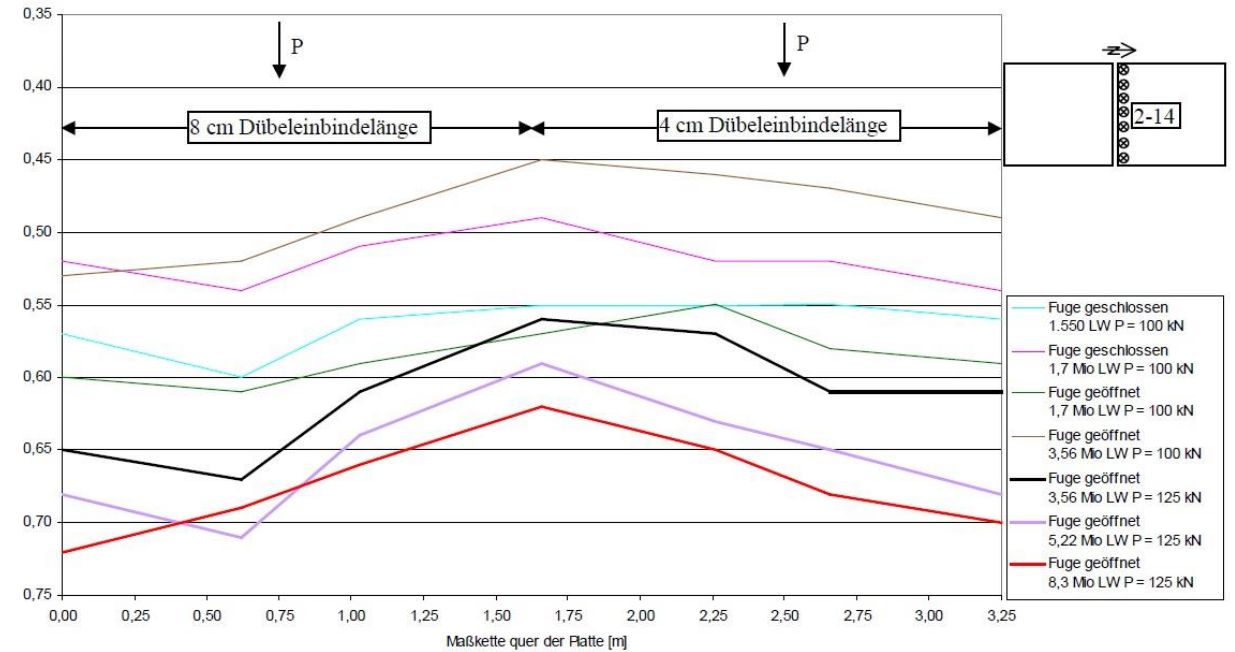


Rozmieszczenie czujników przemieszczenia

Duże stanowisko badawcze



Krzywa ugięć w kierunku osi płyty



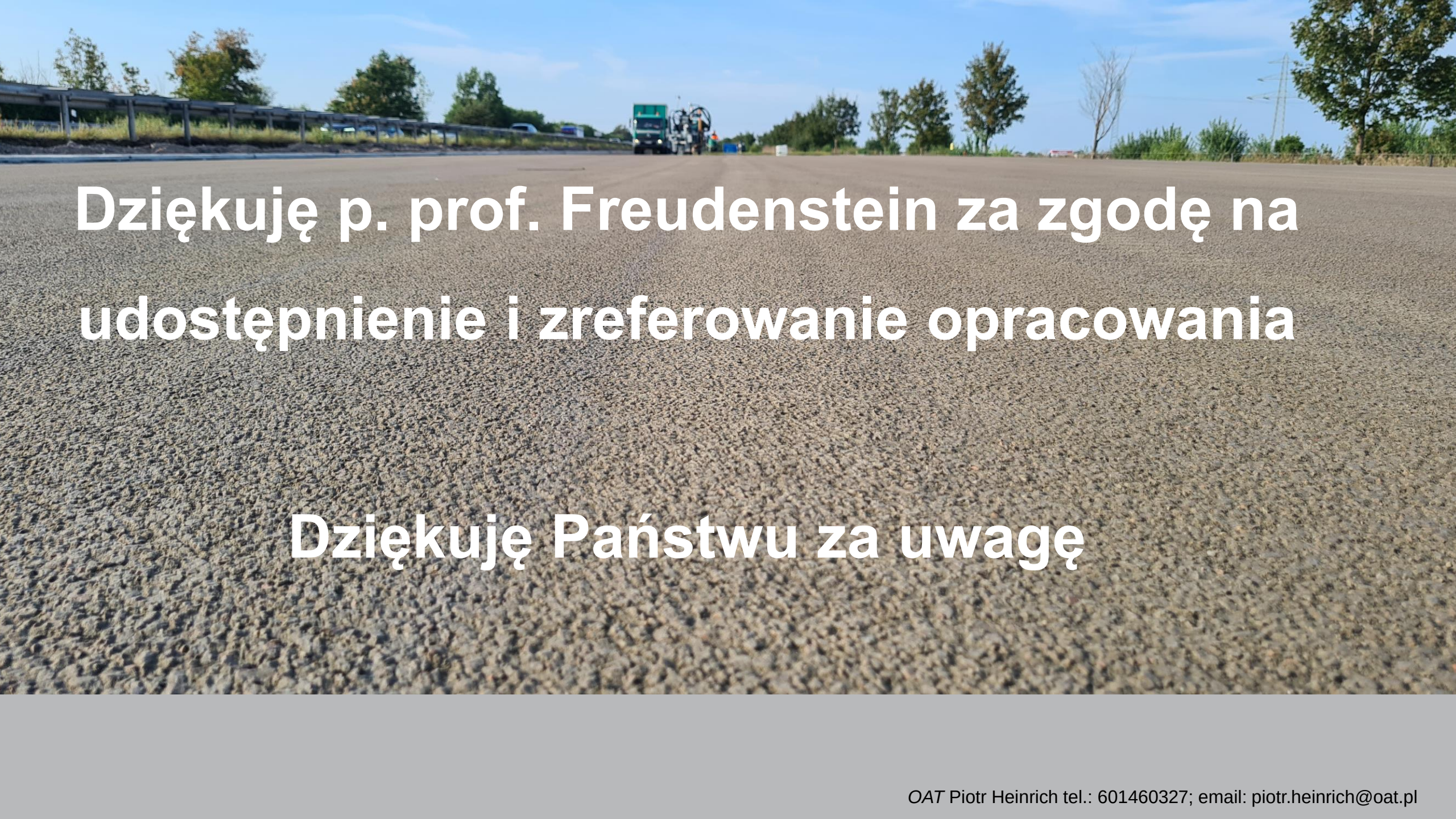
Krzywa ugięć w kierunku prostopadłym do osi płyty

Wnioski z badania

- Po 8,3 mln „przejazdów”:
 - Duże różnice między wzajemnymi przemieszczeniami krawędzi szczeliny w zależności od zagłębienia dybli
 - Dla (faktycznych 68 mm zagłębienia) dla zwiększonej częstotliwości obciążenia nie występowały różnice w przemieszczeniach
 - Gdy dla (faktycznych 30 mm zagłębienia) różnice były znaczące
 - Podobna sytuacja wystąpiła dla przemieszczenia dybla w stosunku do betonu – wzrost przemieszczeń dla mniejszego zagłębienia (przyczyną mogło być odkształcenie powłoki dybli, ale nie doprowadziło to do uszkodzenia betonu)
 - Oględziny potwierdziły brak uszkodzenia betonu (przy faktycznej śr. gł. zagł. 30 mm a także w przypadku pojedynczym 20 mm)
- Należy podkreślić, że badania nie w pełni odzwierciedlają rzeczywiste warunki pracy betonu, ponieważ stanowisko badawcze nie było poddawane zmianom temperatury i wilgotności

Wnioski i zalecenia

- geometra dybla powoduje osłabienie przekroju o 10%
- przy szczególnie dużych obciążeniach rysa rozpoczyna się od dybla, ale nie wynika wyłącznie z niewłaściwego położenia dybla,
- wbudowanie i oznakowanie położenia dybli wymaga szczególnej uwagi
- określone wymaganiami przesunięcie poziome max. 50 mm pozwala na uzyskanie wymaganego zagłębienia dybla w betonie
- przy dużych szerokościach płyt (15 m), niewielka zmiana konta pracy układarki powoduje odchylenia sięgające na skraju płyty nawet kilkunastu cm
- powyższe badania uzasadniają zwiększenie tolerancji przesunięcia liniowego do 75 mm bez szkody dla trwałości nawierzchni



**Dziękuję p. prof. Freudenstein za zgodę na
udostępnienie i zreferowanie opracowania**

Dziękuję Państwu za uwagę