Механика Транспорт Комуникации

Научно списание

ISSN 1312-3823

том 12, брой 3/3, 2014 г.

статия № 1082

http://www.mtc-aj.com

ОПИТНА ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ НА ШИРОКОМАЩАБНО ПОЛЕВО ИЗПИТВАНЕ НА РАЗЛИЧНИ ТИПОВЕ ПОЧВЕНИ АНКЕРИ, ПРОВЕДЕНО В БЕЛГИЯ 2005-2007г.

Ангел Димитров, Ивайло Анастасов
ing.angel.dimitrov@gmail.com, ivailo_an@abv.bg

Висшето транспортно училище „Тодор Каблешков"
София, 1574, ул. "Гео Милев" 158
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *почвени анкери, опитно изпитване, въжени анкери, опитни резултати*

Резюме: *Почвените анкери са често използвани в Белгия в различни типове сгради и съоръжения. Липсата на Белгийски геотехнически стандарт, който да се занимава с такъв тип елементи към 2004г., подтиква инжинерите от Belgian Building Research Institute да се заемат с изготвянето на унифицирано ръководство за изпълнение, оразмеряване и тестване на анкериращите системи в Белгия. За тази цел те извършват редица полеви тестове върху различни по вид почвени анкери. Опитите са разделени на две фази, като първата е предварителна, а втората е разширена тестова кампания, като общия брой изпитани анкери е 49. Използвани са два метода на изпитване – натоварване на стъпки и циклично натоварване, базирани на изискванията на анекс EN 1537:1999. Подбрана е за разкриване такава зона от опитното поле, в която да присъства поне по един анкер от всеки представен вид. Направени са следните наблюдения и замервания: напукване на корена, общ изглед на корена, бетоново покритие, наклон на анкера, диаметър на анкера. След анализ на тестовите резултати е определено граничното анкерно натоварване и глобално околно съпротивление. Направените заключения са относно носимоспособността на различните анкери в съответните почвени пластове, влиянието на наклона на анкера върху носещата му способност, влиянието на дължината върху свързващото напрежение, влиянието на тестовия метод върху капацитета на анкера, влиянието на диаметъра на анкера върху околното триене и ефективността на свободната дължина при самопоробивните анкери с кух прът.*

1. Съществуващо положение в Белгия-2004г.

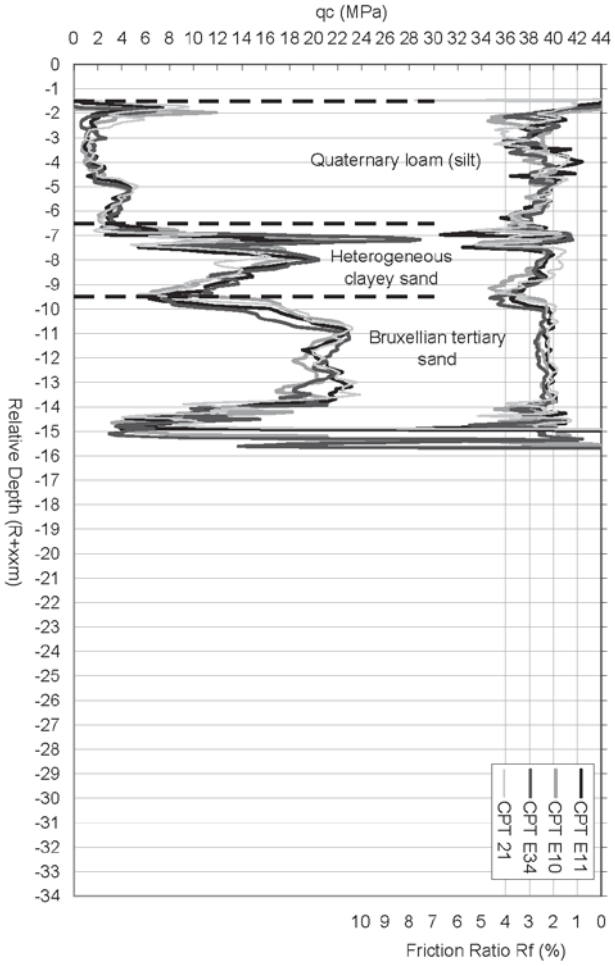
Почвените анкери са често използвани в Белгия в различни типове сгради и съоръжения (анкериране на подпорни стени, кейови стени, стабилизиране на откоси и др.). За съжаление до момента не съществува Белгийски геотехнически стандарт, който да се занимава с такъв тип елементи. Като следствие от това, за проектиране се използват спесификациите на различните производители съобразени със стандартите на страните, от които произхождат (най-често Франция и Германия), техните методологии за оразмеряване и тестване, без да има база за съпоставка между тях.

Тези предпоставки окуражават Belgian Building Research Institute (BBRI) да се заеме с изготвянето на унифицирано ръководство за изпълнение, оразмеряване и тестване на анкерните системи в Белгия.

2. Подготовка на теста.

Изборът на тестовата база на BBRI в Лимелет като най-подходяща локация за опита се обуславя от няколко основни фактора:

- базата е била вече използвана за няколко реално мащабни тестови кампании в миналото и поради тази причина е много добре документрана;
- предлага пространство и време да бъдат извършени сравнителни научни товарни тестове, което е почти невъзможно да се направи при изпълнението на реални фундаменти;



Фиг.1: Типичен за тестовата база пенетрационен тест

На Фиг.1 е показан един типичен за тестовата база пенетрационен тест, на който са отбелязани съответните почвени пластове.

Всички пластове представляват интерес за залагане и изпитване на анкери, като е решено изследването да се извърши в две фази:

- Фаза 1 представлява предварителна тестова кампания върху 5 класически IGU (Injection Globale et Unique) почвени анкера. Тя е проведена през 2005г. и целите, които се поставят с нея са:

Да се получат първоначални резултати за капацитета на анкерите в глинестия пласт, за който корена на анкера е разположен на ограничена дълбочина(±4м.под повърхност-та) и да се докаже общата устойчивост на почвения масив над анкера по време на тестовете;

- Да се получат първоначални резултати за капацитета на анкерите в плътния Еоценски пясък;
- Да се оцени приложимостта на инструменталните принципи за въжени анкери, разработени в лабораторна среда;
- Да се оцени полезността на допълнителна разширена тестова програма с различни видове почвени анкери в Лимелет;

Въз основа на тази предварителна кампания, е взето решение да се извърши Фаза 2 на проекта, състояща се в инсталирането и тестването на още 44 анкера от най-често срещаните в белгийската практика видове:

- Въжени анкери, за които сондирането се извършва с обсадна тръба и вътрешни тръби (IGU или 2T) в пластовете разнородни глинести пясъци и Терциерски и Еоценски пясъци;

- Въжени анкери, за които сондирането се извършва с обсадна тръба и уголемена оставаща пета (T1) в Терциерските Еоценски пясъци;
- Въжени анкери от предишния тип, но с възможност да се изпълни двуетапно постинжектиране в Терциерските Еоценски пясъци и в пласта с разнородни глинести пясъци;
- Самопробивни анкери с кух прът от вида „Dywidrill" в Квартернрската глина и в Терциерските Еоценски пясъци;
- Самопробивни анкери с кух прът от вида „Ischebeck Titan" в Терциерските Еоценски пясъци и в пласта с разнородни глинести пясъци;

3. Цели и задачи.

С разширената тестова програма в Лимелет се предвижда да се извлече повече информация, свързана с няколко аспекта и параметъра, изброени по-долу:

- Граничния капацитет на анкери от различни системи в глина и разнородни пясъци;
- Влиянието на метода на изпълнение върху капацитета на анкера;
- Влиянието на наклона на анкера върху капацитета му;
- Влиянието на диаметъра на сондата върху носимоспособността на анкера;
- Загубата на триене в „свободната дължина" (L_{free}) на анкера и в частност ефективността на свободната дължина при самопробивните анкери с кух прът;
- Сравнение на френската процедура за пробно натоварване на стъпки(TM3) с германската за циклично пробно натоварване (TM1);
- Линейното увеличение на носимоспособността на анкера с фиксираната дължина и начина , по който се мобилизира съпротивлението на триене във фиксираната дължина;
- Връзките между размерите на анкерите, начините на изготвяне и носимоспособността им;

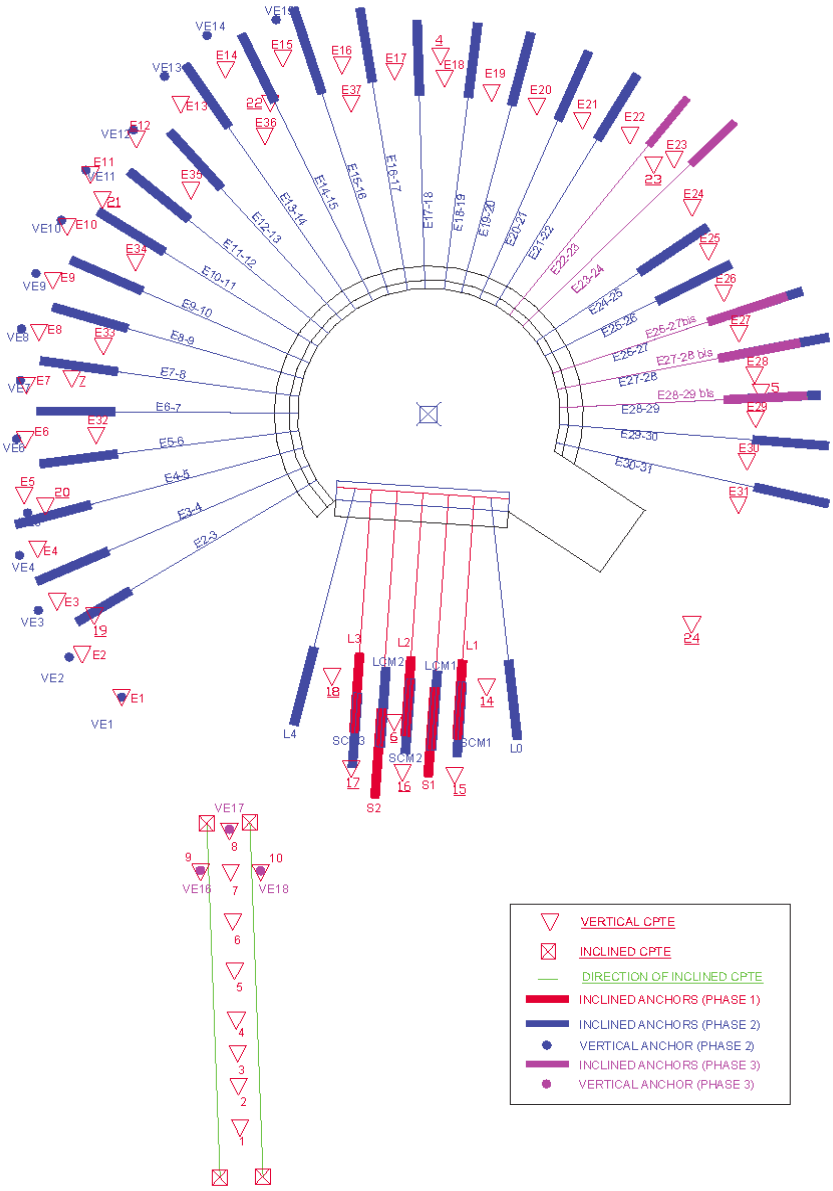
4. Опитна постановка.

На Фиг.2 са показани позициите на различните тестови анкери.

- Някои от IGU анкерите нарочно са запълвани с разтвор гравитачно, те са обозначени с 2T-grav;

За IGU и 1T анкерите, тялото е от въжета от предварително напрегната стомана; Някои от 1T анкерите са изпълнени с обсадна тръба с по-малък диаметър и с уголемена оставаща пета, те са обозначени с $1T_{\emptyset red}$. Други 1T анкери са снабдени със система за 2-етапно постинжектиране на разтвора- $1T_{+inj}$;

- За самопробивните анкери (SA) са приложени различни диаметри на свредела. С цел да се реализира свободна дължина са използвани пластмасови тръби между свързващите ръкави. Те са промити след поставянето, за да се поставят инвентарни екстезиометри в кухия прът в процеса на тестването;

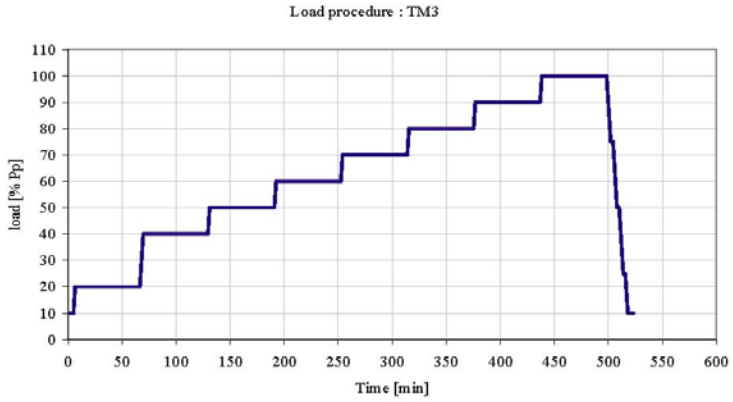


Фиг.2: Схема на тестовата база в Лимелет: позиции на анкеритеот Фаза1(2005г.), Фаза 2(2006-2007г.) и позиции на вертикалните и наклонени пенетрационни тестове

5. Тестово натоварване.

Приложени са два метода за тестово натоварване, базирани на изискванията на информативния анекс на EN 1537:1999- "Изпълнение на специални геотехнически работи- Почвени анкери" и на спесификациите в стандарта за тестване на анкери PrEN ISO 22477-5 а именно - пробно натоварване на стъпки (Test Method 3 or TM3) и циклично пробно натоварване (Test Method 1 or TM1). Двете процедури са илюстрирани на Фиг.3 и Фиг.4.

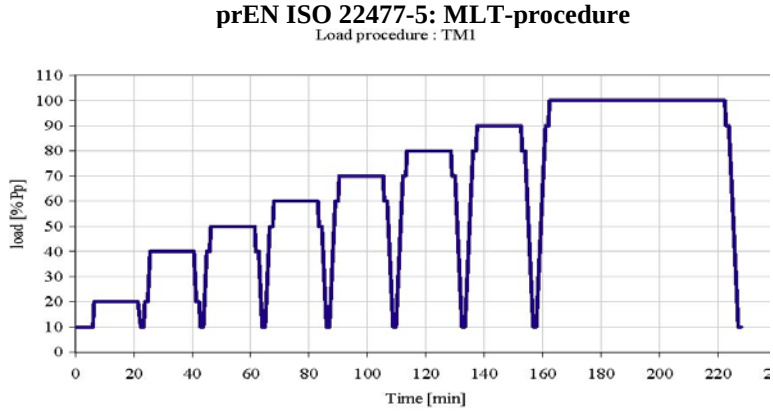
За TM3 процедурата целта е да се постигне отказ на анкера при ± 8 товарни стъпки, стартирайки от начален товар Pa = Min[50kN;10%Pp], като P_p е максималния приет тестов товар. При опита отказа е достигнат в рамките на 5-15 товарни стъпки, което съответства на 70%-150% на приетия максимален товар.



Load level [% P_p]									
# step	Datum load	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6	Step 7	Step 8
% P_p	10	20	40	50	60	70	80	90	100
Period of observation [min](*)	0	60	60	60	60	60	60	60	60

(*) Reduced period of 30 to 45 min has been generally applied for Steps 1 & 2

Фиг.3 Обобщена тестова схема на Test Method 3 от prEN ISO 22477-5: MLT-procedure



Load level [% P_p]								Minimum period of observation for adopted TM1 [min]
Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 4	Cycle 5	Cycle 6	Cycle 7	Cycle 8	
10	10	10	10	10	10	10	10	1
	20	40	50	60	70	80	90	1
20	40	50	60	70	80	90	100	15 (60 or 180)(*)
	20	40	50	60	70	80	90	1
10	10	10	10	10	10	10	10	1

(*)Cycle 8 -Extended period of observation for creep-displacement monitoring at P_p (60 min in non-cohesive soil; 180 min in cohesive soil)

Фиг.4 Обобщена тестова схема на Test Method 1 от prEN ISO 22477-5: cyclic procedure

Като цяло продължителността на първите 2 стъпки е намалена до 30 или 45 мин.

Времетраенето на товарните стъпки се базира на оценката на пълзенето (α), като по този начин товара остава до затихване на пълзенето. При този тест на базата в Линелет отказ на анкерите е постигнат след средно 7 до 9 цикъла. Два от тестовете целево са извършени с много малък(5) и много голям(14) брой цикли, за да се отчете възможния ефект от броя цикли върху граничната носимоспособност на анкера.

6. Общи наблюдения и измервания.

6.1. Изглед на корена.

Външността на корена изцяло зависи от техниката на изпълнение и на почвените пластове, в които попада:

- В терциерския пясък *(L_{fixed})* – за IGU системите, по повърхността ясно личат следи от процедурите по изваждане на обсадната тръба. Регулярна форма се отчита

също и за 1T и SA анкерите. Обратно, за $1T_{-\varnothing red}$ се наблюдава по-неправилна форма. За самопробивните не е отчетен ефект на уголемяване в края на анкерите, дължащ се на постинжектирането. Такива резултати са ясно видими при $1T_{+inj}$ анкерите. Разкрита е втора обвивка от разтвор около тялото на анкера на разстояние 1м. нагоре и надолу от мястото на дюзите, повърхността на корена е неправилна и груба, и се наблюдават наплъстявания от разтвор.

- В разнородния пласт - в този среден пласт от глинести пясъци и чакъл е трудно почвата да бъде отстранена от корена и чакъла е смесен с външния разтвор. Наблюдават се неправилни форми, главно за самопробивните (SA) и 1T анкери, ефектите на пост-инжектирането при $1T_{+inj}$, описани по-горе отново са налични.

6.2. Диаметър на анкера.

Диаметрите на IGU и $2T_{-grav}$ устройствата са относително константни и съвпадат с номиналните с изключение на пласта пясъци, където се изявяват локални удебелявания, дължащи се вероятно на пробивната процедура.

Диаметърът на 1T анкерите остава постоянен в дълбочина и само в пласта пясъци е с до 10% по-голям от номиналния. При $1T_{-\varnothing red}$, обаче, средния измерен диаметър в пясъци е значително по-висок (~40%) от очаквания. Тук процедурата на пробиване е същата, но се използват обсадни тръби с по-малък диаметър (133мм срещу 152мм за 1T) и свредел 150мм (срещу 180мм). От измерванията и наблюденията е заключено, че реалния диаметър на анкера и получената форма зависят много от скоростта на подаване на промивния разтвор и в частност от отношението спрямо диаметъра на сондата.

За $1T_{+inj}$ анкерите са ясно видими резултатите от постинжектирането, като втората обвивка от разтвор увеличава значително диаметъра на корена спрямо номиналния. В зоната L_{fixed}, където са дюзите, се наблюдава нарастване на диаметъра с 16% спрямо измерения диаметър на 1T анкерите.

Подобно на 1T системата, при SA анкерите диаметъра е регулярен във фиксираната дължина и отговаря на номиналния.

6.3. Заключения относно реалния диаметър на акерите и сравнение с литературни данни;

В *Табл.1* са представени средните отношения D_{meas}/D_{nom} по протежение на фиксираната дължина за всеки вид анкер, получени от тестовата база в Лимелет. От тук могат да се направят слените заключения:

Табл.1 Средни отношения D_{meas}/D_{nom}

VERTICAL ANCHORS			
TYPE	**D_{meas} [mm].**	**D_{nom} [mm].**	**$D_{meas.}$ / $D_{nom.}$ [-]**
IGU	144	140	± 1.03 (1.00 - 1.08)
1T	194	180	± 1.08 (1.07 & 1.09)
1T+inj.	233	180	± 1.29 (1.28 & 1.30)
SA-150	156	150	± 1.04 (1.03 - 1.07)
INCLINED ANCHORS			
IGU	154	140	± 1.10 (1.04 - 1.14)
1T	201	180	± 1.12
1T+inj.	216	180	± 1.20 (1.15 - 1.24)
$1T+\varnothing_{red.}$	209	150	± 1.40
SA-90(*)	98	90	± 1.09
SA-130	136	130	± 1.05 (0.97 & 1.12)
SA-175	166	175	± 0.95 (0.86 & 1.04)

- За IGU анкерите генерално може да се заключи, че измерения диаметър е малко по-голям от номиналния и това се дължи на локални удебелявания, създадени по време на пробиването.
- За системите с уголемен свредел (1T и SA) може да се каже, че реалния диаметър, както и формата, зависят преди всичко от метода на пробиване, т.е. количеството подаван промиващ разтвор и диаметъра на пробиващия елемент. Сравнението на диаметрите на 1T и $1T_{-\varnothing red}$ ясно доказва това. За $1T_{+inj}$ системата, ефекта от постинжектирането е ясно изразен. В зоната с фиксирана дължина, където се намират дюзите, се наблюдава значително увеличение на диаметъра спрямо номиналния, понякога с до 30%.

Тези резултати могат да бъдат сравнени със стойностите в *Табл.2* , която съдържа емперични данни за увеличението на размерите на анкера в зоната с фиксирана дължина спрямо номиналния размер. Когато се сравнят стойностите от двете таблици се вижда, че тези, отчетени на базата в Лимелет се отклоняват от литературните данни, особено за самопробивните анкери с кух прът.

Табл.2 Стойности на коефициентите *α*, най-често използвани в Белгия[TA 95 (1995) and EBA (2004)]

Soil	IRS (after TA 95)	IGU (after TA 95)	SA (after EBA)
Gravelly sands	1.5 – 1.6	1.2 – 1.3	2.0
Fine to coarse sands	1.4 – 1.5	1.1 – 1.2	1.5
Silt	1.4 – 1.6	1.1 – 1.2	
Clay	1.8 - 2	1.2	

7. Анализ на тестовите резултати.

7.1. Определяне на граничното анкерно натоварване P_u

Граничното анкерно натоварване е изведено от кривите на пълзене, получени по време на опитното натоварване. За всички анкери P_u стандартно е определено според prEN ISO 22477-5 като товара, за който:

- Стойността на пълзене е α=5 за тестова процедута TM3;
- Стойността на пълзене е α=2 за тестова процедута TM1;

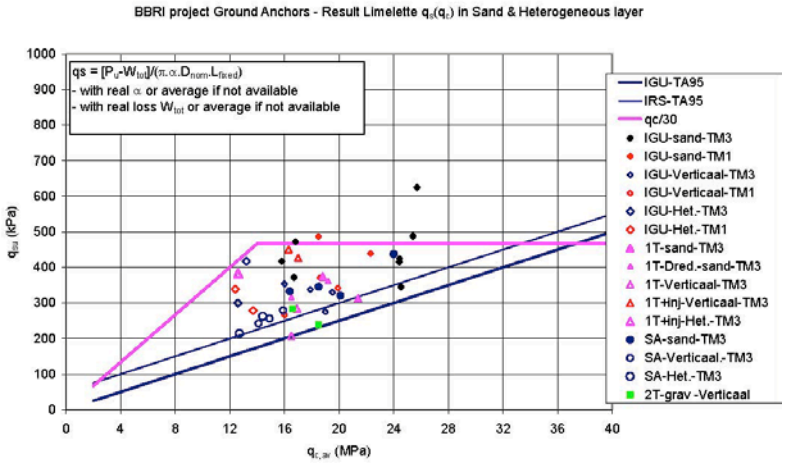
Резултатите за 49 анкера са показани в *Табл.3.* Трябва да се отбележи, че в някои случаи между стойностите на P_u, отчетени от конвенционалните стойности на пълзенето, споменати горе и определените като асимптотни от кривата на пълзене се отчита значителна разлика. Това се наблюдава най-вече при циклично тествани акнкери (1T) в по-кохерентните пластове.

7.2 Определяне на $\mathbf{q_{su}}$

След направен анализ се разкрива, че поради загуби в триенето в свободната дължина на анкерите, граничното им натоварване се намалява значително и стойностите, изведени в *Табл.3* трябва да се коригират, за да се даде точна оценка на товара , който реално се предава до L_{fixed}. Коригирайки P_u и отчитайки измерените анкерни размери е направена оценка за „реалното” глобално околно съпротивление q_{su} по протежение на L_{fixed} за всички тествани анкери. На Фиг.5 тези q_{su} стойности са изразени като функция на средното конусно съпротивление $q_{c,av}$ по протежение на L_{fixed} за всеки анкер.

Табл.3. Граничното анкерно натоварване P_u , определено от кривата на пълзене според prEN 22477-5

Anchor & Test Type	Anchor nr.	L_{fixed} (m)	D_{nom} (m)	$q_{c,av,global}$ (Mpa)	Pu,i (kN)	Pu,av (kN)	Pu (kN/m)
INCLINED ANCHORS IN TERTIARY SAND							
IGU-5m-TM3	E16-17	5	0,14	16,8	1382	1382	276
	E28-29	5	0,14	25,4	1381		
IGU-6m-TM3	E15-16	6	0,14	15,8	1263	1322	220
	E27-28	6	0,14	24,4	1410		
	S1(*)	6	0,14	24,5	1172		
	S2(*)	6	0,14	24,4	1443		
IGU-4m-TM3	E2-3	4	0,14	16,7	701	1058	265
	E26-27	4	0,14	25,7	1415		
IGU-5m-TM1	E4-5	5	0,14	18,6	1054	1226	245
	E21-22	5	0,14	22,3	1245		
	E30-31	5	0,14	18,5	1378		
1T-5m-TM3	E17-18	5	0,18	18,8	1380	1266	253
	E19-20	5	0,18	21,4	1152		
$1T\varnothing_{red.}$-5m-TM3	E14-15	5	0,15	16,5	1216	1304	261
	E20-21	5	0,15	19,2	1392		
SA-130-Is-5m-TM3	E13-14	5	0,13	16,4	831	965	193
	E29-30	5	0,13	24	1099		
SA-175-Is-5m-TM3	E3-4	5	0,175	18,5	1098	1094	219
	E18-19	5	0,175	20,1	1090		
INCLINED ANCHORS IN HETEROGENEOUS LAYER							
IGU-5m-TM3	E9-10	5	0,14	13,2	1191	1023	205
	E12-13	5	0,14	12,6	855		
IGU-5m-TM1	E5-6	5	0,14	12,4	934	840,5	168
	E7-8	5	0,14	13,7	747		
1T+inj-5m-TM3	E10-11	5	0,18	12,6	1565	1504	301
	E11-12	5	0,18	12,6	1443		
SA-130-Is-5m-TM3	E8-9	5	0,13	14,4	791	791	158
SA-175-Is-5m-TM3	E6-7	5	0,175	12,7	650	650	130
VERTICAL ANCHORS IN TERTIARY SAND							
IGU-4m-TM3	VE2 (90%S)	4	0,14	19,0	642	710	177
	VE13 (65%S)	4	0,14	16,0	777		
IGU-6m-TM3	VE1 (80%S)	6	0,14	19,5	1021	1047	174
	VE11 (73%S)	6	0,14	17,9	1072		
IGU-4m-TM1	VE4 (100%S)	4	0,14	19,9	759	666	167
	VE12 (55%S)	4	0,14	16,0	573		
2Tgrav-4m-TM3	VE3 (100%)	4	0,14	18,5	504	557	139
	VE10 (70%)	4	0,14	16,6	610		
1T-4m-TM3	VE5 (73%)	4	0,18	16,9	802	697	174
	VE8 (90%)	4	0,18	16,5	591		
1T+inj.-4m-TM3	VE14 (73%)	4	0,18	16,3	1520	1491	373
	VE15 (100%)	4	0,18	17,0	1461		
SA-150-Dy-4m-TM3	VE6 (73%)	4	0,15	14,9	600	631	158
	VE9 (85%)	4	0,15	15,9	690		
SA-150-Is-4m-TM3	VE7 (90%)	4	0,15	14,1	602		
INCLINED ANCHORS IN SILT (LOAM)							
IGU-5m-TM3	L1(*)	5	0,14	3,4	356	341	68
	L2(*)	5	0,14	3,4	351		
	L3(*)	5	0,14	3,4	317		
SA-76-Dy-5m-TM3	L0	5	0,076	3,4	310	285	57
	E24-25	5	0,076	4,4	259		
SA-150-Dy-5m-TM3	L4	5	0,15	3,4	351	355	71
	E25-26	5	0,15	4,5	358		



Фиг.5 q_{su}- $q_{c,av}$ за анкери, тествани в терцериански пясъци и глинести пясъци- отчетен е само реалния товар в L_{fixed}

8. Заключения :

8.1. Носимоспособност на различните анкери в пясъци и глинести пясъци:

От опитните данни могат да изведат следните резултати за q_{su} за анкери с L_{fixed} 4-6м , намиращи се в глинести пясъци с $q_{c,av}$ 12-14MPa или в Еоценски пясъци с $q_{c,av}$ 16-26MPa (след корекция на загубите от триене и взимайки реалния диаметър):

- за IGU анкери : $0.015q_{c,av} < q_{su} < 0.030q_{c,av}$
- за 1T анкери : $0.013q_{c,av} < q_{su} < 0.020q_{c,av}$
- за SA анкери: $0.015q_{c,av} < q_{su} < 0.020q_{c,av}$
- гравитачно запълнените 2T-grav анкери показва стойности на q_{su} около долните граници на 1T и SA устройствата (± 0.013qc,av -0.015qc,av)
- при $1T_{+inj}$ стойностите на q_{su} са около високите за IGU анкерите ± 0.025qc,av - 0.030qc,av

Също така може да се отбележи, че вариациите на резултатите са:

- много високи за IGU анкерите;
- по-ниски при 1T анкерите;
- значително ниски за SA анкерите;
- резултатите на гравитачните $2T_{grav}$ се намират между 1T и SA линиите.

Големите разлики при IGU анкерите свидетелстват за благоприятните ефекти от бетониране под налягане като метод на изпълнение. Благоприятните ефекти на бетонирането под налягане и неправилната форма на корена се отчитат и при $1T_{+inj}$ анкерите.

8.2. Носимоспособност на различните анкерни в глини:

За конусно съпротивление 3,4-4,5MPa:

- за IGU : q_{su} = 0.040 to 0.045 $q_{c,av}$
- за SA-150-Dy : q_{su} = 0.030 to 0.040 $q_{c,av}$
- SA-76-Dy : q_{su} = 0.045 to 0.072 $q_{c,av}$

Въз основа на тези резултати може да се заключи, че:

- разликите в резултатите на IGU анкерите са доста ниски. Това може най-вероятно да се обясни с регулярната им форма в пласта глина.;
- От различията в резултатите на IGU и SA-150-Dy (с диаметър на свредела 150мм) в глина и от наблюденията по време на изпълнение би могло да се заключи, че SA-150 анкерите могат да се приемат като гравитачно изпълнени ;
- При SA-76-Dy системата е отчетен qsu с 50% по-голям от този на SA-150-Dy.

8.3. Влияние на наклона на анкера върху носещата му способност:

На пръв поглед, гледайки данните от *Табл3.* прави впечатление, че граничното натоварване на вертикалните анкери е значително по-малко от това на наклонените. Когато обаче тези резултати се коригират за загуби на триене в свободната дължина и се вземат предвид измерените акерни диаметри, за да се получи реалното околно съпротивление, тези разлики изчезват почти напълно за SA и 1T. Само при IGU анкерите разликите остават сериозни, но това може да се дължи на сравнително неуспешното бетониране под налягане при вертикалните устройства.

Базирайки се на тези разяснения може да се заключи, че накланянето на анкерите в пясъчния пласт няма голям ефект, което се доказва и от проведените наклонени и вертикални пентрационни тестове на терена.

8.4 Влияние на дължината върху свързващото напрежение, неговото развитие и линейното увеличение на капацитета на анкера:

- за SA анкери с коренова дължина до 6м в пясъчните пластове, натоварени според процедура TM3 стойностите на околното триене q_{si} в различните зони на фиксираната дължина продължават да нарастват. Не е отчетена пикова или последваща остатъчна стойност;

- за IGU анкери в глина, тествани по процедура TM3 с L_{fixed} до 5м. отчетите показват, че стойностите на q_{si} за първата част на L_{fixed} нарастват до пикова стойност и после спадат до остатъчни стойности;

- въпреки, че наблюденията са по-ограничени в кохерентния пласт глини, е прието, че когато анкерите са подложени на товарна процедута TM3, коренови дължини под 6м са твърде къси, за да се прояви нелинейно увеличение на капацитета на анкера;

- също така се приема, че подлагайки анкерите на циклично тестово натоварване, спомагаме за нелинейното увеличение на капацитета на анкера с увеличаване на дължината му;

8.5 Влияние на тестовия метод върху капацитета на анкера.

В *Табл.4* е направена съпоставка между граничното общо околно триене на подобни по вид анкери, но подложени на различни товарни процедури - TM3 и TM1(вж. Фиг.3 и Фиг.4). Базирайки се на тези резултати са изведени следните заключения:

- Тъй като за IGU анкерите стойностите са много разнородни, разлики в граничното околно триене от ~6% за пластовете пясъци и дори до 15% за пласта разнородни пясъци не се отчитат като значителни.

Табл.4 Сравнение на стойностите на q_{su} за IGU анкери получени при процедури TM3 и TM1

anchor	TM	Nr. of cycles	q_{su} [kPa]	$q_{c,av}$ [MPa]	Ratio $q_{su}/q_{c,av}$	Average ratio $q_{su}/q_{c,av}$
Inclined IGU anchors in sand L_{fixed} = 5m						
E04-05	TM1	5	370	18,6	0,020	0,022
E21-22	TM1	8	440	22,3	0,020	
E30-31	TM1	14	487	18,5	0,026	
E16-17	TM3	-	473	16,8	0,028	0,0235
E28-29	TM3	-	488	25,4	0,019	
Vertical IGU anchors in sand L_{fixed} = 4m						
VE04	TM1	8	342	19,9	0,017	0,017
VE12	TM1	7	267	16,0	0,017	
VE02	TM3	-	275	19,0	0,014	0,018
VE13	TM3	-	354	16,0	0,022	
Inclined IGU anchors in heterogeneous clayey sand - L_{fixed} = 5m						
E05-06	TM1	9	339	12,4	0,027	0,024
E07-08	TM1	7	279	13,7	0,020	
E09-10	TM3	-	418	13,2	0,032	0,028
E12-13	TM3	-	300	12,6	0,024	

8.6 Ефективност на свободната дължина при самопоробивните анкери с кух прът.

Един от параметрите, които са изследвани е ефективността на свободната дължина на SA анкерите. Причините за това са две - първо, защото PVC покритието не присъства по цялата дължина на тази зона и второ - поради очакваното проникване на разтвор между тялото на анкера и пластмасовата тръба. Базирайки се на товарните тестове на SA анкерите и по-специално на разпределението на товара, отчетено от екстензиометрите е заключено, че: за товари до 20-30% от P_{max} се измерва относително нееластично поведение товар-деформации. От тук и от измерванията за разпределение на товара е заключено, че товарът се предава на почвата почти изцяло чрез свободната дължина на анкера. От този момент нататък, пластмасовата тръба се откача от заобикалящия я разтвор и товара се предава до корена. Това означава, че тя изпълнява ролята си да осигури свободна анкерна дължина.

SET UP AND ANALYSIS OF A LARGE SCALE LOAD TESTING PROGRAM OVER VARIOUS TYPES OF GROUND ANCHORS REALISED IN BELGIUM 2005-2007

Angel Dimitrov, Ivaylo Anastasov
ing.angel.dimitrov@gmail.com, ivailo_an@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 1574, 158 Geo Milev Str. ,
BULGARIA

Key words: *ground anchors, load testing, strand anchors, field results*

Abstract: *Ground anchors are often used in Belgian building practice in different types of buildings and facilities. The fact that there was no existing Belgian geotechnical standard, concerning these elements, prompted the engineers of Building Research Institute to take actions into creating a unified guidance for execution, design and testing of the anchor systems used in Belgium. For this purpose they performed various field tests. The program was performed in two phases – the first one was preliminary and the second one was a full scale test campaign over 49 ground anchors. The load tests were executed according the TM1 and TM3 test procedures, based over the requirements of annex EN 1537:1999. Due to different factors excavation of all the anchors was impossibe and for excavation was selected an area, where at least one anchor of each type has been present. A lot of observations have been done during the excavations, such as grout degradation, grout aspect, grout cover, anchor inclination, anchor diameter. After the analysis of the load test results the ultimate anchor load and global ultimate unit shaft friction have been determined. The conclusions made by the researchers concern the ultimate anchor load of different anchor types in diverse soil layers, the influence of anchor inclination on its capacity, the influence of the length on the bond stress, the influence of the anchor diameter on the unit shaft friction, the influence of the test method on the anchor capacity and the effectiveness of the free length of self boring hollow bar anchors.*